

فصل اول کلیات و تعاریف

نقشه برداری:

نقشه برداری علمی است که ریاضیات عملی را با فنون اندازه گیری و هنر ترسیم توأم نموده و به وسیله آن قطعاتی از سطح زمین را با کلیه عوارض آن در روی صفحه افقی نمایش می دهیم،

نقشه

تصویر افقی منطقه ای با مقیاس کوچک بر روی یک صفحه می باشد، به عبارتی نقشه شکل کوچک شده و ساده شده قسمتی از زمین بر روی یک صفحه می باشد. | ترسیمی که فاقد اندازه های دقیق باشد را کرو کی می نامند

در نقشه برداری، برای نشان دادن عوارض بر روی یک صفحه احتیاج به یک سری عملیات و اندازه گیری هاست که به طور کلی به سه دسته تقسیم می شود، 1- عملیات صحرایی: به طور کلی این مرحله شامل الف- شناسایی و بازدید اولیه منطقه به انتخاب ایستگاه های اندازه گیری و رئوس الراج- تازه در مدل ها و زوایا میباشد

2- محاسبات: هدف از این مرحله تعیین مختصات نقاط (x: طول، y: عرض و h: ارتفاع) مورد نظر می باشد

3- تهیه و ترسیم نقشه: این بخش موضوع علم کارتوگرافی است که یک نقشه بردار باید در حد ضرورت با آن آشنا باشد، فن تهیه و تدوین نقشه، کاری است که به تنهایی با خواندن کتاب تأمین نمی شود بلکه باید با عمل نیز توأم گردد و به خصوص بخش های نظری و عملی با مقایسه مستقیم نقشه و عوارض روی زمین تکمیل می گردد.

اهمیت نقشه برداری

دانش نقشه برداری، امروز جزء لاینفک کلیه امور مهندسی و اجرایی مانند عملیات ساختمانی، احداث راه، بزرگراه و راه آهن و خطوط انتقال آب، گاز و نیرو، احداث پل ها و سد ها، مهندسی معدن و احداث تونل ها، شهرسازی، مهندسی کشاورزی و احداث تهرها، تأسیسات و منابع آبی، زمین شناسی، جنگلداری و حتی حفظ آثار باستانی و تشخیص جرائم در تصادفات رانندگی و میباشد

با توجه به ماهیت پروژه های اجرایی و عملیات عمرانی، اکیپ های نقشه برداری معمولاً اولین گروه های مهندسی هستند که با هدف تهیه نقشه های اولیه (طرح مقدماتی و شناسایی) به کارگاه اعزام می شوند،

برآورد هزینه ها و تهیه صورت وضعیت از امور محاسباتی است که انجام آن مستلزم اجرای عملیات نقشه برداری است. در طول انجام پروژه، نقشه برداران همواره در:

الف - تهیه نقشه های دقیق

ب- پیاده کردن سازه های طراحی شده

ج- محاسباتی از قبیل تعیین حجم عملیات خاکی، برآورد میزان مصالح مصرفی و ، مهندسان اجرایی و طراح را یاری می کنند، در نهایت در پایان پروژه نیز این مهندسان نقشه برداران که به کنترل طرحهای پیاده شده می پردازند.

برخی از دامنه فعالیت های نقشه برداری: کنترل کارهای اجرایی ساختمانی و راهسازی و مونتاژ واحدهای صنعتی و تولیدی - طرحهای مربوط به تسطیح اراضی در شهر سازی و کشاورزی - کنترل دائمی انحراف سدها - 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 بندر سازی - تهیه نقشه ابنیه و آثار تاریخی در باستانشناسی و

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

مفهوم عام و مفهوم خاص

- مفهوم عام : مجموعه علوم و فنونی که در چاپ و تهیه نقشه دخالت دارند. (که در برابر کلمه کارتوگرافی استفاده میشود)
- مفهوم خاص: یک سلسله اندازه گیریهای طولی (افقی 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 سوروینگ Surveying استفاده میشود)
- مفهوم خاص نقشه برداری یک از شاخه های نقشه برداری عام را تشکیل میدهد . سایر شاخه های مفهوم نقشه برداری عام عبارتند از : نجوم موضعی - ژئودزی - فتوگرامتری - کارتوگرافی - چاپ و تکثیر
- ژئودزی: این شاخه برای تعیین شکل و ابعاد زمین و نیز بررسی وضعیت نسبی تعدادی از نقاط که استخوان بندی نقشه را تشکیل میدهند استفاده میشود.

- فتوگرامتری : علم تبدیل عکسهای هوایی به نقشه است.
- کارتوگرافی: عبارتست از ترسیم و انتخاب قطع نقشه و تهیه پانویس از روی نسخه اصلی (مینوت) نقشه
- **شاخه های نقشه برداری:** در مورد تقسیم بندی نقشه برداری نظرات گوناگونی ارائه شده است. یکی ازین نظرات تقسیم بندی آن به دو شاخه عام و خاص است که توضیح داده شد . مفهوم خاص نیز خود به شاخه های چندی تقسیم میشود :
- نقشه برداری مسطحاتی (پلانیمتری): تهیه نقشه های مسطحاتی
- نقشه برداری توپوگرافی: تهیه نقشه های ارتفاعی
- نقشه برداری ساختمانی: پیاده کردن نقشه هاس ساختمانی و تاسیساتی و کنترل عملیات ساختمانی
- نقشه برداری دریاها (هیدروگرافی) : بررسی وضعیت کف دریاها و اقیانوسها و تعیین عمق آب
- نقشه برداری مسیر: طرح و پیاده کردن مسیرهای راه و راه آهن و خطوط انتقال نیرو و خطوط لوله آب و گاز و نفت
- نقشه برداری ثبتی : تعیین حدود زمینهای شهری و تعیین مساحت آنها
- نقشه برداری معدنی(زیرزمینی) : عملیلت نقشه برداری در تونلها – معادن و تاسیسات زیرزمینی
- نقشه برداری نظامی: تهیه نقشه های نظامی و تعیین نقاط استراتژیک

مقیاس: برای تهیه نقشه با توجه به موضوع آن و دقت اندازه گیریها مسلما نمی توان طولها را به اندازه واقعی روی کاغذ نمایش داد. بنابراین می بایست ابعاد به اندازه معینی کوچک شوند. در حقیقت طولها به طور مشابه و به یک نسبت کوچک می شوند این نسبت تشابه یا کوچک شدن طولها را مقیاس گویند. بنا بر این مقیاس عبارت است از نسبت طول اندازه گیری شده روی نقشه به طول افقی مشابه روی زمین .

$$S = \frac{d}{D_H}$$

$$\text{مقیاس} = \frac{\text{اندازه یک طول معین روی نقشه}}{\text{اندازه افقی همان طول در طبیعت}}$$

مثال: طول AB را در طبیعت اندازه گرفته ایم و پس از تبدیل به افق ۲۰۰ متر شده است چنانچه بخواهیم این فاصله را روی نقشه به اندازه ۲۰ سانتیمتر نشان دهیم مقیاس نقشه چقدر است؟

$$S = \frac{d}{D_H}$$

$$S = \frac{20}{200 \times 100}$$

$$S = \frac{1}{1000}$$

مثال: در نقشه ای به مقیاس ۱/۵۰۰۰ طول ab با خط کش برابر ۲۰ سانتیمتر است. طول افقی AB چقدر است؟

$$S = \frac{d}{D_H}$$

$$\frac{1}{5000} = \frac{20}{DH} \Rightarrow DH = 20 * 5000 = 100000 \text{ cm} = 1000 \text{ m}$$

1- در روی نقشه ای به مقیاس 1/20000 طول جاده ای 10 سانتی متر است مقدار حقیقی جاده درروی زمین چقدر است؟

N=20 هر میلیمتر برابر 20 متر روی

زمین است پس

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

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

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

2

- اگر مساحت قطعه دایره ای در نقشه ای که با مقیاس 1/500 رسم شده 5 سانتی متر مربع باشد قطر آن درروی زمین چقدر است ؟

مجذور عکس مقیاس * مساحت روی نقشه = مساحت روی زمین

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

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

انواع مقیاس:

بطور کلی مقیاس بر چهار نوع است:

- 1- مقیاس ریاضی یا کسری
- 2- مقیاس خطی یا ترسیمی
- 3- مقیاس لفظی یا بیانی
- 4- مقیاس مرکب



یکی از مزایای مقیاس خطی بر این اساس است که وقتی نقشه ای را تهیه می کنیم ، ابعاد این نقطه در دستگاههای تکثیر یا بر اثر رطوبت و گرما کم و زیاد می گردد. بنابر این مقیاس خطی نیز متناسب با نقشه تغییر خواهد کرد. جهت سهولت در اندازه گیری طولها از خط کش مقیاس یا اشل که به شکل سه وجهی و دارای ۶ لبه می باشد و روی هر لبه آن مقیاسهای متفاوت درج شده است استفاده می گردد.

انواع نقشه :

از نظر مقیاس:

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

از نظر محتوی:

نقشه های مسطحاتی - توپوگرافی - ثبت املاکی - هواشناسی - شهر سازی - تاریخی -

زمین شناسی - و....

علائم قراردادی نقشه: (LEGEND)

در ترسیم نقشه بعضی عوارض با توجه به مقیاس قابل انتقال به روی نقشه نخواهد بود (از 0.2 میلیمتر کمتر خواهد بود) مثلا یک جاده به عرض 2 متر وقتی روی نقشه 1/10000 منتقل می شود برابر 0.2 میلیمتر می شود که قابل نمایش نخواهد بود. بنابراین برای اینکه بتوان عوارض مهم مانند راه ها، قنوات و تک درخت ها روی نقشه نشان داده شود از یک سری علائم به نام علائم قراردادی استفاده می گردد. به عنوان مثال عرض شاهراهها در روی نقشه 1/5000 با اندازه 8 میلیمتر میکشند که اگر به مقیاس تبدیل گردد عرض آن 40 متر می شود که با توجه به عرض اصلی جاده خیلی زیاد است.



تئوری خطاها:

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

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

آشنایی و بررسی خطاها کمک میکند که اولاً در هر عمل اندازه گیری به دقت مطلوب در عملیات دستیابی حاصل کنیم و ثانیاً از بکار بردن وسایل گرانقیمت و صرف وقت و هزینه بیهوده جلوگیری کنیم. عبارت دیگر میتوانیم روشهایی را بکار ببریم که با حداقل کار و هزینه به دقتی دست یابیم که برای اندازه گیری خاص مورد نیاز است.

✕ عوامل خطا:

تمام اندازه گیریها برای تعیین اندازه واقعی یک کمیت انجام میگردد . این اندازه گیری 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 و تغییرات دما و اثر شکست نور
- درست نبودن یک اندازه گیری ممکن است نتیجه یکی از علل زیر باشد:

اشتباه

خطای تدریجی (سیستماتیک)

خطای تصادفی (اتفاقی)

اشتباه (Mistake Blunder)

انحرافی است که در نتیجه بی توجه، بی دقتی، فراموشی، بی تجربگی و حاصل می شود. اشتباهات در اندازه گیری باید حتما حذف شوند.

روش های 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

خطاهای سیستماتیک

خطاهایی است که بر اساس یک سیستم و قاعده مشخص اتفاق می افتد و برای تخمین و شناسایی این خطاها باید سیستم و قاعده مذکور را بشناسیم، مثل خطاها غیر استاندارد بدون مترها عواملی که باعث خطاهای سیستماتیک می شوند:

- 1- اشتباهات دستگاهها و وسائل
- 2- شرایط محیطی: دما، شکست، نور، انحنای زمین، وزش باد و

خطاهای اتفاقی

اگر خطاهای سیستماتیک و اشتباهات کاملا حذف شوند و یا تصحیح شوند باز هم خطائی در اندازه گیری ها وجود دارند که به آن خطاهای اتفاقی می گویند.

علت اصلی این خاها این است که:

- 1- قابل پیش بینی نیستند
- 2- نمی توان آنها را محاسبه کرد
- 3- نمی توان آنها را تصحیح کرد

✘ 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 اندازه گیری تعیین و در نتیجه اندازه گیری دخالت دهیم.

✘ به خاطر ماهیت اتفاقی بودن خطاهای تصادفی برای بررسی اثرات آنها بر روی نتایج اندازه گیریها از قواعد آمار و احتمالات و مخصوصا توزیع نرمال استفاده میشود. که این قواعد نتایج زیر را برای یک اندازه گیری بدون خطای سیستماتیک که بدفعات تکرار میشود بدنبال دارد:

✓ در مقابل هر خطای مثبت یک خطای منفی وجود دارد که قدر مطلقشان با هم برابر است.

✓ خطاهای کوچک بدفعات بیشتری اتفاق می افتند.

✓ بزرگی خطاها از یک حد معینی تجاوز نمیکند.

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

تفاوت خطا و اشتباه:

اشتباهات معمولا بزرگ بوده و در اکثر موارد میتوان آنها ردیابی نمود. اشتباه را میتوان تصحیح یا حذف نمود و یا باکنترل اندازه گیری از وقوع مجدد آن جلوگیری بعمل آورد. درعوض خطاها مقدارشان کوچک بوده 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 اندازه گیری و یا با دقت به مفهوم اشتباه و استفاده از تعاریف ریاضی مقدار خطای قابل قبول را از اندازه گیری جدا نمود.

میانگین حسابی:

فرض کنید نتایج حاصل از اندازه گیری یک کمیت که با یک وسیله دقیق اندازه گیری 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 مقدار حقیقی کمیت را a و تفاضل آن را با میانگین α بنامیم . نیز تفاضل هر کمیت () را با v_i از مقادیر میانگین و واقعی به ترتیب با v و e فرض کنیم خواهیم داشت :

خطای میانگین

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

خطای ظاهری

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

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

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

خطای متوسط حسابی

خطای متوسط هندسی

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

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

اندازه گیری یک فاصله در روی زمین ۵بار تکرار شده است .مقادیر اندازه گیری به دست آمده برابر است با:

$$a_1 = 62/03 \quad a_2 = 62/00 \quad a_3 = 61/98 \quad a_4 = 61/98 \quad a_5 = 62/03$$

بهترین مقدار کمیت A را پیدا کنید.

$$A = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

$$A = \frac{62/03 + 62/00 + 61/98 + 61/98 + 61/98 + 62/03}{5} = 62/004$$

خطای ظاهری در اندازه گیری کمیت A را محاسبه کنید.

$$V_1 = A - a_1 = 62/004 - 62/03 = -./026$$

$$V_2 = A - a_2 = 62/004 - 62/00 = ./004$$

$$V_3 = A - a_3 = 62/004 - 61/98 = ./024$$

$$V_4 = A - a_4 = 62/004 - 61/98 = ./024$$

$$V_5 = A - a_5 = 62/004 - 62/03 = -./026$$

مثال: مطلوبست تعیین خطای مساحت مستطیلی که طول و عرض آن به ترتیب 120 متر و 80 متر و خطای معیار آنها بترتیب 3 و 1 سانتیمتر است؟

$$A = x \cdot y$$

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

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

مثال: فاصله افقی و اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B به ترتیب 150 و 12 متر است هرگاه خطای معیار فاصله افقی 20 سانتیمتر و خطای معیار اختلاف ارتفاع 5 سانتیمتر باشد خطای شیب AB چقدر است ؟

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

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

ترازیابی

تعریف ترازیابی:

تراز یابی عبارت است از تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به یکدیگر. به تراز یابی لولینگ (Levelling) یا نیولمان نیز می گویند.

هدف از ترازیابی:

عمل ترازیابی در پروژه های عمرانی ، تسطیح ، آبرسانی و کشاورزی و سایر رشته ها کاربر فراوانی دارد و به منظور های متفاوتی انجام می شود .

از جمله : یافتن شکل طبیعی زمین از نظر پستی و بلندی با یافتن شیب یک امتداد یا یک سطح ؛ کنترل افقی بودن سطوح ؛ یافتن شکل مقاطع قائم (پر و فیله ها) و محاسبه حجم عملیات خاکی اصطلاحات مهم در ترازیابی :

- 1- امتداد قائم : امتداد شاقولی یک نقطه که راستای آن از مرکز زمین می گذرد.
 - 2- سطح تراز : سطحی است که موازی با ژئوئید بوده و در هر نقطه بر امتداد شاقولی آن نقطه عمود باشد.
 - 3- صفحه افقی: صفحه ای است که از یک نقطه بگذرد و بر سطح تراز آن نقطه مماس باشد.
 - 4- صفحه قائم : صفحه گذرنده بر امتداد شاقولی را صفحه قائم گویند.
 - ۵- ارتفاع نقطه : فاصله قائم یک نقطه از سطح مبنا را ارتفاع آن نقطه گویند.
- به این ارتفاع ارتفاع مطلق گویند. نقاطی از سطح ژئوئید بلندتر است دارای ارتفاع مثبت و نقاطی که از ژئوئید پست تراند دارای ارتفاعی منفی می باشند. مثلا ارتفاع قله دماوند ۵۶۱۰ متر است و ارتفاع متوسط دریای خزر ۲۸- متر از سطح ژئوئید است.

- ۶- بنچ مارک: برای بدست آوردن ارتفاع مطلق نقاط باید ارتفاع آنها را نسبت به سطح دریا های آزاد بدست آوریم از آنجا که انتقال ارتفاع از سطح دریا های آزاد تا محل کار نقشه برداری کار بسیار مشکل و پرهزینه ای است . از این رو سازمانهای مسئول نقشه برداری در هر کشور تعدادی نقطه را بصورت نقاط مبنا بدست می آورند تا مورد استفاده نقشه برداران قرار بگیرد به این نقاط بنچ مارک BM می گویند.

انواع بنچ مارک:

1- بنچ مارکهای ژئودزی : نقاط مبنایی که ارتفاع آنها از طریق عملیات دقیق تراز یابی از سطح مبنا بدست آمده باشد.

۲- بنچ مارکهای دائمی : نقاط مبنایی که ارتفاع آنها از روی بنچ مارکهای ژئودزی بدست آید

۳- بنچ مارکهای اختیاری : به نقاط مبنایی که ارتفاع آنها از روی بنچ مارک های ژئودزی بدست نیامده بلکه یک ارتفاع اختیاری برای آن در نظر گرفته شده است.

انواع تراز یابی:

۱- تراز یابی بارومتریک (بکمک فشار سنج)

۲- تراز یابی غیر مستقیم (مثلثاتی)

۳- تراز یابی مستقیم (هندسی)

تراز یابی بارومتریک

با توجه به اینکه فشار هوا در ارتفاعات مختلف تغییر می کند با اندازه گیری تغییر فشار هوا می توان اختلاف ارتفاع را محاسبه نمود. از این روش زمانی استفاده می شود که سرعت عمل زیاد و دقت کم نیاز باشد دقت این روش حدود ۱۰ متر می باشد.

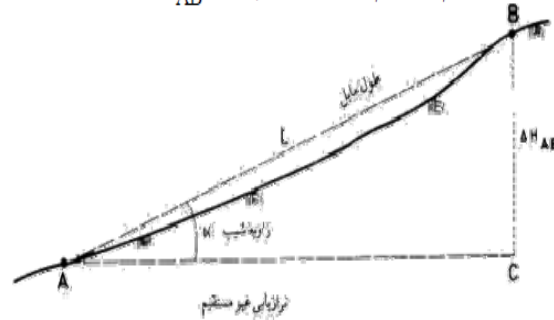
تراز یابی غیر مستقیم (مثلثاتی)

تراز یابی غیر مستقیم با وسایل و روشهای مختلف انجام می گیرد . اما در همه این روشها از روابط مثلثاتی استفاده می گردد. دقت این روشها از تراز یابی بار و متریک بیشتر است. اصول این تراز یابی در قسمت اندازه گیری فاصله به طریق غیر مستقیم یا استاد متری گفته شده است. به کمک دوربینهای تئودولیت و سیستم تلسکوپی با قرائت زاویه قائم می توان اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را محاسبه کرد. این روش برای زمینهای شیبدار و جهت انجام تاکنومتری استفاده می گردد. نقشه های توپوگرافی از این روش تهیه می گردند.

$$\Delta h_{AB} = L \sin \alpha$$

مثال: اگر طول مایل بین دو نقطه ۱۴/۷۸ متر باشد و زاویه شیب $\alpha = ۱۳/۵$ درجه باشد اختلاف ارتفاع دو نقطه a و b برابر است با

$$\Delta H_{AB} = ۱۴/۷۸ \times \sin ۱۳/۵ = ۳/۴۵$$



ترازیابی مستقیم یا هندسی:

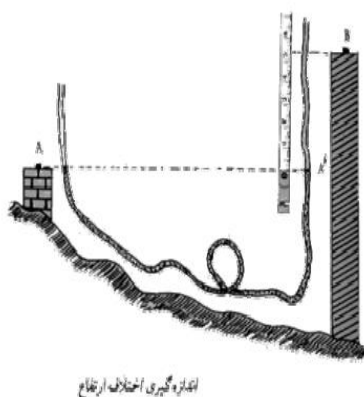
ترازیابی هندسی از دیرباز با وسایل ساده و ابتدایی انجام می شده و امروزه نیز از وسایل ابتدایی در کارهای کم دقت یا معمولی

ساختمانی استفاده می شود.

الف) ترازبایی با شیلنگ تراز

در بسیاری از کارهای ساختمانی کوچک که نیاز به هم ارتفاع بودن یا اندازه گرفتن اختلاف ارتفاع داشته باشیم از یک شیلنگ

پلاستیکی شفاف مدرج استفاده می گردد.

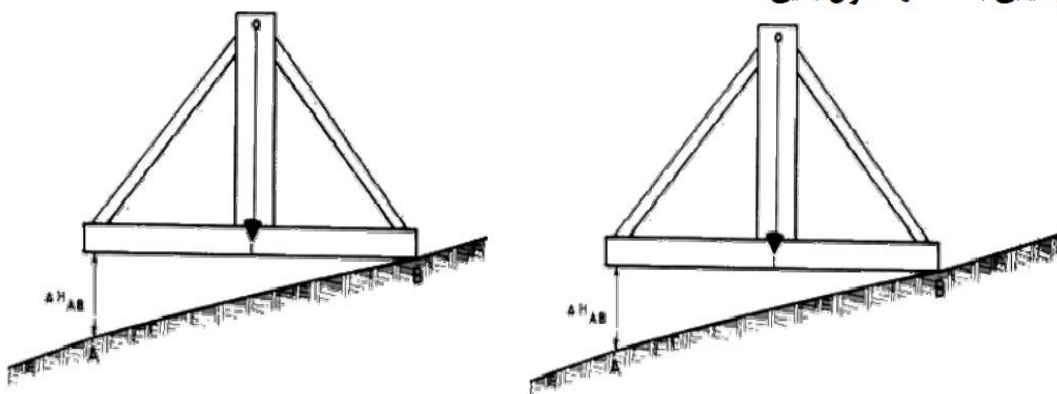


روش کار : برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B ابتدا شیلنگ را پر از آب کرده و دقت می کنیم که حباب هوا در

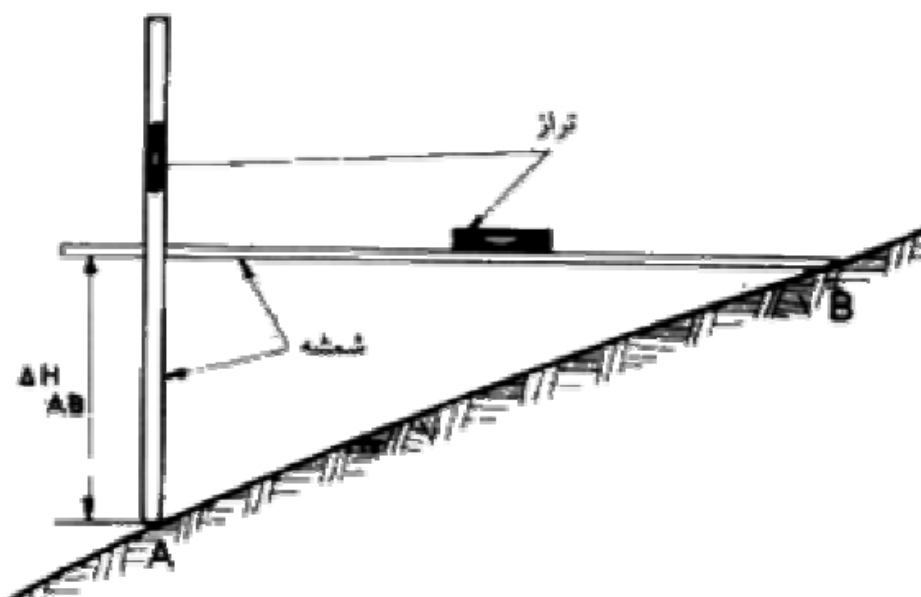
داخل شیلنگ نباشد سپس دو سر شیلنگ تراز را که هر کدام دارای یک لوله مدرج می باشد روی نقاط A و B قرار می دهیم و

ارتفاع آب را در هر کدام از لوله ها یادداشت می کنیم و از یکدیگر کم می کنیم.

ترازبایی با تخته و شاقول بنایی:



ترازیابی با شمشه و تراز بنایی: در کارهای ساده و کوچک ساختمانی نیز این روش با کمک دو عدد شمشه و تراز بنایی انجام پذیر است. روش کار: یک شمشه را در نقطه A به طور قائم مستقر می کنیم سپس شمشه دیگر را به طور افقی چنان نگه می داریم که یک سر آن روی نقطه B و سر دیگر آن در کنار شمشه A قرار بگیرد و به وسیله یک تراز بنایی آن را کاملاً افقی می کنیم اکنون از محل تماس شمشه افقی با شمشه قائم تاروی نقطه A را با متر اندازه گیری می کنیم.

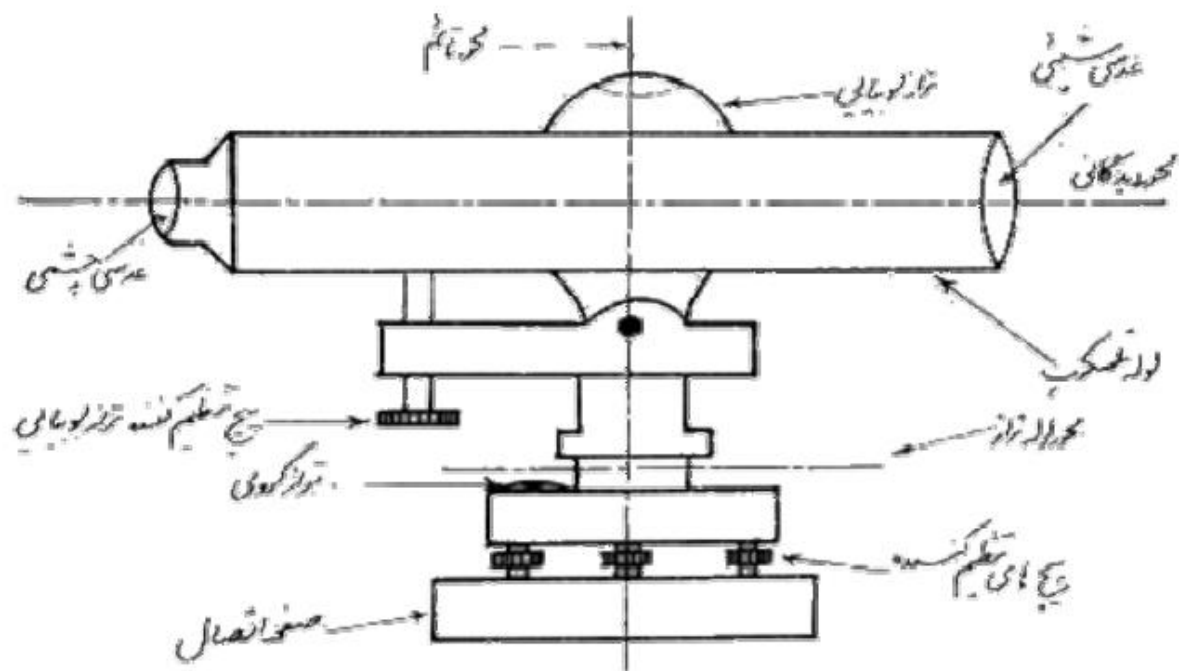


ترازیابی با دوربین:

ساختمان ترازیاب:

بطور کلی ساختمان ترازیاب شامل موارد ذیل است قسمت فوقانی: که شامل تلسکوپ و وسایل قراولر وی می باشد. قسمت میانی: شامل تراز و قسمتی از بدنه و در بعضی از تراز یابها دارای صفحه مدرج برای اندازه گیری زاویه افقی.

قسمت تحتانی: شامل پیچ تراز کننده و اتصال دستگاه بر روی سه پایه



تلسکوپ دستگاه از قسمت‌های عدسی شیعی ، عدسی چشمی ،لوله تلسکوپ ، صفحه رتیکول ، پیچهای تنظیم کننده تصویر ، پیچ تنظیم کننده تارهای رتیکول ، محور کلیماسیون و محور عدسی ها تشکیل شده است.

محور کلیماسیون یا محور دیدگانی : خطی است که مرکز تارهای رتیکول را به مرکز عدسی شی و چشمی وصل می کند این محور بر محور عدسی ها منطبق است ، در غیر این صورت خایی ایجاد می شود که آن را کلیماسون گویند.

محور لوله تراز: خطی که در مرکز حباب تراز بر لوله تراز مماس می باشد، محور لوله تراز نامیده می شود. محور قائم یا محور اصلی دستگاه: وقتی دستگاه تراز باشد امتداد قائم نقطه ، بر محور لوله تراز عمود خواهد بود این امتدادی خواهد بود که دستگاه حول آن می چرخد و به آن محور قائم دستگاه گویند.

انواع تراز:

1- تراز کروی: این تراز بصورت یک قطعه کروی است و در همه جهات تراز بودن را نشان می دهد.

2-تراز استوانه ای : این تراز از یک لوله تشکیل شده که در وسط آن یک شیشه مدرج تعبیه شده است و دقت آن از تراز کروی

بیشتر است.

۳- تراز لوبیایی : عبارت است از یک تراز استوانه ای که در بالای آن یک سیستم منشوری قرار دارد این سیستم تصویر حباب تراز را که به شکل لوبیا است به صورت دو لپه لوبیا نشان می دهد و وقتی که دستگاه کاملاً تراز باشد این دو لپه بر هم منطبق شده حباب تراز به صورت یک بیضی کامل دیده می شود .

۴-تراز اتوماتیک : این تراز تحت نیروی جاذبه خود به خود تراز می گردد (بصورت اتوماتیک)

اجزای دوربین نیو:

1- مگسک ۲- پیچ فکوس یا وضوح ۳- پیچ حرکت بطئی ۴- میکروسکوپ قرائت ۵- دکمه کمپانساتور ۶- منشور نشان دهنده تراز کروی ۷- پیچهای تراز

طبقه بندی دوربینهای ترازایی: دوربینهای ترازایی از نظر کاربرد به سه قسمت تقسیم می شوند:

الف) تراز یابهای ساختمانی که از دقت کمتری برخوردارند و دقت نهایی آنها کم است و طرز کار با آنها سریع ، دقت آنها ۵ تا

۱۵ میلیمتر بر کیلومتر و درشت نمایی آنها ۱۰ تا ۲۵ برابر است.

ب) تراز یابهای مهندسی: این تراز یابها از تراز یابهای ساختمانی دقیقتر و علاوه بر کارهای ساختمانی در نقشه برداری های دقیقتر نیز

بکار می روند از این تراز یابها در پروژه هایی مثل راه ، راه آهن ، ساختمان پل و ... استفاده می شود.

مشخصات تراز یابهای مهندسی عبارتند از:

دقت ۲-۴ میلیمتر در کیلو متر درشت نمایی ۲۰ تا ۳۵ برابر

ج) تراز یابهای دقیق: این تراز یابها که دقیق ترین نوع تراز یابها می باشند برای کارهای معمولی مورد استفاده قرار نمی گیرند. بلکه

برای کارهای دقیق مثل تشکیل شبکه نقاط کنترل ارتفاعی در ژئودزی ، نصب دستگاههای صنعتی ، کنترل نشست زمین و تغییر

شکل سدها بهره برداری می شود . روش کار با آنها متفاوت و میر های مخصوصی نیز بکار می رود .

مشخصات : دقت حدود ۰ / ۲ میلیمتر در کیلومتر درشت نمایی ۵۰ برابر .

سه پایه :

وسیله ای جهت استقرار دوربین بر روی یک نقطه معمولاً روی هر پایه پیچی تعبیه شده که طول پایه با آن کوتاه یا بلند می شود .

میر یا شاخص:

برای قرائت اختلاف ارتفاع نقاط ، شاخص مدرجی ساخته می شود که به آن میر گویند. معمولاً طول آن ۴ متر و از چهار قطعه ۱ متری که به همدیگر لولا شده اند ساخته شده است. روی میرها با دو رنگ متضاد (سفید و قرمز یا سفید و مشکی) درجه بندی شده و معمولاً سانتیمترها در آن درجه بندی کرده اند و دسیمترها را با عدد روی آن نوشته اند.

میرهای مخصوص تراز یابی دقیق از آلیاژ انوار (فولاد و نیکل) ساخته شده و در مقابل تغییرات دما بسیار مقاوم اند. طریقه نگه داشتن میر می بایست بصورت قائم روی نقطه مورد نظر قرار بگیرد برای این منظور از تراز کروی استفاده می گردد. همچنین می توان از تراز نبشی نیز استفاده کرد.

قرائت میر : جهت قرائت میر و اندازه گیری روی میر علایم و نشانه های مخصوصی در داخل دوربین تعبیه شده که بصورت

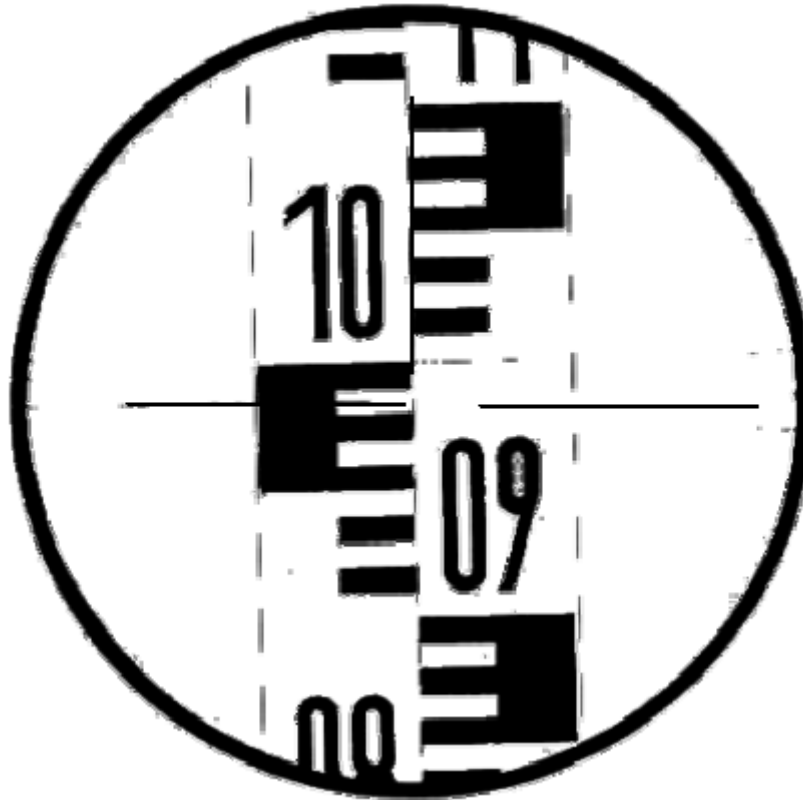
خطوط مستقیم و منحنی می باشد و به آنها تارهای رتیکول گویند.

پس از استقرار دوربین به کمک پیچ مستقر بر روی عدسی چشمی تارهای رتیکول کاملاً تنظیم می گردد. در غیر این صورت تارها دو گانه دیده خواهد شد و عمل اندازه گیری با اشکال مواجه خواهد شد توسط پیچ حرکت بطئی تار قائم را بر وسط میر

منطبق کرده و نوبت به قرائت اندازه روی میر فرا می رسد . برای این کار از تار وسط استفاده می گردد.

قرائت اعداد میر معمولاً چهار رقمی بوده و اعداد بصورت دو رقم دورقم خوانده می شود ابتدا دسی متر و سپس خطوط سانتی

متر را شمرده و خورده های سانتیمتر را بصورت میلیمتر حدس می زنند . همانطور که در شکل ملاحظه می نمایید عدد روی میر 0۹۸۵ بوده و می خوانیم صفر، نه - هشتاد و پنج.



اصول تراز یابی : بهترین حالت تراز یابی بین دو نقطه به این ترتیب است که دوربین بین دو نقطه مستقر شده و سپس میر های A و B قرائت گردد. اصل کلی تراز یابی بر این پایه استوار است که : اختلاف ارتفاع بین دو نقطه عبارت است از اختلاف قرائت روی میر مستقر در دو

نقطه یعنی: قرائت روی میر B - قرائت روی میر A = اختلاف ارتفاع دو نقطه A

, B به قرائت اول اصطلاحاً قرائت عقب Back Sight و به قرائت دوم قرائت جلو Fornt Sight گویند و به اختصار B

S و F .

S گویند بنابراین

$$AH = B . S - F . S$$

لازم بذکر است هر چه ارتفاع نقطه نسبت به دستگاه کمتر باشد عدد قرائت شده روی میر بزرگتر خواهد بود به عبارت دیگر

ارتفاع با عدد روی میر رابطه معکوس دارد.

مثال : برای پیدا کردن ارتفاع نقطه B تراز یاب را بین دو نقطه

A , B مستقر کرده و قرائت های انجام شده روی نقاط A و B به

ترتیب ۲۳۱۲ a= و ۱۰۴۰ b= است. در صورتیکه ارتفاع نقطه A از سطح دریا ۱۲۷۶/۰۲ باشد مطلوب است محاسبه ارتفاع نقطه B؟

$$\Delta H = B.S - F.S = 2312 - 1040 = 1272$$

$$H_B = H_A + \Delta H = 1276/02 + 1/272 = 1277/292$$

انواع تراز یابی:

۱- تراز یابی تدریجی

۲- تراز یابی شعاعی

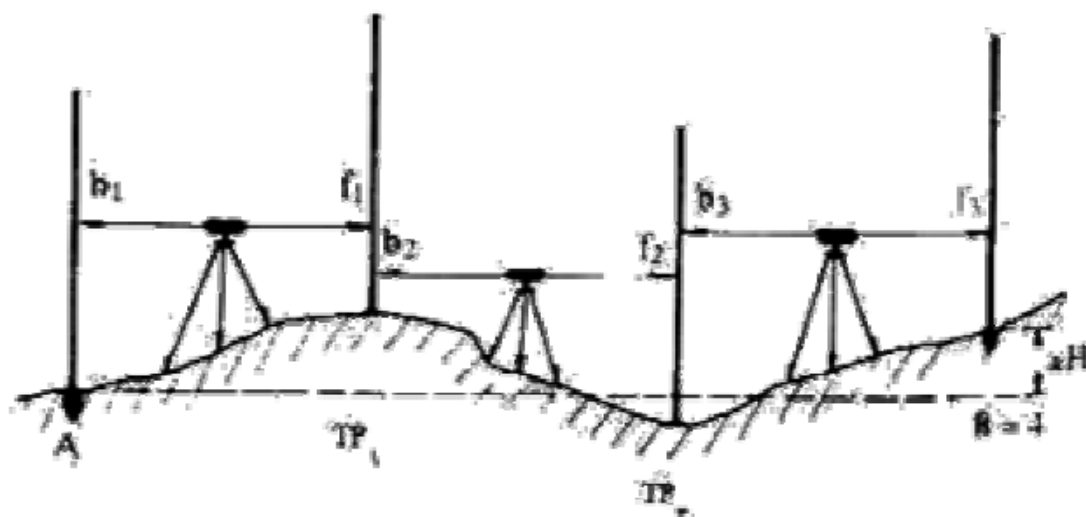
۳- تراز یابی شبکه ای ۴- تراز یابی کثیر الاضلاع

۵- تراز یابی مختلط

۶- تراز یابی متقابل

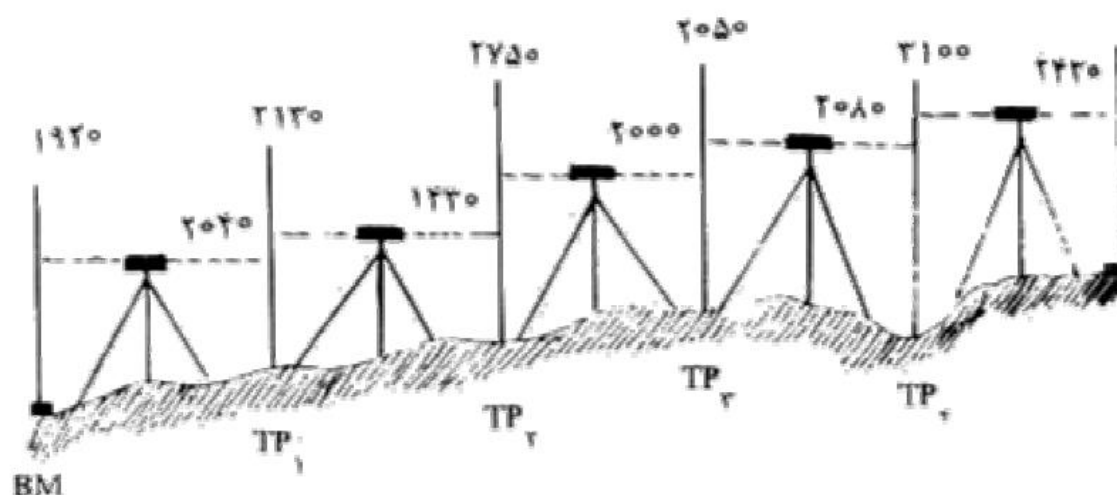
۷- تراز یابی خودکار

ترازیابی تدریجی: اگر دو نقطه ای که می خواهیم اختلاف ارتفاعشان را محاسبه کنیم از هم دور باشند یا شیب زمین زیاد باشد و با یک تراز یابی ساده امکان این کار نباشد از روش تدریجی یا پیمایشی استفاده می کنیم در این روش مجبور خواهیم بود در طول مسیر از یک سری نقاط کمکی استفاده کنیم این نقاط کمکی را TP گویند.



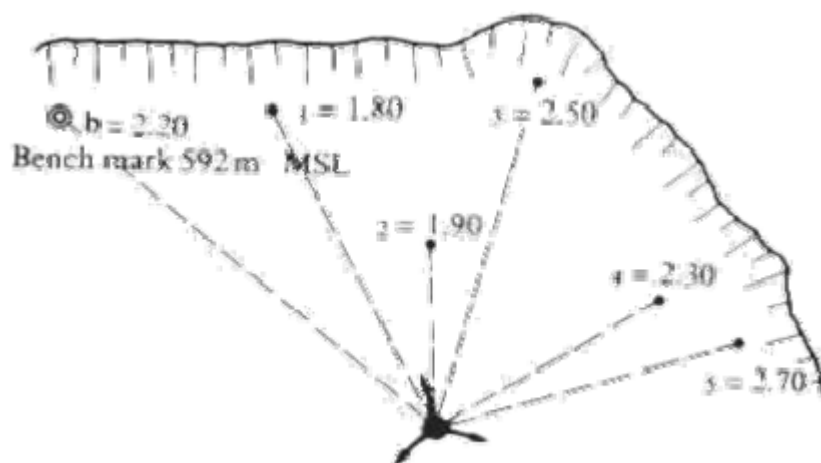
در این روش برای بدست آوردن ارتفاع نقطه A ابتدا پس از تراز دوربین تار رتیکول افقی میر مستقر در نقطه A را قرائت نموده و سپس میر را به نقطه کمکی منتقل کرده و عدد روی میر جلو را قرائت می کنیم سپس دستگاه تراز یاب را در امتداد میر AB منتقل کرده و تنظیم می کنیم سپس تار افقی میر نقطه TP را بدون آنکه جابجا شده باشد قرائت می کنیم و این نقطه را به عنوان قرائت عقب TP در جدول مربوطه ثبت کرده و این عمل را تکرار می کنیم تا به نقطه B برسیم. در تراز یابی تدریجی هدف پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B است و در نتیجه اختلاف ارتفاع از مجموع قرائتهای عقب منهای مجموع قرائتهای جلو بدست می آید.

مثال: یک تراز یابی تدریجی بین دو نقطه به شکل زیر با اعداد قرائت شده که روی میر ها نوشته شده انجام گرفته است در صورتی که ارتفاع BM برابر ۱۶۵۰ / ۴۲۰ باشد جدول تراز یابی را کامل و سپس ارتفاع نقاط را پیدا کنید.



ترازیابی شعاعی:

این تراز یابی زمانی بکار می رود که برای دستیابی به ارتفاع نقاط مورد لزوم از یک ایستگاه استفاده شود یعنی دستگاه تراز یاب را تقریباً در وسط منطقه عملیات مستقر شود . در این روش اولین قرائت را که روی نقطه ارتفاع دار قرار گرفته است انجام داده و به عنوان دید عقب ثبت می شود سپس شاخص روی نقاطی که ارتفاع نا معلوم دارند قرار داده و قرائتهای انجام شده در ستون IS ثبت می شود و آخرین قرائت انجام شده به عنوان قرائت جلو در جدول ثبت می شود.



ترازیابی شبکه ای :

جهت مقاصد اجرای پروژه های عمرانی از قبیل نصب کارخانجات ، عملیات زهکشی و عملیات ساخت فرودگاه نیاز به نمایش وضعیت توپوگرافی آن منطقه می باشد برای این منظور روشهای مختلفی وجود دارد یکی از این روشها استفاده از دستگاه تراز یاب می باشد با توجه به اینکه محور نشانه روی دستگاه نیو بصورت افقی است بنابراین می توان در زمینهای صاف و با شیب ملایم از دستگاه تراز یاب استفاده نمود در زمینهای نا هموار و کوهستانی از روش تاکنو متری یا تراز یابی غیر هندسی استفاده نمود جهت پیدا نمودن ارتفاع نقاط مختلف زمین را از یک شبکه بندی عمودی به فواصل نقاط حدود ۲ تا ۱۰ متر روی زمین استفاده می شود. در نتیجه زمین مورد نظر تبدیل به یک زمین مشبک با شبکه بندی مربع به طول ۲ تا ۱۰ متر خواهد شد. با استفاده از یکی از روشهای قبلی مثلاً روش شعاعی تراز یابی را انجام داده و سپس ارتفاع نقاط بدست خواهد آمد . معمولاً خطوط افقی ایجاد شده روی زمین را با اعداد و خطوط عمود آنها را با حروف الفبا نامگذاری می کنند.

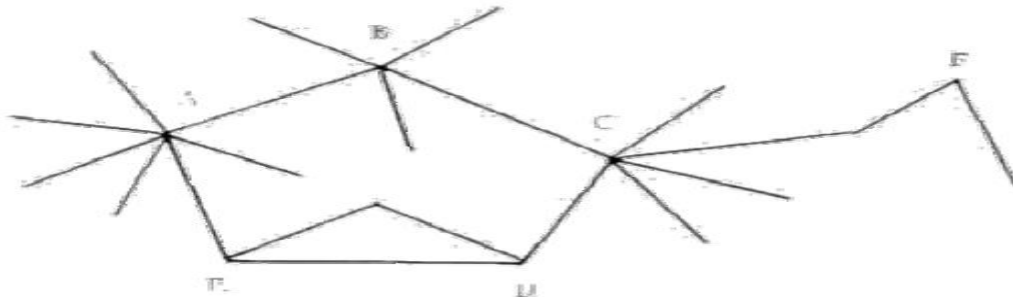
ترازیابی کثیر الاضلاع:

اگر نقاطی را که نیاز به برآورد دارند تشکیل یک چند ضلعی بسته را بدهند در نتیجه با ایستگاه گذاری داخل زمین می توان ارتفاع این نقاط را از طریق ترازیابی شعاعی پیدا نمود . یکی از محاسن این روش کنترل عملیات ترازیابی است زیرا ترازیابی از یک نقطه شروع شده و به همان نقطه ختم می شود.

ترازیابی مختلط:

در بعضی از موارد نیاز است ترازیابی به سرعت انجام گیرد و نتیجه آن هر چه سریعتر بدست آید. در این حالت می توان از

ترکیب روشهای قبل استفاده نمود.

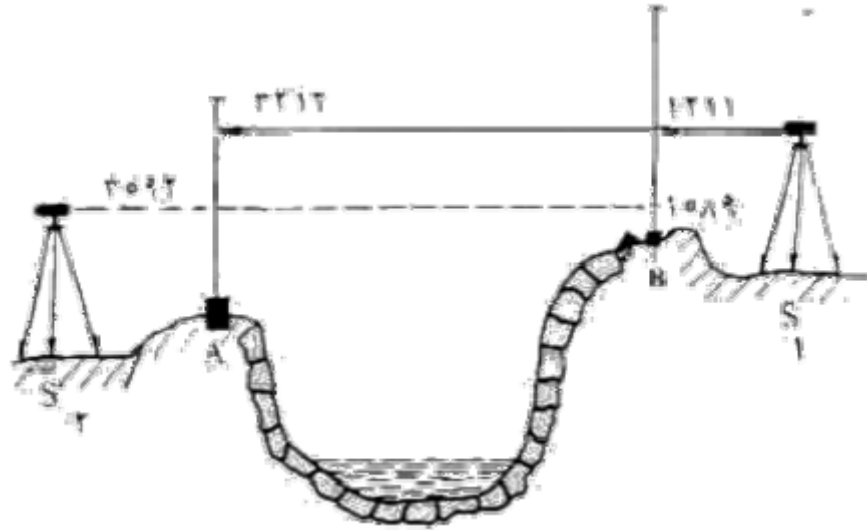


ترازیابی دوطرفه:

هنگام برخورد با عوارضی چون رودخانه یا دره نمی توان دستگاه ترازیاب را در وسط دو نقطه که در طرفین عارضه قرار دارند مستقر نمود در نتیجه از روش ترازیابی دوطرفه استفاده می گردد. در این روش یک بار ترازیاب را در سمت راست عارضه و بار دیگر در سمت چپ عارضه قرار داده و قرائت های نقاط A , B را | ثبت می کنند و اختلاف ارتفاع نقاط را که دو بار مشاهده شده را محاسبه و میانگین حاصل شده را اعمال می نمایند.

مثال برای پیدا کردن ارتفاع نقطه B از ارتفاع معلوم نقطه A که در طرفین رودخانه می باشند ترازیابی صورت گرفته است .

مطلوب است محاسبه ارتفاع نقطه B در صورتیکه ارتفاع نقطه A از سطح ژئوئید ۱۱۷۰ / ۴۰۰ باشد.



المستوى	نقطة	BS	FS	ΔH	H
S1	A	3212		3.09	1172/3.00
	B		1211		1172/3.01
S2	A	3.092		3.09	1172/3.00
	B		1.211		1172/3.03

$$h_B = \frac{1172.401 + 1172.403}{2} = 1172.402 \text{ متر}$$