جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

# آیین‌نامه راه‌های ایران (آرا)

# آیین‌نامه طرح هندسی تقاطع‌ها

## (تقاطع‌های همسطح، تقاطع‌های غیر همسطح و تبادل‌ها)

# ضابطه شماره ۲-۸۰۰

**آخرین ویرایش : ۱۰-۱۱-۱۴۰۳**

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی و اجرایی

Nezamfanni.ir

۱۴۰۳

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

باسمه تعالی

| | | |
|---|---|---|
| **بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران** | **شماره :** | **۱۴۰۳/۶۲۴۶۶۹** |
| | **تاریخ :** | **۱۴۰۳/۱۲/۰۱** |

به استناد ماده(۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و تبصره (۲) ماده (۴) «نظام فنی‌واجرایی یکپارچه کشور» موضوع مصوبه شماره ۲۵۲۵۴/ت۵۷۶۹۷ه مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ هیئت وزیران، ضابطه پیوست با مشخصات زیر ابلاغ و در«سامانه نظام فنی‌واجرایی کشور» به نشانی Nezamfanni.ir منتشر می‌شود.

| | |
|---|---|
| **عنوان:** | **آیین‌نامه راه‌های ایران (آرا) – آیین‌نامه طرح هندسی تقاطع‌ها** |
| **شماره ضابطه:** | **۸۰۰-۲** |
| **نوع ابلاغ:** | لازم الاجرا |
| **حوزه شمول:** | همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی ویا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی منعقد می‌شوند. |
| **تاریخ اجرا:** | ۱۴۰۴/۰۴/۰۱ |
| **متولی تهیه، اخذ بازخورد و اصلاح:** | دبیرخانه «**آیین‌نامه راه‌های ایران- آرا**» مستقر در امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور |
| **مرجع اعلام اصلاحات:** | امور نظام فنی‌واجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور |

**این ضابطه جایگزین فصول مربوط در ضابطه شماره ۴۱۵ با عنوان«آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران» می‌شود.**

سیدحمید پورمحمدی

# اصلاح مدارک فنی

**خواننده گرامي:**

امور نظام فنی و اجرایی معاونت فنی، زیربنائی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

***۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir***

***۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.***

***۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.***

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

***۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.***

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

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

**نشانی برای مکاتبه:** تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

**Email: nezamfanni@chmail.ir** **web: nezamfanni.ir**

## باسمه‌تعالی

### پیشگفتار

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

در اجرای ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه و آیین‌نامه اجرایی آن با موضوع نظام فنی و اجرایی یکپارچه، سازمان برنامه و بودجه کشور موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای اجرایی مورد نیاز طرح‌های توسعه‌ای کشور می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرح‌ها، طی سال‌های اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقاتی و توان فنی دستگاه‌های اجرایی ذیربط و تشکل‌های خصوصی استفاده شود.

آیین‌نامه راه‌های ایران (آرا) به منظور تکمیل و یکپارچه سازی ضوابط فنی حوزه راه، مشتمل بر تدوین و بازنگری تمام ضوابط مورد نیاز مطالعات توجیهی، تهیه طرح، احداث، بهره‌برداری و نگهداری و بهسازی، با همکاری جامعه فنی و مهندسی کشور در دست تهیه بوده و به مرور نهایی و ابلاغ می‌شود.

مجموعه حاضر جلد ۲ از «آیین‌نامه راه‌های ایران» با عنوان «آیین‌نامه طرح هندسی تقاطع‌ها» و شماره ضابطه ۲-۸۰۰ است که در دو بخش «مقررات طرح هندسی تقاطع‌ها» و «ضوابط و معیارهای فنی طرح هندسی تقاطع‌ها» تدوین شده‌است.

با وجود تلاش، دقت و وقت فراوانی که برای تهیه این آیین‌نامه صرف شده است، این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام نیست. بنابراین در راستای تکمیل و پربار شدن این آیین‌نامه، از کاربران محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی اجرایی، سازمان ارسال کنند. پیشنهادهای دریافت شده بررسی و در صورت نیاز، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق نشانیNezamfanni.ir برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهد شد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده‌است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات، دارای تاریخ جدید و معتبر خواهد بود.

بدین وسیله از تمام اساتید، کارشناسان و دست‌اندرکاران تهیه این آئین‌نامه به خصوص جامعه مهندسان مشاور ایران، شرکت مهندسین مشاور پاسار (مشاور) و شرکت مهندسین مشاور راه‌یاب ملل (مدیریت طرح) تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

**حمید امانی همدانی**

**معاون فنی، زیربنائی و تولیدی**

**زمستان ۱۴۰۳**

**تهیه و کنترل آیین‌نامه راه‌های ایران (آرا )-آیین‌نامه طرح هندسی تقاطع‌ها**

**(ضابطه شماره ۲-۸۰۰)**

**مدیر طرح: مهندسین مشاور راه‌یاب ملل**

| | |
|---|---|
| برهان رستمی | مهندس عمران (مدیر طرح) |
| مظفر بیگلر | مهندس عمران |
| ربابه قدیری | مهندس عمران |
| محمدرضا فرزین پور | کارشناس ارشد عمران |

**مشاور پروژه: مهندسین مشاور پایداری سازه و راه (پاسار)**

| | |
|---|---|
| فاطمه ارکوازی | کارشناس ارشد عمران- سازه و مدیرعامل شرکت مهندسین مشاور پاسار |
| علی عبدی کردانی | دکترای عمران- راه و ترابری و استاد دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) |
| محمد صادق وجدی | کارشناسی ارشد عمران- راه و ترابری |
| مینا دولتی | کارشناس ارشد عمران- مهندسی زلزله |
| عاطفه نجفی | کارشناس ارشد عمران- راه و ترابری |

**اعضای گروه هدایت و راهبری**

| | |
|---|---|
| علیرضا توتونچی | معاون امور نظام فنی و اجرایی، سازمان برنامه و بودجه کشور |
| طاهرفتح‌اللهی مرنی | رئیس گروه امور نظام فنی و اجرایی، سازمان برنامه و بودجه کشور |
| سجاد حیدری حسنکلو | کارشناس امور نظام فنی و اجرایی، سازمان برنامه و بودجه کشور |
| برهان رستمی | رئیس هیئت مدیره مهندسین مشاور راه‌یاب ملل |

## دستورالعمل کاربرد

به منظور تکمیل و یکپارچه سازی ضوابط فنی حوزه راه (مطالعات توجیهی، تهیه طرح، احداث، بهره‌برداری و نگهداری و بهسازی) تدوین آئین‌نامه راه‌های ایران (آرا) با همکاری جامعه فنی و مهندسی کشور در دست تهیه بوده و به مرور نهایی و ابلاغ می‌شود. آئین نامه، در دو بخش «مقررات» و «ضوابط و معیارهای فنی» تدوین می‌شود.

مفاد مندرج در بخش مقررات، متناسب با شرایط کشور و به منظور همسان‌سازی کلیت طرح‌ها و تسریع و تسهیل در امور و جلوگیری از تغییرات تدریجی طرح در طول اجرای آن، تدوین شده است و عدول از آن نیز مجاز نیست.

مشاور، مقررات را با طرح مورد نظر تطبیق داده و به کارفرما ارائه می‌کند. کارفرما هرگونه نظر مدیریتی دارد را می‌تواند در چارچوب مقررات این بخش اعمال و نظر مصوب خود را برای ادامه مطالعات و طراحی، اجرا و بهره‌برداری طرح به مشاور ارائه کند.

بر اساس مصوبه کارفرما و مقررات اعمال شده در طرح مورد نظر، تشخیص استفاده و کاربرد ضوابط و معیارهای فنی در طرح، کاملا بر عهده مشاور بوده و کارفرما حق دخل و تصرف در نظرات مشاور را ندارد و پیشنهادهای کارشناسی مشاور در این بخش، مصوب تلقی می‌شود.

تبصره ۱) چنانچه مشاور طرح در چارچوب ضوابط و معیارهای فنی مندرج در آئین‌نامه، طرحی را ارائه دهد که از نظر اقتصادی با منظور داشتن تمام هزینه‌ها (ساخت، بهره‌برداری و نگهداری) به صرفه و دارای ایمنی و کیفیت و دوام لازم باشد، طرح تهیه شده ملاک اقدام بوده و عدول از ضوابط و معیارهای فنی، با استدلال و مسئولیت مشاور مجاز خواهد بود. با این وجود، تحت هیچ شرایطی عدول از مقررات مجاز نخواهد بود.

تبصره ۲) سایر «مقررات» و «ضوابط و معیارهای فنی» آئین‌نامه راه‌های ایران که در آینده ابلاغ می‌شوند (هیدرولوژی، خاکبرداری و ترانشه و غیره) مباحث مکمل این نشریه می‌باشند و رعایت آنها الزامی است.

سازمان برنامه و بودجه کشور، تنها مرجع رسیدگی به نظرات و پیشنهادهای اصلاحی برای آئین‌نامه و به ویژه بخش مقررات آن می‌باشد.

در این راستا آیین‌نامه حاضر در دو بخش به شرح زیر تهیه شده است:

- بخش اول: مقررات طرح هندسی تقاطع‌ها؛ و
- بخش دوم: ضوابط و معیارهای فنی طرح هندسی تقاطع‌ها.

چنانچه میان مفاد آیین‌نامه حاضر با دیگر ضوابط ابلاغی این سازمان مغایرتی وجود داشته باشد، مفاد این ضابطه ملاک عمل بوده و باید رعایت شود.

جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

# آیین‌نامه راه‌های ایران (آرا)

# آیین‌نامه طرح هندسی تقاطع‌ها

# بخش اول:

# مقررات آیین نامه طرح هندسی تقاطع‌ها

## (تقاطع‌های همسطح، تقاطع‌های غیر همسطح و تبادل‌ها)

## ضابطه شماره ۲-۸۰۰

**آخرین ویرایش : ۱۰-۱۱-۱۴۰۳**

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی و اجرایی

Nezamfanni.ir

۱۴۰۳

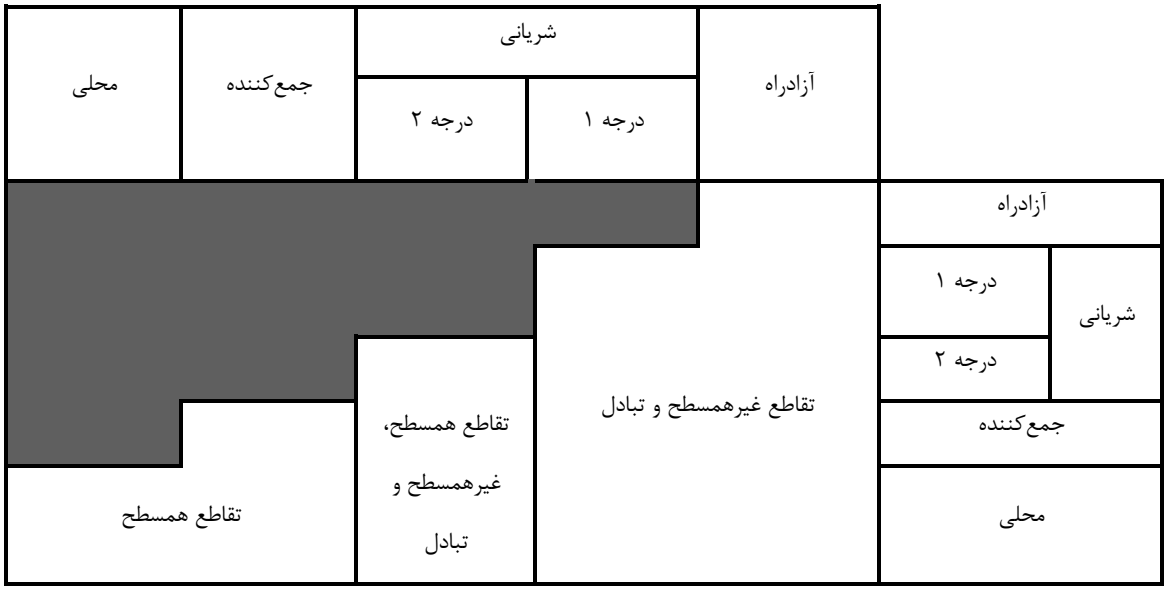
مقررات نشریه ۸۰۰-۲ به دلیل اینکه راهها در امتداد فصول مشترک تقاطع‌ها هستند، لازم است همراه با مقررات نشریه ۸۰۰-۱ مورد استفاده قرار گیرد.

**انتخاب انواع تقاطع‌ها:** در خصوص تقاطعهای راه–راه‌آهن و راه–راه‌آبی می‌توان نمودار (۱) را در نظر گرفت.

<table>
<tr><td rowspan="2">محلی</td><td rowspan="2">جمع کننده</td><td colspan="2">شریانی</td><td rowspan="2">آزادراه</td><td colspan="2" rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>درجه ۲</td><td>درجه ۱</td></tr>
<tr><td colspan="4" rowspan="2">تقاطع غیرهمسطح</td><td colspan="2">باند پرواز و تکسیوی و راههای بخش هوائی فرودگاه</td></tr>
<tr><td>درجه ۱</td><td rowspan="2">راه‌آهن و راه‌آبی</td></tr>
<tr><td colspan="2">تقاطع همسطح</td><td>همسطح یا غیرهمسطح</td><td colspan="2">درجه ۲ و پایین‌تر</td></tr>
</table>

نمودار ۱- پیشنهاد اولیه تقاطع راه–راه‌آهن و راه–راه‌آبی

**انتخاب انواع تقاطع‌های راه:** در خصوص تقاطعهای راه می‌توان نمودار (۲) را در نظر گرفت.



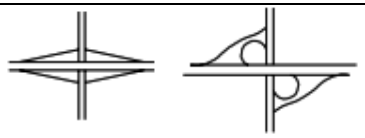
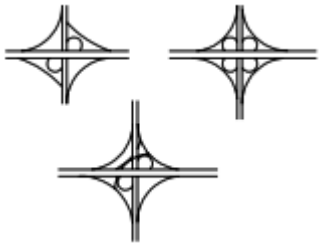

نمودار ۲- پیشنهاد اولیه تقاطع راه-راه

**عوامل موثر در انتخاب تقاطع‌های غیرهمسطح و تبادل‌ها:**

در مورد تقاطع‌های همسطح در هر حالت، به خصوص در مواقعی که شرایط توپوگرافی زمین و ایمنی تقاطع ایجاب می‌کند، می‌توان طرح احداث تبادل را با توجه به معیارهای ذیل بررسی نمود.

۱- ترافیک و عملیات بهره‌برداری؛ ۲- شرایط محل؛ ۳- نوع راه و تسهیلات تقاطع؛ ۴- کنترل و تفکیک دسترسی در راههای متقاطع تبادل؛ ۵- ایمنی؛ ۶- توسعه مرحله‌ای؛ و ۷- عوامل اقتصادی.

**انتخاب نوع تبادل:** تبادلها می‌توانند در کلیه راههای دارای طبقه‌بندی عملکردی در نظر گرفته شوند. شکل تبادل‌ها طبق نمودار (۳) به دو گروه زیر دسته‌بندی می‌شوند: تبادلهای سیستمی و تبادلهای خدمتی یا سرویسی. تبادلهای سیستمی دو یا چند آزادراه را به هم متصل می‌کنند در حالی که تبادلهای خدمتی، جهت اتصال آزادراه به تسهیلات با درجه پایین‌تر به کار می‌روند.

| نوع تسهیلات قطع‌کننده | طبقه‌بندی تبادل | طرح مفهومی |
|---|---|---|
| جاده‌های محلی | تبادل خدمتی |  |
| جاده‌های جمع‌کننده و شریانی | |  |
| آزادراه‌ها | تبادل سیستمی | |

نمودار ۳- سازگاری تبادلهای آزادراهی با انواع تسهیلات متلاقی

جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

# آیین‌نامه راههای ایران (آرا)

# آیین‌نامه طرح هندسی تقاطع‌ها

# (تقاطع‌های همسطح، تقاطع‌های غیر همسطح و تبادل‌ها)

# ضابطه شماره ۲-۸۰۰

# بخش دوم:

# ضوابط و معیارهای فنی طرح هندسی تقاطع‌ها

معاونت تولیدی، فنی و زیربنایی

امور نظام فنی و اجرایی

Nezamfanni.ir

۱۴۰۳

# فهرست مطالب


| عنوان | شماره صفحه |
| --- | --- |
| **فصل ۱-کلیات** | **۱** |
| ۱-۱-مقدمه | ۳ |
| ۱-۲-سابقه وزارت راه و شهرسازی | ۴ |
| ۱-۳-سابقه | ۴ |
| ۱-۳-۱-وزارت راه و شهرسازی | ۴ |
| ۱-۳-۲-سازمان برنامه و بودجه کشور (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، وزارت برنامه و بودجه) | ۴ |
| ۱-۴-هدف از ضوابط و معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها و بازنگری آن | ۵ |
| ۱-۵-کاربرد آیین‌نامه | ۵ |
| ۱-۵-۱-معیارهای اجباری | ۶ |
| ۱-۵-۲-معیارهای توصیه شده | ۶ |
| ۱-۵-۳-معیارهای کنترل‌کننده | ۷ |
| ۱-۵-۴-سایر معیارها | ۷ |
| **فصل ۲-تعریف ها و اختصارها** | **۹** |
| **فصل ۳-کلیات تقاطع‌ها** | **۱۷** |
| ۳-۱- مقدمه | ۱۹ |
| ۳-۲- تقاطع‌های راه-راه‌آهن و راه-راه آبی | ۲۱ |
| ۳-۴- تقاطع‌های هم نوع راه | ۲۲ |
| ۳-۵- عوامل مؤثر در انتخاب تقاطع غیرهمسطح/تبادل | ۲۳ |

۳-۵-۱- ترافیک و عملیات بهره‌برداری ۲۳
۳-۵-۲- شرایط محل ۲۴
۳-۵-۳- نوع راه و تسهیلات تقاطع ۲۵
۳-۵-۴- کنترل و تفکیک دسترسی در راه‌های متقاطع تبادل ۲۵
۳-۵-۵- ایمنی ۲۷
۳-۵-۶- توسعه مرحله‌ای ۲۸
۳-۵-۷- عوامل اقتصادی ۲۸
۳-۶- اجزاء طرح تسهیلات تقاطعی ۲۹
۳-۶-۱- امتداد افقی و قائم مسیر گردشی ۲۹
۳-۶-۲- عرض مسیر گردشی ۳۰
**فصل۴- تقاطع‌های همسطح ۳۷**
۴-۱- مقدمه ۳۹
۴-۲- اهداف و ملاحظات کلی طراحی ۳۹
۴-۲-۱- ویژگی‌های تقاطع‌های همسطح ۳۹
۴-۲-۲- ناحیه عملکردی تقاطع ۴۰
۴-۲-۳- اهداف طراحی ۴۲
۴-۲-۴- عوامل مؤثر برای طراحی ۴۲
۴-۲-۵-ملاحظات طراحی برای گروههای کاربر تقاطع ۴۵
۴-۲-۶-ظرفیت تقاطع ۴۸
۴-۳- انواع تقاطع همسطح ۴۹
۴-۳-۱- انواع طرح‌های سه‌راهی ۵۰
۴-۳-۲- انواع طرح‌های چهارراه ۵۴
۴-۳-۳- انواع طرح‌های چندراهی ۶۰

۴-۳-۴- تقاطع‌های همسطح دایره‌ای ۶۰
۴-۴-اجزاء طراحی تقاطع همسطح ۶۴
۴-۵- مسیر افقی و قائم در تقاطع‌ها ۶۴
۴-۵-۱- مسیر افقی یا پلان ۶۴
۴-۵-۲- مسیر قائم یا پروفیل طولی ۶۶
۴-۶- فاصله دید در تقاطع ۶۷
۴-۶-۱- مثلث دید در تقاطع ۶۷
۴-۶-۲- کنترل تقاطع همسطح ۷۰
حالت ۱) تقاطع بدون کنترل ۷۰
حالت ۲) کنترل تقاطع با تابلوی ایست در مسیر فرعی ۷۱
۲-الف- گردش به چپ از مسیر فرعی ۷۲
۲-ب- گردش به راست از مسیر فرعی ۷۴
۲-پ- عبور مستقیم تقاطع از مسیر فرعی ۷۵
حالت ۳) کنترل با تابلوی رعایت حق تقدم در مسیر فرعی ۷۷
۳-الف- حرکت مستقیم (حرکت عبوری) از مسیر فرعی ۷۷
۳-ب-گردش به چپ یا راست از مسیر فرعی ۸۰
حالت ۴) تقاطع کنترل شده با چراغ راهنمایی ۸۲
حالت ۵) تقاطع کنترل شده با تابلوی ایست در همه رویکردها ۸۳
حالت ۶) گردش به چپ از مسیر اصلی ۸۳
حالت ۷) میدان‌ها ۸۵
۴-۶-۳- اثر زاویه تقاطع بر فاصله دید تقاطع ۸۶
۴-۷- مسیرهای گردشی و جریان‌بندی ۸۷
۴-۷-۱- مسیرهای گردشی ۸۷

۴-۷-۲- جریان‌بندی ترافیکی ۸۹
۴-۷-۳- جزایر ترافیکی ۸۹
الف-جزیره‌های هدایت‌کننده ۹۰
ب-جزیره‌های جداکننده ۹۱
پ-جزیره‌های پناه‌دهنده ۹۱
۴-۷-۴- مسیرهای گردشی برای جریان آزاد ۹۷
۴-۷-۴- بربلندی مسیر گردشی تقاطع‌ها ۹۷
۴-۸- خط‌های کمکی در تقاطع ۱۰۲
۴-۸-۱- خط کاهش سرعت ۱۰۲
الف) لچکی به صورت خط مستقیم ۱۰۷
ب) لچکی نیمه مستقیم ۱۰۷
پ) لچکی با قوس معکوس متقارن ۱۰۷
ت) لچکی با قوس معکوس نامتقارن ۱۰۷
۴-۸-۲-ملاحظات طرح مانورهای گردش به چپ ۱۰۹
۴-۸-۳- خط کمکی گردش به راست ۱۱۳
۴-۹-بریدگی میانه‌ها در محل تقاطع ۱۱۴
۴-۹-۱- معیارهای طرح حداقل برای بریدگی‌های میانه در تقاطع ۱۱۵
۴-۹-۲- معیارهای طرح بیش از حداقل برای بریدگی‌های میانه در تقاطع ۱۱۶
۴-۱۰-گردش به چپ غیرمستقیم و دوربرگردان‌ها ۱۱۸
۴-۱۰-۱- تقاطع‌های با دسته سبوئی یا مسیرهای گردراه‌های ۱۱۸
۴-۱۰-۲- تقاطع‌های گردش به چپ جابه‌جا شده ۱۱۹
۴-۱۰-۳- میانه عریض با دوربرگردان ۱۲۰
۴-۱۰-۴- نکات دوربرگردان‌ها ۱۲۲

۴-۱۱- میدان‌ها ۱۲۵
۴-۱۱-۱- اجزاء هندسی میدان‌ها ۱۲۶
۴-۱۱-۲-اصول پایه‌ای ۱۲۸
**فصل۵- تقاطع‌های همسطح راه-راه‌آهن** **۱۳۷**
۵-۱- مقدمه ۱۳۹
۵-۲- امتداد افقی ۱۳۹
۵-۳- امتداد قائم ۱۳۹
۵-۴- طرح محل تلاقی ۱۴۰
۵-۵- مسافت دید ۱۴۱
**فصل۶ - تقاطع‌های غیرهمسطح و تبادل‌ها** **۱۴۵**
۶-۱- مقدمه ۱۴۷
۶-۲- ضرورت احداث تقاطع غیرهمسطح و تبادل ۱۴۹
۶-۲-۱-تعیین طرح مسیر ۱۴۹
۶-۲-۲-کاهش گلوگاه‌ها و گره‌های پرتراکم ۱۴۹
۶-۲-۳-کاهش فراوانی و شدت تصادف ۱۴۹
۶-۲-۴-وضعیت توپوگرافی محل ۱۵۰
۶-۲-۵-منافع استفاده کنندگان راه ۱۵۰
۶-۲-۶-ضابطه مربوط به حجم ترافیک ۱۵۰
۶-۳-سازه عبورهای غیرهمسطح ۱۵۱
۶-۴-مسیرهای روگذر و زیرگذر ۱۵۶
۶-۵-فاصله طولی جهت حصول گذر غیرهمسطح ۱۵۹
۶-۶- تقاطع‌های غیرهمسطح ۱۶۰
۶-۷- تبادل‌ها ۱۶۱

۶-۷-۱- تبادل‌های سه‌راه ۱۶۱

۶-۷-۲- تبادل‌های چهارراه ۱۶۷

الف - تبادل‌های کناری ۱۹۴

ب - تبادل‌های مرکب ۱۹۴

۶-۸- ملاحظات طراحی تبادل ۱۹۸

۶-۸- تعیین نوع تبادل ۱۹۹

۶-۹- معیارهای طراحی تبادل ۲۰۰

۶-۹-۱- راه نزدیک شونده به سازه ۲۰۱

۶-۹-۲- فاصله بین تبادل‌ها ۲۰۳

۶-۹-۳- پیوستگی مسیر ۲۰۳

۶-۹-۴- تعداد خطهای پایه ۲۰۴

۶-۹-۵- نصب علائم و خطکشی ۲۰۴

۶-۹-۶- توازن تعداد خطها ۲۰۵

۶-۹-۷- خطهای کمکی تغییر سرعت ۲۰۷

۶-۹-۸- بخش تداخلی ۲۱۰

۶-۱۰- رابطها ۲۱۰

۶-۱۰-۱- شکل رابطها ۲۱۰

۶-۱۰-۲- سرعت طرح ۲۱۱

۶-۱۰-۳- انحناء رابطهای گردراهه ۲۱۲

۶-۱۰-۴- فاصله دید در رابطها ۲۱۲

۶-۱۰-۵- شیب طولی رابطها ۲۱۳

۶-۱۰-۶- بربلندی رابطها ۲۱۳

۶-۱۰-۷- ناحیه سه گوش ۲۱۴

۶-۱۰-۸- تعداد خط‌های عبور رابط‌ها ۲۱۹

۶-۱۰-۹- عرض خط در رابط‌ها ۲۱۹

۶-۱۰-۱۰- عرض شانه‌ها در رابط‌ها ۲۲۰

۶-۱۰-۱۱- پایانه‌های رابط‌ها ۲۲۰

الف- نوع لچکی ۲۲۷

ب- نوع موازی ۲۲۷

الف – پایانه رابط ورودی دو خطه ۲۳۲

ب – پایانه رابط خروجی دو خطه ۲۳۳

پ - پایانه رابط دو خطه در قوس افقی ۲۳۳

۶-۱۱- اتصالات پیوندی و انشعاب مسیر اصلی (Y شکل) ۲۳۴

**پیوست الف - مباحثی از تقاطع‌های همسطح** **۲۳۷**

الف-۱- مقدمه ۲۳۹

الف-۲- نمونه طرح حداقل مسیرهای گردشی ۲۳۹

الف-۳- نمونه های طرح حداقل جاروب مسیرهای گردشی ۲۴۱

الف- طرح خودروی سبک ۲۴۱

ب- طرح برای اتوبوس ۲۴۱

پ- طرح برای تریلیهای نوع ۱ و نوع ۲ ۲۴۱

الف-۴- طرح نمونه مسیرهای گردشی با جزیره‌های ترافیکی گوشه ۲۴۸

الف-۵- طراحی نمونه مسیرهای گردشی برای جریان آزاد ۲۴۹

الف-۶- نمونه طرح‌های حداقل طول بریدگی میانه‌ها ۲۵۰

الف-۷- اثر اریب در بریدگی میانه‌ها ۲۵۱

الف-۸- نمونه طرح دوربرگردان ۲۵۳

الف-۹- روش طراحی ۲۵۴

۹-۱- اطلاعات پایه ۲۵۵
الف-۹-۱-۱- اطلاعات ترافیکی ۲۵۶
الف-۹-۱-۲- اطلاعات محلی ۲۵۷
الف-۹-۱-۳- اطلاعات مربوط به طرح‌های توسعه ۲۵۷
الف-۹-۲- طراحی مقدماتی ۲۵۹
الف-۹-۲-۱- آماده‌سازی انگاره‌های مطالعاتی ۲۵۹
الف-۹-۲-۲- تجزیه و تحلیل انگاره‌های مطالعاتی ۲۵۹
الف-۹-۳- تعیین طرح پیشنهادی ۲۶۰
الف-۹-۳-۱- تهیه طرح‌های اولیه ۲۶۰
الف-۹-۳-۲- ارزیابی و مقایسه طرح‌های اولیه ۲۶۰
الف-۹-۳-۳- انتخاب گزینه بهینه ۲۶۲
الف-۹-۴- طراحی نهایی گزینه بهینه ۲۶۲
الف-۹-۵- طرح‌های نمونه ۲۶۳
**پیوست ب- مباحثی از تبادل‌ها ۲۶۷**
ب-۱- مقدمه ۲۶۹
ب-۲- روش طراحی ۲۶۹
ب-۲-۱- مراحل طرح ۲۶۹
گام ۲- آماده‌سازی طرح‌های اولیه ۲۷۷
گام ۳- انتخاب طرح نهایی ۲۷۷
ب-۳- نمونه‌هایی از محدودیت دسترسی در تبادل‌ها ۲۷۸

# فهرست شکل‌ها


| عنوان | شماره صفحه |
|---|---|
| شکل ۳-۱- پیشنهاد اولیه تقاطع راه-راه‌آهن و راه-راه‌آبی | ۲۲ |
| شکل ۳-۲- پیشنهاد اولیه تقاطع راه-راه | ۲۳ |
| شکل۳-۳-عوامل موثر بر طول کنترل دسترسی در امتداد یک راه متقاطع در تبادل | ۲۷ |
| شکل ۳-۴- عرض خطوط گردشی در قوس‌های تقاطع‌ها | ۳۲ |
| شکل ۴-۱- نقاط درگیری در انواع تقاطع‌های مختلف | ۴۰ |
| شکل ۴-۲- نواحی فیزیکی و عملکردی یک تقاطع همسطح | ۴۱ |
| شکل ۴-۳- اجزای ناحیه عملکردی یک تقاطع همسطح | ۴۱ |
| شکل ۴-۴- انواع تقاطع‌های همسطح | ۵۰ |
| شکل ۴-۵- سه‌راهی ساده بدون خط عبور کمکی | ۵۱ |
| شکل ۴-۶- سه‌راهی با خط عبور کمکی گردش به راست | ۵۱ |
| شکل ۴- ۷- سه‌راهی با خط عبور کمکی سمت راست | ۵۲ |
| شکل ۴-۸- سه‌راهی با خطهای عبور کمکی سمت راست و خط گردش به راست | ۵۲ |
| شکل ۴-۹- سه‌راهی با یک مسیر گردش به راست با جدول | ۵۳ |
| شکل ۴-۱۰- سه‌راهی با دو مسیر گردش به راست با جدول | ۵۳ |
| شکل ۴-۱۱- سه‌راهی با جزیره وسط و خط عبور سمت راست | ۵۳ |
| شکل ۴-۱۲- سه‌راهی با جزیره‌های گردش به راست و چپ | ۵۴ |
| شکل ۴-۱۳- سه‌راهی با مسیرهای گردش به راست و چپ با جدول | ۵۴ |
| شکل ۴-۱۴- انواع طرح‌های معمول برای تقاطع‌های چهارراه بدون جریان‌بندی | ۵۵ |
| شکل ۴-۱۵- انواع طرح‌های معمول برای تقاطع‌های چهارراه جریان‌بندی شده | ۵۶ |
| شکل ۴-۱۶- نمونه‌هایی از چهارراه جریان‌بندی شده | ۵۷ |
| شکل ۴-۱۷- نمونه‌های دیگری از چهارراه جریان‌بندی شده | ۵۸ |
| شکل ۴-۱۸- نمونه‌های دیگری از چهارراه جریان‌بندی شده چند خطه | ۵۹ |
| شکل ۴-۱۹- نحوه تبدیل تقاطع‌های چندراهی به تعدادی تقاطع چهار (یا سه) راهی | ۶۰ |
| شکل ۴-۲۰- میدان کوچک نمونه | ۶۲ |
| شکل ۴-۲۱- میدان تک خطه نمونه | ۶۳ |
| شکل ۴-۲۲- میدان چند خطه نمونه | ۶۳ |

شکل ۴-۲۳- دو روش اصلاح در تقاطع‌های اریب ۶۵
شکل ۴-۲۴- نحوه اصلاح مسیر در تقاطع‌های با زاویه تند ۶۵
شکل ۴-۲۵- نمونه روش اصلاح مسیر در تقاطعهای واقع در قوس افقی ۶۶
شکل ۴-۲۶- انواع مثلث دید در تقاطع ۶۹
شکل ۴-۲۷- نمودار تعیین فاصله دید تقاطع برای گردش به چپ از مسیر فرعی در تقاطع با تابلوی ایست ۷۲
شکل ۴-۲۸- نمودار تعیین فاصله دید تقاطع برای گردش به راست و عبور مستقیم از مسیر فرعی در تقاطع با تابلوی ایست ۷۶
شکل ۴-۲۹- نمودار طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی برای حالت عبور مستقیم از تقاطع‌های دارای حق تقدم ۸۰
شکل ۴-۳۰- طول ضلع مثلث دید در امتداد راه اصلی برای گردش به چپ یا راست از راه فرعی در تقاطع با تابلوی حق تقدم ۸۱
شکل ۴-۳۱- طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی برای گردش به چپ از مسیر اصلی ۸۴
شکل ۴-۳۲- مثلث دید در تقاطع اریب ۸۶
شکل ۴-۳۳- خطوط گردش به راست جریان‌بندی شده ۸۸
شکل ۴-۳۴- تغییرات طول خط عابرپیاده عرضی با شعاع لبه سواره‌رو ۸۹
شکل ۴-۳۵- حالت متداول جزیره‌های هدایت‌کننده ۹۰
شکل ۴-۳۶- طرح نمونه به منظور ایجاد جزایر جداکننده ۹۲
شکل ۴-۳۷- جزئیات طرح جزیره‌های گوشه مسیرهای گردشی ۹۵
شکل ۴-۳۸- جزئیات آشکارسازی جزیره‌های میانی ۹۶
شکل ۴-۳۹- نحوه تأمین بربلندی در پایانه- جداشدگی از خط مستقیم ۹۹
شکل ۴-۴۰- نحوه تأمین بربلندی در پایانه- جداشدگی از قوس هم‌جهت ۹۹
شکل ۴-۴۱- نحوه تأمین بربلندی در پایانه- جداشدگی با قوس غیر هم‌جهت ۱۰۰
شکل ۴-۴۲- نحوه تأمین بربلندی در پایانه – جدا شدگی با خط تغییر سرعت ۱۰۱
شکل ۴-۴۳- ناحیه عملکردی بالادست یک تقاطع که نشان‌دهنده اجزای طول خط کاهش سرعت است ۱۰۳
شکل ۴-۴۴- مثال‌هایی از طرح لچکی برای خط کمکی گردش به راست و گردش به چپ ۱۰۸
شکل ۴-۴۵- راهنمای خط گردش به چپ پیشنهاد شده بر اساس ارزیابی سود- هزینه در تقاطع‌های راه‌های دو خطه برون‌شهری ۱۰۹
شکل ۴-۴۶- راهنمای خط گردش به چپ پیشنهاد شده بر اساس ارزیابی سود- هزینه در تقاطع‌های راه‌های چهارخطه برون‌شهری ۱۰۹
شکل ۴-۴۷- طرح گردش به چپ با خط کمکی در راه‌های دارای میانه- مقادیر حداقل ۱۱۰
شکل ۴-۴۸- طرح گردش به چپ با خط کمکی در راه‌های دارای میانه – نوع میانه سرفشنگی ۱۱۱

شکل ۴-۴۹- مثال‌هایی از خطوط گردش به چپ با جابه‌جایی منفی، صفر، و مثبت ۱۱۲
شکل ۴-۵۰- خطوط گردش به چپ جابه‌جاشده موازی و لچکی ۱۱۲
شکل ۴-۵۱- تقاطع چهارراهی با خطوط گردش به چپ همزمان ۱۱۳
شکل ۴-۵۲- طرح بیش از حداقل برای بریدگی‌های میانه (انتهای سرفشنگی) ۱۱۷
شکل ۴-۵۳- طرح مسیرهای گردش به چپ غیر مستقیم دسته سبوئی و مسیر گردراه‌های ۱۱۸
شکل ۴-۵۴- نمونه ای از طرح تقاطع با مسیر گردراه‌های ۱۱۹
شکل ۴-۵۵- نقاط درگیر تقاطع گردش به چپ جابهجاشده ۱۲۰
شکل ۴-۵۶- طرح مسیرهای گردش به چپ غیرمستقیم در راه‌های با میانه عریض ۱۲۰
شکل ۴-۵۷-تقاطع دوربرگردان محدود شده (RCUT) ۱۲۱
شکل ۴-۵۸-تصویر مسیر عابر پیاده از تقاطع دوربرگردان محدود شده ۱۲۲
شکل ۴-۵۹- دوربرگردان غیرمستقیم با میانه باریک ۱۲۴
شکل ۴-۶۰- نمونه ای از یک میدان در منطقه برون‌شهری ۱۲۵
شکل ۴-۶۱- اجزاء هندسی پایه در یک میدان ۱۲۷
شکل ۴-۶۲- نمونه ای از آرایش خطوط در میدان ۱۳۰
شکل ۴-۶۳-هم‌پوشانی مسیر در یک میدان چندخطه ۱۳۱
شکل ۴-۶۴-تقاطع‌های با راه جانبی ۱۳۴
شکل ۵-۱- تقاطع راه- راهآهن ۱۳۹
شکل ۵-۲- حالت ۱- فاصله دید ایمن برای خودرو در حال حرکت جهت عبور یا توقف در تقاطع راه با راه‌آهن ۱۴۲
شکل ۵-۳- حالت ۲- فاصله دید ایمن لازم برای شروع حرکت وسیله نقلیه از حالت توقف و گذر از محل تقاطع ۱۴۳
شکل۶-۱-انواع چیدمان تبادل ۱۴۸
شکل ۶-۲- نمونه سازه‌های غیرهمسطح با کوله‌های بسته ۱۵۳
شکل ۶-۳- نمونه سازه غیرهمسطح با کوله باز ۱۵۴
شکل ۶-۴-سازه‌های غیرهمسطح چندطبقه ۱۵۵
شکل۶-۵- فاصله آزاد جانبی برای زیرگذر مسیر اصلی ۱۵۷
شکل۶-۶- نمونه سازه‌های روگذر ۱۵۸
شکل ۶-۷- فاصله لازم برای رسیدن به عبور غیرهمسطح در زمین هموار ۱۶۰
شکل ۶-۸- الگوهای متداول تبادل سه‌راهی با یک سازه تقاطع ۱۶۳
شکل ۶-۹- طرح‌های متداول تبادل‌های سه راهی با چند سازه تقاطع ۱۶۴
شکل ۶-۱۰-تبادل سه‌راهی (Tشکل یا شیپوری) ۱۶۵
شکل ۶-۱۱-تقاطع تبادل سه راهی جهتی ۱۶۶
شکل۶-۱۲- تبادل سه‌راهی جهتی در تقاطع با رودخانه ۱۶۶

شکل۶-۱۳-تبادل شیپوری آزادراه با آزادراه ۱۶۷
شکل ۶-۱۴- نمونه طرح تبادل چهارراهی با رابطهای یک گوشه ۱۶۸
شکل ۶-۱۵- تبادل با رابطهای یک گوشه بر اساس نیازمندی‌های آتی طرح ۱۶۹
شکل ۶-۱۶-نمونه تبادل لوزوی شکل چهارراهی ۱۷۰
شکل۶-۱۷-تبادل لوزوی آرایش متداول ۱۷۱
شکل ۶-۱۸- طرح‌های تبادل لوزوی به منظور کاهش برخوردهای ترافیکی ۱۷۲
شکل۶ -۱۹- تبادل‌های لوزوی با سازه‌های اضافی ۱۷۲
شکل۶-۲۰- آزادراه با یک تبادل لوزوی سه طبقه ۱۷۳
شکل۶-۲۱-تبادل لوزوی شکل با میدان‌هایی در پایانه‌های رابط راه متقاطع ۱۷۴
شکل ۶-۲۲-تبادل لوزوی تک‌نقطه‌ای زیرگذر ۱۷۵
شکل ۶-۲۳-نمونه آرایش لوزوی تکن‌قطه‌ای زیرگذر در حریم محدود ۱۷۶
شکل ۶-۲۴-طرح روگذر برای تبادل لوزوی تک نقطه‌ای با یک راه جانبی و حرکت دوربرگردان مجزای جریان آزاد ۱۷۷
شکل۶-۲۵- تبادل لوزوی تک‌نقطه‌ای زیرگذر و روگذر ۱۷۸
شکل ۶-۲۶- تبادل لوزی واگرایی زیرگذر و روگذر ۱۸۰
شکل ۶-۲۷- دو نمونه تبادل شبدری نسبی و کامل ۱۸۳
شکل ۶-۲۸- تبادل شبدری نسبی ۱۸۴
شکل ۶-۲۹- تبادل شبدری کامل با راههای جمع‌کننده-توزیع‌کننده ۱۸۵
شکل ۶-۳۰- نمونه شماتیک آرایش رابطهای گردشی ورودی و خروجی در تبادل‌های شبدری نسبی ۱۸۶
شکل ۶-۳۱- تبادل چهارراهی (شبدری نسبی یا دو گوشه با رابطهای بعد از سازه اصلی مسیر و مسیر اصلی روگذر) ۱۸۷
شکل ۶-۳۲-تبادل چهارراهی (شبدری نسبی یا دو گوشه با رابطهای بعد از سازه اصلی مسیر و مسیر اصلی به صورت زیرگذر) ۱۸۸
شکل ۶-۳۳- نمونه تبادل‌های جهتی با نواحی تداخلی ۱۸۹
شکل ۶-۳۴- نمونه تبادل‌های جهتی بدون ناحیه تداخلی ۱۹۰
شکل ۶-۳۵- نمونه طرح تبادل‌های جهتی چندطبقه ۱۹۱
شکل ۶-۳۶-تبادل جهتی با دو اتصال نیمه جهتی ۱۹۲
شکل ۶-۳۷-تبادل جهتی چهارسطحی ۱۹۲
شکل ۶-۳۸-تبادل جهتی چهار سطحی ۱۹۳
شکل ۶-۳۹-تبادل جهتی با اتصالات نیمه جهتی و گردراهه‌ها ۱۹۳
شکل۶-۴۰-نمونه طرح تبادل کناری ۱۹۴
شکل ۶-۴۱-تبادل چهار شاخه ترکیبی ۱۹۵
شکل۶- ۴۲-تبادل چهار شاخه، شبدری با یک اتصال نیمه جهتی ۱۹۶

شکل ۶-۴۳-تبادل شبدری با اتصال نیمه جهتی ۱۹۷
شکل ۶-۴۴-تبادل پیچیده ۱۹۸
شکل۶- ۴۵- سازگاری تبادل‌های آزادراهی با انواع تسهیلات متلاقی ۱۹۹
شکل ۶-۴۶- تعریض در محل تبادل جهت ایجاد جزیره جداکننده میانی ۲۰۲
شکل۶-۴۷-فاصله بین تبادل‌ها (بین راه‌های متقاطع متوالی) ۲۰۳
شکل۶-۴۸-تغییر طرح تبادلها جهت حفظ پیوستگی مسیر ۲۰۴
شکل۶-۴۹-نمایش شماتیک تعداد خط‌های پایه ۲۰۵
شکل ۶-۵۰- نمونه‌های متداول توازن تعداد خط‌های عبور ۲۰۶
شکل ۶-۵۱- نحوه تطابق توازن خط‌ها و حفظ تعداد خط‌های پایه ۲۰۷
شکل ۶-۵۲-روش‌های مختلف جهت کاهش یا حذف خط‌های کمکی ۲۰۸
شکل ۶-۵۳- استفاده از خط‌های کمکی جهت هماهنگی اصل توازن و تعداد خط‌های عبور ۲۰۹
شکل ۶-۵۴- انواع مختلف رابط‌ها ۲۱۱
شکل ۶-۵۵- توسعه بربلندی در پایانه رابط جریان آزاد ۲۱۴
شکل ۶-۵۶- مشخصات نمونه ناحیه سه گوش خروجی ۲۱۵
شکل ۶-۵۷- جزئیات طرح ناحیه سه گوش ۲۱۶
شکل ۶-۵۸- کاهش عرض سواره‌رو در رابط‌های ورودی ۲۱۷
شکل ۶-۵۹- ناحیه سه گوش برای خروجی تک خطه ۲۱۷
شکل ۶-۶۰- ناحیه سه گوش در خروجی دو راه اصلی ۲۱۸
شکل ۶-۶۱- ناحیه سه گوش در خروجی دو خطه ۲۱۸
شکل ۶-۶۲- پایانه ورودی ۲۱۹
شکل ۶-۶۳-حداقل فاصله توصیه شده بین پایانه‌های رابط‌های متوالی ۲۲۲
شکل ۶-۶۴-ابعاد فاصله بین رابط‌های متوالی ۲۲۲
شکل ۶-۶۵- طرح‌های متداول رابط ورودی یک خطه ۲۲۴
شکل ۶-۶۶- طرح‌های متداول رابط خروجی یک خطه ۲۲۷
شکل ۶-۶۷-نحوه قرارگیری پایانه‌های لچکی شکل در قوس‌های افقی ۲۳۰
شکل ۶-۶۸-پایانه‌های رابط نوع موازی در قوس افقی ۲۳۱
شکل ۶-۶۹- حالت‌های متداول رابط ورودی دو خطه ۲۳۳
شکل ۶-۷۰- حالت‌های متداول رابط خروجی دو خطه ۲۳۴
شکل ۶-۷۱- حالت‌های متداول انشعاب اصلی ۲۳۵
شکل ۶-۷۲-حالت‌های متداول ورودی‌های اتصال پیوندی ۲۳۶
شکل الف-۱- حداقل مسیر گردشی برای خودروی سبک ۲۴۳

شکل الف-۲- حداقل مسیر گردشی برای اتوبوس نوع یک ۲۴۴
شکل الف-۳- حداقل مسیر گردشی برای اتوبوس نوع دو ۲۴۵
شکل الف-۴- حداقل مسیر گردشی برای تریلی نوع یک ۲۴۶
شکل الف-۵- حداقل مسیر گردشی برای تریلی نوع دو ۲۴۷
شکل الف-۶- طرح نمونه برای مسیرهای گردشی با جریان آزاد ۲۵۰
شکل الف-۷-حداقل طرح بریدگی میانه و اثر اریب بودن بر آن ۲۵۲
شکل الف-۸- طرح شماتیک یا قیاسی اطلاعات ترافیکی تقاطع ۲۵۶
شکل الف-۹- نمونه نمایشی آمار ترافیک ساعت‌های اوج یک تقاطع ۲۵۸
شکل الف-۱۰- طرح شماتیک (مقدماتی) گزینه‌های مختلف تقاطع ۲۵۹
شکل الف-۱۱- جزئیات گزینه‌های مختلف تقاطع (طرح اولیه) ۲۶۰
شکل الف-۱۲-طرح‌های نمونه تقاطع ۲۶۳
ادامه شکل الف-۱۲- طرح‌های نمونه تقاطع ۲۶۴
ادامه شکل الف-۱۲- طرح‌های نمونه تقاطع ۲۶۵
شکل ب-۱- نمونه طرح‌های مقدماتی تبادل ۲۷۲
شکل ب-۲- نمونه طرح اولیه تبادل ۲۷۳
شکل ب-۳- نمونه نیمرخ‌های طرح اولیه تبادل ۲۷۴
شکل ب-۴- نقشه محل مورد نظر برای احداث تبادل ۲۷۵
شکل ب-۵- نمونه‌های مختلف کنترل دسترسی ۲۷۹
ادامه شکل ب-۵- نمونه‌های مختلف کنترل دسترسی ۲۸۰

# فهرست جداول


| عنوان | شماره صفحه |
|---|---|
| جدول ۳-۱- انواع تقاطع‌های شیوه‌های مختلف حمل ونقل | ۲۰ |
| جدول ۳-۲- عرض‌های سواره‌رو برای مسیرهای گردشی | ۳۳ |
| جدول ۳-۴- حالت و شرایط ترافیکی برای وسایل نقلیه بزرگتر | ۳۴ |
| جدول ۳-۵- عرض‌های شانه قابل استفاده یا فاصله بی‌مانع جانبی معادل در مسیرهای گردشی، به غیر از محل سازه راه | ۳۴ |
| جدول ۴-۱- ابعاد کلیدی انواع مختلف کاربران غیرموتوری | ۴۸ |
| جدول ۴-۲- مقایسه انواع میدان‌ها | ۶۲ |
| جدول ۴-۳- طول ضلع مثلث دید در تقاطع بدون کنترل | ۷۱ |
| جدول ۴-۵- فاصله زمانی برای حالت ۲-الف، گردش به چپ از حالت توقف | ۷۳ |
| جدول ۴-۶- فاصله دید تقاطع برای گردش به چپ از حالت توقف | ۷۴ |
| جدول ۴-۸- فاصله دید تقاطع برای گردش به راست و عبور مستقیم از مسیر فرعی در تقاطع با تابلوی ایست | ۷۷ |
| جدول ۴-۹- طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر فرعی برای حالت عبور مستقیم از تقاطع‌های دارای حق تقدم | ۷۸ |
| جدول ۴- ۱۱- فاصله زمانی برای حالت ۳-ب، برای گردش به چپ یا راست از راه فرعی در تقاطع با تابلوی حق تقدم | ۸۱ |
| جدول ۴-۱۳- فاصله زمانی برای حالت ۶، برای گردش به چپ از مسیر اصلی | ۸۴ |
| جدول ۴-۱۵- مقدار حداکثر تفاوت جبری در شیب عرضی سوارهرو در پایانه‌های مسیر گردشی | ۱۰۲ |
| جدول ۴-۱۶- مسافت تغییر خط و کاهش سرعت مطلوب | ۱۰۴ |
| جدول۴- ۱۷- طول انباشت صف محاسبه شده | ۱۰۶ |
| جدول ۴-۱۹- ضوابط طرح حداقل بریدگی میانه‌ها | ۱۱۵ |
| جدول ۴-۲۰- طرح حداقل برای دوربرگردان‌ها | ۱۲۴ |
| جدول ۵-۱- فاصله دید طرح راه برای سرعت‌های مختلف خودرو و قطار (تریلی ۲۲/۴ متر در تقاطع با زاویه قائم مسیر ریلی تک خطه) | ۱۴۱ |
| جدول ۶-۱- مقادیر راهنما برای سرعت طرح در رابط‌ها با توجه به سرعت طرح راه | ۲۱۲ |
| جدول ۶-۲- حداکثر شیب طولی رابط‌ها | ۲۱۳ |
| جدول ۶-۳- حداقل طول لچکی بعد از عقب‌نشینی دماغه | ۲۱۷ |
| جدول ۶-۴- حداقل طول لازم برای خط‌های افزایش سرعت رابط‌های ورودی با شیب طولی کمتر از ۳ درصد | ۲۲۵ |
| جدول ۶-۶- حداقل طول لازم برای خط‌های کاهش سرعت رابط‌های خروجی با شیب طولی کمتر از ۳ درصد | ۲۲۷ |

جدول الف-۱- معیارهای طرح حداقل مسیر گردشی ۲۳۹
جدول الف-۲- طرح مسیر گردشی با جزیره‌های گوشه ۲۴۹
جدول الف-۳- ضوابط طرح حداقل بریدگی میانه‌ها ۲۵۱
جدول الف-۷- مقادیر طرح برای حداقل بریدگی میانه با شعاع کنترل ۱۵ متر برای زوایای مختلف اریب ۲۵۲
جدول الف-۸- طرح حداقل برای دوربرگردان‌ها ۲۵۴
جدول ب-۱- مشخصات ترافیکی حرکت‌های موجود ۲۷۵
جدول ب-۲- اولویت‌بندی خصوصیات و ویژگی‌های گزینه‌های پیشنهادی ۲۷۸

# فصل ۱

## کلیات

## ۱-۱-مقدمه

این نشریه قبلاً به همراه ضوابط طراحی راه در قالب نشریه ۴۱۵ و در فصول ۸ و ۹ آن نشریه ارائه شده بود که تحت عنوان "آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران" می‌باشد. این نشریه به عنوان یکی از دستورالعمل‌های سازمان برنامه و بودجه، و اصلی‌ترین مرجع طراحی تقاطع‌های راه در کشور است. در ابتدا مهندسان خارجی بر اساس ضوابط کشور خودشان برای راه‌های ایران طراحی راه می‌نمودند و لذا دستورالعمل مدونی در خصوص طراحی مسیر وجود نداشت و هر شرکت بر اساس آن که چه ملیتی داشته است ضوابط و حتی واژگان خود را استفاده می‌نمود. پیشتر ابلاغیه‌های فنی ۱۶ گانه سالهای ۱۳۳۴ تا ۱۳۳۸ وزارت برنامه و بودجه سابق برای طرح راه در کنار دستورالعمل‌های خارجی مورد استفاده قرار می‌گرفت. تا اینکه در سال ۱۳۵۲ به دلیل رشد سریع بودجه‌های عمرانی و عدم وجود مشخصات و معیارهای مختلف در زمینه طراحی مسیر و راهداری "وزارت راه" وقت، تصمیم به انجام این مهم با استفاده از خدمات هیات فنی موسسه فرانسوی BCEOM گرفت و این موسسه با تحقیقاتی ۲ ساله (۱۳۵۴ تا ۱۳۵۶) مجموعه‌هایی ارزشمند تحت عناوین گزارش موقت "دستورالعمل معیارهای طرح هندسی آزادراه‌ها" و "دستورالعمل معیارهای طرح هندسی راه‌های اصلی و فرعی" در سال ۱۳۵۷ ارائه نمود. اما همین مجموعه‌ها در سالهای پس از انقلاب، تحت عنوان "رهنمودهای فنی درباره اصول طرح هندسی راه‌های اصلی و فرعی" ارائه شدند که مهندسان خبره ایرانی آن را به فارسی برگرداندند و در نهایت چاپ اول آن در سال ۱۳۷۰ انجام شد. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی "وزارت برنامه بودجه" وقت نیز اقدام به ارائه دستورالعمل‌هایی همچون نشریه ۸۵ (معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی)، نشریه ۸۶ (معیارهای طرح هندسی راههای روستایی)، نشریه ۸۷ (معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها)، نشریه ۸۸ (چکیده‌ای از معیارهای طرح هندسی راه ها و تقاطع‌ها) به اتفاق مهندسان خبره و اساتید باتجربه‌ای همچون دکتر امیرمحمد طباطبایی نمود که تقریباً اولین گام اساسی در این زمینه محسوب می‌شد و پایه همه آنها از استاندارد قدرتمند آشتو و یا آشو اقتباس و اخذ شده بود. این نشریه برای تقاطع راه‌های برون‌شهری استخراج گردید و با تغییرات مرجع اصلی آشتو در سالیان اخیر، تغییرات آن امری ضروری به نظر می‌رسد. لذا این مهم در بازنگری نشریه ۴۱۵ و تحت عنوان "دستورالعمل ضوابط طرح هندسی راه‌های ایران" مورد توجه اصلی قرار گرفته است.

از آنجائی که در طراحی تقاطع پارامترهای متعدد و متنوعی دخالت دارند، همه این پارامترها با محوریت طراحی هندسی تغییر نموده و یک سیستم را جهت خدمت‌رسانی به ترافیک ایجاد می‌نمایند. از طرف دیگر وظیفه خدمت‌رسانی هندسه تقاطع مسیر به ترافیک باید با تأمین ایمنی کاربران به عنوان شرط اساسی انجام گیرد. لذا ارائه ضوابط طرح هندسی تقاطع راه از اهمیت بالایی برخوردار است. در اینجا سعی شده است که این ضوابط به روز رسانی و بر اساس آخرین استانداردهای بین المللی جهت یکسان‌سازی طرح‌های کشور ارائه گردد.

## ۱-۲-سابقه وزارت راه و شهرسازی

سابقه وزارت راه و شهرسازی کنونی به عنوان متولی ساخت و نگهداری سیستم‌های حمل و نقل کشور به شرح ذیل بوده است:

- سال ۱۲۹۸ "وزارت فوائد عامه" تاسیس شد. بعدها نام "وزارت فلاحت و تجارت و فوائد عامه" را از آن خود کرد که امور راهسازی در آن انجام می‌گرفت.
- از سال ۱۳۰۱ اداره‌ای به نام "اداره کل طرق و شوارع" در وزارت فلاحت و تجارت و فوائد عامه جهت ساخت، نگهداری و بهره‌برداری راه‌ها و تقاطع‌ها تشکیل گردید که کشور را به چند ناحیه دسته بندی می‌نمود.
- در سال ۱۳۰۸"اداره کل طرق و شوارع" به جهت توسعه راهسازی در کشور به "وزارت طرق و شوارع" تبدیل شد.
- در سال ۱۳۱۵ "وزارت طرق و شوارع" با تصویب شواری ملی به "وزارت راه" تغییر یافت.
- در سال ۱۳۵۳ "وزارت راه" در راستای اعمال سیاست جامع و هماهنگ برای ترابری کشور و توسعه و تجهیز، گسترش، نگهداری و ایجاد تأسیسات زیربنایی آن، به "وزارت راه و ترابری" تغییر یافت.
- در نهایت در سال ۱۳۹۰ در راستای کوچک سازی دولت و ادغام چندین وزارت‌خانه، وزارت راه و ترابری و وزارت مسکن و شهرسازی ادغام شدند و "وزارت راه و شهرسازی" ایجاد شد.

## ۱-۳-سابقه آیین‌نامه

سابقه تهیه و ابلاغ دستورالعمل ها و معیارهای طرح هندسی راه ها بر اساس نهاد مسئول به شرح ذیل است:

### ۱-۳-۱-وزارت راه و شهرسازی

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

### ۱-۳-۲-سازمان برنامه و بودجه کشور (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، وزارت برنامه و بودجه)

- معیارهای طرح هندسی راه روستایی- نشریه شماره ۸۶ - سال ۱۳۶۴؛
- چکیده‌ای از معیارهای طرح هندسی راه‌ها و تقاطع‌ها- نشریه شماره ۸۸ - سال ۱۳۶۴؛
- معیارهای طرح هندسی راه‌های اصلی و فرعی- نشریه شماره ۸۵- سال ۱۳۶۵؛
- معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها- نشریه شماره ۸۷ - سال ۱۳۶۷؛
- آئین‌نامه طرح هندسی راه‌ها- نشریه ۱۶۱- سال ۱۳۷۵؛

- آئین‌نامه طرح هندسی راه روستایی - نشریه ۱۹۶ - سال ۱۳۷۸؛ و
- آئین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران- نشریه ۴۱۵ - سال ۱۳۹۱,

## ۱-۴-هدف از ضوابط و معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها و بازنگری آن

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

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

ب- حصول نیازها و هدف‌های استفاده‌کنندگان؛

پ- توجه بیشتر به تأمین نیازهای استفاده‌کنندگان آسیب‌پذیر؛

ت- در نظر گرفتن هزینه‌ها و ارزش‌های حفظ محیط زیست و منظرآرایی؛

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

ج- توجه بیشتر به هزینه نگهداری و تعمیرات در دوران بهره‌برداری.

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

در مطالعات تقاطع باید هماهنگی طرح هندسی با نیازمندی‌های حجم ترافیک در ساعت طرح، با توجه به طبقه‌بندی عملکردی و بافت منطقه‌ای، شرایط محیطی راه و برای انواع وسایل حمل و نقل جهت حصول هدف غایی مورد نظر باشد که همان ایجاد امکان جابه‌جایی و دسترسی با تأمین ایمنی بهره‌برداری از راه است.

هدف از دستورالعمل ضوابط طرح هندسی تقاطع راه، تدوین ضوابطی واحد برای ایجاد هماهنگی در طراحی پروژه-های راهسازی کشور است و هدف از بازنگری آن، به روز رسانی و اعمال اصلاحاتی است که در طول سال‌های گذشته (از تاریخ ابلاغ آئین‌نامه) مورد توجه قرار گرفته است. نتیجه بازنگری، این نشریه است که جایگزین فصول ۸ و ۹ نشریه ۴۱۵- آئین‌نامه طرح هندسی راه‌های ایران شده است.

## ۱-۵-کاربرد آیین‌نامه

در دستورالعمل ضوابط طرح هندسی راه‌ها، حداقل یا حداکثر معیارهای طراحی ارائه می‌شود. در طراحی‌ها، معمولاً مقادیر بالاتر از حداقل‌ها یا پایین‌تر از حداکثرهای مورد اشاره در آیین‌نامه با لحاظ ایمنی راه، درجه اهمیت، تحلیل سود به هزینه و حجم ترافیک در نظر گرفته می‌شود. در دستورالعمل ضوابط طرح هندسی تقاطع‌ها، معیارهای طراحی برای عناصر راه به صورت جداگانه ارائه می‌شود. در نتیجه قرار گرفتن عناصر طرح شده در کنار یکدیگر، همیشه نمی‌تواند

ارائه‌دهنده یک طرح ایمن باشد، لذا لازم است تا طراح، موارد مرتبط با ایمنی به ویژه موارد ذیل را در طراحی مدنظر قرار دهد:

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

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

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

### ۱-۵-۱-معیارهای اجباری

معیارهای اجباری، برای تأمین هدف‌های طراحی مورد نیاز است. در چنین معیارهایی از واژه «باید» و «نباید» استفاده شده است.

### ۱-۵-۲-معیارهای توصیه شده

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

### ۱-۵-۳-معیارهای کنترل‌کننده

برای تأمین ایمنی راه‌ها باید به معیارهای کنترل‌کننده توجه کرد که برخی از آنها به شرح ذیل‌اند:

۱- سرعت طرح، ۲- عرض خط عبور،

۳- عرض شانه، ۴- عرض راه در ابنیه فنی،

۵- قوس‌های‌افقی (پیچ‌ها)، ۶- قوس‌های قائم،

۷- شیب‌های طولی، ۸- حداقل فواصل دید،

۹- شیب‌های عرضی، ۱۰- بربلندی،

۱۱- عرض آزاد، و ۱۲- ارتفاع آزاد.

کلیه معیارهای فوق از نوع معیارهای اجباری است.

### ۱-۵-۴-سایر معیارها

در صورت عدم وجود معیاری در این پیوست و سایر پیوست‌های مجموعه آئین‌نامه راه‌های ایران، می‌توان به دستورالعمل‌ها و سایر استانداردهای بین‌المللی همچون آشتو مراجعه نمود. در صورت مشاهده مغایرت بین این دستورالعمل با سایر منابع به ویژه منابع غیر رسمی، این دستورالعمل معتبر است.

# فصل ۲

## تعریف ها و اختصارها

| ردیف | عنوان به فارسی | عنوان به لاتین | تعریف/تعاریف | توضیحات |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | نقاط درگیر، نقاط متعارض | Conflict Points | نقاطی که در آن حرکت‌های متقاطع رخ می دهد که شمال تلاقی، همگرایی و واگرایی است. | |
| ۲ | ناحیه فیزیکی تقاطع | Intersection Physical Area | ناحیه ثابتی که به گوشه های تقاطع محدود می شود و تقریباً بیانگر فضای مشترک است. | |
| ۳ | ناحیه عملکردی تقاطع | Intersection Functional Area | ناحیه ای از تقاطع که بر شاخه‌های آن اثر گذار است و فاصله حرکت و تصمیم‌گیری و طول انباره صف در آن در نظر گرفته می‌شود. | |
| ۴ | برخورد | Collision | برخورد وسایل نقلیه به یکدیگر که دارای انواع مختلفی است. | |
| ۵ | خط عرضی عابر پیاده | Crosswalk | محل عبور عابر پیاده از عرض خیابان که معمولاً با خط کشی حریم عابرپیاده را تعیین می‌کند. | |
| ۶ | حمل‌ونقل عمومی | Transit | سیستم حمل و نقل عمومی مسافری که برای جابه جایی مسافر مورد استفاده قرار می‌گیرد. | |
| ۷ | جانپناه | Refuge | جانپناه جهت حفظ عابران پیاده در حین عبور از عرض خیابان مورد استفاده قرار می‌گیرد. | |

| ردیف | عنوان به فارسی | عنوان به لاتین | تعریف/تعاریف آیین‌نامه | توضیحات |
|---|---|---|---|---|
| ۸ | جزیره مجزاکننده | Splitter Island | جزیره مثلثی شکل در میدان‌ها جهت جدا کردن ترافیک ورودی و خروجی. | |
| ۹ | تقاطع‌های گردشی | Rotaries | نوعی از میادین که قطر زیادی داشتند و سرعت وسایل نقلیه در گردش به دور آنها زیاد بود. امروزه پیشنهاد نمی‌شوند. | |
| ۱۰ | رویکرد تقاطع | Intersection Approach | مسیری از ورودی‌های تقاطع که وسایل نقلیه وارد تقاطع می شوند. معمولا یک تقاطع عادی چهار رویکرد دارد. | |
| ۱۱ | تقاطع همسطح بدون جریان‌بندی (هدایت‌نشده) | Unchannelized Intersection | ساده ترین نوع تقاطع که مسیرهای متقاطع همدیگر را بدون جداکننده های فیزیکی ترافیکی قطع می‌کنند. | |
| ۱۲ | تقاطع همسطح پخ-دار (لاله‌ای) | Flared Intersection | نوعی از تقاطع همسطح که در آن گوشه های تقاطع درای پخی یا لچکی جهت افزایش فضا و ظرفیت تقاطع و گردش مناسبتر وسایل نقلیه است. | |
| ۱۳ | تقاطع همسطح جریان‌بندی‌شده (هدایت‌شده) یا کنالیزه‌شده | Channelized Intersection | نوع از تقاطع که مسیرهای متقاطع با جداکننده های فیزیکی ترافیکی از جمله جدول کناری و خط کشی روسازی مشخص شده اند تا در کنترل و هدایت جریان ترافیک برای تعیین مسیر بیشتر کمک کنند. | |
| ۱۴ | تقاطع همسطح دایره‌ای | Circular Intersection | یک مفهوم عام که تمام انواع گونه های تقاطع های همسطحی که در آن جریان ترافیک به دور جزیره مرکزی گردش می کنند را شامل می‌شود. | |
| ۱۵ | کنترل حق تقدم | Yield Control | نوعی از کنترل تقاطع که در آن اولویت به جریان مسیر اصلی یا جریان دور میدان داده می شود و سپس جریان با اولویت بعدی با احتیاط وارد تقاطع می‌شود. | |
| ۱۶ | دایره ترافیکی محلی | Neighborhood Traffic Circle | نوعی از میادین کوچک که معمولا در نواحی مسکونی به کار می روند و سبب مدیریت جریان ترافیک می شوند و نقاط درگیری را کاهش می‌دهند. | |

| ردیف | عنوان به فارسی | عنوان به لاتین | تعریف/تعاریف | توضیحات |
|---|---|---|---|---|
| ۱۷ | تقاطع مسیر گردراهه‌ای | Loop Roadway Intersection | نوعی از تقاطع همسطح که در آن ترافیک بالای گردش به چپ، ترافیک چپگرد به صورت حرکت مستقیم از تقاطع عبور می‌کند و خروج از مسیر پس از تقاطع است. | |
| ۱۸ | تقاطع دسته-سبویی | Jughandle Intersection | نوعی از تقاطع همسطح که در آن به دلیل ترافیک بالای گردش به چپ، ترافیک چپگرد به صورت حرکت مستقیم از تقاطع عبور می‌کند و خروج از مسیر قبل از تقاطع است. | |
| ۱۹ | تقاطع گردش به چپ جابه‌جا شده | Displaced Left-turn Intersection | تقاطعی که در آن جریان گردش به چپ و ترافیک عبوری به طور همزمان از تقاطع عبور می‌کنند. | |
| ۲۰ | تقاطع جریان پیوسته | Continuous-flow Intersection (CFI) | | |
| ۲۱ | تقاطع گردش به چپ جابه‌جا شده متقاطع | Crossover-displaced Left-turn Intersection (XDL) | | |
| ۲۲ | تقاطع دور برگردان محدود شده | Restricted Crossing U-Turn (RCUT) Intersection | تقاطعی که در آن هر دوی جریان‌های عبوری و گردش به چپ تلاقی کننده فرعی به دوربرگردان مسیر اصلی هدایت می‌شود. | |
| ۲۳ | تقاطع فوق خیابان | Superstreet Intersection | | |
| ۲۴ | تقاطع J شکل | J-turn Intersection | | |

| ردیف | عنوان به فارسی | عنوان به لاتین | تعریف/تعاریف | توضیحات |
|---|---|---|---|---|
| ۲۵ | پیش انداز | Apron | ناحیه ای در اطراف میدان که معمولا در صورت تجاوز وسایل نقلیه سنگین به جزیره مرکزی استفاده می‌شود. | |
| ۲۶ | بیرون رفتگی | Bump-out or Loon | در تقاطع RCUT برای جلوگیری از خروج از محوریت وسایل گردشی در دوربرگردان از بیرون رفتگی استفاده می‌شود. | |
| ۲۷ | ثبات (انسجام) سرعت | Speed Consistency | اختلاف سرعت عملکردی مشاهده شده بین اجزا متوالی راه. | |
| ۲۸ | توازن خط | Lane Balance | ایجاد تعادل منطقی بین خطوط ترافیکی ورودی به یک مقطع و خطوط ترافیکی خروجی از همان مقطع راه. | |
| ۲۹ | پیوستگی خط | Lane Continuity | تأمین مسیر جهتی در طول یک معبر معین که به یک عنوان از مسیر اصلی اطلاق می‌شود. | |
| ۳۰ | خط کناری | Slip Lane | نوعی اتصال عرضی که امکان ورود و خروج مسیر اصلی را با راه جانبی فراهم می‌کند. | |
| ۳۱ | دسترسی اختصاصی یا راه اتصالی | Driveway | هر ورودی، خروجی شاخه و اتصالی که کاربری‌های اطراف راه را به آن متصل کند. | |
| ۳۲ | پل نوع عرشه‌ای | Deck-type Bridge | نوعی از پل که عرشه عبوری در بالای بال تیر یا بالای شاهتیر تکیه گاهی قرار دارد. | |
| ۳۳ | پل نوع عبوری | Through Bridge | نوعی از پل که عرشه عبوری در پایین اعضای تیر یا روی بال شاهتیر تکیه گاهی قرار دارد و معمولاً قسمت بالای تیر به هم متصل شده است و از میان مقطع عبور می‌کند. | |

| ردیف | عنوان به فارسی | عنوان به لاتین | تعریف/تعاریف | توضیحات |
|---|---|---|---|---|
| ۳۴ | پل نوع عبوری نسبی | Partial through Bridge | نوعی از پل که عرشه عبوری در پایین اعضای تیر یا روی بال شاهتیر تکیه گاهی قرار دارد و قسمت بالای تیر به هم متصل نشده است و از میان مقطع عبور می‌کند. | |
| ۳۵ | تیر ورق | Plate Girder | شاهتیری که با ورق‌های فولادی ساخته شده است. | |
| ۳۶ | پل قوسی پایه دار | Spandrel arch bridge | پلی که بین پایه‌ای آن قوس ایجاد می‌شود. | |
| ۳۷ | تبادل لوزوی تک نقطه‌ای | Single-Point Diamond Interchange | نوعی از تبادل لوزوی که بین حرکات گردش به چپ ورودی به تقاطع و گردش به چپ خروجی تقاطع، یک نقطه مرکزی ایجاد می‌شود. | |
| ۳۸ | تبادل لوزوی واگرائی | Diverging Diamond Interchange (DDI) | نوعی از تبادل لوزوی که با دو تقاطع همسطح حالت صلیبی (چلیپایی) که با جابه جایی جهت حرکت بین دو تقاطع چلیپایی حالتی ایجاد می‌شود که عبور و مرور نسبت به حالت تبادل لوزوی تسهیل می یابد. | |
| ۳۹ | تبادل لوزوی چلیپای دوگانه | Double Crossover Diamond (DCD) Interchange | | |
| ۴۰ | چلیپا | Crossover | ناحیه تقاطعی صلیبی که معمولاً در تبادل‌های لوزوی واگرایی ایجاد می‌شود. | |
| ۴۱ | ناحیه سه گوش | Gore Area | ناحیه واگرایی پایانه خروجی بین رابط و راه ایجاد می‌شود و فضای برای تأمین ایمنی وسایل نقلیه خروجی است. | |

# فصل ۳

# کلیات تقاطع‌ها

## ۳-۱- مقدمه

تقاطع در کل به معنی تلاقی دو یا چند مسیر هم نوع یا غیرهم‌نوع است که ممکن است به صورت همسطح یا غیرهمسطح باشد. در تقاطع‌ها زمانی که مسیرهای متلاقی هم‌نوع باشند، می‌تواند ارتباط ترافیکی نیز برقرار گردد. در این فصل انواع حالت‌های تقاطع بررسی می‌شود و در انتها مندرجات با رویکرد راه جمع‌بندی می‌شود. در این آیین‌نامه حیطه ارائه مطالب با رویکرد منطقه برون‌شهری است که شامل بافت برون‌شهری و بافت شهرک برون‌شهری می‌باشد.

انواع تقاطع‌های راه در حالت‌های مختلف

تقاطع‌های همسطح راه و تقاطع‌های غیرهمسطح راه با هر چهار شیوه حمل‌ونقل و یا چهار حالت راه، راه‌آهن، راه‌هوائی شامل نواحی عملیاتی هوائی فرودگاه و راه‌آبی تلاقی داشته باشند. در جدول (۳-۱) تقاطع‌های انواع شیوه‌های مختلف حمل-ونقل نمایش داده شده است.

جدول ۳-۱- انواع تقاطع‌های شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل

| ردیف | نوع تقاطع راه | تقاطع راه در حالت‌های مختلف | توضیح |
|---|---|---|---|
| ۱ | تقاطع همسطح | راه-راه | در این حالت یک راه با راه(های) دیگر تلاقی همسطح دارد و ارتباط ترافیکی وسیله نقلیه بین مسیرهای متلاقی معمولاً وجود دارد ولی ممکن است این ارتباط وجود نداشته باشد. |
| | | راه-راه‌آهن | راه و راه‌آهن به صورت همسطح تلاقی دارند. این حالت در راه‌ها و راه‌آهن‌های با درجه عملکردی پایین اتفاق می‌افتد. |
| | | راه-باند پرواز یا تکسیوی فرودگاه | راه و باند پروازی یا تکسیوی یا راه‌های بخش هوایی فرودگاه به صورت همسطح تلاقی دارند. این حالت مجاز نیست. در حالت نادر آن، در راه‌ها و باندهای پروازی با درجه عملکردی پایین و با محدودیت فضا اتفاق می‌افتد. |
| | | راه –راه‌آبی | راه و راه آبی به صورت همسطح تلاقی دارند. این حالت هم می‌تواند در راههای با درجه عملکرد متوسط و پایین و هم در راه‌های محلی رخ دهد. این حالت نادر است. |
| ۲ | تقاطع غیرهمسطح یا گذر غیرهمسطح | راه-راه | در این حالت یک راه با راه(های) دیگر تلاقی غیرهمسطح دارد و البته ارتباط ترافیکی وسیله نقلیه بین مسیرهای متلاقی وجود ندارد. |
| | | راه-راه‌آهن | راه با راه‌آهن تلاقی غیرهمسطح دارد. |
| | | راه-باند پرواز یا تکسیوی فرودگاه | راه با باند پرواز یا تکسیوی یا راه‌های بخش هوایی فرودگاه تلاقی غیرهمسطح دارد. معمولاً راه به صورت زیرگذر عبور می‌کند. |
| | | راه-راه‌آبی | راه با راه آبی تلاقی غیرهمسطح دارد. |
| ۳ | تبادل | راه-راه | در این حالت یک راه با راه(های) دیگر تلاقی غیرهمسطح دارد و ارتباط ترافیکی وسیله نقلیه بین مسیرهای متلاقی وجود دارد. |

تقاطع‌های همسطح راه-راه متداول‌ترین حالت تقاطع‌های همسطح هستند. تقاطع همسطح راه-راه‌آهن نیز در حالتی که درجه عملکردی راه یا راه‌آهن بالا نباشد مجاز است. در خصوص تقاطع همسطح راه-باند پرواز و تکسیوی یا راه‌های بخش هوایی فرودگاه این حالت مجاز و مرسوم نیست و به دلیل اینکه باند پرواز و تکسیوی فرودگاه در بخش هوایی فرودگاه اتفاق می‌افتد که کنترل امنیتی دارد و قابل دسترس برای عموم نیست، پیشنهاد نمی‌شود و در محل‌های با فضای محدود ممکن است رخ دهد. این حالت با تقاطع‌های همسطح جاده‌های سرویس و دسترسی داخل بخش هوایی و سطوح پروازی که مکرراً با تکسیوی‌های فرودگاه تقاطع دارند، متفاوت است و طرح آنها متناسب با استانداردهای فرودگاهی انجام می‌گیرد. در مورد تقاطع همسطح راه‌های با درجه عملکرد متوسط و پایین با راه‌های آبی در برخی مواقع اتصال دو طرف راه بین دو اسکله با

شناورها و کشتی‌هایی (معمولاً در عرض رودخانه، مشروط بر آن که در جهت طولی رودخانه یا مسیر متلاقی آنها، ترافیک عبوری کشتی‌ها چشمگیر نباشد) انجام می‌گیرد. همچنین در حالت دیگر در تقاطع همسطح راه محلی با مسیل‌های فصلی هم که باز چندان مرسوم نیست، چنانچه اجتناب ناپذیر باشد، می‌توان از آب‌نما استفاده نمود که نوعی از سازه‌های راه می-باشد.

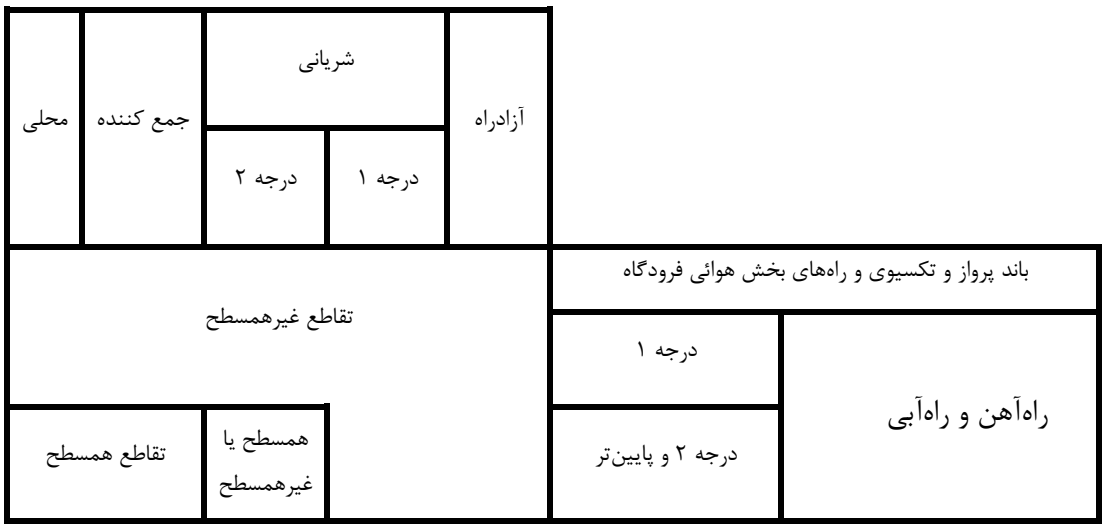
در خصوص تقاطع غیرهمسطح راه-راه‌آهن چنانچه راه زیرگذر باشد، لازم است عرض گاباری ساختمان مسیر ریلی و بار محور طرح، در طول سازه پل غیرهمسطح در نظر گرفته شود. البته تهمیدات زمان احداث سازه تقاطع با احتساب انسداد موقت بهره‌برداری خط ریلی باید در نظر گرفته شود. چنانچه راه به صورت رو گذر عبور نماید، لازم است گاباری ساختمان مسیر ریلی، در طرح طول سازه تقاطع (پل یا گالری) در نظر گرفته شود. این حالت با توجه به اثر کمتر در انسداد بهره برداری خط ریلی در زمان ساخت، مناسب‌تر است. در تقاطع غیرهمسطح راه-باند پرواز و تکسیوی و راه‌های بخش هوائی فرودگاه که در فرودگاه‌های بزرگ دنیا اتفاق می‌افتد، معمولاً راه‌ها از زیر تکسیوی‌های ارتباطی دو بخش هوائی عبور می‌کنند (فرودگاه بین‌المللی امام خمینی). در این حالت بار هواپیمای طرح در طرح سازه تقاطع و عرض تاکسیوی در طول سازه تقاطع اثر گذار است. معمولاً طول سازه برای هواپیماهای با کد F به قدری زیاد است که به زیرگذر، تونل اطلاق می‌شود. در تقاطع غیرهمسطح راه- راه آبی معمولاً راه به صورت زیرگذر عبور می‌نماید (مثال تقاطع غیرهمسطح پل آبی ولوومیر/هلند). در این حالت لازم است عمق آبخورکشتی طرح در نظر گرفته شود. لذا معمولاً عمق آب خور کشتی‌های بزرگ در افزایش ارتفاع و طول زیرگذر اثر چشمگیری می‌تواند داشته باشد. همچنین بار دینامیکی آب و کشتی طرح در سازه تقاطع غیرهمسطح و عرض عبوری نیز در طول سازه اثرگذار است.

در کل اولویت تقاطع‌های غیرهمسطح و تبادل‌ها به سبب جلوگیری از افت مشخصات عملکردی و ایمنی سیستم‌های حمل‌ونقل، بالاتر از تقاطع‌های همسطح است. در حقیقت حالت مطلوب، عدم تلاقی دو مسیر با یکدیگر است.

## ۳-۲- تقاطع‌های راه-راه‌آهن و راه-راه آبی

تقاطع در کل منطقه‌ای است که در آن دو یا چند سیستم حمل و نقل همدیگر را قطع می‌کنند که در آن پیش‌بینی‌های لازم، چه از لحاظ ارتباط دو طرف تقاطع و چه از نظر تسهیلات جانبی در نظر گرفته شده است. تقاطع‌های راه با سایر سیستم‌های حمل‌ونقل چنانچه در جدول (۳-۱) اشاره شد، می‌تواند به صورت تقاطع‌های همسطح و تقاطع غیرهمسطح انجام گیرد. برای انتخاب تقاطع راه-سایر سیستم‌های حمل‌ونقل، ذکر این نکته حائز اهمیت است که در راه‌آهن‌های دوخطه، پر سرعت، پرترافیک، سیستم‌های مترو و همه حالت‌هایی که جریان غیرمنقطع دارند، در ردیف راه‌آهن درجه یک قرار می‌گیرند.

در خصوص تقاطع‌های راه-راه‌آهن و راه-راه‌آبی می‌توان شکل (۳-۱) را در نظر گرفت. البته تصمیم‌گیری پس از بررسی معیارهای انتخاب تقاطع غیرهمسطح بند ۳-۵ می‌باشد.



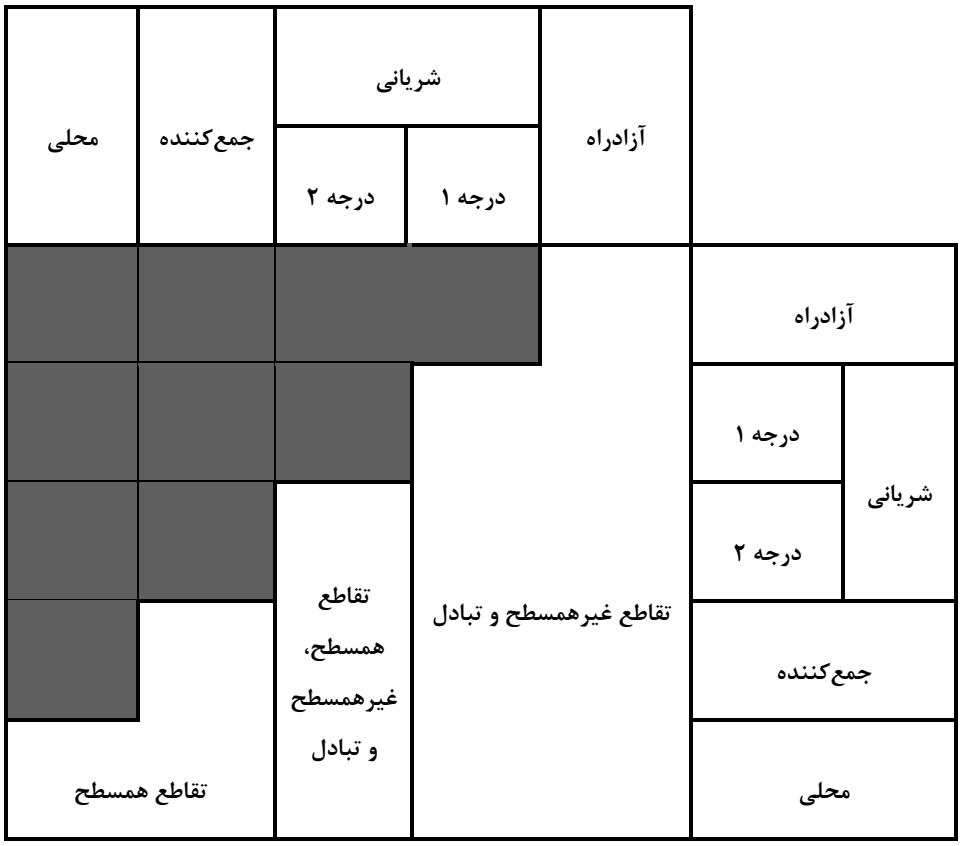

شکل ۳-۱- پیشنهاد اولیه تقاطع راه-راه‌آهن و راه-راه‌آبی

## ۳-۴- تقاطع‌های هم نوع راه

تقاطع راه منطقه‌ای است که در آن دو یا چند راه به همدیگر وصل می‌شوند و یا یکدیگر را قطع می‌کنند که در آن پیش-بینی‌های لازم چه از لحاظ راه‌های ارتباطی و چه از نظر تسهیلات جانبی در نظر گرفته شده است. تقاطع‌های هم نوع راه شامل تقاطع‌های همسطح و تقاطع غیرهمسطح و تبادل می‌باشند که در آن همه مسیرهای متقاطع از نوع راه هستند و که موضوع این آیین‌نامه است.

در خصوص تقاطع‌های راه-راه می‌توان شکل (۳-۲) را در نظر گرفت. البته تصمیم‌گیری پس از بررسی معیارهای انتخاب تقاطع غیرهمسطح و تبادل بند ۳-۵ می‌باشد. نکته: در مورد تقاطع‌های همسطح در هر حالت، به خصوص در مواقعی که شرایط توپوگرافی زمین و ایمنی تقاطع ایجاب می‌کند، می‌توان طرح احداث تبادل را با توجه به مفاد بند ۳-۵ بررسی نمود.

در این آیین‌نامه از این پس تقاطع همسطح راه-راه به اختصار تقاطع همسطح نامیده می‌شود که در فصل ۴ مورد بررسی قرار می‌گیرد. تقاطع‌های همسطح راه-راه‌آهن در فصل ۵ بررسی می‌شوند. همچنین تقاطع غیرهمسطح راه-راه به اختصار تقاطع غیرهمسطح نامیده می‌شود که در فصل ۶ به همراه تبادل‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.




شکل ۳-۲- پیشنهاد اولیه تقاطع راه-راه

## ۳-۵- عوامل مؤثر در انتخاب تقاطع غیرهمسطح/تبادل

در خصوص تقاطع‌های همسطح یا غیرهمسطح/تبادل‌ها، هر یک موارد استفاده‌ای دارند که برای آن موارد به کاربردن آنها عملی است و البته محدوده کاربرد هر یک کاملاً قابل تعریف نیست. انتخاب نهایی نوع تقاطع اغلب نوعی توافق است که پس از در نظر گرفتن حجم و الگوی ترافیک طرح، هزینه، نوع عوارض زمین و میزان حریم موجود به شرح ذیل انجام می‌شود.

### ۳-۵-۱- ترافیک و عملیات بهره‌برداری

هر تقاطعی، ترافیک را با درجات متفاوتی از کارایی عبور می‌دهد. جائی‌که ترافیک مسیر فرعی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مسیر اصلی است، ترافیک عبوری مسیر اصلی در تقاطع همسطح به خصوص در توپوگرافی مسطح کمتر دچار اختلال می‌شود. هنگامی‌که حجم ترافیک در راه فرعی تقاطع به قدری است که برای توجیه چراغ راهنمایی کفایت می‌کند، تمام ترافیک عبوری، تاخیر را تجربه می‌کند. جائی‌که حجم ترافیک عبوری و ترافیک متقاطع تقریباً برابر است، حدود ۵۰ درصد از ترافیک در هر رویکرد باید متوقف شود.

ترافیک عبوری در مسیر غیرهمسطح هیچ تاخیری ندارند مگر جایی‌که شیب‌های طولی تند و طولانی هستند و تعداد وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک زیاد باشد. رابط‌ها در تبادل‌ها اثر منفی قابل توجهی بر ترافیک عبوری ندارند، مگر جایی‌که ظرفیت آنها کافی نیست، یا خطوط همگرا شونده و خطوط تغییر سرعت طول کافی ندارند و یا در جایی‌که مسیرهای گردشی به طور کامل تأمین نشده باشند.

به غیر از آزادراه‌ها، تبادل‌ها معمولاً فقط در جایی استفاده می‌شوند که ترافیک متقاطع یا گردشی نمی‌تواند از یک تقاطع همسطح عبور کند. برخی از سردرگمی رانندگان در تبادل‌ها غیر قابل‌اجتناب است، اما چنین مشکلاتی در مقایسه با مزایای به‌دست آمده از کاهش تاخیرها، توقف‌ها و تصادفات ناچیز است. علاوه بر این، سردرگمی با افزایش تعداد تبادل‌ها کاهش می‌یابد، چرا که رانندگان در استفاده از آنها تجربه کسب می‌کنند، طراحی تبادل‌ها ارتقاء می‌یابد و کیفیت و استفاده از علائم و سایر ادوات کنترل ترافیک افزایش می‌یابد. جایی‌که تعداد تبادل‌ها کم است، تبلیغات، آموزش و اعمال مقررات در استفاده مناسب از الگوی رابط‌ها، در تضمین بهره‌برداری کارآمد ارزشمند است.

تبادل‌ها برای طیف وسیعی از ترکیب ترافیک مناسب هستند. به ویژه زمانی که حجم وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک زیاد است، استفاده از تبادل مطلوب می‌باشد. تبادل‌ها ظرفیت راه‌های پر ترافیک متقاطع را با حداقل کردن تاخیرهای ناشی از وسایل نقلیه سنگین که نسبت به خودروهای سبک عبوری توان شتاب‌گیری کمتری دارند، حفظ می‌کند.

### ۳-۵-۲- شرایط محل

در زمین‌های تپه ماهوری تبادل‌ها معمولاً می‌توانند به خوبی با سطح زمین موجود تطابق یابند، و راه‌های عبوری اغلب با وسعت نظر بیشتر و در نتیجه استاندارد بالاتری نسبت به تقاطع‌های همسطح می‌توانند طراحی شوند. چنین مناطقی ممکن است طرح برخی رابط‌ها را ساده کند. لیکن سایر رابط‌ها، ممکن است بسته به شرایط منطقه، شیب‌های طولی تند یا طول قابل توجه و یا هر دو را تواماً داشته باشند. طراحی تبادل در منطقه هموار ساده است اما تندی شیب‌های اعمال شده ممکن است مطلوب رانندگان نباشد. به هر حال، تبادل‌ها در مناطق هموار از نظر بصری به زیبایی تبادل‌هایی که در مناطق تپه ماهوری تطبیق داده شده‌اند، نیستند.

حریم مورد نیاز تبادل بستگی زیادی به تعداد حرکات گردشی دارد که باید برای آنها از رابط‌های مجزا استفاده شود. سطح واقعی که برای هر تبادل معین لازم است به نوع راه، توپوگرافی، معیارهای کلی احداث تبادل و تاثیر بر دسترسی املاک، بستگی دارد.

### ۳-۵-۳- نوع راه و تسهیلات تقاطع

تبادل‌ها برای همه انواع راه‌های متقاطع و برای هر محدوده‌ای از سرعت‌های طراحی امکان‌پذیرند. برخوردهای ناشی از توقف و گردش وسایل نقلیه در تقاطع با افزایش سرعت طرح، بالا می‌رود به طوری‌که راه‌های با سرعت بالا بیش از راه‌های با سرعت پایین با حجم ترافیک مشابه نیاز به تبادل دارند. رابط‌های راه با سرعت طراحی بالا باید به طور مناسب اجازه سرعت-های گردشی بالا را بدهند و دارای خطوط تغییر سرعت با طول کافی باشند.

تبادل‌ها مناطق مناسبی برای توسعه منظرآرایی فراهم می‌کنند. گاهی اوقات، دو سطحی بودن تبادل به لحاظ ظاهری یک محدودیت به شمار می‌آید و ممکن است دید راننده به مناظر اطراف را مسدود کند. از سوی دیگر، در نظر گرفتن شاخص‌های معماری در طراحی سازه‌ای، هموار کردن و گرد کردن شیب‌های عرضی برای کنترل فرسایش، و بالاخره منظرآرائی می‌تواند ظاهر تبادل را مطلوب نماید.

### ۳-۵-۴- کنترل و تفکیک دسترسی در راه‌های متقاطع تبادل

ساخت و بهسازی تبادل‌ها به عنوان یکی از مهمترین اجزاء طراحی آزادراه‌ها و سایر راه‌های با حجم ترافیک بالا، پرهزینه است. بنابراین، لازم است که تا حد امکان طراحی و بهره‌برداری از آنها با کارائی هر چه بیشتر انجام گیرد. برای حفظ عملکرد مورد نظر آنها، هندسه کافی در پایانه رابط و کنترل دسترسی مناسب در طول راه‌های متقاطع ضروری است و همچنین اجازه می‌دهد امکان توسعه آینده با انعطاف‌پذیری همراه باشد.

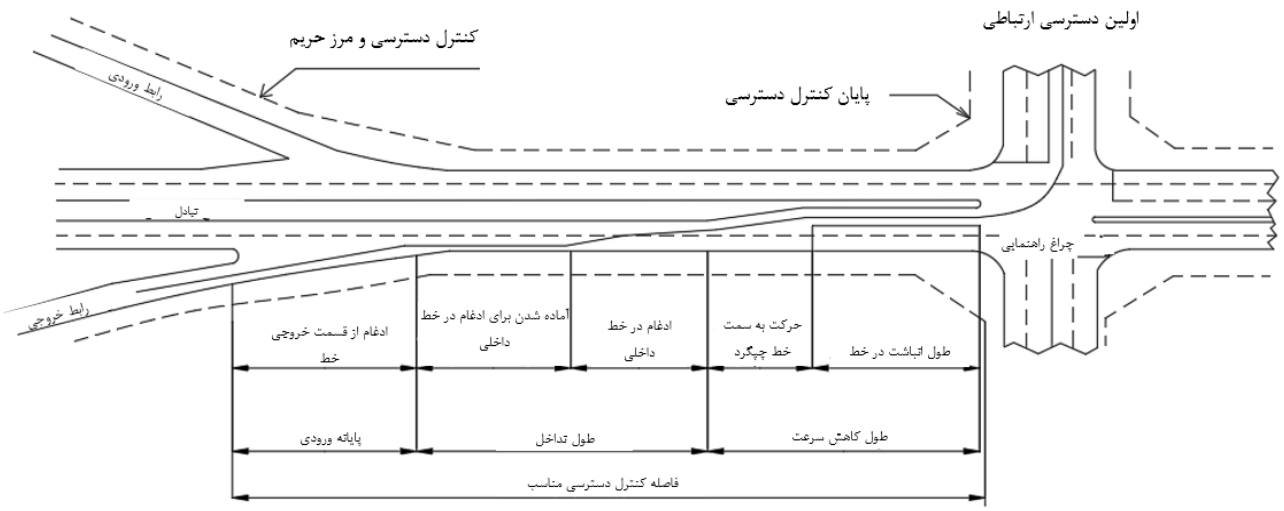
بسیاری از تبادل‌های قدیمی فقط با کنترل دسترسی محدود در محل راه متقاطع طراحی شده‌اند. در نتیجه، توسعه قابل توجهی ممکن است در مجاورت تقاطع پایانه رابط و راه متقاطع رخ دهد. در طی زمان، پایانه چنین رابطی و همچنین اتصالات متعدد دسترسی‌های همجوار آنها، ممکن است نیاز به چراغ راهنمایی داشته باشند که می‌تواند منجر به افزایش تاخیر وسایل نقلیه موتوری شود.

کنترل دسترسی باید بخش یکپارچه طراحی راه‌هایی باشد که عملکرد اصلی آن جابجایی است، و آن شاخص بسیار مطلوبی برای افزایش کارائی بهره‌برداری ترافیک و کاهش تصادفات در امتداد راه متقاطع در یک تبادل است. جهت اطمینان از عملیات مؤثر در امتداد راه متقاطع تبادل، تأمین طول کافی برای کنترل دسترسی باید بخشی از طراحی کلی باشد. این عمل سرریز ترافیک در رابط‌ها و رویکردهای راه متقاطع به سمت پایانه رابط را به حداقل می‌رساند، و همچنین طول کافی برای ناحیه تداخلی راه متقاطع، فضای کافی برای حرکت‌های همگرا، و فضا برای انباشت خودروهای گردشی در اتصالات دسترسی راه متقاطع را تأمین می‌کند.

شکل(۳-۳-الف) اجزایی را نشان می‌دهد که باید در تفکیک دسترسی و فواصل کنترل دسترسی در حوالی ورودی‌ها و خروجی‌های رابط جریان آزاد در نظر گرفته شود. این اجزاء ها شامل فواصل مورد نیاز برای ورود و حرکت تداخلی در امتداد

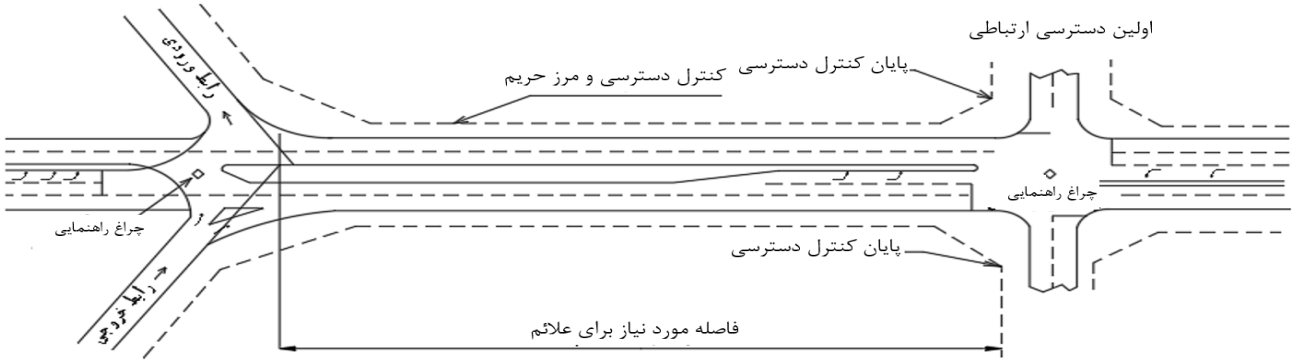
خطوط ترافیک عبوری، حرکت به خط گردش به چپ، ذخیره درخط گردش به چپ با احتمال ضعیف سرریز (عدم وجود فضای کافی در صف)، و ادامه مسیر از خط توقف به خط مرکزی راه متقاطع یا دسترسی اختصاصی است. علاوه بر آن، فاصله درک-عکس‌العمل راننده می‌تواند در محاسبات وارد شود. وقتی فقط دسترسی گردش به راست مد نظر باشد و هیچ گردش به چپی یا بریدگی میانه‌ای وجود نداشته نباشد، طول تداخلی حاکم خواهد بود.

شکل(۳-۳-ب) عوامل تاثیرگذار بر تفکیک دسترسی و فواصل کنترل را در طول راه متقاطع را نشان می‌دهد که در آن یک تبادل لوزوی و پایانه رابط یا با چراغ راهنمایی یا تابلو توقف کنترل می‌شود.




جریان آزاد رابط‌های ورودی و خروجی از تقاطع

- الف -




برای پیشروی و مدت زمان انباشت ترافیک به اولین دسترسی ارتباطی
طرح تبادل لوزی با مسیر متقاطع
(کنترل تقاطع می‌تواند با تابلو توقف یا چراغ راهنمایی باشد.)
تامین کنترل دسترسی در هر چهار گوشه اولین دسترسی برای بهبود عملیات ترافیک تقاطع

- ب -

شکل۳-۳-عوامل موثر بر طول کنترل دسترسی در امتداد یک راه متقاطع در تبادل

## ۳-۵-۵- ایمنی

حذف یا کمینه کردن تلاقی‌های عبوری و گردشی می‌تواند در کاهش فراوانی تصادفات، به‌خصوص در تقاطع‌ها بسیار مؤثر باشد. تقاطع‌های همسطح صرف‌نظر از نوع طراحی، وجود تابلو و چراغ راهنمایی، مستعد تصادفات ناشی از برخوردهای خودروها به یکدیگرند. این موضوع تا حدودی ناشی از تعارض حرکات گردشی و تقاطعی است که در سطحی محدود رخ می-دهد.

با غیرهمسطح کردن راه‌های متقاطع، تصادفات ناشی از حرکات گردشی و تقاطعی می‌تواند کاهش یابد. سازه جداکننده ممکن است خود یک مانع کنار راه باشد؛ با این حال، این اثر را می‌توان با افزایش عرض کافی کناره راه بی‌مانع و تجهیزات حفاظتی در پایه‌ها و کوله‌های پل به حداقل رسانید. جائی‌که تأمین دسترسی بین مسیرهای متقاطع مدنظر باشد، تبادل‌ها تعداد تصادفات کمتری نسبت به سایر انواع تقاطع‌ها تأمین می‌کنند. بسته به آرایش تبادل مورد استفاده، گردش به چپ‌ها یا به‌طور کلی حذف می‌شوند یا به یک راه متقاطع محدود می‌شود. ترافیک راستگرد نیز می‌تواند توسط رابط‌هایی تأمین شوند که عملیات نزدیک به جریان آزاد فراهم می‌کنند. بنابراین، درگیری‌های حاصل از ترافیک متقاطع می‌تواند حذف شود یا به حداقل برسد.

در انتخاب شکل و طراحی تقاطع‌ها، جایی‌که رابط به راه متقاطع ختم می‌شود، احتمال ورود اشتباه به رابط‌ها باید در نظر گرفته شود. اصلاحات هندسی خاص، از جمله تقاطع‌های میدانی، ممکن است بتوانند در کاهش احتمال ورود اشتباه به پایانه‌های رابط کمک کنند.

### ۳-۵-۶- توسعه مرحله‌ای

وقتی که توسعه نهایی شامل یک سازه غیرهمسطح منفرد است، احداث مرحله‌ای ممکن است اقتصادی نباشد مگر اینکه پیش‌بینی تمهیداتی در طرح اولیه برای مرحله آتی اجرا در نظر گرفته شود. رابط ها، در هر حال، با توسعه مرحله‌ای هماهنگ می‌شوند.

### ۳-۵-۷- عوامل اقتصادی

#### ۳-۵-۷-۱- هزینه‌های اولیه

تبادل پرهزینه‌ترین نوع تقاطع است. مجموع هزینه‌های سازه، رابط‌ها، راه‌های عبوری، عملیات خاکی و منظرآرایی سطح وسیع، و اصلاحات احتمالی در مسیرها و تاسیسات موجود به طور کلی بیش از هزینه تقاطع همسطح است. تبادل‌های جهتی بیش از یک سازه دارند و هزینه آنها معمولاً بیشتر از یک تبادل ساده است.

#### ۳-۵-۷-۲-هزینه‌های نگهداری

هر نوع تقاطعی هزینه‌های نگهداری مشخص و قابل ارزیابی دارد. نگهداری تبادل‌ها، شامل سطوح وسیع روسازی و سطوح با شیب متغیر هستند که همانند سازه تبادل، علائم و منظرآرایی، نگهداری آنها بیشتر از تقاطع همسطح است. علاوه بر آن، در تبادل‌ها اغلب هزینه نگهداری و بهره‌برداری از سیستم روشنایی هم وجود دارد.

### ۳-۵-۷-۳-هزینه‌های عملیاتی وسایل‌نقلیه

در تحلیل کامل استفاده از یک تبادل، هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه باید بین تبادل و سایر تقاطع‌ها مقایسه شوند. این مقادیر به ترافیک، وضعیت محل، و نوع طراحی به قدری وابسته است که یک مقایسه کلی نمی‌تواند آن را بیان کند. ترافیک عبوری یک تبادل معمولاً از یک راه مستقیم با کاهش کمی در سرعت تردد می‌کند. در نظر گرفتن هزینه‌های اضافه شده مربوط به تغییر شیب طولی هنگام عبور از بالا یا پایین سازه ممکن است فقط زمانی لازم باشد که شیب‌های طولی تند هستند که معمولاً مربوط به راه‌های متقاطع فرعی محدود می‌شود. ترافیک راستگرد در معرض هزینه‌های اضافه شده ناشی از افزایش و کاهش سرعت وسیله‌نقلیه است و ممکن است در معرض هزینه‌های عملیاتی در شیب طولی نیز باشد؛ با این حال، طول سفر معمولاً کوتاهتر از حالت تقاطع همسطح است.

ترافیک چپگرد شامل هزینه‌های اضافی ناشی از کاهش و افزایش سرعت است و معمولاً مسافت سفر نسبت به گردش به چپ مستقیم همسطح بیشتر می‌باشد. رابط‌های جهتی ممکن است تغییرات زیاد سرعت را حذف کند و در مقایسه با تقاطع-های همسطح در مسافت سفر صرفه‌جویی کند. این تفاوت‌های هزینه عملیاتی برای هر وسیله‌نقلیه‌ای ممکن است ناچیز به نظر برسد اما جمع تجمعی آن برای کل ترافیک سود قابل توجهی را در تقاطع نشان می‌دهند. برای ترافیک متوسط تا سنگین، کل هزینه‌های عملیاتی وسایل‌نقلیه در یک تبادل معمولاً کمتر از تقاطع همسطح است، به خصوص وقتی که حرکات عبوری غالب باشند.

## ۳-۶- اجزاء طرح تسهیلات تقاطعی

طرح تقاطع‌های همسطح و تبادل‌ها در برخی از اجزاء مشترک هستند و لذا در این قسمت فقط به آنها پرداخته می‌شود و بخش‌های مختص تقاطعهای همسطح یا تقاطع‌های غیرهمسطح و تبادل‌ها در همان فصل به طور جداگانه بررسی می‌شود.

مسیرهای گردشی در تقاطع‌های همسطح و تبادل‌ها مشترک هستند. راستگردهای تقاطع‌های همسطح و رابط‌های راستگرد تبادل‌ها، رابط‌های چپگرد و گردراهه‌ها در تبادل‌ها همگی مطابق مسیرهای گردشی طرح می‌شوند. لذا مندرجات بخش بعد برای هر دو حالت قابل استفاده است.

### ۳-۶-۱- امتداد افقی و قائم مسیر گردشی

مسیرهای گردشی عموماً برای سرعت طرح کمتری نسبت به راه‌های اصلی طرح می‌شوند و لذا گاهی اوقات گردش با شعاع حداقل انجام می‌گیرد. مسیرهای گردشی از قطعات مستقیم و قوس تشکیل می‌شوند. در آنها استفاده از قوس‌های اتصال تدریجی و قوس‌های مرکب مطلوب‌تر است که ضوابط آنها در نشریه ۸۰۰-۱ درج شده است. شعاع مورد نظر از لبه

داخلی سواره رو معمولاً اندازه‌گیری می‌شود. روش توزیع بربلندی در تبادل‌ها و تقاطع‌ها همان روش ۵ است که مبنای محاسبات جداول بربلندی در نشریه ۸۰۰-۱ می‌باشد. در انتخاب شعاع حداقل توجه به این نکته لازم است که قوسهای تندتر، طول کوتاه‌تر و عرض خط بیشتری برای جاروب کردن توسط وسیله نقلیه گردشی نیاز دارند و امکان استفاده از بربلندی‌های با نرخ بالا، کم می‌شود. در مسیرهای گردشی با سرعت طرح ۷۰ کیلومتر در ساعت و کمتر، از قوس‌های مرکب استفاده می‌شود. اما در سرعت‌های طرح بالاتر از ۷۰ کیلومتر در ساعت به دلیل نیاز به حریم بیشتر گاهی اوقات غیرعملی است.

وسایل نقلیه‌ای که در تقاطع‌های طرح شده برای دور زدن با شعاع حداقل حرکت گردشی انجام می‌دهند، الزاماً با سرعت حداقل، احتمالاً کمتر از ۱۵ کیلومتر در ساعت حرکت می‌کنند. علی رغم آنکه طراحی برای گردش وسایل نقلیه‌ای که با سرعت بیشتر حرکت می‌کنند مطلوب است، در بیشتر تقاطع‌ها بهتر است به دلیل اقتصاد ساخت و جهت کاهش تصادف با سایر کاربران راه، از سرعت‌های گردشی کمتر استفاده شود.

### ۳-۶-۲- عرض مسیر گردشی

عرض مسیرهای گردشی برای تقاطع‌ها تابع انواع خودروهای عبوری، شعاع قوس و سرعت مورد نظر است. بسته به الگوی هندسی تقاطع، مسیرهای گردشی می توانند برای عملیات یک طرفه یا دو طرفه طرح شوند.

عرض سواره‌رو مسیرهای گردشی با استفاده از جدول (۳-۲) و عرض شانه از جدول (۳-۵) به‌دست می‌آید. در تعیین عرض سواره‌رو برای وسایل نقلیه طرح بزرگتر، باید حداقل شرایط حالت ۱ تأمین شود.

انتخاب هر یک از طرح‌های یاد شده تابع نوع و ابعاد خودرویی است که می‌خواهد گردش کند. این انتخاب تابع عوامل دیگری مانند نوع و موقعیت تقاطع، حجم ترافیک وسایل نقلیه و عابر پیاده، نسبت درصد خودروهای بزرگ در ترافیک گردشی و بالاخره اثر این خودروها بر سایر جریان ترافیک نیز می‌تواند باشد. طراح باید بداند که کدام طرح را در صورت وجود عابر پیاده یا کدام طرح را برای طرح یک خط گردش (به راست یا به چپ) در حداقل فضای ممکن، انتخاب کند. به عنوان مثال، اگر تقریباً تمام ترافیک گردشی از نوع سبک باشد، طرح تقاطع برای خودروهای بزرگ غیرضروری و اتلاف سرمایه است. البته در حالتی که انتظار می‌رود کامیون‌های بزرگ به ندرت و به تعداد محدود در تقاطع مذکور گردش کنند، طراح باید امکان گردش را ایجاد کند.

شعاع انحناء و عرض عبوری خودروی طرح، عرض راه گردشی را تعیین می‌کند. اجزاء تشکیل‌دهنده عرض وسیله نقلیه گردشی در شکل (۳-۴) نشان داده شده است. سه حالت در نظر گرفته می‌شود:

حالت ۱: عملکرد یک خطه یک طرفه- بدون امکان سبقت از خودرو متوقف، که معمولاً برای حرکات گردش‌های کم-اهمیت و حجم‌های گردشی متوسط مناسب است که طول مسیر گردشی نسبتاً کوتاه است. در این حالت، احتمال خرابی وسیله نقلیه کم است ولی یکی از لبه های سواره رو باید با جدول شیبدار یا شانه همسطح باشد.

حالت ۲: عملکرد یک خطه یک طرفه- با امکان سبقت از خودرو متوقف، که امکان حرکت با سرعت پایین و با فاصله عاری از مانع جانبی را آن‌چنان تأمین می‌کند که وسایل نقلیه دیگر بتوانند از خودروی متوقف سبقت بگیرند.

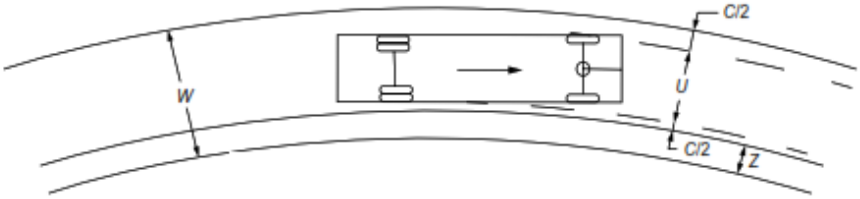
حالت ۳: عملکرد دو خطه-یک طرفه یا دو طرفه، زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که از نظر حجم ترافیک، دو خط مورد نیاز است.

به طور کلی برای طرح مسیرهای گردشی، تمامی طرح‌ها در سه شرایط ترافیکی طبقه‌بندی شده است که با انتخاب یکی از این شرایط، می‌توان مسیر گردشی را طرح کرد.

الف- طرح خودروی سبک- غالباً خودروها از نوع سواری بوده و تعداد کمی کامیون‌های تک‌کابین وجود دارد.

ب- طرح برای کامیون- تعداد کامیون‌های تک کابین به حدی است که طرح بر اساس آنها انجام می‌گیرد البته تعداد کمی هم تریلی در ترکیب ترافیک وجود دارد.

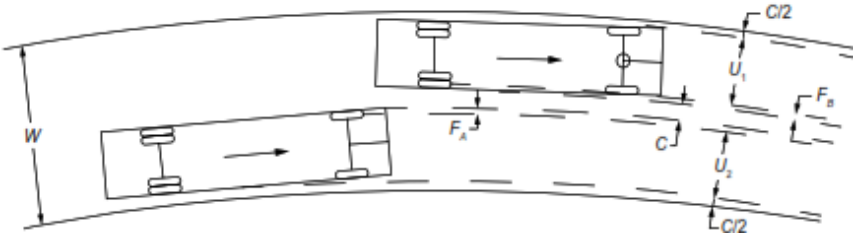
پ- طرح برای تریلی – تعداد اتوبوس و تریلی به حدی است که طرح برای آنها انجام می‌گیرد.




$$W=U+C+Z$$

وقتی که $C=$ ۱/۲m و $Z=$۰/۶m آنگاه $W=U+$۱/۸

**حالت اول : عملکرد یک خطه یک طرفه بدون امکان عبور خودرو دیگر**



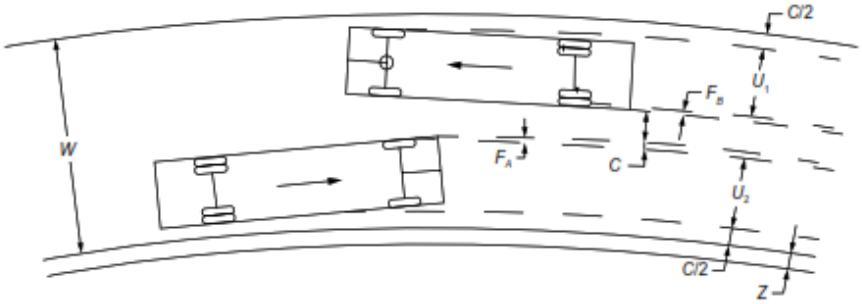

$$W=U_1+U_2+2C+F_A+F_B$$

از آنجا که عبور از خودرو متوقف با سرعت کم انجام می‌شود $Z=$۰m

بنابراین C نصف مقدار حالت های اول و سوم در نظر گرفته می‌شود $C=$ ۰/۶ m

پس $W=U_1+U_2+F_A+F_B+$۱/۲

**حالت دوم : عملکرد یک خطه یک طرفه با امکان سبقت از خودرو متوقف**




$$W=U_1+U_2+2C+F_A+F_B+Z$$

وقتی که$Z=$۰/۶m و $C=$۱/۲m

آنگاه $W=U_1+U_2+F_A+F_B+$۳

**حالت سوم : عملکرد دو خطه، یک طرفه یا دو طرفه**

U= فاصله بیرون به بیرون چرخ وسیله نقلیه (متر) C= فاصله بی مانع جانبی کل برای هر وسیله نقلیه (متر)

$F_A$= پیش آمدگی جلو وسیله نقلیه (متر) $F_B$= پیش آمدگی عقب وسیله نقلیه (متر)

Z= اضافه عرض ناشی از سختی رانندگی در قوس (متر)

شکل ۳-۴- عرض خطوط گردشی در قوس‌های تقاطع‌ها

جدول ۳-۲- عرض‌های سواره‌رو برای مسیرهای گردشی

| عرض سواره‌رو (متر) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شعاع لبه داخلی سواره‌رو R (متر) | **حالت ۱: عملکرد یک خطه یک طرفه- بدون امکان سبقت از خودرو متوقف** | | | **حالت ۲: عملکرد یک خطه یک طرفه- با امکان سبقت از خودرو متوقف** | | | **حالت ۳: عملکرد دو خطه- یک طرفه یا دو طرفه** | | |
| | شرایط ترافیکی طرح | | | | | | | | |
| | الف | ب | پ | الف | ب | پ | الف | ب | پ |
| ۱۵ | ۵/۴ | ۵/۵ | ۷/۰ | ۶/۰ | ۷/۸ | ۹/۲ | ۹/۴ | ۱۱/۰ | ۱۳/۶ |
| ۲۵ | ۴/۸ | ۵/۰ | ۵/۸ | ۵/۶ | ۶/۹ | ۷/۹ | ۸/۶ | ۹/۷ | ۱۱/۱ |
| ۳۰ | ۴/۵ | ۴/۹ | ۵/۵ | ۵/۵ | ۶/۷ | ۷/۶ | ۸/۴ | ۹/۴ | ۱۰/۶ |
| ۵۰ | ۴/۲ | ۴/۶ | ۵/۰ | ۵/۳ | ۶/۳ | ۷/۰ | ۷/۹ | ۸/۸ | ۹/۵ |
| ۷۵ | ۳/۹ | ۴/۵ | ۴/۸ | ۵/۲ | ۶/۱ | ۶/۷ | ۷/۷ | ۸/۵ | ۸/۹ |
| ۱۰۰ | ۳/۹ | ۴/۵ | ۴/۸ | ۵/۲ | ۵/۹ | ۶/۵ | ۷/۶ | ۸/۳ | ۸/۷ |
| ۱۲۵ | ۳/۹ | ۴/۵ | ۴/۸ | ۵/۱ | ۵/۹ | ۶/۴ | ۷/۶ | ۸/۲ | ۸/۵ |
| ۱۵۰ | ۳/۶ | ۴/۵ | ۴/۵ | ۵/۱ | ۵/۸ | ۶/۴ | ۷/۵ | ۸/۲ | ۸/۴ |
| ≥۱۷۵ یا مسیر | ۳/۶ | ۴/۲ | ۴/۲ | ۵/۰ | ۵/۵ | ۶/۱ | ۷/۳ | ۷/۹ | ۷/۹ |
| اصلاح عرض با توجه به شرایط لبه سواره رو برای مسیر گردشی | | | | | | | | | |
| بدون شانه رویه- | ندارد | | | ندارد | | | ندارد | | |
| جدول شیب‌دار | ندارد | | | ندارد | | | ندارد | | |
| جدول قائم در | ۰/۳ متر اضافه شود | | | ندارد | | | ۰/۳ متر اضافه شود | | |
| جدول قائم در دو | ۰/۶ متر اضافه شود | | | ۰/۳ متر اضافه شود | | | ۰/۶ متر اضافه شود | | |
| شانه رویه‌دار در یک یا دو طرف راه | ندارد | در مسیر مستقیم می‌توان در صورتی که شانه، ۱/۲ متر یا عریض‌تر باشد، عرض خط را | | به اندازه عرض شانه از عرض سواره‌رو کم شود. حداقل عرض همانند حالت ۱ | | | چنانچه شانه ۱/۲ متر یا عریض‌تر باشد، ۰/۶ متر از عرض سواره‌رو کم شود. | | |

وسایل نقلیه طرح یا ترکیب وسایل نقلیه طرح که ملاک تعیین مقادیر جدول ۳-۲ برای سه شرایط ترافیکی مختلف است، با فرض در نظر گرفتن فاصله بی‌مانع کامل برای خودروهای طرح به شرح جدول (۳-۳) تعیین شده‌اند:

جدول ۳-۳- حالت و شرایط ترافیکی طرح

| شرایط ترافیکی طرح | الف | ب | پ |
|---|---|---|---|
| حالت ۱ | سواری | کامیون نوع ۱ | تریلی نوع ۱ |
| حالت ۲ | سواری-سواری | سواری-کامیون نوع ۱ | کامیون نوع ۱-کامیون نوع ۱ |
| حالت ۳ | سواری-کامیون نوع ۱ | کامیون نوع ۱-کامیون نوع ۱ | تریلی نوع ۱-تریلی نوع ۱ |

وسایل نقلیه بزرگتر، در عبور از راه‌های که برای خودروهای کوچکتر طراحی شده‌اند، فاصله بی‌مانع (C) کمتری خواهند داشت و نیازمند سرعت کمتر و توجه و مهارت بیشتر راننده خواهد بود. وسایل نقلیه بزرگی که می‌توانند از راه‌های گردشی با عرض‌های داده شده در جدول (۳-۲) ولی با فاصله بی‌مانع حدوداً نصف مقادیر کل (C/2)، همچنان که در مبحث قوس‌های تند مطرح است، تا مقادیر کامل(C) در قوس‌های باز و با شعاع زیاد عبور کنند، به شرح جدول (۳-۴) است:

جدول ۳-۴- حالت و شرایط ترافیکی برای وسایل نقلیه بزرگتر

| شرایط ترافیکی طرح | الف | ب | پ |
|---|---|---|---|
| حالت ۱ | تریلی نوع ۱ | تریلی نوع ۱ | تریلی نوع ۲ |
| حالت ۲ | سواری-کامیون نوع ۱ | سواری-تریلی نوع ۱ | کامیون نوع ۱-تریلی نوع ۱ |
| حالت ۳ | کامیون نوع ۱-تریلی نوع ۱ | تریلی نوع ۱-تریلی نوع ۱ | تریلی نوع ۲-تریلی نوع ۲ |

عرض خطوط گردشی شامل شانه‌ها یا فاصله بی‌مانع جانبی معادل کناره بیرونی سواره‌رو است. جدول (۳-۵) خلاصه‌ای از عرض‌های کناره بیرونی سواره‌رو را برای شرایط عمومی راه گردشی نشان داده است. اگر کنار راه حفاظ باشد، عرض‌های تعیین شده تا بر حفاظ باید در نظر گرفته شود و مقدار ان باید ۰/۶ متر بیشتر از مقادیر جدول باشد. در شرایط غیر از حجم ترافیک کم، مطلوب است که شانه‌های راست روسازی شود، در غیر این صورت برای عرض‌های ۱/۲ متر یا بیشتر از شانه تثبیت‌شده استفاده شود.

جدول ۳-۵- عرض‌های شانه قابل استفاده یا فاصله بی‌مانع جانبی معادل در مسیرهای گردشی، به غیر از محل سازه راه

| شرایط راه گردشی | عرض شانه یا فاصله بی‌مانع جانبی، در خارج از لبه سواره‌رو | |
|---|---|---|
| | راست | چپ |
| طول کوتاه، معمولاً در تقاطع‌های جریان‌بندی شده | ۰/۶ تا ۱/۲ | ۰/۶ تا ۱/۲۰ |
| طول متوسط تا بلند در خاکریزی یا در خاکبرداری | ۱/۸ تا ۳/۶ | ۱/۲ تا ۳/۰ |
| تبصره: تمام اندازه‌ها برای تأمین فاصله دید، باید به مقدار لازم افزایش داده شوند. | | |

به عنوان مثال در صورتی که مسیر دارای ترافیک عبوری به میزان قابل توجه از نوع تریلی نوع ۲ باشد، آنگاه برای شعاع لبه داخلی برابر با ۵۰ متر، عرض سواره‌رو برای حالت سبقت از خودروی متوقف برابر با ۷/۰ متر می‌باشد. اگر شانه رویه‌دار سمت راست، ۱/۲ متر باشد، مطابق جدول (۳-۲)، مقدار عرض باید به میزان عرض شانه کاهش یابد. البته این مقدار نباید از عرض سواره‌رو برای حالت ۱ کمتر باشد. در این حالت مقدار عرض سواره‌رو برابر با ۵/۸ است که از مقدار حالت ۱ بیشتر است

که برابر با ۵/۰ متر می‌باشد. همچنین در صورت وجود جدول غیرقابل عبور در دو طرف و بدون شانه رویه‌دار، باید ۰/۳ متر نیز اضافه شود که در نتیجه عرض مسیر گردشی برابر با ۷/۳ متر می‌شود.

# فصل ۴

## تقاطع‌های همسطح

## ۴-۱- مقدمه

تقاطع همسطح، محل تلاقی هم‌سطح دو یا چند راه است. هر راهی که از تقاطع منشعب می‌شود و قسمتی از تقاطع را تشکیل می‌دهد، شاخه تقاطع نامیده می‌شود. تقاطع‌های همسطح بخش مهمی از راه‌ها را تشکیل می‌دهند. کارآیی، ایمنی، سرعت، هزینه بهره‌برداری و ظرفیت راه، تا حد زیادی به نحوه طراحی آن بستگی دارد.

متداول‌ترین نوع تقاطع، حالتی است که دو راه یکدیگر را قطع کند و از هم عبور می‌کنند، چنین تقاطعی چهارراه نام دارد. تقاطع‌های سه راه نیز متداول هستند. پیشنهاد نمی‌شود که تقاطع بیش از چهار شاخه داشته باشد. در این فصل عنوان تقاطع همسطح گاهی به اختصار تقاطع به کار می‌رود.

## ۴-۲- اهداف و ملاحظات کلی طراحی

### ۴-۲-۱- ویژگی‌های تقاطع‌های همسطح

یک تقاطع همسطح شامل سطوحی است که برای همه شیوه‌های سفر اعم از اتومبیل، دوچرخه، عابر پیاده، کامیون و وسایل نقلیه عمومی مسافری به کار می‌رود. بنابراین طرح تقاطع نه تنها در مورد سطح کف راه شاخه‌های تقاطع در نظر گرفته می‌شود بلکه شامل پیاده‌روها، رمپ‌های عابر پیاده، تسهیلات دوچرخه، خطوط کمکی، میانه‌ها، و جزایر نیز می‌شود. تقاطع‌ها به دلیل چهار جنبه زیر به عنوان ویژگی کلیدی طرح مسیر در نظر گرفته می‌شوند که عبارتند از:

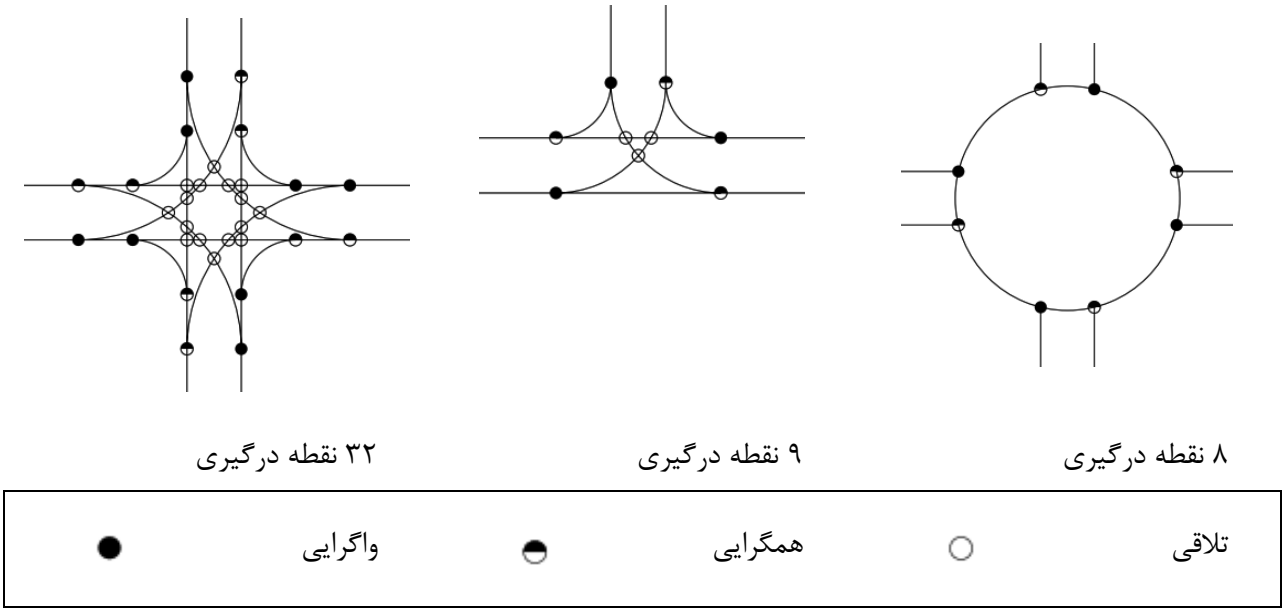
تجمع فعالیت کاربری‌ها-کاربری‌های اطراف تقاطع اغلب حاوی تمرکز مقاصد سفرهایی است که توسط شیوه‌های چندگانه دسترسی دارند.

نقاط درگیری- عابران پیاده، دوچرخه‌سواران و وسایل نقلیه موتوری اغلب در تقاطع‌های همسطح، مسیرهای یکدیگر را در شرایطی قطع می‌کنند که حرکت‌های گردشی و عبوری عملکرد درگیر دارند. به این تلاقی‌ها "نقاط درگیر" اطلاق می‌شود که می‌تواند با توجه به نوع حرکت و شدت متناظر با آن دسته‌بندی شود.

کنترل ترافیک- حرکت کاربران می‌تواند با توجه به ابزار کنترل ترافیک از قبیل علائم حق تقدم عبور، علائم ایست، و چراغ راهنمایی تخصیص داده شود.

ظرفیت- کنترل ترافیک در تقاطع‌ها اغلب تعداد کاربران مسیرهای متلاقی را در بازه زمانی معین، محدود می‌کند.

در شکل (۴-۱) تعداد و انواع نقاط درگیری وسایل نقلیه موتوری در تقاطع‌های چهارشاخه، سه شاخه، و میدان نمایش داده شده است. نقاط درگیری همچنین باید زمانی در نظر گرفته شود که دسترسی‌ها در امتداد مسیر قرار دارند. تأمین جدایی بین دسترسی‌ها، با کاهش تعداد نقاط درگیری و افزایش فاصله بین نقاط درگیری، برخورد بالقوه را کاهش می‌دهد.




شکل ۴-۱- نقاط درگیری در انواع تقاطع‌های مختلف

### ۴-۲-۲- ناحیه عملکردی تقاطع

برای یک تقاطع می‌توان دو ناحیه را تعریف کرد:

ناحیه فیزیکی، و

ناحیه عملکردی.

ناحیه فیزیکی و ناحیه عملکردی یک تقاطع در شکل (۴-۲) نشان داده شده است. ناحیه عملکردی، شامل سه قسمت ذیل می‌باشد:

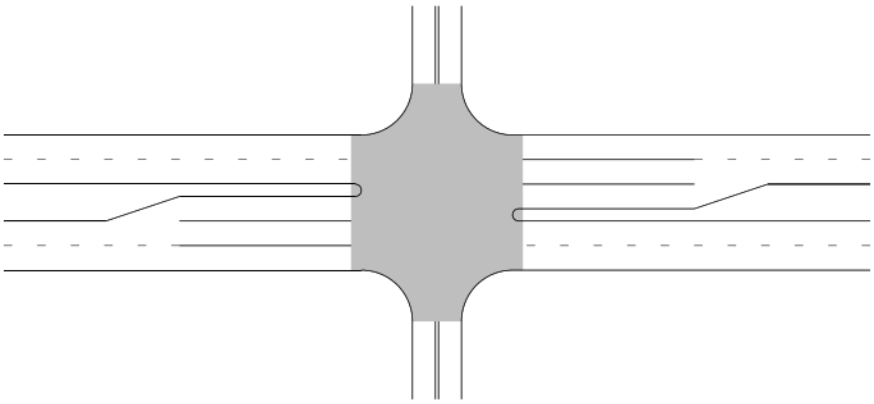
الف- فاصله انتخاب (مسافت طی شده در مدت درک-عکس‌العمل)،

ب- فاصله حرکت (مانور)، و

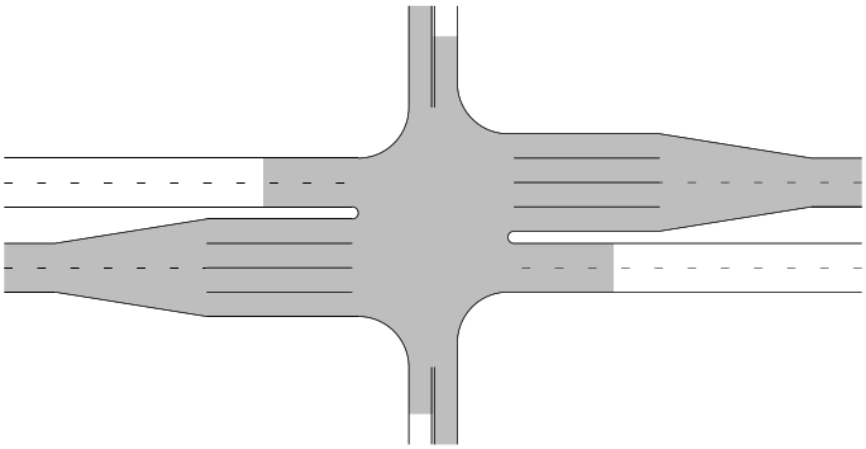
ج- طول انباشت صف.

در شکل (۴-۳)، این اجزاء نشان داده شده است. مسافت طی شده در مدت درک و عکس العمل بستگی به سرعت وسیله نقلیه، هوشیاری و آشنایی راننده با محل تقاطع دارد. در تقاطع‌های دارای مسیر گردش به راست یا چپ، فاصله حرکت شامل طول مورد نیاز برای ترمزگیری و تغییر خط (خط تغییر سرعت) است. در تقاطع‌های فاقد مسیرهای گردشی، فاصله حرکت شامل طول مورد نیاز برای ترمزگیری است. طول انباشت صف، باید برای جا دادن طولانی‌ترین صف مورد انتظار در اکثر اوقات باشد. باید فاصله تقاطع‌ها از یکدیگر به اندازه‌ای باشد که ناحیه عملکردی تقاطع‌های مجاور هم‌پوشانی نداشته باشند. در صورت هم‌پوشانی اجباری تقاطع‌ها (به دلیل عدم امکان تغییرمکان تقاطع‌ها) بهتر است خط‌های تغییر سرعت آنها به‌هم

متصل یا خط تغییر سرعت مشترک (در صورت عدم وجود خط تغییر سرعت) برای دو تقاطع مجاور طرح شود. حداقل فاصله تقاطع‌ها را از جدول فصل ۴ نشریه ۸۰۰-۱ می‌توان استخراج نمود.

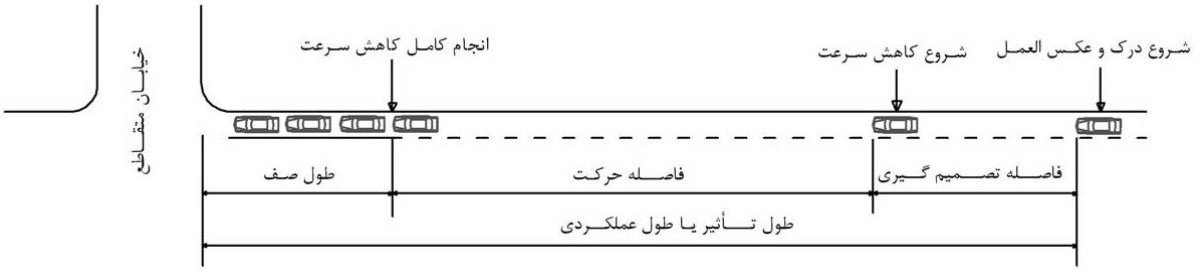


ناحیه فیزیکی



ناحیه عملکردی

شکل ۴-۲- نواحی فیزیکی و عملکردی یک تقاطع همسطح




شکل ۴-۳- اجزای ناحیه عملکردی یک تقاطع همسطح

### ۴-۲-۳- اهداف طراحی

هدف اصلی طراحی تقاطع فراهم نمودن مجموعه‌ای از اصول اساسی طراحی است که شامل کاهش سرعت، هندسه مسیر و نیازهای عوامل انسانی است. هدف از طرح تقاطع، صرفنظر از نوع یا محل، بایستی اجرای اصول زیر باشد:

- کاهش سرعت وسیله نقلیه در صورت لزوم در محدوده تقاطع؛
- تأمین تعداد خطوط عبور کافی و تخصیص خط جهت حصول ظرفیت، حجم و پیوستگی کافی؛
- تأمین جریان‌بندی (جداسازی و هدایت جریان‌های عبوری) به شکلی که عملیات به طور روان انجام گیرد، برای رانندگان به راحتی قابل انتظار باشد و منجر به این شود که وسایل نقلیه به طور طبیعی از خطوط در نظر گرفته شده استفاده کنند؛
- تأمین فضای کافی برای خودروئ طرح؛
- ملاحظه نیازهای عابران پیاده و دوچرخه سواران؛ و
- تامین مسافت دید و قابلیت رویت مناسب.

در طراحی تقاطع باید تعادل مناسبی بین نیازهای عابران پیاده، دوچرخه‌سواران، وسایل نقلیه موتوری و سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی با توجه به ایمنی، کارائی عملیاتی، آسایش، سهولت و راحتی عبور آنها حاصل شود.

### ۴-۲-۴- عوامل مؤثر برای طراحی

عامل‌های اصلی مؤثر در طرح تقاطع‌های هم‌سطح عبارت است از:

عامل‌های انسانی؛

عامل‌های ترافیکی؛

عامل‌های فیزیکی؛ و

عامل‌های اقتصادی.

بنابراین به منظور انجام طرح هندسی مناسب تقاطع، باید آمار و اطلاعات لازم و کافی در خصوص هر یک از عامل‌های فوق‌الذکر به‌دست آید. میزان و نحوه جمع آوری اطلاعات تابعی از اهمیت تقاطع و دقت مورد نیاز است و می‌تواند متناسب با آن، با استفاده از مدرک‌ها و اطلاعات موجود و برآورد کلی پارامترها، تا نقشه‌برداری زمینی و مشاهده دقیق رفتارهای انسانی و الگوهای ترافیکی، متغیر باشد.

رئوس آمار و اطلاعات لازم، برای هریک از چهار عامل مورد توجه در طرح هندسی تقاطع‌ها، به تفکیک عبارتند از:

**۴-۲-۴-۱- اطلاعات مربوط به عامل‌های انسانی**

شامل جمع‌آوری آمار و اطلاعات در مورد:

- گروه‌بندی استفاده‌کنندگان و مشخصات آنها.
- شناسایی استفاده‌کنندگان آسیب پذیر مانند موتورسواران، دانش آموزان یا افراد سالمند.
- طرز رفتار رانندگان و انتظارهای آنها.
- معیارهای تعیین زمان تصمیم‌گیری و عکس‌العمل رانندگان.
- عادت‌ها و رفتار عابران پیاده استفاده‌کننده از تقاطع.
- عادت‌ها و رفتار سایر استفاده‌کنندگان از تقاطع.

اطلاعات مذکور می‌تواند تفاوت‌های نسبتاً قابل توجهی در طرح هندسی ایجاد کند تا طرح حاصل، با شرایط محل تقاطع، هماهنگی بیشتری داشته باشد.

**۴-۲-۴-۲- اطلاعات مربوط به عامل‌های ترافیکی**

شامل آمار و اطلاعات در مورد:

- شناسایی انواع حرکت‌ها و گردش‌ها در تقاطع.
- شمارش یا پیش‌بینی حجم ترافیک درهمه جهت‌ها و گردش‌ها برای تقاطع‌های موجود یا در حال مطالعه.
- شمارش یا پیش‌بینی تعداد عابر پیاده گذرنده و سایر کاربران تأثیرگذار بر عملکرد تقاطع.
- ترکیب وسایل نقلیه.
- سرعت وسایل نقلیه.
- پیش‌بینی ضریب رشد ترافیک بر اساس اطلاعات مربوط به کاربری زمین، مالکیت اتومبیل، درآمد ملی و طرح‌های توسعه و آمایش.
- حجم حرکت‌های گردشی در ساعت طرح.
- وضعیت تقاطع‌های مجاور و هماهنگی با آنها.
- ابعاد و مشخصات خودرو طرح.
- تصادف‌ها.
- موقعیت و وضعیت علایم و سیستم‌های کنترل ترافیک تقاطع.

- زمان‌بندی مرحله‌های چراغ راهنما (در صورت تجهیز تقاطع به چراغ راهنمایی).
- موقعیت ایستگاه وسیله‌های حمل و نقل همگانی نسبت به تقاطع.
- تحلیل ظرفیت‌ها.

آمار و اطلاعات ذکر شده، مهمترین داده‌های تعیین‌کننده طرح هندسی تقاطع است و جمع‌آوری آنها به منظور انجام طرح هندسی تقاطع، ضروری است. تعیین دوره زمانی آمارگیری، منوط به شناخت طراح از وضعیت و حجم انواع حرکت‌های ترافیکی موجود یا پیش بینی شده در تقاطع است و تنها به منظور تعیین «ساعت طرح» انجام می‌شود. در هر صورت، بهتر است اطلاعات مربوط به حجم ترافیک، به تفکیک برای دوره‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای در دسترس طراح باشد.

**۴-۲-۴-۳- اطلاعات مربوط به عامل‌های فیزیکی**

شامل آمار و اطلاعات در مورد:

- طبقه‌بندی عملکردی راه‌های متقاطع.
- موقعیت پستی و بلندی محل تقاطع.
- کاربری زمین‌های نزدیک محل تقاطع در وضعیت موجود و آتی.
- عامل‌های محدودکننده دید.
- عامل‌های محدودکننده گردش‌ها.
- زاویه تقاطع و مشخصات هندسی شاخه‌های تقاطع (حداقل تا فاصله یکصد متری تقاطع).
- حریم شاخه‌های تقاطع.
- چگونگی تخلیه آب‌های سطحی.
- ارتفاع نقاط مختلف راه و شانه آن در محدوده تقاطع.
- کیفیت روسازی موجود.
- علائم کنترل ترافیک و تجهیزات روشنایی تقاطع.

**۴-۲-۴-۴- اطلاعات مربوط به عامل‌های اقتصادی**

شامل جمع‌آوری آمار و اطلاعات زیر:

- هزینه و زمان اجرای طرح.
- ارزش زمین و امکان تملک حریم‌های مورد نیاز.

- هزینه‌های جنبی و آثار اقتصادی مانند مصرف سوخت، استهلاک ناشی از دسترسی‌های جدید یا کنترل دسترسی‌ها در محل تقاطع.
- هزینه‌های تهیه و نصب تجهیزات کنترل ترافیک (درصورت لزوم).
- هزینه‌های انجام اصلاحات در روسازی تقاطع، خط کشی و نصب علامت‌های ترافیکی لازم.
- اطلاعات و روش‌های تحلیل اقتصادی برای انتخاب طرح بهینه.

**۴-۲-۴-۵- منابع گردآوری آمار و اطلاعات**

عمده منابع موجود برای تهیه آمار و اطلاعات طرح هندسی تقاطع‌ها، عبارت است از:
- نقشه راه‌های موجود.
- نقشه‌برداری جدید.
- گزارش‌های تردد شماری موجود.
- شمارش ترافیک (با دستگاه ترافیک شمار یا به روش دستی).
- بررسی‌های محلی.
- مرور طرح‌های جامع و تفصیلی (درصورت وجود).
- فرم‌های گزارش تصادف‌ها در معاونت راهنمایی و رانندگی و امور حمل و نقل نیروهای انتظامی.
- گفتگو با متولیان و ساکنان اطراف تقاطع.

**۴-۲-۵-ملاحظات طراحی برای گروه‌های کاربر تقاطع**

در طراحی تقاطع برای ایجاد تعادل بین نیازهای همه کاربران مسیر و شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل، طراحان تقاطع باید از اقدامات عملکردی استفاده کنند و قضاوت مهندسی به کار برند. ابعاد و طراحی عناصر فیزیکی مانند عرض مسیر، عرض خط و شعاع گوشه تقاطع با توجه به حجم و اولویت داده شده به هر یک از گروه‌های کاربر تقاطع انتخاب می‌شود. تقاطع‌های مناطق برون‌شهری در مجاورت مناطق صنعتی و تجاری برای وسایل نقلیه سواری و کامیون‌ها طراحی می‌شوند و برای عابران پیاده، دوچرخه سواران و حمل‌ونقل عمومی مطابقت داده می‌شود. در سایر بافت‌های راه عبوری (مطابق فصل ۳ نشریه ۸۰۰-۱)، باید تعادل مناسبی برای کلیه شیوه‌های حمل‌ونقل برقرار شود که از یک تسهیلات معین استفاده می‌کنند. ملاحظات طراحی برای کاربران شامل موارد زیر است:

❖ **اتومبیل و سایر وسایل نقلیه موتوری به غیر از کامیون‌ها**

اجزاء اصلی مؤثر بر عملکرد تقاطع برای وسایل نقلیه موتوری عبارتند از:

۱- نوع کنترل ترافیک؛

۲- ظرفیت تقاطع بر حسب وسایل نقلیه، که در ابتدا از تعداد خطوط و کنترل ترافیک تعیین می‌شود؛

۳- قابلیت و ظرفیت انجام حرکات گردشی؛

۴- عابران پیاده و دوچرخه سوارانی که در حال نزدیک شدن و عبور از تقاطع هستند؛ و

۵- سرعت و قابلیت رؤیت وسایل نقلیه موتوریی که در حال نزدیک شدن و عبور از تقاطع هستند.

❖ **دوچرخه سواران**

اجزاء اصلی مؤثر بر عملکرد تقاطع برای دوچرخه سواران عبارتند از:

میزان فضای اشتراکی یا انحصاری از سطح راه برای دوچرخه سواران؛

رابطه بین گردش و حرکت عبوری برای وسایل نقلیه موتوری و دوچرخه؛

کنترل ترافیک برای دوچرخه سواران؛

اختلاف سرعت بین وسایل نقلیه موتوری و دوچرخه‌ها؛ و

میزان درگیری با حرکات عابر پیاده.

❖ **عابران پیاده**

اجزاء اصلی مؤثر بر عملکرد تقاطع برای عابران پیاده عبارتند از:

میزان حریم تامین شده از راه برای عابران پیاده از جمله عرض پیاده رو و خط عرضی عابرپیاده؛

فاصله عبور تلاقی و در نتیجه مدت قرار گرفتن در معرض وسایل نقلیه موتوری و تردد دوچرخه؛

حجم ترافیک درگیرشونده؛

سرعت و قابلیت رؤیت ترافیک نزدیک شوده؛

سرعت‌های گردشی؛

گردش به راست مجاز در چراغ قرمز؛

گردش به چپ مجاز در چراغ قرمز؛

روشنایی خط عرضی عابرپیاده؛ و

دسترسی پذیری برای افراد معلول.

❖ **حمل‌ونقل عمومی**

عملیات حمل‌ونقل عمومی مسافری در راه‌ها معمولاً شامل اتوبوس‌هایی است که مشخصات اصلی آن همانند وسایل نقلیه است که قبلاً توصیف شده است. علاوه بر این، عملیات حمل‌ونقل عمومی گاهی ممکن است سبب توقف آن در ناحیه تقاطع

شود و در نتیجه احتمال درگیری با جریان عبوری پیاده، دوچرخه و وسایل نقلیه موتوری ممکن است ایجاد شود. ایستگاه-های حمل‌ونقل عمومی باید از لحاظ فیزیکی به تسهیلات عابر پیاده متصل شوند تا بتوانند در هنگام ورود و خروج مراجعین حمل‌ونقل عمومی خدمات‌رسانی کنند. علاوه بر این، در مواردی که راه آهن سبک، واگن برقی یا سایر سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی حضور دارند، باید ویژگی‌های منحصر به فرد فیزیکی و عملیاتی آنها را در نظر گرفته شود.

### ❖ کامیون‌ها (حمل‌ونقل عمومی باری)

کامیون‌ها با بسیاری از ویژگی‌های کلیدی مشابه سایر وسایل نقلیه موتوری که در بالا توضیح داده شده است مشترک هستند. علاوه بر این، طول کامیون‌ها ممکن است سه تا چهار برابر سایر وسایل نقلیه موتوری باشد و ممکن است خیلی کندتر از اکثر وسایل نقلیه موتوری باشد و احتمالاً به شعاع گردش خیلی بزرگتری نیاز دارند. بنابراین حضور و فراوانی کامیون‌ها بر ظرفیت تقاطع، عرض سطح رانندگی مورد نیاز برای حرکات گردشی و شعاع گردشی تأثیر می گذارد.

طراحی اجزاء تقاطع برای یک گروه از کاربران اغلب عواقب دیگری را برای سایر کاربران به همراه دارد. به عنوان مثال، یک تقاطع که برای عبور کامیون‌ها بدون در نظر گرفتن تخطی به خطوط مجاور طراحی شده است، به شعاع گوشه بزرگ، و عرض گردش زیاد نیاز دارد و در نتیجه باعث می‌شود مسافت بیشتری برای عبور عابران پیاده ایجاد گردد.

رانندگان خودروها می‌توانند با سرعت‌هایی گردش کنند که غالباً برای تشخیص مناسب و متوقف کردن وسیله برای عبور عابران پیاده از عرض مسیر زیاد است. مسیرهای گردشی گاهی اوقات به اندازه کافی عریض هستند که خودروها بتوانند در آن از یکدیگر سبقت بگیرند و نتیجه در معرض قرار گرفتن عابر پیاده، معادل عبور عرضی از دو خط باشد. در مقابل، تقاطع طراحی شده با حداقل میزان مواجهه برای عابران پیاده با سایر ترافیک، معمولاً شامل تخطی گردش کامیون‌ها به خطوط مجاور هم در رویکرد ورودی تقاطع و هم در مسیرهای خروجی می‌شود.

کاربران غیرموتوری طیف وسیعی از سنین و توانایی‌ها را دارند که می‌توانند تأثیر چشمگیری در طراحی تسهیلات داشته باشند. ابعاد اصلی طراحی برای کاربران مختلف در جدول ۴-۱) آورده شده است.

جدول ۴-۱- ابعاد کلیدی انواع مختلف کاربران غیرموتوری

| کاربر راه | ویژگی | اندازه (متر) | تاثیر در ویژگی تقاطع |
|---|---|---|---|
| دوچرخه سوار | طول | ۱/۸ | عرض جزیره/میانه خط عرضی عابر پیاده |
| | حداقل عرض عملکردی | ۱/۲ | عرض خط دوچرخه در ورودی مسیر؛ عرض مسیر مشترک |
| عابر پیاده | عرض | ۰/۵ | عرض پیاده رو و خط عرضی عابر پیاده |
| کاربر معلول (ویلچر) | حداقل عرض | ۰/۷۵ | عرض پیاده رو و خط عرضی عابر پیاده |
| | عرض عملکردی | ۰/۹ | عرض پیاده رو و خط عرضی عابر پیاده |
| فرد همراه با کالسکه | طول | ۱/۷ | عرض جزیره/میانه خط عرضی عابر پیاده |
| اسکیت باز | عرض عملکردی | ۱/۸ | عرض پیاده رو |

برای عابران پیاده و دوچرخه سواران خارج ازخیابان، ملاحظات اصلی فراهم آوردن عرض جان‌پناه کافی برای عبور عابران پیاده و دوچرخه سواران درجزایر و یا میانه است.

علاوه بر کاربران راه و تقاطع‌ها، مالکان و کاربران زمین‌های مجاور غالباً توجه مستقیم به طرح تقاطع دارند. این علاقه می‌تواند به ویژه در صورتی حساس باشد که تقاطع توسط کاربری‌های خرده‌فروشی، تجاری، تاریخی یا اداری احاطه شده باشد. نگرانی‌های اصلی آنها عبارتند از: حفظ دسترسی وسیله نقلیه به ملک خصوصی؛ محدودیت‌های گردشی برای وسایل؛ لزوم تصرف املاک خصوصی برای حریم؛ و فراهم کردن دسترسی راحت عابران پیاده و دوچرخه‌سواران.

### ۴-۲-۶-ظرفیت تقاطع

ظرفیت یک راه جهت خدمت به وسایل نقلیه موتوری در درجه اول با محدودیت‌هایی تعیین می‌شود که در تقاطع‌ها وجود دارد. وسایل نقلیه‌ای که در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی تردد می‌کنند، سبب متوقف شدن یا کند شدن وسایل نقلیه دیگر می‌شوند، در نتیجه بر ترافیک عبوری تأثیر می‌گذارند و سطح خدمت را تحت تأثیر قرار می‌دهند. زمان سبز در تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی برای هر حرکت ترافیکی به میزان قابل توجهی کمتر از مقدار در دسترس برای عملیات جریان آزاد است. بنابراین، تحلیل و توصیف اثرات ترکیبی هندسه و کنترل ترافیک پیشنهادی، برای طراحی یک تقاطع مهم است.

برای وسایل نقلیه موتوری، ظرفیت تقاطع حداکثر نرخ ساعتی است که در آن انتظار می‌رود وسایل نقلیه به طور منطقی از تقاطع تحت شرایط عمومی ترافیکی، مسیر و چراغ راهنمایی عبور کنند. ظرفیت تحت تأثیر شرایط ترافیکی و مسیر قرار می‌گیرد. شرایط ترافیکی شامل حجم در هر رویکرد، توزیع حرکتی وسایل‌نقلیه (چپ، مستقیم و راست)، توزیع نوع وسیله

نقلیه در هر حرکت، محل و استفاده از ایستگاه‌های اتوبوس، جریان عبوری عابر پیاده و مانورهای پارکینگ در تقاطع می‌باشد. شرایط مسیر شامل هندسه اصلی تقاطع، از جمله تعداد و عرض خطوط، شیب طولی و تخصیص کاربری خط (از جمله خطوط پارکینگ) است. برای اطلاعات بیشتر به بخش ترافیک از نشریه آرا مراجعه شود.

## ۴-۳- انواع تقاطع همسطح

طبقه‌بندی تقاطع‌ها از نظر معیارهای مختلف می‌تواند در نظر گرفته شود. مثلاً پایه‌ای‌ترین دسته‌بندی، بر اساس تعداد راه‌های منتهی به تقاطع است که می‌توان آن را به چهار دسته کلی تقسیم کرد:

- سه‌راه،
- چهارراه،
- چندراه، و
- میدان.

هر یک از این تقاطع‌ها بسته به نحوه جریان‌بندی ترافیک در آنها به انواع گوناگون تقسیم می‌شود. مطابق شکل (۴-۴) طبقه‌بندی دیگری از انواع تقاطع‌های همسطح از نوع تقاطع‌های همسطح بدون جریان‌بندی (هدایت‌نشده)، پخ‌دار (لاله‌ای)، و جریان‌بندی‌شده (هدایت‌شده) یا کنالیزه‌شده نشان داده شده است. در ساده‌ترین حالت، تمام سطح تقاطع روسازی می‌شود و از علامت‌ها یا جداگرهای فیزیکی (مانند جدول‌ها و جزیره‌های ترافیکی) برای تفکیک جریان‌های مختلف موجود در تقاطع استفاده نمی‌شود. بدیهی است با تعبیه خط‌های عبور کمکی و تعریض مسیرها در محل تقاطع، جریان‌بندی ترافیک و استفاده از وسایل کنترل ترافیک، بر ظرفیت تقاطع افزوده می‌شود.

از نظر نوع کنترل جریان ترافیک، تقاطع همسطح به دو دسته کلی طبقه‌بندی می‌شود:

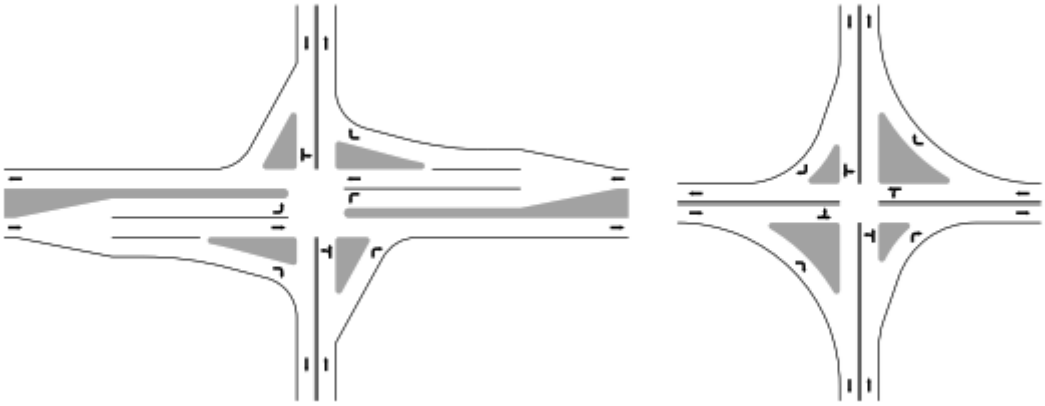
الف-تقاطع‌های بدون کنترل چراغ راهنمایی:

تقاطع های با کنترل تابلوی ایست،

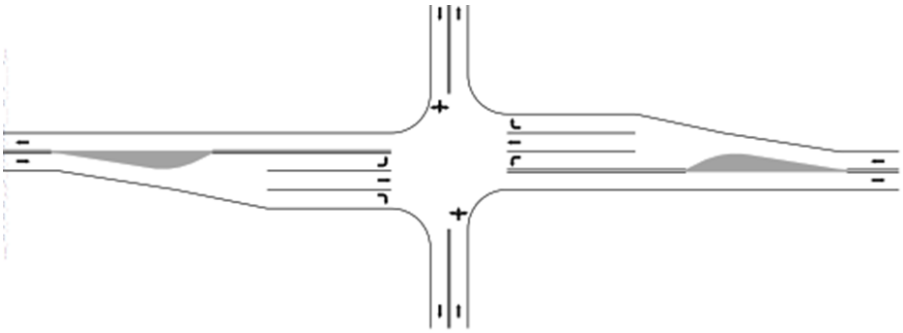
تقاطع‌های با کنترل تابلوی حق تقدم عبور، و

تقاطع‌های بدون تابلو و با کنترل مقررات راهنمایی رانندگی رعایت حق تقدم عبور.

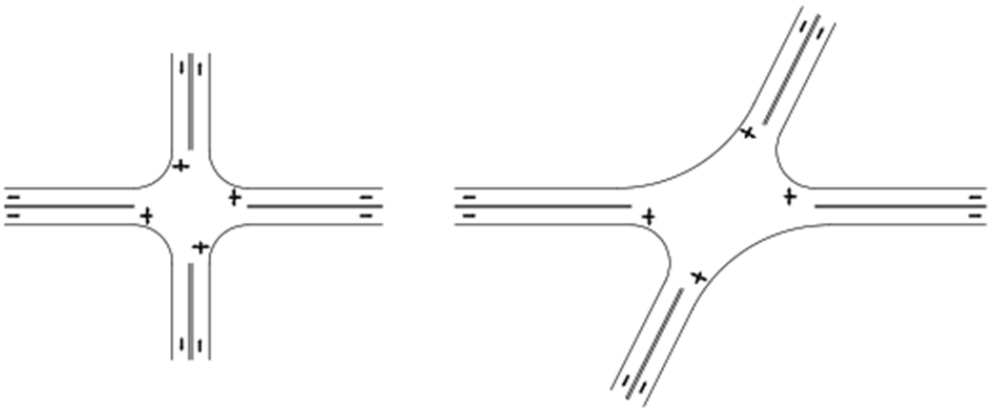
ب-تقاطع های با کنترل چراغ راهنمایی.



حالت اول- جریان‌بندی شده



حالت دوم- پخ دار



حالت سوم- جریان‌بندی نشده

شکل ۴-۴- انواع تقاطع‌های همسطح

### ۴-۳-۱- انواع طرح‌های سه‌راهی

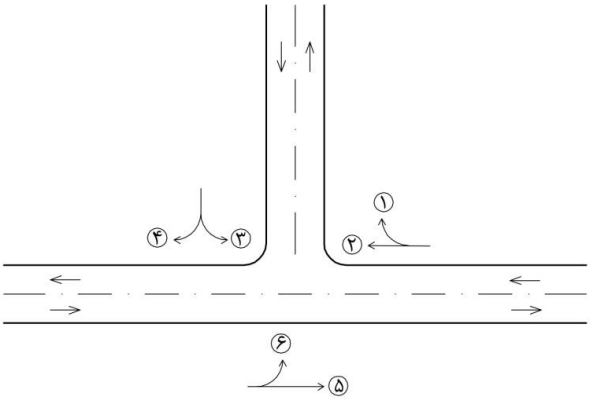
طرح‌های مختلف تقاطع‌های سه‌راهی و موردهای استفاده از هر یک عبارت است از:

الف- سه‌راهی ساده بدون خط عبور کمکی (شکل ۴-۵).

این تقاطع با اتصال دو راهی ایجاد می‌شود که ترافیک کمی در آنها جریان دارد.

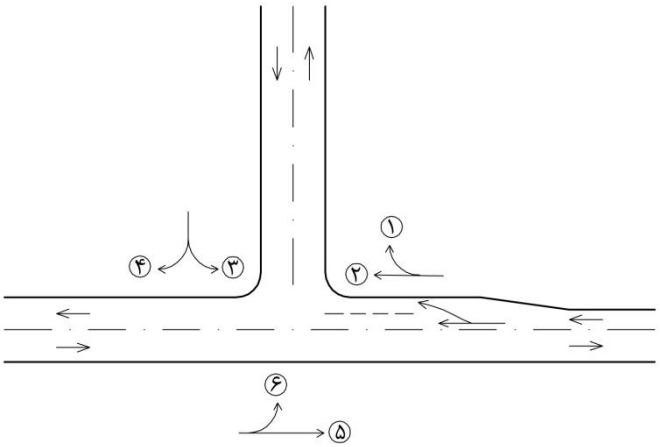
ب- سه‌راهی ساده با خط‌های عبور کمکی

با افزایش سرعت و حجم یک یا چند حرکت ترافیکی در تقاطع لازم است برای آنها خط‌های عبور کمکی (مخصوص) تعبیه شود. خط‌های عبور کمکی در صورتی که درست طراحی شود، درگیری حرکت‌ها در محل تقاطع و تعداد و شدت تصادف‌ها را کاهش می‌دهد. نمونه این گونه طرح‌های سه‌راهی و مورد استفاده از هر یک در شکل‌های (۴-۶)، (۴-۷) و (۴-۸) آمده است.



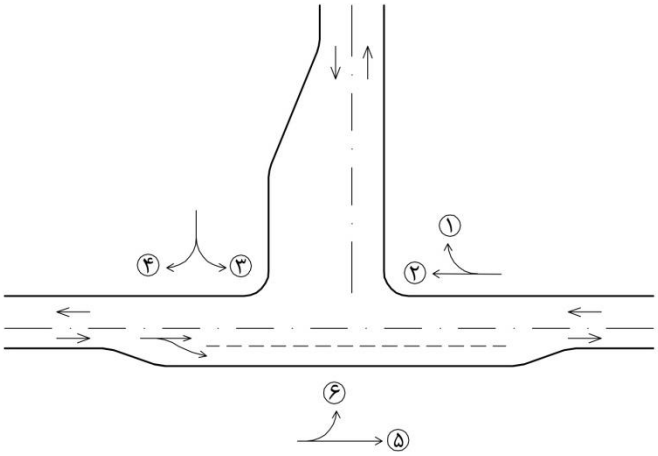

مورداستفاده: اتصال دو راه دو خطه که ترافیک کمی در آنها جریان دارد.

شکل ۴-۵- سه‌راهی ساده بدون خط عبور کمکی



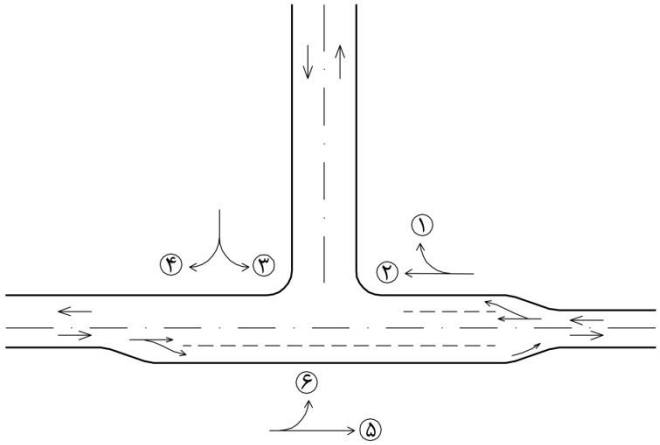

مورداستفاده: جریان ترافیک (۱) قابل توجه ولی جریان ترافیک (۲) کم است.

شکل ۴-۶- سه‌راهی با خط عبور کمکی گردش به راست




مورداستفاده: جریان‌های ترافیک (۲) و (۵) قابل‌توجه اما حجم ترافیک (۱) کم است.

شکل ۴- ۷- سه‌راهی با خط عبور کمکی سمت راست



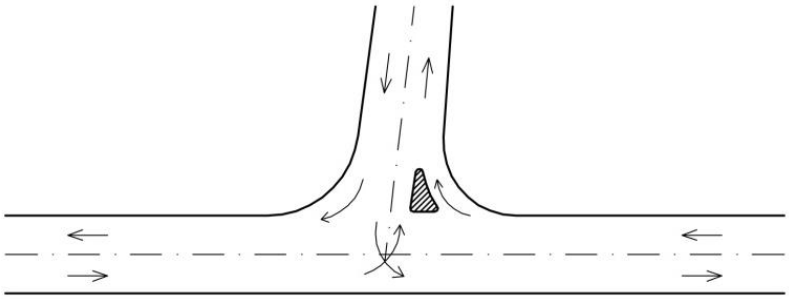

مورداستفاده: حجم ترافیک (۱) و (۵) و (۶) قابل توجه است.

شکل ۴-۸- سه‌راهی با خط‌های عبور کمکی سمت راست و خط گردش به راست

پ- سه‌راهی جریان‌بندی شده با جزیره‌های ترافیکی

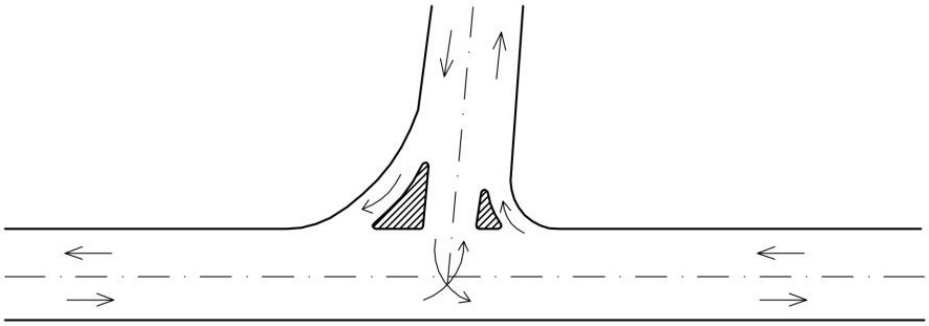
با ایجاد جزیره‌های ترافیکی در محل تقاطع و جداکردن جریان‌های مختلف ترافیک موجود در آن، می‌توان بر ظرفیت تقاطع افزود. این سه‌راهی نیز مانند سه‌راهی‌های ساده ممکن است با خط‌های عبور کمکی یا بدون آن طراحی شود. بدیهی است تأمین توأم خط‌های عبور کمکی و جزیره‌های ترافیکی می‌تواند نقش بسیار مؤثری در بهبود عملکرد تقاطع داشته باشد. نمونه طرح‌ها و موردهای استفاده از هر یک در شکل‌های (۴-۹) تا (۴-۱۳) آمده است.

باتوجه به آنکه معمولاً در سه‌راهی‌های برون‌شهری محدودیت فضا وجود ندارد، لذا طرح‌های مشتمل بر خط‌های عبور کمکی و جزیره‌ای ترافیکی، نسبت به سایر طرح‌ها برتری دارد.



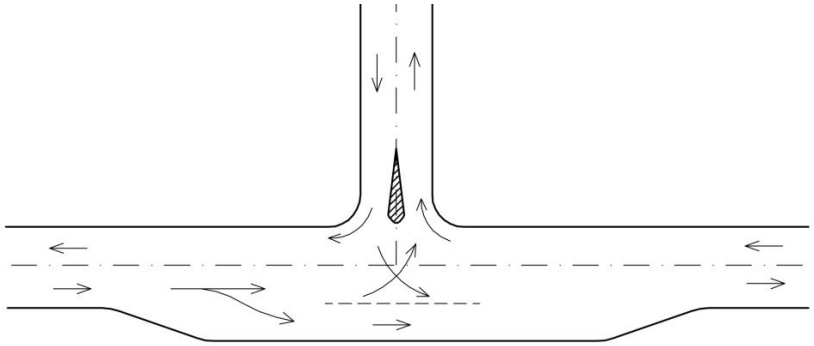
مورد استفاده: فضای کافی برای تأمین خط‌های عبور کمکی وجود ندارد و حجم ترافیک گردش به راست، از اصلی به فرعی قابل توجه است.

شکل ۴-۹- سه‌راهی با یک مسیر گردش به راست با جدول



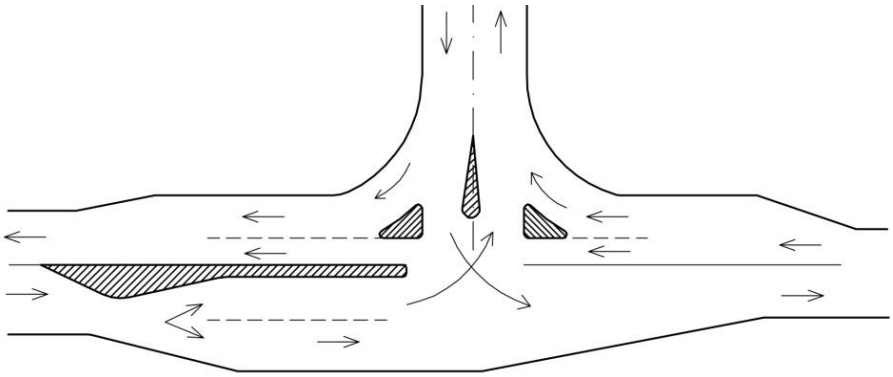
مورد استفاده: کلیه گردش به راست‌ها سرعت قابل توجه دارند و فضای کافی برای ایجاد خط گردش به راست وجود ندارد.

شکل ۴-۱۰- سه‌راهی با دو مسیر گردش به راست با جدول



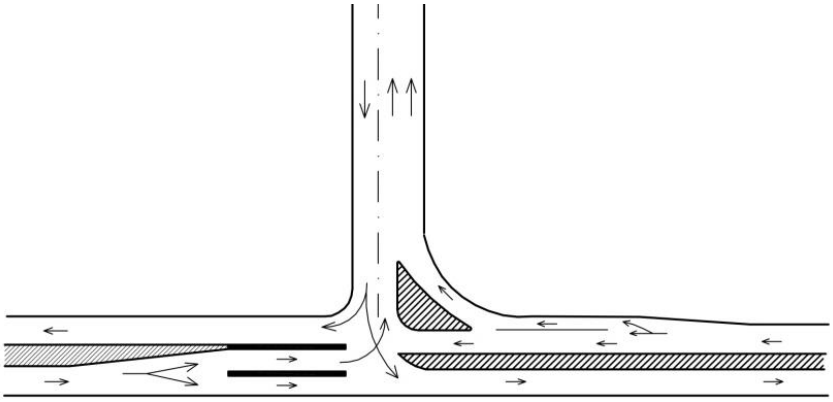
مورد استفاده: در شرایطی که فضای کافی برای گردش به راست وجود ندارد و سهولت اجرا مورد نظر است و حجم ترافیک راه اصلی، نسبتاً زیاد است.

شکل ۴-۱۱- سه‌راهی با جزیره وسط و خط عبور سمت راست



مورد استفاده: حجم ترافیک وسایل نقلیه در ساعت اوج در مسیر مستقیم حداقل برابر ۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت و ترافیک گردشی نیز نسبتاً قابل توجه است.

شکل ۴-۱۲- سه‌راهی با جزیره‌های گردش به راست و چپ

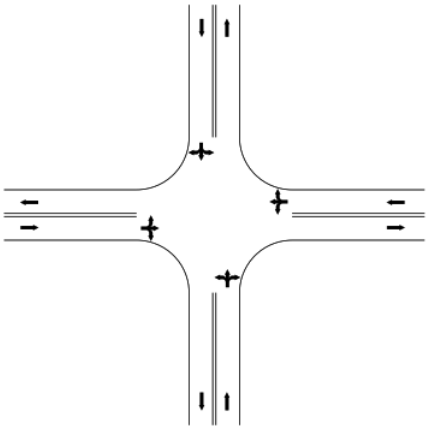


مورد استفاده: مناسب برای سه‌راهی‌های برون شهری که فضای کافی برای تعریض و جدول‌بندی مسیر وجود دارد.

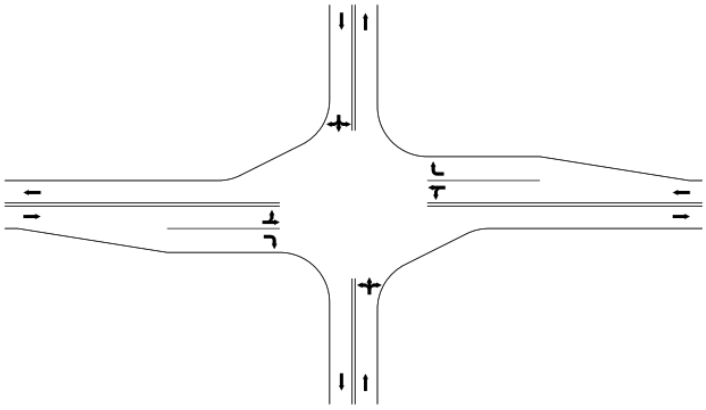
شکل ۴-۱۳- سه‌راهی با مسیرهای گردش به راست و چپ با جدول

### ۴-۳-۲- انواع طرح‌های چهارراه

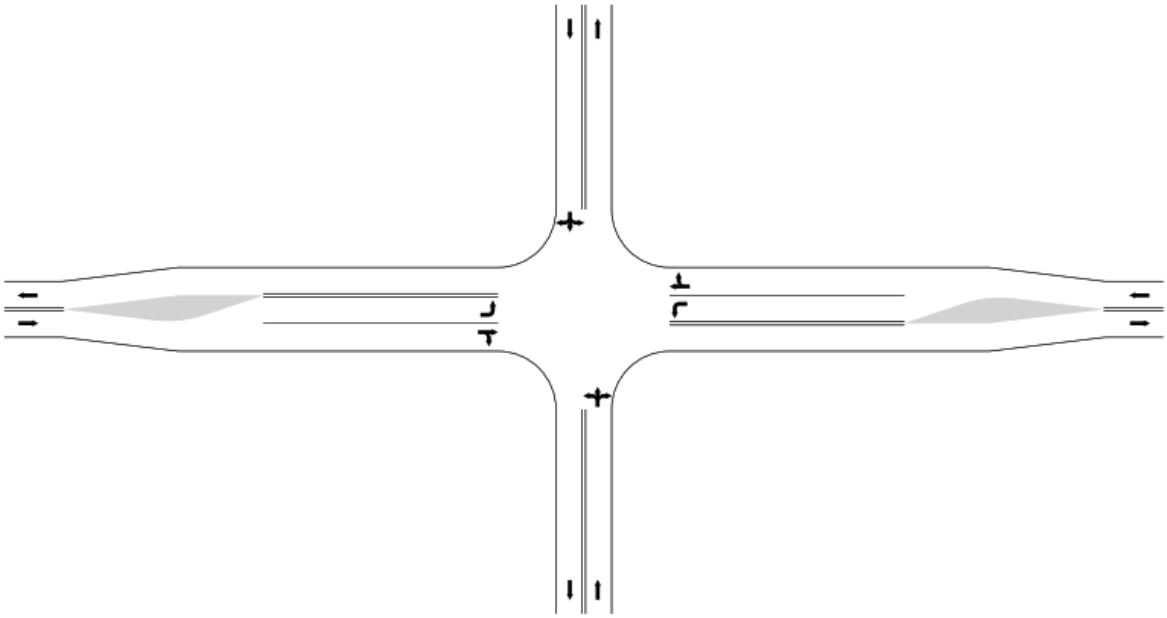
اصول طراحی چهارراه، دقیقاً مشابه با سه‌راه است. به این دلیل تنها به ارائه طرح‌های مختلف چهارراه اکتفا می‌شود. استفاده از خط‌های عبور کمکی تغییر سرعت و جداکردن جریان‌های مختلف ترافیک در چهارراه (توسط جزیره‌های ترافیکی یا خط کشی سطح راه) ترجیح داده می‌شود. نمونه طرح‌های تقاطع‌های چهارراهی در شکل‌های (۴-۱۴) تا (۴-۱۸) آمده است. شکل (۴-۱۴پ) نسبت به شکل (۴-۱۴ب) برای حفاظت گردش به چپ‌ها از مسیر اصلی مطلوب‌تر است. البته شکل-های (۴-۱۴-پ) و (۴-۱۷ب) با کنترل چراغ راهنمایی مناسب‌تر هستند.



الف- ساده

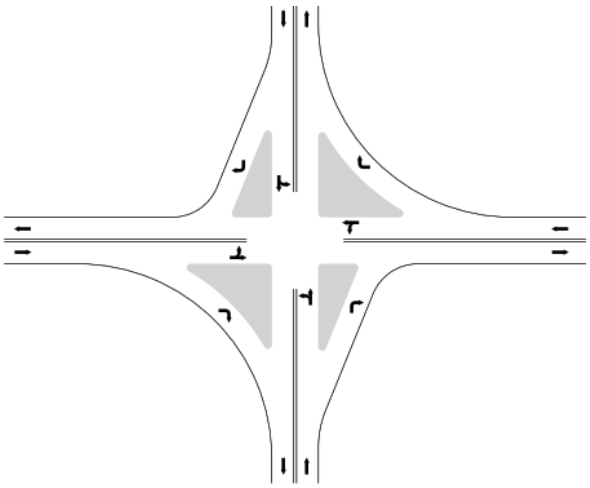


ب- پخ‌دار و خط کشی شده با خطوط گردشی راستگرد

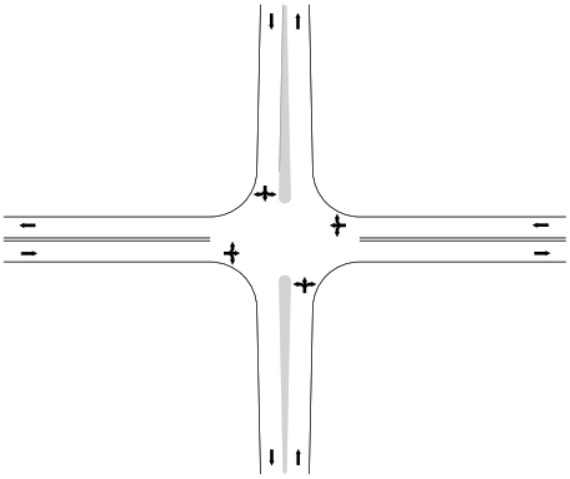


پ- پخ دار و خط کشی شده با خطوط گردش به چپ

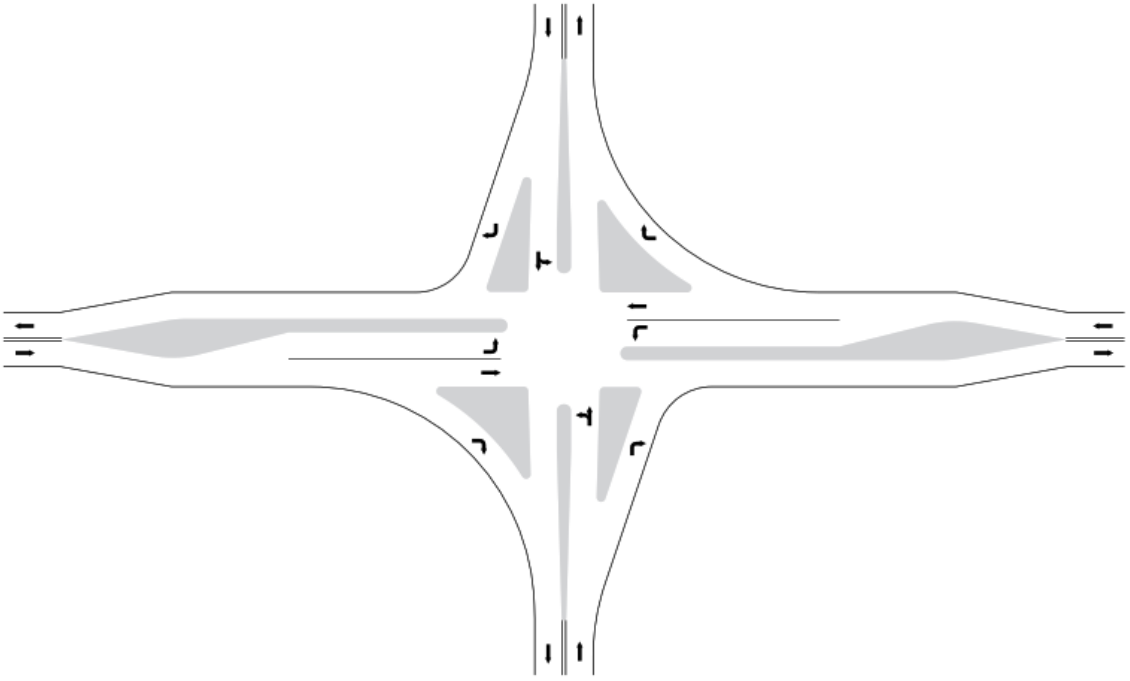
شکل ۴-۱۴- انواع طرح‌های معمول برای تقاطع‌های چهارراه بدون جریان‌بندی



الف- با راستگرد جریان‌بندی شده

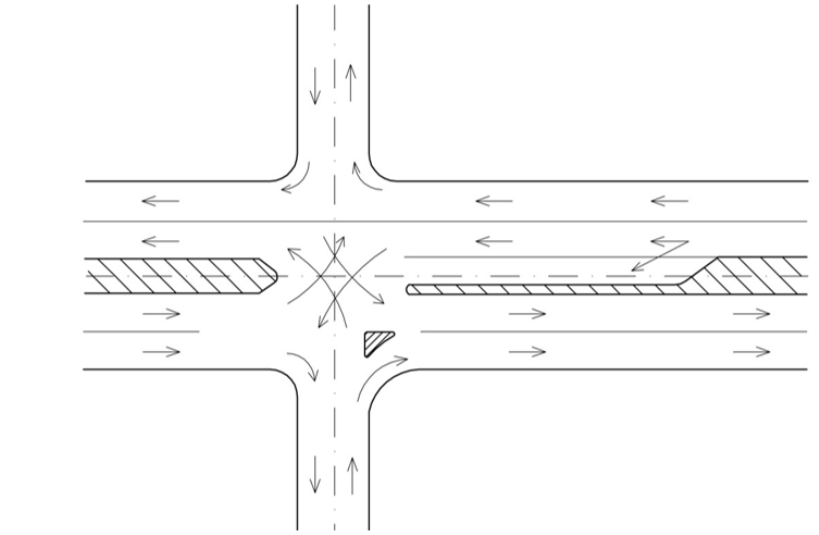


ب- با جزیره جداکننده

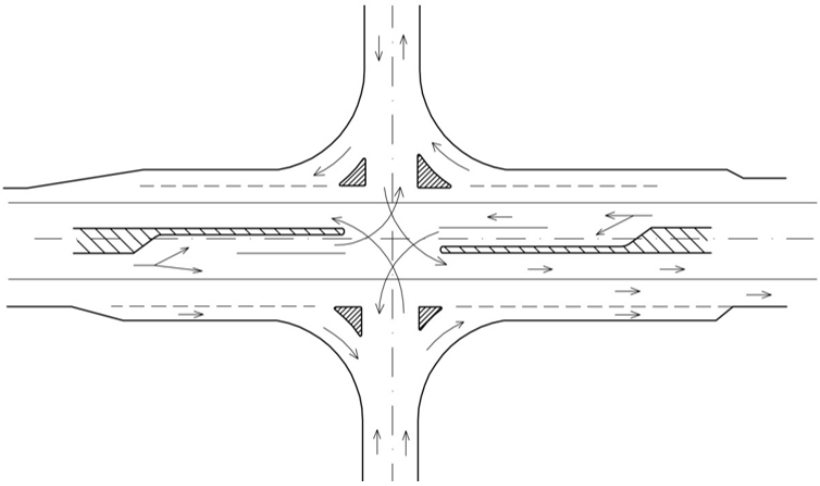


پ- با راستگرد جریان‌بندی شده، جزایر جداکننده، و خطوط گردش به چپ

شکل ۴-۱۵- انواع طرح‌های معمول برای تقاطع‌های چهارراه جریان‌بندی شده

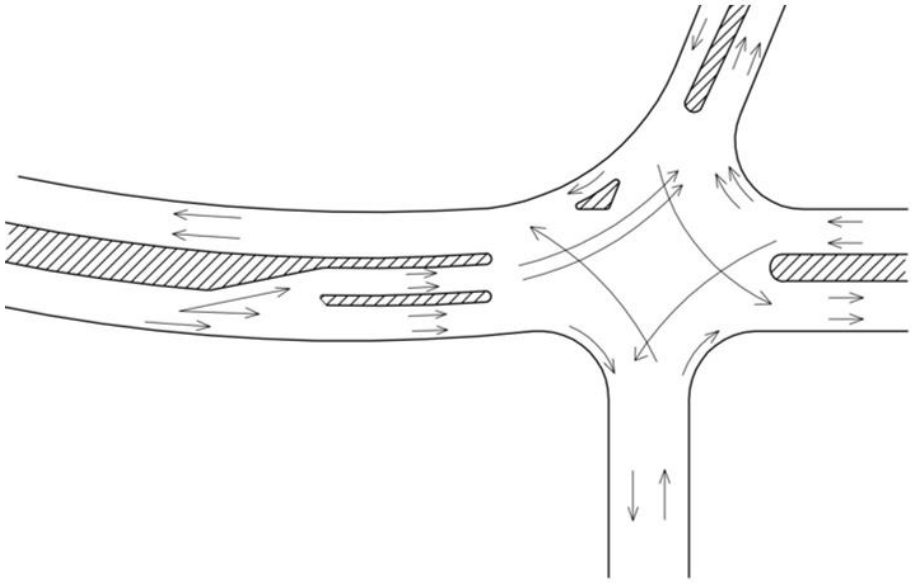


- الف -

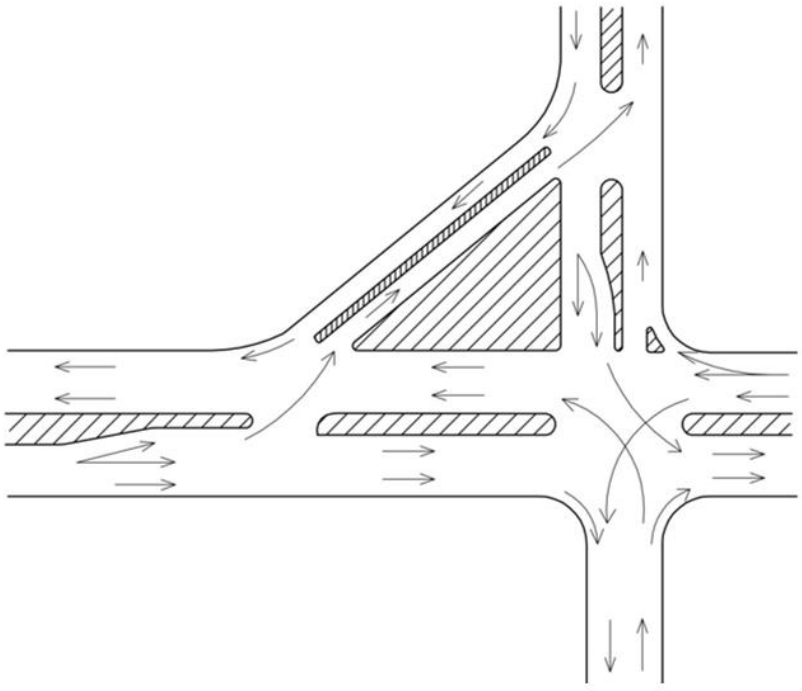


- ب -

شکل ۴-۱۶- نمونه‌هایی از چهارراه جریان‌بندی شده

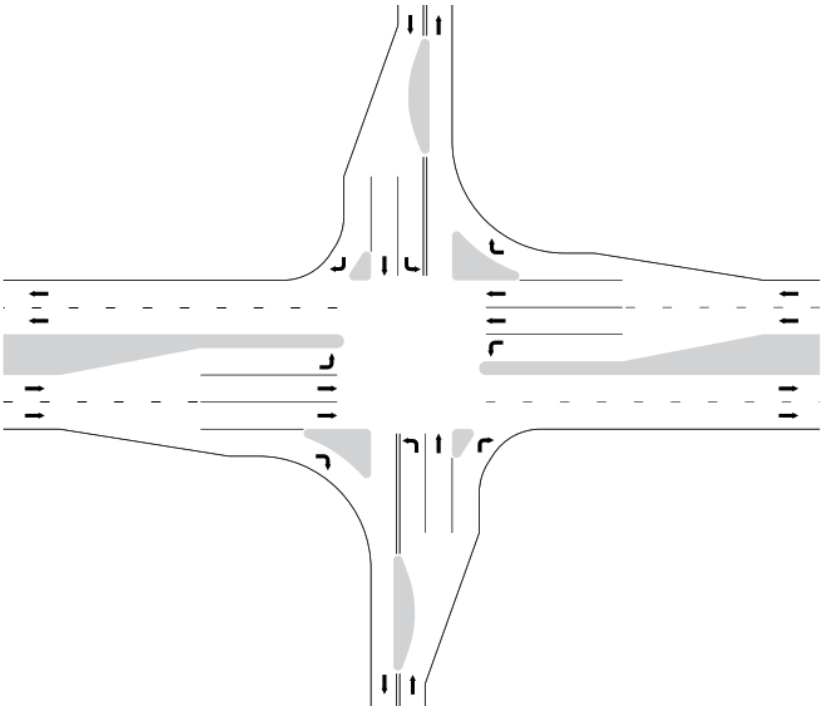


- الف -

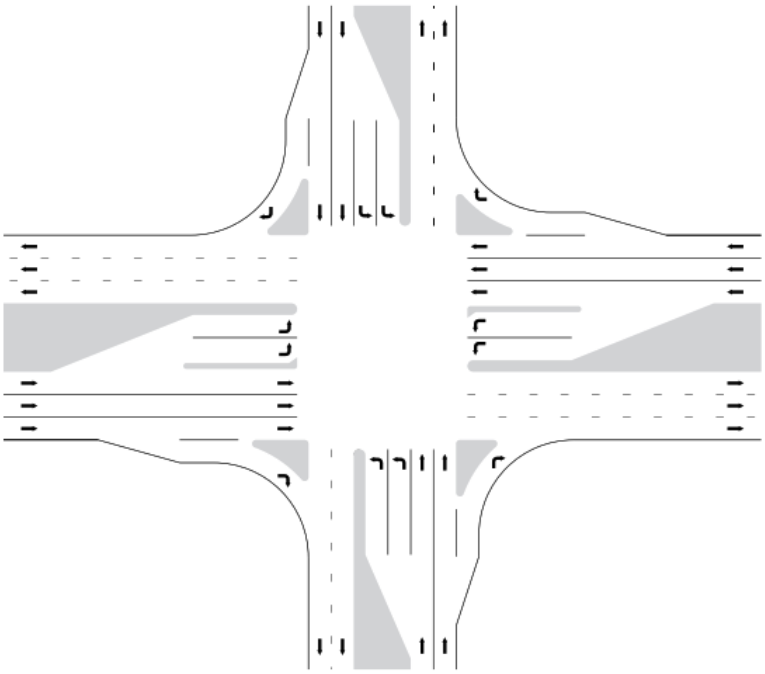


- ب -

شکل ۴-۱۷- نمونه‌های دیگری از چهارراه جریان‌بندی شده



الف- تقاطع مسیرهای چهارخطه و دو خطه- با میانه

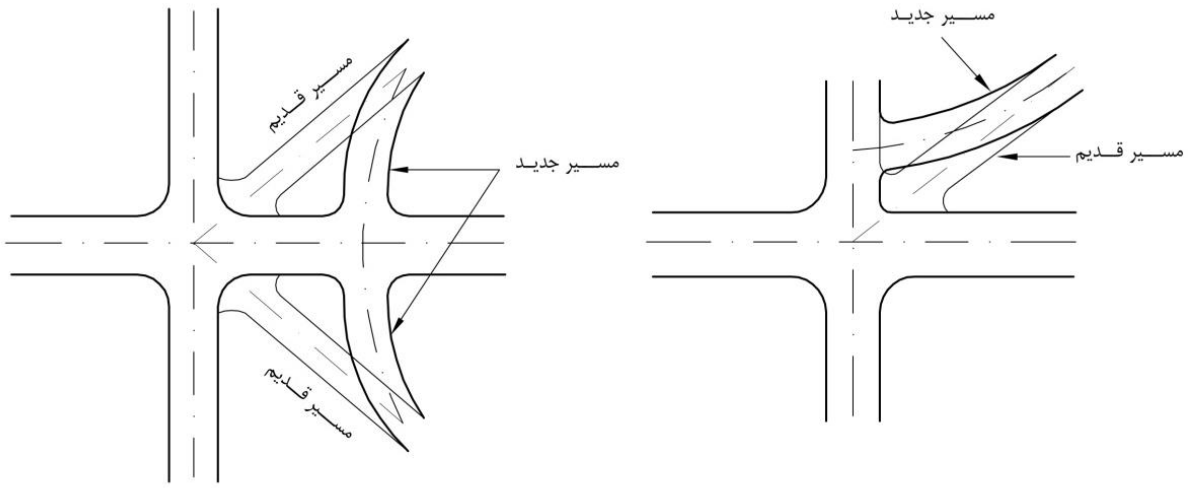


ب- تقاطع مسیرهای شش خطه و چهارخطه- با خطوط گردش به چپ دوگانه

شکل ۴-۱۸- نمونه‌های دیگری از چهارراه جریان‌بندی شده چند خطه

### ۴-۳-۳- انواع طرح‌های چندراهی

چندراهی‌ها، تقاطع‌هایی با حداقل ۵ شاخه است. از آنجایی که ترجیح داده می‌شود، چندراهی‌ها کمتر استفاده شود، لذا دو حالت تبدیل یک چندراهی به دو چهارراه یا یک سه‌راهی و یک چهارراه در شکل (۴-۱۹) نشان داده شده است. اصول طراحی چندراهی‌ها نیز مشابه با سه‌راهی‌ها و چهارراهی‌ها است.




شکل ۴-۱۹- نحوه تبدیل تقاطع‌های چندراهی به تعدادی تقاطع چهار (یا سه) راهی

### ۴-۳-۴- تقاطع‌های همسطح دایره‌ای

میدان یکی از انواع تقاطع‌های همسطح دایره‌ای با جزیره مرکزی است که می‌تواند به جای چندراهی و نیز چهارراه استفاده شود و ترافیک به صورت پادساعتگرد به دور آن می‌گردد و ترافیک ورودی، حق تقدم را به ترافیک گردشی می‌دهد. از میدان معمولاً در راه‌های شریانی درجه یک و آزادراه‌ها استفاده نمی‌شود. همه تقاطع‌های دایره‌ای نمی‌توانند به عنوان میدان در نظر گرفته شوند. در حقیقت، حداقل چهار نوع از تقاطع‌های همسطح دایره‌ای به شرح ذیل وجود دارد که میدان‌ها یکی از انواع آنها هستند:

**۱-میدان‌ها،** که نوعی از تقاطع‌های دایره‌ای با طرح خاص و ویژگی‌های کنترل ترافیک هستند که عموماً شامل موارد ذیل هستند:

- کنترل حق تقدم برای همه ترافیک‌های ورودی.
- رویکردهای جریان‌بندی‌شده.

- انحناء مناسب طرح شده در هندسه تقاطع همسطح به گونه‌ای که سرعت‌های سفر در مسیرهای گردشی معمولاً کمتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت است.
- جزایر مجزاکننده در هر شاخه از میدان جهت جدا کردن ترافیک ورودی و خروجی، انحراف‌دادن و کندکردن ترافیک ورودی، و تامین‌کننده جان‌پناه عابر پیاده می‌باشد.

میدان‌های طرح شده به این صورت را میدان‌های مدرن می‌نامند که از جنبه‌های طراحی و عملیاتی از میدان‌های قدیمی از جمله گردشی‌ها، یا دایره‌های ترافیکی تمایز داشته باشند.

**۲-دایره‌های ترافیکی محلی،** که معمولاً در تقاطع‌های خیابان‌های محلی جهت آرام‌سازی ترافیک و یا منظرآرائی احداث می‌شوند. رویکردهای تقاطع ممکن است به صورت کنترل شده حق تقدم، کنترل نشده، یا کنترل شده ایست باشند و قطر تقاطع معمولاً ۱۵ تا ۳۰ متر است. این نوع تقاطع معمولاً شامل جریان‌بندی مرتفع‌تر از سطح سواره‌رو در مسیرهای ورودی، جهت هدایت راننده نزدیک شونده به مسیرهای گردشی نمی‌شوند.

**۳-تقاطع‌های گردشی،** تقاطع‌های دایره‌ای قدیمی رایج در ایالات متحده تا قبل از ۱۹۶۰ هستند. گردشی‌ها با قطر زیادشان (اغلب بیش از ۱۰۰ متر) مشخص می‌شوند. این قطر زیاد معمولاً به افزایش سرعت مسیرهای گردشی میدان منجر می‌شود که بیش از ۵۰ کیلومتر در ساعت است. در آنها انحراف افقی کم یا ناچیز برای ترافیک مستقیم وجود دارد و ممکن است حتی مطابق یا قانون سنتی "حق تقدم به راست" عمل کنند، یعنی ترافیک گردشی به ترافیک عبوری تقدم دارد.

**۴-دایره‌های ترافیکی چراغ‌دار،** تقاطع‌های دایره‌ای قدیمی که چراغ راهنمایی ترافیکی جهت کنترل یک یا چند نقطه ورودی-گردشی به کار می‌رود و لذا به وضوح از مشخصات عملیاتی میدان‌های کنترل‌شده-تقدمی متفاوت هستند.

در اینجا تمرکز بر روی میدان‌های مدرن است. دایره‌های ترافیکی محلی جهت آرام‌سازی ترافیک در راههای محلی معمولاً استفاده می‌شود. تقاطع‌های گردشی و دایره‌های ترافیکی چراغدار چندان مؤثر نیستند و دیگر احداث نمی‌شوند. میدان‌های مدرن بر حسب ابعاد و تعداد خطوط دور میدان، به سه دسته اساسی تقسیم‌بندی می‌شوند تا بحث طراحی و عملکرد خاص آنها را تسهیل نمایند:

**الف- میدان‌های کوچک،** میدان‌های کوچک با سرعت عملیاتی ۵۰ کیلومتر در ساعت یا کمتر هستند. در شکل (۴-۲۰) میدان کوچک نشان داده شده است. این میادین برای محیط‌های شهری کم سرعت می‌توانند مفید باشند.

**ب- میدان‌های تک خطه،** با داشتن یک خط ورودی در همه شاخه‌ها و یک خط گردشی دور میدان شناخته می‌شوند. شکل (۴-۲۱) یک نمونه از میدان تک خطه را نشان می‌دهد.

**پ- میدان‌های چندخطه،** شامل همه میادینی می‌شود که حداقل یک ورودی با دو خط یا بیشتر دارند. در برخی مواقع ممکن است تعداد خطوط یک یا چند رویکرد میدان متفاوت باشد. شکل (۴-۲۲) یک میدان چند خطه را نشان می‌دهد.

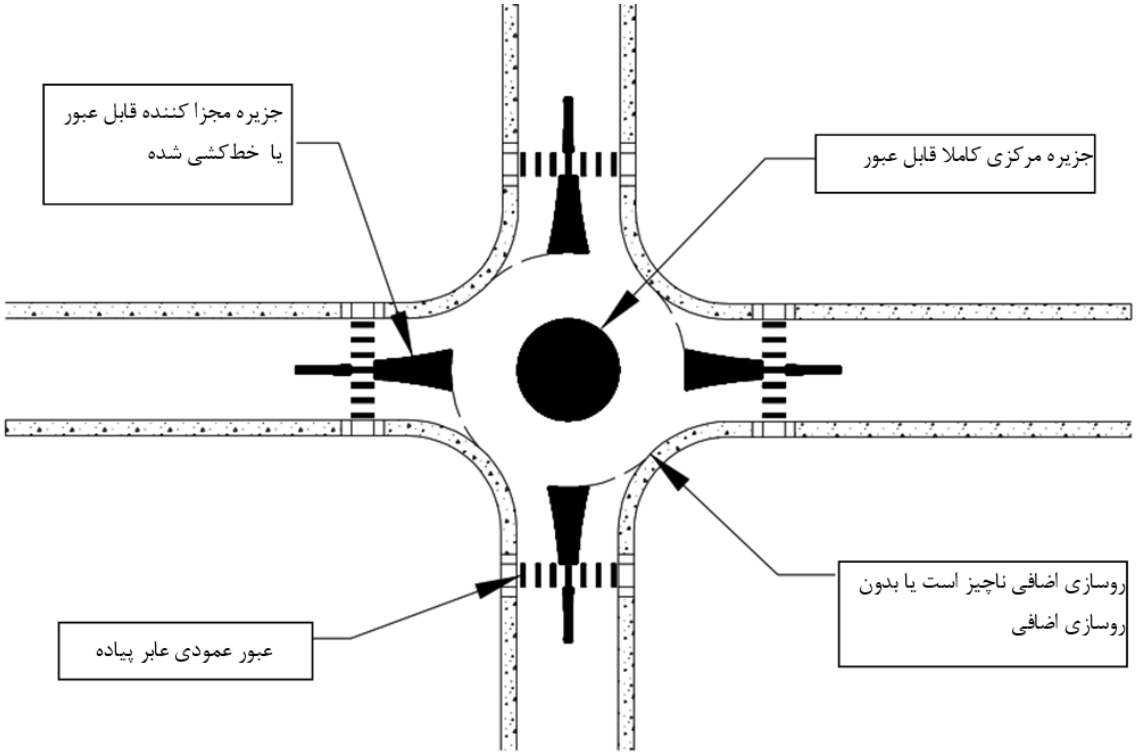
نکته مهم اینکه میدان‌های برون شهری معمولاً سرعت‌های ورودی بالاتری دارند و بنابراین لازم است توجه خاصی به قابلیت دید، امتداد رویکرد ورودی، جزئیات مقطع عرضی شود.

در جدول (۴-۲) برخی از اصول طراحی و اجزا عملیاتی هر کدام از سه طبقه‌بندی میدان مقایسه و خلاصه شده است.

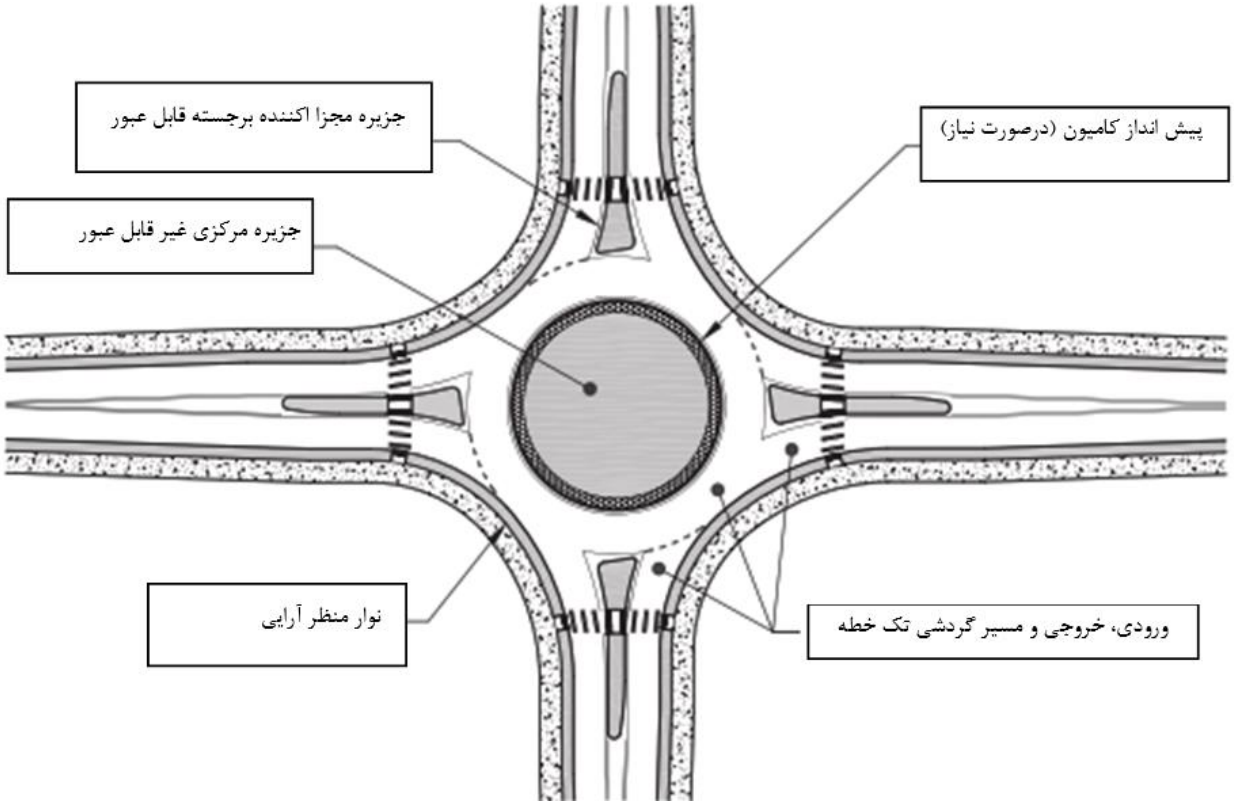
جدول ۴-۲- مقایسه انواع میدان‌ها

| اجزاء طراحی | میدان‌های کوچک | میدان‌های تک‌خطه | میدان‌های چندخطه |
|---|---|---|---|
| حداکثر مطلوب سرعت طرح ورودی (Km/h) | ۲۵ تا ۳۰ | ۳۰ تا ۴۰ | ۴۰ تا ۵۰ |
| حداکثر تعداد خطوط ورودی در رویکرد | ۱ | ۱ | ۲+ |
| قطر دایره محاط نمونه (m) | ۱۳ تا ۲۷ | ۲۷ تا ۵۵ | ۴۶ تا ۹۱ |
| نوع جزیره مرکزی | برجسته قابل عبور | بلند | بلند |
| حجم خدمت‌دهی روزانه نمونه برای یک میدان چهارراهی جائی که انتظار می‌رود که میدان بدون نیاز به یک تحلیل ظرفیت جزئی عملیات انجام دهد* | ۰ تا ۱۵۰۰۰ | ۰ تا ۲۰۰۰۰ | ۰ تا ۴۵۰۰۰ برای یک میدان دوخطه |

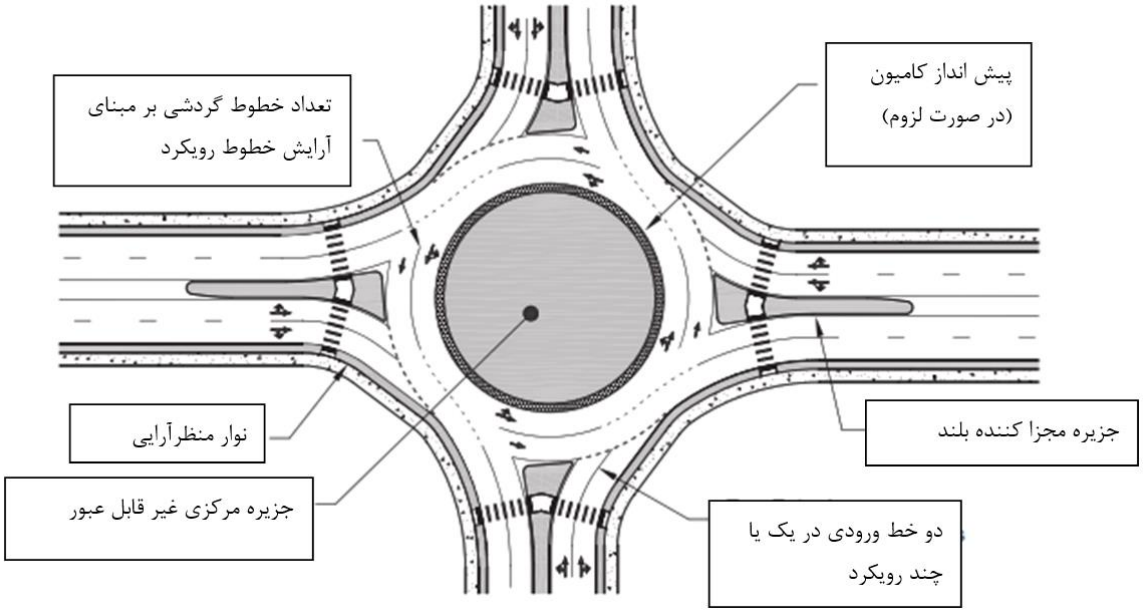
*: جهت کاربردهای خاص یا در مورد میدان‌های بیش از دو خط یا چهار شاخه لازم است تحلیل عملیاتی انجام گیرد تا محدوده بالا صحت سنجی شود.




شکل ۴-۲۰- میدان کوچک نمونه




شکل ۴-۲۱- میدان تک خطه نمونه




شکل ۴-۲۲- میدان چند خطه نمونه

## ۴-۴-اجزاء طراحی تقاطع همسطح

در این بخش اجزاء فیزیکی طرح تقاطع همسطح به شرح ذیل ارائه شده است که در قسمت‌های بعدی به تفصیل توضیح داده می‌شود:

مسیر افقی و قائم،

مسافت دید تقاطع همسطح،

مسیرهای گردشی و جریان‌بندی،

خطوط کمکی،

بریدگی‌های میانه و جانپناه عابر پیاده،

گردش به چپ‌های غیرمستقیم و دوربرگردان‌ها،

میدان‌ها، و

سایر اجزا طراحی تقاطع همسطح.

## ۴-۵- مسیر افقی و قائم در تقاطع‌ها

امتداد و شیب ورودی‌های تقاطع باید این امکان را به راننده بدهد که به راحتی و با دید کامل، حرکت‌های لازم را برای عبور از تقاطع با ایمنی کافی و حداقل تلاقی با سایر وسایل نقلیه انجام دهد. به همین سبب امتداد راه‌ها در محل تقاطع باید حتی المقدور مستقیم و کم شیب باشد. تنظیم شیب سطح سواره‌رو در محدوده تقاطع نیز بخاطر ایجاد هماهنگی با نیمرخ های طولی و عرضی و امتداد محورهای متقاطع و همچنین تخلیه مناسب آب‌های سطحی از اهمیت خاصی برخوردار است.

### ۴-۵-۱- مسیر افقی یا پلان

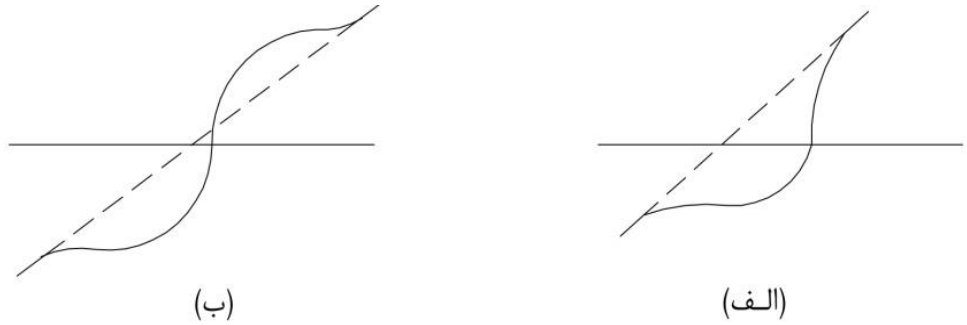
اصولاً مناسب‌ترین محل برای تقاطع‌ها در راه‌ها، قسمت‌های مستقیم با شیب یکنواخت است. چنانچه امکان تقاطع در قسمت‌های مستقیم راه وجود نداشته باشد، تقاطع باید به گونه‌ای واقع شود که وسایل نقلیه پیش از رسیدن به تقاطع وارد قوس شده باشند. به هر حال در تقاطع‌ها باید از ایجاد قوس‌های تند یا تغییرات شدید در پلان اجتناب شود. حتی الامکان جهت قوس هر محور باید به نحوی باشد که بربلندی (دور) قوس با شیب طولی محور متقاطع با آن، هم جهت باشد.

با توجه به مسائل ایمنی و اقتصادی تقاطع‌ها، مناسب‌ترین زاویه تقاطع ۹۰ درجه و یا نزدیک به آن است. تقاطع‌های با زاویه مایل مستلزم سطح تلاقی بزرگتری بوده و میدان دید را به ویژه برای رانندگان کامیون کاهش می‌دهند. همچنین وسایل نقلیه طویل برای گردش به راست یا چپ نیاز به فضای بیشتری دارد و در صورت عدم وجود چنین فضایی، خط‌های

دیگر را اشغال می‌کند. به این ترتیب در جریان ترافیک تقاطع آشفتگی پدید آمده و از ایمنی آن کاسته خواهد شد. حداکثر دامنه مطلوب زاویه تقاطع بین ۷۵ درجه تا ۱۲۰ درجه است.

در بهسازی شبکه‌های موجود باید سعی شود، تقاطع‌های با زاویه کوچکتر از ۶۰ درجه اصلاح شوند. معمولاً چنین اصلاحاتی در صورتی عملی است که در اطراف تقاطع، حریم کافی وجود داشته باشد.

روش‌های مختلفی برای اصلاح تقاطع‌های دارای زاویه حاده وجود دارد. در شکل (۴-۲۳) دو روش اصلاح مسیر در تقاطع مایل نشان داده شده است.

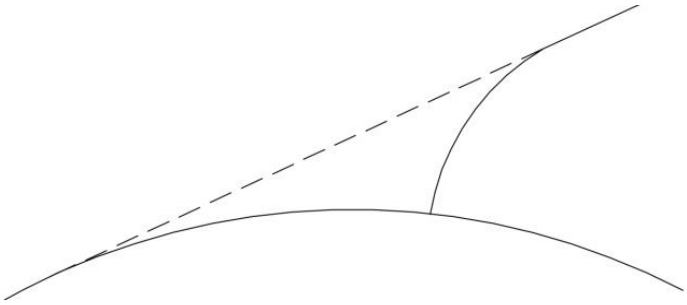



شکل ۴-۲۳- دو روش اصلاح در تقاطع‌های اریب

چنانچه زاویه برخورد راه‌های منتهی به تقاطع کوچک‌تر باشد، در آن صورت روش‌های دیگری برای اصلاح این‌گونه مسیر-ها وجود دارد که در شکل (۴-۲۴) دو نمونه آن ارائه شده است. در این‌گونه موارد راه فرعی منتهی به تقاطع با یک قوس ساده به راه اصلی متصل می‌شود. البته حالت ب بدلیل اینکه حرکت قطع کننده مسیر اصلی، ابتدا با گردش به راست وارد شده و سپس با طی مسیر اصلی و با دید و فرصت کافی با گردش به چپ از مسیر اصلی خارج می‌شود، نسبت به حالت الف برتری دارد.

چنانچه راه اصلی در قوس افقی واقع بوده و ورودی فرعی مماس بر آن باشد، اصلاح راه فرعی مطابق شکل (۴-۲۵) مفید خواهد بود. این طرح نیز ممکن است، معایبی از قبیل وجود بربلندی معکوس در تقاطع را به همراه داشته باشد.

شکل ۴-۲۴- نحوه اصلاح مسیر در تقاطع‌های با زاویه تند



شکل ۴-۲۵- نمونه روش اصلاح مسیر در تقاطع‌های واقع در قوس افقی

### ۴-۵-۲- مسیر قائم یا پروفیل طولی

در تقاطع‌ها باید حتی المقدور از تغییر شیب‌ها و ترکیب شیب‌هایی که کنترل وسیله نقلیه را مشکل می‌سازد، اجتناب شود. وجود فاصله دید کافی در هر یک از دو راه اصلی و فرعی تقاطع، یکی از موارد ضروری طراحی تقاطع است.

قابلیت تشخیص و شرایط دید تقاطع، هنگامی در بهترین وضعیت است که راه‌های منتهی به تقاطع در گودی واقع شوند. از این دیدگاه تقاطع‌های مقعر (گود) بهترین نوع تقاطع‌ها هستند. بر عکس، تقاطع‌ها نباید چنان طراحی شوند که در محدوده تقاطع یک برآمدگی تشکیل شود. اگر یکی از دو راه منتهی به تقاطع به ناچار بر روی برآمدگی قرار گیرد، باید قابلیت تشخیص تقاطع را با اقدامات جانبی در تقاطع (مثلاً ایجاد حفاظ وسط) و یا در محیط اطراف آن (برای مثال با ایجاد درخت یا بنا) بهبود بخشید. در طرح تقاطع‌ها باید توجه داشت که استفاده از یک قوس افقی در ادامه یک قوس قائم محدب شرایط نامطلوبی را به وجود می‌آورد، لذا از ایجاد آن باید احتراز کرد.

شیب طولی مسیرهای منتهی به تقاطع باید حتی الامکان ملایم باشد و برای این منظور بهتر است شیب طولی راه‌ها در محل تقاطع به یک درصد محدود شود. با این وجود، این شیب را می‌توان تا ۳ درصد افزایش داد. در شرایط خاص که محدود کردن شیب تقاطع به ۳ درصد مستلزم مخارج سنگینی باشد، با رعایت مسائل ایمنی، این شیب را می‌توان تا ۶ درصد افزایش داد. به هر حال در ورودی‌های تقاطع باید خط‌های شیب طولی تا فاصله مناسبی از تقاطع امتداد پیدا کند تا زهکشی تقاطع به نحو مناسبی انجام شود. معمولاً خط شیب مسیر اصلی در محل تقاطع ثابت نگه داشته شده و شیب عرضی مسیر فرعی، متناسب با آن اصلاح می‌شود. چنین حالتی مستلزم تغییر حالت کف مسیر فرعی به یک مقطع عرضی با شیب یک طرفه در محل تقاطع با مسیر اصلی است.

شیب طولی ورودی‌های فرعی تقاطع باید به خاطر قابلیت تشخیص تقاطع و مسائل حرکتی وسایل نقلیه در فاصله تقریباً ۲۵ متری لبه مسیر اصلی، حداکثر ۲/۵ درصد باشد.

شیب تقاطع در هر دو پیاده رو (علامت گذاری شده و نشده) باید هنگام ایجاد پروفیل های مسیر در تقاطع ها محدود شود تا این معبر برای افراد معلول قابل دسترسی و استفاده باشد. در محل‌های خط عرضی عابرپیاده، شیب عرضی روسازی

نباید از ۵ درصد افزایش یابد، مگر در رویکردهای تقاطع‌هایی که با تابلوی ایست یا حق تقدم عبور کنترل می‌شوند که در این صورت مقدار ذکر شده نباید از ۲ درصد بیشتر باشد.

## ۴-۶- فاصله دید در تقاطع

تأمین فاصله دید در تقاطع، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از تأمین فاصله دید، این است که اگر راننده وسیله‌نقلیه، در تقاطع با مانعی مواجه شود، قادر به انجام عکس‌العمل به موقع و کنترل وسیله نقلیه خود برای جلوگیری از تصادف باشد. ضمن آنکه چنانچه قصد تغییر مسیر حرکت در تقاطع را داشته باشد، بتواند تصمیم لازم را قبل از رسیدن به تقاطع بگیرد.

برای بهتر دیده شدن تقاطع، باید به نکات زیر توجه شود.

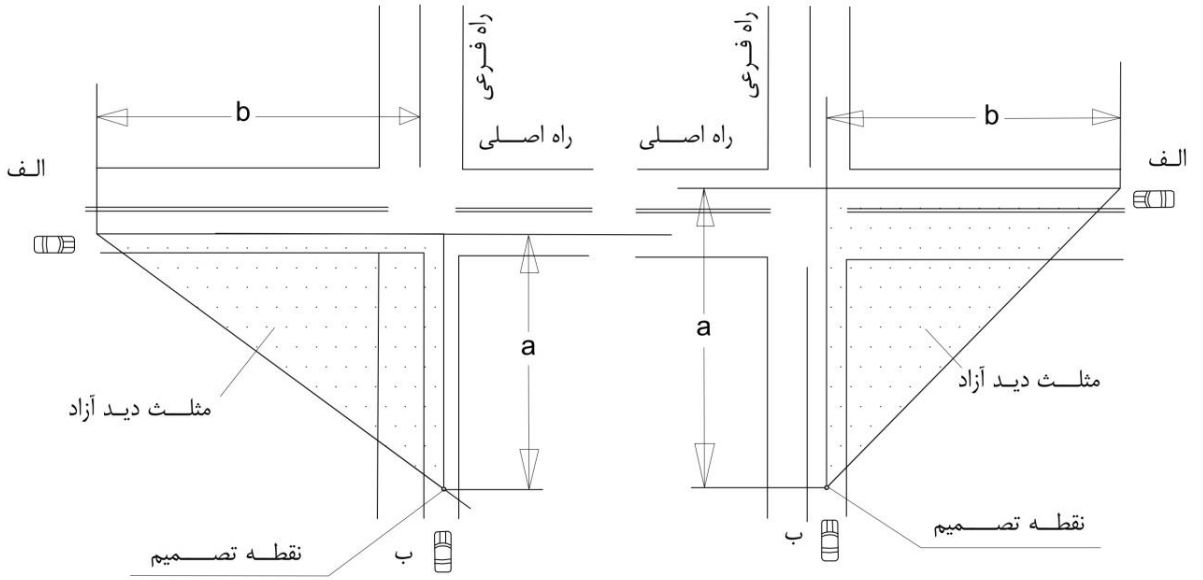
- فاصله دید از فاصله دید توقف بیشتر باشد.
- از قرار دادن تقاطع در نزدیکی خم‌های گنبدی خودداری شود.
- از قرار دادن تقاطع در قوس‌های افقی تند یا نزدیکی آنها و مخصوصاً در سمت داخل قوس افقی، خودداری شود. چنانچه این امر اجتناب ناپذیر است، باید با توجه به مانع‌های دید موجود در تقاطع، به نوعی تقاطع را کنترل کرد.
- فاصله تقاطع‌های مجاور از فاصله دید هر یک از تقاطع‌ها بیشتر باشد.
- در صورت امکان، روشنایی تقاطع تأمین شود.
- چنانچه به عللی تأمین فاصله دید توقف تا رسیدن به محل تقاطع امکان‌پذیر نیست، با استفاده از علامت‌های ترافیکی اطلاعات لازم به رانندگان منتقل شود. این علائم ترافیکی شامل خط‌کشی و روسازی لرزاننده خودرو توأم با تابلوها و یا چراغ راهنمایی است.

### ۴-۶-۱- مثلث دید در تقاطع

طرح هندسی تقاطع طوری تهیه می‌شود که در امتداد هریک از رویکردهای شاخه تقاطع و در راستای خط دید رانندگان خودروهای شاخه‌های فرعی و اصلی تقاطع که به محل تقاطع نزدیک می‌شوند، سطح دید بدون مانعی وجود داشته باشد. چنین سطحی، "مثلث دید بی‌مانع" نام دارد. بنابراین، مثلث دید مثلثی است (معمولاً قائم‌الزاویه) که یک ضلع آن (وتر)، چشم راننده وسیله‌نقلیه کنترل شده را به وسیله نقلیه‌ای وصل می‌کند که احتمال تلاقی با آن می‌رود، و دو ضلع دیگر آن در امتداد مسیرهای اصلی و فرعی منتهی به تقاطع است. دو نوع مثلث دید در طرح تقاطع‌ها در نظر گرفته می‌شود: مثلث دید دسترسی برای ورود به تقاطع (در تقاطع‌های کنترل نشده یا با علامت حق تقدم) و مثلث دید خروجی (با علامت ایست). در شکل (۴-۲۵)، حالت‌های مختلف موجود برای مثلث دید در تقاطع، آمده است.

در محدوده مثلث دید نباید هیچ گونه مانعی وجود داشته باشد. مانع‌های دید در راه‌ها، معمولاً نرده پل‌ها، شیروانی خاکبرداری‌ها، دیوارهای حایل خاکبرداری، درخت‌ها و موردهای مشابه می‌باشد. حفاظ معمولاً به علت ارتفاع کمی که دارد، مانع دید در تقاطع‌ها نمی‌شود.

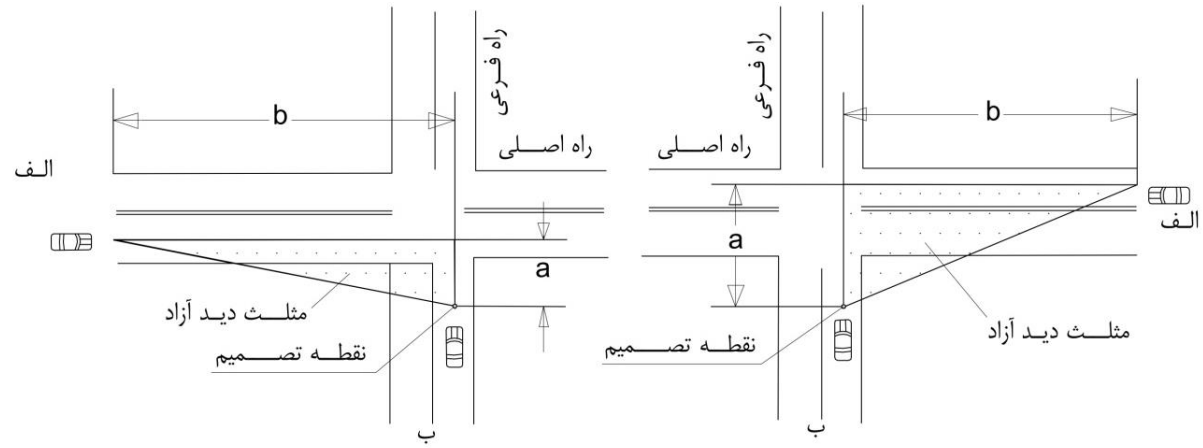
برای تعیین موانع دید برای خودروی سبک، راستای دید از نقطه‌ای به ارتفاع ۱۰۸ سانتی‌متر از سطح راه که همان ارتفاع چشم راننده فرضی مسیر فرعی است، به مانعی به ارتفاع ۱۰۸ سانتی‌متر در محور خط عبور ورودی تقاطع، وصل می‌شود. برای کامیون طرح، ارتفاع چشم راننده ۲۳۳ سانتی‌متر فرض می‌شود. ابعاد مثلث دید با توجه به نوع عملکرد تقاطع، متفاوت است. ابعاد مثلث دید برای انواع حالت‌ها در ذیل آورده شده است.




مثلث دید آزاد برای رویت
ترافیکی که از سمت راست می رسد

مثلث دید آزاد برای رویت
ترافیکی که از سمت چپ می رسد

الف - مثلث‌های دید دسترسی




مثلث دید آزاد برای رویت
ترافیکی که از سمت راست می رسد

مثلث دید آزاد برای رویت
ترافیکی که از سمت چپ می رسد

ب - مثلث‌های دید خروجی

شکل ۴-۲۶- انواع مثلث دید در تقاطع

### ۴-۶-۲- کنترل تقاطع همسطح

ابعاد پیشنهادی برای مثلث‌های دید با توجه به نوع کنترل ترافیک به کار رفته در تقاطع تغییر می‌کند چرا که انواع مختلف کنترل، محدودیت قانونی متفاوتی را به رانندگان تحمیل می‌کند و در نتیجه منجر به رفتار متفاوت رانندگان می‌شود. رویه‌های تعیین فواصل دید در تقاطع‌ها بر اساس انواع مختلف کنترل ترافیک به شرح ذیل است:

حالت ۱) تقاطع‌های بدون کنترل ترافیک،

حالت ۲) تقاطع‌های کنترل شده با تابلوی ایست در مسیر فرعی،

۲-الف) گردش به چپ از مسیر فرعی،

۲-ب) گردش به راست از مسیر فرعی،

۲-پ) عبور مستقیم با تلاقی از مسیر فرعی،

حالت ۳) تقاطع‌های کنترل شده با تابلوی رعایت حق تقدم در مسیر فرعی،

۳-الف) حرکت مستقیم (حرکت عبوری) از مسیر فرعی،

۳-ب) گردش به چپ یا راست از مسیر فرعی،

حالت ۴) تقاطع کنترل شده با چراغ راهنمایی،

حالت ۵) تقاطع کنترل شده با تابلوی ایست در همه رویکردها،

حالت ۶) گردش به چپ از مسیر اصلی، و

حالت ۷) میدان‌ها.

**حالت ۱) تقاطع بدون کنترل**

تقاطع بدون کنترل به تقاطعی گفته می‌شود که فرعی و اصلی بودن مسیرهای منتهی به آن مشخص نیست و هیچ گونه علامت حق تقدم، ایست یا چراغ راهنمایی به منظور کنترل ترافیک تقاطع وجود ندارد. در این تقاطع رانندگان بر اساس مقررات عمومی راهنمایی رانندگی رعایت حق تقدم عبور عمل می‌کنند. در چنین شرایطی رانندگان وسایل نقلیه‌ای که در حال نزدیک شدن به تقاطع هستند، در فاصله زمانی مناسبی قبل از رسیدن به تقاطع، سرعت خود را کاهش می‌دهند. زمان لازم برای این منظور شامل زمان‌های درک و عکس‌العمل است. زمان درک و عکس‌العمل، ۲/۵ ثانیه فرض می‌شود. در جدول (۴-۳) طول اضلاع مثلث دید آورده شده است.

چنانچه در شکل (۴-۲۵ الف)، مسیر الف، سرعت طرحی برابر با ۱۰۰ کیلومتر در ساعت و مسیر ب، سرعت طرحی برابر با ۷۰ کیلومتر در ساعت داشته باشد، مثلث دید در امتداد مسیر الف، طولی معادل ۱۰۵ متر و در امتداد مسیر ب، طولی برابر با ۶۵ متر خواهد داشت. مقدارهای درج شده در جدول برای سطوح بدون شیب طولی است. چنانچه هر یک از شاخه‌های

منتهی به تقاطع، دارای شیب طولی مثبت یا منفی (سربالایی یا سرازیری) باشد، اضلاع مثلث دید از حاصل ضرب طول حاصل از جدول (۴-۳) در ضرایب ارایه شده در جدول (۴-۴)، به دست می‌آیند.

چنانچه تأمین مثلث دید بدون مانع امکان‌پذیر نباشد، باید تابلوهای محدودیت سرعت در یک یا هر دو مسیر منتهی به تقاطع، نصب شود.

جدول ۴-۳- طول ضلع مثلث دید در تقاطع بدون کنترل

| سرعت طرح (کیلومتر در ساعت) | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ | ۱۳۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| طول ضلع (متر) | ۲۰ | ۲۵ | ۳۵ | ۴۵ | ۵۵ | ۶۵ | ۷۵ | ۹۰ | ۱۰۵ | ۱۲۰ | ۱۳۵ | ۱۵۰ |
| برای شیب‌های طولی بزرگتر از ۳ درصد، از ضرایب تصحیح جدول (۴-۴) استفاده شود. | | | | | | | | | | | | |

جدول ۴-۴- ضرایب تصحیح بر مبنای شیب طولی

| شیب طولی منتهی به تقاطع (درصد) | سرعت طرح (کیلومتر در ساعت) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ | ۱۳۰ |
| -۶ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ |
| -۵ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۲ | ۱/۲ | ۱/۲ |
| -۴ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ | ۱/۱ |
| ۳- تا ۳+ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ |
| +۴ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ |
| +۵ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ |
| +۶ | ۱/۰ | ۱/۰ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ | ۰/۹ |

**حالت ۲) کنترل تقاطع با تابلوی ایست در مسیر فرعی**

برای تعیین ابعاد مثلث دید در تقاطع‌های با تابلوی ایست در مسیر فرعی سه حالت را باید در نظر گرفت:

۲-الف) گردش به چپ از مسیر فرعی،

۲-ب) گردش به راست از مسیر فرعی، و

۲-پ) عبور مستقیم از تقاطع (از مسیر فرعی).

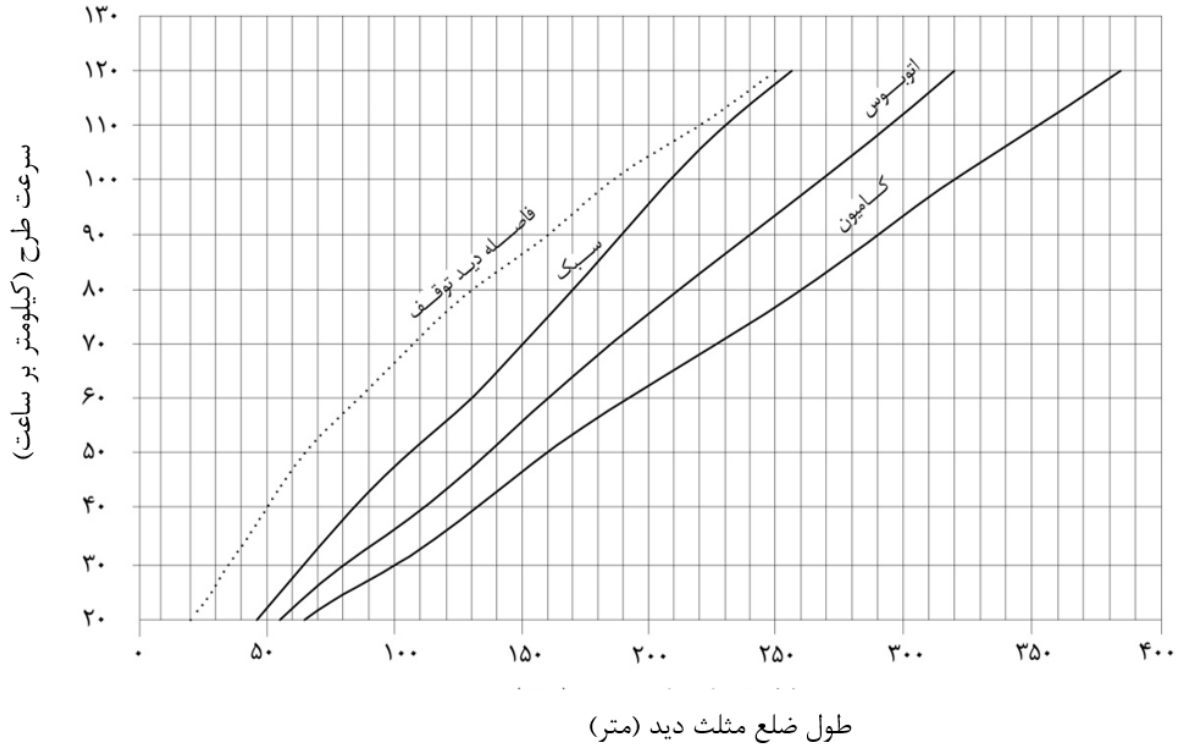
**۲-الف- گردش به چپ از مسیر فرعی**

در این حالت فرض بر این است که خودرو در پشت خط توقف مسیر فرعی در فاصله ۴/۴ متری از لبه روسازی مسیر اصلی (نقطه تصمیم مثلث دید خروج) متوقف است. البته مطلوب است این فاصله به ۵/۴ متر افزایش یابد.

با توجه به شکل (۴-۲۶)، ضلع مثلث دید در راستای مسیر فرعی برابر با فاصله از مسیر اصلی به اضافه نصف عرض خط (زمانی که خودرو از سمت چپ به تقاطع نزدیک می‌شود) یا ۱/۵ برابر عرض خط (زمانی که خودرو از سمت راست به تقاطع نزدیک می‌شود) است.

فاصله دید در مسیر اصلی در هر دو جهت برابر با مسافت طی شده با سرعت طرح در مسیر اصلی در مدت زمانی برابر با مدت زمانی که نیاز است که یک وسیله نقلیه از حالت توقف (متوقف در فاصله ۴/۴ یا ۵/۴ متر) در مسیر فرعی شروع به حرکت کرده و از فاصله زمانی مناسب بین خودروهای مسیر اصلی، گردش به چپ را کامل انجام دهد.

در شکل (۴-۲۷)، فواصل دید در امتداد مسیر اصلی برای انواع خودروهای طرح ارائه شده است.




شکل ۴-۲۷- نمودار تعیین فاصله دید تقاطع برای گردش به چپ از مسیر فرعی در تقاطع با تابلوی ایست

فاصله دید تقاطع در امتداد مسیر اصلی (فاصله b در شکل ۴-۲۶) با استفاده از رابطه (۴-۱) و جدول (۴-۵) به دست می‌آید:

$$ISD=۰/۲۷۸V_{major}t_g \quad (۱-۴)$$

در این رابطه:

ISD: فاصله دید تقاطع (طول مثلث دید در امتداد مسیر اصلی) (متر)؛

$V_{major}$: سرعت طرح مسیر اصلی (کیلومتر در ساعت)؛ و

$t_g$: فاصله زمانی برای ورود وسیله نقلیه از مسیر فرعی به مسیر اصلی (ثانیه).

جدول ۴-۵- فاصله زمانی برای حالت ۲-الف، گردش به چپ از حالت توقف

| خودرو طرح | فاصله زمانی (tg) در سرعت طرح مسیر اصلی (ثانیه) |
|---|---|
| سواری | ۷/۵ |
| کامیون نوع اول و اتوبوس | ۹/۵ |
| کامیون نوع دوم و به بالا | ۱۱/۵ |
| نکته: فاصله زمانی برای گردش به چپ وسیله نقلیه متوقف به مسیر دو خطه بدون میانه و با شیب طولب رویکرد راه فرعی ۳ درصد یا کمتر است. فاصله-های زمانی برای تعیین فاصله دید به راست در مانورهای گردش به چپ قابل استفاده است. مقادیر جدول برای مسیرهای چند خطه یا دارای میانه باید به شرح زیر اصلاح شود: برای گردش های چپ به مسیرهای دو طرفه با بیش از دو خط، از جمله خطوط گردش، ۰/۵ ثانیه برای خودروهای سواری یا ۰/۷ ثانیه برای کامیون‌ها، برای هر خط اضافی، برای عبور وسیله نقلیه گردشی اضافه شود. عرض‌های میانه باید با استفاده از معیارهای ۰/۵ و ۰/۷ ثانیه فوق-الذکر به تعداد معادل خطوط تبدیل شوند. به عنوان مثال، میانه ۵/۵ مترمعادل یک و نیم خط است و برای عبور سواری به ۰/۷۵ ثانیه و برای عبور کامیون به ۱/۰۵ ثانیه اضافی نیاز دارد. برای شیب طولی ورود به تقاطع در مسیرهای فرعی- اگر شیب طولی سربالایی بیش از ۳ درصد باشد، برای هر درصدی که بیشتر از صفر درصد است، ۰/۲ ثانیه اضافه شود. | |

به عنوان مثال، برای یک وسیله نقلیه سواری در حال گردش به چپ به مسیراصلی دو خطه، بایستی فاصله دید برابر با فاصله زمانی ۷/۵ ثانیه در ترافیک اصلی مسیر باشد. اگر سرعت طراحی مسیر اصلی ۱۰۰ کیلومتر در ساعت باشد، فاصله دید مربوطه ۰,۲۷۸ (۷/۵) (۱۰۰) = ۲۰۸/۵ یا ۲۱۰ متر است.

یک وسیله نقلیه سواری که با گردش به چپ وارد مسیر چهار خطه جدا نشده می‌شود، لازم است از دو خط عبور نماید و فاصله زمانی توصیه شده از ۷/۵ به ۸/۰ ثانیه افزایش می‌دهد. اگر ورودی مسیر فرعی به چنین تقاطعی در یک شیب طولی ۴ درصدی قرار داشته باشد، پس فاصله زمانی انتخاب شده برای طراحی فاصله بین تقاطع برای گردش‌های چپگرد باید از ۸/۰ به ۸/۸ ثانیه افزایش یابد که معادل افزایش ۰/۲ ثانیه برای هر درصد شیب طولی است.

مقادیر طراحی برای فاصله دید تقاطع برای وسیله نقلیه سواری در جدول (۴-۶) نشان داده شده است.

به طور کلی هیچ تعدیلی برای مقادیر توصیه شده فاصله دید به دلیل شیب طولی مسیر اصلی لازم نیست چرا که هنگام عبور از تقاطع هر دو وسیله نقلیه مسیر اصلی و فرعی شیب برابری دارند. با این حال در صورتی که خودروی طرح مسیر فرعی، از نوع سنگین بوده و تقاطع در نزدیکی یک قوس قایم مقعر با شیب بالای ۳ درصد واقع شده باشد، اعمال ضریب اصلاحی بر فاصله دید بر اساس شیب مسیر اصلی لازم است.

اگر فاصله دید در طول مسیر اصلی تأمین نشده باشد، باید تابلوهای محدودیت سرعت در راه اصلی نصب شود.

جدول ۴-۶- فاصله دید تقاطع برای گردش به چپ از حالت توقف

| سرعت طرح (Km/h) | مسافت دید توقف (m) | مسافت دید تقاطع برای خودروی سواری | |
|---|---|---|---|
| | | محاسبه شده (m) | طرح (m) |
| ۲۰ | ۲۰ | ۴۱/۷ | ۴۵ |
| ۳۰ | ۳۵ | ۶۲/۶ | ۶۵ |
| ۴۰ | ۵۰ | ۸۳/۴ | ۸۵ |
| ۵۰ | ۶۵ | ۱۰۴/۳ | ۱۰۵ |
| ۶۰ | ۸۵ | ۱۲۵/۱ | ۱۳۰ |
| ۷۰ | ۱۰۵ | ۱۴۶/۰ | ۱۵۰ |
| ۸۰ | ۱۳۰ | ۱۶۶/۸ | ۱۷۰ |
| ۹۰ | ۱۶۰ | ۱۸۷/۷ | ۱۹۰ |
| ۱۰۰ | ۱۸۵ | ۲۰۸/۵ | ۲۱۰ |
| ۱۱۰ | ۲۲۰ | ۲۲۹/۴ | ۲۳۰ |
| ۱۲۰ | ۲۵۰ | ۲۵۰/۲ | ۲۵۵ |
| ۱۳۰ | ۲۸۵ | ۲۷۱/۱ | ۲۷۵ |

نکته: مسافت دید تقاطع نشان داده شده برای یک خودرو سواری متوقف است که به سمت چپ در یک راه دو خطه بدون میانه و شیب طولی۳ درصد یا کمتر گردش دارد. برای سایر شرایط، فاصله زمانی باید اصلاح شده و مسافت دید دوباره محاسبه شود.

**۲-ب- گردش به راست از مسیر فرعی**

فاصله دید برای گردش به راست همانند حالت الف در نظر گرفته می‌شود. به استثنای آنکه فاصله زمانی باید تعدیل شود. مشاهدات میدانی نشان می‌دهد که در حین انجام گردش به راست، به دلیل اینکه رانندگان معمولاً فواصل زمانیی را می-پذیرند که تا حدی کوتاه‌تر از موارد پذیرفته شده در گردش به چپ باشد، فاصله زمانی کوتاهتر از گردش به چپ است. در

شکل (۴-۲۸)، فواصل دید در راستای مسیر اصلی برای انواع خودروهای طرح داده شده است. فواصل زمانی جدول (۴-۵) را می‌توان تا ۱/۰ ثانیه برای مانورهای گردش به راست بدون تداخل بی‌دلیل در ترافیک اصلی مسیر کاهش داد. این فواصل زمانی تعدیل شده برای گردش به راست از مسیر فرعی در جدول۴-۷ ارائه شده است. مقادیر طراحی بر اساس این فاصله زمانی اصلاح شده در جدول۴-۸ برای وسایل‌نقلیه سواری نشان داده شده است.

اگر حداقل فاصله دید برای گردش به راست تأمین نشده باشد، باید تابلوهای محدودیت سرعت یا سایر تجهیزات کنترل ترافیک در مسیر اصلی نصب شود.

**۲-پ- عبور مستقیم تقاطع از مسیر فرعی**

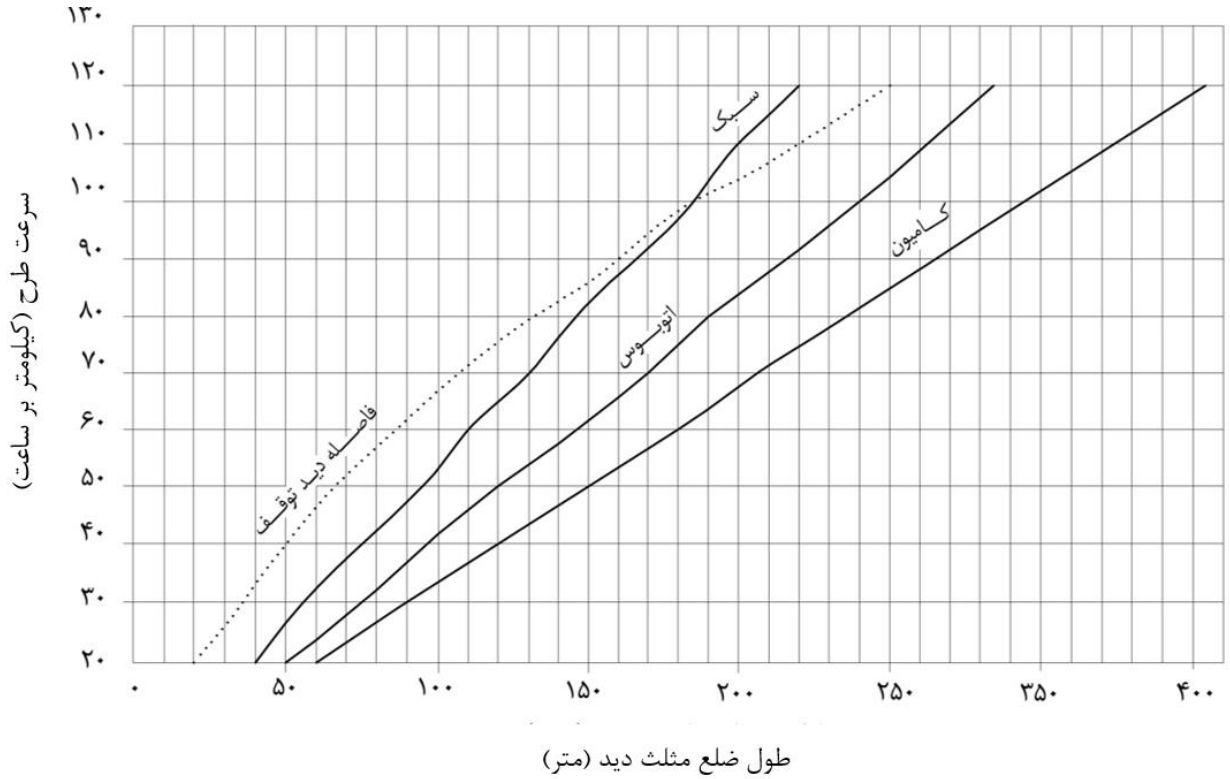
در اغلب موارد، ابعاد مثلث دید برای گردش به مسیر اصلی (حالت‌های ۲ الف و ب) می‌تواند برای حالت عبور مستقیم نیز کافی باشد، مگر در حالت‌های ذیل:

گردش به راست یا چپ ممنوع باشد و تنها حرکت مجاز، عبور مستقیم از تقاطع و عرض مسیر اصلی باشد.

مسیر اصلی دارای عرضی بیشتر از عرض معادل شش خط عبور داشته باشد.

عبور حجم قابل توجهی از کامیون‌ها از تقاطع راه و شیب‌های طولی تندی که ممکن است سبب کاهش سرعت خودروها و طولانی شدن زمان عبور آنها شود.

در تقاطع راه‌های جداشده، بر اساس عرض میانه و طول خودروی طرح، برای تعیین فاصله دید ممکن است نیاز به لحاظ عرض هر دو جهت و یا فقط نیاز به لحاظ عرض سواره‌روهای جهت نزدیک با فرض توقف در میانه راه، قبل از هر اقدامی باشد. ضریب تعدیل برای میانه و شیب مشابه حالت ۲-الف است. در شکل (۴-۲۸)، فاصله دید در مسیر اصلی برای انواع خودروهای طرح ارائه شده است.




شکل ۴-۲۸- نمودار تعیین فاصله دید تقاطع برای گردش به راست و عبور مستقیم از مسیر فرعی در تقاطع با تابلوی ایست

جدول ۴-۷- فاصله زمانی برای حالت ۲-ب و ۲-پ، گردش به راست و عبور مستقیم از مسیر فرعی در تقاطع با تابلوی ایست

| خودرو طرح | فاصله زمانی ($t_g$) در سرعت طرح مسیر اصلی (ثانیه) |
|---|---|
| سواری | ۶/۵ |
| کامیون نوع اول و اتوبوس | ۸/۵ |
| کامیون نوع دوم و به بالا | ۱۰/۵ |

**نکته**: فاصله زمانی برای گردش به راست و عبور از تقاطع وسیله نقلیه متوقف به مسیر دو خطه بدون میانه و با شیب طولی رویکرد راه فرعی ۳ درصد یا کمتر است. مقادیر جدول باید به شرح زیر اصلاح شود: برای حرکتهای عبور از تقاطع به مسیرهای دو طرفه با بیش از دو خط، از جمله خطوط گردش، ۰/۵ ثانیه برای خودروهای سواری یا ۰/۷ ثانیه برای کامیون‌ها، برای هر خط اضافی، برای عبور وسیله نقلیه گردشی اضافه شود. برای حرکت‌های عبور از تقاطع به مسیرهای با میانه، عرض‌های میانه باید با استفاده از معیارهای ۰/۵ و ۰/۷ ثانیه فوق‌الذکر به تعداد معادل خطوط تبدیل شوند. به عنوان مثال، میانه ۵/۵ مترمعادل یک و نیم خط است و برای عبور سواری به ۰/۷۵ ثانیه و برای عبور کامیون به ۱/۰۵ ثانیه اضافی نیاز دارد. برای شیب طولی ورود به تقاطع در مسیرهای فرعی برای حرکت-های گردش به راست و عبور از تقاطع وسیله نقلیه - اگر شیب طولی سربالایی بیش از ۳ درصد باشد، برای هر درصدی که بیشتر از صفر درصد است، ۰/۲ ثانیه اضافه شود.

جدول ۴-۸- فاصله دید تقاطع برای گردش به راست و عبور مستقیم از مسیر فرعی در تقاطع با تابلوی ایست

| سرعت طرح (Km/h) | مسافت دید توقف (m) | مسافت دید تقاطع برای خودروی سواری | |
|---|---|---|---|
| | | محاسبه شده (m) | طرح (m) |
| ۲۰ | ۲۰ | ۳۶/۱ | ۴۰ |
| ۳۰ | ۳۵ | ۵۴/۲ | ۵۵ |
| ۴۰ | ۵۰ | ۷۲/۳ | ۷۵ |
| ۵۰ | ۶۵ | ۹۰/۴ | ۹۵ |
| ۶۰ | ۸۵ | ۱۰۸/۴ | ۱۱۰ |
| ۷۰ | ۱۰۵ | ۱۲۶/۵ | ۱۳۰ |
| ۸۰ | ۱۳۰ | ۱۴۴/۶ | ۱۴۵ |
| ۹۰ | ۱۶۰ | ۱۶۲/۶ | ۱۶۵ |
| ۱۰۰ | ۱۸۵ | ۱۸۰/۷ | ۱۸۵ |
| ۱۱۰ | ۲۲۰ | ۱۹۸/۸ | ۲۰۰ |
| ۱۲۰ | ۲۵۰ | ۲۱۶/۸ | ۲۲۰ |
| ۱۳۰ | ۲۸۵ | ۲۳۴/۹ | ۲۳۵ |

نکته: مسافت دید تقاطع نشان داده شده برای یک خودرو سواری متوقف است که به سمت راست یا عبور از تقاطع در یک راه دو خطه بدون میانه و شیب طولی۳ درصد یا کمتر گردش دارد. برای سایر شرایط، فاصله زمانی باید اصلاح شده و مسافت دید دوباره محاسبه شود.

**حالت ۳) کنترل با تابلوی رعایت حق تقدم در مسیر فرعی**

در حالت کنترل مسیر فرعی با تابلوی حق تقدم، در صورت عدم احتمال تلاقی با وسایل نقلیه در مسیر اصلی، وسایل نقلیه مسیر فرعی مجاز به ورود به مسیر اصلی و عبور از آن، بدون توقف هستند.

در حالت کنترل با تابلوی حق تقدم، رانندگان نیاز به فاصله دید بیشتری از حالت کنترل با تابلوی ایست دارند.

برای تقاطع‌های چهارراهی، دو مثلث دید یکی برای عبور و دیگری برای گردش به چپ یا راست باید کنترل شود تا هیچ مانع دیدی در داخل این مثلث وجود نداشته باشند.

برای تقاطع‌های سه‌راهی فقط کنترل مثلث دید برای گردش به چپ یا راست نیاز است.

**۳-الف- حرکت مستقیم (حرکت عبوری) از مسیر فرعی**

ابعاد مثلث دید در راستای مسیر فرعی در جدول (۴-۹) نشان داده شده است. ابعاد مثلث دید در راستای مسیر اصلی با استفاده از روابط (۴-۲) و (۴-۳) به دست می‌آیند.

$$t_g = t_a + \frac{w + L_a}{0.167 V_{minor}} \quad (۲-۴)$$

$$b = ۰/۲۷۸ V_{major} t_g \quad (۳-۴)$$

که در این روابط:

$t_g$: زمان سفر تا رسیدن و رد شدن از مسیر اصلی (ثانیه)؛

b: طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی (متر)؛

$t_a$: زمان سفر بدون توقف برای رسیدن به مسیر اصلی از نقطه تصمیم گیری (ثانیه)؛

w: عرض تقاطع که خودرو باید از آن عبور کند (متر)؛

$L_a$: طول خودروی طرح (متر)؛

$V_{major}$: سرعت طرح مسیر اصلی (کیلومتر در ساعت)؛ و

$V_{minor}$: سرعت طرح مسیر فرعی (کیلومتر در ساعت).

در جدول (۴-۱۰) و شکل (۴-۲۹)، برای خودروی سبک طرح، فاصله دید در راستای مسیر اصلی تعیین شده‌اند. برای سایر خودروهای طرح، فاصله دید باید با استفاده از رابطه (۴-۲) و (۴-۳) محاسبه شود.

در صورت وجود شیب طولی، فاصله ارائه شده در جدول (۴-۹) باید با استفاده از ضرایب نشان داده شده در جدول (۴-۴) اصلاح شود. اگر مسیر اصلی، راه جداشده باشد که عرض میانه آن برای توقف ایمن خودروی طرح کافی است، این حالت باید مانند حالت ۲-پ در نظر گرفته شود. در صورت عدم وجود عرض کافی میانه‌ها برای توقف ایمن، باید مطابق حالت ۲-الف اصلاح شود.

جدول ۴-۹- طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر فرعی برای حالت عبور مستقیم از تقاطع‌های دارای حق تقدم

| سرعت طرح[۱] | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ | ۱۳۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| طول ضلع[۱ و ۲] | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۵ | ۶۵ | ۸۰ | ۱۰۰ | ۱۱۵ | ۱۳۵ | ۱۵۵ | ۱۸۰ | ۲۰۵ |
| زمان سفر $t_a$ (ثانیه) | ۳/۲ | ۳/۶ | ۴/۰ | ۴/۴ | ۴/۸ | ۵/۱ | ۵/۵ | ۵/۹ | ۶/۳ | ۶/۷ | ۷/۰ | ۷/۴ |
| زمان سفر $t_g$ محاسباتی (ثانیه) | ۷/۱ | ۶/۲ | ۶/۰ | ۶/۰ | ۶/۱ | ۶/۲ | ۶/۵ | ۶/۸ | ۷/۱ | ۷/۴ | ۷/۷ | ۸/۰ |
| زمان سفر $t_g$ طرح[۳] (ثانیه) | ۷/۱ | ۶/۵ | ۶/۵ | ۶/۵ | ۶/۵ | ۶/۵ | ۶/۵ | ۶/۸ | ۷/۱ | ۷/۴ | ۷/۷ | ۸/۰ |

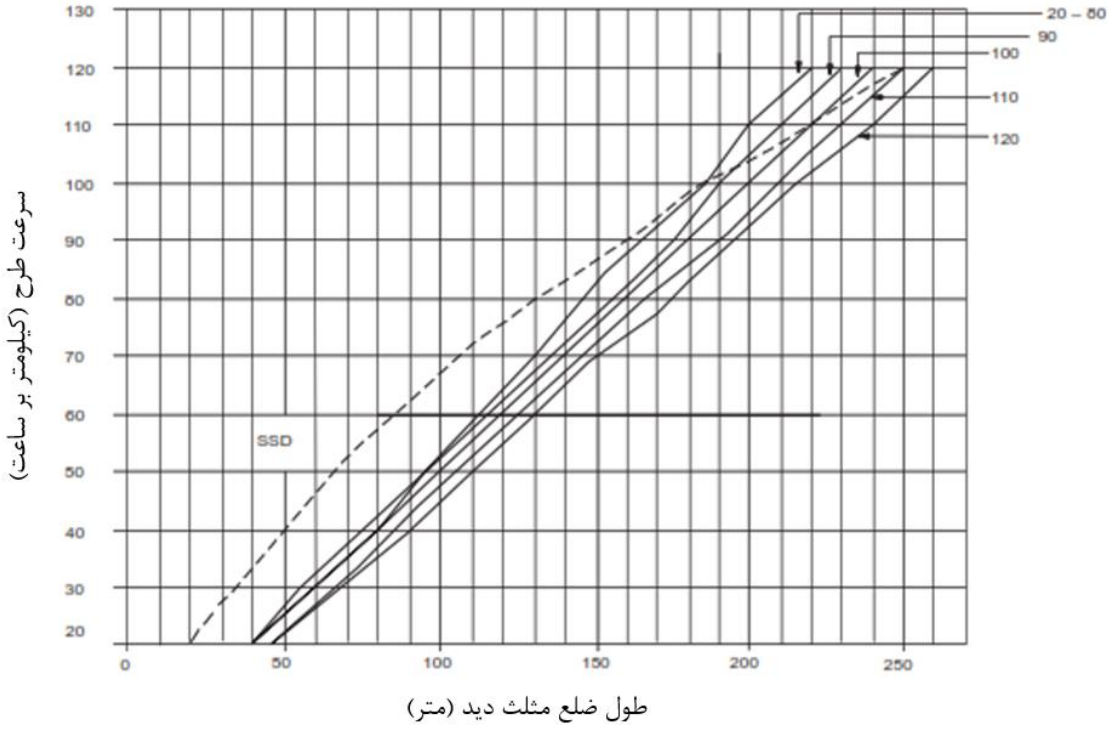
۱-برای شیب‌های بزرگتر از ۳ درصد، از ضرایب تصحیح جدول (۴-۴) استفاده شود.

۲-زمان سفر برای خودرویی اعمال می‌شود که قبل از عبور از تقاطع، سرعت خود را کاهش می‌دهد ولی توقف نمی‌کند.

۳-این مقدار باید برابر یا بیش از فاصله زمانی مناسب برای عبور از عرض راه اصلی (قطع کرن مسیر اصلی) از حالت توقف باشد. همچنین مقادیر جدول برای خودروی سواری است که راه دو خطه بدون میانه و با شیب طولی مسیر فرعی ۳ درصد یا کمتر را قطع می‌کند.

جدول ۴-۱۰- طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی برای حالت عبور مستقیم از تقاطع‌های دارای حق تقدم

| سرعت طرح در مسیر اصلی (کیلومتر در ساعت) | فاصله دید توقف (متر) | سرعت طرح در راه فرعی (کیلومتر بر ساعت) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۲۰ | ۳۰-۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ | ۱۳۰ |
| | | مقادیر طرح (متر) | | | | | | |
| ۲۰ | ۲۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۵ | ۴۵ | ۴۵ |
| ۳۰ | ۳۵ | ۶۰ | ۵۵ | ۶۰ | ۶۰ | ۶۵ | ۶۵ | ۷۰ |
| ۴۰ | ۵۰ | ۸۰ | ۷۵ | ۸۰ | ۸۰ | ۸۵ | ۹۰ | ۹۰ |
| ۵۰ | ۶۵ | ۱۰۰ | ۹۵ | ۹۵ | ۱۰۰ | ۱۰۵ | ۱۱۰ | ۱۱۵ |
| ۶۰ | ۸۵ | ۱۲۰ | ۱۱۰ | ۱۱۵ | ۱۲۰ | ۱۲۵ | ۱۳۰ | ۱۳۵ |
| ۷۰ | ۱۰۵ | ۱۴۰ | ۱۳۰ | ۱۳۵ | ۱۴۰ | ۱۴۵ | ۱۵۰ | ۱۶۰ |
| ۸۰ | ۱۳۰ | ۱۶۰ | ۱۴۵ | ۱۵۵ | ۱۶۰ | ۱۶۵ | ۱۷۵ | ۱۸۰ |
| ۹۰ | ۱۶۰ | ۱۸۰ | ۱۶۵ | ۱۷۵ | ۱۸۰ | ۱۹۰ | ۱۹۵ | ۲۰۵ |
| ۱۰۰ | ۱۸۵ | ۲۰۰ | ۱۸۵ | ۱۹۰ | ۲۰۰ | ۲۱۰ | ۲۱۵ | ۲۲۵ |
| ۱۱۰ | ۲۲۰ | ۲۲۰ | ۲۰۰ | ۲۱۰ | ۲۲۰ | ۲۳۰ | ۲۴۰ | ۲۴۵ |
| ۱۲۰ | ۲۵۰ | ۲۴۰ | ۲۲۰ | ۲۳۰ | ۲۴۰ | ۲۵۰ | ۲۶۰ | ۲۷۰ |
| ۱۳۰ | ۲۸۵ | ۲۶۰ | ۲۳۵ | ۲۵۰ | ۲۶۰ | ۲۷۰ | ۲۸۰ | ۲۹۰ |
| برای شیب‌های بزرگتر از ۳ درصد، از ضرایب تصحیح جدول (۴-۴) استفاده شود | | | | | | | | |

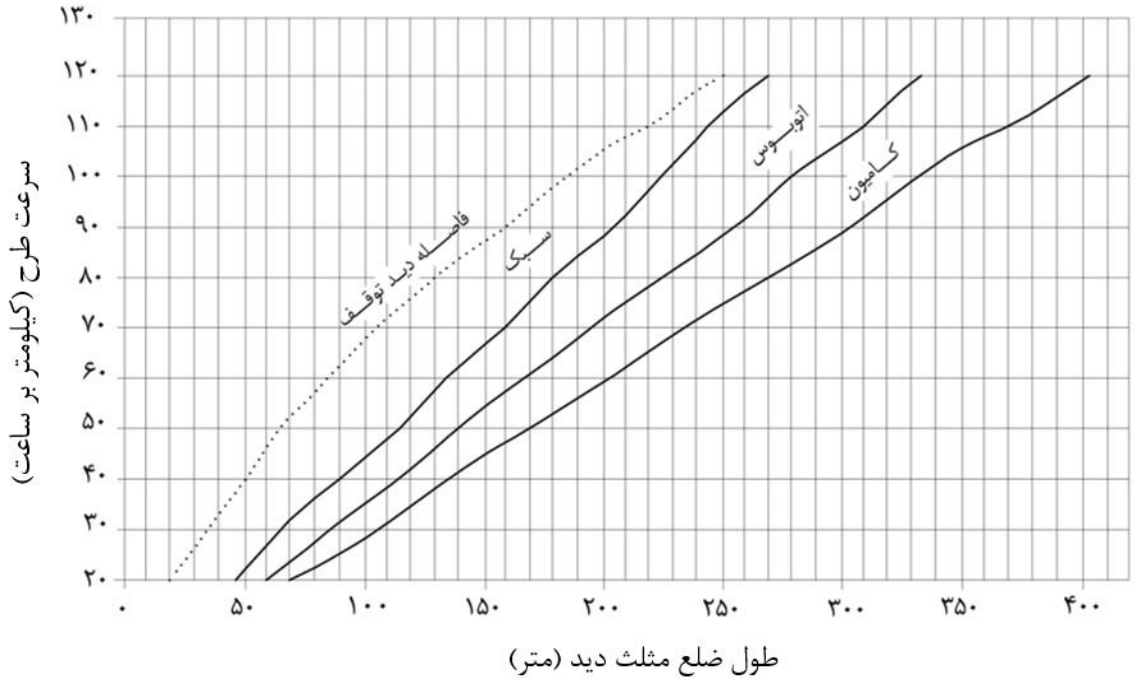



شکل ۴-۲۹- نمودار طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی برای حالت عبور مستقیم از تقاطع‌های دارای حق تقدم

**۳-ب-گردش به چپ یا راست از مسیر فرعی**

طول ضلع مثلث دید در راستای مسیر فرعی در حالت گردش به چپ و راست بدون توقف باید ۲۵ متر باشد. این فاصله با فرض این است که رانندگان سرعت گردش را به ۱۶ کیلومتر در ساعت کاهش می‌دهند.

فواصل زمانی جدول (۴-۵) باید ۰/۵ ثانیه افزایش یابد تا مقادیر جدول (۴-۱۱) برای این منظور قابل حصول باشد. طول مناسب مثلث دید در راستای مسیر اصلی برای انواع خودروهای طرح در شکل (۴-۳۰) و برای خودروی سواری در جدول (۴-۱۲) نشان داده شده است.




شکل ۴-۳۰- طول ضلع مثلث دید در امتداد راه اصلی برای گردش به چپ یا راست از راه فرعی در تقاطع با تابلوی حق تقدم

جدول ۴- ۱۱- فاصله زمانی برای حالت ۳-ب، برای گردش به چپ یا راست از راه فرعی در تقاطع با تابلوی حق تقدم

| خودرو طرح | فاصله زمانی ($t_g$) در سرعت طرح مسیر اصلی (ثانیه) |
|---|---|
| سواری | ۸/۰ |
| کامیون نوع اول و اتوبوس | ۱۰/۰ |
| کامیون نوع دوم و به بالا | ۱۲/۰ |
| **نکته**: فاصله‌های زمانی برای تعیین فاصله دید به راست در مانورهای گردش به چپ قابل استفاده است. مقادیر جدول برای مسیرهای چند خطه یا دارای میانه باید به شرح زیر اصلاح شود: برای گردش های چپ به مسیرهای دو طرفه با بیش از دو خط، از جمله خطوط گردش، ۰/۵ ثانیه برای خودروهای سواری یا ۰/۷ ثانیه برای کامیون‌ها، برای هر خط اضافی، برای عبور وسیله نقلیه گردشی اضافه شود. عرض‌های میانه باید با استفاده از معیارهای ۰/۵ و ۰/۷ ثانیه فوق‌الذکر به تعداد معادل خطوط تبدیل شوند. به عنوان مثال، میانه ۵/۵ مترمعادل یک و نیم خط است و برای عبور سواری به ۰/۷۵ ثانیه و برای عبور کامیون به ۱/۰۵ ثانیه اضافی نیاز دارد. | |

جدول ۴-۱۲- فاصله دید تقاطع در امتداد راه اصلی برای گردش به چپ یا راست از راه فرعی در تقاطع با تابلوی حق تقدم

| سرعت طرح (Km/h) | مسافت دید توقف (m) | مسافت دید تقاطع برای خودروی سواری | |
|---|---|---|---|
| | | محاسبه شده (m) | طرح (m) |
| ۲۰ | ۲۰ | ۴۴/۵ | ۴۵ |
| ۳۰ | ۳۵ | ۶۶/۷ | ۷۰ |
| ۴۰ | ۵۰ | ۸۹/۰ | ۹۰ |
| ۵۰ | ۶۵ | ۱۱۱/۲ | ۱۱۵ |
| ۶۰ | ۸۵ | ۱۳۳/۴ | ۱۳۵ |
| ۷۰ | ۱۰۵ | ۱۵۵/۷ | ۱۶۰ |
| ۸۰ | ۱۳۰ | ۱۷۷/۹ | ۱۸۰ |
| ۹۰ | ۱۶۰ | ۲۰۰/۲ | ۲۰۵ |
| ۱۰۰ | ۱۸۵ | ۲۲۲/۴ | ۲۲۵ |
| ۱۱۰ | ۲۲۰ | ۲۴۴/۶ | ۲۴۵ |
| ۱۲۰ | ۲۵۰ | ۲۶۶/۹ | ۲۷۰ |
| ۱۳۰ | ۲۸۵ | ۲۸۹/۱ | ۲۹۰ |

**حالت ۴) تقاطع کنترل شده با چراغ راهنمایی**

در تقاطع‌های با چراغ راهنمایی ترافیکی، اولین خودروی متوقف شده در یک رویکرد باید برای راننده اولین وسیله نقلیه متوقف شده در هر یک از رویکرد مسیرهای دیگر قابل مشاهده باشد. خودروهایی گردش به چپ باید فاصله دید کافی برای انتخاب فاصله زمانی در ترافیک روبرو جهت کامل کردن گردش به چپ را داشته باشند. به غیر از این شرایط دید، به طور کلی مثلث‌های دید ورودی یا خروجی دیگری برای تقاطع‌های با چراغ راهنمایی وجود ندارد. چراغ راهنمایی ممکن است یک اقدام متقابل مناسب برای تقاطع های با حجم بالای ترافیک با فاصله دید محدود باشد که الگویی از تصادفات مربوط به فاصله دید را تجربه کرده است.

به هر حال، اگر قرار است چراغ راهنمایی ترافیکی چشمک زن دو طرفه نصب شود (یعنی، چشمک زن زرد در مسیر اصلی و چشمک زن قرمز در مسیر فرعی) در ساعت غیراوج یا شب، باید مثلث دید خروجی مناسب برای گردش به چپ و

گردش به راست حالت ۲، در رویکردهای مسیر فرعی تأمین گردد. علاوه بر این، اگر گردش به راست در زمان قرمز هر رویکرد مجاز باشد، باید مثلث دید خروجی به سمت چپ برای حالت ۲-ب برای گردش به راست از آن رویکرد تأمین شود.

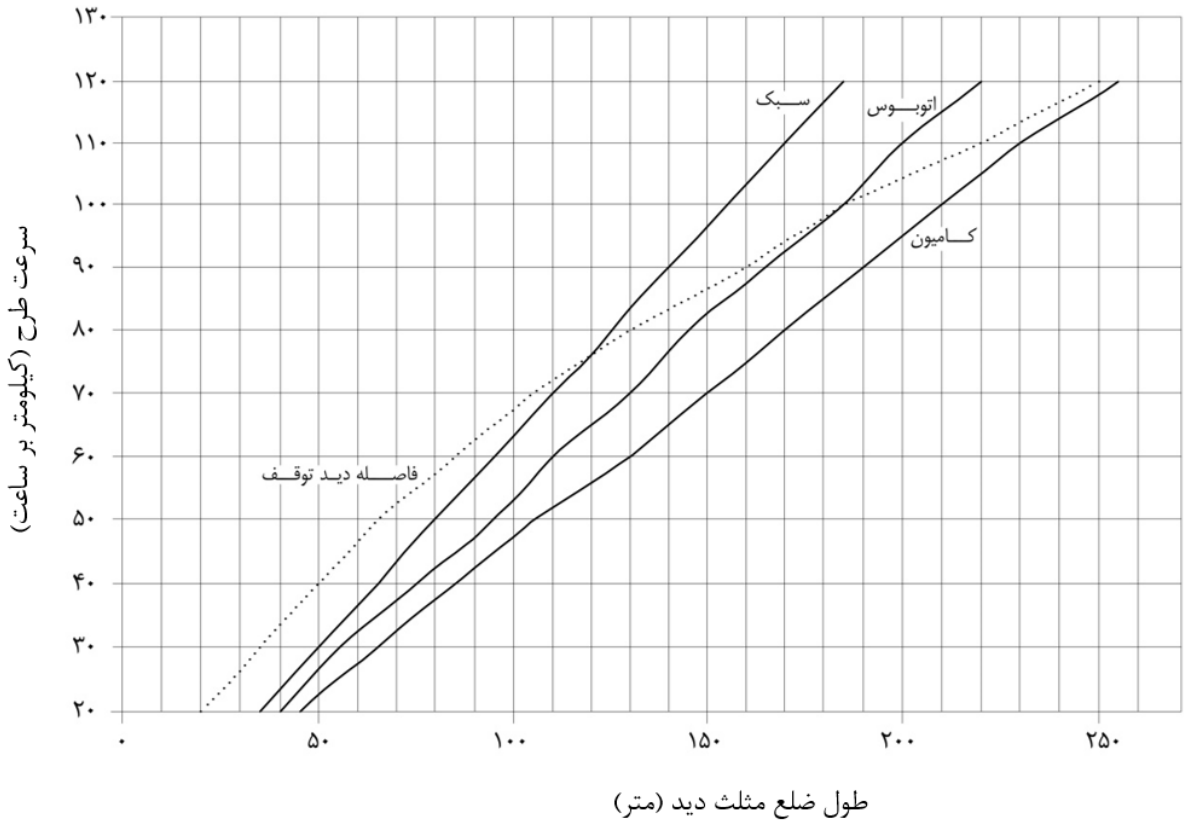
**حالت ۵) تقاطع کنترل شده با تابلوی ایست در همه رویکردها**

در تقاطع‌هایی با کنترل تابلوی ایست در همه مسیرها، اولین خودروی متوقف شده در یک رویکرد باید برای رانندگان اولین خودروی متوقف شده در هر یک از رویکرد مسیرهای دیگر قابل مشاهده باشد. هیچ معیار فاصله دید دیگری برای تقاطع‌های دارای کنترل با تابلوی ایست در همه مسیرها وجود ندارد و در واقع، کنترل ایست در همه مسیرها ممکن است بهترین گزینه در تعداد محدودی از تقاطع‌ها باشد که فاصله دید لازم برای انواع دیگر کنترل قابل حصول نیست. با این حال، اگر میزان ترافیک پیش بینی شده نشان دهد که تقاطع ممکن است طی چند سال به چراغ راهنمایی ترافیکی نیاز داشته باشد، باید ملاحظات اعمال فاصله دید را برای حالت ۴ را تأمین نمود. فاصله دید حالت ۴ تفاوت قابل توجهی با فاصله دید حالت ۵ ندارد مگر زمانی که در آن شرایط انجام عملیات چشمک زن دو طرفه گردش به راست در زمان قرمز در چراغ راهنمایی آتی تأمین شود.

**حالت ۶) گردش به چپ از مسیر اصلی**

تمام نقاط در امتداد یک راه اصلی قرار دارند که خودروها مجاز به گردش به چپ با تلاقی ترافیک مقابل هستند، چه در تقاطع‌ها و چه در انشعاب راه‌های اتصالی، باید فاصله دید کافی برای انجام حرکت گردش به چپ داشته باشند. در این حالت، فاصله دید با فرض توقف کامل وسیله نقلیه قبل از گردش به چپ محاسبه می‌شود زیرا وسیله نقلیه‌ای که بدون توقف به چپ گردش کند نیاز به فاصله دید کمتری دارد. فاصله دید در راستای مسیر اصلی برای انواع خودروهای طرح از شکل (۴-۳۱) و برای خودروی سواری از جدول (۴-۱۴) به دست می‌آید. همچنین فاصله دید در امتداد مسیر اصلی جهت جا گرفتن گردش به چپ‌ها، عبارتند از مسافت طی شده با سرعت طراحی مسیر اصلی در زمان سفر برای وسیله نقلیه طرح ارائه شده درجدول (۴-۱۳) می‌باشد.

لازم به ذکر است اگر فاصله دید توقف به طور مداوم در امتداد مسیر اصلی تأمین شده باشد و اگر فاصله دید در راستای مسیر فرعی نیز مانند حالت‌های ۲ (تابلو ایست) و ۳ (تابلو حق تقدم عبور) تأمین شده باشد، عموماً این فاصله دید برای گردش به چپ از مسیر اصلی کفایت می‌کند و هیچ کنترل جداگانه‌ای برای فاصله دید برای حالت ۶ نیاز نیست.




شکل ۴-۳۱- طول ضلع مثلث دید در امتداد مسیر اصلی برای گردش به چپ از مسیر اصلی

جدول ۴-۱۳- فاصله زمانی برای حالت ۶، برای گردش به چپ از مسیر اصلی

| خودرو طرح | فاصله زمانی ($t_g$) در سرعت طرح مسیر اصلی (ثانیه) |
|---|---|
| سواری | ۵/۵ |
| کامیون نوع اول و اتوبوس | ۶/۵ |
| کامیون نوع دوم و به بالا | ۷/۵ |
| **نکته**: مقادیر جدول برای مسیرهای چند خطه یا دارای میانه باید به شرح زیر اصلاح شود: برای گردش های چپ به مسیرهای دو طرفه با بیش از دو خط، از جمله خطوط گردش، ۰/۵ ثانیه برای خودروهای سواری یا ۰/۷ ثانیه برای کامیون‌ها، برای هر خط اضافی، برای عبور وسیله نقلیه گردشی اضافه شود. عرض‌های میانه باید با استفاده از معیارهای ۰/۵ و ۰/۷ ثانیه فوق‌الذکر به تعداد معادل خطوط تبدیل شوند. به عنوان مثال، میانه ۵/۵ مترمعادل یک و نیم خط است و برای عبور سواری به ۰/۷۵ ثانیه و برای عبور کامیون به ۱/۰۵ ثانیه اضافی نیاز دارد. | |

جدول ۴-۱۴- فاصله دید تقاطع در امتداد راه اصلی برای گردش به چپ از مسیر اصلی

| سرعت طرح (Km/h) | مسافت دید توقف (m) | مسافت دید تقاطع برای خودروی سواری | |
|---|---|---|---|
| | | محاسبه شده (m) | طرح (m) |
| ۲۰ | ۲۰ | ۳۰/۶ | ۳۵ |
| ۳۰ | ۳۵ | ۴۵/۹ | ۵۰ |
| ۴۰ | ۵۰ | ۶۱/۲ | ۶۵ |
| ۵۰ | ۶۵ | ۷۶/۵ | ۸۰ |
| ۶۰ | ۸۵ | ۹۱/۷ | ۹۵ |
| ۷۰ | ۱۰۵ | ۱۰۷/۰ | ۱۱۰ |
| ۸۰ | ۱۳۰ | ۱۲۲/۳ | ۱۲۵ |
| ۹۰ | ۱۶۰ | ۱۳۷/۶ | ۱۴۰ |
| ۱۰۰ | ۱۸۵ | ۱۵۲/۹ | ۱۵۵ |
| ۱۱۰ | ۲۲۰ | ۱۶۸/۲ | ۱۷۰ |
| ۱۲۰ | ۲۵۰ | ۱۸۳/۵ | ۱۸۵ |
| ۱۳۰ | ۲۸۵ | ۱۹۸/۸ | ۲۰۰ |

**حالت ۷) میدان‌ها**

مشابه سایر تقاطع‌های همسطح، میدان به فاصله دید تقاطع نیاز دارد تا رانندگان در رویکرد کنترل شده با حق تقدم عبور به میدان بتوانند در خصوص پیشروی به میدان تصمیم بگیرند. رانندگانی که وارد میدان می‌شوند باید حضور وسایل نقلیه با احتمال حرکت درگیر را ببینند و نسبت به آن واکنش نشان دهند. مخصوصاً، رانندگانی که وارد میدان می‌شوند باید وسایل نقلیه با احتمال حرکت درگیر در مسیر گردشی و وسایل‌نقلیه‌ای که از ورودی قبلی بالادستی وارد میدان می‌شوند را رؤیت نمایند. براساس تجربه بین المللی، تهیه حداقل فاصله دید مورد نیاز در یک میدان مفید است. فاصله دید اضافی تقاطع می-تواند منجر به افزایش سرعت وسیله نقلیه شود که ممکن است برخورد بین وسایل نقلیه، دوچرخه سواران و عابران پیاده را

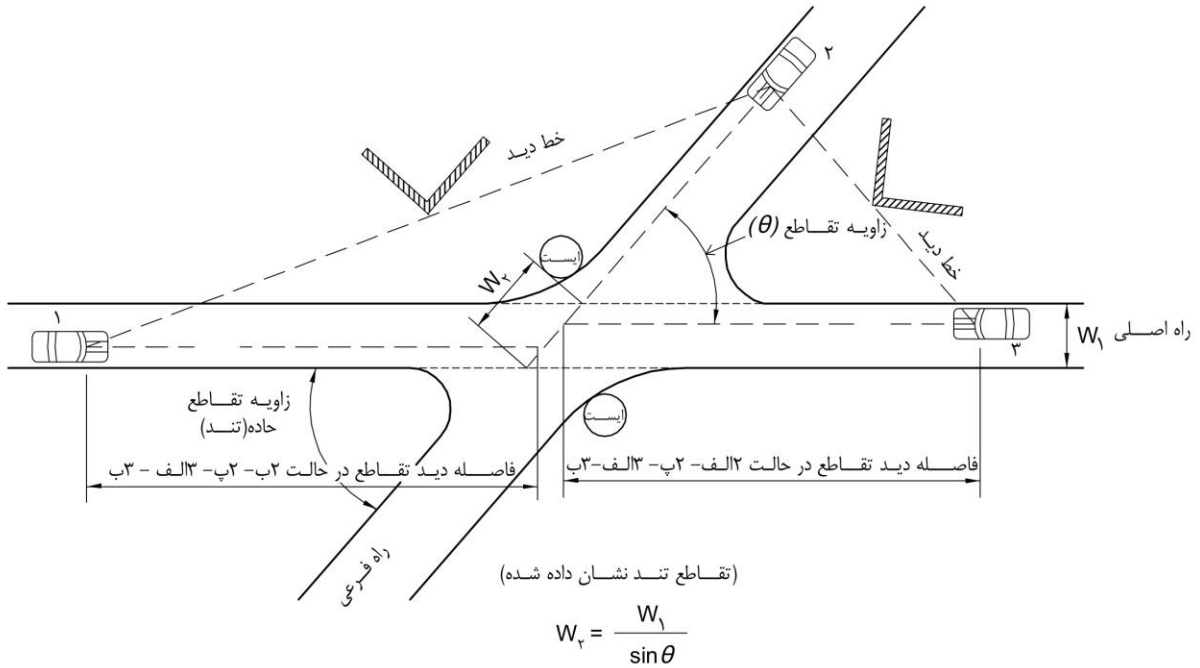
افزایش دهد. محوطه‌سازی در راستای جزیره مرکزی می‌تواند در محدود نمودن فاصله دید به حداقل مورد نیاز موثر باشد و در عین حال "چشم انداز دورنما" در رویکرد جهت بهبود رؤیت جزیره مرکزی ایجاد کند.

### ۴-۶-۳- اثر زاویه تقاطع بر فاصله دید تقاطع

در شرایطی که زاویه تقاطع کمتر از ۷۵ درجه یا بیشتر از ۱۰۵ درجه باشد و تبدیل آنها به یک میدان یا اصلاح امتداد مسیر جهت اصلاح زاویه تقاطع وجود نداشته نباشد، اجزای طراحی مثلث دید، به صورت شکل (۴-۳۱) خواهد بود. به این ترتیب طول اضلاع مثلث دید نسبت به حالت نظیر آن در تقاطع ۹۰ درجه، افزایش یا کاهش خواهد یافت. در چنین شرایطی فاصله بین مانع دید تا مسیرهای منتهی به تقاطع، در امتداد موازی با هر یک از آن دو سنجیده خواهد شد.

در شرایط اریب (بیه)، مسافت طی شده در عرض تقاطع یا در حرکات گردشی، افزایش می‌یابد. مسافت طی شده واقعی در حالت اریب از حاصل تقسیم عرض مسیر اصلی بر سینوس زاویه تقاطع به‌دست می‌آید.

در گوشه‌ای از تقاطع با زاویه منفرجه، زاویه بین رویکرد تقاطع و خط دید اغلب به قدری کوچک است که رانندگان می‌توانند تمامی محوطه مثلث دید را با یک حرکت کوچک سر، ببینند. توصیه می‌شود در حالت اریب، فاصله دید برابر با فاصله دید حاصل از حالت‌های ۲ باشد.




شکل ۴-۳۲- مثلث دید در تقاطع اریب

## ۴-۷- مسیرهای گردشی و جریان‌بندی

در تقاطع‌ها، ابتدای مسیر گردش در امتداد مسیر ورود به تقاطع و انتهای آن در امتداد مسیر خروج از تقاطع است. اغلب مسیرهای گردشی، برای گردش به راست مورد استفاده قرار می‌گیرند. سه نوع روش طرح مسیر گردشی برای گردش به راست وجود دارد:

طرح مسیرهای گردشی جریان‌بندی نشده (طرح حداقل مسیرهای گردشی)؛

طرح مسیرهای گردشی جریان‌بندی شده (با جزایر گوشه و یا جزایر مثلثی شکل)؛ و

طرح مسیر گردشی برای جریان آزاد با استفاده از قوس دایره‌ای ساده یا مرکب.

انتخاب نوع طرح، بستگی به نوع راه‌های متقاطع، سرعت طرح آنها، خودروی طرح، توپوگرافی، کاربری حاشیه، ایمنی و هزینه دارد. به طور کلی توصیه می‌شود در طرح مسیر گردشی به ویژه در راه‌های اصلی برای تأمین ایمنی بیشتر وسایل نقلیه عبوری و گردش‌کننده، از طرح‌های بزرگتر از طرح حداقل (در صورت نیاز با خط‌های تغییر سرعت) استفاده شود.

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

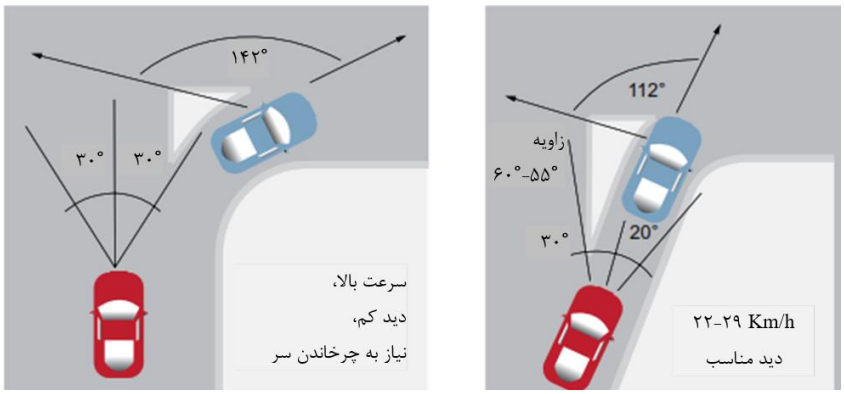
در طرح مسیرهای گردشی از شابلون‌های نمونه استفاده کرد که در پیوست الف لحاظ شده‌اند و یا مسیرهای گردشی سیستم‌های نرم‌افزاری مشابه اتوکد که می توان برای یک طرح خاص انواع شعاع گردش وسایل نقلیه را بررسی و چک کرد.

### ۴-۷-۱- مسیرهای گردشی

در مواردی که هدف، تأمین گردش خودرو در کمترین فضای ممکن باشد، مانند تقاطع‌های بدون خط گردش مجزا، حداقل مسیر گردش خودروی طرح، مبنای طرح قرار خواهد گرفت.

در پیوست الف، معیارهای طرح حداقل مسیر گردشی با زوایای مختلف گردش آورده شده است. سرعت طرح حداقل مسیر گردشی ۱۵ کیلومتر در ساعت فرض می‌شود. همچنین در شکل‌های پیوست الف، نمونه‌هایی از طرح‌های حداقل برای گردش خودروهای مختلف طرح، در زاویه ۹۰ درجه داده شده است. طرح‌های ممکن، محدود به طرح‌های یاد شده نیست و می‌توان ترکیب قوس‌های مختلفی را به دست آورد که دارای همان نتایج و عملکرد قابل قبول مشابه طرح‌های مذکور باشد.

مطابق شکل (۴-۳۳) دو نوع شکل جزیره برای خط گردش به راست وجود دارد: حالت ورودی زاویه باز به مسیر متقاطع، که مثلث متساوی الاضلاع و با سرعت گردشی بیشتر است؛ و حالت ورودی زاویه تقریباً قائمه به مسیر متقاطع، که مثلث متساوی الساقین است که با سرعت های کمتر گردش انجام می‌گیرد.



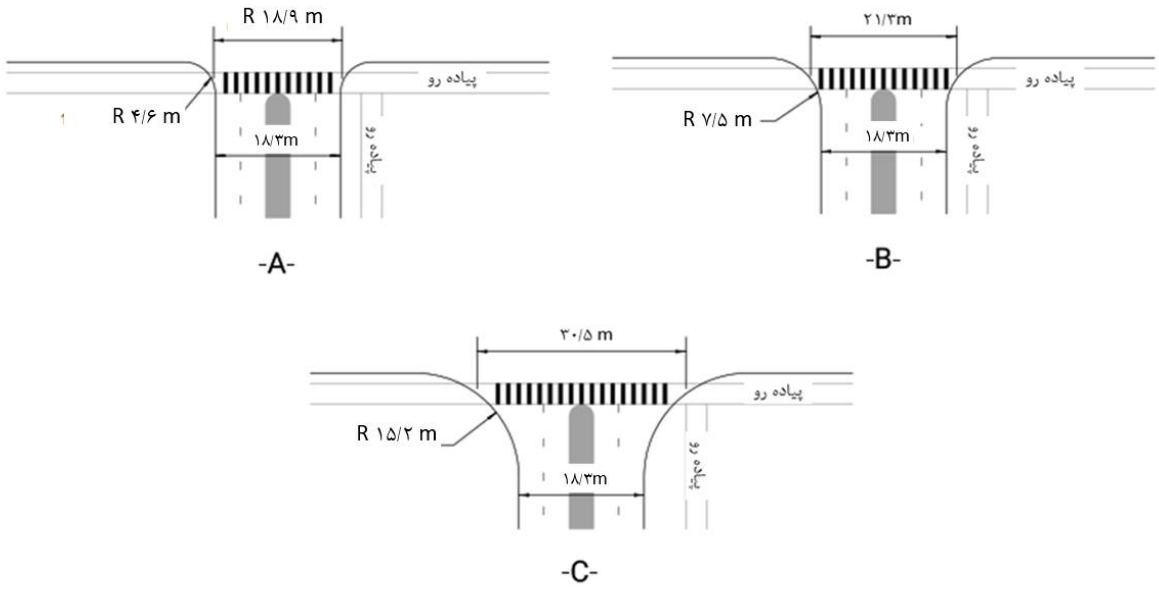

شکل ۴-۳۳- خطوط گردش به راست جریان‌بندی شده

برای زاویه گردش کمتر از ۹۰ درجه، شعاع لازم برای انطباق مسیر حداقل خودرو طرح، بزرگتر از شعاع‌های پیشنهادی برای تقاطع‌های قائم می‌باشد. برای زاویه گردش بیشتر از ۹۰ درجه، شعاع‌ها کاهش می‌یابد اما مقدار عقب‌نشینی قوس میانی زیاد می‌شود.

در تقاطع‌های ۹۰ درجه که لبه داخلی سواره‌رو برای خودروی سبک طرح شده است، تمام کامیون‌ها می‌توانند با تجاوز به خط مجاور گردش کنند. واضح است که در تقاطع‌های با زوایای گردش کمتر از ۹۰ درجه که لبه داخلی سواره‌رو آنها برای خودروی سبک طرح شده است، کامیون‌ها می‌توانند با تجاوز کمتری به خط عبوری مجاور (نسبت به زاویه گردش ۹۰ درجه) گردش کنند. برای زوایای گردش بیشتر از ۹۰ درجه، طرح حداقل خودرو سبک باید طوری تنظیم و اصلاح شود که اطمینان حاصل شود که کامیون‌های گردشی در داخل دو خط عبور باقی خواهند ماند.

طرح تقاطع برای زاویه گردش بیش از ۹۰ درجه ممکن است به طور غیرضروری موجب ایجاد سطح بزرگ روسازی شود که این قسمت‌ها، غالباً بدون استفاده هستند و سبب سردرگمی رانندگان و بروز خطر برای عابران‌پیاده می‌شوند. این اشکال با به کار بردن سه قوس مرکب غیر متقارن یا یک قوس با شعاع بزرگتر همراه با یک جزیره به مقدار قابل ملاحظه‌ای رفع خواهد شد. در صورت امکان، در تقاطع راه‌های اصلی که زاویه گردش بیش از ۱۲۰ درجه است، خط‌های گردش مجزا برای گردش به راست در نظر گرفته شود.

در خصوص شعاع گردش راستگردها، با توجه به اینکه شعاع هر چقدر بیشتر شود سرعت گردش بیشتر می‌شود ولی مطابق شکل (۴-۳۴) شعاع های مختلف طول خط عابرپیاده عرضی متفاوتی خواهند داشت و به طور کلی زمانی که عرض راه متلاقی بیش از ۱۸/۲ متر باشد، جزیره پناه‌دهنده تأمین می‌شود.




شکل ۴-۳۴- تغییرات طول خط عابرپیاده عرضی با شعاع لبه سواره‌رو

### ۴-۷-۲- جریان‌بندی ترافیکی

جریان‌بندی، جدا کردن و نظم بخشیدن به حرکت‌های ترافیکی درگیر، به مسیر سفر معین با استفاده از جزایر ترافیکی یا خط کشی روسازی جهت تسهیل حرکت‌های خودروها و عابران پیاده به طور منظم است. معمولاً تقاطع‌های بدون جریان-بندی در راه‌های محلی و با درجه پایین استفاده می‌شود. البته تا حد امکان سعی می‌شود تقاطع‌های با جریان‌بندی، منظم‌تر از حالت بدون جریان‌بندی بهره‌برداری شوند.

### ۴-۷-۳- جزایر ترافیکی

یک جزیره به سطحی اطلاق می‌شود که بین خطوط ترافیکی جهت هدایت حرکت‌های وسایل نقلیه جانمائی می‌شوند. همچنین جزایر می‌توانند سطحی برای پناه گرفتن عابران پیاده و وسایل کنترل ترافیک باشند. این تعریف شاهدی است بر اینکه یک جزیره لزوماً از نوع فیزیکی منحصر به فرد نیست. آنها می‌توانند محدوده وسیعی را شامل شوند: از سطح آشکار سازی شده، که از جداول مرتفع در راه‌های شهری تشکیل می‌شوند تا سطوح روسازی خط کشی شده با رنگ‌های ترافیکی که معمولاً در راه‌های برون شهری مرسوم است. در تقاطع‌های با سطوح تلاقی بزرگ و هم‌چنین تقاطع دو راه با زاویه تند، از جزیره‌های ترافیکی استفاده می‌شود.

جزیره تقاطع معمولاً برای یک یا چند منظور زیر به کار می‌رود:

- جدا کردن تلاقی‌ها یا درگیری‌های ترافیکی،

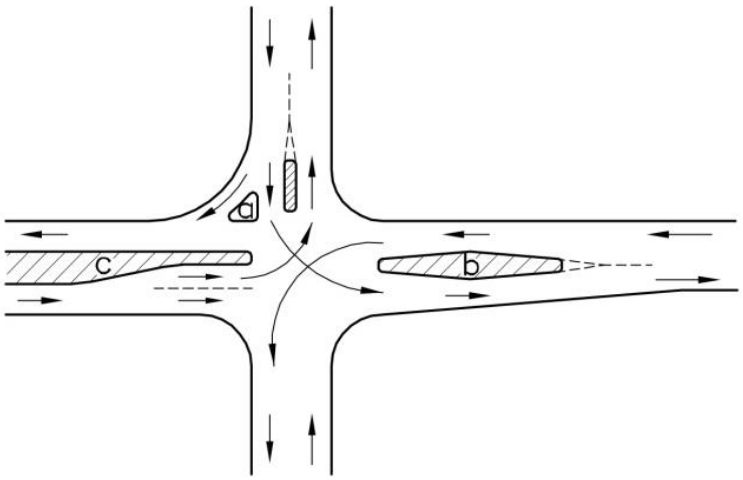
- کنترل زاویه تلاقی یا درگیری،
- کاهش سطح روسازی اضافی (سطح تلاقی) و استفاده بهینه از سطح روسازی شده،
- تنظیم ترافیک و مشخص‌کردن روش مناسب استفاده از تقاطع،
- ایجاد یک خط گردش ویژه برای حجم‌های بالای گردشی،
- محافظت عابران پیاده از جمله تسهیلات قابل دسترسی،
- محافظت و جاگیری وسایل نقلیه‌ای که می‌خواهند گردش کرده یا راه عبوری را قطع کنند، و
- تأمین فضا برای نصب وسایل کنترل ترافیک.

جزیره‌های ترافیکی معمولاً بیش از یک وظیفه دارد. به این دلیل آنها را عموماً می‌توان به سه گروه زیر تقسیم کرد:

**الف-جزیره‌های هدایت‌کننده**

این نوع جزیره‌ها برای هدایت و کنترل جریان‌های ترافیک (معمولاً حرکت‌های گردشی) به کار می‌رود. با تبدیل سطوح غیرقابل استفاده به جزیره‌های هدایت‌کننده و در نتیجه مشخص شدن مسیر گردش، جریان‌های ترافیک آشفته و نامنظم که ممکن است در اثر وجود سطح بزرگ روسازی در تقاطع بوجود آید، حذف می‌شود.

درشکل (۴-۳۵)، حالت‌های متداول جزیره‌های هدایت‌کننده نشان داده شده است. جزیره مثلثی a در این شکل به منظور هدایت ترافیک گردش به راست تعبیه شده و جزیره‌های مرکزی b و c برای هدایت وسایل نقلیه‌ای به کار می‌رود که قصد دور زدن یا گردش دارند.




شکل ۴-۳۵- حالت متداول جزیره‌های هدایت‌کننده

جزیره‌های هدایت‌کننده طوری قرار داده می‌شود که مسیر مناسب وسایل نقلیه به خوبی و در اولین نگاه مشخص شود. قبل از این که خودروها در مسیر حرکتشان به اولین جزیره هدایت‌کننده برسند، بهتر است خط‌های عبور به وسیله خط کشی مشخص شده باشد تا خودروها با سرعت مطلوب، به مسیر مورد نظر هدایت شود. استفاده از یک گروه جزیره هدایت‌کننده با ابعاد کوچک، اغلب، باعث اشتباه و سردرگمی رانندگان خواهد شد، به ویژه آن رانندگانی که برای اولین بار از مسیر تردد می‌کنند. بنابراین بهتر است از جزیره‌های بزرگتر با تعداد کمتر استفاده شود. این وضعیت، به ویژه در راه‌های حومه شهری نتایج خوبی خواهد داشت که سرعت زیاد نیست و رانندگان، انتظار روبرو شدن با محدودیت‌های بیشتری را در طول راه دارند.

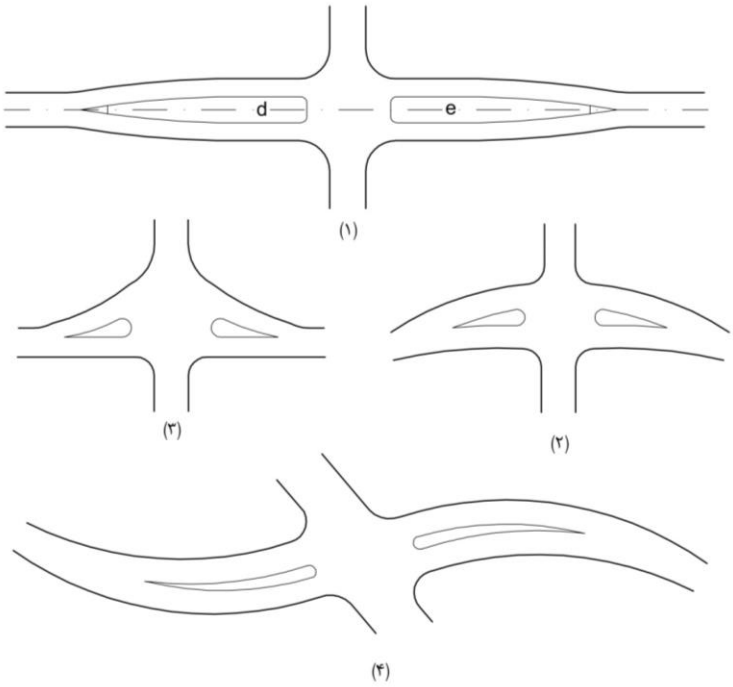
**ب-جزیره‌های جداکننده**

این نوع جزیره‌ها، اغلب در تقاطع راه‌های جدانشده به کار می‌رود. این جزیره‌ها، نزدیک شدن به تقاطع را به رانندگان اطلاع می‌دهد و موجب منظم شدن ترافیک در ورودی تقاطع می‌شود. استفاده از این جزیره‌ها، به ویژه به منظور کنترل ترافیک گردش به چپ، در تقاطع‌های تند (با زاویه حاده) و در محل‌هایی بسیار مفید است که خط‌های مخصوص گردش به راست وجود دارد. نمونه‌هایی از انواع جزیره‌های جداکننده در شکل (۴-۳۶) نشان داده شده است.

ایجاد جزیره‌های جداکننده در برخی تقاطع‌ها، نیازمند تعریض است. تعریض مسیر برای ایجاد جزیره‌های جداکننده باید به شکلی انجام شود که باعث ایجاد خطا در رفتار راننده نشود. در مسیرهای مستقیم می‌توان از لچکی نیز استفاده کرد، ولی باید خط تغییر سرعت را نیز در این روش لحاظ کرد. اغلب برای ایجاد جزیره‌های جداکننده در مسیر مستقیم، از قوس معکوس استفاده می‌شود. در راه‌های با سرعت زیاد، مطلوب آن است که شعاع انحنای قوس معکوس از ۱۲۰۰ متر کمتر نباشد، اما در راه‌های با سرعت کم و متوسط (تا ۷۰ کیلومتر در ساعت) می‌توان قوس‌های با شعاع کمتر (حداقل ۶۲۰ متر) نیز به کار برد. تعریض در قطعه مستقیم راه، حتی با قوس‌های بزرگ، ممکن است ظاهری کج داشته باشد. هنگامی که راه در قوس یا در قسمت تعریض شده قرار دارد، باید از انحنای قوس برای جداسازی خط‌ها بدون استفاده از قوس معکوس استفاده کرد (شکل‌های (۴-۳۵-۳) و (۴-۳۵-۴)).

**پ-جزیره‌های پناه‌دهنده**

جزیره پناه‌دهنده یا جزیره عابر، به منظور محافظت عابران پیاده و دوچرخه سواران هنگام عبور از تقاطع در محل و یا نزدیکی خط عرضی عابر پیاده یا مسیر دوچرخه به کار می‌رود. در منطقه‌های برون شهری، اکثر جزیره‌های هدایت‌کننده این عملکرد را نیز به عهده دارند و برای حفاظت عابران پیاده نیز به کار می‌روند. جزیره‌های a ، b، c ، d و e در شکل‌های (۴-۳۵) و (۴-۳۶) نمونه‌هایی از این گونه جزیره‌ها است. در جزیره‌های پناه‌دهنده، استفاده از جدول‌های غیرقابل عبور الزامی است.




شکل ۴-۳۶- طرح نمونه به منظور ایجاد جزایر جداکننده

**۴-۷-۳-۱- مشخصات و ابعاد جزیره‌های ترافیکی**

شکل و اندازه جزیره‌های ترافیکی از یک تقاطع به تقاطع دیگر متفاوت است. به طور کلی جزیره یا شبه مثلثی و یا شبه مستطیلی طویل است. جزیره‌ها در سطوحی قرار گرفته‌اند که معمولاً برای عبور وسایل نقلیه مورد استفاده نیست. ابعاد جزیره‌ها، تابع نوع و شکل تقاطع است. طرح و محل جزیره‌ها به گونه‌ای تهیه می‌شود که برای وسایل نقلیه خطری ایجاد نکند و ساخت و نگهداری آن نسبتاً ارزان و آسان باشد. حداقل سطح جزایر گوشه در راه‌های برون‌شهری، ۷ متر مربع و ترجیحاً ۹ متر مربع است. اضلاع هر طرف جزیره مثلثی نباید پس از گرد کردن گوشه ها از ۳/۵ متر (ترجیحاً ۴/۵ متر) کمتر باشد.

جزیره‌های جداکننده یا طویل، بهتر است حداقل ۱/۲ متر پهنا و ۶ تا ۸ متر طول داشته باشند. در شرایط خاصی که فضا محدود باشد، حداقل عرض جزیره جداکننده را می‌توان تا ۰/۵ متر کاهش داد. البته اگر به عنوان پناه عابرپیاده به کار می‌روند، نباید عرض آنها از ۱/۸ متر کمتر باشد.

در راه‌های با سرعت طرح بیش از ۷۰ کیلومتر در ساعت، نباید از جزیره‌های جدا کننده با جدول استفاده کرد مگر آنکه جدول آشکارسازی مناسب شده باشد. در این حالت بهتر است طول جزیره‌های جداکننده حداقل برابر ۳۰ متر باشد.

در شرایطی که جزیره‌های مذکور، در بالای یک خم و در امتداد یا نزدیکی یک قوس افقی قرار گیرد، باید انتهای رویکرد آنها را آن‌قدر ادامه داد تا رانندگان به راحتی قادر به دیدن آنها باشند.

**۴-۷-۳-۲- روش‌های ایجاد جزیره**

جزیره‌ها بسته به اندازه، عملکرد و محل آنها، به طرق مختلفی مشخص می‌شوند. در طرح جزیره‌ها نوع منطقه‌ای که تقاطع در آن قراردارد، حائز اهمیت است. از نظر فیزیکی، جزیره‌های تقاطع راه‌ها را می‌توان به سه گروه زیر تقسیم کرد.

گروه اول - جزیره‌های با جدول غیرقابل عبور،

گروه دوم - جزیره‌های مشخص شده به وسیله خط‌کشی یا گُل میخ چسبیده بر سطح روسازی راه، و

گروه سوم - جزیره‌های تشکیل‌شده با لبه‌های روسازی و ممکن است با علایم مشخص کننده مانند مسیرنما یا بالا آوردن سطح جزیره (البته به صورت قابل عبور) مشخص‌تر شود.

جزیره‌های گروه اول، رایج هستند و بیشترین هدایت موثر و پناه‌دهندگی را برای عابران پیاده و دوچرخه سواران تامین می‌کنند. در راه‌های برون‌شهری که استفاده از جدول رایج نیست این نوع جزایر اغلب محدود به جزایر گوشه با ابعاد کوچک تا متوسط می‌شود. برعکس کاربرد این روش در مناطق شهری متداول است.

جزیره‌های گروه دوم در مناطق برون شهری جهت حداقل کردن مسائل نگهداری در رویکردهای با سرعت بالا یا زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که برفروبی با جزیره جدول‌دار مشکل است. این نوع جزیره در راه‌های کم سرعت نیز به کار می‌رود که هزینه اضافه شده ناشی از جدول احتمالاً قابل توجیه نیست و جاهایی که جزیره آن‌قدر بزرگ نیست که تنها به وسیله لبه روسازی مشخص شود.

جزیره‌های گروه سوم، به طور کلی در جزایر جریان‌بندی بزرگ در تقاطع‌های برون‌شهری به کار می‌روند که فضا برای قوس‌های تقاطع با شعاع بالا و عرض زیاد میانه وجود دارد.

**۴-۷-۳-۳- آشکارسازی و ایمن‌سازی انتهای تقرب جزیره**

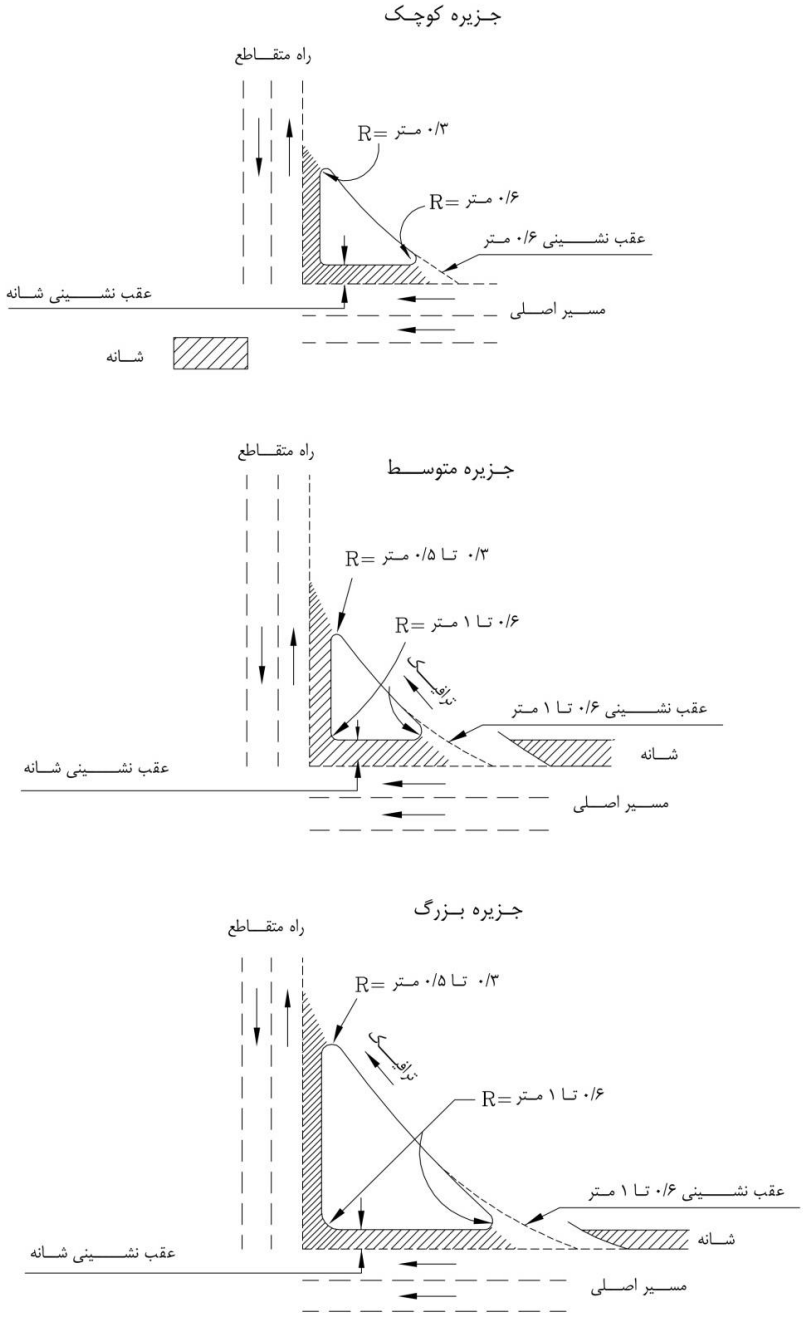
آشکارسازی جزایر کوچک اصولاً توسط جداول و بازتابنده‌های نصب شده روی جدول صورت می‌گیرد. آشکارسازی جزایر بزرگ را می‌توان با رنگ و تضاد بافت با پوشش گیاهی، زمین مجاور مرتفع قابل عبور، پایه های بازتابنده علائم و یا ترکیبی از آنها انجام داد. در مورد ارتفاع جداول به نشریه ۸۰۰-۱ رجوع شود. در مناطق برون‌شهری جداول جزایر از نوع قابل عبور هستند.

حدود و محل قرارگیری جزیره به وسیله لبه رویه، خط‌های عبوری و مسیرهای گردشی با فاصله آزاد جانبی تا کناره جزیره مشخص می‌شود. برای افزایش دید و سادگی اجرا، گوشه‌های جزیره‌ها، گرد یا شیب‌دار ساخته می‌شود. مقدار عقب‌نشینی لبه جزیره‌ها از خط‌های عبور ترافیک تابع نوع لبه و عوامل دیگری مانند اختلاف رنگ جزیره، روسازی، طول لچکی یا خط عبور کمکی قبل از جزیره و سرعت است.

چون رانندگان در مسیر عبوری به طور تقریباً ناگهانی با جزیره روبرو می‌شوند، بنابراین جدول‌های جزیره، حتی در موردهایی که از نوع قابل عبور هستند، باید نسبت به لبه خط‌های عبوری عقب‌نشینی داشته باشد. در راه‌های دارای شانه، مطلوب آن است که انتهای رو به ترافیک جزیره، حداقل به اندازه عرض شانه از لبه خط عبور خارجی عقب‌نشینی داشته باشد. این عقب‌نشینی در صورت قرار گرفتن جزیره بعد از مسیر گردش به راست باید حداقل ۲/۴ متر باشد.

جزئیات طرح جزیره مثلثی برای راه‌های برون‌شهری در شکل (۴-۳۷) آمده است. گوشه سمت راست پایین هر جزیره برای حالتی طرح شده است که ترافیک به آن نزدیک می‌شود (گوشه تقرب). تمامی جزیره‌های نشان داده شده در شکل (۴-۳۷) در گوشه تقرب ترافیک با شعاع ۰/۶ تا یک متر گرد شده‌اند.

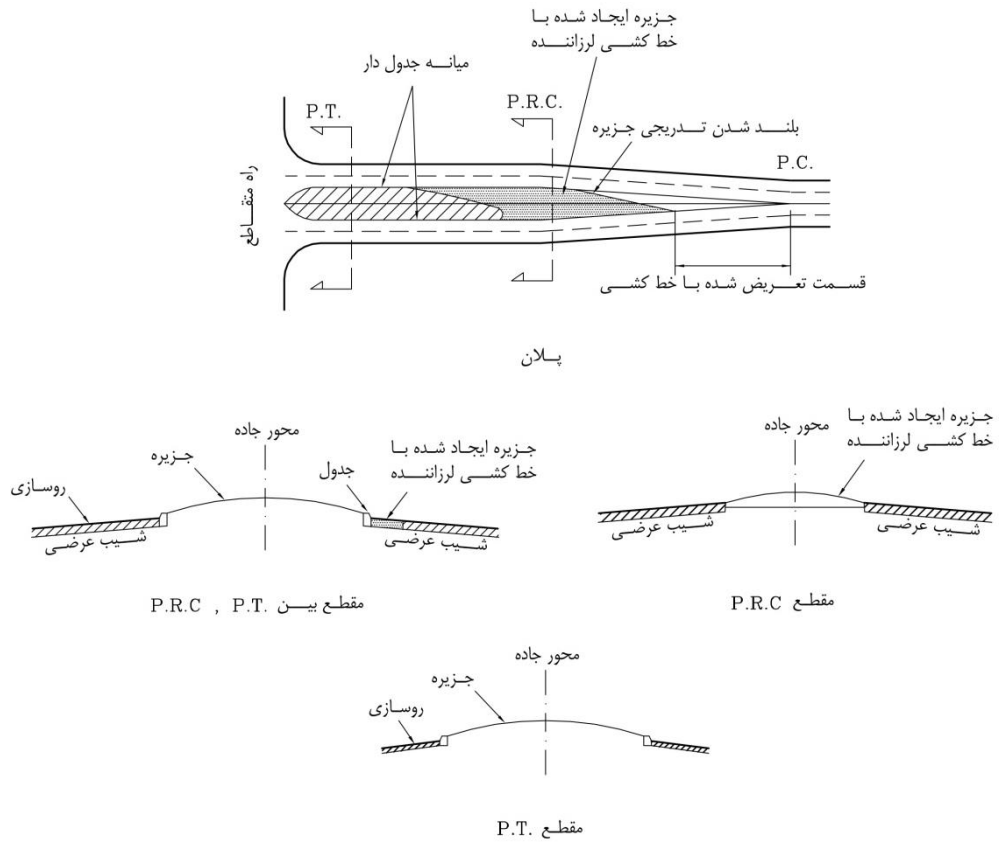
به هر حال، نزدیک شدن به جزیره‌ها را باید در فاصله کافی از آن، به رانندگان اطلاع داد. خط‌کشی و لرزاننده کردن روسازی، قبل از رسیدن به گوشه تقرب جزیره تا حد زیادی بر ایمنی تقاطع می‌افزاید. برای مشخص‌تر کردن جزیره تا آنجا که ممکن است از وسایل افزایش دید مانند علائم و رنگ‌های شب‌نما استفاده شود.




شکل ۴-۳۷- جزئیات طرح جزیره‌های گوشه مسیرهای گردشی

هم چنین وجود علائم هشداردهنده و مشخص‌کننده در جزیره‌های میانه که معمولاً در امتداد مسیر ترافیک نزدیک‌شونده هستند، ضروری است. جزیره میانی بهتر است مطابق با شکل (۴-۳۸) به تدریج تعریض و برجسته شود. در این صورت لازم است از لچکی انتقال استفاده شود که طول آنها از روابط نشریه ۸۰۰-۱ بالاخص در سرعت‌های کمتر از ۷۰ کیلومتر در ساعت استفاده می‌شود. بهتر است پهنه بین دماغه واقعی جزیره و دماغه خط‌کشی آن، با نوارهای مورب خط‌کشی شود تا

توجه راننده را جلب کند. علاوه برآن خط‌های عبور نیز با استفاده از علامت‌گذاری افقی روی سطح راه (پیکان‌ها) نشانه‌گذاری شود.




شکل ۴-۳۸- جزئیات آشکارسازی جزیره‌های میانی

**۴-۷-۳-۴- طرح مسیرهای گردشی با جزایر گوشه**

وقتی در یک تقاطع، لبه داخلی سواره‌رو در گردش به راست برای تریلی‌های طرح نوع ۱ یا ۲ و یا خودروی سواری با سرعت گردش بیشتر از ۱۵ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شده باشد، سطح سواره‌رو در تقاطع بیش از اندازه افزایش می‌یابد، به طوری که کنترل و هدایت صحیح ترافیک به طور کامل تأمین نخواهد شد. برای رفع این مورد، یک جزیره گوشه احداث می‌شود تا به کمک آن، یک خط عبور مجزا برای خودروهای گردشی بین دو شاخه تقاطع به وجود آید.

در طرح حداقل خطوط گردش، اجزای اصلی کنترل‌کننده عبارتند از امتداد لبه داخلی سواره‌رو و عرض خط‌های گردش که برای گردش خودروی طرح با سرعت کم در نظر گرفته شده است. با به کار بردن شعاع بیش از طرح حداقل، سطح روسازی وسیعی بین دو شاخه راه به وجود می‌آید. به طوری که می‌توان یک جزیره هدایت‌کننده (معمولاً مثلثی شکل) در آن

قرار داد. ایجاد چنین جزیره‌ای سبب هدایت بهتر ترافیک عبوری و گردشی می‌شود و در ضمن، محل مناسبی برای نصب علایم راهنمایی و توقف عابر پیاده به وجود می‌آید. چون ابعاد این جزیره نباید خیلی کوچک باشد، لذا اندازه آن یکی از عوامل کنترل‌کننده طرح خواهد بود. برای نصب علایم و یا برف روبی آسان‌تر، بهتر است جزایر بزرگتری در نظر گرفته شود.

لبه داخلی سواره‌رو خطوط گردش باید طوری طرح شود که ایجاد یک جزیره کوچک، پیش‌بینی عرض کافی برای خط-های گردش را ممکن سازد. عرض خط‌های گردش باید کافی (حداقل ۴/۲ متر) باشد، به گونه‌ای که خودرو طرح بتواند با فاصله آزاد ۰/۶ متر از لبه‌های طرفین در آن گردش کند. برای تعیین عرض به فصل سوم مراجعه شود.

طرح حداقل نمونه برای زوایای مختلف گردش، در جداول پیوست آورده شده است. در طراحی لازم است بر اساس وسیله طرح و معیارهای ارائه شده در نشریه ۸۰۰-۱، خطوط گردشی مشخص و جزایر ترافیکی با طرح و عقب‌نشینی و معیارهای فوق‌الذکر تعیین گردند.

برای زاویه گردش بین ۷۵ تا ۱۲۰ درجه، حداقل ابعاد جزیره‌ها کنترل می‌شوند تا گردش در مسیر گردشی با شعاع بیش از شعاع حداقل انجام گیرد. برای زاویه گردش ۱۲۰ درجه یا بیشتر، تندترین شعاع مسیر گردش خودرو طرح انتخاب و ترتیب قرار دهی منحنی‌های لبه داخلی سواره‌رو که بر مسیرهای مذکور منطبق باشد، معمولاً کنترل‌کننده طرح بوده و سبب ایجاد جزایر هدایت‌کننده با ابعاد بزرگتر از ابعاد حداقل می‌شود. به عبارت دیگر، برای زاویه گردش ۷۵ تا ۱۲۰ درجه یا بیشتر، منحنی‌های لبه داخلی سواره‌رو مسیرهای گردشی، عامل کنترل‌کننده می‌باشند.

### ۴-۷-۴- مسیرهای گردشی برای جریان آزاد

این مسیرها باید به گونه‌ای طراحی شوند که رانندگان تغییر شتاب ناگهانی ندهند و خودروها قادر به گردش در حالت طبیعی باشند. استفاده از این نوع مسیرهای گردشی برای راه‌های پرسرعت با ترافیک زیاد و دارای حجم ترافیک گردشی قابل توجه توصیه می‌شود. سرعت طرح مسیرهای گردشی می‌تواند معادل سرعت طرح مسیر اصلی یا ۲۰ الی ۳۰ کیلومتر در ساعت کمتر از آن باشد. حداقل شعاع مسیرهای گردشی بر حسب سرعت طرح تعیین می‌شود. نمونه طرح‌های مربوطه در پیوست الف ارائه شده‌اند.

### ۴-۷-۴- بربلندی مسیر گردشی تقاطع‌ها

عوامل کلی کنترل حداکثر بربلندی در راه‌ها برای مسیرهای گردشی تقاطع‌ها نیز مصداق دارند. در مناطقی که شرایط جوی اجازه دهد، مقدار حداکثر بربلندی معمولاً ۱۰ درصد است. در مناطق برفگیر و یخبندان، بیشترین بربلندی مجاز ۸ درصد است.

تأمین بربلندی بدون تغییر شیب عرضی ناگهانی در آستانه خطوط گردش عمدتاً به دلیل شعاع کم قوس و کوتاه بودن طول آن، اغلب باعث عدم امکان تأمین بربلندی مطلوبی می‌شود. این امر موجب شده در مسیرهای گردشی با شعاع حداقل، بربلندی کمتری به کار برده شود.

**۴-۷-۴-۱- بربلندی در محل پایانه‌های مسیر گردشی**

ایجاد بربلندی متناسب با انحناء و سرعت در محل پایانه خطوط گردش به ندرت امکان‌پذیر است، زیرا:

الف) یک قوس باز تقاطع (با شعاع زیاد)، باعث افزایش کمی در تعریض خط گردش نسبت به خط سواره‌روی مسیر می‌شود.

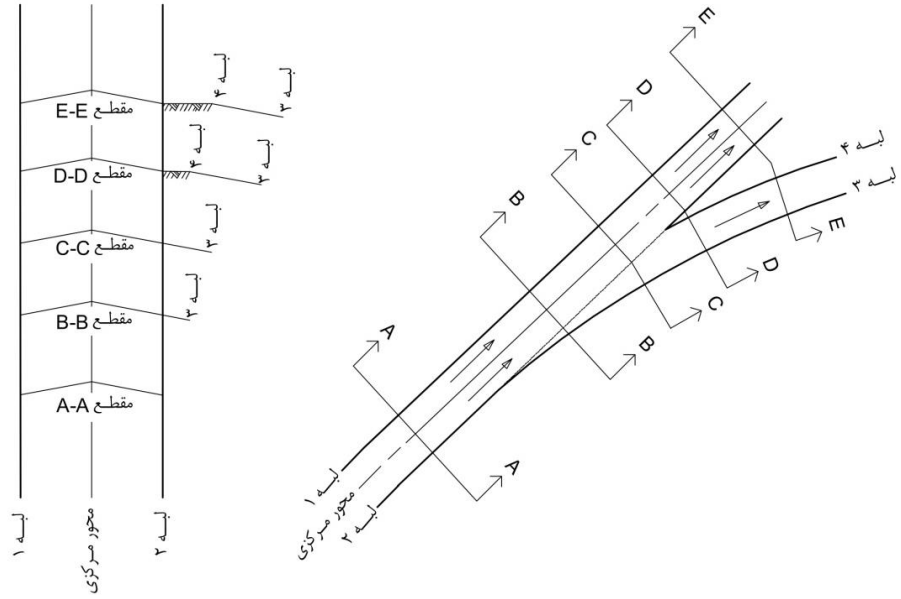
ب) مطلوب است که شیب عرضی سواره‌رو حفظ شود.

پ) اختلاف بین شیب عرضی خط عبور سواره‌رو و خط گردشی تقاطع، محدودیت وجود دارد.

اختلاف قابل توجه میان شیب عرضی خط عبور و خط گردش ممکن است باعث شود خودروهایی که از روی خط تغییر شیب (خط گرده جانبی)- که بین خط عبور و خط کمکی به وجود آمده است- عبور می‌کنند، کنترل خود را از دست بدهند و در نتیجه از ایمنی آنها کاسته شود. هنگامی که خودروها به ویژه (کامیون‌های مرتفع) از روی خط تغییر شیب عرضی با سرعتی بیش از حداقل و با زاویه ۱۰ تا ۴۰ درجه عبور می‌کند، حفظ پایداری آن‌ها مشکل می‌شود و ممکن است واژگون شود.

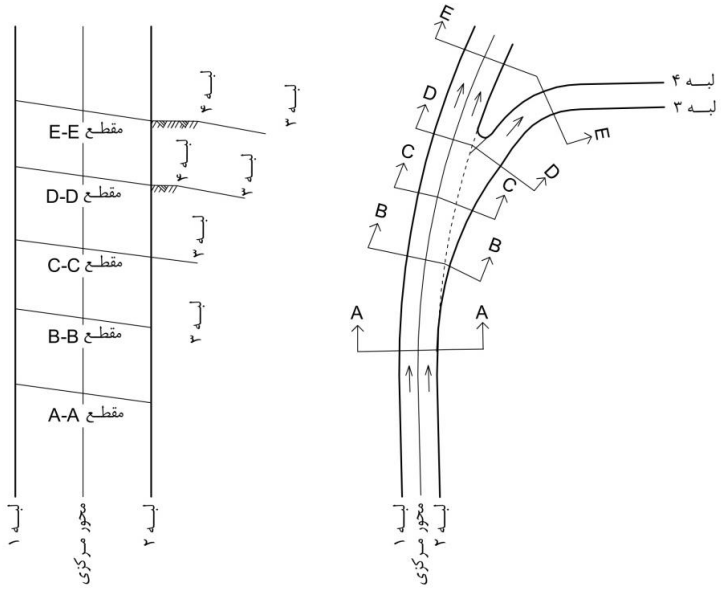
در طراحی یک مسیر گردشی، ممکن است نیم‌رخ‌های طولی و عرضی خط‌های عبوری ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته شوند. هنگامی که مسیر گردشی خروجی از خط‌های عبور اصلی جدا می‌شود، تراز لبه سواره‌رو قسمت تعریضی، به تدریج نسبت به لبه سواره‌رو خط عبوری تغییر داده می‌شود. کمی پس از آنکه عرض خط گردش کامل شد، دماغه، دو سواره‌رو (خط عبوری و خط گردش) را از هم جدا می‌کند. در مواردی که قوس خروجی نسبتاً تیز و بدون خط لچکی و یا اتصال تدریجی است، در فاصله کوتاهی که قبل از دماغه وجود دارد، مقدار کمی از بربلندی را می‌توان تأمین کرد و بقیه بربلندی در طول مسیر گردشی تأمین می‌شود. در مواردی که قوس گردش به تدریج از خط عبوری جدا می‌شود، تأمین بربلندی به طور مطلوب امکان‌پذیر است.

شکل (۴-۳۹)، تغییر شیب عرضی را در شرایطی نشان می‌دهد که خط گردش از یک قطعه مستقیم راه عبوری جدا می‌شود. بعد از دماغه شیب سواره‌رو تا جایی که امکان‌پذیر است با شدت بیشتری افزایش داده می‌شود تا کل مقدار بربلندی تأمین شود.



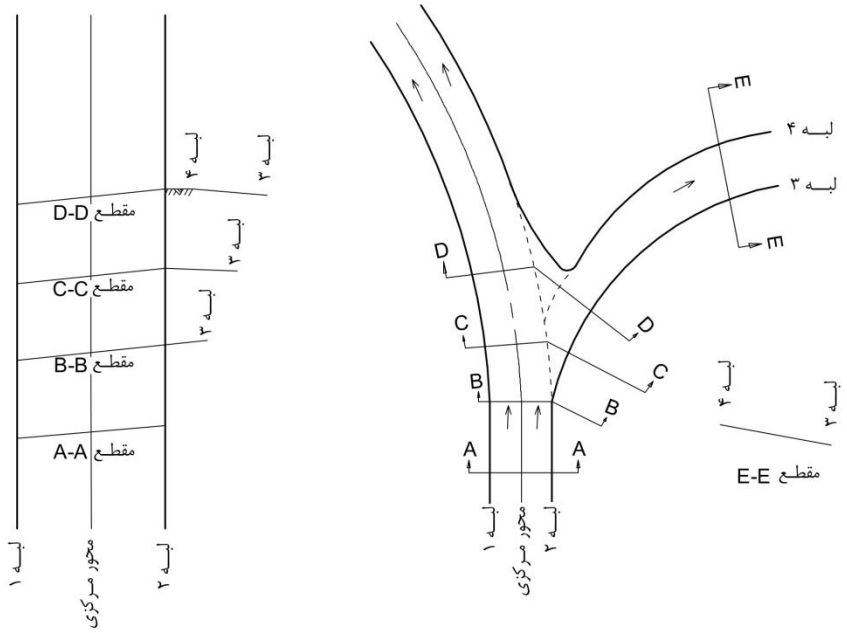

شکل ۴-۳۹- نحوه تأمین بربلندی در پایانه- جداشدگی از خط مستقیم

شکل (۴-۴۰)، نشان دهندهٔ طرز تأمین بربلندی در شرایطی است که خط عبوری و خط گردش در یک جهت می‌گردند. در این حالت، مقدار مطلوب بربلندی در خط گردش که معمولاً بیشتر از مقدار بربلندی در خطوط عبوری است، به راحتی در طول نسبتاً کوتاهی قابل تأمین است.



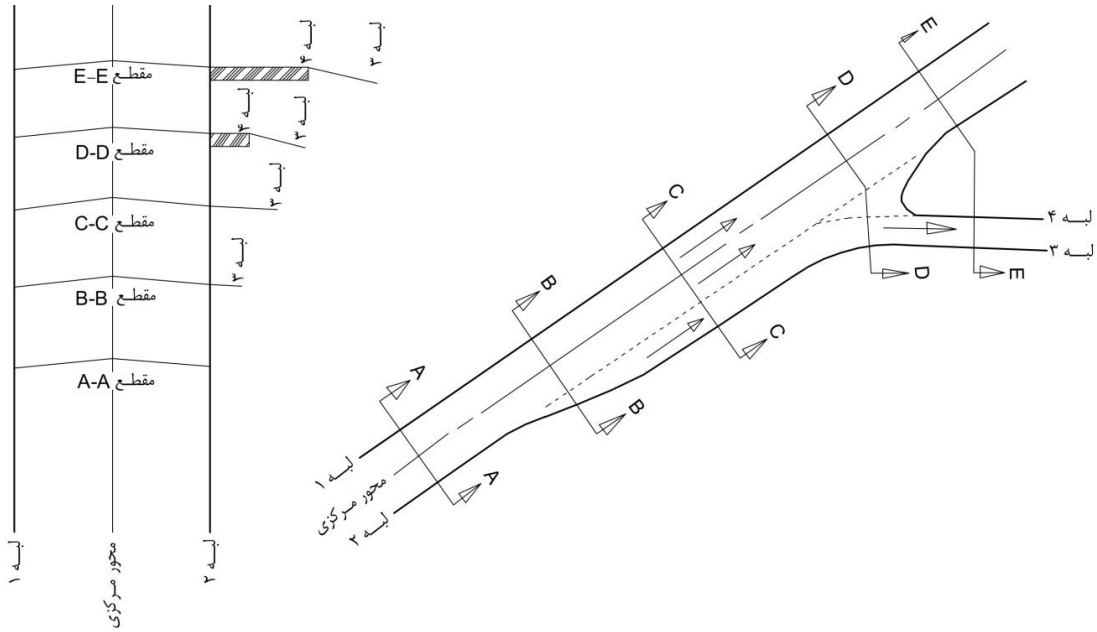

شکل ۴-۴۰- نحوه تأمین بربلندی در پایانه- جداشدگی از قوس هم‌جهت

شرایط تقریباً نامطلوب زمانی به وجود می‌آید که خط عبوری و خط گردش در دو جهت مخالف گردش کنند (شکل (۴-۴۱)). بسته به مقدار بربلندی خط عبوری، ممکن است شیب دادن به خط گردش در خلاف جهت خط عبوری به دلیل شکل ظاهری، ایمنی و کیفیت رانندگی عملی نباشد. در محل دماغه مقداری از بربلندی با ایجاد یک شکست و یا دو شکست (تغییر شیب عرضی) در جلوی دماغه تأمین می‌شود. قسمت عمده بربلندی باید بعد از دماغه تأمین شود.




شکل ۴-۴۱- نحوه تأمین بربلندی در پایانه- جداشدگی با قوس غیر هم‌جهت

در شرایطی که مسیر گردش دارای خط تغییر سرعت موازی خط عبوری است، قسمتی از تغییر شیب عرضی در این قطعه (قسمت موازی) قابل تأمین است (شکل ۴-۴۲). معمولاً بیش از نصف کل مقدار بربلندی تا دماغه (نقطه D) تأمین می‌شود و کل مقدار بربلندی کمی بعد از آن قابل تأمین است.




شکل ۴-۴۲- نحوه تأمین بربلندی در پایانه – جدا شدگی با خط تغییر سرعت

طرح و اصول داده شده در شکل‌های (۴- ۳۹) الی (۴-۴۲) برای پایانه‌های خروجی، برای پایانه‌های ورودی نیز به کار برده می‌شوند. با این اختلاف که جزئیات پایانه‌های ورودی (ناحیه هم‌گرایی) کمی با جزئیات دماغه در پایانه‌های خروجی (ناحیه واگرایی) متفاوت است. انتهای هم‌گرایی یک پایانه ورودی تقریباً در نقطه D قرار می‌گیرد.

### ۴-۷-۴-۲- کنترل خط تغییر شیب عرضی

کنترل طرح خط تغییر شیب عرضی سواره‌رو (غیر از خط تغییر شیب عرضی تاج جاده در محور راه) عبارت است از اختلاف جبری شیب عرضی دو سواره‌رو مجاور. هنگامی که شیب عرضی هر دو سواره‌رو از خط تغییر به طرف طرفین است (در خلاف جهت)، اختلاف جبری، جمع شیب عرضی مطلق دو سواره‌رو خواهد بود. در صورتی که هر دو شیب عرضی در یک جهت باشند، اختلاف جبری معادل اختلاف مطلق دو شیب است. اختلاف جبری مطلوب دو شیب عرضی در خط تغییر شیب، ۴ یا ۵ درصد است لیکن در شرایط سرعت یا ترافیک سنگین کم، این مقدار ممکن است تا ۸ درصد افزایش داده شود. مقدار حداکثر پیشنهادی برای تفاوت جبری شیب عرضی سواره‌رو در خط تغییر شیب عرضی به شرح جدول (۴-۱۵) می-باشد.

جدول ۴-۱۵- مقدار حداکثر تفاوت جبری در شیب عرضی سواره‌رو در پایانه‌های مسیر گردشی

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

## ۴-۸- خط‌های کمکی در تقاطع

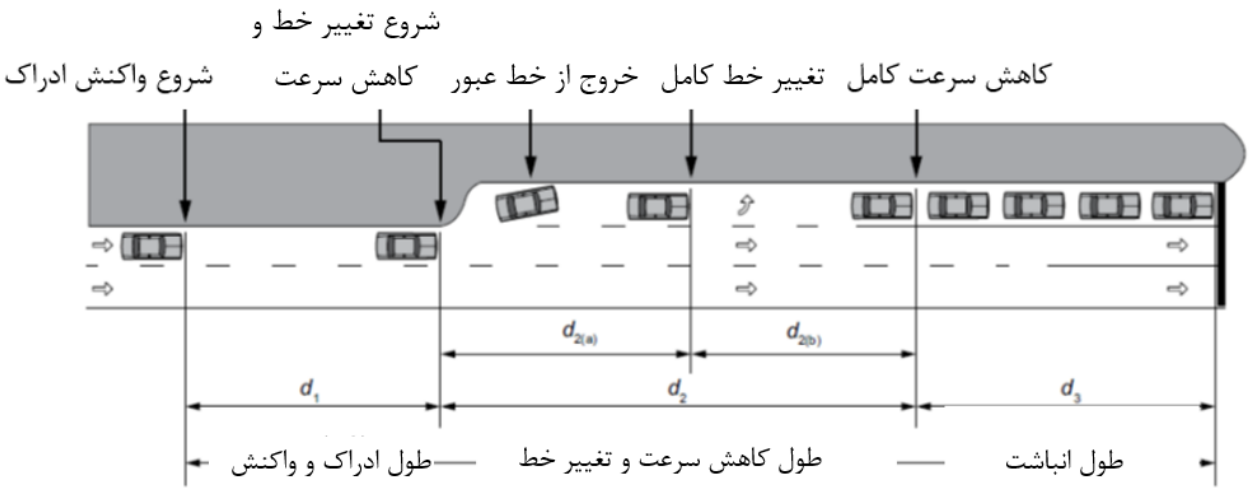
در تقاطع‌ها و دوربرگردان‌ها، خط‌های کمکی به عنوان خط کاهش سرعت و انباشت (ذخیره) برای خروج از راه و گردش به چپ یا به عنوان خط افزایش سرعت برای خودروهای راستگرد پس از اتمام گردش به راست و یا برای افزایش ظرفیت و ایمنی تقاطع در نظر گرفته می‌شوند.

خط کمکی باید طول و پهنای کافی داشته باشد تا راننده وسیله نقلیه را به راحتی به آن هدایت کرده و بتواند سرعت وسیله نقلیه را به حد سرعت طرح مسیر اصلی (در خط‌های افزایش سرعت) یا سرعت طرح مسیر فرعی (در خط‌های کاهش سرعت) برساند. عرض هر خط کمکی حداقل ۳/۰ و مقدار مطلوب آن به اندازه عرض خطوط راه عبوری است. عرض شانه بهتر است برابر عرض مسیر مجاور باشد. در مواقعی که وسایل سنگین از خطوط کمکی استفاده می‌کنند، حداقل ۰/۶ تا ۱/۲ متر شانه بهتر است رویه‌دار باشد. استفاده از خط گردش به چپ در تقاطع‌ها با توجه به حجم ترافیک گردش به چپ از نمودار استخراج خواهد شد.

در تقاطع‌ها، استفاده از خط‌های کمکی برای گردش به راست ورودی یا خروجی لازم است. در محل‌های دسترسی اختصاصی راه‌های شریانی، استفاده از خط کاهش سرعت (خروجی) ضروری است. استفاده از خط افزایش سرعت برای محل دسترسی‌های اختصاصی باید توسط طراح بررسی شود.

### ۴-۸-۱- خط کاهش سرعت

در شکل(۴-۴۳) ناحیه عملکردی بالادستی یک تقاطع در رابطه با اجزای طول خط کاهش سرعت نشان داده شده است که شامل فاصله درک-عکس‌العمل، تغییر خط و مسافت کاهش سرعت (فاصله مانور نیز نامیده می‌شود) و طول انباشت (مسافت ذخیره صف نیز نامیده می‌شود) می‌باشد.




شکل ۴-۴۳- ناحیه عملکردی بالادست یک تقاطع که نشان‌دهنده اجزای طول خط کاهش سرعت است

به طور مطلوب کل طول فیزیکی خط کمکی باید برابر مجموع طول این سه بخش باشد؛ تغییر خط، کاهش سرعت و مسافت ذخیره.

**۴-۸-۱-۱-فاصله درک- عکس‌العمل**

فاصله درک-عکس‌العمل ($d_1$) در شکل(۴-۴۳) مسافت پیموده شده‌ای را نشان می‌دهد، که راننده، خط گردشی جلوئی را تشخیص می‌دهد و برای مانور گردش به چپ آماده می‌شود. این فاصله با زمان درک-عکس‌العمل و سرعت افزایش می‌یابد. زمان درک- عکس‌العمل با آشنایی راننده با آن بخش مسیر و حالت هوشیاری متغیر است؛ به عنوان مثال، یک راننده هوشیار که با مسیر و شرایط ترافیکی آشنا باشد، نسبت به یک راننده ناآشنا، زمان درک عکس‌العمل کمتری دارد. شرایط ترافیکی در مسیرهای شهری و حومه‌شهری می‌تواند منجر به هوشیاری بیشتر در رانندگان نسبت به راه‌های مناطق برون‌شهری شود. بنابراین، مقدار ۱/۵ ثانیه اغلب به عنوان زمان درک-عکس‌العمل برای مناطق با بافت شهرک برون شهری و ۲/۵ ثانیه برای بافت برون‌شهری استفاده می‌شود. طبقه‌بندی بافت‌ها در نشریه ۸۰۰-۱ ارائه شده است.

**۴-۸-۱-۲-فاصله تغییر خط و کاهش سرعت**

تأمین کاهش سرعت در خطوط عبوری در مسیرهای شریانی یک هدف مطلوب است و باید هر زمان که عملی باشد در طراحی در نظر گرفته شود. تقریباً دو سوم رانندگان در گردش به چپ، نرخ کاهش شتابی بیش از ۲ متر بر مجذور ثانیه دارند تا در خط توقف، متوقف شوند. طراحی خط گردش بر اساس این نرخ، رفتار ترجیحی ۸۵ درصد رانندگان گردشی را در مکان های با سرعت بالا را پوشش خواهد داد. جدول(۴-۱۶)، برآورد مسافت مورد نیاز رانندگان برای مانور از خط عبوری به یک خط گردش به چپ یا راست و ترمز تا توقف بر اساس نرخ کاهش شتاب معادل ۲ متر بر مجذور ثانیه را نشان می‌دهد.

تأمین طول کامل خط کمکی برای کاهش سرعت به دلیل محدودیت‌هایی مانند محدودیت حریم، فاصله موجود بین تقاطع‌های مجاور و نیازهای انباشت، در بسیاری از شرایط عملی نیست. با این حال، تحقیقات نشان داده است که ارائه یک خط گردش به چپ و راست در هر رویکرد تقاطع دارای یک مزیت کاهش قابل توجه تصادفات است. بنابراین، خطوط گردشی باید در مواردی که لازم است احداث شوند، حتی در مواردی که فواصل جدول(۴-۱۶) قابل حصول نیست.

جدول ۴-۱۶- مسافت تغییر خط و کاهش سرعت مطلوب

| سرعت (کیلومتر در ساعت) | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۵۵ | ۶۵ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۹۵ | ۱۰۵ | ۱۱۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مسافت تغییر خط و کاهش سرعت (متر) | ۲۵ | ۳۵ | ۵۰ | ۶۵ | ۸۵ | ۱۰۵ | ۱۳۰ | ۱۵۵ | ۱۸۵ | ۲۱۵ | ۲۵۰ |

نکته: ۱. طول تغییر خط و کاهش سرعت به صورت $d_r$ در شکل (۴-۴۳) نشان داده شده است.

۲. طول کاهش سرعت بر اساس نرخ کاهش شتاب ۲/۰ متر بر مجذور ثانیه در کل طول است.

۳. نقاط دسترسی نباید در مناطق کاهش سرعت قرار بگیرند.

**۴-۸-۱-۳-طول انباشت**

با توجه به اینکه حرکت گردش به چپ در تقاطع، معمولاً مستلزم توقف در محل تقاطع و سپس انجام حرکت گردش به چپ در فاصله زمانی مناسب از بین جریان ترافیک روبرو است، لذا بهتر است جهت تجمع وسایل نقلیه چپ‌گرد در محل تقاطع، طول مناسبی پیش‌بینی شود. یک خط کاهش سرعت باید به اندازه کافی طولانی باشد تا بتواند تعداد وسایل نقلیه احتمالی در صف را در طول یک دوره بحرانی جمع کند. طول انباشت باید به اندازه‌ای باشد که از پس‌زدگی خودروهای گردشی به خطوط عبوری که منتظر تغییر چراغ راهنمایی یا استفاده از فاصله زمانی مناسب در جریان ترافیک مقابل هستند، جلوگیری کند.

در تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی، طول انباشت مورد نیاز باید با تحلیل ترافیک تقاطع تعیین شود و این به طول چرخه چراغ راهنمایی، ترتیب فازبندی چراغ و نرخ ورود و خروج خودروهای گردشی بستگی دارد. طول انباشت تابعی از احتمال وقوع رخدادها است و معمولاً باید بر اساس ۱/۵ تا ۲ برابر متوسط تعداد وسایل نقلیه‌ای باشد که باید در هر چرخه چراغ راهنمایی ذخیره شوند، که باید براساس حجم طراحی یا شمارش مستقیم ترافیک به دست آید. در مکان‌هایی که خطوط گردشی برای عملکرد با دو خط طراحی شده اند، طول انباشت تقریباً به نصف میزان مورد نیاز برای عملیات برای یک خط کاهش می‌یابد.

طول انباشت مورد نیاز برای یک خط گردش به چپ را می‌توان با توالی روابط (۴-۴) و (۴-۵) تعیین کرد:

$$c = \frac{V_0 * e^{-v_o t_c / 3600}}{1 - e^{-v_o t_f / 3600}} \quad (۴-۴)$$

که در این روابط:

c: ظرفیت گردش به چپ (وسیله نقلیه در ساعت)؛

$v_o$: حجم تداخلی (درگیر) مسیر اصلی با حرکات فرعی، فرض می‌شود که برابر نصف حجم مسیر اصلی دو طرفه است، (وسیله نقلیه در ساعت)؛

$t_c$: فاصله زمانی بحرانی (ثانیه)؛ و

$t_f$ : فاصله زمانی تعقیب (تا خودرو جلویی) (ثانیه).

$$SL = \left\{ \frac{ln\,[P(n > N)]}{ln[\frac{v}{c}]} - 1 \right\} * VL \quad (۵-۴)$$

که در این روابط:

SL: طول انباشت (متر)؛

$P(n > N)$: احتمال سرریز خط گردشی (با ظرفیت اشباع)؛

v: حجم گردش به چپ (وسیله نقلیه بر ساعت)؛

c : ظرفیت گردش به چپ (وسیله نقلیه بر ساعت)؛ و

VL: طول متوسط برای هر وسیله نقلیه.

در استفاده از این روابط، احتمال اینکه تعداد وسایل نقلیه ذخیره شده بیش از طول موجود در مسیر گردش به سمت چپ باشد برابر است با ۰/۰۰۵ و معادل این فرض است که طول انباره موجود در ۹۹/۵ درصد از زمان، صف گردش وسایل نقلیه را جوابگو خواهد بود. صف خودرو گردشی ۹۹/۵ درصد خواهد بود. فاصله بحرانی ($t_c$) به طور معمول برای ۵۰ امین درصد مقدار مشاهده شده در مطالعات میدانی، ۵/۰ ثانیه، یا ۸۵ امین درصد مقدار مشاهده شده در مطالعات میدانی برابر ۶/۲۵ ثانیه می‌باشد. برای طراحی ۸۵ امین درصد پیشنهاد می‌شود. فاصله تعقیب ($t_f$) معمولاً ۲/۲ ثانیه و متوسط طول ذخیره برای هر وسیله نقلیه ۷/۶ متر است.

اگر داده های حجم ترافیک در دسترس نباشد، حداقل طول ذخیره سازی در راه‌های با سرعت کمتر از ۷۰ کیلومتر در ساعت باید ۱۶ متر باشد که تا دو خودرو قرار بگیرند. حداقل طول ذخیره سازی ۳۰ متر برای سرعت های بالای ۷۰ کیلومتر برساعت توصیه می‌شود.

در جدول (۴-۱۷) مقادیر محاسبه شده طول انباشت با روابط و مفروضات فوق‌الذکر ارائه شده است. اگر درصد کامیون‌ها و اتوبوس‌ها مشخص باشد، می‌توان با ضرب در مقادیر۴-۱۸حداقل مقادیر ذخیره صف جدول۴- را اصلاح کرد.

جدول۴- ۱۷- طول انباشت صف محاسبه شده

| حجم گردش به چپ (وسیله نقلیه در ساعت) | فاصله زمانی بحرانی ۵۰ امین درصد | | | | | فاصله زمانی بحرانی ۸۵ امین درصد | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | حجم جریان مقابل (وسیله نقلیه در ساعت) | | | | | | | | | |
| | ۲۰۰ | ۴۰۰ | ۶۰۰ | ۸۰۰ | ۱۰۰۰ | ۲۰۰ | ۴۰۰ | ۶۰۰ | ۸۰۰ | ۱۰۰۰ |
| ۴۰ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ |
| ۶۰ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ |
| ۸۰ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۳ |
| ۱۰۰ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۳ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۳ |
| ۱۲۰ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۳ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۱ |
| ۱۴۰ | ۱۶ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۳ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۳ | ۳۱ | ۳۹ |
| ۱۶۰ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۱ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۱ | ۴۶ |
| ۱۸۰ | ۱۶ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۱ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۹ | ۴۶ |
| ۲۰۰ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۱ | ۳۹ | ۱۶ | ۲۳ | ۳۱ | ۳۹ | ۶۱ |
| ۲۲۰ | ۱۶ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۱ | ۳۹ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۱ | ۴۶ | ۶۹ |
| ۲۴۰ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۱ | ۳۹ | ۴۶ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۹ | ۴۶ | ۸۴ |
| ۲۶۰ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۱ | ۳۹ | ۵۴ | ۲۳ | ۳۱ | ۳۹ | ۵۴ | ۱۰۰ |
| ۲۸۰ | ۲۳ | ۲۳ | ۳۱ | ۳۹ | ۵۴ | ۲۳ | ۳۱ | ۳۹ | ۶۱ | ۱۲۲ |
| ۳۰۰ | ۲۳ | ۳۱ | ۳۹ | ۴۶ | ۶۱ | ۲۳ | ۳۱ | ۴۶ | ۶۹ | ۱۶۱ |

جدول۴-۱۸- اصلاح طول انباشت صف برای کامیونها

| درصد کامیونها (٪) | طول انباشت فرض شده به ازای هر وسیله در صف (متر) |
|---|---|
| ≤۲ | ۷/۶ |
| ۵ | ۸/۵ |
| ۱۰ | ۹/۸ |
| ۱۵ | ۱۰/۷ |
| ۲۰ | ۱۱/۶ |
| ۲۵ | ۱۲/۵ |

**۴-۸-۱-۴- طول لچکی**

برای لچکی ورود به یک خط کمکی از طرح‌های نشان داده شده در شکل (۴-۴۴) استفاده می‌شود. انواع طرح‌های لچکی عبارتند از:

**الف) لچکی به صورت خط مستقیم**

- اجرای این حالت بسیار ساده است.
- شیب لچکی ۱:۸ برای سرعت‌های طرح کمتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت مناسب است.
- شیب لچکی ۱:۱۵ برای سرعت‌های طرح ۵۰ کیلومتر در ساعت و بالاتر مناسب است.

**ب) لچکی نیمه مستقیم**

- طول بخش مستقیم حدود یک دوم تا یک سوم طول کل لچکی است.
- برای سرعت‌های طرح بالاتر (نسبت به حالت الف) مناسب است.
- شماره‌های بالاتر در شکل برای سرعت‌های طرح بالاتر مناسب است.

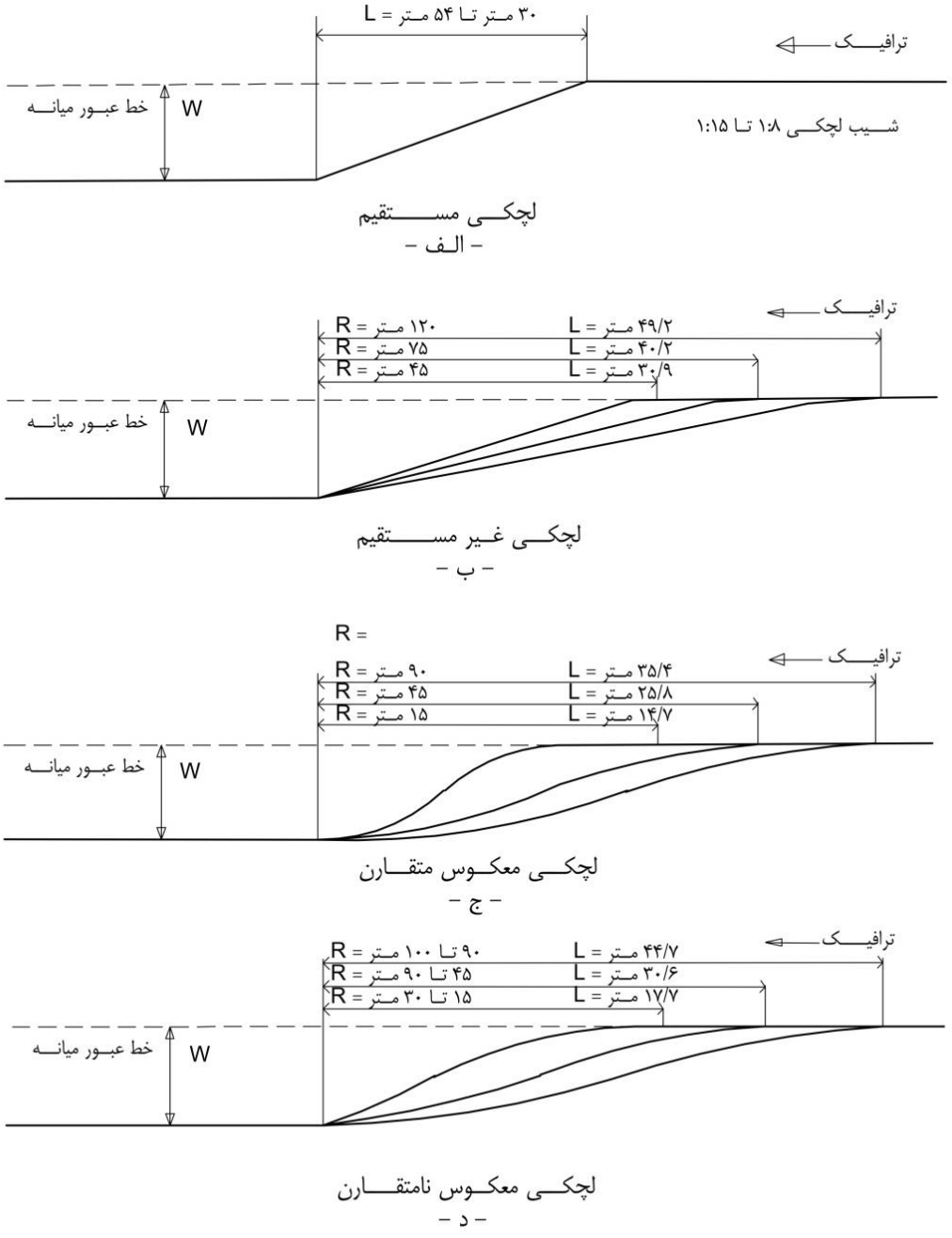
**پ) لچکی با قوس معکوس متقارن**

- برای سرعت‌های طرح بالاتر نسبت به حالت (ب) مناسب است.
- اجرا نسبت به حالت (ب) مشکل‌تر است.
- شماره‌های بالاتر در شکل برای سرعت‌های طرح بالاتر مناسب است.

**ت) لچکی با قوس معکوس نامتقارن**

- برای سرعت‌های طرح بسیار بالا مناسب است.
- اجرا نسبت به حالت (پ) مشکل‌تر است.

- شماره‌های بالاتر در شکل برای سرعت‌های طرح بالاتر مناسب است.

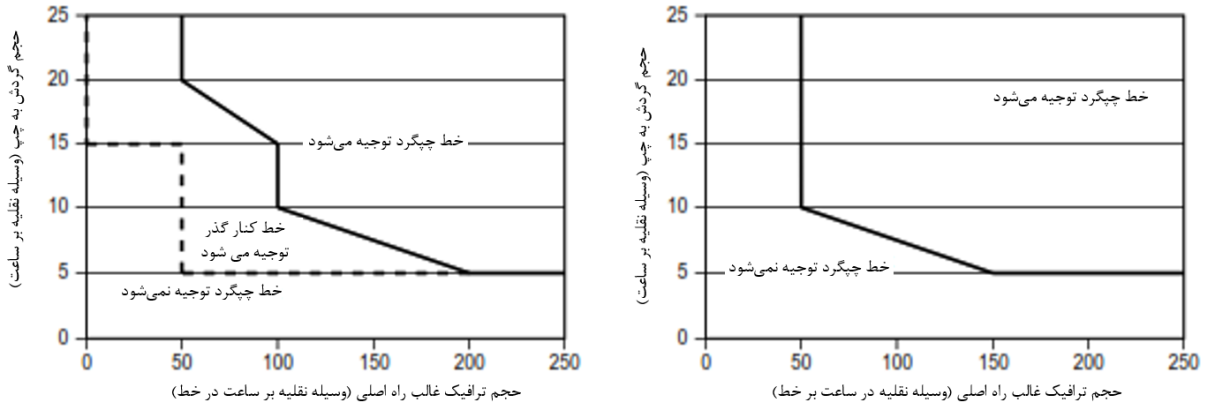



شکل ۴-۴۴- مثال‌هایی از طرح لچکی برای خط کمکی گردش به راست و گردش به چپ

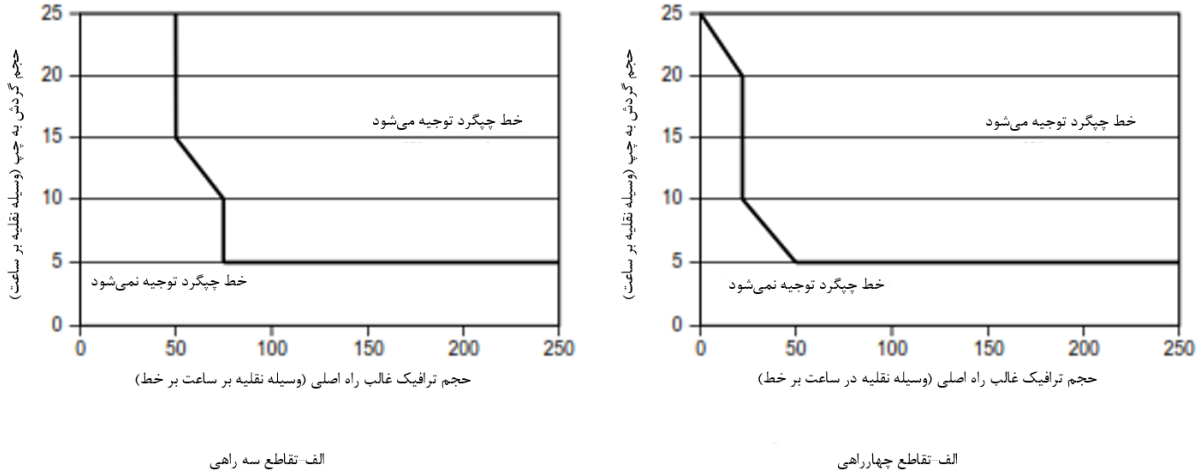
### ۴-۸-۲-ملاحظات طرح مانورهای گردش به چپ

#### ۴-۸-۲-۱- راهنمای احداث خطوط گردش به چپ و کنارگذر بر اساس تحلیل سود-هزینه

فاکتورهای کلیدی در خصوص بررسی احداث یا عدم احداث خطوط گردش به چپ و کنارگذر عبارتند از: تقاضای ترافیک، میزان تاخیر کاهش یافته، کاهش تصادفات، و هزینه‌های ساخت. این موارد در تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی برای توجیه این خطوط مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت رویکرد راه اصلی بدون کنترل و رویکردهای راه فرعی از نوع کنترل با تابلوی ایست یا حق تقدم عبور است. در نمودارهای (۴-۴۵) و (۴-۴۶) با توجه حجم ساعت اوج حرکت گردش به چپ و حجم کل ساعت اوج راه اصلی، پیشنهاد توجیه خطوط گردش به چپ و خطوط کنارگذر ارائه شده است.



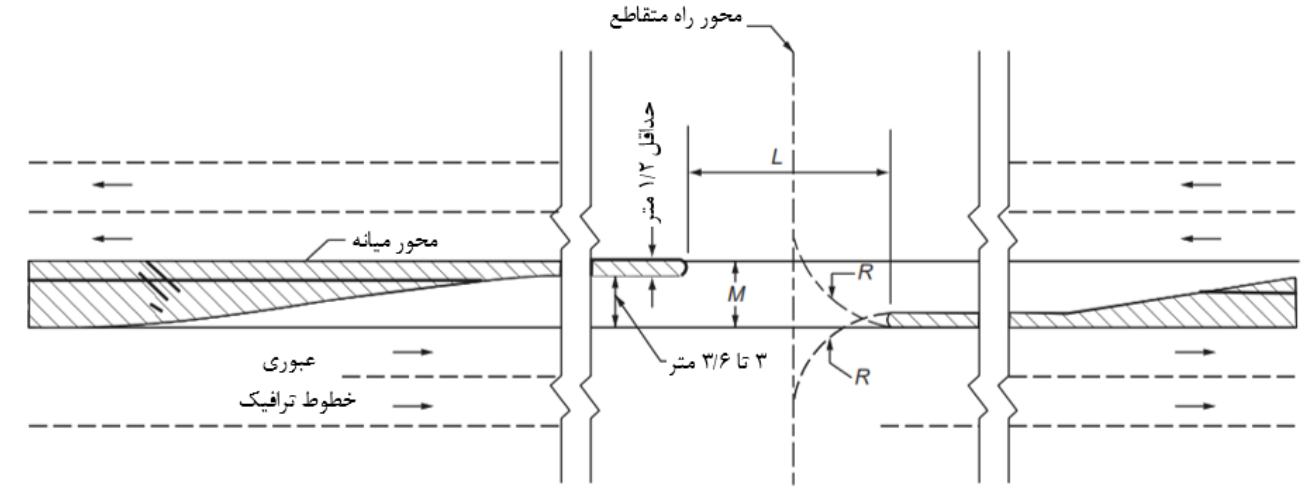

شکل ۴-۴۵- راهنمای خط گردش به چپ پیشنهاد شده بر اساس ارزیابی سود- هزینه در تقاطع‌های راه‌های دو خطه برون‌شهری



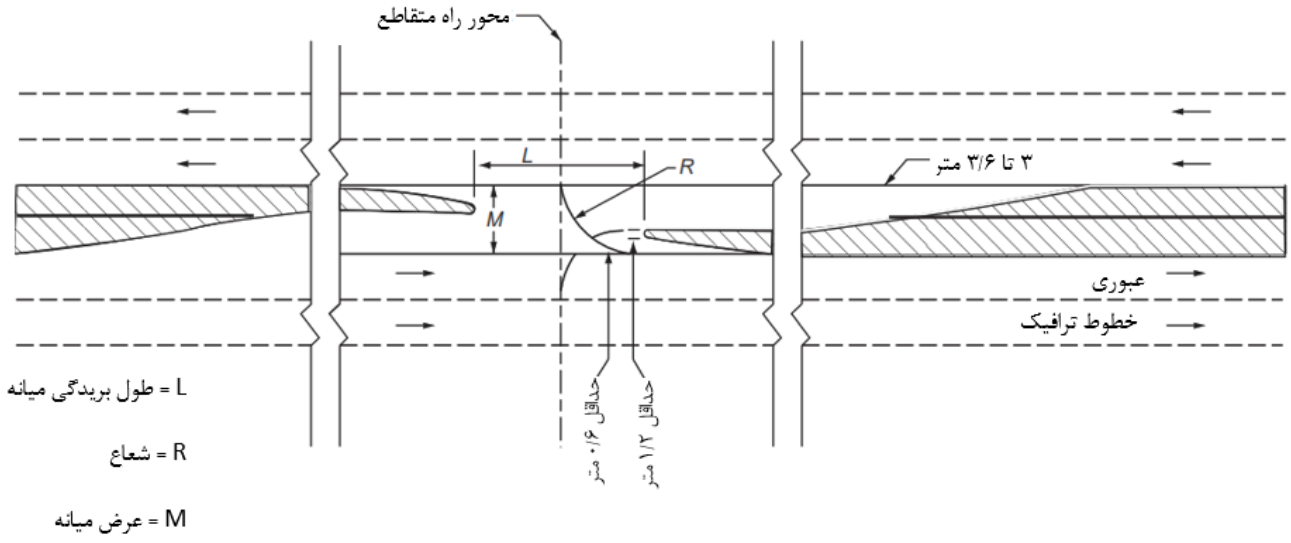

شکل ۴-۴۶- راهنمای خط گردش به چپ پیشنهاد شده بر اساس ارزیابی سود- هزینه در تقاطع‌های راه‌های چهارخطه برون‌شهری

### ۴-۸-۲-۲-خط گردش به چپ میانه

در شکل‌های (۴-۴۷) و (۴-۴۸) طرح‌های گردش به چپ بر اساس عرض میانه‌ها با استفاده از خط کمکی ارائه شده است. در شرایط خاصی که عرض میانه فقط ۳ تا ۳/۶ متر است، طرح انتهایی میانه با خط‌کشی یا گل میخ و با عرض ۰/۶ متر ایجاد می‌شود.

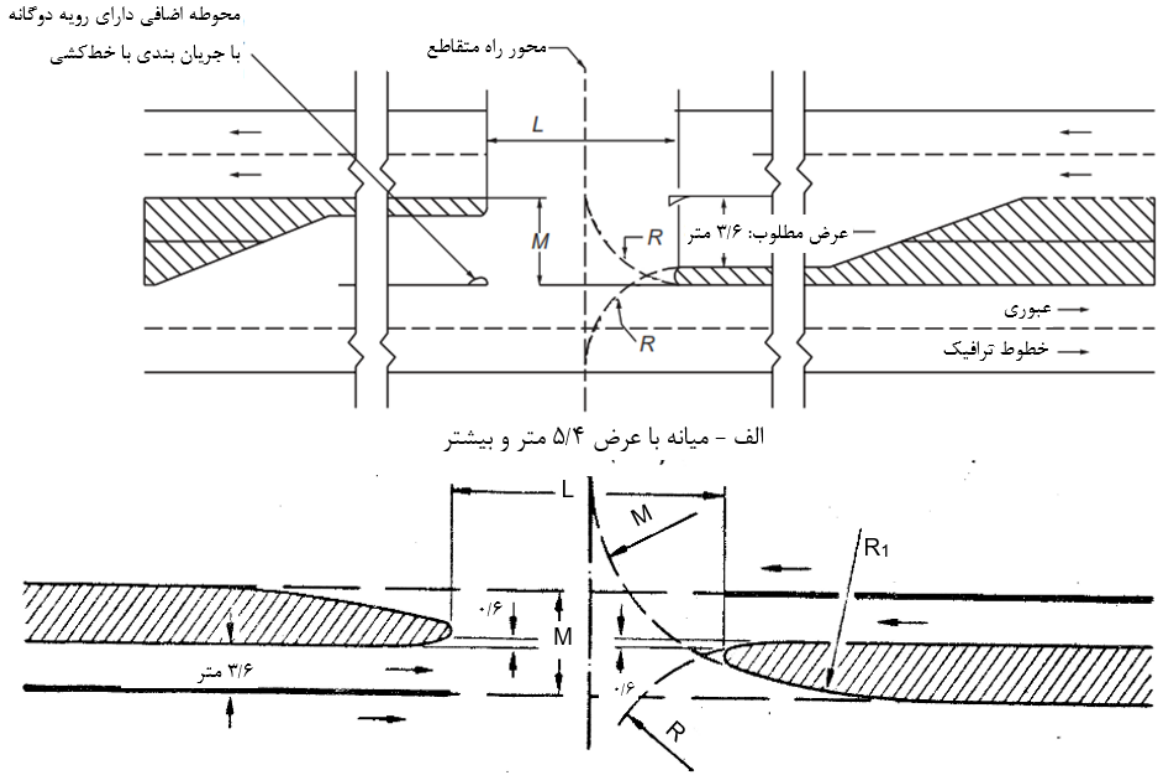



الف - میانه با عرض ۴/۲ تا ۴/۸ متر




ب- میانه با عرض ۴/۸ متر و بیشتر

شکل ۴-۴۷- طرح گردش به چپ با خط کمکی در راه‌های دارای میانه- مقادیر حداقل




الف - میانه با عرض ۵/۴ متر و بیشتر

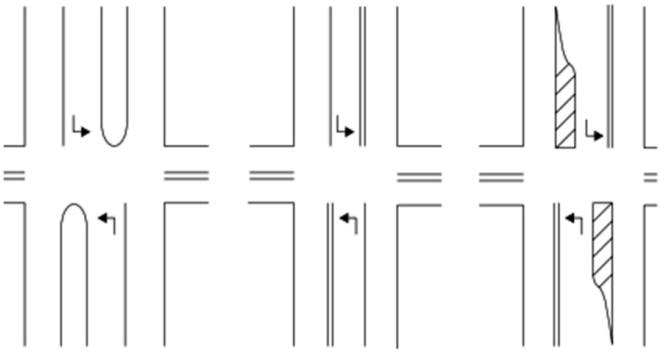
ب- میانه با عرض ۵/۴ متر و بیشتر- خط لچکی طویل

شکل ۴-۴۸- طرح گردش به چپ با خط کمکی در راه‌های دارای میانه – نوع میانه سرفشنگی

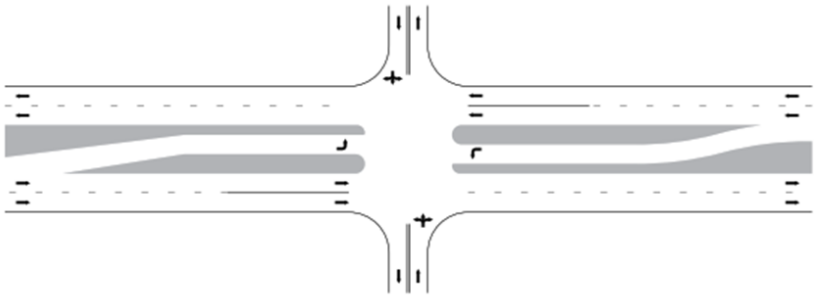
### ۴-۸-۲-۳- خط گردش به چپ جابه‌جا شده

خطوط گردش به چپ جابه‌جا شده موازی طبق شکل (۴-۴۹) هم در تقاطع‌های چراغ‌دار و هم تقاطع‌های بدون چراغ به کار می‌رود. از مزایای جابه‌جایی خطوط گردش به چپ: (۱) رویت بهتر ترافیک عبوری مقابل، (۲) کاهش امکان تداخل درگیر بین حرکت‌های گردش به چپ مقابل هم در تقاطع، و (۳) وسایل نقلیه گردش به چپ بیشتری در زمان معین، به خصوص در تقاطع‌های چراغدار، خدمت رسانی می شوند.

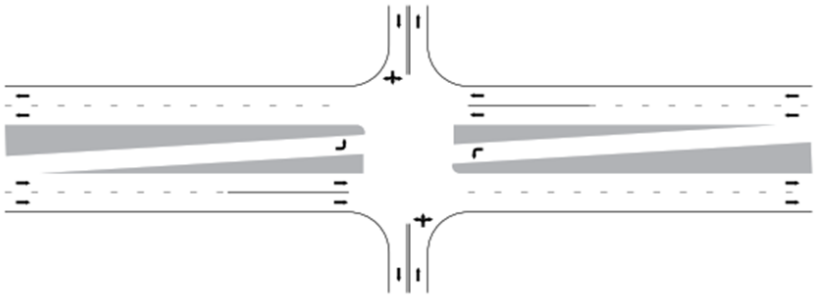
در شکل (۴-۵۰) خطوط گردش به چپ جابه‌جا شده طرح شده به صورت موازی و لچکی نشان داده شده است. در حالت لچکی دماغه ۱/۲ متر بین خط گردش به چپ و خطوط عبوری مقابل به طور طبیعی در نظر گرفته می‌شود.




شکل ۴-۴۹- مثال‌هایی از خطوط گردش به چپ با جابه‌جایی منفی، صفر، و مثبت



خط گردش به چپ جابه‌جاشده موازی

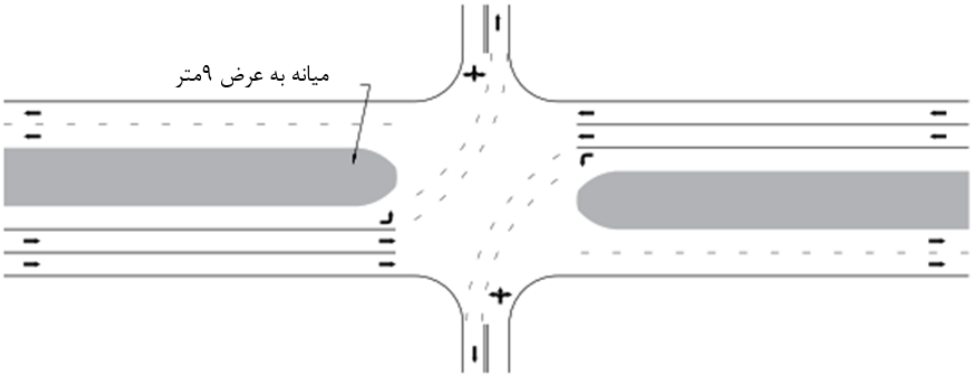


خط گردش به چپ جابه‌جاشده با لچکی

شکل ۴-۵۰- خطوط گردش به چپ جابه‌جاشده موازی و لچکی

### ۴-۸-۲-۴- گردش به چپ‌های همزمان

خطوط گردش به چپ همزمان، در یک تقاطع با دو کف راه اصلی در نظر گرفته می‌شود که طرح خط مجزای کامیون جهت‌های مقابل همزمان معمولاً غیرعملی باشد (شکل (۴-۵۱)). در خطوط گردش به چپ همزمان لازم است فاصله بی مانع ۳ متر بین حرکت‌های گردش به چپ مقابل در نظر گرفته شود.




شکل ۴-۵۱- تقاطع چهارراهی با خطوط گردش به چپ همزمان

**۴-۸-۲-۵- خطوط گردش به چپ دوگانه یا سه گانه**

زمانی که دو خط میانه به عنوان خط گردش به چپ دوگانه تامین شده باشد، وسایل نقلیه گردش به چپ، خطوط عبوری را به قصد ورود به خطوط میانه به صورت یک ردیف ترک می‌کنند، اما به محض ورود به خطوط میانه، وسایل نقلیه در دو خط انباشه می‌شوند. در دریافت زمان سبز چراغ راهنمایی، وسایل نقلیه گردش به چپ به طور همزمان از هر دو خط گردش می‌کنند. در این حالت ظرفیت ۱۹۵ درصد افزایش می‌یابد. البته گاهی اوقات مانور گردش پهلو به پهلو ممکن است به تصادفات پهلو به پهلو منجر شود. در این صورت عرض ۹ متر توسط برخی از سازمان‌های مرتبط به کار گرفته می‌شود. البته مزایای افزایش ظرفیت، زمانی حاصل می‌شود که عرض شاخه‌های تقاطع به حدوداً ۱۱ متر برسد.

**۴-۸-۳- خط کمکی گردش به راست**

در مورد ترافیک گردش به راست برای خروج از مسیر اصلی، تأخیرها نسبت به ترافیک گردش به چپ کمتر بوده و تصادف‌ها نیز از شدت کمتری برخوردار است. طول خط کمکی کاهش سرعت برای گردش به راست برای خروج از مسیر اصلی شامل دو جزء زیر است:

- لچکی، و
- طول خط کاهش سرعت.

در طول لچکی، وسایل نقلیه‌ای که قصد گردش به راست درمحل تقاطع را دارند، بدون ترمزگیری از ترافیک مستقیم راه جدا می‌شوند. مشخصات لچکی در این حالت مشابه مشخصات لچکی در حالت خطوط کمکی گردش به چپ است.

در طول خط کاهش سرعت، وسایل نقلیه گردش‌کننده به راست که با سرعت طرح مسیر مستقیم در حال حرکت هستند، با ترمزگیری سرعت خود را کاهش می‌دهند. طول خط کاهش سرعت در این حالت مشابه طول کاهش سرعت در حالت خط کمکی گردش به چپ می‌باشد.

طول خط کمکی برای گردش به راست برای ورود به مسیر اصلی شامل دو قسمت است:

- طول افزایش سرعت، و
- لچکی.

حداقل طول لازم برای خط افزایش سرعت و لچکی در فصل۶ آورده شده است. عرض خط عبور گردش به راست برای ورود به مسیر اصلی و عرض خط گردش به راست خروج از مسیر اصلی از فصل ۳ به دست می‌آید.

تبصره: برای طراحی خط گردش به راست در تقاطع‌ها به غیر از استفاده از خط‌های کمکی می‌توان از لچکی‌ها نیز استفاده کرد. به فصل ۶ مراجعه شود.

عرض خط عبور مخصوص گردش به راست برابر ۳/۶ متر است. در صورت امکان بهتر است پهنای شانه را به ۲/۴ متر افزایش داد تا فضای لازم برای عبور دوچرخه‌سواران، موتورسواران و همچنین توقف وسایل نقلیه‌ای که دچار نقص فنی شده‌اند، فراهم شود. در صورتی که محدودیت تأمین عرض کافی در تقاطع وجود داشته باشد، پهنای خط گردش به راست را می‌توان به ۳/۲۵ متر کاهش داد. در راه‌های با سرعت متوسط ۷۰ کیلومتر در ساعت و کمتر که دارای شرایط بسیار محدودکننده‌ای نیز باشند، می‌توان حداقل عرض خط گردش به راست را به ۳ متر رساند.

حداقل پهنای شانه نیز برابر ۱/۲متر در نظر گرفته می‌شود. در صورت وجود جوی آب، این فاصله باید به ۱/۵ متر افزایش داده شود. کاهش این عرض و یا حتی حذف کامل شانه تنها در شرایط بسیار محدودکننده و در شرایطی که حداقل عرض خط ۳/۲۵ متر برای گردش به راست در نظر گرفته شده، امکان‌پذیر است. کانال‌های آب‌رو را می‌توان از شانه راه عبور داد اما نمی‌توان به عنوان بخشی از خط گردش به راست در نظر گرفت.

## ۴-۹-بریدگی میانه‌ها در محل تقاطع

میانه‌ها به عنوان یکی از اجزای مقطع عرضی به طور کامل در نشریه شماره ۸۰۰-۱ تشریح شده است. در این بخش مقدار بریدگی (بازشوی) میانه، عرض و شکل انتهای آن در محل تقاطع‌ها با توجه به حجم ترافیک مستقیم و گردشی آورده شده است.

در راه‌های جداشده که مقدار ترافیک کم یا متوسط و مقدار حرکت گردشی نیز کم است، استفاده از یک میانه ساده و با حداقل طول بریدگی برای تقاطع‌های فرعی کافی است. در حالاتی که راه یک راه دیگر با ترافیک و سرعت زیاد را قطع کرده و یا به آن گردش می‌کند، باید شکل و ابعاد بریدگی‌ها به گونه‌ای باشد که اجازه گردش را بدون تجاوز به خطوط مجاور و یا اخلال در سایر حرکت‌ها بدهد. به طور کلی در بریدگی‌ها باید فضای انباشت کافی برای گردش به چپ در نظر گرفته شود. فاصله بین بریدگی‌های میانه باید بر اساس معیارها یا طبقه بندی مدیریت دسترسی انجام گیرد.

### ۴-۹-۱- معیارهای طرح حداقل برای بریدگی‌های میانه در تقاطع

#### ۴-۹-۱-۱- ضابطه شعاع برای طرح حداقل بریدگی‌ها

یک عامل مهم در طراحی بریدگی میانه‌ها، مسیر گردش به چپ خودروی طرح با سرعت بین ۱۵ تا ۲۵ کیلومتر در ساعت است. در فصل سوم و در مبحث مسیرهای گردشی، طرح‌های حداقل راستگرد بررسی شده‌اند. هر گونه اختلاف بین گردش‌های راستگرد و چپ‌گرد به ویژه حداقل شعاع گردش بسیار ناچیز است؛ بنابراین در این بخش، شکل‌های گردش به چپ آورده نشده‌اند. با این حال، برای کنترل طرح با توجه به نوع خودروی طرح، باید شعاع طرح حداقل را تعیین کرد. این شعاع کنترل‌کننده برای انتهای میانه‌ها در محل بریدگی‌ها با توجه به نوع خودروی طرح و میزان عبور در جدول (۴-۱۹) داده شده است. البته وقتی حجم و نوع وسایل نقلیه چپ‌گرد، سرعت بیش از حداقل را ایجاب می‌کند، در طراحی باید از شعاع مناسب استفاده شود.

جدول ۴-۱۹- ضوابط طرح حداقل بریدگی میانه‌ها

| شعاع کنترل (متر) | | ۱۲ | ۱۵ | ۲۲/۵ |
|---|---|---|---|---|
| خودروهای طرح قابل جا دادن | حالت غالب | سبک | اتوبوس | تریلی نوع یک |
| | حالت استثنا | اتوبوس | تریلی نوع یک | تریلی نوع دو |

#### ۴-۹-۱-۲- حداقل طول بریدگی میانه‌ها

طول بریدگی میانه‌ها در تقاطع‌ها بستگی به عرض راه متقاطع دارد. حداقل طول بریدگی میانه در حالتی که راه قطع-کننده، جداشده، نباشد، برابر با عرض راه قطع‌کننده (روسازی به علاوه شانه‌ها) است. این مقدار نباید از ۱۲ متر کمتر باشد. در مواردی که راه قطع‌کننده، جدا شده باشد، حداقل طول بریدگی برابر مجموع عرض راه متقاطع به اضافه عرض میانه راه جداشده است. از حداقل طول بریدگی فقط در تقاطع‌های کم اهمیت استفاده شود. طراح بایستی جهت ارزیابی اثرات شعاع گردش وسایل نقلیه طرح متنوع در طرح بریدگی میانه خاص به نرم‌افزارهای سازگار با مسیرهای گردشی مرتبط رجوع کند. در این خصوص می‌توان از نمونه های پیوست الف نیز استفاده نمود.

#### ۴-۹-۱-۳- شکل انتهای میانه در بریدگی‌ها

شکل انتهای میانه ممکن است نیم دایره و یا سرفشنگی باشد. شکل سرفشنگی برای میانه‌های با عرض ۳ متر و بیشتر، مناسب‌تر است. زیرا این نوع میانه انطباق بیشتری با مسیر خودروها دارد و مستلزم سطح روسازی کمتری در تقاطع و همچنین طول بریدگی کمتری است.

**۴-۹-۱-۴- اثر اریب در بریدگی میانه‌ها**

طول بریدگی در تقاطع‌های مورب بیشتر است. در پیوست الف، طرح حداقل طول بریدگی برای تقاطع‌های اریب و شکل-های مختلف انتهای میانه داده شده است. انتهای میانه دایره‌ای شکل به طول بریدگی میانه بسیار بزرگی نیاز دارد. در ضمن مقدار هدایت‌کنندگی آن برای خودروهایی که با زاویه کمتر از ۹۰ درجه گردش به چپ می‌کنند، کم است.

انتهای میانه فشنگی متقارن با قوس‌های کناری با شعاع برابر با شعاع کنترل‌کننده R، برای خودروهای چپ‌گرد با زاویه کمتر از ۹۰ درجه، درجه هدایت‌کنندگی کم دارد.

انتهای میانه سرفشنگی غیرمتقارن با شعاع‌های R و $R_۲$، درجه هدایت‌کنندگی حداکثر داشته و نسبت به طرح‌های نیم-دایره وسرفشنگی متقارن به روسازی کمتری نیاز دارند. شعاع R، همان شعاع کنترل‌کننده گردش است و شعاع دوم که از شعاع R بزرگتر است، با تماس بر محور راه متقاطع، تعیین می‌شود.

**۴-۹-۲- معیارهای طرح بیش از حداقل برای بریدگی‌های میانه در تقاطع**

در صورت استفاده از ضوابط طرح حداقل، گردش وسایل نقلیه بزرگتر از خودرو طرح یا با سرعت بالاتر مستلزم اشغال عرضی از خط‌های مجاور است و این به معنی کاهش ایمنی تقاطع و ناراحتی رانندگان (به ویژه کامیون‌ها) خواهد بود. به این منظور، معمولاً از ضوابط طرح بیش از حداقل در بریدگی میانه استفاده می‌شود.

در شکل (۴-۵۲)، یک بریدگی با شعاعی بیشتر از مقدار حداقل و با انتهای میانه سرفشنگی نشان داده شده است. معیارهای کنترلی طرح، سه شعاع R، $R_۱$ و $R_۲$ می‌باشند. شعاع R، شعاع کنترلی برای تیزترین بخش گردش، $R_۱$، شعاع شروع انحنای لبه میانه و $R_۲$، شعاع نوک میانه است.

شعاع R مماس با محور مرکزی راه متقاطع است. وقتی شعاع $R_۱$، به اندازه کافی بزرگ است، در این حالت یک سرعت گردش قابل قبول برای ترافیک گردشی راه اصلی و یک فضای کافی بین نقطه ۱ و ۲ برای تغییر سرعت و حفاظت از ترافیک گردشی ایجاد می‌کند. شعاع $R_۱$ ممکن است بین ۲۵ الی ۱۲۰ متر و یا بیشتر باشد. شعاع‌های ۳۰، ۵۰ و ۷۰ حداقل شعاع لازم برای سرعت طرح‌های به ترتیب ۳۰، ۴۰ و ۵۰ کیلومتر در ساعت هستند.

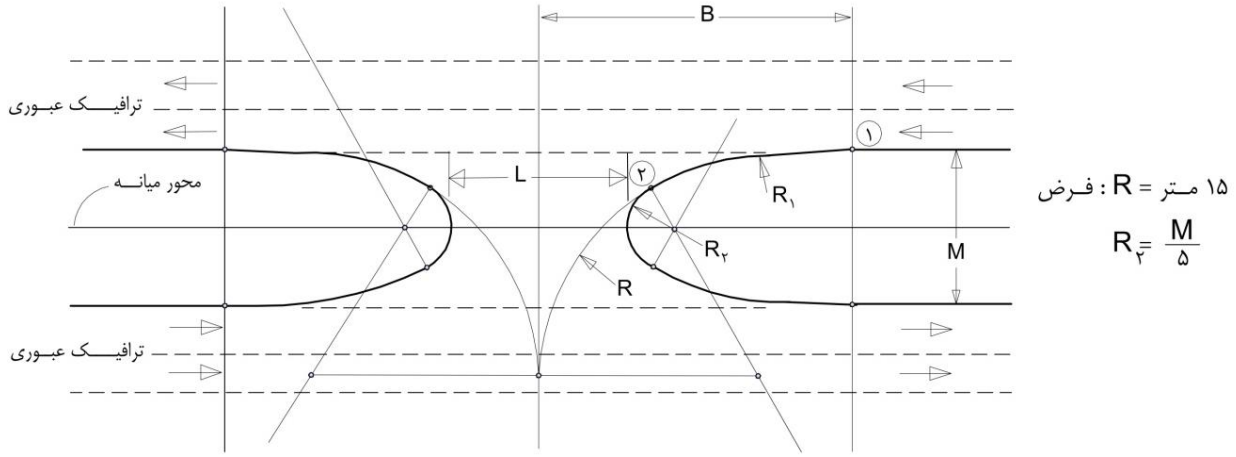
شعاع $R_۲$ می‌تواند دارای مقادیر مختلفی باشد اما مطلوب آن است که مقدار آن برابر با یک پنجم عرض میانه باشد. شعاع R نمی‌تواند کوچکتر از حداقل شعاع کنترل خودروی طرح باشد. البته برای جلوگیری از بیشتر شدن طول بریدگی، R می‌تواند یک مقدار حداقل منطقی مانند ۱۵ متر داشته باشد (شکل (۴-۵۲)).

برای میانه‌های با عرض ۹ متر یا بیشتر که دارای راه متقاطع با چهار خط یا بیشتر هستند، شعاع کنترلی R باید بزرگتر از ۱۵ متر باشد و گرنه بریدگی بسیار کوتاه خواهد بود. به طور کلی R یک معیار کنترلی برای اطمینان از کارایی طرح است.

مقادیر نشان داده شده در شکل (۴-۵۲)، مقادیر بر اساس شعاع R برابر با ۱۵ متر فرض شده است. پارامتر B نیز معیار کنترلی است و برای مقایسه طرح‌های با ضوابط بیشتر از حداقل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. باید توجه داشت که طرح انتهای میانه در شکل (۴-۵۲)، نمی‌تواند فضای حفاظتی مناسبی را ایجاد کند. طرحی که در آن شعاع $R_1$ برابر یا بیشتر از ۳۰ متر است، فضای لازم برای پناه دادن حداقل یک خودرو سبک را با فاصله کافی از خط‌های عبور راه اصلی و راه قطع‌کننده تأمین می‌کند.

در تقاطع‌های اریب، طرح‌های با ضوابط بیش از حداقل با انتهای میانه سرفشنگی می‌تواند به طور مستقیم به کار رود. در محل‌هایی که زاویه اریب بیش از ۱۰ درجه است، شعاع‌های R و $R_2$ باید برای تأمین طول بریدگی اصلاح شوند.

| عرض میانه (متر) | متر ۳۰ =$R_1$ | | متر ۵۰ =$R_1$ | | متر ۷۰ =$R_1$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | L | B | L | B | L | B |
| ۶ | ۱۸ | ۲۰/۲ | ۲۰/۲ | ۲۴/۴ | ۲۱/۳ | ۲۷/۶ |
| ۹ | ۱۵/۱ | ۲۱/۴ | ۱۷/۷ | ۲۶/۵ | ۱۹/۰ | ۳۰/۴ |
| ۱۲ | ۱۲/۸ | ۲۲/۴ | ۱۵/۶ | ۲۸/۳ | ۱۷/۱ | ۳۲/۷ |
| ۱۵ | – | – | ۱۳/۸ | ۲۹/۹ | ۱۵/۴ | ۳۴/۷ |
| ۱۸ | -- | – | – | – | ۱۳/۸ | ۳۶/۷ |
| ۲۱ | – | – | – | – | ۱۲/۴ | ۳۸/۴ |



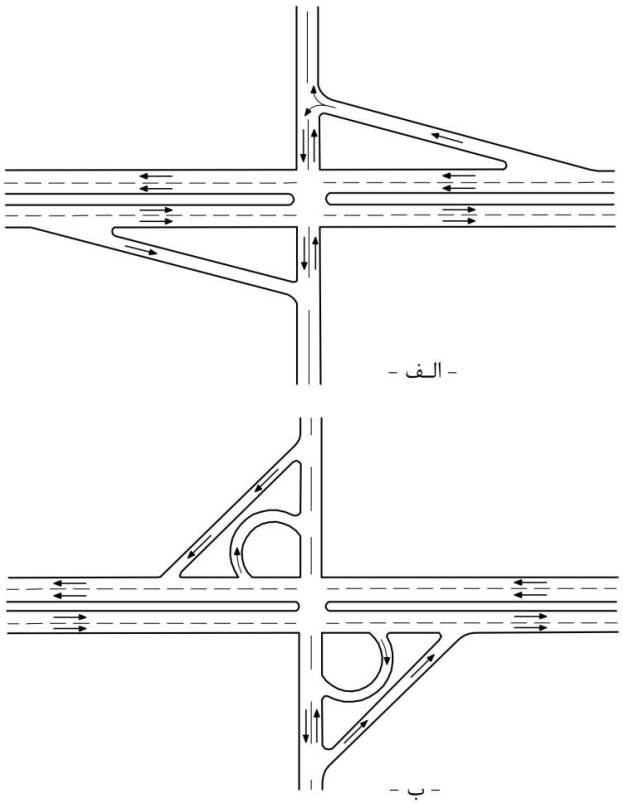

شکل ۴-۵۲- طرح بیش از حداقل برای بریدگی‌های میانه (انتهای سرفشنگی)

## ۴-۱۰-گردش به چپ غیرمستقیم و دوربرگردان‌ها

### ۴-۱۰-۱- تقاطع‌های با دسته سبوئی یا مسیرهای گردراهه‌ای

در مواردی که مقدار ترافیک گردش به چپ قابل ملاحظه است و به دلیل عدم وجود عرض کافی در میانه، اجرای طرح تسهیلات لازم امکان‌پذیر نیست، می‌توان از طرح‌های شکل (۴-۵۳) برای طرح مسیرهای گردش به چپ غیرمستقیم استفاده کرد.

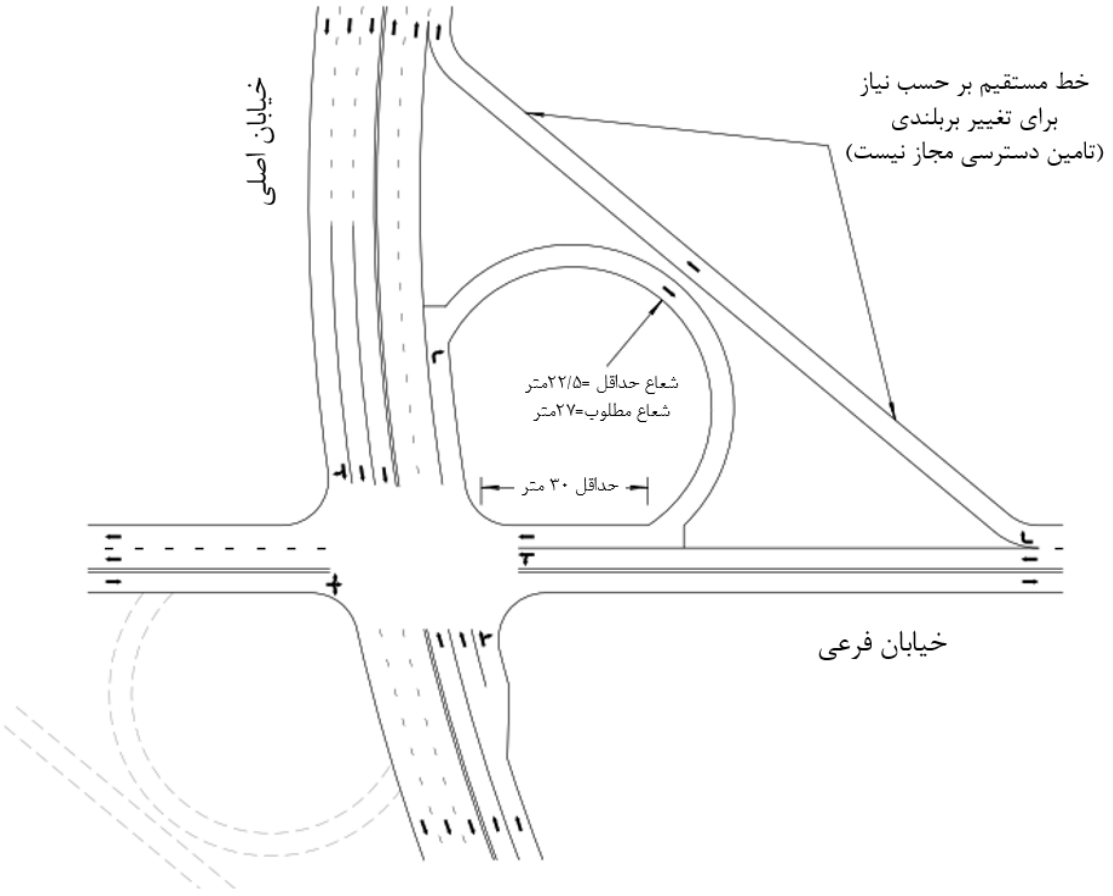
استفاده از این نوع طرح‌ها برای گردش به چپ می‌تواند خطر ناشی از کاهش سرعت برای دور زدن و احتمال تصادف از عقب را کاهش دهد. طرح‌های تقاطع دسته‌سبویی و مسیر گردراهه‌ای در این شکل نشان داده شده‌اند. در هر دو تقاطع در رویکرد مسیر اصلی حرکت گردش به چپ به صورت مستقیم انجام نمی‌شود. در تقاطع دسته سبوئی هر گوشه تقاطع یک مثلث ۱۲۰ متر در ۹۰ متر نیاز دارد و جریان گردشی گردش به راست و گردش به چپ در مسیر اصلی قبل از تقاطع جدا شده است. در تقاطع مسیر گردراهه‌ای، گردراهه خروجی در مسیر اصلی حرکت‌های گردش به چپ را پس از تقاطع تأمین می‌کند و در تقاطع رفتار آنها به صورت حرکت مستقیم عبوری انجام می‌شوند. در شکل (۴-۵۴) نمونه‌ای از طرح تقاطع با مسیر گردراهه‌ای نشان داده شده است.



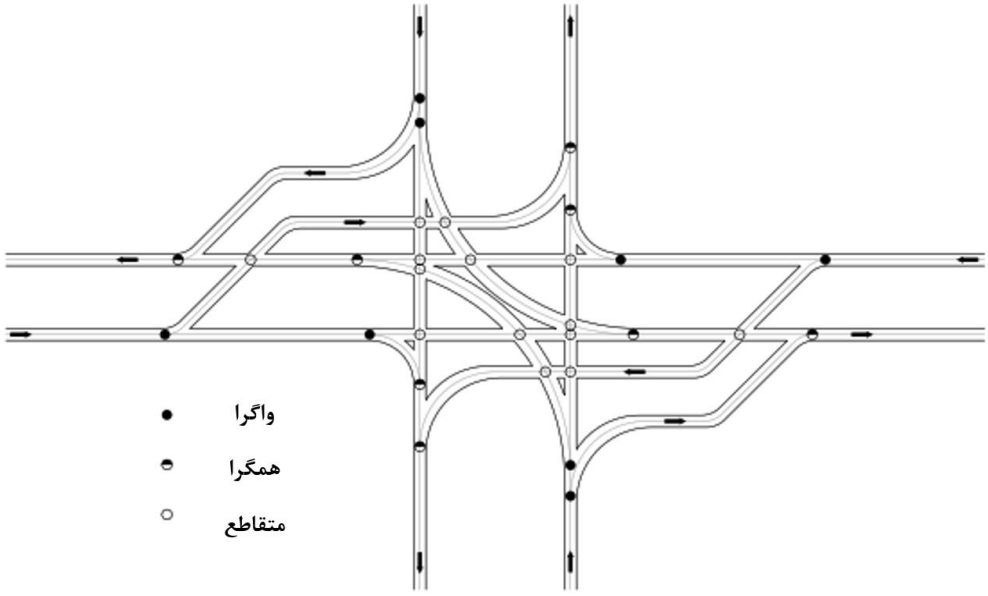

شکل ۴-۵۳- طرح مسیرهای گردش به چپ غیر مستقیم دسته سبوئی و مسیر گردراهه‌ای

### ۴-۱۰-۲- تقاطع‌های گردش به چپ جابه‌جا شده

این تقاطع‌ها همچنین به تقاطع جریان پیوسته یا تقاطع گردش به چپ جابه‌جا شده متقاطع مشهورند که در آن نقاط درگیر بین وسایل نقلیه گردش به چپ و ترافیک روبه‌رو در تقاطع اصلی با فضای برای گردش به چپ‌ها رفع شده است. در شکل (۴-۵۵) نقاط تداخل درگیر این تقاطع نشان داده شده است. در این تقاطع گردش به چپ‌ها ممکن است در دو زمان توقف داشته باشند و و لذا چراغ راهنمایی دو فازه می‌تواند مفید باشد و حتی در این حالت می‌توان از چراغ راهنمایی هماهنگ استفاده نمود.



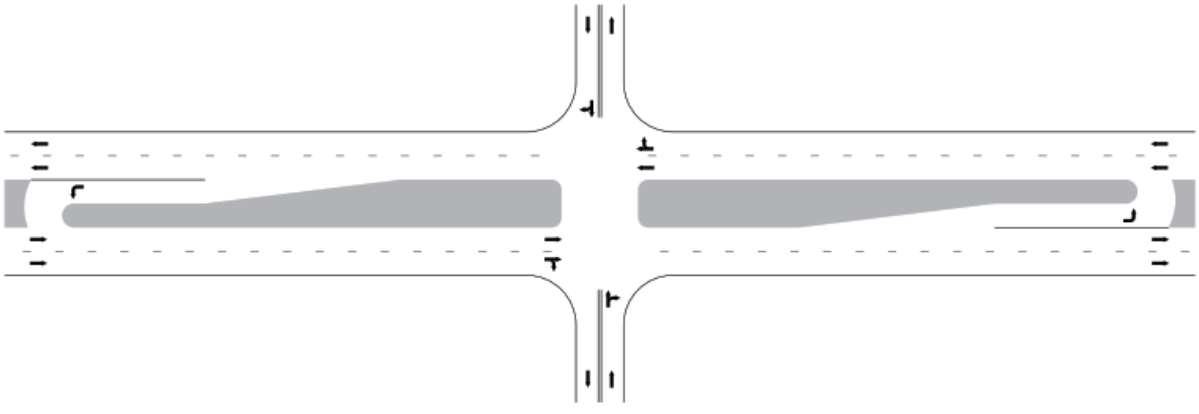

شکل ۴-۵۴- نمونه ای از طرح تقاطع با مسیر گردراهه‌ای




شکل ۴-۵۵- نقاط درگیر تقاطع گردش به چپ جابه‌جاشده

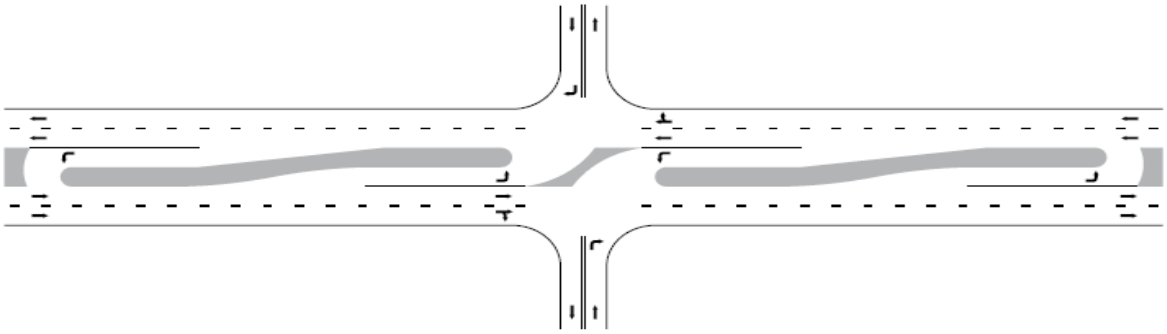
### ۴-۱۰-۳- میانه عریض با دوربرگردان

با انتقال حرکات گردش به چپ در تقاطع‌ها به دوربرگردان که در آن سوی تقاطع واقع شده اند، عملیات بهبود می‌یابد و نقاط تداخل درگیر کمتری به دست می‌آید. در مواردی که ترافیک گردش به چپ در تقاطع دو راه، سنگین و قابل ملاحظه است، در صورت وجود عرض کافی در میانه، می‌توان از طرح نشان داده شده در شکل (۴-۵۶) برای طرح گردش به چپ غیر مستقیم استفاده کرد. طرح نشان داده شده از ترکیب دو دوربرگردان در مسیر اصلی ایجاد می‌شود. فاصله این نوع از مسیرهای گردشی از تقاطع، باید حداقل ۱۲۰ تا ۱۸۰ متر باشد. البته در این طرح، کلیه حرکت‌های عبوری مسیر اصلی و فرعی از تقاطع انجام می‌گیرند و کلیه گردش به چپ‌های از دوربرگردان‌ها به صورت غیرمستقیم حرکت می‌کنند. مسیر متقاطع دارای دوربرگردان ممکن است در هر دو مسیر اصلی و فرعی یک تقاطع فراهم شود.

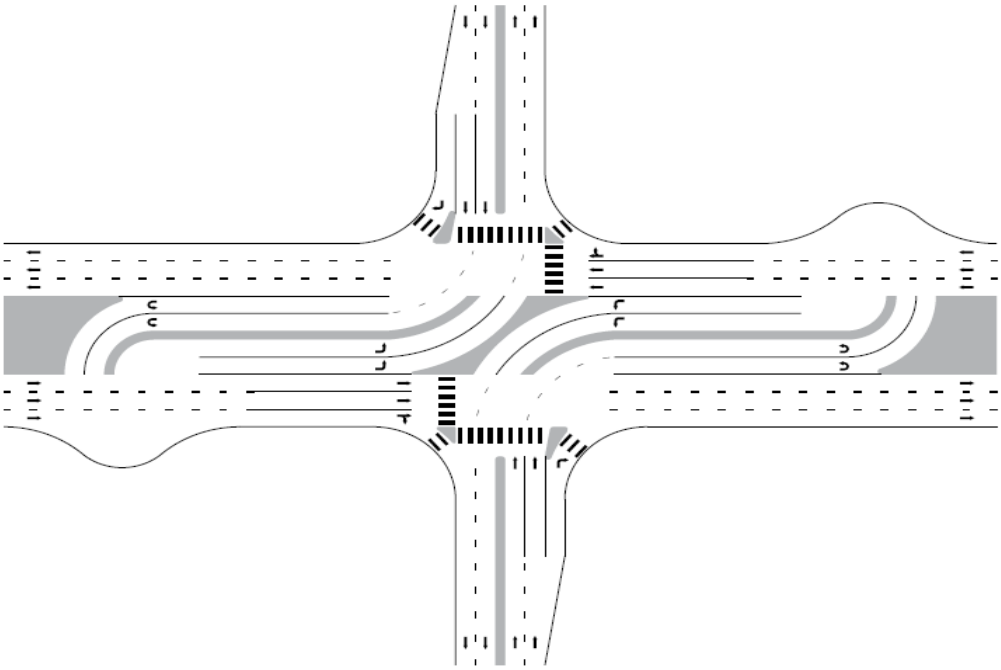


شکل ۴-۵۶- طرح مسیرهای گردش به چپ غیرمستقیم در راه‌های با میانه عریض

در شکل ۴-۵۷ نوع دیگری از این طرح را تحت عنوان تقاطع دوربرگردان محدود شده، که تقاطع فوق خیابان یا تقاطع J شکل نشان می دهد. دوربرگردان محدود شده هر دو حرکات گردش به چپ و عبوری مسیر فرعی را به یک دوربرگردان قرار داده شده در میانه مسیر اصلی هدایت می‌کند. ترافیک گردش به چپ از مسیر اصلی و میانه‌دار هنوز از تقاطع اصلی استفاده می‌کند. دوچرخه سواران در مسیر فرعی باید با اتومبیل ادغام شده و همان مسیر رانندگان را طی کنند تا از مسیر اصلی عبور نمایند. این تقاطع معمولاً برای مسیرهای اصلی با حجم بالاتر در مناطق حومه شهری و برون‌شهری و در حالتی مناسب است که حجم ترافیک نسبتاً کمی از مسیر فرعی وارد می‌شود. عابران پیاده از مسیر اصلی و از میانه به صورت مورب عبور می‌کنند و از یک گوشه به گوشه مقابل بین گردش به چپ‌های جریان‌بندی شده برای مسیر میانه دار حرکت می‌کنند. این مسیر برای عابران پیاده در شکل (۴-۵۸) نشان داده شده است.



شکل ۴-۵۷-تقاطع دوربرگردان محدود شده (RCUT)



شکل ۴-۵۸-تصویر مسیر عابر پیاده از تقاطع دوربرگردان محدود شده

یک میانه عریض ۱۸ متری یا بیشتر به طور معمول یک دوربرگردان متقاطع را در خود جای می‌دهد. برای جبران عرض میانه‌های باریکتر، می‌توان از پیش‌انداز (بیرون‌رفتگی) در ناحیه شانه روبروی نقطه تقاطع میانه استفاده کرد تا همچنان حرکات دوربرگردان در آن انجام شود. شایان ذکر است که در حالت استفاده از چراغ راهنمایی برای تقاطع‌های دوربرگردان فاصله سفر کوتاهتر و در غیر این صورت فاصله سفر بلندتر برای وسایل نقلیه گردش به چپ و مستقیم خیابان فرعی خواهد بود. در همه حالات، فاصله تا تقاطع دوربرگردان جهت تامین فضای انباشت باید به حدی باشد که از سرریز صف جلوگیری نماید.

### ۴-۱۰-۴- نکات دوربرگردان‌ها

گاهی اوقات در میانه، بریدگی‌های مجزایی برای دور زدن (دوربرگردان‌ها) در نظر گرفته می‌شود. این بریدگی‌ها برای جلوگیری از قطع مستقیم جریان ترافیک یا تغییر مسیر و یا دسترسی به کاربری‌های مجاور سمت دیگر راه به صورت هدایت‌شده طرح می‌شوند. موقعیت و تعداد آنها باید تابع نیازهای محلی باشد. فاصله آنها از دسترسی‌های اختصاصی و تقاطع‌ها با رعایت مندرجات فصل ۴ نشریه ۸۰۰-۱ و بند (۴-۲-۲) همین آیین نامه تعیین می‌شود و هیچ گاه نباید کمتر از ۳۰۰ تا ۴۵۰ متر باشد. دوربرگردان‌ها باید در محل‌هایی در نظر گرفته شوند که فاصله دید انتخاب تأمین شده باشد. در پیوست الف، نمونه‌ای از طرح دوربرگردان و مشخصات حداقل برای طراحی آن آورده شده است.

برای جلوگیری از ورود مستقیم جریان گردشی دوربرگردان به مسیر مقابل، باید حداقل تا انتهای لچکی دماغه مسیر گردشی، شانه مسیر گردشی و مسیر اصلی حفظ شود. در این صورت دوربرگردان حالت تلاقی زاویه‌دار نخواهد داشت و نیاز به بیرون رفتگی برای حرکت‌های گردشی نیز نخواهد بود. همچنین بسته به شرایط از حفاظ یا جداکننده ایمن در طول مناسب استفاده شود. به طورکلی اتخاذ تمهیدات ایمنی شامل نصب علائم و تجهیزات ایمنی با توجه به شرایط محیطی برای جلوگیری از بروز رفتارهای پرخطر الزامی است.

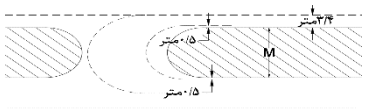
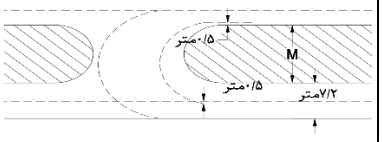
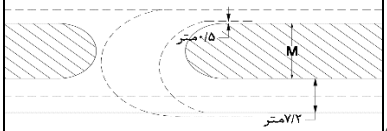
در صورت کم عرض بودن میانه، طراح برای تأمین عرض کافی باید راستای مسیر را به نحوی تغییر دهد که ترافیک عبوری بتواند به طور ایمن حرکت کند. در این حالت تعداد خط‌های مسیر اصلی و عرض آنها نباید تغییر کند.

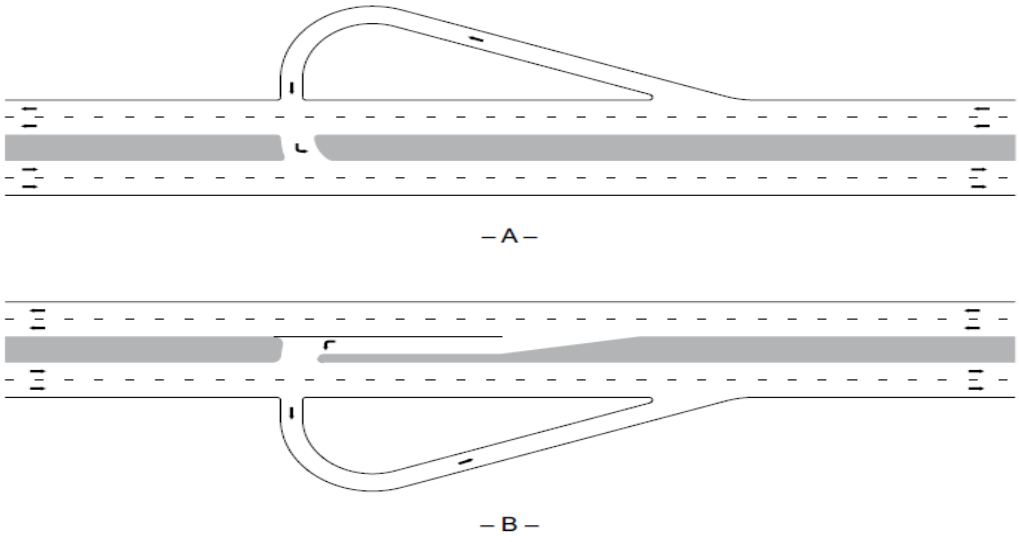
در طراحی دو دوربرگردان مجاور هم با گردش‌های مخالف، مسیرهای گردشی برای آنها باید جداگانه در نظر گرفته شود. فاصله بین این مسیرها (بین لبه سواره‌روها) ۱۵ تا ۳۰ متر توصیه می‌شود. این حالت نسبت به حالت جدانشده ایمن‌تر است.

در صورت وجود میانه عریض و طولانی شدن مسیر گردشی، عرض این مسیر به نحوی طراحی شود که حداقل، امکان سبقت از خودروی متوقف شده وجود داشته باشد. در این حالت به فصل سوم مراجعه شود. برای طراحی لچکی و خط‌های کمکی کاهش سرعت به منرجات همین فصل مراجعه شود.

به طور معمول، دوربرگردان‌ها از خطوط عبوری مجاز نیستند. در این صورت لازم است خطوط دوربرگردان میانه نیز در نظر گرفته شوند. حداقل عرض میانه برای دوربرگردان‌ها بر اساس خودروی طرح در جاده های چهارخطه جداشده در جدول (۴-۲۰) ارائه شده است. طرح دوربرگردان خاص با میانه باریک در شکل (۴-۵۹) نشان داده است.

جدول ۴-۲۰- طرح حداقل برای دوربرگردان‌ها

| نوع حرکت | | حداقل عرض میانه (متر) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | سواری | تریلی نوع ۱ | کامیون نوع ۱ | اتوبوس | کامیون نوع ۲ | تریلی نوع ۲ | تریلی نوع ۳ |
| | | طول خودرو (متر) | | | | | | |
| | | ۵/۷ | ۱۵ | ۹ | ۱۲ | ۱۲ | ۲۱ | ۲۲,۴ |
| خط داخلی به خط داخلی |  | ۹ | ۱۸ | ۱۹ | ۱۹ | ۲۳ | ۲۱ | ۲۱ |
| خط داخلی به خط خارجی |  | ۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۹ | ۱۷ | ۱۷ |
| خط داخلی به شانه خارجی |  | ۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۶ | ۱۴ | ۱۴ |




شکل ۴-۵۹- دوربرگردان غیرمستقیم با میانه باریک

## ۴-۱۱- میدان‌ها

میدان نوعی تقاطع با یک جزیره مرکزی است که ترافیک به صورت پاد ساعتگرد در آن تردد می‌کند و ترافیک در حال گردش به دور میدان به ترافیک ورودی حق تقدم دارد. شکل ۴-۶۰ یک میدان رایج در منطقه برون‌شهری را نشان می‌دهد.

طراحی هندسی یک میدان شامل تعادل بین اهداف طراحی است. زمانی که هندسه میدان، ترافیک را ملزم می‌کند که با سرعت کم به آن وارد شده و گردش کند، میدان با کمترین فراوانی و شدت تصادفات عمل می‌کند.

شکل ۴-۶۰- نمونه ای از یک میدان در منطقه برون‌شهری

### ۴-۱۱-۱- اجزاء هندسی میدان‌ها

در شکل (۴-۶۱) مشخصات هندسی و ابعاد پایه‌ای یک میدان به طور کلی نمایش داده شده است. این عناصر هندسی پایه‌ای عبارتند از:

**جزیره مرکزی** جزیره مرکزی، سطحی برجسته در مرکز میدان است که ترافیک در دور آن گردش می‌کند و شکل آن لزوماً دایره‌ای نیست.

**جزیره مجزاکننده** جزیره مجزاکننده یک سطح برجسته یا رنگ شده در یک رویکرد میدان است که ترافیک ورودی را از ترفیک موجود جدا می‌کند، انحراف می‌دهد و سرعت آن را هنگام ورود به میدان کاهش می‌دهد و همچنین اجازه می‌دهد عابرین پیاده در دو مرحله از مسیر عبور کنند.

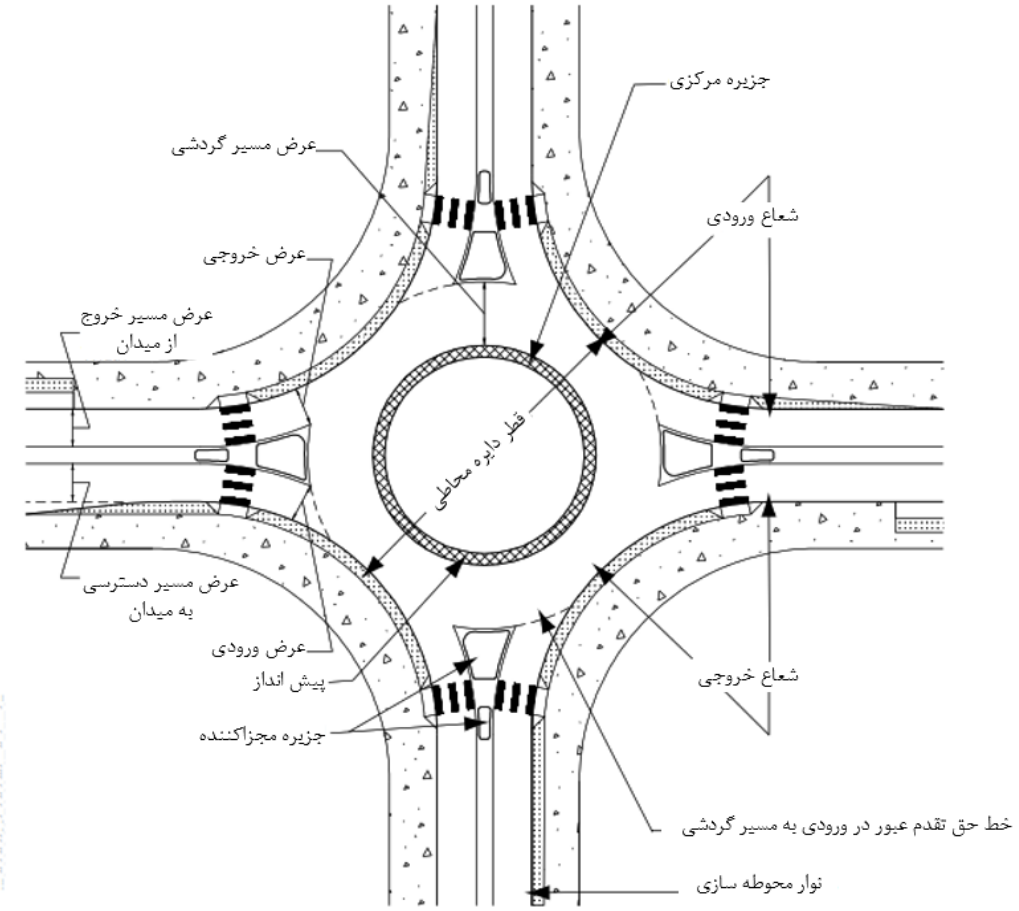
**مسیر گردشی** مسیر گردشی یک مسیر منحنی است که توسط وسایل نقلیه جهت گردش پادساعتگرد به دور جزیره مرکزی استفاده می‌شود.

**پیش‌انداز** در صورت نیاز در میدان‌های کوچکتر جهت جایگیری عبور چرخ وسایل نقلیه بزرگ، یک پیش‌انداز به عنوان بخش برجسته‌ای از جزیره مرکزی در مجاورت مسیر گردشی وجود دارد.

**خط حق تقدم عبور در ورودی به مسیر گردشی** خط احتیاط یا حق تقدم عبور، نقطه ورود به مسیر گردشی را مشخص می‌کند. در بیشتر کشورها این خط یک مفهوم قانونی است که وسایل نقلیه موتوری ورودی ملزم به رعایت حق تقدم هستند؛ به هر حال، در برخی از طرح‌ها این خط از لحاظ فنی صرفاً امتداد خط لبه مسیر گردشی است. خودروهای ورودی قبل از عبور از این خط به مسیر گردشی، باید حق تقدم عبور را به ترافیک گردشی بدهند که از سمت چپ نزدیک می‌شود.

**مسیرهای قابل‌دسترس برای عبور دوچرخه و عابرین پیاده** مسیرهای عبور برای عابرین پیاده بهتر است در همه میدان‌ها تامین شود. محل این خطوط قبل از خط ورود به میدان تعبیه می‌شود، و همچنین جزایر مجزاکننده جهت عبور عابران پیاده، ویلچرها، کالسکه‌ها و دوچرخه‌ها باید بریده شود (همسطح و قابل عبور باشند).

**نوار محوطه‌سازی** نوار محوطه‌سازی در بیشتر میدان‌ها برای جداسازی ترافیک وسایل‌نقلیه و عابرین پیاده و جهت هدایت عابرین پیاده به سمت محل‌های عبور طراحی‌شده برای آنها در نظر گرفته می‌شوند. وجود این نوار از نظر زیبایی‌شناسی نیز تاثیر چشمگیری در میدان دارد.




شکل ۴-۶۱- اجزاء هندسی پایه در یک میدان

**۴-۱۱-۱-۱- ابعاد و فضای مورد نیاز میدان**

شاخص کلیدی فضای مورد نیاز برای یک تقاطع میدان، قطر دایره محاطی میدان است. در جدول (۴-۲) قطر دایره محاطی آورده شده است. ظرفیت یک میدان به توزیع جهتی ترافیک و نسبت ترافیک ورودی مسیر فرعی به کل ترافیک ورودی بستگی دارد. هرچقدر این نسبت به ۰/۵ نزدیک‌تر باشد ظرفیت میدان بیشتر است. طراح ممکن است ظرفیت طراحی را کمتر از ظرفیت واقعی انتخاب کند. نسبت حجم به ظرفیت معمولاً بین ۰/۸۵ تا ۱/۰۰ در نظر گرفته می‌شود. یک میدان خط گردشی منفرد در حالت معمول ترافیک ۱۴۰۰ وسیله نقلیه در ساعت را در خود جا می‌دهد و حتی ممکن است تا۲۴۰۰ وسیله نقلیه در ساعت را نیز در خود جای دهد. یک مسیر گردشی دو خطه در حالت معمول حداقل ۲۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت را در خود جای می‌دهد و ممکن است تا ۴۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت را نیز در خود جای دهد.

ظرفیت هر یک از شاخه‌های ورودی میدان به صورت مجزا محاسبه می‌شود. توانایی ورود به میدان معمولاً از مقدار ترافیک درگیر (وسایل نقلیه در حال گردش در مسیر گردشی) که در هر ورودی میدان حضور دارند منتج می‌شود. در صورتی

که مجموع ترافیک ورودی و درگیر کمتر از ۱۰۰۰veh/h باشد یک ورودی تک خطه کافی است و حتی اگر این مجموع تا ۱۳۰۰ veh/h باشد نیز ممکن است ورودی تک خطه کفایت کند. یک ورودی دوخطه (و مسیرهای گردشی)، برای مجموع ترافیک ورودی و درگیر تا ۱۸۰۰ veh/h به نظر کافی می‌رسند. برای تعیین تعداد و چیدمان خطوط، نیاز به تخمین دقیق ظرفیت است.

### ۴-۱۱-۲-اصول پایه‌ای

حصول یک سری اصول پایه‌ای طراحی، کلید طراحی هر میدان است که این اصول شامل کاهش سرعت، امتداد افقی خطوط، و عوامل انسانی مورد نیاز می‌باشد. هدف طراحی هر میدان، صرفنظر از محل و طبقه‌بندی آن، باید حصول این اصول باشد:

*تأمین سرعت‌های کم در ورودی‌ها و هماهنگی سرعت‌ها در داخل میدان با ایجاد انحراف؛

*تعیین تعداد و تخصیص مناسب خطوط جهت دستیابی به ظرفیت، حجم و پیوستگی خطوط کافی؛

*تأمین جریان‌بندی روان که قابل ادراک برای رانندگان است و باعث می‌شود وسایل نقلیه به طور طبیعی خط مورد نظر را استفاده کنند؛

*تامین جایگیری مناسب برای خودروهای طرح؛

*طراحی به گونه‌ای باشد که در آن نیازهای مربوط به عابران پیاده و دوچرخه سوارن ملاحظه شود؛ و

*تامین مسافت دید و قابلیت دید مناسب.

بهبود یکی از اجزا می‌تواند اثر منفی در اجزا دیگر داشته باشد. یک مثال رایج از این مبادله، هماهنگی بین جایگیری کامیون‌های بزرگ، هم زمان با تلاش جهت نگهداری سرعت طرح پایین است. افزایش عرض ورودی یا شعاع ورودی برای جایگیری کامیون‌های بزرگ، ممکن است همزمان سبب افزایش سرعت ورود وسایل نقلیه شود. جهت تأمین هر دو مورد فوق، اصلاحات طراحی اضافی مانند جابه‌جایی امتداد رویکرد ورودی به چپ یا افزایش قطر محاطی میدان می‌تواند اعمال شود.

#### ۴-۱۱-۲-۱- کاهش سرعت‌ها با انحراف

حصول سرعت‌های مناسب وسایل نقلیه در ورود به میدان و گردش دور آن یکی از اهداف کلیدی طراحی است که بر فراوانی تصادفات اثرگذار است. یک میدان با طراحی مناسب، سرعت وسایل نقلیه را هنگام ورود به میدان کاهش داده و به یک ثبات در سرعت‌های نسبی بین جریان‌های ترافیک درگیر می‌رسد، زیرا وسایل نقلیه میدان در امتداد یک مسیر منحنی

حرکت می‌کنند. به طور کلی اگر چه فراوانی تصادفات به طور مستقیم با حجم ترافیک مرتبط است، شدت تصادفات مستقیماً بیشتر مربوط به سرعت است.

مطالعات جهانی نشان داده که کاهش شعاع مسیر در ورود میدان (انحراف مسیر وسایل نقلیه) موجب کاهش سرعت نسبی بین وسایل نقلیه ورودی و وسایل نقلیه در حال گردش می‌شود و بنابراین منجر به کاهش نرخ تصادفات ورودی-گردشی می‌شود.

با این حال، درمیدان‌های چند خطه، اگر طراحی به صورت صحیح انجام نشود، کاهش شعاع مسیر ورودی می‌تواند اصطکاک جانبی بیشتری بین جریان‌های ترافیکی مجاور هم ایجاد کند و موجب بریدگی خطوط متقاطع شده و امکان تصادفات پهلو به پهلو را افزایش دهد. بنابراین لازم است در طراحی به این نکته توجه شود که رانندگان به طور طبیعی در خط ترافیکی خود باقی بمانند.

علاوه بر حصول سرعت طراحی مناسب برای سریع‌ترین حرکات، هدف مهم دیگر رسیدن به سرعت‌های یکنواخت برای تمامی حرکات است. در کنار کاهش کلی سرعت، ثبات سرعت، می‌تواند در به حداقل رساندن تعداد تصادفات بین جریان‌های متعارض وسایل نقلیه کمک کند. این اصل دو پیامد دارد:

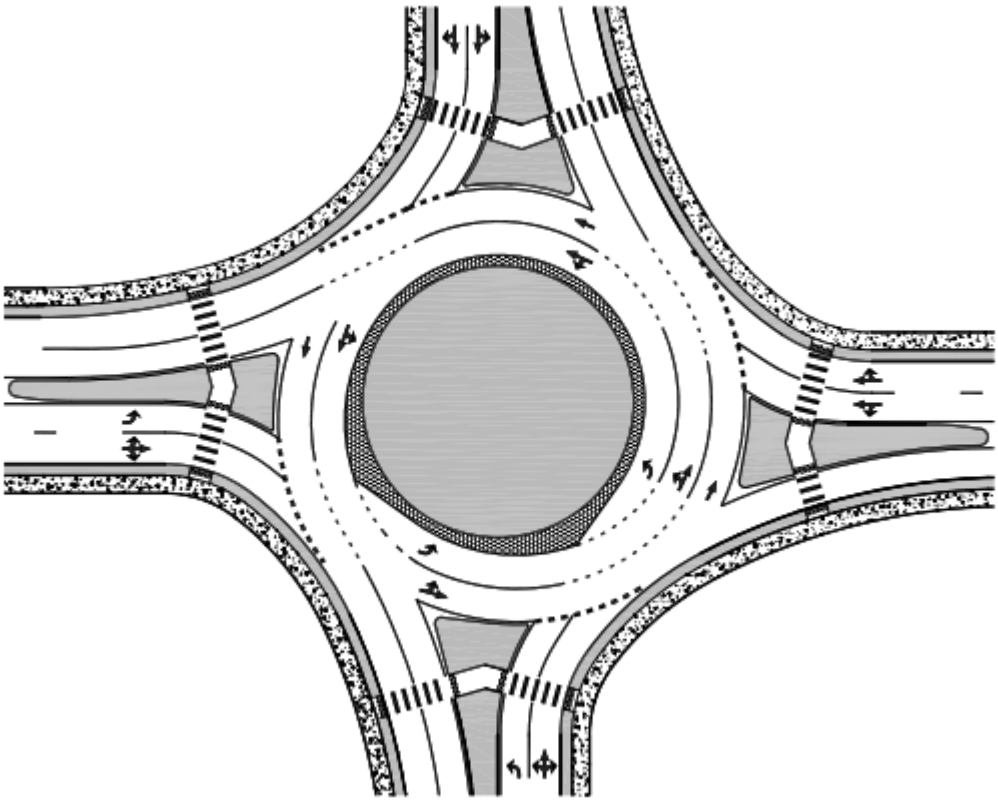
۱-سرعت نسبی بین اجزاء هندسی متوالی باید به حداقل خود برسد.

۲-سرعت نسبی بین جریان‌های ترافیکی متعارض باید به حداقل خود برسد.

**۴-۱۱-۲-۲- توازن و پیوستگی خطوط**

در خصوص توازن و پیوستگی خطوط، شکل ۴-۶۲ یک میدان دو خطه را نشان می‌دهد که آرایش خطوط لازم رویکرد شرقی شامل یک خط گردش به چپ و یک خط مشترک برای گردش به چپ-مستقیم-گردش به راست است. برای این نوع آرایش، دو خط دریافت‌کننده در مسیر گردشی نیاز است. به هر حال، برای آرایش صحیح خط بهتر است مسیر خروجی تک خطه باشد.

در بعضی موارد طراحی میدان برای ترافیک سال طرح انجام می‌شود که معمولاً ۲۰ سال بعد است که این امر منجر به افزایش تعداد خطوط ورودی، خروجی و گردشی، نسبت به تعداد خطوط مورد نیاز در سال‌های اولیه عملکرد میدان می‌شود. از آنجا که با تخصیص خطوط بلامصرف برای خطوط ورودی و گردشی تعداد تصادفات ممکن است افزایش یابد، طراح ممکن است روش طراحی مرحله‌ای را در نظر بگیرد. در این موارد، در مرحله اولیه طراحی یک میدان تک خطه برای تامین نیازهای حجم ترافیک کوتاه مدت با قابلیت توسعه آتی خطوط ورودی و گردشی، برای حجم ترافیک آتی منظور می‌شود. جهت در نظر گرفتن توسعه نهایی در طراحی و در مراحل بعدی، آرایش نهایی میدان باید در فاز اولیه لحاظ شود.



شکل ۴-۶۲- نمونه ای از آرایش خطوط در میدان

در میدان‌ها جهت افزایش ظرفیت وسایل نقلیه موتوری، از خطوط کنارگذر گردش به راست استفاده می‌شود که به آن خط کناری گفته می‌شود. خط کنارگذر یک خط جدا شده راستگرد است که در مجاورت میدان قرار گرفته و اجازه می‌دهد حرکت‌های گردش به راست بدون ورود به میدان انجام شوند.

سه نوع آرایش برای خطوط کنارگذر وجود دارد: خط کناری توقف بدون خط افزایش سرعت، خط کناری احتیاط بدون خط افزایش سرعت، و خط کناری با جریان آزاد ورودی.

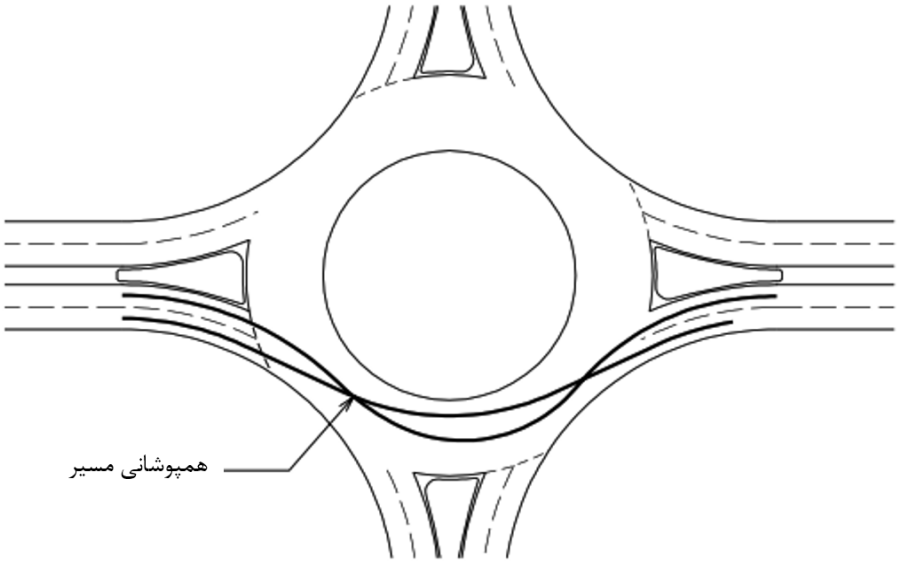
در مناطق با تردد عابر پیاده و دوچرخه، کنارگذرها پیشنهاد نمی‌شوند و تنها در صورت لزوم باید استفاده شوند، زیرا برخورد بین عابران پیاده و دوچرخه سوارها با ترافیک ادغام شونده در پایین دست مسیر ورود و خروج کنارگذر، افزایش می-یابد.

**۴-۱۱-۲-۳-امتداد مسیر طبیعی مناسب**

از آنجایی که در میدان دو جریان ترافیکی در خطوط مجاور به میدان می‌رسند، وسایل نقلیه به وسیله خط‌کشی تا خط ورودی هدایت می‌شوند. در نقطهٔ حق تقدم، وسایل نقلیه حرکت خود را در امتداد خط سیر طبیعی به سمت خطوط گردشی

ادامه می‌دهند. سرعت و جهت وسایل نقلیه در خط ورود، مسیر طبیعی آنها را تعیین می‌کند. اگر مسیر طبیعی یک خط با مسیر طبیعی خط مجاور همپوشانی یا دخالت داشته باشد، میدانی کارا عمل نخواهد کرد. هندسه خروجی‌ها نیز بر مسیر طبیعی وسایل نقلیه تاثیرگذار است. به طور کلی شعاع کم در خروجی‌ها در میدان‌های چندخطه می‌تواند منجر به همپوشانی مسیر وسایل نقلیه در خروجی شود. اصل پایه ای مرتبط با مسیر طبیعی وسایل نقلیه این است که طراحی ورودی‌ها باید به گونه ای باشد که وسایل نقلیه را به خط مناسب در مسیر گردشی هدایت کند. طراحی خروجی ها نیز باید به گونه‌ای باشد که با مسیردهی مناسب، راننده ناخودآگاه خط مناسب را حفظ کند.

همپوشانی مسیر وسایل نقلیه هنگامی اتفاق می‌افتد که مسیر طبیعی وسایل نقلیه مربوط به یک جریان ترافیکی با مسیر طبیعی جریان ترافیکی دیگر همپوشانی داشته باشدکه این امر نتیجه‌ی یک طراحی نامطلوب است. این همپوشانی می‌تواند در درجات مختلف اتفاق بیافتد. با توجه به اینکه در این حالت وسایل نقلیه ورودی از یک یا چند خط ورودی اجتناب خواهند کرد، این مورد سبب کاهش ظرفیت می‌شود. همچنین می‌تواند احتمال تصادفات پهلو به پهلو و تک‌خودرو را افزایش دهد. بیشترین نوع همپوشانی مسیر مطابق شکل (۴-۶۳) زمانی اتفاق می‌افتد که مسیر وسایل نقلیه ورودی از خط چپ یک ورودی توسط مسیر وسایل نقلیه ورودی از خط راست قطع شود.




شکل ۴-۶۳-همپوشانی مسیر در یک میدان چندخطه

**۴-۱۱-۲-۴-خودرو طرح**

عامل مهم دیگر در تعیین چیدمان میدان، نیاز آن به جای دادن بزرگترین وسیله نقلیه ای است که امکان استفاده مکرر از میدان را دارد. مسیر گردش این وسیله نقلیه طرح بسیاری از ابعاد میدان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. قبل از شروع مراحل

طراحی، طراح باید به الگوی گردشی مناسب یا نمونه مسیرهای گردشی وسیله نقلیه بر اساس برنامه های نرم افزاری جهت تعیین مسیر جاروب شده آگاه باشد.

از آنجا که میدان‌ها آگاهانه جهت کاهش سرعت وسایل نقلیه طراحی می‌شوند، عرض‌های جدول-تا-جدول باریک و شعاع‌های گردشی تند برای آنها در نظر گرفته می‌شود. در این شرایط ممکن است مشکلاتی برای عبور وسایل نقلیه بزرگ به‌وجود آید. لذا موارد بسیاری از ابعاد میدان توسط کامیون‌های بزرگ و اتوبوس‌ها تعیین می‌شود. این امر به‌خصوص در میدان‌های تک خطه حائز اهمیت است. بنابراین تخمین ابعاد خودرو طرح در شروع طراحی بسیار مهم است. عواملی که در طرح میدان لازم است در نظر گرفته شود عبارتند از:

اصلاحات پیش‌انداز در طرح جزیره مرکزی برای کامیون.

خطوط ورودی و خروجی تعریض شده.

لحاظ کردن خطوط کنارگذر راستگرد.

استفاده از دروازه عبوری یا جزایر مرکزی لچکی‌دار جهت محافظت حرکت‌های عبوری.

بررسی خط‌کشی خطوط.

نصب تابلوهای قابل برچیدن با عقب نشینی برای تجهیزات ثابت (پایه‌های روشنایی).

مشخص کردن ارتفاع حداکثر برای جزایر مجزاکننده.

تعیین ارتفاع زیر تریلرهای با کف پایین.

در نظر داشتن تعادل کامیون در خصوص پیش‌اندازها، جداول، و جزایر قابل عبور.

**۴-۱۱-۲-۵-کاربران غیرموتوری**

هنگام توسعه بسیاری از عناصر هندسی طراحی میدان، معیارهای طراحی کاربران غیرموتوری (مانند عابران پیاده، دوچرخه‌سوارها، عابران ناتوان و...) در کنار وسایل نقلیه طرح موتوری بایستی در نظر گرفته شود. برای عابران پیاده، ملاحظات اصلی در مراحل اولیه طراحی، تامین عرض رفوژ کافی در جزایر مجزاکننده است. عرض جان پناه باید حداقل ۱/۸ متر باشد تا هم برای افراد دارای معلولیت در دسترس و قابل استفاده باشد و هم قابلیت جایدهی یک دوچرخه متداول را داشته باشد. معمولاً محل عبور عابران پیاده، تقریباً به اندازه طول یک اتومبیل پشت خط احتیاط قرار می‌گیرد.

**۴-۱۱-۲-۶-مسافت دید و قابلیت دید**

مانند سایر انواع تقاطع‌ها، در میدان‌ها نیز باید دو نوع مسافت دید را در نظر گرفته شود: ۱-مسافت دید توقف، و ۲-مسافت دید تقاطع. فاصله دید تقاطع نیز باید در طراحی همه میدان‌ها به نحوی تامین شود که راننده فاصله کافی داشته

باشد تا حضور خودرو متعارض را تشخیص داده و به آن عکس العمل نشان دهد. مسافت دید تقاطع برای خودروهای ورودی به میدان اندازه‌گیری می‌شود و دو عامل را در نظر می‌گیرد: خودروهای متعارض در امتداد مسیرهای گردشی و خودروهای واردشونده از ورودی بلافاصله بالادستی.

در کل توصیه می‌شود، در هر دسترسی مسافت دید تقاطع از حداقل تعیین شده برای آن تجاوز نکند. تامین مسافت دید تقاطع بیشتر می تواند منجر به سرعت بیشتر وسایل نقلیه و در نتیجه افزایش تصادفات وسیله نقلیه موتوری، دوچرخه‌ها و عابران پیاده شود.

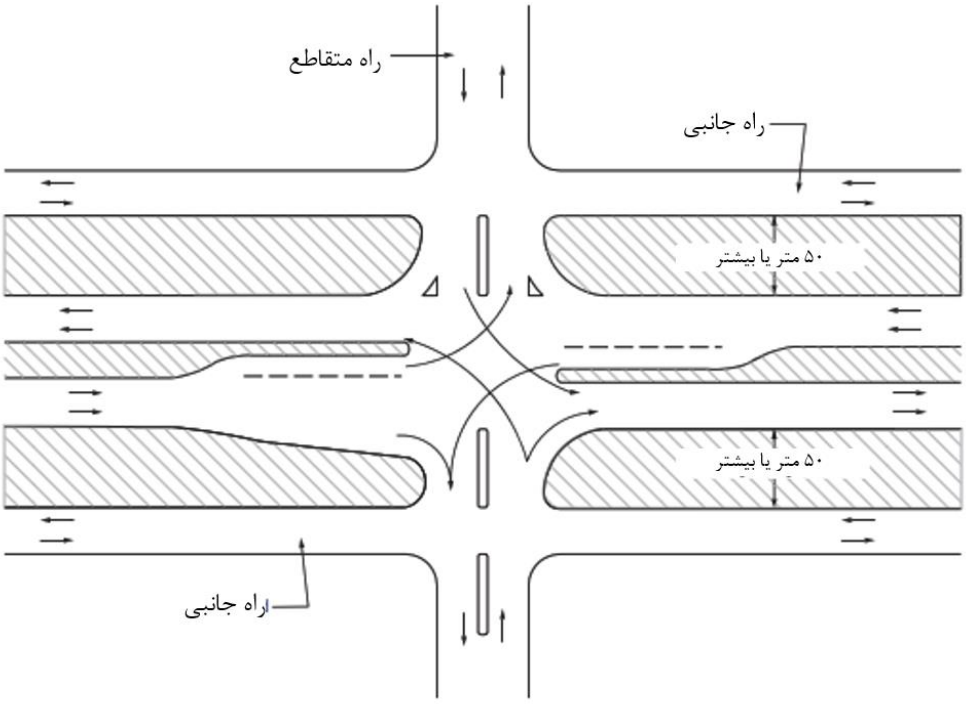
## ۴-۱۲-سایر ملاحظات طراحی تقاطع

### ۴-۱۲-۱-اجزاء طراحی تقاطع با راه‌های جانبی

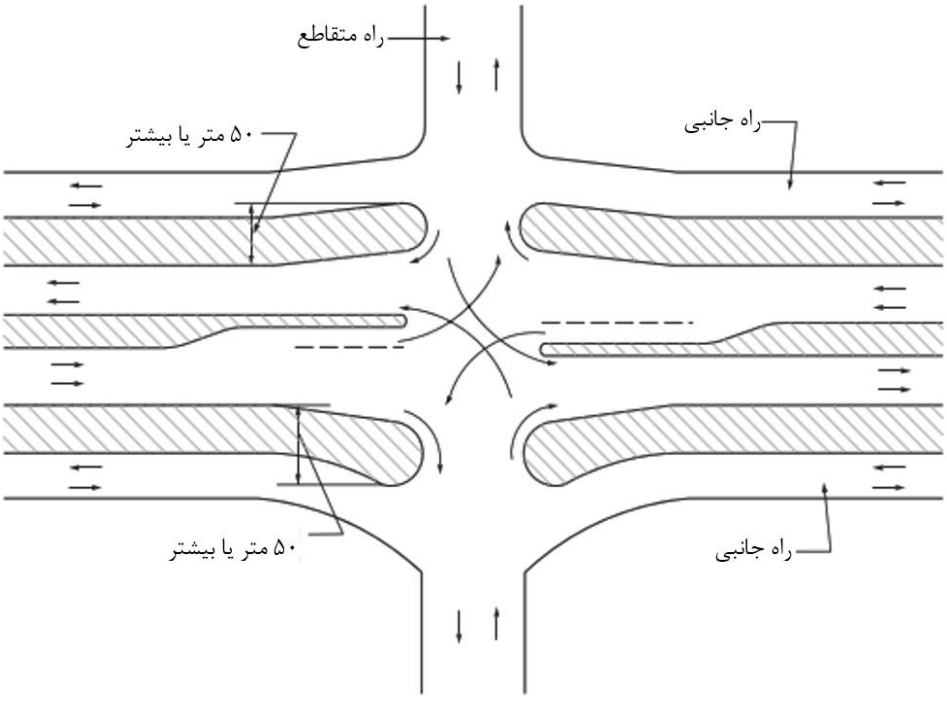
راه‌های جانبی معمولاً در مجاورت راه‌های شریانی یا آزادراه‌ها مورد نیاز هستند که صاحبان املاک مجاور اجازه دسترسی مستقیم به تسهیلات اصلی را ندارند. در تقاطع‌های راه‌های جانبی نه تنها تعداد حرکات درگیر افزایش می‌یابد، بلکه الگوی گیج‌کننده مسیرها و جدایی‌ها می‌تواند منجر به ورود مسیر اشتباه شود. در جایی که یک مسیر فرعی، یک مسیر شریانی با راه‌های جانبی در هر دو طرف قطع می‌کند، سه تقاطع با فاصله نزدیک باید طراحی شود. حتی با داشتن راه جانبی در یک طرف مسیر شریانی، هنوز دو تقاطع با فاصله نزدیک وجود دارد. تقاطع‌های متعدد حرکت‌های عابر پیاده را نیز پیچیده‌تر می-کند. استفاده از چراغ راهنمایی، محدود کردن یا ممنوعیت حرکت‌های گردشی خاص در این موارد مناسب است.

گزینه ترجیحی برای محدود کردن گردش‌ها، طراحی تقاطع با افزایش عرض جداکننده بیرونی است. این طرح اجازه می-دهد تا تقاطع‌های بین مسیر عبوری و راه جانبی از تقاطع مسیر فرعی و مسیر اصلی به خوبی حذف گردد.

برای عملکرد رضایت بخش با حجم ترافیک متوسط تا سنگین در راه‌های جانبی، عرض جداکننده بیرونی در عرض تقاطع، ۵۰ متر بیشتر یا باشد. شکل (۴-۶۴) تقاطع با راه جانبی را در دو حالت نشان می‌دهد. در راه‌های جانبی دو طرفه اگر حریم راه مانع استفاده از طرح الف شود، می‌توان طرح ب را مد نظر قرار داد. البته زمانی ترافیک راه جانبی سبک است، اگر راه جانبی یک طرفه یا برخی از حرکت‌ها ممنوع شده باشد، جداکننده‌های باریکتر نیز قابل قبول هستند.




الف- راه جانبی دوطرفه با جداکننده بیرونی عریض




ب- راه جانبی دوطرفه با جداکننده حبابی

شکل ۴-۶۴-تقاطع‌های با راه جانبی

### ۴-۱۲-۲-وسایل کنترل ترافیک

وسایل کنترل ترافیک برای تنظیم، اخطار و هدایت ترافیک استفاده می‌شوند و عامل اصلی در عملکرد کارآمد تقاطع‌ها هستند. ضروری است که طراحی تقاطع همزمان با برنامه‌های توسعه چراغ‌های راهنمایی، علائم و خط‌کشی روسازی انجام شود تا فضای کافی جهت نصب صحیح وسایل کنترل ترافیک فراهم شود. طراحی هندسی نباید بدون وسایل کنترل ترافیک کامل تلقی شود. در این خصوص لازم است به نشریه ۲۶۷ آیین نامه ایمنی راه‌ها رجوع شود.

در تقاطع هایی که نیازی به کنترل چراغ راهنمایی ندارند، عرض رویکردها با اضافه شدن احتمالی خطوط میانه، خطوط کمکی یا لچکی‌های روسازی تأمین می‌شوند. در موارد کنترل تقاطع با چراغ راهنمایی نیز ممکن است تعداد خطوط عبوری افزایش یابد. در مواردی که حجم به ظرفیت جریان بی‌وقفه شاخه تقاطع نزدیک می‌شود، ممکن است تعداد خطوط در هر جهت اجباراً دو برابر شود تا حجم تحت شرایط کنترلی توقف-حرکت در آن جای گیرد.

### ۴-۱۲-۳-دوچرخه سواران

جایی که تسهیلات دوچرخه وارد یک تقاطع می‌شود، طراحی تقاطع باید برای تسهیلات دوچرخه در نظر گرفته شود. از ویژگی‌های تقاطع سازگار با امکانات دوچرخه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ملاحظات فاصله دید خاص، مسیرهای عریض‌تر برای خطوط دوچرخه، خط‌کشی‌های ویژه برای جریان‌بندی و جدا کردن دوچرخه از وسایل نقلیه راستگرد، پیش بینی لازم برای گردش به چپ دوچرخه، یا طراحی چراغ راهنمایی مخصوص (از قبیل تشخیص دوچرخه در چراغ‌های راهنمایی هوشمند یا کلید جداگانه برای دوچرخه سواران).

### ۴-۱۲-۴-عابران پیاده

تسهیلات عابران پیاده شامل پیاده‌روها، خط عرضی عابر پیاده، اجزاء کنترل ترافیک و رمپ جدول برای افراد دارای معلولیت که همچنین برای افرادی با کالسکه کودک، چرخ دستی، و چمدان نیز مفید است. گذرگاه‌های عرضی عابر پیاده خط کشی شده یا نشده باید در طراحی تقاطع در نظر گرفته شوند.

### ۴-۱۲-۵-روشنایی

روشنایی می‌تواند سبب کاهش تصادفات در راه‌ها و تقاطع‌ها شود و همچنین کارایی عملیات ترافیکی را افزایش دهد. آمارها نشان می‌دهد که نرخ تصادفات شبانه بیش از ساعت‌های روشن است. این واقعیت ، تا حدود زیادی ، ممکن است به دلیل اختلال در دید باشد. تقاطع‌هایی که جریان بندی نشده‌اند به ندرت دارای روشنایی هستند. با این حال، به منظور

استفاده کاربران راه‌های غیرمحلی، روشنایی در تقاطع های بافت برون‌شهری برای کمک به راننده در درک پیام‌های علائم، مطلوب است.

تقاطع دارای جریان‌بندی، از جمله میدان، باید شامل روشنایی باشد. تقاطع‌های بزرگ جریان‌بندی‌شده به دلیل وجود شعاع گردش بیشتر که در محدوده جانبی نور چراغ جلو خودرو نیستند، به روشنایی نیاز دارند. وسایل نقلیه نزدیک به تقاطع نیز باید سرعت را کاهش دهند. روشنایی تقاطع‌ها با روشنایی منبع ثابت برآورده می‌شود. منطقه سه‌گوش پایانه رابط‌ها باید روشن شود تا به رانندگان کمک کند در مکان‌های مختلف تصمیم بگیرند و بتوانند محل حرکت‌های واگرا را قبل از محدوده چراغ جلو ببینند.

### ۴-۱۲-۶-دسترسی‌های اختصاصی یا راه‌های اتصالی

عملکرد دسترسی‌های اختصاصی یا راه‌های اتصالی، مشابه تقاطع‌های عمومی است. طرح راه‌های اتصالی باید متناسب با کاربرد مورد نظر آنها باشد. فاصله آن از تقاطع‌ها و سایر دسترسیهای اختصاصی در جدول فصل ۴ نشریه ۸۰۰-۱ ارائه شده است. حداقل فاصله آنها برابر مسافت دید توقف مسیر می‌باشد. در حالت ایده‌آل، مسیر سواره رو نباید در ناحیه عملکردی یک تقاطع یا در منطقه تأثیر یک راه اتصالی مجاور واقع شوند. منطقه تأثیر دسترسی اختصاصی شامل سه قسمت است: (۱) طول تأثیر (فاصله قبل از دسترسی اختصاصی که به دلیل راه اتصالی شروع به کاهش سرعت می‌کنند)، (۲) فاصله درک-عکس‌العمل، و (۳) طول خودرو.

# فصل ۵

# تقاطع‌های همسطح راه–راه‌آهن

## ۵-۱- مقدمه

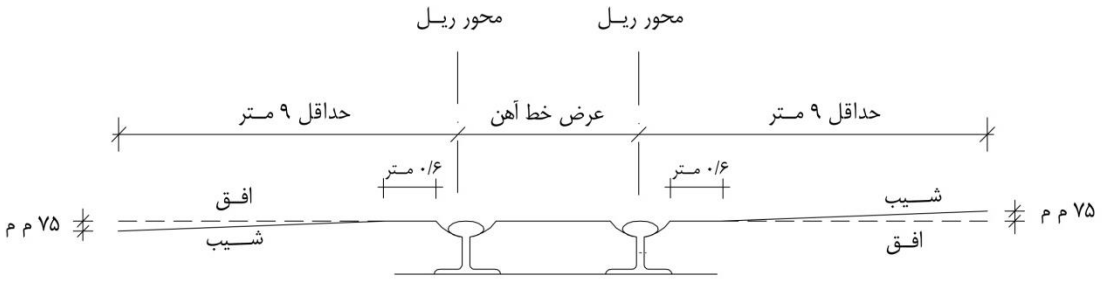
تقاطع راه-راه‌آهن مثل سایر انواع تقاطع‌ها شامل حالت غیرهمسطح یا همسطح است. هندسه مسیر و سازه روگذر و زیرگذر ریلی به طور اساسی مشابه تقاطع‌غیرهمسطح راه است. ارجح است درصورت امکان راه از زیر یا روی راه‌آهن عبور کند و تقاطع هم‌سطح نداشته باشد. در صورت ترافیک کم و اقتصادی نبودن زیرگذر یا روگذر، می‌توان تقاطع راه با راه‌آهن را هم-سطح در نظر گرفت.

## ۵-۲- امتداد افقی

طرح هندسی پلان و نیمرخ راه در محل تقاطع با راه‌آهن باید به گونه‌ای باشد که راننده مجبور به توجه به عوامل دیگر و شرایط محیط و در نتیجه غفلت از وجود راه‌آهن نشود. زاویه تقاطع راه با راه‌آهن، بهتر است قائمه باشد. علاوه بر آن بهتر است که محل تقاطع در قسمت مستقیم راه و راه‌آهن واقع شود تا هم رانندگان و هم لکوموتیوران دید خوبی روی تقاطع داشته باشند.

## ۵-۳- امتداد قائم

پروفیل طولی تقاطع راه با راه‌آهن بهتر است تا حد امکان ملایم‌تر و مسطح‌تر باشد زیرا از نقطه نظر فاصله دید، قابلیت عبور، ترمزگیری و شتاب‌گیری مطلوب‌تر است. حداکثر اختلاف شیب عرضی مجاز (سرازیری یا سربالایی) بین سطح راه و راه‌آهن در شکل (۵-۱)، نشان داده شده است.




شکل ۵-۱- تقاطع راه- راه‌آهن

## ۵-۴- طرح محل تلاقی

طرح هندسی تقاطع راه با راه‌آهن، معمولاً با نصب علامت‌های کنترل ترافیک همراه است. علامت‌های مورد استفاده برای این منظور، تابلوهای راهنمایی، علامت‌های افقی (خط نوشته‌های سطح راه)، چراغ‌های راهنمایی چشمک‌زن و یا دروازه‌های کنترل ترافیک (دستی یا خودکار) است. مهمترین عامل‌های مؤثر در انتخاب نوع سیستم کنترل این گونه تقاطع‌ها عبارت است از:

۱- طبقه عملکردی راه،

۲- حجم ترافیک راه،

۳- حجم ترافیک راه‌آهن،

۴- حداکثر سرعت قطار در حوالی تقاطع،

۵- سرعت مجاز وسایل نقلیه،

۶- حجم ترافیک عابر پیاده،

۷- آمار تصادف‌ها در تقاطع،

۸- فاصله دید با وضع موجود در محل تقاطع،

۹- طرح هندسی تقاطع، و... .

با افزایش حجم تردد و همچنین کاهش فاصله دید، توصیه می‌شود از سیستم‌های مطمئن‌تر همچون دروازه‌ی کنترل تردد و یا چراغ‌های راهنمایی به منظور کنترل تقاطع راه با راه‌آهن استفاده شود. علامت‌های افقی و عمودی کنترل تقاطع راه با راه‌آهن، در نشریه ۲۶۷، آیین‌نامه ایمنی راه‌ها ارائه شده است.

چنانچه در بازدیدهای محلی و پس از مطالعه دقیق شرایط هندسی و ترافیکی محل، مشخص شود که تقاطع همسطح راه با راه‌آهن، ایمنی لازم را به وجود نمی‌آورد، در آن صورت باید نسبت به تغییر مسیر راه یا راه‌آهن و یا غیرهمسطح کردن تقاطع راه با راه‌آهن -با توجه به مطالعات اقتصادی- اقدام لازم انجام شود.

طرح‌های هندسی تقاطع راه با راه‌آهن، بسته به نوع سیستم کنترل آن، تفاوت‌های مختصری دارد. چنانچه تابلو یا علامتگذاری سطح راه، تنها وسیله اعلان خطر وجود راه‌آهن و کنترل ترافیک تقاطع باشد، در آن صورت زاویه تقاطع باید قائمه یا خیلی نزدیک به آن باشد. چنانچه از چراغ‌های چشمک‌زن و یا دروازه‌های کنترل تردد استفاده شده باشد، از ایجاد زاویه‌های تقاطع کوچک در تقاطع اجتناب می‌شود. راه در محل تقاطع بهتر است درصورت امکان افقی باشد تا این اجازه را به وسایل نقلیه بدهد که در صورت گذر قطار از محل تقاطع، پشت خط توقف بایستد و پس از گذر آن بدون هیچ مشکلی از تقاطع عبور کند.

## ۵-۵- مسافت دید

دو وضعیت قرارگیری خودرو نسبت به قطار در حال نزدیک شدن به تقاطع، برای تعیین فاصله دید لازم در محل تقاطع راه با راه‌آهن عبارت است از:

حالت ۱: راننده خودرو، قطار در حال نزدیک شدن به تقاطع را در خط دید خود دارد و می‌تواند به راحتی پیش از رسیدن قطار به محل تقاطع از آن عبور کند.

حالت ۲: راننده خودرو، قطار در حال نزدیک شدن به تقاطع را در خط دید خود دارد اما تصمیم به توقف گرفته و قبل از تقاطع، توقف کامل می‌کند.

هر دوی این وضعیت‌ها درشکل‌های (۵-۲) و (۵-۳) نشان داده شده است. در جدول (۵-۱)، مقدارهای فاصله دید ایمن در هر دو حالت برای سرعت‌های مختلف حرکت خودرو و قطار نشان داده شده است.

جدول ۵-۱- فاصله دید طرح راه برای سرعت‌های مختلف خودرو و قطار (تریلی ۲۲/۴ متر در تقاطع با زاویه قائم مسیر ریلی تک خطه)

| سرعت قطار (کیلومتر در ساعت) | حالت ۲- شروع به حرکت از حالت توقف (متر) | حالت ۱- سرعت خودروی در حال حرکت (کیلومتر در ساعت) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱۰ | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ | ۱۳۰ |
| | | فاصله دید در امتداد راه‌آهن از تقاطع $d_T$(متر) | | | | | | | | | | | | |
| ۲۰ | ۹۶ | ۸۲ | ۵۱ | ۴۳ | ۴۰ | ۳۹ | ۳۹ | ۳۹ | ۴۰ | ۴۲ | ۴۳ | ۴۵ | ۴۷ | ۴۹ |
| ۴۰ | ۱۹۱ | ۱۶۴ | ۱۰۳ | ۸۵ | ۷۹ | ۷۷ | ۷۷ | ۷۹ | ۸۱ | ۸۴ | ۸۷ | ۹۰ | ۹۴ | ۹۸ |
| ۶۰ | ۲۸۷ | ۲۴۶ | ۱۵۴ | ۱۲۸ | ۱۱۹ | ۱۱۶ | ۱۱۶ | ۱۱۸ | ۱۲۱ | ۱۲۶ | ۱۳۰ | ۱۳۵ | ۱۴۱ | ۱۴۶ |
| ۸۰ | ۳۸۲ | ۳۲۸ | ۲۰۶ | ۱۷۱ | ۱۵۸ | ۱۵۴ | ۱۵۵ | ۱۵۷ | ۱۶۲ | ۱۶۷ | ۱۷۴ | ۱۸۰ | ۱۸۸ | ۱۹۵ |
| ۱۰۰ | ۴۷۸ | ۴۱۰ | ۲۵۷ | ۲۱۴ | ۱۹۸ | ۱۹۳ | ۱۹۳ | ۱۹۷ | ۲۰۲ | ۲۰۹ | ۲۱۷ | ۲۲۶ | ۲۳۵ | ۲۴۴ |
| ۱۲۰ | ۵۷۳ | ۴۹۲ | ۳۰۸ | ۲۵۶ | ۲۳۷ | ۲۳۱ | ۲۳۲ | ۲۳۶ | ۲۴۳ | ۲۵۱ | ۲۶۱ | ۲۷۱ | ۲۸۱ | ۲۹۳ |
| ۱۴۰ | ۶۶۹ | ۵۷۴ | ۳۶۰ | ۲۹۹ | ۲۷۷ | ۲۷۰ | ۲۷۰ | ۲۷۶ | ۲۸۳ | ۲۹۳ | ۳۰۴ | ۳۱۶ | ۳۲۸ | ۳۴۱ |
| | | فاصله دید در امتداد راه از تقاطع، $d_H$ (متر) | | | | | | | | | | | | |
| | | ۱۵ | ۲۵ | ۳۸ | ۵۳ | ۷۰ | ۹۰ | ۱۱۲ | ۱۳۶ | ۱۶۲ | ۱۹۱ | ۲۲۲ | ۲۵۵ | ۲۹۱ |

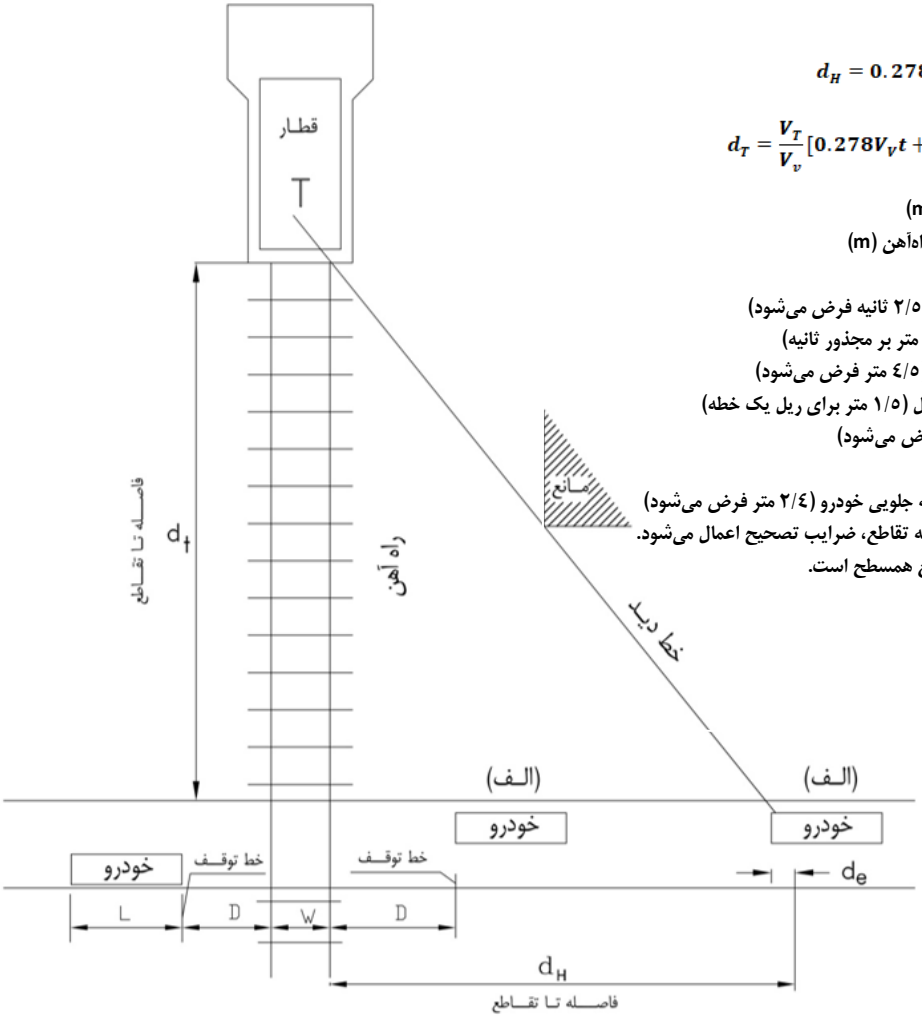
چنانچه زاویه تقاطع، قائمه یا منطقه قرارگیری تقاطع مسطح نباشد، در مقادیر بالا اصلاحاتی انجام می‌شود که مشابه با اثر شیب طولی در طول مسیرها است. وضعیت دیگر قرارگیری خودرو نسبت به قطار این است که وسیله نقلیه‌ای که پشت خط ریل توقف کرده است، قصد شروع به حرکت و گذر از محل تقاطع را دارد. چنین وضعیتی در شکل (۵-۳) نشان داده شده و مقدارهای لازم برای فاصله دید در این حالت نیز در جدول (۵-۱) تحت عنوان حالت ۲ آمده است.

چنانچه تأمین فاصله دید مندرج در جدول (۵-۱) امکان‌پذیر نباشد، باید با استفاده از علائم کنترل ترافیک، توجه رانندگان خودروها را به وجود تقاطع با راه‌آهن جلب کرده و باعث توقف آنها تا رسیدن به محل تقاطع شد.

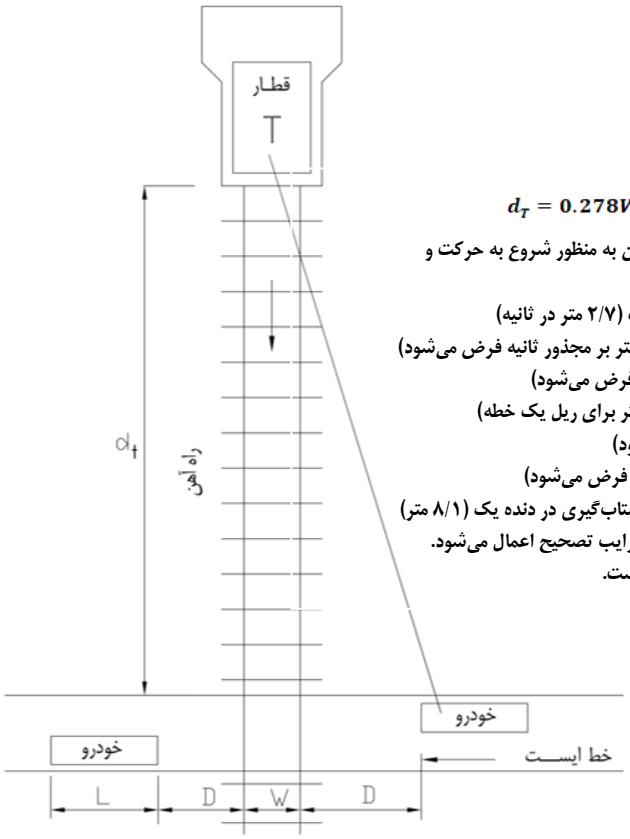
$$d_H = 0.278V_V t + \frac{V_v^2}{254a} + D + d_e$$

$$d_T = \frac{V_T}{V_v}[0.278V_V t + \frac{V_v^2}{254a} + 2D + \mathrm{L} + \mathrm{W}]$$

- $d_H$= فاصله دید در طول راه (m)
- $d_T$= فاصله دید در طول ریل راه‌آهن (m)
- $V_v$= سرعت خودرو (Km/h)
- t= زمان درک و عکس‌العمل (۲/۵ ثانیه فرض می‌شود)
- a= کاهش شتاب راننده (۳/٤ متر بر مجذور ثانیه)
- D= فاصله خط ایست تا ریل (٤/۵ متر فرض می‌شود)
- W= فاصله خارجی لبه‌های ریل (۱/۵ متر برای ریل یک خطه)
- L= طول خودرو (۲۲/٤ متر فرض می‌شود)
- $V_T$= سرعت قطار (Km/h)
- $d_e$= فاصله راننده خودرو تا لبه جلویی خودرو (۲/٤ متر فرض می‌شود)
- در صورت عمود نبودن زاویه تقاطع، ضرایب تصحیح اعمال می‌شود.
- فرض می‌شود منطقه تقاطع همسطح است.




شکل ۵-۲- حالت ۱- فاصله دید ایمن برای خودرو در حال حرکت جهت عبور یا توقف در تقاطع راه با راه‌آهن




$$d_T = 0.278V_T[\frac{V_G}{a_1} + \frac{L+2D+W-d_a}{V_G} + J]$$

- $d_T$= فاصله دید لازم در طول ریل راه‌آهن به منظور شروع به حرکت و عبور ایمن خودرو از پل
- $V_G$= حداکثر سرعت خودرو در دنده یک (۲/۷ متر در ثانیه)
- $a_1$= شتاب خودرو در دنده یک (۰/٤٥ متر بر مجذور ثانیه فرض می‌شود)
- D= فاصله خط ایست تا ریل (٤/٥ متر فرض می‌شود)
- W= فاصله خارجی لبه‌های ریل (۱/٥ متر برای ریل یک خطه)
- L= طول خودرو (۲۲/٤ متر فرض می‌شود)
- J= زمان درک و عکس‌العمل (۲/۰ ثانیه فرض می‌شود)
- $d_a$= فاصله طی شده خودرو به هنگام شتاب‌گیری در دنده یک (۸/۱ متر)
- در صورت عمود نبودن زاویه تقاطع، ضرایب تصحیح اعمال می‌شود.
- فرض می‌شود منطقه تقاطع همسطح است.

شکل ۵-۳- حالت ۲- فاصله دید ایمن لازم برای شروع حرکت وسیله نقلیه از حالت توقف و گذر از محل تقاطع

# فصل ۶

# تقاطع‌های غیرهمسطح و تبادل‌ها

## ۶-۱- مقدمه

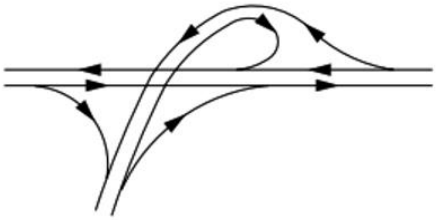
امکان عبور ایمن و مؤثر حجم بالای ترافیک در تقاطع‌ها، به طور چشمگیری بستگی به اقداماتی دارد که جهت هدایت ترافیک متقاطع صورت گرفته است. بیشترین کارایی، ایمنی و ظرفیت زمانی قابل حصول است که سواره‌روهای مسیرهای متقاطع از یکدیگر جدا هستند. یک تبادل، مجموعه‌ای از مسیرهای متصل به هم با یک و یا تعداد بیشتری عبور غیرهمسطح است تا عبور ترافیک بین دو یا بیش از دو مسیر در سطوح مختلف فراهم شود.

انتخاب نوع مناسب تقاطع غیرهمسطح و تبادل، در کنار طراحی آن، تابع عوامل گوناگونی نظیر طبقه‌بندی مسیرها، ویژگی و ترکیب ترافیک، سرعت طراحی، و درجه کنترل دسترسی است. علاوه بر این ضوابط، نیازمندی‌های علائم ترافیکی، مباحث اقتصادی، نوع پستی و بلندی زمین و حریم اهمیت زیادی در طراحی تسهیلات با ظرفیت کافی جهت پاسخگوئی به تقاضای ترافیک را دارند. اجزای اصلی تبادل شامل آزادراه، خیابان متقاطع، میانه، رابط و خطوط کمکی است.

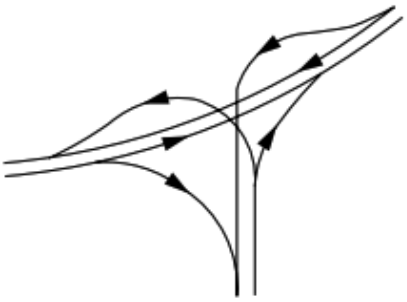
جهت کاهش درگیری ترافیکی بین خودروها، عابران پیاده و دوچرخه سواران در محدوده تبادل‌ها، بهتر است که حرکت-های آنها از یکدیگر جدا گردد. چنانچه جداسازی حرکت عابر پیاده و دوچرخه از خودروها مقدور نباشد، مکان تبادل باید مطالعه شود و گزینه‌های طراحی در نظر گرفته شود تا مناسب‌ترین آرایش سازه‌ها، رابط‌ها و گزینه‌های کنترل ترافیک جهت تسهیل عبور دوچرخه سواران و عابران پیاده از منطقه تبادل مشخص شود.

بازه تبادل‌ها از یک رابط منفرد که راه‌های محلی را به هم وصل می‌کند تا طرح‌های پیچیده و جامع شامل دو یا چند راه، تغییر می‌کند. چیدمان پایه‌ای تبادل در شکل۶-۱-انواع چیدمان تبادل

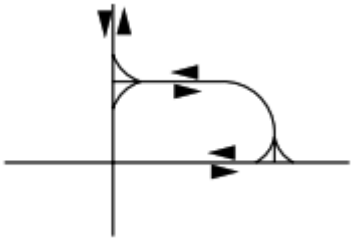
) نشان داده شده است. هر چیدمان می‌تواند در شکل و هدف بسیار متفاوت باشد و ترکیبات متعددی از انواع تبادل وجود دارد که مشخص کردن آنها با اسامی جداگانه، مشکل است. یکی از اجزاء مهم طرح تبادل، ترکیب یک یا چند نوع از رابط‌ها است که در قسمت‌های بعدی در این خصوص بحث می‌شود. آرایش هر رابط معین و نوع حرکت ترافیک، منعکس‌کننده توپوگرافی اطراف، فرهنگ، هزینه، و درجه انعطاف‌پذیری در عملکرد مطلوب ترافیک است. جنبه‌های عملی توپوگرافی، فرهنگ و هزینه می‌توانند از عوامل تعیین‌کننده در آرایش و حالت رابط‌ها باشند، اما عملکرد ترافیکی مطلوب، عامل اصلی طراحی است.



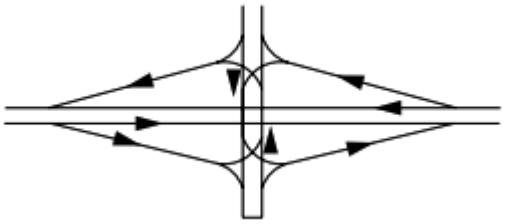
الف- شیپوری



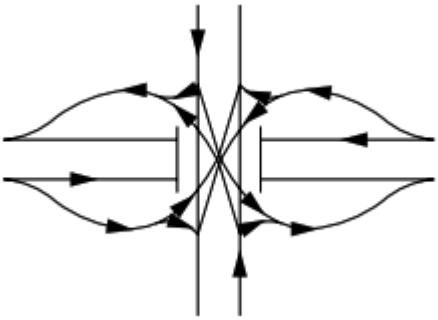
ب- سه راهی جهتی



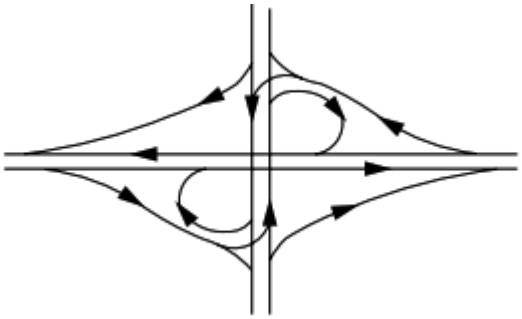
پ- یک گوشه



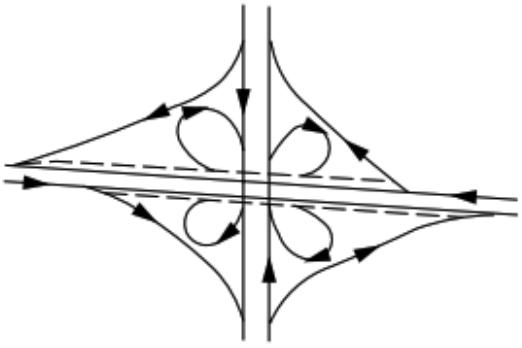
ت- لوزوی



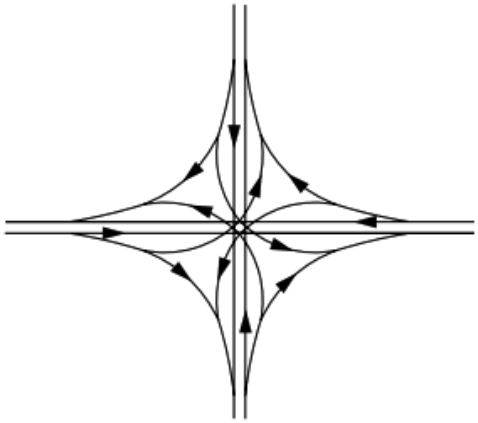
ث- لوزوی تک نقطه‌ای



ج- شبدری نسبی



چ- شبدری کامل



ح- چهارراهی تمام جهتی

شکل۶-۱-انواع چیدمان تبادل

## ۶-۲- ضرورت احداث تقاطع غیرهمسطح و تبادل

یک تقاطع غیرهمسطح و تبادل می‌تواند یک راه‌حل مناسب و مفیدی جهت بهبود شرایط بسیاری از تقاطع‌های همسطح از طریق کاهش گلوگاه‌های ترافیک موجود یا کاهش فراوانی تصادفات باشد. به هر حال، به علت هزینه بالای ساخت تقاطع غیرهمسطح و تبادل، استفاده از آن محدود به مواردی می‌شود که این هزینه اضافی قابل توجیه باشد. حصول شرایط ویژه‌ای که استفاده از تقاطع غیرهمسطح و تبادل را در یک تقاطع الزامی می‌کند دشوار است و در برخی مواقع نمی‌توان قاطعانه آنها را بیان نمود. به علت شرایط مختلف محل، حجم ترافیک، انواع راه، و طرح تبادل، مواردی که ساخت تقاطع غیرهمسطح و تبادل را الزام می‌کند در هر محل متفاوت خواهد بود. شش شرط ارائه شده زیر در بررسی اینکه آیا استفاده از تقاطع غیرهمسطح و تبادل در محل معین توجیه دارد در نظر گرفته می‌شود:

### ۶-۲-۱-تعیین طرح مسیر

تصمیم به احداث راهی با کنترل کامل دسترسی توجیهی برای تامین تقاطع‌های غیرهمسطح یا تبادل‌ها برای کلیه معابری است که آن را قطع می‌کنند. تبادل، موجب افزایش قابلیت تحرک و کاهش تأخیر می‌شود. تفکیک ترافیک به روش جدا کردن سطح عبور، جریان مداوم و روان ترافیک در مسیرهای اصلی را به وجود می‌آورد و تأخیرهای ناشی از ضرورت توقف در محل تقاطع را منتفی می‌کند. هدف از طرح آزادراه‌ها، دستیابی به بالاترین حد تحرک بوده و به همین منظور دسترسی به آن کنترل شده است، لذا کلیه تقاطع‌های آزادراه‌ها باید به صورت تبادل یا گذر غیر هم‌سطح طراحی شود.

### ۶-۲-۲-کاهش گلوگاه‌ها و گره‌های پرتراکم

کمبود ظرفیت تقاطع در جاده‌های پرترافیک، باعث تراکم بیش از حد در یک یا چند شاخه تقاطع می‌شود. عدم توانایی در تأمین ظرفیت لازم از طریق توسعه و یا اصلاح تقاطع هم‌سطح، دلیلی برای تبدیل تقاطع به تبادل است.

### ۶-۲-۳-کاهش فراوانی و شدت تصادف

چنانچه تعداد تصادف‌های خطرناک در تقاطع به گونه غیرمتعارفی بالا باشد و درصورت فقدان روش‌های کم هزینه‌تر برای رفع خطر، گزینه تبادل به جای تقاطع، به عنوان یک راه‌حل، قابل بررسی است. تقاطع‌های پرتصادف، غالباً در محل اتصال راه‌های پرترافیک در نزدیک شهرها و یا تقاطع دو راه پرترافیک قرار دارد. در این نواحی عموماً هزینه ساخت و ساز و تملک حریم راه برای ساخت و بهره‌برداری از تبادل، در مقایسه با خسارت‌های ناشی از تصادف‌ها و تأخیرها، توجیه‌پذیر است.

### ۶-۲-۴-وضعیت توپوگرافی محل

پستی و بلندی اراضی، وجود رودخانه یا راه‌آهن در نزدیکی تقاطع، در انتخاب نوع تبادل مؤثر است.

### ۶-۲-۵-منافع استفاده کنندگان راه

هزینه‌های ناشی از تأخیر در تقاطع‌های پرتراکم برای استفاده‌کنندگان آن معمولاً بسیار بالا است. چنین هزینه‌هایی شامل هزینه‌های سوخت، روغن، تعمیرها و ارزش وقت (برای کسانی که بابت تأخیر، حقوق دریافت می‌کنند مانند رانندگان و کمک رانندگان وسایل‌نقلیه تجاری) است.

در تبادل‌ها اگرچه معمولاً مسافت بیشتری نسبت به تقاطع‌های نظیر طی می‌شود اما هزینه طی این مسافت اضافی بسیار کمتر از هزینه‌ای است که در تأخیر ناشی از توقف صرف می‌شود. نسبت منافع بیست ساله احداث تبادل (کاهش هزینه استفاده‌کنندگان و تبدیل به سال واحد) به هزینه سرمایه‌گذاری توسعه آن (برحسب ارزش تبدیل شده به سال واحد) شاخص خوبی برای تعیین اقتصادی بودن تبادل است.

### ۶-۲-۶-ضابطه مربوط به حجم ترافیک

توجیه حجم ترافیک می‌تواند ملموس‌ترین مجوز احداث تبادل باشد. بالا بودن حجم ترافیک عبوری و گردشی به ویژه گردش به چپ در تقاطع‌های هم‌سطح، یکی از دلایل احداث تبادل‌ها است. اگرچه حجم ترافیک معینی را نمی‌توان به عنوان توجیه کاملاً منطقی برای یک تبادل بیان نمود، اما این حجم ترافیک به خصوص زمانی که با الگوی توزیع ترافیک و اثرات رفتار ترافیک همراه باشد، راهنمای مهمی است.

همه مجوزهایی که برای تبادل‌ها الزامیست برای تقاطع غیرهمسطح الزامی نیست. مجوزهای اضافی برای غیرهمسطح شامل موارد زیر است:

- خدمت‌دهی به راه‌ها و یا خیابان‌های محلی که عملاً نمی‌توان آنها را در بیرون از محدوده حریم آزادراه مسدود نمود،
- تأمین دسترسی به مناطقی که با راه جانبی و یا با سایر شیوه‌ها قابل خدمت‌دهی نبوده است،
- حذف تقاطع همسطح راه- راه‌آهن،
- خدمات‌رسانی به تجمع‌های غیرمرسوم عابران پیاده (به‌عنوان مثال، یک پارک شهری توسعه‌یافته در دو طرف شریانی اصلی)،
- خدمت‌رسانی به گذرهای دوچرخه و
- گذرگاه‌های عمومی عابران پیاده،

- تأمین دسترسی به ایستگاه های حمل ونقل عمومی با توجه به محدودیت شریانی‌های اصلی، یا
- تأمین دسترسی عملیات جریان آزاد در چیدمان مشخصی از رابط و خدمت‌دهی به‌عنوان بخشی از یک تبادل.

## ۶-۳-سازه عبورهای غیرهمسطح

انواع مختلف سازه‌ها به کار گرفته می شوند تا دو راه متقاطع و یا تقاطع یک راه و مسیر راه‌آهن را در سطوح مختلف جدا کند. اگرچه مراحل زیادی از طراحی سازه‌ای باید در نظر گرفته شوند، در اینجا به مسائل هندسی سازه‌های جداکننده غیرهمسطح پرداخته می‌شود و تنها به بعضی از مراحل طراحی به دلیل تاثیرشان بر طرح هندسی اشاره می شود.

سازه‌های غیرهمسطح در سه نوع کلی مشخص می‌شوند: نوع عرشه‌ای، نوع عبوری و نوع عبوری نسبی. نوع عرشه‌ای یا تابلیه‌ای، مرسوم‌ترین سازه غیرهمسطح است. با این حال، انواع عبوری و عبوری نسبی برای سازه‌های راه‌آهن مناسب هستند. در موارد خاص که دهانه‌ها طویل هستند و اختلاف ارتفاع بین مسیرها به شدت محدود است، می‌توان از پل‌های خرپایی استفاده نمود.

پل‌های نوع شاهتیر عبوری، در مقایسه با پل‌های با نوع عرشه‌ای، محدودیت قائم زیر پل کمتری دارد. در حالتی‌که روگذر مابین دو تپه قرارگیرد و تامین ارتفاع آزاد مهم نباشد، سازه‌های عرشه‌ای نظیر خرپاها، قوس‌ها، تیرها و سایر موارد ممکن است مناسب باشد. پل‌های تیر ورق عبوری معمولاً برای تقاطع غیرهمسطح راه‌آهن از خیابان یا راه استفاده می‌شود. پل‌های تیر ورق عبوری و پل‌های خرپایی عبوری محدودیت‌های بصری بیشتری نسبت به سازه‌های نوع عرشه‌ای به‌وجود می‌آورند. بنابراین، فاصله بی‌مانع جانبی از لبه خط عبور تا حد امکان باید بزرگ باشد.

در هر یک از سازه‌های غیرهمسطح، می‌بایست عرض مسیر ثابت، جان‌پناه و نرده حفاظتی یکنواخت تامین شود. بهترین نوع سازه تقاطع غیرهمسطح آن است که احساس محدودیت کمتری به رانندگان بدهد. چنانچه رانندگان در حین عبور از روی سازه، توجه ناچیزی به سازه معطوف دارند، رفتارشان در حین عبور از آن تغییری با سایر قسمت‌های مسیر ندارد و تغییر ناگهانی در سرعت و جهت محتمل نخواهد بود. از سوی دیگر، تقریباً غیرممکن است که راننده به سازه‌ای که از روی مسیر می‌گذرد توجهی نکند. به همین علت، هرگونه تلاشی صورت می‌گیرد تا سازه به‌گونه‌ای با محیط اطراف از نظر عملکردی و زیبایی منطبق شود تا موجب جلب توجه بی‌مورد یا حواس پرتی راننده نگردد. همکاری میان مهندسان پل و طراحان مسیر در مراحل مختلف برنامه‌ریزی و طراحی می‌تواند منجر به نتایج عالی در این حیطه گردد.

برای راه روگذر، سازه عرشه‌ای مناسب‌ترین گزینه است. اگرچه تکیه‌گاه‌ها ممکن است هر دو فاصله آزاد قائم و جانبی در مسیر پایین‌تر را محدود کنند، اما آنها خارج از دید رانندگان مسیر بالاتر هستند. برای راه زیرگذر، مطلوب‌ترین سازه از

دیدگاه عملکرد وسیله نقلیه آن است که تمام مقطع عرضی راه یک دهانه باشد و فاصله آزاد جانبی از لبه راه تا تکیه‌گاه‌های سازه با طراحی مطلوب کناره راه تأمین نماید.

نمونه سازه‌های غیرهمسطح راه در شکل(۶-۲) و شکل(۶-۳) نمایش داده شده است. آرایش دهانه پل اصولاً براساس نیاز به ناحیه بازیابی آزاد بدون مانع کناره راه تعیین می‌شود، اگرچه فاصله دید یک جزء اساسی برای تمام معابر و تبادل‌های لوزوی است.

یک پل ساده تک دهانه با شاهتیر می‌تواند برای دهانه‌های تا ۴۵ متر استفاده شود و می‌تواند با شرایط اریب (بیه) و انحنای افقی شدید سازگار شود. دهانه‌های با طول بزرگتر نیاز به عمق سازه بیشتر و خاکریزهای همجوار بلندتر دارند. عمق سازه برای پل‌های شاهتیر تک دهانه تقریبا $\frac{1}{15}$ تا $\frac{1}{30}$ برابر دهانه است.

برای پل های با دو دهانه یا بیشتر، پل نوع عرشه-شاهتیر، چه تیر فلزی و چه تیر بتنی، معمولاً سراسری طراحی می‌شوند تا هم از نظر اقتصادی به صرفه تر باشند و هم عمق سازه کاهش یابد و از درزهای عرشه در روی پایه‌ها نیز اجتناب گردد.

به‌عنوان جایگزینی برای پل‌های با شاهتیر، می‌توان جائی که اقتضا کند، جهت حصول زیبایی، از نوع عرشه‌ای با قاب صلب تک دهانه یا قاب صلب سه دهانه، پل پایه‌مایل استفاده نمود. در محل‌های جغرافیایی مشخص که ارتفاع آزاد بیشتری وجود دارد و اریب بودن خیلی زیاد نیست، یک پل قوسی پایه‌دار در صورت کفایت تکیه‌گاهها می‌تواند از نظر اقتصادی و زیبایی مطلوب باشد.

در تبادل‌های با اتصال‌های جهتی استفاده از دو سازه یا بیشتر برای حرکات گردش به چپ، غیر معمول نیست. در حالت خاص، چندین سازه ترکیب می‌شوند تا یک سازه چند سطحی بسازند. دو نمونه از تقاطع سه و چهار طبقه در شکل ۶-۴) نشان داده شده است. طراحی‌هایی که شامل سازه‌های سه یا چهار طبقه هستند ممکن است پرهزینه‌تر از همان تعداد سازه-های متعارف که همان حجم ترافیک را عبور می‌دهند نباشد، به‌خصوص در مناطق شهری که هزینه تملک حریم راه بالاست.

(الف)

(ب)

شکل ۶-۲- نمونه سازه‌های غیرهمسطح با کوله‌های بسته

شکل ۶-۳- نمونه سازه غیرهمسطح با کوله باز

(الف)

(ب)

شکل ۶-۴-سازه‌های غیرهمسطح چندطبقه

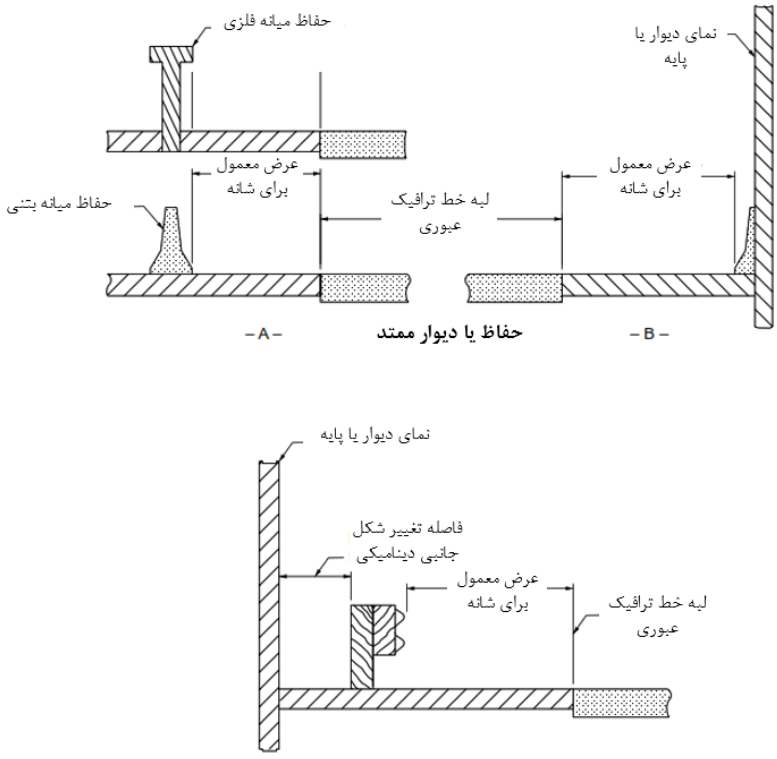
## ۶-۴-مسیرهای روگذر و زیرگذر

در هر تقاطع غیرهم‌سطح باید با انجام مطالعات دقیق، موقعیت راه‌ها نسبت به هم (روگذر یا زیرگذر) مشخص شود. مهمترین عوامل تعیین‌کننده در انتخاب زیرگذر یا روگذر، شرایط پستی و بلندی منطقه و هماهنگی طرح با آن و یا محدودیت‌های راستای افقی و قائم مسیرهای متقاطع است که در این حالت، نیازی به هماهنگی طرح با پستی و بلندی منطقه نیست. مواردی که در انتخاب روگذر یا زیرگذر کردن راه در یک محل وجود دارد، معمولاً در یک از سه گروه زیر قرار می‌گیرد: (۱) تأثیر توپوگرافی، حالت غالب دارد و بنابراین طرح باید با آن هماهنگ باشد؛ (۲) وضع توپوگرافی، به طرح خاصی برتری نمی‌دهد؛ و (۳) کنترل‌های امتداد افقی و خط پروژه یکی از راه‌ها تعیین‌کننده است و بنابراین امتداد افقی و قائم آن مسیر به جای توپوگرافی محل حالت غالب دارد.

اصولاً طرحی که با عوارض موجود هماهنگی داشته باشد، از منظر ظاهری، خوش منظره‌ترین طرح و از نظر اجرایی و نگهداری نیز اقتصادی‌ترین گزینه می‌باشد. علاوه بر عوامل فوق، عوامل مؤثر زیر نیز باید مورد ارزیابی قرار گیرد:

- طرح باید اقتصادی باشد.
- در زیرگذرها، به علت دیدن راه بالایی، نوعی پیش آگاهی در مورد وجود تبادل به استفاده‌کنندگان داده می‌شود.
- در صورت وجود ترافیک گردشی قابل ملاحظه، پایین بودن تراز راه اصلی باعث افزایش سرعت ترافیک ورودی به راه اصلی و کاهش سرعت ترافیک خروجی از راه اصلی می‌شود.
- استفاده‌کنندگان از راه روگذر، دید بهتری نسبت به استفاده‌کنندگان راه زیرگذر دارند.
- در مواردی که روگذر یا زیرگذر هیچ گونه مزیتی نسبت به هم ندارند، طرحی که بیشترین فاصله دید (برای راه‌های دوخطه- فاصله دید سبقت) را تأمین کند، اولویت دارد.
- روگذرها امکان ساخت مرحله‌ای را هم برای راه و هم برای پل، بهتر فراهم می‌کنند.
- در مواردی که شرایط پستی و بلندی منطقه، عامل اصلی در انتخاب نوع تبادل نباشد، هزینه سازه پل بسیار مهم است.
- با روگذر کردن راه اصلی، مشکل زهکشی را می‌توان کاهش داد.
- هنگامی که راه مهمتر (دارای مقطع عرضی عریض‌تر) را با توجه به نیمرخ طولی، می‌توان نزدیک به خط زمین ساخت، بهتر است راه متقاطع از زیر عبور داده شود.
- انتخاب زیرگذر، علاوه بر وضعیت محل پل به شرایط کلی طرح نیز بستگی دارد.
- در صورت تلاقی راه جدید با راه موجود با ترافیک قابل ملاحظه، روگذر شدن راه جدید، اختلال کمتری در ترافیک عبوری راه موجود ایجاد خواهد کرد.

معمولاً تیرها، مسیرهای عابرپیاده، ستون‌های پل، نرده‌ها و جان‌پناه پل چون نزدیک سواره‌رو هستند به طور بالقوه مانع محسوب می‌شوند و باعث می‌شوند راننده از آنها فاصله بگیرد. به همین دلیل عرض روی پل‌ها و یا زیرگذرها باید ترجیحاً برابر عرض مسیر منتهی به آن باشد تا به رانندگان حس باز بودن و پیوستگی مسیر را القاء کند. برای هر زیرگذر، نوع سازه‌ای که انتخاب می‌شود باید با توجه به ابعاد، بار وارده، پی و نیازهای عمومی محل تعیین شود. حداقل فواصل آزاد جانبی زیرگذرها در شکل (۶-۵) نشان داده شده است. در این شکل عرض میانه برای راه‌های چهارخطه جدا شده بر اساس عرض شانه‌های ۱/۲ متری حداقل برابر ۳/۱ متر است و برای راه‌های شش‌خطه بر اساس عرض شانه‌های ۳/۰ متری حداقل برابر ۶/۷ متر پیشنهاد می‌شود.




شکل۶-۵- فاصله آزاد جانبی برای زیرگذر مسیر اصلی

در خصوص فاصله بی‌مانع قائم زیرگذرها بر اساس ضوابط مندرج در نشریه ۸۰۰-۱ باید عمل شود. در شکل (۶-۶) نمونه‌ای از سازه‌های روگذر نشان داده شده است. نرده‌های پل‌های روگذر معمولاً بر روی قرنیزهای بتنی نصب می‌شوند یا یکپارچه با آن در نظر گرفته می‌شوند. طرح اغلب نرده‌های مورد استفاده از نوع سخت و غیرانعطاف‌پذیر هستند. برخی اوقات جهت-کاهش آلودگی‌های صوتی ممکن است از دیوارهای صداگیر بر روی آنها استفاده شود. در بعضی مواقع ممکن است نیاز به

تأمین پیاده‌رو یا دوچرخه‌رو در روگذر آزادراه باشد. در این صورت باید از حفاظ با ارتفاع کافی بین سواره‌رو و پیاده‌رو استفاده شود. همچنین تأمین نرده یا شبکه محافظ عابرپیاده در لبه بیرونی پیاده‌رو هم ضرورت دارد.

(الف)

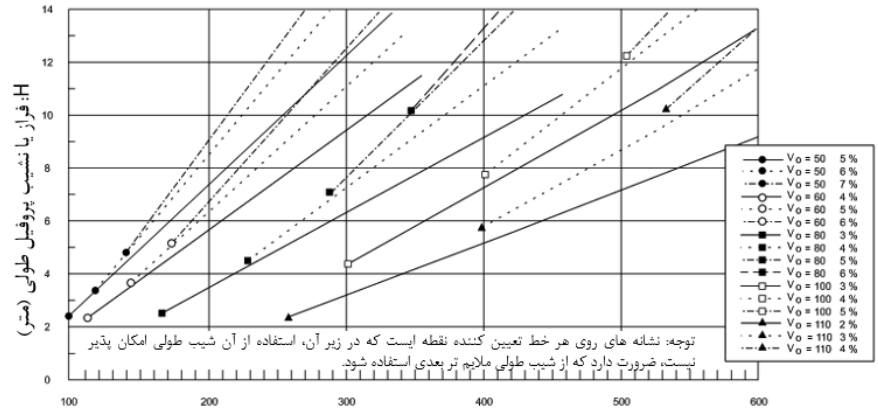
(ب)

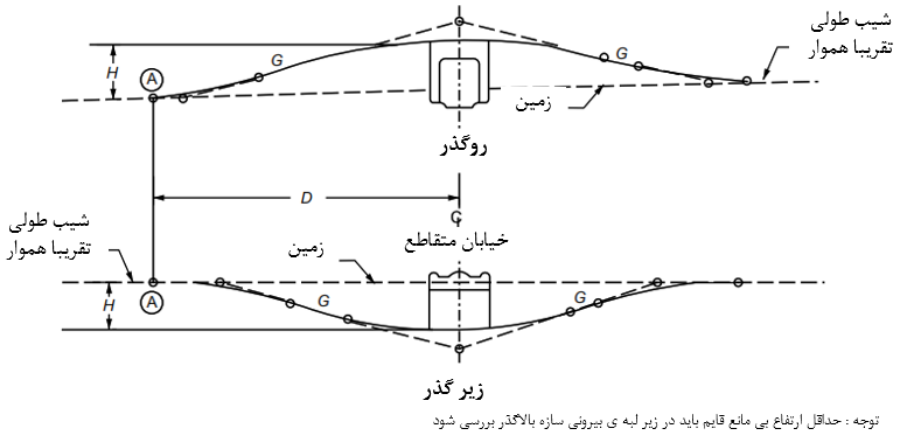
شکل۶-۶- نمونه سازه‌های روگذر

بهتر است که عرض کامل راه منتهی به روگذر در سراسر آن ادامه داشته باشد. همچنین در صورت استفاده از حفاظ و یا نرده پل بهتر است با فاصله ۰/۶ متر از لبه موثر شانه در نظر گرفته شود. در صورت نیاز به ناحیه انتقال از حفاظ طولی کناری بیرون پل به نرده روی پل از نرخ تغییرات ۲۰ با ۱ می‌توان استفاده نمود.

## ۶-۵-فاصله طولی جهت حصول گذر غیرهمسطح

فاصله طولی مورد نیاز برای کفایت طرح یک تقاطع غیرهمسطح به سرعت طرح، شیب طولی مسیر، و میزان مورد نیاز افت و خیز برای رسیدن به جداسازی بستگی دارد. شکل (۶-۷) فواصل افقی مورد نیاز در منطقه هموار (دشت) را نشان می-دهد. این فواصل می‌تواند به عنوان راهنمایی برای طرح مقدماتی استفاده شود تا فوراً مشخص شود که عبور غیرهمسطح برای شرایط داده شده امکان‌پذیر هست یا نه، چه شیب‌های طولی احتمالاً باید به کار رود و چه تعدیل‌هایی، در صورت نیاز، باید به پروفیل طولی معبر متقاطع اعمال شود. در این نمودار منحنی‌ها برای شیب طولی و سرعت طرح مختلف نمایش داده شده است. از این اطلاعات می‌توان به‌عنوان راهنمای کلی در مناطق غیرهموار هم استفاده نمود و تعدیل‌هایی در قوس قائم انتهایی اعمال کرد. فاصله D برابر مجموع سه مقدار طول قوس قائم اولیه در شروع پروفیل طولی، به‌علاوه نصف قوس قائم میانی، به‌علاوه طول قسمت مستقیم (تانژانت) بین دو قوس است. طول قوس‌های قائم کاسه‌ای و گنبدی حداقل هستند که بر اساس حداقل فاصله دید توقف است. مطلوب آن است که در صورت امکان از قوس‌های طولانی‌تری استفاده شود. با اینکه در عمل طول قوس قائم محدب ممکن است از طول قوس قائم مقعر بلندتر باشد، طول D به‌طور مساوی هم برای زیرگذر و هم برای روگذر به‌کار می رود. در عمل، H ممکن است به‌علت توپوگرافی در یک محدوده وسیعی تغییر کند. وقتی که فاصله نسبتاً کوتاهی برای عبور غیرهمسطح در دسترس باشد، ممکن است مناسب باشد که H کاهش یابد تا D در فاصله ممکن حفظ شود. این کاهش از طریق بالا یا پایین بردن خیابان یا راه‌آهن متقاطع انجام می‌شود.




شکل ۶-۷- فاصله لازم برای رسیدن به عبور غیرهمسطح در زمین هموار

## ۶-۶- تقاطع‌های غیرهمسطح

موقعیت‌های زیادی وجود دارد که تقاطع‌های غیرهمسطح بدون رابط ساخته می‌شوند. به دلیل عدم وجود یک طرح مناسب برای تقاطع‌ها، ممکن است تقاطع غیرهمسطح بدون رابط ایجاد گردد. در این صورت همه رانندگانی که می‌خواهند به مسیر وارد و یا از آن خارج شوند باید از مسیر موجود دیگری استفاده کنند و در محل‌های دیگری ورود و خروج را انجام دهند. در برخی موارد، این خودروها ممکن است مجبور شوند فاصله اضافی قابل توجهی را به خصوص در مناطق برون‌شهری طی کنند.

موقعیت‌های دیگری هم وجود دارد که علی‌رغم تقاضای ترافیک کافی، رابط ها ممکن است حذف شوند. این حالات عبارتند از:

(۱) برای اجتناب از اینکه تبادل‌ها آن قدر به هم نزدیک شوند که نصب علائم و بهره‌برداری مشکل شود،

(۲) برای حذف اختلالات ناشی از حجم بالای ترافیک راه، و

(۳) به منظور افزایش قابلیت حرکت و کاهش تصادفات با متمرکز کردن ترافیک گردشی در یک محل با تأمین سیستم مناسب رابط.

از طرف دیگر، از تمرکز بی مورد حرکت‌های گردشی در یک محل باید اجتناب شود که در این صورت بهتر است چندین تبادل تأمین شود.

در توپوگرافی ناهموار، شرایط محل تقاطع ممکن است به‌گونه‌ای باشد که تقاطع غیرهمسطح نسبت به تقاطع همسطح مطلوب‌تر باشد. اگر اتصال‌های رابط مشکل و هزینه بر باشند، ممکن است بتوان آنها را حذف نمود و حرکت‌های گردشی را به تقاطع‌های دیگر منتقل نمود.

## ۶-۷- تبادل‌ها

تبادل‌ها از نقطه نظر تعداد راه‌های منتهی به آنها به دو دسته کلی زیر تقسیم می‌شوند:

- تبادل‌های سه‌راه.
- تبادل‌های چهارراه.

### ۶-۷-۱- تبادل‌های سه‌راه

تبادل سه‌راه که محل تقسیم و توزیع جریان‌های ترافیک سه شاخه منتهی به آن است، می‌تواند شامل یک یا چند رابط جداکننده حرکت‌های ترافیکی باشد. با توجه به هزینه زیاد عملیات خاکی لازم برای ایجاد رابط‌ها و یا احداث پل، ترجیح داده می‌شود که چنانچه حجم ترافیک اجازه دهد از رابط با طول کمتر و یا تعداد پل کمتری برای ایجاد تبادل استفاده شود. طرحی که حداکثر روانی جریان ترافیک و حداقل میزان تلاقی را به وجود آورد، مورد توجه قرار می‌گیرد.

تبادل سه‌راه، بر اساس زاویه مسیرهای منتهی به آن به دو دسته: تبادل قیفی «Y» و تبادل سپری «T» تقسیم می‌شود. در تبادل نوع قیفی، زاویه تبادل، کوچک است در صورتی که در تبادل سپری، زاویه تبادل، قائم یا نزدیک به آن می‌باشد.

در شکل (۶-۸) الگوهای متداول تبادل‌های سه‌راهی نشان داده شده است.

حالت‌های الف و ب در این شکل، موسوم به طرح «شیپوری» است. میزان نسبی حجم ترافیک گردش به چپ، تعیین‌کننده انتخاب یکی از دو حالت فوق است. چنانچه حجم گردش به چپ c-b در مقایسه با b-a قابل توجه باشد، در آن صورت طرح «الف» و در حالت عکس، طرح «ب» برتری دارد. بدیهی است حرکتی که حالت «غالب» دارد، بهتر است ارتباط سریع‌تری داشته باشد.

در شرایطی که به دلیل محدودیت حریم راه، استفاده از قوس‌های افقی تند برای رابط گردراهه اجتناب‌ناپذیر باشد، تأمین لچکی‌های لازم و تعریض مسیر در فاصله مناسبی قبل از رسیدن به محل گردش، مؤثر و مفید است.

حالت پ شکل (۶-۸) در مقایسه با دو حالت دیگر کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، زیرا این حالت سبب ایجاد ترافیک تداخلی در حد فاصل خروجی و ورودی رابط‌های گردراهه می‌شود. استفاده از یک مسیر جمع‌کننده-توزیع‌کننده تا حدودی از این مشکل می‌کاهد. حالت پ بیشتر برای شرایطی مناسب است که امکان تبدیل سه راه به چهارراه در آینده وجود داشته و حجم گردش به چپ قابل توجهی پیش‌بینی شده باشد.

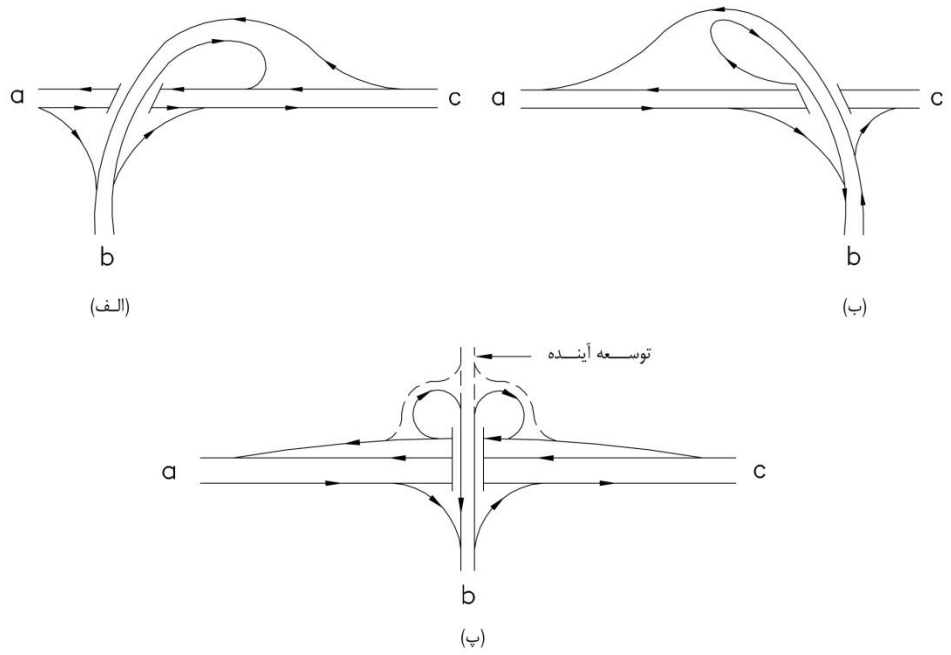
شکل (۶-۹) طرح‌های متداول تبادل‌های سه‌راهی پیشرفته قیفی و سپری را نشان می‌دهد. در کلیه حالت‌های نشان داده شده در این شکل با تعبیه سطوح چندگانه حرکت، نیاز به گردراهه‌ها حذف شده است. این نوع طرح، هزینه‌ای به مراتب بیشتر از طرح‌های نشان داده شده در شکل (۶-۸) دارد و بهتر است در مواقعی استفاده شود که کلیه حرکت‌های ترافیکی، حجم زیادی داشته باشد.

حالت الف شکل (۶-۹) دارای خصوصیات زیر است:

- کلیه حرکت‌ها «جهتی» است و سه سازه دارد.
- ترافیک تداخلی ندارد.
- برای اتصال دو آزادراه مناسب است.
- بعضی از حرکت‌های تبادل یا همه آنها نیازمند حداقل دو خط عبوری است.
- کلیه خروجی‌ها به صورت انشعاب‌های تدریجی دوراهی (واگرایی) و کلیه ورودی‌ها به صورت اتصال تدریجی دو مسیر (همگرایی) است.

حالت ب نیز در واقع همان حالت الف است با این تفاوت که سازه‌های جداگانه تبادل همگی در یک محل متمرکز شده و سطح سه طبقه‌ای را تشکیل داده است. از نظر عملکردی، حالت الف نسبت به حالت ب ارجحیت دارد زیرا در حالت ب، حرکت گردش به چپ c-b به صورت ملایم انجام نمی‌شود و انحنای تندتری دارد ولی از نظر هزینه، اجرای حالت ب مستلزم هزینه کمتری است.

حالت پ در شرایطی توصیه می‌شود که لازم باشد جریان ترافیک مستقیم یک آزادراه، با حداقل انحراف هدایت شود، در حالی که مسیر فرعی نیز ترافیک قابل توجهی دارد. چنین حالتی مستلزم استفاده از چند سازه برای جداسازی حرکت‌های مختلف است.

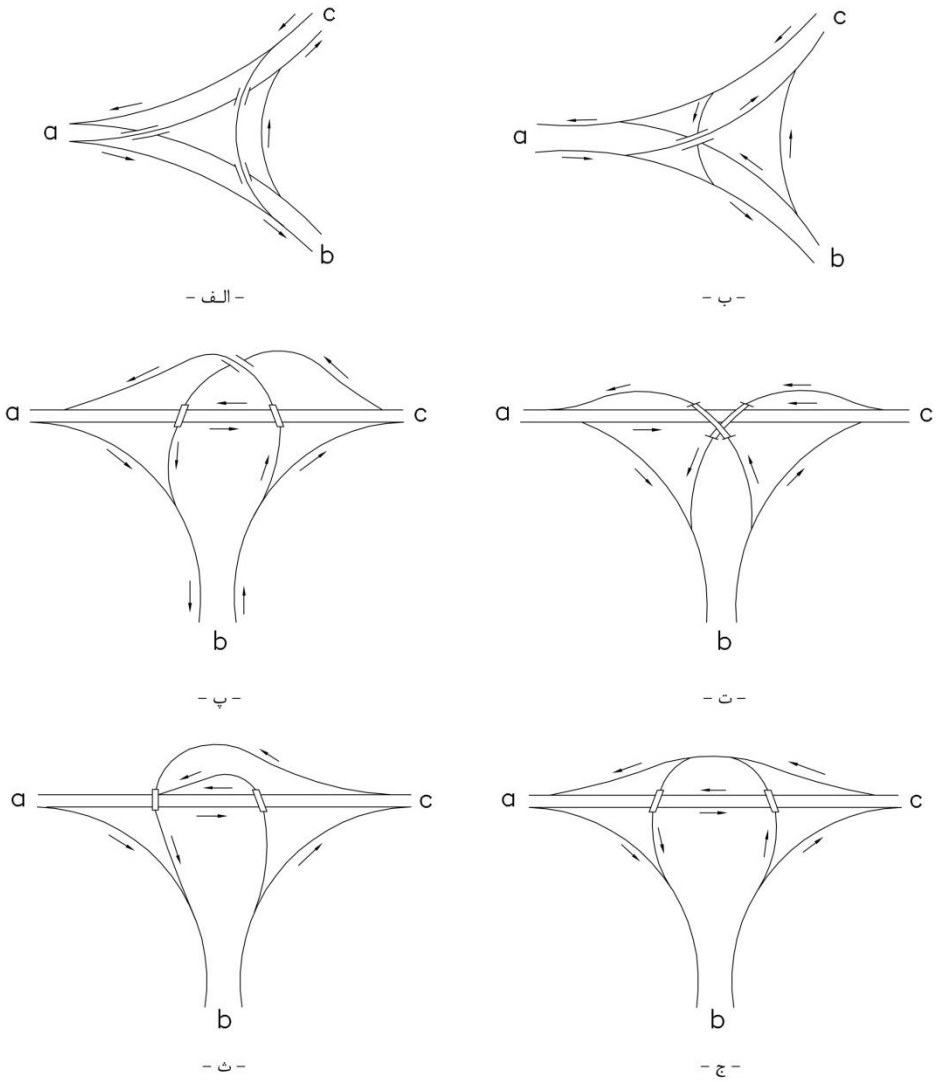



شکل ۶-۸- الگوهای متداول تبادل سه‌راهی با یک سازه تقاطع

در حالت ت وضعیت حالت پ به گونه‌ای تغییر یافته است که رابط‌های گردش به چپ و جریان ترافیک مستقیم مسیر، همگی در یک نقطه، ولی در سطوح مختلف، از هم عبور کنند. در چنین شرایطی، یک سطح سه طبقه ترافیکی جایگزین سه سازه مختلف مجزای حالت قبل می‌شود.

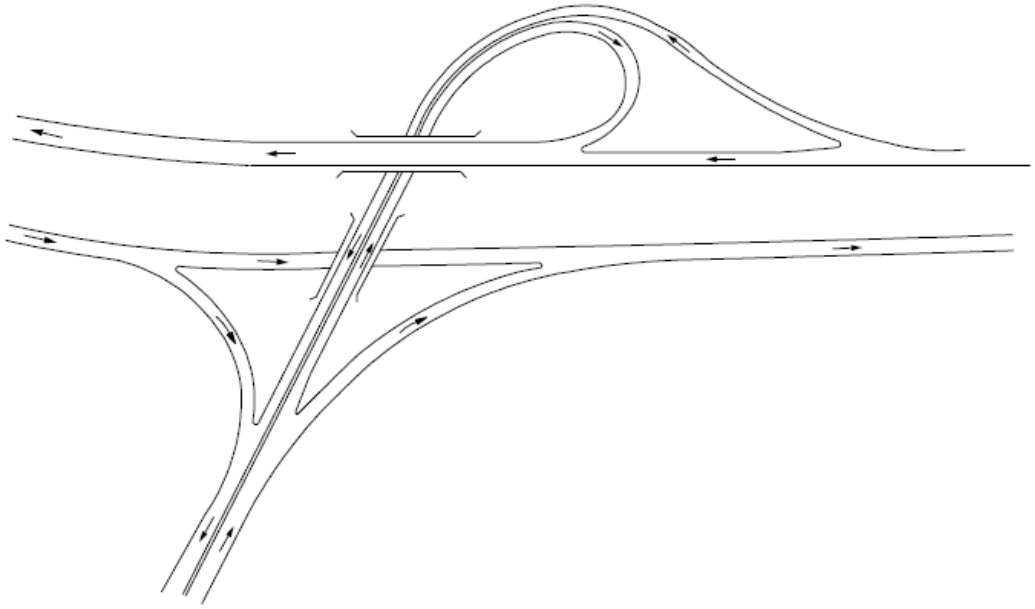
حالت ث نیز وضعیت نسبتاً مشابهی با دو حالت قبل دارد، با این تفاوت که در این حالت به دو سازه دو طبقه برای جداسازی ترافیک نیاز است. ایجاد اختلاف سطح لازم در فاصله کافی قبل از رسیدن به محل تبادل برای مسیرهای گردشی، از نیازمندی‌های این طرح است.

حالت ج نیز شکل تغییریافته حالت ث است، که گردش ملایم‌تری را برای حرکت‌های گردشی فراهم می‌سازد، اما کارآیی آن، تا حد زیادی وابسته به تأمین طول کافی برای ترافیک تداخلی است.




شکل ۶-۹- طرح‌های متداول تبادل‌های سه راهی با چند سازه تقاطع

طرح تبادل‌های سه‌راهی منحصر به حالت‌های فوق نیست. در هر مورد متناسب با شرایط حجم ترافیک جهات مختلف، محدودیت‌های حریم راه و هزینه در نظرگرفته شده برای ساخت تبادل، می‌توان ترکیبی از حالت‌های مختلف را بررسی و بهترین گزینه را انتخاب کرد.



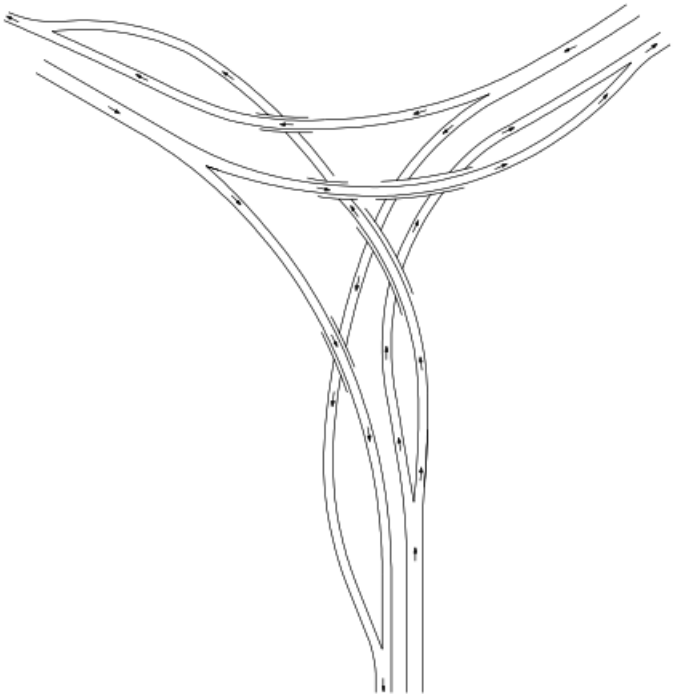
شکل ۶-۱۰-تبادل سه‌راهی (Tشکل یا شیپوری)

شکل (۶-۱۰)یک تبادل شیپوری در محل تقاطع آزادراه و مسیر محلی مهم برون‌شهری را نشان می‌دهد. ویژگی منحصر به فرد این تبادل، مسیر محلی است که به دلیل شیب سرازیری تند زمین از روی یکی از مسیرهای آزادراه و از زیر مسیر دیگر به صورت زیرگذر عبور می‌کند. در این حالت اتصال نیمه جهتی ترافیک سنگین‌تر و گردراهه ترافیک سبک‌تر را جابه‌جا می‌کند.

شکل (۶-۱۱) تبادل بین دو آزادراه را در منطقه برون‌شهری نشان می‌دهد. طرح جهتی با شعاع بزرگ اجازه سرعت بالا را برای همه حرکت‌ها می‌دهد. فاصله جداسازی بین دوشاخه‌های اصلی و پایانه‌های رابط آنها، جهت تأمین عملیات ترافیکی روان باید کافی باشند. در این چیدمان پنج سازه مجزا وجود دارد.

شکل (۶-۱۲) یک تبادل سه راهی جهتی بین دو آزادراه متقاطع با رودخانه را نشان می‌دهد. معابر گردشی با آزادانه طراحی شده‌اند که سرعت‌های بالا را ممکن می‌سازد. دو راهی اصلی و پیوند اصلی در تقاطع‌های رودخانه قابل توجه است. در محل واگرایی، ناحیه سه گوش دو راهی بسیار گرانقیمت‌تر از محل همگرایی، به منظور فضای بازیابی و نصب احتمالی ضربه گیر، تأمین شده است.

شکل (۶-۱۳) تبادل شیپوری را نشان می‌دهد. معمولاً همه حرکات در این نوع از تبادل تأمین می‌شود.



شکل ۶-۱۱-تقاطع تبادل سه راهی جهتی

شکل۶-۱۲- تبادل سه‌راهی جهتی در تقاطع با رودخانه

شکل۶-۱۳-تبادل شیپوری آزادراه با آزادراه

### ۶-۷-۲- تبادل‌های چهارراه

تبادل‌های چهارراه، محل توزیع و هدایت جریان‌های ترافیک موجود در چهار شاخه منتهی به تبادل، در ۲ یا چند سطح مختلف می‌باشند. تبادل‌های چهارراه را به هفت گروه زیر می‌توان تفکیک کرد:

۱- تبادل با رابط‌های یک گوشه،

۲- تبادل‌های لوزوی،

۳- تبادل‌های میدانی،

۴- تبادل‌های لوزوی تک‌نقطه‌ای،

۵- تبادل‌های لوزوی واگرایی،

۶- تبادل شبدری کامل یا نسبی (شامل رابط‌هایی در دو یا سه گوشه)، و

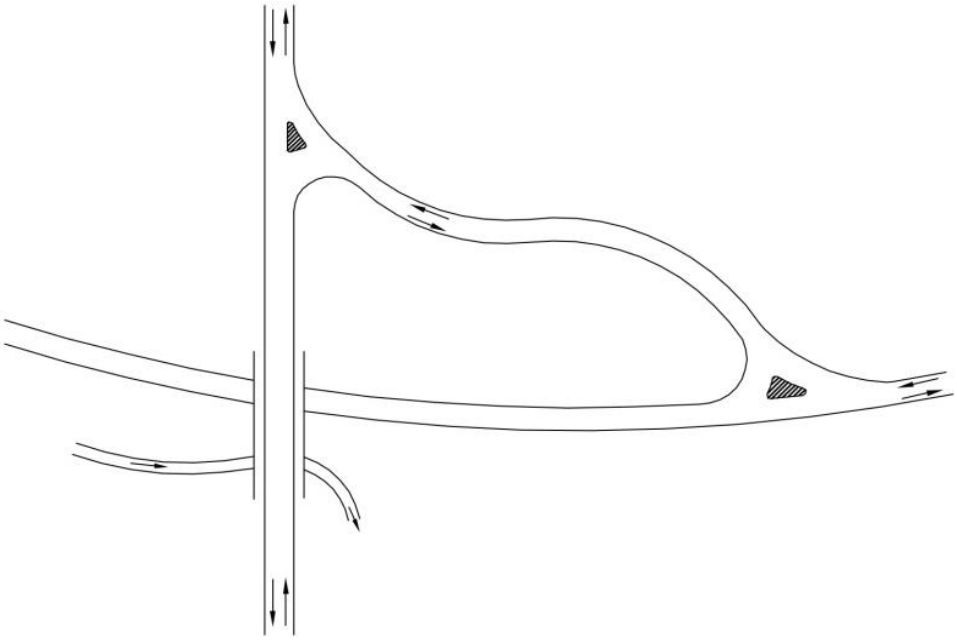
۷- تبادل‌های جهتی (ارتباطات جهتی و نیمه جهتی).

#### ۶-۷-۲-۱-تبادل با رابط‌های یک گوشه

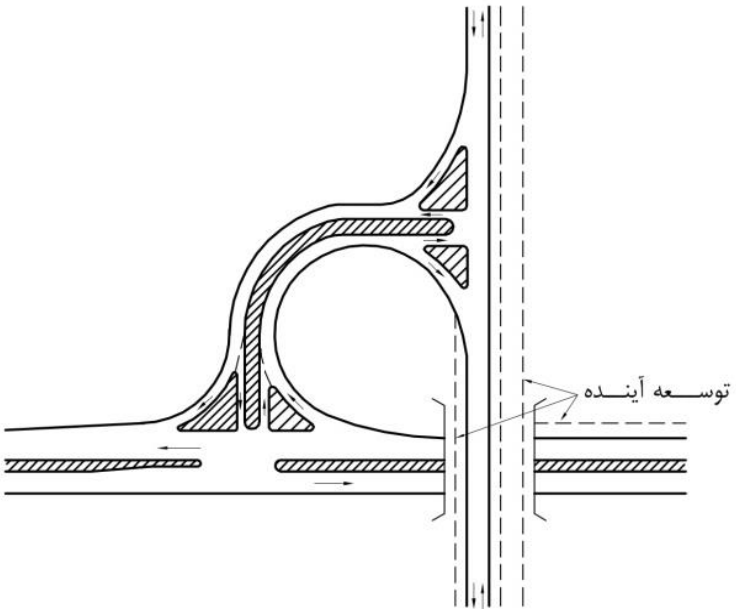
این نوع تبادل، در محل تقاطع دو راه با حجم ترافیک کم که انتظار نمی‌رود در آینده نزدیک نیز افزایش یابد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این حالت یک رابط دو طرفه با شرایط طرح حداقل به منظور پاسخ‌گویی به نیازهای حرکت‌های گردشی کفایت می‌کند. در این تبادل کلیه گردش‌ها به صورت تقاطع هم‌سطح است ولی عبورهای مستقیم در دو سطح مختلف انجام می‌شود.

این طرح، بیشتر در محل تقاطع راه‌های تفریحی خوش‌منظر با راه‌های درون استانی دو خطه دو طرفه مورد استفاده قرار می‌گیرد که حجم ترافیک گردشی نسبت به حجم ترافیک عبور مستقیم، کم است و درصد وسایل نقلیه سنگین نیز قابل توجه نیست. در این حالت معمولاً حفظ محیط طبیعی بر ایجاد رابط‌های اضافی برای سهولت حرکت ترافیک ارجحیت دارد.

نحوه هدایت ترافیک گردش به چپ و راست در این حالت حایز اهمیت است و می‌توان با نصب علائم کافی در محل، وضعیت مناسبی برای آن به‌وجود آورد. شکل (۶-۱۴)، نمونه‌ای از طرح تبادل با رابط یک گوشه را نشان می‌دهد. تبادل‌های با رابط یک گوشه، گاهی اوقات به عنوان گام نخست از ساخت مرحله‌ای یک تبادل با رابط‌های چندگانه نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. در چنین حالتی، طرح مرحله‌ای اجرای رابط‌ها، بر اساس طراحی نهایی مورد نظر برای آنها انجام می‌شود تا از صرف هزینه‌های مجدد اجتناب شود. نمونه‌ای از طرح تبادل‌های چهار راه با ساخت مرحله‌ای، در شکل (۶-۱۵) نشان داده شده است.



شکل ۶-۱۴- نمونه طرح تبادل چهارراهی با رابط‌های یک گوشه




شکل ۶-۱۵- تبادل با رابط‌های یک گوشه بر اساس نیازمندی‌های آتی طرح

### ۶-۷-۲-۲- تبادل‌های لوزوی

این نوع تبادل، ساده‌ترین و شاید معمول‌ترین نوع تبادل‌ها را تشکیل می‌دهد. تبادل لوزوی کامل، متشکل از چهار رابط یک طرفه، در چهار گوشه خود می‌باشد. گردش به راست‌ها به صورت جریان آزاد در راه اصلی هدایت می‌شود. گردش به چپ‌ها می‌تواند سبب بروز محدودیت برای جریان مستقیم ترافیک شود. مزایای این سیستم در مقایسه با تبادل شبدری‌نسبی عبارت است از:

- ورود و خروج تمامی جریان‌های ترافیک مسیر اصلی با سرعت‌های نسبتاً بالا می‌تواند انجام شود،
- حرکت‌های گردش به چپ، مسیر اضافی کمتری را طی می‌کنند (با تقاطع هم‌سطح در راه تلاقی کننده)، و
- به حریم کمتری نیاز دارد.

استفاده از این تبادل در محل‌هایی توصیه می‌شود که تقاطع هم‌سطح برای چپگردها در یکی از دو مسیر ممکن باشد. شکل (۶-۱۶) تبادل لوزوی با توسعه اطراف آن نشان می‌دهد.

در محل تلاقی رابط‌ها با مسیر فرعی، یک تقاطع چهارراهی به‌وجود می‌آید که دو شاخه آن یک طرفه است. لذا برای جلوگیری از اشتباه، علایم لازم برای هدایت رانندگان به مسیر مناسب، قبل از رسیدن آنها به محل انشعاب انجام می‌شود. از جریان‌بندی ترافیک نیز برای جلوگیری از اشتباه می‌توان استفاده کرد. جدول‌های جریان‌بندی، ترجیحاً از نوع قابل عبور، رنگ شده و قابل تشخیص است، تا هدایت لازم را انجام دهد و سبب بروز برخوردهای خطرساز نشود. با افزایش حجم ترافیک

مسیر کم اهمیت‌تر، امکان دارد تعریض رابط‌ها و مسیر فرعی در حوالی تبادل و حتی احتمال استفاده از سیستم چراغ راهنمایی به منظور کنترل حرکات گردشی اجتناب ناپذیر باشد.

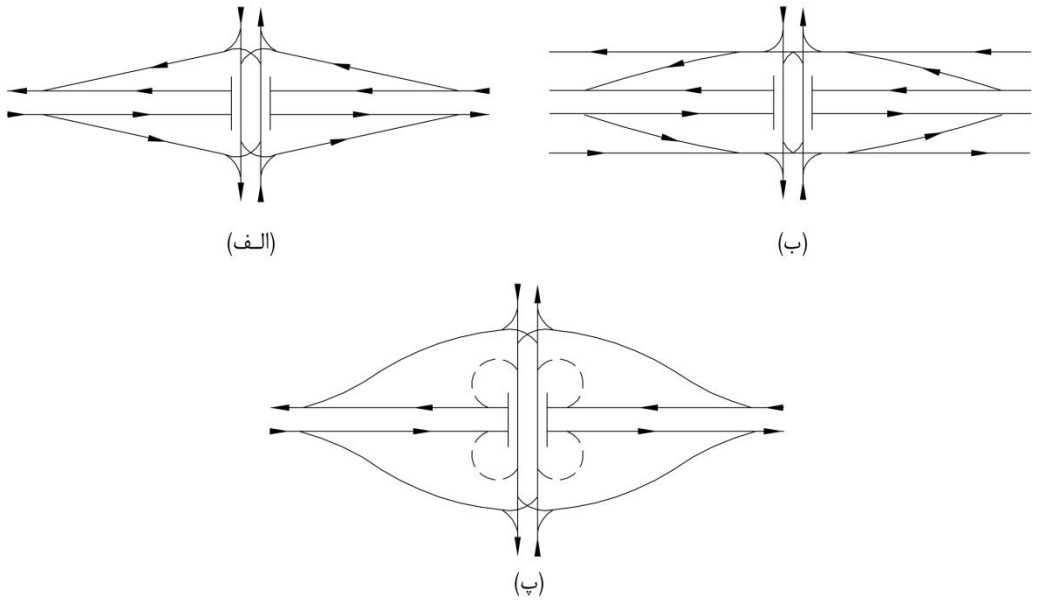
شکل ۶-۱۶-نمونه تبادل لوزوی شکل چهارراهی

انواع مختلف تبادل‌های لوزوی در شکل‌های (۶-۱۷) و (۶-۱۸) نشان داده شده است. در شکل (۶-۱۷ الف و ب) حالت‌های متداول طرح تبادل‌های لوزوی نشان داده شده است که ممکن است با راه‌های جانبی یا بدون آن باشد. در صورت استفاده از راه‌های جانبی، رابط‌ها بهتر است حداقل در ۱۰۰ متری قبل از تقاطع، به راه جانبی متصل شود. حالت پ نیز نوعی تبادل لوزوی گسترش‌یافته است که در آن، قابلیت تبدیل به حالت شبدری در نظر گرفته شده است. راه‌حل‌های کاهش تلاقی حرکت‌های ترافیکی در تبادل‌های لوزوی در شکل‌های (۶-۱۸) و (۶-۱۹) نشان داده شده است. در حالت الف شکل (۶-۱۸)، چهار حرکت گردش به چپ در یک تبادل، به دو حرکت گردش به چپ در دو تقاطع متوالی تبدیل شده است. نقطه ضعف چنین حالتی این است که ترافیک خروجی از آزادراه، امکان برگشت به همان راه در همان تبادل را ندارد، بلکه از تبادل مجاور استفاده می‌کند. در چنین حالتی استفاده از راه‌های جانبی (که در شکل به صورت خط چین نمایش داده شده است)، اختیاری است. این وضعیت در راه‌های کشورمان مورد استفاده کمتری دارد.

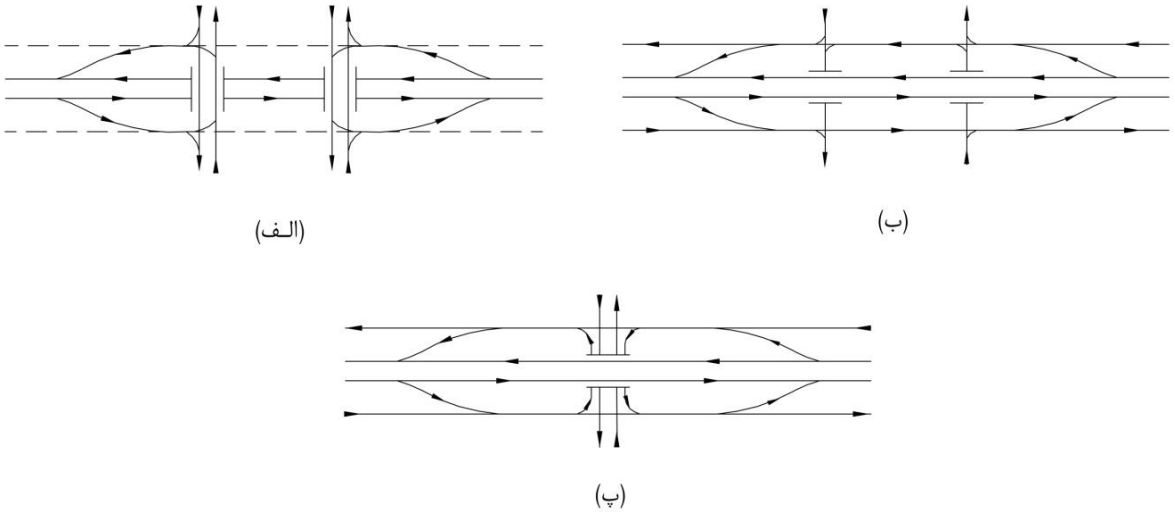
حالت ب نیز وضعیتی تقریباً مشابه با حالت الف دارد، با این تفاوت که مسیر متقاطع به صورت دو مسیر یک طرفه، با فاصله کم نسبت به هم، در آمده است. کاربرد این حالت نیز بسیار نادر است.

حالت پ برای شرایطی کاربرد دارد که حرکت‌های دورزدن (U شکل) قابل توجه و مسیر فرعی نیز نسبتاً شلوغ است.

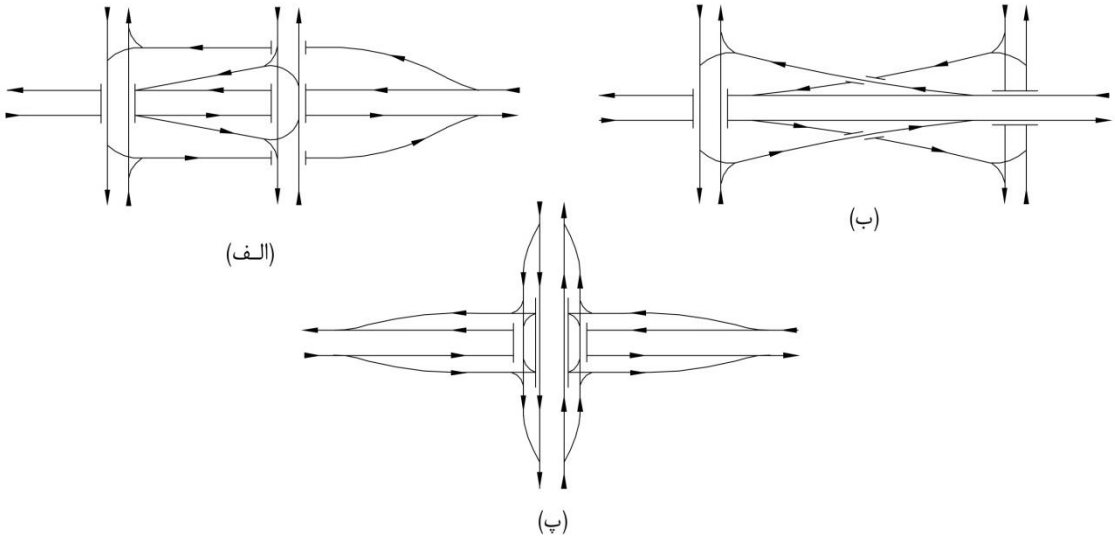
نمونه‌هایی از طرح تبادل‌های لوزوی با بیش از یک سازه در شکل (۶-۱۹) نشان داده شده است. مسیرهای مورب، در حالت‌های الف و ب این شکل، گاهی اوقات به دلیل ناهمواری زمین و یا محدودیت‌های حریم راه بر طرح تحمیل می‌شود. فاصله میان مسیرها، بر اساس شیب‌بندی لازم و طول خط‌های افزایش و کاهش سرعت، تعیین می‌شود. حالت پ نیز نمونه‌ای از طرح تبادل لوزوی سه طبقه را نشان می‌دهد. این طرح، جریان پیوسته‌ای را برای ترافیک عبوری و گردش به راست، فراهم می‌سازد. گردش به چپ‌ها، به صورت هم‌سطح، در یک طبقه جداگانه انجام می‌شود. این سیستم در شرایطی استفاده می‌شود که ترافیک هر دو مسیر زیاد باشد. هزینه تملک حریم برای این گزینه، کمتر از سایر طرح‌های موجود است که ظرفیت مشابهی را تأمین می‌کند. در شکل (۶-۲۰) تبادل لوزوی دوگانه یا سه طبقه نشان داده شده است.




شکل۶-۱۷-تبادل لوزوی آرایش متداول




شکل ۶-۱۸- طرح‌های تبادل لوزوی به منظور کاهش برخوردهای ترافیکی




شکل۶ -۱۹- تبادل‌های لوزوی با سازه‌های اضافی

شکل۶-۲۰- آزادراه با یک تبادل لوزوی سه طبقه

**۶-۷-۲-۳- تبادل‌های میدانی**

شکل (۶-۲۱) یک تبادل لوزوی را با میدان‌هایی در هر پایانه رابط متقاطع نشان می‌دهد. تمامی حرکات مستقیم و گردشی در تقاطع راه و رابط به‌وسیله میادین تک خطه یا چند خطه تأمین می‌شود. در این طراحی، پل باریک‌تر (نه فضای انباشت برای خطوط گردشی) و حذف چراغ راهنمایی در تبادل تأمین می‌شود. دوچرخه و عابر پیاده با در نظر گرفتن محل تقاطع و میادین تک‌خطه و چندخطه باید در نظر گرفته شوند. مشابه هر نوع تبادلی، شیب‌های طولی باید در نظر گرفته شوند.

شکل۶-۲۱-تبادل لوزوی شکل با میدان‌هایی در پایانه‌های رابط راه متقاطع

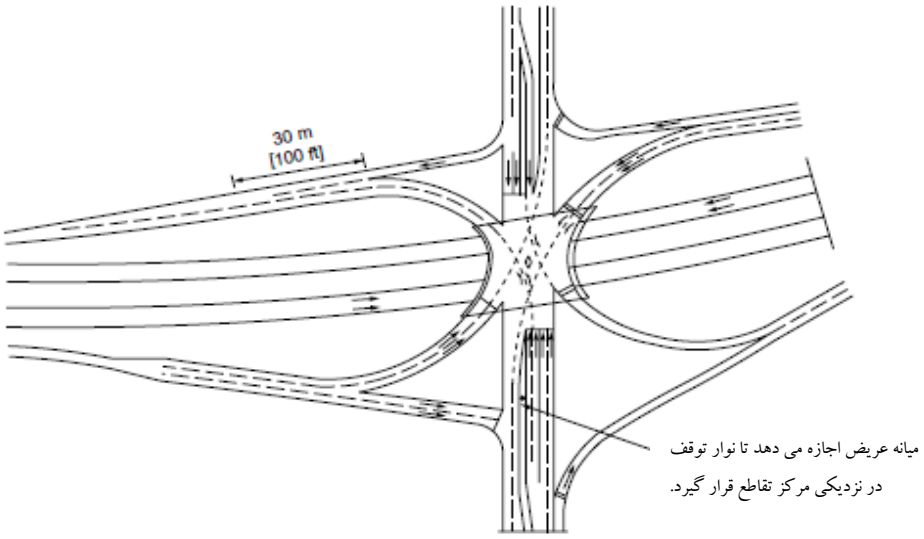
**۶-۷-۲-۴- تبادل‌های لوزوی تک‌نقطه‌ای**

تبادل لوزوی تک‌نقطه‌ای، همچنین به‌عنوان تبادل تک‌نقطه‌ای شهری شناخته می‌شوند، در ابتدا در اوایل ۱۹۷۰ ساخته شد. ویژگی اصلی این تبادل این است که تمام چهار حرکت گردشی توسط یک چراغ راهنمایی کنترل می‌شوند و عملیات گردش به چپ مقابل از سمت چپ یکدیگر عبور می‌کنند. این تبادل معمولاً به وسیله یک حریم باریک، با هزینه‌های ساخت بالا، و ظرفیت بیشتر نسبت به تبادل لوزوی متداول باریک متمایز می‌شود. این تبادل در جائی که حریم محدود است مناسب‌ترند.

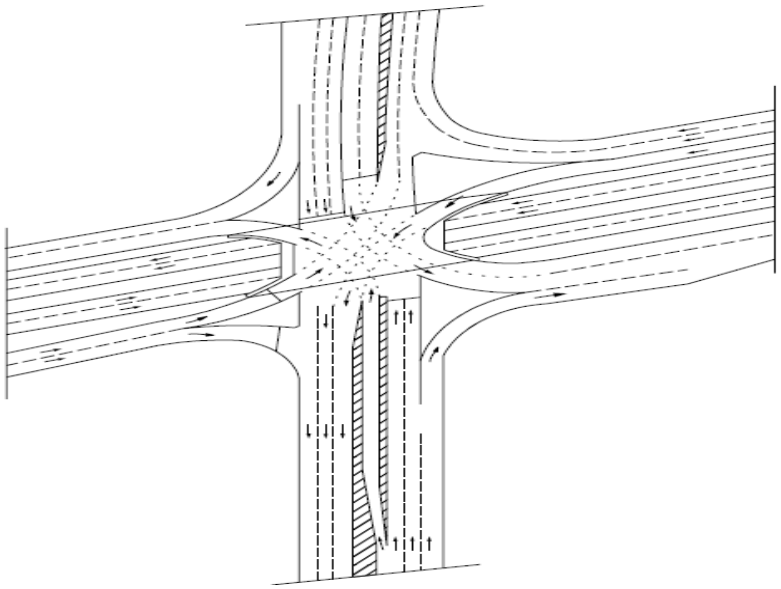
این تبادل مزایای متعددی دارد که عبارتند از: امکان احداث در حریم نسبتاً باریک که منجر به کاهش نسبتاً قابل توجه هزینه می‌گردد. مزیت عملکردی اصلی این تبادل این است که خودروهایی چپگرد جهت مخالف به جای سمت راست از سمت چپ یکدیگر عبور می‌کنند، بنابراین مسیرهایشان با هم تقاطعی ندارند. علاوه بر آن، حرکات راستگرد از رابط‌های خروجی معمولاً بصورت کنترل جریان آزاد یا حق تقدم عبور است و فقط چپگردها از طریق تقاطع چراغدار انجام می‌شود. در نتیجه، منبع اصلی تلاقی ترافیک حذف می‌شود و کارایی کلی تقاطع افزایش می‌یابد و فازبندی چراغ راهنمایی از عملیات چهار زمانه به سه زمانه کاهش می‌یابد. از آنجا که در اینجا فقط یک تقاطع وجود دارد، نسبت به حالت لوزوی که دو تقاطع دارد، تاخیر ناشی از کنترل چراغ راهنمایی نیز کاهش می‌یابد. زاویه گردش و شعاع قوس برای حرکات چپگرد خیلی بازتر از تقاطع‌های متداول است و بنابراین چپگردها با سرعت‌های بالاتر حرکت می‌کنند. زاویه چپگرد بین ۴۵ تا ۶۰ درجه با حداقل شعاع ۴۵ تا ۶۰ متر انجام می‌گیرد. موارد فوق‌الذکر در کل منجر به ظرفیت بالاتر نسبت تبادل لوزوی می‌شود.

نقص اصلی این تبادل، هزینه بالای ساخت آن است که ناشی از احداث پل‌ها است. روگذرهای آنها نیاز به پل‌های طولانی جهت پوشش سطح تقاطع بزرگ زیر آن را دارد. امکان احداث گزینه دو دهانه وجود ندارد، چرا که یک ستون مرکزی با

حرکات ترافیک تعارض خواهد داشت. در این تبادل طول پل‌های روگذر تک دهانه به طور معمول ۶۵ متر است، در حالی که پل های سه دهانه اغلب از ۱۲۰ متر بیشتر است. همانطور که در شکل (۶-۲۲) نشان داده شده است، زیرگذر این تبادل عریض و اغلب به شکل "پروانه" است و در نتیجه هزینه زیادی به دنبال دارد. سازه مستطیلی این تبادل اگرچه منجر به مساحت عرشه بلااستفاده می‌شود، اما ممکن است منطقه دیگری را برای نگهداری از ترافیک و ساخت ساده فراهم کند. در مواردی که حریم محدود است، دیوارهای حائل طولانی لازم می‌شود که خود هزینه را افزایش می‌دهد. با این وجود، هزینه ساخت بالاتر اغلب با کاهش هزینه حریم جبران می‌شود. شکل (۶-۲۳) یک زیرگذر را در حریم محدود نشان می‌دهد.




شکل ۶-۲۲-تبادل لوزوی تک‌نقطه‌ای زیرگذر

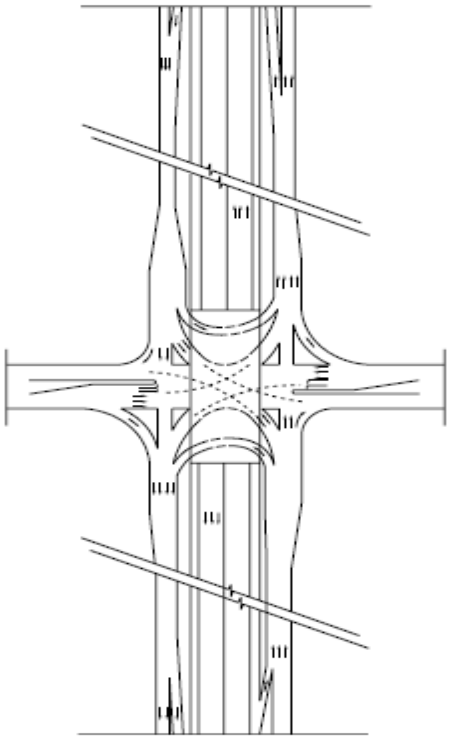


شکل ۶-۲۳-نمونه آرایش لوزوی تک‌نقطه‌ای زیرگذر در حریم محدود

دومین نقص بالقوه این تبادل طول و هندسه مسیر چپگرد خودروها از تقاطع است. همانند اغلب تقاطع‌های مرسوم، خودروهای چپگرد از سمت چپ خودروی چپگرد جهت مخالف عبور می‌کند. اگرچه، به‌علت اندازه و فاصله بین مسیرهای مقابل‌هم، مسیرهای چپگرد مانند تقاطع‌های متداول به صورت ربع دایره نیست بلکه به صورت ربع بیضی است. برای راهنمایی سازنده برای عبور این مسیر غیرمرسوم راهکارهای مختلفی وجود دارد. حداقل بهتر است از خط کشی منقطع ۰/۶ متر تقاطع انجام گیرد.

برخی از ملاحظات اساسی طراحی می‌تواند هندسه و بهره‌برداری این نوع تبادل را بهینه کند. اول این که مطلوب است قوس چپگرد یک شعاع واحد داشته باشد. البته این مورد می‌تواند به حریم اضافی‌تر، سازه پل بزرگتر و یا هر دو منجر شود. جایی‌که استفاده از شعاع واحد عملی نباشد از قوس مرکب استفاده شود که شعاع قوس دوم باید حداقل نصف شعاع اولی باشد. ملاحظه مهم دیگر، تأمین فاصله دید توقف برای حرکت چپگرد برابر با یا بیشتر از سرعت طرح برای شعاع قوس مربوطه است. مورد سوم، عرض اضافی میانه در راه متقاطع است. مورد چهارم طراحی که می‌تواند عملکرد تقاطع را بهبود بخشد تأمین فاصله حداقل آزاد ۳/۰ متری بین چپگردهای مخالف در تقاطع همسطح است.

یک تبادل لوزوی تک‌نقطه‌ای با راه جانبی در شکل (۶-۲۴) نشان داده شده است، که در آن ملاحظات بیشتری برای طراحی لازم است در نظر گرفته شود. مثلا راه جانبی باید یک طرفه باشد. یک رابط کناری باید دسترسی خط اصلی به راه جانبی را تامین نماید که بهتر است حداقل ۲۰۰ متر و ترجیحاً بیش از ۳۰۰ متر بعد از تقاطع به راه جانبی متصل شود. چراغ راهنمایی برای تأمین حرکت عبوری باید چهار زمانه باشد.



شکل ۶-۲۴-طرح روگذر برای تبادل لوزوی تک نقطه‌ای با یک راه جانبی و حرکت دوربرگردان مجزای جریان آزاد

خطوط راستگرد معمولاً جدا از خطوط چپگرد با فاصله قابل توجهی از آنها قرار می‌گیرند. رابط راستگرد خروجی می‌تواند حرکت جریان آزاد یا کنترل شده باشد. طراحی راستگرد جریان آزاد باید شامل یک خط اضافی در خیابان متقاطع باشد که حداقل ۶۰ متر قبل از نقطه ادغام، در خط راستگرد آزاد شروع شود. راستگردهای جریان آزاد از رابط خروجی به راه متقاطع شریانی وقتی که نزدیکترین تقاطع در ۱۵۰ متری باشد مطلوب نیست، زیرا ممکن است بین رابط خروجی و تقاطع مجاور فاصله کافی برای حرکت تداخلی وجود نداشته باشد. ترافیک سنگین عابرپیاده یا دوچرخه نیز می‌تواند با افزودن درگیری بالقوه با ترافیک کنترل نشده وسایل نقلیه، از مطلوبیت راستگرد جریان آزاد بکاهد. راستگرد جریان آزاد رابط ورودی، با فرض وجود طول ادغام کافی در رابط ورودی، از نظر عملیاتی چندان نگران‌کننده نیست. همانطور که در سمت چپ بالای شکل ۶-) نشان داده شده است، خط گردش به راست باید حداقل ۳۰ متر بعد از نقطه همگرایی شروع ادغام، امتداد داشته باشد. شکل (۶-۲۵) هم یک زیرگذر و یک روگذر تبادل لوزوی تک‌نقطه‌ای را نشان می‌دهد.

(الف) زیرگذر

(ب) روگذر

شکل۶-۲۵- تبادل لوزوی تک‌نقطه‌ای زیرگذر و روگذر

### ۶-۷-۲-۵- تبادل‌های لوزوی واگرایی

تبادل لوزوی واگرا، یا تبادل لوزوی چلیپای دوگانه، نوعی تبادل لوزی متداول است. این تبادل اولین بار در سال ۲۰۰۹ جهت بهسازی یک تبادل لوزوی متداول موجود برای ترافیک بازگشایی شد. این تبادل از دو تقاطع همسطح چلیپایی جهتی (صلیبی) تشکیل شده است که ترافیک را بین پایانه‌های رابط راه متقاطع به سمت چپ جابه‌جا می‌کند. جابه‌جا کردن محل

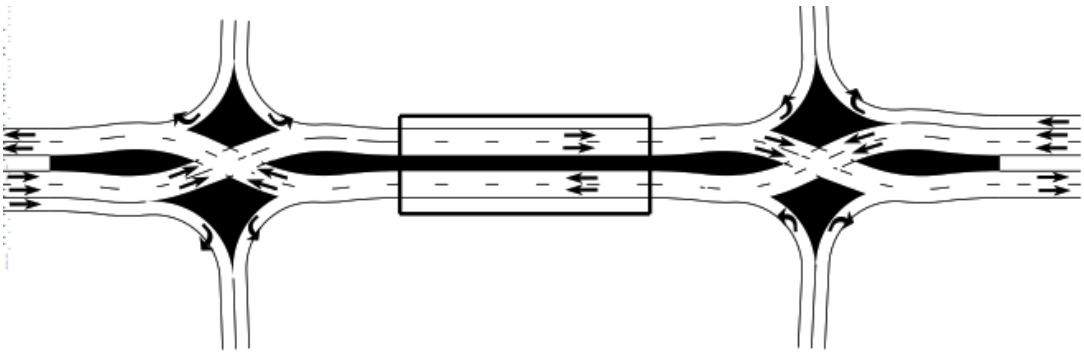
حرکت‌های عبوری به دو سمت مقابل، سبب می‌شود حرکات چپگرد متعارض به حرکات همگرایی/ واگرایی تبدیل شود و در فاز چراغ راهنمایی، نیاز به فاز جداگانه برای حرکت چپگرد پایانه‌های رابط حذف شود. لذا تمام اتصالات رابط و خیابان متقاطع بیرون از تقاطع‌های چلیپایی انجام می‌گیرند و این اتصالات می‌توانند توسط چراغ‌های راهنمایی دو زمانه، تابلو حق تقدم یا ایست کنترل شوند و یا جریان آزاد داشته باشند.

این تبادل مزایای مختلفی نسبت به تبادل لوزوی متداول دارد. با عملیات چراغ راهنمایی دو زمانه ساده برای تقاطع‌های همسطح آن، طرح انعطاف‌پذیری برای هماهنگی الگوهای ترافیکی متغیر تأمین می‌کند. در مقایسه با تبادل لوزوی متداول، نقاط تعارض بین خودرو-خودرو، خودرو-عابرپیاده و خودرو-دوچرخه به طور قابل توجهی کمتر است. ظرفیت حجم چپگرد در این تبادل به طور کلی بیشتر است و برای جابجایی حرکات وسایل نقلیه موتوری و غیرموتوری به فازهای چراغ راهنمایی کمتر و کوتاهتری نیاز است. عملیات کلی ممکن است در مقایسه با تبادل متداول لوزوی چراغ‌دار به دلیل طول چرخه کمتر، در نتیجه کاهش زمان تلف شده در هر فاز، کاهش زمان توقف و تأخیر و کاهش طول انباره صف، بهتر باشد. این تبادل همچنین تعداد و شدت نقاط درگیری را برای کاربران موتوری و غیرموتوری کاهش می‌دهد. فواصل عبور برای عابران پیاده در مقایسه کوتاه‌تر است و معمولاً در یک زمان، ترافیک رویکرد فقط از یک جهت نزدیک می‌شود. هندسه تقاطع‌های چلیپایی مزیت بیشتری در کاهش سرعت وسایل نقلیه موتوری در تبادل دارد که منجر به اثر آرام‌سازی ترافیک می‌شود که در نهایت شدت تصادفات را کاهش می‌دهد.

این تبادل با توجه به شرایط محل احداث، طبق شکل (۶-۲۶) ممکن است به صورت روگذر یا زیرگذر طراحی شود. در برخی شرایط استفاده از چندین سازه، به‌خصوص جایی‌که زاویه بیه بین مسیرها قابل توجه است، می‌تواند مفید باشد. فاصله بین رابط‌های تقاطع‌های همسطح نیز از ملاحظات اساسی است زیرا این امر بر طراحی چراغ راهنمایی و عملیات کریدور راه متقاطع تأثیر می‌گذارد. فاصله بسیار کم بین رابط‌های متقاطع ممکن است طراحی چلیپاها را محدود کرده و طول انباشت صف و زمان‌بندی چراغ راهنمایی را محدود کند.

(الف) حالت زیرگذر

(ب) حالت روگذر



(ج) دیاگرام تبادل لوزوی واگرائی

شکل ۶-۲۶- تبادل لوزی واگرایی زیرگذر و روگذر

در این تبادل اجزا کلیدی مختلفی با هم در ارتباطند، و در طرح کلی باید ترکیبی از آنها در نظر گرفته شود. انتخاب‌های مناسب برای اجزاء طراحی نظیر سرعت طرح، شعاع قوس‌های معکوس، عرض خطوط، عرض میانه، و سایر ویژگی‌ها از طرحی به طرح دیگر تغییر می‌کند.

از آنجا که مساحت تقاطع چلیپا در سرعت‌های کمتر، عملیات بهتری دارد، سرعت طرح برای امتداد افقی چلیپاها باید در محدوده ۳۰ تا ۶۰ کیلومتر بر ساعت باشد، که در نتیجه شعاع چلیپا حدوداً ۳۰ تا ۱۵۰ متر، بسته به شیب عرضی، انتخابی می‌شود (که در محدوده مثبت و منفی ۲ درصد است). قوس‌های معکوس در چلیپا باید ترکیب مناسبی از شعاع و طول تانژانت باشد، وگرنه شرایط رانندگی سخت می‌شود به خصوص برای خودروهای بزرگ که بخواهند مسیر رانندگی‌شان را در خط خودشان نگه دارند. تأمین یک مماس بین چلیپاهای تقاطع به رانندگان در حفظ ردیابی مطلوب خودرو کمک می‌کند و توالی قوس-خط مماس-قوس باعث بهبود رانندگی با سرعت مورد نظر می‌شود. پیشنهاد خط مستقیم به طول تقریبی ۱۵ تا ۳۰ متر بین قوس‌های معکوس چلیپاها مناسب است.

علاوه بر انتخاب ترکیب مناسبی از شعاع برای قوس معکوس و طول تانژانت بین آنها، زاویه چلیپا یکی از اجزاء طراحیست که ملاحظاتی را که دربر می‌گیرد. زاویه تقاطع، زاویه بین خطوط ترافیک مقابل هم در چلیپا است. هرچه زاویه چلیپا بزرگتر باشد، چلیپا بیشتر به تقاطع طبیعی با دو مسیر متقاطع مختلف شبیه می‌شود و احتمال اینکه راننده مسیر اشتباهی را برود کاهش می‌یابد. زوایای تقاطع بزرگتر در ترکیب با قوس معکوس تند می‌تواند پتانسیل واژگونی وسایل نقلیه با مرکز ثقل بالا و عدم راحتی راننده در حین عبور از چلیپا را به همراه داشته باشد. روش توصیه شده دستیابی به بزرگترین زاویه عبور ممکن است که با سایر پارامترهای هندسی و محدودیت‌های محل تبادل در تعادل باشد. زاویه چلیپا معمولاً بین۳۰ تا ۵۰ درجه است. زاویه چلیپای کمتر از ۳۰ درجه ممکن است احتمال حرکت‌های اشتباه را افزایش دهند. از ویژگی‌های اضافی مانند علائم تکمیلی و خط‌کشی روسازی باید استفاده شود تا احتمال حرکت اشتباه در مسیر را به حداقل برساند. عرض خط مناسب در امتداد مسیر متقاطع به طور معمول از ۳/۶ تا ۴/۶ متر است و این بستگی به محل تبادل و در نظر گرفتن خودروهای طرح دارد که در کنار هم از ناحیه چلیپا عبور می‌کنند. از معایب طرح این تبادل عدم توانایی آن در مسیریابی کامیون‌ها یا اتوبوس‌های حمل‌ونقل عمومی بزرگتر از ابعاد استاندارد از طریق رابط خروجی است که مستقیماً از طریق تقاطع و به رابط ورودی انجام می‌شود. در نظر گرفتن بارهای بزرگ و ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی در ارزیابی این تبادل‌ها کلیدی است.

### ۶-۷-۲-۶- تبادل‌های شبدری

شبدری‌ها، تبادل‌های چهار شاخه‌ای هستند که در آنها از رابط‌های گردراهه به منظور انجام حرکت‌های چپگرد استفاده می‌شود. چنانچه در تمامی گوشه‌های تبادل، گردراهه‌ها وجود داشته باشند، تبادل «شبدری کامل» و در غیر این صورت

«شبدری نسبی» نامیده می‌شود. در تقاطع راه‌ها، استفاده از تبادل شبدری نسبی توصیه می‌شود. دو نمونه تبادل شبدری در شکل (۶-۲۷) نشان داده شده است.

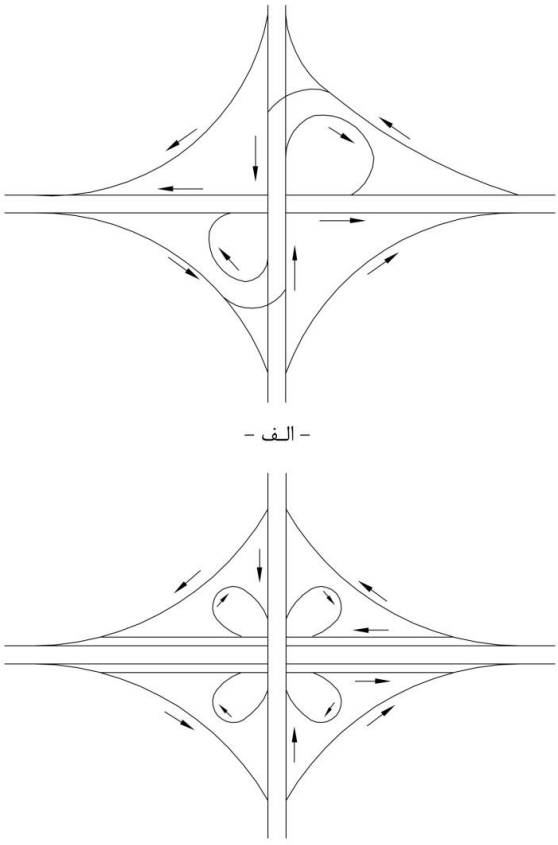
نقاط ضعف تبادل‌های شبدری عبارت است از:

- طولانی‌تر بودن حرکت‌های گردش به چپ،
- ایجاد ترافیک تداخلی بین دو گردراهه مجاور،
- کوتاهی طول قسمت ترافیک تداخلی، و
- ضرورت تملک حریم نسبتاً بزرگ.

چنانچه راه‌های جمع‌کننده- توزیع‌کننده در این تبادل‌ها تعبیه نشود، نقاط ضعف دیگری همچون موردهای زیر اضافه می‌شود:

- ایجاد ترافیک تداخلی در خط عبور مسیر اصلی،
- خروجی دوگانه در خط عبور مسیر اصلی، و
- مسایل مربوط به علامت‌گذاری خروجی دوم.

به طور تقریبی با افزایش هر ۱۰ کیلومتر در ساعت به سرعت طراحی گردراهه، فاصله اضافی طی شده برای گردش به چپ حدود ۵۰ درصد و زمان سفر نیز حدود ۲۵ درصد و زمین مورد نیاز حدود ۱۵۰ درصد افزایش می‌یابد. در حالی که برای رابط‌های گردش به راست، با افزایش سرعت، فاصله طی شده و زمان سفر، کاهش، ولی زمین مورد نیاز افزایش می‌یابد.



- الف -

- ب -

شکل ۶-۲۷- دو نمونه تبادل شبدری نسبی و کامل

مثلاً فاصله طی شده در گردراهه، که برای سرعت ۳۰ کیلومتر در ساعت (شعاع ۴۰ متر) طرح شده، حدود ۲۷۰ متر است. در حالی که همین فاصله برای سرعت‌های طرح ۴۰ و ۵۰ کیلومتر در ساعت، به ترتیب به حدود ۴۷۰ و ۶۷۰ متر می‌رسد. به هر حال به منظور توجیه استفاده از تبادل شبدری، افزایش سرعت و کاهش برخوردهای حاصله از آن (که به دلیل عدم وجود تقاطع‌های هم‌سطح برای کلیه حرکات است)، با نقاط ضعفی همچون افزایش حریم راه و فاصله طی شده برای گردش به چپ و همچنین ایجاد ترافیک تداخلی، ضمن بررسی اقتصادی (نسبت منفعت به هزینه) مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

در راه‌ها، عموماً به دلیل کمتر بودن مشکلات تملک زمین و معارض، استفاده از تبادل‌های شبدری در اکثر مواقع سبب افزایش کارآیی تقاطع می‌شود و استفاده از آن در مقایسه با تبادل‌های لوزوی قابل توجیه است.

چنانچه حجم ترافیک تداخلی بین دو گردراهه ورودی و خروجی طرفین سازه تبادل، به حدود ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت برسد، به منظور افزایش ظرفیت تبادل توصیه می‌شود از راه‌های جمع‌کننده-توزیع‌کننده استفاده شود. بنابراین بهتر است که در طرح تبادل‌های شبدری، امکان ساخت راه‌های جمع‌کننده-توزیع‌کننده در طرح پل‌ها در نظر گرفته شود.

تبادل‌های شبدری در مقایسه با تبادل‌های لوزوی به طور قابل‌توجهی گرانتر هستند و در صورت وجود محدودیت (مالی- هزینه تملک زمین و پستی و بلندی منطقه) می‌توان به صورت مرحله‌ای و بر اساس اولویت ترافیکی و گزارش تصادفات موجود در محل، اجرا کرد.

در شکل (۶-۲۸) نمونه‌ای از تبادل شبدری نسبی بین آزادراه و یک راه شریانی سریع‌السیر نشان داده شده است که در یک ناحیه حومه شهری با توسعه سریع قرار گرفته است. با توجه به هزینه بالای حریم آن، در طرح آن از رابط‌های گردراهه اقتصادی‌تر با شعاع کمتر استفاده شده است.

شکل ۶-۲۸- تبادل شبدری نسبی

در شکل (۶-۲۹) تبادل شبدری کامل بین آزادراه و یک راه شریانی جداشده طرح شده است. در آن راه‌های جمع‌کننده و توزیع‌کننده نیز استفاده شده است.

شکل ۶-۲۹- تبادل شبدری کامل با راههای جمع‌کننده-توزیع‌کننده

تبادل شبدری نسبی همان‌گونه که در شکل (۶-۲۷-الف) نشان داده شده است حالت خاصی از تبادل‌های شبدری است که در آن، تمامی گوشه‌های تبادل دارای رابط و گردراهه نیست. در چنین حالتی، پستی و بلندی زمین و مسائل اجتماعی، مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده گوشه‌هایی از تبادل است که دارای رابط و گردراهه می‌باشد. در طراحی این تبادل‌ها، نحوه قرارگیری رابط‌ها بهتر است به گونه‌ای باشد که حداقل برخورد با جریان ترافیک مسیر اصلی در حین گردش‌های ورودی و خروجی حاصل شود. برای این منظور رهنمودهای زیر ارائه می‌شود:

- ترتیب قرارگیری رابط‌ها به گونه‌ای طراحی شود که حرکت‌های گردشی غالب در محل تبادل از طریق ورودی یا خروجی راستگرد انجام شوند.

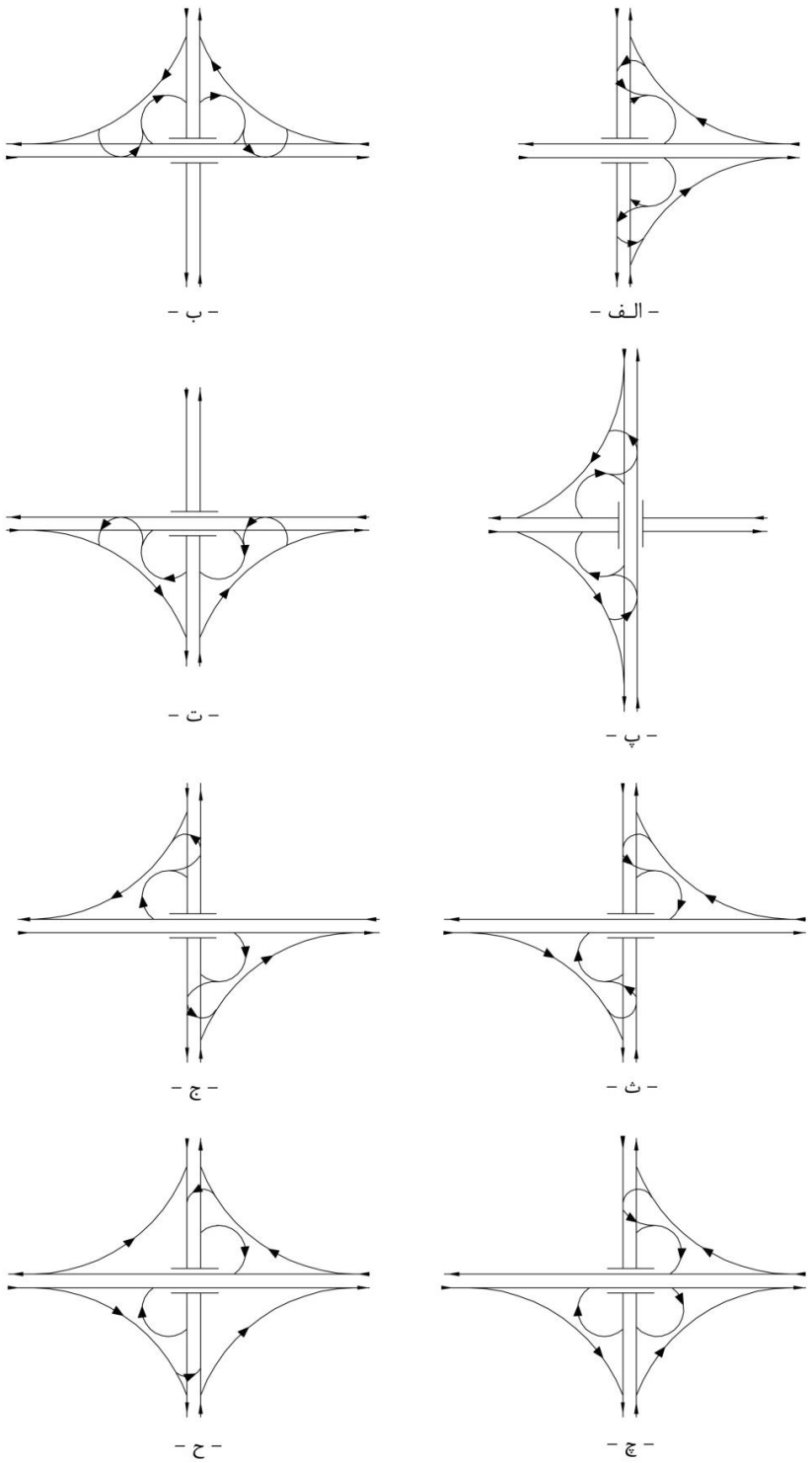
- چنانچه حجم ترافیک عبوری مسیر اصلی در مقایسه با حجم مسیر فرعی تلاقی‌کننده قابل توجه باشد، اولویت باید به گونه‌ای باشد که راستگردها (ورودی‌ها و خروجی‌ها) در مسیر اصلی انجام شود، حتی اگر چنین حالتی منجر به ارتباط مستقیم چپگرد در مسیر تلاقی‌کننده شود.

شکل (۶-۳۰) چندین حالت قرارگیری رابط‌ها و گردراهه‌های تبادل‌های نیمه‌شبدری را نشان می‌دهد.

انتخاب هر یک از گزینه‌های مورد اشاره در این شکل به عوامل زیر بستگی دارد:

- حجم ترافیکی حرکت‌های گردشی غالب در محل تبادل، و

- محدودیت حریم راه.




شکل ۶-۳۰- نمونه شماتیک آرایش رابط‌های گردشی ورودی و خروجی در تبادل‌های شبدری نسبی

به عنوان مثال، حالت پ مورد اشاره در این شکل برای شرایطی مناسب است که حجم ترافیک مسیر اصلی، غالب و گردش به چپ در مسیر اصلی از سمت شرق (به سمت جنوب) قابل توجه باشد. چنانچه محدودیت حریم راه، اجازه احداث گردراهه‌ها در نیمه سمت چپ تبادل را ندهد، در آن صورت طرح الف جایگزین آن می‌شود، اگر چه گردش به چپ از مسیر اصلی از سمت شرق به سمت جنوب در این حالت به صورت هم‌سطح و با تلاقی با جریان ترافیک مستقیم مسیر فرعی انجام می‌شود. همچنین طرح‌های حالت ب و ت در صورت امکان باید اجتناب شود.

شکل (۶-۳۱) تبادل شبدری نسبی یک راه دوخطه را نشان می‌دهد که از زیر یک آزادراه شش خطه عبور می‌کند. شکل (۶-۳۲) همین حالت را نشان می‌دهد که مشابه شکل قبل دو گوشه قطری مقابل هم رابط دارند، با این تفاوت که مسیر اصلی آزادراه چهار خطه است که از زیر یک راه اصلی با پل کوله‌باز با طول بیشتر عبور می‌کند.

شکل ۶-۳۱- تبادل چهارراهی (شبدری نسبی یا دو گوشه با رابط‌های بعد از سازه اصلی مسیر و مسیر اصلی روگذر)

شکل ۶-۳۲-تبادل چهارراهی (شبدری نسبی یا دو گوشه با رابطهای بعد از سازه اصلی مسیر و مسیر اصلی به صورت زیرگذر)

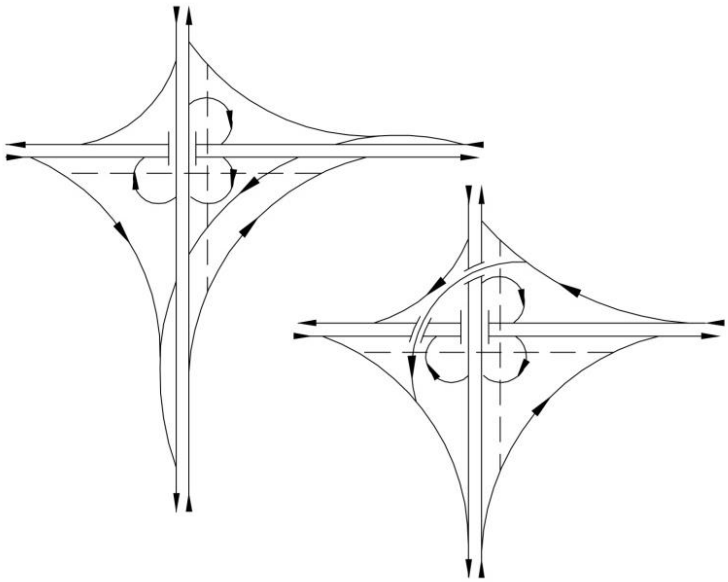
**۶-۷-۲-۷- تبادل‌های جهتی**

در این نوع تبادل‌ها زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که حجم ترافیک چپگردها در محل تبادل، قابل توجه و کاهش طول سفر، افزایش سرعت وسایل نقلیه و یا دسترسی مستقیم آن به مسیر جدید مدنظر باشد. حرکات گردشی آنها با استفاده از اتصالات یا رابطهای جهتی یا نیمه جهتی انجام می‌گیرد. بسته به سطح سرویس مورد نظر، از رابطهای جهتی و یا نیمه-جهتی برای انجام حرکت‌های گردشی استفاده می‌شود. رابطهای جهتی یا نیمه جهتی معمولاً هم رفتار هستند و اغلب دوخطه می‌باشند. از نظر ترافیکی وجود رابطهای جهتی برای انجام حرکات چپگرد، در کلیه گوشه‌های تبادل، به ندرت ضرورت پیدا می‌کند. در اغلب اوقات یک یا دو رابط جهتی کفایت می‌کند. از این حیث تبادل‌های جهتی سه نوع هستند. چنانچه تمامی اتصال‌های گردش به چپ تبادل به صورت جهتی باشد، در آن صورت تبادل مزبور تبادل «تمام‌جهتی» یا «جهتی کامل» نامیده می‌شود. چنانچه در تبادل جهتی از گردراهه استفاده شود، دو حالت دیگر ممکن است: تبادل «جهتی با گردراهه و ناحیه تداخلی» و تبادل «جهتی با گردراهه و بدون ناحیه تداخلی». اتصال جهتی رابطی است که از راستای مدنظر سفر زیاد منحرف نمی‌شود. در صورتی که اتصال نیمه جهتی رابطی است که راننده ابتدا به سمت راست خارج می‌شود و از راستای سفر دور می‌شود و سپس به تدریج با حالت معکوس از مجاورت رابطهای دیگر به راه دیگر می‌پیوندد.

تبادل‌های تمام جهتی، معمولاً مستلزم بیش از یک سطح ترافیکی یا پل برای جداسازی جریان‌های ترافیک است. این تبادل، در شرایطی که محدودیت حریم راه وجود دارد و همچنین در تلاقی دو مسیر با ترافیک بسیار سنگین، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الگوهای متداول تبادل‌های جهتی در شکل‌های (۶-۳۳) تا (۶-۳۵) نشان داده شده است با این تفاوت که این ترکیب‌ها با یا بدون ناحیه تداخلی است.

حالت‌های مندرج در شکل (۶-۳۳) شرایطی را نشان می‌دهند که ترافیک گردش به چپ یک ربع از تبادل، قابل توجه است. گردش به چپ‌های فرعی دیگر از طریق عبور از بخش تداخلی بین دو گردراهه، حرکت خود را انجام می‌دهند. در هر دو حالت مندرج در شکل سمت چپ، ارتباط چپگرد به صورت نیمه‌جهتی انجام می‌شود و در شکل سمت راست ارتباط چپگرد به صورت جهتی و هر دو مستلزم وجود سه سازه جداکننده سطوح ترافیکی است، ضمن آنکه زمین اشغال شده در این حالت تقریباً مشابه تبادل شبدری کامل و شاید کمی بیشتر است. کارآیی هر دوی این حالت‌ها را می‌توان با ایجاد راه‌های جمع‌کننده- توزیع‌کننده که در شکل به صورت خط چین نمایش داده شده افزایش داد.

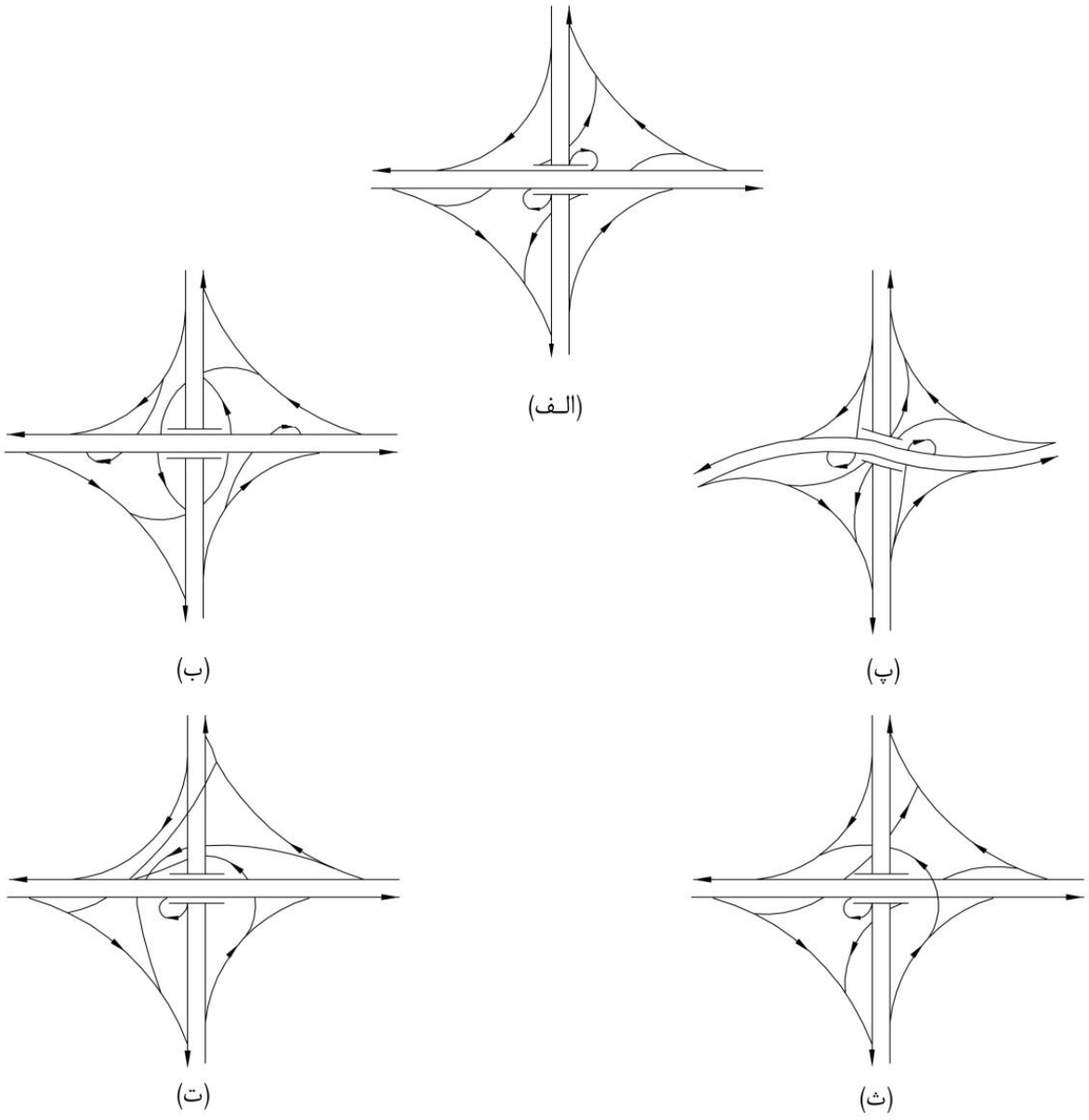


شکل ۶-۳۳- نمونه تبادل‌های جهتی با نواحی تداخلی

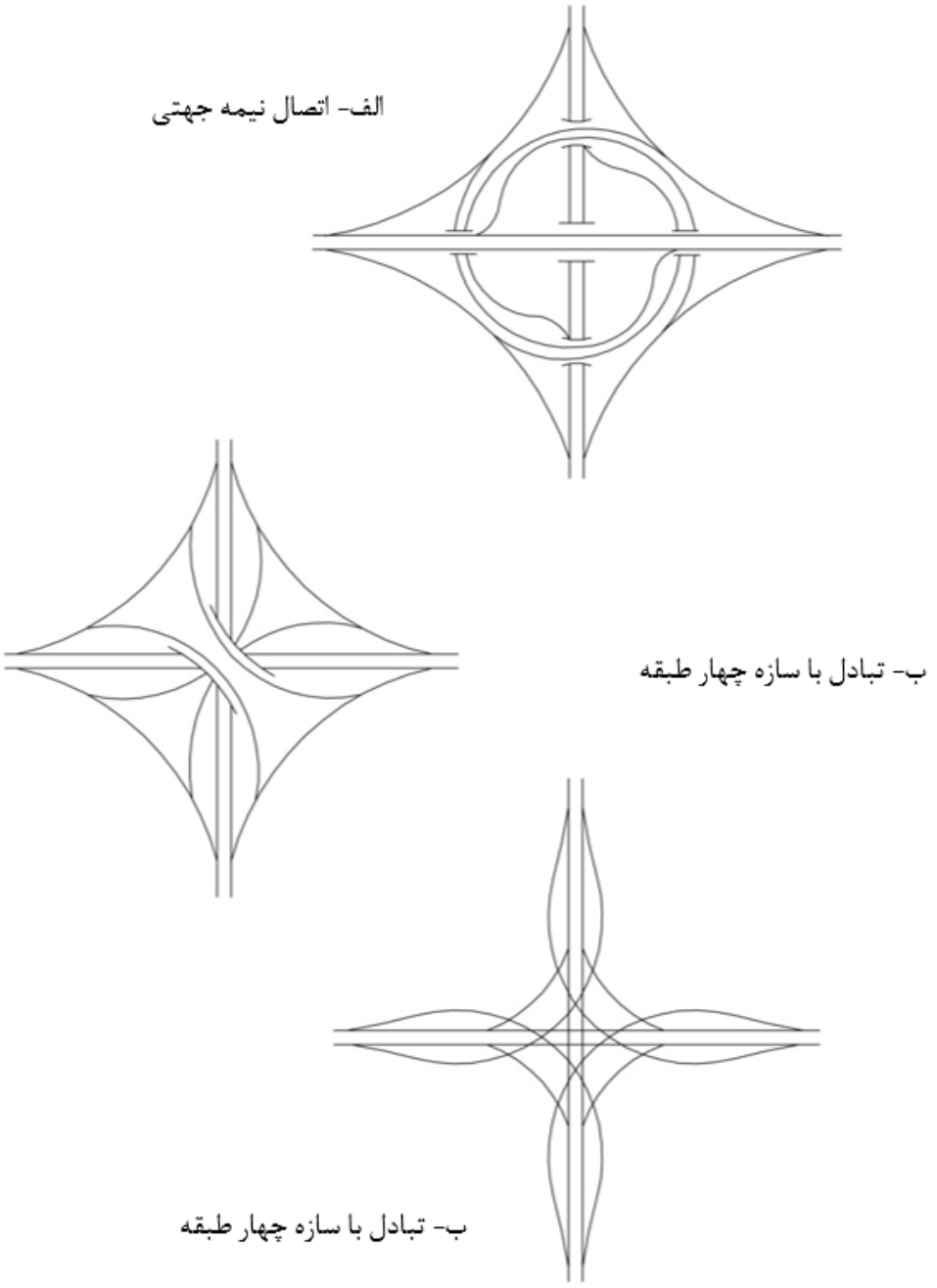
در شکل (۶-۳۴)، بخش ترافیک تداخلی، از طریق تأمین سطوح جدید جداکننده ترافیکی حذف گشته و به این ترتیب بر سطح خدمت تبادل افزوده شده است.

تبادل جهتی نیز که نمونه‌هایی از آن در شکل (۶-۳۵) ارائه شده مستلزم صرف هزینه‌های سنگین است. از این طرح در مواردی که حجم ترافیک کلیه جهت‌های تبادل، سنگین است و محدودیت حریم راه وجود دارد، می‌توان استفاده کرد.

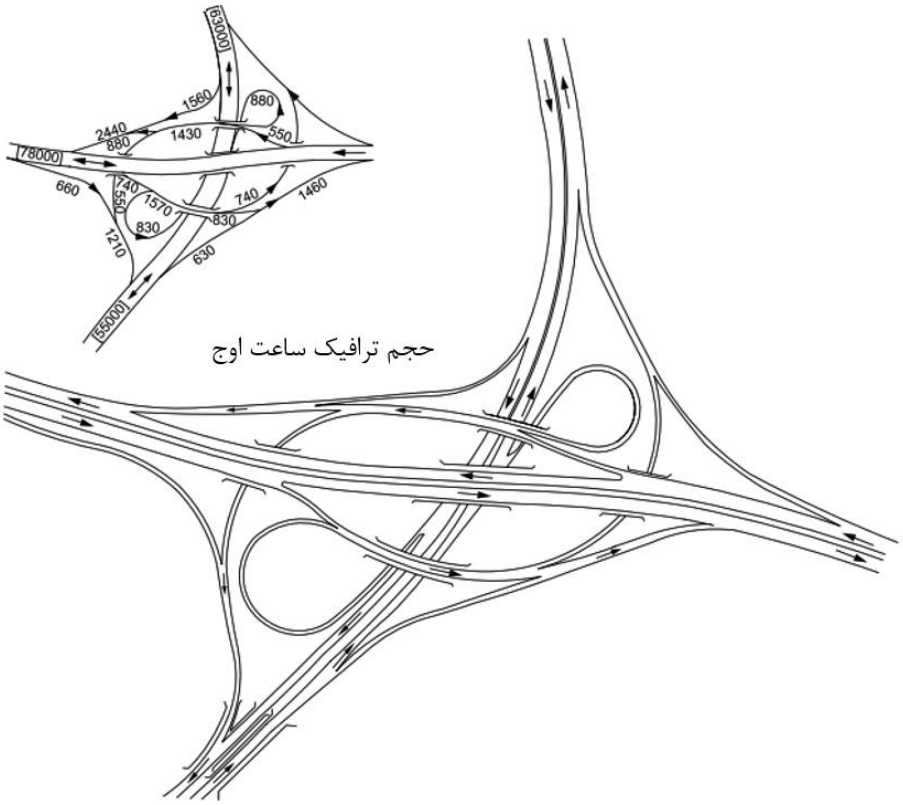
شکل (۶-۳۶) دیاگرام تبادل بین دو آزادراه با حجم ترافیک بالا را نشان می‌دهد. مثال‌های دیگر تبادل‌های جهتی در شکل‌های (۶-۳۷) تا (۶-۳۹) نمایش داده شده‌اند.




شکل ۶-۳۴- نمونه تبادل‌های جهتی بدون ناحیه تداخلی



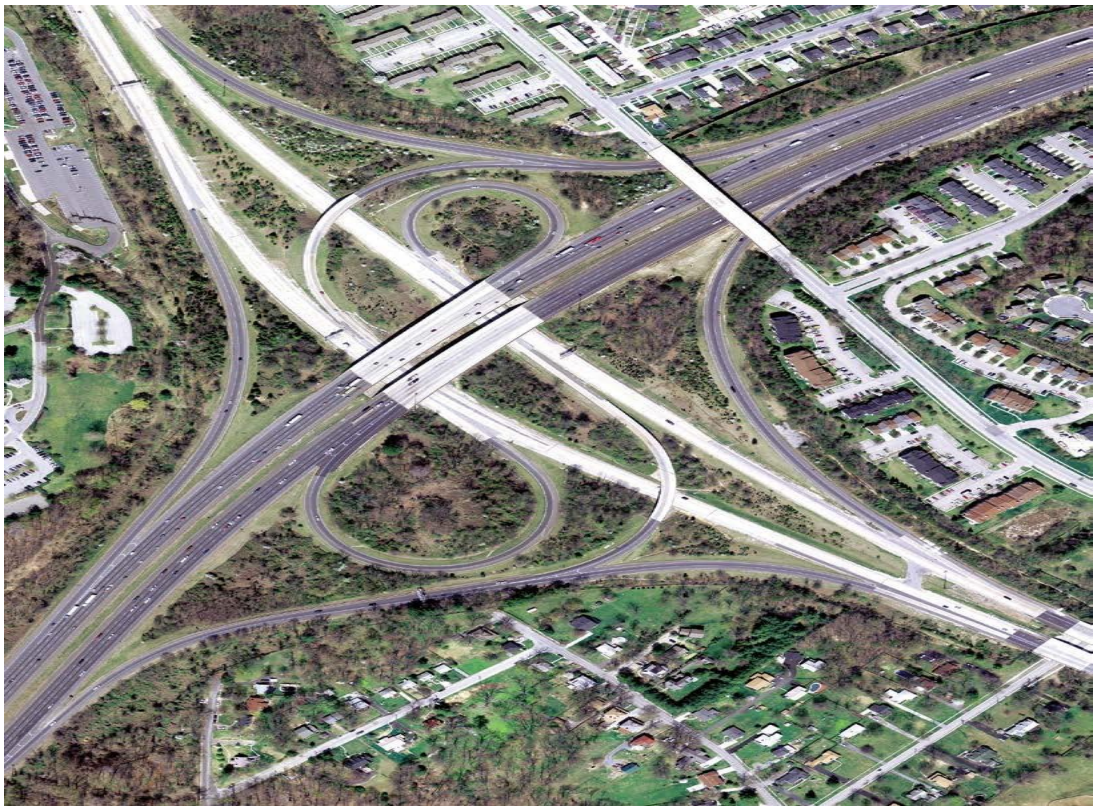

شکل ۶-۳۵- نمونه طرح تبادل‌های جهتی چندطبقه




شکل ۶-۳۶-تبادل جهتی با دو اتصال نیمه جهتی

شکل ۶-۳۷-تبادل جهتی چهارسطحی

شکل ۶-۳۸-تبادل جهتی چهار سطحی

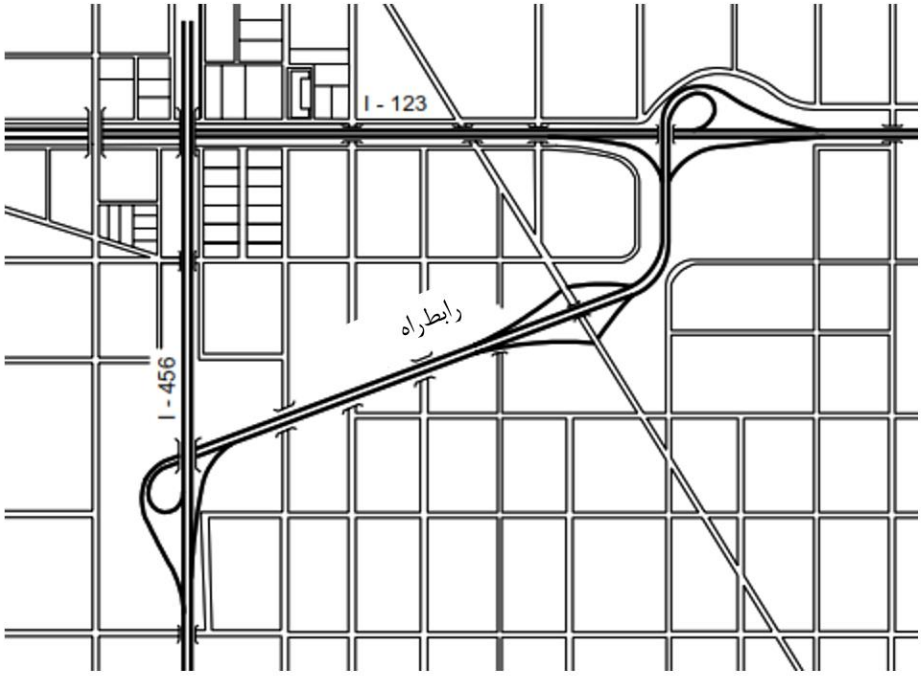


شکل ۶-۳۹-تبادل جهتی با اتصالات نیمه جهتی و گردراهه‌ها

### ۶-۷-۲-۸- سایر انواع تبادل

**الف - تبادل‌های کناری**

این نوع تبادل، مشابه با آنچه که در شکل (۶-۴۰) نشان داده شده است، برای اتصال دو آزادراه و در شرایطی به کار می‌رود که محل تلاقی آن دو، ناحیه متراکمی از نظر ساخت و ساز است و امکان ایجاد تبادل در محل تلاقی دو مسیر وجود ندارد. در این حالت، حرکات گردشی تبادل اصلی با دو تبادل سه راه شیپوری در فاصله‌ای نسبت به محل تلاقی دو آزادراه که توسط یک رابط راه تأمین می‌شود.




شکل۶-۴۰-نمونه طرح تبادل کناری

**ب - تبادل‌های مرکب**

در صورتی که الگوهای حرکت‌های ترافیکی موجود در تقاطع به گونه‌ای باشد که هر یک از طرح‌های تبادل مورد اشاره قبل، برای پاسخ‌گویی به آن مناسب نباشد، می‌توان ترکیبی از حالت‌های مختلف را برای طراحی به‌کار گرفت. در شکل (۶-۴۱) تبادل موجود را نشان می‌دهد که با یک رابط جهتی ترافیک چپگرد با حجم بالا را عبور می‌دهد. حرکت مکمل پرحجم، برای بهبود سرعت حرکت در راستگرد گردشی در جهت مخالف، قوس با شعاع زیاد تأمین شده است.

شکل ۶-۴۱-تبادل چهار شاخه ترکیبی

شکل (۶-۴۲) یک تبادل شبدری موجود بین دو آزادراه را نشان می‌دهد که در آن یک اتصال نیمه جهتی جایگزین رابط گردراهه در گوشه فوقانی سمت چپ شده است.

شکل۶- ۴۲-تبادل چهار شاخه، شبدری با یک اتصال نیمه جهتی

شکل (۶-۴۳) تبادل شبدری دیگری با اتصال نیمه جهتی را نشان می‌دهد. تابلوگذاری برای عملیات مناسب این تسهیلات بسیار مهم است.

شکل ۶-۴۳-تبادل شبدری با اتصال نیمه جهتی

علاوه بر طرح‌های غیرمعمول رابط، شکل (۶-۴۴) یک آرایش تبادل پیچیده دو مسیر اصلی در یک منطقه شهری نشان می‌دهد. طرح این تبادل با حداقل اختلال در توسعه وضع موجود می‌باشد.

شکل ۶-۴۴-تبادل پیچیده

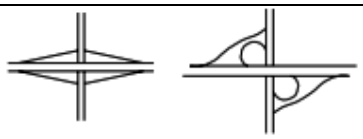
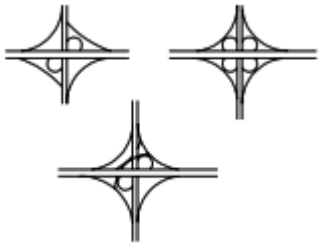
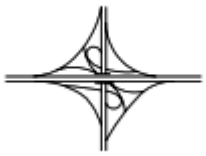
تبادل‌های پیچیده، مانند تبادل‌های ترکیبی، از نظر پیکربندی متفاوت بوده و از نظر طراحی منحصر به فرد هستند، و لذا باید عواملی از جمله فاصله رابط‌ها، علائم اخباری، پیوستگی مسیر، توازن خطوط و برآورد انتظارات راننده در طرح آنها در نظر گرفته شود. البته لازم به ذکر است که آرایش تبادل پیچیده باید با توجه به عملیات کل کریدور تسهیلات طرح شود نه فقط خود تبادل به تنهایی.

## ۶-۸- ملاحظات طراحی تبادل

در طراحی تبادل‌ها به نکات مختلفی مانند نوع تبادل مورد نیاز در یک محل، نحوه تأمین ارتباط بین آزادراه و راه‌های مجاور و یا ارتباط بین آزادراه با آزادراه دیگر توجه می‌شود. در این ارتباط، سرعت طرح، شیب طولی و عرضی، هماهنگی امتداد افقی و قائم مسیر، شعاع گردش‌ها، ورودی و خروجی در محل تبادل‌ها، فواصل دید، انتخاب رابط‌ها، خط‌های عبور کمکی و بالاخره کنترل دسترسی‌ها از عوامل ضروری در نحوه طراحی تبادل است.

## ۶-۸- تعیین نوع تبادل

تبادل‌ها می‌توانند در کلیه راه‌های دارای طبقه‌بندی عملکردی در نظر گرفته شوند. شکل تبادل به دو گروه دسته‌بندی می‌شوند: تبادل‌های سیستمی و تبادل‌های خدمتی یا سرویسی. تبادل‌های سیستمی دو یا چند آزادراه را به هم متصل می‌کنند در حالی که تبادل‌های خدمتی، جهت اتصال آزادراه به تسهیلات با درجه پایین‌تر به کار می‌روند. این مورد در شکل (۶-۴۵) نمایش داده شده است. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، تقاطع تسهیلات آزادراهی نمی‌تواند با تبادل‌های با درجه پایین انجام گیرد.

| نوع تسهیلات قطع‌کننده | طبقه‌بندی تبادل | طرح مفهومی |
|---|---|---|
| جاده‌های محلی | تبادل خدمتی |  |
| جاده‌های جمع‌کننده و شریانی | |  |
| آزادراه‌ها | تبادل سیستمی |  |

شکل۶- ۴۵- سازگاری تبادل‌های آزادراهی با انواع تسهیلات متلاقی

لازم به ذکر است که در مواقعی که تبادل‌ها در یک مسیر پیوسته به یکدیگر نزدیک هستند، بهتر است کل تبادل‌های مسیر به صورت یک سیستم یکپارچه نسبت به طرح مجزا در نظر گرفته شوند. در این صورت لازم است از گزینه‌های ترکیب‌های تبادل و تحلیل و مقایسه آنها در کریدور طراحی استفاده شود.

چنانچه گزینه‌های طراحی آماده شدند، جهت طرح سیستمی لازم است با توجه به اصول زیر مقایسه شوند:

۱- ظرفیت،

۲- پیوستگی مسیر،

۳- یکنواختی الگوهای رابط خروجی،

۴- رابط‌های خروجی منفرد قبل از سازه جداکننده تقاطع،

۵- وجود یا عدم وجود ناحیه تداخلی،

۶- امکان نصب علائم،

۷- هزینه،

۸- در دسترس بودن حریم جهت تملک زمین،

۹- امکان احداث مرحله‌ای، و

۱۰- سازگاری با محیط زیست.

اگرچه هر تبادل به صورت مجزا و بر اساس شرایط خاص خود می‌تواند طرح شود اما مطلوب آن است که تبادل‌های موجود در طول یک راه، یکنواخت و مشابه هم باشد تا رانندگان به طرح کلی تبادل و محل نقاط خروجی آن عادت کنند. به عنوان مثال، اگر کلیه رابط‌های گردش به چپ تبادل، از نوع گردراهه باشد، رانندگان تا رسیدن به محل پل، خود را برای خروج از مسیر آماده نمی‌کنند. ولی چنانچه تبادل به صورت لوزوی طراحی شده باشد و کلیه گردش‌ها قبل از پل از مسیر اصلی خارج شوند، در این صورت این تفاوت در نوع تبادل می‌تواند سبب اشتباه راننده و افزایش احتمال تصادف شود. این مورد زمانی اتفاق می‌افتد که تبادل‌ها به هم نزدیک هستند، چنانچه ذکر شد، بر یکدیگر اثر می‌گذارند و بهتر است با هم در نظر گرفته شوند.

در شرایط خاص که به علت محدودیت‌های مالی و یا وضعیت زمین از نظر پستی و بلندی به ناچار از رابط‌های دارای طرح ناهماهنگ استفاده شود، علامت‌گذاری‌های لازم به منظور آگاه کردن رانندگان در فاصله مناسبی قبل از تبادل ضرورت دارد. موارد فوق در قسمت بعد مورد بررسی قرار می‌گیرند.

## ۶-۹- معیارهای طراحی تبادل

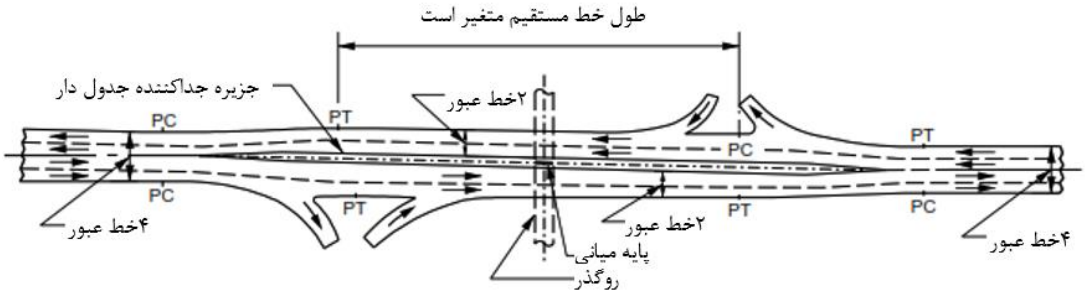
در طراحی تبادل‌ها به نکات مختلفی مانند نوع تبادل مورد نیاز در یک محل، نحوه تأمین ارتباط بین آزادراه و راه‌های مجاور و یا ارتباط بین آزادراه با آزادراه دیگر توجه می‌شود. در این ارتباط، سرعت طرح، شیب طولی و عرضی، هماهنگی امتداد افقی و قائم مسیر، شعاع گردش‌ها، ورودی و خروجی در محل تبادل‌ها، فواصل دید، انتخاب رابط‌ها، خط‌های عبور کمکی و بالاخره کنترل دسترسی‌ها از عوامل ضروری در نحوه طراحی تبادل است.

### ۶-۹-۱- راه نزدیک شونده به سازه

#### ۶-۹-۱-۱- امتداد افقی، قائم و مقاطع عرضی

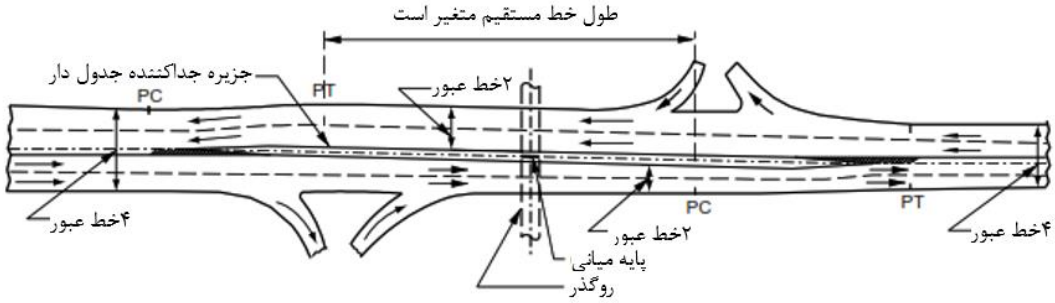
ترافیکی که از یک تبادل عبور می‌کند باید از همان ایمنی و امکاناتی برخوردار باشد که راه مشرف به آن دارد. بنابراین در محل تقاطع باید معیارهای مربوط به سرعت طرح، امتداد افقی، قائم و مقطع عرضی نظیر معیارهای راه مربوطه باشد، هر چند که احتمالاً تأمین این معیارها ممکن است مشکل باشد. وجود سازه، خود تا اندازه‌ای مثل مانع عمل می‌کند که با ایجاد ناسازگاری که منجر به تشویق رفتار نامطلوب راننده می‌شود، می‌تواند مشکل را حادتر کند. لذا مطلوب است که معیارهای طرح هندسی راه‌ها در محل تقاطع غیرهمسطح بهتر از راه‌های مشرف به آن باشد تا احساس محدودیت‌های احتمالی ناشی از پایه‌ها، کوله‌ها، جداول و نرده‌های پل را جبران نماید. ترجیحاً امتداد افقی و قائم راه‌های عبوری در تبادل باید نسبتاً افقی و مسطح و با دید خوب باشد. در برخی از مواقع ممکن است بتوان تنها یکی از راه‌های قطع کننده را در امتداد مستقیم و شیب طولی مسطح طرح نمود. مطلوب است که راه با درجه عملکردی بالاتر، بیشتر از این امکان برخوردار شود.

عوامل کلی کنترل کننده امتدادهای افقی و قائم و ترکیب آنها که در نشریه ۸۰۰-۱ لحاظ شده است در اینجا نیز معتبرند و باید دقیقاً رعایت شوند. نمونه‌هایی از نحوه تعریض با استفاده جزیره جداکننده در یک تبادل در شکل (۶-۴۶) نشان داده شده است. در شکل الف حالت متقارن آن نشان داده شده است و در شکل ب حالت غیرمتقارن توسعه یک راه چهارخطه جدانشده با جزیره جداکننده نشان داده شده است. هنگامی که راه دوخطه‌ای از تبادل عبور می‌کند، ممکن است چپگردهای غیر مجاز حتی با وجود همه رابط‌ها رخ دهد. لذا در حالت احجام ترافیک و سرعت بالا، در محدوده تبادل می‌توان قطعه راه را مجزا نمود تا چنین گردش‌هایی اتفاق نیفتد.




**تعریض متقارن حول محور مرکزی**

**– A –**




**جابه جایی اعمال شده در خارج از گذر غیر همسطح**

**– B –**

شکل ۶-۴۶- تعریض در محل تبادل جهت ایجاد جزیره جداکننده میانی

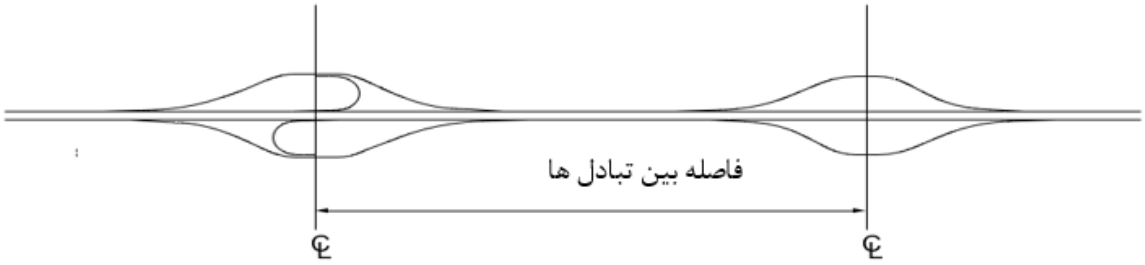
### ۶-۹-۱-۲- فواصل دید

در طراحی تبادل‌ها، سرعت طرح در امتداد افقی و قائم مسیر مد نظر قرار می‌گیرد و فاصله دید باید حداقل برابر مسافت دید توقف و ترجیحاً بیشتر از آن باشد. وقتی که خروجی هم وجود داشته باشد، ترجیحاً بهتر است از مسافت دید انتخاب استفاده شود، گرچه همیشه امکان‌پذیر نیست.

محدودیت‌های مسافت دید افقی ناشی از پایه و کوله‌ها در قوس‌ها، معمولاً مسائل پیچیده‌تری نسبت به محدودیت‌های قائم به وجود می‌آورد. در این خصوص لازم است تمامی ضوابط راهها طبق نشریه ۸۰۰-۱ اعم از شعاع قوس‌ها و مسافت دید افقی برای فواصل عاری از مانع مجاور پایه‌ها و کوله‌ها در زیرگذرها در نظر گرفته شوند. به طور مشابه، در روگذرها نیز نرده سازه پل می‌تواند محدودیت ایجاد نماید. در هر حالت لازم است شعاع قوس افقی بیشتر از مقادیر حداقل باشد و یا فاصله بی-مانع جانبی پایه‌ها، کوله‌ها یا نرده پل افزایش یابد. حتی اگر این امر مستلزم افزایش دهانه سازه پل باشد.

### ۶-۹-۲- فاصله بین تبادل‌ها

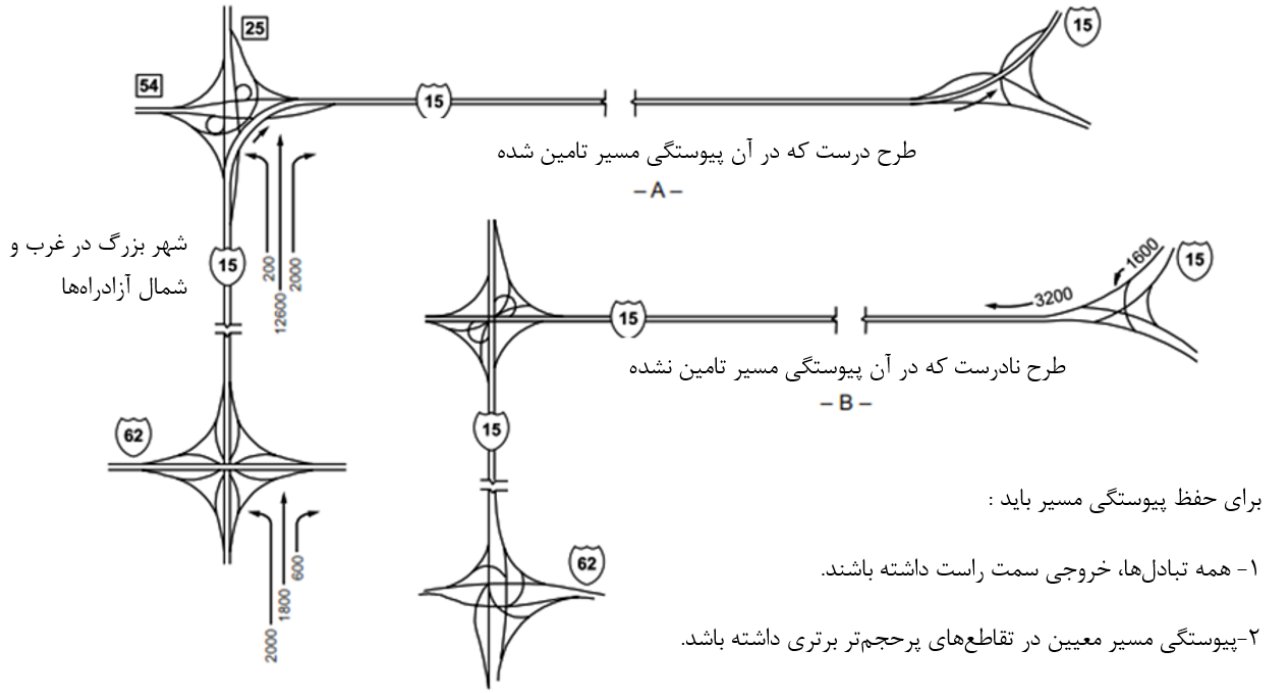
بر اساس یک قاعده کلی، حداقل فاصله دو تبادل متوالی یا فاصله تبادل با ورودی یا خروجی (مانند ورودی به مجتمع‌های خدماتی-رفاهی) در آزادراه‌ها و راه‌های شریانی، ۳ کیلومتر است. چنانچه در حالت‌های خاص، استفاده از دو تبادل با فاصله کمتر از مقدار یاد شده اجتناب ناپذیر باشد، بهتر است از راه‌های جمع‌کننده-توزیع‌کننده مجزا برای دسترسی به پایانه‌های تبادل‌ها استفاده کرد. در شکل (۶-۴۷) فاصله بین تبادل‌ها نمایش داده است.




شکل۶-۴۷-فاصله بین تبادلها (بین راه‌های متقاطع متوالی)

### ۶-۹-۳- پیوستگی مسیر

منظور از پیوستگی مسیر عبارت است از اینکه مسیر در امتداد و سراسر طول خود رو به سمت مقصد ادامه داشته باشد. مشخص کردن مسیر با ذکر شماره راه یا نام راه اصلی انجام می‌گیرد. پیوستگی مسیر توسعه‌ای از اصل یکنواختی عملیاتی توأم با اعمال توازن کامل خطوط عبوری و اصل حفظ تعداد خطوط پایه است که در شکل (۶-۴۸) نشان داده شده است.




برای حفظ پیوستگی مسیر باید :

۱- همه تبادل‌ها، خروجی سمت راست داشته باشند.

۲-پیوستگی مسیر معیین در تقاطع‌های پرحجم‌تر برتری داشته باشد.

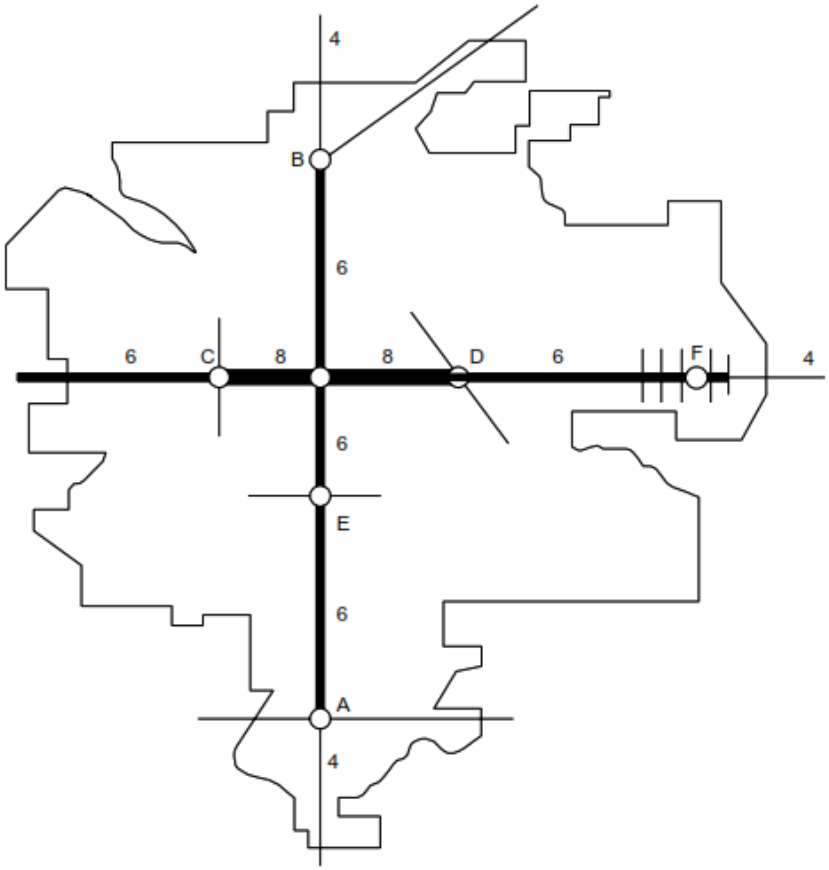
شکل۶-۴۸-تغییر طرح تبادل‌ها جهت حفظ پیوستگی مسیر

### ۶-۹-۴- تعداد خط‌های پایه

بر اساس تعریف، تعداد خط‌های پایه عبارتند از حداقل تعداد خط تعیین شده و در نظر گرفته شده در طول قابل توجهی از مسیر، بدون توجه به تغییرات حجم ترافیک و نیازهای توازن خط‌ها. به عبارت دیگر، تعداد خط‌های پایه عبارت است از تعداد خط‌های ثابت اختصاص یافته به یک مسیر بدون در نظر گرفتن خط‌های کمکی. لازم است مطابق شکل (۶-۴۹) پیوستگی در تعداد خط‌های تامین شده در هر مسیر دارای ویژگی شریانی، تأمین شود.

### ۶-۹-۵- نصب علائم و خط‌کشی

توانایی رانندگان جهت پیمایش مسیرهای معین در تبادل‌ها بستگی زیادی به فواصل نسبی آنها، طرح هندسی و علائم مؤثر دارد. محل و فاصله حداقل بین پایانه رابط‌ها، تا حد زیادی بستگی به نصب علائم مؤثر جهت اطلاع رسانی، اخطار و کنترل رانندگان دارد. محل و طرح تبادل‌ها، چه به صورت منفرد و چه به صورت گروهی باید از نظر نصب صحیح علائم ارزیابی گردد.




شکل۶-۴۹-نمایش شماتیک تعداد خط‌های پایه

### ۶-۹-۶- توازن تعداد خط‌ها

به منظور روانی جریان ترافیک و حفظ ظرفیت مشخص در حوالی تبادل، ضروری است که تعداد خط‌های عبور ترافیک در هنگام انجام حرکت‌های هم‌گرا و واگرا در محل ورودی یا خروجی‌های تبادل، متوازن باشد. برای این منظور ابتدا بر اساس حجم‌های ترافیک طرح، تحلیل ظرفیت انجام می‌شود و بر اساس آن تعداد خط‌های پایه لازم جهت پاسخ‌گویی به جریان ترافیک مزبور تعیین می‌گردد. این تعداد خط در طول قابل توجهی از مسیر حفظ می‌شود.

پس از تعیین تعداد خط‌های پایه، تغییرات لازم در تعداد خط‌های عبوری با توجه به اصول زیر کنترل می‌شود:

۱- در پیوند دو مسیر، تعداد خط‌های عبور جریان ترافیک مسیر اصلی، بعد از محل همگرائی دو جریان ترافیک، نباید از مجموع خط‌های عبور جریان‌های ترافیک به هم پیوسته منهای یک کمتر باشد اما می‌تواند مساوی با مجموع آن دو خط عبور باشد.

۲- در انشعاب (خروجی)، تعداد خط‌های عبور جریان ترافیک مسیر اصلی، قبل از رسیدن به محل واگرایی باید مساوی با مجموع تعداد خط‌های عبور دو انشعاب منهای یک و در شرایط استثنایی برابر با مجموع آن دو باشد.

شرایط استثنایی عبارت است از:

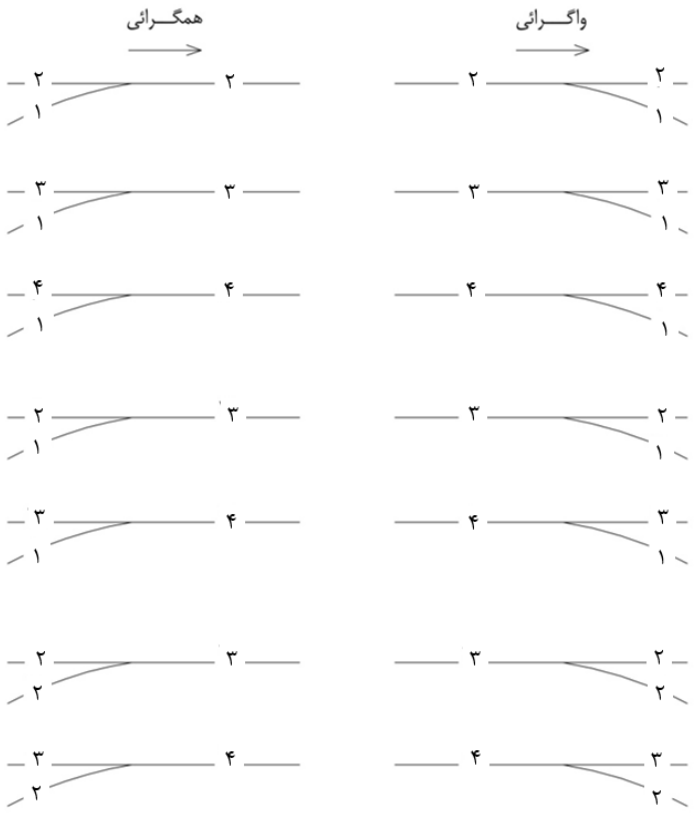
الف - بخش ترافیک تداخلی بین گردراهه‌های تبادل شبدری.

ب - در تبادل‌های بسیار نزدیک به هم که فاصله میان لچکی پایانه‌های رابط ورودی و خروجی متوالی کمتر از ۴۵۰ متر است، یک خط کمکی در تمام این طول به‌کار گرفته می‌شود. این مورد با توجه به حداقل فاصله تبادل‌ها، برای تبادل‌های موجود کاربرد دارد.

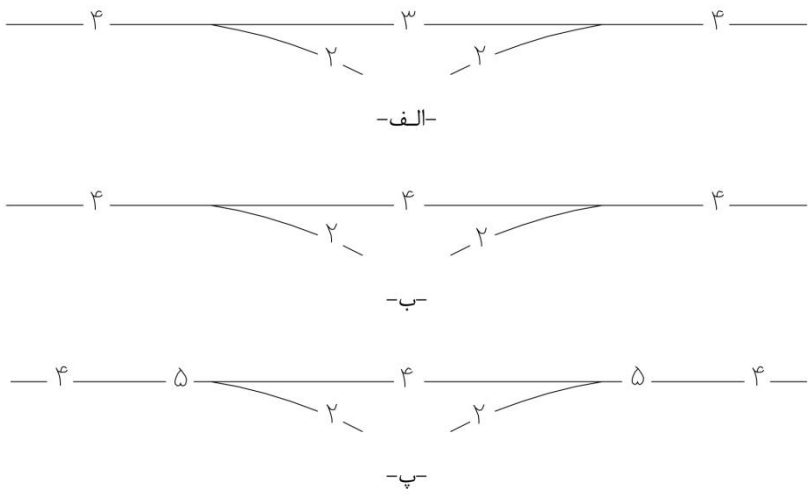
۳- تعداد خط‌های عبور در مسیر اصلی، نباید هر بار بیش از یک خط کاهش یابد.

شکل (۶-۵۰)، نحوه کاربرد اصل توازن خط‌ها و شکل (۶-۵۱)، نیز نمونه‌هایی از نحوه تطبیق دادن اصل توازن خط‌ها و حفظ تعداد خط‌های پایه مسیر اصلی را نشان می‌دهند. شکل (۶-۵۱-الف)، به دلیل تغییر تعداد خط‌های پایه (از چهار خط به سه خط) در قطعه بین پایانه‌های دو رابط و ایجاد گلوگاه و شکل (۶-۵۱-ب)، به دلیل عدم رعایت توازن خط‌ها، طرح‌های مناسبی نیستند. در شکل (۶-۵۱-پ)، تعداد خط‌های پایه، حفظ و توازن خط‌ها رعایت شده است.

چنانچه از خط‌های عبور کمکی، به منظور تأمین ظرفیت و ایمنی در فاصله میان تبادل‌ها استفاده شود، باید دقت شود که اصل توازن خط‌ها رعایت شود.




شکل ۶-۵۰- نمونه‌های متداول توازن تعداد خط‌های عبور




شکل ۶-۵۱- نحوه تطابق توازن خط‌ها و حفظ تعداد خط‌های پایه

### ۶-۹-۷- خط‌های کمکی تغییر سرعت

استفاده از خط‌های کمکی بین رابط‌های ورودی و خروجی در شرایط زیر مفید خواهد بود:

۱- تبادل‌های خیلی نزدیک به هم،

۲- در شرایطی که فاصله بین انتهای لچکی رابط ورودی و ابتدای لچکی رابط خروجی کوتاه باشد، و

۳- راه جانبی محلی وجود نداشته باشد.

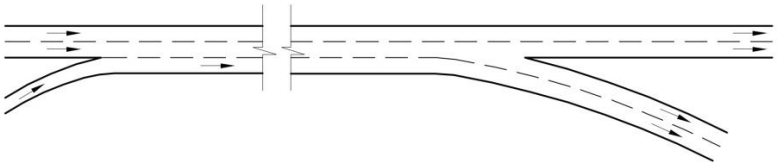
گزینه‌های مختلف حذف خط‌های کمکی، متناسب با شرایط موجود در محل تبادل در شکل (۶-۵۲) نشان داده شده است.

همچنین شکل (۶-۵۳) نیز حالت‌های مختلف استفاده از خط‌های عبور کمکی را به منظور هماهنگی اصل توازن خط و تعداد خط‌های عبور پایه مشخص می‌کند.

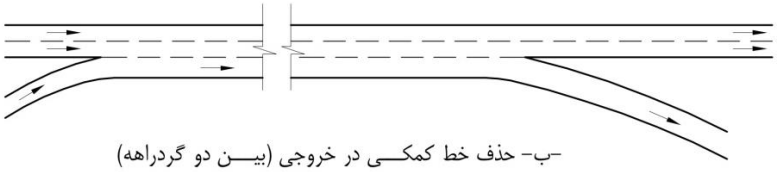
در کلیه حالت‌های مندرج در شکل‌های (۶-۵۲) و (۶-۵۳)، طول خط‌های کمکی تغییر سرعت بر اساس جدول‌های (۶-۴) تا (۶-۶) محاسبه می‌شود.

در شرایطی که درصد زیادی از ترافیک عبوری یا ورودی و خروجی مسیر را کامیون‌ها تشکیل دهند، توصیه می‌شود از خط‌های کمکی به منظور افزایش سطح خدمت تبادل استفاده شود.

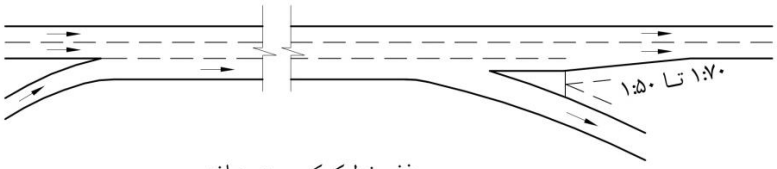
عرض یک خط کمکی تغییر سرعت باید برابر با عرض خط‌های عبور مستقیم مسیر اصلی باشد. در صورت استفاده از این خط‌ها، عرض مطلوب برای شانه مجاور آن ۳/۶-۲/۴ متر و حداقل این عرض برابر ۱/۸ متر است.



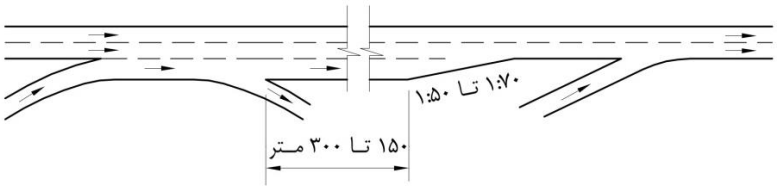
-الف- حذف خط کمکی در خروجی



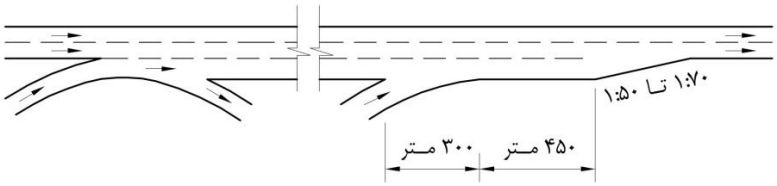
-ب- حذف خط کمکی در خروجی (بین دو گردراهه)
و یا بین رابط‌های دو تقاطع نزدیک به هم




-پ- حذف خط کمکی در دماغه

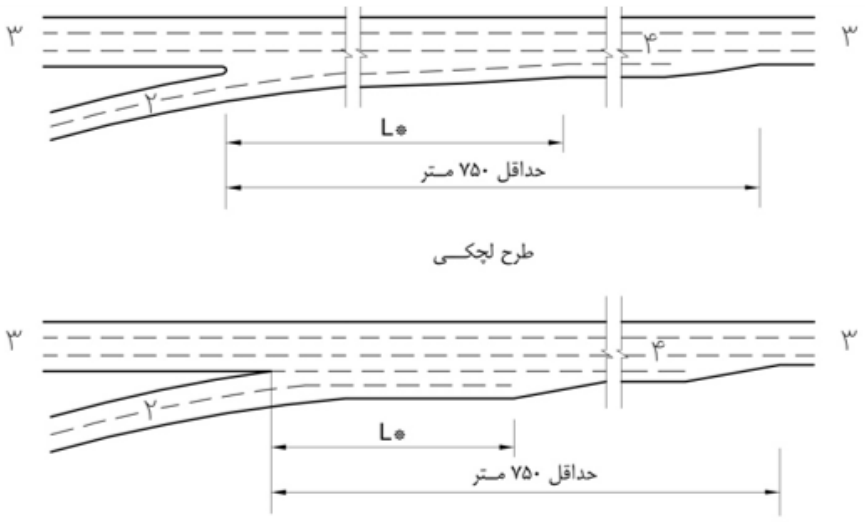



-ت- حذف خط کمکی در طول تبادل



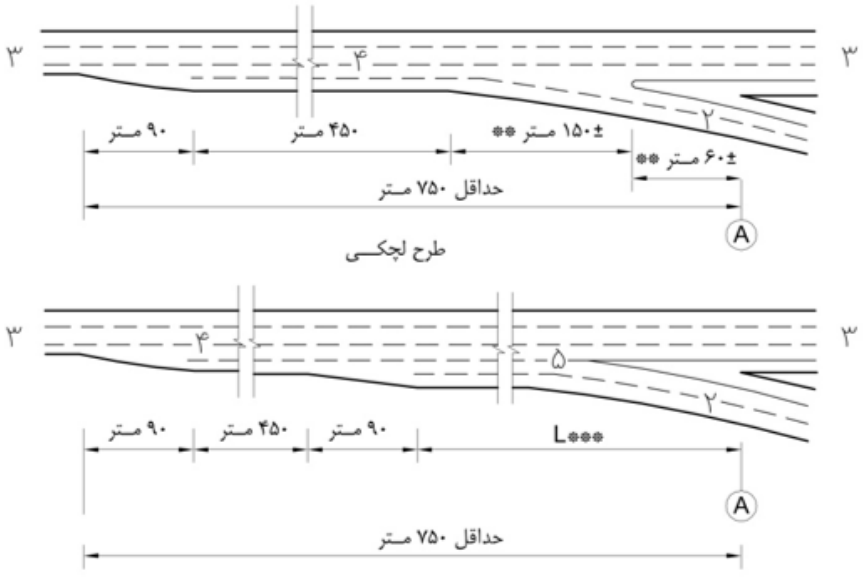

-ث- حذف خط کمکی بعد از تبادل

شکل ۶-۵۲-روش‌های مختلف جهت کاهش یا حذف خط‌های کمکی




الف - دو نمونه طرح ورودی

* حداقل طول L از شکل ۶۵-۶




ب - دو نمونه طرح خروجی

A : نقطه سرعت طرح ایمن

**متغییر بر اساس زاویه خروج

***حداقل طول L از جدول ۶-۶

شکل ۶-۵۳- استفاده از خط‌های کمکی جهت هماهنگی اصل توازن و تعداد خط‌های عبور

### ۶-۹-۸- بخش تداخلی

در تبادل‌ها، تداخل ترافیک معمولاً بین رابط‌های ورودی و خروجی به وقوع می‌پیوندد. با توجه به اغتشاشی که در جریان ترافیک تبادل به علت تداخل جریان‌های ترافیکی ایجاد می‌شود، توصیه می‌شود در صورت امکان در طرح تبادل، تمهیداتی اندیشیده شود که بخش‌های با ترافیک تداخلی در مسیر اصلی حذف شود. در این خصوص می‌توان به ایجاد مسیرهای دسترسی حاشیه‌ای و یا راه‌های جمع‌کننده- توزیع‌کننده اشاره کرد که موازی مسیر اصلی و در حاشیه آن هستند.

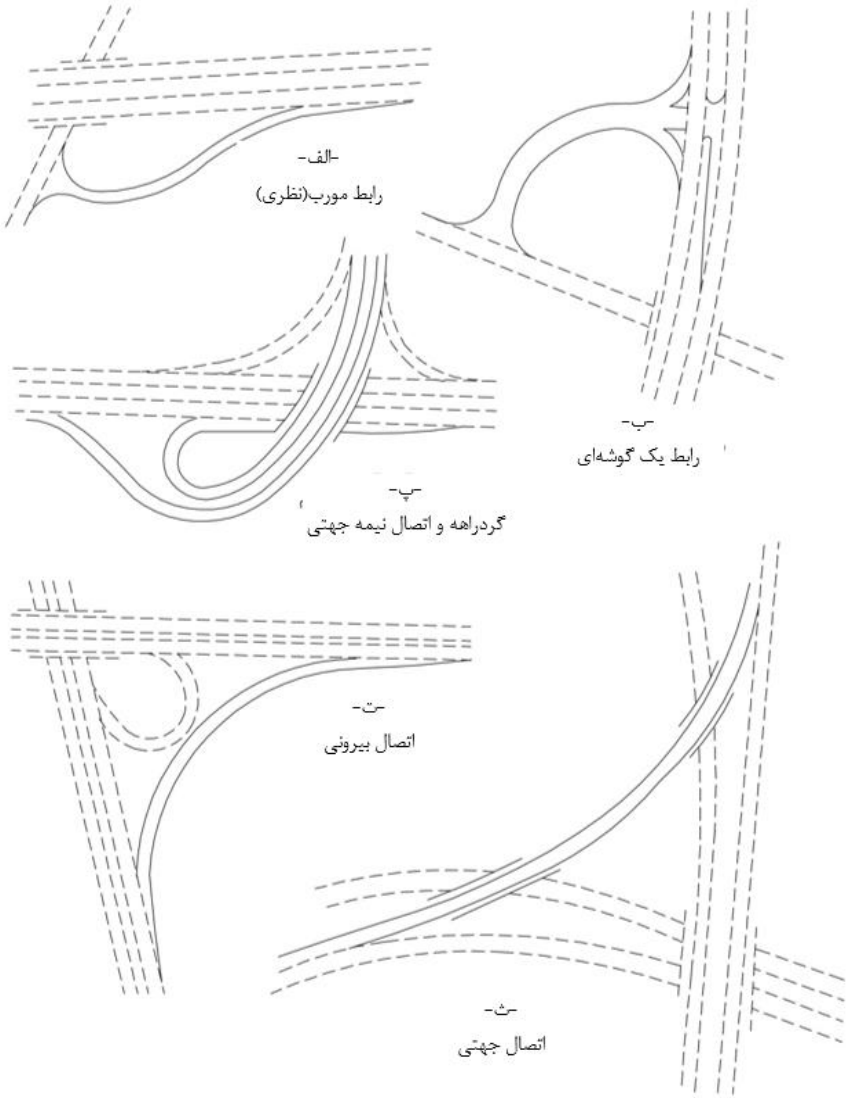
چنانچه شرایط تبادل به گونه‌ای باشد که حذف بخش با ترافیک تداخلی از طرح تبادل امکان‌پذیر نباشد، در آن صورت باید طول کافی برای این بخش در نظر گرفته شود تا سبب کاهش سطح کیفیت ترافیک مسیر اصلی و تبادل نشود.

## ۶-۱۰- رابط‌ها

### ۶-۱۰-۱- شکل رابط‌ها

رابط‌ها، راه‌هایی یک طرفه برای ایجاد ارتباط بین راه‌های متقاطع در تبادل‌ها می‌باشند. رابط‌ها انواع مختلفی دارند. در شکل (۶-۵۴)، انواع مختلف رابط‌ها آورده شده‌اند که بسته به مورد، می‌تواند در تبادل‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

اجزای رابط‌ها عبارتند از: پایانه رابط (محل‌های ابتدا و اتصال) و بدنه رابط (قطعه اتصالی).




شکل ۶-۵۴- انواع مختلف رابط‌ها

### ۶-۱۰-۲- سرعت طرح

سرعت طرح رابط‌ها بهتر است به سرعت حرکت راه متقاطع با حجم ترافیک کم نزدیک باشد ولی به هیچ عنوان نباید کمتر از مقادیر نشان داده شده در جدول (۶-۱) باشد. برای رابط‌های خروجی از آزادراه و راه‌های سریع‌السیر (شریانی با درجه عملکرد بالا)، سرعت طرح نباید کمتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت باشد.

سرعت طرح در رابط‌ها با پایانه‌های رابط، ارتباطی ندارند. برای رابط‌های گردش به راست، حد بالای سرعت طرح توصیه می‌شود. برای رابط‌های گردراهه، در مسیرهای با سرعت طرح ۸۰ کیلومتر در ساعت و بیشتر، حداقل سرعت طرح ۳۰

کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شود. برای رابط‌های نیمه جهتی، سرعت طرح بین حد بالایی و میانی جدول (۶-۱) مناسب است. معمولاً در رابط‌های نیمه جهتی سرعت ۵۰ تا ۶۰ کیلومتر در ساعت رایج است ولی سرعت طرح نباید کمتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت باشد. برای رابط‌های مستقیم مانند رابط جهتی، حداقل سرعت طرح، ۶۰ کیلومتر در ساعت است. در رابط‌های تک خطه جهتی، سرعت‌های بیش از ۸۰ کیلومتر در ساعت عملی نیست و در رابط‌های دوخطه حدود بالا و میانی جدول (۶-۱) مناسب است.

در انتخاب سرعت طرح رابط‌ها، باید راه با سرعت طرح بیشتر را به عنوان ضابطه انتخاب کرد. در صورت متغیر بودن سرعت طرح، برای آن بخش از رابط که به راه با سرعت طرح کمتر نزدیک است، می‌توان سرعت طرح کمتری در نظر گرفت.

جدول (۶-۱)، در حالتی که رابط به راه متقاطع مهمی می‌رسد و تقاطع هم‌سطح به‌وجود می‌آید، کاربرد ندارد.

جدول ۶-۱- مقادیر راهنما برای سرعت طرح در رابط‌ها با توجه به سرعت طرح راه

| سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت) / سرعت طرح رابط (کیلومتر در ساعت) | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ | ۱۳۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حداکثر | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ |
| متوسط | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ |
| حداقل | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ |

### ۶-۱۰-۳- انحناء رابط‌های گردراهه

این رابط‌ها عموماً دارای یک خط عبور می‌باشند مگر در مواردی که گنجایش رابط با توجه به حجم ترافیک، لزوم خط عبور دوم را مشخص کند. شعاع گردش رابط‌های گردراهه، عموماً بین ۳۰ تا ۵۰ متر برای سرعت‌های ۸۰ کیلومتر در ساعت و کمتر، و ۵۰ تا ۷۵ متر برای سرعت های بیشتر است. در شعاع گردش کمتر از ۹۰ متر، بربلندی باید در شانه‌ها نیز اعمال شود. در رابط‌های گردراهه دو خطه، شعاع حداقل باید ۵۵ تا ۶۰ متر باشد.

### ۶-۱۰-۴- فاصله دید در رابط‌ها

فاصله دید در رابط‌ها، حداقل باید برابر با فاصله دید توقف باشد. اگر چه در صورت امکان استفاده از مسافت دید انتخاب مطلوب است.

### ۶-۱۰-۵- شیب طولی رابط‌ها

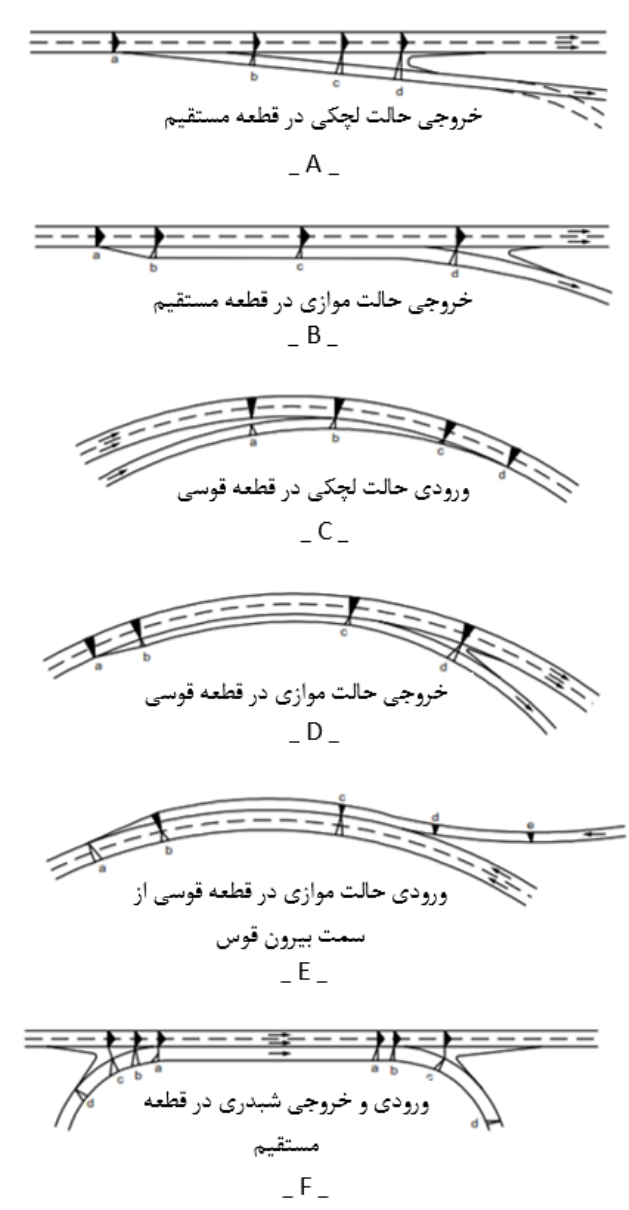
شیب طولی رابط‌ها بهتر است از ۸ درصد تجاوز نکند. در جدول (۶-۲)، حداکثر شیب طولی رابط‌ها بر حسب سرعت طرح آورده شده است.

جدول ۶-۲- حداکثر شیب طولی رابط‌ها

| سرعت طرح رابط (Km/h) | حداکثر شیب طولی در حالت سربالایی و سرازیری (٪) |
|---|---|
| ۷۰ یا بیشتر | ۵-۳ |
| ۶۰ | ۶-۴ |
| ۵۰-۴۰ | ۷-۵ |
| ۳۰-۲۰ | ۸-۶ |

### ۶-۱۰-۶- بربلندی رابط‌ها

میزان بربلندی در رابط‌ها بر اساس مقادیر جداول نشریه ۸۰۰-۱ می‌باشد. روش‌های طرح بربلندی در پایانه رابط جریان آزاد در شکل (۶-۵۵) نمایش داده شده است.

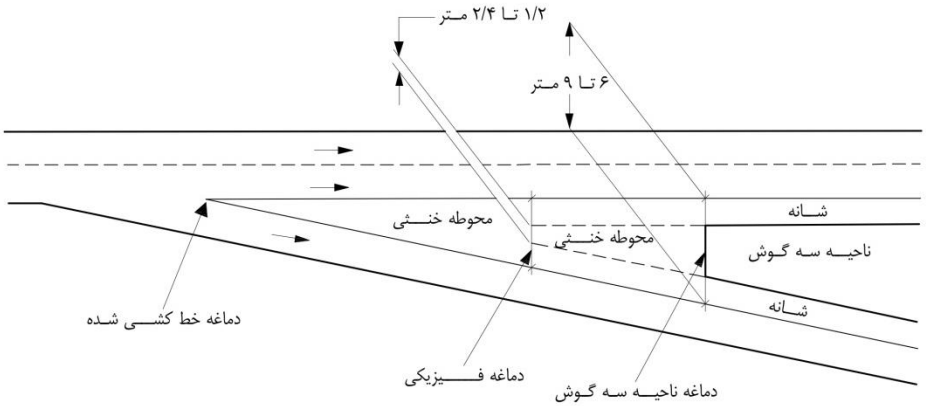



شکل ۶-۵۵- توسعه بربلندی در پایانه رابط جریان آزاد

### ۶-۱۰-۷- ناحیه سه گوش

ناحیه سه گوش به ناحیه واقع در محل واگرایی بین رابط و راه گفته می‌شود. شکل این ناحیه برای تسهیل در تشخیص خروجی و نیز خروج با سرعت ایمن، مهم است. در شکل (۶-۵۶)، قسمت‌های مختلف ناحیه سه گوش و در شکل (۶-۵۷)، طرح‌های ناحیه سه گوش برای حالت‌های مختلف آورده شده است. در جدول (۶-۳)، طول لچکی عقب‌نشینی جهت بازیابی وسیله نقلیه (Z) نشان داده در شکل (۶-۵۷)، ارائه شده است. گزینه دیگر برای ناحیه سه گوش جهت تأمین ناحیه بازیابی،

استفاده از شانه‌های رویه‌دار خطوط عبوری می‌باشد. ناحیه سه گوش در محل همگرایی مشابه با محل واگرایی است. البته مقدار عقب‌نشینی می‌تواند کمتر باشد و یا حتی حذف شود. بهتر است در تمامی خروجی‌های (ورودی‌های) یک راه برای افزایش ایمنی و راحتی راننده در تشخیص صحیح و سریع، از طرح‌های یکسان استفاده شود.

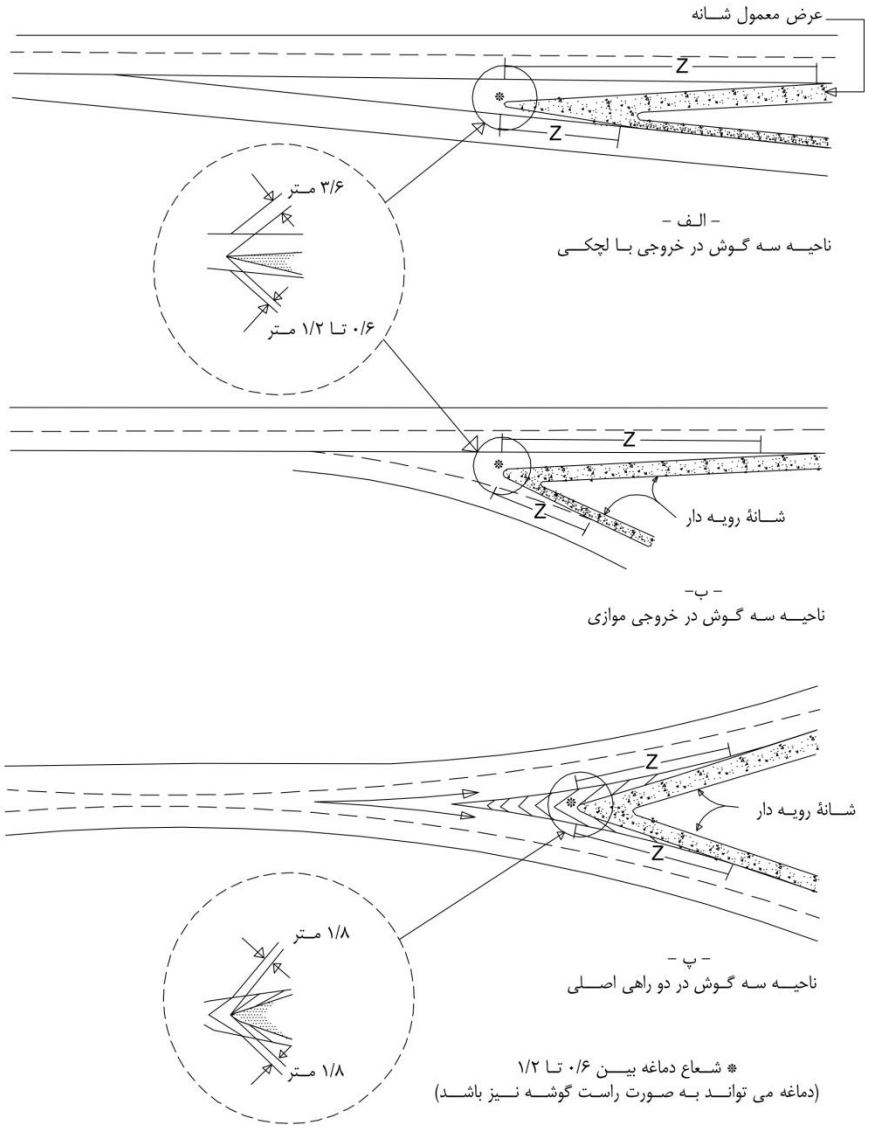



شکل ۶-۵۶- مشخصات نمونه ناحیه سه گوش خروجی

در شکل (۶-۵۸) میزان کاهش عرض سواره‌رو رابط جهت تامین ورودی یک خطه ارائه شده است. گزینه دیگر بدین صورت است که کاهش عرض خط در انتهای قوس رابط انجام می‌گیرد.

در شکل (۶-۵۹) تصویری از خروجی تک خطه نشان داده شده است. خط‌کشی هاشور، بازتابنده‌های روسازی، مسیرنماها، پایه‌های روشنایی همگی به هدایت وسایل نقلیه به خروجی کمک می‌کنند.

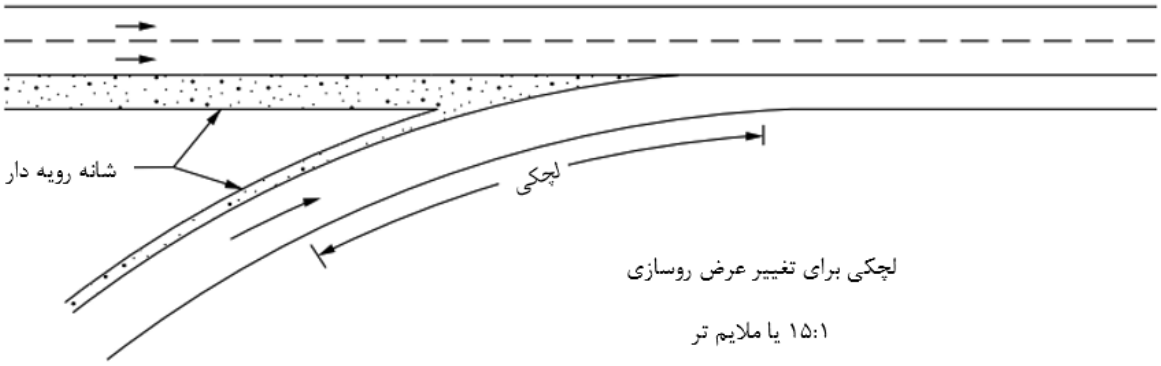
شکل (۶-۶۰) تصویر یک خروجی انشعاب بین دو آزادراه را نشان می‌دهد. زاویه کوچک واگرائی منجر به یک ناحیه بازیابی بی‌مانع و بلند می‌شود که انشعاب به تدریج انجام می‌گیرد. در این حالت تابلوی بالاسری مناسب است.




شکل ۶-۵۷- جزئیات طرح ناحیه سه گوش

جدول ۶-۳- حداقل طول لچکی بعد از عقب‌نشینی دماغه

| سرعت طرح راه منتهی به رابط (کیلومتر در ساعت) | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ | ۱۳۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| طول لچکی دماغه (Z) برای عرض واحد عقب نشینی دماغه (متر) | ۱۵/۰ | ۲۰/۰ | ۲۲/۵ | ۲۵/۰ | ۲۷/۵ | ۳۰/۰ | ۳۵/۰ | ۴۰/۰ | ۴۵/۰ |




شکل ۶-۵۸- کاهش عرض سواره‌رو در رابط‌های ورودی

شکل ۶-۵۹- ناحیه سه گوش برای خروجی تک خطه

شکل (۶-۶۱) تصویر ناحیه سه گوش خروجی دوخطه یک آزادراه و شکل (۶-۶۲) پایانه رابط جهت ورود به یک آزادراه را نشان می‌دهند.

شکل ۶-۶۰- ناحیه سه گوش در خروجی دو راه اصلی

شکل ۶-۶۱- ناحیه سه گوش در خروجی دو خطه

شکل ۶-۶۲- پایانه ورودی

### ۶-۱۰-۸- تعداد خط‌های عبور رابط‌ها

تعداد خط‌ها در رابط‌ها بستگی به حجم ترافیک دارد. چنانچه حجم ترافیک طرح از ۱۵۰۰ معادل وسیله نقلیه سبک در ساعت تجاوز کند، باید از رابط با دو خط عبور استفاده شود. البته امکان افزایش خط‌ها به سه خط یا بیشتر نیز مورد بررسی قرار گیرد. در صورتی که حجم ترافیک طرح، بین ۹۰۰ تا ۱۵۰۰ معادل وسیله نقلیه سبک در ساعت باشد، طراحی بر پایه ساخت اولیه یک خط عبور انجام شودکه قابل افزایش به دو خط است. اگر طول یک رابط یک خطه از ۳۰۰ متر تجاوز کند و یا شیب طولی آن بیش از ۵ درصد باشد، باید عرض رابط را حداقل ۵/۸۵ متر و یا یک خط عبور اضافی برای تأمین سبقت در رابط، پیش‌بینی شود. البته رابط‌های گردراهه به ندرت به دو خط عبوری نیاز دارند و در آزادراه‌ها گاهی استفاده می‌شود.

### ۶-۱۰-۹- عرض خط در رابط‌ها

عرض خط‌های عبور (سواره‌رو) در رابط‌ها از جدول۳-۲ در فصل سوم به دست می‌آید.

### ۶-۱۰-۱۰- عرض شانه‌ها در رابط‌ها

عرض شانه رابط‌ها از جدول فصل سوم پس از تعیین عرض سواره‌رو به دست می‌آید. همچنین در رابط‌ها، عرض شانه سمت راست معمولاً، ۲/۴ متر و عرض شانه چپ، ۱/۲ متر است. بهتر است در رابط‌های بین آزادراه‌ها عرض شانه سمت راست، ۳ متر و عرض شانه سمت چپ، ۱/۵ متر باشد. برای رابط‌های جهتی با سرعت بیشتر از ۶۰ کیلومتر در ساعت، بهتر است شانه رویه‌دار راست، ۲/۴ تا ۳/۰ متر و عرض شانه رویه‌دار چپ، ۰/۳ تا ۱/۸ متر باشد. برای رابط‌هایی که به دلیل سبقت دو خطه شده‌اند، در صورت ترافیک عبوری کم، توصیه می‌شود عرض شانه در سمت راست، حداقل ۱/۵ متر و عرض شانه سمت چپ، حداقل ۱/۵ متر باشد.

### ۶-۱۰-۱۱- پایانه‌های رابط‌ها

برای آن که جداشدگی جریان ترافیک خروجی از آزادراه و همچنین پیوستگی جریان ترافیک ورودی به آن با حداکثر مطلوبیت و بدون مزاحمت برای جریان اصلی ترافیک آزادراه انجام شود، لازم است در طرح پایانه‌های رابط‌ها (دهانه‌های ورودی یا دماغه‌های خروجی رابط‌ها)، معیارهایی در نظر گرفته شود.

مهم‌ترین ضابطه‌ای که در طرح ورودی و خروجی پایانه رابط‌ها توصیه می‌شود، این است که در صورت امکان، کلیه ورودی‌ها و خروجی‌ها از سمت راست مسیر انجام شود. بدیهی است در طرح تبادل‌های جهتی، تأمین این ضابطه مورد توجه نیست.

در هر حال واگرایی یا هم‌گرایی جریان ترافیک رابط با مسیر اصلی باید با زاویه‌ای بسیار ملایم و کم و به صورت تدریجی شکل گیرد. پایانه‌ها یا آستانه رابط بسته به تعداد خط‌های رابط (که یک یا چند خطه باشند) و با توجه به شکل خط تغییر سرعت در آنها (که به صورت لچکی یا موازی باشد)، به دسته‌های مختلف تقسیم می‌شوند. نحوه کنترل جریان ورودی یا خروجی رابط نیز از عامل‌های مهم و مؤثر دیگر در طراحی ورودی و خروجی رابط است. بدیهی است چنانچه لازم باشد واگرایی یا هم‌گرایی جریان با مسیر اصلی به صورت آزاد و بدون نیاز به توقف انجام شود، در آن صورت نحوه طراحی متفاوت خواهد بود.

#### ۶-۱۰-۱۱-۱- موقعیت پایانه رابط‌ها در روی راه متقاطع

در طرح تبادل‌هایی که رابط، راه متقاطع را به صورت هم‌سطح قطع می‌کند و به عبارت دیگر تقاطع هم‌سطح ایجاد می‌شود و حرکات گردش به چپ وجود دارد (مانند تبادل‌های لوزوی)، باید تسهیلات لازم به منظور ایجاد حرکت ایمن برای ترافیک گردشی به چپ فراهم شود.

برای این منظور ضوابط زیر در محل اتصال رابط با راه متقاطع رعایت می‌شود:

- حداقل فاصله بین پایانه رابط و تقاطع‌های مجاور و دسترسی‌ها مطابق حداقل فاصله توصیه شده در فصل چهارم- همین نشریه و فصل چهارم- نشریه ۸۰۰-۱ باشد.

- اتصال رابط با مسیر متقاطع بهتر است در صورت امکان در بخش مستقیم راه باشد و در قوس افقی واقع نشود.

- محل اتصال رابط در قسمتی از راه متقاطع باشد که شیب طولی آن ملایم‌تر است. حداکثر شیب ۴ درصد برای این منظور توصیه می‌شود.

- انتهای رابط در نقطه‌ای قرار داده شود که دید کافی برای گردش به چپ از رابط به مسیر متقاطع فراهم باشد. برای این منظور سعی می‌شود که انتهای رابط تا حد امکان دورتر از نقطه شروع یا پایان قوس قائم (خم) گنبدی روگذری باشد که از روی آزادراه یا شریانی می‌گذرد. اگر اجباراً انتهای رابط در نزدیکی قوس قائم گنبدی قرار داده شود، باید برای وسایل نقلیه چپ‌گرد، فاصله دید قائم کنترل شود.

- علائم راهنما به ویژه علائم نوشتاری برای بهبود کنترل تقاطع بسیار مناسب خواهد بود.

- نوع پوشش گیاهی کنار یا میانه مسیر نیز (در صورت وجود) در تأمین دید لازم مؤثر است.

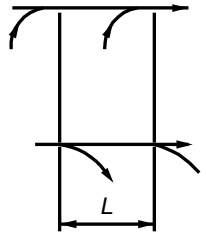
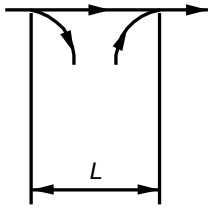
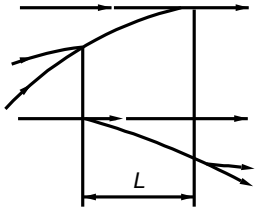
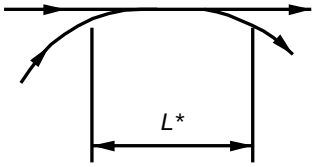
**۶-۱۰-۱۱-۲- فاصله بین پایانه رابط جریان آزاد و سازه**

پایانه رابط خروجی بهتر است نزدیک سازه پل واقع نشود. اگر قرارگیری پایانه رابط خروجی از مسیر اصلی، قبل از پل امکان‌پذیر نباشد و تنها راه حل ممکن، انتقال آن به بعد از پل باشد، در آن صورت، دهانه رابط در چنان فاصله‌ای بعد از پل واقع می‌شود که فاصله دید و عکس‌العمل کافی برای رانندگان، به منظور هدایت صحیح به آن را فراهم کند، به گونه‌ای که طول لازم برای ترافیک تداخلی تأمین شده باشد. حداقل فاصله لازم برای این منظور، مشابه با طول خط تغییر سرعت (برای رسیدن از سرعت طرح مسیر به سرعت طرح رابط یا بالعکس) خواهد بود. چنانچه این فاصله بر اساس تعیین فاصله دید انتخاب تعیین شود، حد مطلوبی به دست خواهد آمد. در تقاطع‌های شبدری به دلیل اجتناب از افزایش زیاد حریم مورد نیاز تقاطع و مسافت حرکت در گردراه‌ها، خط تغییر سرعت می‌تواند در طول سازه پل نیز در نظر گرفته شود. در این حالت نیز فاصله دید باید کنترل شود.

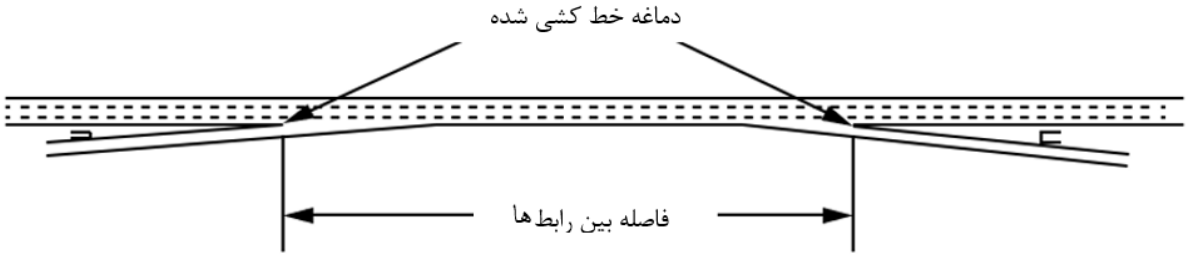
**۶-۱۰-۱۱-۳- فاصله بین پایانه رابط‌های متوالی**

فاصله میان دو پایانه رابط متوالی (به غیر از رابط‌های متوالی گردراهه‌ها در یک تبادل شبدری) در انواع تبادل‌ها مطابق شکل (۶-۶۳) می‌باشد. چنانچه در شرایط ویژه فاصله بین رابط‌های ورودی و خروجی متوالی کمتر از این مقادیر باشد، با توجه به نوع راه‌های منتهی به تبادل، نوع عملکرد رابط‌های متوالی (ورودی یا خروجی) و ظرفیت بخش تداخلی، می‌توان از تحلیل ترافیکی استفاده کرد. در این شکل پنج حالت نشان داده شده است. این پیشنهادها بر مبنای تجربیات عملیاتی و نیز

تأمین انعطاف‌پذیری طرح و کفایت تابلوگذاری ارائه شده‌اند. همچنین فاصله حداقل ۹۰ متر برای انتهای یک رابط تا شروع رابط بعدی متوالی مطابق شکل (۶-۶۴) نشان داده است. زمانی که دماغه‌های بین رابط‌های متوالی از ۴۵۰ متر کمتر باشد می‌توان از اتصال خطوط تغییر سرعت به هم، خط کمکی تأمین نمود.

| ورودی- ورودی یا خروجی- خروجی | | ورودی-خروجی | | مسیرهای گردشی | | خروجی-ورودی (تداخل) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | |  | |  | |  * برای رابط‌های گردراهه شبدری قابل استفاده نیست | | |
| آزادراه کامل | راه جمع کننده/ توزیع کننده | آزادراه کامل | راه جمع کننده/ توزیع کننده | تبادل سیستمی | تبادل خدماتی | آزادراه کامل | راه جمع کننده/ توزیع کننده | آزادراه / راه جمع کننده/ توزیع کننده |
| حداقل طول اندازه گیری شده بین پایانه های رابط های متوالی (متر) | | | | | | | | |
| ۳۰۰ | ۲۴۰ | ۱۵۰ | ۱۲۰ | ۲۴۰ | ۱۸۰ | ۶۰۰ | ۴۸۰ | ۴۸۰ / ۳۰۰ |

شکل ۶-۶۳-حداقل فاصله توصیه شده بین پایانه‌های رابط‌های متوالی




شکل ۶-۶۴-ابعاد فاصله بین رابط‌های متوالی

**۶-۱۰-۱۱-۴- خطوط تغییر سرعت**

خطوط تغییر سرعت عموماً شامل خط افزایش سرعت (خط افزایش شتاب) و خط کاهش سرعت (خط کاهش شتاب) می‌باشد. در خطوط کاهش سرعت لازم است رانندگان قبل از خروج از راه اصلی و ورود به رابط، سرعت خود را کاهش دهند. در خطوط افزایش سرعت رانندگان لازم است سرعت خود را پس از ورود از رابط به راه اصلی افزایش دهند تا به سرعت مطلوب راه اصلی رسیده و قبل از اتمام خط افزایش سرعت، از فاصله بین وسایل نقلیه جریان ترافیک عبوری استفاده نموده و

با مانور تغییر خط، وارد جریان ترافیک شوند. از آنجائی که تغییر سرعت‌ها قابل توجه است، افزایش یا کاهش سرعت باید در خطوط کمکی انجام گیرد تا تداخل با جریان ترافیک عبوری به حداقل برسد و احتمال بروز تصادف کاهش یابد. این خط کمکی اضافی که سواره روی راه اصلی را به سواره روی مسیر گردشی وصل می‌کند ضرورتاً نیاز نیست که عرض عبور یکنواخت داشته باشد. چرا که این خط اضافی بخشی از امتداد ناحیه پایانه رابط است.

خط تغییر سرعت باید طول کافی داشته باشد تا راننده قادر به تغییر سرعت بین راه اصلی و مسیر گردشی باشد. لذا دو نوع کلی خطوط تغییر سرعت وجود دارد: نوع لچکی و نوع موازی. هر دو مورد در صورتی که به طور کامل طرح شوند، عملکرد رضایت بخشی دارند. با این وجود، نوع موازی برای برخی موارد بیشتر مورد استقبال قرار گرفته است و برخی از نهادها نوع لچکی را برای خروجی و نوع موازی را برای ورودی استفاده می‌کنند. همچنین یافته‌های اخیر نشان می‌دهد که ورودی‌های حالت لچکی تشویق به سرعت همگرایی نزدیک به سرعت‌های آزادراه نسبت به حالت موازی دارند. به هر حال، در مواقعی که احجام ترافیک مسیر اصلی به حد ظرفیت نزدیک است، ورودی نوع موازی اجازه می‌دهد رانندگان انعطاف‌پذیری بیشتری در انتخاب محل همگرایی دو جریان داشته باشند.

**۶-۱۰-۱۱-۵- پایانه رابط ورودی یک خطه**

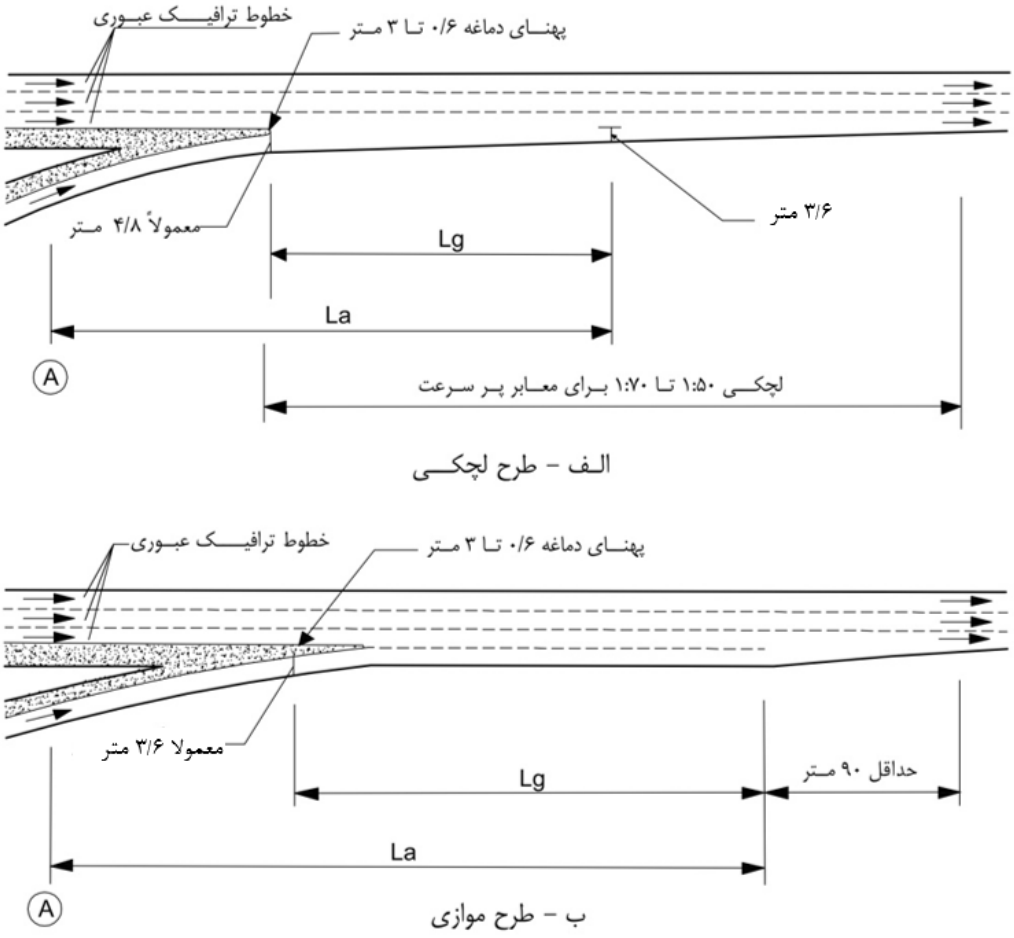
الف - نوع لچکی

نمونه متداول دماغه رابط ورودی یک خطه در شکل (۶-۶۵-الف) نشان داده شده است. در این حالت، ورود به جریان آزادراه یا شریانی درجه یک به صورت یکنواخت و در فاصله طولانی انجام می‌شود. در این شکل $L_a$ طول لازم برای خط افزایش سرعت و $L_g$ فاصله لازم برای جای‌گیری در ترافیک اصلی (ورود ایمن به جریان ترافیک عبوری) است. حداقل طول $L_g$ بین ۹۰ تا ۱۵۰ متر و طول $L_a$ از جدول (۶-۴) به دست می‌آید. چنانچه رابط در شیب (بیش از ۳ درصد) واقع شده باشد، این طول طبق جدول (۶-۵) تعدیل می‌شود. $L_a$ نباید از روی انحنای رابط شروع شود مگر آن که شعاع رابط ۳۰۰ متر و یا بیشتر باشد و همچنین طول آن نباید کمتر از طول $L_g$ باشد. $L_a$ در انتهای لچکی با نرخ هم‌گرایی حداقل ۱:۵۰ به مسیر اصلی اتصال می‌یابد. در راه‌های شریانی می‌توان از نرخ هم‌گرایی برابر ۱:۵۰ تا ۱:۷۰ (نسبت فاصله جانبی به فاصله طولی) برای ادغام بین لبه خارجی خط افزایش سرعت و جریان مستقیم مسیر اصلی استفاده کرد.

ب - نوع موازی

در این حالت خط اضافی با طول کافی، موازی مسیر اصلی در نظر گرفته می‌شود تا امکان افزایش سرعت برای ترافیک ورودی از طریق رابط، پیش از آن که به جریان ترافیک مسیر اصلی ملحق شود، فراهم شود. در نهایت، این خط اضافی با کمک یک لچکی به طول حداقل ۹۰ متر به مسیر اصلی متصل می‌شود.

طرح معمول ورودی یک خطه از نوع موازی در شکل (۶-۶۵-ب) نشان داده شده است. در این حالت نیز حداقل طول لازم برای خط‌های افزایش سرعت با استفاده از جدول‌های (۶-۴) و (۶-۵) به دست می‌آید.



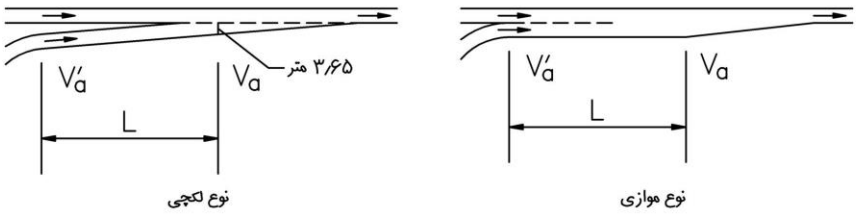

Lg : فاصله لازم برای جاگیری در ترافیک اصلی (حداقل ۹۰ الی ۱۵۰ متر)
La : خط افزایش سرعت
A : مقطع سرعت ایمن روی رابط (شعاع بیش از ۳۰۰ متر)

شکل ۶-۶۵- طرح‌های متداول رابط ورودی یک خطه

جدول ۶-۴- حداقل طول لازم برای خط‌های افزایش سرعت رابط‌های ورودی با شیب طولی کمتر از ۳ درصد

| مسیر اصلی | | طول لازم برای خط افزایش سرعت (متر) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | سرعت طرح قوس رابط ورودی (کیلومتر در ساعت) | | | | | | | |
| سرعت طرح (کیلومتر در ساعت) | سرعت ورودی به راه ($V_a$) (کیلومتر در ساعت) | توقف کامل | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ |
| | | سرعت اولیه ($V'_a$) (کیلومتر در ساعت) | | | | | | | |
| | | ۰ | ۲۰ | ۲۸ | ۳۵ | ۴۲ | ۵۱ | ۶۳ | ۷۰ |
| ۵۰ | ۳۷ | ۶۰ | ۵۰ | ۳۰ | – | – | – | – | – |
| ۶۰ | ۴۵ | ۹۵ | ۸۰ | ۶۵ | ۴۵ | – | – | – | – |
| ۷۰ | ۵۳ | ۱۵۰ | ۱۳۰ | ۱۱۰ | ۹۰ | ۶۵ | – | – | – |
| ۸۰ | ۶۰ | ۲۰۰ | ۱۸۰ | ۱۶۵ | ۱۴۵ | ۱۱۵ | ۶۵ | – | – |
| ۹۰ | ۶۷ | ۲۶۰ | ۲۴۵ | ۲۲۵ | ۲۰۵ | ۱۷۵ | ۱۲۵ | ۳۵ | – |
| ۱۰۰ | ۷۴ | ۳۴۵ | ۳۲۵ | ۳۰۵ | ۲۸۵ | ۲۵۵ | ۲۰۵ | ۱۱۰ | ۴۰ |
| ۱۱۰ | ۸۱ | ۴۳۰ | ۴۱۰ | ۳۹۰ | ۳۷۰ | ۳۴۰ | ۲۹۰ | ۲۰۰ | ۱۲۵ |
| ۱۲۰ | ۸۸ | ۵۴۵ | ۵۳۰ | ۵۱۵ | ۴۹۰ | ۴۶۰ | ۴۱۰ | ۳۲۵ | ۲۴۵ |
| ۱۳۰ | ۹۲ | ۶۱۰ | ۵۸۰ | ۵۵۰ | ۵۳۰ | ۵۲۰ | ۵۰۰ | ۳۷۵ | ۳۰۰ |

تبصره: برای خط افزایش سرعت با طول بیشتر از ۴۰۰ متر، لچکی ۱:۵۰ تا ۱:۷۰ توصیه می‌شود.



جدول ۶-۵- ضرایب تعدیل طول خط تغییر سرعت برای شیب‌های طولی بزرگتر از ۳ درصد*

| خط کاهش سرعت | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت) | سرعت طرح مسیر گردشی (کیلومتر در ساعت) | | | | | |
| همه سرعت‌ها | سربالایی با شیب ۳ تا ۴ درصد: ۰/۹ | | | | | سرپایینی با شیب ۳ تا ۴ درصد: ۱/۲ |
| همه سرعت‌ها | سربالایی با شیب ۵ تا ۶ درصد: ۰/۸ | | | | | سرپایینی با شیب ۵ تا ۶ درصد: ۱/۳۵ |
| خط افزایش سرعت | | | | | | |
| سرعت طرح راه (کیلومتر در ساعت) | سرعت طرح مسیر گردشی (کیلومتر در ساعت) | | | | | |
| | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ | همه سرعت‌ها |
| | سربالایی با شیب ۳ تا ۴ درصد | | | | | سرپایینی با شیب ۳ تا ۴ درصد |
| ۶۰ | ۱/۳ | ۱/۴ | ۱/۴ | – | – | ۰/۷ |
| ۷۰ | ۱/۳ | ۱/۴ | ۱/۴ | ۱/۵ | – | ۰/۶۵ |
| ۸۰ | ۱/۴ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۶ | ۰/۶۵ |
| ۹۰ | ۱/۴ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۵ | ۱/۶ | ۰/۶ |
| ۱۰۰ | ۱/۵ | ۱/۶ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۸ | ۰/۶ |
| ۱۱۰ | ۱/۵ | ۱/۶ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۸ | ۰/۶ |
| ۱۲۰ | ۱/۵ | ۱/۶ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۱/۸ | ۰/۶ |
| ۱۳۰ | ۱/۶ | ۱/۷ | ۱/۸ | ۱/۸ | ۱/۸ | ۰/۶ |
| | سربالایی با شیب ۵ تا ۶ درصد | | | | | سرپایینی با شیب ۵ تا ۶ درصد |
| ۶۰ | ۱/۵ | ۱/۵ | – | – | – | ۰/۶ |
| ۷۰ | ۱/۵ | ۱/۶ | ۱/۷ | – | – | ۰/۶ |
| ۸۰ | ۱/۵ | ۱/۷ | ۱/۹ | ۱/۸ | – | ۰/۵۵ |
| ۹۰ | ۱/۶ | ۱/۸ | ۲/۰ | ۲/۱ | ۲/۲ | ۰/۵۵ |
| ۱۰۰ | ۱/۷ | ۱/۹ | ۲/۲ | ۲/۴ | ۲/۵ | ۰/۵ |
| ۱۱۰ | ۲/۰ | ۲/۲ | ۲/۶ | ۲/۸ | ۳/۰ | ۰/۵ |
| ۱۲۰ | ۲/۲ | ۲/۴ | ۲/۸ | ۳/۲ | ۳/۵ | ۰/۵ |
| ۱۳۰ | ۲/۳ | ۲/۵ | ۳/۰ | ۳/۲ | ۳/۵ | ۰/۵ |
| * نسبت به دست آمده از این جدول در مقادیر حاصل از جدول‌های (۶-۴) و (۶-۶) ضرب می‌شود. | | | | | | |

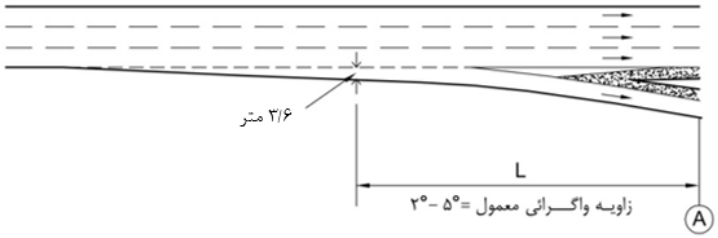
**۶-۱۰-۱۱-۶- پایانه رابط خروجی یک خطه**

**الف- نوع لچکی**

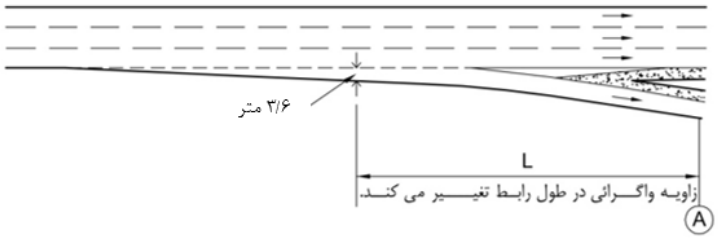
زاویه واگرایی مطلوب برای جداشدگی رابط خروجی از مسیر اصلی، بین ۲ تا ۵ درجه است. شکل (۶-۶۶-الف و ب) طرح-های خروجی یک خطه از نوع لچکی را نشان می‌دهد. حداقل طول خط‌های کاهش سرعت که در شکل (۶-۶۶) به آن اشاره شده است، با استفاده از جدول (۶-۶) محاسبه می‌شود. ضریب تعدیل شیب طولی نیز از جدول (۶-۵) به‌دست می‌آید.

**ب- نوع موازی**

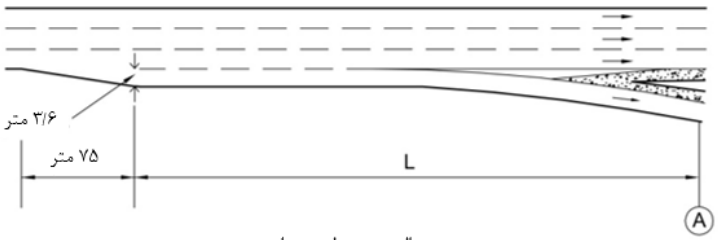
این نوع خروجی، با لچکی به طول ۷۵ متر شروع می‌شود تا در این طول، عرض یک خط عبوری تأمین شده و سپس موازی لبه مسیر اصلی امتداد می‌یابد تا به دهانه خروجی برسد. در شکل (۶-۶۶-پ)، طرح متداول این نوع خروجی نمایش داده شده است.




حالت الف : طرح لچکی مستقیم




حالت پ : طرح لچکی قوس




حالت پ : طرح موازی

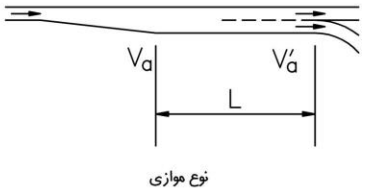
L : طول خط کاهش سرعت (جدول‌های ۵-۶ و ۶-۶)

A : مقطع سرعت ایمن روی رابط

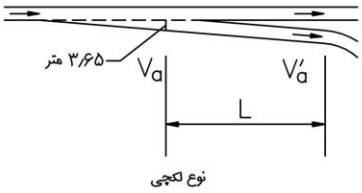
شکل ۶-۶۶- طرح‌های متداول رابط خروجی یک خطه

جدول ۶-۶- حداقل طول لازم برای خط‌های کاهش سرعت رابط‌های خروجی با شیب طولی کمتر از ۳ درصد

| مسیر اصلی | | طول لازم برای خط کاهش سرعت (متر) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | سرعت طرح قوس رابط خروجی (کیلومتر در ساعت) | | | | | | | |
| سرعت طرح (کیلومتر در ساعت) | سرعت خروج از راه (کیلومتر در ساعت) ($V_a$) | توقف کامل | ۲۰ | ۳۰ | ۴۰ | ۵۰ | ۶۰ | ۷۰ | ۸۰ |
| | | سرعت متوسط حرکت رابط خروجی ($V'_a$) (کیلومتر در ساعت) | | | | | | | |
| | | ۰ | ۲۰ | ۲۸ | ۳۵ | ۴۲ | ۵۱ | ۶۳ | ۷۰ |
| ۵۰ | ۴۷ | ۷۵ | ۷۰ | ۶۰ | ۴۵ | – | – | – | – |
| ۶۰ | ۵۵ | ۹۵ | ۹۰ | ۸۰ | ۶۵ | ۵۵ | – | – | – |
| ۷۰ | ۶۳ | ۱۱۰ | ۱۰۵ | ۹۵ | ۸۵ | ۷۰ | ۵۵ | – | – |
| ۸۰ | ۷۰ | ۱۳۰ | ۱۲۵ | ۱۱۵ | ۱۰۰ | ۹۰ | ۸۰ | ۵۵ | – |
| ۹۰ | ۷۷ | ۱۴۵ | ۱۴۰ | ۱۳۵ | ۱۲۰ | ۱۱۰ | ۱۰۰ | ۷۵ | ۶۰ |
| ۱۰۰ | ۸۵ | ۱۷۰ | ۱۶۵ | ۱۵۵ | ۱۴۵ | ۱۳۵ | ۱۲۰ | ۱۰۰ | ۸۵ |
| ۱۱۰ | ۹۱ | ۱۸۰ | ۱۸۰ | ۱۷۰ | ۱۶۰ | ۱۵۰ | ۱۴۰ | ۱۲۰ | ۱۰۵ |
| ۱۲۰ | ۹۸ | ۲۰۰ | ۱۹۵ | ۱۸۵ | ۱۷۵ | ۱۷۰ | ۱۵۵ | ۱۴۰ | ۱۲۰ |
| ۱۳۰ | ۱۰۳ | ۲۱۵ | ۲۱۰ | ۲۰۵ | ۱۹۵ | ۱۸۵ | ۱۷۰ | ۱۵۵ | ۱۳۵ |



نوع موازی



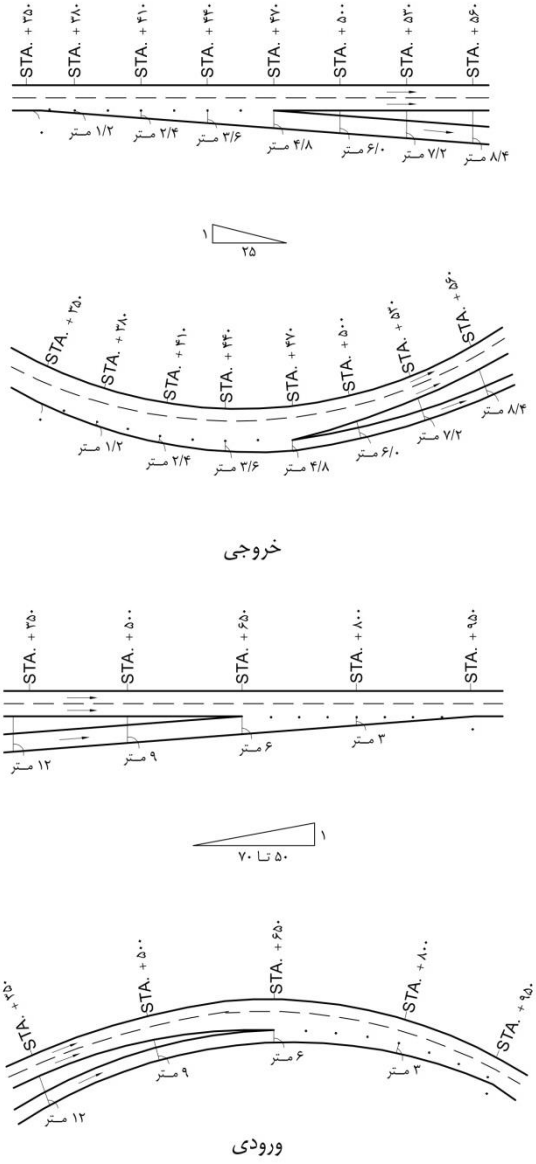
نوع لچکی

**۶-۱۰-۱۱-۷- پایانه رابط یک خطه در قوس افقی**

اگرچه شعاع قوس‌های افقی مسیر، در اغلب آزادراه‌ها و راه‌های شریانی درجه یک زیاد است اما با این وجود، حالت‌هایی نیز وجود دارد که شعاع قوس، کم و در نتیجه انحنای مسیر تند است و ضرورت دارد که رابط ورودی یا خروجی نیز در آن محل تعبیه شود. در چنین حالت‌هایی به منظور جلوگیری از بروز مشکل‌های عملیاتی، تغییراتی در طرح انجام می‌شود. در راه‌هایی که سرعت طراحی آنها بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت است، طراحی قوس‌های افقی به گونه‌ای است که هم نوع موازی و هم نوع لچکی خط تغییر سرعت، مناسب و بدون اشکال است. در حالت موازی، طراحی به صورت مشابه با آنچه که

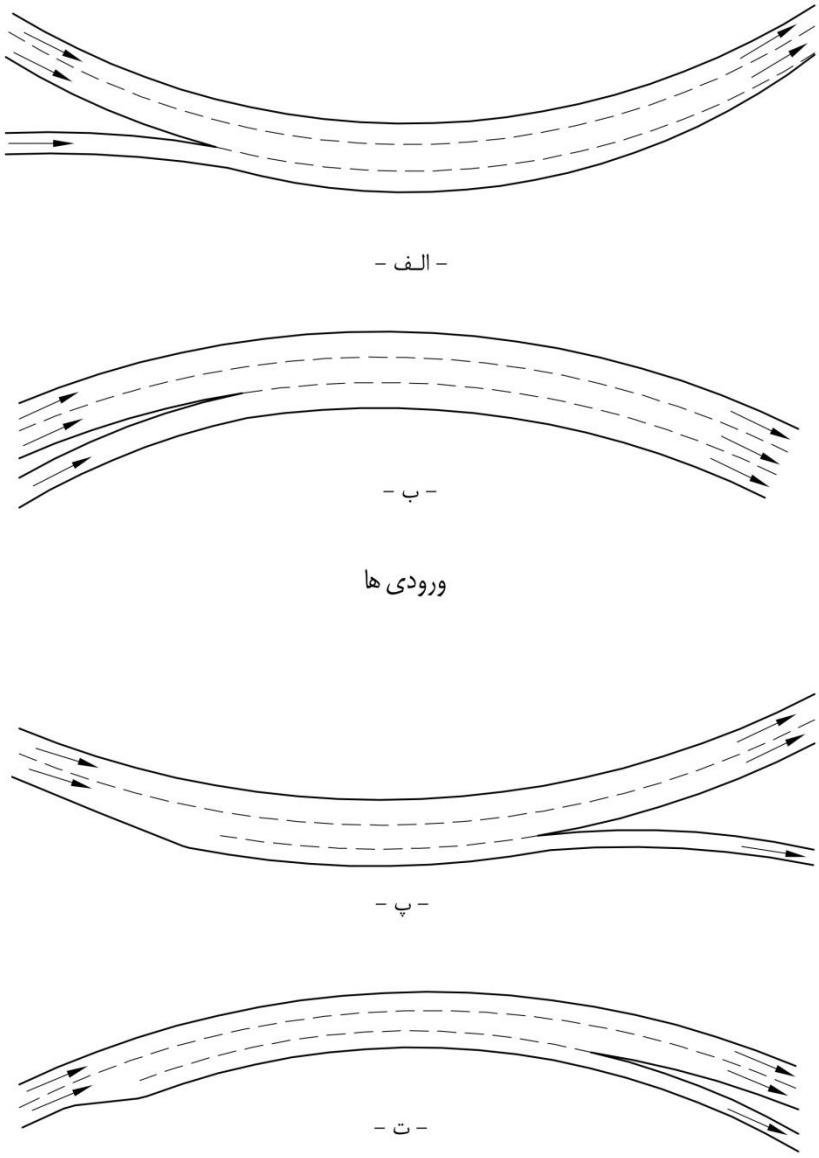
در مورد مسیر مستقیم ذکر شد، انجام می‌شود و تنها تفاوت آن این است که خط اضافه شده (موازی) نیز انحنایی مشابه با انحنای مسیر اصلی دارد. در حالت لچکی نیز طراحی به گونه مشابه با حالت مستقیم و مطابق آنچه که در شکل (۶-۶۷) نشان داده شده است، انجام می‌شود. چنانچه بخشی از قسمت لچکی خط تغییر سرعت در داخل پیچ قرار گیرد، مطلوب آن است که تغییر عرض راه برای لچکی با همان نرخ تدریجی به طور کامل در داخل بخش منحنی شکل واقع شود.

در قوس‌های افقی راه‌هایی که سرعت طرح آنها بیشتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت است، نوع موازی خط‌های تغییر سرعت بر نوع لچکی ارجحیت دارد، زیرا خروجی‌ها در این حالت سردرگمی کمتری برای ترافیک مسیر عبوری ایجاد می‌کنند و ورودی‌ها نیز هم‌گرایی روان‌تری را با جریان ترافیک مسیر اصلی فراهم می‌سازند. شکل (۶-۶۸) حالت‌های متفاوت پایانه‌های رابط از نوع موازی را که در محل قوس افقی واقع شده‌اند، به صورت شماتیک نشان می‌دهد.




شکل ۶-۶۷-نحوه قرارگیری پایانه‌های لچکی شکل در قوس‌های افقی

در طراحی قوس رابط‌های ورودی در محل اتصال به خط تغییر سرعت، شعاع به اندازه کافی بزرگ در نظر گرفته می‌شود. در این حالت توصیه می‌شود، طولی معادل ۹۰ متر برای لچکی انتهایی رابط در نظر گرفته شود. چنانچه محل قوس افقی معکوس مسیر (که در حالت الف شکل (۶-۶۸) نشان داده شده است) بین انتهای رابط و خط تغییر سرعت قرار گیرد، از یک قطعه مستقیم با طول مناسب استفاده می‌شود تا امکان تأمین بربلندی فراهم شود.




شکل ۶-۶۸-پایانه‌های رابط نوع موازی در قوس افقی

در شرایطی که انحنای رابط خروجی در جهت عکس انحنای مسیر اصلی باشد (مانند حالت پ شکل (۶-۶۸)) به جهت آن که ترافیک آخرین خط عبوری مسیر اصلی تمایل بیشتری به حرکت در مسیر رابط پیدا می‌کند، مشکلات زیادی به وجود می‌آید، لذا بهتر است در صورت امکان از طراحی چنین حالتی اجتناب شود. همچنین در طراحی خروجی‌های واقع در محل

قوس مسیر اصلی، بهتر است لچکی در ابتدای خط کاهش سرعت حتی‌المقدور طول کمتری داشته باشد و بیش از ۳۰ متر نباشد. در چنین حالتی خط کاهش سرعت برای رانندگان بیشتر مشخص خواهد بود و سبب اشتباه آنها نمی‌شود.

**۶-۱۰-۱۱-۸- پایانه رابطهای چندخطه**

اصول طراحی رابطهای چندخطه و پایانه‌های آنها، مشابه با حالت یک‌خطه است. ملاحظات تکمیلی که در طراحی رابط-های چندخطه به آنها توجه می‌شود، عبارت است از: پیوستگی مسیر اصلی، تشکیل صف در رابطهای طولانی، توازن تعداد خطها و انعطاف‌پذیری طرح.

معمول‌ترین انواع پایانه رابطهای چندخطه عبارت‌است از:

- پایانه رابط ورودی دو خطه،
- پایانه رابط خروجی دو خطه، و
- پایانه رابط دو خطه در قوس افقی.

**الف – پایانه رابط ورودی دو خطه**

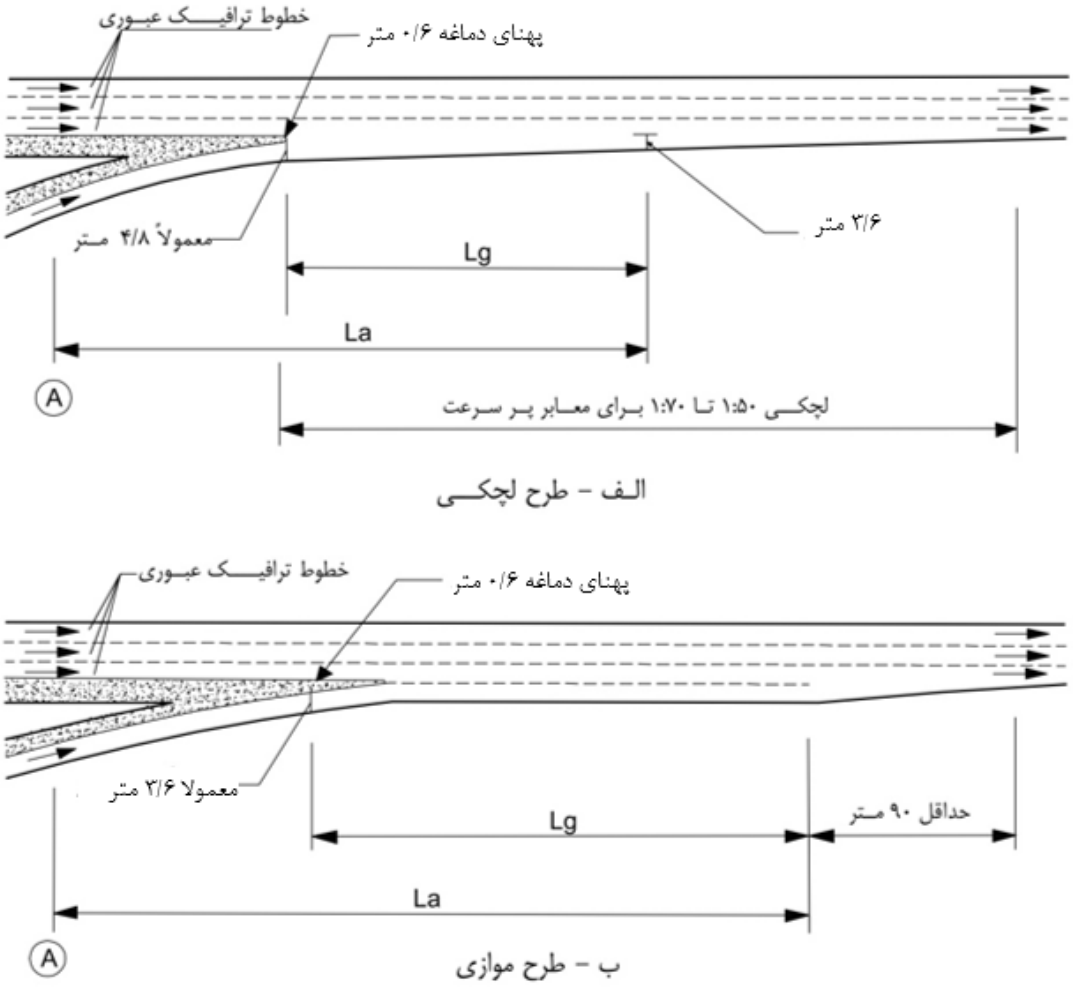
استفاده از ورودی دو خطه در شرایط زیر توصیه می‌شود:

۱- اتصالات دو شاخه‌ای.

۲- نیاز به ظرفیت بیش از یک‌خط.

در طرح پایانه رابط دو خطه به منظور تأمین نیازمندی‌های رعایت اصل توازن خطها، باید یک خط اضافی در مسیر اصلی در پایین‌دست محل ورودی تعبیه شود. این خط اضافی می‌تواند خط اصلی تأمین‌کننده ظرفیت مورد نیاز در مسیر اصلی و یا یک خط کمکی باشد. این خط می‌تواند در پایین‌دست در فاصله حداقل ۷۵۰ متر در آزادراه یا در تبادل بعدی حذف شود.

شکل (۶-۶۹) گویای حالت ساده رابطهای ورودی دوخطه با طرح لچکی یا موازی است. مقدار $L_a$ از روی انحنای رابط نباید شروع شود مگر آن که شعاع رابط ۳۰۰ متر و یا بیشتر باشد. در صورتی که حجم ترافیک رابط از ظرفیت یک خط بیشتر باشد، طول $L_g$ بین ۳۰۰ تا ۶۶۵ متر است.




Lg : فاصله لازم برای جاگیری در ترافیک اصلی (حداقل ۹۰ الی ۱۵۰ متر)
La : خط افزایش سرعت
A : مقطع سرعت ایمن روی رابط (شعاع بیش از ۳۰۰ متر)

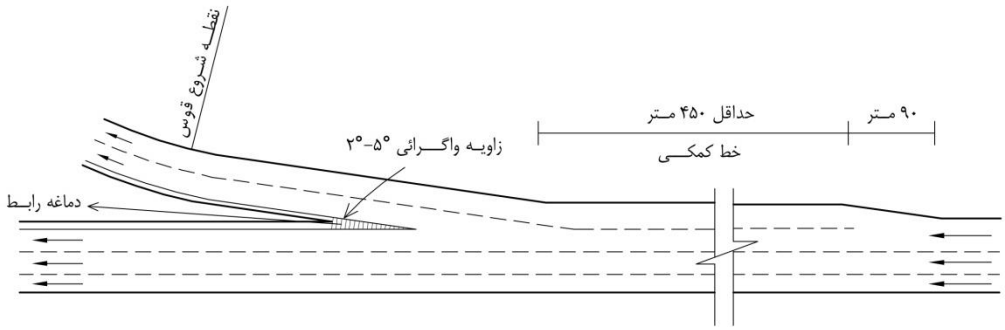
شکل ۶-۶۹- حالت‌های متداول رابط ورودی دو خطه

**ب – پایانه رابط خروجی دو خطه**

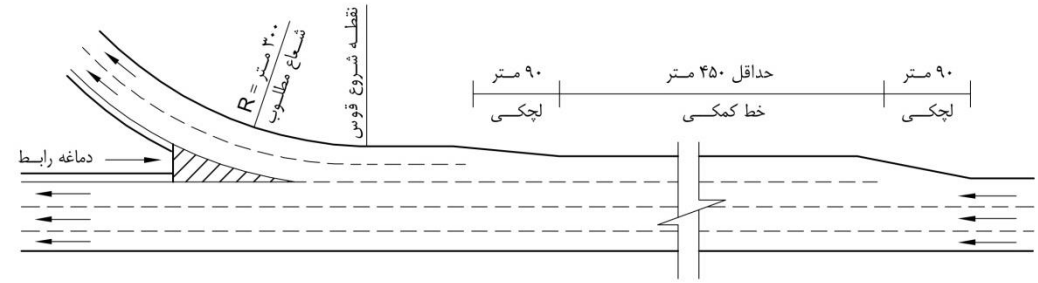
در شرایطی که ترافیک خروجی از مسیر اصلی بیش از ظرفیت طرح یک خط باشد، از رابط دو خطه استفاده می‌شود. در این حالت به منظور تأمین توازن خط‌ها، خط کمکی در بالادست محل پایانه رابط خروجی پیش‌بینی می‌شود. حالت‌های متداول طرح پایانه رابط خروجی دو خطه لچکی و موازی در شکل (۶-۷۰) نشان داده شده است.

**پ - پایانه رابط دو خطه در قوس افقی**

طرح پایانه رابط ورودی و یا خروجی دوخطه در قوس‌ها، دقیقاً مشابه موارد یاد شده در خصوص رابط‌های یک خطه است.




الف) طرح لچکی مستقیم




ب) طرح موازی

شکل ۶-۷۰- حالت‌های متداول رابط خروجی دو خطه

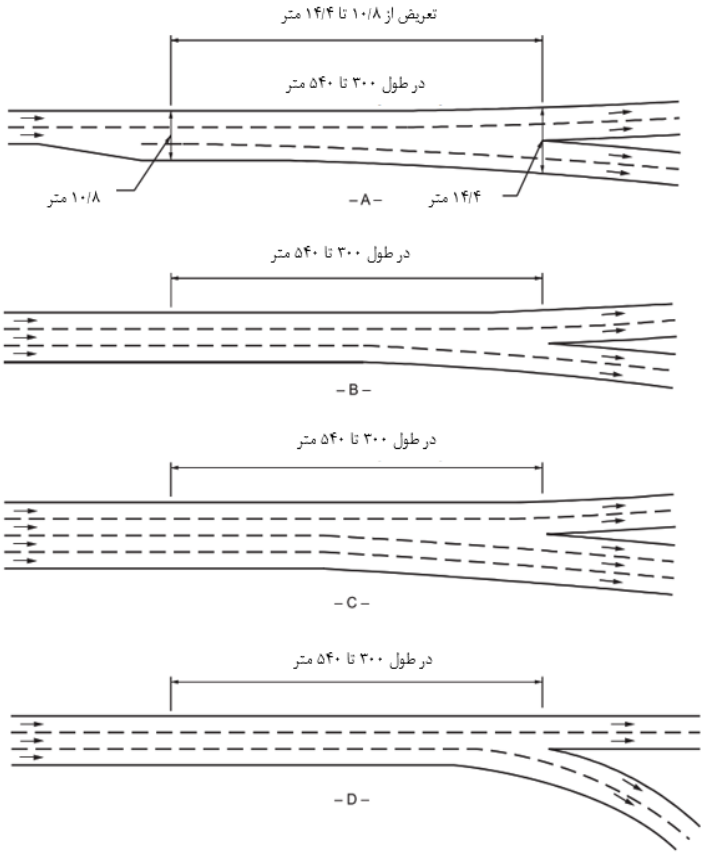
## ۶-۱۱- اتصالات پیوندی و انشعاب مسیر اصلی (Y شکل)

این حالت در هنگام انشعاب دو شاخه شدن راه اصلی چندخطه (آزادراه و شریانی درجه یک) به دو خروجی اصلی و یا اتصال پیوندی دو ورودی اصلی به یک راه اصلی چندخطه (آزادراه و شریانی درجه یک) ایجاد می‌شود.

اتصال خروجی‌های چندخطه شاخه‌ای یا انشعابی، از تقسیم یک راه به دو مسیر مجزا با اهمیت یکسان به‌دست می‌آید. در طرح این خروجی‌ها، به رعایت اصل توازن خط‌ها باید توجه شود. به طوری که تعداد خط‌های مسیر اصلی پیش از رسیدن به محل انشعاب برابر جمع خط‌های مسیرهای انشعابی و یا یک خط کمتر از مجموع آنها باشد.

شکل (۶-۷۱)، حالت‌های متداول خروجی‌های انشعابی را نشان می‌دهد. در این شکل متناسب با حجم‌های متفاوت حرکت‌های گردشی، طرح‌های متفاوتی ارایه شده است.

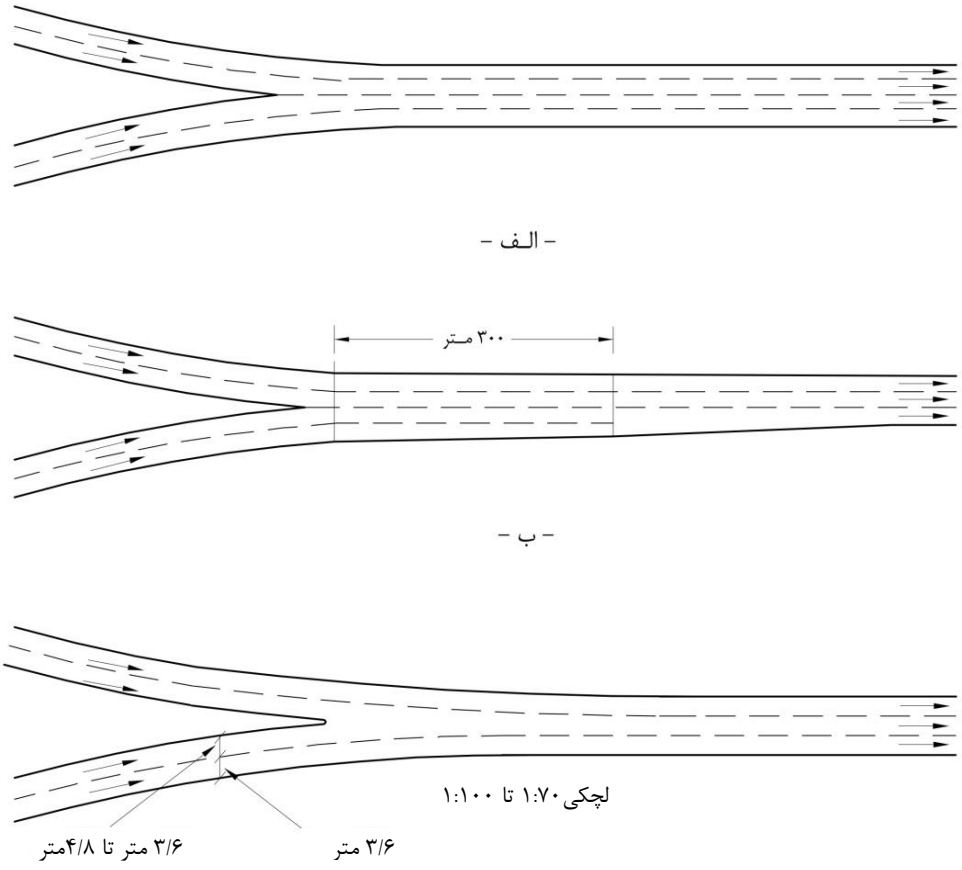
در حالت‌های الف تا پ، دماغه در امتداد محور یکی از خط‌های عبوری قرار گرفته و نحوه تعریض مسیر در شکل (۶-۷۱-الف) نشان داده شده است. چنانچه یکی از مسیرهای انشعابی در امتداد مستقیم قرار گیرد، در آن صورت طرحی مشابه حالت ت در شکل فوق انتخاب می‌شود.




شکل ۶-۷۱- حالت‌های متداول انشعاب اصلی

اتصال پیوندی یا ادغام ورودی چندخطه نیز از ترکیب دو راه دو خطه یا چند خطه با اهمیت یکسان، حاصل می‌شود. در این حالت نیز اصل توازن خط‌ها در طراحی مورد توجه قرار می‌گیرد. در شکل (۶-۷۲) حالت‌های متداول پیوند دو راه نشان داده شده است.

استفاده از هر یک از حالت‌های اشاره شده در شکل (۶-۷۲)، بر اساس حجم ترافیک و سرعت طرح مورد نیاز برای پیوند جریان‌های هر یک از شاخه‌ها است. حالت الف برای شرایطی مناسب است که حجم ترافیک هر دو مسیر، قابل توجه باشد. چنانچه حجم ترافیک ورودی هر دو شاخه مساوی باشد، می‌توان از حالت ب و یا حالت پ استفاده کرد که هم‌گرایی سریع را ایجاد می‌کند.




شکل ۶-۷۲-حالت‌های متداول ورودی‌های اتصال پیوندی

# پیوست الف

## مباحثی از تقاطع‌های همسطح

## الف-۱- مقدمه

## الف-۲- نمونه طرح حداقل مسیرهای گردشی

در مواردی که هدف، تأمین گردش خودرو در کمترین فضای ممکن باشد، مانند تقاطع‌های بدون خط گردش مجزا، حداقل مسیر گردش خودروی طرح، مبنای طرح قرار خواهد گرفت. در جدول (الف-۱)، معیارهای طرح حداقل مسیر گردشی با زوایای مختلف گردش ارائه شده است. سرعت طرح حداقل مسیر گردشی ۱۵ کیلومتر در ساعت فرض می‌شود.

جدول الف-۱- معیارهای طرح حداقل مسیر گردشی

| ردیف | زاویه گردش | خودروی طرح | قوس ساده (شعاع) | قوس ساده با لچکی | | | قوس سه مرکزی متقارن | | قوس سه مرکزی نامتقارن | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | شعاع | عقب-نشینی | لچکی (عرض به طول) | شعاع | عقب‌نشینی | شعاع | عقب-نشینی |
| ۱ | ۳۰ | خودروی سبک | ۱۸ | | | | | | | |
| | | اتوبوس نوع یک | ۳۰ | | | | | | | |
| | | اتوبوس نوع دو | ۴۵ | | | | | | | |
| | | تریلی نوع ۱ | ۶۰ | | | | | | | |
| | | تریلی نوع ۲ | ۱۱۰ | ۶۷ | ۱ | ۱:۱۵ | | | | |
| ۲ | ۴۵ | خودروی سبک | ۱۵ | | | | | | | |
| | | اتوبوس نوع یک | ۲۳ | | | | | | | |
| | | اتوبوس نوع دو | ۳۶ | | | | | | | |
| | | تریلی نوع ۱ | ۵۳ | ۳۶ | ۰/۶ | ۱:۱۵ | ۶۰-۳۰-۶۰ | ۱ | | |
| | | تریلی نوع ۲ | ۷۰ | ۴۳ | ۱/۲ | ۱:۱۵ | ۱۴۰-۷۲-۱۴۰ | ۰/۶ | ۳۶-۴۳-۱۵۰ | ۱-۲/۶ |
| ۳ | ۶۰ | خودروی سبک | ۱۲ | | | | | | | |
| | | اتوبوس نوع یک | ۱۸ | | | | | | | |
| | | اتوبوس نوع دو | ۲۸ | | | | | | | |
| | | تریلی نوع ۱ | ۴۵ | ۲۹ | ۱ | ۱:۱۵ | ۶۰-۲۳-۶۰ | ۱/۷ | ۶۰-۲۳-۸۴ | ۰/۶-۲ |
| | | تریلی نوع ۲ | ۵۰ | ۴۳ | ۱/۲ | ۱:۱۵ | ۱۲۰-۳۰-۱۲۰ | ۴/۵ | ۳۴-۳۰-۶۷ | ۳-۳/۷ |
| ۴ | ۷۵ | خودروی سبک | ۱۱ | ۸ | ۰/۶ | ۱:۱۰ | ۳۰-۸-۳۰ | ۰/۶ | | |
| | | اتوبوس نوع یک | ۱۷ | ۱۴ | ۰/۶ | ۱:۱۰ | ۳۶-۱۴-۳۶ | ۰/۶ | | |
| | | اتوبوس نوع دو | | ۱۸ | ۰/۶ | ۱:۱۵ | ۳۶-۱۴-۳۶ | ۱/۵ | ۳۶-۱۴-۶۰ | ۰/۶-۲ |
| | | تریلی نوع ۱ | | ۲۰ | ۱ | ۱:۱۵ | ۴۵-۱۵-۴۵ | ۲ | ۴۵-۱۵-۶۹ | ۰/۶-۳ |
| | | تریلی نوع ۲ | | ۴۳ | ۱/۲ | ۱:۲۰ | ۱۳۴-۲۳-۱۳۴ | ۴/۵ | ۴۳-۳۰-۱۶۵ | ۱/۵-۳/۶ |
| ۵ | ۹۰ | خودروی سبک | ۹ | ۶ | ۰/۸ | ۱:۱۰ | ۳۰-۶-۳۰ | ۰/۸ | | |
| | | اتوبوس نوع یک | ۱۵ | ۱۲ | ۰/۶ | ۱:۱۰ | ۳۶-۱۲-۳۶ | ۰/۶ | | |
| | | اتوبوس نوع دو | | ۱۴ | ۱/۲ | ۱:۱۰ | ۳۶-۱۲-۳۶ | ۱/۵ | ۳۶-۱۲-۶۰ | ۰/۶-۲ |
| | | تریلی نوع ۱ | | ۱۸ | ۱/۲ | ۱:۱۵ | ۵۵-۱۸-۵۵ | ۲ | ۳۶-۱۲-۶۰ | ۰/۶-۳ |
| | | تریلی نوع ۲ | | ۳۶ | ۱/۳ | ۱:۳۰ | ۱۲۰-۲۱-۱۲۰ | ۳ | ۴۸-۲۱-۱۱۰ | ۲-۳ |

ادامه جدول الف-۱- معیارهای طرح حداقل مسیر گردشی

| ردیف | زاویه گردش | خودروی طرح | قوس ساده (شعاع) | قوس ساده با لچکی | | | قوس سه مرکزی متقارن | | قوس سه مرکزی نامتقارن | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | شعاع | عقب-نشینی | لچکی (عرض به طول) | شعاع | عقب-نشینی | شعاع | عقب-نشینی |
| ۶ | ۱۰۵ | خودروی سبک | | ۶ | ۰/۸ | ۱:۸ | ۳۰-۶-۳۰ | ۰/۸ | | |
| | | اتوبوس نوع یک | | ۱۱ | ۱ | ۱:۱۰ | ۳۰-۱۱-۳۰ | ۱ | | |
| | | اتوبوس نوع دو | | ۱۲ | ۱/۲ | ۱:۱۰ | ۳۰-۱۱-۳۰ | ۱/۵ | ۳۰-۱۷-۶۰ | ۰/۶-۲/۵ |
| | | تریلی نوع ۱ | | ۱۷ | ۱/۲ | ۱:۱۵ | ۵۵-۱۴-۵۵ | ۲/۵ | ۴۵-۱۲-۶۴ | ۰/۶-۳ |
| | | تریلی نوع ۲ | | ۳۵ | ۱ | ۱:۱۵ | -۱۵-۱۶۰ | ۴/۵ | -۲۳-۱۸۰ | ۱/۲-۳/۲ |
| ۷ | ۱۲۰ | خودروی سبک | | ۶ | ۰/۶ | ۱:۸ | ۳۰-۶-۳۰ | ۰/۶ | | |
| | | اتوبوس نوع یک | | ۹ | ۱ | ۱:۱۰ | ۳۰-۹-۳۰ | ۱ | | |
| | | اتوبوس نوع دو | | ۱۱ | ۱/۵ | ۱:۸ | ۳۶-۹-۳۶ | ۲ | ۳۰-۹-۵۵ | ۰/۶-۲/۷ |
| | | تریلی نوع ۱ | | ۱۴ | ۱/۲ | ۱:۱۵ | ۵۵-۱۲-۵۵ | ۲/۶ | ۴۵-۱۱-۶۷ | ۰/۶-۳/۶ |
| | | تریلی نوع ۲ | | ۳۰ | ۱/۵ | ۱:۱۵ | -۲۱-۱۶۰ | ۳ | ۲۴-۱۷-۱۶۰ | ۵/۲-۷/۳ |
| ۸ | ۱۳۵ | خودروی سبک | | ۶ | ۰/۵ | ۱:۱۰ | ۳۰-۶-۳۰ | ۰/۵ | | |
| | | اتوبوس نوع یک | | ۹ | ۱/۲ | ۱:۱۰ | ۳۰-۹-۳۰ | ۱/۲ | | |
| | | اتوبوس نوع دو | | ۹ | ۲/۵ | ۱:۱۵ | ۳۶-۹-۳۶ | ۲ | ۳۰-۸-۵۵ | ۱-۴ |
| | | تریلی نوع ۱ | | ۱۲ | ۲ | ۱:۱۵ | ۴۸-۱۱-۴۸ | ۲/۷ | ۴۰-۹-۵۶ | ۱-۴/۳ |
| | | تریلی نوع ۲ | | ۲۴ | ۱/۵ | ۱:۲۰ | -۱۸-۱۸۰ | ۳/۶ | ۳۰-۱۸-۱۹۵ | ۲/۱-۴/۳ |
| ۹ | ۱۵۰ | خودروی سبک | | ۶ | ۰/۶ | ۱:۱۰ | ۲۳-۶-۲۳ | ۰/۶ | | |
| | | اتوبوس نوع یک | | ۹ | ۱/۲ | ۱:۸ | ۳۰-۹-۳۰ | ۱/۲ | | |
| | | اتوبوس نوع دو | | ۹ | ۲ | ۱:۸ | ۳۰-۹-۳۰ | ۲ | ۲۸-۸-۴۸ | ۰/۳-۳/۶ |
| | | تریلی نوع ۱ | | ۱۱ | ۲/۱ | ۱:۶ | ۴۸-۱۱-۴۸ | ۲/۱ | ۳۶-۹-۵۵ | ۱-۴/۳ |
| | | تریلی نوع ۲ | | ۱۸ | ۳ | ۱:۱۰ | -۱۷-۱۴۵ | ۴/۵ | ۴۳-۱۸-۱۷۰ | ۲/۴-۳ |
| ۱۰ | ۱۸۰ | خودروی سبک | | ۵ | ۰/۲ | ۱:۲۰ | ۱۵-۵-۱۵ | ۰/۲ | | |
| | | اتوبوس نوع یک | | ۹ | ۰/۵ | ۱:۱۰ | ۳۰-۹-۳۰ | ۰/۵ | | |
| | | اتوبوس نوع دو | | ۶ | ۳ | ۱:۵ | ۳۰-۶-۳۰ | ۳ | ۲۶-۶-۴۵ | ۲-۴ |
| | | تریلی نوع ۱ | | ۸ | ۳ | ۱:۵ | ۴۰-۸-۴۰ | ۳ | ۳۰-۸-۵۵ | ۲-۴ |
| | | تریلی نوع ۲ | | ۱۷ | ۳ | ۱:۱۵ | -۱۴-۲۴۵ | ۶ | ۳۰-۱۷-۲۷۵ | ۴/۵-۴/۵ |

## الف-۳- نمونه های طرح حداقل جاروب مسیرهای گردشی

انتخاب هر یک از طرح‌های یاد شده تابع نوع و ابعاد خودرویی است که می‌خواهد گردش کند. این انتخاب تابع عوامل دیگری مانند نوع و موقعیت تقاطع، حجم ترافیک وسایل نقلیه و عابر پیاده، نسبت درصد خودروهای بزرگ در ترافیک گردشی و بالاخره اثر این خودروها بر سایر جریان ترافیک نیز می‌تواند باشد. طراح باید بداند که کدام طرح را در صورت وجود عابر پیاده یا کدام طرح را برای طرح یک خط گردش (به راست یا به چپ) در حداقل فضای ممکن، انتخاب کند. به عنوان مثال، اگر تقریباً تمام ترافیک گردشی از نوع سبک باشد، طرح تقاطع برای خودروهای بزرگ غیر ضروری و اتلاف سرمایه است. البته در حالتی که انتظار می‌رود کامیون‌های بزرگ به ندرت و به تعداد محدود در تقاطع مذکور گردش کنند، طراح باید امکان گردش را- حتی با منحرف شدن و وارد شدن به خط‌های عبور مجاور- ایجاد کند (البته بدون ایجاد اختلال زیاد در سایر جریان‌ها). بنابراین لازم است طراح، مسیرهای احتمالی و میزان انحراف به خط‌های مجاور را که ممکن است در اثر گردش یک خودرو بزرگتر از خودرو طرح به وجود آید، تجزیه و تحلیل کند.

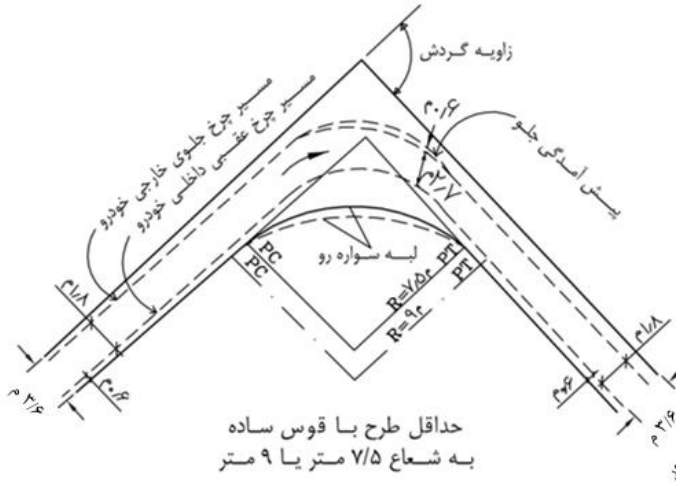
به طور کلی برای طرح مسیرهای گردشی، تمامی طرح‌ها در سه گروه طبقه‌بندی شده است که با انتخاب یکی از این گروه‌ها، می‌توان مسیر گردشی را طرح کرد.

**الف- طرح خودروی سبک**- معمولاً در محل دسترسی‌ها و تقاطع‌های راه‌های فرعی با ترافیک کم که حداقل تعداد گردش انتظار می‌رود، یا در تقاطع یک راه فرعی با یک راه اصلی در شرایطی که گردش گهگاه اتفاق می‌افتد، به کار می‌رود. البته بهتر است در صورت امکان از این طرح در تقاطع‌های برون‌شهری استفاده نشود.

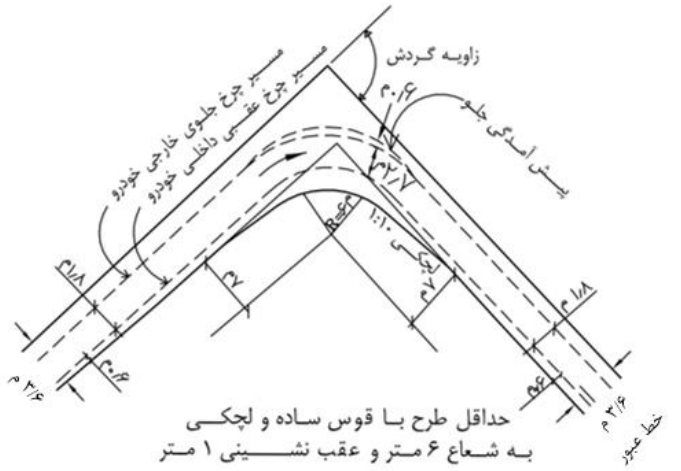
**ب- طرح برای اتوبوس**- به عنوان طرح حداقل در محل دسترسی‌ها و تقاطع‌های راه‌های فرعی که گردش کامیون به ندرت اتفاق می‌افتد، پیشنهاد می‌شود. در راه‌های اصلی و تقاطع‌های با گردش مهم به ویژه در تقاطع‌های با کامیون‌های گردش‌کننده، بهتر است از این طرح استفاده نشود.

**پ- طرح برای تریلی‌های نوع ۱ و نوع ۲**– از این طرح‌ها معمولاً در راه‌های اصلی و یا در تقاطع‌های دارای ترافیک کامیون و تریلی‌های گردش‌کننده استفاده می‌شود. بهتر است در راه‌های جداشده از طرح تریلی‌های نوع ۲ استفاده شود. هنگامی که نسبت درصد خودروهای سبک ترافیک گردشی قابل توجه باشد، بهتر است که طرح‌های با قوس سه مرکزی متقارن انتخاب شود. از آنجایی که این طرح‌ها (به ویژه در مواردی که در بیش از یکی از چهار گردش به راست تقاطع همسطح به کار می‌رود) سطح رویه بزرگی را ایجاد می‌کند که ممکن است کنترل ترافیک در آن مشکل باشد، بهتر است از خط گردش مجزا با خط کمکی که در این حالت، شعاع گردش، بزرگتر انتخاب می‌شود یا از طرح مسیر گردشی با جزیره مثلثی استفاده شود. همچنین در راه‌های با سرعت ترافیک زیاد که بدلیل محدودیت حریم فقط از طرح‌های حداقل می‌توان استفاده کرد، باید خط کمکی تغییر سرعت در نظر گرفته شود.

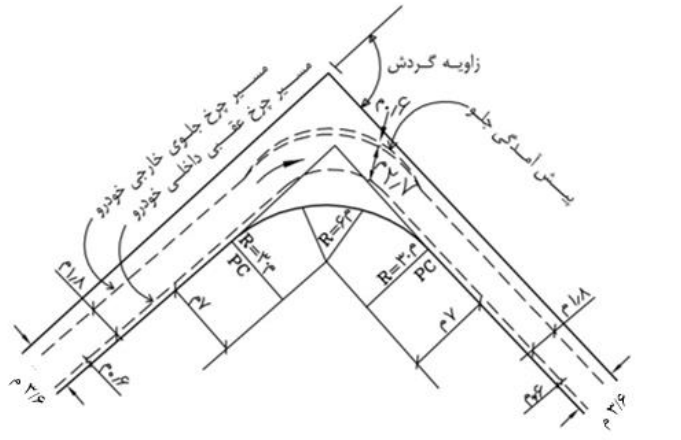
در شکل‌های (الف-۲) تا (الف-۶)، نمونه‌هایی از طرح‌های حداقل برای گردش خودروهای مختلف طرح، در زاویه ۹۰ درجه داده شده است. طرح‌های ممکن، محدود به طرح‌های یاد شده نیست و می‌توان ترکیب قوس‌های مختلفی را به دست آورد که دارای همان نتایج و عملکرد قابل قبول مشابه طرح‌های بالا باشد.




حداقل طرح با قوس ساده
به شعاع ۷/۵ متر یا ۹ متر

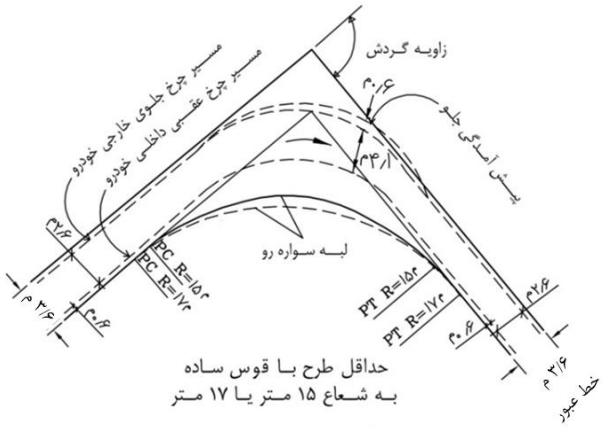



حداقل طرح با قوس ساده و لچکی
به شعاع ۶ متر و عقب نشینی ۱ متر

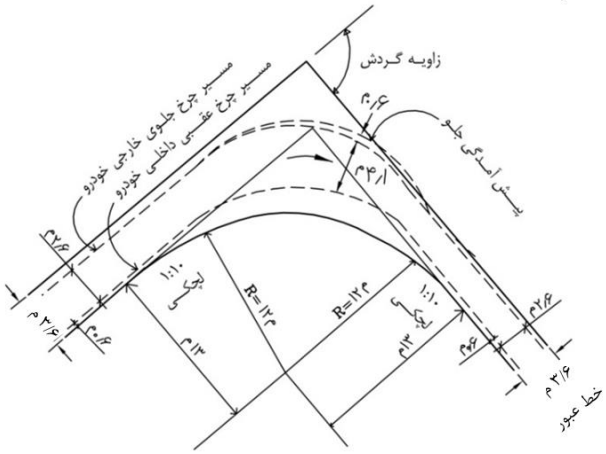



قوس مرکب سه مرکزی
با شعاع ۳۰ متر - ۶ متر - ۳۰ متر و عقب نشینی ۱ متر

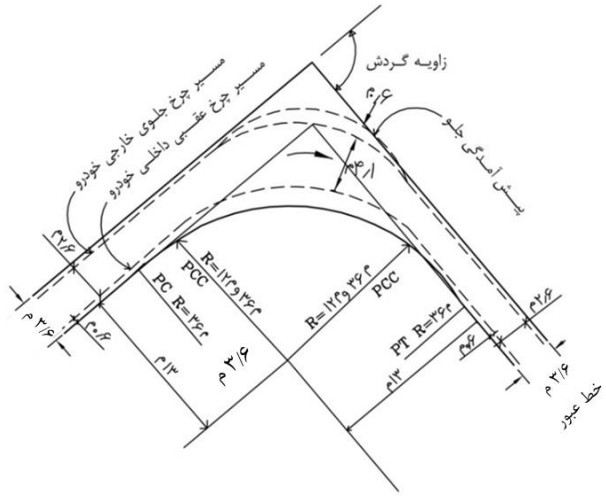
شکل الف-۱- حداقل مسیر گردشی برای خودروی سبک




حداقل طرح با قوس ساده
به شعاع ۱۵ متر یا ۱۷ متر

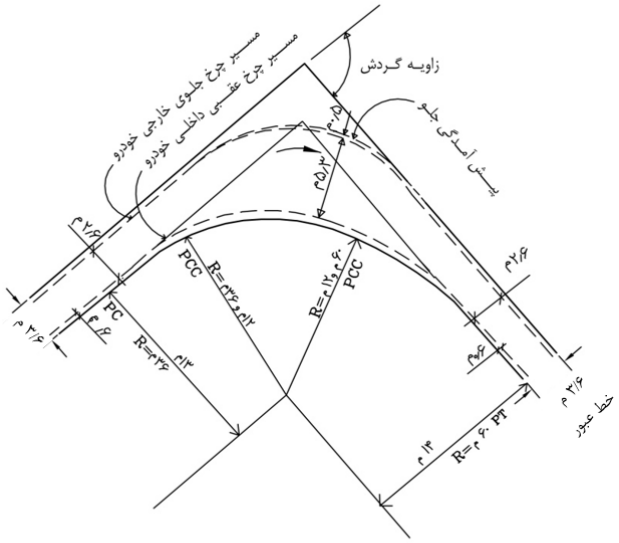



حداقل طرح با قوس ساده و لچکی
به شعاع ۱۲ متر و عقب نشینی ۱ متر

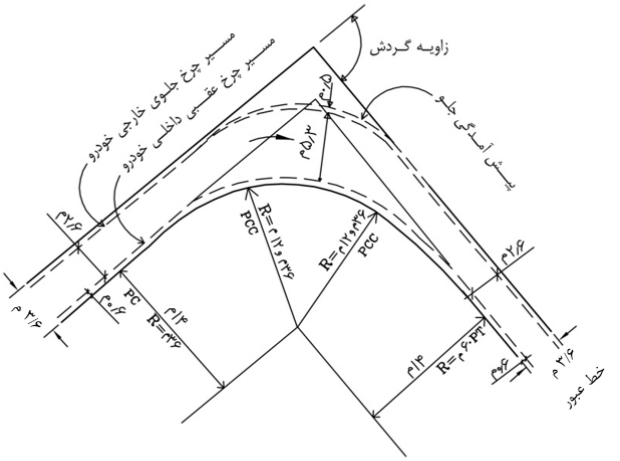



قوس مرکب سه مرکزی
با شعاع‌های ۳۶ متر - ۱۲ متر - ۳۶ متر و عقب نشینی ۱ متر

شکل الف-۲- حداقل مسیر گردشی برای اتوبوس نوع یک

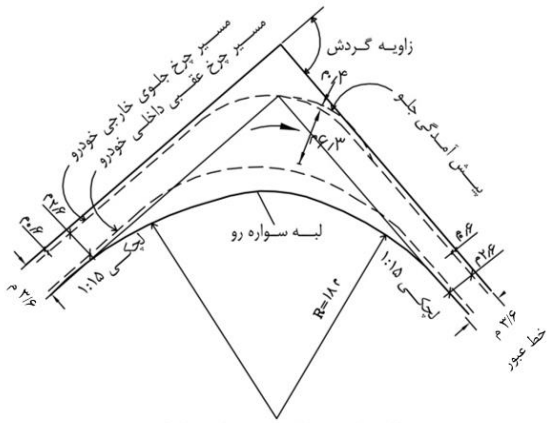



- الف - قوس سه مرکزی
با شعاعهای ۳۶ - ۱۲ - ۶۰ متر با عقب نشینی ۱ و ۲ متر

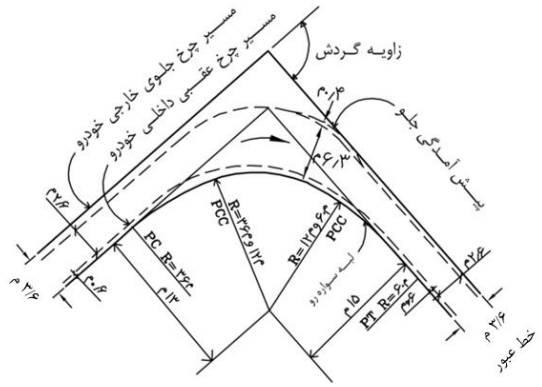



- ب - قوس سه مرکزی
با شعاعهای ۳۶ - ۱۲ - ۳۶ متر با عقب نشینی ۲ متر

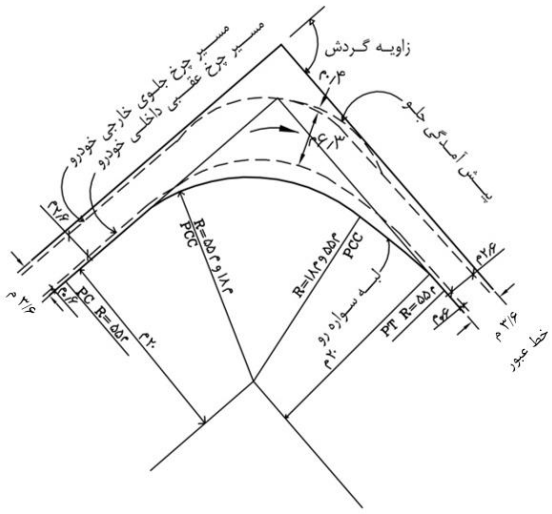
شکل الف-۳- حداقل مسیر گردشی برای اتوبوس نوع دو




حداقل طرح با قوس ساده و لچکی
به شعاع ۱۸ متر با عقب نشینی ۱ متر

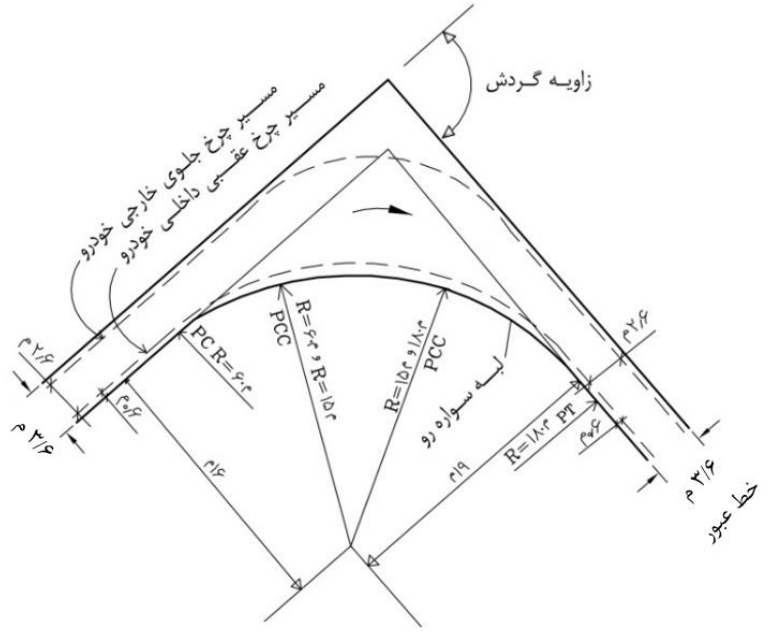



قوس مرکب سه مرکزی
با شعاع‌های ۳۶ متر - ۱۲ متر - ۶۰ متر و عقب نشینی ۱و۳ متر

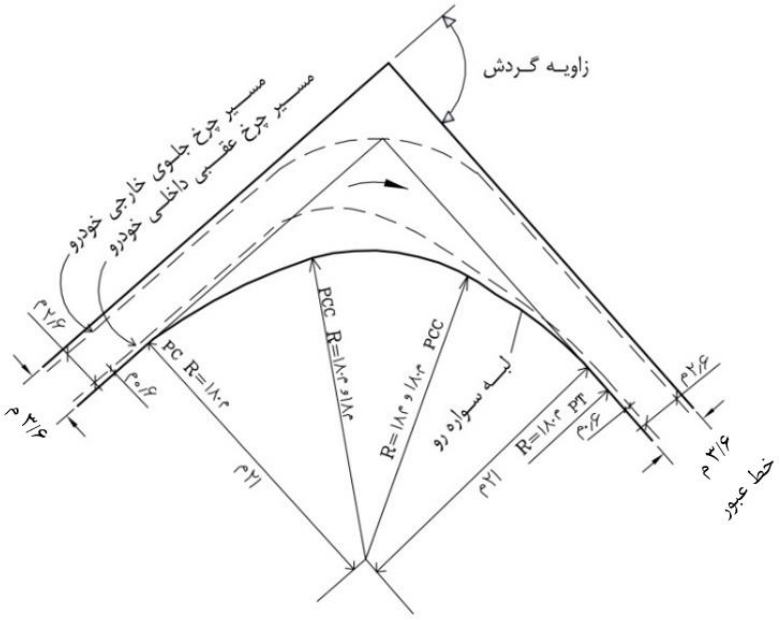



قوس مرکب سه مرکزی
با شعاع‌های ۵۵ متر - ۱۸ متر - ۵۵ متر و عقب نشینی ۲ متر

شکل الف-۴- حداقل مسیر گردشی برای تریلی نوع یک




قوس مرکب سه مرکزی
با شعاعهای ۶۰ - ۱۵ - ۱۸۰ متر و عقب نشینی ۴ متر




قوس مرکب سه مرکزی
با شعاعهای ۱۸۰ - ۱۸ - ۱۸۰ متر و عقب نشینی ۳ متر

شکل الف-۵- حداقل مسیر گردشی برای تریلی نوع دو

## الف-۴- طرح نمونه مسیرهای گردشی با جزیره‌های ترافیکی گوشه

منحنی‌های طرح لبه داخلی سواره‌رو، عرض خط گردش و اندازه تقریبی جزایر هدایت‌کننده برای سه نوع خودروی انتخابی داده شده است، سه رده مذکور در بخش قبل، شرح داده شده‌اند. ممکن است برای یک تقاطع معین از بین سه طرح حداقل پیشنهادی، یکی از آنها بسته به نوع و ابعاد خودرو، مقدار ترافیک پیش‌بینی شده و شرایط فیزیکی محل انتخاب شود.

در جدول (الف-۲)، ابعاد طرح برای گردش کمتر از ۷۵ درجه داده نشده است. خطوط گردش با زاویه کمتر از ۷۵ درجه به شعاع‌های بزرگی نیاز دارد و جز طرح حداقل محسوب نمی‌شود. این نوع خطوط گردش به طرح ویژه‌ای نیاز دارند که با شرایط ترافیک و شرایط محل مطابقت داشته باشد.

جدول الف-۲- طرح مسیر گردشی با جزیره‌های گوشه

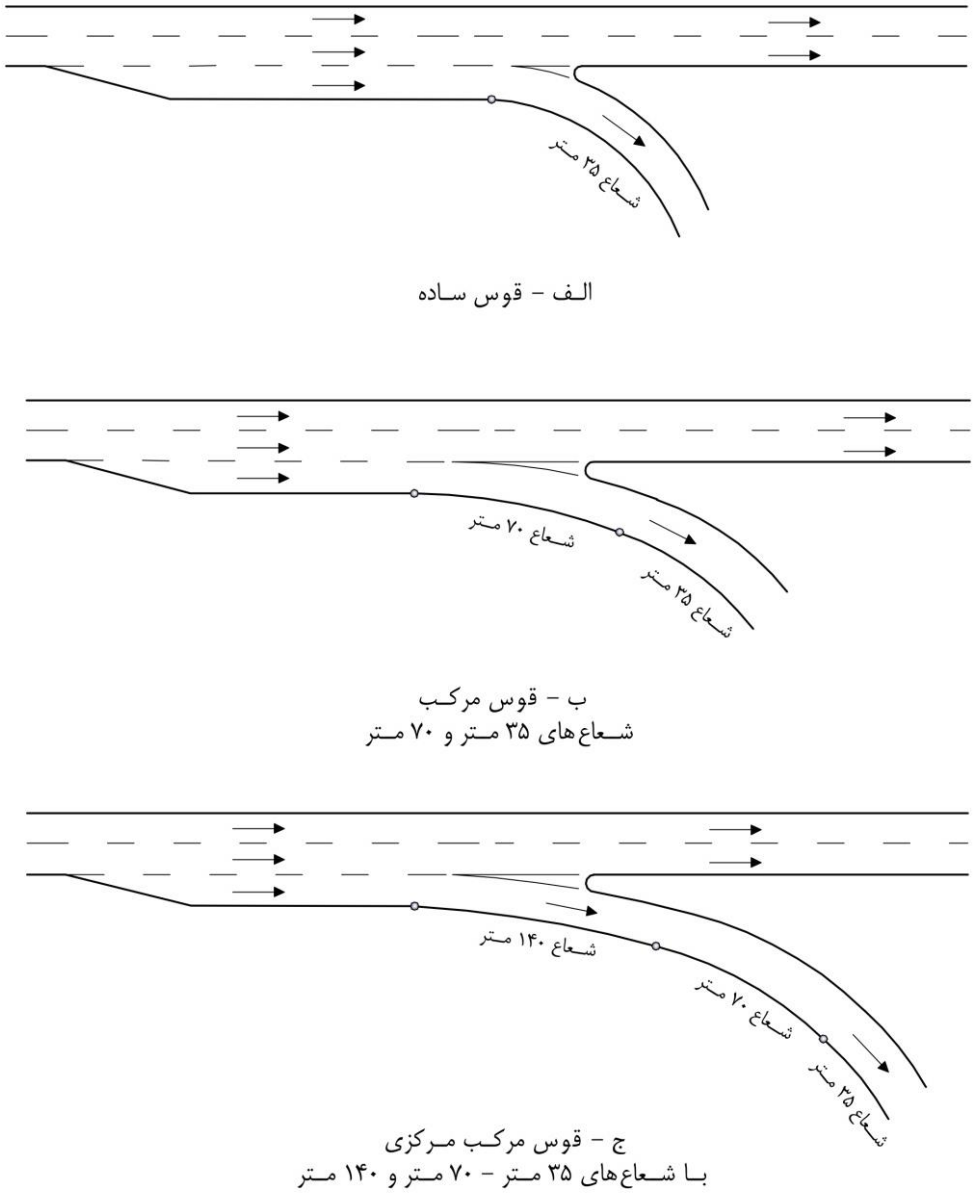
| زاویه گردش | طبقه‌بندی طرح | قوس سه مرکزی | | عرض خط (متر) | مساحت تقریبی جزیره (متر مربع) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | شعاع (متر) | عقب‌نشینی (متر) | | |
| ۷۵ | الف | ۴۵-۲۳-۴۵ | ۱ | ۴/۲ | ۵/۵ |
| | ب | ۴۵-۲۳-۴۵ | ۱/۵ | ۵/۴ | ۵ |
| | پ | ۵۵-۲۸-۵۵ | ۱ | ۶ | ۵ |
| ۹۰ | الف | ۴۵-۱۵-۴۵ | ۱ | ۴/۲ | ۵ |
| | ب | ۴۵-۱۵-۴۵ | ۱/۵ | ۵/۴ | ۷/۵ |
| | پ | ۵۵-۲۰-۵۵ | ۲ | ۶ | ۱۱/۵ |
| ۱۰۵ | الف | ۳۶-۱۲-۳۶ | ۰/۶ | ۴/۵ | ۶/۵ |
| | ب | ۳۰-۱۱-۳۰ | ۱/۵ | ۶/۶ | ۵ |
| | پ | ۵۵-۱۴-۵۵ | ۲/۴ | ۹ | ۵/۵ |
| ۱۲۰ | الف | ۳۰-۹-۳۰ | ۰/۸ | ۴/۸ | ۱۱ |
| | ب | ۳۰-۹-۳۰ | ۱/۵ | ۷/۲ | ۸/۵ |
| | پ | ۵۵-۱۲-۵۵ | ۲/۵ | ۱۰/۲ | ۲۰ |
| ۱۳۵ | الف | ۳۰-۹-۳۰ | ۰/۸ | ۴/۸ | ۴۳ |
| | ب | ۳۰-۹-۳۰ | ۱/۵ | ۷/۸ | ۳۵ |
| | پ | ۴۸-۱۱-۴۸ | ۲/۷ | ۱۰/۵ | ۶۰ |
| ۱۵۰ | الف | ۳۰-۹-۳۰ | ۰/۸ | ۴/۸ | ۱۳۰ |
| | ب | ۳۰-۹-۳۰ | ۲ | ۹ | ۱۱۰ |
| | پ | ۴۸-۱۱-۴۸ | ۲/۱ | ۱۱/۴ | ۱۶۰ |

تبصره: در صورت استفاده از قوس‌های سه مرکزی نامتقارن، عرض خط و ابعاد جزیره تغییر نخواهد کرد. جزیره‌های با مساحت کوچکتر از ۷ متر مربع، با استفاده از خط‌کشی ایجاد شود.

طبقه‌بندی الف، ب و پ مطابق ردیف (الف-۳)

## الف-۵- طراحی نمونه مسیرهای گردشی برای جریان آزاد

شکل (الف-۷)، استفاده از منحنی‌های ساده و مرکب در مسیرهای گردشی برای جریان آزاد را نشان می‌دهد. راحتی و سهولت گردش در این مسیرها می‌تواند با استفاده از قوس‌های مرکب، لچکی‌ها و خط‌های تغییر سرعت تامین شود (شکل(الف-۷ الف و ب)).




الف - قوس ساده

ب - قوس مرکب
شعاع‌های ۳۵ متر و ۷۰ متر

ج - قوس مرکب مرکزی
با شعاع‌های ۳۵ متر - ۷۰ متر و ۱۴۰ متر

شکل الف-۶- طرح نمونه برای مسیرهای گردشی با جریان آزاد

## الف-۶- نمونه طرح‌های حداقل طول بریدگی میانه‌ها

حداقل طول بریدگی‌ها بر اساس شعاع کنترل‌کننده (شعاع‌های ۱۲، ۱۵ و ۲۲/۵ متر) با توجه به جدول (الف-۳)، در جداول (الف-۴) تا جدول (الف-۶)، آورده شده است.

جدول الف-۳- ضوابط طرح حداقل بریدگی میانه‌ها

| شعاع کنترل (متر) | | ۱۲ | ۱۵ | ۲۲/۵ |
|---|---|---|---|---|
| خودروهای طرح قابل جا دادن | حالت غالب | سبک | اتوبوس | کامیون نوع یک |
| | حالت استثنا | اتوبوس | تریلی نوع یک | تریلی نوع دو |

جدول الف-۴- طرح حداقل بریدگی میانه برای خودروی طرح سبک

| عرض میانه (M) (متر) | | ۱/۲ | ۱/۸ | ۲/۴ | ۳ | ۳/۶ | ۴/۲ | ۴/۸ | ۶ | ۷/۲ | ۸/۴ | ۹/۶ | ۱۰/۸ | ۱۲ | ۱۵ | ۱۸ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حداقل طول بریدگی(L) (متر) | نیم‌دایره | ۲۲/۸ | ۲۲/۲ | ۲۱/۶ | ۲۱ | ۲۰/۴ | ۱۹/۸ | ۱۹/۲ | ۱۸ | ۱۶/۸ | ۱۵/۶ | ۱۴/۴ | ۱۳/۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |
| | سرفشنگی | ۲۲/۸ | ۱۸ | ۱۵/۹ | ۱۴/۱ | ۱۲/۹ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |

جدول الف-۵- طرح حداقل بریدگی میانه برای خودروی طرح اتوبوس

| عرض میانه (M) (متر) | | ۱/۲ | ۱/۸ | ۲/۴ | ۳ | ۳/۶ | ۴/۲ | ۴/۸ | ۶ | ۷/۲ | ۸/۴ | ۹/۶ | ۱۰/۸ | ۱۲ | ۱۵ | ≥۱۸ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حداقل طول بریدگی(L) (متر) | نیم‌دایره | ۲۸/۸ | ۲۸/۲ | ۲۷/۶ | ۲۷ | ۲۶/۴ | ۲۵/۸ | ۲۵/۲ | ۲۴ | ۲۲/۸ | ۲۱/۶ | ۲۰/۴ | ۱۹/۲ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۲ |
| | سرفشنگی | ۲۸/۸ | ۲۲/۸ | ۲۰/۴ | ۱۸/۶ | ۱۷/۴ | ۱۵/۹ | ۱۵ | ۱۳/۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |

جدول الف-۶- طرح حداقل بریدگی میانه برای خودروی طرح تریلی نوع یک

| عرض میانه (M) (متر) | | ۱/۲ | ۱/۸ | ۲/۴ | ۳ | ۳/۶ | ۴/۲ | ۴/۸ | ۶ | ۷/۲ | ۸/۴ | ۹/۶ | ۱۰/۸ | ۱۲ | ۱۸ | ۲۴ | ۳۰ | ≥۳۳ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حداقل طول بریدگی(L) (متر) | نیم‌دایره | ۴۳/۸ | ۴۳/۲ | ۴۲/۶ | ۴۲ | ۴۱/۴ | ۴۰/۸ | ۴۰/۲ | ۳۹ | ۳۷/۸ | ۳۶/۶ | ۳۵/۴ | ۳۴/۲ | ۳۰ | ۲۷ | ۲۱ | ۱۵ | ۱۲ |
| | سرفشنگی | ۳۶/۶ | ۳۴/۵ | ۳۳ | ۳۱/۵ | ۳۰ | ۲۸/۸ | ۲۷/۶ | ۲۵/۵ | ۲۳/۴ | ۲۱/۹ | ۲۰/۱ | ۱۸/۶ | ۱۷/۱ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |

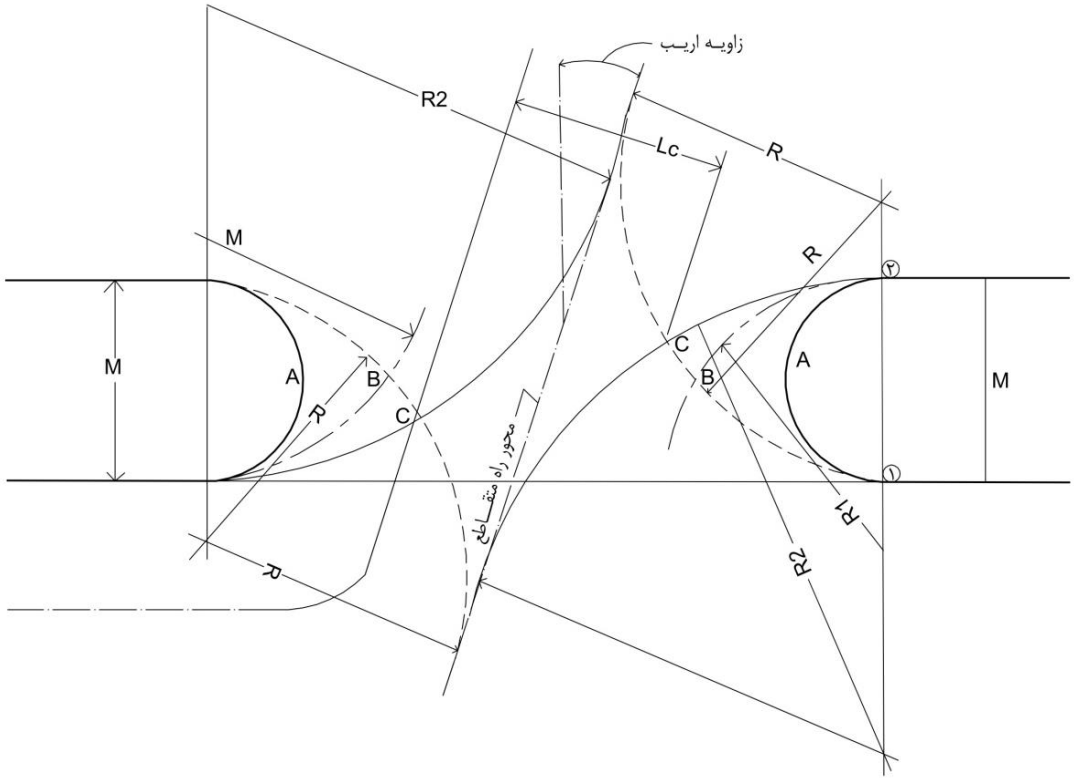
## الف-۷- اثر اریب در بریدگی میانه‌ها

طول بریدگی در تقاطع‌های مورب بیشتر است. در شکل(الف-۸)، طرح حداقل طول بریدگی برای تقاطع‌های اریب و شکل‌های مختلف انتهای میانه داده شده است. انتهای میانه دایره ای شکل (A در شکل الف-۸) به طول بریدگی میانه بسیار بزرگی نیاز دارد. در ضمن مقدار هدایت‌کنندگی آن برای خودروهایی که با زاویه کمتر از ۹۰ درجه گردش به چپ می‌کنند، کم است.

انتهای میانه فشنگی متقارن (B در شکل الف-۸) با قوس‌های کناری با شعاع برابر با شعاع کنترل‌کننده R (مماس در نقاط ۱ و ۲)، برای خودروهای چپ‌گرد با زاویه کمتر از ۹۰ درجه، درجه هدایت‌کنندگی کم دارد.

انتهای میانه سرفشنگی غیرمتقارن (C) با شعاع‌های R و $R_2$ درجه هدایت‌کنندگی حداکثر داشته و نسبت به طرح‌های (A)و (B) به روسازی کمتری نیاز دارند. شعاع R، همان شعاع کنترل‌کننده گردش است و شعاع دوم $R_2$ که از شعاع R بزرگتر است، با تماس در نقطه ۲ و همچنین تماس بر محور راه متقاطع، تعیین می‌شود.

در جدول (الف-۷)، مقادیر طرح برای حداقل بریدگی میانه با شعاع کنترل ۱۵ متر برای زوایای مختلف اریب داده شده است.




شکل الف-7-حداقل طرح بریدگی میانه و اثر اریب بودن بر آن

جدول الف-۷- مقادیر طرح برای حداقل بریدگی میانه با شعاع کنترل ۱۵ متر برای زوایای مختلف اریب

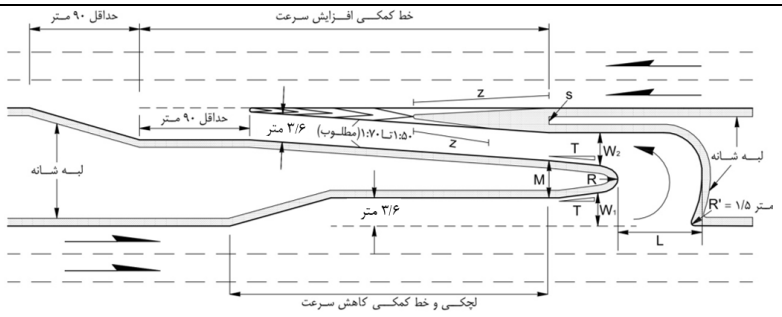
| زاویه اریب (درجه) | عرض میانه (متر) | طول بریدگی با دماغه نیم‌گرد A | طول بریدگی با دماغه فشنگی در جهت عمود بر راه متقاطع (متر) | شعاع برای طرح C (متر) |
|---|---|---|---|---|

| | | (متر) | متقارن (B) | نامتقارن (C) | |
|---|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۳ | ۲۷ | ۱۹ | | |
| | ۶ | ۲۴ | ۱۳ | | |
| | ۹ | ۲۱ | حداقل ۱۲ | | |
| | ۱۲ | ۱۸ | حداقل ۱۲ | | |
| | ۱۵ | ۱۵ | حداقل ۱۲ | | |
| | ۱۸ | ۱۳ | حداقل ۱۲ | | |
| ۱۰ | ۳ | ۳۲ | ۲۴ | ۲۳ | ۲۱ |
| | ۶ | ۲۸ | ۱۷ | ۱۶ | ۲۰ |
| | ۹ | ۲۵ | ۱۴ | حداقل ۱۲ | ۲۰ |
| | ۱۲ | ۲۱ | حداقل ۱۲ | حداقل ۱۲ | ۱۹ |
| | ۱۵ | ۱۸ | حداقل ۱۲ | حداقل ۱۲ | ۱۸ |
| | ۱۸ | ۱۴ | حداقل ۱۲ | حداقل ۱۲ | ۱۸ |
| ۲۰ | ۳ | ۳۶ | ۲۹ | ۲۷ | ۲۹ |
| | ۶ | ۳۲ | ۲۲ | ۲۰ | ۲۸ |
| | ۹ | ۲۸ | ۱۸ | ۱۴ | ۲۶ |
| | ۱۲ | ۲۴ | ۱۴ | حداقل ۱۲ | ۲۵ |
| | ۱۵ | ۲۰ | حداقل ۱۲ | حداقل ۱۲ | ۲۳ |
| | ۱۸ | ۱۶ | حداقل ۱۲ | حداقل ۱۲ | ۲۱ |
| ۳۰ | ۳ | ۴۱ | ۳۴ | ۳۲ | ۴۲ |
| | ۶ | ۳۶ | ۲۷ | ۲۳ | ۳۹ |
| | ۹ | ۳۱ | ۲۳ | ۱۷ | ۳۶ |
| | ۱۲ | ۲۷ | ۱۹ | ۱۳ | ۳۳ |
| | ۱۵ | ۲۳ | ۱۵ | حداقل ۱۲ | ۳۰ |
| | ۱۸ | ۱۸ | ۱۲ | حداقل ۱۲ | ۲۷ |
| ۴۰ | ۳ | ۴۴ | ۳۸ | ۳۵ | ۶۳ |
| | ۶ | ۳۹ | ۳۲ | ۲۷ | ۵۸ |
| | ۹ | ۳۵ | ۲۷ | ۲۰ | ۵۳ |
| | ۱۲ | ۲۹ | ۲۳ | ۱۵ | ۴۷ |
| | ۱۵ | ۲۴ | ۱۹ | حداقل ۱۲ | ۴۲ |
| | ۱۸ | ۱۹ | ۱۵ | حداقل ۱۲ | ۳۶ |
| تبصره:A، B و C مطابق شکل (الف-۸) هستند. | | | | | |

## الف-۸- نمونه طرح دوربرگردان

در جدول (الف-۸)، شکل شماتیک دوربرگردان و مشخصات حداقل برای طراحی آن آورده شده است.

جدول الف-۸- طرح حداقل برای دوربرگردان‌ها




| خودروی طرح | حداقل عرض میانه (M) (متر) | حداقل طول بازشدگی (L) (متر) | حداقل شعاع (R) (متر) | $W_1$ (متر) | $W_2$ (متر) | شیب لچکی دماغه (T) (عرض به طول) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سبک | ۱۰ | ۵ | ۵ | ۳/۶۰ | ۳/۶۰ | - |
| اتوبوس | ۱۹ | ۷ | ۹ | ۴/۱۵ | ۴/۱۵ | ۱:۱۰ |
| تریلی نوع یک | ۲۱ | ۱۰ | ۸ | ۵ | ۷/۳ | ۱:۶ |
| تریلی نوع دو | ۲۱ | ۱۵ | ۷ | ۴/۶۵ | ۹/۶۵ | ۱:۶ |

این مقادیر بر اساس عرض خط کمکی برابر با ۳/۶۰ متر است. در صورت تغییر عرض، این مقادیر به همان میزان تغییر خواهند کرد.

تبصره ۱. در صورت نیاز به ایجاد امکان سبقت در خط کمکی افزایش سرعت، عرض آن از فصل ۳ به دست می‌آید.

تبصره ۲. طول لچکی عقب‌نشینی (z) از فصل ۶ و مقدار S بین ۱/۲ تا ۲/۴ متر

## الف-۹- روش طراحی

طرح تقاطع بهتر است هماهنگ با حجم‌های ترافیک، سرعت وسایل نقلیه، ویژگی‌های ترافیکی مورد نظر، پستی و بلندی محل، طرح‌های توسعه منطقه، حریم راه موجود، سرمایه‌گذاری‌های لازم برای توسعه آن و عملکرد شاخه‌های تقاطع باشد. تمامی راه‌حل‌های ممکن برای طرح یا اصلاح هندسی تقاطع مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و در پایان طرح پیشنهادی اعلام می‌شود.

طرح هندسی تقاطع مستلزم بعضی از گام‌های زیر یا همه آنها است.

گام اول- جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات ترافیکی به منظور تعیین یا پیش‌بینی حجم‌های ترافیک ساعت یا ساعات اوج در شبانه‌روز برای کلیه حرکت‌های موجود در تقاطع و در نظر گرفتن ضریب رشد آتی.

گام دوم- جمع‌آوری اطلاعات فیزیکی لازم برای محل تقاطع همچون نقشه‌های توپوگرافی و موقعیت محل در وضعیت موجود و آینده.

گام سوم- تعیین موقعیت، نوع و سایر پارامترهای طراحی شاخه‌های منتهی به تقاطع در وضعیت موجود و آتی.

گام چهارم- تهیه طرح مقدماتی گزینه‌های مختلف که جوابگوی نیازهای ترافیکی بوده و اجرای آنها از نظر فنی و اقتصادی امکان‌پذیر باشد.

گام پنجم- تجزیه و تحلیل گزینه‌های مورد اشاره در گام چهارم و انتخاب دو یا چند گزینه برتر به منظور تهیه طرح‌های اولیه.

گام ششم- تهیه طرح‌های اولیه گزینه‌های منتخب در گام پنجم.

گام هفتم- ارزیابی و تجزیه و تحلیل هر یک از طرح‌های اولیه با توجه به عملکرد ایمن، خصوصیات هندسی، نسبت حجم به ظرفیت، ویژگی‌های عملیاتی، سازگاری با محیط اطراف، پاسخگویی به جریان ترافیک در خلال عملیات ساخت و قابلیت ساخت مرحله‌ای.

گام هشتم- برآورد هزینه اجرای هر یک از طرح‌های اولیه، مشتمل بر هزینه‌های تملک زمین، پاکسازی و تسطیح محل، ساخت، نگهداری و بهسازی، حفظ جریان ترافیک در خلال عملیات ساخت و غیره.

گام نهم- محاسبه نسبت منفعت به هزینه استفاده‌کنندگان راه و یا نرخ بازگشت سرمایه‌گذاری برای هریک از گزینه‌های منتخب در گام پنجم.

گام دهم- در نظر گرفتن توأم نتایج گام‌های هفتم و هشتم و نهم برای دستیابی به طرح هندسی بهینه.

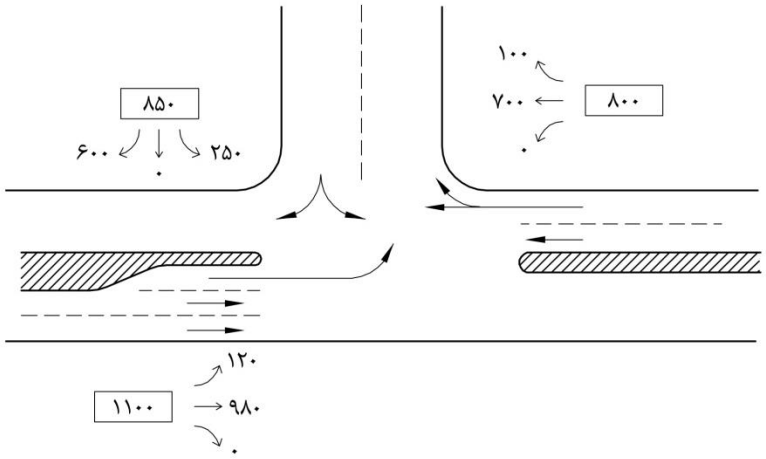
گام یازدهم- تهیه پروژه شامل پلان، نیمرخ‌های طولی و عرضی، جزئیات طرح روسازی، تخلیه آب‌های سطحی، برآورد و حجم عملیات و هزینه و گزارش مرحله دوم برای طرح پیشنهادی مورد تأیید کارفرما.

## ۹-۱- اطلاعات پایه

### الف-۹-۱-۱- اطلاعات ترافیکی

اطلاعات ترافیکی و فیزیکی، مشترکاً بیشترین تأثیر را بر نوع تقاطع و خصوصیات هندسی آن دارد. بهترین روش ارائه اطلاعات ترافیکی، استفاده از طرح‌های شماتیک یا قیاسی است که حجم و جهت‌های ترافیکی کلیه حرکت‌ها روی آن مشخص شده است. نمونه‌ای از این طرح‌ها در شکل (الف-۹) نشان داده شده است.

در طرح‌های شماتیک، شایسته است که حجم ترافیک ساعت اوج هریک از حرکت‌های مستقیم و گردشی موجود در تقاطع و هم‌چنین درصد وسایل نقلیه سنگین موجود آن حرکت در خلال همان دوره زمانی (ساعت اوج رفت یا ساعت اوج برگشت) مشخص شود. در تقاطع‌های کم اهمیت که حجم ترافیک آنها کم است، این گونه اطلاعات تعیین‌کننده و ضروری نیست.




شکل الف-8- طرح شماتیک یا قیاسی اطلاعات ترافیکی تقاطع

نموداری که حداکثر حجم‌های ساعتی کلیه حرکات ترافیکی تقاطع را نشان می‌دهد، تصویری واقعی از وضعیت ترافیک تقاطع به منظور طراحی آن بدست نمی‌دهد. زیرا چنین نموداری ترکیبی از حداکثر حجم‌های ساعتی را که شاید در زمان‌های مختلف اتفاق افتاده‌اند، نشان می‌دهد. چه بسا ممکن است حجم ساعت اوج یک حرکت قبل از ظهر (از ۶ صبح تا ظهر) و حجم ساعت اوج جهت مقابل آن، بعد از ظهر (از ظهر تا ۱۰ شب) به وقوع پیوندد. بطور کلی در شرایطی که حجم ترافیک، کم یا متوسط است، طراحی تقاطع بر اساس ترکیب ساعت اوج هر یک از حرکات، اختلافاتی بسیار جزیی با وضعیتی خواهد داشت که طراحی بر اساس یک ساعت طرح مشخص مانند ساعت اوج قبل یا بعد از ظهر انجام شود. این اختلاف، در جهت اطمینان خواهد بود.

چنانچه حجم ترافیک زیاد باشد، طراحی بر اساس حجم ساعت اوج هر حرکت، می‌تواند اساساً متفاوت از حالت دیگر (طراحی بر اساس ترافیک ساعت اوج تمام حرکات) باشد. چنانچه حجم ترافیک یک یا چند حرکت گردشی سنگین بوده و توزیع نامتعادل جهتی داشته باشد، استفاده از روش اول برای طراحی غیر اقتصادی است و یا وضعیت غیر واقعی و گمراه‌کننده‌ای را سبب می‌شود، زیرا ساعات اوج حرکت‌های مختلف همزمان نیست.

اطلاعات ترافیکی را می‌توان در قالب دو طرح شماتیک مختلف نشان داد که یکی از آنها حجم‌های ساعتی هم‌زمان انواع حرکت‌های ترافیکی تقاطع را در ساعت اوج قبل از ظهر و دیگری در ساعت اوج بعداز ظهر مشخص می‌سازد. چنین اطلاعات ترافیکی برای همه تقاطع‌های مهم، به ویژه تقاطع‌هایی که دارای حجم قابل توجه حرکت‌های هم‌گرا، واگرا و تداخلی می‌باشد، ضروری است.

سهم وسایل نقلیه سنگین از انواع حرکت‌های ترافیکی نیز در ساعت اوج، به صورت درصد بیان می‌شود. شکل (الف-۱۰)، نمونه‌ای از این طرح‌های شماتیک (قیاسی) را مشخص می‌سازد.

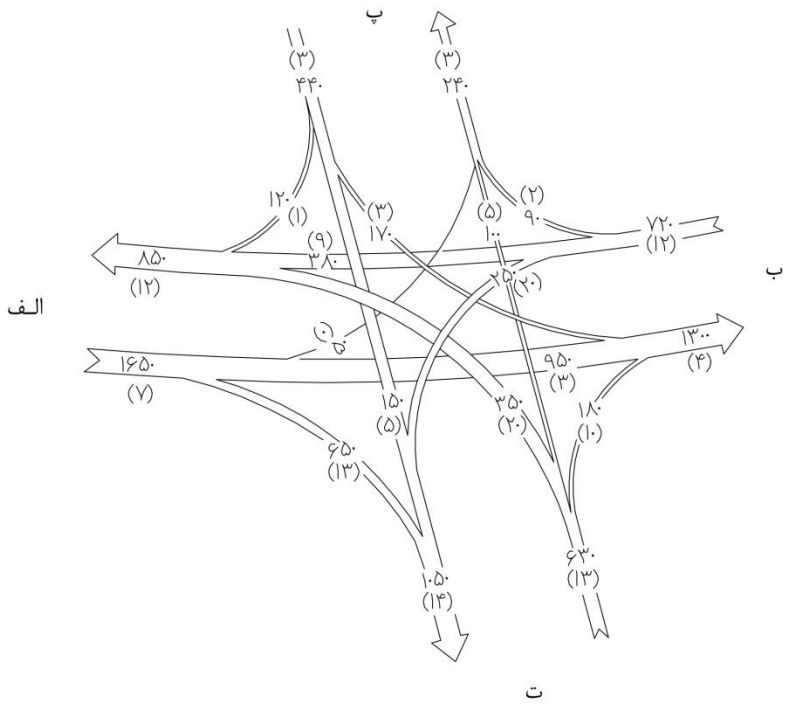
### الف-۹-۱-۲- اطلاعات محلی

اطلاعات محلی در مورد مشخصه‌های هندسی، کاربری زمین‌های مجاور و سایر اطلاعات جمع‌آوری می‌شود. در این مرحله بر اساس اطلاعات مندرج در نقشه‌ها، بازدیدها و گفتگوهای محلی، اطلاعاتی همچون جنس خاک منطقه، سطح آب‌های زیرزمینی، دسترسی به تسهیلات زیربنایی و از این قبیل جمع‌آوری می‌شود.

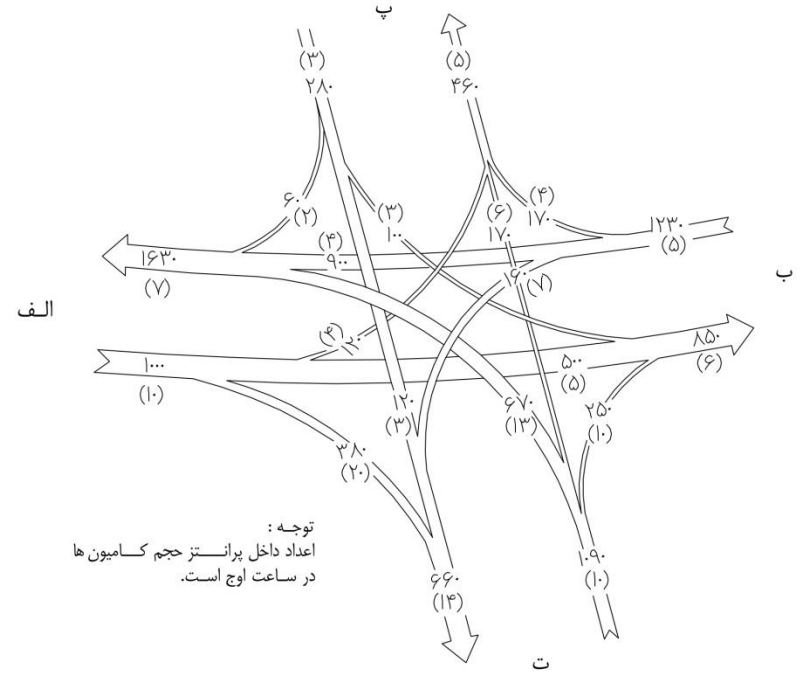
### الف-۹-۱-۳- اطلاعات مربوط به طرح‌های توسعه

طرح‌های توسعه آتی منطقه تقاطع مورد توجه قرار می‌گیرد و اثر آنها بر طرح تقاطع ارزیابی می‌شود. توسعه آتی کاربری‌های مجاور تقاطع، امکانات حریم و دیگر اصلاحات، مطالعه می‌شود. این قبیل اطلاعات می‌تواند بر نوع و گستره تقاطع و ورودی‌های آن، همچون شیوه‌های کنترل دسترسی و تسهیلات پارکینگ اثر داشته باشد.

تمامی این اطلاعات برروی نقشه موقعیت محل تقاطع، با مقیاس مناسب پیاده می‌شود و اساس مطالعات طرح‌های مقدماتی را تشکیل می‌دهد.




حجم ترافیـــک ساعت اوج قبـــل از ظهر




حجم ترافیـــک ساعت اوج بعـــد از ظهر

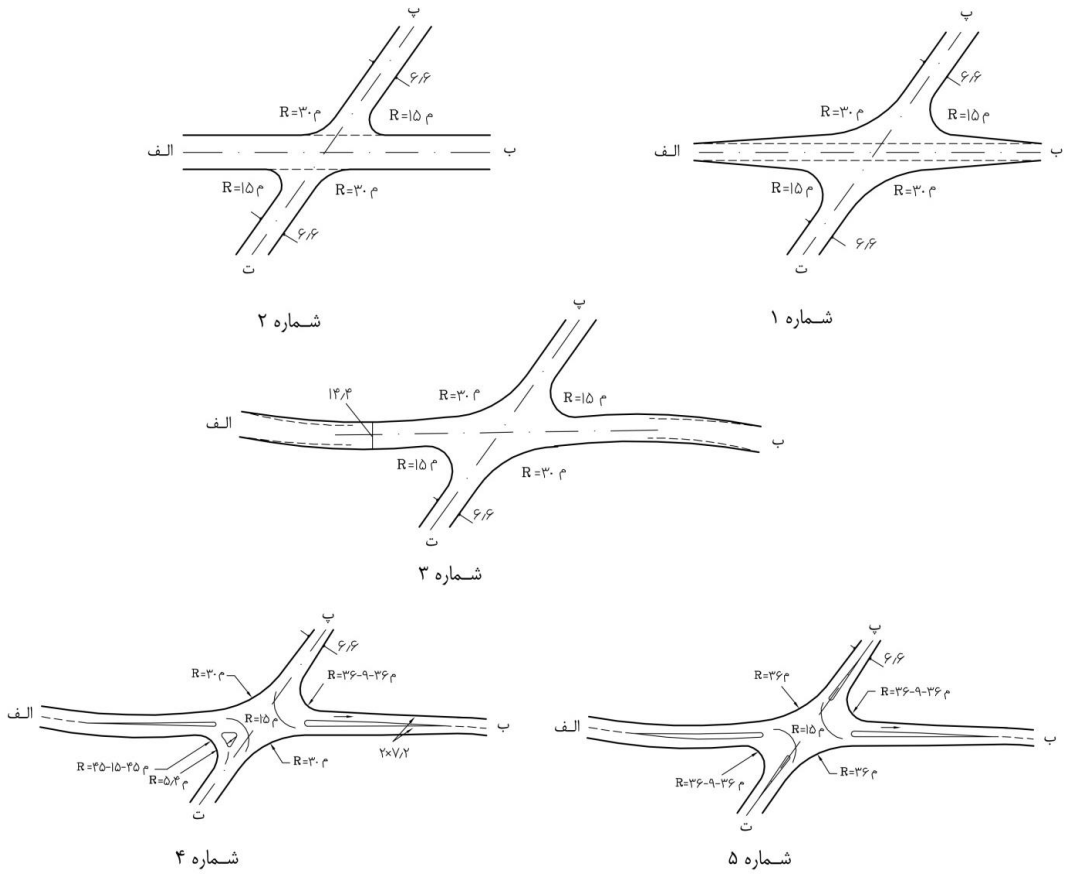
شکل الف-9- نمونه نمایشی آمار ترافیک ساعت‌های اوج یک تقاطع

## الف-۹-۲- طراحی مقدماتی

### الف-۹-۲-۱- آماده‌سازی انگاره‌های مطالعاتی

پس از جمع‌آوری اطلاعات پایه، چند طرح هندسی مقدماتی در مورد تقاطع به صورت کروکی یا انگاره کشیده می‌شود و جنبه‌های کلی قوت و ضعف هر یک از انگاره‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این طرح‌ها تنها لبه‌های روسازی، موقعیت جزیره‌ها، تعریض‌های انجام شده در سطح راه و موردهایی از این قبیل را مانند شکل (الف-۱۱) نشان می‌دهد.

انگاره‌های مطالعاتی معمولاً با مقیاس‌ها ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۴۰۰۰ ترسیم می‌شوند.




شکل الف-10- طرح شماتیک (مقدماتی) گزینه‌های مختلف تقاطع

### الف-۹-۲-۲- تجزیه و تحلیل انگاره‌های مطالعاتی

پس از آنکه انواع طرح‌های ممکن برای یک تقاطع به شکل انگاره آماده شد، هر یک از آنها تحلیل و مزایا و معایب نسبی آنها مشخص می‌شود (مشابه مقایسه طرح‌های اولیه ولی کلی‌تر از آن). در این مرحله مشخص می‌شود که بعضی از طرح‌های

مطالعاتی در مقایسه با دیگران نامناسب است و به این ترتیب این گزینه‌ها از لیست نامزدها حذف می‌شود. در بیشتر موردها، دو یا چند گزینه برتر در این مرحله به منظور بررسی جزئیات بیشتر و مقایسه دقیق و انتخاب نهایی معرفی می‌شود.

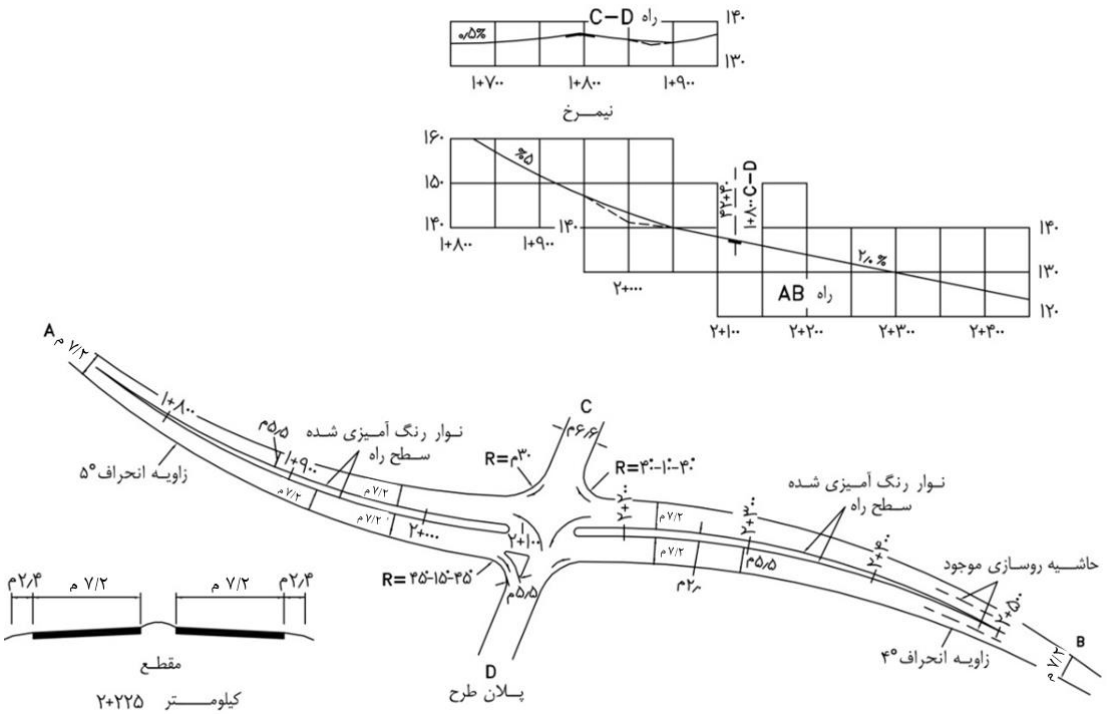
## الف-۹-۳- تعیین طرح پیشنهادی

### الف-۹-۳-۱- تهیه طرح‌های اولیه

در این گام، جزئیات بیشتری از طرح‌های مقدماتی مطلوب، تعیین و ترسیم می‌شود (طرح اولیه). تعیین نیمرخ طرح‌های مورد بررسی، شعاع قوس‌های گوشه تقاطع (مسیر گردشی)، جزیره‌های ترافیکی و شکل دماغه آنها از جمله این اطلاعات است. در شکل (الف-۱۲) نمونه‌ای از این گونه طرح‌ها آمده است.

### الف-۹-۳-۲- ارزیابی و مقایسه طرح‌های اولیه

ارزیابی و مقایسه طرح‌های اولیه بر اساس معیارهایی همچون ایمنی، سازگاری با محیط، امکان‌پذیری (قابلیت اجرا از نظر فنی و اقتصادی)، جنبه‌های طراحی، ظرفیت و ویژگی‌های عملیاتی، حفظ جریان ترافیک در خلال عملیات ساخت و امکان ساخت مرحله‌ای و هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌شود.




شکل الف-11- جزئیات گزینه‌های مختلف تقاطع (طرح اولیه)

- ایمنی

طرح‌هایی که ایمنی ترافیک عبوری و گردشی را افزایش و تمامی نیازهای استفاده‌کنندگان را به طور ایمن تأمین می-کنند، از اولویت بیشتری برخوردارند. کاهش نقاط برخورد، هدایت ایمن وسایل نقلیه به ویژه وسایل نقلیه گردشی، توجه به نوع راه‌های منتهی به تقاطع و عملکرد ایمن مورد انتظار از آنها از جمله عوامل مؤثر در انتخاب طرح نهایی خواهد بود. برای مثال بر اساس ایمنی در تقاطع دو راه فرعی، جریان‌بندی ترافیک از اهمیت به مراتب کمتری نسبت به تقاطع دو راه اصلی برخوردار است.

- سازگاری با محیط

طرح‌هایی که انطباق بیشتری با پستی و بلندی و شرایط حاکم بر محل دارند، بر سایر طرح‌ها برتری خواهند داشت و برعکس طرح‌هایی که مستلزم عملیات خاکی وسیع یا عملیات تخلیه آب‌های سطحی دشواری است از برتری کمتری برخوردار است. منظرآرایی از دیگر ویژگی‌های محیط است که در تعیین طرح پیشنهادی مؤثر است.

- امکان‌پذیری

جنبه‌های فنی طرح هندسی بهتر است توأم با اثرات اجتماعی آن مورد توجه قرار گیرد. انجام بعضی طرح‌های هندسی و تخریب احتمالی ساختمان‌ها عواقب نامتناسب اجتماعی و هزینه‌های غیر قابل قبول تولید می‌کند که بهتر است از انجام آنها پرهیز شود.

- جنبه‌های طراحی

جنبه‌های طراحی همچون تعیین نیمرخ‌های طولی و عرضی، فاصله دید، پهنای روسازی، خط‌های کمکی، بربلندی و جزیره ترافیکی، در مورد انواع طرح‌های منتخب باید مقایسه شود. چنانچه دو یا چند طرح از نظر جنبه‌های دیگر وضعیت یکسان داشتند، طرحی که مشخصه‌های هندسی مناسب‌تری دارد، برتری خواهد داشت.

- ظرفیت و ویژگی‌های عملیاتی

تجزیه و تحلیل ظرفیت نیز می‌تواند در انتخاب طرح نهایی مؤثر باشد. نسبت ظرفیت حجم هر یک از طرح‌های رقیب نیز از دیگر پارامترهای مؤثر در انتخاب است.

- حفظ جریان ترافیک در خلال عملیات ساخت

این ویژگی عمدتاً در اصلاح طرح‌های هندسی مطرح است. چگونگی پاسخگویی به جریان ترافیک در خلال مدت زمانی که عملیات اصلاح طرح هندسی انجام می‌شود، می‌تواند مؤید یک یا چند طرح پیشنهادی باشد و یا برعکس سبب حذف بعضی از طرح‌های دیگر شود. اگرچه در طرح تقاطع راه‌ها، حجم ترافیک و نوسانات آن، تراکم تقاطع‌های شهری را ندارد، اما به واسطه منحصر به فرد بودن مسیرهای دسترسی در تقاطع راه‌ها و عدم وجود مسیرهای موازی دسترسی، این ویژگی از اهمیت خاصی برخوردار است.

- امکان ساخت مرحله‌ای

در بعضی از حالات، تنها بخشی از نیازمندی‌های نهایی پیش‌بینی شده برای تقاطع در ابتدای امر در نظر گرفته شده و تمهیدات اضافی، به صورت مرحله‌ای متناسب با افزایش ترافیک اجرا می‌شود. طرح‌هایی که امکان ایجاد چنین حالتی را به وجود می‌آورد، این مزیت را دارد که با سرمایه‌گذاری محدود در ابتدای کار قابل انجام است.

- هزینه‌های بهسازی و عملیاتی

هزینه‌های تخمینی هریک از طرح‌های اولیه که برآورد می‌شود، عبارت است از: هزینه‌های تملک زمین، پاکسازی محل، شیب‌بندی، روسازی، تخلیه آب‌های سطحی، ساخت و ساز و تأمین تسهیلات، کنترل و نصب علائم و خط کشی و در صورت امکان تأمین روشنایی و برق و پاسخگویی به جریان ترافیک در خلال عملیات ساخت، همچنین هزینه‌های سالیانه نگهداری و کنترل ترافیک.

- هزینه‌های استفاده‌کنندگان

به منظور تکمیل تجزیه و تحلیل طرح‌های منتخب، مجموع هزینه‌های استفاده‌کنندگان برای هریک از آنها محاسبه می‌شود. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های سوخت و نگهداری و استهلاک ناشی از بهره‌برداری وسیله نقلیه (با توجه به تأخیرها و طول مسیرها) است و شامل ارزش وقت سرنشینان نمی‌شود، مگر اینکه به علت تأخیر، به سرنشینان حقوقی تعلق گیرد مانند ساعت کار کارکنان کامیون یا اتوبوس (راننده و کمک راننده).

### الف-۹-۳-۳- انتخاب گزینه بهینه

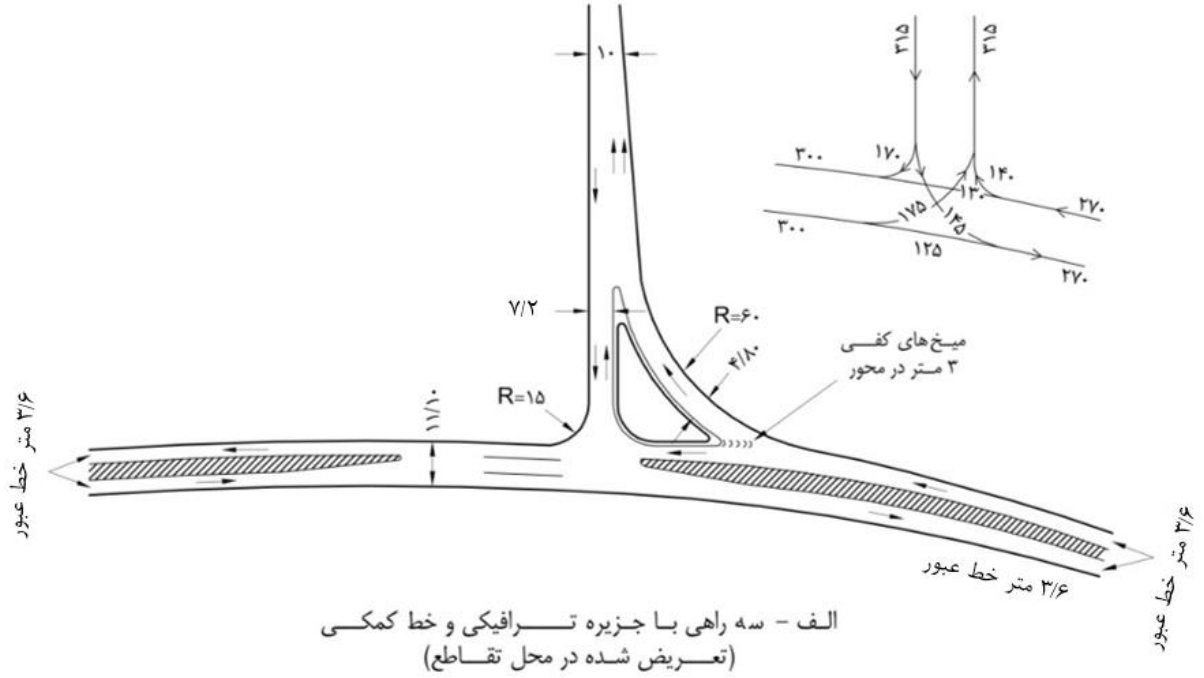
بر اساس نتایج بدست آمده از گام‌های قبل و در نظر گرفتن توأم آنها می‌توان طرح‌های اولیه مورد بررسی را به ترتیب برتری مشخص کرد. سپس طراح بر اساس وزن (اهمیت) تخصیص داده شده به هر یک از موردها و با توجه به دید مهندسی، گزینه بهینه را به کارفرما پیشنهاد می‌کند.

## الف-۹-۴- طراحی نهایی گزینه بهینه

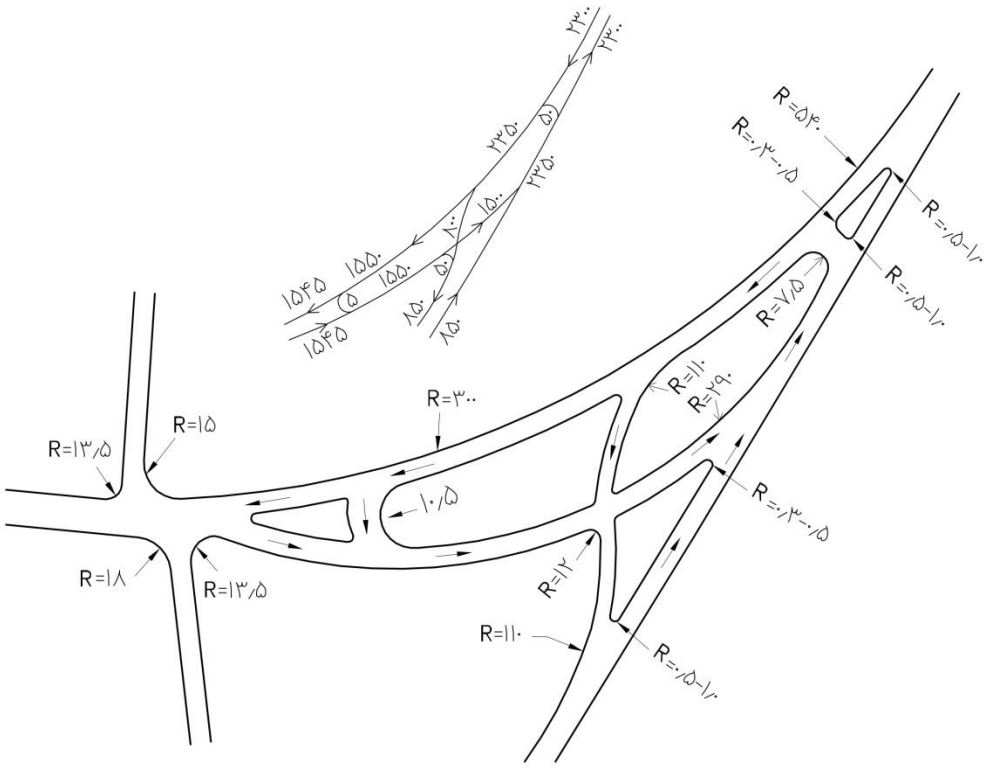
با توجه به آنکه طرح‌های اولیه و نیمرخ‌های آن، بیشتر زمان‌ها، عمدتاً به صورت تقریبی تهیه می‌شود و جزئیات دقیق اجرایی در آنها مشخص نیست، به این دلیل به منظور اجرای طرح گزینه منتخب بهینه، لازم است جزئیات هندسی آن محاسبه و اجزای هندسی طرح با مقیاس‌های مناسب ترسیم شود. این بخش از مطالعات که مطالعات مرحله دوم یا تهیه پروژه اجرایی نامیده می‌شود، شامل کلیه نقشه‌های اجرایی، محاسبات طرح روسازی، جزئیات هندسی، مشخصات فنی خصوصی، برآورد حجم و هزینه عملیات و گزارش مربوطه است.

## الف-۹-۵- طرح‌های نمونه

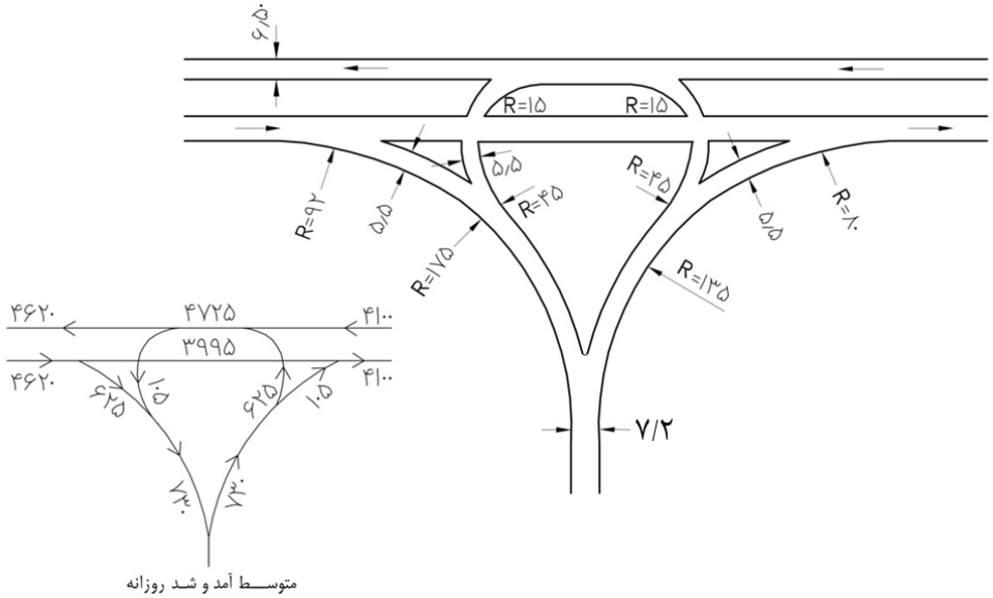
در پایان این بخش به لحاظ آشنایی هرچه بیشتر با انواع تقاطع‌ها و پارامترهای مؤثر در طراحی آنها، تعدادی طرح انتخاب شده است که می‌تواند راهنمای خوبی برای طراحی باشد (شکل (الف-۱۳)).




شکل الف-12-طرح‌های نمونه تقاطع

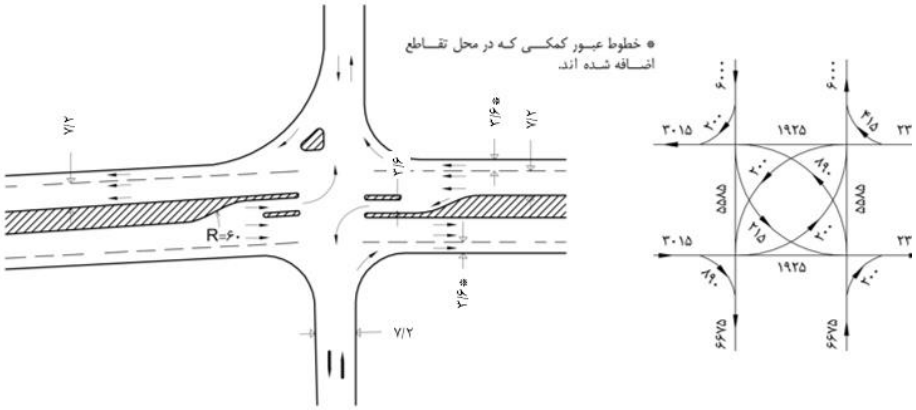



ب - سه راهی قیفی شکل با جزیره‌های ترافیکی بدون خط کمکی

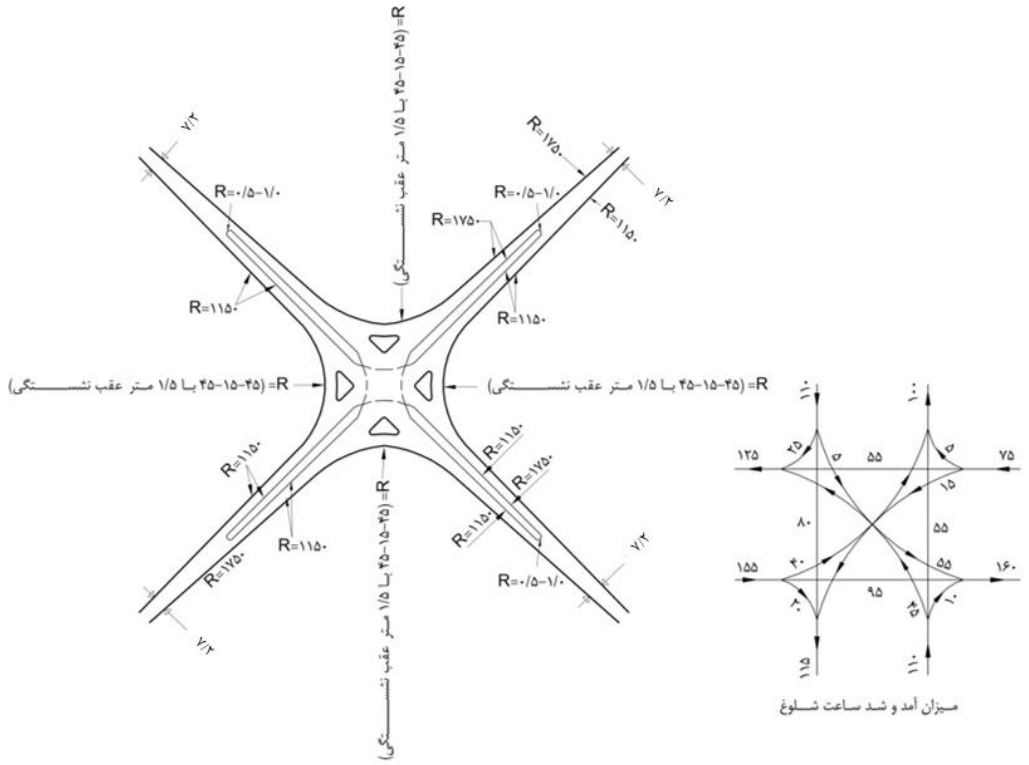



پ - سه راهی پیازی شکل با جزیره‌های ترافیکی بدون خط کمکی

ادامه شکل الف-12- طرح‌های نمونه تقاطع




ت - چهارراه با جزیره‌های ترافیکی و خط کمکی




میزان آمد و شد ساعت شلوغ

ث - چهارراه با جزیره‌های ترافیکی بدون خط کمکی (تعریض شده)

ادامه شکل الف-12- طرح‌های نمونه تقاطع

# پیوست ب

## مباحثی از تبادل‌ها

## ب-۱- مقدمه

تقاطع غیرهمسطح و تبادل به منظور کاهش یا حذف تلاقی‌های ترافیکی، ارتقای ایمنی، کاهش تأخیر و افزایش ظرفیت ترافیکی ایجاد می‌شود. با ایجاد تبادل، احتمال برخورد میان جریان‌های متقاطع در محل تقاطع منتفی می‌شود. احتمال تلاقی حرکت‌های گردشی نیز بسته به نوع طراحی تبادل یا به حداقل می‌رسد و یا به طور کلی از بین می‌رود. یک تبادل اگر چه جایگزین بسیار مناسبی برای تقاطع به منظور حل مشکلات موجود در آن است اما به دلیل بالا بودن هزینه، استفاده از آن محدود به مواقعی خواهد بود که صرف هزینه برای آن، توجیه اقتصادی- اجتماعی داشته باشد.

## ب-۲- روش طراحی

### ب-۲-۱- مراحل طرح

عوامل مختلفی همچون سطح خدمت مورد نیاز، حجم ترافیک و ترکیب آن، محدودیت‌های فیزیکی، عوامل اقتصادی و چگونگی توسعه محلی، اثر قابل توجهی بر طرح تبادل می‌تواند داشته باشد. پیش از طرح تبادل، اثر هر یک از این عوامل مورد توجه قرار می‌گیرد. به این منظور جمع‌آوری اطلاعات زیر ضرورت دارد:

- بررسی موقعیت محل، طرح‌های توسعه و امکان‌های کنترل ترافیک.
- بررسی کاربری‌های موجود و آینده و تسهیلات زیربنایی (شبکه آب، گاز، برق و تلفن).
- تعیین حجم ترافیک متوسط روزانه و وضعیت حجم‌های ساعت اوج برای کلیه عبورها (مستقیم و گردشی از هر شاخه تبادل).
- بررسی موقعیت تبادل، در رابطه با سایر سیستم‌های حمل و نقل همچون راه‌آهن یا فرودگاه.
- بررسی وضعیت تبادل در ارتباط با تبادل‌های مجاور.

پس از جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات فوق، چند گزینه مورد بررسی قرار می‌گیرد. رهنمودهای زیر در انتخاب طرح‌های اولیه تبادل می‌تواند مؤثر باشد:

- تبادل شبدری یا ترکیبی از تبادل‌های شبدری و جهتی (تبدیل بعضی از گردراهه‌ها به رابط جهتی یا نیمه‌جهتی) یکی از طرح‌های مناسب در راه‌ها است. چنین طرحی در صورتی که محدودیت تملک حریم تبادل وجود نداشته و ترافیک تداخلی نیز کم باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- تبادل لوزوی ساده یکی از متداول‌ترین نوع تبادل‌هاست. ظرفیت چنین تبادل‌هایی را، تقاطع‌های هم‌سطحی که به منظور گردش به چپ، درمسیر کم اهمیت‌تر طراحی شده است، تعیین می‌کند.

- طرح‌های شبدری نسبی نیز در شرایطی که محدودیت تأمین حریم راه در یک یا دو ربع تبادل وجود دارد و یا چند حرکت موجود در تبادل کم اهمیت هستند، مورد توجه قرار می‌گیرند.

- به طور کلی طراحی تبادل در راه‌ها، به علت فاصله نسبتاً زیاد از هم، به صورت مجزا و مستقل از سایر تبادل‌ها صورت می‌گیرد. در طراحی تبادل، به یکنواختی نحوه ورود و خروج، مسائل ترافیک تداخلی، علامت‌گذاری مناسب و تملک حریم توجه می‌شود.

پس از انتخاب اولیه محل، چند طرح مقدماتی، با توجه به اصول زیر مورد مقایسه قرار می‌گیرند (در این مرحله ممکن است محل قطعی تقاطع مشخص نباشد).

۱- سازگاری با محیط.

۲- امکان تصرف و تملک حریم.

۳- ملاحظات طراحی.

۴- ظرفیت هر جهت عبور و تناسب با حجم ساعت اوج.

۵- ویژگی‌های عملیاتی به شرح زیر:

الف – ایمنی.

ب - ترافیک تداخلی.

پ - حذف بعضی گردش‌ها.

ت - امکان تأمین عبور در دوران ساخت.

۶- امکان ساخت مرحله‌ای.

۷- مطالعات اقتصادی (اختلاف هزینه استفاده‌کنندگان در مقایسه با هزینه ساخت و نگهداری).

۸- یکنواختی نحوه ورود و خروج.

۹- موقعیت خروجی‌ها در ارتباط با تبادل (بهتر است قبل از تبادل و به صورت منفرد باشد.).

۱۰- قابلیت علامت‌گذاری.

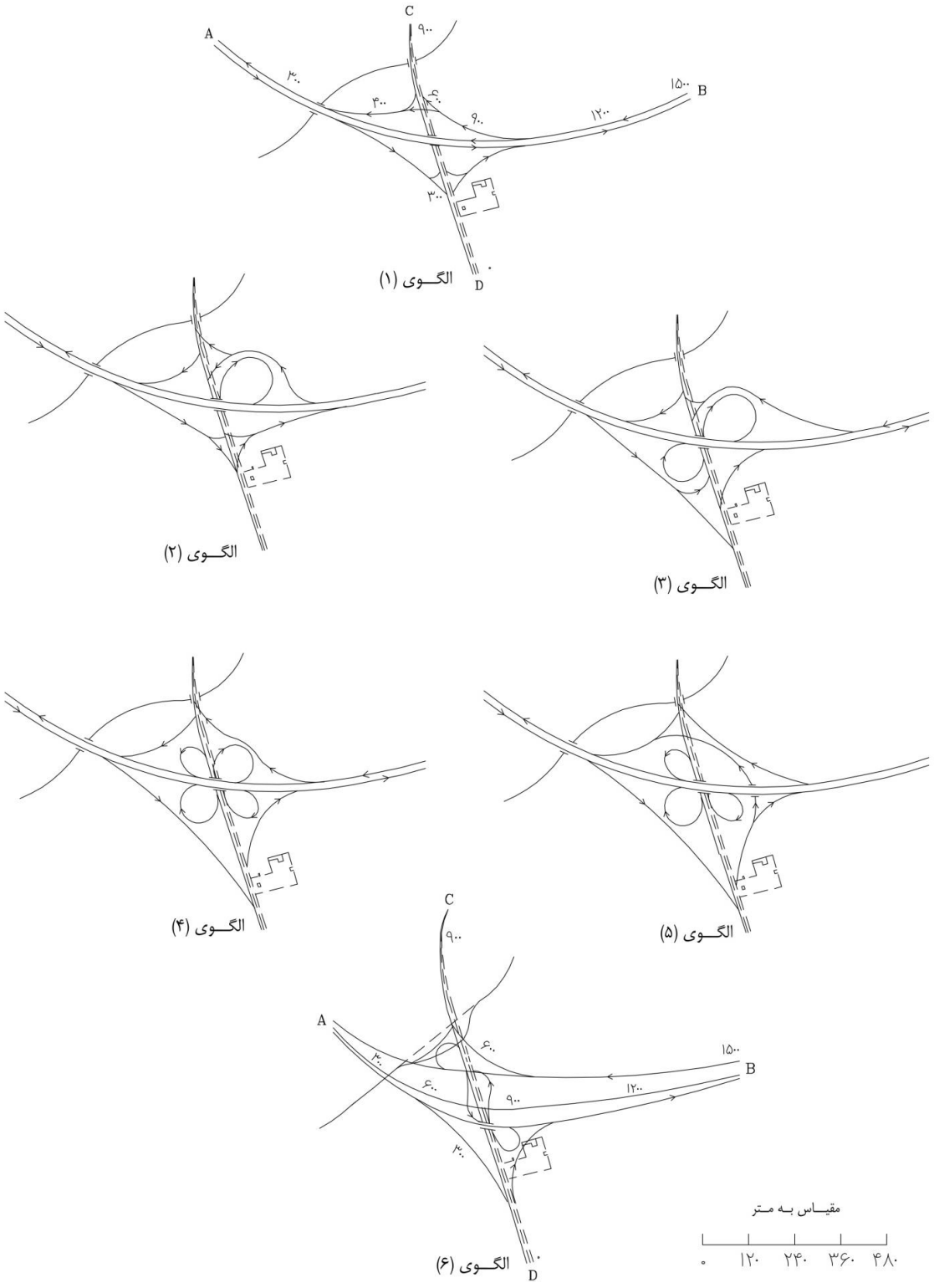
۱۱- هماهنگی و تناسب گزینه با هدف طراحی تبادل و سایر جنبه‌ها.

در این گام در طرح‌های پیشنهادی، هر خط نمایانگر یک جهت عبور است، به گونه‌ای که راه دو خطه دو طرفه تنها با دو خط نمایش داده می‌شود. نمونه‌ای از طرح‌های مقدماتی، در شکل (ب-۱) نشان داده شده است. در این مرحله اگر چه به رسم نیمرخ‌ها نیازی نیست اما آنها را می‌توان با استفاده از ارتفاع تقریبی نقاط، تجسم و کنترل کرد. طرح‌های مورد بررسی در این مرحله با مقیاس ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۴۰۰۰ ترسیم می‌شوند.

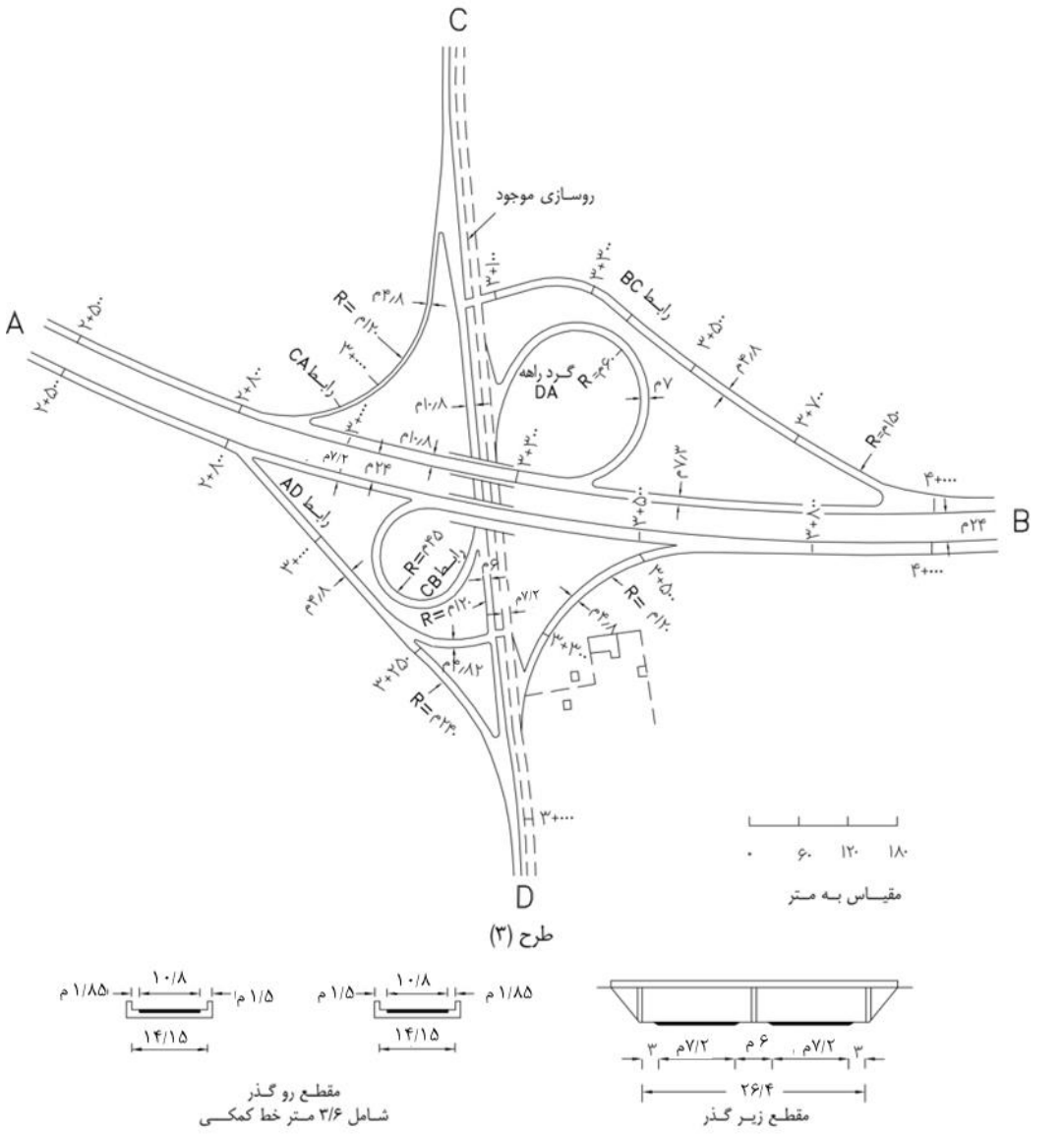
در گام بعدی از میان طرح‌های مقدماتی پیشنهادی در مرحله قبل و ارزیابی آنها، تعدادی گزینه مطلوب انتخاب می‌شود که منجر به تعیین محل قطعی تبادل می‌شود. سپس با تهیه نقشه توپوگرافی از محل تبادل در مقیاس ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۵۰۰، طرح‌های مقدماتی مطلوب با مقیاس بزرگتر (۱/۱۰۰۰ تا ۱/۳۰۰۰متناسب با وسعت تبادل) رسم می‌شود (طرح اولیه). شکل (ب-۲) نمونه‌ای از طرح اولیه را نشان می‌دهد.

در این گام، خط‌های لبه راه و محور آنها و همچنین جزیره‌های موجود در میانه راه، ترسیم و نیمرخ‌ها بر اساس میزان پستی و بلندی، حداکثر شیب طولی، حداقل فاصله دید، فاصله موانع کناری، بربلندی و سایر موارد، طراحی و کنترل می‌شود (شکل (ب-۳)). سپس، برای طرح‌های اولیه پیشنهادی، تحلیل هزینه دقیق‌تری از نسبت منفعت به هزینه شامل هزینه ساخت، نگهداری و اختلاف هزینه استفاده‌کنندگان راه انجام شده و نتایج به دست آمده، ضمن پیشنهاد گزینه بهینه، در اختیار کارفرما قرار داده می‌شود.

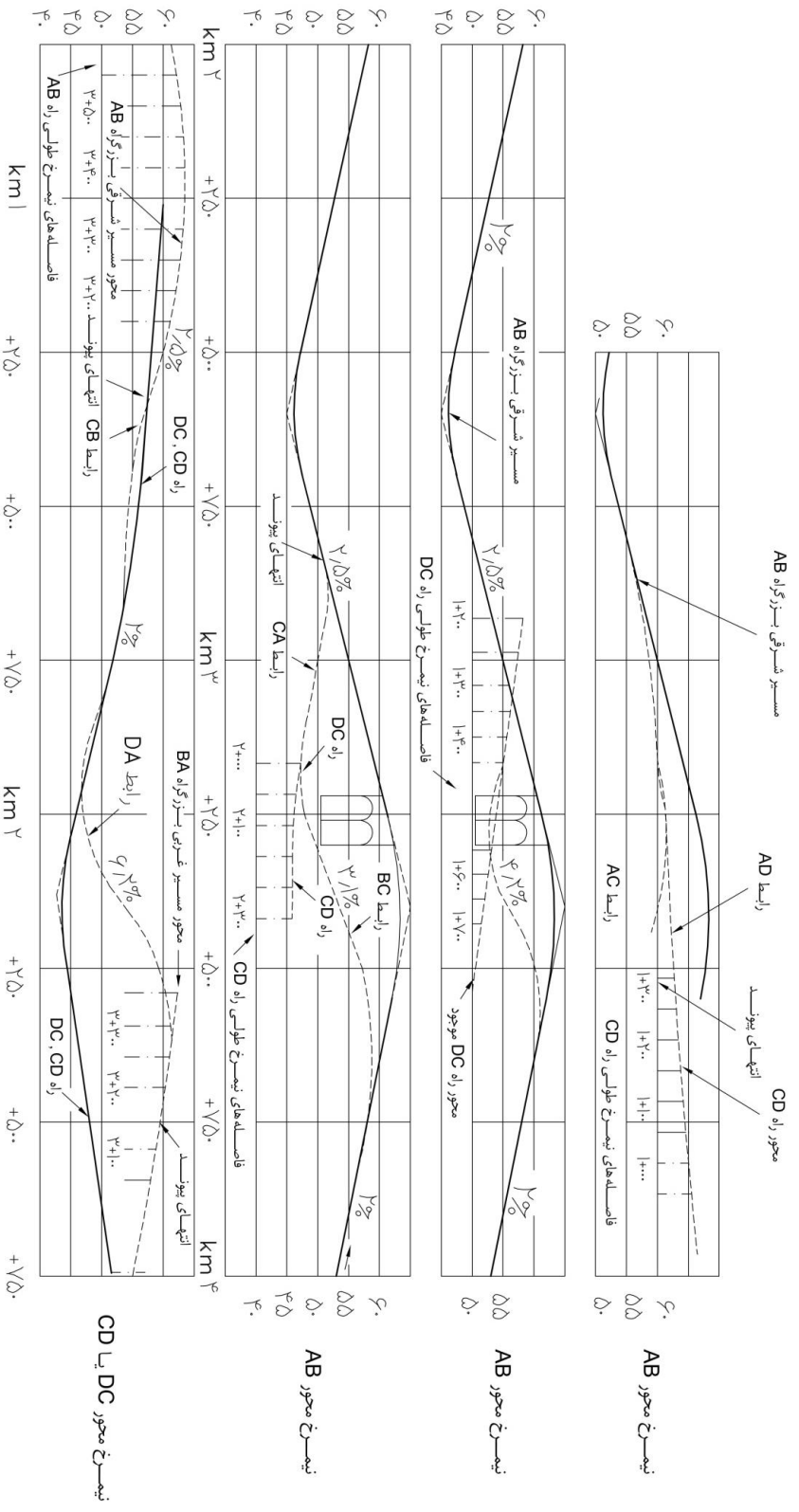
در گام آخر و پس از آنکه با نظر کارفرما، طرح نهایی انتخاب شد، کلیه مشخصات هندسی طرح پیشنهادی نهایی، به منظور اجرای آن در محل، با مقیاس بزرگتر (معمولاً ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۵۰۰) و با ذکر مشخصات و جزئیات بیشتر رسم می‌شود. در این مرحله معمولاً محور کلیه مسیرها، پیاده‌سازی و مقاطع طولی و عرضی برداشت می‌شوند.




شکل ب-۱- نمونه طرح‌های مقدماتی تبادل



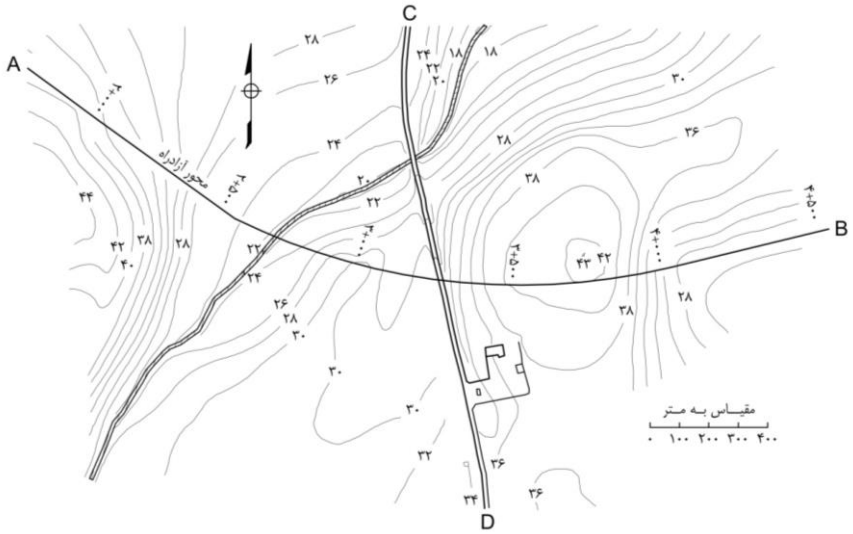

شکل ب-۲- نمونه طرح اولیه تبادل




شکل ب-۳- نمونه نیمرخ‌های طرح اولیه تبادل

## ب-۲-۲- مسأله نمونه

در نظر است برای برقراری ارتباط بین محورهای AB و CD تبادلی طراحی شود که در شکل (ب-۴) نشان داده شده‌اند. مشخصات ترافیکی حرکت‌های موجود در تبادل در جدول (ب-۱) آورده شده است.




شکل ب-۴- نقشه محل مورد نظر برای احداث تبادل

جدول ب-۱- مشخصات ترافیکی حرکت‌های موجود

| جهت‌های عبور | | متوسط ترافیک روزانه (ADT) | | درصد کامیون |
|---|---|---|---|---|
| از | به | ۱۳۷۵ | ۱۳۹۵ | |
| A | B | ۲۴۵۰ | ۴۶۵۰ | ۱۲ |
| | C | ۳۵۰ | ۶۰۰ | ۶ |
| | D | ۱۵۹۰ | ۳۵۰۰ | ۲۵ |
| B | A | ۲۴۵۰ | ۴۶۵۰ | ۱۲ |
| | C | ۵۰۰ | ۹۰۰ | ۸ |
| | D | ۷۸۰ | ۱۳۷۰ | ۱۷ |
| C | A | ۳۵۰ | ۶۰۰ | ۶ |
| | B | ۵۰۰ | ۹۰۰ | ۸ |
| | D | ۶۱۰ | ۹۷۰ | ۹ |
| D | A | ۱۵۹۰ | ۳۵۰۰ | ۲۵ |
| | B | ۷۸۰ | ۱۳۷۰ | ۱۷ |
| | C | ۶۱۰ | ۹۷۰ | ۹ |

با توجه به حجم زیاد وسایل نقلیه سنگین در مسیرهای بین A، B و D، خودرو طرح مسیرهای ارتباطی مذکور، «تریلی» و خودرو طرح در سایر مسیرهای حرکتی، «اتوبوس» انتخاب می‌شود. بررسی حجم ترافیک در محل تقاطع مشخص می‌سازد که استفاده از تبادل برای پاسخ‌گویی به جریان ترافیک آینده ضروری است. محدودیت‌های فیزیکی نشان‌دهنده این است که بهتر است آزادراه (AB) به صورت روگذر باشد، در حالی که شرایط خوب هندسی مسیر موجود آزادراه و وضعیت روسازی، ضرورت حفظ آن را ایجاب می‌کند.

**گام ۱- تهیه طرح‌های مقدماتی**

بر اساس اطلاعات مندرج در بالا، چندین طرح مقدماتی مشابه با آنچه در شکل (ب-۱) آمده، با مقیاس تقریبی ۱/۱۵۰۰ تا ۱/۱۰۰۰ آماده می‌شود. خصوصیات مختلف و چگونگی هر یک از اصول یازده گانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. به عنوان مثال اصول یک تا هفت برای نمونه بالا بشرح زیر مورد بررسی قرار گرفته است.

- سازگاری با محیط

گزینه ۶ از این نظر وضعیت نامناسب‌تری نسبت به سایر گزینه‌ها دارد، که مستلزم تغییر مسیر رودخانه و اشغال سطح زیادی از زمین منطقه است. گزینه‌های ۵ و ۶ مستلزم حذف یا اصلاح توسعه تجاری ربع جنوب شرقی تبادل است. گزینه‌های دیگر از این نظر اختلاف قابل توجهی ندارند.

- امکان تصرف و تملک حریم

گزینه‌های ۱ تا ۴ از نظر تصرف و تملک حریم، قابل دستیابی هستند و مخالفت محلی با اجرای آنها وجود ندارد، اما گزینه‌های ۵ و ۶ به دلیل آن که کاربری‌های مجاور مسیر را تحت تأثیر قرار می‌دهند، با ایجاد مشکل احتمالی از سوی صاحبان ملک مواجه است. ضمن آن که سرمایه‌گذاری لازم برای اجرای این دو گزینه نیز در مقایسه با بقیه، به دلیل همین مسئله بسیار بیشتر است.

- ملاحظات طراحی

ملاحظات طراحی کلیه گزینه‌ها یکسان است با این تفاوت که امکان دسترسی در گزینه‌های مختلف به صورت‌های گوناگونی پیش‌بینی شده است.

- گنجایش

کلیه گزینه‌ها برای پاسخ‌گویی به حجم ترافیک، گنجایش کافی دارند ولی سطح خدمت ارائه شده در آنها متفاوت است.

- ویژگی‌های عملیاتی

درگزینه یک، کلیه حرکت‌های گردشی به صورت هم‌سطح انجام می‌شود که با توجه به حجم ترافیک، چندان مناسب نیست. گردراهه منفرد در نظر گرفته شده در گزینه ۲، جایگزین گردش به چپ هم‌سطح در مسیر متقاطع با آزادراه از سمت جنوب به سمت غرب شده است. گردراهه‌های گزینه ۳ جایگزین گردش به چپ هم‌سطح از این مسیر شده است.

درگزینه ۴، گردراهه‌ها جایگزین کلیه گردش به چپ‌های هم‌سطح تبادل شده است، اما ترافیک تداخلی بین گردراهه‌ها بوجود آمده است. گزینه ۵، امکان گردش به چپ نیمه‌جهتی از نیمه جنوبی تبادل به سمت غرب را فراهم ساخته است و در گزینه ۶، ترافیک تداخلی روی مسیر آزادراه وجود ندارد، مگر برای دور زدن (گردش U).

از نظر تأمین عبور در دوران ساخت، اختلاف قابل توجهی بین گزینه‌های یک تا چهار وجود ندارد ولی گزینه‌های پنج و شش مطلوبیت کمتری دارند، زیرا ترافیک موجود در هنگام عملیات ساخت، از دو سازه در حالت ساخت می‌گذرد و یا آنها را دور می‌زند.

- امکان ساخت مرحله‌ای

ساخت مرحله‌ای تنها درمورد رابط‌ها در تمامی گزینه‌ها مطرح است و از این نظر، گزینه پنج وضعیت نامطلوبتری نسبت به سایر گزینه‌ها دارد.

- مطالعات اقتصادی

باتوجه به هزینه‌های گزاف زمین در ربع جنوب شرقی تبادل، سازه‌های تکمیلی مورد نیاز، تغییر مسیر کانال و حریم وسیع مورد نیاز، گزینه شش در مقایسه با سایر گزینه‌ها بسیار گران تمام می‌شود. هزینه بهره‌برداری گزینه‌های یک و دو به علت ضرورت توقف وسایل‌نقلیه دربعضی ازعبورها، بیش ازسایر گزینه‌ها است.

- نتیجه‌گیری

با توجه به ملاحظات فوق مشخص می‌شود که گزینه‌های یک و دو نمی‌تواند سطح خدمت مورد نیاز را ارائه کند و گزینه شش نیز بسیار گران تمام می‌شود. بنابراین در گام بعدی این گزینه‌ها از لیست گزینه‌های مورد بررسی حذف می‌شود.

**گام ۲- آماده‌سازی طرح‌های اولیه**

در این گام، گزینه‌های سه و چهار و پنج مورد ارزیابی دقیق‌تری قرار می‌گیرد. خصوصیات مورد بررسی در این مرحله به صورت شماتیک در شکل (ب-۲) برای گزینه سه نشان داده شده است. نیمرخ‌ها نیز در این مرحله مورد توجه قرار می‌گیرد. در مورد گزینه ۳ ویژگی‌های مورد بررسی روی نیمرخ در این گام در شکل (ب-۳) آمده است. بر این اساس، ارزیابی منفعت به هزینه گزینه‌های پیشنهادی به صورت دقیق‌تری انجام پذیرفته و در نهایت، اولویت‌بندی خصوصیات و ویژگی‌های آنها در جدولی مانند جدول (ب-۲) به صورت خلاصه آورده می‌شود. پس از تشریح خصوصیات هر یک از گزینه‌های پیشنهادی مورد بررسی، مشاور طرح، گزینه سه را به عنوان گزینه انتخابی پیشنهاد می‌کند.

**گام ۳- انتخاب طرح نهایی**

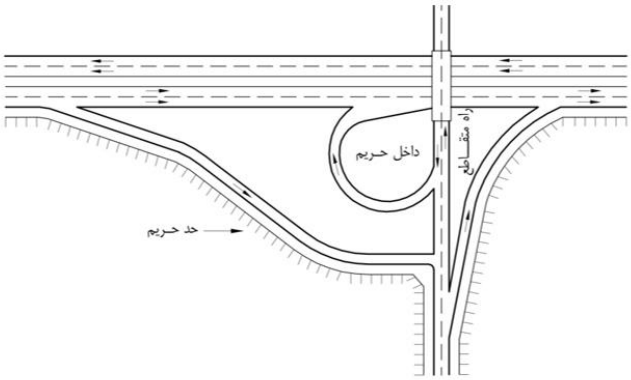
پس از تأیید پیشنهاد، مشاور باید نقشه‌های اجرایی گزینه مصوب را بر اساس معیارهای این آئین‌نامه تهیه کند.

جدول ب-۲- اولویت‌بندی خصوصیات و ویژگی‌های گزینه‌های پیشنهادی

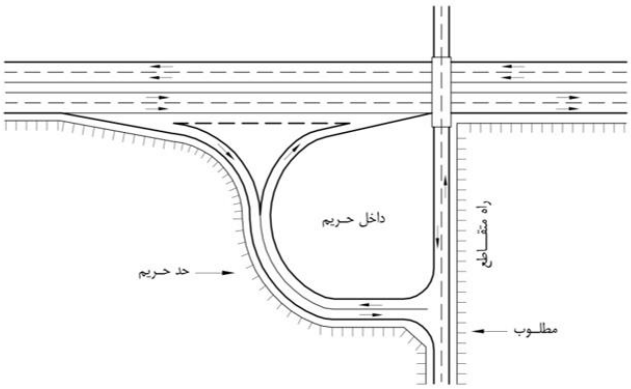
| ویژگی مورد بررسی | اولویت | | |
|---|---|---|---|
| | گزینه۳ | گزینه۴ | گزینه۵ |
| سازگاری با محیط | ۱ | ۲ | ۳ |
| امکان تصرف و تملک املاک | ۱ یا ۲ | ۱ یا ۲ | ۳ |
| ملاحظات طراحی | ۲ یا ۳ | ۲ یا ۳ | ۱ |
| ظرفیت | ۳ | ۲ | ۱ |
| ویژگی‌های عملیاتی | ۲ یا ۳ | ۲ یا ۳ | ۱ |
| مطالعات اقتصادی | ۱ | ۲ | ۳ |
| امکان ساخت مرحله‌ای | ۲ | ۱ | ۳ |

## ب-۳- نمونه‌هایی از محدودیت دسترسی در تبادل‌ها

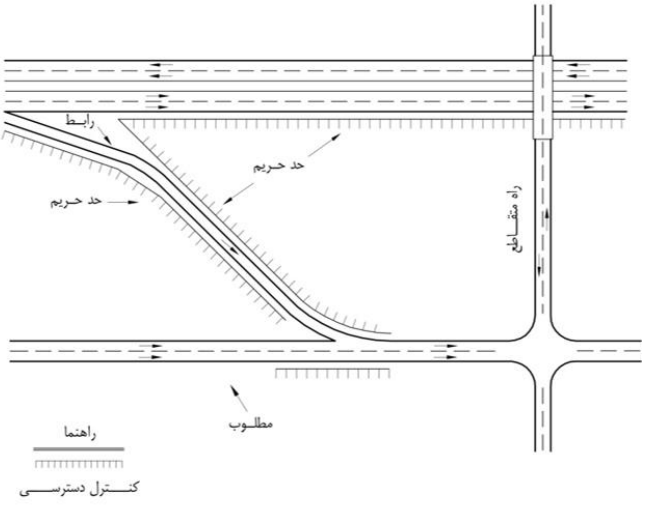
باید نحوه دسترسی در محل اتصال رابط‌ها به راه‌ها، مورد بررسی کامل قرار گرفته و محدودیت دسترسی به رابط‌ها و مسیرهای اصلی پیش‌بینی و اعمال شود. فاصله تقاطع‌ها و دسترسی‌ها با دماغه رابط دماغه باید مطابق حداقل‌های ذکر شده در نشریه ۸۰۰-۱، و فصل چهارم باشد. به طورکلی باید کنترل کامل دسترسی تا پایان طول لچکی در نظر گرفته شود. شکل (ب-۵)، نمونه‌های مختلف کنترل دسترسی در راه‌های متقاطع با تبادل را نشان می‌دهد.




الف – محدوده کنترل دسترسی در طرح شبدری نسبی



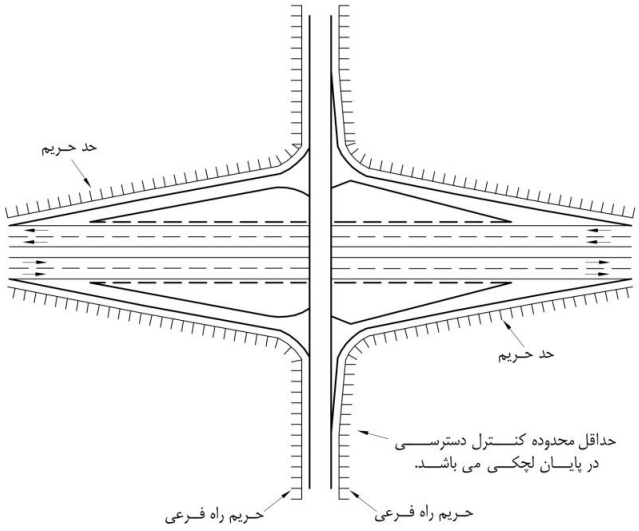

ب – محدوده کنترل دسترسی در تقاطع با راه



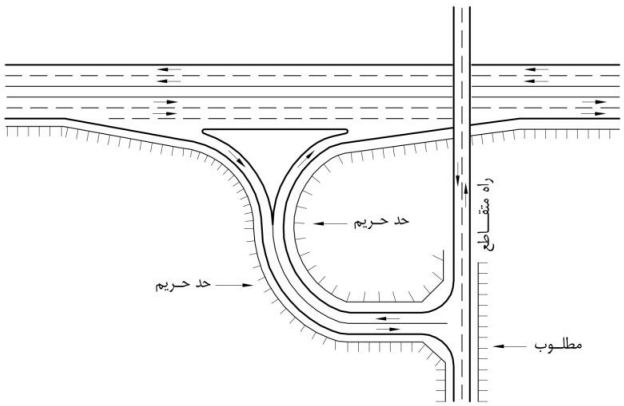

ب – محدوده کنترل دسترسی در تقاطع با راه جانبی یک طرفه

(در صورت عمود بودن رابط به راه جانبی، کنترل دسترسی مانند شکل ج)

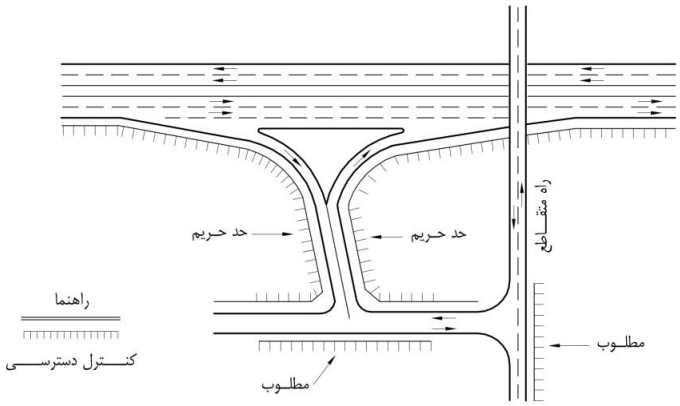
شکل ب-۵- نمونه‌های مختلف کنترل دسترسی




ت- محدوده کنترل دسترسی در تبادل لوزی




ث- محدوده کنترل دسترسی در تقاطع همسطح با راه
(ملک خصوصی در داخل گردراهه)




ج- محدوده کنترل دسترسی در تقاطع با راه فرعی

ادامه شکل ب-۵- نمونه‌های مختلف کنترل دسترسی

## مراجع:


1- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (The Green Book), 7th Edition, 2018.

2- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Roadside Design Guide, 4th Edition, 2011.

3- American Association of State Highway Officials (AASHO), A Policy on Geometric Design of Rural Highways, 1965.

۴- سازمان برنامه و بودجه، آیین نامه طرح هندسی راههای ایران، نشریه ۴۱۵، ۱۳۹۲.

۵- سازمان برنامه و بودجه، معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها، نشریه ۸۷، ۱۳۶۲.

۶- عبدی کردانی، علی؛ محمد علیخانی، مهدی؛ "ضوابط مبانی طرح هندسی راه"، دانشگاه بین المللی امام خمینی، ۱۴۰۱.

۷- انجمن کارشناسان رسمی راه و ترابری امریکا، ترجمه: صفارزاده، محمود؛ امیدوار، علیرضا؛ بروجردیان، امین میرزا؛ "طرح هندسی راه‌ها و خیابان‌ها"، پژوهشکده حمل‌ونقل، ۱۳۸۶.

**خواننده گرامی**

امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هشتصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. گزارش حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشرشده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

# Geometric Design Reference Manual of Intersecting Highways (Intersections, At-grade Separations, and Interchanges)

# No. 800-2


### Project Manager: Rahyab Melal Consulting Engineers

| | |
|---|---|
| **Borhan Rostami** | Civil Engineer (Project manager) |
| **Mozaffar Biglar** | Civil Engineer |
| **Robabeh Ghadiri** | Civil Engineer |
| **Mohammadreza farzinpour** | MSc of civil engineering |

### Project Consultant and author: Paydari Sazeh & Rah Consulting Engineers (Pasar)

| | |
|---|---|
| **Fatemeh Arkavazi** | MSc of Civil Engineering- Structural Engineering, and CEO of Pasar |
| **Ali Abdi Kordani** | Ph.D. in Civil Engineering – Highway and Transportation Engineering and professor at Imam Khomeini International University |
| **Mohamad Sadegh Vajdi** | MSc of Civil Engineering- Highway and Transportation Engineering |
| **Mina Dowlati** | MSc of Civil Engineering- Seismic Engineering |
| **Atefeh Najafi** | MSc of Civil Engineering- Highway and Transportation Engineering |

### Guidance and Steering Group Members:

| | |
|---|---|
| **Alireza Toutounchi** | Deputy of Technical and Executive Affairs Department |
| **Taher Fathollahi Marnani** | Head of Technical and Executive Affairs Department |
| **Sajjad Heidari Hasanklou** | Expert Engineering, Technical and Executive Affairs Department |
| **Borhan Rostami** | Chairman of the Board of Rahyab Melal Consulting Engineers |

Abstract

The Geometric Design Reference Manual of Intersecting Highways is a reference and design code for determining the rules and criteria of the geometric design of the Intersections, At-grade Separations, and Interchanges, which also determines the limits and specifications of all types of intersections. In this standard, for the first time, national regulations for intersections are also presented. In the first publication, the latest information on world standards, including AASHTO's Green Book, has been used.

Moreover, the newer chapter about intersecting facilities of various modes incorporated for the first time in this manual. Furthermore, typographical and writing errors have been corrected in comparing to the last current code (code No. 415).

**Islamic Republic of Iran**

**Planning and Budget Organization**

# Iranian Highways Manual(IHM)

## Geometric Design Reference Manual of Intersecting Highways

### (Intersections, At-grade Separations, and Interchanges)

## IR-Code 800-2

**Last Edition: 01.29.2025**

**Deputy of Technical, Infrastructure and Production**

**Department of Technical & Executive Affairs**

Nezamfanni.ir

**2025**

**این ضابطه**

با عنوان « **آیین‌نامه راه‌های ایران (آرا) – آیین‌نامه طرح هندسی تقاطع‌ها**» پس از ارائه مقررات، در قالب ۶ فصل و دو پیوست به تفصیل مراحل مختلف مطالعات و طراحی انواع تقاطع‌ها می‌پردازد.