به نام خدا

راه سازی و روسازی

جهت آموزش در دانشکده فنی تربیت دبیر صومعه سرا

منابع:

۱* مشخصات فنی عمومی راه(نشریه ۱۰۱)
۲*نشریه ۴۱۵
۳*راهسازی و طرح هندسی راه(دکتر حمید بهبهانی)
۴*سری عمران

در ابتدا ذکر این مطلب لازم می دانم که این جزوه بر اساس شرایط خاص آموزشی حاکم برکشور، در زمان کوتاهی جمع آوری شده است و سعی شده است مهم ترین مسائل به شکل چکیده در زمینه راه سازی و روسازی عنوان گردد.پیشاپیش از قصور احتمالی موجود در ارائه مطالب پوزش می طلبم.

جاوید ملک دوست

بهار ۹۹

فصل اول:
مطالعات مسیر-مسیریابی

مسیریابی به‌وسیله روش زمینی وعکسبرداری هوائی[1]

مقدمه در قدیم برای تعیین‌مسیر از یک رشته روابط کلی استفاده می‌شد و عواملی از قبیل نزدیکترین راه‌بین آبادی‌ها وشهرها وراه‌های‌مال‌رو، ملاک‌تعیین مسیر قرار می‌گرفت، ولی در شرایط امروزه به‌علت ازدیاد روزافزون وسایط نقلیه،نه‌فقط‌عوامل ایمنی در پیچ وشیب و سرعت وراحتی عبور از راهها ملاک قرار می‌گیرد بلکه عوامل دیگری ازقبیل تأثیر آتی راه در صنایع وکشاورزی موجود، تجارت وافزایش قیمت زمین‌های مسکونی باید مورد توجه قرار گیرد.

بطورکلی روش متعادل در تعیین یک مسیر قابل قبول جهت احداث راه‌آهن،شاهراه و خطوط لوله جهت هدایت آب، نفت وگاز وغیره عبارت خواهد بود از(۱) :

۱. نقشه برداری مقدماتی به وسیله بازدید وبررسی منطقه در یک سطح وسیع بین مبدا و مقصد جهت انتخاب بهترین مسیر.

۲. تعیین مسیرهای اجرائی برروی نقشه و مقایسه جزئیات هریک از این مسیرها باهم از قبیل سرعت وسیله نقلیه در مسیر، عرض راه، حداکثر شیب،محل عبورراه، طول‌راه، مخارج احداث‌راه، تأثیر مسیردر توسعه مناطق مجاور، هزینه نگهداری آیندهٔ راه، منظره وتسهیلات درطول‌مسیر، بهره‌برداری‌اقتصادی آینده از راه وسپس‌انتخاب بهترین واقتصادی‌ترین‌مسیر .

۳. نقشه برداری و تعیین جزئیات لازم جهت تهیه نقشه‌های پلان و ارزیابی حجم عملیات ساختمانی آن.

---

1. Route Surveys by Ground and Aerial Methods

٤. تهیه وتکمیل نقشه های پلان وتعیین مسیر نهایی .
٥. میخکوبی مسیر در طول پروژه، تعیین محل آبروها، حریم راه، تعیین محل استراحتگاه های بین راه، تعیین ایستگاه های پمپ بنزین در طول مسیر، هتل ومتل، تفریحگاه وغیره .

نقشه برداری اولیه[1]

شناسائی زمینی وهوائی[2]- معمولا جهت بررسی وتهیهٔ نقشه های مورد لزوم از عکس های هوائی موجود منطقه با استفاده از عینک های برجسته بینی ویا دستگاه های مجهز کامپیوتری که قادر است عکس های هوائی رابه نقشه های عوارض دار (تپوگرافی[3]) تبدیل کند ویا در مراحلی که عکسبرداری هوائی در منطقه چندان توسعه پیدا نکرده باشد ازنقشه برداری زمینی استفاده می کنند.

وسائلی که برای نقشه برداری زمینی مورد استفاده قرار می گیرند، معمولا از وسائل اولیه نقشه برداری ازقبیل قطب نما، فشارسنج، ترازیاب وغیره می باشد .

در صورتی که نقشه منطقه مورد مطالعه موجود نباشد، باید قبلا نقشه برداری کامل از منطقه انجام پذیرد ومعمولا عکس های هوائی عامل کمک کننده ای دراین مورد می باشند. در بعضی مواقع حتی از نقشه های تهیه شده از عکس های هوائی جهت تکمیل نقشه های زمینی منطقه استفاده می شود. اصولا عکس های هوائی قسمت اعظم ایران توسط سازمان نقشه برداری کشوری ومؤسسه جغرافیائی ارتش تهیه شده که در صورت لزوم می توان این عکسها را از سازمان های مربوطه تهیه نمود .

درحال حاضر اغلب کشورهای جهان در تهیه پلان وبررسی ومطالعات اولیه بیشتر از روش عکس های هوائی[4] در تمام پروژه های راهسازی استفاده می کنند(۱). دراین قبیل عکس ها خطوط عوارض زمین نشان داده نشده است. ولی وضعیت منطقه بطور وضوح مشخص شده است. در مناطق مسطح این قبیل عکس ها حتی به تنهائی تاانتخاب مسیر نهائی مورد استفاده قرار می گیرد. در مراحلی که اطلاعات لازم را نتوان تنها از عکس های هوائی به دست آورد نقشه های تپوگرافی مورد استفاده قرار می گیرد .

عکس های هوائی[4] در تمام پروژه های راهسازی استفاده می کنند(۱). دراین قبیل عکس ها خطوط عوارض زمین نشان داده نشده است. ولی وضعیت منطقه بطور وضوح مشخص شده است. در مناطق مسطح این قبیل عکس ها حتی به تنهائی تاانتخاب مسیر نهائی مورد استفاده قرار می گیرد. در مراحلی که اطلاعات لازم را نتوان تنها از عکس های هوائی به دست آورد نقشه های تپوگرافی مورد استفاده قرار می گیرد .

اعمال نقشه های هوائی[5]

تعاریف و اصطلاحات:

فتوگرامتری[6]- عبارت است ازتعیین نقاط مختلف زمین درسطح و در ارتفاع از طریق علم وفن

عکس برداری می باشد، ودرمفهوم وسیعتر شامل تفسیروخواندن عکس های هوائی است(این قبیل عکس ها با قراردادن دوربین های عکاسی بامحور عمودی در داخل هواپیما که دارای سرعت وارتفاع ثابتی است گرفته می شود. ارتفاع هواپیما به وسیله خواندن بارومتر[1] کنترل می شود).

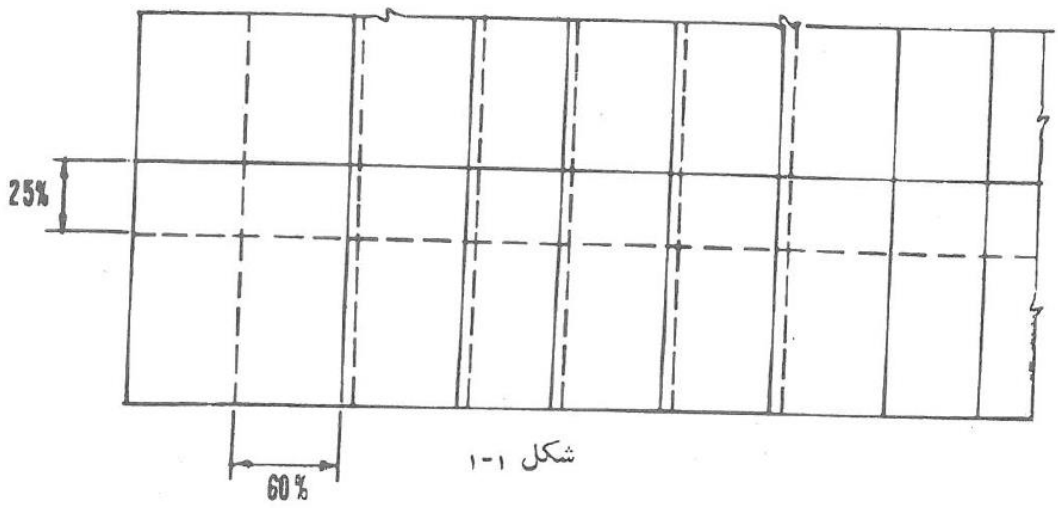
سرانجام تبدیل عکس های هوائی به نقشه های عارضه دار می باشد . اهمیت فتوگرامتری در مفهوم وسیع آن روزبروز بیشتر شده ویکی از وسائل عمده کار مهندس راهسازگردیده است. این عمل نه فقط برای تعیین مسیر به کار می رود بلکه از فتوگرامتری برای مطالعات مقدماتی، تعیین حریم واملاک مجاور مسیر، زهکشی وتخلیه آبهای سطحی، مطالعات مربوط به ترافیک، طبقه بندی خاک، محاسبات حجم عملیات خاکی، تعیین محل مصالح و سرانجام مطالعات مربوط به پوشش راه استفاده به عمل می آید.

ازترکیب عکس های مجزای هوائی عکس مرکبی حاصل می شود که آنرا عکس موزائیکی[2] می گویند. امروزه این عکس ها همانطوری که قبلا هم تذکر داده شد به وسیله سازمان نقشه برداری وابسته به سازمان برنامه تهیه و کلیه دستگاه های دولتی موظفند کارهای نقشه برداری خود را به سازمان مذکور ارجاع نمایند. در سال های اخیر سازمان مزبور به جدیدترین دستگاه ها مجهزگردیده است وهمچنین شرکتهای خصوصی نقشه برداری وفتوگرامتری نیز تشکیل گردیده است وچنانچه سازمان نقشه برداری ازنظر ظرفیت کار قادر به انجام سفارشات نگردد کارهای خود را به شرکت های خصوصی واگذار می کند.

نقشه های لازم برای راهسازی بطورکلی از عکس های هوائی که بطور شاقولی برداشته شده اند تهیه می گردد. منطقه موردنظر برای نقشه برداری در نوارهای موازی به صورت عکس-های مجزا که در طول وعرض یکدیگر را می پوشانند عکسبرداری می شود . پوشش طولی عکس ها ۶۰ درصد و پوشش عرضی ۲۰ درصد باید درنظرگرفته شود.(۱) شکل ۱-۱ طریقه ترکیب عکس ها رابادرصد پوشش نشان می دهد.

انتخاب ارتفاع عکسبرداری هوائی بستگی به موردبه کار بردن نقشه ها دارد . عوامل لازم برای تهیه نقشه شامل طول کانونی دوربین عکسبرداری، مقیاس وخطوط تراز و نسبت مقیاس نقشه به مقیاس عکسبرداری می باشد.

عکسبرداری از روی جنگل ها ممکن است اشکالاتی را پیش بیاورد در اینصورت ممکن است عکس های هوائی را در پائین ودر مواقعی که برگهای درختان ریخته شده است تهیه نمایند. معمولا برای مشخص کردن ارتفاع زمین در قسمت های جنگلی ارتفاع متوسط درختان جنگل را تعیین ودر نقشه تفاوت ارتفاع را منظور می نمایند وهمچنین ممکن است در مناطق جنگلی نقشه برداری از طریق زمین به عمل آید. ازنظر کنترل عکس های هوائی وتعیین مقیاس



شکل ۱-۱

آنها نقاط مشخص وقابل رویت در عکس های هوائی رابرروی زمین علامت‌گذاری کرده واز طریق نقشه‌برداری زمینی رقوم نقاط مزبور را تعیین می‌نمایند، باتوجه به رقوم مزبور نقشه‌هائی بامقیاس صحیح از روی عکس های هوائی تهیه می‌گردد. در بعضی مواقع عکس های هوائی به وسیله رادار واشعه مادون قرمز[۱] که اغلب به‌صورت رنگی است برداشته می‌شود و این‌گونه عکس هاعلاوه‌بر مصرف راهسازی بیشتر جنبه جاسوسی ازکشورهای دیگر را دارد.

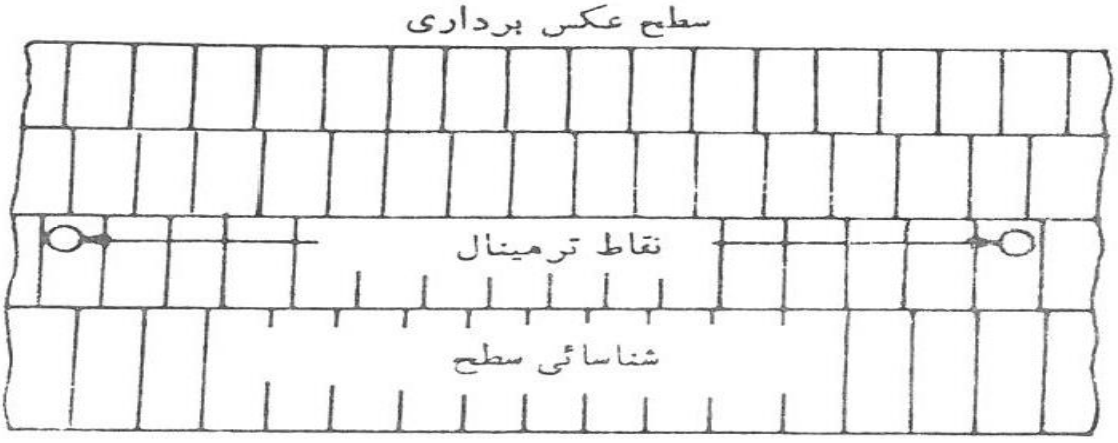
مسیریابی درخارج ازشهر[۲]

مسیریابی‌جاده‌های خارج‌شهر به‌صورت‌مطالعه‌بااستفاده‌از اطلاعات‌جمع‌آوری شده‌وعکس های هوائی ونقشه های تپوگرافی وبررسی‌در بیابان استوار می‌باشد وبه‌سه‌مرحله‌زیر تقسیم‌می‌شود(۱):

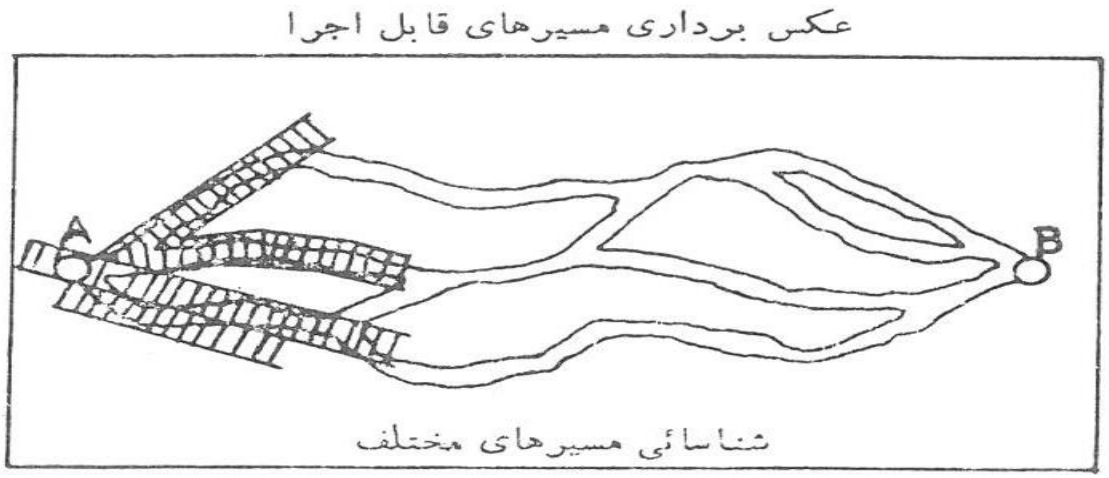
مرحله اول - شناسائی مقدماتی منطقه بین دونقطه (مبدا و مقصد) و تعیین مسیرهای قابل اجرا وسپس انتخاب بهترین مسیر نهائی.

مرحله دوم - مطالعات برروی مسیر نهائی انتخاب شده و تهیه نقشه‌های اجرائی مربوطه.

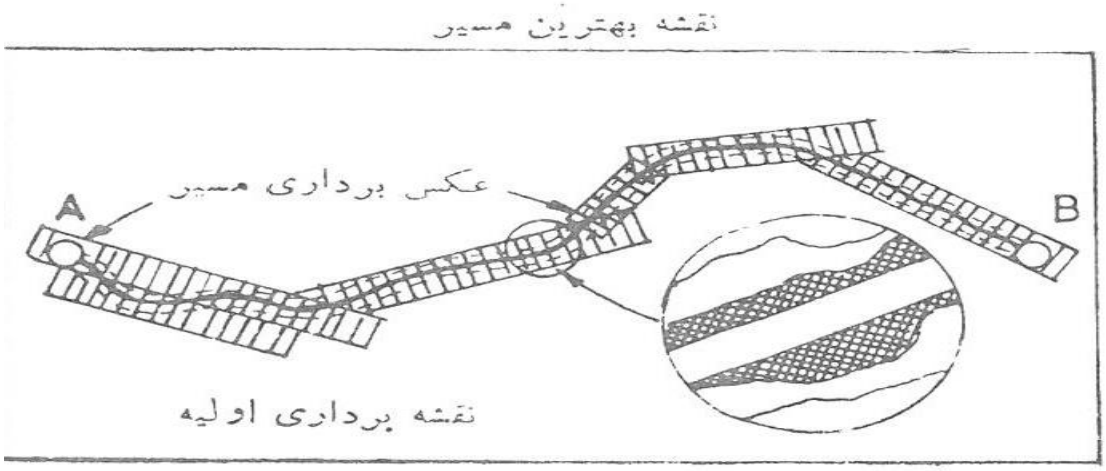
مرحله سوم- پیاده کردن (میخکوبی)مسیر قطعی برروی‌زمین واصلاحات لازم و برداشت نیمرخ طولی‌وعرضی.


سطح عکس برداری
نقاط ترمینال
شناسائی سطح

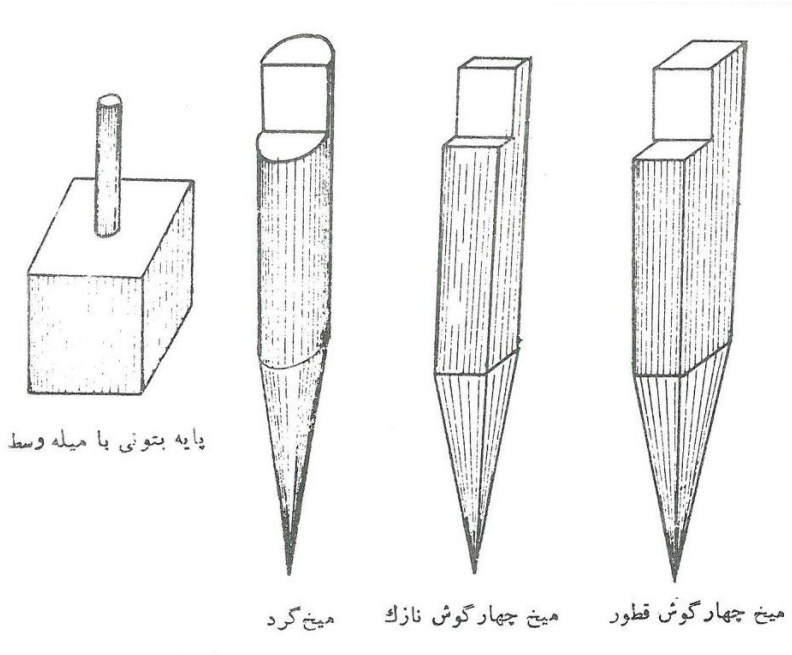
a


عکس برداری مسیرهای قابل اجرا
A
B
شناسائی مسیرهای مختلف

b


نقشه بهترین مسیر
عکس برداری مسیر
A
B
نقشه برداری اولیه

c



انواع میخ های مصرفی در راه سازی

نقشه‌های راه [1]

مقدمه- نقشه‌ها و دفاتر مشخصات، اسناد و مدارکی هستند که در اجرای طرح لازم می‌باشند. هنگامی که طرح به‌وسیله پیمانکار اجرا می‌گردد، اسناد مزبور جزو قرارداد بین کارفرما و پیمانکار محسوب می‌شود. بطور کلی نقشه‌ها باید شامل کلیه ترسیمات لازم مهندسی جهت اجرای دقیق پروژه باشد. نقشه‌ها بعد از تعیین و انتخاب مسیر نهائی و انجام عملیات آزمایش مکانیک خاک و خاک‌شناسی و مصالح لازم برای قشرهای مختلف از قبیل قشر زیر اساس، اساس و روسازی، عملیات مربوط به مشخصات هندسی راه شامل: قوس‌های افقی و قائم، شیب‌ها، ابنیهٔ فنی، ترافیک، زهکشی و تخلیه آبهای سطحی و همچنین امکان توسعه زمین‌های مجاور، انجام و تکمیل می‌گردد.

پلان راه - بعد از تعیین و انتخاب مسیر نهائی، باید محور راه را بر روی نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۰۰۰ و یا ۱:۱۰۰۰ ترسیم نمود، و بر روی آن محل، کیلومترها و هکتومترها و همچنین ابتداء و انتهای قوس‌ها را تعیین کرد. علاوه بر محور راه، عرض راه شامل: روسازی، شانه راه و همچنین فصل مشترک پای شیروانی راه در خاکریزها و سرترانشه در خاکبرداری‌ها با دو رنگ مختلف در پلان نمایش داده شود. محل و نوع پل‌ها و آبروها و اندازه آنها و ترتیب تخلیه آب‌های سطحی و زهکشی و همچنین مشخصات آنها ترسیم گردد. مشخصات قوس‌های افقی شامل: شعاع، طول تانژانت، طول خارجی قوس، طول داخلی، طول قوس و زاویه تقاطع، چپ‌گرد و یا راست‌گرد، بر روی پلان منعکس گردد. وضعیت مبداء راه باید دقیقاً نسبت به محل‌های مشخص از قبیل ساختمان و یا درخت و غیره تعیین گردد. فاصله بین دو نقطه تماس از دو قوس متوالی و زوایای

آن خطوط را نسبت به چهار جهت جغرافیائی تعیین نمود. اشکال ۲-۱ ،۲-۲، ۲-۳، ۲-٤ و ۲-٥ نحوه نشان دادن پلان مسیر را نمایش می‌دهد.

پروفیل طولی راه- به‌طور کلی برای اینکه پروفیل طولی راه را بتوان بهتر نمایش داد، مقیاس ارتفاع ده برابر مقیاس طولی پروفیل که همان مقیاس پلان می‌باشد ، درنظر می‌گیرند (مقیاس طول ۱:۲۰۰۰ ومقیاس ارتفاع ۱:۲۰۰ ویا مقیاس طول ۱:۱۰۰۰ ومقیاس ارتفاع ۱:۱۰۰) ابتدا باید وضعیت زمین‌طبیعی در پروفیل طولی و برروی کاغذ میلیمتری که دارای جدولی در زیر می‌باشد ترسیم گردد ، برای این کار محل‌های تغییر شیب را که بعداً هم محل برداشت نیمرخ های عرضی خواهند بود به‌عنوان ایستگاه انتخاب می‌نمایند (۱۱). فاصله این نقـاط را در زمین های مسطح تقریباً ۵۰ متر و در زمین های با شیب تند و متغیر تقریبا ۲۰ متر درنظر می‌گیرند. این ایستگاه‌ها را بر روی خط سنجش مشخص می کنند، و ازاین نقاط عمودهائی اخراج کرده و روی هر کدام رقوم آن نقطه را با استفاده از نقشه های تپوگرافی پیاده می کنند . چنانچه نقاط مزبور را با مداد سیاه به هم وصل کنیم خط منکسری حاصل خواهد شد که نمودار پروفیل طولی زمین طبیعی برروی محور راه می‌باشد .

بعد از رسم نیمرخ طولی زمین طبیعی در امتداد محور راه، باید پروفیل طولی خط پروژه که ازخط منکسری که غالباً تعداد اضلاعشان کمتر از تعداد اضلاع پروفیل طولی زمین طبیعی می‌باشد بارنگ قرمز رسم شود. در اینجا تعداد دیگری ایستگاه شامل: ابتدا و انتهای قوسها، ابتدا وانتهای شیب ها، ومحل تلاقی خط‌پروژه باخط زمین بوجود می‌آید ، که تمام ایستگاه‌ها

را از مبدا و از سمت چپ به راست‌در ردیف اول‌جدول شماره‌گذاری می‌نمایند، و بقیه جدول طبق‌شکل ۲-٦ تکمیل می‌گردد. در اینجا باید متذکر شد که در راه‌های روستائی و درجه۳ جهت صرفه‌جوئی، فرم‌خط‌پروژه تقریباً شبیه خط زمین طبیعی درنظرگرفته می‌شود .

نکاتی که در ترسیم خط پروژه باید مورد ملاحظه قرارگیرد عبارتند از(٦):

۱- باید از شیب های طولانی اجتناب کرد .

۲- شیب پروفیل طولی نباید ازحدمجاز تجاوز نماید.

۳- سطوح زیر خط‌پروژه نمودار خاکریز، وسطوح بالای خط پروژه نمودار خاکبرداری می‌باشد.

٤- بین محل های خاکبرداری وخاکریز باید تاحدودی تعادل برقرار نمود .

٥- در زمین های مسطح باید حداقل شیب طولی در پروژه رعایت شود .

٦- در زمین های مسطح خط پروژه باید ازسطح زمین بالاترگرفته شود .

۷- خط پروژه باید از نقاط اجباری تعیین شده بگذرد .

۸- در محل آبروها وپل ها باید ارتفاع خاکریز به‌اندازه کافی منظورگردد .

۹- باید ازمیزان شیب طولی در قوس های افقی کوچک کاسته شود.
۱۰- باید شعاع قوس های قائم برمبنای مسافت دید تعیین گردد.
۱۱- از شروع قوس های افقی تیز در قوس های قائم باید اجتناب نمود.
۱۲- باید محل های زیرگذر ویا روگذر بدقت تعیین گردد.
۱۳- از قوس های قائم در محل عبور از رودخانه پرهیز گردد.
۱٤- محل آبروهای عرضی بدقت تعیین گردد.
۱۵- جهت جریان آبهای سطحی مشخص شود.
۱٦- نوع آبروها وپل های کوچک به‌صورت شماتیک درمحل های تعیین شده برروی پروفیل طولی ترسیم گردد.
۱۷- دهانه آبروها وپل ها باید برمبنای مطالعات هیدرلوژی تعیین گردند.
۱۸- حداقل شیب طولی در تونل ها جهت هدایت آبهای داخل تونل رعایت گردد.
۱۹- کف ترانشه‌ها دارای حداقل شیب طولی جهت هدایت آب‌های سطحی باشد.
۲۰- باید دقت شود که قوس های دایره‌ای در پروفیل طولی تبدیل به قوس های بیضوی گردند.

انواع راه ها

آزادراه

راه شریانی با یکی از عملکردهاي ذیل:

الف- جزئی از شبکه راههاي ملی است.

ب- ایجادکننده دهلیز سفرهاي عبوري از کشور و داخل کشور است.

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

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

بزرگراه

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

را ه اصلی درجه یک

راه اصلی با یکی از عملکردهاي ذیل:

الف- جزئی از شبکه راههاي ملی است.

ب- ایجادکننده دهلیز سفرهاي عبوري از کشور و داخل کشور است.

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

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

راه اصلی درجه دو

راه اصلی با یکی از عملکردهاي ذیل:

الف- ارتباط بین شهرهاي داخل استان را تأمین میکند.

ب- جزئی از شبکه راههاي استانی و بین شهري است.

ج- ايجادكننده دهليز سفرهاي مهم داخل استانی است.

با دو خط عبور كه تعداد خطوط آن در برخی موارد ميتواند بيشتر باشد.

راه فرعی درجه يک

راه فرعی با يکی از عملكردهاي ذيل:

الف- تأمينكننده دسترسی به شبكه راههاي استانی است.

ب- ارتباط بين مولدهاي ترافيكی مهم در يک استان مانند پالايشگاهها، نيروگاهها، مراكز و شهركهاي صنعتی، مراكز كشاورزي، مراكز آموزشی را برقرار يا آنها را به شهرها نزديكتر ميكند.

ج- ارتباط بين يک بخش يا دهستان يا چندين روستا را به راه با طبقهبندي بالاتر يا به شهر برقرار ميكند.

د- ترافيک راههاي با طبقهبندي پايين را جمع و به راههاي با طبقهبندي بالاتر منتقل ميكند.

با دو خط عبور است.

راه فرعی درجه دو

راه فرعی با يکی از عملكردهاي ذيل

الف- ارتباط بين روستاها را با يكديگر برقرار ميكند.

ب- ارتباط بين روستاها با راههاي با طبقه بالاتر را فراهم ميآورد.

ج- ارتباط بين مولدهاي ترافيكی محلی كوچک مانند مراكز صنعتی، مراكز تفريحی برونشهري در حاشيه شهرهاي كوچک، پاركهاي جنگلی و... را برقرار ميكند.

با دو خط عبور است.

راه فرعی درجه سه

راه فرعی درجه سه با يکی از عملكردهاي ذيل

الف- ارتباط بين روستاهاي كوچک را با يكديگر يا با راههاي با طبقهبندي بالاتر برقرار ميكند.

ب- دسترسی به زمينهاي مجاور شبكه راههاي با درجه بالاتر را تأمين ميكند.

ج- ارتباط بين مناطق روستايی با زمينهاي مجاور را فراهم ميكند.

با دو یا یک خط عبور است

کمربندی و نی مکمربندی

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

کنارگذر

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

طبقه بندی راه ها

در این آیین نامه، راهها بر اساس عملکرد و پستی و بلندي به شرح زیر طبقه بندی میشوند:

طبقه بندی عملکردي

در این آیین نامه، را ها از نظر نوع عملکرد، در سه گروه طبق هبندی میشوند:

راههاي شریانی

راههاي اصلی

راههاي فرعی

راه شریانی به دو دسته ذیل تقسیم میشود:

-آزادراه

-بزرگراه

راه اصلی به دو دسته ذیل تقسیم میشود:

-درجه یک

-درجه دو

و راه فرعی نیز به سه دسته تقسیم میشود:

-درجه یک

-درجه دو

-درجه سه

در آیین نامه ۴۱۵، راه های کشور از نظر پستی و بلندي به شرح زیر طبقه بندی شده است:

- راه هموار (دشتی)

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

- راه تپه ماهوری

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

- راه کوهستانی

راه از دامنه کوه، تپه های بلند و دره های گود می گذرد و گاهی دارای برش های عمیق و پلهای بزرگ یا خاکریزهای بلند است.

خط بزرگترین شیب زمین، داراي شیب بیش از ۷ درصد است. شیب طولی راه، در موردهای متعدد و در طول های قابل ملاحظه، به حداکثر مجاز میرسد.

مبانی طراحی راه

طراح هندسه مسیر باید شناخت کافی از عوامل مؤثر بر طرح مسیر مانند محیط، کاربران، خودروها و تأسیسات جانبی داشته باشد. همچنین باید نکات مربوط به اجرا مانند ساخت مرحلهاي مسیر و یا محلهاي تامین و یا انبارکردن مصالح را مورد توجه قرار دهد. طراح باید با بکارگیري مبانی طراحی این فصل و سایرمعیارهایی لازم، حداقلهاي معیارهاي طراحی را انتخاب کرده و طرح اولیه مسیر را آماده کند. لازم به ذکر است کنار هم گذاشتن عناصر مجزاي راه با رعایت حدود تعیین شده، شرط کافی براي ایجاد راه ایمن نمیباشد و طراح باید در مرحله بعد با در نظر گرفتن ملاحظات ایمنی و اقتصادي، تغییرات لازم را در مسیر افقی و قائم بوجود آورده و طرح نهایی مسیر را تهیه کند.

سرعت طرح:

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

سرعت عملكردي، سرعتی است که در شرایط آزاد جریان ترافیکی، رانندگان وسیله نقلیه این سرعت را انتخاب می کنند و براي هر یک از اجزاي مسیر در شرایط آزاد جریان ترافیکی، برابر سرعتی است که ۸۵ درصد از رانندگان، سرعت معادل با آن و یا کمتر را انتخاب میکنند.

سرعت حرکت، حاصل تقسیم طول قطعه راه بر زمان مورد نیاز وسیله نقلیه براي پیمودن این قطعه میباشد. متوسط سرعت حرکت، مجموع فاصله طی شده توسط وسایل نقلیه در قطعه اي از راه تقسیم بر مجموع زمانهاي حرکت آنها، در طی یک دوره زمانی مشخص می باشد. متوسط سرعت حرکت، مناسب ترین معیار سرعت براي تعیین سطح کیفیت ترافیک (سطح سرویس) و هزین ههاي کاربران میباشد.

انتخاب سرعت طرح:

عوامل مؤثر در انتخاب سرعت طرح عبارتند از:

وضعیت پستی و بلندي منطقه طرح

عملکرد مسیر

کاربري زمینهاي مجاور

نکات اقتصادي

انتظار و تمایلات رانندگان

نوع و حجم ترافیک

منظرآرایی مسیر

کاربران مسیر

بسته به این عوامل، سرعت طرح میتواند از ۳۰ تا ۱۳۰ کیلومتر در ساعت باشد. از سرعتهاي طرح پایینتر براي مناطق کوهستانی و راههایی با اهمیت عملکردي کمتر و از سرعتهاي طرح بالاتر براي مناطق تپهماهوري و دشت و راههایی با اهمیت عملکردي بیشتر استفاده میشود.

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

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

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

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

جدول ۴-۳- سرعت طرح برای راه‌های فرعی

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

تسهیلات پیاده:

از سایر ملاحظات طراحی مسیر می توان به تسهیلات پیاده اشاره کرد.

گاهی منظور کردن پیاده رو در راه ضرورت پیدا می کند. در راههایی که سرعت زیاد وسایل نقلیه و ترافیک زیاد عابران پیاده، استفاده از آن را خطرناك میکند، باید پیاده رو در نظرگرفته شود.

بیشترین نیاز به پیاده رو در نقاط حاشیه ای و خارج شهرها در مناطقی مانند جایگاه فعالیت های تجاری محلی، مدارس، کارخانه های صنعتی و غیره احساس می شود. توجیه لزوم وجود پیاده رو در این گونه محل ها به نوع راه و میزان خطرناك بودن عبورپیاده ها بستگی دارد. بطور کلی در صورتی که توسعه زمین های اطراف، موجب ازدیاد عابران پیاده از راه شود، باید پیاده رو در نظر گرفته شود. همچنین در کلیه تقاطع هایی که عبور عابران از عرض راه به صورت همسطح باشد، پیشبینی پیاده گذر لازم برای تأمین ایمنی و راحتی ضروری است.

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

از کنار پلهای مسیر راهها می توان با صرف هزینه کمی برای ساختن پله، به منظور عبور پیاده ها از یک طرف راه به طرف دیگر بدون عبور مسطح استفاده کرد. این پل ها باید در محل پل هایی که تأمین عبور پیاده مورد نیاز باشد (حومه شهرها) طرح و ساخته شود.

از سایر ملاحظلات طراحی مسیر می توان به موارد زیر اشاره کرد:

*ساخت مرحله ای راه ها و اتصال آن به راه های موجود

* دسترسی

* خودروي طرح

* ساخت مرحله ای راه ها و اتصال آن به راه های موجود

* تأسیسات جانبی راه

* تأثیر محیط و کاربریهاي اطراف در طراحی راه

* منظرآرایی

* محل های قرضه و انبار (دپو)

* خصوصیات رانندگان

* ایمنی

* محیط زیست

* تحلیل اقتصادي

معیارهای طرح هندسی راه ها

۱- فاصله دید

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

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

انواع فاصله دید:

الف. فاصله دید توقف

ب. فاصله دید سبقت

ج. فاصله دید انتخاب

الف. فاصله دید توقف:

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

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

$$d=۰/۲۷۸Vt \qquad (۵-۱)$$

که در آن:

d = فاصله مشاهده، تصمیم‌گیری و واکنش بر حسب متر

V = سرعت خودرو بر حسب کیلومتر در ساعت

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

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

این فاصله از رابطه (۵–۲) بدست می‌آید.

$$d = \frac{V^۲}{۲۵۴(\frac{a}{۹/۸۱} \pm G)} \qquad (۵-۲)$$

که در آن:

d = فاصله ترمز بر حسب متر

V = سرعت خودرو بر حسب کیلومتر در ساعت

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

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

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

$$d = ۰/۲۷۸Vt + ۰/۰۳۹\frac{V^۲}{a} \qquad (۵-۳)$$

که در آن:

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

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

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

جدول ۵-۱- فاصله دید توقف در امتداد افقی

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

جدول ۵-۲- فاصله دید توقف در امتداد شیب‌دار

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

ب.فاصله دید سبقت:

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

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

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

جدول ۵-۳- فاصله دید سبقت در امتداد افقی

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

ج.فاصله دید انتخاب:

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

جدول ۵-۴- فاصله دید انتخاب

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

۲- مسیر افقی(پلان)

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

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

۲-۱ قوس افقی(پیچ)

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

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

$$R_{min} = \frac{V^{۲}}{۱۲۷(e_{max} + f_{max})} \qquad (۵-۴)$$

که در آن:

R_{min} = حداقل شعاع قوس افقی (متر)

V = سرعت طرح (کیلومتر درساعت)

e_{max} = حداکثر بربلندی(متر بر متر)

f_{max} = حداکثر ضریب اصطکاک جانبی

مقدار ضریب اصطکاک جانبی به عوامل زیر بستگی دارد.

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

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

جدول ۵-۵- حداقل شعاع قوس افقی

سرعت طرح (کیلومتر در ساعت)	حداکثر برجلندی e_{max}	حداکثر ضریب اصطکاک f_{max}	حداقل شعاع (متر) (مقادیر گرد شده)
۳۰		۰/۱۷۰	۳۵
۴۰		۰/۱۶۵	۶۵
۵۰		۰/۱۶۰	۱۰۰
۶۰		۰/۱۵۳	۱۵۰
۷۰	۴٪	۰/۱۴۷	۲۱۰
۸۰		۰/۱۴۰	۲۸۰
۹۰		۰/۱۳۰	۳۷۵
۱۰۰		۰/۱۲۰	۴۹۵
۳۰		۰/۱۷۰	۳۵
۴۰		۰/۱۶۵	۶۰
۵۰		۰/۱۶۰	۹۰
۶۰		۰/۱۵۳	۱۳۵
۷۰	۶٪	۰/۱۴۷	۱۹۰
۸۰		۰/۱۴۰	۲۵۵
۹۰		۰/۱۳۰	۳۴۰
۱۰۰		۰/۱۲۰	۴۴۰
۱۱۰		۰/۱۱۰	۵۶۵
۱۲۰		۰/۰۹	۷۵۶
۱۳۰		۰/۰۸	۹۵۱
۳۰		۰/۱۷۰	۳۰
۴۰		۰/۱۶۵	۵۵
۵۰		۰/۱۶۰	۸۵
۶۰		۰/۱۵۳	۱۲۵
۷۰	۸٪	۰/۱۴۷	۱۷۰
۸۰		۰/۱۴۰	۲۳۰
۹۰		۰/۱۳۰	۳۰۵
۱۰۰		۰/۱۲۰	۳۹۵
۱۱۰		۰/۱۱۰	۵۰۵
۱۲۰		۰/۰۹	۶۶۷
۱۳۰		۰/۰۸	۸۳۲
۳۰		۰/۱۷۰	۳۰
۴۰		۰/۱۶۵	۵۰
۵۰		۰/۱۶۰	۸۰
۶۰		۰/۱۵۳	۱۱۵
۷۰	۱۰٪	۰/۱۴۷	۱۶۰
۸۰		۰/۱۴۰	۲۱۰
۹۰		۰/۱۳۰	۲۸۰
۱۰۰		۰/۱۲۰	۳۶۰
۱۱۰		۰/۱۱۰	۴۵۵
۱۲۰		۰/۰۹	۵۹۷
۱۳۰		۰/۰۸	۷۴۰
۳۰		۰/۱۷۰	۲۵
۴۰		۰/۱۶۵	۴۵
۵۰		۰/۱۶۰	۷۰
۶۰		۰/۱۵۳	۱۰۵
۷۰	۱۲٪	۰/۱۴۷	۱۴۵
۸۰		۰/۱۴۰	۱۹۵
۹۰		۰/۱۳۰	۲۵۵
۱۰۰		۰/۱۲۰	۳۳۰
۱۱۰		۰/۱۱۰	۴۱۵
۱۲۰		۰/۰۹	۵۴۰
۱۳۰		۰/۰۸	۶۶۶