

نقشه برداری مهندسی



دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

مدرس: سید مظفر داوری

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 بر مسائل 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
- خطاها و تصحیحات اندازه گیری طول با نوار
- مساحی

فهرست مطالب

(5) ترازیابی

- تعاریف واصطلاحات
- روشهای ترازیابی
- اصول ترازیابی مستقیم
- دستگاه ترازیاب (نیوو)
- 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
- تراز یابی مثلثاتی
- بررسی خطاها در زاویه یابی

فهرست مطالب

(7) مختصات نقاط و امتدادها

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

فهرست مطالب

(8) فاصله یابی اپتیکی

- روش استادیومتری
- بررسی خطاها در فاصله یابی استادیومتری
- 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) مجموعه‌های توتال استیشن

مفاهیم کلی

- بطور کلی نقشه‌برداری را میتوان علم تهیه و پیاده‌کردن نقشه دانست .
(تعریفی غیر جامع بدلیل گستردگی کاربرد این علم)

برخی از کاربردهای نقشه برداری:

- ✓ کنترل کارهای اجرایی ساختمانی و راهسازی
- ✓ مونتاژ واحدهای صنعتی و تولیدی
- ✓ طرحهای مربوط به تسطیح اراضی در شهر سازی و کشاورزی
- ✓ کنترل دائمی انحراف سدها

مفاهیم کلی

ادامه برخی از کاربردهای نقشه برداری:

- ✓ انتقال نقاط و امتدادها در **معادن** و راههای زیرزمینی
- ✓ بررسی تغییرات پوسته زمین در **زمین شناسی**
- ✓ تعیین میزان عمق آب و تهیه نقشه های دریانوردی در **کشتیرانی و بندرسازی**
- ✓ تهیه نقشه ابنیه و آثار تاریخی در **باستان شناسی** و

مفاهیم کلی

نقشه برداری را به دو مفهوم اصلی و جداگانه تعریف می کنند:

مفهوم عام و مفهوم خاص

- **مفهوم عام** : مجموعه علوم و فنونی که در چاپ و تهیه نقشه دخالت دارند. (که در

برابر کلمه کارتوگرافی **CARTOGRAPHY** استفاده میشود)

- **مفهوم خاص** : یک سلسله اندازه گیریهای طولی (افقی و عمودی) 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 سوریینگ **SURVEYING** استفاده می شود)

مفاهیم کلی

شاخه های مفهوم نقشه برداری عام :

- نجوم ژئودزی یا نجوم موضعی (GEODESY ASTRONOMY OR ASTROLOGY)
LOCAL : علمی است که هدف آن رسیدن به طول و عرض و آزیموت نجومی با استفاده از مشاهدات (امتداد و زمان) و با استفاده از مختصات ستارگان (در جداول نجومی) می باشد.
- ژئودزی (GEODESY): 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. (مساحی)
- فتوگرامتری (PHOTOGRAMMETRY) : علم تبدیل عکسهای هوایی به نقشه است. (اندازه گیری و مساحی از روی عکسها هوایی)
- کارتوگرافی (CARTOGRAPHY): عبارتست از ترسیم و انتخاب قطع نقشه و تهیه پانویس از روی نسخه اصلی نقشه (نقشه کشی)

شاخه های مفهوم نقشه برداری خاص:

- نقشه برداری مسطحاتی (PLANIMETRY SURVEYING):
تهیه نقشه های مسطحاتی
- نقشه برداری توپوگرافی (TOPOGRAPHY SURVEYING):
تهیه نقشه های ارتفاعی
- نقشه برداری ساختمانی (CONSTRUCTION SURVEYING):
پیاده کردن نقشه های ساختمانی و تاسیساتی و کنترل عملیات ساختمانی
- نقشه برداری دریاها (HYDROGRAPHIC SURVEYING):
بررسی وضعیت کف دریاها و اقیانوسها و تعیین عمق آب

مفاهیم کلی

- نقشه برداری مسیر (ROUTE SURVEYING):
طرح و پیاده کردن مسیرهای راه و راه آهن و خطوط انتقال نیرو و خطوط لوله آب و گاز و نفت
- نقشه برداری ثبتی (CADASTRAL SURVEYING):
تعیین حدود زمینهای شهری و تعیین مساحت آنها
- نقشه برداری معدنی (MINE SURVEYING):
عملیات نقشه برداری در تونلها - معادن و تاسیسات زیرزمینی
- نقشه برداری نظامی (MILITARY SURVEYING):
تهیه نقشه های نظامی و تعیین نقاط استراتژیک

مناheim کلی

• نقشه

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

• مقیاس

نسبت بین ابعاد روی نقشه به ابعاد افقی مشابه روی زمین

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

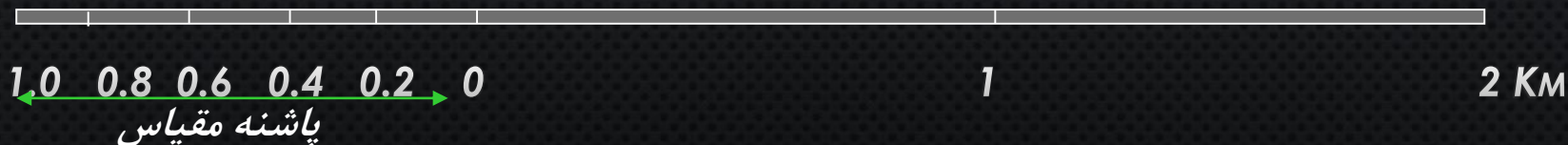
معمولا مقیاس در نقشه‌ها به دو صورت عددی و ترسیمی نشان میدهند.

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



هر میلیمتر روی نقشه N متر بر روی زمین است

مقیاس خطی یا ترسیمی: عبارتست از پاره‌خطی 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 و جنبه 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 اثر آنها طول و عرض کاغذ نقشه نیز تغییر میکند) بر مقیاس ترسیمی اثر گذاشته و منطبق بر ابعاد نقشه تغییر میکند .
- مقیاس عددی ذکر شده در کشورهای سیستم متریک هستند رایج است و به مقیاس ساده نیز شناخته می شود . در کشورهایی که سیستم غیر متریک دارند مثل انگلستان از مقیاس عددی مرکب استفاده میشود.
مثلاً 8/10 یعنی 8 اینچ روی نقشه برابر 10 مایل روی زمین است.

مفاهیم کلی

• انواع نقشه :

• از نظر مقیاس:

- نقشه‌های خیلی بزرگ مقیاس : مقیاسهای $1/100$ تا $1/500$ (نقشه‌های ساختمانی)
- نقشه‌های بزرگ مقیاس : مقیاسهای $1/500$ تا $1/10000$ (کارهای مهندسی، ثبتی و اجرایی)
- نقشه‌های میان مقیاس : مقیاسهای $1/10000$ تا $1/50000$ (نقشه‌های توپوگرافی)
- نقشه‌های کوچک مقیاس : مقیاسهای $1/50000$ تا $1/250000$ (نقشه‌های مملکتی و شهری)
- نقشه‌های خیلی کوچک مقیاس : از مقیاس $1/250000$ به بالا (نقشه‌های جغرافیایی)

• از نظر محتوی:

نقشه‌های مسطحاتی - توپوگرافی - ثبت املاکی - هواشناسی - شهرسازی - تاریخی - زمین‌شناسی - و....

مفاهیم کلی

۱- در روی نقشه‌ای به مقیاس 1/20000 طول جاده‌ای 10 سانتی‌متر است مقدار حقیقی جاده در روی زمین چقدر است؟

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

N=20 یعنی هر میلیمتر برابر 20 متر روی زمین است پس:

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

یا

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

۲- اگر مساحت قطعه دایره‌ای در نقشه‌ای که با مقیاس 1/500 رسم شده 5 سانتی متر مربع باشد قطر آن در روی زمین چقدر است؟

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

مجدور عکس مقیاس * مساحت روی نقشه = مساحت روی زمین

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

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 25 درجه برابر 500 متر است فاصله این دو نقطه روی نقشه‌ای به مقیاس 1/1000 چقدر خواهد بود؟

۳- سطح قطعه زمینی به مقیاس 1/300 برابر 600 سانتی مترمربع است در صورتیکه مقیاس این نقشه سه برابر بزرگتر شود سطح و مقیاس نقشه جدید را مشخص کنید؟

سطوح مقایسه

□ شکل زمین :

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

یعنی حجمی معادل:

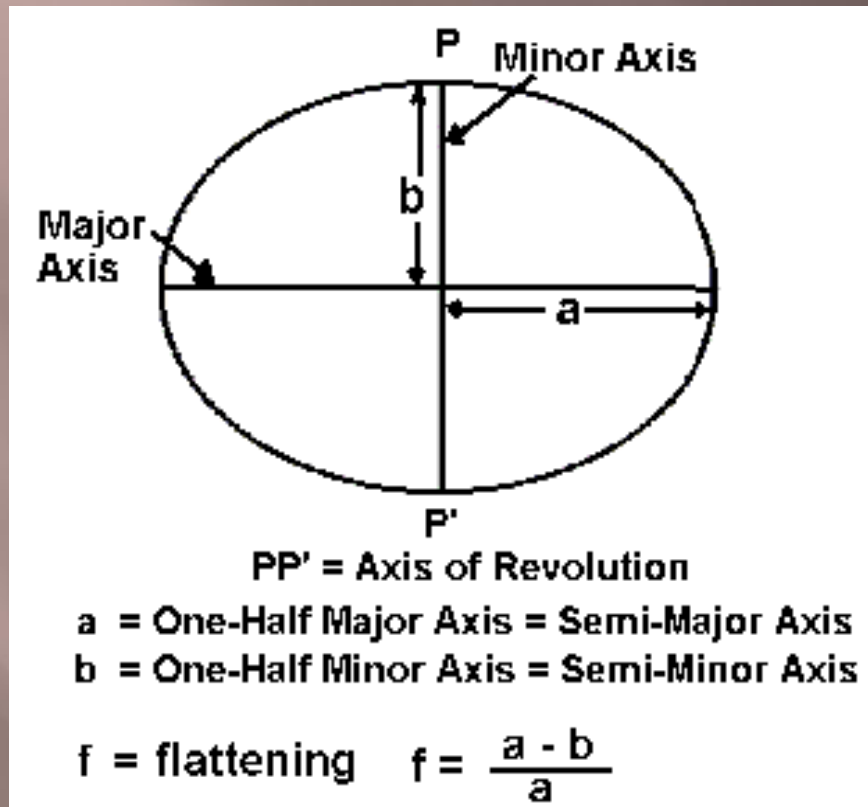
$$\frac{x^2 + y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$$

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

□ بیضوی مقایسه:

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

سطوح مقایسه



□ انواع بیضوی مقایسه :

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 می نامند که هرچه کوچکتر باشد بیضوی به کره نزدیکتر است.

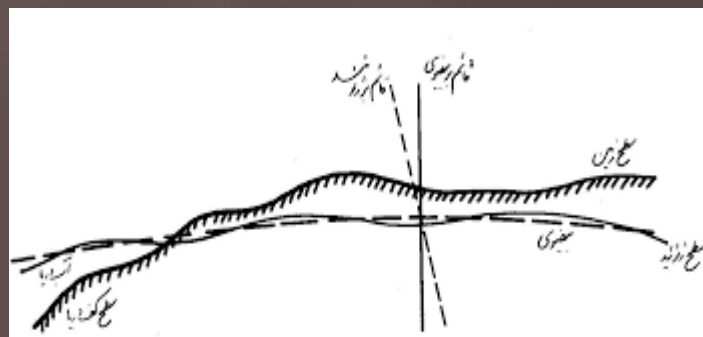
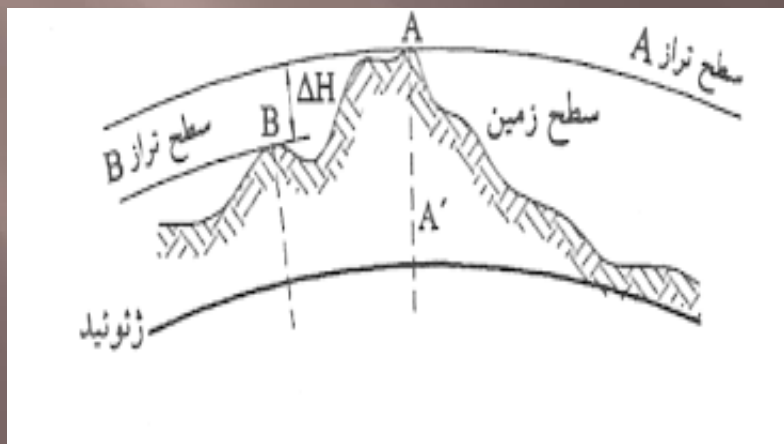
سطوح مقایسه

□ سطح مبنای ارتفاعات (ژئوئید)

اگر سطح آب آزاد اقیانوسها و دریا‌های 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 و موقعیت هر نقطه زمینی از نظر ارتفاعی نسبت به آن سنجیده میشود.



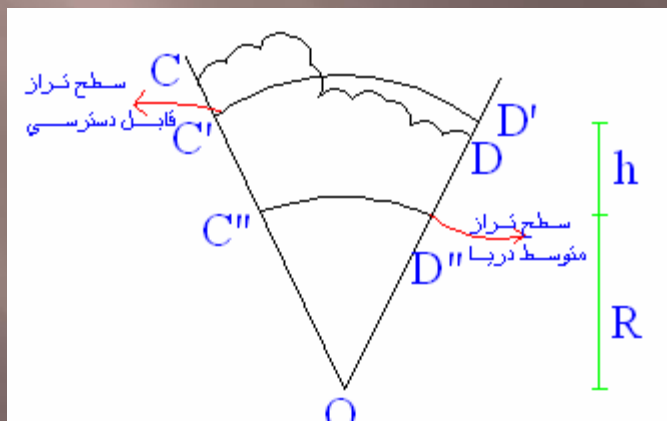
سطوح مقایسه

- در نقشه برداری با سه سطح سروکار داریم:
- ✓ سطح طبیعی زمین که اندازه‌گیری‌ها روی آن انجام میشود.
- ✓ سطح بیضوی مقایسه که محاسبات بر مبنای آن صورت میگیرد.
- ✓ سطح ژئوئید که سطح مبنای ارتفاعات است.

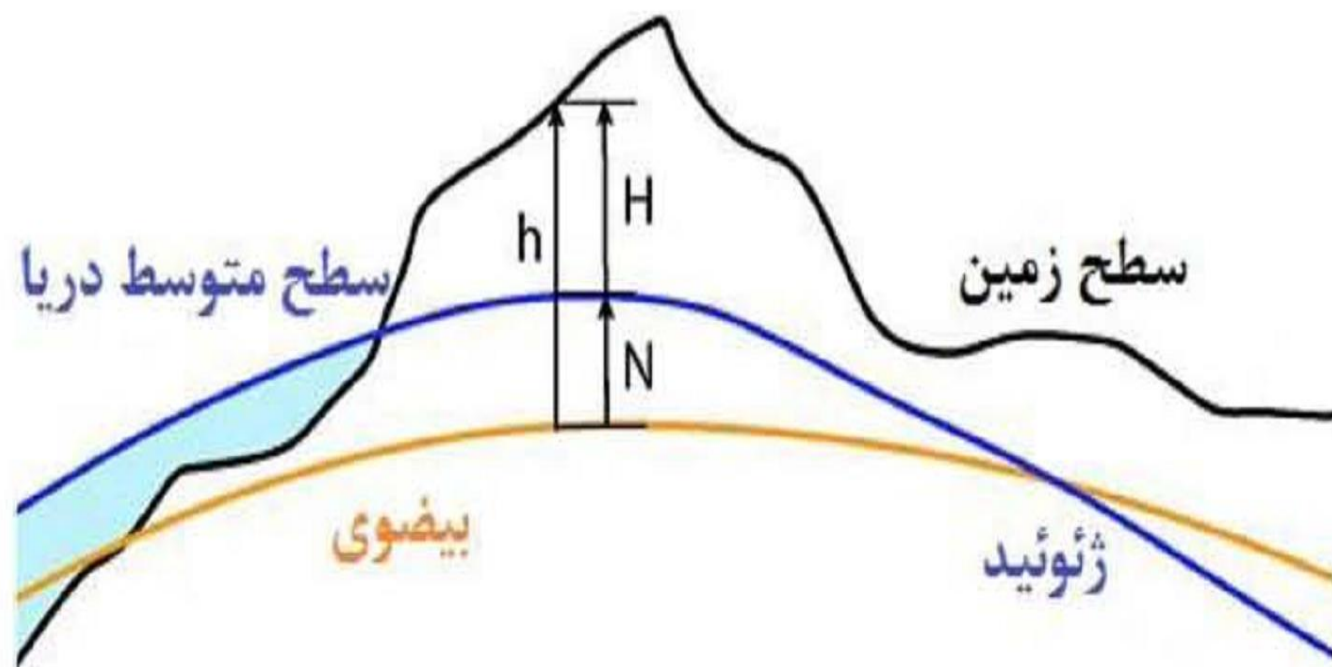
□ سطح تراز

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

ژئوئید یکی از سطوح تراز است .

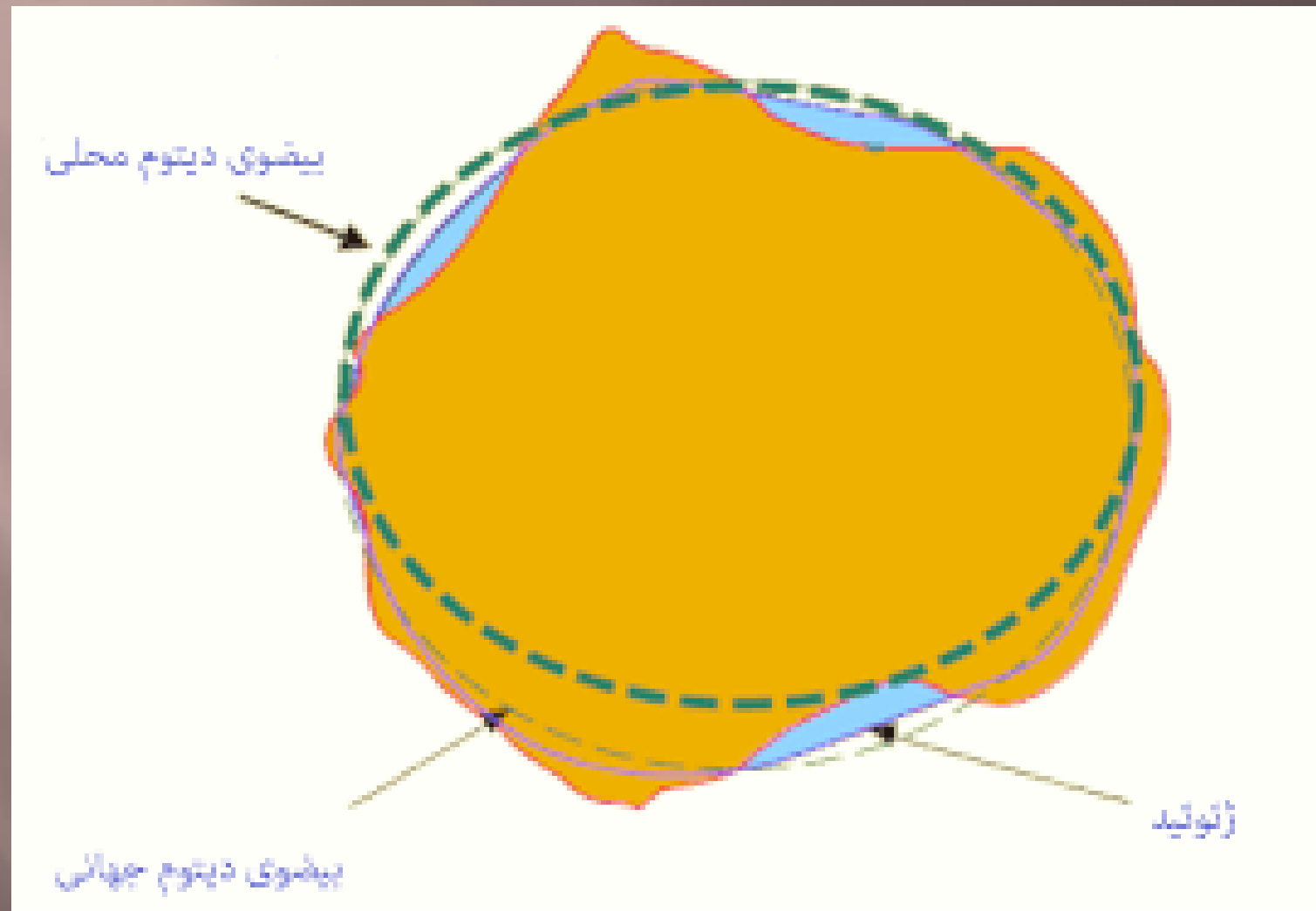


سطوح مقایسه



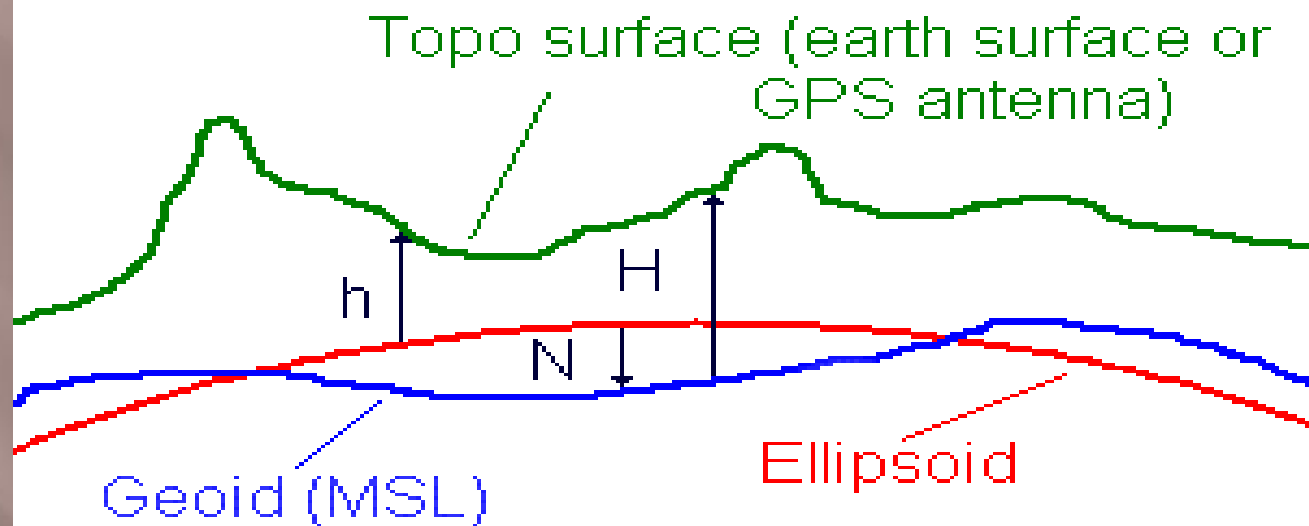
شکل ۶-۱: مفهوم ارتفاع ژئوئید

سطوح مقایسه



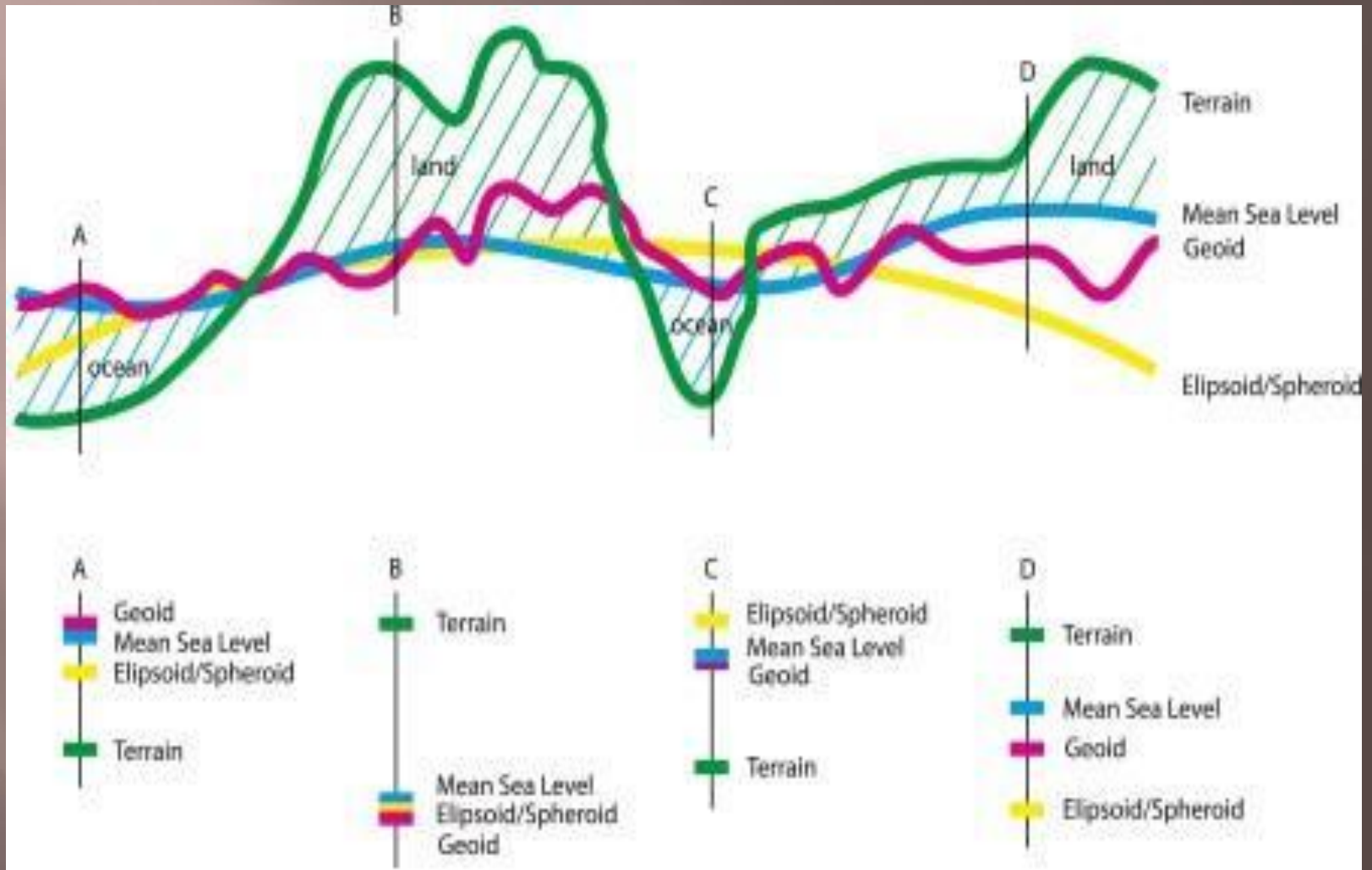
سطوح مقایسه

$$h=H+N$$

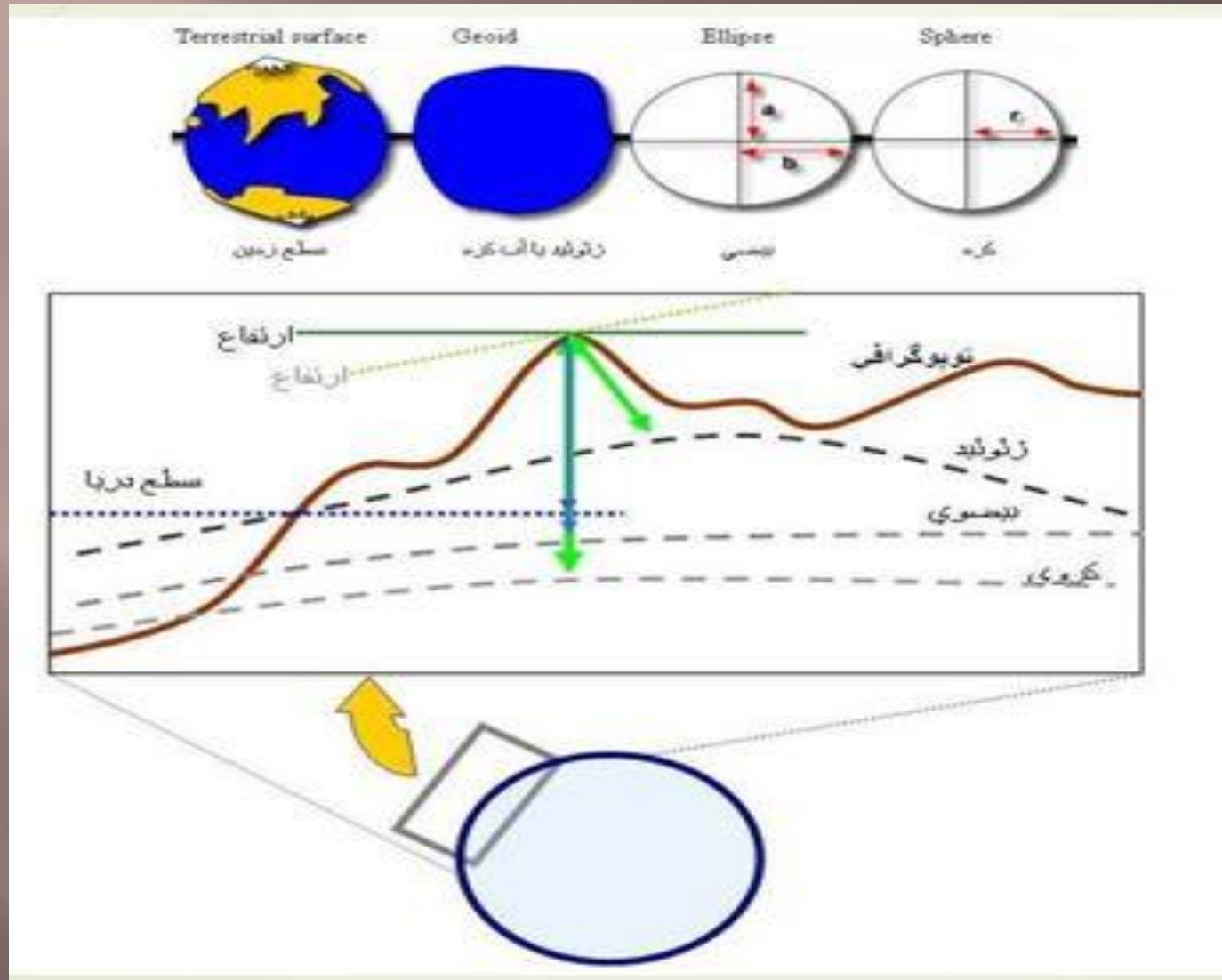


h =ellipsoid height
 H =orthometric height
 N =geoid height

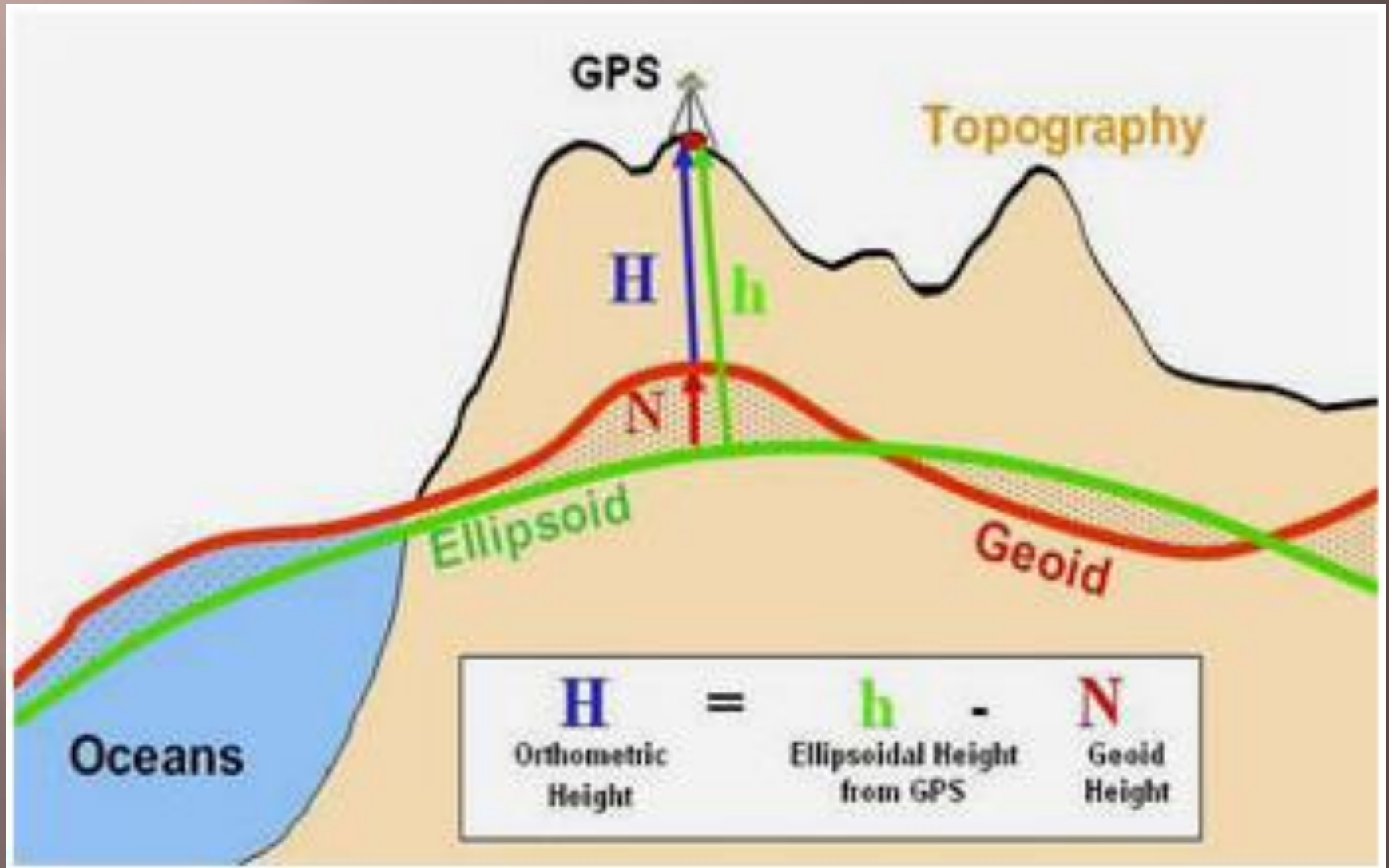
سطوح مقایسه



سطوح مقایسه



سطوح مقایسه



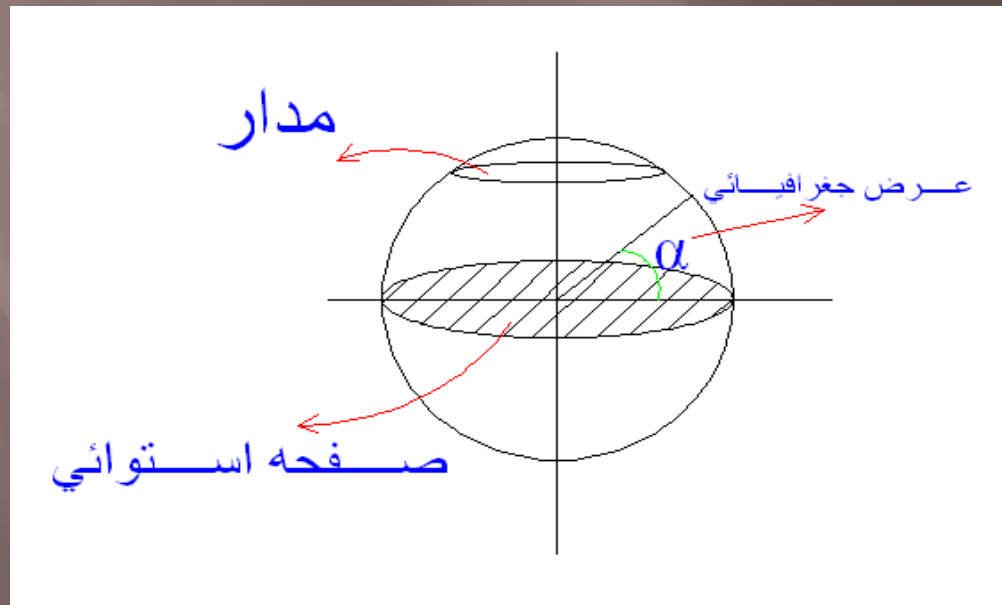
سطوح مقایسه

مختصات جغرافیایی: □

✓ **محور قطبی:** محوری که شامل قطر کوچک بیضوی مقایسه باشد.

✓ **محور استوایی:** محوری که شامل قطر بزرگ بیضوی مقایسه باشد.

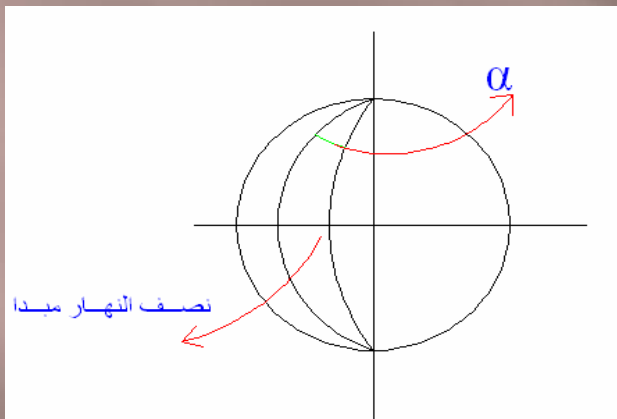
✓ **مدار:** اگر صفحه‌ای قاطع، عمود بر محور قطبی باشد و سطح زمین را در دوایری قطع کند به آنها مدار می‌گوییم. یکی از این مدارها که صفحه آن از مرکز بیضوی می‌گذرد و بیضوی را به دو نیمکره شمالی و جنوبی تقسیم میکند دایره (خط) استوا است.



سطوح مقایسه

✓ نصف النهار:

✓ اگر صفحه قاطعی از محور قطبی بگذرد از تقاطع آن با سطح زمین منحنی ای دیوارمانند بوجود میآید که به هریک از آنها نصف النهار میگویند. یکی از نصف النهارها که صفحه آن از رصدخانه گرینویچ انگلستان میگذرد بعنوان **نصف النهار مبدأ** برگزیده شده است. و بیضوی را به دو نیمکره شرقی و غربی تقسیم می کند.



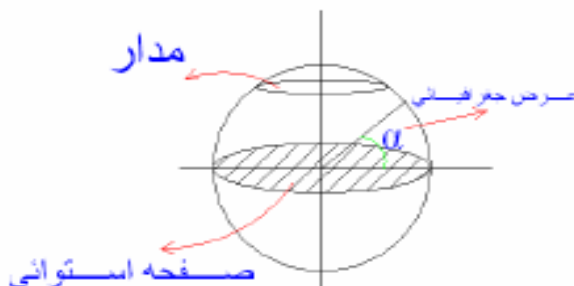
✓ عرض جغرافیایی:

زاویه ای است که بین امتداد شاقولی در هر نقطه و صفحه استوائی وجود دارد. کلیه نقاطی که در روی یک

مدار هستند 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.



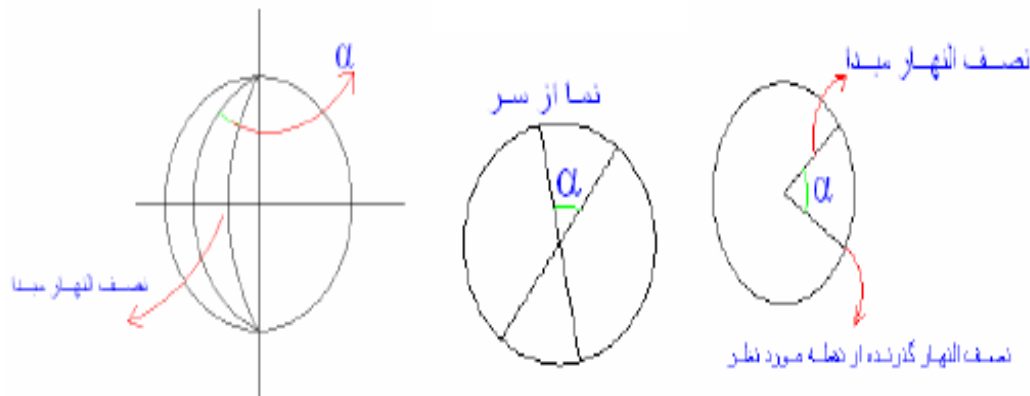
سطوح مقایسه

عرض جغرافیایی را با Φ نشان میدهند و بین 0 تا 90 درجه تغییر می‌کند. وابسته 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 مبدأ سافته می‌شود. (نصف النهاری

که از رصد خانه گرینویچ می‌گذرد به عنوان مبدأ شناخته می‌شود).



طول جغرافیایی که با λ نمایش داده میشود بین 0 تا 180 درجه تغییر میکند و بر حسب موقعیت نقطه نسبت به نصف النهار مبدأ طول شرقی یا طول 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 ژئوئید (مبنای ارتفاعی) را ارتفاع می نامند.



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 برابرند و کلیه نقاط روی سطح ژئوئید ارتفاعشان برابر صفر است.

تعریف سیستم تصویر

□ زمین دارای شکل سه بعدی شبیه به یک بیضوی است (اگر یک بیضی را حول یکی از محورهایش دوران دهیم یک بیضوی حاصل میشود). اگر بخواهیم عوارض روی زمین را بر روی یک سطح بیضوی یا کره مانند یک کره جغرافیا نمایش دهیم با **مشکل چندانی روبرو نمیشویم**، اما اگر قصد داشته باشیم که **همان کره جغرافیا را بر روی یک نقشه کاغذی تصویر کنیم تازه مشکلات شروع خواهند شد**. سیستم تصویر درحقیقت یک روش ریاضی است که به کمک ما می آید و با استفاده از آن میتوان اطلاعات مربوط به زمین سه بعدی را به یک نقشه مسطح دوبعدی تصویر نمود.

تعریف سیستم تصویر

□ اگر فرض کنیم پوسته زمین شفاف باشد و بتوانیم در مرکز زمین یک لامپ پرقدرت روشن کنیم و یک صفحه را در نقطه ای از زمین بر آن مماس کنیم، تمامی عوارض روی زمین بر روی آن صفحه تصویری از خود برجای میگذارند. این همان کاری است که یک سیستم تصویر انجام میدهد و حدود عوارض را بر روی یک سطح دوبعدی و یا سطحی که بتواند به راحتی تبدیل به یک صفحه شود، تصویر میکند.

سیستم های تصویر براساس شکل سطحی که برای تصویر کردن عوارض استفاده میکنند:

۱ - سیستم تصویر مستوی یا Planar □

در این نوع از سیستم تصویرها، یک صفحه را بر کره یا بیضوی مماس میکنند. این صفحه میتواند در قطب قرار گیرد، در استوا مماس شود و یا بصورت مایل و در جای خاصی از کره زمین مماس شود.

۲ - سیستم تصویر مخروطی یا Conical □

در این سیستم، مخروطی را بر کره یا بیضوی مماس میکنند، اگر این مخروط را باز کنیم تصویر نصف النهارات به صورت خط مستقیم و تصویر مدارات به صورت قوس هایی از دایره به مرکز مخروط در خواهد آمد. سیستم تصویر لامبرت نمونه ای از سیستم تصویر مخروطی است.

۳ - سیستم تصویر استوانه ای یا Cylindrical □

در این نوع از سیستم تصویر نیز یک استوانه را بر کره یا بیضوی مماس میکنند. انواع سیستم تصویرهای مرکاتور از این نوع هستند.

سیستمهای تصویر

- جهت ارزیابی و استفاده از سیستمهای تصویر باید بدانیم که هنگام انتقال از حالت کره یا بیضوی به نقشه، چه تغییراتی ایجاد شده است. برخی از سیستمهای تصویر، شکل، برخی مساحت و برخی دیگر زوایا را حفظ می‌کنند.
- بر همین اساس سیستمهای تصویر را به چهار گروه طبقه بندی می‌کنند:

طبقه بندی استفاده از سیستمهای تصویر

۱ - سیستم تصویر هم شکل یا: Conformal

این نوع از سیستم تصویرها حفظ کننده شکل هستند. برای حفظ زوایا که معرف روابط مکانی اشکال می باشد، یک سیستم تصویر هم شکل می بایست خطوط عمود بر هم را بصورت شبکه ای با زاویه ۹۰ درجه بر روی نقشه نمایش دهد. البته نتیجه حفظ شکل این است که مساحت ها به طور محسوسی در نقشه نسبت به واقعیت آنان بر روی زمین تغییر پیدا می کنند. بطور کلی هیچ سیستم تصویری نمی تواند شکل های مناطق وسیع را حفظ کند. مثالهای زیر نمونه های از سیستم تصویرهای هم شکل هستند:

- Lambert Conformal Conic
- UTM
- Mercator

طبقه بندی استفاده از سیستمهای تصویر

□ ۲ - سیستم تصویر هم مساحت یا: Equivalent

این نوع از سیستمهای تصویر حفظ کننده مساحت هستند. به تبع حفظ مساحت، فاکتورهای دیگر از قبیل شکل، زاویه و مقیاس، دچار تغییر خواهند شد. در این نوع از سیستمهای تصویر، مدارها و نصف النهارها ممکن است با زاویه درست به هم تلاقی پیدا نکنند.

نمونه هایی از این سیستم تصویر ها را در زیر میبینید:

- GPS or Differential GPS (DGPS)
- Albers equal-area conic
- Lambert azimuthal equal-area

طبقه بندی استفاده از سیستمهای تصویر

□ ۳ - سیستم تصویر هم فاصله یا: Equidistant

در این نوع از سیستمهای تصویر فاصله بین نقاط حفظ می‌گردد. در هر صورت معمولاً در این حالت یک یا چند خط وجود دارند که در راستای آنها، مقیاس نقشه درست می‌باشد.

بطور مثال در سیستم تصویر سینوسویدال استوا و به طور کلی مدارها، دارای طول واقعی خود هستند.

باید به خاطر داشت که هیچ سیستم‌تصویر هم فاصله‌ای که بتواند همه فواصل را در همه جهات ثابت نگهدارد وجود ندارد.

طبقه بندی استفاده از سیستمهای تصویر

□ ۴ - سیستم تصویر هم جهت یا: True-direction

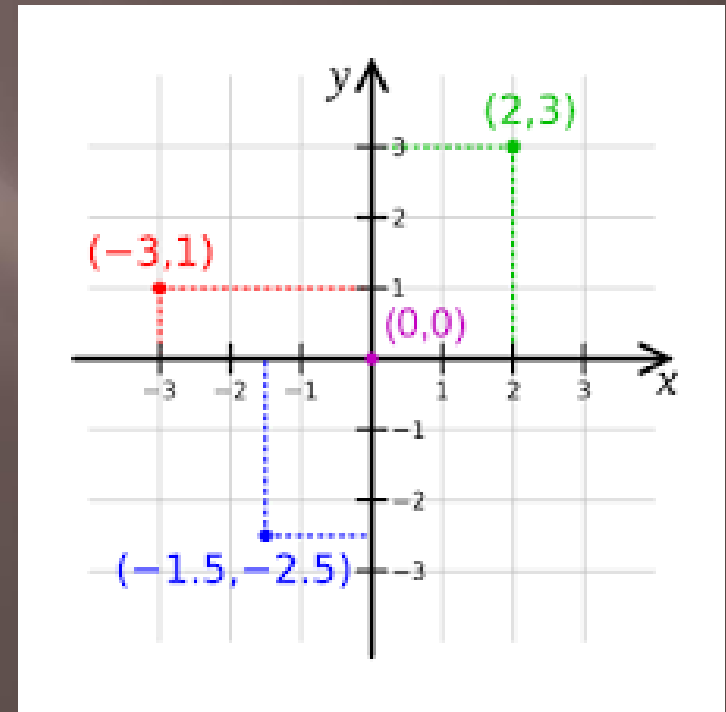
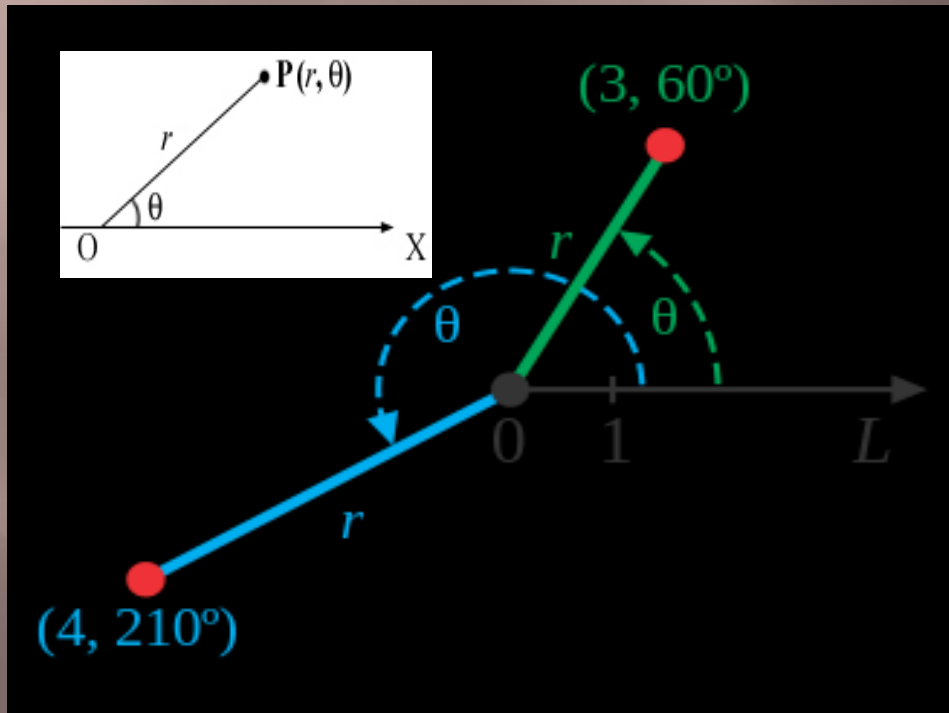
کوتاهترین فاصله بین دو نقطه در یک سطح منحنی مانند زمین در طول هم ارز کروی، یک خط مستقیم در یک سطح صاف می باشد. این فاصله در واقع بر روی بزرگترین دایره از کره که از این دو نقطه می گذرد قرار گرفته است.

سیستمهای تصویر هم جهت و یا آزیموتال گونه ای هستند که جهات تمامی خطوط در آنها بر پایه همین کمترین فاصله می باشد. برخی از این سیستمهای تصویر همزمان هم شکل، هم مساحت و یا هم فاصله نیز می باشند. نمونه های زیر را ببینید:

- Lambert azimuthal – equal area
- Stereographic – conformal

سیستم‌های تصویر:

چون هدف از نقشه‌برداری تهیه نقشه یعنی نشان دادن جزئیات زمین بر روی 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 معمولاً از یکی از دو سیستم مختصات قائم‌الزاویه (دکارتی (x, y)) و یا مختصات قطبی (r, θ) استفاده می‌شود.



نمایش یک نقطه در دستگاه مختصات دکارتی (x, y) و قطبی (r, θ)

سیستمهای تصویر:

در نقشه برداری ژئودتیک که منطقه وسیع است نمیتوان سطوح تصویر را مسطح فرض کرد در این حالت برای مشخص کردن نقاط در صفحه تصویر باید بین مختصات جغرافیایی و مختصات دکارتی یا قطبی نقطه، بر روی صفحه تصویر رابطه‌ای برقرار کنیم.

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

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

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

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

سیستم‌های تصویر:

❖ مجموعه روابط ریاضی بین مختصات جغرافیایی یک نقطه و مختصات دکارتی و قطبی اساس مبحث خاصی را تشکیل می‌دهد تحت عنوان **سیستم‌های تصویر**.

➤ بدلیل آنکه **بیضوی یا کره سطوح قابل گسترشی مثل مخروط یا استوانه نیستند** که بدون پارگی بازگردند و کاملاً بر صفحه تصویر منطبق شوند از حجم‌های قابل گسترش بعنوان واسطه کمک می‌گیریم، به این ترتیب که نقاط روی بیضوی را بر روی این احجام هندسی تصویر کرده و سپس این حجم‌ها را گسترش می‌دهیم و بر صفحه تصویر منطبق می‌کنیم.

➤ سیستم‌های تصویر معمولاً بگونه‌ای انتخاب می‌شوند که **اولاً زاویه‌ها** را تغییر ندهند و **ثانیاً مقیاس تبدیل** را در یک منطقه ثابت نگه‌دارند.

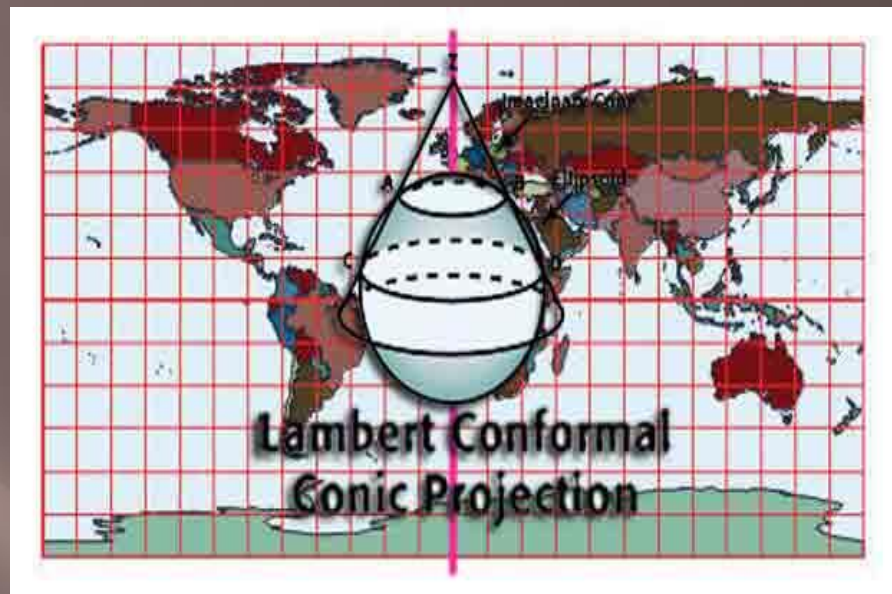
➤ از **انواع سیستم تصویر** میتوان **سیستم تصویر لامبرت** (استفاده از مخروط مماس بر بیضوی) ، **سیستم تصویر مرکاتور** (استفاده از استوانه مماس در طول استوا) و **سیستم U.T.M** (استفاده از استوانه مماس در طول نصف النهار) را نام برد.

سیستم تصویر لامبرت

➤ سیستم تصویر لامبرت

یکی از سیستمهای تصویر محبوب برای نمایش داده ای با وسعت زیاد (مانند کل ایران) است.

➤ اگر شما نیز بخواهید نقشه ایران را نمایش دهید، می بایست از سیستم تصویرهایی مانند **Geographic** (البته این مورد سیستم مختصات نیز شمرده می شود) و یا سیستم تصویر لامبرت استفاده نمایید تا پیوستگی نقشه شما حفظ گردد.



➤ واحد طول این سیستم تصویر نیز همانند سیستم تصویر UTM با متر تعریف می شود. اما باید توجه داشته باشید که مختصات ارائه شده در این سیستم تصویر در بازه متفاوتی با UTM قرار دارد و به راحتی با استفاده از عدد مختصات عوارض می توانید متوجه شوید که سیستم تصویر داده شما لامبرت است یا خیر.

سیستم تصویربرداری مرکاتور (استوانه ای)

➤ اگر صفحه مستطیلی شکلی فرضی به طول خط استوا را دور زمین بپیچیم و یک استوانه محاط بر آن و مماس با خط استوا ایجاد کنیم و با قرار دادن چراغی فرضی در مرکز زمین، عوارض سطح زمین را بر روی سطح داخلی استوانه توسط سایه عوارض سطح زمین ترسیم کنیم، سپس استوانه را در امتداد یک نصف النهار ببریم و آن را باز کرده و مسطح کنیم، با این کار نقشه عوارض سطح زمین را به یک سطح دو بعدی به روش استوانه ای یا مرکاتور نقشه برداری کرده ایم.



تصویر : مسطح کردن صفحه فرضی محاط بر دور کره زمین در سیستم نقشه برداری مرکاتور.

➤ در این سیستم کمترین خطاها در امتداد خط استوا (به عنوان مدار استاندارد) می باشد و فاکتور مقیاس (Scale factor) بر روی این خط برابر و یک است.

➤ هرچه به طرف قطبین حرکت کنیم خطاها و اعوجاج ها افزایش خواهند یافت و با توجه به نحوه توزیع خطاها دامنه کاربرد این سیستم فقط تا مدار ۶۰ درجه می باشد.

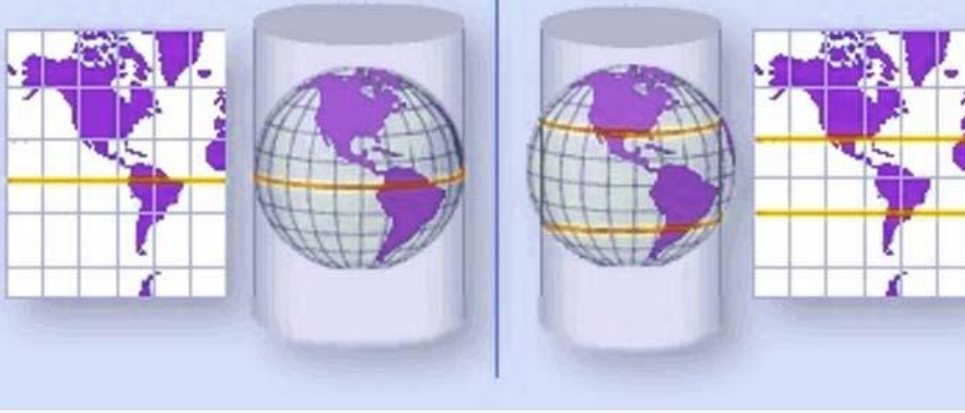
سیستم تصویربرداری مرکاتور (استوانه ای)

سیستم مرکاتور مماسی و متقاطع

سیستم تصویر مرکاتور

مماسی با یک مدار استاندارد

متقاطع با دو مدار استاندارد

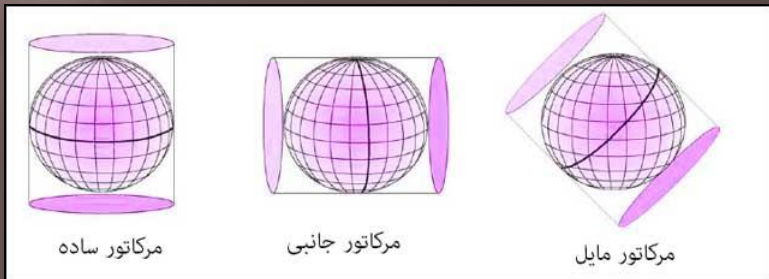


«بسته به این که استوانه را با چه زاویه ای بر زمین محاط کنیم، سیستم تصویر مرکاتور را به سه دسته تقسیم بندی می کنند.

(1) مرکاتور ساده.

(2) مرکاتور جانبی (transverse).

(3) مرکاتور مایل (oblique).



حالت های سیستم تصویر مرکاتور

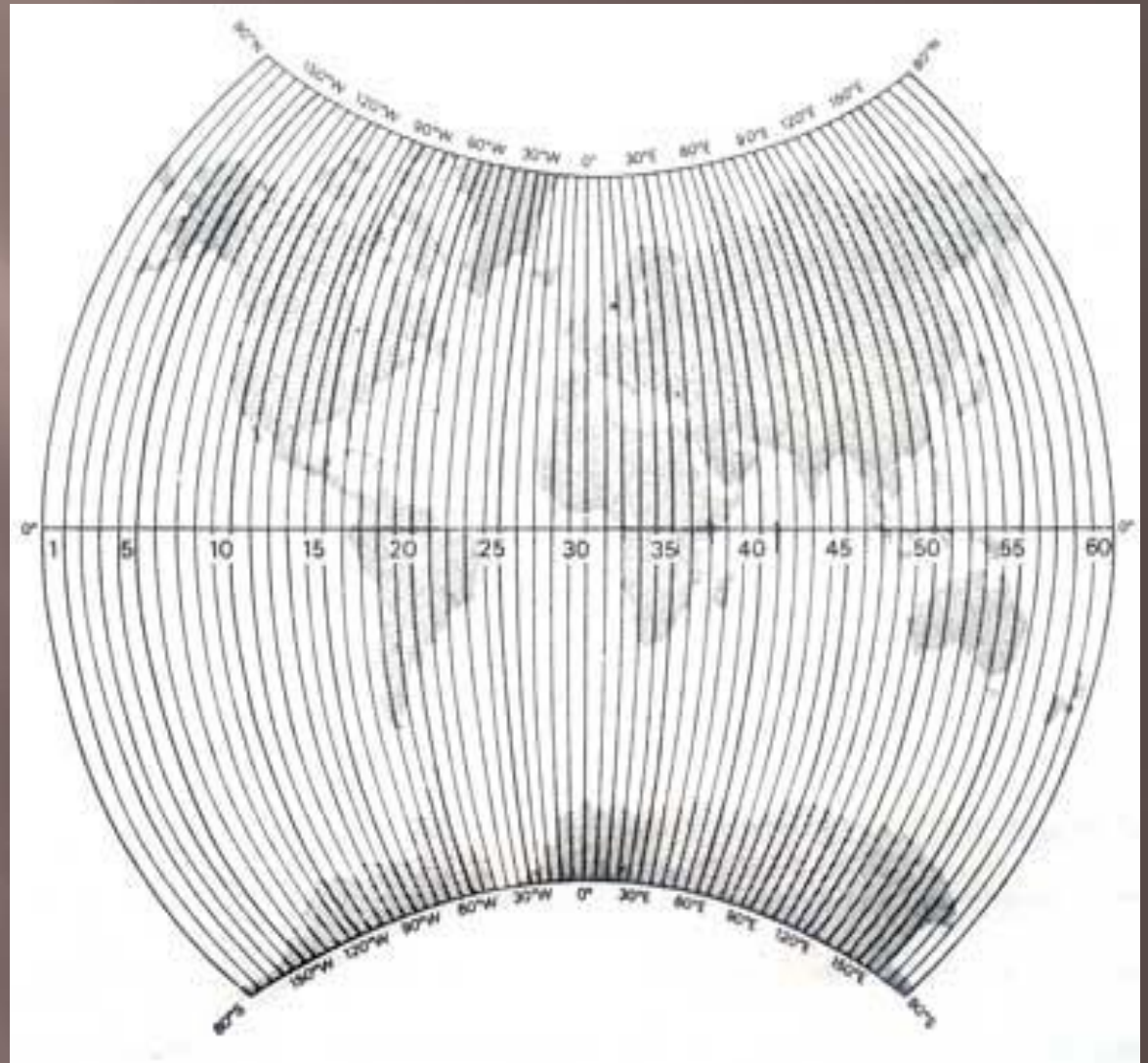
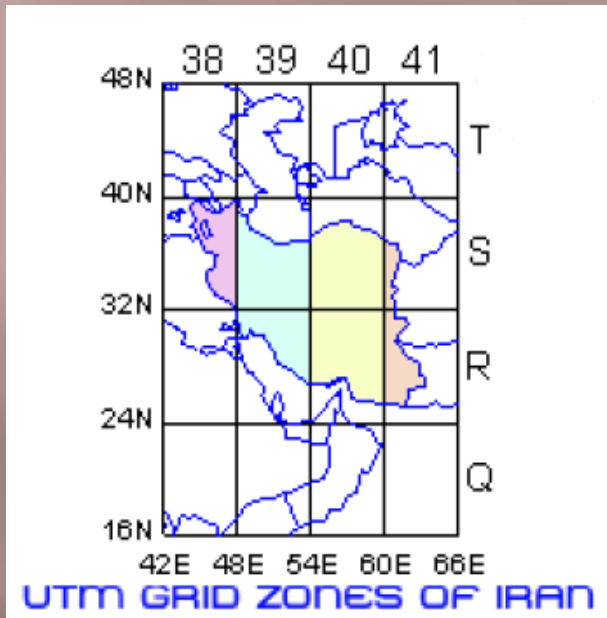
سیستم تصویر UTM

□ سیستم تصویر یو تی ام (UTM) مخفف سه کلمه
(Universal Transverse Mercator)
مرکاتور جانبی جهانی.

□ این سیستم تصویر از نوع استوانه‌ای جانبی است.
درواقع، نوعی از سیستم تصویر مرکاتور جانبی
است که اصلاحاتی در آن نیز انجام گرفته است.

یکی از انواع سیستمهای تصویر که کاربرد زیادی در
نقشه‌های بزرگ مقیاس دارد، سیستم تصویر UTM است.

سیستم تصویر UTM



نحوه شماره گذاری قاچ ها در سیستم تصویر UTM

نظریه خطاها

✖ مقدمه :

گفتیم که در مفهوم خاص، نقشه برداری مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌ها و محاسبات روی آنهاست که منجر به تهیه نقشه می‌شود.

این اندازه‌گیری‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

(1) اندازه‌گیری **طول** (طول‌یابی)

(2) اندازه‌گیری **ارتفاع** (ترازیابی)

(3) اندازه‌گیری **زاویه** (زاویه‌یابی)

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

آشنایی و بررسی **خطاها** کمک می‌کند که:

✓ **اولاً** در هر عمل اندازه‌گیری، به دقت مطلوب در عملیات دستیابی پیدا کنیم

✓ **ثانیاً** از بکار بردن وسایل گران قیمت و صرف وقت و هزینه بیهوده جلوگیری کنیم
بعبارت دیگر میتوانیم روش‌هایی را بکار ببریم که با حداقل کار و هزینه به دقتی دست یابیم که برای اندازه‌گیری خاص مورد نیاز است.

نظریه خطاها

✗ عوامل خطا:

تمام اندازه‌گیری‌ها برای تعیین اندازه واقعی یک کمیت انجام می‌گیرد. این اندازه‌گیری مطمئناً 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
- ✓ عوامل جوی مثل باد، تشعشع، تغییرات دما، اثر شکست نور

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

☐ اشتباه

☐ خطای تدریجی (سیستماتیک)

☐ خطای تصادفی (اتفاقی)

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 ممتا حذف شوند.

روشهای تخصیص اشتباهات

- 1- تکرار اندازه گیریها
- 2- کنترل جوابها و انجام عملیات به گونه ای که کنترل آن ممکن باشد
- 3- انجام عملیات بصورت رفت و برگشتی

2- خطاهای سیستماتیک 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

عواملی که باعث خطاهای سیستماتیک می شوند:

1- اشتباهات دستگاهها و وسائل

2- شرایط محیطی: دما، شکست نور، انحنای زمین ، وزش باد و ...

3- خطاهای اتفاقی : Random Errors

اگر خطاهای سیستماتیک و اشتباهات کاملاً حذف شوند و یا 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 مناسبه کرد

3- نمی توان آنها را تصحیح کرد

نظریه خطاها

- خطاهای سیستماتیک همگی در یک جهتند و باهم جمع می‌شوند.

- برای جلوگیری از خطاهای سیستماتیک باید عامل خطا را از میان برداشت و یا میزان خطا را در اندازه‌گیری تعیین و در نتیجه اندازه‌گیری دخالت دهیم.

- به خاطر ماهیت اتفاقی بودن خطاهای تصادفی برای بررسی اثرات آنها بر روی نتیجه اندازه‌گیری‌ها از قواعد آمار و احتمالات و مخصوصاً توزیع نرمال استفاده می‌شود.

که این قواعد نتایج زیر را برای یک اندازه‌گیری 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 می‌افتند.

✓ 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 معمولاً بزرگ بوده و در اکثر موارد میتوان آنرا ردیابی نمود.
اشتباه را میتوان تصحیح یا حذف نمود و یا با کنترل اندازه‌گیری، از وقوع مجدد آن جلوگیری بعمل آورد.

در عوض **خطاها** مقدارشان کوچک بوده و گاهی اوقات به هیچ وجه قابل کنترل و تصحیح نیستند

ولی با استفاده از **تئوری خطاها** و **آشنایی با قوانین آن** میتوان با انتخاب روش مناسبتر، **تکرار اندازه‌گیری** و یا با **دقت به مفهوم خطا** و استفاده از تعاریف ریاضی، مقدار خطای قابل قبول را از اندازه‌گیری جدا نمود.

نظریه خطاها

میانگین حسابی:

فرض کنید نتایج حاصل از اندازه‌گیری یک کمیت که با یک وسیله دقیق اندازه‌گیری شده به ترتیب

$$a_1, a_2, \dots, a_n$$

باشد در این صورت میانگین حسابی با رابطه زیر محاسبه می‌شود

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

و آنرا بعنوان مناسبترین مقدار برای کمیت قبول می‌کنند.

اگر تفاضل مقدار حقیقی کمیت را (a) با میانگین حسابی، α بنامیم .

$$\alpha = \bar{a} - a$$

خطای میانگین

تفاضل هر کمیت (a_i) را با هریک از مقادیر، میانگین حسابی و واقعی به ترتیب با v و e فرض کنیم

خواهیم داشت :

$$v_i = a_i - \bar{a}$$

خطای ظاهری

$$e_i = a_i - a$$

خطای واقعی

نظریه خطاها

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

$$v_a = \frac{\sum |v_i|}{n} \quad \text{خطای متوسط حسابی}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n}} \quad \text{خطای متوسط هندسی}$$

خطای متوسط هندسی را **خطای معیار** (یا خطای استاندارد) نیز می‌گویند، این خطا بیانگر معیار دقت اندازه‌گیری‌هاست و پایه اندازه‌گیری خطاها در نقشه برداری است و خطای وسایل اندازه‌گیری 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:

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

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

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

نظریه خطاها

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

$$\sum v_i = 0$$

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

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

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

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

$$e_i = v_i + \alpha$$

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

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

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

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

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

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

با توجه به اینکه:

میتوان نتیجه گرفت:

از طرفی:

در این صورت:

و چون داریم:

با چشم پوشی از مقادیر کوچک بسط داریم:

با تساوی طرفهای دوم روابطی که α را تعیین میکنند:

نظریه خطاها

با استفاده از روابط بالا میتوان نتیجه گرفت که :

اگر کمیتی به N قسمت مساوی تقسیم شود و توسط یک نفر و یک دستگاه اندازه گیری شود در نتیجه مقدار خطای هر قسمت با هم برابر خواهد بود و خواهیم داشت:

$$\delta = \pm \alpha \sqrt{N}$$

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

$$\delta = \pm \alpha \sqrt{\frac{N}{M}}$$

و همانطور که ملاحظه میشود چنانچه تعداد اندازه گیریها 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 گیری ها:

اگر اندازه یک کمیت از روشهای و یا با وسایل مختلفی بدست آمده باشد به نحوی که هریک از روشها و یا وسایل دارای دقت های متفاوتی در اندازه گیری باشند میانگین کل اندازه گیری ها از رابطه مربوط به اندازه گیری های وزن دار حاصل می شود که صورت کلی آن :

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

می باشد. در این رابطه **a** میانگین اندازه هایی است که در هر کدام با روش و یا بوسیله جداگانه ای بدست آمده است و ضرایب **p** متناسب با مربع معکوس خطای معیار هر کدام از اندازه گیری ها انتخاب می شود.

نظریه خطاها

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

میانگین گروه اول 149.78 متر و خطای معیار آن 0.037 متر

میانگین گروه دوم 149.77 متر و خطای 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):

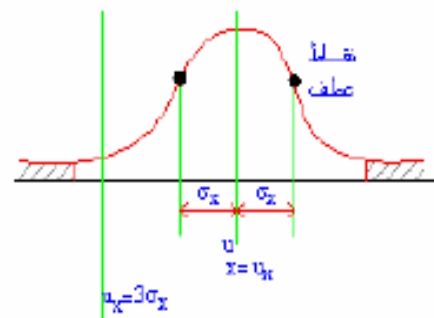
نحوه توزیع خطاهای تصادفی را میتوان بوسیله یک فرمول و یا یک منحنی تعیین کرد که آنرا تابع توزیع خطا و یا منحنی توزیع نرمال می گویند.

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

σ_x, u_x = اعداد ثابت

$u_x = u_{mean}$ = میانگین

σ_x = انحراف استاندارد (معیار پراکندگی)



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

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

نظریه خطاها

که در این معادله ($y = k * e^{-h^2 x^2}$) نسبت درصد وقوع خطا، x مقدار خطا، e پایه

لگاریتم طبیعی (عدد نپر = 2.7182800) و h و k ضرایب ثابتی هستند که

نشان دهنده دقت اندازه‌گیری هستند و مقادیر آنها برابر است با:

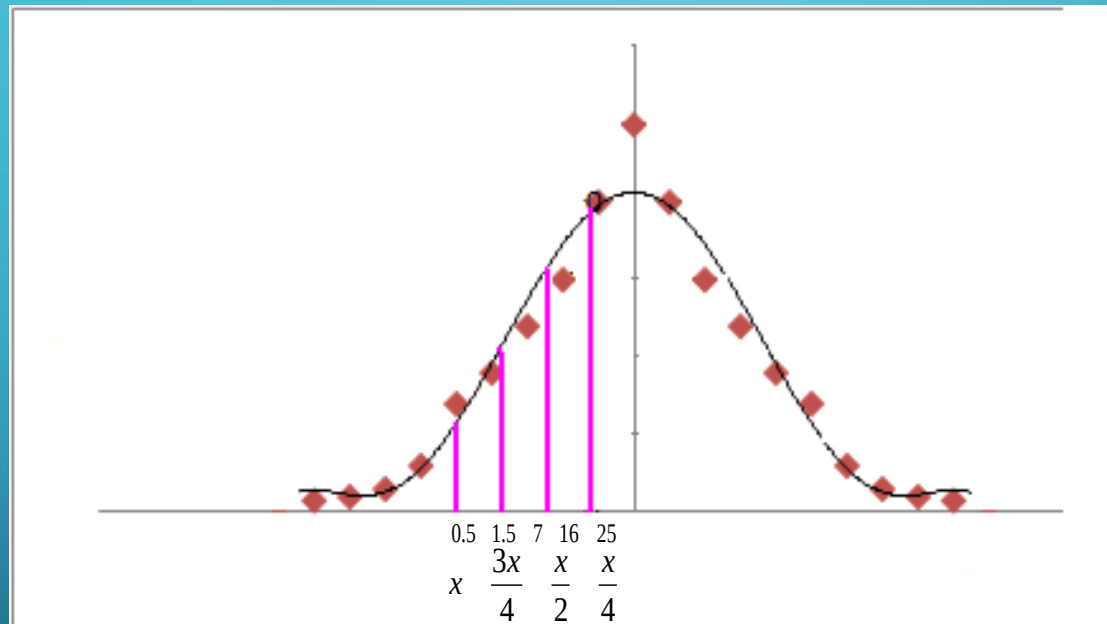
$$h = \frac{1}{\sigma \sqrt{2}}$$
$$k = \frac{h}{\sqrt{\pi}} = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}}$$

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

- 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- عملاً خطاهای دو مقدار $+\alpha$ و $-\alpha$ توزیع شده‌اند. این دو مقدار حد خطای مجاز را تعیین می‌کنند قدر مطلق α را خطای ماکزیمم می‌نامند.
- ۴- در نظریه خطاها ثابت می‌کنند که خطای ماکزیمم حدوداً 2.7 (2.56 - 2.5) برابر خطای معیار است و احتمال آنکه خطایی بیش از این مقدار باشد 1/100 است.

نظریه خطاها

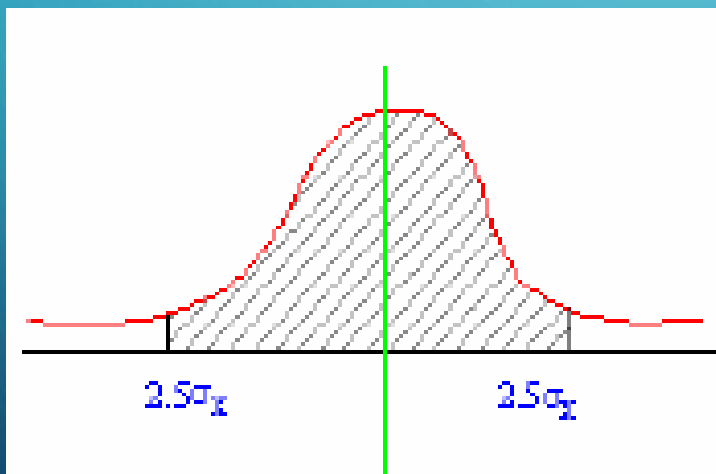
اگر فاصله بین مبدا و a (خطای ماکزیمم) را به چهار قسمت تقسیم کنیم داریم:
(اعداد نمایش داده شده درصد احتمال وقوع خطاهای محدوده مذکور می باشد)



نظریه خطاها

خطای ماکزیمم و خطای احتمالی:

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



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

نظریه خطاها

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

یک چهارم خطای ماکزیمم را خطای احتمالی می‌نامند و داریم:

خطای مطلق و خطای نسبی:

از نظر کلی خطای مطلق به تفاضل مقدار واقعی و مقدار اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری را بیان نماید از این رو برای بیان دقت از خطای نسبی استفاده می‌شود. خارج قسمت خطا بر مقدار کمیت را خطای نسبی می‌نامند:

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

خطای نسبی میزان دقت در عملیات اندازه‌گیری 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.

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

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

در صورت 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 اندازه‌گیری را معلوم کنیم.

نظریه خطاها

مثال: مطلوبست محاسبه خطاهای معیار ماکزیمم و متوسط حسابی برای طولی که ۱۰ مرتبه اندازه گیری شده و نتایج حاصل از آن بشرح زیر است - ضمنا اندازه هایی که باید از فهرست اندازه گیری ها حذف شوند را نیز مشخص کنید؟

L1=251.45 L2= 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 ۳۰ ثانیه 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 اندازه گیری 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 ± 5 میلیمتر است می‌خواهیم اندازه‌گیری کنیم برای دستیابی به دقت $1/50000$ این مسافت را چند بار باید اندازه‌گیری 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 گیری های 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 $\delta_x, \delta_y, \delta_z$ بترتیب خطای معیار کمیت های x و y و z باشند داریم:

$$\delta_A = \sqrt{\left(\left(\frac{\partial F}{\partial x} * \delta_x\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y} * \delta_y\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial z} * \delta_z\right)^2\right)} \quad \text{حالت های خاص:}$$

$$s = x + y + z$$

$$\delta_s = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2} \quad \text{خطای مجموع:}$$

$$d = x - y$$

$$\delta_s = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \quad \text{خطای تفاضل:}$$

نظریه خطاها

$$q = x * y * z$$

خطای حاصلضرب :

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

$$p = x / y$$

خطای خارج قسمت :

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

مثال: مطلوبست محاسبه خطای اندازه‌گیری یک مسافت ۴۵۰ متری که با یک نوار فلزی ۵۰ متری اندازه‌گیری 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 و خطای معیار آنها به ترتیب ۳ و ۱ سانتیمتر است؟

$$A = x \cdot y$$

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

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

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 و خطای معیار اختلاف ارتفاع ۵ سانتیمتر باشد خطای شیب AB چقدر است؟

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

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

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 اندازه‌گیری طول در صحرا چند متر است؟

تمرین ۲: خطای مطلق یک اندازه‌گیری ± 5 سانتی متر و میانگین حسابی کمیت 550 متر است، دقت نسبی چه مقدار است؟

تمرین ۳: در اندازه‌گیری یک مسافت 250 متری با نوار فلزی 30 متری چند مرتبه اندازه‌گیری را باید تکرار کرد در صورتیکه دقت نسبی مورد نظر $1/10000$ و خطای قرائت هر طرف نوار 1 سانتیمتر باشد؟

تمرین ۴: در اندازه‌گیری ابعاد زمینی که به شکل مستطیل است اعداد زیر بدست

آمده است : $a = 245.68m$

$b = 195.28m$

اگر اندازه‌گیری طول زمین با خطای $\pm 5 \text{ cm}$ و اندازه‌گیری عرض آن با خطای $\pm 3 \text{ Cm}$ همراه باشد خطای اندازه‌گیری محیط و مساحت زمین را تعیین کنید؟

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 میلیونوم محیط نصف النهار است علاوه بر متر واحدهای دیگری نظیر یارد - فوت - اینچ و غیره در کشورهای انگلیسی بکار برده می شود.

➤ روشهای اندازه گیری طول:

✓ روشهای محاسباتی و ترسیمی

✓ روشهای مستقیم

✓ روشهای غیر مستقیم (استفاده از دستگاههای اپتیکی)

✓ روشهای استفاده از دستگاههای الکترونیکی و الکترواپتیکی

اندازه گیری طول

روشهای محاسباتی و ترسیمی: □

❖ در دستگاه‌های 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:

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

سه زاویه و یک ضلع معلوم:

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

دو ضلع و زاویه بینشان معلوم :

اندازه گیری طول

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

□ اندازه گیری با چرخ غلطان: با توجه به تعداد دور و محیط چرخ طول مشخص می شود.

دقت نسبی اندازه گیری در این روش $1/200$ می باشد.

اندازه گیری طول

□ اندازه گیری با زنجیر مساحی : استفاده از زنجیری از مفتول های 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 $1/1000$ میرسد.

□ اندازه گیری با نوارهای اندازه گیری (مترکشی) :

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 اکسپ 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

مترکشی روی سطوح هموار افقی:

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



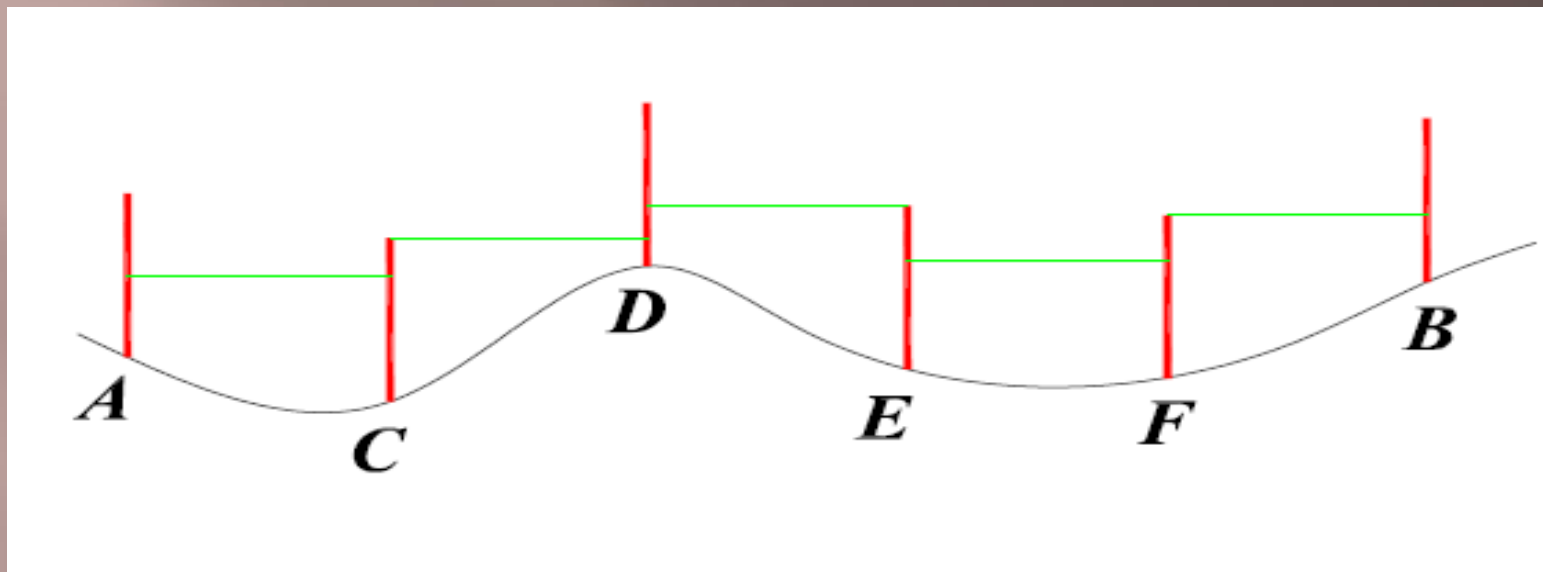
کوچکتر از حداکثر طول متر تقسیم می کنیم فاصله نقاط میانی باید طوری مشخص شود که همگی روی امتداد AB قرار داشته باشد.

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

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

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

اندازه گیری طول

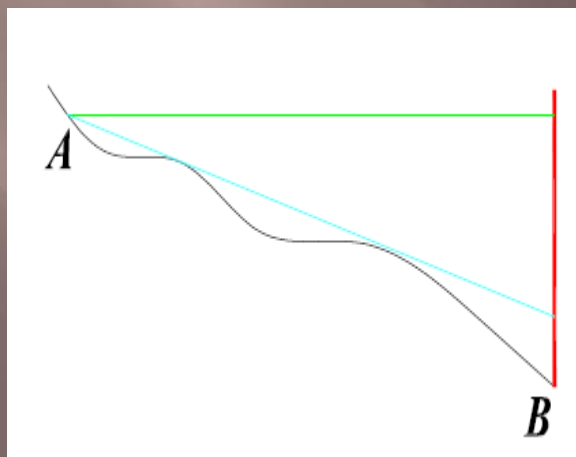


ژالون‌ها بصورت چشمی و یا با منشور بین دو نقطه مورد نظر در یک راستا قرار می‌گیرند و سپس مترکشی بصورت صحیح بین ژالون‌ها انجام می‌شود.

در زمینهای شیبدار نیز اندازه‌گیری به دو روش انجام می‌شود:

❖ مترکشی افقی (اندازه‌گیری طول افقی)

❖ مترکشی در امتداد شیبدار (اندازه‌گیری طول مایل)



اندازه گیری طول

روشهای غیر مستقیم (استفاده از دستگاه های اپتیکی)

اندازه گیری به روش غیرمستقیم خود به روشهای متفاوتی انجام میشود

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

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

روشهای استفاده از دستگاه های الکترونیکی و الکترو اپتیکی

در این روشها با ارسال امواج الکتروماگنتیک و انعکاس آنها از رفلکتورها، با استفاده از زمان رفت و برگشت امواج یا اختلاف فاز امواج، فاصله را محاسبه می کنند.

- دقت اندازه گیری این روش از سایر روشهای مستقیم و غیرمستقیم بیشتر است
- فاصله یاب های الکترونیکی در وضعیت نامساعد جوی نیز بخوبی کار می کنند
- انواع اشتباهات و خطاهای انسانی و دستگاهی در فاصله یاب های الکترونیکی حذف شده اند.
- توتال استیشن ها ترکیبی از فاصله یاب ها و دوربین های نقشه برداری هستند.

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

بطور کلی خطاهایی که در عملیات مترکشی ایجاد می شود می تواند ناشی از خطاهای دستگاهی، خطای طبیعی و خطای انسانی باشد که بصورت های زیر ممکن است بوجود آید.

□ خطای ناشی از اشتباه طول متر:

گاهی ممکن است اندازه نوشته شده روی متر کوچکتر یا بزرگتر از اندازه واقعی باشد از این رو باید قبل از مترکشی، متر مورد نظر را با یک متر یا طول پیاده شده استاندارد مقایسه نمود. مقداریکه در بعضی از شرایط ممکن است بر اثر کشیدن بوجود آید، تصحیحاتی به شرح زیر را 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 و تصحیح منفی است.

اندازه گیری طول

➤ تصحیح کالیبراسیون :

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

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

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

l_n

طول اسمی متر

l_t

طول واقعی متر

L_n

مسافت اندازه گیری شده

L_t

مسافت واقعی

C_L

تصحیح کالیبراسیون

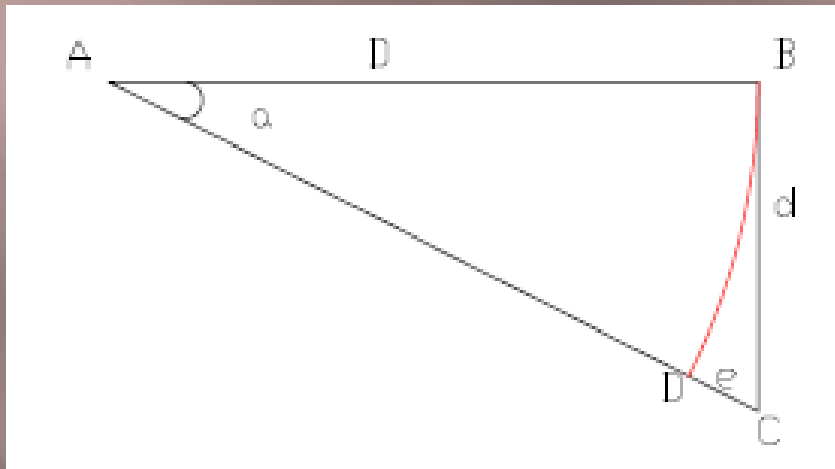
اندازه گیری طول

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



$$AC = L$$

$$AB = D$$

$$BC = d$$

$$\hat{BAC} = \alpha$$

$$e = L - D$$

طول اندازه گیری شده

طول افقی

اختلاف ارتفاع

زاویه شیب

تصحیح تبدیل به افق

اندازه گیری طول

➤ 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 و انتها معلوم باشد:

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

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

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

□ اگر شیب زمین (n : ۱) معلوم باشد:

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

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

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 باید تصحیح شود با استدلالی شبیه آنچه که در تصحیح تبدیل به افق دیدیم، مقدار این تصحیح از رابطه زیر بدست می آید

$$e = -\frac{d^2}{2L} \quad \text{تصحیح اثر خارج امتدادی:} \quad \blacktriangleright$$

□ 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 می شود (در اثر نیروی وزن خودش) یعنی بجای خط مستقیم شکل قوس پیدا می کند در این حالت باید اختلاف طول قوس و وتر را تعیین کرد.

اندازه گیری طول

➤ 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 می آید باید تصحیحی وارد کرد که مقدار مطلق این تصحیح عبارتست از:

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

c تصحیح شنت (mm)

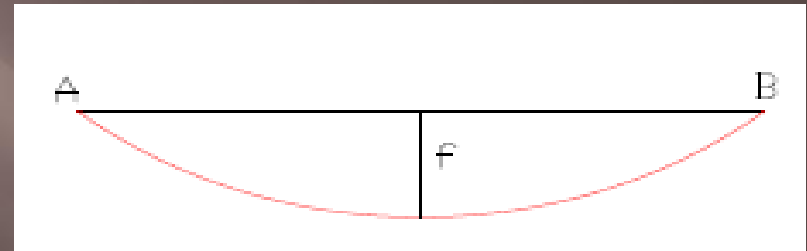
m جرم یک متر نوار

$W = mg \cdot L$ 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 مترکشی متر با نیروی بیشتر یا کمتر از حد استاندارد (مندرج در کاتالوگ متر) کشیده شود باعث ایجاد خطا در اندازه گیری می گردد طبق قانون هوکر طول نوار بعلت حالت کشسانی آن افزایش یا کاهش می یابد.

➤ تصحیح اثر تغییر کشش:

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

T_m نیروی کشش وارد شده به متر

T_s نیروی کشش استاندارد

A مساحت مقطع عرضی نوار

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

l_n طول اسمی نوار

واحدها باید با همه سازگاری داشته باشند

مثلا A متر مربع (میلیمتر مربع) و E

نیوتن بر متر مربع (نیوتن بر میلیمتر مربع)

T بر حسب نیوتن (نیوتن) در اینصورت l

و تصحیح واحدهای یکسانی خواهند داشت

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

□ خطای 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 ساخت و محیطی که در آن عملیات نقشه برداری صورت می گیرد بوجود می آید و در واقع در اثر تغییر درجه حرارت خطایی رخ می دهد که تصحیحی بشرح زیر را بدنبال دارد:

➤ تصحیح اثر تغییر دما :

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

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

در صورتیکه $t > t_s$ طول واقع نوار بیشتر

از طول اسمی آن واگر $t < t_s$ باشد طول

واقعی از طول اسمی کمتر است و با توجه

به این موضوع و آنچه در خطای کالیبراسیون

گفته شده باید تصحیح + یا - را اعمال نمود

اندازه گیری طول

تصحیحات مترکشی:

□ خطای انتقال اندازه از روی زمین به نقشه :

چون انتقال اندازه‌ها از روی زمین به نقشه مستقیماً امکان ندارد لازم است فواصل اندازه‌گیری شده روی زمین بر روی سطح مبنا تصویر شوند بنابراین باید در فواصل اندازه‌گیری شده بر روی 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

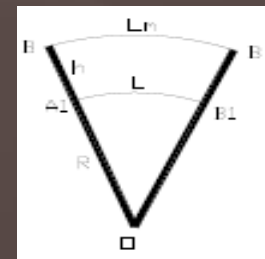
و در غیر اینصورت تصحیح مثبت است .

L_m مسافت اندازه‌گیری شده

L طول تصویر L_m بر سطح 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 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 می شود.

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 می آید.

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

□ خطاهای تصادفی:

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

اندازه گیری طول

مثال ۱ : اختلاف ارتفاع دو نقطه برابر ۲۰ متر و فاصله افقی آنها برابر ۵۵ متر می باشد . 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 است اگر طول واقعی

متر 49.95 متر باشد اندازه واقعی امتداد موردنظر را مشخص کنید؟

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

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

$$L_t = 1640 - 1.64 = 1638.36$$

اندازه گیری طول

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

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

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

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

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

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

اندازه گیری طول

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 برمیلیمتر 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 گیری های 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 گیری های 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 ۲ : 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؟

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

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

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

$$L_t = L_n + C_L$$

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

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

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

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

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

اندازه گیری طول

مثال ۱ : با یک متر فلزی که در درجه حرارت ۲۰ درجه سانتی گراد استاندارد شده است فاصله ای را اندازه گیری کرده که برابر 200.05 متر میشود درجه حرارتی 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 ۲ : 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؟

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

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

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؟

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

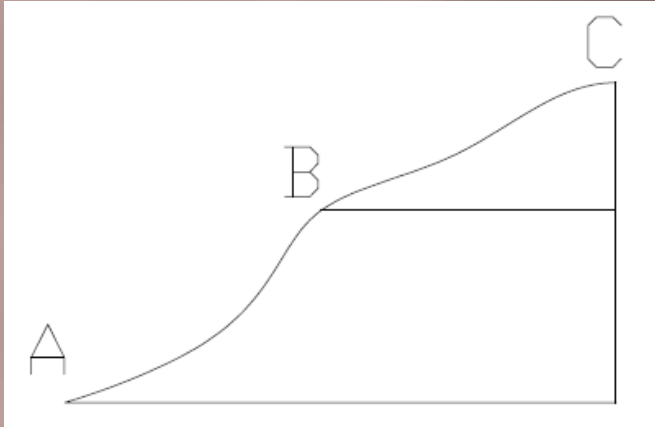
$$c = \frac{50^3 * 0.02^2}{24} \cdot \left(\frac{1}{12^2} - \frac{1}{5^2} \right) = 0.068$$

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

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.

اندازه گیری طول

مسئله 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 طول افقی AC را محاسبه کنید؟



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

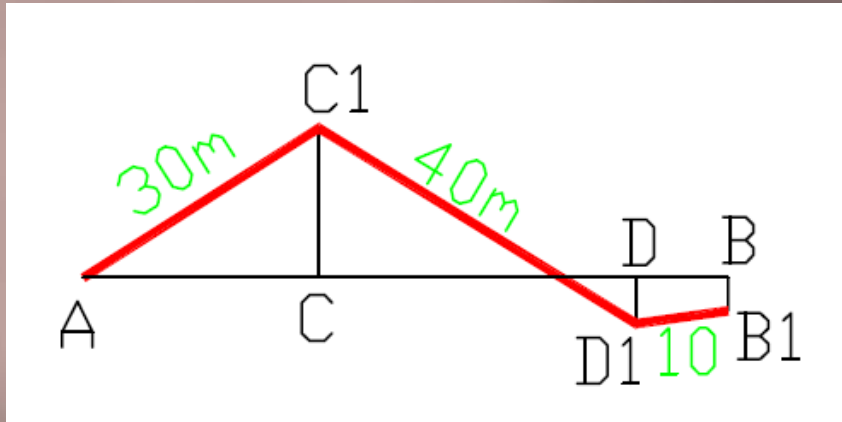
$$e = -\frac{h_{BC}^2}{2L_{BC}} = -\frac{2^2}{2 \cdot 300} = -0.007m$$

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

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

اندازه گیری طول

مسئله 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

مسئله ۱۳: چنانچه طول شیبدار AB برابر 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.

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 می باشد؟

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

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

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

اندازه گیری طول

تمرین: فاصله دو نقطه A و B در هوا و بصورت شیبدار و تحت زاویه شیب زمین (۲۵ درجه) متر کشی و عدد 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؟ (۰.۴٪)

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 می کنیم.

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 و درجه 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

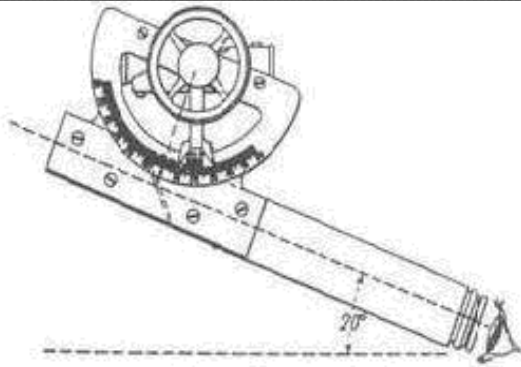
$$C_P = \frac{L.(P - P_0)}{S.E}$$

رابطه تصحیح اثر نیروی کششی در متر کشی

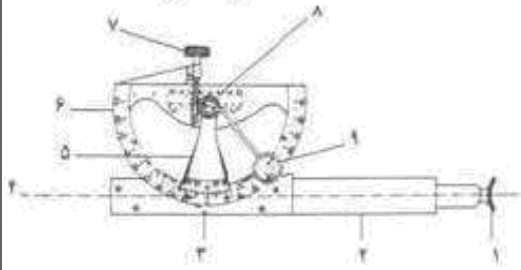
مساحی: منظور از مساحی تهیه نقشه یک منطقه توسط وسایل ساده نقشه برداری (متر، ژالون، گونیای مساحی و...) و پیدا کردن مساحت قطعه زمین می باشد.

➤ **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 (گونیای مساحی) بشکل یک منشور هشت ضلعی یا استوانه می باشد که روی آن شکاف هایی که دو به 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)



شیب سنج

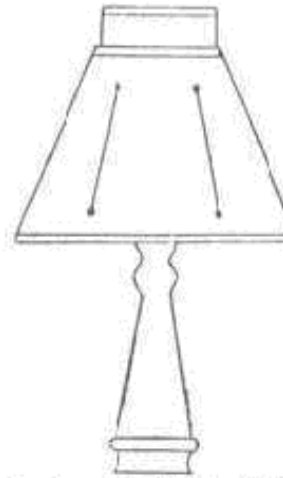


- 1- Eyepiece:
- 2- Squared - sectioned tube:
- 3- Half - mirror at 45° :
- 4- Line of sight:
- 5- Vernier Arm:
- 6- Graduated semi - circle:
- 7- Bubble control screw:
- 8- Spirit level:
- 9- Magnifying glass:

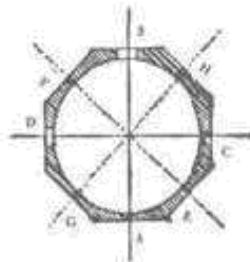
چشمی
لوله مکعب مستطیل
نیم آینه با زاویه 45
خط دید
بازوی ورنیه
نیم دایره درجه بندی شده
بیج تنظیم حباب تراز
تراز استوانه ای
ذربین



گونیاى شكاف دار استوانه ای



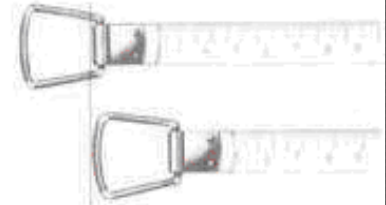
گونیاى شكاف در مخروطی



مقطعی از گونیاى شكاف دار



گونیاى شكاف در منشوری



انواع متر و نقطه شروع متر



ژالن



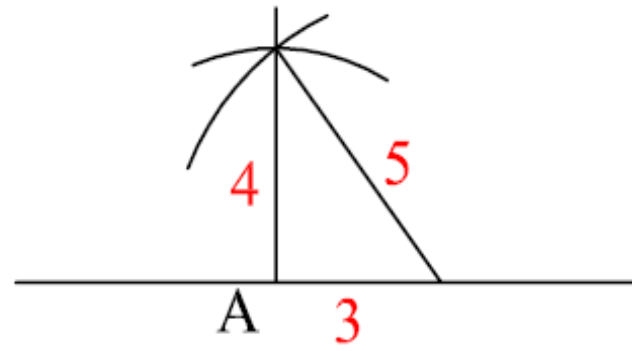
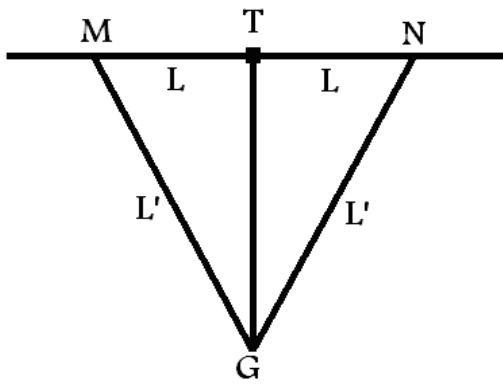
تراز نبشی

➤ مباحثی از مساحی:

□ اخراج عمود بر یک امتداد:

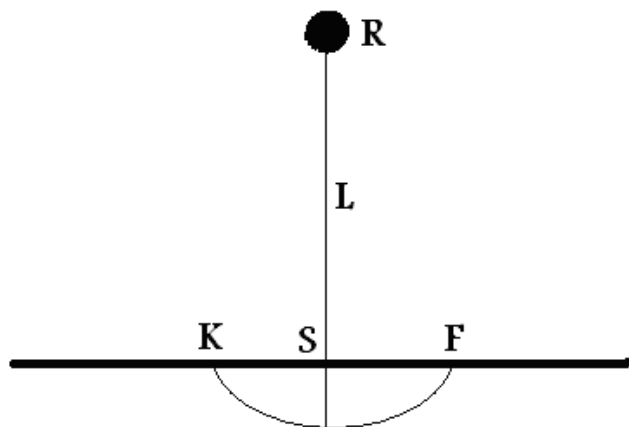
ابتدا نقطه‌ای را بروی خط ممتد تعیین نموده مانند نقطه **T** سپس به اندازه **L** (عددی دلخواه می‌باشد) از دو طرف نقطه **T** جدا کرده بطوری که دوپاره خط مساوی **MT, NT** ایجاد می‌شوند آنگاه از نقاط **M, N** به شعاع **L'** (عددی دلخواه می‌باشد) کمان‌هایی را رسم می‌کنیم که این کمان‌ها در نقطه مانند **G**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

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



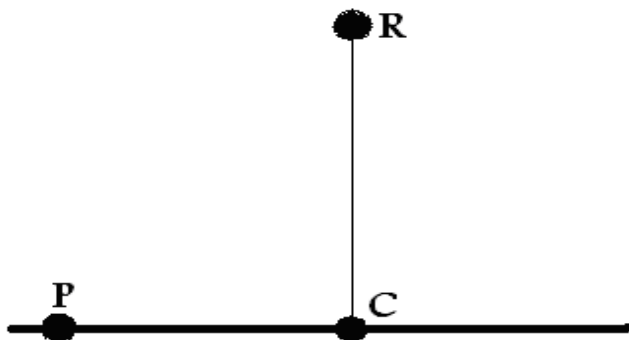
➤ وارد کردن عمود بر یک امتداد از نقطه ای خارج از آن:

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. اصولاً متر ۰.۵ الی ۱ متر از خط هادی می‌گذرد (بهتر است به عدد رند برسد) این عدد را **L** فرض می‌کنیم سپس نیم دایره‌ای به مرکز **R** و شعاع **L** رسم می‌کنیم، که خط هادی را در دو نقطه **(K,F)** قطع می‌کند آنگاه فاصله دو نقطه **K,F** را اندازه گرفته و وسط آن را پیدا کرده و آنرا **S** می‌نامیم حال اگر خطی از **R** به **S** وصل کنیم این خط عمود خواهد بود.



هر دو عمل فوق را بوسیله **گونیا** **مساحی** میتوان بشرح زیر انجام داد:

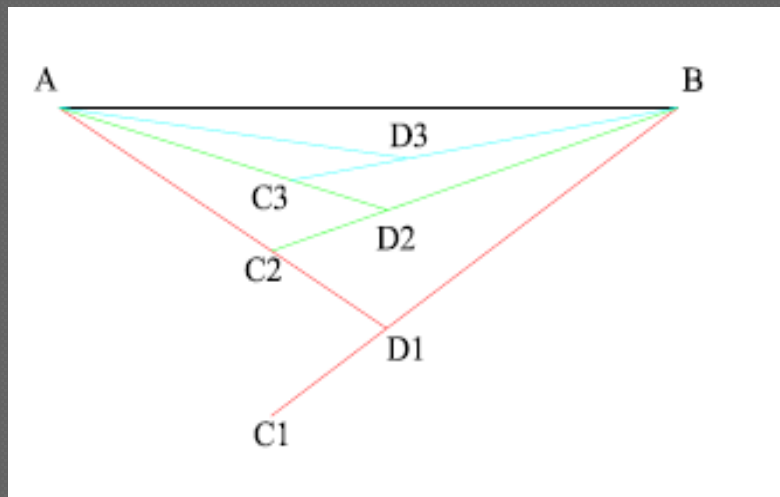
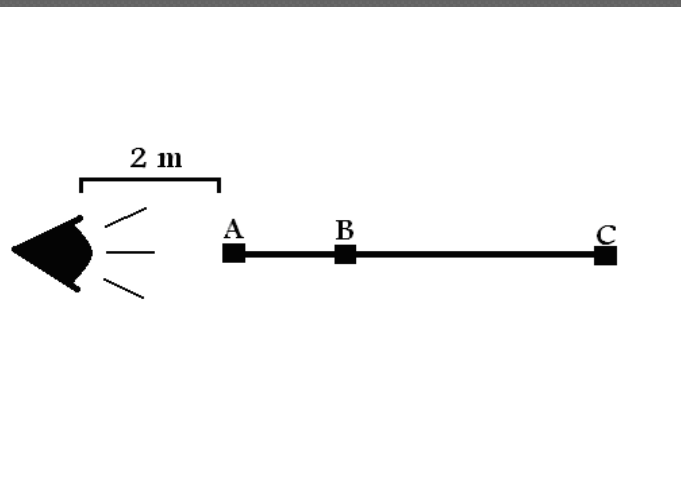
ژالنی را بر روی نقطه **R** قرار داده و ژالن دیگر را بر روی خط هادی مانند **P** قرار می‌دهیم سپس دو ژالن را به وسیله تراز نبشی عمود بر زمین تنظیم کرده آنگاه شاقول را برداشته نخ آنرا به انتهای گونیا مساحی وصل نموده و در نقطه **C** ایستاده بطوریکه فاصله شاقول تا زمین ۱ سانتیمتر باشد. در صورتی که تصویر ژالن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



□ ژالون گذاری:

یکی از ژالون ها را در نقطه پایانی (C) بوسیله سه پایه نگه دارنده ژالون، عمود قرار داده و ژالون دیگر را همانند ژالون پایانی (C) به صورت عمود ولی بدون سه پایه در نقطه آغازین (A) قرار می دهیم.

فرض می کنیم متری که ما در اختیار داریم حداکثر ۳۰ متر می باشد بنابراین ژالون سوم (B) را در حدود ۳۰ متری ژالون آغازین قرار می دهیم آنگاه یکی از اعضای گروه در فاصله ۲ متری پشت ژالون اول (A) قرار می گیرد تا مکان ژالون وسط (B) را تنظیم کرده تا دقیقاً در راستای ژالون ابتدا (A) و انتها (C) قرار گرفته باشد آنگاه فاصله دو ژالون ابتدا (A) و وسط (B) را اندازه گرفته و مکان ژالون وسط (B) را با گچ مشخص کرده تا ژالون اول (A) در آن مکان قرار گیرد و عملیات تکرار می شود.

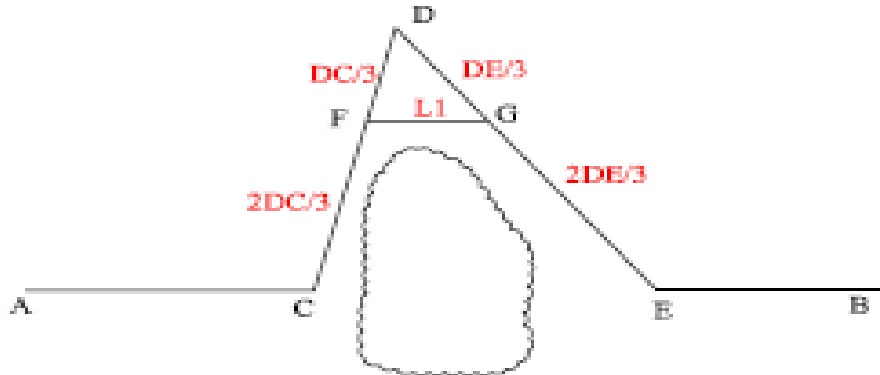
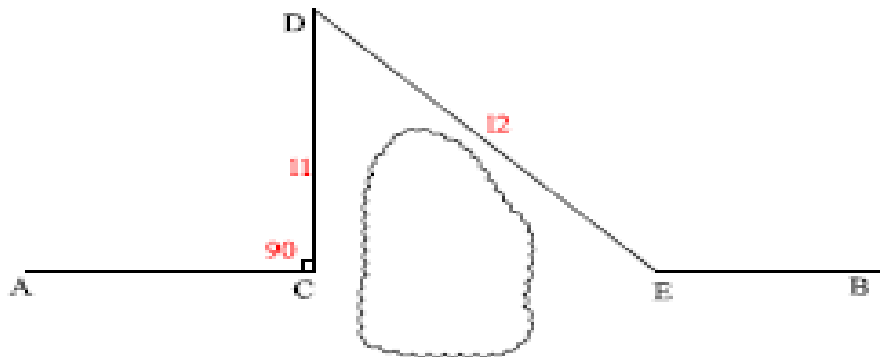
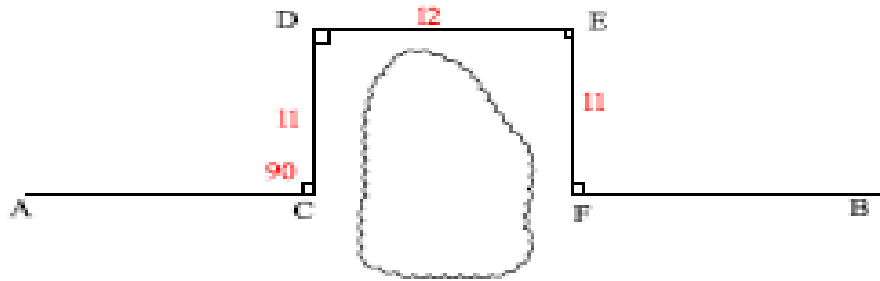


□ اندازه گیری فاصله دو نقطه ای که در دو طرف یک مانع قرار گرفته اند:

❖ اگر مانع قابل دور زدن باشد:

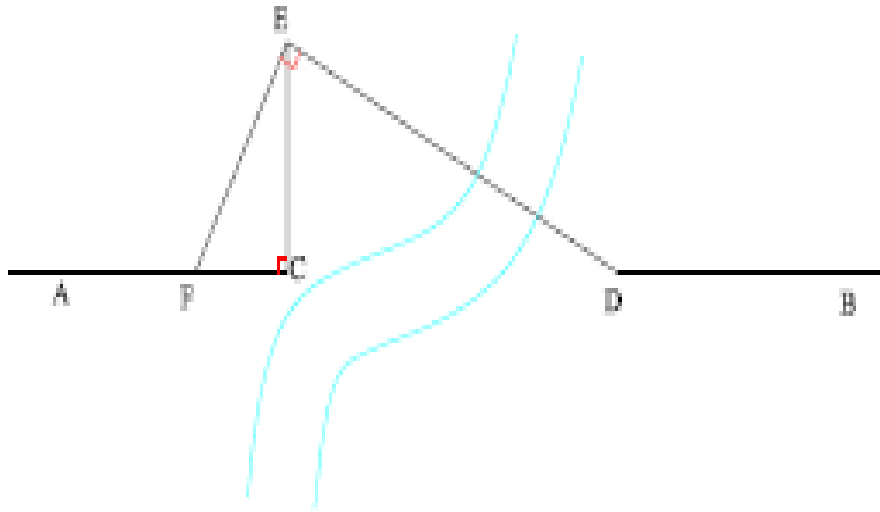
$$\overline{CE} = \sqrt{l_2^2 - l_1^2}$$

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

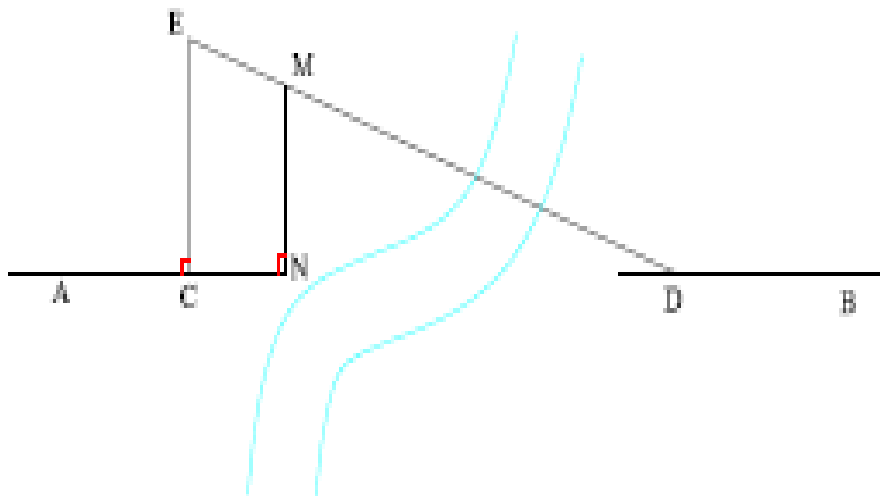


□ اندازه‌گیری فاصله دو نقطه‌ای که در دوطرف یک مانع قرار گرفته‌اند:

❖ اگر مانع قابل دور زدن نباشد:



$$\triangle CFE \approx \triangle CED \Rightarrow \frac{FC}{CE} = \frac{CE}{CD}$$



$$\triangle DEC \approx \triangle MNC \Rightarrow \frac{ED}{MN} = \frac{DC}{NC}$$

□ اندازه گیری زاویه به وسیله متر:

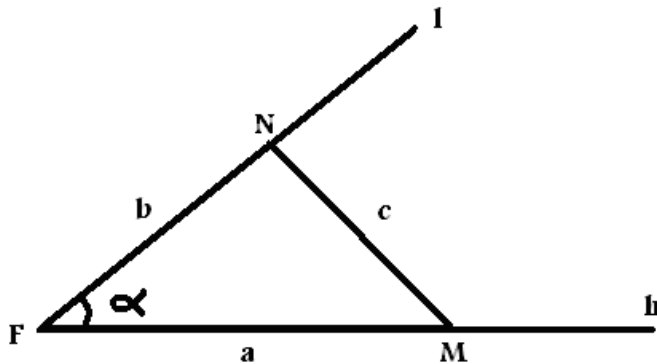
می توان با استفاده از دو رابطه زیر آن را انجام داد:

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

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \frac{AB}{2l}$$

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

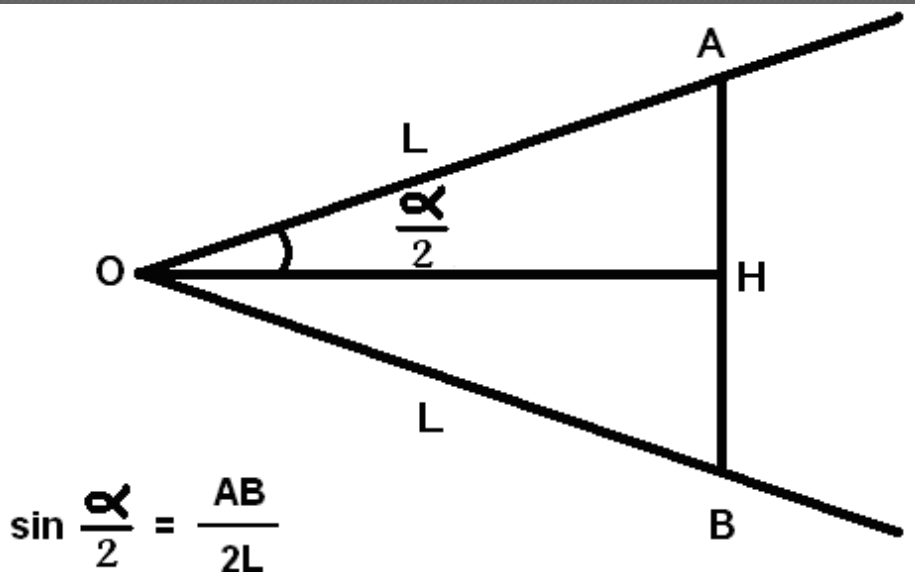
فاصل a و b را به اندازه های دلخواه از راس زاویه روی اضلاع جدا نموده و فاصله c را اندازه گرفته و از رابطه استفاده می کنیم.



□ 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 استفاده از مثلث OAH ($AH=BH$) خواهیم داشت.



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

$$\sin \frac{\gamma}{2} = \frac{AB}{2l}$$

□ برداشت مسطحاتی با کمک روشهای مساحی:

منظور تهیه نقشه یک منطقه توسط وسایل ساده نقشه برداری می باشد.

مراحل عمل بشرح زیر است:

❖ شناسایی منطقه

❖ برداشت به کمک وسایل ساده

□ شناسایی منطقه: به منظور مشخص کردن محدوده کار و بررسی عوارض طبیعی و مصنوعی و تعیین روش کار و انتخاب رؤوس برداشت انجام می شود.

□ برداشت: انتقال عوارض یا حدود یک زمین، با مقیاس کوچکتر بر روی صفحه را گویند که به یکی از سه روش زیر انجام می شود:

✓ برداشت توسط تقسیم به اشکال هندسی و قابل حل در ریاضیات (مثلث بندی)

✓ برداشت توسط یک خط هادی

✓ برداشت توسط دو یا چند خط هادی

□ برداشت توسط تقسیم به اشکال هندسی و قابل حل در ریاضیات (مثلث بندی)

می دانیم 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 بر روی نقشه تغییری بدهد بنابراین، این روش باید حتما متکی بر کنترل باشد.

(b) محاسبات این روش بسیار زیاد است بر همین اساس، برای مناطق کم وسعت استفاده می شود.

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

□ برداشت توسط یک خط هادی:

در مساحی از بلندترین خطی که بتوان بر روی آن موقعیت سایر نقاط و رؤوس را ترسیم نمود بعنوان **خط مبنا** استفاده می کنند.

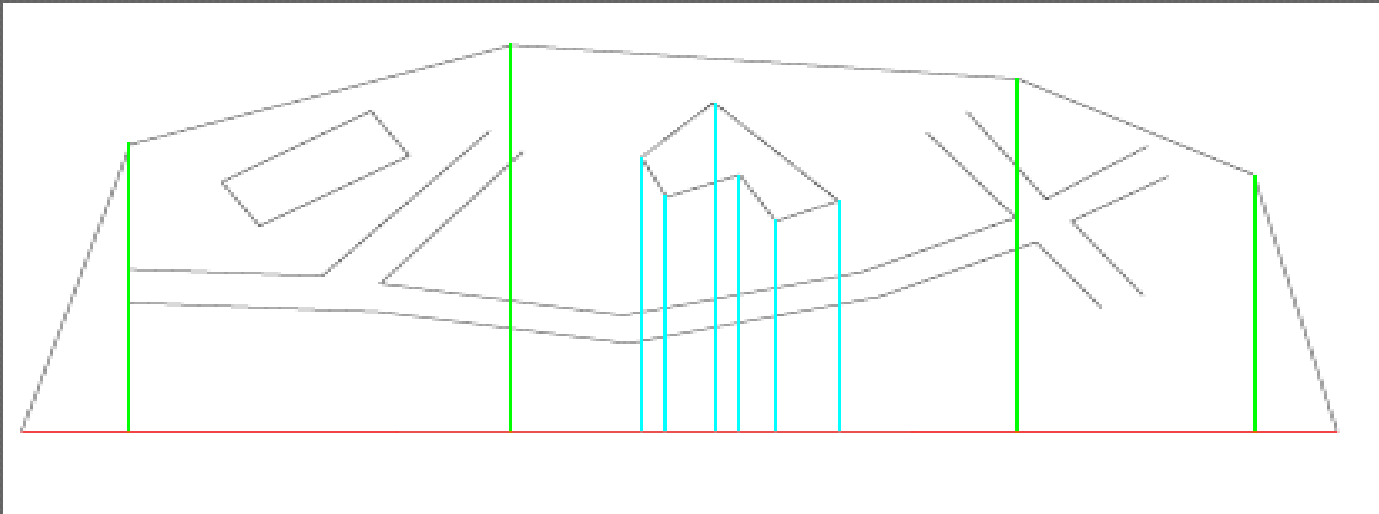
در انتخاب خط هادی یا مبنا بایستی مطالب زیر رعایت شود:

(a) **طول آن** با دقت زیاد اندازه گیری شود و حتی الامکان به **حدود و عوارض زمین** نزدیک باشد

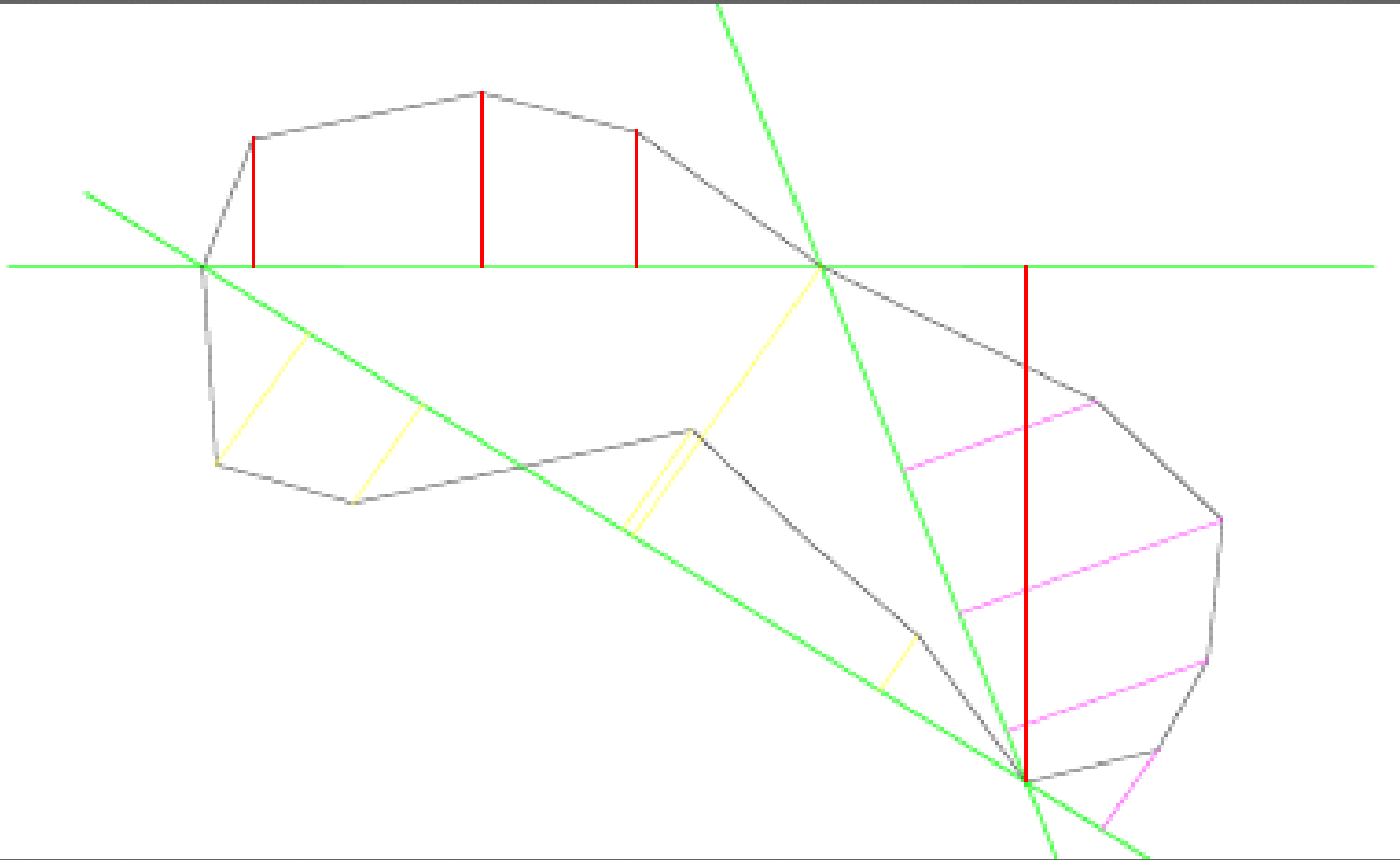
(b) حتی الامکان در **منطقه مسطح** انتخاب شود و در امتداد بلندترین بعد منطقه مورد نظر باشد

(c) در صورتیکه منطقه وسعت نسبتاً زیادی داشته باشد، بهتر است خط هادی را **در وسط**

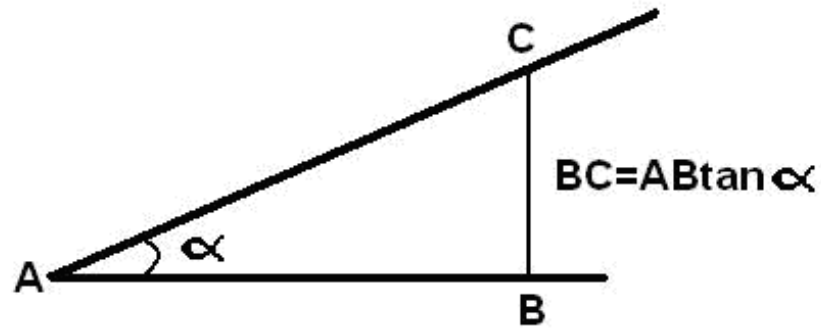
منطقه انتخاب کرد.



□ برداشت توسط دو یا چند خط هادی:



جدا کردن امتداد با زاویه معین از نقطه‌ای بروی امتدادی فرضی چگونه انجام می‌شود؟



□ تعریف ترازیابی:

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

□ یادآوری:

● **سطح تراز:** سطحی است که در تمام نقاط بر امتداد نیروی ثقل عمود باشد.

کلیه خطوط روی این سطح خطوط همتراز می باشند. همانطور که قبلا نیز گفته شده است سطح ژئوئید سطح تراز است منطبق بر سطح متوسط آب دریاهاى 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 تراز است که ارتفاع هر نقطه نسبت به سطح آن سنجیده می شود.

● **ارتفاع نقطه:** فاصله قائم نقطه نسبت به سطح مبنا را ارتفاع می گویند.

● **بنچ مارک ها:** نقاط ثابتی هستند که ارتفاع آنها برای نقشه بردار معلوم است که چهار نوع می باشند.

● انواع بنچ مارک ها :

- بنچ مارک ژئودزی : (GTS.BM)
Great Trigonometrical Survey Bench Mark
- بنچ مارک دائمی : (P.BM) : Perpetuate Bench Mark
- بنچ مارک اختیاری : (A.BM) : Arbitrary Bench Mark
- بنچ مارکهای موقتی : (T.BM) : Temporary Bench Mark

ترازیابی

انواع ترازیابی: ترازیابی بنا به دقت مورد نظر و سرعت لازم

ممکن است با یکی از ۳ روش زیر انجام شود:

1. ترازیابی با فشارسنجی (بارومتریک)
2. ترازیابی غیرمستقیم (مثلثاتی) Trigonometrical
3. ترازیابی مستقیم (هندسی)

ترازیابی

ترازیابی بارومتریک یا فشارسنجی:

که آنرا آلتیمتری نیز می گویند. در مواقعی که سرعت عمل زیاد و دقت کم مورد نظر باشد از این روش استفاده می شود 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 می شود:

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

C ضریبی است که مقدار آن در سیستم متریک ۱۸۴۰۰ است

p_i فشار نقطه

H_i ارتفاع نقطه

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

ترازیابی مستقیم یا هندسی:

در این قسمت روشهای مختلف ترازیابی مستقیم و اصول و مفاهیم آن بررسی می شود:

➤ 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

انواع تراز یاب

ترازیاب‌ها بر حسب دقت و ساختمان‌شان تقسیم بندی می شوند.

دقت هر دستگاه تراز یاب تابع حساسیت تراز و درشت نمایی تلسکوپ آن است

براین اساس تریاب‌ها به سه دسته تقسیم می شوند:

● تراز یاب‌های ساختمانی

● تراز یاب‌های مهندسی

● تراز یاب‌های دقیق

نوع تراز یاب	درشت نمایی	قطر عدسی شئی	حساسیت تراز استوانه ای	حساسیت تراز کروی	خطای متوسط در ۱ کیلومتر
ساختمانی	۱۶ تا ۲۵ برابر	۲۰ تا ۳۰ م.م	۲۰ تا ۶۰ ثانیه	۵ تا ۱۰ دق	۵ تا ۱۰ م.م
مهندسی	۲۰ تا ۳۲ برابر	۳۰ تا ۴۵ م.م	۲۰ تا ۶۰ ثانیه	۸ تا ۱۲ دق	۲ تا ۴ م.م
دقیق	۴۰ تا ۴۴ برابر	۵۰ تا ۶۵ م.م	۸ تا ۱۲ ثانیه	۸ تا ۱۲ دق	۰.۳ تا ۰.۵ م.م

انواع تراز یاب

از نمونه های تراز یاب های **ساختمانی** میتوان از دستگاه های **Ni4** (زایس) ، **NO** (ویلدا) و **C4O** (سوکیا) نام برد.

در مورد تراز یاب های **مهندسی** **N1** و **NA2** ، **Ni2** ، **C3A** قابل ذکرند.
ترازیاب های **N3** ، **Ni1** ، **PL1** از نوع تراز یاب های **دقیق** هستند.

تنظیمات تراز یاب

بطور کلی تنظیمات تراز یاب دو نوع می باشد:

● **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 می شود و در اثر کار زیاد یا ضربه خوردن بهم بخورد.

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** (در صورتیکه تراز استوانه ای هم داشته باشد)

(3) **حذف پارالاکس**: یعنی **واضح دیدن تصویر شاخص** (در میدان دید آوردن شیئی مورد نظر در

دوربین) و همچنین روشن کردن تارهای رتیکول

تنظیمات دائمی :

همانطور که قبلا گفته شده است محورهای تراز یاب (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 می باشد و یا اینکه محور قائم بر محور دیدگانی عمود می باشد. ایجاد این وضعیتها توسط کارخانه انجام می شود 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.

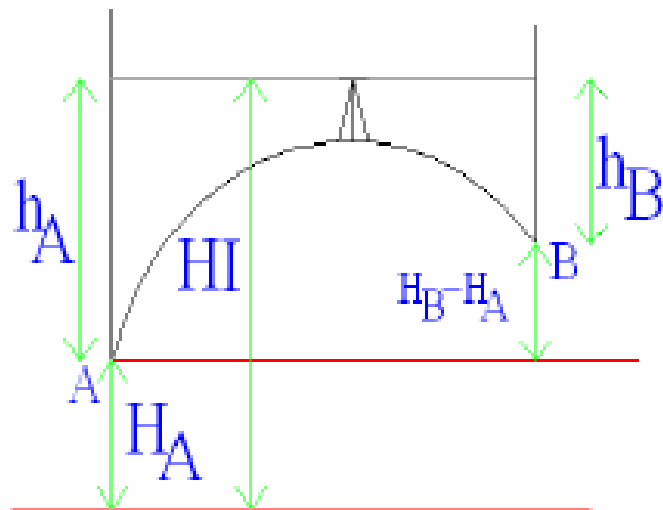
این تنظیمات دو نوع هستند:

➤ تنظیم محور لوله تراز

➤ تنظیم محور کلیماسیون

که در بخشهای بعدی توضیح داده خواهند شد.

❑ اصول ترازیابی:



دو نقطه **A** و **B** را در نظر 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:

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

h_A

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

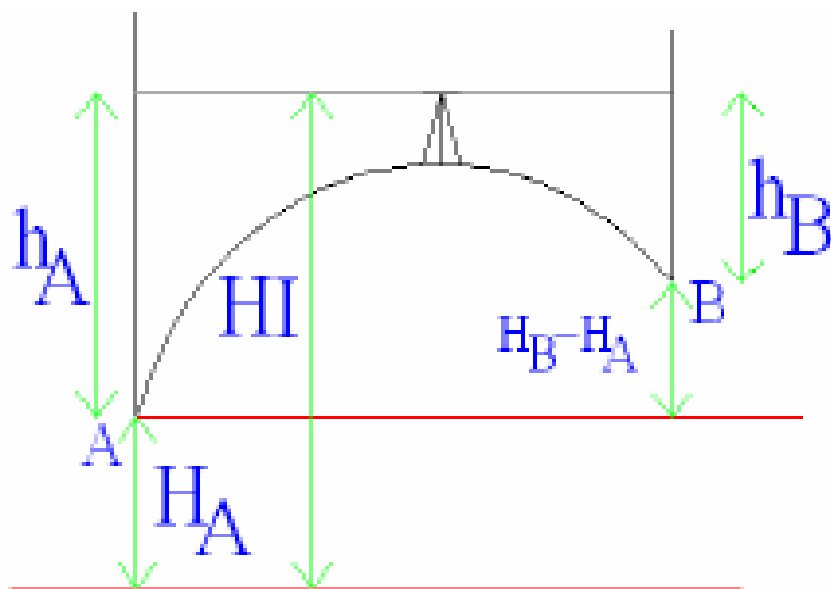
h_B

ارتفاع خط قراولروی

HI

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

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



□ اصول ترازیابی:

یعنی اختلاف ارتفاع بین دو نقطه برابر با تفاضل قرائت‌های عقب و جلو است.

در این صورت:

$$h_B = h_A + \Delta H$$

$$h_B = HI - F.S$$

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 در صورت عکس نقطه **B** نسبت به **A** پایین تر است.

مثال : در ترازیابی بین دو نقطه **A** و **B** قرائت 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؟

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

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

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

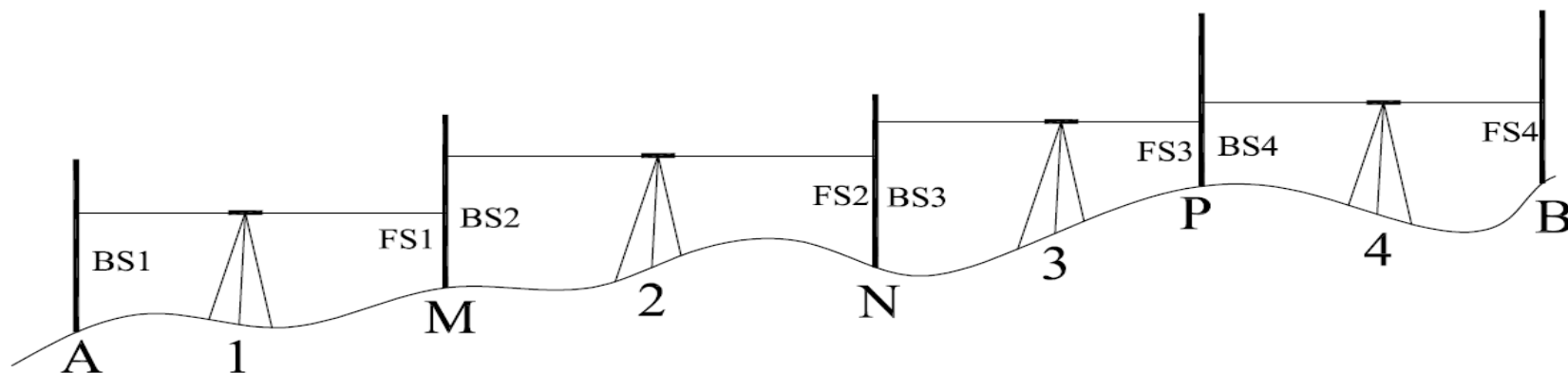
$$h_B = HI - F.S = 1351.535 - 2.511 = 1349.024m$$

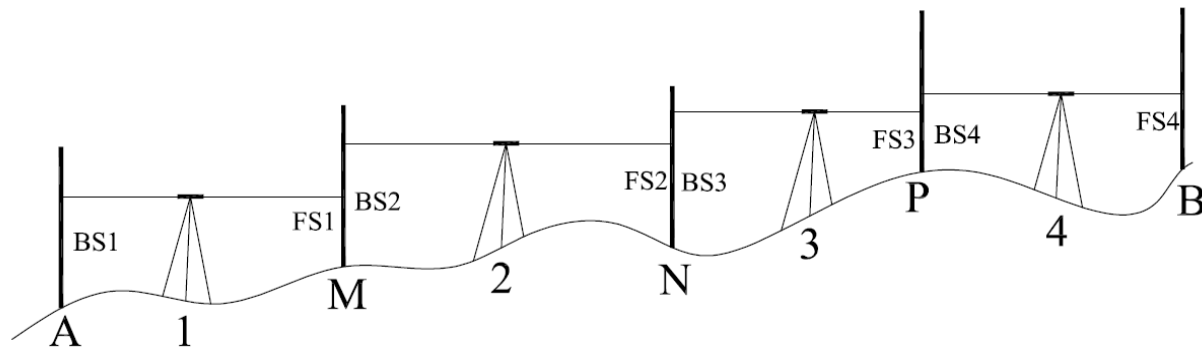
❑ شیوه های ترازیابی:

با توجه به وضعیت نقاط ارتفاعی نسبت بهم ترازیابی مستقیم به سه شیوه **شعاعی** - **پیمایشی** و یا **ترکیبی** از این دوشیوه انجام می شود .

➤ **شیوه پیمایشی یا خطی:** در نقاطی که فاصله آنها زیاد است و یا ارتفاع آنها از ارتفاع میر

بیشتر است نمی توان با یکبار ایستگاه گذاری ترازیابی کرد در اینصورت از ایستگاه های بیشتری برای استقرار دوربین استفاده می شود.





□ 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	

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

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

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

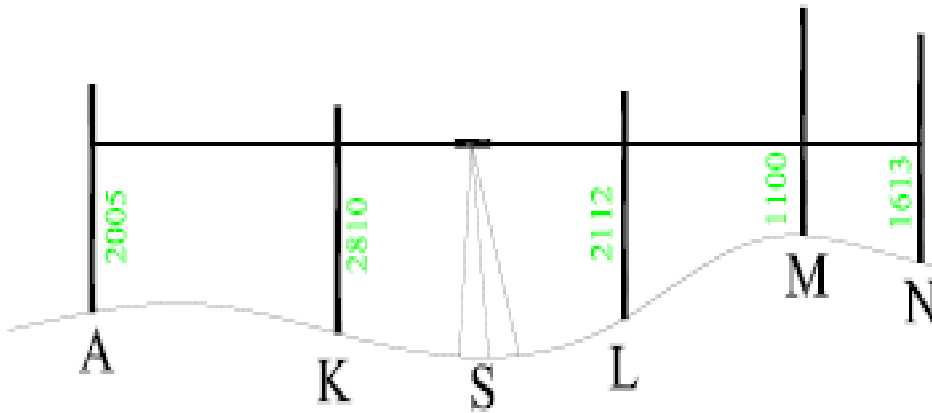
علاوه بر روش فوق می توان با استفاده از ارتفاع خط قراولروی نیز ارتفاع نقاط را

بدست آورد در این روش ابتدا ارتفاع دوربین را با استفاده از رابطه $H_C = H_A + B.S = H_B + F.S$

بدست می آوریم و سپس از رابطه $H_B = H_C - F.S$ ارتفاع نقاط مجهول را محاسبه

می کنیم

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



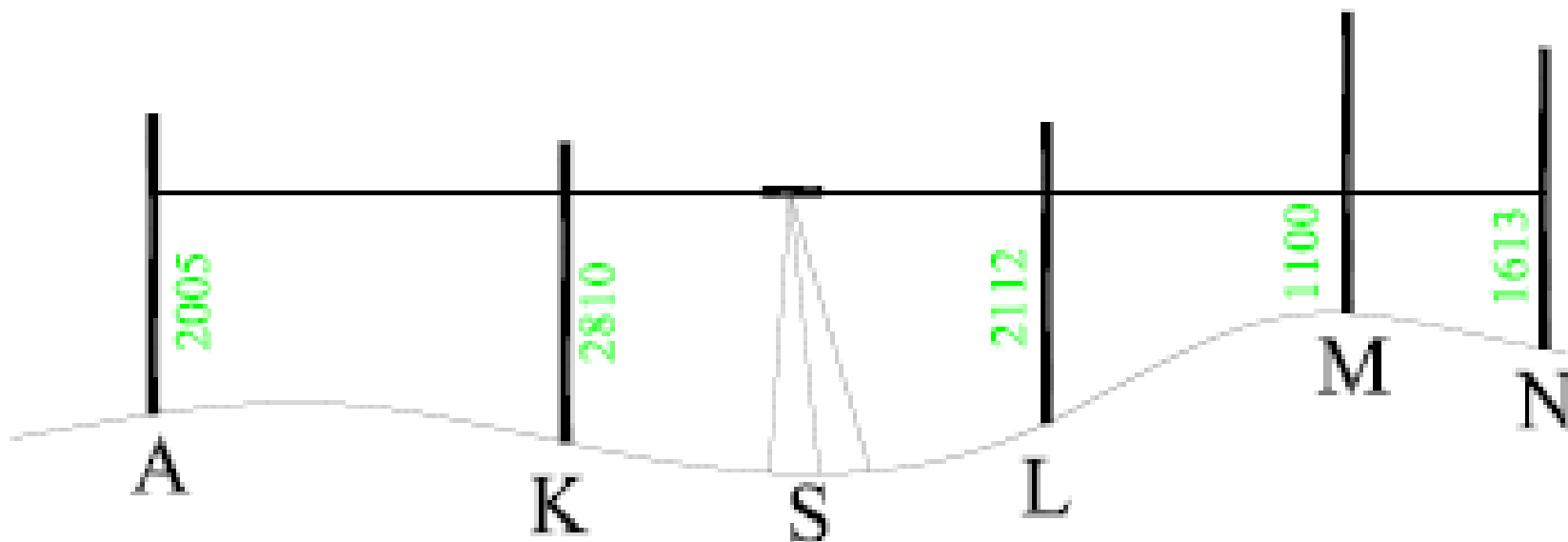
شیوه شعاعی: در بعضی از عملیات با

یک ایستگاه گذاری می توان به چندین نقطه مجهول نشانه روی کرد و اختلاف ارتفاع آنها را نسبت به نقطه معلوم بدست آورد.

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

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

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؟



ترازیابی

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

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

ترازیابی

شیوه ترکیبی: این شیوه ترکیبی از دو شیوه قبلی است. در این روش اولین قرائت هر ایستگاه در ستون قرائت عقب و آخرین قرائت آن در ستون قرائت جلو و سایر قرائت‌ها در ستون قرائت‌های میانی ثبت می‌شود. از این روش برای تراز یابی های 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 کنترل محاسبه نقاط

$$H = H_C - F.S$$

$$H = H_C - I.S$$

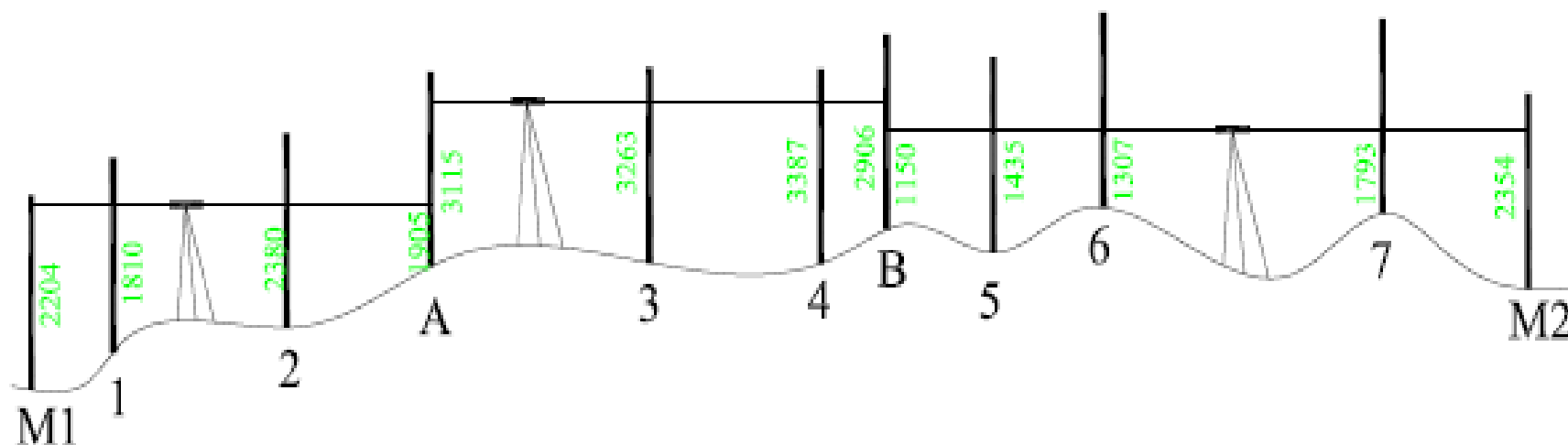
$$\Sigma H = \Sigma H_C - (\Sigma F.S + \Sigma I.S) \Rightarrow \Sigma H_C = \Sigma H + \Sigma F.S + \Sigma I.S$$

میانی می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

یعنی جمع مقادیر عددی ارتفاعات خطوط قراولروی مساوی با مجموع مقادیر سه ستون **IS** و **FS** و

H است (مقصود از ΣH در روابط مجموع ارتفاع نقاط مجهول یعنی همه مقادیر غیر از نقطه اول است)

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

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

$$\Sigma \Delta H = H_B - H_A = \Sigma B.S - \Sigma F.S$$

ترازیابی

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

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

ترازیابی

بررسی خطاهای ترازیابی: در ترازیابی نیز مانند سایر اندازه گیری های نقشه برداری

سه عامل باعث ایجاد خطا می شود و خطاهای ترازیابی در حالت کلی عبارتند از:

(1) خطای دستگاهی: شامل میزان نبودن تراز دستگاه، افقی نشدن محور دیدگانی پس از

تنظیم تراز، صحیح نبودن طول شاخص و یا درجه بندی آن، ناپایدار بودن سه پایه و...

(2) خطای طبیعی: شامل کرویت زمین، انکسار نور در هوا، تشعشع خورشید، وزش باد و تغییر

ناگهانی دما و...

(3) خطای انسانی: شامل تراز نکردن کامل دستگاه، عدم پایداری تکیه گاه شاخص، قائم نگرفتن

شاخص، از بین 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)) بایستی انجام شود تا خطاهای دستگاهی

کاهش یابند. تنظیم اول که به تراز کردن دوربین و نحوه عمل و کنترل آن بر می گردد که در

بخش عملی با آن آشنا شده اید.

ترازیابی

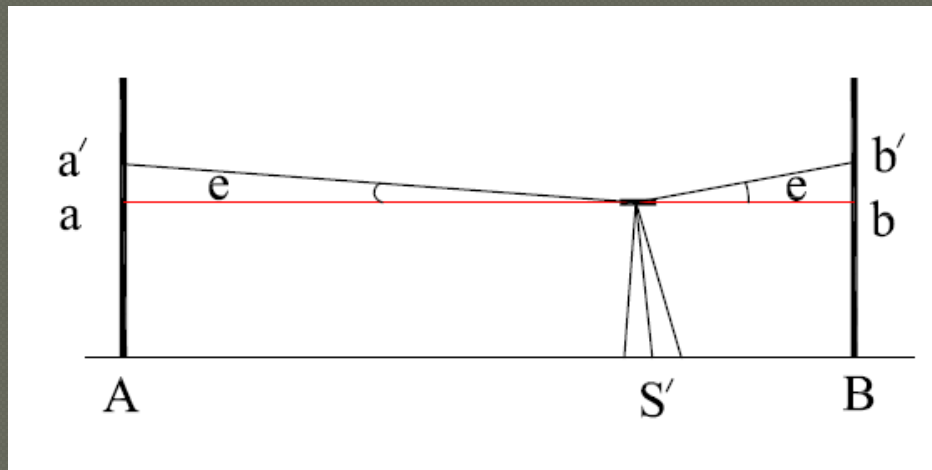
تنظیم محور کلیماسیون: عمود نبودن محور قائم بر محور کلیماسیون یا موازی نبودن محور لوله تراز با محور کلیماسیون و یا همچنین منطبق نبودن محور عدسیه بر محور کلیماسیون، خطایی ایجاد می کند که آنرا خطای کلیماسیون می گویند.

بایستی تنظیم بودن محور کلیماسیون را هر چند وقت یک بار بخصوص مواقعی که امکان ضربه خوردن به دستگاه باشد قبل از کار روزانه به یکی از دو طریق زیر کنترل نمود:

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

(2) دو نقطه A و B در روی زمین نسبتاً صافی بطول تقریبی ۱۰۰ متر اختیار می شود و اختلاف ارتفاع دو نقطه را با دو بار ایستگاه گذاری (یکبار در نزدیکی A و بار دیگر در نزدیکی B) بدست می آوریم که در دو حالت بایستی یک عدد بدست آید در غیر اینصورت دستگاه دارای خطای کلیماسیون می باشد.

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



بطوریکه در شکل دیده می شود در صورت وجود خطای کلیماسیون بجای قرائت a در روی شاخص a' قرائت می شود در نتیجه:

$$a' - a = e_a = d_a \cdot \tan(e) \cong d_a \cdot e$$

$$a = a' - d_a \cdot e$$

$$b' - b = e_b = d_b \cdot \tan(e) \cong d_b \cdot e$$

$$b = b' - d_b \cdot e$$

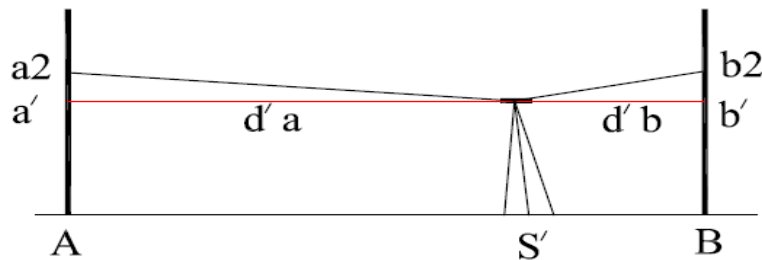
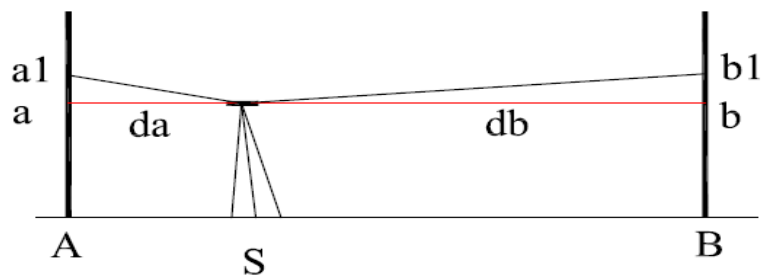
بطور مشابه برای **B** داریم

در نتیجه:

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

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

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



$$a = a_1 - d_a \cdot e$$

$$b = b_1 - d_b \cdot e$$

$$a' = a_2 - d'_a \cdot e$$

$$b' = b_2 - d'_b \cdot e$$

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

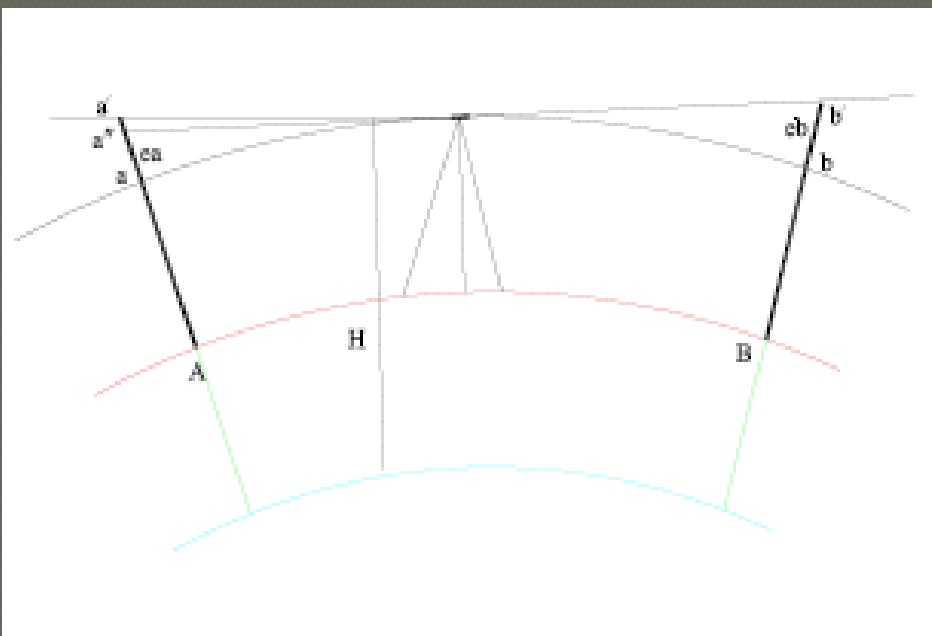
$$a' - b' = (a_2 - d'_a \cdot e) - (b_2 - d'_b \cdot e)$$

$$(a_1 - d_a \cdot e) - (b_1 - d_b \cdot e)$$

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

خطای طبیعی:

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



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

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

خطای طبیعی:

خطای انکسار: هنگامیکه شعاع نوری از میان طبقات مختلف جو عبور می کند به علت تغییرات چگالی زمین امتدادش مرتبا شکسته می شود و به این ترتیب محور دیدگانی به شکل منحنی در می آید و در نتیجه این تغییر شکل، شیء مورد مشاهده نسبت به موقعیت حقیقیش بالاتر به نظر می رسد.

در شرایط جوی معمولی مقدار عددی تصحیح انکسار در حدود $1/7$ تصحیح کروییت 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 بر حسب کیلومتر است

ترازیابی

با توجه به اثر کرویت و انکسار می توان 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 شاخص ها را به ترتیب R_A و R_B 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 می توان نتیجه گرفت که هنگامی که فواصل بین محل استقرار

دوربین و شاخص در قراولروی عقب و جلو مساوی باشد کرویت زمین و انکسار در ترازیابی مستقیم خطایی ایجاد نمی کند.

● در محاسبه کلیماسیون و همچنین در موقع تنظیم دستگاهها باید مورد فوق را در نظر گرفت.

● در رابطه زاویه کلیماسیون چنانچه صورت و مخرج 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 تصادفی، کنترل عملیات در ترازیابی مستقیم ضروری است.

روشهای کنترلی را در ترازیابی مستقیم در دو دسته خلاصه می‌کنیم

(1) کنترل در هرایستگاه

(2) کنترل در پایان کار

کنترل در هرایستگاه: این کنترل ها به شرح زیر

⊙ **تغییر ارتفاع خط قراولروی:** (مانند تعیین خطای کلیمسیون) 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 شاخص های دورو:** شاخص های با دو سیستم اندازه گیری در دو طرف

قرائت بر حسب میلی متر = مقدار بر حسب فوت * 8.304

قرائت بر حسب متر = مقدار بر حسب میلی متر * 0.00328

ترازیابی

● استفاده از شاخصهای مضاعف: شاخص‌های با دو ردیف اندازه‌گیری

● قرائت سه تار رتیکول (ترازیابی دقیق):

$$U - M = M - L$$

U قرائت تار بالا

M قرائت تار وسط

L قرائت تار پایین

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 به کمک رابطه زیر تعیین کرد

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

و از این روش با تعیین فاصله دهانه‌های عقب و جلو تعادلی ایجاد کرد تا اثر خطای کرویت و انکسار و کلیماتیون خنثی شود.

ترازیابی

کنترل در پایان کار: این کنترل ها به شرح زیر

✓ **روش رفت و برگشت:** چنانچه اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B مورد نظر باشد می توان یکبار از A به طرف B ترازیابی کرد و سپس از B به طرف A . چون در دو حالت رفت و برگشت از ایستگاه های متفاوت برای استقرار دستگاه و شاخص استفاده می شود دو اختلاف ارتفاع متفاوت برای A و B بدست می آید که می توان آنها را با هم مقایسه کرد. تفاضل دو مقدار اخیر را خطای بست ترازیابی می گویند. 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 می شود (و یا خطای محاسبه شده سرشکن می شود) و در غیر این صورت 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 گرفته‌اند می‌توان کار ترازیابی را از نقطه معلوم P آغاز و به نقطه معلوم Q ختم کرد در این صورت بین دو نقطه P و q دو سری اختلاف ارتفاع بدست می‌آید (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:

$4.2\sqrt{K} (mm)$ ترازیابی درجه یک

$8.4\sqrt{K} (mm)$ ترازیابی درجه دو

$12\sqrt{K} (mm)$ ترازیابی درجه سه

$15\sqrt{K} (mm)$ ترازیابی درجه چهار

□ شمس نوبخت:

$(2 - 3)\sqrt{K} (mm)$ ترازیابی درجه یک و دو

$12\sqrt{K} (mm)$ ترازیابی درجه سه

$25\sqrt{K} (mm)$ ترازیابی با دقت معمولی

$100\sqrt{K} (mm)$ ترازیابی با دقت تقریبی

در روابط فوق k مجموع طول ترازیابی بر حسب کیلومتر است.

روش تصحیح خطا:

چنانچه خطای بست ترازیابی f از حد مجاز بیشتر نباشد آنرا به تعداد ایستگاه تقسیم می کنیم در اینصورت سهم هر ایستگاه از بابت تصحیح معلوم می شود مقدار تصحیح را به یکی از دو روش زیر می توان وارد کرد:

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

(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 تراز یاب توسط سازنده آن 0.15 میلی متر 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 تراز یابی قرائت تار وسط شاخصی که به میزان یک درجه از حالت قائم منحرف

شده برابر ۳۵۲۸ می باشد. میزان خطای

قرائت را مشخص کنید؟

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

$$i = 1^\circ$$

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

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

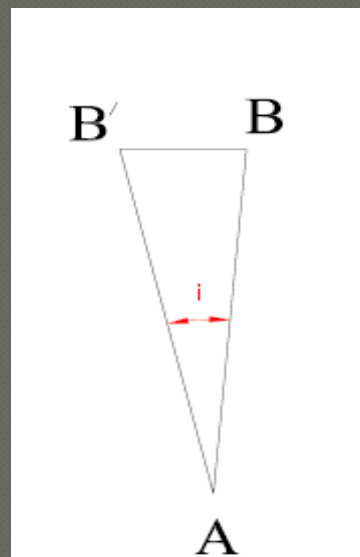
$$dh = \overline{AB'} - \overline{AB'} * \cos(i) = \overline{AB'} * (1 - \cos(i))$$

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

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

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

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

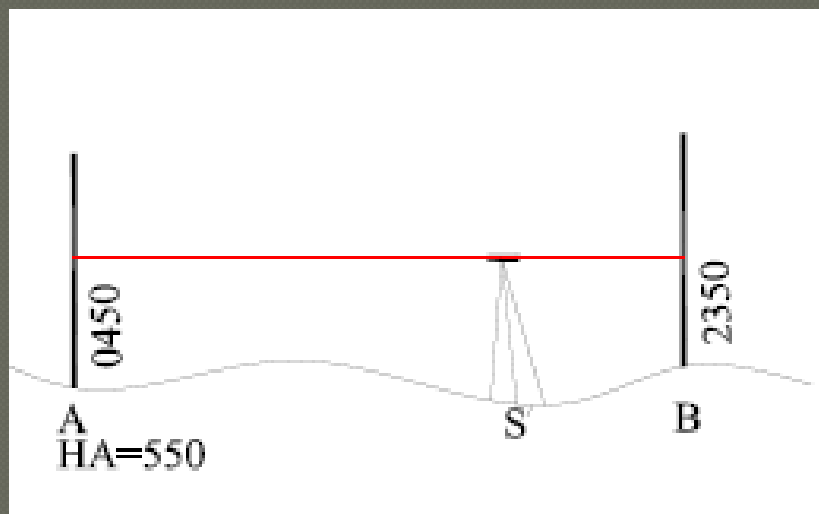


مثال ۳) مطابق شکل زیر بین دو نقطه A و B را ترازیابی کرده‌ایم در صورتیکه ارتفاع نقطه A

نسبت به سطح مبنا 550 متر باشد مطلوبست :

- محاسبه ارتفاع B

- محاسبه اختلاف ارتفاع A و B



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

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

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

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

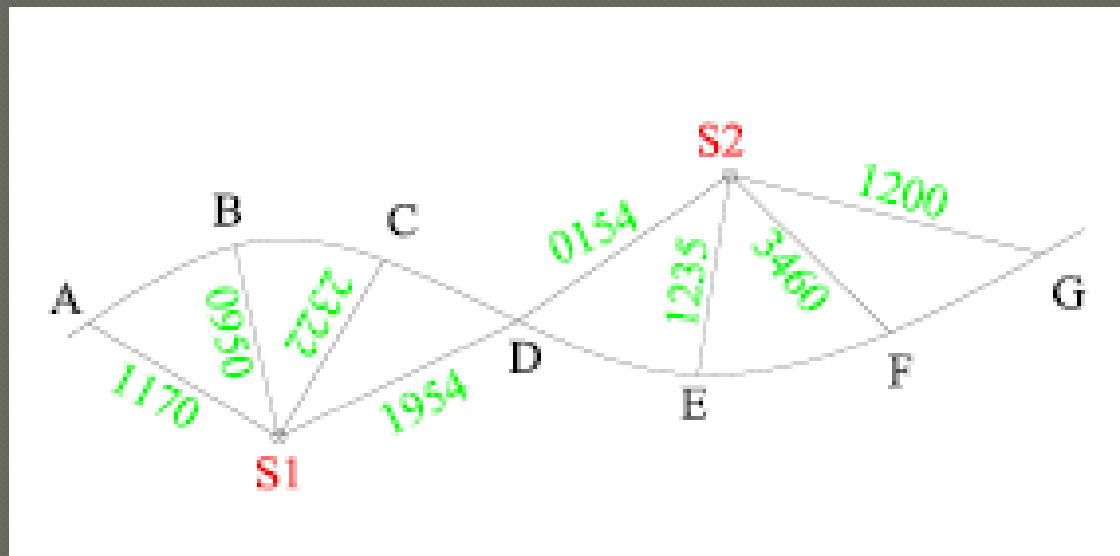
$$\Delta H_{B/A} = 548.1 - 550 = -1.90m$$

ترازیابی

مثال ۴) شکل زیر عملیات ترازیابی مربوط به یک پروژه راه سازی می باشد 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

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

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

$$98.17 - 100 = 1.324 - 3.154$$

$$-1.83m = -1.83m$$

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 و ارتفاعات 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

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

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

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

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

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؟

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

$$f = (\sum B.S - \sum F.S) - (H_{BM2} - H_{BM1})$$

$$f = 0.012m$$

$$N = 4$$

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

ترازیابی

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

ترازیابی

تمرین ۱) برای بررسی خطای کلیماسیون یک دستگاه تراز یاب 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 فاصل 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 خواهد داشت.

دستگاه در وسط AB ($A=1320 - B=2560$)

دستگاه در ۲۰ متری A ($A=1140 - B=2390$)

جواب: $1 \times 10^{-4} \text{ rad}$

ترازیابی

تمرین ۲) قرائت شاخص روی نقطه **A** به ارتفاع ۵۰۰ متر که در فاصله ۱۰۰ متر از ترازیا ب قرارداد، 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 کرویّت 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 در صورتیکه ارتفاع نقطه A برابر ۱۰۰ متر باشد مطلوبست

- جدول ترازیابی تنظیم ، ارتفاع نقاط تعیین و صحت محاسبات کنترل شود.

- در صورتیکه خطای مجاز در این عملیات $\pm 15\sqrt{K}$ میلی متر 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	240	2210	---
1		1010	1456
2	356	3145	1895
3	181	0950	2742
4	245	1750	1811
5	243	2882	2005
A	185	---	2020