نقشه برداری

تعریف علم نقشه برداری

نقشه برداری به علم اندازه گیری دقیق و تعیین موقعیت نسبی عوارض روی سطح زمین اطلاق می گردد.عوارض می تواند بصورت طبیعی یا مصنوعی باشد.

اندازه گیریها بطور کلی به سه دسته تقسیم می گردند که عبارتند از:

1- عملیات صحرایی: شامل شناسایی و بازدید اولیه؛ انتخاب رئوس کار و ایستگاههای اندازه گیری؛ اندازه گیری طولها ؛زوایا و ارتفاعات.
2- محاسبات :انجام محاسبات لازم با توجه به اندازه گیریهای بدست آمده.
3- تهیه نقشه :انتقال اندازه گیری های انجام شده روی صفحه با توجه به محاسبات و مقیاس مورد نیاز.

اهمیت و موارد استفاده نقشه برداری:

نقشه برداری یکی از قدیمی ترین تکنیکهای مورد استفاده بشر بوده و از آن برای تعیین حدود اراضی کشاورزی استفاده می گردد.از عمده کاربردهای علم نقشه برداری می توان به موارد زیر اشاره کرد.

1- کنترل پروژه های اجرایی و تعیین میزان نشست ساختمانها.

2- پیاده سازی دستگاههای صنعتی عظیم.

3- تسطیح اراضی در کشاورزی و شهرسازی

4- تعیین میزان عمق آبها و تهیه نقشه های دریا نوردی (چارتهای دریایی)

5- تهیه نقشه ابنیه و آثار باستانی

6- ایجاد راهها و راه آهن

7- تعیین پوسته زمین

انواع نقشه برداری

1- نقشه برداری شهری 2-نقشه برداری ژئومورفولوژی 3-نقشه برداری معادن

4-نقشه برداری هیدروگرافی 5-نقشه برداری ثبتی(کاداستر) 6-نقشه برداری مسیر

7-نقشه برداری ابنیه تاریخی 8- نقشه برداری هوایی (فتوگرا متری) 9- نقشه برداری نظامی

شاخه های اصلی علم نقشه برداری:

فتوگرامتری ؛ ژئودزی؛ نجوم ژئودزی ؛ هیدروگرافی ؛ کاداستر ؛ **GPS** ؛ **GIS** ؛ سنجش از دور

شکل ظاهری زمین :

برای بررسی این مطلب دو بحث جداگانه خواهیم داشت:

الف) مختصری در مورد تاریخچه شناسایی و اندازه گیری پیرامون زمین

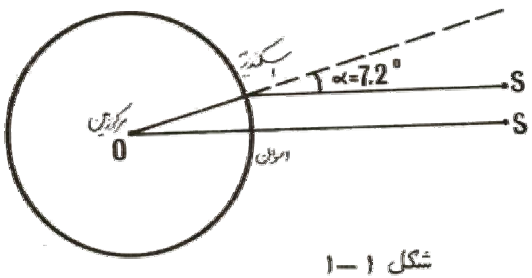
ب) بررسی شکل ظاهری زمین

الف) تاریخچه شناسایی و اندازه گیری پیرامون زمین

اولین بار فیثاغورث دانشمند یونانی (500 سال قبل از میلاد) کروی بودن زمین را اظهار داشته است ،همچنین برای اولین بار محیط زمین توسط دانشمندی بنام اراتوستن (190سال قبل از میلاد) تعیین و نحوه عمل این دانشمند بدین طریق بود که در ظهر اول تابستان متوجه شد که در شهر سین (اسوان کنونی) تصویر خورشید را در آب چاه مشاهده می کند در حالی که در همان زمان در شهر اسکندریه اشعه خورشید با امتداد شاقول زاویه 1/50 محیط دایره (7/2 درجه) تشکیل می دهد با این اختلاف و اندازه گیری فاصله شهر اسوان و اسکندریه (925 کیلومتر) توسط کاروان شتر و محاسبات لازم موفق شد که محیط زمین را 46250 کیلومتر بدست آورد و این مقدار با مقدار واقعی آن که حدود 40000 کیلومتر است 16% اختلاف دارد.

925 7/2

X 360

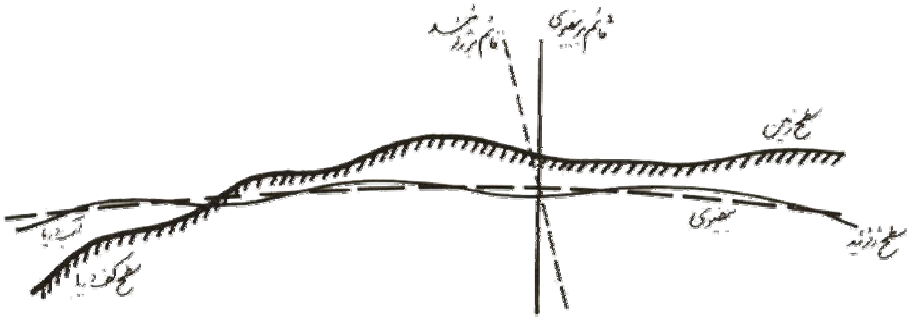


شکل ۱ ــ ۱

ب) بررسی شکل زمین

بطور محسوس شکل زمین یک بیضوی دورانی است و این موضوع را اولین بار گالیله دانشمند ایتالیایی دریافت و بعدها نیوتن دانشمند انگلیسی اصل مربوط به فرم تعادل اجسام خمیری شکل را که حول محوری دوران داشته باشند و تحت تاثیر نیروی جاذبه قرار گیرد بیان داشت و ثابت کرد که چنین اجسامی یک بیضوی دورانی خواهد بود.

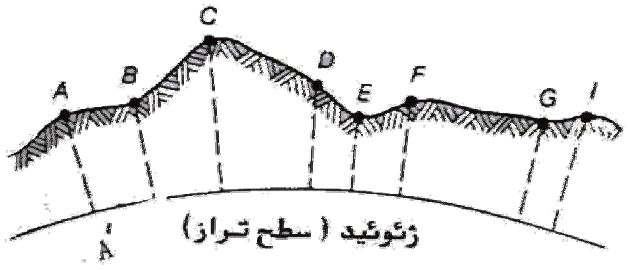
جهت محاسبات نقشه برداری لازم است با شکل زمین آشنا شویم میدانیم که زمین کاملاً کروی نیست بعلاوه وضعیت پستی و بلندی ها در سطح زمین بگونه ای است که یک شکل پیچیده ای را به وجود آورده است .جهت محاسبات ژئودزی و محاسبات فضایی و جغرافیایی نیازمند به معرفی یک سطح منظم با فرمول هندسی خواهیم بود از این رو برای تعیین شکل زمین و نمایش آن و نیز حل مسایل مربوط به زمین ناچاریم از یک سطح مقایسه استفاده کنیم که بتوان موقعیت عوارض و نقاط مختلف زمین را نسبت به این سطح مقایسه پیدا کنیم . این سطح مقایسه باید با معادلات ریاضی قابل تعریف باشد و به سهولت قابل نمایش بوده و بتوان مسایل مربوط به آن را حل نمود و از طرفی به بهترین وجه سطح زمین را در برگیرد.طبیعی ترین سطحی که به عنوان سطح مقایسه بکار می رود سطح آبهای اقیانوسها می باشد.اگر این آبها را به طور فرضی به زیر خشکیها بگسترانیم و آن قسمت از پوسته زمین که بالای آن سطح حاصل می شود را حذف کنیم با شکل آبگونه ای از زمین روبرو خواهیم بود . این سطح آبگونه را ژئوئید گویند. به دلیل ناهمگن بودن جرمها در نقاط مختلف زمین و اثرات نیروی جاذبه ماه و خورشید که باعث جزر و مد میگردد ژئوئید نیز مثل سطح فیزیکی زمین سطح نامنظمی است و نمی تواند مبنای محاسبات ژئودزی و نقشه برداری قرار گیرد. بنابراین یک مدل ریاضی برای زمین تعریف می گردد.بهترین شکل هندسی نزدیک به شکل واقعی زمین یک بیضوی دورانی است که حول قطر کوچکش در چرخش می باشد.



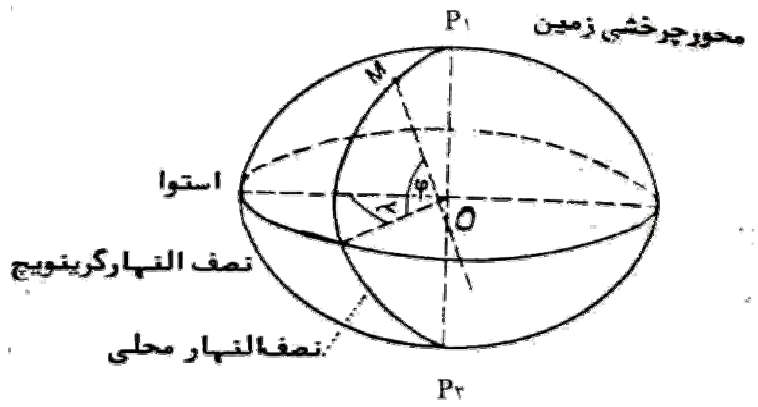
مشخصات جغرافیایی یک نقطه:

چون سطح فیزیکی زمین شکل نامنظمی است بنابراین برای مشخص کردن وضع نقاط از سطح بیضوی مرجع استفاده می گردد.

الف) چنانچه A یک نقطه از سطح زمین باشد و A' نقطه پای عمود وارده از آن بر بیضوی باشد $HA = A\,A'$ عمود یعنی فاصله آن ازسطح ژئوئید.



ب)مختصات جغرافیایی نقطه M روی بیضوی را با (φ_m ، λ_m) نشان می دهند و آن را طول عرض جغرافیایی نقطه M می گویند



برای تعریف طول و عرض جغرافیایی به تعاریف زیر نیازمندیم:

الف) استوا: فصل مشترک صفحه عبور کننده از مرکز زمین و عمود بر محور چرخش آن ، با سطح کره دایره ای را تشکیل می دهد که آن دایره را "استوا" گویند.

ب)مدار:هریک از دایره های فرضی در سطح زمین که بموازات دایره استوا رسم می شوند را مدار گویند.تعداد مدارها بی نهایت است و هرچه به قطبین نزدیکتر شوند کوچکتر می گردند.

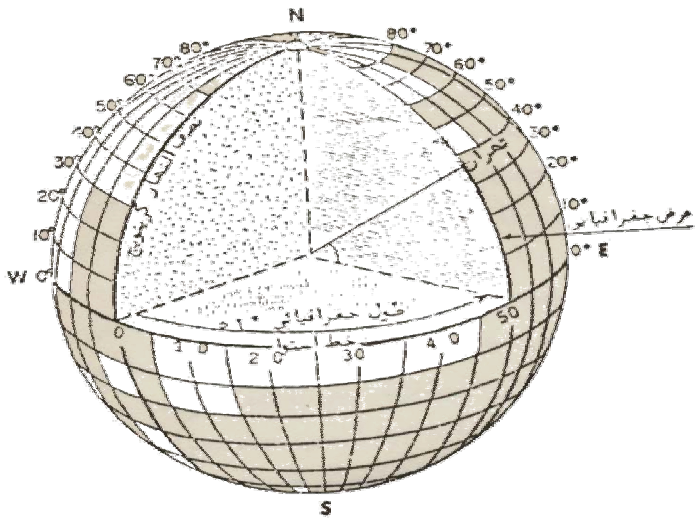
ج) نصف النهار: فصل مشترک صفحه عبور کننده از محور چرخش زمین با سطح کره زمین دایره ای را تشکیل می دهد که آنرا نصف النهار گویند. تعداد نصف النهار ها بی شمار است و نصف النهاری که از محل رصد خانه گرینویچ در حومه لندن می گذرد را به عنوان نصف النهار مبداء یا استاندارد گویند.

طول جغرافیایی:(λ)

زاویه ای که بین صفحه نصف النهار مبنا و نصف النهار محلی ساخته می شود را طول جغرافیایی آن محل گویند.نصف النهار مبنا زمین را به دو قسمت 180 درجه ای تقسیم می کند . اگر زاویه ساخته شده در شرق نصف النهار مبداء باشد طول شرقی ومثبت ؛ اگر در غرب باشد طول غربی و منفی گویند.

عرض جغرافیایی:(φ)

زاویه ای که امتداد شاغولی یک نقطه با صفحه استوا می سازد را عرض جغرافیایی گویند بنابراین عرض جغرافیایی می تواند از صفر تا 90 درجه شمالی و صفر تا90 درجه جنوبی با علامت +برای شمال و – برای جنوب باشد.



سیستمها مختصات در نقشه برداری:

1- سیستم مختصات قائم الزاویه یا کارتزین(x,y)

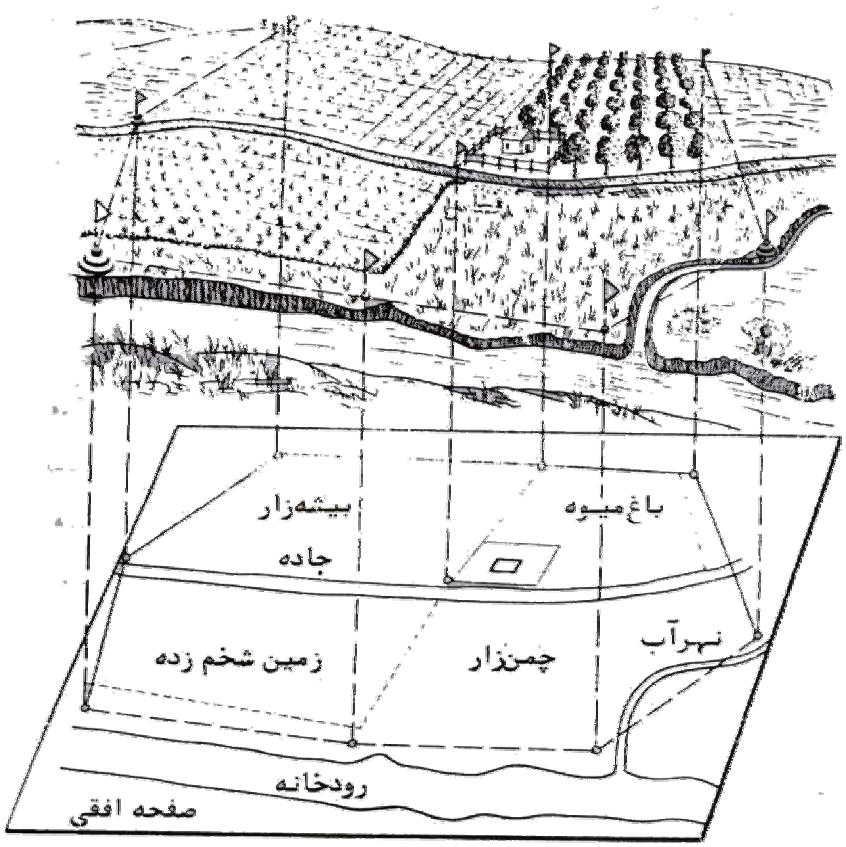
2- سیستم مختصات قطبی (θ و γ)

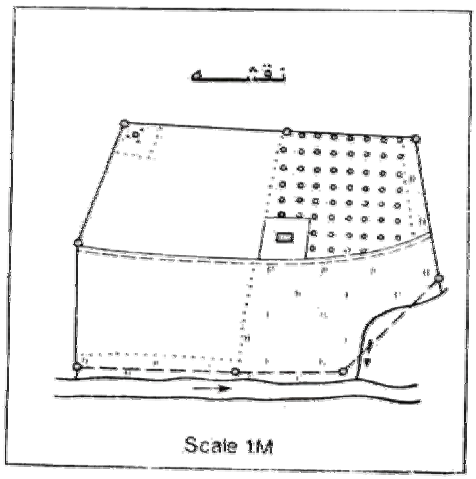
3- سیستم مختصات جغرا فیایی (φ_m ، λ_m)

نکته :از سیستم مختصات قطبی وقائم الزاویه فقط در مواردی استفاده می شود که حداکثر ابعاد منطقه 10×10 کیلومتر باشد.

تعریف نقشه:

بطور کلی نقشه یک قطعه از زمین ؛ تصویر افقی آن قطعه از زمین بر روی صفحه کاغذ است.که درآن طولها به یک نسبت معیین کوچک شده اند.شکل زیر تصویر افقی یک قطعه زمین شامل :بوته زار ،باغ میوه ، زمین شخم زده ، چمنزار، جاده ، رودخانه و نهرآب که هرکدام عارضه ای است را نشان می دهد.ابعاد تصویر افقی به یک نسبت معیین مانند $1 \div m$ کوچک شده و روی صفحه کاغذ به نام نقشه یا PLAN ترسیم شده است.



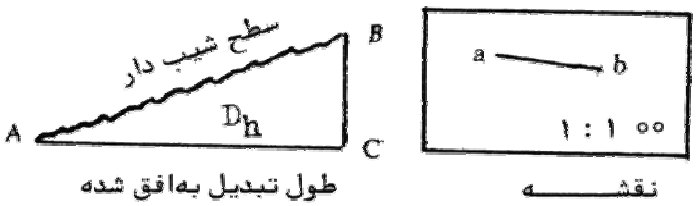


مقیاس:

برای تهیه نقشه با توجه به موضوع آن و دقت اندازه گیریها مسلماً 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 براین مقیاس عبارت است از نسبت طول اندازه گیری شده روی نقشه به طول افقی مشابه روی زمین . $S = \frac{d}{D_H}$

$$\text{مقیاس} = \frac{\text{اندازه یک طول معیین روی نقشه}}{\text{اندازه افقی‌همان طول در طبیعت}}$$



مثال :طول AB را در طبیعت اندازه گرفته ایم و پس از تبدیل به افق 200 متر شده است چنانچه بخواهیم این فاصله را روی نقشه به اندازه 20 سانتیمتر نشان دهیم مقیاس نقشه چقدر است؟

$S = \frac{d}{D_H}$ $\qquad$ $S = \frac{20}{200\times100}$ $\qquad$ $S = \frac{1}{1000}$

مثال:در نقشه ای به مقیاس 1/5000 طول ab با خط کش برابر 20 سانتیمتر است .طول افقی AB چقدر است؟

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

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

انواع مقیاس:

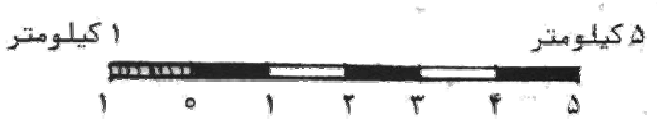
بطور کلی مقیاس برچهار نوع است :

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 6 لبه می باشد و روی هر لبه آن مقیاسهای متفاوت درج شده است استفاده می گردد.

انواع نقشه از نظر مقیاس:

1- نقشه های خیلی بزرگ مقیاس که مقیاس آنها $\frac{1}{500}$ - $\frac{1}{100}$ بوده و معمولاً آنها را پلان می گویند

2- نقشه های بزرگ مقیاس که مقیاس آنها $\frac{1}{10000}$ - $\frac{1}{500}$ بوده و به نقشه های مهندسی معروف اند

3- نقشه های متوسط مقیاس که مقیاس آنها $\frac{1}{50000}$ - $\frac{1}{10000}$

4- نقشه های کوچک مقیاس که مقیاس آنها $\frac{1}{250000}$ - $\frac{1}{50000}$ می باشد

5- نقشه های خیلی کوچک مقیاس که مقیاس آنها از $\frac{1}{250000}$ به بالا می باشد که معمولاً به آنها اطلس یا نقشه های جغرافیایی گویند.

کارتوگرافی:

هنر طراحی ، ترسیم، تحریر و چاپ نقشه را کارتوگرافی گویند.

انواع عوارض :

عوارض طبیعی : عوارضی که انسان در ساخت آن دخالتی نداشته است مثل : کوه ؛رودخانه ؛ دره و ...

عوارض مصنوعی: عوارضی که انسان در بوجود آمدن آن نقش داشته است مثل: پل ساختمان جاده و ...

انواع عوارض از نظر کارتوگرافی:

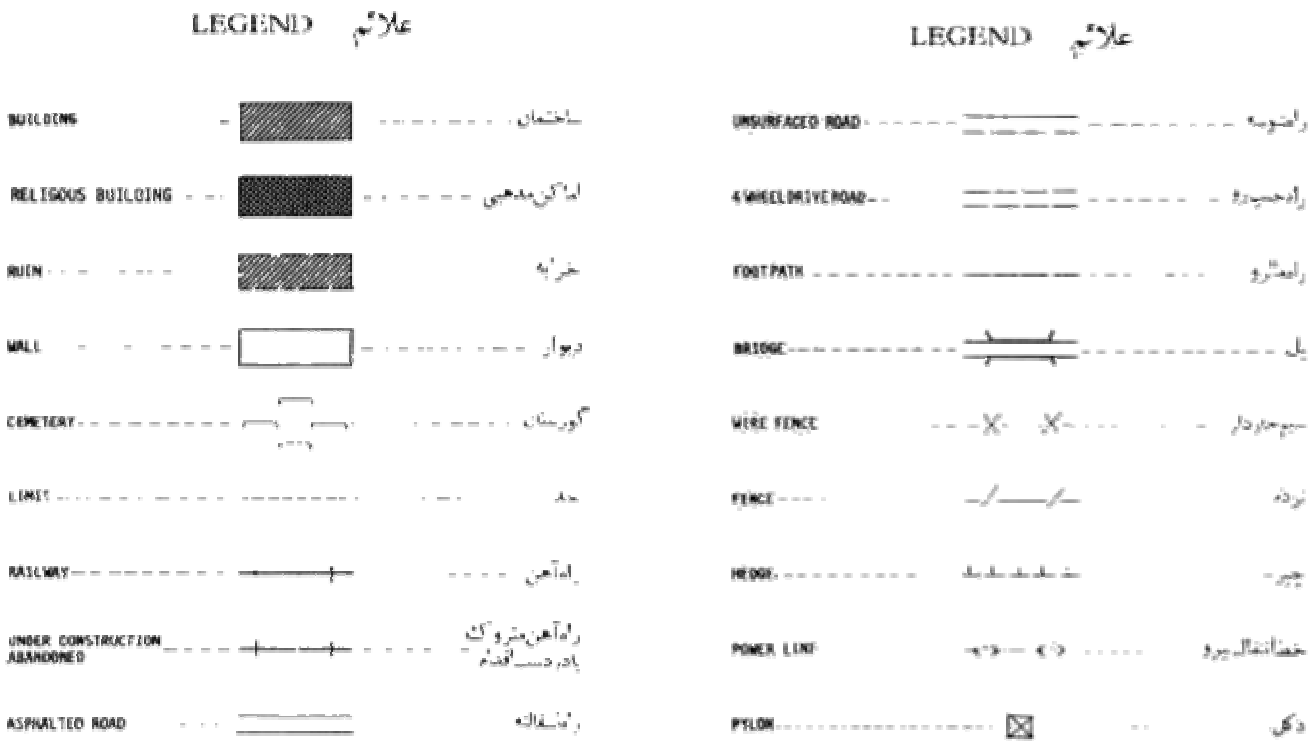
1- عوارض نقطه ای: مثل درخت ؛تیر برق،...

2- عوارض خطی : مثل رودخانه ؛ جاده ؛ خطوط انتقال نیرو و ...

3- عوارض چند ضلعی : مثل دریا و ساختمان 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) مثلاً 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 راهها ؛ قنوات و تک درختها روی نقشه نشان داده شود از یک سری علایم به نام علائم قراردادی استفاده می گردد. به عنوان مثال عرض شاهراهها را 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 :

در علم نقشه برداری اساس کار ؛ اندازه گیری طولها و زوایا است که با نشانه روی و قرائت های مختلف توام می باشد . بنابراین هریک از این اندازه گیریهای بدست آمده به دلیل نقص ساختمانی وسیله های اندازه گیری از قبیل کوتاه و یا بلند بودن طول واقعی متر نسبت به طول اسمی آن یا عدم تساوی تقسیمات نقاله دوربین در اندازه گیریهای طول و زوایا دارای خطاهایی خواهند بود که به دلیل فوق در اندازه دخالت دارند.

از طرفی نارسایی حواس نقشه بردار از قبیل تشخیص چشم که شخص نمی تواند اجزای تقسیمات کوچک را به دقت از همدیگر جداکند . بدین سبب خطایی در اندازه گیری وارد می گردد که بطور کلی اندازه بدست آمده از اندازه واقعی اختلاف خواهد داشت و این اختلاف را تا مادامی که از حد قابل قبول تجاوز نکند خطای اندازه گیری می نامند که بر دونوع کاملاً متفاوت می باشد .

الف) خطای دستگاهی ب) خطای اتفاقی ناشی از نارسایی حواس انسان.

الف- خطاهای دستگاهی یا سیستماتیک.

این خطاها ناشی از نقص وسایل اندازه گیری بوده و همواره در یک جهت معیین ؛ یعنی با یک علامت e +یا e- حاصل می گردد مانند خطای فاصله که با یک متر غلط بدست می آید لذا در جمع نهایی اندازه ها خطای مزبور به همه افزوده می شود .و نتیجه را به مقدار قابل توجهی از حقیقت دور خواهد کرد .

مثلاً چنانچه طول اسمی یک تراز فلزی 50 متر باشد و این نوار در اثر استفاده زیاد و عوامل دیگر طولی برابر 50/10 پیداکند بنابراین در هر دهنه اندازه گیری 10 سانتیمتر فاصله را کوتاه خوانده ایم.

ب) خطاهای اتفاقی:

این خطاها ناشی از عمل اندازه گیری و نارسایی حواس انسانی است و گاهی با علامت e +و e- ظاهر میگردد تاحدی در جمع نهایی اندازه ها یکدیگر را خنثی می کنند.

اگر عمل اندازه گیری را به دفعات زیاد تکرار کنیم و مطمئن باشیم که هیچ خطای سیستماتیکی در اندازه ها وجود ندارد از مقایسه اندازه ها نتیجه می شود:

اولاً در مقابل هر خطای اتفاقیe + یک خطای e– موجود است

ثانیاً بزرگی خطاهای اتفاقی از یک حدمعینی تجاوز نمیکند و تعداد خطاهای کوچکتر زیادتر است

بطور کلی در نقشه برداری به منظور اطمینان و خواه ازدیاد دقت ؛ هر اندازه را چند بار تکرار می کنند لذا تعداد اندازه ها همیشه بیشتر از ضرورت است.

بنابراین در محاسبات مربوط به نقشه برداری باید سه مسئله زیر مطرح شود:

1-ازمجموع اندازههای بدست آمده باید بهترین مقدار را برای کمیت مورد نظر تعیین کنیم.

2-از اختلاف بین اندازه ها عددی بدست می آوریم که برمبنای علمی شاخص میزان دقت اندازه گیری باشد(خطای ظاهری)

3-درشرایط کار عددی تعیین می کنیم که شاخص صحت اندازههایی باشد که به نام بهترین مقدار تعیین نموده ایم

حل مسایل فوق در اندازه گیری مستقیم:

الف-بهترین مقدار کمیت

فرض می کنیم که کمیت A رانمرتبه اندازه گیری کرده باشیم و مقادیر اندازه گیریها a_1 , a_2 , a_3.....a_1 به دست آمده باشد،اگر اندازه گیریها دارای هیچ خطای دستگاهی نباشد جواب مسئله اول یعنی بهترین مقداری که می توان برای کمیت A در نظر گرفت متوسط یا معدل تمام اندازه گیری ها خواهد بود:

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

مثال :

اندازه گیری یک فاصله در روی زمین 5بار تکرار شده است .مقادیر اندازه گیری به دست آمده برابر است با:

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

بهترین مقدار کمیت A را پیداکنید.

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

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

ب-خطای ظاهری

می دانیم اندازه حقیقی با اندازه های بدست آمده اختلاف دارد ولی اندازه حقیقی همیشه برای ما مجهول می باشد.لذا فقط می توان خطای ظاهری اندازه گیری را حساب نمود که عبارت است از اختلاف بین اندازه های به دست امده و اندازه ای که به نام بهترین مقدار برای کمیت مورد نظر تعیین شده است این اختلاف را خطای ظاهری یا باقیمانده گویند.

مثال :

خطای ظاهری در اندازه گیری کمیت A را محاسبه کنید.

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

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

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

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

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

هرکدام از مقادیر V_1 وV_2 و.... V_5 را خطای ظاهری اندازه گیریها می گویند.حال اگر طرفین تساویهای بالا را با هم جمع کنیم نتیجه می شود :

$$\sum V_i = nA - (a_1 + a_2 + ... + a_{n)}$$

در این مسئله ملاحظه میگردد

$$\sum V_i = -./026 + ./004 + ./024 + ./024 - ./026 = 0$$

یعنی خطاهای ظاهر شده در اندازه گیریها همدیگر را خنثی می کنند اما شاخصی که میزان دقت اندازه گیری یک کمیت را می تواند نشان دهد و نمودار دقت یک اندازه گیری باشد آن را خطای متوسط هندسی می گویند.

ج-خطای متوسط هندسی یا خطای کوادراتیک

خطای متوسط هندسی که میزان دقت اندازه گیری ها را نشان می دهد از رابطه زیر بدست می آید

$$e_q = \pm\sqrt{\frac{\sum V_i^2}{n-1}}$$

این خطا که در نقشه برداری، پایه اندازه گیری خطاها ست .این خطا را خطای کوادراتیک یا متوسط هندسی میگویند.

در مثال بالا میزان خطای کوادراتیک برابر است با

$$e_q = \pm\sqrt{\frac{2520}{5-1}} = \pm 25/09 \text{ میلیمتر}$$

خطای ماکزیمم

حدود 2/5 برابر خطای متوسط هندسی را خطای ماکزیمم اندازه گیریها می نامند و مقدار آن از رابطه زیر بدست می آید

$$e_m = \pm 2/5 e_q$$

بنابراین هریک از اندازه گیریها که خطایش ازاین مقدار بیشتر باشد اشتباه است.در مثال فوق مقدار خطای ماکزیمم را محاسبه می کنیم.

$e_m = \pm 2/5\ e_q$

$e_m = \pm 2/5 \times 25/09 = \pm 62/75$ میلیمتر

همانطور که ملاحظه می کنیم حداکثر خطایی که می توان مرتکب شد حدود 6 سانتیمتر است با مقایسه این مقدار ملاحظه می گردد که هر 5 اندازه گیری در مثال قبل صحیح بوده و هیچ اشتباهی رخ نداده است بنابراین نباید هیچ کدام از اندازه گیریها را از ردیف خارج کرد.

اختلاف بین خطا و اشتباه

به طوری که گفتیم خطای اتفاقی اندازه گیریها حدی دارد که بیشتر از آن را باید غلط یا اشتباه نامید. و باید از ردیف اندازه گیریها به عنوان اندازه گیری اشتباه خارج کنیم.

خطای مطلق و خطای نسبی

خطاهای اندازه گیری و یا خطاهای اتفاقی را به طور ساده خطای مطلق آن اندازه گیری می نامیم

حاصل تقسیم خطای مطلق به اندازه کمیت را خطای نسبی یا دقت اندازه گیری می گویند. که به شکل $e_r = \frac{e_l}{e_L}$ نشان می دهند.خطای مطلق نمی تواند بتنهایی دقت اندازه گیریها را بیان کند بنابراین برای تعریف دقت در اندازه گیریها از خطای نسبی استفاده می کنیم.

امتداد گذاری:

مشخص کردن امتداد گذرنده از دو نقطه را اصطلاحاً (امتدادگذاری) گویند . در بسیاری از موارد امتـداد دو نقطـه مـورد نیـاز مـی باشد مثلاً وقتی بخواهیم در امتداد دو نقطه دیواری بسازیم ، کانال آبرسانی احداث کنیم یا دکل برق نصب شود .

وسایل امتداد گذاری :

الف) ژالن: میله ای چوبی یا فلزی که معمولاً آن را به قطر 3الی 4 سانتیمتر و طول 2 الی 2,5 متر می سازند و در هر نیم متر بطور متناوب دارای رنگ سفید یا قرمز می باشد.

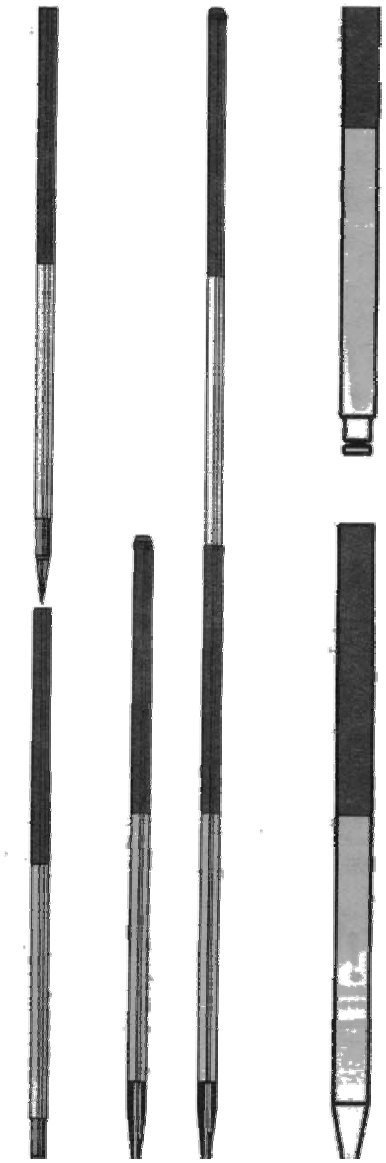
ب) سه پایه ژالن گیر: سه پایه سبک و فلزی که در بالای آن گیره یا محلی برای نگهداری ژالن وجود دارد.

ج)تراز ژالن: وسیله ای برای تراز نگه داشتن ژالن

د)میخ چوبی یا فولادی

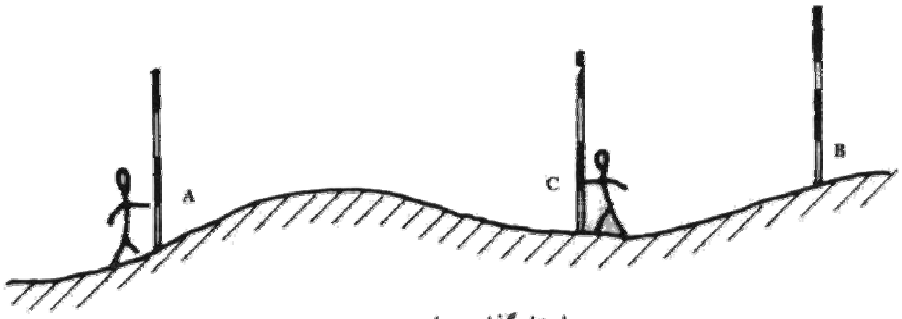
ه)چکش

و) رنگ



امتداد گذاری ساده:

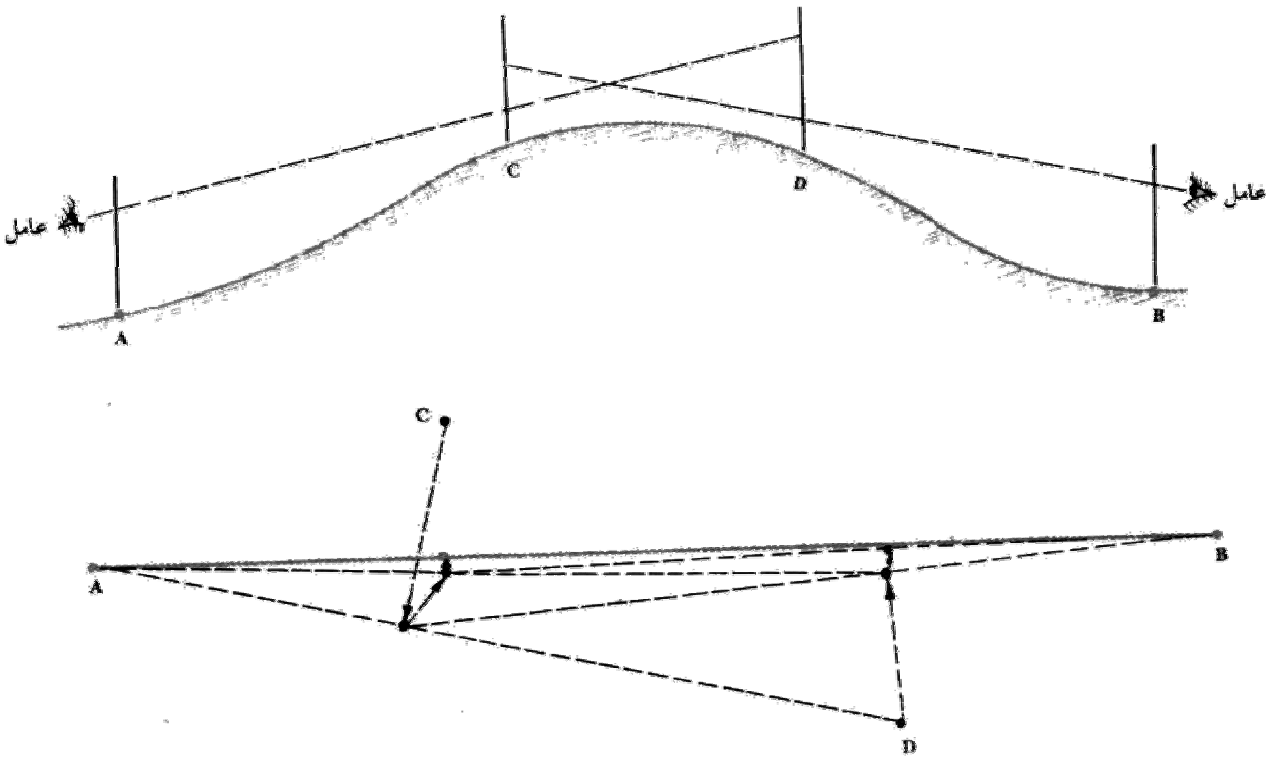
برای امتدادگذاری بین نقاط A,B ابتدا یک ژالن در نقطه A و یک ژالن در امتداد B توسط سه پایه ژالن گیر مستقر می کنیم .عامل امتداد گذار در فاصله 2 الی3 متری یکی از ژالنها ی ابتدا یا انتها مستقر شده و ژالن گیر c را هدایت می کند



امتدادگذاری ساده

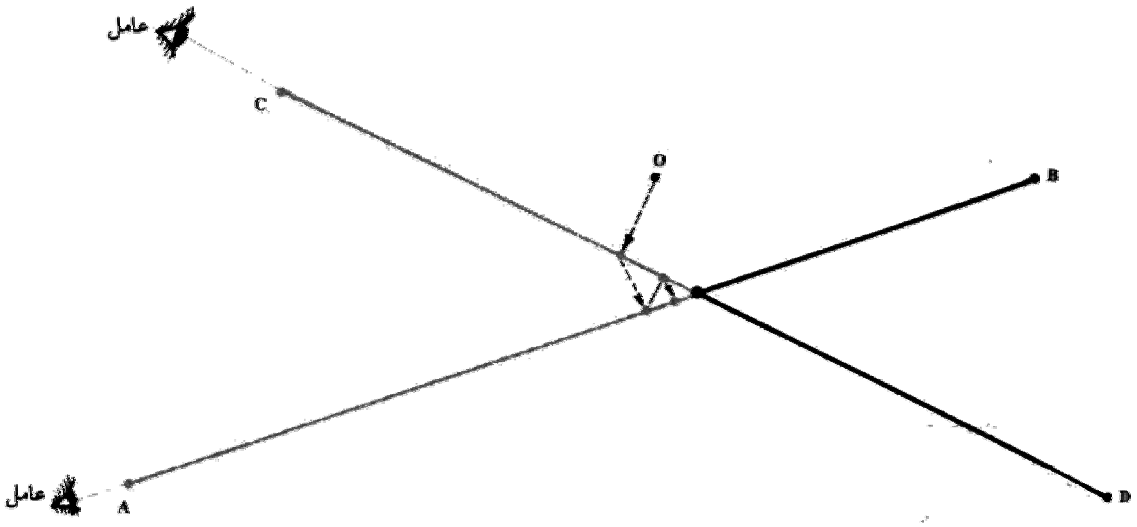
امتدادگذاری با مانع:

فرض شود بین نقاط A,B یک تپه وجود دارد با توجه به شکل یک عامل در پشت ژالن A و یک عامل در پشت ژالن B قرار گرفته و به نوبت ژالونهای C,D را هدایت میکند به این ترتیب که عامل A شروع به کار کرده و با علامت دست ژالنC را با فرض ثابت بودن D در امتداد AD قرارمیدهد. سپس عامل B با ثابت فرض کردن C ژالون D را در امتداد BC قرار داده و این عمل با تکرار به نتیجه می رسد



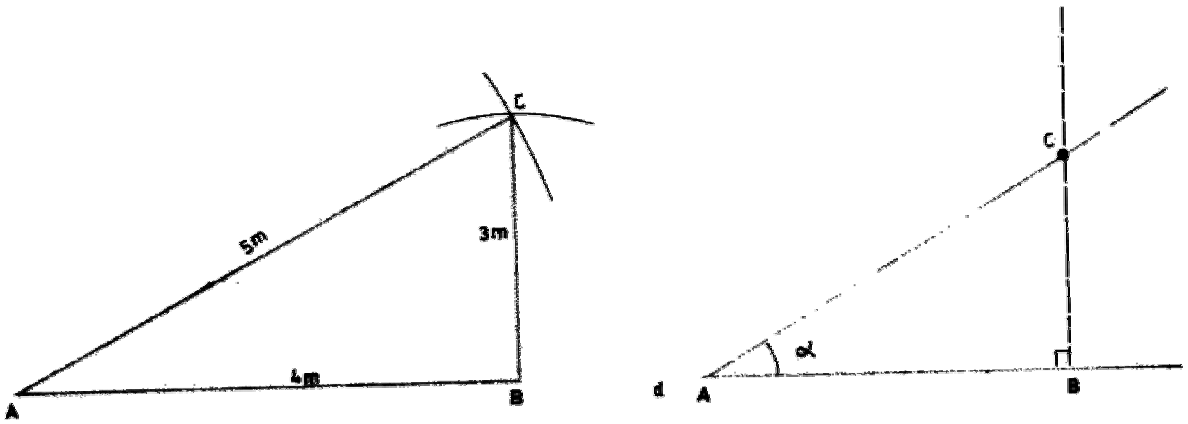
محل تقاطع دو امتداد:

مراکز چهارراها و میادین که محل برخورد دو یا چند امتداد می باشد از طریق زیر قابل پیاده سازی است ابتدا چهار ژالون در نقـاط A,B,C,D به کمک ژالن گیر نصب می گردد سپس یک عامل در امتـداد AB وعامـل دیگـر در امتـداد CD قـرا ر گرفتـه و بـا هدایت ژالون o محل تقاطع امتدادهای AB وCD پیاده می گردد.



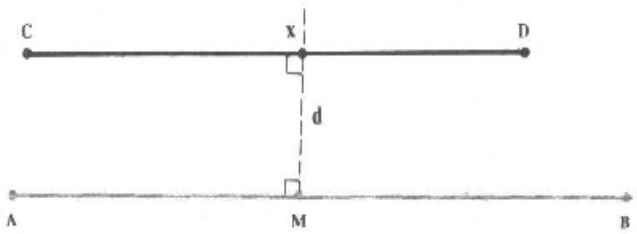
اخراج عمود :

برای اخراج عمود در صورتی که به گونیای مساحی دسترسی نداشته با شیم می توان از روش فیثاغورث استفاده کرد ابتدا در امتداد AB طول 4 متر را جدا کرده و سپس کمانی با شعاع 3 متر را از نقطه B و کمان دیگر را به شعاع 5 متر از نقطه A اخراج می کنیم و محل تقاطع دو کمان امتداد عمود بر پاره خط AB خواهد بود.



امتداد موازی با یک امتداد :

جهت اخراج امتدادی موازی با پاره خط AB ابتدا امتدادهای عمود MC,ND را اخراج نموده و مشابه امتداد گذاری ساده عمل می کنیم.

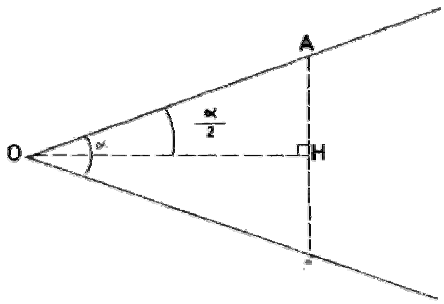


اندازه گیری زاویه با استفاده از متر:

الف) در این روش در امتداد دو ضلع زاویه دو طول مساوی جدا می کنیم . در این صورت خواهیم داشت OA=OB و مطلوب است محاسبه زاویه AOB=α

در مثلث AOB ارتفاع وارد بر AB را رسم می کنیم در مثلث متساوی الساقین ارتفاع OH نیمساز زاویه α می باشد بنابراین با استفاده از روابط مثلثاتی زاویه α محاسبه می گردد.

$$Sin\frac{a}{2}=\frac{AH}{OA}, AH=\frac{AB}{2}$$



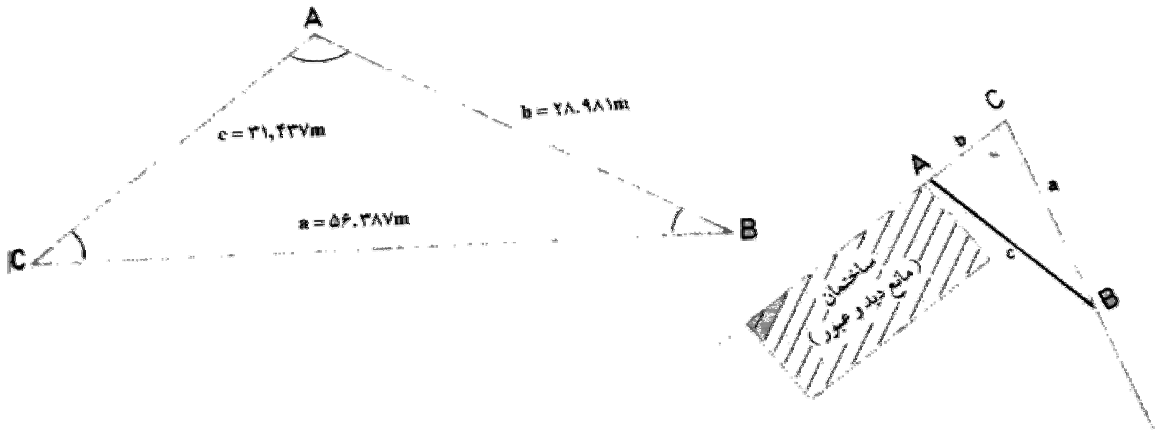
ب) گاهی اوقات امکان جداسازی دو طول مساوی روی دو ضلع زاویه وجود ندارد در این صورت از فرمول کسینوسها استفاده می گردد.

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

نکته اگر Cosα منفی باشد نشانگر آن است که زاویه αمنفرجه است یعنی از 90درجه بزرگتر است .

مثال برای بدست آوردن زوایای مثلثی اضلاع آن به ترتیب AB= 31/437 و AC=28/981 و BC=56/387 متر اندازه گیری شده اند مطلوب است زاویه A ؟

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2cb\,CosA \quad \Rightarrow CosA = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc} = -0/74160 \Rightarrow A = 137/52$$



پیاده کردن زاویه با استفاده از متر :

الف) با معلوم بودن زاویه α و با استفاده از روابط مثلثاتی می توان از نقطه B امتدادی عمود بر امتداد AB اخراج و با جدا کردن طول BC روی خط عمود زاویه α پیاده می گردد.

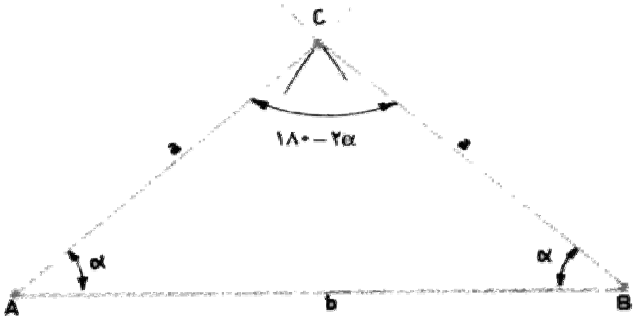
$$tga = \frac{BC}{AB} \Rightarrow BC = AB.tga$$

مثال مطلوب است پیاده سازی زاویه '41 °38 = α روی پاره خط AB به طول 19/17 متر؟

ابتدا از نقطه B عمودی بر AB اخراج می کنیم و طول 15/349 را جدا کرده و در نتیجه زاویه CAB مشخص می گردد.

BC=19/17*0/80067=15/3488 BC=ABtgα=19/17×tg(38° 41')

ب) با بکار گیری مثلث متساوی الساقین می توان زاویه دلخواه را پیاده کرد برای اینکار از دوسر پاره خط AB کمانهای مساوی BC,AC را می زنیم تا مثلث متساوی الساقین ABC و در نتیجه زاویه α پیاده گردد پاره خط AB و زاویه α معلوم و با استفاده از رابطه سینوسها کمان a (ساقین) را محاسبه می کنیم.



$$\frac{a}{Sina}=\frac{b}{Sin(180-2a)} \qquad Sin(180-2a)=Sin2a \qquad \frac{a}{Sina}=\frac{b}{Sin2a}$$

می دانیم $Sin2a=2SinaCosa$ پس $\frac{a}{Sina}=\frac{b}{2SinaCosa}$ پس از ساده کردن Sinα از طرفین خواهیم داشت

$$a=\frac{b}{2Cosa}$$

مثال مطلوب است زاویه $\alpha = 48° 55'$ در امتداد پاره خط AB به طول 10 متر؟

$$a=\frac{b}{2Cosa}=\frac{10}{2Cos(48^{\cdot},55^{'})}\Rightarrow a=7/484$$

اندازه گیری طول:

پیمودن بین دو نقطه A,B را با یک یکه ؛ اندازه گیری فاصله گویند واحد یا یکه بین المللی اندازه گیری فاصله متر است.و مقدار آن یک چهل میلیونیوم محیط نصف النهار زمین است.

انواع روشهای اندازه گیری فاصله:

اندازه گیری فاصله با توجه به سرعت و دقت کار با روشهای مختلفی انجام می گیرد که بطور کلی می توان آن را به سه روش تقسیم کرد.

1- اندازه گیری فاصله به روش مستقیم

2- اندازه گیری فاصله به روش غیر مستقیم

3- اندازه گیری فاصله به روش امواج رادیویی (EDM)

1- اندازه گیری فاصله به روش مستقیم:

در این روش با توجه به دقت مورد نظر ممکن است از وسایلی مانند قدم ، طناب، متر ، متر انوار و غیره استفاده نمود.که این روش از نظر دقت وسایل مورد استفاده به سه دسته کم دقت ؛ دقت معمولی و دقیق تقسیم می گردد.

طریقه عملی متر کشی:

متر کشی در مراحل زیر انجام می گیرد:

1- امتدادگذاری : فاصله های زیاد را به وسیله متر نمی توان یکباره اندازه گرفت لذا با بکار بردن میخهای چوبی ژالون آنها را به دهانه های کوچکتر تقسیم میکنیم

2- علامت گذاری

3- کشیدن نوار

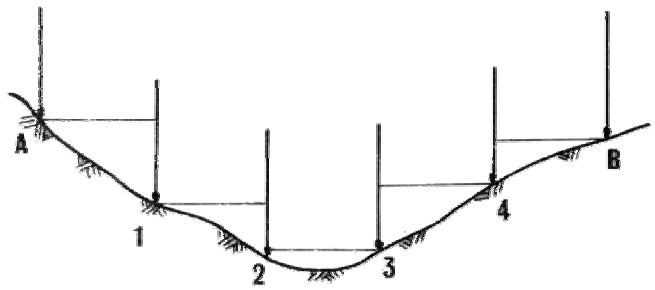
4-شاقولی کردن

5- قرائت نوار

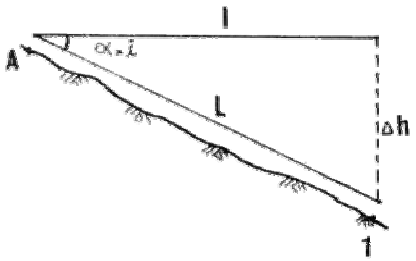
6- یاداشت

متر کشی در زمینهای ناهموار:

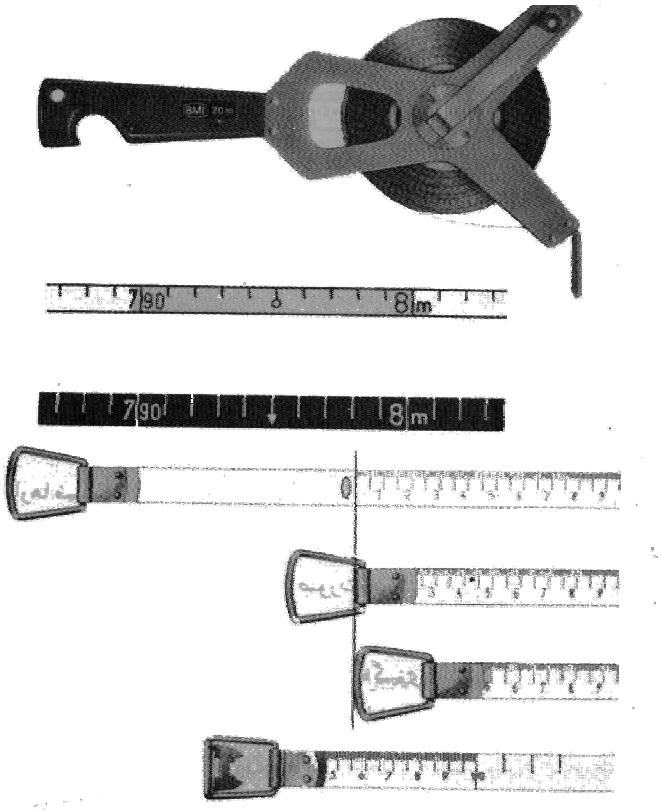
الف)متر کشی به صورت افقی: در این روش فاصله بین دو نقطه امتداد گذاری را متناسب با شیب زمین انتخاب نموده سپس بکمک ژالون یا شاقول بصورت افقی اندازه گیری می شود.

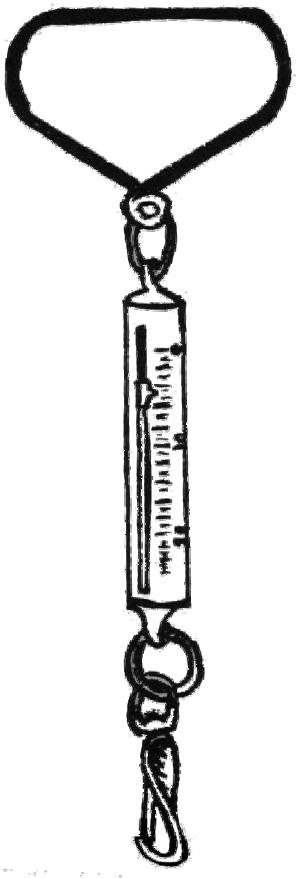


ب) اندازه گیری در امتداد شیب:در این روش متر به موازات شیب کشیده شده و زاویه شیب توسط شیب سنج و یا زاویه یاب اندازه گیری می شود و از رابطه $L=L.Cos\alpha$ محاسبه می گردد.و یا در صورتیکه اختلاف ارتفاع دو نقطه در دست باشد می توان از رابطه $L^2 = l^2 - \Delta H^2$ بدست می آید.



همانطور که در شکل دیده می شود در سرنوار های فلزی ؛ دستگره یا قلاب وجود دارد ، زیرا در متر کشی ها و اندازه گیری های طول، باید نوار طبق استاندارد خود کشیده شود دستورالعمل نیروی کشش نوارها در کاتالوگ مربوطه آمده است و می بایست رعایت گردد مثلاً 5 کیلوگرم نیرو چنانچه نیروی کششی نوارها از این حد افزایش یابد طول نوارها افزوده خواهد شد که در محاسبات دقیق لازم است این مقادیر دخالت داده شود



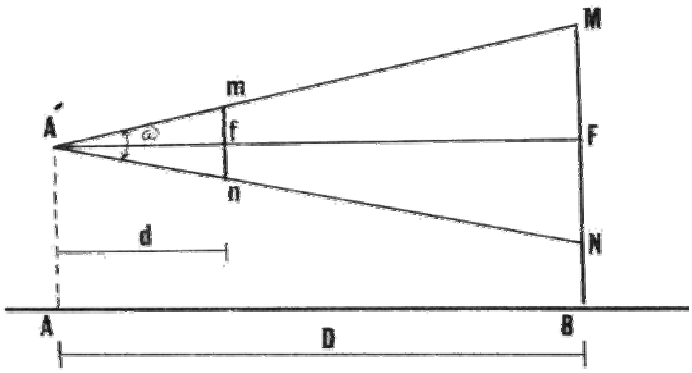


با اتصال نیرو سنج به قلاب می توان براحتی نیروهای وارده را در زمان اندازه گیری قرائت نمود.

2- اندازه گیری به روش غیر مستقیم

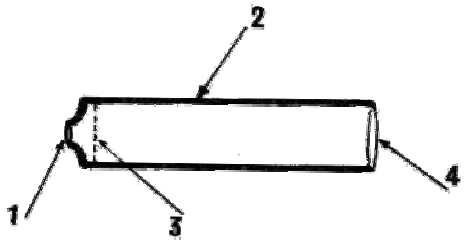
الف) روش استادیمتری در سطوح صاف

اصول اندازه گیری به روش استادیمتری بر اساس قضیه تالس می باشد . مطابق شکل منظور بدست آوردن فاصله AB می باشد در نقطه B یک شاخص بطور قایم نگه داشته و در فاصله d از نقطه A یک خط کش بطول mn را موازی میر مستقر در نقطه B قرار می دهیم حال از نقطه A' قائم نقطه A بدو سر خط کش ، پرتو نوری می تا بانیم این پرتو مسیر نقطه B را روی اعداد M,N قطع



می کند حال با توجه به تشابه دو مثلث A'mn, A'MN نتیجه می شود . $D = AB = \frac{d}{mn}.MN$

اگر مقدار d و مقدار nm معلوم و ثابت باشند در نتیجه با اندازه گیری MN فاصله AB بدست می آید این حالت را استادیمتری با زاویه ثابت گویند سازندگان وسایل نقشه برداری با استفاده از روابط بالا دوربین های مختلفی ساخته اند که مورد استفاده نقشه برداران می باشد.



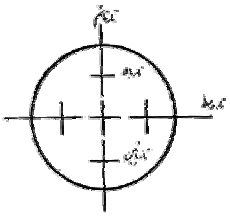
در تلسکوپ هر دوربین اعم از ترازیاب یا زاویه یاب اجزای اصلی برای اندازه گیری زاویه یا اختلاف ارتفاع به شرح زیر می باشد.

1- عدسی چشمی که ممکن است از چند عدسی محدب تشکیل شده باشد.

2- بدنه یا لوله تلسکوپ که با توجه به دقت و بزرگنمایی دوربین ممکن است چند عدسی و منشور در آن کار گذاشته شود

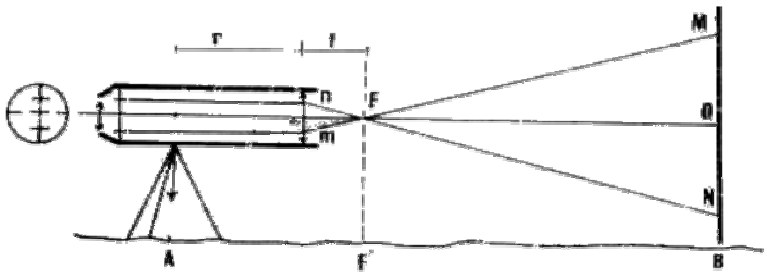
3- صفحه تارهای رتیکول که معمولاً شیشه ای با ضریب شکست بسیار ناچیز است . چنانچه ملا حضه می گردد تارهای رتیکول طوری تعبیه شده اند که برای اندازه گیری فاصله از میر افقی نیز می توان استفاده نمود.

4- عدسی شیئ



اگر بخواهیم توسط دوربین نقشه برداری طولAB را اندازه گیری کنیم ابتدا در نقطه B یک شاخص بطور قائم قرار می دهیم سپس مطابق شکل یک دستگاه تئودولیت روی نقطه A مستقر می کنیم حال بعد از قراولروی به نقطه B پرتوهای نورانی تارهای رتیکول میر را در دونقطه NوM قطع میکند با توجه به شکل از تشابه دو مثلث MNF,mnF می توان نوشت :

$$\frac{FO_1}{FO} = \frac{mn}{MN} \rightarrow FO = \frac{FO_1}{mn} \times MN$$



در رابطه بالا FO_1 برابر فاصله کانونی عدسی شیئی که همواره مقدارش ثابت و معلوم است و mn فاصله تار بالا تا تار پایین در صفحه تارهای رتیکول است .که مقدارش معلوم می باشد در نتیجه $\frac{FO_1}{mn}$ مقداریست ثابت که آنرا به K نشان می دهند و به ضریب استادیمتری معروف است و در دوربینهای نقشه برداری برابر 100 می باشد با توجه به شکل طول AB با اضافه کردن فاصله کانونی عدسی شیئی f و فاصله عدسی شئیی تا مرکز (محور قائم) تلسکوپ حاصل می شود.

$$AB = \frac{f}{mn} \times MN + (f + r) = K.MN + (f + r)$$

مقدار f+r را با c نشان داده و آنرا تصحیح گویند.

$$AB = K.MN + c$$

در دوربینهای جدید با بکاربردن عدسی های واگرا و سایر وسایل اپتیکی در تلسکوپ های دوربین ،مرکز آنالاتیسم دوربین را به مرکز تلسکوپ منطبق می کنند و در نتیجه مقدار c صفر می گردد.به این نوع دوربین های نقشه برداری دوربین های آنالاتیک گویند.

مثال:برای اندازه گیری فاصله افقی بین دو نقطه C وD به ترتیب پس از استقرار دوربین تارهای بالا و پایین روی میر را برابر 3985و2930 قرائت کرده ایم مطلوب است فاصله افقی CD در صورتی که ضریب استادیمتری 100 باشد.

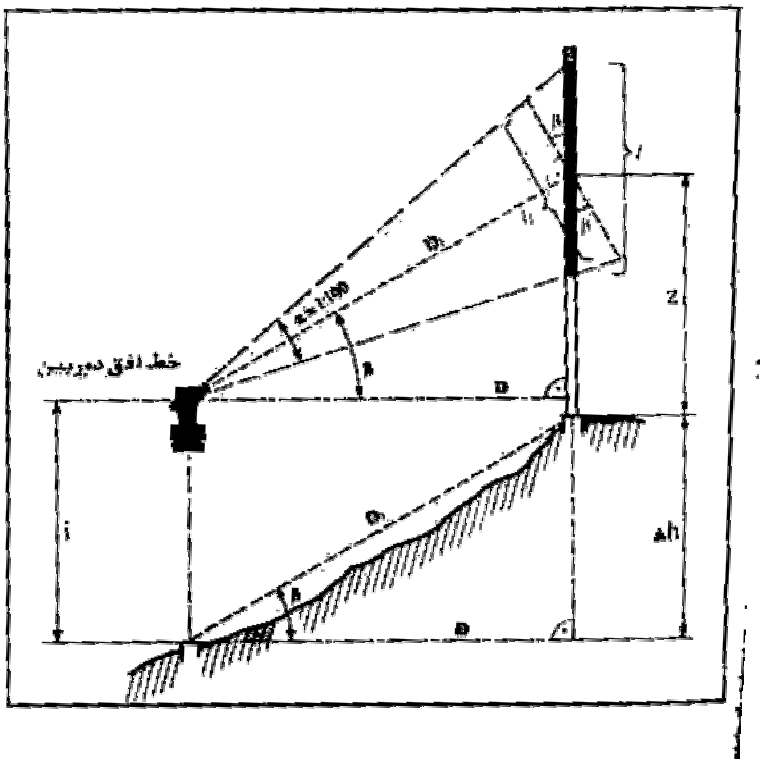
$$D_H = K \times L$$
$$L = 3985 - 2930 = 1055\ mm$$
$$D = 100 * 1.055 = 105.5\ m$$

استادیمتری در زمینهای شیبدار:

در زمینهای شیبدار غالباً خط قراولروی نمی تواند افقی باشد در این صورت عمودی قراردادن میر بـر امتـداد خـط قراولـروی عمـلاً ممکن نیست در این حالت چنانچه خط قراولروی با سطح افق زاویه β بسازد. قرائت روی میر واقعی با میر فرضی عمـود بـر امتـداد قراولروی نیز زاویه β می سازد.

$$L_1 = L.Cosb \quad , \quad D_1 = 100L_1 + c$$

در دستگاههای انالاتیک .c= در نتیجه $D_1 = 100L_1$ بنابراین $D_1 = 100L \times Cosb$ ازطرفی برای تعییـت فاصـله افقـی مـی باید این طول را روی صفحه افقی تصویر کنیم.



$$D_H = D_1 \times Cosb \rightarrow D_H = 100 \times L \times Cosb \times Cosb = 100LCos^2 b$$

مثال :چنانچه βبرابر 40 درجه و قرائت تارهای بالا و پایین به ترتیب 3840و1985 باشد فاصله افقی بین دو نقطه را حساب کنید.

$$D_H = 100LCos^2 b \qquad \text{L= 3840-1985=1855}$$

$$D_H = 100 \times \frac{1855}{1000} Cos^2 40 = 108.85$$

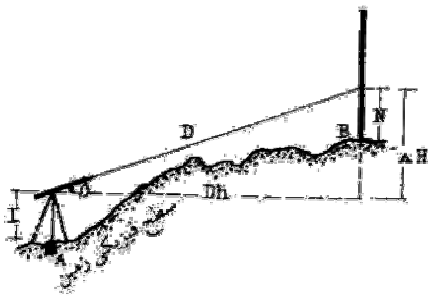
اندازه گیری طول به روش امواج رادیویی :

برای اندازه گیری فواصل امواج از یک نقطه به نقطه مقابل ارسال وبرگشت داده می شوند و با مقایسه فاز هـای رفـت و برگـشت و میزان تاخیر فاز ، زمان رفت و برگشت T اندازه گیری می شود و فاصله از فرمول زیر بدست می آید.T زمان رفـت و برگـشت وv سرعت انتشار امواج

$$D = \frac{1}{2} V \times T$$

اندازه گیری اختلاف ارتفاع به طریق استادیمتری:

مطابق شکل برای اندازه گیری اختلاف ارتفـاع بـین دو نقطـه بـه روش اسـتادیمتری دسـتگاه تئودولیـت را بـه بلنـدی I روی نقطـه Aمستقر و تنظیم میکنیم و سپس به میر واقع در نقطه B نشانه رفته و زاویه قائم و تار مرکزی دوربین روی نقطـه مـذکور را قرائـت می کنیم .



$\Delta H = D_H \times tgb$ و چـــون داریـــم $D_H = K \times L \times Cos^2 b$ درنتیجـــه $\Delta H = K \times L \times Cos^2 b \times \frac{Sinb}{Cosb}$ یـــا

$\Delta H = 100 \times L \times \frac{1}{2} Sin2b$ و اما ارتفاع نقطه Bبرابر خواهد بود با :

$$H_B = H_A + I + \Delta H - N$$

در نتیجه اختلاف ارتفاع بین دو نقطه AوB برابر خواهد شد با :

$$H_B - H_A = I - N + \frac{1}{2} \times 100 \times L \times Sin2b$$

مثال :

مطلوب است اختلاف ارتفاع دو نقطه AوB در صورتیکه تا بالا 1650 تار پایین 1400و تار وسط 1525 و زاویه قائم 8 درجـه باشـد و ارتفاع دستگاه در نقطه A برابر 1,6 باشد .

$$\Delta H = 1/60 - 1/525 + \frac{1}{2} \times 100 \times \frac{1650 - 1400}{1000} \times Sin(16) = 3/520m$$

اشتباهات و خطا ها در متر کشی:

1- درست نبودن طول نوار :

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

طول متر - طول حقیقی=C_d

چنانچه طول اسمی متر به N و طول واقعی آن را به T و طول اندازه گیری را به Ln نشان دهیم LT طول واقعی از رابطه زیر بدست می آید. $LT = \frac{T}{N} \times LN$

2- افقی نبودن طول متر

3- خطای مربوط به تغییرات درجه حرارت

این خطا جزء خطاهای سیستماتیک بوده و در نقشه برداری با دقت معمولی از آن صرف نظر می شود.

4- خطای کشش نامناسب نوار

این خطا در مترهای فلزی بیشتر رخ می رهد و از رابطه زیر قابل تصیح است

$$C_P = \frac{(P - P_0) \times L}{a \times E}$$

C_P خطای حاصله .P نیروی کششی استاندارد بر حسب کیلو گرم L طول اندازه گیری a سطح مقطع متر E ضریب الاسیتسیته یا ارتجاعی که مقدار آن برای فولاد برابر $2/109 \times 10^6 \ \ Kg / Cm^2$ P , نیروی وارده به متر که با نیرو سنج دستی اندازه گیری می شود

مثال : برای اندازه گیری طولی با فاصله 30 متری از یک نوار فلزی که سطح مقطع آن 0/06 سانتیمتر است نیرویی به اندازه 10 کیلوگرم به متر وارد می شود چنانچه نیروی استاندارد 5 کیلوگرم باشد تصیح مربوط به کشش را در این اندازه گیری پیدا کنید.

E= $2/109 \times 10^6 \ \ Kg / Cm^2$

$$C_P = \frac{(15 - 5) \times 30}{2100000 - ./.6} = ./..24m = 2/4mm$$

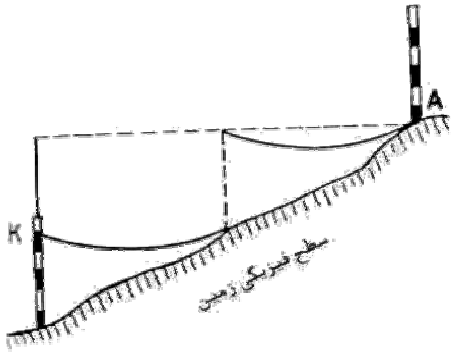
5- در امتداد نبودن نوار

این خطا زمانی اتفاق می افتد که در اثر نیروی باد متر از امتداد خود خارج شود در شرایط نا مساعد جوی مـی بایـست سـعی شـود فاصله دهانه کمتر انتخاب شود.

6- خطای شکم دادن نوار یا کمانش

این خطا در اثر وزن نوار و نیروی جاذبه زمین حاصل می شود و نسبت عکس با نیـروی کـشش وارده بـر متـر دارد و مقـدار آن از رابطه زیر بدست می آید.

$C_s = \frac{W^2 \times L}{24P^2}$ W وزن نوار بر حسب کیلو گرم P فشار وارده بر نوار بر حسب کیلو گرم L طول نوار بر حسب متر



مثال : یک متر 30 متری را که وزن آن 30 گرم است با نیروی 5 کیلو گرم کشیده ایم خطای کمانی بودن متر را محاسبه کنید.

$$C_s = \frac{W^2 \times L}{24P^2} = \frac{(./9)^2 \times (30)}{24 \times 5^2} = 4/05 \text{ سانتیمتر}$$

مساحی

منظور از مساحی تعیین مساحت یک قطعه از زمین است این قطعه زمین می تواند زمین زیر کشت ، زمین زیربنـا یـا مـساحت یـک کشور باشد البته برای هرکدام از روشها وسایل مختلفی ممکن است استفاده گردد ولی در هر صورت وجود یک نقـشه بـه عنـوان اساس کار ضروری است.

فرمول مساحت شکلهای هندسی:

1- فرمول مساحت مثلث

الف) با داشتن قاعده و ارتفاع $S=1/2AC.h_B$

ب) با داشتن دو ضلع و زاویه بین $S = \frac{1}{2}abSinC = \frac{1}{2}acSinB = \frac{1}{2}cbSinA$

ج) با داشتن دو زاویه و ضلع بین $S = \frac{1}{2}b \times \frac{SinA.SinC}{SinB}$

د) با داشتن سه ضلع $S = \sqrt{P(p-a)(P-b)(P-c)}$, $P = \frac{a+b+c}{2}$

2- فرمول مساحت مربع به ضلع a $S = a^2$

3- فرمول مساحت مستطیل به طول a و عرض b $S = a \times b$

4- مساحت متوازی الاضلاع به قاعده aو ارتفاع h $S = a \times h$

5- مساحت لوزی به قطر های a,b $S = \frac{a \times b}{2}$

6- مساحت ذوزنقه با قاعده های aوb و ارتفاع h $S = \frac{h(a+b)}{2}$

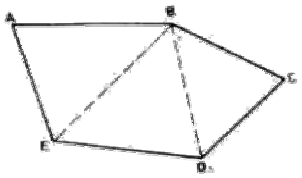
7- مساحت دایره به شعاع r $S = p\, r^2$

8- مساحت بیضی به قطرهای aوb $S = p \times a \times b$

روشهای تعیین مساحت یک قطعه زمین با شکل غیر هندسی.

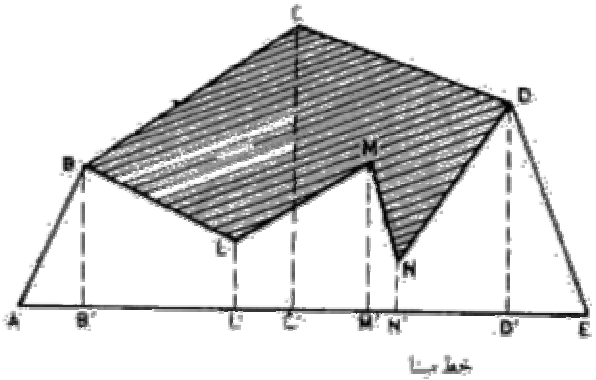
الف) روش مثلث بندی:

در این حالت اگر نقشه نیز تهیه نشده باشد به وسیله کروکی و برداشتهای انجام شده می توانیم مساحت هر مثلث را محاسبه و جمع مساحتهای مثلث ها شکل مورد نظر را محاسبه کنیم.



ب) محاسبه مساحت به روش خط هادی:

هرگاه هنگام برداشت یک قطعه زمین از روش خط هادی استفاده کرده با شیم از این روش استفاده می گردد.



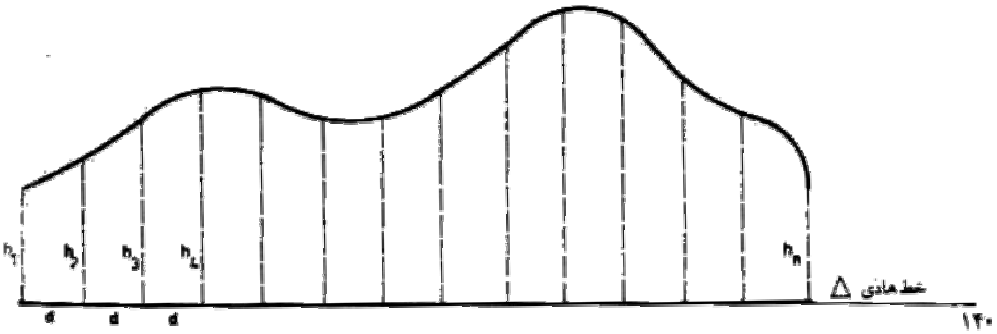
خط مبنا

$$SABCDE = SABB' + SBCC'B' + SCDD'C' + SDD'E$$

$$SBCDNML = SABCDE - SABB' - SBLL'B' - SLMM'L' - SMNN'M' - SNDD'N' - SDD'E$$

ج) روش ذوزنقه های هم ارتفاع:

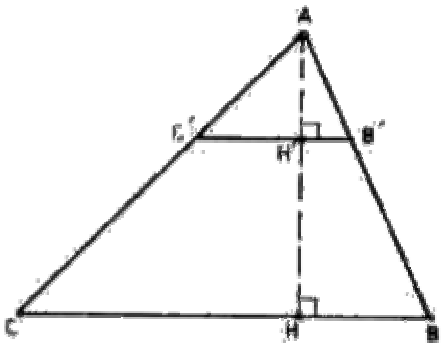
هرگاه تمام یا قسمتی از محدوده منطقه ای که می خواهیم مساحت آن را محاسبه کنیم منحنی الخط با شد یک روش تقریبی برای محاسبه مساحت ، تقسیم آن به ذوزنقه های هم ارتفاع می باشد.



$$S = \frac{1}{2}d(h_1 + h_2) + \frac{1}{2}d(h_2 + h_3) + \ldots\ldots + \frac{1}{2}d(h_{n-1} + h_n)$$

$$S = d\left(\frac{h_1 + h_2}{2} + h_2 + \ldots\ldots + h_{n-1}\right)$$

قضیه :اگر در دو شکل متشابه نسبت طولها K باشد ، نسبت مساحتها K^2 خواهد بود.



$$\frac{BC}{B'C} = \frac{AH}{AH'} = K \qquad SABC = \frac{BC.AH}{2} \qquad SA = \frac{B'C'.AH'}{2}$$

$$\frac{SABC}{SAB'C'} = \frac{\frac{BC.AH}{2}}{\frac{B'C'.AH'}{2}} = \frac{BC}{B'C'} \times \frac{AH}{AH'} = K.K = K^2$$

مثال :اگر مساحت یک قطعه زمین روی نقشه $8cm$ و مقیاس نقشه $sc = \frac{1}{5000}$ باشد مساحت واقعی این زمین چند هکتار است؟

هرمترمربع برابر است با 10000 سانتیمتر مربع

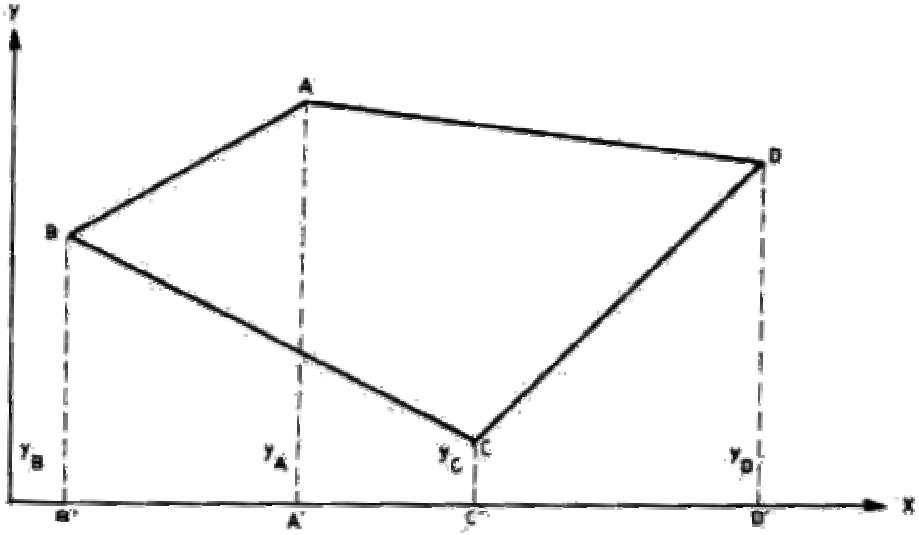
$$8cm^2 \times 5000^2 = 200000000cm^2$$

$$200000000cm^2 \div 10000 = 20000m^2 \Rightarrow 20000 \div 10000 = 2 \text{ هکتار}$$

د) روش تعیین مساحت با کاغذ میلیمتری

در این روش پلان قطعه زمین مورد نظر را با مقیاس روی کاغذ میلیمتری ترسیم نموده و با شمردن تعداد مربع ها بر حسب سانتیمتر مربع یا mm مساحت منطقه را محاسبه و با کمک مقیاس نقشه مساحت واقعی قطعه زمین بدست می آید.

ه) روش مختصاتی محاسبه مساحت (روش گوس)



هرگاه مختصات راسهای یک چند ضلعی را داشته باشیم می توانیم با استفاده از روش گوس مساحت آنرا محاسبه کنیم .

$$\frac{x_1}{y_1} \quad \frac{x_2}{y_2} \quad \ldots\ldots \quad \frac{x_n}{y_n} \quad \frac{x_1}{y_1}$$

$$S = \frac{1}{2}\left[\left(x_1 y_2 + x_2 y_3 + \ldots . x_n y_1\right) - \left(x_1 y_n + \ldots . x_3 y_2 + x_2 y_1\right)\right]$$

و) روش تعیین مساحت با استفاده از پلانیمتر

توسط این دستگاه با پیمودن شکل توسط وسیله مذکور مساحت شکل محاسبه می گردد.

ترازیابی

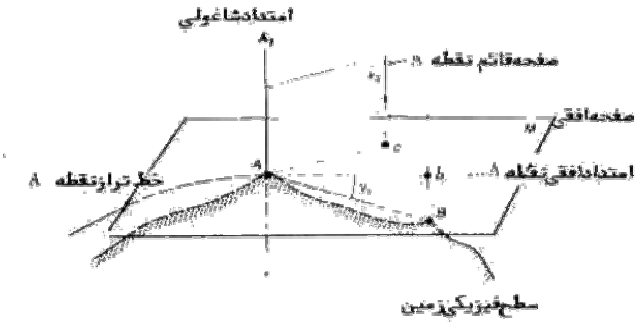
تعریف ترازیابی:

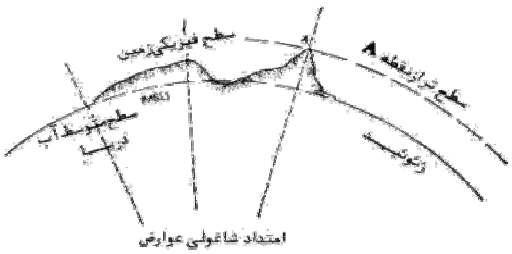
ترازیابی عبارت است از تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به یکدیگر. به ترازیابی لولینگ (Levelling) یا نیولمان نیز می گویند.

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؛یافتن شیب یک امتداد یا یک سطح ؛کنترل افقی بودن سطوح ؛ یافتن شکل مقاطع قائم (پروفیلها) و محاسبه حجم عملیات خاکی.





اصطلاحات مهم در ترازیابی :

1- امتداد قائم : امتدادشاقولی 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.

5- 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. مثلاً ارتفاع قله دماوند 5610 متر است و ارتفاع متوسط دریای خزر 28- متر از سطح ژئوئید است.

6- 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 دریاهای آزاد تا محل کار نقشه برداری کار بسیار مشکل و پر هزینه 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 ترازیابی از سطح مبنا بدست آمده باشد.

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

3- 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 ترازیابی:

1- ترازیابی بارومتریک (بکمک فشار سنج)

2- ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی)

3-ترازیابی مستقیم (هندسی)

ترازیابی 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 نیازباشد دقت این روش حدود 10± متر می باشد

ترازیابی 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 ترازیابی بارومتریک بیشتر است.

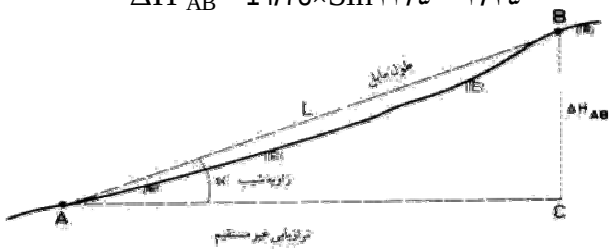
اصول این ترازیابی در قسمت اندازه گیری فاصله به طریق غیر مستقیم یا استادیمتری گفته شده است.

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 تاکئومتری 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 14/78 متر باشد و زاویه شیب $\alpha = 13/5$ درجه باشد اختلاف ارتفاع دو نقطه aوb برابر است با

$$\Delta H_{AB} = 14/78 \times Sin ۱۳/۵ = ۳/۴۵$$

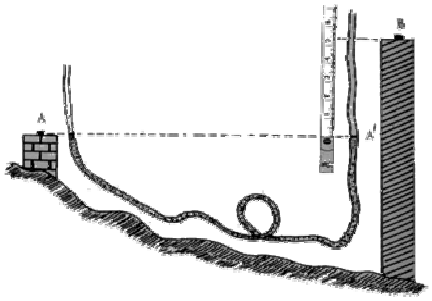


ترازیابی مستقیم یا هندسی:

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) ترازیابی با شیلنگ تراز

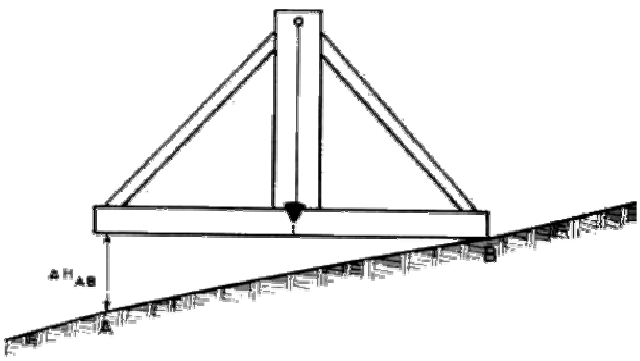
دربسیاری از کارهای ساختمانی کوچک که نیاز به هم ارتفاع بودن یا اندازه گرفتن اختلاف ارتفاع داشته باشیم از یک شیلنگ پلاستیکی شفاف مدرج استفاده می گردد.

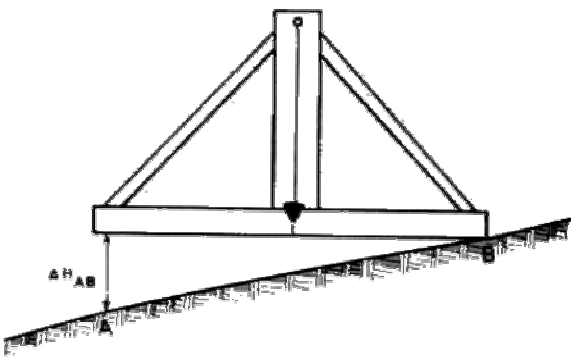


اندازه گیری اختلاف ارتفاع

روش کار : برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه AوB 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 هرکدام دارای یک لوله مدرج می باشد روی نقاط AوB قرار می دهیم و ارتفاع آب را در هر کدام از لوله ها یادداشت می کنیم و از یکدیگر کم می کنیم .

ترازیابی با تخته و شاقول بنایی:

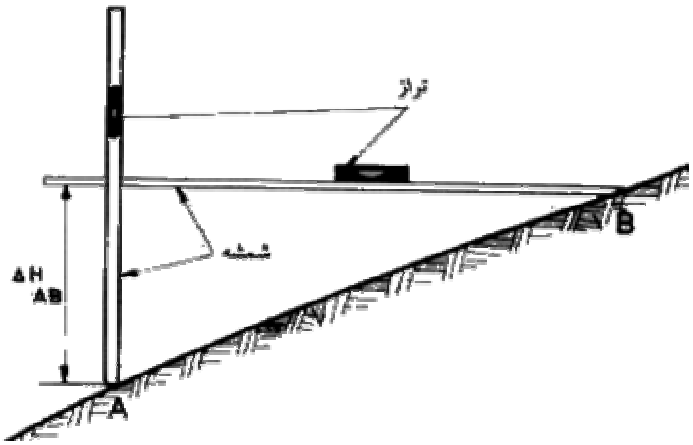




ترازیابی با شمشه و تراز بنایی:

در کارهای ساده و کوچک ساختمانی نیز این روش با کمک دو عدد شمشه و ترازبنایی 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:

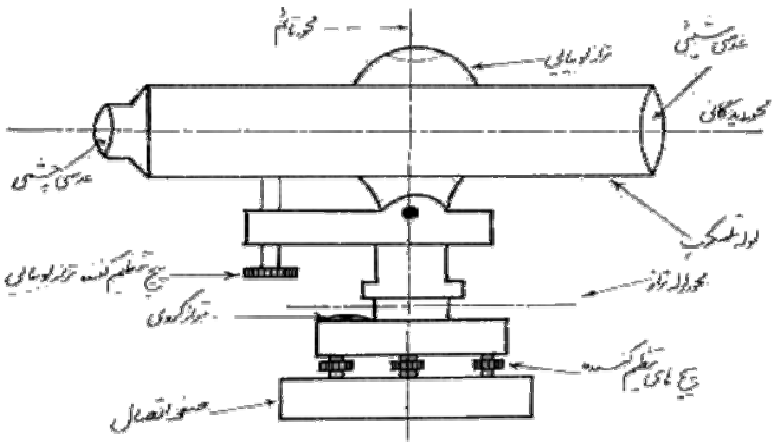
ساختمان ترازیاب:

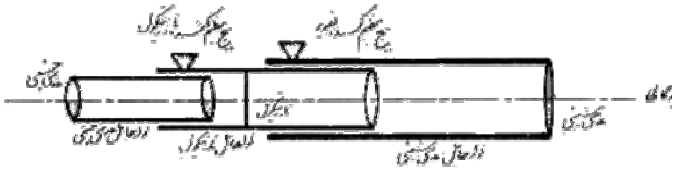
بطورکلی ساختمان ترازیاب شامل موارد ذیل است.

قسمت فوقانی : که شامل تلسکوپ و وسایل قراولروی می باشد.

قسمت میانی : شامل تراز و قسمتی از بدنه و در بعضی از ترازیابها دارای صفحه مدرج برای اندازه گیری زاویه افقی.

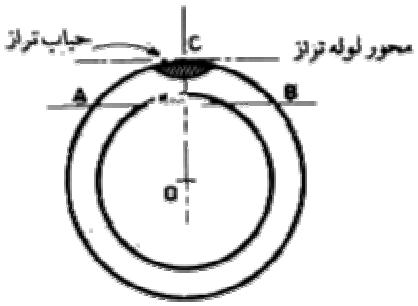
قسمت تحتانی : شامل پیچ تراز کننده و اتصال دستگاه بر روی سه پایه





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

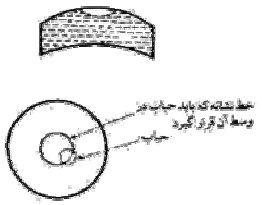
محور کلیماسیون یا محور دیدگانی : خطی است که مرکز تارهای رتیکول را به مرکز عدسی شیئ و چشمی وصل می کند این محور بر محور عدسی ها منطبق است ، در غیر این صورت خطایی ایجاد می شود که آن را کلیماسیون گویند.



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 وبه آن محور قائم دستگاه گویند.

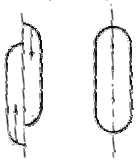
انواع تراز:



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.

3- 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 .



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

اجزای دوربین نیو:

1- مگسک 2- پیچ فکوس یا وضوح 3- پیچ حرکت بطئی 4- میکروسکوپ قرائت 5- دکمه کمپانساتور 6- منشور نشان دهنده تراز کروی 7-پیچهای تراز.

طبقه بندی دوربینهای ترازیابی:

دوربینهای ترازیابی از نظر کاربرد به سه قسمت تقسیم می شوند:

الف) ترازیابهای ساختمانی که از دقت کمتری برخوردارند و دقت نهایی آنها کم است و طرز کار با آنها سریع ، دقت آنها 5 تا 15 میلیمتر بر کیلومتر و درشت نمایی آنها 10 تا 25 برابر است.

ب) ترازیابهای مهندسی: این ترازیابها از ترازیابهای ساختمانی دقیقتر و علاوه بر کارهای ساختمانی در نقشه برداری های دقیقتر نیز بکار می روند از این ترازیابها در پروژه هایی مثل راه ، راه آهن ، ساختمان پل و ... استفاده می شود.

مشخصات ترازیابهای مهندسی عبارتند از:

دقت 2-4 میلیمتر در کیلو متر درشت نمایی 20 تا 35 برابر

ج) ترازیابهای دقیق: این ترازیابها که دقیق ترین نوع ترازیابها می باشند برای کارهای معمولی مورد استفاده قرار نمی گیرند.بلکه برای کارهای دقیق مثل تشکیل شبکه نقاط کنترل ارتفاعی در ژئودزی ، نصب دستگاهای صنعتی ، کنترل نشست زمین و تغییر شکل سدها بهره برداری می شود .روش کار با آنها متفاوت و میرهای مخصوصی نیز بکار می رود .

مشخصات : دقت حدود 0/2 میلیمتر در کیلومتر درشت نمایی 50 برابر.

سه پایه :

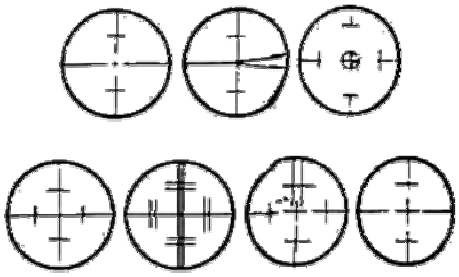
وسیله ای جهت استقرار دوربین بر روی یک نقطه معمولاً روی هر پایه پیچی تعبیه شده که طول پایه با آن کوتاه یا بلند می شود .

میر یا شاخص:

برای قرائت اختلاف ارتفاع نقاط ، شاخص مدرجی ساخته می شود که به آن میر گویند. معمولاً طول آن 4 متر و از چهار قطعه 1 متری که به همدیگر لولا شده اند ساخته شده است. روی میرها با دو رنگ متضاد (سفید و قرمز یا سفید و مشکی) در جه بندی شده و معمولاً سانتیمتر ها در آن درجه بندی کرده اند و دسیمترها را با عدد روی آن نوشته اند.

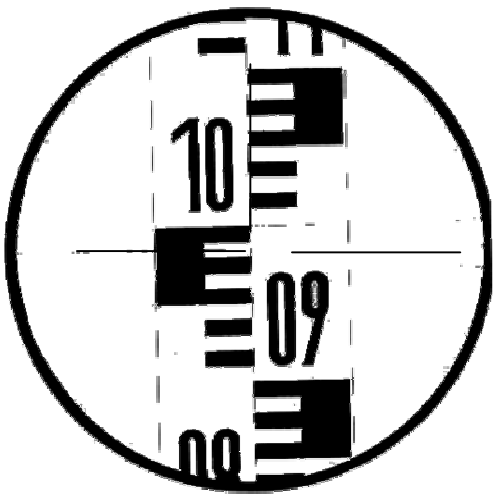
میرهای مخصوص ترازیابی دقیق از آلیاژ انوار (فولاد و نیکل) ساخته شده و در مقابل تغییرات دما بسیار مقاوم اند . طریقه نگه داشتن میر می بایست بصورت قائم روی نقطه مورد نظر قرار بگیرد برای این منظور از تراز کروی استفاده می گردد . همچنین می توان از تراز نبشی نیز استفاده کرد.

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 دوگانه دیده خواهد شد و عمل اندازه گیری با اشکال مواجه خواهد شد توسط پیچ حرکت بطئی تارقائم 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.

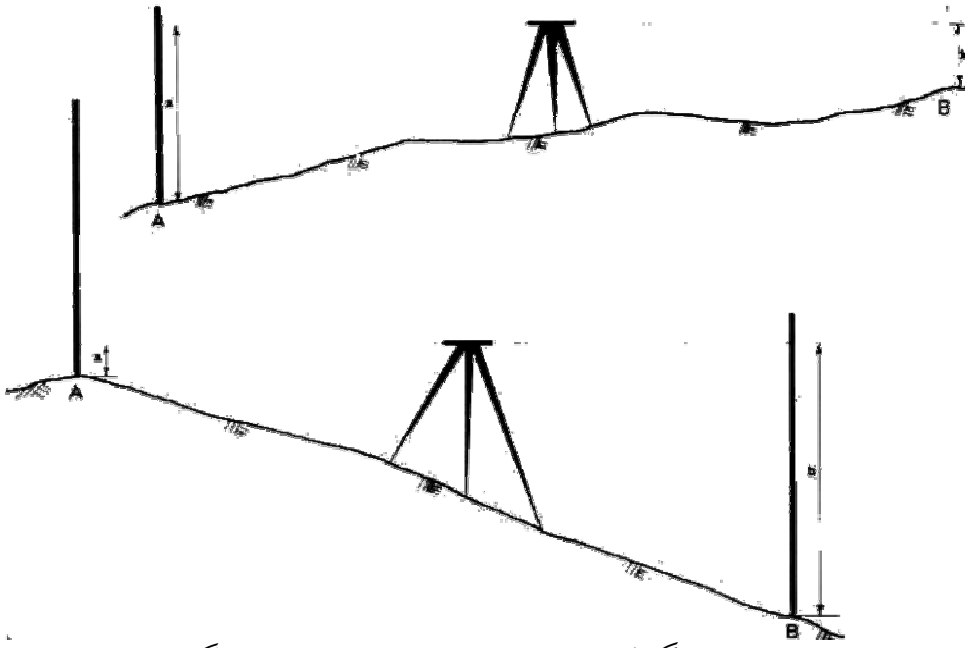
قرائت اعداد میر معمولاً چهار رقمی بوده و اعداد بصورت دو رقم دورقم خوانده می شود ابتدا دسی متر و سپس خطوط سانتی متر را شمرده و خورده های سانتیمتر را بصورت میلیمتر حدس می زنند . همانطور که در شکل ملاحظه می نمایید عدد روی میر 0985بوده و می خوانیم صفر،نه- هشتاد و پنج.



اصول تراز یابی : بهترین حالت ترازیابی بین دو نقطه به این ترتیب است که دوربین بین دو نقطه مستقر شده و سپس میرهای AوB قرائت گردد.

اصل کلی ترازیابی 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 $\Delta H = B.S - F.S$



لازم بذکر است هرچه 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 ترازیاب را بین دو نقطه A,B مستقر کرده و قرائت های انجام شده روی نقاط A وB به ترتیب a=2312 و b =1040 است.درصورتیکه ارتفاع نقطه A از سطح دریا 1276/02 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 ترازیابی:

1- ترازیابی تدریجی

2- ترازیابی شعاعی

3- ترازیابی شبکه ای

4- ترازیابی کثیر الاضلاع

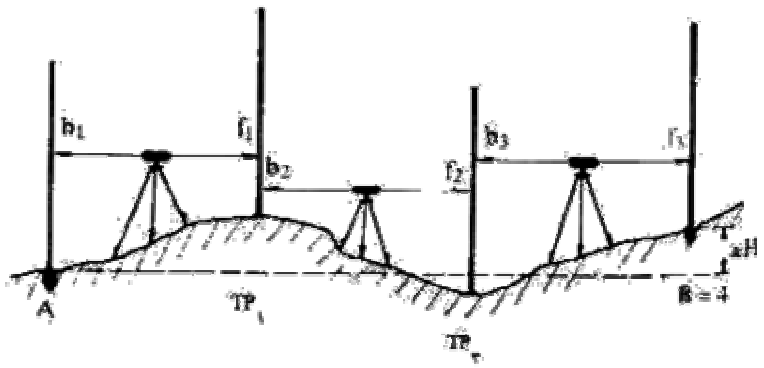
5- ترازیابی مختلط

6-ترازیابی متقابل

7- ترازیابی خودکار

ترازیابی تدریجی:

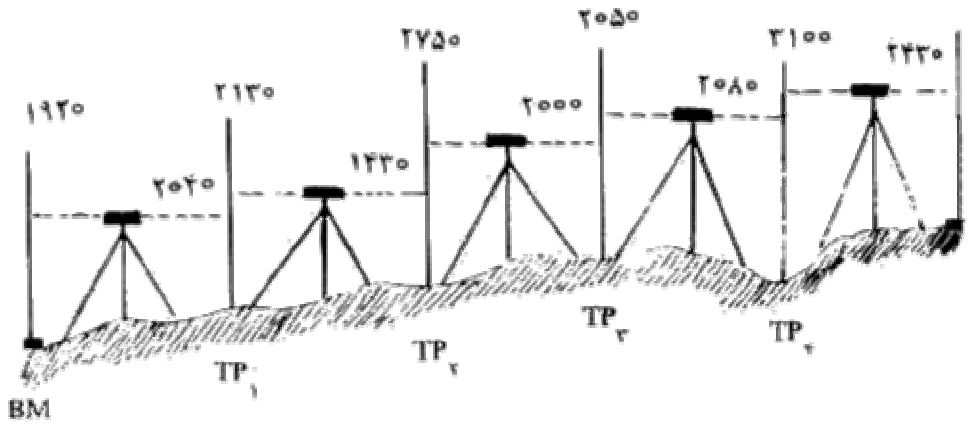
اگر دو نقطه ای که می خواهیم اختلاف ارتفاعشان را محاسبه کنیم از هم دور باشند یا شیب زمین زیاد باشد و با یک ترازیابی ساده امکان این کار نباشد از روش تدریجی یا پیمایشی استفاده می کنیم در این روش مجبور خواهیم بود در طول مسیر از یک سری نقاط کمکی استفاده کنیم این نقاط کمکی را TP گویند.



ترازیابی تدریجی با استفاده از نقاط کمکی

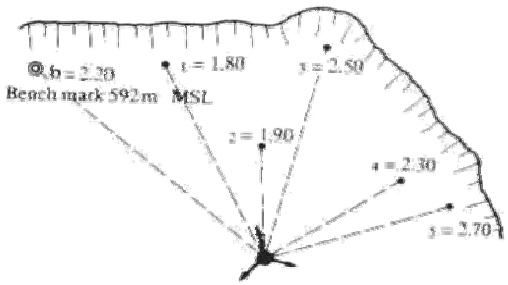
در این روش برای بدست آوردن ارتفاع نقطه A ابتدا پس از تراز دوربین تار رتیکول افقی میر مستقر در نقطه A را قرائت نموده و سپس میر را به نقطه کمکی منتقل کرده و عدد روی میر جلو را قرائت می کنیم سپس دستگاه ترازیاب را در امتداد میر AB منتقل کرده و تنظیم می کنیم سپس تار افقی میر نقطه TP را بدون آنکه جابجا شده 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 ترازیابی 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 ترازیابی تدریجی بین دو نقطه به شکل زیر با اعداد قرائت شده که روی میرها نوشته شده انجام گرفته استدر صورتی که ارتفاع BM برابر 1650/420 باشد جدول ترازیابی را کامل و سپس ارتفاع نقاط را پیدا کنید.



ترازیابی شعاعی :

این ترازیابی زمانی بکار می رود که برای دستیابی به ارتفاع نقاط مورد لزوم از یک ایستگاه استفاده شود یعنی دستگاه ترازیـاب را تقریباً در وسط منطقه عملیات مستقرشود . در این روش اولین قرائت را که روی نقطه ارتفاع دار قرار گرفته است انجـام داده و بـه عنوان دید عقب ثبت می شود سپس شاخص روی نقاطی که ارتفاع نا معلوم دارند قرار داده و قرائتهـای انجـام شـده در سـتون IS ثبت می شود و آخرین قرائت انجام شده به عنوان قرائت جلو در جدول ثبت می شود.



ترازیابی شبکه ای :

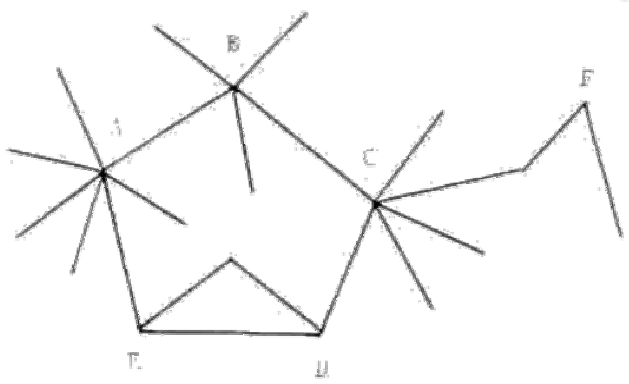
جهت مقاصد اجرای پروژه های عمرانی از قبیل نصب کارخانجات ، عملیات زهکشی و عملیات ساخت فرودگاه نیـاز بـه نمـایش وضعیت توپوگرافی آن منطقه می باشد برای این منظـور روشـهای مختلفـی وجـود دارد یکـی از ایـن روشـها اسـتفاده از دسـتگاه ترازیاب می باشد با توجه به اینکه محور نشانه روی دستگاه نیو بصورت افقی است بنابراین می توان در زمینهای صاف و بـا شـیب ملایم از دستگاه ترازیاب استفاده نمود در زمینهای نا هموار و کوهستانی از روش تاکئومتری یا ترازیابی غیر هندسی استفاده نمـود جهت پیدا نمودن ارتفاع نقاط مختلف زمین را از یک شبکه بندی عمودی به فواصل نقاط حدود 2 تا 10 متـر روی زمـین اسـتفاده می شود . در نتیجه زمین مورد نظر تبدیل به یک زمین مشبک با شبکه بندی مربع به طول 2 تـا 10 متـر خواهـد شـد . بـا اسـتفاده از یکی از روشهای قبلی مثلاً روش شعاعی ترازیابی را انجام داده و سپس ارتفاع نقـاط بدسـت خواهـد آمـد . معمـولاً خطـوط افقـی 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 نتیجـه بـا ایـستگاه گـذاری داخـل زمـین مـی تـوان ارتفاع این نقاط را از طریق ترازیابی شعاعی پیدا نمود . یکی از محاسن این روش کنترل عملیات ترازیـابی اسـت زیـرا ترازیـابی 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 هرچه سریعتر بدست آید . در این حالت می توان از ترکیب روشهای قبل استفاده نمود.

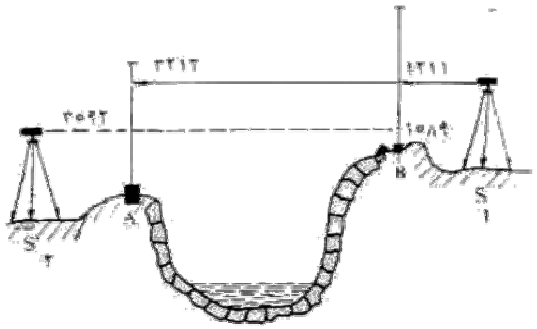


ترازیابی دو طرفه :

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 دو طرفه 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 1170/400 باشد.



ایستگاه	نقاط	BS	FS	ΔH	H
S_1	A	۳۳۱۲		۲۰۰۱	۱۱۷۰/۴۰۰
	B		۱۳۱۱		۱۱۷۲/۴۰۱
S_2	A	۳۰۹۲		۲۰۰۳	۱۱۷۰/۴۰۰
	B		۱۰۸۹		۱۱۷۲/۴۰۳

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

ترازیابی خودکار :

ریزپردازشگرها که امروزه جزئی از وسایل نقشه برداری به شمار می آیند باعث پیشرفتهای عظیمی در جهت خودکار نمودن اندازه گیری ها شده اند . امروزه مشاهدات نقشه برداری کلاسیک ؛ مانند طولها و زوایا با استفاده از دستگاههای Total Station صورت گفته و جمع آوری و پردازش اطلاعات صحرایی بصورت اتوماسیون انجام می گیرد . اما در پروژه های دقیق همچون نصب دستگاههای صنعتی و سدها این روش توان رقابت با ترازیابی دقیق و مستقیم را ندارند.استفاده از ترازیابی لیزری بدین صورت است که یک شعاع لیزری جهت تعیین ارتفاع بدین صورت است که یک شعاع لیزری دوار از دستگاه خارج شده که سطح افقی را ایجاد می کند و با استفاده از میرهای مخصوص (بارکد دار) عملیات ترازیابی بصورت خودکار محاسبه می گردد.

روشهای کنترل در ترازیابی:

اختلاف ارتفاع که بوسیله دستگاههای ترازیاب بدست می آید همیشه همراه با یک سری خطا هایی می باشد لذا جهت جلو گیری از اشتباهات در عملیات ترازیابی و سرشکنی خطاها باید عملیات در منطقه به یکی از روشهای زیر کنترل شود.

الف) طریقه رفت و برگشت:

مسیر رفت و برگشت در ترازیابی تدریجی ممکن است متفاوت باشد و لازم نیست از مسیر رفت ، برگشت نیز انجام شود .

ب) استفاده از دو نقطه معلوم ارتفاعی:

در این روش برای بدست آوردن ارتفاع نقاط ؛ عمل ترازیابی را از یک BM شروع کرده و به BM دیگری ختم می کنند و چنانچه جمع جبری قرائتهای جلو و عقب با یکدیگر اختلاف خارج از خطای قابل قبول داشته باشد می بایست عملیات مجدداً انجام شود . این روش معمولاً در پروژه های راهسازی ؛ زهکشی آب و مسیرهای طولانی انجام می شود.

خطای مجاز یا خطای قابل قبول در ترازیابی:

در عملیات ترازیابی که بصورت رفت و برگشت انجام می شود چنانچه اشتباهی نیز رخ ندهد معمولاً مجموع جبری قرائتها صفر نخواهد شد مقدار این خطا را که با E نمایش می دهند در اثر خطای اتفاقی یا ظاهری بوجود می آید حداکثر خطای قابل قبول متناسب با جذر طول مسیر ترازیابی می باشد یعنی:

$$E = \pm e\sqrt{k}$$

که در آن k مسیر ترازیابی بر حسب کیلومتر و e خطای مجاز و قابل قبول در مسیر یک یک کیلومتر می باشد . خطای e در ترازیابی های مختلف متفاوت است . مثلاً در ترازیابی کشوری که ترازیابی درجه 1 و 2 نام گذاری می شود حدود 2 الی3 میلیمتر و 5 تا 7 میلیمتر در یک کیلومتر می باشد.در ترازیابی درجه سه این خطا به حدود 12 میلیمتر می رسد و در ترازیابی درچه چهار و ترازیابی مثلثاتی حدود 1/5 سانتیمتر می باشد.

کاربردهای ترازیابی:

1-تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به یکدیگر

2- تعیین نقاط مبنا

3- پیاده کردن نقاط با ارتفاع معلوم

4- تعیین وضعیت ارتفاعی زمین و رسم منحنی میزان

5- تهیه نیم رخهای طولی و عرضی از یک محور

6- محاسبه حجم عملیات خاکی

پیاده کردن نقاط با ارتفاع معلوم

در یک کارگاه ساختمانی ارتفاع BM=100/00 می باشد و ارتفاع کف گود برداری بر اساس نقشه های موجود برابر 98/45 می باشد در صورتیکه عدد 1280 را روی میر مستقر در BM قرائت شده باشد چه عددی را می بایست روی کف گود برداری قرائت کنیم؟

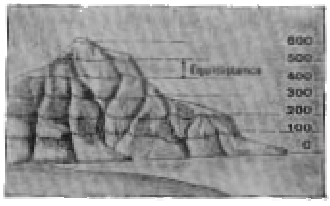
BM+BS-FS=H

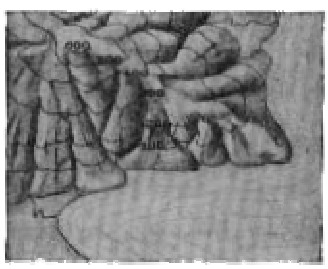
100/00+1/280-98/45=2/83 #۲۸۳۰

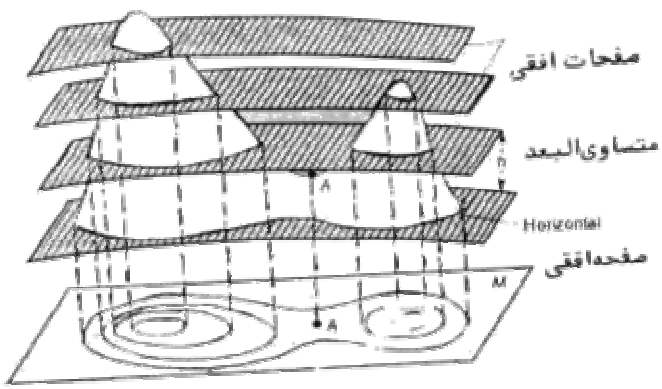
تعیین وضعیت ارتفاعی زمین و رسم منحنی میزان:

منحنی میزان یا منحنی تراز :مکان هندسی نقاطی که دارای ارتفاع برابر باشند.

برای نشان دادن ارتفاعات روی نقشه متداول ترین روش رسم منحنی میزان می باشد و به اینگونه نقشه ها نقشه های توپوگرافی گویند.معمولاً فاصله صفحات فرضی متساوی البعد 1/10 عدد مقیاس برحسب سانتیمتر می باشد. مثلاً: برای نقشه 1/5000 فاصله صفحات متساوی البعد بایستی 5000÷10=500cm یا 5متر باشد







تعیین ارتفاع یک نقطه از روی منحنی میزان :

برای بدست آوردن ارتفاع یک نقطه از روی نقشه توپوگرافی به وسیله واسطه یابی چنانچه نقطه واقع بین دو منحنی واقع باشد بدست می آید.

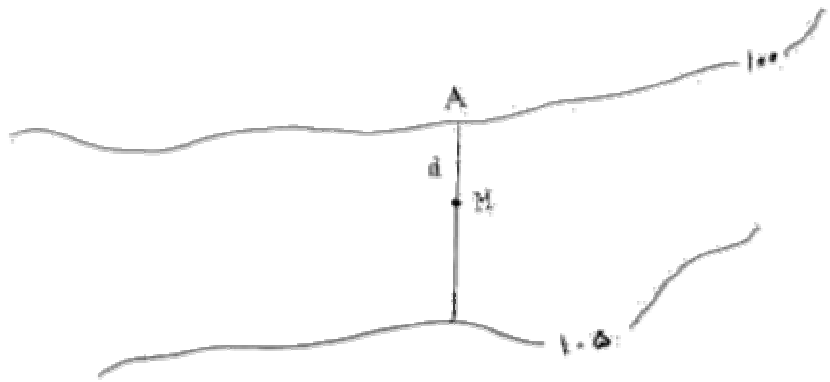
با استفاده از خط بزرگترین شیب عبورکننده از آن نقطه براحتی تعیین ارتفاع امکان پذیر خواهد بود . خط بزرگترین شیب دریک نقطه خطی است که بر هر دو منحنی عمود بوده و از نقطه مورد نظر بگذرد. اگر خط AB خط بزرگترین شیب بین دو منحنی میزان باشد که از نقطه M می گذرد و با e نمایش دهیم با استفاده از اختلاف دو منحنی میزان ارتفاع نقطه Mقابل محاسبه خواهد بود.چنانچه فاصله نقطه تا منحنی میزان ،عدد ارتفاعی پایین تر را با d نمایش دهیم از رابطه زیر اختلاف ارتفاع نقطه با منحنی تراز ارتفاعی پایین تر محاسبه می شود در نتیجه برای پیدا کردن ارتفاع نقطه M این رقم بدست آمده را با ارتفاع خط منحنی میزان پایینتر جمع یا کسر می کنیم.

$$D = \frac{d \times P}{e}$$

که در آن D اختلاف ارتفاع نقطه Mاز نقطه A و Pاختلاف دو منحنی میزان و D فاصله نقطه M ازA وe طول بزرگترین شیب می باشد.

مثال : چنانچه فاصله نقطه M تا خط تراز نقطه A 1Cm باشد و طول خط بزرگترین شیب 2/5 cm باشد ارتفاع نقطه M را محاسبه کنید؟

$$D = \frac{d \times P}{e} = \frac{1 \times 5}{2/5} = 2$$



$h_M = h_A + D \rightarrow h_M = 2 + 250 = 252$

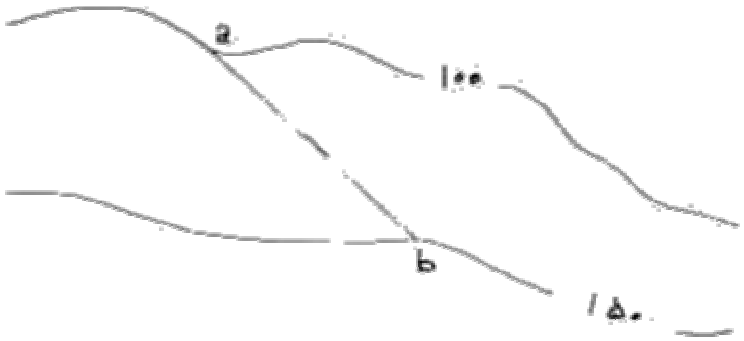
تعیین شیب یک خط با استفاده از منحنی میزان:

با استفاده از خطوط منحنی میزان می توان شیب یک امتداد را حساب کرد.

$i = \frac{P}{D_h}$ D_h فاصله افقی طول در طبیعت و P اختلاف ارتفاعدو نقطه است.

مثال : در شکل زیر چنانچه فاصله ab روی نقشه توپوگرافی برابر 4 سانتیمتر باشد شیب امتداد AB را محاسبه کنید.

(مقیاس 1/50000)



Dh=4×50000=200000=2000 متر

$$i = \frac{P}{D_h} = \frac{50}{2000} \times 100 = \%2.5$$

روش رسم منحنی میزان :

چنانچه فاصله دو نقطه A,B در یک نقشه 1/500 از یکدیگر 5 cm باشد و ارتفاع آنها برابر hB=16/22 و hA =13/62 باشد مطلوب است انترپولاسیون (یا درون یابی بین دو نقطه AوB)

ΔH=16/22-13/62=2/60

عدد مقیاس =فاصله ارتفاعی مجاز ÷10=500÷10 =50 cm=0/5m

بنابراین اولین عدد منحنی میزان گذرنده از AوB 14m خواهد بود .حال فاصله اولین منحنی میزان از نقطه A را محاسبه می کنیم.

فاصله دو نقطه	اختلاف ارتفاع دو نقطه
$d_{A,B}$ =50 m	$\Delta H_{A,B}$ = 2/6 m
$d_{A,I}$ =7/3 m	$\Delta H_{A,I}$ = ./38 m

و برای منحنی میزان های بعدی که به ارتفاع نیم متری از منحنی تراز 14 متر عبور می کنند خواهیم داشت

فاصله دو نقطه	اختلاف ارتفاع دو نقطه
50 m	2/6 m
9/6 m	/50 m.

و فاصله آن از نقطه A برابر با 7/3+9/6=16/9 میلیمتر خواهد بود . مراحل یاد شده را در مورد منحنی های (16و15/5و15) نیز تکرار می کنیم.

در رسم منحنی تراز از هر پنج منحنی یکی را که دارای عددی روند و سر راست بوده و نیز قابلیت تقسیم بر5 را داشته باشد پر رنگتر رسم کرده و متراژ منحنی را روی آن می نویسند معمولاً بعد از رسم منحنی میزان هنگام تهیه نقشه دیگر اعداد ترازیابی روی نقشه ها ثبت نمی شوندو فقط منحنی میزان باقی می ماند.

پروفیل :

برای نمایش پستی و بلندی زمین در طول یک امتداد بر روی نقشه صفحه قائم فرضی بر امتداد مورد نظر مرور می دهند اگر تصویر نیمرخ این برش را با مقیاس مشخص روی کاغذ رسم کنیم تصویر مزبور را پروفیل یا نیم رخ گویند . پروفیل بر دو نوع است پروفیل طولی که منطبق بر امتداد مسیر می باشدو پروفیل عرضی که بر امتداد مسیر عمود است.

الف) پروفیل طولی:

مراحل لازم جهت تهیه مقاطع طولی :

1- میخ کوبی مسیر

2- تنظیم جدول ترازیابی

3-انجام عملیات ترازیابی

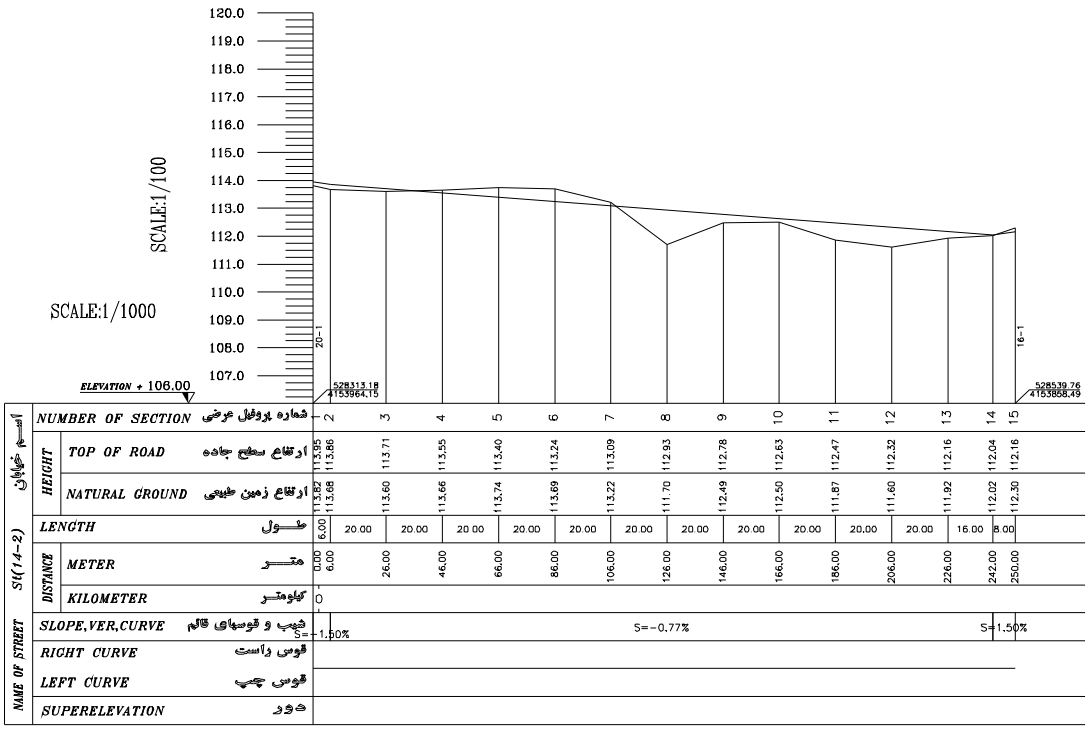
4-رسم و انتقال اطلاعات بر روی نقشه

ردیف	فاصله دو میخ	فاصله از مبداء Km	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	ارتفاع نقطه
1						
2						
3						
4						
5						
6						

جدول میخ کوبی و ترازیابی

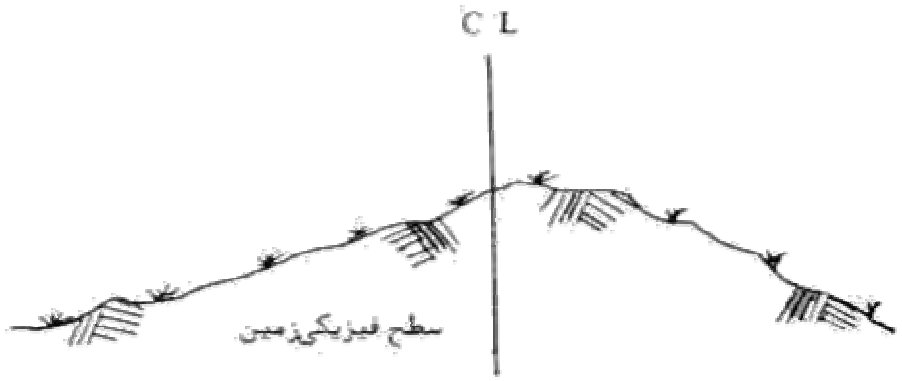
برای رسم پرو فیل طولی دو محور عمود بر یکدیگر رسم کرده و محور افقی را به منظور محور طولها و محور عمودی را بمنظور محور ارتفاعی انتخاب می کنیم . معمولاً مقیاس محور ارتفاعات را 10 برابر بزرگتر از محور طولها انتخاب می کنند تا اختلاف ارتفاع نقاط نمایانتر گردد. به عنوان مثال مقیاس افقی را 1/1000 و مقیاس عمودی را 1/100 در نظر می گیرند و در قسمت محور افقی اطلاعات زیر را رسم می کنیم .

1- شماره نقطه 2- فواصل نقاط 3-فاصله از مبداء 4- ارتفاع خط زمین طبیعی 5- ارتفاع خط پروژه 6-شیب پروژه



پروفیل عرضی:

برای نمایش پستی و بلندی های طرفین امتداد طولی و محاسبه احجام خاکی به پروفیلهای عرضی نیاز است. تهیه نیمرخ عرضی نیز مشابه نیمرخ طولی است. نقطه A نقطه ای است روی امتداد طولی مسیر و مقطع نشان داده شده وضعیت توپوگرافی زمین را در امتداد عرضی نقطه A می باشد . برای نقاط سمت چپ و راست مسیر مشخصات بدست آمده را در جدول مخصوص تهیه پروفیل عرضی منتقل می کنیم.



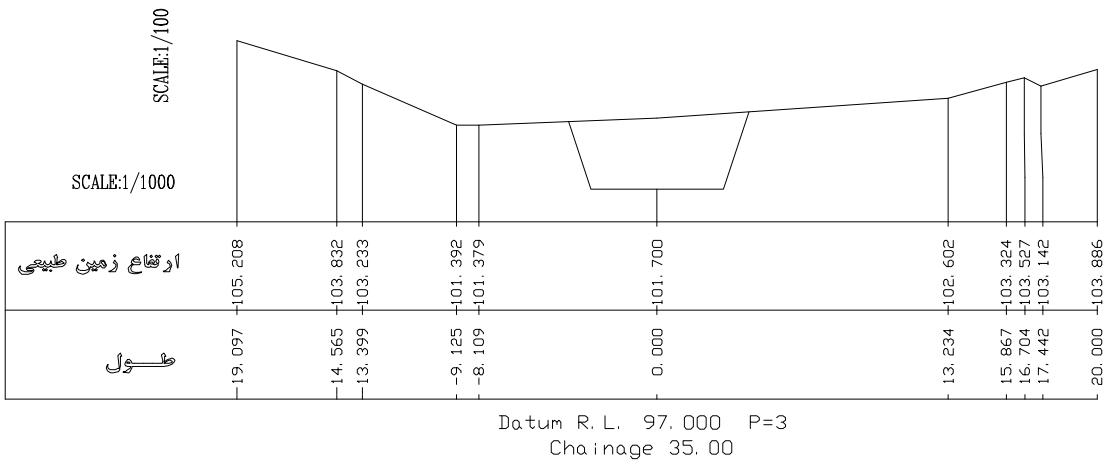
فاصله نقاط از مبداء	نقاط	چپ	C.L	راست
00	A	252/20 251/50/15 251/20/10 250/60/5	250/0	249/7/10 248/15 247/20
30	1	252/3/28 251/7/18 251/10	251/5/0	251/7/5 249/15 248/24

در جدول فوق ستون اول از سمت چپ فاصله نقاط میخ کوبی شده از مبداء ، ستون دوم نام و شماره گذاری نقاط میخ کوبی آکس ، ستون سوم نقاط ترازیابی در سمت چپ مسیر ، ستون چهارم وضعیت ارتفاعی نقاط آکس مسیر طولی و ستون پنجم مربوط به نقاط ترازیابی در سمت راست مسیر می باشد.

اعداد صورت کسر ها مربوط به ارتفاع نقاط و اعداد مخرج به عنوان فاصله نقطه روی محور عرضی می باشد . مثلاً اولین نقطه به فاصله 5 متر از نقطه A در سمت چپ و بارتفاع 250/60 متر قرار گرفته و ارتفاع آکس 250متر است.

رسم پروفیل عرضی:

دو محور عمود بر هم رسم کرده و در طرفین محور افقی فواصل چپ و راست را رسم کرده و ارتفاع مربوطه را در امتداد قائم رسم می کنیم .لازم بذکر است مقیاس عمودی و افقی در هر محور مساوی است. معمولاً مقیاس پروفیلهای عرضی را 1/100 یا 1/200 در نظر می گیرند.



محاسبه حجم عملیات خاکی :

حجم عملیات خاکی پروژه ها را می توان پس از ترسیم پروفیلهای عرضی در نقاط پی در پی مسیر بدست آورد.

برای این کار می بایست حجم حادث بین هر دو مقطع را حساب کرد و با جمع احجام بین مقاطع حجم خاکریزی و خاکبرداری را محاسبه کنیم .چنانچه S1 وS2 مساحتهای دو مقطع متوالی به فاصله h از یکدیگر باشند حجم مربوطه از فرمول زیر قابل محاسبه است.

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \times h$$

اندازه گیری زاویه:

در نقشه برداری به اندازه گیری دو نوع زاویه جهت انجام محاسبات احتیاج داریم :

الف) زاویه افقی

ب) زاویه قائم

معمولترین وسیله اندازه گیری زاویه در نقشه برداری تئودولیت می باشد.

واحدهای اندازه گیری زاویه :

1-درجه: اگر محیط دایره را به 360 قسمت مساوی تقسیم کنیم . هر قسمت را یک درجه و 1/60 درجه را دقیقه و 1/60 دقیقه را ثانیه گویند . اگر اندازه زاویه ای برابر 16 درجه و 32 دقیقه و 48 ثانیه باشد بصورت زیر نوشته می شود .

$$16^\circ \ 32' \ 48''$$

2-گراد: پیرامون هر دایره به 400 قسمت تقسیم کنیم هر قسمت را یک گراد و 1/100 گراد را یک دقیقه گرادی و یا سانتیگراد و هر 1/100 دقیقه را میلیگراد می نامند.16/3248

3-رادیان : پیرامون ذایره را به 2پی تقسیم کرده هر قسمت را یک رادیان گویند.

4- میلیم :یکی از واحدهای اندازه گیری زاویه است . در اینجا پیرامون یک دایره به 6400 قسمت مساوی تقسیم می کنند.این واحد برای قسمت توپخانه و امور نظامی بکار می رود.

معمولاً این واحدها طبق رابطه زیر قابل تبدیل هستند.

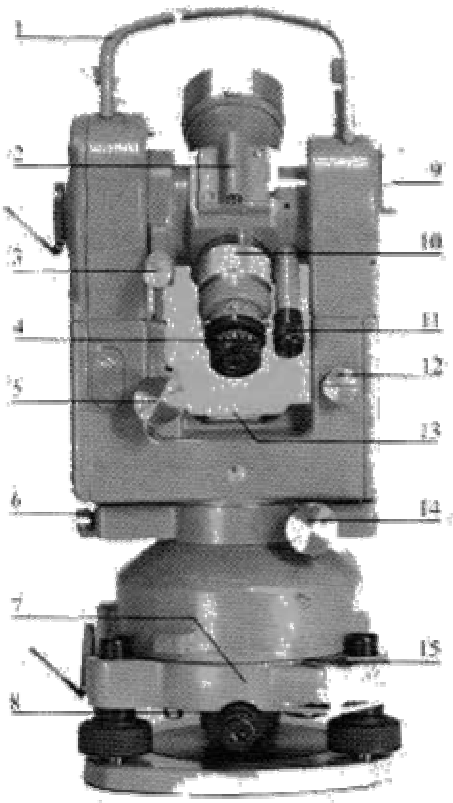
$$\frac{D}{360} = \frac{G}{400} = \frac{R}{2p} = \frac{M}{6400}$$

زاویه یاب – تئودولیت :

وسیله ای برای اندازه گیری زوایای افقی و قائم ،تعیین اختلاف ارتفاع ، تعیین مسافت و امتداد گذاری ژالونها بکار می رود . زاویه یاب اولین بار در اواخر قرن 16 برای مشاهدات نجومی ساخته شد.

ساختمان زاویه یاب:

هر زاویه یاب بطور کلی شامل قسمتهای زیر است.



1)دستگیره حمل و نقل

2)مگسک برای نشانه روی

3)پیچ توقف حرکت قائم

4)چشمی دوربین

5)پیچ بازگشت در جهت قائم

6)پیچ توقف حرکت افقی

7)پایه فلزی مثلثی متصل به پیچهای تراز کننده

8)شاقول اپتیکی برای ایستگاه گذاری دوربین

9)دکمه میکرومتر دیدگانی

10)گردونه میزان کردن دوربین

11)چشمی میکروسکوپ برای قرائت زوایا

12)دکمه تبدیل کننده، اگر آنرا بپرخانیم می توان تصویر لمب افقی را به قائم تبدیل کرد.

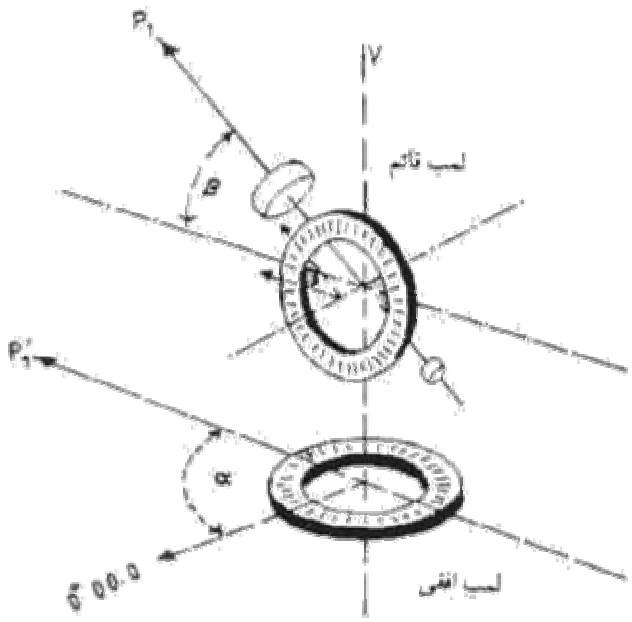
13)تراز افقی برای تنظیم دستگاه

14)پیچ بازگشت حرکت سمتی

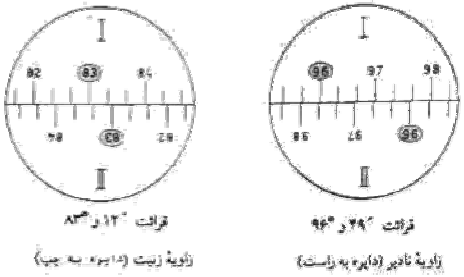
15)ترابراگ ، وسیله ای برای قرار گرفتن دوربین روی سه پایه.

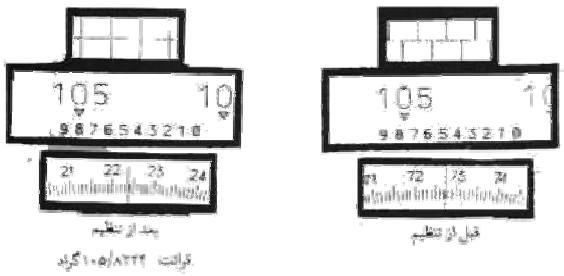
اندازه گیری زاویه بوسیله تئودولیت:

برای اندازه گیری زوایای افقی و قائم از دایره های مدرج افقی و قائم استفاده می شود لمب ها هرکدام نقش یک نقاله بسیار دقیق را دارند که در هر نشانه روی وضعیت تلسکوپ را تعیین می کند.



لمبهای افقی و قائم در قسمتهای مسدودی قرارگرفته و توسط آینه های مخصوص که از بیرون نور می گیرند صفحات آنها روشن شده و با کمک یک سیستم منشوری تصویر آنها در داخل دوربین کوچکی که معمولاً در کنار تلسکوپ قراردارد رویت می شود.





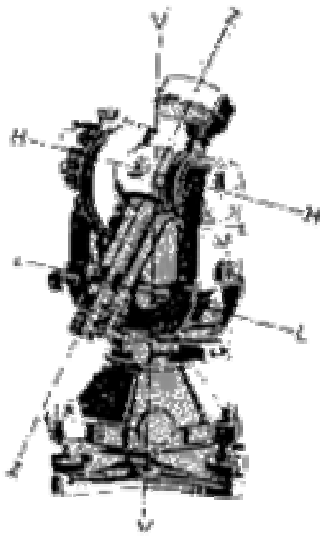
محورهای تئودولیت

هر دستگاه تئودولیت سه محور دارد که بترتیب عبارتند از :

1-محور اصلی : خطی فرضی که آلیداد حول آن می چرخد . این محور از مرکز دایره مدرج افقی می گذرد و براین صفحه عمود است. محور 'VV

2-محور افقی یا ثانوی : محوری که تلسکوپ حول آن می چرخد در شرایط مطلوب از مرکز دایره مدرج قائم می گذرد. محور 'HH

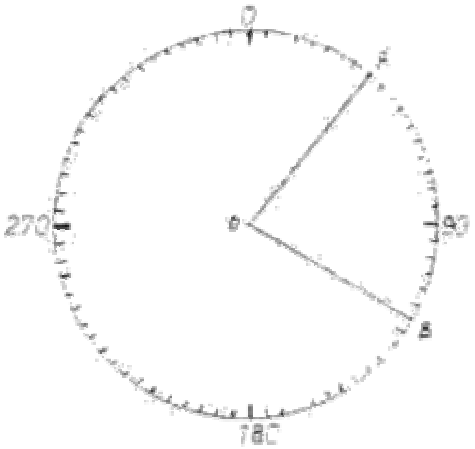
3-محور قراولروی: خطی که مرکز اپتیکی عدسی شیئی را به محل تلاقی تارهای رتیکول وصل می کند محور 'zz



روش اندازه گیری زاویه افقی :

ایستگاه o و دو نقطه AوB در زمین مفروض است می خواهیم زاویه افقی AOB را اندازه گیری کنیم مراحل کار به این ترتیب است .

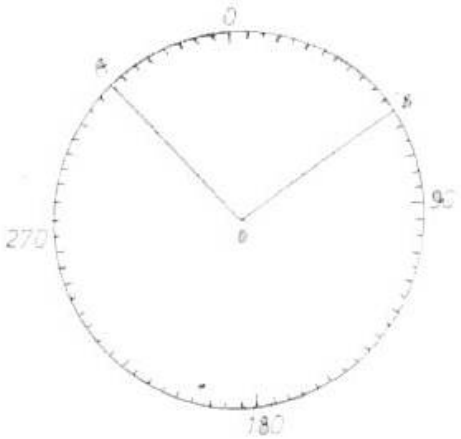
1-استقرار دوربین در نقطه O 2- نشانه روی به نقاط Aو B 3-قرائت لمب افقی در هر نشانه روی



بطور کلی برای تعیین زاویه افقی AOB لازم است دایره مدرج افقی را در هنگام قراولروی به نقاطAوB قرائت و از یکدیگر کم کنیم.

$$AOB = RB - RA$$

چون زاویه افقی بطور قراردادی در جهت ساعتگرد در نظر گرفته می شود و از طرفی درجه بندی لمب افقی نیز در جهت ساعتگرد است. اگر RB<RA باشد در اینصورت باید 360 درجه یا 400 گراد به RB اضافه شود.



اگر نقطه A مستقیماً از داخل دوربین قابل رویت نباشد می توان ژالن به طور قائم در نقطه مزبور مستقر کرد برای کارهای دقیق از صفحه نشانه (تارگت) استفاده می شود.

مثال : در اندازه گیری زاویه AMB قرائت دایره مدرج افقی روی نقاط AوB به ترتیب زیر است مطلوب است اندازه زاویه مذکور؟

$$RB=322^\circ\ 14'\ 30'' \quad \text{و} \quad RA=124^\circ\ 36'\ 35''$$

$$AMB = RB-RA = 322^\circ\ 14'\ 30'' - 124^\circ\ 36'\ 35'' = 197^\circ\ 37'\ 55''$$

روشهای تعیین زاویه افق:

برای جلوگیری از بروز اشتباهات احتمالی و همچنین به منظور کاهش دادن خطاهای دستگاهی و انسانی در اندازه گیری زاویه افقی روشهای مختلفی برای اندازه گیری زاویه بکار برده می شود.

الف) روش کوپل یا قرائت مضاعف .

حالتی که لمب قائم در طرف چپ مشاهده کننده قراردارد را دایره به چپ (FL) و در حالتی که لمب مذکور در سمت راست عامل قرار گیرد دایره براست گویند.FR

اگر تلسکوپ را 180 درجه حول محور افقی بچرخانیم به نحوی که جای عدسی شیئی و چشمی آن عوض شود و پس از آن آلیداد را حول محور اصلی 180 درجه چرخانده و مجدداً به همان نقطه اول نشانه روی کنیم . گوییم که دستگاه زاویه یاب را تغییر وضعیت داده ایم .

$$FR=FL\pm180$$

بنابراین با محاسبه میانگین در قرائت مقدار صحیح قرائت را در هر قراولروی با استفاده از رابطه زیر بدست می آوریم.

$$RA=\frac{FL+(FR\pm180)}{2}$$

فرم یادداشت زاویه:

شماره صفحه: تاریخ :

عامل : وضع آب و هوا:

دستگاه:

یادداشت و کروکی	مقدار زاویه	میانگین	دایره به راست	دایره به چپ	نقاط قراولروی	ایستگاه

روش تجدید:

در این روش از قسمتهای مختلف لمب افق استفاده می شود بدین معنی که غیر از صفر اعداد دیگر به عنوان مبداء قرائت لمب انتخاب می شود روش تجدید معمولاً همراه با روش مضاعف بکار می رود و بدین ترتیب نصف قرائتها در حالت دایره بچپ و نصف دیگر در حالت دایره به راست انجام می شود.

مثال : زاویه ASB را به طریق تجدید 4 مرتبه اندازه گیری کرده و قرائتها را یادداشت نموده ایم مطلوب است اندازه زاویه :

ایستگاه	LA	LB	اندازه زاویه
	00° 00 '	75° 12 '	75° 12 '
	31° 20 '	106° 34 '	75° 14 '
	154° 22 '	229° 36 '	75° 14 '
	92° 18 '	167° 30 '	75° 12 '

$$ASB = \frac{75\,12\ +\ 75\ \ 14 + 75\,12 + 75\ \ 12}{4} = 75\,12\ \ 30$$

اندازه گیری زاویه در صفحه قائم:

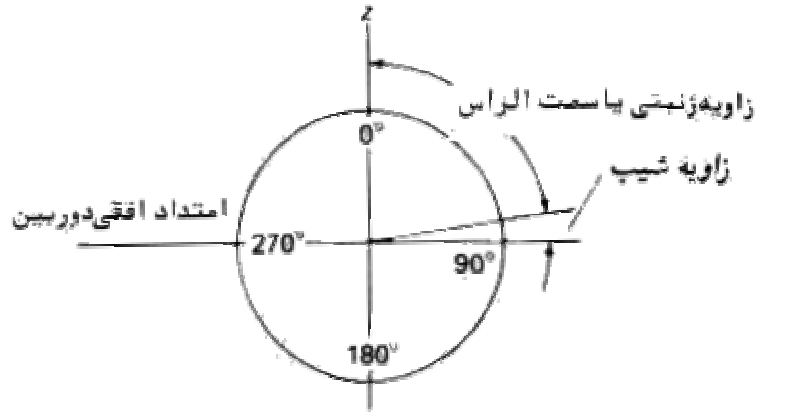
در نقشه برداری معمولاً دو نوع زاویه در صفحه قائم تعریف می شود.

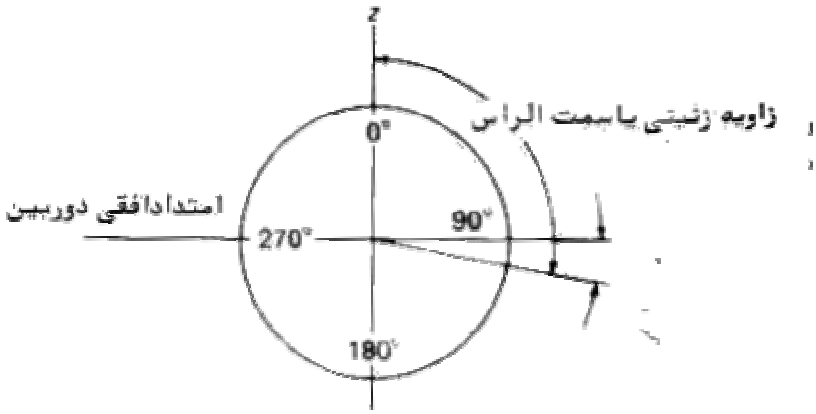
الف) زاویه شیب یا زاویه قائم: زاویه ای است که آن امتداد با صفحه افق می سازد و آن را با حروف V نمایش می دهند.

ب) زاویه سمت الراس یا زنیتی : زاویه ای که امتداد قراولروی با امتداد قائم به طرف بالا می سازد و آن را با Z نمایش می دهند.این دو زاویه در صفحه قائم متمم یکدیگر اند.یعنی :

$$Z=100 - V \qquad Z= 90-V$$

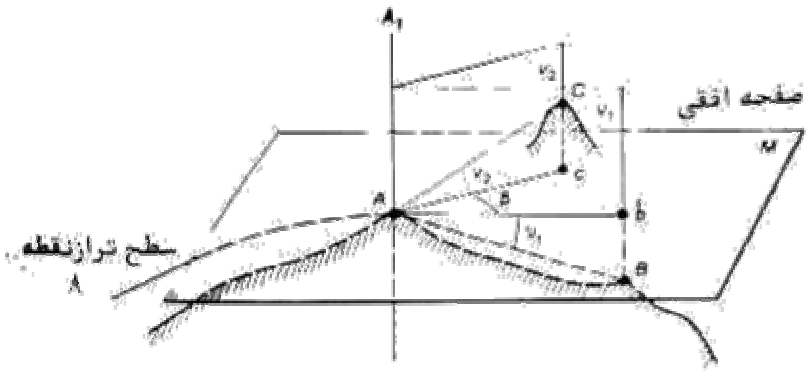
در کارهای نقشه برداری معمولاً از زاویه شیب استفاده می کنیم و در کارهای نجومی وژئودزی از زاویه سمت الراس استفاده می شود.





تعیین امتداد :

سه عارضه AوBوC مطابق شکل در طبیعت در نظر می گیریم M صفحه افقی نقطه Aبوده که بر خط تراز عبور کننده از این نقطه مماس می باشد. تصاویر نقاط BوC روی این صفحه را به b وc نمایش می دهیم β زاویه افقی بین دو امتداد AB و AC بوده که روی نقشه ترسیم می شود.



اگر خط Ab که تصویرAB روی سطح افقی نقطه A است را به عنوان امتداد معلوم در نظر بگیریم بنابراین با دانستن اندازه زاویه β وضعیت یا موقعیت امتداد AC در طبیعت را که تصویر آن Ac در صفحه افقی است کاملاً مشخص می گردد . بنابراین از تعیین موقعیت یک امتداد و با استفاده از یک محاسبه ساده می توان مختصات نقاط منتقل شده را روی نقشه بدست آورد . معمولاً در نقشه برداری از امتدادهای زیر به عنوان جهت و امتدادهای مبنا استفاده می کنند.

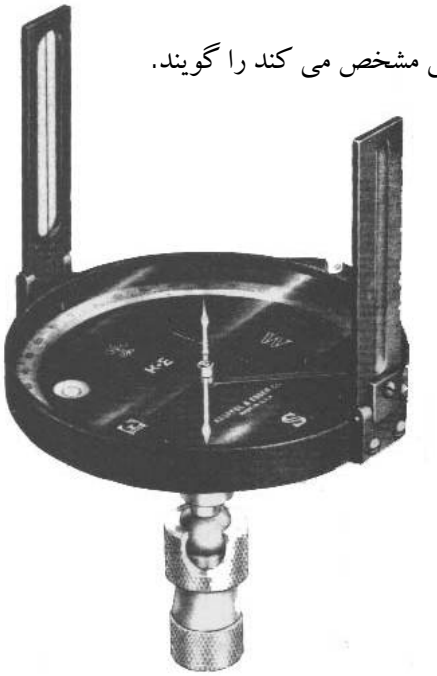
الف) امتداد و جهت شمال مغناطیسی

ب)امتداد و جهت شمال جغرافیایی

ج) امتداد و جهت شمال شبکه

د) امتداد و جهت مشخص محلی

شمال مغناطیسی: جهتی را که عقربه مغناطیسی مشخص می کند را گویند.

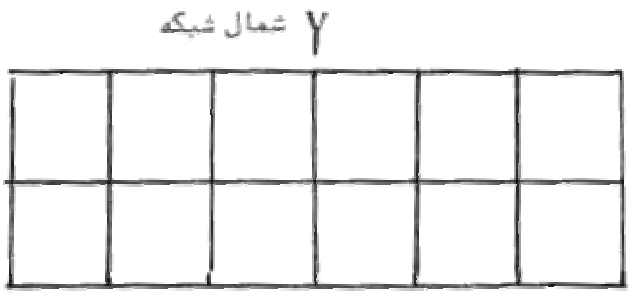


شمال جغرافیایی: امتداد یا دایره نصف النهاری که از نقطه A می گذرد زیرا دایره نصف النهاری هر نقطه از قطبین شمال و جنوب کره زمین می گذرد.

برای نمایش شمال جغرافیایی معمولاً از علامت * استفاده می شود.

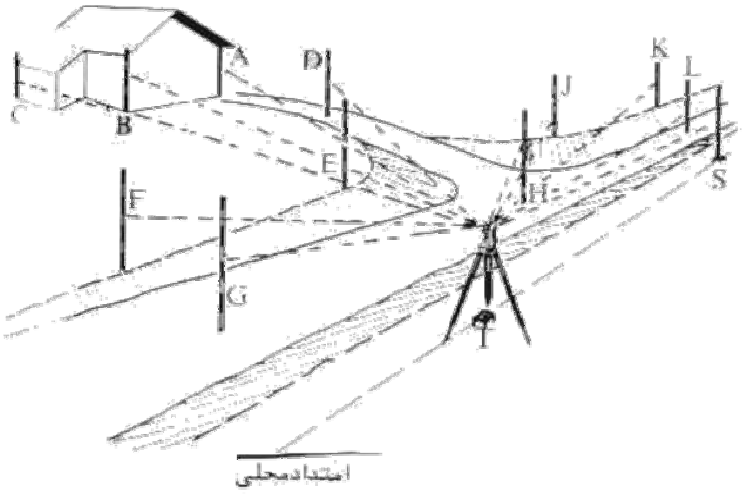
شمال شبکه :

برای تهیه نقشه از یک منطقه محدود که زمین مسطح فرض می شود یک نقطه مثل O را اختیار کرده و نصف النهار عبور کننده از این نقطه را که در حقیقت نشان دهنده امتداد شمالی و جنوبی است را مشخص می کنیم و تصویر این نصف النهار را روی نقشه به عنوان خط شمال شبکه یا محور y ها فرض می کنیم.



امتداد محلی:

گاهی اوقات در یک منطقه کم وسعت می توان یک امتداد متکی بر سطح زمین را به عنوان یک امتداد معلوم محلی در نظر گرفته و موقعیت بقیه امتدادها را نسبت به آن تعیین می کنیم.



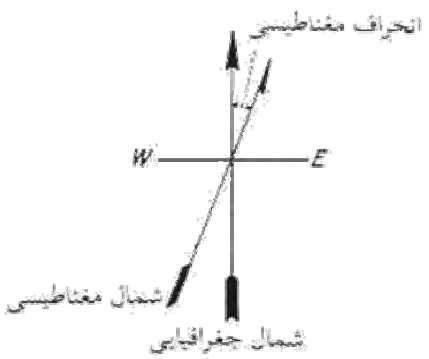
آزیموت یا زاویه سمتی یک امتداد (گرا):

آزیموت امتداد AB زاویه ای است که این امتداد در جهت عقربه های ساعت با شمال نصف النهار محل نقطه A می سازد.

اگر نصف النهار محل مورد نظر جغرافیایی باشد آن را آزیموت جغرافیایی و اگر نصف النهار مغناطیسی باشد آن را آزیموت مغناطیسی گویند و بصورت AZ_{AB} نشان می دهند.

انحراف مغناطیسی :

معمولاً در هر نقطه امتداد نصف النهار جغرافیایی و نصف النهار مغناطیسی بر یکدیگر منطبق نیستند. که این زاویه را انحراف مغناطیسی گویند.



ژیزمان :

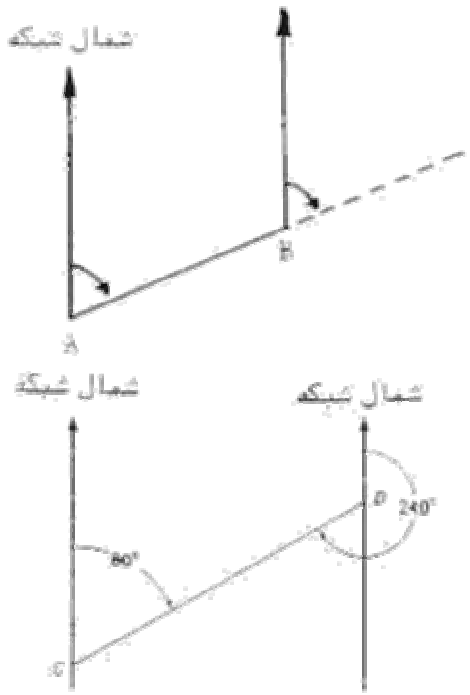
ژیزمان امتداد AB برابر است با زاویه ای که این امتداد در جهت عقربه های ساعت با امتداد oy شمال شبکه می سازد و مقدار آن از صفر تا 360 متغییر است . چون ژیزمان امتداد AB دارای وضعیت ثابتی است . بنابراین در تمام نقاط خط AB تغییر نمی کند و با G_{AB} نشان می دهند.

ژیزمان معکوس:

با توجه به شکل چنانچه ژیزمان CD برابر 60 درجه باشد ژیزمان امتداد DC برابر با 240 درجه خواهد بود.

به عبارت دیگر $G_{DC} = G_{CD} \pm 180$ علامت + زمانی بکار می رود که ژیزمان CD از 180 کمتر باشد و علامت – زمانی بکار می رود که G_{CD} بزرگتر از 180 باشد.

مثال : اگر$G_{CD=}210$ باشد ژیزمان DC را بیابید.



$G_{DC} = G_{CD} \pm 180 = 210 - 180 = 30$

زاویه حامل :

زاویه حامل یک امتداد زاویه ای است که بین آن امتداد با نزدیکترین جهت شمالی و جنوبی نصف النهار حقیقی نقطه مبداء تشکیل می شود . و معمولاً با V نمایش می دهند.

بعنوان مثال زاویه حامل OA مساوی 37درجه شمال شرقی که بصورت N37E نشان می دهند. حدود زاویه حامل همیشه بین 0 تا 90 درجه و در یکی از ربعها می باشد.

مثال :آزیموت مغناطیسی امتداد AC را به بیرینگ تبدیل کنید.

$$AZ_{AC} = 240° \ 10'$$

$$V_{AC} = 240° \ 10' - 180 = 60° \ 10' = S \ 240° \ 10' \ W$$

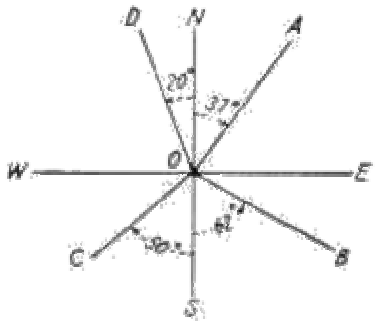
رابطه بین زاویه حامل و آزیموت : اگر زاویه حامل یک امتداد اندازه گیری شود آزیموت آن امتداد را با توجه به اینکه در کدام ربع واقع است می توان محاسبه کرد.

ربع اول $AZ_{OA} = 37°$

ربع دوم $AZ_{OB} = 180° - 62° = 118°$

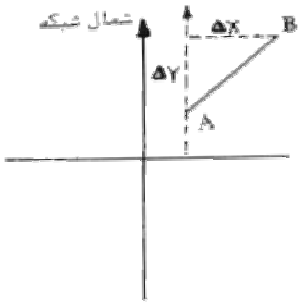
ربع سوم $AZ_{OC} = 180° + 50° = 230°$

ربع چهارم $AZ_{OD} = 360° - 20° = 340°$



محاسبه زاویه حامل و ژیزمان یک امتداد :

امتداد AB مطابق شکل در نظر می گیریم چنانچه مختصات A برابر (X_A وY_A) و B برابر (X_B وY_B) فرض کنیم از رابطه زیر می توان زاویه حامل را محاسبه نمود.



ΔX<۰	ΔX>۰
ΔY>۰	ΔY>۰
G=۳۶۰-V	G =V
ΔX<۰	ΔX>۰
ΔY<۰	ΔY<۰
G=۱۸۰+V	G =۱۸۰ - V

$$tg_V = \frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A}$$

همچنین با توجه به علامتهای ΔXوΔY می توان ربعی که امتداد AB در آن واقع است مشخص و در نتیجه ژیزمان امتداد AB را محاسبه نمود.

مثال : مطلوب است محاسبه ژیزمان AB در صورتیکه A(2575و5456) و B(4852و6952) باشد؟

تعیین ژیزمان امتداد به وسیله یک امتداد مشخص دیگر :

چنانچه GAB مشخص باشد و زاویه BAC را توسط تئودولیت قرائت کرده باشیم ژیزمان امتداد AC قابل محاسبه می باشد .

$$G_{AB}+BAC = 46^\circ\ 17' + 30 = 76^\circ\ 17'$$

کانوای نقشه برداری :

برای تهیه نقشه به طریق مستقیم ، همچون تمام کارهای زیر بنایی باید از کل به جزء عمل کرد به این ترتیب که ابتدا چهارچوبی برای تهیه نقشه ایجاد و به اتکای آن کارهای مختلف نقشه برداری را دنبال کرد.

نقاط انتخاب شده را نقاط پایه یا کانوا گویند . چنانچه با خطهای فرضی این نقاط تعیین شده را به هم اتصال دهیم چند ضلعی کثیرالاضلاعی خواهیم داشت که به آن پلیگون گویند. مختصات رئوس پلیگون می بایست به روشهای خیلی دقیق اندازه گیری شود زیرا برداشت جزئیات قطعه زمین متکی به آنها خواهد بود.

انواع کانوا: بنچ مارکها

بنچ مارکها از نظر مختصات به دو دسته تقسیم می شوند.

بنچ مارکهای مسطحاتی یا پلانیمتری و بنچ مارکهای ارتفاعی.

خصوصیات ایستگاههای رئوس پیمایش:

مقصود از پیمایش تعیین موقعیت مسطحاتی مجموعه ای از نقاط یا ایستگاههای متوالی است که با اندازه گیری های طولی و زاویه ای پی در پی مختصات تعیین می گردد و ایستگاههای آن شامل خصوصیات زیر است.

1- قابل ایستگاه گذاری باشند 2- از هر یک از نقاط بتوان منطقه وسیعی را برداشت کرد.

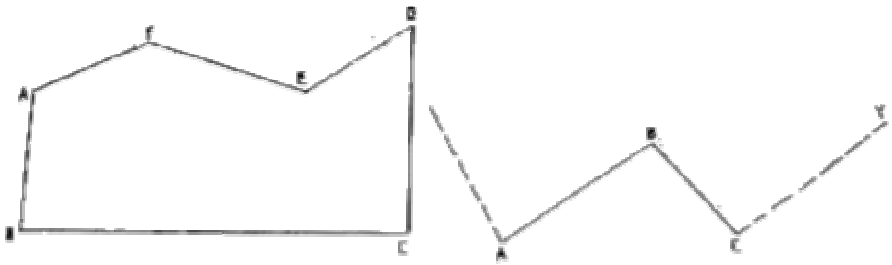
3- به نقاط مجاور دید داشته باشد 4- در معرض تخریب از طرف عوامل مختلف قرار نداشته باشد

انواع پیمایش:

الف) پیمایش باز یا زنجیره ای

مختصات شروع و پایان این نوع پیمایش دو نقطه مجزا از هم می باشند

ب) پیمایش بسته یا چند ضلعی



نقاط آغاز و پایان این نوع پیمایش بر هم منطبق اند

کمیتهای اندازه گیری در پیمایش:

در هر پیمایش لازم است دو کمیت طول و زاویه اندازه گیری شود

شرط زاویه در پیمایشهای باز و بسته:

الف) شرط زاویه در پیمایش بسته

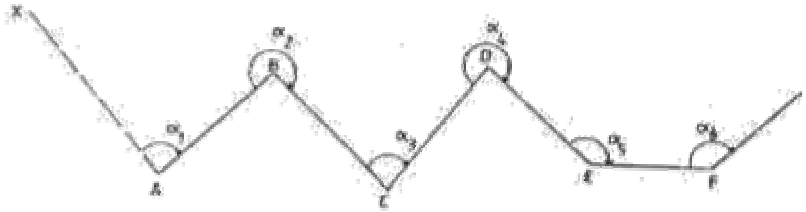
اگر α_1 وα_2 وα_3 و.... به ترتیب زوایای داخلی و β_1 وβ_2 وβ_3 و... زوایای خارجی باشند داریم.

$$\sum a_i = (2n-4)\times 90 \qquad \sum b_i = (2n+4)\times 90$$

امادر عمل به دلیل وارد شدن خطاهای دستگاهی و انسانی ، اندازه گیری زوایا با مقادیر تئوری برابر نیستند.و اختلاف بین این دو را خطای بست زاویه ای گویند.

ب) شرط زاویه ای در پیمایش باز:

اگر G_{XA} (ژیزمان ضلع اولیه) و G_{Fy} (ژیزمان ضلع پایانی) را بع عنوان ژیزمانهای معلوم در نظر بگیریم شرط زاویه ای به شرح ذیل است.



از جمع روابط بالا نتیجه می شود که : $G_{FY} = G_{XA} + \sum a_i + 180 - n$

بنابراین خطای بست زاویه ای از رابطه زیر بدست می آید:

$$f_a = G_{XA} + \sum ai + 180n - G_{FY}$$

تعدیل خطای بست زاویه ای :

چنانچه خطای بست زاویه ای از حد مجاز تجاوز نکند می توان با سرشکن کردن خطا به نتیجه مطلوبی رسید.حد مجاز بر اساس درجه پیمایش متغییر است.

درجه 1	درجه 2	درجه3	درجه4
30"√n	30"√n	30"√n	40"√n

n تعداد رئوس پیمایش و در برخی کتابها به صورت زیر تعریف نموده اند

$$f_{\alpha\,MAX} = 2/5e\sqrt{n}$$

و e برابر است با حداقل مقدار تخمین در قرائت لمب افقی زاویه یاب

روش تعدیل به این صورت است که خطای بست مجاز را بر تعداد رئوس پیمایش تقسیم نمود و با علامت مخالف به زوایا ی پیمایش اعمال می کنیم.

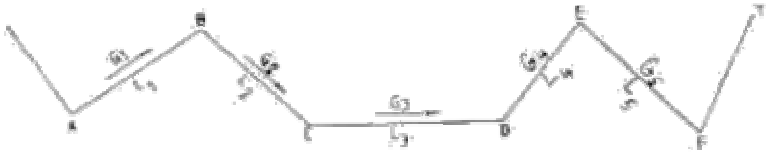
$$C_a = \frac{-f_a}{n} \qquad a' = a + C_a$$

برای محاسبه ژیزمان تعدیل شده امتدادها باید زاویه تعدیل شده را به ژیزمان ضلع قبل اعمال کرد.

شرط ضلعی در پیمایش:

می دانیم $\Delta E_i = L_i SinG_i$ و $\Delta N_i = L_i CosG_i$ در پیمایش باز برای محاسبه خطای بست ضلعی می توان بدون توجه به مختصات نقطه F (نقطه پایانی) مختصات هر یک از نقاط پیمایش و از جمله F را تعیین کرد و با مقایسه دو جفت مختصات حاصل برای نقطه معلوم F خطای بست ضلعی پیمایش را بدست آورد.

$$f_E = E_{F'} - E_F \qquad f_N = N_{F'} - N_F$$



در رابطه E_F , N_F مختصات مفروض نقطه F و 'EF و 'NF مختصات محاسباتی نقطه 'F است.

بردار 'FF را بردار خطا گویند و طول و ژیزمان این بردار از روابط زیر بدست می آید.

طول این بردار را خطای بست موضعی گویند. $D = \sqrt{(f_E^2 + f_N^2)}$ $G = Arc\tan\frac{f_E}{f_N}$

شرط ضلعی در پیمایش بسته به لحاظ اینکه از یک نقطه مثل A پیمایش شروع شده و به همان نقطه ختم می شود برابر صفر است.

شرط ضلعی برای پیمایش بسته $\sum \Delta E_i = 0$ و $\sum \Delta N_i = 0$

خطای بست ضلعی برای پیمایش بسته $f_N = \sum \Delta N_i$ و $f_E = \sum \Delta E_i$

تعدیل خطای بست ضلعی:

اگر طول بردار خطای بست موضعی را f و مجموع فاصله های اندازه گیری شده پیمایش را L فرض کنیم نسبت $\frac{f}{L}$ را خطای نسبی پیمایش می نامند اگر خطای بست موضعی از حد مجاز تجاوز نکند می توان مختصات رئوس پیمایش را تعدیل نمود . در غیر اینصورت اندازه گیری ها باید تکرار شود.

نوع پیمایش	حد مجاز خطای مطلق	حد مجاز خطای نسبی
درجه 1	$4Cm\sqrt{L}$	1 :100000
درجه2	$8Cm\sqrt{L}$	1 :50000
درجه3	$20Cm\sqrt{L}$	1 :20000
درجه4	$40Cm\sqrt{L}$	1 :10000

در جدول فوق L مجموع طول پیمایش بر حسب کیلومتر می باشد:

روش تعدیل خطا به مختصات رئوس پیمایش:

به دو طریق می توان این عمل را انجام داد روش اول سرشکنی متناسب با طول هر یک از اضـلاع پیمـایش و روش دوم سرشـکنی متناسب با طول هریک از مختصات نسبی (ΔE و ΔN) اضلاع

روش اول :

تصیح E مربوط به راس i ام $$C_{E1} = \frac{-f_E}{\sum L}(L_1 + L_2 + ... + L_i)$$

تصیح N مربوط به راس i ام $$C_{Ni} = \frac{-f_N}{\sum L}(L_1 + L_2 + ... + L_i)$$

روش دوم :

$$C_{\Delta Ei} = \frac{-f_E}{\sum |\Delta E|} \times |\Delta E_i|$$

$$C_{\Delta Ni} = \frac{-f_N}{\sum |\Delta N|} \times |\Delta N_i|$$