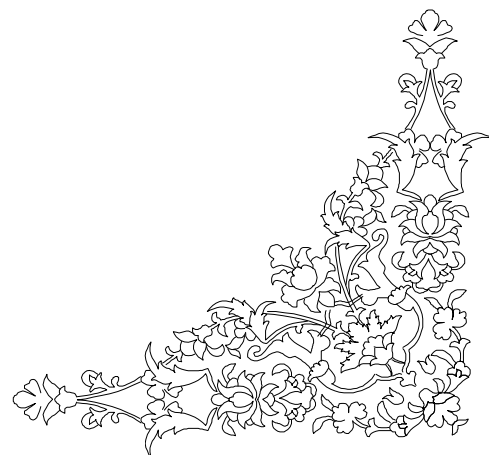
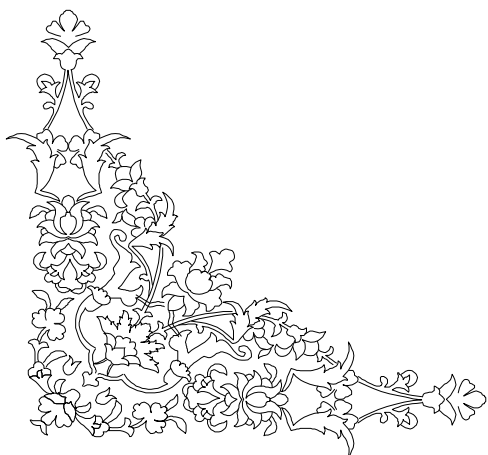


موضوع:

راهسازی

زیر نظر استاد گرامی :
جناب آقای مهندس میرزایی



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 شود و در امتداد 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 نیز تامین نماید. این تصمیم که مسیر از کدام مرکز 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، توسعه اقتصادی و سیاسی

- وجود راههای ارتباطی دیگر برای نقاط بین راهی

- حجم ترافیک بین مبدا و مقصد

- حجم ترافیک نقاط بین راهی

- هزینه انسانی که عبور از این نقاط ایجاب می کند.

۲- عوارض طبیعی: شامل پستی و بلندی های زمین، کوه، دریاچه و رودخانه است. گذشتن از عوارض طبیعی مستلزم انجام خاکبرداری، خاکریزی، احداث پل و تونل می باشد که هزینه های زیادی را در بردارد. برای 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 حداقل کاهش یابد.

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

۳- ضوابط طرح هندسی: هدف از طرح هندسی احداث یک راه ایمن و متناسب با حجم ترافیک، سرعت وسایل نقلیه و خصوصیات رانندگان است. ضوابط طرح هندسی عبارتند از:

- حداکثر شیب طولی
- حداقل طول قوس قائم
- حداکثر طول هر شیب
- حداقل فواصل دید
- حداقل شعاع قوسهای افقی
- مقاطع عرضی (عرض راه- عرض شانه- شیب عرضی و .

(..)

۴- 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 راه 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 زیرزمینی خصوصا در محل احداث تونلها و تعیین ارتفاع خاکریزها

۵- مقاومت زمین: این پارامتر چه از نظر قرارگیری خاکریزها بر روی زمین و چه از نظر احداث پلها و دیوارها عامل موثری در انتخاب میسر است. مخارج احداث راه بر روی زمینهای سست و باتلاقی بسیار زیاد است و حتی الامکان باید سعی گردد مسیر از این مناطق عبور داده نشود.

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

۷-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 نقاطی 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 برف گیر 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 باشد.

۸-زیبایی راه:

-هماهنگ سازی قوسهای 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.

۹-حفظ محیط طبیعی:

-عدم تخریب جنگلها

-حفاظت از منابع طبیعی

-رعایت رژیم طبیعی رودخانه ها و آبهای سطحی

-عدم آلودگی هوای پارکها و گردشگاههای عمومی

-عدم آلودگی صوتی مناطق مسکونی، بیمارستانها، پارکها و گردشگاهها

۱۰- حفظ محیط انسانی:

-برهم نزدن وضع اجتماعی و زندگی مردم

-عدم عبور مسیر از وسط آبادیها و روستاها

-عدم عبور مسیر از مراکز فرهنگی، تاریخی، باستانی، مذهبی و قبرستانها

-عدم عبور مسیر از زمینهای کشاورزی، باغات و ...

۱۱-مخارج مسیر: در انتخاب مسیر راه باید مخارج طراحی، ساخت، نگهداری و بهره برداری آن را

لحاظ نمود.

۲-۳-مراحل مختلف تعیین مسیر راه: به طور کلی می توان مراحل تعیین مسیر راه را در ۶ مرحله دسته

بندی نمود.

مطالعات فاز مقدماتی:

۱-کشف مسیرهای کلی ممکن بین مبدا و مقصد

۲-شناسایی مسیرهای کلی ممکن

۳-انتخاب مسیر کلی

مطالعات فاز اول یا اصولی

۴-برداشت مقدماتی مسیر

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

مطالعات فاز دوم یا قطعی

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

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

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

-تأمین 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 راههای موجود، طرحهای عمرانی اجرا شده و در دست اجرا، زمین شناسی و بررسی اثرات زلزله، ترافیک منطقه

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

ج) مطالعه و تعیین نقاط اجباری:

-نقاط اجباری اقتصادی: مراکز جمعیتی، شهرها، معادن، کارخانجات

-نقاط اجباری فنی: کمترین عرض برای عبور از رودخانه، عبور از گردنه های با ارتفاع کم، دوری از

قله، زمینهای کشاورزی، زمینهای سست و باتلاقی

با تعیین نقاط اجباری امتدادهای کلی مسیر (کریدورهایی به عرض ۱km) 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 مسیرهای کلی: هر کدام از مسیرهای 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 عکسهای هوایی، با انجام بازدیدهای محلی نتایج استخراج شده از عکسها و نقشه ها اصلاح می گردد و نقاط مبهم عکسها، عوارض منطقه (چین خوردگیها و گسلها) 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 مسیرهای 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 ۱/۲۰۰۰۰۰ 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 (پلها، آبروها، دیوارهای حائل، تونلها و بهمن گیرها)

و) مطالعات سطحی زمین شناسی، عمق آبهای زیرزمینی، حوضه آبرگیر مسیلهها و رودخانه ها

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

ح) بررسی و مطالعه ترافیک منطقه و احتمال رشد 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 مسئله ارزیابی است. یعنی برای انتخاب بهترین مسیر باید مزایا و معایب گزینه های (وار یا انتها یا آلترناتیوها) مختلف را بررسی نمود. برای این منظور ابتدا باید یک روش مقایسه انتخاب شود. برای مثال می توان ویژگیهای مسیرها را با هم بندی نمود و به هر مسیر نمره ای داد. مسیری که بیشترین با هم را بدست آورد، مسیر بهینه خواهد بود.

با هم گذاری بر پایه دو دیدگاه انجام می گیرد: ۱- دیدگاه اقتصادی ۲- دیدگاه فنی و مهندسی

الف) دیدگاه اقتصادی: این دیدگاه در برگیرنده توجه اقتصادی پروژه می باشد. برای این توجه از روشهای 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 زخمیها و صدمه به محیط زیست می باشد.

لذا اگر صرفا از دیدگاه اقتصادی به مسئله بنگریم. ملاک گزینش به صورت زیر خواهد بود:

$$Tr = \frac{C_2 - C_1}{P_1 - P_2} \quad (\text{بر حسب سال})$$

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

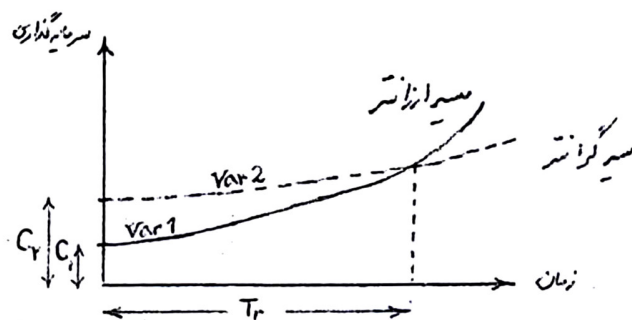
حال اگر زمان بهره برداری یا مدت عمر راه (T_n) را بدانیم، سه گزینه فرا روی ما قرار دارد:

$T_n < T_r$ واریانت ارزانتر بهتر است

$T_n > T_r$ واریانت گرانتر بهتر است

$T_n = T_r$ هر دو واریانت یکسان می باشند

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 بدست 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- شانس هموار بودن مسیر: نسبت طولی 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 واریانتهی 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 ویژگیهای هر پروژه، مهندس طراحی فرمولهای بارم گذاری در خور آن مسیر را بدست می آورد.

۴- برداشت مقدماتی مسیر: پس از انتخاب مسیر کلی، این مسیر باید به صورت مقدماتی برداشت گردد. در این مرحله برحسب 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، مزارع و نظایر آنها به صورت دقیق مشخص می گردد.

روشهای متداول برای برداشت مقدماتی مسیر عبارتند از:

الف) نقشه برداری زمینی (تاکنومتری)

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:

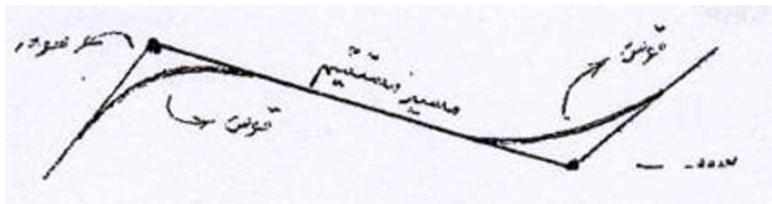
در این مرحله عملیات صحرائی نداریم و طی عملیاتی معروف به مسیر گذاری در دفتر، محور راه بر روی نقشه تعیین می گردد. برای این منظور مهندس مسیر گذار با رعایت ضوابط طرح هندسی، مسیرهای متعددی را در محدوده برداشت شده (نوار ۱۰۰ تا ۵۰۰ متری) امتحان می کند و مسیر مناسب را برای روی نقشه ترسیم می نماید. پس از مسیر گذاری 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 مرحله مسیر کاملاً بر روی زمین مشخص شده و هر آنچه 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 کرده 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 کرده قسمت‌های مستقیم

- ساده کردن قوسها

ب) برداشت رقوم ارتفاعی محور طولی و مقاطع عرضی

ج) تهیه پروفیل طولی و عرضی

د) محاسبه حجم عملیات خاکی و تعیین محل‌های قرفه، محل‌های دپو و فاصله متوسط حمل (منحنی

برو کند)

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

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

سنگی

ز) تدوین برنامه زمان بندی اجرای راه

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

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

ی) دفترچه مشخصات فنی عمومی (نشریه ۱۰۱) و مشخصات فنی خصوصی پیمان که 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

-پروفیل‌های عرضی راه به مقیاس ۱:۲۰۰

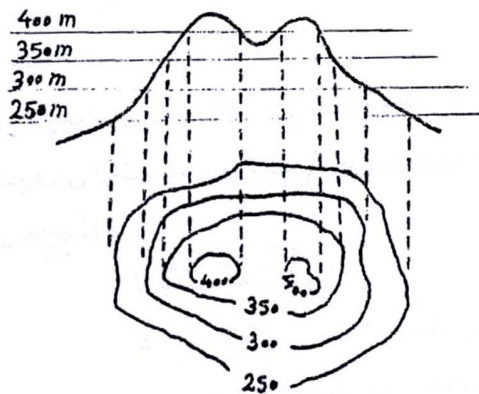
-نقشه اجرایی مربوط به پلهای بزرگ و تونلها، نقشه های خط کشی، علایم، تجهیزات ایمنی و جانبی از قبیل نرده ها، پارکینگها، ایستگاههای عوارض و ...

-نقشه های اجرایی مربوط به تقاطعهای هم سطح و غیرهمسطح شامل پلان، پروفیل طولی و نقشه

جزئیات به مقیاس ۱:۵۰۰ یا ۱:۱۰۰۰

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

در راهسازی پستی و بلندی سطح زمین را بوسیله نقشه های خطوط تراز مشخص می نمایند. خطوط تراز عبارت است از فصل مشترک سطح زمین طبیعی با تعدادی صفحه متساوی الفاصله که 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: معمولا اختلاف ارتفاع دو خط تراز مجاور در نقشه های توپوگرافی برابر است با عدد مقیاس

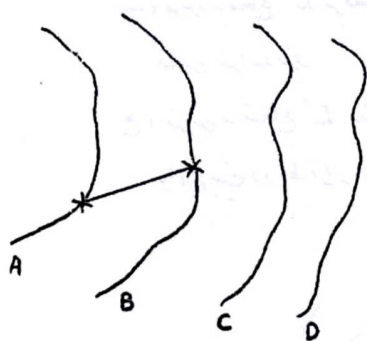
نقشه بر حسب میلی متر. برای مثال در یک نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ اختلاف ارتفاع خطوط تراز مجاور برابر ۲۰۰۰ میلی متر یا ۲ متر می باشد.

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 نقشه ها در عرضی 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 یا خط صفر بر حسب شیب طولی مجاز مسیر: یکی از داده های اصلی در طراحی پروژه های راهسازی، حداکثر شیب مجاز نیمرخ طولی پروژه (i_{max}) می باشد. برای یافتن مسیر بین دو نقطه از نقشه خطوط تراز به نحوی که شیب خط زمین از حداکثر شیب مجاز 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



-ارتفاع خط تراز A در شکل (۱) برابر h_A

-ارتفاع خط تراز B در شکل (۱) برابر h_B

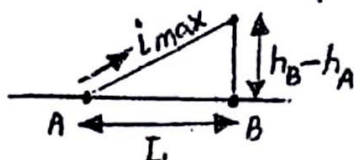
-حداکثر شیب طولی مجاز پروژه برابر i_{max}

شکل ۱

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 L' و یا طول تبدیل به مقیاس شده فاصله افقی L (بر روی نقشه) برابر است با:

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

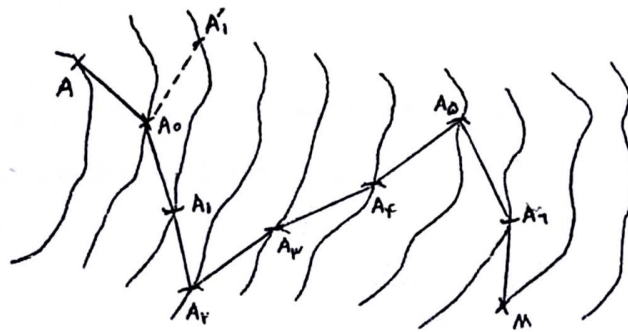
بنابراین اگر در روی نقشه خطوط تراز با مقیاس α دو نقطه واقع بر منحنی های A و B به گونه ای تعیین شوند که فاصله آنها برابر L باشد، قطعه خط AB بر روی نقشه نمایشگر خطی خواهد بود که شیب آن در روی زمین طبیعی برابر imax می باشد. این خط، طول مبنا یا خط صفر نام دارد.

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 L قوسی رسم می نماییم تا خط تراز بعدی را در A قطع کند. حال به مرکز A و شعاع 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 L سه حالت ممکن است پیش آید:

الف) قوس به شعاع L خط تراز بعدی را در دو نقطه قطع کند. در این صورت باید نقطه ای را انتخاب نمود که سمت عمودی مسیر از A به طرف M مراعات گردد. در شکل پس از رسم قوس به مرکز A ، دو نقطه تقاطع A_1 و A_1 بر روی منحنی بعدی بدست آمده است که با توجه به سمت عمومی مسیر، نقطه A_1 انتخاب شده است.

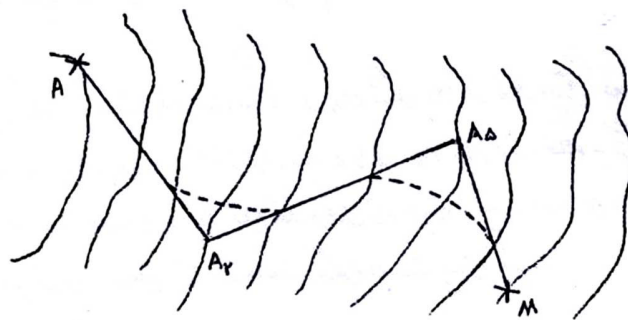
ب) قوس به شعاع L بر منحنی تراز بعدی مماس شود. در این حالت امتداد مطلوب برای ادامه مسیر همان نقطه تماس خواهد بود.

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 دو خط تراز بیشتر بوده و انتخاب امتداد مسیر به دلخواه و با توجه به سمت عمومی مسیر انجام می گیرد.



شکل ۲ نحوه تعیین مسیر بر روی خطوط تراز با استفاده از طول مبنا

۴- رسم راستاهای مستقیم یا تانژانتها: پس از تعیین خطوط صفر واقع بین منحنی های تراز، تعدادی خطوط شکسته بدست می آید که عملاً 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 مناسبتری می باشد.



شکل ۲ نحوه تعیین مسیر بر روی خطوط تراز با استفاده از طول مبنا

لازم به ذکر است که خط زمین مسیر اصلاح شده در پاره ای از نقاط دارای شیبی بیشتر از حداکثر شیب مجاز پروژه بوده که می بایست 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)

(ب) تا حد امکان راستاهای جایگزین قوس پذیر باشند. (دستیابی به حداقل شعاع قوسی و حداقل طول برای تامین دور)

۵- تکمیل پلان مسیر با اعمال قوسهای افقی: پس از تعیین راستاهای مستقیم و رسم مسیر شکسته اصلاح شده، نسبت به اعمال قوسهای دایره و منحنی های اتصال در پلان مسیر اقلام می شود. (پیاده کردن قوسهای افقی در فصلهای بعدی تشریح می گردد).

فصل سوم: نقشه های راه

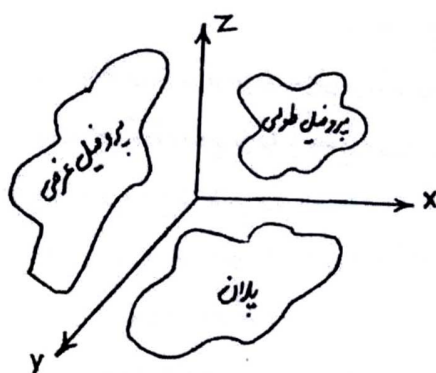
۳-۱- مقدمه: جزئیات یک راه با سه نقشه اصلی مشخص می گردد:

- پلان راه

- پروفیل طولی راه

- پروفیل عرضی راه

برای اینکه برداشت بهتری از پیوستگی این سه نقشه داشته باشیم، باید راه را به صورت سه بعدی تجسم نماییم. چون رسم سه بعدی دشوار است به جای آن از سه نقشه اصلی کمک می گیریم. نقشه پلان مسیر مربوط به دید از بالا (صفحه XY)، نقشه پروفیل طولی مربوط به دید سراسری (صفحه XZ) و نقشه پروفیل عرضی مربوط به دید جانبی و برشی از بدنه راه (صفحه ZY) می باشد.



لازم به یادآوری است که علاوه بر سه نقشه اصلی سایر نقشه های مورد نیاز شامل نقشه های انبیه فنی راه (پل، تونل، زه کشی، آبروها، کانال، جداول، نرده های راه و پل، دیوارهای حائل و ضامن، روسازی و ...) و دفترچه محاسبات می باشد.

۳-۲- پلان راه:

عبارت است از تصویر امتداد مسیر بر روی سطح افق. این تصویر شامل خطوط مستقیم و قوسهای افقی می باشد.

قوسهای افقی شامل انواع زیر می باشد:

۱- قوسهای دایره ای: ساده، مرکب، معکوس، سرپانتین

۲- قوسهای اتصال: کلوتئید، سهمی درجه ۳، لمنی سکات، مالوید

۳- قوسهای ترکیبی: (ترکیب قوس اتصال و قوس دایره ای)

- پیرامون جزئیات قوسهای افقی در فصلهای بعد صحبت می شود.

پلان راه بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰۰۰ ترسیم می شود. برای این منظور اقدامات زیر انجام

می گیرد:

-محاسبه و تعیین مشخصات هندسی لازم (عرض راه، قوسهای افقی، شیب عرضی در قوس، اضافه

عرض در قوس، فواصل دید در قوس و ...)

۲- رسم محور راه بر روی نقشه توپوگرافی با رعایت ضوابط طرح هندسی

۳- مشخص کردن و کیلومترگذاری نقاط مهم واقع بر روی محور راه، شامل:

الف- ابتدا و انتهای مسیر

ب- کیلومتر و هکتومتر راه

ج- نقاط اصلی قوسهای افقی

-نقطه شروع قوس (pc) point of curvature

-نقطه سومه یا راس قوس (PI) point of Intersection

-نقطه پایان قوس (PT) point of Tangency

د- نقاط تمامی در قوسهای متوالی و معکوس

ه- محل تلاقی سایر راهها با مسیر مورد نظر

۴- نمایش سایر جزئیات لازم بر روی پلان، شامل:

الف- دو لبه عرض راه (سواره رو+شانه+فصل مشترک پای شیروانی راه در خاکریزها و سرتراشه در

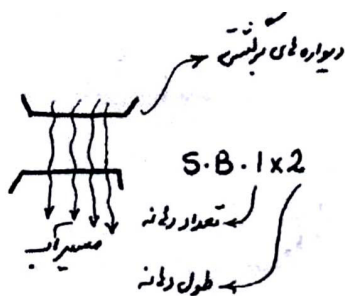
خاکبرداری ها) که به صورت دو خط ضخیم در طرفین محور راه رسم می گردند.

ب- محل، نوع و تعداد دهانه پل ها:

S.B=slab Bridge= پل دالی هم سطح:

S.C=slab culvert = پل دالی زیر خاکلی:

A.B=Arch Bridge= پل طاقی یا قوسی:



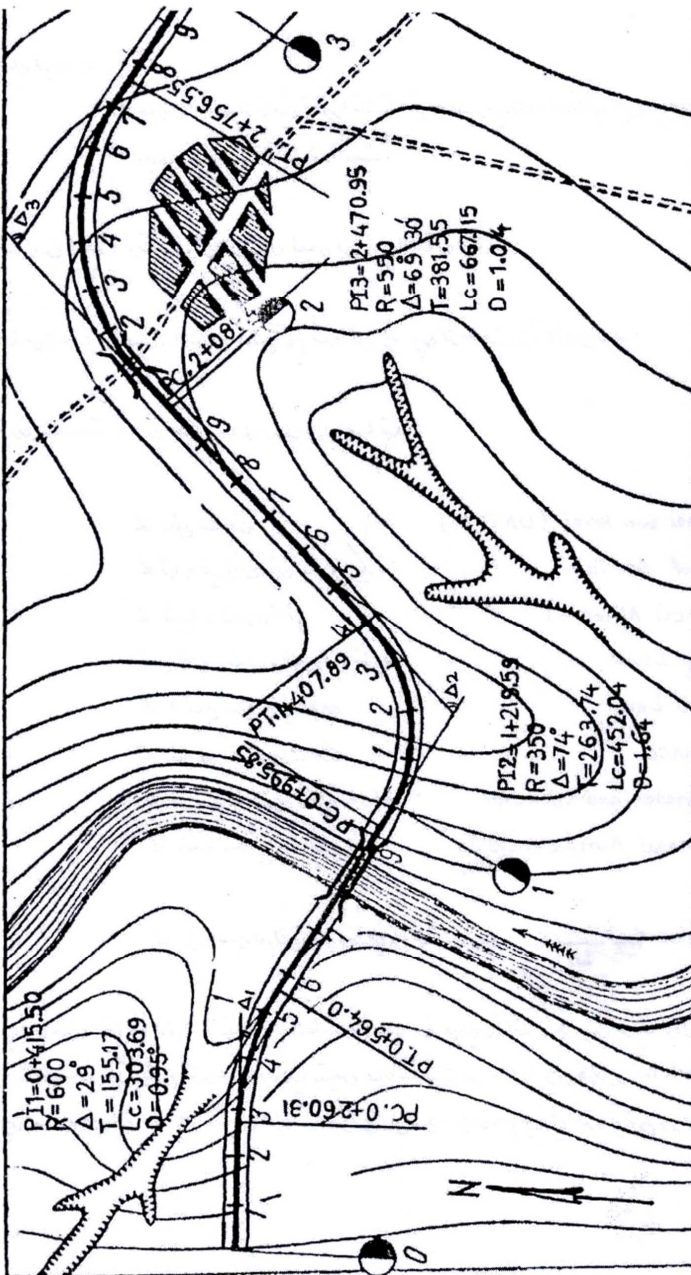
پل جعبه ای: Box culvert=

پل دره ای یا ویادوکت: viaduct=

ج- مشخصات کامل قوسهای افقی (شعاع، طول قوس، زاویه تقاطع، طول داخلی، طول خارجی، طول

تانژانت)

نمونه نشان دادن مسیر راه در پلان



۳-۳- پروفیل طولی راه:

عبارت است از نمایش تصویر ابتدا تا انتهای مسیر بر روی صفحه قائم. این پروفیل از دو خط و یک جدول مشخصات تشکیل شده است.

الف- خط زمین طبیعی: وضعیت ارتفاعی زمین طبیعی محور راه را نشان می دهد.

ب- خط پروژه: وضعیت ارتفاعی سطح تمام شده محور راه پس از ساخت را نشان می دهد.

ج- جدول مشخصات: این جدول شامل ردیفهای زیر می باشد:

- سطح سنجش (comparison level (DATUM

- ماره نیمرخهای عرضی (میخ ها یا پیکه ها) 1-No of section

- شیبها و قوسهای قائم 2-vertical Alinement

- ارتفاع سطح تمام شده راه یا خط پروژه 3-Design Level

- ارتفاع سطح زمین طبیعی 4-Ground Level

- فواصل بین نیمرخهای عرضی 5-Distance

- فواصل ۱۰۰ متری و کیلومترهای راه 6-Hectometer and kilometer

- خطوط مستقیم و قوسهای افقی 7-Horizontal Alinement left/Right

- تراز نسبی لبه های داخلی و خارجی راه جهت اعمال دور 8-superelevation out/In

در ترسیم پروفیل طولی مقیاس طول ها با مقیاس ارتفاعات، به دلیل صرفه جویی در کاغذ و هم چنین

کوچک بودن ارتفاعات نسبت به طول ها، متفاوت در نظر گرفته می شود. متداولترین مقیاس عبارت است

از ۱:۲۰۰۰ برای طولها و ۱:۲۰۰ برای ارتفاعات، به عبارت دیگر مقیاس ارتفاعی ۱۰ برابر مقیاس طولی در

نظر گرفته می شود. مراحل رسم پروفیل طولی به شرح زیر می باشد:

گام اول: ترسیم خط زمین طبیعی:

۱- ابتدا تعدادی ایستگاه بر روی محور راه تعیین و موقعیت آن در پلان مشخص می گردد.

-فاصله ایستگاهها در دشت ۵۰ متر انتخاب می شود.

-فاصله ایستگاهها در کوهستان ۲۰ متر انتخاب می شود.

-در قوسها فاصله ایستگاهها ۱/۱۰ تا ۱/۲۰ شعاع قوس انتخاب می شود.

-در ابتدا و انتهای قوسها، محل‌های تغییر شیب، محل‌های تلاقی خط زمین با خط پروژه، نهرها، رودخانه

ها و خط القعرها ایستگاه اضافی در نظر گرفته می شود.

۲- ایستگاهها از مبدا به سمت مقصد شماره گذاری می شوند و شماره ها از سمت چپ به راست در

ردیف ۱ (نیمرخهای عرضی) درج می گردد.

۳- برای هر ایستگاه یک فاصله و یک ارتفاع اندازه گیری می شود و بر اساس نتایج حاصله ردیفهای

۶ و ۵ و ۴ جدول کامل می شود. برای این منظور:

-در مراحل مقدماتی از نقشه های توپوگرافی استفاده می شود.

-در مراحل قطعی از عملیات نقشه برداری کمک گرفته می شود.

۴- با انتخاب یک سطح سنجش مناسب و در نظر گرفتن مقیاس ۱:۲۰۰۰ در طول و ۱:۲۰۰ در ارتفاع،

به کمک نتایج مرحله قبل، ایستگاهها را روی دو محور مختصات پیاده و آنها را به هم وصل می کنند.

خط شکسته حاصل که معمولا با رنگ سیاه رسم می گردد، خط زمین طبیعی می باشد.

گام دوم: ترسیم خط پروژه:

۱- محاسبه پارامترهای هندسی مورد نیاز شامل:

-تعیین حداقل و حداکثر شیب طولی: ۱-حداقل شیب طولی راه معمولاً ۰/۵ درصد می باشد (جدول ۵-۲۴ آیین نامه) ۲-حداکثر شیب طولی راه بر اساس وضعیت توپوگرافی منطقه، نوع راه و سرعت طرح از جدول ۵-۲۲ آیین نامه بدست می آید.

-تعیین طول بحرانی شیب: طول شیب بر گنجایش، کیفیت سرویس دهی و سرعت حرکت اثر می گذارد. انتخاب این طول به نحوی است که کاهش سرعت خودروهای سنگین طی آن از حد معینی تجاوز نکند. مقدار کاهش سرعت مجاز در گذشته ۲۵km/h و در حال حاضر ۱۵km/h در نظر گرفته می شود و آن را نسبت به سرعت متوسط ترافیک می سنجند. (شکل ۵-۱۲ آیین نامه)

-تعیین طول قوسهای قائم بر اساس مسافت دید

-تعیین ارتفاع نقاط اجباری

-تعیین حداقل ارتفاع پایه پلها

۲-ترسیم قطعات خط پروژه بین دو نقطه انتخاب معلوم واقع بر خط زمینی طبیعی، با رعایت نکات زیر:

-عدم تجاوز شیب طولی از حد مجاز

-اجتناب از شیب های طولانی

-ایجاد تعادل بین عملیات خاکبرداری و خاک ریزی

-رعایت حداقل ارتفاع پایه پلها در تعیین ارتفاع خاکریز

-در زمینهای مسطح حتی الامکان سعی شود که خط پروژه بالاتر از سطح زمین طبیعی قرار گیرد

(حداقل ۵۰cm)

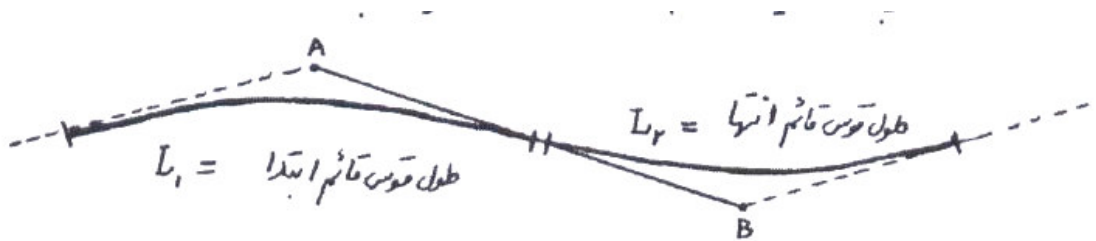
-عبور خط پروژه از نقاط ارتفاعی اجباری

-شیب طولی در پلها بهتر است صفر در نظر گرفته شود.

- پس از پل شیب طولی گذاشته نشود (بخشی از قوس قائم روی پل واقع خواهد شد که درست نیست)
 - شیب طولی در تونلها بهتر است بین ۱ تا ۳ درصد باشد و قوس قائم در طول تونل به صورت محدب طراحی شود.

- قوس قائم بر روی قوس اتصال (کلوتئید) قرار نگیرد (قوس قائم می تواند بر روی قوس دایره قرار گیرد)

- حداقل طول هر تکه از خط پروژه باید از $(L_1+L_2) \times 0.5$ بیشتر باشد.



$$L_1$$

$$AB \geq 0.5(L_1 + L_2) = \text{طول قوس قائم ابتدا}$$

۳- انجام محاسبات مربوط به تعیین ارتفاع خط پروژه در محل هر یک از ایستگاهها، شامل:

$$i_{AB} = \frac{h_B - h_A}{L} \times 100 \quad \text{- محاسبه شیب طولی تکه خط پروژه AB}$$

- محاسبه ارتفاع خط پروژه در محل هر ایستگاه با توجه به معلوم بودن ارتفاع نقطه ابتدای شیب

۱۰۰ / (شیب طولی AB * فاصله نقطه n از نقطه A) + ارتفاع نقطه معلوم A = ارتفاع خط پروژه در محل

ایستگاه n بین A و B

نقطه پایین تر از ایستگاه A نقطه بالاتر از ایستگاه A

یا به عبارت ریاضی: $h_n = h_A \pm (l_{An} \times i_{AB}) / 100$

۱- ارتفاع خط پروژه در محل ایستگاهها در ردیف ۳ جدول مشخصات درج می گردد.

۲- طول افقی شیب و درصد شیب در ردیف ۲ جدول مشخصات درج می گردد.

۳- طراحی و پیاده کردن قوس قائم بین دو تکه خط پروژه

۴- ارتفاع خط پروژه در محل ایستگاههای واقع بر روی قوسهای قائم در ردیف ۳ جدول اصلاح می

گردد.

۵- طول قوسهای قائم و شعاع هر یک در ردیف ۲ جدول مشخصات وارد می شود.

گام سوم: تکمیل جدول مشخصات و شکل نهایی پروفیل:

۱- با استفاده از نقشه پلان مسیر و محاسبات قوسهای افقی، چپ گرد و راست گرد بودن قوسها،

کیلومتر شروع و انتها، شعاع و طول هر یک در ردیف ۷ جدول مشخصات درج می گردد.

۲- با استفاده از محاسبات مربوط به طول تامین دور در قوسهای افقی، تراز نسبی لبه های داخلی و

خارجی راه در ردیف ۸ جدول مشخصات ترسیم می گردد.

۳- پلها به صورت شماتیک بین خط پروژه و خط زمین طبیعی نمایش داده می شوند.

۴- اطلاعات مربوط به قوسهای قائم در کنار هر قوس بر روی شکل درج می گردد.

۵- خط پروژه نهایی با رنگ قرمز نمایش داده می شود.

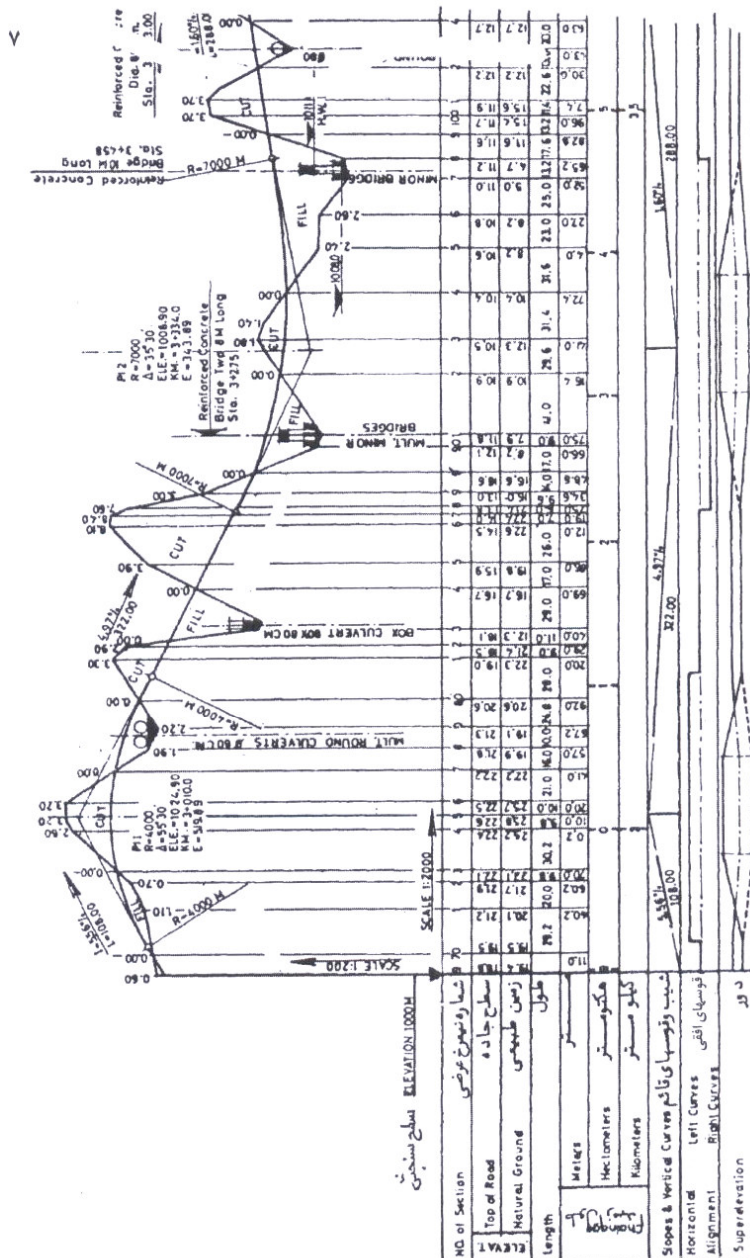
چند نکته پیرامون پروفیل طولی مسیر:

۱- در مواردی ممکن است پس از تعیین وضعیت لایه های مختلف زمین بوسیله حفر گمانه های

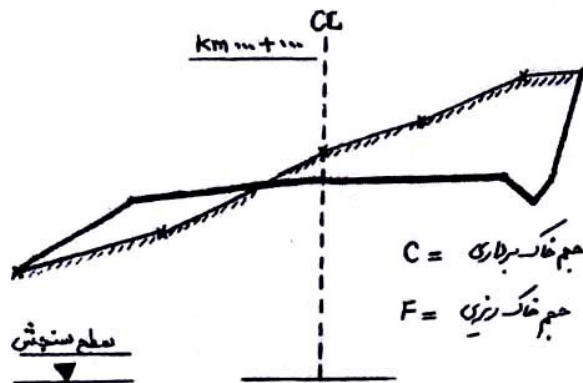
مطالعاتی، نتایج را بر روی پروفیل طولی مسیر نمایش دهند.

در بعضی موارد در اثر وجود شیبهای طولانی هم جهت، ممکن است ارتفاع پروفیل طولی مسیر از حدود کاغذ نقشه خارج گردد. در چنین مواردی با انتخاب سطح سنجش جدید ادامه پروفیل طولی بر مبنای آن ترسیم می گردد.

با توجه به تفاوت موجود بین مقیاس طولی و ارتفاعی در پروفیل طولی، اندازه گیری شیبهای خط زمین یا خط پروژه از روی نقشه نادرست می باشد و میزان این شیبها باید از تقسیم اختلاف ارتفاع نقاط بر فاصله بین آنها بدست آید.

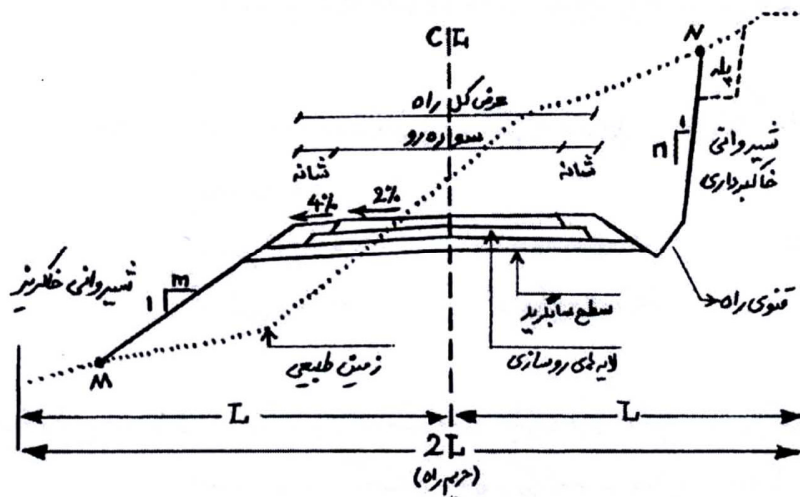


شکل نمونه ای از نحوه نمایش پروفیل طولی ساده



کلیه ابعاد و اندازه ها با توجه به مقیاس شکل قابل دستیابی می باشد و مشخصات نیز به صورت نشان داده شده درج می گردد.

۳-۴-۲- تعریف پروفیل عرضی تیپ: عبارت است از نقشه ای که بر روی آن عرض سواره رو، شانه ها و میانه، شیب عرضی سواره رو، شانه ها و میانه، حریم راه، شیب شیروانی های خاکبرداری و خاکریزی، ضخامت لایه های روسازی و موقعیت آبروهای میانه و کنار راه مشخص می گردد.



۳-۴-۳- اجزای پروفیل عرضی:

۱- عرض سواره رو: به آن قسمت از سطح نهایی راه که به منظور عبور و مرور وسایل نقلیه به صورت شنی، آسفالتی یا بتنی روسازی شده است، سواره رو اطلاق می گردد. سواره رو بر حسب مورد دارای یک یا چند خط عبور بوده و عرض هر خط عبور بسته به درجه بندی راه و موقعیت قرار گرفتن در مسیر (مستقیم یا پیچ) متفاوت است.

مطابق آیین نامه طرح هندسی راهها، برای قسمتهای مستقیم مسیر باید عرضهای زیر را در نظر گرفت:

الف- عرض هر خط عبور در آزادراه، بزرگ راه و راه اصلی درجه یک برابر $3/65$ متر می باشد.

ب- عرض هر خط عبور در راه اصلی درجه دو برابر $3/5$ متر می باشد.

ج- عرض هر خط عبور در راه فرعی درجه یک برابر $3/25$ متر می باشد (سواره روی دو خطه $6/5$

متری)

د- عرض هر خط عبور در راه فرعی درجه دو برابر $2/75$ متر می باشد (سواره روی دو خطه $5/5$ متری)

ه- عرض خط ویژه وسایل نقلیه سنگین در سربالایی برای آزادراه و بزرگراه $3/65$ متر می باشد.

و- عرض خط ویژه وسایل نقلیه سنگین در سربالایی برای راه اصلی $3/25$ متر می باشد.

ز- عرض خط کمکی و خط ویژه گردش به چپ $3/25$ تا $3/65$ متر و در شرایط دشوار 3 متر می باشد.

نکات مربوط به عرض سواره رو:

-طبق توصیه آیین نامه باید سعی گردد مقادیر عرضهای ذکر شده در محل پلهای بزرگ و تونلها نیز

رعایت گردد.

-عرض های مذکور پهنای نوار خط کشی را نیز در برمی گیرند، اما اضافه عرض در پیچ ها به

عرضهای فوق افزوده می شود.

-هرگونه تغییر در عرض سواره رو به صورت تدریجی و با نصب علائم مشخص اعمال می گردد.

۲- شیب عرضی سواره رو: میزان شیب عرضی در قسمتهای مستقیم راه (و پیچها با شعاع بزرگ که احتیاج به سربلندی ندارند) بستگی به موارد زیر دارد:

-درجه بندی راه -تعداد خطهای عبور -سرعت طرح

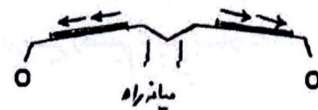
-نوع رویه راه -وضع جوی منطقه

مطابق آیین نامه طرح هندسی راهها، در قسمتهای مستقیم مسیر شیبهای عرضی به شرح زیر می باشند:

الف- برای رویه های آسفالتی، بتنی و روکش جدید روسازی ۱/۵ تا ۲/۵ درصد

ب- برای رویه های سنی ۳ تا ۵ درصد

ج- در تونلها ۱ تا ۱/۵ درصد



-شیب یک طرفه به روسازی هر جهت -شیب یک طرفه به روسازی هر جهت -شیب دو طرفه به روسازی هر جهت

-خط سرعت وضعیت زهکشی بهتری دارد -خط دست راست هر جهت زهکشی بهتری دارد -تخلیه سریع آب و زه کشی بهتر

-نهر و کانال باید در هر دو طرف قرار گیرد -نهر و کانال آب فقط در وسط قرار می گیرد -حداقل شده اختلاف ارتفاع بین نقاط روسازی

-خط دست راست باید تمام آبهای سطحی را -خط سرعت باید تمام آبهای سطحی را عبور دهد. -نهر و کانال آب باید در هر ۳ طرف قرار گیرد

عبور دهد.

گزینه های مختلف اعمال شیب عرضی سواره رو در راه جدا شده

(مزایا و معایب)

۳- عرض شانه راه: به آن قسمت از سطح نهایی راه که در طرفین سواره رو قرار می گیرد و برای توقف

یا عبور اضطراری خودروها بکار می رود، شانه اطلاق می گردد. در راههای با سواره رو آسفالتی یا بتنی،

شانه راه اعم از اینکه رویه دار یا بدون رویه باشد به صورت نواری کاملاً متمایز در کنار سواره رو قرار دارد. اما در رویه های شنی، سراسر عرض راه (شانه+سواره رو) یکپارچه است و نوار واحدی را تشکیل می دهد.

وظایف و مزایای شانه راه عبارتند از:

- ایجاد نوعی فرصت و راه دررو برای خودروهایی که به هر دلیل از سواره رو منحرف شده اند (کاهش شدت سوانح)

- ایجاد احساس پهن بودن نوله راه، آسایش و آسودگی ناشی از آزادی عمل راننده

- افزایش فاصله دید در پیچ های داخل برشها و ترانشه ها و در نتیجه افزایش ایمنی

- افزایش ظرفیت راه بدلیل عدم انحراف رانندگان به سمت وسط جاده و عدم فاصله خودروها از لبه

کنار راه

- فراهم آوردن محلی برای انباشتن برف حاصل از برف روبی سواره رو در مناطق برف گیر

- فراهم آوردن فاصله آزاد جانبی علائم راه از لبه سواره رو

- فراهم کردن محل عبور پیاده و دوچرخه

عرض شانه طرفین راه بر حسب درجه بندی راه در جدول ۶-۱ آیین نامه طرح مهندس راه ارائه شده

است.

۴- شیب عرضی شانه: شیب شانه های راه باید به گونه ای باشد که آبهای سطحی به خوبی از روی آن

عبور کند.

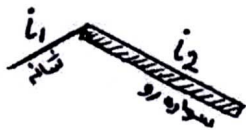
شیب عرضی مناسب برای شانه های راه را بر اساس نوع روسازی به شرح زیر اعلام نموده است:

الف- برای شانه های روسازی شده آسفالتی یا بتنی ۳ تا ۵ درصد

ب- برای شانه های پوشیده با مصالح شنی یا سنگ شکسته ۴ تا ۵ درصد

ج- برای شانه های چمن کاری شده برابر ۸ درصد

در مواردی که شیب سواره رو و شیب شانه در جهت مخالف باشند، تفاوت جبری شیب شانه و سواره رو نباید از ۷ درصد تجاوز نماید. این موضوع در پیچ ها که سواره رو دارای شیب عرضی یکسره یا بر بلندی است، پیش می آید.



$$|i_1 - i_2| \leq 8\%$$

۵- عرض میانه راه: حد فاصله لبه های داخلی سواره روی جهت رفت و برگشت یک راه جدا شده را

میانه گویند.

وظایف و مزایای میانه راه عبارتند از:

- جلوگیری از تداخل ترافیک دو طرف

- فراهم ساختن فضای دررو برای وسایل نقلیه ای که کنترل خود را از دست داده اند.

- فراهم ساختن محلی برای توقفهای اضطراری و مواقع خطر

- فراهم ساختن فضا برای خط انتظار گردش به چپ

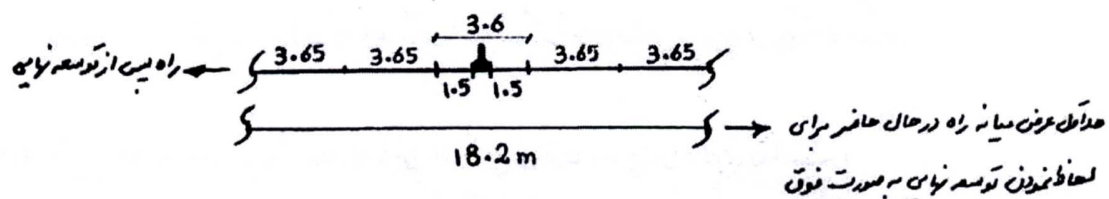
- فراهم ساختن محل توقف برای عابر پیاده که بتواند عرض خیابان را در دو مرحله طی کند.

- کم کردن اثر نامساعد نور ترافیک طرف مقابل

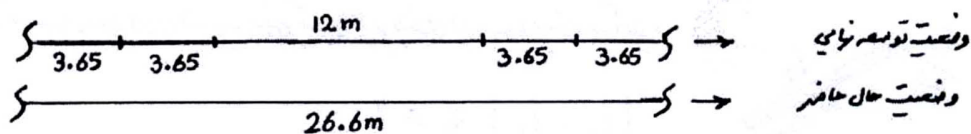
- در مناطق شهری میانه چمن کاری شده و دارای درختان پاکوتاه به فضای سبز شهر می افزاید.

-در صورت نصب اضطراری موانعی همچون پایه پل و پایه انتقال برق یا روشنایی در میانه راه، باید آثار منفی ناشی از آن به لحاظ ایمنی بررسی و چاره جویی های لازم (نصب جان پناه و ضربه گیر) به عمل آید.

حداقل عرض میانه باید به اندازه ای باشد که با توجه به توسعه های مورد نیاز راه در آینده دور، بتواند وظیفه اصلی یعنی جدا کردن جریان عبور دو طرف را عملی کند. این حداقل برای زمان توسعه نهایی راه باید ۳/۶ متر باشد. لذا به عنوان مثال برای پیش بینی توسعه ۲ خط عبور در آینده دور، حداقل عرض میانه یک راه در حال حاضر ۱۸/۲ متر در نظر گرفته می شود.



از طرفی هدفهای مورد انتظار از میانه، عملاً در عرض ۱۲ متر حاصل می شود، به عبارت دیگر با میانه ۲ متر و بالاتر راه به صورت کاملاً مجزا عمل می کند. لذا در مقال قبل برای اینکه راه در آینده دور پس از توسعه نهایی هم دو مسیر رفت و برگشت کاملاً مجزا داشته باشد، حداکثر عرض میانه ۲۶/۶ متر در نظر گرفته می شود.



نکات مربوط به میانه راه:

- سطح میانه راه می تواند پایین تر، بالاتر و یا همکف با سطح راه باشد.

- در آزادراهها میانه معمولاً پیوسته است ولی میانه سایر راهها در محل تقاطعها و محل دور زدن بریدگی

دارد.

- سایر نکات اجرایی مربوط به میانه راه شامل شیب عرضی، روسازی، جدول و جان پناه در مبحث ۶-

۵ آیین نامه طرح مهندسی راه ارائه شده است.

۶- حریم راه: آن قسمت از زمین بستر راه است که در مالکیت اداره راه و ترابری قرار می گیرد و انجام

عملیات راه سازی و راهداری و ایجاد هرگونه تاسیسات مورد نیاز راه در آن فاصله بلامانع است. لیکن

ساکنان اطراف راه و یا ارگانهای دولتی حق احداث هیچ گونه بنا و یا تاسیساتی را در داخل حریم راه

ندارند.

وظایف اصلی حریم راه را می توان به شرح زیر بیان نمود:

- فراهم ساختن فضای لازم برای تعریض آتی راه

- ایجاد کانالهای زه کشی طولی و عرضی راه در حریم آن مسیر می باشد.

- استفاده جهت عملیات راهداری و تامین ایمنی عبور و مرور رانندگان و ساکنان اطراف راه

بر اساس مصوبات شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل، حریم های تعریف شده برای راههای

کشور به شرح زیر است:

الف- حریم آزادراه: عبارت است از زمینهای بین حد نهایی بدنه راه تا فاصله ۳۸ متر از محور راه در هر

طرف، به گونه ای که مجموع عرض بدنه راه و حریم طرفین آن ۷۶ متر می شود.

(بر اساس مصوبه هیئت وزیران حریم آزادراه تهران-کرج و چند آزادراه دیگر ۱۲۰ متر است)

ب-حریم درجه یک: (راههای اصلی)

مطابق تعریف قبل با این تفاوت که فاصله از محور در هر طرف ۲۲/۵ متر و در مجموع ۴۵ متر است.

ج-حریم درجه دو: (راههای فرعی)

مطابق تعریف اول با این تفاوت که فاصله از محور در هر طرف ۱۷/۵ متر و در مجموع ۳۵ متر است.

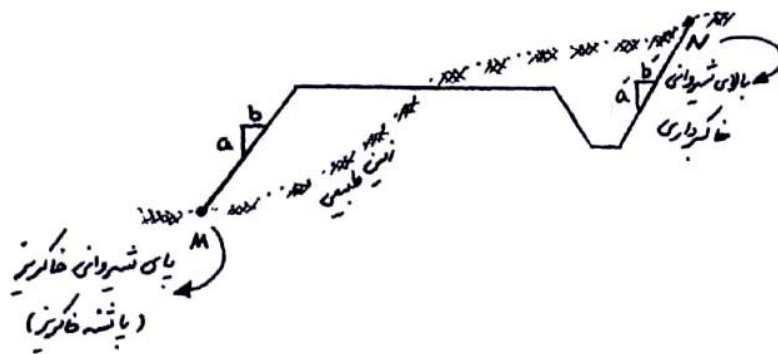
د-حریم درجه سه: (راههای روستایی)

مطابق تعریف اول با این تفاوت که فاصله از محور در هر طرف ۱۲/۵ متر و در مجموع ۲۵ متر است.

۷-شیب شیروانی: بر حسب اینکه راه در خاکبرداری و یا خاکریزی واقع شده باشد، لبه خارجی شانه

راه در پروفیل عرضی با شیب معینی به زمین طبیعی می پیوندد که بسته به مورد به آن شیروانی خاکبرداری

و یا شیروانی خاکریزی گفته می شود.



شیب شیروانی به صورت نسبت فاصله قائم به فاصله افقی (a:b) بیان می شود و به عوامل زیر بستگی

دارد:

-مطالعات ژئوتکنیک و خصوصیات خاک مورد استفاده در خاکریزها یا موجود در محل خاکبرداری

ها

-ارتفاع خاک ریزی یا خاک برداری

-شیب زمین طبیعی در محل خاکریزی یا خاک برداری

-هزینه عملیات خاکریزی و خاک برداری

-زیبایی و ایمنی راه

میزان شیب شیروانی بر حسب طبقه بندی راه، ارتفاع خاکریزی یا خاکبرداری در جدول ۶-۲ آیین نامه طرح مهندسی راهها ارائه شده است.

نکات اجرایی مربوط به شیب شیروانی در محلهای خاکبرداری و خاکریزی به شرح زیر می باشد:

-شیب شیروانی خاکریز در زمینهای معمولی (خاکهای شن و ماسه دار) برابر ۱:۱/۵

-شیب شیروانی خاکریز در زمینهای با خاک نرم برابر ۱:۲

-شیب شیروانی خاکریز در زمینهای ماسه بادی یا خاک رس خالص برابر ۱:۲ یا ۱:۴ یا کمتر

-شیب لبه های مصالح زیر اساس برابر ۱:۱/۵ تا ۱:۲

-شیب لبه های مصالح اساس شکسته و آسفالت برابر ۱:۱

-شیب شیروانی خاکریزهای سنگی (Rock Fill) به شرط اجرای خوب و جاگیری مناسب قطعات سنگی حداکثر ۱:۱ انتخاب گردد.

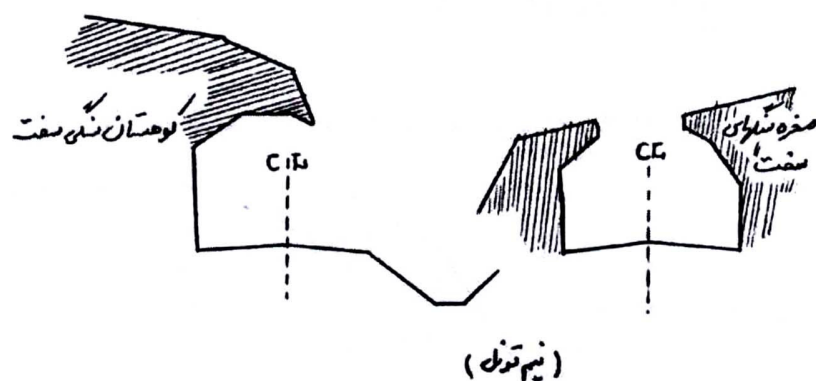
(Rock Fill) خاکریزی با قطعات سنگی حاصل از انفجار در ترانسه ها

-شیب شیروانی خاکبرداری در زمینهای خاکی و ریزشی (خاک رس، مارن و شیست) برابر ۱:۱

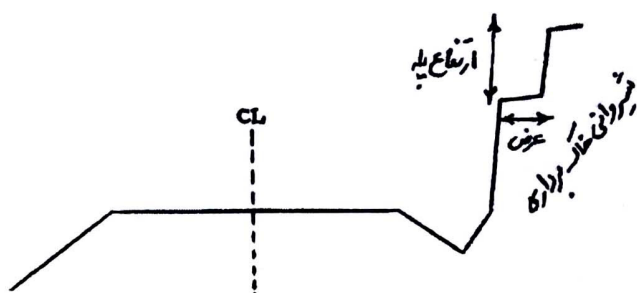
-شیب شیروانی خاکبرداری در زمینهای دج و محکم ۲:۱ تا ۴:۱

-شیب شیروانی خاکبرداری در زمینهای سنگی و یا جوش (کنگلوмера) برابر ۵:۱ یا بیشتر.

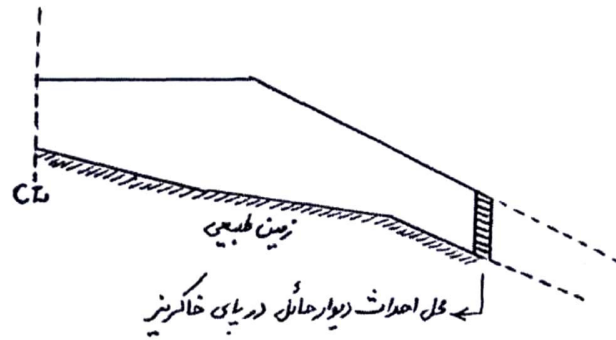
-شیب زمینهای سنگی سخت ممکن است به صورت قائم و یا حتی منفی (نیم تونل) اجرا گردد.



در مواقعی که ارتفاع شیروانی های خاکبرداری بیش از ۶ متر شود. به منظور سبک کردن بار مرده ترانشه و کم کردن رانش خاک می بایست نسبت به ایجاد قسمتهای پلکانی به نام Berm در ارتفاع ترانشه اقدام نمود. ارتفاع پله ها و شیب شیروانی حد فاصل آنها بسته به جنس خاک ترانشه تا ۱۰ متر متغیر بوده و عرض آنها حداقل ۳ متر است (مقدار توصیه شده ۴ تا ۶ متر است تا ماشینهای راه سازی بتوانند در صورت ریزش آنها را تخلیه کنند).

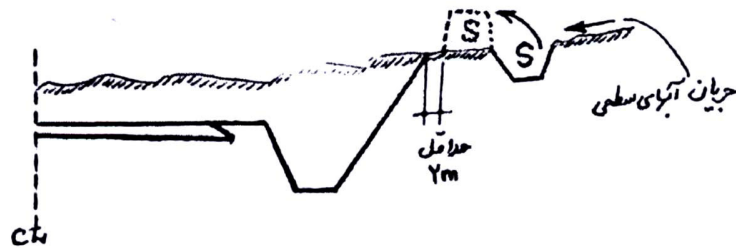


در خاکریزهای بلند به منظور صرفه جویی در حجم خاکریز، می توان احداث دیوار حائل را مورد بررسی قرار داد. در این حالت باید هزینه خاکریز صرفه جویی شده با هزینه احداث دیوار مقایسه شده و نیز هزینه نگهداری آینده را مد نظر قرار گیرد. معمولاً در خالاتی که شیروانی خاکریز و زمین طبیعی تقریباً با هم موازی بوده نو در فاصله دور یکدیگر را قطع می کنند، احداث دیوار حائل پای خاکریز ترجیح داده می شود. همچنین در مناطقی که شیب عرضی زمین طبیعی تند باشد، ناگزیر باید دیوار حائل احداث گردد.

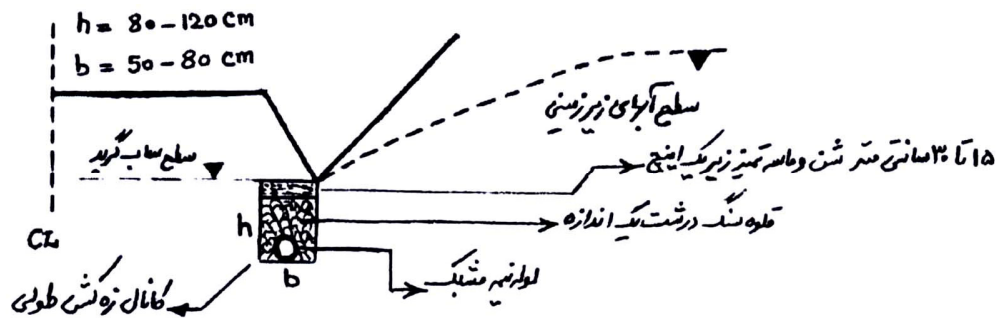


مساله نفوذ آب در شیروانی های خاکبرداری و خاکریز بسیار مهم است و در راه سازی باید با بکار

بردن روشهای مناسب از نفوذ آب به جسم راه جلوگیری نمود.



جلوگیری از نفوذ آب به داخل ترانشه با احداث کانال در بالا دست



پایین آوردن سطح آبهای زیرزمینی با احداث کانال زه کشی در پای ترانشه

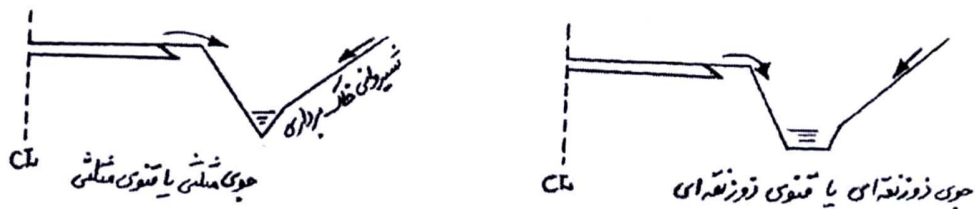
در مناطق پر باران و یا مناطقی که دارای سیلابهای شدید کوتاه مدت می باشد به منظور جلوگیری از

شسته شدن شیروانی خاکریزهای بلند می بایست نسبت به کاشت گیاهان مناسب بر روی شیروانی مذکور

اقدام نمود. کاشت گیاهان باعث تثبیت بیشتر شیروانی ها شده و از ریزش خاکها جلوگیری می کند.

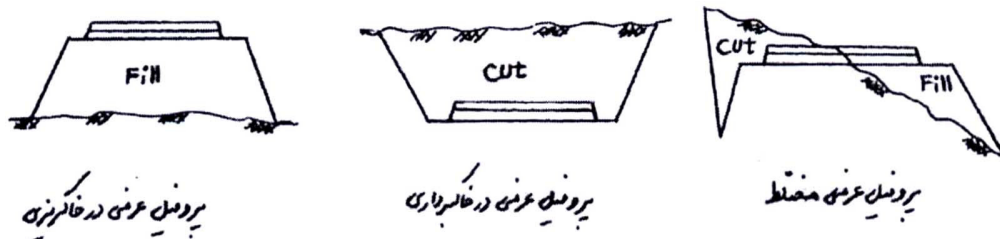
۸- نهر جانبی یا جوی کنار راه: این نهرها از حیاتی ترین اجزای راه می باشند. آب بارندگی که در سطح راه جاری می شود و نیز آبهایی که از شیروانی خاکبرداری به سمت راه جریان می یابد، باید به خارج حریم راه هدایت شوند تا جسم راه از گزند نفوذ این آبها در امان بماند.

مقطع نهر باید با توجه به میزان آب جاری در آن مشخص و اجرا گردد (مطالعات هیدرولوژی)



۹- لایه های مختلف روسازی راه: روسازی راه ساختاری است که بر روی سطح ساب گرید اجرا می شود و تا سطح تماس چرخها ادامه می یابد. این ساختار از چند لایه تشکیل شده است که پس از طراحی و تعیین ضخامت هر یک از لایه ها (زیراساس، اساس، رویه) می توان آنها را بر روی نقشه پروفیل عرضی نشان داد.

۳-۴-۴- انواع پروفیل‌های عرضی:

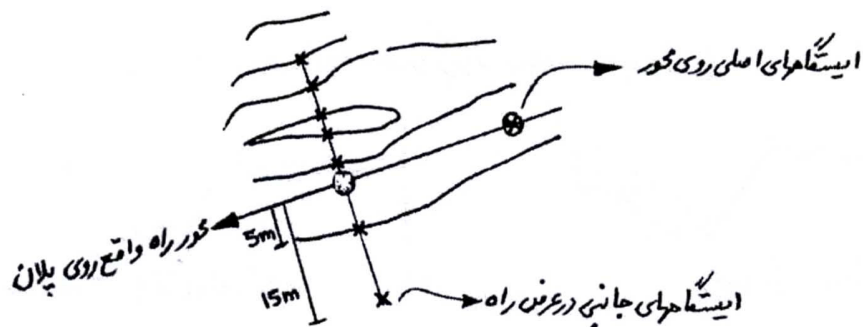


نکته: سطح پروفیل‌های عرضی در فصل مربوط به محاسبات حجم عملیات خاکی کاربرد دارد.

۳-۴-۵- نحوه رسم پروفیل عرضی:

۱- تعیین پارامترهای مهندسی یا اجزای پروفیل عرضی

۲- در هر یک از ایستگاههای انتخاب شده بر روی پلان که در تهیه پروفیل طولی به آن اشاره شد معمولاً دو نقطه جانبی در سمت چپ و دو نقطه جانبی در سمت راه محور راه برداشت ارتفاعی انجام می‌گیرد. لازم به ذکر است که تعداد و فواصل این ایستگاههای جانبی تابع عرض نهایی راه می‌باشند و همچنین باید محل‌های تغییر شیب زمین طبیعی در عرض راه را در انتخاب آنها مد نظر قرار داد.



۳- پس از انتخاب سطح سنجش مناسب، نقاط برداشت شده را با مقیاس ۱:۲۰۰ بر روی کاغذ شطرنجی

پیاده نموده و با اتصال آنها به یکدیگر تراز زمین طبیعی بدست می‌آید.

۴- با مراجعه به پروفیل طولی و استخراج تراز پروژه در محل محور راه، خط پروژه مطابق با پارامترهای

مهندسی مرحله ۱ ترسیم می‌گردد.

۵- اطلاعات مورد نیاز مطابق شکل صفحه ۲۸ بر روی پروفیل عرضی درج می‌گردد:

-در سمت چپ به ترتیب مقیاس (scale)، شماره نیمرخ (no of section) تراز پروژه (project level)، تراز زمین طبیعی (natural Ground Level) و تراز سطح سنجش (DATUM) درج می گردد.

-در کنار محور راه کیلومتر محل نیمرخ عرضی درج می شود.
-در سمت راست مقادیر سطوح خاکبرداری با علامت C و سطوح خاکبریزی با علامت F نوشته می شود.

فصل چهارم: محاسبات حجم عملیات خاکی و منحنی بروکنر

۴-۱-مقدمه: منظور از عملیات خاکی و محاسبات مربوط به آن مجموعه اقداماتی است که با هدف تعیین احجام و آیت‌های زیر انجام می گیرد:

الف- دکوپاژ (Decapage): عبارت است از کندن و برداشت خاک‌های نباتی (خاک‌های دارای مواد آلی، ریشه و ساقه درختان) و مواد زائد از سطح زمین طبیعی بستر راه یا محوطه. این عملیات معمولاً قبل از اجرای لایه های خاکریز و یا لایه های روسازی بر روی سطح زمین طبیعی، در عمقی بین ۱۰ تا ۳۰ سانتی متر انجام می گیرد.

ب- خاکبرداری (cut): عبارت است از کندن و برداشت خاک در محلهایی از طول زمین طبیعی که رقوم آنها بیش از رقوم خط پروژه است.

ج- خاکریزی (Fill): عبارت از ریختن خاک و تراکم آن در محلهایی از طول زمین طبیعی که رقوم آنها کمتر از رقوم خط پروژه است.

د-محل دپو (Deposit): عبارت است از محلی که خاکهای انسانی حاصل از عملیات خاکبرداری به آنجا حمل و در آنجا انبار می شود.

ه-محل قرضه (Borrow): در صورتی که نتوان تمام خاک مورد نیاز در خاکریزها را از محل خاکبرداریهای پروژه تامین کرد، خاک مورد نیاز را از محلهای دیگری که توسط مهندس مشاور مناسب تشخیص داده شده، تامین می کنند که قرضه نام دارد.

و-انقباض خاک (Shrinkage): در مواردی خاک برداشت شده از محل خاکبرداریها پس از انتقال به محل خاکریزی و تراکم، دارای حجم کمتری خواهد شد. این کمبود حجم یا انقباض در مصالح درشت دانه (شن و ماسه) بسیار کم و در مصالح ریزدانه (رس و لای) بسیار زیاد می باشد و گاهی به ۳۰ درصد می رسد.

درصد انقباض خاک به نوع آن، درصد رطوبت هنگام تراکم و نوع ماشین آلات تراکم بستگی دارد و در محاسبات حجم عملیات خاکی آن را بین ۱۰ تا ۱۵ درصد در نظر می گیرند.

ز-تورم خاک (Swell): در مواردی که از خاک حاصل از خاکبرداری در زمینهای بسیار متراکم (دج و سخت) و یا سنگ حاصل از عملیات کوه بری در ترانشه های سنگی، برای پر کردن خاکریزها استفاده می شود، ملاحظه می گردد که یک متر مکعب خاک یا سنگ حاصل از عملیات خاکبرداری پس از انتقال به خاکریز و تراکم، دارای حجمی بیش از یک متر مکعب خواهد بود. این افزایش حجم که به علت ایجاد فضای خالی در بین قطعات سنگ خرد شده و یا ذرات خاک ایجاد می شود، تورم نامیده می شود.

درصد تورم در عملیات کوه بری بسته به تعداد قطعات سنگی در واحد حجم و نیز بزرگی یا کوچکی آنها به هنگام مصرف در خاکریز، ممکن است به بیش از ۵ درصد بالغ گردد.

لازم به ذکر است که میزان تورم خاک ها در زمان حمل آنها باید مد نظر قرار گیرد. زیرا انواع خاک پس از کنده شدن از حالت طبیعی و دپو شدن به حالت آزاد، دارای حجمی بیش از وضعیت طبیعی خود خواهد بود. میزان تورم در چنین حالتی برای انواع خاکها به شرح زیر می باشد:

-شن و ماسه خاک دار (توونان): بسته به میزان خاک بین ۱۵ تا ۲۵ درصد

-خاکهای نباتی: ۱۰ تا ۱۵ درصد

-خاکهای لای دار و رس دار: ۲۵ تا ۳۵ درصد

-لای و رس خالص: بیش از ۳۵ درصد

-کوه بری در سنگ: بیش از ۳۵ درصد

-ماسه تمیز طبیعی: صفر درصد

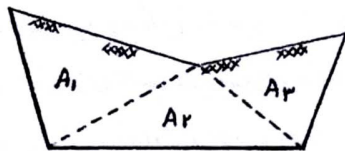
ح-فاصله حمل خاک: انتقال خاک از خاکبرداری به خاکریز، تامین خاک مصرفی از قرضه ها و یا انتقال خاک مازاد به دپوها همه نیاز به حمل دارند. از طرفی پرداخت هزینه عملیات خاکی به پیمانکار که بر مبنای مترمکعب خاک انجام می گردد، در صورت تجاوز فاصله حمل از فاصله تعیین شده در قرارداد، شامل اضافه هزینه حمل خواهد شد. لذا تعیین فاصله حمل خاک پارامتر مهمی در محاسبات عملیات خاکی می باشد.

برای پیدا کردن حداقل فاصله متوسط حمل خاک روشهای مختلفی وجود دارد که در میان آنها دو روش لالان (Lalane) و بروکنر (Bruckner) کاربرد بیشتری دارند. اساس هر دو روش تقریباً یکسان است با این تفاوت که روش لالان سریع تر و ساده تر از روش بروکنر بوده و در عوض روش بروکنر دقیق تر از روش لالان می باشد. در گذشته که از ارابه و یا کامیونهای با ظرفیت کم برای حمل خاکها استفاده می شد، دقت زیادی برای حمل خاک لازم بود و به این جهت روش بروکنر بیشتر کاربرد داشت.

اما امروزه با وجود کامیونها و اسکرپرهاى پرقدرت روش لالان با تقريب كافى مى تواند مورد استفاده قرار گيرد.

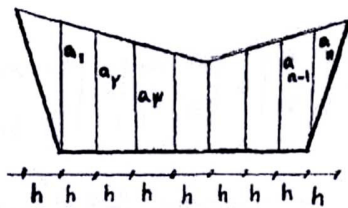
۲-۴- روشهاى محاسبه سطح نيمرخهاى عرضى:

الف- محاسبه سطح نيمرخهاى عرضى به روش هندسى: در اين روش نيمرخ عرضى به قطعات كوچكتر هندسى (دوزنقه- مثلث- مستطيل) تقسيم شده و با محاسبه و جمع سطوح كوچكتر، سطح نيمرخ محاسبه مى شود.



$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

ب- محاسبه سطح نيمرخهاى عرضى به روش تقسيم به سطوح كوچكتر با ارتفاع يكسان: در اين روش سطح نيمرخ عرضى با خطوط موازى به فواصل مساوى h تقسيم بندى مى شود و مساحت نيمرخ از رابطه زير محاسبه مى شود.



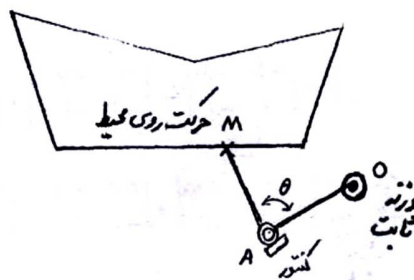
$$A = \frac{a_1 h}{2} + \frac{a_1 + a_2}{2} h + \frac{a_2 + a_3}{2} h + \dots + \frac{a_n h}{2}$$

$$A = (a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_{n-1} + a_n) h = \sum_{i=1}^n a \times h$$

پس با اندازه گيرى مجموع طولهاى a_1 تا a_n و ضرب اين مجموع در ارتفاع مشترك k ، مساحت

كل A بدست مى آيد.

ج- محاسبه سطح نیمرخهای عرضی به روش ترسیمی و استفاده از پلانیمتر: در این روش سطح مقطع عرضی را به هر صورت (منظم یا غیرمنظم) که باشد، با مقیاس معین بر روی کاغذ رسم نموده و سپس با گذراندن دستگاه پلانیمتر بر روی پیرامون شکل، مساحت آن را بدست می آورند. این روش در راهسازی بسیار معمول و متداول بوده است و به منظور دقت و هماهنگی کردن آن با کارهای صحرائی معمولاً مقاطع عرضی را با مقیاس ۱:۲۰۰ یا ۱:۱۰۰ ترسیم می کردند.



$$A = \frac{1}{2} \int r^2 \cdot d\theta \quad \text{فرمول سطح در مختصات قطبی}$$

$$r = f(\theta) \quad \text{از طرفی مطابق شکل دستگاه پلانیمتر}$$

پس از اندازه گیری میزان گردشهای مفصل A (یعنی θ) و میزان شعاع حامل ($r = OM$) و جمع

سطوح بی نهایت کوچک ($\frac{1}{2} r^2 \cdot d\theta$) مساحت سطح مورد نظر تعیین می شود.

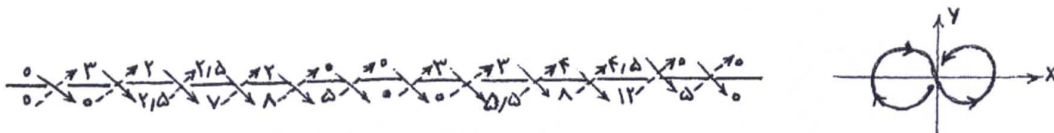
د- محاسبه سطح نیمرخهای عرضی به روش کامپیوتری: این روش که بر مبنای دترمینانهای تشکیل از مختصات رئوس نیمرخ عرضی می باشد، بهترین روش محاسبه به سطح مقاطع عرضی بوده و هنگامی که طول پروژه طولانی و تعداد مقاطع عرضی بسیار زیاد است. حتی برای محاسبه سطح نیمرخهای استاندارد (منظم) هم ترجیح داده می شود. اساس روش مختصات در ادامه توضیح داده می شود.

$$\begin{aligned}
2S &= \begin{vmatrix} 0-5 \\ 00 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -5-8 \\ 0-2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -8-7 \\ -2-2/5 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -7-2/5 \\ -2/5-2 \end{vmatrix} \\
&+ \begin{vmatrix} -2/50 \\ -2-3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 05/5 \\ -3-3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 5/58 \\ -3-4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 812 \\ -4-4/5 \end{vmatrix} \\
&+ \begin{vmatrix} 125 \\ -4/50 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 50 \\ 00 \end{vmatrix} = 84/25 \\
s &= 42/125
\end{aligned}$$

روش خلاصه: در این روش از علامت اعداد صرف نظر می شود و سپس مختصات نقاط به صورت

$\frac{x}{y}$ و با رعایت جهت حرکتی مشخص شده در شکل ردیف می شوند. مساحت مقطع با انجام محاسبات

زیر بدست می آید:



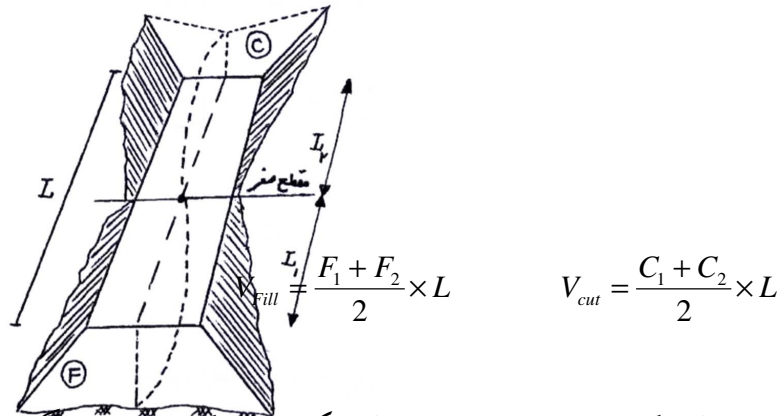
$$\begin{aligned}
2S &= \sum \downarrow - \sum \uparrow = (0 + 7/5 + 14 + 20 + 10 + 16/5 + 24 + 48 + 22/5 + 0) \\
&- (0 + 0 + 6/25 + 14 + 0 + 0 + 0 + 0 + 22 + 36 + 0 + 0) = 84/25 \\
S &= 42/125
\end{aligned}$$

۳-۴- محاسبه خاکی بین دو نیمرخ عرضی متوالی: حجم عملیات خاکی راه با توجه به میزان سطوح

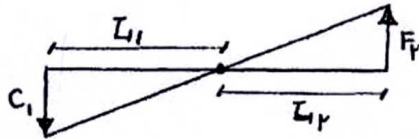
خاکبرداری و خاکریزی نیمرخهای عرضی و فواصل بین آنها محاسبه می گردد. در محاسبه احجام

عملیات خاکی با توجه به وضعیت نیمرخهای عرضی به لحاظ خاکبرداری و خاکریزی، حالت‌های مختلفی به وجود می‌آید که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد.

الف-حالتی که دو نیمرخ عرضی متوالی هر دو در خاکبرداری و یا هر دو در خاکریزی قرار دارند.



ب-حالتی که دو نیمرخ عرضی متوالی یکی در خاکبرداری و دیگری در خاکریزی قرار دارد.



از تشابه: $\frac{F}{C} = \frac{L_1}{L_2} \Rightarrow \frac{F}{F+C} = \frac{L_1}{L_1+L_2}$

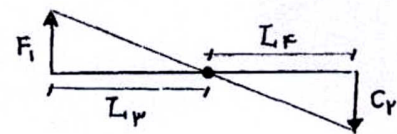
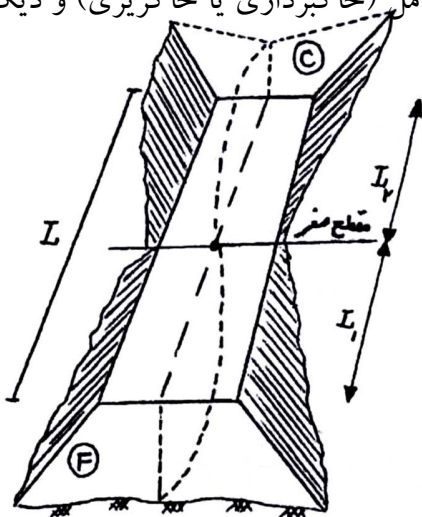
در نتیجه: $L_1 = \frac{F.L}{F+C}, L_2 = \frac{C.L}{F+C}$

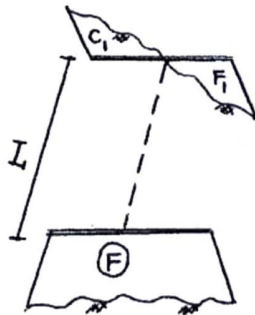
$V_{Fill} = \frac{F+0}{2} \times L_1 = \frac{F}{2} \times L_1$

$V_{cut} = \frac{C+0}{2} \times L_2 = \frac{C}{2} \times L_2$

ج-حالتی که از دو نیمرخ عرضی متوالی یکی به صورت کامل (خاکبرداری یا خاکریزی) و دیگری

به صورت مختلط باشد.





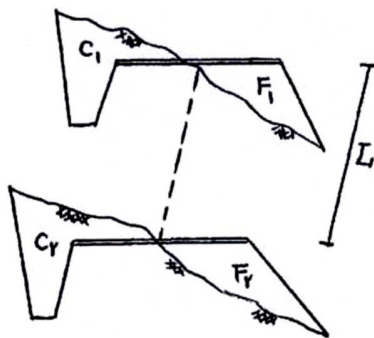
از تشابه $\frac{C_1}{F} = \frac{L_1}{L_2} \Rightarrow \frac{C_1}{C_1+F} = \frac{L_1}{L}$

در نتیجه: $L = \frac{C_1 L}{C_1 + F}$

$$V_{Fill} = \frac{F + F_1}{2} \times L$$

$$V_{cut} = \frac{C_1 + 0}{2} \times L_1 = \frac{C_1}{2} \times L_1$$

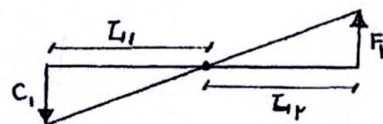
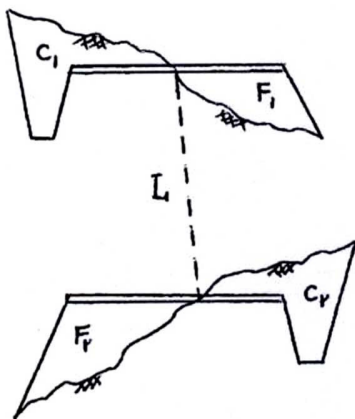
د-حالتی که دو نیمرخ عرضی متوالی هر دو به صورت مختلط و متقابل هستند.



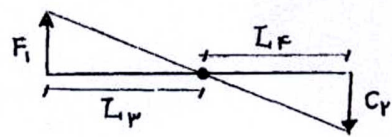
$$V_{Fill} = \frac{F_1 + F_2}{2} \times L$$

$$V_{cut} = \frac{C_1 + C_2}{2} \times L$$

ه-حالتی که دو نیمرخ عرضی متوالی هر دو به صورت مختلط و غیرمتقابل هستند.



مطابق حالات قبل: $L_1 = \frac{C_1 L}{C_1 + F_2}, L_2 = \frac{F_2 L}{C_1 + F_2}$



به همین روش: $L_3 = \frac{F_1 L}{F_1 + C_2}$, $L_4 = \frac{C_2 L}{F_1 + C_2}$

در نتیجه خواهیم داشت:

$$V_{Fill} = \frac{F_2}{2} \times L_2 + \frac{F_1}{2} \times L_3$$

$$V_{cut} = \frac{C_1}{2} \times L_1 + \frac{C_2}{2} \times L_4$$

۴-۴- محاسبه حجم گل عملیات خاکی در پروژه

به منظور محاسبه احجام خاکریزی و خاکبرداری واقع بین کلیه مقاطع عرضی مسیر و دستیابی به حجم کل عملیات خاکی پروژه، جدولی مطابق فرم کلی صفحه بعد تنظیم می شود. در این جدول با معلوم بودن سطح مقاطع عرضی و فاصله بین آنها (ستونهای ۳ و ۴ و ۵) می توان احجام خاکریزی و خاکبرداری بین دو مقطع متوالی را محاسبه نمود. (ستونهای ۶ و ۷). علاوه بر این با اعمال ضرایب مناسب می توان اثرات کاهش حجم خاک ناشی از انقباض (مربوط به عملیات خاکریزی) و یا اثرات افزایش حجم خاک ناشی از تورم (مربوط به عملیات خاکبرداری) را در محاسبات لحاظ نمود (ستونهای ۸ و ۹) در مرحله بعد با در نظر گرفتن این موضوع که حجم خاکریز مورد نیاز بین دو نیمرخ متوالی در صورت امکان از حجم خاکبرداری مربوط به همان دو نیمرخ تامین می گردد، می توان اضافه حجم عملیات موجود بین دو مقطع را با در نظر گرفتن علامت جبری (+ برای خاکریزی و - برای خاکبرداری) در ستونهای ۱۰ و ۱۱ وارد نموده به این ترتیب جمع جداگانه اعداد ستونهای ۱۰ و ۱۱ مشخص خواهد نمود که کل عملیات خاکی

پروژه شامل چه میزان خاکبرداری و چه میزان خاکریزی می باشد و با مقایسه این مقادیر نیاز پروژه به محل قرضه یا محل دپو معلوم می گردد.

نکته ۱: مقاطع عرضی صفر یا مقاطع مجازی وجود خارجی ندارند و فقط برای اعمال وقت بیشتر در محاسبات از آنها استفاده می شود.

نکته ۲: حجم کل عملیات خاکی در یک پروژه بستگی به ارتفاع خط زمین وتر از خط پروژه دارد. لذا در صورت عدم تغییر مسیر راه و به ازای یک خط پروژه معین این حجم همواره ثابت خواهد بود.

۴-۵- حمل خاک

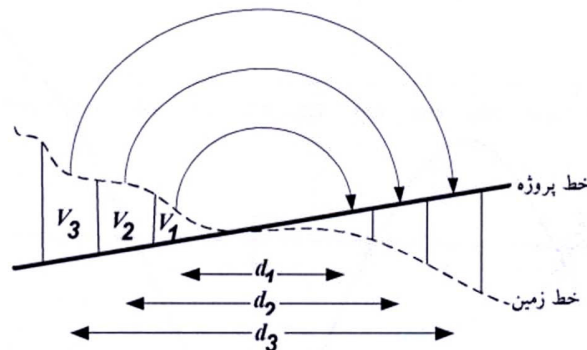
همانطور که قبلا اشاره شد در پروژه های راهسازی نیمرخهای عرضی مختلفی اعم از خاکبرداری و یا خاکریزی وجود دارد و همواره لازم است تا خاک از نقاط مختلفی از پروژه برداشته شده، به نقاط دیگری از آن ریخته شود. این جابجایی که اصطلاحاً حمل خاک نامیده می شود، از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت می باشد. نحوه جابجایی خاک بین نقاط مختلف مسیر باید به گونه ای سازماندهی شود که متوسط فاصله حمل خاک در کل پروژه حداقل گردد.

No of Section	Km	Area of Cross -Section		Distance	Embank	Excavate	Emb+Shr	Exc+Swe	Excess Material		Mass Diagram
		سطح خاکریزی (m ²)	سطح خاکبرداری (m ²)						خاکریزی +	خاکبرداری -	
شماره مقطع عرضی	کیلومتر مقطع عرضی	سطح خاکریزی (m ²)	سطح خاکبرداری (m ²)	فواصل مقاطع عرضی (m)	حجم خاکریزی (m ³)	حجم خاکبرداری (m ³)	حجم خاکریزی + حجم انقباض ۱۵٪ (m ³)	حجم خاکبرداری + حجم تورم ۵٪ (m ³)	اضافه حجم در خاکریزی +	خاکبرداری -	جمع جبری خاکبرداری و خاکریزی از ابتدای مسیر تا محل مقطع مورد نظر
۱	۰+۰۰۰	۰/۶	۱								۰
۲	۰+۰۵۰	۰	۲/۴	۵۰	۳	۸۵	۳/۴۵	۸۹/۲۵		-۸۵/۸	-۸۵/۸
۳	۰+۱۰۰	۰	۳	۵۰	۰	۱۳۵	۰	۱۴۱/۷۵		-۱۴۱/۷۵	-۲۲۷/۵۵
۴	۰+۱۵۰	۰	۳/۵	۵۰	۰	۱۶۲/۵	۰	۱۷۰/۶۲۵		-۱۷۰/۶۲۵	-۳۹۸/۱۷۵
مقطع صفر	۰+۱۹۲/۷۵	۰	۰	۴۲/۷۵	۰	۷۶/۵۶۳	۰	۸۰/۳۹		-۸۰/۳۹	-۴۷۸/۵۶۵
۵	۰+۲۰۰	۰/۵	۰	۶/۲۵	۱/۵۶۳	۰	۱/۸	۰	+۱/۸		-۴۷۶/۷۶۵
۶	۰+۲۵۰	۲/۶	۰	۵۰	۷۷/۵	۰	۸۹/۱۲۵	۰	+۸۹/۱۲۵		-۳۸۷/۶۴
۷	۰+۳۰۰	۳/۲	۰	۵۰	۱۴۵	۰	۱۶۶/۷۵	۰	+۱۶۶/۷۵		-۲۲۰/۸۹
۸	۰+۳۵۰	۱/۲	۰/۸	۵۰	۱۱۰	۴	۱۲۶/۵	۴/۲	+۱۲۲/۳		-۹۸/۵۹
۹	۰+۴۰۰	۰/۳	۲	۵۰	۳۷/۵	۷۰	۴۳/۱۲۵	۷۳/۵		-۳۰/۳۷۵	-۱۲۸/۹۶۵
۱۰	۰+۴۵۰	۰	۳/۷	۵۰	۰/۵۶	۱۴۲/۵	۰/۶۴۴	۱۴۹/۶۲۵		-۱۴۸/۹۸۱	-۲۷۷/۹۴۶
۱۱	۰+۵۰۰	۰	۴	۵۰	۰	۱۹۲/۵	۰	۲۰۲/۱۲۵		-۲۰۲/۱۲۵	-۴۸۰/۷۱
مقطع صفر	۰+۵۴۰	۰	۰	۴۰	۰	۸۰	۰	۸۴		-۸۴	-۵۶۴/۷۱
۱۲	۰+۵۵۰	۱	۰	۱۰	۵	۰	۵/۷۵	۰	+۵/۷۵		-۵۵۸/۳۲۱
۱۳	۰+۶۰۰	۲/۳	۰	۵۰	۸۲/۵	۰	۹۴/۸۷۵	۰	+۹۴/۸۷۵		-۴۶۳/۴۴۶
۱۴	۰+۶۵۰	۴/۱	۰	۵۰	۱۶۰	۰	۱۸۴	۰	+۱۸۴		-۲۷۹/۴۴۶
۱۵	۰+۷۰۰	۲/۵	۰	۵۰	۱۶۵	۰	۱۸۹/۷۵	۰	+۱۸۹/۷۵		-۸۹/۶۹۶
۱۶	۰+۷۵۰	۱/۹	۰	۵۰	۱۱۰	۰	۱۲۶/۵	۰	+۱۲۶/۵		+۳۶/۸۰۴
۱۷	۰+۸۰۰	۱/۵	۰	۵۰	۸۵	۰	۹۷/۷۵	۰	+۹۷/۷۵		+۱۳۴/۵۵۴
۱۸	۰+۸۵۰	۱	۰	۵۰	۶۲/۵	۰	۷۱/۸۷۵		+۷۱/۸۷۵		+۲۰۶/۴۲۹
اضافه حجم عملیات خاکی به تفکیک خاکبرداری و خاکریزی									۱۱۵۰/۴۷۵	۹۴۴/۰۶۶	

۴-۵-۱- عزم حمل و فاصله حمل متوسط

قطعه ای از پروفیل طول مسیر را به صورت شکل زیر در نظر بگیرید. ملاحظه می شود که برای جابجایی خاک از خاکبرداری به خاکریز لازم است تا حجم v_1 به فاصله d_1 ، حجم v_2 به فاصله d_2 و بطور کلی حجم v_i به فاصله d_i جابجا شود. حاصل ضرب حجم خاک در فاصله جابجایی آن را از دیدگاه فیزیکی می توان به صورت یک کار مکانیکی در نظر گرفت که اصطلاحاً عزم حمل یا لنگر حمل نامیده می شود. لذا در صورتی که مجموع عزم حمل های جزء را که به آن عزم حمل کل گفته می شود، بر مجموع جمعهای جابجا شده تقسیم کنیم، فاصله حمل متوسط خاک از رابطه زیر بدست می آید:

$$\bar{d} = \frac{\sum v_i \times d_i}{\sum v_i}$$



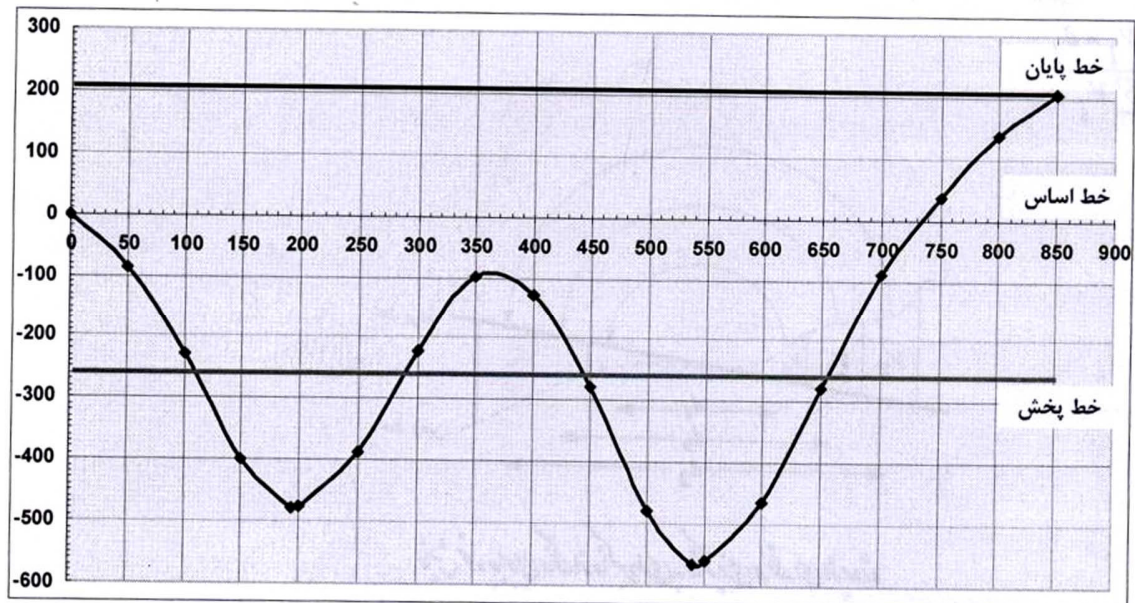
نمایش نحوه جابجایی خاک از خاکبرداری به خاکریزی در قطعه ای از پروژه

هر چه فاصله حمل متوسط خاک کمتر باشد، هزینه عملیات خاکی پروژه نیز کمتر می شود. بر اساس رابطه فوق تنها یک راه حل برای حداقل نمودن فاصله حمل متوسط وجود دارد و آن کاهش صورت کسر

و یا عزم حمل کل می باشد. لازم به یادآوری است که مخرج کسر و یا حجم عملیات خاکی در یک پروژه مقداری ثابت است و تنها با تغییر مسیر راه یا تغییر خط پروژه می توان این حجم را تغییر داد.

۴-۵-۲-منحنی بروکنر

برای دستیابی به اقتصادی ترین نحوه جابجایی خاک و تعیین حداقل فاصله حمل متوسط خاک در یک پروژه راهسازی از روش منحنی بروکنر استفاده می شود. برای رسم منحنی بروکنر می توان کیلومتر مقاطع عرضی (اعداد ستون ۲ جدول محاسبات عملیات خاکی) را روی محور افقی و جمع جبری ارائه شده در ستون ۱۲ این جدول را بر روی محور عمودی پیاده نمود. مقیاس محور افقی منحنی بروکنر مشابه پروفیل طولی مسیر برابر ۱:۲۰۰۰ انتخاب می شود و مقیاس محور عمودی آن متناسب با تغییرات اعداد ستون ۱۲ جدول محاسبات ممکن است متغیر باشد. در شکل زیر منحنی بروکنر مربوط به اعداد مندرج در جدول محاسبات نمونه رسم شده است.



نکات مهم: با توجه به ثابت بودن حجم عملیات خاکی در یک پروژه، شکل هندسی منحنی بروکنر نیز قابل تغییر نیست. در این منحنی:

الف) به محور افقی، خط پایه یا خط اساس گفته می شود.

ب) جهت مثبت محور عمودی بیانگر عملیات خاکریزی و جهت منفی آن بیانگر عملیات خاکبرداری است. لذا طول شاخه های صعودی منحنی بروکنر، محدوده عملیات خاکریزی و طول شاخه های نزولی آن محدوده عملیات خاکبرداری را مشخص می کند. همچنین مجموع ارتفاع شاخه های صعودی منحنی بروکنر، حجم کل عملیات خاکریزی و مجموع ارتفاع شاخه های نزولی آن، حجم کل عملیات خاکبرداری را نشان می دهد.

ج) نقاط ماکزیمم یا مینیمم منحنی بروکنر، نقاطی هستند که عملیات خاکبرداری به خاکریزی (یا بالعکس) تبدیل می شود. این نقاط معمولاً در محل برخورد خط پروژه با خط زمین (مقطع عرضی صفر یا در مواردی مقطع عرضی مختلط) واقع می شوند.

د) به خطی که از انتهای منحنی بروکنر به موازات خط اساس رسم گردد، خط پایان گفته می شود. موقعیت این خط بر حسب مورد می تواند در بالا، پایین و یا منطبق بر خط اساس باشد.

ه) اگر خط پایان در بالای خط اساس قرار گیرد، اضافه حجم عملیات خاکی پروژه از نوع خاکریزی است و پروژه نیازمند قرضه می باشد.

و) اگر خط پایان در پایین خط اساس قرار گیرد، اضافه حجم عملیات خاکی پروژه از نوع خاکبرداری است و پروژه نیازمند دپو می باشد.

ز) اگر خط پایان منطبق بر خط اساس قرار گیرد، حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی کل پروژه با هم در تعادل می باشد.

ح)نقاطی که منحنی بروکنر خط اساس را قطع می کند، نقاط تعادل نامیده می شود، زیرا جمع جبری احجام خاکبرداری و خاکریزی در این نقاط برابر صفر می باشد. به عبارت دیگر در هر سطح مسدود بین منحنی بروکنر و خط اساس، مقدار خاکبرداری با خاکریزی مساوی است.

ط)هر خطی که به موازات خط اساس رسم شود و منحنی بروکنر را حداقل در یک نقطه قطع کند، خط توزیع یا خط پخش نامیده می شود. با این تعریف خط اساس و خط پایان هم می تواند به عنوان یک خط پخش محسوب شود.

ی)هر خط پخش مفروض، منحنی بروکنر را به مجموعه ای از سطوح هندسی که در بالا و پایین این خط واقع شده اند، تقسیم می کند. همان طور که ملاحظه می شود هر یک از سطوح بسته واقع بین منحنی بروکنر و خط پخش مفروض، دارای یک شاخه صعودی و یک شاخه نزولی هم ارتفاع هستند. به این ترتیب می توان طول پروژه را به صورت قطعاتی در نظر گرفت که به لحاظ حجم خاکبرداری و خاکریزی در تعادل قرار دارند و باید خاک از سمت شاخه نزولی (خاکبرداری) هر قطعه به سمت شاخه صعودی (خاکریزی) آن هل داده با رعایت این اصل هر خط پخش مفروض شیوه ای را برای جابجایی خاک پیشنهاد می کند و جهت جابجایی خاک در سطوح فوقانی خط پخش از راست به چپ و در سطوح تحتانی آن از چپ به راست خواهد بود.

ک)مسلم است که با تغییر خط پخش، مرزهای جابجایی خاک و فاصله حمل متوسط خاک دستخوش تغییر می شود. از این رو می توان انتظار داشت که به ازای یک خط پخش بهینه، متوسط فاصله حمل خاک حداقل گردد. در ادامه خواهیم دید که اگر مجموع قاعده سطوح فوقانی خط پخش با مجموع قاعده سطوح تحتانی آن برابر شود، خط پخش مفروض، بهینه خواهد بود و در صورت جابجایی خاک مطابق با الگوی ارائه شده توسط خط پخش بهینه، متوسط فاصله حمل خاک حداقل می گردد.

۴-۵-۳- روشهای ترسیم خط پخش بهینه

مطابق شکل، منحنی بروکنر قطعه ای از پروژه را که به لحاظ احجام خاکبرداری و خاکریزی در تعادل

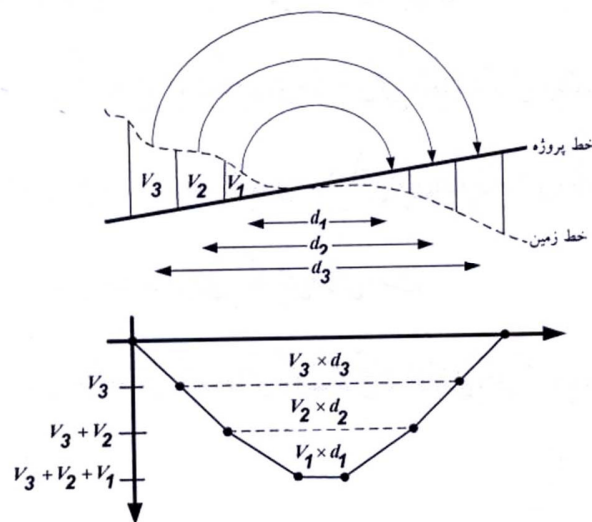
می باشد، در زیر پروفیل طولی آن رسم می کنیم. همانطور که ملاحظه می شود:

الف) سطح واقع بین منحنی بروکنر و خط پخش مفروض (که در اینجا منطبق بر خط اساس می باشد)

برابر با عزم حمل خاک در قطعه مورد نظر می باشد.

ب) ارتفاع سطح واقع بین منحنی بروکنر و خط پخش مفروض برابر با حجم عملیات خاکی در قطعه

مورد نظر می باشد.



استفاده از این نکات در فرمول ارائه شده برای متوسط فاصله حمل خاک، این نتیجه را به همراه خواهد

داشت که برای حداقل شدن فاصله حمل متوسط خاک باید عزم حمل کل یا مجموع مساحت سطوح

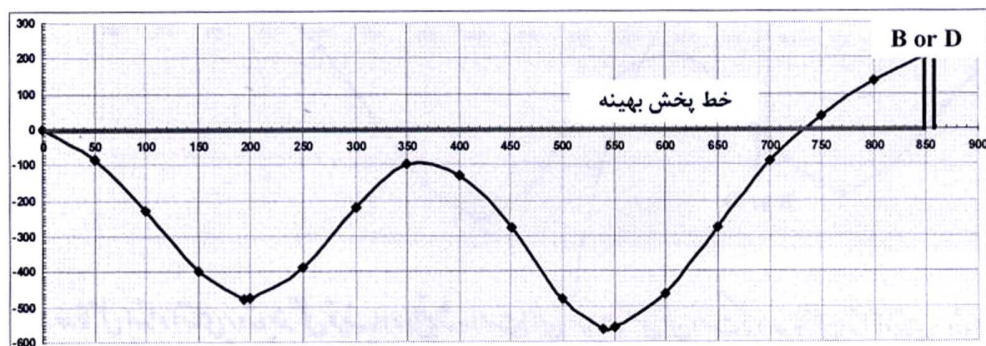
واقع بین منحنی بروکنر و خط پخش مفروض حداقل شود. زیرا حجم کل عملیات خاکی پروژه مقداری

ثابت است و لذا مجموع ارتفاع سطوح واقع بین منحنی بروکنر و خطوط پخش مختلف، همواره ثابت می

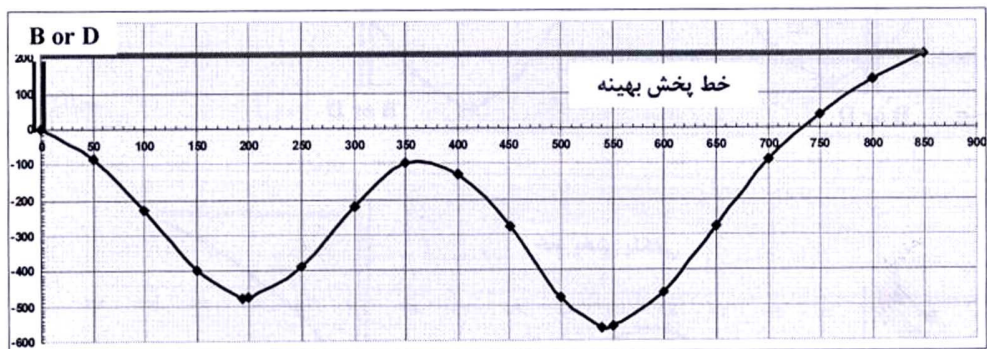
ماند. در چنین شرایطی طبق یک قضیه هندسی، حداقل مجموع مساحتها در صورتی حاصل می شود که

مجموع قاعده سطوح فوقانی خط پخش با مجموع قاعده سطوح تحتانی آن برابر باشد. با رعایت این اصل می توان خط پخش بهینه را ترسیم نمود، اما باید توجه داشت که این روش برای زمانی مناسب است که در طول پروژه محدودیتی برای محل های قرضه و دیو نداشته باشیم. زیرا در غیر این صورت موقعیت خط پخش بهینه به محل قرضه یا دیو های موجود در طول پروژه نیز بستگی دارد و بر حسب مورد ممکن است با یکی از حالت های ذیل مواجه شویم:

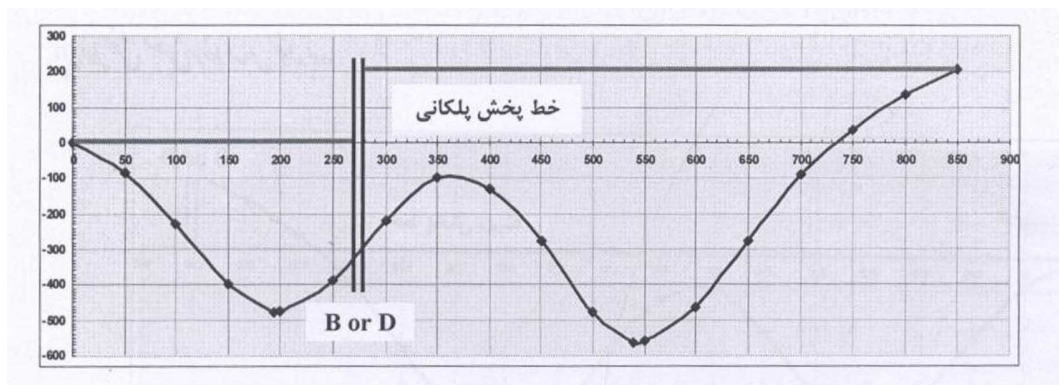
الف) محل قرضه یا دیو در انتهای پروژه واقع شده است؛ این شرایط به معنی آن است که در حدافاصل ابتدا تا انتهای پروژه، تنها یک محل برای تامین کمبود خاک (B) یا ذخیره مازاد آن (D) وجود دارد و آن هم در انتهای مسیر واقع شده است. لذا خط پخشی بهینه خواهد بود که به ازای آن قرضه یا دیوی ابتدای مسیر برابر صفر گردد. مطابق شکل این خط پخش منطبق بر خط اساس خواهد بود.



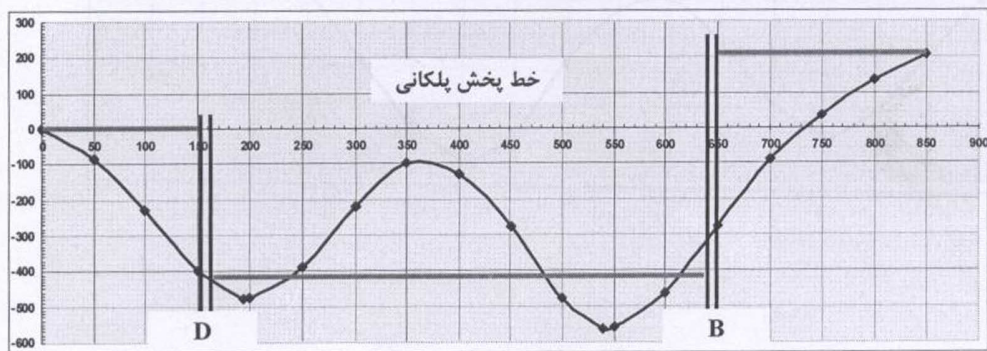
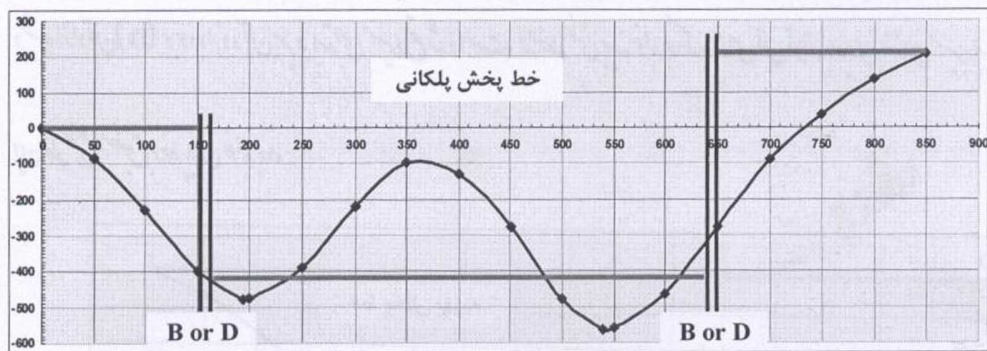
ب) محل قرضه یا دپو در ابتدای پروژه واقع شده است؛ این شرایط به معنی آن است که در حد فاصل ابتدا تا انتهای پروژه، تنها یک محل برای تامین کمبود خاک (B) یا ذخیره مازاد آن (D) وجود دارد و آن هم در ابتدای مسیر واقع شده است. لذا خط پخشی بهینه خواهد بود که به ازای آن قرضه یا دپوی انتهای مسیر برابر صفر گردد. مطابق شکل این خط پخش منطبق بر خط پایان خواهد بود.

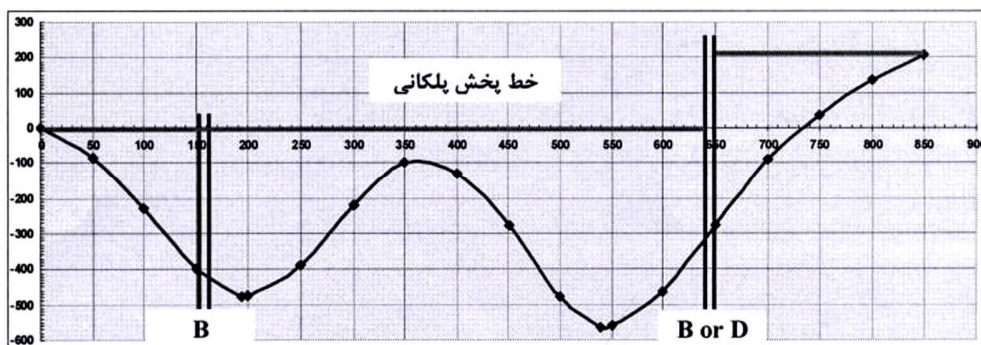


ج) محل قرضه یا دپو در حد فاصل ابتدا و انتهای پروژه واقع شده است؛ این شرایط به معنی آن است که تنها یک محل برای تامین کمبود خاک (B) یا ذخیره مازاد آن (D) در حد فاصل ابتدا تا انتهای پروژه وجود دارد. لذا برای قطعه اول خط پخش بهینه منطبق بر خط اساس و برای خط دوم، خط پخش بهینه منطبق بر خط پایان خواهد بود. به چنین خط پخشی اصطلاحاً خط پلکانی گفته می شود.



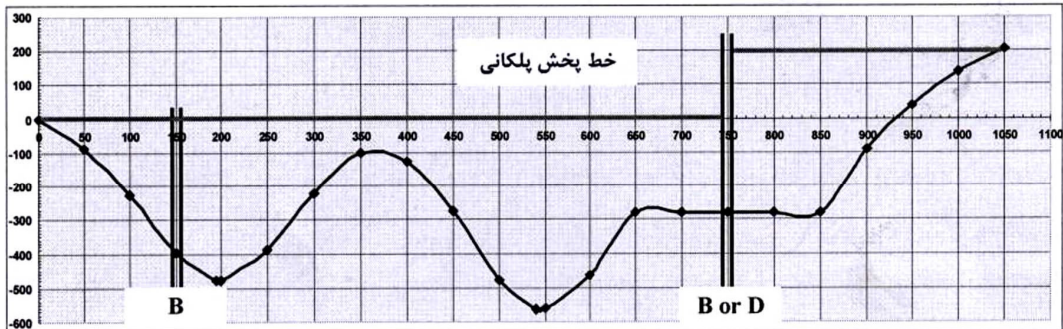
د) در حد فاصل ابتدا و انتهای پروژه چند محل قرضه یا دپو واقع شده است؛ این شرایط به معنی آن است که در حد فاصل ابتدا تا انتهای پروژه بیش از یک محل برای تامین کمبود خاک (B) یا ذخیره مازاد آن (D) وجود دارد. در چنین شرایطی خط پخش بهینه قطعه اول منطبق بر خط اساس، خط پخش بهینه قطعه آخر منطبق بر خط پایان و خط پخش بهینه قطعات میانی از روش برابری، مجموع قاعده سطوح فوقانی و تحتانی بدست خواهد آمد. به چنین خط پخشی نیز خط پخش پلکانی گفته می شود.





۴-۶- اصلاح منحنی بروکنر بر اساس فاصله جانبی محل‌های قرضه و دپو

موقعیت واقعی محل‌های قرضه و دپو معمولاً در فاصله مشخصی از طرفین محور راه قرار دارد و دسترسی به آنها از طریق احداث یک راه ارتباطی انجام می‌شود. این مساله فاصله اضافی رفتن به دپو یا آمدن از قرضه را به فاصله حمل خاک اضافه می‌کند. از این رو با اصلاح منحنی بروکنر می‌توان این فاصله اضافی را نیز در تعیین متوسط فاصله حمل خاک لحاظ نمود. برای اصلاح منحنی بروکنر می‌توان فاصله راه دسترسی به محل قرضه و یا دپو را به صورت مجازی به کیلومتر از مسیر اضافه نمود و در طول این فواصل منحنی بروکنر را به موازات خط اساس امتداد داد. ترسیم خط پخش بهینه بر روی منحنی بروکنر اصلاح شده نیز به روشهای قبل قابل انجام می‌باشد. برای مثال اگر در منحنی بروکنر فوق محل قرضه و دپوی مورد استفاده در فاصله ۱۰۰ متری از کیلومتر ۶۵۰+ واقع باشد، منحنی به صورت زیر اصلاح می‌شود.



فصل پنجم: قوسهای افقی

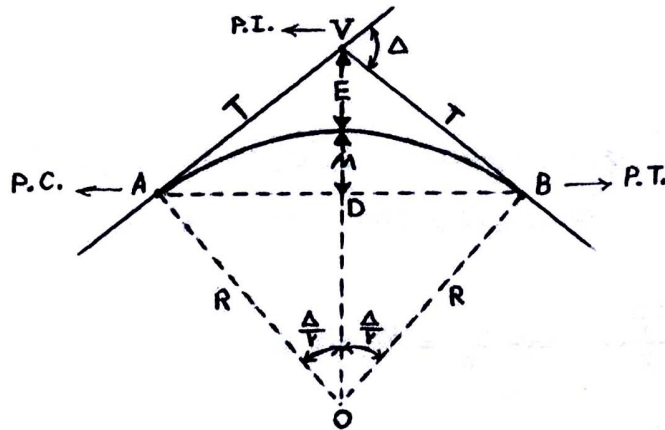
۵-۱-مقدمه:

بر اساس مطالب ارائه شده در فصل مطالعات مسیر، ملاحظه می شود که واریانت انتخاب شده مسیر شامل یک سری خطوط مستقیم (تانژانت) می باشد که در نقاطی دارای شکستگی شده اند. تامین راحتی رفت و آمد وسایل نقلیه مهندسی طراح را بر آن می دارد تا یک مسیر منحنی را جایگزین قسمتی از طرفین نقطه تقاطع تانژانتها یا محل شکستگی (سومه) نماید. این مسیر منحنی که برای اتصال راستاهای متقاطع مسیر مورد استفاده قرار می گیرد، قوس افقی نامیده می شود.

قوسهای افقی دارای انواع مختلفی هستند. از مهمترین و کاربردی ترین انواع این قوسها می توان به قوسهای دایره ای ساده، دایره ای مرکب، دایره ای معکوس، سربانتین، شبدری و منحنی های اتصال (کلوتئید) اشاره نمود.

۵-۲- قوس دایره ای ساده:

قوسی است که توسط یک کمان دایره ای شکل دو قسمت مستقیم یک جاده را به یکدیگر متصل می کند.



با در نظر گرفتن شکل فوق، تعاریف و اصطلاحات قوس دایره ای ساده به صورت ذیل بیان می شوند:

۱- راس قوس یا سومه: ($PI=Point\ of\ Intersection, S=Sommet, V=Vertex$)

محل تقاطع دو قسمت مستقیم مسیر یا محل تلاقی امتداد مماسها را راس قوس می نامند.

۲- زاویه تقاطع: (=Intersection Angle)

زاویه خارجی تشکیل شده از تقاطع دو قسمت مستقیم را زاویه تقاطع یا زاویه قوس می نامند. این

زاویه مساوی زاویه مرکزی روبروی قوس AB می باشد.

۳- نقطه شروع قوس و نقطه پایان قوس: ($P.C.=Point\ of\ curvature\ \&\ P.T.=Point\ of\ Tangency$)

(agency)

از چپ به راست نقطه A یا $P.C.$ نقطه شروع قوس و نقطه B یا $P.T.$ نقطه پایان قوس نامیده می شود.

۴- طول مماس یا طول تانژانت: ($T=Tangent\ Distance$)

فاصله راس قوس تا شروع و یا پایان قوس ($VA=VB$) را طول مماس یا طول تانژانت می نامند و این

مقدار با ملاحظه مثلث قائم الزاویه DAV در شکل قبل به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$T_1 = T_2 = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

۵- طول قوس: ($L=Curve Distance$)

فاصله نقطه A تا نقطه B روی مسیر منحنی را طول قوس می نامند و مقدار آن را به صورت زیر

محاسبه می نمایند:

$$L = R \cdot \Delta \quad (\text{که در آن } \Delta \text{ بر حسب درجه است}) \quad \text{یا} \quad L = \frac{\pi}{180} R \cdot \Delta \quad (\text{که در آن } \Delta \text{ بر حسب رادیان است})$$

۶- طول وتر بزرگ: ($Lc=Long chord$)

خط اتصال AB که ابتدا و انتهای قوس را به هم متصل می کند، طول وتر بزرگ نامیده می شود و این

مقدار را در نظر گرفتن مثلث قائم الزاویه ODA در شکل قبل به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$\sin \frac{\Delta}{2} = \frac{AD}{OA} = \frac{\frac{LC}{2}}{R} \Rightarrow LC = 2R \sin \frac{\Delta}{2}$$

۷- فاصله بیرونی یا خارجی: ($B.D=Bisectories Distance, E=External Distance$)

فاصله راس قوس تا وسط قوس را فاصله بیرونی یا بیسکتوریس می نامند و این مقدار با در نظر گرفتن

مثلث OAV به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{OA}{OV} = \frac{R}{R+E} \Rightarrow E = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$$

$$E = R \left(\frac{1 - \cos \frac{\Delta}{2}}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) = R \left(\frac{2 \sin^2 \frac{\Delta}{4}}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) \left(\frac{\cos \frac{\Delta}{4}}{\cos \frac{\Delta}{4}} \right) = R \left(\frac{\sin \frac{\Delta}{2}}{\cos \frac{\Delta}{2}} \right) \left(\frac{\sin \frac{\Delta}{4}}{\cos \frac{\Delta}{4}} \right)$$

و یا:

$$= RTG \frac{\Delta}{2} \cdot tg \frac{\Delta}{4} = Ttg \frac{\Delta}{4}$$

۸-فاصله میانی یا متوسط: (M=Middle ordinate)

فاصله میان وتر بزرگ و وسط قوس را فاصله میانی یا متوسط می نامند و مقدار آن با ملاحظه مثلث

قائم الزاویه ODA به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{OD}{OA} = \frac{R-M}{R} \Rightarrow M = R(1 - \cos \frac{\Delta}{2}) = Rvers \frac{\Delta}{2}$$

۹-درجه قوس:

زاویه مرکزی روبروی قوس یا وتر ۱۰ متری را درجه قوس می نامند.

نکته: برای مشخص نمودن زاویه مرکزی می توان طول قوس یا وتر را برابر ۱۰، ۲۰، ۳۰ یا ۱۰۰ واحد

انتخاب نمود. محاسبات این جزوه بر مبنای طول قوس یا وتر معادل ۱۰ متر انجام می گردد. لیکن در

برخی از منابع این طول برابر ۳۰ یا ۱۰۰ متر و در برخی دیگر ۳۰ یا ۱۰۰ فوت در نظر گرفته شده است.

واحد این طول با توجه به واحد مورد استفاده برای R تعیین می شود.

$$R \times D = 10m \Rightarrow D = \frac{10}{R} \text{ بر حسب متر } R$$

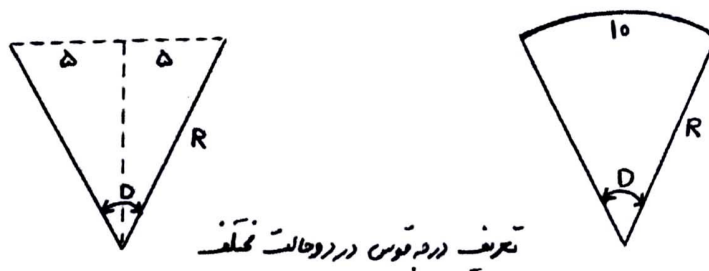
$$\Rightarrow D = \frac{572/96}{R} \text{ بر حسب درجه، } R \text{ بر حسب متر}$$

روابط بالا درجه قوس را بر حسب قوس روبرو تعیین می کنند و ملاحظه می گردد که شعاع قوس با

درجه قوس نسبت عکس دارد. اما اگر درجه قوس بر حسب وتر روبرو تعریف شود، خواهیم داشت:

$$\sin \frac{D}{2} = \frac{5}{R} \Rightarrow R = \frac{5}{\sin \frac{D}{2}}$$

$$\Rightarrow D = 2 \arcsin \frac{5}{R}$$



نکته: درجه قوس میزان انحنای تیزی قوس را مشخص می‌کند و هر چه D کمتر باشد، شعاع قوس

بزرگتر بوده و قوس ملایم‌تر می‌باشد.

۵-۳- تعیین اجزای نامعلوم قوس با توجه به قسمتهای معلوم

الف) تعیین طول قوس (L) با فرض معلوم بودن درجه قوس (D) و طول وتر بزرگ (LC)

۱) اگر درجه قوس بر حسب طول قوس روبرو تعریف شده باشد خواهیم داشت:

$$D = \frac{10}{R} \rightarrow R = \frac{10}{D}(I)$$

$$L = R.\Delta \xrightarrow{(I)} L = \frac{10}{D}.\Delta \rightarrow \Delta = \frac{L.D}{10}(II)$$

$$L_c = 2R \sin \frac{\Delta}{2} \xrightarrow{(II)} L_c = 2R \sin\left(\frac{LD}{20}\right) \rightarrow \frac{LC}{2R} = \sin\left(\frac{LD}{20}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{LD}{20} = \text{Arc sin}\left(\frac{LC}{2R}\right) \rightarrow L = \frac{20}{D} \text{Arc sin}\left(\frac{LC}{2R}\right)$$

$$\xrightarrow{(I)} L = \frac{20}{D} \text{Arc sin}\left(\frac{LC \times D}{20}\right) \text{ بر حسب رادیان و LC بر حسب متر}$$

$$\text{یا } L = \frac{20}{D} \text{Arc sin}\left(\frac{LC \times D}{2 \times 572/96}\right) \text{ بر حسب درجه و LC بر حسب متر}$$

۲) اگر درجه قوس بر حسب وتر روبرو تعریف شده باشد خواهیم داشت:

$$2R \sin \frac{D}{2} = 10(III)$$

$$2R \sin \frac{\Delta}{2} = L_c(IV)$$

از تقسیم روابط III و IV داریم:

$$L_c = 10 \frac{\sin \frac{\Delta}{2}}{\sin \frac{D}{2}} \rightarrow \sin \frac{\Delta}{2} = \frac{L_c}{10} \sin \frac{D}{2} \rightarrow \Delta = 2 \text{Arc sin}\left(\frac{L_c}{10} \sin \frac{D}{2}\right)$$

$$L = R.\Delta \rightarrow L = 2R \text{Arc sin}\left(\frac{L_c}{10} \sin \frac{D}{2}\right) \xrightarrow{R = \frac{5}{\sin D/2}} L = \frac{10}{\sin \frac{D}{2}} \text{Arc sin}\left(\frac{L_c}{10} \sin \frac{D}{2}\right)$$

که در آن D بر حسب رادیان و LC بر حسب متر می باشد. لذا در صورتی که D بر حسب درجه معلوم

باشد رابطه به صورت زیر اصلاح می گردد.

$$L = \frac{\pi}{180} \times \frac{10}{\sin \frac{D}{2}} \text{Arc sin}\left(\frac{L_c}{10} \sin \frac{D}{2}\right)$$

ب) تعیین طول قوس (L) با فرض معلوم بودن درجه قوس (D) و زاویه تقاطع (Δ)

$$L = 10 \frac{\Delta}{D} \quad \begin{cases} \Delta = 2024 \\ D = 140 \end{cases} \Rightarrow L = 10 \times \frac{20/4}{1/666} = 122/4m$$

ج) تعیین شعاع قوس (R) با فرض معلوم بودن درجه قوس (D)

$$R = \frac{572/96}{D} \quad R = \frac{10}{D} \quad \begin{cases} D = 430 \end{cases} \Rightarrow R = \frac{572/96}{4/5} = 127/32m$$

د) تعیین فاصله خارجی (E) و طول تانژانت (T) با فرض معلوم بودن شعاع (R) و زاویه تقاطع (Δ)

$$\begin{cases} \Delta = 40/2 \\ R = 1000m \end{cases} \Rightarrow T = R \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} = 1000 \operatorname{tg} \frac{40/2}{2} = 365/95m$$

$$E = R(\sec \frac{\Delta}{2} - 1) = 1000(\sec \frac{40/2}{2} - 1) = 64/85m$$

ه) تعیین طول قوس (L)، طول تانژانت (T) و فاصله خارجی (E) با فرض معلوم بودن درجه قوس

(D) و زاویه تقاطع (Δ)

$$\begin{cases} \Delta = 24/53 \\ D = 0/25 \end{cases} \Rightarrow T = R \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} = \frac{572/96}{0/25} \operatorname{tg} \frac{24/53}{2} = 498/304m$$

$$E = R(\sec \frac{\Delta}{2} - 1) = \frac{572/96}{0/25} \left(\frac{1}{\cos \frac{24/53}{2}} - 1 \right) = 53/546m$$

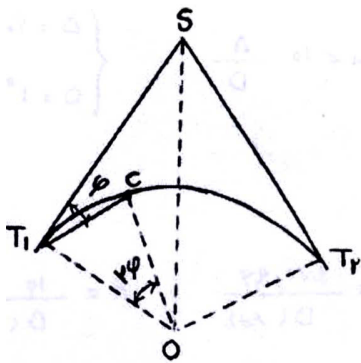
$$L = 10 \left(\frac{24/53}{0/25} \right) = 981/33m$$

نتیجه گیری: هنگامی که دو جزء از یک قوس دایره ای معلوم باشد، سایر اجزاء قوس با استفاده از

روابط هندسی قابل محاسبه است.

۵-۴- پیاده کردن قوس به روش زاویه انحراف:

زاویه انحراف یا زاویه طلی، زاویه ای است که بین مماس ST₁ با وتر T₁C (نقطه ای از قوس می باشد) قرار دارد و معمولاً با نمایش داده می شود. مطابق شکل اندازه این زاویه نصف زاویه مرکزی روبروی کمان T₁C می باشد. لذا خواهیم داشت:



$$L_1 = T_1C = 2R\varphi \rightarrow \varphi = \frac{L_1}{2R}$$

$$L_2 = T_1C = 2R \sin \varphi$$

در محل نقطه C توسط زاویه φ و طول وتر T₁C روی زمین مشخص می گردد اما مشاهده می شود که تفاوت بین قوس L₁ و وتر L₂ دقت پیاده کردن قوس را تحت الشعاع قرار می دهد. برای محاسبه این دقت به روش زیر عمل می شود:

$$e = \frac{l_1 - l_2}{l_1}$$

به علت کوچک بودن φ از جمله $\frac{\varphi^5}{5!}$ به بعد قابل اغماض است

$$l_2 = 2R \sin \varphi = 2R \left(\varphi - \frac{\varphi^3}{3!} + \frac{\varphi^5}{5!} - \dots \right)$$

$$e = \frac{2R\varphi - 2R\left(\varphi - \frac{\varphi^3}{3!}\right)}{2R\varphi} = \frac{R\varphi^3}{2R\varphi \times 3} \xrightarrow{\varphi = \frac{L_1}{2R}} e = \frac{l_1^2}{24R^2}$$

در نتیجه معلوم می شود که این دقت بستگی به R و L₁ دارد و چنانچه $L_1 = \frac{R}{10}$ انتخاب شود دقت

برابر $\frac{1}{2400}$ و اگر $L_1 = \frac{R}{20}$ در نظر گرفته شود، دقت برابر $\frac{1}{9600}$ خواهد بود.

بنابراین با انتخاب طول کمان مناسب می توان دقت مورد نظر را رعایت نمود، لیکن در عمل بهتر است

که طول کمان $\frac{1}{20}$ تا $\frac{1}{10}$ شعاع انتخاب شود و در عین حال برای پیاده کردن قوس های با شعاع بزرگ در مناطق کم عارضه، طول کمان بیشتر از ۵۰ متر انتخاب نشود.

حال با معلوم بودن طول کمان ($L_1 = T_1C$) مقدار زاویه ظلی φ قابل محاسبه می باشد و مطابق بحث

قبل می توان با دقت مناسب طول وتر T_1C را مساوی طول کمان در نظر گرفت و به روش زاویه انحراف

نقطه را پیاده نمود. در این روش دوربین مستقر در به سمت نقطه سومه (S) نشانه روی و صفر صفر می

گردد. سپس در جهت عقربه های ساعت به اندازه زاویه ظلی φ یا نصف زاویه مرکزی روبروی کمان

T_1C چرخانده می شود تا امتداد وتر T_1C حاصل گردد. برای تعیین موقعیت نقطه C بر روی این امتداد،

یک انتهای نوار به طول معین $L_1 = T_1C$ در نقطه T1 ثابت می شود و انتهای دیگر آن طوری جابجا می

شود تا امتداد T_1C را قطع کند. به عبارت دیگر نقطه از تلاقی امتداد وتر T_1C با دایره ای به مرکز T1 و

شعاع L1 حاصل می شود.

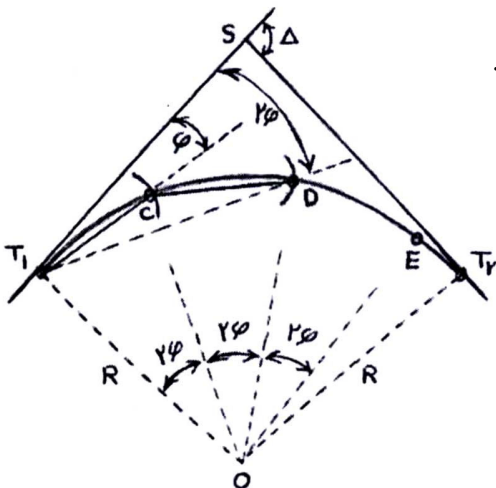
به این ترتیب در صورتی که از نقطه T1 به تمام نقاط واقع بر روی قوس دید داشته باشیم، با تقسیم

طول قوس به کمان های یک اندازه (طول L1)، زوایای مرکزی روبروی این کمانها محاسبه می شود و

برای ردیابی امتداد هر نقطه دیگر (به عنوان مثال D) می توان به زاویه قبلی دوربین نصف زاویه مرکزی

روبروی کمان مربوطه (کمان CD) را افزود. سپس موقعیت هر نقطه از تلاقی امتداد بدست آمده با دایره

ای به مرکز نقطه قبل (به عنوان مثال C) و شعاع L1 بدست می آید.



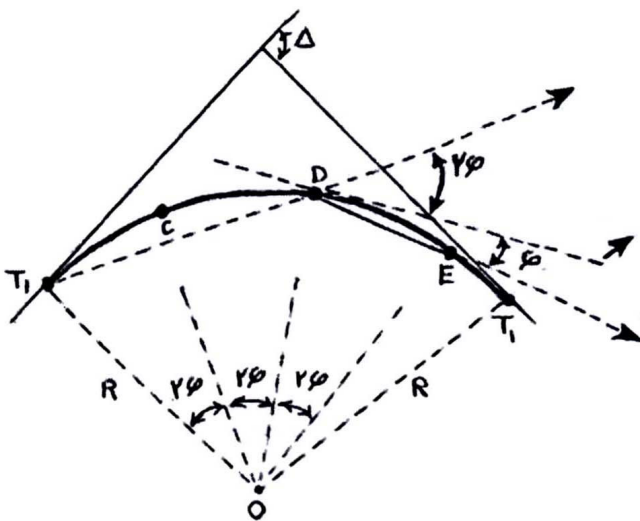
لازم به یادآوری است که در برخی موارد تقسیم طول قوس به کمانهای یک اندازه میسر نبوده و مطابق شکل روبرو آخرین کمان قوسی کوچکتر از سایر کمانها می باشد. لذا برای پیاده کردن آخرین نقطه قوس به زاویه قبلی دوربین، نصف زاویه مرکزی روبروی آخرین کمان افزوده می شود و دایره آخر به مرکز نقطه ماقبل آخر و شعاع برابر ET_2 زده می شود.

نکته: زاویه انحراف نقطه انتهای قوس برابر نصف زاویه مرکزی قوس یا $\frac{\Delta}{2}$ می باشد.

در برخی موارد ممکن است تمام نقاط قوس از نقطه T_1 قابل رویت نباشند. بنابراین لازم است تا برای پیاده کردن قوس پس از اتمام نقاط قابل رویت از T_1 ، بقیه نقاط را از T_2 و یا آخرین نقطه پیاده شده از (مثلا D) پیاده نمود. برای این منظور پس از استقرار دوربین در نقطه معلوم D و صفر صفر کردن آن به سمت T_1 ، تلسکوپ دوربین 180° درجه دوران داده می شود و به این ترتیب در راستای امتداد T_1D قرار می گیرد. حال اگر در این وضعیت زاویه انحراف مربوط به امتداد نقطه D یا 2ϕ را به دوربین معرفی کنیم، امتداد نشانه روی دوربین مماس بر قوس خواهد بود و بقیه نقاط با اضافه کردن زاویه انحراف آنها به زاویه دوربین پیاده می شوند. (شکل صفحه بعد)

امتداد دوربین پس از دوران 180° درجه ای تلسکوپ

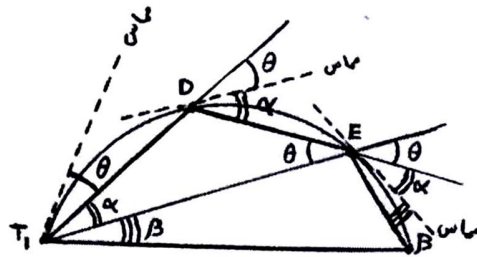
صفر صفر شده به سمت T_1



امتداد دوربین پس از معرفی زاویه 2φ به امتداد قبل این امتداد بر قوس مماس می باشد.

امتداد دوربین پس از افزودن زاویه انحراف مربوط به نقطه E به زاویه قبلی دوربین

در حالت کلی تر می توان شکل فوق را به صورت زیر نشان داد:



ملاحظه می شود که از هر ایستگاه واقع بر روی قوس می توان طبق زوایای انحراف محاسبه شده بر

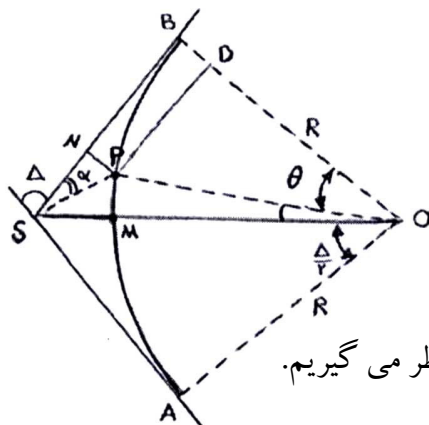
اساس طول کمانهای انتخابی، سایر نقاط را پیاده نمود.

۵-۵- طراحی قوس برای عبور از نقطه ای ثابت و مشخص

در این وضعیت زاویه Δ میان دو قسمت مستقیم مسیر مشخص است و می خواهیم قوس به گونه ای

طراحی شود که از نقطه ای مشخص مانند P عبور کند. این نقطه در زاویه α نسبت به مماس SB قرار

گرفته است و فاصله آن از نقطه سومه (S) نیز معلوم است.



$$\begin{cases} SN = X \\ PN = Y \end{cases} = ?$$

برای تعیین شعاع قوس ابتدا زاویه کمکی θ را مطابق شکل در نظر می گیریم.

در مثلث SPO خواهیم داشت:

$$PSO = S_1 = 180 - \Delta - \alpha - (90 - \frac{\Delta}{2}) = 90 - (\alpha + \frac{\Delta}{2})$$

$$POS = O_1 = \frac{\Delta}{2} - \theta$$

$$SPO = 180 - S_1 - O_1 = 180 - 90 + \alpha + \frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{2} + \theta = 90 + (\alpha + \theta)$$

طبق قانون سینوسها خواهیم داشت:

$$\frac{\sin(90 + (\alpha + \theta))}{\sin(90 - (\alpha + \frac{\Delta}{2}))} = \frac{OS}{OP}$$

$$\frac{\cos(\alpha + \theta)}{\cos(\alpha + \frac{\Delta}{2})} = \frac{\frac{R}{\cos(\Delta/2)}}{R} \Rightarrow \cos(\alpha + \theta) = \frac{\cos(\alpha + \frac{\Delta}{2})}{\cos \frac{\Delta}{2}} \quad \text{و یا:}$$

مقدار زاویه کمکی θ با حل معادله فوق بدست می آید. حال مطابق شکل برای محاسبه شعاع

R خواهیم داشت:

$$PN = y = OB - OD = R - R \cos \theta \Rightarrow y = R(1 - \cos \theta)$$

$$\Rightarrow R = \frac{Y}{1 - \cos \theta}$$

۵-۶- تاثیر کاهش درجه قوس در کاهش طول مسیر:

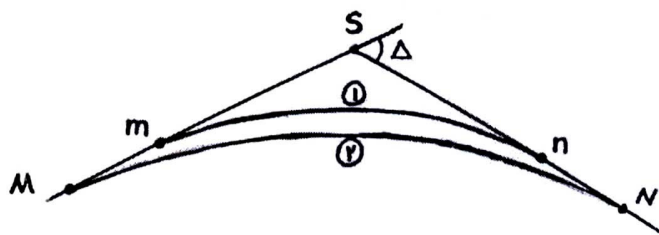
جهت بالا بردن سرعت طرح در راه ها، انحنای قوس با توجه به شرایط توپوگرافی تا حد امکان کاهش

داده می شود. این کاهش که توام با افزایش شعاع قوس می باشد، علاوه بر افزایش ایمنی، سبب کاهش

طول مسیر نیز می گردد. برای بررسی این موضوع شکل زیر را در نظر بگیرید.

مشخصات قوس با درجه بزرگتر: mn, d, r, t, l

مشخصات قوس با درجه کوچکتر: MN, D, R, T, L



در این وضعیت زاویه Δ میان دو قسمت مستقیم مسیر مشخص است و می خواهیم محاسبه کنیم که جایگزینی قوس با درجه D به جای قوس با درجه d ، چقدر طول مسیر را کاهش می دهد. برای این منظور مطابق شکل خواهیم داشت:

(-)- طول مسیر ۲- طول مسیر ۱= اختلاف طول دو مسیر

از طرفی: $MN = L = 10 \frac{\Delta}{D}$, $mn = l = 10 \frac{\Delta}{d}$, $Mm = nN = (T - t)$

$$\begin{aligned}
 &= [2(T - t) + 10 \frac{\Delta}{d}] - 10 \frac{\Delta}{D} \\
 &= [2(Rtg \frac{\Delta}{2} - rtg \frac{\Delta}{2}) + 10 \frac{\Delta}{d}] - 10 \frac{\Delta}{D} \\
 &\text{در نتیجه: } [2tg \frac{\Delta}{2} (\frac{572/96}{D} - \frac{572/96}{d})] + [10(\frac{\Delta}{d}) - 10 \frac{\Delta}{D}] \\
 &= [2 \times 572/96tg \frac{\Delta}{2} (\frac{1}{D} - \frac{1}{d})] - 10\Delta(\frac{1}{D} - \frac{1}{d}) \\
 &= (\frac{1}{D} - \frac{1}{d}) \times [2 \times 572/96tg \frac{\Delta}{2} - 10\Delta]
 \end{aligned}$$

در این رابطه D, d و Δ بر حسب درجه و اختلاف طول بر حسب متر است.

نکته: هنگامی که زاویه مرکزی Δ یکسان باشد، نسبت شعاع ها، تانژانتها، بیسکتریسها و طول قوسها با

یکدیگر برابرند و خواهیم داشت:

$$\frac{l}{L} = \frac{r}{R} = \frac{t}{T} = \frac{lc}{LC} = \frac{e}{E} = \frac{D}{d}$$

۵-۷- تعیین حداقل شعاع قوسهای دایره ای ساده:

حداقل شعاع یک قوس دایره ای ساده را می توان از رابطه روبرو محاسبه کرد:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \text{ که در آن:}$$

Rmin: حداقل شعاع قوس بر حسب متر

V: سرعت طرح بر حسب کیلومتر بر ساعت

e: مقدار دور یا بر بلندی در قوس

f: ضریب اصطکاک لاستیک و سطح جاده

الف- تعیین سرعت طرح (V):

سرعت طرح، سرعتی است که جهت تعیین حداقل مشخصات لازم جهت طرح هندسی یک قطعه از

راه انتخاب می شود. عوامل موثر در انتخاب سرعت طرح عبارتند از:

- طبقه بندی راه

- درجه بندی راه

- ملاحظات اقتصادی

- عوامل محیطی

- نوع و حجم ترافیک

- منظر آرایبی و ...

آیین نامه طرح هندسی راه ها مقدار سرعت طرح را بر اساس درجه بندی راه و نیز وضعیت توپوگرافی

منطقه به صورت زیر توصیه نموده است:

هموار یا دشت	تپه ماهوری	کوهستانی
۱۳۰	۱۱۰	۹۰
۱۱۰	۱۱۰	۹۰
۱۱۰	۹۰	۷۰
۹۰	۷۰	۴۰

آزادراه ها

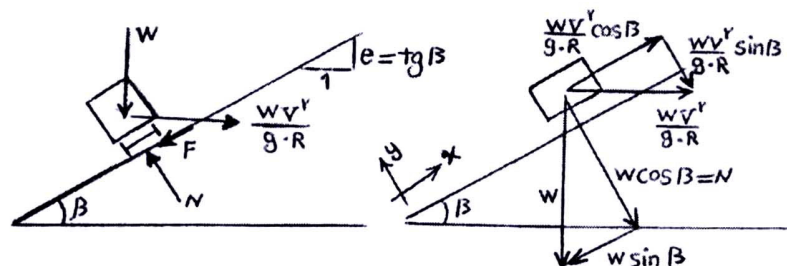
بزرگراه ها و راههای اصلی جدا شده

راه های اصلی

راه های فرعی

ب- تعیین دور یا برابندی در قوس:

وسیله نقلیه به هنگام ورود به قوس تحت تاثیر یک نیروی گریز از مرکز قرار می گیرد. برای خنثی نمودن این نیرو که سبب رانده شدن وسیله نقلیه به خارج قوس می گردد، باید به عرض راه شیب عرضی یا اصطلاحاً Dever داده شود. برای تامین ایمنی و راحتی حرکت خودرو بهتر است شیب عرضی راه با توجه به سرعت طرح تغییر یابد. در نتیجه به استفاده از یک شیب عرضی مناسب می توان در قوس بین نیروهای اصطلاحاً جانبی چرخ و روسازی، مولفه وزن خودرو در امتداد برابندی و نیروی گریز از مرکز تعادل ایجاد نمود.



$$N = W \cos \beta + \frac{WV^2}{g.R} \sin \beta \xrightarrow{\sin \beta} N \cong W \cos \beta \text{ : داریم شکل داریم}$$

با تعریف f به عنوان ضریب اصطکاک جانبی لاستیک و سطح جاده: $F = f \times N = fW \cos \beta$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow W \sin \beta + F = \frac{W.V^2}{g.R} \cos \beta$$

$$\Rightarrow W \sin \beta + fW \cos \beta = \frac{W.V^2}{g.R} \cos \beta$$

$$w \cos \beta \Rightarrow \tan \beta + f = \frac{V^2}{g.R}$$

$$\Rightarrow e + f = \frac{V^2}{g.R} \quad R = \frac{V^2}{g(e + f)}$$

اگر مقدار سرعت بر حسب km/h و مقدار $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ جاگزین گردد، رابطه به صورت ارائه شده

در قبل خواهد شد. ایجاد شیب عرضی یا برابندی در قوسهای جاده، اگر چه ایمنی بیشتری را برای عبور وسیله نقلیه ای که با سرعت طرح از قوس عبور می کند، ایجاد می نماید، اما باید توجه داشت که همیشه وسایل نقلیه در هنگام عبور از قوس سرعت بالایی را ندارند. در هنگام شلوغی راه به ویژه در فصول سرد سال که ممکن است به دلیل بارش برف و یخبندان، کاهش سرعت و کاهش ضریب اصطکاک بین سطح جاده و لاستیک وجود داشته باشد، وجود برابندی ممکن است باعث سرخوردن وسیله نقلیه به طرف داخل قوس گردد. از این رو حداکثر برابندی در قوس باید محدود شود.

مقدار حداکثر برابندی تابع شرایط جوی منطقه، نوع راه، درصد خودروهای سنگین، محدودیتهای طراحی به لحاظ تامین فضای کافی جهت اعمال برابندی و شرایط تخلیه آبهای سطح راه و ... می باشد.

با توجه به موارد ذکر شده آیین نامه طرح هندسی راه ها مقادیر حداکثر زیر را برای برابندی توصیه نموده است:

۱- راه های دو خطه و رابطهایی که در معرض بارش برف و یخبندان نیستند $e_{max} = 12\%$

۲- آزادراه ها و بزرگ راه ها $e_{max} = 10\%$

۳- مناطق با ارتفاع بیش از ۱۰۰ متر از سطح دریا و شرایط برف و یخبندان $e_{max} = 8\%$

۴- در مناطق حومه شهری $e = 6\%$

آیین نامه AASHTO نیز مقادیر حداکثر برابندی را برای مناطق گرمسیر ۶ درصد، مناطق معتدل روبه گرمی ۸ درصد، مناطق معتدل رو به سردی ۱۰ درصد و در مناطق سردسیر ۱۲ درصد توصیه نموده است.

ج- تعیین ضریب اصطکاک بین لاستیک و سطح جاده (F)

ضریب اصطکاک جانبی به وضعیت لاستیک، نوع روسازی، خشک، تر یا یخ زده بودن سطح راه، سرعت خودرو و ... بستگی دارد و بر اساس آیین نامه طرح هندسی راه ها، مقادیر مجاز آن بر اساس سرعت طرح به صورت زیر می باشد.

۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۷۰-۸۰	۶۰	۵۰	۳۰-۴۰	سرعت طرح (km/h)
۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۷	ضریب اصطکاک جانبی (f)

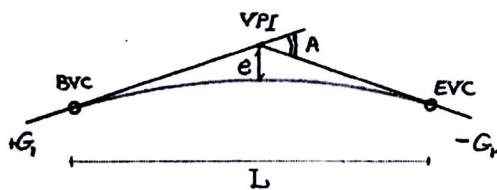
فصل ششم:

قوسهای قائم:

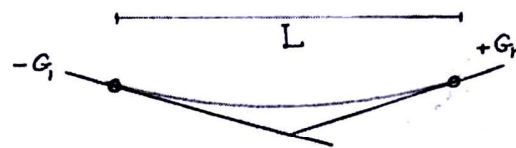
قوسهای قائم در پروفیل طولی مسیر وظیفه اتصال خطوط شکسته پروژه را به یکدیگر ایفاء می کنند و به عبارتی قوسهائی هستند که تقاطع دو شیب قائم در مسیر راهسازی را به طور یکنواخت و صاف، بدون تغییر حرکت عمودی به هم وصل می کنند.

این قوسها سبب ایمنی و راحتی حرکت و همچنین ایجاد ظاهری اساسی برای مسیر می گردند. بر اساس آئین نامه فقط در مراحل که جمع جبری شیبهای طرفین کمتر از 0.05% باشد وجود قوس قائم ضروری نیست و برای قوسهای قائم بیشتر از قوسهای سهموی استفاده می شود.

در قوس قائم (خم) می بایست تغییر طولی به صورت تدریجی صورت پذیرد و همچنین این قوس تامین کننده مسافت دید کافی، تخلیه مناسب آب سطحی، ایمنی، آسایش راننده و زیبایی ظاهری راه خواهد بود. انواع خمهای سهمی در شکل زیر ارائه شده اند:



خم نسبی یا عذب



خم کامی یا معر

L: طول خم؛ A: قدر مطلق تفاضل جبری دو شیب؛ G_1 : شیب اول (درصد)؛ G_2 : شیب دوم (درصد)

الف) تعیین طول خم گنبدی:

طول این خم باید به اندازه ای باشد که حداقل فاصله دید توقف برای راننده وسیله نقلیه فراهم شود.

تامین فاصله دید در خم گنبدی با توجه به رابطه $L \geq K.A$ صورت می پذیرد که در آن:

L : طول خم گنبدی بر حسب متر

K : ضریبی است تابع سرعت طرح که بر اساس آئین نامه طرح هندسی راه ها از جدول (۶-۱) بدست

می آید. این ضریب بر حسب متر بوده و معنای فیزیکی آن طول لازم خم برای یک درصد تغییر شیب طولی است.

$$A = |G_2 - G_1| \text{ مقدار مطلق تفاضل جبری دو شیب}$$

۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	سرعت طرح (km/h)
۲۰۸	۱۶۱	۱۲۰	۸۹	۶۳	۴۲	۲۷	۱۸	۱۱	۷	۳	حداقل k به متر

جدول (۶-۱) حداقل برای خم گنبدی

ب) تعیین طول خم کاسه ای:

خم کاسه ای در روز به علت وجود روشنایی کافی دید راننده را محدود نمی کند، اما در تاریکی

فاصله ای که توسط نور چراغ های وسایل نقلیه در این خم روشن می شود محدود است، حداقل طول

خم کاسه ای از رابطه $L \geq K.A$ حاصل می شود.

L : طول خم کاسه ای بر حسب متر

K: ضریبی است تابع سرعت طرح و وضعیت روشنایی راه که بر اساس آئین نامه طرح هندسی راه ها از

جدول (۲-۶) حاصل می شود.

$$A = |G_2 - G_1| \text{ شیب دو شیب}$$

۱۳۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۹۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	سرعت طرح (km/h)
۷۴	۶۴	۵۴	۴۶	۳۸	۲۹	۲۲	۱۷	۱۲	۸	۴	حداقل به متر

جدول (۲-۶) حداقل مقادیر برای خم کاسه ای

ج) اجزاء، روابط و نحوه پیاده کردن قوسهای قائم بر روی پروفیل طولی:

$$A = |G_2 - G_1| \text{ پارامتر}$$

$$L \geq K.A \text{ طول قوس}$$

کیلومتر محل برخورد دو شیب $Km(V.P.I)$

$$Km(B.V.C) = Km(V.P.I) - \frac{L}{2} \text{ کیلومتر شروع قوس قائم}$$

$$Km(E.V.C) = Km(V.P.I) + \frac{L}{2} \text{ کیلومتر پایان قوس قائم}$$

ارتفاع نقطه تلاقی دو شیب $H(V.P.I)$

$$H(B.V.C) = H(V.P.I) - (G_1 \times \frac{L}{2}) \text{ ارتفاع نقطه شروع قوس قائم}$$

$$H(E.V.C) = H(V.P.I) + (G_2 + \frac{L}{2}) \text{ ارتفاع نقطه پایان قوس قائم}$$

نکته: شیب G در سربالایی مثبت و در سرپائینی منفی می باشد.

$$e = \frac{A.L}{800} \text{ فاصله محل تلاقی دو شیب تا روی قوس قائم}$$

n: تعداد ایستگاههای مطلوب برای پیاده کردن قوس $n = \frac{L}{S}$

S: فاصله مورد نظر بین دو ایستگاه متوالی

Km = (n.v.c) = km(B.V.C) + (n.s) n ایستگاه

H(n.v.c) = H(B.V.C) + G₁.(ns) ارتفاع ایستگاه n روی مماس

y = $(\frac{x}{L})^2 \times 4e$ اختلاف ارتفاع ایستگاه روی مماس و سهمی

حال برای پیاده کردن قوس به روش نقطه یابی بر روی پروفیل طولی از مختصات های زیر استفاده می

کنیم:

X= فاصله نقطه (ایستگاه) از نقطه شروع قوس

y = H(n.v.c) ± y = ارتفاع ایستگاه روی سهمی

نکته: y برای قوسهای محدب با علامت منفی و برای قوسهای مقعر با علامت مثبت جایگزین می شود.

با توجه به روابط و توضیحات قبل، برای قوس قائم موجود در یک پروژه خواهیم داشت:

$$= ۶/۲۷ \quad \text{و} \quad = ۲/۴۷$$

لذا محاسبات قوس قائم مقعر به صورت زیر خواهد بود: (شکل صفحه بعد)

$$A = |G_2 - G_1| = |6/27 - 2/47| = 3/8 > 0/5$$

$$L \geq K.A \xrightarrow{1/0m} k = 54$$

$$L_{\min} = K.A = 54 \times 3/8 = 205/2 \rightarrow L = 270m$$

$$Km(V.P.I) = 00 + 612$$

$$Km(B.V.C) = 612 - \frac{270}{2} = 00 + 477$$

$$Km(E.V.C) = 612 + \frac{270}{2} = 00 + 747$$

$$H(V.P.I) = 1587/8$$

$$H(B.V.C) = 1587/8 - (0/0247 \times \frac{270}{2}) = 1584/46$$

$$H(E.V.C) = 1587/8 + (0/0627 \times \frac{270}{2}) = 1596/26$$

$$e = \frac{A.L}{800} = \frac{|6/27 - 2/47| \times 270}{800} = 1/28$$

$$n = \frac{L}{S} = \frac{270}{30} = 9$$

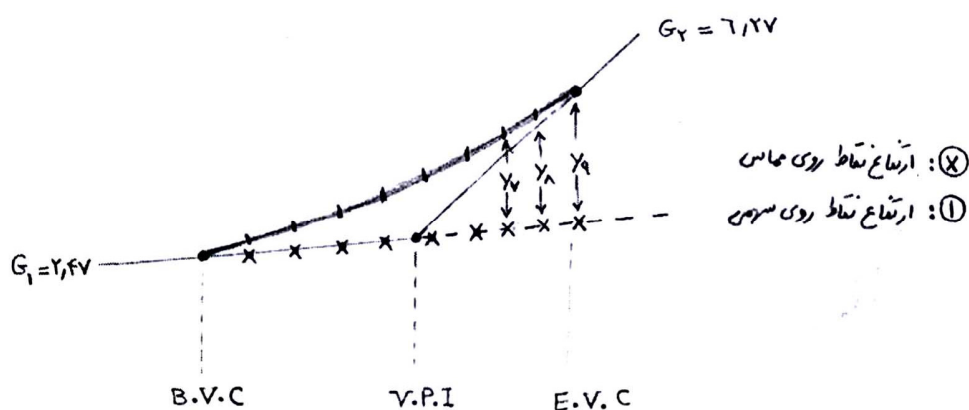
$$Y = \left(\frac{x}{L}\right)^2 \times 4e = \frac{x^2 \times 4 \times 1/28}{270^2} = 7/02 \times 10^{-5} x^2$$

کیلومتر و ارتفاع هر ایستگاه مطابق جدول پیوست خواهد بود.

کیلومتر ایستگاه	فاصله ایستگاه از نقطه شروع قوس (x)	ارتفاع ایستگاه روی مماس $1584/46 + G_1 x$	اختلاف ارتفاع مماس و سهمی $0/0000702x^2$	ارتفاع ایستگاه روی سهمی H+Y
00+477	0	1584/46	0	1584/46
00+507	30	1585/2	0/06318	1585/26
00+527	60	1585/94	0/2527	1586/19
00+567	90	1586/68	0/5686	1587/24
00+597	120	1587/42	1/011	1588/43
00+627	150	1588/16	1/5795	1589/73

۰۰+۶۵۷	۱۸۰	۱۵۸۸/۹	۲/۲۷۴۵	۱۵۹۱/۱۷
۰۰+۶۸۷	۲۱۰	۱۵۸۹/۶۴	۳/۰۹۵۸	۱۵۹۲/۷۳
۰۰+۷۱۷	۲۴۰	۱۵۹۰/۳۹	۴/۰۴۳	۱۵۹۴/۴۳
۰۰+۷۴۷	۲۷۰	۱۵۹۱/۱۳	۵/۱۱۷	۱۵۹۶/۲۵

جدول نتایج قوس قائم شماره (۲)



قوسهای اتصال (قوسهای پیوندی یا ترانزیت)

۱- کلیاتی در مورد قوسهای اتصال:

همانطور که قبلا اشاره شد، پلان مسیر راه تشکیل شده است از یک سری راستاهای مستقیم که در نقاطی تحت عنوان سومه دارای شکستگی هستند. تامین ایمنی و راحتی حرکت وسایل نقلیه ایجاب می نماید تا قسمتهایی از طرفین نقطه شکستگی با یک قوس دایره ای مماس بر راستاهای مستقیم جایگزین شود. لذا بر اساس شرط تعادل حرکت وسیله نقلیه (رابطه $e + f \geq \frac{V^2}{R.g}$) در قسمتهای مستقیم راه ($R = \infty$) میزان دور برابر صفر بوده و در داخل قوس با شعاع R ، دور دارای مقدار معینی e می باشد.

بنابراین در عمل تنظیم سطح جاده در محل تماس قسمت مستقیم با ابتدا و انتهای قوس، به علت پلکانی شدن آن، با مشکل مواجه می شود.

اولین راهکار پیشنهاد شده برای حل این مشکل، افزایش تدریجی شیب عرضی راه در طول مشخصی از مسیر مستقیم بود، به نحوی که در ابتدای قوس دایره ای، شیب عرضی به مقدار معین e می رسد و بعد در طول قوس میزان آن ثابت می ماند و مجددا در انتهای قوس، شیب عرضی در همان طول مشخص اولیه به تدریج از e به صفر کاهش داده می شد. آیین نامه های آن زمان بیان می نمود که طول مشخص تامین دور (یا شیب عرضی در قوس) باید تماما بر روی قسمتهای مستقیم قبل و بعد از قوس واقع گردد. این مسئله تعادل عرضی وسایل نقلیه را دچار اختلال می کرد، زیرا در قسمتهای مستقیم که جاده نیاز به شیب عرضی نداشت به آن شیب داده می شد.

اما بر اساس رابطه $e + f \geq \frac{V^2}{R.g}$ می توان نتیجه گرفت که میزان دور با کاهش شعاع قوس افزایش می یابد و به عبارت دیگر هر چه میزان انحنای قوس $(\frac{1}{R})$ بیشتر شود، میزان دور نیز بیشتر خواهد شد. با توجه به این خصوصیت، ایده استفاده از منحنی های با انحنای تدریجی (جهت اعمال تدریجی دور از صفر به e) به جای قسمتهای مستقیم قوت گرفت. به این ترتیب منحنی هایی مورد استفاده قرار گرفت که انحنای آنها در نقطه تماس با راستای مستقیم برابر صفر $(\frac{1}{2} = 0$ و $r = \infty$) بود و میزان انحنا در طول منحنی افزایش می یافت تا در شروع قوس با شعاع R به مقدار $\frac{1}{R}$ برسد. این منحنی ها، منحنی با انحنای تدریجی و یا قوس اتصال نامیده می شوند.

۲-مزایای استفاده از قوسهای اتصال

الف- اعمال تدریجی دور بین قسمتهای مستقیم مسیر و ابتدا و انتهای قوس دایره ای و اجتناب از ایجاد

پله

ب- وارد آمدن تدریجی شتاب عرضی از صفر تا $\frac{V^2}{R}$ در یک فاصله و اجتناب از اعمال ناگهانی شتاب

عرضی ناشی از نیروی گریز از مرکز به وسیله نقلیه که ناراحتی سرنشینان و خطر واژگونی وسیله نقلیه را به همراه دارد.

ج- ایجاد دید بهتر برای راننده وسیله نقلیه جهت ورود از مسیر مستقیم به درون قوس دایره ای

۳- حداقل طول لازم برای قوس اتصال

حداقل طول لازم برای قوس اتصال از سه رابطه زیر قابل محاسبه است. هر یک از سه اندازه بدست

آمده که بزرگتر باشد، برای اجرای قوس اتصال انتخاب می شود. یادآوری می شود که طول قوس اتصال بزرگتر، راحتی و ایمنی راننده و وسیله نقلیه را افزایش می دهد.

الف- اعمال تدریجی دور و در نتیجه اعمال تدریجی شتاب گریز از مرکز $l_s = \frac{V^2}{27/87R} \cong \frac{V^2}{28R}$

ب- اعمال تدریجی دور و در نتیجه اعمال تدریجی چرخشی وسیله نقلیه در صفحه قائم

$$l_s = 13/65V.e \cong 14V.e$$

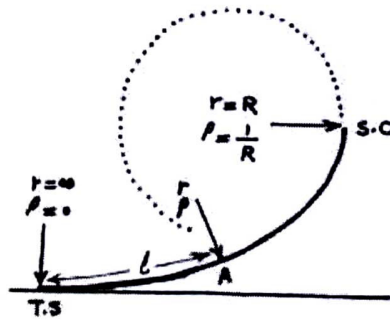
ج- فراهم شدن امکان دید بهتر برای راننده وسیله نقلیه $l_s = \sqrt{12R}$

۴- معادله عمومی قوسهای اتصال

همانطور که اشاره شده برای تامین دور تدریجی بین مسیر مستقیم و قوس دایره باید از منحنی استفاده

کرد که انحنا آن در محل تماس با خط مستقیم برابر صفر است و میزان انحنا در طول منحنی به تدریج

افزایش می یابد تا در نقطه برخورد با قوس دایره، انحنا به مقدار معلوم $P = \frac{1}{R}$ برسد.



بر اساس تعریف فوق میزان انحنا در هر نقطه از قوس اتصال از رابطه روبرو محاسبه است:

$$P = \frac{1}{3} = k.l$$

مقدار ثابت تناسب (k)، با نوشتن رابطه فوق برای نقطه معلوم S.C قابل محاسبه است:

$$\frac{1}{R} = k.l_s \rightarrow k = \frac{1}{R.l_s}$$

با جایگزین کردن ثابت تناسب در رابطه اول خواهیم داشت: $\frac{1}{2} = \frac{1}{R.l_s} l \rightarrow l.3 = l_s.R = Cte$

حاصل ضرب $l_s \times R$ مقداری ثابت از جنس سطح می باشد و بنابراین معادله عمومی قوس اتصال به

صورت زیر خواهد بود.

شعاع انحنا با طول قوس رابطه عکس دارد $l.r = cte$

بر اساس معادله عمومی فوق، فرمهای ریاضی مختلفی (سهمی درجه ۳، سهمی درجه ۴، مالوید و

کلوتئید) برای قوسهای اتصال ارائه شده است. در ادامه پیرامون قوسهای کلوتئید به عنوان یکی از

پرکاربردترین انواع قوسهای اتصال، جزئیات بیشتری ارائه می شود.

۵- معادلات کلی قوسهای کلوتئید

کلوتئید عبارت است از منحنی که هر نقطه آن دارای شعاع مختص به آن نقطه است. معادل این واژه

آلمانی در زبان فرانسه ماریچچ کرنو، در امریکا ماریچچ اولر و در انگلیس اسپیرال می باشد.

در کلوئید مقدار ثابت را با A^2 نشان می دهند، از اینرو طبق معادله عمومی قوسهای اتصال برای

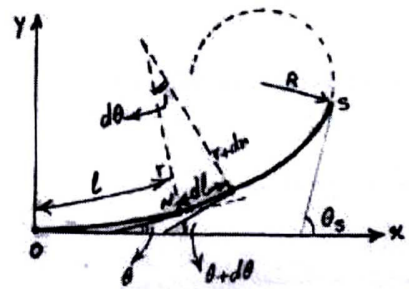
کلوئیدها خواهیم داشت:

$$l \cdot 2 = A^2 \text{ کلوئیدها عمومی معادله}$$

مقدار A که از جنس طول می باشد، پارامتر کلوئید نام دارد. $A^2 = l_s \cdot R \rightarrow A = \sqrt{l_s \cdot R}$

اگر مطابق شکل زاویه مماس بر منحنی در نقطه غیر مشخص N را با محور X ها برابر θ در نظر بگیریم

و طول کوچک dl را بر روی منحنی انتخاب



نماییم، خواهیم داشت:

$$dl = r \cdot d\theta \rightarrow \frac{d\theta}{dl} = \frac{1}{r} \quad (1)$$

$$A^2 = l \cdot r \rightarrow r = \frac{A^2}{l} \quad (2)$$

$$(1), (2) \rightarrow \frac{d\theta}{dl} = \frac{l}{A^2} \rightarrow l \cdot dl = A^2 \cdot d\theta \rightarrow \frac{1}{2} l^2 = A^2 \cdot \theta$$

$$l = A \sqrt{2\theta}$$

$$\theta = \frac{L^2}{2A^2} \xrightarrow{A^2 = r \cdot l} \theta = \frac{l}{2r}$$

اگر زاویه مماس بر نقطه پایان کلوئید را با θ_s نمایش دهیم، خواهیم داشت:

$$l_s = A\sqrt{2\theta_s}$$

$$\theta_s = \frac{l_s^2}{2A^2} = \frac{l_s}{2R}$$

از ترکیب روابط ارائه شده برای θ_s, θ رابطه کاربردی زیر حاصل می شود:

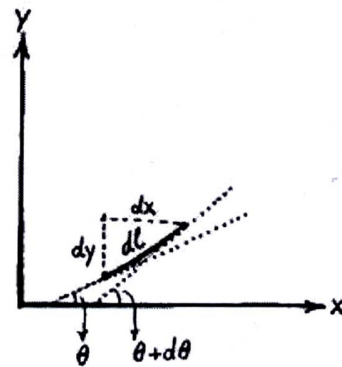
$$\theta = \left(\frac{l}{l_s}\right)^2 \cdot \theta_s$$

برای ارائه معادله قوس کلوئید در دستگاه مختصات کارترین (X,Y) نیز به صورت زیر عمل می شود:

$$dx = dl \cdot \cos \theta = dl \left(1 - \frac{\theta^2}{2!} + \frac{\theta^4}{4!} - \frac{\theta^6}{6!} + \dots\right)$$

$$dy = dl \cdot \sin \theta = dl \left(\theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!} + \dots\right)$$

$$(1), (2) \rightarrow dl = \frac{A^2}{l} \cdot d\theta \xrightarrow{(3)} dl = \frac{A^2}{A\sqrt{2\theta}} d\theta$$



با جایگزینی مقدار dl در روابط ارائه شده برای dx و dy خواهیم داشت:

$$dx = \frac{A}{\sqrt{2\theta}} \left(1 - \frac{\theta^2}{2!} + \frac{\theta^4}{4!} - \frac{\theta^6}{6!} + \dots\right) d\theta$$

$$dy = \frac{A}{\sqrt{2\theta}} \left(\theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!} + \dots\right) d\theta$$

با انتگرال گیری از روابط فوق، معادلات زیر برای مختصات X و Y حاصل می شود:

$$x = A\sqrt{2\theta} \left(1 - \frac{\theta^2}{10} + \frac{\theta^4}{216} - \frac{\theta^6}{9360} + \dots\right)$$

در این روابط θ بر حسب رادیان می باشد.

$$y = A\sqrt{2\theta} \left(1 - \frac{\theta}{3} - \frac{\theta^3}{42} + \frac{\theta^5}{1320} - \dots \right)$$

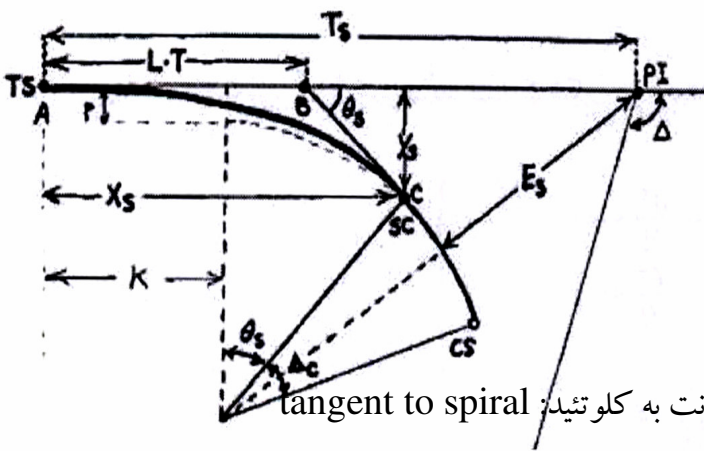
با استفاده از روابط $l = A\sqrt{2\theta}$, $\theta = \frac{l^2}{2A^2}$ که قبلا ارائه شد، می توان معادلات X و Y را به صورت زیر

نوشت:

$$x = l - \frac{l^5}{40A^4} + \frac{l^9}{3456A^8} - \dots$$

$$y = \frac{l^3}{6A^2} - \frac{l^7}{336A^6} + \frac{l^{11}}{42240A^{10}} - \dots$$

۶- اجزای قوس کلوئید



TS: نقطه شروع کلوئید: نقطه تغییر از تانژانت به کلوئید: tangent to spiral

SC: نقطه پایان کلوئید: نقطه تغییر از کلوئید به دایره: spiral to circle

CS: نقطه پایان دایره: نقطه تغییر از دایره به کلوئید: circle to spiral

PI: نقطه تقاطع تانژانتها:

LS: طول کل کلوئید: فاصله نقطه تا (از روابط قبل محاسبه می شود)

L: طول کلوئید تا نقطه معین بر روی آن

θ_s : زاویه کلوئید

$$\theta = \left(\frac{1}{l} \right) \theta_s \text{ زاویه خط مماس در نقطه متناظر با طول}$$

Δ : زاویه تقاطع دو امتداد مسیر (بوسیله طراح تعیین می شود)

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \leftarrow \text{زاویه مرکزی مقابل به قسمت دایره}$$

TS: طول کل خط مماس: $T_s = k + (R_c + P) \tan \frac{\Delta}{2}$

ES: فاصله خارجی یا غیر قوسی: $E_s = (R_c + P) \sec \frac{\Delta}{2} - R_c = (R_c + P)(\sec \frac{\Delta}{2} - 1) = p$

L.T: طول مماس بزرگ کلوئید $L.T = AB = X_s - \frac{Y_s}{\tan \theta_s}$

S.T: طول مماس کوچک کلوئید $S.T = BC = \frac{Y_s}{\sin \theta_s}$

RC: شعاع قوس دایره

X: طول هر نقطه بر روی کلوئید

XS: طول نقطه پایان کلوئید (SC)

Y: عرض هر نقطه بر روی کلوئید

YS: عرض نقطه پایان کلوئید ()

P: فاصله مماس دایره موازی با مماس کلوئید $P = Y_s - R_c(1 - \cos \theta_s)$

K: فاصله مرکز دایره تا نقطه شروع کلوئید $k = X_s - R_c \sin \theta_s$

۳-۶- مطالعات سرعت نقطه ای

سرعت نقطه ای تنها سرعت قابل اندازه گیری در جریان ترافیک می باشد. نتایج حاصل از اندازه

گیری سرعتهای نقطه ای بر اساس روشهای آماری خاص مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند و طی این

فرآیند که مطالعات سرعت نقطه ای نامیده می شود. سایر سرعتهای مورد نیاز در شرایط محیطی و زمانی

خاص استنتاج می گردد. مهمترین اهداف مورد نظر از انجام مطالعات سرعت نقطه ای را می توان به

شروع زیر خلاصه نمود:

۱- تعیین پارامترهای عملکردی و کنترلی

-حدود سرعت (سرعت مجاز یا ۸۵ درصد، سرعت حداقل یا ۱۵ درصد)

-سرعت مجاز ورود به تقاطع برای زمانبندی چراغ راهنمایی

-سرعت مجاز مسیرها و محل های عبور دانش آموزان

-محل نصب تابلوها و علائم ترافیکی

-تعیین محدوده سبقت ممنوع

۲-تامین عناصر طرح هندسی راه

-مشخصات قوسهای افقی و قائم

-میزان بریلندی یا دور

-شیب طولی مجاز و حداکثر طول بحرانی هر شیب

-طول خطوط تغییر سرعت

-طول مناطق سبقت ممنوع

-مسافتهای دید

۳-تحلیل ظرفیت راه

۴-ارزیابی ایمنی راه

-شناسایی نقاط حادثه خیز

-تحلیل تصادفات

-تحقیق در مورد شکایات

۵-اندازه گیری میزان تاثیر وسایل کنترل ترافیک و اعمال مقررات

۳-۶-۱-روش خلاصه کردن و تحلیل داده های سرعت نقطه ای

از آنجا که در مطالعات سرعت، تعداد نسبتاً زیادی سرعت لحظه ای اندازه‌گیری می‌شود (جدول ۱) لازم است که روشهای آماری را برای تجزیه، تحلیل و تعیین توزیع سرعتها بکار بست. مراحل این کار به شرح زیر می‌باشد:

۱- تشکیل جدول توزیع فراوانی

- در ستون ۱ این جدول، سرعتها را با فواصل مساوی و معین به طبقاتی تقسیم می‌کنند. این فاصله را فرجه طبقات می‌نامند و عوامل موثر در تعیین آن عبارتند از: دقت اندازه‌گیری سرعتها، تعداد سرعتهای اندازه‌گیری شده، حداقل و حداکثر سرعت اندازه‌گیری شده
- متوسط سرعت هر طبقه در ستون ۲ جدول یادداشت می‌شود.
- تعداد سرعتهای مشاهده شده در محدوده تغییرات سرعت هر طبقه در ستون ۳ وارد می‌شود.
- درصد فراوانی هر طبقه در ستون ۴ و درصد فراوانی تجمعی در ستون ۵ یادداشت می‌شود.
- دو ستون آخر جدول توزیع فراوانی حاصل ضربهای ساده ای هستند که در محاسبه انحراف معیار مورد استفاده قرار می‌گیرند.

جدول (۱): داده‌های سرعت نقطه ای حاصل از یک جاده برون شهری

شماره اتومبیل	سرعت mph	شماره اتومبیل	سرعت mph	شماره اتومبیل	سرعت mph	شماره اتومبیل	سرعت mph
۱	۳۵/۱	۲۳	۴۶/۱	۴۵	۸/۴۷	۶۷	۵۶
۲	۴۴	۲۴	۵۴/۲	۴۶	۴۷/۱	۶۸	۴۹/۱
۳	۴۵/۸	۲۵	۵۲/۳	۴۷	۳۴/۸	۶۹	۴۹/۲
۴	۴۴/۳	۲۶	۵۷/۳	۴۸	۵۲/۴	۷۰	۵۶/۴

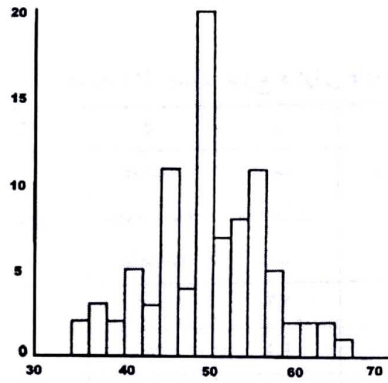
5	39/3	27	49/8	49	49/1	71	48/5
6	54	28	57/8	50	37/1	72	45/4
7	42/1	29	39/8	51	95	73	48/9
8	50/1	30	55/8	52	49/5	74	52
9	51/8	31	43/3	53	52/2	75	49/8
10	50/8	32	55/3	54	48/4	76	93/4
11	38/3	33	39	55	42/8	77	90/1
12	44/9	34	53/7	56	49/5	78	48/8
13	45/2	35	40/8	57	48/9	79	52/1
14	41/1	36	54/5	58	41/2	80	48/7
15	55/1	37	51/9	59	48	81	91/8
16	50/2	38	51/7	60	58	82	59/5
17	54/3	39	50/3	61	49	83	48/2
18	45/4	40	59/8	62	41/8	84	92/1
19	55/2	41	40/3	63	48/3	85	93/3
20	45/7	42	55/1	64	45/9	86	53/4
21	54/1	43	45	65	44/7		
22	54	44	48/3	66	49/5		

جدول (۲): جدول توزیع فراوانی داده های سرعت

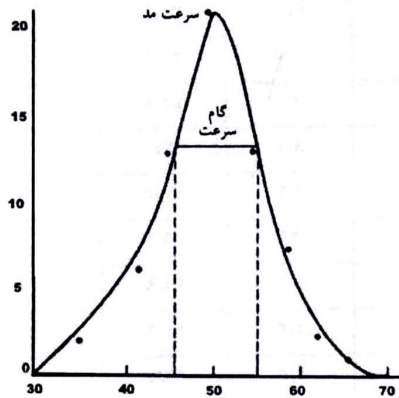
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
دسته سرعت mile/h	متوسط دسته	فراوانی دسته	درصد مشاهدات دسته	درصد تجمعی همه مشاهدات	$n \times s^{2n \times s}$	$n \times s^2$
۳۴-۳۵/۹	۳۵	۲	۲/۳	۲/۳		
۳۶-۳۷/۹	۳۷	۳	۳/۵	۵/۸		
۳۸-۳۹/۹	۳۹	۲	۲/۳	۸/۱		
۴۰-۴۱/۹	۴۱	۵	۵/۸	۱۳/۹		
۴۲-۴۳/۹	۴۳	۳	۳/۵	۱۷/۴		
۴۴-۴۵/۹	۴۵	۱۱	۱۲/۸	۳۰/۲		
۴۶-۴۷/۹	۴۷	۴	۴/۷	۳۴/۹		
۴۸-۴۹/۹	۴۹	۱۸	۲۱	۵۵/۹		
۵۰-۵۱/۹	۵۱	۷	۸/۱	۶۴		
۵۲-۵۳/۹	۵۳	۸	۹/۳	۷۳/۳		
۵۴-۵۵/۹	۵۵	۱۱	۱۲/۸	۸۶/۱		
۵۶-۵۷/۹	۵۷	۵	۵/۸	۹۱/۹		
۵۸-۵۹/۹	۵۹	۲	۲/۲	۹۴/۲		
۶۰-۶۱/۹	۶۱	۲	۲/۳	۹۶/۵		
۶۲-۶۳/۹	۶۳	۲	۲/۳	۹۸/۸		
۶۴-۶۵/۹	۶۵	۱	۱/۲	۱۰۰		
		۸۶				

۲- رسم منحنی توزیع فراوانی و منحنی توزیع فراوانی تجمعی

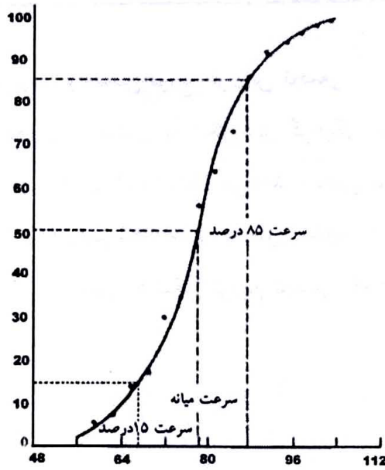
تحلیل گران می توانند داده های سرعت را به شکل های گرافیکی مختلفی نشان دهند. شکل (۱) نمودار میله ای داده های طبقه بندی شده در جدول (۲) را نشان می دهد. منحنی توزیع فراوانی داده ها نیز با استفاده از ستون درصد مشاهدات در شکل (۲) رسم شده است. به طور مشابه، با استفاده از ستون درصد تجمعی مشاهدات و سرعتهای نظیر آنها می توان به منحنی S شکل توزیع تجمعی که در شکل (۳) رسم شده است، دست یافت.



شکل (۱): نمودار میله‌ای داده‌های سرعت نقطه‌ای



شکل (۲): منحنی توزیع فراوانی



شکل (۳): منحنی توزیع فراوانی تجمعی

۳- محاسبه پارامترهای آماری

بر اساس منحنی های توزیع فراوانی و توزیع تجمعی فراوانی، پارامترهای آماری مهمی را می توان محاسبه نمود. این پارامترها شاخصهای مرکزگرایی (سرعت متوسط، سرعت میانه، سرعت مد و گام سرعت) و شاخصهای پراکندگی (انحراف از معیار، سرعت ۸۵ درصد و سرعت ۱۵ درصد) توزیع سرعت را مشخص می کند. همچنین اگر بر اساس آزمونهای ریاضی بتوان صحت نرمال بودن توزیع ریاضی سرعت را اثبات نمود، می توان تحلیلهای دیگری را نیز بر روی داده های سرعت انجام داد که مباحث مربوط به آن در درس مهندسی ترافیک پیشرفته ارائه می شود.