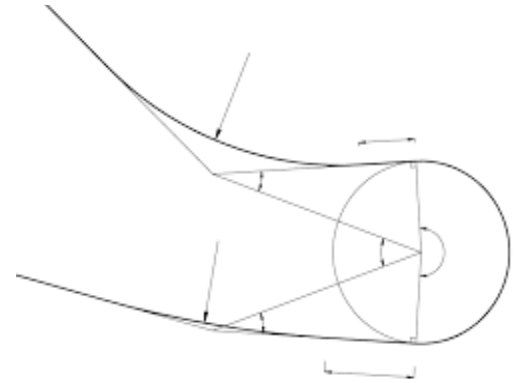
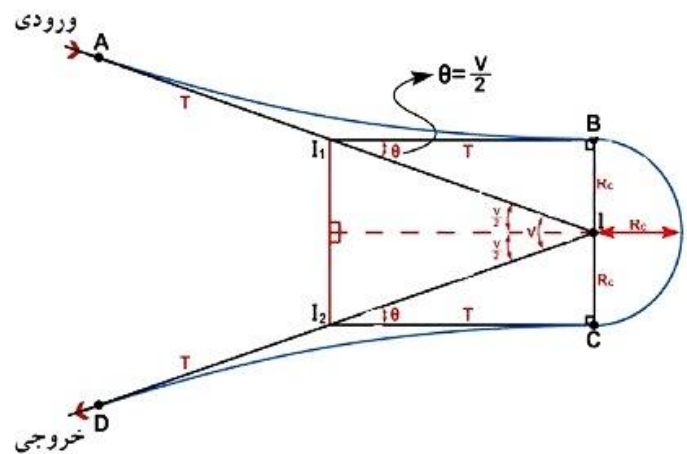
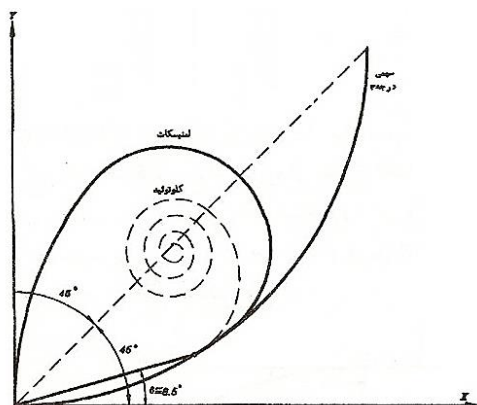
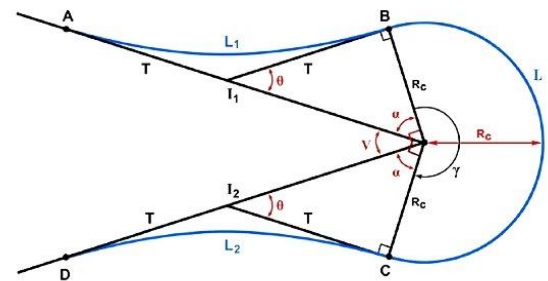
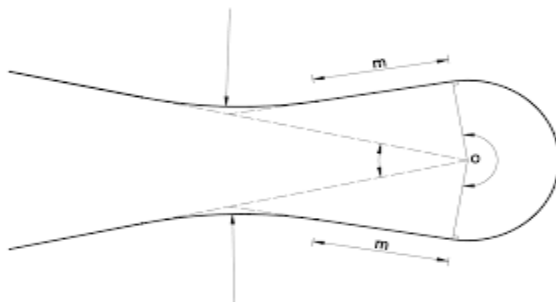
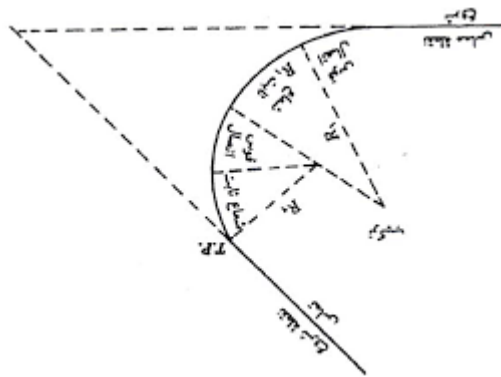
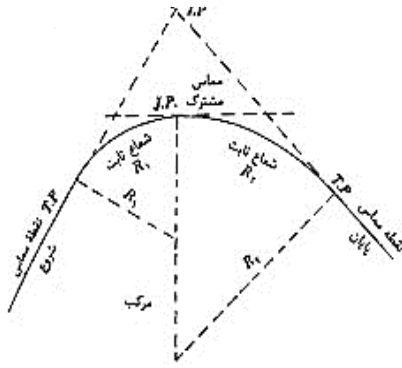


نقشه برداری مسیر



نوشته : فرهاد فقه نبی

Farhad.feghenaby@yahoo.com



تقدیم بہ:

خانوادہ

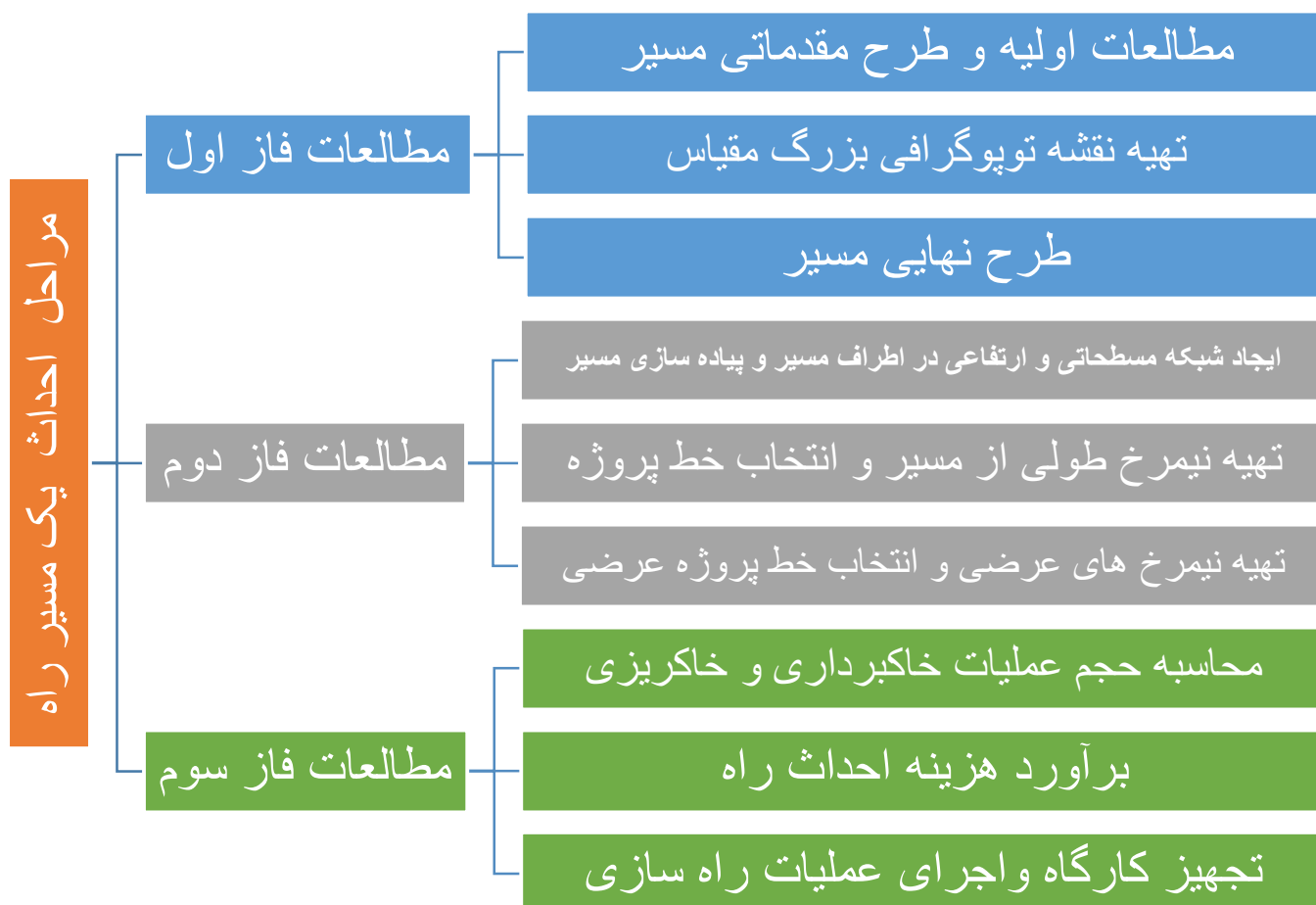
عزیزم

فهرست

5	فصل اول : مراحل احداث یک مسیر راه
7	مشخصات هندسی یک مسیر
8	مطالعات اولیه طرح مقدماتی مسیر
8	طرح نهایی مسیر
9	طبقه بندی و درجه بندی راه ها
11	فصل دوم : قوس دایره ساده
13	ویژگی های دایره
13	پارامتر ها و اصطلاحات قوس دایره ای ساده
14	رابطه بین درجه قوس و طول قوس
16	معرفی فرمول ها و پارامتر های قوس دایره ساده
18	فصل سوم : روش های پیاده کردن قوس دایره ای ساده
18	پیاده کردن قوس به روش مختصات قطبی
18	پیاده کردن قوس به روش مختصات قائم الزاویه
20	پیاده قوس به روش تقاطع
21	فصل چهارم : حل مسائل از روش های مختلف پیاده سازی قوس دایره ساده
21	حل مسائل ز روش قطبی
25	حل مسائلی از روش پیاده کردن از رأس
27	پیاده کردن قوس به روش مختصات قائم الزاویه
30	فصل پنجم : قوس دایره ای مرکب
32	روابط قوس دایره ای مرکب
33	حل و بررسی مسائل قوس دایره مرکب

36	فصل ششم : قوس دایره ای مرکب معکوس
37	روابط قوس دایره مرکب معکوس
37	حالت خاص اول (قوس معکوس بین دو مماس موازی)
40	حالت خاص دوم قوس مرکب معکوس
44	فصل هفتم : قوس سرپانتین
44	قوس سرپانتین نوع اول
45	قوس سرپانتین نوع دوم
46	روابط قوس سرپانتین نوع دوم
47	قوس سرپانتین نوع سوم
48	روابط قوس سرپانتین نوع سوم

فصل اول



الف) مطالعات فاز اول

- ✓ جمع آوری هر گونه اطلاعات و مدارک مورد نیاز از سازمان ها و دستگاه های ذی ربط
- ✓ جمع آوری هر گونه نقشه و یا عکس هوایی موجود از منطقه
- ✓ بازدید از منطقه طرح و جمع آوری اطلاعات و آمار مورد نیاز
- ✓ انتخاب مسیرهای مختلف بین مبدا و مقصد (واریانت ها) بر روی نقشه ها یا عکس های هوایی موجود
- ✓ اعزام گروه های مختلف کارشناسی مانند کارشناسان زمین شناسی . نقشه برداری . محیط زیست . منابع آب و غیره برای بررسی های کارشناسانه مسیرهای انتخاب شده اولیه.
- ✓ جمع آوری گزارش های تهیه شده برای مسیرهای انتخاب شده اولیه

نکته: در محل های کوهستانی بهترین مسیر قابل اجرا. اغلب در امتداد رودخانه ها در دو دامنه کوهستانی می باشد و هم چنین کم هزینه ترین مسیر. مسیری است که بالا تر از جریان آب در صورتی که شیب رودخانه از حد مجاز تجاوز نکند باشد.

(ب) مطالعات فاز دوم

- ✓ تهیه نقشه توپوگرافی بزرگ مقیاس . معمولاً با مقیاس 1/1000 الی 1/2000 در باند مشخصی به عرض 200 یا 300 یا 400 متری
- ✓ مشخص کردن دقیق نقاط شروع . پایان و اجباری درجه یک و دوم بروی نقشه مذکور
- ✓ طراحی مسیر با توجه به مشخصات فنی مورد نظر شامل خطوط مستقیم . قوس ها . پل ها . آبروها و ... همچنین تعیین محل تاسیسات جانبی راه شامل مکان های پمپ سوخت . مکان ساختمان های راهداری . اوژانس . مجتمع های خدماتی رفاهی بین راهی . پاسگاه ها و...

(ج) مطالعات فاز سوم

- ✓ پیاده کردن مولفه افقی مسیر (پلان مسیر) که در فاز دوم بر روی نقشه های توپوگرافی طراحی شده است.
- ✓ تهیه و ترسیم نیمرخ های طولی و عرضی و انتخاب خط پروژه های طولی و عرضی
- ✓ محاسبه حجم عملیات خاکی شامل خاکبرداری و خاکریزی
- ✓ تعیین هزینه اجرا یا برآورد هزینه احداث راه
- ✓ تجهیز کارگاه و اجرای عملیات ساختمانی راه توسط پیمانکار با نظارت مشاور

مشخصات هندسی یک مسیر

الف) مبدا و مقصد مسیر

ب) مولفه افقی مسیر

پلان مسیر: شامل خطوط مستقیم افقی و قوس های افقی می باشد که عبارتند از...

- 1) قوس دایره ای ساده
- 2) قوس دایره ای مرکب مستقیم
- 3) قوس دایره ای مرکب معکوس
- 4) قوس سرپانتین (سنجاق قفل یا لماسه)
- 5) قوس های اتصال یا تدریجی (کلوتوئید. لمنیسکات. سهمی درجه سه. سینوسی. کسینوسی و....)

ج) مولفه قائم مسیر

نیمرخ طولی: شامل خطوط مستقیم شیب دار و قوس های قائم است. امتدادهای مستقیم قائم با واژه ی شیب شناخته میشوند و هر امتداد مستقیم شیب دار به وسیله یک قوس قائم به یکدیگر مرتبط می شوند. مهمترین قوس های قائم عبارتند از...

- 1) سهمی درجه دو
- 2) قوس دایره ای ساده
- 3) بیضی ناقص (بخشی از یک بیضی)
- 4) قوس دایره مرکب

د) مولفه نیمرخ مسیر

نیمرخ عرضی: شامل خطوط سطح تمام شده ی مسیر و سطح طبیعی زمین عمود بر محور مسیر می باشد

مطالعات اولیه طرح مقدماتی مسیر

در این مرحله توسط مهندسین مشاور مجری طرح . اطلاعات . مدارک . نقشه و عکس های هوایی مرتبط با طرح در صورت موجود بودن . از سازمان ها و ارگان های ذی ربط اخذ و سپس مطالعه اولیه روی نقشه های متوسط مقیاس از منطقه (مثلا نقشه های 1/10000 و 1/20000 و 1/50000) در صورت موجود بودن و همچنین عکس های هوایی صورت گرفته و نهایتا یک یا چند مسیر بر روی نقشه ها و عکس های هوایی . بین مبدا و مقصد انتخاب می گردد

تهیه نقشه توپوگرافی بزرگ مقیاس

در این مرحله مسیر تقریبی انتخاب شده و اقدام به تهیه نقشه توپوگرافی بزرگ مقیاس معمولاً به مقیاس 1/2000 با منحنی میزان 2 متر و در باندی که مسیر تقریبی در وسط آن قرار دارد . عرض باند برداشت بستگی به نوع راه داشته و ممکن است 100 . 200 یا 400 متر باشد.

طرح نهایی مسیر

حداقل معیارهایی که در طراحی و به جهت تامین ایمنی راه موردنظر قرار می گیرد عبارتند از ...

- 1) سرعت طرح
- 2) عرض شانه
- 3) قوس های افقی
- 4) قوس های قائم
- 5) شیب طولی
- 6) شیب عرضی
- 7) عرض راه $(3.65+1.2)$
- 8) عرض خط عبور (3.65)
- 9) عرض پل

(10) حداقل فاصله ی دید توقف و سبقت

(11) شیب عرض در قوس ها (بربلندی)

طبقه بندی و درجه بندی راه ها

الف) طبقه بندی راه ها بر اساس موقعیت توپوگرافی منطقه

- 1) راه های هموار
- 2) راه های تپه ماهوری
- 3) راه های کوهستانی
- 4) راه های هموار با مانع
- 5) راه های تپه ماهور با مانع
- 6) راه های کوهستانی با مانع

ب) درجه بندی راه ها متناسب با اهمیت آن ها

- 1) آزاد راه ها
- 2) بزرگراه ها
- 3) راه اصلی
- 4) راه فرعی
- 5) راه روستایی

آزاد راه: راهی است که در آن مسیرهای رفت و برگشت از هم جدا شده باشند و دارای شرایط زیر باشند

- ✓ بدون تقاطع هم سطح
- ✓ دست کم هر مسیر دارای چهار خط سواره رو
- ✓ بدون دسترسی از حاشیه

✓ ممنوعیت عبور وسیله نقلیه غیر موتوری

بزرگراه: مانند آزاد راه ولی با امکانات محدود تقاطع هم سطح و دسترسی از حاشیه

راه اصلی: راهی است برای گذر وسایل نقلیه موتوری که جزئی از شبکه سراسری و ملی راه ها است

راه فرعی: ارتباط مراکز جمعیت و تولید داخلی یک منطقه را برقرار می کند

راه روستایی: راهی است برای ارتباط کاملاً محلی بین روستاها و یا اتصال روستاها به راه های فرعی

فصل دوم

قوس دایره ای ساده

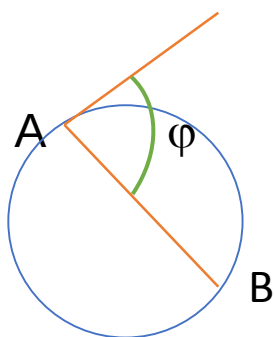
ساده ترین کمانی که دو قسمت مستقیم مسیری را به هم وصل میکند قوس یا کمان نامیده می شود

دایره

دایره عبارت است از مکان هندسی تمامی نقاط روی یک صفحه که فاصله های آن ها از یک نقطه ثابت به یک اندازه است

زاویه ضلی (ϕ)

زاویه ای که راس آن بر روی دایره . یکی از امتدادهای آن مماس بر دایره و امتداد دیگر آن وتری از دایره می باشد

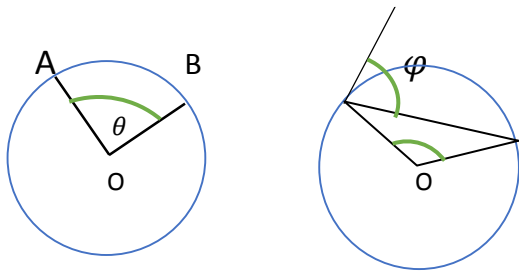


زاویه مرکزی (θ)

زاویه ای است راس آن مرکز دایره و دو امتداد دیگر آن دوشعاع از دایره می باشند. رابطه بین زاویه ضلی و زاویه مرکزی

$$a = 2 \times \phi$$

$$\phi = \frac{a}{2}$$

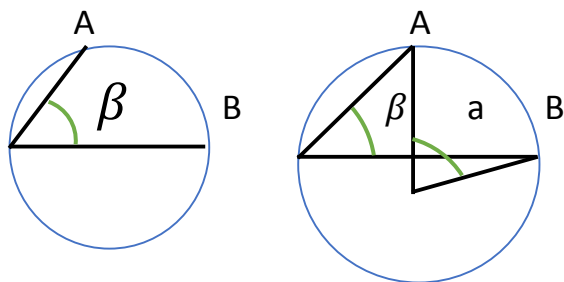


زاویه محاطی (β)

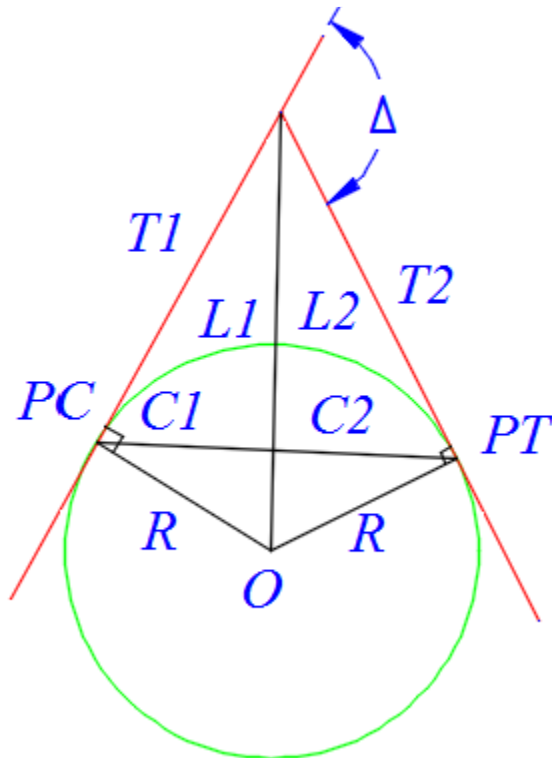
زاویه ای که راس آن روی محیط دایره و دو امتداد آن دو وتر از دایره باشد
رابطه ی بین زاویه ی محاطی و زاویه مرکزی

$$a = 2 \times \beta$$

$$\beta = \frac{a}{2}$$



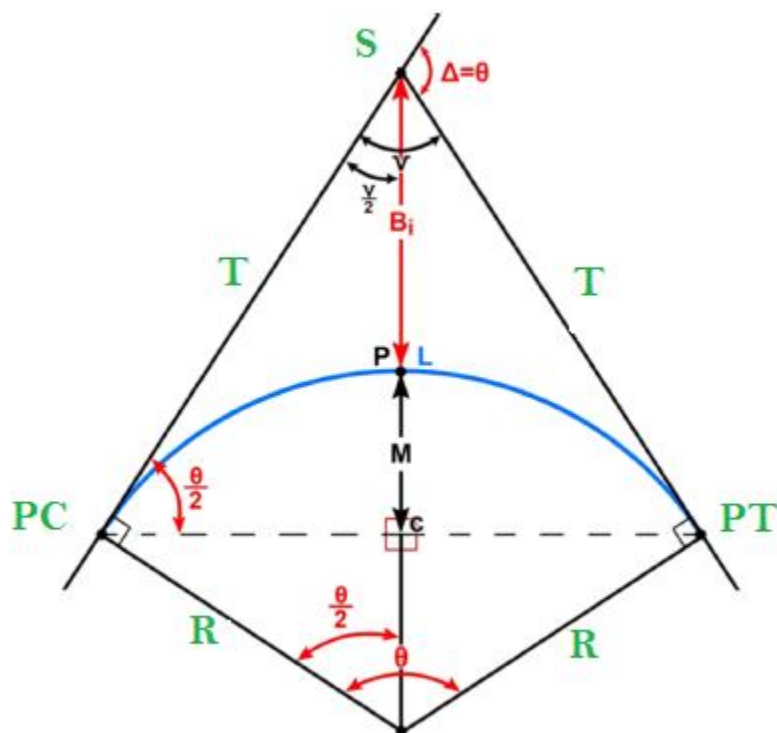
ویژگی های دایره



✓ از هر نقطه خارج از دایره تنها می توان دو مماس بر محیط دایره رسم کرد. طول این دو مماس رسم شده با هم برابر خواهد بود

✓ خطی که از نقطه خارج دایره به مرکز دایره رسم می شود (زاویه داخلی راس قوس را به دو قسمت مساوی تقسیم میکند. این خط وتر مربوطه را به دو قسمت مساوی تقسیم میکند. کمان مقابل خود را به دو قسمت مساوی تقسیم میکند)

پارامترها و اصطلاحات قوس دایره ای ساده



S : نقطه راس قوس (سومه)

T : طول مماس یا طول تانژانت

PC : نقطه شروع قوس

PT : نقطه انتهای قوس

R : شعاع قوس

Δ : زاویه انحراف

BI : فاصله بیرونی (طول خارجی)

L : طول کمان قوس

P : نقطه مرکز قوس

M : فاصله درونی

C : طول وتر

V : زاویه انحرافی داخلی

θ : زاویه مرکزی قوس

درجه قوس

درجه قوس عبارت است از زاویه مرکزی مقابل به یک وتر یا کمانی به طولی 100 درجه یا 30.48 متر

محاسبه درجه قوس در دو حالت

✓ زاویه مرکزی مقابل یک کمان به طول 30.48 متر یا 100 درجه (کمان ثابت)

✓ زاویه مرکزی مقابل یک وتر به طول 30.48 متر یا 100 درجه (وتر ثابت)

رابطه بین درجه قوس و طول قوس

D : درجه قوس

Δ : زاویه انحراف

L : طول کمان برحسب متر

$$\frac{L}{30.48} = \frac{\Delta}{D} \quad L = \frac{30.48 \times \Delta}{D}$$

$$D = \frac{360 \times 30.48}{2\pi r} \quad D = \frac{1746.38}{R} \quad \text{در حالت اول}$$

$$D = 2 \text{Arc Sin} \left(\frac{15.24}{R} \right) \quad R = \frac{15.24}{\text{Sin}(\frac{D}{2})} \quad \text{در حالت دوم}$$

مثال : چنانچه زاویه انحراف $\Delta = 120^{\circ}25'18''$ و درجه قوس $D = 4^{\circ}15'$ باشد مطلوب است طول قوس .

$$L = \frac{30.48 \times 120^{\circ}25'18''}{4^{\circ}15'} = 863.635^m$$

مثال : چنانچه زاویه انحراف $\Delta = 64^{\circ}35'$ باشد و طول قوس $L=250m$ باشد درجه قوس و شعاع قوس را محاسبه کنید.

$$D = \frac{30.48 \times 64^{\circ}35'}{250} = 7^{\circ}52'26.4''$$

$$R = \frac{15.24}{\sin(\frac{7^{\circ}52'26.4''}{2})} = 221.964 \quad , \quad R = \frac{1746.38}{7^{\circ}52'26.4''} = 221.790$$

مثال : چنانچه درجه قوس 7° باشد شعاع قوس را بدست آورید.

$$R = \frac{15.24}{\sin(\frac{7^{\circ}}{2})} = 249.637 \quad , \quad R = \frac{1746.38}{7^{\circ}} = 249.482$$

معرفی فرمول ها و پارامترهای قوس دایره ساده

$$T: R \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$BI: R \times \left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}}\right) - 1 \quad \text{And} \quad BI: T \times \tan\frac{\Delta}{4}$$

$$M: R(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right))$$

$$L: R \times \Delta \times \left(\frac{\pi}{180} \text{ or } \frac{\pi}{200}\right)$$

$$C: 2 \times R \times \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$Km_A: Km_S - T$$

$$Km_P: Km_A + L/2$$

$$Km_B: Km_A + L$$

حل مسائلی از قوس دایره ساده

مثال: در یک قوس دایره ساده چنانچه $\Delta = 110^\circ$ و $R=500$ مطلوب است محاسبه کلیه پارامترهای قوس دایره ساده.

$$T = 500 \times \tan\left(\frac{110^\circ}{2}\right) = 714.07$$

$$BI = 714.07 \times \tan\left(\frac{110^\circ}{4}\right) = 371.72$$

$$M = 500 \left(1 - \cos \frac{110^\circ}{2} \right) = 213.21$$

$$C = 2 \times 500 \times \sin \left(\frac{110^\circ}{2} \right) = 819.15$$

$$L = 500 \times 110 \times \left(\frac{\pi}{180} \right) = 959.93$$

مثال : چنانچه در یک قوس دایره ساده $\Delta = 95^\circ$ و همچنین $R = 350m$ و کیلومتر از راس قوس برابر 18815.2 باشد مطلوب است محاسبه کلیه پارامتر های قوس دایره ساده.

$$T = 350 \times \tan \left(\frac{95^\circ}{2} \right) = 381.95$$

$$BI = 381.95 \times \tan \left(\frac{95^\circ}{4} \right) = 168.06$$

$$M = 350 \times \left(1 - \cos \frac{95^\circ}{2} \right) = 113.54$$

$$C = 2 \times 350 \times \sin \left(\frac{95^\circ}{2} \right) = 516.06$$

$$L = 350 \times 95^\circ \times \left(\frac{\pi}{180} \right) = 580.32$$

$$Km_A = 18815.2 - 381.95 = 18433.25$$

$$Km_P = 18433.25 + 290.16 = 18723.41$$

$$Km_B = 18433.25 + 580.32 = 19013.57$$

نکته مهم اجرایی .

در هنگام اجرای قوس ها زاویه ی انحراف طراحی با زاویه انحراف زمینی اختلاف پیدا میکند . دلیل این موضوع وجود خطاهای زاویه ای و طولی و دیگر خطا ها می باشد. بدون شک میزان این خطاها بایستی متناسب با دقت انجام کار باشد و برای انجام هرگونه محاسبات اجرایی و محاسبات مشخصات قوس بایستی از زاویه انحراف زمینی استفاده شود.

مثال : در یک قوس با شعاع 1000m و زاویه انحراف طراحی $63^\circ 28' 15''$ و پس از پیاده شدن نقاط و سومه قوس زاویه انحراف زمینی $63^\circ 22' 15''$ اندازه گیری شده است . تاثیر اختلاف دو زاویه انحراف زمینی و طراحی بر طول مسیر عبارت است از

$$d \propto (\Delta \text{ طراحی} - \Delta \text{ زمینی})$$

$$\Delta L = 2.9 \times 10^{-4} \times R \times d \propto$$

$$d \propto (63^\circ 22' 15'' - 63^\circ 28' 15'') = -6'$$

$$\Delta L = 2.9 \times 10^{-4} \times 1000 \times (-6') = -0.029$$

فصل سوم

روش های پیاده کردن قوس دایره ای ساده

الف) پیاده کردن قوس به روش مختصات قطبی

- ✓ این روش یکی از متداول ترین روش ها جهت پیاده قوس است در این روش موقعیت هر نقطه از قوس در روی زمین به وسیله دو پارامتر یعنی طول و زاویه مشخص میشود.
- (1) استقرار در نقطه شروع یا انتهای قوس و صفر صفر به راس قوس
 - (2) استقرار در نقطه شروع قوس و صفر صفر به انتهای قوس و بلعکس
 - (3) پیاده کردن از راس قوس
 - (4) پیاده کردن از نقطه وسط قوس

ب) پیاده کردن قوس به روش مختصات قائم الزاویه

- ✓ این روش را با مختصات کارتیزین یا افست نیز می شناسیم و از این روش برای پیاده کردن قوس های با شعاع کوچک. جداول پیاده روه. تقاطع چهارراه ها و ... استفاده میشود.
- اساس کار در این روش استفاده از دو طول عمود برهم مرسوم به (X, Y) بوده و باتوجه به انتخاب دو محور متعامد (X, Y) به طور دلخواه و همچنین تعیین روابطی بین (X, Y) و

نهایتاً مشخص نمودن مقادیر آن به سهولت می توان موقعیت نقاط روی قوس را بر روی زمین پیاده نمود. پیاده نمودن قوس به این روش در دو حالت امکان پذیر است.

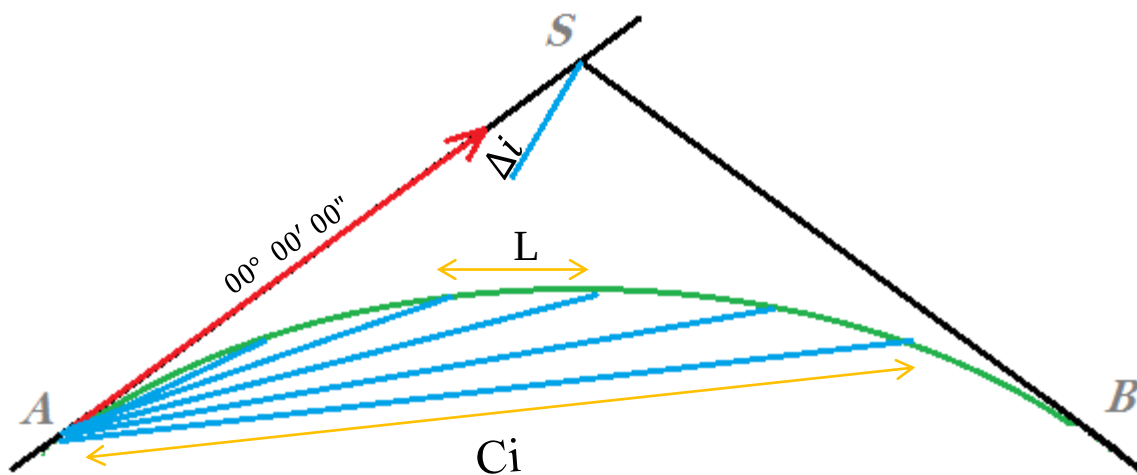
- (1) استقرار دوربین در شروع و یا انتهای قوس
- (2) استقرار دوربین در وسط وتر

(ج) پیاده کردن به روش تقاطع

در این روش که با استفاده از دو زاویه یاب در نقطه ابتدا و انتهای قوس زوایای انحراف محاسبه شده و این زوایا را به دستگاه تئودولیت بسته و نقطه ی تقاطع آن که نقطه ای روی قوس است علامت گذاری میشود.

الف(1)

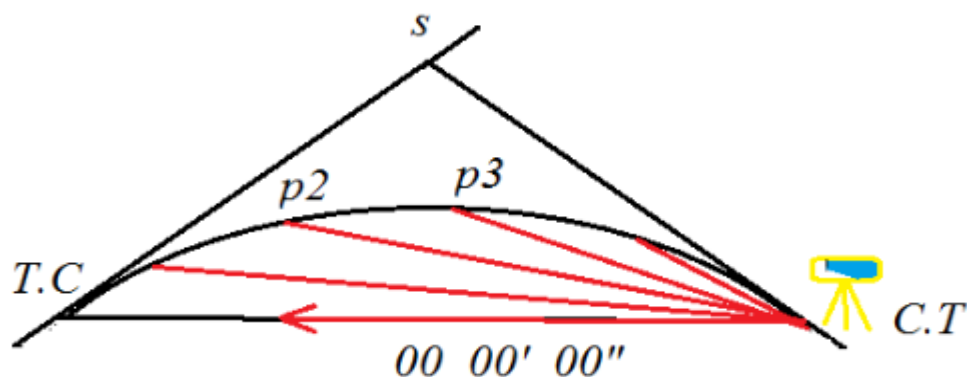
در روش قطبی این روش در میان روش های موجود به دلیل سادگی در محاسبات بیشترین استفاده را دارد و همچنین یکی از روش های پیشنهادی میباشد.



$$\Delta i = \frac{Li}{2R} \times \frac{180}{\pi} \text{ یا } \frac{200}{\pi}$$

$$Ci = 2 \times R \times \sin(\Delta i)$$

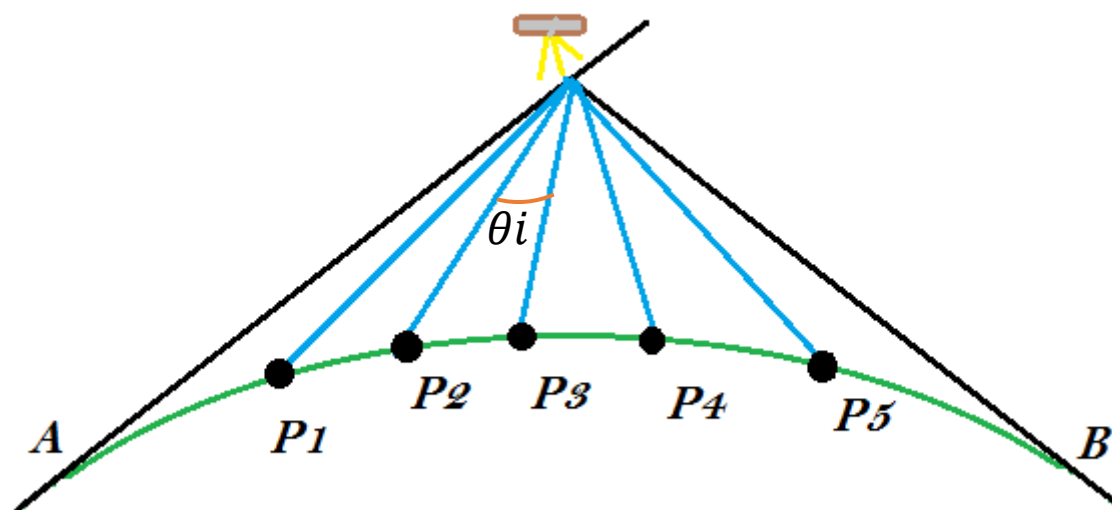
الف (2)



$$\phi' = \frac{l_i}{2R} \times \frac{180}{\pi}$$

الف (3)

این روش نیز یکی از متداول ترین روش ها در میان روش های موجود میباشد

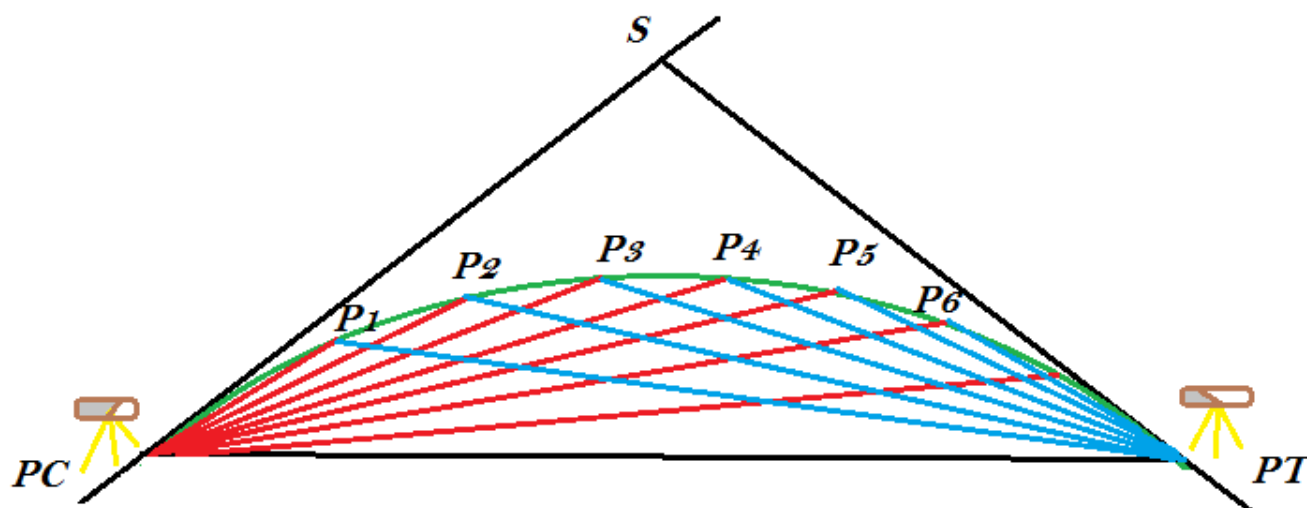


$$\theta_i = \frac{L_i}{R} \times \frac{180}{\pi}$$

$$C = 2 \times R \times \sin\left(\frac{\theta_i}{2}\right)$$

الف (4)

عامل یک دستگاه در شروع قوس پس از صفر صفر کردن به سومه زاویه ی φ_1 و عامل دیگر در انتهای قوس . زاویه ی $\varphi_1 + \frac{\Delta}{2} - 360$ را باز نموده محل تلاقی و محور قراولروی موقعیت نقطه k را مشخص می کند و سایر نقاط قوس به همین روش پیاده می شود.



فصل چهارم

حل مسائلی از روش قطبی

مثال (حل با روش الف (1)): دو مسیر مستقیم به زاویه انحراف 65° هم دیگر را در کیلومتراژ 1320.15 هم دیگر را قطع کردند. اگر شعاع قوس متصل کننده این دو مسیر 100m باشد. ابتدا کیلومتراژ از نقاط ورودی. وسط و انتهای قوس را بیابید. (حل با روش اول)

$$T = 100 \times \tan\left(\frac{65^\circ}{2}\right) = 63.707 \quad L = 100 \times 65^\circ \times \frac{\pi}{180} = 113.446$$

$$km_A = 1320.15 - 63.707 = 1256.44$$

$$km_P = 1256.44 + 56.723 = 1313.16$$

$$km_B = 1256.44 + 113.446 = 1369.89$$

حداکثر طول قوس های کوتاه را 30m در نظر می گیریم.

نکته : انتخاب طول قوس کوتاه برای نقطه اول دلخواه میباشد.

$$P_1 = 1256.44 + 28.56 = 1285 \quad \Delta i = \frac{28.56}{2 \times 100} \times \frac{180}{\pi} = 8^\circ 10' 54''$$

$$ci = 2 \times 100 \times \sin(8^\circ 10' 54'') = 28.46$$

$$P_2 = 1285 + 30 = 1315 \quad \Delta i = \frac{30}{2 \times 100} \times \frac{180}{\pi} = 8^\circ 35' 40''$$

$$ci = 2 \times 100 \times \sin(8^\circ 35' 40'') = 29.88$$

$$P_3 = 1315 + 30 = 1345 \quad \Delta i = \frac{30}{2 \times 100} \times \frac{180}{\pi} = 8^\circ 35' 40''$$

$$ci = 2 \times 100 \times \sin(8^\circ 35' 40'') = 29.88$$

$$P_4 = 1345 + 24.89 = 1369.89 \quad \Delta i = \frac{24.89}{2 \times 100} \times \frac{180}{\pi} = 7^\circ 7' 50''$$

$$ci = 2 \times 100 \times \sin(7^\circ 7' 50'') = 24.82$$

نقاط	طول کمان هر دهنه	طول وتر هر دهنه	زاویه انحراف هر دهنه	زاویه انحراف کل هر نقطه نسبت به خط مماس	کیلومتر از
A	0	0	0	0	1256.44
P1	28.56	28.46	8° 10' 54"	8° 10' 54"	1285
P2	30	29.88	8° 35' 40"	16° 46' 34"	1315
P3	30	29.88	8° 35' 40"	25° 22' 14"	1345
B	24.89	24.82	7° 7' 50"	32° 30' 4"	1369.89

مثال (حل با روش الف (1)) : یک قوس دایره به شعاع 200m و به زاویه مرکزی $41^\circ 48'$ دو مسیر مستقیم را که در کیلومتراژ 14+895.68 یک دیگر را قطع کرده اند متصل ساخته است . در صورتی که حداکثر طول قوس کوتاه 50m در نظر بگیریم مطلوب است . محاسبه مشخصات کمان و تنظیم جدول برای پیاده کردن قوس به روش وتر و زاویه انحراف

حل : همانطور که قبلا اشاره کردیم زاویه مرکزی با زاویه انحراف برابر است .

$$\theta = \Delta \quad \text{بنا بر این}$$

$$T = 200 \times \tan\left(\frac{41^\circ 48'}{2}\right) = 76.37 \quad , \quad L = 200 \times 41^\circ 48' \times \left(\frac{\pi}{180}\right) = 145.91$$

$$Km_A = 14 + 895.68 - 76.37 = 14 + 819.31$$

$$Km_B = 14 + 819.31 + 145.91 = 14 + 965.21$$

روند کردن کیلومتراژ ها

$$P_1 = 14 + 819.31 + 30.69 = 14 + 850 \quad \Delta i = \frac{30.69}{2 \times 200} \times \frac{180}{\pi} = 4^\circ 23' 45''$$

$$C = 2 \times 200 \times \sin(4^\circ 23' 45'') = 30.65$$

$$P_2 = 14 + 850 + 50 = 14 + 900$$

$$\Delta i = \frac{50}{2 \times 200} \times \frac{180}{\pi} = 7^\circ 9' 43''$$

$$C = 2 \times 200 \times \sin(7^\circ 9' 43'') = 49.86$$

$$P_3 = 14 + 900 + 50 = 14 + 950$$

$$\Delta i = \frac{50}{2 \times 200} \times \frac{180}{\pi} = 7^\circ 9' 43''$$

$$C = 2 \times 200 \times \sin(7^\circ 9' 43'') = 49.86$$

$$P_4 = 14 + 950 + 15.21 = 14 + 965.21$$

$$\Delta i = \frac{15.21}{2 \times 200} \times \frac{180}{\pi} = 2^\circ 10' 43''$$

$$C = 2 \times 200 \times \sin(2^\circ 10' 43'') = 15.20$$

نقاط	طول کمان هر دهانه	طول وتر هر دهانه	زاویه انحراف هر دهانه	زاویه انحراف کل نسبت به خط مماس	کیلومتر اژ
A	0	0	0	0	14+819.31
1	30.69	30.66	4° 23' 45"	4° 23' 45"	14+850
2	50	49.87	7° 9' 43"	11° 33' 28"	14+900
3	50	49.87	7° 9' 43"	18° 43' 11"	14+950
B	15.21	15.20	2° 10' 43"	20° 53' 54"	14+965.21

مثال : در صورتی که کیلومتر اژ شروع یک قوس دایره ای راست گرد $Km_A = 48 + 078.80m$ زاویه مرکزی کمان 50° و شعاع آن 200m باشد.

مقدور است تنظیم جدول به روش قطبی برای پیاده کردن قوس. حداکثر طول قوس های کوتاه 50m فرض شود.

$$L = 200 \times 50 \times \frac{\pi}{180} = 174.53$$

$$Km_B = Km_A + L \quad Km_B = 48 + 078.80 + 174.53 = 48 + 253.33$$

$$P_1 = 48 + 078.80 + 41.20 = 48 + 120 \quad \Delta i = \frac{41.20}{2 \times 200} \times \frac{180}{\pi} = 5^\circ 54' 5''$$

$$c = 2 \times 200 \times \sin(5^\circ 54' 5'') = 41.13$$

$$P_2 = 48 + 120 + 50 = 48 + 170$$

$$\Delta i = \frac{50}{2 \times 200} \times \frac{180}{\pi} = 7^\circ 9' 43''$$

$$c = 2 \times 200 \times \sin(7^\circ 9' 43'') = 49.86$$

$$P_3 = 48 + 170 + 50 = 48 + 220$$

$$\Delta i = \frac{50}{2 \times 200} \times \frac{180}{\pi} = 7^\circ 9' 43''$$

$$c = 2 \times 200 \times \sin(7^\circ 9' 43'') = 49.86$$

$$P_4 = 48 + 220 + 33.33 = 48 + 253.33$$

$$\Delta i = \frac{33.33}{2 \times 200} \times \frac{180}{\pi} = 4^\circ 46' 27''$$

$$c = 2 \times 200 \times \sin(4^\circ 46' 27'') = 33.29$$

حل مسائلی از روش پیاده کردن از راس

یک قوس دایره راست گرد به شعاع $150m$ دو مسیر مستقیم به زاویه انحراف $80g$ را به یکدیگر مرتبط ساخته است. در صورتی که کیلومتراژ راس قوس $13+420.34$ باشد و حداکثر طول قوس های کوتاه $30m$ فرض شود مطلوب است تنظیم جدول برای پیاده کردن قوس.

$$T = 150 \times \tan\left(\frac{80}{2}\right) = 108.981$$

$$L = 150 \times 80 \times \frac{\pi}{200} = 188.49$$

$$Km_A = 13 + 420.34 - 108.981 = 13 + 311.36$$

$$Km_B = 13 + 311.36 + 188.49 = 13 + 499.849$$

روند کردن اعداد

$$P_1 = 13 + 311.36 + 28.64 = 13 + 340$$

$$\theta_1 = \frac{28.64}{150} \times \frac{200}{\pi} = 12.155$$

$$C_1 = 2 \times 150 \times \sin\left(\frac{12.155}{2}\right) = 28.59$$

$$P_2 = 13 + 340 + 30 = 13 + 370$$

$$\theta_2 = \frac{30}{150} \times \frac{200}{\pi} = 12.74$$

$$C_2 = 2 \times 150 \times \sin\left(\frac{12.74}{2}\right) = 29.96$$

$$P_3 = 13 + 370 + 30 = 13 + 400$$

$$\theta_3 = \frac{30}{150} \times \frac{200}{\pi} = 12.74$$

$$C_3 = 2 \times 150 \times \sin\left(\frac{12.74}{2}\right) = 29.96$$

$$P_4 = 13 + 400 + 30 = 13 + 430$$

$$\theta_4 = \frac{30}{150} \times \frac{200}{\pi} = 12.74$$

$$C_4 = 2 \times 150 \times \sin\left(\frac{12.74}{2}\right) = 29.96$$

$$P_5 = 13 + 430 + 30 = 13 + 460$$

$$\theta_5 = \frac{30}{150} \times \frac{200}{\pi} = 12.74$$

$$C_5 = 2 \times 150 \times \sin\left(\frac{12.74}{2}\right) = 29.96$$

$$P_6 = 13 + 460 + 30 = 13 + 490$$

$$\theta_6 = \frac{30}{150} \times \frac{200}{\pi} = 12.74$$

$$C_6 = 2 \times 150 \times \sin\left(\frac{12.74}{2}\right) = 29.96$$

$$P_7 = 13 + 490 + 9.849 = 13 + 499.849$$

$$\theta_7 = \frac{9.849}{150} \times \frac{200}{\pi} = 4.180$$

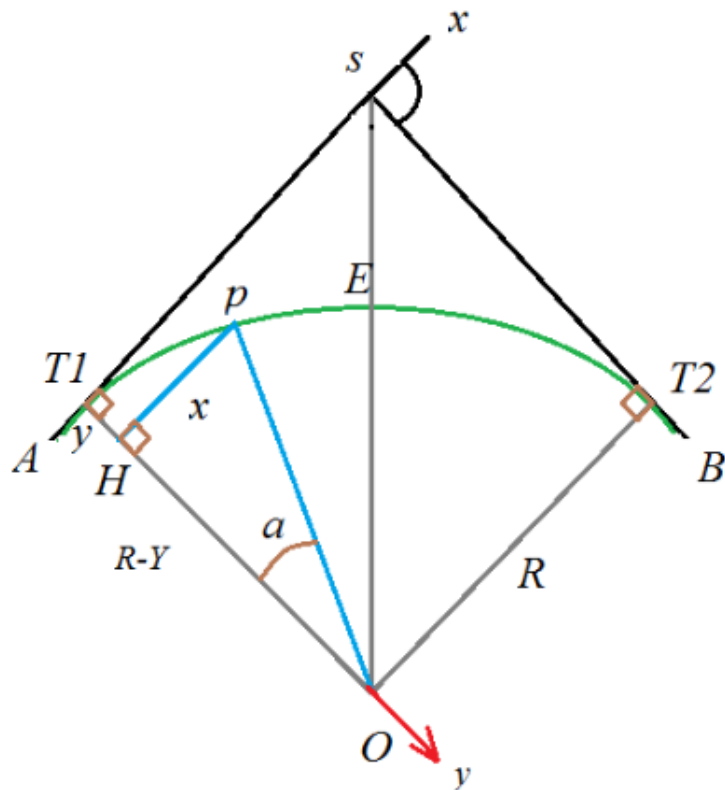
$$C_7 = 2 \times 150 \times \sin\left(\frac{4.180}{2}\right) = 9.85$$

نقاط	Li	Ci	$\sum Li$	θ_i	Δi	Km_i
A	28.64	28.61	0	0	0	13+311.36
1	30	29.95	28.64	12.16	2.16	13+340
2	30	29.95	58.64	24.89	13.69	13+370
3	30	29.95	88.64	37.62	50.03	13+400
4	30	29.95	118.64	50.35	96.67	13+430
5	30	29.95	148.64	63.08	115.19	13+460
6	30	29.95	178.64	75.82	119.79	13+490
B	9.86	9.86	188.50	80		13+499.86

پیاده کردن قوس به روش مختصات قائم الزاویه

این روش را به اسم روش کارتزین یا افست نیز می شناسیم از این روش برای پیاده کردن قوس ها با شعاع کوچک ، جداول پیاده روها ، تقاطع چهار راه ها و میادین استفاده می شود. اساس کار در این روش استفاده از دو طول عمود بر هم موسوم بر $X.Y$ بوده که روابطی برای $X.Y$ بر اساس شعاع ، وتر و سایر پارامتر های قوس پیدا می شود

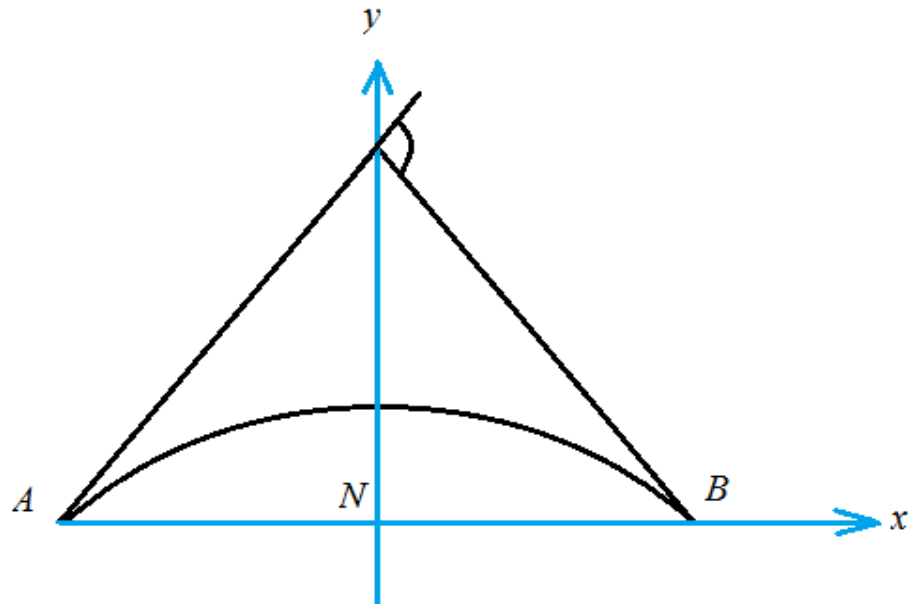
پ (1)



پ (2)

$$y_i = \sqrt{R^2 - X^2} - K$$

$$K = \sqrt{R^2 - \left(\frac{C}{2}\right)^2}$$



مثال : مطلوب است تنظیم جدول پیاده کردن قوس دایره ساده ای به شعاع 100m و زاویه مرکزی 60° در سیستم مختصات قائم الزاویه . فاصله حداکثر بین دو نقطه متوالی 10m فرض شود

$$C = 2 \times 100 \times \sin\left(\frac{60}{2}\right) = 100$$

محاسبات قسمت راست قوس

$$c = \frac{100}{2} = 50$$

$$K = \sqrt{100^2 - 50^2} = 86.60$$

$$y_i = \sqrt{100^2 - 0^2} - 86.60 = 13.44$$

$$y_1 = \sqrt{100^2 - 10^2} - 86.60 = 12.89$$

$$y_2 = \sqrt{100^2 - 20^2} - 86.60 = 11.37$$

$$y_3 = \sqrt{100^2 - 30^2} - 86.60 = 8.79$$

$$y_4 = \sqrt{100^2 - 40^2} - 86.60 = 5.05$$

$$y_5 = \sqrt{100^2 - 50^2} - 86.60 = 0$$

همچنین به همین ترتیب برای قسمت چپ

Point	A or xi	$\sqrt{R^2 - xi^2}$	$K = \sqrt{R^2 - (\frac{c}{2})^2}$	$y_i = A - K$
P	0	100	86.60	13.40
1	10	99.5	86.60	12.89
2	20	97.98	86.60	11.37
3	30	95.40	86.60	8.79
4	40	91.65	86.60	5.05
5	50	86.60	86.60	0

مثال: جدول پیاده کردن قوس به روش قائم الزاویه با شعاع 80m و زاویه راس 50° را با فرض کیلومتراژ 5+75.51 تنظیم کنید ، حداکثر فاصله بین نقاط را 15m در نظر بگیرید

$$T = 80 \times \tan\left(\frac{50}{2}\right) = 37.30 \qquad L = 80 \times 50 \times \frac{\pi}{180} = 69.81$$

$$C = 2 \times 80 \times \sin\left(\frac{50}{2}\right) = 67.62$$

$$Km_A = 5 + 75.51 - 37.30 = 5 + 38.21$$

$$Km_P = 5 + 38.21 + 34.905 = 5 + 73.115$$

$$Km_B = 5 + 38.21 + 69.81 = 6 + 08.02$$

$$K = \sqrt{80^2 - \left(\frac{67.62}{2}\right)^2} = 72.50$$

$$y_1 = \sqrt{100^2 - 15^2} - 72.50 = 26.37$$

$$y_2 = \sqrt{100^2 - 30^2} - 72.50 = 22.89$$

$$y_3 = \sqrt{100^2 - 3.81^2} - 72.50 =$$

فصل پنجم

قوس دایره ای مرکب

اینگونه قوس ها شامل دو یا چند قوس دایره با شعاع های متفاوت بدون اینکه خط مستقیمی این دو قوس را دربر گیرد می باشند به نحوی که مرکز این قوس ها در یک طرف خط مماس در نقطه س اتصال J دو قوس قرار دارد .

دو مسیر مستقیم به وسیله ی یک قوس دایره ای مرکب از ترکیب دو دایره به شعاع های R1 و R2 که در نقطه ی تماس (J) دارای مماس مشترک S1 و S2 می باشند تشکیل شده است .

و همانطور که ملاحظه می شود در نقطه تماس دو دایره (J) دارای مماس مشترک و مرکز هر دو کمان از دایره در یک طرف مماس مشترک واقع شده است

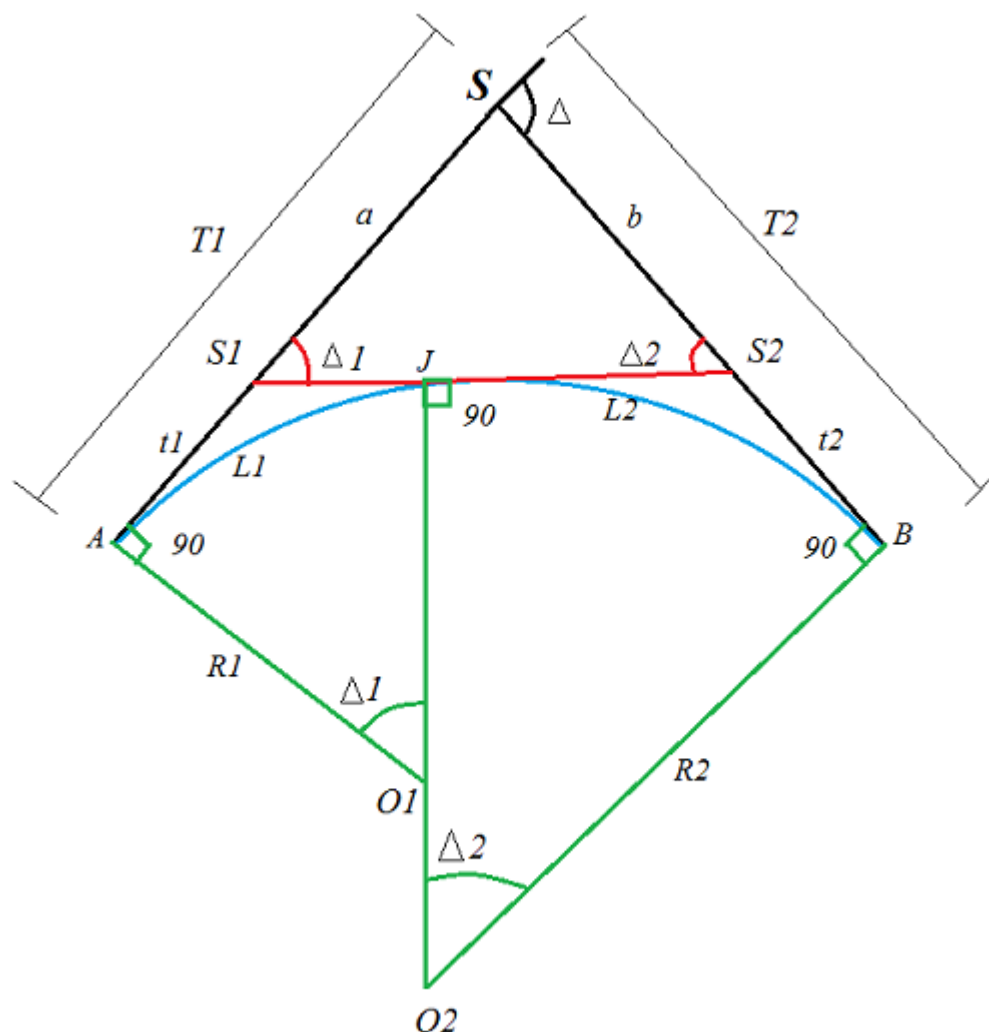
مراکز دو دایره O1 و O2 روی خط مستقیم JO2 که عمود بر مماس مشترک دو دایره یعنی S1S2 می باشد قرار دارد . از قوسهای مرکب به علت نامساوی بودن طول مماس ها ($T1 \neq T2$) در راه آهن و بزرگ راه ها و بالاخص عبور مسیر از مناطق کوهستانی استفاده می گردد

✓ **نکته :** در صورتیکه شعاع قوس بزرگتر 450m یا کمتر باشد باید شعاع قوس کوچکتر

حداقل $\frac{2}{3}$ شعاع قوس بزرگتر در نظر گرفته شود

طول قوس مرکب نباید از 150m کمتر باشد و در حالت کلی همواره شعاع قوس بزرگتر نباید از 105 برابر شعاع قوس کوچکتر بیشتر اختیار شود.

از معایب قوس دایره ای مرکب می توان به وارد شدن از یک انحنا به انحنا دیگر و وارد شدن از یک دور به دور دیگر را نام برد.



روابط قوس دایره ای مرکب

✓ قوس دایره ساده را می توان با استفاده از سه روش زیر محاسبه کرد

روش اول

$$a = c \frac{\sin \Delta_2}{\sin \Delta}$$

$$b = c \frac{\sin \Delta_1}{\sin \Delta}$$

$$c = t_1 + t_2$$

$$T_1 = t_1 +$$

$$T_2 = t_2 + b$$

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

روش دوم

$$T_1 = \frac{R_2 - R_1 \cos \Delta - (R_2 - R_1) \cos \Delta_2}{\sin \Delta}$$

$$T_2 = \frac{R_1 - R_2 \cos \Delta + (R_2 - R_1) \cos \Delta_1}{\sin \Delta}$$

روش سوم

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

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

$$T_1 = T - (R - R_1) \tan \frac{\Delta_1}{2}$$

$$T_2 = T - (R - R_2) \tan \frac{\Delta_2}{2}$$

✓ حل مسائلی از قوس دایره مرکب

مثال: دو مسیر مستقیم به وسیله ی یک قوس مرکب با مشخصات $\Delta_2 = 45^\circ$, $R_2 = 1000m$, $\Delta_1 = 30^\circ$, $R_1 = 800m$ به یکدیگر متصل شده اند طول مماس های T_1 , T_2 را محاسبه کنید.

حل مسئله با روش اول

$$\Delta = 30^\circ + 45^\circ = 75^\circ$$

$$t_1 = 800 \times \tan\left(\frac{30}{2}\right) = 214.395 \quad , \quad t_2 = 1000 \times \tan\left(\frac{45}{2}\right) = 414.213$$

$$C = 214.395 + 414.213 = 628.569$$

$$a = 628.569 \times \frac{\sin(45^\circ)}{\sin(75^\circ)} = 460.144$$

$$b = 628.569 \times \frac{\sin(30^\circ)}{\sin(75^\circ)} = 325.372$$

$$T_1 = 214.395 + 460.144 = 674.54$$

$$T_2 = 414.213 + 325.372 = 739.585$$

روش دوم

$$T_1 = \frac{1000 - 800 \times \cos(75^\circ) - (1000 - 800) \times \cos(45^\circ)}{\sin(75^\circ)} = 674.50$$

$$T_2 = \frac{800 - 1000 \times \cos(75^\circ) + (1000 - 800) \times \cos(30^\circ)}{\sin(75^\circ)} = 739.58$$

روش سوم

$$R = \frac{800 \times \tan \frac{30}{2} + 1000 \times \tan \frac{45}{2}}{\tan \frac{30}{2} + \tan \frac{45}{2}} = 921.44$$

$$T = 921.44 \times \tan \frac{75}{2} = 707.04$$

$$T_1 = 707.04 - (921.44 - 800) \times \tan \frac{30}{2} = 674.50$$

$$T_2 = 707.04 - (921.44 - 1000) \times \tan \frac{45}{2} = 739.58$$

با فرض اینکه کیلومتراژ از نقطه راس قوس 6+742.17 باشد کیلومتراژ از نقطه ابتدای قوس و انتهای قوس و نقطه ج نقطه اشتراک دو قوس را پیدا کنید ؟

$$L_1 = 800 \times 30 \times \frac{\pi}{180} = 418.879$$

$$L_2 = 1000 \times 45 \times \frac{\pi}{180} = 785.40$$

$$Km_A = 6 + 742.17 - 674.51 = 6 + 067.66$$

$$Km_j = 6 + 067.66 + 418.879 = 6 + 486.53$$

$$Km_B = 6 + 067.66 + (418.879 + 785.40) = 7 + 271.93$$

مثال : در یک قوس دایره ی مرکب با شعاع $R_1 = 800m$, $\Delta_2 = 40^\circ$, $R_2 = 1000m$ و $\Delta_1 = 30^\circ$ و کیلومتراژ راس 1+340.306 کیلومتراژ نقطه ورودی و نقطه خروجی قوس مرکب را با استفاده از محاسبات T_1 , T_2 با به کار گیری هر سه روش پیدا کنید .

حل مسئله با روش اول

$$\Delta = 30^\circ + 40^\circ = 70^\circ$$

$$t_1 = 800 \times \tan\left(\frac{30}{2}\right) = 214.359 \quad , \quad t_2 = 1000 \times \tan\left(\frac{40}{2}\right) = 363.970$$

$$C = 214.359 + 363.970 = 578.329$$

$$a = 578.329 \times \frac{\sin(40^\circ)}{\sin(70^\circ)} = 395.600$$

$$b = 578.329 \times \frac{\sin(30^\circ)}{\sin(70^\circ)} = 307.722$$

$$T_1 = 214.359 + 395.600 = 609.959$$

$$T_2 = 363.970 + 307.722 = 671.692$$

روش دوم

$$T_1 = \frac{1000 - 800 \times \cos(70^\circ) - (1000 - 800) \times \cos(40^\circ)}{\sin(70^\circ)} = 609.960$$

$$T_2 = \frac{800 - 1000 \times \cos(70^\circ) + (1000 - 800) \times \cos(30^\circ)}{\sin(70^\circ)} = 671.692$$

روش سوم

$$R = \frac{800 \times \tan\left(\frac{30}{2}\right) + 1000 \times \tan\left(\frac{40}{2}\right)}{\tan\left(\frac{30}{2}\right) + \tan\left(\frac{40}{2}\right)} = 915.194$$

$$T = 915.194 \times \tan\left(\frac{70}{2}\right) = 640.825$$

$$T_1 = 640.825 - (915.194 - 800) \times \tan\left(\frac{30}{2}\right) = 609.960$$

$$T_2 = 640.825 - (915.194 - 1000) \times \tan\left(\frac{40}{2}\right) = 671.692$$

محاسبه کیلومتر از نقاط

$$L_1 = 800 \times 30 \times \frac{\pi}{180} = 418.879$$

$$L_2 = 1000 \times 40 \times \frac{\pi}{180} = 698.131$$

$$Km_A = 1 + 340.306 - 609.960 = 730.346$$

$$Km_j = 730.346 + 418.879 = 1 + 149.225$$

$$K m_B = 1 + 149.225 + 1117.01 = 2 + 266.235$$

فصل ششم

قوس دایره ای مرکب معکوس

قوس دایره ای مرکب معکوس شامل دو قوس دایره ساده با شعاع های یکسان یا متفاوت که مراکز آنها در دو طرف مماس مشترک واقع شده است می باشد.

به عبارتی تحدب و تقعر دو قوس ساده خلاف یکدیگر بوده و یکی راست گرد و دیگری چپگرد است و در نقطه تماس دو قوس یعنی نقطه مشترک (j) به یکدیگر متصل شده اند.

در قوس دایره ای معکوس برای متصل کردن خط مستقیم d و d' لازم است که خط سوم S1S2 را رسم کنیم. برای این منظور و با استفاده از روش آزمون و خطا از چندین خط متفاوت استفاده کرده تا محل مناسب (J) انتخاب شود. استفاده از قوس های معکوس در مسیر که سرعت وسایل نقلیه زیاد است مانند بزرگراه ها و آزاد راه ها مناسب نیست و حتی الامکان باید استفاده قوسهایی در طراحی فرم هندسی آزاد راه ها با سرعت بالا اجتناب نمود.

بطور کلی از این قوس مانند قوس های مرکب معکوس برای پرهیز از موانع استفاده میشود

یکی از عوامل نامناسب بودن نوع قوس در طراحی مسیر مسئله شیب عرضی (دور) در نقطه مشترک (J) است و بعضاً برای رفع این اشکال از یک قسمت مستقیم بین دو قوس دایره ساده استفاده می گردد تا شرایط مناسب تری برای خروج از یک شیب عرضی و ورود به شیب عرضی دیگر به وجود آید.

بدین وسیله تغییر ناگهانی به وجود آمده در نقطه مشترک (J) در خصوص شیب عرضی تعدیل می گردد. معمولاً از قوس های دایره ای معکوس در مناطق کوهستانی و یا در مسیرهایی که سرعت وسایل نقلیه پایین است استفاده می شود.

در قوس دایره ای معکوس به جهت تغییر جهت قوس در نقطه (j) به منظور تامین برابندی (دور) قطعه مستقیمی بین دو قوس در نظر گرفته می شود تا هنگام خارج شدن از برابندی قوس اول و وارد شدن برابندی قوس دوم تعادلی برقرار گردد.

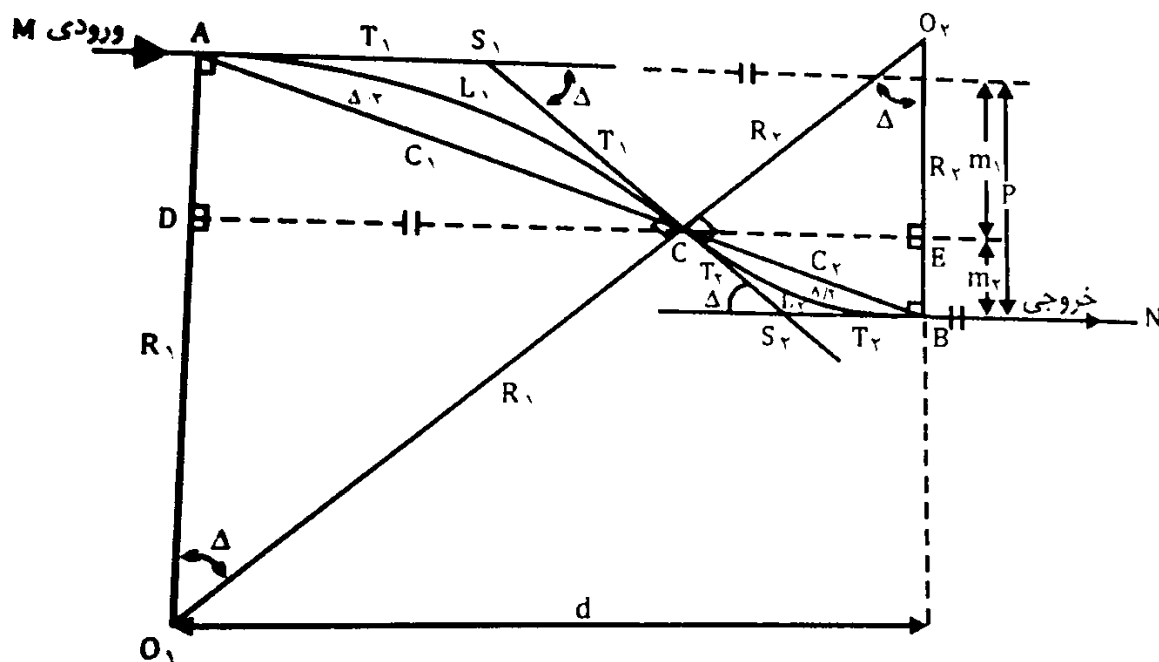
$$R = \frac{L}{\left(\tan \frac{\Delta_1}{2} + \tan \frac{\Delta_2}{2}\right)}$$

$$T_1 = SA = \frac{(R_1 + R_2)(1 - \cos \Delta_2) - R_1(1 - \cos \Delta)}{\sin \Delta}$$

$$T_2 = SB = \frac{(R_1 + R_2)(1 - \cos \Delta_1) - R_2(1 - \cos \Delta)}{\sin \Delta}$$

حالت خاص اول (قوس معکوس بین دو مماس موازی)

باتوجه به شکل یک قوس دایره ای معکوس که بین دو مماس موازی M و N قرار گرفته است . معمولاً از این قوس جهت انتقال خط راه آهن از یک ریل به ریل دیگر استفاده می گردد.



با توجه به شکل داریم

$$d = DE = DC + CE$$

$$DC = R_1 \sin \Delta$$

$$CE = R_2 \sin \Delta$$

$$d = R_1 \sin \Delta + R_2 \sin \Delta = (R_1 + R_2) \sin \Delta$$

چنانچه P فاصله بین دو امتداد موازی M و N باشد خواهیم داشت

$$P = m_1 + m_2 = \text{فاصله بین دو امتداد موازی}$$

$$m_1 = R_1 - R_1 \cos \Delta = R_1(1 - \cos \Delta)$$

$$m_2 = R_2 - R_2 \cos \Delta = R_2(1 - \cos \Delta)$$

$$P = R_1(1 - \cos \Delta) + R_2(1 - \cos \Delta) = (R_1 + R_2)(1 - \cos \Delta)$$

در صورتیکه T فاصله مماس مشترک S1 S2 باشد داریم

$$T = S1S2 = S1C + S2C$$

$$S1C = R_1 \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$S2C = R_2 \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$T = R_1 \tan \frac{\Delta}{2} + R_2 \tan \frac{\Delta}{2} = (R_1 + R_2) \tan \frac{\Delta}{2}$$

اگر C طول وتر کلی یعنی فاصله مستقیم AB باشد خواهیم داشت

$$C = AB = AC + CB$$

$$AC = 2R_1 \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$BC = 2R_2 \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$C = 2(R_1 + R_2) \sin \frac{\Delta}{2} \quad (\text{رابطه 1})$$

در (رابطه 1) چنانچه به جای $\sin \frac{\Delta}{2}$ مساویش یعنی $\frac{P}{C}$ را قرار دهیم داریم .

$$\sin \frac{\Delta}{2} = \frac{AF}{AB} = \frac{P}{C}$$

$$C = 2(R_1 + R_2) \frac{P}{C} \rightarrow C^2 = 2P(R_1 + R_2)$$

$$C = \sqrt{2P(R_1 + R_2)}$$

با توجه به شکل چنانچه شعاع R_1 و R_2 مساوی باشد روابط بدست آمده چنین خواهد بود

$$R_1 = R_2 = R$$

$$d = 2R \sin \Delta = c \cdot \cos \frac{\Delta}{2}$$

$$P = 2R(1 - \cos \Delta)$$

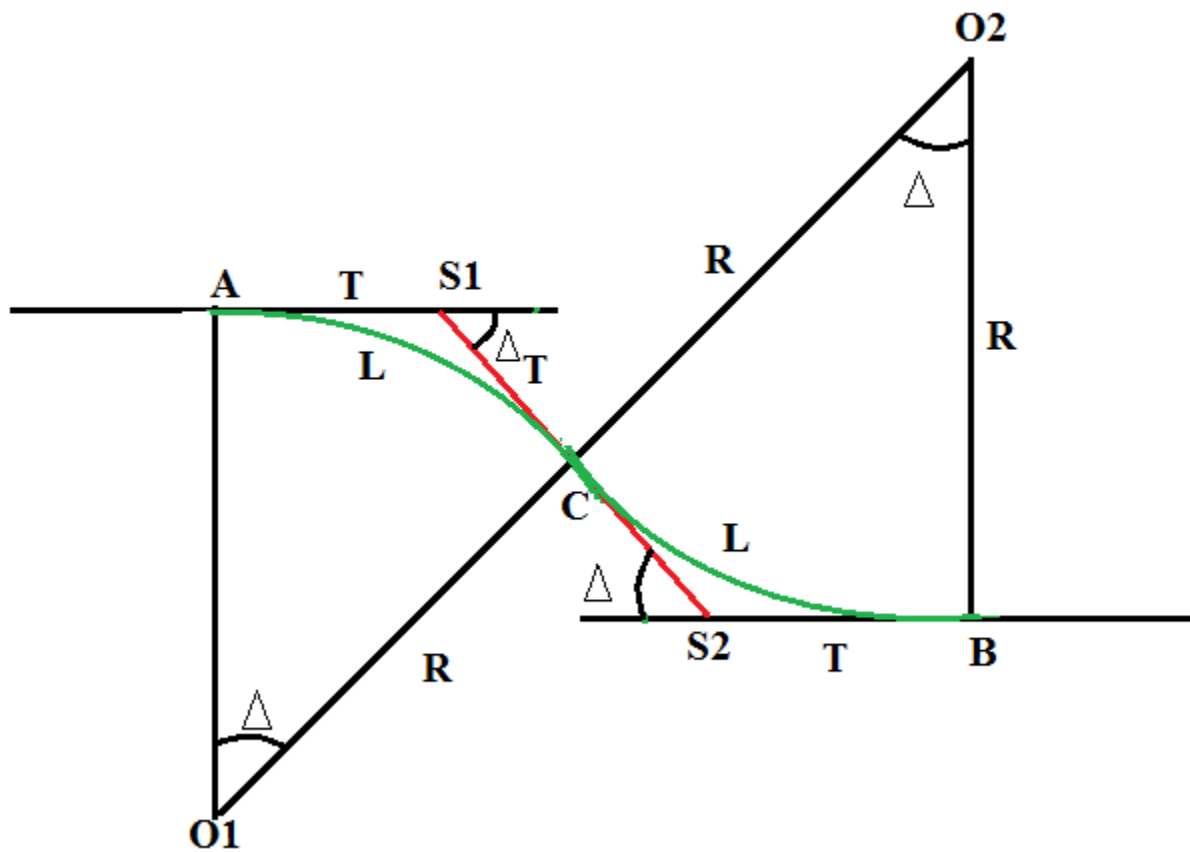
$$T = \overline{s_1 s_2} = 2R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$C = \overline{AB} = 4R \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$C = \overline{AB} = 2\sqrt{R \cdot P}$$

حالت خاص دوم قوس مرکب معکوس

$$R_1 = R_2 \quad , \quad \Delta_1 = \Delta_2$$



وقتی شعاع هر دو قوس مساوی هستند در صورتیکه فاصله دو امتداد موازی (p) و همچنین شعاع (R) معلوم باشد به سهولت مقادیر d و Δ به شکل زیر بدست می آید .

$$R_1 = R_2 = R$$

$$1 - \cos \Delta = \frac{P}{2R}$$

$$\cos \Delta = \frac{2R - P}{2R}$$

$$d = c \cdot \cos \frac{\Delta}{2} = 2\sqrt{R \cdot P} \cos \frac{\Delta}{2}$$

$$d = 2 \sqrt{P \left(R - \frac{P}{4} \right)}$$

$$1) d = (R_1 + R_2) \sin \Delta$$

$$\text{اگر } R_1 = R_2 \rightarrow d = 2R(\sin \Delta)$$

$$2) P = m_1 + m_2 \rightarrow (R_1 + R_2)(1 - \cos \Delta) \quad \text{فاصله بین دو امتداد موازی}$$

$$\text{اگر } R_1 = R_2 \rightarrow P = 2R(1 - \cos \Delta)$$

$$3) T = s_1 s_2 = (R_1 + R_2) \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$\text{اگر } R_1 = R_2 \rightarrow T = 2R(\tan \frac{\Delta}{2})$$

$$4) AB = AC + CB = 2(R_1 + R_2) \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$\text{اگر } R_1 = R_2 \rightarrow 4R(\sin \frac{\Delta}{2})$$

$$5) C = AB = 2\sqrt{P \cdot R}$$

مثال : دوشاخه مسیر که بصورت موازی از یکدیگر قرار دارند با دو کمان دایره ای معکوس با شعاع های برابر و مساوی 110 متر به هم وصل شده اند فاصله ی نقاط CB, AC (در ابتدا و انتهای مجموعه دو کمان) بر حسب متر بدست آورید (در صورتی که فاصله ی دو مماس مشترک 20 متر باشد).

$$P = m_1 + m_2 \rightarrow (R_1 + R_2)(1 - \cos \Delta) \quad R_1 = R_2$$

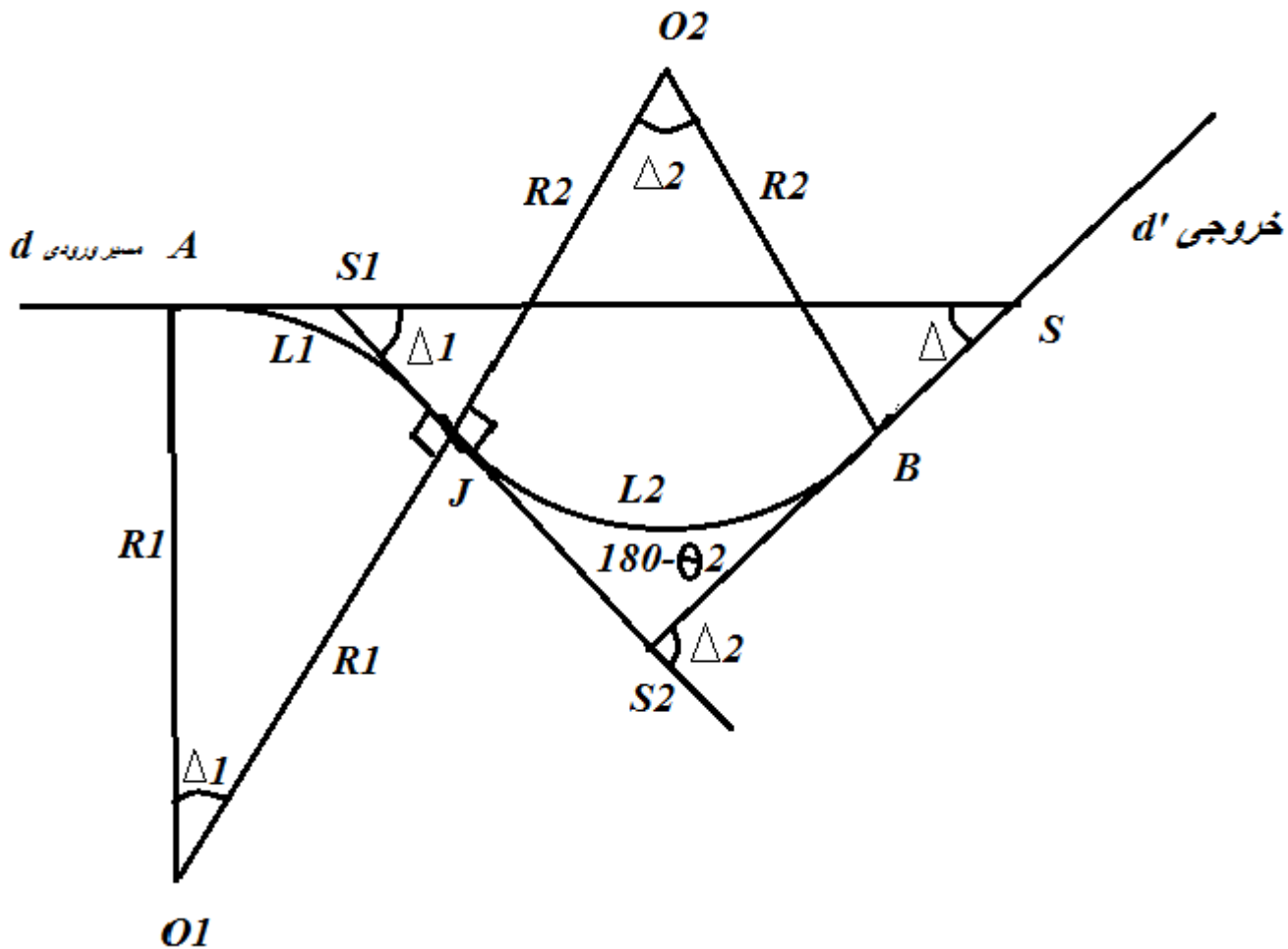
$$P = m_1 + m_2 = 20$$

$$P = 2R(1 - \cos \Delta)$$

$$20 = 2R(1 - \cos \Delta)$$

$$20 = 220(1 - \cos \Delta) \rightarrow \Delta = 24^\circ 37' 12''$$

$$AB = AC + CB \rightarrow 4R \sin \frac{\theta}{2}, \quad AB = 4 \times 110 \sin \frac{42^\circ}{2} = 93.80m$$



مثال : جهت انتقال از یک مسیر مستقیم به یک مسیر مستقیم دیگر از یک قوس دایره ای معکوس با شعاع های مساوی استفاده نموده ایم . با استفاده از اطلاعات جدول مطلوب است محاسبه شعاع مشترک دو قوس و محاسبه طول تانژانت های هر قوس یعنی $S1_j, S2_j$.

امتداد	ژیزمان	فاصله
AS1	0	650
S1 S2	85	
S2 SB	135	

$$S_1 S_2 = S1_j + S2_j$$

$$\Delta_1 = 85^\circ, \quad \Delta_2 = 135^\circ$$

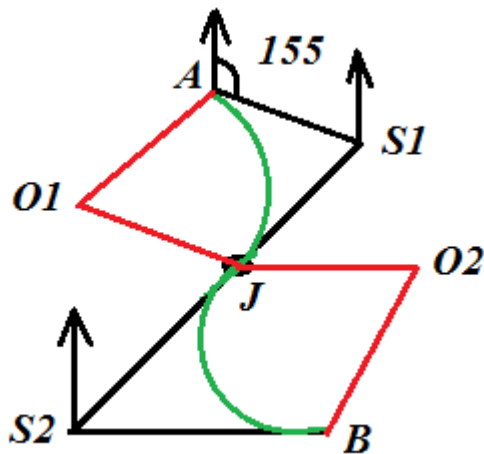
$$R = \frac{650}{\tan \frac{85}{2} + \tan \frac{135}{2}} = 195.16$$

$$T_1 = \frac{(195.16 + 195.16)(1 - \cos 135^\circ) - 195.16(1 - \cos 50^\circ)}{\sin 50^\circ} = 778.81$$

$$T_2 = \frac{(195.16 + 195.16)(1 - \cos 85^\circ) - 195.16(1 - \cos 50^\circ)}{\sin 50^\circ} = 374.113$$

مثال : با توجه به شکل مقابل که مربوط به یک قوس معکوس با شعاع یکسان است .

مطلوب است محاسبه شعاع مشترک بین دو قوس سازنده قوس معکوس به محاسبه طول تانژانت های دو قوس . محاسبه مماس ورودی و مماس خروجی قوس معکوس .



$$\Delta_1 = 220 - 155 = 65$$

$$\Delta_2 = 220 - 65 = 155$$

$$\Delta = 155 - 65 = 90$$

$$R = \frac{420}{\tan \left(\frac{65}{2} \right) + \tan \left(\frac{155}{2} \right)} = 81.58$$

$$S1_j = 81.58 \times \tan \left(\frac{65}{2} \right) = 51.97$$

$$S2_j = 81.58 \times \tan \left(\frac{155}{2} \right) = 367.98$$

$$T_1 = \frac{(81.58 + 81.58)(1 - \cos 155) - 81.58 \times (1 - \cos 90)}{\sin 90} = 229.453$$

$$T_2 = \frac{(81.58 + 81.58)(1 - \cos 65) - 81.58 \times (1 - \cos 90)}{\sin 90} = 12.625$$

فصل هفتم

قوس سرپانتین

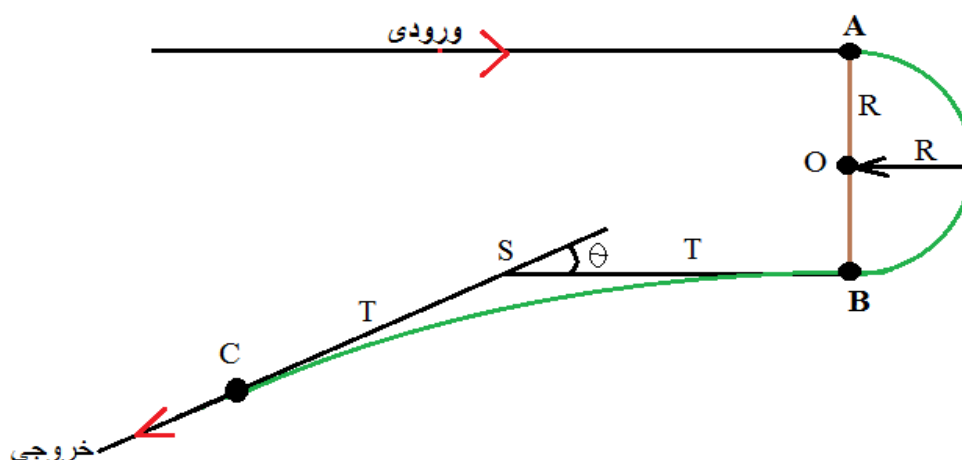
قوس سرپانتین به قوس سنجاق قفلی یا قوس نعلی شکل معروف است. این نوع قوس ها بیشتر در مناطق کوهستانی و در گردنه ها و یا قسمت هایی از منطقه که دارای شیب بیش از حد مجاز می باشند برای کم کردن هزینه و پایین آوردن حجم عملیات خاکبرداری و خاکریزی مورد استفاده قرار می گیرد. از قوس های سرپانتین در تغییر دو شیب با اختلاف سطح نسبتا زیاد استفاده می شود.

یکی از مهم ترین ویژگی های این نوع قوس می توان به پیمودن یک اختلاف ارتفاع زیاد در یک فاصله کم اشاره کرد.

نوع قوس سرپانتین در رابطه با عوارض طبیعی زمین، مشخصات راه و حجم عملیات خاکی انتخاب می شود. این نوع قوس را می توان به نوع مختلف تقسیم کرد

1) قوس سرپانتین نوع اول

✓ قوس سرپانتین نامتقارن از یک نیم دایره کامل و یک قوس دایره ای تشکیل شده

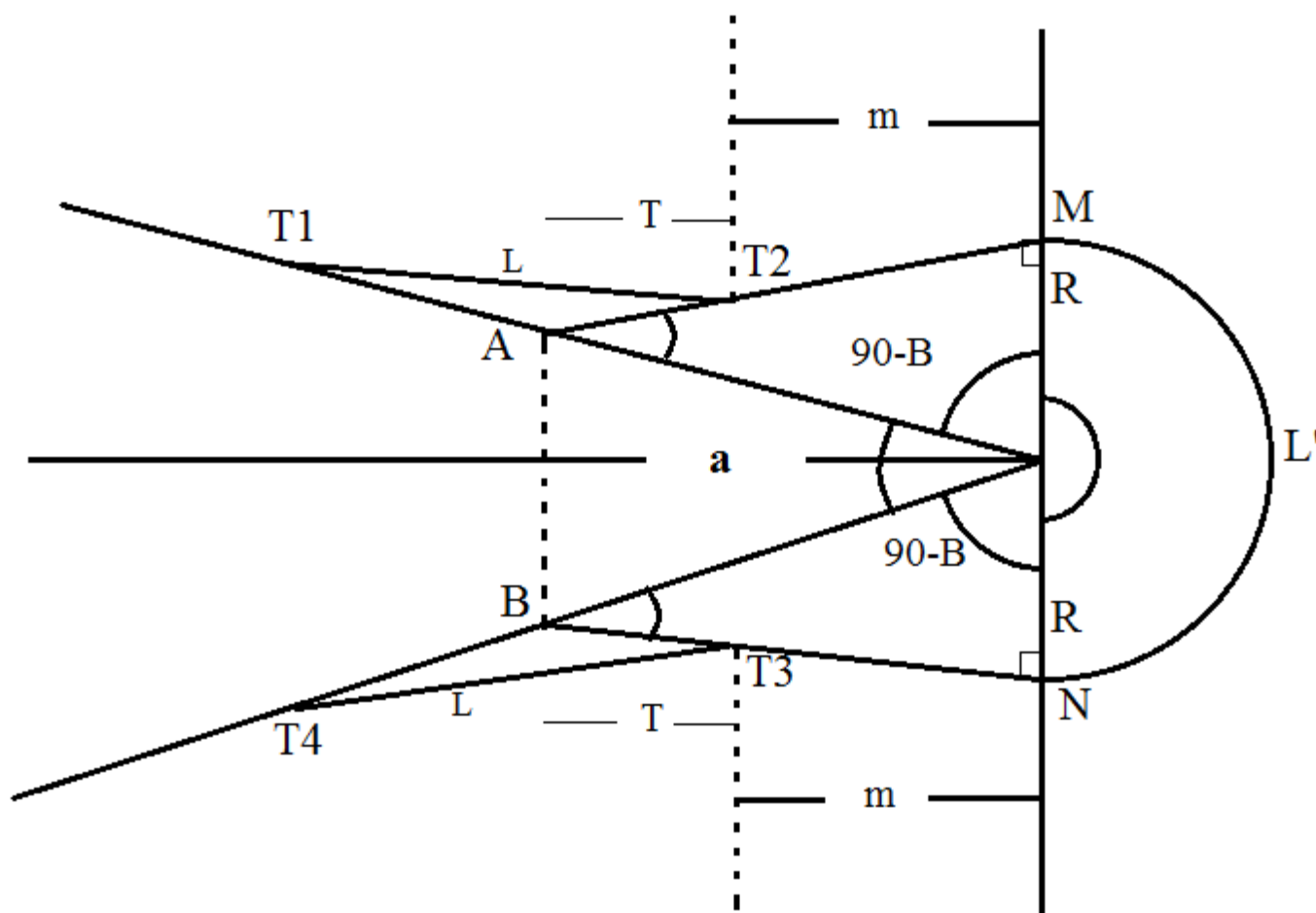


نحوه پیاده سازی

پس از انتخاب محل اول قوس و پیاده کردن آن یعنی نقطه A عمودی از همان نقطه بر مسیر ورودی به اندازه $2R$ اخراج می کنیم نقطه B بدست می آید. کافی است وسط آن را بیابیم نقطه O پیاده و میخ کوبی می شود این نیم دایره را می توانیم با دستور ها و روش هایی که برای قوس دایره ای میدانیم پیاده کنیم. ساده ترین روش پیاده کردن از نقطه مرکز نیم دایره کامل O است. برای قوس دوم معلوماتی که به ما میدهند T و θ است و با داشتن این دو پارامتر می توان سایر عوامل مهم قوس را محاسبه نمود.

قوس سریانتین نوع دوم

این نوع قوس سرپانتین متقارن تشکیل شده از یک قوس دایره ای ساده در ابتدا و یک قوس نیم دایره کامل و در پایان نیز یک قوس دایره ای ساده :



دارای یک قوس اصلی L' (کمان MN) و دو قوس معکوس L_c در طرفین و یک ارتباط مستقیم بین آنها یعنی فواصل m است.

$$a = \text{زاویه پیچ}$$

$$\gamma = \text{زاویه قوس اصلی}$$

$$\beta = \text{زاویه راس قوس معکوس}$$

$$m = \text{طول دور شکن (طول رابط مستقیم بین دو قوس معکوس و اصلی)}$$

$$r = \text{شعاع قوس های معکوس}$$

$$R = \text{شعاع کمان اصلی MN}$$

روابط قوس سرپانتهین نوع دوم

$$1) T = r \tan \frac{\beta}{2}$$

$$2) \tan \beta = \frac{2 \tan \frac{\beta}{2}}{1 - \tan^2 \frac{\beta}{2}}$$

$$3) \tan \frac{\beta}{2} = \frac{-m + \sqrt{m^2 + R(2r + R)}}{2r + R}$$

$$4) \gamma = 180^\circ + 2\beta - a$$

اگر $2\beta - a$ کوچکتر از 90° باشد قوس اصلی بزرگتر از نیم دایره خواهد بود.

$$5) LC = r \times \beta \times \left(\frac{\pi}{180}\right) \quad (\text{قوس معکوس})$$

$$6) L' = R \times \gamma \times \left(\frac{\pi}{180}\right) \quad (\text{قوس اصلی})$$

$$L = \text{طول کل مسیر از ابتدا تا انتهای قوس سرپانتهین}$$

$$7) L = 2Lc + 2m + L'$$

مثال : در صورتیکه در یک قوس سرپانتین مطابق شکل بالا مقدار $\gamma = 240_{gr}$ باشد و مقادیر r, m, R از قرار زیر باشد مطلوب است:

$$r = 100m \quad R = 60m \quad m = 80m$$

مطلوب است : الف) محاسبه زاویه ی پیچ (a) و ب) محاسبه طول کل سرپانتین (L)
الف) مقدار زاویه ی پیچ (a) برابر است با :

$$\tan \frac{\beta}{2} = \frac{-80 + \sqrt{80^2 + 60(200 + 60)}}{2 \times 100 + 60} = 0.26278$$

$$\beta = 2 \tan^{-1}(0.26278) = 32.7185_{gr}$$

$$a = 200g + 2\beta - \gamma$$

$$a = 200 + 2(32.7185) - 240 \rightarrow 25.4370$$

(ب)

$$L = 2(L_c + m) + L$$

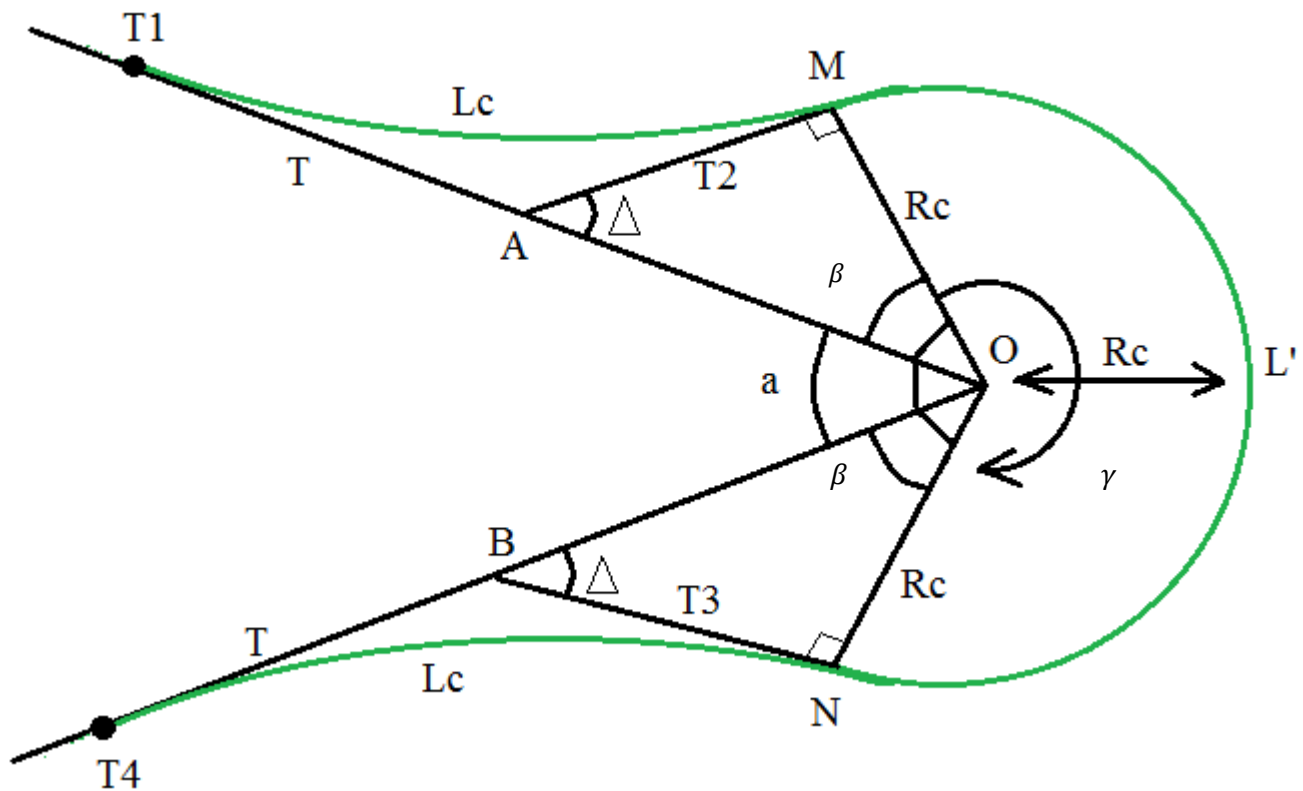
$$L_c = r \times \beta \times \frac{\pi}{200} \rightarrow 100 \times 32.7185 \times \frac{\pi}{200} \rightarrow 51.39m$$

$$L' = R \times \gamma \times \frac{\pi}{200} \rightarrow 60 \times 240 \times \frac{\pi}{200} \rightarrow 226.19m$$

$$L = 2(51.39 + 80) + 226.19 \rightarrow 488.97m$$

قوس سرپانتین نوع سوم

این نوع قوس سرپانتین متقارن تشکیل شده از یک قوس دایره ساده در ابتدا و یک کمان بزرگتر از نیم دایره ساده در وسط و یک قوس دایره ای ساده مشابه با قوس اول در پایان.



روابط قوس سرپانتهین نوع سوم

$$\beta = 90 - a \quad \Delta = a$$

$$L' = Rc \times \gamma \times \frac{\pi}{180}$$

$$\sin(\Delta) = \frac{Rc}{AO} \rightarrow AO = BO = \frac{Rc}{\sin(\Delta)} = \frac{Rc}{\sin(a)}$$