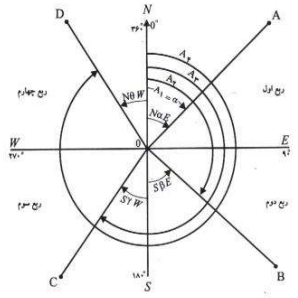
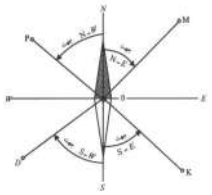
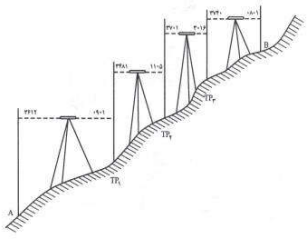
جزوه درسی

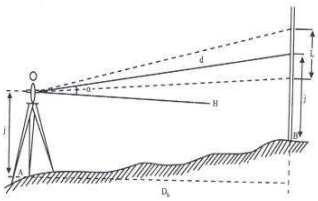
نقشه برداری



شکل ۱ـ۹ رابطهٔ جهت ربع دایره و گرا


شکل ۱ـ۱۱ جهت ربع دایره


شکل ۳ـ۱۹ ترازیابی چندمرحله‌ای


شکل ۳ـ۱۱ محاسبهٔ فاصلهٔ افقی در حالتی که امتداد قرائوری بر امتداد شاخص عمود نباشد.

وَ تَرَی اَلْجِبالَ تَحْسَبُها جامِدَةً وَ هِیَ تَمُرُّ مَرَّ اَلسَّحابِ

«این کوهها را تو جامد و ساکن می بینی و حال آنکه مثل ابرها در حرکتند.»

سوره نمل آیه ۸۸

موجودات مادی، خودِ حرکت‌اند، نه موجودی که حرکت دارد؛ یعنی حرکت جوهری لازمه ذات نیست، خود ذات است.

«نقشه‌برداری و عملیات»

منابع اصلی امتحان تئوری و بخش عملیات نقشه برداری:

۱-نقشه برداری، دکتر شمس نوبخت، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

۲ جزوه درسی حاضر(٪ ۹۰ سوالات امتحانی از این منبع خواهد بود.)

معرفی برخی از منابع و مراجع معتبر درسی جهت مطالعه آزاد :

- نقشه برداری مهندسی : مهندس محمود دیانت خواه(انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان)
- نقشه برداری عمومی : مهندس محمد رضا عاصی(انتشارات دانشگاه صنعتی شریف)
- نقشه برداری و عملیات : مهندس سید یوسف سجادی
- نقشه برداری : دکتر ذوالفقاری
- نقشه برداری مهندسی : مهندس رضا ابن جلال
- نقشه برداری : دکتر شمس نوبخت(انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران)
- نقشه برداری : مهندس تمدن
- نقشه برداری : انتشارات دیباگران
- تحلیل مسائل نقشه برداری : مهندس علیرضا انتظاری
- مروری برمسائل نقشه برداری : مهدی پرنا
- تست و نکات جامع نقشه برداری : خانم مهندس حدیث صمدی علی نیا

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: کلیات	۷
مفاهیم کلی و تعاریف	۷
نقشه و انواع نقشه	۸
تعریف نقشه برداری	۱۱
تقسیمات نقشه برداری(انواع نقشه برداری)	۱۱
مقیاس و انواع آن	۱۵
سطوح مقایسه	۱۷
شکل زمین	۱۷
بیضوی مقایسه	۱۷
سطح مبنای ارتفاعی	۱۸
مختصات جغرافیایی(طول و عرض جغرافیایی)	۲۰
سیستمهای تصویر	۲۲
انواع شمالها و چگونگی شناسایی آنها	۲۳
توجیه نقشه	۲۶
علایم قراردادی در نقشه و رنگها	۲۷
عملیات نقشه‌برداری	۲۸
فصل دوم : شناخت وسایل اندازه‌گیری و روشهای کاربردی	۲۹
آشنایی با وسائل مشخص کننده نقاط	۳۰
آشنایی با وسائل مشخص کننده امتدادهای قائم و افقی	۳۰
شیب‌سنج و کاربرد آن	۳۱
گونیا و کاربرد آن	۳۲

طریقه ژالون‌گذاری ۳۳

اندازه‌گیری طول افقی در زمینهای شیبدار و مسطح ۳۳

انواع خطا و منابع آنها ۳۴

فصل سوم : شناخت دستگاههای اندازه‌گیری و نحوهٔ کار با آنها ۴۲

آشنایی با دستگاه تئودولیت ۴۳

موارد کاربرد تئودولیت ۴۳

انواع ترازیابی ۴۷

طرز اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با دستگاه ترازیاب ۵۰

چگونگی اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه به کمک وسایل ساده ۵۴

خطای مجاز و روش تصحیح خطا در ترازیابی ۵۵

فصل چهارم : روشهای مختلف برداشت ۶۰

پیمایش ۶۰

مراحل کار پیمایش ۶۲

محاسبات و خطاها ۶۳

آشنایی با مثلث‌بندی، درجات مختلف مثلث بندی ۶۳

معادلات شرط زاویه‌ای و ضلعی ۶۷

تهیه پلان به طُرق مختلف ۷۲

فصل پنجم : زاویه و امتدادها ۷۵

معرفی زاویه‌کشها ۷۵

روش کار ۷۶

طریقه امتدادی مغناطیسی ۷۷

چگونگی سرشکن کردن خطا در پیمایش به روش ترسیمی ۷۸

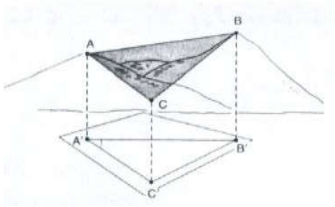
فصل ششم : نقشه‌های توپوگرافی- برداشت و ترسیم عوارض ۷۸

تهیه نقشه توپوگرافی و رسم نیمرخ ۸۰
اصول کار تهیه پلان توپوگرافی به روش شبکه‌بندی
روشهای تهیه نیمرخ ۸۰
مراحل تهیه نقشه ۸۱
پیاده سازی و تهیه نقشه های تفکیکی ساختمانها ۸۳
منابع و مآخذ ۹۰
پیوست‌ها ۹۱
واژه‌نامه ۹۷

مفاهیم کلی و تعاریف

تعریف نقشه :

نقشه عبارت است از تصویر افقی عوارض طبیعی یا مصنوعی بخش مشخص از زمین در مقیاس کوچک برروی صفحه.



انواع نقشه :

الف) تقسیم‌بندی نقشه‌های از نظر مقیاس

- نقشه های خیلی بزرگ مقیاس : مقیاسهای ۱/۱۰۰ تا ۱/۵۰۰(نقشه های ساختمانی و اجزای آن)
- نقشه های بزرگ مقیاس : مقیاسهای ۱/۵۰۰ تا ۱/۱۰۰۰۰(کارهای مهندسی، ثبتی و اجرایی)
- نقشه های میان مقیاس : مقیاسهای ۱/۱۰۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰۰(نقشه های توپوگرافی)(نقشه های مطالعاتی- نظامی ۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۵۰۰۰۰)
- نقشه های کوچک مقیاس : مقیاسهای ۵۰۰۰۰/تا ۱/۲۵۰۰۰۰ (نقشه های مملکتی و شهری) (نقشه آماری ۱/۱۰۰۰۰۰)
- نقشه های خیلی کوچک مقیاس :ازمقیاس۱/۲۵۰۰۰۰ به بالا(نقشه های جغرافیایی یا اطلس ها)

ب) تقسیم‌بندی نقشه‌ها از نظر موضوع و محتوا

- نقشه‌های مسطحاتی
- نقشه‌های ارتفاعی (توپوگرافی)
- نقشه‌های زمین‌شناسی
- نقشه‌های آب‌شناسی
- نقشه‌های آماری
- نقشه‌های سیاسی
- نقشه‌های مهندسی زمین‌شناسی
- نقشه‌های اقتصادی
- نقشه‌های دریایی (کشتیرانی)(بررسی وضعیت کف دریاها واقیانوسها و تعیین عمق آب)

- نقشه‌های نظامی
- ثبت املاکی- هواشناسی- شهر سازی- تاریخی و....

➢ دلایل تهیه نقشه و موارد استفاده از آن

- تهیه مدلی دقیق و با قابلیت اندازه گیری از سطح زمین
- عدم نیاز به مراجعه مجدد به محیط جهت بررسی عوارض موجود
- عدم نیاز به مراجعه مجدد به محیط جهت اندازه گیری
- ثبت تغییرات در عوارض محیط با استفاده از نقشه برداریهای متوالی
- ثبت مکان و محدودهٔ املاک برای کاربردهای مختلف
- جهت ایجاد و ترسیم طرحِ دقیق پروژه های مختلف عمرانی
- جهت ثبت مرزهای سیاسی و عملیاتهای نظامی
- ناوبری و تعیین مسیر در روی نقشه برای مقاصد مسیریابی در حمل و نقل کالا و مسافر
- نمایش روابط مکانی بین عوارض :از نقشه به دلیل محدود بودن دید انسان جهت نمایش ارتباط مکانهای دور از هم استفاده می شود.
- تجزیه و تحلیل

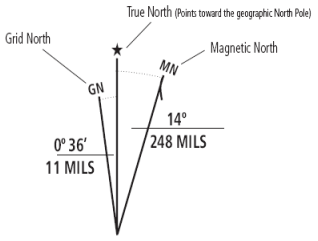
➢ اطلاعات ترسیمی قسمت اصلی در نقشه

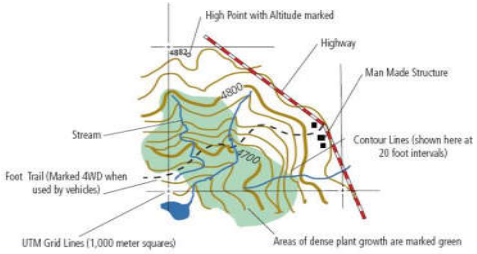
- شبکه قائم الزاویه مختصات دار
- عوارض نقطه ای مانند : تیرهای برق- تلفن - ... ، چاه، کیوسک، تک درخت،...
- عوارض خطی مانند : خطوط انتقال نیرو، دیوار، ترانشه، خطوی لوله، آبریز، مرزرها،...
- عوارض سطحی مانند : مزارع، اماکن، رودخانه، جاده، مناطق پوشیده از آب،...
- اطلاعات توصیفی مانند : اسم اماکن، شهرها، جاده ها، دریاها، استانها، رودخانه ها،...
- سمبلها

➢ اطلاعات حاشیه ای

- نام نقشه که در وسط حاشیه بالا نوشته می شود.
- راهنمای علائم و سمبلهای موجود در نقشه یا لژاند نقشه شامل اسم و توضیحات درباره سمبلها و علائم استفاده شده در نقشه
- مقیاس نقشه به صورت عددی و ترسیمی

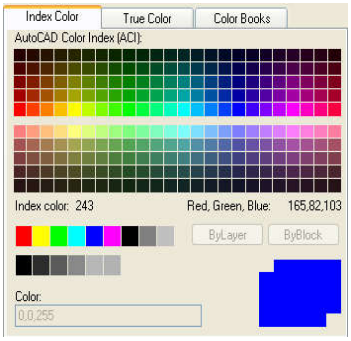
- نمودار شمالهای نقشه
- سیستم تصویر نقشه
- مبنای مسطحاتی و ارتفاعی در نقشه
- تعداد شیتهای نقشه
- راهنمای اتصال برگهای نقشه
- شماره برگ نقشه
- فاصله بین منحنیهای میزان اصلی بیانگر ارتفاعات
- مختصات شبکه قائم الزاویه قسمت اصلی نقشه
- اطلاعات عمومی در نقشه
  - نام کارفرما
  - نام مشاور
  - نام ناظر
  - تاریخ مشاهدات و ترسیمات
  - ممنوعیت حق تکثیر و چاپ
  - سندیت خطوط مرزی

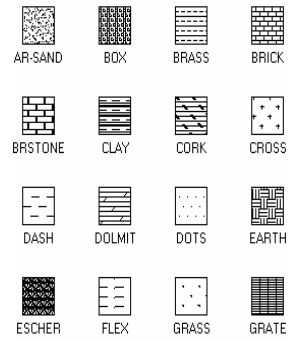


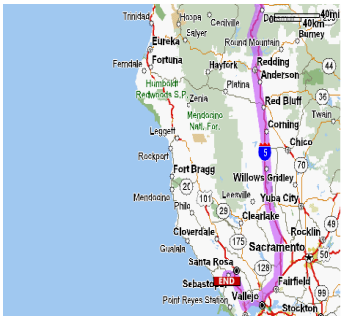


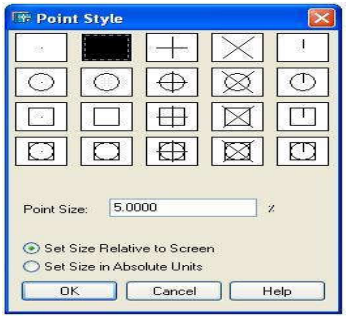
➢ المانهای گرافیکی نقشه

- انواع خطوط
- انواع سمبلهای نقطه
- هاشور
- متن
- رنگ المانها
- اندازه









▣ تعریف نقشه برداری[۱] :

نقشه‌برداری عبارت است از تعیین شکل مسطحاتی یا ارتفاعی عوارض زمین روی صفحه افقی که شامل مراحل:

- برداشت
- محاسبه
- ترسیم

تقسیم‌بندی نقشه‌برداری از نظر کاربرد:

الف) نقشه‌برداری آبی یا آبنگاری(تعیین میزان عمق آب – تهیه نقشه های دریانوردی در کشتیرانی و بندرسازی)

ب) نقشه‌برداری هوایی

ج) نقشه‌برداری زیرزمینی(عملیلت نقشه برداری در تونلها – معادن و تاسیسات و راههای زیرزمینی)

د) نقشه‌برداری ساختمانی(تهیه نقشه ابنیه و آثار تاریخی در باستانشناسی و ....)

ذ) نقشه‌برداری شهری

ر) نقشه‌برداری توپوگرافی

ز) نقشه‌برداری پلانیمتری و ثبت املاکی(کاداستر)(تعیین حدود زمینهای شهری و تعیین مساحت آنها)

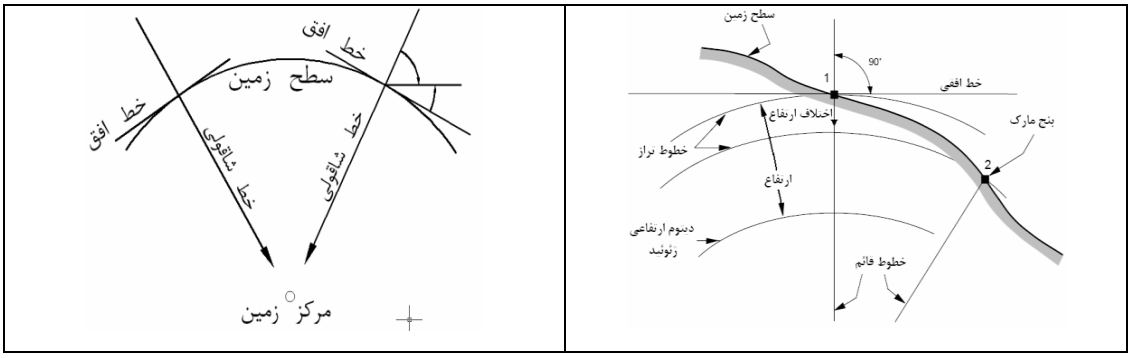
س) نقشه‌برداری مسیر(طرح و پیاده کردن مسیرهای راه، راه آهن، خطوط انتقال نیرو و خطوط لوله آب و گاز و نفت)

ش) نقشه‌برداری نظامی (تهیه نقشه های نظامی وتعیین نقاط استراتژیک)

۱- Surveying

➢ انواع نقشه برداری(برحسب وسعت منطقه):

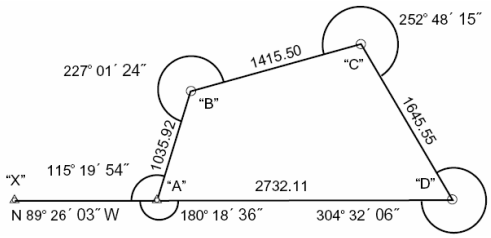
نقشه برداری ژئودتیک : در این شاخه از نقشه برداری، شکل واقعی زمین و انحناء آن در اندازه گیریها و محاسبات در نظر گرفته میشود. این نقشه برداری با دقت بسیار بالا در مناطق با وسعت زیاد انجام می شود.



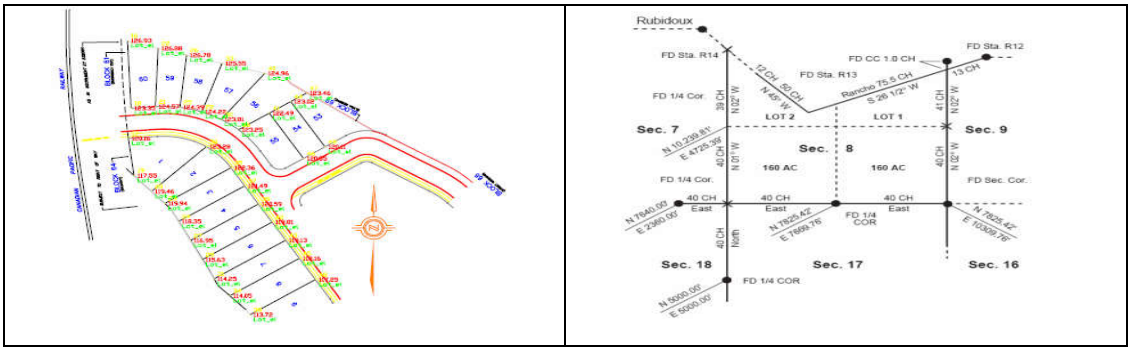
نقشه برداری مسطحاتی :در این شاخه از نقشه برداری، سطح متوسط زمین مسطح فرض می شود و از انحناء و کرویت زمین در مشاهدات و محاسبات صرفنظر می شود.

➢ انواع نقشه برداری(برحسب نوع عملیات):

نقشه برداری کنترلی : از این نقشه برداری برای ایجاد یک سری نقاط ایستگاهی(بتنی) با مختصات مسطحاتی و ارتفاعی معلوم در منطقه عملیات نقشه برداری استفاده می شود.

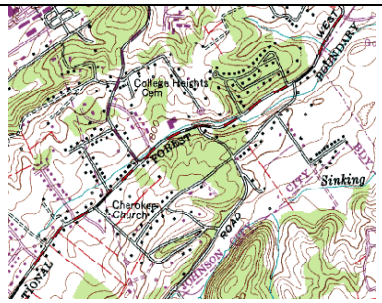


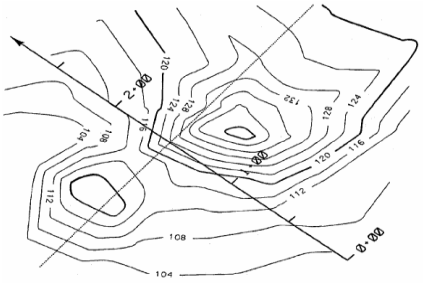
نقشه برداری مرزهای ملکی(کاداستر): از این نقشه برداری برای تعیین طول و امتداد خطوط و مساحت قطعات ملکی و تعیین موقعیت آنها برای کارهای ثبتی و اداری استفاده می شود.



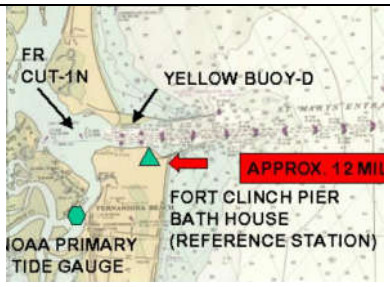
نقشه برداری توپوگرافی: این نقشه برداری برای

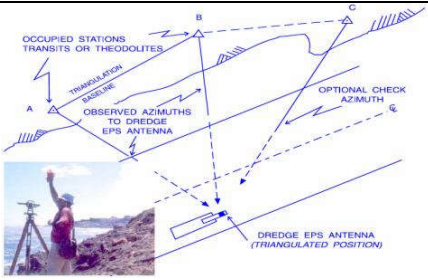
- نمایش ساختار زمین(پستی و بلندی)
- تعیین محل عوارض طبیعی(رودخانه، کوه،...)
- تعیین محل عوارض مصنوعی (کارخانه، جاده،...)
- تعیین ارتفاع نقاط مختلف در یک منطقه
- و نمایش ارتفاع نقاط به صورت منحنیهای میزان انجام میگیرد.



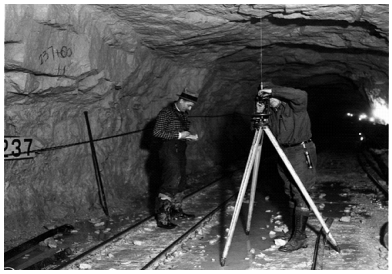


نقشه برداری هیدروگرافی: این نقشه برداری برای تهیه نقشه مناطق پوشیده از آب، جهت ناوبری کشتیها و تهیه توپوگرافی زیر آب، جهت ایجاد سازه های آبی و لایروبی انجام می گیرد.

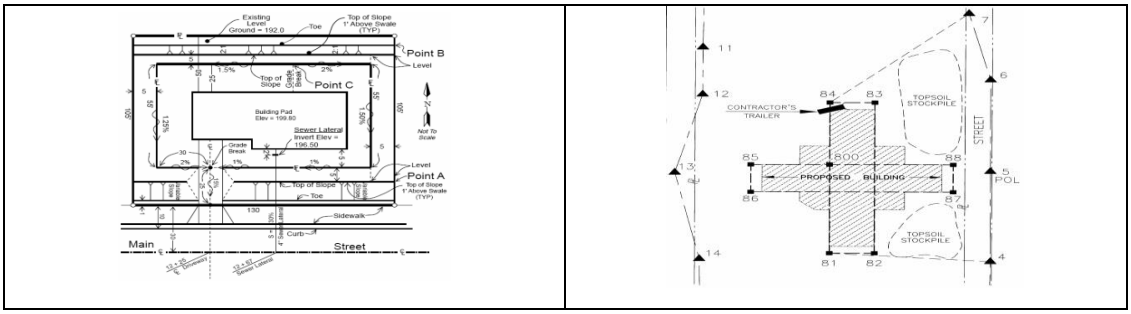




نقشه برداری زیرزمینی: این نقشه برداری برای کنترل عملیات در زیر زمین(تونل، معدن،...) و تهیه نقشه از مناطق زیر زمین انجام می شود.

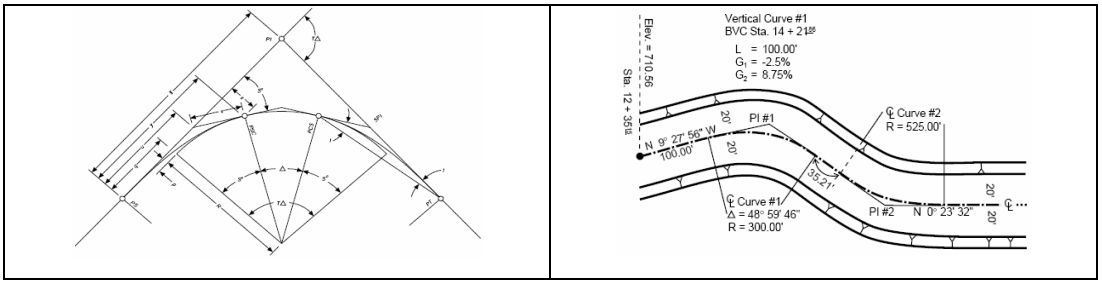


نقشه برداری کارگاهی و ساختمانی: این نقشه برداری برای پیاده کردن طرحهای روی نقشه(طرح پل، شهرک، کارخانه،...) بر روی زمین و کنترل کلی و خاص کارهای مهندسی اجرا می شود.

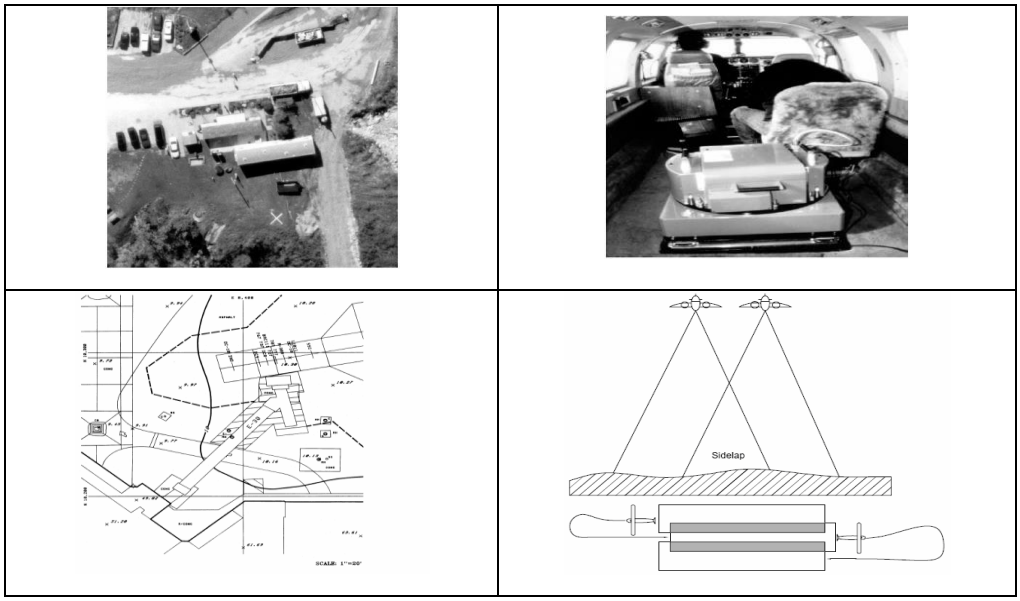


نقشه برداری مسیر و راه : این نقشه برداری برای ایجاد نقاط کنترل، برداشت توپوگرافی منطقه، پیاده نمودن طرح راهها، راه‌آهن، خطوط انتقال نیرو، لوله های نفت و گاز و آب، و کانالهای مختلف اجرا می شود.

در واقع شامل سه نوع نقشه برداری کنترلی، توپوگرافی، و کارگاهی می شود.



نقشه برداری هوائی(فتوگرامتری) : در این شاخه از نقشه برداری، از عکسهای هوائی تهیه شده توسط دوربینهای فتوگرامتری که بر روی هواپیما حمل می شوند، با توجه به هندسه عکسبرداری هوائی، برای اندازه گیری فواصل بین نقاط و زوایای بین امتدادها و تعیین موقعیت سه بعدی نقاط روی زمین استفاده می شود.



⊡ **مقیاس:** نسبت فاصله‌ای معین در روی نقشه به مقدار واقعی آن (فاصله افقی) بر روی زمین. ($E = \frac{d}{D}$)

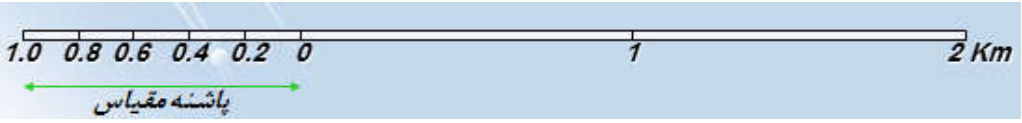
⊡ **انواع مقیاس :** معمولا مقیاس[۲] در نقشه ها را به دو صورت عددی(کسری) و ترسیمی(خطی) نشان میدهند.

الف) مقیاس عددی (کسری)

ب) مقیاس ترسیمی (خطی)

مقیاس عددی(کسری) : هر میلیمتر روی نقشه N متر برروی زمین است : $E = \frac{1}{N * 1000}$

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



- مقیاس هر نقشه با توجه به کاربرد و عواملی چون ابعاد زمین و کاغذ نقشه – دقت لازم(مسطحاتی و ارتفاعی) – امکانات موجود در زمان تهیه نقشه وجنبه های اقتصادی انتخاب می شود.
- هرچه مقیاس نقشه بزرگتر باشد، دقت اندازه های آن بیشتر است و بهمین قیاس هزینه، صرف وقت و امکانات بیشتری را طلب می‌کند.
- از جمله مزایای مقیاس خطی به مقیاس عددی این است که عوامل محیطی(که بر اثرآنها طول وعرض کاغذ نقشه نیز تغییر میکند) بر مقیاس ترسیمی آثر گذاشته و منطبق بر ابعاد نقشه تغییر میکند.

⊡ **تغییر مقیاس:**

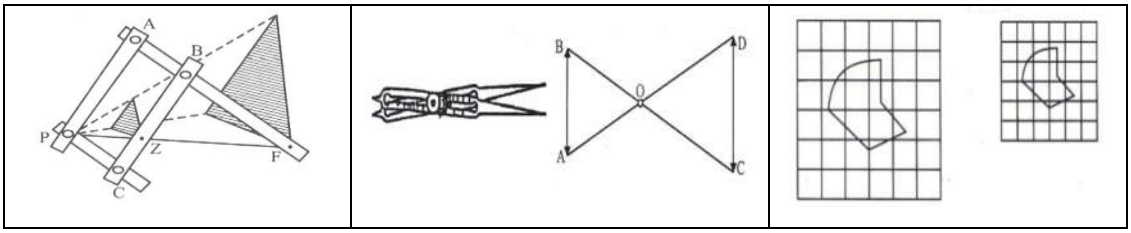
نقشه‌ها و پلانها موارد کاربرد گوناگونی دارند، لذا بر مبنای اهداف پروژه‌ها نقشه و پلان باید تغییر مقیاس داده شود.

روش‌های تغییر مقیاس :

الف) روش ترسیمی

ب) روش مکانیکی

ج) روش نوری



۲ - *Scale*

تفاوت بین نقشه و عکس هوائی

- نقشه دارای دید هوائی قائم می باشد ولی عکس هوائی دارای دید پرسپکتیو است.
- مقیاس در تمام نقاط نقشه مقدار ثابتی است ولی در روی عکس با تغییر ارتفاع نقاط مختلف مقیاس

ثابت نمی ماند.

- عکس هوائی تنها عوارض فیزیکی موجود در یک منطقه را نشان می دهد ولی با استفاده از نقشه می توان مشخصات انتزاعی همچون مرزهای سیاسی و مدیریتی، تراکم جمعیت، میزان رفت و آمد، میزان مهاجرت، میزان بارندگی و میزان رسوب را که در عکس قابل مشاهده نیستند نشان داد.
- نقشه به طور ذاتی دارای سیستم مختصات می باشد ولی عکس هوائی در وهله اول دارای سیستم مختصات نمی باشد.
- عوارض موجود در روی نقشه شاید در اندازه واقعی نمایش داده نشوند.
- عوارض نشان داده شده در روی نقشه کمتر از عوارض قابل رویت در روی عکس هوائی می باشد.

نمونه مثال :

مثال	جواب
۱- در روی نقشه ای به مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ طول جاده ای ۱۰ سانتی متراست مقدار حقیقی جاده درروی زمین چقدر است؟	$E=\frac{1}{N*1000}=\frac{1}{20*1000}$ $L=20*100=2000m=2Km$ یا $E=\frac{d}{D}\Rightarrow D=\frac{d}{E}=\frac{10}{1/20000}=200000Cm=2Km$
۲- اگر مساحت قطعه دایره ای در نقشه ای که با مقیاس ۱/۵۰۰ رسم شده ۵ سانتی متر مربع باشد قطر آن درروی زمین چقدر است ؟	مجذور عکس مقیاس * مساحت روی نقشه = مساحت روی زمین $S=s(\frac{1}{E})^2=5*500^2=125*10^4cm^2=125m^2$ $S=\frac{\pi D^2}{4}\Rightarrow D=\sqrt{\frac{4S}{\pi}}=\sqrt{\frac{4*125}{\pi}}\approx 12.62m$
۳- در صورتی که برای ترسیم نقشه از قلمی با ضخامت ۰.۲ میلی متر استفاده شود، در یک نقشه با مقیاس۱/۱۰۰۰۰۰ چه سطحی از زمین زیر خطی به طول ۱میلی متر قرار می گیرد؟	$L_1 = 0.2 \times 100000 = 20000$ mm = 20 m , $L_2 = 1 \times 100000 = 100000$ mm = 100 m $\Rightarrow S = 20 \times 100 = 2000$ m^2 مشاهده می شود که در نقشه فوق که در محدوده نقشه های کوچک مقیاس قرار دارد، در زیر سطحی در حدود یک نقطه، زمینی در حدود ۲۰۰۰متر مربع قرار می گیرد. لذا هرچه نقشه کوچک مقیاس تر باشد جزئیات کمتری را در بر خواهد داشت.

تمرینها:

۱- اگر سطح یک قطعه زمین مربع شکل در روی نقشه با مقیاسهای E۱ و E۲ به ترتیب A۱ و A۲ باشد ثابت کنید: $\frac{E1}{E2}=\sqrt{\frac{A1}{A2}}$

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

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

۴- زمینی مستطیل شکل روی نقشه ای با مقیاس۱/۲۰۰۰ با ابعاد ۲۰ در ۳۰ سانتی متر است.

الف) مساحت این زمین چقدر است؟

ب) اگر در هنگام استخراج اطلاعات از روی نقشه یک میلی متر خطا داشته باشیم. بیان کنید مساحت با چه دقتی به دست می آید.

۵- مساحت یک قطعه زمین در روی نقشه به مقیاس ۱:۲۰۰۰ معادل با ۲۰ سانتی متر مربع می باشد. مساحت روی زمین این قطعه را محاسبه نمائید.

سطوح مقایسه

- **شکل زمین :**

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

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

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

- **بیضوی مقایسه(یا الپسوئید):**

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

- **انواع بیضوی مقایسه(نمونه ها):**

بیضوی مقایسه کلارک(۱۸۸۰)	$a=6378249m, b=6356515m$ $\alpha=\frac{a-b}{a}=\frac{1}{293.5}$
بیضوی مقایسه هایفورد	$a=6378388m, b=6356912m$ $\alpha=\frac{1}{297}$

مقدار α را ضریب فشردگی(یا ضریب خوابیدگی) می نامند که هرچه کوچکتر باشد بیضوی به کره نزدیکتر است.

سال و توسط	قطر بزرگ(a)	قطر کوچک(b)
Bessel 1841	12759794	127121360
Clarke 1866	12756602	12713168
Haysara1909	1256776	12713824
Fischer1960	12756310	12713546

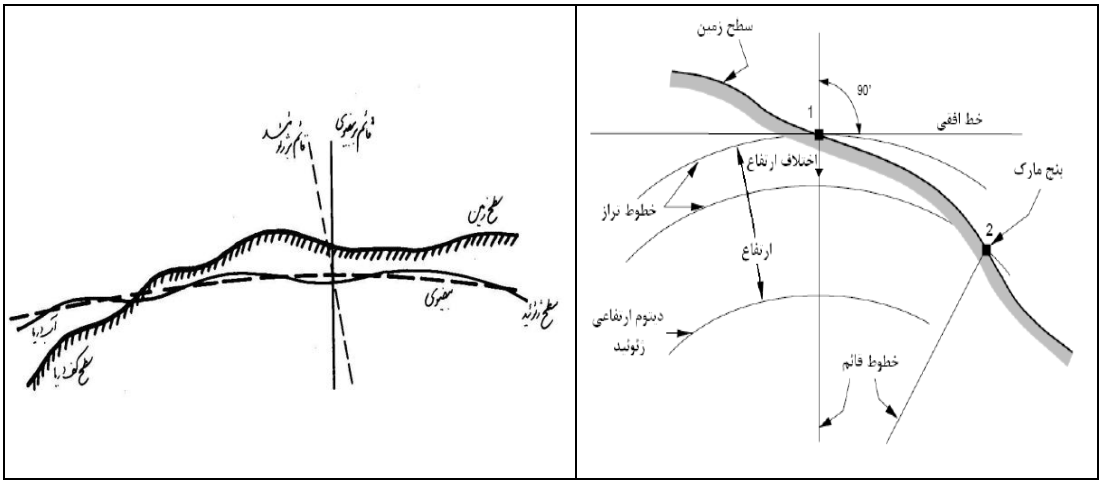
▣ سطح مبنای ارتفاعات (ژئوئید) :

اگر سطح آب آزاد اقیانوسها و دریاهای آزاد را در حالت آرام و بدون اثرات امواج و جزر و مدها در نظر بگیریم شکلی حاصل میشود که شبیه بیضوی بوده و به شکل واقعی زمین بسیار نزدیک است. این سطح را ژئوئید یا سطح تراز مبنا می نامند.(فقط تعریف فیزیکی دارد که تابع فرمول ریاضی مشخصی نبوده و بر بیضوی مقایسه که یک شکل هندسی کامل(تابع معادله ریاضی سطح) است منطبق نیست. ولی اختلاف آنها در بدترین شرایط از چندین متر تجاوز نمی‌کند.)

قائم بر بیضوی مقایسه و قائم بر ژئوئید(امتداد شاقولی) بر یکدیگر منطبق نیستند، این دو خط با هم زاویه کوچکی میسازند که مقدار آن به چند ثانیه گرادی(صد قسمتی) می رسد. این زاویه را انحراف نسبی قائم می گویند.

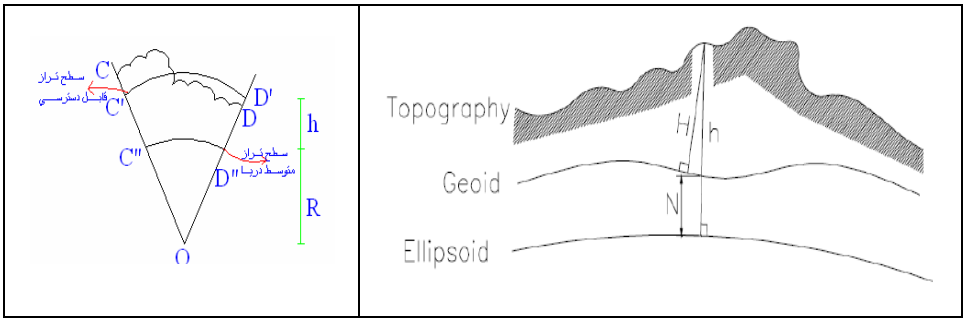
- **ژئوئید** : سطح مبنای ارتفاعات در نظر گرفته می شود و موقعیت هر نقطه زمینی از نظر ارتفاعی نسبت به آن سنجیده می شود. یا به عبارتی دیگر ژئوئید: سطح تراز با بهترین انطباق بر سطح آب دریاهای آزاد که بطور بسیار دقیقی از سری مشاهدات(سطح آب دریا) در یک بازه زمانی زیاد حداقل ۱۸/۶ سال تعیین می گردد را گویند. ارتفاع ژئوئید برابر با صفر میباشد.

- **در نقشه برداری با سه سطح سر وکار داریم:**
  - ✓ سطح طبیعی زمین که اندازه گیریها روی آن انجام می شود.
  - ✓ بیضوی مقایسه که محاسبات بر مبنای آن صورت می گیرد.
  - ✓ ژئوئید که سطح مبنای ارتفاعات است.



- **خط قائم** : خط مماس بر امتداد بردار شتاب ثقل(خط شاقولی) در یک نقطه را خط قائم گویند.
- **صفحه افق** : صفحه عمود بر خط قائم در یک نقطه، صفحه افق آن نقطه نامیده میشود.
- **خط افق** : خط عمود بر خط قائم در یک نقطه را خط افق آن نقطه گویند.
  - ✓ تمام خطوط افقی یک نقطه در روی صفحه افق آن نقطه قرار دارند.
  - ✓ خطوط قائم در نقاط مختلف با هم موازی نیستند و شبیه خطوط همراس می باشند.
- **سطح تراز** : هر سطحی که در کلیه نقاطش بر امتداد برآیند نیروهای وارد بر آن نقطه (امتداد شاقولی) عمود باشد سطح تراز خوانده میشود. یا به عبارتی سطح عمود بر امتداد قائم در نقاط مختلف سطح تراز هم پتانسیل ثقل نامیده میشود.

ژئوئید یکی از سطوح تراز است .



ارتفاع اورتومتریک (H) :

ارتفاع اورتومتریک یک نقطه، فاصله بین ژئوئید و سطح تراز گذرنده از نقطه مورد نظر در امتداد بردار شتاب ثقل گذرنده از همان نقطه می باشد.

ارتفاع از بیضوی (h):

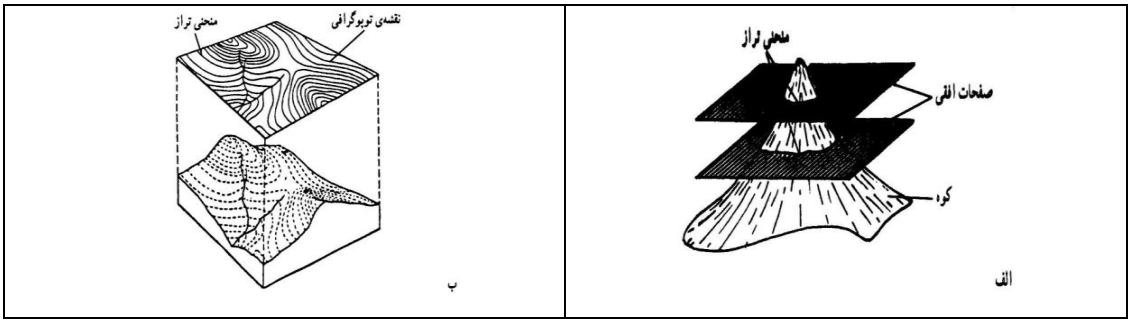
ارتفاع از بیضوی برای یک نقطه، فاصله نقطه مورد نظر از بیضوی در امتداد بردار عمود بر بیضوی(نرمال بربیضوی) گذرنده از همان نقطه می باشد. این ارتفاع از اندازه گیریهای GPS بدست میآید.

ارتفاع ژئوئید(N):

فاصله بین ژئوئید و بیضوی ارتفاع ژئوئید نامیده می شود.($N=h-H$)

اختلاف ارتفاع ارتومتریک(ΔH):

فاصله بین دو سطح تراز گذرنده از دو نقطه در امتداد بردار شتاب ثقل را اختلاف ارتفاع دو نقطه گویند.



مهم ترین مشخصات خطوط تراز عبارتند از:

۱- کلیه نقاطی که روی یک منحنی قرار گرفته اند، دارای ارتفاع یکسان و برابر با ارتفاع آن منحنی تراز می باشند.

۲- نقاطی که بین دو منحنی تراز قرار دارند ارتفاعی مابین کدهای ارتفاعی دو منحنی دارند(به استثنای خط الرأس و خط القعر افقی و قله و گودال که اختلاف ارتفاع آنها به حدی نیست که منحنی جدید رسم شود).

۳- در زمین های پرشیب منحنی های تراز به هم نزدیکتر و در زمین های کم شیب این منحنی ها از هم دور می شوند.

۴- این منحنی ها یکدیگر را قطع نمی کنند مگر در صورت وجود شیب وارونه منفی(مثلاً در وجه زیرین صخره های بیرون زده)

۵- با استفاده از این منحنی ها می توان پروفیل)مقطع (طولی را در یک امتداد رسم کرد.

۶- در زمین های شیب دار هموار، منحنی های تراز تقریباً با هم موازی اند.

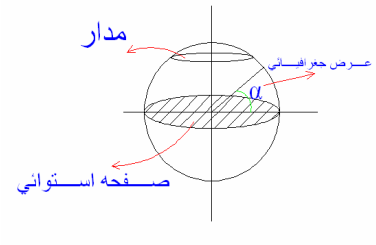
۷- برای یک قله منحنی های تراز به صورت بسته بوده و با حرکت به سمت مرکز ارتفاع آن افزایش می یابد.

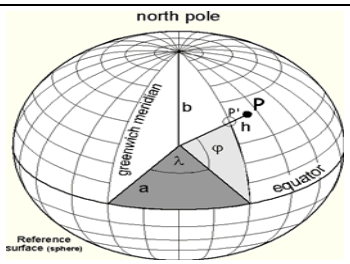
۸- برای یک گودال منحنی های تراز به صورت بسته بوده و با حرکت به سمت مرکز ارتفاع آن کاهش می یابد.

۹- ارقام ارتفاعی ذکر شده روی منحنی های میزان همواره نشانگر جهت شیب می باشند به گونه ای که سمت بالایی اعداد به طرف شیب مثبت(سربالایی) و طرف پایین آن به طرف شیب منفی(سراشیبی)است.

⊡ مختصات جغرافیایی:

- ✓ محور قطبی: محوری که شامل قطر کوچک بیضوی مقایسه باشد.
- ✓ محور استوایی: محوری که شامل قطر بزرگ بیضوی مقایسه باشد.
- ✓ مدار : اگر صفحه ای قاطع عمود بر محور قطبی باشد، سطح زمین را در دوایری قطع که به آنها مدار می گوییم. یکی از این مدارها که صفحه آن از مرکز بیضوی میگذرد و بیضوی را به دو نیمکره شمالی و جنوبی تقسیم می کند دایره(خط) استوا است.





نصف النهار:

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

سیستم مختصات کروی و مختصات جغرافیایی(λ و Φ را مختصات جغرافیایی یا مختصات کروی می نامند.)

برای مشخص کردن موقعیت نقاط، سیستم مختصات کروی مورد نیاز است که بر روی آن موقعیت هر نقطه با طول و عرض جغرافیایی تعیین شود.

طول جغرافیایی[۳]:

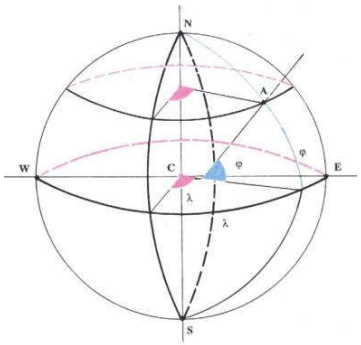
طول جغرافیایی هر نقطه عبارت است از زاویهٔ بین نصف‌النهار آن نقطه و نصف‌النهار مبدأ (نصف‌النهار گرینوچ).

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

عرض جغرافیایی[٤]:

عرض جغرافیایی هر نقطه عبارت است از فاصلهٔ زاویه‌ای بین مدار آن نقطه تا خط استوا .

عرض جغرافیایی را با Φ نشان می دهند و بین ۰ تا ۹۰ درجه تغییر می کند. و بسته به اینکه نقطه در کدام قسمتی از استوا باشد عرض شمالی یا عرض جنوبی گفته میشود.



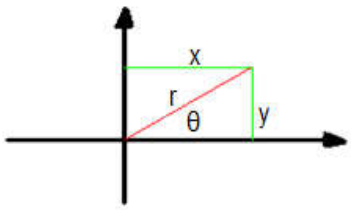
۳- Longtitude
٤- Latitude

شکل ۵- ۱: طول و عرض جغرافیایی یک نقطه روی زمین

▣ سیستمهای تصویر:

چون هدف از نقشه برداری تهیه نقشه یعنی نشان دادن جزئیات زمین بر روی صفحه تصویر است باید ترتیبی اتخاذ شود که موقعیت هر نقطه زمینی را به کمک مختصاتش در صفحه تصویر مشخص کنیم. برای نشان دادن یک نقطه روی صفحه معمولا از یکی از دو سیستم مختصات قائم الزاویه(دکارتی – (x,y)) و یا مختصات قطبی (r,θ) استفاده میشود.

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

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

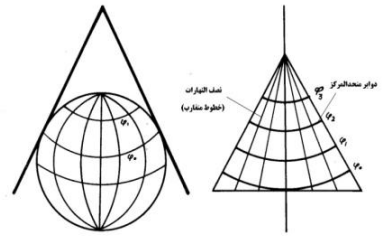
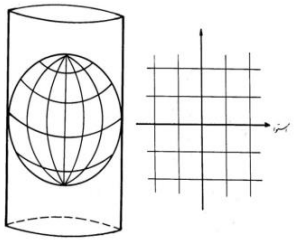
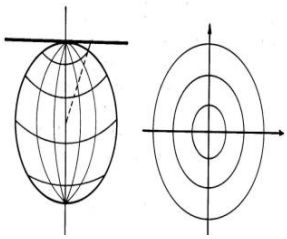
- ❖ مجموعه روابط ریاضی که بین مختصات جغرافیایی یک نقطه و مختصات قائم الزاویه آن وجود دارد اساس مبحث خاصی تحت عنوان سیستمهای تصویر را تشکیل می دهند.
- ❖ بدلیل آنکه بیضوی یا کره سطوح قابل گسترشی مثل مخروط یا استوانه نیستند که بدون پارگی باز گردند و کاملا بر صفحه تصویر منطبق شوند از حجمهای قابل گسترش بعنوان واسطه کمک می گیریم، به این ترتیب که نقاط روی بیضوی را برروی این احجام هندسی تصویر کرده و سپس این حجمها را گسترش می دهیم و بر صفحه تصویر منطبق می کنیم.
- ❖ سیستمهای تصویر معمولا بگونه ای انتخاب می شوند که اولا زاویه ها را تغییر ندهند و ثانیا مقیاس تبدیل را در یک منطقه ثابت نگهدارند.
- ❖ از انواع سیستم تصویر می توان سیستم تصویر لامبرت (استفاده از مخروط مماس بر بیضوی)، سیستم تصویر مرکاتور (استفاده از استوانه مماس در طول استوا) و سیستم U.T.M[۵] (استفاده از استوانه مماس در طول نصف النهار) را نام برد.

برای جلوگیری از تعدد استوانه های تصویری، کره را به وسیله نصف النهارات به ۶۰ قسمت که هر قسمت را یک زون[۶] یا قاچ می‌نامند تقسیم نموده حول نصف النهار مرکزی هر زون، استوانه ای بر بیضوی یا کره مماس نموده اعمال مربوطه را انجام می‌دهند. در ضمن این تقسیم بندی طوری است که نصف النهار مرکزی قاچ سی ام منطبق بر نصف النهار گرینویچ می باشد. با توجه به مطالب فوق دامنه تصویر برای هر زون نسبت به نصف النهار مرکزی مربوطه ۳ درجه در شرق و۳ درجه در غرب نصف النهار مرکزی می باشد. چون فصل مشترک صفحه نصف النهار با کره یک دایره است، بنابراین هر دو زون متقابل دارای یک

۵ - Universal Transverse Mercator
۶ - Zone

نصف النهار مرکزی می باشند. با توجه به شکل سیستم تصویر مشخص می شود که محور x منطبق بر استوا و محور y منطبق بر نصف النهار مرکزی می باشد و برای اینکه x و y منفی نداشته باشند مقدار ۵۰۰۰۰۰ متر و ۱۰۰۰۰۰۰ متر به x و y مبدأ اضافه می نمایند. این سیستم تصویر به عنوان سیستم تصویر بین المللی انتخاب شده است.

امروزه با پیدایش ماهواره و امکان انجام ژئودزی فضایی عملاً از بیضویها و سیستم .W.G.S (سیستم جهانی ژئودزی)[۷] استفاده می شود.

سیستم تصاویر مخروطی	سیستم تصاویر استوانه ای	سیستم تصاویر مرکزی
		

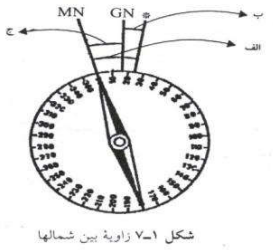
▣ انواع شمالها و چگونگی شناسایی آنها :

انواع شمالها

- شمال جغرافیایی یا شمال حقیقی[۸]
- شمال مغناطیسی[۹]
- شمال شبکه[۱۰]

چگونگی شناسایی شمالها

- انحراف مغناطیسی (الف)
- انحراف شبکه (ب)
- زاویه شبکه مغناطیسی (ج): زاویه بین شمال مغناطیسی و شمال شبکه را زاویهٔ شبکه مغناطیسی می‌نامند.



شکل ۱ـ۷ زاویهٔ بین شمالها

۷- Word Geodesy System: W.G.S.
۸ - True North
۹ - Magnetic North
۱۰ - Grid North

گرای امتدادها:

تعریف :

زاویه‌ای را که یک امتداد با یکی از شمالها در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌سازد گرای (آزیموت) آن امتداد گویند.

آزیموت یا سمت جغرافیایی یک امتداد

زاویه ای که امتداد شمال با امتداد مورد نظر در جهت گردش عقربه های ساعت می سازد را آزیموت[۱۱] یا سمت جغرافیایی آن امتداد گویند.

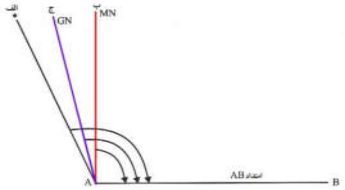
ژیزمان یا گرای یک امتداد

زاویه ای که خط موازی با نصف النهار نجومی مرجع در نقطه ابتدایی امتداد با امتداد مورد نظر در جهت گردش عقربه های ساعت می سازد را ژیزمان[۱۲] امتداد می گویند.

به عبارتی ژیزمان یک امتداد عبارت است از زاویه ای که شمال شبکه با امتداد مورد نظر در جهت گردش عقربه های ساعت می سازد.

انواع گرا یا آزیموت:

- گرای جغرافیایی(T.N) (الف)
- گرای مغناطیسی(M.N) (ب)
- گرای شبکه(G.N) (ج)



شکل ۸-۱ نمایش انواع گراها

گرای معکوس:

تعریف :

زاویه‌ای که هریک از شمالها با یک امتداد معین می‌سازند به نام گرای مستقیم نامیده می‌شود، چنانچه به گرای مستقیم مقدار ۱۸۰ درجه را اضافه یا کم کنیم، گرای معکوس به دست خواهد آمد.

$$G_{BA} = G_{AB} \pm 180$$

(اگر G_{AB} کمتر از ۱۸۰ درجه بود علامت + و اگر بیشتر از ۱۸۰ درجه بود علامت - به کار می رود.)

۱۱- Azimuth
۱۲- Gizment

امتداد قائم : در هر نقطه از سطح زمین امتداد شاقولی در آن نقطه را امتداد قائم نقطه می‌گویند.

امتداد افقی : در هر نقطه از زمین خطی است که بر امتداد قائم در آن نقطه عمود باشد. در هر نقطه بی نهایت امتداد افقی قرار دارد.

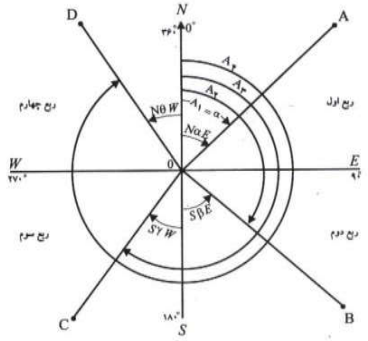
جهت یا برینگ

تعریف :

جهت (برینگ) یک امتداد عبارت است از زاویهٔ بین آن امتداد با شمال جغرافیایی یا شمال مغناطیسی.

اندازهٔ جهت بین ۰ تا ۹۰ درجه تغییر می‌کند و جهت یک امتداد را با ربعهای چهارگانه نشان می‌دهند.

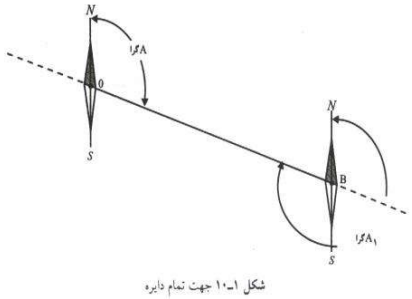
ربع اول شمال شرقی	$AZoB = N\alpha E$
ربع دوم جنوب شرقی	$AZoB = 180 - S\beta E$
ربع سوم جنوب غربی	$AZoB = 180 + S\gamma W$
ربع چهارم شمال غربی	$AZoB = 360 - N\theta W$

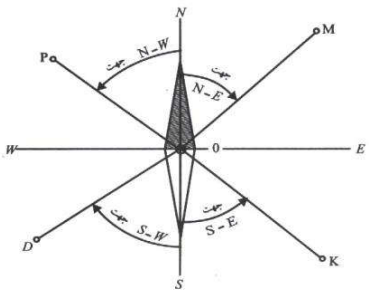


شکل ۱ـ۹ رابطهٔ جهت ربع دایره و گرا

جهت مغناطیسی :

زاویه یک راستا با امتداد شمال مغناطیسی را جهت (بیرینگ) مغناطیسی گویند.

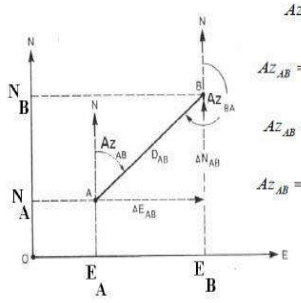

شکل ۱ـ۱۰ جهت تمام دایره



شکل ۱ـ۱۱ جهت ربع دایره

مثال :

مطلوبست تعیین زاویه حامل، آزیموت و طول امتداد AB



- ربع اول: $0^\circ <= Az_{AB} < 90^\circ$ و $\Delta E > 0$ و $\Delta N > 0$ $\quad Az_{AB} = \alpha_{AB}$
- ربع دوم: $90^\circ <= Az_{AB} < 180^\circ$ و $\Delta E > 0$ و $\Delta N < 0$ $\quad Az_{AB} = \pi - \alpha_{AB}$
- ربع سوم: $180^\circ <= Az_{AB} < 270^\circ$ و $\Delta E < 0$ و $\Delta N < 0$ $\quad Az_{AB} = \pi + \alpha_{AB}$
- ربع چهارم: $270^\circ <= Az_{AB} < 360^\circ$ و $\Delta E < 0$ و $\Delta N > 0$ $\quad Az_{AB} = 2\pi - \alpha_{AB}$

$$\alpha_{AB} = Arctg\left(\left|\frac{\Delta E_{AB}}{\Delta N_{AB}}\right|\right) \qquad D_{AB} = \sqrt{\Delta E_{AB}^2 + \Delta N_{AB}^2}$$

جواب

$$A\begin{cases}E=1450.980\\N=-8976.987\end{cases}\quad;\quad B\begin{cases}E=-1276.370\\N=3676.590\end{cases}$$

$$\left.\begin{aligned}\Delta E_{AB}&=E_B-E_A=-1250.370-1450.980=-2701.350 &&<0\\ \Delta N_{AB}&=N_B-N_A=3676.590-(-8976.987)=12653.577 &&>0\end{aligned}\right\}\Rightarrow IV$$

$$\alpha_{AB}=Arctg\left(\left|\frac{\Delta E_{AB}}{\Delta N_{AB}}\right|\right)=Arctg\left(\left|\frac{-2701.350}{12653.577}\right|\right)=Arctg\left(\left|\frac{-2701.350}{12653.577}\right|\right)$$

$$\alpha_{AB}=Arctg\left(\left|-0.213485\right|\right)=12.050891^{\circ}$$

$$IV\Rightarrow Az_{AB}=2\pi-\alpha_{AB}=360^{\circ}-12.050891^{\circ}=347.949109^{\circ}$$

$$D_{AB}=\sqrt{\Delta E_{AB}^2+\Delta N_{AB}^2}=\sqrt{(-2701.350)^2+12653.577^2}=12938.713$$

مثال :

مطلوبست تعیین زاویه حامل، آزیموت و طول امتداد AC را با توجه به مقادیر داده شده زیر مشخص نمایید.

ΔE_{AC}=-۲۲۴۸.۴۵ و ΔN_{AC}= -۱۹۰.۴۰

جواب :

زاویه حامل AC

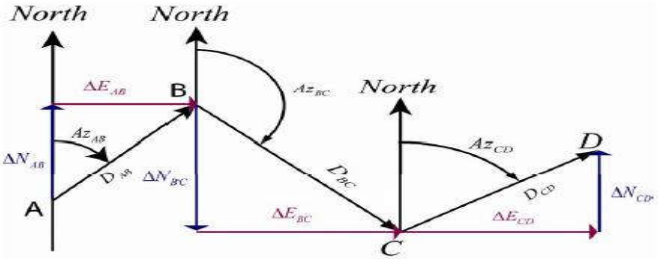
$$\alpha_{AC}=Arctg\left(\left|\frac{\Delta E_{AC}}{\Delta N_{AC}}\right|\right)=Arctg\left(\left|\frac{-2248.450}{-190.400}\right|\right)=85^{\circ}09'35''$$

$$III\Rightarrow Az_{AC}=\pi+\alpha_{AC}=265^{\circ}09'35''$$ آزیموت AC

طول AC

$$D_{AC}=\sqrt{\Delta E_{AC}^2+\Delta N_{AC}^2}=\sqrt{(-2248.450)^2+(-190.400)^2}=2256.497$$

نحوء انتقال مختصات :



$$\begin{cases}\Delta E_{AB}=D_{AB}\times\sin Az_{AB}\\ \Delta N_{AB}=D_{AB}\times\cos Az_{AB}\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}E_B=E_A+\Delta E_{AB}=E_A+D_{AB}\times\sin Az_{AB}\\ N_B=N_A+\Delta N_{AB}=N_A+D_{AB}\times\cos Az_{AB}\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta E_{BC}=D_{BC}\times\sin Az_{BC}\\ \Delta N_{BC}=D_{BC}\times\cos Az_{BC}\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}E_C=E_B+\Delta E_{BC}=E_B+D_{BC}\times\sin Az_{BC}\\ N_C=N_B+\Delta N_{BC}=N_B+D_{BC}\times\cos Az_{BC}\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta E_{CD}=D_{CD}\times\sin Az_{CD}\\ \Delta N_{CD}=D_{CD}\times\cos Az_{CD}\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}E_D=E_C+\Delta E_{CD}=E_C+D_{CD}\times\sin Az_{CD}\\ N_D=N_C+\Delta N_{CD}=N_C+D_{CD}\times\cos Az_{CD}\end{cases}$$

$$\begin{cases}E_D=E_A+\Delta E_{AB}+\Delta E_{BC}+\Delta E_{CD}=E_A+D_{AB}\times\sin Az_{AB}+D_{BC}\times\sin Az_{BC}+D_{CD}\times\sin Az_{CD}\\ N_D=N_A+\Delta N_{AB}+\Delta N_{BC}+\Delta N_{CD}=N_A+D_{AB}\times\cos Az_{AB}+D_{BC}\times\cos Az_{BC}+D_{CD}\times\cos Az_{CD}\end{cases}$$

▣ توجیه نقشه:

- توجیه نقشه اولین قدم برای استفاده از نقشه است.

- توجیه نقشه یکی از کارهای اصلی و اساسی کار با نقشه است.
- پس از توجیه، کلیهٔ امتدادهای روی نقشه به موازات و در جهت امتدادهای مشابه خود در طبیعت قرار می‌گیرند. در این حالت است که می‌توان به نحو صحیح از نقشه استفاده کرد.

روشهای توجیه نقشه:

- توجیه مغناطیسی
- توجیه با امتدادهای معلوم

▣ علایم قراردادی، رنگهای نقشه و اطلاعات حاشیه‌ای

کلیات :

در ترسیم نقشه استفاده از علایم بسیار گویاتر از نوشتن اسامی است.

شرایط علائم قراردادی

الف) به شکل عارضه شباهت داشته باشند.

ب) همگانی باشند.

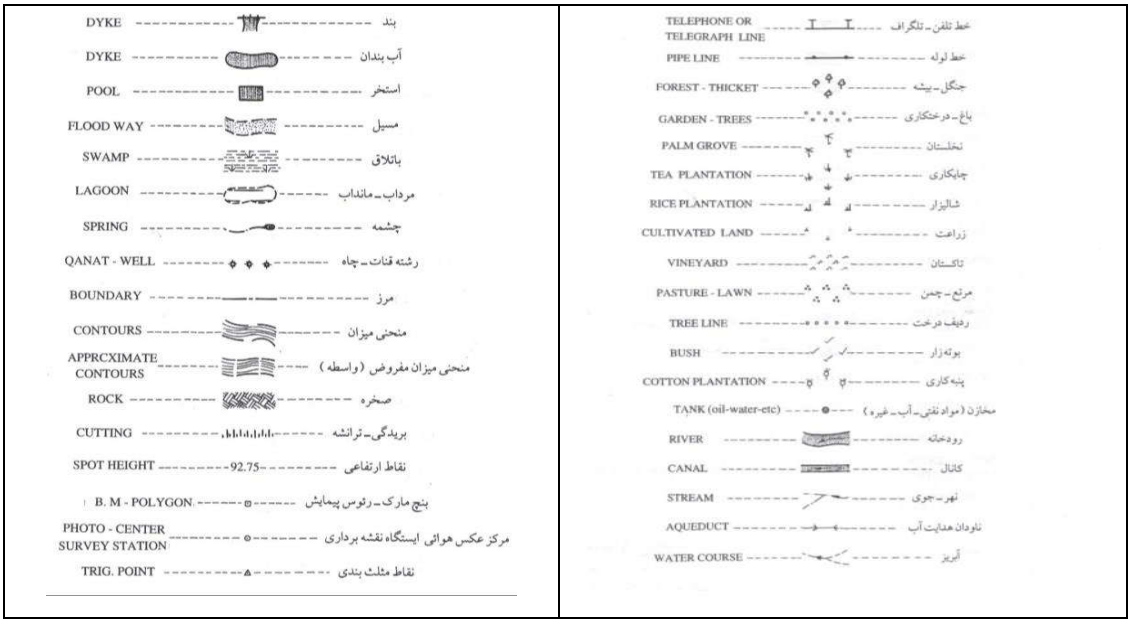
ج) ابعاد آنها با مقیاس نقشه تناسب داشته باشد.

د) به غیر از موارد یاد شده، می‌توان از رنگ‌آمیزی استفاده کرد.

نشان دادن ارتفاعات مختلف به کمک رنگ مطابق :

آبی سیر	برای ارتفاعات ۰ تا ۱۰۰ متر
سبز	برای ارتفاعات ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر
زرد	برای ارتفاعات ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر
قهوه‌ای روشن	برای ارتفاعات ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر
قهوه‌ای	برای ارتفاعات ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر
قهوه‌ای قرمز	برای ارتفاعات ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر
قرمز قهوه‌ای	برای ارتفاعات ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر
سفید	۴۰۰۰ متر به بالا

علائم قراردادی در نقشه



عملیات نقشه‌برداری شامل:

- عملیات صحرایی
- عملیات دفتری

قسمت عمده کار صحرایی شامل اندازه‌گیریهاست و کارهای محاسباتی و ترسیم به کار دفتری موسوم است.

مراحل عملیات صحرایی شامل:

اندازه‌گیری:

- اندازه گیری طول(طولیابی)(اندازه‌گیری فاصله افقی – اندازه‌گیری فاصله قائم)
- اندازه گیری ارتفاع (ترازیابی)
- اندازه گیری زاویه (زاویه یابی)(اندازه‌گیری زاویه افقی – اندازه‌گیری زاویه قائم)

وسائل و ابزار اندازه‌گیری:

الف) وسایل اندازه‌گیری طول مانند متر و فاصله‌یاب (نیوو)

ب) اندازه‌گیری زاویه مانند قطب‌نما و تئودولیت

ج) وسایل اندازه‌گیری فاصلهٔ قائم یا اختلاف ارتفاع مانند شاخص و ترازیاب

مراحل عملیات دفتری شامل:

الف) محاسبات: تفسیر نتایج عددی اندازه‌گیریهاست.

ب) ترسیم نقشه

نقاط کنترل

- **تعریف** : به نقاطی از سطح زمین که طول و عرض و ارتفاع آنها معلوم باشد نقاط کنترل می‌گویند.

فصل دوم : شناخت وسایل اندازه‌گیری و روشهای کاربردی

- **هدف کلی :**

- آشنایی با وسائل مشخص کننده نقاط
- آشنایی با وسائل مشخص کننده امتدادهای قائم و افقی
- شیب‌سنج و کاربرد آن
- گونیا و کاربرد آن
- طریقه ژالون‌گذاری
- اندازه‌گیری طول افقی در زمینهای شیبدار و مسطح
- انواع خطا و منابع آنها

هدفهای آموزشی

- کلیات :

- وسایل مشخص کننده نقاط
- وسایل مشخص کننده امتدادهای قائم و افقی
- قسمتهای مختلف شیب‌سنج دستی
- موارد استفاده از گونیا
- طرز ژالون‌گذاری
- اندازه‌گیری طول افقی در زمینهای مسطح و شیب‌دار
- خطا
- خصوصیات خطاهای اتفاقی
- خطای متوسط حسابی و هندسی و ماکزیمم
- خطای مطلق و نسبی

مقدمه کلی فصل :

- شناخت دستگاههای اندازه‌گیری یک کمیت
- روشهای کار با دستگاهها
- انواع اندازه‌گیریها: طول، زاویه، اختلاف ارتفاع

آشنایی با اندازه‌گیریها:

- اندازه‌گیریها در نقشه‌برداری شامل:

الف) اندازه‌گیری طول

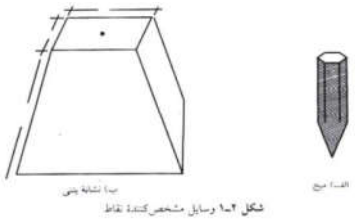
ب) اندازه‌گیری زاویه

ج) اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع

- **نکته:** هرگاه سه کمیت طول، زاویه و اختلاف ارتفاع در یک عملیات با یک دستگاه انجام گیرد این کار را تاکئومتری می گویند.

- **وسایل مشخص کننده نقاط:**

  - میخ چوبی
  - میخ آهنی
  - نشانه‌های بتنی (به شکل هرم ناقص)



شکل ۲ـ۱ وسایل مشخص‌کنندهٔ نقاط

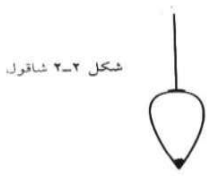
- **بنچ مارک** : نقاط ثابتی هستند که ارتفاع آنها برای نقشه بردار معلوم است که خود چهار نوع است:

  - ✓ بنچ مارک ژئودزی
  - ✓ بنچ مارک دائمی
  - ✓ بنچ مارک اختیاری
  - ✓ بنچ مارکهای موقتی

وسایل مشخص کننده امتدادهای قائم و افقی

برای مشخص کردن امتدادهای قائم از شاقول و ژالون استفاده می‌کنند. همچنین انواع ترازها که دقیق‌ترین آنها تراز لوله‌ای است برای ایجاد امتدادهای افقی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ادامه به شرح این وسایل می‌پردازیم.

- **شاقول:**

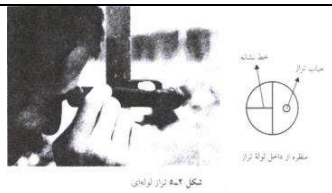


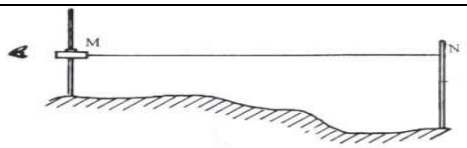
شکل ۲ـ۲ شاقول

ژالون:

شکل ۲-۴

تراز لوله‌ای دستی :





شکل ۲ ـ ۶ اندازه‌گیری فاصلهٔ دونقطه به کمک تراز لوله‌ای

نوارهای اندازه‌گیری فولادی:

در انواع مختلف ساخته می‌شوند و جهت اندازه‌گیری فاصله در سطوح شیب‌دار و مسطح کاربرد دارند.

شیب‌سنج دستی:

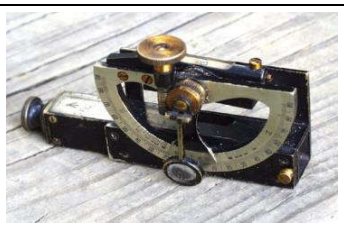
از سه قسمت تشکیل شده :

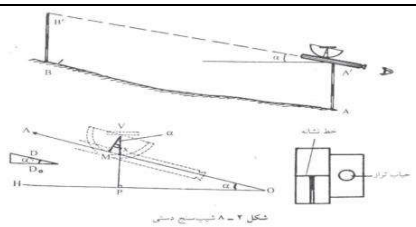
- لوله
- قوس مدرج
- تراز لوله‌ای

کاربرد:

تعیین شیب یک امتداد مطابق شکل ۲ـ۸

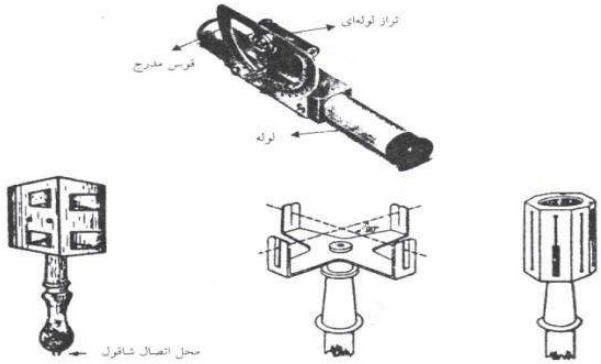
شیب‌سنج دستی:





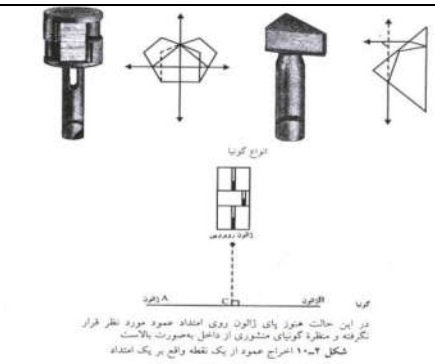
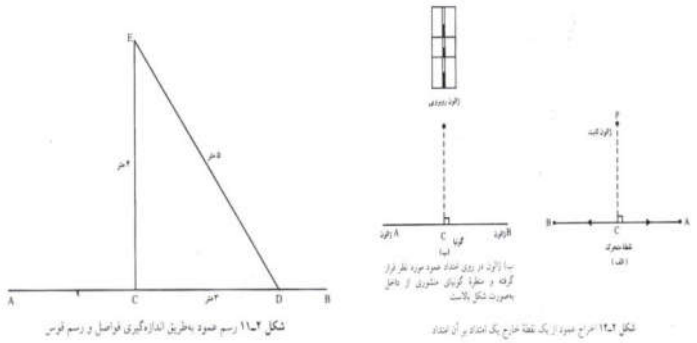
گونیا:

- **تعریف:** گونیاها وسایلی‌اند که به کمک آنها می‌توان زوایای ۹۰ درجه و ۴۵ درجه را روی زمین تعیین کرد.
- **انواع گونیا:**
  - شکافدار
  - آینه‌ای
  - منشوری



شکل ۲ـ۹ انواع گونیا

کاربرد گونیا:

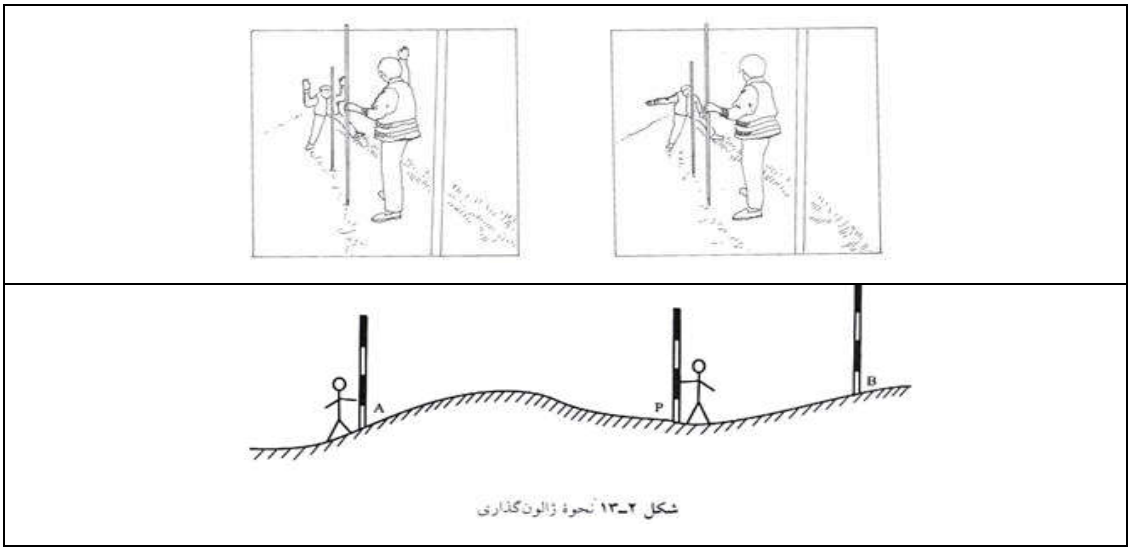
۱- اخراج عمود از یک نقطه روی یک امتداد بر آن امتداد :	
۲- اخراج عمود از یک نقطه خارج از یک امتداد بر آن امتداد :	

طرز ژالون گذاری یک امتداد برای اندازه‌گیری فاصلهٔ دو نقطه در آن امتداد

هدف از ژالون گذاری:

- تعیین یک امتداد مستقیم
- مترکشی امتداد یا مسیر

ژالون گذاری:



شکل ۲ـ۱۳ نحوهٔ ژالون‌گذاری

اندازه‌گیری طول افقی با وسایل ساده

اندازه‌گیری طول به روش مستقیم در زمین مسطح

روش کار:

- باید امتداد موردنظر را ژالون‌گذاری و با میخ مشخص کرد.
- فواصل بین میخها را با نوار اندازه‌گیری اندازه گرفت.

اندازه‌گیری طول افقی به روش مستقیم در زمین شیبدار

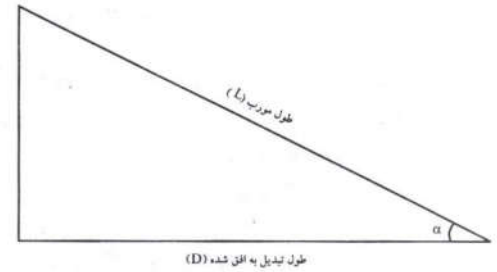
روش کار:

پس از ژالون‌گذاری، میخکوبی و استقرار متر بصورت افقی سپس فواصل میخها با متر اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.

تعیین طول در سطح شیبدار با اندازه‌گیری طول مورب و زاویه شیب

روش کار:

ابتدا فاصلهٔ مورب بین دو نقطه را با نوار و سپس زاویهٔ شیب بین دو نقطه را با دستگاه شیب‌سنج اندازه می‌گیرند. آنگاه، با استفاده از رابطهٔ $L\cos\alpha = D$ طول افقی بین دو نقطه را محاسبه می‌کنند.



شکل ۲ـ۱۷ تعیین طول در سطح شیب‌دار با اندازه‌گیری طول مورب و زاویهٔ شیب

خطاها:

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

منابع عمده این اختلاف عبارتند از:

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

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

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

انواع خطا:

- ❑ الف) خطای تدریجی(سیستماتیک) :
  - خطا در قرائت طول متر
  - خطا بر اثر انحراف از خط راست
  - خطا بر اثر گرما
  - خطا بر اثر خمیدگی
  - خطا بر اثر افقی نبودن مسیر
- ✖ خطاهای سیستماتیک همگی در یک جهتند و باهم جمع می شوند.
- ✖ 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.
- ❑ ب) خطای اتفاقی(تصادفی) :

این خطاها که به طور کامل نمی‌توان آنها را تعیین کرد گاهی مثبت و گاهی منفی‌اند و موارد زیر را شامل می‌شوند:

- جابه‌جا شدن میخها
- مایل قرار گرفتن ژالون
- ثبت قرائتها

✖ 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 می شود 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.

❑ ج) اشتباه :

وقتی که اندازه‌گیری یک کمیت تحت تأثیر بی‌توجهی، حواس‌پرتی، رعایت نکردن دستورالعملهای کار قرار می‌گیرد اندازهٔ به دست آمده با مقدار حقیقی تفاوت زیاد دارد که آن را اشتباه می‌گویند.

روشهای تخصیص اشتباهات :

۱- تکرار اندازه گیریها

۲- کنترل جوابها و انجام عملیات به گونه ای که کنترل ممکن باشد.

۳- انجام عملیات بصورت رفت و برگشتی

✖ **تفاوت خطا و اشتباه:**

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

خطاهای اتفاقی:

با فرض اینکه اندازه حقیقی کمیت x و نتیجه حاصل از اندازه‌گیری کمیت L باشد، مقدار خطای اتفاقی برابر است با:

$$x - l = \Delta$$

مقدار خطا برحسب ۱ < x یا ۱ > x ، مثبت یا منفی خواهد بود.

- حد خطای اتفاقی:

$$\lim \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \ldots + \Delta_n}{n} = 0$$

خطای متوسط حسابی (عددی):

فرض کنید نتایج حاصل از اندازه گیری یک کمیت که با یک وسیله دقیق اندازه گیری شده بترتیب $a_1, a_2, \ldots, a_n$ باشد. در این صورت میانگین حسابی با رابطه زیر محاسبه میشود

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + \ldots + a_n}{n} = \frac{\sum a_i}{n} \quad \text{یا} \quad \bar{x} = \frac{\sum L_i}{n}$$

میانگین حاصل از n بار اندازه‌گیری یک کمیت را محتمل‌ترین مقدار کمیت مذکور می‌گویند.

اگر مقدار حقیقی کمیت را a و تفاضل آن را با میانگین α بنامیم. تفاضل هر کمیت (a_i) را با هریک از مقادیر میانگین و واقعی بترتیب با v و e فرض کنیم خواهیم داشت :

خطای میانگین $\alpha = \bar{a} - a$

خطای ظاهری $v_i = a_i - \bar{a}$

خطای واقعی $e_i = a_i - a$

از طرفی خطای متوسط حسابی طبق روبط $v_a = \frac{\sum |v_i|}{n}$ تعریف میشود.

خطای متوسط هندسی و خطای ماکزیمم

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.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum e_i^2}{n}} \quad ؛ \quad (e_i = a_i - a \quad \text{خطای واقعی})$$

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

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}} \quad ؛ \quad (\alpha = \bar{a} - a \quad \text{خطای میانگین})$$

برای ارزشیابی درجه دقت یک‌سری اندازه‌گیری از یک کمیت، باید خطای متوسط هندسی کمیت را به دست آورد. بنابراین اگر E خطای متوسط هندسی و Δ_1 , Δ_2 , Δ_3, ... , Δ_n خطاهای اتفاقی اندازه‌گیری باشد، خواهیم داشت:

$$E^2 = \frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 \Delta_3^2 + \ldots + \Delta_n^2}{n-1} r \quad Or \quad E = \pm\sqrt{\frac{\sum \Delta_n^2}{n-1}}$$

معمولاً ۲/۵ برابرخطای متوسط هندسی را خطای ماکزیمم اندازه‌گیریها نامند و مقدار آن برابراست با: $E_m = 2.5E$

$$\alpha = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \quad (\text{خطای میانگین})$$

توضیحات :

با توجه به اینکه $\bar{a} = \frac{1}{n}\sum a_i$ می توان نتیجه گرفت $\sum v_i = 0$

و از طرفی خطای واقعی برابر است با خطای ظاهری منهای خطای میانگین است.

با به توان رساندن دو طرف معادله $e_i = v_i + \alpha$ خواهیم داشت $e_i^2 = v_i^2 + \alpha^2 + 2\alpha v_i$ و از دو طرف معادله سیگما می گیریم و معادله را بر حسب مربع خطای میانگین مرتب می نماییم رابطه(۱).

و با توجه به رابطه خطای واقعی از دو طرف معادله سیگما می گیریم و به توان ۲ می رسانیم و با چشم پوشی از مقادیر کوچک بسط داریم $\sum_1^n e_i^2 = n^2\alpha^2$ و معادله را بر حسب مربع خطای میانگین(α) مرتب می نماییم رابطه(۲).

طرفهای دوم رابطه های (۱) و (۲) را با هم مساوی قرار می دهیم. و نتیجه آن $\delta = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}$ خواهد بود.

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

$$\sum v_i = 0$$

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

$$e_i = v_i + \alpha$$

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

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

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

$$e_i = v_i + \alpha$$

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

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

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

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

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

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

با استفاده از روابط بالا میتوان نتیجه گرفت که :

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

اگر کمیتی M مرتبه اندازه گیری شود خطای متوسط هندسی برابر خواهد بود : $\delta = \pm\alpha\sqrt{\frac{N}{M}}$

و همانطور که ملاحظه میشود چنانچه تعداد اندازه گیریها بسیار زیاد شود مقدار خطای میانگین به سمت صفر میل خواهد کرد و در این صورت میانگین اندازه گیریها به مقدار واقعی کمیت نزدیک خواهد شد.

مثال:

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

L۱=۲۵۱.۴۵ ؛ L۲= ۲۵۱.۴۶ ؛ L۳= ۲۵۱.۴۷ ؛ L۴= ۲۵۱.۴۴ ؛ L۵= ۲۵۱.۴۴

L۶= ۲۵۱.۵۱ ؛ L۷= ۲۵۱.۴۸ ؛ L۸= ۲۵۱.۴۴ ؛ L۹= ۲۵۱.۴۸ ؛ L۱۰=۲۵۱.۴۹

جواب :

$$\bar{L} = \frac{\sum L_i}{n} = 251.466$$
$$v_1 = -0.016 \quad v_2 = -0.006 \quad v_3 = +0.004$$
$$v_4 = -0.026 \quad v_5 = -0.026 \quad v_6 = +0.044$$
$$v_7 = +0.014 \quad v_8 = -0.026 \quad v_9 = +0.014$$
$$v_{10} = +0.024$$
$$\delta = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}} = \delta = \sqrt{\frac{0.00524}{9}} = 0.024$$
$$e_M = 2.5\delta = 2.5 * 0.024 = 0.060$$
$$e_a = \frac{\sum |v_i|}{10} = \frac{0.2}{10} = 0.02$$

مثال :

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

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

مثال:

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

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

محاسبه خطای معیار در اندازه گیریهای غیر مستقیم :

فرض می کنیم کمیتی مثل A از طریق اندازه گیری از چند کمیت دیگر که مقادیرشان x و y و z است با رابطه ای بصورت $A = F(x, y, z)$ بدست آمده باشد. با یک سری محاسبات ریاضی و در صورتیکه $\delta_z, \delta_y, \delta_x$ بترتیب خطای معیار کمیتهای x و y و z باشند داریم: $\delta_A = \sqrt{((\frac{\partial F}{\partial x} * \delta_x)^2 + (\frac{\partial F}{\partial y} * \delta_y)^2 + (\frac{\partial F}{\partial z} * \delta_z)^2)}$

حالتهای خاص:

خطای مجموع:

$$s = x + y + z$$
$$\delta_s = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2}$$

خطای تفاضل :

$$d = x - y$$
$$\delta_s = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2}$$

خطای حاصلضرب :

$$q = x * y * z$$

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

خطای خارج قسمت :

$$p = x / y$$

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

مثال:

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

$$s = x + y + z$$

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

$$n = 450/50 = 9$$

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

مثال:

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

$$A = x.y$$

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

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

مثال:

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

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

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

میانگین وزن دار اندازه گیریها:

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

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

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

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

میانگین گروه اول ۱۴۹.۷۸ متر وخطای معیار آن ۰.۰۳۷ متر

میانگین گروه دوم ۱۴۹.۷۷ متر وخطای معیار آن ۰.۰۴۷ متر

نزدیکترین مقدار طول این خط را بدست آورید؟

جواب :

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

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

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

منحنی نمایش خطاها(منحنی گوس):

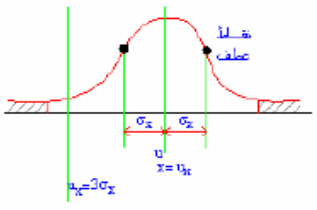
نحوه توزیع خطاهای تصادفی را میتوان بوسیله یک فرمول و یا یک منحنی تعیین کرد که آنرا تابع توزیع خطا و یا منحنی توزیع نرمال میگویند.

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

$\sigma_x, u_x =$ اعداد ثابت

$u_x = u_{mean} =$ میانگین

$\sigma_x =$ انحراف استاندارد معیار پراکندگی



که رابطه فوق را می توان بصورت کلی به شکل تابع $y = k * e^{-h^2 x^2}$ نمایش داد.

خطای مطلق و نسبی

تعریف :

مقدار خطای حاصل از یک اندازه‌گیری را خطای مطلق می‌نامند.

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

تعریف خطای نسبی	رابطه تعریف شده
خطای نسبی = خطای مطلق / مقدار کمیت	$e_r = \frac{\delta}{l}$

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

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

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

منابع خطاها:

الف) خطای دستگاهی، مانند خطای حاصل از اندازه‌گیری با نوار نادرست.

ب) خطای انسانی، مانند عدم دقت در قرائت دقیق زاویه با تئودولیت.

ج) خطای طبیعی، مانند خطای ناشی از انکسار، نور، باد، دما و ...

مثال:

مسافتی برابر ۵۰۰۰ متر را با یک نوار فلزی ۵۰ متری که خطای متوسط هر دهنه آن برابر ±۵ میلیمتر است می خواهیم اندازه گیری کنیم برای دستیابی به دقت ۱/۵۰۰۰۰ این مسافت را چند بار باید اندازه گیری کنیم؟

$$\frac{1}{50000} = \frac{e_M}{5000*1000} \Rightarrow e_M = 100mm$$
$$\delta = \frac{e_M}{2.5} = \frac{100}{2.5} = 40mm$$
$$N = 5000/50 = 100$$
$$\delta = \pm\alpha\sqrt{\frac{N}{M}} = \pm 5*\sqrt{\frac{100}{M}} \Rightarrow M = 2$$

تمرین ۱: برای تهیه یک نقشه توپو گرافی به مقیاس ۱/۵۰۰۰ در صورتیکه خطای ترسیم ۰.۲ میلیمتر باشد حداکثر خطای قابل قبول در اندازهگیریهی طول در صحرا چند متر است؟

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

تمرین ۳ : در اندازه گیری یک مسافت ۲۵۰ متری با نوار فلزی ۳۰ متری چند مرتبه اندازه گیری را باید تکرار کرد در صورتیکه دقت نسبی مورد نظر ۱/۱۰۰۰۰ و خطای قرائت هر طرف نوار ۱ سانتیمتر باشد؟

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

$$a = 245.68m$$
$$b = 195.28m$$

اگر اندازه گیری طول زمین با خطای ۵ cm± و اندازه گیری عرض آن با خطای۳ Cm± همراه باشد خطای اندازه گیری محیط و مساحت زمین را تعیین کنید؟

فصل سوم: شناخت دستگاههای اندازه‌گیری و نحوهٔ کار با آنها

هدف کلی :

- آشنایی با دستگاه تئودولیت
- موارد کاربرد تئودولیت
- طرز اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با دستگاه ترازیاب
- انواع ترازیابی
- چگونگی اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه به کمک وسایل ساده

هدفهای آموزشی

- اجزای دستگاه تئودولیت و ترازیاب
- چگونگی مستقر کردن دستگاههای تئودولیت و ترازیاب
- طرز اندازه‌گیری زاویهٔ افقی و قائم با تئودولیت
- اندازه‌گیری و محاسبه فاصلهٔ افقی با دستگاه تئودولیت
- نقاط ثابت ارتفاعی و منظور از ارتفاع یک نقطه
- ترازیاب و کاربرد
- اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با دستگاه ترازیاب
- ترازیابی تدریجی و خطی

مقدمه کلی فصل :

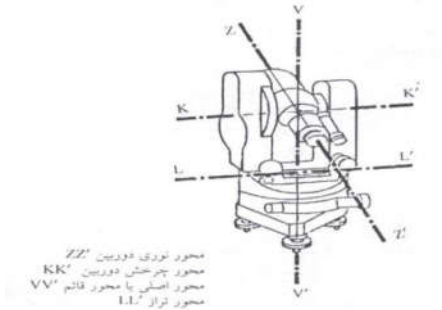
- آشنایی با مفاهیم ارتفاع و سطح مبناء ارتفاعات
- آشنایی با قسمتهای مختلف دستگاه تئودولیت
- چگونگی کار با تئودولیت
- دستگاه ترازیاب و روش کار با آن

تئودولیت:

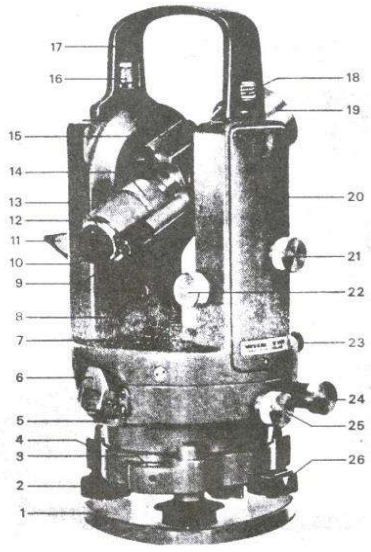
کاربرد:

- اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم
- اندازه‌گیری فاصله
- اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع

انواع تئودولیت

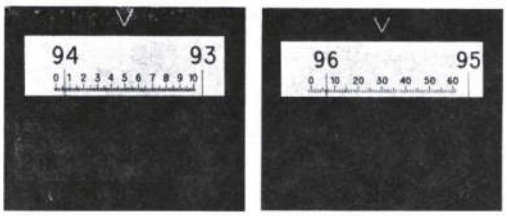


شکل ۳ـ۱ محورها در دستگاه تئودولیت

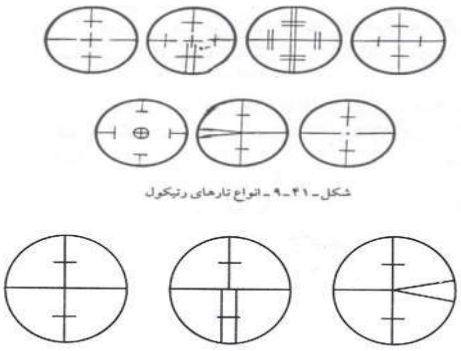


شکل ۳ـ۲ اجزای دستگاه تئودولیت

۱. صفحهٔ اتصال تئودولیت به سه پایه، ۲. پیچهای ترازکننده، ۳. تراز کروی، ٤. پایه، ۵. سکوی کلید نگه‌دارندهٔ دایرهٔ مدرج افقی، ٦. کلید نگه‌دارنده دایرهٔ مدرج افقی، ۷. تراز استوانه‌ای، ۸. محفظهٔ گرفتن نور، ۹. میکروسکوپ قرائت زاویه، ۱۰. چشمی دوربین، ۱۱. آینهٔ نورگیر برای تأمین روشنایی داخل تئودولیت، ۱۲. آلیداد، ۱۳. پیچ‌بازکردن چشمی دوربین از آن، ١٤. پیچ تنظیم تصویر، ۱۵. مگسک، ١٦. پیچ اتصال دستگیره به آلیداد، ۱۷. دستگیرهٔ حمل دوربین، ۱۸. ضامن آزادکنندهٔ دستگیره از آلیداد، ۱۹. دوربین، ۲۰. نشانهٔ مخصوص اندازه‌گیری ارتفاع دوربین از روی زمین، ۲۱. پیچ بستن حرکت تند قائم دوربین، ۲۲. شاقول اپتیکی، ۲۳. پیچ حرکت کند افقی، ٢٤. پیچ بستن حرکت تند افقی دوربین، ۲۵. ضامن آزاد کردن آلیداد از پایه.



شکل ۳ـ۳ نحوه قرائت ورنیه

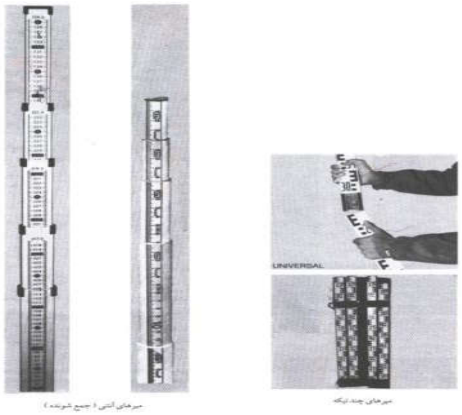


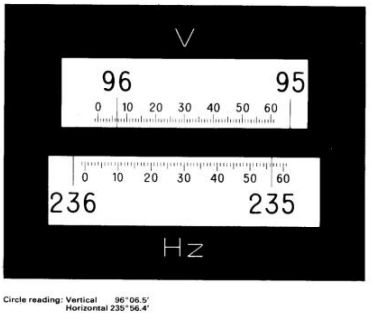
شکل ـ ۴۱ ـ ۹ ـ انواع تارهای رتیکول

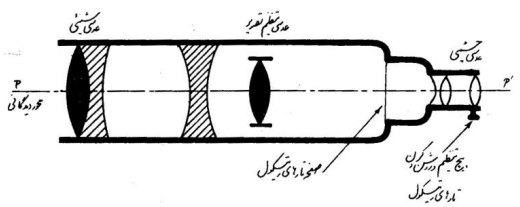
شکل ۳ـ٤ چندنمونه تار رتیکول

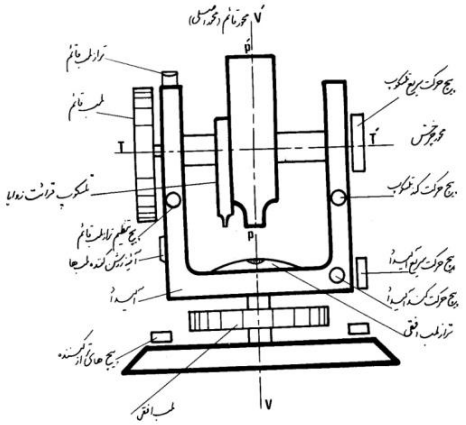
مستقر کردن تئودولیت در نقطه‌ای مشخص

- استقرار دستگاه روی ایستگاه
- تراز کردن دستگاه
- سانتراژ یا شاقول میله‌ای در یک کار ژئودزی

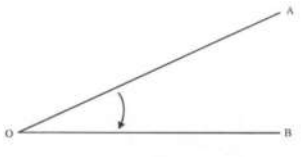








طرز اندازه‌گیری زاویه افقی با تئودولیت



شکل ۳ـ۷ اندازه‌گیری زاویه

$$A\hat{O}B = R_{\hat{B}} - R_{\hat{A}}$$

- اگر لمب افقی از درجه صفر ، گذشته باشد در این صورت مقدار زاویه برابرست با:

$$A\hat{O}B = R_{\hat{B}} + 360^{\circ} - R_{\hat{A}}$$
$$A\hat{O}B = R_{\hat{B}} + 400^{\circ} - R_{\hat{A}}$$

خطاهای اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم با تئودولیت

- انواع خطاها:
  - دستگاهی
  - عملیاتی
- مهم‌ترین خطاهای عملیاتی:

الف) خطای قائم نبودن محور اصلی

ب) خطای استقرار دستگاه بر روی نقطه (خطای ایستگاه‌گذاری)

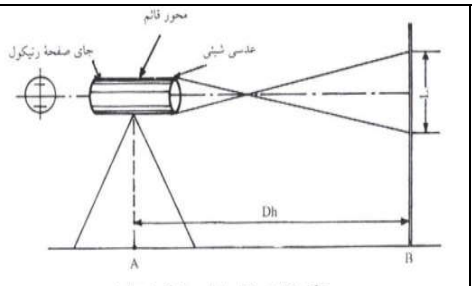
ج) خطای ثابت نبودن دستگاه در موقع اندازه‌گیری

د) خطای نشانه‌روی

هـ) خطای قرائت

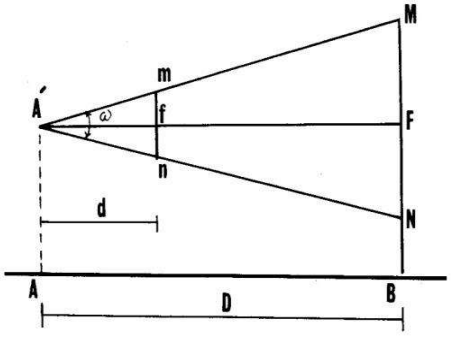
- **نکته:** حذف خطاهای دستگاهی با روش کوپل

طرز اندازه‌گیری فاصله با تئودولیت (استادیمتری):



شکل ۳ـ۸ نحوهٔ فاصله‌یابی به کمک تئودولیت

Dh=KL



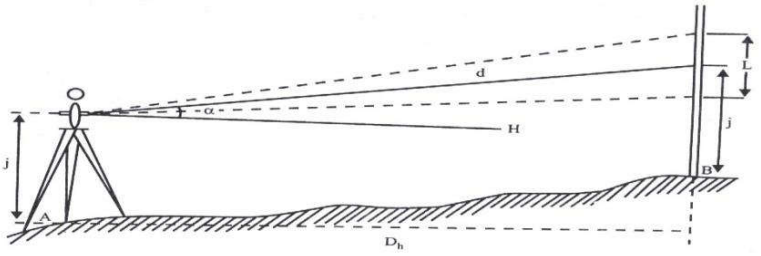
$\frac{d}{D} = \frac{\overline{mn}}{\overline{MN}} \Rightarrow D = \overline{AB} = \frac{d}{mn} \times \overline{MN}$

تذکر مهم:

شرط استفاده از رابطه Dh=۱۰۰L آن است که امتداد شاخص بر امتداد نشانه‌روی عمود باشد.

اگر شاخص درحالت افقی بودن دوربین دیده نشود فرمول فاصله در سطح شیبدار عبارتست از:

$$Dh = 100 l \cos^2 \alpha$$



شکل ۳ـ۱۱ محاسبهٔ فاصلهٔ افقی در حالتی که امتداد قراولروی بر امتداد شاخص عمود نباشد.

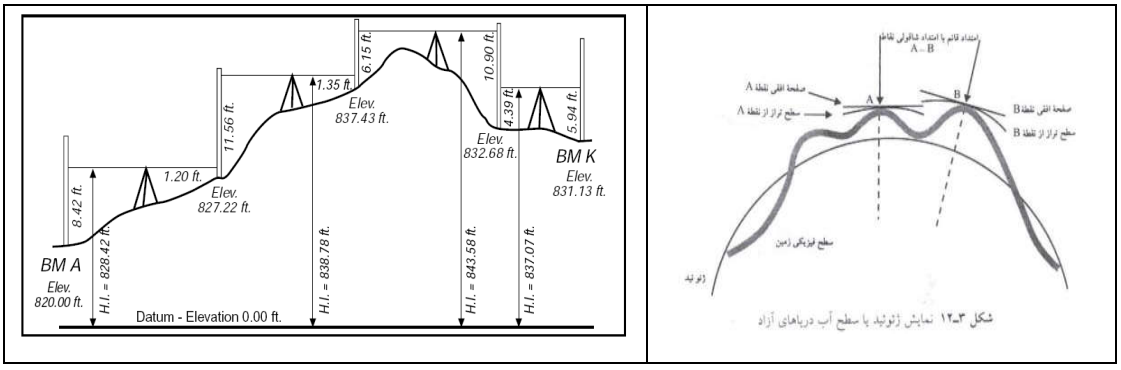
مبانی تعیین ارتفاع نقاط

- سطح مبنای ارتفاعات : سطح آب دریاهای آزاد یا ژئوئید را گویند.
- ارتفاع و اختلاف ارتفاع:

فاصله قائم (شاقولی) بین هر نقطه و سطح مبنای ارتفاعی(ژئوئید) را ارتفاع می نامند.

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

نقاط ثابت ارتفاعی



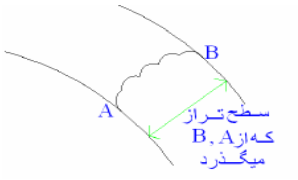
شکل ۳ـ۱۲ نمایش ژئوئید یا سطح آب دریاهای آزاد

ارتفاع:

تعریف:

منظور از ارتفاع نقطه فاصله قائم آن نقطه تا سطحی است که سطح مبنای ارتفاعات انتخاب شده است، مثلاً وقتی می‌گوئیم ارتفاع مرکز آموزشی‌مان از سطح دریا ۲۰۰۰ متر است، تعیین فاصله قائم این مرکز از سطح دریا ۲۰۰۰ متر است.

- ترازیابی : به عمل تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به هم ترازیابی[۱۳] یا نیولمان[۱۴] گویند.



فاصله دو سطح تراز که از دو نقطه مورد نظر می گذرد را اختلاف ارتفاع دو نقطه می نامند.

- سطح تراز : سطحی که در تمام نقاط خود بر امتداد نیروی ثقل عمود باشد. بدیهی است که کلیه خطوط واقع بر روی این صفحه خطوط هم تراز میباشند.
- صفحه افقی : صفحه ای است که در یک نقطه(مثلاً نقطه استقرار دوربین) بر سطح تراز مماس باشد.
- صفحه قائم : صفحه ای است که از امتداد شاقولی هر نقطه بگذرد و لذا در یک نقطه بی نهایت صفحه قائم خواهیم داشت.
- سطح مبنا :سطح ترازیست که ارتفاع هر نقطه نسبت به آن سنجیده میشود.
- ارتفاع نقطه :فاصله قائم نقطه نسبت به سطح مبنا را گویند.
- نقاط ترازیابی : نقاطی اند که شاخص روی آنها نگه داشته شده و توسط قرائت های روی شاخص ارتفاع آنها مشخص می گردد.
- بنچ مارک[۱۵](BM) : نقاط ثابتی هستند که مختصات و ارتفاع آنها برای نقشه بردار معلوم است یا توسط عملیات پیمایش و ترازیابی مشخص می گردد.

❑ انواع ترازیابی:

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

۱) ترازیابی با فشار سنجی (بارومتریک)

۲) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی)

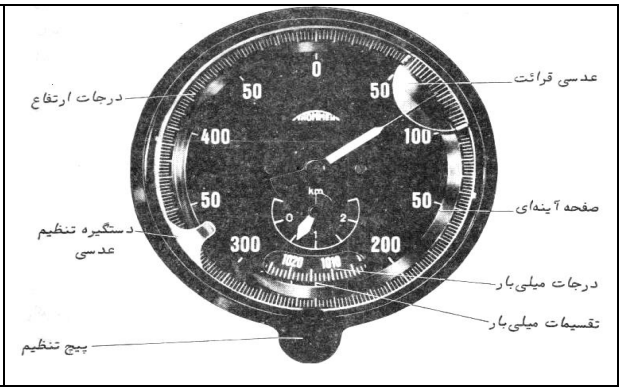
۳) ترازیابی مستقیم (هندسی)

❑ ترازیابی بارومتریک یا فشار سنجی :

این نوع ترازیابی را آلتیمتری[۱۶] نیز میگویند. در مواقعی که سرعت عمل زیاد و دقت کم مورد نظر باشد از این روش استفاده می شود. اساس این روش بر پایه پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه مانند A و B از روی فشار هوا و درجه حرارت و میزان رطوبت موجود در دو نقطه استوار است و در حالت معمولی از رابطه زیر استفاده میشود:

---

۱۳ - Levelling
۱٤ - Nivellement
۱٥ - Bench Mark:BM
۱٦ - Altimetrie



C ضریبی است که مقدار آن در سیستم متریک ۱۸۴۰۰ است.

p_i فشار نقطه

H_i ارتفاع نقطه

t میانگین درجه حرارت دو نقطه(دما)

ϕ_m: عرض متوسط جغرافیایی دو نقطه ۱ و ۲

F_1, F_2 : فشار حاصل از بخار آب در نقطه ۱ و ۲

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

$$t = \frac{t_A + t_B}{2}$$

$$\alpha = \frac{1}{273}$$

یا

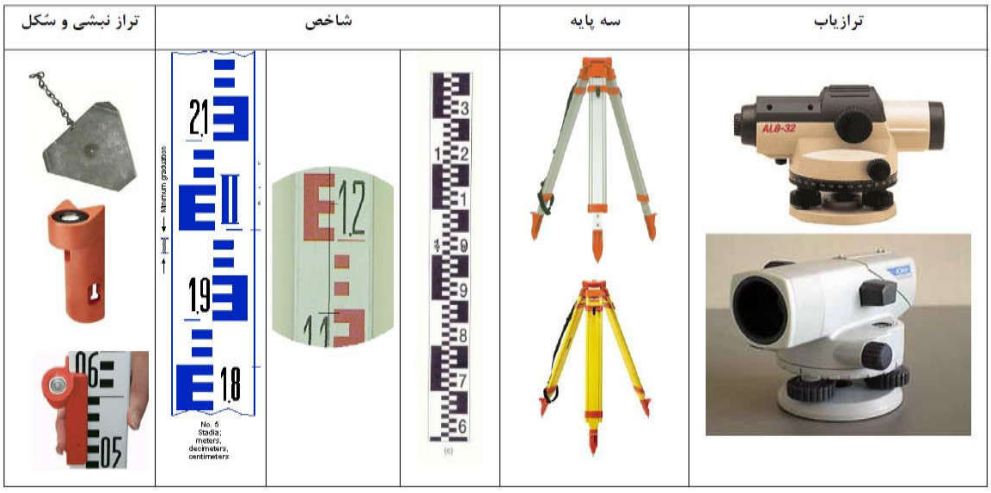
$$\Delta H = H_2 - H_1 = 18400.7\frac{1+\alpha t}{1+164\left(\frac{F_1}{P_1}-\frac{F_2}{P_2}\right)}\left(1+0.00264\phi_m\right)$$
$$\times\left(1+\frac{3.1}{10^7}\times\frac{H_1+H_2}{2}\right)\log\frac{P_1}{P_2}$$

❑ انواع ترازیاب

از نمونه های ترازیابهای ساختمانی می توان از دستگاههای Ni۴ (زایس) ، N۰ (ویلد) و C۴O (سوکیا) نام برد.

در مورد ترازیابهای مهندسی N۱ و NA۲ ، Ni۲ ، C۳A قابل ذکرند.

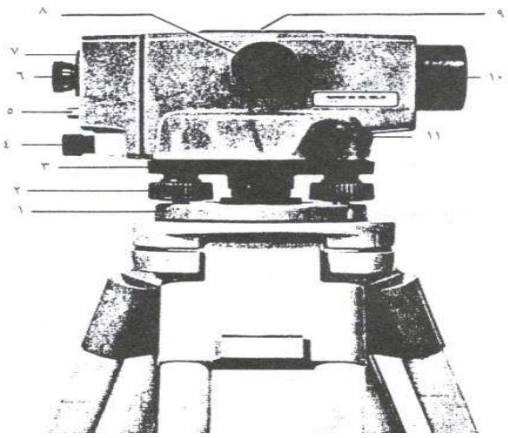
ترازیابهای N۳ ، Ni۱ ، PL۱ از نوع ترازیابهای دقیق هستند.

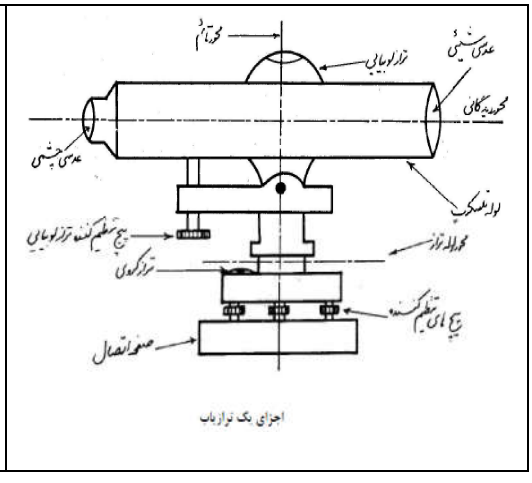


ترازیاب (نیوو):

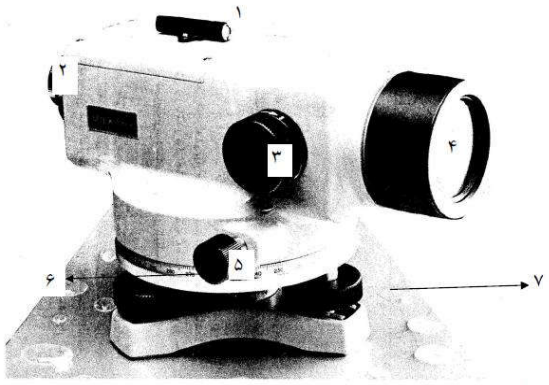
کاربرد ترازیاب:

- اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع در سطوح مسطح
- اندازه‌گیری فاصله در سطوح مسطح

۱. صفحه زیرپایه	۷. محافظ پیچ تنظیم.	
۲. پیچهای پایه	۸. پیچ تنظیم دید	
۳. دایره مدرج افقی	۹. مگسک	
۴. چشمی برای قرائت زاویه	۱۰. شیئی دوربین	
۵. دکمه کنترل کمپنساتور	۱۱. پیچ جزئی سمتی.	
۶. چشمی دوربینی		



اجزای یک ترازیاب

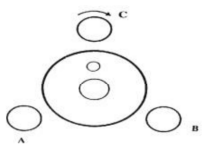


۱- مگسک ۲- عدسی چشمی و پیچ تنظیم تارهای رتیکول ۳- پیچ وضوح تصویر ۴- عدسی شیئی
۵- پیچ حرکت آهسته افقی ۶-دایره مدرج افقی ۷- پیچ تراز

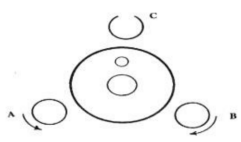
تراز کردن ترازیاب:

الف) دستگاههایی که تراز کروی دارند :

طریقه تراز کردن دستگاه روی شکل توضیح داده می‌شود.



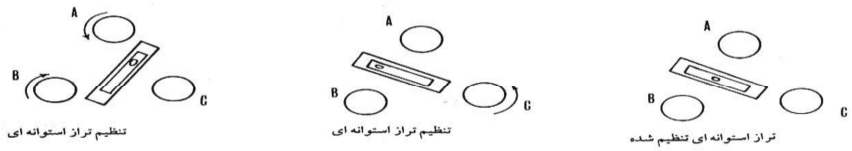
تنظیم تراز کروی



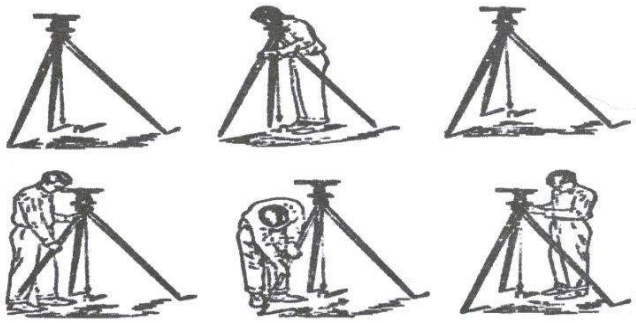
تراز کروی

ب) دستگاههایی که تراز استوانه دارند :

طریقه تراز کردن دستگاه روی شکل توضیح داده می‌شود.



مراحل مستقر کردن ترازیاب :

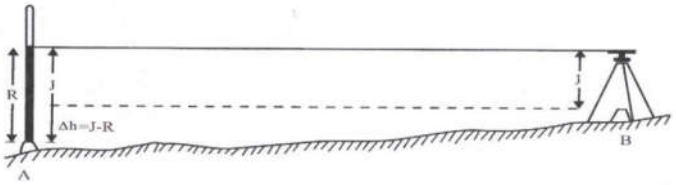


شکل ۳ـ۱۶ مستقر کردن دستگاه در ایستگاه

طرز اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با ترازیاب

- **روش اول:**

$$\Delta H = J - R$$

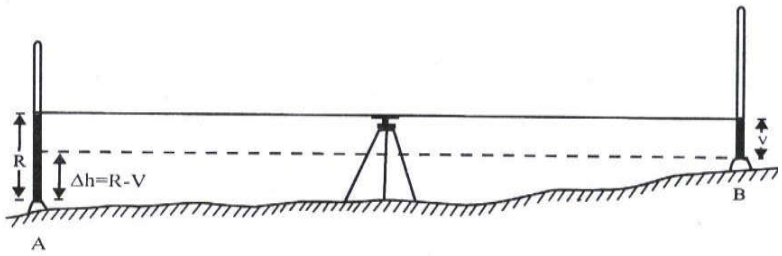


شکل ۳ـ۱۷ ترازیابی به روش اول

- **روش دوم:**

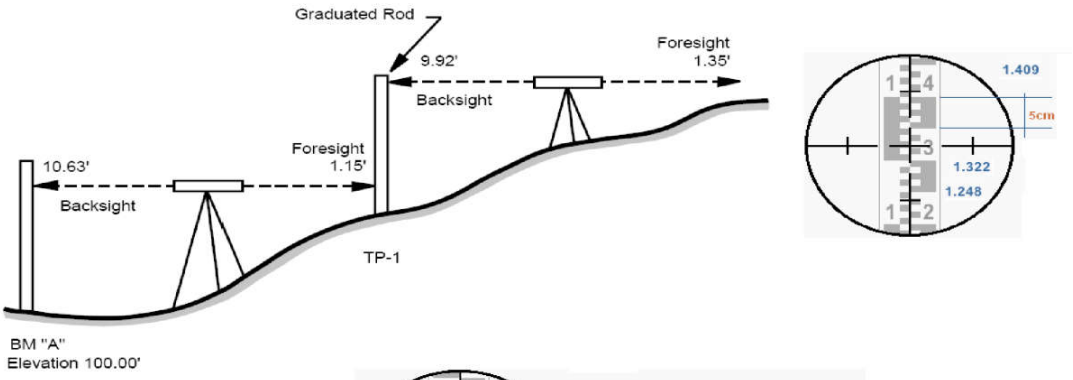
$$\Delta H = R - V$$

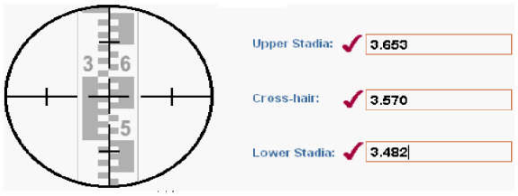
دید جلو ـ دید عقب = اختلاف ارتفاع

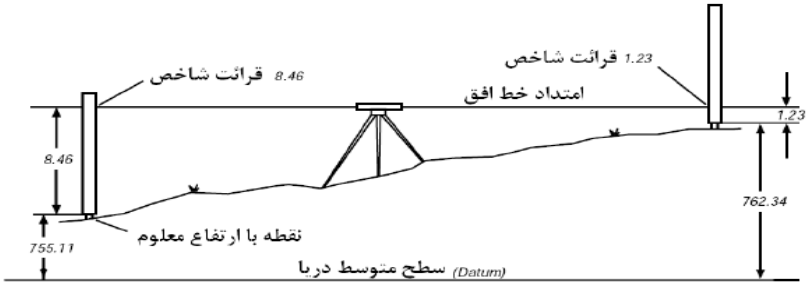


شکل ۳ـ۱۸ ترازیابی به روش دوم

نحوه انجام ترازیابی و قرائت شاخص



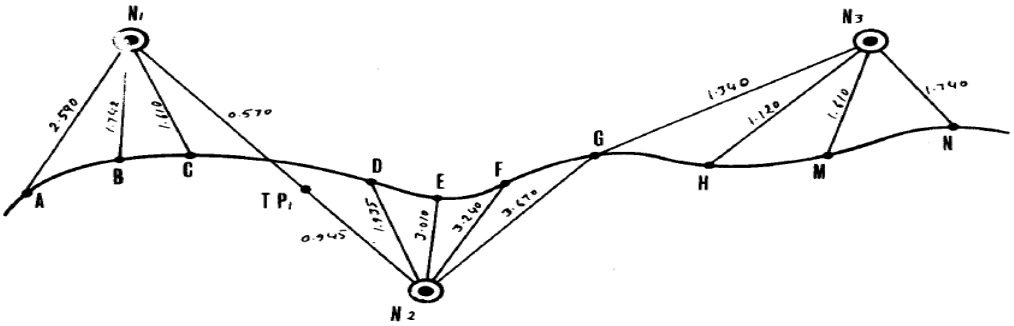




B. S. : قرائت عقب[۱۷](برگشت) گویند که عبارت از درجه ای است که صفحه افقی دید شاخص عقب را قطع می کند.

F. S. : قرائت جلو[۱۸](رفت) گویند که عبارت از درجه ای است که صفحه افقی دید شاخص جلو را قطع می کند.

I . S. : قرائت میانی[۱۹] گویند. ترازیابی معمولاً از نقطه ای که ارتفاعش معلوم است با قرائت عقب شروع می شود و اولین قرائت را قرائت عقب و آخرین قرائت را قرائت جلو و بقیه قرائت های بین این دو را قرائت میانی گویند.



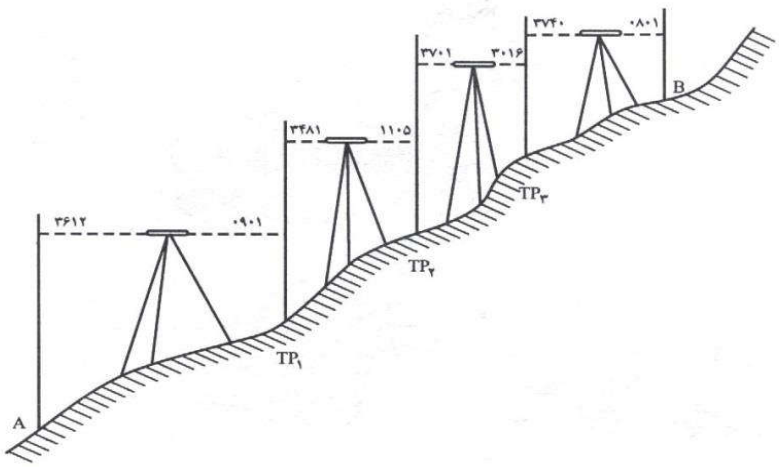
۱۷ - Back Sight : B.S
۱۸ - Front Sight : F.S
۱۹ - Intermediate Side: I.S.

نقطه استقرار دوربین		No.P	B.S. (mm)	I.S. (mm)	F.S. (mm)	Δh(m) ±		h(m)	Note
N_1		A	2590					۱۰۰/۰۰۰	
		B		1742		+	۰/۸۴۸	۱۰۰/۸۴۸	=100+2.590-1742
		C		1610		+	۰/۹۸۰	۱۰۰/۹۸۰	=100+2.590-1.610
N_2	N_1	TP1	0945		0570	+	۲/۰۲۰	۱۰۲/۰۲۰	=100+2.590-0.570
N_2		D		1935		-	۰/۹۹۰	۱۰۱/۰۳۰	=102.020+0.945-1.935
		E		3010		-	۲/۰۶۵	۹۹/۹۵۵	=102.020+0.945-3.010
		F		3240		-	۲/۲۹۵	۹۹/۷۲۵	=102.020+0.945-3.240
N_3	N_2	G	1340		3670	-	۲/۷۲۵	۹۹/۲۹۵	=102.020+0.945-3.670
N_3		H		1120		+	۰/۲۲۰	۹۹/۵۱۵	=99.295+1.340-1.120
		M		1610		-	۰/۲۷۰	۹۹/۰۲۵	=99.295+1.340-1.610
		N			1740	-	۰/۴۰۰	۹۸/۸۹۵	=99.295+1.340-1.740

ترازیابی چندمرحله‌ای (تدریجی)

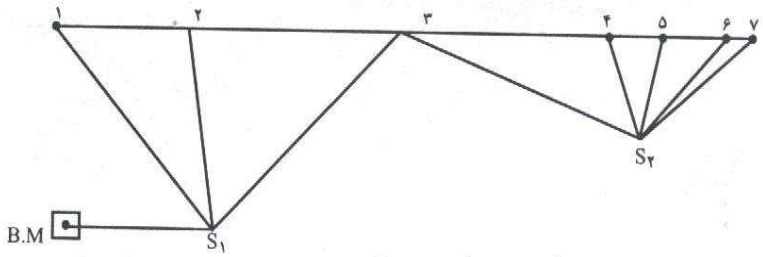
$$H_B - H_A = (BS + BS_1 + BS_2 + BS_3) - (FS_1 + FS_2 + FS_3 + FS) = \sum(BS) - \sum(FS)$$

مجموع قرائتهای جلو ـ مجموع قرائتهای عقب = اختلاف ارتفاع



شکل ۳ـ۱۹ ترازیابی چندمرحله‌ای

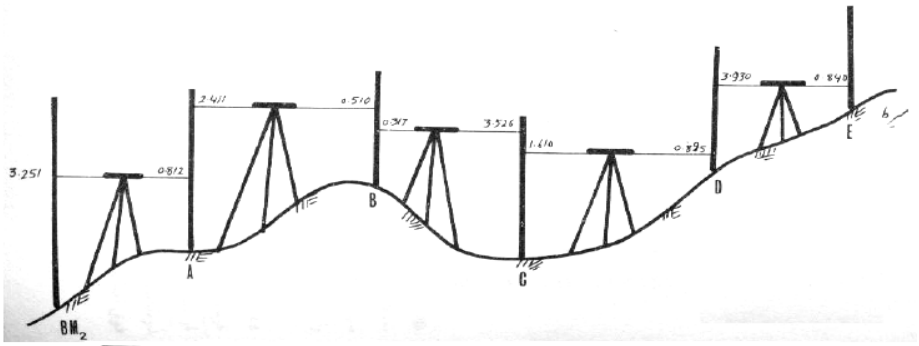
ترازیابی خطی:



شکل ۳-۲۰ ترازیابی خطی به منظور تعیین مسیر جاده‌ها، راه‌آهن، کانالهای آبرسانی و ..

جدول ۳ـ٤ ارتفاع نقاط ۱ تا ۷

نقطه	قرائت عقب B.S	قرائت وسط M.S	قرائت جلو F.S	اختلاف ارتفاع ΔH +	اختلاف ارتفاع ΔH -	ارتفاع H
B.M	۱۸۵۲					۱۰۰۰۰۰
۱		۲۰۲۷			۰۱۷۵	۹۹۸۲۵
۲		۲۸۹٦			۱۰٤٤	۹۸۹۵٦
۳	۱۲۵۵		۰۰۳۵	۱۸۱۷		۱۰۱۸۱۷
٤		۳۰۱۸			۱۷٦۳	۱۰۰۰۵٤
۵		۲۹۱۵			۱٦٦۰	۱۰۰۱۵۷
٦		۱۰٤۵		۰۲۱۰		۱۰۲۰۲۷
۷			۱۵۱۵		۰۲٦۰	۱۰۱۵۵۷



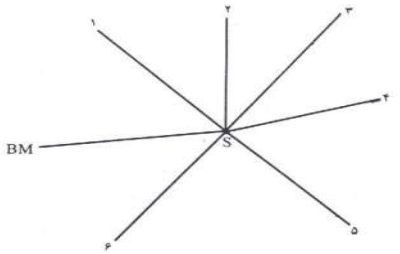
NO: P	B.S	F.S	H_i	h
BM_2	3.251		183.061	179.810
A	2.411	0.812	184.660	182.249
B	0.317	0.510	184.467	184.150
C	1.610	3.526	182.551	180.941
D	3.930	0.895	185.586	181.656
E		0.840		184.746

$\Sigma(B.S) - \Sigma(F.S) = h_E - h_{BM_2}$

$11.519 - 6.583 = 184.746 - 179.81 = +4.936$ کنترل محاسبات :

ترازیابی شعاعی:

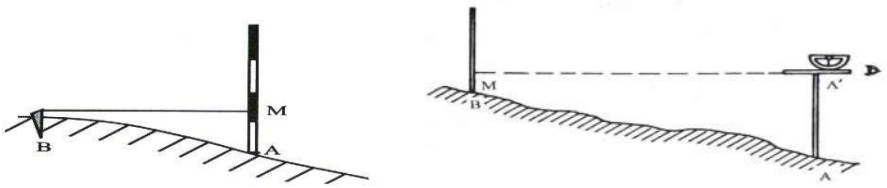
در بیشتر کارهای ترازیابی مانند شبکه بندی یا تهیه پروفیل طولی و عرضی از یک مسیر راه و یا کانال با یک مرتبه استقرار دوربین ممکن است. در این صورت قرائت اول قرائت عقب و آخرین قرائت قرائت جلو و قرائتهای دیگر قرائت وسط نامیده می‌شوند. به جدول ترازیابی نیز یک ستون اضافه می گردد.



شکل ۳-۲۱ ترازیابی شعاعی به منظور تهیه پروفیل‌های طولی و عرضی

اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه به کمک وسایل ساده

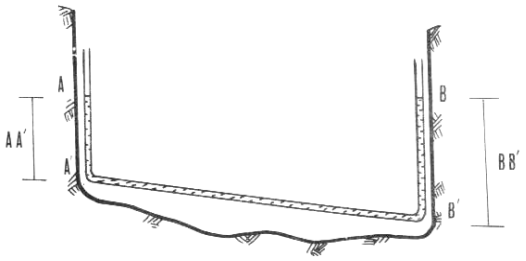
$$\Delta H = AA' - BM$$



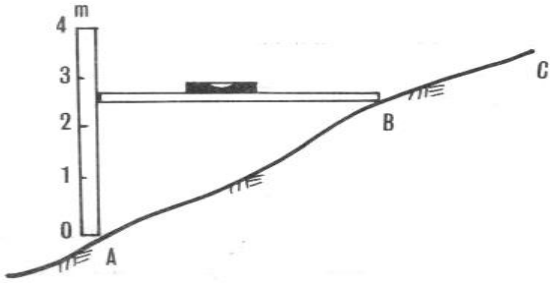
شکل ۳ـ۲۲ تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه با متر

شکل ۳ـ۲۳ تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه شیب‌سنج

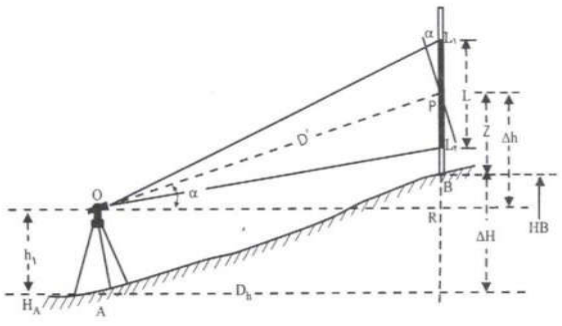
ترازیابی توسط شیلنگ پر از آب(شیلنگ تراز) : در این روش از قانون جریان یافتن آب در فضاهای متصل به هم استفاده میشود.



تراز یابی با شمشه تراز : از این روش بیشتر در کارهای با دقت کم استفاده میشود.



اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه به کمک تئودولیت (ترازیابی مثلثاتی)

$\Delta H = \frac{k\,l\cos^2\alpha}{\cos\alpha}.\sin\alpha + h_1 - z$ $\Delta H = k\,l\cos\alpha.\sin\alpha + h_1 - z$ $\Delta H = k\,l\cos\alpha.\sin\alpha$ $\Delta H = \frac{1}{2}k\,l.\sin 2\alpha$	 شکل ۳ـ۲۴ تعیین اختلاف نقاط به کمک تئودولیت

خطای مجاز در ترازیابی

فرمول خطای مجاز در ترازیابی:

$$\varepsilon = \pm e\sqrt{l}$$

در این رابطه ε خطای مجاز ترازیابی بر حسب میلی متر، L طول ترازیابی برحسب کیلومتر و e مقدار خطای مجاز در هر کیلومتر ترازیابی برحسب میلی‌متر است.

چنانچه مقدار خطا از حد مجاز خطای ترازیابی تجاوز نکند باید آن را سرشکن یا تعدیل نمود. در غیر این صورت محاسبات دارای اشتباه تلقی شده و فاقد ارزش است و باید عملیات برداشت ترازیابی تکرار شود.

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

کتاب دیانت خواه :

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

کتاب شمس نوبخت:

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

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

روش تصحیح خطا:

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

۱) به هریک از ΔH ها مقدار تصحیحی برابر وارد شود(N تعداد کل ایستگاههاست).

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

مثال : دقت کار ترازیاب توسط سازنده آن ۰.۱۵ میلیمتر اعلام شده است در صورتیکه شعاع تراز ۲۵ متر باشد زاویه انحراف از افق (حساسیت) تراز چقدر خواهد بود؟

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

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

$\overline{AB'} = 3528$

$i = 1^{\circ}$

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

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

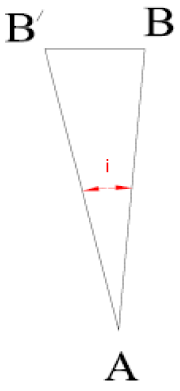
$dh = \overline{AB'} - \overline{AB'} * Cos(i) = \overline{AB'} * (1 - Cos(i))$

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

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

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

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



مثال :

P	$B.S_{mm}$	$F.S_{mm}$	$H.I_m$	H_m تصحیح نشده	C_{mm}	hc_m تصحیح شده
A	۱۲۳۲	–	۱۰۱.۲۳۲	۱۰۰.۰۰۰	۰	۱۰۰.۰۰۰
TP_1	۰۹۴۱	۲۵۳۱	۹۹.۶۴۲	۹۸.۷۰۱	-۴	۹۸.۶۹۷
TP_2	۳۲۱۸	۳۸۱۲	۹۹.۰۴۸	۹۵.۸۳۰	-۸	۹۵.۸۲۲
B	۱۵۴۸	۱۰۶۵	۹۹.۵۳۱	۹۷.۹۸۳	-۱۲	۹۷.۹۷۱
TP_3	۳۴۲۷	۲۴۱۸	۱۰۰.۵۴۰	۹۷.۱۱۳	-۱۶	۹۷.۰۶۷
TP_4	۳۱۰۲	۱۲۸۵	۱۰۲.۳۵۷	۹۹.۲۵۵	-۲۰	۹۹.۲۳۵
TP_5	۱۵۳۳	۱۷۴۲	۱۰۲.۱۴۸	۱۰۰.۶۱۵	-۲۴	۱۰۰.۵۹۱
A	–	۲۱۲۰	–	۱۰۰.۰۲۸	-۲۸	۱۰۰.۰۰۰

1) $e_L = +28_m$

2) $e_L = h'_A - h_A = 100.028 - 100_m = +28_{mm}$

$e_{max} = \pm k\sqrt{L} = \pm\sqrt{3_{km}} = 35_{mm}$

$e_L \langle e_{max} OK$

$C = \frac{-e_L}{N} = \frac{-(+28)}{7} = -4_{mm}$

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

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

شماره نقطه	طول	قرائت عقب	قرائت جلو
A		۲۲۱۰	---
۱	۲۴۰	۱۰۱۰	۱۴۵۶
۲	۳۵۶	۳۱۴۵	۱۸۹۵
۳	۱۸۱	۰۹۵۰	۲۷۴۲
۴	۲۴۵	۱۷۵۰	۱۸۱۱
۵	۲۴۳	۲۸۸۲	۲۰۰۵
A	۱۸۵	---	۲۰۲۰

مثال : در ترازیابی بین دو نقطه A و B قارئت عقب برابر ۰۲۱۵ و قرائت جلو برابر ۲۵۱۱ بدست آمده است چنانچه ارتفاع نقطه A برابر ۱۳۵۱.۳۲باشد ارتفاع نقطه B را بدست آورید؟

$$\Delta H_{AB} = B.S - F.S = 0215 - 2511 = -2296mm = -2.296m$$
$$h_B = h_A + \Delta H = 1351.32 - 2.296 = 1349.024m$$
$$HI = h_A + B.S = 1351.32 + 0.215 = 1351.535m$$
$$h_B = HI - F.S = 1351.535 - 2.511 = 1349.024m$$

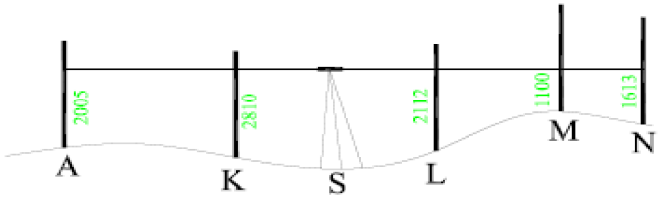
مثال : بین دو نقطه اصلی A و B از طریق نقاط کمکی C و D و E ترازیابی انجام شده است ؛ نتیجه قرائتها بشرح جدول زیر است . اگر ارتفاع نقطه A برابر ۱۰۰۰ متر باشد ارتفاع سایر نقاط را تعیین کنید؟

شماره ایستگاه	۱	۲	۳	٤
عقب	۲.۵۹۴	۱.۸۶۸	۳.۶۵۸	۰.۹۱۴
جلو	۱.۸۹۰	۳.۶۴۰	۲.۷۵۳	۱.۸۴۵

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

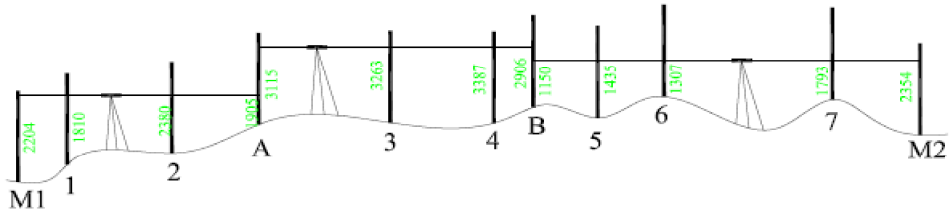
شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع		ارتفاع نقاط	توضیحات
			سربالایی	سرازیری		
A	۲.۵۹٤				۱۰۰۰.۰۰۰	
C	۱.۸٦۸	۱.۸۹۰			۱۰۰۰.۷۰٤	
D	۳.٦۵۸	۳.٦٤۰	۰.۷۰٤	۱.۷۷۲	۹۹۸.۹۳۲	
E	۰.۹۱٤	۲.۷۵۳	۰.۹۰۵		۹۹۹.۸۳۸	
B		۱.۸٤۵		۰.۹۳۱	۹۹۸.۹۰٦	
Σ	۹.۰۳٤	۱۰.۱۲۸				

مثال: از ایستگاه S به نقطه معلوم A و هریک از نقاط مجهول K و L و M و N نشانه روی کردیم قرائتهای مربوط به هریک از نقاط مزبور در شکل مشخص شده است. اگر ارتفاع نقطه A برابر ۱۷۵۰ متر باشد ارتفاع سایر نقاط را بدست آورید؟



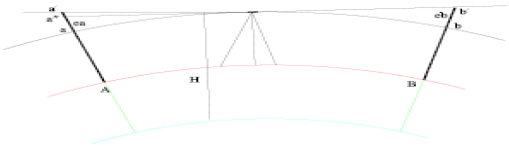
شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع نقاط
A	۲.۰۰۵				۱۷۵۰
K		۲.۸۱۰		-۰.۸۰۵	۱۷۴۹.۱۹۵
L		۲.۱۱۲		+۰.۶۹۸	۱۷۴۹.۸۹۳
M		۱.۱۰۰		+۱.۰۱۲	۱۷۵۰.۹۰۵
N			۱.۶۱۳	-۰.۵۱۳	۱۷۵۰.۳۹۲
Σ	۲.۰۰۵		۱.۶۱۳	+۰.۳۹۲	

مثال: ترازیابی مطابق شکل انجام شده است اگر ارتفاع نقطه M۱ برابر ۱۷۴۹.۵۰ باشد ارتفاع سایر نقاط را محاسبه و محاسبات را کنترل نمایید؟

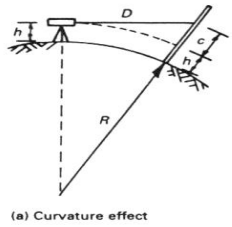


شماره نقطه	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع نقاط
M۱	۲.۲۰۴				۱۷۴۹.۵۰۰
۱		۱.۸۱۰		۰.۳۹۴	۱۷۴۹.۸۹۴
۲		۲.۳۸۰		-۰.۵۷۰	۱۷۴۹.۳۲۴
A	۳.۱۱۵		۱.۹۰۵	۰.۴۷۵	۱۷۴۹.۷۹۹
۳		۳.۲۶۳		-۰.۱۴۸	۱۷۴۹.۶۵۱
۴		۳.۳۸۷		-۰.۱۲۴	۱۷۴۹.۵۲۷
B	۱.۱۵۰		۲.۹۰۶	۰.۴۸۱	۱۷۵۰.۰۰۸
۵		۱.۴۳۵		-۰.۲۸۵	۱۷۴۹.۷۲۳
۶		۱.۳۰۷		۰.۱۲۸	۱۷۴۹.۸۵۱
۷		۱.۷۹۳		-۰.۴۸۶	۱۷۴۹.۳۶۵
M۲			۲.۳۵۴	-۰.۵۶۱	۱۷۴۸.۸۰۴
Σ	۶.۴۶۹		۷.۱۶۵	-۰.۶۹۶	

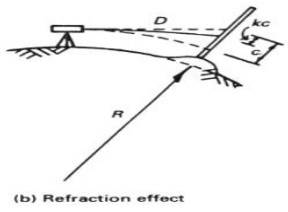
➢ خطای طبیعی:



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

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

- خطای انکسار: هنگامیکه شعاع نوری از میان طبقات مختلف جو عبور میکند به علت تغییرات چگالی زمین امتدادش مرتبا شکسته میشود و به این ترتیب محور دیدگانی به شکل منحنی در می اید و درنتیجه این تغییر شکل شیئ مورد مشاهده نسبت به موقعیت حقیقیش بالاتر به نظر میرسد.
- در شرایط جوی معمولی مقدار عددی تصحیح انکسار در حدود ۱/۷ تصحیح کرویت و در جهت مخالف آن است.

$e_R = \frac{D^2}{14R}$ $e = e_c - e_R = \frac{D^2}{2R} - \frac{D^2}{14R} = \frac{3D^2}{7R}$	 (b) Refraction effect

اگر شعاع متوسط زمین را ۶۳۷۰ کیلومتر در نظر بگیریم :

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

در رابطه فوق D برحسب کیلومتر است.

مقدار تصحیح دوگانه انکسار و کرویت برابر خواهد بود با $\frac{D^2(1-k)}{2R}$ که مقدار k را به طور معمول برابر با ۰.۱۴= K در نظر می گیرند.

فصل چهارم : روشهای مختلف برداشت

- **هدف کلی :**
  - پیمایش
  - مراحل کار
  - محاسبات و خطاها
  - آشنایی با مثلث‌بندی، درجات مختلف مثلث بندی
  - معادلات شرط زاویه‌ای و ضلعی
  - تهیه پلان به طُرق مختلف

هدفهای آموزشی

- **کلیات :**
  - انواع پیمایش
  - مراحل مختلف کار در پیمایش
  - چگونگی محاسبه خطای بست زاویه‌ای و کنترل پیمایش
  - محاسبه خطای بست موضعی پیمایش
  - چگونگی ایجاد شبکه‌های مثلث‌بندی در درجات مختلف
  - شکلهای مختلف مثلث‌بندی، اصول کار مثلث‌بندی
  - وسایل اندازه‌گیری مورد نیاز در مثلث‌بندی
  - چگونگی طبقه‌بندی مثلث‌بندی
  - شکل زنجیره‌ای دوبل
  - شکل چهارضلعی با دو قطر
  - معادلات شرط زاویه‌ای و ضلعی
  - چگونگی تهیه پلان مسطحاتی با استفاده از یک یا چند خط هادی
  - تهیه پلان با روش تجزیه به مثلث
  - دستورالعمل تهیه پلان از منطقه به روش شعاعی
  - دستورالعمل تهیه پلان به روش شعاعی

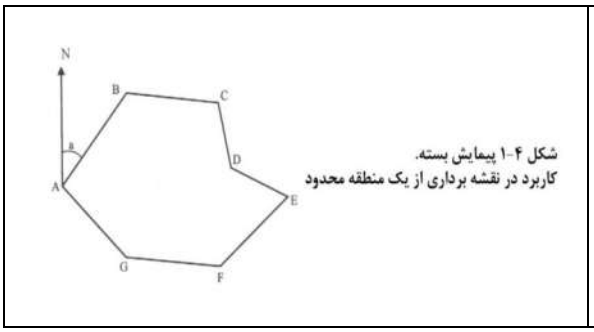
انواع پیمایش:

الف) پیمایش بسته یا پلیگون

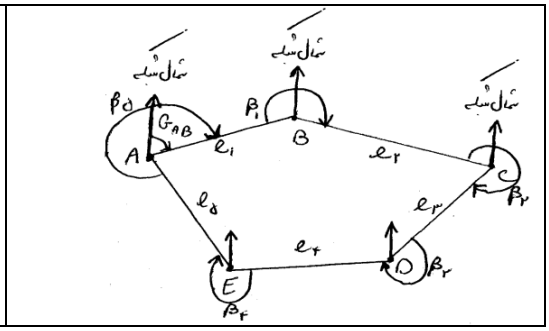
پیمایشی است که از یک نقطه شروع و به همان نقطه ختم میشود. برای کنترل عملیات و تعیین میزان خطا در این پیمایش نیز دو روش وجود دارد:

۱- مجموع زوایای داخلی n ضلعی برابر است با $(n - ۲) \times ۱۸۰^\circ$

۲- مختصات محاسباتی نقطه پایان برابر مختصات اولیه آن میباشد. و برای اطمینان از درستی محاسبات می توان استفاده کرد.



شکل ۴-۱ پیمایش بسته.
کاربرد در نقشه برداری از یک منطقه محدود

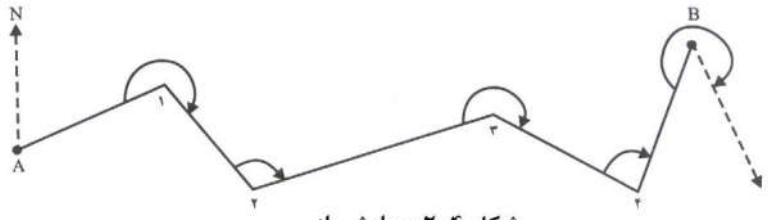


ب) پیمایش باز

پیمایشی است که از یک نقطه شروع و به نقطه دیگر ختم می شود. و برای کنترل عملیات و تعیین میزان خطا در این پیمایش دو روش وجود دارد:

۱- مختصات نقطه شروع و نقطه پایان معلوم باشد.

۲- مختصات نقطه شروع، ژیزمان امتداد شروع و ژیزمان امتداد پایان معلوم باشد.



شکل ۴-۲ پیمایش باز.
کاربرد در نقشه برداری از مسیر جاده

ملاحظات کلی پیمایش

کلیات :

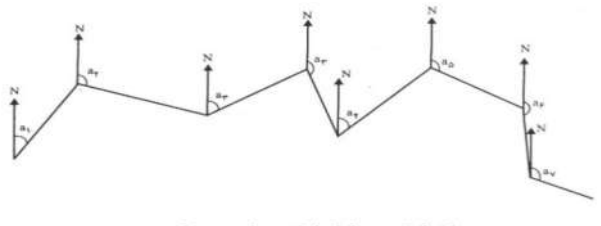
الف) در این روش برداشت، هر رأس با مختصاتش به رأس و ضلع قبلی مربوط می‌شود.

ب) طول اضلاع معمولاً نزدیک به هم و مقدار زوایا بزرگ اختیار می‌شود.

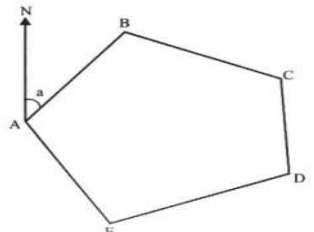
ج) خطای کلی محاسبه شده بین زوایا و اضلاع متوالی توزیع می‌گردد.

د) تعیین گرای اضلاع به روش مغناطیسی و امتدادی انجام می شود.

هـ) محاسبه، کنترل عملیات، مختصات و تصحیح آنها



شکل ۴-۳ تعیین گرای اضلاع به طریقه مغناطیسی



شکل ۴-۴ تعیین گرای اضلاع به طریقه امتدادی

پیمایش :

مراحل مختلف کار پیمایش :

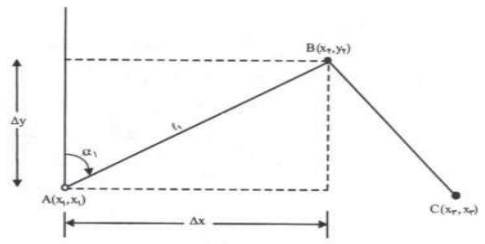
الف) شناسایی و مشخص کردن رئوس پیمایش در روی زمین

ب) اندازه‌گیری اضلاع پیمایش

ج) اندازه‌گیری زوایای پیمایش

محاسبه مختصات نقاط در پیمایش:

اگر x_1و y_1 مختصات نقطه معلوم A و x_2و y_2 مختصات نقطه مجهول B و AB=L طول ضلع در شکل ۴-۵ باشند در نتیجه داریم:



شکل ٤ ـ٥ محاسبهٔ مختصات نقاط در پیمایش

$$x_2 = x_1 + \Delta x \quad , \quad y_2 = y_1 + \Delta y_0$$

$$\Delta x = L_1 \sin \alpha_1$$

$$\Delta y = L_1 \cos \alpha_1$$

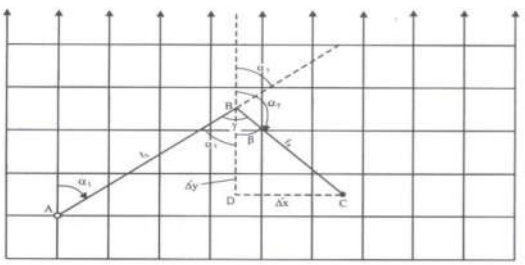
$$y_2 = y_1 + l \cos \alpha_1$$

$$x_2 = x_1 + L_1 \sin \alpha_1$$

اگرα_2 گرای ضلع دوم (BC) باشد و $A\hat{B}C = \gamma$ ، داریم :

$$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^\circ \ (200^g) - \gamma_o$$

محاسبه طول ضلع AB و گرای آن در شکل ۴ـ۶



شکل ۴-۶ محاسبه زاویه‌γ برای تعیین مختصات نقطه C

$$l_1 = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$x = x_B - x_A$$

$$y = y_B - y_A$$

$$tg\,\alpha_1 = \frac{x}{y} = \frac{x_B - x_a}{y_B - y_A}$$

محاسبه خطای بست زاویه‌ای و کنترل پیمایش:

الف) در پیمایش باز

خطای بست مجاز	$F\alpha = 2.5e\sqrt{n-1}$ n تعداد اضلاع پیمایش و e خطای متوسط هندسی دستگاهی

ب) در پیمایش بسته

حد مجاز	$F\alpha = 2.5e\sqrt{n}$

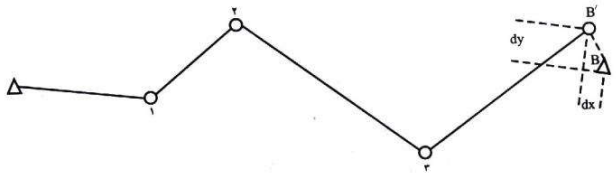
مجموع زوایای داخلی و خارجی یک پلی‌گن : $(2n \pm 4)\times 90$

مجموع زوایای داخلی n ضلعی $= (n - ۲) \times ۱۸۰^\circ = (۲n - ۴) \times ۹۰^\circ$

مجموع زوایای خارجی n ضلعی $= n \times ۳۶۰^\circ - ((n - ۲) \times ۱۸۰^\circ) = (n + ۲) \times ۱۸۰^\circ = (۲n + ۴) \times ۹۰^\circ$

n : تعداد اضلاع پلیگون

محاسبه خطای بست موضعی (طولی) پیمایش :

خطای بست موضعی $BB' = \sqrt{dx^2 + dy^2}$	
حد مجاز خطا $f = 2.5\,Id\alpha\sqrt{\frac{n}{3}}$	شکل ٤ـ٧ خطای نقطهٔ انتهایی پیمایش

سرشکن کردن خطای بست موضعی

الف) سرشکن کردن ساده

ب) سرشکن کردن متناسب

مثلث‌بندی :

کلیات:

برای اهداف مختلف علمی و تحقیقاتی و تهیه نقشه‌های مبنایی و مطالعاتی، شبکه مثلث‌بندیهایی با توجه به خصوصیات منطقه از طریق ژئودزی تهیه می‌گردد.

ایجاد شبکه‌های مثلث‌بندی در درجات مختلف: :

اگر مساحت زمین مورد بررسی در حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰ هکتار باشد طبق قواعد ژئودزی(حذف کرویت زمین)، به روش مثلث بندی، شبکه ای از نقاط کنترل ایجاد می کنند. بنام نقاط اولیه، سطح زمین با شبکه ای از مثلث‌های بزرگ متصل به رئوس I و II و III و ... در تهیه نقشه یک کشور و یا یک منطقه به وجود آوردن یک سری نقاط تکیه گاه که آنها را نقاط ژئودزی می گویند، ضروری است. یعنی تعیین مختصات آنها توسط عملیات ژئودزی و نجوم و اندازه گیری های دقیق انجام می گیرد.

مراحل ایجاد شبکه ژئودزی:

۱- تعیین شبکه ژئودزی درجه I :

۱-۱- انتخاب و تثبیت عده ای نقاط در جاهای مرتفع به فاصله ۳۰ تا ۵۰ کیلومتر به طوری که این نقاط نسبت به هم دید داشته باشند.

۱-۲- سپس مختصات جغرافیایی(طول و عرض جغرافیایی) و جهت شمال جغرافیایی یکی از این نقاط را به عنوان مبنا یا شروع کار تعیین می کنند.

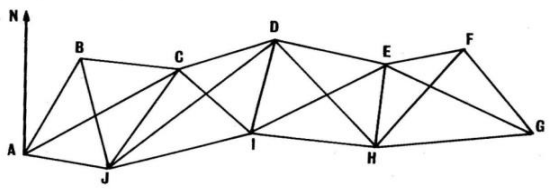
۱-۳-در ادامه آزیموت یکی از امتداد ها را به دقت اندازه گیری می کنند. می شود.

۱-۴-تمام زوایای تشکیل شده بین امتدادها را با دقت ۱ تا ۲ ثانیه صد قسمتی(ثانیه گرادی) تعیین می کنند.

۱-۵-طول افقی امتدادی مانندAB که آن را طول BASE یا طول مبنا می نامند را با دقت بسیار بالا تعیین می کنند.

۱-۶- به کمک طول مبنا و زوایای اندازه گیری شده بعد از تصحیح های لازم، سایر طول ها را از روابط مثلثاتی تعیین می کنند.

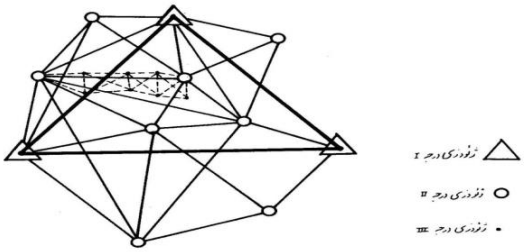
۱-۷-این نقاط مرتفع را با توجه به اندازه گیری ها، روی سطح بیضوی مقایسه انتخابی تصویر نموده و با حل مثلثات کروی مختصات سایر نقاط حساب می شود.



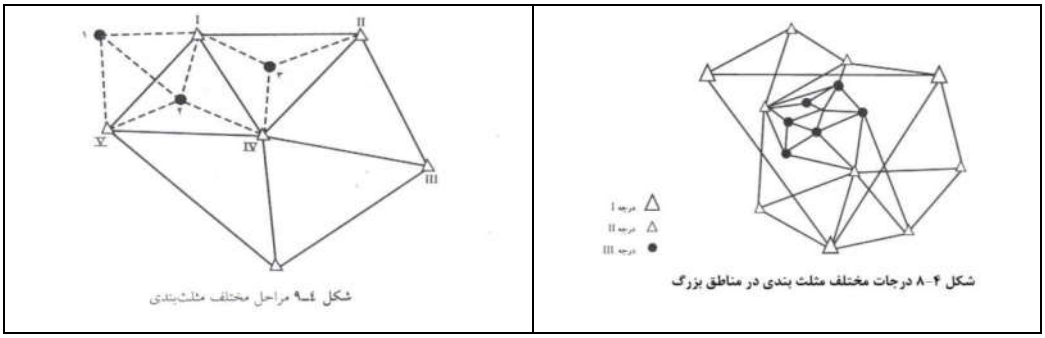
شکل ۴-۸

۲- بعد از تشکیل شبکه ژئودزی درجه یک شبکه ای دیگر با نقاطی به فواصل ۱۵ تا ۲۰ کیلومتر در داخل شبکه اصلی ایجاد و زوایای آن را با دقت ۳ تا ۵ ثانیه صد قسمتی قرائت می کنند. این مرحله تشکیل شبکه ژئودزی درجه II می باشد.

۳- پس از نقاط درجه II ژئودزی، نقاط شبکه درجهIIIژئودزی را به فاصله ۸ تا ۱۵ کیلومتر با دقت زاویه ای ۵ تا ۱۰ ثانیه گرادی در داخل شبکه ژئودزی درجه II ایجاد می کنی. سپس ژئودزی درجه چهار با طول های کمتر از ۸ کیلومتر و دقت زاویه ای ۱۰ تا ۱۵ ثانیه گرادی انجام می گیرد و پس از آن عملیات نقشه برداری شروع می شود.



شکل ۴-۹- شبکه ژئودزی درجه I و II وIII

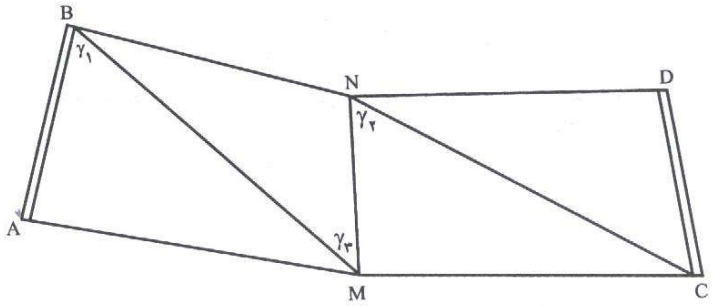


شکل ۴-۸ درجات مختلف مثلث بندی در مناطق بزرگ

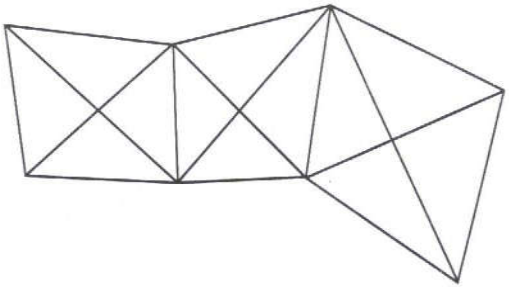
شکل ٤ـ٩ مراحل مختلف مثلث‌بندی

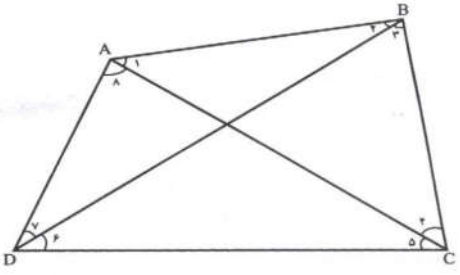
شکلهای مختلف مثلث‌بندی:

- شبکه مثلث‌بندی زنجیری ساده (و یا دوبل)
- چهارضلعی با دو قطر
- چندضلعی با نقطه داخلی



شکل ٤ـ١٠ مثلث‌بندی زنجیری ساده

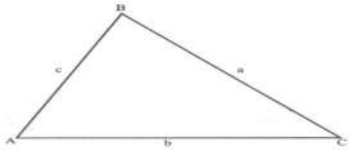
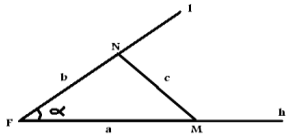

شکل ٤ـ١٤ مثلث‌بندی زنجیری دوگانه



شکل ٤ـ١٥ مثلث‌بندی چهارضلعی با دو قطر

اصول کار مثلث‌بندی:

- به علت روابط ساده ای که درمورد مثلث وجود دارد، در مثلث بندی از آن استفاده می‌شود.

$\frac{a}{\sin A}=\frac{b}{\sin B}=\frac{c}{\sin C}$	 شکل ٤-١١ محاسبه مثلث
$c^2=a^2+b^2-2abCos\alpha$	

علت استقبال از روش مثلث‌بندی یا Triangulation در نقشه‌برداری

- اندازه‌گیری زاویه آسان‌تر از اندازه‌گیری فاصله
- دقت اندازه‌گیری زاویه زیادتر از اندازه‌گیری فاصله

موارد ضروری در مثلث‌بندی

الف) طول پایه در زمین صاف و مسطح انتخاب شود

ب) رئوس مثلثها نسبت به هم دید داشته و زوایا بدون وجود موانع باشند

ج) هریک از زوایای مثلث در حدود ۶۰ درجه و بزرگتر ۱۴۰ درجه نباشد

د) مجموع سه زاویه مثلث ۱۸۰ درجه باشد

هـ) طول متوسط هر ضلع از سه برابر طول پایه بیشتر نباشد

و) رئوس مثلثها بادوام ساخته شوند.

وسایل اندازه‌گیری مورد نیاز در مثلث بندی:

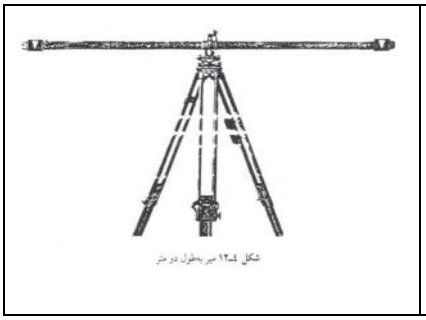
- دستگاههای زاویه یاب (نیوو)
- وسایل اندازه گیری طول پایه:
  - ✓ مترهای دقیق به نام متر انوار
  - ✓ وسایل اندازه گیری طول به روش پارالاکتیک
  - ✓ فاصله یا بهای الکترونیکی، ژئودیمتر و تله‌رومتر
- اندازه‌گیریهای در مثلث‌بندی شامل:

الف) اندازه‌گیری یک یا دو طول پایه

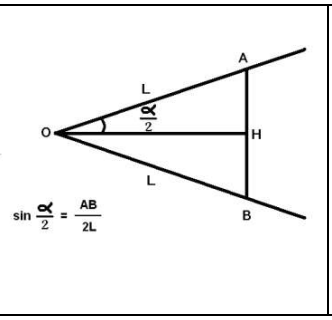
ب) تعیین گرای طول یا طولهای پایه

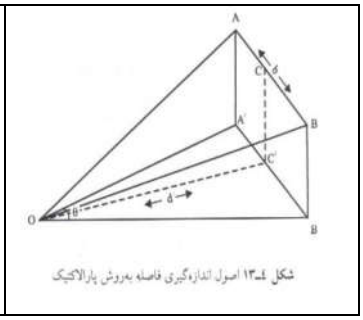
ج) اندازه‌گیری زوایا

اندازه‌گیری طول پایه به روش پارالاکتیک



شکل ٤ـ١٢ میر به طول دو متر





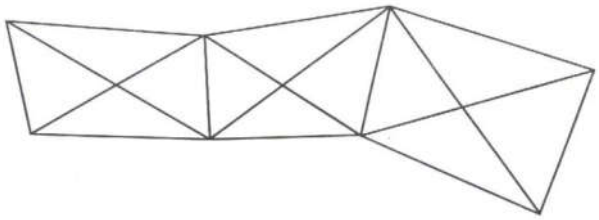
شکل ٤ـ١٣ اصول اندازه‌گیری فاصله به‌روش پارالاکتیک

$$b = 2m \Rightarrow d = \cot g \frac{\theta}{2}$$

رده‌بندی مثلث‌بندی :

بسته به کم و زیاد بودن وسعت مثلث‌ها ، مثلث‌بندی به درجاتی تقسیم می‌شود:

- درجه یک: طول اضلاع ۳۰ تا ۶۰ کیلومتر
- درجه دو: طول اضلاع ۱۵ تا ۲۰ کیلومتر
- درجه سه: ۳ تا ۵ کیلومتر
- درجه چهار: ۱ کیلومتر

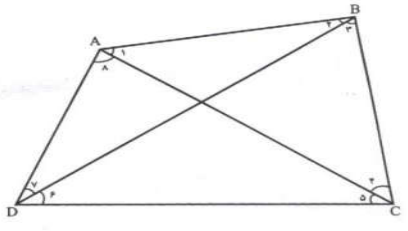


شکل ٤ـ١٤ مثلث‌بندی زنجیری دوگانه

- کاربرد مثلث بندی زنجیری ساده برای مناطق کم وسعت ولی زنجیری دوبل برای مناطق وسیع:

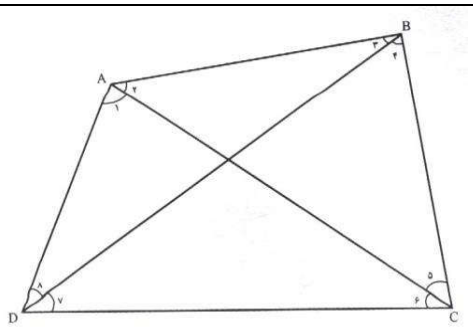
الف) معادلات شرط زاویه‌ای:

- مجموع زوایای داخلی هر مثلث ۱۸۰ درجه
- مجموع زوایای داخلی چهارضلعی ۳۶۰ درجه

$1+2+7+8=180^\circ$ $1+2+3+4=180^\circ$ $5+6+7+8=180$ $3+4+5+6=180$ $1+2+3+4+5+6+7+8=360^\circ$ $1+2=5+6$ $3+4=7+8$	 شکل ٤ـ١٥ مثلث‌بندی چهارضلعی با دو قطر

کاربرد مثلث بندی زنجیری ساده برای مناطق کم وسعت ولی زنجیری دوبل برای مناطق وسیع:

ب) معادله شرطی ضلعی:



شکل ٤ـ١٦ بیان رابطهٔ شرط ضلعی

$$\overset{\Delta}{A\,B\,D}\rightarrow\frac{AB}{\sin\hat{8}}=\frac{AD}{\sin\hat{3}} \qquad \overset{\Delta}{A\,C\,B}\rightarrow\frac{BC}{\sin\hat{2}}=\frac{AB}{\sin\hat{5}}$$

$$\overset{\Delta}{B\,C\,D}\rightarrow\frac{DC}{\sin\hat{4}}=\frac{BC}{\sin\hat{7}} \qquad ADC\rightarrow\frac{AD}{\sin\hat{6}}=\frac{DC}{\sin\hat{1}}$$

از ضرب طرفین روابط

$$\sin\hat{1}\sin\hat{3}\sin\hat{5}\sin\hat{7}=\sin\hat{2}\sin\hat{4}\sin\hat{6}\sin\hat{8}$$

از دو طرف این رابطه لگاریتم بگیریم

$$\sum\log\sin\text{ (زوایای زوج)}=\sum\log\sin\text{ (زوایای فرد)}$$

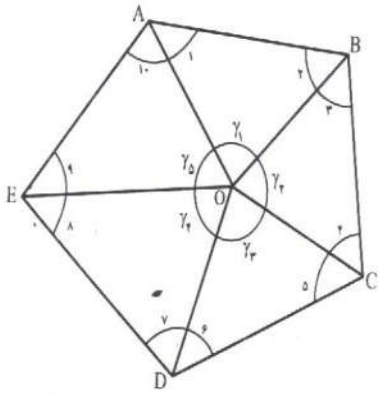
مثلث‌بندی چندضلعی با نقطهٔ داخلی

کاربرد :

در مناطقی به کار می‌رود که سطح عملیات وسیع و کم عارضه باشد. این نوع مثلث‌بندی:

- از نظر دقت رضایت‌بخش
- پیشرفت کار در این روش کند است .

الف) معادلات شرط زاویه‌ای



شکل ٤-١٧ مثلث بندی چندضلعی با نقطه داخلی

باتوجه به شکل ۴ـ۱۷ داریم:

$$1+2+\gamma_1=180^\circ$$
$$3+4+\gamma_2=180^\circ$$
$$5+6+\gamma_3=180^\circ$$
$$7+8+\gamma_4=180^\circ$$
$$9+10+\gamma_5=180^\circ$$
$$\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3+\gamma_4+\gamma_5=360^\circ$$

ب) معادلات شرطی ضلعی

با استفاده از رابطه سینوسها می‌توان روابط زیر را نوشت:

$$\overset{\triangle}{OAB} \rightarrow \frac{OA}{\sin\hat{2}} = \frac{OB}{\sin\hat{1}} \quad \overset{\triangle}{OBC} \rightarrow \frac{OB}{\sin\hat{4}} = \frac{OC}{\sin\hat{3}}$$

$$\overset{\triangle}{OCD} \rightarrow \frac{OC}{\sin\hat{6}} = \frac{OD}{\sin\hat{5}} \quad \overset{\triangle}{ODE} \rightarrow \frac{OD}{\sin\hat{8}} = \frac{OE}{\sin\hat{7}}$$

$$\overset{\triangle}{OEA} \rightarrow \frac{OE}{\sin\hat{10}} = \frac{OA}{\sin\hat{9}}$$

$$\sin 1 \ \sin 3 \sin 5 \sin 7 \ \sin 9 = \sin 2 \ \sin 4 \ \sin 6 \ \sin 8$$

اگر از دوطرف این رابطه لگاریتم بگیریم خواهیم داشت:

$$\sum \log\sin \text{(زوایای زوج)} = \sum \log\sin \text{(زوایای فرد)}$$

استفاده از جداول جهت تعیین سینوس و کسینوس زوایا

′	25°		26°		27°		28°		29°		′
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.42262	.90631	.43837	.89879	.45399	.89101	.46947	.88295	.48481	.87462	60
1	.42288	.90618	.43863	.89867	.45425	.89087	.46973	.88281	.48506	.87448	59
2	.42315	.90606	.43889	.89854	.45451	.89074	.46999	.88267	.48532	.87434	58
3	.42341	.90594	.43916	.89841	.45477	.89061	.47024	.88254	.48557	.87420	57
4	.42367	.90582	.43942	.89828	.45503	.89048	.47050	.88240	.48583	.87406	56
5	.42394	.90569	.43968	.89816	.45529	.89035	.47076	.88226	.48608	.87391	55
6	.42420	.90557	.43994	.89803	.45554	.89021	.47101	.88213	.48634	.87377	54
7	.42446	.90545	.44020	.89790	.45580	.89008	.47127	.88199	.48659	.87363	53
8	.42473	.90532	.44046	.89777	.45606	.88995	.47153	.88185	.48684	.87349	52
9	.42499	.90520	.44072	.89764	.45632	.88981	.47178	.88172	.48710	.87335	51
10	.42525	.90507	.44098	.89752	.45658	.88968	.47204	.88158	.48735	.87321	50
11	.42552	.90495	.44124	.89739	.45684	.88955	.47229	.88144	.48761	.87306	49
12	.42578	.90483	.44151	.89726	.45710	.88942	.47255	.88130	.48786	.87292	48
13	.42604	.90470	.44177	.89713	.45736	.88928	.47281	.88117	.48811	.87278	47
14	.42631	.90458	.44203	.89700	.45762	.88915	.47306	.88103	.48837	.87264	46
15	.42657	.90446	.44229	.89687	.45787	.88902	.47332	.88089	.48862	.87250	45
16	.42683	.90433	.44255	.89674	.45813	.88888	.47358	.88075	.48888	.87235	44
17	.42709	.90421	.44281	.89662	.45839	.88875	.47383	.88062	.48913	.87221	43
18	.42736	.90408	.44307	.89649	.45865	.88862	.47409	.88048	.48938	.87207	42
19	.42762	.90396	.44333	.89636	.45891	.88848	.47434	.88034	.48964	.87193	41
20	.42788	.90383	.44359	.89623	.45917	.88835	.47460	.88020	.48989	.87178	40
21	.42815	.90371	.44385	.89610	.45942	.88822	.47486	.88006	.49014	.87164	39
22	.42841	.90358	.44411	.89597	.45968	.88808	.47511	.87993	.49040	.87150	38
23	.42867	.90346	.44437	.89584	.45994	.88795	.47537	.87979	.49065	.87136	37
24	.42894	.90334	.44464	.89571	.46020	.88782	.47562	.87965	.49090	.87121	36
25	.42920	.90321	.44490	.89558	.46046	.88768	.47588	.87951	.49116	.87107	35
26	.42946	.90309	.44516	.89545	.46072	.88755	.47614	.87937	.49141	.87093	34
27	.42972	.90296	.44542	.89532	.46097	.88741	.47639	.87923	.49166	.87079	33
28	.42999	.90284	.44568	.89519	.46123	.88728	.47665	.87909	.49192	.87064	32
29	.43025	.90271	.44594	.89506	.46149	.88715	.47690	.87896	.49217	.87050	31
30	.43051	.90259	.44620	.89493	.46175	.88701	.47716	.87882	.49242	.87036	30
31	.43077	.90246	.44646	.89480	.46201	.88688	.47741	.87868	.49268	.87021	29
32	.43104	.90233	.44672	.89467	.46226	.88674	.47767	.87854	.49293	.87007	28
33	.43130	.90221	.44698	.89454	.46252	.88661	.47793	.87840	.49318	.86993	27
34	.43156	.90208	.44724	.89441	.46278	.88647	.47818	.87826	.49344	.86978	26
35	.43182	.90196	.44750	.89428	.46304	.88634	.47844	.87812	.49369	.86964	25
36	.43209	.90183	.44776	.89415	.46330	.88620	.47869	.87798	.49394	.86949	24
37	.43235	.90171	.44802	.89402	.46355	.88607	.47895	.87784	.49419	.86935	23
38	.43261	.90158	.44828	.89389	.46381	.88593	.47920	.87770	.49445	.86921	22
39	.43287	.90146	.44854	.89376	.46407	.88580	.47946	.87756	.49470	.86906	21
40	.43313	.90133	.44880	.89363	.46433	.88566	.47971	.87743	.49495	.86892	20
41	.43340	.90120	.44906	.89350	.46458	.88553	.47997	.87729	.49521	.86878	19
42	.43366	.90108	.44932	.89337	.46484	.88539	.48022	.87715	.49546	.86863	18
43	.43392	.90095	.44958	.89324	.46510	.88526	.48048	.87701	.49571	.86849	17
44	.43418	.90083	.44984	.89311	.46536	.88512	.48073	.87687	.49596	.86834	16
45	.43445	.90070	.45010	.89298	.46561	.88499	.48099	.87673	.49622	.86820	15
46	.43471	.90057	.45036	.89285	.46587	.88485	.48124	.87659	.49647	.86805	14
47	.43497	.90045	.45062	.89272	.46613	.88472	.48150	.87645	.49672	.86791	13
48	.43523	.90032	.45088	.89259	.46639	.88458	.48175	.87631	.49697	.86777	12
49	.43549	.90019	.45114	.89245	.46664	.88445	.48201	.87617	.49723	.86762	11
50	.43575	.90007	.45140	.89232	.46690	.88431	.48226	.87603	.49748	.86748	10
51	.43602	.89994	.45166	.89219	.46716	.88417	.48252	.87589	.49773	.86733	9
52	.43628	.89981	.45192	.89206	.46742	.88404	.48277	.87575	.49798	.86719	8
53	.43654	.89968	.45218	.89193	.46767	.88390	.48303	.87561	.49824	.86704	7
54	.43680	.89956	.45243	.89180	.46793	.88377	.48328	.87546	.49849	.86690	6
55	.43706	.89943	.45269	.89167	.46819	.88363	.48354	.87532	.49874	.86675	5
56	.43733	.89930	.45295	.89153	.46844	.88349	.48379	.87518	.49899	.86661	4
57	.43759	.89918	.45321	.89140	.46870	.88336	.48405	.87504	.49924	.86646	3
58	.43785	.89905	.45347	.89127	.46896	.88322	.48430	.87490	.49950	.86632	2
59	.43811	.89892	.45373	.89114	.46921	.88308	.48456	.87476	.49975	.86617	1
60	.43837	.89879	.45399	.89101	.46947	.88295	.48481	.87462	.50000	.86603	0
′	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	′
	64°		63°		62°		61°		60°		

یادآوری مفاهیم و روابط مثلثاتی:

روابط مثلثاتی زوایای متمم :

$$\sin(\frac{\pi}{2}-\alpha)=\cos\alpha \ , \ \cos(\frac{\pi}{2}-\alpha)=\sin\alpha$$

$$\operatorname{tg}(\frac{\pi}{2}-\alpha)=\operatorname{cotg}\alpha \ , \ \operatorname{cotg}(\frac{\pi}{2}-\alpha)=\operatorname{tg}\alpha$$

روابط مثلثاتی زوایای به تفاضل $\frac{\pi}{2}$ رادیان :

$$\sin(\frac{\pi}{2}+\alpha)=\cos\alpha \ , \ \cos(\frac{\pi}{2}+\alpha)=-\sin\alpha$$

$$\operatorname{tg}(\frac{\pi}{2}+\alpha)=-\operatorname{cotg}\alpha \ , \ \operatorname{cotg}(\frac{\pi}{2}+\alpha)=-\operatorname{tg}\alpha$$

روابط مثلثاتی زوایای به تفاضل π رادیان :

$$\sin(\pi+\alpha)=-\sin\alpha \ , \ \cos(\pi+\alpha)=-\cos\alpha$$

$$\operatorname{tg}(\pi+\alpha)=\operatorname{tg}\alpha \ , \ \operatorname{cotg}(\pi+\alpha)=\operatorname{cotg}\alpha$$

روابط مثلثاتی زوایای به تفاضل $2k\pi$ رادیان :

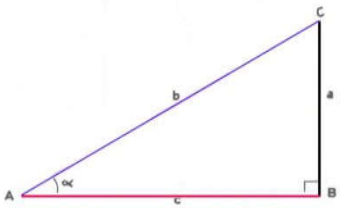
$$\sin(2k\pi+\alpha)=\sin\alpha \ , \ \cos(2k\pi+\alpha)=\cos\alpha$$

$$\operatorname{tg}(2k\pi+\alpha)=\operatorname{tg}\alpha \ , \ \operatorname{cotg}(2k\pi+\alpha)=\operatorname{cotg}\alpha$$

روابط مثلثاتی در مثلث غیر مشخص :
این روابط در همهٔ مثلثها صادق می باشد .

تعریف نسبتهای مثلثاتی :

نسبتهای مثلثاتی عبارتند از : نسبت بین اندازهٔ اضلاع مثلث قائم الزاویه که با توجه به شکل بدین صورت تعریف می شوند :



$$\sin\alpha=\frac{a}{b} \qquad \text{سینوس} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}$$

$$\cos\alpha=\frac{c}{b} \qquad \text{کسینوس} = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}}$$

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{a}{c} \qquad \text{تانژانت} = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}}$$

$$\operatorname{cotg}\alpha=\frac{c}{a} \qquad \text{کتانژانت} = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{ضلع مقابل}}$$

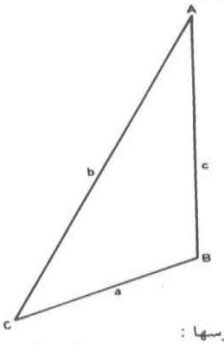
روابط اصلی مثلثات

$$\operatorname{tg}\alpha=\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} \xrightarrow{\text{اثبات}} \frac{a}{c}=\frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{b}}=\frac{a.b}{c.b}=\frac{a}{c}$$

$$\cot g\alpha=\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} \xrightarrow{\text{اثبات}} \frac{c}{a}=\frac{\frac{c}{b}}{\frac{a}{b}}=\frac{cb}{ab}=\frac{c}{a}$$

$$\operatorname{tg}\alpha.\operatorname{cotg}\alpha=1 \xrightarrow{\text{اثبات}} \frac{a}{c}\times\frac{c}{a}=\frac{ac}{ac}=1$$

رابطهٔ کسینوسها :



رابطهٔ کسینوسها :

$$a^2=b^2+c^2-2b.c.\cos A$$
$$b^2=a^2+c^2-2a.c.\cos B$$
$$c^2=a^2+b^2-2a.b.\cos C$$

رابطه سینوسها :

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

$$\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1 \xrightarrow[\text{رابطهٔ فیثاغورث}]{\text{اثبات}} (\frac{a}{b})^2+(\frac{c}{b})^2$$
$$=\frac{a^2}{b^2}+\frac{c^2}{b^2}=\frac{\overbrace{a^2+c^2}}{b^2}=\frac{b^2}{b^2}=1$$

نسبتهای مثلثاتی زوایای مرکب :

$$\sin(a+b)=\sin a.\cos b+\cos a.\sin b$$
$$\sin(a-b)=\sin a.\cos b-\cos a.\sin b$$
$$\cos(a+b)=\cos a.\cos b-\sin a.\sin b$$
$$\cos(a-b)=\cos a.\cos b+\sin a.\sin b$$

$$\operatorname{tg}(a+b)=\frac{\operatorname{tg}a+\operatorname{tg}b}{1-\operatorname{tg}a.\operatorname{tg}b}$$

$$\operatorname{tg}(a-b)=\frac{\operatorname{tg}a-\operatorname{tg}b}{1+\operatorname{tg}a.\operatorname{tg}b}$$

$$\operatorname{cotg}(a+b)=\frac{\operatorname{cotg}a.\operatorname{cotg}b-1}{\operatorname{cotg}a+\operatorname{cotg}b}$$

$$\operatorname{cotg}(a-b)=\frac{\operatorname{cotg}a.\operatorname{cotg}b+1}{\operatorname{cotg}a-\operatorname{cotg}b}$$

$$\sin 2a=2\sin a.\cos a=\frac{2\operatorname{tg}a}{1+\operatorname{tg}^2 a}$$

$$\cos 2a=\cos^2 a-\sin^2 a=2\cos^2 a-1$$
$$=1-2\sin^2 a=\frac{1-\operatorname{tg}^2 a}{1+\operatorname{tg}^2 a}$$

$$\operatorname{tg}2a=\frac{2\operatorname{tg}a}{1-\operatorname{tg}^2 a} \qquad \operatorname{cotg}2a=\frac{\operatorname{cotg}^2 a-1}{2\operatorname{cotg}a}$$

$$\sin 3a=3\sin a-4\sin^3 a$$

$$\cos 3a=4\cos^3 a-3\cos a$$

روابط مثلثاتی زوایای قرینه :

$$\sin(-\alpha)=-\sin\alpha \ , \ \operatorname{tg}(-\alpha)=-\operatorname{tg}\alpha$$
$$\cos(-\alpha)=\cos\alpha \ , \ \operatorname{cotg}(-\alpha)=-\operatorname{cotg}\alpha$$

روابط مثلثاتی زوایای مکمل :

$$\sin(\pi-\alpha)=\sin\alpha \ , \ \cos(\pi-\alpha)=-\cos\alpha$$
$$\operatorname{tg}(\pi-\alpha)=-\operatorname{tg}\alpha \ , \ \operatorname{cotg}(\pi-\alpha)=-\operatorname{cotg}\alpha$$

برداشت سطح زمین:

- منظور از برداشت یک قطعه زمین:
  - تعیین حدود
  - مشخص کردن عوارض
  - ترسیم روی یک نقشه
- **انواع برداشت :**

الف) برداشت به منظور تعیین مساحت (مساحی)

ب) برداشت به منظور تهیهٔ پلان (پلانیمتری)

برداشت به منظور تعیین مساحت یا برداشت مساحی:

- **مراحل مختلف مساحی:**

الف) شناسایی مقدماتی

- بررسی مرزهای جداکننده منطقه
- بررسی ثبات مرزها
- انتخاب طریقه برداشت

ب) رسم کروکی

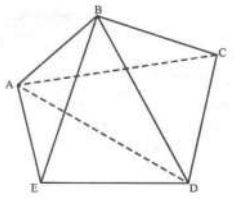
ج) اندازه‌گیری طولها و زوایای مورد لزوم و نوشتن اندازه‌های کروکی

د) ترسیم

هـ) محاسبهٔ مساحت از روی شکل ترسیم شده

روشهای برداشت بر مبناء وسعت زمین

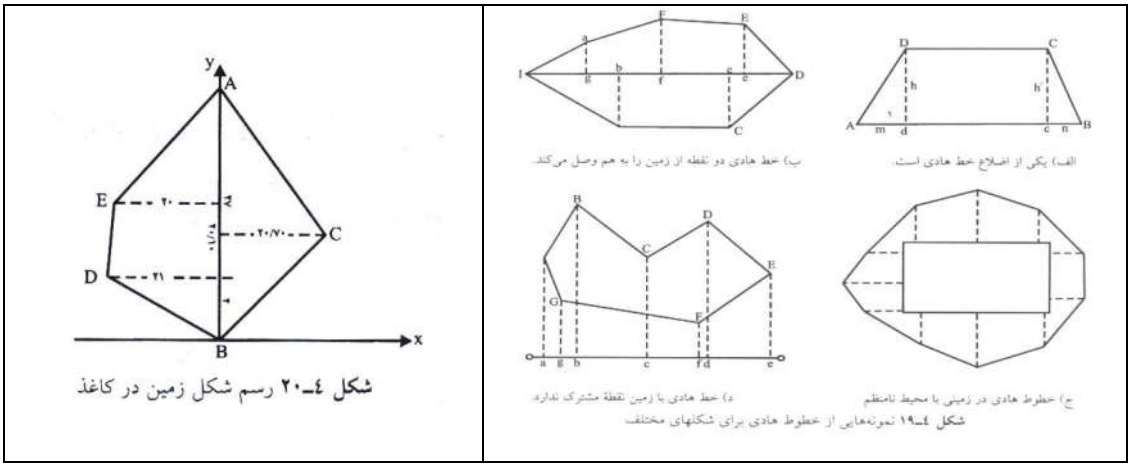
- برداشت به روش تجزیه زمین به مثلث :



شکل ۱۸ـ٤ برداشت به روش تجزیهٔ زمین به مثلث

- کاربرد این روش :
  - تعداد اضلاع محیطی زمین کم و یا وسایل اندازه‌گیری منحصربه فرد (نوار فولادی) باشد.
  - طول اضلاع هر مثلث با یکدیگر اختلاف زیادی نداشته باشند.

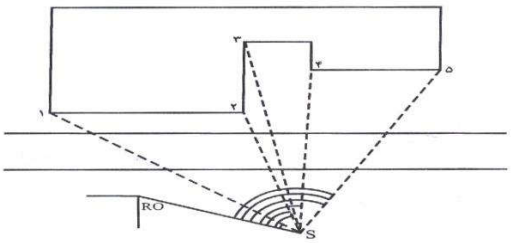
رسم شکل زمین :



شکل ٤ـ٢٠ رسم شکل زمین در کاغذ

شکل ٤ـ١٩ نمونه‌هایی از خطوط هادی برای شکلهای مختلف

برداشت به روش شعاعی



شکل ٤ـ٢٣ برداشت به روش شعاعی

دستورالعمل برداشت منطقه به روش شعاعی

الف) شناسائی نقشه

ب) ایستگاه‌گذاری (S) و تعیین امتداد مبناء

ج) صفر کردن دستگاه در امتداد مبناء

د) شاخص‌گذاری، نامگذاری نقاط، مشخص کردن آنها در کروکی، و ثبت در فرمهای تاکئومتری

هـ) محاسبات

و) تعیین فاصله نقاطی که از ایستگاه S دیده نمی‌شوند.

ز) ترسیم پلان

ح) تعیین جهت شمال روی نقشه

برداشت به منظور تهیه پلان

تعریف:

نقشه‌ی منطقه کوچکی از سطح زمین با مقیاس بزرگ را پلان گویند.

تفاوت عملیات تهیه پلان یا مساحی:

الف) در مساحی تنها رئوس محیط زمین برداشت می‌شوند. درتهیه پلان نقاطی که برداشت می‌شوند مربوط به کلیه عوارض منطقه‌اند

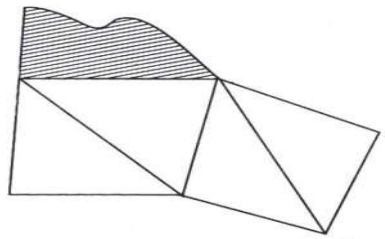
ب) در مساحی هدف به دست آوردن مساحت تصویر افقی قطعه زمین است. درتهیه پلان هدف مشخص ساختن وضعیت افقی زمین با تمام جزئیات آن است.

ج) در مساحی، بعد از ترسیم، فقط محدودهٔ قطعه زمین مشخص است. در پلان کلیهٔ اجزا و وضعیت نسبی آنها نسبت به یکدیگر مشخص می‌شود.

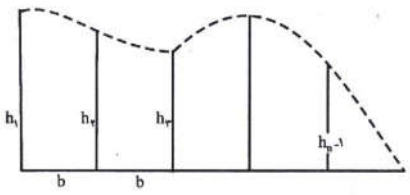
نکات مهم برای رسم پلان با مقیاس ۱:۱۰۰۰

- رعایت ضخامت ترسیم محدوده
- رعایت ترسیم عرض آبراهه‌ها
- مشخص کردن نقاط چند ضلعی با دوایر
- رعایت زاویه 45^{o} در نسبت به خطوط محدوده واحدهای مسکونی و اداری در ترسیم
- علامت‌گذاری اراضی و عوارض
- تعیین مقیاس پلان

محاسبه مساحت:

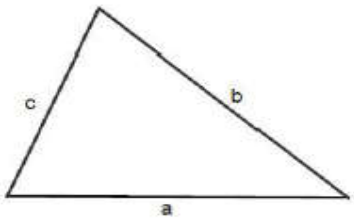


شکل ٤ـ٢٦ محاسبهٔ مساحت شکلهای نامنظم



شکل ٤ـ٢٧ محاسبهٔ مساحت ذوزنقه‌ها

۱- با داشتن سه ضلع از رابطه (۱)



$$P = \frac{a+b+c}{2}$$

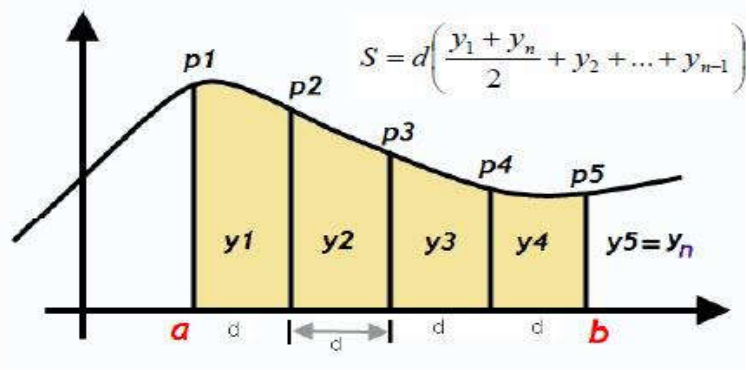
$$S = \sqrt{P(P-a)(P-b)(P-c)}$$

که در آن a , b , c طول اضلاع و p نصف طول محیط مثلث و s مساحت مثلث

۲- با داشتن دو ضلع و یک زاویه از رابطه (۲)

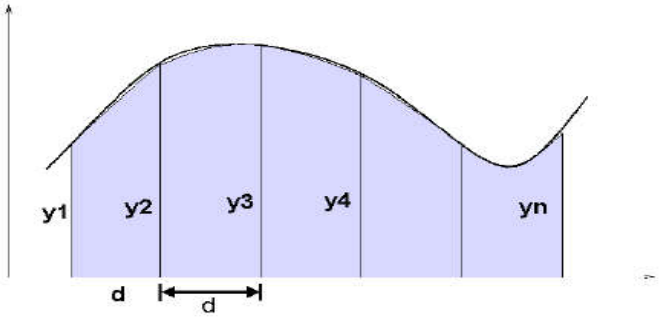
$$S = \frac{1}{2} a.b \sin c$$

۳- در مواردی که شکل پلان نامشخص باشد:



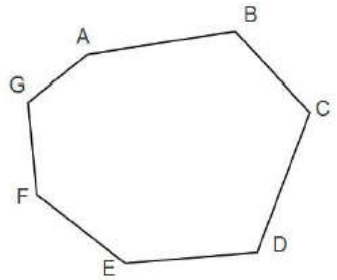
$$S = d\left(\frac{h_1 + h_n}{2} + h_2 + h_3 + \ldots + h_{n-1}\right)$$

روش سیمپسون :



$$\sum y_i = y_3 + y_5 + y_7 + y_9$$
$$\sum y_P = y_2 + y_4 + y_6 + y_8 + y_{10}$$
$$S = d/3\left(y_1 + 2\sum y_i + 4\sum y_P + y_n\right)$$

٤- در مواردی که مختصات گوشه های یک چندضلعی مشخص باشد:



$$S = \frac{1}{2}\begin{vmatrix} x_A & x_B & x_C & x_D & x_E & x_F & x_G & x_A \\ y_A & y_B & y_C & y_D & y_E & y_F & y_G & y_A \end{vmatrix} = \frac{1}{2}\left|(x_A \times y_B) + (x_B \times y_C) + (x_C \times y_D)\right.$$
$$\left. + (x_D \times y_E) + (x_E \times y_F) + (x_F \times y_G) + (x_G \times y_A) - (x_A \times y_G) - (x_G \times y_F) - (x_F \times y_E) - (x_E \times y_D) - (x_D \times y_C) - (x_C \times y_B) - (x_B \times y_A)\right|$$

فصل پنجم : زاویه کش‌ها

- هدف کلی :
  - معرفی زاویه‌کشها
  - روش کار
  - طریقه امتدادی
  - مغناطیسی
  - چگونگی سرشکن کردن خطا در پیمایش به روش ترسیمی

هدفهای آموزشی

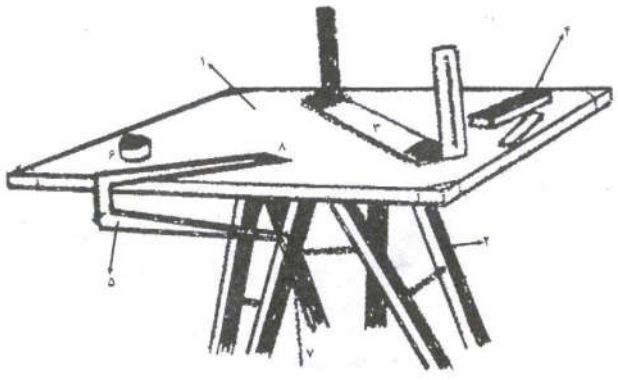
- کلیات :
  - زاویه‌کشها
  - برداشت ترسیمی به روش شعاعی
  - روشهای ترسیمی برحسب نوع توجیه
  - شکل پیمایش امتدادی
  - عوامل ایجاد خطا و اشتباه در نقشه‌برداری
  - چگونگی سرشکن کردن خطای پیمایش در روش ترسیمی

تعریف زاویه‌کش:

زاویه کشها وسایلی هستند که به کمک آنها می‌توان مستقیما در روی زمین زوایا را رسم کرد.

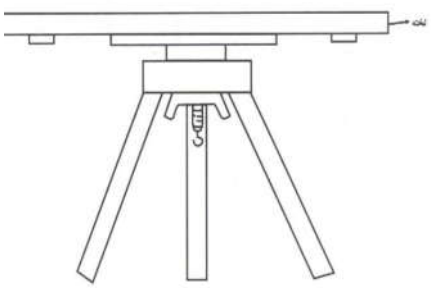
اجزای دستگاه زاویه کش:

- دستگاه تخته و سه‌پایه :

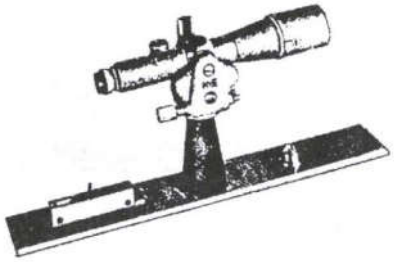


شکل ۵ـ۱ تخته و سه‌پایه
۱. تخته رسم، ۲. سه پایه، ۳. آلیداد ساده (پینول‌دار) یا آلیداد دوربین‌دار، ٤. انحراف‌دهنده (قطب‌نما)، ۵. پرگار ضخامت (پنس شاقولی)، ٦. تراز کروی یا استوانه‌ای، ۷. شاقول، ۸. وسایلی از قبیل سوزن، کاغذ، مقیاس و گونیا.

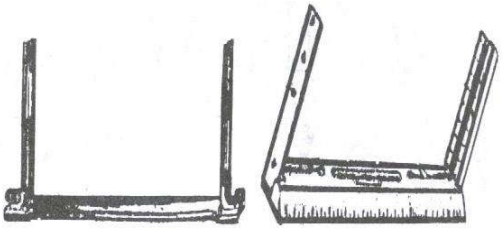
شکل ۵ـ۳ سه پایه



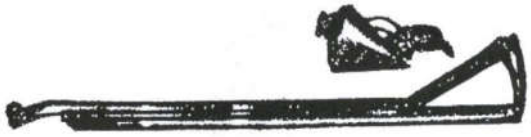
شکل ۵ـ۲ تخته رسم



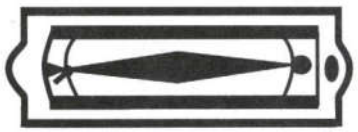
شکل ۵-۵ آلیداد دوربین‌دار



شکل ۵ـ٤ آلیداد



شکل ۵ـ۷ پرگار ضخامت

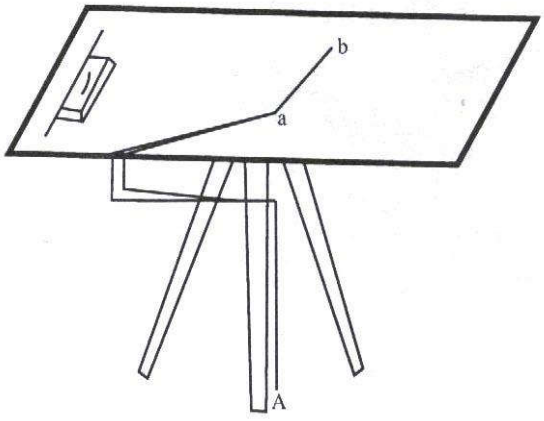


شکل ۵-٦ انحراف دهنده

طرز ایستگاه‌گذاری یا استقرار دستگاه

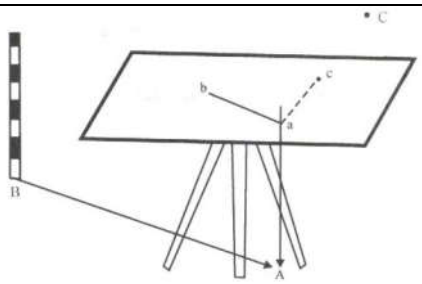
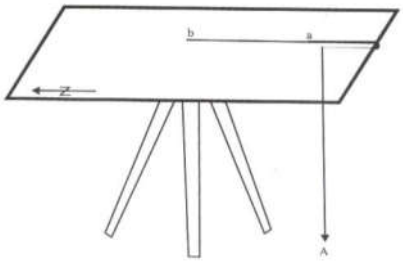
الف) افقی قراردادن تخته‌رسم

ب) استقرار در نقطه موردنظر



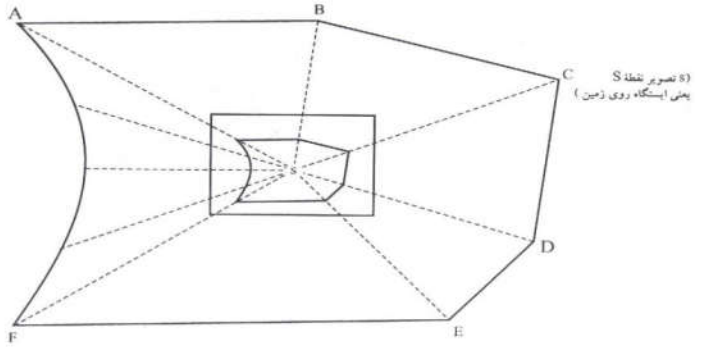
شکل ۵ـ۸ استقرار در نقطهٔ مورد نظر

انواع توجیه:

توجیه امتدادی	 شکل ۵ـ۹ توجیه امتدادی
توجیه مغناطیسی	 شکل ۵ـ۱۰ توجیه مغناطیسی

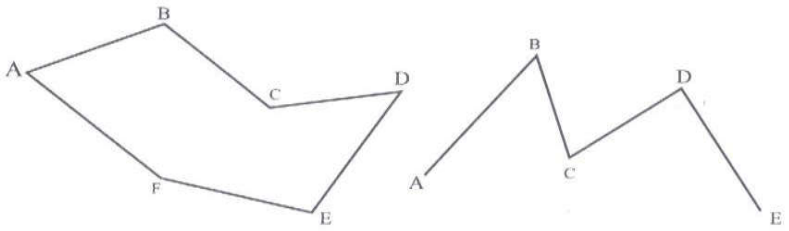
برداشت با تخته و سه‌پایه

- برداشت ترسیمی به روش شعاعی



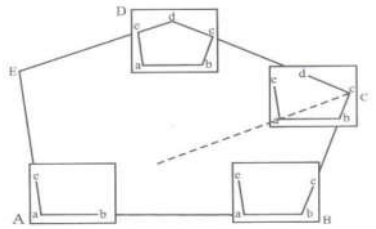
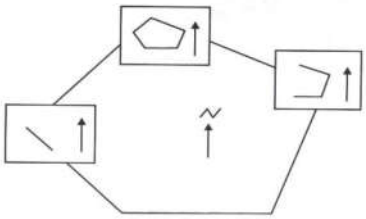
شکل ۵ـ۱۱ برداشت ترسیمی به روش شعاعی

- برداشت ترسیمی به روش پیمایش

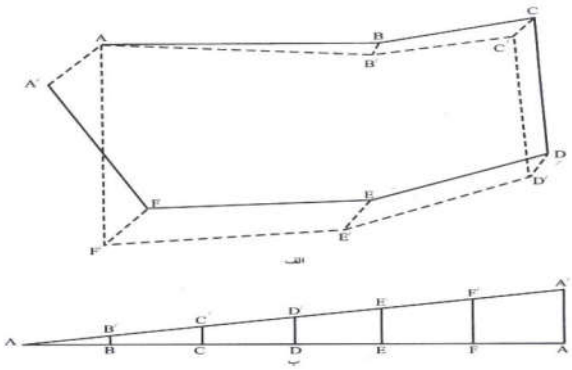


شکل ۵ـ۱۲ پیمایش باز و بسته

روشهای پیمایش ترسیمی

پیمایش امتدادی	 شکل ۵ـ۱۳ پیمایش امتدادی
پیمایش مغناطیسی	 شکل ۵ـ۱۴ پیمایش مغناطیسی

سرشکن کردن خطای پیمایش در روش ترسیمی



شکل ۵ـ۱۵ اصلاح پیمایش به‌طریقهٔ ترسیمی

فصل ششم : نقشه‌های توپوگرافی

هدف کلی :

- تهیه نقشه توپوگرافی و رسم نیمرخ
- اصول کار تهیه پلان توپوگرافی به روش شبکه‌بندی
- روشهای تهیه نیمرخ
- مراحل تهیه نقشه

هدفهای آموزشی

- تهیه نقشه‌های توپوگرافی و تهیه نیمرخ
- روش کار تهیه پلان توپوگرافی از منطقه به طریقه شبکه‌بندی

- شکل نیمرخ زمین
- اختلاف بین روشهای مستقیم و غیرمستقیم در تهیه نیمرخ
- عوارض ارتفاعی

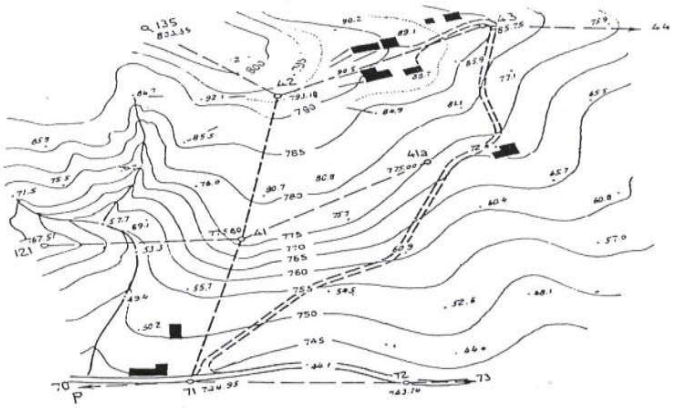
مقدمه کلی فصل :

- شناخت موقعیت پستی و بلندیها، برداشت توپوگرافی با روش تاکئومتری
- آگاهی از محل دره‌ها و رودخانه‌ها
- کاربرد بند ۱و۲ در تسهیل کار زمین‌شناس در شناخت رخنمونها
- شناخت نقشه‌های توپوگرافی و نحوه تهیه نیمرخ

برداشت منحنیهای تراز به روش تاکئومتری

- استقرار دستگاه روی ایستگاه I
- اندازه‌گیری ارتفاع دستگاه نسبت به ایستگاه
- صفر کردن دستگاه در راستای P
- نشانه روی به نقطه II
- قرائت تارهای رتیکول و زاویه قائم وافقی
- استقرار دوربین روی نقطه II
- صفر کردن روی نقطه I
- نشانه روی به نقطه III و اندازه‌گیری پارامترها
- بقیه نقاط به این صورت ادامه می‌یابد.
- رسم نقاط هم ارتفاع به هم و در نهایت ترسیم نقشه توپوگرافی

نمونه‌ای از نقشه‌های توپوگرافی:



شکل ٦ـ١ نمونه‌ای از نقشه‌های توپوگرافی

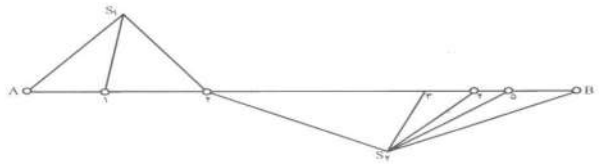
نیمرخ:

تعریف :

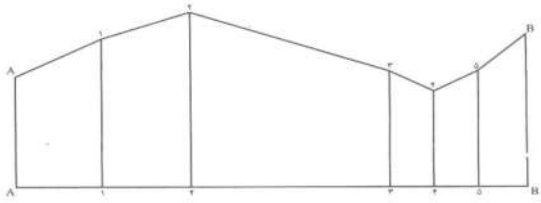
- نیمرخ یا پروفیل برشی قائمی از زمین است که در امتداد محور معینی تهیه می‌شود.

تهیه نیمرخ یا پروفیل:

- **روش مستقیم**



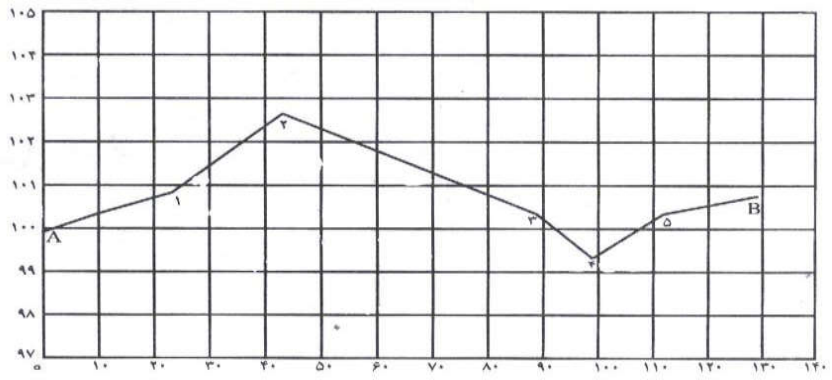
شکل ٦ـ٢ رسم نیمرخ امتداد AB



شکل ٦ـ٣ مقطع تقریبی نقاط

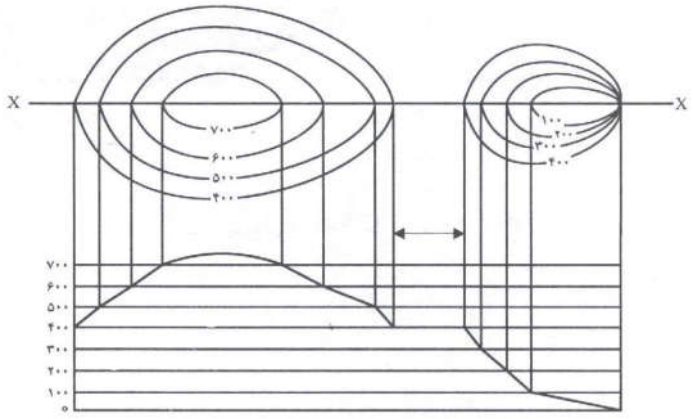
جدول ٦ـ١ تنظیم فواصل و اعداد حاصل از ترازیابی نقاط

نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع متر +	اختلاف ارتفاع متر −	فاصله متر	ارتفاع متر	ارتفاع متر
A	٣٦٢٧						١٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠
١		٢٧٥١			٠٨٧٦	٢٢/٥١	١٠٠/٨٧٦	١٠٠/٩
٢	٠٤٨٠		٠٩١٥	٢٧١٢		٤٤/٥٢	١٠٢/٧١٢	١٠٢/٧
٣		٢٦٠٢			٢١٢٢	٩/٩٨	١٠٠/٥٩٠	١/٠٠٦
٤		٣٨٧١			٢٣٩١	١٣/٢٥	٩٩/١٩٩	٩٩/٣
٥		٢٦٩٢			٢٢١٢	١٨/٠٥	١٠٠/٥٠٠	١٠٠/٥
			٢٢٧٩		١٧٩٩		١٠٠/٩١٣	١٠٠/٩



شکل ٦-٤ رسم نیمرخ دقیق مقطع **AB**

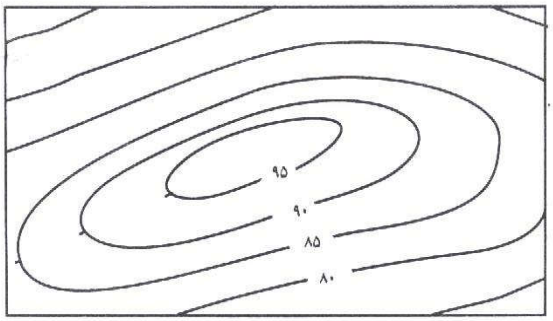
روش غیر مستقیم



شکل ٦ـ٥ رسم نیمرخ به روش غیرمستقیم

روشهای نمایش ارتفاع در نقشه

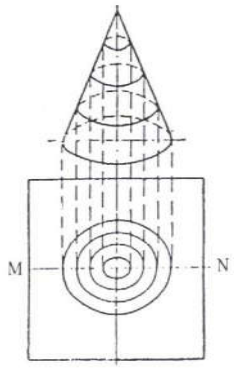
- خطوط تراز یا منحنی‌های میزان : خطوط هم ارتفاع را نسبت به یک سطح مبنا خطوط تراز می‌نامند.



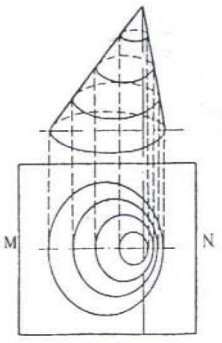
شکل ٦ـ٦ خطوط تراز تپه

نمایش اشکال هندسی با منحنیهای تراز

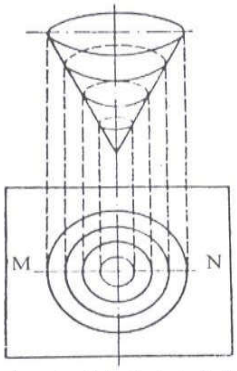
عوارض سطح زمین شبیه به شکلهای هندسی را می‌توان با استفاده از منحنیهای تراز در روی نقشه نشان داد.



شکل ٦ـ٧ منحنیهای تراز مخروط منظم قائم



شکل ٦ـ٨ منحنیهای تراز مخروط مایل



شکل ٦ـ٩ منحنیهای تراز مخروط وارونه

اشکال مختلف ارتفاعی

- جلگه
- کوه
- شیار
- دره
- گرده

شکل ٦ـ١٠ شکلهای مختلف ارتفاعی

مشخصات خطوط تراز

ویژگیهای خطوط تراز:

الف) همه نقاط واقع بر یک خط تراز هم ارتفاع‌اند.

ب) هر منحنی بسته، در محدوده نقشه معرف یک بلندی یا گودی است.

ج) خطوط تراز چه در محدودهٔ نقشه و چه خارج آن ادامه می‌یابند.

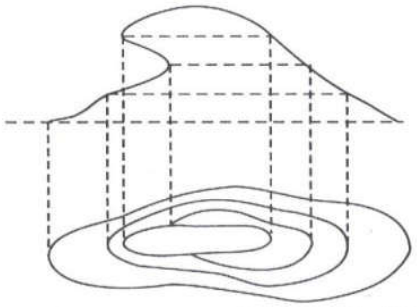
د) منحنیهای تراز یکدیگر را قطع نمی‌کنند. استثنایی در حالتی که صخره‌ای مطابق شکل ۶ـ۱۲ در قسمت بالا به صورت نقاب‌دار پیش آمدگی داشته باشد.

هـ) فاصله قائم بین منحنیهای میزان برابر است، فاصلهٔ آنها در نقشه به شیب زمین بستگی دارد.

و) کوتاه‌ترین فاصله بین خطوط تراز بزرگ‌ترین شیب است.

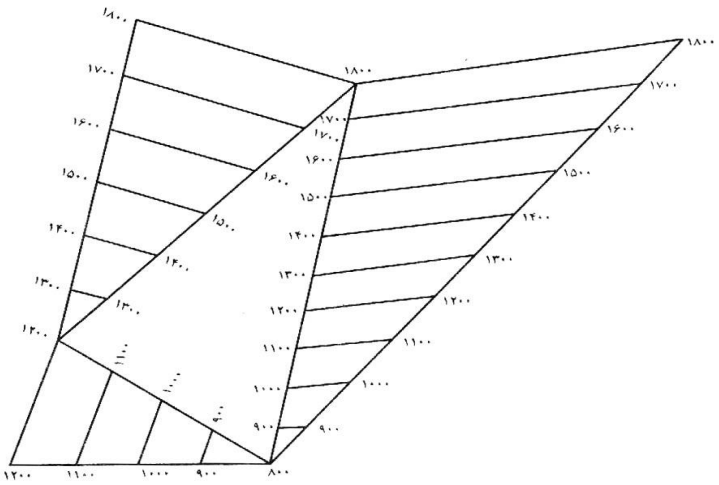
ز) محور آبراهه‌ها و دره‌ها مطابق شکلهای ۶ـ۱۱ ج و د بر منحنیهای تراز عمودند.

ح) خطوط تراز، سطح مستوی به صورت خطوط موازی‌اند.



شکل ٦ـ١٢ پیش‌آمدگی صخره به‌صورت نقاب که‌باعث قطع شدن منحنیهای میزان می‌شود.

- روش واسطه‌یابی جهت ارتفاعهای حد واسطه اعداد ۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۸۰۰



مروری بر مبانی پیاده سازی و کنترل هندسی پروژه های ساختمانی[۲۰]

چکیده

همانطورکه در تعریف نقشه برداری آمده است، پیاده کردن یک بخش مهم از نقشه برداری محسوب می شود .اغلب تصور عمومی از موضوع پیاده سازی، عکس عملیات برداشت و تعیین موقعیت عوارض سطح زمین است. در واقع پیاده سازی به مشخص کردن

۲۰ - مقاله دکتر یحیی جمور(پیام نظام مهندسی نشریه شماره ۲ شهریور و مهر ۱۳۹۲)

عوارض و اجزای اصلی یک طرح(مانند ساختمان یا هر تاسیسات دیگری)که موقعیت آنها در طرح مشخص است، اشاره میکند. بدیهی است در حین پیاده سازی و اجرای طرح نیز باید مجددا طرح پیاده شده(وضع موجود)مورد نقشه برداری قرار گیرد تا از انحراف زیاد آن از طرح جلوگیری به عمل آید. بنابراین پیاده سازی با نقشه شروع و مجددا به نقشه نیز ختم می شود. غالب اوقات هنگامی که سخنی از اجرای ساختمان می شود، منظور اجرای مصالح ساختمان و اجرای طرح هندسی ساختمان است. در کشور ما موضوع مصالح((مانند بتن، جوش سیمان،جنس پروفیل ها، نوع نورد، و...)از اهمیت خاصی برخوردار است و همه روزه در مورد آن بحث و گفتگو می شود. اما بحث طرح هندسی که به رشته مهندسی نقشه برداری و پیاده سازی برمی شود، به رغم اهمیت بسیار بالای آن، کمتر مورد توجه قرار گرفته است .اهمیت طرح هندسی را می توان به دو بخش تقسیم کرد: ۱) مقاومت و پایداری ساختمان، ۲) زیبایی ساختمان که هر دو مورد بسیار حایز اهمیت هستند. بنابراین وجود کسی که بتواند اعداد و ارقام را کنترل و اصول مهندسی را در اندازه گیری ها و کنترل ها رعایت کند و بتواند طرح هندسی را از نظر سازه ای، معماری و شهرسازی به طور صحیح پیاده سازی و کنترل کند و ساختمان را از نظر هندسی مطابق طرح طراحان تحویل دهد، بسیار ضروری به نظر می رسد. این موضوع همان حلقه گمشده در ساختمان سازی است که کمتر مورد توجه بوده است. اینجاست که باید رشته مهندسی نقشه برداری را پایه و اساس ساختمان از نظر طرح هندسی دانست و وجود چنین افرادی را در ساختمان سازی بسیار ذی قیمت دانست. بر همین اساس سعی شده است در این نوشتار ضمن بررسی مطالب کلی مربوط به پیاده سازی، به صورت خاص به پیاده سازی و نقشه برداری در پروژه های ساختمانی پرداخته می شود.

۱- مقدمه

پیاده سازی به عنوان مهمترین بخش در هر پروژه عمرانی، بر پایه یک سری علایم و خطوطی که نشاندهنده موقعیت افقی و ارتفاع اجزا و عناصر یک پروژه در سطح زمین هستند، استوار است و بنابراین بدون بکارگیری فنون پیاده سازی، امکان اجرای پروژه ها وجود ندارد. اگرچه، کیفیت پیاده سازی بسته به شرایط منطقه کاری و نوع پروژه متفاوت است، اما به هر میزان که تجهیزات و روش های دقیق تری بکار گرفته شوند، به همان میزان نتیجه پیاده سازی پروژه به طرح اولیه آن نزدیکتر است. بدیهی است بر پایه نظریه خطاها هیچ گریزی از خطاهای اتفاقی و تا حدودی خطاهای سیستماتیک کوچک وجود ندارد به دلیل بروز این نوع خطاها، هیچ گاه امکان اجرای ایده آلی یک پروژه و انطباق کامل آنها با طرح وجود ندارد .بنابراین در عمل با توجه به محدوده خطاهای مجاز، باید به گونه ای به موضوع پیاده سازی توجه شود که هزینه های خیلی زیاد به بار نیاید و اصطلاحا از نظر اقتصادی بهینه باشد. البته نا گفته نماند، منظور از پیاده سازی بهینه و اقتصادی این نیست که خطاها به گونه ای اتفاق بیفتد که موجب تاخیر یا توقف در کار شود، زیرا در این صورت جبران آن منجر به صرف هزینه های اضافی و پیش بینی نشده می شود.

در پیاده سازی دو هدف عمده دنبال می شود:

۱) ساختمان یا هر تاسیسات موردنظر در طرح باید به صورت نسبی و مطلق در هر سه بعد به صورت صحیح روی سطح زمین ایجاد شود،

۲) روشها و فنون بکارگرفته شده باید بگونه ای باشد که اجرای پروژه بدون تاخیر و وقفه با سرعت زیاد(و به تبع آن هزینه کم) پیش برود.

با توجه به توضیحات بالا، در پروژه های عمرانی، مهندسان نقشه برداری به منظور پیاده سازی و کنترل پیوسته اجرای طرح باید با مهندس ناظر که معمولا به نمایندگی از مشاور و طراح پروژه حضور دارند، ارتباط مستقیم داشته باشند. لذا همکاری و ارتباط بین مهندس ناظر و مهندس نقشه بردار، می تواند نقش بسزایی در پیشرفت صحیح و سریع پروژه داشته باشد. بدیهی است اعمال هرگونه تغییر در طرح اصلی باید با اطلاع و تایید رسمی مهندس ناظر صورت گیرد و در صورت بروز هرگونه انحراف در اجرای پروژه باید بلافاصله به مهندس ناظر گزارش شود تا ضمن اتخاذ روش اصلاح آن از بروز هزینه های بیشتر جلوگیری شود.

۲-برخی نکات اساسی در پیاده سازی

برخی ملاحظات در پیاده سازی وجود دارند که در زیر به آنها اشاره می شود.

- قبل از شروع عملیات پیاده سازی، نقاط مرجع افقی و ارتفاعی به اندازه کافی در داخل یا نزدیک منطقه اجرای طرح گسترش یابد.
- به منظور حفظ دقت و یکنواختی آن در بخش های مختلف پروژه و جلوگیری از بروز خطاهای تجمعی، تمام نقاط طرح بر اساس نقاط مرجع افقی و ارتفاعی پیاده شود.
- قبل از شروع عملیات پیاده سازی، مدارک و فرم های مربوط به پیاده سازی تهیه و ذخیره شود.
- قبل از شروع عملیات پیاده سازی، تمام تجهیزات مورد استفاده مانند ترازیاب ها و زاویه یاب ها و طولیاب ها مورد کنترل قرار گیرند و در طول اجرای طرح نیز ضمن توجه به نگهداری استاندارد آنها، به صورت منظم (مثال ماهی یکبار)این کار تکرار شود تا از عملکرد صحیح آنها اطمینان حاصل شود.
- به منظور کشف نقاط مرجع افقی و ارتفاعی جابجا شده یا تخریب شده، بازرسی دوره ای (مثلا هفتگی)این نقاط انجام و در صورت نیاز اقدام به بازسازی آنها شود.
- رفع آثار خطاها در مراحل بعدی بسیار مشکل تر و پر هزینه تر است، لذا مخفی کردن خطاهای غیرمجاز، هیچ سودی در پی ندارد و باید در همان مراحل ابتدایی ضمن تشخیص و گزارش آن، به تصحیح آن اقدام شود.

- ارتباط تنگاتنگ با سایر عوامل همکار و مهندس ناظر باعث آگاهی بیشتر از نحوه ی انجام کار می شود و بنابراین از بروز بسیاری از خطاها جلوگیری می کند.

۳-مقدمات پیاده سازی

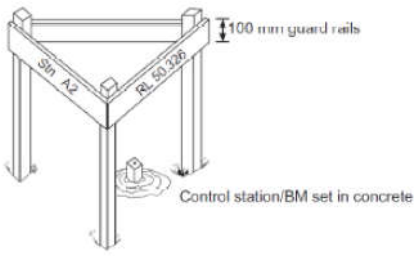
قبل از هرگونه اقدام عملی لازم است موارد زیر با دقت و حوصله انجام گیرد، زیرا ممکن است کوچک ترین بی توجهی در این مرحله موجب تحمیل هزینه های بیشتر در مراحل بعدی شود.

- "نقشه ها :معمولا قبل از پیاده سازی یک نقشه اولیه با مقیاس ۱:۵۰۰ یا ۱:۲۰۰ تهیه می شود و طرح مورد نظر روی آن مشخص می شود .این نقشه به همراه سایر مدارک و اسناد طرح پس از برگزاری مناقصه به پیمانکار تحویل داده می شود . این نقشه پایه نقشه اجرایی را تشکیل می دهد که برای پیاده سازی مورد استفاده قرار می گیرد.
- "کنترل طراح: تمام اجزای طرح باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد و در صورت وجود مانع یا موانع در پیاده سازی هر بخش از طرح باید فورا به مسوولان طرح گزارش شود تا در مورد آن چاره اندیشی شود.
- شناسایی منطقه :به رغم اینکه از قبل نقشه منطقه موردنظر تهیه شده و برای پیاده سازی در دسترس قرار می گیرد، اما مهندس نقشه بردار باید محل اجرای طرح را مورد بازدید قرار دهد و نسبت به رفع اختلافات احتمالی میان نقشه و منطقه اقدام کند. ضمنا توصیه می شود در جریان بازدید، محل های مناسب برای ایجاد نقاط مرجع نیز علامت گذاری شود. البته ممکن است برخی از نقاط کنترل قبلی که در تهیه نقشه استفاده شده اند مناسب تشخیص داده شوند که باید از آنها محافظت شود.
- ایستگاه های مسطحاتی و ارتفاعی نقشه برداری :به منظور پیاده سازی طرح باید ایستگاه های مسطحاتی و ارتفاعی در محل های مناسب و دور از عوامل آسیب رسان ایجاد و محافظت شود .البته در مرحله تهیه نقشه می توان بگونه ای ایستگاه های مسطحاتی و ارتفاعی را ایجاد کرد که بتوان از همان نقاط در پیاده سازی بهره گرفت و تعداد ایستگاه های مورد نیاز را به حداقل ممکن رساند.

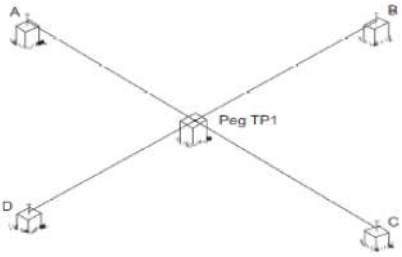
٤- نقاط کنترل مسطحاتی و ارتفاعی

موقعیت مسطحاتی نقاط اصلی طرح بر مبنای نقاط کنترل مسطحاتی موجود در محل پروژه پیاده می شود .شیوه ایجاد نقاط کنترل مسطحاتی به صورت از کل به جزء رفتن است و این نقاط به اتکای نقاط درجه بالاتر به دست می آید .نقاط کنترل مسطحاتی معمولا در نزدیکی منطقه طرح و در محل های ایمن قرار می گیرد تا از تخریب آنها جلوگیری شود. به منظور بکارگیری نقاط کنترل مسطحاتی در طول پروژه، این نقاط باید به شیوه مناسب نگهداری شود(نگاره۱).

چنانچه به هردلیلی برخی نقاط کنترل مسطحاتی از بین برود، لازم است مجددا مورد بازسازی قرار گیرد. لذا علاوه بر نقاط کنترل، برای هر کدام از آنها تعدادی نقاط مرجع در اطرافشان ایجاد می شود تا در صورت لزوم به کمک آنها بتوان نقاط کنترل اصلی را بازسازی کرد(نگاره ۲).



نگاره ۱- نگهداری از نقاط کنترل



نگاره ۲- نقاط مرجع برای بازسازی نقاط کنترل

ارتفاع نقاط اصلی طرح بر مبنای نقاط کنترل ارتفاعی موجود در محل پروژه پیاده می شود. شیوه ایجاد نقاط کنترل ارتفاعی مانند نقاط کنترل مسطحاتی به صورت از کل به جزء رفتن است و این نقاط نیز به اتکای نقاط درجه بالاتر به دست می آید .در بسیاری از مواقع نقاط کنترل مسطحاتی و نقاط کنترل ارتفاعی یکسانند و در واقع نقاط کنترل دو منظوره هستند. نکات مربوط به محافظت و بازسازی نقاط کنترل ارتفاعی نیز مشابه نقاط کنترل اصلی است. البته مبنای ارتفاعی کاملا متفاوت از مبنای مسطحاتی است و معمولا نقطه مبنای ارتفاعی در خارج از محدوده کارگاه و با توافق مشاور و کارفرما انتخاب می شود.

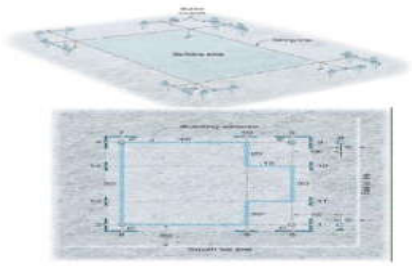
۵- پیاده سازی و کنترل ساختمان

۵-۱-پیاده سازی موقعیت مسطحاتی یک ساختمان

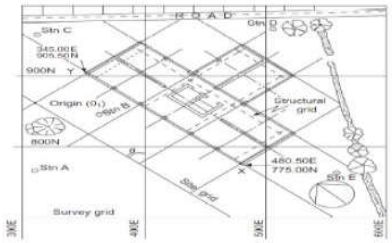
روش پیاده سازی بسته به وسعت منطقه و دقت مورد نیاز و نوع وسایل در اختیار متفاوت است. با این حال مراحل پیاده سازی موقعیت یک ساختمان به صورت اجمالی به شرح زیر است:

- حداقل دو گوشه ساختمان(معمولا گوشه های مربوط به بر ساختمان که در نقشه های شهرسازی مشخص شده است) به اتکای نقاط کنترل مسطحاتی و بکارگیری روشهای مناسب مانند تقاطع طولی و زاویه ای روی سطح زمین مشخص و علامت گذاری می‌شود(نگاره ۳).
- بر پایه دو گوشه مزبور و استقرار روی آنها، سایر گوشه ها با طول و زاویه ذیربط روی سطح زمین مشخص و علامت گذاری می‌شود(نگاره ۳).
- به دلیل از بین رفتن نقاط گوشه ای در حین خاک برداری و پی کنی، نشانه های کمکی خارج از ساختمان و در راستای اضلاع آن ایجاد می شود. این نشانه ها معمولا بوسیله میخ روی تیرک های چوبی مخصوص ایجاد می‌شود(نگاره ۴).
- اندازه قطرهای ساختمان بررسی و در صورت مغایرت ریشه یابی و سپس برطرف می‌شود(نگاره ۵).

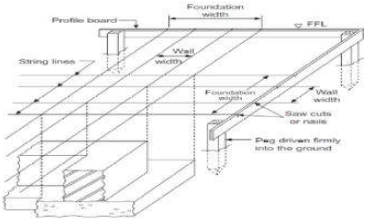
یادآوری می شود تمام طول های مربوط به پیاده سازی باید به صورت افقی در نظر گرفته شود بویژه اگر سطح منطقه شیب دار است، این موضوع جدی تر است.



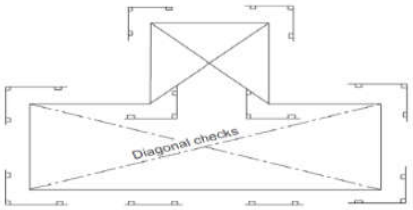
نگاره ۴- نشانه های کمکی خارج از ساختمان و در راستای اصلاح



نگاره ۳- نشانه گذاری گوشه های ساختمان به انکای نقاط کنترل مسطحاتی



نگاره ۶- پیاده سازی موقعیت و پهنای پی ها و ستون های ساختمان به کمک تیرک های چوبی



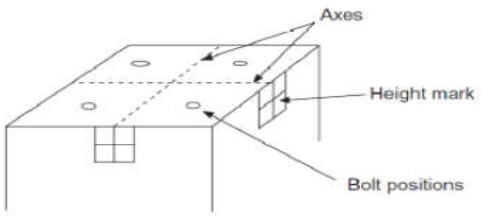
نگاره ۵- بررسی اندازه قطرهای ساختمان

۵-۲-پیاده سازی پی ها و ستون های ساختمان

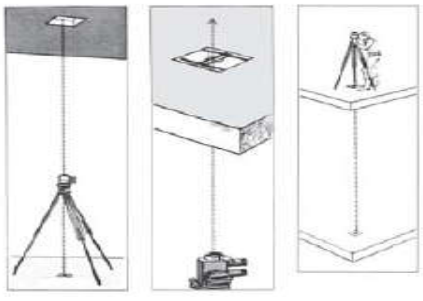
بر اساس موقعیت و پهنای پی ها و ستون های ساختمان در طرح، علامت های هریک روی تیرک های چوبی در گوشه ها و کناره های ساختمان مشخص و سپس به کمک دستگاه های زاویه یاب، موقعیت و امتداد پی ها و ستون ها روی سطح زمین معین می‌شود (نگاره ۶).

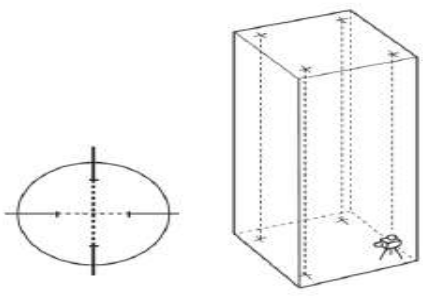
بدیهی است محل تقاطع امتداد علایم مربوط به مرکز ستون ها، بیانگر موقعیت مرکز ستون روی زمین است (نگاره ۷).

البته ناگفته نماند برای پی ها و ستون های ساختمان، باید موقعیت ارتفاعی آنها نیز مورد توجه قرار گیرد.

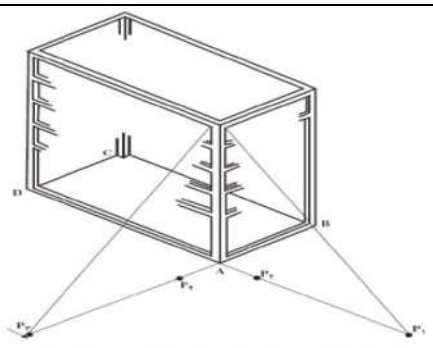


نگاره ۷- پیاده سازی موقعیت مرکز ستون از تقاطع خطوط نشانه روی تیرک ها





نگاره ۸- بکارگیری شاقول های نوری و لیزری در کنترل ارتفاعی ساختمان ها



نگاره ۹- بکارگیری زاویه یاب در کنترل ارتفاعی ساختمان ها

۵-۳-کنتل ارتفاعی و شاقولی ساختمان ها

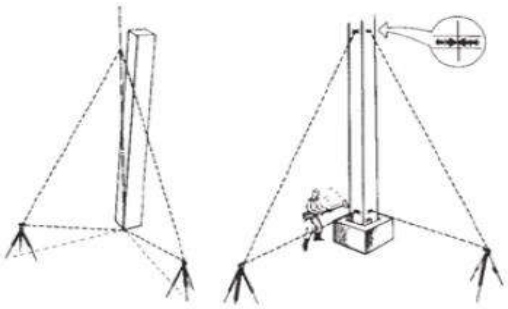
از آنجا که ستون های ساختمان چارچوب اصلی ساختمان را تشکیل می دهند، لذا چنانچه موقعیت هر ستون در هر طبقه دقیق و مطابق طبقه زیرین پیاده شود، ساختمان بدون انحراف و به صورت عمودی در ترازهای از قبل مشخص شده رشد کرده و ساخته می‌شود. برای نیل به این منظور در حال حاضر اجرای آن با استفاده از شاقول نخی است. در این روش شاقول از طبقات بالاتر آویزان و هر موقع روی علامت مرکز ستون در طبقات پایین تر قرار گیرد، موقعیت مرکز ستون به صورت عمودی و با ارتفاع مشخص به طبقات بالاتر منتقل می شود. بدیهی است به دلیل جریان های باد و نوسانات شاقول این روش از دقت لازم برخوردار نیست و ممکن است وقت زیادی برای آن صرف شود.

روش های مناسب استفاده از شاقول نوری و لیزری یا استفاده از زاویه یاب است. روش نوری و لیزری فقط در محدوده ساختمان قالب استفاده است. در این روش شاقول لیزری در طبقات بالا یا پایین مستقر شده و با قرار گرفتن علامت لیزر روی مرکز ستون اطمینان لازم از تراز بودن ستون ها حاصل می شود(نگاره۸).

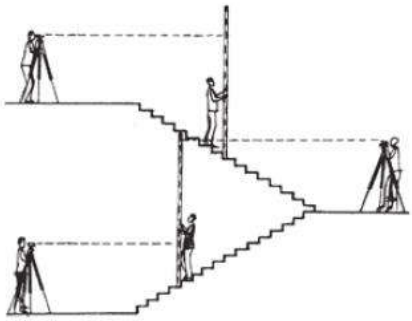
روش دیگر بکارگیری زاویه یاب است که معمولا در خارج از محدوده ساختمان و برای ساختمان های بزرگ قابل استفاده است. چنانچه زاویه یاب کاملا تنظیم باشد،ا متداد تار عمودی آن نیز کاملا شاقولی است و بنابراین مشابه طبقه همکف موقعیت مرکز ستون ها از تقاطع خطوط نشانه روی تیرک ها در تمام طبقات بالاتر با ترازهای ارتفاعی مشخص امکان پذیر می شود(نگاره۹۹).

همچنین از زاویه یاب در استقرار عمودی ستون ها و رفع انحراف آنها استفاده می شود(نگاره ۱۰).

با اطمینان از شاقولی بودن ساختمان اجرای ترازیابی مستقیم همواره یکی از راه های بسیار دقیق به منظور اجرا و کنترل تراز ارتفاعی بخش های مختلف هر طبقه مانند راه پله ها است(نگاره ۱۱).



نگاره ۱۰- بکارگیری زاویه یاب در نصب شاقولی ستون ها



نگاره ۱۱- روش ترازیابی مستقیم در کنترل ارتفاع اجزای هر طبقه

۳-نتیجه گیری و پیشنهادات

مطابق آنچه در این نوشتار بیان شد، یکی از مهم ترین وجوه اجرای طرح های ساختمانی، اجرای دقیق طرح هندسی آنهاست. همانطور که مهندسی نقشه برداری در پیاده سازی و اجرای طرح هندسی انواع راه ها و مسیرها نقشی بی بدیل دارد، در اجرا و کنترل طرح هندسی ساختمان ها نیز همین نقش وجود دارد. البته ناگفته نماند که بنابر نظریه خطاها، هیچگاه نمی توان ادعای اجرای ایده‌آل

طرح هندسی را داشت، ولی مهندس نقشه بردار می تواند با لحاظ کردن خطاهای مجاز و تسلط بر محاسبات انتشار و سرشکنی خطاها، کنترل مناسبی بر اجرای هندسی پروژه های ساختمانی داشته باشد و از بروز انحرافات غیر مجاز جلوگیری کند.

در واقع مهندس نقشه بردار باید بتواند طرح هندسی را از نظر سازه ای، معماری و شهرسازی به طور صحیح پیاده سازی و کنترل کند و ساختمان را از نظر هندسی مطابق طرح تحویل دهد. این موضوع همان حلقه گمشده در صنعت ساختمان سازی است که کمتر مورد توجه بوده است.

اینجاست که باید رشته مهندسی نقشه برداری را پایه و اساس ساختمان از نظر طرح هندسی دانست و حضور مهندسان نقشه بردار در کنار سایر متخصصان ذیربط مانند سازه و معماری را بسیار ذی قیمت دانست. لذا فرصت را غنیمت شمرده و از همین جا به تمام مسوولان و تصمیم گیران و دلسوزان صنعت ساختمان سازی و مدیریت شهری و بویژه اعضای محترم هیات مدیره نظام مهندسی استان تهران صمیمانه پیشنهاد می شود نسبت به بهره گیری از این توانایی مهندسان نقشه بردار اقدام کنند تا شاهد افزایشی چشمگیر در مقاومت، پایداری و زیبایی ساختمان ها در سطح کشور باشیم.