

جمهوری اسلامی ایران  
وزارت برنامه و بودجه

# معیارهای طرح هندسی تقاطعها

نشریه شماره ۸۷

معاونت فنی  
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

جمهوری اسلامی ایران  
وزارت برنامه و بودجه

# معیارهای طرح هندسی تقاطعها

نشریه شماره ۸۷

معاونت فنی  
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

ایران . وزارت برنامه و بودجه . دفتر تحقیقات و معیارهای فنی  
معیارهای طرح هندسی تقاطعها / معاونت فنی ، دفتر تحقیقات و معیارهای  
فنی . - تهران : وزارت برنامه و بودجه ، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و  
انتشارات ، ۱۳۶۷ .

۲۸۳ ص . : مصور . - (دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ؛ نشریه شماره ۸۷)  
(انتشارات وزارت برنامه و بودجه ؛ ۶۷/۵۵/۲۵)

کتابنامه ؛ ص ۲۸۳

۱ . راهها - طرح و نقشه . ۲ . راهسازی - استانداردها . الف . ایران .  
وزارت برنامه و بودجه . مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات . ب .  
عنوان . ج . سلسله انتشارات ؛ ایران . وزارت برنامه و بودجه . دفتر تحقیقات  
و معیارهای فنی . نشریه شماره ۸۷ .



ش ۸۷ . الف ۳۶۸ / TA

معیارهای طرح هندسی تقاطعها (نشریه شماره ۸۷)

تهیه کننده : دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

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

ویرایش : قائم مقامی ؛ حروفچینی : شجاعی ؛ امور گرافیک : اللهداد

چاپ اول : ۱۳۶۷ ، ۷۵۵ نسخه

چاپ و صحافی : چاپخانه وزارت برنامه و بودجه

همه حقوق برای ناشر محفوظ است .

بکثیر تمام یا بخشی از این اثر ، به صورت حروفچینی و چاپ مجدد ، چاپ افست ، پلی کپی ، فتوکپی و  
انواع دیگر چاپ و تکثیر ، به هر منظور و به هر تعداد ، پیش از گرفتن اجازه کتبی از ناشر ، اکیدا  
ممنوع است . نقل مطالب به صورت معمول در مقاله های تحقیقاتی ، با ذکر نام کامل ناشر و نشریه ، آزاد  
است . متحلفان ، تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت .

## بسم الله الرحمن الرحيم

### پیشگفتار

یکی از مهمترین مراحل مطالعه و تعیین مسیر یک راه، بررسی طرحبندی 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 جغرافیایی منطقه‌ای که راه از آن عبور می‌کند، تطبیق داده می‌شود.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی براساس 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. معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی
۳. معیارهای طرح هندسی تقاطعها
۴. چکیده‌ای از معیارهای طرح هندسی راهها و تقاطعها

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

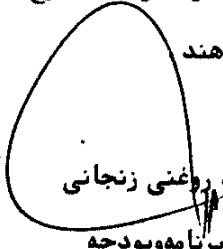
تهیه این مجموعه به عهده آقایان دکتر خسرو اویسی، دکتر کامبیز بهنیا، دکتر امیرمحمد طباطبایی و آقای مهندس قباد نقش تبریزی بوده است و آقای مهندس مرتضی قاسم زاده از دفتر تحقیقات و معیارهای فنی ضمن همکاری، هماهنگی آن را به عهده داشته‌اند.

این دفتر از اظهار نظرهای فنی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، دانشگاه تهران، دانشگاه پلی تکنیک تهران، وزارت راه و ترابری، آقای مهندس کیومرث صدیق وزیری، جامعه مشاوران 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 می‌نماید.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی





به:	دستورالعمل شماره مورخ ۶۷/۷/۲۴ ۱-۹۴۴۶/۵۶-۸۰۸
موضوع:	معیارهای طرح تقاطعهای همسطح و غیرهمسطح کد
تذکر:	
<p>باستناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی این دستورالعمل از نوع ———</p> <p>گروه دو <input type="checkbox"/> مذکور در ماده هفت آئین نامه در <input type="checkbox"/> یک صفحه صادر میگردد.</p> <p>تاریخ مندرج در ماده ۸ آئین نامه در مورد این دستورالعمل <input type="checkbox"/> ۶۷/۹/۱۵ میباشد.</p> <p>به پیوست نشریه شماره ۸۷ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی این وزارت تحت عنوان "معیارهای طرح تقاطعهای همسطح و غیرهمسطح" ابلاغ می شود.</p> <p>دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور میتوانند مفاد نشریه مذکور و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرحهای عمرانی مورد استفاده قرار دهند</p> <p> مسعود روحانی زنجانی وزیر برنامه و بودجه</p>	

## 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 می باشد. طرح هندسی راه (طرح عوامل قابل رویت آن) در تجربه های اولیه به میزان قابل ملاحظه ای 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 شیوه ای صورت گیرد که بیشترین ایمنی و حداکثر بهره وری را دارا باشد. فزونی دانش در دیگر مراحل طرح و پیشرفتهای به دست آمده در روشهای اجرا، فن، ماشین آلات و مصالح موجب شده که طرحهای غیر عملی گذشته، اکنون کاملاً قابل اجرا باشد. باید توجه کرد که انتخاب موقعیت راه و طرح آن باید به گونه ای صورت گیرد که آمد و شد آینده را نیز جابگو باشد. در طرح یک 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 پیش بینی 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 جداست، می باشد. در نظر بوده است که این دفتر دستورالعمل کاملی در زمینه طرح هندسی راههای برونشهری باشد و تمام عوامل و کنترل های کلی را - بجز آنها که مشخصاً "به شرایط درونشهری مربوط می شوند - شامل گردد.

این تذکر لازم است که این معیارها براساس الگوی اشتوا و با در نظر گرفتن شرایط ویژه ایران تدوین شده است.

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۳	بخش یکم- اصول و مبانی و اجزای طرح تقاطعها
۱۴	۱. قوسهای تقاطع
۱۴	۱-۱. طرح حداقل برای تیزترین گردش
۱۴	۱-۱-۱. کلیات
۱۴	۱-۱-۲. انتخاب طرح حداقل برای شرایط معین
۲۲	۱-۱-۳. گردش با زاویه غیر قائم
۲۵	۱-۲. طرح حداقل برای خطوط گردش
۲۵	۱-۲-۱. گردش قائم با جزیره هدایت کننده
۲۷	۱-۲-۲. گردش غیر قائم با جزایر هدایت کننده
۲۹	۱-۳. رابطه سرعت و شعاع قوس
۲۹	۱-۴. قوسهای انتقالی (اتصال تدریجی) و مرکب
۳۱	۱-۴-۱. طول کلوتوئید
۳۳	۱-۴-۲. قوسهای مرکب دایره ای
۳۵	۱-۴-۳. کاربرد قوسهای مرکب در دهانه های خطوط گردش
۳۹	۲. عرض خطوط گردش
۳۹	۲-۱. عرض روسازی
۴۶	۲-۲. فاصله آزاد کناره خارجی روسازی
۴۷	۳. خطوط تغییر سرعت
۴۷	۳-۱. کلیات
۴۸	۳-۲. امتداد و عملکرد خطوط تغییر سرعت
۴۸	۳-۲-۱. خطوط کاهش سرعت
۵۱	۳-۲-۲. خطوط افزایش سرعت
۵۳	۳-۳. خط لچکی (خط با عرض متغیر)
۵۳	۳-۴. عرض خط تغییر سرعت
۵۵	۳-۵. طول خط تغییر سرعت

صفحه	عنوان
۵۵	۳-۵-۱. طول خطوط کاهش سرعت
۵۷	۳-۵-۲. خط افزایش سرعت
۵۹	۳-۵-۳. روش اندازه‌گیری
۶۱	۳-۵-۴. اثر عوامل دیگر
۶۵	۴. بریلندی قوسها در تقاطعها
۶۵	۴-۱. میزان بریلندی
۶۶	۴-۲. تأمین بریلندی
۶۸	۴-۳. بریلندی در محل انشعابات خطوط گردش
۶۸	۴-۳-۱. روش کلی
۷۰	۴-۳-۲. کنترل خط تغییر شیب
۷۱	۴-۳-۳. انتقال بریلندی و کنترل خط شیب
۷۲	۵. فاصله دید برای خطوط گردش
۷۲	۵-۱. حداقل فاصله دید توقف
۷۲	۵-۱-۱. کنترل قائم
۷۴	۵-۱-۲. کنترل افقی
۷۴	۶. جزایر و معابر (خطوط عبور مجزا)
۷۷	۶-۱. انواع جزایر
۷۷	۶-۱-۱. جزایر هدایت‌کننده
۷۷	۶-۱-۲. جزایر تقسیم‌کننده
۷۹	۶-۱-۳. جزایر پناه‌دهنده
۸۱	۶-۲. اندازه و مشخصات جزایر
۸۲	۶-۳. مشخص کردن انتهای تقرب
۸۶	۶-۴. طرح دهانه‌های ورودی و خروجی
۸۶	۶-۴-۱. دهانه‌های خروجیها
۹۰	۶-۴-۲. دهانه‌های ورودیها
۹۲	۷. وسایل کنترل آمد و شد
۹۲	۸. تقاطعهای همسطح با خطوط راه‌آهن
۹۴	بخش دوم - تقاطعهای همسطح
۹۴	۱. مقدمه
۹۴	۲. امتداد و نیمرخ تقاطعها
۹۷	۳. فاصله دید در تقاطعها
۹۷	۳-۱. تقاطعهای بدون چراغ راهنمایی یا علامت ایست
۹۷	۳-۱-۱. حالت یکم - تأمین امکان تطبیق سرعت خودرو

۹۹	۳-۱-۲. حالت دوم - تأمین امکان توقف خودروها
۱۰۰	۳-۱-۳. حالت سوم - تأمین امکان عبور از عرض راه اصلی برای خودروهای در حال توقف
	در پشت علامت ایست راه فرعی
۱۰۱	۳-۲. تأثیر اریب و شیب در فاصله دید
۱۰۱	۳-۲-۱. تأثیر اریب
۱۰۴	۳-۲-۲. تأثیر شیب
۱۰۴	۴. تقاطعهای انتهایی شیراهاها در تقاطعهای مبدل لوزوی
۱۰۴	۴-۱. فاصله دید در امتداد راه متقاطع
۱۰۶	۵. بریدگی میانهها
۱۰۷	۵-۱. ضوابط حداقل طرح برای گردش به چپ
۱۰۷	۵-۱-۱. شعاع کنترل کننده برای گردش حداقل
۱۰۷	۵-۱-۲. شکل انتهایی میانه
۱۰۷	۵-۱-۳. حداقل طول بریدگی
۱۱۱	۵-۱-۴. اثر اریب در بریدگی میانه
۱۱۱	۵-۲. ضوابط طرح بیش از حداقل برای گردش به چپ
۱۱۶	۵-۳. طرح برای آمد و شد متلاقی
۱۱۶	۵-۴. طرح برای دورزدن ها
۱۱۶	۵-۴-۱. طرح حداقل
۱۱۶	۵-۴-۲. طرح ویژه برای دور زدن
۱۱۹	۶. خطوط میانی
۱۱۹	۶-۱. خط میانی با عرض متغیر (لجکی)
۱۱۹	۶-۲. عرض و طول خط اضافه شده میانی
۱۲۷	۶-۳. انتهایی میانههای باریک شده
۱۲۷	۶-۴. جزایر تقسیم راه و جداکنندهها
۱۲۷	۶-۵. طول دهانه میانه
۱۲۷	۷. انواع و نمونههای نقاطهای همسطح
۱۲۸	۷-۱. تقاطعهای سه شاخه (سه راهی) T و Y شکل
۱۲۸	۷-۱-۱. تقاطعهای ساده - معمولی و لاله ای
۱۳۰	۷-۱-۲. تقاطعهای هدایت کننده - با خطوط گردش مجزا و جزایر جداکننده
۱۳۲	۷-۱-۳. تقاطعهای هدایت کننده، با راههای گردش دو سویه
۱۳۴	۷-۱-۴. تقاطعهای هدایت کننده، با استاندارد بالا
۱۳۸	۷-۱-۵. مثالهایی از سراهیهای موجود

۱۴۱	۲-۷. تقاطعهای چهار شاخه (چهار راه)
۱۴۱	۱-۲-۷. چهارراههای ساده، معمولی و تعریض شده (لاله‌ای)
۱۵۱	۲-۲-۷. چهارراههای هدایت کننده، با راههای گردش و جزایر تقسیم کننده
۱۵۲	۳-۲-۷. چهارراه هدایت کننده، با استاندارد بالا
۱۵۶	۴-۲-۷. نمونه‌هایی از چهارراههای موجود
۱۵۶	۳-۷. تقاطعهای چندین شاخه
۱۶۶	۴-۷. اثر چراغ راهنما
۱۶۸	۸. تقاطعهای میدانی (فلکه‌ها)
۱۶۸	۱-۸. کلیات
۱۶۸	۲-۸. مزایا و معایب فلکه‌ها
۱۶۸	۱-۲-۸. مزایا
۱۶۸	۲-۲-۸. معایب
۱۶۹	۳-۸. طرح و اجزای فلکه
۱۶۹	۱-۳-۸. سرعت آمد و شد در فلکه
۱۷۱	۲-۳-۸. طول قطعه ضربدری
۱۷۲	۳-۳-۸. جزیره مرکزی
۱۷۳	۴-۳-۸. روسازی فلکه
۱۷۳	۵-۳-۸. ورودیها و خروجیها
۱۷۵	۶-۳-۸. جزایر جهت دهنده
۱۷۵	۷-۳-۸. مقطع عرض روسازی
۱۷۵	۸-۳-۸. فاصله دید و شیب
۱۷۵	۹-۳-۸. جداول و شانه‌ها
۱۷۷	۱۰-۳-۸. منظره‌سازی
۱۷۷	۱۱-۳-۸. علایم کنترل آمد و شد
۱۷۷	۴-۸. انواع و نمونه‌هایی از تقاطع میدانی (فلکه)
۱۸۰	بخش سوم - تقاطعهای غیر همسطح
۱۸۰	۱. مقدمه
۱۸۱	۱-۱. انواع کلی مبدلها
۱۸۴	۲-۱. مزایا
۱۸۴	۳-۱. معایب
۱۸۵	۲. کاربرد تقاطعهای غیر همسطح و مبدلها
۱۸۵	۱-۲. آمد و شد
۱۸۶	۱-۱-۲. نوع آمد و شد
۱۸۶	۲-۲. شرایط محل

صفحه	عنوان
۱۸۷	۳-۲. نوع راه و اجزای تقاطع
۱۸۷	۴-۲. ایمنی
۱۸۷	۵-۲. توسعه مرحله‌ای
۱۸۸	۶-۲. عوامل اقتصادی
۱۸۸	۳. شرایط احداث مبدلها
۱۹۰	۴. ابنیه مربوط به تقاطعهای غیرهمسطح
۱۹۰	۴-۱. انواع پلهای هوایی
۱۹۱	۴-۲. روگذر- زیرگذر
۱۹۳	۴-۳. عرض پل و فواصل آزاد افقی
۱۹۴	۴-۳-۱. راههای زیرگذر
۱۹۷	۴-۳-۲. راههای روگذر
۲۰۲	۴-۴. فاصله آزاد قائم (ارتفاع آزاد زیرپلها)
۲۰۴	۵. تقاطعهای غیرهمسطح بدون شیب‌راه
۲۰۵	۶. مبدلها
۲۰۵	۶-۱. راههای متقارب به پل
۲۰۵	۶-۱-۱. امتداد، نیمرخ و مقطع عرضی
۲۰۷	۶-۲. فاصله دید
۲۰۸	۶-۳. شیب‌راهها
۲۰۸	۶-۳-۱. انواع شیب‌راه
۲۱۲	۶-۳-۲. فاصله بین آستانه‌های دو شیب‌راه متوالی
۲۱۲	۶-۳-۳. سرعت طرح
۲۱۳	۶-۳-۴. قرارگیری و شکل
۲۱۶	۶-۳-۵. فاصله دید
۲۱۶	۶-۳-۶. موقعیت آستانه و فاصله دید
۲۱۷	۶-۳-۷. طرح شیبها و نیمرخ طولی
۲۲۰	۶-۳-۸. مقطع عرضی و شیبهای عرضی
۲۲۱	۶-۳-۹. طرح آستانه شیب‌راهها
۲۲۵	۶-۳-۱۰. قطعات با آمد و شد ضربدری
۲۳۲	۷. تسطیح و توسعه چشم‌انداز
۲۳۲	۷-۱. طرح تسطیح
۲۳۳	۷-۲. بذرپاشی و کاشت گیاهان

۲۳۴	۸. انواع و نمونه‌هایی از مبدلها
۲۳۴	۸-۱. طرحهای مربوط به تقاطعهای دارای سه شاخه راه
۲۴۴	۸-۲. طرحهای با چهار شاخه متقاطع
۲۴۴	۸-۲-۱. مبدلهای با شیرراههای واقع در یک ربع بخش
۲۴۷	۸-۲-۲. مبدلهای لوزوی
۲۵۴	۸-۲-۳. مبدلهای شیدری
۲۶۷	۸-۲-۴. مبدلهای با اتصالهای مستقیم و نیمه مستقیم
۲۷۹	۸-۳. طرحهای مخصوص
۲۷۹	۸-۳-۱. مبدلهای فلکهای
۲۸۳	۸-۳-۲. جداکننده‌های چندطبقه



## بخش یکم

### اصول و مبانی و اجزای طرح تقاطعها

بنابر تعریف، تقاطع منطقه‌ای است که دو یا چند راه (یا خیابان) به هم وصل می‌شوند و یا یکدیگر را قطع می‌کنند و در آن پیش‌بینی‌های لازم، چه از لحاظ راههای ارتباطی و چه از نظر تسهیلات جانبی، در نظر گرفته شده است. هر راه که از تقاطع منشعب می‌شود و قسمتی از تقاطع را تشکیل می‌دهد، شاخه تقاطع نامیده می‌شود. متداولترین نوع تقاطع، چهارراه است.

تقاطعی یکی از قسمتهای مهم راه است که شکل و طرح آن به مقدار قابل توجهی در بازدهی، عملکرد، ایمنی، سرعت، هزینه بهره‌برداری و گنجایش راه مؤثر می‌باشد. در تقاطع، ممکن است آمد و شد به صورت عبور مستقیم، گردش، تبادل آمد و شد بین راهها و غیره باشد. تبادل آمد و شد به شیوه‌های مختلفی تأمین می‌شود که در طرح در نظر گرفته شده است.

تقاطعه‌ها به سه گروه اصلی، به شرح زیر، تقسیم می‌شوند: تقاطعهای همسطح، تقاطعهای غیرهمسطح مبدل (با تبادل آمد و شد) و تقاطعهای غیرهمسطح غیرمبدل، شامل زیرگذرها و روگذرها (بدون تبادل آمد و شد). این قسمتها به طور جداگانه در مباحثهای تقاطعهای همسطح و تقاطعهای غیرهمسطح مورد بررسی قرار گرفته است. پاره‌ای از اجزای طرح، بویژه اجزای مربوط به گردشها، میان تقاطعهای همسطح و تقاطعهای غیرهمسطح مشترک است. قسمت مشترک در این مبحث آمده است و دیگر اجزای طرح که مشترک نیست و جزئیات و انواع آن در رابطه با تقاطعهای همسطح و غیرهمسطح در مباحثهای مربوط بررسی خواهد شد. طرح اجزای زیرگذرها و روگذرها در معیارهای طرح مربوط به تقاطعهای غیرهمسطح آمده است.

در این مبحث، مشخصات مکانیکی داده شده (یا مفروض) خودرو و خصوصیات اکثر رانندگان طرح هندسی تقاطع بر مبنای ابعاد خودرو مورد نظر با استاندارد حداقل و استاندارد مطلوب داده شده است. در نشریه حاضر فقط اجزایی که در طرح هندسی تقاطع مؤثر است مانند امتداد، فاصله دید، عرض روسازی، بریلندی و غیره مورد مطالعه قرار گرفته است.

## ۱. قوسهای تقاطع

### ۱-۱. طرح حداقل برای تیزترین گردش

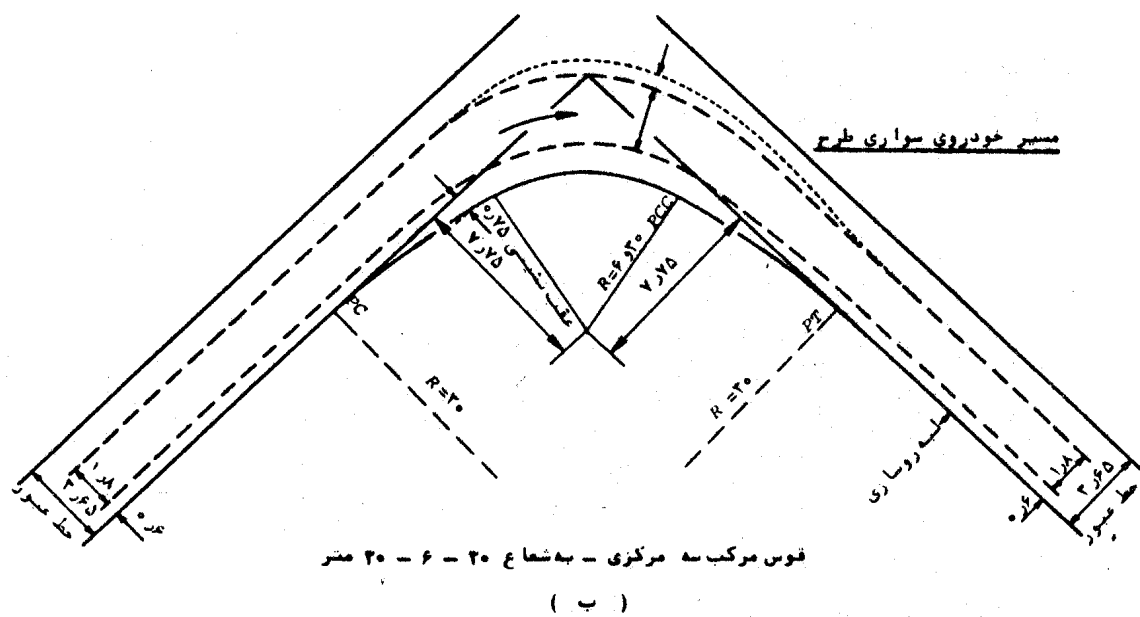
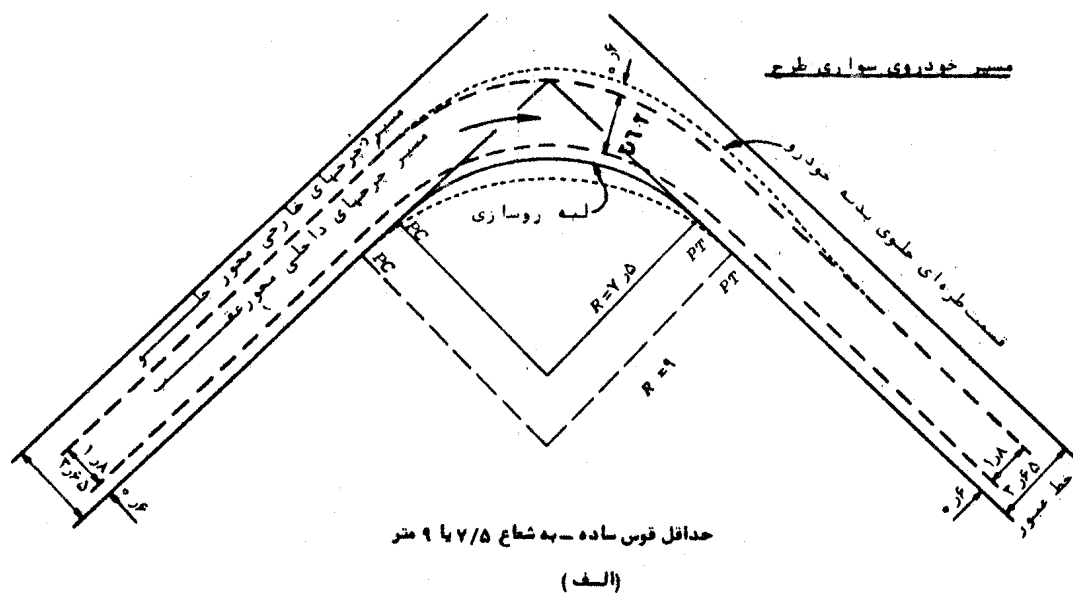
#### ۱-۱-۱. کلیات

در مواردی که هدف، تأمین گردش خودرو در کمترین فضای ممکن می‌باشد، مانند تقاطعهای بدون خط گردش مجزا، مسیر گردش حداقل خودرو مبنای طرح قرار خواهد گرفت. این اطلاعات برای هر چهار نوع خودرو طرح در "معیارهای طرح هندسی راههای اصلی" داده شده است. مسیر گردش حداقل برای این چهار نوع خودرو و همچنین مسیر چرخهای خارجی محور جلو و مسیر چرخهای داخلی محور عقب و قسمت طره‌ای جلوی بدنه خودرو نیز در نشریه مربوط به معیارهای طرح راههای اصلی داده شده است. مسیرهای ذکر شده کوتاهترین مسیر در سرعت کم (کمتر از ۱۵ کیلومتر در ساعت) است که کمی بیشتر از مسیر حداقل ممکن تمام خودروهای آن گروه می‌باشد. البته در مسیرهای مذکور مقدار فاصله حداقلی برای خطای کم راننده در نظر گرفته شده است. تقاطعی که بر مبنای مسیرهای ذکر شده طرح شده باشد، به عنوان طرح هندسی با حداقل ابعاد، قابل قبول است. در طرح هندسی لبه روسازی برای گردش حداقل، فرض بر آن است که خودرو در شروع و انتهای مماس پیچ قوس در داخل خط عبور، به طور صحیح قرار گرفته است؛ یعنی اینکه خودرو در آغاز و پایان قوس در  $0/60$  متری لبه روسازی قرار دارد. در شکلهای ۱ و ۲، ابعاد هندسی روسازی با فرض شرایط بالا داده شده است. در این طرحها مسیر چرخهای داخلی خودرو بر روی رویه قرار گرفته، و فاصله آزاد چرخهای خودرو طرح تا لبه روسازی برابر با  $0/60$  متر یا بیشتر بوده، و در هیچ نقطه‌ای کمتر از  $0/22$  متر نیست.

برای گردش به راست و گردش به چپ، مسیر چرخهای داخلی با هم کمی متفاوت است ولی این تفاوت ناچیز بوده، و در طرح هندسی تأثیر ندارد. ابعاد مسیرهای گردش به راست برای گردش به چپ نیز صادق است.

#### ۱-۱-۲. انتخاب طرح حداقل برای شرایط معین

طرحهای داده شده در شکلهای ۱ تا ۳، طرحهایی است که برای گردش خودروهای مختلف طرح با تیزترین گردش داده شده است. طرحهای ممکن، محدود به طرحهای یاد شده نیست و می‌توان ترکیب قوسهای مختلفی را به دست آورد که دارای همان نتایج و عملکرد قابل قبول مشابه طرحهای بالا باشد. قبل از هر چیز، طراح مایل است بداند که از طرحهای بالا (شکلهای ۱ تا ۳) کدام را برای طرح یک خط گردش (به راست یا چپ) در حداقل فضای ممکن، انتخاب نماید. انتخاب هریک از طرحهای یاد شده تابع نوع و ابعاد خودروی است که می‌خواهد گردش کند. این انتخاب تابع چگونگی رعایت استانداردها و معیارهای مذکور نیز هست. این امر، به نوبت خود، ممکن است تابع عوامل دیگری مانند نوع و مشخصات شاخه‌های تقاطع، مقدار آمد و شد، نسبت درصد خودروهای بزرگ درآمد و شدی که می‌خواهد گردش نماید و بالاخره اثر این خودروها بر جریان آمد و شد نیز باشد. به عنوان مثال، اگر تقریباً "تمام آمد



شکل ۱. طرح حداقل برای سواری - قوس لبه روسازی برای گردش ۹۰ درجه  
یادآوری: در تمام نمودارها واحدارقام متر است، مگر اینکه واحد دیگری ذکر شده باشد.

و شد گردنده از نوع سواری باشد، طرح تقاطع برای خودروهای بزرگ غیر ضروری و اتلاف سرمایه است، به شرط آنکه برای کامیونهای بزرگ که انتظار می رود به ندرت و به تعداد محدود در تقاطع مذکور گردش نمایند، امکان گردش حتی با منحرف شدن و وارد شدن به خطوط عبور مجاور وجود داشته باشد (البته بدون ایجاد اختلال زیاد در سایر آمد و شدها). بنابراین، لازم است که طراح، مسیرهای احتمالی و مقدار انحرافات (به خط مجاور) را که ممکن است در اثر گردش یک خودرو بزرگتر از خودرو طرح به وجود آید، تجزیه و تحلیل کند. در شکل ۴، مسیرهای گردش خودروهای از نوع استاندارد کامیون، تریلی متوسط و تریلی بزرگ بر روی یک مسیر گردش به راست که لبه داخلی روسازی آن برای سواری طرح شده است (سه قوس مرکب به شعاعهای ۳۰ و ۶ و ۳۰ متر که قوس وسطی دارای ۶/۰ متر عقب نشینی است)، نشان داده شده است.

در شکل ۴ (الف) سه مسیر از قسمت طرهای جلوی خودرو در موقع گردش به شرح زیر نشان داده شده است:

مسیر ۱. مسیری است که کامیون طرح، بدون آنکه از خط عبور خود در جاده خروجی\* خارج شود، با کوچکترین شعاع ممکن گردش می کند و در جاده متقاطع ورودی انحراف پیدا می نماید (خط نشان داده شده، مسیر قسمت طرهای جلوی بدنه خودرو است).

مسیر ۲، برعکس مسیر ۱، مسیری است که کامیون طرح در جاده خروجی تا آن اندازه منحرف می شود که با کوچکترین گردش بتواند دقیقاً "وارد خط عبور مورد نظر در جاده متقاطع ورودی گردد".

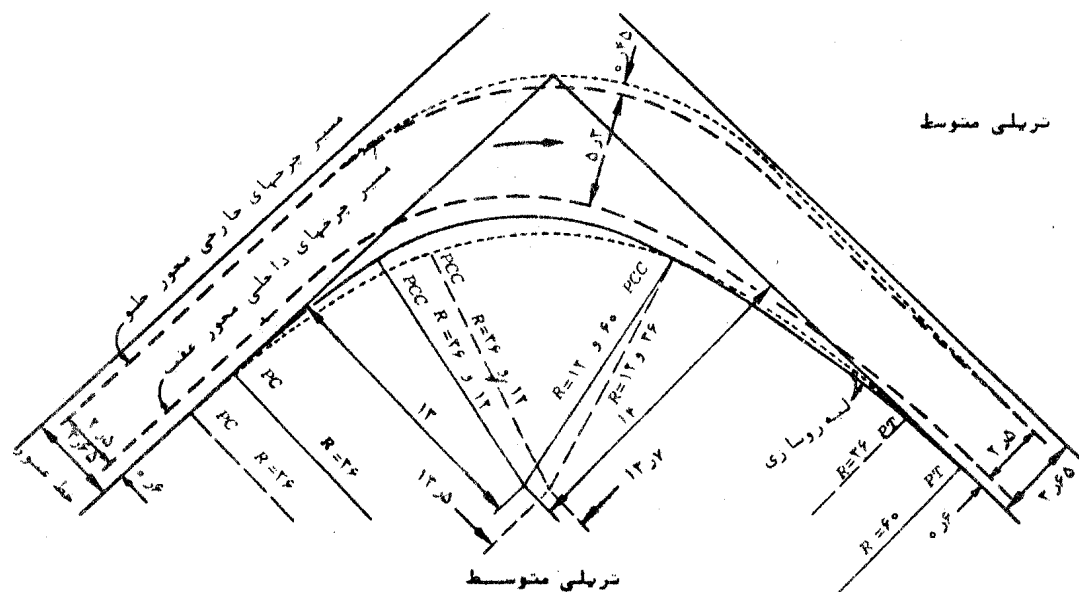
مسیر ۳، حد واسطه مسیرهای ۱ و ۲ است و در آن، خودرو طوری گردش می کند که مقدار انحراف آن در خطوط مجاور، هم در جاده خروجی و هم در جاده متقاطع ورودی، تقریباً "مساوی باشد".

همان طوری که در شکل ۴ (الف) نشان داده شده است، قسمت طرهای جلوی کامیون طرح، در گردش به طرف راست در مسیر ۱ حدود ۳۵ متر از لبه روسازی در راه متقاطع فاصله پیدا می کند (یعنی به اندازه  $۳۵ - ۳۶۵ = ۶۳۵$  متر وارد خط مجاور می شود) و در مسیر ۲ برای آنکه وارد خط عبور مورد نظر در شاخه تقاطع (جاده سمت راست) شود، باید حدود ۸۵ متر در جاده خروجی از لبه سمت راست روسازی دور شود و در صورتی که بخواهد از مسیر ۳ استفاده کند، مقدار انحراف در هر دو جاده (خروجی و ورودی) حدود ۱۱۵ (۳۶۵ - ۴۸۰) متر خواهد بود. گردشهای بالا به خوبی نشان می دهند که در تقاطعی که برای خودرو سواری طرح شده است، کامیون طرح می تواند با مقداری انحراف به خطوط مجاور گردش نماید، به فرض آنکه راه حداقل دو خطه باشد؛ البته، این گردش ممکن است باعث اختلال و یا سد شدن سایر آمد و شدها گردد. نوع گردش انتخاب شده به وسیله راننده و مقدار

---

\* منظور از جاده خروجی، راهی است که خودرو قصد ترک آن را دارد؛ جاده متقاطع ورودی، جاده ای است که خودرو به آن وارد می شود.

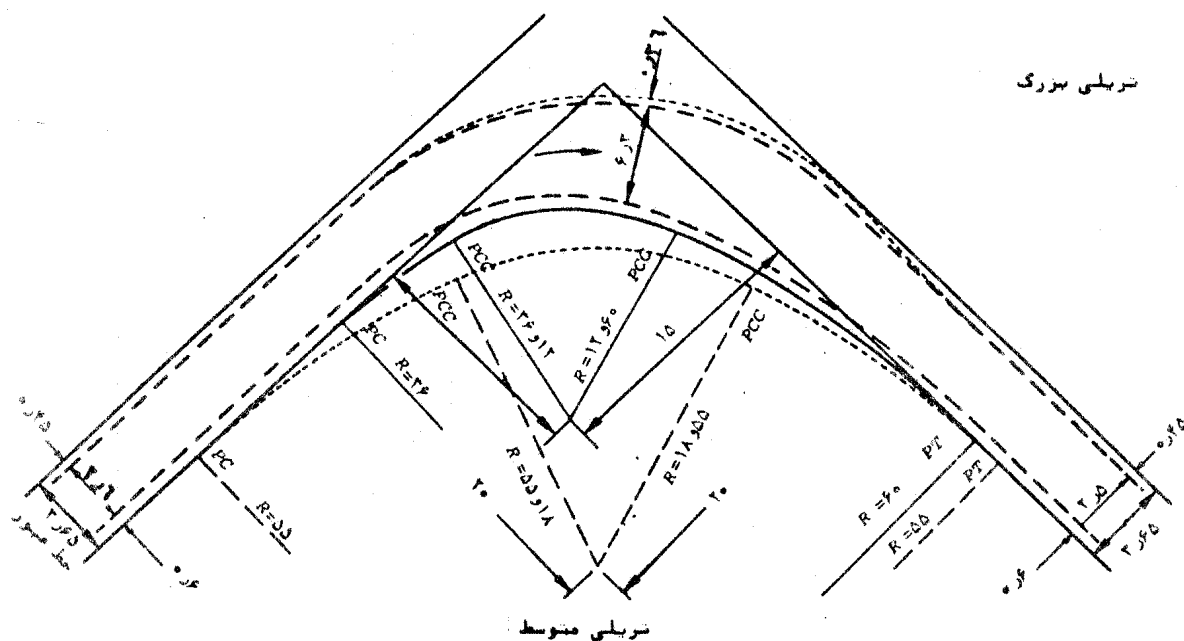




قوس مرکب سه مرکزی به شعاع ۳۶، ۱۲، ۶۰ و عقب نشستی ۱/۸ و ۱/۶ یا

به شعاع ۳۶، ۱۲، ۳۶ و عقب نشستی ۱/۵

(الف)



قوس مرکب سه مرکزی به شعاع ۳۶، ۱۲، ۶۰ و عقب نشستی ۱/۶ و ۳/۵ یا

به شعاع ۵۵، ۱۸، ۵۵ و عقب نشستی ۱/۸

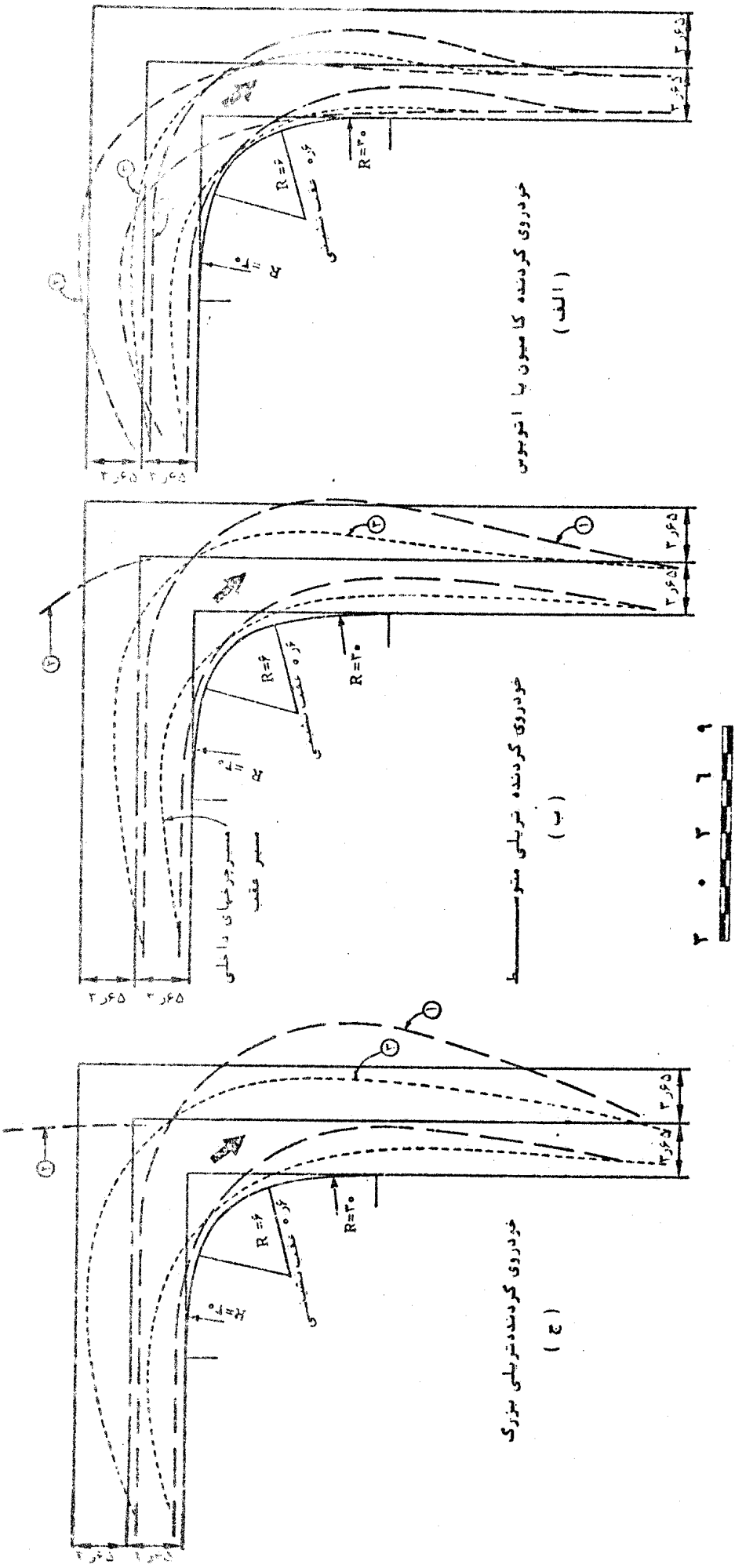
(ب)

شکل ۳. طرح حداقل برای تربیلی - قوس لبه روسازی برای گردش ۹۰ درجه

تجاوز به خط مجاور، تابع وضع کلی آمد و شد به هنگام گردش می باشد. همان طوری که در بالا شرح داده شد، انحراف ممکن است در جاده خروجی در موقع نزدیک شدن به تقاطع، و یا برعکس در جاده های که خودرو وارد آن می شود، انجام گیرد و یا حد میانی این دو حالت باشد، یعنی مقداری از انحراف در جاده خروجی انجام شود و مقداری هم در جاده ورودی. اگر شاخه خروجی که در آن، خودرو به طرف تقاطع در حرکت است راه اصلی با مقدار آمد و شد زیاد باشد و شاخه ای که گردش در آن انجام می گیرد، راه فرعی با آمد و شد کم، انتخاب مسیر منطقی ترین نوع گردش است؛ البته، به این شرط که جاده فرعی دارای عرض کافی باشد. اگر شاخه خروجی که خودرو در آن گردش می نماید، جاده فرعی با عرض کافی و با آمد و شد کم باشد و شاخه ای که در آن گردش انجام می پذیرد، جاده اصلی با آمد و شد زیاد، منطقی تر است که راننده گردش ۲ را انتخاب کند. اگر هر دو شاخه تقاطع از نظر عرض و مقدار و چگونگی آمد و شد در لحظه گردش، مشابه باشند، به احتمال زیاد، راننده نحوه عمل بین روشهای ۱ و ۲ را انتخاب خواهد نمود. شکلهای ۴-ب و ۴-ج نشان می دهد که تریلیهای متوسط و بزرگ نیز قادر خواهند بود در یک تقاطع ۹۰ درجه که لبه داخلی روسازی آن برای سواری طرح شده، و عرض شاخه های تقاطع معادل دو خط عبور یا بیشتر باشد، گردش نمایند. ولی در این حالت، برعکس حالت قبل، رانندگان تریلی آزادی عمل زیادی برای انتخاب روشهای مختلف گردش خواهند داشت. در این حالت، مقدار انحراف از حالت قبل (گردش کامیون طرح) بیشتر خواهد بود. همان طوری که در شکل ۵ نشان داده شده است، هنگامی که لبه داخلی قوس تقاطع برای کامیون طرح شده باشد (قوس مرکب سه مرکزی به شعاعهای ۳۶ و ۱۲ و ۳۶ متر)، تریلی متوسط با کمی انحراف به راحتی می تواند در آن گردش نماید و مقدار انحراف آن برای روشهای گردش ۱ و ۳، به فرض آنکه عرض خط عبور ۵/۳۶ متر باشد، به ترتیب ۰/۶ و ۰/۴۵ متر خواهد بود. تریلی بزرگ نیز می تواند در تقاطع مذکور به راحتی گردش کند؛ مقدار انحراف این تریلی برای روشهای گردش ۱ و ۳ به ترتیب برابر ۲/۱ و ۱/۲ متر خواهد بود (شکل ۵-ب).

با تجزیه و تحلیل روشهای گردش بالا و مسیرهای مربوط، و با توجه به دیگر مشخصات و اطلاعات، طراح می تواند حداقل ابعاد طرح را تعیین نماید. کاربرد حداقل طرح برای گردشها، حتی برای راههای برونشهری، گوناگون است. ممکن است، حداقل ابعاد طرح برای گردش برای شرایطی مناسب باشد که به طور کلی سرعت کم، ارزش زمین زیاد و مقدار عبور گردشی کم باشد. انتخاب نوع وسیله طرح، به قضاوت طراح پس از تجزیه و تحلیل تمام شرایط و بررسی اثر خودرو بزرگتر بستگی دارد. به طور خلاصه، حداقل سه استاندارد طرح لبه روسازی برای گردش به شرح زیر است:

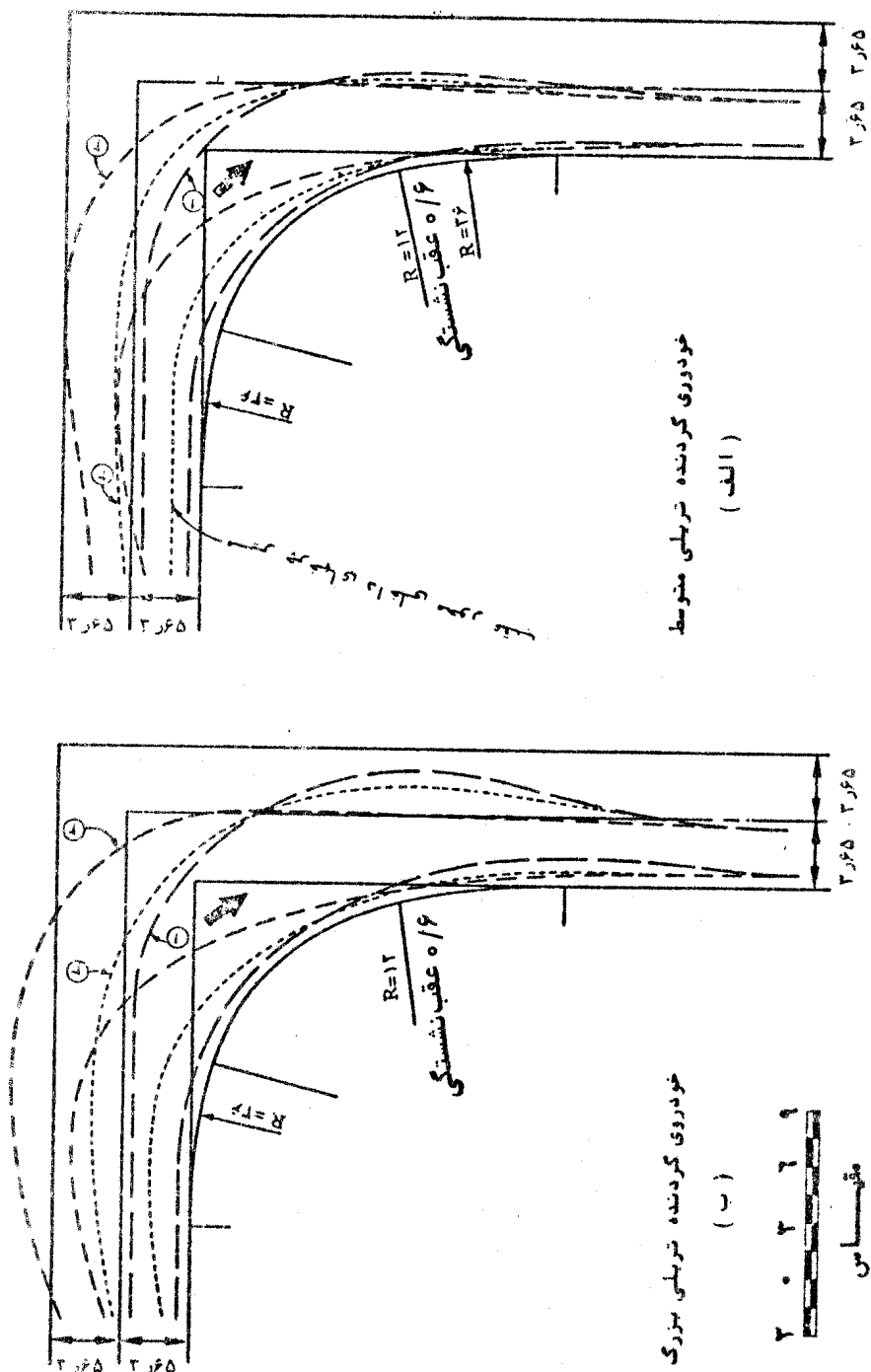
طرح برای سواری (شکل ۱): این طرح در تقاطعهای راههای کم آمد و شد فرعی که حداقل تعداد گردش انتظار می رود، یا در تقاطع یک راه محلی با یک راه اصلی در شرایطی که گردش کپگاه اتفاق می افتد و یا در تقاطع دو راه فرعی با آمد و شد کم به کار می رود. یادآوری می شود که بهتر است در صورت امکان در تمام موارد بالا تقاطع بر مبنای کامیون (شکل ۲) طرح شود.



۱. مسیری که خودرو، بدون آنکه از خط عبور راه خروجی خارج شود، با شمع حداقل گردش کرده و در جاده تقاطع انحراف پیدا می کند.
۲. مسیری که خودرو در جاده خروجی آن قدر انحراف پیدا می کند که با شمع گردش حداقل بتواند وارد خط عبور مورد نظر از جاده تقاطع گردد.
۳. مسیر گردش خودرو، به طوری که مقدار انحراف آن به خط مجاور، چه در راه خروجی و چه در راه متقاطع، مساوی باشد.

شکل ۴. طرح حداقل قوس لبه روسازی برای سواری و مسیرهای لازم خودروهای بزرگتر.





۱. مسیری است که خودرو، بدون آنکه از خط عبور راه خروجی خارج شود، با شعاع حداقل گردش نموده و در جاده تقاطع انحراف پیدا می نماید.
۲. مسیری است که خودرو در جاده خروجی آن اندازه انحراف می نماید که با شعاع گردش حداقل بتواند وارد خط عبور مورد نظر از جاده تقاطع گردد.
۳. مسیر گردش خودرو، به طوری که مقدار انحراف آن به خطوط مجاور، چه در راه خروجی و چه در راه متقاطع، تقریباً "برابر" است.

شکل ۵. طرح حداقل قوس لبه روسازی برای کامیون طرح و اتوبوس و مسیرهای لازم برای خودروهای بزرگتر

طرح برای کامیون (شکل ۲): به طور کلی، این طرح به عنوان طرح حداقل برای تمام راههای برونشهری (بجز در موارد بالا) پیشنهاد می گردد. ولی با این حال، بهتر است که در راههای اصلی، تقاطعهای با گردش مهم - بویژه آنها که گذرگاه نسبت در صد زیادی از کامیونها هستند - با شعاعهای بزرگتر، یا با خطوط تغییر سرعت و یا با هردوی آنها طرح گردند.

طرح برای تریلی (شکل ۳): این طرح در مواردی به کار برده می شود که خودروهای بزرگ تقریباً هم اندازه تریلی طرح به طور مکرر در تقاطع گردش می کنند. پس از انتخاب طرح تقاطع بر مبنای تریلی، هنگامی که نسبت در صد خودروهای سواری در آمد و شد گردنده قابل توجه باشد، بهتر است که طرح سه قوس مرکب متقارن (خط چین در شکل ۳) انتخاب شود. از آنجایی که این طرح (بویژه در مواردی که در بیش از یکی از چهار گردش به راست تقاطع هم سطح به کار می رود) سطح رویه بزرگی را ایجاد می کند که ممکن است کنترل آمد و شد در آن مشکل باشد، بهتر است که خطوط گردش مجزا (هدایت کننده) به کار برده شود. در این حالت، شعاع گردش کمی بزرگتر انتخاب می شود (به بحث طرح خطوط گردش که در قسمتهای بعدی آمده است، مراجعه شود).

طرح حداقل و یا حدود حداقل برای خطوط گردش - رتقاطعهای با خطوط گردش مجزا، غالباً "ضرورت دارد، بویژه در شرایطی که حرکتی برخورد را باید کنترل شود، یا در شرایطی که نصب چراغ راهنمایی ضروری است و یا در تقاطعهای فرعی در مواردی که گردش به تعداد کمی صورت می گیرد. همچنین، طرح حداقل ممکن است در راههای با حریم محدود، که در آنها سرعت بالا یا مقدار آمد و شد زیاد است، به کار رود. در این مورد، باید خط تغییر سرعت به کار برده شود.

به کار بردن جدول در لبه روسازی قوسهای تیز تقاطع، گردش خودرو را دچار محدودیت می کند. خودرو طرح در موقع گردش در قوس یا شعاع حداقل باید با دقت عمل کند تا با جدول برخورد ننماید. به این دلیل، بهتر است در شرایطی که جدول در لبه روسازی قوسها به کار برده می شود، شعاع قوس کمی بیشتر از حداقل پیشنهادی انتخاب گردد.

#### ۱-۱-۳. گردش با زاویه غیر قائم

طرح حداقل لبه روسازی تقاطعهای با زاویه غیر قائم به همان روش ارائه شد، برای تقاطعهای قائم بسط داده شده است. به منظور یافتن کمترین شعاع گردش، ابتدا مسیر خودرو طرح در تیزترین گردشها رسم می شود و سپس، قوس یا ترکیب چند قوس بر مسیر چرخهای داخلی عقب خودرو طرح انطباق داده می شود. طرح حداقل پیشنهادی برای هریک از انواع خودروهای طرح با تیزترین گردش در حالت زوایای مختلف در جدول ۱ داده شده است.

جدول ۱. حداقل لبه روسازی برای پیچهای نقاط

خودروی طرح	زاویه گودش (درجه)	شعاع قوس ساده (متر)	قوس مرکب سه مرکزی متقارن		قوس مرکب سه مرکزی نامتقارن	
			شعاع (متر)	عقب نشیستی	شعاع (متر)	عقب نشیستی
سواری کامیون تریلی متوسط تریلی بزرگ	۳۰	۱۸	—	—	—	—
		۳۰	—	—	—	—
		۴۵	—	—	—	—
		۶۰	—	—	—	—
سواری کامیون تریلی متوسط تریلی بزرگ	۴۵	۱۵	—	—	—	—
		۲۲٫۵	—	—	—	—
		۳۶	—	—	—	—
		۵۰	۶۰٫۳۰٫۶۰	۰٫۹	—	—
سواری کامیون تریلی متوسط تریلی بزرگ	۶۰	۱۲	—	—	—	—
		۱۸	—	—	—	—
		۲۷	—	—	—	—
		—	۶۰٫۲۲٫۵٫۶۰	۱٫۷	۷۵٫۲۲٫۵٫۶۰	۱٫۸۰۰٫۶
سواری کامیون تریلی متوسط تریلی بزرگ	۷۵	۱۰٫۵	۳۰٫۷٫۵٫۳۰	۰٫۶	—	—
		۱۶٫۵	۳۶٫۱۳٫۵٫۳۶	۰٫۶	—	—
		۲۵	۳۶٫۱۳٫۵٫۳۶	۱٫۵	۶۰٫۱۳٫۵٫۳۶	۲٫۰۰۰٫۶
		—	۴۵٫۱۵٫۴۵	۱٫۸	۷۰٫۱۵٫۴۵	۳٫۰۰۰٫۶
سواری کامیون تریلی متوسط تریلی بزرگ	۹۰	۹	۳۰٫۶٫۳۰	۰٫۷۵	—	—
		۱۵	۳۶٫۱۲٫۳۶	۰٫۶	—	—
		—	۳۶٫۱۲٫۳۶	۱٫۵	۶۰٫۱۲٫۳۶	۱٫۸۰۰٫۶
		—	۵۵٫۱۸٫۵۵	۱٫۸	۶۰٫۱۲٫۳۶	۳٫۰۰۰٫۶
سواری کامیون تریلی متوسط تریلی بزرگ	۱۰۵	—	۳۰٫۶٫۳۰	۰٫۷۵	—	—
		—	۳۰٫۱۰٫۵٫۳۰	۰٫۹	—	—
		—	۳۰٫۱۰٫۵٫۳۰	۱٫۵	۶۰٫۱۰٫۵٫۳۰	۲٫۵۰۰٫۶
		—	۵۵٫۱۲٫۵۵	۲٫۵	۶۳٫۱۲٫۴۵	۳٫۰۰۰٫۶
سواری کامیون تریلی متوسط تریلی بزرگ	۱۲۰	—	۳۰٫۶٫۳۰	۰٫۶	—	—
		—	۳۰٫۹٫۳۰	۰٫۹	—	—
		—	۳۶٫۹٫۳۶	۱٫۸	۵۵٫۹٫۳۰	۲٫۷۰۰٫۶
		—	۵۵٫۱۲٫۵۵	۲٫۵	۶۶٫۱۰٫۵۴۵	۳٫۶۰۰٫۶
سواری کامیون تریلی متوسط تریلی بزرگ	۱۳۵	—	۳۰٫۶٫۳۰	۰٫۴۵	—	—
		—	۳۰٫۹٫۳۰	۱٫۲	—	—
		—	۳۶٫۹٫۳۶	۲٫۰	۵۵٫۷٫۵٫۳۰	۳٫۹۰۰٫۹
		—	۴۸٫۱۰٫۵۴۸	۲٫۷	۵۶٫۹٫۴۰	۴٫۲۰۰٫۹
سواری کامیون تریلی متوسط تریلی بزرگ	۱۵۰	—	۲۲٫۵٫۵٫۲۲٫۵	۰٫۶	—	—
		—	۳۰٫۹٫۳۰	۱٫۲	—	—
		—	۳۰٫۹٫۳۰	۱٫۸	۴۸٫۷٫۵۰۲۷	۳٫۳۰۰٫۹
		—	۴۸٫۱۰٫۵۴۸	۲٫۱	۵۵٫۹٫۳۶	۴٫۲۰۰٫۹
سواری کامیون تریلی متوسط تریلی بزرگ	۱۸۰	—	۱۵۰٫۴٫۵۰۱۵	۰٫۱۵	—	—
		—	۳۰٫۹٫۳۰	۰٫۴۵	—	—
		—	۳۰٫۶٫۳۰	۲٫۸۵	۴۵٫۶٫۲۵	۳٫۹۰۱٫۸
		—	۴۰٫۷٫۵۰۴۰	۲٫۸۵	۵۵٫۷٫۵۰۳۰	۳٫۹۰۱٫۸

برای ایجاد سهولت در کار، زاویه تقاطع به وسیله "زاویه گردش" مشخص می شود که عبارت از زاویه ای است که خودرو به هنگام گردش طی می کند؛ به عبارت دیگر، زاویه گردش برابر مقدار انحراف از مسیر اولیه است. برای زاویه گردش کمتر از ۹۰ درجه، شعاع لازم برای انطباق مسیر حداقل خودرو طرح بزرگتر از شعاعهای پیشنهادی برای تقاطعهای قائم می باشد، در این موارد، این شعاع بزرگتر مقدار ناچیزی به سطح روسازی و یا عرض خطوط گردش اضافه می کند. برای زاویه گردش بیشتر از ۹۰ درجه، شعاعها کاهش می یابد اما مقدار عقب نشینی قوس میانی زیاد می شود.

طرح حداقل پیشنهادی برای زوایای مختلف گردش در جدول ۱ داده شده است. ترکیبهای دیگری از قوسها را می توان یافت که نتایج و عملکرد قابل قبولی داشته باشند. به کار بردن خط لچکی با قوس ساده یکی از روشهای دیگر طرح لبه روسازی برای گردش در تقاطعهاست. در شرایطی که لازم است سطح تقاطع حداقل ممکن باشد، بسته به نوع و اندازه خودرو گردنده و مقدار رعایت معیارها، طراح می تواند هریک از طرحهای داده شده در جدول ۱ را انتخاب نماید. معیارهای مختلفی که قبلاً "با عنوان" انتخاب طرح حداقل برای شرایط زمین ردیف ۱-۱-۲" شرح داده شده نیز در اینجا صادق است.

در تقاطعهای ۹۰ درجه که لبه داخلی روسازی برای سواری طرح شده است، تمام کامیونها می توانند با تجاوز به خط مجاور، گردش کنند. واضح است که در تقاطعهای با زوایای گردش کمتر از ۹۰ درجه که لبه داخلی روسازی آنها برای سواری طرح شده است، کامیونها می توانند با تجاوز کمتری به خط عبور مجاور (نسبت به زاویه گردش ۹۰ درجه) گردش کنند. برای زوایای گردش بیشتر از ۹۰ درجه، طرح حداقل خودرو سواری باید طوری تنظیم و اصلاح گردد که اطمینان حاصل شود کامیونهای گردنده در داخل دو خط عبور باقی خواهند ماند. در این مورد، برای زاویه گردش ۱۲۰ درجه و بیشتر، می توان همان ابعاد سه قوس مرکب که برای طرح گردش سواری در نظر گرفته شده است (۳۰-۶۰-۳ متر) به کار برد، ولی مقدار عقب نشستگی قوس میانی باید از ۵/۷۵ متر تا ۳ متر برای زاویه گردش ۱۸۰ درجه (دور زدن) افزایش داده شود. به طور کلی، اگر امکانات اجازه دهد، بهتر است حتی برای راههای فرعی، طرح بر مبنای کامیون طراحی شود. در طرح حداقل بر مبنای کامیون، تریلیهای متوسط و بزرگ نیز می توانند با کمی انحراف به خط مجاور، گردش نمایند.

طرح تقاطع برای زاویه گردش بیش از ۹۰ درجه ممکن است به طور غیر ضروری موجب ایجاد سطح بزرگ روسازی شود که قسمتهایی از آن غالباً "بدون استفاده باقی خواهد ماند، به علاوه، سبب گنج شدن رانندگان و بروز خطراتی برای عابران خواهد شد. این اشکال با به کار بردن سه قوس مرکب غیر متقارن و یا یک قوس با شعاع بزرگتر همراه با یک جزیره، به مقدار قابل ملاحظه ای رفع خواهد شد. در صورت امکان، در تقاطع راههای اصلی که زاویه گردش بیش از ۱۲۰ درجه است، خطوط گردش مجزا برای گردش به راست در نظر گرفته می شود.

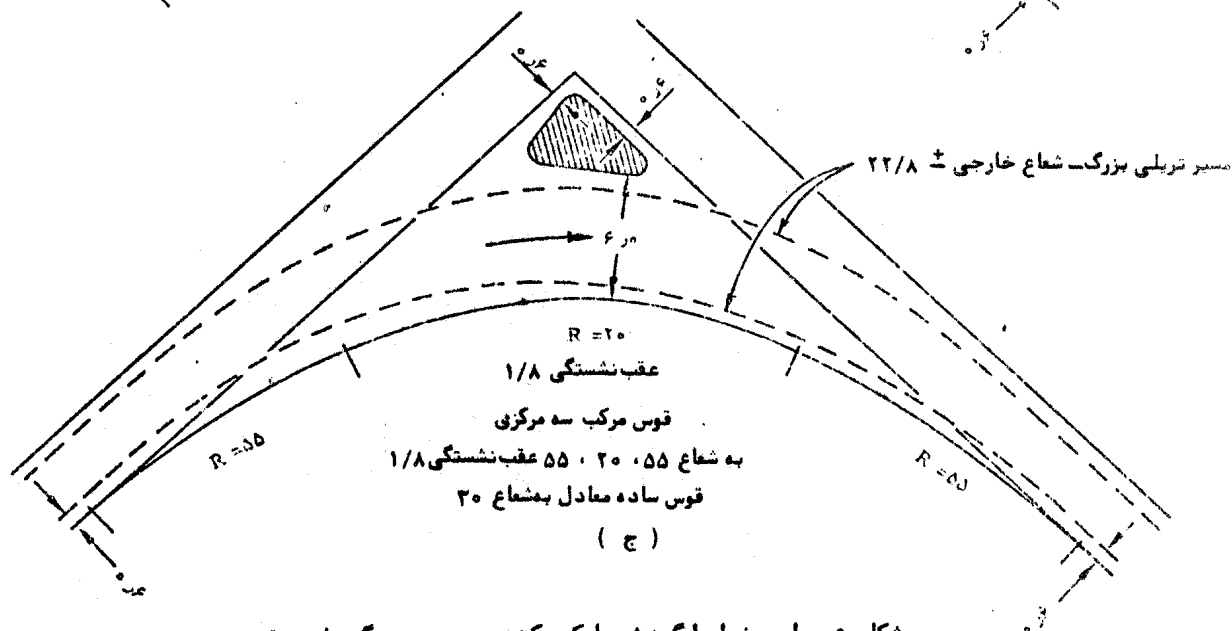
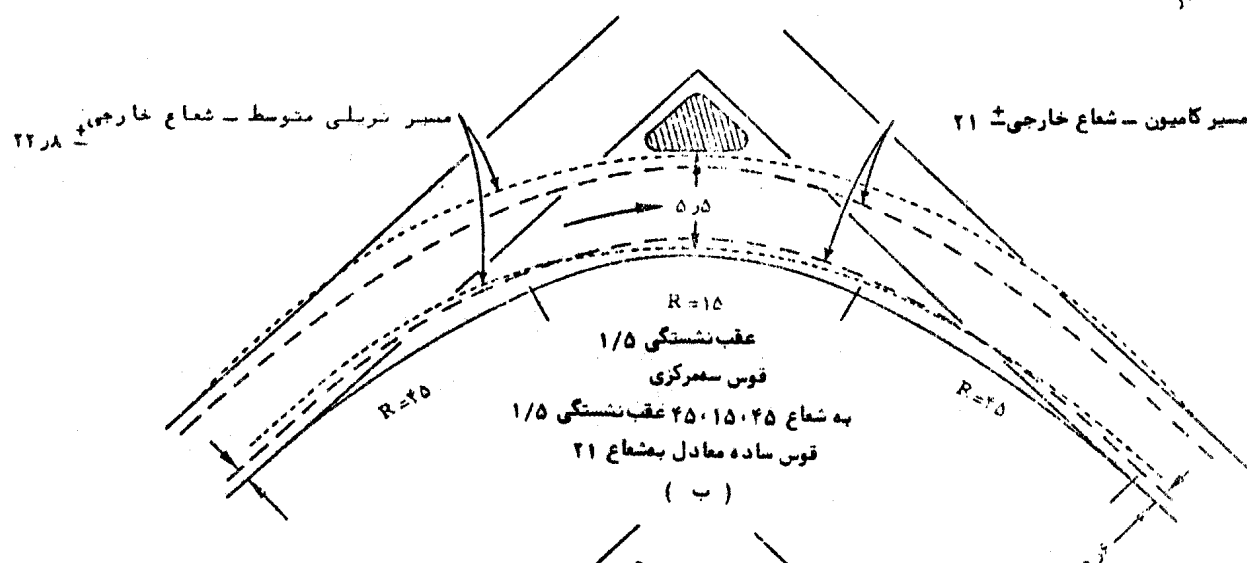
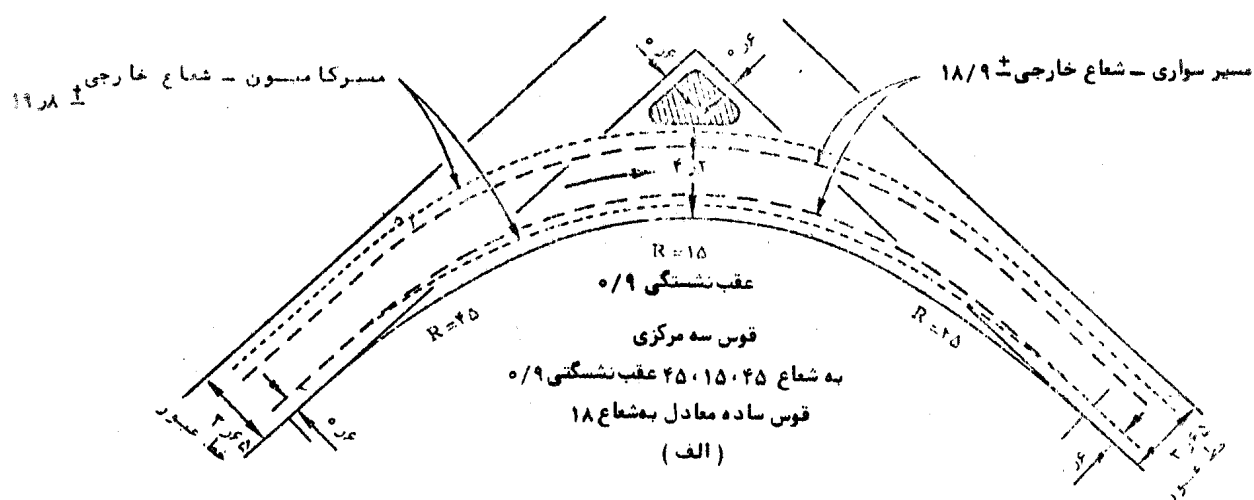
### ۳-۱. طرح حداقل برای خطوط گردش

اگر در یک تقاطع، لبه داخلی روسازی در گردش به راست برای تریلی طرح شده، و یا طرح بر مبنای سواری با سرعت گردش ۲۵ کیلومتر در ساعت یا بیشتر در نظر گرفته شده باشد، سطح رویه در تقاطع بیش از اندازه افزایش می‌یابد، به‌طوری که کنترل و هدایت صحیح آمد و شد با اشکال روبه‌رو خواهد شد. برای رفع این اشکال، یک جزیره (معمولاً مثلثی شکل) در گوشه تقاطع احداث می‌شود تا به کمک آن، یک خط عبور مجزا برای خودروهای گردنده به‌وجود آید.

#### ۱-۲-۱. گردش قائم با جزیره هدایت‌کننده

در طرح حداقل خطوط گردش، اجزای اصلی کنترل‌کننده عبارتند از امتداد لبه داخلی روسازی و عرض خطوط گردش که برای گردش خودروی طرح با سرعت کم در نظر گرفته شده‌است. با به‌کار بردن شعاع بیش از طرح حداقل، سطح روسازی وسیعی بین دوشاخه راه به‌وجود می‌آید، به‌طوری که می‌توان یک جزیره هدایت‌کننده (معمولاً مثلثی شکل) در آن قرار داد. ایجاد چنین جزیره‌ای باعث هدایت بهتر آمد و شد عبوری و گردنده می‌شود و در ضمن، محل مناسبی برای نصب علائم راهنمایی و پناه پیاده به‌وجود می‌آید. چون ابعاد این جزیره نباید خیلی کوچک باشد، لذا اندازه آن یکی از عوامل کنترل‌کننده طرح خواهد بود. کوچکترین سطحی که برای جزیره در نظر گرفته می‌شود، نباید از حدود ۵ متر مربع (ترجیحاً ۷ متر مربع) کمتر باشد. اضلاع کوچکترین جزیره مثلثی نباید پس از گرد کردن گوشه‌ها از ۲٫۵ متر (ترجیحاً ۳ متر) کمتر باشد. برای نصب علائم و یا برف‌روبی آسانتر، بهتر است جزایر بزرگتری در نظر گرفته شود. لبه داخلی روسازی خطوط گردش باید طوری طرح شود که ایجاد یک جزیره کوچک، پیش‌بینی عرض کافی برای خطوط گردش را ممکن سازد. عرض خطوط گردش باید کافی باشد، به‌گونه‌ای که خودرو طرح بتواند با فاصله آزاد ۰/۶ متر از لبه‌های طرفین، در آن گردش کند. به‌طور کلی، عرض خط گردش نباید از ۴٫۲ متر کمتر باشد. در شکل ۶، طرح حداقل برای خطوط گردش به‌راست با زاویه ۹۰ درجه نشان داده شده‌است. برای طرح حداقل بر مبنای حداقل ابعاد جزیره و حداقل عرض خط گردش (۴٫۲ متر)، شعاع داخلی لبه روسازی خط گردش باید حداقل یک قوس دایره‌ای به شعاع ۱۸ متر باشد (در شکل نشان داده نشده‌است) و یا، همان‌طوری که در شکل ۶-الف نشان داده شده‌است، از یک قوس مرکب سه مرکزی به شعاعهای ۴۵-۱۵-۴۵ متر، که قوس وسطی آن دارای ۹۰/۰ متر عقب‌نشستگی است، تشکیل شود. در این طرح، نه تنها خودرو سواری می‌تواند با سرعت ۲۵ کیلومتر در ساعت گردش کند، بلکه کامیون طرح با شعاع گردش ۱۹ متر نیز می‌تواند در آن گردش کرده و چرخهای آن فاصله ۰/۳ متر از طرفین را تا لبه روسازی حفظ کند.

با افزایش عرض خط گردش تا ۴/۸ متر و به‌کار بردن همان قوسهای بالا، اما با مقدار عقب‌نشستگی ۱/۵ متر برای قوس میانی، طرح مطلوبتری به‌دست می‌آید (شکل ۶-ب). این طرح به کامیون اجازه خواهد داد که با شعاع ۲۱ متر و با فاصله آزاد بیشتری نسبت به حالت قبل، گردش نماید. در این طرح، تریلی بزرگ نیز با کمی انحراف در خط عبوری گردش خواهد کرد.



شکل ۶. طرح خطوط گردش با کوچکترین جزیره - گردش ۹۰ درجه

در محلهایی که تعداد قابل توجهی تریلی (بویژه تریلی بزرگ) گردش می‌کنند، طرح نشان داده شده در شکل ۶-ج باید به‌کار برده شود.

در تمام حالات، جزیره هدایت‌کننده باید در ۶/۰ متری امتداد لبه روسازی خط عبوری قرار گرفته باشد (همان‌طوری که در شکل نشان داده شده است). در مواردی که ابعاد جزیره در حدود حداقل است، جزیره را باید با جدول محدود مشخص کرد. در مناطق برونشهری، جداول باید از نوع قابل عبور باشند تا خطر کمتری برای خودروهای عبوری پدید آید و در ضمن، فضای بیشتری برای گردش خودروهای بزرگ ایجاد شود (به شکل ۲۴ و بحث مربوط به آن نگاه کنید).

در هر سه طرح حداقل شکل ۶، قوس سه مرکزی مرکب متقارن پیشنهاد شده است، اما قوسهای مرکب غیرمتقارن، بویژه در طرح برای گردش کامیون و تریلی را نیز می‌توان به‌کار برد. با وجودی که برای هریک از طرحهای شکل ۶ یک قوس ساده معادل نیز ذکر شده است، لیکن به‌کار بردن آن در طرحهای ۶-ب و ۶-ج ممکن است باعث شود که خودرو طرح به‌هنگام گردش به‌شانه‌ها و یا جزیره تجاوز کند.

#### ۲-۲-۱. گردش غیرقائم با جزایر هدایت‌کننده

ابعاد طرح حداقل برای گردش راویه حاده که با همان روش گردش زاویه قائمه تعیین شده، در جدول ۲ داده شده است. منحنیهای طرح لبه داخلی روسازی، عرض خط گردش و اندازه تقریبی جزایر هدایت‌کننده برای سه رده آمد و شد انتخابی داده شده است. سه رده مذکور در زیر جدول یاد شده شرح داده شده‌اند. ممکن است برای یک تقاطع معین، طراح از بین سه طرح حداقل پیشنهادی، یکی را بسته به نوع و ابعاد خودرو، مقدار آمد و شد پیش‌بینی شده و شرایط فیزیکی محل انتخاب کند.

در جدول یاد شده، ابعاد طرح برای گردش کمتر از ۷۵ درجه داده نشده است. خطوط گردش با زاویه باز (کمتر از ۷۵ درجه) به شعاعهای بزرگی نیاز دارد و جزء طرح حداقل محسوب نمی‌شود. این نوع خطوط گردش، به طرح ویژه‌ای نیاز دارند که با شرایط آمد و شد و شرایط محل مطابقت داشته باشد. برای ابعاد جزایر هدایت‌کننده کنترل می‌شود، به شرط آنکه گردش در قوسی به شعاع بیش از شعاع حداقل انجام گیرد. برای زاویه گردش ۱۲۰ درجه یا بیشتر، تیزترین مسیر گردش خودرو انتخابی و ترتیب و قراردادی منحنیهای لبه داخلی روسازی که بر مسیرهای مذکور منطبق باشد، معمولاً کنترل‌کننده طرح بوده و باعث ایجاد جزایر هدایت‌کننده با ابعاد بزرگتر از ابعاد حداقل می‌شود. به عبارت دیگر، برای زاویه گردش ۷۵ تا ۱۲۰ درجه، اندازه حداقل جزیره هدایت‌کننده عامل کنترل‌کننده است، در صورتی که برای زوایای گردش ۱۲۰ درجه یا بیشتر، منحنیهای لبه داخلی روسازی خطوط گردش عامل کنترل‌کننده می‌باشد.

جدول ۲. مقادیر حداقل طرح برای خطوط گردش

زاویه گردش (درجه)	رده بندی طرح *	قوس مرکب سه مرکزی		عرض خط عبور (متر)	اندازه تقریبی جزیره (متر مربع)
		شعاعها (متر)	عقب نشستگی		
۷۵	الف	۴۵-۷/۵-۴۵	۱/۰	۴/۲۰	۶
	ب	۴۵-۷/۵-۴۵	۱/۵	۵/۵۰	۵
	ج	۵۵-۲۷-۵۵	۱/۰	۶/۰	۵
۹۰	الف	۴۵-۱۵-۴۵	۰/۹	۴/۲۰	۵
	ب	۴۵-۱۵-۴۵	۱/۵	۵/۵۰	۸
	ج	۵۵-۲۰-۵۵	۱/۸	۶/۰	۱۲/۵
۱۰۵	الف	۳۶-۱۲-۳۶	۰/۶	۴/۵	۷
	ب	۳۰-۱۰/۵-۳۰	۱/۵	۶/۶	۵
	ج	۵۵-۱۳/۵-۵۵	۲/۴	۹/۰	۶
۱۲۰	الف	۳۰-۹-۳۰	۰/۷۵	۴/۸	۱۲
	ب	۳۰-۹-۳۰	۱/۵	۷/۲	۹
	ج	۵۵-۱۲-۵۵	۲/۵۵	۱۰/۲	۲۲
۱۳۵	الف	۳۰-۹-۳۰	۰/۷۵	۴/۸	۴۶
	ب	۳۰-۹-۳۰	۱/۵	۷/۸	۳۷
	ج	۴۸-۱۰/۵-۴۸	۲/۷	۱۰/۵	۶۴
۱۵۰	الف	۳۰-۹-۳۰	۰/۷۵	۴/۸	۱۴۰
	ب	۳۰-۹-۳۰	۱/۸	۹/۰	۱۱۷
	ج	۴۸-۱۰/۵-۴۸	۲/۲	۱۱/۵	۱۷۲

\* رده بندی طرح به شرح زیر است:

الف) طرح برای سواری و عبور گهگاه کامیون طرح، اما با محدودیت در فاصله آزاد جانبی در موقع گردش

ب) طرح برای کامیون و عبور گهگاه تریلی بزرگ، اما با تجاوز به خط عبور مجاور در موقع گردش

ج) طرح برای تریلی بزرگ



### ۳-۱. رابطه سرعت و شعاع قوس

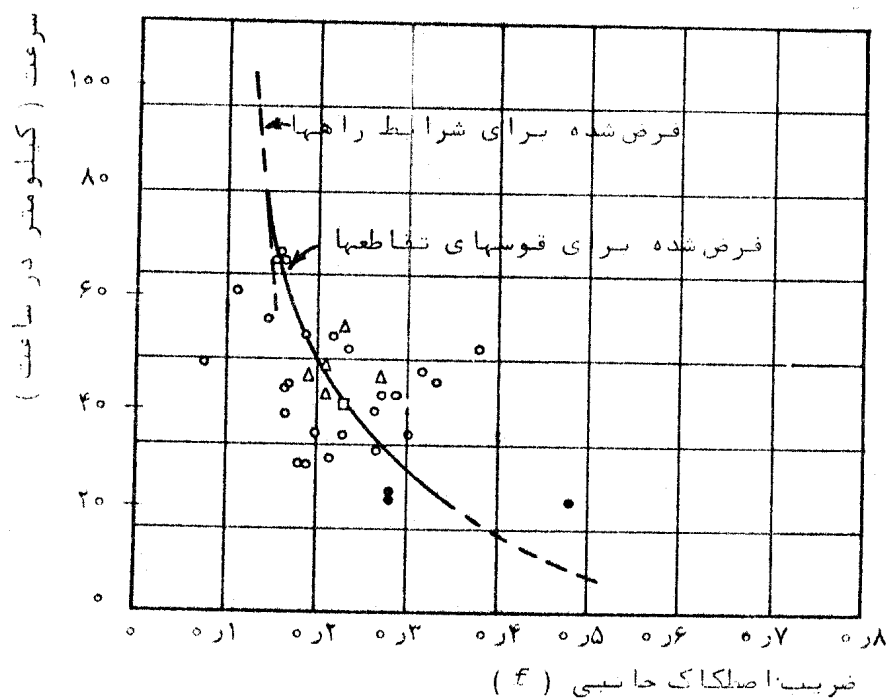
در تقاطعهایی که با ابعاد حداقل طرح شده‌اند، وسایل نقلیه باید با سرعت کم (حدود ۱۵ کیلومتر در ساعت) گردش نمایند. با وجودی که طرح تقاطعها برای سرعت گردش بیشتر مطلوبتر و غالباً "نیز عملی است"، اما به دلایل اقتصادی و ایمنی، در اکثر موارد تقاطعهای همسطح برونشهری برای سرعتهای کم طرح می‌شوند. سرعتی که منحنیهای تقاطع بر مبنای آن طرح می‌گردند عملاً "تابع سرعت آمد و شد راه عبوری، نوع تقاطع و مقدار آمد و شد عبوری و گردنده‌است. به‌طور کلی، سرعت مطلوب گردش برای طرح، سرعت متوسط آمد و شد راه تقرب (راه عبوری) است. طرح بر مبنای سرعتهای بالا باعث پیدایش مانع بسیار ناچیزی در حرکت و یکپوختی آمد و شد است و امکان دارد برای بعضی از شیرازه‌های تقاطعهای غیرهمسطح مبدل یا برای تقاطعهای همسطح برای گردشهایی که با عابران پیاده و سایر جریانهای آمد و شد برخوردی ندارد، قابل توجیه باشد.

به دلیل انواع علایم هشداردهنده و همچنین پیش‌بینی شرایط بحرانیتر در تقاطعها، شعاعهای قوسهای گردش در تقاطع کمتر از شعاع قوسهای راههای آزاد با همان سرعت طرح در نظر گرفته می‌شوند. رانندگان معمولاً، در قوسهای تقاطعها نسبت به راه آزاد با همان شعاع قوس با سرعت بیشتر حرکت می‌کنند، یعنی، در تقاطعها رانندگان نیروی گریز از مرکز بیشتری را نسبت به راه آزاد قبول می‌کنند.

رابطه بین سرعت و ضریب اصطکاک جانبی در قوسهای تقاطع، در شکل ۷ داده شده است. بر مبنای حداقل بریلندی پیشنهادی در قوسها و با استفاده از شکل ۷، حداقل شعاع ایمنی برای قوسهای تقاطع به ازای سرعتهای مختلف طرح در جدول ۳ داده شده است. (حداقل شعاعهای داده شده در جدول ۳ در گوشه سمت چپ شکل ۸ با خط پر ضخیم نشان داده شده است.)

### ۴-۱. قوسهای انتقالی (اتصال تدریجی) و مرکب

به هنگام گردش در تقاطعهای همسطح و غیرهمسطح مبدل، مانند راههای آزاد، رانندگان یک مسیر انتقالی (شبه کلوئیدی) را طی خواهند نمود. اگر تقاطع برای مسیر طبیعی انتقالی مذکور طرح نشده باشد، اکثر رانندگان از مسیر طرح شده منحرف می‌شوند و به تشخیص خود یک مسیر انتقالی را طی خواهند کرد. این عمل، گاهی اوقات با انحراف به خطوط مجاور و یا شانه‌ها همراه است. بهترین منحنی برای انطباق بر مسیر طبیعی خودرو، قوسهای اتصال و یا کلوئیدی است که ممکن است بین امتداد مستقیم و یک قوس دایره و یا بین دو قوس دایره با اختلاف شعاع قابل ملاحظه قرار داده شود. در عمل، می‌توان از قوسهای مرکب به جای قوسهای اتصال استفاده کرد. یکی دیگر از مزایای استفاده از قوسهای اتصال، تأمین تغییر شیب عرضی معمولی جاده به بریلندی مورد نیاز در خطوط گردش می‌باشد.



علایم :

- هر علامت نشان دهنده نتیجه یک تقاطع است .
- تعداد سواری انتخاب شده در هر محل :

- کمتر از ۵۰
- ۵۰ تا ۱۰۰
- Δ ۱۵۰ تا ۳۰۰
- ۵۰۰ یا بیشتر

شکل ۷. رابطه بین سرعت و ضربان اصطکاک جانبی در قوسهای تقاطعها

جدول ۳. حداقل شعاع برای قوسهای تقاطع

سرعت گردش طرح (کیلومتر در ساعت)	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۰
ضریب اصطکاک جانبی	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۶
حداقل بریلندی فرض شده	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۹
جمع	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۵
حداقل شعاع پیشنهادی برای طرح (متر)	۱۵	۲۷	۴۵	۷۰	۹۵	۱۲۵
سرعت متوسط حرکت مربوط به شعاع پیشنهادی (کیلومتر در ساعت)	۲۲/۵	۲۷	۳۶	۴۴	۴۷	۵۱

## ۱-۴-۱. طول کلوتوئید

طول قوس کلوتوئید برای تقاطعها به همان روش راهها تعیین می‌گردد. در قوسهای تقاطع، طول کلوتوئید ممکن است از قوس مشابه در راهها کمتر باشد، به دلیل آنکه در شرایط تقاطع، رانندگان تغییر جهت شدیدتری را قبول خواهند کرد؛ یعنی، به‌طور کلی، شدت تغییر شتاب گریز از مرکز (C) در قوسهای تقاطع ممکن است از مقدار C برای راهها (که از ۰/۳ تا ۰/۹ متر بر مکعب ثانیه متغیر است) بیشتر باشد. فرض بر آن است که مقدار C برای قوسهای تقاطعها بین ۰/۷۵ متر بر مکعب ثانیه (سرعت گردش ۸ کیلومتر در ساعت) تا ۱/۲ متر بر مکعب ثانیه (سرعت گردش ۳۰ کیلومتر در ساعت) متغیر است. با به‌کار بردن این مقادیر در رابطه شورت\* (به طرح‌هندسی راهها رجوع شود) طول کلوتوئید برای قوسهای تقاطع محاسبه شده و نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. حداقل طول کلوتوئید داده شده در این جدول برای کمترین شعاع گردش است که بر مبنای سرعت طرح حاصل شده است. برای شعاعهای بزرگتر از حداقل، می‌توان طول کلوتوئید را مقداری کاهش داد.

\* Shortt

جدول ۴. طول حداقل کلوتوئید برای قوسهای تقاطع

۷۰	۶۰	۵۵	۵۰	۴۰	۳۰	سرعت گردش طرح (کیلومتر در ساعت)
۱۶۰	۱۲۵	۹۵	۷۰	۴۵	۲۷	حداقل شعاع (متر)
۰/۸۲	۰/۹	۰/۹۸	۱/۰۵	۱/۱۲	۱/۲۰	مقدار C فرض شده (متر بر مکعب ثانیه)
۵۷	۴۷	۴۱	۳۲	۲۶	۲۱	طول کلوتوئید محاسبه شده (متر)
۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۵	۲۰	طول حداقل پیشنهادی کلوتوئید (متر)
۰/۹۰	۰/۷۵	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۵	مقدار عقب‌نشستگی قوس دایره از راستای مستقیم (متر)

همچنین ممکن است قوس کلوتوئید بین دو قوس دایره‌ای با اختلاف شعاع زیاد نیز به کار برده شود. در این حالت، طول کلوتوئید را می‌توان از جدول ۴ با به کار بردن شعاعی برابر شعاع قوسی که انحنای آن برابر اختلاف انحنای دو قوس دایره‌ای مورد نظر می‌باشد، به دست آورد.

مثلاً، برای اتصال به وسیله کلوتوئید دو قوس دایره‌ای که شعاعهای آنها ۲۵۰ متر (انحنای ۷ درجه) و ۸۰ متر (انحنای ۲۲ درجه) است، به روش زیر عمل می‌شود. اختلاف انحنای دو قوس مذکور برابر  $22 - 7 = 15$  درجه است و این انحنای مربوط به قوسی به شعاع ۱۱۵ متر می‌باشد. در جدول ۴، شعاع ۱۱۵ متر بین شعاعهای ۹۵ و ۱۲۵ متر قرار دارد و در نتیجه، حداقل طول کلوتوئید پیشنهادی ۴۴ متر است.

همان‌طور که در زیر شرح داده می‌شود، قوسهای مرکب در تقاطعهایی که شعاع یک قوس بیش از دو برابر شعاع قوس دیگر است، باید یک کلوتوئید یا یک قوس دایره‌ای با شعاع بین شعاع دو قوس مذکور، در میان آن دو قوس قرار داده شود. در این موارد، اگر طول کلوتوئید تعیین شده کمتر از ۳۰

متر باشد، پیشنهاد می شود که حداقل همان طول ۳۰ متر برای کلوتوئید به کار برده شود.

#### ۱-۴-۲. قوسهای مرکب دایره‌ای

قوسهای مرکب دایره‌ای در تأمین شکل مطلوب خطوط گردش در تقاطعهای همسطح و شیرازه‌های تقاطعهای غیرهمسطح بسیار مؤثر و مفید می باشند. با این حال، هنگامی که قوسهای دایره‌ای با شعاعهای بسیار متفاوت به یکدیگر متصل می شوند، تغییر امتداد مسیر ناگهانی به نظر می آید و مسیر عبور خودروها در آن به طور دقیق بر قوسهای خطوط گردش منطبق نخواهد بود، مگر آنکه راننده فشار زیادی بر فرمان خودرو وارد آورد.

به طور کلی، در قوسهای مرکب برای راههای آزاد نباید نسبت شعاع قوس بزرگتر به شعاع قوس کوچکتر از  $1/5$  بیشتر شود. برای قوسهای مرکب در تقاطعها، که رانندگان تغییر بیشتری را در سرعت و جهت قبول می کنند، نسبت این دو شعاع می تواند تا دو افزایش داده شود. اثر به کار بردن یک قوس مرکب با نسبت شعاعهای ۲ در تقاطعها مطابق با اثر به کار بردن یک قوس مرکب با نسبت شعاعهای  $1/5$  در راههای آزاد است. در هر دو مورد، اختلاف متوسط سرعت حرکت در قوس پخ و قوس تیزتر حدود ۸ کیلومتر در ساعت است. مشاهدات و بررسیهای کلی بر روی شیرازه‌هایی که از قوسهای با شعاعهای متفاوت تشکیل شده‌اند و شعاع یکی دوبرابر دیگری است، نشان داده است که عملکرد و ظاهر شیرازه‌ها معمولاً "قابل قبول می باشد".

در صورت امکان، قوسها باید با اختلاف شعاع کمتری به کار برده شوند، و مطلوب آن است که نسبت دو شعاع از  $1/75$  بیشتر نشود. در مواردی که نسبت دو شعاع بیش از ۲ است باید یک کلوتوئید و یا یک قوس دایره‌ای با طول مناسب بین دو قوس قرار داده شود. در تقاطعها، و در حالت قوسهای بسیار تیز، رعایت نسبت شعاع ۲ برابر برای تأمین مسیر حداقل خودرو عملی نیست. در این موارد، هدف، انطباق بهتر قوسهای مرکب بر مسیر حداقل خودرو طرح است و این امر ممکن است موجب شود که قوسهای دارای شعاعهای بسیار متفاوت به کار برده شوند (مانند شکل‌های ۱ تا ۳ و ۶). قوسهای تشکیل دهنده قوس مرکب نباید خیلی کوتاه باشند زیرا تأثیر خود را که تأمین تدریجی تغییر مسیر مستقیم و یا قوس با شعاع زیاد به قوس تیزتر است از دست خواهند داد. در چند قوس متوالی که شعاع قوسها به ترتیب کاهش می یابد، طول هر قوس باید به اندازه کافی باشد تا راننده بتواند سرعتش را به مقدار قابل قبولی کاهش دهد. شدت کاهش سرعت در تقاطعها نباید از ۵ کیلومتر در ساعت در ثانیه بیشتر باشد. البته کاهشی به میزان  $3/5$  کیلومتر در ساعت در ثانیه بهتر است.

بر مبنای اصول بالا و به کار بردن متوسط سرعت حرکت داده شده در شکل ۸، طولهای حداقل در جدول ۵ داده شده‌اند. این اعداد بر مبنای مقدار کاهش سرعت ۵ و  $3/5$  کیلومتر در ساعت در ثانیه می باشند. کاهش سرعت  $3/5$  کیلومتر در ساعت در ثانیه احتیاج به ترمزگیری کمتری دارد.



جدول ۵. طول قوس دایره برای یک قوس مرکب (در تقاطع) در شرایطی که قبل از یک قوس با شعاع دو برابر و بعد از آن یک قوس با شعاع نصف قرار دارد.

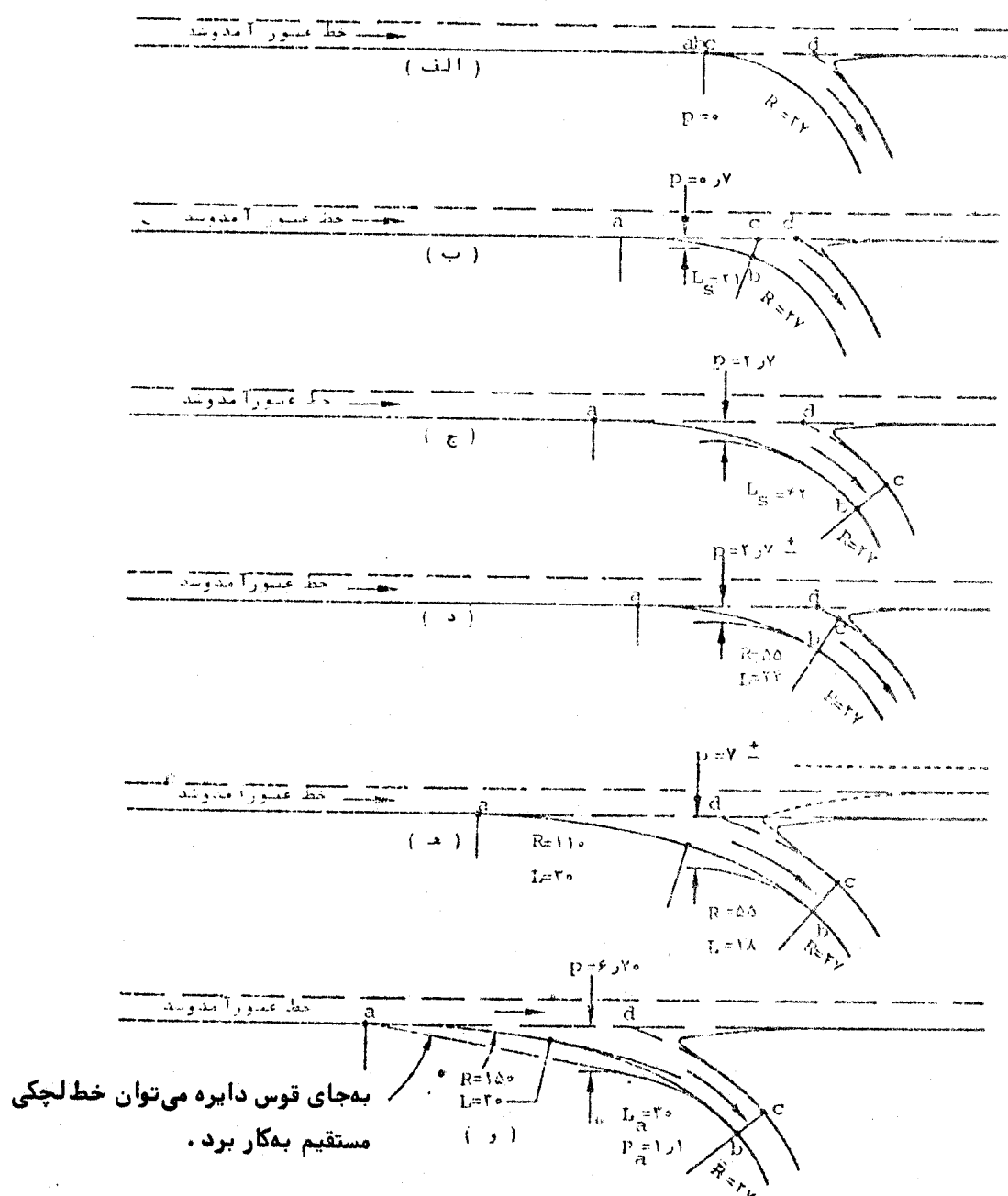
شعاع (متر)	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۲۰	۱۵۰ یا بیشتر
طول قوس دایره حداقل (متر)	۱۲	۱۵	۱۸	۲۴	۳۰	۳۶	۴۲
مطلوب	۱۸	۲۱	۲۷	۳۶	۴۲	۵۴	۶۰

با وجودی که ابعاد قوسهای مرکب مذکور با فرض حرکت خودرو از قوس باز به طرف قوس تیزتر بسط داده شده است، این ابعاد برای شرایطی که خودرو از قوس تیز به طرف قوس باز در حال افزایش سرعت است نیز مصداق دارد.

#### ۱-۴-۳. کاربرد قوسهای مرکب در دهانه‌های خطوط گردش

بخش مهمی از طرح تقاطع تهیه یک امتداد مناسب لبه روسازی در محلی است که خطوط گردش از روسازی راه عبوری جدا شده و یا به آن وصل می‌شوند. حرکت خودرو به سادگی و راحتی هنگامی حاصل می‌شود که لبه امتداد روسازی به صورت کلتوئید و یا قوسهای مرکب طرح شده و دارای شکل و طول کافی باشد به طوری که کاهش ناگهانی سرعت ضرورت نداشته باشد و در ضمن اجازه تأمین بریلندی را قبل از رسیدن به حداکثر انحنا بدهد و خودرو قادر باشد مسیر طبیعی گردش را طی کند.

در شکلهای ۹ و ۱۰ به ترتیب برای سرعت طرح گردش ۳۰ و ۵۰ کیلومتر در ساعت، انواع طرحهای انتقالی برای راه خروجی از یک راه عبوری نشان داده شده است. با افزایش مقدار  $P$  (مقدار عقب‌نشستگی کوچکترین قوس گردش یا لبه روسازی راه عبوری)، راه گردش (خطوط گردش) ملایمتر و بهتری به دست می‌آید. یک قوس کلتوئید با طول حداقل (جدول ۴) که لبه روسازی راه عبوری را به قوس خطوط گردش وصل می‌کند (شکل ۹-ب)، به مراتب از یک قوس ساده (شکل ۹-الف) از نظر راحتی مسیر گردش بهتر است. این قوس کلتوئید کوتاه برای تأمین بریلندی در نقطه گردش کافی نیست، به دلیل آنکه گوشه روسازی کمکی (سطح  $a-b-c$ ) برای این منظور بسیار کوچک است. با دو برابر کردن طول حداقل کلتوئید (شکل ۹-ج)، مقدار  $P$  به  $2/7$  متر افزایش یافته و مسیر حرکت بهتری حاصل می‌شود و سطح  $abcd$ ، نسبت به حالت قبلی، برای تأمین بریلندی به مقدار زیادی افزایش می‌یابد. با به کار گرفتن یک قوس با طول دو برابر طول حداقل همراه با قوس گردش، تقریباً "نتایجی مشابه بالا به دست می‌آید. این روش همیشه به خوبی روش قبلی نیست (شکل ۹-د).



یادآوری: ابتدای ورودیها نیز مشابه بالا است، بجز آنکه عقب نشستی دماغه کاهش داده شده با آنکه حذف می گردد.

شکل ۹. کاربرد قوسهای انتقال و قوسهای مرکب در دهانه خطوط گردش برای سرعت طرح ۳۵ کیلومتر در ساعت.



با به کار بردن سه قوس مرکب (شکل ۹-هـ) نتایج مطلوبتری برای امتداد لبه‌روسازی به دست می‌آید. در این حالت، قبل از قوس اصلی به شعاع ۲۷/۵ متر، قوسهای به شعاع ۵۵ متر و ۱۱۰ متر و تقریباً "با طولهای حداقل (طبق جدول ۵) قرار داده شده‌است. همان‌طور که با عقب‌نشستگی p (تقریباً "معادل ۷ متر) نشان داده شده‌است، این ترتیب احتیاج به سطح‌روسازی زیادی دارد.

این طرح به دلیل تأمین گردش تدریجی و خارج شدن از جریان آمد و شد عبوری و ایجاد یک سطح انتقالی که طی آن می‌توان قسمت اعظم بریلندی را تأمین نمود، بر مثالهای قبلی ترجیح دارد. در شکل ۹-هـ، یک طرح مشابه طرح مذکور که در آن از یک قوس دایره‌ای با شعاع بزرگ و یک کلوئید که این قوس را به قوس با شعاع حداقل وصل می‌نماید، نشان داده شده‌است. شعاع انتخابی برای قوس اولیه، مربوط به سرعت طرح حدود ۷۰ کیلومتر در ساعت یا ۴۰ کیلومتر در ساعت بیش از سرعت طرح حداقل قوس تقاطع (شعاع ۲۷/۵ متر) می‌باشد. انتهای قوس با شعاع بزرگتر (قوس باز) یا ابتدای قوس کلوئید در جایی قرار دارد که مقدار تعریض‌روسازی تقریباً "برابر عرض یک خط عبور است.

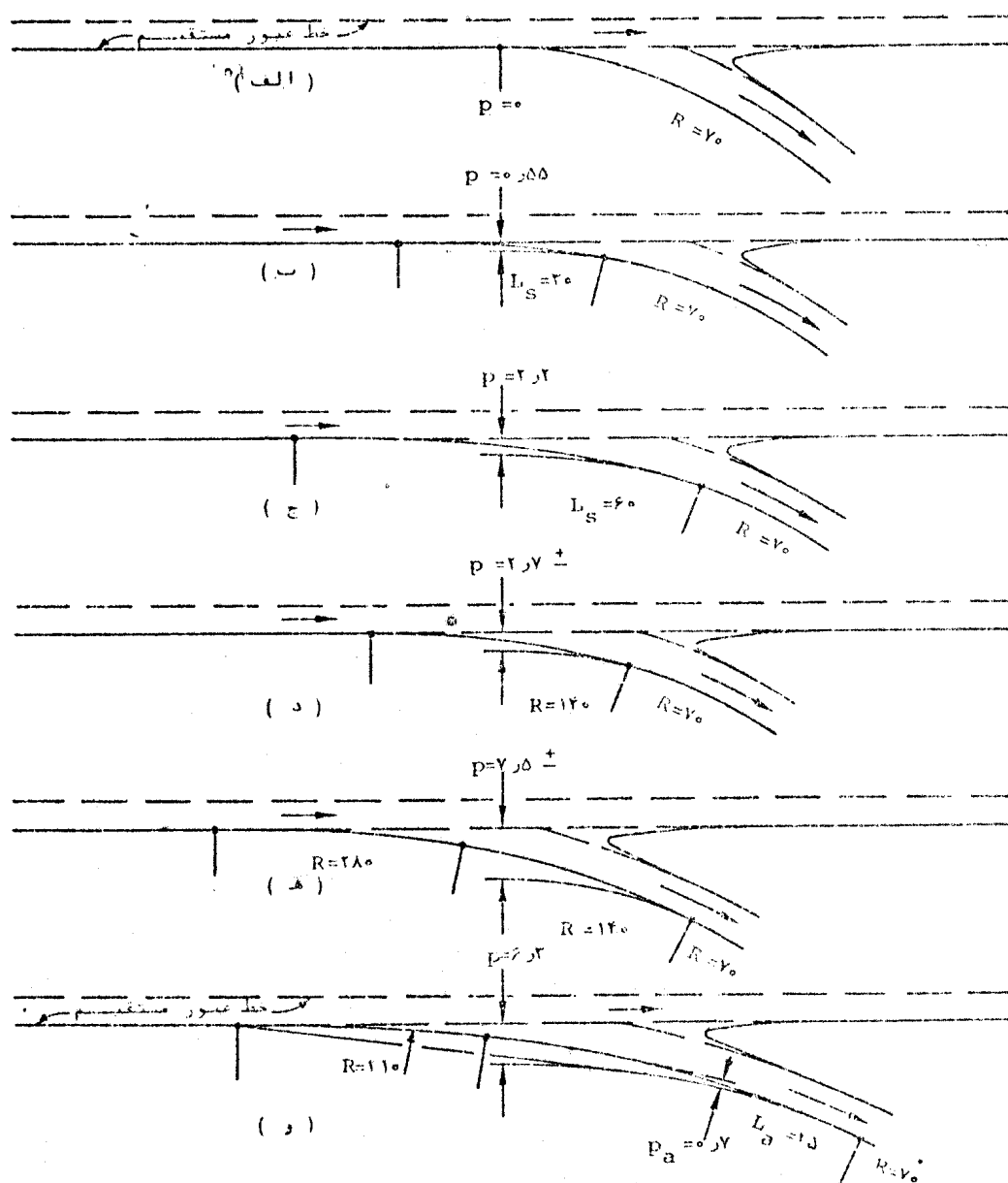
در شکل‌های ۹-هـ و ۹-و، نوع قرارگیری امتدادی که طراح باید برای محلهایی در نظر بگیرد که مقدار نسبتاً "زیاد گردش و یا کامیون در آمد و شد وجود دارد، نشان داده شده‌است. اگر تهیه چنین طرحی عملی نباشد، طرحهای مشابه طرحهای شکل ۹-ج و ۹-د را باید به کار برد. از به کار بردن طرح با یک قوس ساده دایره‌ای (شکل ۹-الف) باید خودداری شود.

به‌طور کلی، اصول و کلیات شرح داده شده در بالا در مورد طرح شکل ۱۰ که در آن، شعاع حداقل (۷۰ متر) است، نیز صادق می‌باشد.

شکل‌های ۹ و ۱۰ طرح راههای خروجی است، اما طرح مشابه آن برای راههای ورودی نیز صادق است با این تفاوت که لبه‌دماغه تقرب به لبه‌دماغه و اگر تغییر نام می‌دهد و این دماغه نسبت به هیچ‌یک از دو لبه‌روسازی عقب‌نشستگی ندارد.

در طرح آورده شده در شکل‌های ۹ و ۱۰، فرض بر آن است که قسمتی یا تمام تغییر سرعت ضروری در خطوط راه عبوری انجام می‌گیرد. همچنین، طرح ارائه شده برای اتصال یک خط عبور کمکی موازی یا خط تغییر سرعت نیز صادق است. اگر خط خارجی یک خط کاهش سرعت باشد، روستازی لچکی بعد از دماغه، به صورت خط چین نشان داده شده در شکل ۹-هـ در خواهد آمد که به لبه‌روسازی خط عبوری در نقطه c وصل می‌شود. طرح خطوط تغییر سرعت در قسمتهای بعدی این معیارها خواهد آمد.

به جای استفاده از شعاع بزرگتر و یا قوس انتقالی در قوس مرکب، روش دیگر طرح دهانه خطوط گردش استفاده از یک خط لچکی مستقیم است که به یک قوس دایره‌ای با مقداری عقب‌نشستگی



یادآوری:

ابتدای ورودیها نیز مشابه بالا است ، بجز آنکه عقب نشستگی دماغه کاهش داده شده و یا آنکه حذف می گردد .

شکل ۱۰ . کاربرد قوسهای انتقال و قوسهای مرکب در دهانه خطوط گردش برای سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت .

وصل می شود (شکل ۹- و). این روش به روسازی بیشتری نیاز دارد اما خروج و کاهش سرعت تدریجی تری را تأمین می نماید. خطوط لچکی در همین معیارها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

## ۲. عرض خطوط گردش

### ۲-۱. عرض روسازی

عرض روسازی خطوط گردش تابع نوع خودرو و مقدار آمد و شد در آن است. خطوط گردش، بسته به طرح هندسی کلی تقاطع، ممکن است یکطرفه یا دوطرفه طرح شوند. عرض روسازی خطوط گردش براساس شرایط آمد و شد زیر رده بندی شده است:

حالت یکم. گردش یکخطه یکطرفه، بدون امکان سبقت گرفتن

حالت دوم. گردش یکخطه یکطرفه، با امکان سبقت گرفتن از یک خودرو از حرکت بازمانده.

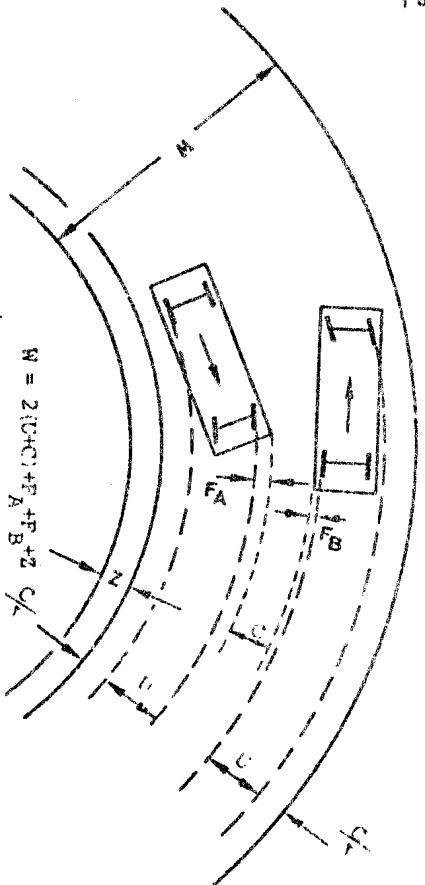
حالت سوم. گردش دوخطه، یکطرفه یا دوطرفه

عرضهای داده شده در حالت یکم معمولاً "برای گردشهای هرجی و مقدار متوسط آمد و شد گردش به کار می رود که طول خط گردش نسبتاً "کوتاه است. احتمال از کار افتادن یک خودرو در این حالت کم است لیکن ترجیح داده می شود که یک لبه روسازی، جدول قابل عبور داشته باشد و یا آنکه شانه ها با روسازی همسطح باشند.

در حالت دوم، عرض طوری تعیین می گردد که گردش خودرو با سرعت کم و با محدودیت در فاصله آزاد، به هنگام گذشتن از کنار یک وسیله نقلیه از حرکت بازمانده امکان پذیر باشد. این عرض برای گردش در شرایط آمد و شد متوسط تا زیاد، که مقدار آن از گنجایش خط ارتباطی بیشتر نباشد، قابل استفاده است. در این حالت، در صورت از حرکت بازماندن یک خودرو، آمد و شد می تواند با کاهش سرعت انجام پذیرد. اکثر شیب راه ها و خطوط ارتباطی در تقاطعهای با آمد و شد هدایت شده، از این گروه هستند.

حالت سوم در مواردی به کار می رود که گردش به صورت دوطرفه انجام می شود و یا در مواردی که گردش به صورت یکطرفه، لیکن به علت آمد و شد زیاد در دو خط صورت می گیرد. عرض روسازی در هر یک از حالات بالا تابع اندازه خودرو طرح و شعاع خطوط گردش است. انتخاب خودرو طرح بر مبنای اندازه و نسبت درصد نوع خودروها صورت می گیرد. عرض روسازی با افزایش اندازه خودرو و کاهش شعاع انحنا افزایش می یابد.

در شکل ۱۱، عرض روسازی برای حالات مختلف گردش نشان داده شده است. پارامترهای داده شده در شکل ۱۱ را می توان با استفاده از نمودارهای شکل ۱۲ تعیین نمود. با استفاده از اصول و پارامترهای داده شده در شکل های ۱۱ و ۱۲، عرض روسازی برای شعاعهای مختلف و انواع خودروهای طرح تعیین و محاسبه گردیده که نتایج آن در جدول ۶ آورده شده است.



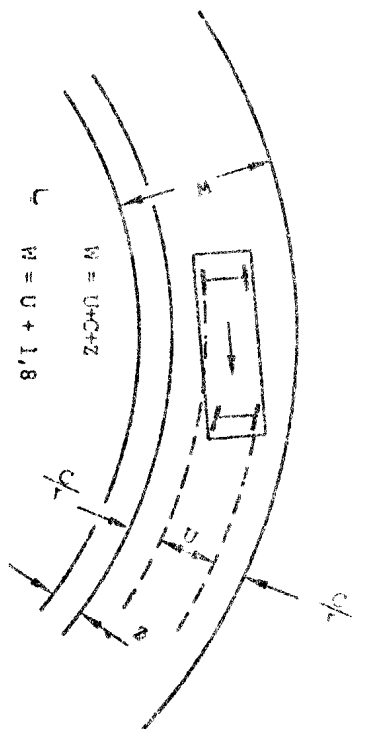
$$W = 2(U+C) + F_A + F_B + 2C$$

$$W = 2U + F_A + F_B + 3C$$

خط کردن دو نقطه - یکطرفه یا دو طرفه

حالت سوم

U = عرض مسیر چرخشی خودرو (خارج یا خارج تاخیر) - متر  
 $F_A$  = عرض طره ای قسمت جلوی سده خودرو - متر  
 $F_B$  = عرض طره ای قسمت عقب سده خودرو - متر  
 $C$  = کل فاصله آزاد حاسی برای هر خودرو - متر  
 $Z$  = اضافه عرض لازم برای مشکل بودن رانشی در فوس - متر  
 یادآوری: در حالات دوم و سوم، اگر خودروهایی عبوری از دو سوغ باشند مقدار  
 $2U$  به  $U_1 + U_2$  تغییر می کند.

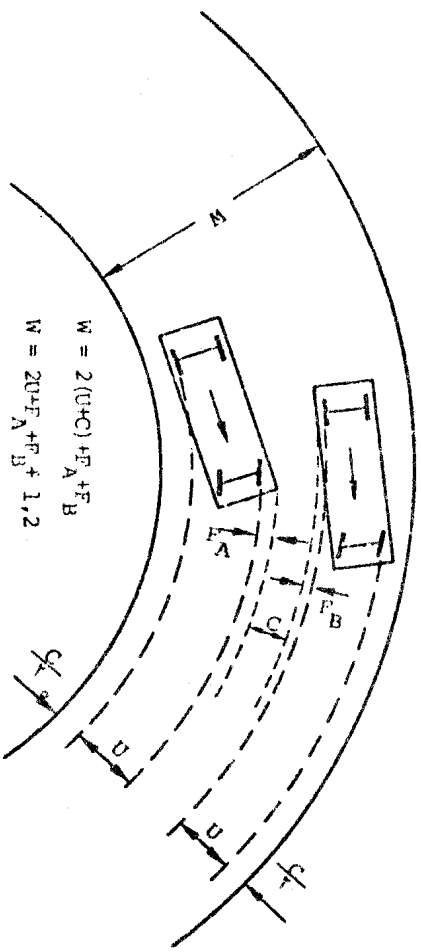


$$W = U + C + Z$$

$$W = U + 1,8C$$

خط کردن یک نقطه - بدون امکان سفت کردن

حالت یکم



$$W = 2(U+C) + F_A + F_B$$

$$W = 2U + F_A + F_B + 1,2C$$

خط کردن یک نقطه یکطرفه - با امکان سفت کردن از یک

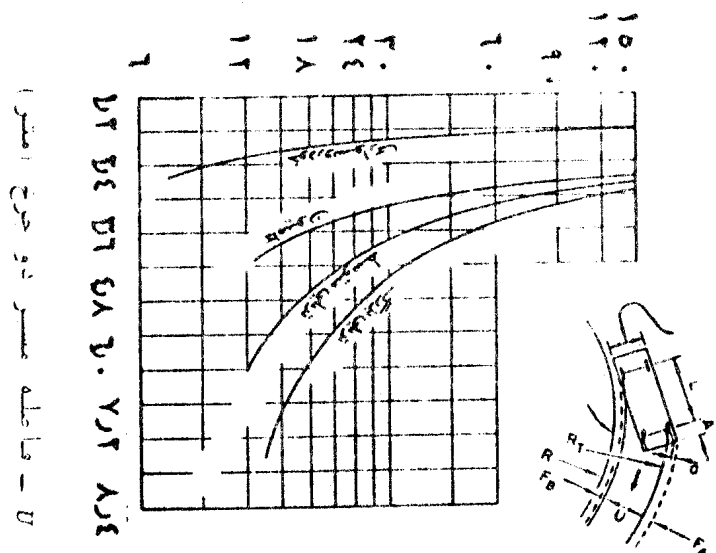
خودروی از حرکت بازمانده

حالت دوم

از آنجایی که عبور از یک خودروی از حرکت بازمانده با سرعت کم انجام  
 گیرد،  $Z=20$  و مقدار  $C$  نصف مقدار مشابه در حالات یکم و سوم می باشد  
 یعنی  $C = 0$  متر

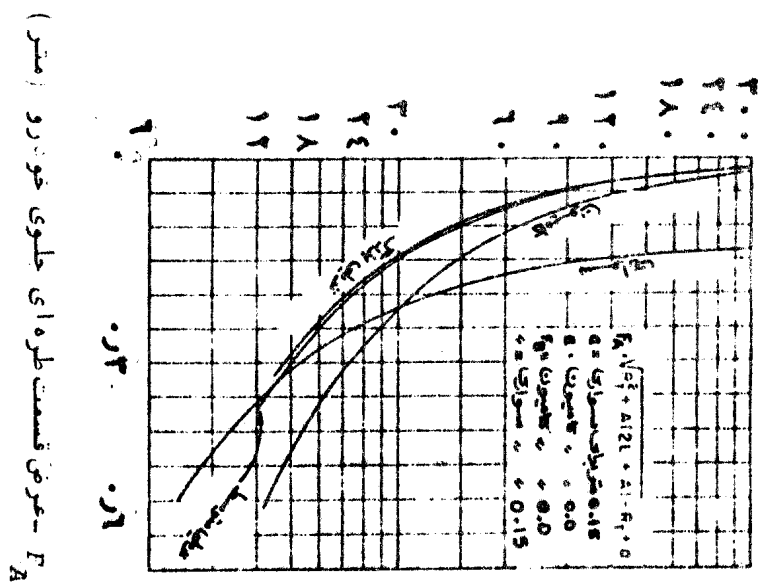
شکل ۱۹. عرض روسازی خطوط گردش در تقاطعها (مبنای محاسبات)

$R_p$  - شعاع گردش چرخ خارجی محور جلو (متر)



$\delta$  - فاصله مسیر دو چرخ (متر)

$R_p$  - شعاع گردش چرخ خارجی محور جلو (متر)



$\delta$  - عرض قسمت طره‌ای جلوی خودرو (متر)

شکل ۰.۱۲ مسیر دوچرخ و عرض قسمت طره‌ای برای خودروی طرح در تقاطعها

بنا بر این، در محاسبه عرض روسازی برای خطوط گردش، ترکیبی از خودروهای مختلف در نظر گرفته می‌شود. در جدول ۷ مقادیر عرض روسازی برای خطوط گردش در سه حالت معقول ترکیب آمد و شد آورده شده است. شرایط آمد و شدی که گردش می‌نماید به شرح زیر رده‌بندی می‌گردد:

الف) غالب خودروها از نوع سواری بوده و تعداد کمی کامیونهای تک واحدی وجود دارد. مقادیر طرح داده شده در جدول ۷ کمی از مقادیر مشابه برای خودرو طرح سواری در جدول ۶ بزرگتر است.

ب) تعداد کامیونهای تک واحدی به حدی است که طرح براساس آن انجام می‌گیرد، لیکن تعداد کمی هم تریلی در آمد و شد وجود دارد. در حالات یکم و سوم برای خودرو طرح کامیون، مقادیر دو جدول ۷ و ۶ یکسان است. ولی در حالت دوم، مقادیر جدول ۷ از مقادیر جدول ۶ به دلایلی که بعداً شرح داده می‌شود، کمتر است.

ج) تعداد تریلیها (متوسط یا بزرگ) به اندازه‌ای است که طرح براساس آن انجام می‌پذیرد. مقادیر جدول ۷ در حالات یکم و سوم همان مقادیر مربوط به تریلی متوسط در جدول ۶ است. در حالت دوم، مقادیر نسبت به جدول ۶ کمی کاهش داده شده است.

شرایط آمد و شد "الف"، "ب" و "ج" کلی و بدون مشخص کردن مقدار آمد و شد و نسبت درصد دقیق انواع خودروها تعریف شده است و این بدان دلیل است که نمی‌توان رابطه دقیقی بین عرض روسازی و نسبت درصد خودروهای مختلف تعیین کرد. به طور کلی، در شرایط آمد و شد "الف"، نسبت درصد کامیون کم است و به قدرت کامیونهای بزرگ وجود دارند، در شرایط آمد و شد "ب"، تعداد کامیونها بیشتر است (حدود ۵ تا ۱۰ درصد) و در شرایط آمد و شد "ج"، کامیونها و تریلیهای بزرگ زیادند.

برای محاسبه عرض روسازی در حالت دوم، خودروهای کوچکتری نسبت به حالت سوم در ترکیب آمد و شد منظور شده است و دلیل این امر این است که تکرار شرایط مورد نظر در حالت دوم (یعنی از حرکت باز ایستادن خودرو) بسیار به ندرت اتفاق می‌افتد. از طرف دیگر، خودرو از حرکت باز ایستاده می‌تواند در کنار راه توقف نماید و در نتیجه فاصله آزاد بیشتری برای عبور سایر خودروها باقی می‌ماند. خودروهایی که با فاصله آزاد کامل می‌توانند از خطوط گردش (با طرح داده شده در جدول ۷) استفاده نمایند، به شرح زیر هستند:

جدول ۶. عرض روستای محاسبه شده برای خطوط گردش و انواع خودروهای طرح (برای طرح از جدول ۷ استفاده شود)

شیاع داخلی روستای (متر)	حالت یکم			حالت دوم			حالت سوم			گردش دوخطه یکسویه یا دوسویه (یک نوع وسیله نقلیه در هر دو خط)		
	گردش یکخطه یکسویه بدون امکان سبقت			گردش یکخطه یکسویه با امکان سبقت از خودرو از حرکت بازمانده از همسان نوع			گردش دوخطه یکسویه یا دوسویه (یک نوع وسیله نقلیه در هر دو خط)					
	عرض	سوار	تربلی	عرض	سوار	تربلی	عرض	سوار	تربلی	عرض	سوار	تربلی
عرض روستای برای خودرو طریح (متر)												
۱۵ ۲۲/۵ ۲۰	سوار	گامیون	تربلی متوسط	تربلی بزرگ	سوار	گامیون	تربلی متوسط	تربلی بزرگ	سوار	گامیون	تربلی متوسط	تربلی بزرگ
	۴/۰	۵/۵۰	۶/۷	۷/۹	۶/۱	۸/۸	۱۱/۰	۱۳/۳	۷/۹	۱۰/۷	۱۲/۸	۱۵/۲
	۴/۰	۵/۲۰	۵/۸	۶/۷	۵/۸	۸/۲	۹/۵	۱۱/۰	۷/۶	۱۰/۱	۱۱/۳	۱۲/۸
۴۵ ۶۰ ۹۰	سوار	گامیون	تربلی متوسط	تربلی بزرگ	سوار	گامیون	تربلی متوسط	تربلی بزرگ	سوار	گامیون	تربلی متوسط	تربلی بزرگ
	۲/۶۵	۴/۹	۵/۲	۵/۸	۵/۵	۷/۳	۸/۲	۸/۸	۷/۳	۹/۱	۱۰/۱	۱۰/۷
	۲/۶۵	۴/۹	۴/۹	۵/۲	۵/۵	۷/۰	۷/۶	۸/۲	۷/۳	۸/۸	۹/۵	۱۰/۱
۱۲۰ ۱۵۰ متداومستقیم	سوار	گامیون	تربلی متوسط	تربلی بزرگ	سوار	گامیون	تربلی متوسط	تربلی بزرگ	سوار	گامیون	تربلی متوسط	تربلی بزرگ
	۳/۶۵	۴/۵	۴/۹	۴/۹	۵/۲	۶/۷	۷/۰	۷/۳	۷/۰	۸/۵	۸/۸	۹/۱
	۳/۶۵	۴/۵	۴/۵	۴/۹	۵/۲	۶/۴	۷/۰	۷/۳	۷/۰	۸/۵	۸/۸	۹/۱

جدول ۷. عرض طرح روسازیها برای خطوط گردش

عرض روسازی									شعاع لبه داخلی روسازی (متر)
حالت یکم گردش یکخطه یکسویه با امکان سبقت			حالت دوم گردش یکخطه یکسویه بدون سبقت			حالت سوم گردش دوخطه یکسویه یا دو سویه			
شرایط آمد و شد طرح									
الف	ب	ج	الف	ب	ج	الف	ب	ج	
۵/۵۰	۵/۵۰	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۶۰	۸/۸۰	۹/۴۵	۱۰/۶۵	۱۲/۸۰	۱۵
۴/۹۰	۵/۲۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۰۰	۸/۲۰	۸/۸۵	۱۰/۰۵	۱۱/۳۰	۲۲/۵
۴/۵۰	۴/۹۰	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۶۰	۸/۵۵	۹/۴۵	۱۰/۶۵	۳۰
۴/۲۵	۴/۹۰	۵/۲۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۳۰	۸/۲۰	۹/۱۵	۱۰/۰۵	۴۵
۳/۹۵	۴/۹۰	۴/۹۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۰۰	۸/۲۰	۸/۸۵	۹/۴۵	۶۰
۳/۹۵	۴/۵۵	۴/۹۰	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۸۰	۸/۵۵	۹/۱۵	۹۰
۳/۹۵	۴/۵۵	۴/۹۰	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۹۰	۸/۵۵	۸/۸۵	۱۲۰
۳/۶۵	۴/۵۵	۴/۵۵	۵/۵۰	۶/۱۰	۶/۷۰	۷/۹۰	۸/۵۵	۸/۸۵	۱۵۰
۳/۶۵	۴/۵۵	۴/۵۵	۵/۲۰	۵/۸۰	۶/۴۰	۷/۶۰	۸/۲۵	۸/۲۵	امتداد مستقیم
اصلاح عرض با توجه به نوع لبه‌های روسازی									
هیچ			هیچ			هیچ			شانه بدون روکش
هیچ			هیچ			هیچ			جدول قابل عبور
۰/۳ متر اضافه شود ۰/۶ متر اضافه شود			هیچ ۰/۳ متر اضافه شود			۰/۳ متر اضافه شود ۰/۶ متر اضافه شود			جدول غیر قابل عبور: یک طرف دو طرف
در صورتی که عرض شانه ۱/۲ متر یا بیشتر باشد، ۰/۶ متر از عرض روسازی کم شود.			بماندازه عرض شانه از عرض کم شود. حداقل عرض روسازی نظیر حالت یکم است			هیچ			شانه‌های تثبیت شده در یک طرف و یا دو طرف



شرايط آمد و شد	الف	ب	ج
حالت یکم	سواری	کامیون	تریلی متوسط
حالت دوم	سواری - سواری	سواری - کامیون	کامیون - کامیون
حالت سوم	سواری - کامیون	کامیون - کامیون	تریلی متوسط - تریلی متوسط

ترکیب مثلاً "کامیون - سواری" برای حالت دوم بدین معنی است که عرض خط عبور برای گذاشتن یک خودرو سواری از یک کامیون از حرکت بازمانده، و یا برعکس، کافی است. در جدول بالا، فاصله آزاد کامل در نظر گرفته شده است (ج - مراجعه شود به شکل ۱۱). در صورت کاهش سرعت گردش و دقت بیشتر و رعایت فاصله آزاد کمتر، خودروهای بزرگتری نیز می‌توانند از خطوط عبور گردش که برای خودروهای طرح کوچکتر در نظر گرفته شده است، استفاده نمایند. در جدول زیر، خودروهای بزرگتری که می‌توانند در خطوط گردش با عرض کمتر از آنچه در جدول ۷ داده شده است، به فرض فاصله آزاد کمتر (حدود  $\frac{1}{4}$  مقدار ج در مورد شعاع قوسهای کوچک و تا مقدار ج برای شعاع بزرگ) عبور نمایند، آورده شده است.

شرايط آمد و شد	الف	ب	ج
حالت یکم	تریلی متوسط	تریلی متوسط	تریلی بزرگ
حالت دوم	سواری - کامیون	سواری - تریلی متوسط	کامیون - تریلی متوسط
حالت سوم	کامیون - تریلی متوسط	تریلی متوسط - تریلی متوسط	تریلی بزرگ - تریلی بزرگ

همان‌طور که در پایین جدول ۷ آورده شده است، مقادیر عرضهای داده شده در این جدول باید در رابطه با چگونگی و کیفیت لبه روسازی اصلاح گردد. اگر شانه‌های مجاور روسازی به اندازه کافی تثبیت شده باشند و جدول غیرقابل عبور در لبه روسازی وجود نداشته باشد، خطوط گردش طرح شده برای یک خودرو معین می‌تواند مورد استفاده خودروهای بزرگتر قرار گیرد. در این حالت، عرض روسازی ممکن است کمی باریکتر از مقادیر داده شده در جداول بالا در نظر گرفته شود. در مواردی که جدول بلند غیرقابل عبور در لبه روسازی وجود دارد، احساس محدودیت در رانندگی پدید می‌آید و در نتیجه خودروهای بزرگتر که ندرتاً "گردش می‌کنند"، فضای لازم برای گردش را نخواهند داشت و

در این حالت، لاجرم باید عرض روسازی داده شده در جدول ۷ کمی افزایش داده شود. در حالتی که شانه‌های اطراف مقاوم‌اند (تشبیه شده و یا روسازی شده)، مقادیر عرض روسازی در حالات دوم و سوم کاهش داده می‌شوند. در حالت دوم، عرض روسازی را می‌توان به اندازه عرض شانه‌های تشبیه شده تا مقدار عرض روسازی در حالت یکم کاهش داد. در حالت سوم، کاهش روسازی می‌تواند تا  $0/6$  متر باشد. هر نوع جدول بین روسازی و شانه‌ها باید قابل عبور باشد. عرض روسازی تعیین شده در حالت یکم حداقل ممکن است و، حتی اگر دارای شانه‌های قابل عبور باشد، نباید کاهش داده شود. در شرایطی که جداول غیرقابل عبور در دو طرف روسازی وجود دارد، عرض روسازی باید در حالات یکم و سوم به اندازه  $0/6$  متر، و در حالت دوم به مقدار  $0/3$  متر افزایش داده شود. در شرایطی که جدول غیرقابل عبور فقط در یک طرف روسازی وجود دارد، باید عرض روسازی در حالات یکم و سوم حدود  $0/3$  متر اضافه گردد و در حالت دوم افزایش عرض ضرورت ندارد. در مثال زیر طرز استفاده از جدول ۷ شرح داده می‌شود. برای شرایط داده شده‌ای در یک تقاطع، مقدار آمد و شد گردش‌طوری است که خط گردش باید برای عبور خودروها با امکان سبقت از یک خودرو از حرکت بازمانده طرح گردد. (حالت دوم)  $10$  تا  $12$  درصد وسایل نقلیه کامیون است و امکان عبور تریلی نیز وجود دارد (شرایط آمد و شد "ج"). در این تقاطع، با توجه به شعاع لبه داخلی خط گردش که  $45$  متر می‌باشد، عرض روسازی معادل  $7/30$  متر تعیین می‌گردد. اگر جدول غیرقابل عبور وجود داشته باشد، باید عرض روسازی به اندازه  $0/3$  متر افزایش داده شود (یعنی عرض کل  $7/60$ ). در صورتی که شانه مقاوم قابل عبور به عرض  $1/20$  متر موجود باشد به همان مقدار باید از عرض روسازی کم گردد (یعنی  $6/10 = 1/20 - 7/30$  متر).

## ۲-۲. فاصله آزاد کناره خارجی روسازی

عرض خطوط گردش شامل روسازی به اضافه شانه‌ها، یا هم ارز فاصله آزاد جانبی کناره خارجی روسازی می‌باشد. در انواع تقاطعها، عرض شانه مورد نیاز، از حداقل به کار برده شده در اینیه فنی تا عرض لازم در مقاطع عرضی راههای آزاد، متغیر است و حالات کلی آن به شرح زیر می‌باشد:

در تقاطعهای با آمد و شد هدایت شده (با خطوط گردش مجزا)، شانه برای خطوط گردش معمولاً "غیرضروری است. در شرایطی که جزایر هدایت‌کننده - با و یا بدون جدول - در جوار خطوط گردش موجود باشند، فاصله آزاد جانبی لازم در بیشتر موارد به خودی خود تأمین است.

گردش در تقاطعهای هدایت شده کوتاه است و در نتیجه، تأمین فضا برای ذخیره خودروها غیرضروری است.

در جدول ۸ خلاصه‌ای از مقادیر طرح خطوط گردش داده شده است. عرضهای داده شده در این جدول مربوط به قسمت قابل استفاده شانه‌هاست.

در راههای گردش بدون جدول، یا با جدول قابل عبور، بهتر است شانه‌های کناری از همان نوع و مقطع راه عبوری باشد. در مواردی که نرده ایمنی به کار برده می‌شود، عرض مشخص شده باید از سطح داخلی نرده ایمنی اندازه‌گیری شود، و عرض سطح شیب‌بندی شده باید معادل  $5/6$  متر بیشتر باشد. در شرایط خودرو سواری و حالت آمد و شد کم، بهتر است که شانه‌های سمت راست به اندازه حداقل  $1/2$  متر روسازی شده یا تثبیت گردند.

جدول ۸. عرض شانه یا هم‌ارز فاصله آزاد جانبی لبه خارجی روسازی راههای گردش (تمام ابعاد در مواردی که فاصله دید کافی نیست، باید افزایش داده شود)

شرایط خط گردش	طرح	عرض شانه یا فاصله آزاد جانبی کناره خارجی و روسازی	
		سمت چپ	سمت راست
همسطح زمین - طول کوتاه - معمولاً در محدوده تقاطعها با خطوط گردش مجرا	حداقل مطلوب	$5/6$ $1/2$	$5/6$ $1/2$
همسطح زمین - طول متوسط تا بلند یا در ترانشه یا بر روی خاکریز	حداقل مطلوب	$1/2$ $3/5 - 1/8$	$1/8$ $2/4 - 2/6$
زیرگردها: روگردها:		به استاندارد نقاطهای غیر همسطح مراجعه شود	

### ۳. خطوط تغییر سرعت

#### ۳-۱. کلیات

معمولاً "رانندگانی که راه خود را در یک تقاطع ترک می‌کنند، باید قبل از گردش، سرعت خود را کاهش دهند. به همین ترتیب رانندگانی که از یک خط گردش وارد یک راه اصلی می‌شوند، سرعت خود را افزایش می‌دهند تا به سرعت آمد و شد در راه اصلی برسند. اگر کاستن یا افزودن سرعت خودروهایی که وارد جریان آمد و شد شده و یا از آن خارج می‌شوند مستقیماً "در داخل راه اصلی انجام گیرد، موجب اختلال در آمد و شد عبوری راه اصلی می‌شود و غالباً "نیز خطرناک است. برای از بین بردن و یا به حداقل رساندن جنبه‌های غیرمطلوب این عمل، به کار بردن خطوط کاهش یا افزایش سرعت، راه حلی مناسب در بزرگراهها، آزاد راهها و در اکثر راههای اصلی است.

خطوط افزایش یا کاهش سرعت که ممکن است عرض بکخواختی نیز نداشته باشند عبارتند از

یک روسازی اضافه شده تا رانندگان بتوانند طی آن سرعت خود را بین سرعت آمد و شد راه اصلی و خطوط گردش تغییر دهند. بهتر است خطوط تغییر سرعت (افزایش یا کاهش) دارای عرض و طول کافی باشند تا راننده بتواند خودرو خود را در آن جای داده، سپس سرعت خود را به مقدار لازم کاهش و یا افزایش دهد. خطوط کاهش و افزایش سرعت بسته به طرح تقاطع و شرایط آمد و شد، ممکن است در رابطه با هم طرح گردند. این خطوط ممکن است به عنوان قسمتی از تقاطع همسطح طرح شوند ولی اهمیت آنها در شیب‌راهه‌هایی است که به یک راه اصلی با سرعت حرکت زیاد متصل می‌شوند. لزوم ساختن خطوط تغییر سرعت تابع عوامل متعددی از قبیل سرعت، مقدار آمد و شد، گنجایش، رده‌بندی و نوع راه اصلی، طرح هندسی تقاطع، آثار تصادفات در محل مورد نظر و غیره است.

خطوط کاهش سرعت، بویژه در راه‌های با سرعت زیاد، همیشه مفیدند. در صورتی که خط کاهش سرعت وجود نداشته باشد، راننده‌ای که می‌خواهد آمد و شد راه عبوری را ترک نماید، چاره‌ای جز کاستن سرعت خودرو خود در راه اصلی (قبل از گردش) ندارد. در این حالت، ترمز نگرفتن بموقع راننده خودرو عقبی که انتظار این کاهش سرعت را ندارد، موجب بروز تصادف می‌گردد.

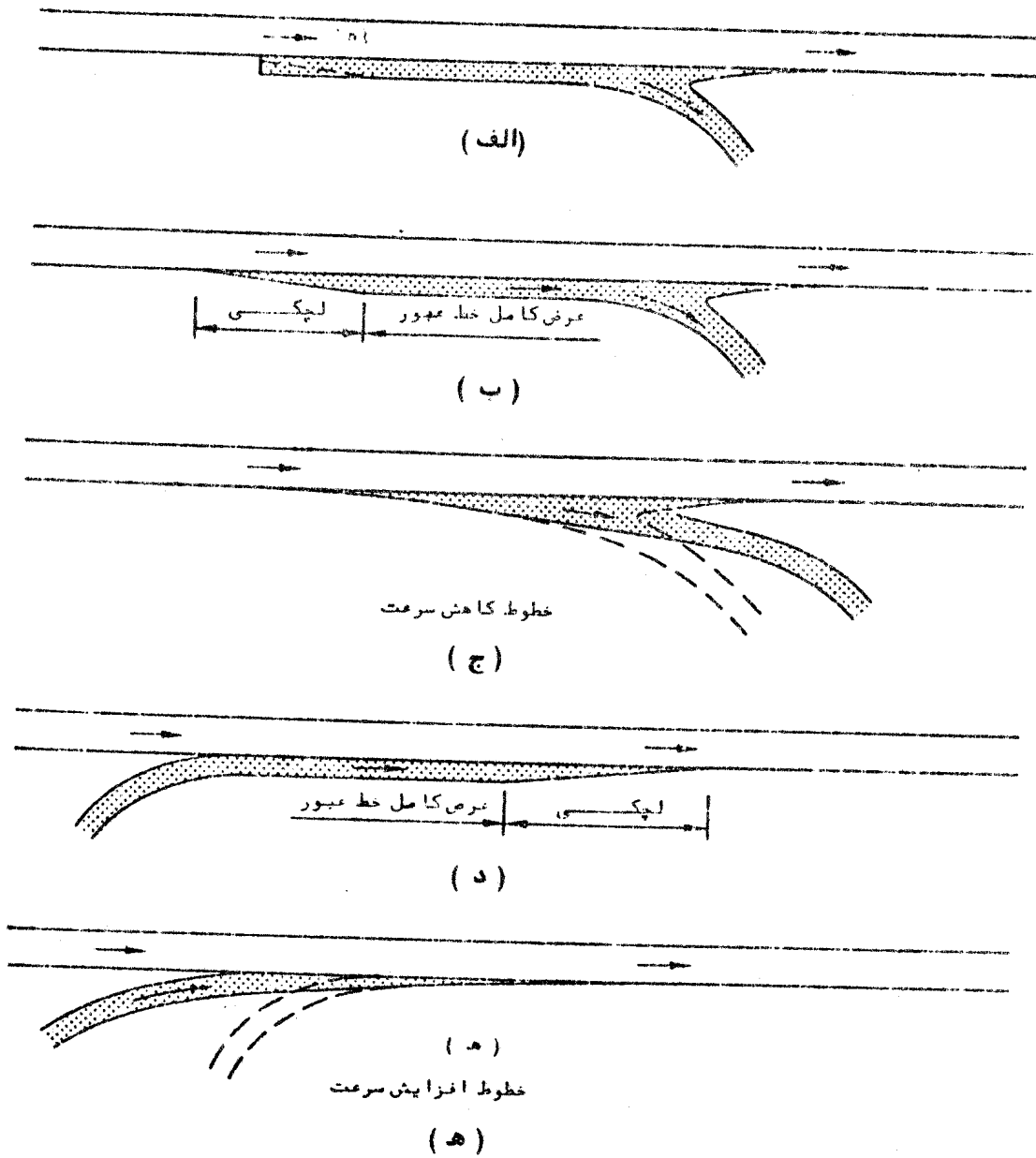
در تقاطع‌های با علامت "ایست" خط افزایش سرعت همیشه ضروری نیست زیرا راننده می‌تواند در فرصت مناسب بدون ایجاد اختلال در آمد و شد عبوری گردش نماید و به آمد و شد راه اصلی وارد شود. ولی در مورد تقاطع‌های بدون علامت "ایست" و یا حتی در تقاطع‌های با علامت "ایست" در شرایطی که آمد و شد عبوری زیاد است و فرصت برای گردش بدون ایجاد اختلال در آمد و شد عبوری موجود نیست، پیش‌بینی خط افزایش سرعت مفید و موثر است.

### ۳-۲. امتداد و عملکرد خطوط تغییر سرعت

خطوط تغییر سرعت بسته به امتداد راه اصلی، تعداد تقاطع‌ها، و فاصله لازم برای تأمین تغییر سرعت بین راه اصلی و سرعت در خطوط گردش، ممکن است شکلهای مختلفی داشته باشد (شکل ۱۳).

#### ۳-۲-۱. خطوط کاهش سرعت

خطوط کاهش سرعت باید طوری طرح شوند که محل خروج از راه اصلی برای راننده مشخص باشد. این عمل می‌تواند به روشهای مختلف از قبیل یک افزایش عرض ناگهانی (و مشخص) روسازی و یا یک شروع زاویه‌ای به جای یک منحنی تدریجی انجام پذیرد که افزایش عرض در آن تدریجاً صورت می‌گیرد و در نتیجه ممکن است اشتباهاً "راننده آمد و شد عبوری وارد آن شود. سه شکل کلی برای خطوط کاهش سرعت به صورت ساده در شکل ۱۳ نشان داده شده است. در شکل ۱۳-الف، خط کاهش سرعت (خط پر) به صورت ناگهانی و با عرض برابر و یا کمتر از عرض لازم برای خط عبور شروع می‌شود. قسمت اولیه این خط کاهش سرعت برای استفاده آمد و شد نیست بلکه هدف از آن، مشخص کردن نقطه شروع خط کاهش سرعت برای رانندگان است که می‌خواهند گردش کنند. بدین منظور، برای صرفه‌جویی در هزینه، می‌توان به جای رعایت عرض کامل، عرض خط کاهش سرعت را  $1/2$  تا  $1/8$  متر انتخاب نمود (خط چین نشان داده شده در شکل ۱۳-الف).



شکل ۱۳. شکلهای مختلف خطوط تغییر سرعت (شمانتیک)

شکل دیگر خط کاهش سرعت، در نظر گرفتن یک خط با عرض متغیر (لچکی) قبل از خط عبور با عرض کامل است (شکل ۱۳-ب). آن قسمت از خط لچکی که دارای عرض متغیری است، جزء خط کاهش سرعت محسوب می‌شود. در این طرح، سطح قسمت غیرقابل استفاده روسازی در ابتدای خط کاهش سرعت نسبت به طرح قبلی کاهش یافته و مسیر حرکت خودرو مشخصتر است. با وجودی که در این طرح، ابتدای خط کاهش سرعت در مقایسه با حالت قبل به خوبی مشخص نیست ولی این اشکال را می‌توان با به کار بردن روسازی با رنگ متفاوت و یا خط‌کشی کاملاً "رفع کرد". خطوط کاهش سرعتی که به یک مسیر قوس معکوس نیاز دارد (مانند شکل‌های ۱۳-الف و ۱۳-ب)، به دلیل آنکه مسیر واقعی خودرو بر روی آن قرار نمی‌گیرد و عملاً "قسمتی از آن بدون استفاده می‌ماند"، تا اندازه‌ای غیر مؤثر است. یک خروجی سریع از یک منحنی تدریجی یا یک خط لچکی کاهش سرعت مستقیم که با امتداد لبه روسازی خط عبور مستقیم زاویه ۴ تا ۵ درجه می‌سازد، ایجاد می‌گردد. در شرایطی که مقدار آمد و شد خروجی قابل ملاحظه است به طوری که ایجاد شیرازه خروجی دو خط ضرورت پیدا می‌کند، و یا در شرایطی که تعداد کامیونها بسیار زیاد است، یک خط موازی اضافی که به شیرازه متصل باشد، ضروری است. این عمل باعث کاهش مقدار آمد و شد در خط خارجی راه عبوری می‌شود و در نتیجه رانندگان بهتر خواهند توانست محل شیرازه خروجی و علائم مربوط را تشخیص دهند.

اکثر رانندگان در شرایطی که در انتخاب مسیر حرکت خود آزادند، ترجیح می‌دهند مسیر مستقیم را به جای مسیر با قوس معکوس انتخاب نمایند و مستقیماً وارد شیرازه شوند و از خط اضافی کاهش سرعت استفاده نکنند. به هر حال، در شرایطی که مقدار آمد و شد زیاد است، رانندگان تمایل بیشتری دارند که از تمام خط کاهش سرعت که به دنبال منحنی معکوس است، استفاده کنند. در شکل ۱۳-ج، طرح یک خط کاهش سرعت که با مسیر مستقیم خودرو تطابق دارد و از نظر رانندگان ارجح است، نشان داده شده است. در شرایطی که اختلاف سرعت آمد و شد راه عبوری و راه گردش‌کننده زیاد است - همان طور که در شکل با خط پر نشان داده شده است - خط کاهش سرعت ممکن است تا مقداری بعد از دماغه خروجی شیرازه ادامه داشته باشد و در نتیجه، قسمتی از خط کاهش سرعت کاملاً "از روسازی راه عبوری جدا می‌شود". در این حالت، قوس تیز گردش در فاصله بیشتری با لبه روسازی قرار دارد و در نتیجه، سطح مورد نیاز برای ساختن خط کاهش سرعت از دو حالت قبلی (شکل ۱۳-الف و ۱۳-ب) بیشتر خواهد بود. در حالتی که اختلاف سرعت دو جریان آمد و شد راه عبوری و خط گردش زیاد نیست، قوس تیز گردش می‌تواند در محل دماغه و یا قبل از آن شروع شود (خط چین نشان داده شده در شکل ۱۳-ج) و در نتیجه، در این حالت، سطح مورد نیاز حدوداً "برابر و یا کمی بیشتر از دو حالت قبل خواهد بود".

خطوط کاهش سرعت که در قوس راه‌ها قرار می‌گیرند، شکل هدایت‌کننده پیدا می‌کند (شکل ۱۴). اگر راه اصلی به طرف چپ گردش کند و خروجی در سمت راست قرار داشته باشد، خط کاهش سرعت باید طوری طرح شود که رانندگان به خوبی خروجی و مسیر راه اصلی را از یکدیگر تمیز دهند. در صورتی که خروجی مشابه خروجیها در مسیر مستقیم طرح شود، ممکن است آمد و شد عبوری راه

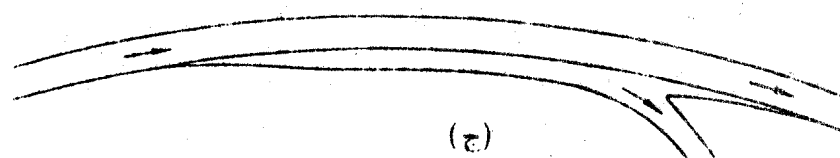
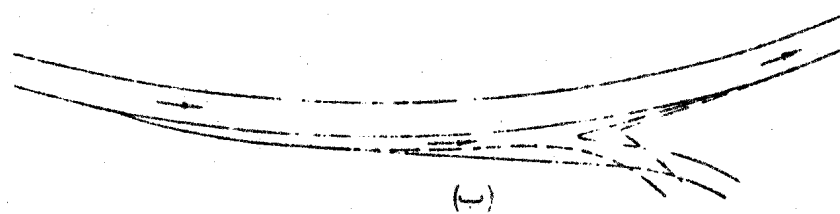
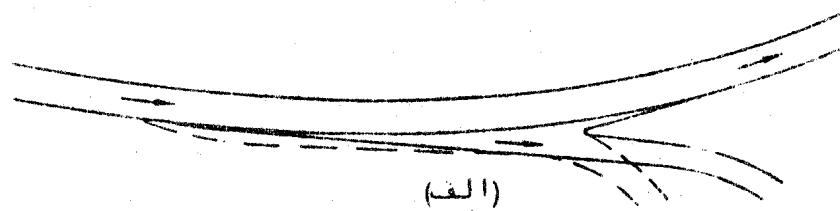
اصلی وارد شیراها شود. باید سعی کرد خط کاهش سرعت، پس از قرار گرفتن آمد و شد به طور کامل در قوس، آغاز شود. برای تأمین بریلندی برای خط عبور راه اصلی در قوس، یک شکستگی در مقطع روسازی در لبه روسازی خط عبور اصلی به وجود می آید و در نتیجه، خط کاهش سرعت باید به اندازه کافی عریض باشد تا شدت تغییر در شیب مقطع عرضی روسازی در حد قابل قبولی باقی بماند. در شرایطی که طول زیادی برای این منظور لازم است، یا آنکه مقدار بریلندی در راه اصلی از ۵٪ بیشتر می شود، شکل مطلوب خط کاهش سرعت، مشابه طرحی خواهد بود که در شکل ۱۴-ب با خط پیر نشان داده شده است. در این طرح، تأمین بریلندی به صورت مؤثرتری امکان پذیر است. در شرایطی که راه اصلی به سمت راست گردش می کند و خروجی نیز در همان سمت قرار دارد، خط کاهش سرعت داده شده در شکل ۱۴-ج مناسب است. در این حالت، چون بریلندی در راه اصلی و شیراها همجهت می باشد، تأمین و اجرای بریلندی به راحتی امکان پذیر است.

خطوط کاهش سرعت هدایت کننده (مانند شکل های ۱۳-ج و ۱۴) در بعضی موارد و هنگامی که دید کم است، موجب هدایت آمد و شد عبوری به داخل خط کاهش سرعت می شود. به این دلیل، سیستم علامت گذاری کافی و خط کشی و ایجاد تمایز در رنگ روسازیهما ضروری است. دماغه جدا کننده خط گردش و خطوط عبور راه اصلی باید نسبت به لبه روسازی راه اصلی دارای عقب نشستگی باشد؛ بهتر است این مقدار عقب نشستگی برابر عرض شانه باشد تا هنگامی که خودرو عبوری اشتباهاً وارد خط کاهش سرعت می شود بتواند با حداقل خطر و کمترین اختلال در آمد و شد، به مسیر راه اصلی باز گردد. از این رو، سطح روسازی در راه اصلی باید معادل مقدار عقب نشستگی دماغه افزایش داده شود. این افزایش عرض باید مسافتی بعد از دماغه ادامه داشته باشد تا خودرو فرصت لازم برای ورود به مسیر اصلی خود را بیابد.

### ۳-۲-۲. خطوط افزایش سرعت

اصول و معیارهای طرح خطوط افزایش سرعت، مشابه طرح خطوط کاهش سرعت است. دو حالت کلی خطوط افزایش سرعت در شکل های ۱۳-د و ۱۳-ه نشان داده شده است. هنگامی که مقدار آمد و شد نسبتاً کم است، معمولاً "خودروهای ورودی مسیر مستقیمی را طی خواهند کرد و بخشی از آنها، بدون آنکه قسمت قابل توجهی از خط افزایش سرعت را مورد استفاده قرار دهند، وارد راه اصلی می شوند. هر اندازه مقدار آمد و شد بیشتر باشد، نسبت درصد بیشتری از خط افزایش سرعت به طور کامل مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

خط افزایش سرعت، مشابه آنچه در شکل ۱۳-ه داده شده است، تطابق بیشتری با مسیر عبور خودروها دارد؛ قسمت اعظم خط مذکور مورد استفاده رانندگان قرار می گیرد. به کار بردن خطوط افزایش سرعت، علاوه بر افزایش سرعت، برای تأمین فاصله ای است که طی آن، راننده خودرو فرصت یافتن فاصله کافی در آمد و شد راه اصلی را به دست آورد و در آن فاصله وارد جریان آمد و شد اصلی



شکل ۱۴. خطوط کاهش سرعت برای راههای در قوس



شود. بنابراین، خط افزایش سرعت باید تا حد امکان مجاور خط عبور راه اصلی باشد و روسازی آن متصل به روسازی راه اصلی در نظر گرفته شود. در انتهای خط افزایش سرعت نباید مانعی مانند جدول بین شانه‌ها و روسازی وجود داشته باشد تا در صورتی که خودروی نتواند در طول خط افزایش سرعت وارد جریان آمد و شد اصلی شود، به شانه وارد گردد. خطوط افزایش سرعت که در قوس وارد راه اصلی می‌گردند، دارای طرحی مشابه خطوط کاهش سرعت در قوسها (شکل ۱۴) هستند، فقط با این اختلاف که دماغه شیراوه در خطوط افزایش سرعت نه تنها به عقب نشستگی ندارد، بلکه سعی می‌شود عرض آن در محل ورود به راه اصلی کاهش داده شود تا آمد و شد ورودی به صورت یک خطه وارد راه اصلی شود (شکل ۲۷-الف).

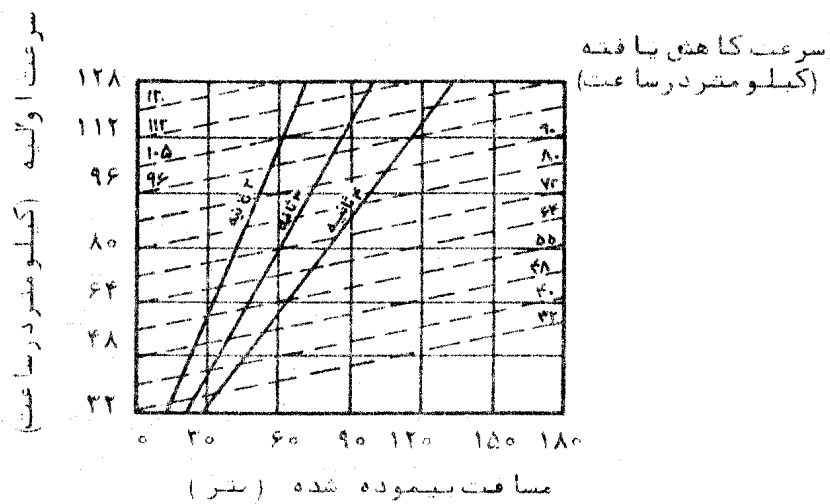
### ۳-۳. خط لچکی (خط با عرض متغیر)

خط لچکی مربوط به خط افزایش سرعت هدایت‌کننده، که قبلاً "شرح داده شد، به‌طور تدریجی به گونه‌ای با روسازی خط عبور راه اصلی متصل شده که ممکن است محل انتهای خط لچکی به‌طور وضوح مشخص نباشد. در صورتی که در خط کاهش سرعت، خط لچکی باید طوری طرح شود که محل شروع آن کاملاً برای رانندگانی که می‌خواهند از راه اصلی خارج شوند، مشخص باشد. در انواع دیگر خطوط کاهش سرعت، هنگامی که تعریض به‌طریق دیگری غیر از افزایش یکباره عرض روسازی (قسمتی و یا برابر تمام عرض خط) انجام می‌گیرد، طرح خط لچکی باید به گونه‌ای باشد که حرکت و گردش خودروهای خروجی را در شرایط ایمنی کافی تأمین نماید. طول و شکل خط لچکی باید باعث تشویق رانندگان به استفاده از آن به‌هنگام خروج از راه اصلی شود.

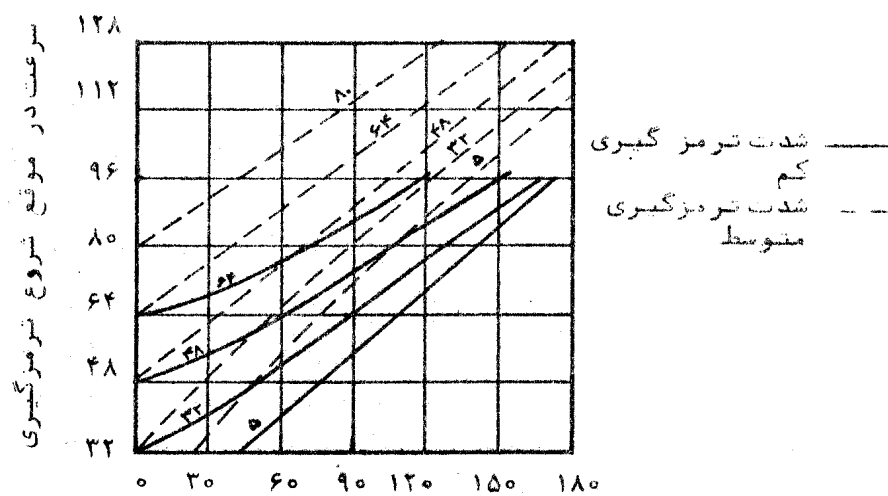
بررسی انجام شده درباره راههای دوخطه دو طرفه نشان داده‌است که بسته به مقدار آمد و شد، خودرو در حال سبقت در مدت  $2/7$  تا  $4/1$  ثانیه از یک خط به خط مجاور تغییر محل می‌دهد. بنابراین، زمان لازم برای تغییر محل خودرو در روی خط اصلی به‌خط تغییر سرعت، ۳ تا ۴ ثانیه فرض شده‌است که زمان  $3/5$  ثانیه برای طرح خط لچکی خط تغییر سرعت، زمان مناسبی است. طول خط لچکی (T) که با فرض بالا و با توجه به سرعت طرح و سرعت متوسط حرکت محاسبه شده، در جدول ۹ نشان داده شده‌است. طولهای مذکور به‌تنهایی برای تغییر سرعت کافی نیست و باید در رابطه با خط تغییر سرعت با عرض کامل، در نظر گرفته شود. در این مورد، می‌توان یک خط لچکی مستقیم به‌کار برد زیرا زاویه آن به قدری کوچک است که مسیر واقعی چرخ عملاً "با لبه خط لچکی تطابق دارد.

### ۳-۴. عرض خط تغییر سرعت

مانند سایر خطوط عبور، عرض یکنواخت خط تغییر سرعت، مشابه شکل‌های ۱۳-الف، ۱۳-ب و ۱۳-د، نباید از  $3/3$  متر و ترجیحاً "از  $3/65$  متر کمتر باشد. در خط کاهش سرعت از نوع شکل ۱۳-ج عرض معینی وجود ندارد. به‌کار بردن یک شانه با عرض کامل در طول خط تغییر سرعت، مطلوب ولی غیر ضروری است. در حالت اخیر باید از یک شانه تشبیه شده با عرض کمتر استفاده شود. جداول غیر قابل عبور لبه خارجی خطوط عبور کمکی باید حداقل  $0/3$  متر و ترجیحاً  $0/6$  متر عقب‌نشستگی داشته باشد.



الف: فواصل پیموده شده در مدت برداشتن پا از روی پدال گاز (بدون ترمزگیری)



شکل ۱۵. فواصل پیموده شده در موقع برداشتن پا از روی پدال گاز و ترمزگیری برای خودرو سواری

جدول ۹. طول خط لچکی برای خطوط تغییر سرعت

۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۸۰	۶۵	۵۰	سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)
۱۰۳	۹۸	۹۳	۸۸	۷۰	۵۸	۴۵	متوسط سرعت (کیلومتر در ساعت)
۹۹	۹۴	۹۰	۷۵	۶۸	۵۶	۴۴	حداقل طول لچکی (متر)
۱۰۰	۹۵	۹۰	۷۵	۷۰	۵۵	۴۵	طول لچکی گرد شده (متر)

## ۳-۵. طول خط تغییر سرعت

## ۳-۵-۱. طول خطوط کاهش سرعت

طول خط کاهش سرعت تابع سه عامل زیر است:

- الف) سرعت خودرو هنگام ورود به خط کمکی
- ب) سرعت خودرو در انتهای خط کاهش سرعت و هنگام خروج آن
- ج) روش کاهش سرعت و عوامل مربوط به آن.

به منظور طرح، فرض می شود که خودروهایی که وارد خط کاهش سرعت می شوند، با سرعتی حدود سرعت متوسط راه (در مقدار آمد و شد پایین) حرکت می کنند. مقدار سرعت متوسط با توجه به سرعت طرح راه از جدول ۶ تعیین می شود. برای راهنمایی و آگاه کردن تعداد محدودی رانندگان که با سرعت های زیاد حرکت می کنند باید علائم راهنمایی در فاصله کافی قبل از شروع خط کاهش سرعت نصب گردد تا راننده قبل از رسیدن به خط تغییر سرعت، از سرعت خود بکاهد. سرعت متوسط حرکت، که تابعی از شعاع گردش است و از شکل ۸ و جدول ۳ تعیین می شود، سرعتی منطقی برای طرح خط کاهش سرعت است. بنابراین، اختلاف متوسط سرعت در راه اصلی و سرعت خودروهای خروجی در محل قوس انتهای خط کاهش سرعت، مبنای محاسبه طول خط کاهش سرعت قرار می گیرد.

طول خط کاهش سرعت با استفاده از جدول ۲ از استاندارد راه های اصلی و جدول ۳ و شکل ۱۵، تعیین می شود و نتایج برای طرح در شکل ۱۶ و در جدول ۱۰ آورده شده است.

طولهای محاسبه شده در بالا برای خودرو سواری است. کامیونها به طول کاهش سرعت بیشتری از مقادیری که در این جداول نشان داده شده است، نیاز دارند، لیکن استفاده از خطوط طولیتر به ندرت قابل توجیه است چون سرعت کامیونها از سرعت متوسط سواریهها کمتر است.

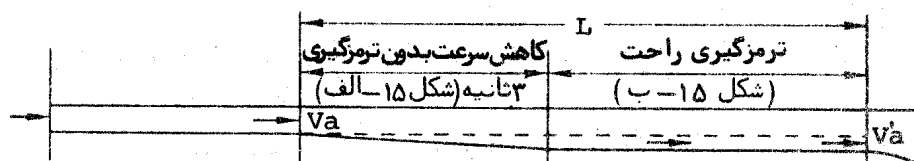
طول خط کاهش سرعت ( $L$ ) (متر)									متوسط	سرعت
برای سرعت طرح خروجی ( $V'$ ) (کیلومتر در ساعت)									سرعت حرکت	طسرح راه
۸۰	۷۲	۶۵	۵۵	۴۸	۴۰	۳۲	۲۵	شرایط توقف	(کیلومتر در ساعت)	(کیلومتر در ساعت)
برای سرعت متوسط خروجی ( $V'a$ ) (کیلومتر در ساعت)									( $V'a$ )	( $V$ )
۷۰	۶۵	۵۸	۴۸	۴۲	۳۵	۲۹	۲۳	۰		
—	—	—	—	—	۴۳	۴۹	۵۶	۷۲	۴۵	۵۰
—	—	—	۴۷	۵۶	۷۲	۸۱	۹۰	۹۶	۵۸	۶۵
—	۵۳	۶۹	۸۷	۹۶	۱۰۸	۱۱۷	۱۲۳	۱۳۲	۷۰	۸۵
۷۳	۹۱	۱۰۴	۱۲۵	۱۳۱	۱۴۰	۱۴۹	۱۵۲	۱۶۲	۸۳	۹۵
۸۵	۱۰۱	۱۱۶	۱۳۱	۱۴۶	۱۴۹	۱۶۲	۱۶۵	۱۷۴	۸۸	۱۰۵
۱۰۴	۱۱۹	۱۳۱	۱۴۹	۱۵۵	۱۶۸	۱۷۴	۱۸۰	۱۸۷	۹۳	۱۱۰
۱۱۹	۱۳۴	۱۴۳	۱۶۲	۱۷۱	۱۸۰	۱۸۶	۱۹۲	۲۰۱	۹۸	۱۱۵
۱۳۷	۱۴۹	۱۶۲	۱۷۷	۱۸۶	۱۹۵	۲۰۱	۲۰۷	۲۱۳	۱۰۲	۱۳۰

$V =$  سرعت طرح راه

$V'a =$  متوسط سرعت حرکت در راه

$V' =$  سرعت طرح قوس خروجی

$V'a =$  متوسط سرعت حرکت در قوس خروجی



شکل ۱۶. تعیین طول خط کاهش سرعت

مقادیر ستون سوم جدول ۱۰، طول لازم برای توقف کامل خودرو است. ممکن است این شرایط در اکثر تقاطعهای راه اصلی یا یک راه فرعی که در آن، آمد و شد قبل از گردش و یا قبل از قطع کردن راه اصلی باید توقف کامل نماید، پیش آید. همچنین، این مقادیر را می توان برای تقاطعهای با چراغ راهنمایی و یا خط عبور مجاور میانه به کار برد.

### ۳-۵-۲. خط افزایش سرعت

معمولاً "خطوط افزایش سرعت با یک خط لچکی دارای تغییر عرض یکنواخت، ۵۰ به ۱ در آزاد راهها و ۲۰ به ۱ تا ۵۰ به ۱ در دیگر راههای اصلی، طرح می شوند، ولی بعضی از طراحان ترجیح می دهند که خط افزایش سرعت دارای عرض ثابتی باشد و در انتهای آن، خط لچکی با تغییر عرض بیشتر در نظر گرفته شود.

طول خط افزایش سرعت بر مبنای سه عامل زیر محاسبه می گردد:

( الف ) سرعت خودرو به هنگام ورود به راه اصلی

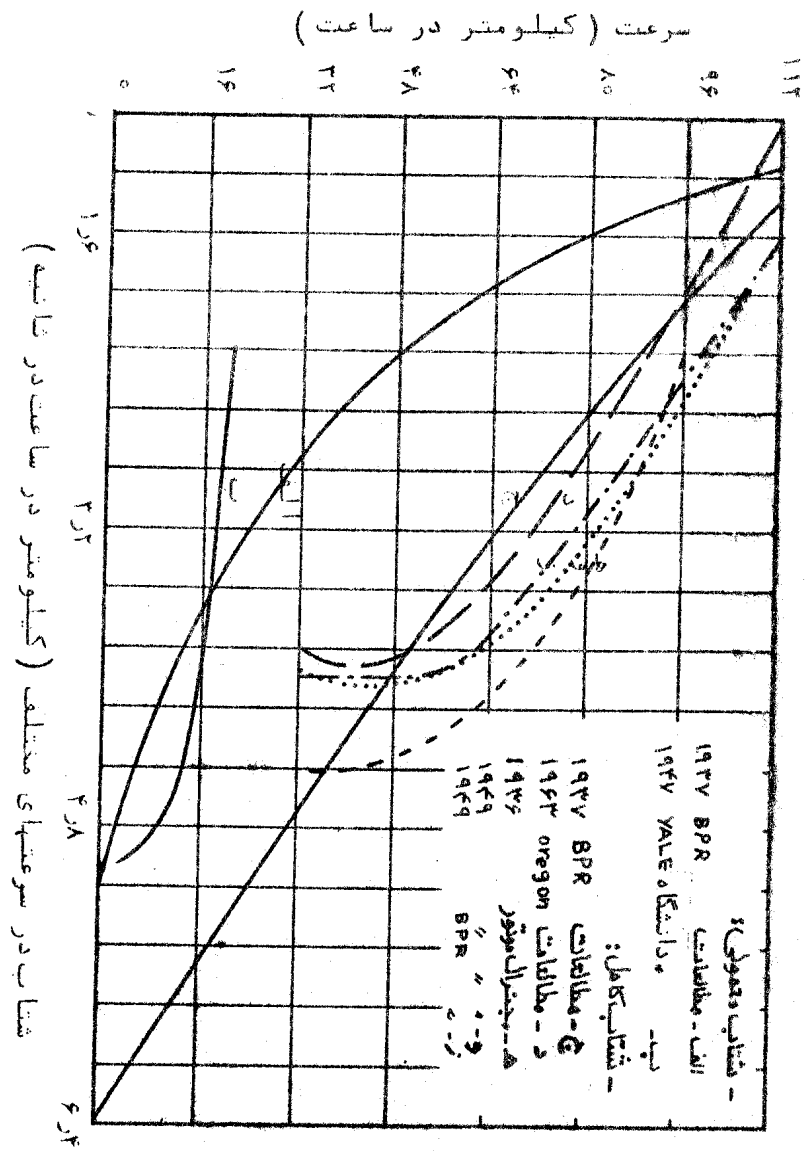
( ب ) سرعت خودرو به هنگام ورود به خط افزایش سرعت

( ج ) روش افزایش سرعت و پارامترهای مربوط به آن

همچنین طول خط افزایش سرعت ممکن است تابع مقدار نسبی آمد و شد در راه اصلی و خط گردش باشد. در راههای با آمد و شد زیاد، خط افزایش سرعت طویل مطلوبتر است تا آنکه خودرو ورودی بتواند بدون توقف نامطلوب در انتهای خط افزایش سرعت، وارد جریان آمد و شد راه اصلی شود. معمولاً "راننده به حرکت خودرو در خط افزایش سرعت ادامه می دهد تا فرصت مناسبی برای ورود به آمد و شد راه اصلی پیدا نماید.

مطلوب آن است که خودرو ورودی، از خط افزایش سرعت، با سرعتی برابر متوسط سرعت راه اصلی وارد جریان آمد و شد عبوری شود و طرح بر این مبنا اجرا شود. راننده معمولاً "با سرعتی در حدود متوسط سرعت حرکت آمد و شد در قوس گردش (در محل اتصال به خط افزایش سرعت)، که خود تابعی از شعاع قوس گردش است، وارد خط افزایش سرعت می شود. این سرعت متوسط حرکت را می توان از شکل ۸ و جدول ۳ به دست آورد. اختلاف بین متوسط سرعت حرکت در قوس ورودی و در راه اصلی مبنای محاسبه طول خط افزایش سرعت است.

اطلاعات به دست آمده از مطالعات مختلف در مورد شدت افزایش سرعت خودرو سواری (شتاب) در شکل ۱۷ نشان داده شده است. مشابهت نزدیکی میان نتایج به دست آمده از مطالعات مختلف در مورد شدت متوسط حداکثر افزایش سرعت وجود دارد. این شدت افزایش با بالا رفتن سرعت، کاهش می یابد و شتاب در سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت برابر ۴ کیلومتر در ساعت در هر ثانیه و در سرعت ۱۱۰ کیلومتر در ساعت برابر ۱/۶ کیلومتر در ساعت در هر ثانیه است. راننده معمولاً "بجز در مواقع



شکل ۱۷. شدت افزایش سرعت (شتاب) برای خودرو سواره

اضطرابی، در قسمتی از طول خط افزایش سرعت با متوسط حداکثر شتاب مذکور، حرکت خواهد کرد. مقدار واقعی تغییر افزایش سرعت (شتاب) تابع خصوصیات رانندگی افراد بوده و در رانندگان مختلف بسیار متفاوت است.

خلاصه نتایج مطالعات مختلف بر روی شدت افزایش سرعت (شتاب) در شکل ۱۷ نشان داده شده است.

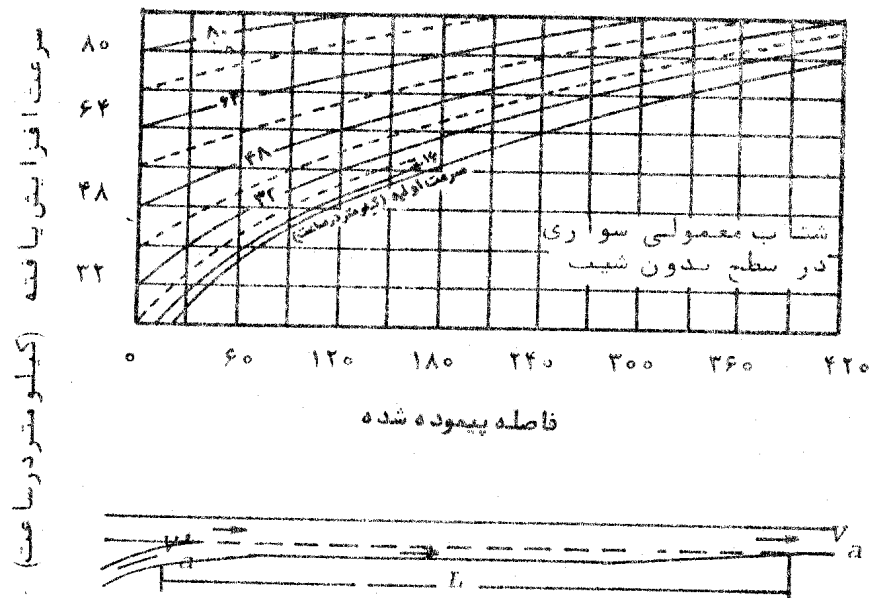
تجربه نشان داده است که اگر خودرو ورودی با سرعتی در حدود ۱۰ کیلومتر در ساعت کمتر از سرعت آمد و شد راه عبوری وارد آن شود، در آمد و شد عبوری اختلال و ناراحتی پدید نمی آید؛ بنابراین، سرعت مذکور مبنای طرح خط افزایش سرعت قرار داده می شود. در قسمت پایین شکل ۱۸، طول محاسبه شده براساس سرعت اولیه، برابر سرعت متوسط حرکت در قوس گردش و سرعت ورودی به خط عبور اصلی، ۱۰ کیلومتر در ساعت کمتر از متوسط سرعت حرکت آمد و شد عبوری نشان داده شده است. مقادیر مذکور پس از گرد شدن به عنوان مبنای طرح خط افزایش سرعت در جدول ۱۰ آمده است.

طول خط افزایش سرعت بر مبنای خودرو سواری طرح شده است. کامیونها و اتوبوسها به طول بیشتری برای افزایش سرعت نیاز دارند و تأمین طول مذکور عملی نیست. ورود کندتر کامیونها و اتوبوسها در راه عبوری، غیر قابل اجتناب بوده و کلاً از نظر عموم قابل قبول است.

معمولاً در ورود به خطوط عبوری، خط افزایش سرعت همراه با علامت "ایست" پیشنهاد می شود. هنگامی که علامت "ایست" در تقاطعهای برون شهری (با حداقل معیار) به کار برده می شود، ایجاد خط تغییر سرعت مناسب نیست. بیشتر رانندگان به هنگام رسیدن به علامت ایست در یک تقاطع، ترجیح می دهند که توقف نموده و منتظر فرصت برای پیدا کردن فاصله ای در بین آمد و شد عبوری شوند و سپس مستقیماً وارد خط عبور اصلی گردند. در نتیجه، رانندگان عملاً "به ندرت از خط افزایش سرعت استفاده خواهند کرد. معمولاً در تقاطعهای مهم برون شهری، هنگامی که سرعت و مقدار آمد و شد ایجاد خط افزایش سرعت را ضروری می سازد، بهتر است که یک طرح با شعاع بیشتر از شعاع حداقل با یک جزیره هدایت کننده برای آمد و شد راست گرد در حال ورود به آمد و شد عبوری در نظر گرفته شود. این در صورتی است که خط گردش به راست دارای علامت ایست نباشد. در این حالت، آمد و شد چپ گرد و یا آمد و شدی که راه اصلی را قطع می نماید ممکن است علامت ایست داشته باشد. در این موارد، برای آمد و شد راست گرد، علامت "عبور با احتیاط" در نظر گرفته می شود. بنابراین، نتیجه گرفته می شود که خط افزایش سرعت، برای حرکت خودرو از حالت ایستاده در تقاطعهای برون شهری ضروری نبوده و لذا این مقادیر در جدول ۱۰ آورده نشده است.

### ۳-۵-۳. روش اندازه گیری

از دید نظری، خط کاهش سرعت محاسبه شده باید از نقطه ای که عرض خط کمی به اندازه عرض کامل



سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت)	سرعت باز یافته ( $V_a$ ) (کیلومتر در ساعت)	$L =$ طول خط افزایش سرعت ( $L$ ) (متر)								
		برای قوسهای ورودیها با سرعت طرح (کیلومتر در ساعت) :								
		شرایط توقف	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۵	۷۰	۸۰
		و سرعت اولیه ( $V'a$ ) (کیلومتر در ساعت) .								
		۰	۲۳	۲۷	۳۵	۴۳	۴۷	۵۹	۶۲	۷۰
۵۰	۳۷	۵۸	—	—	—	—	—	—	—	
۶۵	۵۰	۱۱۵	۱۱۵	۷۵	۶۵	۴۰	—	—	—	
۸۰	۶۲	۲۳۰	۲۳۰	۱۹۰	۱۷۵	۱۵۰	۱۱۵	۵۰	—	
۹۵	۷۵	۳۵۰	۳۵۰	۳۲۵	۳۰۰	۲۸۰	۲۴۰	۱۸۰	۱۲۰	
۱۱۰	۸۵	۴۸۰	۴۸۰	۴۶۰	۴۳۰	۴۰۵	۳۷۵	۳۱۰	۲۵۰	

شکل ۱۸. تعیین طول خط افزایش سرعت



خط عبور می‌گردد، در نظر گرفته شود. گرچه این نحوه محاسبه مطلوب است، لیکن ممکن است منجر به طولی شود که ایجاد آن عملی نباشد. امکان دارد فرض شود که در طول خط لچکی، آماده شدن برای خروج از راه عبوری قبل از رسیدن به خط کاهش سرعت و کاسته شدن سرعت در اثر برداشتن پا از روی پدال گاز (بدون ترمز گرفتن) باعث کاهش طول خط کاهش سرعت می‌شود. بنابراین، فرض می‌شود که خط لچکی (یا قسمتی از آن) جزء طول کل خط کاهش سرعت است. به همین دلیل، در محاسبه طول خط افزایش سرعت، طول خط لچکی ممکن است قسمتی از طول کل خط افزایش سرعت فرض شود.

هنگامی که خط تغییر سرعت، یک خط موازی اضافه شده است، طول کل آن (جدول ۱۰) از انتهای باریک خط لچکی تا محلی اندازه گرفته می‌شود که خط تغییر سرعت به قوس خط گردش وصل می‌شود (مانند فاصله بین نقاط ۱ و ۲ در شکل ۱۳-ب و بین نقاط ۵ و ۶ در شکل ۱۳-د). خطوط کاهش سرعتی که یکبار به عرض مساوی - قسمتی و یا تمام عرض خط - شروع می‌شود، از ابتدای خط کمکی اندازه گرفته می‌شود (شکل ۱۳-الف).

هنگامی که خطوط تغییر سرعت هدایت‌کننده به‌طور بسیار تدریجی (تدریجی‌تر از خط لچکی معمولی) به خط عبوری وصل می‌شود، طول آن از نقطه‌ای که عرض خط لچکی به حدود ۵/۹ تا ۱/۲ متر (۱/۵ یا ۱/۸ متر مطلوب‌تر است) می‌رسد، اندازه گرفته می‌شود (نقاط ۳ و ۸ در شکل‌های ۱۳-ج و ۱۳-ه). در شرایط خاص - مانند بزرگراه‌ها که سرعت در آنها بالا است - ممکن است طول خط تغییر سرعت، از محلی که عرض خط تغییر سرعت برابر عرض کامل خط عبور می‌شود، اندازه گرفته شود. در این صورت، طول کل برابر عدد نشان داده شده در جدول ۱۰ به اضافه طول خط لچکی خواهد بود. این افزایش طول در خطوط عبور بدون شیب باعث خواهد شد که خودرو عبوری برای تغییر سرعت خود آزادی عمل و فرصت بیشتری داشته باشد.

### ۳-۵-۴. اثر عوامل دیگر

خط تغییر سرعت بر مبنای مفروضات زیر طرح می‌شود:

الف) خطوط عبور تقریباً "بدون شیب" هستند

ب) مقدار لازم بر بلندی تأمین شده است

ج) مقدار آمد و شد به حدی نیست که باعث ایجاد اختلال در حرکت شود.

اگر شرایط بالا موجود نباشد، ممکن است به اصلاح طول خطوط تغییر سرعت نیاز باشد.

جدول ۱۰. طول خطوط تغییر سرعت راههای اصلی (شیب کم ۲٪ یا کمتر)

سرعت طرح خط منحنی گردش (کیلومتر در ساعت)		حالت توقف	۲۵	۳۵	۴۰	۵۰	۵۵	۶۵	۷۰	۸۰
شعاع حداقل منحنی (متر)			۱۵	۲۷	۴۵	۷۰	۹۰	۱۳۰	۱۶۵	۲۱۰
سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت)	طول خط لچکی (متر)	طول کلی خط کاهش سرعت با خط لچکی (متر)								
۶۰	۵۵	۹۰	۸۵	۷۵	۶۵	۵۰	—	—	—	—
۸۰	۷۰	۱۳۰	۱۲۰	۱۱۵	۱۰۵	۱۰۰	۸۵	—	—	—
۱۰۰	۸۵	۱۶۰	۱۶۰	۱۵۰	۱۴۵	۱۳۵	۱۳۰	۱۰۵	۹۵	—
۱۲۰	۹۵	۲۰۰	۱۹۰	۱۸۵	۱۸۰	۱۷۵	۱۶۰	۱۴۵	۱۳۵	۱۲۰
۱۳۰	۱۰۰	۲۱۵	۲۰۵	۲۰۰	۲۰۰	۱۸۵	۱۷۵	۱۶۰	۱۴۵	۱۳۵
سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت)	طول خط لچکی (متر)	طول کلی خط افزایش سرعت با خط لچکی								
۶۰	۵۵	—	۸۰	۶۵	۶۰	—	—	—	—	—
۸۰	۷۰	—	۲۱۵	۱۹۰	۱۸۵	۱۵۰	۱۲۰	—	—	—
۱۰۰	۸۵	—	۳۸۵	۳۷۰	۳۲۰	۲۹۰	۲۲۵	۲۲۵	۱۵۶	—
۱۱۰	۸۰	—	۴۷۰	۴۵۵	۴۲۵	۴۰۵	۳۷۵	۵۰۵	۲۵۰	۱۷۵

یادآوری: استفاده از خطوط با عرض متغیر یکنواخت ۱:۵۰ در محلهایی که طول خط افزایش سرعت از ۳۹۰ متر تجاوز می‌کند، یا سرعت طرح از ۱۱۰ کیلومتر در ساعت بیشتر است و یا در هر محل مناسب دیگری که فضای کافی موجود باشد، توصیه می‌گردد.

## ۱. شیب

فاصله کاهش سرعت در شیب بیشتر و در فراز کمتر است؛ در صورتی که فاصله افزایش سرعت در شیب کمتر و در فراز بیشتر می باشد. خلاصه نتایج به دست آمده برای محاسبه طول خط تغییر سرعت در شیب، در مقایسه با مقادیر مشابه در سطح افقی، در جدول ۱۱ داده شده است. نسبت به دست آمده از این جدول، در طولهای داده شده در جدول ۱۰ ضرب می شود تا طول خط تغییر سرعت در شیب به دست آید. به عنوان مثال، در یک راه با آمد و شد زیاد و سرعت طرح ۱۰۰ کیلومتر در ساعت با خط گردش با سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت و ۵٪ شیب، طول خط کاهش سرعت برابر  $182 = 135 \times 1/35$  متر و طول خط افزایش سرعت برابر  $145 = 290 \times 0/5$  متر می باشد، برای همان شرایط ولی با ۵٪ فراز، طول خط کاهش سرعت  $108 = 135 \times 0/8$  متر است در صورتی که طول خط افزایش سرعت برابر  $551 = 290 \times 1/9$  متر می باشد. این طول به خودرو فرصت خواهد داد که با سرعتی حدود ۱۰ کیلومتر در ساعت کمتر از سرعت متوسط حرکت در راه اصلی، وارد آمد و شد عبوری شود.

## ۲. بریلندی

طول و شکل خط تغییر سرعت ممکن است در اثر بریلندی تغییر کند. در قسمتهای بعد، این عامل با عنوان بریلندی شرح داده خواهد شد.

## ۳. مقدار آمد و شد

به طور کلی، طول افزایش سرعت داده شده در جدول ۱۰ در مقدار آمد و شد زیاد، بویژه در ساعات شلوغی آمد و شد، به خصوص برای یک خودرو سرعت گرفته که منتظر یافتن فرصتی برای ورود به آمد و شد عبوری است، ممکن است مشکل باشد. هنگامی که خودرو ورودی به انتهای خط افزایش سرعت می رسد، و بدون توجه به تراکم آمد و شد عبوری، مجبور به حرکت و نفوذ به داخل آمد و شد راه اصلی است، شرایط خطرناکی به وجود می آید. این اشکال را می توان با حذف جدول غیرقابل عبور در انتهای خط لچکی خط افزایش سرعت و یا تثبیت شانه های روسازی برای عبور احتمالی خودروی که نتوانسته است در فرصت مناسب وارد آمد و شد راه اصلی شود، تا اندازه های کاهش داد.

در راههای با آمد و شد زیاد، مؤثر بودن خط افزایش سرعت تابع فاصله موجود برای ورود خودرو به داخل آمد و شد عبوری (طول خط همگرا)، و همچنین طول کل خط افزایش سرعت، می باشد. طول خط همگرا، آن قسمت از خط افزایش سرعت است که مجاور و متصل به خط عبور راه اصلی می باشد. بسته به طرح خط افزایش سرعت، این طول ممکن است شامل تمام و یا قسمت کوچکی از خط افزایش سرعت گردد.

همان گونه که در استاندارد راههای اصلی زیر عنوان گنجایش تقاطعها تذکر داده شد، جمع مقدار آمد و شد در خط عبوری و شیرا به یک خط نمی تواند از ۱۰۰۰ یا ۱۲۰۰ معادل سواری در ساعت در شرایط سرعت خیلی پایین، و یا حدود ۱۵۰۰ معادل سواری، اگر طرح راه طوری است که خودروهای

جدول ۱۱. نسبت طول خطوط تغییر سرعت در شیب به طول این خطوط در سطح افقی

خطوط کاهش سرعت					سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت)
نسبت طول در شیب به طول در سطح افقی * برای :					
۳ تا ۴٪ شیب : ۱/۲		۳ تا ۴٪ فراز : ۰/۹			تمامی سرعتها
۵ تا ۶٪ شیب : ۱/۳۵		۵ تا ۶٪ فراز : ۰/۸			تمامی سرعتها
خطوط افزایش سرعت					سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت)
نسبت طول در شیب به طول در سطح افقی * برای :					
سرعت طرح قوس خطوط گردش (کیلومتر در ساعت)					
تمامی سرعتها	۸۰	۶۵	۵۰	۳۰	
۳ تا ۴٪ شیب : ۰/۷ ۰/۶۵ ۰/۶ ۰/۶	۳ تا ۴٪ فراز				۶۵ ۸۰ ۹۵ ۱۱۰
	—	—	۱/۳	۱/۳	
	—	۱/۴	۱/۴	۱/۳	
	۱/۶	۱/۵	۱/۵	۱/۴	
	۱/۸	۱/۷	۱/۶	۱/۵	
۵ تا ۶٪ شیب :	۵ تا ۶٪ فراز				۶۵ ۸۰ ۹۵ ۱۱۰
	—	—	۱/۵	۱/۵	
	—	۱/۹	۱/۷	۱/۵	
	۲/۵	۲/۲	۱/۹	۱/۷	
	۳/۰	۲/۶	۲/۲	۲/۰	

\* برای به دست آوردن طول خط تغییر سرعت در شیب ، کافی است نسبتهای به دست آمده در جدول در طولهای مربوط به حالت افقی ضرب شود (جدول ۱۰) .

عبوری بتوانند با سرعتی حداقل برابر ۵۵ کیلومتر در ساعت وارد آمد و شد راه اصلی شوند، بیشتر باشد. اگر ورود به آمد و شد اصلی با سرعتی حدود ۵۵ تا ۶۰ کیلومتر در ساعت عملی باشد، شرایط آمد و شد مشابه شرایط جریان ضربدری است و در نتیجه، طول خط همگرا باید حدود ۹۰ تا ۱۸۰ متر باشد. اگر طول خط همگرا کمتر از مقدار بالا در نظر گرفته شود، خودروهای ورودی قادر خواهند بود فقط با سرعتی کمتر از سرعت بالا وارد خط عبوری شوند.

به کار بردن علائم کافی در تقاطعها، بویژه در شرایط آمد و شد زیاد، کمک بسیار بزرگی به بهبود آمد و شد خواهد بود. علائم در قبل از شیراوه خروجی، رانندگان را از نزدیک شدن به شیراوه خروجی مطلع ساخته و باعث خواهند شد که خودروهایی که می‌خواهند از راه عبوری بیرون بروند، وارد خط سمت راست شوند و آمد و شد عبوری به طرف خط سمت چپ متماثل می‌شوند. علائم در قبل از ورودیها باعث خواهد شد که آمد و شد عبوری از خط مجاور خط کمکی، برای استفاده و ورود آمد و شد ورودی، فاصله بگیرند و در نتیجه، مقدار بیشتری از آمد و شد می‌تواند وارد راه اصلی شود.

#### ۴. بریلندی قوسها در تقاطعها

##### ۴-۱. میزان بریلندی

عوامل کلی کنترل حداکثر بریلندی در راهها برای قوسهای تقاطعها نیز مصداق دارند (نگاه کنید به: معیارهای طرح هندسی راههای اصلی). مقدار حداکثر بریلندی معمولاً "بین ۶٪ تا ۱۲٪ متغیر است. در مناطقی که شرایط جوی اجازه دهد، ممکن است مقادیر تا ۱۲٪ یا ۱۴٪ برای بریلندی اتصالات یکسویه در نظر گرفته شود. در مناطق برفگیر و یخبندان، بیشترین بریلندی مجاز ۶٪ تا ۸٪ است.

در طرح تقاطعها، عملاً می‌توان تعداد محدودی قوس از نظر طول و شعاع، به کار برد. در یک تقاطع، راننده (در شرایطی که سرعتش تحت تأثیر سایر خودروها قرار نگیرد)، معمولاً انتظار قوس تندی را دارد و نسبت به راههای آزاد با همان شعاع، اصطکاک جانبی بیشتری را قبول می‌کند. در شرایطی که آمد و شدهای دیگر نیز وجود دارد، چون راننده باید از آمد و شد خطوط عبوری جدا شده و یا وارد آن شود، ممکن است در تقاطع، نسبت به راه آزاد با همان شعاع، با سرعت کمتری حرکت نماید. با وجودی که بیشتر گردشها در شرایطی انجام می‌شود که آمد و شدهای دیگری نیز وجود دارد، ولی برای رعایت ایمنی باید شرایط مربوط به مقدار آمد و شد بسیار کم را نیز در طرح در نظر گرفت. بهتر است بیشترین بریلندی ممکن، در قوسهای تقاطعها، بویژه در قوسهای تند در نشیب، در نظر گرفته شود. لیکن، اشکال اجرایی تأمین بریلندی بدون تغییر شیب عرضی ناگهانی در آستانه خطوط گردش، عمدتاً به دلیل شعاع کم قوس و کوتاه بودن طول آن، اغلب موجب عدم امکان تأمین بریلندی مطلوب می‌شود. این امر موجب شده است که در قوسهای با شعاع حداقل (جدول ۳) بریلندی کمتری به کار برده شود.

قوسهای با انحنای تدریجی، با استفاده از قوسهای مرکب یا کلوئوئید و یا هر دوی آنها (شکلهای ۹ و ۱۰ و مباحث مربوط به آنها)، تأمین بریلندی مطلوب را ممکن می‌سازد.

در مواردی که شعاع قوس به کار رفته بزرگتر از شعاع حداقل لازم برای سرعت طرح است، مقدار بریلندی باید کمتر از مقدار پیشنهادی باشد تا بین قوسهای تیز و قوسهای بازتر، طرح متعادلی حاصل شود. مقادیر بریلندی طرح برای قوسهای واقع در تقاطع، که به همان روش محاسبه بریلندی در راههای آزاد به دست می آید، در جدول ۱۲ داده شده است. چون تغییر سرعت در قوس، به دلیل متغیر بودن مقدار آمد و شد، زیاد است، در جدول مذکور برای هر ترکیب سرعت طرح و شعاع قوس، چندین مقدار بریلندی پیشنهاد شده است تا طراح محل بریلندی مطلوب را بنا بر شرایط آمد و شد انتخاب نماید. بهتر است که برای بریلندی، مقادیر بالای  $\frac{1}{4}$  یا  $\frac{1}{3}$  حدود مندرج در جدول مذکور انتخاب شود. به عنوان مثال، برای شعاع قوس ۷۰ متر و سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت، بهتر است مقدار بریلندی به جای ۶ تا ۱۲ درصد (جدول ۱۲)، عددی بین ۹ تا ۱۲ درصد ( $\frac{1}{4}$  بالای حدود مندرج در جدول) و یا ۱۰ تا ۱۲ درصد ( $\frac{1}{3}$  بالای حدود مندرج در جدول) انتخاب شود. برای هدایت آبهای سطحی، حداقل ۲٪ شیب عرضی ضروری است.

#### ۴-۳. تأمین بریلندی

اصول و معیارهای تأمین بریلندی برای راهها (معیارهای طرح هندسی راههای اصلی)، برای قوسهای تقاطعها نیز صادق است. عوامل اصلی کنترل کننده مقدار تغییر شیب عرضی روسازی، راحتی رانندگی و زیبایی چشم انداز راه است. در نیمرخ طولی راه عبوری، شیب یک لبه روسازی نسبت به محور نباید از ۱ به ۲۰۰ برای سرعت طرح ۸۰ کیلومتر در ساعت، و ۱ به ۱۵۰ برای سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت، بیشتر باشد. دو مقدار بالا برای نصف عرض روسازی یک راه دو خطه، معادل تغییر شیب عرضی ۴٪ و ۶٪ در هر ۳۰ متر طول است.

مقادیر بالا برای تغییر شیب مطلوب است ولی در قوسهای تقاطعها ممکن است مقادیر بیشتر تا ۸٪ نیز به کار برده شود، بدون آنکه تغییر زیادی در شکل ظاهری راه و یا اشکالی در عملکرد آمد و شد پدید آید. تغییر زیاد شیب عرضی (تاب روسازی) معمولاً باید در روسازیهای باریک و قوسهای تیز، در شرایطی که پیچش سطح روسازی به سان مسیرهای مستقیم و قوسهای بزرگ احساس نمی شود، به کار برده شود.

تغییر شیب عرضی در تقاطعها برای سرعتهای ۲۵ تا ۳۰ کیلومتر در ساعت ۶/۵ درصد در هر ۲۵ متر، و برای سرعت ۵۵ کیلومتر در ساعت ۴ درصد در هر ۲۵ متر است (۴ درصد مقداری است که در راههای معمولی به کار برده می شود).

مقادیر میزان تغییر بریلندی در هر ۲۵ متر و ۱۰ متر طول، در جدول ۱۳ آورده شده است. مقدار بریلندی ممکن است تا ۲۵٪+ مقادیر جدول تغییر کند. مقادیر کمتر مربوط به روسازیهای عریض و مقادیر بیشتر مربوط به روسازیهای با عرض بسیار کم است. یادآوری: بهتر است که مقدار بریلندی، مقادیر بیشتر از  $\frac{1}{4}$  یا  $\frac{1}{3}$  حدود مندرج در جدول انتخاب شود. در مناطق برفی و یخبندان مقدار حداکثر بریلندی ۶ یا ۸٪ است.

جدول ۱۲. مقدار بریلندی در قوسهای تقاطعها

حدود مقادیر بریلندی (درصد) برای قوسهای تقاطعها در سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)						شعاع قوس (متر)
۶۰	۵۵	۵۰	۴۰	۳۵	۲۵	
—	—	—	—	—	%۱۲ تا ۲۲	۱۵
—	—	—	—	%۱۲ تا ۲۲	۷ تا ۲۲	۲۷
—	—	—	%۱۲ تا ۴۴	۸ تا ۲۲	۵ تا ۲۲	۴۵
—	—	%۱۲ تا ۶۶	۸ تا ۲۲	۶ تا ۲۲	۴ تا ۲۲	۷۰
—	%۱۲ تا ۸۸	۹ تا ۵۵	۶ تا ۲۲	۴ تا ۲۲	۳ تا ۲۲	۹۵
%۱۲ تا ۹۹	۹ تا ۶۶	۷ تا ۴۴	۵ تا ۲۲	۳ تا ۲۲	۲	۱۳۰
۱۲ تا ۷۷	۷ تا ۵۵	۵ تا ۲۲	۴ تا ۲۲	۴ تا ۲۲	۲	۱۸۰
۶ تا ۵۵	۵ تا ۴۴	۴ تا ۲۲	۳ تا ۲۲	۳ تا ۲۲	۲	۳۰۰
۵ تا ۴۴	۴ تا ۳۳	۳ تا ۲۲	۲	۲	۲	۴۵۰
۴ تا ۳۳	۳ تا ۲۲	۲	۲	۲	۲	۶۰۰
۳ تا ۲۲	۲	۲	۲	۲	۲	۹۰۰

یادآوری: بهتر است که مقدار بریلندی، مقادیر بیشتر از  $\frac{1}{4}$  یا  $\frac{1}{3}$  حدود مندرج در جدول انتخاب شود. در مناطق برفی و یخچندان، مقدار حداکثر بریلندی  $\frac{1}{6}$  یا  $\frac{1}{8}$  است.

جدول ۱۳. مقدار تغییر شیب عرضی طرح برای قوسها در تقاطع

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۲۵ تا ۳۰	۴۰	۵۰	۵۵ یا بیشتر
مقدار تغییر بریلندی (درصد):				
در هر ۲۵ متر	%۶/۵	%۶	%۵	%۴
در هر ۱۰ متر	%۲/۶	%۲/۴	%۲	%۱/۶

در عمل، معمولاً "اول نیمرخ طولی یک‌لبه روسازی راه گردش تعیین می‌شود و سپس نیمرخ طولی لبه دیگر با توجه به بریلندی مورد نظر (در هر نقطه) مشخص می‌گردد. طرح نیمرخ طولی شیراها در معیارهای طرح تقاطعهای غیرهمسطح آورده شده است.

#### ۳-۴. بریلندی در محل انشعابات خطوط گردش

ایجاد بریلندی متناسب با انحنا و سرعت به ندرت در محل انشعاب خطوط گردش در شرایط زیر امکانپذیر است:

(الف) یک قوس تقاطع با شعاع زیاد باعث افزایش کمی در عرض خط گردش نسبت به خط عبور عبور مستقیم شود؛

(ب) شیب عرض روسازی خط عبور باید حفظ شود؛ و

(ج) محدودیتی بین مقدار اختلاف شیب عرضی خط عبور و خط گردش وجود دارد.

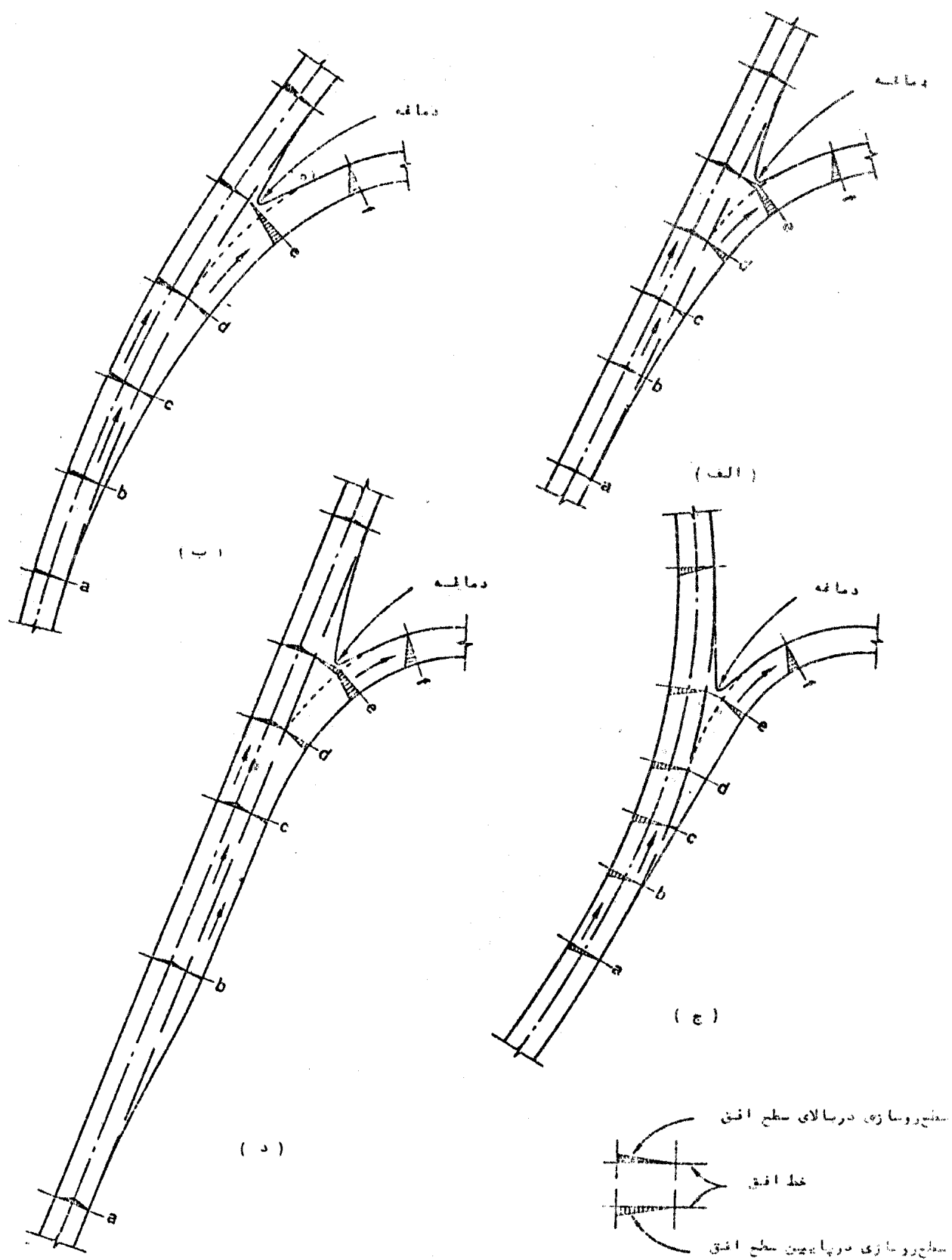
اختلاف قابل توجه میان شیب عرضی خط عبور و خط گردش ممکن است باعث شود خودروهایی که از روی خط تغییر شیب - که بین خط عبور و خط کمکی به وجود آمده است - عبور می‌نمایند، کنترل خود را از دست بدهند و در نتیجه از ایمنی کار ته شود. هنگامی که خودرو، بویژه کامیونهای مرتفع، از روی خط تغییر شیب عرضی با سرعتی بیش از حداقل و با زاویه ۱۰ تا ۴۰ درجه عبور می‌کند، تعادلش را از دست می‌دهد و ممکن است واژگون شود.

#### ۳-۴-۱. روش کلی

در طراحی یک خروجی از یک راه اصلی، ممکن است نیمرخ طولی و نیمرخ عرضی خطوط عبوری ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته شوند. هنگامی که خط خروجی از خطوط عبور اصلی جدا می‌شود، ارتفاع لبه قوس (یا خط مسیر مستقیم) مقطع روسازی تعریض شده را، فقط می‌توان به‌طور تدریجی از لبه روسازی خط عبوری تغییر داد. کمی پس از آنکه عرض روسازی خط گردش کامل شد، یک دماغه که غالباً "دارای جدول است، دوروسازی (خط عبور مستقیم و خط گردش) را از هم جدا می‌کند. در مواردی که قوس خروجی نسبتاً "تیز و بدون خط لچکی و یا خط انتقالی است، در فاصله کمی که قبل از دماغه وجود دارد مقدار کمی از بریلندی را می‌توان تأمین نمود. بسته به طول خط گردش، قسمت اعظم بریلندی را می‌توان بعد از دماغه تأمین نمود. در مواردی که قوس گردش به تدریج از خط عبوری جدا می‌شود، تأمین بریلندی به‌طور مطلوبی امکانپذیر است.

در شکل ۱۹، روش ایجاد بریلندی خطوط گردش به‌طور ساده نشان داده شده است. شکل ۱۹-الف، تغییرات شیب عرضی را در شرایطی که خط گردش از یک قطعه مستقیم راه عبوری جدا می‌شود، نشان می‌دهد. از نقطه a تا b، شیب عرضی معمولی خط عبور اصلی تا لبه خط کمکی ادامه دارد. عرض خط کمکی در نقطه b در حدود ۰/۳ تا ۰/۹ متر است. بعد از نقطه b، عرض خط کمکی برای شروع





شکل ۱۹. طرز تأمین برابندی در دهانه خطوط گردش

افزایش شیب عرضی در آن خط کافی خواهد بود (مثلاً "نقطه c"). در نقطه d که عرض خط گردش کامل شده است، می توان شیب عرضی را به مقدار بیشتری افزایش داد. مقدار بریلندی در نقطه c (در مجاورت دماغه)، با استفاده از شیبدار کردن سطح روسازی بین کناره چپ خط گردش و لبه سمت راست خط عبوری افزایش می یابد. بعد از دماغه (مثلاً "نقطه f")، شیب روسازی تاجایی که امکانپذیر است با شدت بیشتری افزایش داده می شود تا کل مقدار بریلندی تأمین شود.

شکل ۱۹- ب نشان دهنده طرز تأمین بریلندی در شرایطی است که خط عبور اصلی و خط گردش در یک جهت می گردند. در این حالت، مقدار مطلوب بریلندی در خط گردش که معمولاً "بیشتر از مقدار بریلندی در خطوط عبوری است، به راحتی در طول نسبتاً کوتاهی قابل تأمین است. در نقطه b، شیب عرضی معمولی خط عبوری، تا لبه خارجی روسازی خط کمکی ادامه دارد. در نقاط c و d مقدار بیشتری بریلندی اعمال شده است تا در حدود نقاط e یا f مقدار بریلندی تأمین شود.

شرایط تقریباً نامطلوب زمانی به وجود می آید که خط عبوری و خط گردش در دو جهت مخالف گردش نمایند (مشابه شکل ۱۹- ج). بسته به مقدار بریلندی خط عبور اصلی، ممکن است شیب دادن به خط گردش در خلاف جهت خط عبوری، به دلایل شکل ظاهری، ایمنی و کیفیت رانندگی، عملی نباشد. روش متداول تأمین بریلندی آن است که شیب عرضی خط عبوری به طور کامل تا نقطه در روسازی خط کمکی ادامه یابد. تا نقطه c نیز شرایط بالا تداوم دارد، بجز آنکه شیب عرضی در خط کمکی کمی کاهش داده می شود. در نقطه d، شکست بین شیب عرضی دو روسازی خط عبوری و خط کمکی مشخص تر شده، به طوری که، خط کمکی در این قسمت تقریباً "افقی است. در محل دماغه، مقداری از بریلندی، با ایجاد یک خط (شکست) تغییر شیب عرضی و یا دو خط تغییر شیب در جلوی دماغه، تأمین می شود. قسمت اعظم بریلندی باید بعد از دماغه تأمین شود.

در خطوط تغییر سرعت موازی خط عبور اصلی (مشابه شکل ۱۹- د)، قسمتی از تغییر شیب عرضی در این قطعه (قسمت موازی) قابل تأمین است. معمولاً "بیش از نصف کل مقدار بریلندی تا نقطه d تأمین می شود و کل مقدار بریلندی مطلوب در دماغه و یا کمی بعد از آن قابل تأمین است.

طرح و اصول داده شده در شکل ۱۹ برای دهانه شیراهه های خروجی، نیز، مستقیماً "برای دهانه شیراهه های ورودی به کار برده می شود، با این اختلاف که جزئیات محل انتهایی پیوستن دو آمد و شد کمی با جزئیات دماغه در شرایط شیراهه های خروجی متفاوت است.

#### ۴-۳-۲. کنترل خط تغییر شیب

کنترل طرح در خط تغییر شیب عرضی روسازی (غیر از خط تغییر شیب معمولی در محور راه) عبارت است از اختلاف جبری شیب عرضی دو روسازی مجاور. هنگامی که شیب عرضی هر دو روسازی از خط

تغییر شیب به طرف پایین است، اختلاف جبری دو شیب مذکور جمع قدر مطلق آن دو خواهد بود، و در صورتی که هر دو شیب در یک جهت باشند، جمع جبری بالا معادل اختلاف دو شیب است. اختلاف جبری مطلوب دو شیب در خط تغییر شیب ۴٪ یا ۵٪ است لیکن در شرایط سرعت کم و یا تعداد کم کامیون، این مقدار ممکن است تا ۸٪ افزایش داده شود. مقدار حداکثر پیشنهادی برای تفاوت جبری شیب عرضی روسازی در خط تغییر شیب به شرح جدول ۱۴ می باشد.

جدول ۱۴. مقدار حداکثر تفاوت جبری در شیب عرضی روسازی در دهانه راههای گردش

سرعت طرح قوس خروجی یا ورودی (کیلومتر در ساعت)	حداکثر تفاوت جبری شیب عرضی در محل خط تغییر شیب عرضی (%)
۲۵ و ۳۰	۵ - ۸
۴۰ و ۵۰	۵ - ۶
۶۰ و بیشتر	۴ - ۵

#### ۳-۳-۴. انتقال بریلندی و کنترل خط شیب

رسیدن به مقدار بریلندی در طول یک روسازی کمکی، به تدریج تعریض می شود و در طول تمام مسیر خط گردش نباید ناگهانی باشد. طرح باید براساس مقدار بریلندی و کنترل تغییر شیب عرضی داده شده در جدول ۱۲ تا ۱۴ باشد. طرح شکل ۱۹- الف که در آن، قوس محدودکننده گردش به شعاع ۷۰ متر مربوط به سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت است، به طور مثال در نظر گرفته می شود. از جدول ۱۲، حداکثر مقدار بریلندی در این قوس ممکن است بین ۶ و ۱۲٪ گرفته شده و ترجیحاً "کمتر از ۸ یا ۱۰٪ نباشد. تغییر شیب عرضی در طول روسازی خط کمکی و در روسازی مجرای خط گردش نباید بیشتر از ۲٪ در طول ۱۰ متر باشد. اگر شیب عرضی روسازی خطوط عبور ۱٪، و فاصله بین b و c و همچنین c و d، ۱۵ متر باشد، مقدار شیب عرضی آزمایشی ۱٪ در نقطه b، ۴٪ در نقطه c و ۷٪ در نقطه d خواهد بود. در این حالت، خط تغییر شیب عرضی مورد نظر (جدول ۱۴) با اشکال تأمین می شود، زیرا در مقطع بحرانی نقطه d، اختلاف جبری دو شیب عرضی  $6\% = 1 - 7$  است. اگر نقاط d به e و e به f معادل ۷/۵ متر از هم فاصله داشته باشند، مقدار شیب عرضی روسازی ۸/۵٪ در نقطه e و ۱۰٪ در نقطه f است. شیب عرضی روسازی در جلوی دماغه (نقطه e) می تواند مقداری متوسط مثلاً ۴٪ داشته باشد. در آزمایش دوم، با به کار بردن حداکثر شیب عرضی ۹٪، ممکن است تنظیم بریلندی بهتر انجام گیرد.

این روش اعمال بریلندی در یک نقطه معین، قدم اول طرح است. بهترین روش عملی، رسم نیمرخهای طولی هر دو لبه روسازی راه گردش، و لبه و محور روسازی خط عبوری در یک نقشه با مقیاس بزرگ می باشد. ارتفاع لبه روسازی که بدین ترتیب به دست می آید، به عنوان بلندی معیار برای رسم

نیمرخ طولی لبه روسازی خطوط گردش در نظر گرفته می شود. با رسم نیمرخ طولی لبه های روسازی خطوط گردش، لبه و محور راه عبوری در یک نقشه با مقیاس قائم بزرگ، نتایج بسیار خوبی به دست می آید. در نقشه های مذکور، خطوط نیمرخهای رسم شده باید صاف و یکنواخت و بدون هیچ کجی باشد.

#### ۵. فاصله دید برای خطوط گردش

در هر راه آزاد و یا تقاطع لازم است که فاصله دید در تمام نقاط به اندازه کافی باشد تا راننده های که با سرعت طرح در حرکت است، قادر باشد خودرو خود را قبل از رسیدن به یک مانع احتمالی غیرمنتظره که در مسیر حرکتش قرار دارد، متوقف نماید. بیشتر راههای گردش، یکطرفه طرح می شوند و در این حالت باید فاصله دید توقف رعایت شود. در گردشهای دوخطه دو سویه، فاصله دید سبقت مبنای طرح نیست زیرا این گونه خطوط کوتاهند و در طول آنها باید سبقت گرفتن ممنوع باشد.

#### ۵-۱. حداقل فاصله دید توقف

کمترین فاصله دید توقف که در دستورالعمل طرح هندسی راههای اصلی برای شرایط راههای آزاد محاسبه شده است، برای راههای گردش با همان سرعت طرح نیز درست است. با به کار بردن ۲/۵ ثانیه برای زمان تصمیم گیری و واکنش لازم برای ترمزگیری برای تمام خودروهای طرح، و ضریب اصطکاک ۰/۴۲ تا ۰/۳۷ برای سرعت طرح ۲۵ تا ۳۵ و ضریب اصطکاک ۰/۳۴ برای سرعت طرح ۵۵ کیلومتر در ساعت، مقادیر جدول ۱۵ برای فاصله دید توقف به دست می آید. فاصله دید از چشم راننده به ارتفاع ۱/۱۵ متر از سطح راه تا شیئی که به ارتفاع ۰/۱۵ متر در سطح راه قرار دارد، اندازه گیری می شود.

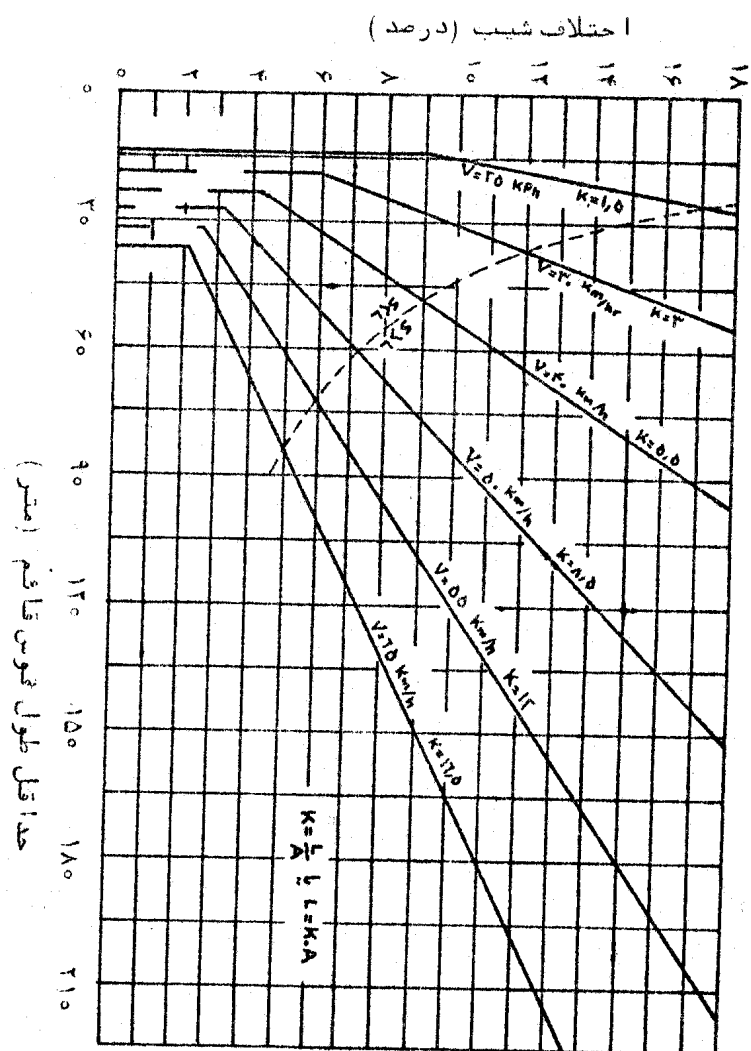
جدول ۱۵. حداقل فاصله دید توقف برای خطوط گردش

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵
حداقل فاصله دید توقف (متر)	۲۴	۳۶	۴۸	۶۰	۷۲	۷۷	۸۳

#### ۵-۱-۱. کنترل قائم

حداقل طول قوس قائم، مشابه حالت راهها، بر مبنای فاصله دید از چشم راننده به ارتفاع ۱/۱۵ متر از سطح راه تا شیئی به ارتفاع ۰/۱۵ متر واقع در سطح راه، تعیین می شود. طول قوس کوژ داده شده در معیارهای طرح راههای اصلی، مستقیماً در اینجا نیز به کار برده می شود. رابطه بین سرعت طرح، تفاوت جبری دو شیب و حداقل طول قوس قائم برای تأمین فاصله دید کافی در کوژ در شکل ۲۰ داده شده است. این شکل بر مبنای مقدار گرد شده  $k^*$  است. مقدار  $k$  بر حسب متر نباید از ۰/۵۶ سرعت طرح بر حسب کیلومتر در ساعت کمتر باشد. ضریب  $k$  برای هر سرعت طرح، مقدار ثابتی است و حداقل طول

شکل ۲۰. کنترل طرح برای قوس قائم کوژ در راههای گردش (مقادیر برای قوس کاس نیز درست است)



قوس قائم در کوژ برای فاصله دید حداقل توقف برحسب متر برابر است با  $K=LA$  که  $A$  تفاوت جبری دو شیب به درصد است؛  $K$  مقادیر زیر را دارد:

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت):	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۵۵	۶۵
$K$ :	۱/۵	۳	۵/۵	۸/۵	۱۲	۱۶/۵

به طور نظری، در سرعت‌های طرح کمتر از ۶۵ کیلومتر در ساعت، طول قوس قائم در کاس که بر مبنای دید نور چراغ خودرو تعیین می‌شود، از طول قوس قائم در کوژ بیشتر است. حداقل طول قوس قائم در کاس که با قراردادن حداقل فاصله دید توقف (جدول ۱۵) از رابطه مربوط به آن در عنوان قوسهای قائم در کاس به دست می‌آید، حدود ۲۵ تا ۶۰٪ از طول قوس قائم کوژ (شکل ۲۰) بیشتر است. از آنجایی که سرعت طرح مربوط به اکثر خطوط گردش به وسیله قوس افقی کنترل می‌شود و این قوسها نسبتاً "تند هستند، امتداد نور چراغ خودرو که به موازات محور طولی آن است، کنترل کننده طرح می‌باشد. بنابراین، برای خطوط گردش، طول قوس قائم در کاس را می‌توان برابر طول قوس قائم در کوژ (شکل ۲۰) انتخاب نمود. در محلهایی که این امکان وجود دارد، بهتر است طول قوس قائم در کاس و کوژ بزرگتر از کمترین حداقل انتخاب شود.

#### ۵-۱-۲. کنترل افقی

در طرح خطوط گردش، فاصله دید در امتداد افق حداقل دارای همان اهمیت فاصله دید قائم است. خط دید در سمت قوس داخلی خط گردش (خط بدون مانع)، باید طوری باشد که فاصله دید اندازه‌گیری شده در امتداد مسیر خودرو، مساوی یا بیشتر از حداقل فاصله توقف (جدول ۱۵) باشد. موانع احتمالی در امتداد دید، ممکن است دیوار پل، ستون، دیوار، سطح جانبی برش خاکریز و یا کنج یک ساختمان باشد. حداقل فاصله آزاد جانبی و لبه داخلی روسازی تا مانع دید، برای شعاعهای مختلف قوس لبه داخلی روسازی و سرعت طرح، در شکل ۲۱ داده شده است. فرض بر آن است که موقعیت چشم راننده و مانع در ۱/۸ متری لبه داخلی روسازی قرار داشته باشد؛ در ضمن، فاصله دید در امتداد این قوس اندازه‌گیری می‌شود.

فاصله دید جانبی داده شده در شکل ۲۱ هنگامی به کار برده می‌شود که قوس افقی بزرگتر از حداقل فاصله دید توقف باشد. در شرایطی که طول قوس از فاصله دید کوچکتر است، فاصله آزاد جانبی داده شده در شکل ۲۱، فاصله دید بیشتری از حداقل لازم را به وجود می‌آورد. در این حالت، بهترین روش تعیین حداقل فاصله آزاد جانبی، کشیدن نقشه (پلان) خطوط گردش و قرار دادن موانع در آن است (مانند شکل ساده ۲۱). فاصله آزاد جانبی که بدین گونه به دست می‌آید، در نقاط مختلف کنترل می‌شود.

#### ۶. جزایر و معابر (خطوط عبور مجزا)

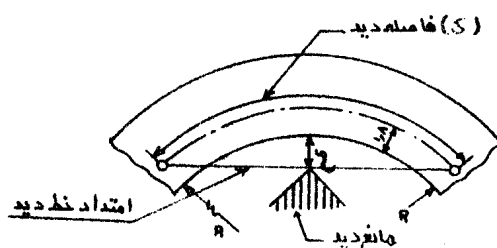
تقاطعهای همسطح با سطح بزرگ روسازی، مانند آن دسته از تقاطعها که شعاع بزرگی در گوشه‌ها دارند

• = حداکثر مقدار R برای سرعت طرح

V = سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)

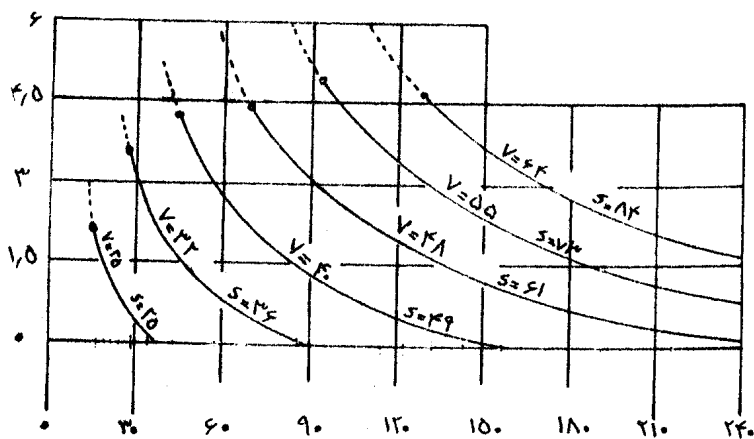
S = فاصله دید توقف به متر - اندازه گیری شده از ۱/۸ متری لبه روسازی

$$\Delta = \left[ (R + 1/8) \text{ vers. } \frac{28,60 S}{R + 1/8} \right] - 1/8$$



$$S = \frac{R + 1/8}{28,60} \cos^{-1} \frac{R - \Delta}{R + 1/8}$$

۲- حداقل فاصله آزاد جانبی (لبه داخلی روسازی تا مانع)



شعاع قوس لبه داخلی روسازی (متر)

شکل ۲۱. فاصله آزاد جانبی تا مانع در قوسهای افقی برای تأمین فاصله دید توقف حداقل

و آنها که از تقاطع دو راه با زاویه حاده حاصل می‌شوند، موجب ایجاد حرکت‌های کنترل نشده خودروها و افزایش فاصله پیاده‌رو برای عابر پیاده می‌شوند. ضمناً، مقداری از سطح‌روسازی نیز غیرقابل استفاده خواهد ماند. حتی در تقاطع‌های ساده ممکن است سطح بزرگی وجود داشته باشد که در آن، بعضی از خودروها احتمالاً "از مسیر اصلی خود منحرف و گمراه شوند. با به‌کار بردن جزیره در این تقاطع‌ها، برخورد‌ها اکثراً کاهش می‌یابد. تقاطع‌های همسطحی که در آنها آمد و شد به وسیله جزایر به مسیرهای معینی هدایت می‌شود، تقاطع‌های هدایت‌کننده نامیده می‌شوند.

یک جزیره سطح معینی است که بین خطوط عبور آمد و شد قرار دارد و یا برای پناه عابران پیاده به‌کار برده می‌شود. به‌طور کلی، یک جزیره دارای تنها یک نوع شکل فیزیکی نیست و ممکن است از یک سطح محدوده جدول غیرقابل عبور، یک سطح‌روسازی محدود و مشخص با خط‌کشی و یا شکلهای دیگر تشکیل شده باشد.

به‌طور کلی، جزیره در تقاطع‌های هدایت‌کننده به یک و یا چند دلیل زیر به‌کار برده می‌شود:

- الف) جدا کردن برخورد‌های آمد و شد
- ب) کنترل زاویه برخورد دو جریان آمد و شد
- ج) کاهش سطح‌روسازی اضافی
- د) نظم دادن به آمد و شد و مشخص کردن روش صحیح استفاده از تقاطع
- ه) ایجاد یک خط‌گردش ویژه برای یک گردش با میزان آمد و شد زیاد
- و) محافظت عابران پیاده
- ز) محافظت و ذخیره کردن خودروهایی که می‌خواهند گردش کرده، یا راه عبوری را قطع کنند.
- ح) تأمین فضا برای وسایل کنترل‌کننده آمد و شد

به‌طور کلی، جزایر یا مثلثی شکل و یا طویل هستند و در سطوحی قرار دارند که معمولاً "برای عبور خودروها مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. ابعاد این جزایر تابع نوع و شکل تقاطع مورد نظر است. طرح و محل جزایر باید طوری باشد که برای خودروها خطر ایجاد نکند و ساختن و نگهداری آن نسبتاً ارزان باشد. جزایر ممکن است از نظر عملکرد به سه گروه تقسیم شوند:

یکم. جزایر هدایت‌کننده، که برای هدایت و کنترل جریان‌های آمد و شد (معمولاً "گردش‌ها) به‌کار می‌روند.

دوم. جزایر تقسیم‌کننده، که از آنها برای تقسیم جریان آمد و شد یکسویه یا دوسویه استفاده می‌شود.

سوم. جزایر پناه‌دهنده، که به منظور تأمین فضا برای عابران پیاده به‌کار می‌روند. بیشتر جزایر برای تأمین دو و یا تمام این منظورها به‌کار می‌روند.\*

\* برای جزئیات بیشتر نگاه کنید به:

US Department of Transportation, Federal Highway Administration,  
Manual on Uniform Traffic Control (Washington D.C.: 1971).



## ۶-۱. انواع جزایر

### ۶-۱-۱. جزایر هدایت‌کننده

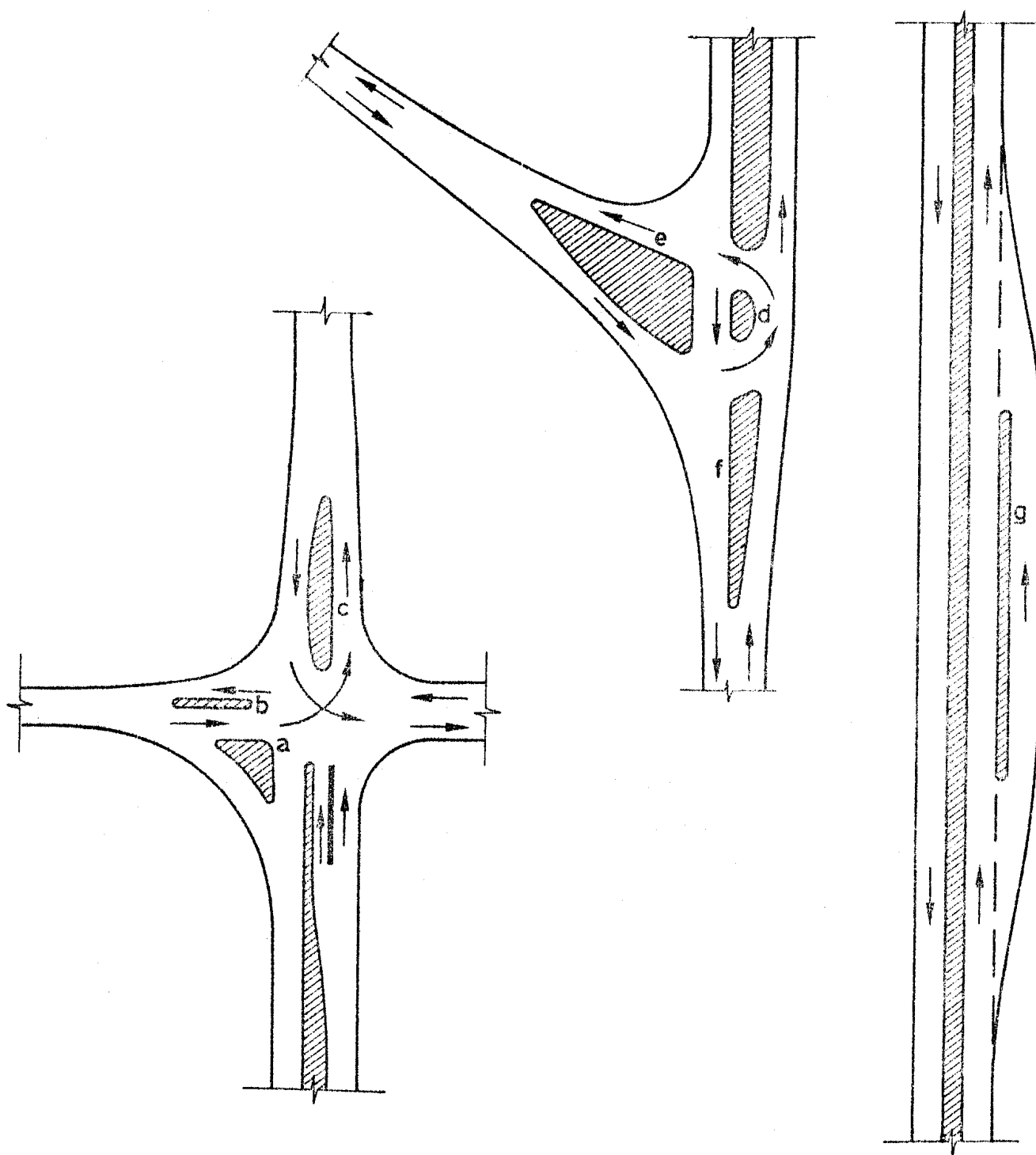
جزایر هدایت‌کننده آمد و شد باید رانندگان را به مسیر موردنظرشان هدایت نماید. با تبدیل سطوح غیرقابل استفاده به جزایر هدایت‌کننده و در نتیجه معین شدن مسیر گردش، جریانهای آمد و شد گمراه‌کننده که ممکن است در اثر وجود سطح بزرگ روسازی در تقاطع به وجود آید، حذف می‌شود. بنابر شرایط و ابعاد تقاطع، جزایر هدایت‌کننده دارای شکلهای و ابعاد مختلف هستند که برخی از آنها در شکل ۲۲ نشان داده شده است. مثلث، یکی از شکلهای متداول جزایر است که آمد و شد گردش به راست را از جریان آمد و شد مستقیم جدا می‌کند (جزیره a در شکل ۲۲). در شکل ۲۲، جزایر مرکزی b و c برای هدایت خودروهای به کار می‌روند که قصد دور زدن یا گردش دارند.

جزایر هدایت‌کننده باید طوری قرار داده شوند که مسیر مناسب خودروها به خوبی و در اولین نگاه مشخص شده و به راحتی قابل تعقیب باشد. در محلهایی که جزایر آمد و شد، گردش را از آمد و شد عبوری جدا می‌کند، شعاع قسمت قوسی آن باید مساوی و یا بیشتر از حداقل شعاع لازم برای سرعت موردنظر باشد. رانندگان در مسیر حرکت خود نباید به طور ناگهانی با سطح بررگی از روسازی غیرقابل استفاده مواجه شوند. قبل از اینکه خودروها در مسیر حرکتشان به اولین جزایر هدایت‌کننده برسند، خطوط عبور باید به وسیله خطکشی به تدریج مشخص شده باشد تا خودروها با سرعت مطلوب به مسیر مورد نظرشان هدایت گردند.

در تقاطعهایی که دارای چندین مسیر گردش برای هدایت گردشهای مختلف هستند، ممکن است به سه جزیره و یا بیشتر نیاز باشد. تعداد جزایر هدایت‌کننده که در یک تقاطع به کار برده می‌شود، عملاً "محدود است". یک گروه جزیره که برای مشخص کردن چندین راه گردش یکطرفه طرح می‌شوند، ممکن است برعکس هدف موردنظر، باعث اشتباه و سردرگمی رانندگان شوند و موجب ورود خودروها در خلاف جهت یک خط گردش یکطرفه گردند. البته، چنین طرحی ممکن است فقط برای رانندگانی گنج‌کننده باشد که برای اولین بار از چنین تقاطعی استفاده می‌کنند، در هر صورت، بهتر است به جای جزایر کوچک، از تعداد کمتری جزایر بزرگتر استفاده شود. به طور کلی، در مواردی که مقدار آمد و شد عبوری و کردشی زیاد است، به کار بردن جزایر مزایای زیادی دارد. تجربه نشان داده است که در تقاطعهای فرعی در راههای دو خطه دوطرفه، اهمیت بعضی از جزایر مورد تردید است و در بعضی موارد، بویژه در مناطق برونشهری، به کار بردن جزایر کوچک باعث کاهش ایمنی شده است. به طور کلی، کاربرد جزایر در مناطق برونشهری، محدود به راههای چند خطه و تقاطعهای مهم در راههای دو خطه است. در مناطق برونشهری و یانزدیک آن که سرعت زیاد نیست و رانندگان انتظار روبه‌رو شدن با محدودیتهای بیشتری در طول راه را دارند، کاربرد جزایر نتایج خوبی داده است.

### ۶-۱-۲. جزایر تقسیم‌کننده

جزایر تقسیم‌کننده اغلب در تقاطعهای راههای دوگانه (راههای جدا شده) به کار برده می‌شوند. این



شکل ۲۲. شکل و نوع جزایر مرکزی

جزایر، نزدیک شدن به تقاطع را به رانندگان خبر داده، و موجب تنظیم آمد و شد در ورود به تقاطع می‌شوند. بویژه، در کنترل آمد و شد گردش به چپ در تقاطعهای اریب و در محلهایی که خطوط مخصوص گردش به راست وجود دارد این جزایر مزایای زیادی دارند. تعدادی از انواع جزایر تقسیم‌کننده که باعث جدا کردن دو جریان آمد و شد مخالف می‌شود، در شکل ۲۲ (جزایر b، c، e، و f) نشان داده شده است.

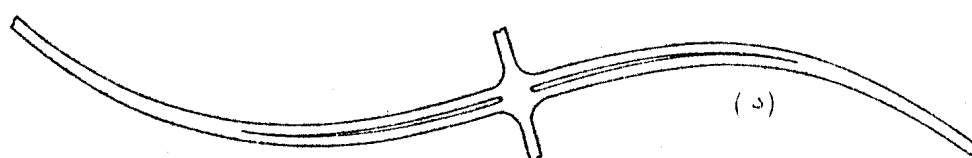
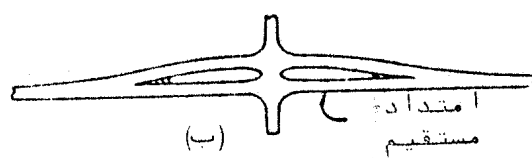
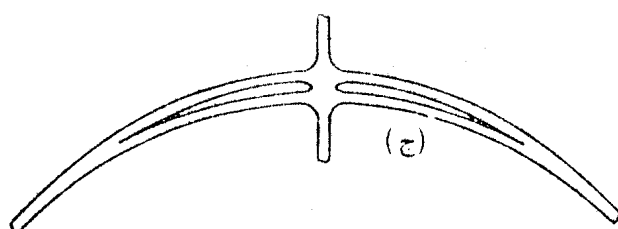
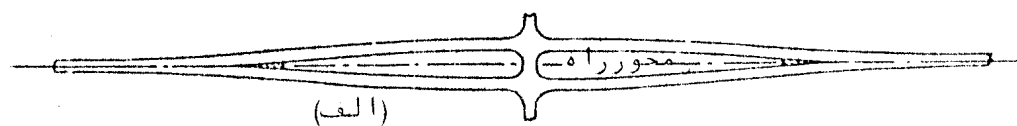
در محلهایی که این جزایر در یک تقاطع برای جدا کردن دو جریان آمد و شد غیر همجهت در یک راه چهارخطه، یا یک راه دوخطه اصلی با آمد و شد زیاد (بویژه در مواقعی که امکان تعریض راه در آینده وجود دارد)، به کار برده می‌شوند، باید در هر طرف جزیره جداکننده، دو خط با عرض کامل در نظر گرفته شود. در سایر شرایط می‌توان از خطوط عبور باریکتری استفاده کرد. برای آمد و شد متوسط، عرض روسازی داده شده برای حالت دوم (خط عبور)، یک خط یکطرفه با امکان سبقت از یک خودرو از حرکت بازمانده) در جدول ۷ مناسب است. برای آمد و شد کم و در محلهایی که به جزایر کوچک نیاز است، می‌توان عرض روسازی در هر طرف جزیره را معادل حالت اول جدول ۷ انتخاب نمود.

هنگامی که راهی برای استفاده از جزایر تقسیم‌کننده، تعریض شده است (شکل ۲۳)، طرح تقاطع باید طوری باشد که مسیر صحیح حرکت به راحتی برای راننده آشکار باشد. بیشتر راهها در مسیر مستقیم قرار دارند و برای ایجاد جزایر تقسیم‌کننده باید از قوس معکوس استفاده شود. در مناطق برونشهری که معمولاً "سرعت زیاد است"، مطلوب آن است که انحنای قوس معکوس از یک درجه بیشتر نباشد. در راههای با آمد و شد کم می‌توان قوسهای با انحنای بیشتر (ولی نه بیشتر از ۱/۵ یا ۲ درجه) نیز به کار برد. معمولاً "خطوط عبور در هر دو جهت حرکت، کم و بیش به صورت قرینه نسبت به محور راه، به سمت خارج خواهد بود (شکل ۲۳-الف). همچنین، ممکن است تعریض در یک جهت حرکت انجام گیرد و خطوط عبور جهت دیگر بدون تغییر از تقاطع عبور کند (شکل ۲۳-ب). این ترتیب در راههای دوخطه دوطرفه که قرار است در آینده به راه جدا شده (میانه‌دار) تبدیل شود، به کار می‌رود و عبور مستقیم قسمتی از مسیر عبوری را در طرح آینده تشکیل می‌دهد.

تعریض در قطعه مستقیم راه، حتی با قوسهای بزرگ، ممکن است ظاهری کج داشته باشد. مواقعی که راه در قوس یا در قسمت تعریض شده قرار دارد باید از انحنای قوس برای تقسیم خطوط عبور بدون استفاده از قوس معکوس، استفاده نمود (شکلهای ۲۳-ج و ۲۳-د).

#### ۳-۱-۶. جزایر پناه‌دهنده

جزیره پناه‌دهنده و یا جزیره پناه پیاده جزایری است که برای محافظت عابران پیاده هنگام عبور از تقاطع، در محل و یا نزدیکی خط عابر پیاده در نظر گرفته می‌شود. جزایر پناه‌دهنده برای عبور عابران پیاده از یک راه عریض یا برای سوار و پیاده کردن مسافران وسایل حمل و نقل همگانی در راههای برونشهری به کار برده می‌شود. در مناطق برونشهری و همچنین اکثر جزایر طرح شده به منظور



شکل ۲۳. امتداد قرارگیری جزایر جداکننده

هدایت آمد و شد، برای حفاظت و پناه عابران پیاده نیز به کار می رود. جزایر a و b و c و e و f در شکل ۲۲، مثالهایی برای این نوع جزایر هستند. اصول کلی طرح جزایر، در مورد جزایر پناه دهنده نیز مستقیماً "به کار برده می شود، با این استثنا که به کار بردن جدول غیر قابل عبور در جزایر پناه پیاده ضروری است.

#### ۲-۶. اندازه و مشخصات جزایر

شکل و اندازه جزایر از یک تقاطع به تقاطع دیگر متغیر است (شکل ۲۲). تغییرات دیگری در تقاطعهای چندین شاخه و تقاطعهای با زاویه حاده به وجود می آید (در شکل نشان داده نشده است). جزایر باید به اندازه کافی بزرگ باشند تا بتوانند توجه راننده را جلب کنند؛ مساحت کوچکترین جزیره باید حداقل برابر  $4/5$  و ترجیحاً  $6$  متر مربع باشد؛ به همین ترتیب، ضلع جزایر مثلثی پس از قوس گوشه آن نباید از  $2/5$  متر و ترجیحاً  $3/5$  متر کمتر باشد.

جزایر دراز یا جزایر تقسیم کننده، نباید دارای عرضی کمتر از  $1/2$  متر و طولی کمتر از  $3/5$  تا  $6$  متر باشند. در موارد خاصی که فضا محدود است، پهنای جزایر دراز (مانند g و b در شکل ۲۲) را می توان تا  $6/5$  متر (حداقل مطلق) کاهش داد. طول جزایر هدایت کننده در تقاطعهای منزوی در راههای با سرعت بالا باید حداقل برابر  $30$  متر و ترجیحاً "حدود  $100$  متر باشد. در مواقعی که جزایر را نمی توان دراز طرح نمود، نزدیک شدن به آن را باید با وسایل مختلف از قبیل مژغرس کردن روسازی، خطکشی و غیره مشخص کرد. در شرایطی که جزایر مذکور در بالای یک قوس قائم و در امتداد یا نزدیکی یک قوس افقی قرار دارند، باید انتهای آنها که روبه تقرب آمد و شد است آن قدر ادامه داده شود تا رانندگان به راحتی قادر به دیدن آن باشند.

جزایر بسته به اندازه، عملکرد و محل، ممکن است به طریق مختلفی مشخص شوند. در طرح جزایر، نوع منطقه ای که تقاطع در آن قرار دارد (منطقه برونشهری یا درونشهری)، عامل مهم است. از نظر فیزیکی، جزایر را می توان به سه گروه تقسیم نمود:

گروه یکم. جزایر بلند جدول دار

گروه دوم. جزایر مشخص شده به وسیله خطکشی و یا میخکوبی در سطح روسازی

گروه سوم. جزایر با سطح روسازی نشده که به وسیله لبه روسازی محدود شده اند و ممکن است با علائم مشخص کننده و یا با بالا آوردن سطح جزیره نیز مشخصتر گردند.

جزایر با جدول مرتفع (گروه یکم در بالا)، متداولترین و مؤثرترین نوع جزایر هستند. در مناطق برونشهری که به کار بردن جدول متداول نیست، این طرح به جزایر کوچک و متوسط محدود است. جزایر طرح شده در سطح روسازی (گروه دوم در بالا)، در مناطق درونشهری که سرعت کم و فضا محدود است، به کار برده می شود. در مناطق برونشهری، این نوع جزایر موقعی به کار برده می شوند که تعمیرات و نگهداری و برف رویی، به کار بردن جدول را غیرمطلوب می سازد و یا در محلهایی مورد استفاده قرار

می‌گیرند که سرعت زیاد خودرو به‌کار بردن جدول بلند را ناایمن می‌نماید. این نوع جزایر در راه‌های کم‌آمد و شد که اضافه هزینه جدول اقتصادی نیست و یا در جایی که جزایر آن قدر بزرگ نیستند که به وسیله لبه روسازی مشخص شوند، نیز، به‌کار برده می‌شوند.

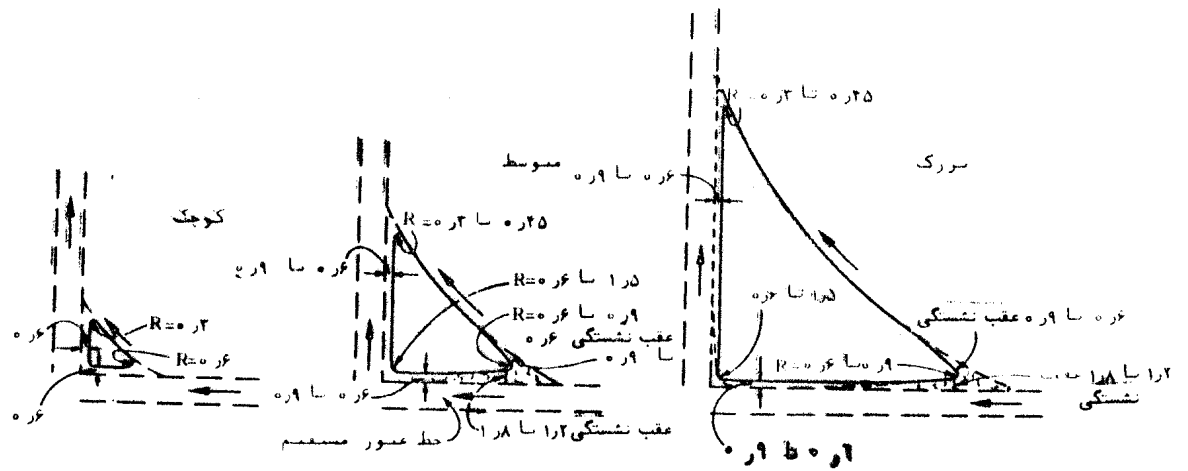
جزایر گروه سوم در جزایر بزرگ و یا متوسط هستند و در اکثر راه‌های برونشهری که فضا برای به‌کار بردن قوسهای با شعاع بزرگ کافی است، به‌کار برده می‌شوند.

در اغلب موارد، سطح جزایر دارای پوشش گیاهی است. درختکاری در جزایر به شرطی مجاز است که دید را محدود نکند. مطلوب‌ترین پوشش برای سطح جزایر، پوشش گیاهی است به شرطی که با سطح روسازی اختلاف رنگ داشته باشد. سطح جزایر کوچک ممکن است بلندتر از سطح روسازی در نظر گرفته شود؛ هنگامی که شیب روسازی به‌طرف خارج راه است، سطح جزایر بزرگ باید گود در نظر گرفته شود تا آب برف و باران - بویژه در مناطق برفی و یخبندان - وارد روسازی راه نشود. در مناطقی که پوشش گیاهی به‌دلیل شرایط جوی امکانپذیر نیست، بهتر است سطح جزایر کوچک با یک نوع روسازی پوشیده شود.

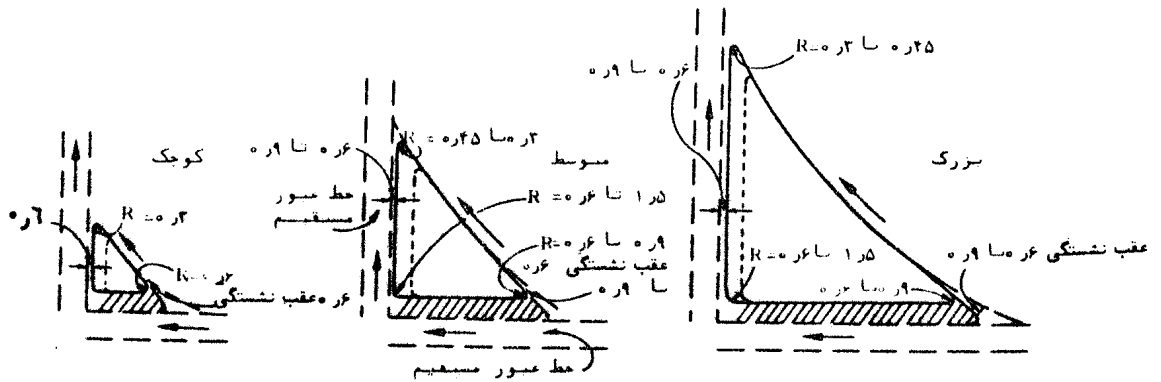
### ۳-۶. مشخص کردن انتهای تقرب

غالباً، "کناره‌های جزایر کوچک با جدول ساخته می‌شود. ممکن است حدود جزایر بزرگ به‌طور واضح به‌وسیله رنگ و یا اختلاف رنگ پوشش گیاهی، خاکریز بلند، بوته یا علایم یا هر ترکیب مشابه دیگری مشخص گردد (شکل ۱ در معیارهای طرح راه‌های اصلی) در مناطق برونشهری، جداول جزایر باید اکثراً "از نوع قابل عبور باشد، بجز در مواردی که نیاز خاصی به جدول غیرقابل عبور (بلند) است، مانند محل عبور عابر پیاده و یا محل ایستگاه فنی. در موارد خاص، جداول غیرقابل عبور مشابه طرحهای شکلهای ۱-الف و ۱-ج در معیارهای طرح راه‌های اصلی و ترجیحاً "با ارتفاع ۱۵ تا ۱۸ سانتیمتر یا کمتر، مناسب می‌باشد. در محلهایی که امکان خطر هست و یا در جزایر یا راه‌های چندشاخه که سرعت آمد و شد نزدیک‌شونده بالاست، جداول بسیار قابل‌رویت (از نوع شکل ۲ معیارهای طرح راه‌های اصلی) برتری و مزایای بیشتری دارند.

حدود و محل قرارگیری جزایر به‌وسیله لبه‌روسازی خطوط عبوری و خطوط گردش، با فاصله آزاد جانبی (اگر لازم باشد) تا کناره جزایر، مشخص می‌شود. برای افزایش دید و سادگی اجرا، گوشه‌های جزایر گرد و یا شیب‌دار ساخته می‌شود. مقدار عقب‌نشستگی لبه جزایر از خطوط عبور آمد و شد، تابع نوع لبه و عوامل دیگری مانند اختلاف رنگ جزیره با روسازی، طول لچکی یا خط‌کمی قبل از جزیره و سرعت آمد و شد می‌باشد. چون رانندگان در مسیر عبوری به‌طور تقریباً "ناگهانی با جزایر روبه‌رو می‌شوند، بنابراین جداول جزایر، حتی در مواردی که از نوع قابل عبورند، باید نسبت به لبه خطوط عبوری عقب‌نشستگی داشته باشند. عقب‌نشستگی جداول قابل عبور جزایر در خطوط گردش ضروری نیست، مگر آنکه عقب‌نشستگی دماغه جزایر (ترجیحاً "به مقدار ۰/۶ تا ۰/۹ متر) برای کاهش صدمه‌پذیری،



(الف) جزایر جدول دار- بدون شانه



(ب) جزایر جدول دار- با شانه

رنگ آمیزی، سطح با رنگ متمایز یا میخهای کفی و غیره  
شانه

یادآوری: طرح بالا برای جزایر بدون جدول نیز صادق است که در این حالت، عقب نشستی جزایر مطلوب است اما می توان از آن صرف نظر کرد.

شکل ۲۴. طرح جزئیات جزیره مثلثی شکل

لازم باشد. عقب‌نشستگی جداول غیرقابل عبور از لبه خطوط عبوری و خطوط گردش ضروری است. جزایر، در محل‌هایی که شانه‌های روسازی در داخل تقاطع نیز ادامه دارد، خارج از لبه روسازی قرار داده می‌شوند و نیازی نیست که نسبت به لبه شانه‌ها عقب‌نشستگی داشته باشند.

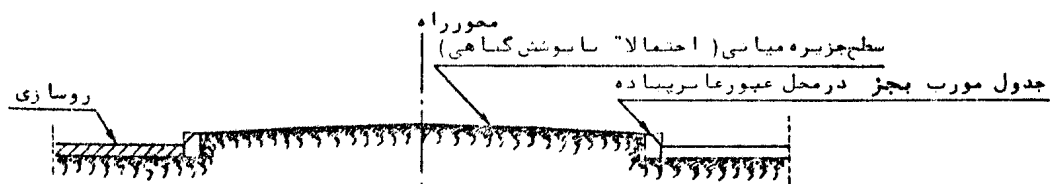
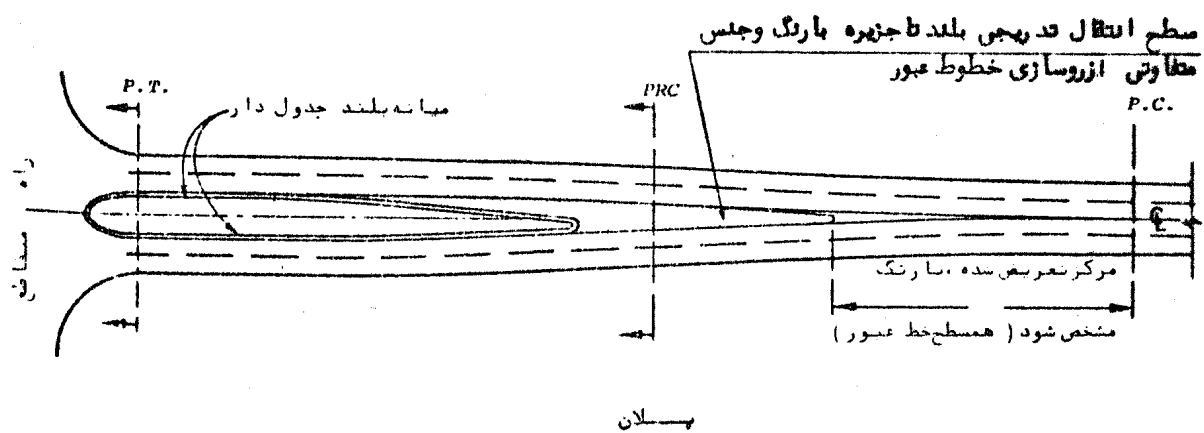
جرئیات جزیره مثلثی در شکل ۲۴ داده شده است. گوشه سمت راست پایین هر جزیره برای حالتی طرح شده است که آمد و شد به آن نزدیک می‌شود (گوشه تقرب). در این شکل، سه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ جزایر برای دو حالت کلی لبه خطوط عبوری آمد و شد داده شده است: یکم - هنگامی که لبه جزیره به وسیله عقب‌نشستگی نسبت به لبه روسازی خط عبوری مشخص می‌شود؛ و دوم - هنگامی که لبه جزیره در خارج از شانه‌های روسازی که تا داخل تقاطع ادامه یافته‌اند، قرار داده شده است. جزایر کوچک آنهایی هستند که حدود حداقل ابعادی را دارند که قبلاً "شرح داده شده است. جزایر بزرگ، جزایری هستند که ضلع جانبی آنها حداقل ۳۰ متر باشد. تمام جزایر نشان داده شده در شکل ۲۴، در گوشه‌ای که آمد و شد به آن نزدیک می‌شود (گوشه تقرب آمد و شد) با شعاع  $0/6$  تا  $0/9$  متر، و در گوشه‌ای که آمد و شد از آن دور می‌شود (آخرین گوشه‌ای که آمد و شد از آن رد می‌شود) با شعاع حداقل (حدود  $0/3$  متر) گرد شده‌اند. گوشه‌های پایین سمت چپ (گوشه تقریباً "قائمه) با شعاع  $0/6$  تا  $1/5$  متر گرد شده است.

قسمت بالای شکل ۲۴، جزایر مجاور خطوط عبوری را نشان می‌دهد. در جایی که روسازی خطوط آمد و شد نزدیک شونده بدون جدول است، مقدار عقب‌نشستگی لبه جزیره باید حداقل  $0/6$  تا  $0/9$  متر باشد. در جایی که روسازی خطوط عبور نزدیک شونده دارای جدول قابل عبور است، می‌توان همان جدول را در جزیره مشابه، در ضلع مجاور خط عبوری و در شرایطی به کار برد که طول جدول به اندازه کافی بزرگ است (تا بتوان عقب‌نشستگی در گوشه جزیره را به طور لچکی و به تدریج تأمین نمود). جداول بلند (غیرقابل عبور) باید بدون توجه به اندازه جزیره نسبت به لبه روسازی خط عبوری عقب‌نشستگی داشته باشند تا رانندگان احساس محدودیت نکرده و تصور نکنند که یک مانع جانبی وجود دارد. در شرایطی که جزایر متوسط و بزرگ جدول ندارند، وجود عقب‌نشستگی بهتر است لکن الزامی نیست.

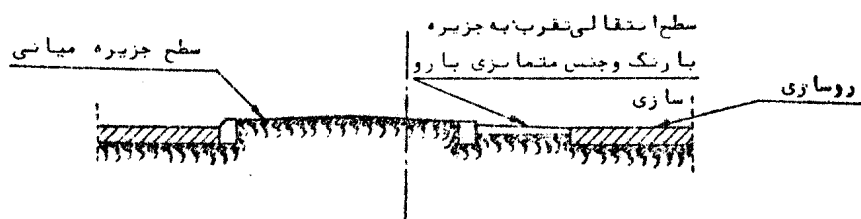
گوشه تقرب آمد و شد باید برای رانندگان کاملاً "مشخص بوده، و از نظر فیزیکی و ظاهری حتماً از مسیر خودروها دور باشد تا رانندگان منحرف نشوند و از جزیره فاصله نگیرند. عقب‌نشستگی گوشه تقرب آمد و شد باید از عقب‌نشستگی ضلع جانبی جزیره بیشتر باشد. در صورت امکان، جمع عقب‌نشستگی گوشه جزیره از لبه روسازی خط عبوری باید  $1/2$  تا  $1/8$  متر و از لبه روسازی خطوط گردش  $0/6$  تا  $0/9$  متر باشد. در مواردی که قبل از جزیره، خط کاهش سرعت و یا روسازی عریض شده تدریجی وجود دارد، مقداری عقب‌نشستگی باید ایجاد شود.

در جایی که شانه راه در داخل تقاطع نیز ادامه دارد، جزیره را می‌توان در لبه شانه‌ها قرار

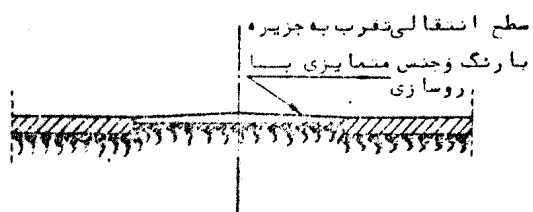




مقطع در P.T.



مقطع بین P.R.C. و P.T.



مقطع در P.R.C.

تقاطع عرضی

شکل ۲۵. طرح جزایر تقسیم کننده

داد (قسمت پایین شکل ۲۴). در مواردی که سرعت زیاد است و قبل از جزایر، روسازی کمکی وجود دارد، ممکن است بهتر باشد که گوشه جزایر بزرگ به مقدار  $0/6$  تا  $1/2$  متر نسبت به لبه خارجی شانه‌ها عقب‌نشستگی داشته‌باشد. چه در شب و چه در روز. باید نزدیک شدن به جزایر را به رانندگان اطلاع داد. خطکشی و زبر و مضرس کردن روسازی در قبل از رسیدن به گوشه تقرب جزیره (همان‌طوری که در شکل نشان داده شده) مزایای زیادی دارد. برای مشخص‌کردن جزیره باید تا آنجا که ممکن است دیگر وسایل افزایش دید را، مانند جداول شب‌نما، علائم منور و یا شب‌نما، در نزدیکی گوشه تقرب جزیره، یا علائم شب‌نما در بالای سطح جزیره به‌کار برد. جداول تمام جزایر مجاور خط عبور آمد و شد باید با خطرزد ممتد شب‌نما مشخص شوند. وجود علائم اخطاری و مشخص‌کننده در جزایر میانه، که معمولاً "در امتداد مسیر آمد و شد نزدیک شونده هستند، ضروری است. در مناطق برونشهری، قبل از جزیره میانه باید خطکشی وسط به تدریج عریض شود (شکل ۲۵). این خطکشی، ترجیحاً "باید رنگ و شکل متفاوتی از روسازی خطوط عبور داشته، و یا دارای سطح مضرسی باشد. این قسمت باید تا سرحد امکان دراز باشد. در شکل ۲۵، جزئیات مربوط به مقطع عرضی و شکل منطقه انتقالی قبل از جزیره میانه نشان داده شده‌است. جدول گوشه تقرب جزیره باید دارای حداقل  $0/6$  یا ترجیحاً  $1/2$  متر عقب‌نشستگی از لبه معمولی (میانه) روسازی باشد و این مقدار عقب‌نشستگی، به‌هنگام نزدیک شدن به تقاطع به‌طور تدریجی کاهش داده‌شود. انتهای جزیره در طرف راه قطع‌کننده، مشابه انتهای میانه طرح می‌گردد.

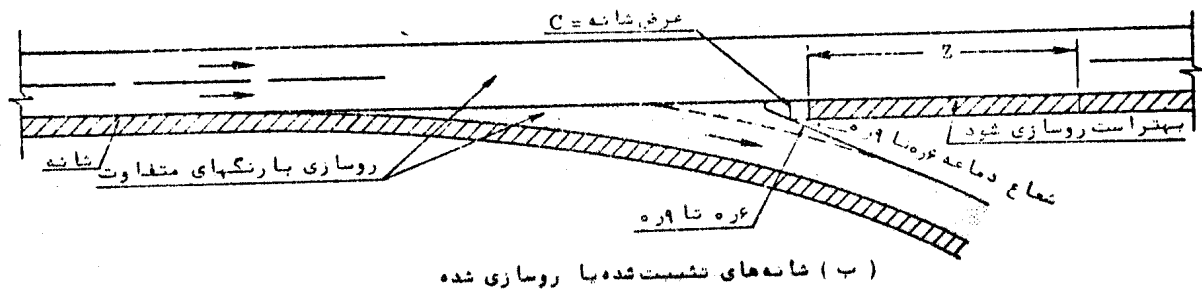
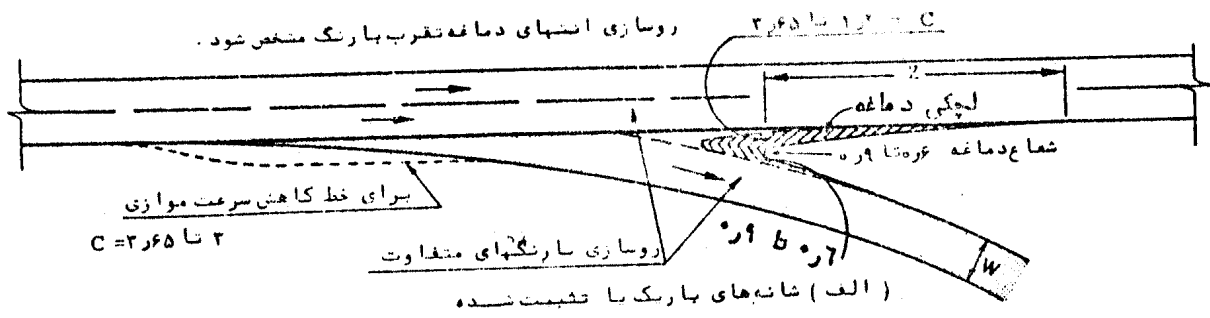
به‌طور کلی، اصول و طرح انتهای جزایر مثلثی و میانی، که در بالا شرح داده شد، برای جزایر دیگر نیز صادق است. در هر حال، خطکشی روسازی یا بالا آوردن تدریجی روسازی از گوشه تقرب جزیره ممکن است برای جزایر دوم به بعد، در جایی که تقاطع دارای چندین جزیره است، ضروری نباشد. اصول و طرح داده شده در بالا فقط برای گوشه تقرب جزایری مصداق دارد که آمد و شد نزدیک‌شونده اول به آن می‌رسد.

#### ۴-۶. طرح دهانه‌های ورودی و خروجی

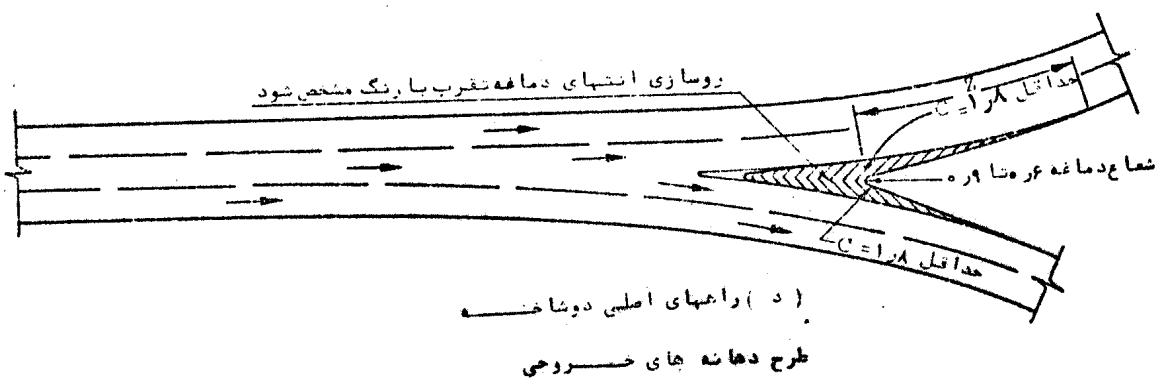
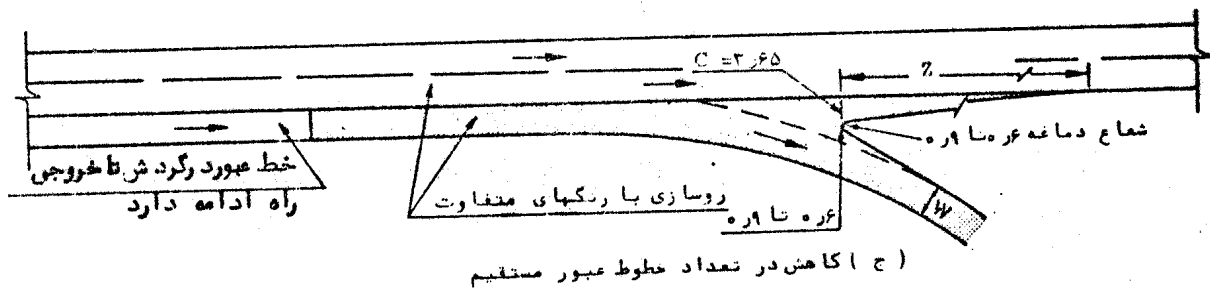
راههای دو شاخه، در محلهای تقسیم جریان و به هم پیوستن دو جریان آمد و شد در شرایط سرعت حرکت بالا، و برای ایمنی آمد و شد، محتاج به طرح ویژه‌ای می‌باشند. این شرایط در دهانه خروجیها و ورودیهای راههای با سرعت بالا، در تقاطعهای با جریان هدایت شده (در خطوط مجزا) در مقیاس بزرگ و در دو شاخه راههای اصلی با تقاطعهای مبدل جهت دهنده، وجود دارد. اصول کلی طرح انتهای جزایر، که قبلاً "شرح داده شده‌است، در اینجا نیز مصداق دارد، ولی همان‌طور که در شکهای ۲۶ و ۲۷ نشان داده شده‌است، جنبه‌های دیگری از عملکرد آمد و شد و طرح باید مورد توجه قرار گیرد.

#### ۴-۶-۱. دهانه‌های خروجیها

در شکل ۲۶، طرح انواع مختلف دهانه‌های خروجی نشان داده شده‌است. در یک خروجی از یک راه شامل یک خط تغییر سرعت (شکل ۲۶-الف)، باید دماغه از لبه روسازی خط عبور عقب‌نشستگی داشته



خط لجکی خروجی و خط کاهش سرعت



شکل ۲۶. طرح دهانه خروجیها

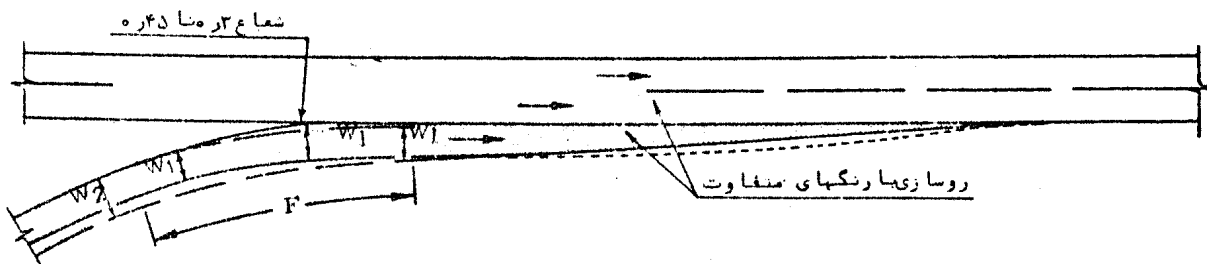
باشد تا خطر کمتری متوجه خودروهای نزدیک‌شونده شود؛ بعد از دماغه نیز باید یک خط لچکی تدریجی تعبیه شود تا امکان برگشت ایمن خودروهایی که سهواً به روسازی کمکی وارد می‌شوند، به راه عبوری موجود باشد. در این شرایط، بهتر است که در طرح دهانه‌ها برای دید مشخصتر و بهتر، دماغه جدول‌دار به‌کار برده شود، حتی اگر خطوط عبوری جدول نداشته باشند، در شرایطی که دماغه جدول‌دار به‌کار برده نمی‌شود، جزئیات طرح لچکی و عقب‌نشستگی دماغه باید همچنان رعایت شود. گوشه دماغه‌ها باید به‌طور مناسب با شعاع  $0/6$  تا  $0/9$  متر گرد شود.

مقدار عقب‌نشستگی دماغه از لبه روسازی خطوط عبوری (مقدار ج در شکل ۲۶-الف) تابع طول و شکل روسازی کمکی که قبل از دماغه واقع است، می‌باشد. در یک خط خروجی جهت‌دار (مانند خط ممتد نشان داده شده در شکل)، حدود  $1/2$  تا  $3/65$  متر عقب‌نشستگی به‌کار برده می‌شود. هر قدر خروجی تدریجی‌تر، روسازی کمکی بزرگتر، زاویه خروجی بازتر، راه خروجی عریضتر و تعداد رانندگان ناآشنا به محل بیشتر باشد، باید عقب‌نشستگی بیشتری در نظر گرفته شود. به‌طور کلی، عقب‌نشستگی انتخاب‌شده (بین  $1/2$  تا  $3/65$  متر) به قضاوت طراح و مسیر واقعی عبور خودرو بستگی دارد. در یک تقاطع با خطوط گردش مجزا که شعاعهای گردش برای سرعتهای کم طرح شده‌اند، مقدار عقب‌نشستگی  $0/6$  تا  $1/2$  متر کافی است، ولی در دهانه یک شیب‌راه، مقدار عقب‌نشستگی دماغه باید بیشتر باشد. برای طرحهای خط‌کاهش سرعت با عرض پیک‌ناخت (مانند خط چین نشان داده شده در شکل ۱۶-الف)، مقدار عقب‌نشستگی دماغه نسبت به لبه روسازی خط عبوری باید حدود عرض خط اضافه شده (یعنی  $3$  تا  $3/65$  متر) باشد.

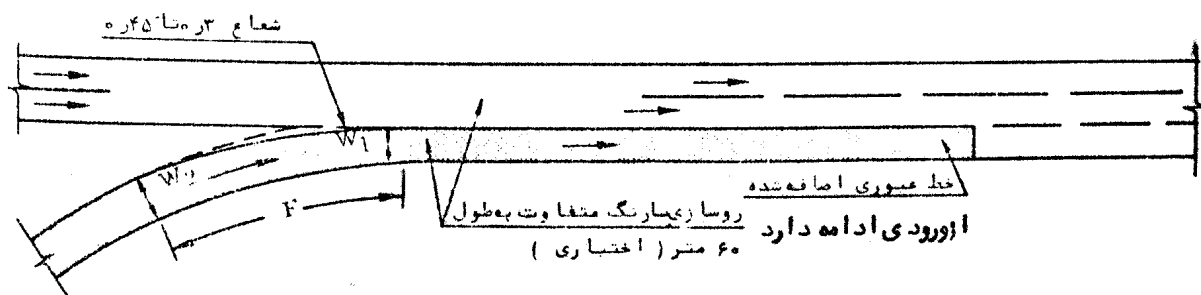
هنگامی که راه عبوری دارای شانه‌های روسازی شده یا تثبیت شده‌ای است که تا بعد از دماغه تقرب نیز ادامه دارند (مانند شکل ۱۶-ب)، عقب‌نشستگی لازم را برای دماغه نسبت به روسازی خط عبوری، شانه‌ها تأمین می‌کنند و احتیاج به عقب‌نشستگی بیشتر نیست.

مقدار  $0/6$  تا  $0/9$  متر عقب‌نشستگی دماغه نسبت به لبه روسازی راه گردش برای بیشتر طرحهای نشان داده شده در شکل‌های ۲۶-الف، ۲۶-ب و ۲۶-ج کافی است. با افزایش اهمیت راه گردش، مقدار عقب‌نشستگی تا  $1/8$  متر یا بیشتر نیز به‌کار برده می‌شود (شکل ۲۶-د). در بزرگراه‌های ۶ خطه که سه خط عبور یک‌طرف به دور راه دو خطه تقسیم می‌شود (شکل ۲۶-د)، مقدار عقب‌نشستگی دماغه نسبت به هر دو راه باید حداقل معادل نصف عرض یک خط عبور، یعنی  $1/8$  متر باشد.

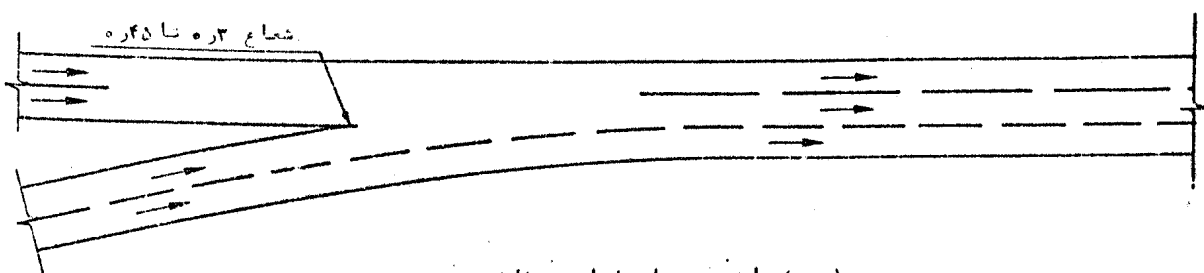
طول لچکی دماغه (z) در مجاورت خط عبوری باید کافی باشد تا راننده‌ای که اشتباهاً به راست منحرف شده و وارد خط لچکی شده‌است به دماغه برخورد نکند و بدون آنکه وارد شانه‌ها شود، به خط عبوری اصلی بازگردد. در مباحث لچکی خط تغییر سرعت نشان داده شد که زمان لازم برای آنکه یک راننده از یک خط عبور به‌طور عرضی عبور نماید (یعنی تغییر خط دهد)، حدود  $1/1$  ثانیه



( الف ) خط لچکی ورودی و خط کاهش سرعت



( ب ) افزایش در تعداد خطوط عبور ۴ مدوشد



( ج ) راهپای اصلی دوشاخه

شکل ۲۷. طرح دهانه ورودیها

برای هر متر تغییر محل جانبی است. با توجه به اینکه علایم هشدار دهنده معمولاً "در محل دماغه‌ها نصب شده‌اند و احتمال دارد که راننده منحرف شده سرعت خود را کم کند، می‌توان فرض کرد که قبل از رسیدن به دماغه، نصف حرکت‌های اصلاحی راننده انجام گرفته است. براین اساس، طول حداقل خط لچکی دماغه از رابطه  $\frac{C}{4} \times 1/1 \times \frac{1000}{3600} \times V$  و یا  $C \times 0/15$  به دست می‌آید. در رابطه،  $V$  سرعت متوسط راه عبوری (کیلومتر در ساعت) است. مقادیر (گرد شده) حداقل طول خط لچکی دماغه در جدول ۱۶ داده شده است.

جدول ۱۶. حداقل طول خط لچکی واقع در دنبال دماغه عقب نشسته سمت خط‌آمد و شد اصلی

سرعت طرح راه معبر (کیلومتر در ساعت)	طول خط لچکی (Z) به ازای هر متر عقب‌نشستگی دماغه (C) در شرایط نشان داده شده در شکل ۲۶
۵۰	۷
۶۰	۸/۵
۸۰	۱۱
۱۰۰	۱۳/۵
۱۲۰	۵/۵
۱۳۰	۱۶

هنگامی که تعداد خطوط عبور در بعد از شیراها کاهش می‌یابد (شکل ۲۶-ج)، طول بازیافت بعد از دماغه باید به مراتب بیشتر از حالتی باشد که تعداد خطوط عبور بدون تغییر می‌ماند. در این حالت، طول بازیافت باید مانند یک خط افزایش سرعت طرح گردد (طبق جدول ۱۰). این طول باید معادل طول خط افزایش سرعتی که برای سرعت طرح راه اصلی و یک خط‌گردش برای سرعت ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر در ساعت طرح می‌گردد، باشد.

طرح‌های نشان داده شده در شکل‌های ۲۶-الف، ۲۶-ب و ۲۶-ج، برای راه‌های خروجی واقع در سمت چپ راه عبوری صادق است.

#### ۴-۲. دهانه‌های ورودیها

انتهای همگرای جزایر در دهانه راه گردش باید تا حد امکان کوچک باشد. در شرایطی که از جدول استفاده می‌شود، گوشه همگرای جزیره باید با شعاع  $0/3$  تا  $0/45$  متر گرد شود. در صورت امکان، روسازی راه ورودی باید تقریباً "به موازات راه عبوری باشد (شکل ۲۷-الف). این امر در تقاطع‌های کوچک با خطوط گردش مجزا، به دلیل کافی نبودن طول و شعاع خطوط گردش، ممکن است عملی نباشد.

در شکل ۲۷-الف، یک طرح ورودی با خط افزایش سرعت از نوع جهت دهنده (خط پر)، و از نوع موازی راه عبوری (خط چین) داده شده است. در شرایطی که عرض راه گردش معادل مقادیر "حالت یکم" در جدول ۱۷ است (راه گردش یکخطه - یکسویه - بدون امکان سبقت گرفتن)، عرض  $W_1$  به طور یکنواخت تا انتهای نقطه همگرا ادامه دارد. در شرایطی که عرض راه گردش معادل مقادیر "حالت دوم" در جدول ۱۷ است (راه گردش یکخطه - یکسویه - با امکان سبقت گرفتن از خودرو از حرکت بازمانده)، بهتر است عرض  $W_2$  کم کم کاهش داده شود تا در محل دماغه برابر عرض یکخط عبور ( $W_1$ ) باشد. در این شرایط، ورود به جریان آمد و شد راه اصلی به طور یکخطه صورت می گیرد و امکان تداخل ناگهانی خودروهای ورودی به جریان آمد و شد عبوری در بعد از نقطه همگرا کاهش می یابد. این کاهش عرض با تنظیم لبه روسازی سمت چپ (یا سمت راست) راه گردش عملی است.

کاهش عرض راه گردش باید در فاصله کافی انجام شود تا تمام رانندگان فرصت داشته باشند حرکت های جانبی خود را تنظیم کنند. مقدار تغییر مکان جانبی که در محاسبه خط لچکی خطوط تغییر سرعت به کار برده شده است، در اینجا نیز مصداق دارد؛ یعنی، زمان لازم برای هر متر تغییر مکان جانبی (در این حالت کاهش عرض)  $1/1$  ثانیه است. بنابراین، در یک ورودی، حداقل طول لازم برای کاهش عرض روسازی از یکی از دو رابطه زیر تعیین می شود.

$$F = \frac{1000}{3600} v' \cdot 1,1 \cdot (W_2 - W_1) \quad (\text{الف})$$

$$F = 0,3 \cdot v' \cdot (W_2 - W_1) \quad (\text{ب})$$

$F$  = حداقل طول لازم برای کاهش عرض راه گردش (متر)

$v'$  = سرعت متوسط آمد و شد در راه گردش (کیلومتر در ساعت)

$W_2 - W_1$  = مقدار کاهش عرض (متر)

با به کار بردن سرعت متوسط ۳۰ کیلومتر در ساعت برای طرح حداقل و سرعت متوسط ۵۰ کیلومتر در ساعت برای طرح بهینه، مقادیر گرد شده  $F$  برای کاهش عرض های مختلف در جدول ۱۷ داده شده است.

جدول ۱۷. حداقل طول لازم برای تأمین کاهش عرض ورودیها

. طول لازم برای تأمین کاهش عرض (متر)							طرح
مقدار کاهش عرض (متر)							
۳/۶۵	۳/۵	۳	۲/۵	۲	۱/۵	۱/۰	حداقل بهینه
۳۳	۲۲	۲۷	۲۳	۱۸	۱۴	۹	
۵۵	۵۲	۴۵	۳۸	۳۰	۲۳	۱۵	

در شرایطی که مقدار آمد و شد ورودی به گنجایش یک خط عبور نزدیک می شود، یا هنگامی که جمع مقدار آمد و شد ورودی و آمد و شد عبوری به حد گنجایش راه عبوری می رسد، باید از محل اتصال راه ورودی به راه عبوری، یک خط عبور به راه عبوری اضافه شود (شکل ۲۷ - ب). طرح راه ورودی و دماغه همگرا باید طوری باشد که آمد و شد ورودی مستقیماً به داخل خط اضافه شده هدایت شود. عرض راه عبوری در محل دماغه همگرا باید به حد  $W_1$  کاهش داده شود. مقادیر داده شده در جدول ۱۷ برای تأمین این کاهش عرض صادق است.

هنگامی که دو راه دوخطه به هم پیوسته و تشکیل یک راه سه خطه می دهد، طرح محل اتصال مشابه شکل ۲۷ - ج می باشد. برای سرعت های زیاد آمد و شد، پیوستن دو راه باید به طور تدریجی و با زاویه باز انجام گیرد و کاهش عرض چهار خطه به سه خط عبور باید به نسبت ۵۰ به ۱ باشد.

در شرایطی که در سمت راست راه عبوری شانه های روسازی شده تا نقطه همگرا وجود دارد، جزئیات محل همگرا مشابه شکل ۲۷ است، بجز آنکه لبه خارجی شانه ها جایگزین لبه سمت راست روسازی راه عبوری می شود. امتداد و کاهش عرض راه گردش در دهانه ورودیها همان است که در شکل نشان داده شده است اما برابر عرض شانه ها، دارای عقب نشستگی نسبت به روسازی خط عبوری است.

#### ۷. وسایل کنترل آمد و شد

نوع و محل وسایل کنترل آمد و شد باید به موازات طرح تقاطع مشخص و معین شود. در معیارهای طرح یکنواخت کردن وسایل کنترل آمد و شد، معیارهای یکنواخت برای طرح و استفاده از این گونه وسایل داده شده است که جزایر و نحوه مشخص کردن انتهای آنها را نیز شامل می شود.

#### ۸. نقاطهای همسطح با خطوط راه آهن

طرح هندسی تقاطعهای همسطح با خطوط راه آهن به وسایل هشداردهنده و وسایل حفاظتی مربوط می شود. در مواردی که از علائم استفاده می شود، تقاطع راه و راه آهن باید تقریباً "با زاویه قائم صورت گیرد. در مواردی که از چراغهای راهنمایی و دروازه استفاده می شود نیز، تا حد امکان، زاویه تقاطع نباید تنگ باشد. راه نباید در تقاطع و حوالی آن شیب داشته باشد و سطح سواره رو و شانه ها باید در تمام عرض دارای روسازی مقاوم در برابر عوامل جوی باشد. وسایل حفاظتی باید از فاصله ای که حداقل برابر فاصله دید توقف است، قابل دیدن باشد. در تقاطعهای بدون چراغ راهنمایی یا دروازه باید فاصله حداقل مثلث دید کناری شامل طولی از راه برابر با حداقل فاصله دید توقف برای سرعت طرح، و فاصله ای در طول راه آهن باشد که مقدار آن به متر از ۲ برابر سرعت قطار بر حسب کیلومتر در ساعت برای راههای با سرعت طرح ۶۰ کیلومتر در ساعت، و ۳ برابر سرعت قطار برای راههای با سرعت طرح ۱۰۰ کیلومتر در ساعت کمتر نباشد. در مواردی که تأمین چنین فواصلی امکان نداشته باشد، لازم است که بر کنترل سرعت خودروها در راه تأکید شود و برای کاستن سرعت خودرو از مثلث دید آزاد



استفاده گردد؛ ولی البته سرعت خودرو هیچگاه نباید از ۲۵ و ترجیحا " ۳۰ کیلومتر در ساعت کمتر باشد. در چنین مواردی، مثلث گوشه دید باید دارای اضلاعی برابر با ۲۴ تا ۳۶ متر در طول راه، و ۱/۱ تا ۱/۳ برابر سرعت قطار برحسب کیلومتر در ساعت در طول راه آهن باشد.

راننده یک خودرو متوقف شده در محل تقاطع، باید دید کافی از مسیر راه آهن داشته باشد تا بتواند در شرایط ایمنی از آن بگذرد. عمل عبور از تقاطع باید قبل از رسیدن قطار انجام گیرد. برای خودروهایی که باید از حالت توقف خارج شده، و خط راه آهن را قطع کنند، فاصله دید در طول راه آهن به متر نباید از ۲/۵ برابر سرعت قطار به کیلومتر در ساعت برای خودرو طرح کامیون، و ۳/۳ برابر سرعت قطار به کیلومتر برای خودرو طرح تریلی بزرگ کمتر باشد.

## بخش دوم

### تقاطعهای همسطح

#### ۱. مقدمه

تقاطعها در اکثر راهها به صورت همسطح طرح و اجرا می‌شوند. تقاطعهای همسطح باید طوری طرح شوند که آمد و شدهای گردنده و مستقیم را امکانپذیر کنند. در شکل ۱، انواع کلی تقاطعهای همسطح و نامهای آنها داده شده است. اشکال هندسی کلی تقاطعها عبارتند از: سه راه (II یا Y شکل)، چهارراه، تقاطع چند راهه، میدان یا فلکه<sup>۱</sup>. در میان شکلهای کلی تقاطعها رده‌بندیهای دیگری، مانند هدایت شده<sup>۲</sup>، لاله‌ای<sup>۳</sup> و هدایت نشده<sup>۴</sup>، انجام می‌گیرد.

در انتخاب نوع یک تقاطع، عوامل متعددی مؤثرند که مهمترین آنها مشخصه طرح راه است (به معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی مراجعه شود) که از آن میان، می‌توان مقدار آمد و شد ساعت طرح، مشخصات ترکیب آمد و شد و سرعت طرح را نام برد. مشخصات آمد و شد و سرعت طرح در بیشتر جزئیات طرح مؤثر هستند، در صورتی که مقدار آمد و شد، بیشتر در انتخاب نوع تقاطع تأثیر می‌گذارد.

در طرح تقاطع باید تا حد امکان سعی شود که تقاطع دارای ظاهری زیبا و چشم‌اندازی بدیع بوده، و با محیط اطراف هماهنگ باشد.

#### ۲. امتداد و نیمرخ تقاطعها

تقاطعها نقاط برخورد راهها هستند و در آنها امکان خطر بیشتر است. بنابراین، امتداد و شیب راهها باید این امکان را به راننده بدهد که به راحتی و با دید کامل بتواند حرکتهای لازم را برای عبور از تقاطع با ایمنی کافی و حداقل برخورد با سایر خودروها انجام دهد. به همین سبب، امتداد راه در محل تقاطع باید تا آنجا که ممکن است، مستقیم و کم شیب باشد.

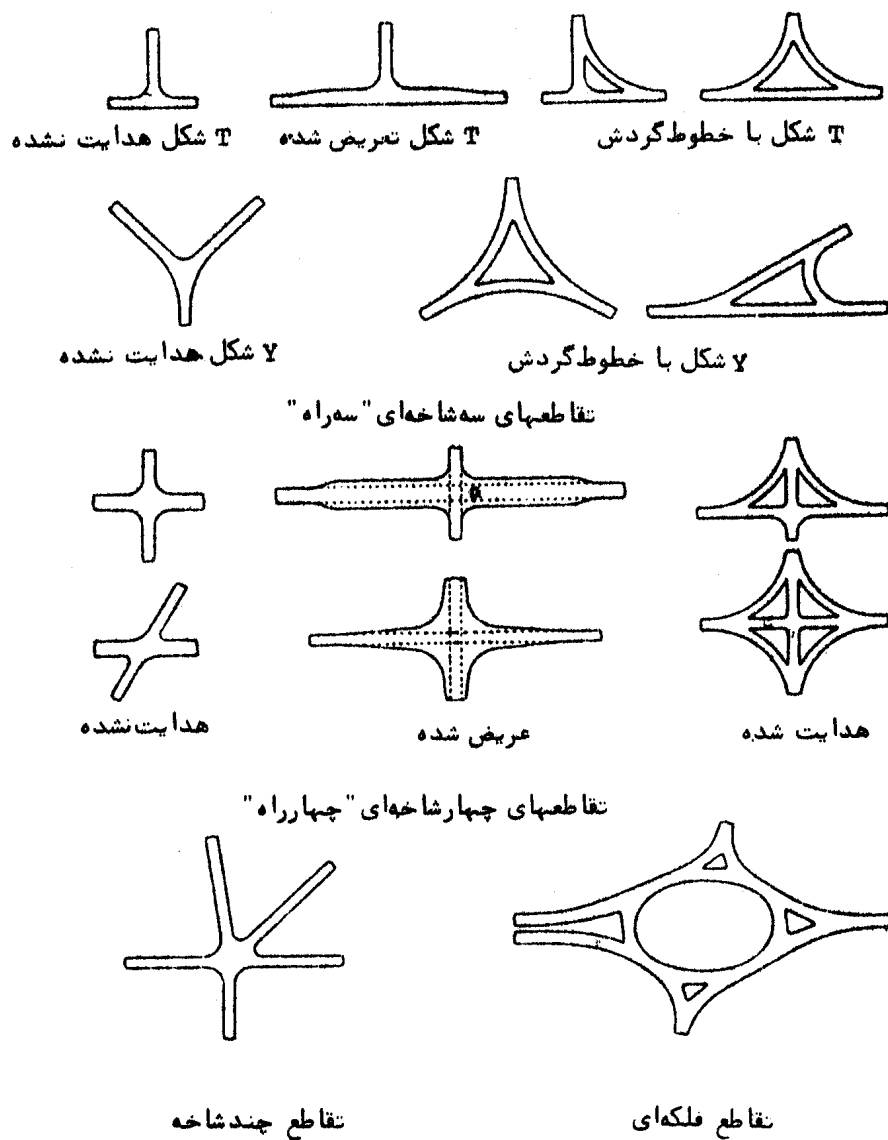
در اکثر موارد، امتداد و شیب راهها در محل تقاطعها به وسیله شرایط محلی و پستی و بلندی منطقه معین می‌شود. ولی غالباً "می‌توان امتداد و شیب را طوری تغییر داد که باعث افزایش ایمنی شود. در شکل ۲، اصلاح امتداد راهها در محل تقاطع برای بهتر ساختن مقدار دید نشان داده شده است.

1. Rotary

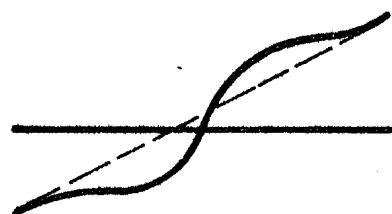
2. Chanalized

3. Flared

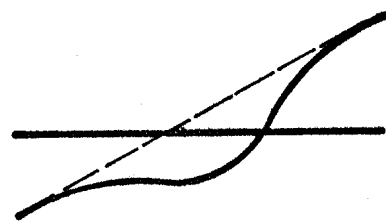
4. Unchanalized



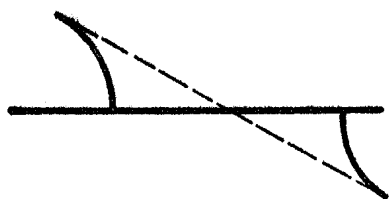
شکل ۱. انواع کلی تقاطعهای همسطح



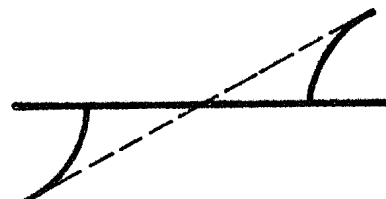
( ب )



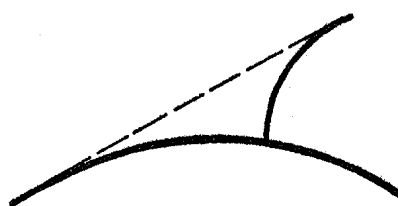
( الف )



( د )



( ج )



( هـ )

شکل ۲. اصلاح امتداد راه در محل تقاطع

امتداد تقاطع راهها باید تا حد امکان به طور مستقیم و با کمترین شیب ممکن صورت گیرد و فاصله دید نیز برابر یا بیشتر از حداقل لازم برای شرایط تقاطع باشد. برخورد و تلاقی راهها باید با زاویه قائم و یا زاویه‌ای نزدیک به آن صورت گیرد. زاویه تقاطع بزرگتر از ۹۰ درجه، کمتر موجب کاهش دید است و غالباً "تصحیح امتداد مجدد برای رسانیدن آن به ۹۰ درجه ضرورتی نمی‌یابد". شیب‌راهه‌هایی که در محل تقاطع توسط خودروهای متوقف شده مورد استفاده قرار می‌گیرند باید تا حد امکان کم بوده، و خود راه به صورت افقی باشد. به هر صورت، مقدار شیب نباید از ۶٪ تجاوز کند و بهتر است از ۳٪ کمتر باشد. معمولاً، خط شیب‌راه اصلی در طول تقاطع اعمال می‌شود و شیب‌راه دیگر براساس آن تنظیم می‌گردد.

### ۳. فاصله دید در تقاطعها

در تقاطعها باید در امتداد هر دو راه و نیز گوشه‌های تقاطع، دید کافی وجود داشته باشد تا رانندگان خودروهای متلاقی، یکدیگر را بموقع ببینند و بدین ترتیب از بروز تصادف جلوگیری بعمل آید (شکل ۳). مقدار فاصله دید به نوع وسیله کنترل‌کننده جریان آمد و شد بستگی دارد. هرگاه در مواردی تأمین فاصله دید کافی امکان نداشته باشد، باید سرعتهای نزدیک شدن به تقاطع کنترل شوند و مقدار آن، با توجه به فاصله دید موجود، به مقداری مناسب کاهش داده شود.

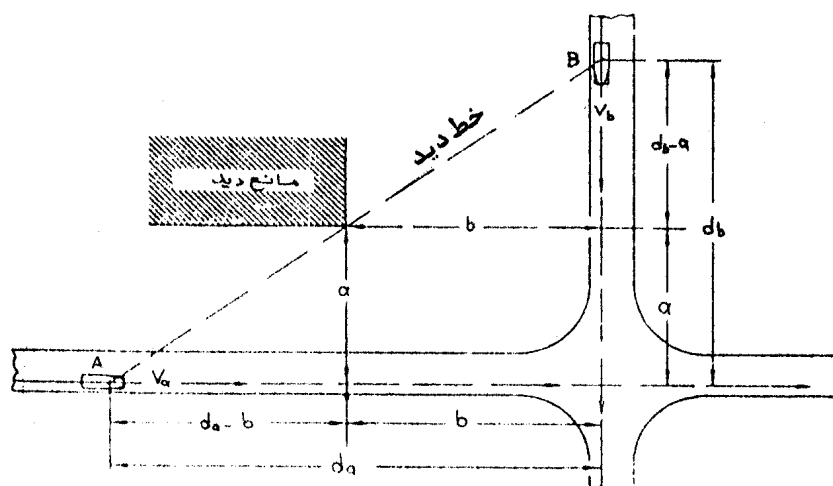
#### ۳-۱. تقاطعهای بدون چراغ راهنمایی یا علامت ایست

##### ۳-۱-۱. حالت یکم - تأمین امکان تطبیق سرعت خودرو

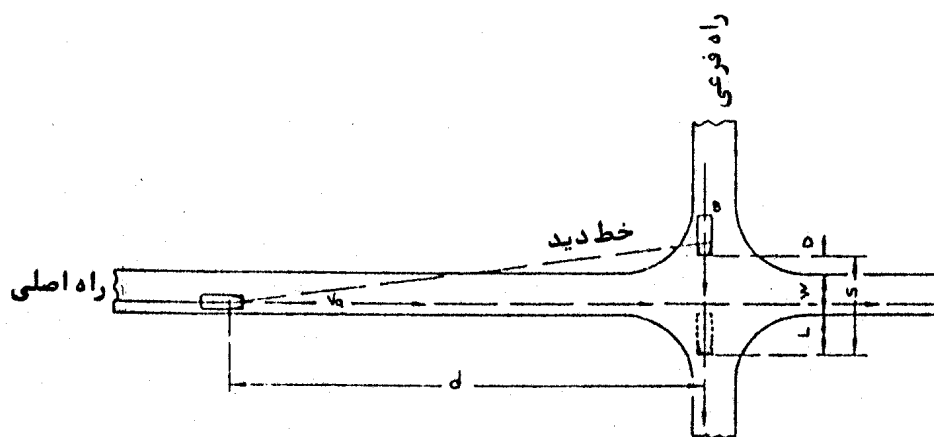
در شرایطی که تقاطعی دارای چراغ راهنما و یا علامت ایست نیست، راننده خودرویی که به تقاطع نزدیک می‌شود باید فرصت کافی داشته باشد تا پس از دیدن مانعی در محل تقاطع، سرعت خودرو خود را به مقدار لازم و قبل از رسیدن به تقاطع تنظیم کند و یا کاهش دهد. حداقل زمان لازم برای راننده که مانع را ببیند و اقدام به ترمز گرفتن نماید ۲ ثانیه، و مدت ترمزگیری ۱ ثانیه فرض می‌شود. با توجه به فرضهای بالا، طول ضلعی از مثلث دید که در امتداد هریک از راهها واقع است باید حداقل برابر با مقداری باشد که در جدول ۱ داده شده است، تا راننده بتواند پس از مشاهده علامت و یا مانع و قبل از رسیدن به تقاطع، سرعت خود را تنظیم کند.

جدول ۱

سرعت نزدیک شدن (کیلومتر در ساعت)	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۱۰
فاصله (متر)	۲۵	۳۲	۴۰	۵۰	۶۶	۸۵	۹۵



حالت یکم و دوم: بدون علامت ایست و یا چراغ راهنمایی در تقاطع



حالت سوم: با علامت ایست در راه فرعی

شکل ۳. فاصله دید در تقاطعها

باتوجه به جدول ۱ و قسمت بالای شکل ۳، اگر سرعت در راه "A" برابر ۸۰ کیلومتر در ساعت و در راه "B" برابر ۵۰ کیلومتر در ساعت باشد، مثلث دید بین نقاط در راههای A و B باید به ترتیب  $66/5$  متر در امتداد راه A و ۴۰ متر در امتداد راه B باشد (یعنی:  $d_a = 66/5$  و  $d_b = 40$  متر).

چون طولهای داده شده در جدول ۱، معادل  $\frac{1}{3}$  تا  $\frac{2}{3}$  فواصل دید توقف ایمن می باشند، باید در مورد راههای با آمد و شد کم در محلهایی اعمال شوند که تغییر مکان موانع دید مستلزم هزینه زیاد است.

### ۳-۱-۲. حالت دوم - تأمین امکان توقف خودروها

در این حالت نیز، که مانند حالت قبل برای تقاطعهای بدون چراغ راهنما و یا علامت ایست به کار می رود، طول ضلعی از مثلث دید که در امتداد هریک از راهها واقع است باید حداقل برابر با مقداری باشد که در جدول ۲ داده شده است، تا رانندگان بتوانند پس از مشاهده علامت و قبل از رسیدن به تقاطع، خودرو خود را در صورت لزوم متوقف کنند.

جدول ۲

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۵۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۱۰
فاصله (متر)	۶۰	۸۰	۱۰۵	۱۶۰	۱۸۵

فواصل داده شده در جدول ۲ برای طرح تقاطعها و برداشتن موانع دید، به مراتب از مقادیر جدول ۱ مناسبتر هستند و تا حد امکان باید سعی کرد که در شرایطی که تقاطع چراغ راهنما و یا علامت ایست ندارد، برای فواصل دید از ارقام جدول ۲ استفاده شود.

هنگامی که مانعی (که قابل تغییر هم نیست) باعث کاهش دید به مقادیری کمتر از فواصل داده شده در جدول ۲ (یا ۱) شود، می توان با کاهش به موقع سرعت خودروهای یکراه (شاخه تقاطع)، عبور ایمن از تقاطع را تأمین نمود. به فرض، اگر خودروهای یکی از شاخه ها مجاز باشند که با سرعت طرح به تقاطع نزدیک شوند، با توجه به این سرعت طرح و فاصله مانع از هر دو راه، می توان سرعت در شاخه دیگر را به شرحی که در زیر می آید، کاهش داد.

با مراجعه به قسمت بالای شکل ۳، فرض می شود که سرعت  $v_a$  و  $a$  و  $b$  (فواصل مانع از راهها) معلوم است. هنگامی که خودرو A در فاصله  $d_a$  (حداقل فاصله توقف خودرو A) از تقاطع قرار دارد و

رانندگان خودروهای A و B قادر به دیدن یکدیگر هستند، با استفاده از تشابه مثلثها، فاصله  $d_b$  (فاصله خودرو B تا تقاطع) از رابطه زیر تعیین می شود:

$$d_b = \frac{ad_a}{d_a - b}$$

حال، باید سرعت بحرانی خودرو B طوری تعیین شود که فاصله توقف آن برابر  $d_b$  باشد؛ بنابراین، باید علامت کاهش سرعت در محلی از جاده B قرار داده شود که خودرو B در فاصله  $d_b$  از تقاطع، دارای سرعت  $v_b$  باشد (سرعت ایمن برای عبور از تقاطع در جاده B). با محاسبات مشابه می توان فاصله ای را که مانع باید عقب برده شود تعیین کرد (در این حالت،  $a$  و  $b$  مجهول است) تا سرعتهای مورد نظر برای عبور از تقاطع در راههای A و B تأمین شود.

۳-۱-۳. حالت سوم - تأمین امکان عبور از عرض راه اصلی برای خودروهای در حال توقف در پشت علامت ایست راه فرعی

در مواردی که آمد و شد راه فرعی توسط علامت ایست کنترل می شود، راننده خودرو متوقف شده باید بتواند طول کافی از راه اصلی را ببیند تا قبل از رسیدن خودرو که پس از شروع به حرکت دیده است، امکان عبور از تقاطع راه را داشته باشد. فاصله دید لازم براساس فاصله چشم راننده از سطح راه (یعنی، ۱/۱۰ متر تا ۱/۳۵ متر) اندازه گیری می شود.

مقدار فاصله دید لازم در امتداد راه اصلی از رابطه زیر تعیین می شود:

$$d = \frac{1}{3/6} v (T + t_a)$$

$d$  = حداقل فاصله دید در امتداد راه اصلی از محل تقاطع (متر)

$v$  = سرعت طرح در راه اصلی (کیلومتر در ساعت)

$T$  = جمع زمان تصمیم گیری برای حرکت و اقدام به حرکت کردن (ثانیه - معمولاً ۲ ثانیه فرض می شود)  
 $t_a$  = زمان لازم برای شتاب گرفتن و پیمودن فاصله S برای عبور از راه اصلی (فاصله B برای حالت سوم در قسمت پایین شکل ۳ نشان داده شده است).

زمان  $T$  زمانی است بین لحظه ای که راننده برای عبور از راه اصلی، به دو طرف نگاه می کند تا لحظه حرکت خودرو. این مقدار زمان برای رانندگان مختلف متفاوت است ولی برای طرح، اختیار مقدار ۲ ثانیه مناسب می باشد. در مناطق شهری و اطراف آن که رانندگان با علامتهای متعدد ایست در تقاطعهای متوالی روبه رو می شوند، این مقدار را می توان تا یک ثانیه نیز کاهش داد.



فاصله S از رابطه زیر تعیین می شود: (شکل ۳- حالت سوم)

$$S = D + W + L$$

$D$  = فاصله جلوی خودرو متوقف شده با لبه روسازی راه اصلی؛ معمولاً "این فاصله برای طرح D برابر با ۳ متر فرض می شود.

$W$  = عرض روسازی راه اصلی در محل تقاطع، که برابر است با ۳/۶۵ متر در تعداد خطوط عبور به اضافه عرض جزیره وسط (در صورتی که جزیره وسط وجود داشته باشد).

$L$  = طول کلی خودرو (مراجعه شود به طول خودرو طرح)

مقدار  $t_a$  برحسب S برای خودروهای مختلف طرح در شکل ۴ نشان داده شده است. بر مبنای فرضهای بالا و با استفاده از مقادیر شکل ۴، نتایج حداقل فاصله دید مورد نیاز به منظور طرح در شکل ۵ آورده شده است. با استفاده از این شکل، با داشتن تعداد خطوط عبور راه اصلی (تعداد خطوط در هر دو طرف آمد و شد) و نوع خودرو طرح و سرعت طرح در راه اصلی، می توان حداقل فاصله دید در امتداد راه اصلی را برای عبور یک خودرو از راه اصلی که موقتاً "در حال توقف در پشت علامت ایست می باشد، به دست آورد. مقادیر مذکور به صورت دیگری در جدول ۳ به منظور طرح داده شده است.

راههایی که میانه آنها برابر با طول وسیله نقلیه یا پهنتر از آن است، امکان قطع دو مرحله ای راه را به خودرو می دهد. عرض میانه های باریکتر، جزء عرض کل راه منظور می شود که خودرو باید در یک مرحله از آن بگذرد. در مواردی که فاصله دید از ارقام داده شده بالا کمتر است، به منظور حفظ شرایط ایمنی، ممکن است سرعت نزدیک شدن به تقاطع را در راه اصلی تا مقدار لازم کاهش داد (با علائم هشدار دهنده) و یا از چراغهای راهنما در راه اصلی استفاده کرد. مثلاً، در شرایطی که فاصله دید در امتداد راه اصلی از مقدار محاسبه شده در شکل ۵ کمتر است، می توان فاصله دید موجود در امتداد راه اصلی را مستقیماً "وارد شکل ۵ نمود و از روی آن سرعت در راه اصلی را محاسبه کرد و سپس، با نصب علائم هشدار دهنده، سرعت خودروهای راه اصلی را تا مقدار محاسبه شده اخیر کاهش داد.

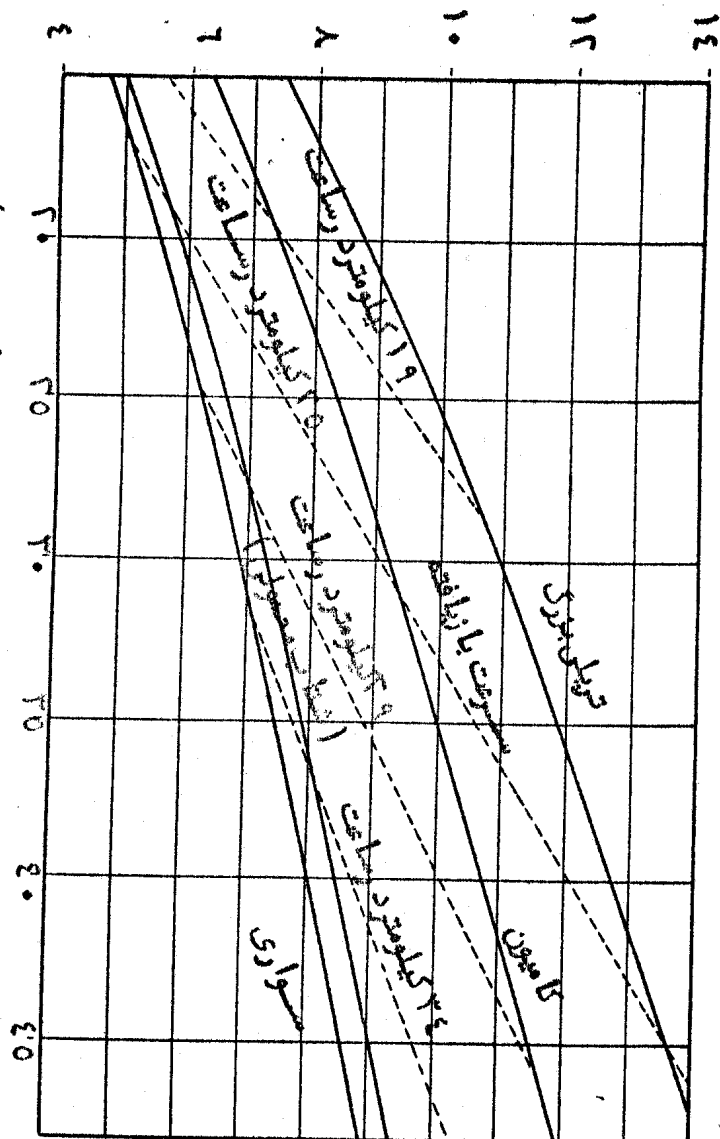
### ۳-۲. تأثیر اریب و شیب در فاصله دید

فاصله دید لازم در حالت راههایی که به طور مؤرب و یا با شیب یکدیگر را قطع می کنند، باید با توجه به شرایط بالا اصلاح شود.

### ۳-۲-۱. تأثیر اریب

برای محاسبه فاصله دید لازم در امتداد راه اصلی در حالت راههایی که به طور مؤرب (غیر از قائم) یکدیگر را قطع می کنند، باید از شکل ۶ استفاده نمود؛ روش محاسبه، مشابه روش تقاطعهای قائم است. بهتر است فواصل مثلث دید حالت یکم، در مورد تقاطعهای مؤرب به کار برده نشود. در حالت سوم، فاصله دید لازم در امتداد راه اصلی، از شکل ۵ قابل محاسبه نیست و باید مستقیماً "از همان رابطه

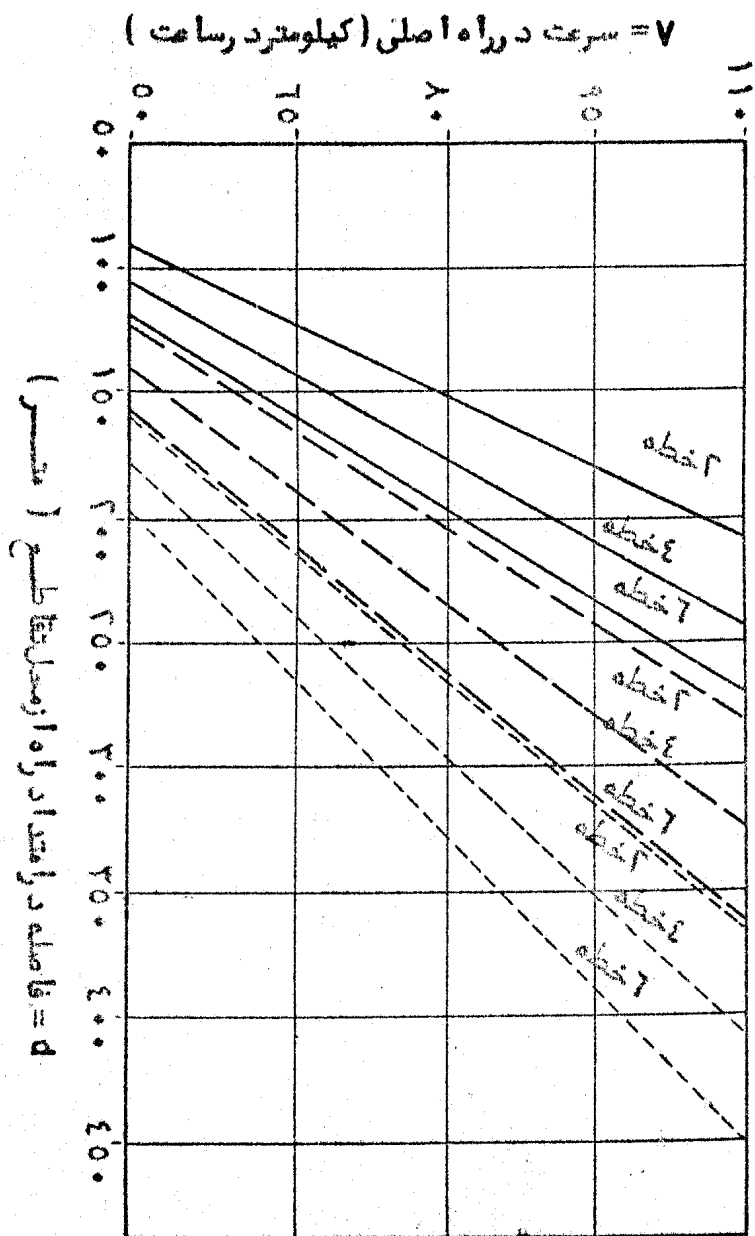
$t_a =$  زمان شتاب‌گیری ( ثانیه )



$S =$  فاصله پیورده شده در مدت شتاب‌گیری (متر)

یادآوری: این منحنی برای شرایطی است که جاده تقریباً "شیب ندارد"

شکل ۴. فاصله دید در تقاطعها (حالت سوم)



شکل ۵. فاصله دید مورد نیاز در امتداد راه اصلی (حالت سوم)

جدول ۳. فاصله دید لازم (در طول راه اصلی) برای خودرو متوقف شده، برای عبور از عرض راه

فاصله دید برحسب متر برای هر ۱۵ کیلومتر در ساعت سرعت طرح راه اصلی برای عرض راههای مختلف			نوع خودرو طرح که از عرض راه اصلی عبور می‌کند
خطه ۶	خطه ۴	خطه ۲	سواری کامیون تریلی بزرگ
۴۰	۳۵	۳۰	
۵۰	۴۵	۴۰	
۶۵	۶۰	۵۵	

$d = \frac{1}{3/6} (t_a + 2)$  و زمان  $t_a$  در شکل ۴ محاسبه شود. در این حالت، همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، فاصله  $S$  در حالت اریب بیشتر از حالت تقاطعهای قائم است. در حالت اریب، عرض‌روسازی در مسیری که خودرو متوقف شده در پشت‌علامت ایست باید به‌هنگام عبور از راه اصلی طی نماید، برابر  $\frac{W}{\sin \alpha}$  است که در این رابطه  $W$  عرض‌روسازی راه اصلی و  $\alpha$  زاویه تقاطع است.

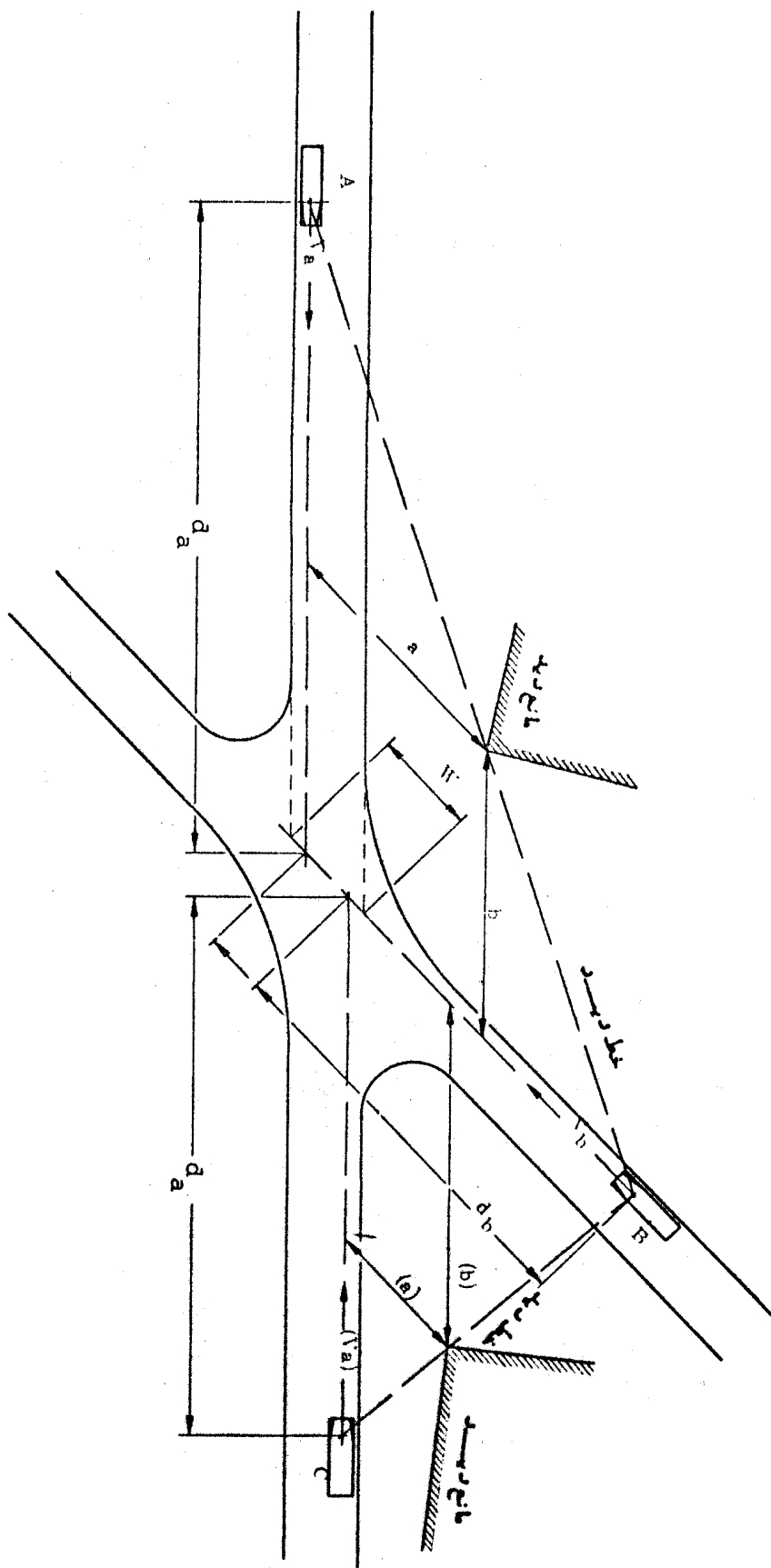
#### ۳-۲-۲. تأثیر شیب

در حالتی که راه فرعی، سرپایینی به شیب ۴٪ باشد، فاصله دید لازم در امتداد راه اصلی حدود ۲۰٪ کمتر از فاصله دید لازم در راه افقی است. در حالتی که راه فرعی، سربالایی به شیب ۴٪ باشد، فاصله دید لازم حدود ۲۰٪ برای خودرو طرح سواری و کامیون و ۶۰٪ برای خودرو طرح تریلی بزرگ بیشتر از فاصله دید لازم در راه افقی است.

#### ۴. تقاطعهای انتهایی شیب‌راه‌ها در تقاطعهای مبدل لوزی

##### ۴-۱. فاصله دید در امتداد راه متقاطع

با وجودی که طرح انتهایی شیب‌راه ممکن است مانند تقاطعهای معمولی انجام گیرد، اما به دلیل یکطرفه بودن شیب‌راه و وجود ساختمان پل که معمولاً باعث کاهش دید می‌شود، در طرح آن باید عوامل خاصی را در نظر گرفت. در حالت شیب‌راه، معمولاً بیشتر خودروها گردش به چپ می‌کنند و در این حالت، فاصله طی شده از حالت عبور مستقیم از راه اصلی بیشتر است. مثلث دید افقی و انحنای قوس قائم باید مورد بررسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که مسافت دید در امتداد راه متلاقی (قطع‌کننده) به اندازه کافی است تا خودروی که در حال توقف در انتهایی شیب‌راه قرار دارد، امکان گردش به چپ را در شرایط کامل ایمنی داشته باشد. بهترین روش برای انجام این کنترل، استفاده از روش ترسیمی است. فواصل لازم باید به ترتیبی باشد که در جدول ۴ آمده است.



در قوسهای قائم ، معمولاً " فواصل دید توقف حداقل مبنای طرح از مقادیر فواصل دید داده شده برای خودرو طرح سواری بیشتر است . در مواردی که چنین نیست ، باید یا طول قوسهای قائم افزایش داده شود و یا انتهای شیب‌راه‌ها مقدار بیشتری از آنچه لازم است ، جلوتر از پیل قرار گیرند . در پاره‌ای موارد ممکن است لازم شود که محل پیل اصلاح شود تا فاصله آزاد جانبی افزایش یابد ؛ در موارد دیگر ، ممکن است استفاده از چراغ‌های راهنما لازم شود . جزئیات طرح باید به‌گونه‌ای باشد که از ورودیهای غیرمجاز جلوگیری به عمل آورد .

جدول ۴ . فاصله دید لازم در امتداد راه‌متلاقی (قطع‌کننده) در انتهای شیب‌راه‌های مبدل‌های لوزی

سرعت طرح در راه متلاقی (کیلومتر در ساعت)			فاصله دید لازم برای خودرو طرح که بتواند از شیب‌راه به راه متلاقی (قطع‌کننده) گردش به چپ نماید (متر)*
نوع خودرو طرح مفروض در انتهای شیب‌راه			
سواری	کامیون	تریلی بزرگ	
۲۲۵	۳۲۰	۴۳۵	۱۱۰
۲۰۰	۲۹۰	۳۹۵	۱۰۰
۱۶۰	۲۳۵	۳۱۵	۸۰
۱۱۵	۱۷۰	۲۳۰	۶۰
۹۵	۱۴۰	۱۹۰	۵۰

\* فاصله دید براساس ارتفاع چشم‌راننده از سطح‌راه (۱/۱۰ متر برای سواری و ۱/۸۰ متر برای خودرو طرح کامیون و تریلی بزرگ) و ارتفاع شیء ، برابر با ۱/۳۵ متر می‌باشد .

استفاده از روسازی با کناره‌های زاویه‌دار در تقاطع و وجود جزایر ، جداکننده‌ها و علائم می‌تواند سبب راهنمایی آمد و شد به مسیرهای مناسب گردد . در حالتی که امکان تقسیم راه قطع‌کننده موجود است ، می‌توان به نحو مؤثر از یک میانه استفاده نمود .

#### ۵ . بریدگی میانه‌ها

در معیارهای طرح راه‌های اصلی ، میانه‌ها به‌طور کامل مورد مطالعه قرار گرفته‌اند ؛ در اینجا مقدار بریدگی میانه ، عرض و شکل انتهای آن در محل تقاطعها با توجه به مقدار آمد و شد مستقیم و گردنده شرح داده خواهد شد . معمولاً " در راه‌های جدا شده که مقدار آمد و شد کم و متوسط ، و مقدار آمد و شد گردنده نیز کم است ، استفاده از یک میانه ساده و با حداقل بریدگی برای تقاطعهای غیراصلی کافی است . در حالتی که آمد و شد راهی مورد نظر است که یک راه با آمد و شد و سرعت زیاد را قطع کرده ،

و یا به آن گردش می‌کند، باید از میانه‌های با بریدگی متوسط استفاده کرد که شکل و ابعاد آنها به گونه‌ای است که اجازه گردش را بدون تجاوز به خطوط مجاور و یا اختلال در دیگر حرکت‌های آمد و شد می‌دهد.

#### ۵-۱. ضوابط حداقل طرح برای گردش به چپ

##### ۵-۱-۱. شعاع کنترل‌کننده برای گردش حداقل

در معیارهای طرح و اصول و مبانی تقاطعها، تیزترین مسیر برای گردش به چپ چهار نوع خودرو طرح برای سرعت کم و بدون احتیاج به عقب و جلو کردن و یا دور گرفتن زیاد نشان داده شده است. برای بریدگی میانه‌ها، قوسهای ساده که منطبق بر این مسیرهاست و امتدادهای مماس به کناره‌های میانه و محور راه قطع‌کننده، شکل و طول حداقل دهانه‌های میانه را مشخص می‌کنند. شعاع انحنای کنترل‌کننده مفید در جدول ۵ داده شده است.

جدول ۵.

شعاع انحنای کنترل (متر)	۱۲	۱۵	۲۲/۵
خودروهای طرحی که قابل جادادن هستند: عمدتاً " ندر تا "	سواری کامیون	کامیون تریلی متوسط	تریلی متوسط تریلی بزرگ

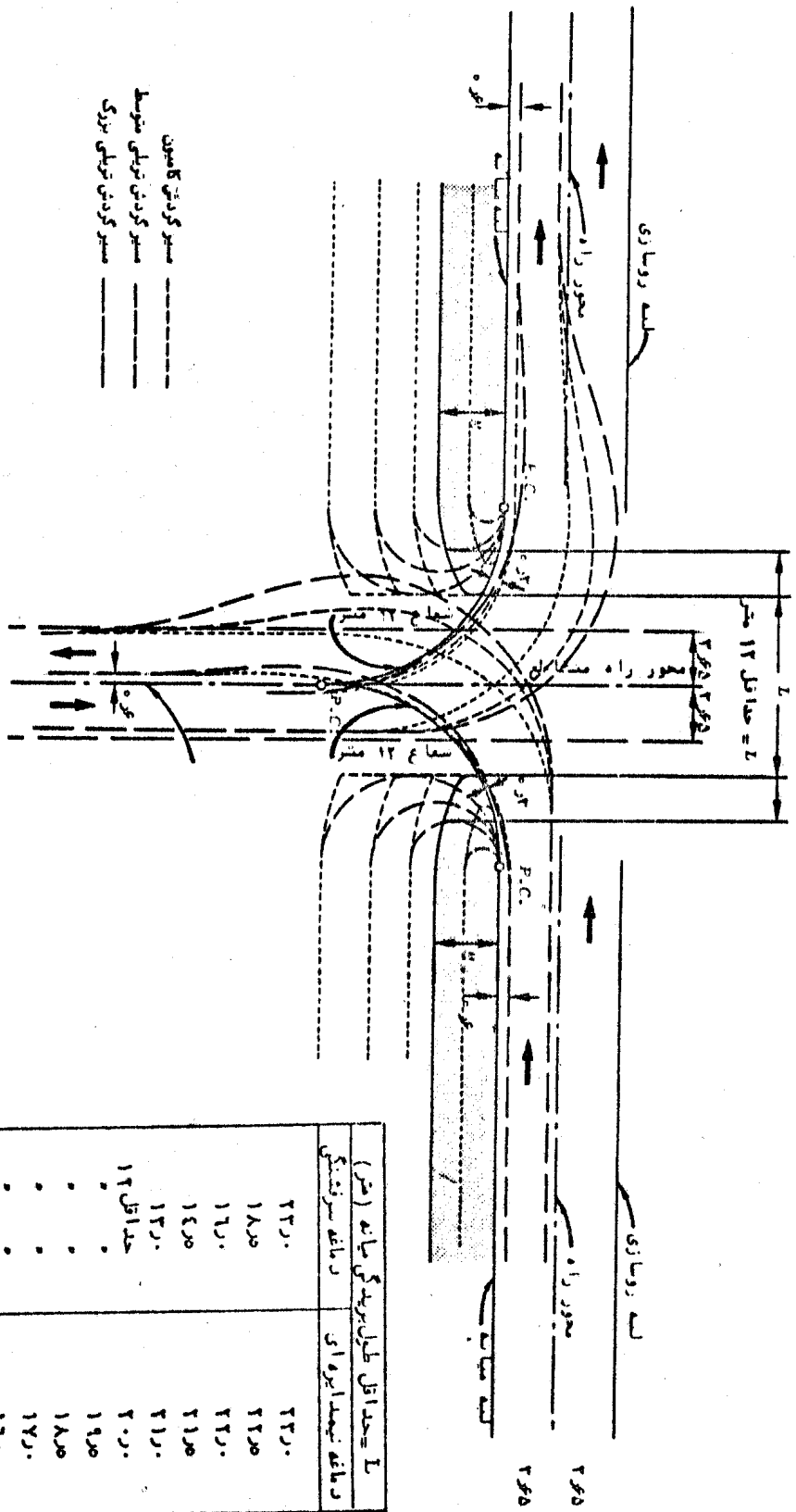
شعاعهای حداقل ذکر شده در بالا برای خودروهای مختلف در شکلهای ۷ تا ۹ داده شده است.

##### ۵-۱-۲. شکل انتهای میانه

شکل انتهای میانه ممکن است نیم‌دایره و یا سرفشنگی باشد که در شکلهای ۷ تا ۹ نشان داده شده است. شکل سرفشنگی برای میانه‌های با عرض ۲/۴ متر یا بیشتر، مناسبتر است زیرا این نوع میانه انطباق بیشتری با مسیر خودروها دارد و مستلزم سطح روسازی کمتری در تقاطع و همچنین طول بریدگی کمتری است.

##### ۵-۱-۳. حداقل طول بریدگی

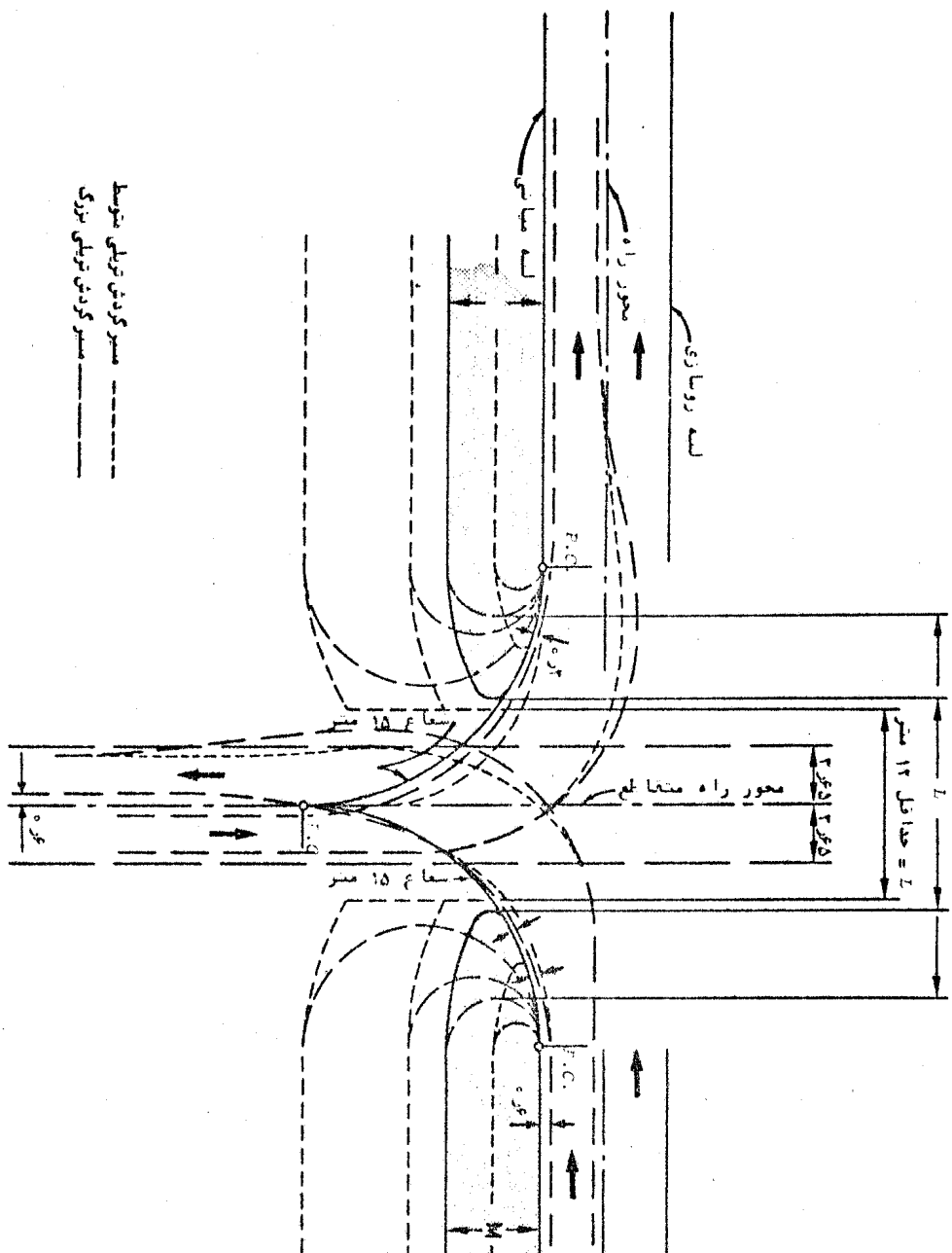
در حالتی که راه قطع‌کننده، جدا شده نیست باید طول بریدگی میانه حداقل برابر با عرض سواره‌رو راه قطع‌کننده (روسازی به‌علاوه شانه‌ها) باشد و ضمناً "از عرض روسازی راه قطع‌کننده به‌علاوه ۲/۴۰ متر نیز کمتر نباشد. در مواردی که راه قطع‌کننده جدا شده است، باید طول بریدگی حداقل برابر مجموع عرض روسازی راه متلاقی به‌علاوه عرض میانه به‌اضافه ۲/۴۰ متر باشد.



شکل ۰۷ طرح حداقل بریدگی میانه - طرح برای سواری: شعاع کنترل ۱۲ متر

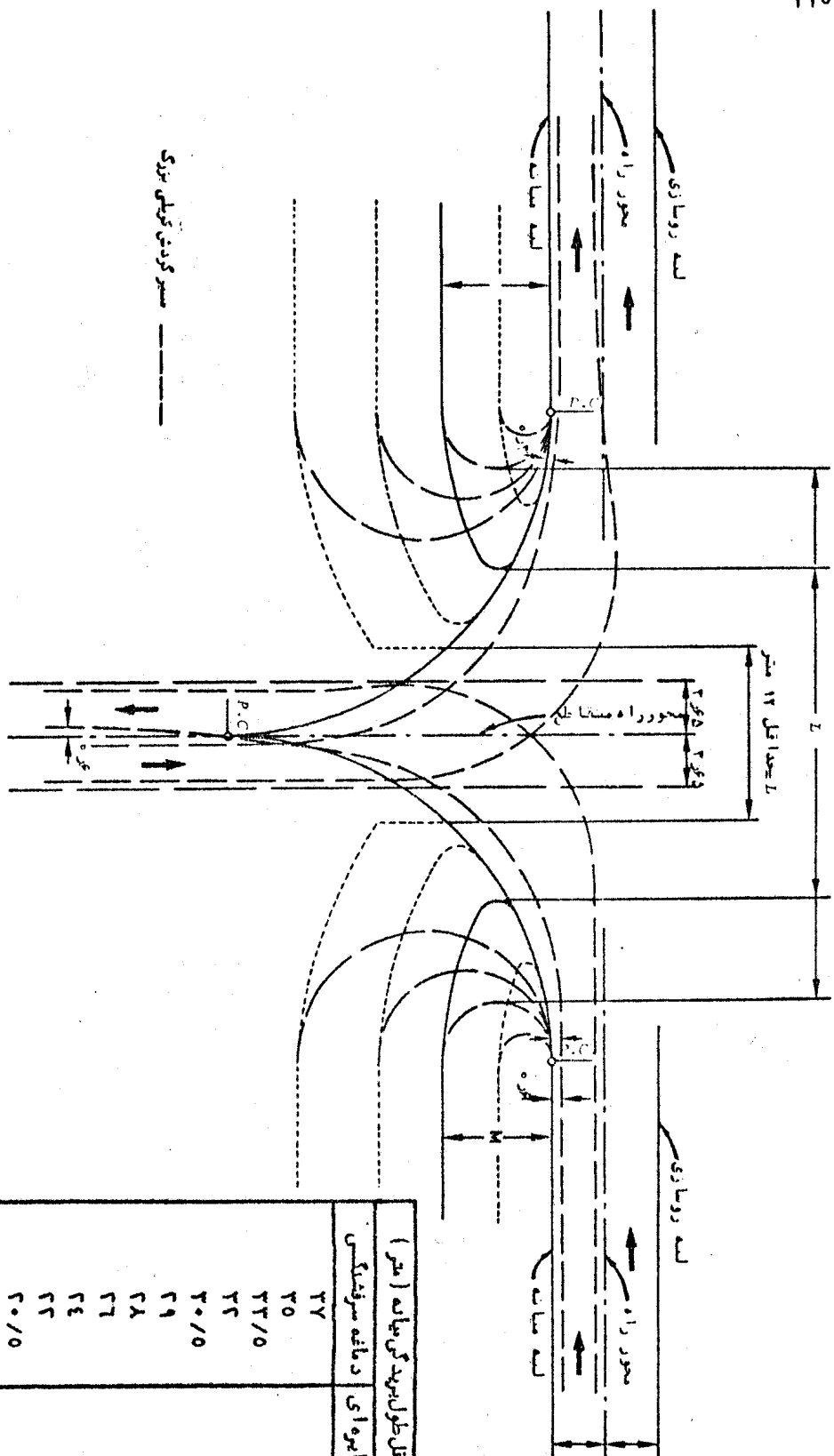
عرف	حداقل طول بریدگی میانه (متر)	حداقل شعاع کنترل ۱۲ متر
۱۲	۲۳۰	۲۳۰
۱۸	۲۳۰	۲۳۰
۲۴	۲۳۰	۲۳۰
۳۰	۲۳۰	۲۳۰
۳۶	۲۳۰	۲۳۰
۴۲	۲۳۰	۲۳۰
۴۸	۲۳۰	۲۳۰
۶۰	۲۳۰	۲۳۰
۷۲	۲۳۰	۲۳۰
۸۴	۲۳۰	۲۳۰
۹۶	۲۳۰	۲۳۰
۱۰۸	۲۳۰	۲۳۰
۱۲۰	۲۳۰	۲۳۰
۱۳۰	۲۳۰	۲۳۰





شکل ۰۸. طرح حداقل بریدگی میانه - طرح برای کامیون: شعاع کنترل ۱۵ متر

عرض میانه	دماغه نیمه اطفال	دماغه سرشناسی
۱۲	۲۹۵	۲۹۵
۱۸	۳۸۵	۳۳۰
۲۴	۴۸۰	۴۰۵
۳۰	۴۷۵	۴۹۰
۳۶	۴۷۰	۴۷۵
۴۲	۴۶۰	۴۶۰
۴۸	۴۵۵	۴۵۰
۶۰	۴۴۵	۴۴۰
۷۲	۴۳۰	۴۳۰
۸۴	۴۲۰	۴۲۰
۹۶	۴۱۰	۴۱۰
۱۰۸	۴۰۵	۴۰۵
۱۲۰	۴۰۵	۴۰۵
۱۵۰	۴۰۵	۴۰۵
۱۸۰	۴۰۵	۴۰۵
۲۱۰	۴۰۵	۴۰۵



سیر کردنش خیلی بزرگ

شکل ۰۹ طرح حداقل بردگی میانه - طرح برای تریلی متوسط: شعاع کنترل ۲۲/۵ متر

عرض میانه M	L = حداقل طول بردگی میانه (متر)	دامنه دیداندازه ای	دامنه سریشنگی
۱/۳	۴۴٫۵	۳۳	۲۷
۱/۸	۳۳	۳۳	۲۵
۳/۴	۴۳٫۵	۳۳	۲۳/۵
۲/۰	۴۳٫۵	۳۳	۲۲
۲/۱	۳۳	۳۳	۲۰/۵
۳/۳	۴۳٫۵	۳۳	۲۱
۷/۳	۴۳٫۵	۳۳	۲۸
۶/۰	۴۳٫۵	۳۳	۲۶
۷/۳	۴۳٫۵	۳۳	۲۴
۳/۸	۴۳٫۵	۳۳	۲۲
۶/۶	۴۳٫۵	۳۳	۲۰/۵
۱۰/۸	۴۳٫۵	۳۳	۱۹
۱۳/۰	۴۳٫۵	۳۳	۱۷/۵
۱۸/۰	۴۳٫۵	۳۳	۱۲ حد اقل
۲۰/۰	۴۳٫۵	۳۳	"
۲۲/۰	۴۳٫۵	۳۳	"
۲۶/۰	۴۳٫۵	۳۳	"

اراجح است که طول بریدگی، امکان گردش حداقل خودرو کنترل کننده طرح را فراهم آورد؛ از به کار بردن میانه با بریدگی بیشتر از ۲۵ تا ۳۰ متر باید پرهیز شود.

طول لازم برای بریدگی میانه های واقع در تقاطع های با زاویه ۹۰ درجه باید به ترتیب جدول ۶ باشد تا خودروهای طرح قادر به انجام تندترین گردشها باشند.

#### ۵-۱-۴. اثر اریب در بریدگی میانه

طول بریدگی برای تقاطع های مورب بیشتر است. در شکل ۱۰، حداقل طول بریدگی برای تقاطع های اریب و شکلهای مختلف انتهای میانه داده شده است. انتهای میانه دایره ای شکل (A در شکل ۱۰) به طول بریدگی میانه بسیار بزرگی نیاز دارد و در ضمن، مقدار هدایت کنندگی آن برای خودروهایی که با زاویه کمتر از ۹۰ درجه گردش به چپ می کنند، کم است.

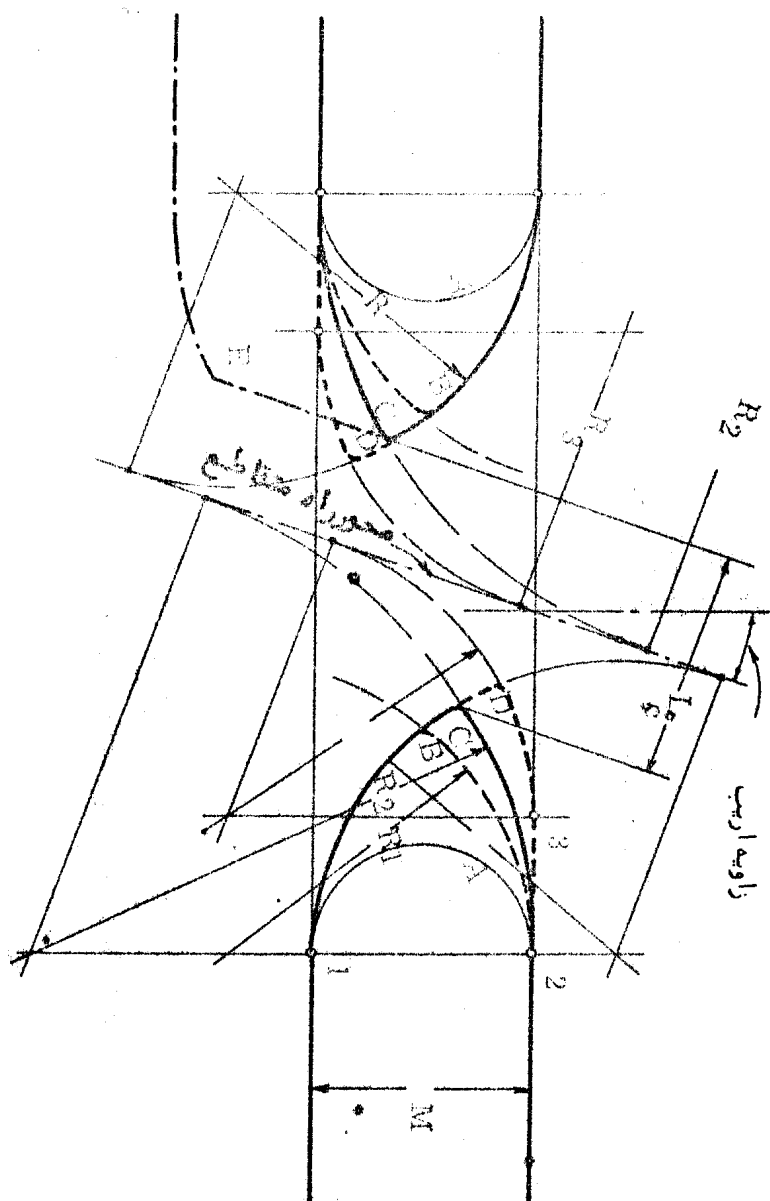
انتهای میانه سرفشنگی (B در شکل ۱۰) قرینه با قوسهای کناری به شعاع برابر با شعاع کنترل کننده R (ماس در نقاط ۱ و ۲)، مانند طرحهای داده شده در شکلهای ۷ تا ۹، نیز برای خودروهای چپگرد با زاویه کمتر از ۹۰ درجه، درجه هدایت کنندگی کم دارد. انتهای میانه سرفشنگی غیرقرینه (C) با شعاعهای  $R_2$  و  $R_1$  درجه هدایت کنندگی حداکثر داشته، و نسبت به طرحهای A و B، به روسازی کمتری نیاز دارند. شعاع R همان شعاع کنترل کننده گردش است و شعاع دوم  $R_2$  که از شعاع R بزرگتر است با تماس در نقطه ۲ و همچنین تماس بر محور راه متقاطع، تعیین می گردد.

انتهای سرفشنگی غیرقرینه D را نیز می توان با به کار بردن شعاع کنترل R برای هر دو گردش با نقاط تماس (P.T) در روی لبه میانه در نقاط ۱ و ۳ که روبه روی هم نیستند، طرح نمود.

در جدول ۷، مقادیر طرح برای حداقل بریدگی میانه با شعاع کنترل  $R=15$  متر برای زوایای مختلف اریب تقاطع داده شده است (شکل ۸).

#### ۵-۲. ضوابط طرح بیش از حداقل برای گردش به چپ

چون گردش تریلیها در مسیرهای دارای شعاع انحنای ۱۵ تا ۲۲/۵ متر سبب تجاوز تریلی به خطوط عبوری مجاور می شود، باید برای تریلی متوسط حداقل ۲۵/۵ متر شعاع انحنای و برای تریلی بزرگ حداقل ۲۸/۵ متر شعاع انحنای به کار برده شود. شکل ۱۱، یک ترتیب مطلوب شامل دو قوس را نشان می دهد که قوس بزرگتر در کنار میانه و قوس کوچکتر (مثلاً به شعاع ۱۵ متر) در راه متلاقی قرار دارد. انتهای میانه با سرفشنگی شکل، شعاع کمی دارد. در مواردی که شعاع بزرگتر برابر یا بیشتر از ۳۰ متر است، چنین طرحی قادر است فضای لازم برای پناه دادن حداقل یک خودرو سواری را با فاصله کافی از آمد و شد اصلی و راه قطع کننده تأمین کند؛ برای میانه های با عرض ۹ متر یا بیشتر، فضای حفاظتی لازم برای خودروهای بزرگتر نیز تأمین می شود. یک روش مطلوب دیگر، استفاده از



یادآوری: برای ایجاد حداقل طول دهانه میانه به جدول ۱ مراجعه شوند.

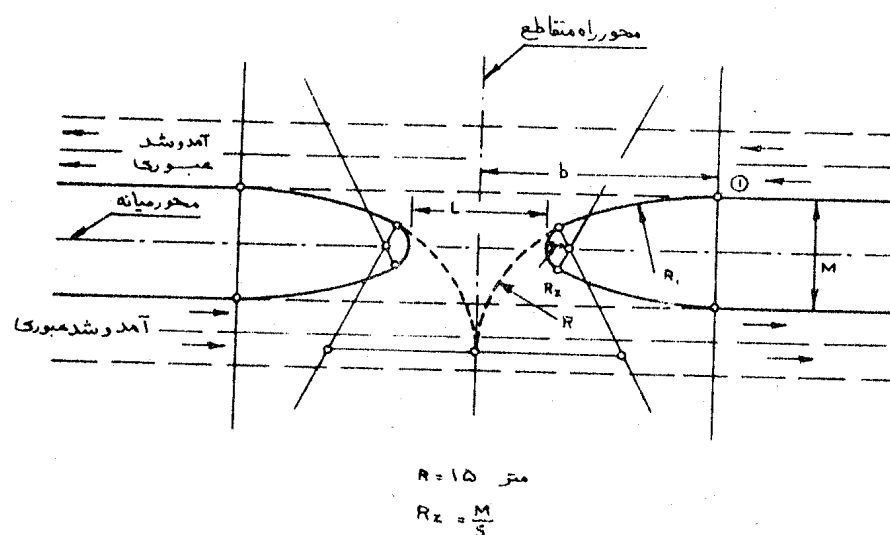
شکل ۱۰. طرح حداقل دهانه میانه - اثر اریب

جدول ۶. حداقل طول بریدگی میانه

حداقل طول بریدگی میانه برای شعاع کنترل: (متر)						عرض میانه
R=۲۲/۵		R = ۱۵		R= ۱۲		
B	C	B	C	*B	**C	
۳۷	۴۴/۵	۲۹/۵	۲۹/۵	۲۳	۲۳	۱/۲
۳۵	۴۴	۲۳	۲۸/۵	۱۸/۵	۲۲/۵	۱/۸
۳۳/۵	۴۳/۵	۲۰/۵	۲۸	۱۶	۲۲	۲/۴
۳۲	۴۲/۵	۱۹/۵	۲۷/۵	۱۴/۵	۲۱	۳
۳۰/۵	۴۲	۱۷/۵	۲۷	۱۳	۲۰/۵	۲/۶
۲۸	۴۱	۱۵	۲۵/۵	۱۲	۱۹/۵	۴/۸
۲۶	۳۹/۵	۱۳/۵	۲۴/۵	۱۲	۱۸	۶
۲۴	۳۸	۱۲	۲۳	۱۲	۱۷	۷/۲
۲۲/۵	۳۷	۱۲	۲۲	۱۲	۱۶	۸/۴
۲۰/۵	۳۶	۱۲	۲۰/۵	۱۲	۱۴/۵	۹/۶
۱۹	۳۵	۱۲	۱۹/۵	۱۲	۱۳/۵	۱۰/۸
۱۷/۵	۳۰/۵	۱۲	۱۸	۱۲	۱۲	۱۲
۱۲	۲۷	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۸
۱۲	۲۱	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۲۴
۱۲	۱۵	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۳۰
۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۳۶

\* = میانه با انتهای سرفشنگی

\*\* = میانه با انتهای نیمدایره



ابعاد (متر) در شرایط زیر:						عرض میانه (متر)
R = ۷۰		R = ۴۵		R = ۲۷		
b	L	b	L	b	L	
۲۷/۵	۲۱/۵	۲۴	۲۰	۲۰	۱۷/۵	۶
۳۱	۱۹	۲۶	۱۷/۵	۲۰/۵	۱۴/۵	۹
۳۳	۱۷/۵	۲۷/۵	۱۵	۲۱/۵	۱۲	۱۲
۳۵	۱۵/۵	۲۹	۱۳/۵	—	—	۱۵
۳۷	۱۴	—	—	—	—	۱۸
۳۹	۱۲/۵	—	—	—	—	۲۱

شکل ۱۱. ضوابط طرح بیش از حداقل بریدگی میانه (نوع دماغه سرفشنگی)

جدول ۷. اثر اریب بر طرح حداقل بریدگی میانه - مقادیر تیپ بر مبنای شعاع کنترل ۱۵ متر  
( به شکل ۱۰ نگاه کنید )

R شعاع برای طرح C (متر)	طول بریدگی میانه			عرض میانه	زاویه اریب (درجه)
	دماغه سرفشنگی				
	غیرقرینه (C)	قرینه (B)	نیمدایره (A)		
—	—	۱۹	۲۷	۳	
—	—	۱۳	۲۴	۶	
—	—	حداقل ۱۲	۲۱	۹	
—	—	۱۲ "	۱۸	۱۲	
—	—	۱۲ "	۱۵	۱۵	
—	—	۱۲ "	۱۲	۱۸	
۲۱	۲۳	۲۴	۳۲	۳	۱۰
۲۰/۵	۱۶	۱۸	۲۹	۶	
۲۰	حداقل ۱۲	۱۴	۲۵	۹	
۱۹/۵	۱۲ "	حداقل ۱۲	۲۲	۱۲	
۱۸/۵	۱۲ "	۱۲ "	۱۸	۱۵	
۱۸	۱۲ "	۱۲ "	۱۴	۱۸	
۲۹/۵	۲۷	۳۰	۳۷	۳	۲۰
۲۸	۲۰	۲۳	۳۳	۶	
۲۶	۱۵	۱۸	۲۹	۹	
۲۵	حداقل ۱۲	۱۵	۲۵	۱۲	
۲۳	۱۲ "	حداقل ۱۲	۲۱	۱۵	
۲۱/۵	۱۲ "	۱۲ "	۱۶	۱۸	
۴۳	۳۲	۳۵	۴۱	۳	۳۰
۳۰	۲۳	۲۸	۳۷	۶	
۳۷	۱۸	۲۳	۳۲	۹	
۳۴	۱۳	۱۹	۲۷	۱۲	
۳۰	حداقل ۱۲	۱۶	۲۳	۱۵	
۲۷	۱۲ "	۱۲	۱۸	۱۸	
۶۴	۳۶	۳۹	۴۵	۳	۴۰
۵۹	۲۷	۳۲	۴۰	۶	
۵۳	۲۱	۲۷	۳۵	۹	
۴۸	۱۶	۲۳	۳۰	۱۲	
۴۲	۱۲ "	۲۰	۲۵	۱۵	
۳۷	۱۲ "	۱۶	۲۰	۱۸	

یک خط با عرض متغیر برای میانه و یک کمان با شعاع  $1/5$  متر یا بیشتر در محل راه قطع کننده است (شکل ۱۲). فضایی که به ترتیب بالا به دست می آید، برای حداقل یک خودرو طرح با فاصله کافی از آمد و شد اصلی و قطع کننده کافی است. میانه های با حداقل عرضهای  $6/60$ ،  $6/50$  و  $7/20$  متر، به ترتیب برای خودروهای سواری، کامیون و تریلی متوسط و تریلی بزرگ فضای حفاظتی لازم را تأمین می نماید. این طرح گردش به چپ همزمان را از هر دو جهت که خودروها از سمت راست یکدیگر حرکت می کنند، ممکن می سازد.

#### ۵-۳. طرح برای آمد و شد متلاقی

در مواردی که استفاده از چراغهای راهنما موجه نیست ولی مقدار آمد و شد در راه جدا شده به اندازه ای است که عبور از عرض هر دو طرف راه را در یک مرحله غیرممکن می سازد و همچنین آمد و شد راه متلاقی نیز کم و بیش با اهمیت است، عرض میانه راه جدا شده باید به اندازه ای باشد که حداقل یک خودرو بتواند در بریدگی میانه و با فاصله کافی از آمد و شد خطوط اصلی راه متوقف شود. عرض کنترل میانی با طول هریک از خودروهای طرح- یعنی  $15/7$  و  $16/5$  متر- برابر است.

#### ۵-۴. طرح برای دورزدن ها

##### ۵-۴-۱. طرح حداقل

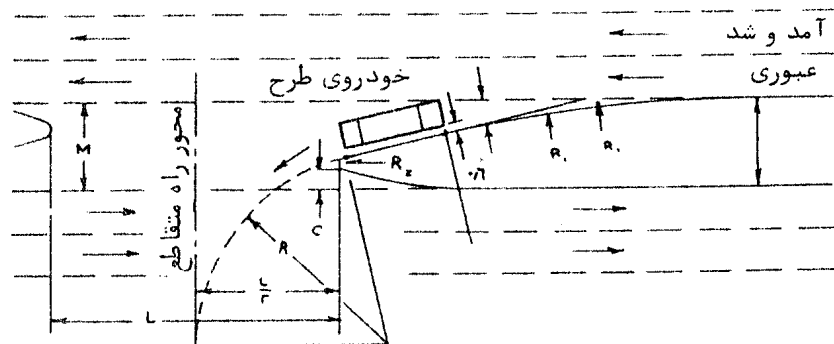
گاه در میانه، بریدگیهای مجزایی برای دور زدن قبل و یا بعد از تقاطعها در نظر گرفته می شود تا عمل دور زدن در فاصله کافی از تقاطع انجام پذیرد. این بریدگیها برای حرکات اصلاح کننده و نیز برای خدمات محلی به کار می روند. حداقل فواصل مناسب بین بریدگیهای میانه برابر با  $800$  تا  $400$  متر است؛ ولی تعداد آنها باید تابع نیازهای محلی باشد. در شکل ۱۳، حداقل عرض میانه برای راههای ۴ خطه، به منظور دور زدن از بریدگی میانه، نشان داده شده است؛ جدول ۸ نیز نمونه هایی از عرض میانه را برای دور زدن خودروهای مختلف طرح نشان می دهد.

در محل بریدگی میانه های با عرض بیشتر از  $4/5$  متر، نوع سرفشنگی برای انتهای میانه رجحان دارد. حداقل طول بریدگی میانه برای خودرو سواری برابر با  $6$  متر و برای سایر خودروهای طرح (شامل تریلیها) برابر  $9$  متر است. در مواردی که مقدار آمد و شد موجود، اجرای طرح تسهیلات لازم را برای دورزدن در راههای دارای میانه باریک ایجاب نماید، چنین گردشهایی با استفاده از اتصالات دسته کوزه ای که به حاشیه ها می رسند، صورت می گیرد. استفاده از این نوع طرحها برای گردش به چپ می تواند خطرات ناشی از کاهش سرعت برای دور زدن در خطوط آمد و شد اصلی را به حداقل برساند.

#### ۵-۴-۲. طرح ویژه برای دور زدن

در جاده های دارای آمد و شد و سرعت زیاد که ایجاد فضا برای دور زدن ضروری است، می توان از طرحهای داده شده در شکل ۱۴ استفاده کرد.





با فرض:  $R = 15$  و  $R_2 = 0.06$

ابعاد برای:												متر		
تربلی بزرگ			تربلی متوسط			کامیون			سوار					
L	R <sub>1</sub>	α	L	R <sub>1</sub>	α	L	R <sub>1</sub>	α	L	R <sub>1</sub>	α	L	R <sub>1</sub>	α
متر	متر	درجه	متر	متر	درجه	متر	متر	درجه	متر	متر	درجه	۱۸	۱۲	۰۶
									۲۶۰	۹۵	۶۲	۶۳	۵۷	۵۲
									۲۴۵	۹۵	۹۶	۶۷	۶۱	۵۵
						۲۶۰	۹۵	۶۹	۲۰۵	۶۰	۱۷۰	۷۳	۶۷	۶۱
			۲۶۰	۹۵	۶۴	۲۲۰	۹۵	۱۱۰				۷۹	۷۳	۶۷
۲۵۵	۹۵	۷۹	۲۵۰	۹۵	۸۸	۲۱۵	۹۵	۱۵۵				۸۵	۷۹	۷۳
۲۴۵	۹۵	۱۰۰	۲۴۰	۹۵	۱۱۲	۱۹۰	۵۰	۲۰۲				۹۱	۸۵	۷۹
۲۳۰	۹۵	۱۲۴	۲۲۵	۹۵	۱۳۷							۹۷	۹۱	۸۵
۲۲۰	۹۵	۱۴۶	۲۱۵	۷۵	۱۶۳							۱۰۴	۹۷	۹۱
۲۰۵	۷۰	۱۷۰										۱۱۰	۱۰۴	۹۷

شکل ۱۲. ضوابط طرح بیش از حداقل برای بریدگی میانه (تیب میانه محافظ گردش به چپ)

جدول ۸.

عرض میانه (متر)	حرکات ممکن	نوع خودروهایی که در بریدگی میانی پناه داده می‌شوند
۱۸	دور زدن از خط داخلی به خط داخلی تقریباً "برای تمامی خودروها امکان دارد	تمام خودروها
۱۲	دور زدن از خط داخلی به خط داخلی برای خودروهای سواری امکان دارد ، برخی کامیونها از خط خارجی به خط خارجی دور می‌زنند و کامیونهای بزرگ حین دور زدن به شانه راه تجاوز می‌کنند .	سواری و کامیون
۱۰	دور زدن از خط داخلی به خط داخلی برای خودرو سواری ممکن است ، برخی کامیونها می‌توانند با تجاوز به شانه دور بزنند .	سواری و کامیون
۶	دور زدن از خط داخلی به خط خارجی امکان دارد . دور زدن کامیونهای بزرگ بدون عقب زدن امکان ندارد .	فقط سواری

## ۶. خطوط میانی

در تقاطعهای همسطح یک خط میانی به عنوان خط کاهش سرعت و ذخیره آمد و شد برای ترک راه جدا شده و گردش به چپ، یا به عنوان خط افزایش سرعت برای خودروهای چپگرد که به راه جدا شده وارد می شوند، در نظر گرفته می شود (شکل ۱۵). در نظر گرفتن دو خط میانی برای گردشهای خروجی از متداولترین روشهای طرح است (شکل ۱۵-الف). گاه نیز ممکن است یک تقاطع دارای چهار خط میانی باشد، دو خط برای کاهش سرعت و دو خط برای افزایش سرعت. در سه راهیها، طرح شامل یک خط افزایش سرعت و یک خط کاهش سرعت است. با توجه به آمد و شد کلی و بسته به شرایط آمد و شد در تقاطع، ممکن است این خطوط به وسیله چراغ راهنما یا علامت ایست کنترل شوند و یا اینکه به هیچ یک نیازی نداشته باشند.

### ۶-۱. خط میانی با عرض متغیر (لچکی)

هنگامی که مقدار آمد و شد زیاد و سرعتها بالاست، طول خط میانی با عرض متغیر، ۵۰ تا ۱۰۰ متر می باشد. در بخش اول این دستورالعمل، طول خط میانی با عرض متغیر برحسب سرعت آورده شده. در شرایطی که هم سرعت و هم آمد و شد کم است، طول خطوط تغییر سرعت با عرض متغیر بین ۲۵ تا ۴۰ متر کفایت می کند. در شکل ۱۶، طرح حداقل خط میانی با عرض متغیر داده شده است.

### ۶-۲. عرض و طول خط اضافه شده میانی

عرض خط عبور اضافه شده میانی بدون جزایر جداکننده (شکلهای ۱۷ و ۱۸) باید حداقل ۳ متر و ترجیحاً  $3/65$  متر باشد. خطوط عبور اضافی را نباید به وسیله جدول از خطوط اصلی آمد و شد جدا کرد. در تقاطعهای هدایت شده تحت کنترل چراغ راهنما، ممکن است دو خط عبور اضافی میانی در کنار یکدیگر وجود داشته باشند که در این صورت، عرض آنها در مجموع  $7/5$  تا ۸ متر خواهد بود.

بدون در نظر گرفتن قسمت لچکی، طول خط عبور اضافی میانی در حالت خروجی قابل توجه، باید معادل طول خطوط کاهش سرعت داده شده در جدول ۸ بخش اول این معیارهای طرح (حالت توقف) باشد. بیشتر خطوط اضافی باید به اندازه کافی طویل باشند تا بیشترین تعداد خودروهای مترصد انجام حرکت گردش به چپ را در خود جا دهند. در این شرایط، طولهای ذخیره به شرح جدول ۹ است.

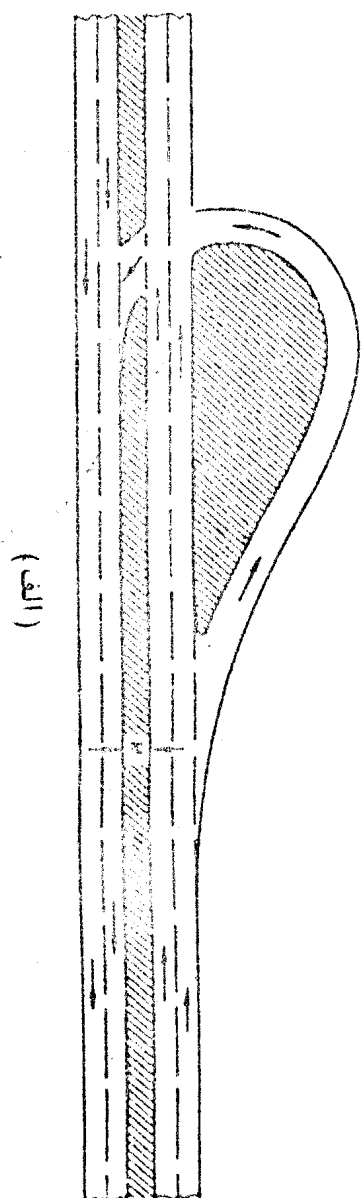
جدول ۹. طول خطوط اضافی مخصوص گردش به چپ برای ذخیره خودروهای مترصد انجام حرکت گردش به چپ

تعداد خودرو چپگرد در ساعت	۳۰	۶۰	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰
طول تقریبی ذخیره لازم (متر)	$7/5$	۱۵	۳۰	$52/5$	۷۵

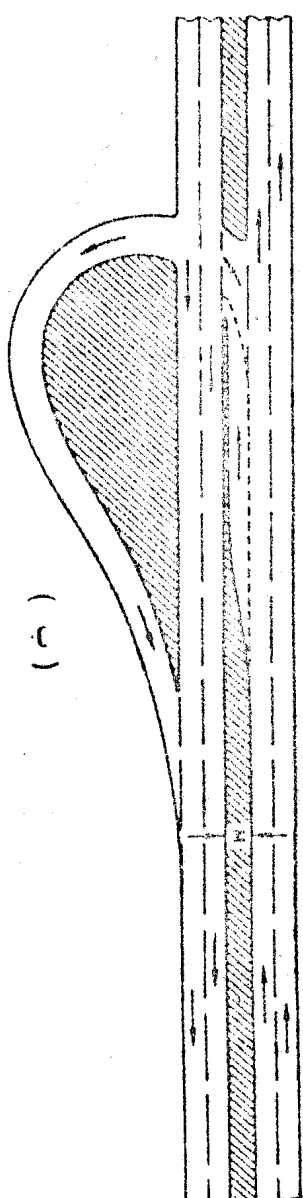
در حالت سرعتهای کم و تقاطعهای مکرر، طول کل خطوط اضافی را می توان با جمع کردن حداقل طول لچکی (۲۵ تا ۴۰ متر) و طولهای ذخیره بالا به دست آورد.

طریقه دور زدن				m = حداقل عرض میانه (متر) برای خودرو طرح:			
				سواری	تریلی متوسط	کامیون	تریلی بزرگ
				طول خودرو طرح			
				۵/۸	۱۵/۲	۹/۱	۱۶/۸
از خط داخلی به خط داخلی		۳/۶۵	۷/۶۵	۹/۷	۱۸/۳	۱۹/۵	۲۱/۳
از خط داخلی به خط خارجی		۷/۳	۷/۳	۶/۱	۱۴/۶	۱۵/۸	۱۷/۸
از خط داخلی به شانه		۷/۳	۷/۳	۳/۰	۱۱/۶	۱۲/۸	۱۴/۶
از خط خارجی به خط خارجی		۷/۳	۷/۳	۲/۴	۱۱/۰	۱۲/۲	۱۴/۰
از خط خارجی به شانه		۷/۳	۷/۳	۰	۷/۹	۹/۱	۱۱/۰
از شانه به شانه		۷/۳	۷/۳	۰	۶/۱	۶/۱	۷/۹

شکل ۱۳. طرح حداقل برای دور زدن

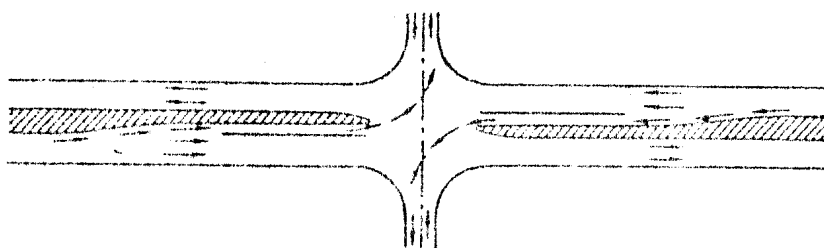


(الف)

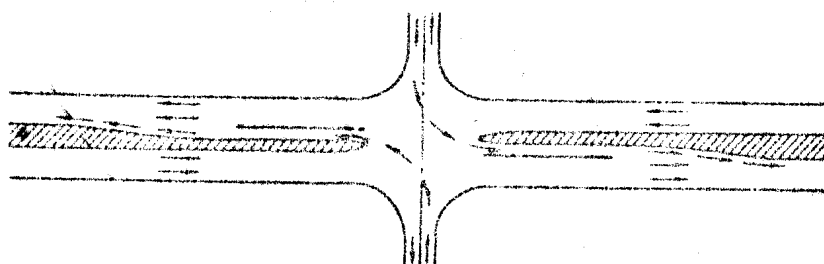


(ب)

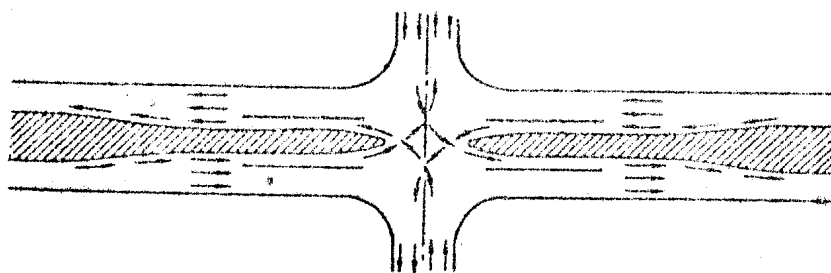
شکل ۱۴. طرح دور زدن ویژه با میانگینهای باریک



( الف ) خطوط مجاور میانه برای گردشهای خروجی

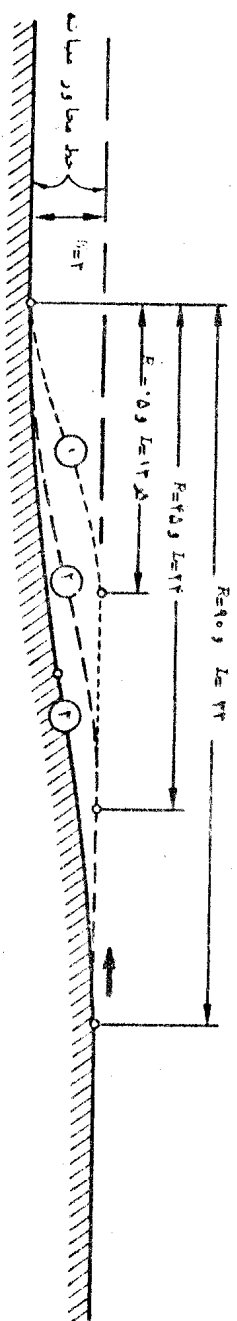


( ب ) خطوط مجاور میانه برای گردشهای ورودی

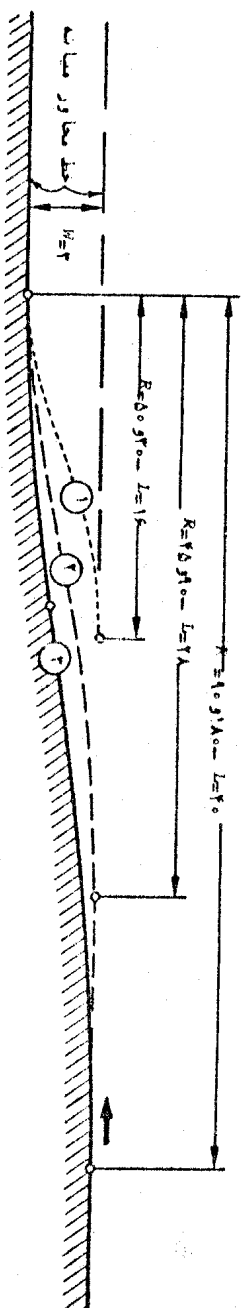


( ج ) خطوط مجاور میانه برای گردشهای ورودی و خروجی

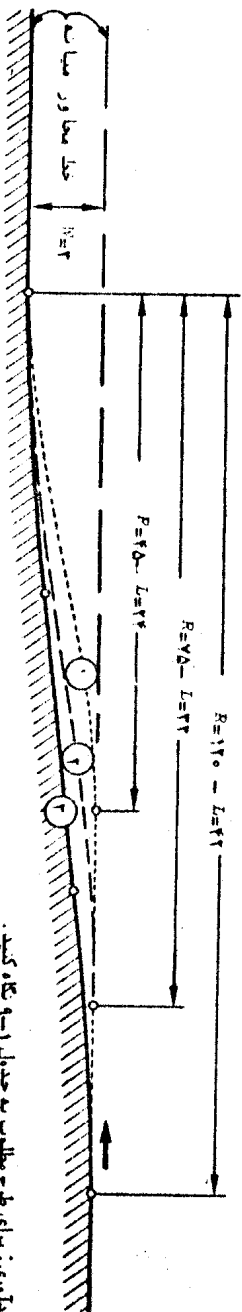
شکل ۱۵. ترتیب قرار گرفتن خطوط مجاور میانه



فوس مکنون مستقران  
(الف)



فوس مکنون سامتقارن  
(ب)



لجی نیمه مستقیم  
(ج)

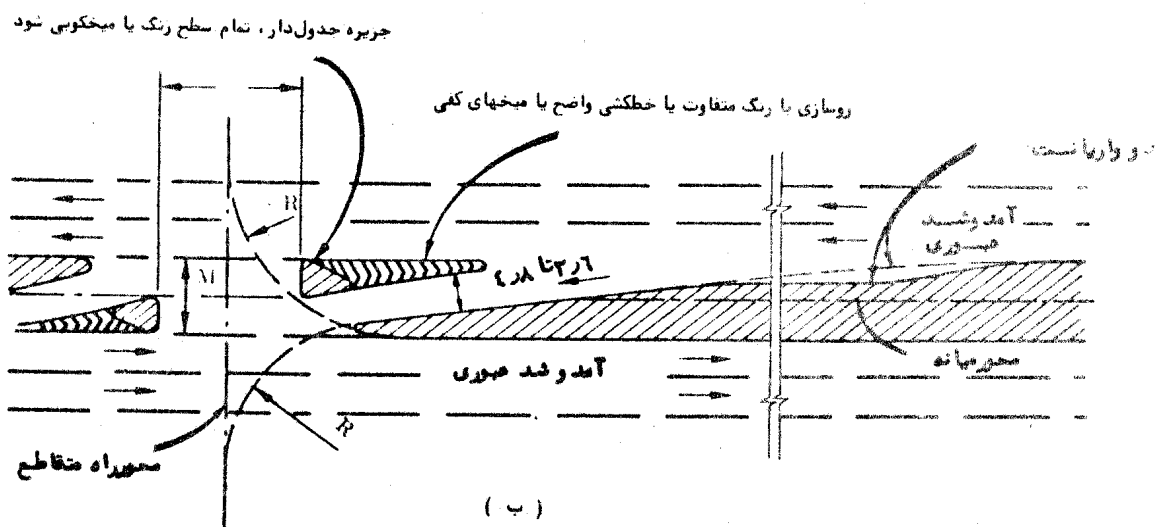
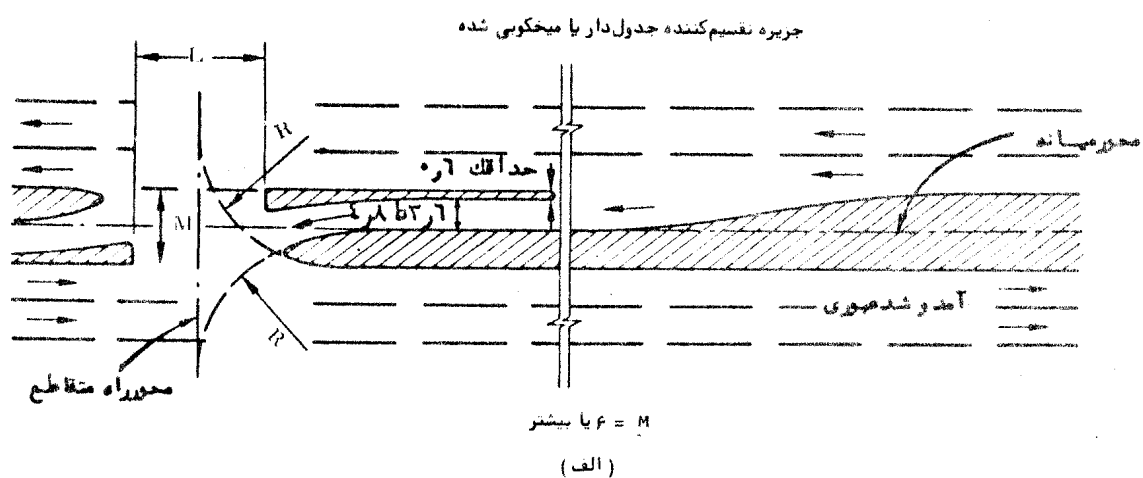
یادآوری: برای طرح مطلوب به جدول ۱-۱ نگاه کنید.

شکل ۱۶. طرح حداقل خط لجی مجاور میانه









شکل ۱۹. طرح خط مجاور میانه، با جزایر تقسیم کننده

### ۳-۶. انتهای میانه‌های باریک شده

برجهای انتهای میانه‌های باریک شده مجاور خطوط عبور اضافی در شکلهای ۱۷ تا ۱۹ آورده شده است. در انتهای باریک شده میانه‌ها همیشه از جدول استفاده می‌شود. در این قسمت انتهایی، میانه  $1/20$  تا  $1/80$  متر عرض دارد؛ این در صورتی است که عرض خود میانه باریک شده  $4/8$  تا  $6$  متر باشد. در صورتی که عرض میانه  $5/40$  متر یا بیشتر باشد، برای قسمت انتهایی آن نیز، برای بهبود شرایط ایمنی، عرض بیشتری باید در نظر گرفته شود. در شرایط خاصی که عرض میانی فقط  $3$  تا  $3/6$  متر است، خط عبور اضافی از طریق طرح انتهایی میانه به صورت میخکوبی، نوار رنگ و یا جدول به عرض  $0/6$  متر حاصل می‌شود. در هر صورت، در شرایط تقاطع در راههای برونشهری سریع، عرض میانه نباید از  $4/80$  متر کمتر باشد.

### ۴-۶. جزایر تقسیم راه و جداکننده

مجزا نمودن خط عبور اضافی سمت چپ از لبه طرف چپ مجاور خط آمد و شد اصلی، به وسیله خطکشی یا روکشهای به رنگهای مختلف، یا هر دو، صورت می‌گیرد. روش بهتر مجزا نمودن، استفاده از میخکوبی یا علائم زمینی دیگر است که با رنگ روکش اسفالت در تضاد باشند. این علائم می‌توانند دارای برجستگی نیز باشند. استفاده از جداول و جزایر برجسته فقط برای تقاطعهایی توصیه می‌شود که در آنها سرعت کم است و یا ایجاد پناهگاه برای عابران پیاده ضروری است. بهتر است عرض این نوع جزایر از  $0/6$  متر بیشتر باشد. انواع جزایر تقسیم راه و جداکننده در شکلهای ۱۷ تا ۱۹ نشان داده شده است.

### ۵-۶. طول دهانه میانه

طول دهانه میانه در جوار یک خط عبور اضافی میانی، به صورت دیگر انواع میانه طرح می‌شود (شکلهای ۷ تا ۹). در این طرح، عرض میانه باریک شده به صورت یک عامل کنترل است. جزایر جداکننده نیز خود عامل کنترل کننده هستند.

### ۷. انواع و سوره‌های تقاطعهای همسطح

انواع کلی تقاطعهای همسطح عبارتند از سه راه (T یا Y شکل)، چهار راه، چندراه و فلکه (میدان). نوع تقاطع در یک محل خاص عملاً "تابع تعداد شاخه‌های تقاطع، عوارض طبیعی زمین و چگونگی آمد و شد مورد نظر می‌باشد. عامل تعیین کننده در تقاطعهای فلکهای، جلوگیری از توقف آمد و شد و در نتیجه، تأمین آمد و شد پیوسته و مداوم پیروان فلکه است. تقاطعهای فلکهای به طور جداگانه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

هر یک از انواع تقاطعهایی که در بالا ذکر شد، ممکن است از نظر شکل، نحوه هدایت آمد و شد و هدف از به کارگیری، با تقاطع مشابه خود تفاوت زیادی داشته باشد. پس از مشخص شدن نوع

کلی تقاطع، طرح مطلوب با به کار بردن مستقیم اصول و معیارهای کنترل طرح داده شده در مباحث قبل به دست می آید. هر نوع تقاطع به طور مجزا مورد بحث و بررسی قرار می گیرد و تغییرات احتمالی آن شرح داده می شود. نشان دادن کلیه انواع ممکن تقاطعها و تغییرات آنها عملی نیست، ولی آنچه به طور کلی در اینجا شرح داده شده است، تقریباً "انواع کلی تقاطعها" را شامل می شود. با وجودی که اکثر مثالهای داده شده در مورد تقاطعهای درونشهری است ولی اصول و معیارهای کلی آن در مورد تقاطعهای برونشهری نیز صادق است. تغییرات جزئی در اثر نظام کنترل آمد و شد در طرح تقاطع به وجود می آید. انواع کنترل آمد و شد را می توان به گروههای زیر تقسیم نمود:

- آمد و شد بدون توقف
- آمد و شد با ایست در راه فرعی
- ایست در چهار طرف تقاطعها
- چراغ راهنما با دوره ثابت و با دوره متغیر

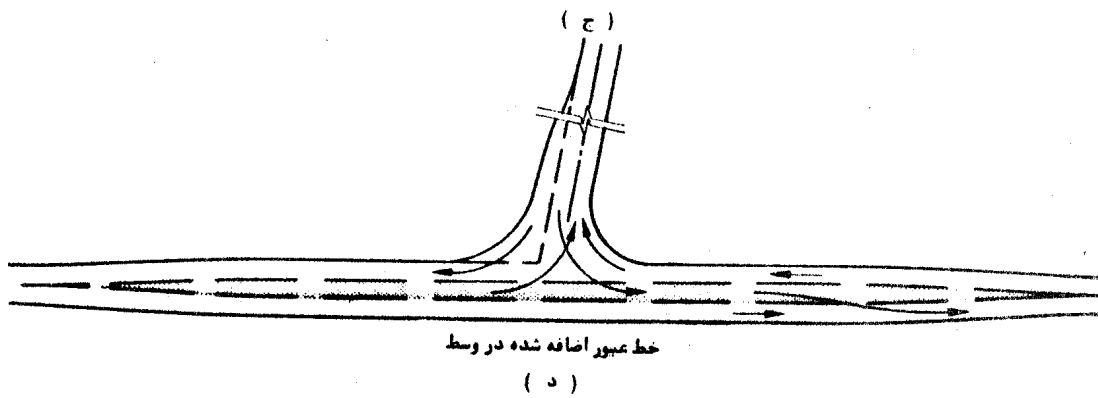
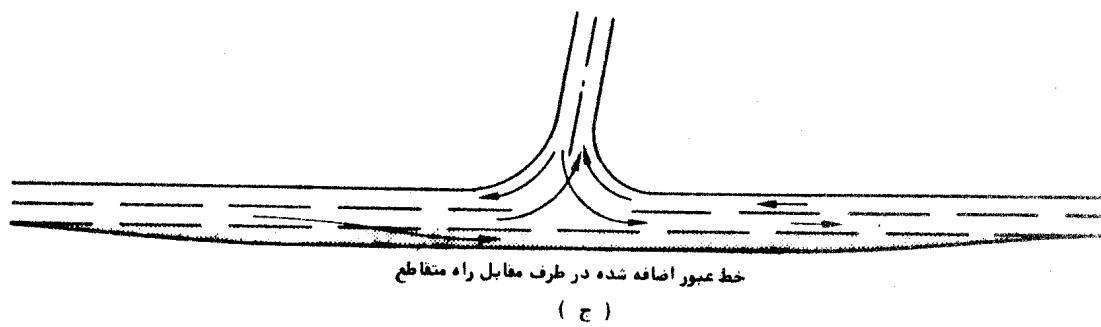
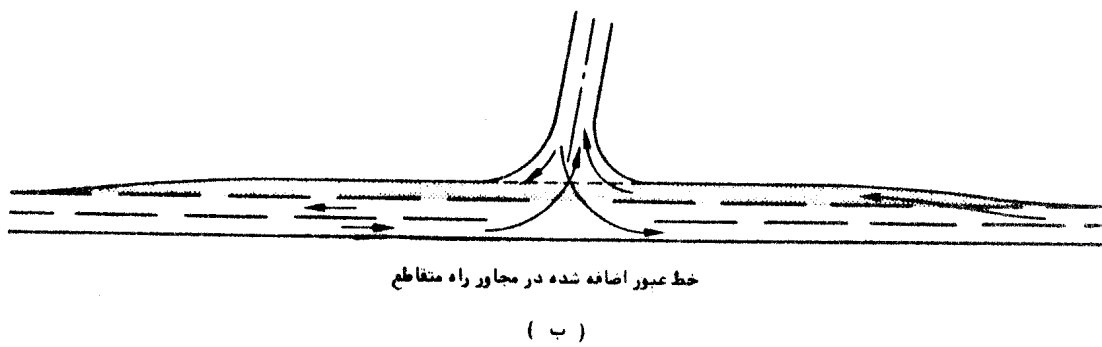
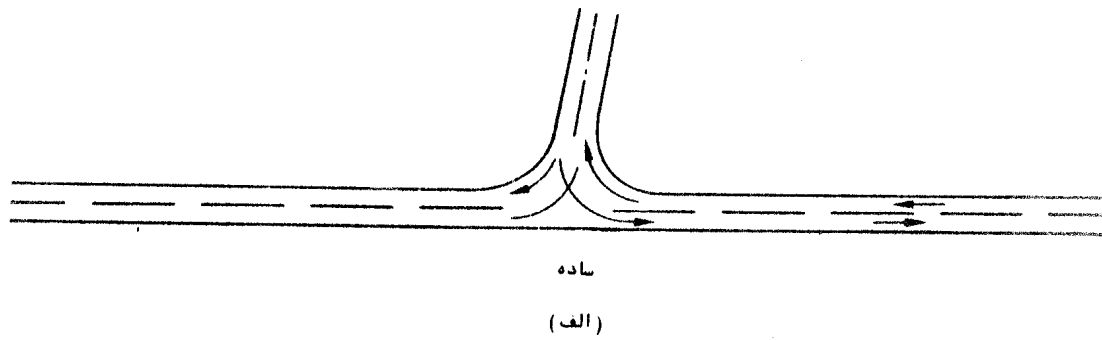
در این مبحث، ابتدا تقاطعهای ساده و سپس تقاطعهای پیچیده تر بررسی می شود. مقصد از آمد و شد، سرعت و مشخصات راه و یا راهها عوامل اصلی در تعیین نوع تقاطعها هستند. همچنین، در این مبحث، از شرایطی که در آن هر نوع تقاطع مدکی است مناسب باشد، سخن گفته شده است.

#### ۱-۷. تقاطعهای سه شاخه (سه راهی) T و Y شکل

شکل کلی انواع سه راهیهای T و Y شکل در شکلهای ۲۰ تا ۲۴ نشان داده شده است. اکثر سه راهیهای نشان داده شده دارای کمی اریب هستند، اما اصول و طرح کلی داده شده برای سه راهیهای T و Y شکل مصداق دارد.

#### ۱-۷-۱. تقاطعهای ساده: معمولی<sup>۱</sup> و لاله ای<sup>۲</sup>

متداولترین نوع سه راهیهای T و Y شکل، در شکل ۲۰-الف نشان داده شده است. عرض متداول روسازی هر دو راه (بجز در قوس) بدون تغییر باقی می ماند. اگر زاویه اریب زیاد نباشد، این نوع تقاطع هدایت نشده (بدون خطوط گردش مجزا) برای تقاطع راههای فرعی، راههای محلی و حتی تقاطعهای اصلی یا یک راه فرعی مناسب است. در مناطق برونشهری، این نوع تقاطع معمولاً "در راههای دوخطه با آمد و شد کم به کار برده می شود. در مناطق درونشهری و نزدیک مناطق تجمع، این نوع تقاطع ممکن است برای آمد و شد بیشتر و راههای چندخطه نیز مناسب باشد. در شرایط سرعت زیاد و تعداد قابل توجه حرکات گردشی که سبب کاهش ایمنی می شود، ممکن است یک سطح اضافی روسازی شده (لاله ای) برای حرکت و گردش خودروها در نظر گرفته شود (شکلهای ۲۰-ب، ۲۰-ج و ۲۰-د). لاله ای کردن تقاطع باعث کاهش خطر خودروهای گردنده و افزایش گنجایش می شود. تقاطعهای موجود را می توان به راحتی لاله ای (تعریض) نمود (شکلهای ۲۰-ب و ۲۰-ج).



شکل ۲۰. تقاطع T یا Y شکل، بدون راه گردش مجزا (ساده و لاله‌ای)

شکل ۲۰- ب یک خط عبور اضافه شده را با رنگ و احتمالا "جنس متمایز نشان می دهد که در راه عبوری (در طرف راه متقاطع) ایجاد شده است. این خط اضافه شده به عنوان خط تغییر سرعت برای گردشها و خروج از راه عبوری به کار می رود. کاربرد این طرح برای شرایطی است که مقدار گردش به راست (از راه عبوری به راه فرعی) زیاد، و مقدار گردش به چپ کم باشد.

در شکل ۲۰- ج، یک خط در راه عبوری، در طرف مقابل راه متقاطع، اضافه شده است. این طرح در محلهایی به کار برده می شود که مقدار گردش به چپ (از راه عبوری به راه فرعی) زیاد، و مقدار گردش به راست (از سمت راست شکل به طرف بالا) کم است.

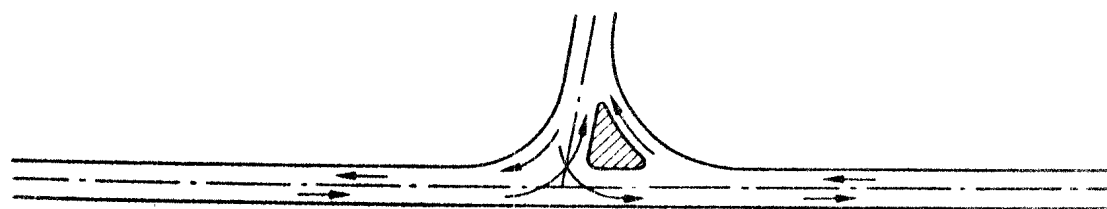
شکل ۲۰- د طرحی را نشان می دهد که در آن، یک خط در محور راه عبوری قرار داده شده است. کاربرد این طرح مشابه شکل ۲۰- ج است، با این تفاوت که در این طرح، خط اضافه شده برای منظوری که طرح شده است، بیشتر از طرح شکل ۲۰- ج مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

راننده ای که می خواهد از راه عبوری به راه متقاطع گردش به چپ نماید، طبیعتاً "به سمت مرکز متمایل می شود و در نتیجه، رانندگان آمد و نند عبوری تمایل پیدا می کنند که از سمت راست خودروی که سرعتش کاهش یافته و یا متوقف شده است، سبقت بگیرند. این چنین شرایط برای خودروهایی که از راه فرعی به راه عبوری گردش به چپ می کنند نیز وجود دارد.

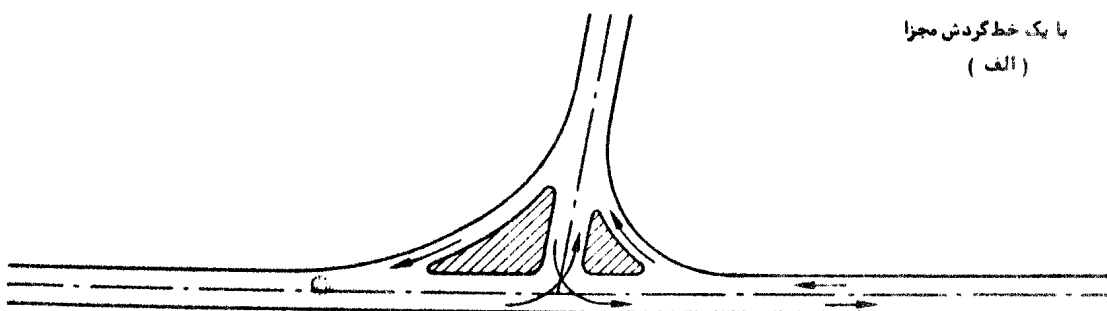
طرح دیگر برای تعریض (لاله ای کردن) تقاطع، اضافه کردن یک خط اضافی در هر سمت راه عبوری است (در شکل نشان داده نشده است) که در این حالت، راه عبوری در محل تقاطع به یک راه چهارخطه تبدیل می شود. این طرح ممکن است برای محلهایی به کار برده شود که مقدار آمد و شد از گنجایش راه دوخطه در تقاطع بیشتر است و یا در محلهایی که نصب چراغ راهنما ضروری است (معمولاً در محدوده های برونشهری). (باید یادآوری شود که گنجایش یک راه در تقاطع کاهش می یابد.) برای چنین شرایطی، در منطقه برونشهری بهتر است راه دوخطه در محل تقاطع به راه دوگانه تبدیل شود (شکل ۲۳- الف). برای افزایش گنجایش تقاطع و گردش بهتر خودروها، علاوه بر لاله ای کردن راه عبوری، می توان راه متقاطع را در یک یا دو طرف تعریض کرد (مانند تعریض سمت چپ در شکل ۲۰- د).

#### ۲-۱-۷. تقاطع هدایت کننده، با خطوط گردش مجزا و جزایر جداکننده

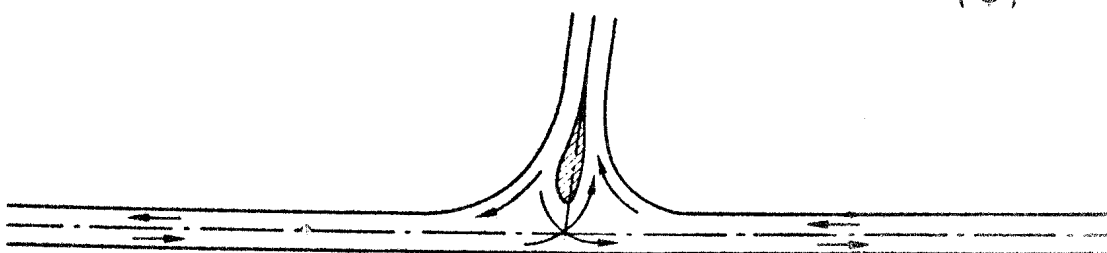
در تقاطعهای مهم یا تقاطعهای فرعی با زاویه حاده، در راه متقاطع غالباً "جزیره به کار برده می شود. در شرایطی که طرح بیش از حداقل مسیر گردش قابل توجه است، برای کاهش سطح روسازی در تقاطع، خطوط گردش به راست مجزا تعبیه می شود. ممکن است در یک ربع تقاطع برای تأمین زیاد گردش به راست یک راه گردش منفرد به کار برده شود (شکل ۲۱- الف)، و یا حتی در تقاطعی که مقدار گردش کم است اما زاویه تقاطع (زاویه گردش) بسیار تیز است، ممکن است یک راه گردش مجزا ضروری باشد.



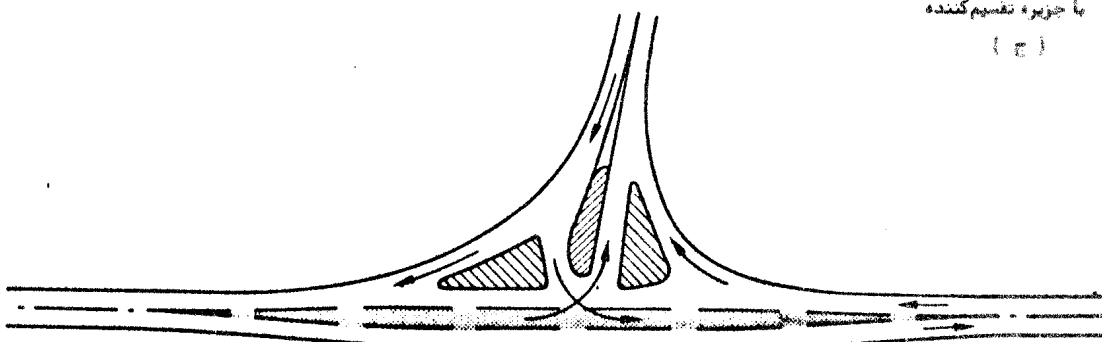
با یک خط گردش مجزا  
( الف )



با دو خط گردش مجزا  
( ب )



با جزیره تقسیم کننده  
( ج )



با جزیره تقسیم کننده و راههای گردش  
( د )

شکل ۲۱. تقاطع T یا Y شکل، هدایت کننده

شکل ۲۱-ب، تقاطعی را با دو راه مجزا برای گردش به راست نشان می‌دهد. این طرح برای شرایطی به کار برده می‌شود که برای این گردشها باید سرعت یا مسیر گردش بالاتر از طرح حداقل تأمین گردد. این طرح در عملکرد و بهبود گردش به چپ تأثیری ندارد. در راههای دوخطه، دو طرفه در شرایطی که خط مخصوص گردش به راست قابل توجیه است، معمولاً "عریض کردن راه عبوری (در امتداد خطوط نشان داده شده در شکل‌های ۲۰-ج و ۲۰-د) نیز عملی است. برای آمد و شد ورودی به راه عبوری، راه گردش به راست باید تا حد امکان باریک در نظر گرفته شود تا از ورود نامناسب و انحراف به چپ خودروهای ورودی به راه عبوری جلوگیری گردد.

شکل ۲۱-ج یک تقاطع هدایت‌کننده را نشان می‌دهد که با قرار دادن یک جزیره جداکننده در راه متقاطع تشکیل شده است. برای انطباق با مسیر گردش خودروهای چپگرد، انتهای جزیره تقسیم‌کننده در شکل ۲/۴ تا ۳/۶ متری لبه روسازی خط راه عبوری قرار داده می‌شود. برای مقدار متوسط و زیاد آمد و شد (نسبت به گنجایش راه)، بهتر است راه عبوری تعریض (لاله‌ای) شود (شکل‌های ۲۰-ج و ۲۰-د).

در شکل ۲۱-د، طرح یک تقاطع با یک جزیره جداکننده و راههای مجزای گردش به راست نشان داده می‌شود. این طرح برای راههای مهم با مقدار آمد و شد متوسط تا زیاد (مثلاً "حدوده ۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت پرآمد و شد) و تعداد زیاد گردش، به کار برده می‌شود. در این طرح، تمام گردشهای تقاطع در خطوط مجزا انجام می‌گیرد. جزایر جداکننده در شکل‌های ۲۱-ج و ۲۱-د، در محل‌های متفاوتی نسبت به محور راه قرار دارند که در هر کدام از آنها می‌توان طرح دیگر را نیز از نظر محل جزیره به کار برد.

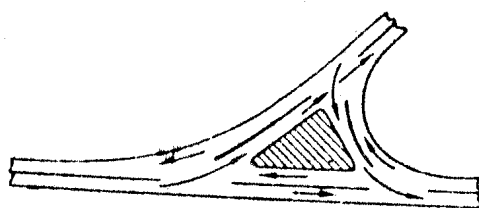
#### ۷-۱-۳. تقاطع هدایت‌کننده، با راههای گردش دوسویه

شکل ۲۲-الف یک تقاطع T یا Y شکلی را نشان می‌دهد که در آن، به کمک یک جزیره بزرگ مثلثی شکل، راههای گردش دو طرفه ایجاد شده است. این طرح به هر دو خودرو چپگرد و راستگرد اجازه می‌دهد که با سرعتی بالاتر از سرعت حداقل حرکت کنند. در این طرح، حرکتها نسبت به طرحهای قبلی جهتدارترند و طول مسیر کوتاهتر است. جنبه‌های نامطلوب این طرح آن است که خودروهای چپگرد، به هنگام عبور از مسیر طبیعی خود، خط مورد استفاده آمد و شد مقابل را به نحوی قطع می‌کنند که عملاً "در هر دو محل ورود و خروج، رودرروی خودروهای مقابل قرار می‌گیرند (نقاط a, b, c). این عبور در محل تقاطع در چنین زاویه‌بازی در هر سرعتی به جز در سرعت کم خطر دارد. طرح شکل ۲۲-الف (در تقاطعهای بدون چراغ راهنما) ممکن است قابل انطباق با محل‌هایی باشد که آمد و شد کم و زمین مسطح است. نصب تابلوی ایست در نقطه مطلوب است. این طرح کلی در مورد تقاطعهای با چراغ راهنما دارای مزایای زیادی است که در رابطه با شکل ۲۲-د شرح داده می‌شود.

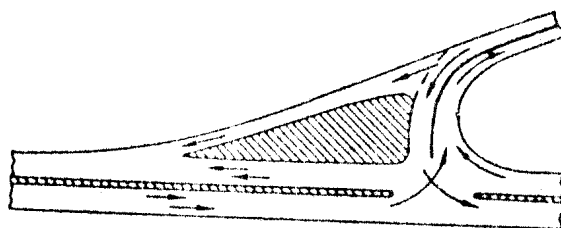




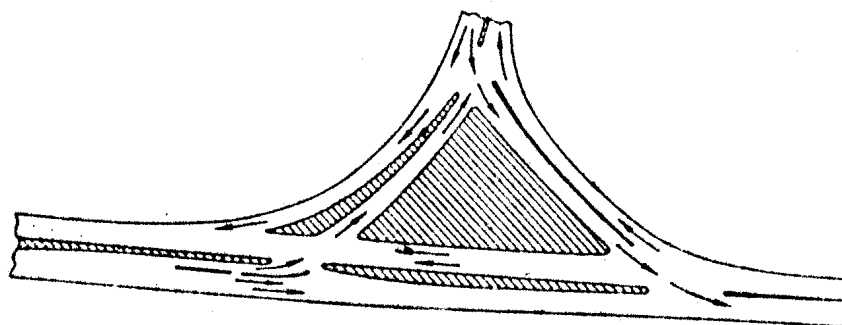
( الف )



( ب )



( ج )



( د )

شکل ۲۲. تقاطعهای T یا Y شکل ، هدایت کننده

جنبه‌های غیرایمن این طرح با تغییر امتداد راه گردش کاهش می‌یابد (شکل ۲۲-ب). در این طرح، شعاع گردش در دهانه‌ها کاهش داده شده (حدود ۶۰ یا ۷۵ متر)، خط لچکی به کار برده نشده و راه گردش (۴-۵ در شکل) تابع قسمتهای دیگر است. جزیره مثلثی باید تا حد امکان بزرگ در نظر گرفته شود (ضلع جانبی معمولاً "حداقل بیش از ۳۰ متر و ترجیحاً" بیش از ۶۰ متر). تعبیه تابلوی توقف در محل ضروری است.

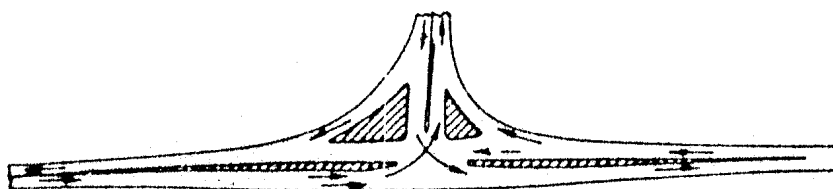
شکل ۲۲-ج، تقاطع با زاویه حادثه‌ای را نشان می‌دهد که یک راه گردش آن یکطرفه است. این طرح ممکن است در راههای دو خطه دوطرفه (جدا نشده) نامطلوب باشد، به دلیل آنکه آمد و شد چپگرد راه عبوری ممکن است اشتباهاً "وارد راه گردش یک طرف ذکر شده بود. این اشکال در شرایطی که راه عبوری دوگانه است، به دلیل وجود میانه وسط راه عبوری، وجود ندارد. در تقاطعهای فرعی (کم اهمیت)، راه گردش یکطرفه بهتر است مانند خط چین نشان داده شده در شکل، حذف شود.

شکل ۲۲-د، طرح تقاطع یک راه چند خطه را نشان می‌دهد که در آن مقدار آمد و شد گردنده زیاد است. در تقاطعهای با آمد و شد زیاد می‌توان راههای گردش را دو خطه در نظر گرفت. در این طرح باید:

- چراغهای راهنما در نقاط h و g (و در صورت امکان ز) هماهنگ گردند؛
- معمولاً "در محلهای g و ز، خط عبور میانه مخصوص گردش به چپ در نظر گرفته شود؛
- جزیره مثلثی شکل به ابعاد بزرگ (عموماً "با ضلع جانبی ۶۰ متر یا بیشتر) برای تأمین محل ذخیره کافی برای خودروهای متوقف شده در نظر گرفته شده باشد تا از ورود صف خودروهای متوقف شده به محل تقاطع قبلی خودداری شود. در این طرح باید دقت شود که تعادل و هماهنگی بین مقدار آمد و شد و گنجایش قسمتهای مختلف وجود داشته باشد. یادآوری می‌شود که این طرح جانشین یک تقاطع مبدل نیست ولی می‌تواند بهتر از انواع معمولی تقاطعهای همسطح آمد و شد را هدایت کند و از خود عبور دهد مشروط بر آنکه به‌طور صحیح طراحی شده باشد. این طرح در محلهایی که مقدار آمد و شد راه عبوری بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت و مقدار گردش به چپ در تقاطع g و h بیش از ۲۰۰ خودرو در ساعت است، دارای مزایای زیادی است.

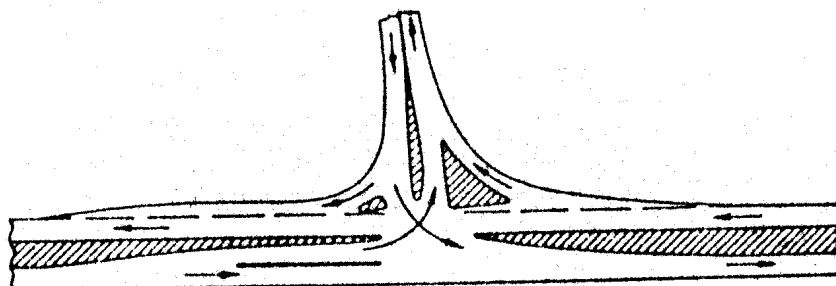
#### ۷-۱-۴. تقاطعهای هدایت‌کننده، با استاندارد بالا

شکلهای ۲۲ و ۲۴ تقاطعهای دارای درجه بالای هدایت‌کنندگی را نشان می‌دهد. این طرح عموماً "در راههای با مقدار زیاد آمد و شد عبوری و گردنده قابل توجیه است. طرح شکل ۲۳ عموماً "برای دهانه شیراهه‌های تقاطعهای مبدل نیمه‌شبدری مناسب است. شکل ۲۳-الف طرح تقاطع یک راه دو خطه‌ای است که در آن، مقدار آمد و شد در حدود گنجایش است. روسازی راه دو خطه عبوری در محل تقاطع به چهار خط با جزیره جداکننده تعریض شده، و در نتیجه در هر طرف، یک خط برای آمد و شد عبوری و یک خط برای آمد و شد گردنده در نظر گرفته شده است. در راه متقاطع، تمام گردشها در خطوط عبور مجزا انجام می‌گیرد.



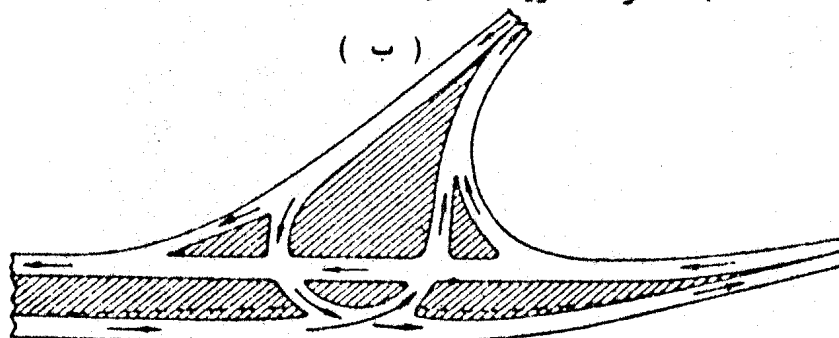
با جزایر تقسیم کننده و راههای گردش

( الف )



با خطوط عبور مجاور میانه

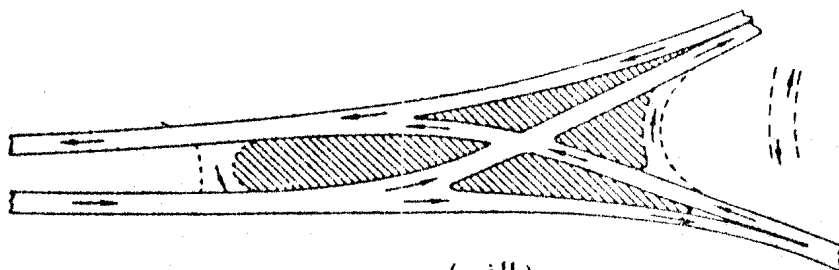
( ب )



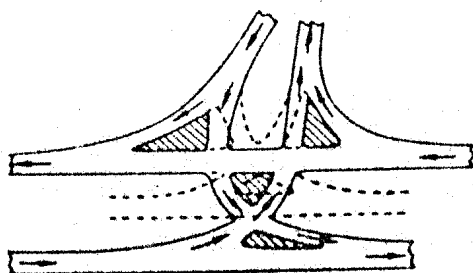
پیازی شکل

( ج )

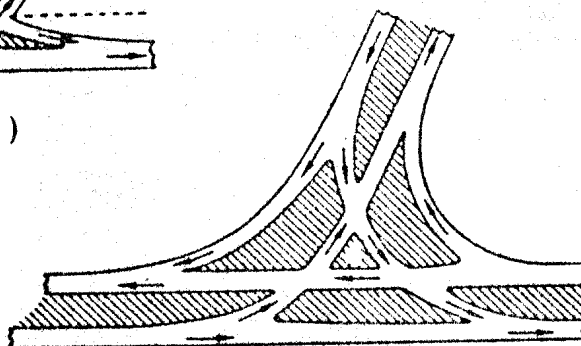
شکل ۲۳. تقاطعهای T یا Y شکل ، هدایت کننده با استاندارد بالا



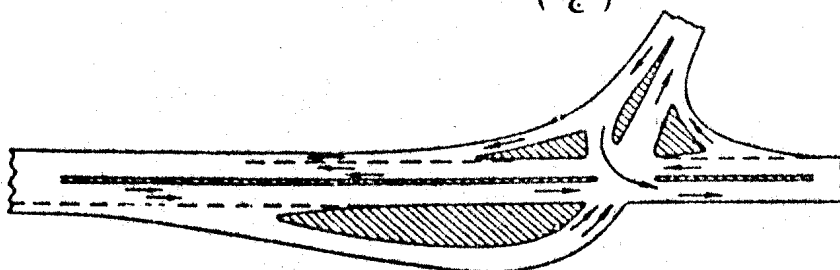
( الف )



( ب )



( ج )



( د )

شکل ۲۴. نقاطهای T یا Y شکل ، هدایت کننده با استاندارد بالا

طرح داده شده در شکل ۲۳- ب برای یک راه جدا شده (میانه‌دار) با مشخصات بررگراه با یک میانه به عرض حدود ۴/۵ تا ۹ متر مناسب است. برای هر مسیر حرکت آمد و شد، یک خط عبور یا یک مسیر مجزا در نظر گرفته شده است. خطوط عبور مجاور میانه برای حرکت‌های گردش به چپ از راه عبوری به اندازه‌ای زیاد است که باید چراغ راهنمای سه مرحله‌ای تعبیه شود. خط میانه را می‌توان به عرض دو خط عبور در نظر گرفت (شکل ۳۸- الف).

شکل ۲۳- ج یک تقاطع پیازی شکل<sup>۱</sup> را نشان می‌دهد که در آن، عرض میانه راه عبوری ۱۲ متر یا بیشتر است. این طرح مناسب محل‌هایی است که حریم راه کافی و سرعت بالاست و مقدار آمد و شد چگردد به اندازه‌ای نیست که به تعبیه چراغ راهنما نیاز باشد. در این طرح، شعاع داخلی قسمت پیازی شکل باید ۲۵ متر یا بیشتر بوده، و به هیچ وجه از ۱۵ متر کمتر در نظر گرفته نشود. در صورت لزوم می‌توان خطوط میانه را مانند خط چین نشان داده شده در شکل نیز در نظر گرفت. این طرح برای راه‌های دو خطه نیز، با جدا کردن دو سوی آمد و شد در محل تقاطع، مناسب است (راه نشان داده شده در سمت راست شکل).

شکل ۲۴- الف یک تقاطع Y شکل هدایت‌کننده‌ای را (با خطوط گردش مجزا) نشان می‌دهد که در آن، راه نسبتاً مهم یکدیگر را در زاویه حاده قطع می‌نمایند. چه راه‌های قطع‌کننده جدا شده باشند و چه جدا نشده، چه تقاطع دارای تابلوی "ایست" باشد و چه چراغ راهنما، این طرح مناسب است. آمد و شد، چگردد تا اندازه‌ای از تقاطع اصلی دور می‌شود و در نقطه a دور می‌زند. آمد و شد راستگرد (مکمل a)، مستقیم‌تر و معمولاً با طرح بیش از طرح حداقل در نقطه b انجام می‌گیرد. عرض میانه در نقطه a باید حداقل ۱۲ متر باشد تا آنکه خودرو سواری بتواند از خط مجاور میانه به خط مجاور میانه طرف دیگر دور بزند. این عرض برای دور زدن کامیون باید حداقل ۲۲/۵ متر باشد (به طرح حداقل لبه روسازی برای گردش ۱۸۰ درجه در جدول ۱ و میحت طرح دور زدن - گردش ۱۸۰ درجه - در این بخش مراجعه شود).

در شرایطی که تأمین چنین عرضی برای میانه عملی نیست، گردش‌های a و b باید به وسیله ایجاد یک راه دو طرفه مجزا، دور از محل تقاطع اصلی (مانند محل c) تأمین شود (مانند محل c در شکل).

شکل ۲۴- ب مشابه طرح پیازی شکل داده شده در شکل ۲۳- ج است. دو راه گردش به چپ طوری طرح شده است که همدیگر را در داخل میانه قطع کنند. در این طرح، عرض میانه باید حداقل ۲۵ متر باشد. جریان گردش به چپ (از بالا به طرف راست) در دو محل تلاقی باید به وسیله تابلوی "ایست" کنترل شود. در شرایطی که مقدار آمد و شد آن قدر هست که نیاز به چراغ راهنما باشد، طرح مذکور برای میانه‌های باریکتر نیز (خط چین نشان داده شده در شکل) مناسب است.

#### 1. Bulb-Type

نوع دیگر این طرح کلی در شکل ۲۴-ج نشان داده شده است. در این طرح، تلاقی دو جریان گردش به چپ در میانه صورت نمی‌گیرد بلکه در یک طرف راه جدا شده انجام می‌پذیرد. عملکرد این طرح مشابه طرح قبلی است و بحث کلی بالا نیز در این مورد صادق است. برای میانه عرض ۱۲ متر یا بیشتر مطلوب است، ولی عرض ۶ متر یا ۴/۵ متر با خطوط عبور مجاور میانه نیز قابل قبول است. با ایجاد فاصله کافی بین راههای گردش و یک جزیره بزرگ در نقطه  $d$  و هماهنگ کردن چراغها در سه نقطه تلاقی جریان آمد و شد، مقدار زیادی آمد و شد از این تقاطع قابل عبور است.

شکل ۲۴-د طرح ویژه‌ای را برای تقاطعهای T و Y شکل در راههای چندخطه نشان می‌دهد. آمد و شد چپگرد راه عبوری به سمت راست هدایت شده، سپس راه عبوری را قطع کرده و مستقیماً وارد راه متقاطع می‌شود. این طرح مناسب شرایطی است که راه متقاطع دارای ساعت شلوغی با مقدار آمد و شد فوق‌العاده زیاد در مدت کوتاهی باشد، مانند محل یک مرکز صنعتی، زمین ورزش، تفریحگاه و غیره. مقدار آمد و شد ورودی و خروجی راه متقاطع عموماً "کم" است (بجز ساعت شلوغ) و بدین دلیل، تعبیه چراغ راهنمای نیمه‌متغیر\* (نیمه خودکار) ممکن است مناسب باشد که در این صورت، در ساعت شلوغ آمد و شد راه متقاطع، چراغ راهنمای گفته شده با دوره تناوب ثابت عمل خواهد نمود. بسته به عرض روسازی و زمانبندی چراغ راهنما، این طرح ممکن است مقدار گردش به چپ (e به g) در حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت، و کل آمد و شدی حدود ۵۰۰ تا ۲۵۰۰ وسیله نقلیه در نقطه h را از خود عبور دهد؛ این به شرطی انجام می‌گیرد که در موقعی که آمد و شد e به g حداکثر است، مقدار آمد و شد g به e از ۱۰۰ وسیله نقلیه در ساعت کمتر باشد. این طرح برای شرایطی بسیار مناسب است که مقدار زیاد آمد و شد ایجاد یک تقاطع غیرهمسطح مبدل را ضروری می‌سازد ولی به دلیل کوتاه بودن دوره زمانی آمد و شد زیاد مثلاً " (آمد و شد فصلی) ، ایجاد تقاطع غیرهمسطح قابل توجیه نیست.

#### ۷-۱-۵. مثالهایی از سراهیهای موجود

در شکلهای ۲۵ تا ۳۴، نمونه‌هایی از تقاطعهای T و Y شکل نشان داده شده است. این طرحها فقط برای نشان دادن نمونه‌هایی از تقاطعهای موجود ارائه می‌شود و ممکن است در آنها ابعاد و یا عوامل زیادی کمتر از حد استاندارد طرح شده باشد و به همین دلیل، آنها را نباید بدون مطالعه و اصلاح مورد استفاده قرار داد.

در این شکل، طرح یک تقاطع T شکل با یک جزیره تقسیم‌کننده بزرگ که در موقعیت میانه راه قطع‌کننده قرار دارد، نشان داده شده است. این طرح مشابه طرح شکل ۲۱-ج است. فضای لازم برای قرار دادن جزیره با تعریض (لاله‌ای کردن) روسازی راه متقاطع و به کار بردن شعاع بیش از طرح حداقل.

---

\* چراغ راهنمای متغیر یا خودکار (اتوماتیک) دارای سیستمی است که به‌طور خودکار برای جهتی که آمد و شد وجود دارد، سبز می‌شود؛ سیستم نیمه‌خودکار به این معنی است که فقط برای تعدادی از شاخه‌های تقاطع (ونه تمام آنها) چراغهای خودکار وجود دارد.

(۲۵ متر و ۲۳ متر) تأمین شده است. به نظر می‌رسد که این طرح برای مقدار آمد و شد نشان داده شده کافی است. سیستم کنترل آمد و شد در این تقاطع، از یک تابلوی "ایست" برای آمد و شد ورودی از راه متقاطع تشکیل شده است.

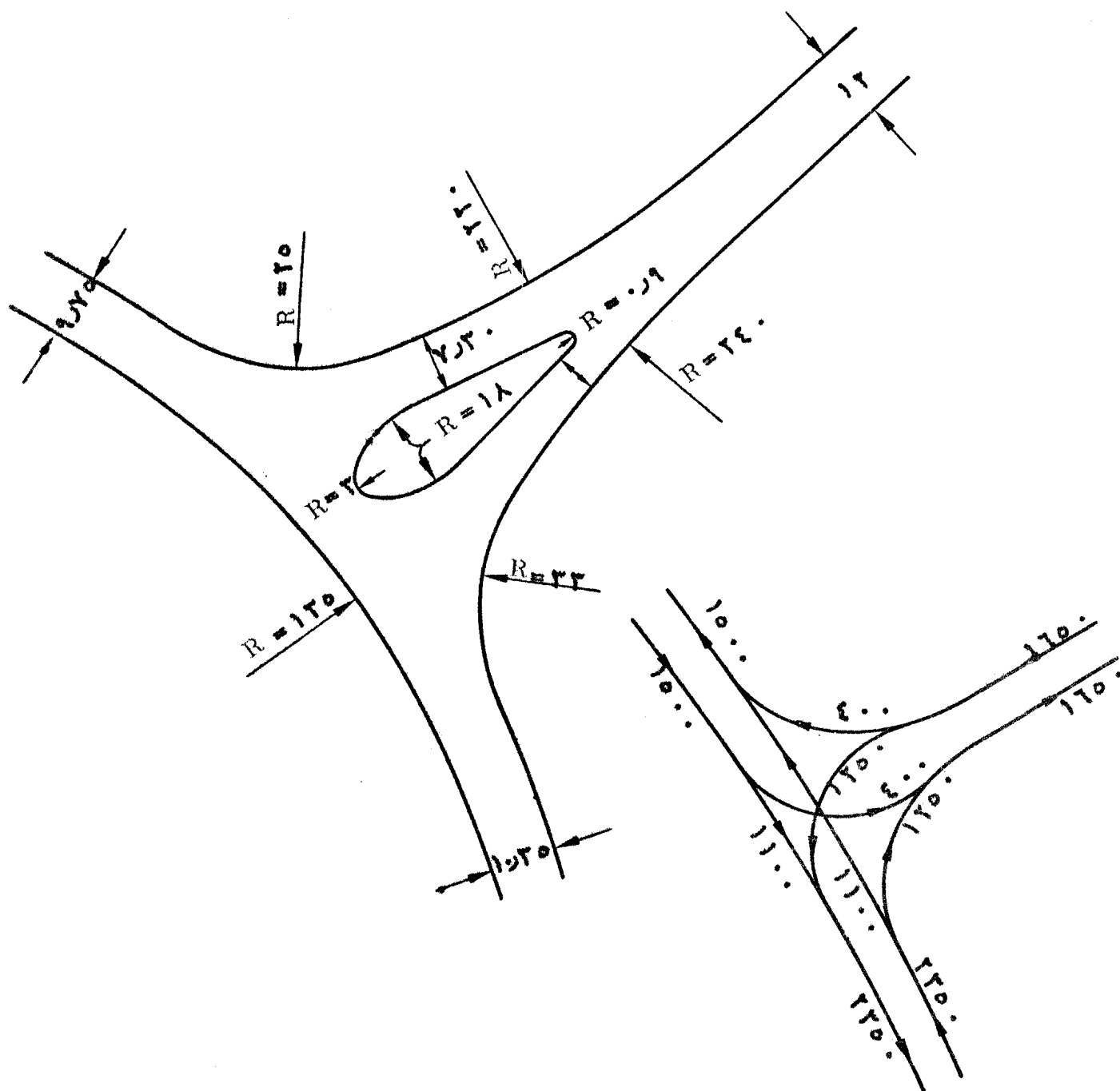
این طرح مشابه طرح قبلی و طرح یک تقاطع T شکل واقع در یک منطقه کوهستانی است، لیکن دارای یک راه گردش به راست اضافی بین شاخه سمت چپ بالا و شاخه پایین تقاطع، برای مقدار نسبتاً زیاد آمد و شد راستگرد می‌باشد. شعاع سایر خطوط گردش به راست برابر با ۱۲ متر در نظر گرفته شده است. در این طرح، شاخه‌های عریض تقاطع، فضای لازم برای ایجاد جزایر تقسیم‌کننده بزرگ را تأمین کرده است. این طرح برای شرایطی مناسب است که در آن، آمد و شد در یک چهارم سمت چپ پایین تقاطع از آمد و شد سمت راست پایین به مراتب زیادتر است. سرعت‌های تقرب در شاخه‌های تقاطع در حدود ۷۰ کیلومتر در ساعت است. در این تقاطع، به دلیل سرعت و شیب زیاد، نصب تابلوهای بزرگ راهنما و خطکش‌های هشدار دهنده در شاخه‌های پایین تقاطع ضروری است. سیستم کنترل آمد و شد در این تقاطع از یک تابلو "ایست" تشکیل شده است که در راه قطع‌کننده قرار دارد.

یک سهراهی برونشهری - در این طرح، راه دوخطه اصلی در محل تقاطع به راه جدا شده تبدیل شده است. در این تقاطع، یک خط گردش به راست با شعاع ۶۰ متر در ربع سمت راست بالا و یک خط عبور گردش به چپ مجزا در شاخه سمت چپ تقاطع برای مقدار نسبتاً زیاد آمد و شد در نظر گرفته شده است. راه بالایی در شیب قرار دارد و، همان‌طور که دیده می‌شود، یک خط ویژه برای عبور کامیون در نظر گرفته شده است. یک علامت "ایست" آمد و شد ورودی به راه عبوری را کنترل می‌کند.

یک تقاطع T شکل واقع در منطقه برونشهری درختکاری شده - هر دو راه متقاطع راه‌های دوخطه هستند که در محل تقاطع تعریض شده‌اند و با ایجاد میانه به راه جدا شده تبدیل گردیده‌اند. در هر سه شاخه تقاطع، شیب کمتر از ۰/۰۱ است. در طرح، یک خط گردش به چپ برای گردش آمد و شد راه عبوری، و قوس‌های مرکب لبه‌روسازی برای گردش‌های به راست در نظر گرفته شده است. تقاطع دارای سیستم روشنایی است و در راه قطع‌کننده، علامت "ایست" در نظر گرفته شده است.

یک تقاطع Y شکل با راه‌های جدا شده - فاصله دید برای آمد و شد شاخه سمت راست بالا به وسیله یک زیرگذر راه آهن محدود شده است این طرح، قبلاً "که بدون راه‌های جداکننده و چراغ راهنما بود، تصادف‌های زیادی را موجب می‌شد. از زمانی که تقاطع به صورت هدایت‌کننده (راه‌های جدا شده) درآمده و چراغ راهنما نصب شده است، مقدار تصادفات بسیار کاهش یافته است. تقاطع دارای سیستم روشنایی و چراغ راهنمای سه‌زمانه خودکار است.

یک تقاطع Y شکل برونشهری - راه عبوری (دوخطه دو طرفه) در محل تقاطع به راه‌های جدا شده تبدیل شده است. گردش‌های به چپ محدودی که در شاخه پایین سمت راست وجود دارد، از طریق



متوسط آمد و شد روزانه در سال ۱۹۶۲

شکل ۲۵. تقاطع سه راهی موجود T، شکل با جزیره تقسیم کننده



دورزدن در محل بریدگی ایجاد شده در میانه در فاصله دوری از تقاطع، صورت می‌گیرد.

یک تقاطع T شکل واقع در پیچ یک راه عبوری -- راه دوخطه عبوری به تدریج به راه جدا شده با میانه ۱۵ متر تعریف شده است. گردشهای به چپ در قوسهای پیازی شکل به شعاعهای ۱۵ متر انجام می‌گیرد. در این طرح، مقدار زیادی به آمد و شد راستگرد شاخه سمت چپ پایین اولویت داده شده است. فاصله دید بسیار خوب بوده، و سرعت تقریباً ۶۵ کیلومتر در ساعت است. سیستم کنترل این تقاطع شامل یک علامت "ایست" برای گردش به چپ از شاخه سمت چپ پایین به شاخه بالایی است.

یک تقاطع T شکل با راههای جدا شده (هدایت‌کننده) برای آمد و شد زیاد -- راه عبوری اساساً ۴ خطه و راه متقاطع دوخطه است که در محل تقاطع با ایجاد میانه به راههای جدا شده تبدیل شده‌اند. تقاطع در محل مسطحی قرار دارد.

این تقاطع دارای چراغ راهنمای سه زمانه است و در محلهای گردش به راست نیز تابلوی "گردش به راست با احتیاط آزاد" نصب شده است.

یک تقاطع Y شکل و یا T مورب با راههای مجزا برای گردشها با استاندارد بالا -- قوسها با شعاعهای بزرگ طرح شده‌اند و شعاع قوسهای گردش به چپ برای سرعتهای تا ۶۵ کیلومتر در ساعت مناسب است. آمد و شد راستگرد بدون توقف عبور می‌کند. آمد و شد چپگرد و آمد و شد عبوری هر قسمت بالا به وسیله چراغ راهنمای خودکار کنترل می‌شوند.

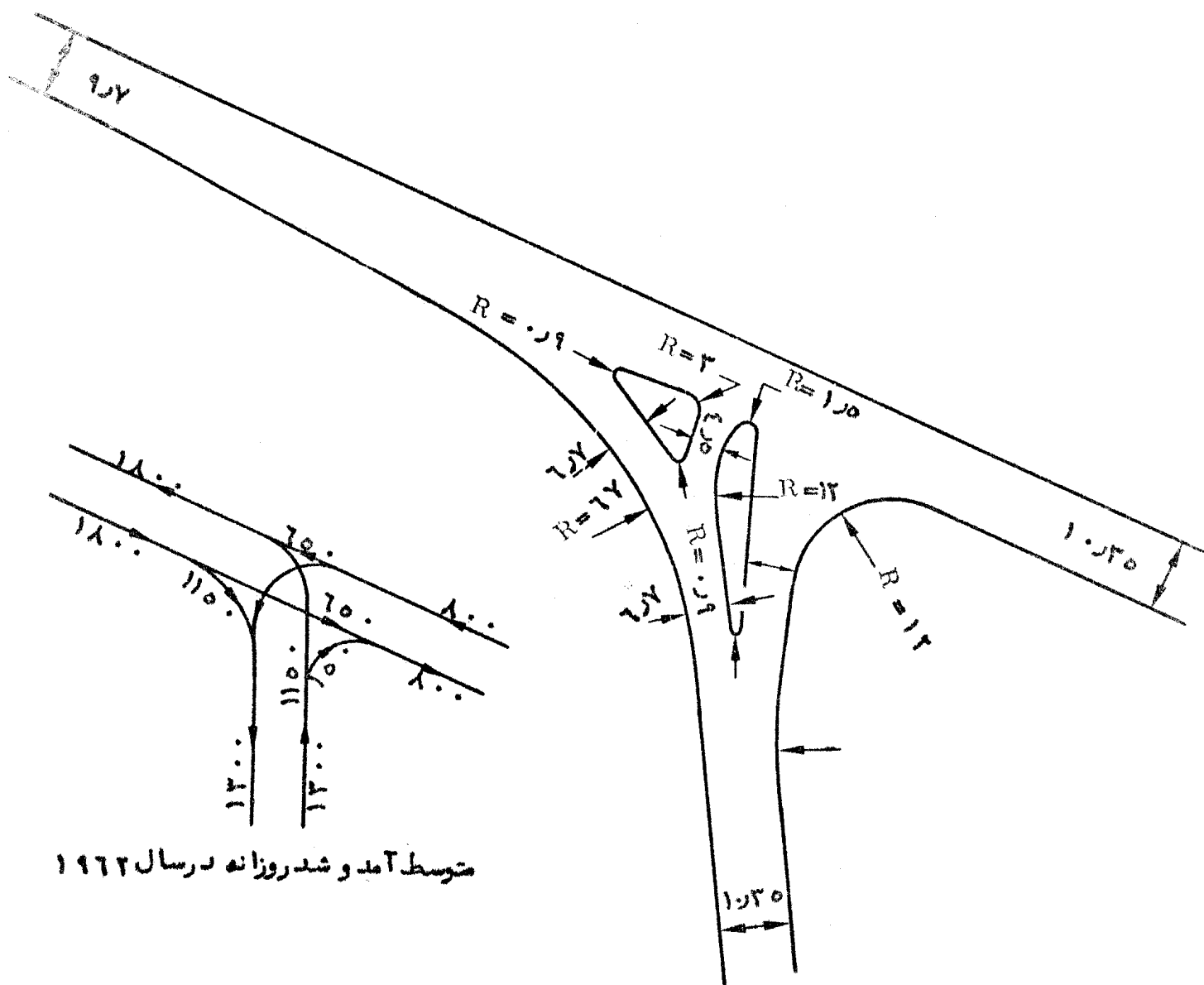
یک تقاطع پیازی شکل در منطقه برونشهری -- در این تقاطع، یک راه دوخطه، یک راه چهار خطه جدا شده با میانه ۱۷ متر را قطع می‌کند. گردش به راستها به وسیله قوسهای با استاندارد بالا تأمین شده‌اند. در راه جدا شده عبوری، قطعه با آمد و شد ضربدری (به طول ۶۰ متر) برای آمد و شد چپگرد، تعریف شده است.

#### ۲-۷. تقاطعهای چهارشاخه (چهار راه)

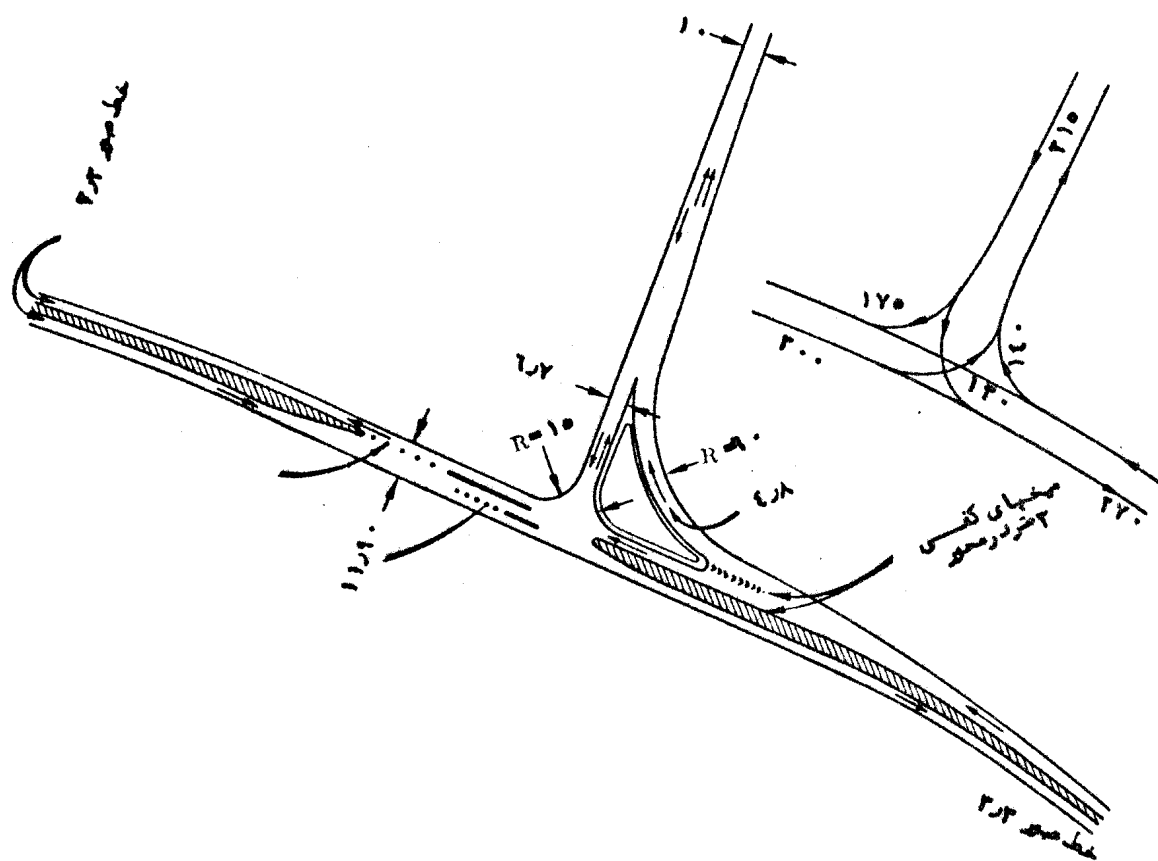
در شکلهای ۳۵ تا ۳۸، انواع کلی چهارراهها نشان داده شده است. اصول و معیارهای کلی طرح، ترتیب و محل جزایر، روسازیهای کمکی و عوامل متعدد دیگری که در طرح تقاطعهای T و Y شکل شرح داده شده، برای چهارراهها نیز صادق است.

#### ۲-۷-۱. چهارراههای ساده، معمولی و تعریف شده (لالهای)

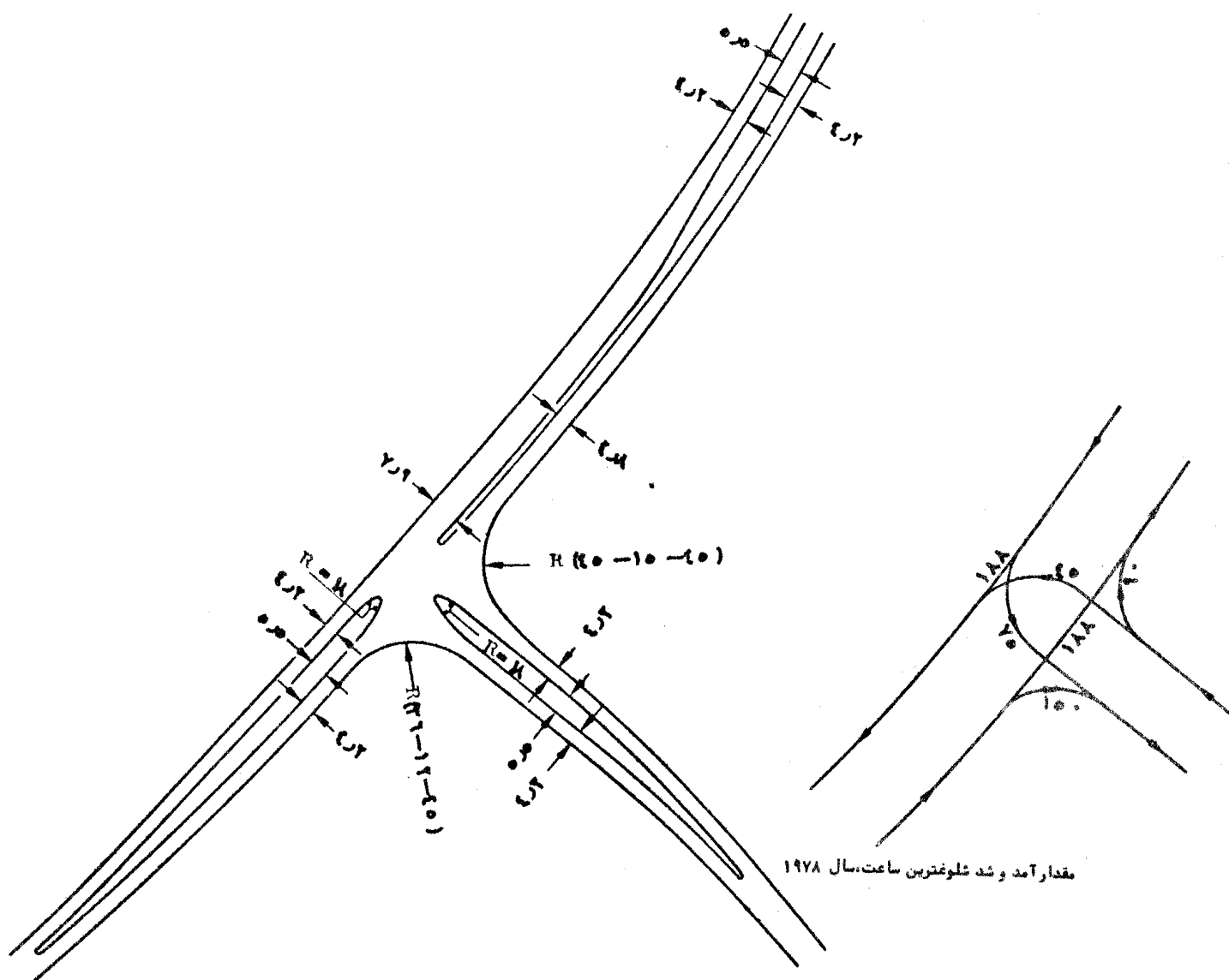
شکل ۳۵- الف ساده‌ترین شکل یک چهارراه را نشان می‌دهد. این طرح برای تقاطعهای فرعی و محلی و نیز راههای فرعی که یک راه اصلی با مقدار کم آمد و شد گردنده (و زاویه اریب کم) را قطع می‌نماید، مناسب است.



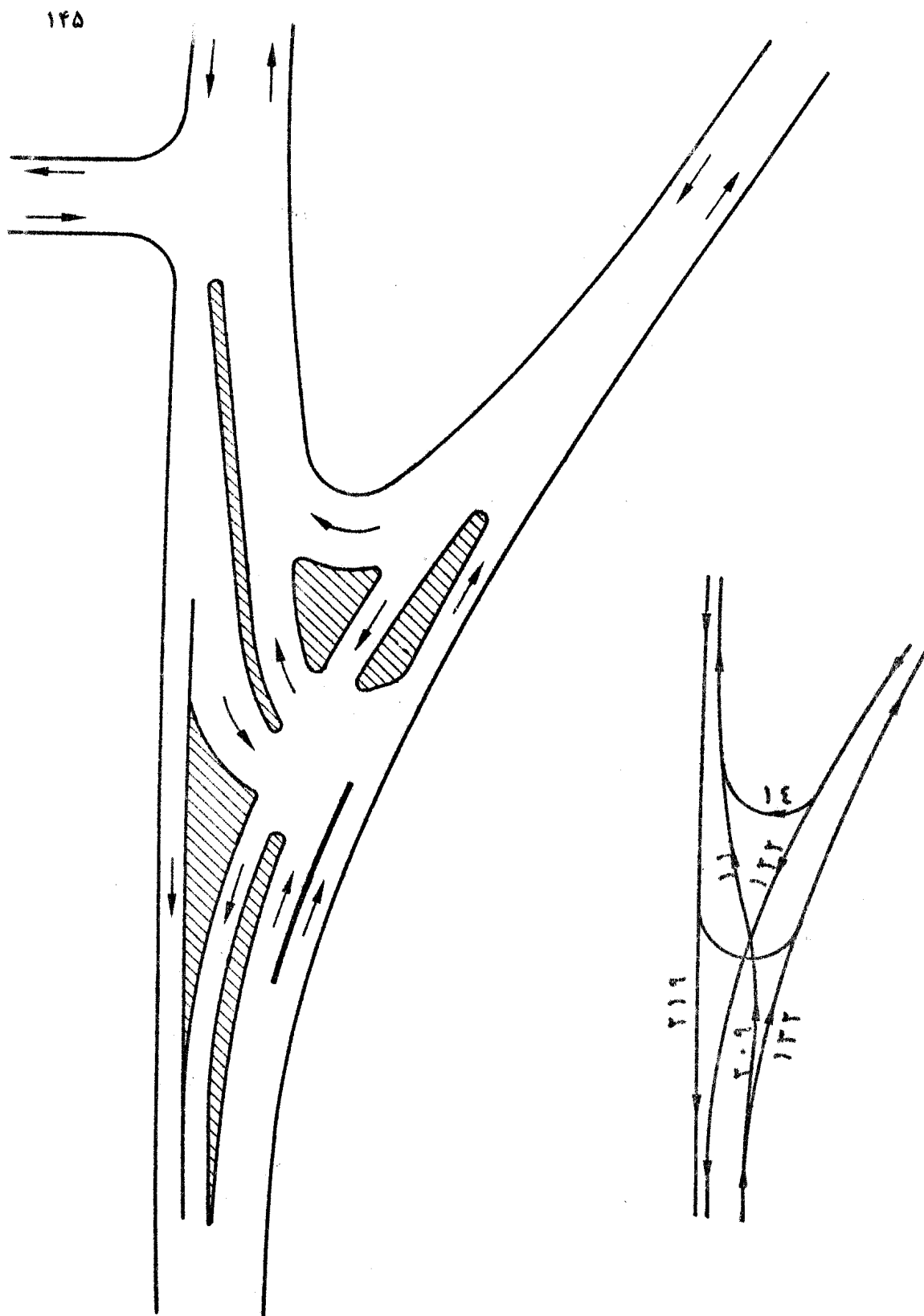
شکل ۲۶. تقاطع سه راهی موجود، T شکل هدایت کننده



شکل ۲۷. تقاطع سواره‌ی موجود T، شکل هدایت‌کننده

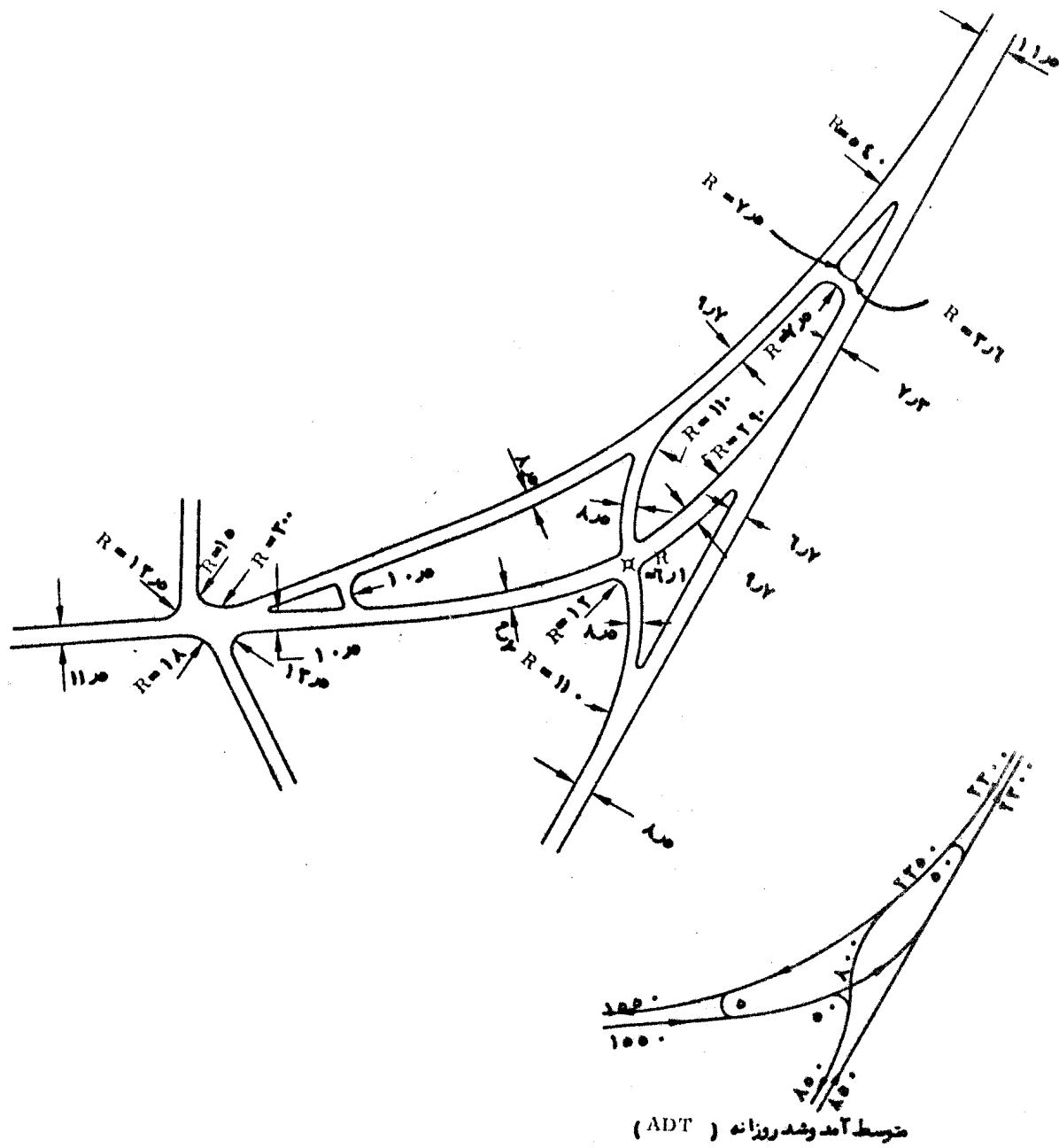


شکل ۲۸. تقاطع سه‌راهی موجود، شکل هدایت‌کننده به جویبار تقسیم‌کننده



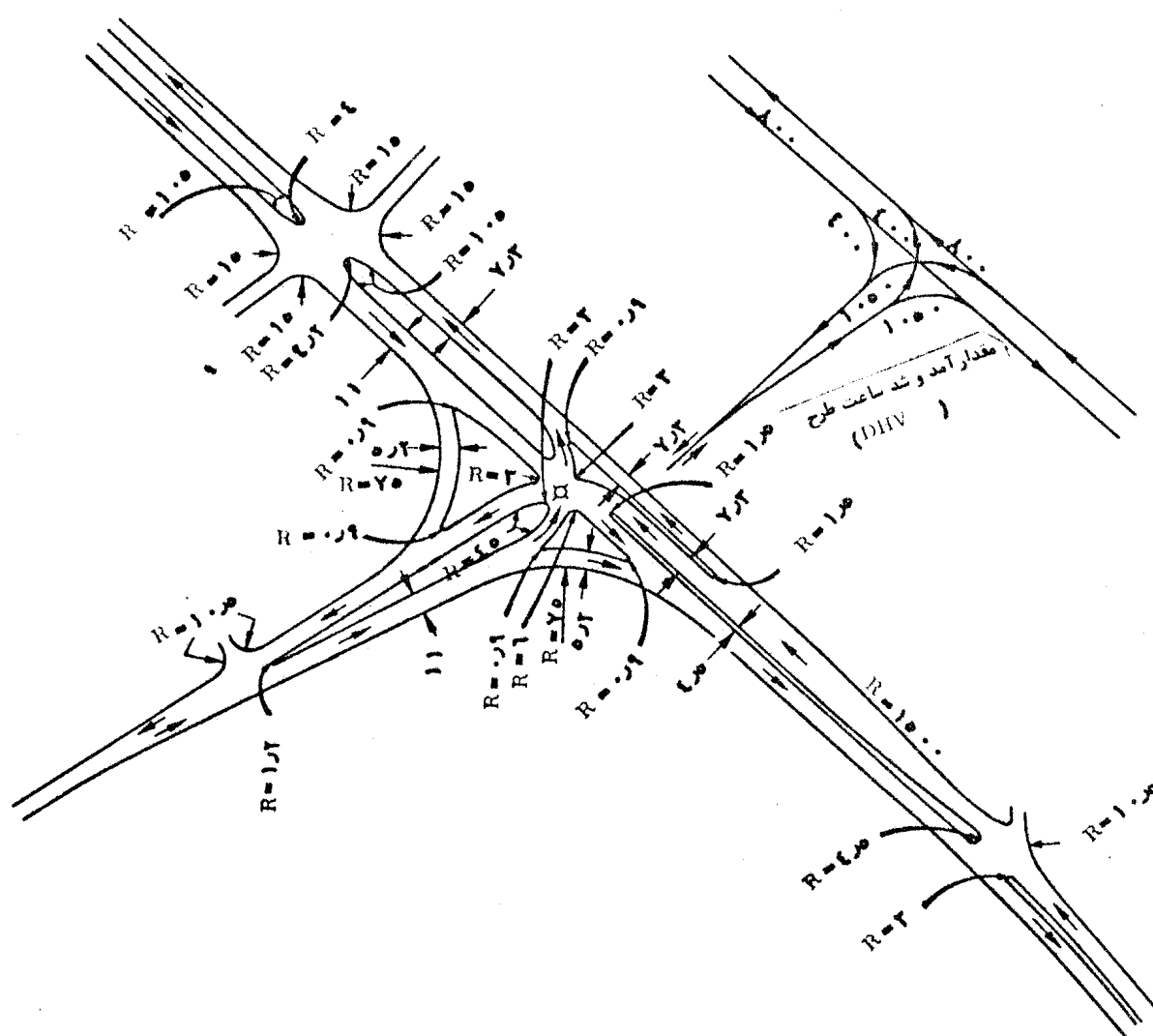
مقدار آمد و شد در شلوغترین ساعت

شکل ۲۹. نقاط سهرامی موجود - شکل ۷ هدایت کننده



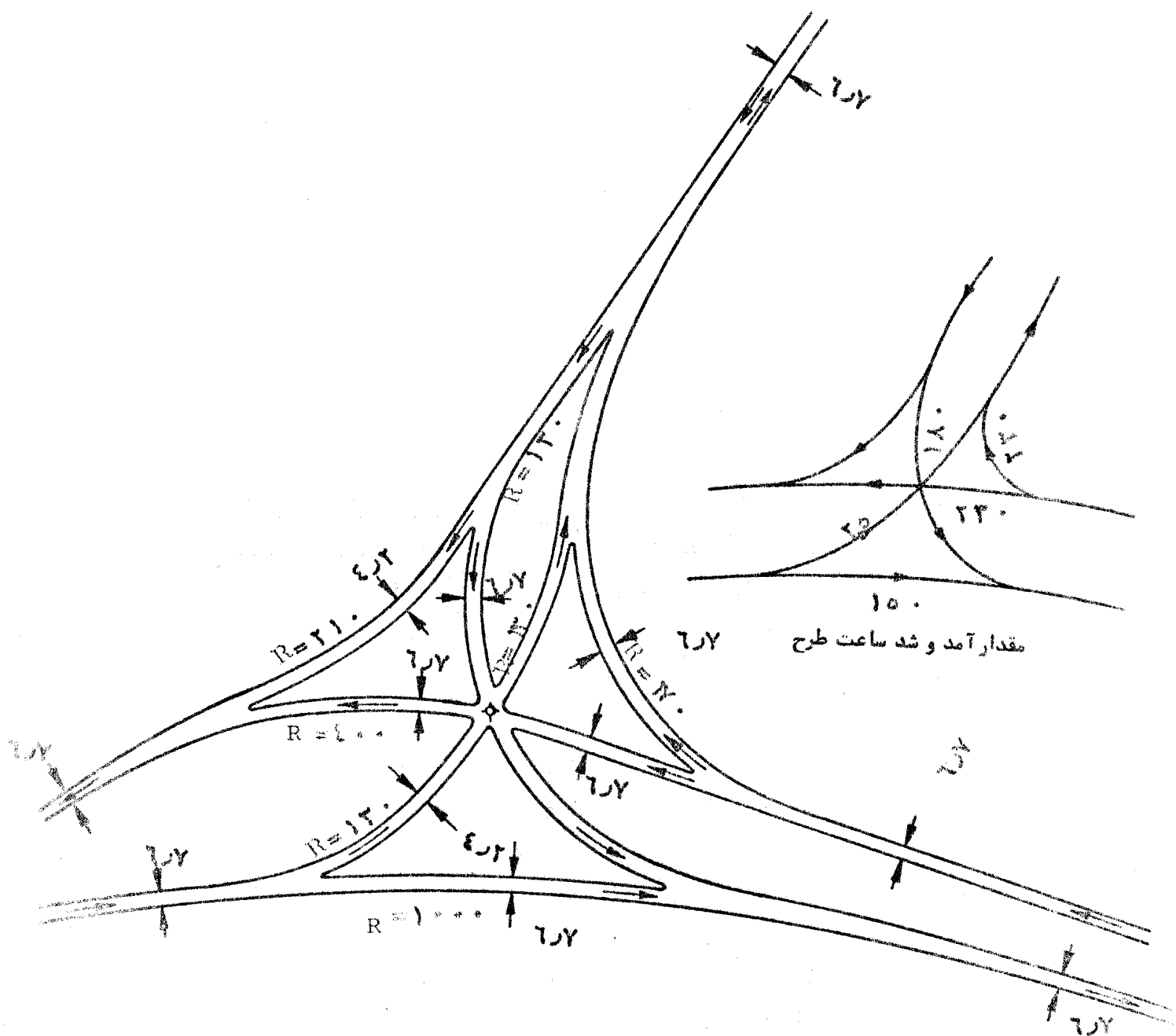
شکل ۳۰. تقاطع سواره‌ای موجود، هدایت‌کننده، شکل ۷





شکل ۳۲. تقاطع سراهی موجود، هدایت‌کننده، راه جدا شده





شکل ۲۳. نقاط سهراهی موجود، هدایت کننده، راه جدا شده



شکل ۳۵- ب طرح یک چهارراه تعریض شده (لاله‌ای) را نشان می‌دهد که در آن، گنجایش آمد و شد عبوری و گردنده در محل تقاطع، به دلیل تعریض روسازی افزایش داده شده است. خط عبور کمکی در هر طرف خطوط عبوری این امکان را به وسایل نقلیه می‌دهد که به راحتی از کنار خودروهایی که سرعت خود را برای گردش کاهش داده‌اند، عبور کند. بسته به مقدار آمد و شد و نوع کنترل آن، طرح تعریض با اضافه نمودن یک خط عبور سواری کمکی (مانند راه افقی نشان داده شده در شکل)، یا با تعریض تدریجی روسازی (لچکی، مانند راه متقاطع در شکل) انجام می‌گیرد. تعریض معمولاً "در شاخه‌های روبه‌رو به طور یکسان انجام می‌گیرد. در شرایطی که آمد و شد در راه اصلی زیاد است (در حدود گنجایش)، یا آنکه آمد و شد در راه اصلی و راه متقاطع به مقداری است که نصب چراغ راهنما را لازم می‌سازد، ایجاد خط عبور کمکی موازی ضروری است. طول خط کمکی باید طوری باشد که امکان تغییر (کاهش یا افزایش) سرعت را به خودرو بدهد. این طول، بدون خط لچکی، معمولاً "بیش از ۵۰ متر برای شاخه‌های نزدیک شونده به تقاطع و ۶۰ متر برای شاخه‌های دور شونده از آن می‌باشد.

شکل ۳۵- ج طرح یک تقاطع تعریض شده‌ای است که در آن، آمد و شد نزدیک شونده به تقاطع با خطکشی روسازی و میانه جدا شده است. این طرح برای راه‌های دوخطه که سرعت در آنها زیاد بوده، و در نتیجه گردش به چپ ناامن است، مناسب می‌باشد. در بهترین نقطه، خطکشی روسازی باید حداقل ۳/۶ متر پهنا داشته باشد و خطوط عبور در دو طرف آن باید حدود ۵/۵ تا ۱ متر بهتر از خطوط عبور معمولی باشند؛ بدین ترتیب، عرض کل روسازی در محلی که تعریض حداکثر است، حدود ۱۲ متر می‌باشد. این طرح برای آمد و شد چپگرد از طرح داده شده در شکل ۳۵- ب مناسبتر و ایمنتر است. یادآوری می‌شود که کاربرد جدول به جای خطکشی دارای عملکرد بهتری است ولی در شرایطی که مسئله برف رویی و نگهداری وجود دارد و یا آنکه ممکن است جدول به علت سرعت زیاد خودروها در راه اصلی (بویژه راه‌های برونشهری) خطرناک باشد، بهتر است از خطکشی استفاده شود.

#### ۷-۲-۲. چهارراه‌های هدایت‌کننده، با راه‌های گردش و جزایر تقسیم‌کننده

در شکل ۳۶، شکل‌های متداول این نوع تقاطعها با خطوط جداکننده ساده نشان داده شده است. در تقاطع‌های غیرفرعی، راه‌های گردش به راست غالباً "به صورتی هستند که در شکل ۳۶- الف نشان داده شده است؛ این راهها برای گردشهای زیاد، یا در محلهایی که خودروهای بزرگ از تقاطع عبور می‌کنند و در تقاطع‌های فرعی در ربعی که زاویه گردش خیلی بیشتر از ۹۰ درجه است، به کار برده می‌شوند.

شکل ۳۶- ب یک تقاطع غیرقائم با اریب بیش از ۴۵ درجه و با راه‌های گردنده مجزای دوخطه در یک ربع تقاطع (در طرف زاویه حاده) را نشان می‌دهد. نقاط متعدد برخورد همراه با زاویه اریب بزرگ ممکن است این نوع تقاطع را غیرایمن سازد. در شرایطی که مقدار اریب زیاد است، باید امتداد یک و یا هر دو راه قطع‌کننده اصلاح شود تا از زاویه اریب کاسته شود؛ در مواردی که جا به اندازه کافی وجود دارد نیز می‌توان تقاطع را به صورت ۷ شکل با خط گردش مضاعف ساده طرح کرد (مانند شکل ۲۵- الف).

شکل ۳۶- ج تقاطعی را با راههای گردش به راست در چهار ربع تقاطع نشان می دهد. این طرح برای محللهایی مناسب است که زمین به حد کافی در دسترس است و مقدار آمد و شد گردنده، بویژه در مناطق شهری و اطراف آن که عابر پیاده وجود دارد، زیاد است. در شرایطی که یکی (یا بیشتر) از حرکت های آمد و شد راستگرد به راه مجزا نیاز دارد، معمولاً "روشازی برای آمد و شد چپگرد باید تعریض شود؛ در این صورت، بهتر است طرح تقاطع به صورت شکلهای ۳۵- ب، ۳۵- ج و ۳۵- د عملی شود.

شکل ۳۶- د تقاطعی را با جزایر جداکننده در راه متقاطع نشان می دهد. این طرح برای آمد و شدهای مختلف مناسب است و گنجایش مورد نیاز با افزایش عرض روسازی در تقاطع تأمین می شود.

شکل ۳۶- ه طرح مناسبی برای تقاطعهای مختلف (بجز فرعی) راهی که آمد و شد آن در حدود گنجایش است و یا برای شرایطی مناسب است که مقدار آمد و شد متوسط بوده، اما سرعت زیاد است. راه اصلی (دوخطه) در محل تقاطع به راه چهارخطه با جزایر جداکننده تبدیل شده است. با روسازیهای اضافی، محل برای تغییر سرعت و گردش و محل ذخیره برای خودروهای گردنده تأمین شده است.

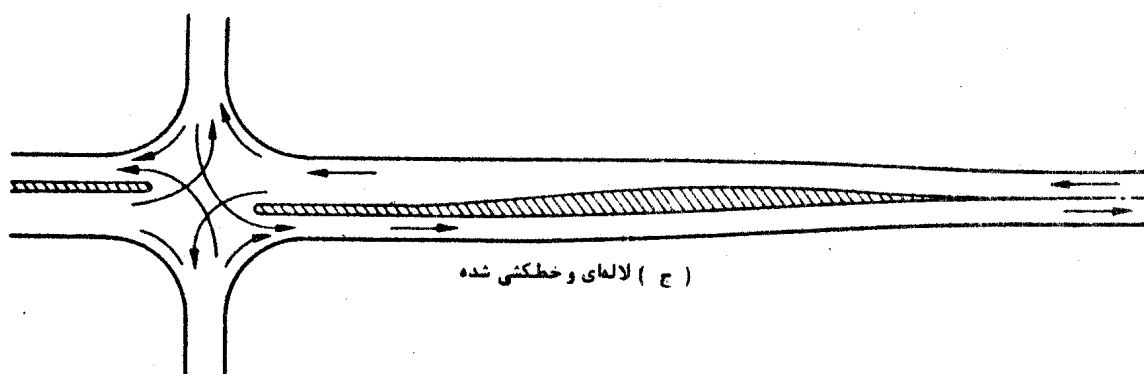
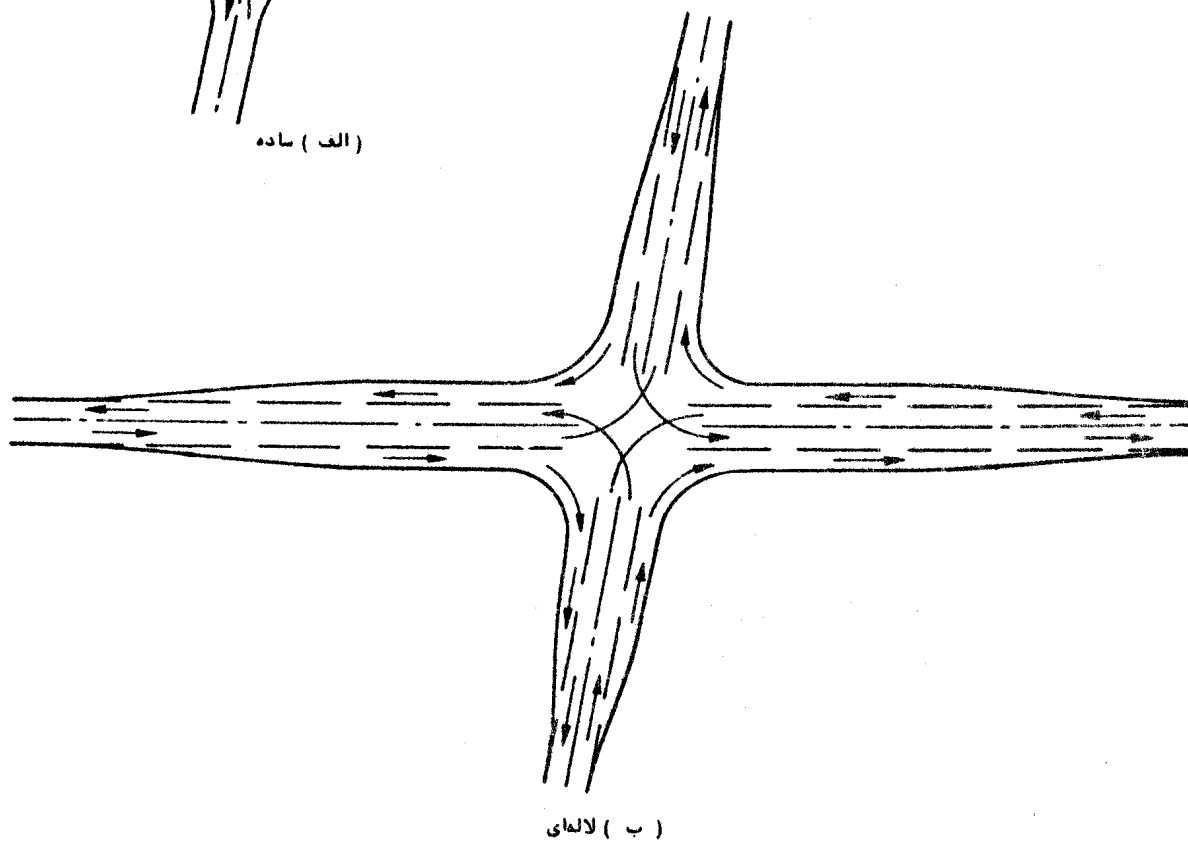
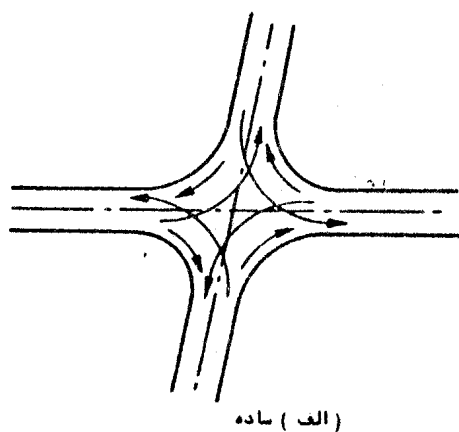
#### ۳-۲-۷. چهارراه هدایت کننده، با استاندارد بالا

شکل ۳۷- الف تقاطعی را نشان می دهد که در آن، آمد و شد گردنده در ربع تقاطع سمت راست پایین قابل توجه است و در نتیجه، یک خط مجاور میانه و یک خط گردش به راست مجزا در نظر گرفته شده است. سایر گردشها در این تقاطع فرعی است.

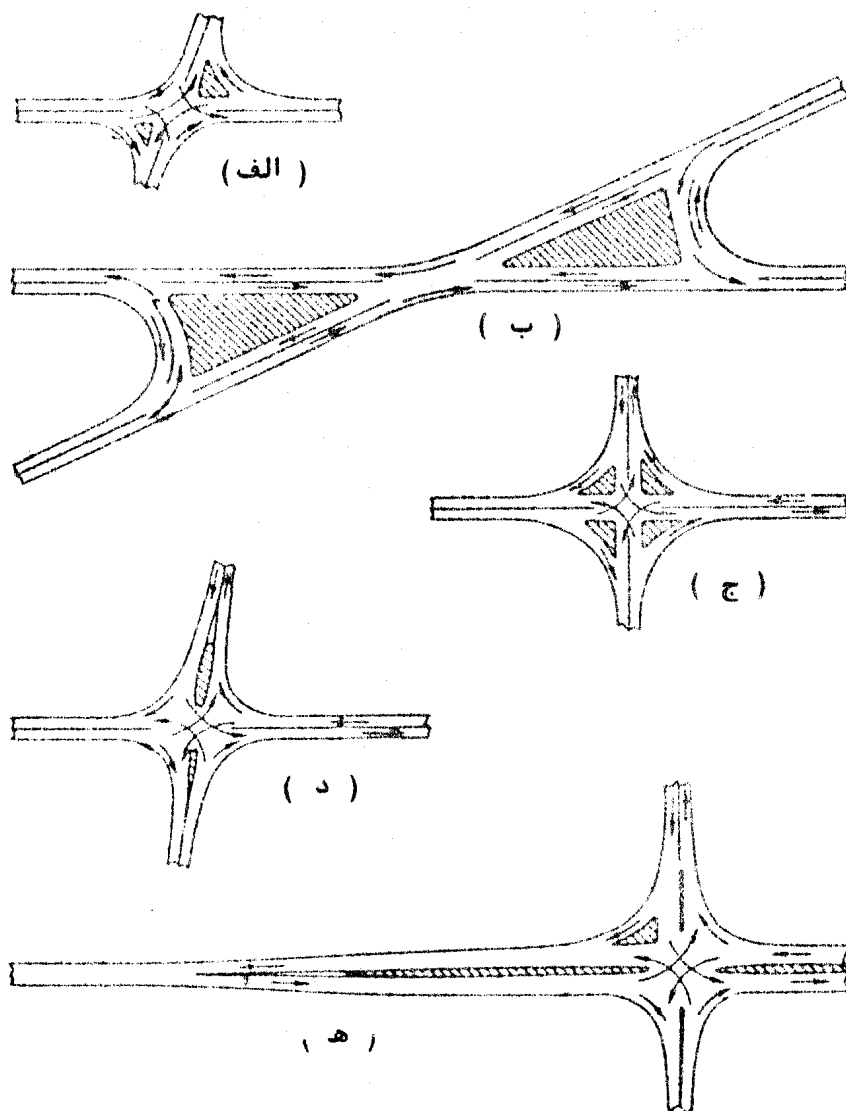
شکل ۳۷- ب طرح یک تقاطع را برای یک بزرگراه و سایر راههای جدا شده با سرعت بالا در یک تقاطع مهم نشان می دهد.

راههای گردش به راست با خطوط تغییر سرعت و خطوط مجاور میانه برای آمد و شد چپگرد، عملکرد بسیار مناسبی در این طرح دارند و گنجایش آنها نیز زیاد است و در ضمن، حرکت سریع آمد و شد را در راه عبوری تأمین می کنند.

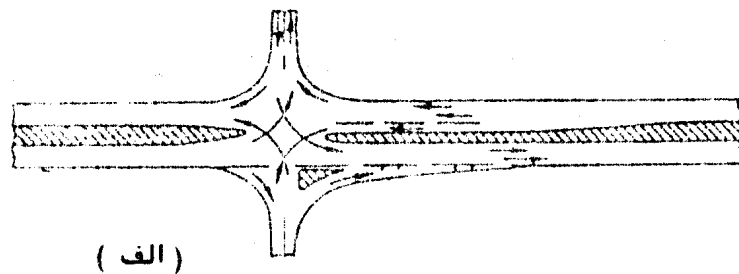
شکل ۳۷- ج طرح یک تقاطع را با خطوط عبور کاملاً "مجزا برای تمام شاخه های تقاطع که دارای یک جزیره میانی هستند، نشان می دهد در هریک از راهها، راههای عبور هرطرف باید حداقل ۲۵ متر از هم فاصله داشته باشند. جزیره میانی باید نسبت به روسازی خطوط عبور اصلی و خطوط مجاور میانی به طور مناسبی عقب نشینی داشته باشد و شعاع قوسها در هر طرف نباید کمتر از ۹ متر باشد. این طرح برای تقاطعهای مهم در راههای اصلی جدا شده که حریم راه به اندازه کافی زیاد بوده و میانه ها عریض هستند، یا برای آنکه بتوان راههای آمد و شد دو طرف را به اندازه کافی و به شکلی خوشایند از هم جدا نمود، مناسب است. در این طرح، آمد و شد را می توان با علامت "ایست" و یا چراغ راهنما کنترل کرد.



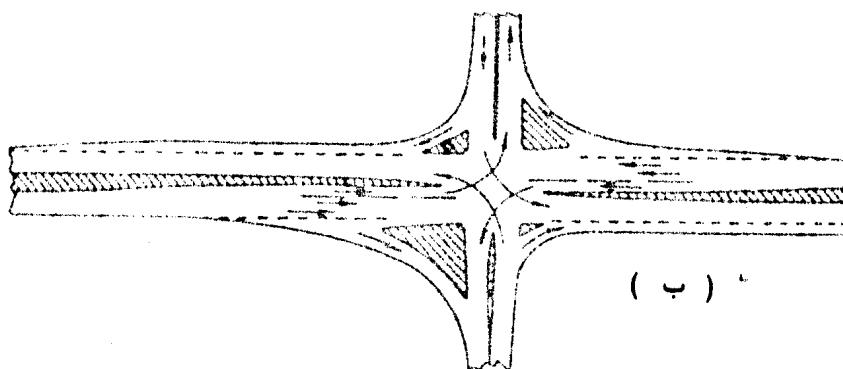
شکل ۳۵. تقاطع چهارراه، هدایت نشده، ساده و لاله‌ای



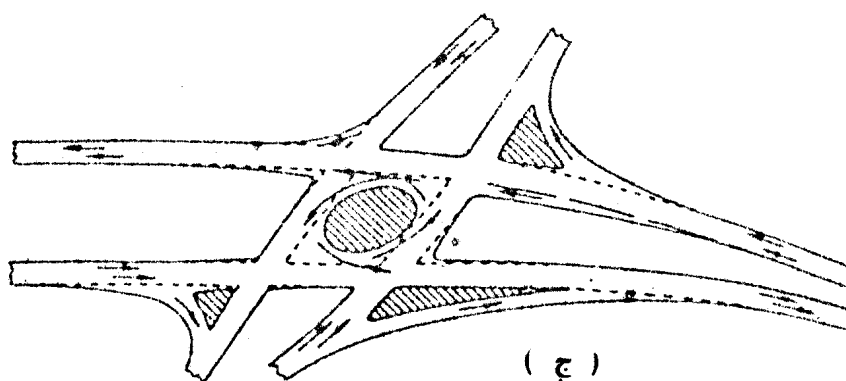
شکل ۳۶. تقاطع چهارراه، هدایت شده



( الف )



( ب )



( ج )

شکل ۳۷. تقاطع چهارراه، هدایت شده با استاندارد بالا

شکل ۳۸- الف طرح یک تقاطعی را نشان می‌دهد که در آن، راه ویژه گردش به چپ دو خطه برای یکی از حرکت‌های چپگرد وجود دارد. این طرح، برای طرفی که مقدار آمد و شد زیاد است، به چراغ راهنما با چراغ مخصوص گردش به چپ نیاز دارد.

این طرح برای آن دسته از مناطق درون‌شهری و یا اطراف‌شهری بسیار مناسب است که در آنها مقدار گردش به چپ در یک ربع تقاطع زیاد است. دو خط مجاور میانی باید از طریق جریره جداکننده طویل یا خطکشی از مسیر آمد و شد عبوری جدا شوند. خطکشی راه و شکلهای متفاوت روسازی و علایم باید طوری باشد که از ورود آمد و شد عبوری به خطوط مجاور میانی جلوگیری کند.

شکل ۳۸- ب طرح تقاطعی است که در آن، آمد و شد عبوری و آمد و شد گردنده در یک ربع تقاطع به‌طور غیرمعمولی زیاد است. در این طرح، محلهای تلاقی هر سه نقطه برخورد آمد و شد باید حداقل ۶۰ متر و ترجیحاً ۹۰ متر یا بیشتر از هم فاصله داشته باشند. یک خط میانی باید برای هدایت آمد و شد چپگرد به داخل ربع سمت چپ بالای تقاطع ایجاد شود. این طرح ممکن است در شرایطی به‌کار برده شود که ساختن تقاطع غیرهمسطح به‌دلیل مسطح بودن منطقه تقاطع و وجود نسبت درصد زیاد وسایل نقلیه سنگین و، یا دلایل دیگر، غیرعملی باشد. با افزایش مقدار آمد و شد گردنده در ربعهای دیگر تقاطع، ممکن است ایجاد یک راه قطری دیگر مفید باشد. در این حالت، ساختن تقاطع غیرهمسطح به‌جای تقاطع مذکور تقریباً "اجتناب‌ناپذیر است".

#### ۷-۲-۴. نمونه‌هایی از چهارراههای موجود

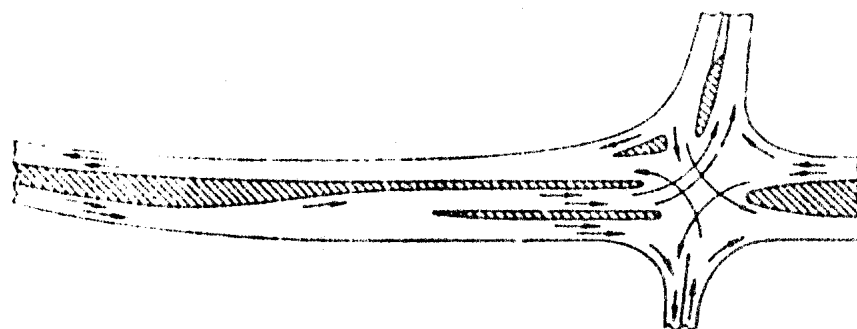
درشکلهای ۳۹ تا ۴۶، نمونه‌هایی از چهارراههای موجود نشان داده شده‌است. در این شکلهای ابعاد هندسی اجرای تقاطع و مقدار آمد و شدی که تقاطع برای آن طرح شده، نشان داده شده‌است.

#### ۷-۳. تقاطعهای چندشاخه

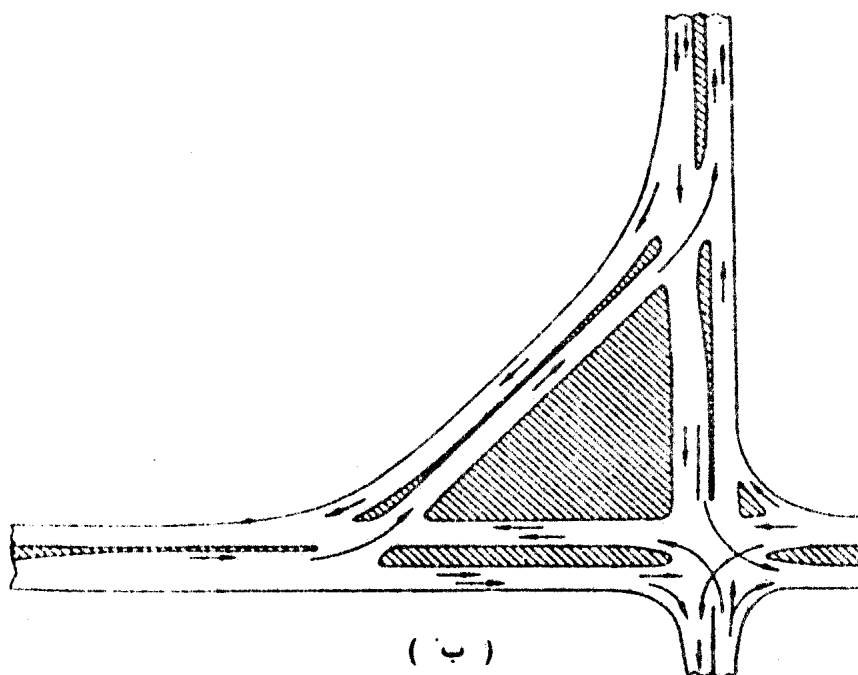
تقاطعهای چندشاخه به تقاطعهایی گویند که بیش از چهارشاخه (پنج شاخه یا بیشتر) داشته باشند. در صورت امکان باید از ایجاد چنین تقاطعهایی پرهیز نمود؛ اما، در شرایطی که آمد و شد کم است و کنترل آمد و شد با علامت "ایست" صورت می‌گیرد، ممکن است ایجاد تقاطعهای چندشاخه مناسب باشد. در تقاطعهای غیرفرعی با اصلاح امتداد بعضی از شاخه‌ها ممکن است تعداد شاخه‌های تقاطع کاهش داده شود و در نتیجه، به ایمنی و بهبود وضع کلی آمد و شد کمک گردد. این عمل را می‌توان با تغییر امتداد یک و یا چند شاخه از تقاطع و ایجاد یک تقاطع دیگر در مجاورت تقاطع اصلی و یا با یکطرفه کردن یک و یا چند شاخه از تقاطع (یکطرفه از محل تقاطع به طرف خارج از تقاطع) انجام داد (مانند طرحهای شکل ۴۷).

شکل ۴۷- الف ساده‌ترین شکل کاربرد اصول بالا برای کاهش تعداد شاخه‌های تقاطعهای



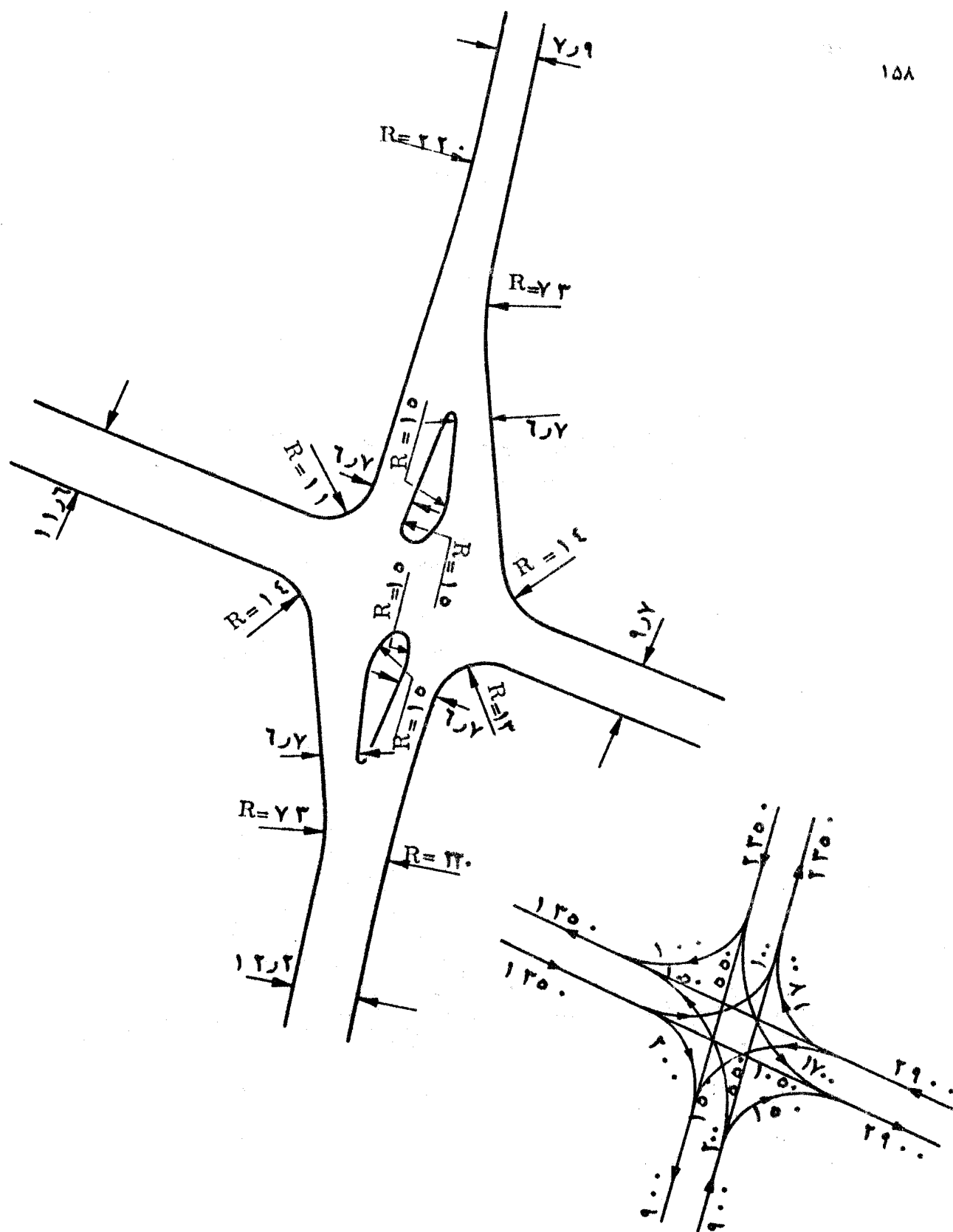


( الف )



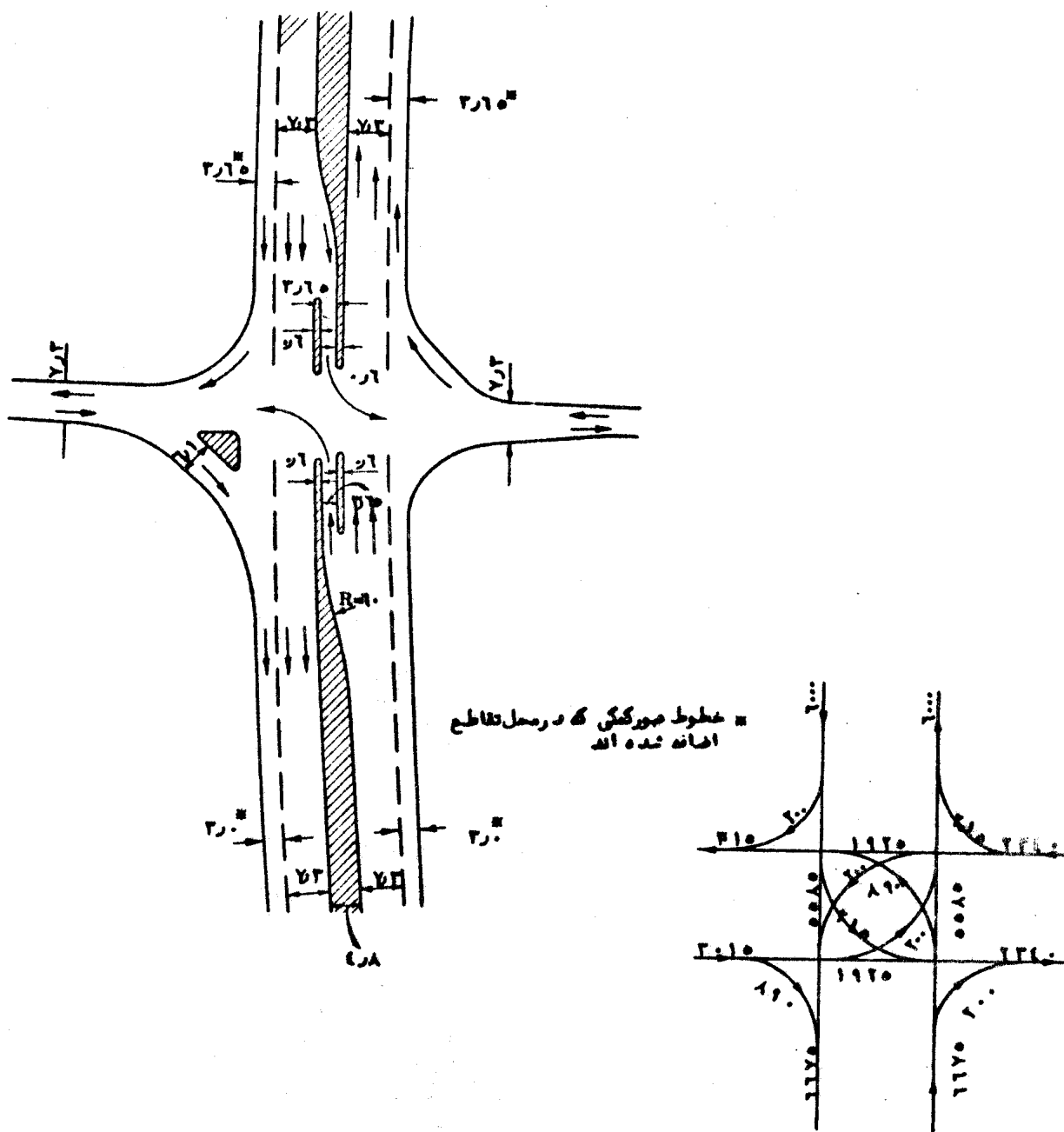
( ب )

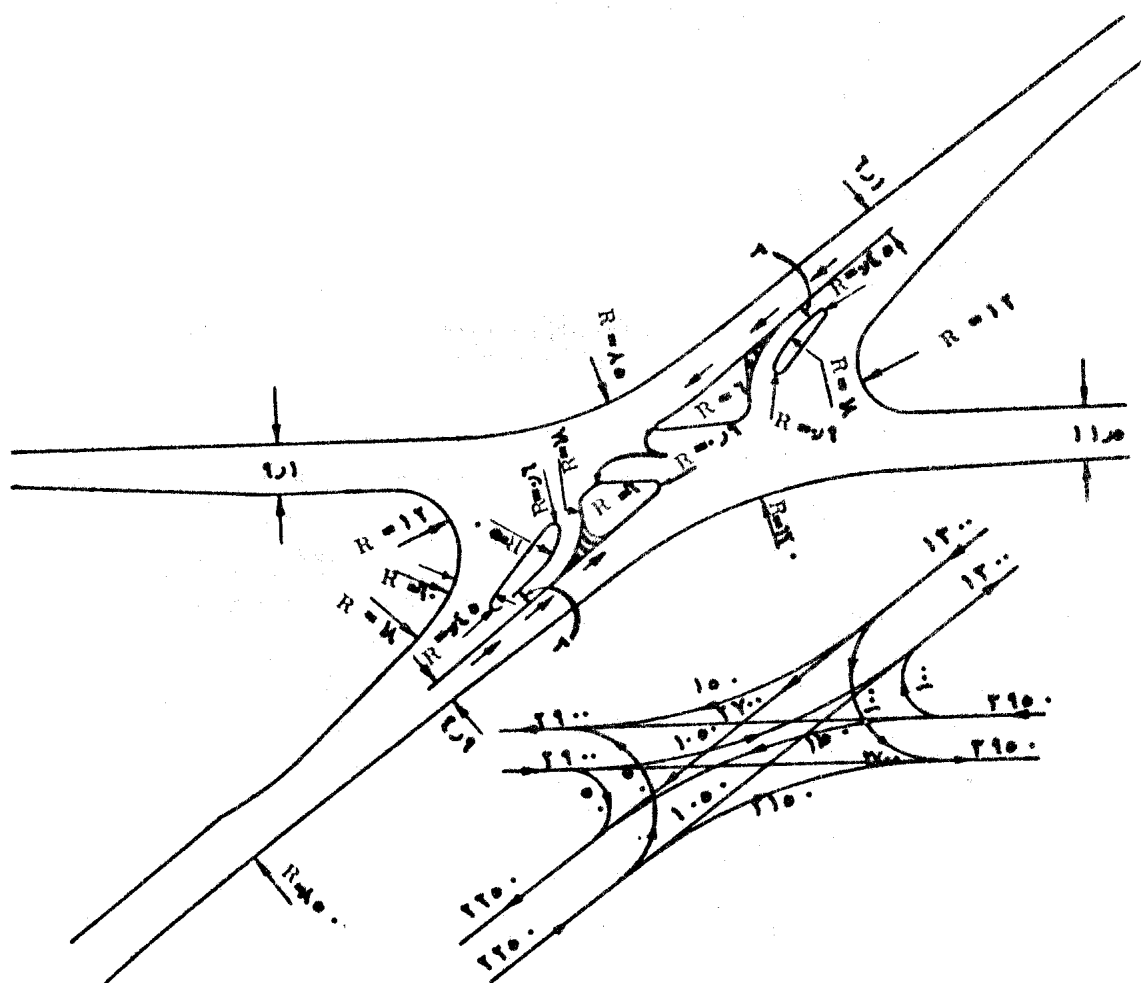
شکل ۳۸. تقاطع چهارراه، هدایت شده، با استاندارد بالا



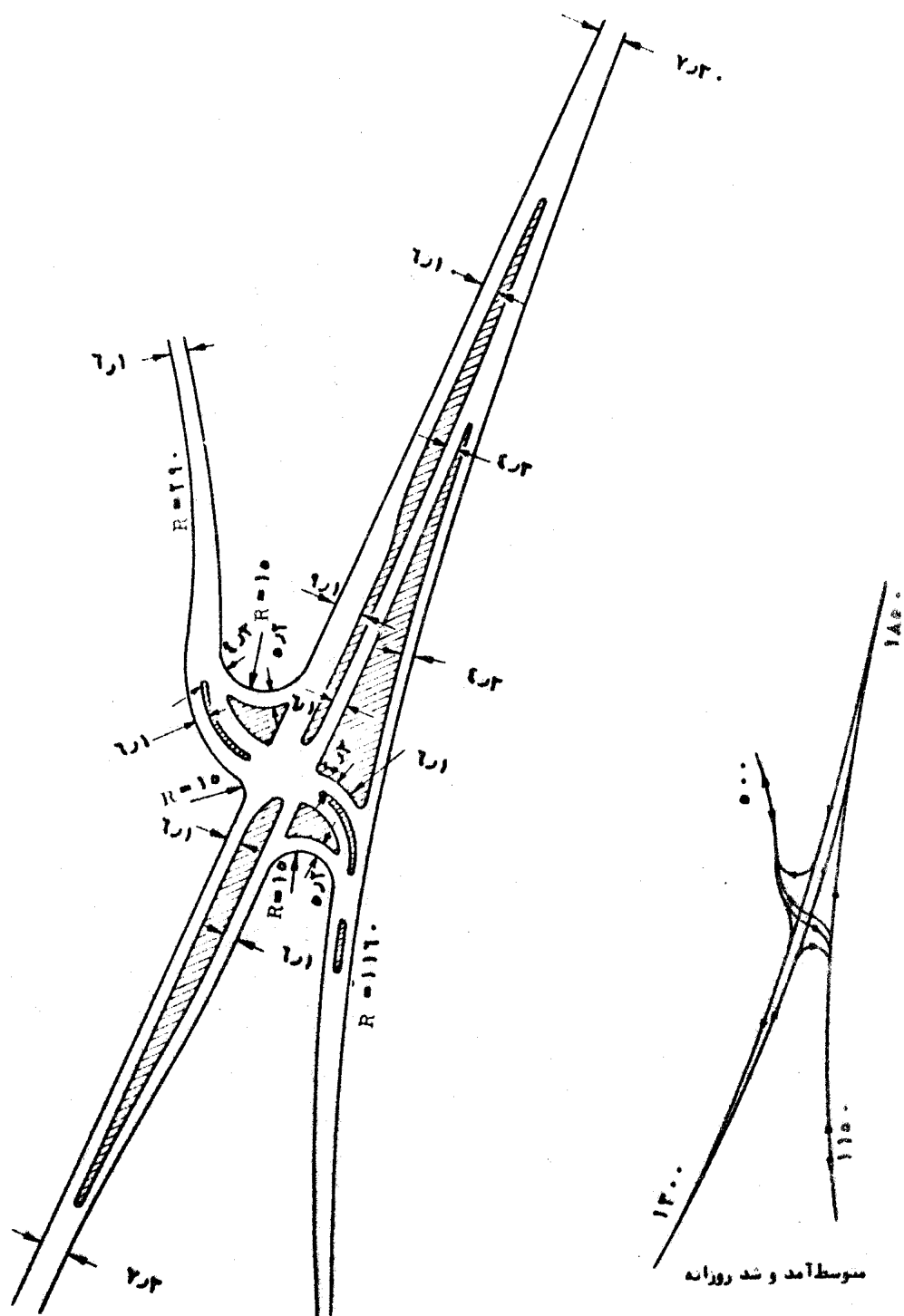
### متوسط آمد و شد روزانه

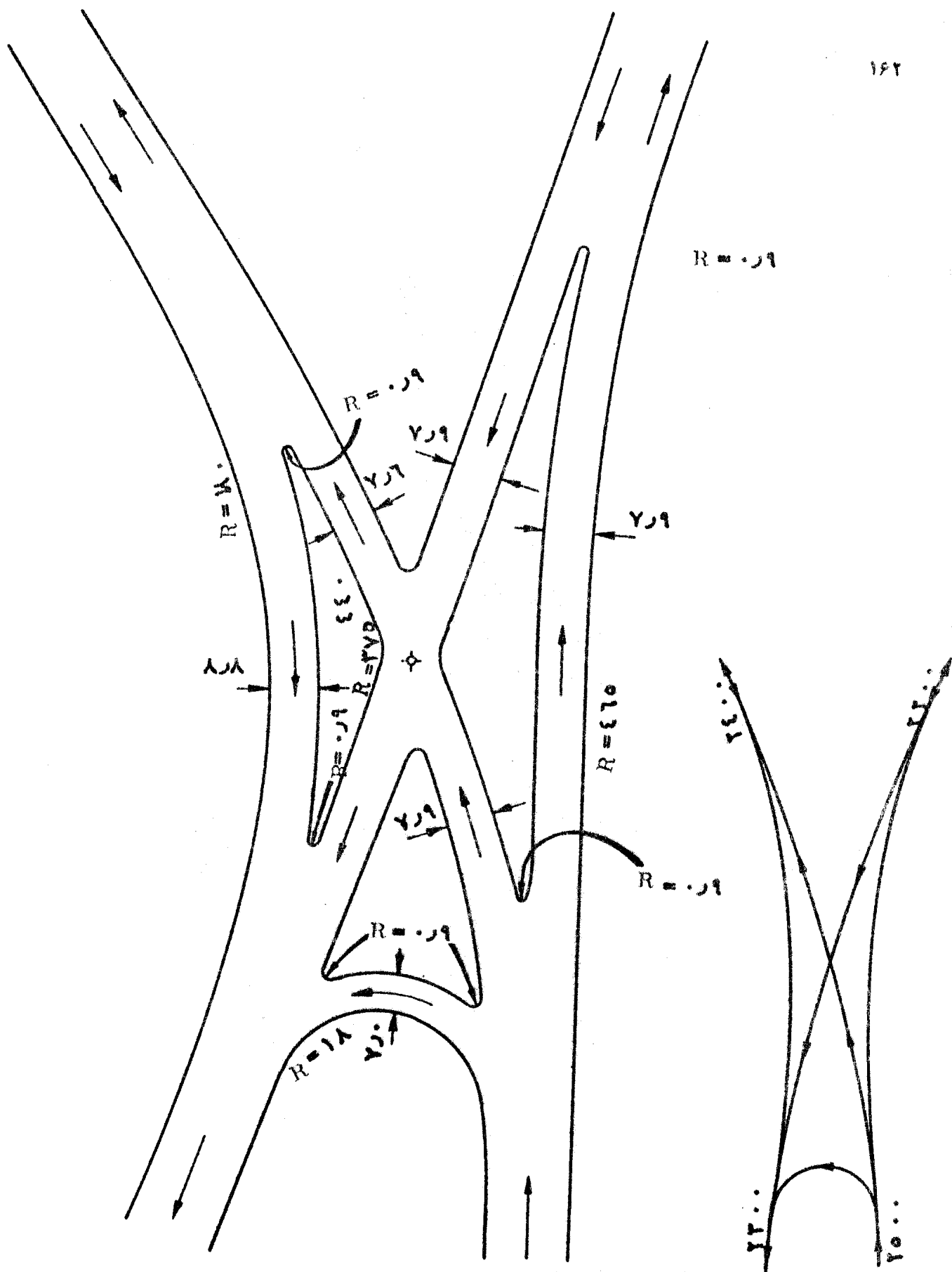
شکل ۳۹. چهارراه موجود، هدایت کننده، با جزایر تقسیم کننده





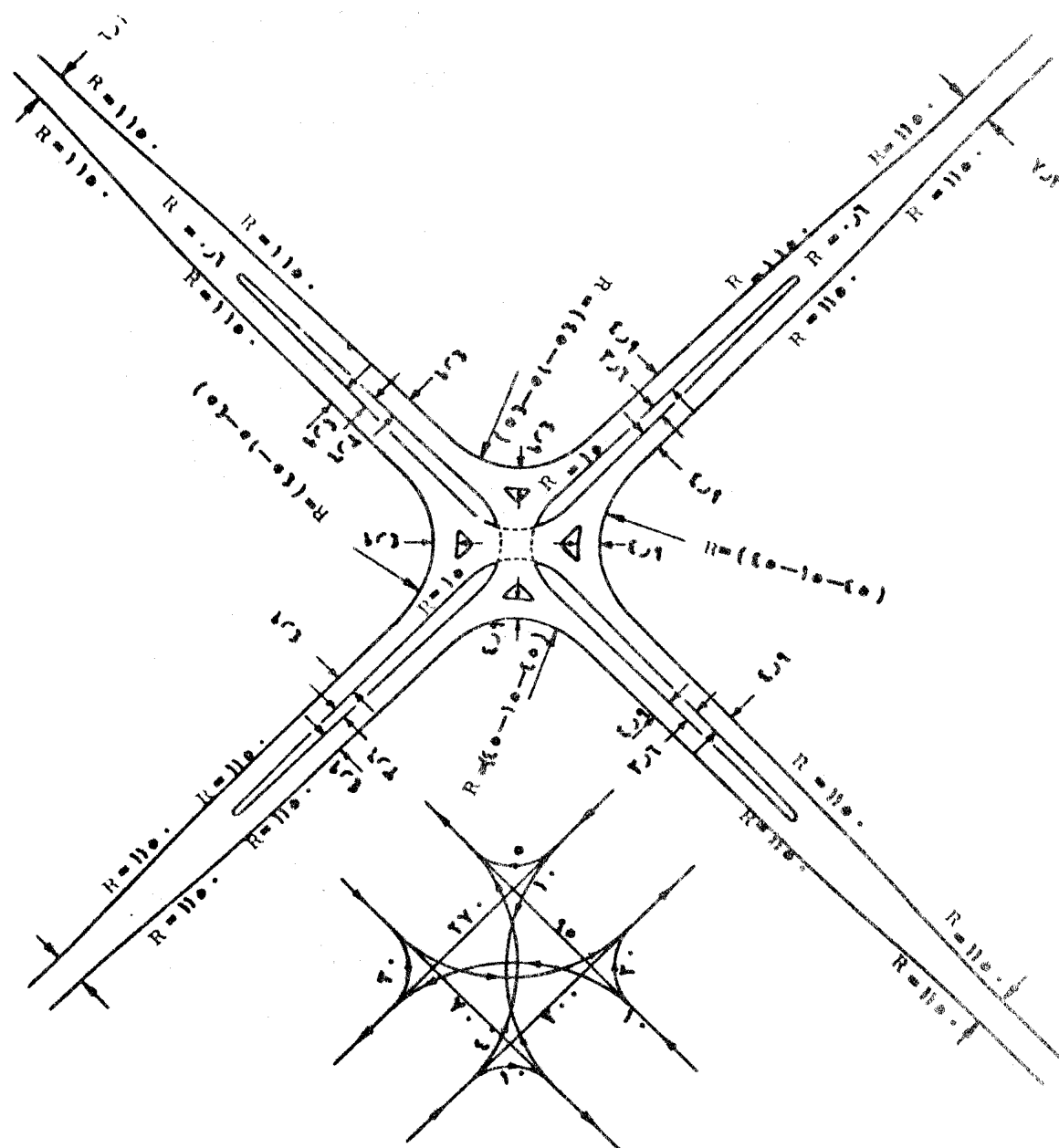
شکل ۴۱. چهارراه موجود، هدایت‌کننده، راههای دوخطه





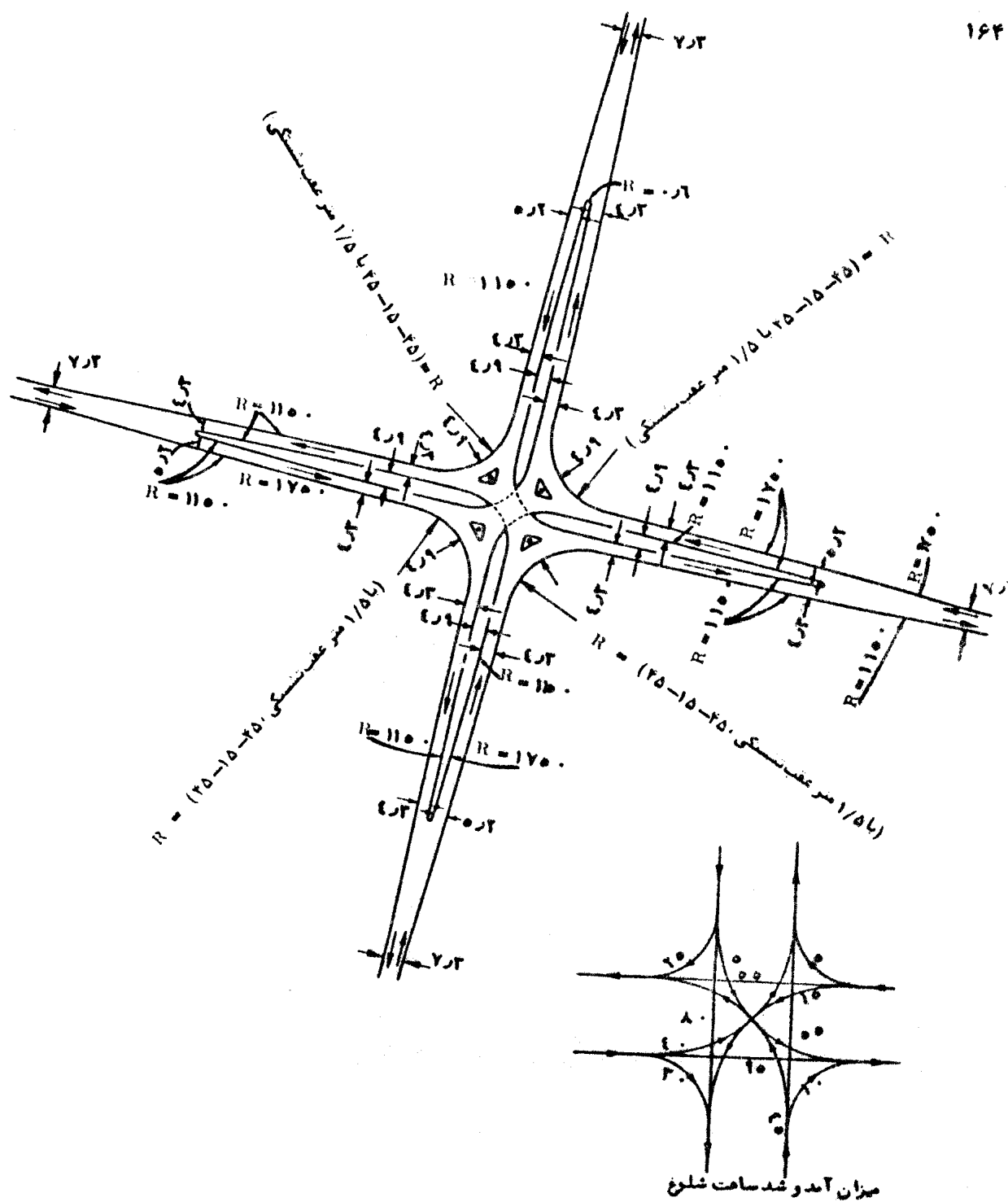
شکل ۴۲. چهارراه موجود، هدایت‌کننده

### متوسط آمد و شد روزانه



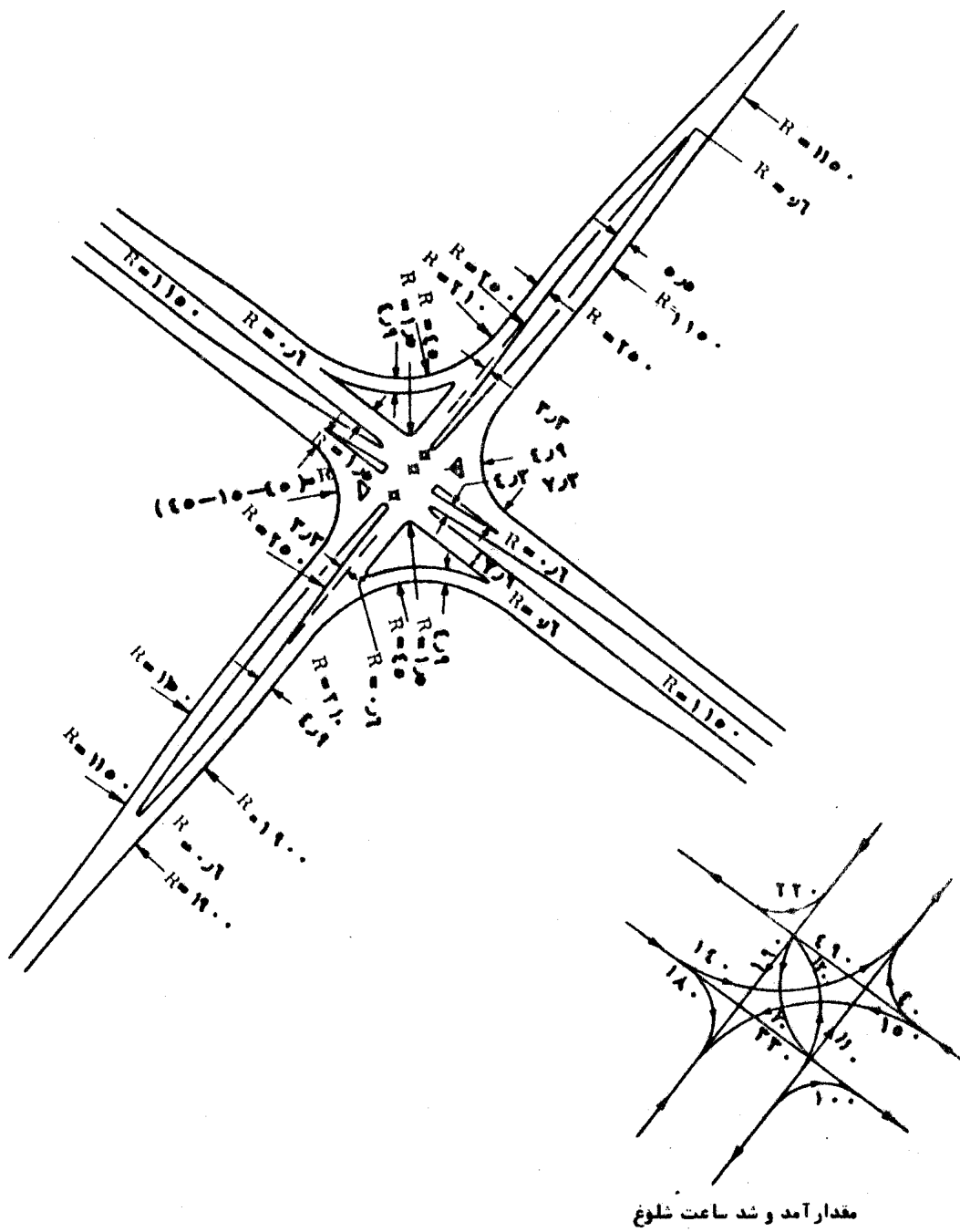
مقدار آمد و شد ساعت شلوغ

شکل ۴۴. چهارراه موجود، هدایت‌کننده، با جزایر تقسیم‌کننده



شکل ۴۵. چهارراه موجود، هدایت کننده، با جزایر تقسیم کننده





شکل ۴۶. چهارراه موجود، هدایت کننده، راههای جدا شده

چند شاخه را نشان می‌دهد. در این طرح، شاخه قطری در فاصله کافی از محل تقاطع اصلی به طرف راه بالایی تعبیر مسیر داده می‌شود، به طوری که تقاطع شش شاخه به یک چهارراه و یک سواره تبدیل می‌گردد.

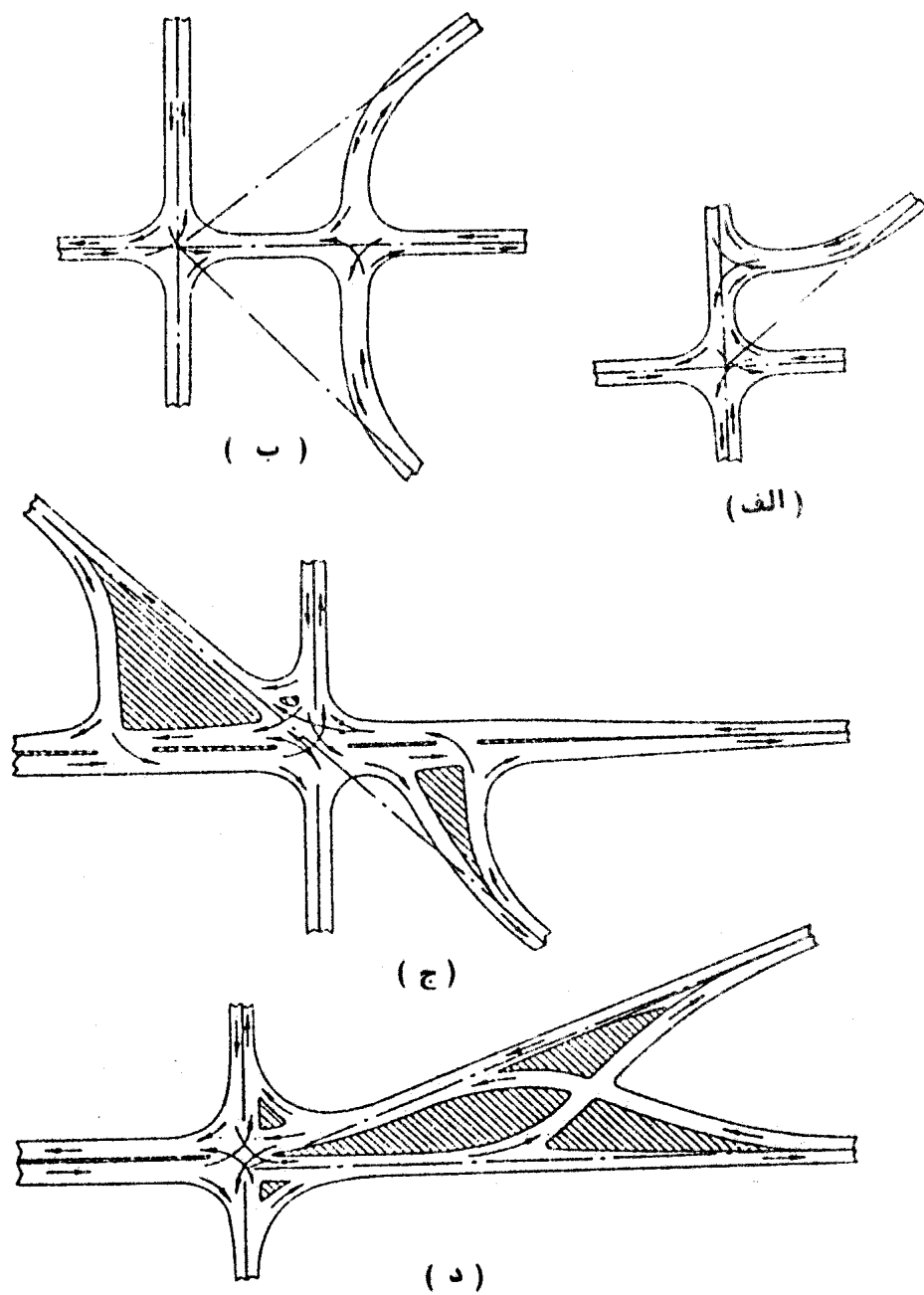
شکل ۴۷- ب یک تقاطع شش شاخه را نشان می‌دهد که امتداد دوشاخه از آن طوری تعبیر داده شده است که در فاصله حدود ۱۰۰ متری تقاطع اولیه، یک چهارراه جدید به وجود آمده است. این طرح برای شرایطی مناسب است که راه پایین به بالا (در سمت چپ) اصلی‌ترین راه باشد. در صورتی که راه چپ به راست اصلی‌ترین راه باشد، بهتر است که دو راه قطری تقاطع به طرف راه فرعی خم شوند به طوری که دو سه راهی جدید در راه فرعیتر (راه بالا به پایین)، یکی در بالا و دیگری در پایین تقاطع اولی، به وجود آید. بدین ترتیب، تقاطع ۶ شاخه اولی به یک چهارراه و دو سواره در امتداد راه فرعی، تبدیل شده است. طرحهای نشان داده شده در شکل‌های ۴۷- الف و ۴۷- ب ساده‌ترین طرحها هستند و ممکن است راههای ویژه گردش، جزایر جداکننده و غیره- با توجه به موقعیت و نیاز- در طرح در نظر گرفته شود.

شکل ۴۷- ج یک تقاطع شش شاخه را نشان می‌دهد که در آن، شاخه‌های قطری به طرف شاخه‌های قطری به طرف شاخه‌های افقی تعبیر مسیر داده شده و مسیرهای رفت و برگشت با کمک جزایر هدایت کننده از هم جدا شده‌اند. در این طرح، شاخه‌های قطری برای خروج آمد و شد از تقاطع در نظر گرفته شده‌اند و آمد و شد نزدیک شونده به تقاطع به تقاطعهای فرعی که در دو طرف تقاطع اصلی به وجود آمده‌اند، هدایت شده است. در مناطق درون شهری، طرحهای مشابه بالا همراه با هماهنگ کردن چراغهای راهنما در هر سه تقاطع، عملکرد مطلوبی داشته است.

شکل ۴۷- د تقاطع پنج شاخه‌ای را نشان می‌دهد که در آن، دو شاخه از تقاطع که زاویه بین آنها کوچک است به کمک جزایر هدایت کننده در هم ادغام شده و یک راه جدا شده را در محل تقاطع به وجود آورده‌اند.

#### ۷-۴ اثر چراغ راهنما

بیشتر تقاطعهایی که قبلاً "مورد بحث قرار گرفته‌اند، هم به وسیله علامت "ایست" و هم به وسیله چراغ راهنما قابل کنترل هستند. در تقاطعهایی که به چراغ راهنما نیازی ندارند، معمولاً "عرض روسازی (تعداد خطوط عبور) تا محل تقاطع تغییر نمی‌کند ولی ممکن است در مواردی به خط تغییر سرعت، خطوط میانی و یا روسازی لچکی نیاز باشد. در شرایطی که آمد و شد آن قدر هست که به چراغ راهنما نیاز باشد، معمولاً "باید یک یا دو خط عبور به تعداد خطوط عبور در محل تقاطع اضافه شود. در شرایطی که مقدار آمد و شد در شاخه‌های تقاطع به حدود گنجایش شاخه تقاطع (گنجایش در شرایط آمد و شد پیوسته در یک قطعه معمولی راه بدون تقاطع) می‌رسد، برای عبور این آمد و شد در محل تقاطع باید تعداد خطوط عبور در محل تقاطع را به دو برابر افزایش داد.



شکل ۴۷. تقاطع چند راهه

طرح صحیح یک تقاطع که به سیستم چراغ راهنما نیاز دارد، فقط با تجزیه و تحلیل توأم طرح هندسی و گنجایش و مقدار آمد و شد ساعت طرح و سیستم کنترل، امکانپذیر است.

#### ۸. تقاطعهای میدانی (فلکها)

##### ۸-۱. کلیات

فلکه یکی از شکلهای خاص تقاطعهای همسطح است. معیارها و اصول کلی طرح در بخش اول این دستورالعمل شرح داده شده است و در اینجا فقط اجرای خاص مربوط به فلکه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در شکل ۴۸، اجرای فلکه آورده شده است.

##### ۸-۲. مزایا و معایب فلکها

فلکه (یا تقاطع میدانی) نسبت به تقاطعهای همسطح با همان حدود گنجایش مزایای زیادی دارد، ولی در عین حال دارای معایبی است که کاربرد آن را محدود می کند.

##### ۸-۲-۱. مزایا

الف) در فلکها آمد و شد به طور یکنواخت برای تمام جهات، بدون توقف و با سرعت کم انجام می گیرد و معمولا "در مقدار کم آمد و شد تأخیر ناچیز است."

ب) در فلکها برخورد مستقیم وجود ندارد و حرکتها با آمد و شد ضربدری انجام می گیرد و آمد و شد ورودی و خروجی با زاویه کوچکی انجام می شود. تصادمها و برخوردهایی که در فلکها پیش می آید، شدید نیست و مقدار صدمه به خودروها معمولا "کم است."

ج) تمام گردشها (به چپ و به راست) به وسیله آمد و شد ضربدری به راحتی و با پیمودن مسافت بیشتری (نسبت به تقاطعهای معمولی) انجام می شود.

د) طرح فلکه، بویژه برای تقاطعهای چندین شاخه (پنج شاخه و بیشتر) مناسب است. ه) هزینه احداث فلکها نسبت به تقاطعهای غیرهمسطحی که تمام گردشها را تأمین می کند کمتر است؛ البته، گنجایش فلکها نیز معمولا "از تقاطعهای غیرهمسطح کمتر است."

##### ۸-۲-۲. معایب

الف) گنجایش یک فلکه معمولا "از یک تقاطع همسطح با راهها و جزایر جداکننده بیشتر نیست. در بعضی موارد که فلکها به تقاطع همسطح با راههای جداکننده و جزایر هدایت کننده تغییر شکل داده شده، عملکرد آمد و شد بهبود یافته است."

ب) یک فلکه در شرایطی که مقدار آمد و شد در دو شاخه (یا بیشتر) از آن به طور همزمان به حدود گنجایش می رسد، عملکرد خوبی ندارد (بویژه در شاخه های ۴ خطه یا بیشتر).

ج) یک فلکه معمولا "به فضا و هزینه بیشتری نسبت به تقاطعهای معمولی نیاز دارد."

د) به علت فضای بزرگ مورد نیاز برای طرح یک فلکه، معمولا "ایجاد فلکه در محلهای شلوغ عملی نیست."

هـ) ایجاد فلکه به زمین مسطح بزرگی نیاز دارد و بنابراین، در بعضی از مناطق، به دلیل شرایط پستی و بلندی، ایجاد فلکه امکانپذیر نیست.

و) ایجاد فلکه برای محلهایی که تعداد عابران پیاده زیاد است، مناسب نیست. در بعضی از فلکه‌ها، عبور و مرور عابران پیاده به وسیله چراغ راهنما در شاخه‌های فلکه کنترل می‌شود؛ در این حالت، خاصیت اصلی فلکه که تضمین پیوستگی حرکت پیوسته آمد و شد (بدون چراغ راهنما) است، از بین می‌رود.

ز) در شرایطی که راههای تقاطع دارای سرعت طرح بالایی هستند، فلکه باید بسیار بزرگ طرح شود تا آمد و شد ضربدری در بین شاخه‌های مختلف به راحتی انجام شود. فلکه‌های بزرگ باعث افزایش طول مسیر خودروها- بویژه خودروهای چپگرد- می‌شوند و زمان گرفته‌شده برای طی این افزایش طول مسیر ممکن است از مقدار تأخیر در تقاطعهای دارای راههای جدا شده مشابه بیشتر باشد.

ح) برای عملکرد صحیح، فلکه به علائم متعددی نیاز دارد که مناسب روز و شب باشد. ممکن است در بعضی موارد، این علائم راهنما رانندگانی را که به فلکه آشنا نیستند، سردرگم کند، سیستم روشنایی در فلکه مطلوب است و منظره‌سازی فلکه و اطراف آن نیز کار لازمی است. هزینه‌های یاد شده برای ایجاد فلکه، روشنایی، علائم، منظره‌سازی و غیره، باید با هزینه ایجاد تقاطع معمولی با راههای جداکننده که دارای عملکرد مشابهی است، مقایسه شود و مناسبترین راه حل انتخاب گردد.

ت) ساختن فلکه به صورت مرحله‌ای در سالهای مختلف عملی نیست و طرح نهایی باید در همان ابتدا اجرا شود.

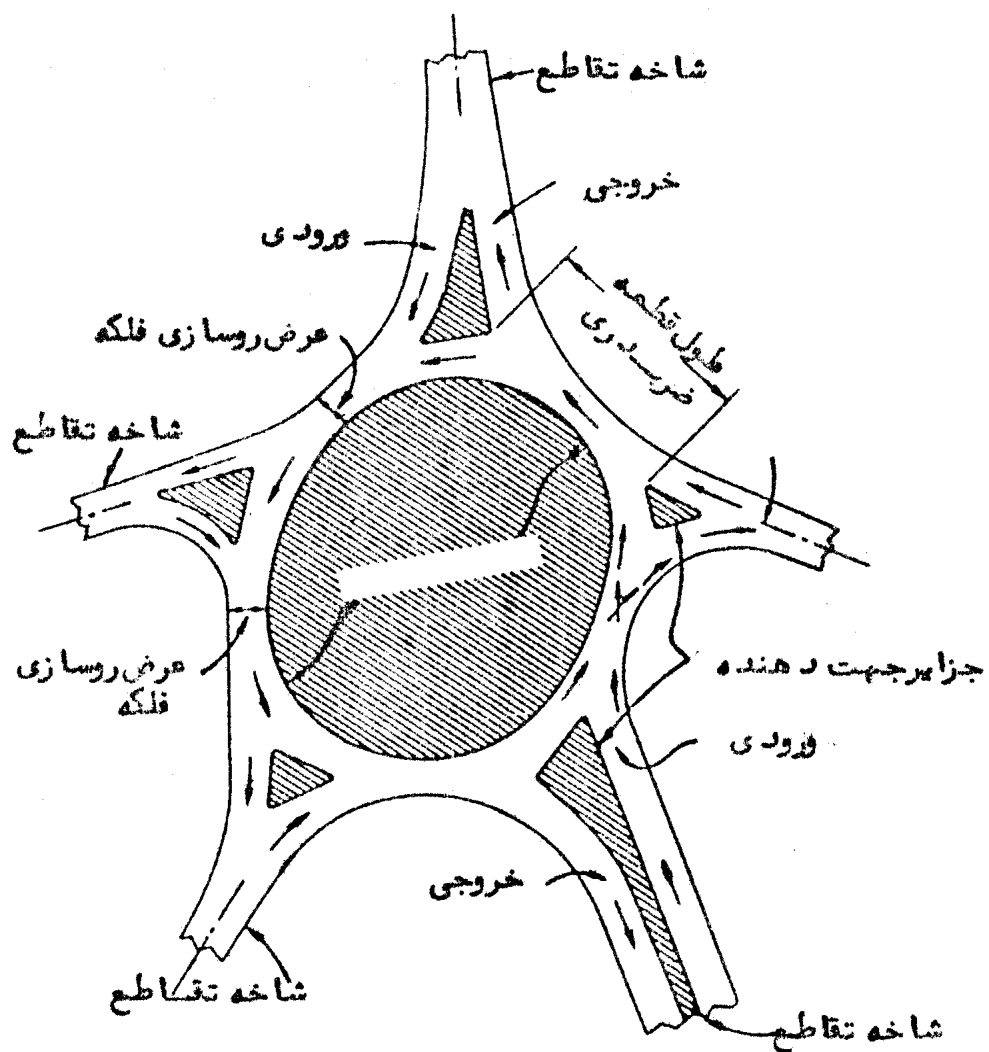
### ۳-۸. طرح و اجزای فلکه

به‌طور کلی، فلکه برای انواع وسایل نقلیه و انواع راهها قابل انطباق و طرح است. به‌منظر می‌رسد که جمع کل آمد و شدی که می‌تواند از یک فلکه عبور کند، حدود ۳۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت برای فلکه‌های با استاندارد بالاست.

شکل کلی فلکه را نمی‌توان به صورت استاندارد معینی درآورد، بلکه هر نوع فلکه باید به‌طور مستقل طراحی شود. اصول و معیارهایی که در بخش اول این دستورالعمل آورده شده‌اند، در مورد اجزای فلکه مصداق دارند؛ در زیر، اجزایی که در بخش اول مورد بحث قرار نگرفته‌اند، شرح داده می‌شوند:

#### ۳-۸-۱. سرعت آمد و شد در فلکه

در فلکه‌ها، وسایل نقلیه باید با سرعتهای تقریباً "یکنواخت حرکت کنند تا بتوانند حرکتهای ضربدری، همگرا و واگرا را در محلهای تلاقی شاخه‌های فلکه انجام دهند؛ ابتدا باید سرعت طرح فلکه انتخاب شود و سپس اجزای مختلف بر مبنای سرعت انتخاب شده طرح شوند. سرعت طرح باید با توجه به سرعت راههایی انتخاب شود که به فلکه ختم می‌شوند. از نظر ایمنی، کاهش زیاد سرعت آمد و شد راه در محل تقاطع صحیح نیست و، از طرف دیگر، انتخاب سرعت بالا برای طرح فلکه موجب بزرگ شدن ابعاد فلکه و در نتیجه افزایش هزینه آن می‌شود و ضمناً "افزایش طول مسیر حرکت آمد و شد در فلکه را نیز به همراه دارد.



شکل ۴۸. اجزای تقاطع فلکهای

تجربه نشان داده است که در مناطق درونشهری، برای راههای با سرعت طرح تا ۶۵ کیلومتر در ساعت، سرعت طرح ۲۵ تا ۴۰ کیلومتر در ساعت برای فلکه مناسب است.

برای راههای بیرونشهری با سرعت طرح ۵۰ تا ۶۵ کیلومتر در ساعت، سرعت طرح فلکه در حدود سرعت متوسط حرکت آمد و شد یعنی حدود ۴۵ تا ۵۵ کیلومتر در ساعت و یا کمی کمتر یعنی در حدود ۴۰ تا ۵۰ کیلومتر در ساعت مناسب است.

برای راههای دارای سرعت طرح بیش از ۶۵ کیلومتر در ساعت، سرعت طرح فلکه نسبت به سرعت طرح راه، ناگزیر باید کمتر انتخاب شود تا اندازه فلکه بیش از حد بزرگ نشود؛ به همین دلیل است که کاربرد فلکه برای راههای جدید که سرعت طرح بالایی دارند، بسیار محدود شده است.

#### ۸-۳-۲. طول قطعه ضربدری

همان طور که در شکل ۴۸ نشان داده شده است، طول قطعه ضربدری عبارت است از فاصله بین دو انتهای جزایر جهت دهنده. طول هر قطعه با آمد و شد ضربدری در فلکه باید مستقلاً محاسبه شود. جزئیات محاسبه طول قطعه ضربدری و مقدار آمد و شد آن در معیارهای تعیین گنجایش راهها<sup>۱</sup> داده شده است.

در جدول ۱۰، رابطه بین طول قطعه، متوسط سرعت حرکت و مقدار آمد و شد ضربدری داده شده است. عرض قطعه با آمد و شد ضربدری در قسمتهای بعدی آورده شده است.

جدول ۱۰. رابطه بین مقدار آمد و شد ضربدری و طول قطعه برای سرعتهای مختلف

مقدار آمد و شد ضربدری* (وسیله نقلیه در ساعت)		طول قطعه با آمد و شد ضربدری (متر)
متوسط سرعت حرکت ۶۵ کیلومتر در ساعت	متوسط سرعت حرکت ۵۰ کیلومتر در ساعت	
۳۵۰	۷۵۰	۳۰
۶۰۰	۱۱۰۰	۶۰
۷۵۰	۱۳۵۰	۹۰
۹۰۰	۱۶۰۰	۱۲۰
۱۰۵۰	۱۷۵۰	۱۵۰
۱۲۰۰	۱۹۰۰	۱۸۰

\* معمولاً برای طرح فلکهها، سرعت حرکت ۵۰ کیلومتر در ساعت انتخاب می شود.

متوسط سرعت حرکت در فلکه در شرایطی که مقدار آمد و شد در حدود گنجایش است متفاوت می باشد ولی حدود آن غالباً "۳۰ کیومتر در ساعت است .

از جدول ۱۰ اهمیت طول قطعه ضربداری در رابطه با گنجایش قطعه به خوبی پیداست . به عنوان مثال ، یک قطعه با آمد و شد ضربداری به طول ۱۸۰ متر ، گنجایشی حدود ۲ تا ۳ برابر یک قطعه ضربداری به طول ۳۰ متر دارد .

علاوه بر اصول و معیارهای بالا ، طول قطعه دارای آمد و شد ضربداری باید به گونه ای طرح شود که یک خودرو بتواند در آمد و شد کم بر سرعت طرح ، تغییر مسیر لازم را در طول قطعه ضربداری بدهد (حرکت جانبی در حدود ۶ متر و یا به مدت ۴ ثانیه) . حداقل طول لازم قطعه دارای آمد و شد ضربداری به منظور تأمین فرصت کافی برای انجام حرکت جانبی ذکر شده ، در جدول ۱۱ داده شده است . در این جدول ، حداقل طول پیشنهادی برای قطعه دارای آمد و شد ضربداری ، برابر فاصله ای است که خودرو با سرعت طرح در مدت ۴ ثانیه طی می کند .

جدول ۱۱ . حداقل طول پیشنهادی برای قطعات دارای آمد و شد ضربداری در فلکه ها

حداقل طول قطعه دارای آمد و شد ضربداری (متر)	سرعت طرح فلکه (کیلومتر در ساعت)
۴۵	۴۰
۵۵	۵۰
۶۷	۶۰
۷۳	۶۵

#### ۸-۳-۳ . جزیره مرکزی

شکل و طرح جزیره مرکزی به وسیله سرعت طرح فلکه ، تعداد و محل شاخه های تقاطع و طول لازم برای قطعه دارای آمد و شد ضربداری تعیین می شود . برای هر شاخه ورودی و خروجی به فلکه ، می توان موقعیت و محل های مختلفی را انتخاب کرد که در نتیجه ، بنا به نحوه انتخاب این محل ها ، شکل و طرح جزیره مرکزی تعیین می شود . جزیره مرکزی باید طوری طرح شود که فلکه دارای حداقل قطعات با آمد و شد ضربداری باشد ؛ در ضمن ، شعاع قوسها باید به گونه ای باشد که تأمین حرکت آمد و شد با سرعت طرح پیشنهادی برای فلکه عملی باشد . موقعیت محل فلکه در تعیین شکل فلکه نیز مؤثر است .

جزیره مرکزی را می توان دایره ای شکل انتخاب نمود که در این صورت ، سطح جزیره حداقل ممکن است . جزیره دایره ای شکل برای شرایطی مناسب است که طول قطعات دارای آمد و شد ضربداری



تقریباً "با هم برابر بوده، و مقدار آمد و شد شاخه‌های مختلف نیز تقریباً "یکسان است. ولی غالباً انتخاب شکل دایره‌ای، به دلیل برابر نبودن مقدار آمد و شد ساعت طرح در شاخه‌های مختلف و با عوامل دیگر، امکان‌پذیر نیست و جزیره مرکزی شکلی غیر از دایره دارد.

#### ۸-۳-۴. روسازی فلکه

روسازی فلکه، روسازی یکطرفه‌ای است که در قسمت بیرونی فلکه قرار دارد. این روسازی در محل برخورد ورودیها و خروجیها عریضتر می‌شود ولی معمولاً "حداقل عرض روسازی در تمام قطعات دارای آمد و شد ضربدري برابر است. این حداقل عرض، "عرض روسازی فلکه" نامیده می‌شود (شکل ۴۸). در شرایطی که در ساعت شلوغ آمد و شد، مقدار آمد و شد در قطعات مختلف متفاوت است، طول قطعات دارای آمد و شد ضربدري ممکن است مساوی نباشد. ترکیب طول قطعه ضربدري و عرض روسازی فلکه، گنجایش فلکه را تعیین می‌کند (به دستورالعمل تقاطعهای غیرهمسطح مراجعه شود).

عرض روسازی فلکه باید حداقل برابر عرض روسازی دو خط عبور  $3/65$  متری باشد. معمولاً، حداقل عرض باید برابر یا بیشتر از حاصل جمع نصف عرض پهنترین شاخه فلکه به علاوه  $3/65$  متر (عرض یک خط عبور) باشد. حداکثر عرض روسازی فلکه در مناطق برونشهری معمولاً "برابر با عرض چهار خط عبور انتخاب می‌شود، زیرا عرض بیشتر باعث سرگردانی خودروها و کاهش ایمنی در ساعات خلوت است و در ضمن، با افزایش تعداد خطوط به بیش از ۴ خط، افزایش نسبی گنجایش تقاطع ناچیز است.

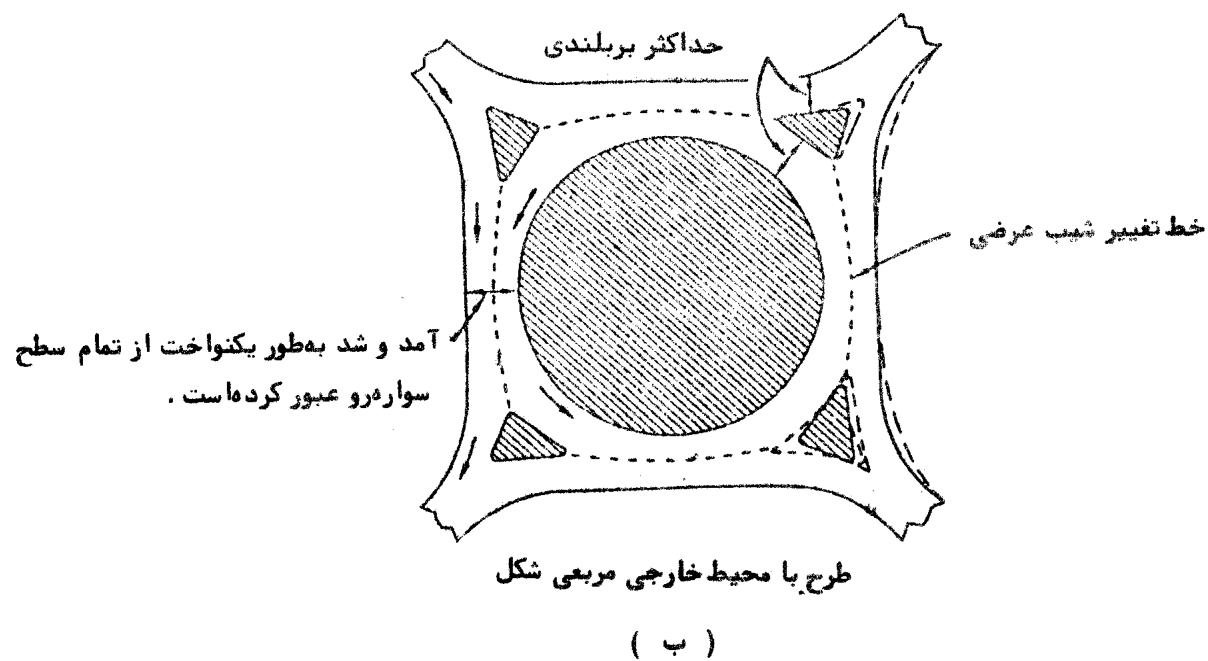
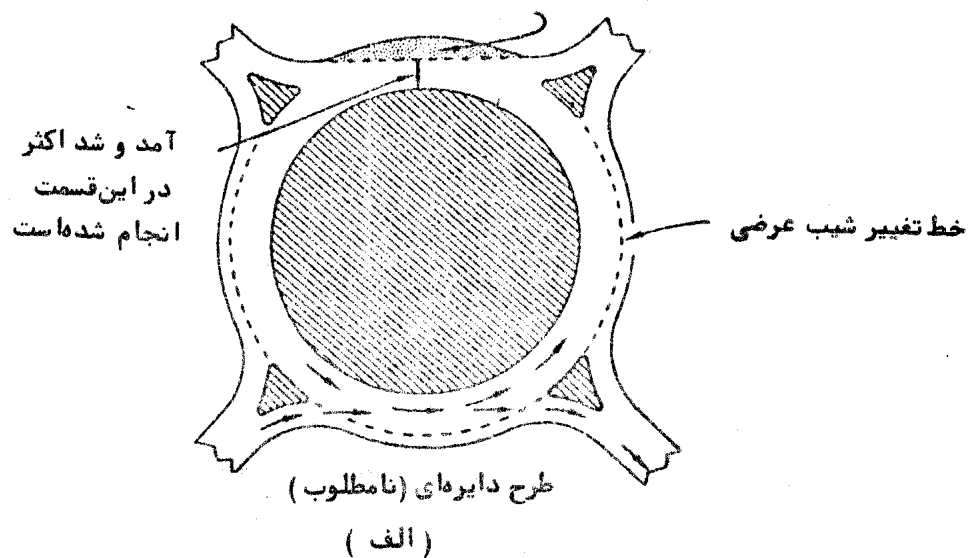
مقدار C (مخرج رابطه تعیین تعداد خطوط عبور در قطعات ضربدري) که برای راههای مختلف بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ خودرو معادل سواری در ساعت است، برای فلکه‌ها حدود ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ معادل سواری می‌باشد. در فلکه‌هایی که استاندارد بالایی دارند و تعداد وسایل نقلیه سنگین در آن بسیار کم است، می‌توان مقدار C را تا ۱۲۰۰ معادل خودرو سواری انتخاب کرد. در شکل ۴۹، دو طرح قطعات دارای آمد و شد ضربدري در فلکه‌ای نشان داده شده است که جزیره مرکزی آن دایره‌ای شکل است.

امتدادهای روسازی فلکه باید طوری باشد که وسایل نقلیه بتوانند به راحتی و بدون روبه‌رو شدن با یک قوس معکوس تیز، از یک طرف به طرف دیگر بروند و خودروهای راستگرد در قطعه ضربدري از مسیر خود استفاده کنند. به طور مثال، در شکل ۴۹-الف به دلیل طرح نامطلوب امتداد حرکت آمد و شد، قسمتی از روسازی فلکه عملاً "مورد استفاده خودروها قرار نمی‌گیرد.

#### ۸-۳-۵. ورودیها و خروجیها

سرعت آمد و شد ورودیها باید از نظر ایمنی حدود سرعت آمد و شد فلکه باشد. خروجیها باید سرعت طرحی حداقل برابر سرعت طرح فلکه داشته باشند. در صورت امکان، برای خروج سریع خودروها از فلکه، بهتر است سرعت طرح خروجیها بیشتر از سرعت طرح فلکه انتخاب شود.

این سطح به مقدار کمی مورد استفاده خودروها قرار گرفته است



شکل ۴۹. شکل قطعات دارای آمد و شد ضربدری در فلک‌ها

## ۸-۳-۶. جزایر جهت دهنده

عملکرد جزایر جهت دهنده برای هدایت آمد و شد در محل خروجیها و ورودیهاست. ابعاد و طرح هندسی جزایر جهت دهنده در بخش اول این دفتر آورده شده است.

## ۸-۳-۷. مقطع عرضی روسازی

مقاطع عرضی که در بخش اول این دفتر برای خطوط گردش در محل تقاطعها آورده شده است، برای فلکه‌ها نیز به کار برده می‌شود. در شکل ۵۰، روش متداول اعمال شیبهای عرضی در فلکه‌ها نشان داده شده است.

در جدول زیر، مقادیر حداکثر تغییر شیب در نقطه شکست (تاج) شیب عرضی دو طرف روسازی برای سرعتهای طرح فلکه آورده شده است.

سرعت طرح روسازی فلکه (کیلومتر در ساعت)	حداکثر اختلاف جبری دوشیب عرضی در محل تاج مقطع روسازی
۴۰ تا ۵۰	۶٪ تا ۷٪
۵۵ تا ۶۵	۵٪ تا ۶٪

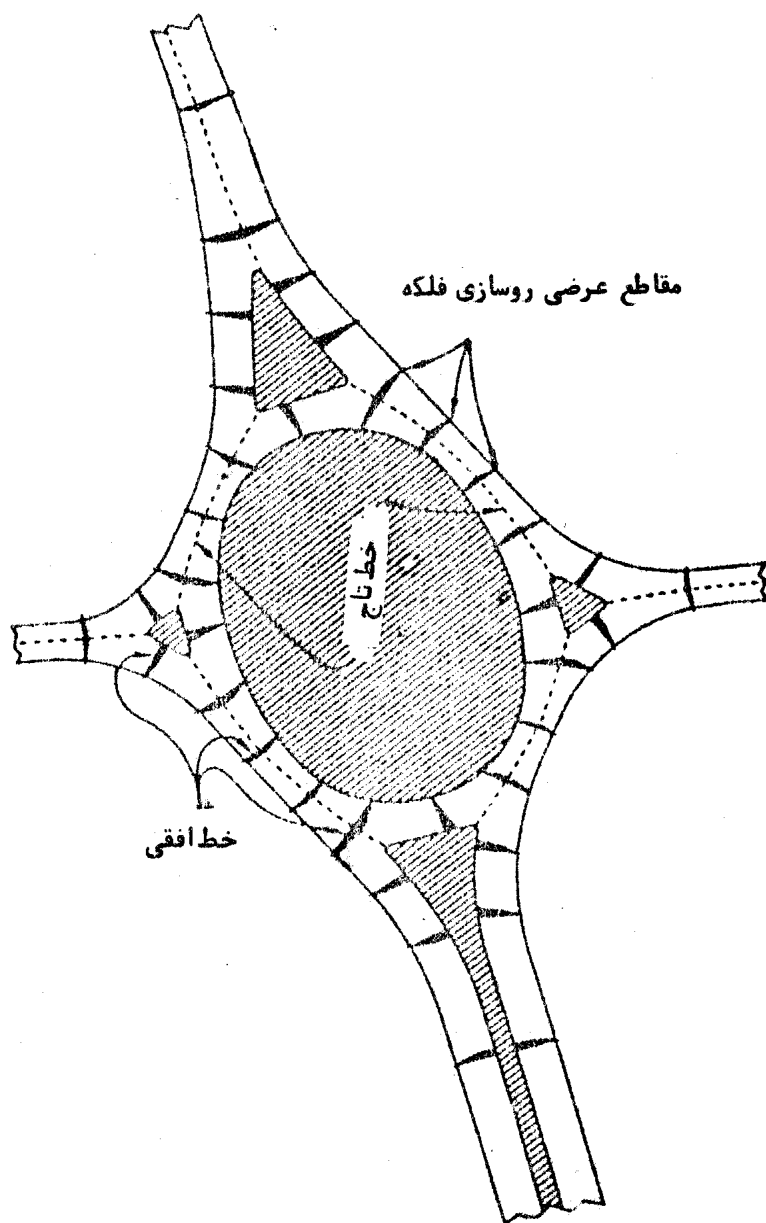
## ۸-۳-۸. فاصله دید و شیب

فاصله دید در هر شاخه تقاطع تا نقطه شروع جزایر هدایت کننده باید حداقل برابر فاصله توقف خودرو طرح در سرعت طرح همان شاخه باشد. بهتر است که فاصله دید در هر شاخه از ۱۸۰ متر کمتر نباشد و برای شاخه‌های با سرعت طرح بالا حتی کمی بیش از ۱۸۰ متر در نظر گرفته شود.

شیبها در تمام قسمت‌های فلکه باید حداقل ممکن انتخاب شوند؛ مطلوب آن است که حداکثر شیب از ۳٪ تجاوز نکند.

## ۸-۳-۹. جداول و شانه‌ها

در تمام فلکه‌ها، جزیره مرکزی و جزایر هدایت کننده برای هدایت آمد و شد، هدایت آب، افزایش دید و عوامل دیگر، باید جدول داشته باشند. جزایر هدایت کننده که برای هدایت مسیرهای آمد و شد در محل ورودیها و خروجیها به کار برده می‌شوند باید به خوبی قابل رویت بوده تا آنجا که ممکن است، قابل عبور باشند بجز در محل عبور عابر پیاده که باید غیر قابل عبور (بلند) انتخاب شوند. محیط خارجی فلکه نیازی به جدول ندارد و در صورت امکان، بهتر است برای ایستادن خودروهایی که در جستجوی مسیر خود هستند، شانه داشته باشد.



شکل ۵۰. شیبهای عرضی در تقاطع فلکهای

## ۸-۳-۱۰. منظره سازی

محدوده و جزیره میانی باید ظاهری زیبا داشته باشد و با محیط اطراف خود هماهنگ باشد. چمن و سبزه‌کاری و درختکاری (درختهایی که باعث کاهش دید نمی‌شوند) در جزیره مرکزی و جزایر هدایت‌کننده و اطراف فلکه باعث افزایش زیبایی فلکه می‌شوند و، همچنین، رانندگان را از نزدیک شدن به فلکه آگاه می‌سازند.

## ۸-۳-۱۱. علایم کنترل آمد و شد

علایم اخباری و هدایت‌کننده که از رنگهای منعکس‌کننده نور ساخته می‌شود تا هم در روز و هم در شب قابل استفاده باشد، برای کنترل آمد و شد فلکه ضروری است. در صورت امکان، بهتر است علایم راهنمایی در شب روشن شوند.

## ۸-۴. انواع و نمونه‌هایی از تقاطع میدانی (فلکه)

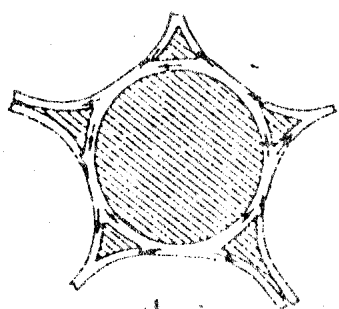
شکل ۵۱ انواع کلی شکل فلکه‌ها، و شکل ۵۲ طرح یک فلکه موجود را نشان می‌دهد. شکل ۵۱-الف طرح یک فلکه سه‌شاخه را نشان می‌دهد که به دلیل کاهش سرعت آمد و شد و افزایش فاصله طی شده توسط خودروها (در مقایسه با تقاطعهای دیگر)، به ندرت به کار برده می‌شود.

شکل ۵۱-ب یک فلکه چهار شاخه را نشان می‌دهد. در انواع این فلکه، معمولاً "برای افزایش مقدار آمد و شد، جزیره میانی در امتداد راه اصلی طولتر طرح می‌شود. از به کار بردن قوس معکوس در لبه خارجی روسازی فلکه (خط چین نشان داده شده در شکل) باید اجتناب شود.

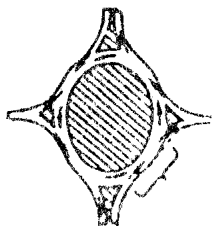
شکل ۵۱-ج طرح یک فلکه پنج‌شاخه را نشان می‌دهد. در این شکل، جزیره مرکزی دایره‌ای است، با وجودی که در عمل شرایط محل و آمد و شد، جزیره مرکزی غیر دایره‌ای طولی را ایجاد می‌کند.

شکل ۵۱-د طرحی را نشان می‌دهد که ترکیبی از اصول و معیارهای فلکه و تقاطع هدایت‌کننده است. آمد و شد عبوری راه اصلی از میان فلکه می‌گذرد، بدون آنکه وارد قطعات دارای آمد و شد ضربدری شود؛ آمد و شد گردشی و آمد و شد راههای فرعی وارد راه بیرونی فلکه می‌شوند. تمام آمد و شد عبوری راههای فرعی و آمد و شد چپگرد باید آمد و شد عبوری راه اصلی را به کمک علامت "ایست" و یا چراغ راهنما قطع کنند. این طرح قادر است با استفاده از چراغ راهنمای دو مرحله‌ای، آمد و شد زیادی را از خود عبور دهد.

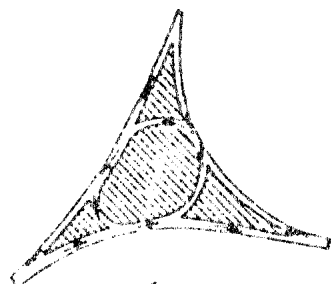
شکل ۵۱-ه طرحی را نشان می‌دهد که در آن، راه عبوری اصلی مستقیماً از میان جزیره مرکزی عبور کرده است. تمام آمد و شد گردنده از راه اصلی به راههای فرعی، از طریق گردش به راست به روسازی خطوط عبوری فلکه، و تمام آمد و شد راههای فرعی وارد روسازی فلکه می‌گردد. مانند طرح



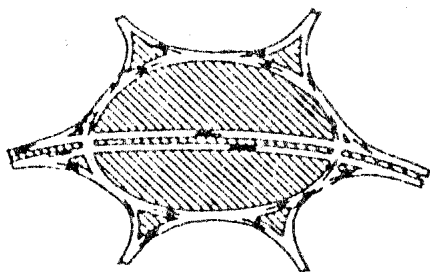
پنج راه  
(ج)



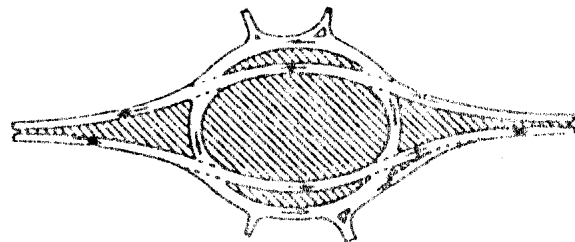
چهار راه  
(ب)



سه راه  
(الف)



فلکهای با یک راه اصلی میانگذر  
( ه )

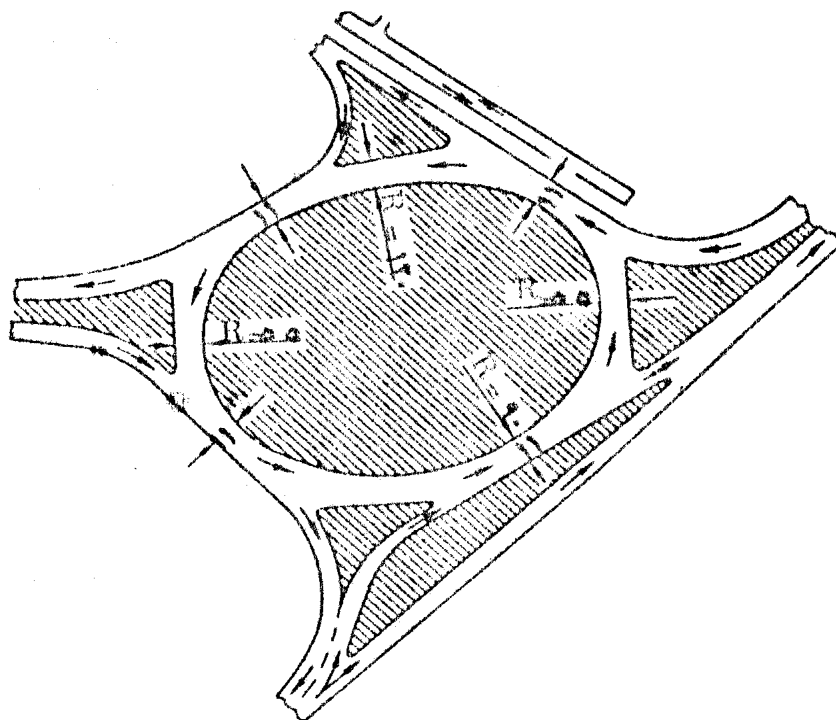


فلکهای با دوراه میانگذار  
( د )

شکل ۵۱. نمونه‌هایی از تقاطع میدانی (فلکه)

بالا، سیستم کنترل با علامت ایست و یا چراغ راهنما ضروری است.

شکل ۵۲ یک فلکه چهار شاخه را با یک راه کناری نشان می دهد که در یک منطقه کنار شهری قرار دارد. قوسهای تیز داده شده برای سرعتهای طرح ۴۰ تا ۵۰ کیلومتر در ساعت طرح شده است. طول قطعات دارای آمد و شد ضربدري از ۸۰ متر تا ۹۵ متر است؛ این قطعات به گونه ای طرح شده اند که حداکثر استفاده از تمام روسازی بشود. شیب در اکثر نقاط از ۱٪ کمتر است. سرعت خروجی از فلکه برای راه سمت چپ ۸۰ کیلومتر در ساعت و برای راههای دیگر ۵۵ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شده است. سرعت آمد و شد راههای ورودی به فلکه به ۴۰ کیلومتر در ساعت محدود شده است.



شکل ۵۲. تقاطع چهار شاخه فلکهای موجود با راه کناری

## بخش سوم

### تقاطعهای غیر همسطح

#### ۱. مقدمه

اگر تقاطع دو راه به صورت غیر همسطح باشد، مقدار آمد و شدی که از آن می‌تواند عبور کند ممکن است برابر یا در حدود مجموع گنجایشهای دو راه متقاطع باشد. به کار بردن تقاطعهای غیر همسطح به آمد و شد امکان می‌دهد که جریان پیوسته داشته باشد. استفاده از خطوط اتصالی برای گردشهای عبوری به راست و به چپ و به کار بردن تسهیلات لازم برای کاهش یا افزایش سرعت خودروها دور از خطوط آمد و شد اصلی، عبور کلیه آمد و شدها را از تقاطع با کمترین اختلال میسر می‌سازد.

تقاطع غیر همسطح، نوع مبدل و طرح آن به عوامل زیادی بستگی دارد، لیکن مشخصه‌های طرح راه عوامل اصلی کنترل‌کننده هستند که در معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی آورده شده‌اند. حجم ساعت طرح، خصوصیات و ترکیب آمد و شد و سرعت طرح مهمترین عوامل در طرح تقاطعها هستند. در نظر گرفتن این عوامل مهم در طرح تقاطعها موجب می‌شود که گنجایش تقاطع برای عبور ایمن آمد و شد کافی باشد.

وضعیت پستی و بلندی زمین و وسعت حریم راه موجود غالباً "مؤثرترین عوامل کنترل‌کننده در انتخاب نوع مبدل هستند. مثلاً"، در یک مورد ممکن است که وضعیت پستی و بلندی زمین برای به کار بردن نوع معینی از تقاطع غیر همسطح و شیرازه‌های تکمیلی مطلوب باشد؛ در مورد دیگر، ممکن است برای یک گذر غیر همسطح و شیرازه‌های اتصالی آن، عملیات خاکی قابل توجهی لازم باشد. وسعت حریم راه موجود نیز ممکن است یک عامل کنترل‌کننده اصلی باشد. معمولاً"، طرحهای مختلفی در نظر گرفته می‌شود تا در آنها هزینه حریم راه اضافی در برابر هزینه اجرا متعادل شود. به منظور سادگی و ایمنی عمل، مبدلها باید با ابعاد عملی و کافی طرح شوند. به کار بردن امتدادهای با شیب زیاد و قوسهای با شعاع تند برای گردشها که موجب حرکات نامنظم می‌شوند، نه تنها از نظر رانندگی خطرناک و ناراحت‌کننده است بلکه گنجایش مبدل را نیز محدود می‌کند. ابعاد یک مبدل نباید بیش از حد بزرگ یا بیش از حد کوچک اختیار شود.

در طرح تقاطعهای غیر همسطح و مبدلها، برای تعیین نوع تقاطع، لازم است که نوع و مقدار آمد و شد، وضعیت پستی و بلندی زمین، اندازه حریم راه موجود، و هزینه‌ها، به طور همزمان در نظر گرفته شود. در این معیارها، این عوامل و دیگر عوامل مربوط به طرح مبدلها که در معیارهای طرح هندسی تقاطعهای همسطح مورد بحث قرار نگرفته‌اند، شرح داده شده‌است. در این معیارها، مبحثی نیز در باره انواع مبدلها و نمونه‌هایی از مبدلهای موجود در دنیا آورده شده‌است.



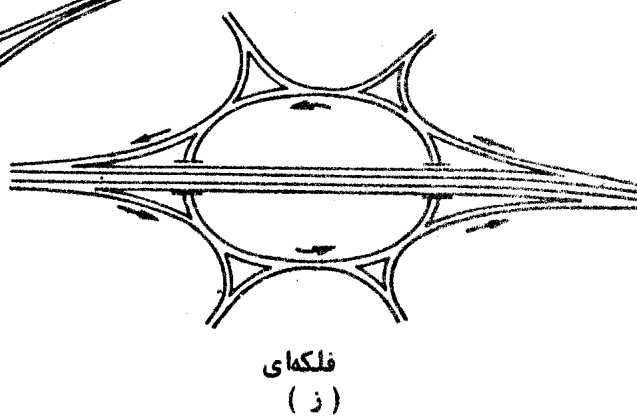
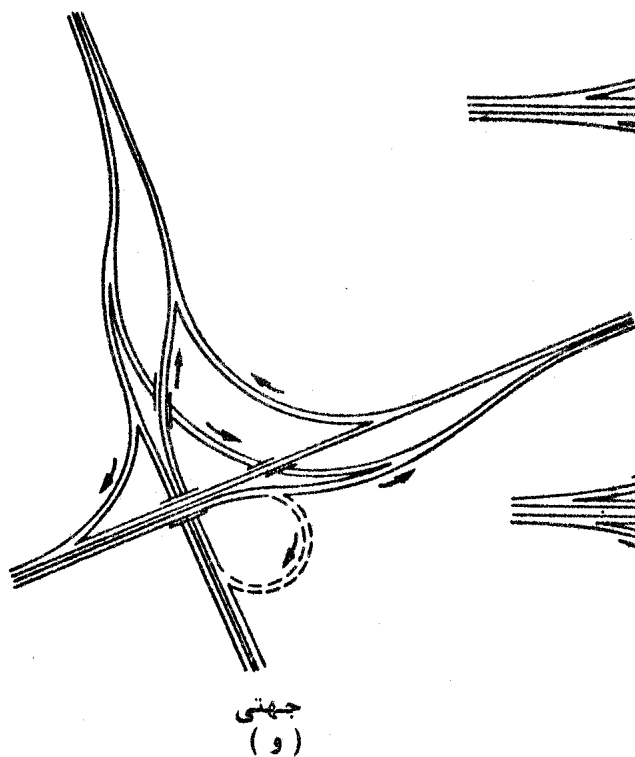
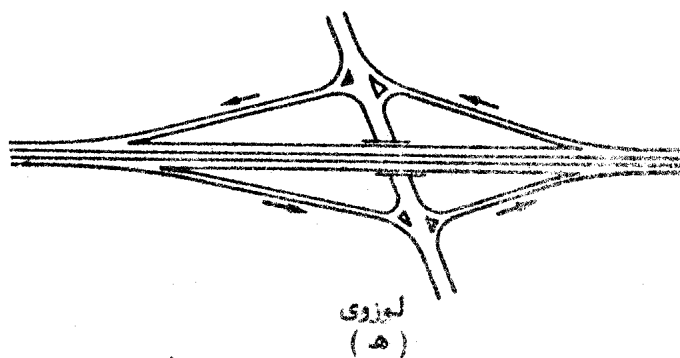
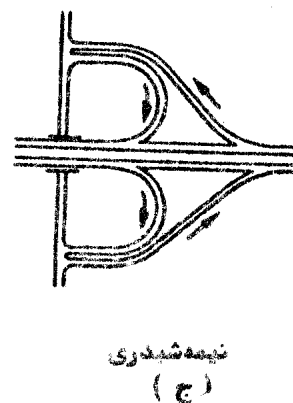
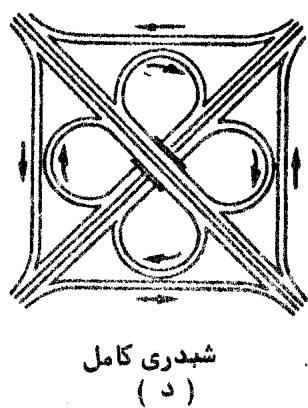
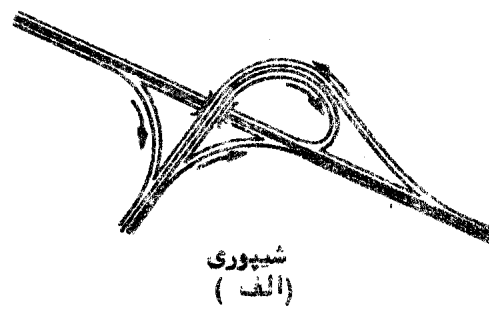
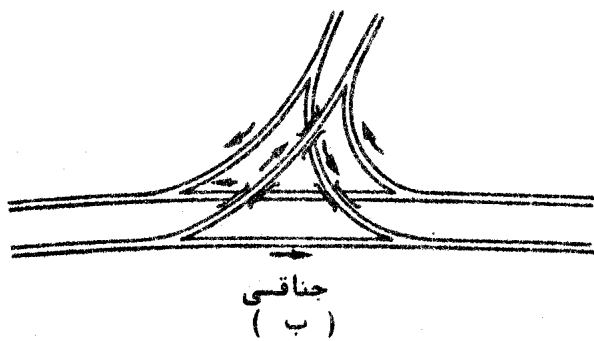
## (۱-۱) انواع کلی مبدلها

در مبدلها و طرحهای مختلف شیراژه‌ها در تقاطعهای غیرهمسطح، چندین شکل اصلی برای انجام گردشها وجود دارد. کاربرد آنها در یک محل معین توسط تعداد شاخه‌های راههای متقاطع، مقدار پیش‌بینی شده آمد و شد عبوری و گردش‌کننده و ذوق و سلیقه طراح تعیین می‌شود. اگرچه هر مبدل باید به‌طور مجزا و با توجه به شرایط مربوط به خود طرح شود، لیکن مطلوب آن است که مبدل‌های موجود در طول یک راه دارای یک شکل کلی باشند تا رانندگان به طرح کلی مبدل و محل نقاط خروج عادت کنند. این به آن معنا نیست که مثلاً "کلیه مبدلها باید از نوع لوزی یا همگی از نوع شبدری باشند، بلکه منظور آن است که کلیه شیراژه‌ها باید شکلی هماهنگ داشته باشند. به عنوان مثال، اگر اغلب شیراژه‌های مبدل‌های یک راه از نوع لوزی هستند، باید سعی شود که کلیه مبدل‌های واقع در طول این راه طوری طرح شوند که قبل از رسیدن به پل هوایی، یک خروجی در سمت راست داشته باشند. در مواردی که به علت مسائل اقتصادی، وضعیت پستی و بلندی زمین و یا سایر عوامل، اجباراً باید از شیراژه‌های دارای طرح ناهماهنگ استفاده شود، امکان دارد علامتگذاری خاصی لزوم پیدا کند.

بر اساس تعداد راههای وارد به تقاطعهای همسطح، این تقاطعها به انواع مختلف تقسیم می‌شوند. این گونه قسمت‌بندی در مورد مبدلها نیز مورد استفاده است ولی علاوه بر آن، بهتر است که مبدلها بر اساس طرح شیراژه‌هایشان نیز توصیف شوند. استفاده از اسامی متداول کاربرد زیادی دارد و اغلب مهندسان به آن آشنا هستند. شکل ۱ انواع مبدل‌های متداول و اصلی را نشان می‌دهد. هر یک از این انواع ممکن است با انجام تغییراتی به کار روند؛ همچنین، طرحهایی وجود دارند که از ترکیب این مبدلها ایجاد می‌شوند. در پاره‌ای از مبدلها، امکان تأمین کلیه گردشهای ممکن وجود ندارند. در برخی دیگر از مبدلها، برای اینکه بتوانیم کلیه حرکات گردشی لازم را تأمین نماییم، مجبوریم در بعضی از حرکات گردشی از گردشهای به‌صورت همسطح استفاده کنیم.

در شکلهای ۱-الف و ۱-ب، دو نوع مبدل متداول برای یک تقاطع سه‌راهی نشان داده شده است. طرح نشان داده شده در شکل ۱-الف برای تقاطع T شیپوری شکل و طرح نشان داده شده در شکل ۱-ب، برای تقاطع Y جناقی شکل مناسب است. در حالت اخیر، خطوط گردش همان خطوط یکطرفه راههای متقاطع هستند. این نوع تقاطع را می‌توان تقاطع جهتی نامید زیرا گردشها مستقیماً به طرف مقصد هدایت می‌شوند.

در مبدل شبدری کامل که در شکل ۱-د نشان داده شده است، کلیه گردشها، بدون هیچ‌گونه توقف، به وسیله شیراژه‌های یکطرفه برای هر نوع گردش، تأمین شده است؛ البته، گردش به چپ مستقیم امکان‌پذیر نیست و رانندگانی که قصد گردش به چپ را دارند باید ابتدا از نقطه تقاطع راه عبوری بگذرند و سپس با یک گردش به راست، و طی چرخشی در حدود ۲۷۰ درجه، به راه مورد نظر برسند. این مشخصه یک مبدل شبدری است. مبدل نیمه شبدری به مبدلهایی گفته می‌شود که در آنها کلیه گردشها به وسیله شیراژه‌های یکطرفه تأمین نمی‌شود و همه شیراژه‌ها به‌طور کامل وجود ندارند. در



شکل ۱. انواع عمده تقاطعهای غیر همسطح مبدل

شکل ۱-ج، یک مبدل نیمه‌شبدی نشان داده شده‌است که در آن، شیراهاها در دوربع تقاطع قرار گرفته‌اند؛ در این تقاطع، کلیه گردشها تأمین شده‌است ولی بعضی از گردشهای به‌چپ در روی راه فرعی و به‌طور همسطح انجام می‌شود. از مبدل شبدی کامل که تأمین‌کننده کلیه گردشها بدون هیچ‌گونه توقف است هنگامی استفاده می‌شود که شرایط راههای متقاطع چنین ضرورتی را ایجاد کند.

مبدلهای لوزوی کامل یا مبدلهایی که شیراهاها آنها موازی است (شکل ۱-ه)، چهار شیراها یکطرفه دارند. این نوع مبدلها برای تقاطعهایی مناسبند که یکی از راهها اصلی و دیگری غیر اصلی است و مقدار حریم راه نیز محدود است. معمولاً، شیراهاها در امتداد راه اصلی در نظر گرفته می‌شوند و ممکن است به‌صورت قوس و یا تقریباً "به‌موازیات راه اصلی باشند. محل تقاطع این شیراهاها با راه غیراصلی به‌صورت تقاطع T یا Y شکل و همسطح هستند که یک گردش به راست و یک گردش به‌چپ دارند. در صورتی که در محل تقاطع شیراهاها با راه اصلی، فقط یک گردش به راست با زاویه کوچک به‌وجود می‌آید. مبدلهای لوزوی را می‌توان برای مقادیر متفاوت آمد و شد به‌کار برد. این نوع مبدل، برای راههای با آمد و شد کم برونشهری که راه اصلی را قطع می‌کنند، کم هزینه‌ترین و منطقی‌ترین نوع تقاطع است. با تعریض راه قطع‌کننده در محل مبدل، یا تعریض انتهای شیراهاها و یا تعریض هر دو می‌توان از این نوع مبدل برای آمد و شدهای زیاد استفاده کرد. همچنین، این نوع مبدل برای مواردی مناسب است که یکی از راهها با چراغ راهنمایی کنترل می‌شود.

در شکل ۱-و، که یک مبدل جهتی است، شیراهاها در وسط قرار دارد یک حرکت گردش به چپ با اتصال مستقیم را نشان می‌دهد که به‌طور کلی از جهت حرکت مورد نظر دور نمی‌شود. در کلیه مبدلها، اتصالات بیرونی گردشهای به‌راست معمولاً "اتصالات مستقیم هستند. اصطلاح مبدلهای جهتی به مبدلهایی اطلاق می‌شود که در آنها، شیراهاها یکی یا چند گردش به‌چپ به‌صورت جهتی باشند. تأمین کلیه اتصالات برای گردشهای به‌چپ به‌صورت جهتی، به‌ندرت عملی یا لازم است. غالباً یکی از این نوع شیراهاها (جهتی) با انواع دیگر شیراهاهایی که عمل اتصال مستقیم را انجام می‌دهند (مانند شیراهاها که در شکل ۱-و با خط چین نشان داده شده‌است)، توأماً "در یک مبدل به‌کار می‌روند. در مواردی که در تقاطعهای چهارراهی از شیراهاها جهتی استفاده می‌شود، الزاماً باید از بیش از یک پل هوایی و یا از یک پل چندطبقه استفاده شود.

طرح شکل ۱-ز یک مبدل فلکهای را نشان می‌دهد که برای تقاطعهای چندراه بسیار مناسب است. در این نوع تقاطع، راه اصلی، عبور مستقیم از کلیه راههای دیگر جداست. سایر راههای متقارب و همچنین شیراهاها توسط فلکهای به یکدیگر متصل می‌شوند. حرکت در خطوط مبدلهای فلکهای با تقاطعهای فلکهای همسطح، خیلی متفاوت نیست و عوامل کنترل‌کننده طرح این قبیل تقاطعها که در معیارهای طرح تقاطعهای همسطح آورده شده، در این مورد نیز قابل استفاده است.

## ۱- ۲. مزایا

مزایای اصلی مبدلها به شرح زیر است:

( الف ) گنجایش خطوط عبوری در داخل مبدل را می توان به حد گنجایش خطوط عبوری در خارج از مبدل رساند.

( ب ) ایمنی آمد و شد عبوری و حرکت های گردش به چپ افزایش می یابد. حرکت های گردش به راست نظیر همان حرکت هایی است که در مورد تقاطع های همسطح انجام می شود، با این تفاوت که این عمل با اتصالات بهتری صورت می گیرد و باعث افزایش ایمنی می شود.

( ج ) توقفها و تغییر سرعت دادن های مربوط به حرکت عبوری حذف می شود. اگر چه معمولاً رانندگانی که قصد گردش به چپ یا راست را دارند باید از سرعت خود بکاهند، لیکن مقدار این کاهش سرعت در مورد مبدلهایی که به طور مناسب طرح شده اند، زیاد نیست. در مجموع، تأمین جریان آمد و شد به صورت یکخواخت سبب می شود که مقدار زیادی در وقت و هزینه مربوط به خودروها صرفه جویی شده و به طور قابل ملاحظه ای به راحتی و آسودگی رانندگی اضافه شود.

( د ) تقاطع های غیرهمسطح از نظر طرح قابلیت انعطاف زیادی دارند و می توان از آنها تقریباً در همه تقاطعها با هر زاویه و یا هر وضعیت استفاده کرد. استفاده از یک مبدل سبب حذف شیب های تند و یا پر پیچ و خم در راه عبوری می شود.

( هـ ) معمولاً، مبدلها برای اجرای مرحله ای مناسب هستند. ابتدا می توان پلی با یک یا چند شیرازه احداث نمود تا یک واحد کاملی را تشکیل دهد و سپس، در مراحل بعدی، می توان شیرازه های دیگری را به آن افزود. در طرح اولیه مبدلهای جهتی، ممکن است یک یا چند پل و برخی از خطوط گردش حذف شوند و بعداً "بسته به ضرورت، افزوده گردند.

( و ) تقاطع های غیرهمسطح بخش اصلی راه های درجه یک، یعنی آزاد راهها و تند راهها را تشکیل می دهند.

## ۱- ۳. معایب

معایب عمده مبدلها مربوط به هزینه ها و نیاز به حریم وسیع راه است. این معایب عبارتند از:

( الف ) به کار بردن تقاطع های غیرهمسطح و مبدل پرهزینه است. مخارج طراحی، حریم، احداث و نگهداری تقاطع های غیرهمسطح، بجز چند مورد استثنایی، بیشتر از مخارج کارهای مشابه در حالت تقاطع های همسطح است.

( ب ) مبدلها از نظر آمد و شد وسایل نقلیه کاملاً "بی عیب و نقص نیستند. شکل این تقاطعها،

بویژه در مواردی که هیچ یک از شیرازه‌های مکمل وجود نداشته باشد، ممکن است برای رانندگانی که کاملاً "به آنها آشنا نیستند گیج‌کننده باشد؛ لیکن، با افزایش تجربه رانندگان در زمینه استفاده از مبدلها، نتیجه بهتری از آنها به دست می‌آید.

ج ( در مورد زیرگذر تقاطعهای غیرهمسطح نمی‌توان از روش اجرای مرحله‌ای استفاده کرد. بنابراین، همواره رجحان دارد که عرض نهایی قسمتهای زیرین تأمین شود. در مورد زیرگذرها معمولاً "اقتصادی آن است که اگر استفاده از تنها یک پل در نظر است، پل با عرض کامل احداث شود. در مواردی که نهایتاً "باید دو پل روگذر به موازات یکدیگر احداث شوند و ضمناً "وجود یکی از این پلها تا چندین سال کفایت می‌کند، به کار بردن روش اجرای مرحله‌ای ممکن است اقتصادپس باشد.

د ( ممکن است به کار بردن یک تقاطع غیرهمسطح سبب شود که در نیمرخ طولی یکی از راهها و یا هر دو راه، بویژه در مناطق هموار، نقاط کوز و کاس غیرمطلوب به وجود آید.

ه ( در مواردی که پنج شاخه راه یا بیشتر یکدیگر را قطع می‌کنند، نمی‌توان به سادگی از یکی از انواع ساده مبدلها استفاده کرد. ممکن است در یک چنین مواردی لازم باشد که برخی از راهها را در خارج از محل تقاطع به یکدیگر متصل نمود و یا از مبدلهای دارای پلهای هوایی چندطبقه استفاده کرد.

## ۲. کاربرد تقاطعهای غیرهمسطح و مبدلها

سه نوع کلی تقاطع وجود دارد که عبارتند از تقاطعهای همسطح، تقاطعهای غیرهمسطح بدون شیرازه و مبدلها. هریک از اینها موارد استفاده‌ای دارند، لیکن محدوده استفاده هیچ یک کاملاً "قابل تعریف نیست. غالباً"، انتخاب نهایی نوع تقاطع، نتیجه نوعی توافق است که پس از در نظر گرفتن مقدار و ترکیب آمد و شد، هزینه، نوع عوارض زمین و مقدار حریم راه موجود، حاصل می‌شود.

### ۲-۱. آمد و شد

جریان آمد و شد عبوری با بازدهی گوناگون در انواع مختلف تقاطعها انجام می‌شود. در مواردی که آمد و شد در راه قطع‌کننده در مقایسه با راه اصلی اندک باشد، جریان آمد و شد عبوری راه اصلی در یک تقاطع همسطح با اختلال کمی انجام می‌شود، بویژه در حالتی که زمین مسطح است. جریان آمد و شد در راه غیر اصلی قطع‌کننده با تأخیر صورت می‌گیرد، لیکن جریان آمد و شد راه اصلی بدون مشکل یا تأخیر انجام می‌شود. در مواردی که مقدار آمد و شد راه غیر اصلی به اندازه‌ای است که استفاده از چراغ راهنما را توجیه می‌کند تا جریان یافتن آمد و شد از محل تقاطع امکان‌پذیر شود، آمد و شد در کلیه جهات با دشواری و تأخیر انجام خواهد گرفت. در این حالت، هنگامی که مقدار آمد و شد راه اصلی و راه قطع‌کننده تقریباً "برابر باشند، لازم است حدود ۵۰٪ آمد و شد متوقف شود.

در مواردی که تقاطع غیرهمسطح است، جریان آمد و شد عبوری بدون اشکال یا تأخیر انجام

می‌شود مگر در حالتی که شیب‌راههای متقارب زیاد، طول آنها بلند و نسبت درصد کامیونهای سنگین زیاد باشد. به استثنای موارد زیر، وجود شیب‌راه در مبدلها تأثیر بسیار زیادی بر جریان آمد و شد عبوری ندارد. این موارد عبارتند از حالتی که گنجایش شیب‌راه کافی نیست یا خطوط تغییر سرعت کوتاه هستند، و یا سواره‌روهای تکمیلی برای گردشها تأمین نشده‌اند و در نتیجه، جریان آمد و شد عبوری تحت تأثیر خودروهایی قرار می‌گیرد که قصد گردش به چپ را به‌طور مستقیم دارند.

بجز در آزاد راهها، معمولاً از مبدلها فقط در مواردی استفاده می‌شود که نتوان به آسانی از تقاطعهای همسطح، که هزینه کمتری دارند، برای عبور جریان آمد و شد راه قطع‌کننده و آمد و شدهای گردش‌کننده استفاده کرد. مسئله سردرگمی برخی از رانندگان در مبدلها ناگزیر به‌نظر می‌رسد، لیکن چنین مشکلاتی در مقایسه با مزایایی مانند کاهش مقدار تأخیرها، توقفها و تصادفات بسیار ناچیز است. با توسعه مبدلها و افزایش تجربه رانندگان در استفاده از آنها و همچنین با بهبود طرح مبدلها و افزایش علایم و وسایل کنترل‌کننده، مقدار این سردرگمی کاهش می‌یابد.

#### ۲-۱-۱. نوع آمد و شد

مبدلها برای هر نوع آمد و شدی قابل استفاده هستند. در مواردی که نسبت درصد کامیونهای سنگین در جریان آمد و شد زیاد است، استفاده از مبدلها بسیار مطلوب است. کامیونهای سنگین به علت قابلیت سرعت‌گیری کمی که در مقایسه با خودروهای سواری دارند، در اثر کم کردن سرعت و یا متوقف شدن تأثیر قابل توجهی در کاهش گنجایش تقاطعهای همسطح دارند.

#### ۲-۲. شرایط محل

به‌کار بردن مبدلها برای مناطق تپه‌ماهوری بسیار مناسب است و غالباً راههای عبوری را می‌توان در مقایسه با تقاطعهای همسطح با استاندارد بالایی طرح کرد. همچنین ممکن است این‌گونه مناطق موجب طرح شیب‌راههای ساده شوند، بسته به شکل منطقه، برخی از شیب‌راهها ممکن است شیب زیادی داشته باشند، یا بیش از حد طویل شوند و یا هر دو اشکال را باهم داشته باشند.

در مناطق مسطح، طراحی مبدلها ساده است ولی ممکن است شیبهای تندی پیدا کنند. مبدلهای واقع در مناطق مسطح به زیبایی مبدلهایی که به‌خوبی با مناطق تپه‌ماهوری تطبیق داده شده‌اند، نیستند.

حریم راه لازم برای مبدلها به مقدار زیاد به تعداد گردشهای بستگی دارد که برای آنها باید از شیب‌راههای مجزا استفاده شود. غالباً "فضایی که برای نیمه مبدلها لازم است، به اندازه یک تقاطع فلکهای بزرگ نیست. به‌علاوه، فضای لازم برای یک مبدل، تابع نوع راه، وضعیت پستی و بلندی زمین و معیارهای کلی مبنای طرح مبدل است.

### ۳-۲. نوع راه و اجزای تقاطع

مبدلها برای هر نوع راه و برای هر سرعت طرحی مناسب هستند. با افزایش سرعت طرح، به مقدار خطرات ناشی از متوقف شدن و انجام گردشهای مستقیم در تقاطعها افزوده می شود. بنابراین، راههای با سرعت طرح بالا، در مقایسه با راههایی که همان مقدار آمد و شد را دارند ولی سرعت حرکت در آنها کمتر است، باید زودتر مجهز به مبدل شوند. شیب راههای راههای با سرعت طرح بالا باید طوری باشند که گردش با سرعت زیاد را امکان پذیر کنند.

مبدلها اجزای اصلی بزرگراهها و آزادراهها هستند. در محل تقاطع راههای دارای ورودی محدود شده با کلیه راههای قطع کننده مهم، از تقاطعهای غیرهمسطح استفاده می شود. به راههای دیگر که اهمیت زیادی ندارند، اجازه قطع آزادراه داده نمی شود. نوع مبدل به وضعیت پستی و بلندی زمین، نحوه توسعه مناطق واقع در طول راه و شرایط حریم راه بستگی دارد، ولی بدطور کلی، نوع مبدل برای تسریع ورود و خروج از آزادراه، به ترتیب شیب راهها نیز بستگی دارد. ممکن است اتصالات شیب راهها به راههای ارتباطی نیاز داشته باشد. در هر یک از تقاطعهای غیرهمسطح می توان از شکلی از مبدل استفاده کرد که منطبق با اتصالات مورد نیاز آزاد راه باشد.

در انتخاب نوع تقاطع، لازم است مقدار و وسعتی که خدمات محلی باید به وسیله آن تأمین شود، در نظر گرفته شود. خدمات محلی در انواع معینی از تقاطعهای همسطح به آسانی قابل تأمین است، در صورتی که در پاره ای از انواع مبدلها باید برای این منظور از اجزای اضافی بیشتری استفاده شود.

### ۴-۱. ایمنی

بسیاری از انواع تصادف مربوط به تقاطعهای همسطح هستند و تمام آنها را نمی توان با طرح مناسب حذف نمود. از طرف دیگر، به کار بردن تقاطع غیرهمسطح موجب حذف کلیه عواملی خواهد شد که در جریان آمد و شدهای اصلی اسکان تصادف را ایجاد می کنند. استفاده از مبدلها موجب کاهش یا حذف تداخل بین آمد و شدهای عبوری و آمد و شدهای گردنده می شود؛ حرکتهای همگرا و واگرای آمد و شدها جایگزین این برخوردها می شود. حذف تداخل بین خودروهایی که قصد گردش به چپ دارند با خودروهایی که در جهت مقابل در حرکت هستند، موجب کاهش تعداد تصادفات می شود. همچنین، در مقایسه با تقاطعهای همسطح، خودروهایی که قصد گردش به راست را دارند، از ایمنی بیشتری برخوردار خواهند بود زیرا در مبدلها برای این منظور از شیب راههای با استاندارد بالاتری استفاده می شود.

### ۵-۲. توسعه مرحله ای

در مواردی که توسعه نهایی تقاطع غیرهمسطح مستلزم ایجاد دو پل هوایی مجزا و موازی است ولی بدکار گرفتن یکی از این پلها برای چندین سال کفایت می کند، استفاده از روش توسعه مرحله ای می تواند راه حلی اقتصادی باشد و به طور مؤثری مورد استفاده قرار بگیرد. در مواردی که توسعه نهایی مشتمل بر

یک پل است، روش توسعه مرحله‌ای غیراقتصادی است، لیکن شیپراهه‌ها را می‌توان به صورت مرحله‌ای اجرا کرد. در این حالت می‌توان مثلاً "شیپراهه‌های یک یا دو ربع مبدل را در مرحله اول ساخت و در مراحل بعدی، شیپراهه‌های ربع‌های دیگر را اجرا کرد. در مواردی که احداث تقاطع به صورت مرحله‌ای در نظر است، ابتدا باید حریم لازم را تأمین نمود تا توسعه نهایی دچار اشکال نشود.

## ۲-۶. عوامل اقتصادی

مخارج اولیه - مبدل‌ها پرهزینه‌ترین نوع تقاطع هستند. مجموع هزینه‌های مربوط به پل‌ها، شیپراهه‌ها، راه‌های اصلی، تسطیح و منظره‌سازی یک منطقه وسیع و تغییرات لازم احتمالی در راه‌ها و اجزای موجود معمولاً از هزینه یک تقاطع همسطح بیشتر است. مبدل‌های جهتی شامل بیش از یک پل هوایی هستند و معمولاً هزینه آنها بیشتر از هزینه هر نوع مبدل دیگر است.

مخارج نگهداری - هر یک از انواع مبدل مستلزم صرف هزینه قابل توجهی برای نگهداری است. مبدل‌ها دارای روسازیها و محل‌های دارای شیب‌های متفاوت وسیعی هستند که مخارج نگهداری آنها، به علاوه مخارج نگهداری از پل‌های هوایی، علایم، چشم انداز و غیره، بیشتر از مخارج نگهداری تقاطع‌های همسطح است. غالباً، مبدل‌ها دارای هزینه و استفاده از روشنایی نیز هستند.

هزینه خودروها - در تحلیل کامل برای استفاده از مبدل‌ها، در مقایسه با سایر انواع تقاطع‌ها، لازم است که هزینه مربوط به خودروها نیز محاسبه شود. اگرچه این اختلاف هزینه در مورد یک خودرو ممکن است ناچیز به نظر بیاید، ولی وقتی که این اختلاف هزینه برای تمام آمد و شد در نظر گرفته شود، ممکن است مزیتی یکی از انواع تقاطع‌ها را در مقایسه با انواع دیگر، نشان بدهد. در مورد مقادیر متوسط تا زیاد آمد و شد، مجموع هزینه‌های مربوط به خودروها در یک تقاطع مبدل معمولاً کمتر از یک تقاطع همسطح است، بویژه در حالتی که مقدار آمد و شد عبوری زیاد باشد.

## ۳. شرایط احداث مبدل‌ها

به طوری که بحث شد، به کار گرفتن مبدل برای بسیاری از مسائل تقاطع‌ها راه حل مفیدی است، ولی بدلیل نازا بودن هزینه اولیه زیاد، استفاده از به کار بردن مبدل برای حذف تنگناهای آمد و شد، یا تصحیح شرایط خطرناک موجود محدود به مواردی است که بتوان این مخارج را توجیه کرد. تعیین دقیق شرایطی که استفاده از یک مبدل در یک تقاطع را قابل توجیه می‌سازد مشکل و، در پاره‌ای موارد، غیرممکن است. عواملی که باید برای یک تصمیم‌گیری اصولی در نظر گرفته شود، علاوه بر شرایط موجود، عبارتند از:

الف) توسعه راه به یک آزاد راه - تصمیم‌گیری در این مورد که یک راه موجود بین دو نقطه معین باید به صورت راهی با ورودی کاملاً محدود توسعه یابد، از شرایط لازم برای به کار بردن تقاطع‌های غیرهمسطح یا مبدل‌ها در کلیه تقاطع‌های این راه است. اگرچه محدود کردن ورودیها، به کار بردن میانه



و حذف محل توقف خودروها و آمد و شد عابران پیاده از نظر ایمنی بسیار مهم است، ولی مهمترین عامل برای افزایش ایمنی در آزادراهها استفاده از تقاطعهای غیرهمسطح می باشد. پس از آنکه در مورد توسعه راهی به صورت آزادراه تصمیمگیری شد، باید تعیین شود که از راههایی که این راه را قطع می کنند کدام باید به آزاد راه ختم شود، کدام را باید تغییر مسیر داد و برای کدام راه باید از تقاطع غیرهمسطح استفاده کرد.

ب) حذف تنگناها یا شلوغیهای نقطه‌ای- نبود گنجایش کافی در تقاطع راههای پرآمد و شد، سبب شلوغی بیش از حد یک یا کلیه راههای منتهی به تقاطع می شود. ناتوانی یک تقاطع همسطح برای تأمین گنجایش لازم، به کار بردن یک تقاطع غیرهمسطح را توجیه می کند.

ج) حذف نقاط خطرناک- در پاره‌ای از تقاطعهای همسطح، تعداد تصادفات شدید زیاد است. در صورتی که با استفاده از روشهای کم هزینه تر بتوان از وقوع این تصادفات جلوگیری کرد، احتمالاً به کار بردن یک تقاطع غیرهمسطح یا مبدل قابل توجیه می شود. تقاطعهایی که امکان تصادف در آنها زیاد است، اغلب در راههای کم آمد و شد واقع در مناطق مسکونی برونشهری با تراکم کم، که سرعت در آنها بالاست، وجود دارند. در چنین مناطقی، معمولاً می توان تقاطعهای غیرهمسطح را در مقایسه با مناطق شهری، با هزینه کمتری احداث کرد؛ بهای حریم راه زیاد نیست، و این توسعه کم هزینه با حذف تعدادی از تصادفات شدید، می تواند قابل توجیه باشد. البته، وجود تصادفات شدید در تقاطع راههای پرآمد و شد نیز به کار بردن مبدلها را توجیه می کند. علاوه بر ایمنی بیشتر، مبدلها سبب تسریع تمام گردشها نیز می شوند.

د) وضعیت پستی و بلندی محل- در پاره‌ای از محلها به کار بردن تقاطع غیرهمسطح ممکن است تنها راهحلی باشد که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است. وضعیت پستی و بلندی زمین محل ممکن است به گونه‌ای باشد که ایجاد هرنوع تقاطع دیگر از نظر تأمین استانداردهای لازم غیرممکن باشد و یا از نظر هزینه برابر یا بیشتر شود.

ه) منافع استفاده کنندگان از راه- در تقاطعهای همسطح شلوغ، هزینه‌های استفاده کنندگان از راه زیاد است. هزینه‌های مربوط به سوخت، استهلاک لاستیک، روغن، تعمیرات، اتلاف وقت، تصادف و غیره در تقاطعهایی که مستلزم تغییر سرعت، توقف و صبر کردن هستند، از تقاطعهایی که آمد و شد پیوسته و بدون انقطاع را امکانپذیر می کنند، بسیار بیشتر است. به طور کلی، در مبدلها، در مقایسه با تقاطعهای همسطح، مسافت بیشتری برای عبور از تقاطع طی می شود، ولی هزینه طی این مسافت بیشتر، از صرفه جوییهای ناشی از کاهش توقفها و اتلاف وقتها به مراتب کمتر است.

به طور کلی، در مورد بهسازی هرنوع تقاطع، رابطه بین منافع استفاده کنندگان از راه با هزینه‌های بهسازی نشان می دهد که انجام بهسازی از نظر اقتصادی قابل توجیه هست یا نه. برای آسانی، این

رابطه به صورت نسبت منافع سالانه به مخارج سالانه بهسازی بیان می شود. منافع سالانه تفاوت بین هزینه های استفاده کنندگان از راه در شرایط موجود، و هزینه های استفاده کنندگان از راه پس از انجام بهسازی است. هر اندازه این نسبت بزرگتر باشد، به کار بردن مبدل از لحاظ منافع استفاده کنندگان از راه از نظر اقتصادی موجه تر خواهد بود. مقایسه این نسبتها برای راه حل های مختلف، عامل مهمی در تعیین نوع و وسعت بهسازی است. در مواردی که مقایسه اقتصادی راه حل های مختلف منظور نظر نیست و فقط توجیه اقتصادی یک طرح مطرح است، این نسبت باید از یک بیشتر باشد.

و) مقدار آمد و شد - توجیه استفاده از یک مبدل از نظر مقدار آمد و شد، ملموس ترین توجیه است زیرا به عنوان مثال، توجیه از نظر تعداد تصادفات مستلزم انجام تحلیلی است که به زمان زیاد نیاز دارد و از آنجا که تعداد تصادفات را نمی توان با دقت مطلوبی پیش بینی کرد، همیشه تردیدهایی وجود خواهد داشت.

با وجود آنکه نمی توان مقدار معینی از آمد و شد را در یک تقاطع مشخص کرد که توجیه کننده استفاده از یک مبدل باشد، باز هم مقدار آمد و شد عامل مهمی است، بویژه هنگامی که این مقدار توأم با توزیع و تأثیر رفتار آمد و شد باشد. اگرچه کاملاً روشن نیست که براساس مقدار آمد و شد بتوان توجیهی به دست آورد ولی مقدار آمد و شد بیش از گنجایش یک تقاطع همسطح یقیناً "استفاده از مبدل را توجیه می کند".

#### ۴. ابنیه مربوط به تقاطع های غیر همسطح

انواع پل هوایی برای جدا کردن دو راه متقاطع به صورت غیر همسطح و یا یک راه و یک راه آهن به کار می رود. اگرچه بسیاری از جنبه های سازه ای مربوط به طرح باید در نظر گرفته شود، ولی در این قسمت بحث فقط محدود به خصوصیات طرح هندسی پل های مربوط به تقاطع غیر همسطح است. برخی از جنبه های طرح سازه ای الزاماً "مربوط به تأثیر آنها در طرح هندسی است. درست است که این بحث بیشتر مربوط به تقاطع های غیر همسطح راهها می شود، ولی اغلب این خصوصیات طرح هندسی در مورد تقاطع های غیر همسطح با راه آهن نیز قابل استفاده است.

#### ۴-۱. انواع پل های هوایی

بهترین نوع پلی که برای تقاطع غیر همسطح مناسب است، پلی است که احساس محدودیت را در رانندگان به حداقل برساند. پلی که این مشخصه را دارد، فواصل آزاد جانبی زیادی را در هر دو راه غیر همسطح تأمین می کند و کلیه ستونها، پایه پلها، دیوارها و غیره به قدر کافی از سواره رو فاصله دارد. در حالتی که رانندگان عملاً "نیازی به توجه زیاد به پل ندارند، رفتارشان مشابه یا تقریباً "مشابه رفتاری است که در سایر نقاط واقع در طول راه دارند. به هر حال، تغییرات ناگهانی سرعت و جهت معمولاً "غیر قابل تحمل است.

پل یک تقاطع غیر همسطح باید منطبق بر امتداد های طبیعی راه های منتهی به تقاطع، نیمرخ

طولی و نیمرخ عرضی باشد. در واقع، پل باید طوری طرح شود که منطبق با راه باشد، نه آنکه راه با پل انطباق داشته باشد.

برای راههای روگذر، پلهای دارای دال مسطح مناسبترین پلهها هستند زیرا ستونها واقع در زیر و خارج از دید میباشند. فاصله آزاد قائم نامحدود است و فاصله آزاد جانبی تنها توسط محل جداول و نردهها کنترل می شود. مقدار ارتفاع و دهانه پل باید طوری باشد که احساس محدودیت را به حداقل برساند. به طور کلی، پلهای با دال مسطح در مقایسه با سایر انواع پلهها به نگهداری کمتری نیاز دارند و تعریض آنها مسئله ویژه ای را به وجود نمی آورد.

در مورد راههای زیرگذر، مطلوبترین پل از نظر حرکت خودروها پلی است که دهانه آن برابر با تمام دهانه مقطع عرضی راه باشد (یعنی از بالا تا بالای شیروانیها، اگر راه در برش واقع شده باشد). به کار بردن یک چنین دهانههایی معمولاً عملی نیست و در صورتی که محل ستونها و پایهها به لبه سوارهوها نزدیکتر باشد، مقدار قابل توجهی از هزینه احداث پل کاسته می شود. در راههای جدا شده، ستون یا پایههای میانی باید فقط در مواردی به کار برده شود که عرض میانه برای تأمین فاصله آزاد کافی است.

پل یک تقاطع غیرهمسطح باید طرح خوشایندی داشته باشد و ابعاد آن طوری انتخاب شود که با محل مطابقت کند. معمولاً، می توان بدون صرف هزینه زیاد یک پل خوش منظره طرح کرد، مشروط بر آنکه دقت کافی به عمل آید.

#### ۲-۴. روگذر- زیرگذر

در مورد هر تقاطع غیرهمسطح باید مطالعات زیادی انجام گیرد تا معلوم شود که راه اصلی باید از رو یا از زیر عبور کند. در اغلب موارد، این انتخاب توسط عواملی مانند وضعیت پستی و بلندی زمین و نوع راه تعیین می شود. ممکن است لازم باشد که چند طرح اولیه تقریباً کامل شود تا بتوان در مورد مطلوبترین طرح کلی تصمیمگیری کرد. در این قسمت، کلیاتی در مورد خصوصیات روگذرها و زیرگذرها آورده شده است، ولی این گونه راهنماییهای کلی کافی نیست و تقاطع در هر مورد باید به طور دقیق و کامل مورد بررسی قرار گیرد.

در هر محل، شرایط تعیین کننده این موضوع که کدام یک از راهها باید از رو عبور داده شود، معمولاً به یکی از سه گروه زیر تقسیم می شود:

یکم- وضعیت پستی و بلندی زمین عامل کنترل کننده است و طرح باید کاملاً "منطبق بر آن باشد.

دوم- وضعیت پستی و بلندی زمین مستلزم به کار بردن ترتیب خاصی نیست.

سوم- امتداد و شیب یکی از راهها به اندازه ای از اهمیت برخوردار است که می تواند امتداد و شیب راه دیگر را تحت تأثیر قرار دهد و احتمالاً "سبب انتخاب ترتیبی شود که با آنچه که با وضعیت پستی و بلندی زمین بهتر منطبق است مغایرت دارد.

به عنوان یک قاعده کلی، طرحی که با وضعیت پستی و بلندی زمین بهتر منطبق است، خوش منظره‌ترین ترتیب بوده و از نظر اجرا و نگهداری نیز اقتصادپسین است. مهمترین استثنا بر این قاعده، حالتی است که راه اصلی از اهمیتی برخوردار است که وضعیت پستی و بلندی زمین و شرایط راه غیر اصلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مواردی که وضعیت پستی و بلندی زمین عامل کنترل‌کننده نیست (نظیر مناطق مسطح)، باید عوامل مؤثر ثانوی، مانند شیبها و طول شیب‌راهها مورد مطالعه قرار گیرند. در این گونه موارد، احتمالاً "امتداد هریک از راهها نقاط کوژ یا کاسی خواهند داشت. علاوه بر آنچه گفته شد، لازم است نکات کلی دیگری نیز بررسی شود. این نکات عبارتند از:

الف) طرح باید اقتصادی باشد. برای این منظور نه تنها امتداد راههای قطع‌کننده، بلکه شیب‌راهها نیز باید بر وضعیت پستی و بلندی زمین منطبق باشند.

ب) در مورد راههایی که از زیر می‌گذرند، به علت دیدن راه بالایی، نوعی پیش‌آگاهی در مورد وجود تقاطع به دست می‌آید که از بودن اتصالات مربوط به تقاطع خبر می‌دهد.

ج) سرنشینان خودروهایی که در راه بالایی حرکت می‌کنند دید بهتری به اطراف تقاطع دارند و نسبت به خودروهایی که در راه زیری در حرکت هستند، احساس محدودیت کمتری می‌کنند.

د) در مواردی که مقدار آمد و شد گردش‌کننده زیاد است، وقتی که راه اصلی در زیر قرار دارد شیب‌راهها نیم‌رخ طولی مناسبتری خواهند داشت زیرا شیب شیب‌راهها به کاهش سرعت خودروهایی که راه اصلی را ترک می‌کنند و افزایش سرعت خودروهایی که قصد ورود به راه اصلی را دارند کمک می‌کند.

ه) در مواردی که مزیت عمده‌ای در به کار بردن زیرگذر یا روگذر نباشد، ترتیبی باید انتخاب شود که فاصله دید بیشتری در راه اصلی (ترجیحاً) فاصله دید سبقت ایمن در راه ۲ خطه) را تأمین می‌کند.

و) معمولاً "روگذرها امکان اجرای مرحله‌ای را، هم برای راه و هم برای پل، بهتر فراهم می‌کنند و سرمایه‌گذاری اولیه را کمتر از بین می‌برند.

ز) با قرار دادن راه اصلی در رو و تغییر ندادن شیب‌راه غیر اصلی، مسائل مربوط به رهکشی را می‌توان کاهش داد. در برخی موارد، تنها به علت مسائل رهکشی ممکن است لازم باشد که راه اصلی را به جای قرار دادن در زیر راه غیر اصلی، از بالای آن عبور دهیم.

ح) در مواردی که وضعیت پستی و بلندی زمین عامل کنترل‌کننده ثانوی است، باید راه زیرگذر و راه روگذر با توجه به هزینه ساختمان پل تعیین شوند.

ط ( در مواردی که راه اصلی را می‌توان نزدیکتر به سطح زمین موجود احداث کرد، بهتر است راه اصلی از زیر عبور داده شود. اگر عرض راهها با یکدیگر اختلاف زیادی داشته باشند، به‌کار بردن این ترتیب موجب اقتصادیت‌تر شدن طرح می‌شود. از آنجا که راه غیراصلی معمولاً "با استاندارد پایین‌تری طرح می‌شود، شیبهای آن می‌تواند تندتر و فاصله دید آن کوتاهتر باشد؛ در نتیجه، با عبور راه غیراصلی از رو، حجم عملیات خاکی، سطح روسازی، عرض پل و طول راه روگذر در تقاطع، کمتر خواهد بود.

ی ( غالباً، "انتخاب زیرگذر در یک نقطه معین نه تنها براساس شرایط موجود در آن محل، بلکه براساس طرح کلی راه انجام می‌شود.

ک ( در مواردی که یک راه جدید راه موجودی را قطع می‌کند که مقدار آمد و شد آن زیاد است، عبور راه جدید از رو اختلال کمتری را در راه موجود موجب می‌شود و نیازی به استفاده از راه انحرافی نخواهد بود.

ل ( در حالتی که راه از رو عبور می‌کند، محدودیتی در مورد فاصله آزاد قائم وجود ندارد.

#### ۳-۴. عرض پل و فواصل آزاد افقی

راههایی که شانه‌های عریض، آبروهای عریض و شیبهای شیروانی ملایم دارند، ایمن‌تر هستند و احساس آزادی بیشتری به رانندگان می‌دهند. تیرها، پیاده‌روها، ستونهای پلها و جانپناههایی که نزدیک روسازی قرار دارند عوامل بالقوه خطر هستند و موجب می‌شوند که رانندگان به‌طرف داخل متمایل شوند. بسیاری از رانندگان در محلهایی که محدودیتهایی وجود دارد یا از مسیر خود منحرف می‌شوند و یا به‌طور ناگهانی تغییر سرعت می‌دهند. از این رو، عرض آزاد در پلها باید تا حد امکان زیاد اختیار شود (ترجیحاً "برابر با عرض روسازی و شانه‌ها) تا به رانندگان احساس وجود فضای آزاد بدهد. از طرف دیگر، پلهای طویل پرهزینه هستند و لازم است که در مورد آنها رابطه متعادل انتخاب شود.

در پلهای طویل، بویژه در پلهای با دهانه بزرگ که مخارج هر متر مربع آن بیشتر از پلهای با دهانه کوچک است، ممکن است عرضهای کمتری از مقادیر مطلوب قابل قبول باشند زیرا محدودیتهای عرض تا حدودی با آگاهی رانندگان از کاهش عرض و دقت و هشاری آنان جبران می‌شود. وجود عواملی مانند جانپناه پل، تغییرات اطراف راه یا تغییر روسازی که سبب ظاهری متفاوت می‌شود، باعث هوشیاری رانندگان است. روشنایی پلها در شب نیز واکنش خوبی را از جانب رانندگان سبب می‌شود. از طرف دیگر، پلهای کوتاه نسبتاً "کم‌خرج‌تر هستند و توجه کمتری برای استفاده از روسازی باریک در روی آنها وجود دارد.

در تعیین ابعاد، محل و طرح کلی پل و اجزای اطراف راه به‌منظور تعیین عرض سواره‌رو در رو یا زیر یک تقاطع غیرهمسطح، هدف باید تأمین شرایطی باشد که موجب شود رانندگان واکنشی نظیر

آنچه که در سایر قسمتهای راه دارند، نشان دهند، عرضها نباید آن قدر زیاد باشند که بدون آنکه ارزش زیادی از نظر سودمندی و ایمنی داشته باشند، هزینه پلها را بالا ببرند. از آنجا که عوامل کنترل کننده ابعاد تا حدودی با آنچه گفته شد متفاوت هستند، عرض زیرگذرها و روگذرها به طور جداگانه مورد بحث قرار گرفته است.

#### ۴-۳-۱. راههای زیرگذر

معمولاً، در زیرگذرها نهایت مطلوب آن است که عرض کل سواره‌رو در طول پل تأمین شده باشد. نتایج کلی به نوع پل و رابطه بین شیب‌راه زیرگذر با مناطق اطراف بستگی دارد. پایه‌های کناری پل و دیواره‌های موازی راه زیرین موجب ایجاد احساس محدودیت زیادی می‌شود، ولی استفاده از آنها به علت محدودیت حریم راه ضروری است. صرف نظر از نوع پل به کار رفته، نیم‌رخ راهی که در زیرگذر به صورت یک فرورفتگی تند است موجب می‌شود که احساس محدودیت خیلی بیشتر از نیم‌رخ راهی شود که در زیرگذر به صورت مستقیم قرار دارد.

به نظر می‌رسد که مهمترین بعد، همان فاصله آزاد جانبی بین لبه خط‌آمد و شد اصلی و قسمت داخلی دیوار یا ستون باشد. حداقل فاصله آزاد کناری، همان عرض متداول شانه است. در صورتی که موانع ارتفاعی بلند واقع در کنار راه در فاصله بیش از  $1/80$  متری از کنار راه قرار گرفته باشند، تأثیر بسیار کمی در رفتار جریان آمد و شد خواهند داشت. بنابراین، بجز در مورد راههای محلی با آمد و شد کم، باید حداقل فاصله‌ای برابر با  $1/80$  متر بین لبه روسازی تا پایه یا ستون یا هر وسیله محافظ دیگر مانند نرده ایمنی و جدول غیرقابل عبور، در سمت راست جریان آمد و شدی وجود داشته باشد که عرض متداول شانه آن، کمتر از  $1/80$  متر است. در برخی موارد، به منظور تأمین فاصله دید، فاصله آزاد بیشتری در قسمت داخلی قوسها لازم است.

معمولاً، در مناطق برونشهری از جداول پیوسته در مجاورت خطوط آمد و شد اصلی استفاده نمی‌شود. در مواردی که در سمت راست راهی که به تقاطع می‌رسد جداول قابل عبور وجود دارد، باید این جداول بدون هیچ‌گونه تغییری در طول پل ادامه یابند. بهتر است که در سمت ورودی زیرگذرها، در محلی که پایه‌های کناری یا ستونها نزدیک به لبه شانه‌ها قرار دارند، از نرده‌های ایمنی استفاده شود و این ستونها فاصله آزادی برابر یا بیشتر از  $2/40$  متر از لبه روسازی خط‌آمد و شد عبوری دارند، بهتر است که نرده‌های ایمنی در زیر پل نیز ادامه داشته باشند.

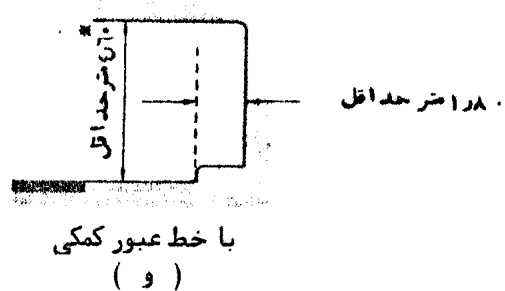
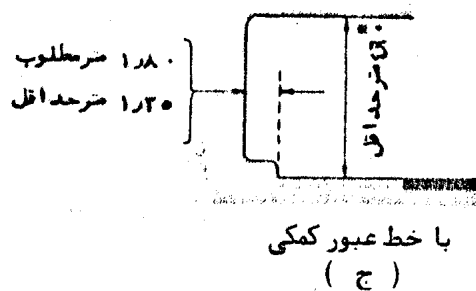
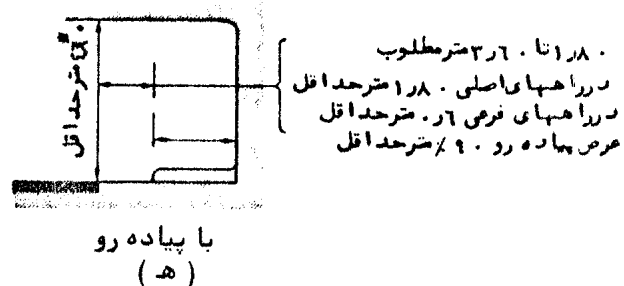
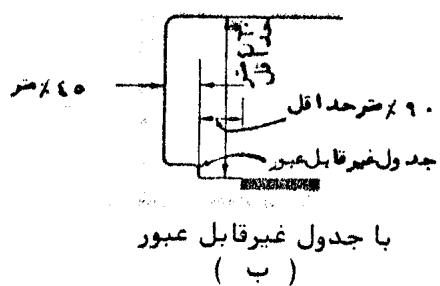
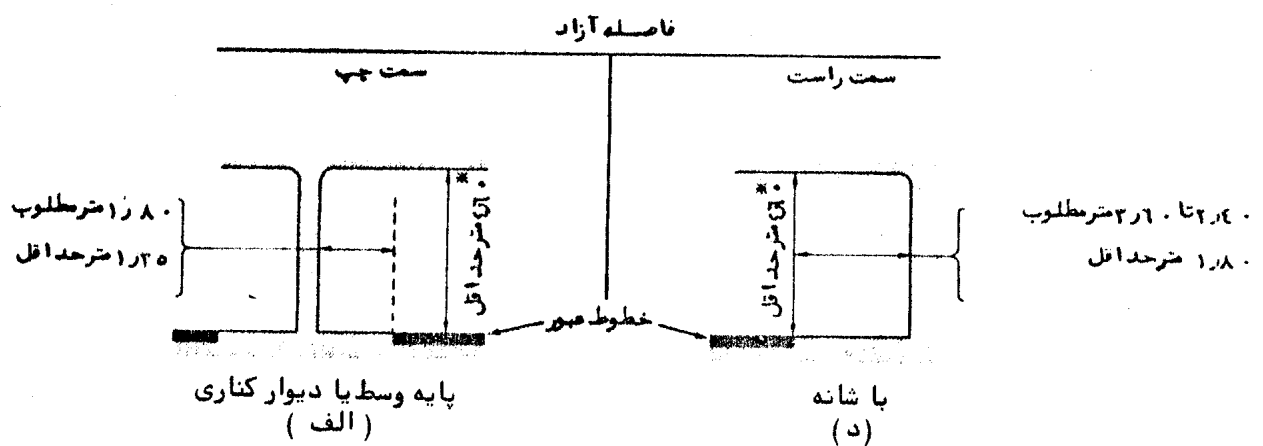
در مواردی که در طول یک راه زیرگذر از پیاده‌رو استفاده می‌شود (شکل ۲ ه)، بهتر است که عرض کامل شانه تأمین شود و دهانه پل به اندازه عرض پیاده‌رو افزایش یابد. حداقل عرض پیاده‌روهای واقع در زیرگذرها ممکن است حتی به  $0/9$  متر نیز برسد، ولی در مواردی که مقدار آمد و شد عابران پیاده قابل توجه است، بهتر است که حداقل عرض پیاده‌رو به  $1/20$  تا  $1/80$  متر محدود شود. پیاده‌روها باید همسطح جداول و بالاتر از سطح سواره‌رو باشند، یا اگر همسطح سواره‌رو هستند با یک جدول یا

نرده محافظت شوند. در مواردی که افزایش دهانه پل به اندازه عرض پیاده‌رو قابل توجه نیست، فاصله عقب‌نشستگی از لبه‌روسازی تا جدول پیاده‌رو باید حداقل ۱/۸۰ متر در راه‌های اصلی با سرعت زیاد، و حداقل ۰/۶۰ متر در راه‌های کم اهمیت‌تر باشد (شکل ۲-ه).

در پاره‌ای از میدلها ممکن است در طول زیرگذر، برای خطوط تغییر سرعت یا حرکتهای ضربدری، فضای بیشتری لازم باشد. به‌ندرت، انتهای شیب‌راه‌ها آن قدر دور از تقاطعهای غیرهمسطح قرار دارند که فاصله کافی برای تغییر سرعت بین خروجی یا ورودی یک شیب‌راه و پل تأمین شود. در مواردی که در هر دو طرف یک راه متقاطع شیب‌راه وجود دارد، لزوم خط تغییر سرعت و فضای لازم برای حرکات ضربدری، به‌کار بردن یک خط‌کمی را در زیرگذر توجیه می‌کند؛ غالباً، فایده استفاده از این خط‌کمی برای جریان آمد و شد، هزینه‌های اضافی ناشی از افزایش دهانه را توجیه می‌نماید. از آنجا که رانندگان ضمن حرکت در خطوط‌کمی حواسشان را بیشتر جمع کرده، و به‌طور کلی با سرعت‌هایی کمتر از سرعت خودروهای جریان آمد و شد عبوری حرکت می‌کنند، فاصله آزاد جانبی تا محل یک‌پایه یا ستون می‌تواند قدری کمتر از فاصله مربوط به خط‌جریان آمد و شد عبوری باشد. همان‌طور که در شکل ۲-و نشان داده شده‌است، فاصله آزاد تا دیوار یا ستون پایه پل باید حداقل ۱/۸۰ متر باشد. در پاره‌ای از موارد، خطوط‌کمی دارای جدول هستند. این جداول باید در کنار خط و در طول پل ادامه داشته باشند.

یک فاصله آزاد مهم مربوط به بنا برای راه‌های جدا شده یا راه‌های یک‌طرفه زیرگذرها، فاصله بین لبه‌سمت چپ روسازی جریان آمد و شد عبوری و طرف داخلی ستون‌میان یا پایه سمت چپ است. شرایط کلی معمولاً "مشابه‌است ولی برخی از جنبه‌های فاصله آزاد سمت چپ با فاصله آزاد سمت راست تفاوت دارد. رانندگانی که در خط سمت چپ حرکت می‌کنند از رانندگانی که در خط سمت راست حرکت می‌کنند، سرعت بیشتری دارند، بویژه در مواردی که از سایر خودروها در حال سبقت‌گرفتن هستند و باید فضای بیشتری داشته باشند؛ بنابراین، برای این رانندگان باید عرض آزاد بیشتری موجود باشد تا احساس محدودیت نکنند. از طرف دیگر، رانندگان، به‌علت آنکه در سمت چپ خودرو قرار دارند، از نظر داشتن دید و توان دآوری در مورد فواصل آزاد بین خودرو و موانع واقع در سمت چپ در موقعیت بهتری قرار دارند؛ ضمناً، به‌علت داشتن سرعت بالاتر و انجام عملیات سبقت هوشیارترند. وجود یک مانع واقع در سمت چپ، به‌اندازه وجود یک مانع قائم در سمت راست، موجب انحراف ناگهانی رانندگان نمی‌شود.

غالباً، راه‌های چهار و شش‌خطه جدا شده، در سمت چپ یا سمت میانه، شانه قابل استفاده با عرض کامل ندارند. در راه‌های جدا شده پیرآمد و شد، بویژه در راه‌های دارای هشت خط عبور یا بیشتر، باید فضای لازم برای یک شانه سمت چپ در نظر گرفته شود. در چنین راه‌هایی، راننده‌ای که در سمت چپ حرکت می‌کند، در صورت نیاز به توقف اضطراری، به‌دشواری می‌تواند خود را در شرایط ایمنی به شانه سمت راست برساند. همان‌طور که در شکل ۲-د نشان داده شده‌است، شانه سمت چپ به عرض ۱/۸۰ متر یا بیشتر بدون تغییر باید در طول زیرگذر ادامه یابد.



برای روکش آسفالت آینده باید از ۱۰ سانتیمتر تا ۱۵ سانتیمتر به اندازه بالا اضافه شود

شکل ۲. فاصله‌های آزاد در زیر گذرها



در راهبهای بدون سازه سمت چپ، بهتر است که در زیرگذرها مقدار حداقل فاصله آزاد سمت چپ برابر فاصله آزاد سمت راست اختیار شود، ولی چون رانندگان در سمت چپ خودرو قرار دارند، مقدار کمتر فاصله آزاد در سمت چپ نیز قابل قبول است (شکلهای ۲-الف، ۲-ب، و ۲-ج). فاصله آزاد از لبه سمت چپ روسازی جریان آمد و شد عبوری تا ستون یا پایه میانی باید حداقل برابر  $1/35$  متر و ترجیحا " $1/80$  متر باشد (شکل ۲-الف).

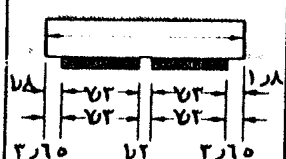
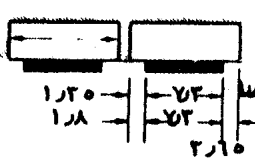
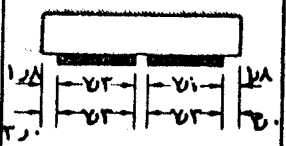
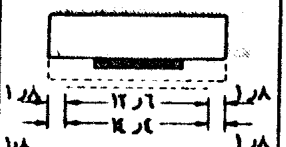
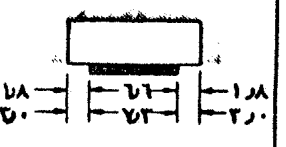
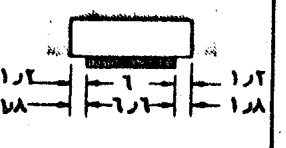
در میانه‌های به عرض  $3/60$  متر یا بیشتر، غالبا "از ستونهای میانی در زیرگذرها استفاده می‌شود. گاهی، در مناطق برونشهری، میانه‌ها دارای حداقل قابل عبور در حاشیه خود هستند که در چنین مواقع، این حداقل باید در طول زیرگذر ادامه داده شوند. به علاوه، در مجاورت ستونها ممکن است از جدول غیرقابل عبور استفاده شود، ولی معمولا "به کار بردن نرده‌های ایمنی، به علت آنکه در شب و در سایر مواقعی که دید کافی نیست، مشخص هستند، رجحان دارد. در مواردی که فاصله آزاد سمت چپ از  $1/80$  متر کمتر است، باید از نرده‌های ایمنی استفاده نمود. سمت داخلی نرده ایمنی باید حداقل برابر  $1/35$  متر نسبت به لبه‌روسازی عقب‌نشستگی داشته باشد. انتهای نرده‌ها در سمتی که خودروها به پل نزدیک می‌شوند نباید به‌طور ناگهانی قطع شود، بلکه باید به‌طور تدریجی از روسازی به طرف نقطه‌ای به فاصله  $2/40$  تا  $3/00$  متر از لبه سمت چپ روسازی ادامه داده شود تا به خودروهایی امکان انحراف بدهد که ممکن است با ستون میانی تصادف کنند.

در موارد معدودی که لازم است از یک خط‌کمی در سمت چپ استفاده شود، فاصله جانبی نیز مانند فاصله جانبی مربوط به سمت چپ خط‌جریان آمد و شد عبوری باید حداقل برابر با  $1/35$  متر و ترجیحا " برابر با  $1/80$  باشد.

عرض کل یک زیرگذر (دهانه پل زیرگذر) برابر است با مجموع عرض روسازی و عرض مربوط به فواصل آزاد. در شکل ۳ حداقل عرض انواع مختلف زیرگذر به‌طور خلاصه آورده شده است.

#### ۴-۳-۲. راهبهای روگذر

به‌طور کلی، روگذرها به اندازه زیرگذرهای با عرض یکسان و به‌ویژه زیرگذرهای به‌صورت تونل واقع در انتهای سراسیمی، موجب احساس محدودیت در رانندگان نمی‌شوند. ولی رانندگان در روگذرها و زیرگذرها با یک محدودیت ظاهری ناشی از نزدیکی لبه‌روسازی روبه‌رو می‌شوند که سبب انحراف جانبی آنها می‌شود. در یک زیرگذر، رانندگان ممکن است تحت تأثیر احساس محدودیت ناشی از نزدیک شدن به مجرای که از آن باید عبور کنند، قرار گیرند و در نتیجه در جهت جانبی منحرف شوند. در روگذرها نیز رانندگان، به دلیل آنکه باید به بالای خاکریز یک روگذر صعود کنند که بالاتر از سطح زمین موجود قرار دارد، ممکن است احساس محدودیت مشابهی بکنند، به‌ویژه اگر شانه‌های راه باریک و شیب‌راه زیاد باشد، به‌طور کلی، فواصل آزاد و عرضهای مربوط به زیرگذرها در روگذرها نیز قابل استفاده است ولی در زیرگذرها، به علت احساس محدودیت بیشتر، اتخاذ فواصل آزاد دست بالاتر مطلوبتر است.

نوع راه زیرگذر		اجزای راه *		عرض زیرگذر (متر)			
		تک دهانه	دو دهانه	تک دهانه		دو دهانه	
				حد اقل	مطلوب	حد اقل	مطلوب
۳	راه چهارخطه دوگانه			۱۹.۲	۲۶.۴	۱۰.۳	۱۲.۶
۵	راه اصلی دوخطه تعمیر شده در زمین و محل تقاطع			۱۹.۲	۲۶.۴		
۷	راه اصلی دوخطه پیش‌بینی شده برای توسعه بعدی			۱۶.۲	۱۸		
۶	راه دوخطه بدون پیش‌بینی برای توسعه بعدی			۱۰.۳	۱۳.۲		
۹	راه محلی دو خطه باریک			۷.۶	۱۰.۳		

\* اندازه‌های بالایی، اندازه‌های حداقل و اندازه‌های پایینی، اندازه‌های مطلوب هستند (بدون خطوط عبور کمکی و پیاده‌روها)

شکل ۳. عرض در زیرگذرها

بعضی تفاوتها بین فواصل آزاد پلهای کوتاه و دلوپل قابل توجیه است. این تفاوتها با محدودی به درجه راهی که پل بر روی آن واقع است بستگی دارد. در پلهای کوتاه، عرض کامل راه در طول پل ادامه داده می شود. به استثنای راههای کم آمد و شد، عرض معمول راه که شامل شانه های قابل استفاده هم هست، باید در طول کلیه پلهای به طول ۱۵ متر یا کمتر ادامه داده شود. بهر است که این عرض تا طول ۴۵ متر ادامه یابد. عرض کامل راه شامل شانه های قابل استفاده در برزکراهها و سایر راههای مهم باید در طول پلهای تا طول کمتر از ۷۵ متر (که در طول جانیانه یا نرده اندازگیری می شود)، ادامه داده شود. پلهایی که طول آنها از مقادیر بالا بیشتر است، پلهای بلند محبوب می شوند. به علت هزینه زیاد این گونه پلهای، در مورد آنها حداقل فاصله آزاد جدول یا نرده در نظر گرفته می شود.

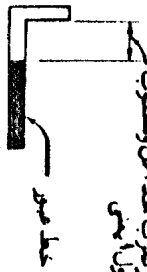
در بارهای شرایط ویژه، وضعی مقدار آمد و شد زیاد است و دهانه ها نسبتاً "کوتاه" هستند، ممکن است به کار بردن شانه های کامل در پلهای طویل قابل توجیه باشد. در مواردی که نسبت حجم ساعت طرح (DHV) به کساحت طرح برابر ۰/۷۵ یا بیشتر است، ترجیح دار ده که عرض کامل راه در طول پلهای طویل ادامه داده شود. وای احاط این کار، به علت هزینه زیاد پل، از نظر اقتصادی، همیشه قابل توجیه نیست (مانند مواردی که احتمالاً "طول یک یا چند دهانه از طول اقتصادی معمول بیشتر باشد). برای نشان دادن اینکه هزینه واحد سطح یک پل به اندازه ای زیاد است که استفاده از شانه های با عرض کامل را از نظر اقتصادی غیر عملی می سازد، طول دهانه پل یک معیار مطلق است. با تعیین چنین معیاری برای راه مورد نظر، تعریف پلهای "طویل" در قطعات پر آمد و شد مشخص می شود. بنابراین، در مورد پلهای با مقدار آمد و شد بیش از نسبت ۰/۷۵ و با یک یا چند دهانه بلندتر از دهانه معیار، هر پل را باید به طور حداقلی مورد تحلیل قرار داد تا معلوم شود که آیا برای پلهای طویل عرض راه بیشتر از عرض حداقل از نظر اقتصادی قابل توجیه هست یا نه. در مورد آزاد راهها و سایر راههای با اهمیت، دهانه معیار برابر با ۶۰ متر است. در مورد سایر راهها ممکن است مقادیر کمتری به کار رود. در شکل ۴، فواصل آزاد مربوط به همه پلهایی که در بالا شرح داده شده، نشان داده شده است.

فواصل آزاد مربوط به راههای کم آمد و شد برای خطوط گردش نیز قابل استفاده هستند. در شکل، این فواصل مربوط به سمت راست هستند ولی برای سمت چپ نیز می توانند به کار روند. در خطوط گردش با جداول قابل عبور ممتد در طول لبه سواره رو، جداول باید در طول روگذر نیز ادامه داده شوند و باید حداقل ۰/۷۵ متر و ترجیحاً ۱ متر بین لبه جدول و لبه نرده یا جانیانه، فاصله آزاد باشد. در حالت خاصی که خط گردش به اندازه کافی عریض است و اجازه سبقت گرفتن از یک خودرو متوقف را می دهد، حداقل فاصله آزاد ممکن است ۰/۴۵ متر اختیار شود.

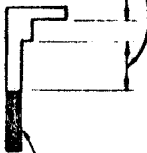
در مواردی که قبل از رسیدن به روگذر، در طول راه جدولی وجود نداشته باشد، معمولاً "عرض روسازی از جدول تا جدول در روگذر، بیشتر از عرض روسازی راه اختیار می شود. در این حالت، روسازی با عرض متغیری به دست می آید و برای آن باید پیش بینیهای لازم انجام گیرد تا خطرات احتمالی کاهش داده شود و استفاده صحیح از این تغییر عرض تشویق شود. در پلهای طویل، و در پاره ای موارد در پلهای

فواصل آزاد سست چسب

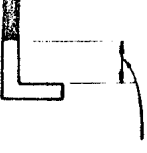
حالت اول



حالت دوم



حالت اول

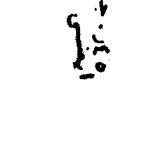
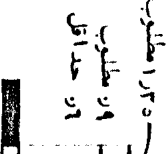
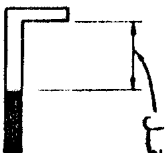
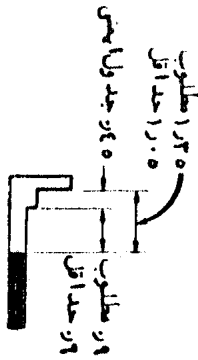


حالت دوم



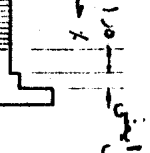
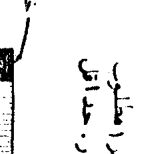
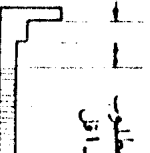
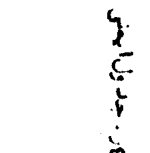
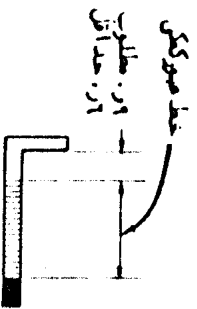
برای راهبهای کم آمد و شد ۰.۷۵ - حداقل ۰.۷۵ در ۱۰۰

(الف) برای پلهای کوچک و پلهای بزرگ (بدون دهانه طویل) که نسبت  $D/H \geq 0.125$  به گسایش بزرگتر از ۰.۷۵ است



برای راهبهای کم آمد و شد ۰.۷۵ - کمتر

(ب) برای پلهای بزرگ یا دهانه طویل و پلهای بزرگ که نسبت  $D/H \geq 0.125$  به گسایش کمتر از ۰.۷۵ باشد



(ج) برای پلهای بزرگ و کوچک با خط مهر کمی

شکل ۴. فواصل آزاد در روگورها

کوتاه، در محدوده عرض متداول شانه راه و قبل از روگذر، جداول پل تعبیه می‌شوند. انتهای این جداول غیرقابل عبور که به طرف خودروهای نزدیک‌شونده (یا نرده‌ایمنی معادل) قرار دارند باید در طول شانه راه تا قبل از رسیدن به روگذر ادامه داده شود و با یک انحنای تدریجی از طرف سواره‌رو به طرف لبه خارجی شانه ادامه یابد تا هم دید افزایش یابد و هم خودروهایی را که خارج از موقعیت در حرکت هستند آگاه سازد که منحرف شده‌اند تا به مسیر معین بازگردند. در مواردی که لازم است در سمت مجاور پل امکان زهکشی فراهم شود، باید سطح بین لبه خط‌آمد و شد عبوری و جدول قوس‌دار پوشش شود. این پوشش باید به صورت عمود بر خط‌آمد و شد عبوری شروع شود تا برای خوروها از نظر استفاده از آن، جذابیتی نداشته باشد. جداول واقع در انتهای دیگر روگذر را می‌توان یک‌دفعه قطع کرد و یا اگر از نظر زهکشی لازم باشد، به صورت قوسی شکل احداث نمود. عرض اضافی روسازی در انتهای روگذر باید تا بعد از پل ادامه یابد و بعد به طور تدریجی کاهش داده شود (شکل لچکی) تا رانندگانی که سهواً "منحرف شده و روی اضافه عرض روسازی حرکت می‌کنند، بتوانند مجدداً "به خط اصلی بازگردند.

در بسیاری از روگذرها، در طول شانه‌ها از نرده‌های ایمنی استفاده می‌شود. این نرده‌ها باید یا در امتداد نرده پل (در مواردی که از جداول غیرقابل عبور استفاده نمی‌شود) و یا در طول جدول (در مواردی که از این جداول استفاده می‌شود) تعبیه شوند. اینکه نرده ایمنی راه در امتداد نرده پل باشد، از نظر زیبایی ظاهر بسیار خوب است، ولی در مواردی که رانندگان مجبور به استفاده از شانه باشند وجود جدول در سمت داخلی نرده خطرناک است. قوس دادن انتهای جلویی جدول به طرف خارج و زیر نرده ایمنی به زهکشی سطحی کمک می‌کند و احتمال خطر را کاهش می‌دهد ولی آن را کاملاً از بین نمی‌برد. به علاوه، باید در نظر داشت که عابران پیاده مجبورند که در سمت داخل نرده بمانند. قرارگیری نرده ایمنی در امتداد لبه جدول غیرقابل عبور مطلوب است و خطرات احتمالی برای خودروها و عابران پیاده را از بین می‌برد ولی همیشه احتمال شکسته شدن نرده‌های قابل روئیت در دو انتهای پل وجود خواهد داشت.

در مواردی که از جداول ایمنی استفاده نمی‌شود، رجحان دارد که نرده‌های ایمنی به جانپناه مهار شود. اگر پیاده‌رو ایمنی به کار می‌رود، نرده‌های ایمنی باید منطبق با لبه جدول باشد. نرده‌های ایمنی شانه‌ها باید با انتقال تدریجی عرض باریک شده و ترجیحاً "با شیبی برابر با ۱:۱۵ تا ۱:۲۰ (۱۵ تا ۲۰ متر طول به ازای هر متر باریک شدن) از عرض کامل شانه تا عرض باریک شده پل ادامه داده شود.

در مواردی که از دو پل روگذر استفاده می‌شود، باید قبل از رسیدن به پل از یک نرده ایمنی در سمت چپ یا سمت میانه استفاده شود. طول پیشنهادی برای این نرده ایمنی برابر ۳۰ تا ۶۰ متر برای میانه‌های به عرض ۱۲ متر یا بیشتر، و حداقل ۳۰ متر برای میانه‌های باریکتر از ۱۲ متر است. برای میانه‌های به عرض ۶ متر یا کمتر معمولاً "از یک پل استفاده می‌شود.

عرض راه در روگذرها (عرض دال، لبه تا لبه - تانپناه یا نرده) مجموع عرض روسازی و فواصل آزاد است. حداقل عرض روگذرها برای انواع مختلف راهها (بحر پیاده‌روها و خطوط کمکی) به‌طور خلاصه در شکل ۵ آورده شده است. ابعاد نشان داده شده در این شکل شامل عرض پیاده‌روها و خطوط کمکی نیستند. در مواردی که این اجزای مقطع عرضی باید به‌کار روند، عرض آنها باید به مقادیر نشان داده شده اضافه شود.

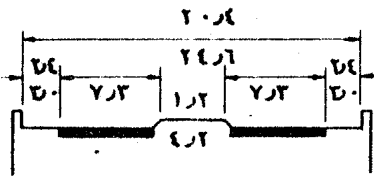
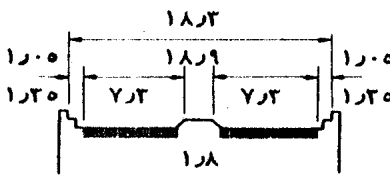
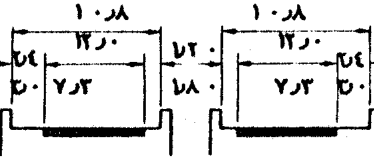
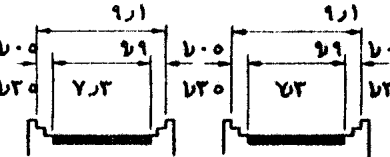
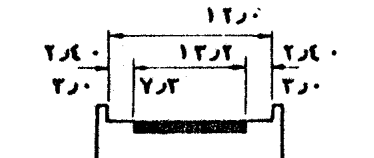
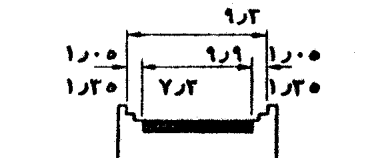
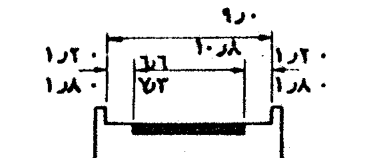
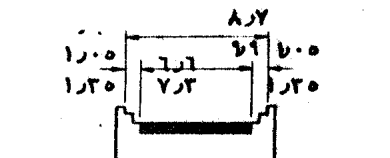
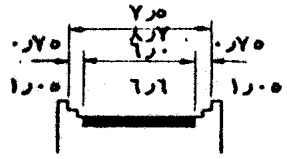
عرض پلهای دارای شش و هشت خط عبور باید شامل فواصل آزادی که در شکلهای ۵ - الف و ۵ - ب نشان داده شده است، باشد؛ فقط در مورد پلهای هشت‌خطه، فاصله آزاد سمت چپ باید با عرض شانه راه قبل از رسیدن به روگذر برابر باشد.

#### ۴-۴. فاصله آزاد قائم (ارتفاع آزاد زیرپلهای)

در تمام پلهای، فاصله آزاد قائم باید حداقل ۴/۲۰ متر باشد. این ارتفاع آزاد باید برای تمام عرض ریگرگدر - شامل خطوط آمد و شد، خطوط کمکی و قسمتهای مربوط به فواصل آزاد جانبی تا حداقل، دیوارها یا ستونها و شانه‌ها - موجود باشد (شکل ۲). برای حفظ فاصله آزاد قائم حداقل (یعنی ۴/۲۰ متر) در طول زمان، باید اضافه ارتفاعی حداقل برابر ۱۵/۰ متر به پیش‌بینی روکشهای آتی سطح راه در نظر گرفته شود.

در نظر گرفتن فواصل آزاد قائم بیش از ۴/۲۰ متر - مثلاً ۴/۵۰ یا ۴/۸۰ متر - در شرایطی قابل توجیه است که هزینه‌ها افزایش نیابد و نیم‌رخهای طولی راه خیلی تغییر نکند. در این صورت، لازم است تقاطع غیرهمسطح منفرد باشد و به موازات راه مورد نظر، هیچ راه دیگری در یک فاصله منطقی با ارتفاع آزاد بیش از ۴/۲۰ متر موجود نباشد. در این حالت، کامیونی که به علت بار بلند خود با محور ویژه حرکت می‌کند، مجبور به طی مسافت زیادی خواهد بود. این امر می‌تواند هزینه اضافی اولیه و هزینه اضافی مربوط به دیگر خودروها را در نتیجه ارتفاع بیشتر زیر پل، توجیه کند. به‌طور کلی، فواصل آزاد قائم باید برای هر راه به‌طور جداگانه و بسته به مورد همان راه بررسی و تعیین شوند.

فواصل آزاد کمتر از ۴/۲۰ متر (مثلاً ۳/۷۵ متر) نیز ممکن است در برخی راهها که فقط خودروهای سواری از آنها عبور می‌کنند و فقط در صورت وجود راهی در نزدیکی و به موازات این راه با حداقل فاصله آزاد قائم ۴/۲۰ متر، به‌کار روند. پارک‌وی‌هایی که راه سرویس‌رو دارند و یا اینکه راه یا خیابانی در مجاورت آنها وجود دارد، از این گونه راهها هستند. فاصله آزاد قائم برابر با ۳/۷۵ متر معمولاً "برای بیشتر کامیون‌هایی که اجازه عبور از پارک‌وی به آنها داده می‌شود، کفایت می‌کند. در مواردی که در یک راه، تقاطعهای غیرهمسطح خیلی نزدیک به یکدیگر قرار دارند (مانند پارک‌وی‌های واقع در مناطق درونشهری)، علاوه بر کاهش هزینه تقاطعهای غیرهمسطح، صرفه‌جویی زیادی حاصل می‌شود؛ به‌عنوان مثال، در حالتی که نیم‌رخ طولی یک پارک‌وی در رقومی پایین‌تر از سطح زمین طبیعی واقع شده

نوع روگذر		عرض راه در روی پل <sup>۱</sup>	
		پلهای کوتاه	پلهای طولی
۱	راه اصلی چهارخطه با یک پل		
۲	راه اصلی چهارخطه با دو پل مجزا		
۳	راه اصلی دوخطه		
۴	راه دوخطه با مشخصات راه محلی		
۵	راه با آمد و شد کم		

۱. اندازه‌های بالایی حداقل و اندازه‌های پایینی مطلوب هستند. هر جا که لازم است باید عرض خط عبور کمکی و عرض پیاده‌روها به اندازه‌های داده شده اضافه شوند. یادآوری می‌شود که طرح‌های مختلف - با جداول ایمنی و بدون آنها - در شکل ۴ نشان داده شده‌است.

شکل ۵. عرض در روگذرها

باشد، بالاتر آوردن این نیمرخ به اندازه ۰/۴۵ متر موجب می شود که هزینه احداث راه کاهش یابد و شیب شیروانیها ملایمتر و خوش منظرتر شود. در مواردی که فاصله آزاد قائم کمتر از ۴/۲۰ متر در نظر گرفته می شود، باید توجه داشت که در هر صورت این فاصله از حداکثر ارتفاع مجاز خودروها کمتر نشود. هرگاه پلی قوسی شکل باشد، فاصله آزاد قائم در وسط بیشتر از حداقل فاصله آزاد در کناره های خارجی روسازی خواهد بود. در چنین مواردی، حداقل در یکی از خطوط روسازی باید فاصله آزاد قائم ترجیحا "برابر یا بیشتر از ۴/۲۰ متر باشد".

در طرح تقاطعهای غیرهمسطح، در مواردی که یک یا هر دو روسازی دارای بریلندی است، یا راه شیب دارد و یا تقاطع به صورت مورب است، به کار بردن فاصله آزاد قائم حداقل در لبه یا نقاط بحرانی معمولا "موجب به دست آوردن فاصله آزاد قائم بیشتری در بالای سایر قسمتهای روسازی می شود که برای عبور گهگاه خودروهای بلند این امکان را فراهم می آورد که بتوانند از خطوط معینی عبور کنند".

در مواردی که شانه راه در زیرگذر ادامه دارد باید حداقل فاصله آزاد قائم در تمام عرض شانه برابر یا بیشتر از ۴/۲۰ متر باشد. در مورد بیشتر پلها، فاصله آزاد قائم در پایه ها تقریبا "برابر فاصله آزاد قائم در سایر قسمتهای روسازی است ولی در پلهای قوسی شکل، به کار بردن حداقل فاصله آزاد قائم در لبه های روسازی، فاصله آزاد قائم کمتری در محل پایه ها به دست می دهد. در موارد خاص و در راههای محلی که این نوع بناها به کار می رود، فاصله آزاد قائم شانه ها در محل پایه ها را می توان کمتر از ۴/۲۰ متر اختیار کرد؛ به هر حال، این فاصله نباید از ارتفاع حداکثر مجاز خودروها کمتر باشد.

##### ۵. تقاطعهای غیرهمسطح بدون شیب راهها

تقاطعهای غیرهمسطح در موارد زیادی بدون شیب راه هستند. ممکن است خطوط گردش داشته یا نداشته باشند. اگرچه تأثیر مشترک عواملی مانند مقدار احتمالی آمد و شد گردش کننده، سرویس، مخارج و شرایط محل، برای تصمیمگیری در مورد حذف یا به کار بردن شیب راهها در نظر گرفته می شوند ولی معمولا "مقدار آمد و شد گردش کننده، عامل تعیین کننده است".

آزاد راهها غالبا "راههای زیادی را قطع می کنند که ممکن است نگهداری برخی از آنها با وجود آمد و شد کم به عللی لازم باشد. در مواردی که نشود برای تغییر مسیر این گونه راهها طرح مناسبی به دست آورد، می توان از تقاطعهای غیرهمسطح بدون شیب راه استفاده کرد. رانندگانی که بخواهند به راه وارد یا از آن خارج شوند، باید از سایر راههای موجود استفاده کنند و برای ورود به (یا خروج از) آزاد راه، از دیگر محلها بگذرند. در پاره ای موارد، بویژه در مناطق برونشهری، ممکن است این خودروها مجبور شوند که فواصل بسیار زیادی را برای این منظورها طی کنند. بهرغم اینکه این شیب راهها احتمالا مورد استفاده تعداد قابل ملاحظه ای از خودروها قرار می گیرند، گاه ممکن است که حذف شوند. این عمل به این منظور انجام می شود که از به کار بردن مبدل های بسیار نزدیک به یکدیگر که موجب بروز



مشکلاتی در علامت‌گذاری و بهره‌برداری از راه می‌شود، پرهیز گردد، در آمد و شد راه اصلی که مقدار آن قابل توجه است اختلالی پیش نیاید و با متمرکز کردن آمد و شد گردش‌کننده در محلهایی که به‌کار بردن سیستم شیراها در آنها مناسبتر است، ایمنی و تحرک افزایش یابد. از طرف دیگر، باید از تمرکز بیش از حد گردشها در یک محل اجتناب شود و ترجیحا "چند مبدل" مورد استفاده قرار گیرد.

در مناطق دارای پستی و بلندی زیاد، ممکن است به دلیل شرایط محل در یک تقاطع، به کار بردن یک تقاطع غیرهمسطح مناسبتر از یک تقاطع همسطح باشد. اگر اتصالات شیراهاها مشکل یا پرهزینه باشند ممکن است بتوان آنها را در محل پل حذف کرد و گردشها را به کمک سایر راههای قطع‌کننده، در محل دیگری تأمین نمود.

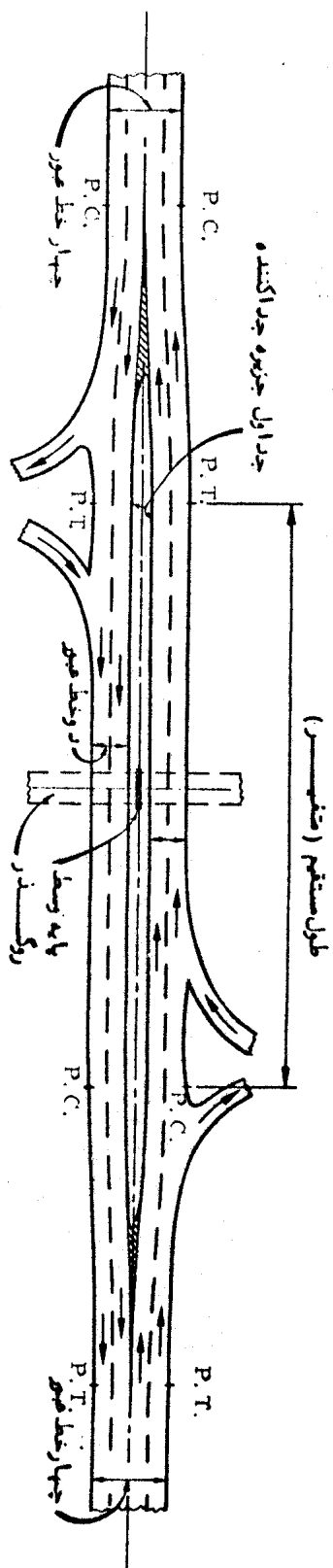
## ۶. مبدلها

### ۶-۱. راههای متقارب به پل

#### ۶-۱-۱. امتداد، نیمرخ و مقطع عرضی

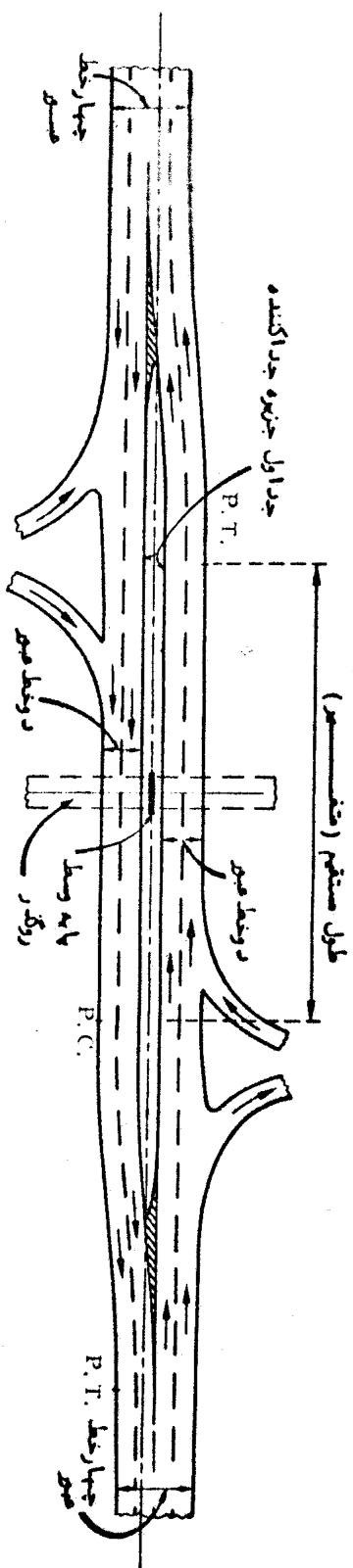
آمد و شدی که از یک مبدل عبور می‌کند باید از ایمنی و امکاناتی مشابه با آنچه که در راه مربوطه فراهم است، برخوردار باشد. بنابراین، در محل تقاطعها باید معیارهای مربوط به سرعت طرح، قرارگیری، نیمرخ و مقطع عرضی، مانند معیارهای راه مربوطه باشد، هرچند که ممکن است تأمین این معیارها مشکل باشد. وجود پل عامل خطر است و استفاده از معیارهای هندسی پایین این خطرات را تشدید می‌کند. مطلوب آن است که معیارهای هندسی تقاطعهای غیرهمسطح، بالاتر از معیارهای راه مربوطه باشد تا هر گونه محدودیتی که ممکن است به علت وجود پایه‌ها، ستونها، جداول و نرده‌ها احساس شود، جبران گردد. بهتر است که امتداد و نیمرخ طولی خطوط آمد و شد عبوری در یک مبدل، نسبتا "مسطح و دارای دید خوب باشد. در برخی از موارد، ممکن است بتوان تنها یکی از راههای قطع‌کننده را در امتداد مستقیم و بدون شیب طرح کرد. مطلوب آن است که راه اصلی برای این منظور انتخاب شود.

عوامل کلی کنترل‌کننده امتدادهای قائم و افقی و ترکیب آنها که در معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی آورده شده است در اینجا نیز معتبر هستند و باید دقیقا "رعایت شوند. بویژه، از به‌کاربردن قوسهای افقی یا قائم نسبتا "تیز باید پرهیز شود؛ اگر به کاربردن قوسهای افقی که در نقاط کاس یا کوژ تند و یا در نزدیکی آنها شروع می‌شوند نیز باید پرهیز شود. شیب راههای متقاطع در محل مبدلها باید حداقل باشد و در هیچ شرایطی از مقادیر حداکثر مجاز راه تجاوز نکند. از به‌کار بردن شیبهایی که موجب کاهش سرعت کامیونها می‌شود و یا صعود از آنها در یخبندان دشوار است، باید پرهیز نمود. کاهش سرعت خودروهای سنگین در فرازهای بلند موجب تشویق به سبقت می‌شود و این عمل در مجاورت ورودی و خروجی شیراهاها خطرناک است. همچنین، خودروهای کند موجب می‌گردند که سایر خودروهایی که به راه وارد شده و یا آن را ترک می‌کنند، تشویق شوند که جریان آمد و شد این خودروها را قطع کنند.



تعریف متقارن حول محور راه: انحراف خطوط عبور از مسیر اولیه، هم قبل از محل تقاطع و هم بعد از آن صورت می گیرد.

(الف)



تعریف با عقب نشینی از محور تقاطع: انحراف خطوط عبور از مسیر اولیه فقط بعد از تقاطع صورت می گیرد.

(ب)

شکل ۶. تعریف در محل تقاطع برای ایجاد جزیره جدا کننده میانی

در میدله‌ها نیز کم و زیاد کردن عرض خطوط آمد و شد به منظور تأمین عرض جزایر تقسیم‌کننده، مشابه روشی انجام می‌گیرد که برای سایر تقاطعها اعمال می‌شود. برای این منظور می‌توان طرحهای مختلفی را به کار برد و برخی از حالت‌های متداولتر در شکل ۶ نشان داده شده است. در شکل ۶-الف، یک جزیره تقسیم‌کننده متقارن متداول برای یک راه چهارخطه جدا شده نشان داده شده است؛ آمد و شد در هریک از جهات مستلزم طی دو قوس معکوس است. در شکل ۶-ب، یک جزیره تقسیم‌کننده در یک راه چهارخطه جدا نشده نشان داده شده است که محور راه نسبت به محور مبدل، خروج از مرکز دارد؛ در این حالت، آمد و شد هریک از دو جهت می‌تواند بدون طی قوس وارد مبدل شود و پس از گذشتن از محل‌های نسبتاً "خطرناک" (پل و شیب‌راه‌ها)، با یک قوس معکوس به امتداد اصلی راه بازگردد. این روش در مورد راه‌های چهارخطه موجود قابل استفاده نیست، مگر آنکه راه در مجاورت مبدل از نو احداث شود تا خروج از مرکز لازم تأمین گردد.

#### ۶-۲. فاصله دید

فاصله دید در تقاطع‌های غیرهمسطح باید حداقل برابر با فاصله دید توقف و ترجیحاً "بیشتر از آن" باشد. طرح قرارگیری قائم‌راه، مشابه سایر نقاط راه است ولی در برخی موارد، در حالت قوس قائم کاس در زیرگذرها، استثنا وجود دارد. طول قوسهای قائم کاس در معیارهای طرح هندسی راه‌های اصلی و فرعی آورده شده است. به طور کلی، این طولها در تقاطع‌های غیرهمسطح-حتی در مواردی که شیب‌های بیش از مقادیر حداکثر مربوط به سرعت طرح هستند-عملی است و وجود پل باعث نمی‌شود که فاصله دید به قدری کمتر از حداقل لازم برای توقف کاهش یابد. این مطلب حتی در مواردی صادق است که فاصله دید براساس ارتفاع چشم برابر با ۱/۸۰ متر (ارتفاع چشم راننده کامیونها) و ارتفاع مانع برابر با ۰/۴۵ متر اندازه‌گیری می‌شود.

در برخی شرایط ممکن است لازم باشد که مقدار فاصله دید در یک قوس قائم کاس واقع در یک زیرگذر-مانند یک زیرگذر دوخطه بدون شیب‌راه که در آن، وجود فاصله دید سبقت مطلوب است-کنترل شود. این کنترل را می‌توان به طریق ترسیمی با استفاده از نیمرخ طولی، و یا با محاسبه انجام داد، ولی روش ترسیمی بهتر است. رابطه کلی عبارت است از:

حالت یکم- فاصله دید بزرگتر از طول قوس قائم است

$$(S > L)$$

$$L = 2S - \frac{8 \times 100 \left[ C - \left( \frac{H_1 + H_2}{2} \right) \right]}{A}$$

حالت دوم- فاصله دید کمتر از طول قوس قائم است

$$(S < L)$$

$$L = \frac{S^2 A}{8 \times 100 \left[ C - \left( \frac{H_1 + H_2}{2} \right) \right]}$$

در این روابط:

$L$  = طول قوس قائم (متر)

$S$  = فاصله دید (متر)

$A$  = تفاضل جبری دو شیب (نسبت درصد)

$C$  = فاصله آزاد قائم (متر)

$H_1$  = ارتفاع چشم از سطح راه (متر)

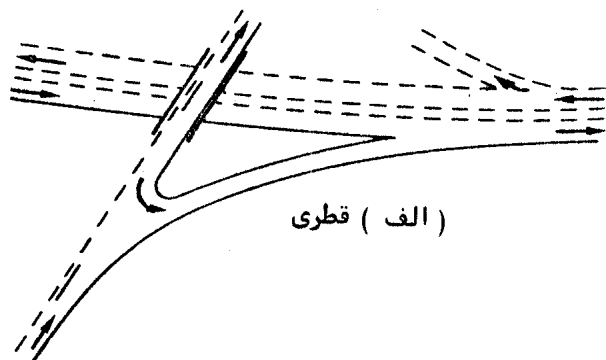
$H_2$  = ارتفاع مانع از سطح راه (متر)

محدودیت‌های فاصله دید افقی ناشی از ستونها و پایه‌ها در قوسها معمولاً "از محدودیت‌های قائم مسائل پیچیده‌تری به وجود می‌آورند. انحناهای حداکثر مربوط به سرعت‌های طرح در معیارهای طرح هندسی راه‌های اصلی و فرعی آورده شده است. به کار بردن این انحناهای حداکثر، فاصله دید توقف حداقل را برای فواصل آزاد جانبی متداول ستونها و پایه‌های زیرگذرها تأمین نمی‌کند. در روگذرها نیز برای تیزترین قوس مربوط به سرعت طرح عقب‌نشستگی عملی معمول نرده پلها موجب کمبود فاصله دید می‌شود. این موضوع بر لزوم به کار بردن انحناهای کمتر از مقادیر حداکثر در مبدلها تأکید می‌کند. در مواردی که نتوان از قوسهای کم انحنا استفاده کرد، باید فاصله آزاد جانبی تا پایه‌ها، ستونها یا نرده‌ها به مقدار لازم افزایش داده شود تا فاصله دید مناسب تأمین شود، حتی اگر این امر مستلزم افزایش دهانه پل باشد.

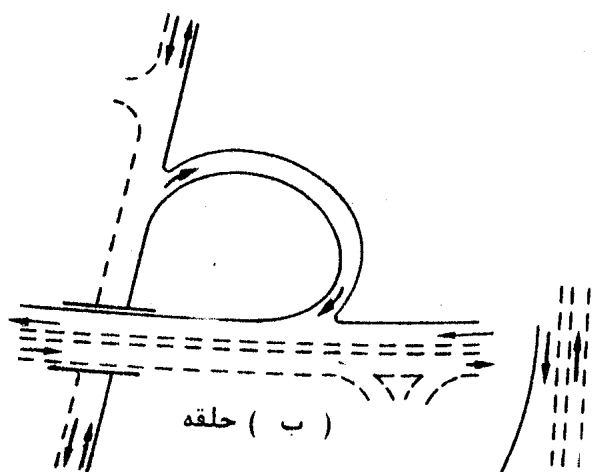
### ۳-۶. شیراها

#### ۳-۶-۱. انواع شیراها

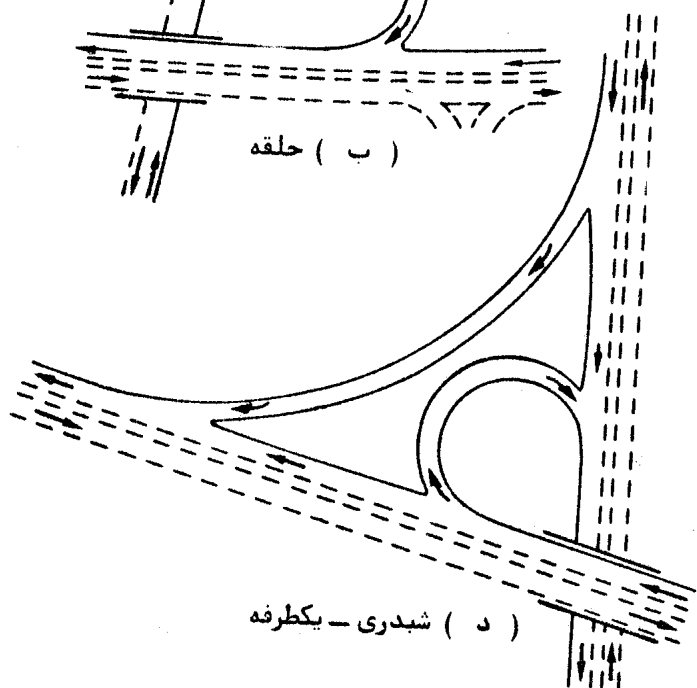
اصطلاح شیرا شامل کلیه انواع، طرحها و ابعاد مختلف خطوط گردشی است که دو یا چند راه را در یک مبدل به یکدیگر وصل می‌کند. اجزای شیراها عبارتند از یک ورودی یا خروجی در هر شاخه راه و یک راه ارتباطی که معمولاً "به صورت قوس‌دار و شیب‌دار است. به طور کلی، معیارهای قرارگیری قائم و افقی شیراها پایین‌تر از معیارهای راه‌های متقاطع است، ولی در برخی موارد ممکن است معیارهای برابر باشند. در شکل ۷، انواع مختلف شیراها و مشخصات آنها نشان داده شده است. در این مورد، طرحهای بیشمار به کار برده می‌شوند ولی هر کدام را می‌توان به یکی از انواعی که در شکل نشان داده شده است، مربوط کرد. شیراها قطری (شکل ۷-الف) تقریباً "همواره یکطرفه هستند ولی معمولاً "در محل راه قطع‌کننده، هم امکان گردش به راست و هم امکان گردش به چپ دارند. به طور کلی، هر شیرا یک راه یکطرفه است؛ استثنا بر این قاعده فقط مربوط به حالتی است که در شکل ۷-ج نشان داده شده است که شیرا دوطرفه می‌باشد. هر چند شیرا نشان داده شده در شکل ۷-الف به صورت یک قوس ممتد است ولی ممکن است این نوع شیرا به صورت مستقیم یا جناقی و دارای یک قوس معکوس باشد. مبدل‌های نوع لوزی به طور کلی چهار شیرا قطری دارند.



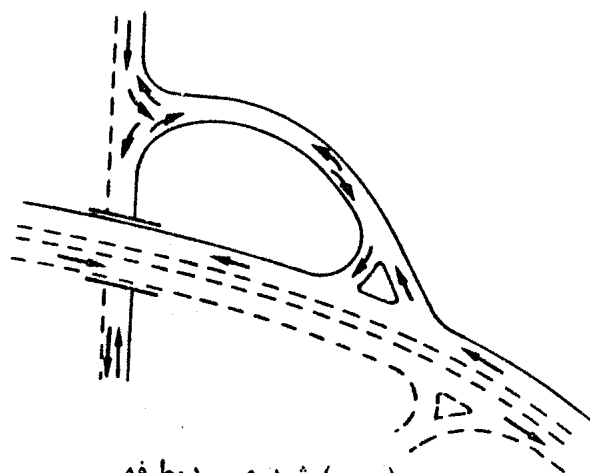
( الف ) قطری



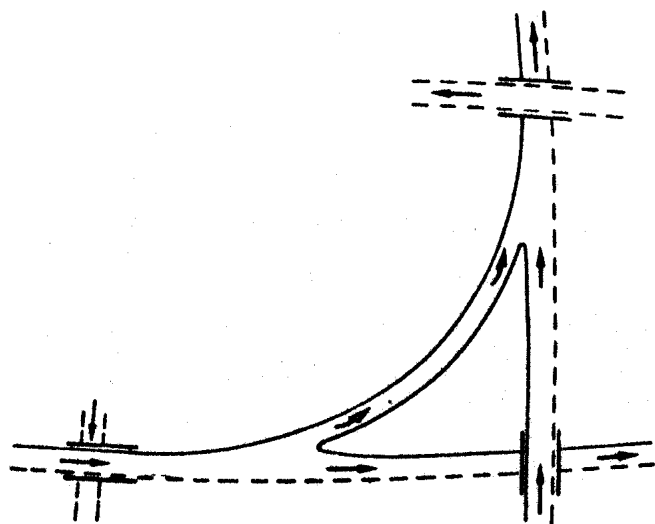
( ب ) حلقه



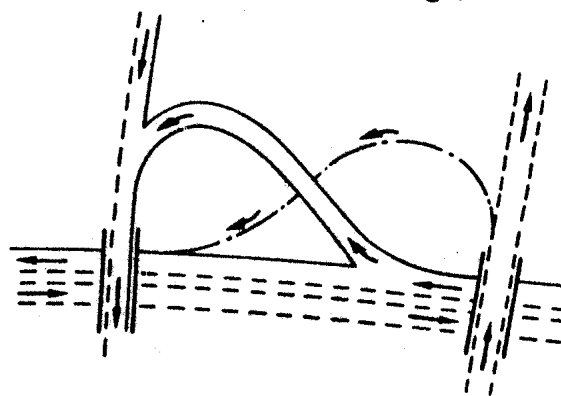
( د ) شیدری - یکطرفه



( ج ) شیدری - دوطرفه



( و ) اتصال مستقیم (جهتی)



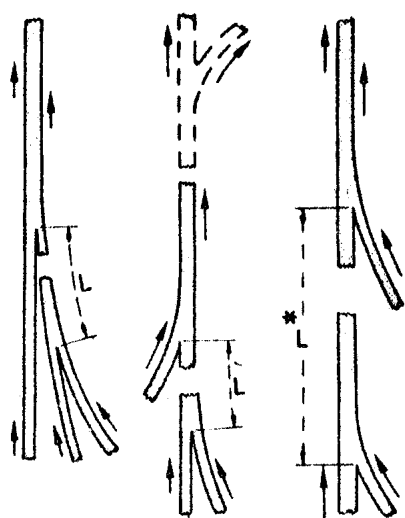
( ه ) اتصال نیمه مستقیم (نیمه جهتی)  
دسته‌کوزهای

ممکن است حلقه‌ها در هر انتها اجازه یک گردش را بدهند (گردش به چپ یا به راست) و یا امکان هر دو گردش (هم به چپ و هم به راست) را فراهم آورند. در شکل ۷-ب، حالتی نشان داده شده است که فقط یک نوع گردش در هر دو انتهای شیرازه امکان دارد. با حلقه‌ای به این شکل، حرکات گردش به چپ بدون تقاطع همسطح با آمد و شد مقابل انجام می‌شود؛ در عوض، رانندگانی که قصد گردش به چپ دارند، پس از گذشتن از مبدل به سمت راست می‌پیچند و پس از یک گردش ۲۷۰ درجه‌ای وارد راه دیگر می‌شوند. مسافتی که در حلقه طی می‌شود از سایر انواع شیرازه‌ها بیشتر است.

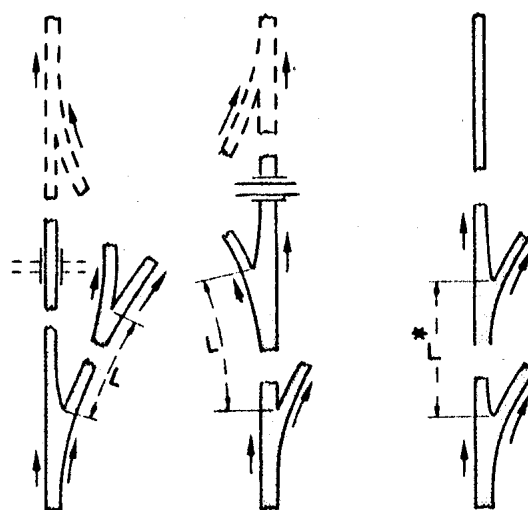
در شکل ۷-د، ترکیب یک حلقه و یک شیرازه قطری یا یک اتصال خارجی برای یک چهارم مبدل نشان داده شده است؛ شکل اصلی مبدل، شیدری است. در مواردی که دو شیرازه ترکیب می‌شوند تا یک راه اتصالی دوخطه را تشکیل دهند (شکل ۷-ج) شکل کلی شیدری به‌جا می‌ماند ولی بین آستانه، شیرازه‌ها حالت محزای خود را از دست می‌دهند. این گونه شیرازه به‌صورت یک شکل حلقوی دارای انحناست و بخش اتصالی بیرونی انحنای معکوس دارد. در مواردی که آمد و شد مربوط به بخش اتصالی بیرونی، آمد و شد عمده است، می‌توان شکل شیرازه را به‌منظور تطبیق با آمد و شد تغییر داد (شکل ۹-الف).

رانندگانی که در یک اتصال نیمه‌مستقیم (خط‌پر در شکل ۷-ه) قصد گردش به چپ دارند، ابتدا از جهت موردنظر دور می‌شوند و سپس تدریجاً "گردش کرده و از سمت چپ یا راست وارد راه دیگر می‌گردند. در اتصال نیمه‌مستقیم دیگر که مسیر آن با خط‌چین نشان داده شده است، ابتدا رانندگان از سمت چپ خارج شده و پس از گردش به سمت چپ برمی‌گردند و وارد راه دیگر می‌شوند. همچنین، از اتصال نیمه‌مستقیم می‌توان برای گردش به راست استفاده کرد ولی در مواردی که برای این منظور امکان استفاده از شیرازه‌های قطری وجود داشته باشد، دلیلی ندارد که از اتصالات نیمه‌مستقیم استفاده شود. این نوع شیرازه اصطلاحاً "به شیرازه دسته‌گوزهای موسوم است. طول این نوع شیرازه از اتصال حلقوی معادل کمتر، و از اتصال مستقیم بیشتر است. حداقل یکی از راه‌های آمد و شد عبوری باید حدود ۱۵۰ متر یا بیشتر در جهت جانبی باز شود که این کار مستلزم دو پل جداگانه است؛ در صورتی که هر دو راه باز نشوند باید حداقل از سه پل و یا یک پل سه طبقه استفاده کرد.

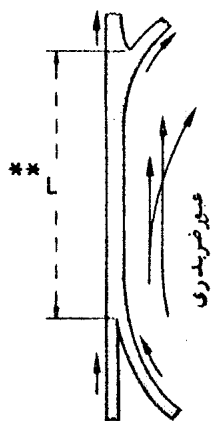
در اتصالات مستقیم، برای حرکت گردش به چپ رانندگان از سمت چپ راه را ترک می‌کنند و مستقیم به سمت چپ گردش نموده و از سمت چپ وارد راه دیگر می‌شوند (شکل ۷-و). اتصالات قطری و بیرونی بدون قوس معکوس اتصالات مستقیمی برای حرکات گردش به راست هستند. در شیرازه‌های جهتی برای گردش به چپ، طول لازم برای گردش کردن کمتر از هر نوع شیرازه گردش به چپ دیگر است، ولی چون باید دو پل یا بیشتر به‌کار برده شود، هزینه اولیه آن بیشتر می‌شود. اتصالات مستقیم گردش به چپ مستلزم جدا کردن نسبتاً زیاد راه‌های آمد و شد عبوری است (شکل ۷-ه)؛ در غیر این صورت، باید از طرحی که در سمت چپ پایین شکل ۱ نشان داده شده است، استفاده شود.



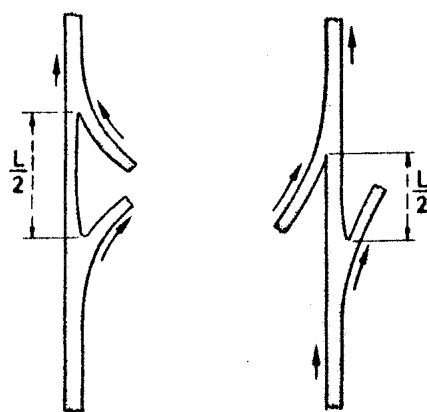
(ب) ورودیهای متوالی



(الف) خروجیهای متوالی



(د) ورود - خروج متوالی



(ج) خروج - ورود متوالی

\* طول  $L$  بهاندازه طول معین شده در جدول زیر است ، ولی نباید از طول لازم برای تغییر خط عبور و یا تغییر سرعت کمتر باشد  
 \*\* طول  $L$  بهاندازه طول معین شده در جدول زیر است ، ولی نباید از طول لازم برای قطعه عبور صبدری کمتر باشد .

فاصله بین آستانه‌های دو شیب‌راه متوالی

سرعت طرح به کیلومتر	۵۰ یا کمتر	۶۵ تا ۸۰	۹۵ تا ۱۰۵	۱۳۰
سرعت متوسط حرکت به کیلومتر	۳۷ تا ۴۵	۵۷ تا ۷۰	۸۳ تا ۹۳	۱۰۰
فاصله به متر				
حداقل	۶۰	۱۲۰	۱۵۰	۲۲۰
مطلوب	۱۲۰	۲۱۰	۲۷۰	۳۶۰

شکل ۸. ترتیب قرار گرفتن دو شیب‌راه متوالی

شکلهای مختلف شیراژه‌های یک تقاطع یا انواع مختلف مبدلها از ترکیبات مختلف این نوع شیراژه تشکیل می‌شوند؛ به‌عنوان مثال، مبدل شیپوری شامل یک حلقه، یک شیراژه نیمه‌مستقیم و دو شیراژه مستقیم گردش به راست یا شیراژه قطری است.

#### ۶-۳-۲. فاصله بین آستانه‌های دوشیراژه متوالی

در مبدلها غالباً "دو یا چند آستانه شیراژه‌های نزدیک یکدیگر در طول خطوط آمد و شد عبوری وجود دارند. در پاره‌ای از طرحهای مبدلها، یک شیراژه به شیراژه‌های مجزا تقسیم می‌شود و یا ممکن است دو شیراژه به یکدیگر متصل شده و تشکیل یک شیراژه را بدهند. در شکل ۸، فاصله حداقل و فاصله مطلوب بین آستانه‌های دو شیراژه متوالی نشان داده شده است. در بیشتر موارد، طول لازم برای خطوط تغییر سرعت، کنترل‌کننده این فاصله است. فواصل نشان داده شده در جدول، بر مبنای مدت زمان ۵ تا ۱۰ ثانیه برای تصمیمگیری و حرکت براساس آن، محاسبه شده است. غالباً، "در راههای برونشهری باید مقادیر مطلوب نشان داده شده در شکل ۸ را به‌عنوان مقادیر حداقل در نظر گرفت و ترجیحاً"، به‌منظور تأمین فواصل کافی برای دادن اطلاعات به رانندگان از طریق نصب علائم، مقادیر زیادتری به‌کار برد. فاصله حداقل پیشنهادی برای علامت‌گذاری برابر با ۳۰۰ متر بین خروجیهای یک آزادراه (شکلهای میانی و سمت راست ۸-الف)، و ۱۸۰ متر بین خروجی یک آزاد راه و خروجی یک راه ارتباطی است (شکل سمت چپ ۸-الف).

#### ۶-۳-۳. سرعت طرح

بسیار به‌ندرت ممکن است شیراژه‌هایی به‌کار گرفته شوند که در آنها سرعت حرکت خودروها در حدود سرعت حرکت در راه اصلی باشد؛ البته بهتر است که سرعت خودروها در شیراژه‌ها تا حد امکان زیاد باشد تا اعمال کاهش و افزایش سرعت به‌هنگام خروج از راه اصلی و ورود به شیراژه، و خروج از شیراژه و ورود به راه اصلی، به آسانی انجام شود. در نتیجه، می‌توان گفت که سرعت طرح شیراژه‌ها تابع سرعت طرح راههای اصلی متقاطع است.

رابطه بین سرعت طرح و سرعت گردش در معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی آورده شده است. سرعت طرح شیراژه‌ها باید حداقل برابر با سرعت متوسط حرکت راههای دارای آمد و شد متوسط باشد، ولی محدودیتهای محلی و عوامل اقتصادی سبب می‌شود که سرعت طرح شیراژه کمتر باشد. در برخی موارد، استفاده از سرعت طرح پایین برای شیراژه‌ها قابل توجیه است. منظره پل تقاطع، شیراژه‌های آن، علائم مربوطه و غیره سبب می‌شود که رانندگانی که قصد گردش کردن دارند متوجه شوند و از سرعت خود بکاهند؛ معمولاً "کاستن سرعت قبل از رسیدن به محل تقاطع آغاز می‌شود". بیشتر رانندگان، در صورتی که مقدار لازم تغییر سرعت بسیار زیاد نباشد و بتوانند طول شیراژه را با سرعت معقولی بپیمایند، تمایل به کاهش سرعت دارند. ممکن است شیراژه‌هایی که طول حرکت در آنها بیش از حد زیاد است (نظیر حلقه‌های بزرگ)، از نظر رانندگان نامطلوبتر از شیراژه‌های با طول متوسط جلوه کند که لازم است سرعت در آنها قدری بیشتر کاهش داده شود.



در جدول ۱، مقادیر راهنما برای سرعت طرح شيراهه‌ها به صورت تابعی از سرعت طرح راه، داده شده است.

جدول ۱. مقادیر راهنما برای سرعت طرح شيراهه‌ها

سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت)					
۱۳۰	۱۲۰	۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰
سرعت طرح شيراهه (کیلومتر در ساعت):					
۱۰۵	۹۵	۹۰	۷۰	۵۰	۳۰
مطلوب					
۶۵	۵۵	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰
حداقل					
شعاع حداقل قوس مربوطه (متر):					
۳۸۰	۳۱۵	۲۵۰	۱۵۰	۸۰	۳۰
مطلوب					
۱۳۰	۹۰	۷۰	۴۵	۳۰	۲۵
حداقل					

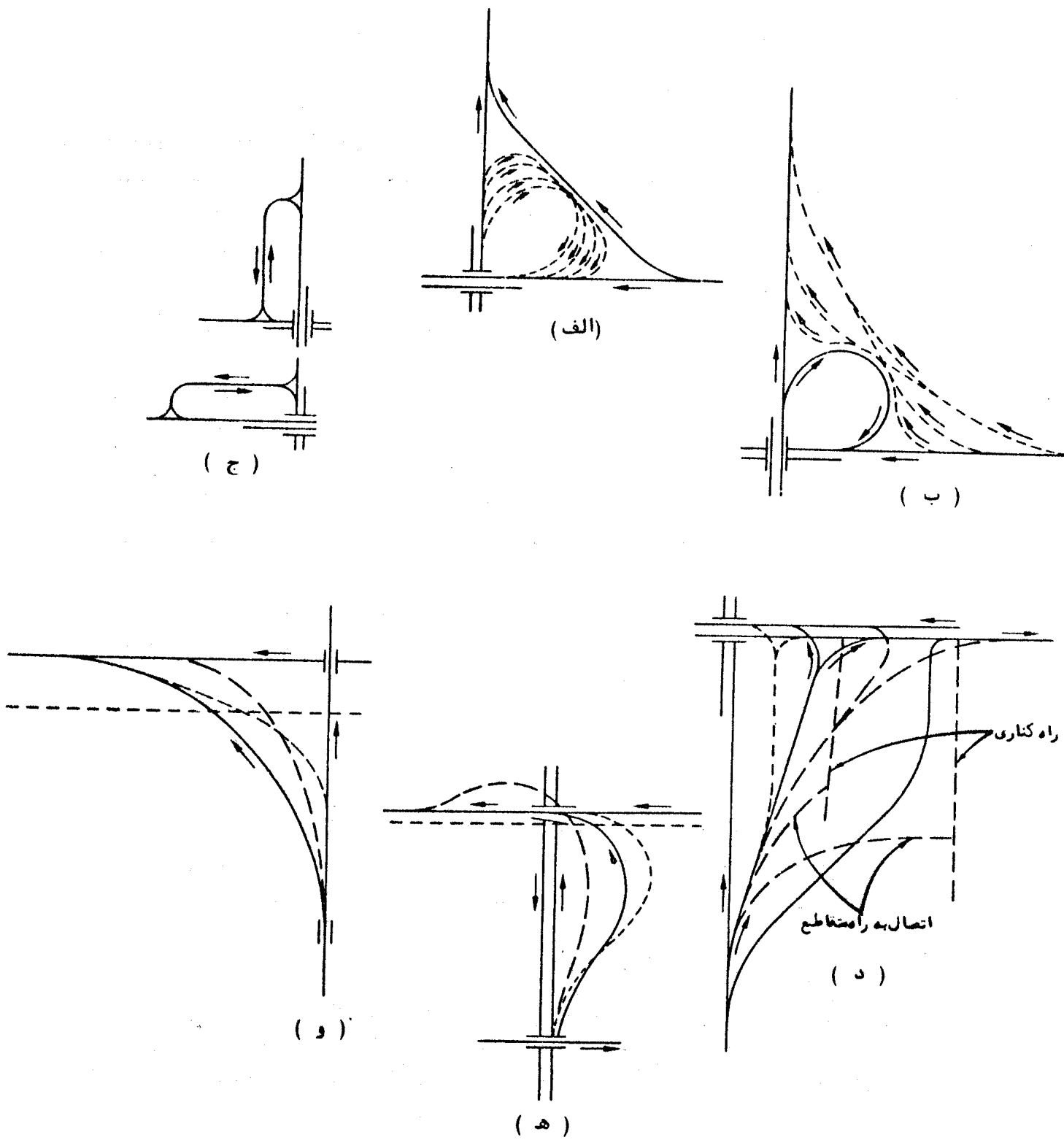
معمولاً، سرعت طرح راههای متقاطع یکسان نیست. بهتر است سرعت طرح شيراهه‌ها مربوط به سرعت طرح راه سریعتر باشد. در غیر این صورت، شيراهه‌های مختلف باید در رابطه با سرعت طرح راهی طرح گردند که به آن متصل می‌شوند (جدول ۱)، و شيراهه‌های میانی نیز بر اساس مقدار متوسط سرعت مناسب طرح شوند.

#### ۴-۳-۶. قرارگیری و شکل

حداقل شعاع- عوامل و فرضیات مربوط به حداقل شعاع قوسهای خطوط گردش برای سرعت‌های مختلف در بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها در همین مجموعه بحث شده است و مقادیر داده شده در جدول ۳ و شکل ۸ بخش ذکر شده مستقیماً در طرح قوسهای شيراهه نیز قابل استفاده است.

قوسهای مرکب و انتقالی- استفاده از قوسهای مرکب و انتقالی سودمند است زیرا این قوسها شکل مطلوب را به شيراهه‌ها می‌دهند، با شرایط محل وفق دارند و بر مسیر حرکت طبیعی خودروها منطبق هستند. نتیجه‌گیریهایی که در بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها در مورد قوسهای خطوط گردش به دست آمده‌اند، در مورد شيراهه‌ها نیز کلاً کاربرد دارند. در جداول ۴ و ۵ این بخش، حداقل طول قوس انتقال (کلوتوئید) و حداقل طول کمان دایره برای قوسهای مرکب نشان داده شده است.

شکل شيراهه‌ها- شکل کلی یک شيراهه به نوع شيراهه انتخاب شده بستگی دارد که قبلاً در شکل ۷ نشان داده شد. ممکن است شکل دقیق شيراهه تحت تأثیر ترکیب آمد و شد، مقدار آمد و شد، سرعت طرح، وضعیت پستی و بلندی زمین، زاویه تقاطع راهها، نوع آستانه شيراهه‌ها و غیر قرار بگیرد.



شکل ۹. شکل شیب‌راه‌ها

همان طوری که در شکل ۹-الف و ۹-ب نشان داده شده است، ممکن است بتوان از چندین شکل مختلف برای حلقه و اتصال بیرونی یک مبدل شیدری استفاده کرد. شکل حلقه، به استثنای آستانه‌های آن، ممکن است کمانی از دایره یا سایر شکلهای متقارن یا نیمه متقارن باشد، به گونه‌ای که در شکل ۹-الف با منحنیهای خط چین نشان داده شده است؛ ممکن است حلقه یا شکلی غیر متقارن داشته باشد (ترکیب هر دو منحنی خط چین در دو طرف نقطه مشترک مرکزی در شکل ۹-الف). ترتیب غیر متقارن در مواردی مناسب است که دوراه متقاطع از اهمیت یکسانی برخوردار نیستند و آستانه‌های شیراهاها برای سرعت‌های مختلف طرح می‌شوند و شیراهاها به صورت بخشی از مناطق تغییر سرعت به کار می‌روند. ممکن است به علت وضعیت حریم راه، شرایط نیرخ و فاصله دید و موقعیت شیراهاها شکلهای مشابهی لازم شود.

به طوری که در شکل ۹-ب نشان داده شده است، امتداد مطلوب برای یک اتصال بیرونی، یک منحنی پیوسته است که این ترتیب، حریم راه بسیار بزرگی را ایجاد می‌کند. ترتیب مطلوب دیگر طرحی است که در آن، یک امتداد مستقیم مرکزی با قوسهای آستانه (خطوط  $b$  و  $c$ ) به کار می‌رود. طرحهای بیشمار از نظر انتخاب زاویه و امتداد اتصالات بیرونی وجود دارد. در مواردی که اهمیت حلقه از اتصال بیرونی بیشتر است، می‌توان برای اتصال بیرونی از قوس معکوس استفاده کرد تا حریم راه به طوری که با خط  $h$  نشان داده شده است، کاهش یابد. برای بدست آوردن یک شکل عملی، هر ترکیبی از  $b$  و  $c$  ممکن است به کار رود.

به طور کلی، روش نشان داده شده در شکلهای ۹-الف و ۹-ب که حلقه و اتصال بیرونی از یکدیگر جدا هستند، روش مطلوب است، ولی در مواردی که حرکت جزئی و مسائل اقتصادی مطرح است می‌توان بخشی از دو شیراها را با یکدیگر ترکیب کرد تا یک روسازی واحد دو خط به دست آید. در مواردی که این روش به کار برده می‌شود، آمد و شد دوجبهت باید با استفاده از یک جدول غیر قابل عبور یا نرده ایمنی از یکدیگر جدا شود. ترتیب نشان داده شده در شکل ۹-ج نشان دهنده یک حالت جدی شیراهاهاها شیدری است که می‌تواند در مواردی به کار برده شود که مشکلات حریم راه باعث می‌شود محل یک شیراها نزدیک و به موازات یکی از راههای اتصالی باشد. ممکن است که این گونه شیراها به اندازه کافی بلند اختیار شود تا با حداقل حریم در روی یکی از راههای تقاطع، اثر اختلاف رقوم آستانه‌ها کاهش یابد. واضح است که ایراد این نوع طرح، مسیرهای غیرمستقیم لازم و شعاعهای کم انحنای آستانه‌هاست.

ممکن است شیراهاهایی که در مبدلهای لوزی به کار می‌روند، بسته به خصوصیات آمد و شد گردش‌کننده و محدودیتهای حریم راه، شکلهای مختلفی داشته باشند. شیراها، ممکن است یک امتداد مستقیم قطری یا منحنیهای اتصال باشد (خط پر در شکل ۹-د). ممکن است شیراها، برای آسانی گردشهای به راست، به صورت یک قوس پیوسته به سمت راست، با یک انشعاب به سمت چپ برای گردش به چپ باشد. در مناطق دارای حریم راه محدود در طول راه اصلی، ممکن است لازم باشد که از قوس معکوس یا بخشی از شیراها به صورت موازی با خط آمد و شد عبوری، استفاده شود (خط چین در شکل ۹-د).

ممکن است نوعی از شیراژه‌های مبدل لوزوی که به اتصالات ضربدری موسوم است، عمل اتصال را با راه‌کناری موازی انجام دهد؛ در شکل، دو نوع آن با خط‌چین نشان داده شده است. در مواردی که از این روش استفاده می‌شود، مطلوب آن است که راه‌کناری یکطرفه باشد. اتصالات ضربدری به راه‌های کناری دوطرفه مستلزم تدابیر خاصی در آستانه‌های راه‌کناری است زیرا امکان دارد در ورود به خطوط آمد و شد عبوری، اشتباهاتی از رانندگان سر بزنند.

در پاره‌ای موارد، شکل اتصالات نیمه‌مستقیم (شکل ۹-ه) به مقدار فاصله جانبی روسازیهای راه با آمد و شد عبوری یکطرفه، موقعیت آستانه‌ها در رابطه با پل، و مقداری که روسازی پل تعرضی شده است، بستگی دارد؛ در غیر این صورت، شعاع قوس لازم برای تأمین سرعت مطلوب گردش برای یک حرکت گردش به چپ مهم، ممکن است در برخی از موارد، تعیین‌کننده فاصله جانبی لازم برای خط آمد و شد عبوری باشد. در مواردی که اتصال نیمه‌مستقیم از سمت راست جدا شده و از سمت راست نیز وارد می‌شود، می‌توان خطوط آمد و شد عبوری را به فاصله کمی از یکدیگر قرار داد (شکل ۹-ه)، ولی پل باید بیشتر به صورت اریب قرار گیرد. بحث مربوط به اتصالات مستقیم (شکل ۹-و) نیز مشابه اتصالات غیرمستقیم است. وضعیت زاویه‌ای یا انحنا ممکن است تا حدودی به وسیله نسبت سرعت‌های طرح راه‌های متقاطع و نزدیکی سواره‌روهای دیگر و یا به وسیله ضرورت‌های طرح پل مشخص شود.

#### ۶-۳-۵. فاصله دید

حداقل فاصله دید توقف برای خطوط گردش که در جدول ۱۵ بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها آورده شده است، مستقیماً "می‌تواند برای شیراژه مبدل‌ها به کار رود. در مواردی که امکان داشته باشد، باید فواصل دید بیشتری در نظر گرفته شود.

در شکل ۲۰ بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها، طول منحنیهای قائم کوژ در رابطه با تفاضل جبری دو شیب، و در شکل ۲۱ همین بخش، فواصل آزاد جانبی تا موانع کنار راه با توجه به شعاع قوسهای افقی بر اساس حداقل فواصل دید داده شده است. این منحنیها را می‌توان برای طرح شیراژه‌ها به کار برد، ولی در بسیاری از موارد لازم است که برای کنترل فواصل دید در قوسهای قائم و افقی، به جای این شکلها از روشهای ترسیمی استفاده شود. طرحهای دارای قوسهای قائم غیر از سهمی، قوسهای کوتاه‌تر از فواصل دید و یا قوسهای مرکب با طول محدود را نمی‌توان مستقیماً "با این نمودارها کنترل کرد.

#### ۶-۳-۶. موقعیت آستانه و فاصله دید

ابعاد، شکل و موقعیت یک شیراژه را می‌توان توسط نیازهای آمد و شد در آستانه شیراژه، بویژه در آستانه شیراژه راه قطع‌کننده در مبدل‌های از نوع لوزوی، تعیین کرد. در این حالت، ممکن است از نظر ایمنی لازم باشد که آمد و شد متوقف شود، بویژه آمد و شدی که برای گردش به چپ باید یک یا چند خط یا راه مربوط به آمد و شد متقارب از سمت چپ را قطع کند و با آمد و شد متقارب سمت راست ادغام

شود. در طول راه قطع کننده، فاصله دید از خودرو متوقف شده باید به اندازه کافی باشد تا رانندگان بتوانند موقعیت را درک کرده و از حالت توقف خارج شوند و عملیات را در شرایط ایمنی و قبل از رسیدن خودروی که پس از آغاز حرکت راننده، در راه قطع کننده ظاهر شده است، به پایان برسانند. برای این حالت، ممکن است مقدار حداقل فاصله دید توقف راه کافی نباشد. مقدار فواصل دید در بخش معیارهای طرح هندسی تقاطعهای همسطح محاسبه و تعیین شده است.

در مواردی که طرح مورد نظر منتج به موقعیت آستانه شیراها می شود که به علت کافی نبودن فاصله دید، ناامن است، طرح شیراها باید تغییر داده شود. معمولاً "این کار با دورتر قرار دادن آستانه شیراها از پل تقاطع غیرهمسطح- در محلی که اگر راه قطع کننده از روی راه اصلی عبور می کرد، ممکن بود یک قوس قائم کاس ایجاد شود- امکان پذیر است. همچنین، این رواداری از این جهت لازم است که آمد و شد راه قطع کننده در یک قوس قائم کاس ممکن است در نشیب باشد. طرح باید بویژه از نظر طرح جانپناه نیز کنترل گردد تا اطمینان حاصل شود که هیچ مانعی در برابر خط دید بحرانی وجود ندارد.

در مواردی که اقدامات ایمنی گفته شده عملی نباشد، ممکن است لازم باشد که از سرعت آمد و شد در راه قطع کننده کاسته شود یا اینکه سرعت با استفاده از چراغ راهنما کنترل گردد.

در مواردی که راه قطع کننده به صورت زیرگذر راه اصلی را قطع می کند و در این حالت، ستونها یا پایه پلها مانعی احتمالی در برابر دید به وجود می آورد، باید پیش بینیهای احتیاطی مشابهی انجام گیرد.

#### ۶-۳-۷. طرح شیبها و نیمرخ طولی

شیبها و طولها- شیب شیراهاها باید تا آنجا که ممکن است کم باشد تا تلاش لازم در حین رانندگی برای گذر از یک راه به راه دیگر به حداقل برسد. غالباً، شیراهاها قوسه شکل هستند و شیب زیاد آنها سبب اختلال در جریان آمد و شد می شود. کاهش سرعت خودروها در فراز یک شیراها به اندازه کاهش سرعت در یک راه با آمد و شد عبوری اشکالی ندارد؛ البته، در صورتی که سرعت آن قدر کاهش نیابد که موجب ازدحام راه عبوری شود.

معمولاً، حداقل یکی از راههای متقاطع در یک مبدل معیار طرح بالایی دارد و برای پرهیز از تناقض باید شیب شیراهاها به ۴ تا ۶ درصد محدود شود. در مناطق برفگیر و یخبندان، شیب شیراهاها نباید از ۵ درصد تجاوز کند. در مواردی که نسبت کامیونهای سنگین یا اتوبوسها درآمد و شد شیراها بالا است، شیب شیراها باید محدود به ۳ یا ۴ درصد شود، مگر آنکه مقدار آمد و شد در شیراها کم باشد. در پارهای از موارد، ممکن است لازم باشد که شیراهاهایی با شیب ۸ تا ۱۰ درصد بدکار برده شود، ولی این موارد باید موارد خاصی تلقی شوند که شیبهای زیاد تنها به علت محدودیت

شرایط محل یا به علت آمد و شد کم مورد استفاده قرار گرفته است. به طور کلی، تأمین فاصله دید، از کنترل یک شیب معین بیشتر اهمیت دارد و در طرح باید به آن اولویت داده شود. معمولاً این دو عامل کنترل کننده با یکدیگر سازگارند.

در شیراژه‌های یکطرفه باید تمایزی بین فراز و نشیب قائل شد. برای طرح شیراژه‌های با سرعت بالا مقادیری که در بالا آورده شد، قابل اعمال است، ولی اگر آستانه شیراژه‌ها مناسب باشد، به کار بردن شیبهای ۷ تا ۸ درصد در طول کم اجازه حرکت ایمن را می‌دهد، بدون آنکه سبب کاهش زیادی در سرعت خودروهای سواری شود. فرازهای با شیب تا ۵ درصد و در طول کم موجب اختلال بیش از اندازه در حرکت کامیونها و اتوبوسهانی شوند. شیراژه‌های یکطرفه واقع در نشیب با شیبهای ۸ تا ۱۰ درصد نیز موجب بروز خطرات ناشی از سرعت زیاد نمی‌گردند. در بیشتر موارد، محدودیت‌های مربوط به شرایط برفی و یخبندان، صرف نظر از جهت شیب، عامل کنترل کننده مقدار شیب است.

بحث بالا نشان می‌دهد که مقدار شیب شیراژه، به طور مستقیم به سرعت طرح بستگی ندارد، ولی به طور کلی، سرعت طرح نشانه‌ای از معیارهای به کار گرفته شده است. مقدار شیب یک شیراژه با سرعت طرح بالا باید از مقدار شیب شیراژه‌ای که برای سرعت طرح پایین‌تر در نظر گرفته شده است، کمتر باشد. به عنوان یک قاعده کلی، مطلوب آن است که مقدار شیب فراز شیراژه‌های با سرعت‌های طرح مختلف به مقدار داده شده در جدول ۲ محدود شود. حداکثر شیب، شیراژه‌ها در نشیب نیز باید مطابق همین جدول باشد. در موارد خاص می‌توان مقدار شیب را تا ۲٪ بیشتر از این مقادیر اختیار کرد.

جدول ۲. رابطه بین حداکثر شیب شیراژه و سرعت طرح

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	۷۲-۸۰	۵۶-۶۴	۴۰-۴۸	۲۴-۳۲
حداکثر شیب (%)	۳-۵	۴-۶	۵-۷	۶-۸

قوسهای قائم - در شکل ۲۰ در بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها، حداقل طول قوسهای قائم کوژ خطوط گردش، بر اساس فاصله دید توقف برای سرعت‌های طرح مختلف، به طور خلاصه آورده شده است. این مقادیر برای آستانه شیراژه‌ها، برای مقدار متوسط سرعت طرح شیراژه و راه، قابل استفاده هستند.

شیب طولی شیراژه معمولاً به شکل S است. تغییرات عمده شیب توسط دو قوس قائم - یک

کاس در آستانه پایینی شیب‌راهه و یک کوژ در آستانه بالایی - به وجود می‌آید. داشتن دید به شرایط آستانه‌ها بستگی دارد. رانندگانی که در یک شیب‌راهه در نشیب وارد راه عبوری می‌شوند، دید خوبی از آمد و شد راه عبوری دارند. رانندگانی که راه عبوری را ترک می‌کنند تا وارد شیب‌راهه شوند، ممکن است دیدشان از قوس افقی شیب‌راهه، به علت وجود قوس قائم کوژ، محدود باشد. این قوس قائم اولیه باید طوری طرح شود که رانندگان به وضوح متوجه شروع قوس افقی بحرانی بشوند. در مواردی که این امر امکانپذیر نباشد، طول قوس قائم باید از مقدار لازم برای فاصله دید توقف بیشتر باشد.

قوس قائم کوژ یک شیب‌راهه واقع در نشیب باید برای رانندگانی که شیب‌راهه را ترک می‌کنند، دید کافی به راه عبوری و محل ادغام آمد و شدها فراهم کند. در بیشتر موارد، طرح قوسهای قائم کوژ بر مبنای فاصله دید توقف، این شرط را برآورده می‌سازد. در شرایطی که راه عبوری در نشیب با شیب‌راهه کناری به سرعت متقارب می‌شود و احتمالاً "در ترکیب با یک انحنا افقی دارای بریلندی نیز قرار دارد، مقادیر حداقل کافی نخواهد بود و دید کافی از راه عبوری وجود نخواهد داشت.

نیمرخ طولی شیب‌راهه در محل گردش ورودی باید کلاً "تا فاصله‌ای به موازات نیمرخ طولی خط آمد و شد عبوری باشد. این عمل به آمد و شد شیب‌راهه امکان می‌دهد که راه عبوری دید کافی داشته باشد؛ بنابراین، تردید رانندگان برای وارد شدن به راه عبوری کاهش می‌یابد. این نوع ترتیب بویژه برای اتصالات مستقیم مطلوب است که از سمت چپ وارد جریان آمد و شد عبوری می‌شوند. «مچنین، این روش در مواردی نیز مطلوب است که خودروها احتمال متوقف شدن دارند، مانند مواقعی که باید برای وارد شدن به جریان آمد و شد عبوری و یا برای گردش به چپ منتظر فرصت باشند. در حالت اخیر باید فضای لازم برای حداقل یک و ترجیحاً "چند خودرو تأمین شود. در بیشتر موارد، تأمین این فضا با صرف مخارج اندک و تنظیم امتداد و نیمرخ طولی شیب‌راهه امکانپذیر است، ولی در برخی از موارد، به طول و روسازی بیشتری نیاز است؛ در مناطق محدود، این امر ممکن است منجر به شیبهای تند شود.

رانندگانی که می‌خواهند از یک شیب‌راهه وارد راه عبوری شوند، باید در طولی از شیب‌راهه و آستانه آن که برای افزایش سرعت لازم است، دید کافی به راه مقابل داشته باشند. این طول، فاصله میان انتهای تندترین قوس شیب‌راهه و نقطه‌ای خواهد بود که محل پدیدار شدن علامتی است که نشان می‌دهد شیب‌راهه به پایان می‌رسد. یک قوس قائم با این طول باید به اندازه کافی پخ باشد و طوری انتخاب شود که روسازی شیب‌راهه نسبت به روسازی راه عبوری پایین‌تر از ۱/۱۰ متر واقع نگردد؛ آن قسمت از شیب‌راهه که از راه عبوری پایین‌تر از ۱/۱۰ متر است، نباید بخشی از خط افزایش سرعت محسوب شود.

### ۶-۳-۸. مقطع عرضی و شیبهای عرضی

عرض روسازی - مقادیر نشان داده شده در جدول ۷ بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها برای عرض روسازی خطوط گردش در طرح شیراهاها قابل استفاده است. در پاره‌ای موارد که لازم است طرح بر مبنای یک خودرو معین - به جای ترکیب خودروهای طرح - صورت گیرد، می‌توان مقادیر داده شده در جدول همین بخش را به کار برد.

شانه‌ها و جداول - مقادیر عرض حداقل و مطلوب شانه‌ها و فواصل آزاد افقی خطوط گردش، به طور خلاصه در جدول ۸ بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها آورده شده است. بویژه در مبدل‌های با آمد و شد زیاد وجود شانه‌ها ضرورت دارد تا دور از خطوط آمد و شد، فضایی برای توقف خودروها فراهم شود، تأثیر توقف خودروها بر جریان آمد و شد به حداقل برسد و بالاخره، فضایی موجود باشد تا رانندگانی که احتمالاً "مسیر خود را اشتباه می‌کنند، از آن استفاده نمایند. از شانه معمولاً" در سمت راست شیراهاها یکطرفه استفاده می‌شود. غالباً، استفاده از جدول در شیراهاها موجب تسهیل طرح زهکشی (دفع آبهای سطحی) می‌شود. به کار بردن سیستم زهکشی در جداول موجب به حداقل رسیدن فرسایش شیروانیها می‌شود و به استقرار نگهداری پوشش محافظتی زمین کمک می‌کند. به کار بردن جدول در سمت داخلی قوس شیراهاها از خراب شدن لبه روسازی جلوگیری می‌کند و در نتیجه، هزینه نگهداری را کاهش می‌دهد. به طور کلی، در شیراهاها استفاده از جداول قابل عبور مطلوبتر است، مگر در شیراهاها واقع در پلهای طویل که در آنها لازم است از جداول غیرقابل عبور حفاظتی استفاده شود. ممکن است در مورد جداول غیرقابل عبور لازم باشد که روسازی شیراها عرض بیشتری داشته باشد (جدول ۷ بخش یکم).

به طور کلی، راهها بدون جدول طرح می‌شوند، مگر در قسمتهایی که در طول بناهای راه قرار دارند؛ شیراهاها نیز باید به همین ترتیب طرح شوند. در مواردی که مزایای گفته شده در بالا حاصل نشود، می‌توان از شیراهاها بدون جدول با مقطع عرضی مناسب استفاده کرد. به طور کلی، باید شیراهاها بدون جدول دارای شانه‌ای در سمت راست در جهت حرکت و یا روسازی تعریض شده‌ای با عرض معادل باشند. در پاره‌ای موارد، در آستانه شیراهاها از جدول استفاده می‌شود، ولی این جداول در بخش میانی شیراهاها حذف می‌شوند. در برخی موارد دیگر ممکن است از شیراهاهایی استفاده شود که هم جدول و هم شانه دارند.

### ترتیبات اصلی شانه در شیراهاها به شرح زیر است:

یکم - در شیراهاها دارای آمد و شد زیاد، به کار بردن تنها یک شانه قابل استفاده بدون جدول در سمت راست مطلوب است. بجز در شیراهاها دوطرفه، شانه‌های با عرض کامل در هر دو سمت شیراها استفاده می‌شود.

دوم - در حلقه‌ها و اتصالات مستقیم با قوسهای پیوسته در یک جهت، در سمت خارجی یا سمت دارای رقوم بالاتر، از یک شانه تثبیت شده استفاده می‌شود. در مواردی که از جدول استفاده نمی‌شود،



این شانه به سهولت برای توقفهای اضطراری مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی در مواردی که شیراها در فراز قرار دارد و شانه در سمت دارای رقوم بالاتر است، رسیدن به آن توسط خودروهایی که به دلایلی از کار می‌افتند و می‌خواهند در شانه توقف کنند، مشکل خواهد بود.

سوم- همچنین، در حلقه‌ها و اتصالات مستقیم با قوسهای پیوسته در یک جهت، می‌توان از یک جدول در سمت خارجی قوس و از یک شانه تثبیت شده در سمت داخلی یا سمت دارای رقوم کمتر استفاده کرد؛ این جدول به صورت مؤثری حد سمت دارای رقوم بیشتر روسازی را مشخص می‌کند و شانه واقع در سمت دارای رقوم کمتر نیز در مواقع اضطراری به آسانی قابل دسترسی است. غالباً، رانندگان به طور مرتب در گوشه‌ها میانبر زده و از روی شانه‌ها عبور می‌کنند. این نقاط باید در شرایط خوب نگه داشته شوند.

چهارم- در سمت داخلی قوسهای شیراهاها یک طرفه، از جدول قابل عبور و شانه‌های روسازی شده استفاده می‌شود. در این حالت، شانه‌ها در سمت دارای رقوم کمتر مقطع عرضی با بریلندی قرار دارند و دسترسی به آنها آسان است، ولی امکان دارد که برخی از رانندگان در عبور از آنها برای رفتن بر روی شانه اکراه داشته باشند.

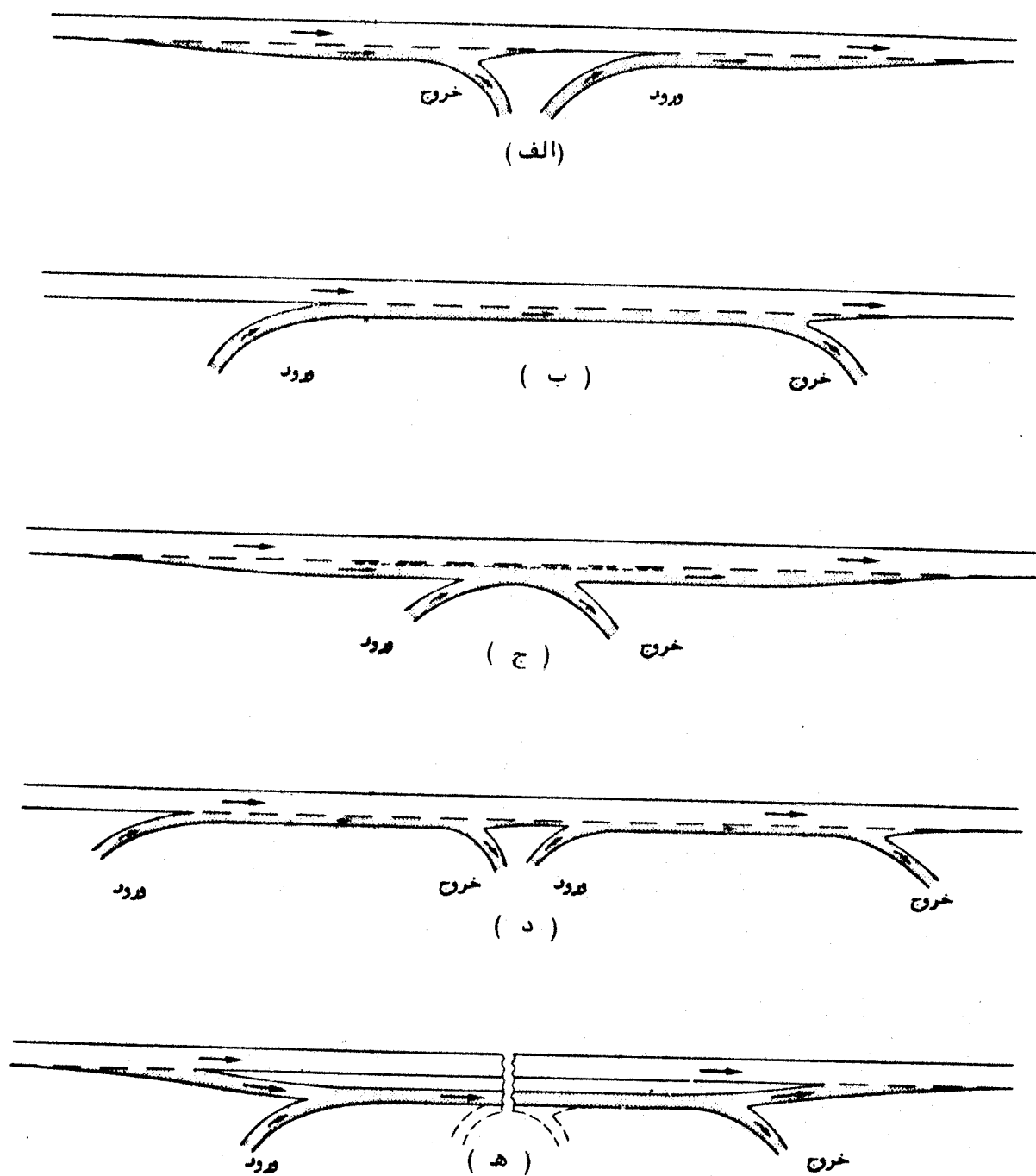
پنجم- شیراهاها واقع در قوسهای معکوس معمولاً "بدون جدول به کار می‌روند. برای گردشهای با یک خط، رجحان دارد که از شانه در سمت راست جهت آمد و شد استفاده شود.

#### ۹-۳-۶. طرح آستانه شیراهاها

آستانه یک شیراها به شکل یک تقاطع همسطح از نوع T یا Y است. در میدلهای با معیار طرح بالا یا در مواردی که از شیراهاها تکمیلی استفاده می‌شود، آستانه‌ها عمل ادغام یا جدا کردن جریانهای آمد و شد را انجام می‌دهند. در میدلهای از نوع نیمه شیدری یا لوزوی، آستانه شیراهاها در راه غیر اصلی که گردشهای به چپ مستقیماً "به راه عبوری انجام می‌شود، به صورت تقاطع (معمولاً هدایت شده) است.

خطوط تغییر سرعت- عملکرد، شکل، عرض، طول و روش اندازه‌گیری خطوط کاهش و افزایش سرعت در بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها آورده شده است.

ترکیب خطوط کاهش و افزایش سرعت- ممکن است خطوط کاهش و افزایش سرعت، در ارتباط با یکدیگر، برای ترتیبات معینی از خروجیها و ورودیها به کار روند (شکل ۱۰). مطلوب آن است که خروجی آستانه قبل از ورودی آستانه قرار داده شود (شکل ۱۰-الف). در عکس این حالت (شکل ۱۰-ب)، خطوط کاهش و افزایش سرعت بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند. در این حالت، خط اضافی برای تغییر سرعت و حرکات ضربدری بین آمد و شد ورودی و خروجی است. این نوع ترکیب خطوط کاهش و افزایش



شکل ۱۰. خطوط کاهش و افزایش سرعت به طور توأم در آستانه شیب‌راه‌ها

سرعت در مبدل‌های شیدری و نیز در مواردی معمول و منداول است که آستانه ورودی شیراوه یک مبدل در فاصله کوتاهی بعد از آستانه خروجی شیراوه یک مبدل دیگر قرار داشته باشد.

در مواردی که یک ورودی نزدیک به یک خروجی قرار دارد، نه تنها خطوط تغییر سرعت با یکدیگر ترکیب می‌شوند، بلکه ممکن است ادامه این خط در طول راه و در هر طرف اتصال، لازم باشد (شکل ۱۰-ج). تأثیر نامساعد برآمد و شد عبوری در قطعات با آمد و شد ضربدری را می‌توان با به‌کار بردن یک حزیه جهت‌دهنده به حداقل رساند (خط چین در شکل). جزایر جهت‌دهنده باید با جدول طرح شوند و ترجیحا "از نوع غیرقابل عبور باشند و حداقل ۵/۳۰ متر و ترجیحا "به اندازه عرض یک شانه کامل، عقب داشته باشند. وجود خروجیها و ورودیهای نزدیک به یکدیگر در طول یک راه ممکن است موجب به‌کار بردن خطوط کاهش سرعت و خطوط افزایش سرعت شود (شکل ۱۰-د). این خط‌کشی برای این نیست که به‌عنوان یک خط عادی آمد و شد مورد استفاده قرار گیرد، بلکه به‌منظور تغییر سرعت، انجام حرکت‌های ضربدری، و انجام حرکت‌های لازم برای آمد و شدی که وارد یا خارج می‌شود، به‌کار می‌رود؛ احتمالا، چنین ترتیبی بیشتر در طول آزادراه‌های درون‌شهری یا مجاورشهری وجود دارد تا در مناطق بیرون‌شهری.

راه‌های جمع‌کننده و توزیع‌کننده آمد و شد در مواردی که سرعت، بالا یا مقدار آمد و شد زیاد است و یا هر دو حالت با هم وجود دارد، ممکن است ترتیبات نشان داده‌شده در شکل‌های ۱۰-ب، ۱۰-ج و ۱۰-د نامطلوب یا غیرکافی باشند. در چنین مواردی، اختلال ناشی از حرکت‌های ضربدری و ورود و خروج خودروها در یک طول نسبتا "زیاد را می‌توان با به‌کار بردن یک خط یکطرفه مجزا از بین برد (شکل ۱۰-ه). چنین خطی به راه جمع‌کننده و توزیع‌کننده آمد و شد موسوم است و به‌دلیل حذف حرکات ضربدری از خطوط عبوری، مزایای زیادی دارد. از نظر عملی، این طرح بر انواع طرح‌های دیگر رجحان دارد. همچنین، این ترتیب این مزیت را دارد که می‌توان آستانه خروجی شیراوه‌ها را در بعد از پلها قرار داد که بدین‌صورت، ترجیحا "تمام خروجیهای یک آزاد راه ترتیب یکنواختی پیدا می‌کنند. از آنجا که این روش مستلزم احداث پل‌های طولیتر و روسازی بیشتر است، هزینه زیادتری را دربر خواهد داشت.

فاصله بین خروجی آستانه و پل-آستانه یک شیراوه نباید نزدیک به یک پل تقاطع غیر همسطح باشد. هرگاه آستانه شیراوه خروجی بعد از پل واقع شود، باید به‌اندازه کافی از پل فاصله داشته باشد تا به رانندگانی که قصد خروج دارند اجازه دهد پس از گذشتن از پل، محصل خروجی را ببینند و حرکات لازم برای گردش به خارج را انجام دهند. همچنین، این فاصله به رانندگانی که قصد ورود به راه عبوری را دارند کمک می‌کند تا هم دید خوبی از سمت چپ و هم طول کافی از راه عبوری داشته باشند. ممکن است این رانندگان بتوانند طولی از راه عبوری واقع در پشت محدوده پل را ببینند، ولی به‌عنوان یک قاعده کلی، کوژ نیم‌رخ روگذر و ستونها، پایه‌ها و دیوارهای یک زیرگذر، برای رانندگان مانعی در برابر دیدن جریان آمد و شدی که باید با آن ادغام شوند، به‌وجود می‌آورد.

اگر چه معیار مستقیمی برای ارزیابی عوامل مختلف مؤثر وجود ندارد، ولی شرایط لازم برای تعیین فاصله بین یک پل و دماغه تقارب سمت دورتر، مشابه شرایطی است که در بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها برای طول لچکی خطوط کاهش سرعت آمده است. یک مقدار منطقی برای فاصله بین یک پل و یک دماغه خروجی، برابر حدود  $1/5$  برابر حداقل طول گرد شده لچکی تغییر سرعت پیشنهاد شده است (جدول ۹ بخش یکم). در طرح شیراهاها، این فواصل تقریبی مطلوب هستند، ولی عوامل غیر قابل انعطافی نیستند. معمولاً، شکل کلی شیراها عامل کنترل کننده‌ای برای تطابق با حریم راه یا وضعیت پستی و بلندی زمین است. ایمنی و راحتی آمد و شد عبوری و گردش کننده، با افزایش فاصله بین پل و آستانه خروجی شیراها بالا می‌رود، ولی به کار بردن فواصل طولانی در پاره‌ای ترتیبات شیراهاها موجب می‌شود که خودروهای گردش کننده مسافت‌های بیشتری را بپیمایند. در مواردی که فاصله پل از آستانه، از مقادیر حداقل پیشنهادی کمتر است، باید علائم هشدار دهنده مناسبی وجود داشته باشد تا خودروها سرعت خود را کم کنند.

ضرورتی ندارد که آستانه شیراهاها در سمت جلو تقاطعهای غیرهمسطح به اندازه آستانه‌های واقع در سمت دورتر پل با پل فاصله داشته باشند. در این مورد، وجود پل در دیدن آستانه توسط رانندگانی که در طول راه عبوری در حرکت هستند، و یا توسط رانندگانی که در شیراها قرار دارند و برای ورود به راه عبوری نیاز دارند که فاصله‌ای دورتر از محل ورودی را در طول راه عبوری ببینند، تأثیری ندارد. در مواردی که یک شیراها ورودی در سمت قبل از پل برای آمد و شد با سرعت کم به کار می‌رود، لازم است از یک خط افزایش سرعت استفاده شود. در این حالت، محل آستانه شیراها باید طوری باشد که فاصله لازم برای خط تغییر سرعت را بین آستانه و پل تأمین کند و یا خط افزایش سرعت در طول پل ادامه داده شود. در مواردی که آستانه‌ها نزدیک به پل قرار دارد، کافسی بودن فاصله دید باید کنترل شود زیرا ممکن است خط دید افقی در اثر وجود پایه یا جانباه محدود شود.

جزئیات مربوط به طرح آستانه‌های ورودی و خروجی - مطالبی که در بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها در مورد طرح آستانه‌های خطوط گردش آورده شده است، مستقیماً در مورد شیراهاها قابل اعمال است. این موارد عبارتند از کنترل‌های مربوط به قوسهای انتقال، قوسهای مرکب، طولها، طرح آستانه‌ها، و بریلندی (به شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۹، ۲۶ و ۲۷ بخش یکم مراجعه شود).

کنترل آمد و شد - در راههای مهم، شیراهاها طوری طرح می‌شوند که حرکات ادغام و یا جدا شدن آمد و شدها تسهیل شود. در راههای غیراصلی، برخی از گردشهای به‌چپ مستقیماً و به صورت همسطح انجام می‌شود. این امر در مبدل‌های لوزی یا مبدل‌های نیمه‌شبدری وجود دارد (شکل‌های ۲۳ تا ۲۴). در این گونه موارد، آستانه شیراهاها در راه غیراصلی به صورت تقاطعهای همسطح T یا Y شکل است. بهتر است راههای گردش به‌چپ که راه عبوری را ترک می‌کنند، خطوط میانه داشته باشند. حرکات گردش به‌چپ از شیراهاها معمولاً "باید با علامت ایست" کنترل شود. حرکات گردش به‌راست از شیراهاها به راه قطع کننده چند خطه باید در یک خط افزایش سرعت یا یک خط لچکی با طول کافی

صورت گیرند، و یا به وسیله علامت "ایست" کنترل شوند. شیراژه‌های منتهی به یک علامت "ایست" باید عمود یا تقریباً "عمود بر راه و تا حد امکان افقی باشند و فضای کافی برای جادادن چندین خودرو را داشته باشند.

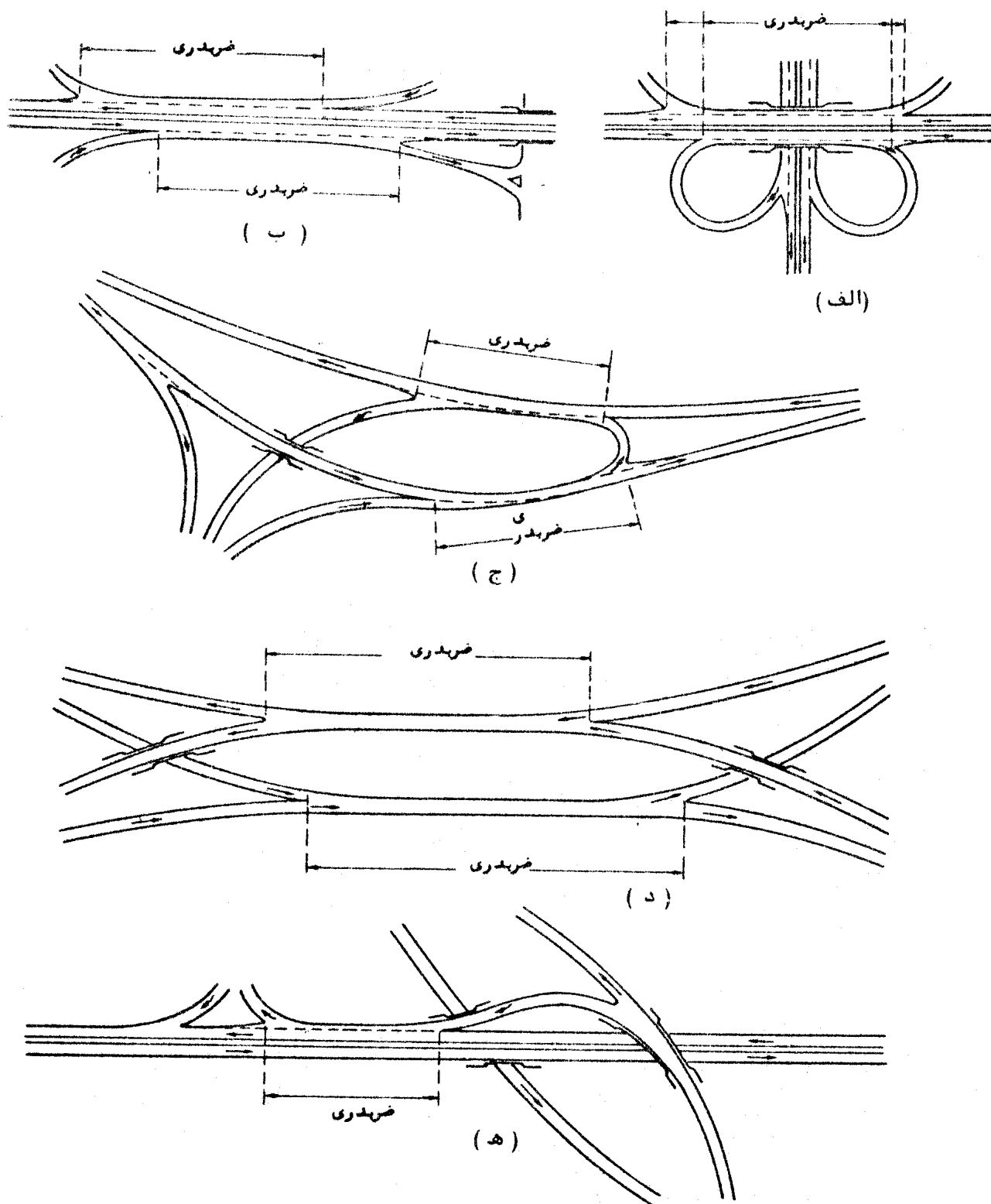
در مواردی که مقدار آمد و شد عبوری و گردش‌کننده قابل توجه است، ممکن است لازم باشد که در آستانه شیراژه‌ها در راه غیراصلی، چراغ راهنما به کار برده شود. در این گونه موارد، تقاطع‌هایی که در آستانه شیراژه‌ها به وجود می‌آیند، مانند تقاطع‌های همسطح T یا Y شکل، با چراغ راهنما طرح و بهره‌برداری می‌شوند. در راه‌های با سرعت بالا باید از به کار بردن چراغ راهنما خودداری کرد و استفاده از آن را محدود به راه‌های غیراصلی نمود که سایر تقاطع‌های آن به صورت همسطح هستند و کنترل برخی از تقاطع‌های آن با چراغ راهنما انجام می‌شود. در مناطق شهری و با نزدیک آنها، استفاده از چراغ راهنما در آستانه شیراژه‌ها یا خیابان‌هایی که آزادراه را به صورت زیرگذر یا روگذر قطع می‌کنند، کاربرد بسیار دارد. در این محلها، معمولاً "تعداد گردش‌ها زیاد و هزینه حریم راه قابل توجه است؛ بنابراین در این گونه موارد، استفاده از شیراژه‌های لوزی با آستانه‌های دارای معیار بالا در تنه راه و آستانه‌های مجهز به چراغ راهنما در راه قطع‌کننده می‌تواند منجر به صرفه‌جویی‌های قابل ملاحظه شود.

#### ۶-۳-۱۰. قطعات با آمد و شد ضربدری

قطعات با آمد و شد ضربدری که بیشتر در میدلها به کار می‌روند، موجب می‌شوند که جریانهای آمد و شد یکطرفه با استفاده از حرکات همگرا یا واگرا عبور کنند. ترکیبات معینی از مقدار آمد و شد ضربدری و طول و عرض خط مربوط به آمد و شد ضربدری می‌تواند به صورت رضایتبخشی عمل کند. استفاده از قطعات با آمد و شد ضربدری موجب ساده شدن طرح و اقتصادیتر شدن میدل می‌شود. از طرف دیگر، آمد و شد ضربدری متراکم سبب اصطکاک قابل توجه و کاهش سرعت جریان آمد و شد می‌شود. به علاوه، برای مقدار آمد و شدی که بدون ایجاد ازدحام می‌تواند در یک قطعه با آمد و شد ضربدری انجام شود، حدی وجود دارد.

در شکل ۱۱، موارد استفاده از قطعات با آمد و شد ضربدری در میدلها نشان داده شده است. میدل‌های شبدری با شیراژه‌های واقع در بخش‌های مجاور یکدیگر، همواره حرکات ضربدری را ایجاد می‌کند (شکل ۱۱-الف). برای هریک از جهات حرکت، حرکات ضربدری بین آمد و شد مربوط به حلقه که از سمت جلوتر از پل وارد راه می‌شوند، و آمد و شدی که راه را از خروجی بعد از پل ترک می‌کنند، وجود دارد. غالباً "لازم است که برای عبور دادن آمد و شد راه عبوری و آمد و شد ضربدری، از یک خط کمکی در طول راه بین حلقه‌های ورودی و خروجی استفاده شود. این خط کمکی، به عنوان یک خط تغییر سرعت برای افزایش یا کاهش سرعت آمد و شد گردش‌کننده نیز به کار می‌رود.

همچنین، ممکن است حرکات ضربدری بین شیراژه‌های قطری، در حالتی که میدلها نزدیک به یکدیگر قرار دارند، انجام شود (شکل ۱۱-ب) استفاده از قطعات با آمد و شد ضربدری برای



شکل ۱۱. قطعات آمد و شد ضربدری

مبدل‌هایی لازم است که حرکات گردشی جزئی از سمت راست وارد راه شده، و به فاصله کمی از آن از سمت چپ خارج می‌شوند (یا برعکس). در شکل ۱۱-ج، چنین ترتیبی برای مبدل ۷ شکل نشان داده شده است.

در برخی موارد، ممکن است حرکات ضربدری بین جریانهای اصلی آمد و شد انجام شود (شکل ۱۱-د).

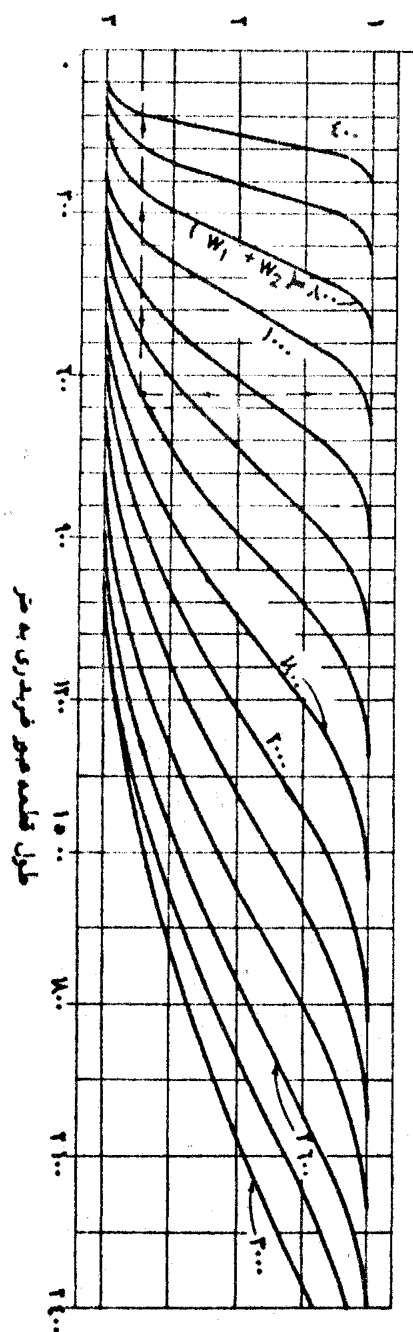
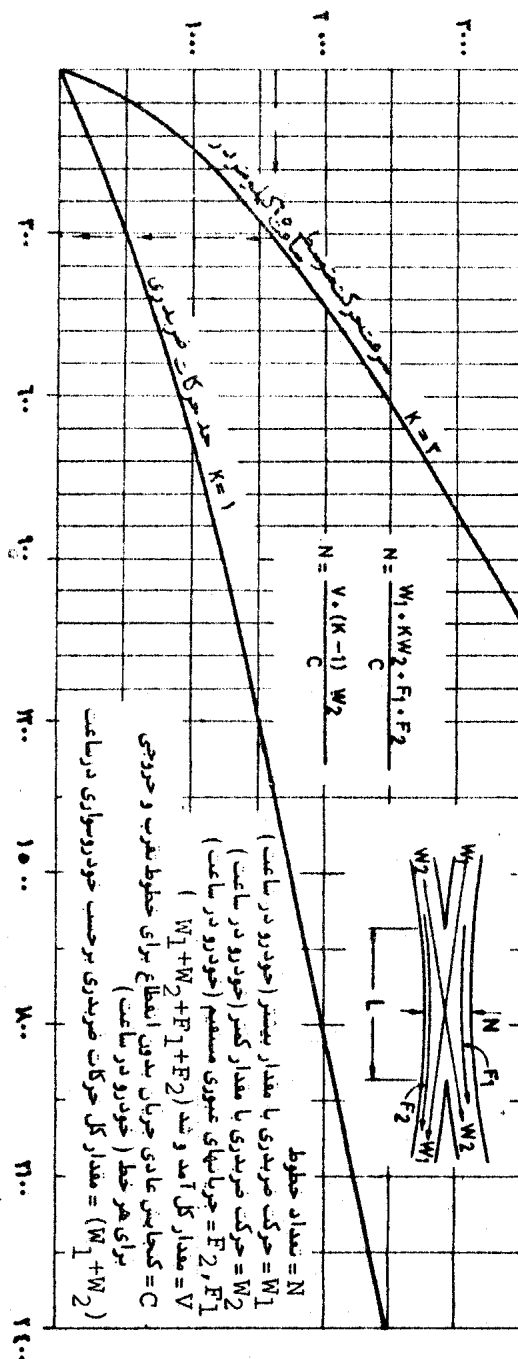
حرکات ضربدری در مبدل‌های با اتصالات مستقیم یا نیمه‌مستقیم نیز وجود دارد (شکل ۱۱-ه)، هرچند که معمولاً از شیرآه‌های با معیار بالا به منظور حذف حرکات ضربدری استفاده می‌شود. یک مبدل فلک‌های که یک فلکه با دو یا چند تقاطع غیرهمسطح است، حرکات ضربدری را در راه اصلی حذف می‌کند، ولی حرکات ضربدری قابل ملاحظه‌ای در حرکات عبوری و گردش‌کننده راه غیراصلی به‌وجود می‌آورد.

قطعات با آمد و شد ضربدری بر این اساس طرح، کنترل و تنظیم می‌شوند که گنجایش طرح حداقل، برابر با میزان آمد و شد طرح باشد. گنجایش یک قطعه با آمد و شد ضربدری تابع چندین عامل است که مهمترین این عوامل عبارتند از طول، تعداد خطوط، سرعت حرکت و مقدار آمد و شد مربوط به هریک از حرکات مجزا. رابطه بین این عوامل در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است و پیشنهاد می‌شود که این شکل‌ها منای طرح قرار گیرند. شکل ۱۲ باید در مواردی مورد استفاده قرار گیرد که قطعه با آمد و شد ضربدری در خطوط با آمد و شد عبوری یک راه اصلی، برونشهری واقع است. شکل ۱۳ مربوط به قطعات با آمد و شد ضربدری است که در غیر از خطوط آمد و شد عبوری راه‌های اصلی برونشهری-مانند یک تقاطع فلک‌های با جزیره مرکزی بزرگ-یا در راه‌های جمع‌کننده و توزیع‌کننده آمد و شد قرار دارد.

به‌طور کلی، در یک طرح، تمام عوامل متغیر بجز  $N$  (تعداد خطوط) معلوم هستند.  $N$  با استفاده از رابط‌های محاسبه می‌شود که در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است و تمام عوامل به‌غیر از  $K$  معلوم هستند. مقدار  $K$  از نمودار موجود در زیر این شکل‌ها با در دست داشتن طول قطعه آمد و شد ضربدری  $(I_1)$  و مجموع مقدار آمد و شدهای ضربدری  $(W_1 + W_2)$  به‌دست می‌آید. برای اطمینان یافتن لازم است کنترل شود که طول واقعی قطعه با آمد و شد ضربدری از طول حداقل برای  $K=3$  که اجازه حرکت خودروها را با سرعت ۶۵ کیلومتر در ساعت در شکل ۱۲ و سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت در شکل ۱۳ می‌دهد، بیشتر باشد. این طول مستقیماً از منحنی  $K=3$  که در آباک بالایی نشان داده شده است، به‌دست می‌آید. ضمناً، اگر طول قطعه با آمد و شد ضربدری آن‌قدر زیاد باشد که نقطه مربوطه در آباک بالایی (نقطه‌ای که از تقاطع محوره‌های  $(W_1 + W_2)$  و  $I_1$  به‌دست می‌آید) در زیر منحنی مربوطه  $K=1$  واقع شود، معلوم می‌شود که آمد و شد ضربدری عامل مؤثری در طرح نیست.

مقدار کل حرکات ضربدری  $(W_1 + W_2)$   
تعداد خودرو سواری معادل در ساعت

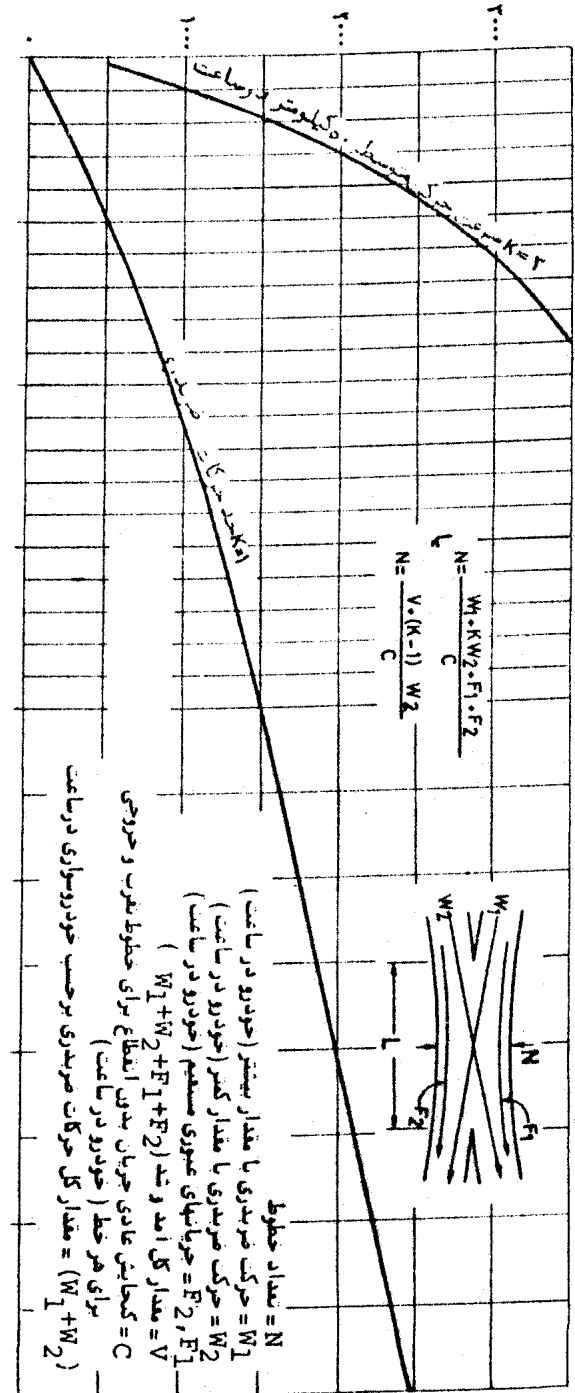
ضریب خط عبور ضربدری  $(K)$



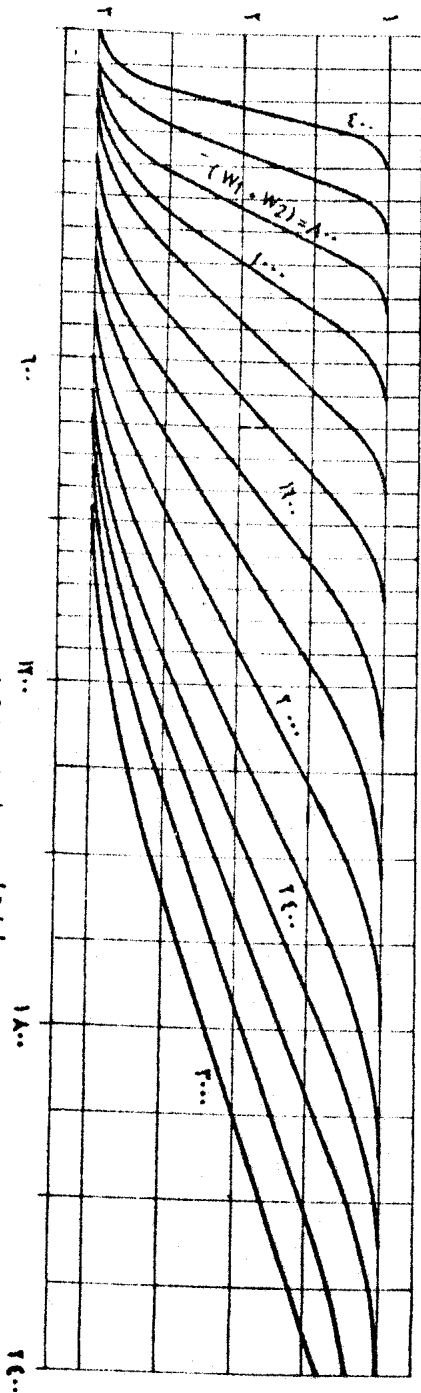
شکل ۱۲. خصوصیات عملکرد قطعات عبور ضربدری برای راههای اصلی برونشهری



مقدار کل حرکات ضربدری  $(w_1 + w_2)$   
تعداد خودرو سواری معادل در ساعت



ضریب خط عبور ضربدری  $(k)$



شکل ۱۳. خصوصیات عملکرد قطعات عبور ضربدری برای راههای غیر از راههای اصلی برونشهری

در شکل ۱۲ مثالی آورده شده است. اگر لازم باشد که مقدار کل آمد و شد ( $W_1 + W_2$ ) برابر با ۱۶۰۰ معادل خودرو سواری در ساعت، از یک خط با آمد و شد ضربدری به طول ۶۳۰ متر عبور داده شود، مقدار  $K$  از آباک پایینی به ترتیب زیر به دست می آید: ابتدا باید خطی قائم از نقطه  $I=۶۳۰$  متر رسم شود تا منحنی  $W_1 + W_2 = ۱۶۰۰$  را در نقطه ای قطع کند؛ از این نقطه خطی افقی رسم می شود تا محورهای قائم را در نقطه ای قطع کند؛ این نقطه جواب مسئله است و  $K=۲/۷$  به دست می آید. منحنی بالایی در شکل ۱۲ نشان می دهد که برای مقدار  $W_1 + W_2$  داده شده، طول حداقلی برابر با ۳۰۰ متر لازم است که بسیار بیشتر از طول واقعی است.

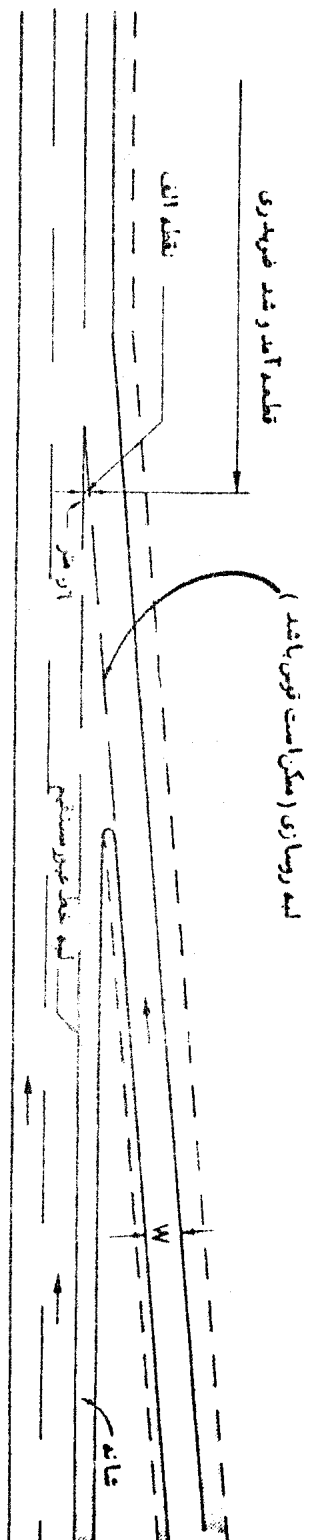
پیشنهاد می شود که در شکل ۱۲ برای راههای اصلی برونشهری، که حرکات ضربدری مستقیماً در امتداد روسازی راه عبوری انجام می شود، مقدار  $C$  از ۱۰۰۰ معادل خودرو سواری در ساعت بیشتر اختیار نشود. مقدار  $C$  برابر با ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ معادل خودرو سواری در ساعت باید در رابطه با شکل ۱۳ به کار رود که حرکات ضربدری در خارج از روسازی راه عبوری، با در روسازی راه عبوری با قطعات با آمد و شد ضربدری واقع در مناطق شهری یا مجاور شهری انجام می گیرد. مقدار  $C$  برای تقاطعهای فلکهای، بسته به مورد، بین ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ معادل خودرو سواری در ساعت متغیر است (نگاه کنید به: بخش دوم، تقاطعهای همسطح).

در موارد خاصی که چندین قطعه با آمد و شد ضربدری وجود دارد، می توان به منابع مربوطه، مانند کتاب معیارهای گنجایش راهها مراجعه کرد.

مانند هر جرئی از راه، استفاده مناسب از قطعات با آمد و شد ضربدری به نحوه علامتگذاری و خطکشی روسازی آن بستگی دارد. در موقع طرح هندسی، طراح باید نیازهای مربوط به علائم و خطکشی را در نظر بگیرد.

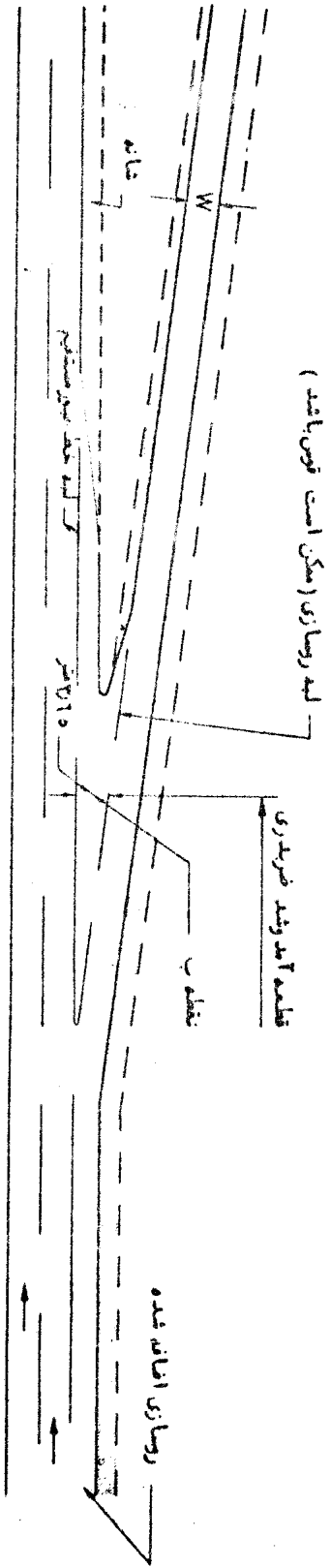
در شکلهای ۱۲ و ۱۳، طول قطعات با آمد و شد ضربدری ( $L$ ) همان فاصله بین نقاط پایانه هستند که بر مبنای دماغه های دارای جدول که به اندازه عرض کامل شانه عقب نشستگی ندارند، تهیه و ارائه شده اند.

یک روش معیار برای تعیین نقاط پایانه که در تمام موارد اندازه گیریهای رضایت بخشی به دست می دهد، در شکل ۱۴ نشان داده شده است. نقطه "الف" در انتهای آمد و شد همگرا نقطه ای است که لبه های خط راههای با آمد و شد همگرا به اندازه ۰/۶ متر از یکدیگر فاصله دارند. عرض خط شیرازه ( $W$ )، عرض شانه های سمت چپ یا راست را دربر نمی گیرد و معمولاً "برابر ۴/۸۰ تا ۵/۴۰ متر برای شیرازه های یکخطه است. در مواردی که هریک از راههای همگرا در قوس قرار دارد، باید تصویر لبه خط در امتداد قوس باشد. نقطه "ب" در انتهای آمد و شد واگرای قطعه با آمد و شد ضربدری به صورت مشابه تعیین می شود، بجز آنکه این نقطه مربوط به محلی است که لبه های خط راههای واگرا به اندازه ۳/۶۰ متر از یکدیگر فاصله دارند. عرض خط شیرازه ( $W$ ) مانند مواردی است که در قبل بیان شده است.



جزیره مانی

آستانه ورودی



جزیره مانی

آستانه خروجی

شکل ۱۴. نقطه شروع برای اندازه گیری طول قطعه آمد و شد ضریبی

روشی که شرح داده شد برای راههای جدول دار و راههای با شانه قابل استفاده است، و امکان دارد برای تعیین طول قطعات با آمد و شد ضربدری در انشعابات اصلی یا شیراژه‌های یکخطه به کار رود.

مبدلهایی که در آنها حرکات ضربدری انجام نمی‌شود بهتر از مبدلهای با حرکات ضربدری عمل می‌کنند، ولی هزینه احداث آنها بیشتر است. برای پرهیز از حرکات ضربدری باید از تعداد بیشتری پل یا از پلهای بزرگتر و پیچیده‌تر و تعدادی اتصالات مستقیم استفاده شود. برای انتخاب راه‌حلهای مختلف باید هم هزینه کل احداث مبدل و هم مقدار آمد و شد معینی که قادر به عبور است، هر دو، در نظر گرفته شوند.

#### ۷. تسطیح و توسعه چشم‌انداز

تسطیح در یک مبدل عمدتاً "توسط امتدادها، نیم‌رخهای طولی، مقاطع عرضی و نیازهای مربوط به زهکشی راههای متقاطع و شیراژه‌ها تعیین می‌شود. هیچ‌یک از راههای عبوری یا شیراژه‌ها نباید به صورت یک‌واحد مجزا در نظر گرفته شود و به‌صورت یک مقطع عرضی معیار، و بدون توجه به ارتباط آن با راههای مجاور و وضعیت پستی و بلندی زمین طبیعی، تسطیح شود. برعکس، محل کلا "باید به‌صورت یک واحد طرح شود تا هزینه‌های احداث و نگهداری به حداقل برسد، بیشترین دید به دست آید و ظاهر محل خوشایند باشد. در پاره‌ای موارد، مانند قطعات باریک بین روسازی قطعات همگرا، عوامل کنترل‌کننده شیب شیروانیها و تسطیح ممکن است بر طرح امتداد و نیم‌رخ طولی تأثیر داشته باشند.

#### ۷-۱. طرح تسطیح

در مبدلها، ارتفاع برشها و خاکریزها، عرض راهها و شیب شیروانیها به‌قدری متفاوت و متغیرند که تجسم کل محل با استفاده از نیم‌رخهای طولی و مقاطع عرضی متداول در راهها بسیار مشکل و سخت است. با تهیه یک نقشه تسطیح از محل—مثلاً "نقشه‌ای که لبه روسازیها، جداول، بناها، محورهای کنترل، دیوارها، درچه‌های زهکشی و غیره را با جزئیات زیادی نشان بدهد و شامل خطوط تراز محل پس از احداث مبدل باشد—می‌توان به نتایج رضایتبخش‌تر و سریع‌تر رسید. خطوط تراز پیشنهادی به صورت متصل به خطوط تراز موجود نشان داده شده، و برای تمایز آنها از یکدیگر از خطوط متفاوتی استفاده می‌شود. معمولاً، خطوط تراز زمین با دست رسم می‌شوند تا به آسانی از خطوط یکنواخت‌تری که نشان‌دهنده شیروانیهای تسطیح شده و روسازی هستند، تمیز داده شوند. نقشه تسطیح، در حقیقت، یک منظره سه‌بعدی از تقاطع است که امتدادها، نیم‌رخهای طولی، شیروانیها، زهکشی، پلها، و سایر اجزای طرح را به یکدیگر مرتبط می‌سازد. یک نقشه کامل شده از این نوع (به‌استثنای یک مدل واقعی) بهترین وسیله برای تجسم و تحلیل طرح به‌صورت یکپارچه است.

یک نقشه تسطیح با مقیاس بزرگ برای تعیین دقیق خطوط تراز به فاصله ۵/۵ یا حتی ۵/۲۵ متر، نقشه اجرایی مطلوبی است. با کمک این نقشه می‌توان تمام ترازهای لازم برای تسطیح را به سرعت

تعیین و میخکوبی کرد و در نتیجه، از مراجعات مکرر به بسیاری از مقاطع عرضی با شیبهای متعیر شیروانی پرهیز نمود. همچنین، با استفاده از این نقشه می‌توان محل دهانه‌های سیستم زهکشی را تعیین کرد و سطوح مربوط به هر دهانه را اندازه‌گیری نمود و سپس، نیمرخ زهکشها را برای تعیین سریع برشها، خاکریزها و عمق آبروها به دست آورد.

بهتر است مقاطع عرضی از نظر ایمنی، زیبایی و هزینه‌های نگهداری به صورت مقطعی گرد شوند. این امر، بویژه در مبدلها که حریم راه عریض است و مقدار آمد و شد عبوری و حرکات گردش‌کننده ممکن است زیاد باشد، از اهمیت بسیار برخوردار است. کلیه برشها باید داری روزنه باشند تا راهها یا شیراها‌های مجاور دیده شوند، و مبدل هم ظاهر خوبی داشته باشد. به عنوان مثال، اگر وضعیت پستی و بلندی زمین طوری است که بخشی از یک شیراها در برش واقع می‌شود، نباید پشته یا تپه‌ای بین آن و یک راه مجاور برجا بماند. معمولاً، زمین بین یک راه با رقوم زیادتر و یک راه با رقوم کمتر باید شیب ملایم و تدریجی و زیبا داشته باشد، مگر در مواردی که به علت وجود زمین سنگی، وضعیت پستی و بلندی خاص یا حفظ نباتات محلی، باید ترتیب دیگری به کار رود.

#### ۲-۷. بذریاشی و کاشت گیاهان

بذریاشی و کاشت گیاهان باید در طرح اولیه در نظر گرفته شود. ممکن است این کارها جزو کارهای تسطیح یا روسازی باشد و یا بعداً "برای حفظ سرمایه‌گذاری، در اسرع وقت تأمین شود. کوتاهی در به کار بردن پوشش گیاهی موجب ایجاد هزینه‌هایی در اثر فرسایش یا ریزش می‌شود. روشهای مختلفی برای حفاظت شیروانیها وجود دارد و برای آگاهی در این زمینه باید به منابع مربوطه مراجعه کرد. این روشها در این قسمت شرح داده نشده، ولی به برخی از اشکالات موجود اشاره شده است.

انتخاب نوع گیاهان باید با توجه به رشد نهایی آنها انجام شود. انتخاب نامناسب ممکن است موجب کاهش فاصله دید افقی در قوسها شود و اختلال زیادی در فاصله دید جانبی بین خطوط مجاور یکدیگر به وجود آورد. حتی پوششهای گیاهی کم ارتفاع نیز می‌توانند فاصله دید قائم در شیراها‌های واقع در قوس را به شدت کاهش دهند.

از بوته‌ها یا درختها می‌توان برای مشخص کردن حاشیه مسیرها استفاده کرد تا رانندگان از وجود موانع مقابل آگاه شوند. به عنوان مثال، وجود بوته‌های کوتاه در انتهاهای یک جزیره جهت‌دهنده یا دماغه تقارب از فاصله قابل ملاحظه‌ای دیده می‌شود و توجه رانندگان را به لزوم یک گردش جلب می‌کند. نوع این بوته‌ها نباید طوری باشد که در اثر برخورد خودروها با آنها خسارتهایی ایجاد کند یا جلوی دید علایم یا وسایل هشداردهنده را بگیرد.

درختها نباید نزدیک به خطوط آمد و شد کاشته شوند، بلکه باید ترجیحاً "حداقل ۷/۵ متر از لبه روسازی راه عبور و ۶/۵ متر از لبه روسازی شیراها‌ها فاصله داشته باشند. شاخه‌های مشرف درختها

سبب اختلال می شود و ریزش برگ درختها بر روی روسازی، بویژه هنگامی که سطح راه خیس است، ممکن است خطر آفرین باشد.

#### ۸. انواع و نمونه هایی از مبدلها

طرح مبدلها با در نظر گرفتن توأم نیازهای آمد و شد، شرایط محل، معیارها و عوامل کنترل کننده راههای متقاطع و خطوط گردش و عوامل اقتصادی انجام می شود. نشان دادن کلیه طرحهای مختلف مبدلها غیر عملی است، ولی در این قسمت انواع کلی مبدلها به همراه نمونه هایی آورده شده است.

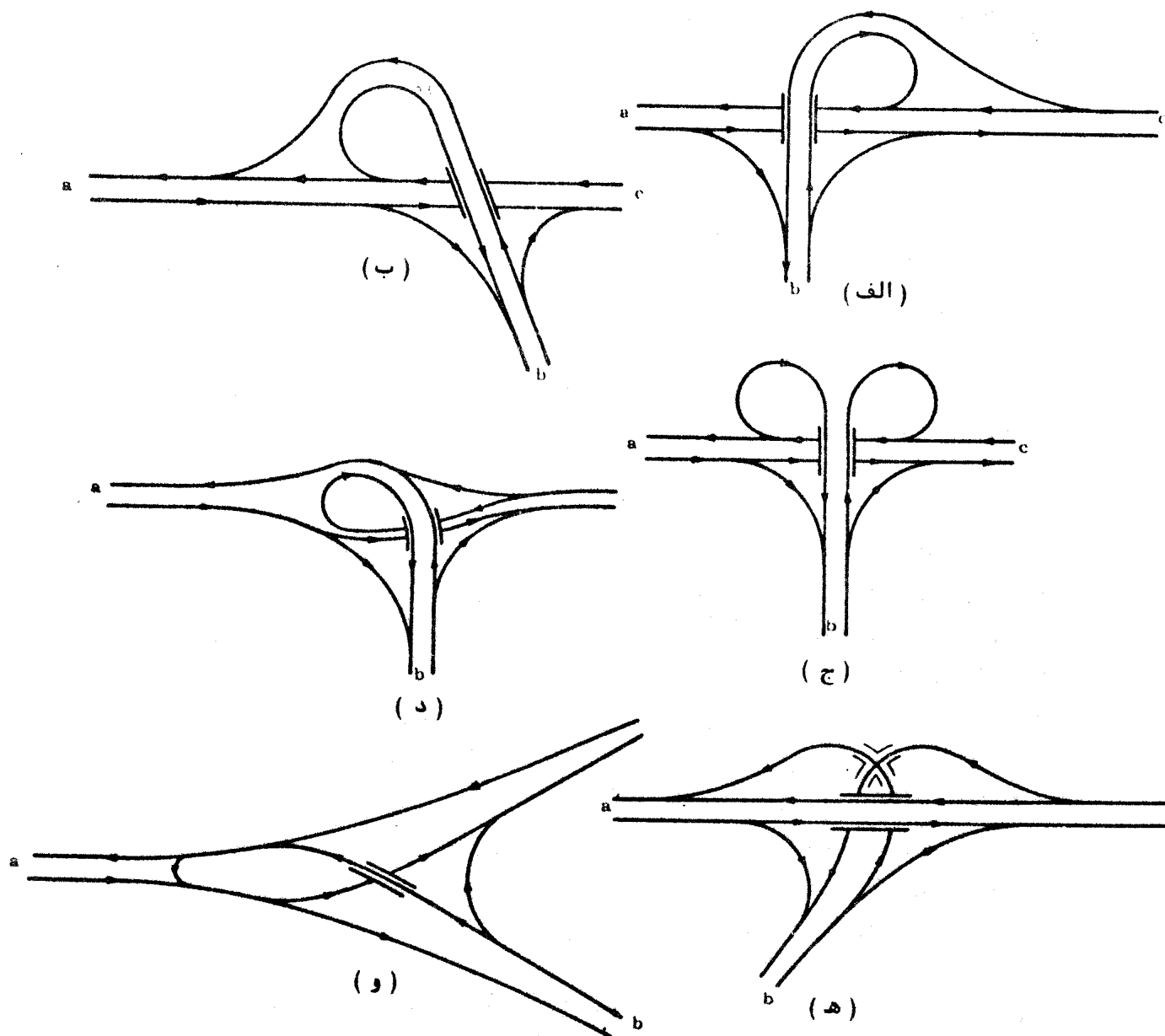
انواع اصلی مبدلها در شکل ۱ نشان داده شده است. هریک از این مبدلها ممکن است تفاوضهای زیادی از نظر شکل و هدف داشته باشند. انواع ترکیبات زیادی نیز وجود دارد که نامگذاری جداگانه آنها مشکل است. عامل مهم در طرح مبدلها ترکیب یک یا چند نوع اصلی شیراهاهایی که در شکل ۷ نشان داده شده یا یکدیگر، عامل مهمی در طرح مبدلهاست. طرح هریک از شیراهاها برای تأمین یک حرکت معین، منعکس کننده وضعیت پستی و بلندی زمین محل، فرهنگ منطقه، مقدار هزینه و درجه مطلوب اعطاف پذیری در آمد و شد خودروها است. عامل اخیر باید متعیر اصلی در طرح باشد، ولی غالباً "جنبه های عملی، هزینه و شرایط محل عوامل مؤثر در انتخاب نوع شیراهاها می باشند.

برای آسانی، انواع و نمونه های مبدلها با نامهای کلی تقاطعهای با سه یا چهارراه و طرحهای خاص و با دو یا چند بنا مشخص گردیده است. انواع کلی مبدلها با استفاده از نقشه های ساده شده نشان داده شده است.

#### ۸-۱. طرحهای مربوط به تقاطعهای دارای سه شاخه راه

یک مبدل واقع در یک تقاطع دارای سه شاخه راه شامل یک یا چند پل هوایی و کلا "خطوط یکطرفه برای تمام حرکات آمد و شد است. در مواردی که دو شاخه از سه شاخه متقاطع یک راه عبوری را تشکیل می دهند و زاویه تقاطع تند نیست، مبدل T شکل به کار می رود. هرگاه هر سه شاخه متقاطع دارای خصوصیات راه عبوری بوده، یا زاویه تقاطع با شاخه سوم کوچک باشد، مبدل را می توان از نوع Y شکل در نظر گرفت. معمولاً، ضرورت یا اهمیتی ندارد که انواع T و Y از یکدیگر تفکیک شوند. صرف نظر از زاویه تقاطع، خصوصیات راه عبوری هریک از انواع اصلی مبدلها ممکن است برای شرایط متفاوتی قابل استفاده باشد.

در شکل ۱۵، انواع مبدلهای T و Y شکل با یک پل نشان داده شده است. در شکلهای ۱۵-الف و ۱۵-ب، نوع بسیار متداول مبدل T شکل که به مبدل شیپوری موسوم است، نشان داده شده است. حرکات آمد و شدهای عبوری (a - c) در امتداد مستقیم انجام می شود. یکی از معیارهای مطلوب برای انتخاب یکی از انواع طرحها، مقدار نسبی حرکات گردش به چپ است. در شکل ۱۵-الف، اولویت به حرکت c-b، و در شکل ۱۵-ب به حرکت b-a داده شده است. برای آمد و شدهای سنگینتر، از



شکل ۱۵. انواع مختلف مبدل‌های س‌راهی - با یک پل

اتصالات نیمه مستقیم و برای آمد و شدهای کمتر، از حلقه استفاده می‌شود (البته، در صورتی که وضعیت محل این اجازه را بدهد). قطع آمد و شد با زاویه ۹۰ درجه، در مقایسه با تقاطع مورب در جهت اتصالات نیمه مستقیم (شکل ۱۵-ب)، کمتر مطلوب است. در مقایسه با تقاطع قائم، تقاطع مورب مستلزم طسی مسافت کوتاه‌تر و قوس گردش پهن‌تر برای آمد و شد زیاد چپگرد است و برای هر دو گردش به‌چپ، زاویه گردش کوچکتر است.

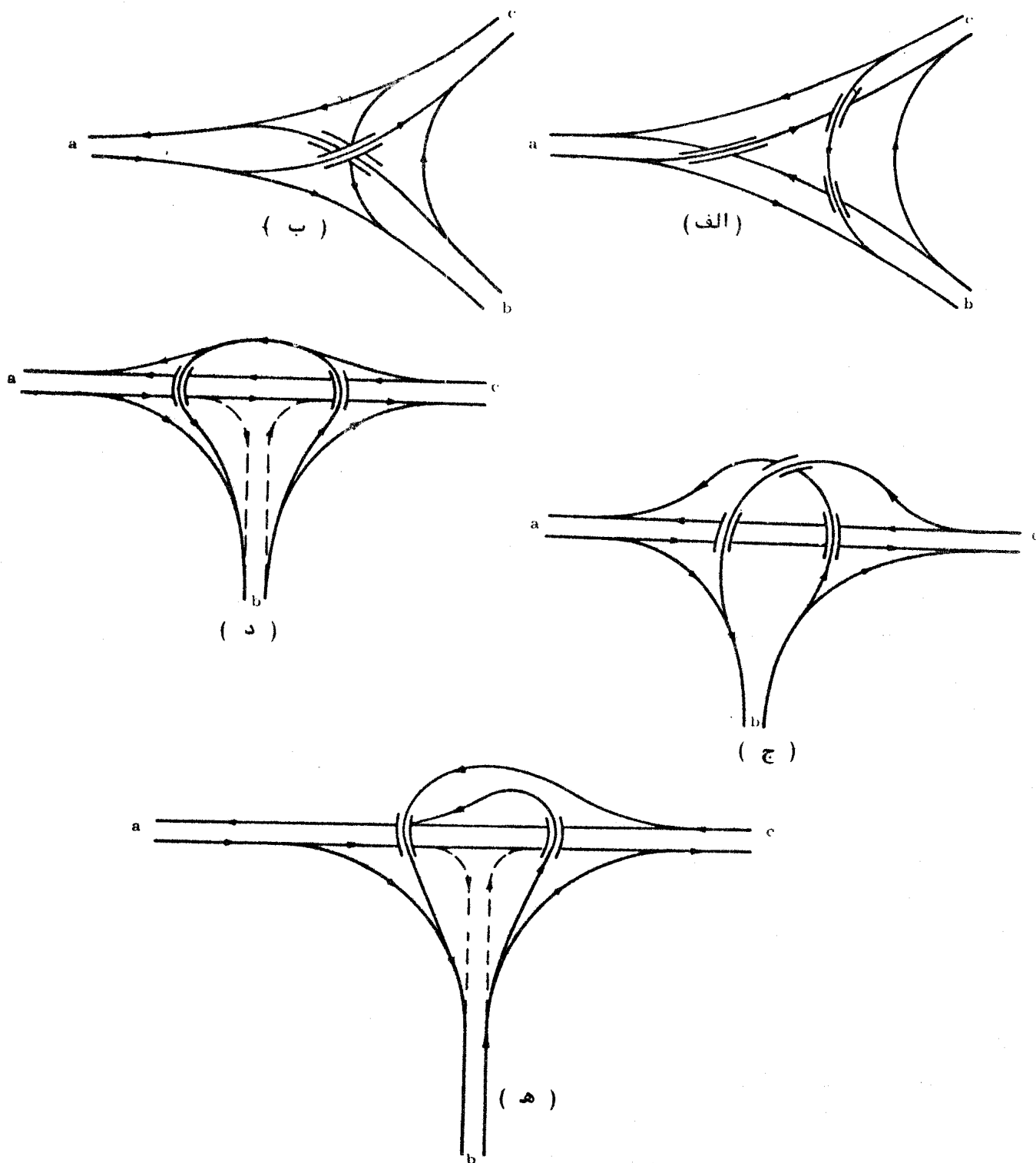
شکل ۱۵-ج طرحی است که در آن برای انجام هر دو حرکت گردش به‌چپ حلقه‌هایی وجود دارد. از نظر آمد و شد طرح، شکل ۱۵-ج به‌خوبی طرحهای شکل ۱۵-الف و ۱۵-ب نیست چون هر دو گردش به‌چپ با استفاده از حلقه و با قطع مسیرهای یکدیگر انجام می‌شود. از شکل ۱۵-ج می‌توان برای مبدلهایی استفاده کرد که مقدار گردش به‌چپ در آنها زیاد نیست، ولی در مواردی که بتوان با توجه به وضعیت محل از طرحهای شکل ۱۵-الف یا ۱۵-ب استفاده کرد، دلیلی برای استفاده از این طرح وجود ندارد. در شرایط برابر، هزینه‌های احداث تقریباً یکسان است. طرح نشان داده شده در شکل ۱۵-ج در مواردی بسیار مناسب است که طرح اولیه نهایتاً به یک مبدل شبدی توسعه پیدا خواهد کرد.

در طرح شکل ۱۵-د راههای عبوری یکطرفه طوری از یکدیگر جدا شده‌اند که بتوان حلقه مربوط به حرکات  $b-c$  را بین آنها قرار داد. حرکت  $a-b$  کاملاً "جهت‌دار" است (گردش به‌چپ از خروجی چپ)، و ضمن آنکه حرکت  $b-c$  با استفاده از یک حلقه انجام می‌شود، خارج شدن از راه عبوری نیز به نحو مطلوب از سمت چپ انجام می‌گیرد. گاهی ممکن است جدا کردن راههای عبوری در این نوع مبدل به‌پیدایش یک امتداد نامطلوب برای راه عبوری شود. این طرح را می‌توان معکوس کرد تا اتصال مستقیم برای حرکت  $b-c$  و حلقه برای حرکت  $a-b$  به‌وجود آید.

شکل ۱۵-ه یک مبدل  $T$  شکل با اتصالات نیمه مستقیم برای دو حرکت گردش به‌چپ  $a-b$  و  $b-c$  را نشان می‌دهد که این حرکات یکدیگر را به‌صورت همسطح قطع می‌کنند. در این شکل، مسافت اضافی اندکی بیشتر است. این طرح در مواردی به‌کار می‌رود که حرکات گردش جزئی است و یا شلوغی گردشهای به‌چپ در ساعات مختلفی وجود دارد (مانند ورود به یک کارخانه).

در شکل ۱۵-و یک نوع مبدل  $Y$  شکل نشان داده شده است که کاربرد بسیار دارد. این نوع مبدل، راه عبوری و خطوط گردش با معیار بالایی را برای کلیه آمد و شدها، بجز گردش به‌چپ مربوط به زاویه تند (حرکت  $b-c$ )، فراهم می‌آورد. در طرحهای مطلوب، حرکت  $b-c$  در محل مبدل حذف می‌شود و معمولاً این حرکت توسط راه دیگری در سمت راست تأمین می‌گردد. در مواردی که مقدار آمد و شد حرکت  $b-c$  کم است، می‌توان برای این منظور از یک گردش  $U$  شکل در سمت چپ استفاده کرد، ولی به‌طور کلی شعاع گردش محدود است و موجب حرکات ضربدری نامطلوب با آمد و شد عبوری  $a-b$  و  $a-c$  می‌شود. وجود آمد و شد زیاد برای حرکت  $b-c$  باعث می‌شود که برای این منظور اجباراً از یک مبدل با چندین پل و یا یک پل چندطبقه استفاده شود (شکلهای ۱۶-الف و ۱۶-ب).





شکل ۱۶. انواع مختلف مبدل‌های سه راهی، با دوپل یا بیشتر

شکل ۱۶ مبدل‌های T و Y شکل با استاندارد بالا را نشان می‌دهد که در هریک از آنها از بیش از یک پل و یا از یک پل چند طبقه استفاده شده است و امکان کلیه حرکات بدون حلقه فراهم می‌باشد. این نوع مبدل از انواع دارای یک پل هزینه بیشتری دارد و استفاده از آن فقط در مواردی قابل توجیه است که مقدار آمد و شد در تمام جهات زیاد است.

به طور کلی، تمام حرکات در شکل ۱۶-الف کاملاً "جهت‌دار هستند". این وضعیت مستلزم احداث سه پل منفرد است. این طرح مشابه شکل ۱۵-و می‌باشد، ولی شامل یک خط جهت‌دار با معیار بالا برای حرکت b-c است که برای آن دو بنای دیگر و فضای بیشتر ضرورت دارد. در این طرح حرکات ضربدری وجود ندارد.

طرح شکل ۱۶-ب مشابه طرح شکل ۱۶-الف است، با این تفاوت که به جای سه پل دو طبقه، از یک پل سه طبقه استفاده شده است. هیچ‌یک از این دو طرح از نظر عملکرد بر دیگری برتری ندارد؛ هزینه نسبی آن نیز به وضعیت پستی و بلندی زمین و هزینه مربوط به حرم راه بستگی دارد. مقایسه کامل این دو طرح از نظر مخارج مستلزم یک تحلیل کامل است، ولی معمولاً "اختلاف زیاد نخواهد بود. در برخی موارد، معلوم شده که استفاده از پل‌های پیچیده سه طبقه کم هزینه‌تر است.

شکل ۱۶-ج یک مبدل T شکل با یک طرح دسته کوزه‌ای مضاعف را نشان می‌دهد. این مبدل مستلزم سه پل است که یک پل برای یک خط عبور واقع بر روی یک خط عبور دیگر به کار می‌رود، و دو پل برای یک خط عبور واقع بر روی دو خط عبور دیگر (یا برعکس). از این مبدل در مواردی استفاده می‌شود که لارم است یک راه مهم با کمترین انحراف از تقاطع عبور داده شود و ضمناً "راه قطع‌کننده نیز از اهمیتی برخوردار است. آمد و شد راه قطع‌کننده، که در مقایسه با آمد و شد راه عبوری اهمیت کمتری دارد، باید مسافتی طی کند تا عبور غیرهمسطح را انجام دهد. به طور کلی، این عمل مستلزم احداث شیرازه‌های دارای ابعاد بزرگ خواهد بود که برای معیار بالا مناسب است. آمد و شد مربوط به حرکت a-b از سمت راست وارد راه عبوری می‌شود و آمد و شد مربوط به حرکت b-c از سمت چپ خارج می‌شود؛ این از خصوصیات مطلوب است. در مقایسه با مبدل‌های جهت‌دار که در شکل‌های ۱۶-الف و ۱۶-ب نشان داده شده است، طول مسافت طی شده در این مبدل بیشتر است؛ هزینه اولیه نیز ممکن است به علت نیاز به پل‌های بزرگتر، بیشتر باشد. شکل این مبدل را می‌توان طوری طرح کرد که دو شیرازه گردش به چپ و راه عبوری در یک نقطه قرار گیرند و در نتیجه، به جای سه پل مجزا، از یک پل سه طبقه استفاده شود.

شکل ۱۶-د طرح دیگری را با دو پل نشان می‌دهد که هریک از این پل‌ها آمد و شد یک شیرازه یکطرفه دسته کوزه‌ای را از روی راه عبوری یا از زیر آن عبور می‌دهد. این طرح با طرح شکل ۱۶-ج از آن نظر تفاوت دارد که در این طرح تنها دو پل وجود دارد و دو حرکت گردش به چپ در یک قطعه با آمد و شد ضربدری، به جای آنکه غیرهمسطح باشند، با یکدیگر ترکیب می‌شوند. کیفیت عملکرد این

نوع طرح به تأمین یک قطعه مناسب برای آمد و شد ضربدری این دو حرکت بستگی دارد، مگر آنکه بیشترین مقدار آمد و شد این دو حرکت در ساعات مختلف باشد. در مواردی که مقدار گردشهای زیاد نیست، برای کاهش هزینه ممکن است بتوان راه  $a-c$  را با شيرراه دارای آمد و شد ضربدری ترکیب کرد تا هریک از پله‌ها از روی فقط یک خط عبور بگذرند. در این طرح امکان دارد که اگر قرار دادن دو خط گردش به‌راست در محل خود، به‌علت وضعیت محل، بیش از حد پرهزینه باشد، بتوان این دو خط را در سمت داخل قرار داد.

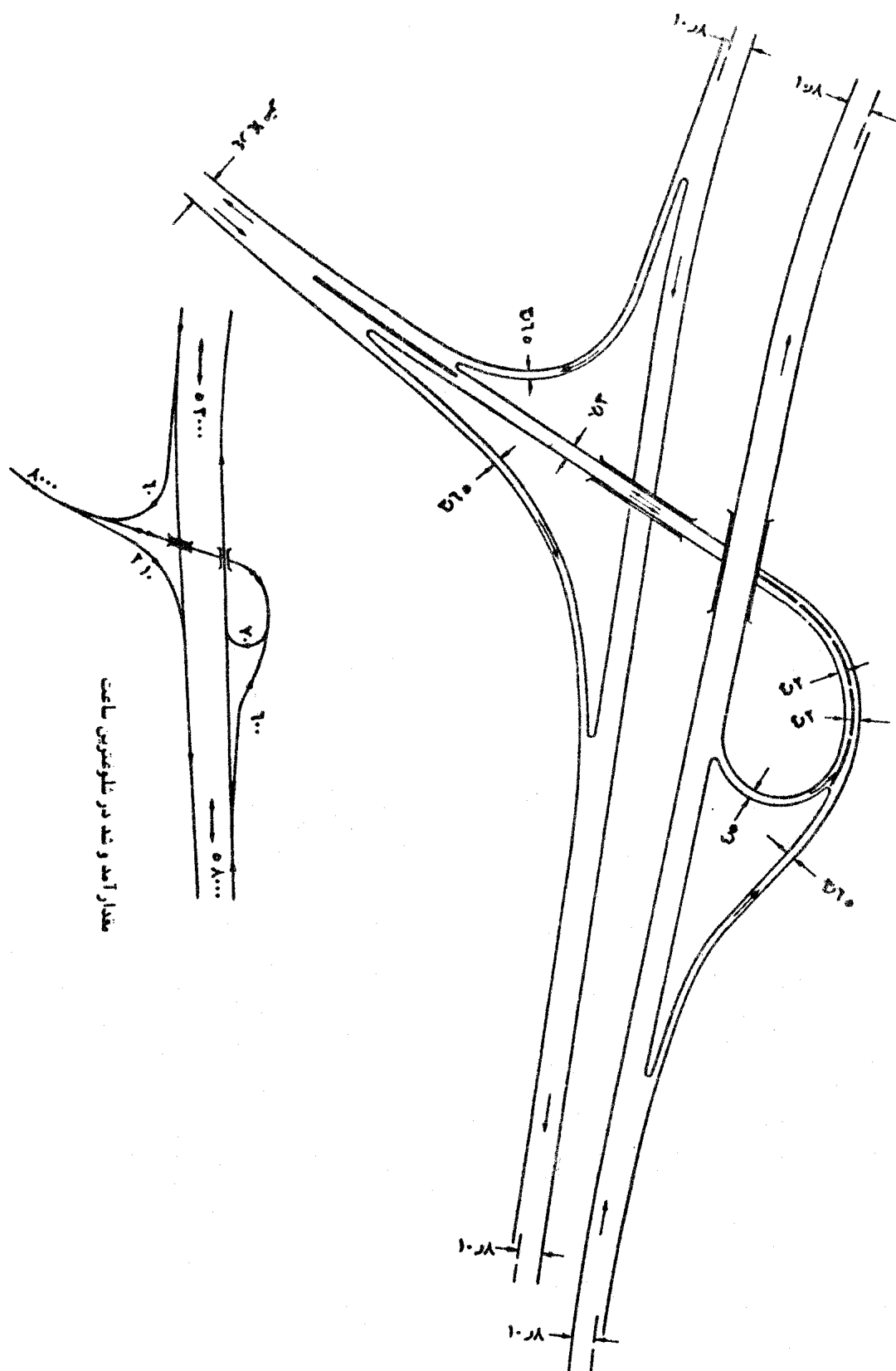
شکل ۱۶- ه طرح دیگری از شکل کلی مبدل نشان داده شده در شکل‌های ۱۶-ج و ۱۶-د است؛ برای هریک از گردشهای به‌چپ خطی جداگانه در نظر گرفته شده است که این برخلاف شکل ۱۶-د می‌باشد که در آن، این حرکات در یک قطعه با آمد و شد ضربدری با یکدیگر ترکیب شده‌اند. پله‌های هوایی باید به‌اندازه کافی از یکدیگر فاصله داشته باشند تا بتوان شیرراه  $b-a$  را بین آنها قرار داد و نیاز به پل سوم (مانند شکل ۱۶-ج) را حذف نمود.

در شکل ۱۷ یک مبدل شیپوری در انشعاب بین یک آزاد راه و یک راه اصلی محلی واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده شده است. ویژگی منحصر به‌فرد این طرح آن است که به‌علت شیب بسیار تند زمین طبیعی در سمت چپ، راه محلی از روی یکی از خطوط عبور و از زیر خط دیگر می‌گذرد. این امر تندی قوس حلقه را نیز توجیه می‌کند. این نوع طرح اولویت را به آمد و شدهای بیشتر می‌دهد که با اتصالات نیمه مستقیم تأمین می‌شود، در حالی که آمد و شد کمتر توسط حلقه انجام می‌گیرد.

در شکل ۱۸، یک مبدل شیپوری بین دو آزاد راه واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده شده است. راه عبوری دو شهر مهم را به یکدیگر متصل می‌کند. شاخه دیگر راه به یک مرکز صنعتی بزرگ و یک فرودگاه بزرگ متصل است. آمد و شد حداکثر هر دو آزاد راه به‌طور همزمان به‌وقوع می‌پیوندد که منجر به مقدار آمد و شد لحظه‌ای برابر با ۱۹۰۰ خودرو در ساعت در خط طرح می‌شود.

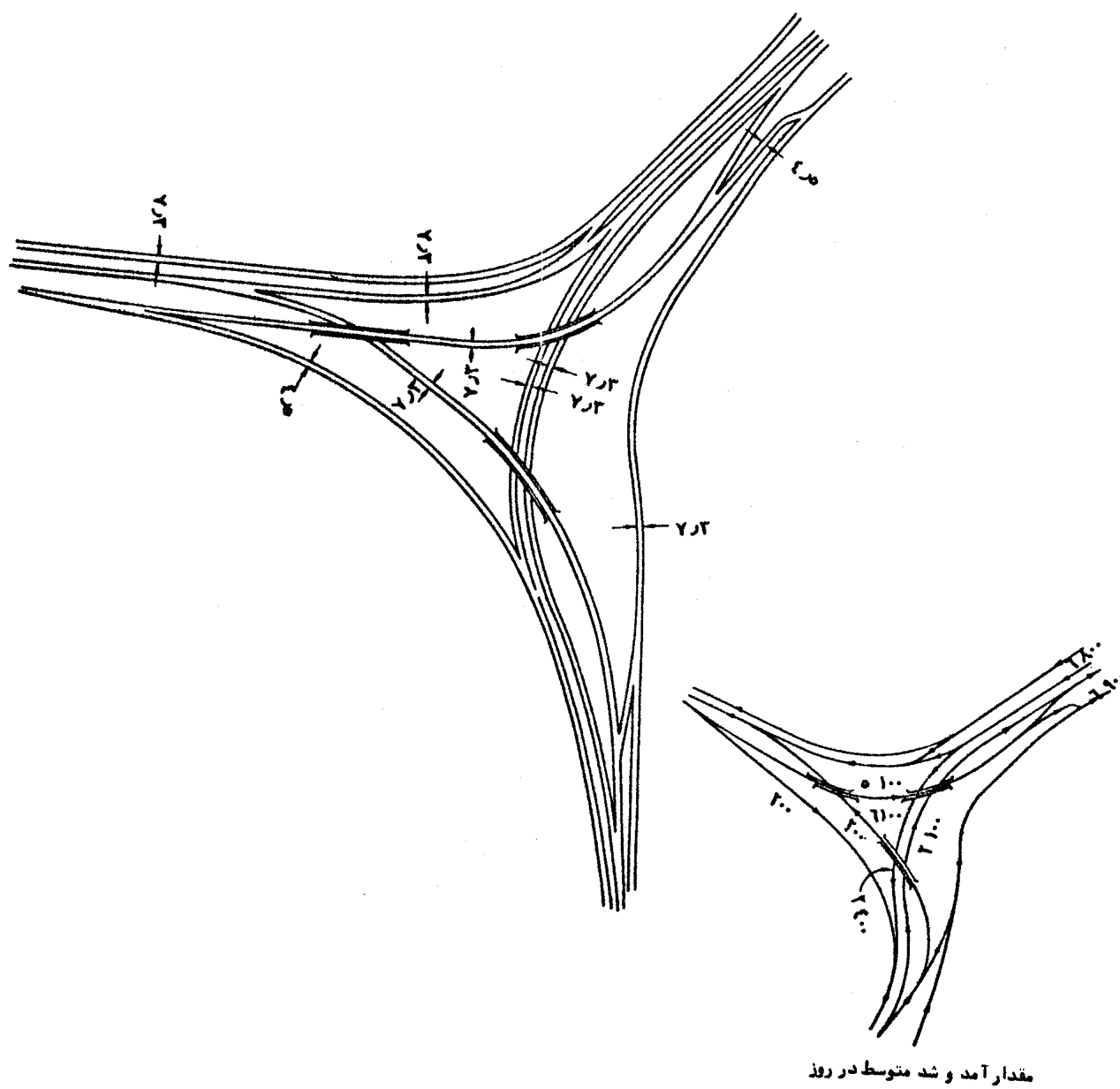
در شکل ۱۹، یک مبدل بین دو آزاد راه واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده شده است. استفاده از خطوط جهت‌دهنده‌ای که شعاع انحنای آنها زیاد است، اجازه می‌دهد که کلیه حرکات با سرعت تا ۹۵ کیلومتر در ساعت انجام شود. علت آمد و شد کم، که نشان داده شده است، این است که خطوط ارتباطی در هر دو جهت تکمیل نشده‌اند. راه کناری یک راه دوطرفه است که اتصالات کوتاهی با خطوط مبدل دارد و این امر یک ویژگی نامطلوب است، زیرا امکان ورود ممنوع و حرکت کردن به‌سمت عقب به‌طرف خطوط با سرعت زیاد مبدل را فراهم می‌آورد. برای آمد و شدی که از سمت شاخه بالایی به مبدل نزدیک می‌شود، انشعاب اصلی و ورودی آستانه شیرراه بعد از آن بسیار نزدیک به یکدیگر قرار دارند.

در شکل ۲۰، یک مبدل T شکل جهتی (مستقیم) کامل واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده

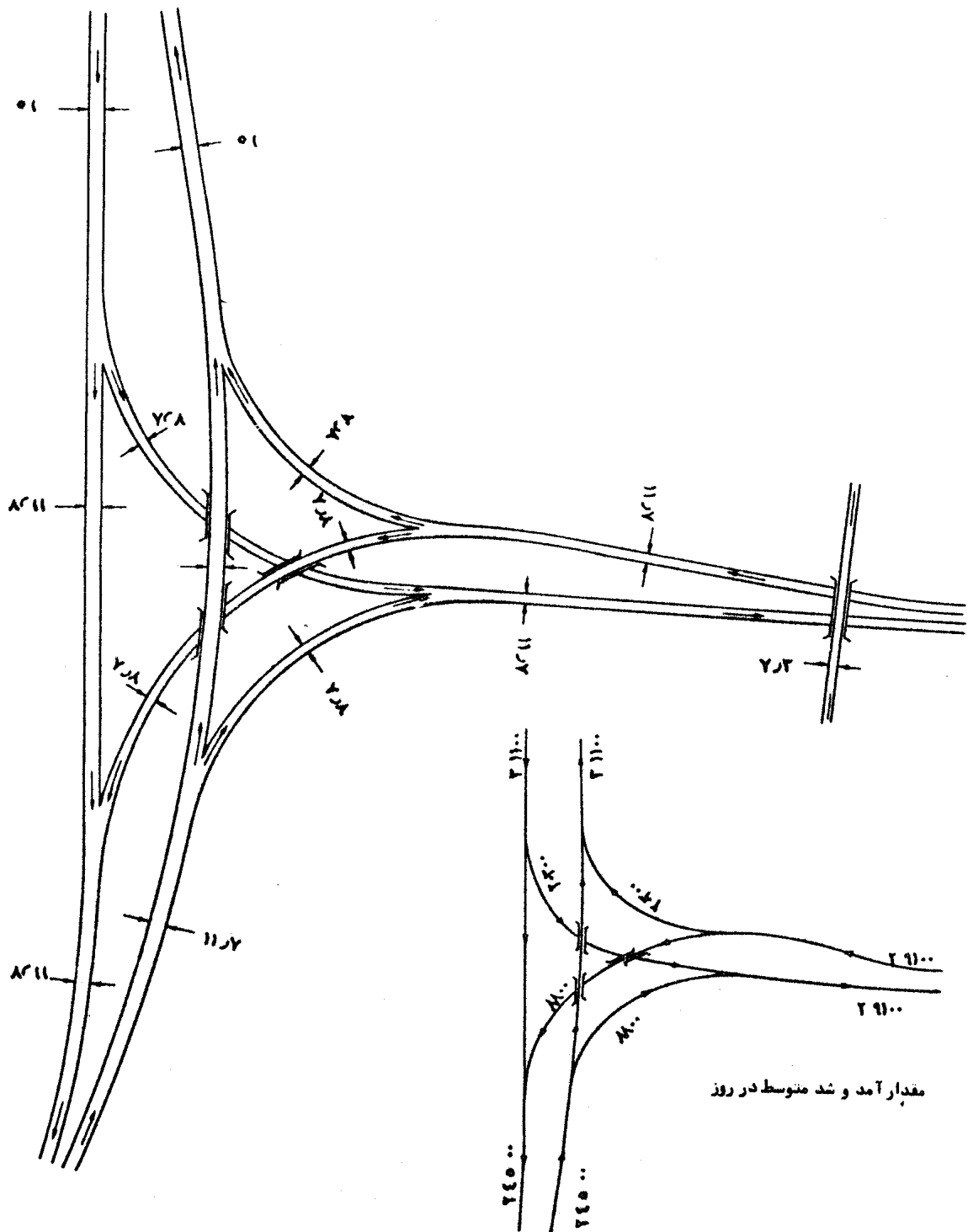


شکل ۱۷. میل سراهی، نوع شیوری (۳)





شکل ۱۹. مبدل سه راهی، طرح نیمه جهتی (نیمه مستقیم)



شکل ۲۰. مبدل سه راهی ، طرح جهتی (مستقیم)

شده است. شاخه‌های پایینی و سمت راست مبدل، آزاد راههای شش خطه و شاخه بالایی، آزاد راه هشت خطه است. خطوط گردش با انحنای دارای شعاع زیاد طرح شده‌اند تا سرعت‌های گردش تا ۹۵ کیلومتر در ساعت عملی باشد. کلیه خطوط گردش به عرض خطوط دو خطه هستند.

در شکل ۲۱، یک مبدل سه راهه کاملاً "جهتی (مستقیم) بین دو آزاد راه واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده شده است. این مبدل در یک منطقه با پستی و بلندی زیاد واقع است و موجب شده که استفاده از یک پل سه طبقه اقتصادیتر از یک مبدل شیپوری باشد. برای کلیه گردشها به استثنای حرکات جزئی بین دو شاخه پایینی که برای آن از یک شیراوه یک خطه به عرض ۴/۲۰ متر استفاده شده است، برای کلیه گردشها شیراوه دو خطه به کار رفته است. حداکثر شیب شیراوه‌های دو خط برابر با ۳/۴٪ می‌باشد؛ حداکثر شیب برای شیراوه‌های با آمد و شد کم نیز ۵/۴٪ در نظر گرفته شده است.

در شکل ۲۲، یک مبدل سه راهه بین دو راه اصلی واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده شده است. مقدار زیاد آمد و شد، استفاده از خطوط جهت دهنده را توجیه می‌کند. در این طرح، از یک مبدل سه راهه استفاده شده است که عرض تمام راههای آن برابر با ۷/۳۰ متر است تا امکان عبور دو خطه را فراهم آورند. میانه تعریض شده است تا اجازه دهد با استفاده از خطوط دارای شعاع انحنای مختلف، اختلاف بین رقوم دو خط تأمین شود. در خط آمد و شد از سمت راست پایینی تا سمت چپ بالایی، از قوس معکوس استفاده می‌شود تا عرض میانه به حد لازم باریک شود. این طرح آمد و شد با سرعت تا ۷۰ کیلومتر در ساعت را در کلیه خطوط امکانپذیر می‌کند.

#### ۸-۲. طرحهای با چهار شاخه متقاطع

مبدلهای دارای چهار شاخه متقاطع را می‌توان به چهار نوع کلی رده‌بندی کرد که عبارتند از:

(۱) مبدلهای با شیراوه‌های واقع در یک ربع بخش (مبدلهای با شیراوه‌های واقع در دو یا سه ربع بخش، با عنوان نیمه شبدری مورد بحث قرار گرفته‌اند).

(۲) مبدلهای لوزوی

(۳) مبدلهای شبدری (کامل یا نیمه)

(۴) مبدلهای با اتصالات مستقیم یا نیمه مستقیم

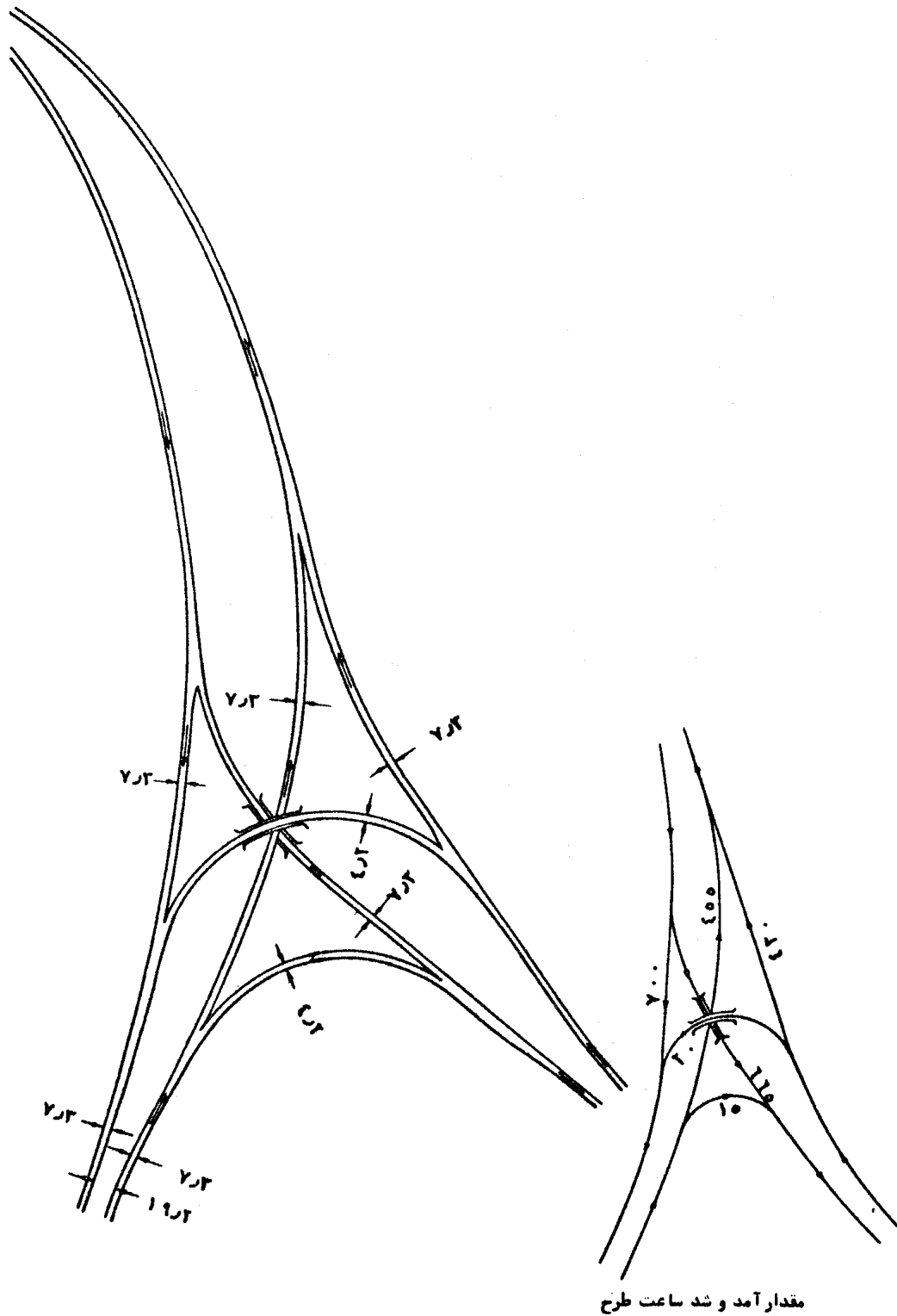
در زیر، مشخصات عملکرد و موارد استفاده هر گروه به‌طور جداگانه مورد بحث قرار گرفته است. در مورد هریک از انواع مبدلهای، مثالهای واقعی موجود در هر قسمت آورده شده است.

#### ۸-۲-۱. مبدلهای با شیراوه‌های واقع در یک ربع بخش

از مبدلهای با شیراوه‌های واقع در تنها یک ربع بخش مبدل، در حالت تقاطع راههای کم آمد و شد استفاده می‌شود. در مواردی که مقدار کم آمد و شد استفاده از پل را توجیه نمی‌کند ولی تقاطع راهها به سبب وضعیت پستی و بلندی زمین به صورت غیر همسطح انجام می‌شود، معمولاً "استفاده از یک شیراوه

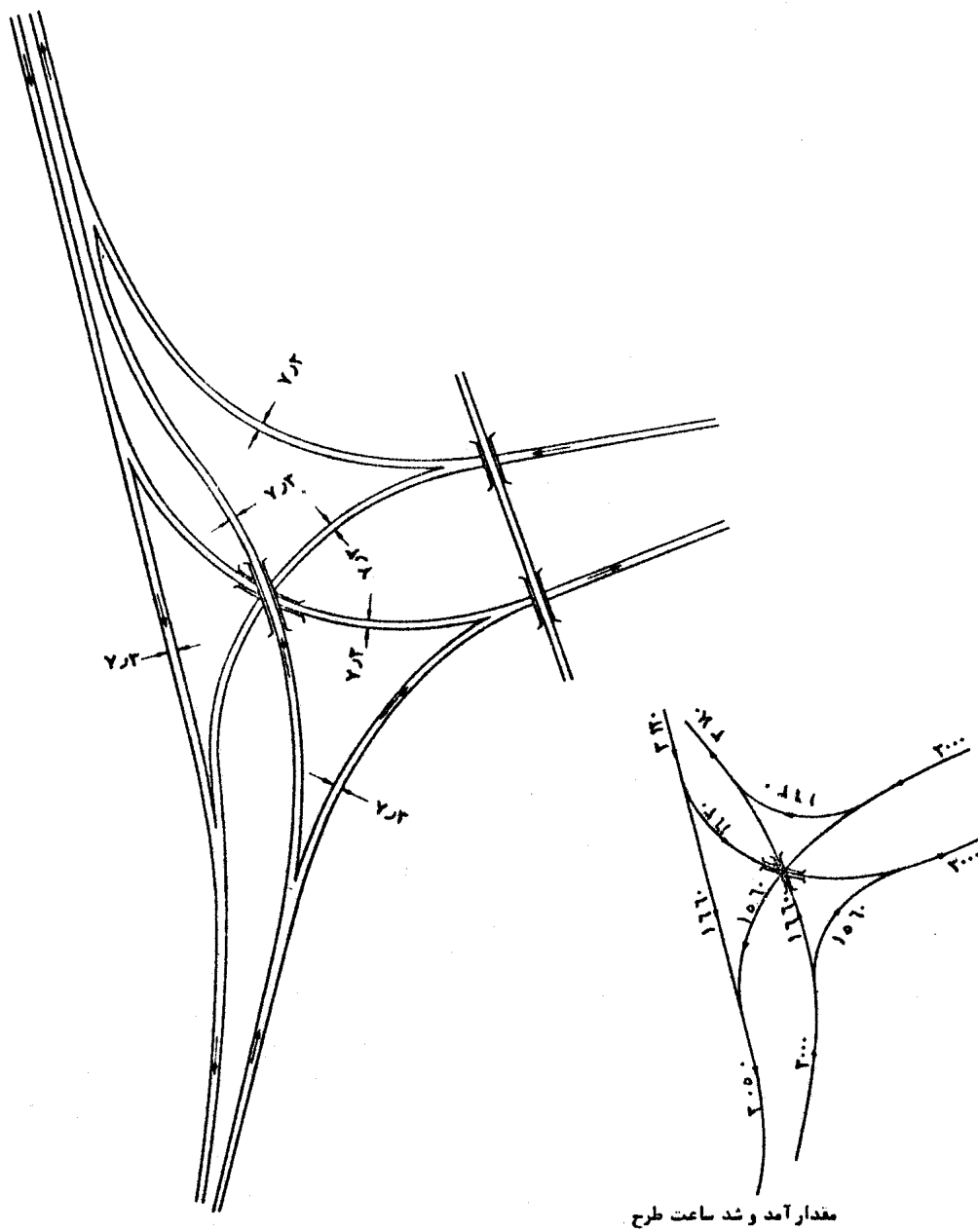


۲۴۵



مقدار آمد و شد ساعت طرح

شکل ۲۱. مبدل سه راهی، طرح جهتی (مستقیم) با یک پل سه طبقه



شکل ۲۲. مبدل سہراہی ، طرح جہتی (مستقیم) با یک پل سہ طبقہ

دوطرفه با طرح نزدیک به حداقل تقریباً "برای کلیه گردشهای آمد و شد کفایت خواهد کرد. ممکن است آستانه شیراهاها به صورت تقاطع ساده T شکل باشد. محلهایی که در آنها طرحهایی از این دست به کار می رود، معمولاً "بسیار محدود هستند.

به علت وضعیت پستی و بلندی زمین، فرهنگ منطقه و یا سایر عوامل کنترل کننده، ممکن است در پاره ای از مبدلها لازم شود که توسعه شیراهاها به یک ربع بخش مبدل محدود گردد؛ به رغم اینکه مقدار آمد و شد ممکن است استفاده از یک سیستم گردش گسترده تری را توجیه کند.

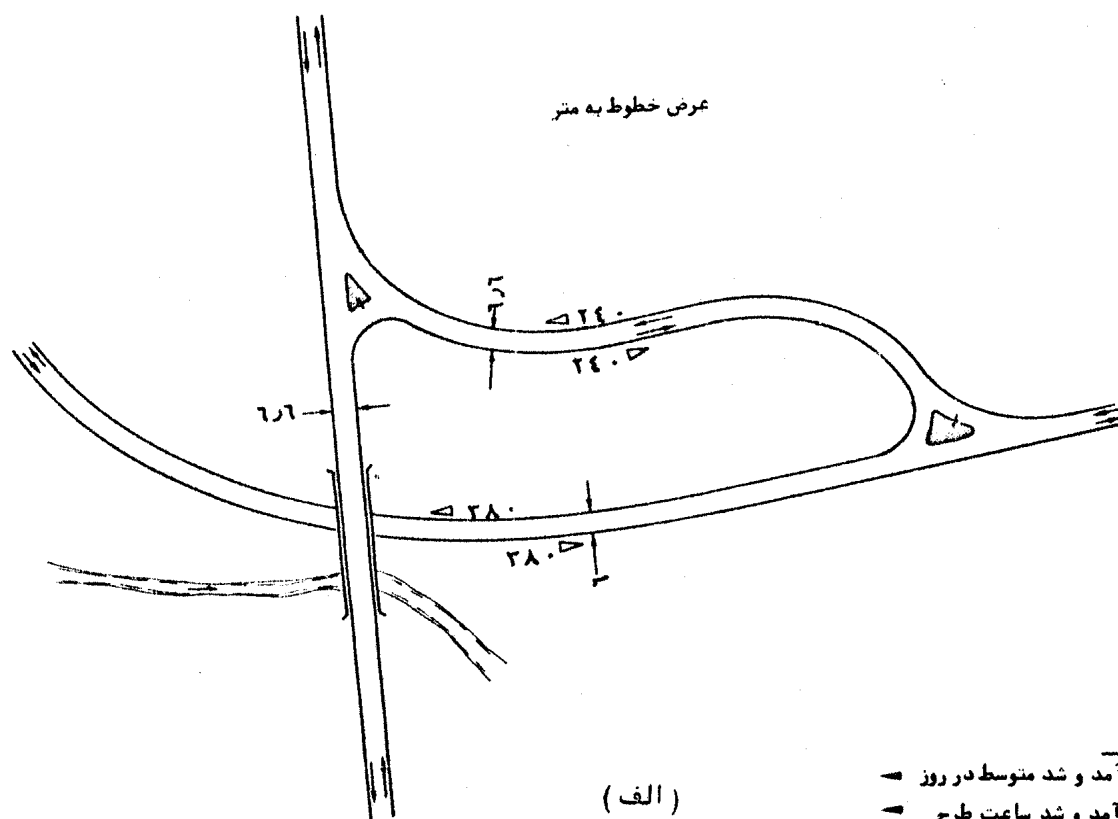
در موارد دیگر، ممکن است از مبدل با شیراهاهای واقع در یک ربع بخش آن، به عنوان قدم اول برای یک برنامه مرحله ای استفاده شود. در این حالت، شیراهاهای اولیه باید به صورت بخشی از توسعه نهایی طرح شوند.

شکل ۲۳- الف نمونه ای از یک مبدل با شیراهاهای واقع در یک ربع بخش را نشان می دهد که در یک تقاطع واقع در یک منطقه کوهستانی برونشهری واقع است. به علت وضعیت پستی و بلندی زمین شیراها شکل طویل شده دارد. آستانه های شیراها در هر طرف جزایر مثلثی شکل، روسازیهای دوطرفه به عرض ۶/۶۰ متر با شعاع انحنای کوچک دارند. آمد و شد وارد شونده به هریک از دو راه عبوری با علامت "ایست" کنترل می شود؛ گرچه مقدار آمد و شد کم است، ولی آمد و شد گردش کننده نسبت درصد قابل توجهی از آمد و شد عبوری را تشکیل می دهد.

شکل ۲۳- ب نمونه ای از یک مبدل با شیراهاهای واقع در یک ربع بخش را در یک منطقه برونشهری، با شیراهاهای یکطرفه و آستانه های جهت دهنده نشان می دهد. عرض خطوط آستانه شیراها برابر با ۶/۰ متر است. در هر آستانه سه جزیره وجود دارد و مسیرهای گردش به چپ راههای عبوری را قطع می کنند. مقدار آمد و شد گردش کننده و آمد و شد راه قطع کننده کم، و مقدار آمد و شد راه جدا شده متوسط است. از آنجا که انتظار می رود مقدار آمد و شد در آینده افزایش یابد، توسعه آتی بخشهای دیگر مبدل در نظر گرفته شده است. سرعت متوسط راه جدا شده و راه زیرگذر به ترتیب برابر با ۸۰ و ۵۰ کیلومتر در ساعت است.

#### ۲-۲-۸. مبدلهای لوزوی

با استفاده از شیراهاهای قطری یکطرفه، یک مبدل لوزوی کامل در هریک از ربع بخشهای مبدل به وجود می آید. شیراهاها طوری قرار داده می شوند که آستانه های آنها زاویه پخی با یکی از راههای عبوری بسازد و گردشهای به چپ همسطح، محدود به راه دیگر (راه غیراصلی) شود. مبدل لوزوی، در مقایسه با مبدل نیمه شبدری معادل، مزایای زیادی دارد. تمام آمد و شد می تواند با سرعت نسبتاً زیاد به راه اصلی وارد شده و یا از آن خارج شود. حرکات گردش به چپ با طی مسافتهای نسبتاً "کوتاه عملی هستند. حریم راه مورد نیاز کم است و گاهی اندازه حریم خود راهها تقریباً "کفایت می کند.

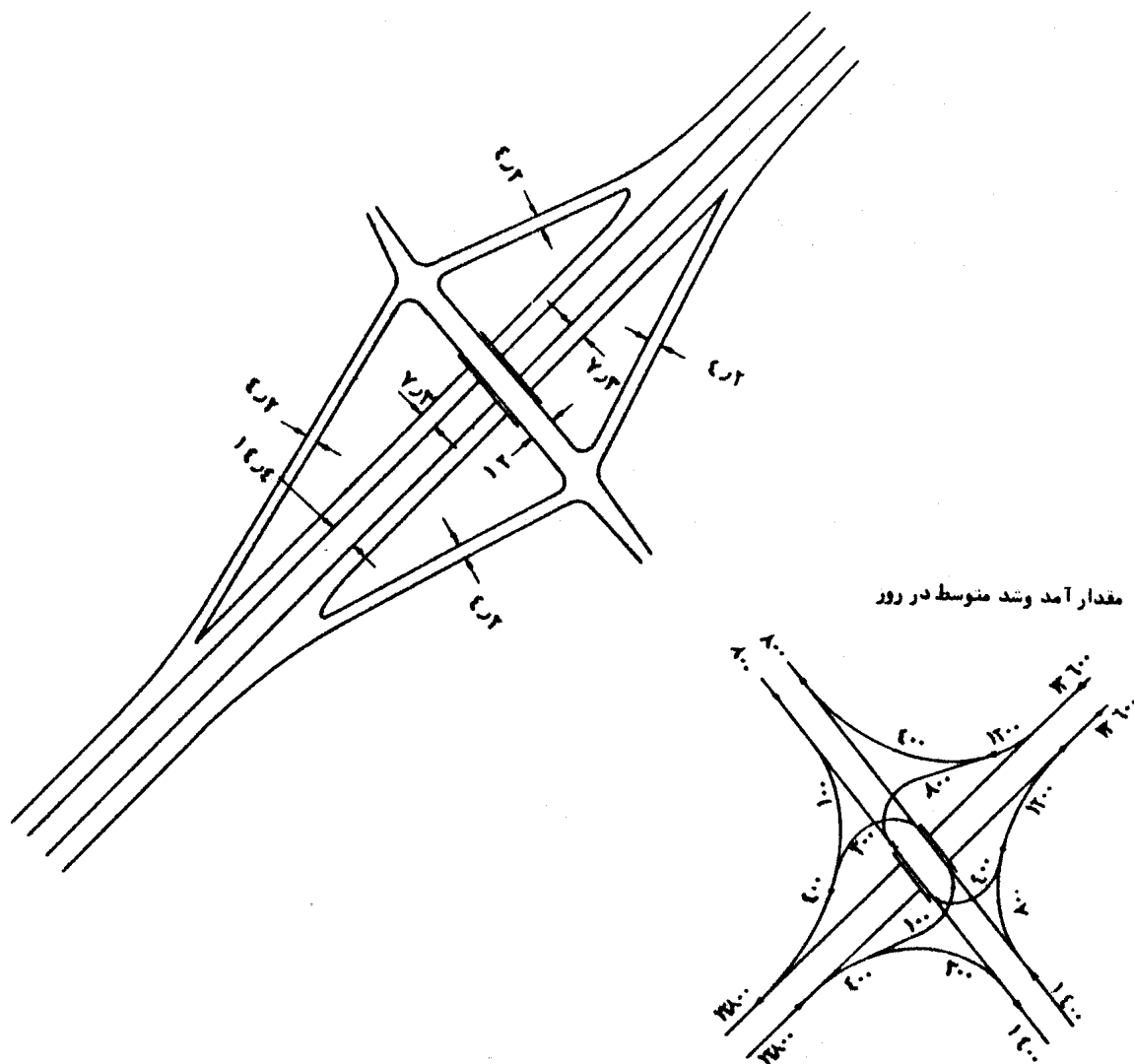


مبدل‌های لوزی، هم در مناطق شهری و هم در مناطق برونشهری کاربرد دارند. این نوع مبدل بویژه برای تقاطع راه‌های اصلی-فرعی مناسب است که گردشهای به‌چپ می‌تواند به‌صورت همسطح در راه فرعی و بدون خطر و مشکل زیادی انجام شود. تقاطعهای راه غیر اصلی با آستانه شیب‌راه‌ها مانند هر تقاطع همسطح T شکل است. (برای طرح این‌گونه تقاطع، به بخش تقاطعهای همسطح مراجعه کنید). به‌هر حال، چون این تقاطعها دارای چهار شاخه هستند که دو شاخه آن یکطرفه است، مسائلی از نظر کنترل آمد و شد به‌منظور جلوگیری از ورودهای اشتباهی از راه قطع‌کننده دربر دارد. در طرح مبدل‌های لوزی باید برای کاهش احتمال ورود اشتباهی توسط رانندگان بسیار دقت شود. در بیشتر موارد، برای جلوگیری از استفاده نادرست از شیب‌راه‌ها باید علائم اضافی در طرح مبدل‌ها به‌کار برده شوند، در مواردی که حجم آمد و شد در آستانه شیب‌راه‌ها با راه غیراصلی آن قدر هست که نصب چراغهای راهنما ضرورت یابد، باید روسازی شیب‌راه‌ها و راه قطع‌کننده در محل مبدل تعریض شود. در بیشتر موارد، استفاده از یک شیب‌راه یک‌خطه برای آمد و شدی که از راه اصلی خارج می‌شود کافی است، ولی ممکن است لازم شود که این شیب‌راه‌ها در آستانه‌ها راه غیراصلی به دو یا سه خط ذخیره تعریض گردد تا گنجایش لازم برای شرایط تقاطع همسطح به‌وجود آید. در مناطقی برونشهری، معمولاً "عبور دادن بیش از ۸۰۰ وسیله نقلیه در روز از هریک از شیب‌راه‌های مبدل لوزی عملی نیست.

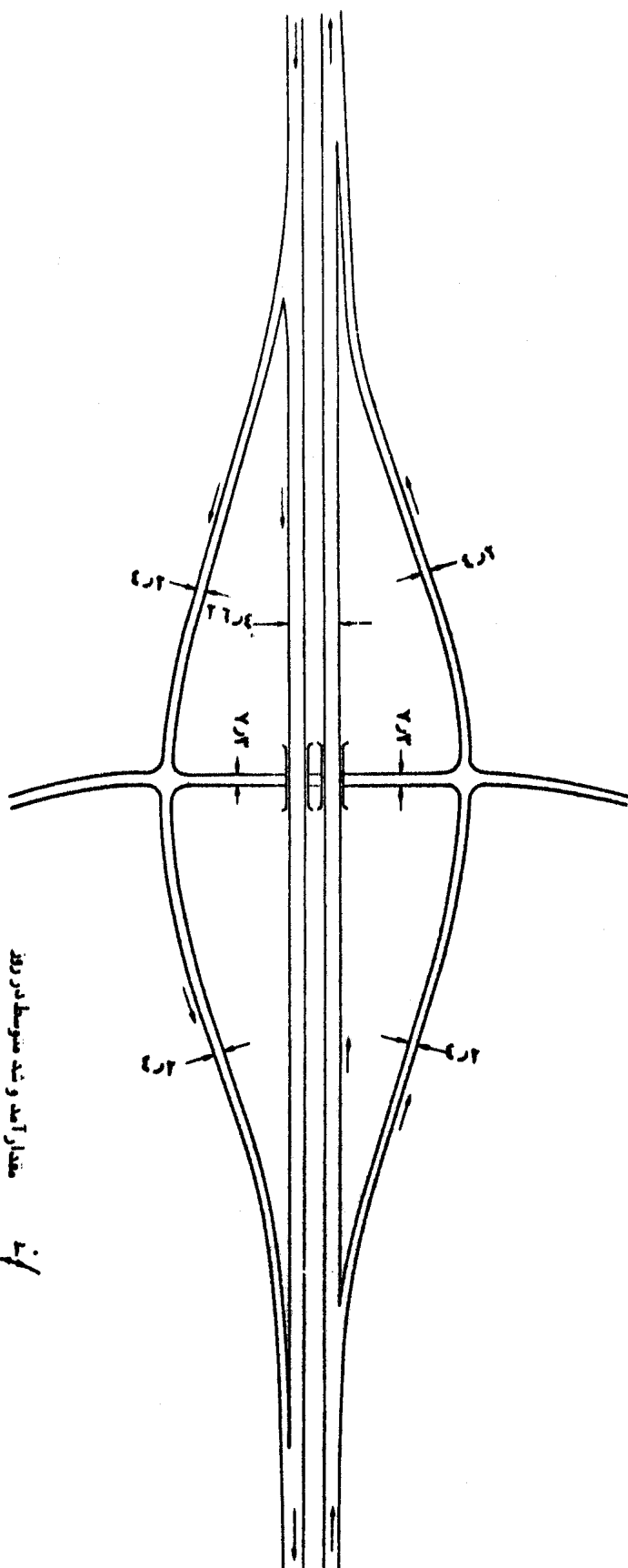
در شکل ۲۴، نمونه‌ای از یک مبدل لوزی کوچک واقع در یک منطقه برونشهری نشان داده شده است. این مبدل، یک آزاد راه چهارخطه را به یک راه محلی متصل می‌کند. عرض شیب‌راه‌ها برابر ۴/۲۰ متر است و طرح برای مقدار متوسط آمد و شد مناسب است. آستانه‌های راه قطع‌کننده غیر جهت‌دهنده هستند، ولی برای گردشهای به‌چپ تعریض شده‌اند. به‌علت قرار داشتن راه قطع‌کننده در سطح افقی، فاصله دید در طول آن از محلی که خودروها در آستانه شیب‌راه‌ها متوقف می‌شوند، خوب است.

شکل ۲۵ نمونه‌ای از یک تقاطع لوزی خوب طراحی شده را که در یک منطقه برونشهری واقع است، نشان می‌دهد. فاصله دید، نیم‌رخ طولی و انحناهای شیب‌راه‌ها منطبق بر معیارهای مطلوب هستند و فاصله دید در طول راه قطع‌کننده و از داخل پل متوسط است. شیب‌راه‌های ورودی قطعات طولی دارند که تقریباً "موازی و هم‌رقوم خطوط عبوری هستند. این امر سبب تسهیل ادغام آمد و شد با آمد و شد آزاد راه است. عرض شیب‌راه‌ها ۴/۲۰ متر، و عرض شانه‌های سمت راست آن ۳/۰ متر است که ۱/۸۰ متر آن روسازی شده است. مقدار کم آمد و شد اتخاذ تدابیر حداقل را در آستانه‌های قطع‌کننده توجیه می‌کند. در این شرایط، برای جا دادن خودروهای گردش‌کننده، شعاعهای انحنا برابر با ۱۵ متر به‌کار رفته است.

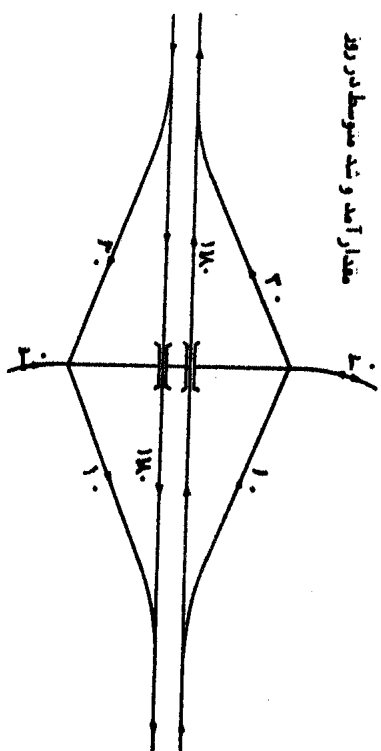
شکل ۲۶ نمونه دیگری از یک مبدل لوزی چهارشاخه را نشان می‌دهد. در این شکل، یک آزاد راه چهارخطه جدا شده از زیر یک راه فرعی دوخطه که در محل مبدل تعریض شده تا خطوط پناهی



شکل ۲۴. مبدل چهارراهی ، لوزوی



مقدار آمد و شد متوسط در روز

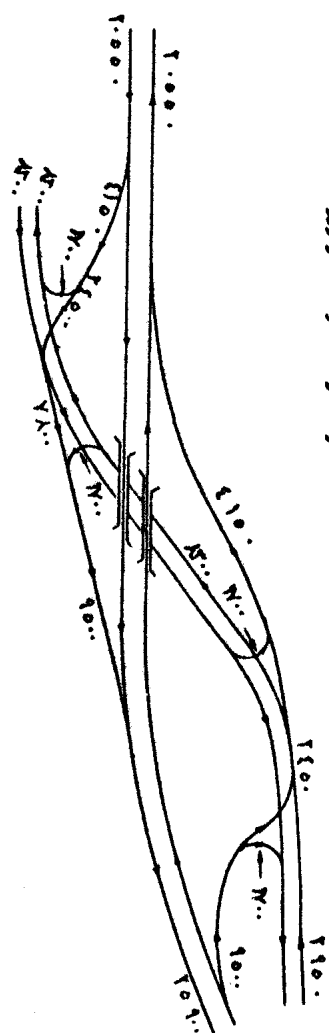


شکل ۲۵. مبدل چهارراهی ، لوزی

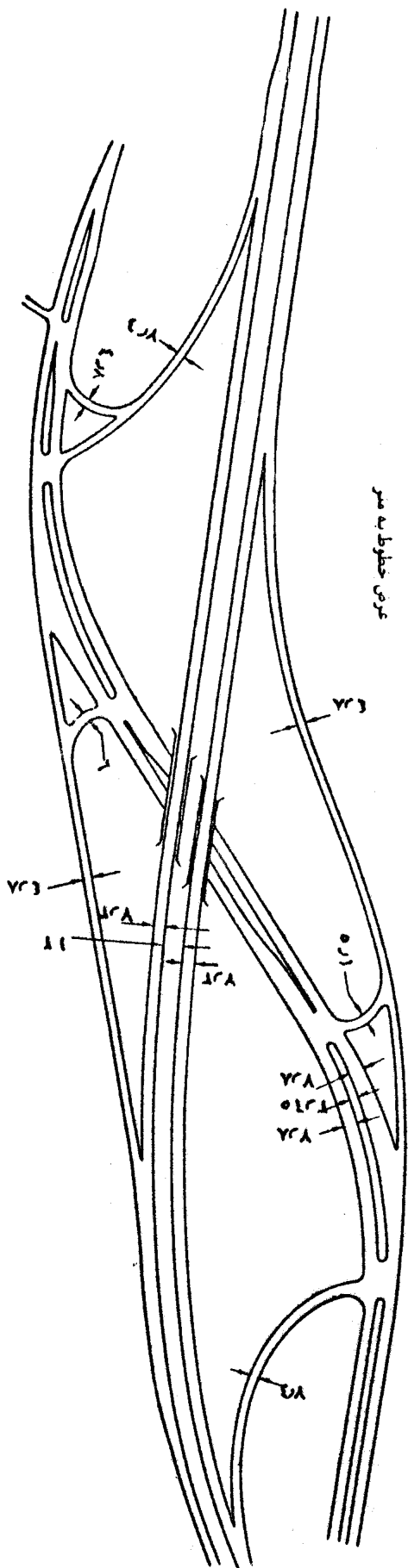




مقدار آلودگی متوسط در روز



عرض خطوط به متر



شکل ۲۷. مدل چهارراهی، لوزی

برای خودروهایی که قصد گردش به چپ را دارند به وجود آورد - نشان داده شده است. آزاد راه برای سرعت ۱۱۰ کیلومتر در ساعت، و راه فرعی برای سرعت ۸۰ کیلومتر در ساعت طرح شده است. عملکرد این مبدل رضایتبخش است، گرچه مطلوبتر آن است که فاصله دید در طول راه فرعی افزایش یابد. شیراهاها بر روی خاکریز با شیب شیروانیهای زیاد قرار دارند که موجب کاهش جلوه کلی راه شده، و ممکن است مسائل نگهداری در بر داشته باشد.

در شکل ۲۷، نمونه‌ای از یک مبدل لوزوی نشان داده شده که در یک دره باریک واقع است. راه غیراصلی در طول چندین کیلومتر به موازات آزاد راه امتداد دارد و سپس به طور مورب از زیر آن عبور می‌کند. این عبور طرح یک قوس معکوس را ایجاد می‌کند. فاصله دید از آستانه شیراهاهای واقع بر راه غیراصلی، به علت قوس معکوس و زاویه مورب، آخرین مسئله است. آستانه‌های راه قطع‌کننده، از نوع جهت‌دهنده هستند و حداقل شعاع را برای گردش دارند. راه قطع‌کننده، یک راه جدا شده چهار خطه با سرعت طرح برابر با ۶۵ کیلومتر در ساعت، و با میانه جدول‌دار به عرض ۹/۰ متر است. عملکرد این مبدل رضایتبخش است.

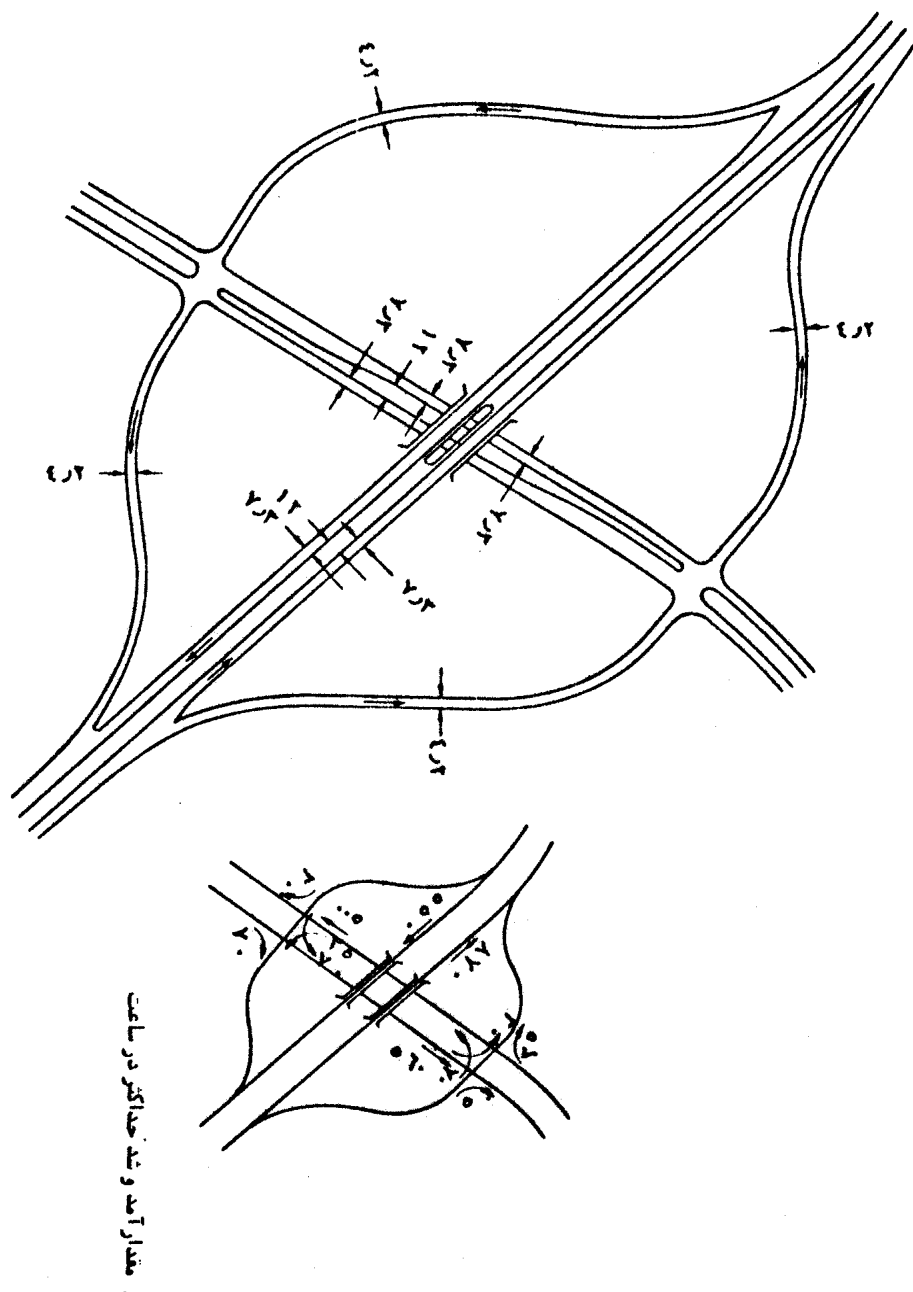
شکل ۲۸ نمونه‌ای از یک مبدل لوزوی را نشان می‌دهد که تدابیر لازم برای احداث آتی شیراهاهای حلقوی در تمام ربع بخشهای آن در نظر گرفته شده است. زمانی که مقدار آمد و شد به اندازه‌ای باشد که اضافه کردن شیراهاهای حلقوی را توجیه کند، شیراهاهای لوزوی نیز اصلاح می‌شوند تا مبدل به یک مبدل شبدری کامل تبدیل شود.

تمام شیراهاها به عرض ۴/۲۰ متر با شیب کمتر از ۱ درصد هستند. راه غیراصلی، یک راه جدا شده چهار خطه با خطوط گردش به چپ در آستانه شیراهاهای لوزوی است. کنترل جریان آمد و شد فقط شامل علائم "ایست" برای آمد و شد شیراهاهای خروجی از آزاد راه است.

#### ۸-۲-۳. مبدلهای شبدری

یک مبدل شبدری در مواردی به وجود می‌آید که در هر یک از ربع بخشهای مبدل از یک حلقه و یک خط اتصال بیرونی استفاده شود. مبدل شبدری تنها مبدل با چهار شاخه متقاطع است که آستانه‌های گردش به چپ با تقاطع همسطح ندارد. استفاده از آن برای رانندگان بسیار ساده و قابل فهم است و به طور کلی، در مواردی به خوبی کاربرد دارد که هر دو راه متقاطع در محل مبدل دارای خطوط جدا شده هستند. معایب عمده مبدل شبدری، لزوم طی مسافتهای زیاد برای گردش به چپ، حرکات ضربدری لازم و نیاز به حریم راه نسبتاً وسیع است، بویژه اگر با معیار بالا طرح شود.

مقدار مسافت طی شده در یک حلقه، در مقایسه با مسافت لازم برای گردش به چپ مستقیم در یک تقاطع همسطح، با افزایش سرعت طرح به سرعت اضافه می‌شود. مسافت اضافی در یک حلقه طرح شده برای سرعت طرح ۳۰ کیلومتر در ساعت (با شعاع انحنای ۳۰ متر) تقریباً "حدود ۱۸۰ متر، برای سرعت

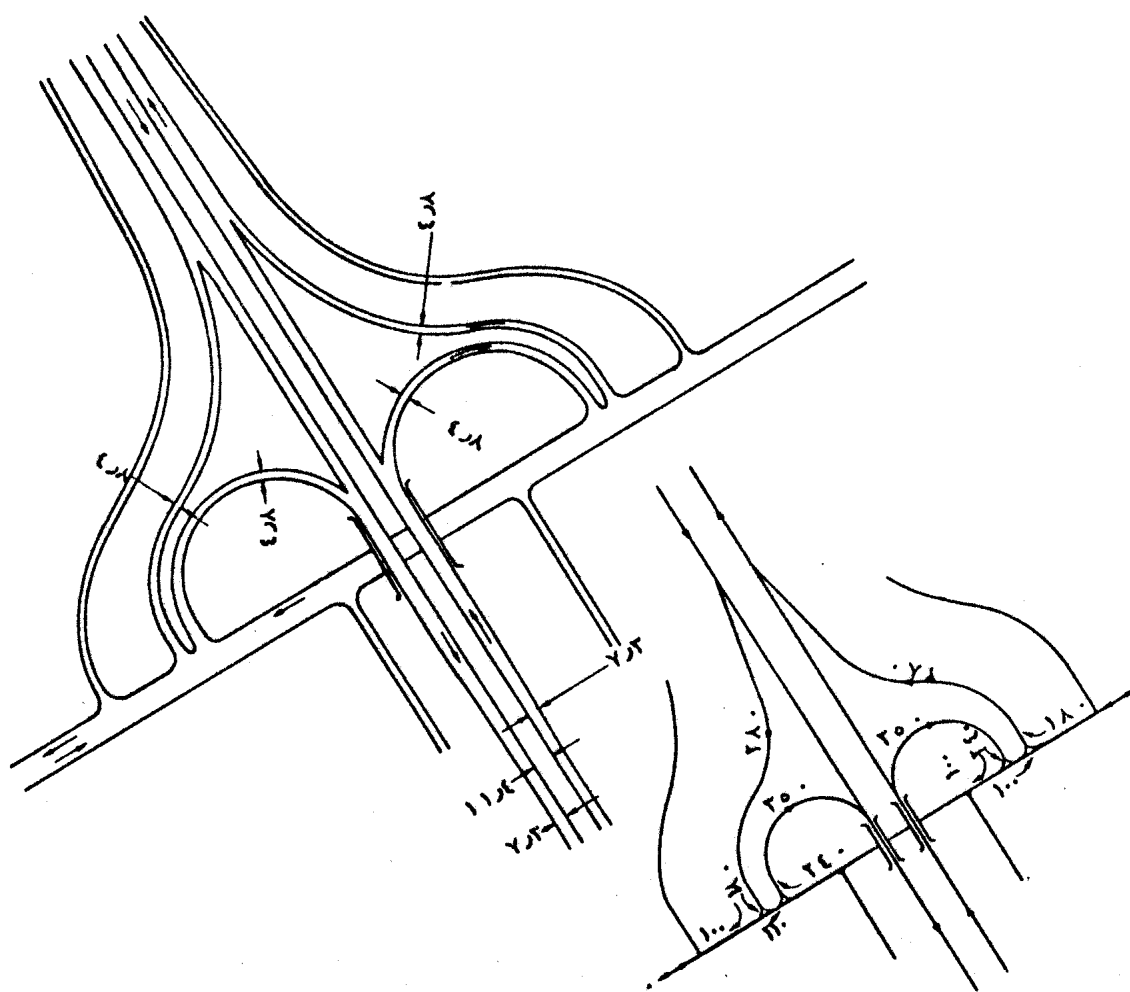


شکل ۲۸. میدان چهارراهی، لوزی، اجرای مرحله‌ای

طرح ۴۰ کیلومتر در ساعت (با شعاع انحنای ۴۵ متر) حدود ۳۰۰ متر، و برای سرعت طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت (با شعاع انحنای ۷۰ متر) حدود ۴۵۰ متر است. بنابراین، برای افزایش هر ۱۰ کیلومتر در ساعت، مسافت طی شده اضافی حدود ۵۰ درصد افزایش می‌یابد و مساحت حریم راه حدود ۱۳۰ درصد اضافه می‌شود. زمان طی مسافت در حلقه‌ها تقریباً "به‌طور مستقیم" با سرعت طرح تغییر می‌کند. برای افزایش سرعت برابر با ۸ کیلومتر در ساعت در سرعت طرح حلقه، زمان طی مسافت ۲۰ تا ۳۰ درصد (یا تقریباً ۷ ثانیه) اضافه می‌شود، در واقع، این افزایش زمان طی مسافت، اگر کل حرکات در نظر گرفته شود، به‌علت کاهش و افزایش سرعت در خارج از محدوده حلقه، قدری کمتر است. (در هر حال، زمان طی مسافت از طریق یک حلقه ممکن است خیلی کمتر از زمانی باشد که برای گردش به چپ مستقیم با تأخیر در قطع همسطح راه لازم است.) مزیت مربوط به افزایش سرعت باید با معایب مربوط به افزایش طول و زمان طی مسافت و افزایش مقدار حریم راه سنجیده شود. با در نظر گرفتن تمام عوامل، تجربه نشان می‌دهد که مقدار عملی شعاع حلقه‌ها در حدود ۳۰ تا ۴۵ متر برای گردشهای جزئی در راههای با سرعت طرح کم، و ۴۵ تا ۷۰ متر برای گردشهای مهمتر در راههای با سرعت طرح زیاد است. با این شعاعهای انحنای لازم است که از یک خط ممند اضافی برای کاهش یا افزایش سرعت و حرکات ضربدری بین شیب‌راه‌های ورودی و خروجی استفاده شود.

مبدل‌های شیدری شامل حرکات ضربدری است که در قسمت قطعات با آمد و شد ضربدری مورد بحث قرار گرفت. در مواردی که مقدار گردشهای به‌چپ نسبتاً کم است، این حرکات نمی‌تواند قابل ایراد باشد، ولی زمانی که مجموع آمد و شد دو حلقه متصل به یکدیگر به ۱۰۰۰ خودرو در ساعت نزدیک می‌شود، مقدار اختلال به‌سرعت افزایش می‌یابد و سبب کاهش سرعت آمد و شد عبوری می‌شود. معمولاً، صرف‌نظر از عرض‌رو سازی، یک شیب‌راه به‌ندرت با بیش از یک ردیف خودروها عمل می‌کند؛ با توجه به این موضوع، گنجایش طرح شیب‌راه‌ها محدود به ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت است که مقدار بیشتر فقط مربوط به مواردی است که کامیون در جریان آمد و شد وجود نداشته، و سرعت طرح شیب‌راه برابر یا بیشتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت باشد. بنابراین، مقدار گنجایش شیب‌راه‌ها یک عامل مهم در طرح مبدل‌های شیدری است. گرچه می‌توان با به‌کار بردن دقت فراوان حلقه‌هایی طرح کرد که دو خط عبور داشته باشند، ولی به‌علت نیاز این حلقه، به حریم راه بسیار وسیع، هزینه زیاد اجرا و لزوم طی مسافت‌های زیاد، به‌کار بردن آنها فقط محدود به موارد خاص است.

مبدل‌های شیدری با شیب‌راه‌های تکمیلی و کامل، همواره یا ضرورت ندارد و یا به‌علت شرایط محل قابل اجرا نیستند. در یک تقاطع راه اصلی با یک‌راه غیر اصلی، می‌توان با به‌کار بردن شیب‌راه‌های تنها دو ربع بخش و محدود کردن گردش به چپ مستقیم به راه غیر اصلی، آزادی کاملی به آمد و شد راه اصلی داد. در طرح نیمه شیدری، به‌کار بردن شیب‌راه‌های دارای ترتیب معین مزایای عملی قابل توجهی دارد که قبلاً "در قسمت مربوط به ترتیبات شیب‌راه مبدل‌های نیمه شیدری مورد بحث قرار گرفته است.



### مقدار آمد و شد ساعت طرح

شکل ۲۹. مبدل چهارراهی، شیب‌راه‌ها و حلقه‌ها در دوربع بخش، در یک طرف راه غیراصلی

ترتیبات، شکلهای و ویژگیهای مختلف میدلهای شیدری در نمونههای واقعی که در زیر می‌آید، نشان داده شده است. ابتدا، نمونه‌هایی از طرح میدلهای نیمه شیدری با دو و سه ربع بخش معرفی می‌شود و سپس، مثالهایی از میدلهای شیدری کامل ارائه می‌گردد.

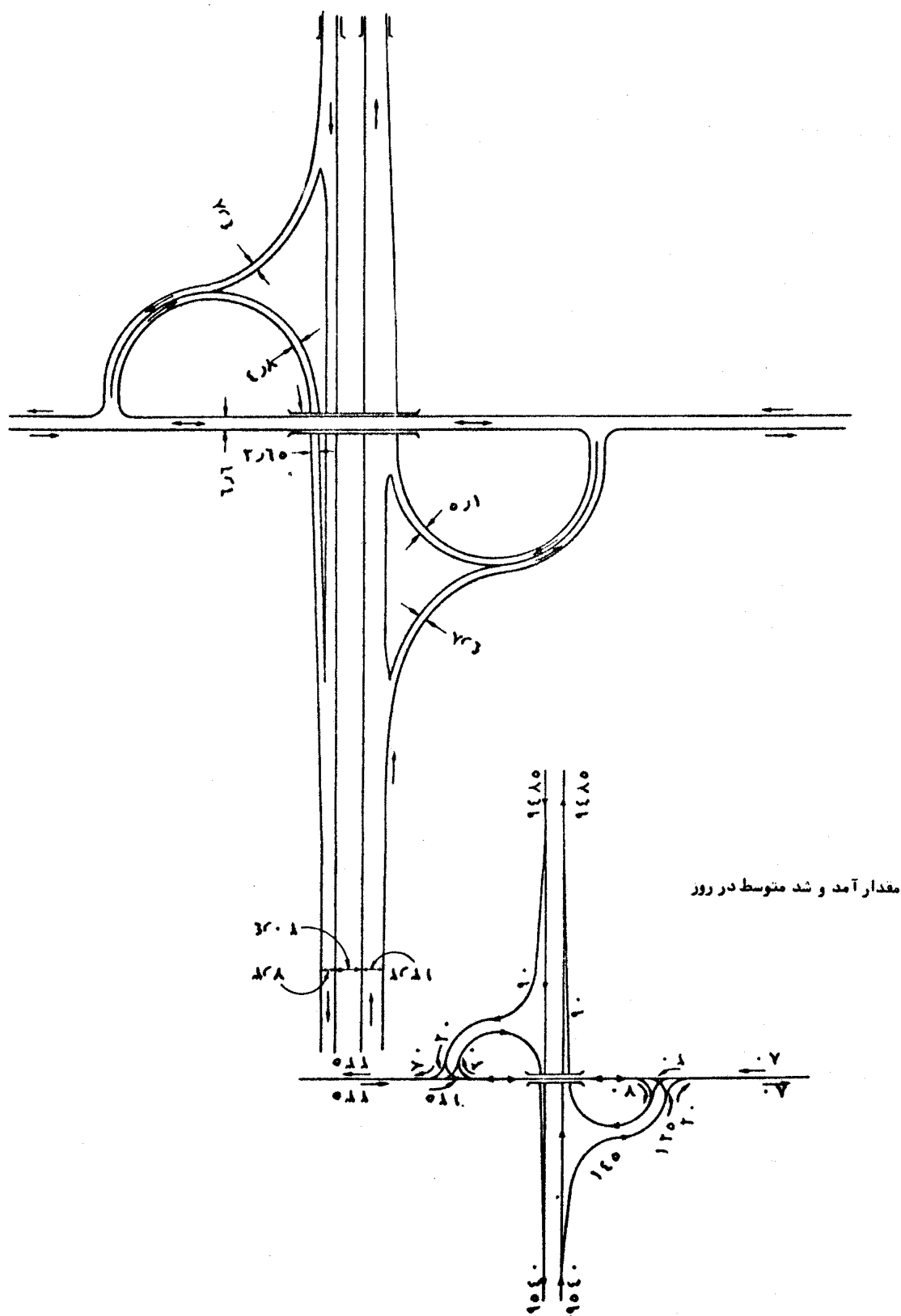
شکل ۲۹ نمونه‌ای از یک میدل نیمه شیدری با شیراژه‌های واقع در تنها دو ربع بخش واقع در یک جهت یک راه غیراصلی را نشان می‌دهد. راه روگذر، یک راه چهار خطه جدا شده و راه زیرگذر، یک راه چهار خطه به علاوه یک خط پنجم برای گردشهای به چپ است. این خط پنجم که در میانه راه قرار دارد، امکان گردشهای به چپ را بدون ایجاد مزاحمت برای آمد و شد راه عبوری فراهم می‌کند. آستانه شیراژه‌های راه غیراصلی به صورت تعریض شده برای خودروهایی است که قصد گردش به راست را دارند. این طرح میدل بر میدل شیدری کامل از این نظر برتری دارد که حرکات ضربدری در راه اصلی پدید نمی‌آورد.

شکل ۳۰ نمونه‌ای از یک میدل نیمه شیدری با شیراژه‌های واقع در دو ربع بخش مقابل یکدیگر را نشان می‌دهد. آزاد راه چهار خطه جدا شده که برای سرعت ۱۱۰ کیلومتر در ساعت طرح شده است، از زیر یک راه دو خطه می‌گذرد. حداقل سرعت طرح شیراژه‌ها برابر با ۴۰ کیلومتر در ساعت است. خطوط کاهش سرعت و شیراژه‌های حلقوی طوری قرار گرفته‌اند که تمام طول مسافت موجود برای خطوط افزایش سرعت به کار رود. در این میدل نیز آمد و شد راه اصلی به حرکات ضربدری برخورد نمی‌کند.

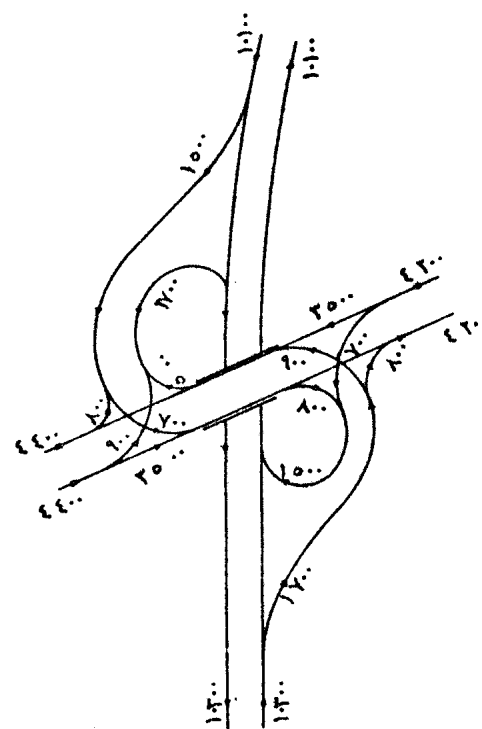
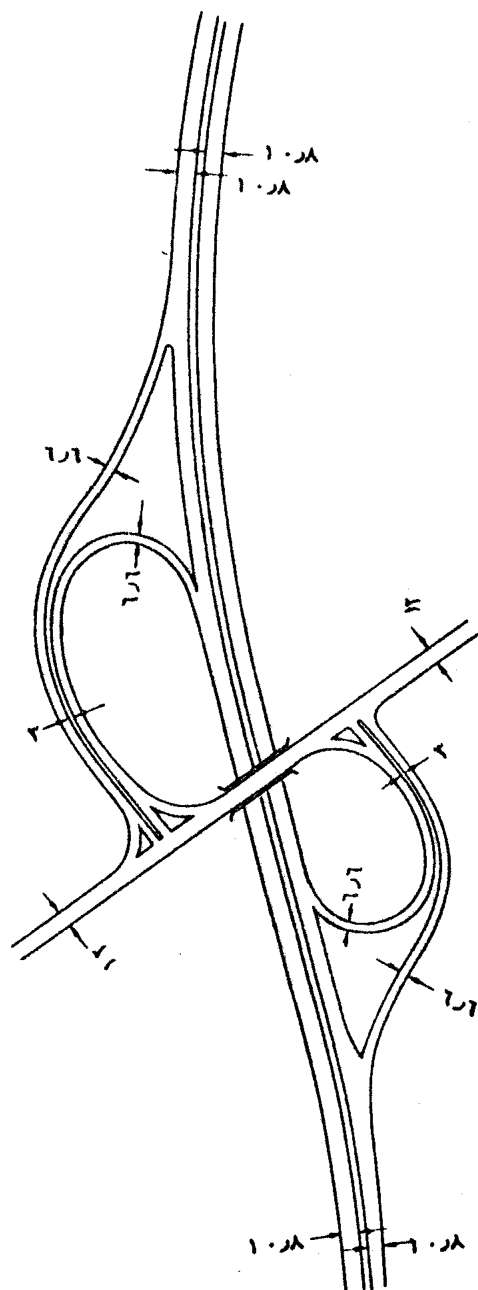
شکل ۳۱ نمونه‌ای از یک میدل نیمه شیدری با شیراژه‌های واقع در دو ربع بخش مقابل یکدیگر را نشان می‌دهد که طوری قرار گرفته‌اند که حداقل راه کناری در راه قطع کننده مورد نیاز است. در این میدل، یک راه دو خطه از روی یک آزاد راه شش خطه عبور می‌کند و شیراژه‌ها به عرض ۶/۶ متر هستند. برای دو حلقه، شعاع انحنای حداقلی برابر با ۵۵ متر تأمین شده و فضای داخل حلقه‌ها دست نخورده باقی مانده است.

شکل ۳۲ نمونه‌ای از یک میدل نیمه شیدری با شیراژه‌های واقع در دو ربع بخش مقابل یکدیگر را نشان می‌دهد. در این میدل یک راه اصلی از روی یک آزاد راه چهار خطه عبور می‌کند. گردشهای به چپ مستقیم محدود به راه غیراصلی است که آستانه شیراژه‌ها با جزایر جهت دهنده هدایت شده هستند و آمد و شد گردش کننده را کنترل می‌کنند. تقاطع شیراژه‌ها با راه غیراصلی واقع در ربع بخش پایینی سمت راست مجهز به چراغ راهنماست. اتصالات خارجی طوری طرح شده‌اند که آمد و شد می‌تواند با سرعت بالا با آمد و شد آزاد راه ادغام شود. در مقایسه با مثال قبل، حلقه‌ها شعاع انحنای قدری بزرگتر دارند و برای سرعت برابر با ۵۰ کیلومتر در ساعت طرح شده‌اند.

شکل ۳۳ نمونه‌ای از یک میدل نیمه شیدری را نشان می‌دهد که شیراژه‌های قطری در تمام ربع بخشها قرار دارند. در دو ربع بخش مقابل یکدیگر شیراژه‌های حلقوی قرار گرفته‌اند. طرح این گونه میدل این مزیت را دارد که گردشهای به چپ از راه قطع کننده به شیراژه‌ها لزومی ندارد.



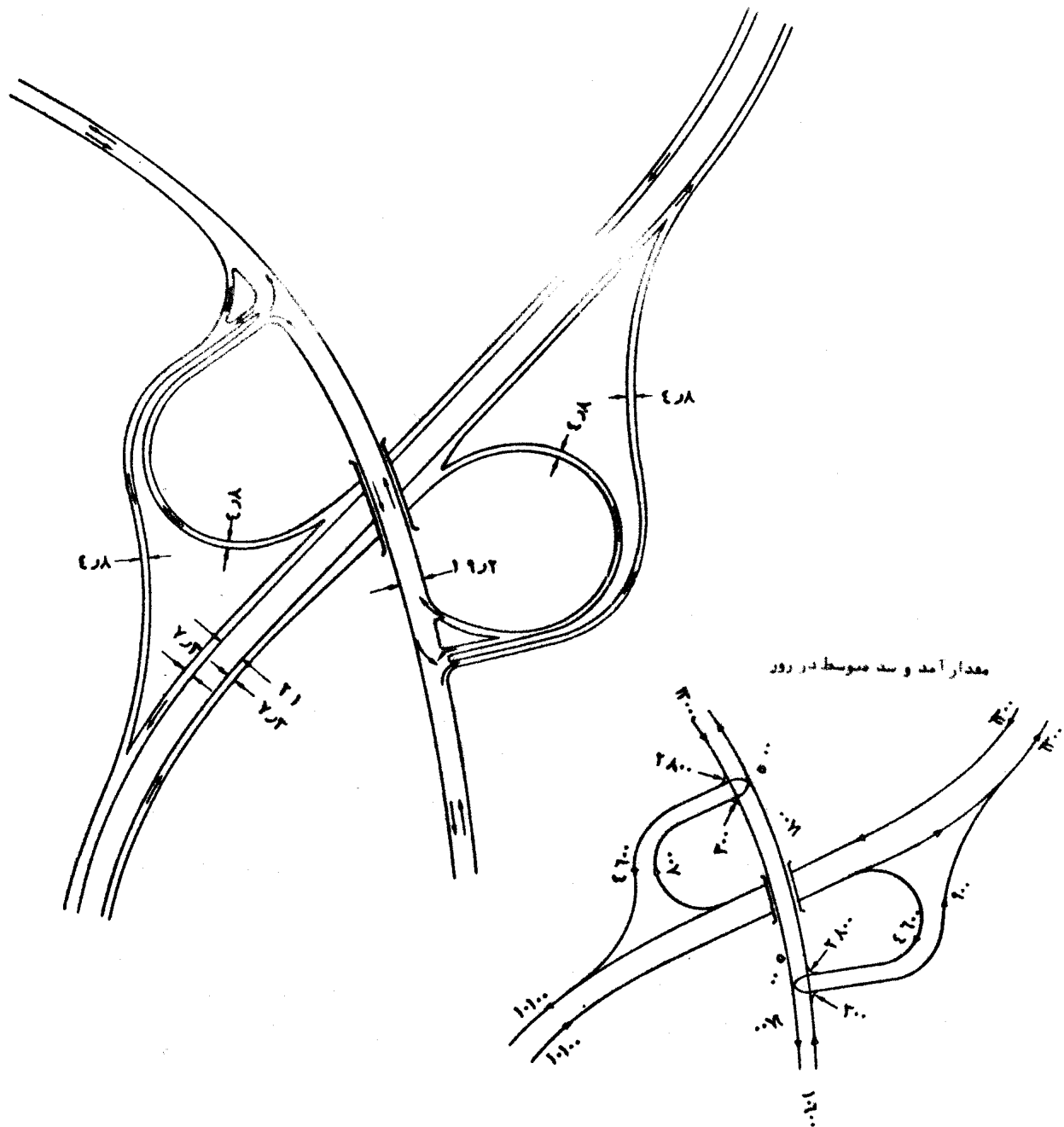
شکل ۳۰. مبدل چهارراهی، شیب‌راه‌ها و حلقه‌ها در دوربع بخش، به حالت ضربداری در مقابل یکدیگر



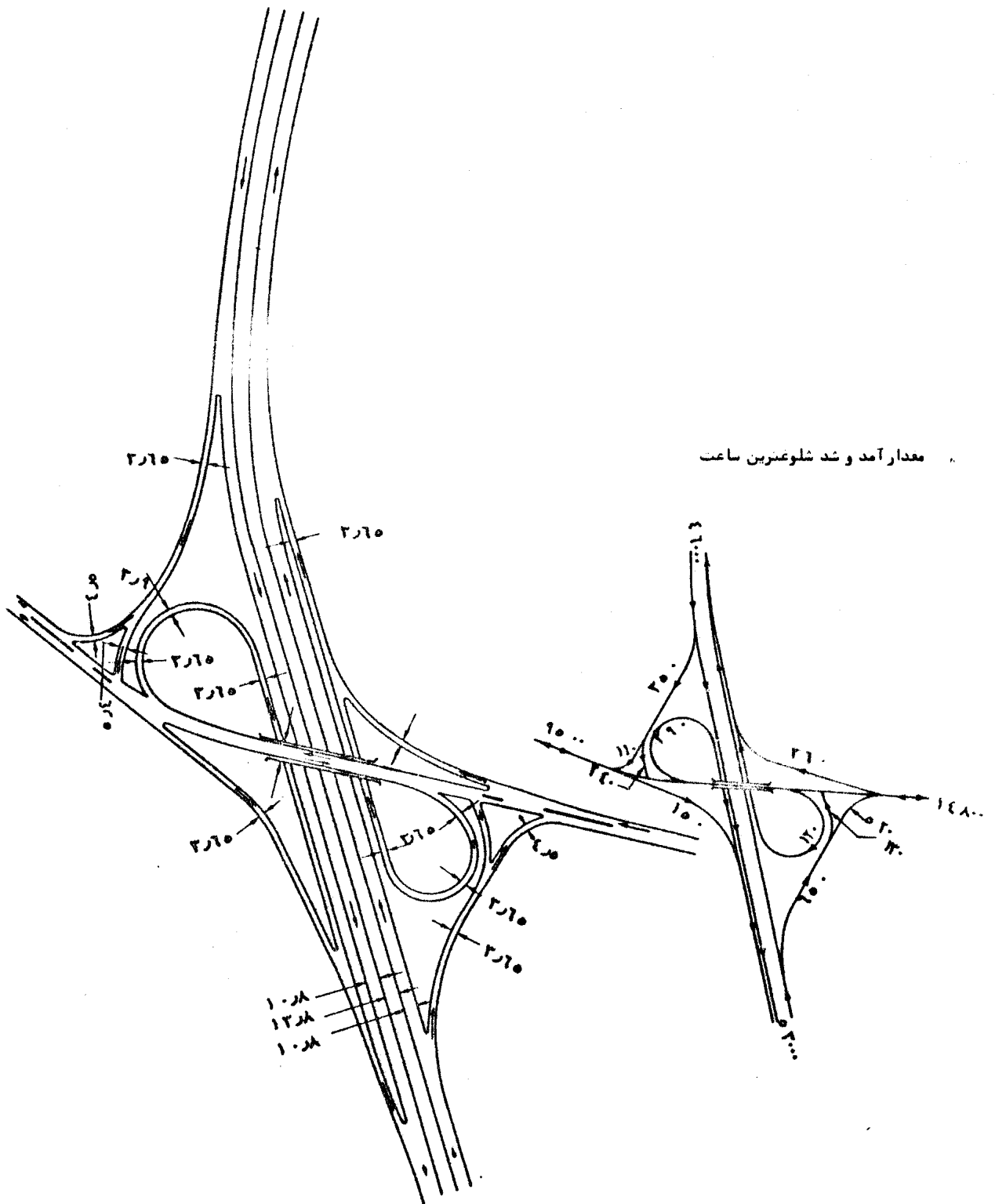
مقدار آمد و شد متوسط در روز

شکل ۳۱. مبدل چهارراهی، شیب‌راه‌ها و حلقه‌ها در دوربع بخش، به حالت ضربدری در مقابل یکدیگر





شکل ۳۲. مبدل چهارراهی، شیب‌راه‌ها و حلقه‌ها در دوربع‌بخش، به حالت ضربداری در مقابل یکدیگر



شکل ۳۳. مبدل چهارراهی، شیب‌راه‌ها در چهارربع بخش، حلقه‌ها در دو ربع بخش، نیمه شب‌دوری

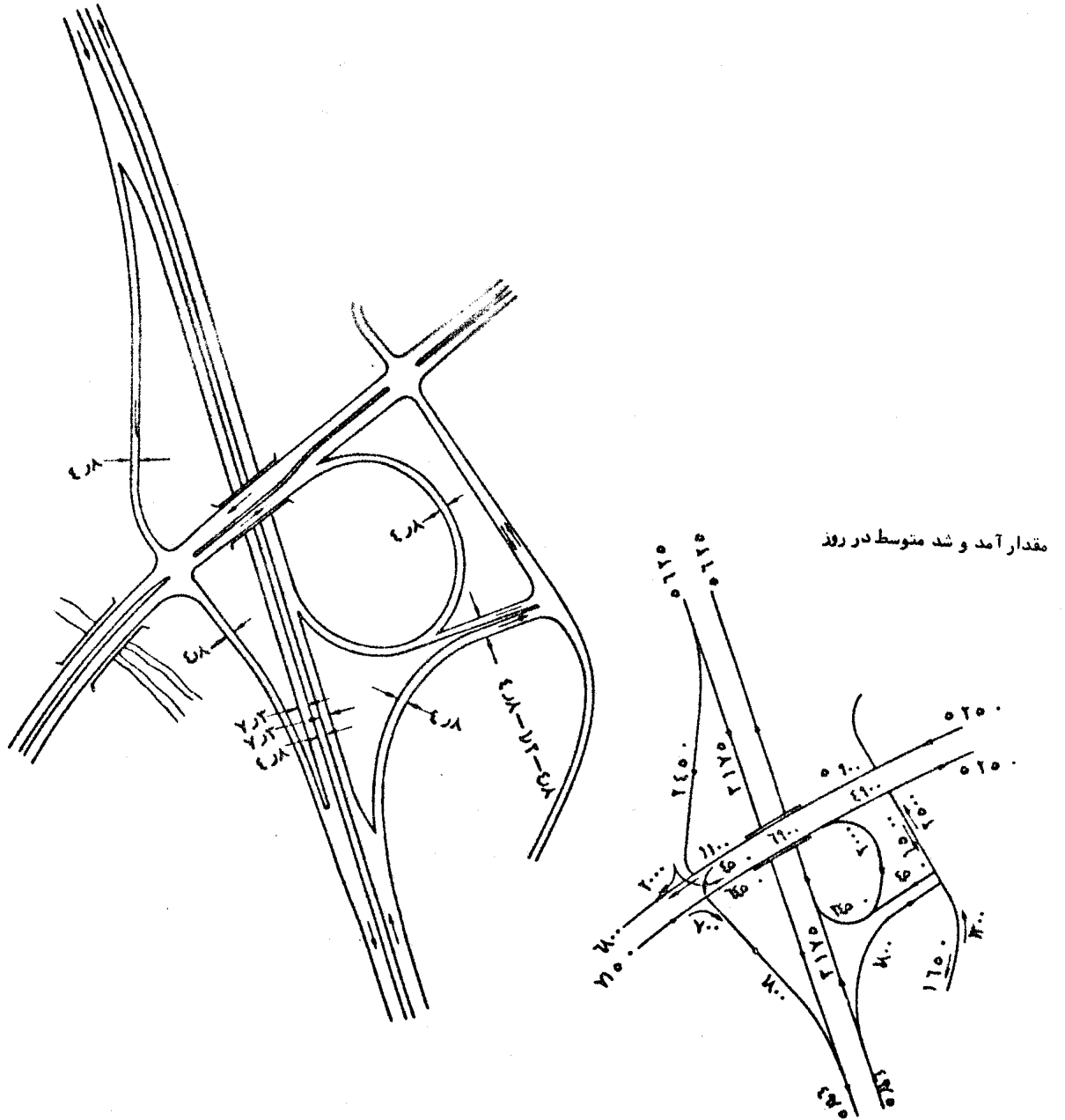
هر طرح دیگر با دو شیراهه حلقوی و چهار شیراهه قطری مستلزم آن است که گردشهای به چپ از راه غیراصلی به یک شیراهه انجام شود. به منظور انجام گردشهای به چپ از آزاد راه به راه قطع کننده دوخطه با آمد و شد زیاد، از جزایر مثلثی شکل هدایت کننده استفاده شده است. در طرح این مبدا، امکان جریان بدون اختلال حرکات گردش به راست از آزاد راه به راه قطع کننده فراهم است و برای ذخیره خودروهایی که قصد گردش به چپ را دارند، فضای کافی وجود دارد.

در این مبدا، شیراهه های حلقوی به صورت راههای مجزایی از زیر پل اضافه شده عبور می کنند و بنابراین، آمد و شد شیراهه با آمد و شد اتصال بیرونی قبل از وارد شدن به آزاد راه ادغام می شوند. این عمل مستلزم صرف هزینه اضافی قابل ملاحظه ای است لیکن نقاط تصادم را در آزاد راه کاهش می دهد.

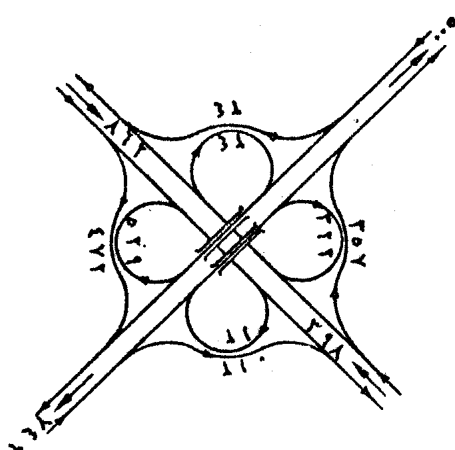
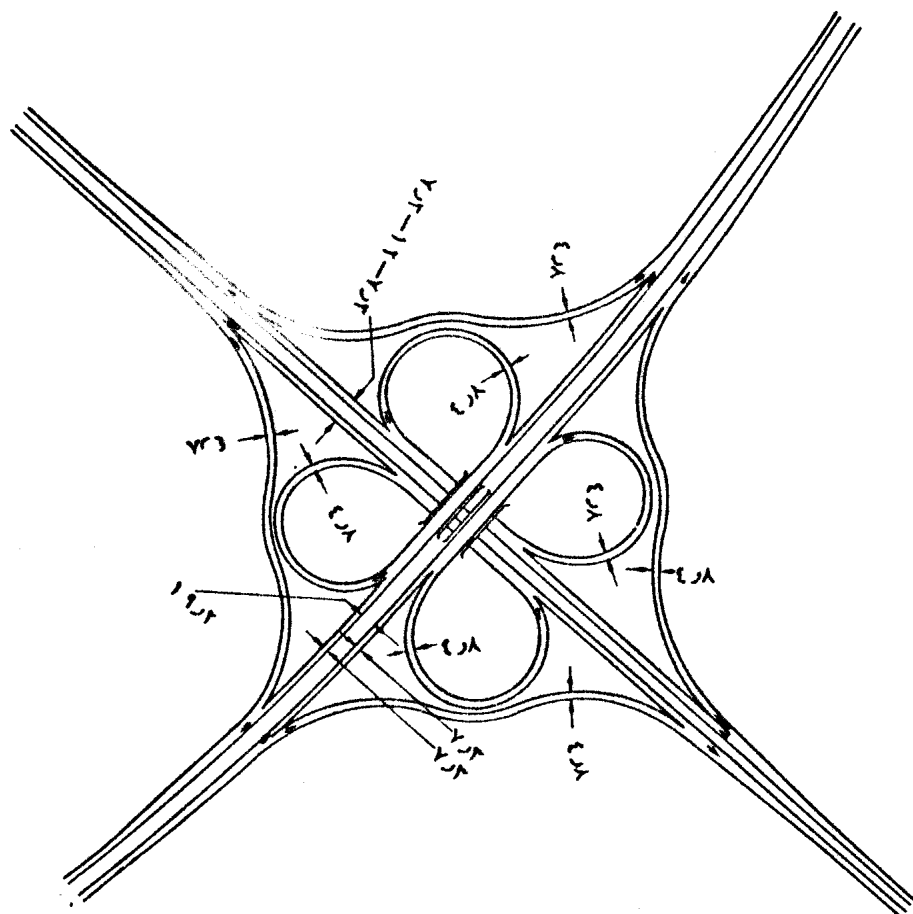
شکل ۳۴ نمونه ای از یک مبدا با چهار شاخه را نشان می دهد که شامل یک مبدا نیمه لوری و یک ربع بخش شداری است. این مبدا در نزدیکی یک منطقه شهری قرار دارد و بین یک آزاد راه با سرعت طرح ۱۱۰ کیلومتر در ساعت و یک راه با سرعت طرح ۷۰ کیلومتر در ساعت واقع شده است. به راه غیر اصلی کنترل شده دسترسی نیست. سرعت طرح شیراهه ها برابر با ۴۰ کیلومتر در ساعت است. شکل خاص این مبدا ناشی از وضعیت پستی و بلندی زمین و شرایط محل است. به طور کلی، عملکرد این مبدا رضایت بخش است، ولی چون مقدار تصادم این مبدا در راه قطع کننده بیشتر از مقدار پیش بینی شده بود، لازم شد که برای کنترل آمد و شد راه قطع کننده از چراغ راهنما استفاده شود.

شکل ۳۵ نمونه ای از یک مبدا شداری را نشان می دهد که بین دو آزاد راه واقع است. شیراهه های واقع در دو ربع بخش مقابل یکدیگر آمد و شد ساعت طرح نسبتاً زیادی دارند. مقدار آمد و شد دو شیراهه دیگر کمتر است. شیب شیراهه های حلقوی بین ۳ و ۴ درصد و شیب اتصالات بیرونی بین ۲ و ۳/۵ درصد است. مقدار سرعت طرح برای راه عبوری برابر با ۱۱۰ کیلومتر در ساعت و برای شیراهه ها بین ۵۰ تا ۸۰ کیلومتر در ساعت است. به منظور کاهش مقدار لازم حریم راه، اتصالات بیرونی انحنای معکوس دارند.

شکل ۳۶ نمونه ای از یک مبدا شداری کامل را نشان می دهد که یک آزاد راه چهارخطه از روی یک راه چهارخطه جدا شده عبور می کند. برخلاف مثال قبل که اتصالات خارجی دارای انحنای معکوس بودند، در اینجا از یک قطعه مستقیم با یک قوس در هر انتها تشکیل می شوند. این روش برای ادغام یا جدا شدن با سرعت زیاد آمد و شد آزاد راه به - یا از - اتصالات بیرونی که مستلزم قوسهای پخ است، مناسب می باشد؛ در صورتی که آستانه ها در راه چهارخطه که سرعت طرح آن پایین تر است، انحنای نسبتاً "تندی" دارند. قطعات با آمد و شد ضریبی به طول حدود ۱۸۰ متر در آزاد راه و به طول حدود ۲۱۰ متر در راه چهارخطه، ظاهراً "برای مقدار زیاد آمد و شد ضریبی - ۱۲۲۰ خودرو در ساعت در آزاد راه و ۱۱۰۰ خودرو در ساعت در راه چهارخطه - کفایت می کند. لازم است دقت شود



شکل ۳۴. مبدل چهارراهی، مختلط نیمه شبدری و نیمه لوزوی



مقدار آمد و شد ساعت طرح

شکل ۲۵. مبدل چهارراهی ، شدری کامل ، شیراهما و حلقه‌ها در چهار ربع حسی



که شعاع انحنای کلیه حلقه‌ها برابر با ۶۹ متر است که برای سرعت‌های تا ۵۰ کیلومتر در ساعت مناسب می‌باشد.

شکل ۳۷ نمونه‌ای از یک مبدل شیدری را نشان می‌دهد که بین یک آزاد راه و یک بزرگراه با ورودی محدود شده، در مجاورت یک منطقه کنار شهری در حال توسعه قرار دارد. راه‌های جمع‌کننده و توزیع‌کننده آمد و شد در طول آزاد راه، برای حرکات ضربدری احتمالی زیاد در نظر گرفته شده‌اند. مقدار لازم حریم راه برای این مبدل با راه‌های جمع‌کننده و توزیع‌کننده آمد و شد و شیرازه‌های حلقوی، کمتر از مقدار لازم برای این مبدل با شیرازه‌های دارای شعاع انحنای بزرگتر است. شیپها نسبتاً کم است و حداکثر آن برابر ۳ درصد می‌باشد.

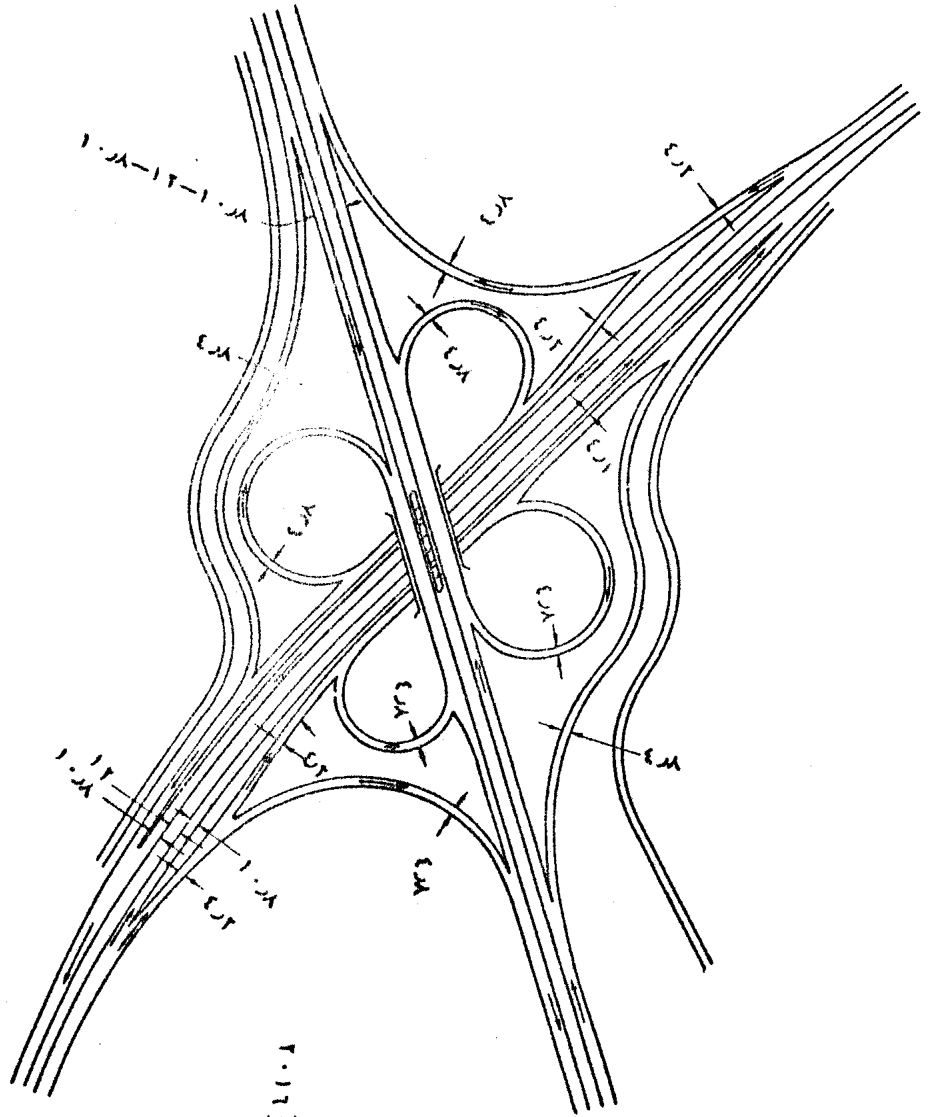
شکل ۳۸ نمونه‌ای از یک مبدل نیمه‌شیدری را در یک منطقه برونشهری نشان می‌دهد. ابتدا، از شیرازه‌های قطری در هر چهار ربع بخش مبدل و از شیرازه‌های حلقوی در دو ربع بخش سمت چپ استفاده شده است تا آمد و شد فصلی از یک منطقه پیلاقی را از خود عبور دهد. وجود حلقه‌ها باعث می‌شود که گردشهای به‌چپ برای آمد و شد به این منطقه حذف گردند، ولی این امر منجر به قطعات با آمد و شد ضربدری در خطوط عبوری می‌شود. فضای کافی در دو ربع بخش سمت راست برای افزودن دو شیرازه حلقوی به شعاع ۶۰ متر در نظر گرفته شده است؛ البته، زمانی که آمد و شد به اندازه‌ای باشد که استفاده از شیرازه‌های حلقوی در سمت راست را توجیه کند. با به‌کار بردن یک تقاطع با زاویه قائم برای دو اتصال بیرونی واقع در سمت چپ که مقدار آمد و شد آنها کم است - به‌جای استفاده از اتصالات دارای سرعت طرح بالا برای راه غیر اصلی - در مقدار حریم راه مورد نیاز صرفه‌جویی شده است.

نبود میانه احتمال ورود نادرست به حلقه‌ها را ایجاد می‌کند در مبدل‌های شیدری کامل، راه قطع‌کننده باید یک جداکننده میانی داشته باشد تا از حرکات خطر آفرین جلوگیری شود.

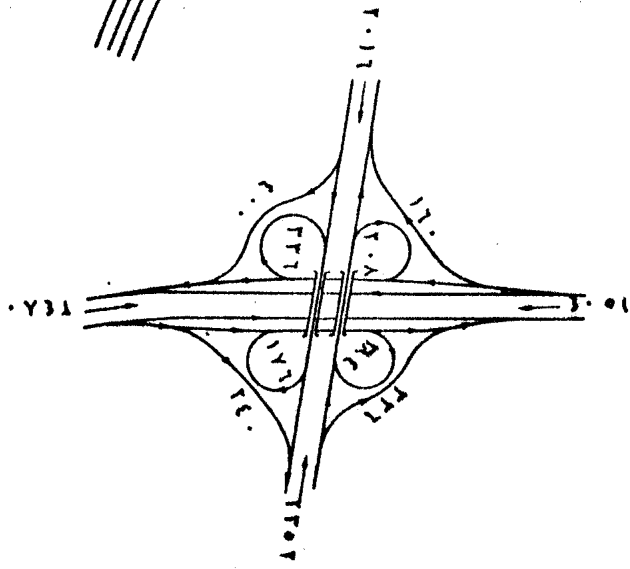
#### ۸-۲-۴. مبدل‌های با اتصالات مستقیم و نیمه‌مستقیم

از اتصالات نیمه‌مستقیم برای گردشهای مهم، کاهش مسافتی که باید طی شود، افزایش سرعت و گنجایش، حذف قطعات دارای آمد و شد ضربدری و پرهیز از گم کردن جهت حین حرکت در یک حلقه، استفاده می‌شود. در مقایسه با شیرازه‌های حلقوی، اتصالات مستقیم و، در برخی موارد، شیرازه‌های غیر مستقیم - به‌علت سرعت نسبتاً زیادتر و احتمالاً "آستانه‌های با طرح بهتر" - می‌توانند آمد و شد بیشتری را عبور دهند. در بیشتر موارد، آستانه شیرازه‌های مستقیم به‌صورت انشعابات اصلی برای دو خط گردش طرح می‌شوند (شکل‌های ۲۶-د و ۲۷-ج بخش اصول و مبانی طرح تقاطعها). در چنین حالتی، گنجایش شیرازه ممکن است به گنجایش یک راه عبوری با تعداد خطوط معادل آن برسد.

در مناطق برونشهری، برای به‌کار بردن اتصالات مستقیم در بیش از یک یا دو ربع بخش مبدل، به‌ندرت از نظر مقدار آمد و شد توجیهی وجود دارد. بقیه حرکات گردش به چپ، معمولاً با استفاده



شکل ۳۷. مدل چهارراهی، شیدری کامل، با راههای جمع کننده و توزیع کننده

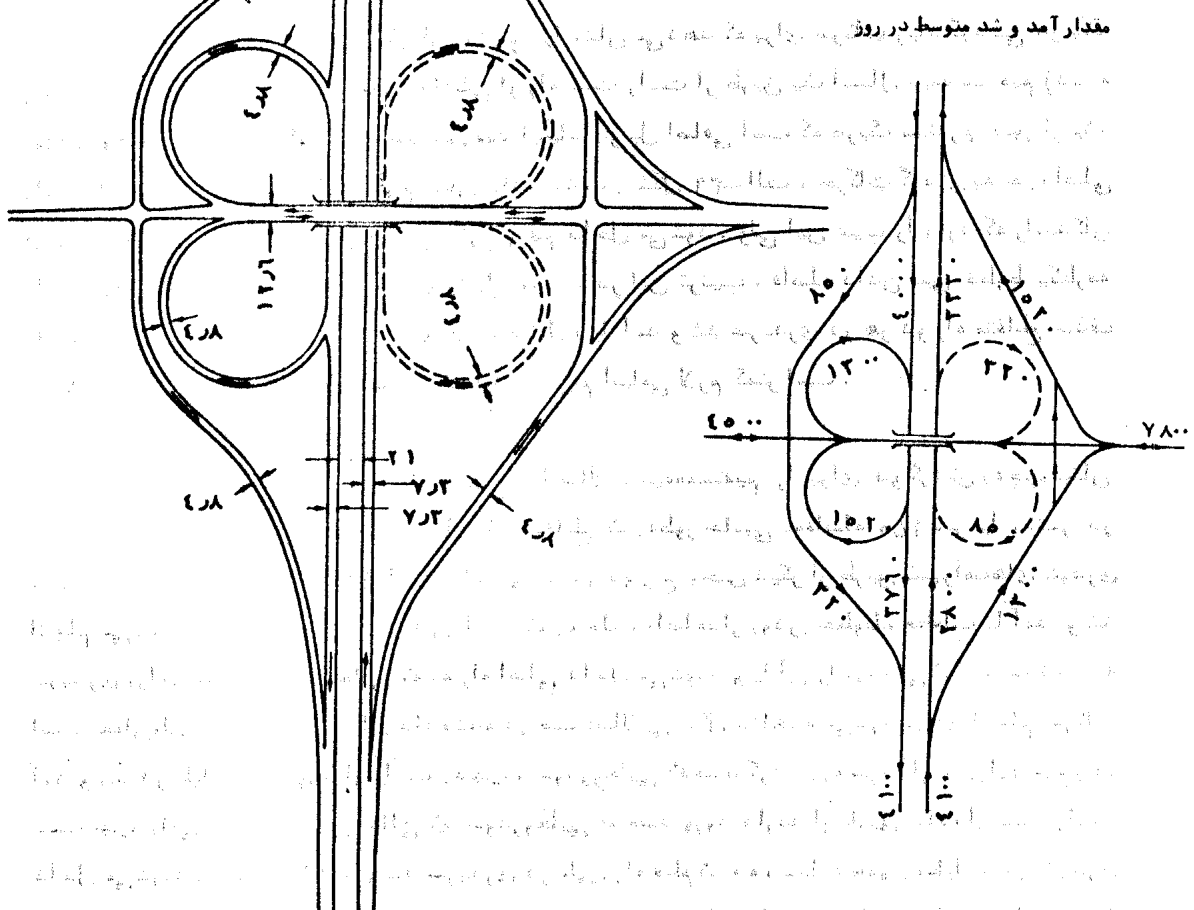


مقدار آمد و شد شلوغترین ساعت



در این مرحله، ترافیک در هر دو جهت از هر دو ورودی به ورودی مرکزی هدایت می‌شود. در این مرحله، ترافیک در هر دو جهت از هر دو ورودی به ورودی مرکزی هدایت می‌شود. در این مرحله، ترافیک در هر دو جهت از هر دو ورودی به ورودی مرکزی هدایت می‌شود. در این مرحله، ترافیک در هر دو جهت از هر دو ورودی به ورودی مرکزی هدایت می‌شود.

در این مرحله، ترافیک در هر دو جهت از هر دو ورودی به ورودی مرکزی هدایت می‌شود. در این مرحله، ترافیک در هر دو جهت از هر دو ورودی به ورودی مرکزی هدایت می‌شود. در این مرحله، ترافیک در هر دو جهت از هر دو ورودی به ورودی مرکزی هدایت می‌شود. در این مرحله، ترافیک در هر دو جهت از هر دو ورودی به ورودی مرکزی هدایت می‌شود.



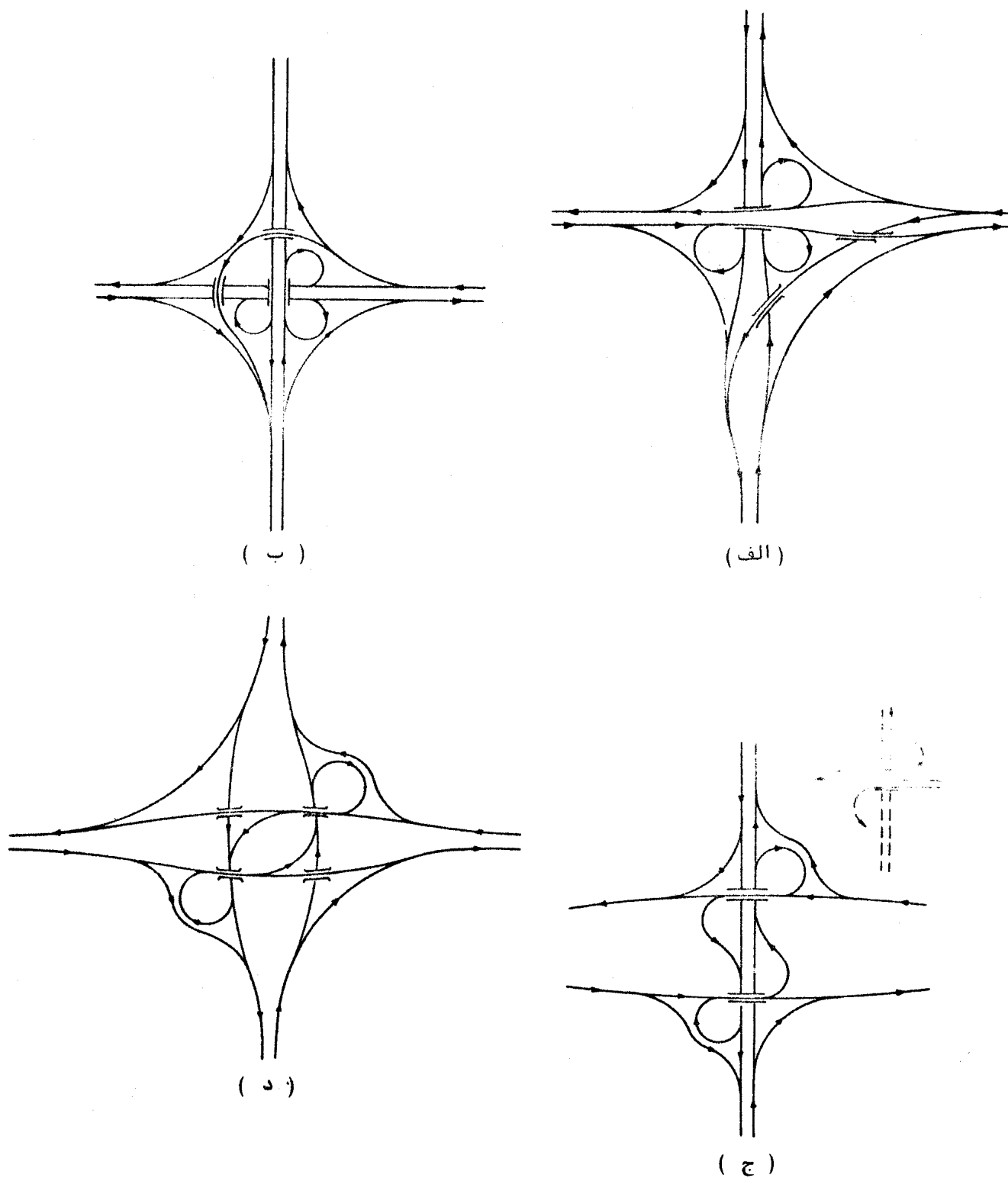
شکل ۳۸. مدل چهارراهی، شیدری برای اجرای مرحله‌ای

از حلقه‌ها و یا تقاطعهای همسطح، به طور رضایتبخشی انجام می‌شود. برای چنین مبدلی حداقل دوپل لازم است. شکل‌های عملی بسیار زیادی برای مبدل‌های با اتصالات مستقیم یا نیمه‌مستقیم وجود دارد. ولی در اینجا فقط شکل‌های اصلیت‌ر مورد بحث قرار گرفته است. در شکل ۳۹، این طرح‌ها برای مبدل‌های دارای چهارشاخه به صورت ساده شده نشان داده شده است. مبدل‌های دارای اتصالات مستقیم برای سه شاخه متقاطع (از نوع T و Y شکل) در شکل ۱۶ نشان داده شده است.

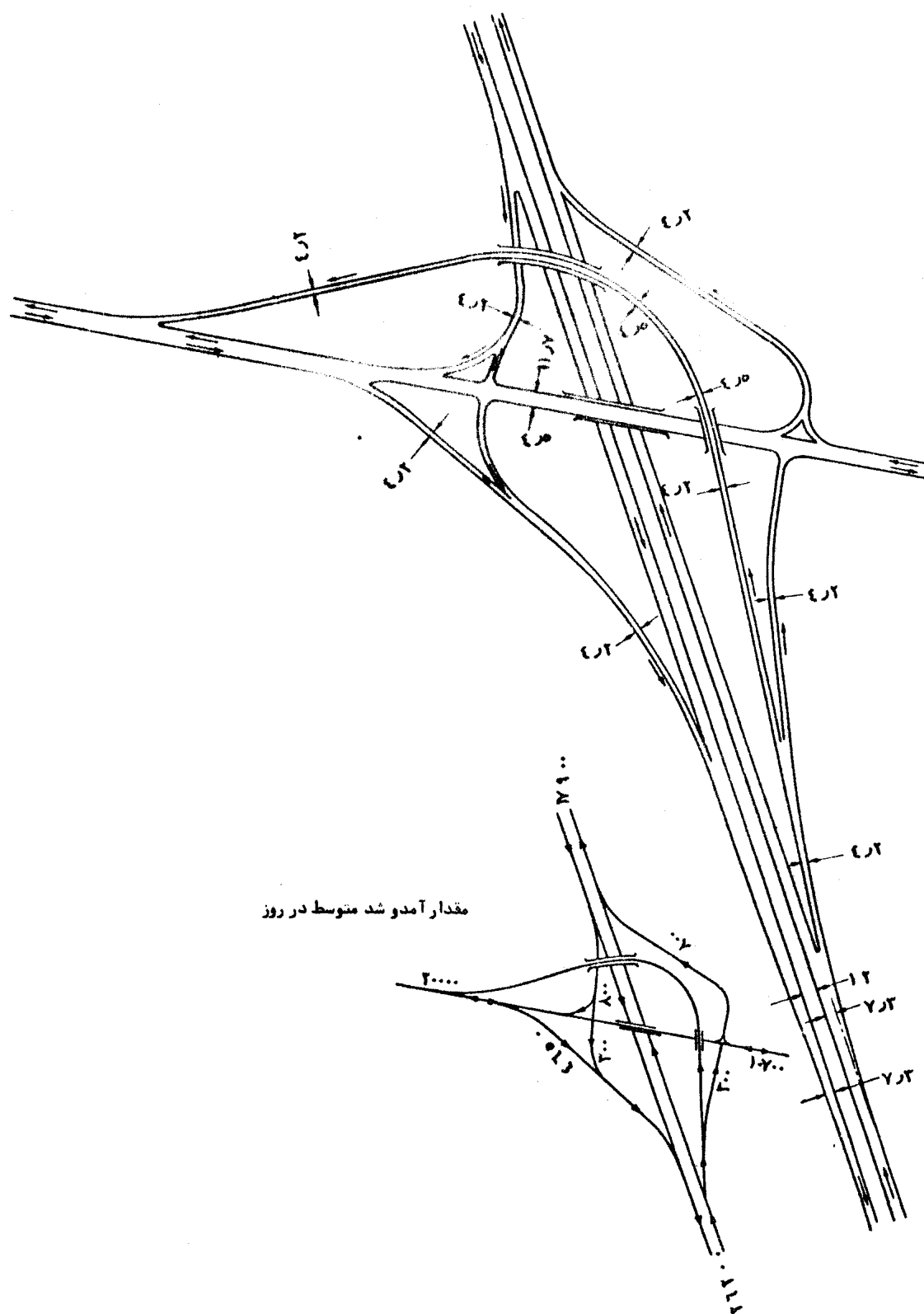
شکل ۳۹- الف طرح برای شرایط متداولی را نشان می‌دهد که مقدار حرکات گردشی در یک ربع بخش خیلی زیاد، و تعداد گردشهای دیگر نسبتاً جزئی است. حرکات گردشی زیاد توسط اتصالات مستقیم انجام می‌شود که در یک طرف نیمه‌شدیری تشکیل یک راه مجزا را می‌دهد. برای اینکه عبور از هریک از خطوط یکطرفه عملی شود، دو پل اضافی مورد نیاز است. دو خط راه‌های عبوری باید قدری از یکدیگر فاصله داشته باشند تا فضای لازم برای تغییرات نبرخ طولی و امتداد راه‌ها تأمین شود.

شکل ۳۹- ب نمونه‌ای دیگر از ترتیبی را نشان می‌دهد که برای حرکات زیاد گردشی در یک ربع بخش به کار می‌رود. گردش به چپ اصلی از راه سمت راست از طریق یک اتصال نیمه مستقیم (دسته کوزه‌ای) انجام می‌شود. این طرح نیز نیازمند ایجاد دو پل اضافی است که هریک مستلزم عبور از یک راه جدا شده می‌باشد. برخلاف طرح نشان داده شده در شکل ۳۹- الف، حرکات گردش به چپ اصلی از سمت راست آمد و شد عبوری، هم خارج و هم داخل می‌شود، ولی این عیب را دارد که رانندگان باید مسافت‌های بیشتر و قوسهای تندتری را طی کنند. در این ترتیب، فاصله دادن بین خطوط یکطرفه راه عبوری ضرورت ندارد. در هر دو طرح، قطعات با آمد و شد ضربدری در هر دو راه متقاطع حذف شده است. در مقایسه با مبدل شدیری متداول، حریم اضافی لازم کمتر است.

شکل ۳۹- ج نمونه‌ای از یک مبدل با اتصالات نیمه‌مستقیم را برای دو گردش به چپ نشان می‌دهد که بین دو خط یکطرفه یکی از راه‌های متقاطع که به طور جانبی به فاصله ۱۵۰ متر یا بیشتر در محل تقاطع قرار دارند، واقع شده است. آمد و شد در دو ربع بخش دیگر از طریق شیب‌راه‌های شدیری انجام می‌شود. مزیت این طرح در این است که به علت فاصله‌دار بودن خطوط، قطعات با آمد و شد ضربدری برای کلیه آمد و شدهایی که به راه اصلی داخل می‌شوند و با آن را ترک می‌کنند، حذف شده است. همان‌طور که در نمودار نشان داده شده در قسمت بالایی شکل مشاهده می‌شود، برای انجام حرکات آمد و شد در طول راه عبوری از راست به چپ، خودروهایی که قصد گردش به چپ دارند برای خروج در سمت چپ باقی می‌مانند، در حالتی که خودروهایی که قصد ورود دارند از طریق حلقه از سمت راست داخل می‌شوند. قطعات با آمد و شد ضربدری در طول راه قطع‌کننده، مشابه همین قطعات در شدیری کامل است. در این طرح، پل اضافی ضرورت ندارد و دو پل نشان داده شده که معادل یک پل مرسوم به یک‌راه با میانه باریک هستند، مانند پلهایی عمل می‌کنند که غالباً در راه‌های جدا شده با میانه‌های عرضی به کار می‌روند.



شکل ۳۹. طرح کلی مبدل‌های جهتی با اتصالات مستقیم و نیمه‌مستقیم در نقاط چهارراهی



شکل ۴۰. مبدل جهتی، مبدل لوزوی با یک شیب‌راه نیمه مستقیم

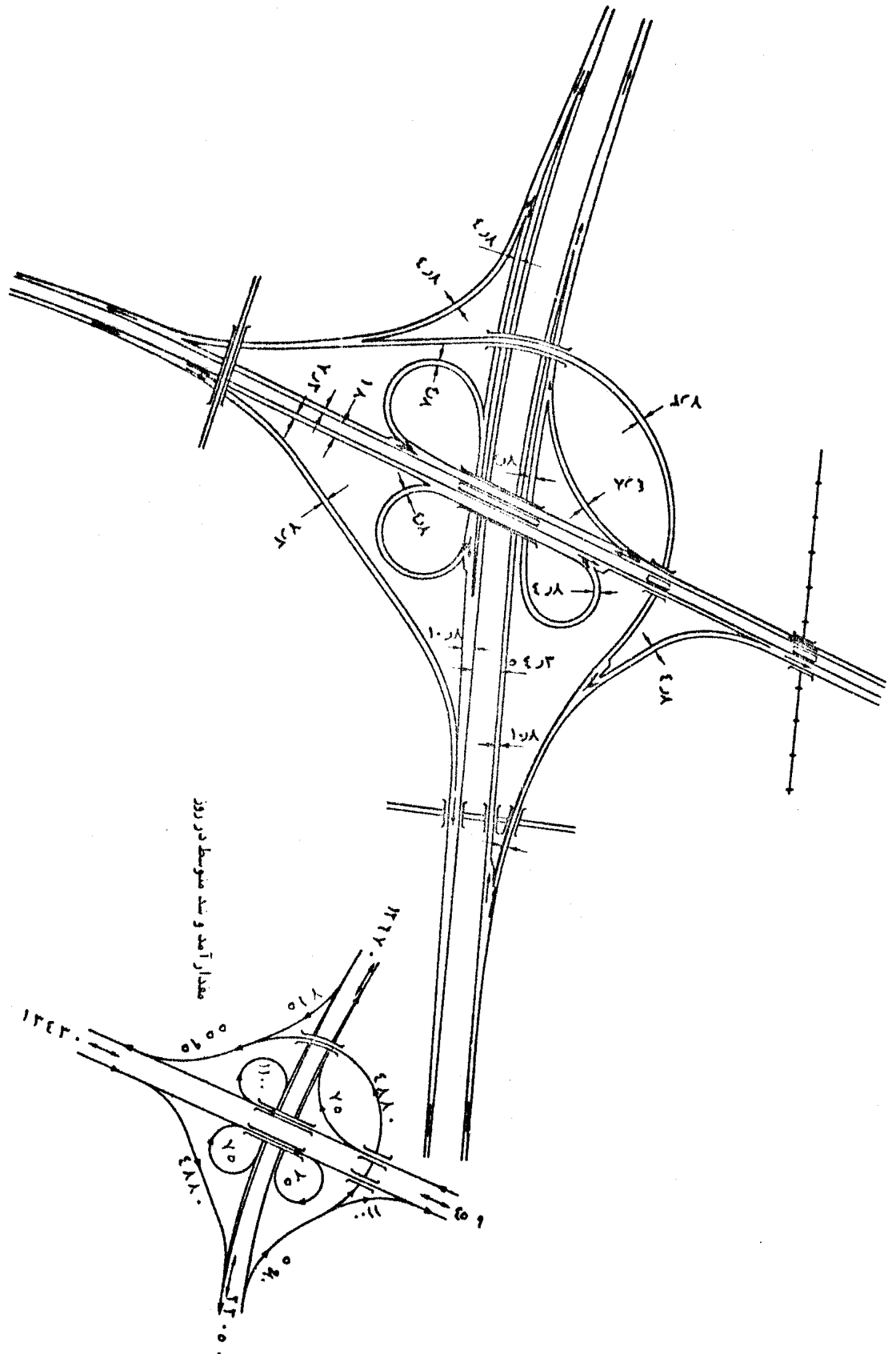
شکل ۳۹- د نمونه‌ای از یک مبدل را نشان می‌دهد که اتصالات مستقیم برای گردش به چپ، بین خطوط یکطرفه فاصله‌دار هریک از راه‌ها قرار دارند. این طرح مستلزم ایجاد چهار پل است؛ یعنی، یک پل برای هریک از خطوط یکطرفه. همه آمد و شده‌های ضربدری، با استفاده از شیب‌راه‌های شبدری برای حرکات دیگر، حذف شده‌است. در این طرح، فضای لازم برای جایگزین کردن شیب‌راه‌های حلقوی با شیب‌راه‌های دسته‌کوزه‌ای وجود دارد، ولی این امر موجب به‌وجود آمدن دو قطعه با آمد و شد ضربدری می‌شود.

طرح‌های دیگری برای مبدل‌ها وجود دارد که کلیه حرکات گردشی می‌تواند با اتصالات مستقیم یا غیرمستقیم انجام شود. معمولاً، این نوع مبدل‌ها مستلزم ایجاد بیش از چهار پل یا یک پل چند طبقه‌اند؛ حالت‌حدی مبدل‌هایی هستند که در آنها از هشت پل ساده و یا از یک پل چهار طبقه استفاده می‌شود. معمولاً، این طرح‌ها برای مناطق برون‌شهری مناسب نیستند.

شکل ۴۰ نمونه‌ای از یک مبدل را نشان می‌دهد که یک شیب‌راه جهتی برای عبور آمد و شد زیاد چپگرد به آن اضافه شده‌است. همچنین، از شیب‌راه‌های با شعاع انحنای زیاد برای تسهیل آمد و شد زیاد راستگرد دارای سرعت بالا استفاده شده‌است. این طرح مستلزم ایجاد دو پل بیشتر از یک مبدل لوزوی است. سه آستانه راه‌های قطع‌کننده با خطوط مجزای گردش به راست و گردش به چپ هدایت شده‌اند.

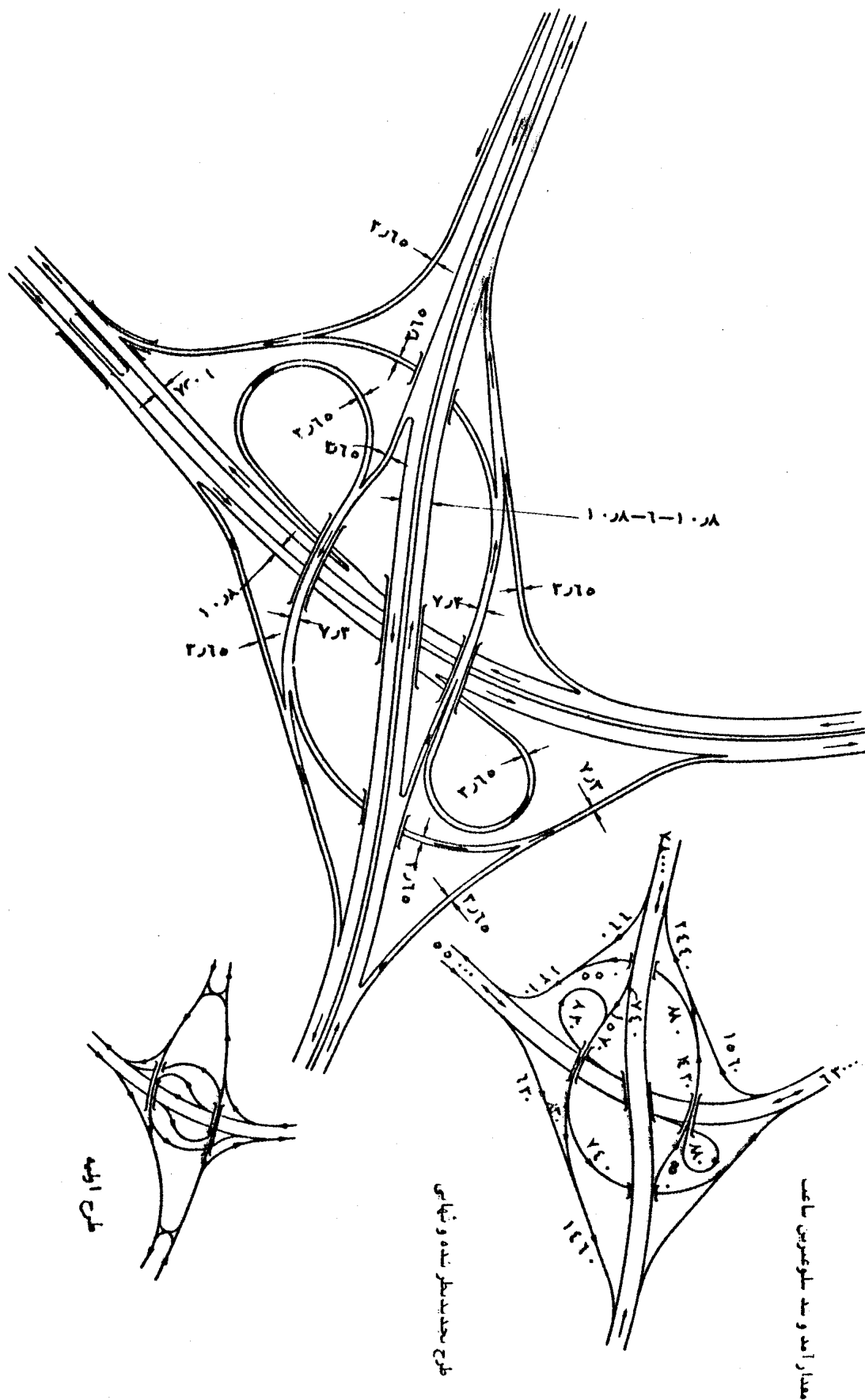
شکل ۴۱ نمونه‌ای از یک مبدل شبدری را نشان می‌دهد که بین دو آزاد راه قرار دارد و در آن، به‌جای شیب‌راه حلقوی در ربع بخش واقع در سمت چپ بالایی، از یک اتصال نیمه‌مستقیم استفاده شده است. این مبدل در کنار یک منطقه مجاور شهری واقع شده‌است که به سرعت در حال توسعه است و پیش‌بینی می‌شود که مقدار آمد و شد آن در آینده زیاد باشد. چون شاخه‌های راه‌های بالایی و پایینی هنوز در طول کافی تکمیل نشده‌اند، آمد و شد نسبتاً زیادی ندارند. شیب‌راه‌های واقع در طول راه در جهت چپ به راست، طوری با یکدیگر ترکیب شده‌اند که آمد و شد آنها با آمد و شد بزرگراه در یک نقطه در قسمت سمت چپ بالایی ادغام می‌شود. خط‌گردش نیمه‌مستقیم، حرکت خودروها را با سرعتی امکان‌پذیر می‌کند که به مقدار سرعت مربوط به راه‌های اصلی نزدیک می‌شود. در مقایسه با سایر حرکات، برای تکمیل این حرکت از یک شیب‌راه دوخطه با معیار بالا و با شعاع انحنای بیشتر نیز استفاده شده‌است. علت پیچیدگی این طرح بودن یک خط‌راه آهن در فاصله کم و وجود دو راه مهم محلی است که یکی از آنها از مرکز مبدل تغییر مسیر داده‌است. برای عبور از راه محلی، از یک پل اضافی استفاده شده‌است تا دو شیب‌راه جهتی برای سرعت بالا به‌وجود آید. عملکرد این مبدل عالی بوده‌است.

شکل ۴۲ نمونه‌ای از یک مبدل واقع در یک منطقه مجاور شهری را نشان می‌دهد که در محل تقاطع دو آزاد راه با آمد و شد زیاد قرار دارد. این مبدل، تجدید شده مبدلی است که طرح ساده آن نشان داده شده‌است. دو پل اولیه در محل اصلاح‌شده باقی گذاشته شده‌اند تا برای حرکات گردشی



شکل ۴۱. مدل جفتی، مدل شدیدی با یک ششراهه جفتی، با اتصال مستقیم

شکل ۴۲. مبدل جهتی با دو شیراوه نیمه مستقیم



به کار روند، و آزادراه واقع در جهت چپ به راست با استفاده از سه پل دوطبقه به مسیر جدیدی هدایت شده است. مبدل اولیه، به علت وجود قطعات با آمد و شد ضربدی با طول کم، مشکلات عملی داشته است. به جای اتصالات نیمه مستقیم در طرح اولیه، از شیراژه های حلقوی استفاده شده که موجب حذف قطعات با آمد و شد ضربدی نامناسب و بهبود عملکرد مبدل شده است.

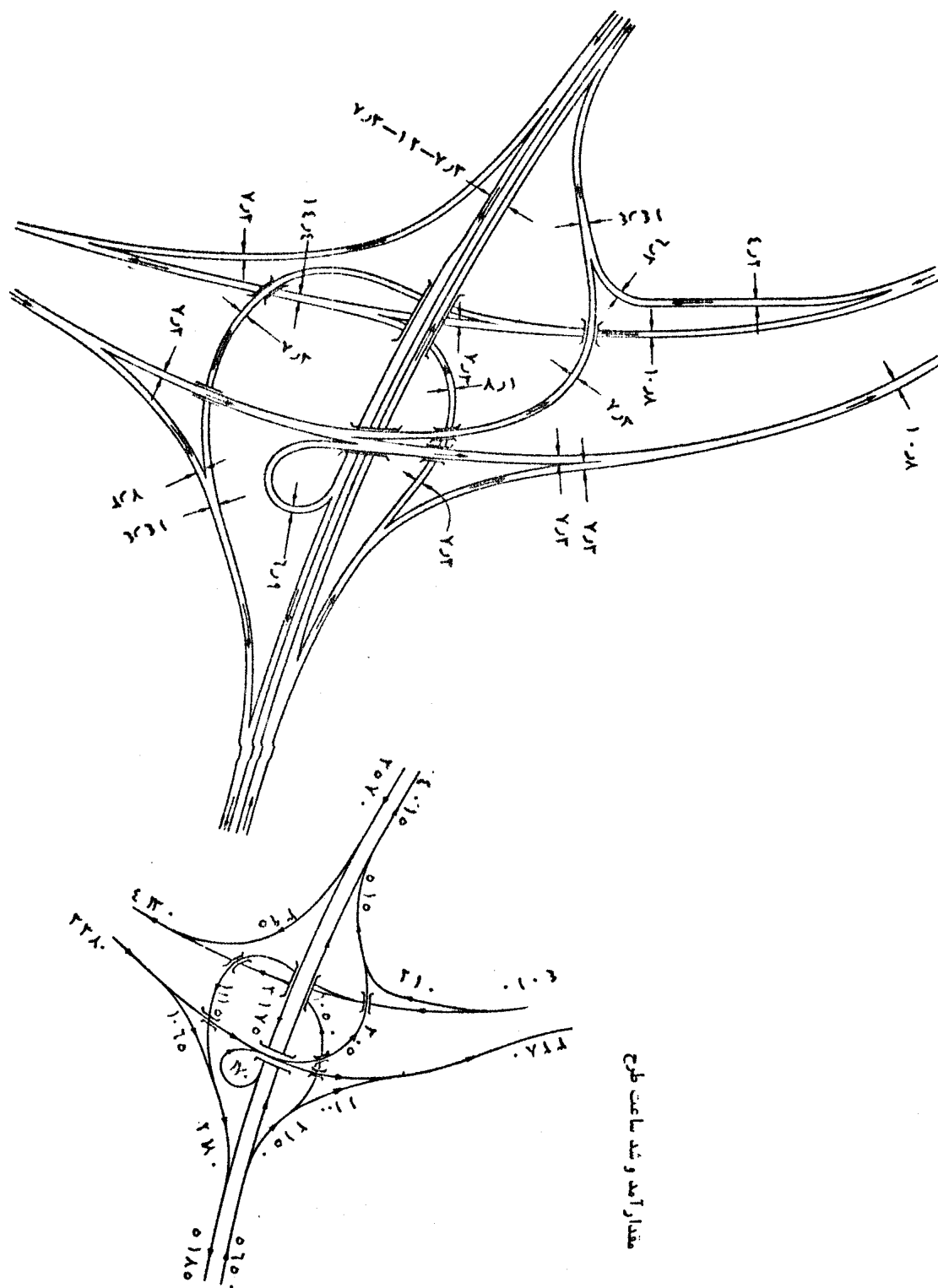
شکل ۴۳ نمونه ای از یک مبدل واقع شده بین دو آزادراه را نشان می دهد. کلیه حرکات گردش به چپ به صورت نیمه مستقیم هستند، مگر یکی از شیراژه های حلقوی که آمد و شد سبکتری را عبور می دهد. میانه راه واقع در جهت پایین به بالا، به فاصله حدود ۱۵۰ متر تعریض شده است. وضعیت پستی و بلندی زمین طوری است که یکی از سواره روه های این راه از زیر و دیگری از روی آزادراه دیگر عبور می کند.

آزادراه واقع شده در جهت راست به چپ، راه موجودی است که آمد و شد آن زیاد است. ابتدا چندین شیراژه مبدل ساخته شد و به عنوان راه انحرافی برای آمد و شد موجود به کار رفت؛ در نتیجه، تعداد راه های موقتی لازم برای احداث خطوط آزادراه جدید به حداقل رسانده شده است.

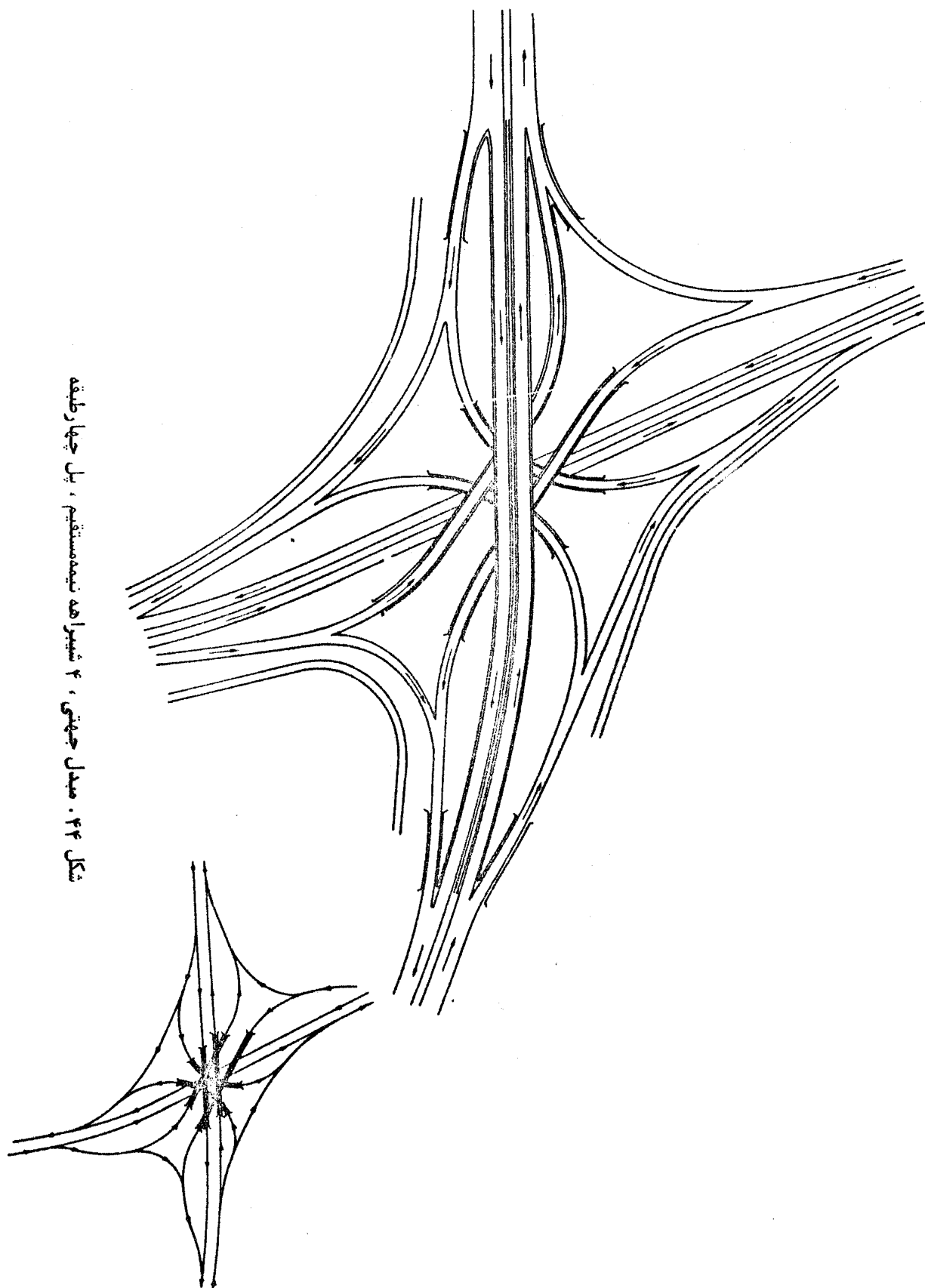
زمین های اطراف مبدل به مناطق مسکونی و صنایع سبک اختصاص دارد. سرعت طرح شیراژه های جهتی برابر با ۶۵ کیلومتر در ساعت است، مگر شیراژه بین شاخه های واقع در سمت راست و سمت پایین مبدل. سرعت طرح شیراژه اخیر برابر با ۵۰ کیلومتر در ساعت و حداکثر سرعت اعلام شده ۴۰ کیلومتر در ساعت است. این شیراژه، به علت وجود یک امتداد مستقیم واقع در نشیب منتهی به یک قوس با انحنای زیاد به سمت چپ، اشکالاتی را در ابتدای استفاده از مبدل ایجاد می کرد؛ بعداً، این وضعیت با نصب علائم اضافی و نرده ایمنی بهبود یافت. آزادراه واقع در جهت چپ به راست، یک راه چهارخطه بود که خطوط دیگر به آن اضافه شده است. عملکرد کلی این مبدل بسیار خوب بوده است.

شکل ۴۴ نمونه ای از یک مبدل جهتی چهارطبقه را نشان می دهد که در یک منطقه مجاور شهری قرار دارد و کلیه گردش های آن بدون شیراژه های حلقوی و بدون قطعات با آمد و شد ضربدی صورت می گیرد. مزیت این طرح در این است که کلیه گردش ها برای خروج و ورود از سمت راست انجام می شود، و در هریک از سواره روه های یکطرفه هریک از شاخه راهها فقط یک خروجی و ورودی وجود دارد. این طرح مستلزم ایجاد یک پل چهارطبقه پرهزینه است که فقط در محل تقاطع آزادراهها با راههای پرآمد و شد و در محلهایی قابل توجه است که وضعیت پستی و بلندی زمین منطبق بر اختلاف سطح زیاد سواره روه است. در رابطه با کارایی این مبدل، مقدار لازم حریم راه نسبتاً کم است. شیراژه های این مبدل سرعت های بالای ۶۵ کیلومتر در ساعت را امکان پذیر می کند که ناگزیر شیب خطوط عبوری محدود به ۴/۵ درصد و ۳/۶ درصد می شود.





شکل ۴۳. میل جہتی، با سہ شبر اہم نیمہ مستقیم



شکل ۴۴. مدل جهت ۴، شیرازه نیمه مستقیم، پل چهار طبقه

شکل ۴۵ نمونه‌ای از یک مبدل جهتی بدون شیرآهه‌های حلقوی و بدون حرکات ضربدری را نشان می‌دهد. این نوع مبدل جریان آمد و شد عبوری را، به‌جای پل چهار طبقه‌ای که در مثال بالا به آن اشاره شد، از طریق هشت پل دوطبقه عبور می‌دهد. در این طرح، آمد و شد خطوط عبوری هر چهار جهت باید مسافت‌های بیشتری را طی کند. کلیه گردشها به‌صورت مستقیم انجام می‌شود.

در مرحله‌نهایی در نظر است که شاخه راه‌سمت چپ با هشت خط، و سه شاخه دیگر راه یا شش خط احداث شوند. کلیه خطوط گردش و عبوری برای آمد و شد با سرعت بالا طرح شده‌اند. به‌کار بردن شعاع انحنای حداقل برابر با ۶۰۰ متر در خطوط اصلی و ۳۵۰ متر در خطوط گردش، سرعت تا ۱۱۰ کیلومتر در ساعت را در خطوط عبوری و ۹۵ کیلومتر در ساعت را در خطوط گردش، امکانپذیر می‌کند.

به‌طور کلی، عملکرد این مبدل رضایتبخش بوده‌است ولی در این طرح، رانندگان کاملاً متکی به علائم هستند زیرا طرح کلی مبدل نسبتاً غیرمعمول بوده، و خطوط گردش تا حدودی در اثر وجود برشها، خاکریزها و پلها مبهم است. این ابهام، بویژه برای حرکت گردش به‌چپ از شاخه راه پایینی به شاخه راه سمت چپ شدیدتر است زیرا امکان رد شدن از خروجی گردش به‌چپ وجود دارد که بخشی از آن، به‌علت وجود دماغه یک پل، از نظر پنهان است. این مشکل را می‌توان با فراهم آوردن دور-نمای بهتری از شیرآهه کاهش داد.

### ۳-۸. طرحهای مخصوص

#### ۱-۳-۸. مبدلهای فلکهای

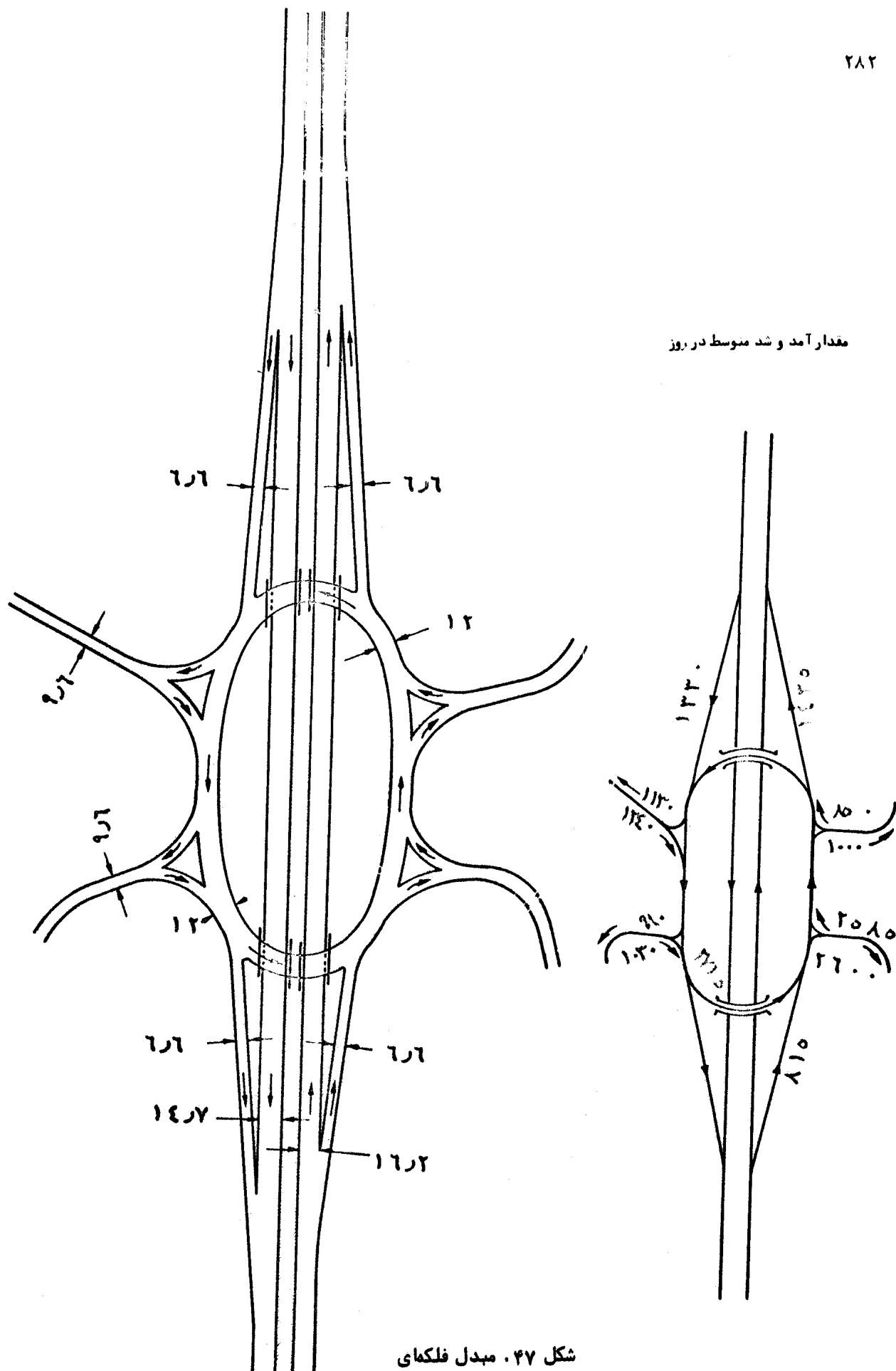
مبدل فلکهای ممکن است یکی از راههای متقاطع را به‌صورت روگذر یا زیرگذر قطع کند. با استفاده از دو پل و چهار شیرآهه قطری، یک مبدل کامل به‌دست می‌آید. آمد و شدی که از راه اصلی خارج و یا به آن وارد می‌شود، این کار را مستقیماً مانند مبدلهای لوزی انجام می‌دهد. خصوصیات طرح، عملکرد، و ظرفیت یک مبدل فلکهای اصولاً مشابه یک فلکه همسطح است (به بخش تقاطعهای همسطح نگاه کنید). مبدلهای فلکهای در مواردی مناسب هستند که تعداد شاخه راههای قطع‌کننده برابر یا بیشتر از پنج شاخه باشد و به‌استثنای آمد و شد عبوری در راه اصلی، کلیه حرکات را بتوان توسط قطعات با آمد و شد ضربدری به‌صورت مناسبی انجام داد. مبدلهای فلکهای در مواردی که سرعتها در راههای قطع‌کننده بالاست، مناسب نیستند. معمولاً، مبدلهای فلکهای نباید فضایی بیشتر از مبدلهای شیدری اشغال کنند.

شکل ۴۶ یک مبدل فلکهای را که در یک منطقه مجاور شهری واقع است، نشان می‌دهد. علت انتخاب شکل خاص آن، محدودیت مربوط به حریم راه بوده‌است. در ابتدا، این مبدل به‌عنوان یک مبدل با سه شاخه راه طرح شد. شاخه پایینی که بخشی از طرح اولیه مبدل نبود، بعداً در حین اجرا به آن اضافه شد. قطعه با آمد و شد ضربدری بین این شاخه و شیرآهه‌های ورودی به (و خروجی از) آزاد راه براساس طرح حداقل است، ولی در ساعات شلوغ با سرعتهای کم به‌صورت رضایتبخشی عمل می‌کند.





مقدار آمد و شد متوسط در روز



شکل ۴۷. مبدل فلکمای

اگر توسعه‌های آتی در طول شاخه پایینی انجام گیرد، ممکن است آمد و شد ضربدري در بخش پایینی مبدل بحرانی شود.

خط دور فلکه همسطح زمین است و فاصله دید خوبی دارد تا کاربرد مبدل را تسهیل کند. مبدل منظره‌سازی شده‌است تا ظاهری خوب داشته باشد.

شکل ۴۷ یک مبدل فلکهای با شش شاخه راه نشان می‌دهد. آمد و شد زیاد عبوری آزاد راه از زیر دو پل مبدل فلکهای عبور داده می‌شود. چهار شیراوه قطری یکطرفه امکان ورود و خروج با سرعت زیاد را برای اتصال آزاد راه به خط دور فلکه فراهم می‌آورد. شیراوه‌ها عمل خطوط تغییر سرعت را بین آزاد راه با سرعت بالا و فلکه با سرعت کم، انجام می‌دهند. شیراوه‌های کاهش سرعت در فرار و شیراوه‌های افزایش سرعت در نشیب قرار دارند. ظاهراً، بسیاری از قطعات با آمد و شد ضربدري طول کمی دارند، ولی برای مقادیر نشان داده شده آمد و شد، مبدل به‌طور رضایتبخشی عمل می‌کند.

#### ۸-۳-۲. جداکننده‌های چندطبقه

بجز مبدلهای فلکهای، می‌توان ترتیبات بسیاری برای تقاطعهای با پنج شاخه راه یا بیشتر به کار برد. این کار مستلزم طرح خاصی برای انطباق با شرایط خاص فیزیکی و شرایط آمد و شد است و معمولاً، احداث چندپل یا پلهای چندطبقه و تعدادی اتصالات مستقیم یا نیمه‌مستقیم را ایجاب می‌کند. همچنین، تقاطعهایی که در نزدیکی یکدیگر قرار دارند ممکن است دارای مبدلهایی باشند که بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند و در نتیجه، به ترتیبات پیچیده‌ای نیازمند شوند. شرایطی که استفاده از یک چنین مبدلهایی را توجیه می‌کند، همواره فقط در مناطق شهری اتفاق می‌افتد و در نتیجه، موضوع مناسبی برای بحث بیشتر در اینجا نیست؛ برای کسب اطلاعات بیشتر باید به کتابهای مربوط مراجعه شود.

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. \_\_\_\_\_ . 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 شماره 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*. Washington,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.



## دعوت به همکاری

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی وزارت برنامه و بودجه که مسئولیت تهیه و تدوین آیین نامه‌ها، ضوابط، معیارها و مشخصات فنی حاکم بر پروژه‌های عمرانی کشور را به عهده دارد، از کلیه محققان و متخصصان رشته‌های فنی تقاضا دارد، نظریه‌های اصلاحی و پیشنهادهای خود را در مورد این نشریه، و نشریه‌های 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 جمع‌آوری نمره رحمت محققان نموده است تا، پس از بررسی، در قالب دستورالعملهای فنی، برای استفاده علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران به چاپ برساند. بدین منظور، ضمن دعوت از کلیه محققان به همکاری، تقاضا می‌شود چنانچه در زمینه‌های فنی، دارای نظریه، مقاله، جزوه، رساله یا کارهای تحقیقاتی دیگر هستند، یک 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

۱۳۶۲	چاپ دوم	جوشکاری در درجات حرارت پایین	۲۶
۱۳۵۲	اسفند ماه	مشخصات فنی عمومی لوله‌کشی آب سرد و گرم و فاضلاب ساختمان	۲۷
۱۳۵۳	اردیبهشت ماه	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی بخش ملاتها	۲۸
۱۳۵۳	خرداد ماه	بررسی نحوه توزیع منطقی تختهای بیمارستانها در کشور	۲۹
۱۳۶۵	چاپ دوم	مشخصات فنی عمومی برای طرح و اجرای انواع شمعه‌ها و سپرها	۳۰
۱۳۵۳	تیر ماه	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی بخش اندودها، قرنیزها و بندکشی	۳۱
۱۳۵۳	تیر ماه	شرح قیمتهای واحد تیپ برای کارهای لوله‌کشی آب و فاضلاب ساختمان	۳۲
	از اعتبار ساقط است	مشخصات فنی عمومی راههای اصلی	۳۳
	از اعتبار ساقط است	مشخصات فنی عمومی اسکلت فولادی ساختمان	۳۴
	از اعتبار ساقط است	مشخصات فنی عمومی کارهای بتنی	۳۵
	از اعتبار ساقط است	مشخصات فنی عمومی کارهای زیربنایی	۳۶
۱۳۵۳	آبان ماه	مجموعه استاندارد نقشه‌کشی	۳۷
	از اعتبار ساقط است	مشخصات فنی عمومی اندود کاری	۳۸
	از اعتبار ساقط است	شرح قیمتهای واحد تیپ برای کارهای تاسیسات حرارتی و تهویه مطبوع	۳۹
	از اعتبار ساقط است	مشخصات فنی عمومی در و پنجره	۴۰
	از اعتبار ساقط است	مشخصات فنی عمومی شیشه کاری در ساختمان	۴۱
	از اعتبار ساقط است	مشخصات فنی عمومی کاشیکاری و کف پوش در ساختمان	۴۲
		تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی بخش عایقکاری، فرش کف، کاشیکاری،	۴۳
۱۳۵۳	اسفند ماه	سرامیک کاری	
۱۳۵۴	اردیبهشت ماه	استاندارد پیشنهاد لوله‌های سخت پی، وی، سی در لوله‌کشی آب آشامیدنی	۴۴
۱۳۵۴	اردیبهشت ماه	استاندارد پیشنهاد لوله‌های سخت پی، وی، سی در مصارف صنعتی	۴۵
۱۳۵۴	خرداد ماه	زلزله ۱۶ اسفند ۱۳۵۳ سرخون " بندرعباس "	۴۶
۱۳۵۴	تیر ماه	استاندارد پیشنهادی اتصالات لوله‌های تحت فشار پی، وی، سی	۴۷
	از اعتبار ساقط است	مشخصات فنی عمومی راههای فرعی درجه یک و دو	۴۸
۱۳۵۴	تیر ماه	بحثی پیرامون فضا در ساختمانهای اداری	۴۹
۱۳۵۴	تیر ماه	گزارش شماره ۱ مربوط به نمودارهای شتاب نگار در ایران	۵۰
	از اعتبار ساقط است	مشخصات فنی عمومی کارهای نصب ورقهای پوششی سقف	۵۱
	از اعتبار ساقط است	شرح قسمتهای واحد تیپ برای کارهای تاسیسات برق	۵۲

۱۳۵۴	شهریور ماه	۵۲	زلزله‌های سال ۱۹۷۱ کشور ایران
۱۳۵۴	مهر ماه	۵۴	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله‌های سخت پی، وی، سی در لوله‌کشی آب سرد
۱۳۵۴	آذر ماه	۵۵	مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی
۱۳۵۴	آبان ماه	۵۶	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله‌های سخت پی، وی، سی
۱۳۵۴	آذر ماه	۵۷	شرایط لازم برای طرح و محاسبه ساختمانهای بتن آرمه
۱۳۵۴	آذر ماه	۵۸	گزارش شماره ۲ مربوط به نمودارهای شتاب نگار در ایران
	از اعتبار ساقط است	۵۹	شرح قیمت‌های واحد تیب برای خطوط انتقال آب
	از اعتبار ساقط است	۶۰	شرح قیمت‌های واحد تیب برای شبکه توزیع آب
۱۳۵۵	اردیبهشت ماه	۶۱	طرح و محاسبه قاب‌های شیب‌دار و قوسی فلزی
۱۳۵۵	خرداد ماه	۶۲	نگرشی بر کارکردها و نارساییهای کوی نهم آبان
۱۳۵۵	مرداد ماه	۶۳	زلزله‌های سال ۱۹۶۹ کشور ایران
	از اعتبار ساقط است	۶۴	مشخصات فنی عمومی درزهای انبساط
	از اعتبار ساقط است	۶۵	نقاشی ساختمانها "آیین کاربرد"
۱۳۵۵	آذر ماه	۶۶	تحلیلی بر روند دگرگونیهای سکونت در شهرها
۱۳۵۵	بهمن ماه	۶۷	راهنمایی برای اجرای ساختمان بناهای اداری
۱۳۵۶	اردیبهشت ماه	۶۸	ضوابط تجزیه و تحلیل قیمت‌های واحد اقلام مربوط به خطوط انتقال آب
۱۳۵۶	خرداد ماه	۶۹	زلزله‌های سال ۱۹۶۸ کشور ایران
۱۳۵۶	تیر ماه	۷۰	مجموعه مقالات سمینار سنتو (پیشرفتهای اخیر در کاهش خطرات زلزله)
۱۳۵۶	مرداد ماه	۷۱	محافظة ابنیه فنی آهنی فولادی در مقابل خوردگی
۱۳۵۶	مرداد ماه	۷۲	راهنمایی برای تجزیه قیمت‌های واحد کارهای تاسیساتی
۱۳۶۵		۷۳	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش عملیات خاکی با وسایل مکانیکی)
۱۳۶۲	چاپ دوم	۷۴	ضوابطی برای طرح و اجرای ساختمانهای فولادی
۱۳۵۶	مهر ماه	۷۵	برنامه کامپیوتری مربوط به آنالیز قیمت کارهای ساختمانی و راهسازی
۱۳۵۶	آذر ماه	۷۶	مجموع راهنمای تجزیه قیمت‌های واحد برای کارهای ساختمانی و راهسازی "قسمت اول"
۱۳۵۶	دی ماه	۷۷	زلزله ۴ مارس ۱۹۷۷ کشور رومانی
۱۳۶۲	چاپ دوم	۷۸	راهنمای طرح ساختمانهای فولادی
	در مرحله تجدیدنظر	۷۹	خدمات نقشه برداری
۱۳۶۰	اسفند ماه	۸۰	راهنمای ایجاد بناهای کوچک در مناطق زلزله خیز
۱۳۶۱	مهر ماه	۸۱	سیستم گازهای طبی در بیمارستانها - محاسبات و اجرا

۱۳۶۴	چاپ دوم	۸۲	راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک
۱۳۶۶	چاپ دوم	۸۳	نقشه‌های تیب پلها و آبروها تا دهانه ۸ متر
۱۳۶۳	خرداد ماه	۸۴	طراحی ساختمان برای اشخاص دارای معلولیت از روی صندلی چرخدار
۱۳۶۵		۸۵	معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی
۱۳۶۴		۸۶	معیارهای طرح هندسی راههای روستایی
۱۳۶۷		۸۷	معیارهای طرح هندسی تقاطعها ( همسطح و غیرهمسطح )
۱۳۶۴		۸۸	چکیده‌ای از طرح هندسی راهها و تقاطعها
	در مرحله تجدیدنظر	۸۹	مشخصات فنی تاسیسات برقی بیمارستانها
۱۳۶۲	اسفند ماه	۹۰	دیوارهای سنگی
	در مرحله چاپ	۹۱	الفبای کالبدی معماری سنتی
۱۳۶۳	تیرماه	۹۲	جزئیات اجرایی ساختمانهای آجری
۱۳۶۳	آبان ماه	۹۳	ساختمان مرکز بهداشت قم (گزارش فنی)
		۹۴	ویژگیها و مشخصات فنی انواع تیرچه‌های پیش ساخته خریایی روس طرح و محاسبه و
۱۳۶۷			جداول محاسباتی
	در مرحله تجدیدنظر	۹۵	مشخصات فنی نقشه برداری
۱۳۶۵		۹۶	جداول طراحی ساختمانهای بتن فولادی به روش حالت حدی
۱۳۶۵		۹۷	ضوابط طراحی فضاهای آموزشگاههای فنی و حرفه‌ای
۱۳۶۶		۹۸	ضرایب و جداول تبدیل واحدها و مقیاسها
	در مرحله تجدیدنظر	۹۹	وسایل کنترل ترافیک
	در مرحله تجدیدنظر	۱۰۰	بلوک بتنی و کاربرد آن در دیوار
۱۳۶۴		۱۰۱	مشخصات فنی عمومی راهها
۱۳۶۶		۱۰۲	مجموعه نقشه‌های تیب تابلیه پلها ( پیش ساخته ، پیش تنیده و درجا ) تا دهانه ۲۰ متر
		۱۰۳	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی ( منابع آب و خاک و نحوه بهره‌برداری در گذشته و حال )
	در مرحله چاپ		
۱۳۶۷		۱۰۴	ضوابط و معیارهای فنی شبکه آبیاری و زهکشی (هیدرولیک کانالها)
۱۳۶۷		۱۰۵	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری ( هیدرولیک لوله‌ها و مجاری )
	در مرحله چاپ	۱۰۶	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری (نقشه‌های تیب)
		۱۰۷	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری (نقشه‌های تیب)
		۱۰۸	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری ( مشخصات فنی عمومی)

	۱۰۹	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری (خدمات فنی دوران بهره‌برداری و نگهداری)
در مرحله تجدیدنظر	۱۱۰	مشخصات فنی عمومی اجرایی تأسیسات برق ساختمان
در مرحله چاپ	۱۱۱	محافظت ساختمان در برابر حریق
	—	مجموعه برگردان مقاله‌های برگزیده از سمینارهای بین‌المللی تونلسازی (تونلسازی ۸۵)
	—	مجموعه سخنرانیهای دومین سمینار تونلسازی
۱۳۶۵	—	بتن در مناطق گرمسیر (اولین سمینار بندرسازی)
	—	مجموعه مقاله‌های ارائه شده به چهارمین سمپوزیوم آئرو دینامیک و تهویه تونل‌های راه
۱۳۶۵	(انگلستان ۱۹۸۲)	
	—	مجموعه مقاله‌های ارائه شده به کنفرانس محافظت ساختمانها در برابر حریق
۱۳۶۵	(۲۹-۳۰ تیرماه ۱۳۶۵)	