نقشه برداری مهندسی

گروه عمران
موسسه آموزش عالی خاوران

مراجع

- نقشه برداری مهندسی : مهندس محمود دیانت خواه
- نقشه برداری عمومی : مهندس محمد رضا عاصی
- نقشه برداری و عملیات : مهندس سید یوسف سجادی
- نقشه برداری : ذوالفقاری
- نقشه برداری مهندسی : رضا ابن جلال
- نقشه برداری : شمس نوبخت
- نقشه برداری : تمدن
- نقشه برداری : انتشارات دیباگران
- تحلیل مسائل نقشه برداری : مهندس علیرضا انتظاری
- مروری برمسائل نقشه برداری : مهدی پرنا

فهرست مطالب

1) مفاهیم کلی

- تعریف نقشه برداری
- تقسیمات نقشه برداری
- انواع نقشه برداری
- نقشه و انواع نقشه
- مقیاس و انواع آن

فهرست مطالب

2) سطوح مقایسه

- شکل زمین
- بیضوی مقایسه
- سطح مبنای ارتفاعی
- مختصات جغرافیایی
- سیستمهای تصویر

فهرست مطالب

3) نظریه خطاها

- مقدمه
- عوامل خطا
- اشتباه
- انواع خطا
- محاسبه خطاها

فهرست مطالب

4) اندازه گیری طول

- مقدمه
- روشهای اندازه گیری طول
- روش اندازه گیری طول با نوار
- خطاهاوتصحیحات اندازه گیری طول با نوار
- مساحی

فهرست مطالب

5) ترازیابی

- تعاریف واصطلاحات
- روشهای ترازیابی
- اصول ترازیابی مستقیم
- دستگاه ترازیاب(نیو)
- روشهای ترازیابی مستقیم
- بررسی خطاها در ترازیابی مستقیم
- روشهای کنترل در عملیات ترازیابی
- روشهای تصحیح خطاها

فهرست مطالب

6) زاویه یابی

- تعاریف و اصطلاحات
- دستگاه زاویه یاب (تئودولیت)
- روش اندازه گیری زاویه افقی
- شیوه های تعیین زاویه افقی
- اندازه گیری زاویه قائم
- ترازیابی مثلثاتی
- بررسی خطاها در زاویه یابی

فهرست مطالب

7) مختصات نقاط وامتدادها

- مختصات یک نقطه
- مختصات یک امتداد
- روشهای تعیین آزیموت مغناطیسی
- روشهای تععین آزیموت حقیقی
- شمال و شمال شبکه

فهرست مطالب

8) فاصله یابی اپتیکی

- روش استادیمتری
- بررسی خطاها در فاصله یابی استادیمتری
- فاصله یابی به روش پارالاکتیک
- بررسی خطاها در فاصله یابی پارالاکتیک

فهرست مطالب

9) پیمایش

- اصول کلی پیمایش
- انواع پیمایش
- معادلات شرط در پیمایش
- تعدیل خطای بست ضلعی
- خطاهای بزرگ یا اشتباهات در پیمایش

فهرست مطالب

10) نیمرخهای طولی و عرضی
11) مجموعه های توتال استیشن

مفاهیم کلی

- بطور کلی نقشه برداری را میتوان علم تهیه وپیاده کردن نقشه دا نست .(تعریف غیر جامع بدلیل گستردگی کاربرد این علم)

برخی از دامنه فعالیتهای **نقشه برداری**: کنترل کارهای اجرایی ساختمانی وراهسازی و مونتاژ واحدهای صنعتی وتولیدی – طرحهای مربوط به تسطیح اراضی در شهر سازی وکشاورزی – کنترل دائمی انحراف سدها – انتقال نقاط وامتدادها در معادن و راههای زیرزمینی- بررسی تغییرات پوسته زمین در زمین شناسی – تعیین میزان عمق آب و تهیه نقشه های دریانوردی در کشتیرانی وبندرسازی – تهیه نقشه ابنیه و آثار تاریخی در باستانشناسی و ....

مفاهیم کلی

- نقشه برداری را به دو مفهوم اصلی و جداگانه تعریف میکنند:

مفهوم عام و ***مفهوم خاص***

- مفهوم عام : مجموعه علوم و فنونی که در چاپ و تهیه نقشه دخالت دارند. (که در برابر کلمه کارتوگرافی استفاده میشود)
- مفهوم خاص: یک سلسله اندازه گیریهای طولی(افقی وعمودی) و زاویه ای و انجام محاسباتی بر روی این اندازه گیریها و سرانجام ترسیم نتایج حاصله بر صفحه تصویر است .(این مفهوم در برابر واژه سوروینگ Surveying استفاده میشود)

مفاهیم کلی

- مفهوم خاص نقشه برداری یک از شاخه های نقشه برداری عام را تشکیل میدهد .

  سایر شاخه های مفهوم نقشه برداری عام عبارتند از : نجوم موضعی – ژئودزی- فتوگرامتری – کارتوگرافی – چاپ وتکثیر

- ژئودزی: این شاخه برای تعیین شکل و ابعاد زمین و نیز بررسی وضعیت نسبی تعدادی از نقاط که استخوان بندی نقشه را تشکیل میدهند استفاده میشود.

- فتوگرامتری : علم تبدیل عکسهای هوایی به نقشه است.

- کارتوگرافی: عبارتست از ترسیم وانتخاب قطع نقشه وتهیه پاکنویس از روی نسخه اصلی (مینوت) نقشه

مفاهیم کلی

- ***شاخه های نقشه برداری:*** در مورد تقسیم بندی نقشه برداری نظرات گوناگونی ارائه شده است. یکی ازین نظرات تقسیم بندی آن به دو شاخه عام و خاص است که توضیح داده شد . مفهوم خاص نیز خود به شاخه های چندی تقسیم میشود :
- **نقشه برداری مسطحاتی(پلانیمتری)**: تهیه نقشه های مسطحاتی
- **نقشه برداری توپوگرافی**: تهیه نقشه های ارتفاعی
- **نقشه برداری ساختمانی**: پیاده کردن نقشه هاس ساختمانی وتاسیساتی وکنترل عملیات ساختمانی
- **نقشه برداری دریاها (هیدروگرافی)** : بررسی وضعیت کف دریاها واقیانوسها و تعیین عمق آب
- **نقشه برداری مسیر**: طرح وپیاده کردن مسیرهای راه وراه آهن وخطوط انتقال نیرو و خطوط لوله آب و گازو نفت

مفاهیم کلی

- **نقشه برداری ثبتی** : تعیین حدود زمینهای شهری و تعیین مساحت آنها
- **نقشه برداری معدنی(زیرزمینی)** : عملیلت نقشه برداری در تونلها – معادن و تاسیسات زیرزمینی
- **نقشه برداری نظامی**: تهیه نقشه های نظامی وتعیین نقاط استراتژیک

مفاهیم کلی

- **نقشه**

نقشه عبارت از ترسیم تصویر افقی قسمتی از عوارض زمین (اعم از طبیعی و یا مصنوعی) به نسبتی کوچکتر برروی صفحه تصویر است.

- **مقیاس**

نسبت بین ابعاد روی نقشه به طول افقی مشابه روی زمین

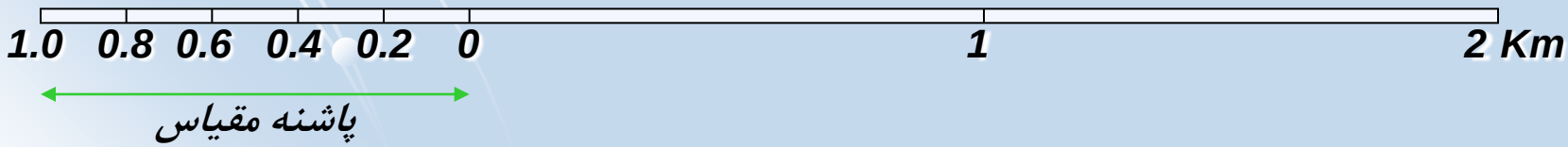
$$E = \frac{d}{D}$$

معمولا مقیاس در نقشه ها به دو صورت عددی و ترسیمی نشان میدهند.

$$E = \frac{1}{N * 1000}$$

هر میلیمتر روی نقشه N متر برروی زمین است

مقیاس خطی یا ترسیمی عبارتست از پاره خطی که به فواصل مساوی تقسیم شده و هر قسمت از آن طول معینی از زمین را نشان میدهد.



مفاهیم کلی

- مقیاس هر نقشه با توجه به عواملی چون ابعاد زمین و کاغذ نقشه - دقت لازم - امکانات موجود در زمان تهیه نقشه وجنبه های اقتصادی انتخاب میشود.
- هرچه مقیاس نقشه بزرگتر باشد دقت اندازه های آن بیشتر است و بهمین قیاس هزینه، صرف وقت و امکانات بیشتری را طلب میکند.
- از جمله مزایای مقیاس خطی به مقیاس عددی این است که عوامل محیطی (که بر اثرآنها طول وعرض کاغذ نقشه نیز تغییر میکند) بر مقیاس ترسیمی آثر گذاشته و منطبق بر ابعاد نقشه تغییر میکند .
- مقیاس عددی ذکر شده در کشورهایی که دارای سیستم متریک هستند رایج است و به مقیاس ساده نیز شناخته میشود . در کشورهایی که سیستم غیر متریک دارند مثل انگلستان از مقیاس عددی مرکب استفاده میشود مثلا 8/10 یعنی ۸ اینچ روی نقشه برابر ۱۰ مایل روی زمین است.

مفاهیم کلی

- **انواع نقشه :**
  - **از نظر مقیاس:**

- نقشه های خیلی بزرگ مقیاس : مقیاسهای ۱/۱۰۰ تا ۱/۵۰۰(نقشه های ساختمانی)
- نقشه های بزرگ مقیاس : مقیاسهای ۱/۵۰۰ تا ۱/۱۰۰۰۰(کارهای مهندسی، ثبتی و اجرایی)
- نقشه های میان مقیاس : مقیاسهای ۱/۱۰۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰۰ (نقشه های توپوگرافی)
- نقشه های کوچک مقیاس : مقیاسهای ۱/۵۰۰۰۰تا ۱/۲۵۰۰۰۰ (نقشه های مملکتی وشهری)
- نقشه های خیلی کوچک مقیاس :ازمقیاس۱/۲۵۰۰۰۰ به بالا(نقشه های جغرافیایی)

  - **از نظر محتوی:**

نقشه های مسطحاتی- توپوگرافی- ثبت املاکی- هواشناسی- شهر سازی- تاریخی- زمین شناسی- و....

مفاهیم کلی

۱- در روی نقشه ای به مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ طول جاده ای ۱۰ سانتی متراست مقدار حقیقی جاده درروی زمین چقدر است؟

N=20 هر میلیمتر برابر ۲۰ متر روی ز مین است پس

$$E = \frac{1}{N*1000} = \frac{1}{20*1000}$$

$$L = 20*100 = 2000m = 2Km$$

یا

$$E = \frac{d}{D} \Rightarrow D = \frac{d}{E} = \frac{10}{1/20000} = 200000Cm = 2Km$$

۲- اگر مساحت قطعه دایره ای در نقشه ای که با مقیاس ۱/۵۰۰ رسم شده ۵ سانتی متر مربع باشد قطر آن درروی زمین چقدر است ؟

مجذور عکس مقیاس * مساحت روی نقشه = مساحت روی زمین

$$S = s(\frac{1}{E})^2 = 5*500^2 = 125*10^4 cm^2 = 125m^2$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4*125}{\pi}} \approx 12.62m$$

مفاهیم کلی

تمرینها:

۱- اگر سطح یک قطعه زمین مربع شکل در روی نقشه با مقیاسهای E1 و E2 به ترتیب A1 و A2 باشد ثابت کنید:

$$\frac{E1}{E2} = \sqrt{\frac{A1}{A2}}$$

۲- فاصله دو نقطه در یک سطح شیبدار با زاویه ۲۵ درجه برابر ۵۰۰ متر است فاصله این دو نقطه روی نقشه ای به مقیاس ۱/۱۰۰۰ چقدر خواهد بود؟

۳- سطح قطعه زمینی به مقیاس ۱/۳۰۰ برابر ۶۰۰سانتی متر مربع است در صورتیکه مقیاس این نقشه سه برابر بزرگتر شود سصح و مقیاس نقشه جدید را مشخص کنید؟

سطوح مقایسه

- **شکل زمین:**

زمین بعلت پستی وبلندیهای فراوان فاقد شکل هندسی منظمی است با وجود این اگر باید گفت شکل هندسی زمین به یک بیضوی دورانی شبیه است (حجمی که از دوران یک نیم بیضی حول محور کوتاهش حاصل میشود) یعنی با حجمی معادل

$$\frac{x^2+y^2}{a^2}+\frac{z^2}{b^2}=1$$

که در آن a و b بترتیب نصف قطر بزرگ و نصف قطر کوچک بیضی است.

- **بیضوی مقایسه:**

برای آنکه بتوانیم نتایج حاصل از اندازه گیریهای زمینی را روی یک شکل هندسی پیاده کنیم و ازنتایج این اندازه گیریها با یک سلسله محاسبات به روابط و نتیج دیگری برسیم یک بیضوی دورانی که مرکزش بر مرکز زمین منطبق و دارای معادله ریاضی معین و مشخصی بوده وبه شکل زمین نزدیک است انتخاب و عوارض زمین را بر روی آن تصویر میکنیم این بیضوی را بیضوی مرجع یا مقایسه مینامند.

سطوح مقایسه

- انواع بیضوی مقایسه انتخاب میشود :

بیضوی مقایسه کلارک :

$$a = 6378249m$$
$$b = 6356515m$$
$$\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{293.5}$$

بیضوی مقایسه هایفورد :

$$a = 6378388m$$
$$b = 6356912m$$
$$\alpha = \frac{1}{297}$$

مقدار α را ضریب فشردگی مینامند که هرچه کوچکتر باشد بیضوی به کره نزدیکتر است.

سطوح مقایسه

- **سطح مبنای ارتفاعات (ژئوئید)**

اگر سطح آب آزاد اقیانوسها ودریاهای آزاد را در حالت آرام و بدون اثرات امواج و جزر و مدها در نظر بگیریم شکلی حاصل میشود که شبیه بیضوی بوده و به شکل واقعی زمین بسیار نزدیک است . این سطح را ژئوئید یا سطح تراز مبنا مینامند. (فقط تعریف فیزیکی دارد – بر بیضوی مقایسه که یک شکل هندسی کامل است منطبق نیست)

قائم بر بیضوی مقایسه وقائم بر ژئوئید(امتداد شاغولی) بر یکدیگر منطبق نیستند این دو خط با هم زاویه کوچکی میسازند که آنرا انحراف نسبی قائم مینامند.

ژئوئید سطح مبنای ارتفاعات در نظر گرفته میشود وموقعیت هر نقطه زمینی از نظر ارتفاعی نسبت به آن سنجیده میشود.

- در نقشه برداری با سه سطح سر وکار داریم:

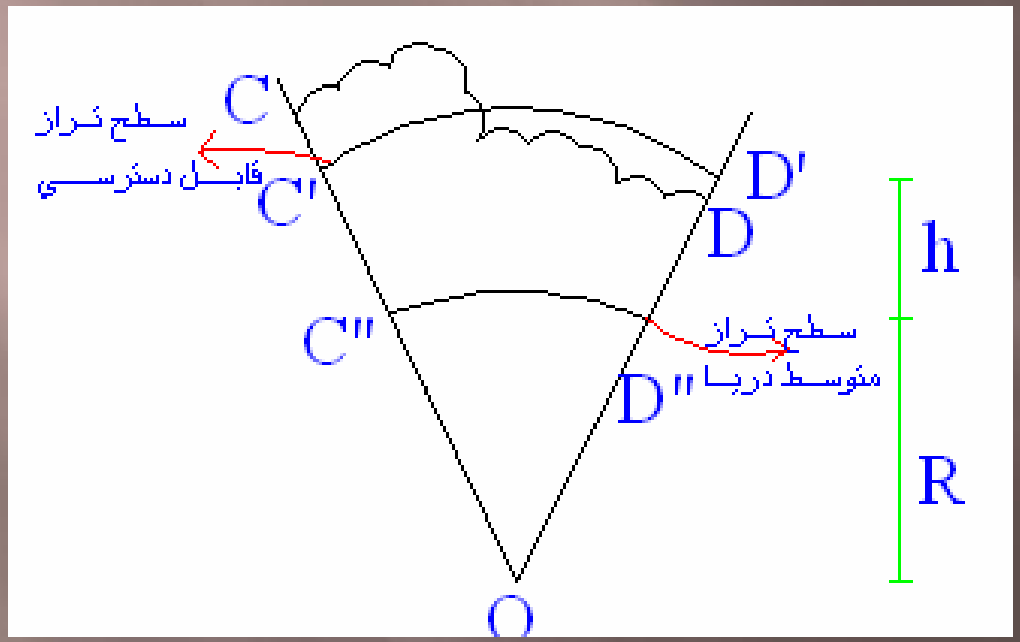
- ✓ سطح طبیعی زمین که اندازه گیریها روی ان انجام میشود.
- ✓ بیضوی مقایسه که محاسبات بر مبنای آن صورت میگیرد.
- ✓ ژئوئید که سطح مبنای ارتفاعات است.

سطوح مقایسه

سطح تراز

هر سطحی که در کلیه نقاطش برامتداد برایند نیروهای وارد بر آن نقطه (امتداد شاغولی) عمود باشد سطح تراز خوانده میشود.

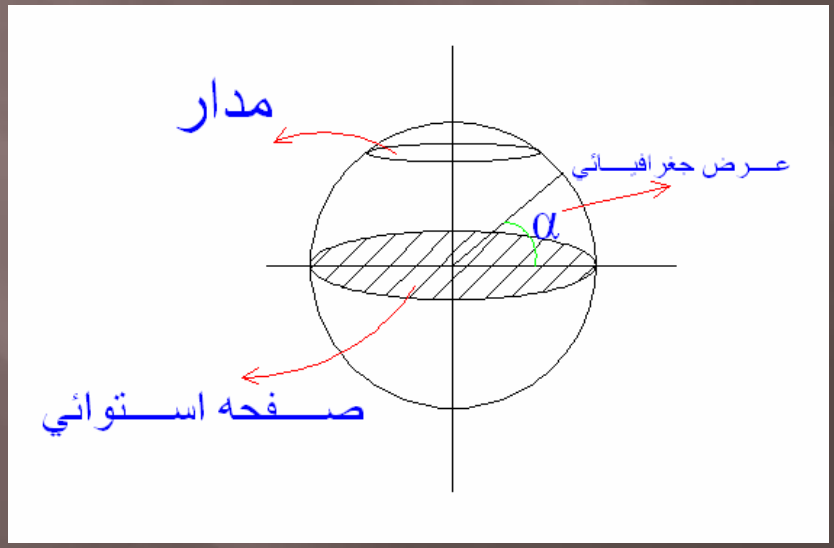
ژئوئید یکی از سطوح تراز است .



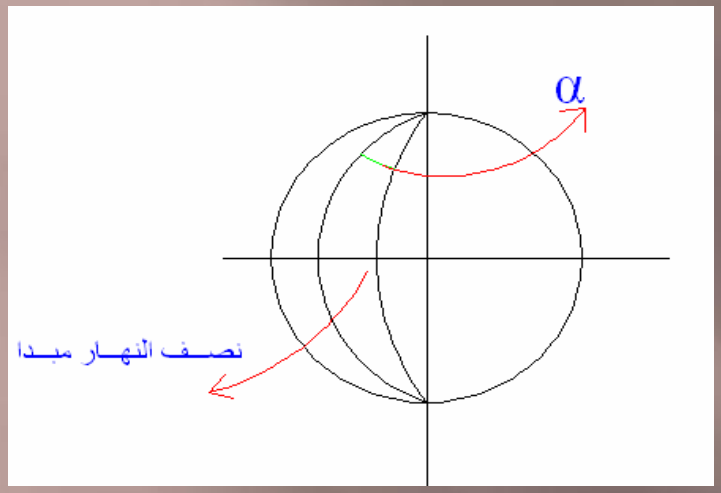
سطوح مقایسه

مختصات جغرافیایی:

- **محور قطبی:** محوری که شامل قطر کوچک بیضوی مقایسه یاشد.
- **محور استوایی:** محوری که شامل قطر بزرگ بیضوی مقایسه باشد.
- **مدار :** اگر صفحه ای قاطع عمود بر محور قطبی باشدسطح زمین را در دوایری قطع که به آنها مدار میگوییم. یکی از این مدارها که صفحه آن از مرکز بیضوی میگذرد و بیضوی را به دو نیمکره شمالی وجنوبی تقسیم میکند دایره (خط) استوا است .



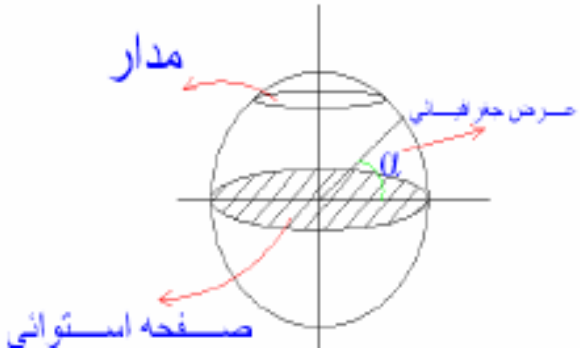
سطوح مقایسه



✓ **نصف النهار:** اگر صفحه قاطعی از محور قطبی بگذرد از تقاطع آن با سطح زمین منحنی ای دیوار مانند بوجود میآید که به هریک از آنها نصف انهار میگویند. یکی از نصف النهاره که صفحه آن از رصد خانه گرینویچ انگلستان میگذرد بعنوان نصف النهار مبدا برگزیده شده است. و بیضوی را به دو نیمکره شرقی وغربی تقسیم میکند.

✓ **عرض جغرافیایی:**

زاویه ای است که بین امتداد شاقولی در هر نقطه و صفحه استوائی وجود دارد .کلیه نقاطی که در روی یک مدارهستند دارای عرض جغرافیائی ثابت می باشند.نقاطی که روی استوا قرار دارند دارای عرض جغرافیائی صفر و نقاطی که روی قطب قرار دارند دارای عرض جغرافیائی 90 درجه می باشند.

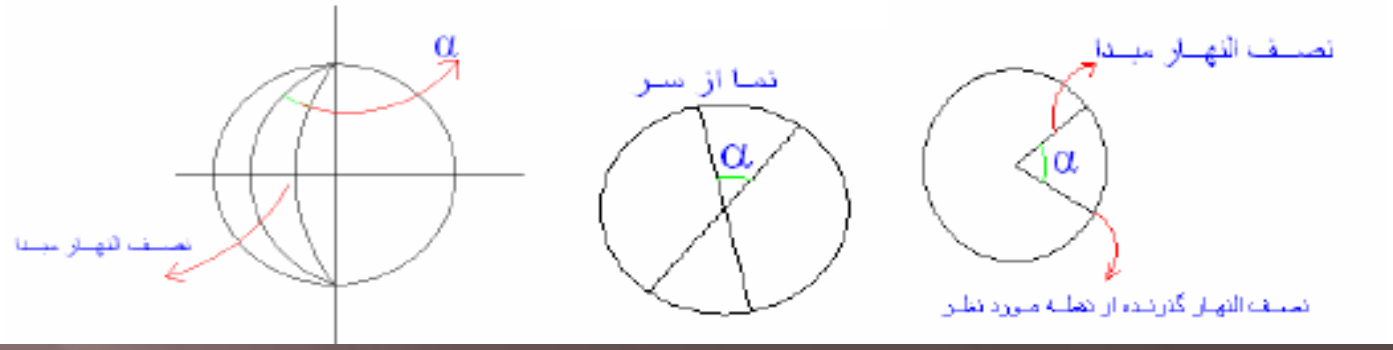


سطوح مقایسه

عرض جغرافیایی را با Φ نشان میدهند وبین ۰ تا ۹۰ درجه تغییر میکند . وبسته به اینکه نقطه در قسمتی از استوا باشد عرض شمالی یا عرض جنوبی گفته میشود.

- ✓ **طول جغرافیایی:**

زاویه ای است که بین نصف النهار گذرنده از یک نقطه و نصف النهار مبدا ساخته می شود .(نصف النهاری که از رصد خانه گرینویچ می گذرد به عنوان رصد خانه مبدا شناخته می شود.).



طول جغرافیایی که با λ نمایش داده میشود بین ۰ تا ۱۸۰ درجه تغییر میکند و بر حسب موقعیت نقطه نسبت به نصف النهار مبدا طول شرقی یا غربی خوانده میشود.

λ و Φ را مختصات جغرافیایی یا مختصات کروی مینامند.

سطوح مقایسه

- **ارتفاع و اختلاف ارتفاع:**

فاصله قائم (شاغولی) بین هر نقطه و سطح مبنای ارتفاعی(ژئوئید) را ارتفاع مینامند.

فاصله دو سطح تراز که از دو نقطه مورد نظر می گذرد را

اختلاف ارتفاع دو نقطه می نامند.

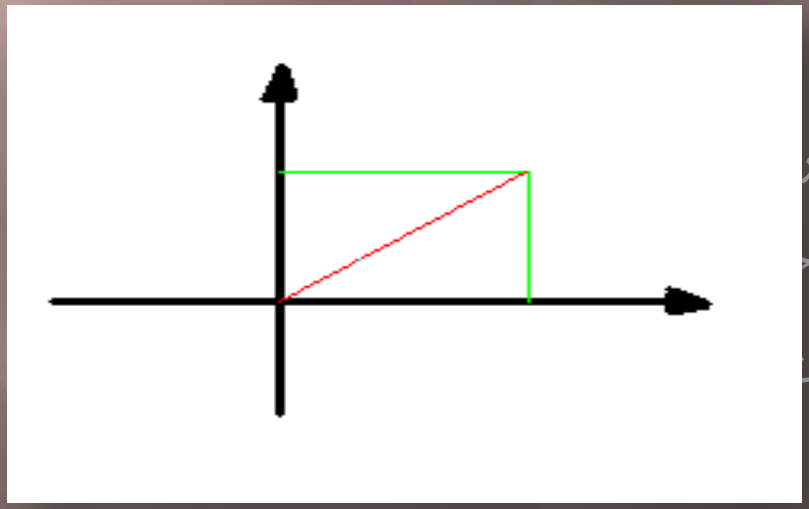
با این تعاریف تمام نقاطی که روی سطح تراز قرار دارند دارای یک ارتفاع برابرندو کلیه نقاط روی سطح ژئوئید ارتفاعشان برابر صفر است.

سطوح مقایسه

- **سیستمهای تصویر:**

چون هدف از نقشه برداری تهیه نقشه یعنی نشان دادن جزئیات زمین برروی صفحه تصویر است باید ترتیبی اتخاذ شود که موقعیت هر نقطه زمینی را به کمک مختصاتش در صفحه تصویر مشخص کنیم.

برای نشان دادن یک نقطه روی صفحه معمولا از یکی از دو سیستم مختصات قائم الزاویه (دکارتی – (x,y)) و یا مختصات قطبی (r,θ) استفاده میشود.



در نقشه برداری ژئودتیک که منطقه وسیع

است نمیتوان سطوح تصویر را مسطح فرض کر

در این حالت برای مشخص کردن نقاط درصفح

تصویر باید بین مختصات جغرافیایی و مختصا

دکارتی یا قطبی نقطه برروی صفحه تصویر

رابطه ای برقرار کنیم .

سطوح مقایسه

$$x = f(\lambda, \phi)$$
$$y = g(\lambda, \phi)$$

$$r = f(\lambda, \phi)$$
$$\theta = g(\lambda, \phi)$$

- مجموعه روابط ریاضی که بین مختصات جغرافیایی یک نقطه و مختصات قائم الزاویه آن وجود دارد اساس مبحث خاصی تحت عنوان سیستمهای تصویر را تشکیل میدهند.
- بدلیل آنکه بیضوی یا کره سطوح قابل گسترشی مثل مخروط یا استوانه نیستند که بدون پارگی باز گردندو کاملا بر صفح تصویر منطبق شوند از حجمهای قابل گسترش بعنوان واسطه کمک میگیریم ، به این ترتیب که نقاط روی بیضوی را برروی این احجام هندسی تصویر کرده وسپس این حجمها را گسترش میدهیم وبر صفحه تصویر منطبق میکنیم.
- سیستمهای تصویر معمولا بگونه ای انتخاب میشوند که اولا زاویه ها را تغییر ندهند وثانیا مقیاس تبدیل را در یک منطقه ثابت نگهدارند.
- از انواع سیستم تصویر میتوان سیستم تصویر لامبرت (استفاده از مخروط مماس بر بیضوی) ، سیستم تصویر مرکاتور(استفاده از استوانه مماس در طول استوا) و سیستم U.T.M (استفاده از استوانه مماس در طول نصف النهار) را نام برد.

نظریه خطاها

مقدمه :

گفتیم که مفهوم خاص نقشه برداری مجموعه ای از اندازه گیریها ومحاسبات روی آنهاست که منجر به تهیه نقشه میشود. این اندازه گیریها به سه دسته تقسیم میشوند:

- اندازه گیری طول(طولیابی)
- اندازه گیری ارتفاع (ترازیابی)
- اندازه گیری زاویه (زاویه یابی)

$$\frac{x^2+y^2}{a^2}+\frac{z^2}{b^2}=1$$

اشنایی و بررسی خطاها کمک میکند که اولا در هر عمل اندازه گیری به دقت مطلوب در عملیات دستیابی حاصل کنیم و ثانیا لز بکار بردن وسایل گرانقیمت و صرف وقت و هزینه بیهوده جلوگیری کنیم. بعبارت دیگر میتوانیم روشهایی را بکار بریم که با حداقل کار وهزینه به دقتی دست یابیم که برای اندازه گیری خاص مورد نیاز است.

نظریه خطاها

عوامل خطا:

تمام اندازه گیریها برای تعیین اندازه واقعی یک کمیت انجام میگیرد . این اندازه گیری مطمئنا با مقادیر واقعی آن اندکی اختلاف دارد. منابع عمده این اختلاف عبارتند از:

- ✓ عوامل انسانی شامل نارسایی حواس- عدم تجربه و تسلط در کار
- ✓ عوامل دستگاهی شامل نقص دستگاهها، تنظیم نبودن و پایین بودن ارزش تقسیمات آنها
- ✓ عومل جوی مثل باد ، تشعشع و تغییرات دما واثر شکست نور

درست نبودن یک اندازه گیری ممکن است نتیجه یکی از علل زیر باشد:

- ❑ اشتباه
- ❑ خطای تدریجی(سیستماتیک)
- ❑ خطای تصادفی (اتفاقی)

نظریه خطاها

1- اشتباه Mistakr Blunder

انحرافی است که در نتیجه بی توجهی،بی دقتی ، فراموشی ، بی تجربگی و ... حاصل می شود.

اشتباهات در اندازه گیری باید حتما حذف شوند.

روشهاي تخصيص اشتباهات

1- تکرار اندازه گیریها

2- کنترل جوابها و انجام عملیات به گونه ای که کنترل ان ممکن باشد

3- انجام عملیات بصورت رفت و برگشتی

2- خطاهاي سيستماتيک Systematic Error

خطاهائی است که بر اساس یک سیستم و قاعده مشخص اتفاق می افتد و برای تخمین و شناسائی این

خطاها باید سیستم و قاعده مذکور را بشناسیم، مثل خطاهای غیر استاندارد بودن مترها

نظریه خطاها

عواملي كه باعث خطاهاي سيستماتيک مي شوند:

1- اشتباهات دستگاهها و وسائل

2- شرايط محيطی:دما،شكست نور، انحنائ زمين ، وزش باد و ...

3- خطاهاي اتفاقي : Random Errors

اگر خطاهای سیستماتیک و اشتباهات کاملا حذف شوند ویا تصحیح شوند بازهم خطائی در اندازه گیریها وجود دارند که به ان خطاهای اتفاقی می گویند.

علت اصلی این خطاها این است که:

1- قابل پیش بینی نیستند

2- نمی توان آنها را محاسبه کرد

3- نمی توان آنها را تصحیح کرد

نظریه خطاها

- خطاهای سیستماتیک همگی در یک جهتندو باهم جمع میشوند.
- برای جلوگیری از خطاهای سیستماتیک باید عامل خطا را از میان برداشت و یا میزان خطا را در اندازه گیری تعیین ودرنتیجه اندازه گیری دخالت دهیم.
- به خاطر ماهیت اتفاقی بودن خطاهای تصادفی برای بررسی اثرات آنها بر روی نتیج اندازه گیریها از قواعد آمار و احتمالات و مخصوصا توزیع نرمال استفاده میشود. که این قواعد نتایج زیر را برای یک اندازه گیری بدون خطای سیستماتیک که بدفعات تکرار میشود بدنبال دارد:
- ✓ در مقابل هر خطای مثبت یک خطای منفی وجود دارد که قدر مطلقشان با هم برابر است.
- ✓ خطاهای کوچک بدفعات بیشتری اتفاق می افتند.
- ✓ بزرگی خطاها از یک حد معینی تجاوز نمیکند.

در ادامه با بررسی منحنی گوس جهت توزیع خطاهای تصادفی این مطالب توضیح داده خواهد شد.

نظریه خطاها

- **تفاوت خطا و اشتباه:**

اشتباهات معمولا بزرگ بوده و در اکثر موارد میتوان آنرا ردیابی نمود. اشتباه را میتوان تصحیح یا حذف نمود و یا باکنترل اندازه گیری از وقوع مجدد آن جلوگیری بعمل آورد. درعوض خطاها مقدارشان کوچک بوده وگاهی اوقات به هیچ وجه قابل کنترل و تصحیح نیستند ولی با استفاده از تئوری خطاها وآشنایی با قوانین آن میتوان با انتخاب روش مناسبتر، تکرار اندازه گیری و یا با دقت به مفهوم اشتباه و استفاده از تعاریف ریاضی مقدار خطای قابل قبول را از اندازه گیری جدا نمود.

نظریه خطاها

میانگین حسابی:

فرض کنید نتایج حاصل از اندازه گیری یک کمیت که با یک وسیله دقیق اندازه گیری شده بترتیب

$$a_1, a_2, \ldots, a_n$$

باشد در این صورت میانگین حسابی با رابطه زیر محاسبه میشود

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + \ldots + a_n}{n} = \frac{\sum a_i}{n}$$

وآنرا بعنوان مناسبترین مقدار برای کمیت قبول میکنند.

اگر مقدار حقیقی کمیت را a و تفاضل آن را با میانگین α بنامیم . نیز تفاضل هر کمیت (a_i) را با

هریک از مقادیر میانگین و واقعی بترتیب با v و e فرض کنیم خواهیم داشت :

خطای میانگین
$$\alpha = \bar{a} - a$$

خطای ظاهری
$$v_i = a_i - \bar{a}$$

خطای واقعی
$$e_i = a_i - a$$

نظریه خطاها

از طرفی خطای متوسط حسابی و خطای متوسط هندسی طبق روابط زیر تعریف میشوند:

خطای متوسط حسابی

$$v_a = \frac{\sum |v_i|}{n}$$

خطای متوسط هندسی

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n}}$$

خطای متوسط هندسی را خطای معیار(یا خطای استاندارد) نیز میگویند ، این خطا بیانگر معیار دقت اندازه گیریهاست وپایه اندازه گیری خطاها در نقشه برداری است و خطای وسایل اندازه گیری با این خطا مشخص میشود.

با توجه به مطالب فوق و روابط ذکر شده روابط دیگری برای محاسبه خطای معیار و خطای میانگین بشرح زیر نتیجه میشود:

$$\alpha = \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum a_i^2 - 1 \Big/ n(\sum a_i)^2}{n-1}}$$

نظریه خطاها

با توجه به اینکه:

$$\bar{a} = \frac{1}{n}\sum a_i$$

$$\sum v_i = 0$$

میتوان نتیجه گرفت:

از طرفی:

$$e_i = a_i - a = (a_i - \bar{a}) + (\bar{a} - a) = v_i + \alpha$$

$$e_i^2 = v_i^2 + \alpha^2 + 2\alpha v_i$$

$$\sum_1^n e_i^2 = \sum_1^n v_i^2 + n\alpha^2 + 2\alpha\sum_1^n v_i$$

در این صورت:

$$\alpha^2 = \frac{\sum e_i^2 - \sum v_i^2}{n} = \delta^2 - \frac{1}{n}\sum v_i^2$$

$$e_i = v_i + \alpha$$

و چون داریم:

$$\sum e_i = \sum v_i + n\alpha = n\alpha$$

با چشمپوشی از مقادیر کوچک بسط داریم:

$$\sum_1^n e_i^2 = n^2\alpha^2$$

$$\alpha^2 = \frac{1}{n^2}\sum e_i^2 = \frac{1}{n} * \frac{\sum e_i^2}{n} = \frac{1}{n}\delta^2$$

$$\alpha = \frac{\delta}{\sqrt{n}}$$

با تساوی طرفهای دوم روابطی که α را تعیین میکنند:

$$\delta^2 - \frac{\sum v_i^2}{n} = \frac{1}{n}\delta^2$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}$$

نظریه خطاها

با استفاده از روابط بالا میتوان نتیجه گرفت که :

اگر کمیتی به N قسمت مساوی تقسیم شود و توسط یک نفر ویک دستگاه اندازه گیری شود در نتیجه مقدار خطای هر قشمت با هم برابرخواهد بود وخواهیم داشت: $\delta = \pm\alpha\sqrt{N}$

اگر کمیتی M مرتبه اندازه گیری شود خطای متوسط هندسی برابر خواهد بود :

و همانطور که ملاحظه میشود چنانچه تعداد اندازه گیریها $\delta = \pm\alpha\sqrt{\frac{N}{M}}$ بسیار زیاد شود مقدار خطای میانگین به سمت صفر میل خواهد کرد و در این صورت میانگین اندازه گیریها به مقدار واقعی کمیت نزدیک خواهد شد.

نظریه خطاها

میانگین وزن دار اندازه گیریها:

اگر اندازه یک کمیت از روشهای و یا با وسایل مختلفی بدست آمده باشد به نحوی که هریک از روشها و یا وسایل دارای دقتهای متفاوتی در اندازه گیری باشند میانگین کل اندازه گیریها از رابطه مربوط به اندازه گیریهای وزن دار حاصل میشود که صورت کلی آن :

$$\bar{a} = \frac{p_1 a_1 + p_2 a_2 + \ldots + p_n a_n}{p_1 + p_2 + \ldots + p_n}$$

میباشد. در این رابطه a میانگین اندازه هایی است که در هرکدام با روش ویا بوسیله جداگانه ای بدست آمده است و ضرایب p متناسب با مربع معکوس خطای معیار هرکدام از اندازه گیریها انتخاب میشود.

نظریه خطاها

مثال: طول یک خط توسط دو گروه اندازه گیری شد. نتایج حاصل به شرح زیر است:

میانگین گروه اول 149.78 متر وخطای معیار آن 0.037 متر

میانگین گروه دوم 149.77 متر وخطای معیار آن 0.047 متر

نزدیکترین مقدار طول این خط را بدست آورید؟

$$p_1 = \frac{1}{\delta_1^2} = \frac{1}{0.037^2} \cong 730$$

$$p_2 = \frac{1}{\delta_2^2} = \frac{1}{0.047^2} \cong 453$$

$$\bar{a} = \frac{p_1 a_1 + p_2 a_2}{p_1 + p_2} = \frac{730 * 149.78 + 453 * 149.77}{730 + 453} = 149.776$$

نظریه خطاها

منحنی نمایش خطاها(منحنی گوس):

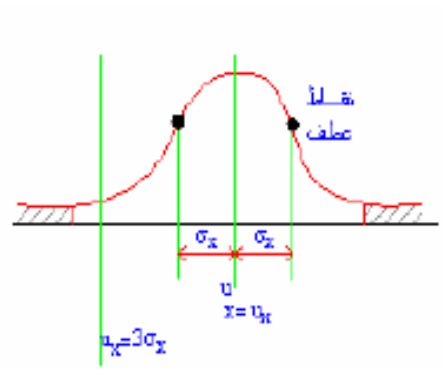
نحوه توزیع خطاهای تصادفی را میتوان بوسیله یک فرمول و یا یک منحنی تعیین کرد که آنرا تابع توزیع خطا و یا منحنی توزیع نرمال میگویند.

$$F(x)=\frac{1}{\sqrt{2-n\sigma_x}}e^{\frac{-(x-u_x)^2}{2\sigma^2_x}}$$

$\sigma_x, u_x =$ اعداد ثابت

$u_x = u_{mean} =$ میانگین

$\sigma_x =$ انحراف استاندارد معیار پراکندگی



که رابطه فوق را میتوان بصورت کلی به شکل زیر نمایش داد:

$$y = k * e^{-h^2x^2}$$

نظریه خطاها

که در این معادله y نسبت درصد وقوع خطا، x مقدار خطا، e پایه لگاریتم طبیعی (عدد نپر = 2.7182800) و h و k ضرایب ثابتی هستند که مشان دهنده دقت اندازه گیری هستند و مقادیر آنها برابر است با:

$$h = \frac{1}{\delta\sqrt{2}}$$

$$k = \frac{h}{\sqrt{\pi}} = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}}$$

با توجه به خواص توزیع نرمال و منحنی گوس نتایج زیر در خصوص خطاهای اتفاقی بدست می آید:

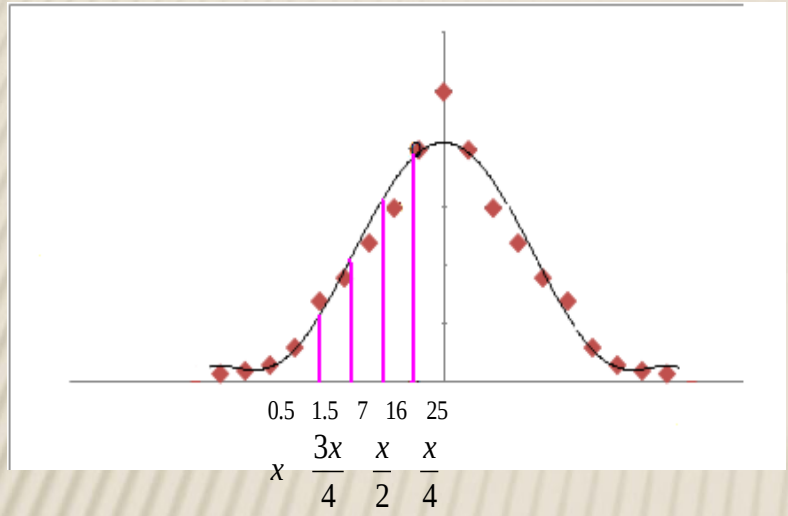
۱- به ازای هر خطای مثبت یک خطای منفی وجود دارد که از نظر قدر مطلق با هم برابرند.

۲- خطاهای کوچک بدفعات بیشتری رخ میدهند.

۳- عملا خطاهابین دو مقدار a- و a+ توزیع شده اند .این دو مقدار حد خطای مجاز را تعیین میکنند قدر مطلق a را خطای ماکزیمم مینامند.

۴- در نظریه خطاها ثابت میکنند که خطای ماکزیمم حدودا 2.7 (2.56 - 2.5) برابر خطای معیار است و احتمال آنکه خطایی بیش از این مقدار باشد 1/100 است.

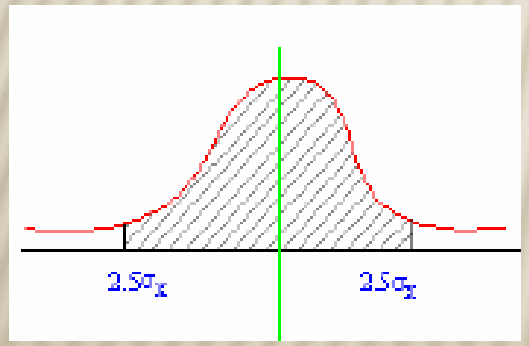
نظریه خطاها



اگر فاصله بین مبدا و a(خطای ماکزیمم) را به چهار قسمت تقسیم کنیم داریم: (اعداد نمایش داده شده درصد احتمال وقوع خطاهای محدوده مذکور میباشد)

خطای ماکزیمم و خطای احتمالی:

خطایی ماکزمم است که احتمال وقوع خطایی بیش از آن یک درصد باشد.در عملیات اندازه گیری خطاهای بزرگتر ازان غیرقابل قبول هستند . و هر اندازه گیری که قدر مطلق خطای ظاهری آن بیش این مقدار باشد بعنوان غلط از فهرست اندازه ها حذف میشود. همانطور که گفته شد اندازه این خطا 2.7 برابر خطای متوسط هندسی است که در محاسبات معمولا 2.5 برابر خطای معیار را خطای ماکزیمم در نظر میگیرند.



$$e_M = 2.5\delta = 2.5\sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$$

نظریه خطاها

یک چهارم خطای ماکزیمم را خطای احتمالی مینامند و داریم:

$$e_p = \frac{1}{4} e_M \cong \frac{2}{3}\delta$$

خطای مطلق و خطای نسبی: از نظر کلی خطای مطلق به تفاضل مقدار واقعی و مقدار اندازه گیری شده کمیت گفته میشود.این تعریف در مورد خطاهای تصادفی به خطای معیار و در مورد خطاهای تدریجی به قدر مطلق تفاضل اطلاق میشود.ولی این خطا در بیشتر مواقع نمیتواند به تنهایی دقت اندازه گیری را بیان نماید از این رو برای بیان دقت از خطای نسبی استفاده میشود. خارج قسمت خطا بر مقدار کمیت را خطای نسبی مینامند:

$$e_r = \frac{\delta}{l}$$

خطای نسبی میزان دقت در عملیات اندازه گیری را معین میکند. برای مثال یک خطای ۵ سانتی متری روی یک فاصله ۵ متری زیاد است ولی روی یک فاصله ۵۰۰ متری نشان دهنده دقت زیاد میباشد.

$$e_r = \frac{5}{5*100} = 1/100$$

$$e_r = \frac{5}{500*100} = 1/10000$$

درصورت معلوم بودن دقت نسبی (حداکثر خطای نسبی مجاز) حد خطای مجاز در عملیات معلوم میشود تا حدود به کار بردن وسایل نقشه برداری و نیز روشهای اندازه گیری را معلوم کنیم.

نظریه خطاها

مثال: مطلوبست محاسبه خطاهای معیارف ماکزیمم ومتوسط حسابی برای طولی که ۱۰ مرتبه اندازه گیری شده ونتایج حاصل از آن بشرح زیر است – ضمنا اندازه هایی که باید از فهرست اندازه گیریها حذف شوند را نیز مشخص کنید؟

L1=251.45 2= 251.46 L3= 251.47 L4= 251.44 L5= 251.44

L6= 251.51 L7= 251.48 L8= 251.44 L9= 251.48 L10=251.49

$$\bar{L} = \frac{\sum L_i}{n} = 251.466$$

$$v_1 = -0.016 \quad v_2 = -0.006 \quad v_3 = +0.004$$
$$v_4 = -0.026 \quad v_5 = -0.026 \quad v_6 = +0.044$$
$$v_7 = +0.014 \quad v_8 = -0.026 \quad v_9 = +0.014$$
$$v_{10} = +0.024$$

$$\delta = \sqrt{\frac{0.00524}{9}} = 0.024$$

$$e_M = 2.5\delta = 2.5 * 0.024 = 0.060$$

$$e_a = \frac{\sum |v_i|}{10} = \frac{0.2}{10} = 0.02$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}$$

نظریه خطاها

مثال: اگر با یک زاویه یاب بتوان زاویه ای را با خطای ۳۰ثانیه اندازه گیری کنیم چنانچه اندازه یک زاویه را از میانگین ۴ بار اندازه گیری با آن بدست آوریم چه خطایی خواهیم داشت؟

$$\delta = \pm\alpha\sqrt{\frac{N}{M}} = \pm 30 * \sqrt{\frac{1}{4}} = \pm 15''$$

مثال: اگر با یک تئودولیتی که خطای اندازهگیری زاویه آن ۱۰ ثانیه است زاویه ای را با خطای ۵ ثانیه بخواهیم اندازه گیری کنیم چند بار باید عملیات تکرار شود؟

$$\delta = \pm\alpha\sqrt{\frac{N}{M}} \Rightarrow \pm 5 = \pm 10\sqrt{\frac{1}{M}} \Rightarrow M = \frac{100}{25} = 4$$

نظریه خطاها

مثال: مسافتی برابر ۵۰۰۰ متر را با یک نوار فلزی ۵۰ متری که خطای متوسط هر دهنه آن برابر ±۵ میلیمتر است میخواهیم اندازه گیری کنیم برای دستیابی به دقت 1/50000 این مسافت را چند بار باید اندازه گیری کنیم؟

$$\frac{1}{50000} = \frac{e_M}{5000*1000} \Rightarrow e_M = 100mm$$

$$\delta = \frac{e_M}{2.5} = \frac{100}{2.5} = 40mm$$

$$N = 5000/50 = 100$$

$$\delta = \pm\alpha\sqrt{\frac{N}{M}} = \pm 5*\sqrt{\frac{100}{M}} \Rightarrow M = 2$$

نظریه خطاها

محاسبه خطای معیار در اندازه گیریهای غیر مستقیم:

فرض میکنیم کمیتی مثل A از طریق اندازه گیری از چند کمیت دیگر که مقادیرشان x و y و z است با رابطه ای بصورت

$$A = F(x, y, z)$$

بدست آمده باشد. با یک سری محاسبات ریاضی و در صورتیکه $\delta_z, \delta_y, \delta_x$ بترتیب خطای معیار کمیتهای x و y و z باشند داریم:

$$\delta_A = \sqrt{((\frac{\partial F}{\partial x} * \delta_x)^2 + (\frac{\partial F}{\partial y} * \delta_y)^2 + (\frac{\partial F}{\partial z} * \delta_z)^2)}$$

حالتهای خاص:

$$s = x + y + z$$

خطای مجموع:

$$\delta_s = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2}$$

$$d = x - y$$

خطای تفاضل :

$$\delta_s = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2}$$

نظریه خطا ها

خطای حاصلضرب :

$$q = x * y * z$$

$$\delta_q = \sqrt{(y*z*\delta_x)^2 + (x*z*\delta_y)^2 + (x*y*\delta_z)^2} = q * \sqrt{(\frac{\delta_x}{x})^2 + (\frac{\delta_y}{y})^2 + (\frac{\delta_z}{z})^2}$$

خطای خارج قسمت :

$$p = x / y$$

$$\delta_p = p * \sqrt{(\frac{\delta_x}{x})^2 + (\frac{\delta_y}{y})^2}$$

مثال: مطلوبست محاسبه خطای اندازه گیری یک مسافت ۴۵۰ متری که با یک نوار فلزی ۵۰ متری اندازه گیری شده است در صورتی که خطای متوسط هر دهانه ۲ میلیمتر باشد؟

$$s = x + y + z$$

$$\delta_s = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2} \xrightarrow{\delta_x = \delta_y = \delta_z = \delta} \delta_s = \delta\sqrt{n}$$

$$450 / 50 = 9$$

$$\delta = 2 * \sqrt{9} = 6mm$$

نظریه خطاها

مثال: مطلوبست تعیین خطای مساحت مستطیلی که طول و عرض آن به ترتیب ۱۲۰ متر و ۸۰ متر وخطای معیار آنها بترتیب ۳ و ۱ سانتیمتر است؟

$$A = x.y$$

$$\delta_A = \sqrt{(y*\delta_x)^2 + (x*\delta_y)^2} = A*\sqrt{(\frac{\delta_x}{x})^2 + (\frac{\delta_y}{y})^2}$$

$$\delta_A = 9600*\sqrt{(\frac{0.03}{120})^2 + (\frac{0.01}{80})^2} = 2.68m^2$$

مثال: فاصله افقی و اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B به ترتیب ۱۵۰ و ۱۲ متر است هرگاه خطای معیار فاصله افقی ۲۰ سانتیمتر وخطای معیار اختلاف ارتفاع ۵ سانتیمتر باشد خطای شیب AB چقدر است ؟

$$p = y/x = 12/150 = 0.08 = 8\%$$

$$\delta_p = p*\sqrt{(\frac{\delta_x}{x})^2 + (\frac{\delta_y}{y})^2} = 0.08*\sqrt{(\frac{0.2}{150})^2 + (\frac{0.05}{12})^2} = 0.000351 \cong 0.03\%$$

نظریه خطاها

تمرین ۱: برای تهیه یک نقشه توپو گرافی به مقیاس 1/5000 در صورتیکه خطای ترسیم 0.2 میلیمتر باشد حداکثر خطای قابل قبول در اندازهگیریهی طول در صحرا چند متر است؟

تمرین۲ : خطای مطلق یک اندازه گیری ۵± سانتی متر و میانگین حسابی کمیت ۵۵۰ متر است،دقت نسبی چه مقدار است؟

تمرین ۳ : در اندازه گیری یک مسافت ۲۵۰ متری با نوار فلزی ۳۰ متری چند مرتبه اندازه گیری را باید تکرار کرد در صورتیکه دقت نسبی مورد نظر 1/10000 و خطای قرائت هر طرف نوار ۱ سانتیمتر باشد؟

تمرین ۴ : در اندازه گیری ابعاد زمینی که به شکل مستطیل است اعداد زیر بدست آمده است :

اگر اندازه گیری طول زمین با خطای ۵± cm و اندازه گیری عرض آن با خطای ۳± Cm همراه باشد خطای اندازه گیری محیط و مساحت زمین را تعیین کنید؟

$$a = 245.68m$$

$$b = 195.28m$$

اندازه گیری طول

یکی از کارهای مهم در نقشه برداری اندازه گیری طول است چون بیشتر مواقع بعنوان مبنای برداشتها از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

- واحد اندازه گیری فاصله متر است که در حدود یک چهل میلیونیوم محیط نصف النهار است علاوه بر متر وادهای دیگری نظیر یارد – فوت – اینچ وغیره در کشورهای انگلیسی بکار برده میشود.
- ***روشهای اندازه گیری طول:***
  - ✓ روشهای محاسباتی وترسیمی
  - ✓ روشهای مستقیم
  - ✓ روشهای غیر مستقیم (استفاده از دستگاههای اپتیکی)
  - ✓ روشهای استفاده از دستگاهای الکترونیکی والکترو اپتیکی

اندازه گیری طول

- ***روشهای محاسباتی وترسیمی:***
  - در دستگاهای مختصاتی(دکارتی یا قطبی):

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

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

  - روابط مثلثاتی:

سه زاویه ویک ضلع معلوم:

$$\frac{a}{SinA} = \frac{b}{SinB} = \frac{c}{SinC}$$

دوضلع و زاویه بینشان معلوم :

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

اندازه گیری طول

روشهای مستقیم :

- اندازه گیری با قدم : در مواردی که شیب زمین زیاد نباشد و به دقت زیادی دراندازه گیری نیاز نباشد از این روش استفاده میشود .

- 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 $\frac{1}{100}$ وبرای زمین هموار $\frac{1}{200}$

- اندازه گیری با چرخ غلطان: با توجه به تعداد دور و محیط چرخ طول مشخص میشود . دقت نسبی اندازه گیری در این روش 1/200 میباشد.

اندازه گیری طول

- 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 فیشهایی برای نشانه گذاری میباشد. دقت نسبی اندازه گیری با این وسیله به حدود 1/1000 میرسد.
- اندازه گیری با نوارهای اندازه گیری(متر کشی) :

انواع مترهای نواری:

1- فلزی 2- پارچه ای 3- فایبر گلاس 4- آلیاژ انوار

آلیاژ انوار آلیاژی است از نیکل و فولاد که ضریب انبساط این متر کمتر از مترهای دیگر است

دقت نسبی اندازه گیری با این وسایل بین 1/1000 تا 1/5000 است (دقت 1/5000 در صورتی عملی میشود که تاثیر کشش و اختلاف دما در اندازه گیری ها مد نظر قرار گیرد) .

دقت اندازه گیری با نوار انوار به یک میلیونیم (یک میلیمتر در کیلومتر) میرسد.

اندازه گیری طول

تجهیزات یک اکیپ مترکشی

1- متر نواری Tape

2- مقداری ژالن Range Pole

3- شاقول

4- شمشه و تراز و یا شیلنگ تراز

5- پین های مترکشی Taping Pin

6- قلاب مخصوص گرفتن متر

7- نیرو سنج

8- دماسنج

9- تعدادی میخ چوبی

اندازه گیری طول

مترکشي روي سطوح هموار افقي:

1- مسیر مترکشی مشخص شود یعنی طول AB را به قطعاتی

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

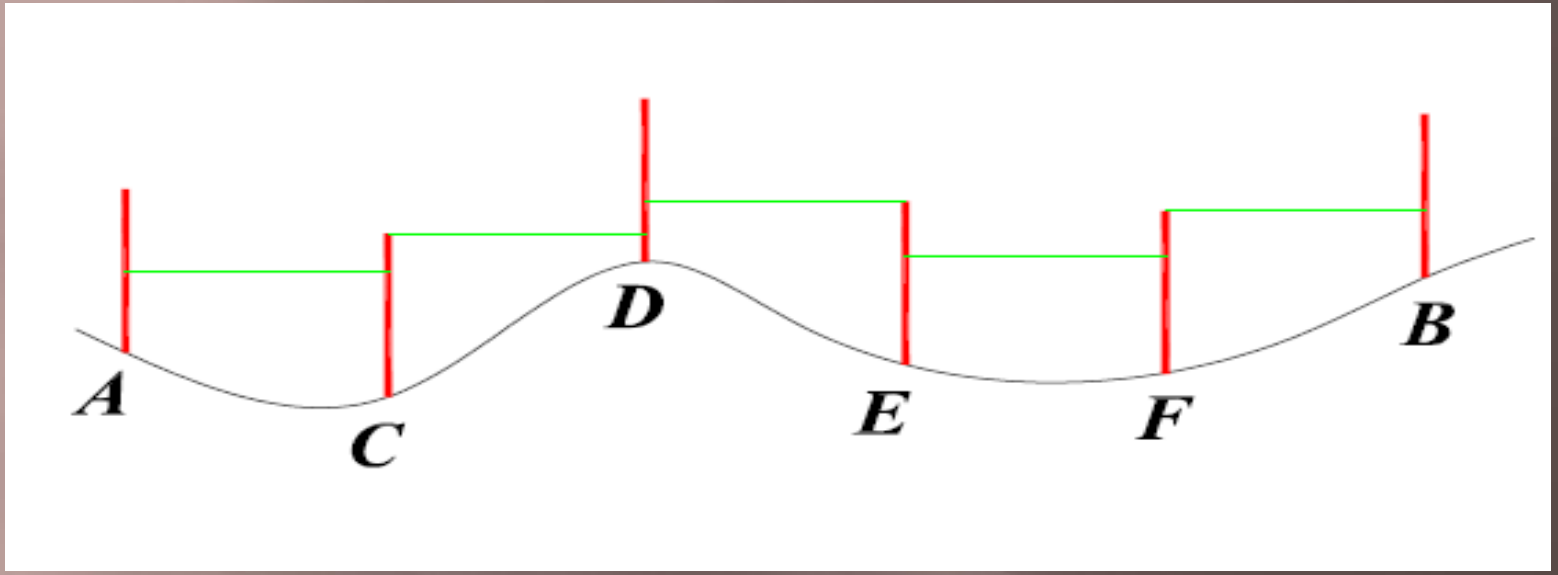
همگی روی امتداد AB قرار داشته باشد.

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

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

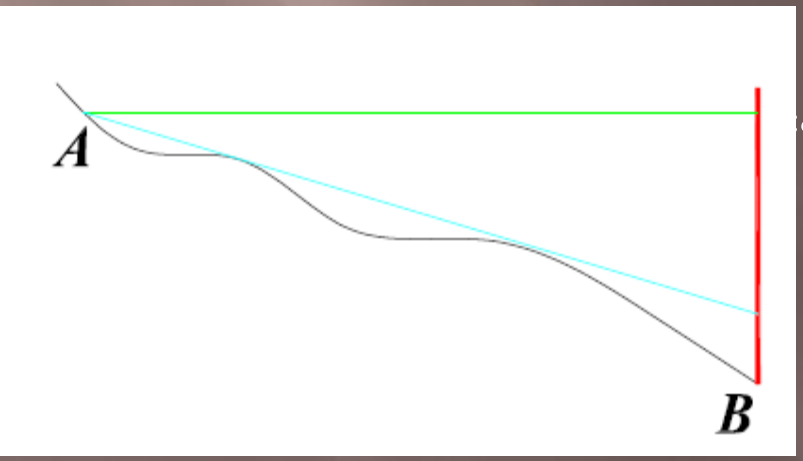
وقتی که فاصله مورد نظر از طول متر بیشتر میباشد بایستی ابتدا بایستی اقدام به امتداد گذاری (ژالن گذاری) نمود وسپس اندازه گیری را انجام داد.

اندازه گیری طول



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

در زمینهای شیبدار نیز اندازه گیری به دو روش انجام میشود:



- مترکشی افقی (اندازه گیری طول افقی)
- متر کشی در امتداد شیبدار (اندازه گیری طول مایل)

اندازه گیری طول

روشهای غیر مستقیم (استفاده از دستگاههای اپتیکی)

اندازه گیری به روش غیر مستقیم خود به روشهای متفاوتی انجام میشود

- ✓ روشهای استادیمتری (که در فصلهای بعدی توضیح داده خواهد شد)
- ✓ روشهای محاسباتی (که در بخش مساحی به برخی از انها اشاره خواهد شد)

روشهای استفاده از دستگاهای الکترونیکی والکترو اپتیکی

در این روشها با ارسال امواج الکترومگنتیک و انعکاس انها از رفلکتورها با استفاده از زمان رفت وبرگشت امواج یا اختلاف فاز امواج فاصله را محاسبه میکنند.

- ➢ دقت اندازه گیری این روش از سایر روشها ی مستقیم و غیر مستقیم بیشتر است
- ➢ فاصله یابهای الکترونیکی در وضعیت نامساعد جوی نی بخوبی کار میکنند
- ➢ انواع اشتباهات و خطاهای انسانی و دستگاهی در فاصله یابهای الکترونیکی حذف شده اند.
- ➢ توتال استیشنها ترکیبی از فاصله یابها و دوربینهای نقشه برداری هستند.

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

بطور کلی خطاهایی که در عملیات متر کشی ایجاد میشود میتواند ناشی از خطاهای دستگاهی، خطای طبیعی و خطی انسانی باشد که بصورتهای زیر ممکن است بوجود آید.

- **خطای ناشی از اشتباه طول متر:**

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. مقدار این که در بعضی از شرایط ممکن است بر اثر کشیدن بوجود آید تصحیحاتی به شرح زیر بدنبال دارد:

- **تصحیح کالیبراسیون :**

- 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 وتصحیح منفی است

اندازه گیری طول

- تصحیح کالیبراسیون :

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

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

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

l_n طول اسمی متر

l_t طول واقعی متر

L_n مسافت اندازه گیری شده

L_t مسافت واقعی

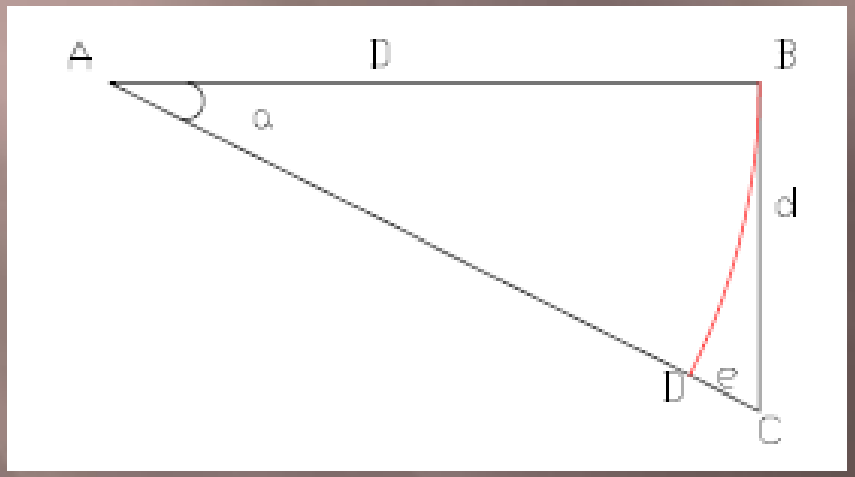
C_L تصحیح کالیبراسیون

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

- **خطای ناشی از افقی نبودن مسیر:**
  - **تصحیح شیب (تصحیح تبدیل به افق):**

مقدار این تصحیح به دو عامل بستگی دارد یکی زاویه شیب و دیگری اختلاف ارتفاع بین دو انتهای خط



اندازه گیری	$AC = L$
طول اندازه گیری شده	$AB = D$
طول افقی	$BC = d$
اختلاف ارتفاع	$\hat{BAC} = \alpha$
زاویه شیب	$e = L - D$

تصحیح تبدیل به افق

اندازه گیری طول

- ***تصحیح شیب (تصحیح تبدیل به افق):***

- اگر زاویه شیب معلوم باشد:

$$AB = AC.Cos\alpha$$
$$D = L.Cos\alpha$$
$$e = L - D = L(1 - Cos\alpha)$$

- اگر اختلاف ارتفاع بین ابتدا وانتها معلوم باشد:

$$L^2 = D^2 + d^2 = (L-e)^2 + d^2 = L^2 + e^2 - 2L.e + d^2$$
$$e \cong \frac{d^2}{2L}$$
$$e = \frac{d^2}{2L} + \frac{d^4}{8L^3}$$

- اگر شیب زمین (n : ۱) معلوم باشد:

$$Cos\alpha = \frac{D}{L} = \frac{n}{\sqrt{n^2+1}} \Rightarrow D = \frac{L.n}{\sqrt{n^2+1}}$$
$$e = L(1 - \frac{n}{\sqrt{n^2+1}})$$

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

- **خطای ناشی از انحراف مسیر :**

اگر در جریان اندازه گیری فاصله با متر از امتداد مسیر خارج شویم بطوری که نقطه انتهایی به اندازه d از مسیر اصلی فاصله داشته باشد در این صورت فواصل قرائت شده تصحیحی باید وارد شود با استدلالی شبیه آنچه که در تصحیح تبدیل به افق دیدیم مقدار این تصحیح از رابطه زیر بدست

- **تصحیح اثر خارج امتدادی :**

$$e = -\frac{d^2}{2L}$$

- **خطای ناشی از ثبت اشتباه مقادیر یا اشتباه خواندن اعداد :**

باید با افزایش دقت در کار ، عملیات را بگونه ای ادامه داد که این خطا اتفاق نیفتد.

- **خطای ناشی از خمیدگی متر(خطای شنت یا کمانه):**

چنانچه دو سر یک متر را گرفته و بکشیم در وسط آن انحنایی ایجاد میشود(در اثر نیروی وزن خودش) یعنی بجای خط مستقیم شکل قوس پیدا میکند در این حالت باید اختلاف طول قوس و وتر را تعیین کرد

اندازه گیری طول

- ***تصحیح اثر کمانی شکل شدن نوار:***

نوار را بدوصورت تخت یا تعلیق میتوان استاندارد کرد وهرگاه نوار برخلاف شرایط استاندارد آن بکار برده شود به مقادیری که از طریق اندازه گیری بدست میآید باید تصحیحی وارد کرد که در مقدار مطلق این تصحیح عبارتست از:

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

c تصحیح شنت (mm)

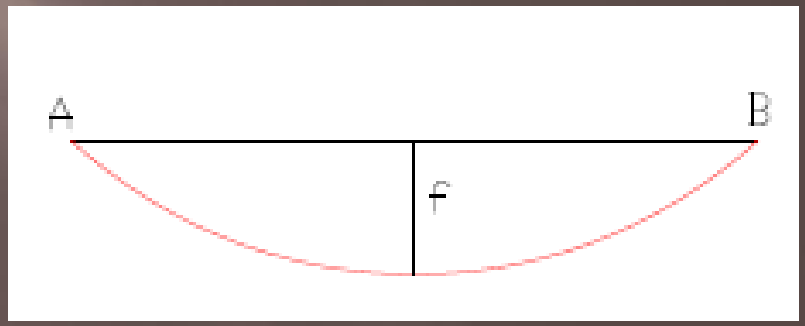
m جرم یک متر نوار

$W = mg.L$ وزن قسمت بکار برده شده (Kg)

T نیروی کشش بکاررفته (Kg)

L طول متر بین دو تکیه گاه

f ارتفاع یا سهم کمان



اگر نوار به حالت تخت استاندارد شده باشد و به حالت تعلیق استفاده شود علامت تصحیح منفی است و اگر به حالت تعلیق استاندارد شود و به حالت تخت استفاده شود علامت تصحیح مثبت است

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

- **خطا در اثر نیروی کشش متر:**

اگر در عملیات متر کشی متر با نیروی بیشتر یا کمتر از حد استاندارد (مندرج در کاتالوگ متر) کشیده شود باعث ایجاد خطا د اندازه گیری میگردد طبق قانون هوکر طول نوار بعلت حالت کشسانی آن افزایش یا کاهش می یابد.

- **تصحیح اثر تغییر کشش :**

$$\delta l = \frac{T_m - T_s}{A * E} * l_n$$

واحدها باید با همه سازگاری داشته باشند

مثلا A متر مربع (میلیمتر مربع) و E نیوتن بر متر مربع (نیوتن بر میلیمتر مربع)

T برحسب نیوتن (نیوتن) در اینصورت l و تصحیح واحدهای یکسانی خواهند داشت

T_m نیروی کشش وارد شده به متر

T_s نیروی کشش استاندارد

A مساحت مقطع عرضی نوار

$E \cong 19.3 * 10^{10} (N/m^2)$ ضریب الاستیسیته

l_n طول اسمی نوار

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

- **خطا ی ناشی از درجه حرارت :**

این خطا از نوع خطاهای سیستماتیک بوده که گاهی زیاد و گاهی کم شونده است و در اثر اختلاف درجه حرارت محیط ساخ و محیطی که در آن عملیات نقشه برداری صورت میگیرد بوجود میآید و در واقع در اثر تغییر درجه حرارت خطایی رخ میدهد که تصحیحی بشرح زیر را بدنبال دارد:

- **تصحیح اثر تغییر دما :**

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

δL تصحیح برای مقدار اندازه گیری شده

در صورتیکه $t > ts$ طول واقع نوار بیشتر از طول اسمی آن واگر $t < ts$ باشد طول واقعی از طول اسمی کمتر است و با توجه به این موضوع و انچه در خطای کالیبراسیون گفته شده باید تصحیح + یا - را اعمال نمود

L_n مسافت قرائت شده

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

t دمای محیط عملیات

t_s دمای محیط ساخت متر

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

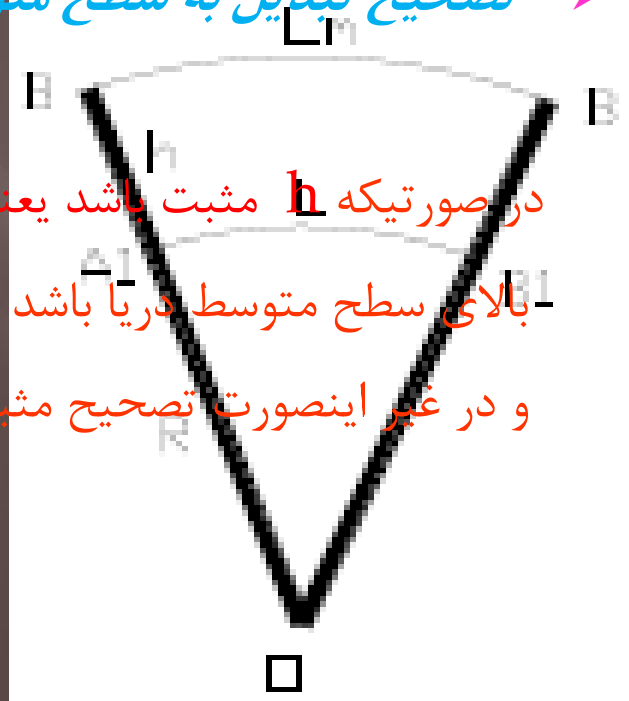
- **خطا ی انتقال اندازه از روی زمین به نقشه :**

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

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

- **تصحیح تبدیل به سطح متوسط دریا :**

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



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

L_m مسافت اندازه گیری شده

L طول تصویر Lm برسطح ژئوئید

h ارتفاع متوسط AB نسبت به سطح ژئوئید

C تصحیح تبدیل به سطح متوسط دریا

اندازه گیری طول

تصحیحاتی که ذکر شد در صورت وارد نشدن در اندازه گیریها بصورت خطای سیستماتیک در نتیجه اندازه گیریها ظاهر میشوند بهمین 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

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

- ***خطاهای تصادفی:***

خطاهای قابل ذکر در اینجا خطای تطبیق درجات نوار با نقاط و نیز خطای قرائت نوار است که اگر مجموع جبری این دوخطا 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.

اندازه گیری طول

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؟

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

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

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

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

مثال ۲ : طول یک امتداد با متر فلزی ۵۰ متری اندازه گیری شده و برابر ۱۶۴۰ متر شده است اگر طول واقعی متر 49.95 متر باشد اندازه واقعی امتداد موردنظر را مشخص کنید؟

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

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

$$L_t = 1640 - 1.64 = 1638.36$$

اندازه گیری طول

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

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

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

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

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

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

اندازه گیری طول

مثال۵: یک نوار اندازه گیری با نیروی کشش ۵۰ نیوتن دارای طول استاندارد ۳۰ متر است مساحت مقطع عرضی آن 1.2 میلیمتر مربع است هرگاه نیروی کشش بکار رفته ۶۰ نیوتن و ضریب یانگ 1.93 *10^5 نیوتن برمیلیمتر مربع باشد طول نوار در شرایط ذکر شده چقدر است باشد ؟

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

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

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

مثال۶: در صورتیکه در جریان اندازه گیری یک فاصله ۲۰۰ متری باندازه 0.5 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.

اندازه گیری طول

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 آن؟

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

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

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

$$L_t = L_n + C_L$$

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

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

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

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

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

اندازه گیری طول

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 درجه حراراتی متر مذکور همین فاصله را ۲۰۰ متر نشان خواهد داد؟

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

$$\delta l = L_{T0} - L_T = 200 - 200.05 = -0.05m$$

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

$$\Delta t = -21.73'$$

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 بادرنظر گرفتن ضریب انبساط طولی 115*10^-7 ودرجه حرارت استاندارد ۲۰ درجه سانتی گراد مطلوبست تعیین درجه حرارت محیط و طول واقعی امتداد؟

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

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

اندازه گیری طول

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؟

$$c = \frac{(mg)^2}{24}.L^3.(\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_1^2})$$

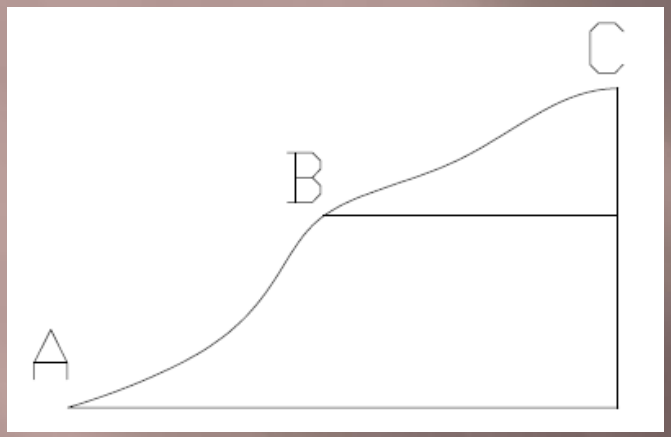
$$c = \frac{50^3 * 0.02^2}{24}.(\frac{1}{12^2} - \frac{1}{5^2}) = 0.068$$

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

در صورتیکه F2>F1 باشد تصحیح مثبت و به اندازه قرائت اضافه میشود و اگر F2<F1 باشد تصحیح منفی است و از اندازه بدست آمده کم میشود.

اندازه گیری طول

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؟



$$D_{AB} = L_{AB}.Cos\alpha = 250.Cos25 = 226.58m$$

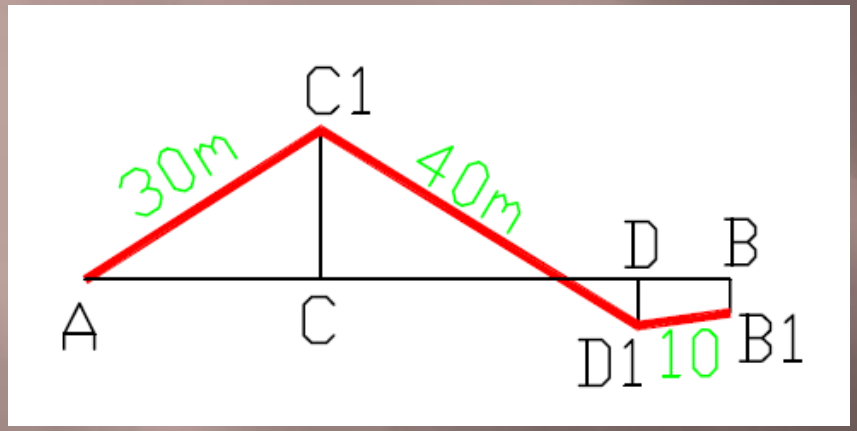
$$e = -\frac{h_{BC}^2}{2L_{BC}} = -\frac{2^2}{2*300} = -0.007m$$

$$D_{BC} = 300 - .007 = 299.993m$$

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

اندازه گیری طول

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؟



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

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

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

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

اندازه گیری طول

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؟

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

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

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

اندازه گیری طول

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؟

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

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

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

اندازه گیری طول

تمرین : فاصله دو نقطه A و B در هوا و بصورت شیبدار و تحت زاویه شیب زمین (۲۵ درجه) متر کشی وعدد ۴۶ قرائت شده است اگر متر با نیروی کشش ۱۰ کیلو گرم کشیده و وزن واحد طول آن ۱۵ گرم باشد طول حقیقی AB را معین کنید؟(45.992m)

تمرین: در صورتیکه اندازه گیری طول در سطح شیبدار با دقت 1/250 انجام شود تا چه شیبی میتوان از تصحیح تبدیل به افق صرفنظر نمود؟(۴٪)

تمرین: طول یک مسیر ۲ کیلومتری به روش مستقیم و با استفاده از نوار فلزی ۵۰ متری اندازه گیری میشود اگر درجه حرارت محیط در زمان اندازه گیری برای کیلومتر اول و دوم بترتیب ۲۵ و ۱۰ درجه سانتی گراد باشد و موقع قرائت نوار با نیروی کشش ۱۰ کیلوگرم کشیده شود با فرض اینکه وزن کل نوار ۱ کیلو گرم و درجه حرارت استاندارد نوار ۲۰ درجه سانتی گراد و ضریب انبساط حرارتی 115*10^-7 باشد طول اصلاح شده را تعیین نمایید؟(1999.113m)

اندازه گیری طول

تمرین: برای اندازه گیری یک امتداد نشانه گذاری شده بطول ۷۸۰ متر از یک نوار فلزی ۵۰ متری با وزن واحد طول ۱۵ گرم و مقطع 0.06 سانتی مترمربع که برای درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی گراد و نیروی کشش ۵ کیلو گرم استاندارد شده است استفاده میکنیم.

۵۰۰ متر اول در سطح شیبدار ۳ درصدی و درجه حرارت محیط 10- درجه سانتی گراد که نوار تحت کشش ۱۰ کیلو گرم کشیده شده اندازه گیری گردید و اندازه گیری بقیه طول در حالت معلق و با همان نیروی کشش ودرجه حرارت محیط انجام شد با فرض اینکه طول واقعی نوار ۱ سانتی متر کوتاهتر باشد طول واقعی امتداد را مشخص نمایید؟ (779.635m)

اندازه گیری طول

کوییز:

۱) فاصله بین دو نقطه در روی نقشه ای با مقیاس 1/500 برابر است با 32.5 میلیمتر.اگر خطای ترسیمی 0.4 میلیمتر در نظر گرفته شود فاصله بین دو نقطه در روی زمین دارای چه خطایی است؟

۲) در روابط زیر k و s معرف چه پارامترهایی هستند؟

$$C_t = L.k.(t - t_0)$$

رابطه تصحیح اثر حرارتی در عملیات مترکشی

$$C_P = \frac{L.(P - P_0)}{S.E}$$

رابطه تصحیح اثر نیروی کششی در متر کشی

مساحی

مساحی:

منظور مساحی تهیه نقشه یک منطقه توسط وسایل ساده نقشه برداری (متر، ژالون، گونیای مساحی و..) و پیداکردن مساحت قطعه زمین میباشد.

- **لوازم مورد نیاز در مساحی:**

ژالون

شاغول (شاغول ساده – شاغول نوری)

مترهای نواری

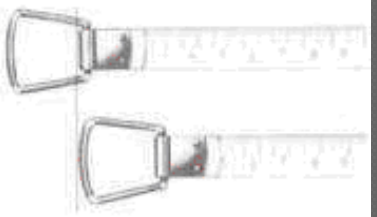
گونیای مساحی(گونیای مساحی وسیله ایست که با کمک آن میتوان - زوایای ۴۵ و ۹۰ درجه را روی زمین تعیین کرد - امتداد یک خط را مشخص نمود - از نقطه ای خارج یک خط عمودی بر آن یا از نقطه ای روی یک خط عمودی از آن اخراج نمود ، این دستگاه بشکل یک منشور هشت ضلعی یا استوانه میباشد که روی آن شکافهاییکه دوبه دو رو بروی هم قرار دارند تشکیل شده است)

شیب سنج

قطب نما

پلانیمتر(دستگاهی است که بوسیله آن مساحت روی نقشه را محاسبه نمود)

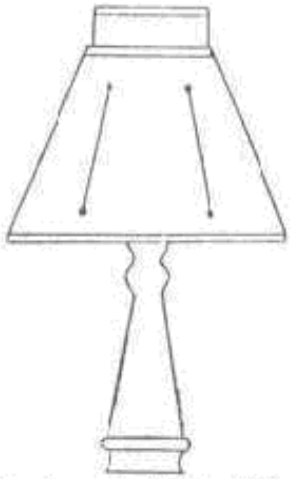
مساحی



انواع متر و نقطه شروع متر

ژالن

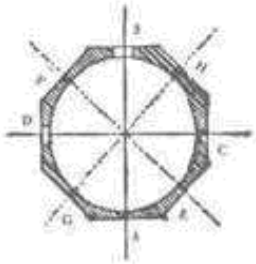
تراز نبشی



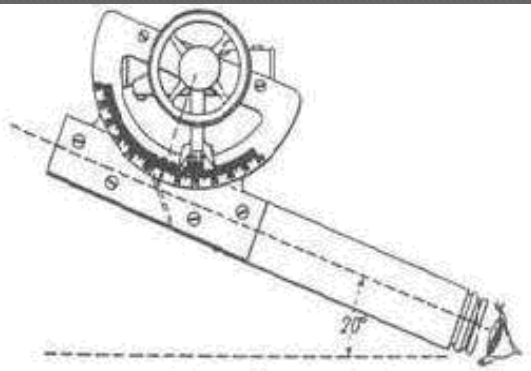
گونیای شکاف در مخروطی

گونیای شکاف دار استوانه ای

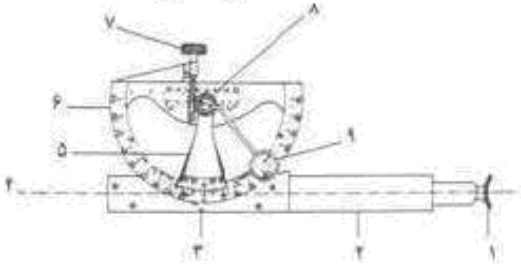
گونیای شکاف در منشوری



مقطعی از گونیای شکاف دار



شیب سنج



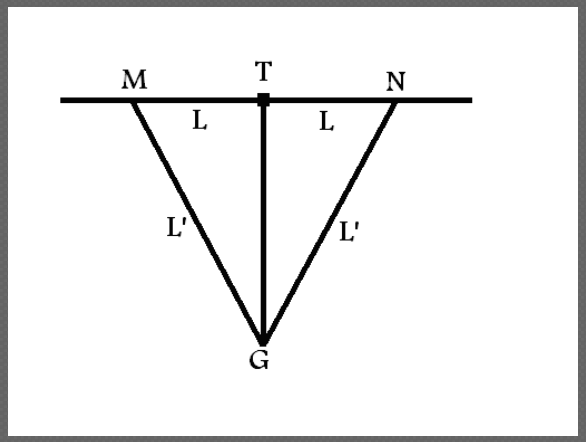
1- Eyepiece:	چشمی
2- Squared - sectioned tube:	لوله مکعب مستطیل
3- Half - mirror at 45° :	نیم آینه با زاویه 45
4- Line of sight:	خط دید
5- Vernier Arm:	بازوی ورنیه
6- Graduated semi - circle:	نیم دایره درجه بندی شده
7- Bubble control screw:	پیچ تنظیم حباب تراز
8- Spirit level:	تراز استوانه ای
9- Magnifying glass:	ذربین

مساحی

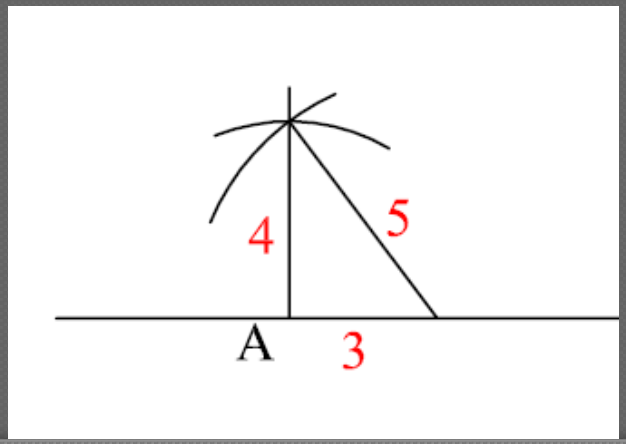
مباحثی از مساحی:

اخراج عمود بر یک امتداد:

ابتدا نقطه ای را بروی خط ممتد تعیین نموده مانند نقطه **T** سپس به اندازه **L** (**L** عددی دلخواه می باشد) از دو طرف نقطه **T** جدا کرده بطوری که دوپاره خط مساوی **MT,NT** ایجاد می شوند آنگاه از نقاط **M,N** به شعاع **L'** (**L'** عددی دلخواه می باشد) کمانهایی را رسم می کنیم که این کمانها در نقطه مانند **G** همدیگر را قطع می کنند حال اگر از نقطه **T** به نقطه **G** وصل گردد این خط عمود بر خط ممتد می باشد.



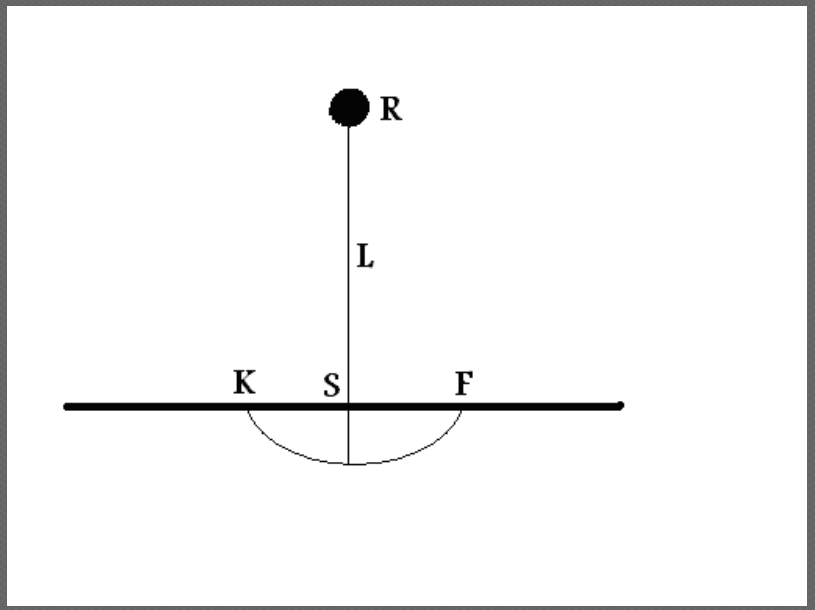
یکی دیگر از روشها استفاده از عکس قضیه فیثاغورث است (مثلثی به اضلاع مضربی از ۳ و ۴ و ۵ ایجاد میکنیم)



مساحی

- وارد کردن عمود بر یک امتداد از نقطه ای خارج از آن:

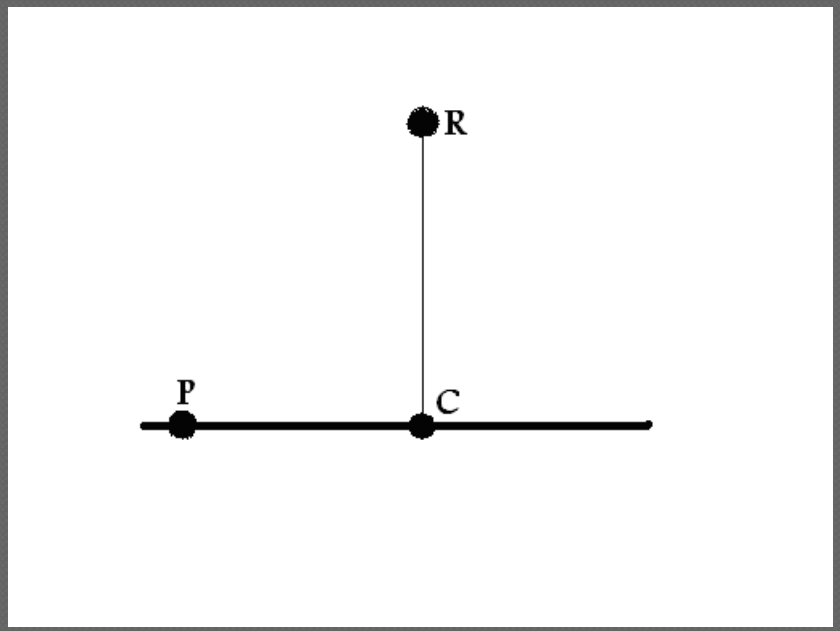
نقطه صفر متر را بر روی نقطه **R** قرار داده متر را باز کرده تا خط هادی را قطع کند و از آن عبور کند. اصولا متر ۰.۵ الی ۱ متر از خط هادی می گذرد (بهتر است به عدد رند برسد) این عدد را **L** فرض میکنیم سپس نیم دایره ای به مرکز **R** و شعاع **L** رسم می کنیم ،که خط هادی را در دو نقطه **(K,F)** قطع می کند انگاه فاصله دو نقطه **K,F** را اندازه گرفته و وسط آن را پیدا کرده و آنرا **S** می نامیم حال اگر خطی از **R** به **S** وصل کنیم این خط عمود خواهد بود



مساحی

هردو عمل فوق را بوسیله گونیای مساحی میتوان بشرح زیر انجام داد:

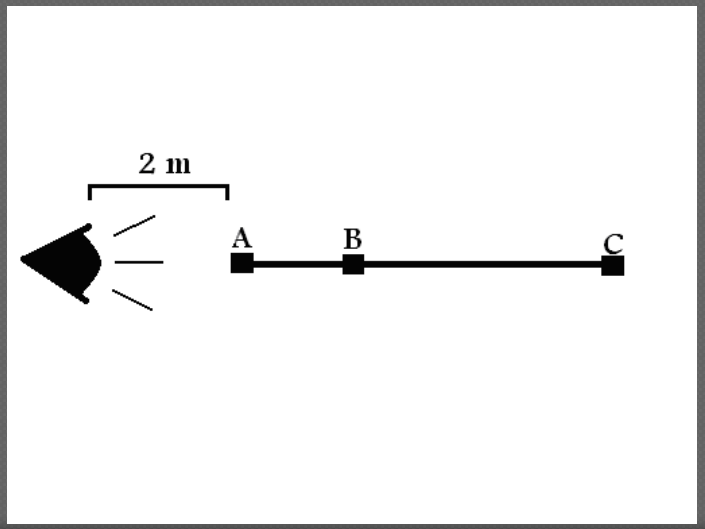
ژالنی را بر روی نقطه **R** قرار داده و ژالن دیگر را بر روی خط هادی مانند **P**قرار میدهیم سپس دو ژالن را به وسیله تراز نبشی عمود بر زمین تنظیم کرده آنگاه شاقول را برداشته نخ آنرا به انتهای گونیای مساحی وصل نموده و در نقطه **C** ایستاده بطوریکه فاصله شاقول تا زمین ۱ سانتیمتر باشد. در صورتی که تصویر ژالن نقطه **R** در آینه وسطی با تصویر ژالن نقطه **P** در آینه پایینی در یک امتداد باشد آنگاه نقطه ای که شاقول به ما نشان میدهد نشانگر این می باشد که آن نقطه ،عمود بر دو ژالن است بنابراین اگر خطی از **R** به **C**وصل کنیم این خط عمود خواهد بود.

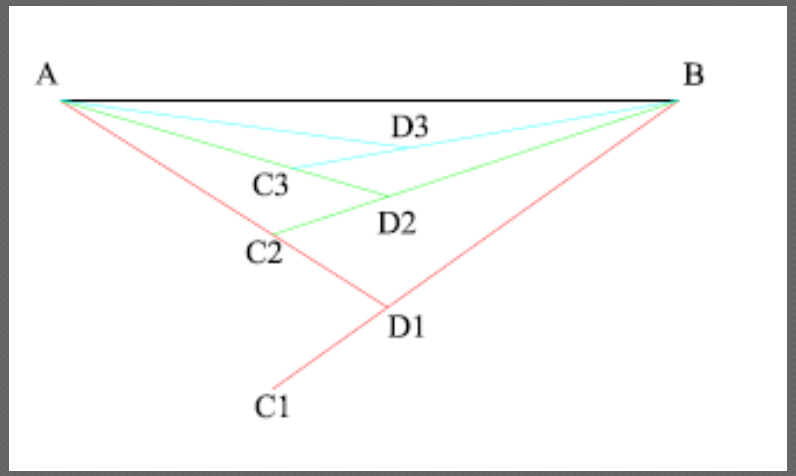


مساحی

- ژالون گذاری:

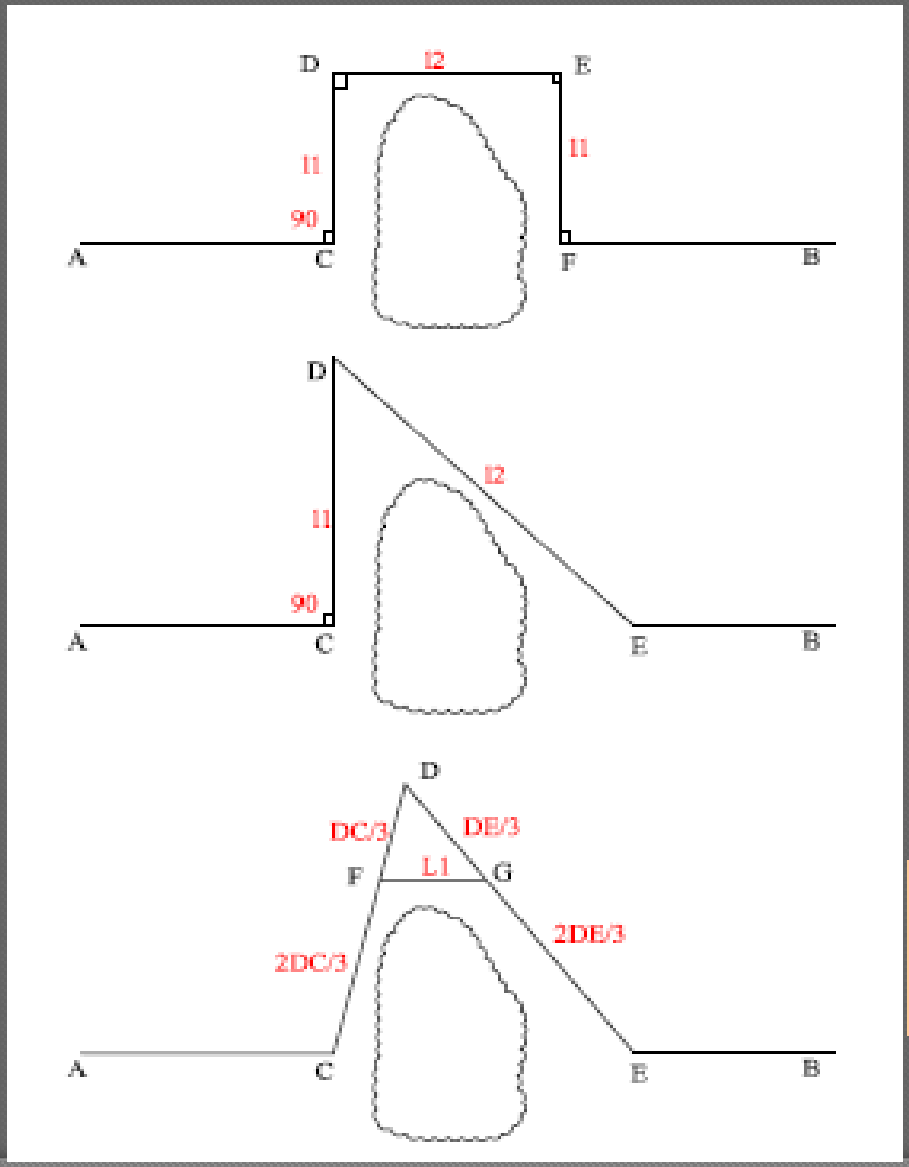
یکی از ژالنها را در نقطه پایانی (C) بوسیله سه پایه نگه دارنده ژالن ،عمود قرار داده و ژالن دیگر را همانند ژالن پایانی (C) به صورت عمود ولی بدون سه پایه در نقطه آغازین (A) قرار می دهیم .فرض میکنیم متری که ما در اختیار داریم حداکثر ۳۰ متر میباشد بنابراین ژالن سوم (B) را در حدود ۳۰ متری ژالن آغازین قرار می دهیم آنگاه یکی از اعضای گروه در فاصله ۲ متری پشت ژالن اول (A) قرار می گیرد تا مکان ژالن وسط (B) را تنظیم کرده تا دقیقا در راستای ژالن ابتدا (A) و انتها (C) قرار گرفته باشد آنگاه فاصله دو ژالن ابتدا (A) و وسط (B) را اندازه گرفته و مکان ژالن وسط (B) را با گچ مشخص کرده تا ژالن اول (A) در آن مکان قرار گیرد و عملیات تکرارمی شود.





مساحی

- اندازه گیری فاصله دو نقطه ای که در دوطرف یک مانع قرار گرفته اند:
  - اگر مانع قابل دور زدن باشد:

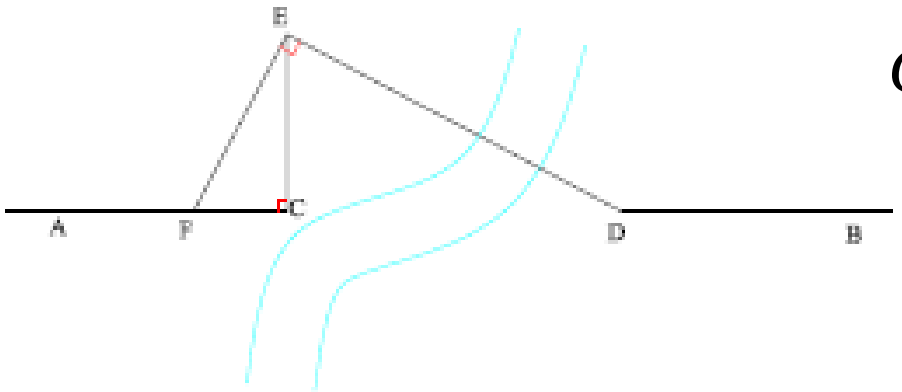


$$\overline{CE} = \sqrt{l_2^2 - l_1^2}$$

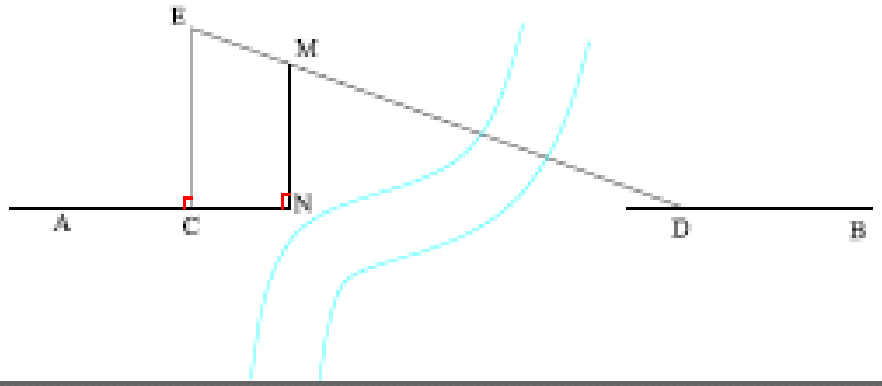
$$\frac{CE}{L_1} = \frac{DC}{DF} = \frac{DE}{DG} = \frac{3}{1}$$

مساحی

- اندازه گیری فاصله دو نقطه ای که در دوطرف یک مانع قرار گرفته اند:
  - اگر مانع قابل دور زدن نباشد:



$$\overset{\Delta}{CFE} \approx \overset{\Delta}{FED} \Rightarrow \frac{FC}{CE} = \frac{CE}{CD}$$



$$\overset{\Delta}{DEC} \approx \overset{\Delta}{NMC} \Rightarrow \frac{ED}{MN} = \frac{DC}{NC}$$

مساحی

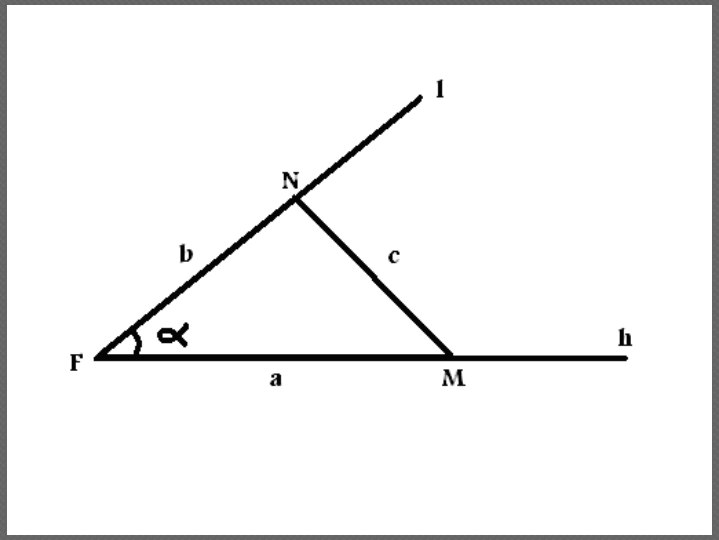
- اندازه گیری زاویه بوسیله متر:

می توان با استفاده از دو رابطه زیر آن را انجام داد:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\,Cos\,\alpha$$

$$Sin\,\frac{\gamma}{2} = \frac{AB}{2l}$$

برای استفاده از رابطه اول به صورت زیر عمل می کنیم:
فواصل **a** و **b** را به اندازه های دلخواه از راس زاویه روی اضلاع جدا نموده و فاصله **c** را اندازه گرفته و از رابطه استفاده می کنیم

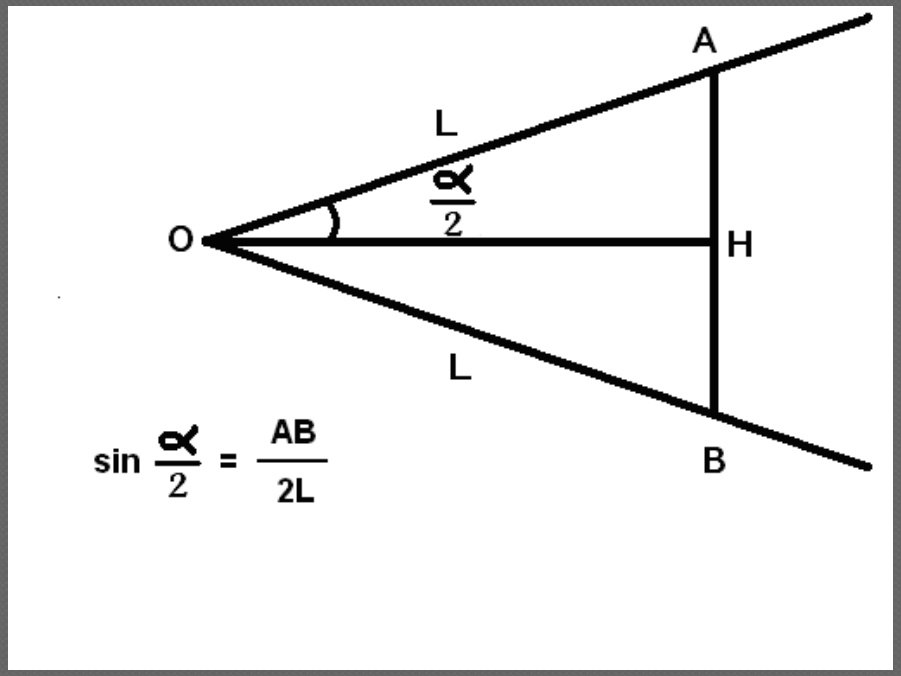


مساحی

- اندازه گیری زاویه بوسیله متر:

برای استفاده از رابطه دوم به صورت زیر عمل می کنیم:

از راس زاویه فواصل **OA=OB=L** را به دلخواه جدا نموده فاصله **AB** را اندازه گیری می کنیم با استفاره از مثلث **OAH**(**AH=BH**)خواهیم داشت



مساحی

- برداشت مسطحاتی با کمک روشهای مساحی:

منظور تهیه نقشه یک منطقه توسط وسایل ساده نقشه برداری میباشد مراحل عمل بشرح زیر است

- شناسایی منطقه
- برداشت بکمک وسایل ساده

- شناسایی منطقه به منظور مشخص کردن محدوده کار و بررسی عوارض طبیعی و مصنوعی و تعیین روش کار و انتخاب رئوس برداشت انجام میشود.
- انتقال عوارض یا حدود یک زمین با مقیاس کوچکتر بر روی صفحه را برداشت میگویند که به یکی از سه روش زیر انجام میشود:
  - ✓ برداشت توسط تقسیم باشکال هندسی وقابل حل در ریاضیات (مثلث بندی)
  - ✓ برداشت توسط یک خط هادی
  - ✓ برداشت توسط دو یا چند خط هادی

مساحی

- برداشت توسط تقسیم باشکال هندسی وقابل حل در ریاضیات (مثلث بندی)

میدانیم یک مثلث با معلوم بودن سه ضلع آن از روی روابط مثلثات قابل حل بوده و با استفاده از قوانین ترسیم آن را رسم نمود.

در این روش باید به مطالب زیر توجه نمود:

a) هرگونه اشتباه در اندازه گیری روی زمین و یا در حین ترسیم ممکن است در وضعیت زمین برروی نقشه تغییری بدهد بنابراین این روش باید حتما متکی بر کنترل باشد.

b) محاسبات این روش بسیار زیاد است برهمین اساس برای مناطق کم وسعت استفاده میشود.

c) در انتخاب مثلثها حتی المقدور کوشش شود اضلاع تا اندازه ای متناسب با یکدیگر باشند و زاویه هر راس کمتر از ۳۰ درجه و بشتر از ۱۲۰ درجه نباشد.

مساحی

- برداشت توسط یک خط هادی:

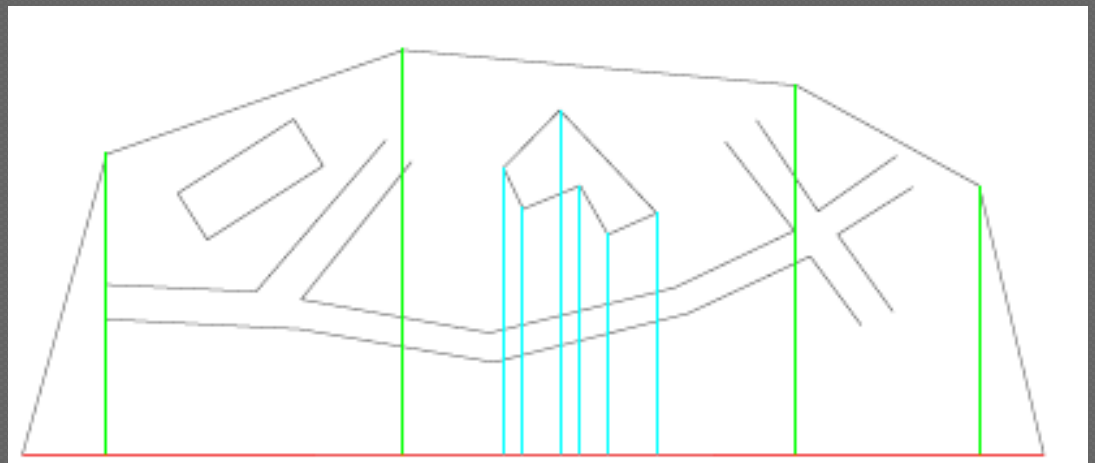
د مساحی از بلندترین خطی که بتوان برروی آن موقعیت سایر نقاط و رئوس را ترسیم نمود بعنوان خط مبنا استفاده میکنند

در انتخاب خط هادی یا مبنا بایستی مطالب زیر رعایت شود:

a) طول ان با دقت زیاد اندازه گیری شود و حتی المکان به حدود و عوارض زمین نزدیک باشد

b) حتی المکان در منطقه مسطح انتخاب شود و در امتداد بلندترین بعد منطقه مورد نظر باشد

c) در صورتیکه منطقه وسعت نسبتا زیادی داشته باشد بهتر است خط هادی را در وسط منطقه انتخاب کرد



مساحی

- برداشت توسط یک خط هادی:

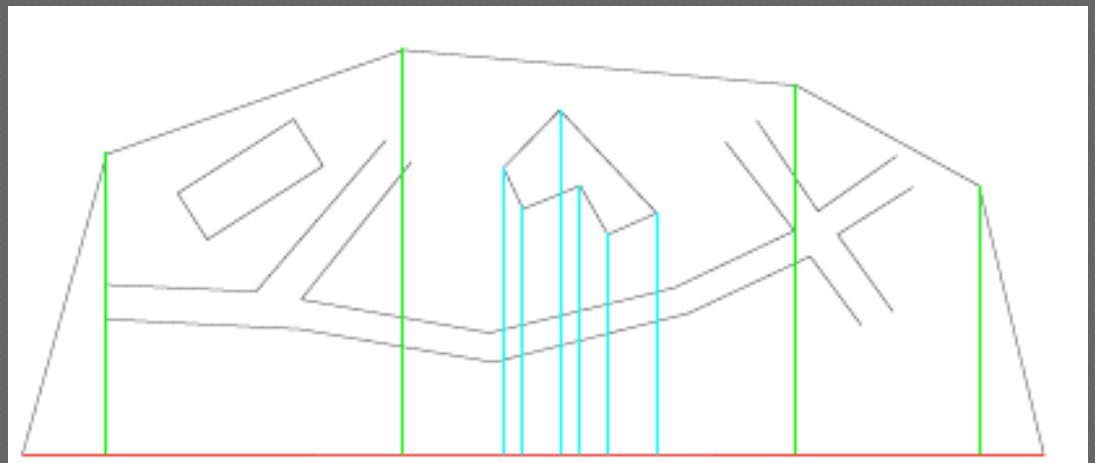
د مساحی از بلندترین خطی که بتوان برروی آن موقعیت سایر نقاط و رئوس را ترسیم نمود بعنوان خط مبنا استفاده میکنند

در انتخاب خط هادی یا مبنا بایستی مطالب زیر رعایت شود:

a) طول ان با دقت زیاد اندازه گیری شود و حتی المکان به حدود و عوارض زمین نزدیک باشد

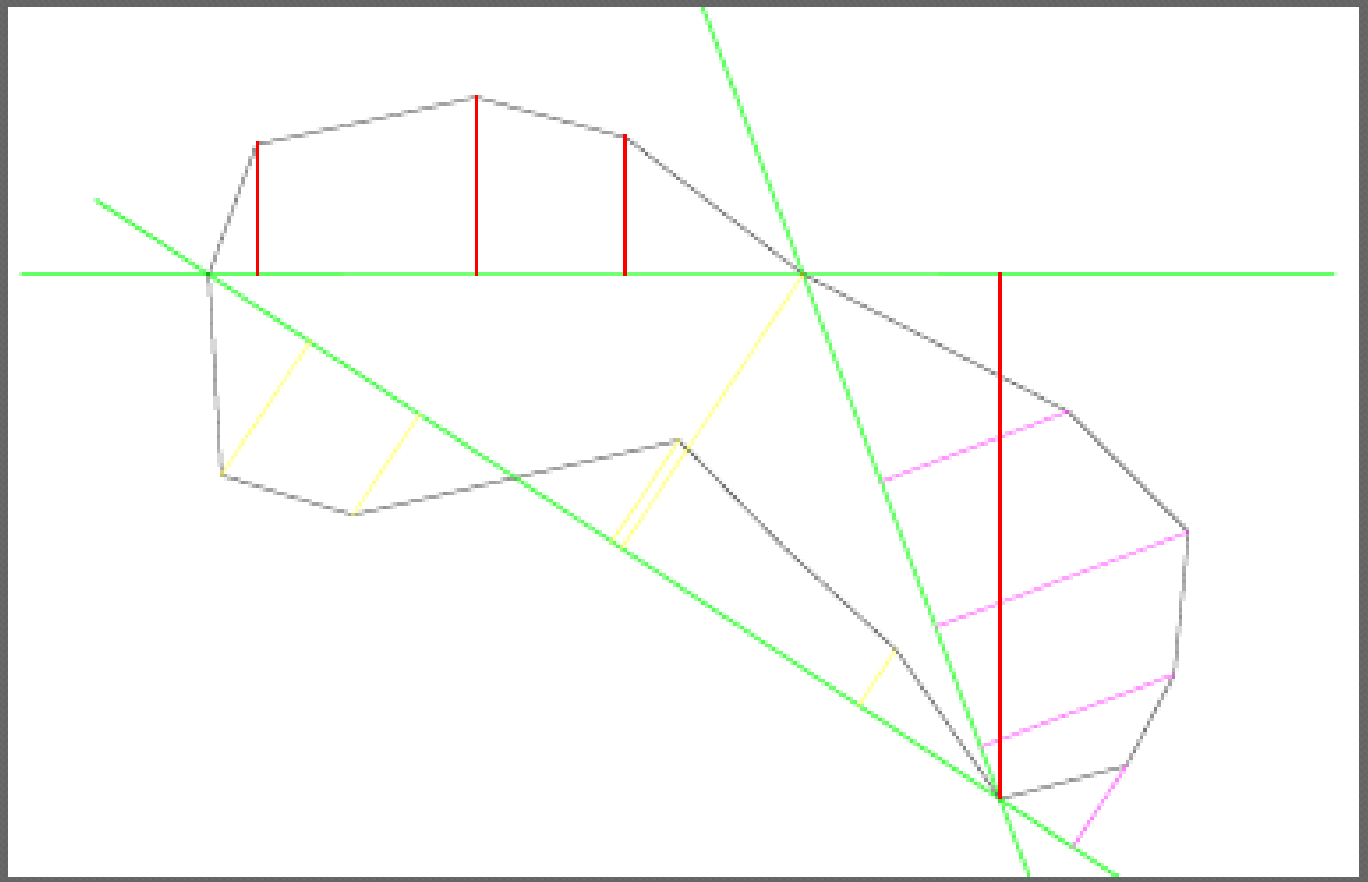
b) حتی المکان در منطقه مسطح انتخاب شود و در امتداد بلندترین بعد منطقه مورد نظر باشد

c) در صورتیکه منطقه وسعت نسبتا زیادی داشته باشد بهتر است خط هادی را در وسط منطقه انتخاب کرد



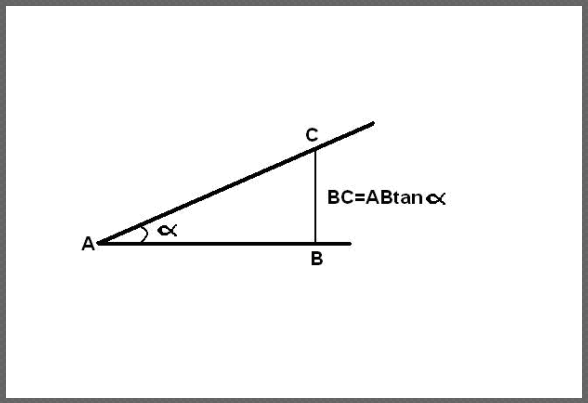
مساحی

- برداشت توسط دو یا چند خط هادی:



مساحی

تمرین: جدا کردن امتداد با زاویه معین از نقطه ای بروی امتدادی فرضی چگونه انجام میشود؟



ترازیابی

- ***تعریف ترازیابی***

تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت بهم را ترازیابی و یا نیولمان میگویند.

- ***یادآوری:***

- سطح تراز : سطحی است که درتمام نقاط بر امتداد نیروی ثقل عمود باشد.کلیه خطوط روی این سطح خطوط همتراز میباشند. همانطور که قبلا نیز گفته شده است سطح ژئوئید سطح ترازیست منطبق بر سطح متوسط آب دریاهای آزاد.
- صفحه افقی : صفحه ایست که در یک نقطه بر سطح تراز مماس باشد.
- صفحه قائم : صفحه ایست که از امتداد شاقولی هر نقطه بگذرد.
- سطح مبنا : سطح ترازیست که ارتفاع هر نقطه نسبت به سطح آن سنجیده میشود.
- ارتفاع نقطه : فاصله قائم نقطه نسبت به سطح مبنا را ارتفاع میگویند
- بنچ مارک : نقاط ثابتی هستند که ارتفاع آنها برای نقشه بردار معلوم است که خود چهار نوع است:
  - ✓ بنچ مارک ژئودزی : (GTS.BM)
  - ✓ بنچ مارک دائمی: (P.BM) :
  - ✓ بنچ مارک اختیاری: (A.BM)
  - ✓ بنچ مارکهای موقتی: (T.BM)

ترازیابی

- ***انواع ترازیابی:***

ترازیابی بنا به دقت مورد نظر و سرعت لازم ممکن است بیکی از ۳ روش زیر انجام میشود:

1) ترازیابی با فشار سنجی (بارومتریک)
2) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی)
3) ترازیابی مستقیم (هندسی)

- ***ترازیابی بارومتریک یا فشار سنجی:***

که آنرا آلتیمتری نیز میگویند. در مواقعی که سرعت عمل زیاد و دقت کم مورد نظر باشد از این روش استفاده میشود اساس این روش بر پایه پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه مانند **A** و **B** از روی فشار هوا و درجه حرارت و میزان رطوبت موجود در دونقطه استوار است و در حالت معمولی از رابطه زیر استفاده میشود:

$$H_2 - H_1 = \Delta h = C(1+\alpha.t).Log\frac{p_1}{p_2}$$

C ضریبی است که مقدار آن در سیستم متریک ۱۸۴۰۰ است

p_i فشار نقطه

H_i ارتفاع نقطه

$$t = \frac{t_A + t_B}{2} \qquad \alpha = \frac{1}{273}$$

ترازیابی

- ***ترازیابی مستقیم یا هندسی:***

در این قسمت روشهای مختلف ترازیابی مستقیم و اصول ومفاهیم ان بررسی میشود:

- ترازیابی بدون دوربین و بدون شاخص
  - ترازیابی توسط شیلنگ تراز :
  - ترازیابی با شاقول
- ترازیابی بدون دوربین و با شاخص
  - ترازیابی بوسیله شیب سنج
  - ترازیابی بوسیله شمشه و تراز بنایی
- ترازیابی با دوربین و با شاخص

ترازیابی

انواع ترازیاب

ترازیابها برحسب دقت و ساختمانشان تقسیم بندی میشوند.

دقت هر دستگاه تراز یاب تابع حساسیت تراز و درشت نمایی تلسکوپ آن است برایت اساس ترزیابها به سه دسته تقسیم میشوند:

- ترازیابهای ساختمانی
- ترازیابهای مهندسی
- ترازیابهای دقیق

نوع ترازیاب	درشت نمایی	قطر عدسی شئی	حساسیت تراز استوانه ای	حساسیت تراز کروی	خطای متوسط در ۱ کیلومتر
ساختمانی	۱۶ تا ۲۵ برابر	۲۰تا ۳۰ م.م	۲۰ تا ۶۰ ثانیه	۵ تا ۱۰ دق	۵ تا ۱۰ م.م
مهندسی	۲۰ تا ۳۲ برابر	۳۰تا ۴۵ م.م	۲۰ تا ۶۰ ثانیه	۸ تا ۱۲ دق	۲ تا ۴ م.م
دقیق	۴۰تا ۴۴ برابر	۵۰تا ۶۵ م.م	۸ تا ۱۲ ثانیه	۸ تا ۱۲ دق	0.3 تا 0.5 م.م

ترازیابی

انواع ترازیاب

از نمونه های ترازیابهای ساختمانی میتوان از دستگاههای Ni4 (زایس) ، N0 (ویلد) و C4O (سوکیا) نام برد.

در مورد ترازیابهای مهندسی N1 وNA2 ، Ni2 ، C3A قابل ذکرند.

ترازیابهای N3 ، Ni1 ، PL1 از نوع ترازیابهای دقیق هستند.

تنظیمات ترازیاب

بطور کلی تنظیمات ترازیاب دو نوع میباشد:

- تنظیمات موقتی : تنظیماتی هستند که در هر ایستگاه گذاری و هر قرائت بایستی آنها را تنظیم و کنترل نمود
- تنظیمات دائمی : ایجاد وضعیت محورهای دستگاه نسبت بهم که توسط کارخانه انجام میشود و در اثر کار زیاد یا ضربه خوردن بهم بخورد.

ترازیابی

- تنظیمات موقتی :

این تنظیمات عبارتند:

1) استقرار : یعنی قرار دادن دوربین روی سه پایه مربوطه و مستقر کردن آن روی نقطه مورد نظر

در استقرار دوربین بایستی نکات زیر رعایت شود:

- حتی المقدور دوربین در وسط دو نقطه ای باشد که میخواهیم اختلاف ارتفاعشان را تعیین کنیم.
- بلندی سه پایه متناسب با قد عامل باشد
- دستگاه از نظر استقرار بایستی پایدار باشد.

2) تراز کردن دستگاه: از نظر تراز کروی و استوانه ای(درصورتیکه تراز استوانه ای هم داشته باشد)

3) حذف پارالاکس: یعنی واضح دیدن تصویر شاخص (در یدان دید آوردن شیئی مورد نظر در دوربین) وهچنین روشن کردن تارهای رتیکول

ترازیابی

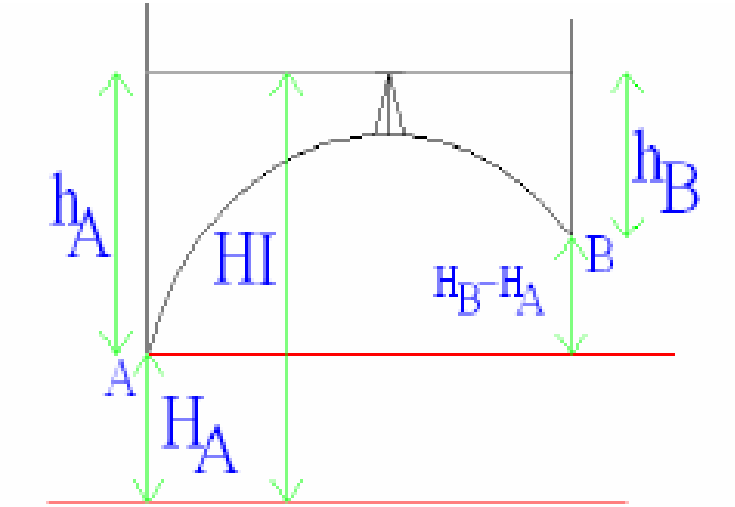
- تنظیمات دائمی : همانطور که قبلا گفته شده است محورهای ترازیاب (محور عدسیها – محور کلیماسیون – محور لوله تراز – محور اصلی (قائم)) نسبت بهم در وضعیت ثابتی قرار دارند مثلا محور عدسیها بر محور کلیماسیون منطبق بوده و موازی محور لوله تراز میباشد و یا اینکه محور قائم بر محور دیدگانی عمود میباشد. ایجادر این وضعیتها توسط کارخانه انجام میشود ولی ممکن است در اثر عواملی بهم بخورد (وضعیت محورها نسبت بهم از حالت تعادل خارج شود) در این مرحله تا جائیکه مربوط به عامل است باید در رفع این اشکالات چه از نظر محاسباتی و یا عملی و یا تنظیم بکوشد.

این تنظیمات دو نوع هستند:

- تنظیم محور لوله تراز
- تنظیم محور کلیماسیون

که در بخشهای بعدی توضیح داده خواهند شد.

ترازیابی



اصول ترازیابی:

دو نقطه **A** و **B** را درنظر میگیریم میخواهیم با معلوم بودن ارتفاع نقطه **A** ارتفاع نقطه **B** را بدست آوریم:

پس از استقرار و تراز کردن دستگاه و قرائت عدد شاخصهای مستقر در نقاط مذکور با روابط و فرضیات زیر ارتفاع نقطه **B** بدست میاید:

h_A قرائت شاخص مستقر در **A** (قرائت عقب **BS**)

h_B قرائت شاخص مستقر در **B** (قرائت جلو **FS**)

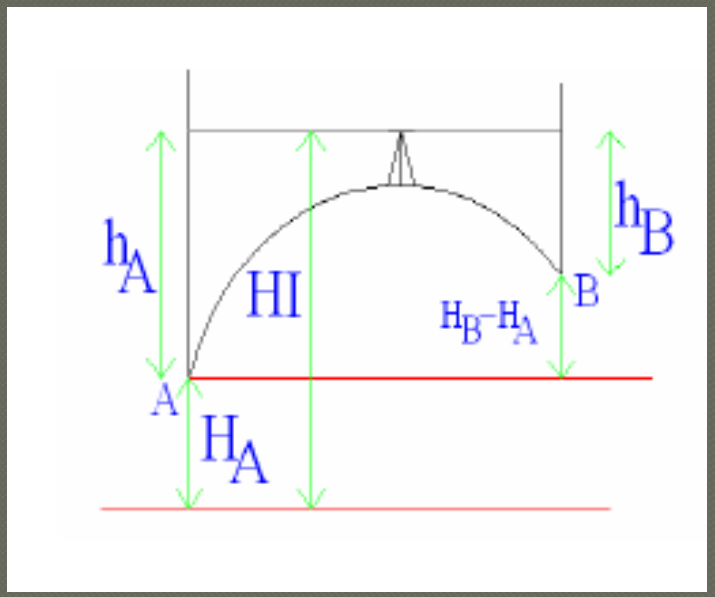
HI ارتفاع خط قراولروی

$$HI = h_A + B.S = h_B + F.S$$

$$\Delta H = h_B - h_A = B.S - F.S$$

ترازیابی

اصول ترازیابی:



یعنی اختلاف ارتفاع بین دو نقطه برابر با تفاضل قرائتهای عقب وجلو است . در اینصورت :

$$h_B = h_A + \Delta H$$
$$h_B = HI - F.S$$

از روابط و شکل میتوان دریافت که هرگاه مقدار عددی قرائت جلو از مقدار عددی قرائت عقب کمتر باشد نقطه **B** نسبت به نقطه **A** بالاتر است و درصورت عکس نقطه **B** نسبت به **A** پایین تر است.

ترازیابی

مثال : در ترازیابی بین دو نقطه **A** و **B** قارئت عقب برابر **0215** و قرائت جلو برابر **2511** بدست آمده است چنانچه ارتفاع نقطه **A** برابر **1351.32**باشد ارتفاع نقطه **B** را بدست آورید؟

$$\Delta H_{AB} = B.S - F.S = 0215 - 2511 = -2296mm = -2.296m$$

$$h_B = h_A + \Delta H = 1351.32 - 2.296 = 1349.024m$$

$$HI = h_A + B.S = 1351.32 + 0.215 = 1351.535m$$

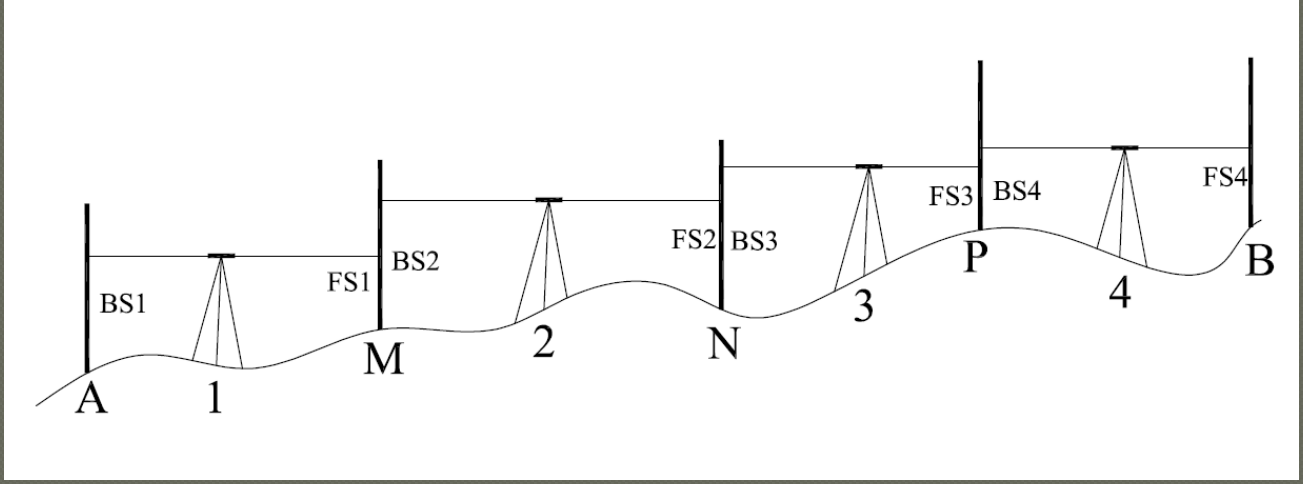
$$h_B = HI - F.S = 1351.535 - 2.511 = 1349.024m$$

ترازیابی

- ***شیوه های ترازیابی:***

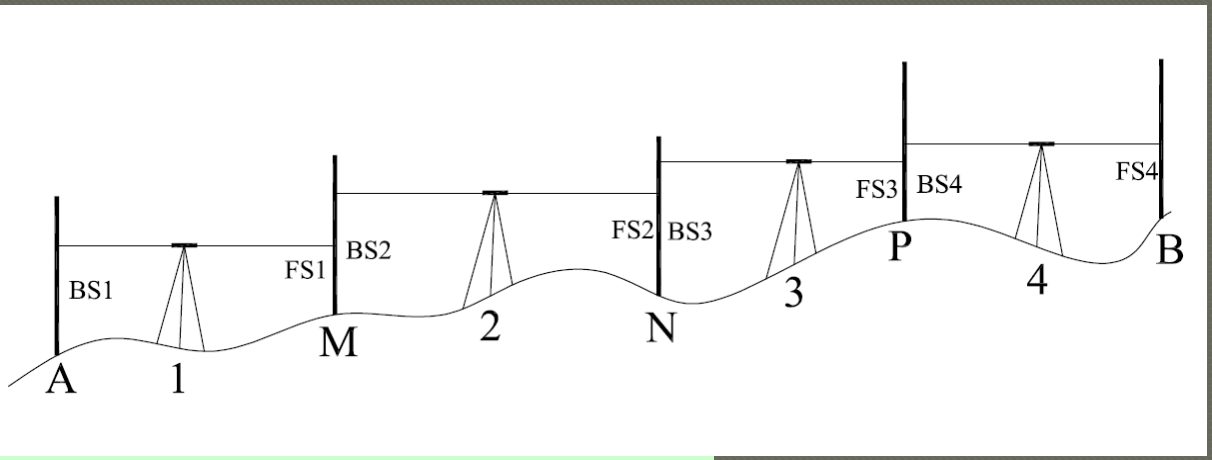
با توجه به وضعیت نقاط ارتفاعی نسبت بهم ترازیابی مستقیم به سه شیوه ***شعاعی*** – پ***یمایشی*** و یا ***ترکیبی*** از این دوشیوه انجام میشود .

- ***شیوه پیمایشی یا خطی:*** در نقاطی که فاصله انها زیاد است و یا ارتفاع انها از ارتفاع میر بیشتر است نمیتوان با یکبار ایستگاه گذاری ترازیابی کرد در اینصورت از ایستگاههای بیشتری برای استقرار دوربین استفاده میشود.



ترازیابی

- **شیوه پیمایشی یا خطی:**



$$\Delta H = H_M - H_A = B.S_1 - F.S_1$$
$$\Delta H = H_N - H_M = B.S_2 - F.S_2$$
$$\Delta H = H_P - H_N = B.S_3 - F.S_3$$
$$\Delta H = H_B - H_P = B.S_4 - F.S_4$$
$$\Sigma\Delta H = H_B - H_A = \Sigma B.S - \Sigma F.S$$

برای محاسبه اختلاف ارتفاع بین دو نقطه فوق لازم است جمع قرائتهای جلو را از جمع قرائتهای عقب کم کنیم.

برای سهولت در ثبت قرائتها و محاسبه ارتفاعات نقاط از جدولی به شکل زیر استفاده میشود:

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع		ارتفاع نقاط	توضیحات
			سربالایی	سرازیری		
P.Nr.	B.S	F.S	R(+)	R(-)	H	

ترازیابی

- **مثال:** بین دو نقطه اصلی **A** و **B** از طریق نقاط کمکی **C** و **D** و **E** ترازیابی انجام شده است ؛ نتیجه قرائتها بشرح جدول زیر است . اگر ارتفاع نقطه **A** برابر ۱۰۰۰ متر باشد ارتفاع سایر نقاط را تعیین کنید؟

شماره ایستگاه	1	2	3	4
عقب	2.594	1.868	3.658	0.914
جلو	1.890	3.640	2.753	1.845

$$\Sigma\Delta H = H_B - H_A = \Sigma B.S - \Sigma F.S \Rightarrow \Delta H = 9.034 - 10.128 = -1.094 \Rightarrow H_B = 998.906$$

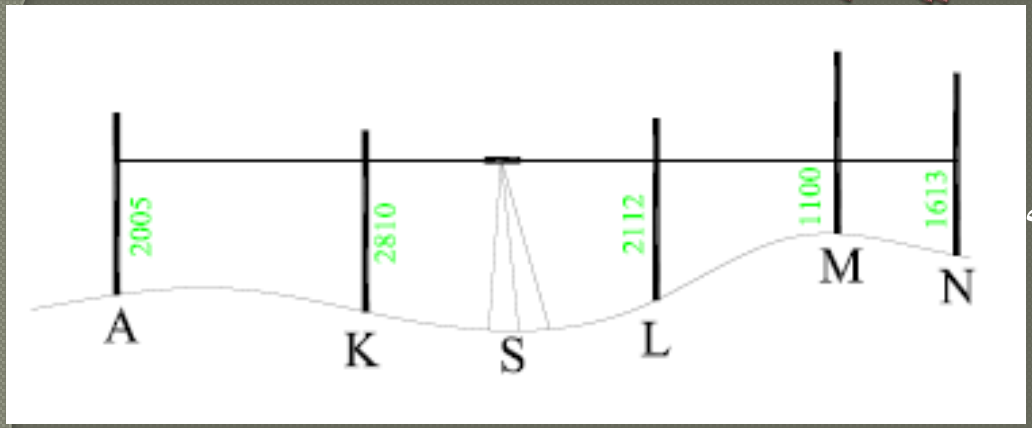
شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع		ارتفاع نقاط	توضیحات
			سربالایی	سرازیری		
A	2.594		0.704	1.772	1000.000	
C	1.868	1.890			1000.704	
D	3.658	3.640	0.905		998.932	
E	0.914	2.753		0.931	999.838	
B		1.845			998.906	
Σ	9.034	10.128				

ترازیابی

- علاوه بر روش فوق میتوان با استفاده از ارتفاع خط قراولروی نیز ارتفاع نقاط را بدست آورد در این روش ابتدا ارتفاع دوربین را با استفاده از رابطه $H_C = H_A + B.S = H_B + F.S$ بدست میاوریم و سپس از رابطه $H_B = H_C - F.S$ ارتفاع نقاط مجول را محاسبه میکنیم

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت جلو	ارتفاع دوربین	ارتفاع نقاط	توضیحات
A	2.594		1002.594	1000.000	
C	1.868	1.890	1002.572	1000.704	
D	3.658	3.640	1002.590	998.932	
E	0.914	2.753	1000.751	999.838	
B		1.845		998.906	
Σ	9.034	10.128			

ترازیابی



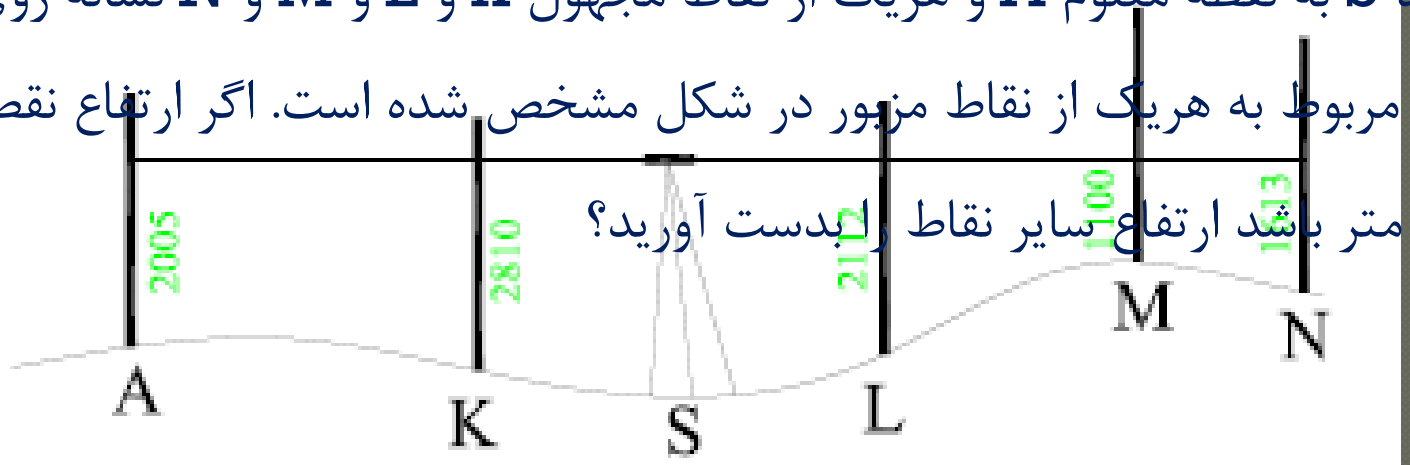
- ***شیوه شعاعی:*** در بعضی از عملیات با یک ایستگاه گذاری میتوان به چندین نقطه مجهول نشانه روی کرد واختلاف ارتفاع انها را نسبت به نقطه معلوم بدست آورد.

در این روش هر جفت قرائتی که روی دو نقطه متوالی انجام میشود به ترتیب به منزله قرائت عقب و قرائت جلو بحساب میایند لیکن در موقع تنظیم جدول برای جلوگیری از اشتباهات احتمالی به نقاط میانی در ستون جدید وارد میشوند.

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع نقاط	توضیحات
P.Nr.	B.S	I.S	F.S	R(±)	H	

ترازیابی

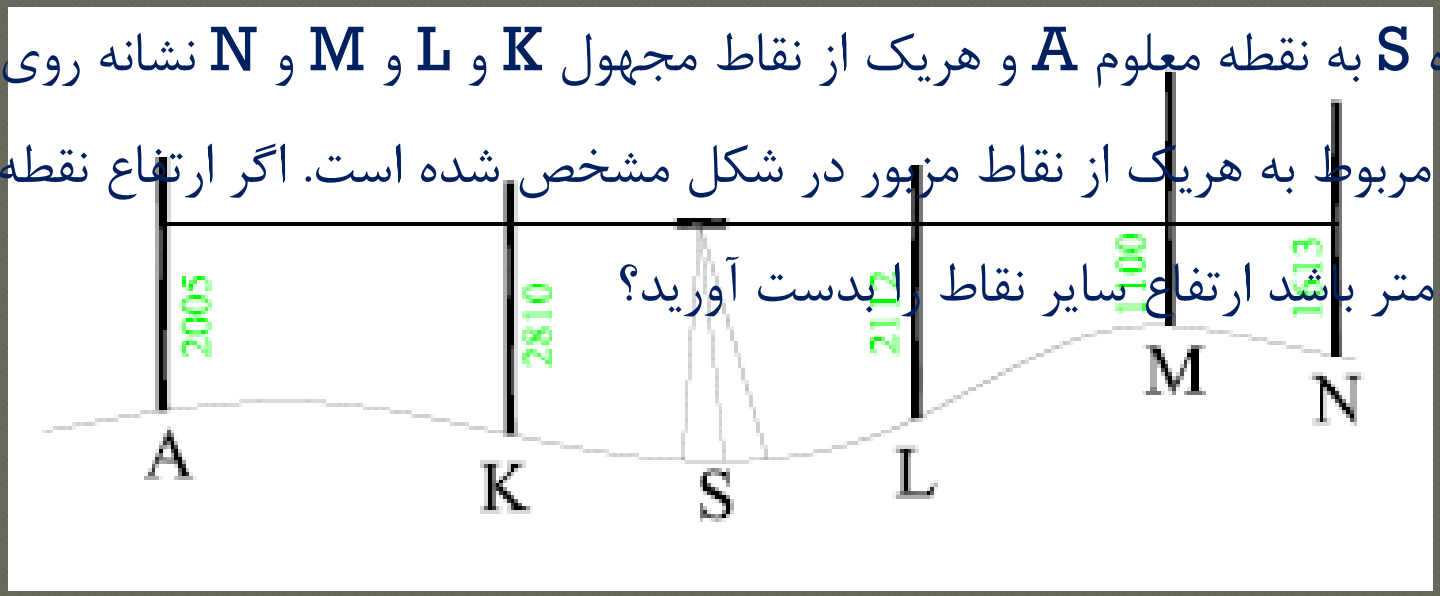
- *مثال:* از ایستگاه **S** به نقطه معلوم **A** و هریک از نقاط مجهول **K** و **L** و **M** و **N** نشانه روی کردیم قرائتهای مربوط به هریک از نقاط مزبور در شکل مشخص شده است. اگر ارتفاع نقطه **A** برابر **1750** متر باشد ارتفاع سایر نقاط را بدست آورید؟



شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع نقاط
A	2.005			-0.805	1750
K		2.810		+0.698	1749.195
L		2.112		+1.012	1749.893
M		1.100		-0.513	1750.905
N			1.613		1750.392
Σ	2.005		1.613	+0.392	

ترازیابی

- *مثال:* از ایستگاه **S** به نقطه معلوم **A** و هریک از نقاط مجهول **K** و **L** و **M** و **N** نشانه روی کردیم قرائتهای مربوط به هریک از نقاط مزبور در شکل مشخص شده است. اگر ارتفاع نقطه **A** برابر **1750** متر باشد ارتفاع سایر نقاط را بدست آورید؟



شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دوربین	ارتفاع نقاط
A	2.005			1752.005	1750
K		2.810		1752.005	1749.195
L		2.112		1752.005	1749.893
M		1.100		1752.005	1750.905
N			1.613		1750.392

ترازیابی

- **شیوه ترکیبی :** این شیوه ترکیبی از دو شیوه قبلی است . دراین روش اولین قرائت هر ایستگاه در ستون قرائت عقب و آخرین قرائت آن در ستون قرائت جلو وسایر قرائتها در ستون قرائتهای میانی ثبت میشود. از ینروش برای ترازیابیهای با دقت متوسط مانند تهیه نیمرخهای طولی استفاده میشود.

- جهت کنترل محاسبات میتوان از رابطه $\Sigma\Delta H = H_B - H_A = \Sigma B.S - \Sigma F.S$ استفاده نمود ولی این رابطه فقط صحت محاسبه ارتفاع نقاط اصلی را معلوم میکند. برای کنتل محاسبه نقاط میانی میتوان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$H = H_C - F.S$$

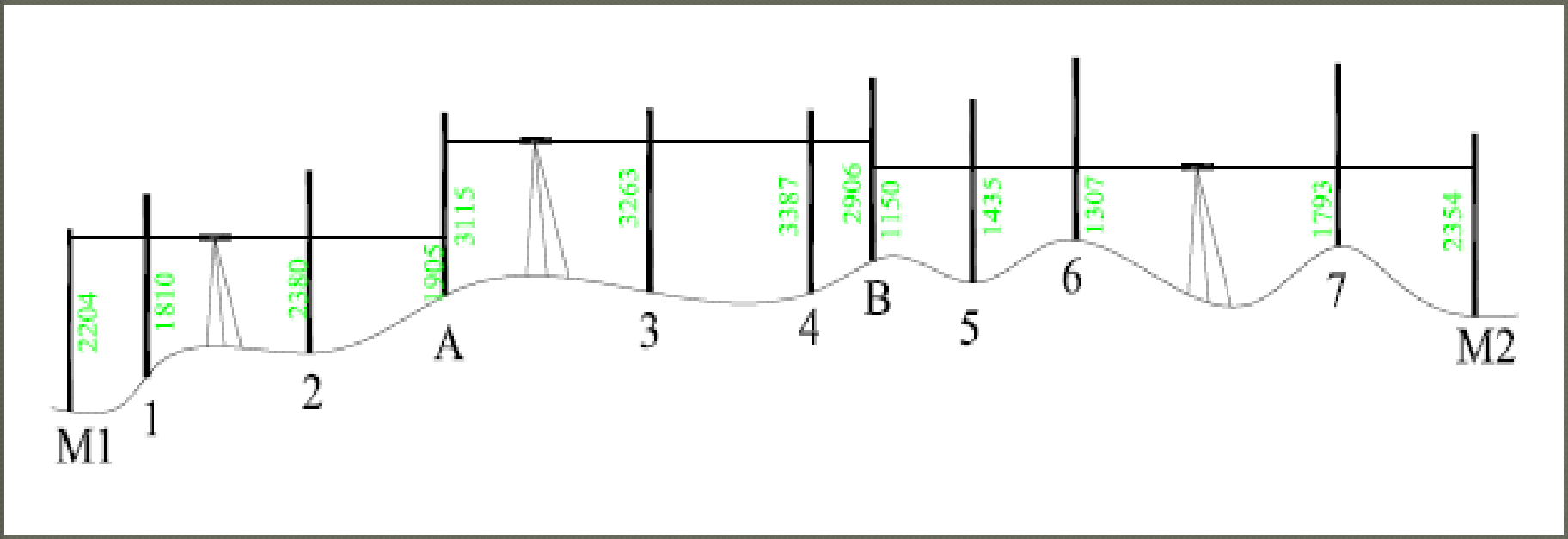
$$H = H_C - I.S$$

$$\Sigma H = \Sigma H_C - (\Sigma F.S + \Sigma I.S) \Rightarrow \Sigma H_C = \Sigma H + \Sigma F.S + \Sigma I.S$$

یعنی جمع مقادیر عددی ارتفاعات خطوط قراولروی مساوی با مجموع مقادیر سه ستون **IS** و **FS** و **H** است(مقصود از Σ **H** در روابط مجموع ارتفاع نقاط مجهول یعنی همه مقادیر غیر از نقطه اول است)

ترازیابی

- *مثال:* ترازیابی مطابق شکل انجام شده است اگر ارتفاع نقطه M1 برابر 1749.50 باشد ارتفاع سایر نقاط را محاسبه و محاسبات را کنترل نمایید؟



ترازیابی

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع نقاط
M1	2.204				1749.500
1		1.810		0.394	1749.894
2		2.380		-0.570	1749.324
A	3.115		1.905	0.475	1749.799
3		3.263		-0.148	1749.651
4		3.387		-0.124	1749.527
B	1.150		2.906	0.481	1750.008
5		1.435		-0.285	1749.723
6		1.307		0.128	1749.851
7		1.793		-0.486	1749.365
M2			2.354	-0.561	1748.804
Σ	6.469		7.165	-0.696	

ترازیابی

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دوربین	ارتفاع نقاط
M1	2.204			1751.704	1749.500
1		1.810		1751.704	1749.894
2		2.380		1751.704	1749.324
A	3.115		1.905	1752.914	1749.799
3		3.263		1752.914	1749.651
4		3.387		1752.914	1749.527
B	1.150		2.906	1751.158	1750.008
5		1.435		1751.158	1749.723
6		1.307		1751.158	1749.851
7		1.793		1751.158	1749.365
M2			2.354		1748.804
Σ	6.469	15.375	7.165	17518.486	17495.946

$$\Sigma H_C = \Sigma H + \Sigma F.S + \Sigma I.S$$

ترازیابی

- ***بررسی خطاهای ترازیابی :*** در ترازیابی نیز مانند سایر اندازه گیریهای نقشه برداری سه عامل باعث ایجاد خطا میشود و خطاهای ترازیابی در حالت کلی عبارتند از:
  - خطای دستگاهی : شامل میزان نبودن تراز دستگاه، افقی نشدن محور دیدگانی پس از تنظیم تراز، صحیح نبودن طول شاخص ویا درجه بندی آن، نا÷ایدار بودن سه پایه و...
  - خطای طبیعی: شامل کویت زمین ، انکسار نور در هوا ، تشعشع خورشید ، وزش باد وتییر ناگهانی دما و...
  - خطای انسانی : شامل تراز نکردن کامل دستگاه، عدم پایداری تکیه گاه شاخص، قائم نگرفتن شاخص، ازبین نرفتن کامل پارالاکس و خطا در قرائت شاخص.
  - ***خطای دستگاهی:*** همانطور که در بخش تنظیمات دائمی دوربین اشاره شد دو نوع تنظیم (تنظیم محور لوله تراز – تنظیم دیدگانی (کلیماسیون)) تا خطاهای دستگاهی کاهش یابند. تنظیم اول که به تراز کردن دوربین و نحوه عمل و کنترل آن برمیگردد که در بخش عملی با آن آشنا شده اید.

ترازیابی

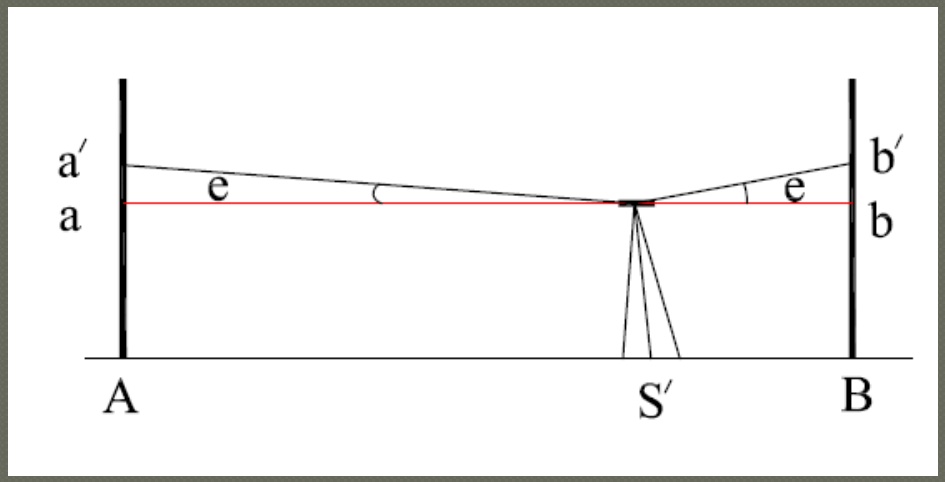
تنظیم محور کلیماسیون: عمود نبودن محور قائم بر محور کلیماسیون یا موازی نبودن محور لوله تراز با محور کلیماسیون و یا همچنین منطبق نبودن محور عدسیه بر محور کلیماسیون، خطایی ایجاد میکند که آنرا خطای کلیماسیون میگویند. بایستی تنظیم بودن محور کلیماسیون را هر چند وقتیکبار بخصوص مواقعیکه امکان ضربه خوردن به دستگاه باشد قبل از کار روزانه بیکی از دو طریق زیر کنترل نمود:

1) اختلاف ارتفاع چند نقطه را از چند ایستگاه اندازه گیری میکنیم اگر دستگاه خطای کلیماسیون نداشته باشد ، بایستی این مقادیر با هم برابر باشند .

2) دو نطقه **A** و **B** در روی زمین نسبتا صافی بطول تقریبی ۱۰۰ متر اختیار میشود و اخلاف ارتفاع دو نقطه را با دوبار ایستگاه گذاری (یکبار در نزدیکی **A** و باردیگر در نزدیکی**B**) بدست میآوریم که در دو حالت بایستی یک عدد بدست آید در غیر اینصورت دستگاه دارای خطای کلیماسیون میباشد.

ترازیابی

زاویه کلیماسیون : چنانچه این حالت وجود نداشته باشد محور دیدگانی دستگاه با افق زاویه ای مثل e میسازه که به آن زاویه کلیماسیون میگویند.



بطوریکه در شکل دیده میشود در صورت وجود خطای کیماسیون بجای قرائت a در روی شاخص a′ قرائت میشود در نتیجه:

$$a' - a = e_a = d_a.tag(e) \cong d_a.e$$

$$a = a' - d_a.e$$

بطور مشابه برای B داریم

$$b' - b = e_b = d_b.tag(e) \cong d_b.e$$

$$b = b' - d_b.e$$

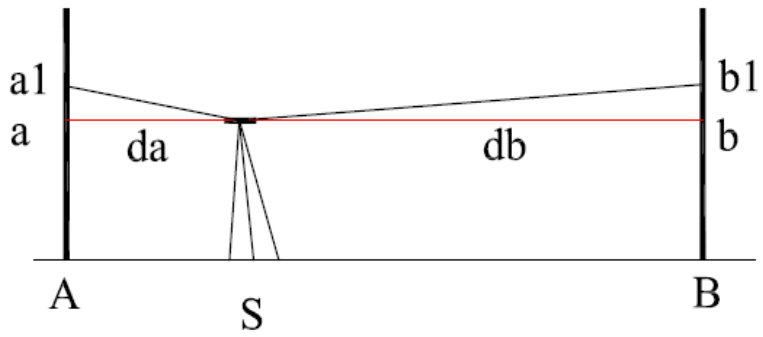
در نتیجه:

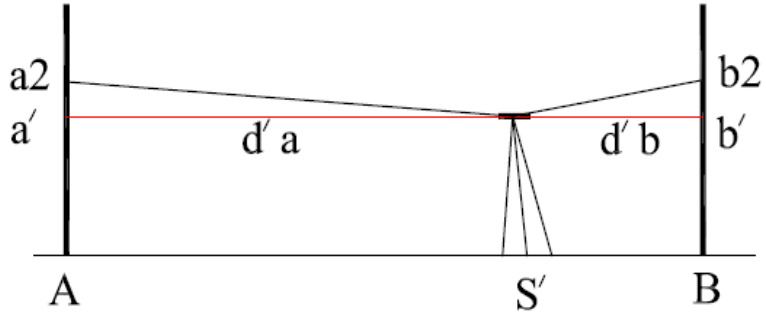
$$H_B - H_A = \Delta H = a - b = (a' - d_a.e) - (b' - d_b.e)$$

$$\Delta H = (a' - b') - (d_a - d_b).e$$

$$\Sigma \Delta H = (\Sigma a' - \Sigma b') - (\Sigma d_a - \Sigma d_b).e$$

ترازیابی





$$a = a_1 - d_a.e \qquad a' = a_2 - d'_a.e$$

$$b = b_1 - d_b.e \qquad b' = b_2 - d'_b.e$$

$$a - b = (a_1 - d_a.e) - (b_1 - d_b.e)$$

$$a' - b' = (a_2 - d'_a.e) - (b_2 - d'_b.e)$$

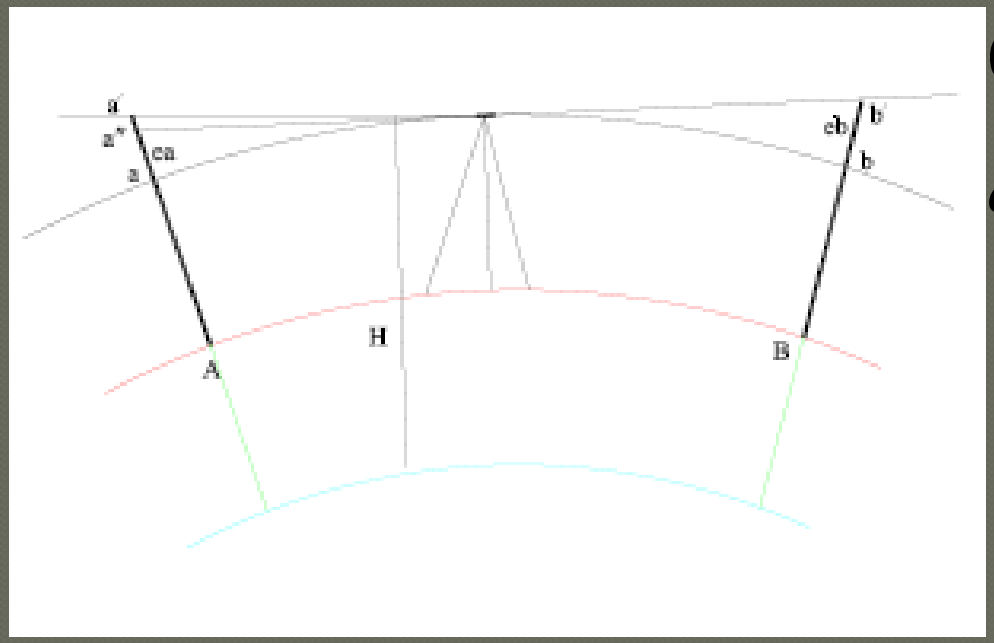
$$(a_1 - d_a.e) - (b_1 - d_b.e)$$

$$e = \frac{(a_2 + b_1) - (a_1 + b_2)}{(d_b + d'_a) - (d_a + d'_b)}$$

ترازیابی

خطای طبیعی:

- خطای کرویت : همانطوریکه در قسمت قبل گفته شد اختلاف ارتفاع بین دو نقطه فاصله بین دو سطح ترازی است که بر هریک از این دو نقطه میگذرد. بنابراین برای تعیین اختلاف ارتفاع بین دو نقطه لازمست از یک سطح تراز مقایسه استفاده شود و اختلاف فاصله هریک از دو نقطه مفروض را ازین سطح مقایسه تعیین و به عنوان اختلاف ارتفاع معرفی میکنیم.



$$(R+H)^2 + D_A^2 = ((R+H)+e_A)^2$$

$$e_A = \frac{D_A^2}{2(H+R)} \cong \frac{D_A^2}{2R}$$

ترازیابی

- **خطای طبیعی:**

- خطای انکسار: هنگامیکه شعاع نوری از میان طبقات مختلف جو عبور میکند به علت تغییرات چگالی زمین امتدادش مرتبا شکسته میشود و به این ترتیب محور دیدگانی به شکل منحنی در می اید و درنتیجه این تغییر شکل شیئ مورد مشاهده نسبت به موقعیت حقیقیش بالاتر به نظر میرسد.
- در شرایط جوی معمولی مقدار عددی تصحیح انکسار در حدود 1/7 تصحیح کرویت و در جهت مخالف آن است .

$$e_R = \frac{D^2}{14R}$$

$$e = e_c - e_R = \frac{D^2}{2R} - \frac{D^2}{14R} = \frac{3D^2}{7R}$$

اگر شعاع متوسط زمین را ۶۳۷۰ کیلومتر در نظر بگیریم :

$$e = \frac{3D^2}{7R} = \frac{3D^2}{7*6370} = 6.73*10^{-2} * D^2(m)$$

در رابطه فوق D برحسب کیلومتر است

ترازیابی

با توجه به اثر کرویت و انکسار میتوان نتیجه گرفت که برای دخالت دادن اثر کرویت و انکسار نور لازم است که برآیند اثر کرویت و انکسار هر نقطه از قرائت شاخص مربوط به آن نقطه کم شود .در این صورت چنانکه قرائت شاخصها را به ترتیب **RA** و **RB** و برآیند اثر کرویت و انکسار را به ترتیب **e A** و **e B** بنامیم داریم:

$$\Delta H = (R_A - e_A) - (R_B - e_B)$$

$$\Delta H = (R_A - R_B) - (e_A - e_B)$$

- با توجه به مطالب فوق میتوان نتیجه گرفت که هنگامی که فواصل بین محل استقرار دوربین وشاخص درقراولروی عقب وجلو مساوی باشد کرویت زمین و انکسار در ترازیابی مستقیم خطایی ایجاد نمیکند.
- در محاسبه کلیماسیون و همچنین درموقع تنظیم دستگاهها باید مورد فوق را در نظرگرفت.
- در رابطه زاویه کلیماسیون چنانچه صورت ومخرج کسر هم علامت باشند زاویه کلیماسیون مثبت (شیب مثبت) و در غیر اینصورت منفی است.

ترازیابی

- ***روشهای کنترل ترازیابی :*** بمنظور شناسایی و کشف اشتباهات احتمالی و نیز کاهش خطاهای تصدفی ، کنترل عملیات در ترازیابی مستقیم ضروری است . روشهای کنترلی را درترازیابی مستقیم در دو دسته خلاصه میکنیم
  - کنترل در هرایستگاه
  - کنترل در پایان کار
  - ***کنترل درهر ایستگاه*** : این کنترلها به شرح زیر
- ***تغییر ارتفاع خط قراولروی :*** (مانند تعیین خطای کلیماسیون) عمل میشود چنانچه نتایج بدست آمده در حد قابل قبول باشد متوسط آنها را بعنوان اختلاف ارتفاع نقطه منظور میکنیم در غیر اینصورت با استقرار مجدد دستگاه عملیات را تکرار میکنیم.
- ***استفاده از شاخصهای دورو :*** شاخصهای با دو سیتم اندازه گیری در دو طرف

قرائت بر حسب میلیمتر = مقدار برحسب فوت * 8.304

قرائت بر حسب متر = مقدار بر حسب میلیمتر * 00328.

ترازیابی

- ***استفاده از شاخصهای مضاعف :*** شاخصهای با دو ردیف اندازه گیری
- ***قرائت سه تار رتیکول (ترازیابی دقیق):***

$$U - M = M - L$$

U ***قرائت تا بالا***

M ***قرائت تار وسط***

L ***قرائت تارپایین***

در اینصورت علاوه بر کنترل قرائتها با محاسبه میانگین سه قرائت میتوان در تعیین قرائت تار وسط دقت بیشتری را بکار برد

علاوه بر این میتوان در هر ایستگاه فاصله ترازیاب تا ایستگاه شاخص را بکمک رابطه زیر تعیین کرد

$$D = (U - L) * 100$$

و ازین روش با تعیین فاصله دهانه های عقب وجلو تعادلی ایجاد کرد تا اثر خطای کویت وانکسار وکلیماسیون خنثی شود.

ترازیابی

- ***کنترل در پایان کار:*** این کنترلها به شرح زیر

- ***روش رفت وبرگشت:*** چنانچه اختلاف ارتفاع بین دو نقطه **A** و **B** مورد نظر باشد میتوانیکبار از **A** به طرف **B** ترازیابی کردو سپس از **B** به طرف **A** . چون در دوحالت رفت وبرگشت از ایستگاههای متفاوت برای استقرار دستگاهو شاخص استفاده میشود دو اختلاف ارتفاع متفاوت برای **A** و**B** بدست میاید که میتوان آنهارا با هم مقایسه کرد. تفاضل دو مقدار اخیر را خطای بست ترازیابی میگویند. علت خطای بست وجود خطاهای دستگاهی و عملیاتی در جریان کار است.

$$f = (\sum BS_2 - \sum FS_2) - (\sum FS_1 - \sum BS_1)$$

خطای بست ترازیابی:

چنانکه خطای حاصل از حد قابل قبول (خطای بست مجاز) بیشتر نباشد ترازیابی صحیح بوده و میانگین اختلاف ارتفاع بین دو نقطه در محاسبات داخل میشود (ویا خطای محاسبه شده سرشکن میشود) ودرغیر اینصورت عملیات باید تکرار شود.

ترازیابی

- ***روش ترازیابی بین دو نقطه معلوم:*** چنانچه هدف تعیین اختلاف ارتفاع بین چند نقطه باشد که بین دو بنچ مارک P و Q با ارتفاع معلوم قرار گرفته اند میتوان کار ترازیابی را از نقطه معلوم P آغاز و به نقطه معلوم Q ختم کرددر این صورت بین دو نقطه P و q دو سری اختلاف ارتفاع بدست می اید (واقعی و محاسباتی) که تفاضل این دو مقدار خطای بست ترازیابی است. A مقدار اخیر را خطای بست ترازیابی میگویند. علت خطای بست وجود خطاهای دستگاهی و عملیاتی در جریان کار است.

اختلاف ارتفاع محاسباتی : $(\sum BS - \sum FS)$

اختلاف ارتفاع واقعی : $H_Q - H_P$

- ***روش ترازیابی بسته :*** از یک نقطه معلوم شروع و در پایان به همان نقطه ختم میشود . این روش حالت خاصی از روش قبل است.

ترازیابی

◉ ***خطای بست مجاز :*** مقدار خطای بست مجاز به نوع درجه بندی ترازیابی بستگی دارد و مقادیر پیشنهادی آن در مراجع مختلف متغیر است:

❑ دیانت خواه :

ترازیابی درجه یک	$4.2\sqrt{K}\,(mm)$
ترازیابی درجه دو	$8.4\sqrt{K}\,(mm)$
ترازیابی درجه سه	$12\sqrt{K}\,(mm)$
ترازیابی درجه چهار	$15\sqrt{K}\,(mm)$

❑ شمس نوبخت:

ترازیابی درجه یک ودو	$(2-3)\sqrt{K}\,(mm)$
ترازیابی درجه سه	$12\sqrt{K}\,(mm)$
ترازیابی با دقت معمولی	$25\sqrt{K}\,(mm)$
ترازیابی با دقت تقریبی	$100\sqrt{K}\,(mm)$

در روابط فوق $\mathbf{k}$ مجموع طول ترازیابی بر حسب کیلومتر است.

ترازیابی

روش تصحیح خطا:

چنانچه خطای بست ترازیابی **f** از حد مجاز بیشتر نباشد آنرا به تعداد ایستگاه تقسیم میکنیم در اینصورت سهم هر ایستگاه از بابت تصحیح معلوم میشود مقدار تصحیح را به یکی از دو روش زیر میتوان وارد کرد:

1) به هریک از ΔH ها مقدار تصحیحی برابر $C = \frac{-f}{N}$ وارد شود (N تعداد کل ایستگاههاست).

2) به ارتفاع کلیه نقاط به غیر نقاطی که ارتفاع آنها معلوم است ، تصحیحی برابر $n*c$ وارد شود که در آن n شماره ایستگاه ترازیاب است .

ترازیابی

مثال ۱) دقت کار ترازیاب توسط سازنده آن 0.15 میلیمتر اعلام شده است در صورتیکه شعاع تراز 25 متر باشد زاویه انحراف از افق (حساسیت) تراز چقدر خواهد بود؟

$$\varepsilon = \frac{d}{r} = \frac{0.15}{25000} = 6*10^{-6}(rad) = 1.24''$$

مثال ۲) در عملیات ترازیابی قرائت تار وسط شاخصی که به میزان یک درجه از حالت قائم منحرف شده برابر ۳۵۲۸ میباشد. میزان خطای قرائت را مشخص کنید؟

$$\overline{AB'} = 3528$$

$$i = 1^{\circ}$$

$$dh = \overline{AB'} - \overline{AB}$$

$$\overline{AB} = \overline{AB'} * Cos(i)$$

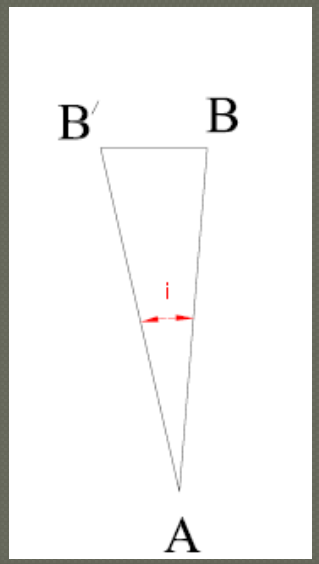
$$dh = \overline{AB'} - \overline{AB'} * Cos(i) = \overline{AB'} * (1 - Cos(i))$$

$$dh = \overline{AB'} * (2Sin^2(\frac{i}{2}))$$

$$dh = \overline{AB'} * (\frac{i^2}{2})$$

$$i = 1 * \frac{\pi}{180} = 0.017rad$$

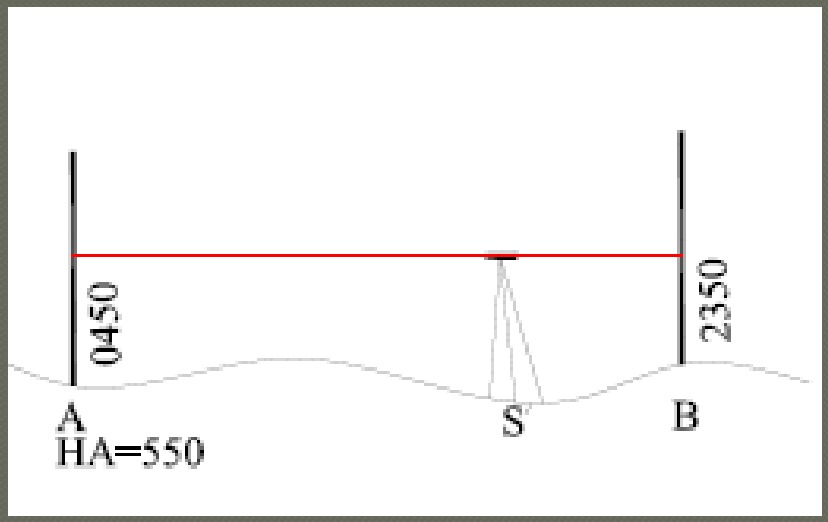
$$dh = 3528 * \frac{0.017^2}{2} = 0.51mm$$



ترازیابی

مثال ۳) مطابق شکل زیر بین دو نقطه **A** و**B** را ترازیابی کرده ایم در صورتیکه ارتاع نقطه **A** نسبت به سطح مبنا **550** متر باشد مطلوبست :

- محاسبه ارتفاع **B**
- محاسبه اختلاف ارتفاع **A** و **B**



$$H_A + B.S = H_B + F.S \Rightarrow H_B = H_A + (B.S - F.S)$$

$$H_B = 550 + (0.450 - 2.350) = 548.10$$

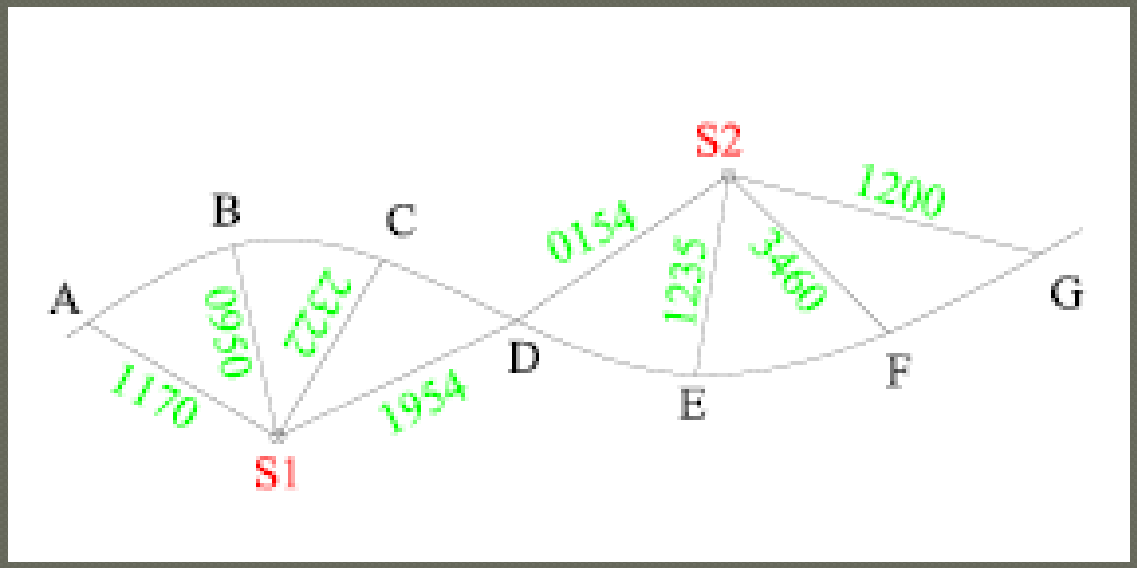
$$\Delta H_{B/A} = H_B - H_A = B.S - F.S$$

$$\Delta H_{B/A} = 0.450 - 2.350 = -1.90m$$

$$\Delta H_{B/A} = 548.1 - 550 = -1.90m$$

ترازیابی

مثال ۴) شکل زیر عملیات ترازیابی مربوط به یک پروه راهسازی میباشد در صورتیکه ارتفاع نقطه شروع ۱۰۰ متر باشد ارتفاع بقیه نقاط را محاسبه و جدول ترازیابی را تنظیم کنید؟ محاسبات انجام یافته را کنترل نمایید.



$$H_G - H_A = \sum B.S - \sum F.S$$

$$98.17 - 100 = 1.324 - 3.154$$

$$-1.83m = -1.83m$$

ترازیابی

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دوربین	ارتفاع نقاط
A	1170				100
B		0950		101.17	100.22
C		2322		101.17	98.848
D	0154		1954	101.17	99.216
E		1235		99.37	98.135
F		3460		99.37	95.91
G			1200	99.37	98.17

$$H_G - H_A = \sum B.S - \sum F.S$$

$$98.17 - 100 = 1.324 - 3.154$$

$$-1.83m = -1.83m$$

ترازیابی

تمرین ۵) در یک ترازیابی بسته که از نقطه **A** شروع شده قرائت شاخصها بشرح زیر است . جدول ترازیابی را تنظیم کنید – خطای بست را بدست آورید وارتفاعات تصحیح شده نقاط را محاسبه کنید(ارتفاع نقطه **A** برابر ۱۶۵۰ متر و خطای بست را مجاز فرض کنید)

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت جلو
A	2697	1574
B	3176	2968
C	2945	3742
D	0732	2592
E	1840	1757
F	3290	2868
G	2063	1377
H	1159	1040

$$f = \sum B.S - \sum F.S =$$

$$f = 17902 - 17918 = -16mm$$

$$c = \frac{-f}{n} = -\frac{-16}{8} = 2mm$$

ترازیابی

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	تصحیح	ارتفاع نقاط
A	2.697		+1.123		1650.000
B	3.176	1.574	+0.208	+0.002	1651.125
C	2.945	2.968	-0.797	+0.002	1651.335
D	0.732	3.742	-1.860	+0.002	1650.540
E	1.840	2.592	+0.083	+0.002	1648.682
F	3.290	1.757	+0.422	+0.002	1648.767
G	2.063	2.868	+0.686	+0.002	1649.191
H	1.159	1.377	+0.119	+0.002	1649.879
A		1.040		+0.002	1650.000

ترازیابی

تمرین ۶) یک ترازیابی باز مطابق جدول زیر بین نقاط ارتفاعی **BM1** و **BM2** انجام شده است چنانچه ارتفاع این نقاط به ترتیب ۱۷۴۵ و **1750.165** متر باشد خطای بست ترازیابی و ارتفاع تصحیح شده نقاط را محاسبه کنید؟

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو
BM1	1.245		
A		1.376	
B		2.390	
C	3.270		1.485
D		1880	
E	3.470		0.590
F	2.465		1.133
G		0.894	
BM2			2.065

$$f = (\sum B.S - \sum F.S) - (H_{BM\,2} - H_{BM\,1})$$

$$f = 0.012m$$

$$N = 4$$

$$C = \frac{-f}{N} = \frac{-0.012}{4} = -0.003$$

ترازیابی

شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دوربین	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع نقاط
BM1	1.245			1746.245	1745.000	0.000	1745.000
A		1.376			1744.869	-0.003	1744.866
B		2.390			1743.855	-0.003	1743.852
C	3.270		1.485	1748.030	1744.760	-0.003	1744.757
D		1.880			1746.150	-0.006	1764.144
E	3.470		0.590	1750.910	1747.440	-0.006	1747.434
F	2.465		1.133	1752.242	1749.777	-0.009	1749.768
G		0.894			1751.348	-0.012	1751.336
BM2			2.065		1750.177	-0.012	1750.165

ترازیابی

تمرین ۱) برای بررسی خطای کلیماسیون یک دستگاه ترازیاب دستگاه رایکبار در وسط دو نقطه **A** و **B** که نسبت به هم ۱۲۰ متر فاصله دارند قرار میدهیم و بار دیگر در خارج از حد فافص دو نقطه و در فاصله ۲۰ متری از **A** ، هرگاه قرائت شاخصها **A** و **B** بازا هر دو حالت بشرح زیر باشد مطلوبست : میزان خطای کلیماسیون - نسبت به تراز افقی خطای کلیماسیون چه حالتی را خواهدداشت.

دستگاه در وسط AB (A=1320 – B=2560)

دستگاه در ۲۰ متری A (A=1140 – B=2390)

جواب: 1*10^-4 rad

ترازیابی

تمرین ۲) قرائت شاخص روی نقطه **A** به ارتفاع ۵۰۰ متر که در فاصله ۱۰۰ متر از ترازیاب قراردارد، ۱۴۲۳ و برای شاخص **B** در فاصله ۱۵۰ متری دستگاه ۳۲۸۵ است ، اختلاف ارتفاع بین دو نقطه و ارتفاع نقطه **B** را پس از تصحیح اثر کرویت و انکسار نور محاسبه کنید؟

جواب: 1.863m- و 498.137m

ترازیابی

تمرین ۳) عملیات ترازیابی در یک پیمایش بسته بشرح زیر انجام و اعداد داخل جدول در موقع عملیات مشاهده و قرائت شده اند درصورتیکه ارتفاع نقطه **A** برابر ۱۰۰ متر باشد مطلوبست

- جدول ترازیابی تنظیم ، ارتفاع نقاط تعیینو صحت محاسبات کنترل شود.
- در صورتیکه خطای مجاز در این عملیات $\pm 15\sqrt{K}$ میلیمتر باشد تحقیق کنید که آیا عملیات ترازیابی قابل قبول است یا خیر
- ارتفاع اصلاح شده نقاط را پس از سرشکن کردن خطا بدست آورید

شماره نقطه	طول	قرائت عقب	قرائت جلو
A		2210	---
1	240	1010	1456
2	356	3145	1895
3	181	0950	2742
4	245	1750	1811
5	243	2882	2005
A	185	---	2020