نقشه برداری مسیر

۱- مقدمه و کلیات

مدرس:

دکتر فرید کریمی پور

استادیار گروه مهندسی نقشه برداری،
پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

ایمیل: fkarimipr@ut.ac.ir
وبسایت: https://sites.google.com/site/faridkarimipour

مقدمه

- توسعه راههای ارتباطی، یکی از خدمات مهم عمرانی و زیربنای توسعه اقتصادی و اجتماعی کشورها به شمار می‌رود. احساس نیاز، اعم از سیاسی، اجتماعی یا اقتصادی، اولین قدم در ایجاد یک راه است. به عبارت دیگر، احداث راه بایستی بر اساس یکی از پارامترهای مذکور، توجیه‌پذیر باشد.
- راه ارتباطی می تواند مربوط به حمل و نقل (مانند جاده و راه آهن)، انتقال مواد (مانند آب و گاز) و یا انتقال نیرو (مانند برق و تلفن) باشد.

تمرکز اصلی این درس بر روی راههای حمل و نقل جاده ای می باشد.

مقدمه

- پس از آنکه تصمیم برای احداث یک راه اتخاذ گردید، بایستی مسیری را که برای احداث آن مناسب است، تعیین نمود.
- احداث راه و مراحل مختلف آن از جمله خاکبرداری، خاکریزی، احداث تونل و پل، روسازی و غیره، هزینه بسیار بالایی دارد. بنابراین، تعیین مسیری که بتواند علاوه بر سرعت و کیفیت مناسب، هزینه‌های احداث را کاهش دهد، بسیار مهم و ضروری است.
- در تعیین مسیر، پارامترهای مهمی از جمله طول راه، شیب، جنس زمین، کاربری اراضی، حجم عملیات خاکی، هزینه های احداث و غیره دخیل هستند. بدین ترتیب، مسیری که بتواند توازنی بین این پارامترها ایجاد نماید، مسیر بهینه خواهد بود.

مقدمه

- پس از تعیین مسیر مناسب، بایستی بر اساس میزان عبور و مرور و نوع اتومبیل‌هایی که قرار است از راه استفاده نمایند و نیز پارامترهای دیگری مانند اهمیت سیاسی و اقتصادی راه، تعداد خطوط، عرض راه، ضخامت و جنس روسازی آن را تعیین نمود.
- بروز هر گونه اشتباه در تعیین استفاده‌کنندگان آتی راه از لحاظ کمی و کیفی، ممکن است موجب گردد مسیری که با صرف هزینه و وقت بسیاری احداث شده است، به دلیل کیفیت هندسی پایین طراحی، پس از مدت کوتاهی کارایی خود را از دست داده و بدون استفاده بماند.

مقدمه

- همچنین بایستی با تعیین دقیق حوزه‌های آبریز منطقه و پیش‌بینی میزان سیلاب در طول عمر راه، آن را در برابر بارندگی‌ها و سیلاب‌ها ایمن نموده و با احداث پلها، آبروها و سایر تجهیزات، از تخریب راه بر اثر این عوامل جلوگیری به عمل آورد.
- در نهایت، عملیات مربوط به احداث راه (شامل پیاده سازی مسیر طراحی شده، خاکبرداری و خاکریزی، روسازی و ...) و احداث سازه ها و تجهیزات (مانند تونل، پل، آبراهه و ...) انجام می گیرد.

مراحل اصلی احداث راه

i. تعیین بهترین مسیر کلی (تقریبی) بین مبدأ و مقصد

ii. یافتن بهترین ترکیب از راستاها، قوسها، شیبها و سایر جزئیات مربوط به مسیر انتخاب شده

iii. پیاده سازی اجزاء مسیر انتخاب شده

مراحل اصلی احداث راه

i) تعیین بهترین مسیر کلی (تقریبی) بین مبدأ و مقصد

- انتخاب مسیرهای (واریانتهای) مختلف بین مبدأ و مقصد
- بازدید از منطقه طرح و بررسی کارشناسی مسیرهای انتخابی
- انتخاب بهترین مسیر (واریانت) پیشنهادی

مراحل اصلی احداث راه

i) تعیین بهترین مسیر کلی (تقریبی) بین مبدأ و مقصد

- استفاده از تصاویر هوایی، نقشه های ارتفاعی و مسطحاتی
- طراحی مسیر کلی بر اساس حداکثر شیب مجاز (بر اساس نوع و درجه راه) با استفاده از نقشه های ارتفاعی
- کنترل سایر پارامترهای مربوط به مسیر حاصل (مانند جنس زمین، کاربری اراضی و ...) با استفاده از نقشه های مسطحاتی، عکس های هوایی، بازدید زمینی و ...

مراحل اصلی احداث راه

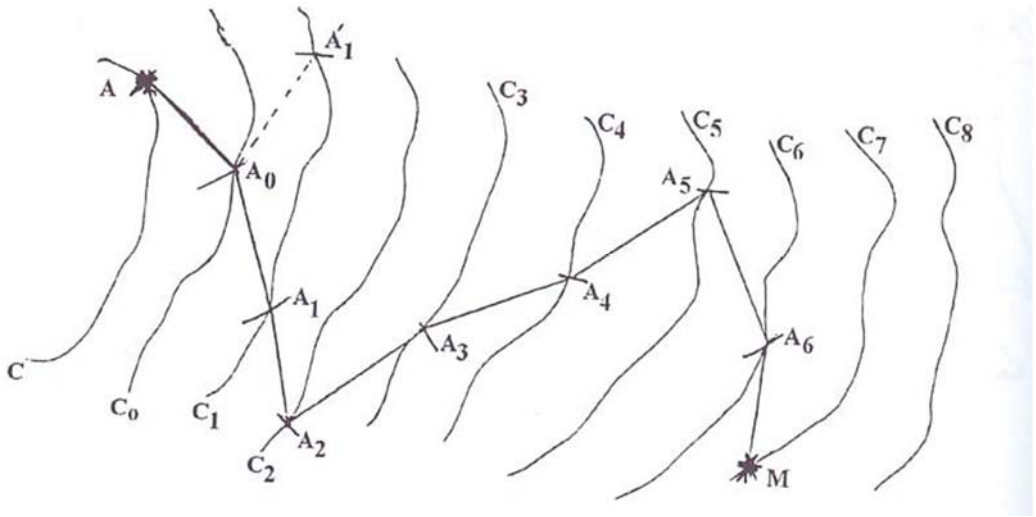
i) تعیین بهترین مسیر کلی (تقریبی) بین مبدأ و مقصد

مثال: برای تعیین مسیر یک راه اصلی درجه یک (با حداکثر شیب مجاز ۷٪) با استفاده از نقشه ارتفاعی با منحنی میزانهای ۲۰ متری و مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ داریم:

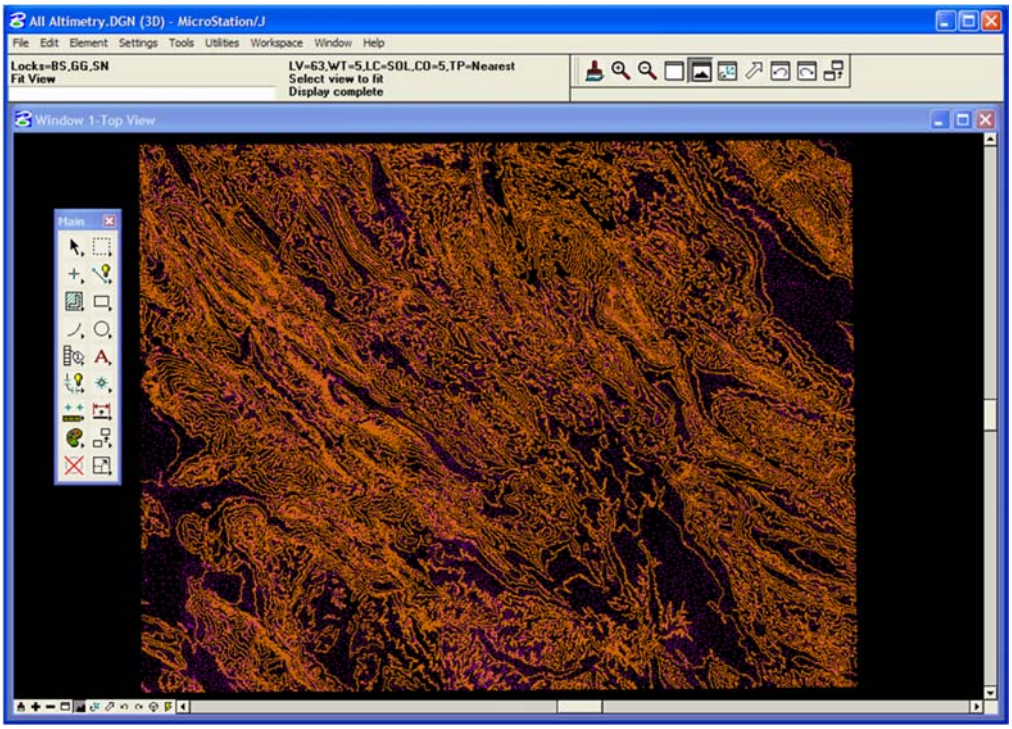
$$\tan\alpha = p = \frac{\Delta h}{L} \Rightarrow L = \frac{\Delta h}{p} = \frac{20}{0.07} = 285.714m$$

که این طول در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برابر ۱۱/۴۲ میلیمتر است. یعنی اگر از فاصله بین دو منحنی میزان متوالی، با طولی بیش از ۱۱/۴۲ میلیمتر عبور کنیم، حداکثر شیب ۷٪ خواهد بود.

مراحل اصلی احداث راه

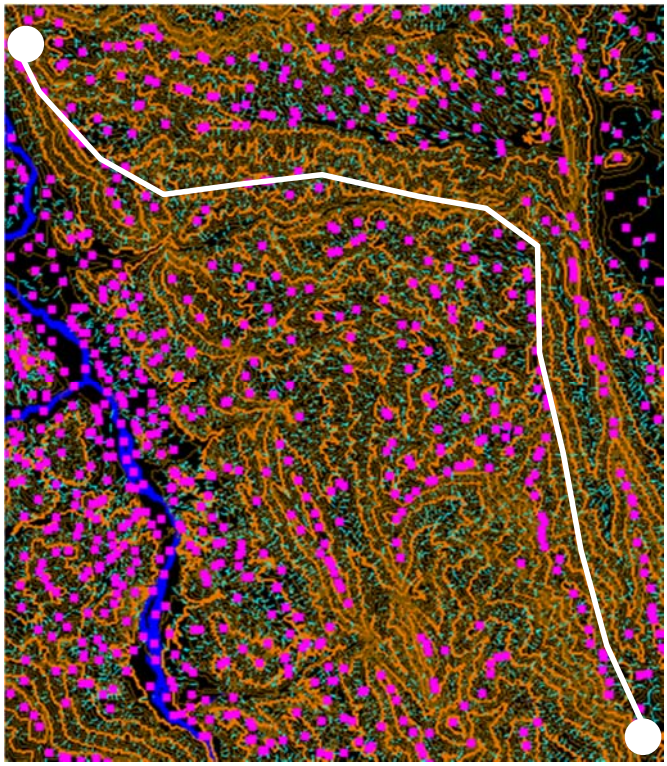


مراحل اصلی احداث راه



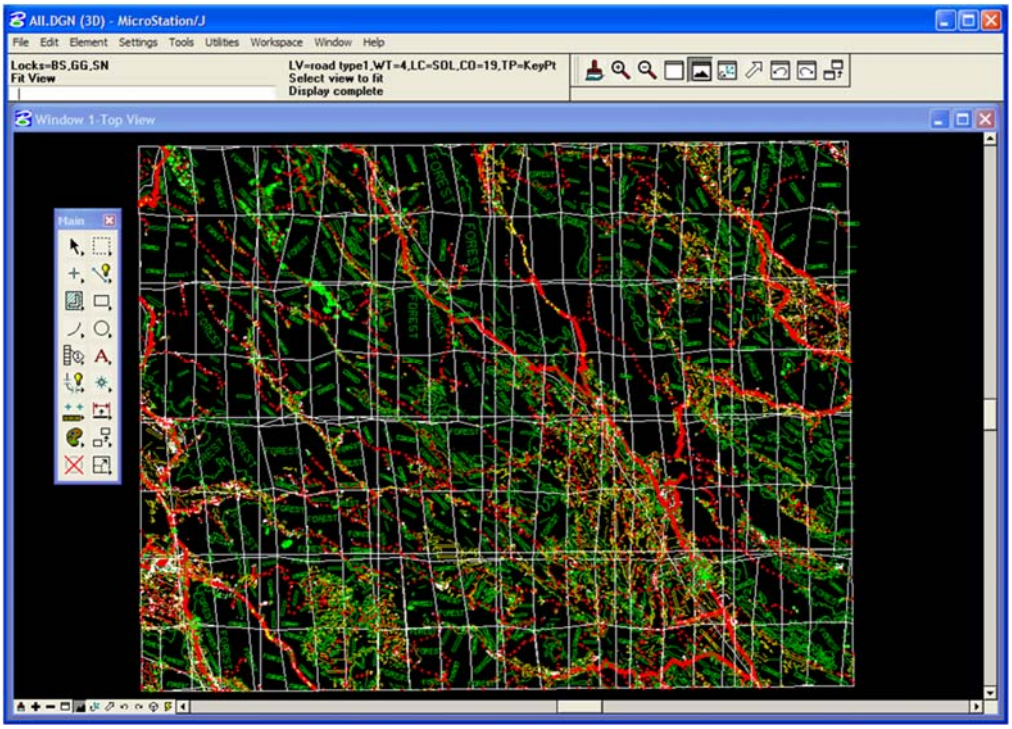
نقشه ارتفاعی

مراحل اصلی احداث راه



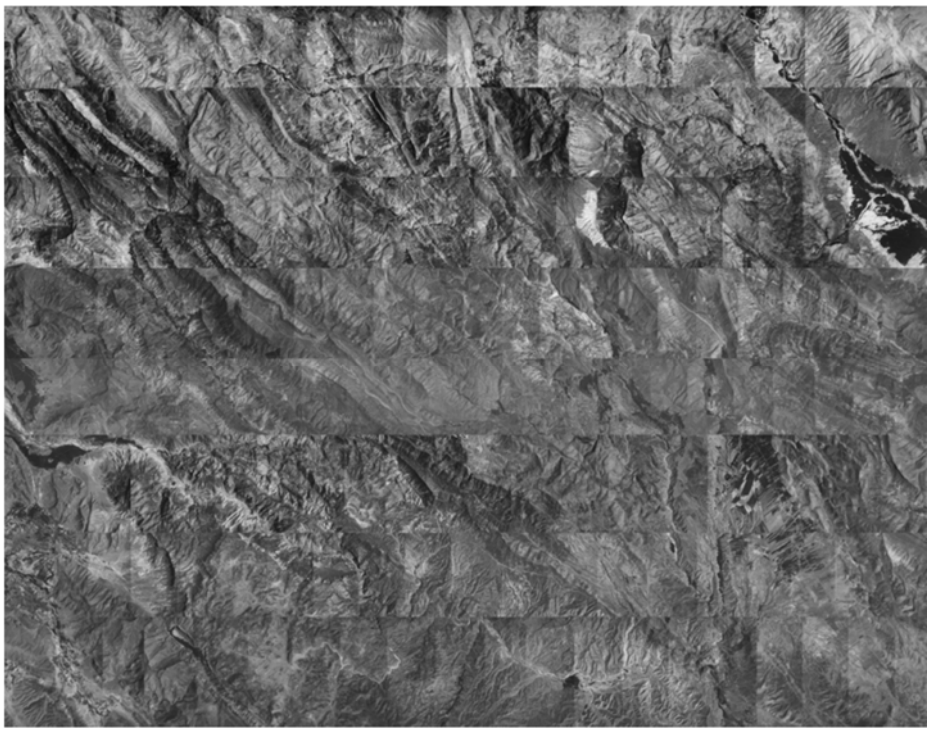
بخشی از یک نقشه ارتفاعی و طراحی مسیر بر روی آن

مراحل اصلی احداث راه



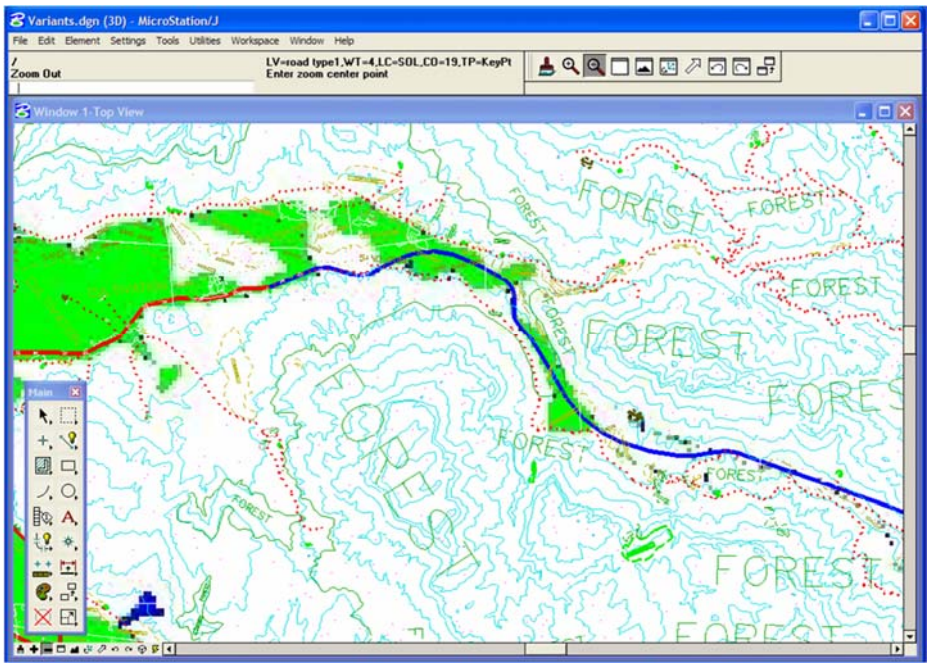
نقشه مسطحاتی

مراحل اصلی احداث راه



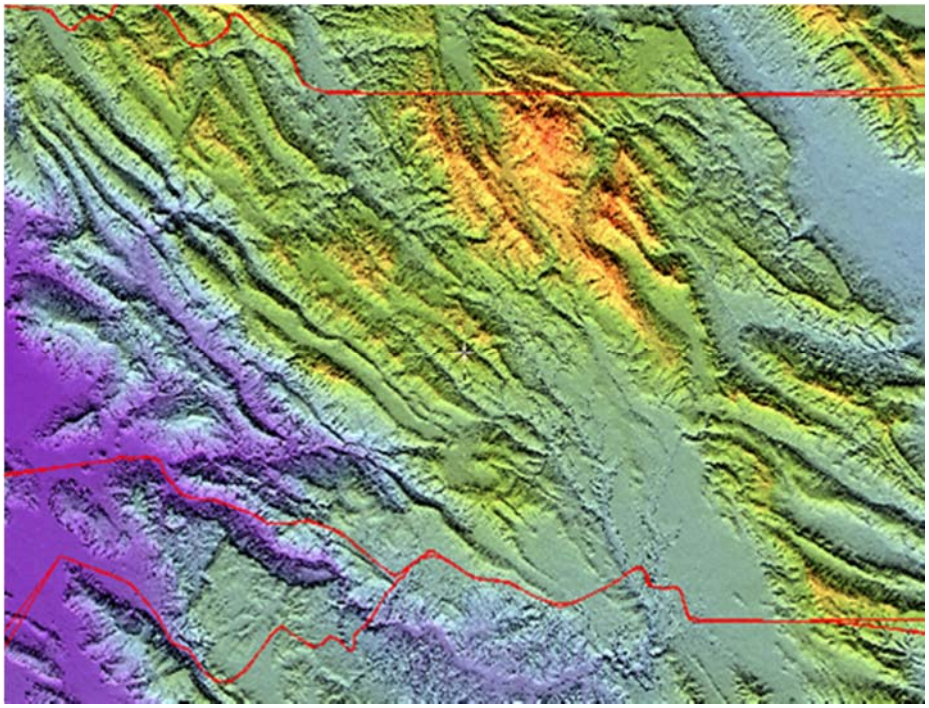
عکسهای هوایی موزاییک شده

مراحل اصلی احداث راه



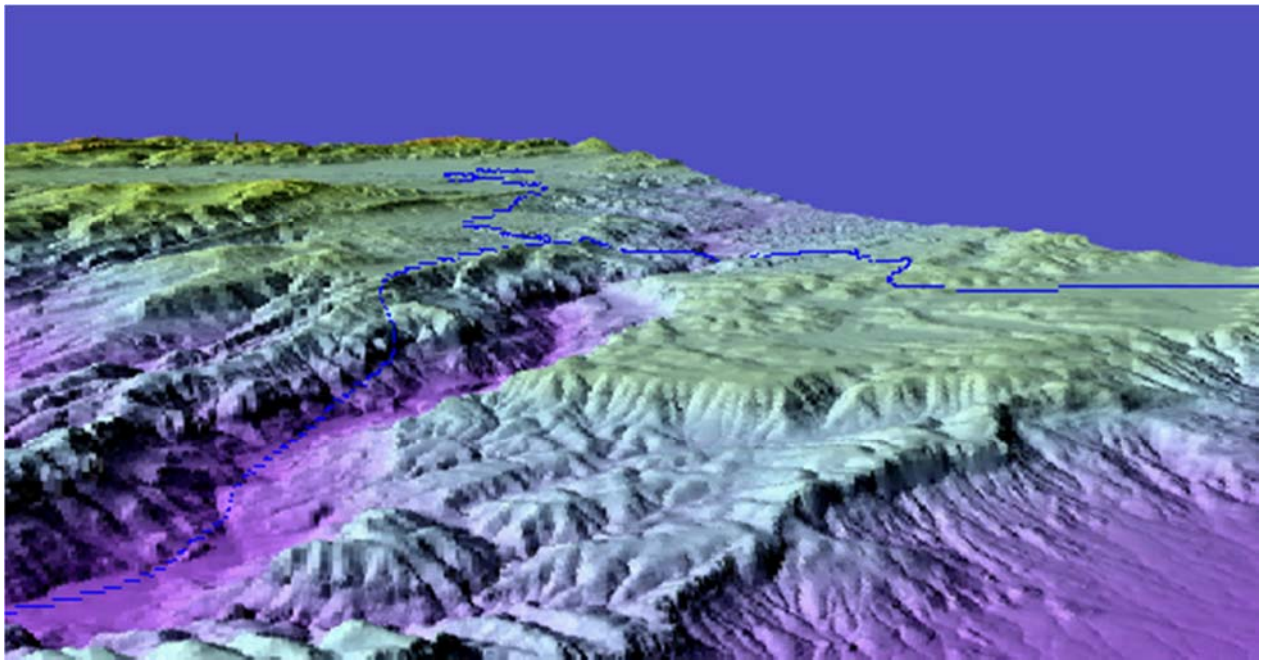
نمایش یکی از واریانتها بر روی نقشه مسطحاتی

مراحل اصلی احداث راه



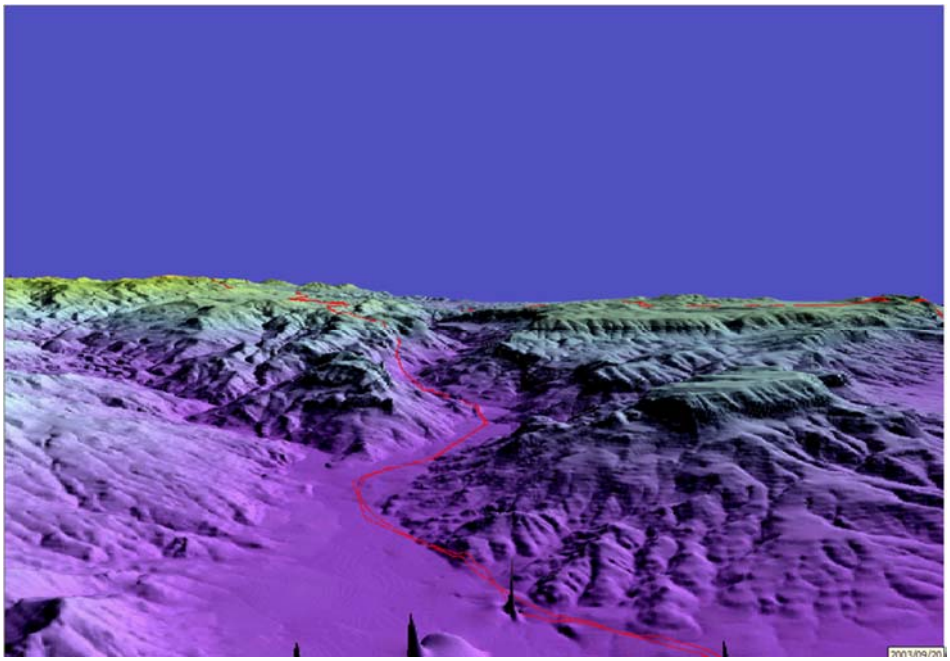
نمایش واریانتها بر روی مدل ارتفاعی منطقه

مراحل اصلی احداث راه



نمایش واریانتها بر روی مدل سه بعدی منطقه

مراحل اصلی احداث راه



کنترل واریانتها با مدل سه بعدی منطقه

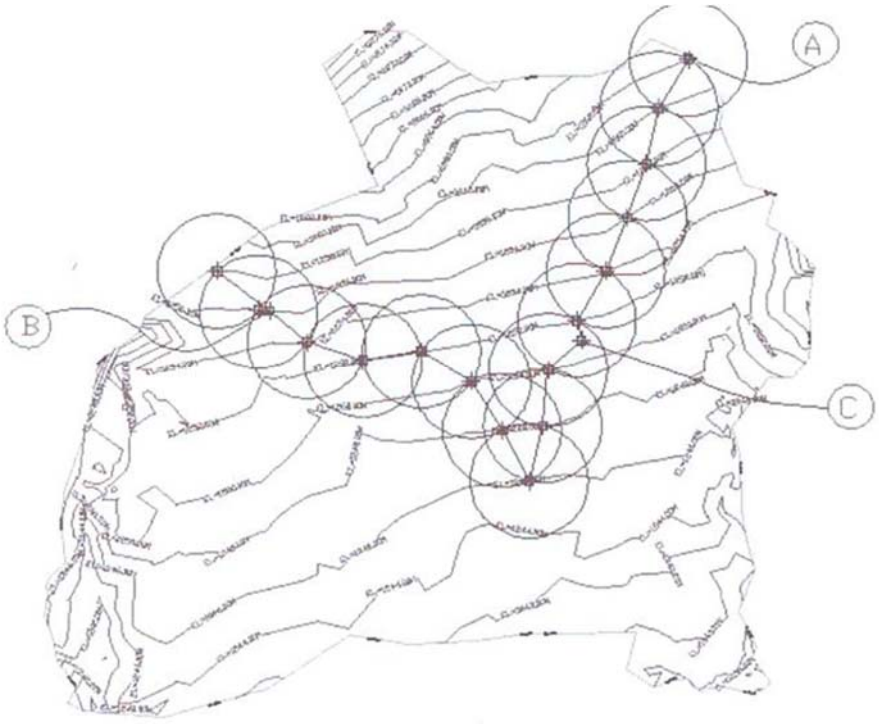
مراحل اصلی احداث راه

ii) یافتن بهترین ترکیب از راستاها، قوسها، شیبها و سایر جزئیات مربوط به مسیر انتخاب شده

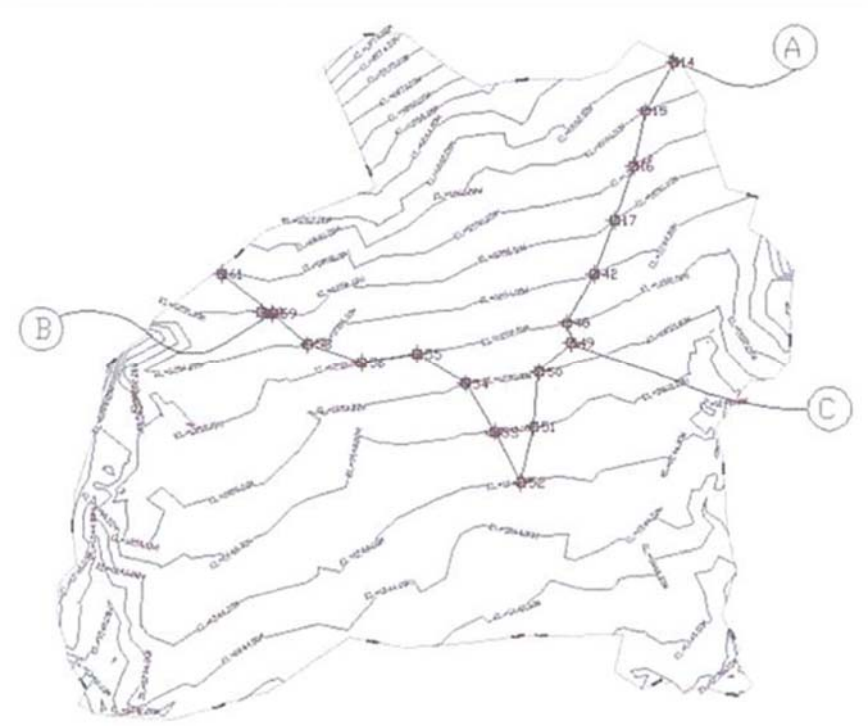
- تهیه نقشه توپوگرافی بزرگ مقیاس (معمولاً ۱:۲۰۰۰) در باند ۲۰۰، ۳۰۰ یا ۴۰۰ متر از مسیر انتخاب شده

- طراحی مسیر با توجه به مشخصات فنی شامل خطوط مستقیم، قوسها، پلها، تونلها و آبروها و غیره

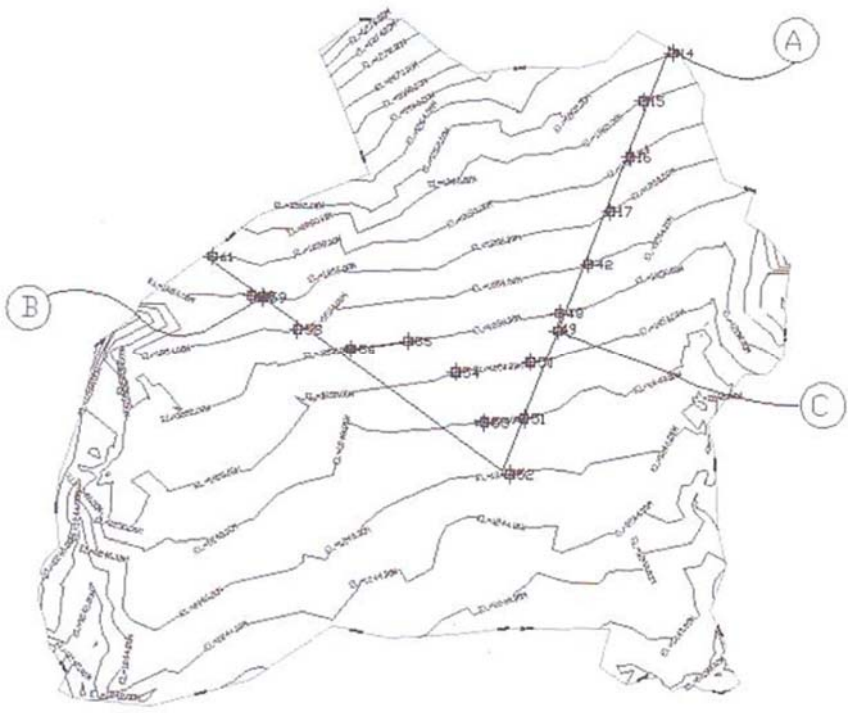
مراحل اصلی احداث راه



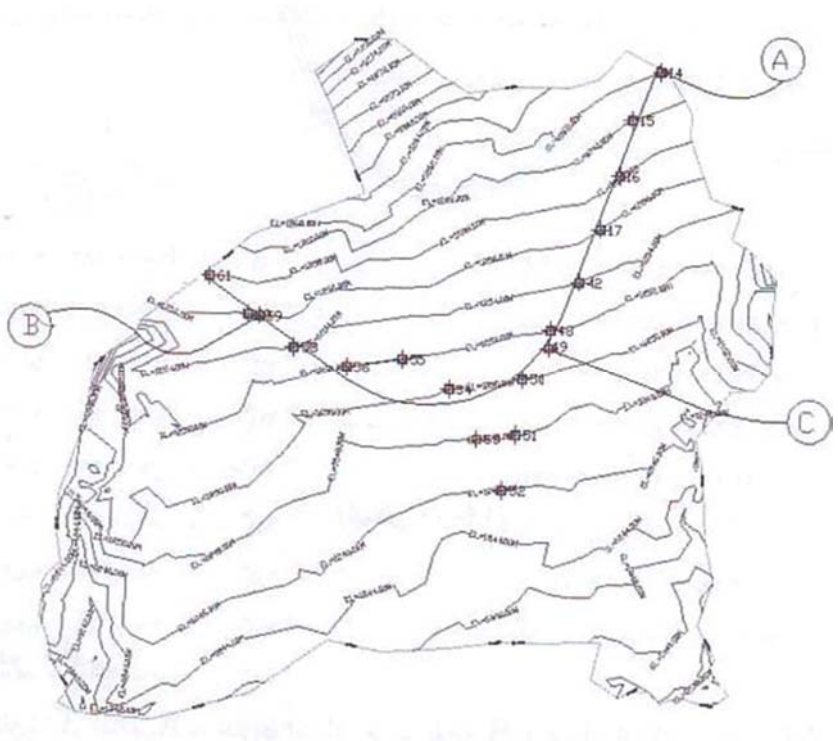
مراحل اصلی احداث راه



مراحل اصلی احداث راه



مراحل اصلی احداث راه



مراحل اصلی احداث راه

iii) پیاده سازی اجزاء مسیر انتخاب شده

- پیاده کردن مؤلفه افقی مسیر
- تهیه نیمرخ طولی از مسیر و انتخاب خط پروژه طولی
- تهیه نیمرخهای عرضی از مسیر و انتخاب خط پروژه عرضی
- محاسبه حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی
- برآورد هزینه احداث
- اجرای عملیات ساختمانی راه

نقشه برداری مسیر

نقشه برداری مسیر شامل کلیه محاسبات دفتری و فعالیتهای میدانی مرتبط با طراحی و پیاده سازی یک مسیر می باشد.

تعاریف اولیه

- **مبدأ مسیر:** نقطه ای که کلیه اندازه گیری های افقی نسبت به آن سنجیده می شود.

- **کیلومتراژ:** فاصله افقی یک نقطه (مانند A) تا مبدأ مسیر که به صورت زیر نمایش داده می شود:

$$km_A = xxx^{km} + yyy.zzz^{m}$$

- **سومه:** نقطه ای که مسیر در آن تغییر جهت می دهد و در نتیجه نیاز به طراحی یک قوس دارد.

تعاریف اولیه

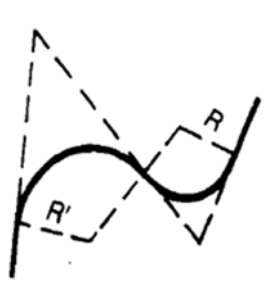
- **سرعت طرح:** سرعتی که یک وسیلهٔ نقلیه، بدون حضور وسایل نقلیه دیگر می‌تواند داشته باشد بدون آنکه با خطر مواجه گردد. سرعت طرح بستگی به طرح هندسی راه دارد و عددی است که طراح برای محاسبهٔ اجزای هندسی راه انتخاب می‌کند.
- **حداکثر شیب مجاز:** حداکثر شیب مجاز برای یک مسیر بر اساس نوع و درجه راه (برای بزرگراه و راه درجه یک ۴٪، راه درجه دو ۷٪، راه درجه سه ۱۰٪ و جاده های کوهستانی ۱۵٪)
- **فاصله دید توقف:** حداقل فاصله ای که وسیله نقلیه از لحظه مشاهده مانع توسط راننده تا توقف طی می کند.

مؤلفه افقی مسیر (پلان مسیر)

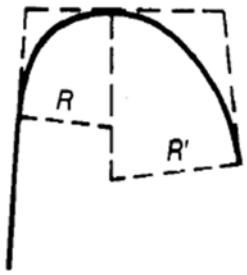
- تصویر مسیر بر روی صفحه افقی
- ترکیبی از خطوط مستقیم افقی و قوسهای افقی (جهت ارتباط دو امتداد مستقیم)

- **انواع قوسهای افقی**
  - قوس ساده (دایره ای)
  - قوس مرکب
  - قوس معکوس
  - قوس اتصال (کلوتوئید، لمینسکات، درجه ۳)
  - قوس سرپانتین

انواع قوسهای افقی



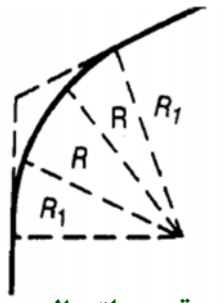
قوس معکوس



قوس مرکب

قوس ساده

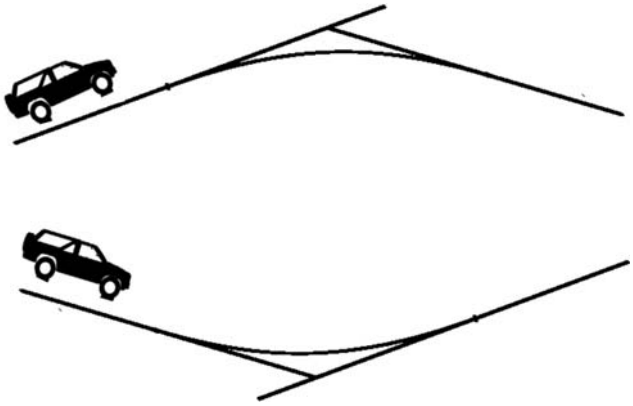
قوس سرپانتین



قوس اتصال

مؤلفه قائم مسیر (نمیرخ طولی)

- تصویر مسیر بر روی صفحه قائم
- ترکیبی از خطوط مستقیم شیبدار و قوسهای قائم (جهت ارتباط دو امتداد مستقیم در صفحه قائم)



- **انواع قوسهای قائم**
  - قوس ساده (دایره ای)
  - قوس سهمی درجه دو
  - قوس سهمی درجه سه
  - قوس مرکب

سرفصل مطالب بخش تئوری

- مقدمه و کلیات

- انواع قوسهای افقی و قائم
  - معرفی
  - اجزاء اصلی
  - پیاده سازی
- تهیه نیمرخهای طولی و عرضی
- محاسبه حجم عملیات خاکی

- مروری بر آیین نامه ها و قوانین طراحی هندسی راه

فعالیتهای بخش عملیات

- عملیات زمینی
  - برداشت
  - طراحی
  - پیاده سازی
- برنامه نویسی
- نرم افزار

برنامه زمانبندی جلسات تئوری
سه شنبه ۱۲-۱۰

ردیف	تاریخ	موضوع
۱	۹۲/۱۱/۸	مقدمه و کلیات
۲	۹۲/۱۱/۱۵	قوس ساده
۳	۹۲/۱۱/۲۲	
۴	۹۲/۱۱/۲۹	قوس مرکب
۵	۹۲/۱۲/۶	قوس معکوس – قوس سرپانتین
۶	۹۲/۱۲/۱۳	قوس اتصال
۷	۹۲/۱۲/۲۰	
۸	۹۳/۱/۱۹	حل تمرین
۹	۹۳/۱/۲۶	حل تمرین
۱۰	۹۳/۲/۲	**امتحان میان ترم**
۱۱	۹۳/۲/۹	قوس قائم
۱۲	۹۳/۲/۱۶	تهیه نیمرخهای طولی و عرضی – محاسبه حجم عملیات خاکی
۱۳	۹۳/۲/۲۳	مروری بر آیین نامه ها و قوانین طراحی هندسی راه
۱۴	۹۲/۲/۳۰	
۱۵	۹۲/۳/۶	حل تمرین

برنامه زمانبندی جلسات
برنامه نویسی و نرم افزار
سه شنبه ۱۴-۱۲

ردیف	تاریخ	موضوع	
		نرم افزار	برنامه نویسی
۱	۹۲/۱۱/۸	–	
۲	۹۲/۱۱/۱۵	قوس ساده	–
۳	۹۲/۱۱/۲۲	–	قوس ساده
۴	۹۲/۱۱/۲۹	قوس مرکب	
۵	۹۲/۱۲/۶	قوس معکوس – قوس سرپانتین	
۶	۹۲/۱۲/۱۳	قوس اتصال	–
۷	۹۲/۱۲/۲۰	–	قوس اتصال
۸	۹۳/۱/۱۹	–	
۹	۹۳/۱/۲۶	–	
۱۰	۹۳/۲/۲	–	
۱۱	۹۳/۲/۹	قوسهای قائم	
۱۲	۹۳/۲/۱۶	نیمرخ های طولی و عرضی	
۱۳	۹۳/۲/۲۳	رفع اشکال	–
۱۴	۹۲/۲/۳۰	–	رفع اشکال
۱۵	۹۲/۳/۶	–	

برنامه زمانبندی جلسات عملیات
شنبه ۱۰–۸
دوشنبه ۱۰–۸

ردیف	تاریخ		موضوع
۱	۹۲/۱۱/۵	۹۲/۱۱/۷	جلسه توجیهی – گروه بندی
۲	۹۲/۱۱/۱۲	۹۲/۱۱/۱۴	برداشت
۳	۹۲/۱۱/۱۹	۹۲/۱۱/۲۱	
۴	۹۲/۱۱/۲۶	۹۲/۱۱/۲۸	
۵	۹۲/۱۲/۳	۹۲/۱۲/۵	
۶	۹۲/۱۲/۱۰	۹۲/۱۲/۱۲	
۷	۹۲/۱۲/۱۷	۹۲/۱۲/۱۹	طراحی
۸	۹۳/۱/۱۶	۹۳/۱/۱۸	
۹	۹۳/۱/۲۳	۹۳/۱/۲۵	پیاده سازی
۱۰	۹۳/۱/۳۰	۹۳/۲/۱	
۱۱	۹۳/۲/۶	۹۳/۲/۸	
۱۲	۹۳/۲/۱۳	۹۳/۲/۱۵	
۱۳	۹۳/۲/۲۰	۹۳/۲/۲۲	
۱۴	۹۲/۲/۲۷	۹۲/۲/۲۹	
۱۵	۹۲/۳/۳	۹۲/۳/۵	

نحوه ارزشیابی بخش تئوری

- امتحانات کلاسی: ۳ نمره
- تمرینات طول ترم: ۳ نمره
- آزمون میان ترم: ۷ نمره
- آزمون پایان ترم: ۷ نمره

نحوه ارزشیابی بخش عملیات

- عملیات زمینی: ۱۴ نمره
- برنامه نویسی: ۳ نمره
- نرم افزار: ۳ نمره

پایان

نقشه برداری مسیر

۲- قوس ساده (دایره ای)

مدرس:

دکتر فرید کریمی پور

استادیار گروه مهندسی نقشه برداری،

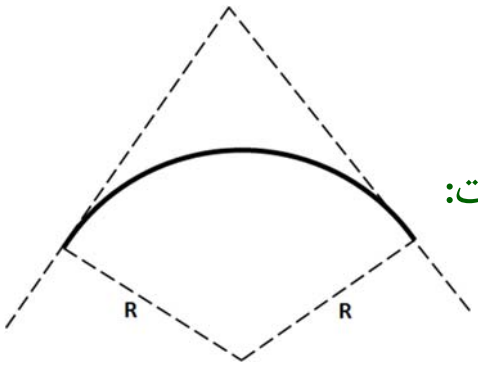
پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

ایمیل: fkarimipr@ut.ac.ir

وبسایت: https://sites.google.com/site/faridkarimipour

تعریف

- کمانی از یک دایره که مماس بر دو امتداد مستقیم متقاطع می باشد.
- در قوس ساده، تغییر انحراف نسبت به طول قوس (انحناء) ثابت است:



$$\frac{d\varphi}{ds} = k = cte$$

- عکس رابطه فوق (شعاع انحناء) نیز ثابت است:

$$\frac{ds}{d\varphi} = \frac{1}{k} = R = cte$$

- منحنی ای که شعاع انحناء آن در تمام طولش مقدار ثابتی باشد، دایره است. بنابراین، قوس ساده، کمانی از یک دایره به شعاع R می باشد

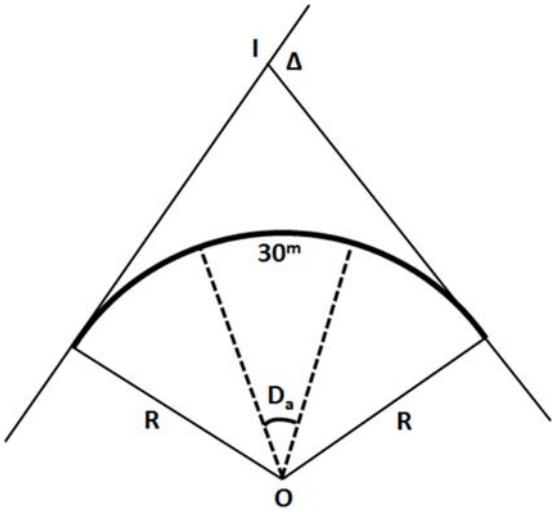
دلیل استفاده از قوس دایره ای

- اتصال دو امتداد مستقیم متقاطع به ساده ترین شکل ممکن

درجه قوس (D_a)

- پارامتری که میزان تیزی (sharpness) یا تختی (flatness) یک قوس را مشخص می کند.
- عبارتست از زاویه مرکزی یک کمان به طول ۳۰ متر بر روی قوس

$$D_a = \frac{1718.873}{R}$$

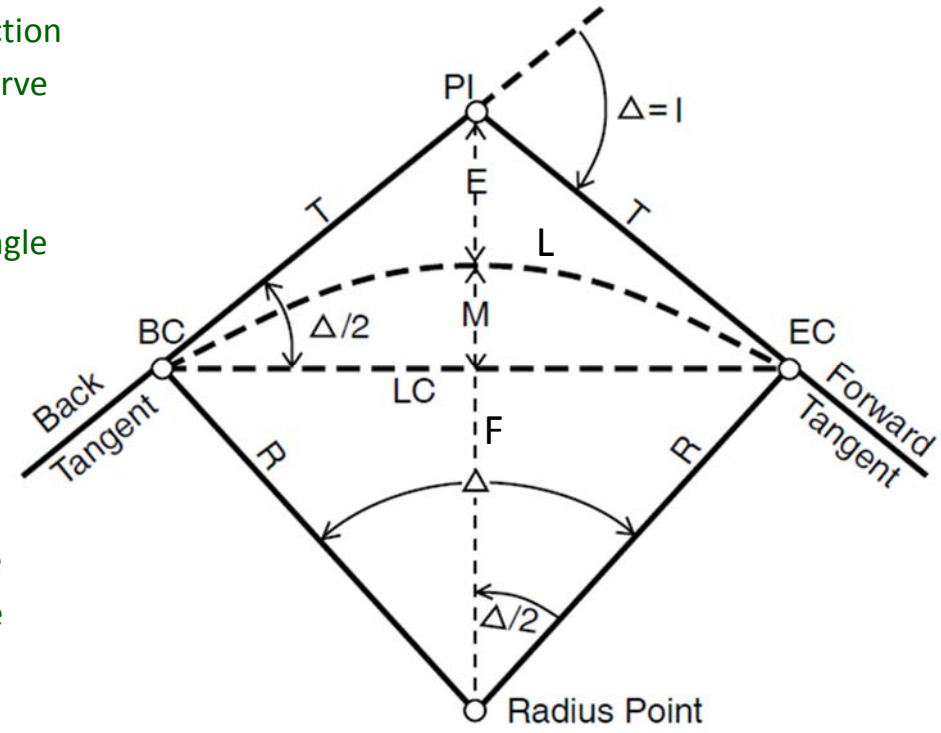


اجزاء قوس دایره ای

PI: Point of intersection
BC: Beginning of curve
EC: End of curve

Δ=I: Intersection angle
R: Radius

L: Length of curve
LC: Long chord
T: Tangent
M: Middle ordinate
E: External distance
F



اجزاء قوس دایره ای

$$L = R\Delta$$

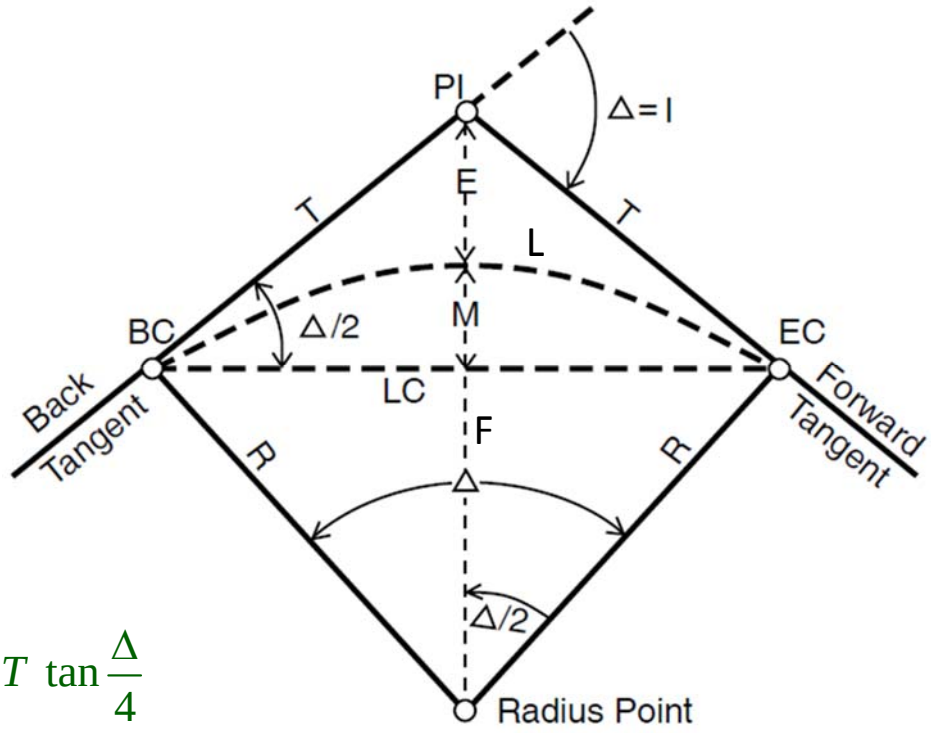
$$LC = 2R\sin\frac{\Delta}{2}$$

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2}$$

$$F = R\cos\frac{\Delta}{2}$$

$$M = R(1-\cos\frac{\Delta}{2})$$

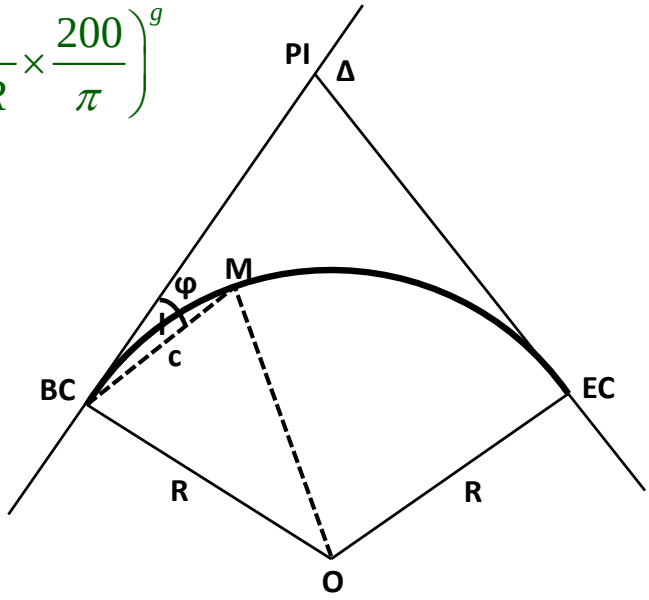
$$E = R(sec\frac{\Delta}{2}-1) = T\tan\frac{\Delta}{4}$$



اجزاء قوس دایره ای

$$\varphi = \left(\frac{l}{2R}\right)^{rad} = \left(\frac{l}{2R}\times\frac{180}{\pi}\right)^{\circ} = \left(\frac{l}{2R}\times\frac{200}{\pi}\right)^{g}$$

$$c = 2R\sin\varphi$$



$$l - c = 2R\varphi - 2R\sin\varphi = 2R(\varphi - \sin\varphi) \simeq \frac{l^3}{24R^2}$$

روشهای محاسبه شعاع قوس (R)

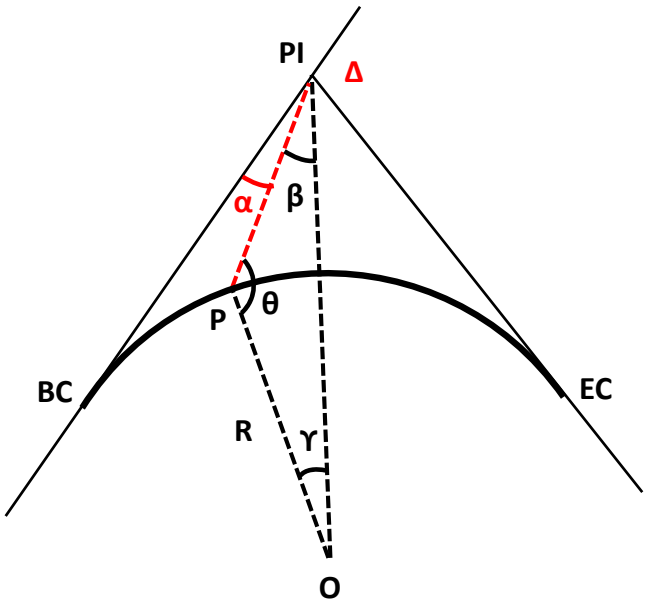
۱- تعیین R با توجه به شرایط جغرافیایی زمین و نقاط اجباری

$$\beta = \frac{180 - \Delta}{2} - \alpha$$

$$\theta = \sin^{-1}(\sin\beta \sec\frac{\Delta}{2})$$

$$\gamma = 180 - (\beta + \theta)$$

$$R = \frac{PI \sin\beta}{\sin\gamma}$$



روشهای محاسبه شعاع قوس (R)

۲- تعیین R با توجه به سرعت طرح

$$R = \frac{V^2}{127.2(e+f)}$$

V: سرعت طرح

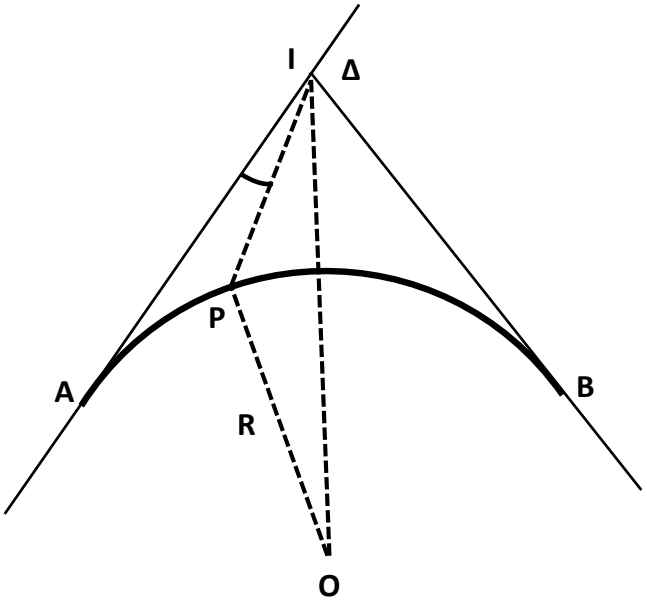
e: شیب عرضی (دِوِر)

f: ضریب اصطکاک جاده

۳- تعیین R با استفاده از جداول استاندارد

مسئله ۱-۲: زاویه تقاطع دو امتداد مستقیم برابر $44°18'$ است. اگر قرار بر اتصال این دو راستا توسط یک قوس دایره ای با درجه قوس $1°48'$ باشد، اجزاء این قوس را محاسبه کنید.

مسئله ۲-۲: دو راستای مستقیم AI و BI در نقطه I به کیلومتراژ 23+436.348 با زاویه 23°12' یکدیگر را قطع می کنند. اگر قرار بر اتصال این دو راستا توسط یک قوس دایره ای باشد که از نقطه P با مشخصات زیر بگذرد، اجزاء این قوس و کیلومتراژ نقاط ابتدا و انتهای آن را محاسبه کنید.



$$PI = 55m$$

$$A\hat{I}P = 12^{\circ}47'$$

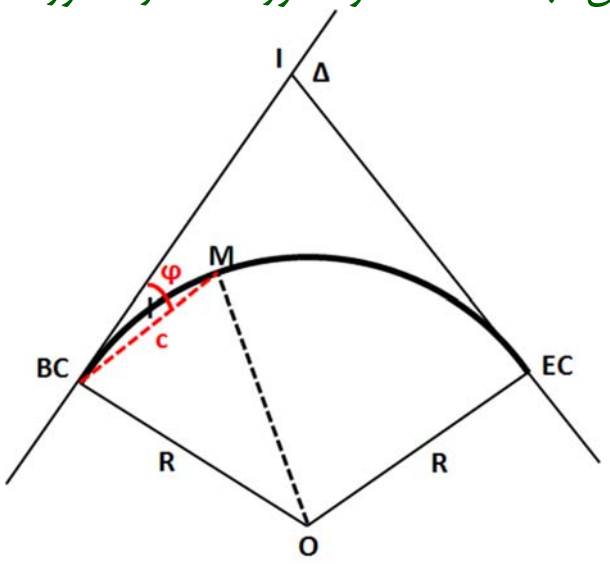
پیاده کردن قوس دایره ای

پیاده کردن یک قوس به معنی علامتگذاری و میخکوبی تعداد کافی از نقاط واقع بر محور قوس بر روی زمین است، به نحوی که با اتصال این نقاط به یکدیگر، محل قوس بر روی زمین کاملاً معلوم گردد.

پیاده کردن قوس دایره ای

- **روش اول: مختصات قطبی (متر و تئودولیت)**

– نقطه ابتدای قوس (BC) را به عنوان مبدأ مختصات و محور BC-I را محور قطبی در نظر می گیریم.



– مختصات قطبی هر نقطه مانند M از قوس دایره ای به صورت M(φ, c) است، که در آن c طول وتر کمان BC-M و φ زاویه انحراف راستای BC-M نسبت به محور قطبی است.

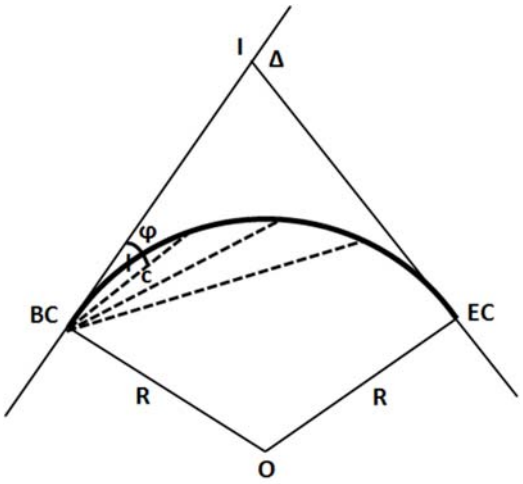
پیاده کردن قوس دایره ای

- **روش اول: مختصات قطبی (متر و تئودولیت)**

– بدین ترتیب، با انتخاب طولهایی با فواصل مساوی بر روی قوس، مختصات قطبی تعدادی از نقاط قوس از رابطه زیر به دست می آید:

$$\varphi = \left(\frac{l}{2R}\right)^{rad}$$

$$c = 2R\sin\varphi$$



پیاده کردن قوس دایره ای

- **روش اول: مختصات قطبی (متر و تئودولیت)**

  - نقطه میخکوبی اول طوری انتخاب می شود که کیلومتراژ آن، و بالتبع، کیلومتراژ سایر نقاط، مضربی از فواصل میخکوبی (l) باشد.

  - بدیهی است، طول کمان آخر، الزاماً کوچکتر از l بوده و برابر طول کل قوس منهای طول کمان ماقبل آخر خواهد بود.

پیاده کردن قوس دایره ای

- **روش اول: مختصات قطبی (متر و تئودولیت)**

– مثلاً اگر کیلومتراژ ابتدای قوس 23+326.48، طول قوس 84.53 و فواصل میخکوبی 20 متر باشد، فواصل نقاط میخکوبی، طول کمان و کیلومتراژ نقاط میخکوبی به شرح زیر خواهد بود:

کیلومتراژ	طول کمان	فاصله تا نقطه قبل
23+326.48	0	0
23+340.00	13.52	13.52
23+360.00	33.52	20
23+380.00	53.52	20
23+400.00	73.52	20
23+411.01	84.53	11.01

پیاده کردن قوس دایره ای

- **روش اول: مختصات قطبی (متر و تئودولیت)**

– جدول پیاده کردن قوس صفحه قبل (با فرض $R=95^{m}$)، به شکل زیر است:

P	l	km	φ	c
BC	0	23+326.48	0	0
P1	13.52	23+340.00		
P2	33.52	23+360.00		
P3	53.52	23+380.00		
P4	73.52	23+400.00		
EC	84.53	23+411.01		

پیاده کردن قوس دایره ای

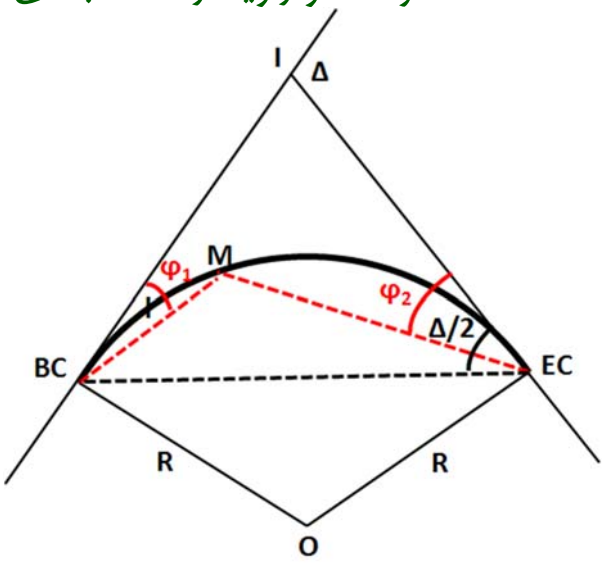
- **روش دوم: دو زاویه (استفاده از تئودولیت)**

– قرائت دو زاویه از نقطه ابتدای قوس (BC) و انتهای قوس (EC)

$$\varphi_1 = \left(\frac{l}{2R} \times \frac{180}{\pi} \right)^\circ$$

$$\varphi_2 = -(\frac{\Delta}{2} - \varphi_1) + 360 = (360 - \frac{\Delta}{2}) + \varphi_1$$

$$\boxed{\gamma = (360 - \frac{\Delta}{2}) \Rightarrow \varphi_2 = \gamma + \varphi_1}$$



پیاده کردن قوس دایره ای

- **روش دوم: دو زاویه (استفاده از تئودولیت)**

– جدول پیاده کردن قوس ذکر شده در مثال قبل با استفاده از دو زاویه، به شکل زیر است:

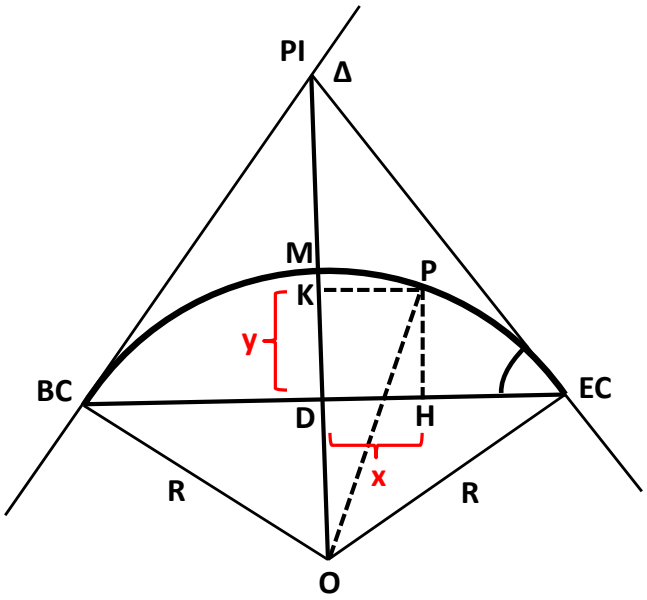
P	l	km	φ1	φ2
BC	0	23+326.48		
P1	13.52	23+340.00		
P2	33.52	23+360.00		
P3	53.52	23+380.00		
P4	73.52	23+400.00		
EC	84.53	23+411.01		

پیاده کردن قوس دایره ای

- روش سوم: مختصات متعامد (استفاده از متر)

الف) وتر بزرگ و نمیساز زوایه رأس، محورهای مختصات باشند

$$y_p = \left| \sqrt{R^2 - x_p^2} - \sqrt{R^2 - \frac{C^2}{4}} \right|$$



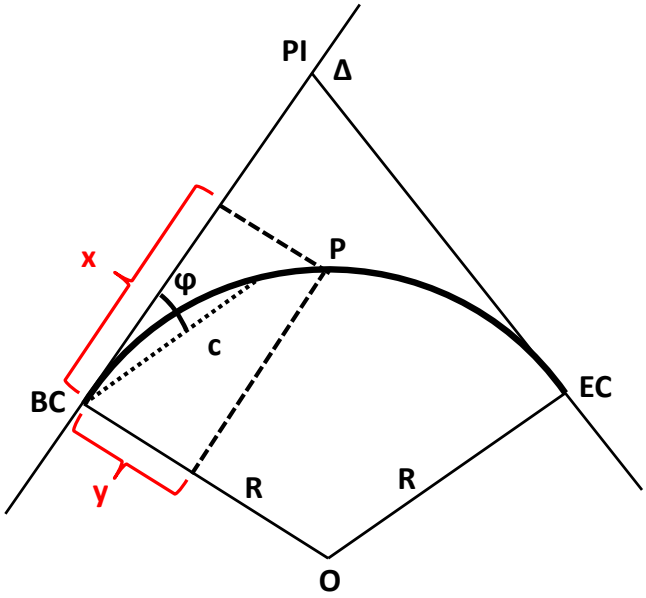
پیاده کردن قوس دایره ای

- روش سوم: مختصات متعامد (استفاده از متر)

ب) BC-O و BC-I محورهای مختصات باشند.

$$x_p = c\cos\varphi$$

$$y_p = c\sin\varphi = R - \sqrt{R^2 - x_p^{\,2}}$$



مسئله ۳-۲: برای قوس داده شده در مسئله ۲-۲، جداول پیاده سازی قوس را برای هر سه روش پیاده سازی برای فواصل میخکوبی ۲۰ متر تهیه کنید.

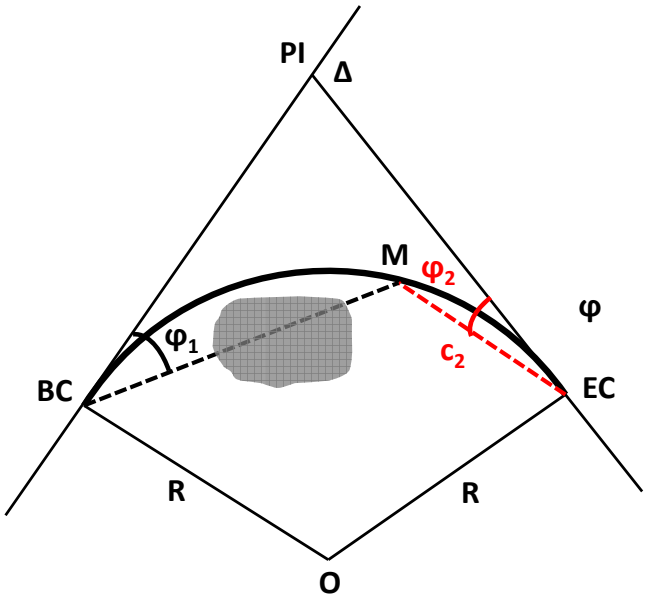
موانع در پیاده سازی قوس

حالت اول: وجود مانع در امتداد BC با برخی از نقاط میخکوبی

الف) پیاده کردن نقاط میخکوبی غیر قابل رؤیت از انتهای قوس (EC)

$$\varphi_2 = (360 - \frac{\Delta}{2}) + \varphi_1$$

$$c_2 = 2R \sin \varphi_2$$

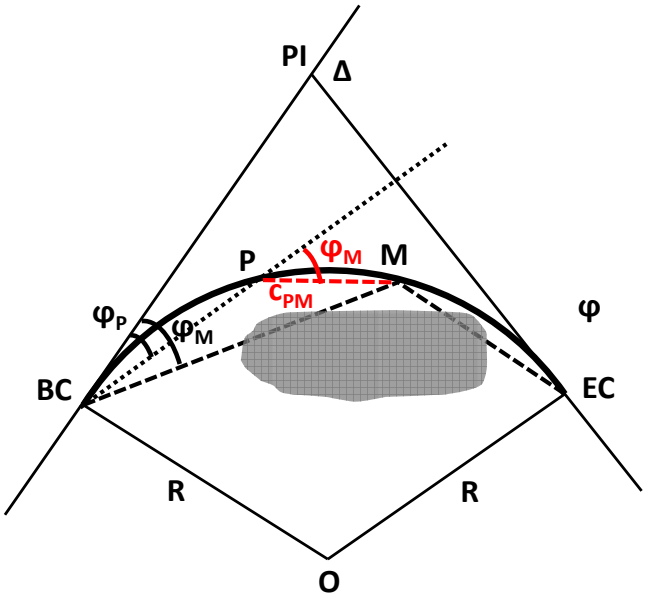


موانع در پیاده سازی قوس

حالت اول: وجود مانع در امتداد BC با برخی از نقاط میخکوبی

ب) پیاده کردن نقاط میخکوبی غیر قابل رؤیت از یکی از نقاط قبلی

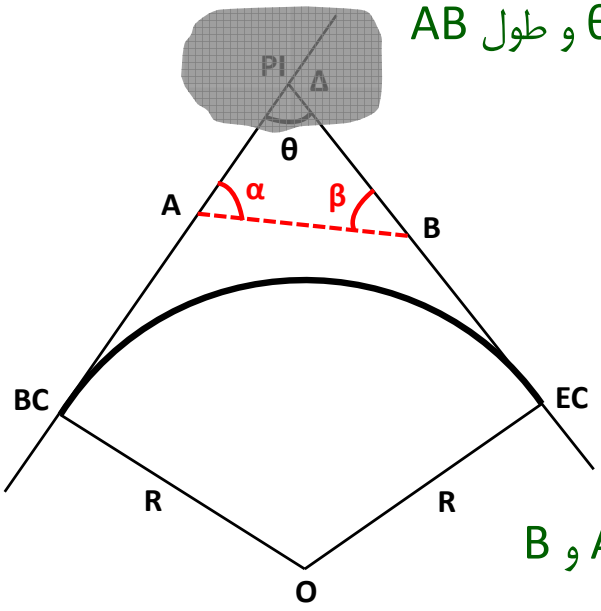
$$c_{PM} = 2R\sin(\varphi_M - \varphi_P)$$



موانع در پیاده سازی قوس

حالت دوم: وجود مانع در رأس قوس

- انتخاب دو نقطه A و B روی دو امتداد مستقیم
- تعیین و اندازه گیری زوایای α، β و θ و طول AB
- محاسبه طولهای AI و BI



$$AI = \frac{\sin\beta}{\sin\theta} AB$$

$$BI = \frac{\sin\alpha}{\sin\theta} AB$$

- محاسبه طولهای A-BC و B-EC
- پیاده کردن نقاط BC و EC از نقاط A و B

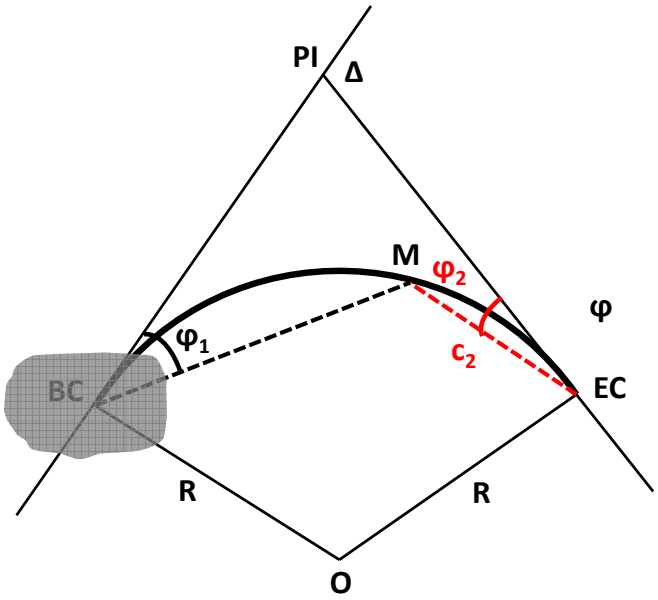
موانع در پیاده سازی قوس

حالت سوم: وجود مانع در نقطه شروع قوس (BC)

پیاده کردن قوس از نقطه انتهای قوس (EC) – دقیقاً مانند حالت اول–الف

$$\varphi_2 = (360 - \frac{\Delta}{2}) + \varphi_1$$

$$c_2 = 2R \sin \varphi_2$$

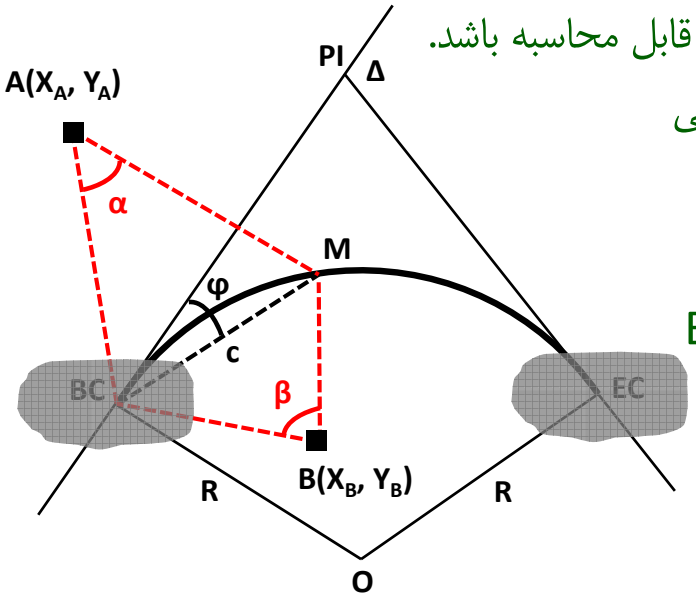


موانع در پیاده سازی قوس

حالت چهارم: وجود مانع در شروع (BC) و انتهای قوس (EC)

- استفاده از دو نقطه A و B با مختصات معلوم
- مختصات BC، بایستی معلوم یا قابل محاسبه باشد.
- محاسبه مختصات نقاط میخکوبی
- محاسبه زوایای α و β
- پیاده کردن نقاط میخکوبی

به روش دو زاویه از نقاط A و B



پایان

نقشه برداری مسیر

۳- قوس مرکب

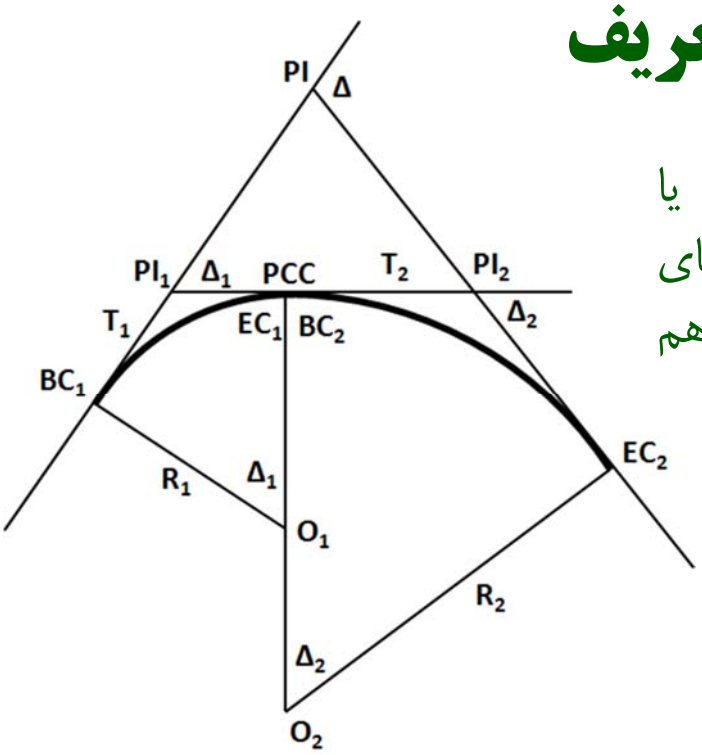
مدرس:

دکتر فرید کریمی پور

استادیار گروه مهندسی نقشه برداری،
پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

ایمیل: fkarimipr@ut.ac.ir
وبسایت: https://sites.google.com/site/faridkarimipour

تعریف



- قوس مرکب، ترکیبی از دو یا چند قوس دایره ای با شعاعهای متفاوت است که نسبت به هم مماس داخل هستند.

در اینجا فقط در مورد قوسهای ترکیبی دو مرکزی بحث می شود. روابط قوسهای چند مرکزی به طریق مشابه قابل توسعه است.

دلایل استفاده از قوس مرکب

- در قوس ساده، طول مماسها با هم مساوی است؛ یعنی فاصله نقاط ابتدا و انتهای قوس تا رأس قوس برابر است. بنابراین محل شروع و پایان قوس، کاملاً در اختیار طراح نیست. ولی به دلیل وضعیت توپوگرافی، پستی و بلندی یا سایر دلایل، ممکن است نقاط شروع و انتهای قوس با محدودیت مواجه باشد. در این حالت، از قوس مرکب استفاده می شود.

- در جاده های با درجات دو و سه که استفاده از کلوتوئید به صرفه نیست، از قوس مرکب استفاده می شود تا با کوچک شدن شعاع قوس، سرعت وسیله نقلیه کمتر و شیب عرضی جاده بیشتر شود.

دلایل استفاده از قوس مرکب

- در سطوح شیب دار از قوس مرکب استفاده می شود:
  - در سرازیری که سرعت وسیله نقلیه در حال افزایش است، شعاع قوس اول کم و در قوسهای بعدی، شعاع افزایش می یابد.
  - در سربالایی که سرعت وسیله نقلیه در حال کاهش است، شعاع قوس اول زیاد و در قوسهای بعدی، شعاع کاهش می یابد.

- برای غلبه بر شیب زیاد، با استفاده از قوس مرکب، طول مسیر را افزایش داده و بر شیب زیاد غلبه می کنیم.

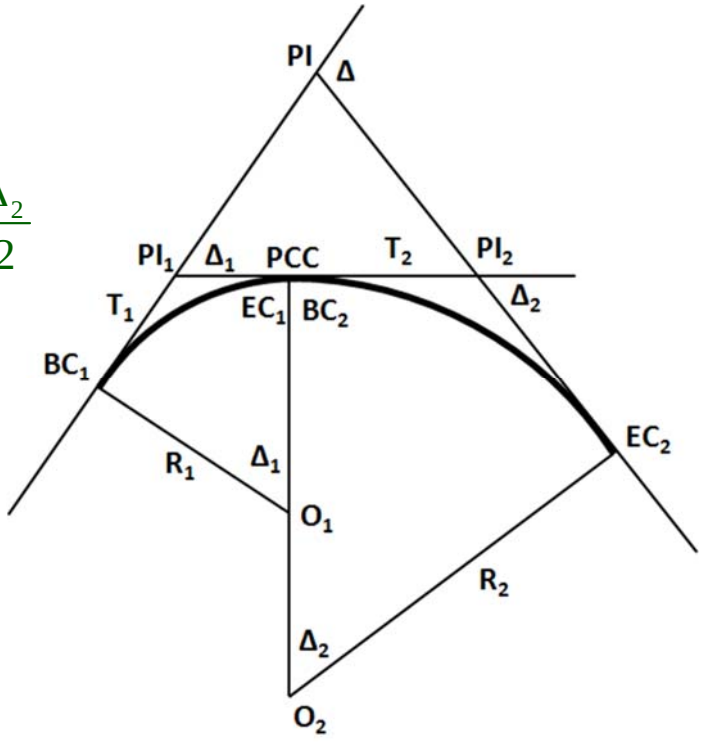
اجزاء قوس مرکب

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

$$L_1 = R_1\Delta_1;\ L_2 = R_2\Delta_2$$

$$C_1 = 2R_1 \sin\frac{\Delta_1}{2};\ C_2 = 2R_2 \sin\frac{\Delta_2}{2}$$

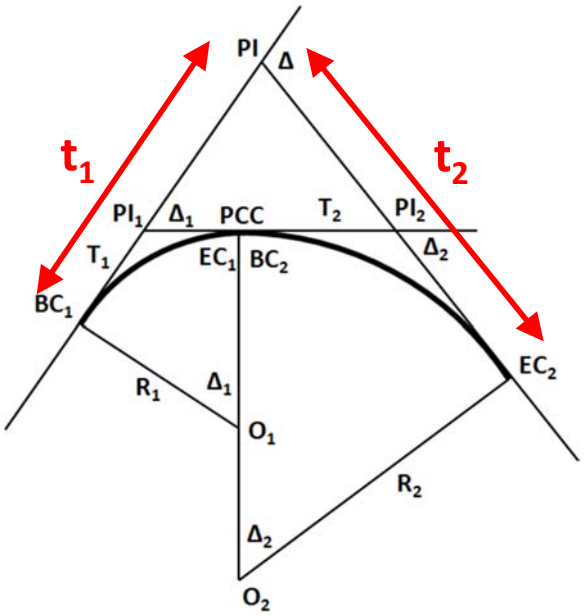
$$T_1 = R_1 \tan\frac{\Delta_1}{2};\ T_2 = R_2 \tan\frac{\Delta_2}{2}$$



اجزاء قوس مرکب

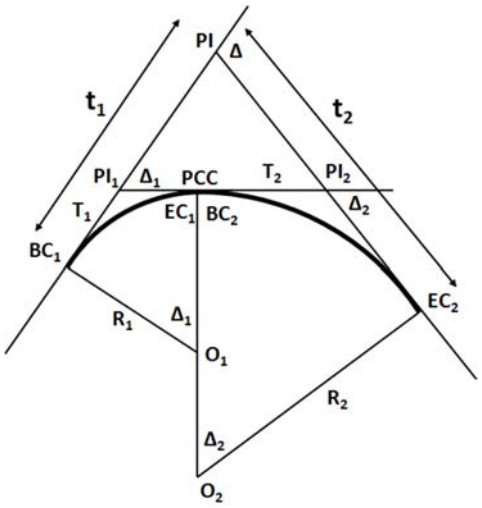
$$t_1 = \frac{R_2 - R_1 \cos\Delta - (R_2 - R_1)\cos\Delta_2}{\sin\Delta}$$

$$t_2 = \frac{R_1 - R_2 \cos\Delta + (R_2 - R_1)\cos\Delta_1}{\sin\Delta}$$



مشخصات قوس مرکب

- با فرض ثابت بودن Δ، هشت جزء زیر، اجزاء قوس مرکب را تشکیل می دهند:

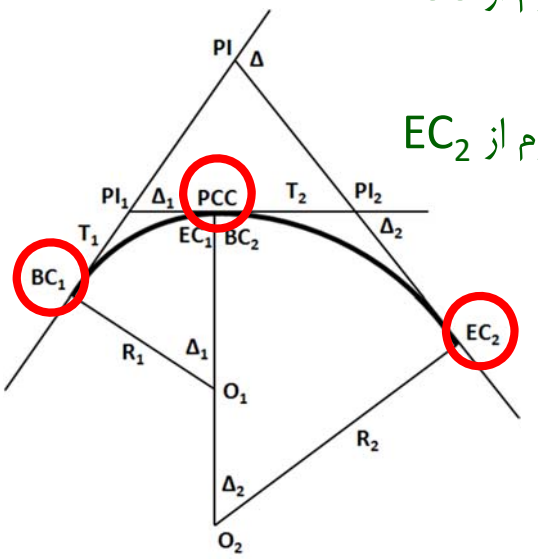


  - زوایای انحراف قوس اول و دوم: Δ_1 و Δ_2
  - شعاع قوس اول و دوم: R_1، R_2
  - مماس های اول و دوم: t_1، t_2
  - طول قوس اول و دوم: L_1، L_2

- با داشتن سه جزء از این اجزاء، بقیه آنها قابل محاسبه هستند.

پیاده کردن قوس مرکب

- عبارتست از پیاده کردن دو قوس دایره ای به یکی از روشهای زیر:



– پیاده کردن قوس اول از BC_1 و قوس دوم از PCC

– پیاده کردن قوس اول از BC_1 و قوس دوم از EC_2

– پیاده کردن هر دو قوس از PCC

مسئله ۱-۳: برای قوس مرکب دو دایره ای با مشخصات زیر، جداول پیاده سازی به روش قطبی از نقاط ابتدای قوس را تهیه کنید.

$\Delta=100°$

$\Delta_1=40°$

$R_1=450^m$

$R_2=850^m$

قوس معادل

- در حالتی که طول دو مماس t_1 و t_2 معلوم بوده و دو تا از چهار مؤلفه Δ_1، Δ_2، R_1 و R_2 مجهول باشند، محاسبه مجهولات از روابط قبل پیچیده می شود.

- در این حالت، از قوسی به نام *قوس معادل* استفاده می شود که عبارتست از یک قوس دایره ای به شعاع R که زاویه رأس آن Δ بوده و بر راستاهای مستقیم، مماس باشد.

- **تذکر:** استفاده از قوس معادل، صرفاً برای ساده کردن محاسبه مجهولات بوده و در عمل، پیاده نمی شود.

قوس معادل

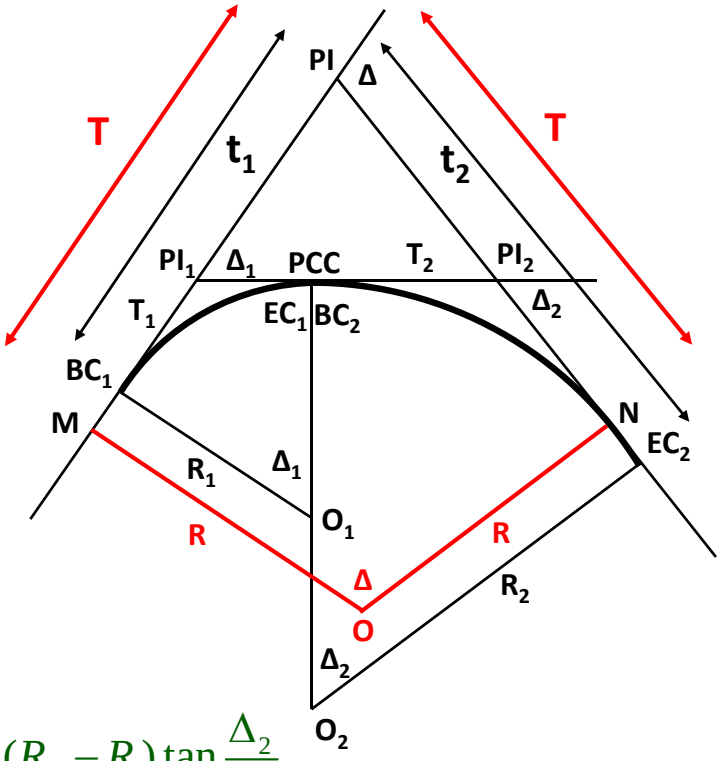
$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

$$T = R \tan\frac{\Delta}{2}$$

$$\begin{cases} T = t_1 + MB_1 \\ T = t_2 - MB_1 \end{cases}$$

$$R = \frac{R_1 \tan\frac{\Delta_1}{2} + R_2 \tan\frac{\Delta_2}{2}}{\tan\frac{\Delta_1}{2} + \tan\frac{\Delta_2}{2}}$$

$$MB_1 = NE_2 = (R - R_1)\tan\frac{\Delta_1}{2} = (R_2 - R)\tan\frac{\Delta_2}{2}$$



مسئله ۲-۳: طول مماسهای اول و دوم یک قوس مرکب دو مرکزی، به ترتیب 350 و 400 متر، زاویه تقاطع دو امتداد مستقیم، 85 درجه و زاویه انحراف قوس اول 28 درجه است. سایر اجزاء قوس را تعیین کنید.

مسئله ۳-۳: طول مماسهای اول و دوم یک قوس مرکب دو مرکزی، به ترتیب 145 و 110 متر، زاویه تقاطع دو امتداد مستقیم، 75 درجه و شعاع قوس اول 190 متر است. سایر اجزاء قوس را تعیین کنید.

پایان

نقشه برداری مسیر

٤- قوس معکوس

مدرس:

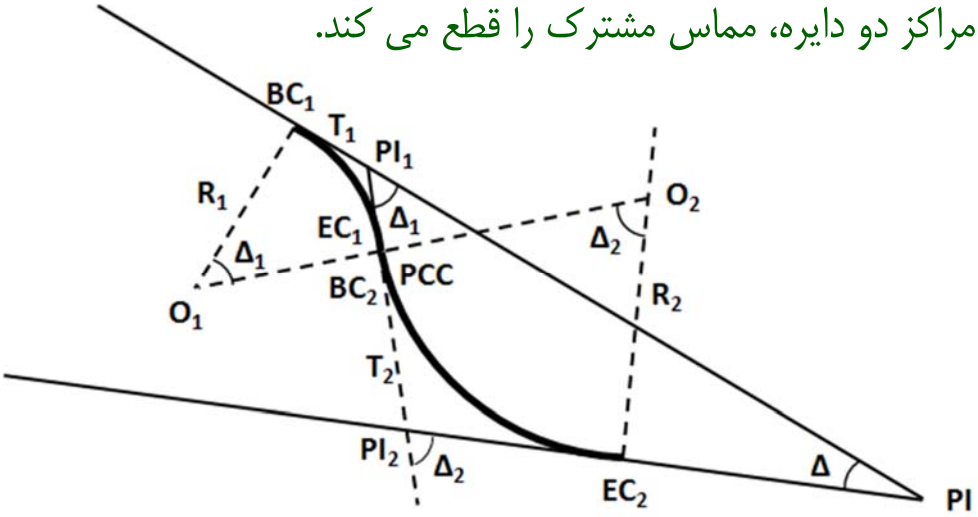
دکتر فرید کریمی پور

استادیار گروه مهندسی نقشه برداری،
پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

ایمیل: fkarimipr@ut.ac.ir
وبسایت: https://sites.google.com/site/faridkarimipour

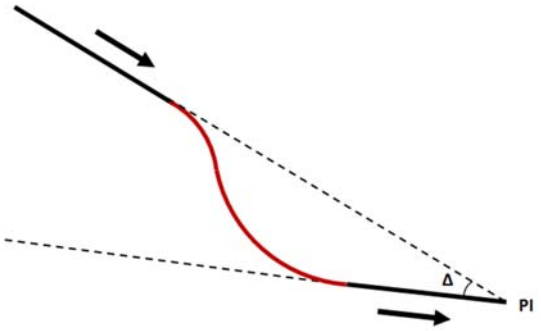
تعریف

- قوس معکوس، ترکیبی از دو قوس دایره ای است که
  - مماس خارج هستند.
  - مراکز دوایر در دو طرف مماس مشترک آنها قرار دارند.
  - خط واصل مراکز دو دایره، مماس مشترک را قطع می کند.



دلیل استفاده از قوس معکوس

- زمانی که نیاز به احداث مسیر بین دو امتداد با زاویه تقاطع تند و ادامه مسیر در جهت فعلی باشد، از قوس معکوس استفاده می شود.



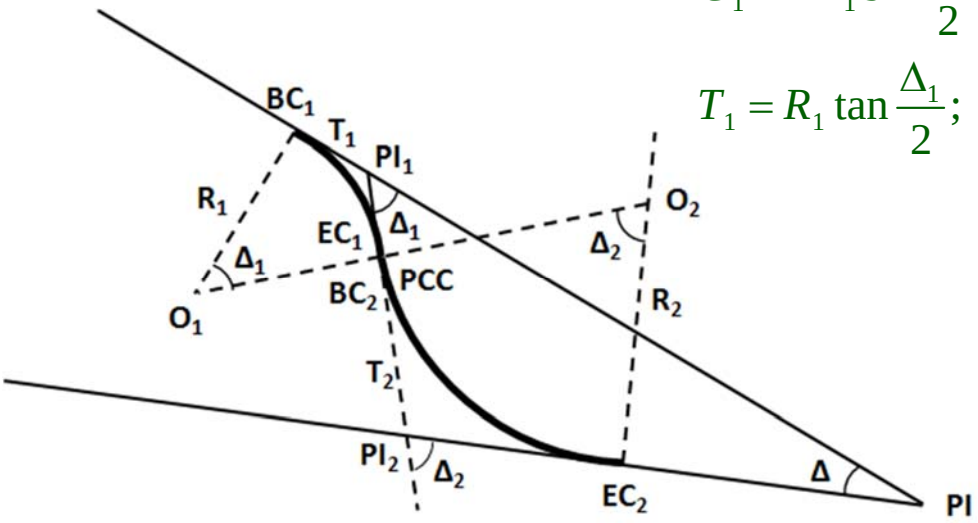
اجزاء قوس معکوس

$$\Delta = \Delta_2 - \Delta_1$$

$$L_1 = R_1\Delta_1;\ L_2 = R_2\Delta_2$$

$$C_1 = 2R_1 \sin\frac{\Delta_1}{2};\ C_2 = 2R_2 \sin\frac{\Delta_2}{2}$$

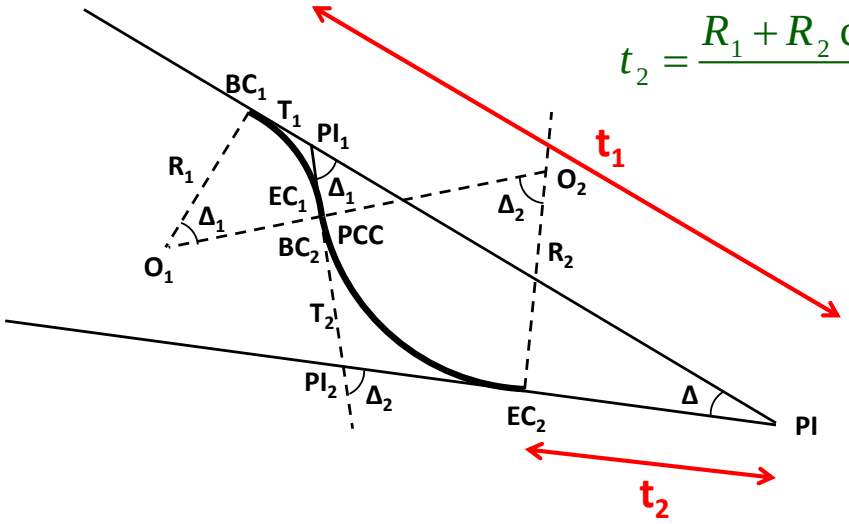
$$T_1 = R_1 \tan\frac{\Delta_1}{2};\ T_2 = R_2 \tan\frac{\Delta_2}{2}$$



اجزاء قوس معکوس

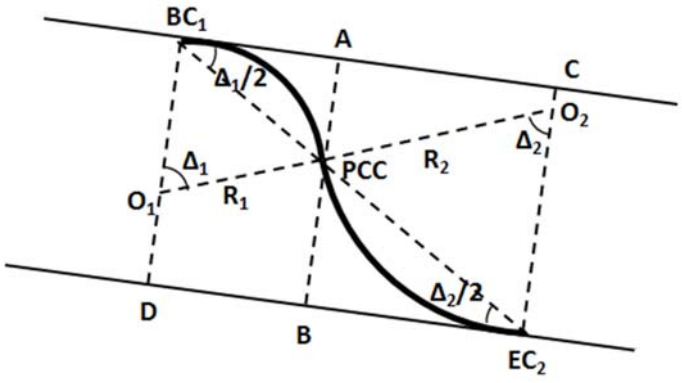
$$t_1 = \frac{R_2 + R_1 \cos\Delta - (R_1 + R_2)\cos\Delta_2}{\sin\Delta}$$

$$t_2 = \frac{R_1 + R_2 \cos\Delta - (R_1 + R_2)\cos\Delta_1}{\sin\Delta}$$



اجزاء قوس معکوس

حالت خاص: دو امتداد، موازی باشند.



$$\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta_c$$

$$B_1E_2 = 2(R_1 + R_2)\sin\frac{\Delta_c}{2}$$

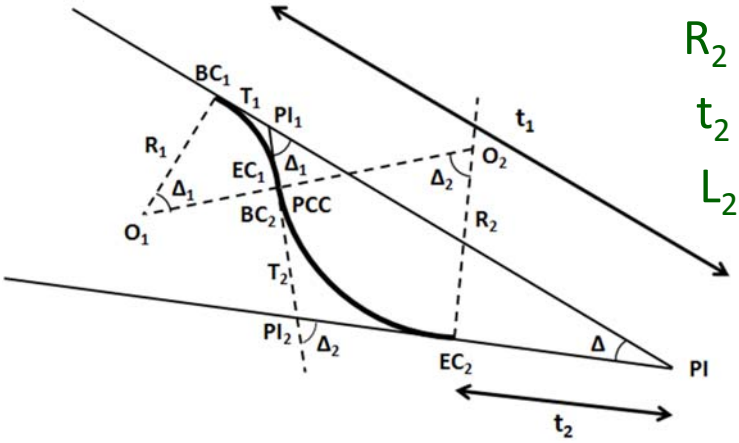
$$AB = 2(R_1 + R_2)\sin^2\frac{\Delta_c}{2}$$

$$B_1C = E_2D = (R_1 + R_2)\sin\Delta_c$$

- در این حالت برای پیاده سازی قوس، علاوه بر معلوم بودن R_1 و R_2 و Δ، بایستی یکی از نقاط شروع قوس (BC_1 یا EC_2) نیز معلوم باشد.

مشخصات قوس معکوس

- با فرض ثابت بودن Δ، هشت جزء زیر، اجزاء قوس معکوس را تشکیل می دهند:
  - زوایای انحراف قوس اول و دوم: Δ_1 و Δ_2
  - شعاع قوس اول و دوم: R_1، R_2
  - مماس های اول و دوم: t_1، t_2
  - طول قوس اول و دوم: L_1، L_2

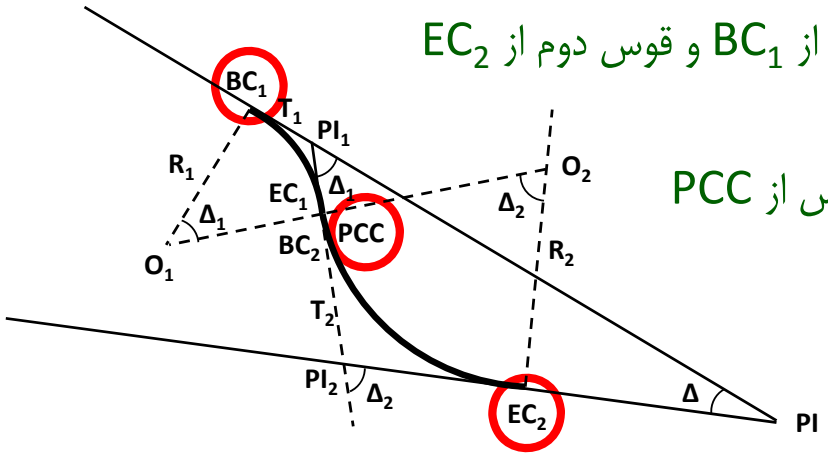


- با داشتن سه جزء از این اجزاء، بقیه آنها قابل محاسبه هستند.

پیاده کردن قوس معکوس

- عبارتست از پیاده کردن دو قوس دایره ای به یکی از روشهای زیر:

  - پیاده کردن قوس اول از BC_1 و قوس دوم از PCC
  - پیاده کردن قوس اول از BC_1 و قوس دوم از EC_2
  - پیاده کردن هر دو قوس از PCC



مسئله ۱-٤: می خواهیم دو محور متقاطع با مشخصات زیر را توسط یک قوس معکوس به هم متصل کنیم. جداول پیاده سازی این قوس به روش قطبی از نقاط ابتدای قوس را تهیه کنید.

$\Delta=55^\circ$

$\Delta_2=85^\circ$

$R_1=210^m$

$R_2=290^m$

مسئله ۲-٤: می خواهیم دو امتداد موازی به فاصله 65 متر را توسط یک قوس معکوس به هم متصل کنیم. اگر شعاع قوس اول و دوم به ترتیب 85^m و 35^m باشد، طول خط واصل نقاط ابتدا و انتهای قوس را محاسبه کنید.

پایان

نقشه برداری مسیر

۵- قوس سرپانتین

مدرس:

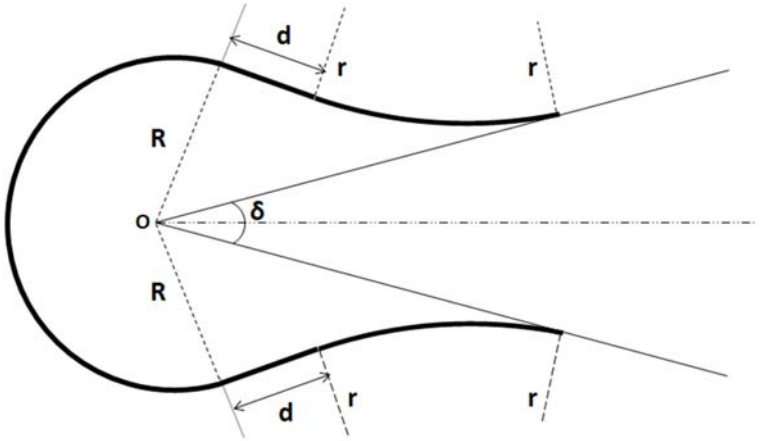
دکتر فرید کریمی پور

استادیار گروه مهندسی نقشه برداری،
پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

ایمیل: fkarimipr@ut.ac.ir
وبسایت: https://sites.google.com/site/faridkarimipour

تعریف

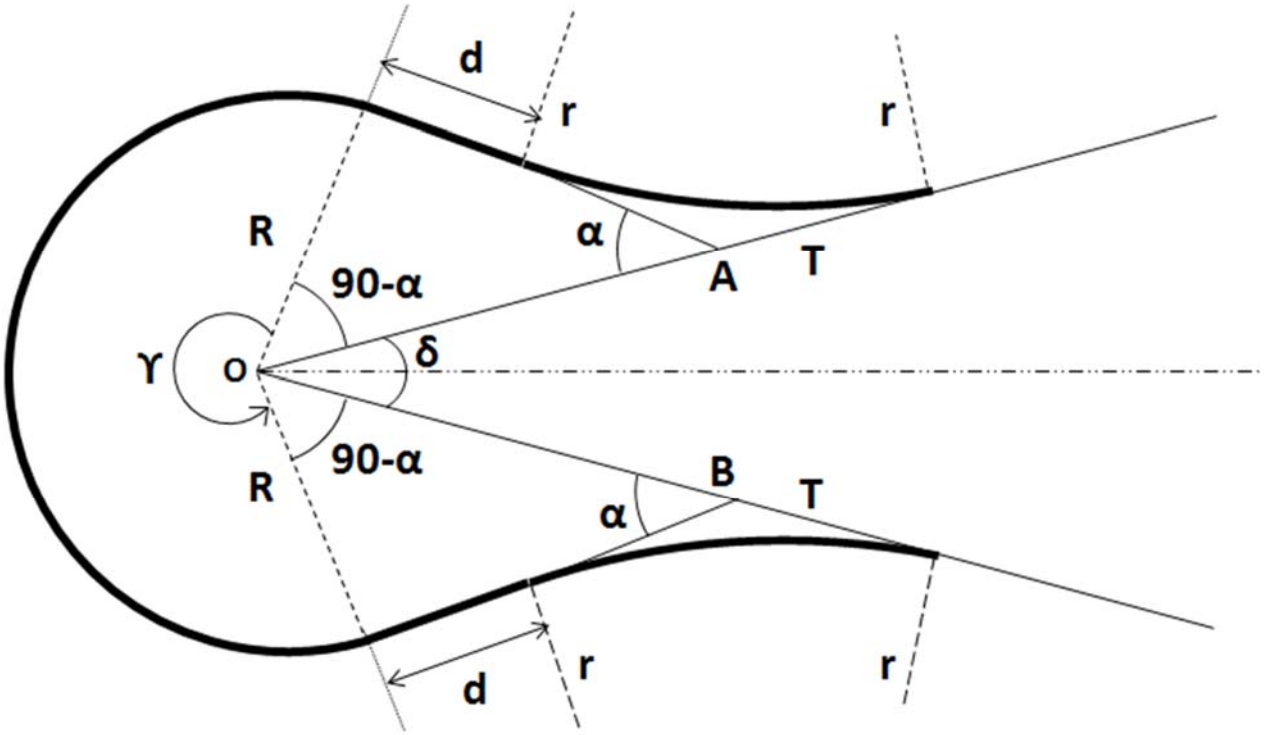
- یک قوس سرپانتین عبارتست از:
  - یک قوس دایره ای با شعاع کم
  - دو امتداد مستقیم در دو طرف قوس فوق
  - دو قوس دایره ای در دو طرف امتدادهای فوق



دلیل استفاده از قوس سرپانتین

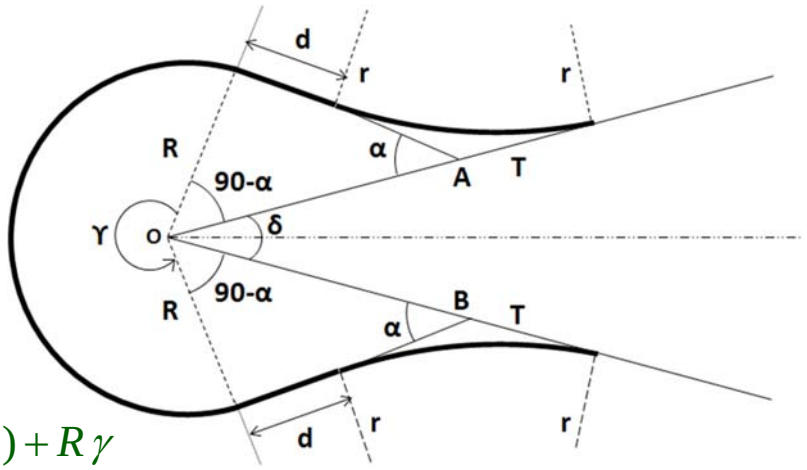
- در جاده های کوهستانی با درجات پایین برای افزایش طول به منظور غلبه بر شیب زیاد

اجزاء قوس سرپانتین



اجزاء قوس سرپانتین

$$\begin{cases} \tan\alpha = \dfrac{R}{T+d} = \dfrac{R}{r\tan\dfrac{\alpha}{2}+d} \\ \tan\alpha = \dfrac{2\tan\dfrac{\alpha}{2}}{1-\tan^2\dfrac{\alpha}{2}} \end{cases} \Rightarrow \boxed{\alpha}$$



$$AO = BO = \frac{T+d}{\cos\alpha} = \frac{R}{\sin\alpha}$$

$$\gamma = 180 + 2\alpha - \delta$$

$$L = 2(l'+d) + l = 2(r\alpha + d) + R\gamma$$

طول کل قوس — طول قوس به شعاع r — طول قوس به شعاع R

مسئله ۱-۵: اجزاء قوس سرپانتین با مشخصات زیر را به دست آورده و مراحل پیاده سازی آن شرح دهید.

$\Delta=40°$

$R=30^m$

$r=100^m$

$d=10^m$

پایان

نقشه برداری مسیر

۲- قوس اتصال

مدرس:

دکتر فرید کریمی پور

استادیار گروه مهندسی نقشه برداری،
پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

ایمیل: fkarimipr@ut.ac.ir
وبسایت: https://sites.google.com/site/faridkarimipour

تعریف

- قوسی که حد فاصل امتداد مستقیم و یک قوس دایره ای قرار می گیرد و شعاع انحنای آن از بینهایت (در قسمت مستقیم جاده) شروع شده و به R (در قسمت قوس دایره ای) می رسد.
- قوسهای کلوتوئید، لمینسکات و سهمی درجه ۳، نمونه هایی از منحنی هایی هستند که به عنوان قوس اتصال استفاده می شوند.

در اینجا، فقط به بررسی کلوتوئید خواهیم پرداخت.

دلیل استفاده از قوس اتصال

- وسیله نقلیه با ورود از امتداد مستقیم جاده به قوس، تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز قرار می گیرد که جهت آن به سمت خارج جاده و مقدار آن برابر است با:

$$F = \frac{PV^2}{Rg}$$

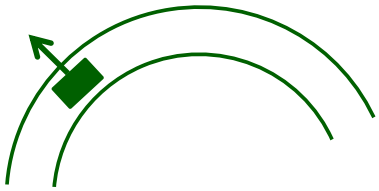
F: نیروی گریز از مرکز

P: وزن وسیله نقلیه

V: سرعت وسیله نقلیه

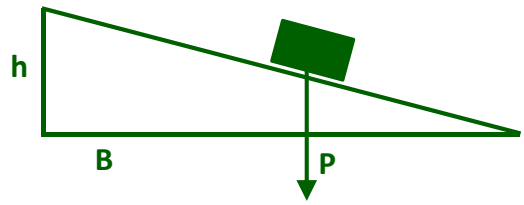
R: شعاع قوس

g: شتاب ثقل



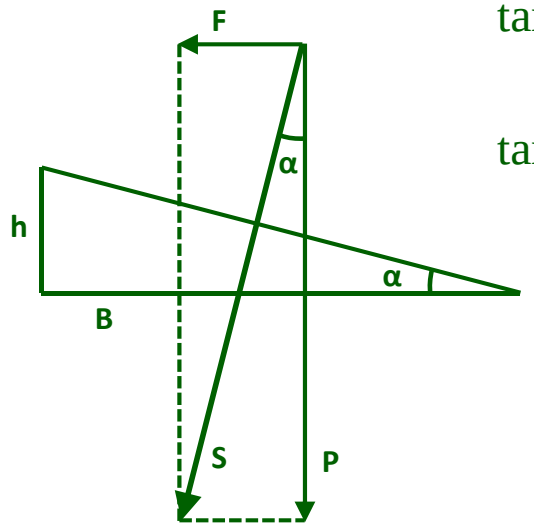
دلیل استفاده از قوس اتصال

- این نیرو برای سرنشینان ناخوشایند است و از طرف دیگر، موجب انحراف وسیله نقلیه می شود.
- به منظور خنثی کردن این نیرو توسط نیروی عکس العمل جاده، به جاده در قوس، شیب عرضی (دِوِر یا بربلندی) می دهند؛ یعنی لبه خارجی جاده را از لبه داخلی آن بلندتر می سازند. این عمل موجب می شود نیرویی به سمت داخل توسط وزن وسیله نقلیه (P) ایجاد شود که نیروی گریز از مرکز (F) را خنثی نماید.



دلیل استفاده از قوس اتصال

- برای آنکه این دو نیرو یکدیگر را خنثی کنند، باید برآیند آنها (S) بر سطح جاده عمود باشد.



$$\tan\alpha = \frac{h}{B}$$

$$\tan\alpha = \frac{F}{P} = \frac{V^2}{Rg}$$

$$\Rightarrow \boxed{h = \frac{BV^2}{Rg}}$$

h: ارتفاع شیب عرضی

V: حداکثر سرعت مجاز وسیله نقلیه

B: عرض جاده

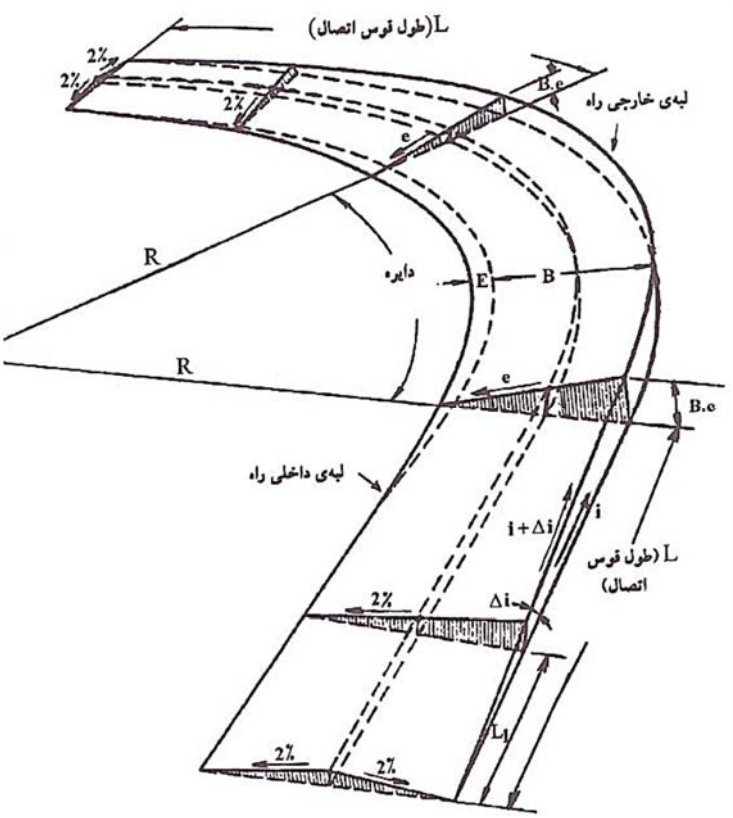
R: شعاع قوس

g: شتاب ثقل

دلیل استفاده از قوس اتصال

- بدیهی است که دِور باید به تدریج اعمال شود. بنابراین تغییر شعاع از بینهایت (در امتداد مستقیم) به R (در قوس) نیز بایستی به تدریج انجام گردد.
- قوس اتصال این خاصیت را دارد. زیرا شعاع انحنای آن از بینهایت شروع شده و به R می رسد. بنابراین قبل و بعد از قوس دایره ای، از قوس اتصال استفاده می شود.
- معمولاً در راههای مناطق هموار، به دلیل استفاده از قوسهای با شعاع بزرگ، استفاده از قوس اتصال چندان مورد نیاز نمی باشد. اما در راههای مناطق تپه ای و کوهستانی، قوس اتصال در تقریباً تمامی قوسها مورد استفاده قرار می گیرد.

دلیل استفاده از قوس اتصال



روشهای تعیین طول قوس اتصال (L)

الف) طول قوس، ضریب معینی (۳۰۰ تا ۵۰۰ برابر) از شیب عرضی باشد:

$$L = n.e = n\frac{V^2}{Rg}$$

e: شیب عرضی

V: حداکثر سرعت مجاز وسیله نقلیه

R: شعاع قوس

g: شتاب ثقل

روشهای تعیین طول قوس اتصال (L)

ب) افزایش شیب عرضی در هر ثانیه، مقدار معینی (۲/۵ تا ۵ سانتیمتر) باشد:

$$L = V\frac{h}{\Delta h} = \frac{BV^3}{Rg\,\Delta h}$$

h: ارتفاع شیب عرضی در آخر قوس اتصال

Δh: تغییر شیب عرضی در هر ثانیه

V: حداکثر سرعت مجاز وسیله نقلیه

B: عرض جاده

R: شعاع قوس

g: شتاب ثقل

روشهای تعیین طول قوس اتصال (L)

ج) افزایش شتاب شعاعی گریز از مرکز، مقدار معینی (۰/۱۵ تا ۰/٦ متر بر مکعب ثانیه) باشد:

$$L = \frac{V^3}{\alpha R}$$

V: حداکثر سرعت مجاز وسیله نقلیه

R: شعاع قوس

α: افزایش شتاب شعاعی گریز از مرکز بر حسب متر بر مکعب ثانیه

روشهای تعیین طول قوس اتصال (L)

د) شیب طولی لبه خارجی قوس، مقدار معینی (۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۳) باشد:

$$L = \frac{h}{p} = \frac{BV^2}{pRg}$$

h: ارتفاع شیب عرضی در آخر قوس اتصال

p: شیب طولی لبه خارجی قوس

V: حداکثر سرعت مجاز وسیله نقلیه

B: عرض جاده

R: شعاع قوس

g: شتاب ثقل

مسئله ۱-٦: طول هر یک از قوسهای اتصال زیر را با توجه به مشخصات داده شده محاسبه کنید:

الف) شیب عرضی ۱۵ درصد و ضریب طول قوس نسبت به شیب عرضی ۴۰۰ است.

ب) ارتفاع شیب عرضی در نقطع اتصال به قوس دایره ای ۱۵ سانتیمتر و افزایش آن در هر ثانیه ۲/۴ سانتیمتر است.

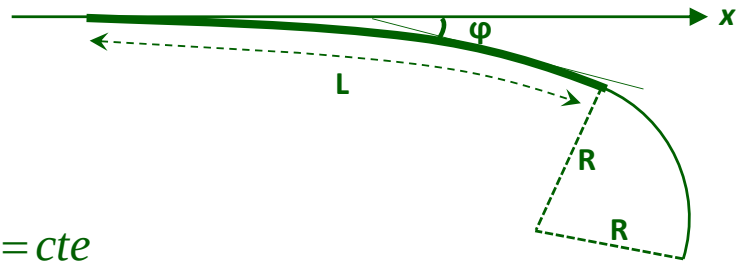
ج) بیشترین سرعت مجاز وسیله نقلیه ۹۰ کیلومتر بر ساعت و میزان تغییر شتاب شعاعی گریز ار مرکز ۳۰ سانتیمتر بر مکعب ثانیه و شعاع قوس دایره ای ۳۰۰ متر است.

د) ارتفاع شیب عرضی ۲۰ سانتیمتر و شیب طولی قوس ۰/۰۰۰۲ است.

کلوتوئید

- بخشی از منحنی اسپیرال (spiral) است که تغییرات انحنای آن بر حسب طول قوس ثابت است. یعنی هر چه طول قوس زیاد می شود، انحنای آن بیشتر و در نتیجه شعاع انحنای آن کمتر می شود.

$$\frac{d\varphi}{ds} = \frac{1}{r(s)}$$

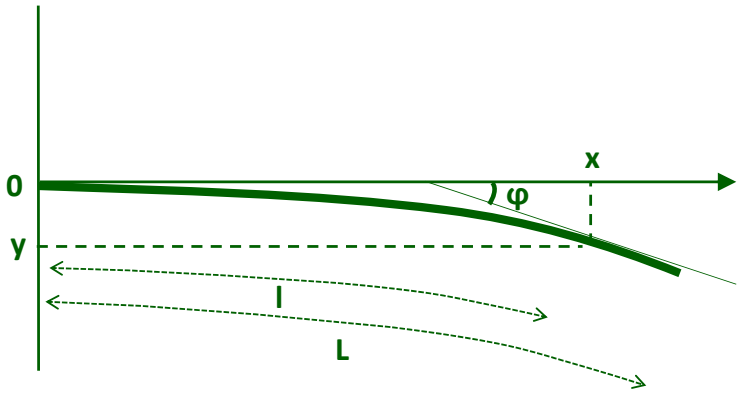


$$\frac{d}{ds}\left(\frac{d\varphi}{ds}\right) = \frac{d^2\varphi}{ds^2} = k = cte$$

- پارامتر کلوتوئید نامیده می شود. $A = \sqrt{L.R}$

معادله کلوتوئید

$$\varphi = \frac{l^2}{2LR}$$

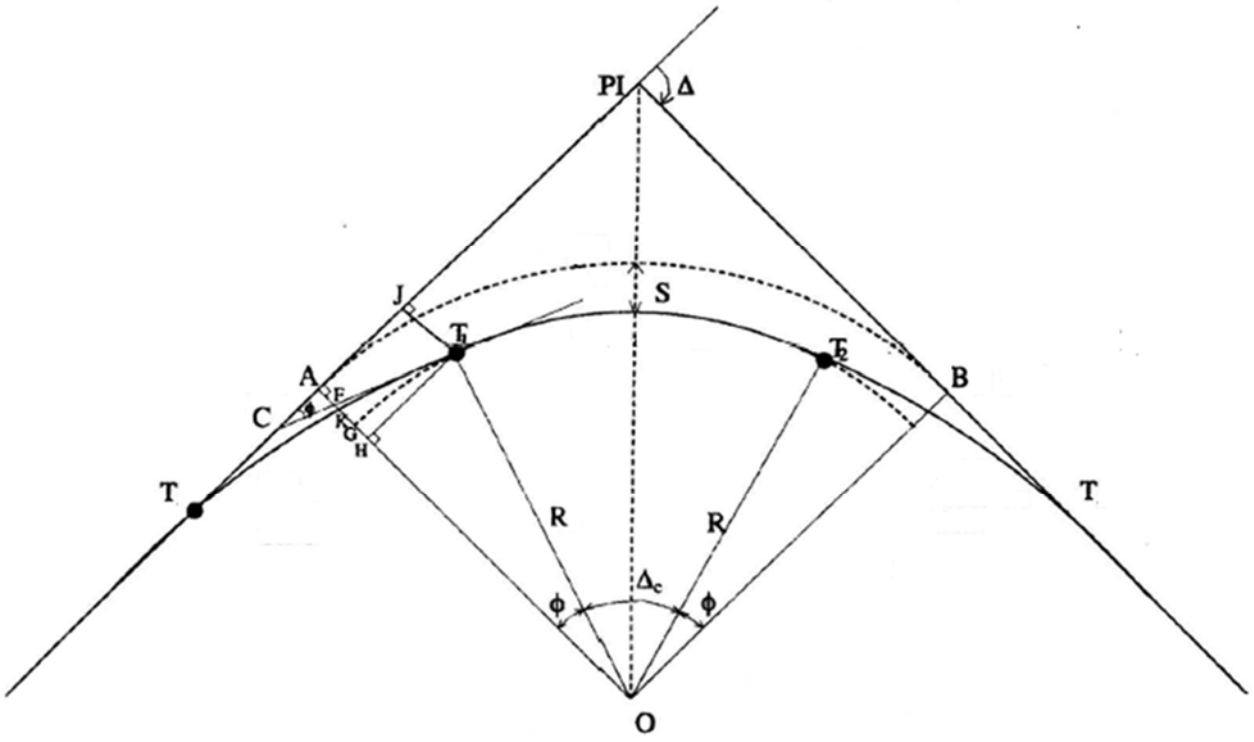


$$x = l - \frac{l^5}{40L^2R^2} + \ldots$$

$$y = \frac{l^3}{6LR}\left(1 - \frac{l^4}{56L^2R^2} + \ldots\right)$$

$$y = \frac{x^3}{6LR}$$

اجزاء قوس اتصال کلوتوئیدی



اجزاء قوس اتصال کلوتوئیدی

زوایه رأس کلوتوئید $\phi = \frac{L}{2R}$

زوایه رأس قوس ساده $\Delta_c = \Delta - 2\phi$

شیفت کلوتوئید $S = \frac{L^2}{24R}$

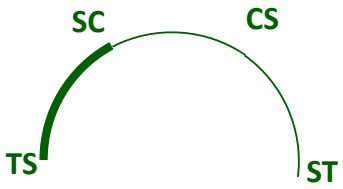
طول مماس $T = (R + S)\tan\frac{\Delta}{2} + \frac{L}{2}$

زاویه چرخش $\delta = \frac{\varphi}{3} = \frac{l^2}{6RL}$

پیاده کردن قوس اتصال کلوتوئیدی

الف) پیاده کردن شاخه اول کلوتوئید (TS تا SC)

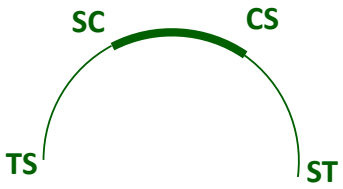
- تعیین مقادیر زوایای چرخش برای نقاط میخکوبی بین 0 تا L
- قراردادن تئودولیت روی ابتدای کلوتوئید (TS) و صفر کردن تئودولیت به رأس قوس
- میخکوبی نقاط به ترتیب زیر:
  - بستن تئودولیت به زوایای چرخش
  - متر کشی از نقطه میخکوبی قبل



پیاده کردن قوس اتصال کلوتوئیدی

الف) پیاده کردن قوس دایره ای (SC تا CS)

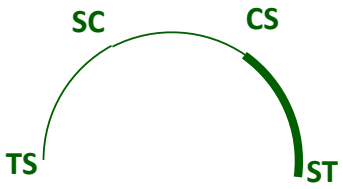
- قرار دادن تئودولیت بر روی انتهای کلوتوئید (SC)
- صفر کردن تئودولیت به امتداد مماس بر قوس دایره ای به ترتیب زیر:
  - بستن تئودولیت روی ابتدای کلوتوئید (TS) در حالت دایره به چپ با زاویه $360-\frac{2}{3}\phi$
  - دایره به راست کردن تئودولیت و قرار دادن آن بر روی زاویه صفر
- پیاده کردن قوس دایره ای به روش قطبی



پیاده کردن قوس اتصال کلوتوئیدی

الف) پیاده کردن شاخه دوم کلوتوئید (CS تا ST)

- مشابه با شاخه اول کلوتوئید با این تفاوت که تئودولیت بر روی انتهای کلوتوئید دوم (ST) قرار گرفته و دهانه آخر طوری انتخاب می شود که کیلومتراژ مابقی نقاط رند شود.



مسئله ۲-٦: مطلوبست محاسبه شیفت کلوتوئید، طول مماس و معادله دکارتی قوس کلوتوئید به طول 100 متر، شعاع انتهای 200 متر و زاویه تقاطع $88°30'$.

مسئله ۳-٦: اگر قرار بر اتصال دو امتداد مستقیم توسط یک قوس اتصال کلوتوئیدی با مشخصات زیر باشد، جدول پیاده سازی قوسهای کلوتوئید و دایره ای به روش قطبی را تهیه کرده و مراحل پیاده سازی آن را شرح دهید.

زاویه تقاطع: 48°27'

طول کلوتوئید: 150 متر

شعاع قوس ساده: 250 متر

کیلومتراژ رأس قوس: 32+428

فواصل میخکوبی: 30 متر

پایان

نقشه برداری مسیر

۷- قوس قائم

مدرس:

دکتر فرید کریمی پور

استادیار گروه مهندسی نقشه برداری،

پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

ایمیل: fkarimipr@ut.ac.ir

وبسایت: https://sites.google.com/site/faridkarimipour

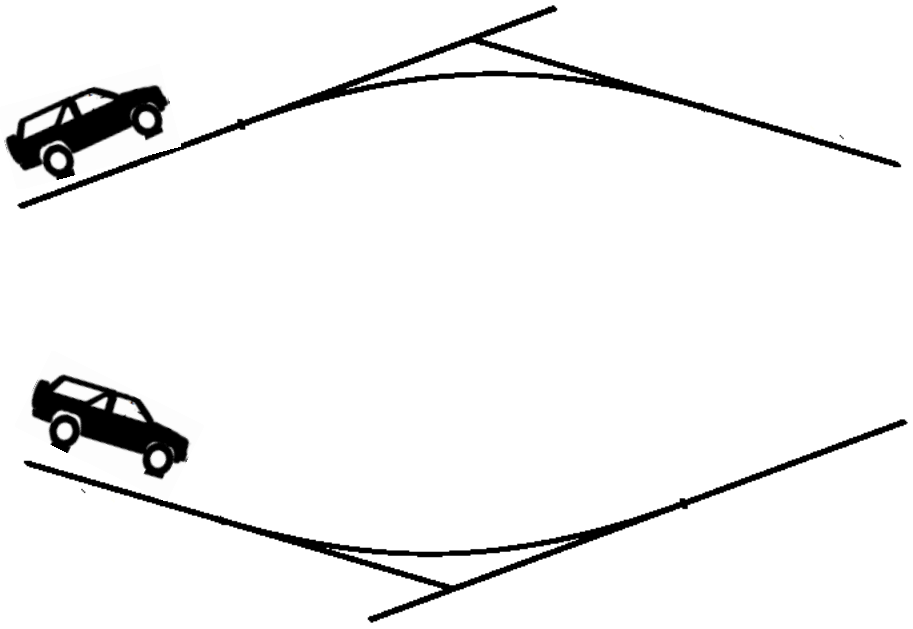
تعریف

- قوسی که دو امتداد مستقیم شیبدار را به یکدیگر متصل می کند.
- قوس دایره ای، قوسهای سهمی درجه ۲ و ۳ و قوس مرکب، انواع قوس قائم هستند.
- از آنجا که در جاده های بزرگ و راه آهن، شیب جاده نسبتاً کم بوده و طول قوس نیز کوتاه است، نوع قوس چندان مهم نبوده و عملاً تفاوتی بین قوسهای قائم فوق الذکر وجود ندارد.

در اینجا، فقط به بررسی سهمی درجه ۲ خواهیم پرداخت.

دلیل استفاده از قوس قائم

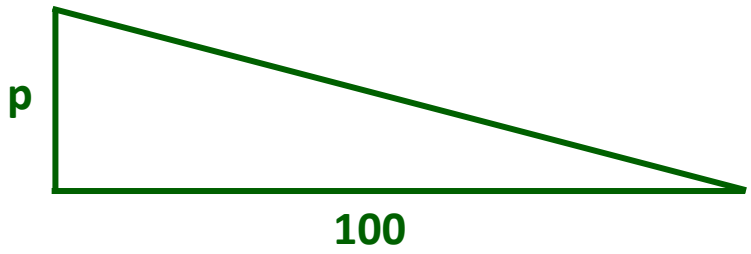
- وقتی دو امتداد مستقیم شیبدار به یکدیگر برخورد کنند، به منظور جلوگیری از تغییر ناگهانی سرعت وسیله نقلیه، لازم است دو امتداد توسط یک مسیر منحنی به یکدیگر وصل شوند.



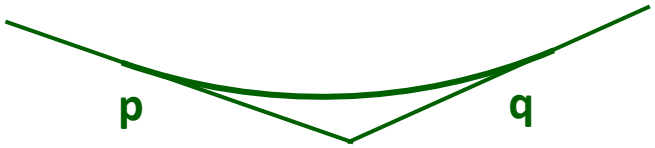
نحوه بیان شیب

- در راهسازی، معمولاً شیب بر حسب درصد بیان می شود.

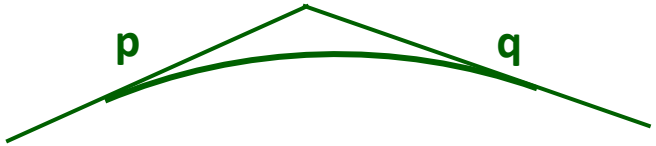
- شیب p درصد بدین معنی است که در هر صد متر مسیر، p متر اختلاف ارتفاع وجود دارد.



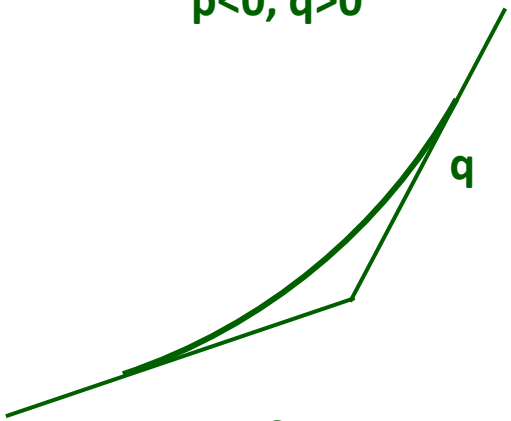
حالات مختلف برخورد دو مسیر شیبدار



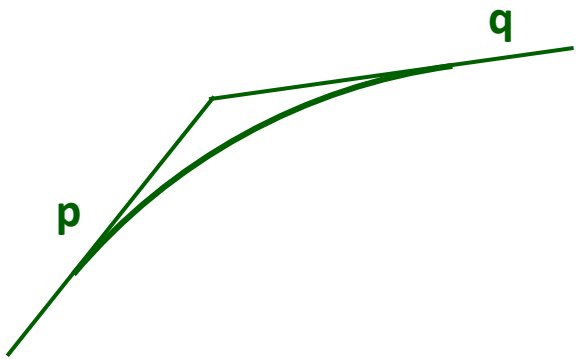
p<0, q>0



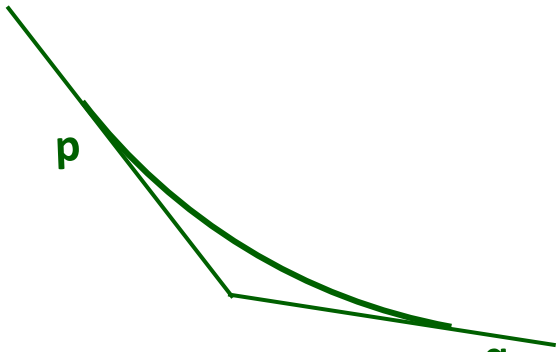
p>0, q<0



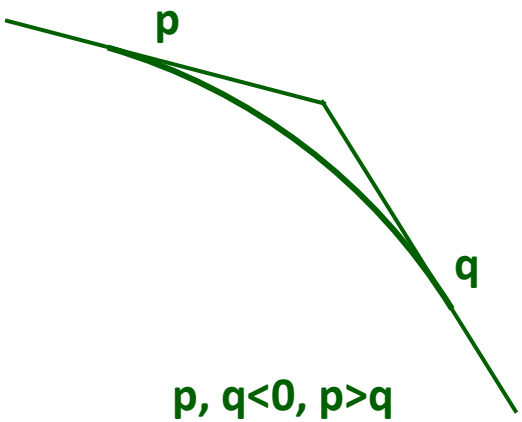
p, q>0, p<q



p, q>0, p>q



p, q<0, p<q



p, q<0, p>q

معادله قوس قائم

اگر امتداد تصویر افقی مسیر را محور x و امتداد قائم را محور y در نظر بگیریم، داریم:

$$y = \frac{q-p}{2L}x^2 + px + H_0$$

x: فاصله افقی نقطه شروع قوس تا نقطه مورد نظر

y: اختلاف ارتفاع نقطه شروع قوس تا نقطه مورد نظر

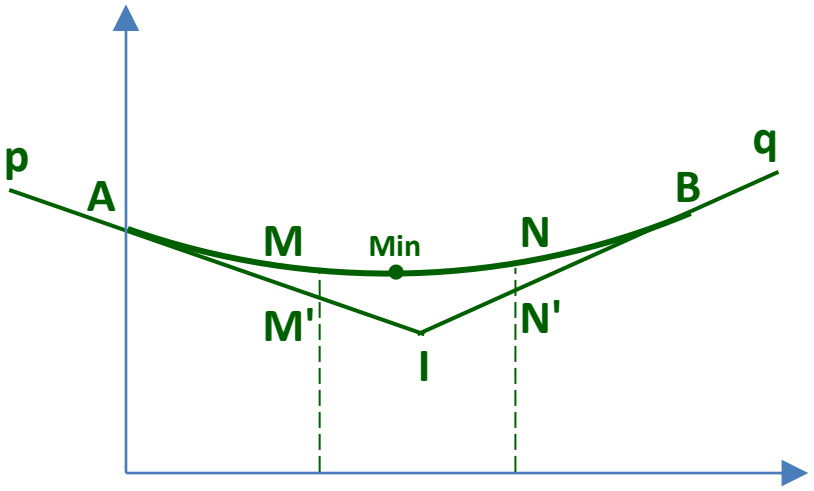
p و q: شیب دو طرف مسیر (درصد)

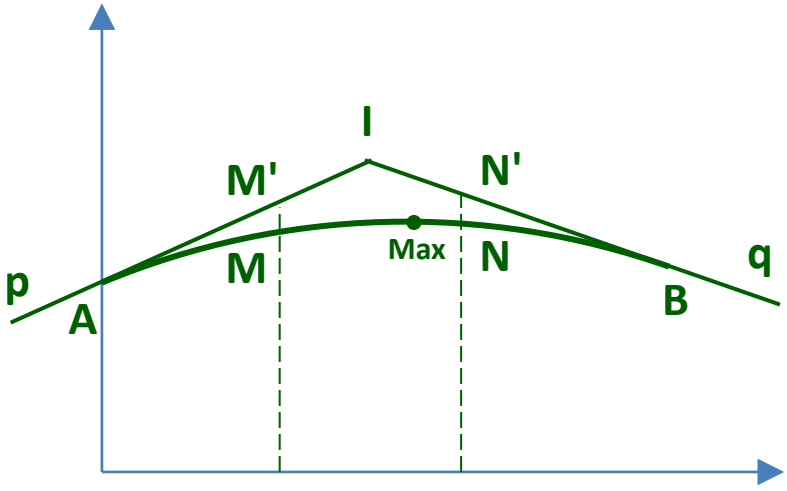
L: طول افقی قوس

H_0: ارتفاع نقطه شروع قوس

نقاط خاص قوس قائم

- رأس قوس (I)
- نقاط تماس (A و B)
- نقطه اوج (بالاترین نقطه قوس) یا حضیض (پایینترین نقطه قوس)





مختصات نقاط خاص قوس قائم

- مختصات رأس قوس (I)

$$x_I = \frac{L}{2}, \quad y_I = H_0 + \frac{pL}{2} = H_B - \frac{qL}{2}$$

- مختصات نقاط تماس (A و B)

$$x_A = 0, \quad y_A = H_0$$

$$x_B = L, \quad y_B = \frac{p+q}{2}L + H_0$$

- مختصات نقطه اوج (بالاترین نقطه قوس) یا حضیض (پایینترین نقطه قوس)

$$x_{Max\,(Min)} = -\frac{pL}{q-p}, \quad y_{Max\,(Min)} = -\frac{p^2 L}{2(q-p)} + H_0$$

مختصات نقاط روی قوس قائم

- ارتفاع یک نقطه بر روی امتدادهای شیبدار

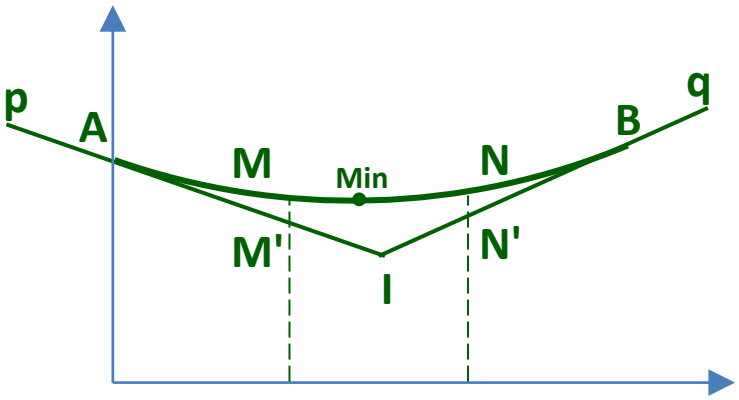
$$H_{M'} = H_0 + px$$

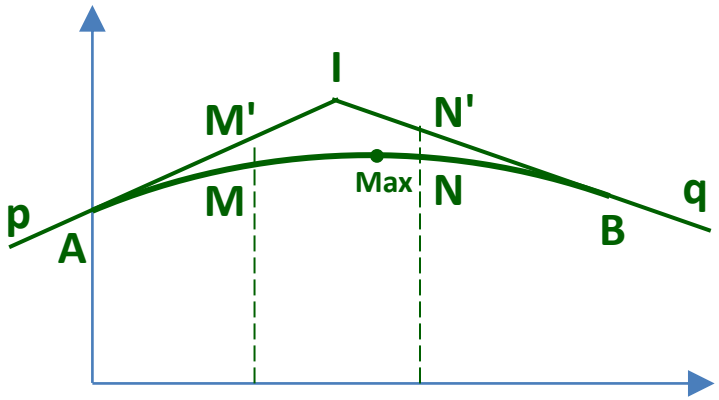
$$H_{N'} = H_B - q(L - x)$$

- فاصله عمودی یک نقطه روی قوس از امتدادهای شیبدار

$$MM' = \frac{q - p}{2L} x^2$$

$$NN' = \frac{q - p}{2L} (L - x)^2$$





پیاده کردن قوس قائم

عبارت است از میخکوبی نقاط ارتفاعی و تعیین ارتفاع قوس و زمین در آن نقاط (که ممکن است منجر به خاکبردای یا خاکریزی گردد)

مسئله ۱-۷: قوس قائمی به طول ۳۰۰ متر، دو امتداد شیبدار به شیبهای ۵ و ۳- درصد را به هم متصل می کند. اگر ارتفاع نقطه ابتدای قوس ۱۲۵۱/۱۵ متر و کیلومتراژ آن ۱۵۲+۲۹ باشد، ضمن محاسبه مختصات نقاط خاص قوس، عوامل لازم به منظور پیاده کردن این قوس برای فواصل میخکوبی ۵۰ متر را به دست آورید.

پایان

نقشه برداری مسیر

۸- عملیات خاکی

مدرس:

دکتر فرید کریمی پور

استادیار گروه مهندسی نقشه برداری،

پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

ایمیل: fkarimipr@ut.ac.ir

وبسایت: https://sites.google.com/site/faridkarimipour

نیمرخ یا مقطع (پروفیل)

نمایش پستی و بلندی سطح زمین در مسیر راه که با برداشت ارتفاع نقاطی از سطح زمین به دست می آید.

- **نیمرخ طولی:** از اتصال نقاط سطح زمین در امتداد محور مسیر که در فواصل معینی برداشت شده اند به دست می آید.

- **نیمرخ عرضی:** از اتصال نقاط سطح زمین در امتداد عمود بر محور مسیر که بر روی محور و دو طرف لبه مسیر برداشت شده اند به دست می آید.

نیمرخ یا مقطع (پروفیل)

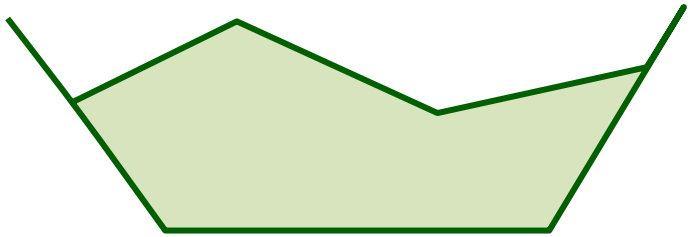
- محل نقاط ارتفاعی برای تولید نیمرخ طولی و عرضی:

– نقاطی با فواصل ثابت که این فاصله بر اساس شدت تغییرات توپوگرافی تعیین می شود.

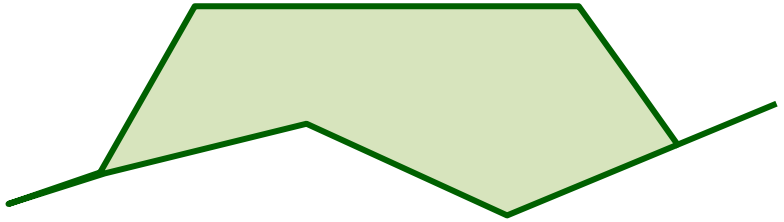
– نقاط مهم (مانند نقاطی که در آنها تغییر ناگهانی در ارتفاع ایجاد می شود)

عملیات خاکی

- انجام خاکبرداری و خاکریزی به منظور رساندن سطح زمین به خط پروژه یا نیمرخ تیپ (نیمرخ عرضی مسیر پس از احداث، شامل سطح راه، شانه راه، شیروانی و ...)



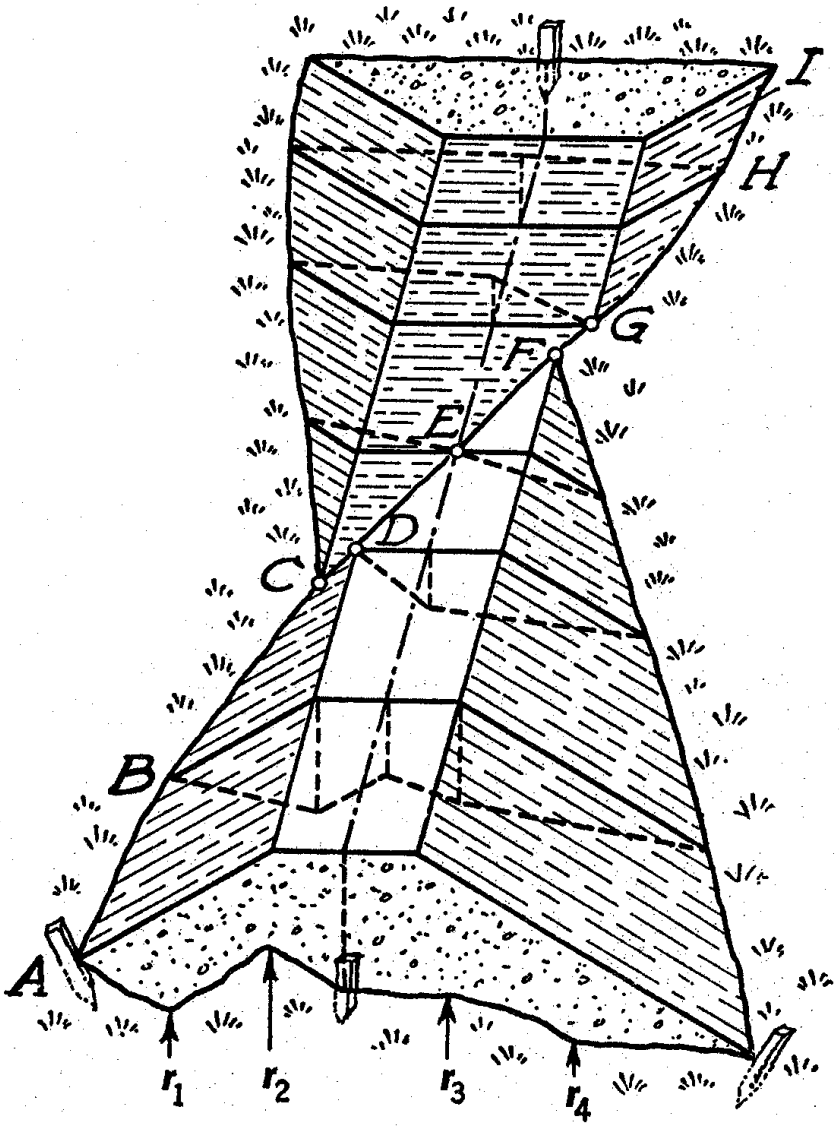
خاکبرداری



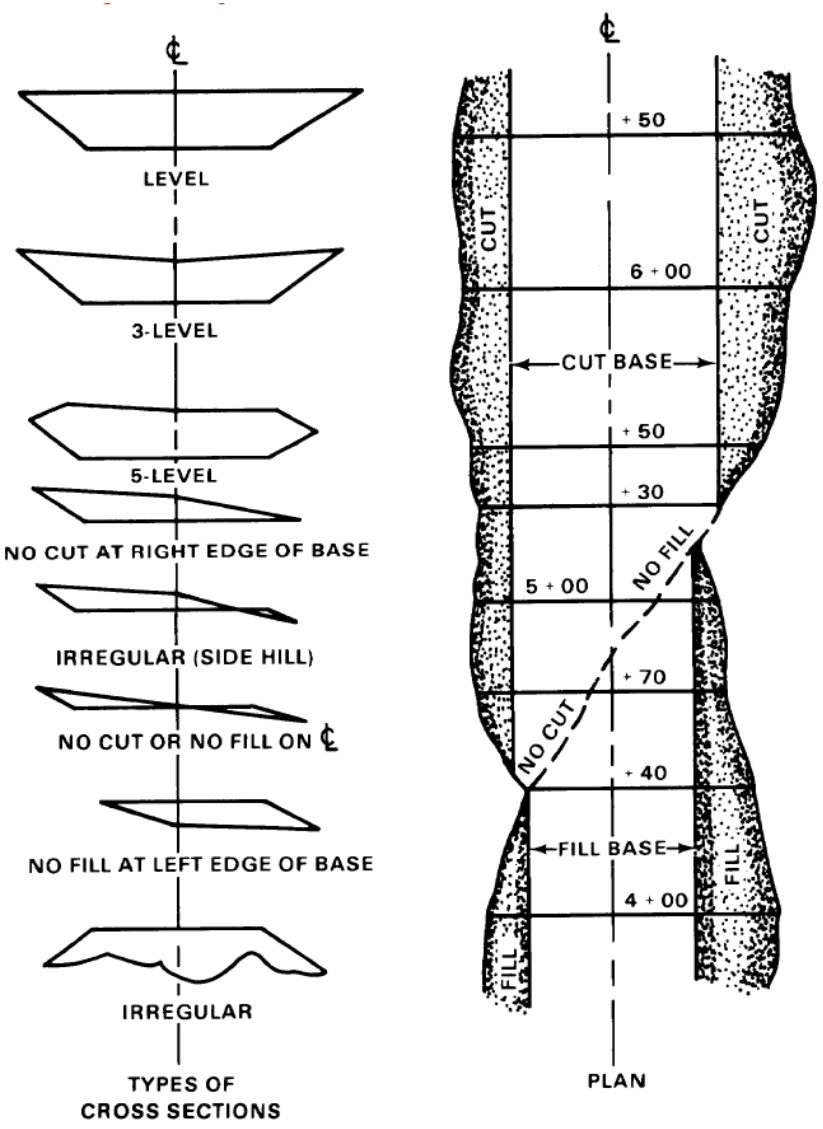
خاکریزی

- با تعیین مساحت محصور بین هر نیمرخ عرضی با نیمرخ تیپ، مساحت خاکبرداری و خاکریزی در هر مقطع محاسبه می شود.
- با تعیین حجم خاکبرداری و خاکریزی بین هر دو نیمرخ عرضی متوالی، حجم عملیات خاکی تعیین می گردد.

عملیات خاکی

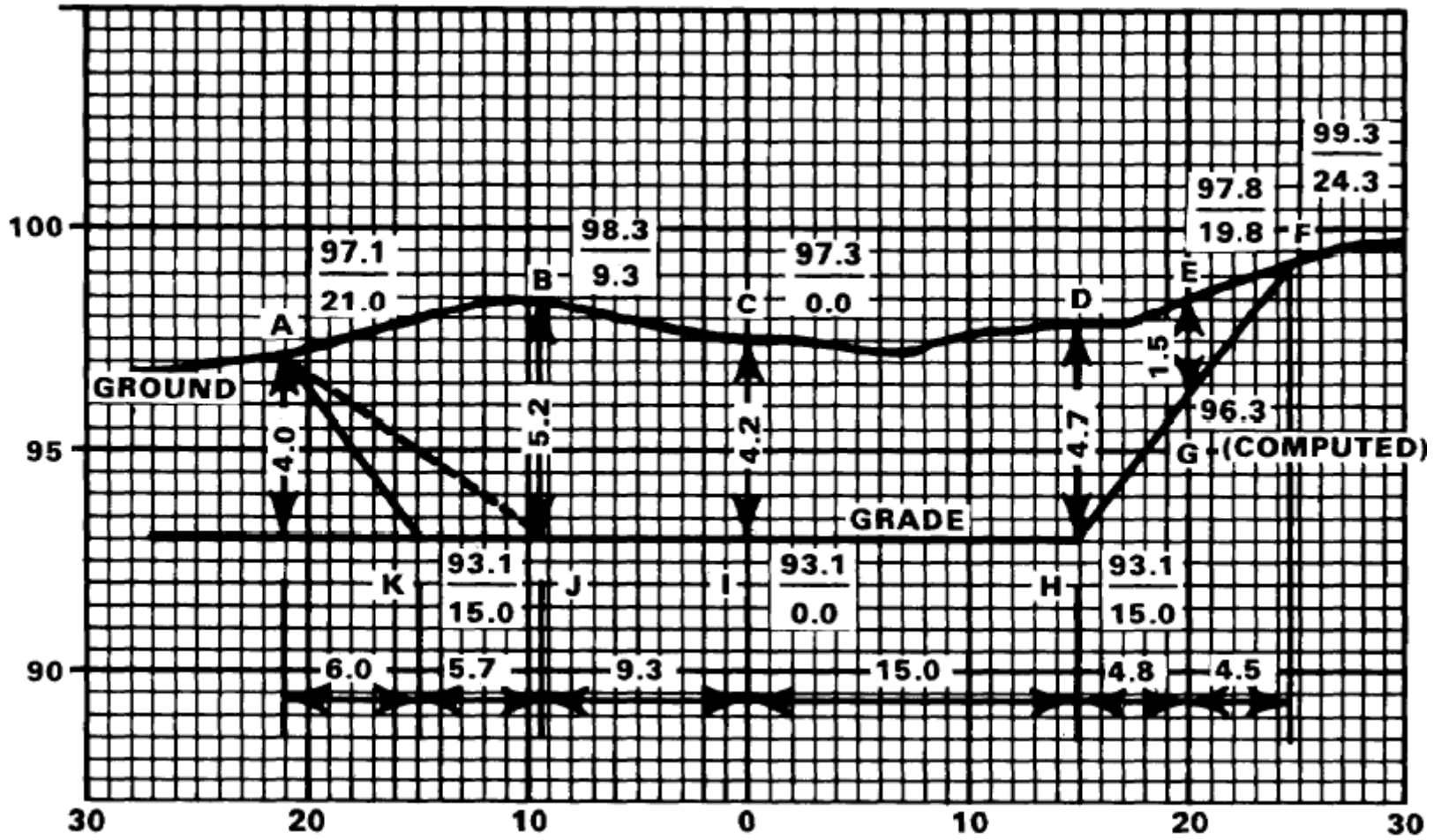


عملیات خاکی


℄
LEVEL
3-LEVEL
5-LEVEL
NO CUT AT RIGHT EDGE OF BASE
IRREGULAR (SIDE HILL)
NO CUT OR NO FILL ON ℄
NO FILL AT LEFT EDGE OF BASE
IRREGULAR
TYPES OF
CROSS SECTIONS
℄
+ 50
CUT
CUT
6 + 00
CUT BASE
+ 50
+ 30
NO FILL
5 + 00
+ 70
NO CUT
+ 40
FILL BASE
FILL
4 + 00
FILL
PLAN

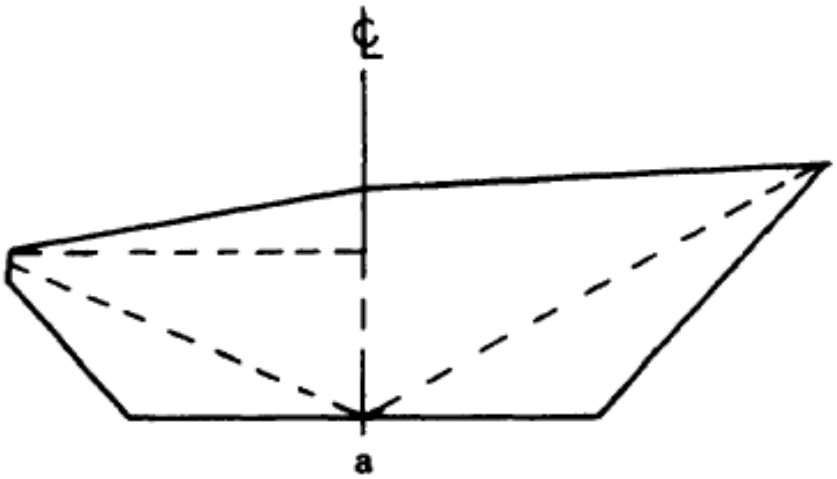
محاسبه مساحت عملیات خاکی در یک مقطع عرضی

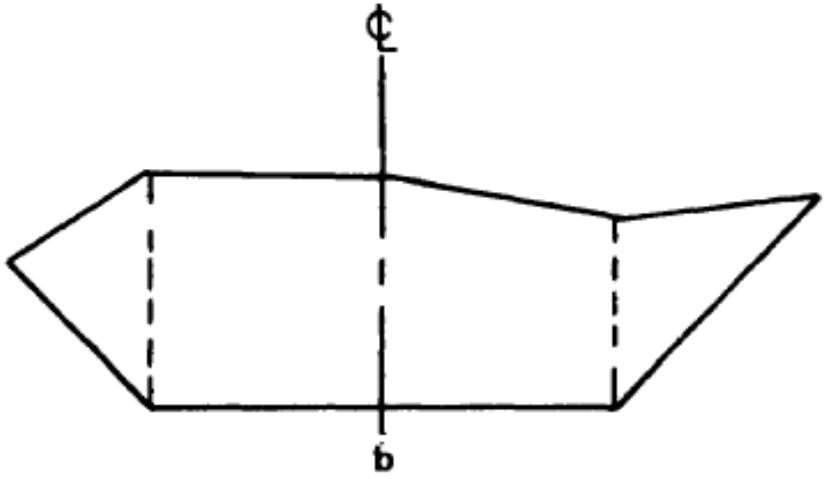
روش اول: استفاده از کاغذ شطرنجی



محاسبه مساحت عملیات خاکی در یک مقطع عرضی

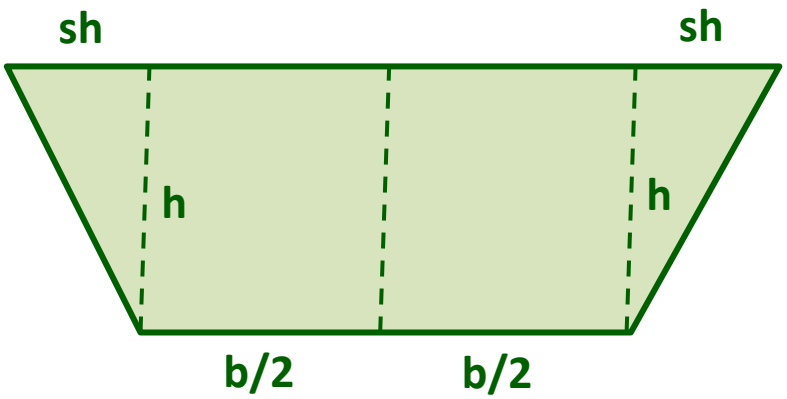
روش دوم: تقسیم بندی به اشکال هندسی با مساحت معلوم

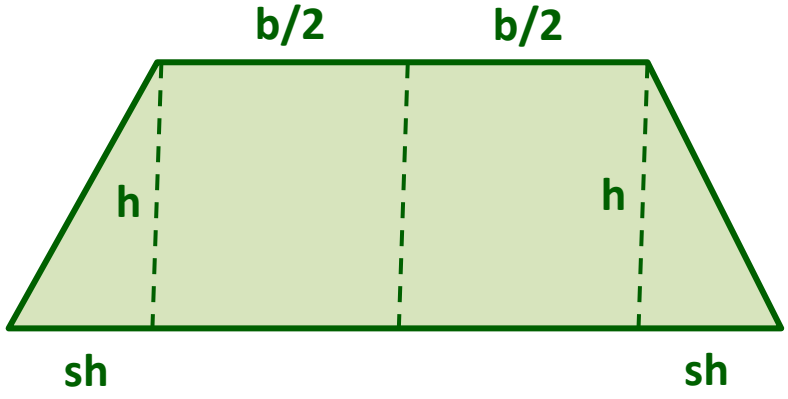




محاسبه مساحت عملیات خاکی در یک مقطع عرضی

روش دوم: تقسیم بندی به اشکال هندسی با مساحت معلوم

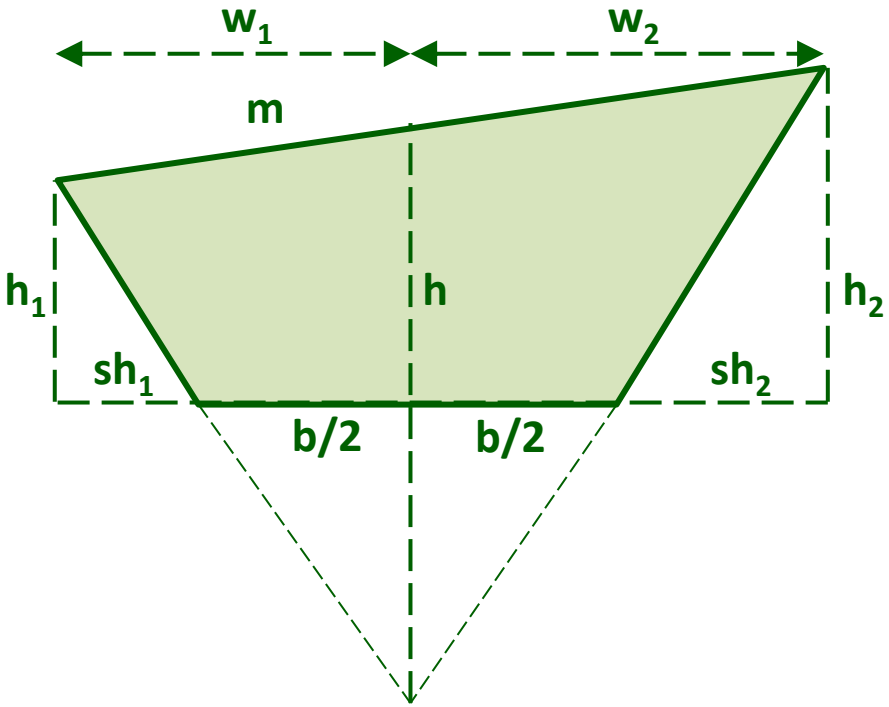


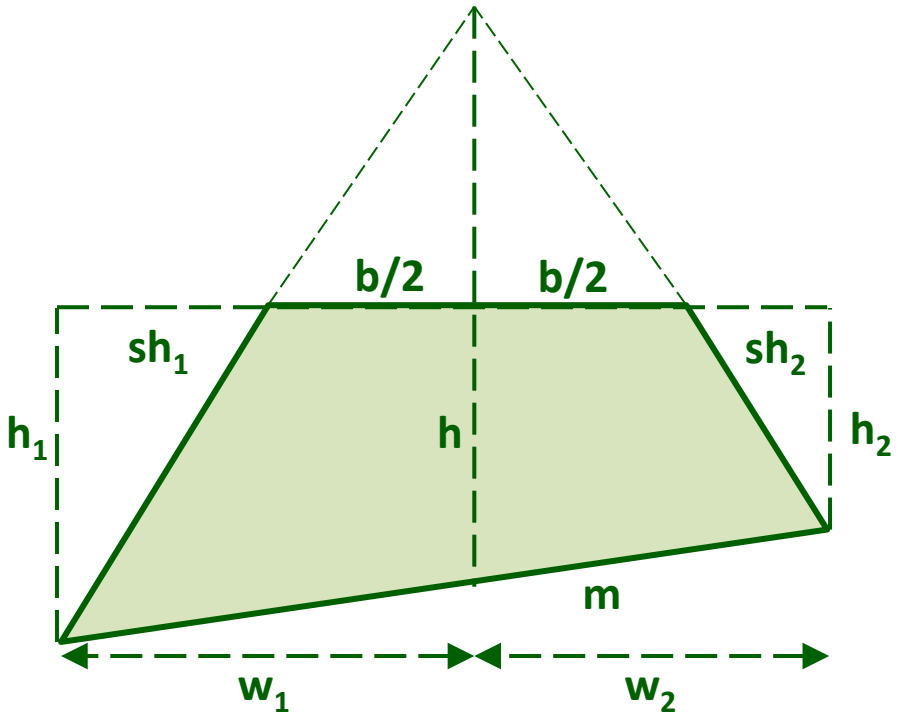


$$A = (b + s.h).h$$

محاسبه مساحت عملیات خاکی در یک مقطع عرضی

روش دوم: تقسیم بندی به اشکال هندسی با مساحت معلوم





$$A = \frac{1}{2}[(w_1 + w_2)(\frac{b}{2s} + h) - \frac{b^2}{2s}]$$

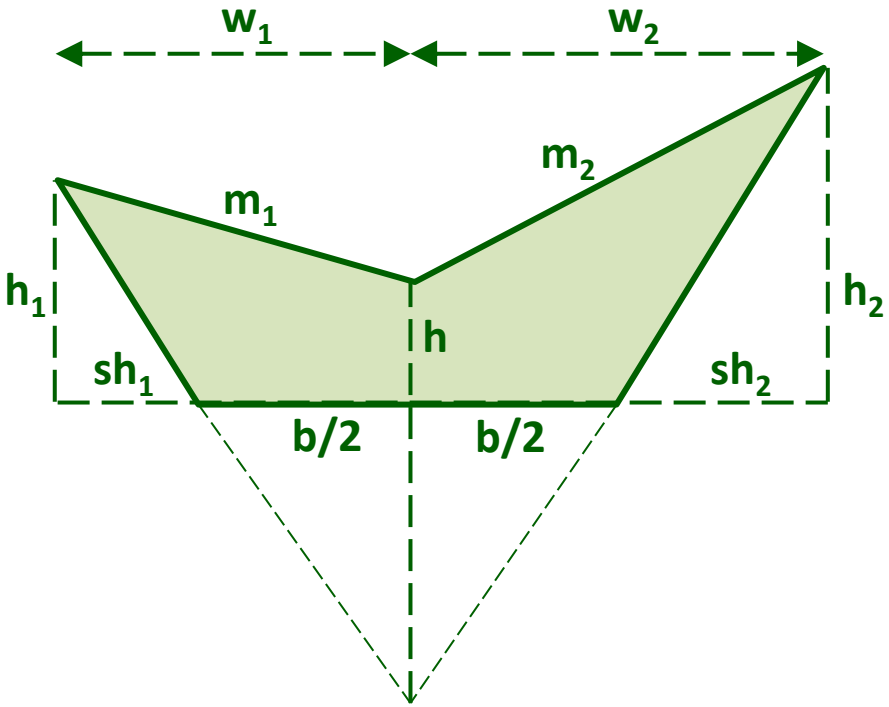
محاسبه مساحت عملیات خاکی در یک مقطع عرضی

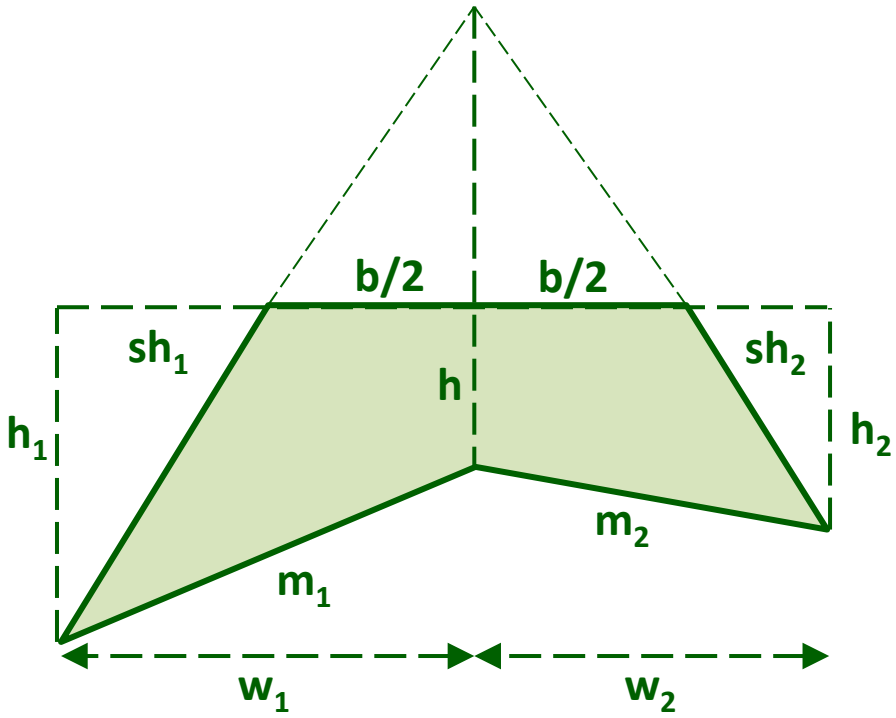
روش دوم: تقسیم بندی به اشکال هندسی با مساحت معلوم

خاکبرداری	خاکریزی
$w_1 = (h - h_1)m$ $w_2 = (h_2 - h)m$	$w_1 = (h_1 - h)m$ $w_2 = (h - h_2)m$
$h_1 = \frac{m}{m+s}(h - \frac{b}{2m})$ $h_2 = \frac{m}{m-s}(h + \frac{b}{2m})$	$h_1 = \frac{m}{m-s}(h + \frac{b}{2m})$ $h_2 = \frac{m}{m+s}(h - \frac{b}{2m})$
$w_1 = \frac{m}{m+s}(hs + \frac{b}{2})$ $w_2 = \frac{m}{m-s}(hs + \frac{b}{2})$	$w_1 = \frac{m}{m-s}(hs + \frac{b}{2})$ $w_2 = \frac{m}{m+s}(hs + \frac{b}{2})$

محاسبه مساحت عملیات خاکی در یک مقطع عرضی

روش دوم: تقسیم بندی به اشکال هندسی با مساحت معلوم





$$A = \frac{b}{4}(h_1 + h_2) + \frac{h}{2}(w_1 + w_2)$$

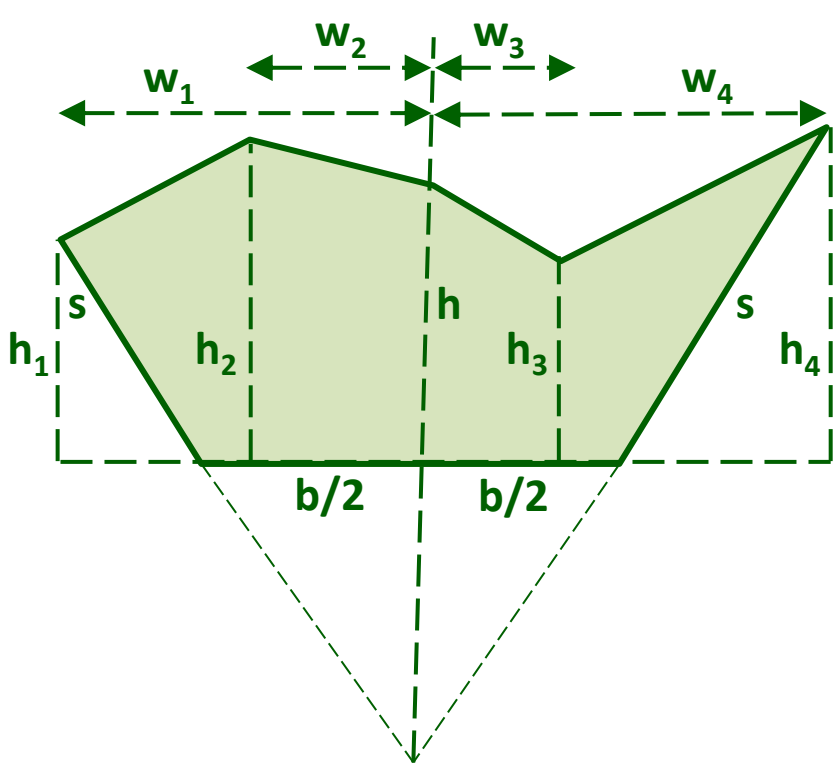
محاسبه مساحت عملیات خاکی در یک مقطع عرضی

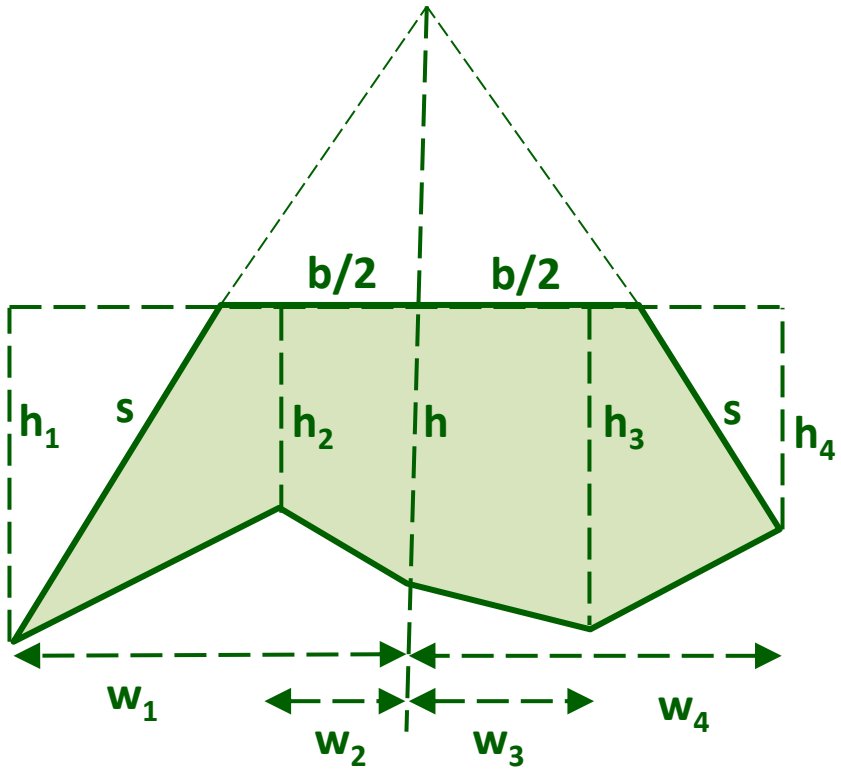
روش دوم: تقسیم بندی به اشکال هندسی با مساحت معلوم

خاکبرداری	خاکریزی
$h_1 = \frac{hm_1 + \frac{b}{2}}{m_1 + s}$	$h_1 = \frac{hm_1 + \frac{b}{2}}{m_1 - s}$
$h_2 = \frac{hm_2 + \frac{b}{2}}{m_2 - s}$	$h_2 = \frac{hm_2 + \frac{b}{2}}{m_2 + s}$

محاسبه مساحت عملیات خاکی در یک مقطع عرضی

روش دوم: تقسیم بندی به اشکال هندسی با مساحت معلوم

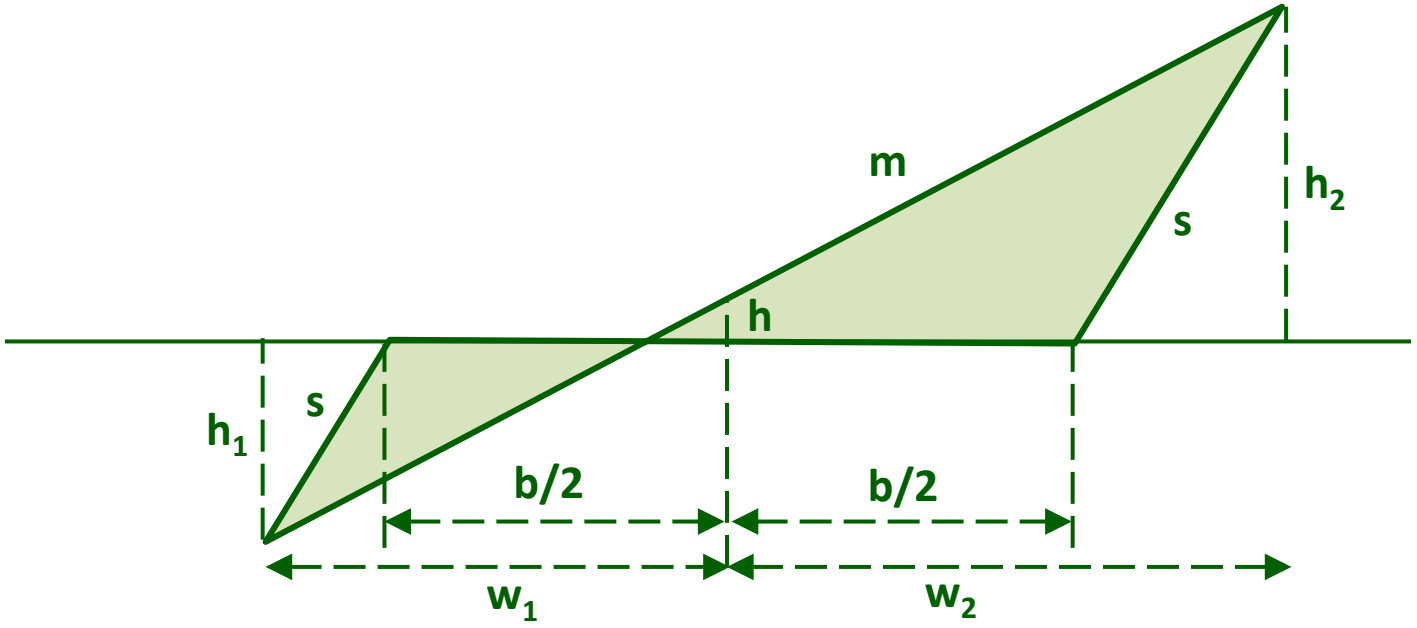




محاسبه مساحت به روش مختصاتی (حالت کلی)

محاسبه مساحت عملیات خاکی در یک مقطع عرضی

روش دوم: تقسیم بندی به اشکال هندسی با مساحت معلوم



$$A_F = \frac{1}{2(m-s)}\left(\frac{b}{2} - hm\right)^2 \qquad A_C = \frac{1}{2(m-s)}\left(\frac{b}{2} + hm\right)^2$$

محاسبه مساحت عملیات خاکی در یک مقطع عرضی

روش دوم: تقسیم بندی به اشکال هندسی با مساحت معلوم

$$h_1 = \frac{m}{m-s}\left(\frac{b}{2m} - h\right)$$

$$h_2 = \frac{m}{m-s}\left(\frac{b}{2m} + h\right)$$

$$w_1 = \frac{b}{2} + \frac{ms}{m-s}\left(\frac{b}{2m} - h\right)$$

$$w_2 = \frac{b}{2} + \frac{ms}{m-s}\left(\frac{b}{2m} + h\right)$$

محاسبه حجم عملیات خاکی در فاصله دو مقطع عرضی

- **حالت اول:** در یک مقطع، خاکبرداری یا خاکریزی و در مقطع دیگر، عملیات خاکی وجود ندارد.

– شکل بین دو مقطع، یک هرم است:

$$V = \frac{LA}{6}$$

A: مساحت عملیات خاکی در سطح مقطع هرم

L: فاصله دو مقطع

محاسبه حجم عملیات خاکی در فاصله دو مقطع عرضی

- **حالت دوم:** در هر دو مقطع، خاکبرداری یا خاکریزی وجود دارد.

– شکل بین دو مقطع، یک منشور است:

روش دو مقعطی:

$$V = L\frac{A_1 + A_2}{2}$$

روش سه مقطعی:

$$V = L\frac{A_1 + 2A_m + A_2}{4} = L\frac{A_1 + 4A_m + A_2}{6}$$

A_1 و A_2 و A_m: مساحت عملیات خاکی در مقاطع اول، دوم و میانی

L: فاصله دو مقطع اول و آخر

محاسبه حجم عملیات خاکی در فاصله دو مقطع عرضی

- **حالت سوم:** در یک مقطع، خاکبرداری [خاکریزی] و در مقطع دیگر، خاکریزی [خاکبرداری] وجود دارد.

  – یک نقطه بین دو مقطع وجود دارد که در آن، عملیات خاکی وجود ندارد. با یافتن فاصله این نقطه از مقاطع ابتدا و انتها، دو هرم تشکیل می شود که یکی خاکبرداری و دیگری خاکریزی است.

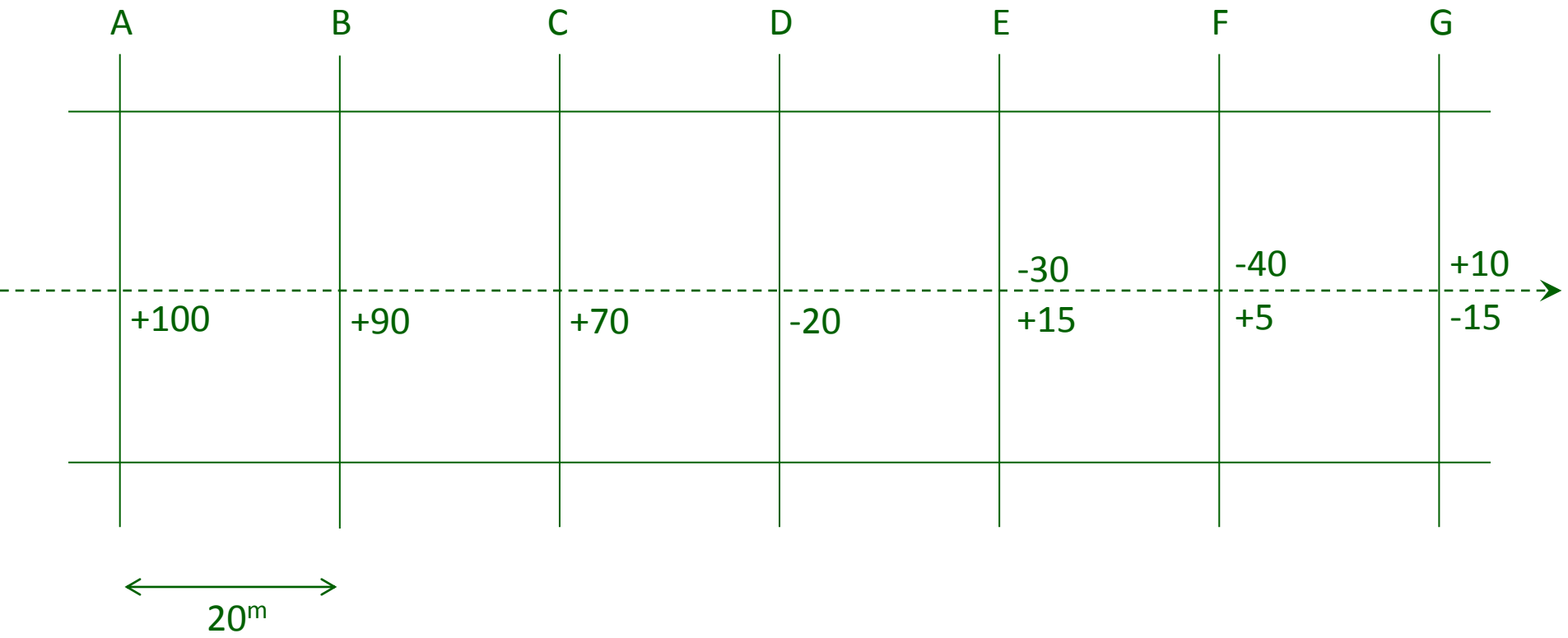
محاسبه حجم عملیات خاکی در فاصله دو مقطع عرضی

- **حالت چهارم:** در مقاطع اول و دوم، ترکیبی از خاکبرداری و خاکریزی وجود دارد.

  - اگر عملیات خاکی مربوط به جهات یکسان راه، مشابه باشد، دو منشور تشکیل می شود که یکی خاکبرداری و دیگری خاکریزی است.

  - اگر عملیات خاکی مربوط به جهات یکسان راه، مشابه نباشد، دو نمونه از حالت سوم رخ می دهد.

مسئله ۱-۸: حجم عملیات خاکی مسیر زیر در حد فاصل مقاطع A تا G را حساب کنید.



پایان