راهسازی

منابع و مراجع درس راهسازی :

۱) طرح هندسی راه – دکتر حمید بهبهانی – مرکز نشر دانشگاهی

۲) طرح هندسی راه – مهندس گرشاسب نریمانی – انتشارات دانشگاه تهران

۳) طرح هندسی راه – دکتر محمد رضا زریونی – کتاب فروشی دهخدا

۴) راهسازی – دکتر سعید منجم – نشر انگیزه

۵) راهسازی – دکتر مهیار عربانی – انتشارات دانشگاه گیلان

۶) راهسازی – طرح هندسی و اجرای آن – مهندس منوچهر احتشامی – انتشارات دانشگاه آزاد تهران

۷) اصولی برای طرح هندسی راه های برون شهری – دکتر جلیل شاهی – انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

۸) طرح هندسی راه – نوشته رابین تی آندروود - ترجمه دکتر جلیل شاهی و مهندس مجید اقبالی – نشر دانشگاهی

۹) آئین نامه طرح هندسی راه ها – نشریه شماره

AASHTO

American Association Of State Highways & Transportation Officials.

A Policy on Geometric Design Of Highways & Streets.

فصل اول

کلیات

۱-۱- تعریف راه :

راه نخستین و طبیعی ترین وسیله ارتباط انسان هاست و همچنانکه گردش خون در بدن آدمی بدون وجود شریانها امکان پذیر نیست گردش چرخهای اجتماعی نیز بدون وجود راه غیر ممکن است.

از دیدگاه اقتصادی راه وسیله ای برای انتقال تولیدات صنعتی و کشاورزی به محل مصرف می باشد.

از دیدگاه نظامی راه وسیله ای برای جابجایی نیرو و ادوات جنگ می باشد.

در اصطلاح سیاست و کشورداری راه وسیله ای برای تأمین وحدت ملی و اقتدار دولت مرکزی می باشد.

در اصطلاح مهندسی راه وسیله ای برای جابجایی کالا و مسافر بین دو مکان مختلف از طریق هوا؛ دریا و زمین تعریف می شود. بر این اساس تمامی مسیر های هوایی، دریایی و زمینی به عنوان راه تلقی می شوند و علاوه بر آن وسایل ارتباط جمعی مانند رادیو، تلوزیون، تلگراف و تلفن می تواند به عنوان راه تلقی شود.

مهندسی عمران راه های جابجایی کالا و مسافر را به انواع زیر تقسیم بندی می کند:

راه های زمینی – راه های هوایی – راه های دریایی.

راه های زمینی: عبارتست از زمینی باریک و طولانی که طبق مشخصات فنی معین بین محل های مختلف ساخته می شود و وسایل نقلیه می توانند انواع کالا و مسافر را به صورت ایمن، سریع، راحت، همراه با صرفه اقتصادی و سازگاری زیست محیطی روی آن جابجا نمایند.

نکته: راههای زمینی به دو بخش راه شوسه (جاده) و راه آهن تفکیک می شود. درس راهسازی پیرامون طراحی و ساخت جاده های برون شهری صحبت می کند.

۲-۱- طبقه بندی راه :

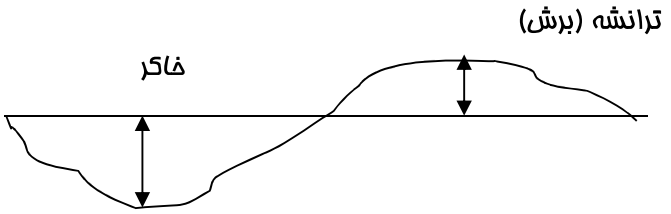
عبارتست از: راه هموار – راه تپه ماهور – راه کوهستانی – راه با مانع

تفکیک راه های برون شهری به لحاظ وضعیت جغرافیایی و توپوگرافی محل:

بر این اساس راه های کشور در آئین نامه طرح هندسی راه ها به صورت زیر طبقه بندی می شود:

الف) راه هموار:

راهی راه هموار است که محدوده عبور راه دشت است. (حداکثر شیب طولی زمین ۳٪ است یعنی اگر اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را تقسیم بر فاصله آن بکنیم ۳٪ است.) ارتفاع خاکریز های ساختمان راه حداکثر ۲/۵ متر می باشد و برش ها کم عمق می باشد.



ب) راه تپه ماهور:

زمین محدوده عبور راه دارای پستی و بلندی های ملایم و دائم می باشد. در واقع شیب طولی زمین بین ۳ تا ٪۷ می باشد. ارتفاع خاکریز های ساختمان راه از ۲/۵ متر بیشتر می باشد و عمق برش ها و ترانشه ها معمولاً کمتر از ۹ متر می باشد.

ج) راه کوهستانی:

از دامنه کوه، تپه های بلند و دژهای عمیق عبور می کند. شیب طبیعی زمین بیش از ٪۷ است. به لحاظ ساختمانی دارای خاکریزهای بلند، برش های عمیق و پل های بزرگ می باشد.

د) راه هموار، تپه ماهور یا کوهستانی با مانع:

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

۳-۱- درجه بندی راه :

درجه بندی راه عبارتست از تفکیک راه ها به لحاظ درجه اهمیت راه مورد نظر در شبکه سراسری راه های کشور. بر این اساس آئین نامه طرح هندسی راه های کشور را به شرح زیر درجه بندی نموده است:

آزادراه (Freeway):

راهی است با روسازی آسفالتی یا بتنی باری عبور وسایل نقلیه موتوری که دارای مشخصات زیر می باشد:

- حداقل دو خط عبور در هرجهت رفت و برگشت داشته باشد (حداقل چهار باند داشته باشد)

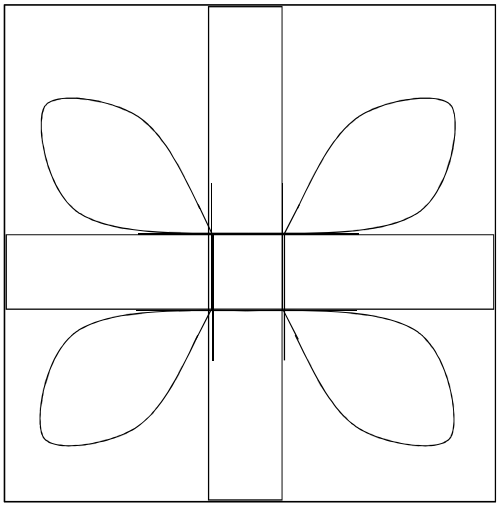
- جهت ها و مسیر های رفت و برگشت از هم مجزا باشد

- فاقد تقاطع های همسطح و دسترسی به حاشیه می باشد. دارای تقاطع های غیر همسطح و شیبراهه های (Ramp) ورودی و خروجی می باشد

- ممنوعیت عبور عابر پیاده – دوچرخه و سایر وسایل نقلیه غیر موتوری در آن وجود دارد.(پل عابر پیاده ندارد).

- برای سرعت های بالا طراحی می شود و اصطلاحاً سطح سرویس آنها بالاست. (سطح سرویس آزاد راه ها A یا B است)

- در مواردی هم ممنوعیت تمام یا بخشی از وسایل نقلیه تجاری در آن وجود دارد. (علت اینکه از روسازی آسفالتی نسبت به بتنی استفاده می کنیم این است که در هر متر مکعب بتن حداقل ۱۵٪ سیمان وجود دارد ولی در پر قید ترین آسفالت ۵٪ سیمان وجود دارد)



بزرگراه (Expressing):

مانند آزادراه ولی با امکانات محدود برای دسترسی به حاشیه و برخی از قسمت ها دارای تقاطعات همسطح چراغ دار می باشد.

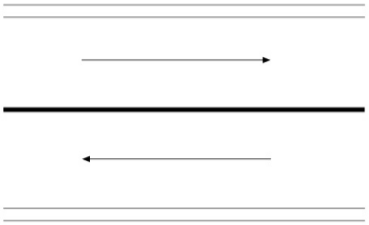
در آزادراه و بزرگراه حداکثر شیب طولی مجاز($i_{max} = 4\%$) می باشد. سطح سرویس آزادراه بالاتر است. عدم دسترسی به حاشیه دارد. عدم وجود تقاطعات هم سطح (تفاوت آزادراه و بزرگراه)

راه اصلی (Main Road):

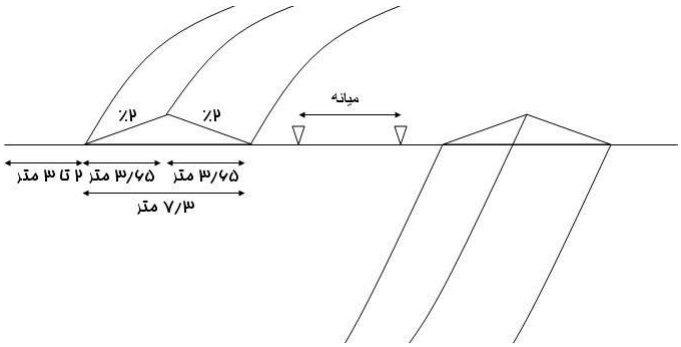
راهی است با روسازی آسفالتی یا بتنی که برای عبور وسایل نقلیه موتوری و به ندرت وسایل نقلیه غیر موتوری و پیاده در نظر گرفته می شود. جزئی از شبکه سراسری و ملی راه هاست و مراکز استان ها را بهم متصل می کند. اکثراً بصورت دوخطه با دوباند عبور رفت و برگشت احداث می شود، اما در مواردی ممکن است بصورت ۴ خطه و حتی ۶ خطه پیوسته و یا مجزا طراحی و ساخته شود.

معمولاً دارای تقاطعات همسطح می باشد. ($i_{max}=6\%$)

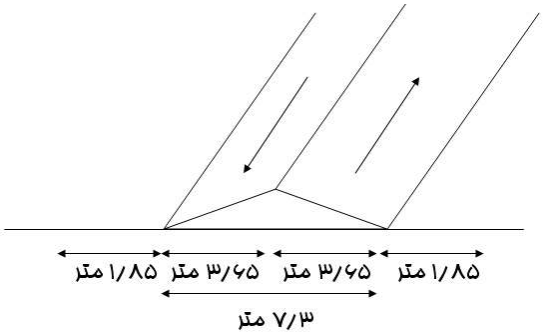
آیین نامه طرح هندسی راههای اصلی را به انواع زیر تفکیک می نماید:



۱) راه اصلی جدا شده: عبارتست از راهی با مسیر های رفت و برگشت که بوسیله میانه ای ثابت یا متغیر از هم جدا شده است و حداقل دارای دو خط عبور در هر جهت می باشد (به عبارت دیگر ۴ باند است).



۲) راه اصلی درجه I: را دو طرفه با حداقل سواره رو آسفالتی به عرض ۷/۳ متر(هر خط ۳/۶۵ متر) و شانه ی هر طرف به عرض ۱/۸۵ متر.



۳) راه اصلی درجه II: راه دو طرفه و آسفالتی با عرض کل ۷ متر و شانه ی خاکی یک متر از هر طرف می باشد.

عرض شانه ی استاندارد ۱/۸۵ متر و عرض راه ۳/۶۵ متر است.

راه فرعی: راهی است با روسازی آسفالتی یا شنی که ارتباط بین مراکز جمعیتی داخل یک منطقه یا استان را ایجاد می کند و عموماً بصورت دوخطه دو طرفه است.

آیین نامه طرح هندسی راه های فرعی را به انواع زیر تفکیک می کند:

۱) راه فرعی درجه I: راهی است با دوخط عبوری روسازی شده آسفالتی به عرض ۶/۵ متر و شانه ی هر طرف به عرض ۰/۷۵ متر که در مجموع عرض راه با شانه خاکی می شود ۸ متر. (حد اکثر شیب مجاز طولی ۹٪)

۲) راه فرعی درجه II: راهی است با دو خط عبوری روسازی شده آسفالتی یا شنی به عرض ۵/۵ متر و شانه ی هر طرف به عرض ۰/۷۵ متر و کل عرض این راه ۷ متر است. (حداکثر شیب مجاز طولی ۹٪)

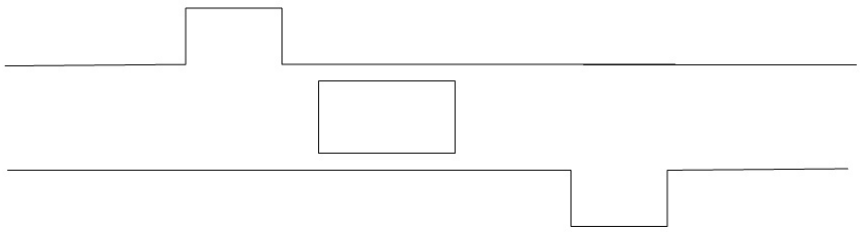
راه روستایی: نقش این راه تأمین ارتباط کاملاً محلی و محدود بین روستاها و یا اتصال روستاها به راه های فرعی و در مواردی به راه های اصلی می باشد. مشخصات آن کم بودن ترافیک و پایین بودن هزینه های اجرا می باشد.

آیین نامه طرح هندسی راه های روستایی را به انواع زیر تفکیک می نماید:

۱) راه روستایی درجه I: دارای دوخط عبوری با سواره روی روسازی شده به عرض ۵/۵ متر و شانه به عرض ۰/۷۵ متر می باشد. (تفاوت راه فرعی و راه روستایی در این است که در راه روستایی سطح سرویس پایین تر است) و (حداکثر شیب مجاز ۱۳٪)

۲) راه روستایی درجه II: دارای دو خط عبور با سواره روی روسازی شده به عرض ۵ متر و شانه در هر طرف به عرض ۰/۵ متر می باشد. روسازی می تواند آسفالتی یا شنی باشد.

۳) راه روستایی درجه III: دارای سواره روی شنی به عرض ۴ متر می باشد و به منظور تأمین پارکینگ، تأمین عبور متقابل یا سبقت محل های مناسبی حداکثر به فاصله ی ۱ کیلومتر از یکدیگر در هر طرف راه بصورت متناوب احداث می شود.

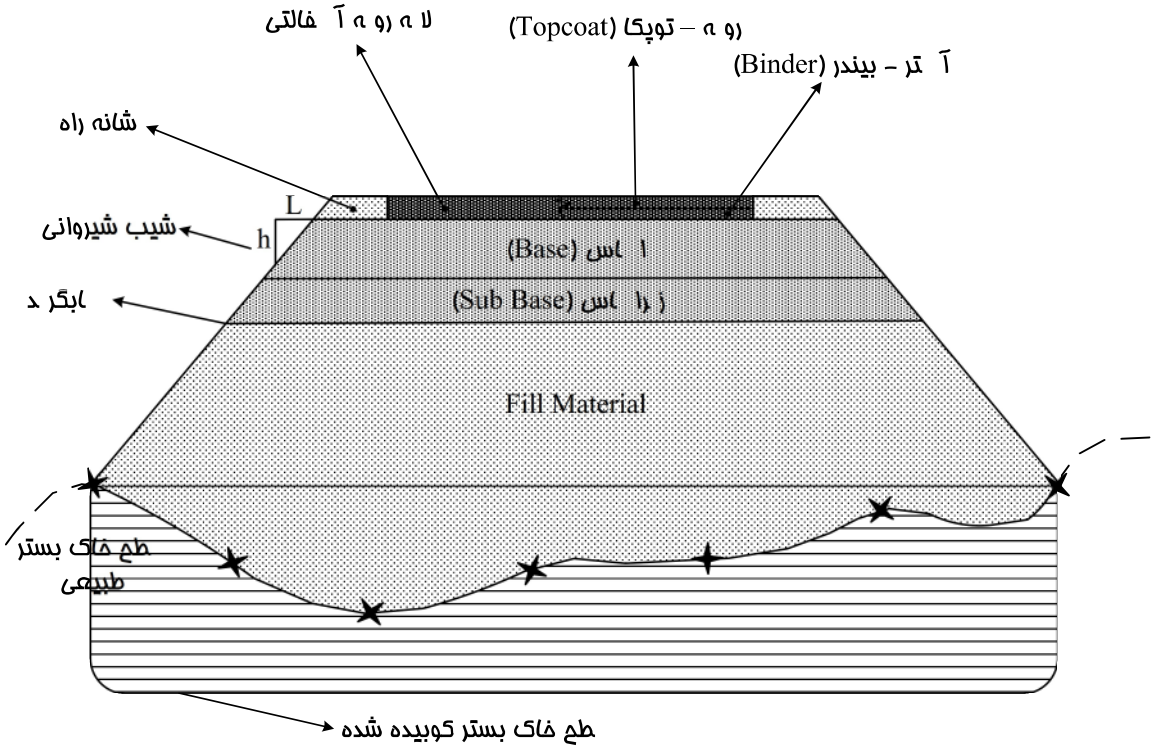


خیابان ها و راه های شهری به لحاظ طرح هندسی و نوع بهره برداری از تقسیم بندی خاص پیروی می کنند که در درس مهندسی ترافیک مورد بحث قرار می گیرند.

۴-۱- ساختمان راه:

اجزای بدنه راه از دو قسمت تشکیل می شوند:

زیرسازی را و طرح هندسی آن: مجموعه عملیاتی است که جهت رسیدن به بستر روسازی (سطح ساب گرید Subgrade) انجام می گیرد.

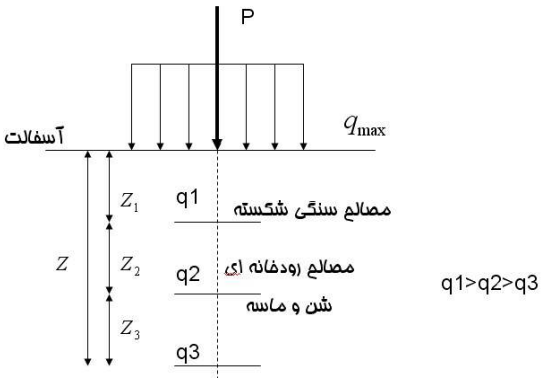


روسازی راه: مجموعه عملیاتی است که از روی سطح Subgrade تا سطح تماس چرخ ها انجام می گیرد.

(مباحث این بخش در درس روسازی ارائه می شود)

تئوری بوسینس:

تنش خاک با افزایش ارتفاع کاهش می یابد. لایه های روسازی را بالای سطح Subgrade تا q_{max} تنش کلی ما بوسیله مصالح سنگی بهتر، کاهش یابد.



فصل دوم

مطالعات مسیر

۱-۲- تعریف :

مسیر خطی است بر روی زمین که بین دو نقطه مشخص به نام مبدا و مقصد انتخاب می شـود و در امتـداد آن یک راه طراحی و احداث می گردد.

۲-۲- عوامل تعیین کننده مسیر راه :

۱. دسترسی : یک راه علاوه بر اتصال دو نقطه مبدا و مقصد باید دسترسی مراکز جمعیتی بین مبدا و مقصد را نیـز تامین نماید. این تصمیم که مسیر از کدام مراکز جمعیتی واقع بین مبدا و مقصد بگذرد، یک تصمیم اقتصادی-سیاسی است که به عوامل زیر بستگی دارد :

- ✓ اهمیت راه و اهمیت شبکه ای که راه عضوی از آن است.
- ✓ اهمیت نقاط بین راهی از نظر جمعیت، توصعه اقتصادی و سیاسی
- ✓ وجود راه های ارتباطی دیگر برای نقاط بین راهی
- ✓ حجم ترافیک بین مبدا و مقصد
- ✓ حجم ترافیک نقاط بین راهی
- ✓ هزینه اضافی که عبور از این نقاط ایجاب می کند

۲. عوارض طبیعی : شامل پستی و بلندی های زمین، کوه، دریاچه و رودخانـه اسـت. گذشـتن از عـوارض طبیعـی مستلزم انجام خاکبرداری، خاکریزی، احداث پل و تونل می باشد کـه هزینـه هـای زیـادی را در بـر دارد. بـرای کاهش هزینه توجه به نکات زیر الزامی است :

۱) مسیر باید طوری تعیین شود که با حفظ ضوابط طرح هندسی، مقدار خاکبرداری و خاکریزی به حد اقل کاهش یابد.

۲) مسیر باید طوری تعیین شود که با حفظ ضوابط طرح هندسی، از پستی و بلندی های طبیعی پیروی کنـد و بـا محیط خود هماهنگی داشته باشد.

۳. ضوابط طرح هندسی : هدف از طرح هندسی احداث یک راه ایمن و متناسب با حجم ترافیـک، سـرعت وسـایل نقلیه و خصوصیات رانندگان است. ضوابط طرح هندسی عبارتند از :

۴ حد اکثر شیب طولی

- ✓ حد اکثر طول هر شیب
- ✓ حداقل شعاع قوس های افقی

- ✓ حد اقل طول قوس قائم
- ✓ حد اقل فواصل دید
- ✓ مقاطع عرضی (عرض راه – عرض شانه - شیب عرضی و...)

۵. مطالعات زمین شناسی : این مطالعات از چند نظر قابل اهمیت است :

- ✓ شناخت مناطقی که احتمال لغزش و ریزش در آن زیاد است (حتی الامکان سعی گردد از این مناطق عبور نکند)
- ✓ شناخت رانش، لغزش و نشست لایه هایی که راه بر روی آن قرار می گیرد به منظور ثبات و استحکام راه
- ✓ شناخت آبهای زیر زمینی خصوصا در محل و احداث تونل ها و تعیین ارتفاع خاکریز ها

۶. مقاومت زمین : این پارامتر چه از نظر قرار گیری خاکریز ها بر روی زمین و چه از نظر احداث پل ها و دیوار ها عامل موثری در انتخاب مسیر است. مخارج احداث راه بر روی زمین های سست و باتلاقی بسیار زیاد است و حتی الامکان باید سعی گردد از این مناطق عبور داده نشود.

۷. وجود مصالح مناسب : دوری یا نزدیکی مسیر راه از معادن مصالح در مخارج راه و در نتیجه در انتخاب مسیر آن تاثیر گذار است.

۸. نگهداری راه : انتخاب مسیر راه در چگونگی و مخارج نگهداری راه تاثیر می گذارد. لذا رعایت تدابیر زیر الزامی است :

- ✓ در مناطق کوهستانی باید نقاط برف گیر و بهمن گیر را شناخت و سعی نمود که راه از چنین مناطقی نگذرد.
- ✓ در مناطق کویری باید جهت باد را شناسایی کرد و مسیر را طوری قرار داد که برف و ماسه های روان در روی آن انباشته نشود.
- ✓ در صورت اجبار عبور از نقاط برفگیر و ماسه گیر باید راه را بر روی خاکریز قرار داد و نه در خاکبرداری تا به صورت گودال جمع کننده برف و ماسه های روان در نیاید.
- ✓ در مناطق سردسیر مسیر راه در طرفی از دره قرار گیرد که آفتاب گیر نباشد.

۹. زیبایی راه :

- ✓ هماهنگ سازی قوس های افقی و قائم
- ✓ پیروی مسیر راه از وضعیت طبیعی زمین و بافت شهری
- ✓ با انحراف مختصر مسیر، نقاط دیدنی مثل رودخانه، فضای سبز، آبشار و... را به مسیر نزدیک کنیم.

۱۰. حفظ محیط طبیعی :

- ✓ عدم تخریب جنگل ها
- ✓ حفاظت از منابع طبیعی
- ✓ رعایت رژیم طبیعی رودخانه ها و آب های سطحی
- ✓ عدم آلودگی هوای پارک ها و گردشگاه های عمومی
- ✓ عدم آلودگی صوتی مناطق مسکونی، بیمارستان ها ، پارک ها و گردشگاه ها

۱۱. حفظ محیط انسانی

- ✓ بر هم نزدن وضع اجتماعی و زندگی مردم
- ✓ عدم عبور از وسط آبادیها و روستا ها
- ✓ عدم عبور مسیر از مراکز فرهنگی، تاریخی، باستانی، مذهبی و قبرستان ها
- ✓ عدم عبور مسیر از زمین های کشاورزی، باغات و...

۱۲. مخارج مسیر : در انتخاب مسیر راه باید مخارج طراحی، ساخت، نگهداری و بهره برداری آن را لحاظ نمود.

۳-۲- مراحل مختلف تعیین مسیر راه :

به طور کلی می توان مراحل تعیین مسیر راه را در ۶ مرحله دسته بندی نمود :

۱) کشف مسیر های کلی ممکن بین مبدا و مقصد

۲) شناسایی مسیر های کلی ممکن

۳) انتخاب مسیر کلی

۴) برداشت مقدماتی مسیر

۵) تعیین محور راه روی نقشه توپوگرافی و تهیه نقشه های مقدماتی

۶) پیاده کردن محور راه روی زمین و تهیه نقشه های قطعی و اجرایی

(مراحل ۱،۲، ۳، مراحل فاز مقدماتی، مراحل ۴، ۵ مطالعات فاز اول یا اصولی، و مرحله ۶ مطالعات فاز دوم یا قطعی نیز نامیده می شوند)

در ادامه هر یک از این مراحل با جزئیات بیشتر تشریح می گردد.

۱. کشف مسیر های کلی ممکن : در این مرحله با استفاده از عکس های هوایی، نقشه های توپوگرافی، راه ها و بیراهه های موجود چند مسیر کلی کشف و برای مطالعات بیشتر نامزد می گردند. عوامل موثر در این مرحله عبارتند از :

- ✓ تامین دسترسی بین نقاط مبدا و مقصد
- ✓ عوامل اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، نظامی و جمعیتی
- ✓ عوارض طبیعی

اقدامات انجام شده در این مرحله عبارتند از :

الف) جمع آوری آمار و اطلاعات در مورد وضعیت اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی، صنایع و معادن، مسائل جمعیتی، وضعیت راه های موجود، طرح های عمرانی اجرا شده در درست اجرا، زمین شناسی و بررسی اثرات زلزله، ترافیک منطقه.

ب) تهیه نقشه های توپوگرافی و عکس های هوایی : نقیاس این نقشه ها در حدود ۱:۵۰۰۰۰ می باشد و از سازمان نقشه برداری یا سازمان جغرافیایی ارتش قابل تهیه است.

ج) مطالعه و تعیین نقاط اجباری :

- ✓ نقاط اجباری اقتصادی : مراکز جمعیتی شهر ها، معادن، کارخانجات
- ✓ نقاط اجباری فنی : کمترین عرض برای عبور از رودخانه، عبور از گردنه های با ارتفاع کم، دوری از قله، زمین های کشاورزی، زمین های سست و باتلاقی.

با تعیین نقاط اجباری امتداد کلی مسیر (کریدور هایی به عرض یک کیلومتر) مشخص شده و هر مسیر به چند قطعه محصور بین دو نقطه اجباری تقسیم می گردد. مطالعات بعدی بر روی این قطعات انجام می شود.

۲. شناسایی مسیر های کلی : هر کدام از مسیر های کلی کشف شده در مرحله قبل، باید شناسایی شوند. منظور از شناسایی مجموعه اقداماتی است که طی آن علاوه بر استخراج اطلاعات تکمیلی لازم از نقشه های توپوگرافی و عکس های هوایی، با انجام بازدید های محلی نتایج استخراج شده از عکس ها و نقشه ها اصلاح می گردد و نقاط مبهم عکس ها، عوارض منطقه (چین خوردگی ها و گسل ها) و پاره ای دیگر از خصوصیات از نزدیک مورد بررسی قرار می گیرد.

اقدامات و اطلاعات مورد نیاز در این مرحله عبارتند از :

الف) بازدید محلی و کپه گذاری یا علامت گذاری ثابت (بالیزاژ) مسیر در فواصل حداکثر ۷۰۰ متر در دشت ۵۰۰ متر در تپه ماهور و ۳۰۰ متر در کوهستان

ب) رسم پلان مسیر های قابل اجرا و انعکاس نقاط ثابت (بالیزاژ) بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ یا ۱/۵۰۰۰۰

ج) تهیه پروفیل طولی هر مسیر با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ برای طول و ۱/۲۰۰ برای ارتفاع

د) تهیه نقشه تیپ مقطع عرضی با مقیاس ۱/۵۰

ه) برآورد تقریبی طول و تعداد ابنیه فنی مورد نیاز در طول مسیر (پل ها، آبرو ها دیوار های حائل، تونل ها و بهمن گیر ها)

و) مطالعات سطحی زمین شناسی، عمق آبهای زیر زمینی، حوضه آبگیر مسیلها و رودخانه ها

ز) بررسی معادن، منابع سنگی، و امکان تامین آن در منطقه

ح) بررسی و مطالعه ترافیک منطقه و احتمال رد شدن آن در آینده

ط) بررسی امکانات محلی از نظر تامین نیروی انسانی، آذوقه، ماشین آلات و راه دسترسی

ی) در نظر گرفتن نحوه عبور مسیر از مراکز جمعیتی، کشاورزی و اقتصادی

ک) برآورد تقریبی مخارج ساختمان هر مسیر

۳. انتخاب مسیر کلی : انتخاب مسیر یک مساله ارزیابی است. یعنی برای انتخاب بهترین مسیر باید مزایا و معایب گزینه های (واریانت ها یا آلترناتیو ها) مختلف را بررسی نمود. برای این منظور ابتدا یک روش مقایسه انتخاب می شود. برای مثال می توان ویژگی های مسیر را بارم بندی نمود و به هر مسیر نمره ای داد. مسیری که بیشترین بارم را بدست آورد، مسیر بهینه خواهد بود.

بارم گذاری بر پایه دو دیدگاه انجام می گیرد :

- ✓ دیدگاه اقتصادی
- ✓ دیدگاه فنی و مهندسی

الف) دیدگاه اقتصادی : این دیدگاه در برگیرنده توجیه اقتصادی پروژه می باشد. برای این توجیه از روش های اقتصاد مهندسی استفاده می شود. میزان سرمایه اولیه برای ساخت هر واریانت و میزان هزینه سالانه برای بهره برداری و نگهداری مسیر هر واریانت از جمله شاخصهای مطرح در دیدگاه اقتصادی هستند.

یادآوری : مخارج بهره برداری شامل هزینه سوخت، تعمیرات، لاستیک و استهلاک وسایل نقلیه، وقت صرف شده رانندگان و مسافران، تصادفات و تعداد کشته شدگان و زخمی ها و صدمه به محیط زیست می باشد.

لذا اگر صرفاً از دیدگاه اقتصادی به مسئله بنگریم، ملاک گزینش به صورت زیر خواهد بود :

$$\left[\text{بر حسب سال}\right] T_r = \frac{c_2 c_1}{p_1 p_2}$$

T_r : مدت زمان بازگشت سرمایه

C_2 : سرمایه اولیه برای ساخت مسیر واریانت (۲)

C_1 : سرمایه اولیه برای ساخت مسیر واریانت (۱)

P_1 : مخارج سالانه نگهداری و بهره برداری مسیر واریانت (۱)

P_2: مخارج سالانه نگهداری و بهره برداری مسیر واریانت (۲)

یادآوری می شود در این روابط واریانت (۲) گرانتر و دارای سرمایه اولیه بیشتر نسبت به واریانت (۱) می باشد.

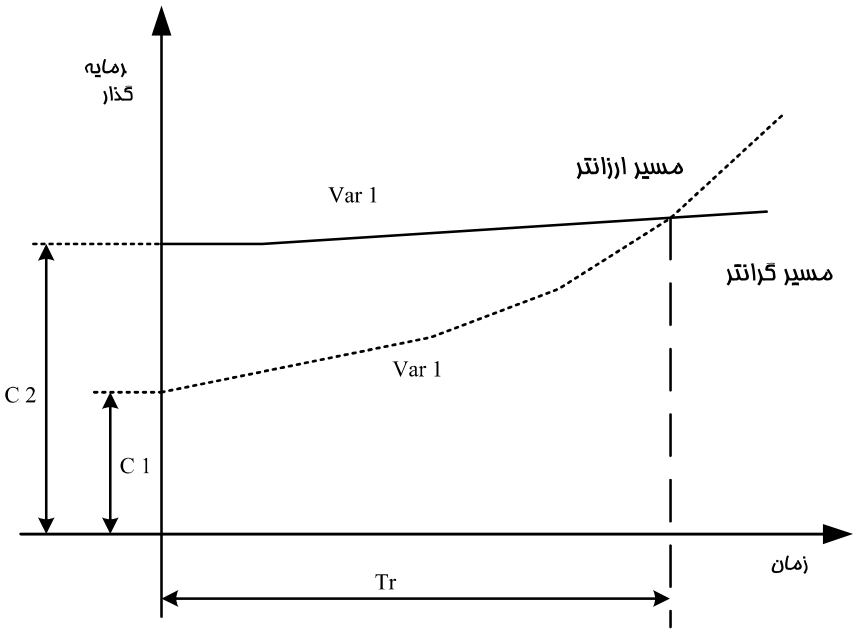
حال اگر زمان بهره برداری یا مدت عمر راه (Tn) را بدانیم سه گزینه فرا روی ما قرار دارد :

واریانت ارزانتر بهتر است $\rightarrow$ $T_n < T_r$

واریانت گرانتر بهتر است $\rightarrow$ $T_n > T_r$

هر دو واریانت یکسان می باشند $\rightarrow$ $T_n < T_r$

شکل زیر روند افزایش هزینه های نگهداری در مسیر گرانتر نسبت به مسیر ارزانتر را نشان می دهد.



ب) دیدگاه فنی و مهندسی : برای بارم گذاری از دیدگاه فنی و مهندسی مسیر، شاخصهای زیر مورد بررسی قرار می گیرد:

۱- شاخص طول کلی هر مسیر : مسیری که طول کمتری دارد، بهتر است و نمره بیشتری می گیرد.

۲- شاخص شیبهای طولی هر مسیر : حداکثر شیب مجاز طرح ۷ درصد می باشد. شیبهای هر مسیر از روی پروفیل طولی آن به دست می آید و با شیب مجاز مقایسه می شود.

شیبهای کمتر یا بیشتر از شیب مجاز بارم بیشتر یا کمتر را کسب می کنند.

۳- شاخص یک دست بودن مسیر: تعداد قوسهای هر مسیر و شعاع آنها ملاک سنجش مسیرها می باشد. تعداد قوس بیشتر، نمره کمتر دارد و شعاع کمتر از شعاع مجاز نیز بارم منفی در پی دارد.

۴- شاخص هموار بودن مسیر: نسبت طول امتدادهای مستقیم هر مسیر به طول کل آن ملاک سنجش است و نسبت بزرگتر، نمره بیشتر دارد.

۵- شاخص دشواری عملیات خاکی : در این شاخص بلندی خاکریزها و یا ژرفای ترانشه ای که بیش از ۱۰ متر باشد در طول تقریبی آن ضرب شده و واریانتی که عملیات خاکی بیشتری دارد، نمره منفی کسب می نماید.

۶- شاخص طولی از مسیر که سرعت طراحی در آن قابل اجرا می باشد، طول بیشتر، نمره بیشتر دارد.

نکته : فرمولهای بارم گذاری برای هر یک از موارد فوق، استاندارد خاصی ندارند و با توجه به پروژه مهندسی طراح فرمولهای بارم گذاری در خور آن مسیر را به دست می آورد.

۴. برداشت مقدماتی مسیر : پس از انتخاب مسیر کلی این مسیر باید به صورت مقدماتی برداشت گردد. در این مرحله بر حسب نوع راه و وضعیت آن در نواری به عرض ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر اطراف مسیر کلی عملیات نقشه برداری انجام می گردد و نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ تهیه می شود در این نقشه ها وضعیت زمین محل عوارض، حدود تاسیسات بناها، باغ ها و مزارع و نظایر آنها به صورت دقیق مشخص می گردد.

روشهای متداول برای برداشت مقدماتی مسیر عبارتند از :

الف) نقشه برداری زمینی (تاکئومتری)

ب) نقشه برداری هوایی (فتوگرامتری)

ج) استفاده از سیستم تعیین موقعیت ماهواره ای (GPS)

۵. تعیین محور راه روی نقشه توپوگرافی و تهیه نقشه مقدماتی :

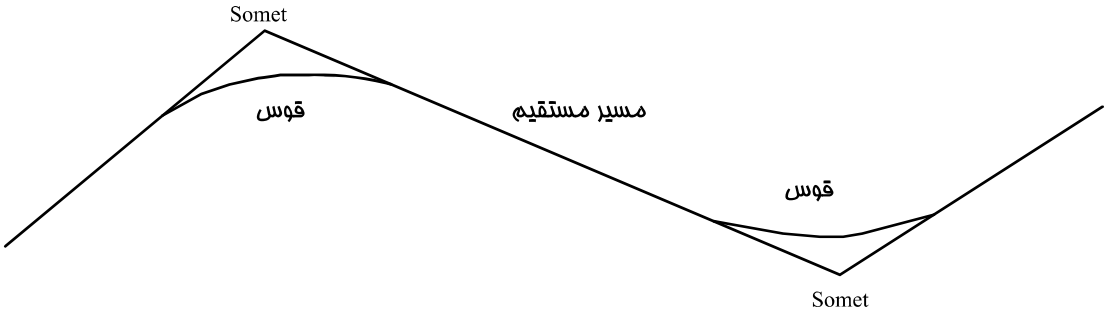
در این مرحله عملیات صحرایی نداریم و طی عملیاتی معروف به مسیر گذاری در دفتر، محور راه بر روی نقشه تعیین می گردد برای این منظور مهندس مسیر گذار با رعایت ضوابط طرح هندسی، مسیرهای متعددی را در محدوده برداشت شده (نوار ۱۰۰ تا ۵۰۰ متری) امتحان می کند و مسیر مناسب را بر روی نقشه ترسیم می نماید پس از مسیرگذاری و تعیین محور راه، نقشه های مقدماتی شامل پلان پروفیل طولی و پروفیل عرضی تهیه می شوند.

۶. پیاده کردن مسیر بر روی زمین و تهیه نقشه های قطعی و اجرایی در این مسیر کاملاً بر روی زمین مشخص شده و هر آن چه برای اجرای نهایی راه لازم است با جزئیات کامل جمع آوری و برداشت می شود.

اقدامات انجام شده در این مرحله عبارتند از:

الف) پیاده کردن مسیر از روی نقشه بر روی زمین (به این عمل میخ کوبی یا پیکتاژ مسیر می گویند) شامل :

- ✓ پیاده کردن سومه ها بر روی زمین



- ✓ پیاده کردن قسمتهای مستقیم
- ✓ پیاده کردن قوس ها

ب) برداشت رقوم ارتفاعی محور طولی و مقاطع عرضی

ج) تهیه پروفیل طولی و عرضی

د) محاسبه حجم عملیات خاکی و تعیین محل های قرضه، محلهای دپو، و فاصله متوسط حمل (منحنی بروکنر)

هـ) تعیین محل، برداشت نقشه برداری و تهیه نقشه های اجرایی ابنیه فنی

و) انجام مطالعات و آزمایشات مکانیک خاک، زمین شناسی، آ شناسی، و بررسی کلی منابع مصالح سنگی

ز) تدوین برنامه زمان بندی اجرایی راه

ح) برآورد ریالی هزینه ها طبق فهرست بهای راه و ابنیه

ط) تدوین دفترچه پیمان وشرایط عمومی پیمان طبق آخرین مصوبات سازمان برنامه و بودجه

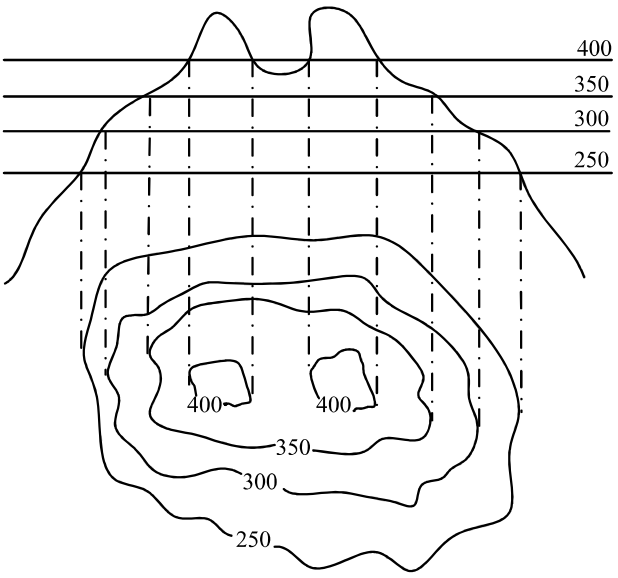
ی) دفترچه مشخصات فنی عمومی (نشریه ۱۰۱) و مشخصات فنی خصوصی پیمانکه در صورت نیاز توسط مشاور تهیه می شود.

ک) مجموعه کامل نقشه های اجرایی شامل :

- ✓ نقشه موقعیت کلی راه
- ✓ پلان یا نقشه مسطح راه به مقیاس ۱:۲۰۰۰
- ✓ پروفیل طولی راه به مقیاس ۱:۲۰۰۰ در طول و ۱:۲۰۰ در ارتفاع
- ✓ پروفیل های عرضی راه به مقیاس ۱:۲۰۰
- ✓ نقشه اجرایی مربوط به پلهای بزرگ و تونل های، نقشه های خط کشی علائم، تجهیزات ایمنی و جانبی از قبیل نرده ها، پارکینگ ها، ایستگاههای عوارض و...
- ✓ نقشه های اجرایی مربوط به تقاطعهای هم سطح و غیر همسطح شامل پلان، پروفیل طولی و نقشه جزئیات به مقیاس ۱:۵۰۰ یا ۱:۱۰۰۰

۴-۲- تعیین محور راه بر روی نقشه های خطوط تراز (مسیر گذاری در دفتر) :

در راه سازی پستی و بلندی سطح زمین را به وسیله نقشه های خطوط تراز مشخص می نمایند. خطوط تراز عبارت است از فعل مشترک سطح زمین طبیعی با تعدادی صفحه متساوی الفاصله به موازات افق قرار دارند. فواصل این صفحات افقی در یک نقشه یکسان است و بستگی به مقیاس نقشه، عوارض موجود و نوع منطقه (دشت،تپه ماهور یا کوهستان) دارد.

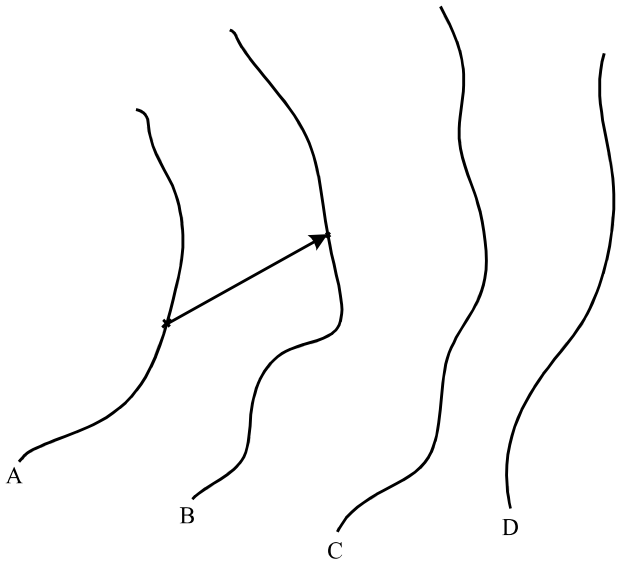


نکته : معمولاً اختلاف ارتفاع دو خط تراز مجاور در نقش های توپوگرافی برابر است با عدد مقیاس نقشه بر حسب میلی متر. برای مثال در یک نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰، اختلاف ارتفاع خطوط تراز مجاور برابر ۲۰۰۰ میلی متر و یا ۲۰ متر می باشد.

برای تعیین محور راه بر روی نقشه اقدامات زیر انجام می شود :

۱- تهیه نقشه های خطوط تراز با مقیاس ۱:۲۰۰۰ و یا بزرگتر : این نقش ها در عرض حدود ۳۰۰ متر بین ابتدا و انتهای مسیر (به این عرض کریدور عبور مسیر گفته می شود) تهیه شده و مهندس مسیرگذار با ملاحظه عوارض طبیعی نشان داده شده در این نوار، نسبت به طراحی پلان مناسبترین مسیر اقدام می نماید.

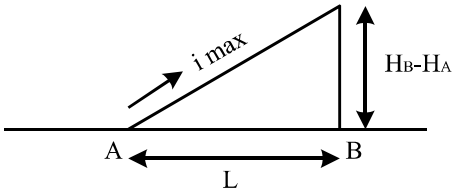
۲- تعیین فاصله مبنا با خط صفر بر حسب شیب طولی مجاز مسیر : یکی از داده های اصلی پروژه های راهسازی، حداکثر شیب مجاز نیمرخ طولی پروژه تجاوز ننماید، ابتدا باید طول مبنا یا خط صفر را تعیین نمود برای این منظور به روش زیر عمل می شود :



- ✓ مقیاس نقشه برابر α ارتفاع خط تراز A در شکل (۱) برابر h_A
- ✓ ارتفاع خط تراز B در شکل (۱) برابر h_B
- ✓ حداکثر شیب طولی مجاز پروژه برابر i_{max}

با معلوم بودن مقادیر فوق الذکر، فاصله L و یا فاصله افقی بین دو نقطه از منحنی های A و B (بر روی زمین) که خط واصل بین آنها با شیب i_{max} نسبت به افق قرار دارد برابر است با :

$$L = \frac{h_B h_A}{i_{max}}$$



لذا فاصله $\acute{L}$ و یا طول تبدیلی به مقیاس شده فاصله افقی L (بر روی نقشه) برابر است با :

$$L' = L \times \alpha$$

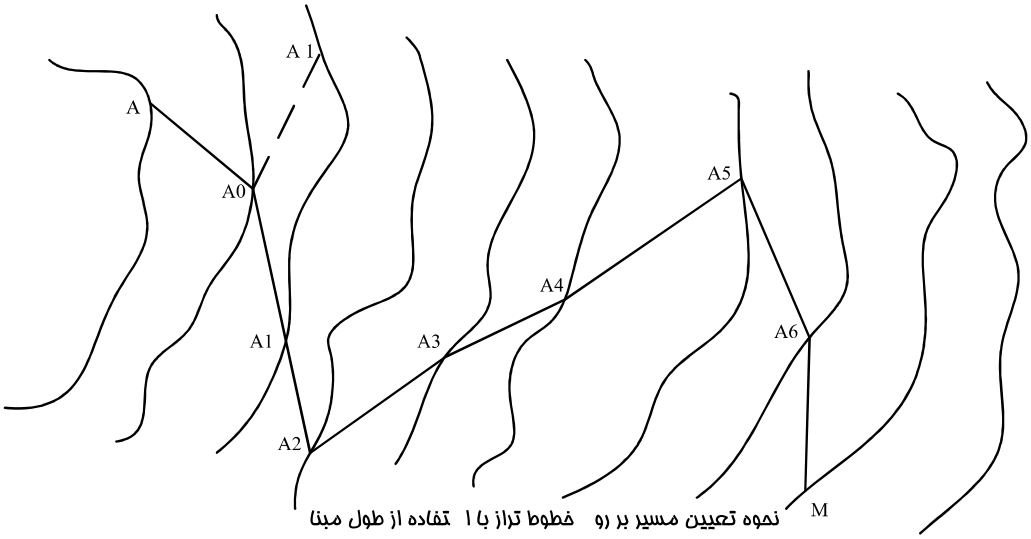
بنابراین اگر در روی نقشه خطوط تراز با مقیاس $\propto$ دو نقطه واقع بر منحنی های A و B به گونه ای تعیین شوند که فاصله آنها برابر $\acute{L}$ باشد. قطعه خط AB بر روی نقشه نمایشگر خطی خواهد بود که شیب آن در روی زمین طبیعی برابر L_{max} می باشد این خط طول مبنا یا خط صفر نام دارد.

۳- رسم مسیر شکسته با استفاده از طول مبنا : در روی شکل (۲) از نقطه ابتدای مسیر (A) شروع می کنیم و به مرکز A و شعاع $\acute{L}$ قوس دیگری می زنیم تا خط تراز بعدی را در A_0 قطع کند حال به مرکز A_0 و شعاع $\acute{L}$ قوس دیگری می زنیم تا خط تراز بعدی را در A_1 قطع کند و عمل را به همین ترتیب ادامه می دهیم تا به نقطه انتهای مسیر (M) برسیم در موقع رسم قوس به شعاع $\acute{L}$ سه حالت ممکن است پیش آید :

الف) قوس به شعاع $\acute{L}$ خط تراز بعدی را در دو نقطه قطع کند در این صورت باید نقطه ای را انتخاب نمود که قسمت عمومی مسیر از A به طرف M مراعات گردد. در شکل پس از رسم قوس به مرکز A_0 دو نقطه تقاطع A_1 و $\acute{A_1}$ برروی منحنی بعدی به دست آمده است که با توجه به سمت عمومی مسیر نقطه A_1 انتخاب شده است.

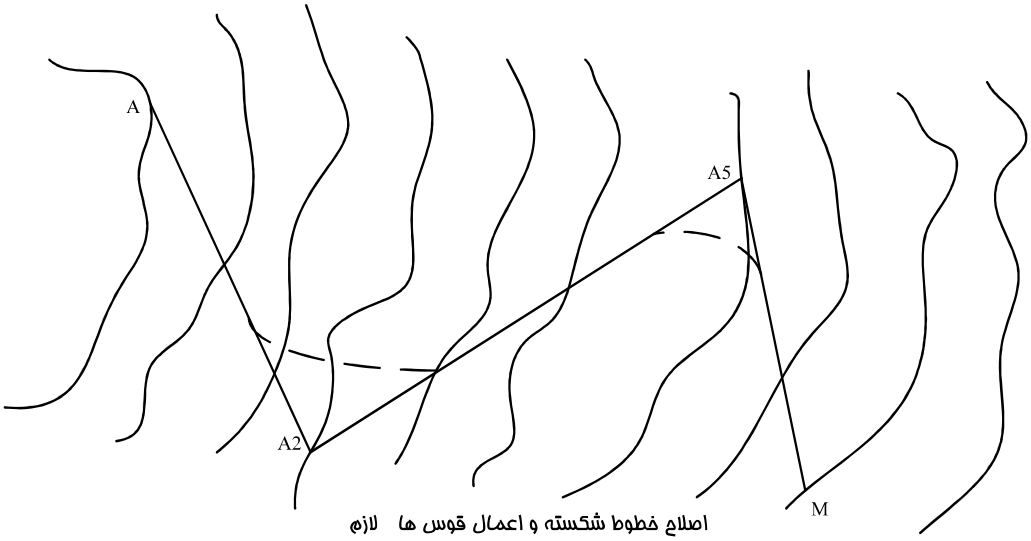
ب) قوس به شعاع L' بر منحنی تراز بعدی مماس شود. در این حالت امتداد مطلوب برای ادامه مسی همان نقطه تماس خواهد بود.

ج) قوس به شعاع L' منحنی تراز بعدی را قطع نکند. در این صورت حداکثر شیب مجاز پروژه از حداکثر شیب زمین طبیعی واقع بین دونقطه تراز بیشتر بوده و انتخاب امتداد مسیر به دلخواه و با توجه به سمت عمومی مسیر انجام می گیرد.



نمونه تعیین مسیر بر رو خطوط تراز با ا تفاده از طول مبنا

۴) رسم راستاهای مسی یا تانژانتها : پس از تعیین خطوط صفر بین منحنی های تراز تعدادی خطوط شکسته بدست می آید که عملا" به عنوان پلان مسیر قابل استفاده نمی باشد. بنابراین با تبعیت از امتداد عمومی خطوط صفر در فواصل مختلف و در نظر گرفتن عوارض مختلف مسیر، هر چند خط شکسته با یک راستای مستقیم جایگزین می شود. بنابراین مسیر شکسته AA_2A_5M به جای مسیر شکسته $AA_0A_1A_2A_3A_4A_5A_6M$ قرار می گیرد که به لحاظ هندسی مسیر مناسب تری می باشد.



اصلاح خطوط شکسته و اعمال قوس ها لازم

لازم به ذکر است که خط زمین مسیر اصلاح شده در پاره‌ای از نقاط دارای شیبی بیشتر از حداکثر شیب مجاز پروژه بوده که می‌بایست با گذراندن خط پروژه مناسب و انجام عملیات خاک برداری یا خاک ریزی آن را اصلاح نمود. همچنین در رسم راستاهای مستقیم چند نکته را باید در نظر داشت :

الف) تا حد امکان راستاهای جایگزین نزدیک به مسیر شکسته باشند. (دستیابی به حداقل عملیات خاکی)