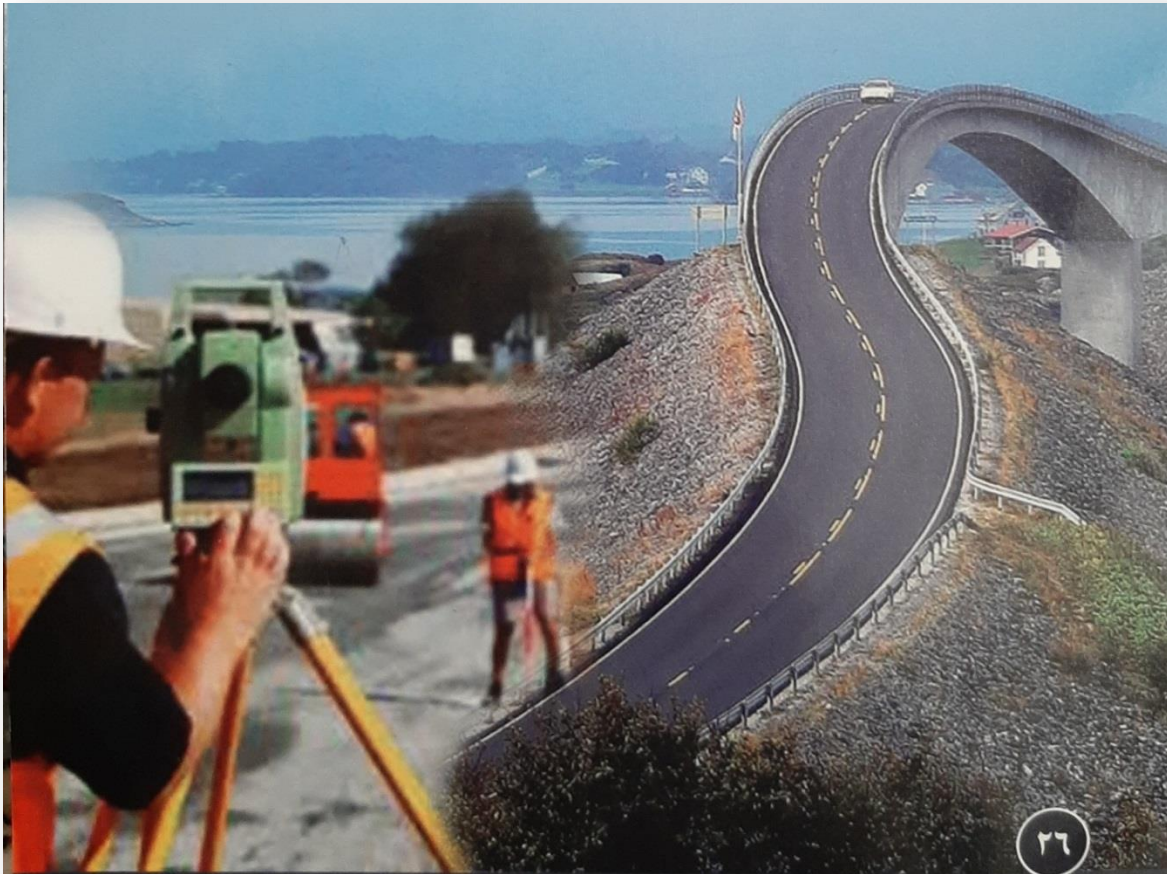




نقشه برداری مهندسی



دکتر صالح عبدالمهی

دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان

فهرست مطالب



(6) اندازه گیری طول

• مقدمه

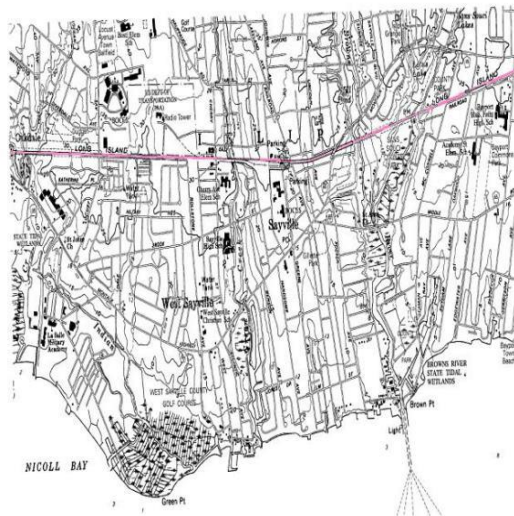
• روشهای اندازه گیری طول

• روش اندازه گیری طول با نوار

• خطاها و تصحیحات اندازه گیری طول با نوار



هدف از نقشه برداری



(۱) چنانچه هدف تهیه نقشه مسطحه باشد:

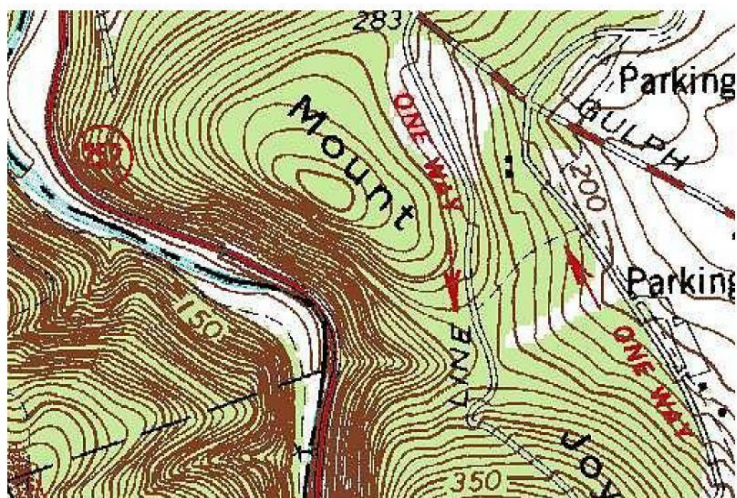
(الف) فواصل افقی بین نقاط اندازه گیری شوند

(ب) زوایای افقی بین نقاط اندازه گیری شوند

(۲) چنانچه هدف تهیه نقشه تیوگرافی باشد:

(الف) + (ب)

(ج) ارتفاع نقاط نیز اندازه گیری شوند



اندازه گیری طول

➤ پیمودن فاصله بین دو نقطه مانند A و B را با یک واحد، اندازه گیری فاصله می گویند.

➤ اندازه گیری فاصله عملی است که در نقشه برداری دائما مورد استفاده قرار می گیرد و طبق تعریف نقشه، بایستی فواصل اندازه گیری شده روی زمین به صورت افقی باشد و یا اینکه با محاسبات لازم طول های اندازه گیری شده غیر افقی را تبدیل به طول افقی نمود.

اندازه گیری طول

اندازه گیری طول به عنوان مبنای برداشت ها در نقشه برداری از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

واحد اندازه گیری فاصله **متر** است که در حدود یک **چهل میلیونم محیط نصف النهار** است.

علاوه بر متر، واحدهای دیگری نیز در برخی کشورها بکار برده می شود، نظیر:

یارد (1 m=1.093 Yard)، فوت (1 m=3.28 Feet)، اینچ (1 m=39.37 Inch).



روش های اندازه گیری طول:

□ روش های محاسباتی و مثلثاتی

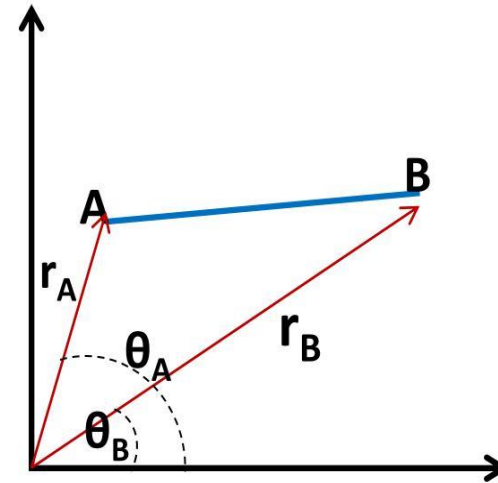
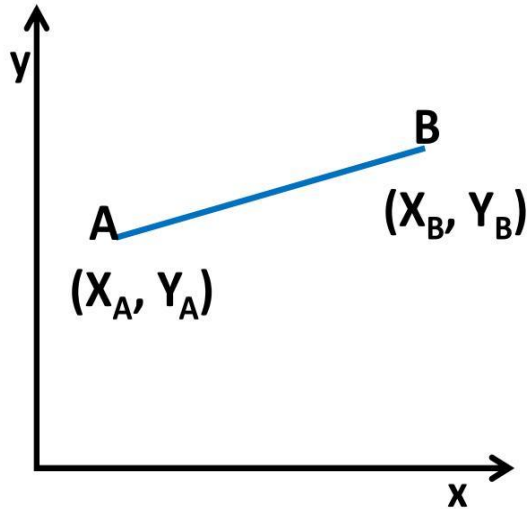
□ روش های مستقیم

□ روش های غیر مستقیم (استفاده از دستگاه های اپتیکی، الکترونیکی، و الکترواپتیکی)

روش های اندازه گیری طول:

روش های محاسباتی و مثلثاتی

محاسبه فاصله دو نقطه در دستگاهای مختصاتی (دکارتی یا قطبی):



$$D_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$$

$$D_{AB} = \sqrt{r_A^2 + r_B^2 - 2 * r_A * r_B * \cos(\theta_A - \theta_B)}$$

روش های اندازه گیری طول:

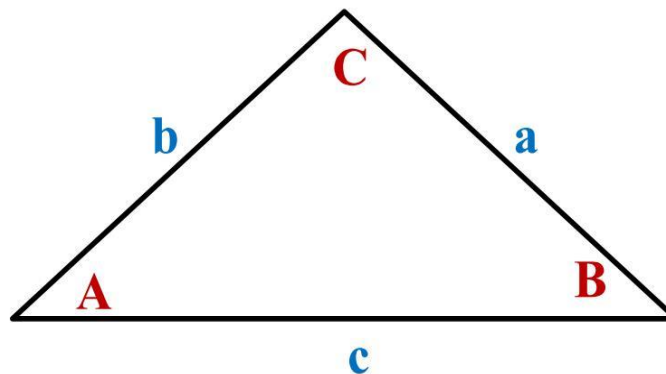
روش های محاسباتی و مثلثاتی

اندازه گیری طول با کمک روابط مثلثاتی:

- سه زاویه و یک ضلع معلوم
- دو ضلع و زاویه بینشان معلوم

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

$$a = \sqrt{b^2 + c^2 - 2 * b * c * \cos \hat{A}}$$



اندازه گیری طول

روش های مستقیم

○ در این روش فاصله دو نقطه مستقیماً طی شده و طول آن اندازه گیری می شود. براساس دقت مورد نیاز توسط قدم ، طناب، متر ، متر انوار و غیره اندازه گیری می شود.

❖ روش مستقیم با کم دقت :

1. اندازه گیری با قدم: شیب زمین کم باشد. عامل باید طول قدم خود را قبل از شروع کار، اندازه گیری کند. می تواند از وسایل شمارنده مانند قدم شمار استفاده کند. دقت در حد $\frac{1}{50}$ تا حداکثر $\frac{1}{200}$ می باشد.
2. اندازه گیری با داشتن سرعت ثابت: با داشتن سرعت ثابت و زمان فاصله محاسبه می شود ($x=vt$)
3. اندازه گیری توسط پیرامون ثابت گردونه ای (چرخ غلطان): گردونه ای چرخان مانند دوچرخه با معلوم بودن محیط و تعداد دور فاصله محاسبه می شود (دقت حدود $\frac{1}{200}$)
4. اندازه گیری توسط پیرامون استوانه دوار: توسط نخ پیچیده دور استوانه ای با محیط معلوم و تعداد دور معلوم (شمارش توسط دور شمار) فاصله اندازه گیری می شود (دقت حدود $\frac{1}{300}$)

اندازه گیری طول

روش های مستقیم

○ روش مستقیم با کم دقت :

1. اندازه گیری با قدم: شیب زمین کم باشد. عامل باید طول قدم خود را قبل از شروع کار، اندازه گیری کند. می تواند از وسایل شمارنده مانند قدم شمار استفاده کند. دقت در حد $\frac{1}{50}$ تا حداکثر $\frac{1}{200}$ می باشد.

– دقت اندازه گیری

1- بستگی به تجربه شخص دارد.

– دقت روش برای افراد عادی کم تجربه $\frac{1}{50}$ و افراد با تجربه $\frac{1}{100}$

2- بستگی به شرایط محیطی دارد.

– برای زمین ناهموار $\frac{1}{100}$ و برای زمین هموار $\frac{1}{200}$



اندازه گیری طول

روش های مستقیم

❖ روش مستقیم با دقت متوسط :

1. اندازه گیری توسط زنجیر مساحی: مفتول های فلزی با طول ۲۰-۲۵ سانتی متر، که با حلقه های فلزی به هم متصل هستند و دارای پلاک هایی برای نشانه گذاری می باشند (دقت حدود $\frac{1}{1000}$).



2. اندازه گیری توسط متر پارچه ای یا پلاستیکی: برای فواصل کوتاه. کشش و عوامل جوی باعث تغییر در طول متر می شود (با دقت حدود $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{3000}$).

3. اندازه گیری توسط متر فلزی: دقت حدود $\frac{1}{5000}$ که با رعایت محاسبه خطاها و اصول مترکشی به $\frac{1}{10^5}$ نیز می رسد.

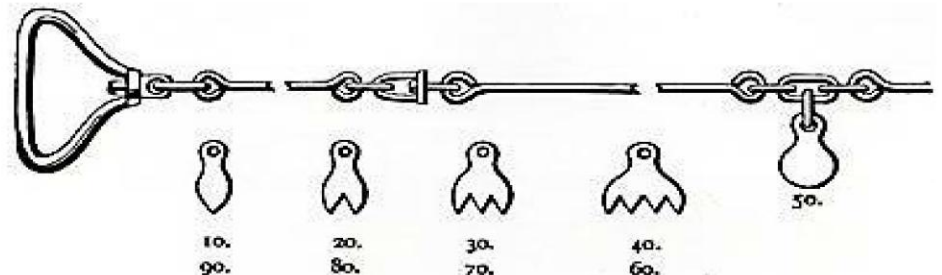
روش های اندازه گیری طول:

روش های مستقیم

اندازه گیری با قدم: در مواردی که شیب زمین زیاد نباشد و به دقت زیادی در اندازه گیری نیاز نباشد از این روش استفاده می شود. اگر زمین هموار بوده و شخص نیز با تجربه باشد، دقت این روش ۱/۱۰۰ است.

اندازه گیری با چرخ غلطان: با توجه به تعداد دور چرخش و مقدار محیط چرخ، مقدار طول طی شده مشخص می شود. دقت نسبی اندازه گیری در این روش ۱/۲۰۰ می باشد.

اندازه گیری با زنجیر مساحی: استفاده از زنجیری از مفتولهای با طول ۲۰-۲۵ سانتیمتر که با حلقه هایی به هم متصل شده اند و دارای فیش هایی برای نشانه گذاری می باشد. دقت نسبی اندازه گیری با این وسیله به حدود ۱/۱۰۰۰ می رسد.



اندازه گیری طول

روش های مستقیم

❖ روش مستقیم با دقت بالا :

- متر یا سیم یا مفتول انوار که از آلیاژی بنام انوار (ترکیبی از نیکل و فولاد) ساخته شده است که ضریب انبساط طولی ناچیزی دارد.
- برای اندازه گیری در ژئودزی استفاده می شود.
- کار با آن نسبتاً سخت بوده و حتماً باید نوار روی سه پایه که دو وزنه به آن آویزان است قرار داده شود.
- طول نوار حدود ۲۴ متر می باشد و با دقت $\frac{1}{10^6}$.

روش های اندازه گیری طول:

□ روش های مستقیم

اندازه گیری با نوارهای متر کشی: دقت نسبی اندازه گیری با این وسایل بین $1/1000$ تا $1/5000$ است. دقت $1/5000$ در صورتی عملی می شود که تاثیر کشش و اختلاف دما در اندازه گیری ها مد نظر قرار گیرد. دارای انواع فلزی، پارچه ای، فایبر گلاس و اینوار می باشد. دقت اندازه گیری با نوار اینوار به یک میلیونیم (یک میلیمتر در کیلومتر) می رسد.



آلیاژ Nickel-iron (FeNi36)، معروف به اینوار (Invar) ضریب انبساط حرارتی بسیار کمی دارد

روش های اندازه گیری طول:

□ روش های غیر مستقیم (استفاده از دستگاه های اپتیکی، الکترونیکی، والکترو اپتیکی)

دستگاه های اپتیک:

✓ روش های استادیومتری (که در فصل های بعدی توضیح داده خواهد شد)

✓ روش های محاسباتی (که در بخش مساحی به برخی از آنها اشاره خواهد شد)



دستگاه های الکترونیکی و الکترو اپتیکی

در این روش ها با ارسال امواج الکترومغناطیس و انعکاس آنها از رفلکتورها با استفاده از زمان رفت و برگشت امواج و اختلاف فاز امواج بازگشتی فاصله را محاسبه می کنند.

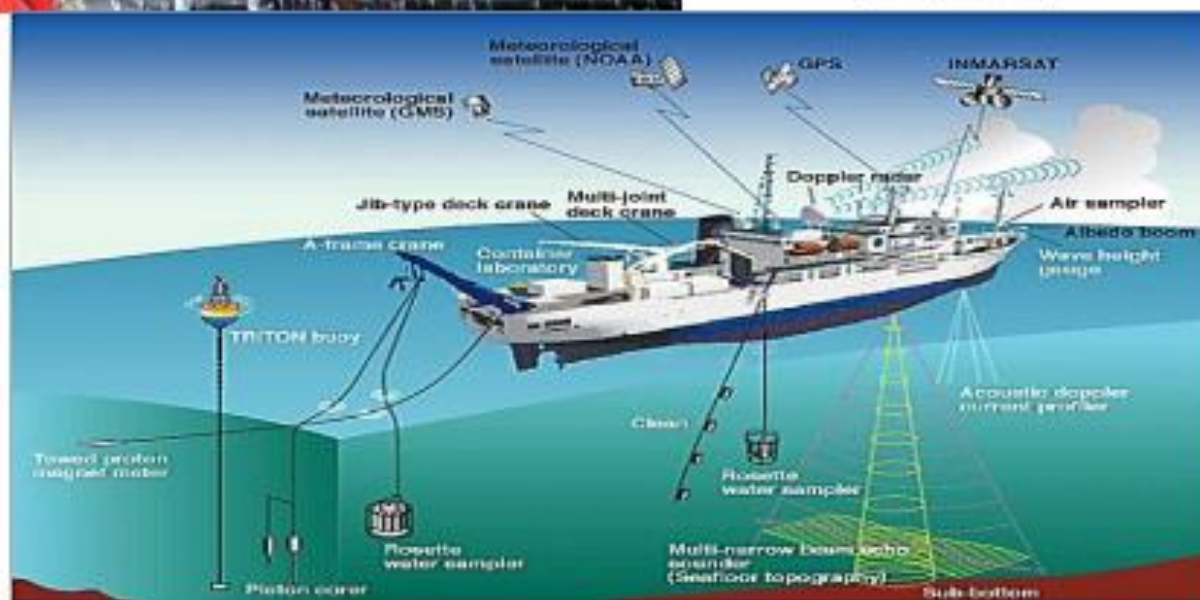
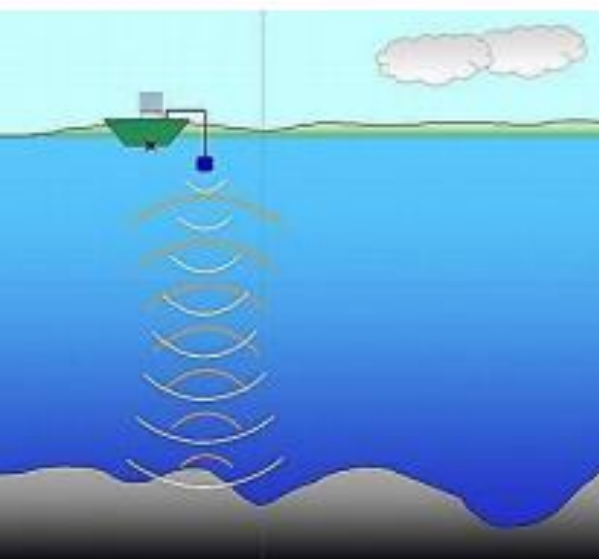
➤ دقت و کارایی اندازه گیری طول به کمک این روش ها مناسب تر از سایر روش ها است.

➤ فاصله یاب های الکترونیکی در وضعیت نامساعد جوی نیز بخوبی کار می کنند.

➤ انواع اشتباهات و خطاهای انسانی و دستگاهی در فاصله یابهای الکترونیکی حذف شده اند.

روش های اندازه گیری طول:

روش های غیر مستقیم (استفاده از دستگاه های اپتیکی، الکترونیکی، و الکترو اپتیکی) □

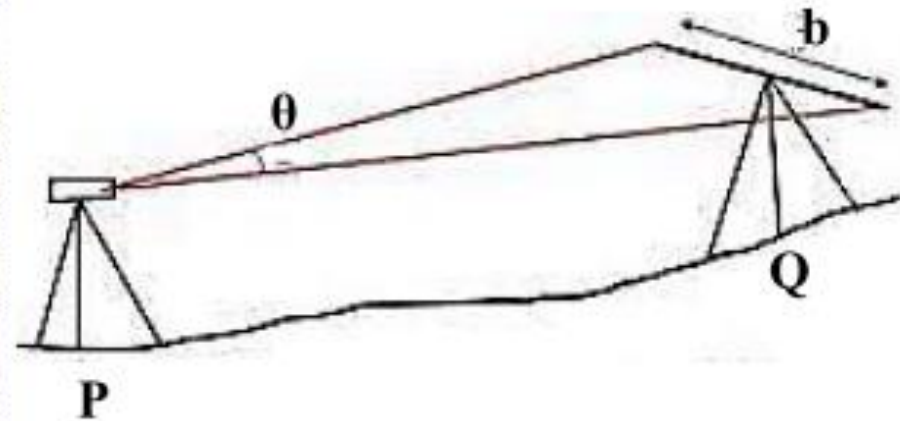


روش های اندازه گیری طول:

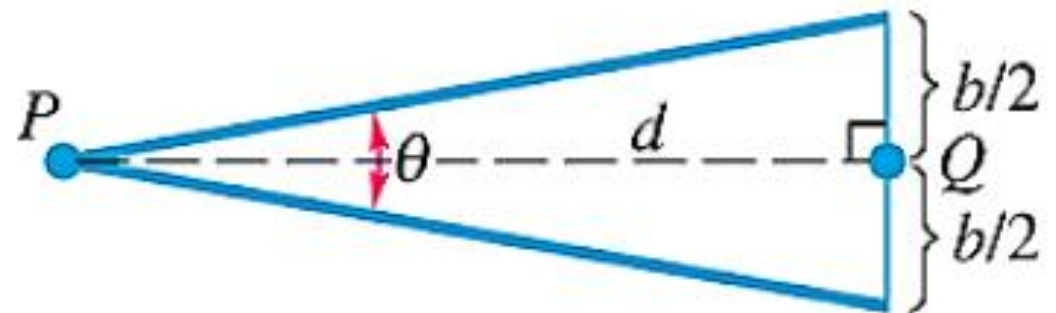
روش های غیر مستقیم: استفاده از میله سابتنس (Subtense Bar)



(روش پارالاکتیک)



$$d = \frac{b}{2} \times \cot\left(\frac{\theta}{2}\right)$$



اندازه گیری طول

روش های مستقیم :

اصول متر کشی

تجهیزات یک اکپ متر کشی:

متر نواری، شاقول، پین های متر کشی، نیروسنج، دماسنج، ژالن و میخ چوبی، دفترچه یادداشت، مداد، اسپری رنگی

تجهیزات یک اکپ متر کشی

1- متر نواری Tape

3- شاقول

5- پین های متر کشی Taping Pin

7- نیرو سنج

9- تعدادی میخ چوبی

2- مقداری ژالن Range Pole

4- شمشه و تراز و یا شیلنگ تراز

6- قلاب مفصوص گرفتن متر

8- دماسنج



اندازه گیری طول

روش های مستقیم :

اصول متر کشی

مراحل متر کشی :

برای بالا بردن دقت عملیات، در **شش** مرحله انجام می شود:

- (1) قدم زدن منطقه و رسم کروکی و تعیین موقعیت تقریبی نقاط
- (2) علامت گذاری (با میخ یا ژالون در ابتدا و انتهای مسیر متر کشی)
- (3) ایجاد کشش کافی در متر
- (4) شاقول کردن نشانه گذاری ها (در نقطه آغاز و پایان)
- (5) میخ کوبی مسیر متر کشی در امتداد یک خط راست
- (6) ثبت قرائت ها با دقت

عموماً در متر کشی، عملیات به صورت رفت و برگشتی انجام می شود تا خطا یا اشتباه کاهش یابد.

اندازه گیری طول

روش های مستقیم:

اصول متر کشی

متر کشی روی سطوح هموار افقی:

1- مسیر متر کشی مشخص شود یعنی طول AB را به قطعاتی



کوچکتر از حداکثر طول متر تقسیم می کنیم فاصله نقاط میانی باید طوری مشخص شود که

همگی روی امتداد AB قرار داشته باشد.

2- طول هر قطعه اندازه گیری و یادداشت می شود.

3- طول قطعات با هم جمع می شود تا طول AB بدست آید.

□ زمانی که فاصله مورد نظر از طول متر بیشتر باشد، ابتدا باید اقدام به امتداد گذاری (ژالن گذاری) نمود و سپس اندازه گیری را انجام داد.

□ ژالون ها بصورت چشمی و یا با منشور بین دو نقطه مورد نظر در یک راستا قرار میگیرند و سپس متر کشی بصورت صحیح بین ژالونها انجام میشود.

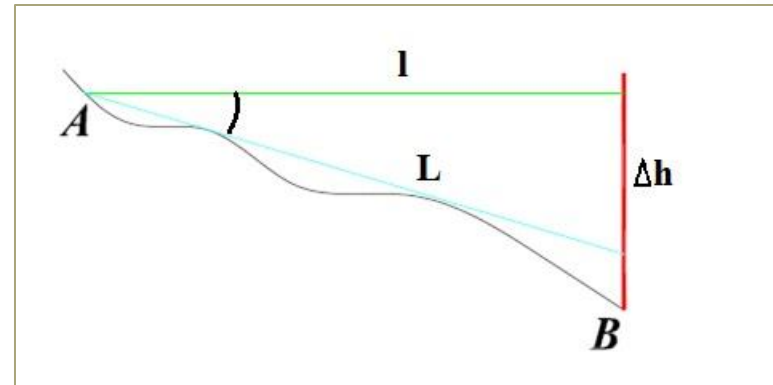
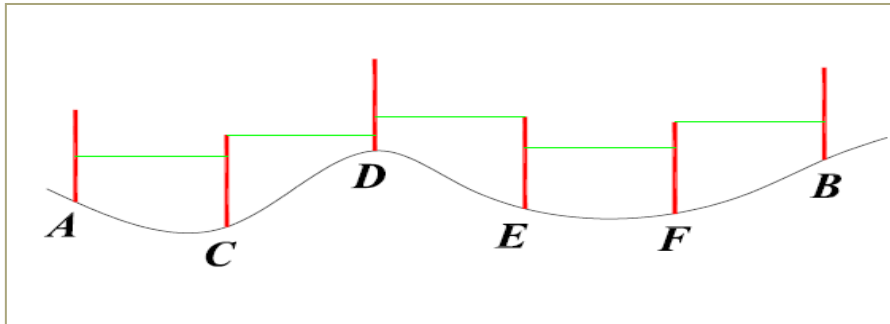
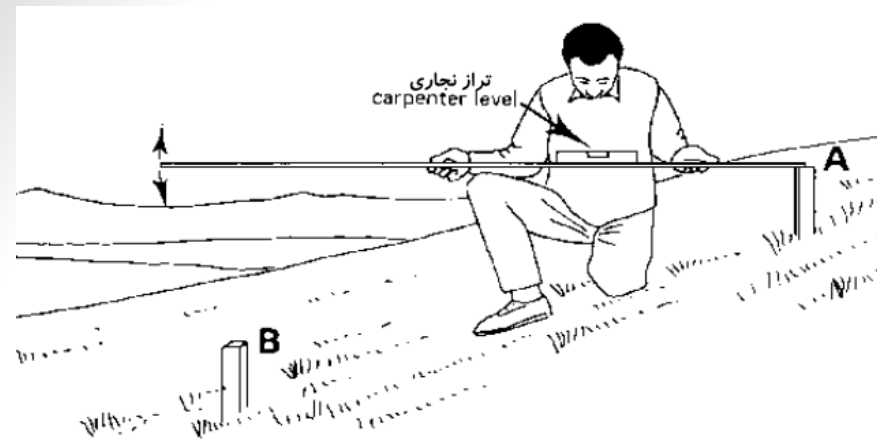
اندازه گیری طول

اصول متر کشی

متر کشی در زمین های شیب دار و ناهموار:

1. متر کشی بصورت افقی

2. متر کشی در امتداد شیب



اندازه گیری طول

اصول متر کشی

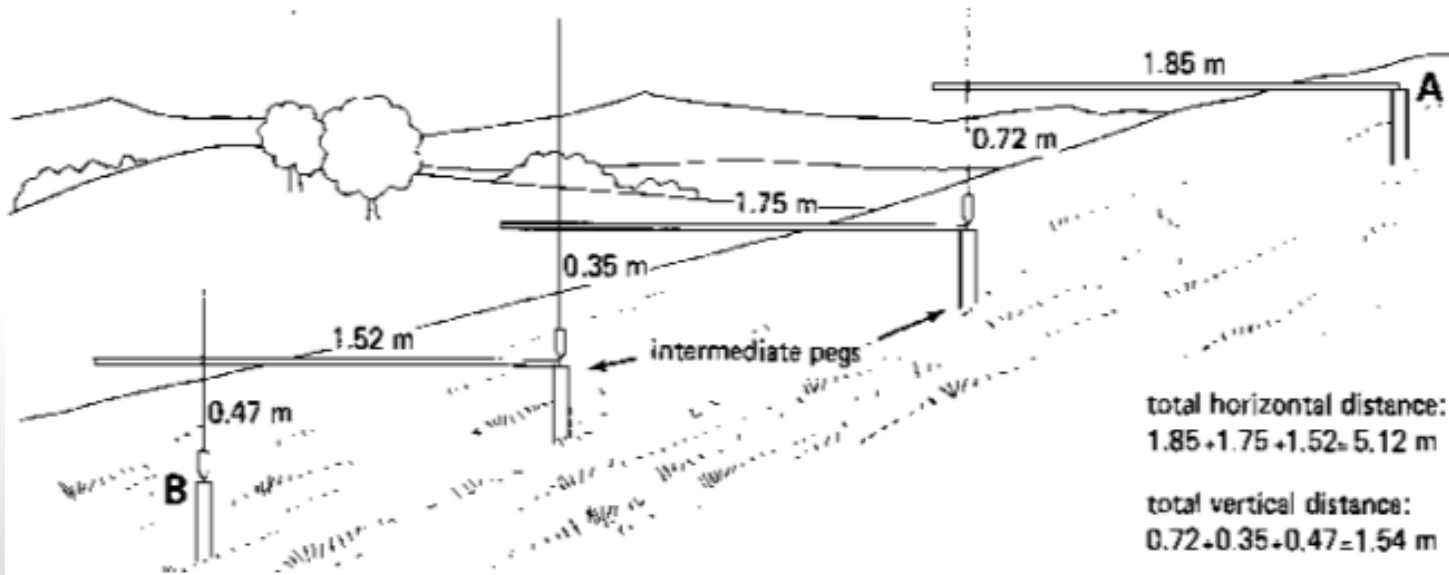
متر کشی در زمین های شیب دار و ناهموار :

1. متر کشی بصورت افقی

امتداد گذاری فاصله منطبق با شیب زمین به کمک شاقول و ژالون و اندازه گیری فواصل بصورت افقی

اگر شیب زمین ثابت نباشد از روش پلکانی استفاده می شود

$$D = d_1 + d_2 + \dots + d_n$$



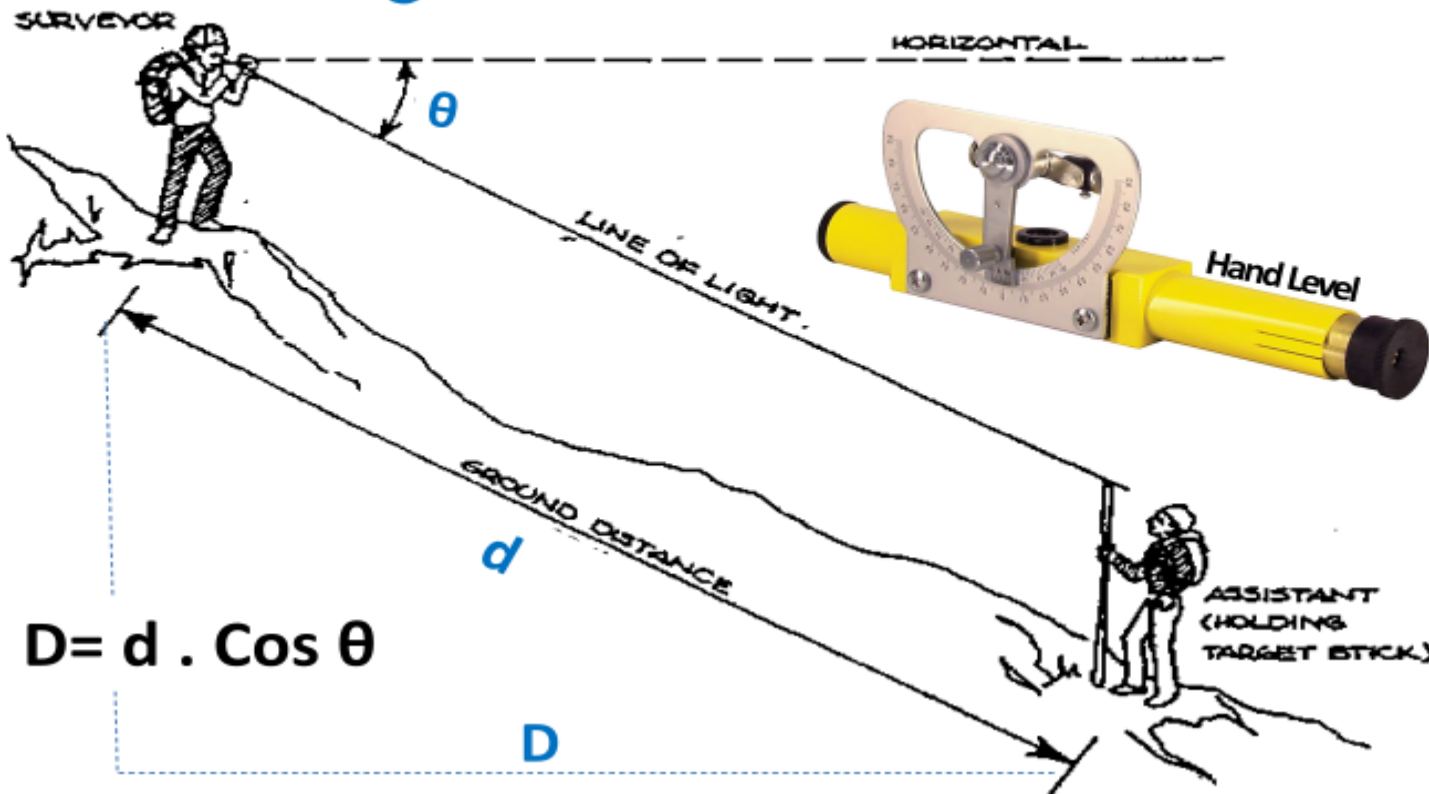
اندازه گیری طول

اصول متر کشی

متر کشی در زمین های شیب دار و ناهموار:

2. متر کشی در امتداد شیب

متر کشی در زمین های شیب دار کمی دشوار است
اگر شیب زمین ثابت باشد از شیب سنج استفاده می شود

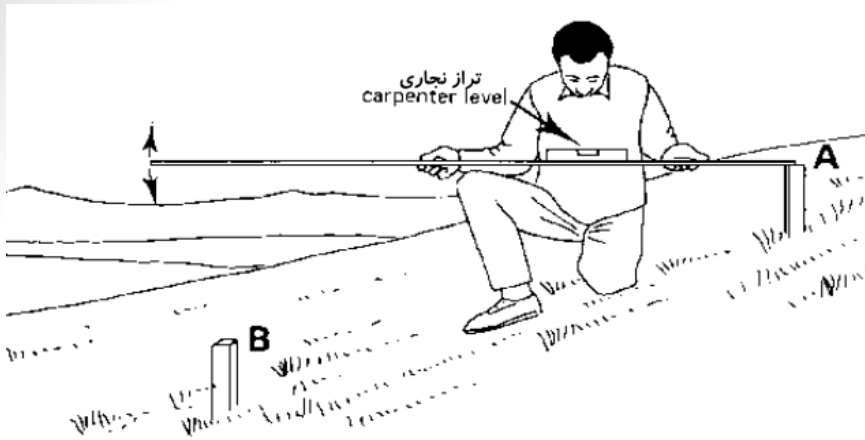


اندازه گیری طول

اصول متر کشی

متر کشی در زمین های شیب دار و ناهموار:

2. متر کشی در امتداد شیب

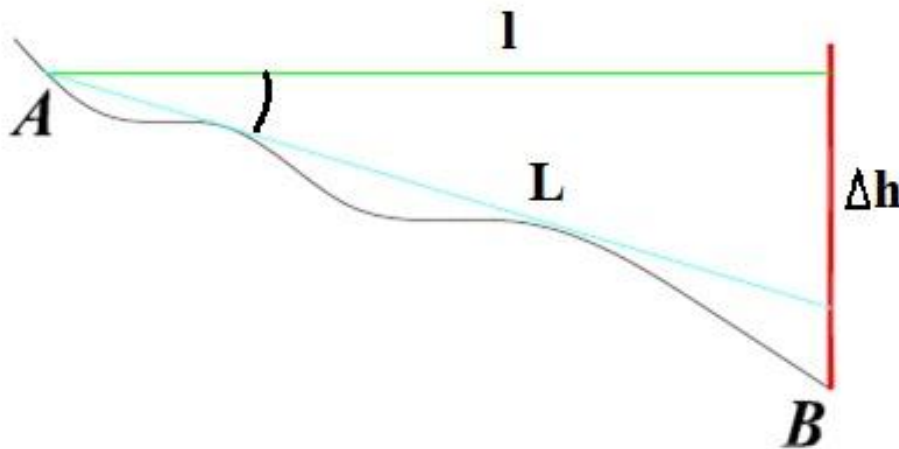


$$l = L \cos \alpha$$

○ اندازه گیری شیب توسط شیب سنج یا زاویه یاب و محاسبه از رابطه

$$l^2 = L^2 - \Delta h^2$$

○ و یا در صورت داشتن اختلاف ارتفاع دو نقطه محاسبه طول از رابطه



اندازه گیری طول

خطا در متر کشی

بطور کلی خطاهایی که در عملیات متر کشی ایجاد میشود میتواند ناشی از

تصحیحات اندازه گیری طول

➤ استاندارد سازی

➤ درجه حرارت

➤ نیروی کشش

➤ انحنا و خمیدگی

➤ شیب

➤ انحراف از امتداد

➤ تبدیل به سطح مبنای ارتفاعی

○ خطای دستگاهی

○ خطای طبیعی

○ خطای انسانی

خطا در متر کشی



❖ خطای دستگاهی (استاندارد سازی):

گاهی ممکن است اندازه نوشته روی متر کوچکتر یا بزرگتر از اندازه واقعی باشد. از این رو باید قبل از متر کشی متر مورد نظر را بایک متر یا طول پیاده شده استاندارد مقایسه نمود.

- بخاطر ایرادات کارخانه ای طول مطلق متر ممکن است از طول اسمی یا طراحی شده اش متفاوت باشد.
- همچنین استفاده مکرر و طولانی از متر باعث می شود متر حالت استاندارد خود را از دست بدهد.

تصحیح کالیبراسیون (تصحیح طولی) :

- اگر طول واقعی متر بلندتر از طول اسمی آن باشد فاصله خوانده شده کمتر از مقدار واقعی است و تصحیحی که باید وارد گردد مثبت است.
- اگر طول واقعی متر از طول اسمی آن کوتاهتر باشد فاصله خوانده شده بیشتر از مقدار واقعی است و تصحیح منفی است.

خطا در متر کشی



تصحیح کالیبراسیون :

$$C_L = L_n \cdot \frac{\delta l}{l_n}$$

$$L_t = L_n + C_L = L_n \left(1 + \frac{\delta l}{l_n}\right)$$

$$L_t = L_n \cdot \frac{l_t}{l_n}$$

این خطا جزء خطاهای سیستماتیک است و بایستی طول متر با یک طول استاندارد مقایسه و خطای آن محاسبه گردد. این خطا را با C_d نشان می دهند

طول متر - طول حقیقی C_d

چنانچه طول اسمی متر به N و طول واقعی آن را به T و طول اندازه گیری را به L_n نشان دهیم

$$LT = \frac{T}{N} \times LN$$

LT طول واقعی از رابطه زیر بدست می آید.

l_n طول اسمی متر

l_t طول واقعی متر

L_n مسافت اندازه گیری شده

L_t مسافت واقعی

C_L تصحیح طولی

خطا در متر کشی

تصحیح کالیبراسیون :



مثال. طول AB را با یک متر بظاهر 50 متری اندازه گیری کرده و برابر 634.75 متر شده است. اگر طول واقعی متر 49.98 متر بوده باشد، طول اندازه گیری شده را محاسبه نمائید:

$$C_L = \frac{l' - l}{l} * L = \frac{49.98 - 50}{50} * 634.75 = -0.254$$

$$L' = L + C_L = 634.75 - 0.254 = 634.496 \text{ m}$$

حال از طریق دوم :

$$L' = \frac{l'}{l} * L = \frac{49.98}{50} * 634.75 = 634.496 \text{ m}$$

خطا در متر کشی

❖ خطای طبیعی: درجه حرارت

این خطا از نوع خطاهای سیستماتیک بوده که گاهی زیاد و گاهی کم شونده است، و در اثر اختلاف درجه حرارت محیط ساخت و محیطی که در آن عملیات نقشه برداری صورت میگیرد بوجود میآید.

در واقع در اثر تغییر درجه حرارت خطایی رخ میدهد.

➤ اگر متر در فیلدی با درجه حرارتی متفاوت از درجه حرارت استاندارد استفاده شود آنگاه تصحیح درجه حرارت برای طول اندازه گیری شده برابر است با

$$c_t = \alpha(t_m - t_0)L$$

➤ جایکه

➤ α = ضریب انبساط گرمایی جنس متر

➤ t_m = درجه حرارت میانگین فیلد

➤ t_0 = درجه حرارت استاندارد

خطا در متر کشی

خطای درجه حرارت :

○ در صورتیکه $t > t_s$ طول واقع نوار بیشتر از طول اسمی آن، و اگر $t < t_s$ باشد، طول واقعی از طول اسمی کمتر است.

○ مقدار این خطا در کارهای کوچک صرف نظر کردنی است و لی در پروژههای بزرگ و دقیق باید اعمال شود.

$$\delta L = L_n \cdot \alpha \cdot (t - t_s)$$

δL تصحیح برای مقدار اندازه گیری شده

L_n مسافت قرائت شده

$\alpha = 11.2 * 10^{-6}$ ضریب انبساط طولی

t دمای محیط عملیات

t_s دمای محیط ساخت متر

خطا در متر کشی

خطای درجه حرارت:

مثال. طول AB با یک متر فولادی اندازه گیری شده است و مقدار آن 4500 متر می باشد. در صورتیکه درجه حرارت محیط ساخت متر 20 درجه و محیط عملیات 40 درجه سانتی گراد و ضریب انبساط طولی برابر با 115×10^{-7} باشد، طول صحیح چقدر است؟ در صورتی که دقت لازم $1/5000$ باشد آیا تصحیح حرارتی ضروری است یا نه؟

$$C_t = \alpha L(t - t_o) = 115 \times 10^{-7} \times 4500 (40 - 20) = 1.035 \text{ m}$$

$$L' = L + C_t = 4500 + 1.035 = 4501.035$$

$$e_r = \frac{C_t}{L} = \frac{1.035}{4500} \approx \frac{1}{4300} \approx \frac{1}{4000}$$

در نتیجه تصحیح حرارتی لازم می باشد.

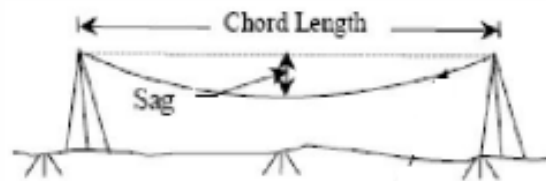
خطا در متر کشی

❖ خطای شنت یا کمانه : تصحیح اثر کمانی شکل شدن نوار:

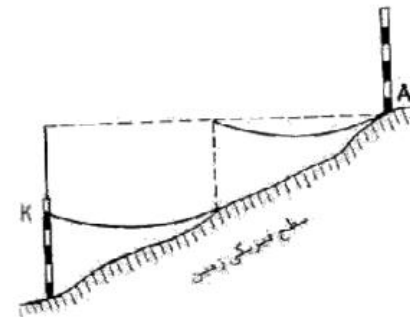
این خطا که در اثر وزن نوار و نیروی جاذبه زمین حاصل می شود.

از خطاهای تدریجی کم شونده است که نسبت عکس با نیروی کشش وارده بر متر هم دارد.

➤ در مواقع متر کشی مخصوصا در فواصل بزرگ نوار در اثر وزن خود به صورت کمانی شکل در می آید یعنی به جای اینکه به شکل یک خط مستقیم باشد شکل قوس پیدا می کند.



$$c_g = \frac{(P)^2}{24F^2} \cdot l^3 = \frac{l(P \cdot l)^2}{24F^2}$$



که در این فرمول P وزن یک متر نوار بر حسب کیلوگرم و F نیروی کشش و l طول نوار است .

خطا در متر کشی

❖ خطای شنت یا کمانه : تصحیح اثر کمانی شکل شدن نوار:

$$c_g = \frac{(P)^2}{24F^2} \cdot l^3 = \frac{l(P \cdot l)^2}{24F^2}$$

که در این فرمول P وزن یک متر نوار بر حسب کیلوگرم و F نیروی کشش و l طول نوار است .

مثال. یک متر فلزی 50 متری را که وزن هر متر آن 30 گرم است با نیروی 10 کیلوگرم کشیده ایم خطای کمانی بودن متر برای هر دهنه را محاسبه کنید.

$$c_g = \frac{l(P \cdot l)^2}{24F^2} = \frac{50 \cdot 1000(0.03 \cdot 50)^2}{24 \cdot 100^2} = 47mm$$

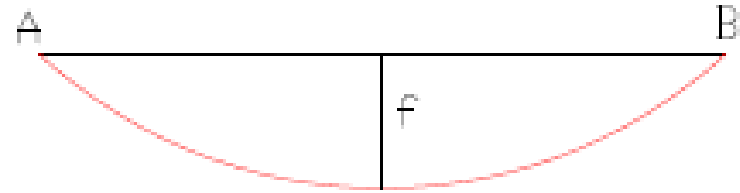
که با زیاد شدن دهنه، این خطا (خطای کمانی بودن نوار) برای طول مسیر زیاد خواهد بود.

خطا در متر کشی

تصحیح اثر کمانی شکل شدن نوار:

نوار را به دو صورت تخت یا تعلیق میتوان استاندارد کرد. و هرگاه نوار برخلاف شرایط استاندارد آن بکار برده شود به مقادیری که از طریق اندازه گیری بدست میآید باید تصحیحی وارد کرد.

$$c = \frac{(mg)^2}{24T^2} \cdot L^3 = \frac{L}{24} \cdot \left(\frac{W}{T}\right)^2 = \frac{8f^2}{3L}$$



c تصحیح شنت (mm)

m جرم یک متر نوار

$W = mg.L$ وزن قسمت بکار برده شده (Kg) اگر نوار به حالت تخت استاندارد شده باشد و به

T نیروی کشش بکاررفته (Kg) حالت تعلیق استفاده شود علامت تصحیح منفی

L طول متر بین دو تکیه گاه است و اگر به حالت تعلیق استاندارد شود و به

f ارتفاع یا سهم کمان حالت تخت استفاده شود علامت تصحیح مثبت است

خطا در متر کشی



❖ خطای انسانی: کشش نامناسب

در این بحث باید توجه داشت که برخی از این خطاها، تدریجی و برخی اتفاقی می باشند.

1) خطای کشش نامناسب. که مقدار آن از فرمول زیر بدست می آید:

$$C_p = \frac{P - P_o}{A * E} * L$$

که در این فرمول P نیروی کشش وارده، P_o نیروی کشش استاندارد و A سطح مقطع نوار برحسب سانتیمتر و E ضریب الاستیسته یا ضریب ارتجاعی یانگ (*Young*) که مقدار آن برای فولاد برابر $2.109 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$ می باشد.

واحدها باید با همه سازگاری داشته باشند. مثلاً A متر مربع (میلیمتر مربع) و E نیوتن بر متر مربع (نیوتن بر میلیمتر مربع)، P برحسب نیوتن (نیوتن) در اینصورت L و تصحیح واحدهای یکسانی خواهند داشت.

خطا در متر کشی



❖ خطای انسانی: کشش نامناسب

- اگر نیروی کشش وارد به متر در فیلد متفاوت از نیروی کشش استاندارد باشد آنگاه بایستی تصحیح کشش به طول اندازه گیری شده اعمال گردد.
- مقدار این تصحیح عبارت است از :

$$c_p = \frac{(P - P_0)}{AE} L$$

➤ جایگاه

➤ P = کشش انجام گرفته در طول اندازه گیری

➤ P_0 = کشش استاندارد

➤ A = مساحت مقطع عرضی متر

➤ E = مدول یانگ برای جنس متر است.

➤ علامت تصحیح مشابه علامت $(P - P_0)$ می باشد.

خطا در متر کشی

❖ خطای انسانی: کشش نامناسب



مثال. خطای کشش نامناسب برای یک متر فولادی 50 متری به مقطع 0.05 سانتیمترمربع را برای دو نیروی 15 و 8 کیلوگرم محاسبه نمایید در صورتیکه نیروی کشش استاندارد 10 کیلوگرم و ضریب ارتجاعی نوار $2.109 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ می باشد.

$$C_{P1} = \frac{(15 - 10) * 1000 * 50}{0.05 * 2.109 * 10^6} = 2.4 \text{ mm}$$

$$C_{P2} = \frac{(8 - 10) * 1000 * 50}{0.05 * 2.109 * 10^6} = -0.95 \text{ mm}$$

چنانکه مشخص است مقدار این خطا در اندازه گیری معمولی ناچیز بوده ولی در اندازه گیری دقیق اعمال آن ضروریست.

خطا در متر کشی



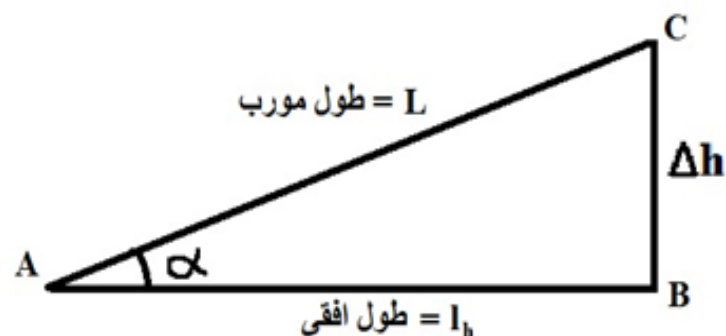
❖ خطای انسانی: افقی نبودن متر

مقدار این تصحیح به دو عامل بستگی دارد: زاویه شیب و اختلاف ارتفاع بین دو انتهای خط اندازه گیری

2) خطای افقی نبودن متر. این خطا که بیشتر در مورد تبدیل به افق کردن طولهای اندازه گیری شده در روی سطح شیب دار نیز مورد استفاده است، که در دو حالت بررسی می شود.

الف) برای مناطق با شیب کم.

با در نظر گرفتن مثلث قائم الزاویه ABC روابط زیر نوشته می شود.



$$L - l_h = C_h$$

$$l_h = L \cos \alpha$$

$$L - L \cos \alpha = C_h = L(1 - \cos \alpha) = 2.L \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

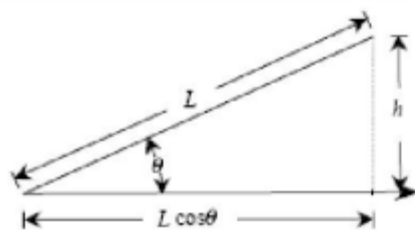
خطا در متر کشی

❖ خطای انسانی: افقی نبودن متر

در زاویه های کوچک مقدار $\sin$ با خود زاویه برحسب رادیان برابر است، پس:

$$C_h = \frac{(\Delta h)^2}{2L}$$

➤ اگر طول L مطابق شکل روی یک شیب اندازه گیری شود بایستی به معادل افقی اش تبدیل گردد. تصحیح شیب مورد نیاز از روابط زیر بدست می آید:



$$C_s = (1 - \cos \theta)L$$

$$= \frac{h^2}{2L}$$

➤ جایکه :

➤ θ = زاویه شیب

➤ H = تفاوت ارتفاعی دو سر متر است

➤ علامت تصحیح همیشه منفی است

خطا در متر کشی

❖ خطای انسانی: افقی نبودن متر

❖ تصحیح شیب (تصحیح تبدیل به افق):

$$AB = AC \cdot \cos \alpha$$

$$D = L \cdot \cos \alpha$$

$$e = L - D = L(1 - \cos \alpha)$$

• اگر زاویه شیب معلوم باشد:

• اگر اختلاف ارتفاع بین ابتدا

$$e \cong \frac{d^2}{2L}$$

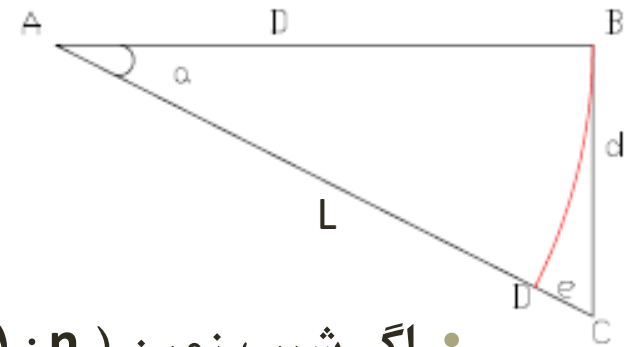
$$e = \frac{d^2}{2L} + \frac{d^4}{8L^3}$$

و انتها معلوم باشد:

$$\cos \alpha = \frac{D}{L} = \frac{n}{\sqrt{n^2 + 1}} \Rightarrow D = \frac{L \cdot n}{\sqrt{n^2 + 1}}$$

$$e = L \left(1 - \frac{n}{\sqrt{n^2 + 1}} \right)$$

• اگر شیب زمین (۱ : n) معلوم باشد:



خطا در متر کشی

❖ خطای انسانی: افقی نبودن متر

ب) برای مناطق شیب دار: بایستی توجه داشت که در رابطه زیر وقتی شیب زمین کمتر از ۲۰ درصد باشد به علت کوچک بودن مقادیر اگر از جزء دوم صرفنظر شود، همان رابطه قبل حاصل می شود.

$$L^2 = D^2 + d^2 = (L - e)^2 + d^2 = L^2 + e^2 - 2L.e + d^2$$

$$e \cong \frac{d^2}{2L}$$

$$e = \frac{d^2}{2L} + \frac{d^4}{8L^3}$$

$$C_h = \frac{(\Delta h)^2}{2L}$$

خطا در متر کشی

❖ خطای انسانی : افقی نبودن متر

مثال. طول AB که در یک زمین شیب دار با شیب ۱۲٪ قرار دارد برابر ۴۵۰ متر می باشد. می خواهیم این طول را روی نقشه به مقیاس ۱/۵۰۰۰ منتقل کنیم. در صورتیکه خطای مجاز ترسیم ۰.۲ میلیمتر باشد آیا تصحیح تبدیل به افق ضروری است یا نه؟

$$C_h = \frac{(\Delta h)^2}{2L}$$

$$\Delta h = L \cdot \sin \alpha$$

مقدار تصحیح تبدیل به افق از رابطه روبرو محاسبه می شود

$$\tan \alpha = 0.12 \gg \alpha = 6.84277^\circ = 6^\circ, 50', 33.9''$$

$$\Delta h = 53.62$$

$$C_h = \frac{(53.62)^2}{2 \cdot 450} = 3.19$$

حال خطای مجاز ترسیم را حساب می کنیم (در مقیاس ۵۰۰۰/۱) اگر از این مقدار بیشتر شود تصحیح تبدیل به افق ضروری نیست در غیر اینصورت ضروری است.

$$0.2 \text{ mm} \cdot 5000 = 1 \text{ m}$$

پس ضروری است زیرا : مقدار تصحیح < خطای ترسیم * عدد مقیاس

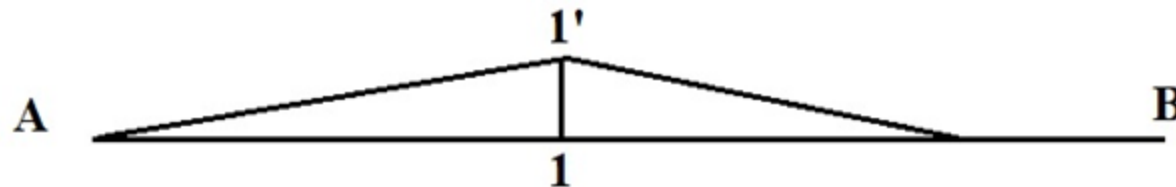
خطا در متر کشی

❖ خطای انسانی: خطای امتداد گذاری (انحراف مسیر)

در یک امتداد نبودن میخ ها خطا ایجاد می کند که مقدار آن را نیز بنا با استدلال بالا می توان از فرمول

$$C = \frac{(\Delta h)^2}{2L}$$

محاسبه کرد که در اینجا منظور از Δh مقداریست که از امتداد اصلی خارج شده ایم.



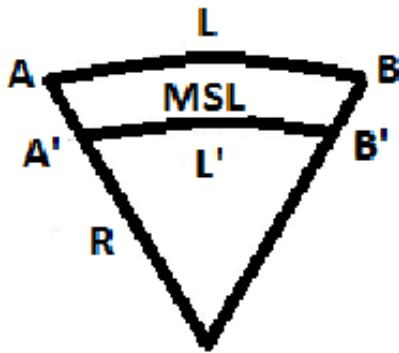
در این شکل یعنی به جای اینکه (A-1) را اندازه بگیریم به اندازه (1-1') از مسیر خارج شده و (A-1') را اندازه گرفته ایم.

خطا در متر کشی

❖ خطای انتقال اندازه از روی زمین به نقشه (تبدیل به سطح مقایسه):

چون انتقال اندازه ها از روی زمین به نقشه مستقیماً امکان ندارد، لازم است فواصل اندازه گیری شده روی زمین بر روی سطح مبنا تصویر شوند. بنابراین باید در فواصل اندازه گیری شده بر روی زمین تصحیحی صورت گیرد.

➤ در مورد طولهای بلند در مثلث بندی رابطه بین طول AB اندازه گیری شده روی زمین و طول معادلش A'B' روی سطح متوسط دریا بایستی لحاظ گردد.



➤ طول تبدیل شده در سطح متوسط دریا بوسیله رابطه زیر بدست می آید.

$$L' = \frac{R}{(R + H)} L$$

➤ جایگاه

➤ R = شعاع متوسط زمین (6372 km)

➤ H = ارتفاع متوسط خط

خطا در متر کشی

□ تصحیح تبدیل به سطح مقایسه :

در صورتیکه h مثبت باشد یعنی AB در بالای سطح متوسط دریا باشد تصحیح منفی، در غیر اینصورت تصحیح مثبت است.

باید توجه داشت که خطای تبدیل به سطح مقایسه فقط در اندازه گیری های خیلی دقیق اعمال می شود.

$$\frac{L}{L_m} = \frac{R}{R + h}$$

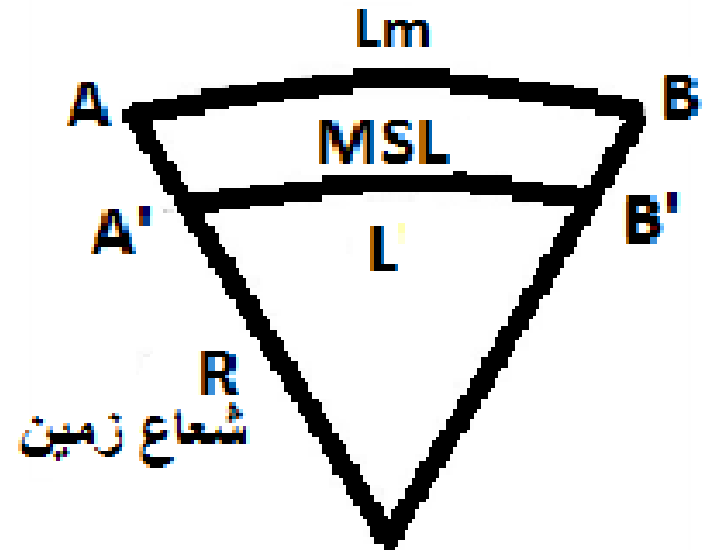
$$C = L - L_m = -L_m \frac{h}{R + h}$$

L_m مسافت اندازه گیری شده

L طول تصویر L_m بر سطح ژئوئید

h ارتفاع متوسط AB نسبت به سطح ژئوئید

C تصحیح تبدیل به سطح متوسط دریا



نتیجه گیری

- تصحیحاتی که ذکر شد در صورت وارد نشدن در اندازه گیری ها بصورت خطای سیستماتیک در نتیجه اندازه گیری ها ظاهر می شوند.
- به همین دلیل در فواصل بزرگ و نیز در مواردی که دقت نسبی معینی مورد نظر باشد، باید به آنها توجه شود، و در مواردی که لازم باشد مقادیر هر کدام از آنها تعیین و در نتیجه اندازه گیری دخالت داده میشود.
- بطور کلی اگر هدف از اندازه گیری فاصله انتقال اندازه ها بر روی صفحه تصویر (نقشه) باشد، تا زمانی که مقدار عددی خطا اعم از سیستماتیک و یا تصادفی پس از تبدیل به مقیاس از میزان خطای ترسیمی (0.1 تا 0.2 میلیمتر) کوچکتر باشد آن خطا قابل چشم پوشی است.
- بدین ترتیب که اگر خطای اندازه گیری e و مقیاس نقشه s باشد حداکثر خطای مجاز زمینی از رابطه زیر بدست میآید.

$$e * s = 0.1(mm)$$

نتیجه گیری

□ خطاهای تصادفی:

خطاهای قابل ذکر در اینجا خطای تطبیق درجات نوار با نقاط و نیز خطای قرائت نوار است که اگر مجموع جبری این دو خطا را در هر طرف نوار e فرض کنیم چون فاصله از تفاضل دو قرائت ابتدا و انتها بدست میاید، لذا خطا برابر خطای تفاضل دو کمیت یعنی $e\sqrt{2}$ است.

بطور خلاصه می توان خطاهایی که در عملیات مترکشی ایجاد می شود را بصورت زیر لیست نمود:

- خطای درست نبودن طول نوار
- خطای درجه حرارت
- خطای کمانی بودن نوار (خطای شنت)
- خطای کشش نامناسب
- خطای افقی نبودن متر
- خطای امتداد گذاری
- تصحیح تبدیل به سطح مقایسه
- خطای علامت گذاری (خطای اتفاقی)
- خطای قرائت (خطای اتفاقی)

نتیجه گیری

➤ اشتباه ها : مهمترین اشتباهات مترکشی به شرح زیرند:

- اشتباه گرفتن نقاط انتهایی دهنه ها
- اشتباه در خواندن و یا نوشتن اندازه ها
- اضافه به حساب آوردن یا از قلم انداختن یک یا چند دهنه طول کامل متر

➤ خطاهای سیستماتیک

- افقی نگرفتن متر
- انحراف در ژالون گذاری
- اختلاف درجه حرارت محیط نسبت به درجه حرارت استاندارد
- اختلاف نیروی کشش وارده نسبت به کشش استاندارد
- برابر نبودن طول اسمی و واقعی متر

➤ خطاهای اتفاقی

- خطای مربوط به ارتعاشات شاغول در اثر باد و منطبق نبودن کامل آن بر نقطه
- خطای مربوط به قرائت درجات متر

مثال ۱ : اختلاف ارتفاع دو نقطه روی برابر ۲۰ متر و فاصله افقی آنها برابر ۵۵ متر میباشد .

مطلوبست تعیین شیب و فاصله دو نقطه روی سطح شیبدار؟

$$\tan \alpha = \frac{H}{L}$$

$$\frac{H}{L} = \frac{20}{55} = 0.364 = 36.4\%$$

$$\tan \alpha = 0.364 \Rightarrow \alpha = 20'$$

$$D = \sqrt{H^2 + L^2} = \sqrt{20^2 + 55^2} = 58.52$$

مثال ۲ : طول یک امتداد با متر فلزی ۵۰ متری اندازه گیری شده و برابر ۱۶۴۰ متر شده است اگر طول واقعی متر ۴۹.۹۵ متر باشد اندازه واقعی امتداد موردنظر را مشخص کنید؟

$$L_t = L_n \frac{l_t}{l_n} = 1640 * \frac{49.95}{50} = 1638.36$$

$$C_L = L_n \cdot \frac{\delta l}{l_n} = 1640 * \frac{0.05}{50} = 1.64$$

$$L_t = 1640 - 1.64 = 1638.36$$

مثال ۳ : اگر شیب زمین صددرصد باشد زاویه شیب چقدر خواهد بود ؟

$$\tan \alpha = \frac{H}{L}$$

$$\frac{H}{L} = 100\% = \frac{100}{100} = 1$$

$$\tan \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 45'$$

مثال ۴ : اگر با یک متر ۵۰ متری که هر مترش ۴۰ گرم وزن دارد کار مترکشی را با نیروی ۴ کیلو گرم انجام دهیم میزان خطای شنت چقدر خواهد بود؟

$$c = \frac{(mg)^2}{24T^2} \cdot L^3 = \frac{0.04^2 * 50^3}{24 * 4^2} = 0.52m$$

مثال ۵: یک نوار اندازه گیری با نیروی کشش ۵۰ نیوتن دارای طول استاندارد ۳۰ متر است مساحت مقطع عرضی آن ۱.۲ میلیمتر مربع است هرگاه نیروی کشش بکار رفته ۶۰ نیوتن و ضریب یانگ $1.93 * 10^5$ نیوتن بر میلیمتر مربع باشد طول نوار در شرایط ذکر شده چقدر است ؟

$$\delta l = \frac{T_m - T_s}{A * E} * l_n = \frac{30 * (67 - 50)}{1.2 * 1.93 * 10^5} = .0022$$

$$l = 30 + .0022 = 30.0022$$

بطوریکه ملاحظه میشود مقدار تصحیح ناچیز است و در اندازه گیریهای معمولی میتوان از آن چشم پوشید

مثال ۶: در صورتیکه در جریان اندازه گیری یک فاصله ۲۰۰ متری باندازه ۰.۵ متر از مسیر اصلی منحرف شویم مقدار تصحیح امتداد گذاری چقدر است؟

$$e = -\frac{d^2}{2L} = -\frac{0.5^2}{2 * 200} = -0.0006$$

بطوریکه ملاحظه میشود مقدار تصحیح ناچیز است و در اندازه گیریهای معمولی میتوان از آن چشم پوشید و عمل امتداد گذاری را با چشم انجام داد ولی در کارهای دقیق باید از دوربین نقشه برداری استفاده کرد.

مثال ۷ : با یک نوار ۵۰ متری که در مقایسه با نوار استاندارد طول آن 50.04 متر میباشد دو ضلع یک مستطیل اندازه گیری شده است که مقدار آن ۳۰۰ و ۲۰۰ متر است مطلوبست

تعیین مساحت حقیقی

$$C_L = L_n \cdot \frac{\delta l}{l_n}$$

$$C_{300} = 300 * \frac{50.04 - 50}{50} = 0.24m$$

$$C_{200} = 200 * \frac{50.04 - 50}{50} = 0.16m$$

$$L_t = L_n + C_L$$

$$L_{300} = 300 + 0.24 = 300.24m$$

$$L_{200} = 200 + 0.16 = 200.16m$$

$$S = 300.24 * 200.16 = 60096.04m^2$$

$$A_t = A_n \left(\frac{l_t}{l_n} \right)^2$$

$$A_t = 300 * 200 * \left(\frac{50.04}{50} \right)^2 = 60096.04$$

مثال ۸ : با یک کتر فلزی که در درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی گراد استاندارد شده است فاصله ای را اندازه گیری کرده که برابر 200.05 متر میشود درچه درجہ حراراتی متر مذکور همین فاصله را ۲۰۰ متر نشان خواهد داد؟

$$\alpha = 115 * 10^{-7}$$

$$\delta l = L_{T_0} - L_T = 200 - 200.05 = -0.05m$$

$$\delta l = \alpha.L.\Delta t \Rightarrow -0.05 = 115 * 10^{-7} * 200.05 * \Delta t \Rightarrow$$

$$\Delta t = -21.73'$$

مثال ۹ : در یک منطقه کوهستانی امتدادی با یک متر فلزی ۵۰ متری اندازه گیری و مقدار آن ۶۲۰ متر حاصل شده است در صورتیکه طول واقعی متر ۳ میلی متر کوتاهتر از طول اسمی بوده باشد بادر نظر گرفتن ضریب انبساط طولی $115 * 10^{-7}$ و درجه حرارت استاندارد ۲۰ درجه سانتی گراد مطلوبست تعیین درجه حرارت محیط و طول واقعی امتداد؟

$$\delta l = \alpha.L.(t - t_s) \Rightarrow -0.003 = 115 * 10^{-7} * 50 * (t - 20) \Rightarrow t = 14.75'^c$$

$$L_t = \frac{l_t}{l_n} . L_n = \frac{49.997}{50} * 620 = 619.963m$$

مثال ۱۰: نوار فلزی بطول ۵۰ متر با نیروی کشش ۵ کیلو گرم در حالت تعلیق استاندارد شده و هنگام عملیات اندازه گیری با نیروی کششی ۱۲ کیلو گرم کشیده شده است در صورتیکه وزن متر ۲۰ گرم بر متر باشد مقدار تصحیح مربوط به کمانه شدن متر را حساب کنید؟

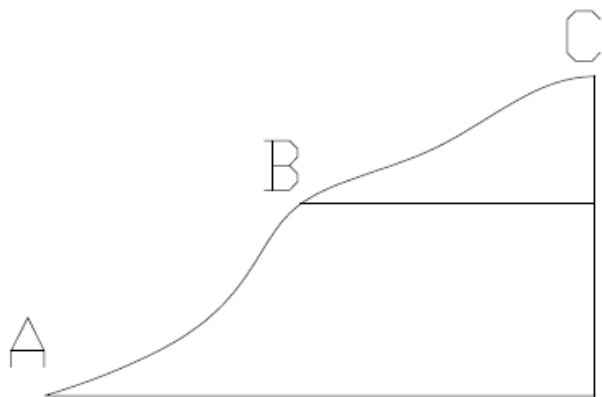
$$C = \frac{(mg)^2}{24} \cdot L^3 \cdot \left(\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_1^2} \right)$$

$$C = \frac{50^3 * 0.02^2}{24} \cdot \left(\frac{1}{12^2} - \frac{1}{5^2} \right) = 0.068$$

$$L = 50 + 0.068 = 50.068m$$

در صورتیکه $F_2 > F_1$ باشد تصحیح مثبت و به اندازه قرائت اضافه میشود و اگر $F_2 < F_1$ باشد تصحیح منفی است و از اندازه بدست آمده کم میشود.

مثال ۱۱: فاصله A و C در امتداد شیب زمین اندازه گیری شده است در صورتیکه طول و زاویه شیب امتداد AB بترتیب ۲۵۰ متر و ۲۵ درجه باشد و طول BC برابر ۳۰۰ متر و اختلاف ارتفاع بین B و C ۲ متر باشد طوال افقی AC را محاسبه کنید؟



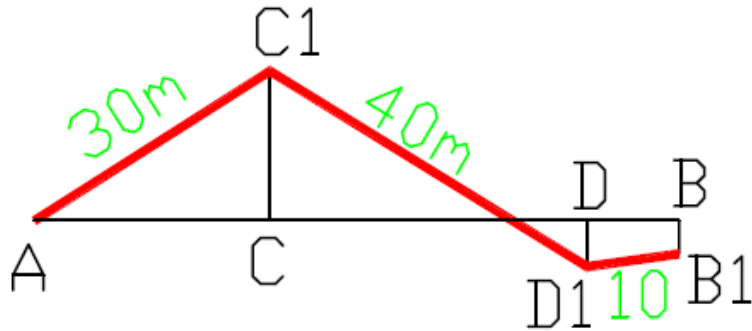
$$D_{AB} = L_{AB} \cdot \cos \alpha = 250 \cdot \cos 25 = 226.58m$$

$$e = -\frac{h_{BC}^2}{2L_{BC}} = -\frac{2^2}{2 \cdot 300} = -0.007m$$

$$D_{BC} = 300 - 0.007 = 299.993m$$

$$D_{AC} = 226.58 + 299.993 = 526.573m$$

مثال ۱۲: فاصله A و B پس از ژالن گذاری مانند شکل زیر متر کشی و اندازه های هر امتداد که در شکل نوشته شده است مورد سنجش قرار گرفته است در صورتیکه میزان انحراف از خط مستقیم در نقاط C و D و B بترتیب ۲۵ - ۲۰ - ۵ سانتیمتر باشد طول واقعی AB را مشخص کنید؟



$$e_{AC_1} = -\frac{0.25^2}{2 * 30} = -0.001m$$

$$e_{C_1D_1} = -\frac{(0.25 + 0.2)^2}{2 * 40} = -0.003m$$

$$e_{D_1B_1} = -\frac{(0.02 - 0.05)^2}{2 * 10} = -0.001m$$

$$L = (30 + 40 + 10) - (0.001 + 0.003 + 0.001) = 79.995m$$

مثال ۱۳: چنانچه طول شیبدار AB برار ۲۵۰ متر و اختلاف ارتفاع آن دو نقطه ۲۰ متر باشد اگر بخواهیم روی نقشه با مقیاس 1/5000 منتقل نماییم با در نظر گرفتن ± 0.2 میلیمتر بعنوان خطای ترسیمی آیا احتیاج به افقی نمودن این طول میباشد؟

$$e = -\frac{h^2}{2L} = -\frac{20^2}{2 * 250} = -0.8m$$

$$e * s = 0.2 \Rightarrow e = \frac{0.2}{\frac{1}{5000}} = 1000mm = 1m$$

چون مقدار تصحیح تبدیل به افق از دقت ترسیم کمتر است نیازی به تبدیل طول شیبدار به افق نمیباشد.

مثال ۱۴: طول نوار پلاستیکی ۵۰ متری بدلیل استفاده مکرر ۱ سانتی متر افزایش پیدا کرده است اگر بخواهیم طول ۵۰۰ متری را با این متر اندازه گیری و به یک نقشه با مقیاس 1/1000 و دقت ترسیمی ± 0.2 منتقل کنیم آیا نیاز به تصحیح طول میباشد؟

$$C_L = L_n \cdot \frac{\delta l}{l_n} = 500 * \frac{0.01}{50} = 0.1m$$

$$e = \frac{\pm 0.2}{1/1000} = \pm 200mm = \pm 0.2m$$

چون مقدار تصحیح (0.1m) از دقت ترسیم (0.2m) کمتر است نیازی به تصحیح طول نمیباشد.



پایان

خسته نباشید