

عنوان دوره:

اصول و مبانی نقشه برداری زمینی

فصل اول

کلیات

مجموعه عملیاتی را که برای تعیین و یا نمایش موقعیت نسبی نمود ها و عوارض واقع بر سطح زمین یا نزدیک به سطح زمین، اعم از مصنوعی یا طبیعی، با اندازه گیری فاصله، ارتفاع، زوایا و امتداد تعدادی نقطه نسبت به هم یا نسبت به نقاط دیگر، موسوم به نقاط کنترل انجام می گیرد و در اغلب موارد به تهیه نقشه برای استفاده های مختلف می انجامد ((نقشه برداری)) گویند.

طبق تعریف بالا یک نقشه بردار دارای ۲ فعالیت اساسی است:

* **اندازه گیری** داده های بین عوارض موجود (مثل اندازه گیری طول و زاویه در پیمایش) جهت تهیه نقشه در اصطلاح هر اندازه گیری ای که برای تعیین موقعیت عوارض انجام می گیرد یک "برداشت" نام دارد.

* **پیاده کردن** عوارض روی زمین (مثل پیاده کردن مسیر محور اصلی یک بزرگراه و یا پیاده کردن پلان یک ساختمان)

مجموعه عملیاتی را که برای تعیین و یا نمایش موقعیت نسبی نمود ها و عوارض واقع بر سطح زمین یا نزدیک به سطح زمین، اعم از مصنوعی یا طبیعی، با اندازه گیری فاصله، ارتفاع، زوایا و امتداد تعدادی نقطه نسبت به هم یا نسبت به نقاط دیگر، موسوم به نقاط کنترل انجام می گیرد و در اغلب موارد به تهیه نقشه برای استفاده های مختلف می انجامد ((نقشه برداری)) گویند.

طبق تعریف بالا یک نقشه بردار دارای ۲ فعالیت اساسی است:

*** اندازه گیری** داده های بین عوارض موجود (مثل اندازه گیری طول و زاویه در پیمایش) جهت تهیه نقشه در اصطلاح هر اندازه گیری ای که برای تعیین موقعیت عوارض انجام می گیرد یک "برداشت" نام دارد.

*** پیاده کردن** عوارض روی زمین (مثل پیاده کردن مسیر محور اصلی یک بزرگراه و یا پیاده کردن پلان یک ساختمان)

نسبتی که بین ابعاد روی نقشه و اندازه های نظیرشان بر روی زمین وجود دارد، مقیاس گویند. در واقع مقیاس ضریب کوچک کردن واقعیت می باشد که معرف دقت نقشه نیز می باشد.

فاصله دو نقطه روی نقشه

مقیاس = $\frac{\text{فاصله افقی همان دو نقطه روی زمین}}{\text{فاصله دو نقطه روی نقشه}}$

فاصله افقی همان دو نقطه روی زمین

مثال) مقیاس نقشه ای $1/2500$ است. اگر فاصله دو نقطه A و B روی نقشه 45mm باشد فاصله دو نقطه روی زمین چه قدر است؟

$$\frac{1}{2500} = \frac{1}{2.5 \times 1000} = \frac{45}{x} \Rightarrow x = 2.5 \times 45 = 112.5$$

این مقیاس را به صورت $\frac{1}{n \times 1000}$ نشان می دهند که در آن هر میلی متر روی نقشه معادل n متر بر روی زمین می باشد.

مثال ۱: ۳cm در نقشه ای با مقیاس $\frac{1}{50000}$ معادل چند متر بر روی زمین می باشد؟

$$\frac{1^{cm}}{3^{cm}} = \frac{500^m}{x^m} \Rightarrow x = 1500m$$

مثال ۲: در نقشه ای با مقیاس $\frac{1}{25000}$ ، ۲۰۰m روی زمین معادل چند میلی متر روی نقشه است؟

$$\frac{1^{mm}}{x^{mm}} = \frac{25^m}{200^m} \Rightarrow x = 8mm$$

با توجه به انتقال طولها به روی نقشه و از روی نقشه به روی زمین می توان رابطه مساحت روی نقشه را به مساحت روی زمین را با توجه به مقیاس به صورت زیر نوشت:

$$(\text{مقیاس})^2 = \frac{\text{مساحت روی نقشه}}{\text{مساحت روی زمین}}$$

مثال ۴: مساحت زمینی از روی نقشه با مقیاس $\frac{1}{2000}$ برابر ۶ سانتی متر مربع می باشد. در روی زمین، مساحت واقعی آن چند متر مربع است؟

(مسابقات علمی کارشناسی ناپیوسته عمران - اردیبهشت ۱۳۸۰)

۱۲۰۰۰ (۴)

۲۴۰۰ (۳)

۱۲۰۰ (۳)

۲۴ (۱)

پاسخ گزینه ۳

مثال ۵: فاصله دو نقطه A و B بر روی زمین شیبدار با شیب ۵۸ درصد برابر ۳۰۰ متر می باشد. اگر فاصله این دو نقطه روی نقشه برابر $\frac{25}{9}$ سانتی متر ترسیم شده باشد، مقیاس نقشه کدام است؟

$\frac{1}{10000}$ (۴)

$\frac{1}{1000}$ (۳)

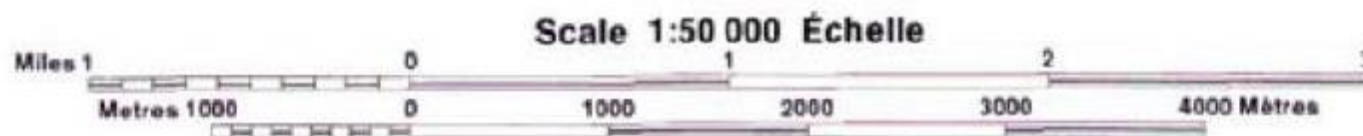
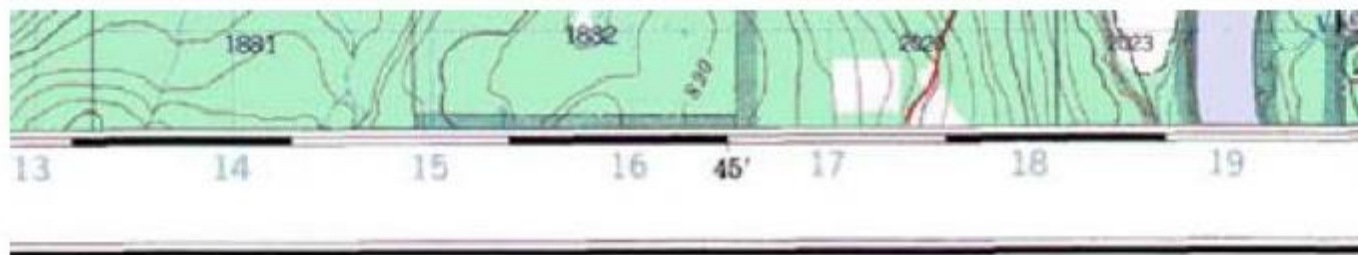
$\frac{1}{100}$ (۳)

$\frac{1}{10}$ (۱)

پاسخ گزینه ۳

مقیاس خطی یا ترسیمی:

چون در اثر رطوبت یا تغییر دما امکان تغییر ابعاد نقشه و تاثیر آن روی اندازه ها وجود دارد علاوه بر مقیاس عددی ، مقیاس خطی نیز روی نقشه رسم می شود که در صورت تغییر ابعاد کاغذ اندازه به تناسب تغییر کند. به کمک مقیاس خطی زمینی را روی نقشه می توان پیاده کرد. این عمل با پرگار معمولی انجام می شود. برای مثال نقشه ای با مقیاس دارای مقیاس ترسیمی به صورت شکل زیر است.



- ۱- پلان ها با مقیاسهای $\frac{1}{100}$ تا $\frac{1}{500}$ برای نشان دادن موقعیت دقیق اجزاء یک مجموعه مانند ساختمان
- ۲- نقشه های بزرگ مقیاس با مقیاسهای $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{5000}$ کارهای ثبتی، نقشه های دقیق مهندسی و اجرایی
- ۳- نقشه های متوسط مقیاس با مقیاسهای $\frac{1}{10000}$ تا $\frac{1}{50000}$ نشان دادن شکل کلی عوارض زمین برای مطالعات اولیه پروژه
- ۴- نقشه های کوچک مقیاس با مقیاسهای $\frac{1}{100000}$ تا $\frac{1}{500000}$ برای تهیه نقشه های جغرافیایی
- ۵- نقشه های جغرافیایی با مقیاسهای یک میلیونیم و کوچکتر برای تهیه کره ها و اطلس های جغرافیایی

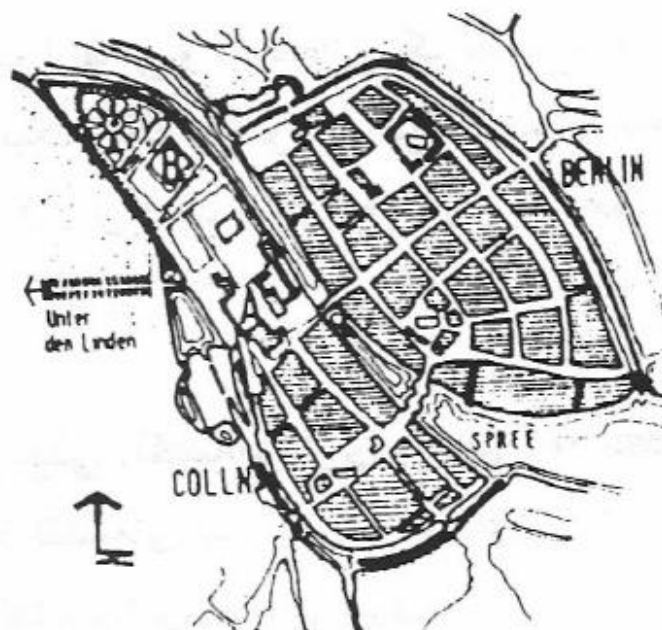
انواع نقشه برداری و نقشه های مربوطه

- نقشه برداری مسطحه
- نقشه برداری ارتفاعی
- توپوگرافی
- نقشه برداری زیرزمینی
- نقشه برداری هوایی
- نقشه برداری مسیر
- آبنگاری (هیدروگرافی)
- نقشه برداری نظامی
- نقشه برداری مشتقه (نقشه برداری موضوعی)
- نقشه برداری ثبتی املاکی
- نقشه برداری ژئودزی
- کارتوگرافی

- تفاوت نقشه برداری ژئودزی و مستوی

۱- نقشه برداری مسطحه (Planimetry)

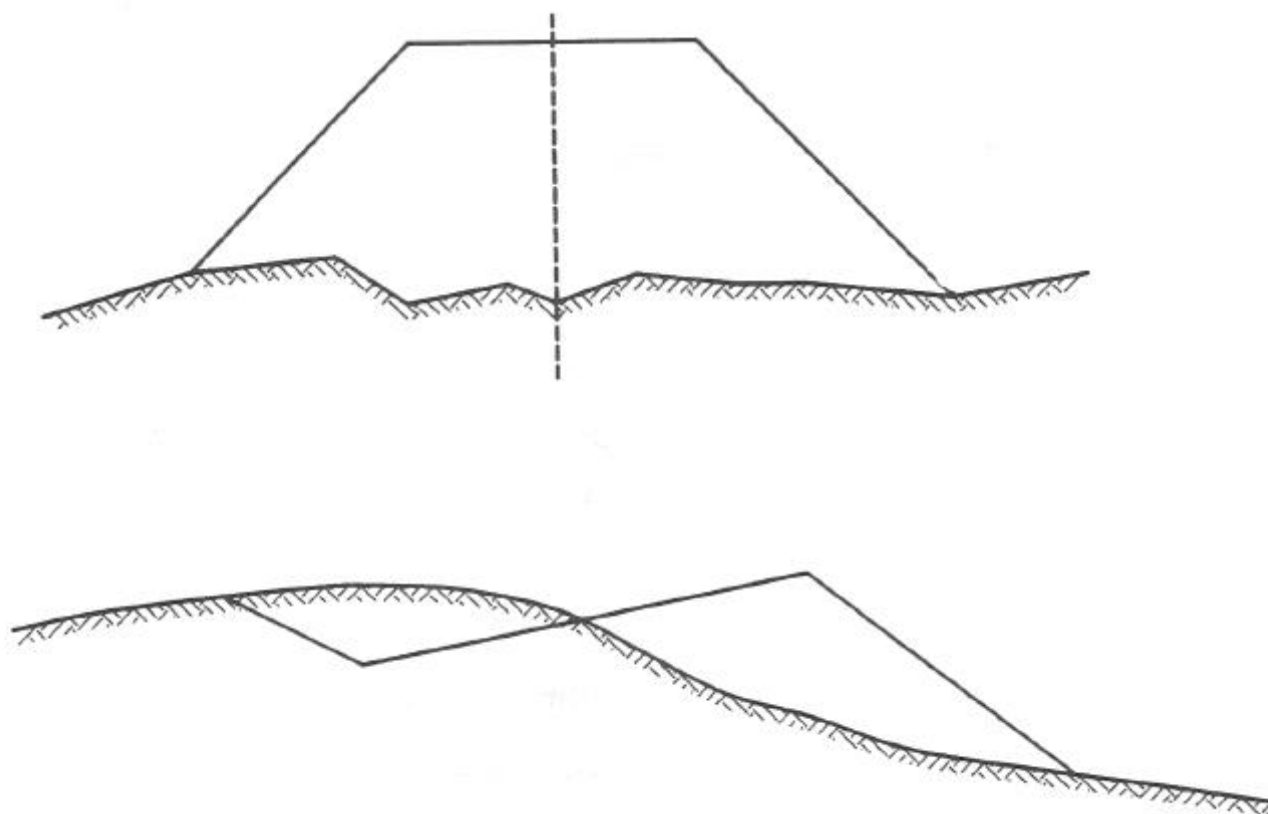
هدف از این نقشه برداری، مشخص نمودن و نمایش وضع مسطحاتی عوارض می باشد. در این نقشه ها فقط ابعاد عوارض و موقعیت آنها نسبت به هم مشخص می شود و به ارتفاع نقاط اهمیتی داده نمی شود. نقشه هایی که به این روش تهیه می شوند، پلان نامیده می شوند.



نقشه شهر برلین

۲- نقشه برداری ارتفاعی (Altimetry)

از این نوع نقشه برداری برای تهیه برشهای عرضی مسیر استفاده می شود و فقط ارتفاعات نقاط تغییر شیب زمین در مسیرهای مستقیم عمود بر مسیر دارای اهمیت می باشند.



۳- توپوگرافی (Topographie)

چنانچه در نقشه‌ای، وضع ارتفاعی و مسطحاتی یک قطعه زمین مشخص شده باشد به این نقشه‌ها، نقشه‌های (توپوگرافیک) گفته می‌شود. در این نقشه‌ها، ارتفاعات را بطور معمول با خطوط تراز (منحنی میزان) نشان می‌دهند. نقاطی که بر روی یک خط منحنی قرار دارند از ارتفاع یکسانی برخوردارند.

۴- نقشه‌برداری زیرزمینی (نقشه‌برداری معدنی) (under ground surveying)

برداشت و یا پیاده کردن نقشه‌های تونل و زیرگذرهای بزرگ مانند مترو و تأسیسات زیرزمینی توسط این رشته نقشه‌برداری انجام می‌شود.

۵- نقشه برداری هوایی (Photogrammetry)

برای تهیه نقشه های در سطح وسیع، (مانند نقشه کشور) از عکس های هوایی که توسط هواپیما از سطح زمین برداشته شده است استفاده می شود و عکس ها به روش خاصی به نقشه تبدیل می شوند. عکس برداری هوایی و آماده نمودن نقشه های مبنایی کشور در ایران توسط سازمان نقشه برداری انجام می شود. آماده نمودن نقشه مناطق وسیع در زمان نسبتاً کوتاه توسط این رشته نقشه برداری انجام می شود.

۶- نقشه برداری مسیر (Route surveying)

طراحی و پیاده نمودن نقشه های مسیرهای راه، راه آهن، دکل گذاری و خطوط انتقال نیرو و خطوط لوله آب و گاز و ... توسط این رشته نقشه برداری انجام می شود.

۷- آبنگاری (هیدروگرافی) (Hydrography)

تهیه نقشه از کف رودخانه ها، دریاها، دریاچه ها، سواحل و اقیانوسها به کمک این رشته نقشه برداری انجام می شود. چارتهای دریایی (نقشه راهنمای دریانوردان) نیز توسط این رشته آماده می شود.

۸ - نقشه برداری نظامی

آماده نمودن نقشه های نظامی، مشخص نمودن نقاط استراتژیکی، دفاعی و تعرضی به کمک این رشته از نقشه برداری انجام می شود.

۹ - نقشه برداری مشتقه (نقشه برداری موضوعی)

این رشته از نقشه برداری با دیگر علوم ارتباط زیادی پیدا نموده و دارای سطح وسیع و گسترده ای می باشد که بصورت مختصر به شرح چند نوع عام آن می پردازیم:

الف. نقشه های تکتونیکی:

تغییر شکلهای پوسته زمین توسط این نقشه ها نشان داده می شود.

ب. نقشه خاکهای جهان:

نوع خاکها از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی بصورت تفکیک شده در این نقشه ها به تصویر کشیده شده است.

ج. نقشه دورانهای زمین شناسی:

پدیده های یخچالی، رسوبات و فرسایش های رودخانه ای، دریایی و ... در این نقشه ها مورد بررسی قرار می گیرند.

د. نقشه های موضوعات هواشناسی:

شکل گیری و حرکت جبهه های هوا، بادهای موسمی و میزان نزولات جوئی در این نقشه ها مورد بررسی قرار می گیرد.

ه. نقشه های آماری:

عامه مردم از این نوع نقشه ها، اطلاعاتی وسیع را بدست می آورند.

۱۰ - نقشه برداری ثبتی املاکی (cadastral surveying)

موضوع خدمات شهری، ساماندهی اقتصادی و مالیاتی احتیاج به نقشه هایی دارد که با نقشه های ملی و جغرافیایی هماهنگی داشته باشد که به این نقشه ها، نقشه های ثبتی املاکی و حقوقی (کاداستر) می گویند.

۱۱ - نقشه برداری ژئودزی

ژئودزی علمی می باشد که در مورد شکل، ابعاد و تغییرات زمین و موقعیت نقاط مختلف سطح زمین بحث می کند. علم ژئودزی به دو دسته «ژئودزی هندسی» و «ژئودزی فیزیکی» تقسیم می گردد. از حلاله توانایی های این علم در کنار با بررسی دقیق پوسته زمین، کتب ادبیات فقهی و تاریخی، بررسی زمین، مطالعه و پیمایش برای تعیین حقیقتات کبریا -

۱۲ - تفاوت نقشه برداری ژئودزی و مستوی

در اکثر عملیات نقشه برداری، خصوصاً در مورد اجرای پروژه های عمرانی، محدوده عمل نقشه برداری کوچک می باشد. چنانچه وسعت منطقه ای که می خواهیم از آن نقشه ای تهیه نماییم کمتر از (10×10) کیلومتر باشد می توان سطح زمین را مسطح فرض نموده و از انحنا ی زمین صرف نظر نمود. به عملیات انجام شده، نقشه برداری مستوی گفته می شود.

چنانچه وسعت زمین بیشتر از (10×10) کیلومتر باشد باید انحنا ی زمین را در نظر گرفت که به عملیات انجام شده، نقشه برداری ژئودزی می گویند.

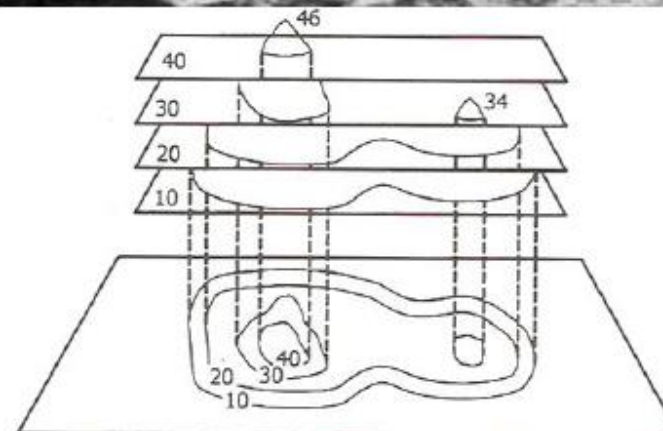
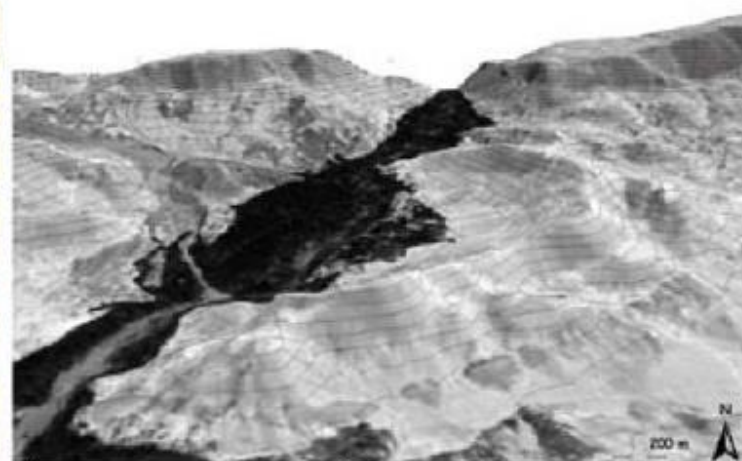
نقشه برداری ژئودزی (کروی) در حقیقت عهده دار ابعاد و شکل مناطق بزرگی از زمین

می باشد.

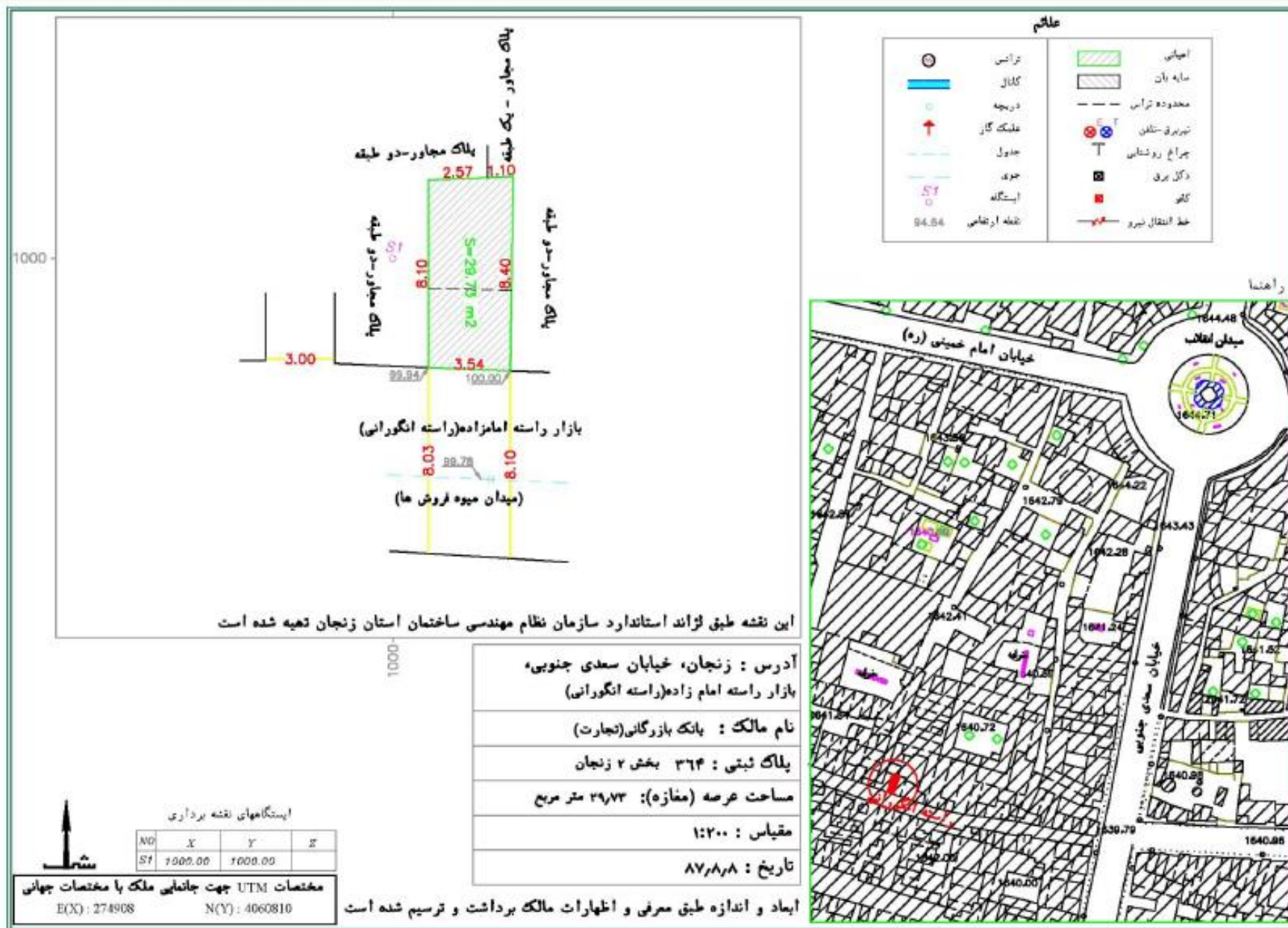
۱۳ - کارتوگرافی (Cartography)

در ایران منظور از کارتوگرافی «شاخه‌ای از نقشه‌برداری می‌باشد که به ترسیم نقشه اختصاص دارد».

- **نقشه توپوگرافی :** در این نقشه ها علاوه بر وضعیت مسطحاتی زمین، وضعیت ارتفاعی نیز توسط خطوط تراز یا منحنی میزان ها مشخص می شود که خطوط تراز مقطع سطح خارجی زمین با صفحات افقی متساوی و موازی هستند. بنابراین هر خط تراز مکان نقاط هم ارتفاع است.

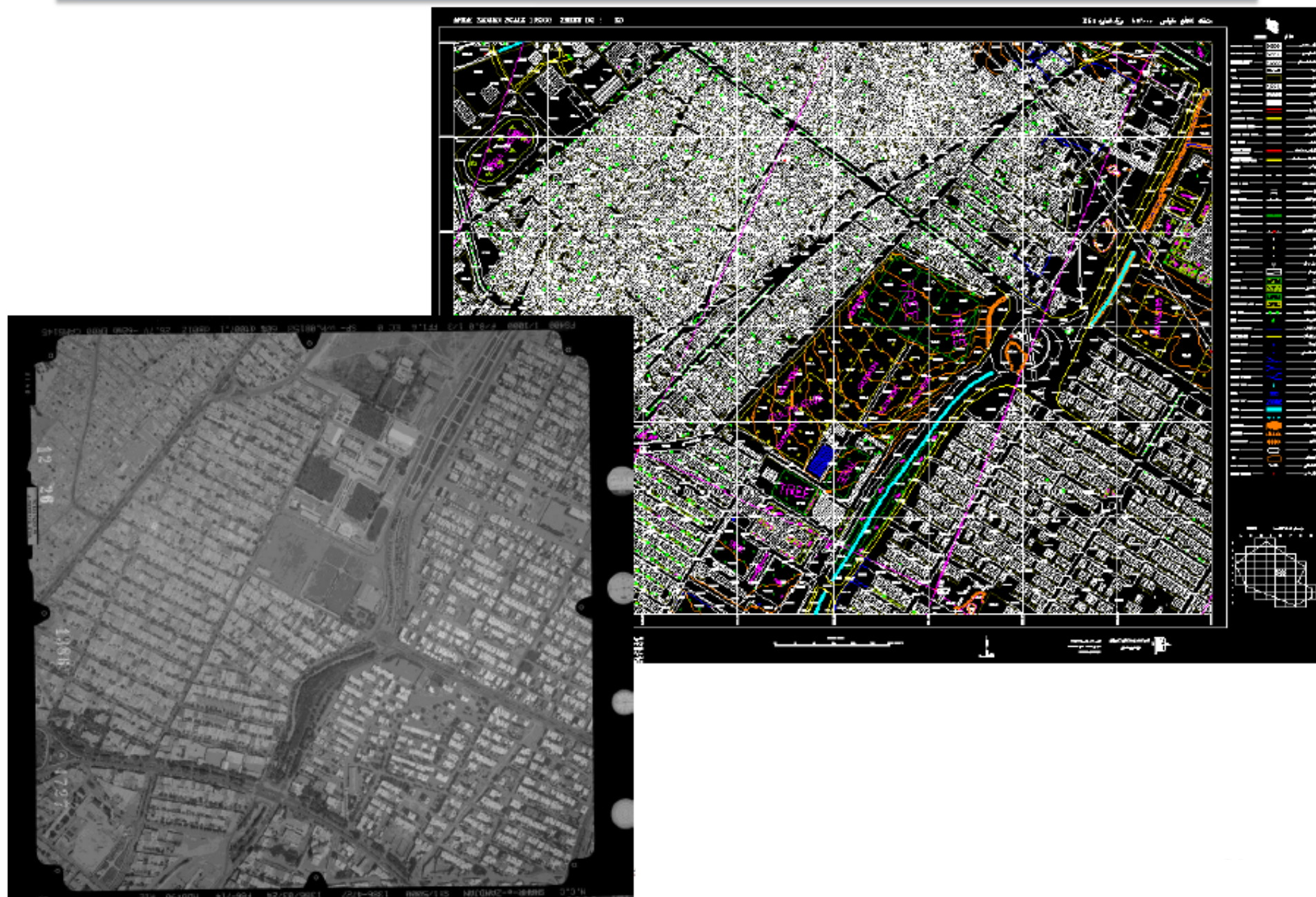


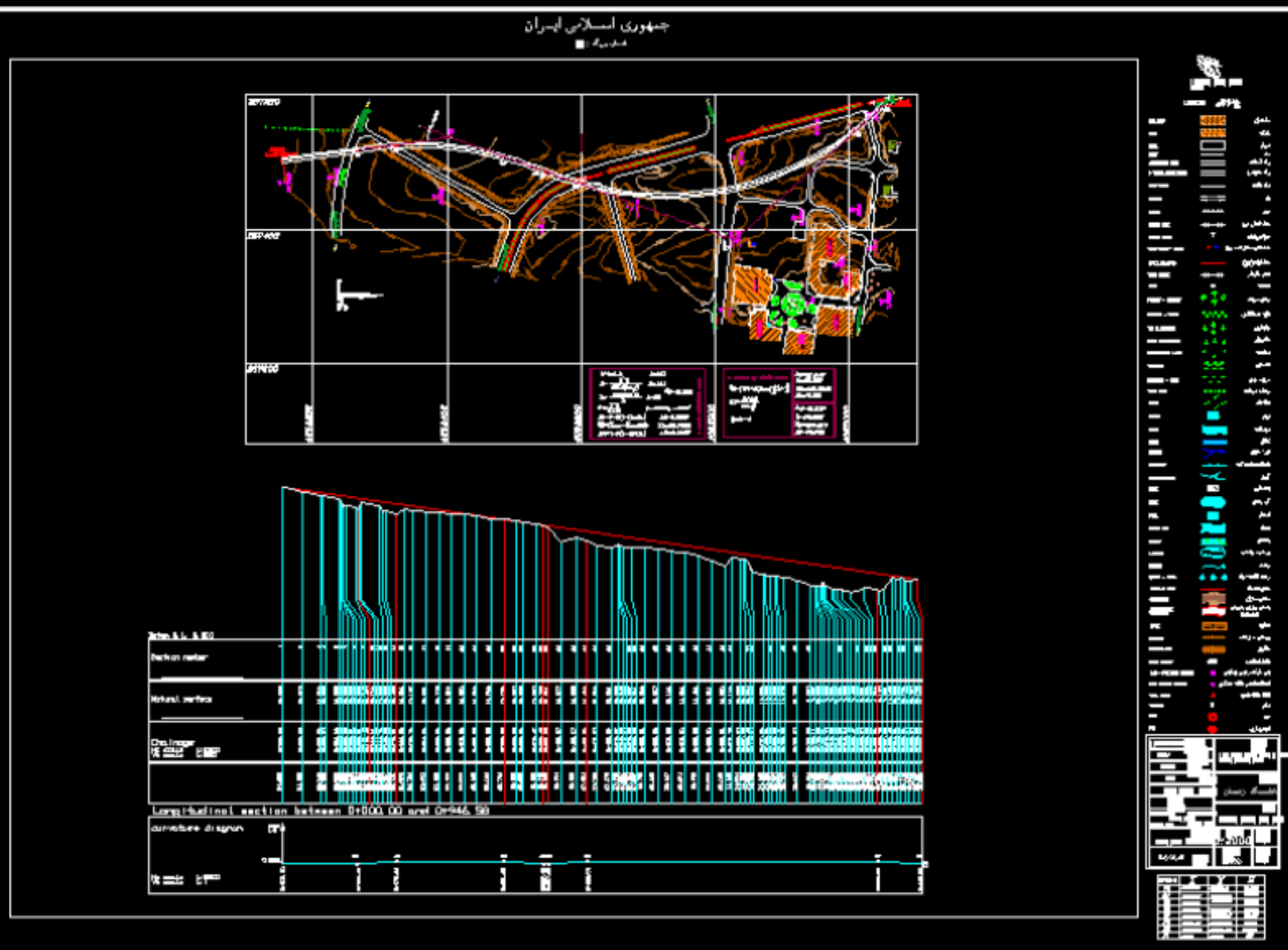
نقشه های مسطحاتی



نقشه های کاداستر







فصل دوم

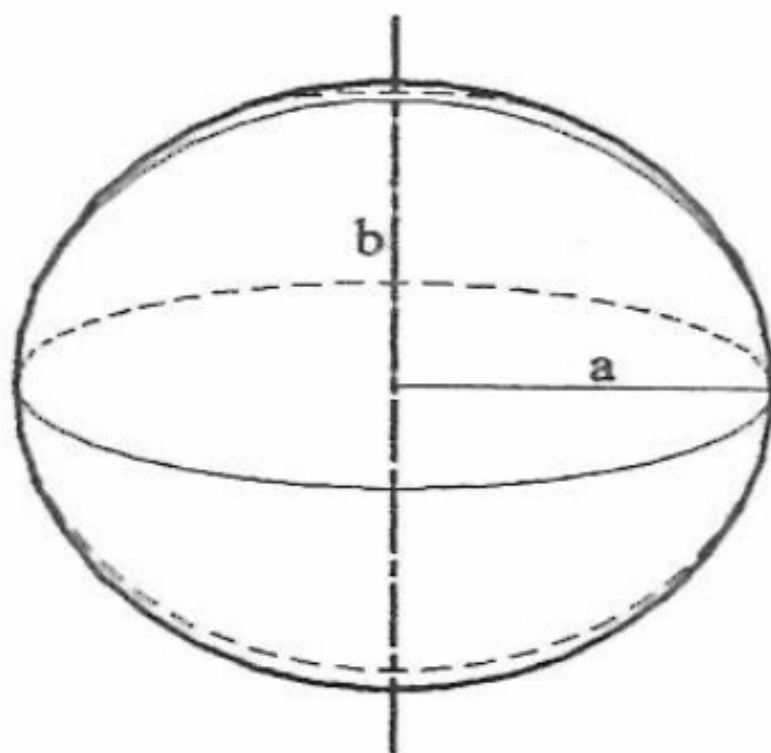
شکل زمین و سطوح مبنا

اصول تئوری خطاها

دقت و صحت

بیضوی مقایسه

اصولاً برای آنکه بتوانیم وضعیت عوارض روی زمین به صورت هندسی نمایش دهیم لازم است یک مدل ریاضی از زمین داشته باشیم تا به کمک آن مدل بتوانیم نتایج حاصل از اندازه گیری های زمینی را با محاسبات لازم پیگیری کنیم و در نهایت از زمین نقشه تهیه کنیم. این مدل یک بیضوی دورانی فرضی است که مرکزش بر مرکز زمین منطبق و از هر شکل هندسی دیگر به شکل فیزیکی زمین نزدیکتر است. چنین شکلی را بیضوی مرجع یا بیضوی مقایسه می نامند.



a و b به ترتیب نصف قطر بزرگ و نصف قطر کوچک و یا به تعبیر دیگر شعاع محور استوایی و شعاع محور قطبی زمین است.

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

$$\alpha = \frac{a - b}{a} \quad \text{ضریب فشردگی}$$

شکل زمین و سطوح مبنا

نوع بیضوی	نیم قطر استوایی (a)	فشردگی $1/\alpha$
W.G.S ۱۹۸۴ ^۱	۶,۳۷۸,۱۳۷	۲۹۷
اورست ۱۸۳۰	۶,۳۷۷,۲۷۶	۳۰۰
بسل ۱۸۴۱	۶,۳۷۷,۳۹۷	۲۹۹
کلارک ۱۸۶۶	۶,۳۷۷,۲۰۶	۲۹۵
کلارک ۱۸۸۰	۶,۳۷۸,۲۴۹	۲۹۳
بین المللی (هایفورد) ۱۹۲۴	۶,۳۷۸,۳۸۸	۲۹۷
کراسوفسکی ۱۹۴۲	۶,۳۷۸,۲۴۵	۲۹۸
ملی استرالیا ۱۹۶۵	۶,۳۷۸,۱۶۰	۲۹۸

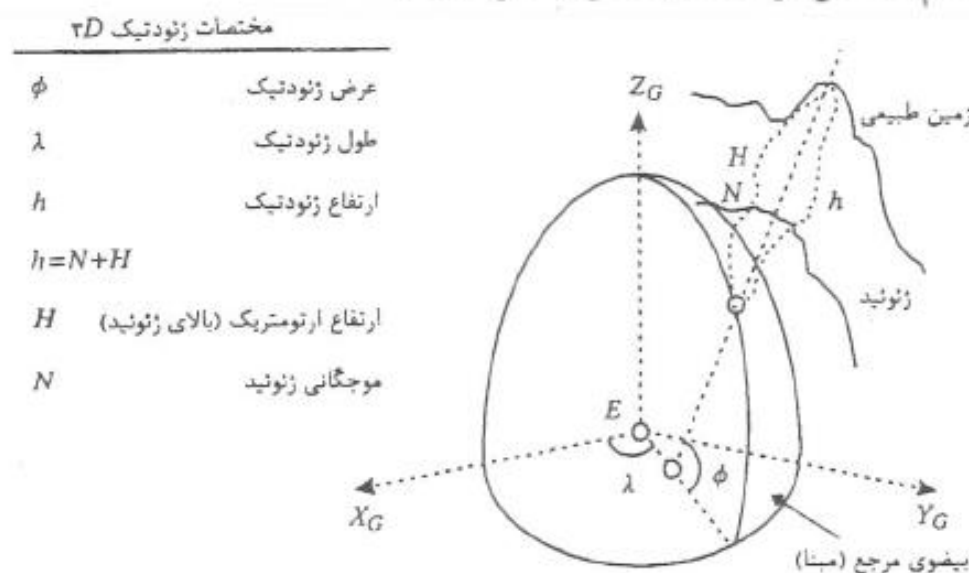
سطح تراز یک نقطه

سطحی است که از آن نقطه می گذرد و عمود بر امتداد شاقولی آن می باشد.

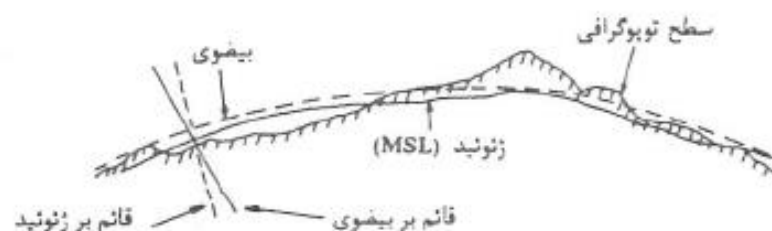
در هر نقطه از سطح زمین، بر آیند دو بردار نیروی گریز از مرکز و بردار نیروی جاذبه را امتداد شاقولی آن نقطه می نامند.

سطح مبنای ارتفاعات (ژئوئید)^۲

به طوری که می‌دانیم آب دریاها و اقیانوس‌ها حدود ۳/۴ از سطح کره زمین را فراگرفته‌اند اگر ۱/۴ باقیمانده یعنی خشکی‌ها را روی آن نادیده بگیریم به سطح حاصل ژئوئید گفته می‌شود که در نقشه برداری و ژئودزی به عنوان سطح مبنای ارتفاعات در نظر گرفته شده است. این سطح در تمام نقاطش بر راستای شاقول عمود است.

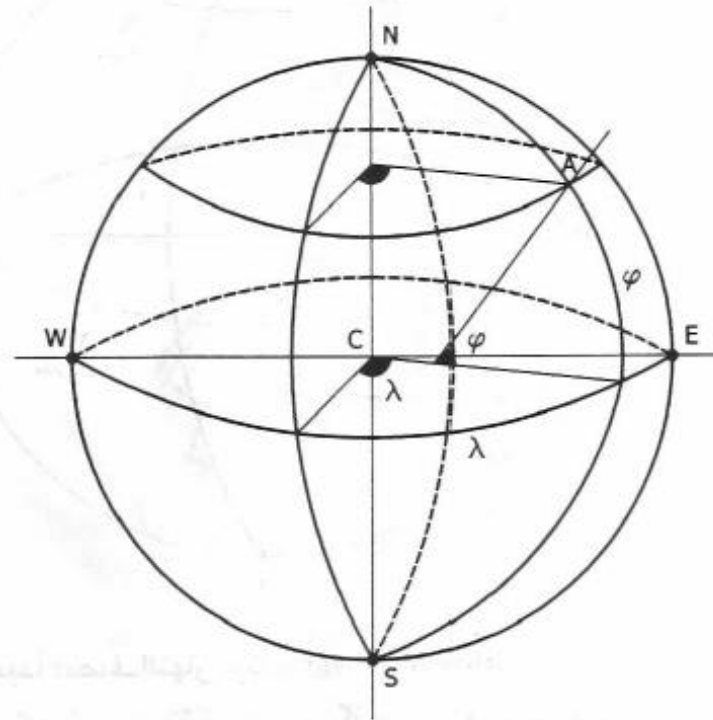


شکل ۶-۱ مختصات ژئودتیک و بیضوی مرجع.



مدارات

هر صفحه به موازات خط استوا، سطح کره را بصورت دایره شکل، قطع می نماید که به آنها مدار گفته می شود. مانند مدار A که بر محور NS عمود می باشد.



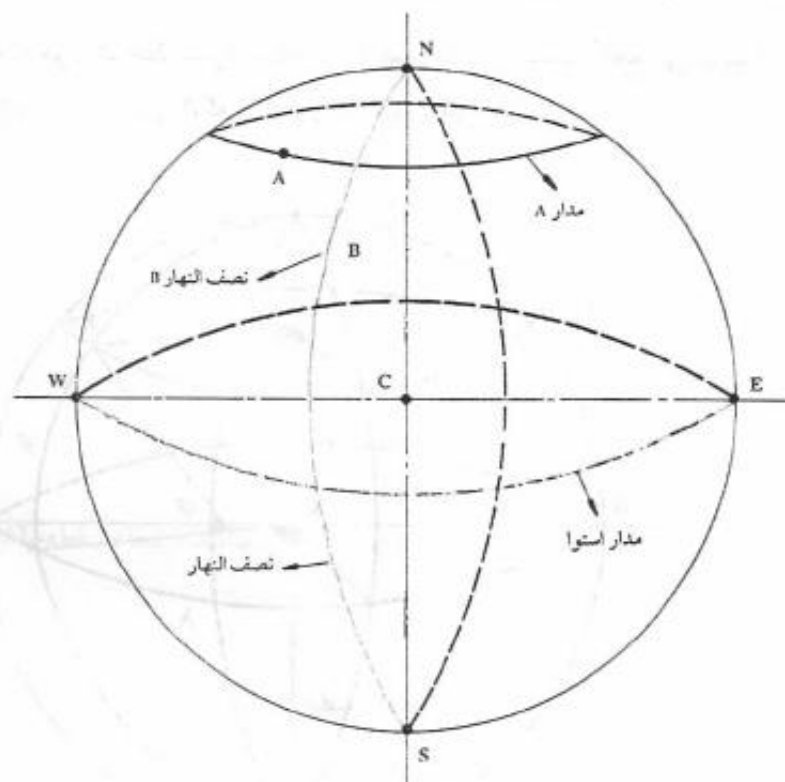
طول و عرض جغرافیایی یک نقطه روی زمین

مدارات دایری می باشند که نسبت به هم موازیند و هر چه به سمت مدار استوا نزدیک تر شویم مدارها بزرگتر می شوند.
نکته: مدار استوا به عنوان بزرگترین مدار محسوب می شود و در مرکز زمین قرار دارد.

نصف النهارها

دوایر عظیمی می باشند که بر دو قطب زمین می گذرند. مانند نصف النهار B. با این توضیح نتیجه می شود که نصف النهارها دوایر عظیمی می باشند که در محور NS مشترک می باشند.

نصف النهارها با هم موازی نمی باشند ولی دارای اندازه یکسان می باشند.



نصف النهار مبدأ (نصف النهار مبدا) (prime Meridian)

نصف النهاری که از رصدخانه گرینویچ می گذرد را نصف النهار مبدا می نامند. این نصف النهار، بیضوی را به دو نیمکره شرقی و غربی تقسیم می کند.

طول جغرافیایی (Longitude)

طول جغرافیایی نقطه A (λ) عبارتست از فاصله نصف النهار نقطه A تا نصف النهار مبدأ روی خط استوا. در واقع زاویه میان سطح نصف النهار نقطه A تا سطح نصف النهار مبدأ را طول جغرافیایی نقطه A می نامند.

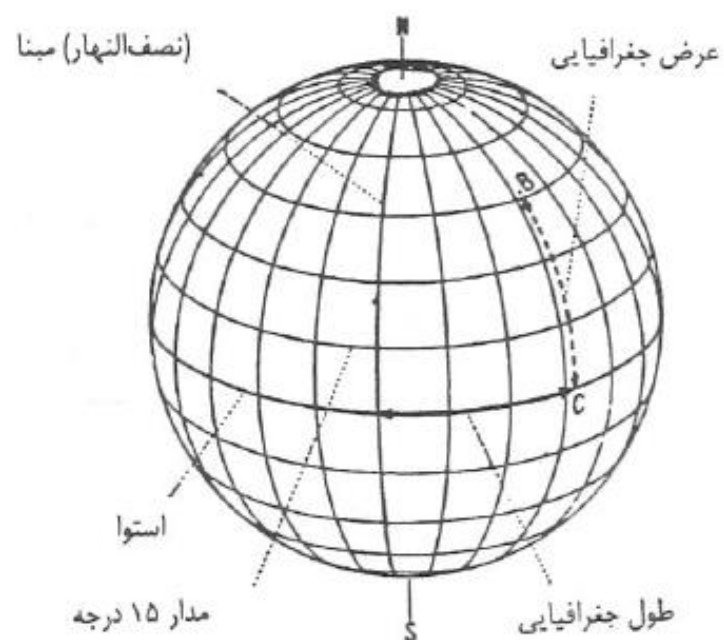
چنانچه نقطه A در سمت شرق نصف النهار مبدأ باشد، طول آن را «شرقی» می نامند.

چنانچه نقطه A در سمت غرب نصف النهار مبدأ باشد، طول آن را «غربی» می نامند. مقدار تغییرات طول جغرافیایی از 180° درجه شرقی تا 180° درجه غربی می باشد.

عرض جغرافیایی (Latitude)

عرض جغرافیایی نقطه A (ϕ) عبارتست از فاصله مدار A از مدار استوا روی نصف‌النهار گذرنده از A.

مقدار تغییرات عرض جغرافیایی (ϕ) در نیمکره شمالی از صفر تا ۹۰ درجه شمالی و در نیمکره جنوبی از صفر تا ۹۰ درجه جنوبی می‌باشد.



سیستم تصویر عبارت است از روش نمایش بیضوی بر روی صفحه. به عبارت ریاضی می توان گفت سیستم تصویر رابطه ریاضی بین مختصات جغرافیایی یک نقطه (ϕ و λ) روی بیضوی و مختصات قائم الزاویه آن (x و y) روی نقشه است.

انواع سیستمهای تصویر

سیستمهای تصویر بسیار متنوع بوده و هرکدام دارای مشخصات مختلف می باشند. تهیه نمودن نقشه ها با توجه به هدف مورد نظر انجام می شود بنابراین هر نوع نقشه باید خصوصیات مربوط به خود را داشته باشد. به عنوان مثال در یک نقشه ثبتی، مساحت قطعات مختلف زمین ها اهمیت اساسی دارد همچنین در نقشه های توپوگرافی به شکل عوارض اهمیت بیشتری داده می شود.

بر اساس تغییر طولها و زوایا و مساحت ها، سیستمهای تصویر به سه دسته تقسیم بندی می شوند:

۱- سیستمهای متشابه (conforme)

در این سیستم زوایا تغییر نمی کنند در نتیجه اشکال تصویر شده شبیه شکل واقعی آنها بر روی بیضوی می باشند.

۲- سیستمهای معادل (Equivalent)

در این سیستم هدف آن است که مساحت قطعات تغییر نکند. (شکل عوارض، زیاد مورد توجه نمی باشد).

۳- سیستمهایی که نه متشابه اند و نه معادل

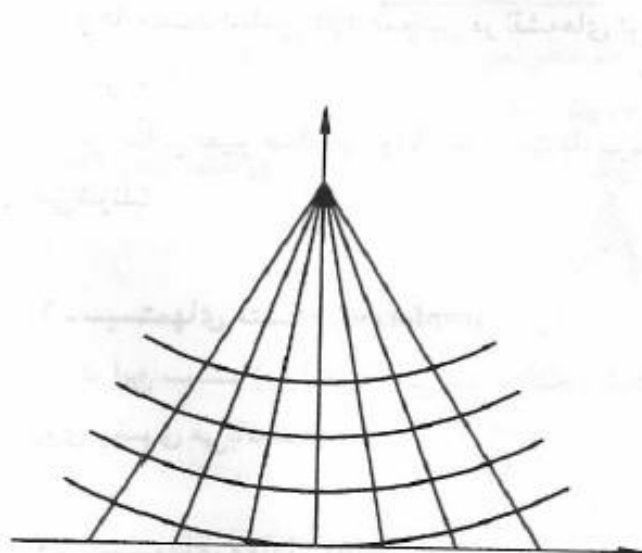
این سیستمها در انواع گوناگون بوده و برای مقاصد گوناگون طراحی می شوند. در کارتوگرافی (Cartography) معمولاً از سیستم تصویر متشابه استفاده می شود که

انواع سیستمهای تصویر متشابه

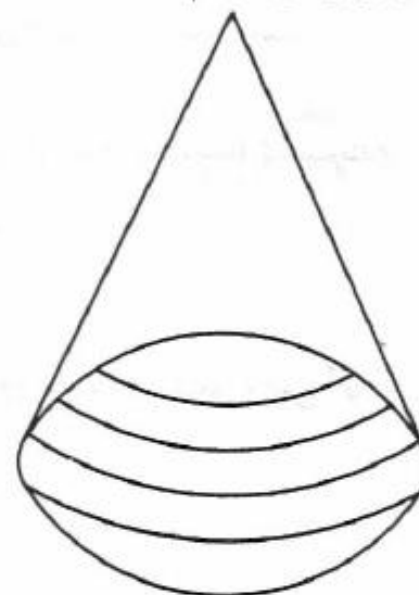
۱. سیستم تصویر مخروطی لامبرت (projection Lambert)

در این سیستم یک مخروط را بر یک مدار مشخص مماس می‌کنند و پس از تصویر عوارض از بیضوی بر روی مخروط، مخروط را در امتداد یکی از یالهایش باز می‌کنند و بر روی یک صفحه می‌گسترانند در این سیستم، نصف النهارات بصورت خطوط متقاربی هستند که محل تقارب آنها رأس مخروط می‌باشد و مدارات بصورت دایره‌های هم مرکز بوده که مرکز آنها همان رأس مخروط می‌باشد.

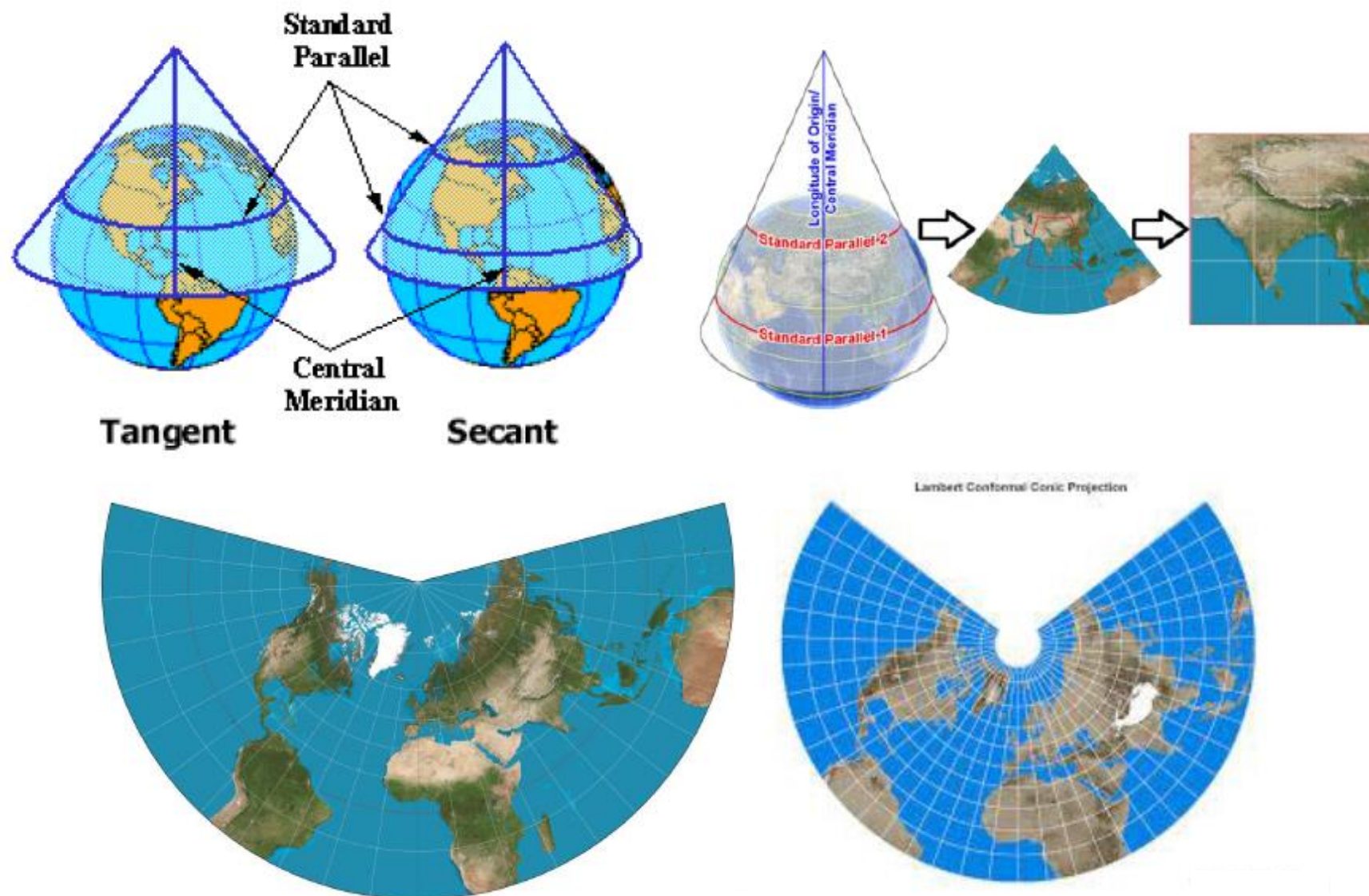
محل برخورد نصف النهار مرکزی منطقه و مدار مرکزی منطقه را مبدأ مختصات در نظر می‌گیرند. هرچه از مدار مرکزی منطقه فاصله پیدا کنیم مقیاس تصویر، تغییر بیشتری می‌کند. بنابراین این سیستم برای کشورهای شرقی - غربی اند مناسب می‌باشد.



تصویر مدارات و نصف النهارات در سیستم لامبرت



سیستم تصویر لامبرت



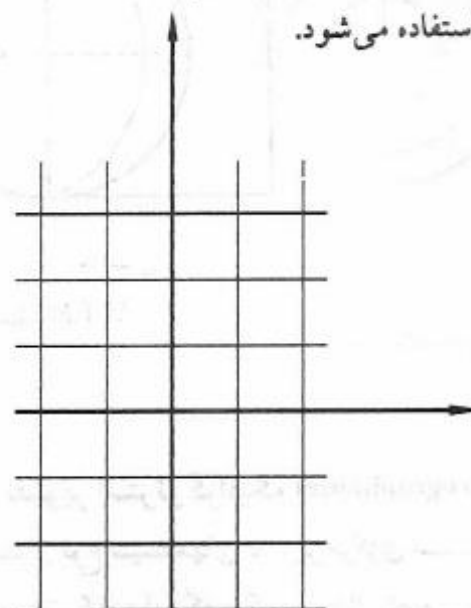
۲. سیستم تصویر مرکاتور (Mercator)

در این سیستم بجای مخروط از یک استوانه استفاده می شود که استوانه در طول استوا بر کره مماس شده و یا در دو مدار متوازی کره را قطع می کنند. این سیستم در واقع همانند سیستم

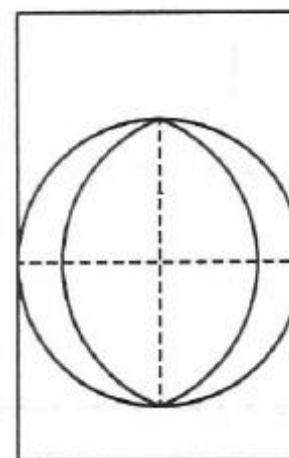
مخروطی است که در رأس آن مخروط بی نهایت دور شده است.

در این سیستم تصویر مدارها با هم و تصویر نصف النهارها نیز با هم موازی می باشد. مقیاس تصویر در امتداد استوا (۱ : ۱) یعنی حقیقی است و هرچه از استوا فاصله بگیریم مقیاس نقشه بیشتر تغییر می کند. این سیستم مناسب مناطق نزدیک قطب نمی باشد.

در مسائل دریانوردی از این سیستم استفاده می شود.



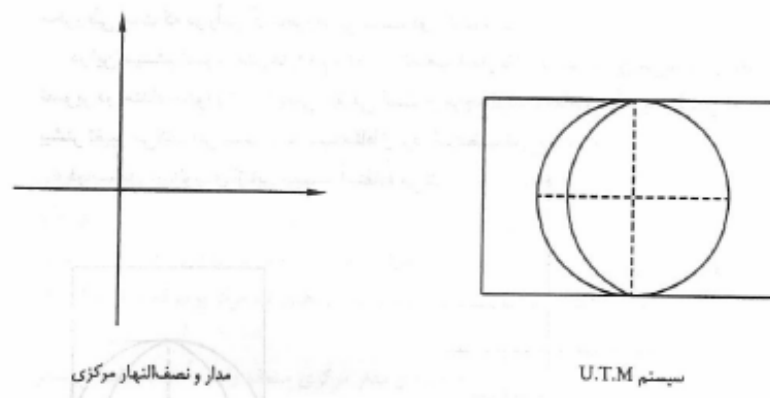
تصویر مدارات و نصف النهارات در سیستم مرکاتور



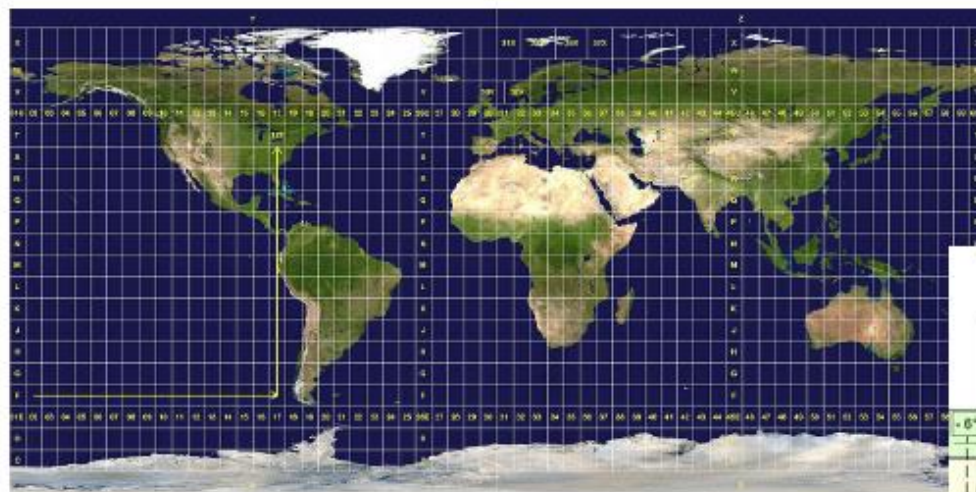
سیستم تصویر مرکاتور

۳- سیستم (Universal Transverse Mercator) U . T . M

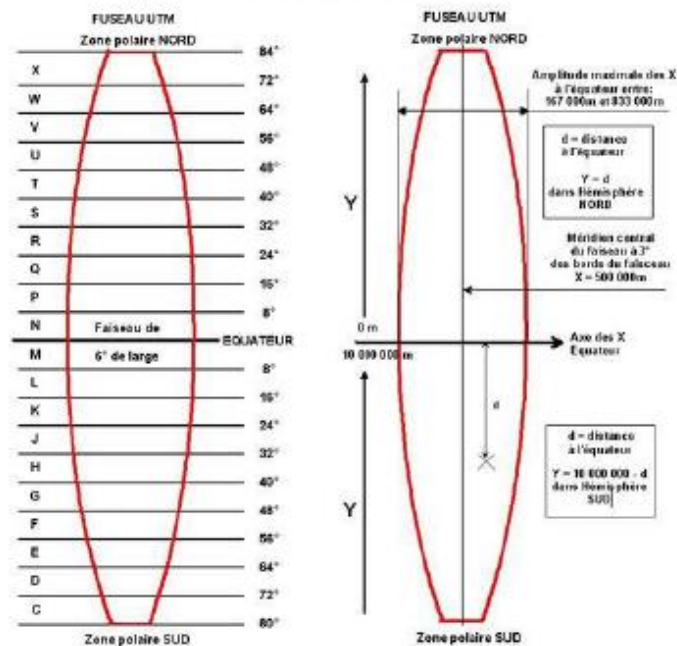
این سیستم شبیه سیستم مرکاتور است تنها تفاوت آن این است که بجای آن ده استوانه در امتداد خط استوا بر کره مماس شود در طول نصف النهار مبدأ بر آن مماس می شود. این سیستم برای استفاده همه کشورها طرح شده است. کره زمین را بوسیله نصف النهارها به شصت قسمت تقسیم کرده و هر قسمت را قاچ یا منطقه یا زون (Zone) می نامند. هر منطقه معادل ۶ درجه طول جغرافیایی است. این زونها بگونه ای انتخاب می شوند که نصف النهار مرکزی قاچ سی ام، نصف النهار گرینویچ (نصف النهار مبدأ) باشد. در این حالت محور X نقشه منطبق بر استوا و محور Y آن ها منطبق بر نصف النهار مربوطه می باشد.



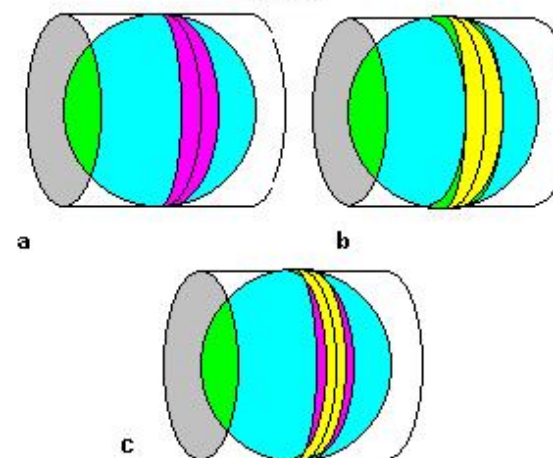
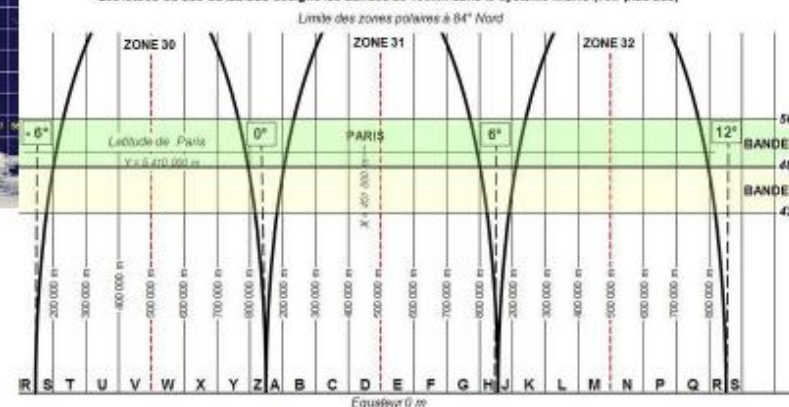
شكل زمين و سطوح مبنا



Projection UTM: Le globe est divisé en 60 fuseaux de 6° de large.
Chaque fuseau est à son tour divisé en 20 bandes



En fonction de la Latitude, l'amplitude des X varie. Par exemple au niveau de Paris les X peuvent dans un fuseau osciller entre 230 km et 780 km.
Les lettres du bas du tableau désignent les bandes de 100km dans le système MGRS (voir plus bas)

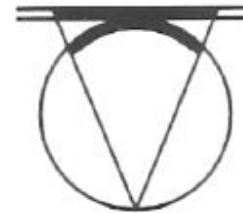


۴ - سیستم تصویر استرنوگرافیک (Stereographique)

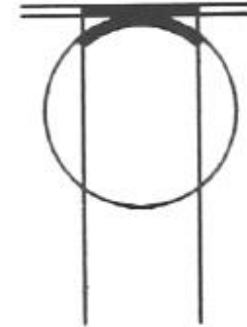
این سیستم از نوع سیستمهای تصویر مرکزی است. در این سیستم صفحه تصویر بر بیضوی مماس شده و با توجه به این که مرکز پرتوهای تصویر در کجا واقع باشد به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند.



مرکز پرتوها در مرکز



مرکز پرتوها در نقطه مقابل



مرکز پرتوها در بی‌نهایت

انواع سیستمهای تصویر استرنوگرافیک



Lambert Azimuthal Equal Area

AZIMUTHAL



Polar



Equatorial



Oblique

اصول تئوری خطاها

هدف اندازه گیری ها تعیین مقدار واقعی یک کمیت است. اما عموماً نتیجه اندازه گیری ها با مقدار واقعی آن کمیت اختلاف دارد.

اختلاف بین کمیت اندازه گیری شده با مقدار واقعی آن کمیت را **خطا** می گویند.

عوامل مهم این اختلاف را در سه دسته زیر می توان بیان نمود:

- عوامل طبیعی : شامل کرویت زمین، شکست نور، وزش باد، تشعشع آفتاب، و تغییرات دمای هوا
- عوامل دستگاهی : شامل نقص دستگاه ها، تنظیم نبودن و یا پایین بودن ارزش تقسیمات آنها
- عوامل انسانی : شامل نارسایی حواس انسانی، کم دقتی، نداشتن تجربه و تسلط در کار

انواع خطاها

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

- اشتباه

- اشتباه یا خطای بسیار بزرگ از فراموشی یا عدم مهارت عامل ناشی می شود. در این حالت عموماً اختلاف بین نتیجه اندازه گیری و مقدار واقعی کمیت معمولاً زیاد است. (مثل عدم تراز کردن، اشتباه در قرائت)

- خطای سیستماتیک

- خطای تدریجی یا سیستماتیک به مجموعه خطاهایی گفته می شود که علت، جهت و مقدار هر یک از آنها مشخص است؛ همگی علامت یکسان داشته و با هم جمع می شوند. (اکثر این خطاها ناشی از نقص وسایل اندازه گیری است، مثلاً افزایش طول یک متر فلزی در اثر گرم شدن)

- خطاهای اتفاقی یا تصادفی

خطاهای تصادفی غالباً از نارسایی حواس انسانی و یا پایین بودن دقت دستگاه های اندازه گیری حادث می شود. هر چند که عوامل دیگری نیز از قبیل نقص دستگاه ها و عوامل جوی سبب پیدایش آنها می گردند. این خطاها گاه با علامت مثبت و گاه با علامت منفی و غالباً به مقدار کم در اندازه گیری ها داخل می شوند.

روش های کنترل مشاهدات جهت حذف اشتباهات

الف) تکرار اندازه گیری ها
مثل تکرار اندازه گیری یک طول به صورت رفت و برگشت

ب) کنترل با یک مدل ریاضی
مثل کنترل مجموع زوایای اندازه گیری شده برای یک مثلث با ۱۸۰ درجه

روش های مقابله با خطاهای تدریجی

به دلیل آنکه علت، علامت و مقدار مشخصی دارند، در هر اندازه گیری قابل شناسایی هستند. برای مقابله با این نوع خطاها در صورت امکان باید عوامل ایجاد خطا حذف شوند و در صورت عدم امکان، مقدار دخالت خطا محاسبه و نتایج تصحیح شوند. (مثل استفاده از چتر در مشاهدات میکروژئودزی و اعمال تأثیر خطای کلیماسیون در نتایج ترازیابی)

روش های مقابله با خطاهای تصادفی

به دلیل ماهیت اتفاقی بودنشان از قواعد آمار و احتمالات و مخصوصاً قانون توزیع نرمال پیروی می کنند. تعیین مقدار و علامت این نوع خطاها به راحتی امکان پذیر نیست.

- تکرار مشاهدات و پذیرفتن میانگین نتایج به عنوان برآورد اندازه واقعی
- کنترل روابط بین اندازه ها با استفاده از معلومات اضافی (سرشکنی)

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{n}$$

$$V_i = \bar{\lambda} - \lambda_i$$

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i^2)}{n-1}}$$

$$e_{\max} = 2.5 \times \sigma$$

$$e_a = \frac{\sum_{i=1}^n |V_i|}{n}$$

$$e_r = \frac{\sigma}{L}$$

n: تعداد اندازه گیری ها

$\bar{\lambda}$ میانگین اندازه گیری ها (محتملترین مقدار)

λ_i اندازه گیری شماره i

V_i خطای ظاهری اندازه گیری شماره i

σ خطای متوسط هندسی (خطای استاندارد یا انحراف معیار)

$e_{\max}$ خطای ماکزیمم

e_a خطای متوسط حسابی

α خطای معیار میانگین

e_r دقت نسبی (خارج قسمت خطای متوسط هندسی به اندازه آن کمیت)

مثال ۱: طولی ۶ بار اندازه گیری شده و اعداد زیر بدست آمده است.

$$x_1 = 112.03m, x_2 = 112.00m, x_3 = 111.98m$$

$$x_4 = 112.03m, x_5 = 112.04m, x_6 = 111.98m$$

مطلوب است محاسبه:

الف) محتملترین (میانگین) مقدار این طول

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6}{6} = 112.01m$$

ب) خطاهای ظاهری مشاهدات

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

$$v_1 = 112.03 - 112.01 = 0.02m$$

$$v_2 = 112.00 - 112.01 = -0.01m$$

$$v_3 = 111.98 - 112.01 = -0.03m$$

$$v_4 = 112.03 - 112.01 = 0.02m$$

$$v_5 = 112.04 - 112.01 = 0.03m$$

$$v_6 = 111.98 - 112.01 = -0.03m$$

پ) خطای متوسط هندسی

$$e_q = \pm \sqrt{\frac{0.0004 + 0.0001 + 0.0009 + 0.0004 + 0.0009 + 0.0009}{5}} = 0.0268$$

ت) خطای متوسط حسابی

$$e_a = \frac{|0.02| + |-0.01| + |-0.03| + |0.02| + |0.03| + |-0.03|}{6} = 0.023$$

ث) خطای ماکزیمم

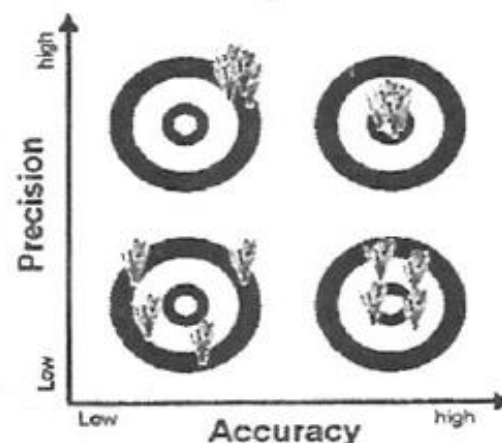
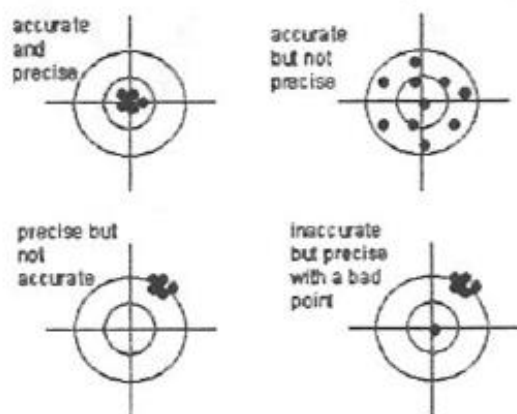
$$e_{\max} = 2.5 \times 0.0268 = 0.067m$$

چ) مشخص کردن داده های اشتباه در صورت وجود

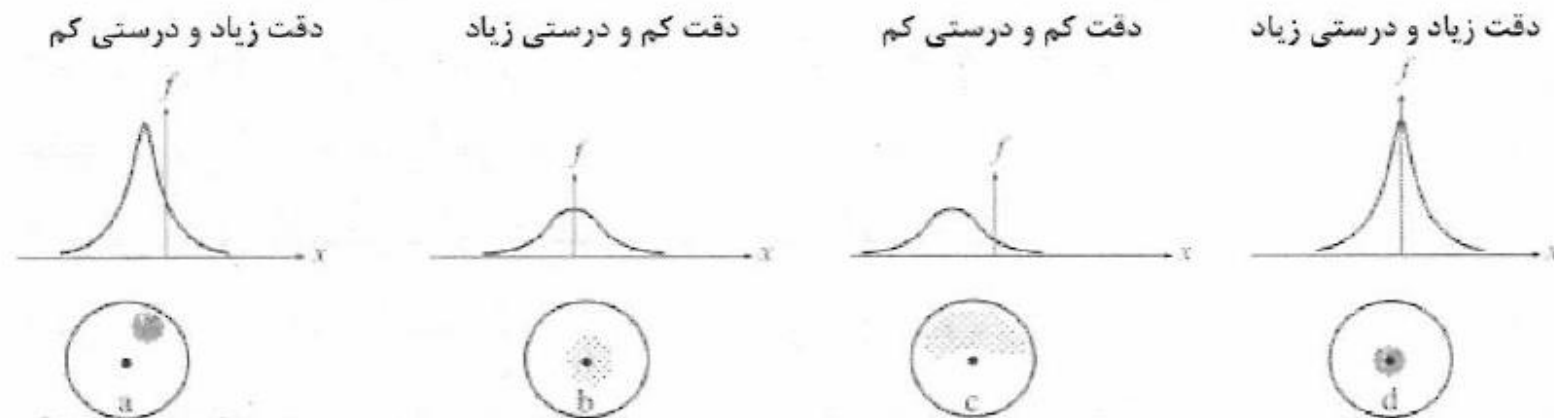
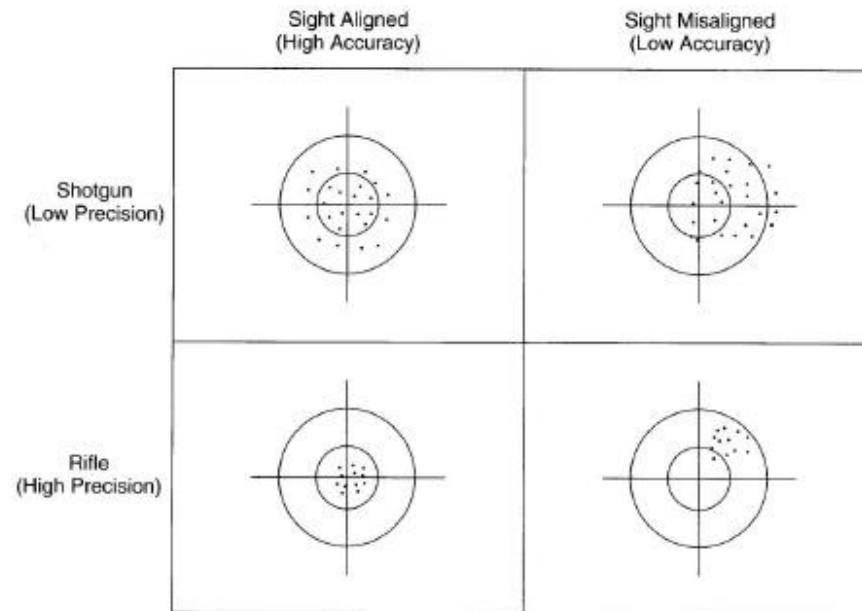
برای این کار خطاهای ظاهری را با خطای max مقایسه می کنیم اگر هر کدام از این خطاها از خطای max بیشتر باشد، آن اندازه گیری، اندازه گیری اشتباه خواهد بود. با توجه به اینکه $v_i < e_{\max}$ هستند، لذا تمام مشاهدات قابل قبول می باشند. لازم به یادآوری می باشد که اگر مشاهده اشتباه داشتیم آن مشاهده اشتباه را از بین مشاهدات انجام شده، حذف کرده و دوباره باید از ابتدا میانگین و انحراف معیار مشاهدات باقیمانده را محاسبه کرد.

دقت نشانه نزدیک بودن مشاهدات به یکدیگر و یا معیاری برای بیان قابلیت تکرار شونده‌ی مشاهدات بوده و در نتیجه تنها نشان دهنده خطاهای اتفاقی است. پراکندگی، شاخص یا نشانه دقت است. هر چه نتایج نسبت به میانگین پراکنده تر باشند، دقت آنها کمتر می باشد. به عبارت دیگر دقت، درجه نزدیکی یک کمیت به مقدار برآورد آن یا میزان نزدیکی مشاهدات به هم می باشد. [29]

صحت به معنای نزدیکی مشاهدات به مقدار واقعی آنهاست، بنابراین وجود خطاهای سیستماتیک باعث کاهش صحت می گردند. رسیدن به برآورد صحیحی از صحت نیازمند تکرار مشاهدات با روشها و وسایل متفاوت به شرط حذف اشتباه و خطاهای سیستماتیک می باشد. گاهی اوقات ممکن است دقت زیاد ولی صحت کم باشد و گاهی اوقات نیز ممکن است دقت کم ولی صحت زیاد باشد. به اشکال ۲-۵ و ۲-۶ دقت کنید. [29]



مقایسه مفهوم دقت و صحت



نگاره ۲.۲. تعبیر هندسی دقت و درستی در رفتار تابع چگالی احتمال و یک هدف تیراندازی

برای افزایش دقت در اندازه گیری پارالاکس یک نقطه بر روی یک زوج عکس هوایی، فلاتین مارک ها را ۱۰ بار در نقطه مورد نظر بر روی زمین مماس کرده و و اعداد زیر مشاهده گردیده اند:

Rm1=4.890 mm	Rm2=4.920 mm	Rm3=4.900 mm	Rm4=4.870 mm	Rm5=4.930 mm
Rm6=4.960 mm	Rm7=4.990 mm	Rm8=4.980 mm	Rm9=4.970 mm	Rm10=4.940 mm

پارامتر های زیر را محاسبه کنید.
 میانگین، خطاهای ظاهری، وریانس، خطای متوسط هندسی، خطای متوسط حسابی، خطای معیار، خطای محتمل، خطای ۹۰٪، خطای حداکثر یا ماکزیمم، بازه اطمینان ۹۰٪ برای مشاهدات.

فصل سوم

طول یابی

مساحی

به تعیین فاصله میان دو نقطه در فضای سه بعدی طول یابی گفته می شود.

روش های تعیین فاصله

- ۱- روش تقریبی
- ۲- روش محاسبه ای
- ۳- روش مستقیم
- ۴- روش اپتیکی
- ۵- روش الکترونیکی

روش تقریبی :

اندازه گیری روی نقشه و فاصله یابی با به کار گیری قدم انسانی است.

روش تقریبی :

اندازه گیری روی نقشه و فاصله یابی با به کار گیری قدم انسانی است.

طول قدم:

- در قدیم یکی از ابزارهای استاندارد کردن طول بوده است
- با طی مسافتی مانند ۱۰۰ متر و محاسبه تعداد قدم ها می توان اندازه متوسط قدم خود را تعیین کرد.
- برای تعیین ابعاد زمین های وسیع و زمانی که ابزار در اختیار نیست و برای تخمین طول کاربرد دارد.



مثال: شخصی فاصله ۱۰۰ متری را با ۱۳۵ قدم طی نموده است. چنانچه تعداد قدمهای او برای طی فاصله ای ۱۸۹ قدم باشد فاصله مزبور چند متر است؟

پاسخ:

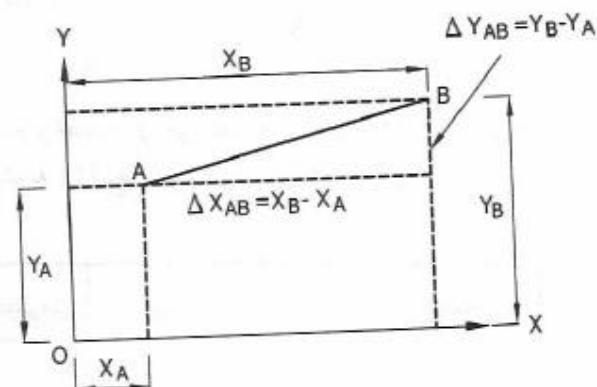
$$x_{AB} = \frac{100}{135} \times 189 = 140 \text{ متر}$$

روش محاسبه ای شامل تعیین فاصله از طریق مختصات نقاط و یا حل مثلث است.

با استفاده از روش محاسبه ای و ترسیمی می توان فاصله بین دو نقطه را محاسبه نمود. از روابط زیر می توان طول پاره خط را تعیین کرد.

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

$$\overline{AB} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$



مثال ۲: اگر مختصات نقاط A و B بصورت زیر باشد فاصله بین دو نقطه برابر کدام است؟

$$A \begin{vmatrix} 500 \\ 1000 \end{vmatrix}, B \begin{vmatrix} 500 \\ 1500 \end{vmatrix}$$

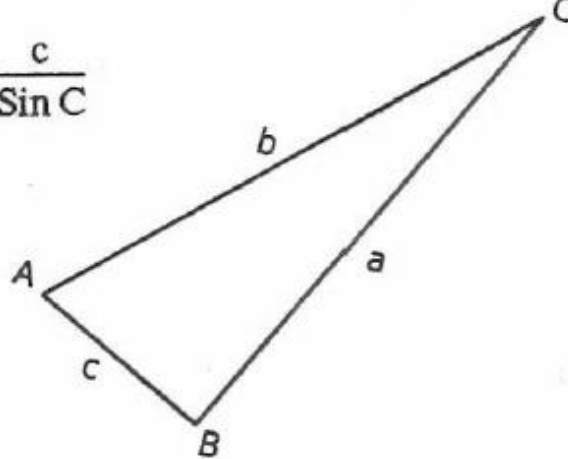
پاسخ:

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

$$\overline{AB} = \sqrt{(500 - 500)^2 + (1500 - 1000)^2} = 500 \text{ m}$$

موقعی که سه زاویه و یک ضلع از مثلث مشخص باشد با استفاده از رابطه سینوسها می توان دو ضلع دیگر را محاسبه نمود.

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



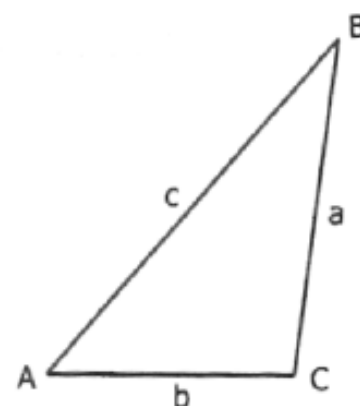
مثال: در مثلث ABC، طول a برابر ۴۵ متر و $\hat{A} = ۳۷^\circ$ و $\hat{B} = ۱۱۸^\circ$ است. طول b چند متر است؟

پاسخ:

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

$$\frac{۴۵}{\sin ۳۷} = \frac{b}{\sin ۱۱۸} \rightarrow b = \frac{\sin ۱۱۸}{\sin ۳۷} \times ۴۵ = ۶۶/۰۲ \text{ m}$$

موقعی که دو ضلع و زاویه بین یک مثلث مشخص باشد با استفاده از رابطه کسینوسها می توان طول ضلع سوم را محاسبه نمود.



$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos A$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos B$$

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

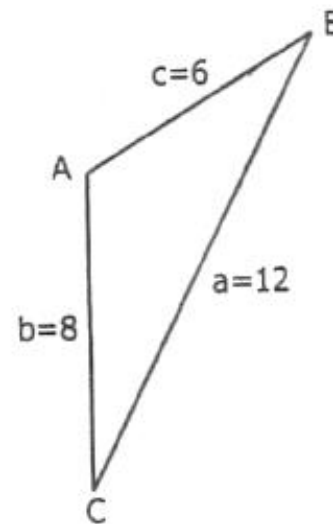
با استفاده از روابط بالا که به رابطه کسینوسها معروف است می توان زوایای مثلث را بصورت زیر نوشت:

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$\cos B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}$$

$$\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$$

مثال ۱: در شکل مقابل زاویه A برابر چند درجه است؟



پاسخ:

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

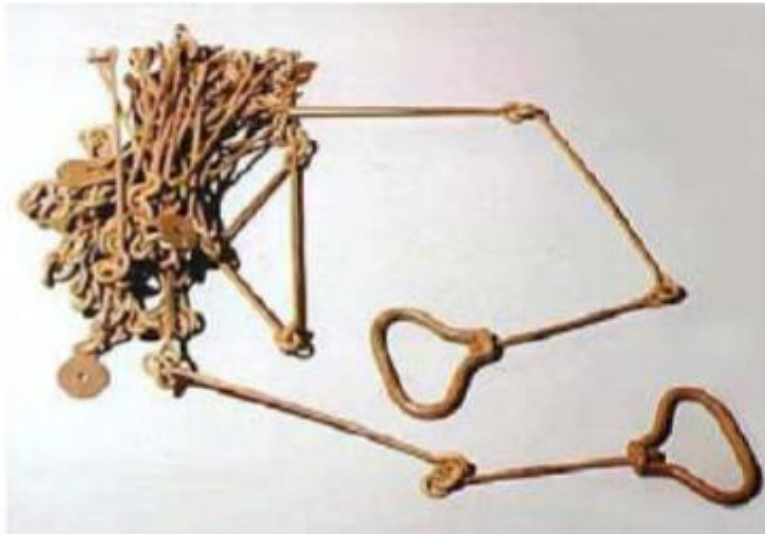
$$\cos A = \frac{64 + 36 - 144}{2 \times 8 \times 6} = -0.4583 \rightarrow A = 117^\circ 17'$$

وسیله اصلی طولیابی در روش مستقیم، انواع نوار های فاصله یابی (متر ها) و چرخ های غلطان است. همراه با این وسایل از اسباب های کمکی همچون شاقول، ژالون، تراز دستی، شیب سنج، گونیای مساحی، و قطب نما نیز استفاده می شود.

• متر:

- جنس آن : فلزی، پارچه ای، پلاستیکی
- تقسیم بندی : سانتی متر، میلی متر
- طول: از ۳ متری تا ۱۰۰ متری

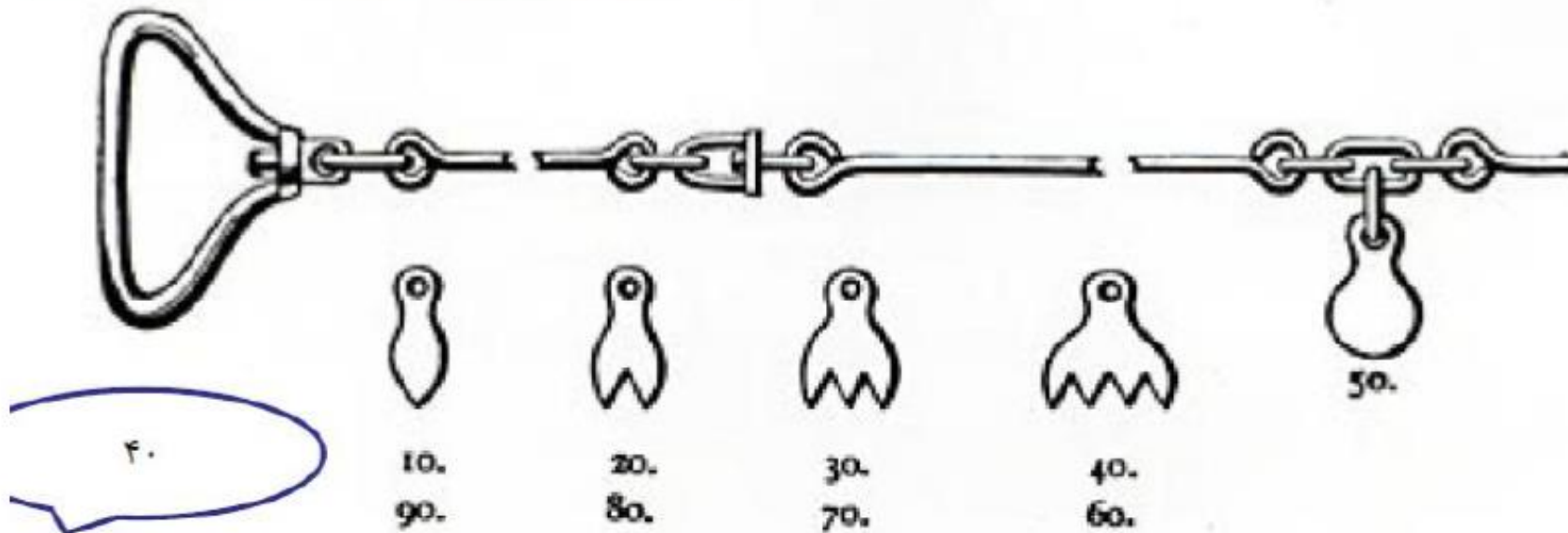




• زنجیر مساحی

- در اندازه های مختلف

- دقت نسبی حدود $\frac{1}{1000}$



- ابزارهای کمکی طول یابی:
- ژالون
- تراز نبشی

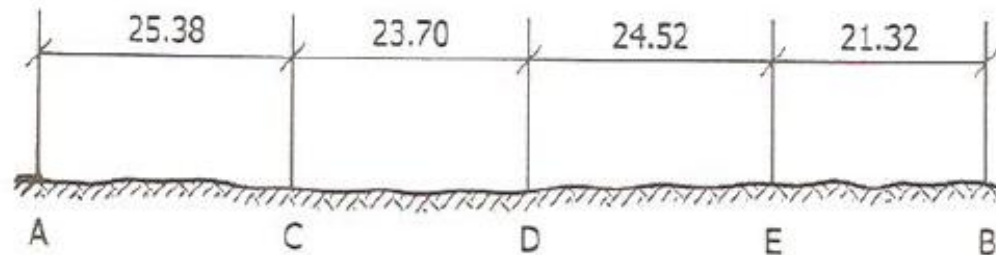


روش تعیین فاصله با نوار اندازه گیری

وقتی فاصله مورد نظر از طول نوار اندازه گیری کوچکتر باشد، و زمین اندازه گیری هموار و افقی باشد کافی برای متر کشی نوار را کاملاً کشیده و بدون پیچ خوردگی بین دو نقطه قرار دهیم. و درجات نوار را که خطوط نشانه اش منطبق بر نقاط ابتدا و انتهای فاصله مورد نظر است را بخوانیم و سپس این دو قرائت را از هم کم کنیم.

متر کشی زمین های هموار به روش امتداد گذاری

اگر فاصله بین دو نقطه بیش از طول متر باشد، طولیابی بین دو نقطه به کمک روش امتداد گذاری می تواند انجام گیرد.



$$x_{AB} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$$

متر کشی در زمین هموار به کمک ژالون و متر

$$x_{AB} = 25/38 + 23/70 + 24/52 + 21/32 = 94/92 \text{ m}$$

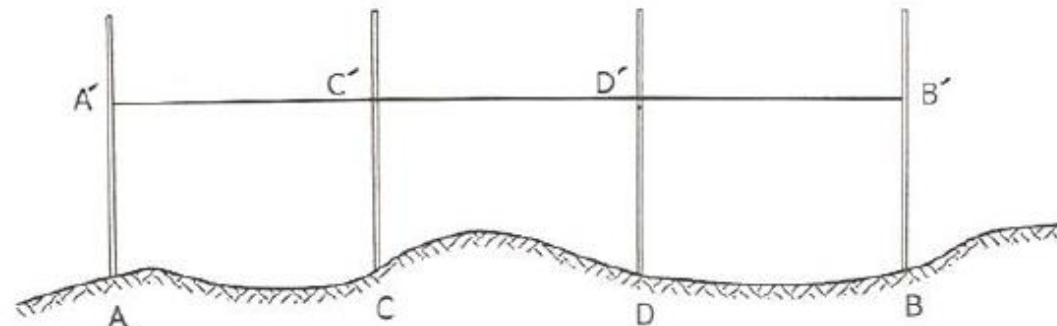
روش تعیین فاصله با نوار اندازه گیری

اندازه گیری فاصله در زمین ناهموار و شیبدار

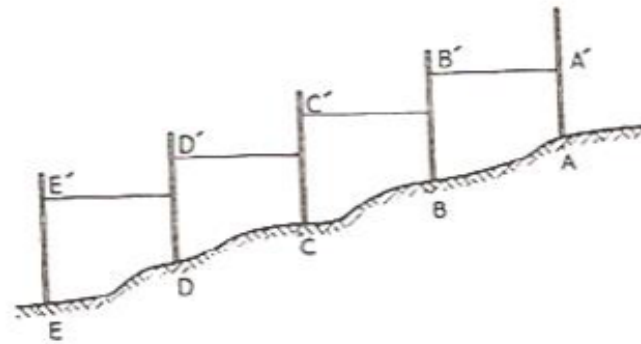
در این نوع زمین ها به دلیل ناهمواری و یا شیبدار بودن آن نمی توان متر را در حالت افقی و مستقیم بر روی زمین پهن نمود. در این مواقع باید فاصله AB را با چند ژالون به قطعات کوچکتری تقسیم نموده، فاصله افقی هر دو ژالون متوالی را اندازه گیری نموده و مجموع آنها برابر فاصله افقی AB می باشد.

$$AB = A'C' + C'D' + D'B'$$

- برای اندازه گیری طول افقی دو ژالون به روش زیر عمل می کنیم:
- یک نفر ابتدای متر را گرفته و در کنار ژالون نقطه A مستقر می شود.
- نفر دوم سمت دیگر متر را گرفته و کنار ژالون نقطه C می ایستد.
- هر دو نفر متر را تا اندازه سینه خود بالا می برند.
- نفر سوم با یک شیب سنج که قاعده اش را موازی متر قرار می دهد مقدار شیب متر را کنترل می نماید و با علامتی که به دو نفر مترکش می دهد، متر را در وضعیت افقی قرار می دهد.
- در این لحظه دو نفر مترکش، متر را بصورت مستقیم می کشند به گونه ای که صفر آن در ژالون A باشد و نفر دوم طول متر را در ژالون C می خواند و ثبت می کند.



در زمین‌های شیب‌دار روش عملیات نیز بدین صورت می‌باشد ولی به دلیل شیب زمین هر دو نفر نمی‌توانند متر را به یک اندازه بالا ببرند. بجای بکار بردن ژالون می‌توان از شاقول نیز استفاده نمود. اندازه‌گیری طولها در این روش سخت‌تر از زمانی می‌باشد که ژالون نصب شده باشد.



فاصله‌سنجی در زمین شیب‌دار

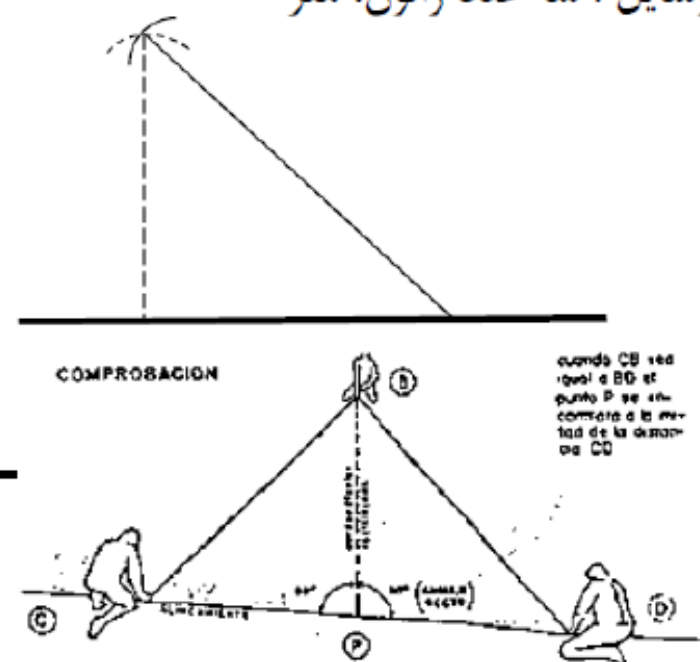
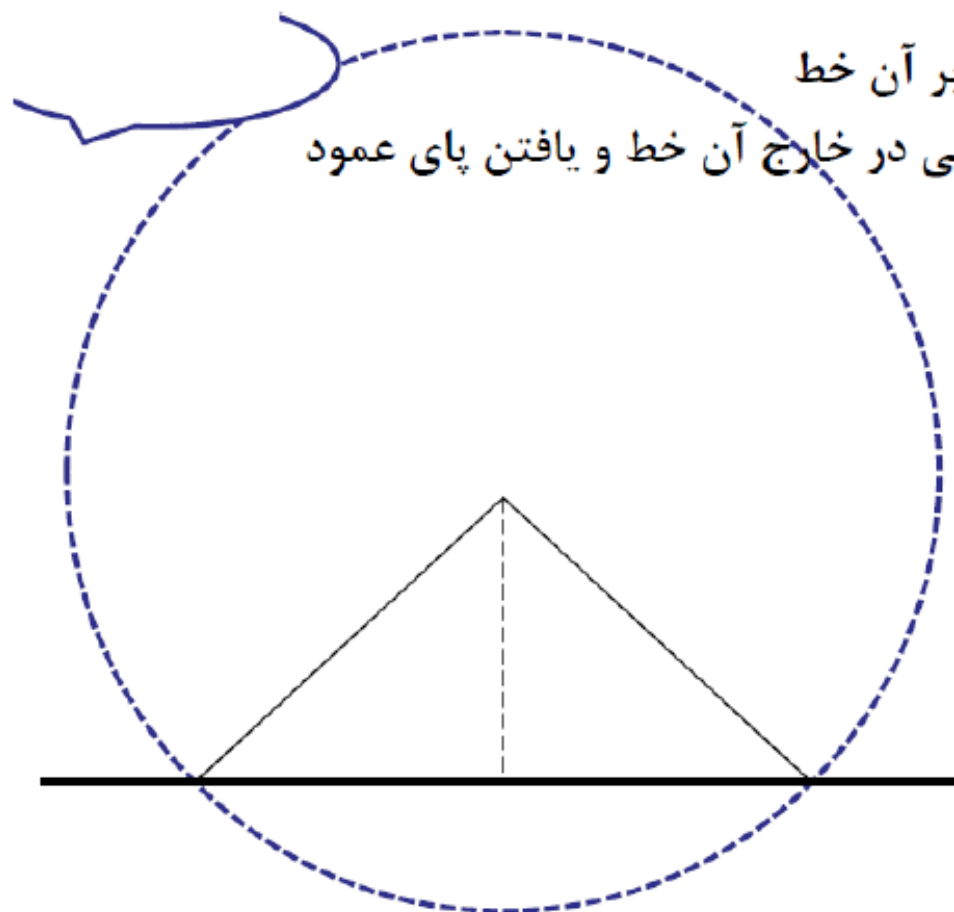
مساحی: منظور از مساحی، نقشه برداری از قطعات کوچک زمین است که با استفاده از وسایل ساده ای مثل متر، ژالون، شاقول، گونیای مساحی، قطب نما و شیب سنج دستی انجام می گیرد.

برخی از مسائل مطرح در مساحی:

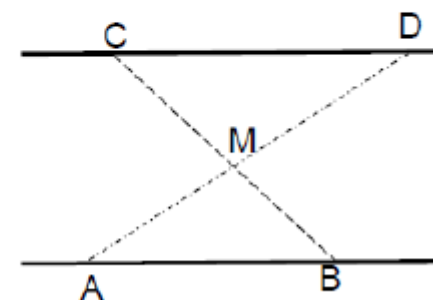
- اخراج عمود بر یک خط از نقطه ای واقع بر آن خط
- وارد کردن عمود بر یک خط از نقطه معینی در خارج آن خط و یافتن پای عمود
- پیاده کردن خطی به موازات خط دیگر
- تعیین اندازه یک زاویه
- پیاده کردن یک زاویه نسبت به یک امتداد
- تهیه نقشه از زمین های کم وسعت به روش مثلث بندی
- تهیه نقشه از زمین های کم وسعت به روش استفاده از خط هادی

- اخراج عمود بر یک خط از نقطه ای واقع بر آن خط
- وارد کردن عمود بر یک خط از نقطه معینی در خارج آن خط و یافتن پای عمود

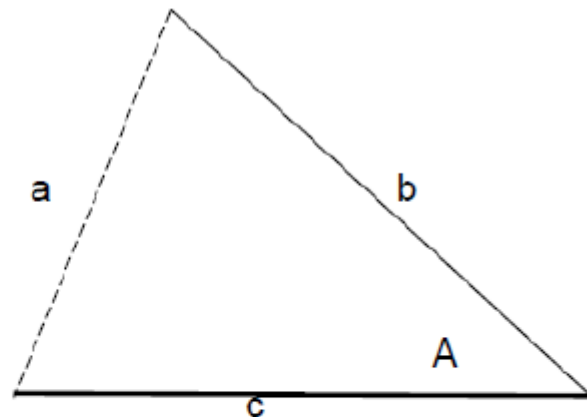
- وسایل : سه عدد ژالون، متر



- پیاده کردن خطی به موازات خط دیگر:



- تعیین اندازه یک زاویه:
- قانون کسینوس ها

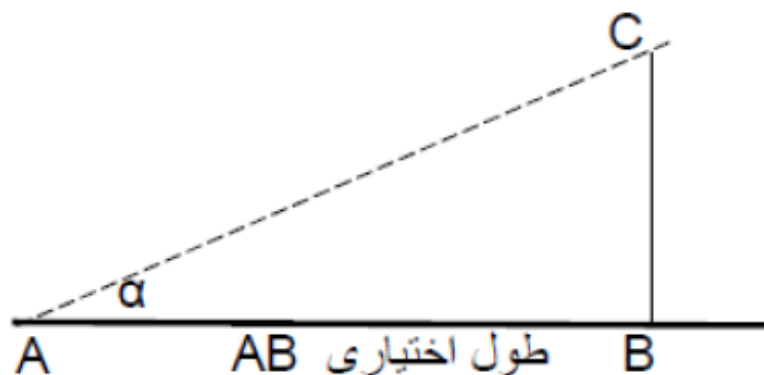


$$\cos(A) = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

• پیاده کردن یک زاویه نسبت به یک امتداد معین:

- استفاده از تانژانت
- جدا کردن طول اختیاری AB
- اخراج عمود از B به اندازه BC
- زاویه CAB به اندازه زاویه α می باشد

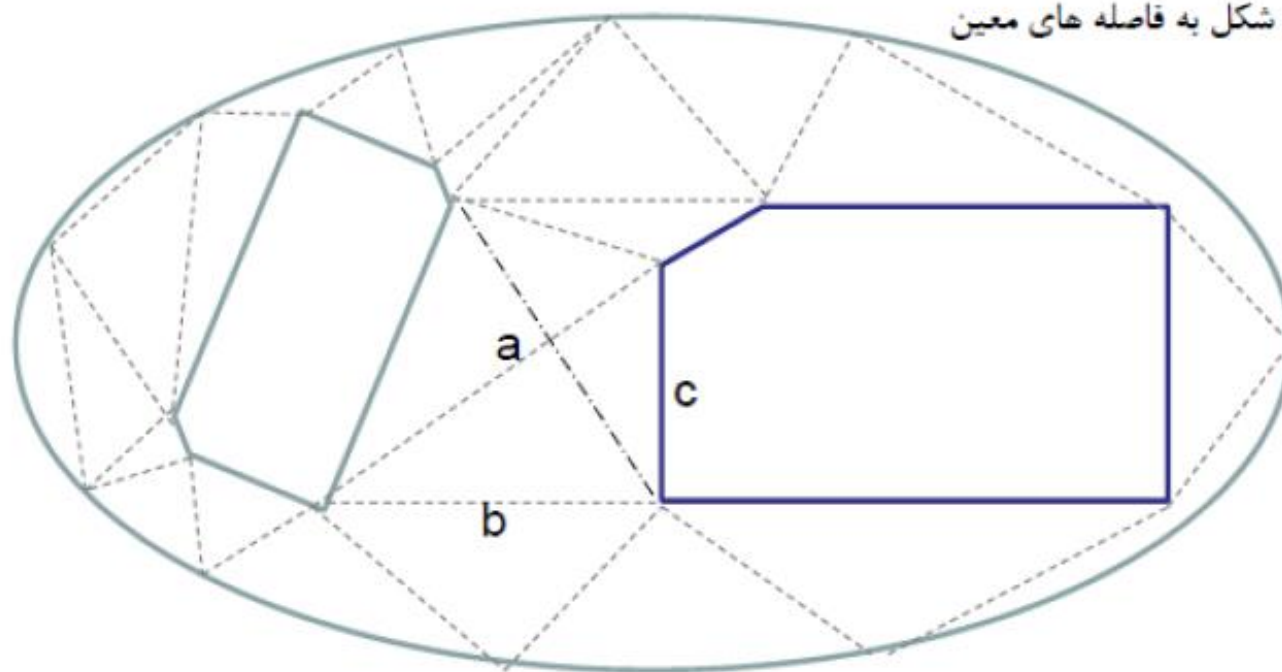
$$BC = AB \cdot \tan(\alpha)$$



- تهیه نقشه از زمین های کم وسعت به روش مثلث بندی
- تقسیم ناحیه به مثلث ها:

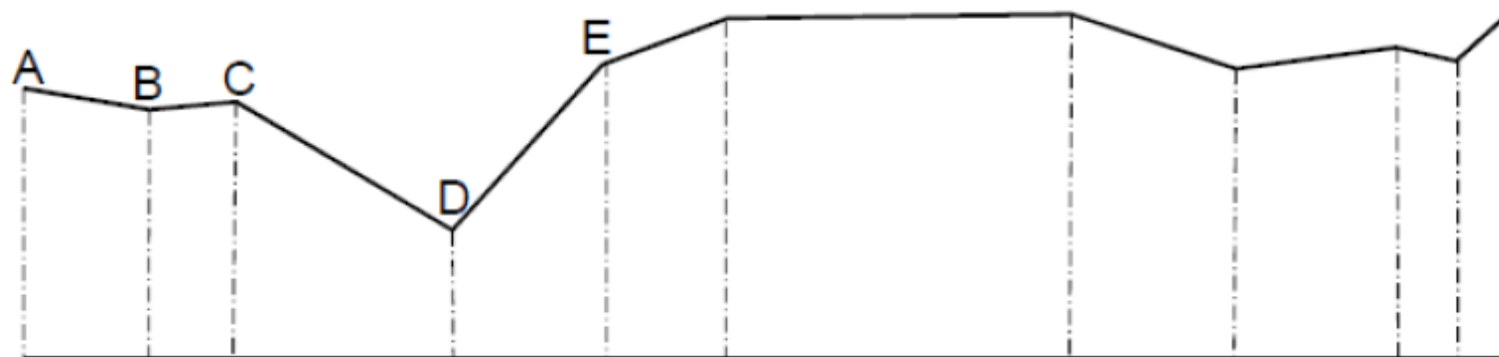
$$A = \sqrt{P(P-a).(P-b).(P-c)}$$

- تهیه کروکی ناحیه
- تشکیل مثلث ها با اتصال نقاط به یکدیگر
- اندازه گیری اضلاع مثلث ها و بعضی از قطر ها
- تقسیم شکل های قوسی شکل به فاصله های معین



• تهیه نقشه از زمین های کم وسعت به روش استفاده از خط هادی

- تهیه کروکی ناحیه
- در نظر گرفتن یک خط مستقیم به عنوان مبنا
- وارد کردن عمود از نقاط عارضه به خط مبنا

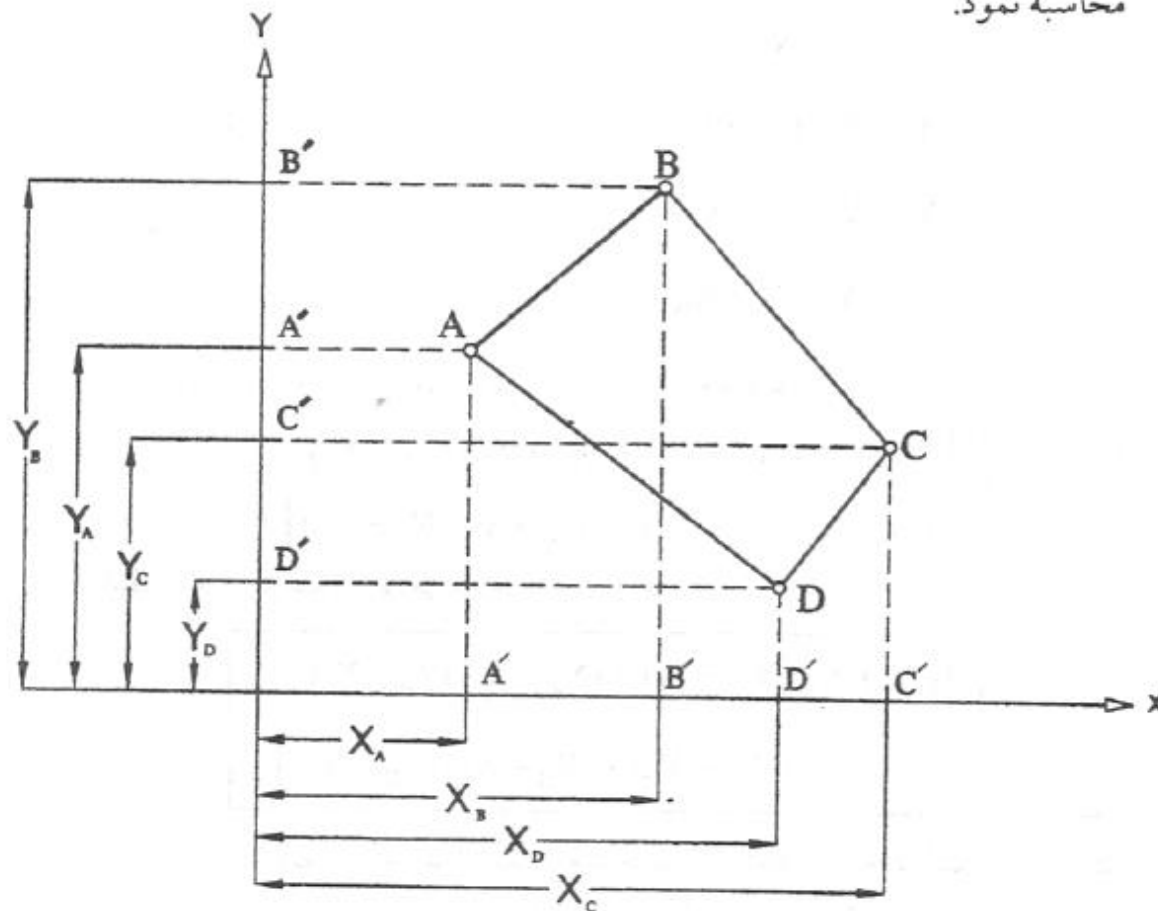


$$S = \frac{1}{2} \left[\frac{y_1}{x_1} \cdot \frac{y_2}{x_2} \cdot \frac{y_3}{x_3} \cdot \frac{y_1}{x_1} \right]$$

$$\Rightarrow S = \frac{1}{2} [(y_1 \times x_2 + y_2 \times x_3 + y_3 \times x_1) - (x_1 \times y_2 + x_2 \times y_3 + x_3 \times y_1)]$$

محاسبه مساحت به روش مختصات رئوس

چنانچه زمین موردنظر دارای اضلاع مستقیم و مختصات رئوس زمین مشابه شکل زیر معلوم باشد، با استفاده از مختصات رئوس می توان مساحت دقیق زمین را محاسبه نمود.



مختصات رئوس زمین از قرار زیر معلوم می باشد.

$$\begin{array}{c|c} A & X_A \\ \hline & Y_A \end{array} \quad \begin{array}{c|c} B & X_B \\ \hline & Y_B \end{array} \quad \begin{array}{c|c} C & X_C \\ \hline & Y_C \end{array} \quad \begin{array}{c|c} D & X_D \\ \hline & Y_D \end{array}$$

$$\frac{Y_A}{X_A} \quad \frac{Y_B}{X_B} \quad \frac{Y_C}{X_C} \quad \frac{Y_D}{X_D} \quad \frac{Y_A}{X_A}$$

با توجه به آرایش صورت گرفته، مساحت به سهولت بدست می آید.

$$\boxed{\text{مساحت} = \frac{1}{2} \left[(\text{مجموع حاصل ضرب خطوط منقطع}) - (\text{مجموع حاصل ضرب خطوط ممند}) \right]}$$

یعنی:

$$S = \frac{1}{2} \left[(Y_A X_B + Y_B X_C + Y_C X_D + Y_D X_A) - (Y_B X_A + Y_C X_B + Y_D X_C + Y_A X_D) \right]$$

مثال ۲: مختصات رئوس قطعه زمینی به شکل مثلث $A \begin{vmatrix} 2 \\ 2 \end{vmatrix}$ و $B \begin{vmatrix} 6 \\ 8 \end{vmatrix}$ و $C \begin{vmatrix} 8 \\ 4 \end{vmatrix}$ متر داده شده است. مساحت این قطعه زمین چند متر مربع است؟

۲۸ (۴)

۲۱ (۳)

۱۴ (۲)

۷ (۱)

پاسخ:

گزینه ۲



$$S = \frac{1}{2} [(x_A \cdot y_B + x_B \cdot y_C + x_C \cdot y_A) - (y_A \cdot x_B + y_B \cdot x_C + y_C \cdot x_A)]$$

$$S = \frac{1}{2} [(2 \times 8 + 6 \times 4 + 8 \times 2) - (2 \times 6 + 8 \times 8 + 4 \times 2)]$$

$$S = \frac{1}{2} [(16 + 24 + 16) - (12 + 64 + 8)] = \frac{1}{2} [56 - 84] = \frac{1}{2} \times |-28| = 14 \text{ m}^2$$

روشهای اپتیکی

وسایل این گروه شامل انواع دوربینهای نقشهبرداری (ترازیابها و زاویه یابها) است که با سرعتی بیشتر و دقتی کمتر از مترها برای فاصله یابی استفاده می شوند.

روشهای الکترونیکی

وسایل این گروه شامل دستگاههای مسافت یاب الکترونیکی و الکترواپتیکی است که با اندازه گیری اختلاف فاز و زمان رفت و برگشت امواج الکترومغناطیس (از نوع رادیویی، مادون قرمز و یا لیزر) فاصله بین نقاط را تعیین می کنند. این دستگاهها ضمن داشتن دقت زیاد از سرعت های بسیار بالایی برخوردار هستند.

فصل چهارم

ترازیابی

مقصود از ترازیابی (Levelling) یا نیولمان تعیین اختلاف ارتفاع بین دو یا چند نقطه (نسبت به هم یا نسبت به یک سطح مبنای معین) است که با استفاده از دستگاه های مختلف و یا روش های گوناگون صورت می گیرد.

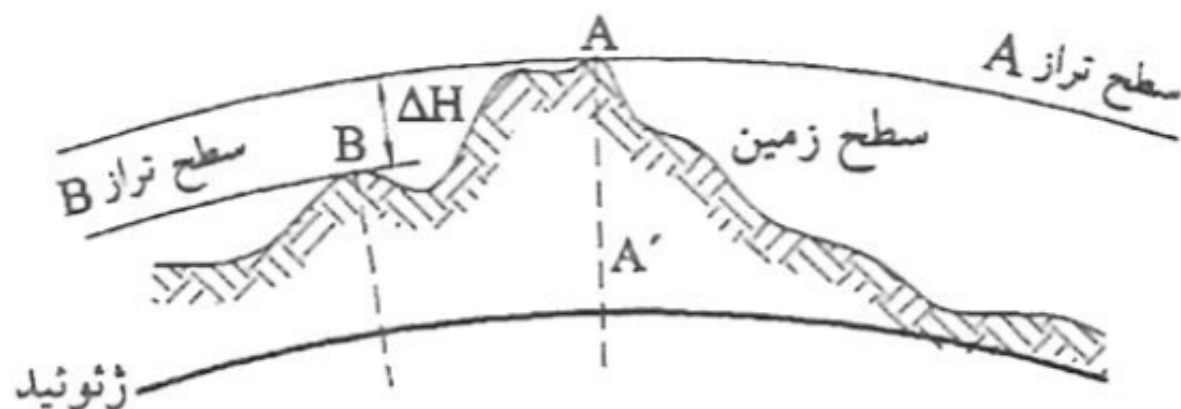
چند مفهوم :

سطح تراز

به مجموعه نقاطی که ارتفاع آنها یکسان باشد سطح تراز می گویند.
فاصله بین دو سطح تراز تعیین کننده اختلاف ارتفاع بین نقاط واقع بر روی آن دو سطح است.

ارتفاع نقطه

ارتفاع نقطه ای مانند A عبارت است از فاصله قائم این نقطه از سطح ارتفاعی مبنا (میتواند ژئوئید و یا سطح مبنای محلی باشد) است.



چند مفهوم

✕ نقاط ترازیابی

نقاطی که شاخص روی آنها نگه داشته شده و توسط قرائتهایی که روی شاخص انجام می پذیرد ارتفاع آن نقاط مشخص می شود.

✕ بنچ مارک^۶ (BM)

نقاط ثابتی هستند که ارتفاع آنها معلوم و یا بوسیله یکسری عملیات ترازیابی، ارتفاع آن نقاط مشخص می شود.



ترازیابی

شناسنامه نقاط ارتفاعی BM ارائه شده توسط سازمان نقشه برداری کشور

شناسنامه ایستگاه تراز یابی
LEVELING STATION DESCRIPTION

نام ایستگاه Station	ردیف Order	دو Province	شماره نقشه Sheet No.	طول جغرافیایی Longitude
N Q Z W 2 0 0 1		زنجان		
نام قدیم ایستگاه Old Name	راه Road	خرمشهر	شماره نقشه و طرح Project & Photo No.	عرض جغرافیایی Latitude
نوع ایستگاه Type of Station	معمولی	زنجان	تاریخ اندازه گیری جاذبه Date	مقدار جاذبه Gravity
ملاحظات Remarks	ارتفاع از توپوگرافی Orth. Elevation	ارتفاع Elevation	تاریخ محاسبه Cal. Date	تاریخ اندازه گیری Obs. Date
		B.M.		
		1650.9220		
توضیحات ایستگاه (BM) عبارتست از دیسک آلومینیومی که عبارت "سازمان نقشه برداری کشور" روی آن حک شده است.				
نقطه ایستگاه Substationing BM فاصله 0.33 متر از گوشه و 0.43 متر از کف قرار دارد. فاصله این ایستگاه از NTZY 2002 و ZXZW 2003 بتوالی 0.5 و 0.8 کیلومتر میباشد.				
آدرس Address پس از طی 0.2 کیلومتر از بلوار آزادی در جاده خرمشهر بسمت میدان هنرستان به ایستگاه				
نقشه Sketch				

Form No. 40 1380
تاریخ: ۱۳۷۹
محل ثبت: دفتر نقشه برداری تهران

۳۹۰ / ۸ / ۲۸



شناسنامه ایستگاه تراز یابی LEVELING STATION DESCRIPTION

نام ایستگاه Station	ردیف Order	دو Province	شماره نقشه Sheet No.	طول جغرافیایی Longitude
N Q Z W 2 0 0 1		زنجان		
نام قدیم ایستگاه Old Name	راه Road	خرمشهر	شماره نقشه و طرح Project & Photo No.	عرض جغرافیایی Latitude
نوع ایستگاه Type of Station	معمولی	زنجان	تاریخ اندازه گیری جاذبه Date	مقدار جاذبه Gravity
ملاحظات Remarks	ارتفاع از توپوگرافی Orth. Elevation	ارتفاع Elevation	تاریخ محاسبه Cal. Date	تاریخ اندازه گیری Obs. Date
		B.M.		
		1650.9220		
توضیحات ایستگاه (BM) عبارتست از دیسک آلومینیومی که عبارت "سازمان نقشه برداری کشور" روی آن حک شده است.				

- تراز یابی مستقیم یا هندسی
- تراز یابی غیر مستقیم یا مثلثاتی
- تراز یابی بارومتریک (ترازیابی به کمک فشار سنج)
- تراز یابی به کمک GPS
-

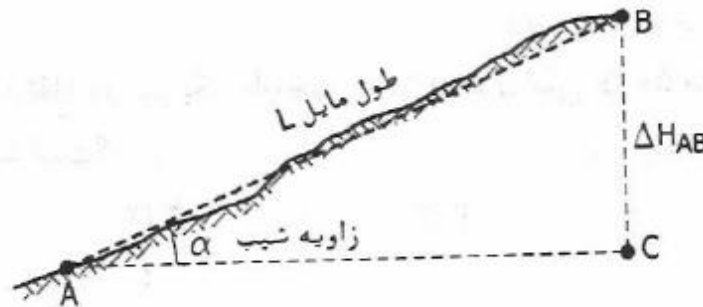
• تراز یابی غیر مستقیم یا مثلثاتی

برای محاسبه مقدار اختلاف میان نقاط A و B، فاصله میان آنها و زاویه شیب امتداد AB را اندازه گیری می کنیم.

در مثلث قائم الزاویه ABC داریم:

$$H_A - H_B = AB \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta H_{AB} = L \cdot \sin \alpha$$



مثال ۱: چنانچه فاصله دو نقطه A و B بر روی سطح شیبدار برابر ۵۲ متر باشد و زاویه شیب آنها برابر ۱۵ درجه باشد. اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B برابر چند متر است؟

پاسخ:

$$\Delta H_{AB} = L \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta H_{AB} = 52 \times \sin 15 = 13/45 \text{ m}$$

• تراز یابی بارومتریک (ترازیابی به کمک فشار سنج)

مقصود از تراز یابی فشارسنجی تعیین اختلاف ارتفاع بین دو یا چند نقطه، از طریق اندازه گیری فشار هوا در آن نقاط است.

به طور کلی چون فشار هوا در هر نقطه به ارتفاع آن نقطه از سطح مبنای ارتفاعی بستگی دارد می توان ارتفاع نقاط را به کمک وسایل اندازه گیری فشار هوا (فشارسنج یا بارومتر) تخمین زد، هر چه ارتفاع نقاط از سطح دریا بیشتر باشد فشار هوا کمتر می شود و برعکس.

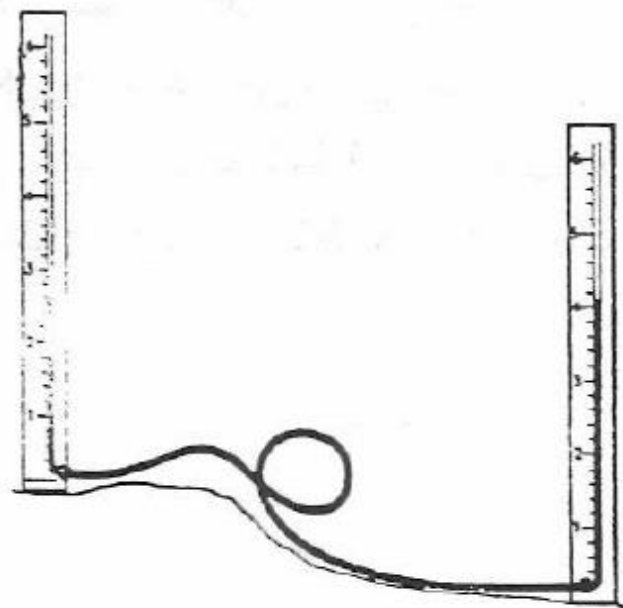


بارومتر

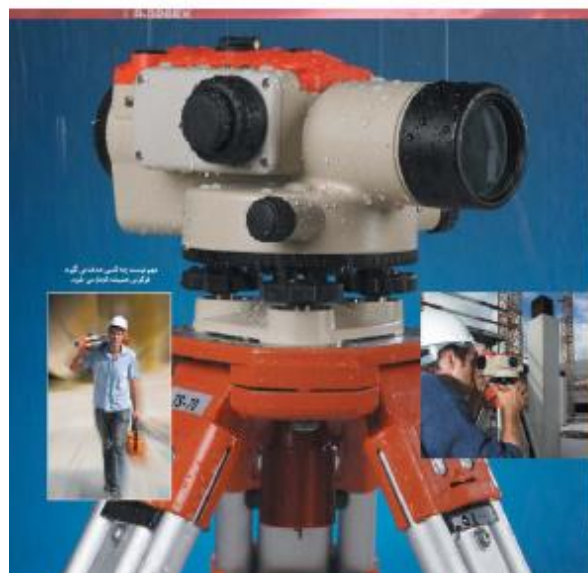
• تراز یابی مستقیم یا هندسی

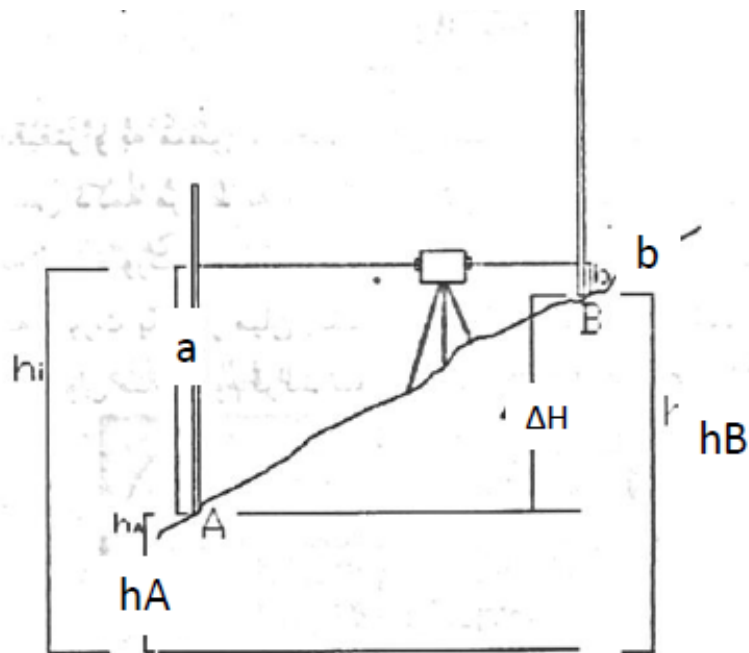
ساده ترین وسیله برای تراز یابی مستقیم یا هندسی شلنگ تراز می باشد.

$$\Delta H_{AB} = H_A - H_B$$



ترازیاب (Level - Niveau)





سطح مینا

a: قرائت عقب و b: قرائت جلو

if $\Delta H_{AB} > 0 \Rightarrow \uparrow$ سربالایی

or

if $\Delta H_{AB} < 0 \Rightarrow \downarrow$ سرپایینی

$$\Delta H_{AB} = h_B - h_A = a - b = B.S. - F.S.$$

$$h_B = h_A + (B.S. - F.S.)$$

ارتفاع دستگاه تراز یاب در این استقرار طبق شکل بالا از رابطه زیر بدست می آید:

(قرانت عقب + ارتفاع نقطه A = ارتفاع دستگاه در این استقرار) یا $h_i = h_A + B.S.$

همچنین می توان نوشت:

(قرائن جلو - ارتفاع دستگاه در نقطه استقرار = ارتفاع نقطه B) یا $h_B = h_i - F.S.$

• اصول تراز یابی مستقیم یا هندسی

مثال ۱: چنانچه ارتفاع نقطه P از سطح دریا 1561.17 متر و قرائت های شاخص (میر) به ترتیب در روی نقاط P و Q برابر 3368 و 0981 باشد مطلوب است محاسبه ارتفاع نقطه Q؟

$$\Delta H_{PQ} = B.S. - F.S. = 3.368 - 0.981 = 2.387m$$

$$h_Q = h_P + \Delta H_{PQ} = 1561.17 + 2.387 = 1563.557m$$

مثال ۲: قرائت های عقب و جلو بر روی شاخص های مستقر بر نقاط M و N به فاصله افقی 75 متر بترتیب 1830 و 3330 میلی متر است، شیب امتداد MN چند درصد است؟

$$MN = 75m, \quad BS = 1830mm, \quad FS = 3330mm$$

$$\Delta H = BS - FS = -1.5 m$$

$$\tan \alpha = \frac{\Delta H}{MN} = \frac{-1.5}{75} = -0.02 = -2 \%$$

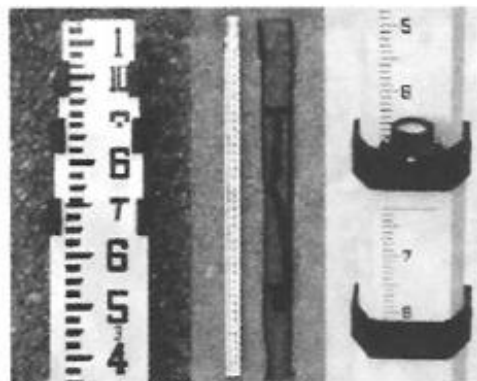
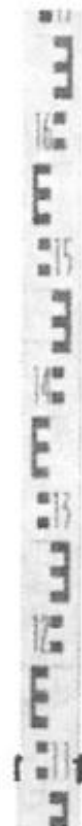
✓ سه پایه^{۱۵}

سه پایه ها وسایلی هستند که دوربین های نقشه برداری روی آنها مستقر شده و تراز می شوند. سه پایه ها از نوع چوبی و فلزی ساخته می شوند. هر پایه سه پایه به صورت کشویی عمل نموده و می توان آن را در ارتفاعات مختلف تنظیم نمود.



✓ شاخص (میر)^{۱۶}

خط کشی مدرج معمولا به طول 4 متر می باشد و با قرار گرفتن در معرض قراولروی (نشانه روی) دوربینهای نقشه برداری می توان عددی را روی آن قرائت نمود. این وسیله برای سنجش اختلاف ارتفاع دو نقطه و فواصل به کار برده می شود. شاخص ها معمولا از جنس چوپ یا آلومینیومی ساخته می شوند.



2-3MM



1/10 or 1/8



1 MM



6 word



Double 3MM



Double 3MM



2.5MM



Bar code

ابزار برای تراز یابی مستقیم یا هندسی به کمک تراز یاب

✓ تراز نبشی

از تراز نبشی جهت کنترل سطوح قائم استفاده می شود. به عنوان مثال جهت قائم نگه داشتن ژالن یا شاخص از آن استفاده می شود. تراز نبشی از یک تراز کروی که در بالای یک نبشی فلزی یا پلاستیکی به طول 10 سانتی متر تعبیه شده، تشکیل شده است.



✓ تارهای رتیکول

خطوط عمود بر هم که در داخل تلسکوپ دوربین بین عدسیهای شی و منشور مستقیم کننده تلسکوپ قرار دارد که تمام قرائتهای روی شاخص با استفاده از این تارها می باشد.

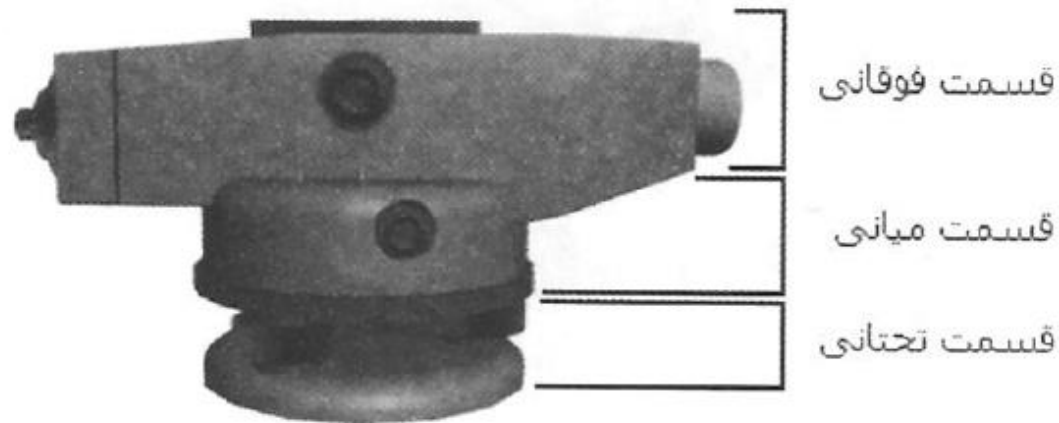


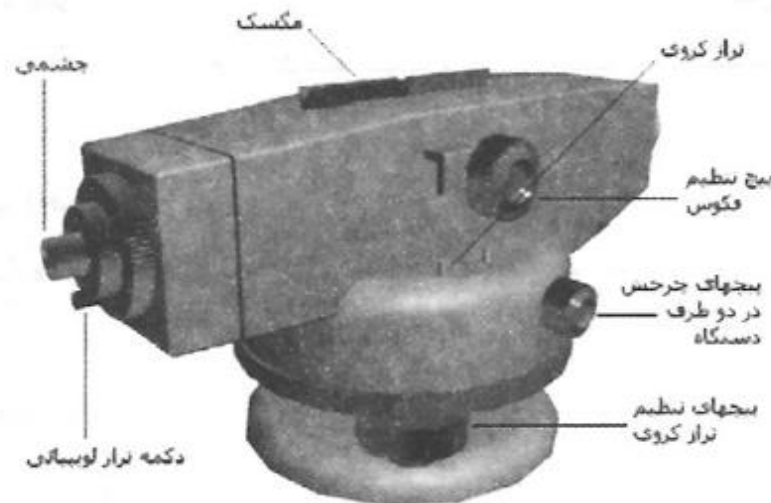
ساختمان دستگاه تراز یاب به طور کلی از سه قسمت زیر تشکیل شده است:

الف- قسمت فوقانی: شامل تلسکوپ و وسایل قراولروی می باشد.

ب- قسمت میانی: شامل ترازهای کروی و استوانه ای می باشد.

پ- قسمت تحتانی: شامل پیچهای تراز کننده و صفحه اتصال دستگاه بر روی سه پایه می باشد.





شکل ۴-۲۳: قسمت‌های مختلف دستگاه تراز یاب

✓ پیچهای تراز دوربین

در زیر دوربین سه عدد پیچ وجود دارد که جهت تراز کردن تراز یاب بر روی سه پایه به کار می روند. این سه پیچ به شکل یک مثلث در زیر دوربین قرار گرفته اند.

✓ پیچ های تنظیم چرخش دوربین

این دوربینها می توانند 360 درجه به دور خود بچرخند جهت افزایش دقت حرکت دوربین دو عدد پیچ در طرفین دوربین وجود دارد که این پیچها به هم متصل می باشند به طوری که با چرخش یکی پیچ دیگری هم به همان اندازه خواهد چرخید. در واقع با این پیچها می توان چرخش دوربین را با دقت بیشتری کنترل کرد.

✓ پیچ فوکوس

با توجه به اینکه فاصله شاخص تا دوربین همواره ثابت نیست و در فواصل مختلفی نسبت به دوربین قرار می گیرد، لذا جهت داشتن تصویری واضح باید از پیچ تنظیم فوکوس استفاده نمود.

✓ چشمی دوربین

توسط چشمی دوربین به سمت شاخص قراولروی (نشانه روی) نموده و توسط یک پیچ کوچکی که روی چشمی تعبیه شده جهت تنظیم دقیقتر تارهای رتیکول از آن استفاده می شود.

✓ چشمی زاویه یاب

در بعضی ترازیاها امکان خواندن زوایا و یا مشخص نمودن زوایا در روی زمین با دقت 1 درجه وجود دارد. با این حال دقت آن چندان مطلوب کارهای نقشه برداری نبوده و بهتر است برای یافتن زاویه بین دو امتداد از دوربینهای زاویه یاب (تئودولیت) استفاده شود.

✓ مگسک قراولروی

مگسک در بالای دوربین قرار گرفته است و جهت نشانه روی تقریبی به روی شاخص از آن استفاده می شود.

✓ محور قائم (اصلی)

وقتی دستگاه تراز باشد امتداد قائم دستگاه منطبق بر امتداد شاقولی در آن نقطه خواهد بود.

✓ محور کلیماسیون

خطی که مرکز تارهای رتیکول را به مرکز عدسی های شی و چشمی وصل می کند.

✓ محور لوله تراز

خطی است که در مرکز حباب تراز به لوله تراز مماس می باشد. اگر دستگاه تراز یاب سالم و تراز باشد این خط موازی محور کلیماسیون خواهد بود.

ساختمان تراز

یک محفظه فلزی یا شیشه ای است که در داخل آن یک مایع فرار مثل الکل یا اتر می ریزند حجم مایع کمی کمتر از حجم تمام محفظه بوده و به قسمت کوچکی از حجم محفظه باقی مانده به جای خود مایع، بخار آن را می ریزند و به همین خاطر بخار مایع با توجه به کم بودن چگالی نسبت به خود مایع در بالاترین قسمت محفظه قرار می گیرد. شکل زیر مجموعه ای از ترازها را نشان می دهد.[3]



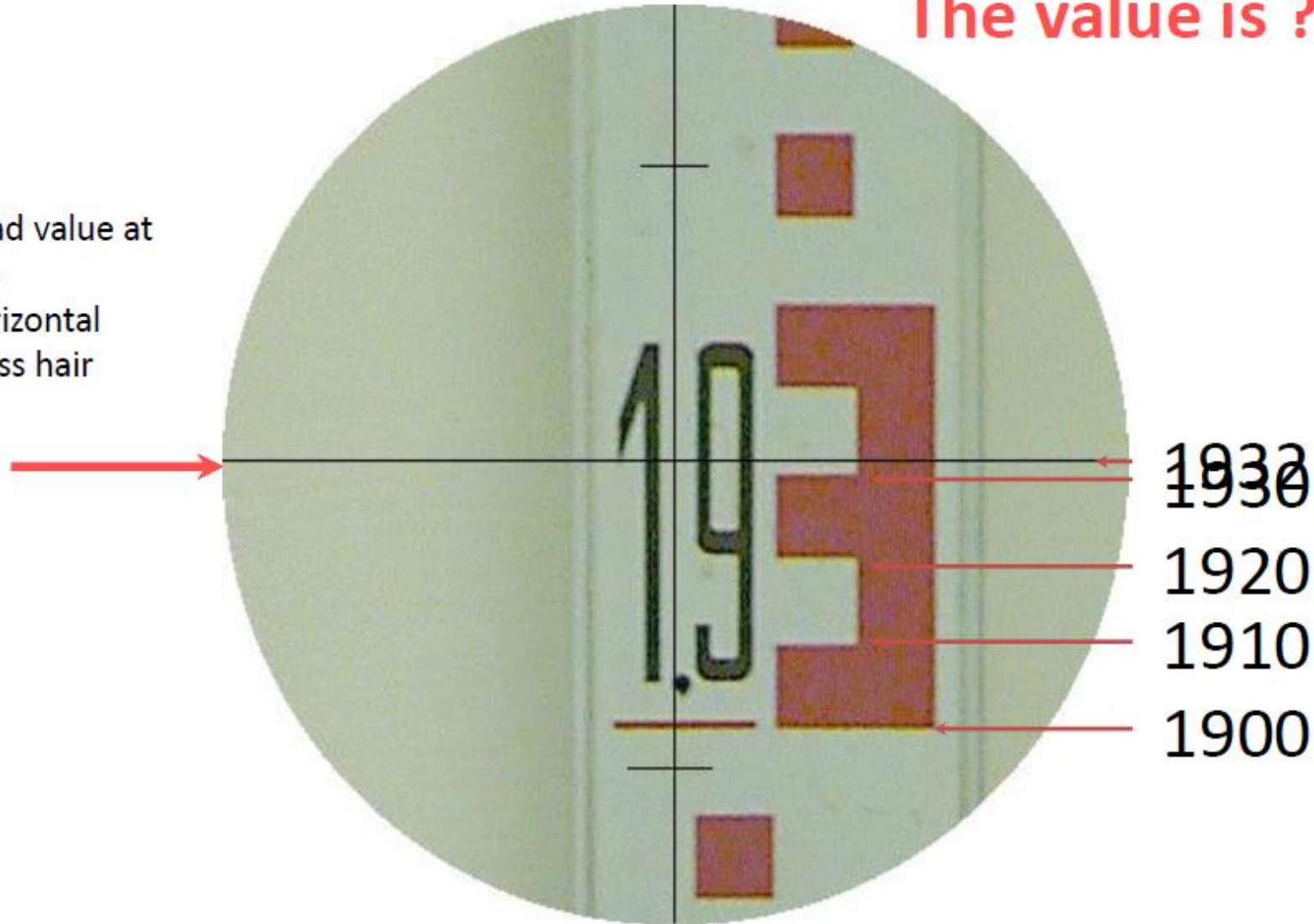
انواع تراز

تراز کروی
تراز استوانه ای
تراز لوبیایی
تراز دیجیتال یا الکترونیکی

Reading an E-type levelling staff

The value is ?

Read value at
the
horizontal
cross hair



• روش های تراز یابی مستقیم یا هندسی

☐ روش پیمایشی یا خطی

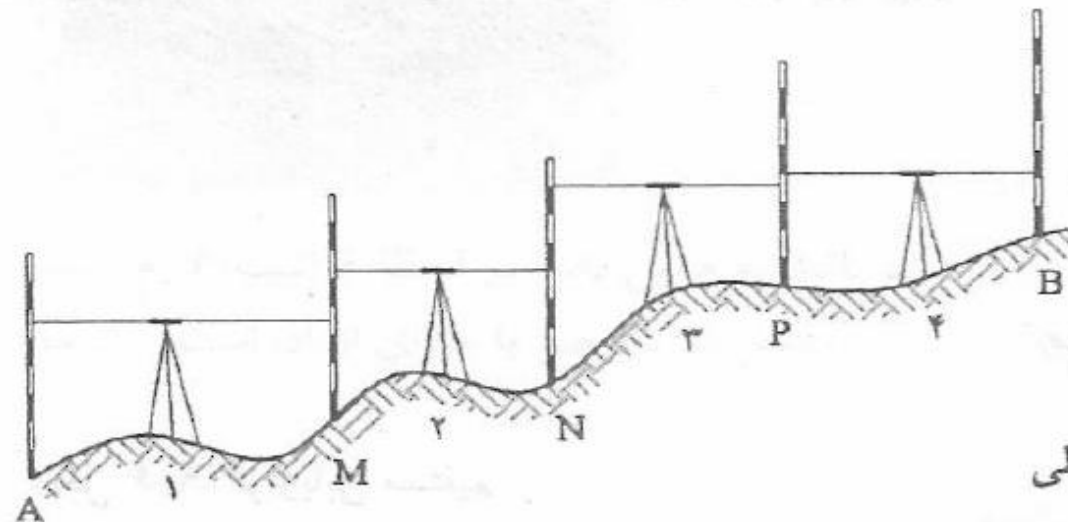
☐ روش شعاعی

☐ روش ترکیبی

□ روش پیمایشی یا خطی

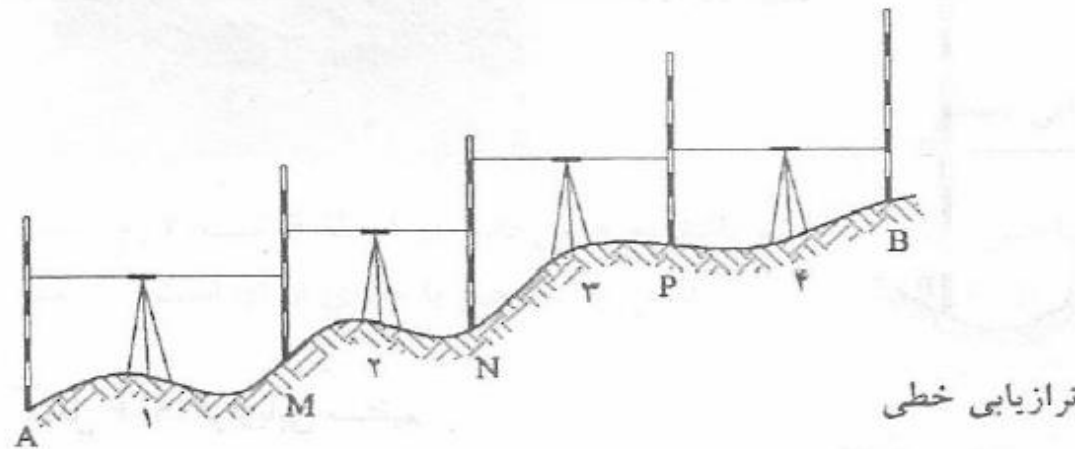
اگر فاصله بین دو نقطه زیاد باشد یا اختلاف ارتفاع بین دو نقطه بیشتر از طول شاخص باشد نمی توان با یک ایستگاه تراز یابی، اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را تعیین کرد. در این موارد لازم می شود به جای یک ایستگاه، از چند ایستگاه تراز یابی و به جای دو نقطه، از نقاط بیشتری (نقاط کمکی) برای استقرار شاخص استفاده شود.

فرض می کنیم هدف، تعیین اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B باشد و بنا به دلایل فوق نتوانیم با یک مرتبه ایستگاه گذاری به مقصود فوق برسیم. در این حالت از نقاط واسطه N, M و P برای استقرار شاخص و از ایستگاه های ۱، ۲، ۳ و ۴ برای استقرار دستگاه استفاده می کنیم،



ترازیابی خطی

□ روش پیمایشی یا خطی



$$\Delta H_1 = H_M - H_A = BS_1 - FS_1$$

$$\Delta H_2 = H_N - H_M = BS_2 - FS_2$$

$$\Delta H_3 = H_P - H_N = BS_3 - FS_3$$

$$\Delta H_4 = H_B - H_P = BS_4 - FS_4$$

با جمع دو طرف روابط فوق خواهیم داشت.

$$\Sigma \Delta H = H_B - H_A = \Sigma BS - \Sigma FS$$

□ روش پیمایشی یا خطی - مثال

مثال ۳: تراز یابی پیمایشی زیر را کامل کنید؟ (در صورتیکه ارتفاع نقطه A برابر 760.453m باشد)

ارتفاع نقاط (m)	اختلاف ارتفاع (mm)	قرائت جلو (mm)	قرائت عقب (mm)	شماره نقاط
760.453			1354	A
		1145	1268	1
		1023	3002	2
		0245	2531	3
		0020	3987	4
		1457	0017	5
		1368	0948	6
		2598	1598	7
		1196		8

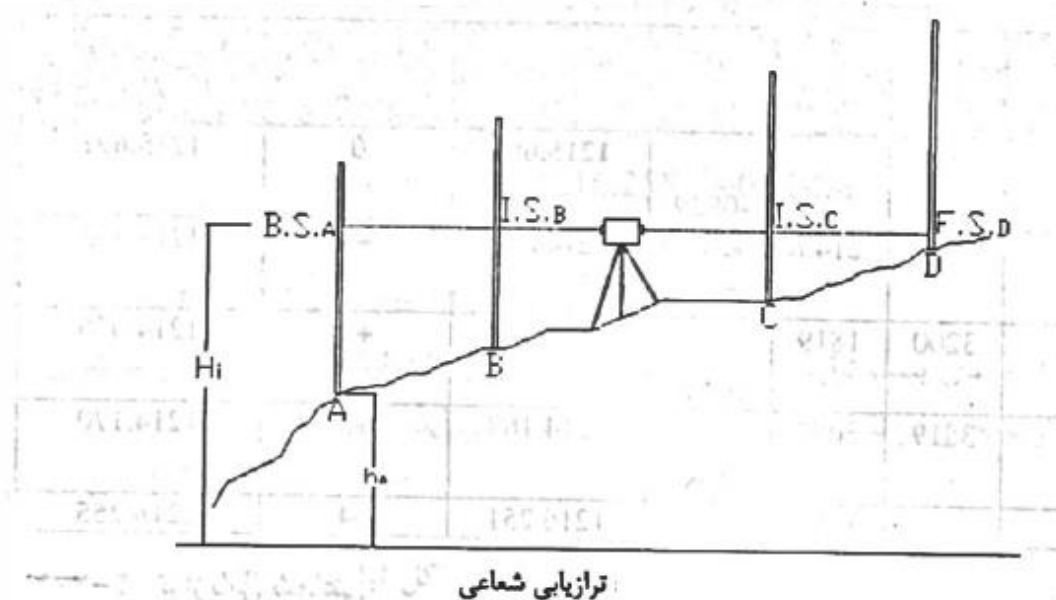
□ روش پیمایشی یا خطی - حل مثال

$$\left\{ \begin{array}{l} h_1 - h_A = B.S.1 - F.S.1 = 1.354 - 1.145 = 0.209m \\ \Rightarrow h_1 = h_A + \Delta H_{A,1} = 760.453 + 0.209 = 760.662m \\ h_2 - h_1 = B.S.2 - F.S.2 = 0.245m \Rightarrow h_2 = h_1 + \Delta H_{1,2} = 760.907m \\ h_3 - h_2 = B.S.3 - F.S.3 = 2.757m \Rightarrow h_3 = h_2 + \Delta H_{2,3} = 763.664m \\ \dots \end{array} \right.$$

ارتفاع نقاط (m)	اختلاف ارتفاع (mm)	قرائت جلو (mm)	قرائت عقب (mm)	شماره نقاط
760.453	209		1354	A
760.662	245	1145	1268	1
760.907	2757	1023	3002	2
763.664	2511	0245	2531	3
766.175	2530	0020	3987	4
768.705	-1351	1457	0017	5
767.354	-1650	1368	0948	6
765.704	402	2598	1598	7
766.106		1196		8

□ روش شعاعی

در تراز یابی شعاعی ابتدا یک نقطه را مبدا را گرفته و سپس دوربین را در یک نقطه دیگر ثابت گذاشته و ارتفاع نقاط دیگر را نسبت به نقطه مبدا پیدا می کنیم. تفاوت تراز یابی شعاعی با تراز یابی پیمایشی در این است که در روش تراز یابی پیمایشی دوربین متحرک بوده ولی در روش تراز یابی شعاعی دوربین ثابت است. لازم به ذکر است در تراز یابی شعاعی، در یک ایستگاه بیش از دو شاخص قرائت می شود که اولین قرائت را قرائت عقب، آخرین قرائت را قرائت جلو و قرائت های بین این دو قرائت را قرائت های میانی (I.S.) می نامیم.



$$H_i = h_A + B.S.A$$

$$h_B = H_i - I.S.B$$

$$h_C = H_i - I.S.C$$

$$h_D = H_i - F.S.D$$

□ روش شعاعی (ادامه)

- لذا شرایط استفاده از تراز یابی شعاعی به صورت زیر خواهد بود:
- الف) فاصله نقاط تراز یابی کمتر از 60 متر (حدودا) باشد.
 - ب) توپوگرافی زمین به نحوی باشد که امکان قرائت نقاط نزدیک نیز فراهم آید.
- کاربرد این روش در کارهای تراز یابی نظیر شبکه بندی، تهیه پروفیل طولی و عرضی از یک مسیر راه، کنترل و یا پیاده نمودن محل ستونهای ساختمانها و غیره می باشد.

□ روش شعاعی - مثال

مثال ۶: اگر ارتفاع نقطه A برابر 1518.928m باشد ارتفاع بقیه نقاط جدول ذیل را محاسبه کنید؟

ارتفاع نقاط (m)	H_i (m)	F.S. (mm)	I.S. (mm)	B.S. (mm)	شماره نقاط
1518.928				2385	A
			1631		B
			1101		C
		3398		2199	D
			0985		E
			2819		F
			2008		G
		1740			H

□ روش شعاعی - حل مثال

$$\begin{cases} H_{i1} = h_A + B.S._A = 1518.928 + 2.385 = 1521.313m \\ h_B = H_{i1} - I.S._B = 1521.313 - 1.631 = 1519.682m \\ h_C = H_{i1} - I.S._C = 1521.313 - 1.101 = 1520.212m \\ h_D = H_{i1} - F.S._D = 1521.313 - 3.398 = 1517.915m \end{cases}$$

به همین ترتیب برای تراز یابی شعاعی دوم نیز محاسبات لازم را انجام می دهیم.

$$\begin{cases} H_{i2} = h_D + B.S._D = 1517.915 + 2.199 = 1520.114 \\ h_E = H_{i2} - I.S._E = 1519.129 \\ h_F = H_{i2} - I.S._F = 1517.295 \\ h_G = H_{i2} - I.S._G = 1518.106 \\ h_H = H_{i2} - F.S._H = 1518.374 \end{cases}$$

ارتفاع نقاط (m)	H_i (m)	F.S. (mm)	I.S. (mm)	B.S. (mm)	شماره نقاط
1518.928	1521.313			2385	A
1519.682			1631		B
1520.212			1101		C
1517.915	1520.114	3398		2199	D
1519.129			0985		E
1517.295			2819		F
1518.106			2008		G
1518.374		1740			H

کنترل محاسبات:

$$\begin{aligned} \Delta H_{AH} &= \sum B.S. - \sum F.S. \\ 1518.374 - 1518.928 &= (2.385 + 2.199) - (3.398 + 1740) \\ -0.554 &= -0.554 \end{aligned}$$

فصل پنجم

روش های کنترل ترازیابی

• روش های کنترل در عملیات تراز یابی

☐ تغییر ارتفاع خط نشانه روی

جابجایی محل تراز یاب بعد از مجموعه قرائت اول، و قرائت مجدد از محل جدید. (اختلاف ارتفاع حاصل باید یکی باشد)

☐ استفاده از شاخص های دو رو

انجام قرائت های عقب و جلو از هر دو سمت مدرج شده شاخص

☐ استفاده از شاخص های مضاعف

قرائت مجدد از روی شاخص هایی که دو ستون درجه بندی دارند.

☐ قرائت هر سه تار رتیکول

اختلاف بین قرائت های تار بالا با تار وسط باید با تقریب حداکثر ۱ تا ۲ میلیمتر برابر با اختلاف بین قرائت های تار وسط و تار پایین باشد. و همچنین:

$$D = 100 \times (\text{قرائت تار پایین} - \text{قرائت تار بالا}) \text{ (فاصله افقی دوربین تا شاخص)}$$

☐ روش رفت و برگشت (توضیح در ادامه)

☐ تراز یابی بین ۲ نقطه معلوم (توضیح در ادامه)

☐ روش تراز یابی بسته (توضیح در ادامه)

□ کنترل تراز یابی به روش رفت و برگشت و بسته

و یا تراز یابی پیمایشی ممکن است از یک نقطه معلوم شروع و به همان نقطه ختم شود در این حالت مجموع اختلاف ارتفاع های نقاط باید برابر صفر باشد. ($\sum \Delta H = 0$) اما با توجه به وجود خطاها، خطای بست تراز یابی برابر صفر نبوده و از رابطه زیر مقدار خطای بست تراز یابی محاسبه می شود:

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

همچنین مقدار مجاز خطای بست تراز یابی از رابطه ذیل تعیین می شود:

$$e_{\max}^{mm} = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}}$$

K: مقدار آن بر حسب نوع درجه تراز یابی از جدول ۳-۴ استخراج می شود. [11]

L: طول مسیر پیمایش بر حسب کیلومتر

e: مقدار خطای مجاز در تراز یابی بر حسب mm

جدول ۳-۴

درجه تراز یابی	1	2	3	4
K^{mm}	4	8	12	20

□ کنترل ترازیابی به روش ترازیابی بین دو نقطه با ارتفاع معلوم

ترازیابی پیمایشی معمولاً از یک نقطه معلوم^{۲۴} شروع و به یک نقطه معلوم دیگر ختم می شود. جهت کنترل ترازیابی ارتفاع بدست آمده برای نقطه آخر با ارتفاع واقعی مقایسه می شود که اختلاف این دو مقدار را خطای بست ترازیابی (e) گویند.

$$e = (h_B - h_A) - (\sum B.S. - \sum F.S.)$$

خطای بست ترازیابی

$$\text{اختلاف ارتفاع ترازیابی شده} - \text{اختلاف ارتفاع معلوم} =$$

□ سرشکنی خطاها در روش کنترل ترازیابی به روش رفت و برگشت، بسته و ترازیابی بین دو نقطه با ارتفاع معلوم

در صورت مجاز بودن خطای بست ترازیابی آنها طبق رابطه زیر سرشکن می کنند:

$$s = \frac{e}{n}$$

که در آن n: تعداد ایستگاههای که باید ارتفاع آنها تصحیح شود، e: مقدار خطای ترازیابی و s: مقدار خطای سهم هر ایستگاه می باشد.

طبق جدول زیر ارتفاع تصحیح شده نقاط را بدست آورید؟ (با فرض اینکه طول مسیر

ترازایی شده 4 کیلومتر، $K=20$ و ارتفاع نقطه A برابر 1000 متر باشد)

شماره	قرائت عقب (mm)	قرائت جلو (mm)	اختلاف ارتفاع (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1192					
1	1425	1582				
2	1449	1545				
3	1447	1670				
4	1593	1525				
5	0858	0305				
6	1668	2000				
7	1735	1379				
8	1658	1675				
A		1380				

شماره	قرائت عقب (mm)	قرائت جلو (mm)	اختلاف ارتفاع (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1192		-390	1000		
1	1425	1582	-120	999.610		
2	1449	1545	-221	999.490		
3	1447	1670	-78	999.269		
4	1593	1525	1288	999.191		
5	0858	0305	-1142	1000.479		
6	1668	2000	289	999.337		
7	1735	1379	60	999.626		
8	1658	1675	278	999.686		
A		1380		999.964		

(ارتفاع واقعی) $-h_E$ - (از ترازیبی بدست آورده ایم) $e = h_E$ خطای بست ترازیبی

$$= 999.964 - 1000 = -0.036m = -36mm$$

حال مقدار مجاز خطای بست ترازیبی را محاسبه می کنیم:

$$e_{\max} = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}} \Rightarrow e = \pm 20^{mm} \sqrt{4^{km}} \cong \pm 40mm$$

چون مقدار خطای بست ترازیبی از خطای مجاز کمتر می باشد لذا می توان خطا را سرشکن کرد. مقدار تصحیح هر نقطه ترازیبی از رابطه زیر بدست می آید:

$$c_i = -\frac{e \times p}{n}$$

که در آن c_i : تصحیح نقطه i ام، p : شماره نقطه، e : خطای کل ترازیبی و n : تعداد کل نقاط می باشد. لذا مقدار تصحیح نقطه اول به صورت زیر محاسبه می شود:

$$c_1 = -\frac{-36^{mm} \times 1}{9} = +4mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه دوم:

$$c_2 = -\frac{-36^{mm} \times 2}{9} = +8mm$$

و به همین ترتیب مقدار تصحیح برای بقیه نقاط محاسبه می شود.

شماره	قرائت عقب (mm)	قرائت جلو (mm)	اختلاف ارتفاع (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1192		-390	1000	0	1000.000
1	1425	1582	-120	999.610	+4	999.614
2	1449	1545	-221	999.490	+8	999.498
3	1447	1670	-78	999.269	+12	999.281
4	1593	1525	1288	999.191	+16	999.207
5	0858	0305	-1142	1000.479	+20	1000.499
6	1668	2000	289	999.337	+24	999.361
7	1735	1379	60	999.626	+28	999.654
8	1658	1675	278	999.686	+32	999.718
A		1380		999.964	+36	1000.000

مثال از ترازایی بین دو نقطه معلوم

مثال ۵: مطابق جدول زیر ترازایی هندسی (مستقیم) در مسیر ABCDE انجام شده است. اگر ارتفاع نقطه A برابر 1215.691m متر و ارتفاع نقطه E برابر 1216.255m باشد، در صورت مجاز بودن خطای ترازایی ارتفاعات تصحیح شده نقاط را بدست آورید. (در صورتیکه طول مسیر ترازایی شده 500m و $K=12\text{mm}$ باشد).

شماره نقاط	B.S. (mm)	F.S. (mm)	ΔH (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1316					
B	0981	2145				
C	3200	1819				
D	3819	3057				
E		1735				

ابتدا اختلاف ارتفاع و سپس ارتفاع هر نقطه را بدست می آوریم.

$$h_B = h_A + \Delta H_{AB} = 1215.691 + (-0.829) = 1214.862m$$

$$h_C = h_B + \Delta H_{BC} = 1214.862 + (-0.838) = 1214.024m$$

$$h_D = h_C + \Delta H_{CD} = 1214.024 + 0.143 = 1214.167m$$

$$h_E = h_D + \Delta H_{DE} = 1214.167 + 2.084 = 1216.251m$$

مثال از ترازایی بین دو نقطه معلوم

شماره نقاط	B.S. (mm)	F.S. (mm)	ΔH (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1316		-0829	1215.691		
B	0981	2145	-0838	1214.862		
C	3200	1819	+0143	1214.024		
D	3819	3057	+2084	1214.167		
E		1735		1216.251		

مثال از ترازایی بین دو نقطه معلوم

چون ارتفاع واقعی نقطه E برابر 1216.255m و ارتفاع بدست آمده از ترازایی برابر 1216.251m می باشد. در نتیجه مقدار خطای بست ترازایی از رابطه زیر بدست می آید:

(ارتفاع واقعی) $-h_E$ (از ترازایی بدست آورده ایم) $e = h_E$ خطای بست ترازایی

$$= 1216.251 - 1216.255 = -0.004m = -4mm$$

حال مقدار مجاز خطای بست ترازایی را محاسبه می کنیم:

$$e_{\max} = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}} \Rightarrow e = \pm 12^{mm} \sqrt{0.5^{km}} \cong \pm 8.5mm$$

چون مقدار خطای بست ترازایی از خطای مجاز کمتر می باشد لذا می توان خطا را سرشکن کرد. مقدار تصحیح هر نقطه ترازایی از رابطه زیر بدست می آید:

$$c_i = -\frac{e \times p}{n}$$

که در آن c_i : تصحیح نقطه نام، p : شماره نقطه، e : خطای کل ترازایی و n : تعداد کل نقاط می باشد. لذا مقدار تصحیح نقطه اول به صورت زیر محاسبه می شود:

$$c_1 = -\frac{-4^{mm} \times 1}{4} = +1mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه دوم:

$$c_2 = -\frac{-4^{mm} \times 2}{4} = +2mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه سوم:

$$c_3 = -\frac{-4^{mm} \times 3}{4} = +3mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه چهارم:

$$c_4 = -\frac{-4^{mm} \times 4}{4} = +4mm$$

مثال از ترازایی بین دو نقطه معلوم

حال نوبت به محاسبه ارتفاعات سرشکن شده می رسد.

$$h'_A = h_A + 0 = 1215.691 + 0.000 = 1215.691m$$

$$h'_B = h_B + c_1 = 1214.862 + 0.001 = 1214.863m$$

$$h'_C = h_C + c_2 = 1214.024 + 0.002 = 1214.026m$$

$$h'_D = h_D + c_3 = 1214.167 + 0.003 = 1214.170m$$

$$h'_E = h_E + c_4 = 1216.251 + 0.004 = 1216.255m$$

مقدار تصحیح و ارتفاعات سرشکن شده نقاط را به جدول زیر منتقل می کنیم.

شماره نقاط	B.S. (mm)	F.S. (mm)	ΔH (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1316		-0829	1215.691	0	1215.691
B	0981	2145	-0838	1214.862	+1	1214.863
C	3200	1819	+0143	1214.024	+2	1214.026
D	3819	3057	+2084	1214.167	+3	1214.170
E		1735		1216.251	+4	1216.255



نوع دستگاه :

تاریخ :

برمه ترازایی

شماره دستگاه:

عوامل:

نام مؤسسہ :

شماره صفحه :

نویسنده :

نام منطقه :

[illegible]

جدول زیر قسمتی از یک قرائت ترازیبی را نشان می دهد در صورتی که ارتفاع نقطه ۳ ،
 ۱۰۲ متر بدست آید ارتفاع B.M چند متر بوده است؟ (کارشناسی ارشد ۸۷)
 الف) ۱۰۱ ب) ۱۰۲ ج) ۱۰۳ د) ۱۰۴
 جواب: گزینه د

P	B.S	M.S	F.S	H(m)
B.M	۲۰۰۰			
۱		۱۰۰۰		
۲	۱۵۰۰		۳۰۰۰	
۳		۲۵۰۰		۱۰۲.۰۰۰

قرائت های عقب و جلو بر روی شاخص هایی مستقر بر نقاط M و N به ترتیب ۱۸۳۰ و ۳۳۳۰ میلی متر است، شیب امتداد MN چند درصد است؟ (کاردانی به کارشناسی ۸۴) (طول MN ۷۵ متر می باشد)

الف) ۱ ب) ۲ ج) ۳ د) ۴

جواب: گزینه ب

بعد از انجام یک عمل ترازیابی و تنظیم جدول مربوطه، مجموع قرائت های عقب و جلو به ترتیب ۱۱۲۶۷ میلی متر و ۱۲۵۸۳ میلی متر محاسبه شده است. اختلاف ارتفاع نقاط ابتدا و انتها چند متر است؟ (کاردانی به کارشناسی ۸۶)

الف) +۱.۳۱۶ ب) -۱.۳۱۶ ج) -۱.۱۱۶ د) +۱.۱۱۶

جواب: گزینه ب

در جدول ترازیبی زیر قرائت سه تار رتیکول و ارتفاعات محاسبه شده نقاط A و B و C با استفاده از ارتفاع BM دیده می شود. X و Y به ترتیب چند میلی متر بوده اند؟ (کاردانی به کارشناسی ۸۵)

الف) ۲۵ و ۱۲۵۵ (ب) ۲۵ و ۱۷۷۵ (ج) ۳۵ و ۱۲۲۵ (د) ۳۵ و ۱۷۷۵

جواب: گزینه ج

P	B.S	M.S	F.S	H(m)
B.M	1852			100
A		2027		99/825
B	X		Y	101/817
C			1515	101/557

فصل ششم

پروفیل برداری

زاویه یابی

پروفیل (مقطع)

برای نشان دادن پستی و بلندی زمین در طول یک امتداد مشخص مانند راه، برش فرضی به زمین داده می شود.

پروفیل، برش قائمی است از زمین که در امتداد محور مشخصی تهیه می شود. منظور از تهیه پروفیل، مشخص نمودن ارتفاع نقاط مختلف سطح زمین در امتداد محوری خاص می باشد.

پروفیل دو نوع می باشد:

۱. پروفیل طولی که منطبق بر امتداد مسیر می باشد.

۲. پروفیل عرضی که عمود بر امتداد مسیر می باشد.

روش های بدست آوردن پروفیل

برای تهیه نمودن پروفیل زمین در امتدادی مشخص، از دو روش می توان استفاده نمود:

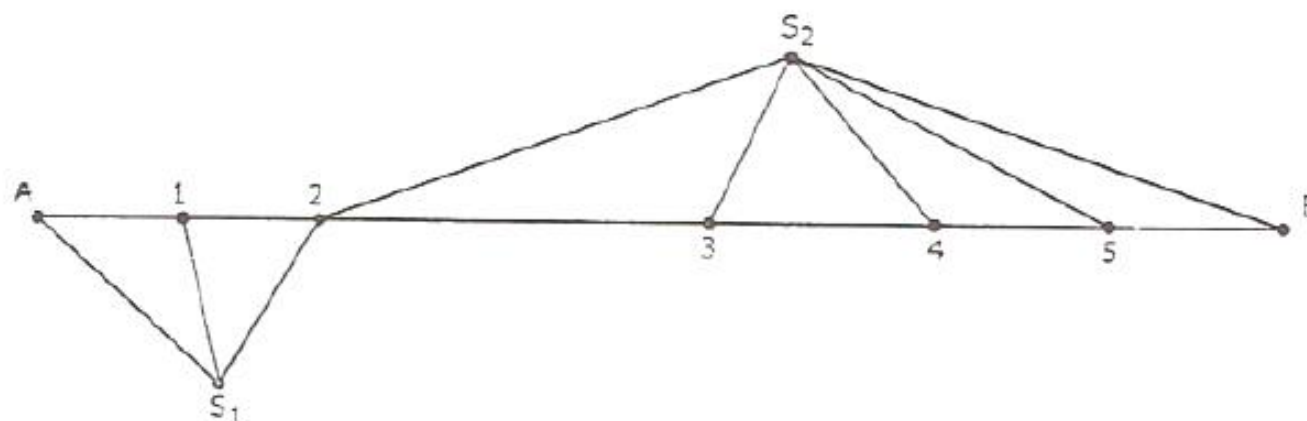
الف. روش مستقیم: در این روش بعد از انجام عملیات زمینی، اندازه گیری فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاطی که روی امتداد مشخص قرار دارند، پروفیل (مقطع) را ترسیم می کنند.

ب. روش غیرمستقیم: در این روش بعد از ترسیم پلان با خطوط تراز از منطقه ای که امتداد در آن قرار دارد، پروفیل (مقطع) ترسیم می شود.

روش مستقیم تهیه مقطع از زمین

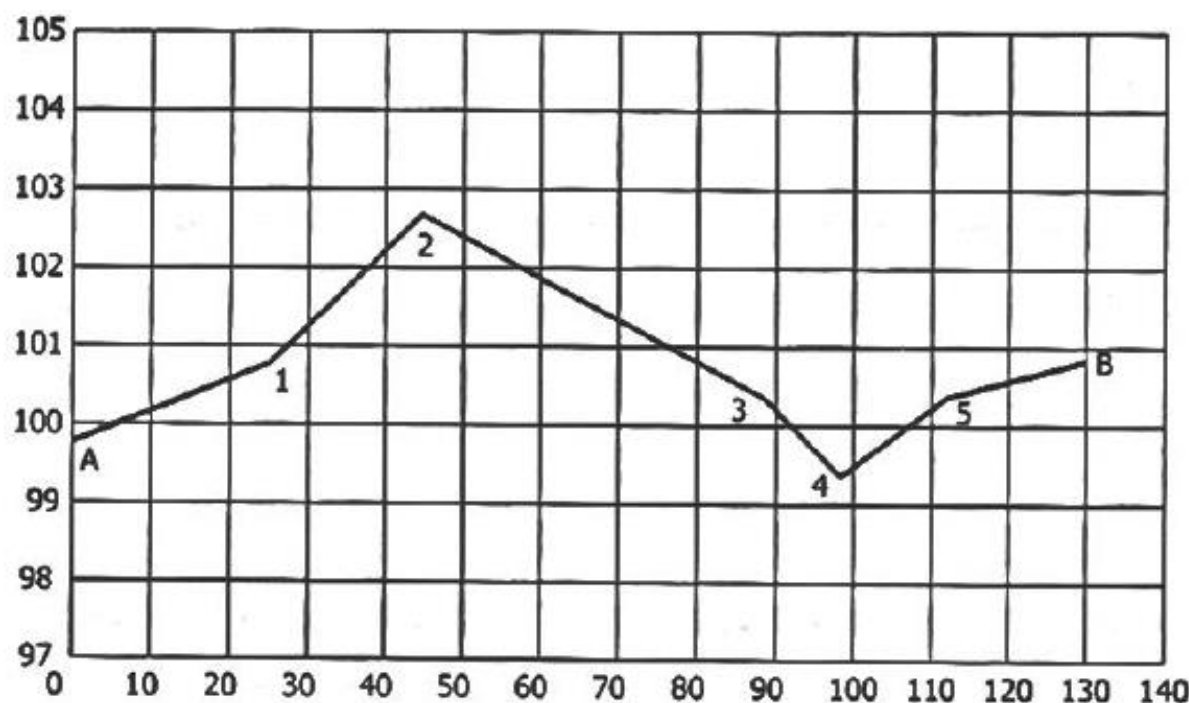
بر روی زمین، امتداد مورد نظر را میخ‌کوبی می‌کنیم. فاصله میخ‌ها از یکدیگر یکسان نمی‌باشد و تعداد آنها به شیب زمین بستگی دارد. هر جا شیب زمین تغییر نماید، میخ‌کوبی می‌کنیم. فاصله میخ‌ها را بصورت پی‌درپی اندازه‌گیری نموده و با ترازیبی ارتفاع آنها را مشخص می‌کنیم. سپس با مشخص نمودن ارتفاعات نقاط و فاصله آنها از یکدیگر، بر روی کاغذ مشبک میلیمتری دو محور عمود بر هم ترسیم نموده و هر نقطه را با مختصات دوگانه‌اش بر روی دستگاه مختصات پیدا نموده و سپس نقاط بدست آمده را به هم وصل می‌کنیم.

مثال: در امتداد AB پنج نقطه تغییر شیب وجود دارد. پس از اندازه‌گیری فواصل نقاط از یکدیگر، از ایستگاههای S_1 و S_2 آنها را ترازیبی نموده‌ایم.



جدول ترازیابی مطابق شکل زیر تنظیم نموده و فرض می‌کنیم که ارتفاع نقاط A برابر ۱۰۰ متر می‌باشد. سپس ارتفاع دیگر نقاط را بدست می‌آوریم.

نقاط	ترازات عقب B.S	ترازات وسط I.S	ترازات جلو F.S	اختلاف ارتفاع		فاصله نقاط از یکدیگر	ارتفاع	ارتفاع گرد شده بر حسب متر
				-	-			
A	۳۵۲۰						۱۰۰/۰۰۰	۱۰۰
۱		۲۶۳۵			۰۸۸۵	۲۳/۴۸	۱۰۰/۸۸۵	۱۰۰/۹
۲	۰۵۴۰		۰۸۱۵		۱۸۲۰	۱۹/۲۰	۱۰۲/۷۰۵	۱۰۲/۷
۳		۲۵۰۵		۱۹۶۵		۴۷/۶۰	۱۰۰/۷۴۰	۱۰۰/۷
۴		۳۹۲۲		۱۴۱۷		۱۰/۲۲	۹۹/۳۲۳	۹۹/۳
۵		۲۷۹۳			۱۱۲۹	۱۴/۲۸	۱۰۰/۴۵۲	۱۰۰/۴
B			۲۱۸۴		۰۶۰۹	۲۰/۰۴	۱۰۱/۰۶۱	۱۰۱



به دلیل اینکه تغییرات طولی میان نقاط خیلی بیشتر از تغییرات ارتفاعی آنها می‌باشد معمولاً مقیاس محور ارتفاعات را ده برابر مقیاس محور فواصل در نظر می‌گیرند.

مثال حل شده (صورت سؤال)

می خواهیم دو نقطه A و B را با شیب یکنواخت به یکدیگر وصل کنیم، برای این کار روی امتداد AB، چهار میخ کوبیده و آن را ترازیابی نموده ایم. قرائت های شاخص طبق جدول زیر می باشد، مطلوب است محاسبه شیب خط پروژه و ارتفاع خاکبرداری یا خاکریزی در نقاط میخ کوبی شده؟ ($K = 20 \text{ mm}$, $h_A = 1580 \text{ m}$ و $h_B = 1590 \text{ m}$) پروفیل طولی مربوط به جدول برداشت زیر را نیز ترسیم کنید.

ارتفاع خاکبرداری یا خاکریزی (m)	ارتفاع نقاط روی خط پروژه (m)	ارتفاع تصحیح شده (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	ΔH (m)	F.S. (mm)	B.S. (mm)	شماره نقاط	فاصله بین نقاط ترازیابی شده
							3725	A	50m
						0156	2989	1	100m
						0521	2029	2	50m
						2051	2582	3	150m
						1161	3380	4	150m
						0806		B	$\sum L_i = 500$

خاکریزی: F و خاکبرداری: C

$$h_1 = h_A + \Delta H_{A1} = 1580 + 3.569 = 1583.569m$$

$$h_2 = h_1 + \Delta H_{12} = 1583.569 + 2.468 = 1586.037m$$

$$h_3 = h_2 + \Delta H_{23} = 1586.037 + (-0.022) = 1586.015m$$

$$h_4 = h_3 + \Delta H_{34} = 1586.015 + 1.421 = 1587.436m$$

$$h_B = h_4 + \Delta H_{4B} = 1587.436 + 2.574 = 1590.010m$$

حال خطای بست ترازیبی را بدست می آوریم:

(ارتفاع واقعی) $- h_E$ (از ترازیبی بدست آورده ایم) $e = h_E$ خطای بست ترازیبی

$$= 1590.010 - 1590.000 = 0.010m = 10mm$$

حال مقدار مجاز خطای بست ترازیبی را محاسبه می کنیم.

$$e = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}} \Rightarrow e = \pm 20^{mm} \sqrt{0.5^{km}} \cong 14mm$$

چون مقدار خطای بست ترازیبی از خطای مجاز کمتر می باشد لذا می توان خطا را سرشکن کرد.

$$c = \frac{10^{mm}}{5} = 2mm$$

چون مقدار خطای بست ترازیبی از خطای مجاز کمتر می باشد لذا می توان خطا را سرشکن کرد. مقدار تصحیح هر نقطه ترازیبی از رابطه زیر بدست می آید:

$$c_i = -\frac{e \times p}{n}$$

که در آن c_i : تصحیح نقطه نام، p : شماره نقطه، e : خطای کل ترازیبی و n : تعداد کل نقاط می باشد. مقادیر تصحیح نقاط را محاسبه و اعمال نمائید.

شیب خط پروژه از رابطه زیر بدست می آید:

$$\alpha = \frac{\Delta H}{L} = \frac{10}{500} = 0.02$$

شیب $\times L_i +$ ارتفاع نقطه ما قبل روی خط پروژه = ارتفاع هر نقطه روی خط پروژه
با توجه به فرمول بالا می توان نوشت:

$$1580 + 50 \times 0.02 = 1581 + L_1 \times 0.02 = \text{خط پروژه A ارتفاع نقطه} = \text{ارتفاع نقطه یک روی خط پروژه}$$

$$1581 + 100 \times 0.02 = 1583 + L_1 \times 0.02 = \text{خط پروژه 1 ارتفاع نقطه} = \text{ارتفاع نقطه دو روی خط پروژه}$$

$$1583 + 50 \times 0.02 = 1584 + L_1 \times 0.02 = \text{خط پروژه 2 ارتفاع نقطه} = \text{ارتفاع نقطه سه روی خط پروژه}$$

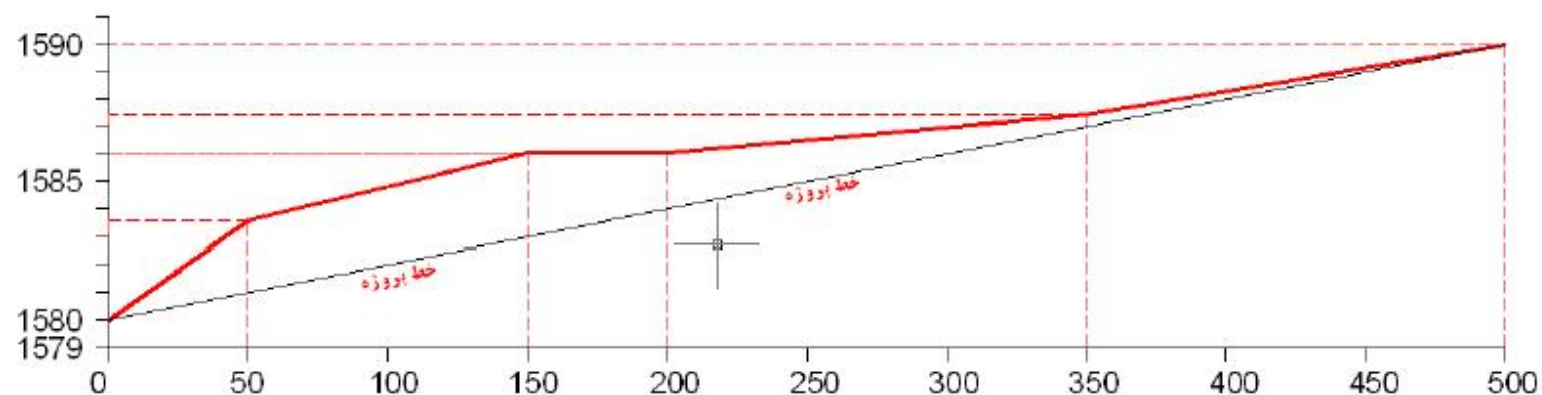
$$1584 + 150 \times 0.02 = 1587 + L_1 \times 0.02 = \text{خط پروژه 3 ارتفاع نقطه} = \text{ارتفاع نقطه چهار روی خط پروژه}$$

$$1587 + 150 \times 0.02 = 1590 + L_1 \times 0.02 = \text{خط پروژه 4 ارتفاع نقطه} = \text{ارتفاع نقطه B روی خط پروژه}$$

مثال حل شده (راه حل)

فاصله بین نقاط ترازبایی شده	شماره نقاط	B.S. (mm)	F.S. (mm)	ΔH (m)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)	ارتفاع نقاط روی خط پروژه (m)	ارتفاع خاکبرداری یا خاکریزی (m)
50m	A	3725		3.569	1580		1580	1580	0
100m	1	2989	0156	2.468	1583.569	-0.002	1583.567	1581	2.567C
50m	2	2029	0521	-0.022	1586.037	-0.004	1586.033	1583	3.033C
150m	3	2582	2051	1.421	1586.015	-0.006	1586.009	1584	2.009C
150m	4	3380	1161	2.574	1587.436	-0.008	1587.428	1587	0.428C
$\sum L_i = 500$	B		0806		1590.010	-0.01	1590	1590	0

* خاکریزی: F و خاکبرداری: C



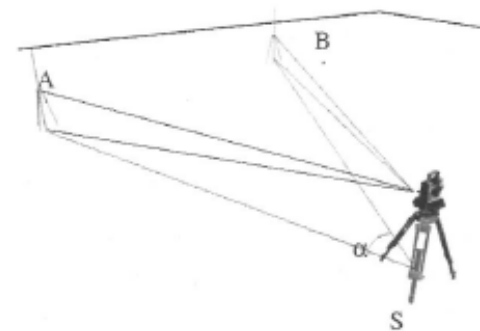
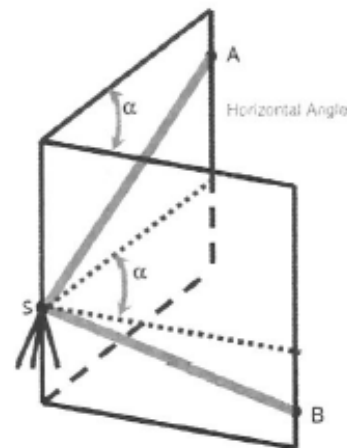
زاویه یابی

یکی از مهمترین کمیت هایی که در نقشه برداری اندازه گیری می شود، زاویه بین دو امتداد می باشد و عموماً توسط تئودولیت ها (زاویه یاب ها) اندازه گیری می شود.

انواع زوایا

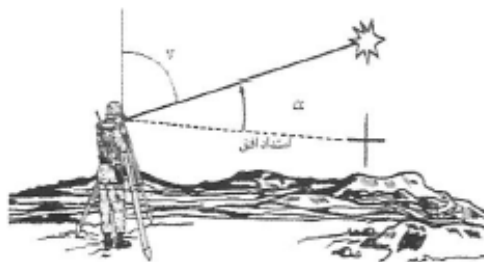
• زاویه افقی

زاویه افقی بین دو امتداد عبارت است از زاویه تصاویر آن دو امتداد در صفحه افق



• زاویه قائم یا زاویه زنیتی

زاویه بین امتداد قائم ایستگاه با امتداد نشانه روی را زاویه قائم یا زاویه سمت الراسی آن امتداد گویند.



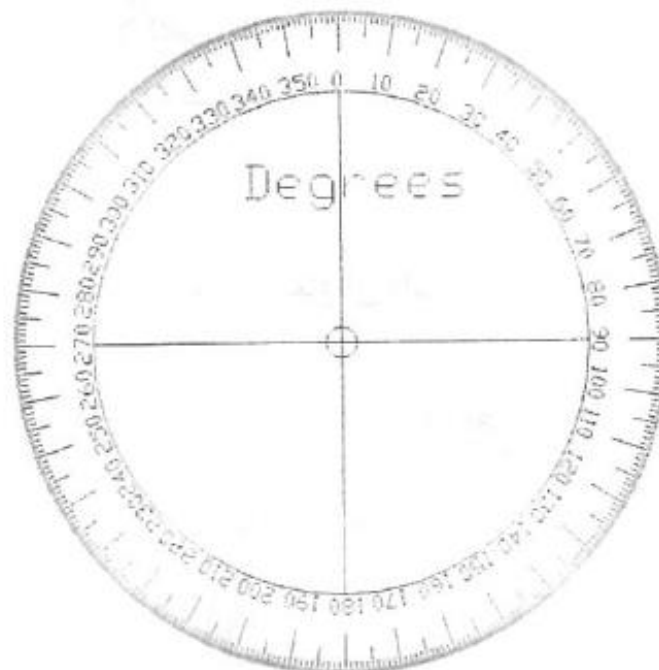
• زاویه شیب یا زاویه ارتفاعی

متمم زاویه قائم یعنی زاویه بین امتداد مورد نظر و تصویرش بر صفحه افق را زاویه شیب گویند.

درجه

هرگاه محیط دایره را به ۳۶۰ جزء مساوی تقسیم کنیم زاویه مرکزی مقابل به هر جزء آن را یک درجه گویند. به $\frac{1}{60}$ درجه، دقیقه و به $\frac{1}{60}$ دقیقه، ثانیه گویند. درجه پرکاربردترین واحد اندازه گیری زاویه می باشد که جزء واحدهای ۶۰ قسمتی می باشد. لازم به ذکر می باشد عموماً درجه را به صورت " ' ° یا اعشار درجه نمایش می دهند. نمونه ای از نمایش زاویه به صورت درجه به صورت زیر می باشد:

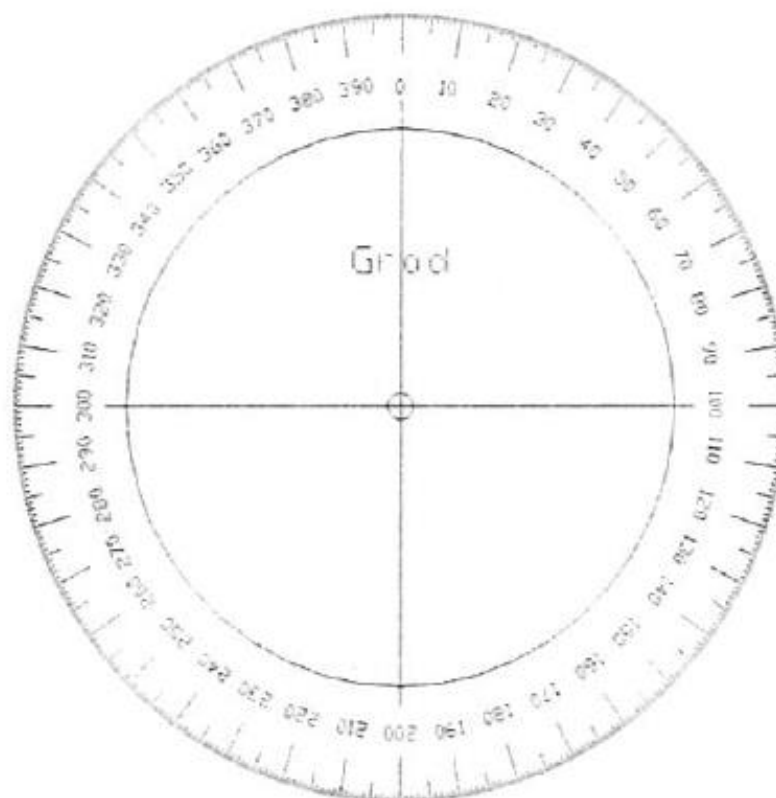
$$36^{\circ}15'46'' = 36.262778^{\circ}$$



گراد

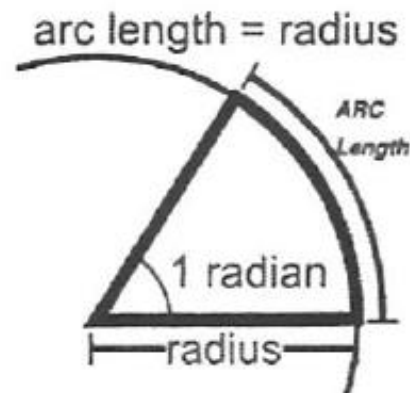
هرگاه محیط دایره را به ۴۰۰ قسمت مساوی تقسیم کنیم زاویه مرکزی مقابل به هر جزء آن را یک گراد گویند. به $\frac{1}{100}$ گراد، دقیقه گرادی و به $\frac{1}{100}$ دقیقه گرادی، ثانیه گرادی گویند. گراد جزء واحد های ۱۰۰ قسمتی بوده و معمولاً آنرا با علامت grad نشان می دهند. نمونه ای از نمایش زاویه به صورت گراد به صورت زیر می باشد:

۳۸۳٫۴۱۷۹ grad



رادیان

اگر نسبت بین طول قوس دایره‌ای و شعاع آن دایره، یک باشد، زاویه مرکزی مقابل به آن را یک رادیان گویند.



شکل ۳-۵

یک رادیان واحدی از زوایای مسطحه می باشد که برابر با $\frac{180}{\pi}$ درجه یا ۵۷٫۲۹۵۷۸ درجه است و معمولاً با علامت rad نشان داده می شود.

رابطه بین واحدهای مختلف زاویه به صورت زیر می باشد:

$$\frac{D}{360} = \frac{G}{400} = \frac{R}{2\pi}$$

مثال ۱: $16^{\circ}17'$ معادل چند گراد می باشد؟

$$\frac{16^{\circ}17'}{180} = \frac{x}{200} \Rightarrow x = 18.0926 \text{ grad}$$

مثال ۲: 117.1398 grad معادل چند رادیان می باشد؟

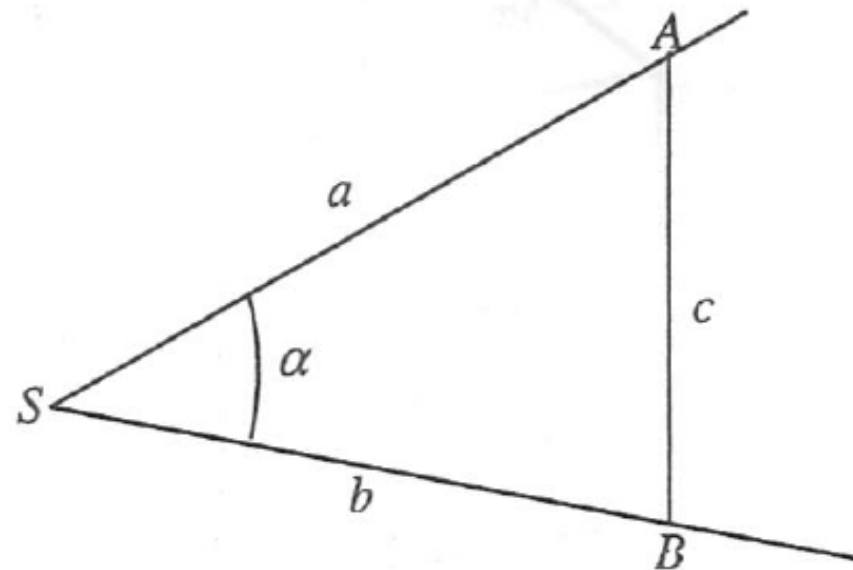
$$\frac{117.1398^{\text{grad}}}{200} = \frac{x}{\pi} \Rightarrow x = 1.8400277 \text{ rad}$$

مثال ۳: ۱ میلی گراد چند درجه است؟

$$\frac{0.001^{\text{grad}}}{200} = \frac{D}{180} \Rightarrow D = 0^{\circ}0'3.24''$$

جهت زاویه یابی توسط متر، ابتدا اضلاع زاویه مورد نظر را امتدادگذاری کرده (طبق شکل ۴-۵) و سپس از نقطه S به طول دلخواه در روی اضلاع جدا کرده (SA و SB) و با مترکشی، اضلاع مثلث (طولهای a، b و c) را بدست آورده و در نهایت از رابطه کسینوسها طبق رابطه زیر، زاویه $\hat{ASB} = \alpha$ به دست می آید.

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



اولین دستگاه زاویه یاب به نام ترانزیت در سال ۱۶۹۰ برای مشاهدات نجومی ساخته شد. این دستگاه، تلسکوپی داشت که حول محور افقی دوران می نمود. پس از گذشت حدود یک قرن، با تکمیل تدریجی ساختمان زاویه یابهای قدیمی دستگاهی بنام تئودولیت ساخته شد که با حجمی کم دارای سرعت عمل و دقت بالایی بود.

برای اندازه گیری زوایای افقی و قائم از این دستگاه استفاده می گردد. فاصله و اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را نیز می توان به کمک این دستگاه اندازه گیری نمود. تئودولیتها به اقسام مختلف شده اند هرچند در ظاهر ممکن است متفاوت به نظر برسند ولی طرز کار اکثر آنها شبیه هم

می باشد.



دستگاه تئودولیت برای آن که بتواند زوایای افقی و قائم را با دقت اندازه گیری کند از سه قسمت تشکیل شده است:

الف) قسمت فوقانی: از یک دو شاخه فلزی U شکل به نام آلیداد تشکیل شده است. موقعی که دوربین تنظیم شده باشد این دو شاخه در حالت قائم قرار می گیرد. برای آن که محور اصلی دستگاه در امتداد قائم قرار گیرد، باید تراز نصب شده بین دو شاخه آلیداد را به کمک پیچهای تنظیم پایه، تراز نمود.

یک محور افقی در بالای آلیداد وجود دارد که تلسکوپ دوربین نقشه برداری بر روی آن قرار گرفته و در یک صفحه قائم حول این محور افقی دوران می کند.

بر روی آلیداد همچنین نقاله قائم (لمب قائم Vertical Limb)، تراز لمب قائم (تراز لوبیایی)، تراز لمب افقی (تراز استوانه ای)، پیچ تنظیم تراز قائم و پیچهای حرکت تُند و کُند تلسکوپ و آلیداد قرار دارند.



ب) قسمت میانی: محفظه‌ای است که درون آن یک دایره مدرج بصورت افقی قرار گرفته تا زوایای افقی به کمک آن اندازه‌گیری شود. این دایره مدرج را لمب افقی (Horizontal Circle) می‌نامند و امتداد محور اصلی دستگاه بر آن می‌گذرد.

ج) قسمت تحتانی: پایه‌ای است برای دو قسمت بالا و عبارت است از صفحه نگهدارنده دوربین که در اصطلاح (ترابرگ Three-broque) نامیده می‌شود که دارای سه کفشک می‌باشد و دستگاه بوسیله سه پیچ بنام پیچهای ترازکننده که به این پایه متصلند روی سه پایه تکیه می‌کند. دستگاه به کمک این پیچ‌ها تراز شده و محور اصلی‌اش به حالت قائم در می‌آید. تراز کروی برای تراز نمودن دوربین و شاقول اپتیکی برای مستقر نمودن دوربین بر روی نقاط موردنظر، جزو این قسمت محسوب می‌شوند.



T16

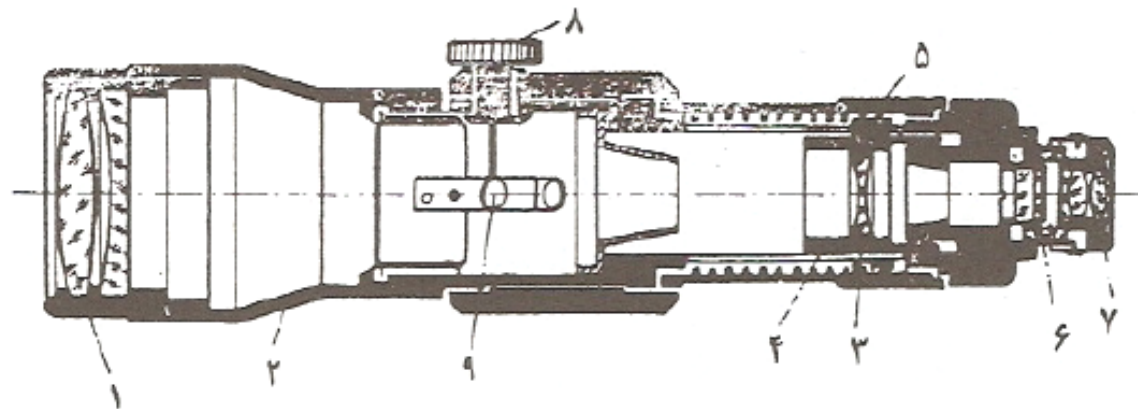


اجزاء متشکله تئودولیت

۱) دوربین نقشه برداری (تلسکوپ)

لوله‌ای است استوانه‌ای شکل به طول ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر که از عدسی شی، عدسی چشمی، دیافراگم عدسی میزان، صفحه رتیکول و پیچ تنظیم تصویر تشکیل شده است. مگسک جهت نشانه روی اولیه بر روی دوربین و پیچ تنظیم عدسی میزان در کنار آن از اجزاء دیگر دوربین می‌باشند.

دوربین تراز یاب فقط در یک صفحه افقی جابجا می‌شود و نقشه بردار می‌تواند دوربین را به چپ یا راست بچرخاند ولی تئودولیت می‌تواند علاوه بر گردش به سمت چپ و راست، در صفحه قائم نیز حرکت کند.



- | | |
|---------------|-------------------------|
| ۱- عدسی شیئی | ۲- بدنه اصلی |
| ۳- عدسی میزان | ۴- دیافراگم |
| ۵- بدنه داخلی | ۶- صفحه رتیکول |
| ۷- عدسی چشمی | ۸- پیچ تنظیم عدسی میزان |
| ۹- مگسک | |

۲) آلیداد

یک دو شاخه فلزی U شکل می باشد که دوربین حول آن می چرخد. به همین سبب به آن «محور چرخش دوربین» گفته می شود. خود آلیداد نیز حول محور قائم دستگاه (محور اصلی) دوران می کند.

۳) صفحات مدرج (لمب ها)

دو صفحه مدرج می باشند که یکی بصورت افقی و دیگری بصورت قائم قرار گرفته و درجات آنها به کمک ورنیه و میکرومتر قرائت می گردند. (ورنیه وسیله ای است که به کمک آن می توان دقت قرائت لمب را تا حد زیادی بالا برد)

تقسیمات لمب افقی در جهت حرکت عقربه های ساعت افزایش می یابد. تفاوت لمب افق و قائم در اکثر تئودلیتها در این است که صفر لمب قائم در جای ثابتی است و این مبناء قابل جابجا شدن نمی باشد ولی در لمب افقی به کمک پیچ یا دکمه مخصوص می توان قرائت زوایا را از صفر لمب شروع نمود. این عمل را صفر صفر کردن لمب و پیچ مربوطه را پیچ صفر صفر می نامند.

T16



۴) ترازها

برای آن که بتوان محور اصلی دستگاه را بر امتداد قائم منطبق نمود بین دو شاخه آلیداد یک تراز نصب شده است. در بالای لمب قائم (صفحه مدرج قائم) تراز دیگری کار گذاشته شده که با پیچ مخصوص که در زیر آن است تنظیم می شود. در تراز یاب پس از تراز نمودن دستگاه، محور قراولروی در حالت افقی قرار می گیرد. ولی در تئودولیت محور قراولروی به سمت بالا و پایین حرکت می کند و برای تراز نمودن آن باید از لمب قائم استفاده نمود. در تئودولیت های درجه ای موقعی که لمب قائم عدد ۹۰ یا ۲۷۰ را نشان دهد دوربین در حالت افقی می باشد. همچنین در تئودولیت های گرادی زمانی که لمب قائم عدد ۱۰۰ تا ۳۰۰ را نشان دهد، دوربین حالت افقی دارد.

۵) پایه

دستگاه تئودولیت بوسیله پایه که سه یا چهار پیچ عاج دار دارد در حالت افقی قرار می گیرد.

۶) پیچ های کنترل حرکت

برای آن که حرکت دوربین و آلیداد و صفحه مدرج افقی (لمب افقی) قابل کنترل باشد از دو نوع پیچ حرکت تند و کند استفاده می شود.

موقعی که پیچ های حرکت جزئی را بچرخانیم، تئودولیت در سطح افق و قائم به آرامی حرکت می کند.



اجزاء زاویه یاب (تئودولیت)

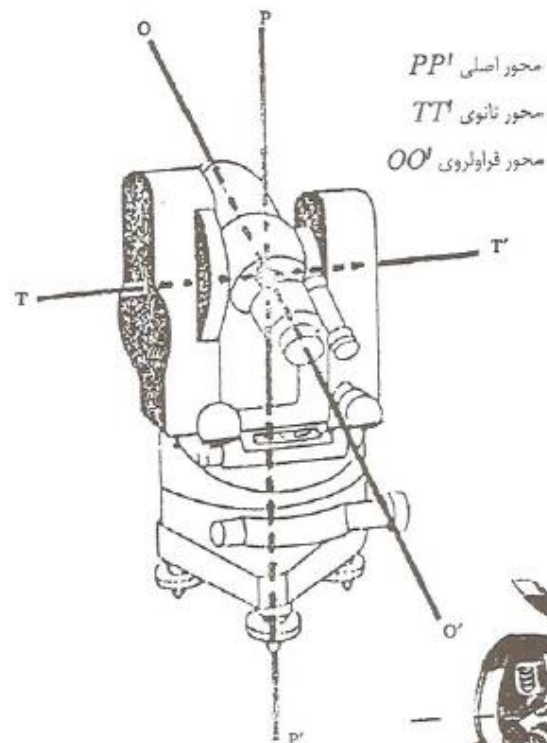
محورهای دوربین زاویه یاب

دوربین تئودولیت دارای سه محور فرضی می باشد:

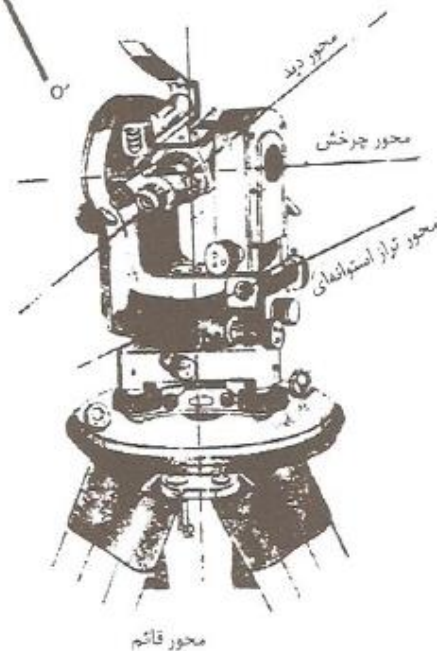
الف) محور اصلی (محور قائم): خط فرضی است که بر مرکز لمب افقی عمود می شود و آیداد حول این محور می تواند دوران کند. (خط PP')

ب) محور افقی (محور ثانوی): خط فرضی است که بر مرکز لمب قائم عمود است و تلسکوپ دوربین حول آن دوران می کند. (خط TT')

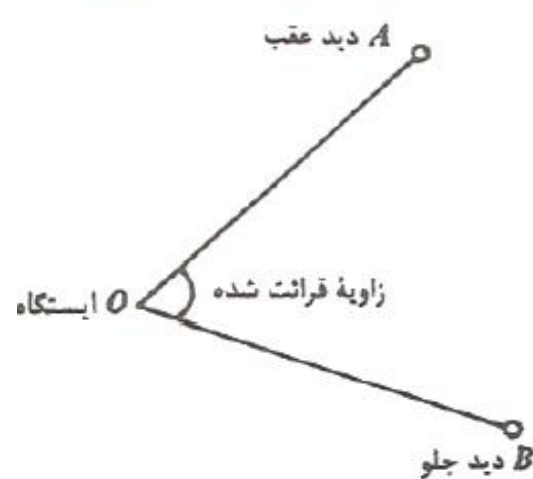
ج) محور قراولروی (محور نوری دوربین): خط فرضی است که از مرکز عدسی ها و تارهای رتیکول تلسکوپ دوربین می گذرد (خط OO') و به آن محور دیدگانی نیز گفته می شود.



محورهای دوربین زاویه یاب



روش های تعیین زاویه افقی



الف) روش ساده: برای اندازه گیری زاویه ای مانند AOB، دستگاه تئودولیت را در رأس زاویه قرار داده و به نقطه A قراولروی نموده و قرائت لمب افقی را ثبت می نماییم. سپس به نقطه B قراولروی نموده و قرائت لمب را ثبت می کنیم. باید دقت نمود که زاویه حاصله در جهت حرکت عقربه های ساعت می باشد.

چنانچه $RB < RA$ باشد داریم $A\hat{O}B = RB - RA$

مثال ۱: با توجه به جدول زیر، زاویه $A\hat{O}B$ برابر چند درجه می باشد؟

ایستگاه	نقاط	قرائت لمب افقی بر حسب درجه
O	A	۱۳۵° و $۴۵'$
	B	۱۵۲° و $۰۰'$

پاسخ:

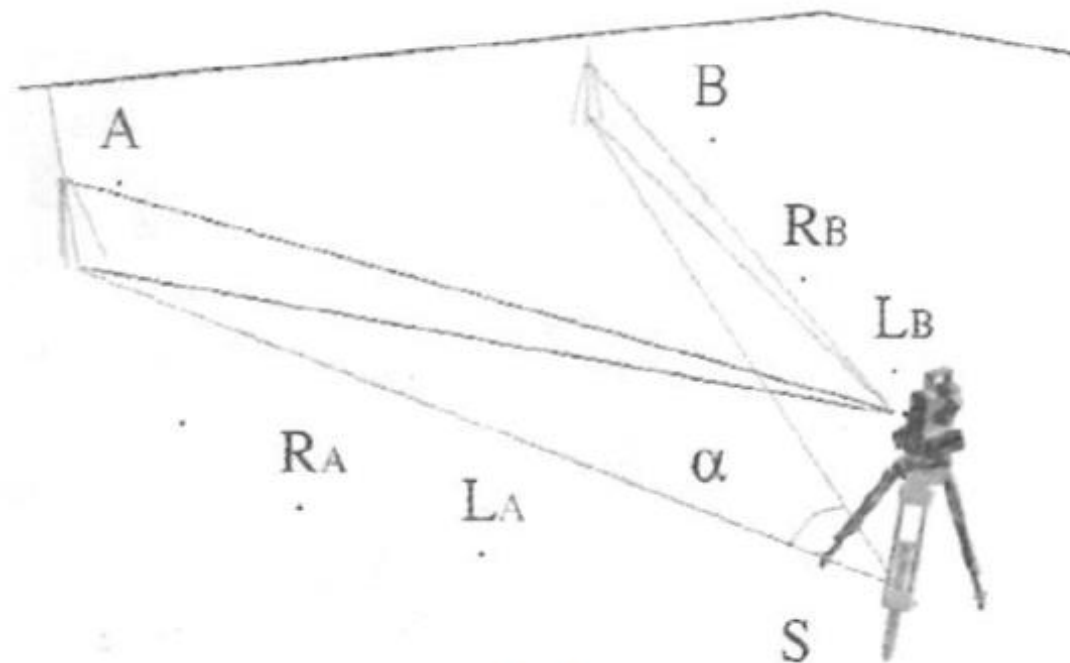
زاویه $A\hat{O}B$ برابر با مقدار تفاوت دو قرائت می باشد.

$$A\hat{O}B = ۱۵۲^{\circ} - ۱۳۵^{\circ}, ۴۵' = ۱۶^{\circ}, ۱۵'$$

روش های تعیین زاویه افقی

روش کوپل یا قرائت مضاعف

ایستگاه استقرار	نقطه قراولروی	حالت دستگاه	قرائت زاویه	نیم کوپل	یک کوپل
S	A	L	0 0 0	90 0 15	85 0 17
		R	180 0 30		
	B	L	85 0 20	175 0 32	
		R	265 0 44		



• روش تکرار

ایستگاه	دور نشانه روی	نقطه نشانه	قرائت لمب افقی	اندازه زاویه افقی
O	۱	A	a_1	$b_1 - a_1$
		B	b_1	
	۲	A	$a_2 = b_1$	$b_2 - b_1$
		B	b_2	
	...	A	...	
		B	...	
	...	A	...	
		B	...	
	...	A	...	
		B	...	
	n	A	$a_n = b_{n-1}$	$b_n - b_{n-1}$
		B	b_n	

$$\alpha = \frac{\sum \alpha_i}{n} = \frac{b_n - a_1 + 360^\circ k}{n}$$

مثال از روش تکرار
مثال زاویه ای را با پنج مرتبه تکرار اندازه گرفتیم. نتایج زیر به دست آمد. اندازه این زاویه را تعیین کنید.

ایستگاه	دور	نقطه نشانه	قرائت لمب افقی
	۱	A	$123^{\circ}, 23', 30''$
O	۱	B	$175^{\circ}, 26', 50''$
	۵	B	$24^{\circ}, 29', 40''$

حل: از تفاضل قرائت ها در دور اول مقدار تقریبی زاویه به دست می آید.

$$\alpha = 175^{\circ}, 26', 50'' - 123^{\circ}, 23', 30'' = 52^{\circ}, 13', 20''$$

مقدار این زاویه پس از ۵ مرتبه تکرار می شود.

$$5\alpha = 261^{\circ}, 06', 40''$$

و چون این مقدار را با قرائت A در دور اول جمع کنیم قرائت B در دور پنجم به دست می آید.

$$5\alpha + R_A = 284^{\circ}, 30', 10''$$

چون درجه بندی لمب بیش از 360° درجه نیست می توان دریافت که اندکس قرائت، یک بار از صفر رد شده است. یعنی $k=1$ و در این صورت:

$$\alpha_m = \frac{b_5 - a_1 + 360^{\circ}}{5} = \frac{24^{\circ}, 29', 40'' - 123^{\circ}, 23', 30'' + 360^{\circ}}{5} = 52^{\circ}, 13', 12''$$

$$n: \text{تعداد تجدید} = \frac{360}{\text{پریود مبداءهای لازم در روش تجدید}} \cdot n$$

$$0 \Rightarrow 30^{\circ}0'10'' \quad \alpha_1 = 30^{\circ}0'10''$$

$$90 \Rightarrow 120^{\circ}0'15'' \quad \alpha_2 = 30^{\circ}0'15''$$

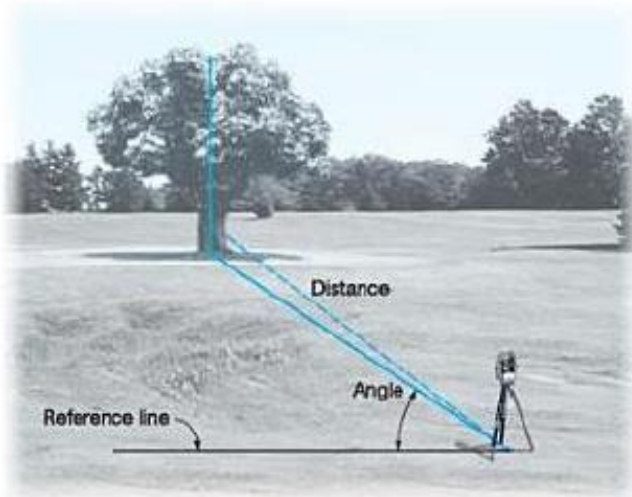
$$180 \Rightarrow 210^{\circ}0'8'' \quad \alpha_3 = 30^{\circ}0'8''$$

$$270 \Rightarrow 300^{\circ}0'11'' \quad \alpha_4 = 30^{\circ}0'11''$$

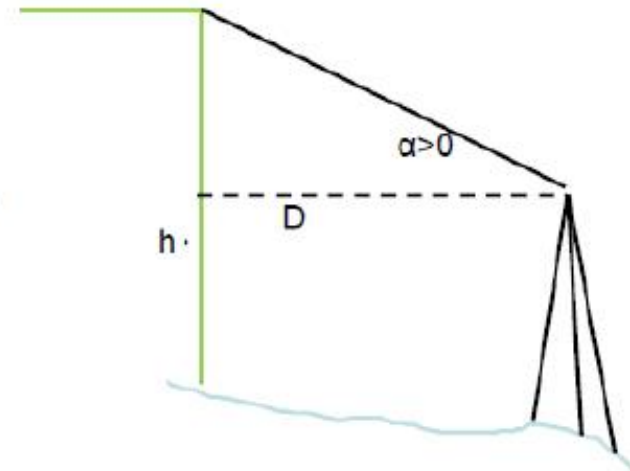
$$\alpha = \frac{\sum \alpha_i}{n} = \frac{30^{\circ}0'10'' + 30^{\circ}0'15'' + 30^{\circ}0'8'' + 30^{\circ}0'11''}{4} = 30^{\circ}0'11''$$

		نوع دستگاه :		تاریخ :		برگه قرائت زوایای افقی	
		شماره دستگاه :		عامل :		نام مؤسسه :	
		شماره صفحه :		نویسنده :		نام منطقه :	
ایستگاه استقرار	نقطه فراولروی	حالت دستگاه	قرائت زاویه	نیم کوپل	یک کوپل	زاویه نهایی	

- استفاده از زاویه قائم برای تعیین بلندی ساختمان:

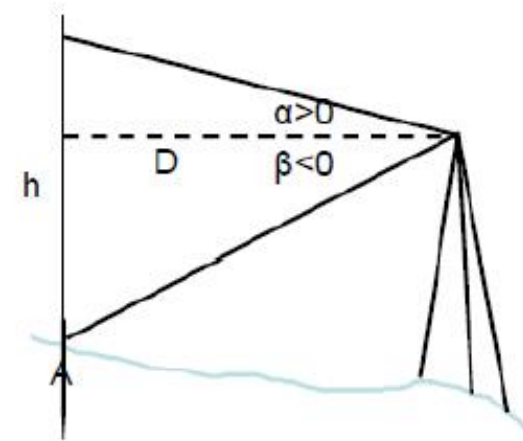


$$h = \tan(\alpha) \times D + h_0$$



$$h = D(\tan \alpha + \tan \beta)$$

(زوایا با علامت مثبت قرار گیرند)



فصل هفتم

سرشکنی زوایا در زاویه یابی چندضلعی های بسته
خطاهای سیستماتیک در مترکشی و ترازیابی

همواره در اندازه گیری زوایا، انواع خطاهای طبیعی، انسانی و دستگاهی دخیل می باشند که باعث می شوند مقدار اندازه گیری های ما با مقدار واقعی مشاهدات متفاوت باشند. برخی از این خطاها را میتوان با به کار گیری روشهای اندازه گیری خاص (کوپل، تجدید، تکرار و ...) و یا با استفاده از روابط ریاضی موجود تا حد زیادی کم کرد. ولی همواره خطاهای اندازه گیری وجود خواهند داشت.

برای کنترل درستی زوایای افقی اندازه گیری شده، یکی از روش ها استفاده از مدل های ریاضی است. با استفاده از مجموع زوایا در چند ضلعی های بسته می توان مقدار خطای موجود در مجموع زوایا را محاسبه و آن را با مقدار مجازش مقایسه کنیم. چنانچه خطا بیش از حد مجاز خود باشد، زوایای اندازه گیری شده قابل اطمینان نبوده و باید دوباره اندازه گیری شوند. ولی در صورت مجاز بودن مقدار خطای اندازه گیری، آن را به تعداد اضلاع تقسیم نموده و با محاسبه میزان تصحیحات برای هر زاویه، مقدار خطا را با علامت مخالف بین زوایا سرشکن می کنیم. در مورد چند ضلعی های بسته، مجموع زوایای داخلی در چند ضلعی بسته برابر با:

$(\sum \alpha = (2n - 4) \times 90^\circ)$ است که در آن n تعداد اضلاع می باشد، بعد از محاسبه مجموع زوایای داخلی اندازه گیری شده، می توان مقدار خطای بوجود آمده را از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$e_a = \sum_{i=1}^n a_i - (n - 2) \times 180^\circ$$

یا

$$e_a = \sum_{i=1}^n a_i - (2n - 4) \times 90^\circ$$

$(n - 2) \times 180^\circ$ یا $(2n - 4) \times 90^\circ$: مجموع واقعی زوایای داخلی n ضلعی بسته

$\sum_{i=1}^n a_i$: مجموع زوایای داخلی اندازه گیری شده

e_a : خطای بست زاویه ای

حداکثر خطای مجاز بست زاویه‌ای

می‌توان حداکثر خطای مجاز بست زاویه‌ای را از رابطه زیر بدست آورد:

$$e_{Max} = \pm 2/5 d_{\alpha} \cdot \sqrt{\frac{n}{m}}$$

n : تعداد زوایای اندازه‌گیری شده

m : تعداد دفعات اندازه‌گیری هر زاویه

d_{α} : خطای اندازه‌گیری شده با دقت زاویه‌ای دستگاه تئودولیت

اگر $|e_a| \leq e_{max}$ شود، با اعمال خطای بست زاویه‌ای e_a به زوایا، زوایا را تصحیح می‌کنیم. مقدار تصحیح برای هر زاویه را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$\varepsilon_a = \frac{-e_a}{n}$$

e_a : خطای بست زاویه‌ای

n : تعداد زوایای اندازه‌گیری شده

ε_a : مقدار تصحیح برای هر زاویه

زاویه تصحیح شده برابر است با:

$$\alpha'_i = \alpha_i + \varepsilon_a$$

کنترل و سرشکنی زوایا در زاویه یابی (مثال)

مثال: زاویه‌های داخلی یک مثلث اندازه‌گیری شده است و مقادیر هر یک در زیر آورده شده است. اگر دستگاه تئودولیت دارای دقت زاویه‌ای ۸ ثانیه گرادی باشد، پس از محاسبه خطای بست زاویه‌ای و حداکثر خطای مجاز بست زاویه‌ای در صورت قابل قبول بودن خطای بست، زوایای تصحیح شده را محاسبه نمایید.

$$\alpha_1 = 125/3750 \text{ گراد}$$

$$\alpha_2 = 28/8230 \text{ گراد}$$

$$\alpha_3 = 45/7988 \text{ گراد}$$

پاسخ:

مجموع زوایای اندازه‌گیری شده:

$$\sum \alpha_i = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$$

$$\sum \alpha_i = 125/3750 + 28/8230 + 45/7988 = 199/9968 \text{ گراد}$$

مجموع زوایای داخلی یک سه ضلعی برحسب گراد:

$$\sum \alpha = (n - 2) \times 200^g$$

$$\sum \alpha = (3 - 2) \times 200 = 200^g$$

خطای بست زاویه‌ای:

$$e_a = \sum_{i=1}^n \alpha_i - (n-2) \cdot 200''$$

$$e_a = 199/9968 - 200 = -0/0032 \text{ گراد}$$

$$e_a = -32'' \text{ (ثانیه گرادی)}$$

با در نظر گرفتن دقت زاویه‌ای دستگاه تئودولیت داریم:

$$d_a = 8'' \text{ (ثانیه گرادی)}$$

$$e_{Max} = 2/5 d_a \sqrt{\frac{n}{m}}$$

$$e_{Max} = 2/5 \times 8 \sqrt{\frac{3}{1}} = 34'' \text{ (ثانیه گرادی)}$$

چون قدرت مطلق خطای بست زاویه‌ای یعنی $|-32|$ ثانیه از حداکثر مقدار مجاز آن یعنی ۳۴ ثانیه کمتر است پس می‌توان اندازه‌گیری زوایا را قابل قبول دانسته و باید مقدار خطا را بر روی زوایا سرشکن کنیم:

$$e_a = |-32| = 32 < e_{max} = 34''$$

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{-e_3}{n} = \frac{-(-32)}{3} \simeq 11'' \text{ (ثانیه گرادی)} = 0.0011^{\circ}$$

زوایا تصحیح شده بصورت زیر می باشد:

$$\alpha'_1 = \alpha_1 + \varepsilon_{\alpha} = 125/3750 + 0.0011 = 125/3761 \text{ گراد}$$

$$\alpha'_2 = \alpha_2 + \varepsilon_{\alpha} = 28/8230 + 0.0011 = 28/8241 \text{ گراد}$$

$$\alpha'_3 = \alpha_3 + \varepsilon_{\alpha} = 45/7988 + 0.0011 = 45/7999 \text{ گراد}$$

کنترل زوایای تصحیح شده:

$$125/3761 + 28/8241 + 45/7999 = 200/0001 \text{ گراد}$$

اصول تئوری خطاها (یاد آوری)

هدف اندازه گیری ها تعیین مقدار واقعی یک کمیت است. اما عموماً نتیجه اندازه گیری ها با مقدار واقعی آن کمیت اختلاف دارد.

اختلاف بین کمیت اندازه گیری شده با مقدار واقعی آن کمیت را خطا می گویند.

عوامل مهم این اختلاف را در سه دسته زیر می توان بیان نمود:

- عوامل طبیعی : شامل کرویت زمین، شکست نور، وزش باد، تشعشع آفتاب، و تغییرات دمای هوا
- عوامل دستگاهی : شامل نقص دستگاه ها، تنظیم نبودن و یا پایین بودن ارزش تقسیمات آنها
- عوامل انسانی : شامل نارسایی حواس انسانی، کم دقتی، نداشتن تجربه و تسلط در کار

انواع خطاها

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

- اشتباه

- اشتباه یا خطای بسیار بزرگ از فراموشی یا عدم مهارت عامل ناشی می شود. در این حالت عموماً اختلاف بین نتیجه اندازه گیری و مقدار واقعی کمیت معمولاً زیاد است. (مثل عدم تراز کردن، اشتباه در قرائت)

- خطای سیستماتیک

- خطای تدریجی یا سیستماتیک به مجموعه خطاهایی گفته می شود که علت، جهت و مقدار هر یک از آنها مشخص است؛ همگی علامت یکسان داشته و با هم جمع می شوند. (اکثر این خطاها ناشی از نقص وسایل اندازه گیری است، مثلاً افزایش طول یک متر فلزی در اثر گرم شدن)

- خطاهای اتفاقی یا تصادفی

خطاهای تصادفی غالباً از نارسایی حواس انسانی و یا پایین بودن دقت دستگاه های اندازه گیری حادث می شود. هر چند که عوامل دیگری نیز از قبیل نقص دستگاه ها و عوامل جوی سبب پیدایش آنها می گردند. این خطاها گاه با علامت مثبت و گاه با علامت منفی و غالباً به مقدار کم در اندازه گیری ها داخل می شوند.

روش های کنترل مشاهدات جهت حذف اشتباهات

الف) تکرار اندازه گیری ها
مثل تکرار اندازه گیری یک طول به صورت رفت و برگشت

ب) کنترل با یک مدل ریاضی
مثل کنترل مجموع زوایای اندازه گیری شده برای یک مثلث با ۱۸۰ درجه

روش های مقابله با خطاهای تدریجی

به دلیل آنکه علت، علامت و مقدار مشخصی دارند، در هر اندازه گیری قابل شناسایی هستند. برای مقابله با این نوع خطاها در صورت امکان باید عوامل ایجاد خطا حذف شوند و در صورت عدم امکان، مقدار دخالت خطا محاسبه و نتایج تصحیح شوند. (مثل استفاده از چتر در مشاهدات میکروژئودزی و اعمال تأثیر خطای کلیماسیون در نتایج ترازبایی)

روش های مقابله با خطاهای تصادفی

به دلیل ماهیت اتفاقی بودنشان از قواعد آمار و احتمالات و مخصوصاً قانون توزیع نرمال پیروی می کنند. تعیین مقدار و علامت این نوع خطاها به راحتی امکان پذیر نیست.

- تکرار مشاهدات و پذیرفتن میانگین نتایج به عنوان برآورد اندازه واقعی
- کنترل روابط بین اندازه ها با استفاده از معلومات اضافی (سرشکنی)

خطاهای اندازه گیری طول با متر - خطای درجه حرارت

این خطا موقعی رخ می دهد که متر مورد استفاده در دمائی غیر از دمای کالیبره شده، مورد استفاده قرار گیرد. مقدار خطای مربوط به اندازه گیری طول ناشی از درجه حرارت محیط اندازه گیری و کالیبره شده از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta L = L_0 \times \alpha (t - t_s)$$

که در آن L_0 : طول اندازه گیری شده در دمای t_s (درجه حرارت استاندارد)، t : درجه حرارت محیط اندازه گیری و α : ضریب انبساط طولی جسم جامد (عبارتست از میزان افزایش طول یک متر از آن جسم وقتی که دمای آن 1°C افزایش می یابد) می باشد.

ضریب انبساط طولی فولاد برابر $\alpha = 112 \times 10^{-7}$ و ضریب انبساط طولی انوار برابر $\alpha = 6.3 \times 10^{-7}$ به ازای یک درجه سانتی گراد می باشد.

◀ اگر $t > t_s$ باشد، آنگاه طول واقعی نوار بیشتر از طول اسمی متر می باشد.

◀ اگر $t < t_s$ باشد، آنگاه طول واقعی نوار کمتر از طول اسمی متر می باشد.

مثال ۴-۱۱ یک نوار فولادی ۳۰ متری در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد استاندارد شده است. اگر دمای هوا در موقع اندازه گیری ۳۸ درجه سانتی گراد باشد طول نوار در این زمان چقدر است؟
حل: طبق رابطه ۴-۲۵

$$L_t = 30 \times [1 + 11,2 \times 10^{-6} (38 - 20)] = 30,006 \text{ m}$$

خطاهای اندازه گیری طول با متر - خطای کشش متر

این خطا موقعی رخ می دهد که متر مورد استفاده با نیروی متفاوت از نیروی کالیبره شده متر، مورد استفاده قرار گیرد. مقدار این خطا از رابطه زیر بدست می آید: [3]

$$\Delta L = \frac{L_o \times (T - T_s)}{S \times E}$$

که در آن L_o : طول اندازه گیری شده (m) ، T_s : کشش استاندارد (N) ، T : کششی که موقع اندازه گیری به متر وارد می شود. (N) ، S : سطح مقطع نوار (cm^2) و E : ضریب کشسانی $(\frac{N}{cm^2})$ می باشد.

مثال ۳: متر فولادی 50 متری با سطح مقطع 0.04 سانتی متر مربع برای نیروی کشش 50 نیوتن استاندارد شده است اگر در هنگام اندازه گیری فاصله، نیروی کشش 60 نیوتن به متر وارد شود. مطلوب است محاسبه خطای این اندازه گیری در صورتیکه $E = 2.1 \times 10^6 \frac{N}{cm^2}$ باشد.

$$\Delta L = \frac{L_o \times (T - T_s)}{S \times E}$$

$$\Delta L = \frac{50(60 - 50)}{2.1 \times 10^6 \times 4 \times 10^{-2}} = 0.006m$$

$$\text{طول تصحیح شده} = 50 + 0.006 = 50.006m$$

خطاهای اندازه گیری طول با متر - خطای قوسی بودن متر (شنت)

این خطا در اثر وزن نوار ایجاد می شود. [3]

$$\Delta L = \frac{8f^2}{3L} = \frac{m^2 g^2 L^3}{24T^2}$$



که در آن f : خطای که به علت قوسی شدن متر در وسط طول AB طبق شکل ۳-۲۸ رخ می دهد. (چون که خطا در آن نقطه ماکزیمم است)، L : طول اندازه گیری شده، m : جرم واحد طول نوار (یعنی جرم یک متر نوار) $(\frac{kg}{m})$ ، g : شتاب ثقل و T : نیروی کشش می باشد.

مثال ۴: یک متر ۵۰ متری که جرم هر متر از آن ۰.۰۲۳۵ کیلوگرم است به حالت تخت استاندارد شده است. اگر این متر را بصورت کمانی و با نیروی کشش ۱۰۰ نیوتن بکار ببریم طول آن چقدر می شود؟

$$\Delta L = \frac{m^2 g^2 L^3}{24T^2} = \frac{(0.0235)^2 \times 10^2 \times 50^3}{24 \times 100^2} = 0.029m$$

$$L = 50 - 0.029 = 49.971m$$

اگر طول اسمی متری N و طول واقعی آن F باشد و با این متر طولی به اندازه L را اندازه گیری کرده باشیم. در اینصورت مقدار واقعی طول از رابطه زیر بدست می آید:

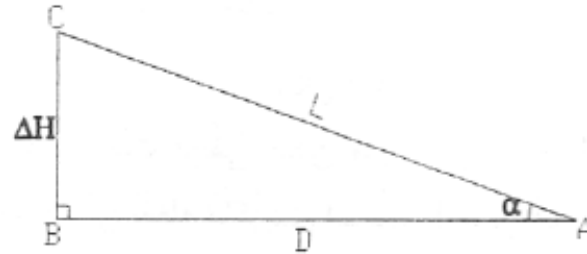
$$\frac{N}{L} \quad \frac{F}{x} \Rightarrow x = \frac{L \times F}{N}$$

مثال ۵: طول اسمی یک متر پارچه ای ۵۰ متر و طول واقعی آن ۵۰.۰۵ متر می باشد. اگر از این متر جهت اندازه گیری فاصله بین دو نقطه ثابت A و B در روی زمین استفاده شده و نتیجه برابر ۳۸۵.۱۶ متر بدست آمده باشد. مطلوب است محاسبه طول حقیقی AB ؟

$$\frac{50}{385.16} \quad \frac{50.05}{x} \Rightarrow x = \frac{385.16 \times 50.05}{50} = 385.545m$$

خطاهای اندازه گیری طول با متر - خطای تبدیل به افق

خطای تبدیل به افق یا تصحیح شیب از رابطه زیر بدست می آید:



$$e \cong \frac{\Delta H^2}{2L}$$

مثال ۶: فاصله دو نقطه روی سطح شیب دار در روی زمین 250 متر و اختلاف ارتفاع دو نقطه 8 متر می باشد. مطلوب است محاسبه فاصله افقی بین دو نقطه؟
راه حل اول:

$$e \cong \frac{\Delta H^2}{2L} = \frac{8^2}{2 \times 250} = 0.128m \cong 0.13m$$

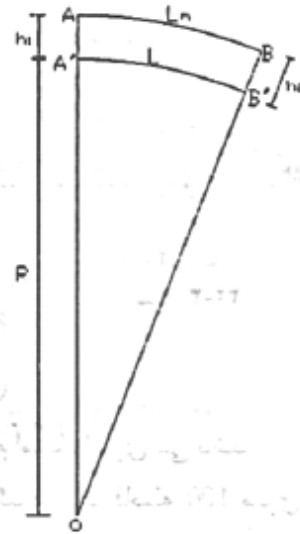
$$D = L - e = 249.87m \text{ فاصله افقی}$$

راه حل دوم:

$$L^2 = \Delta H^2 + D^2 \Rightarrow D = \sqrt{250^2 - 8^2} = 249.87m$$

خطاهای اندازه گیری طول با متر - خطای تبدیل به سطح متوسط دریاها

در مواردی که کار نقشه برداری در وسعت زیادی انجام می گیرد باید علاوه بر تصحیحات فوق تصحیح تبدیل به سطح متوسط دریا (MSL) نیز وارد شود. [35]



شکل ۳-۲۳

طبق شکل ۳-۲۳ اگر L_m : طول اندازه گیری شده روی زمین، L : طول تصویر L_m بر سطح متوسط دریا، h : ارتفاع متوسط در نقاط A و B نسبت به ژئوئید (سطح متوسط دریاها) و R : شعاع متوسط زمین باشد؛ در اینصورت جهت تبدیل طول اندازه گیری شده روی زمین بر سطح متوسط دریا رابطه زیر را می توان نوشت:

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

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

ارتفاع متوسط در نقاط 1, 2

مقدار خطای تبدیل به سطح متوسط دریا از رابطه زیر بدست می آید:

$$e = L_m - L = L_m - L_m \frac{R}{R+h} = L_m \left(1 - \frac{R}{R+h}\right) \Rightarrow e = L_m \left(\frac{h}{R+h}\right)$$

مثال ۱۰: مطلوب است محاسبه فاصله تبدیل به سطح متوسط دریا برای دو نقطه ای که ارتفاعات آنها ۱۶۰۰ و ۱۷۰۰ متر از سطح دریا بوده و فاصله بین آن دو نقطه ۲۵۰۰ متر باشد؟
($R = 6400\text{km}$ شعاع کره زمین)

$$L_m = 2500m \quad , \quad h = \frac{1600+1700}{2} = 1650m$$

$$L = 2500 \times \frac{6400 \times 10^3}{6400 \times 10^3 + 1650} \cong 2499.36m$$

۳-۸-۱- اشتباهات و خطاها در مترکشی

۳-۸-۱-۱ اشتباهات در مترکشی

اشتباهات در مترکشی عبارتند از:

- اشتباه در قرائت،
- اشتباه در نوشتن،
- اشتباه در محاسبه،
- از قلم انداختن یک یا چند دهنه طول در مترکشی و غیره.

۳-۸-۲ خطاهای مترکشی

۳-۸-۲-۱ خطاهای سیستماتیک

خطاهای سیستماتیک در مترکشی عبارتند از:

- افقی نگرفتن متر،
- انحراف در ژالن گذاری،
- اختلاف درجه حرارت محیط نسبت به درجه حرارت استاندارد،
- اختلاف نیروی کشش وارده نسبت به کشش استاندارد،
- برابر نبودن طول واقعی متر با طول اسمی آن و غیره.

۳-۸-۲-۲ خطاهای اتفاقی

خطاهای اتفاقی در مترکشی عبارتند از:

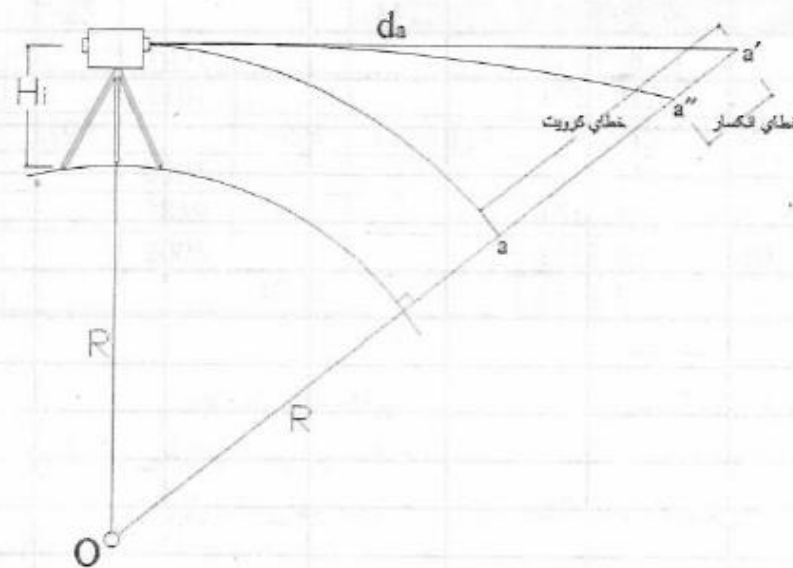
- خطای قرائت متر،
- خطای عمود نگرفتن ژالن،
- اثر باد که قائم بودن ژالن را تغییر می دهد،
- خطای تطبیق درجات نوار با نقاط ابتدا و انتها و غیره.

اگر d_a : فاصله شاخص تا دوربین، H_i : ارتفاع دستگاه، R : شعاع کره زمین و e_a : خطای ناشی از کرویت روی شاخص باشد طبق شکل ۴-۳۹ می توان نوشت:

$$e_a \cong \frac{d_a^2}{2(R + H_i)} \cong \frac{d_a^2}{2R}$$

با توجه به شکل ۴-۳۹ خطای کرویت مثبت و تصحیح آن منفی می باشد.
مثال ۸: اگر فاصله شاخص تا دستگاه ترازباب ۱۲۰ متر باشد مقدار خطای کرویت را بدست آورید. ($R = 6370 \text{ km}$)

$$e_a \cong \frac{d_a^2}{2R} = \frac{120^2}{2 \times 6370000} \cong 0.001 \text{ m} \cong 1 \text{ mm}$$



هنگامی که یک شعاع نوری از میان طبقات مختلف جو عبور می کند به علت تغییرات چگالی زمین امتدادش مرتباً شکسته می شود و خط دید توسط شکست نور به طرف زمین کشیده می شود در نتیجه این تغییر، شی مورد مشاهده نسبت به موقعیت واقعی خود پایین تر به نظر می رسد. [3] در شرایط جوی معمولی مقدار عددی تصحیح انکسار در حدود $\frac{1}{7}$ تصحیح کروییت در جهت مخالف آن می باشد. بنابراین مقدار عددی تصحیح اثر انکسار نور عبارتست از:

$$e_e = -\frac{1}{7}e_a = -\frac{d_a^2}{14R}$$

با توجه به شکل ۴-۳۹ خطای انکسار منفی و تصحیح آن مثبت می باشد.

مثال ۹: اگر فاصله شاخص تا دستگاه تراز یاب 120 متر باشد مقدار خطای انکسار نور را بدست آورید؟ ($R = 6370 \text{ km}$)

خطای کروییت $e_e = \frac{1}{7}e_a$ خطای انکسار

$$e_a = \frac{d_a^2}{2R} = \frac{120^2}{2 \times 6370000} = 0.00113 \text{ m} \cong 1 \text{ mm}$$

$$e_e = \frac{1 \text{ mm}}{7} \cong 0.16 \text{ mm}$$

$$e = e_a \Rightarrow e = \frac{d_a^2}{2R} - \frac{d_a^2}{14R} = \frac{3}{7} \frac{d_a^2}{R}$$

بر آیند دو خطای کرویت و انکسار مثبت و تصحیح آنها منفی می باشد.

مثال ۱۰: چنانچه تراز یابی در فاصله ۲۰۰۰ متری صورت گرفته باشد و قرائت شاخص برابر ۳۶۸۵ باشد. مقدار صحیح قرائت روی شاخص را بدست آورید؟

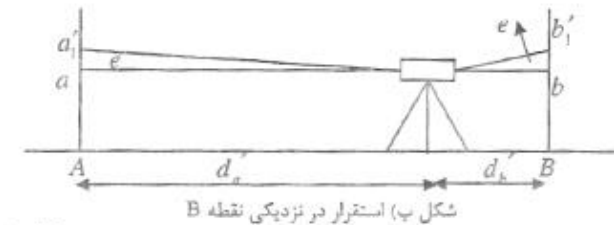
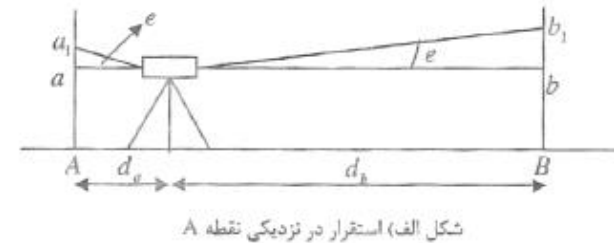
$$e = \frac{3}{7} \frac{d_a^2}{R} = \frac{3}{7} \times \frac{(2000)^2}{6370000} = 0.269m = 269mm$$

$$3685 + (-269) = 3416mm$$

مقدار تصحیح + مقدار قرائت شده = مقدار صحیح قرائت شاخص

خطاها در ترازایی - خطای کلیماسیون

هرگاه محور نوری دوربین با خط مماس بر تراز موازی نباشد در چنین حالتی محور نوری دوربین با افق زاویه ای مثل e می سازد که به آن زاویه کلیماسیون دستگاه می گویند. با قرار گرفتن دوربین در میان دو شاخص، خطاهای کرویت، انکسار و کلیماسیون به طور عملی حذف می گردند.



$$e_{rad} = \frac{(\text{مجموع قرائتهای نزدیک} - \text{مجموع قرائتهای دور})}{(\text{جمع فواصل نزدیک} - \text{جمع فواصل دور})}$$

مثال ۱۱: برای کنترل محور نشانه روی یک دستگاه تراز یاب از دو ایستگاه استقرار S_1 و S_2 شاخص های قائم نقاط A و B خوانده شده و نتایج در جدول درج گردیده، مقدار خطای کلیماسیون برای یک متر طول چند میلی متر است؟

ایستگاه	نقاط استقرار شاخص	فاصله (m)	قرائت شاخص (mm)
S_1	A	18	1794
	B	42	927
S_2	A	8	1913
	B	52	2984

$$e_{rad} = \frac{(\text{مجموع قرائتهای نزدیک} - \text{مجموع قرائتهای دور})}{(\text{جمع فواصل نزدیک} - \text{جمع فواصل دور})}$$

$$e = \frac{(2.984 + 0.927) - (1.794 + 1.913)}{(52 + 42) - (18 + 8)} = 3 \text{ mm}$$

طبقه بندی خطاهای تراز یابی مستقیم براساس عوامل طبیعی، دستگاهی و انسانی به صورت زیر می باشد:

الف- عوامل طبیعی

از عوامل طبیعی می توان به کروییت زمین، شکست نور، باد و غیره اشاره نمود.

ب- عوامل دستگاهی

از عوامل دستگاهی می توان به میزان نبودن تراز، ناپایدار بودن سه پایه، خطای کلیماسیون، صحیح نبودن طول شاخص ها و غیره اشاره نمود.

پ- عوامل انسانی

از عوامل انسانی که ناشی از بی توجهی خود شخص می باشد می توان به تراز نکردن کامل دستگاه، عدم پایداری تکیه گاه شاخص، قائم نگرفتن شاخص، خطا در قرائت و نوشتن، از بین نبردن کامل پارالاکس و غیره اشاره نمود.

۴-۱۰-۱ نحوه مقابله با خطاها

برای مقابله با خطاها می توان موارد زیر را در نظر گرفت:

الف- باید در زمان مناسب، عملیات را انجام داد تا اثرات تغییرات دما و تشعشع خورشید در آن دخالت کمتری داشته باشد. در موقع وزیدن باد نیز نباید تراز یابی مستقیم انجام داد. لازم به ذکر است که اثرات کروییت زمین و انکسار نور و کلیماسیون باعث به وجود آمدن خطای سیستماتیک می شوند و باید اثرات آنها را با مساوی گرفتن فاصله دو شاخص تا تراز یاب بطور عملی حذف نمود.

ب- دستگاهها باید تا حد ممکن آزمایش و تنظیم شوند. (به فصل تعمیر و نگهداری وسایل نقشه برداری مراجعه شود).

پ- عملیات تراز یابی باید کنترل شوند (مثلا تراز یابی به صورت رفت و برگشت انجام شود یا تراز یابی بین دو نقطه با ارتفاع معلوم انجام شود یا سه تار افقی رتیکول در هنگام تراز یابی قرائت شود) تا از بوجود آمدن اشتباهات احتمالی جلوگیری شود.

فصل هشتم

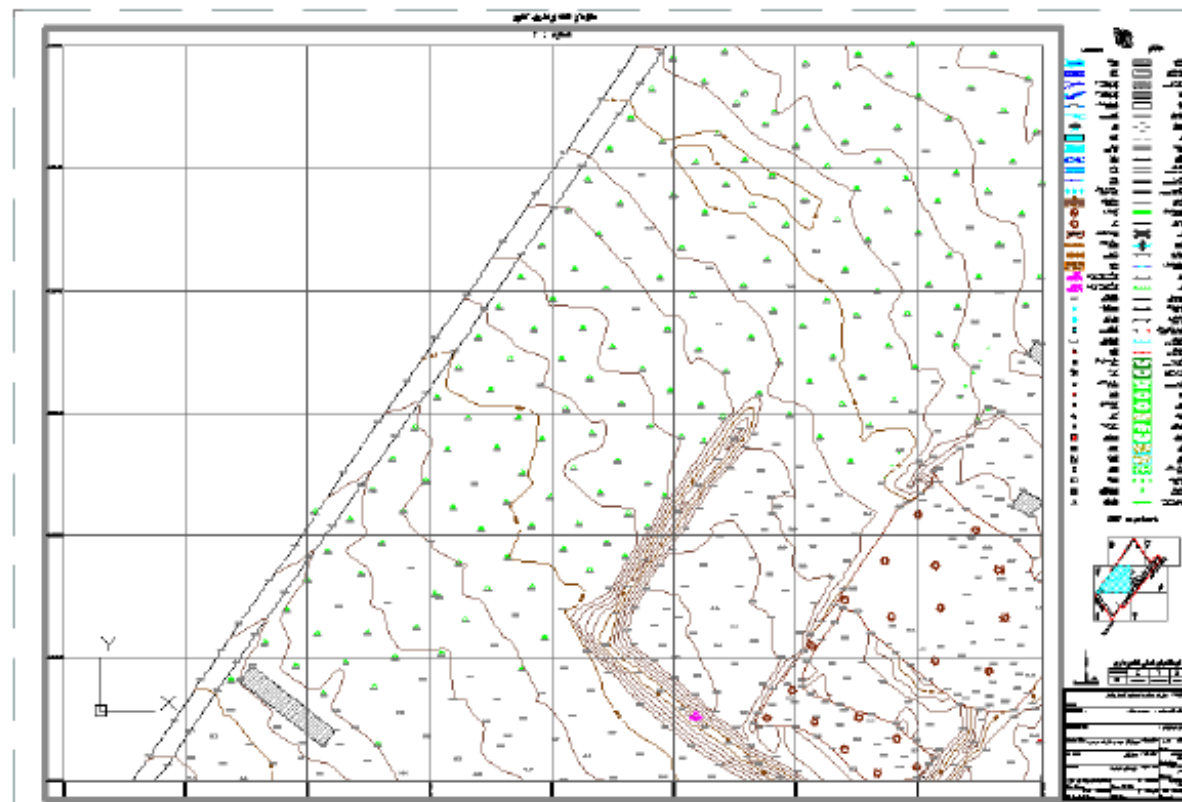
مفهوم منحنی میزان

شبکه بندی و محاسبه حجم

امتدادها و تعیین مختصات مسطحاتی نقاط

۳- توپوگرافی (Topographie)

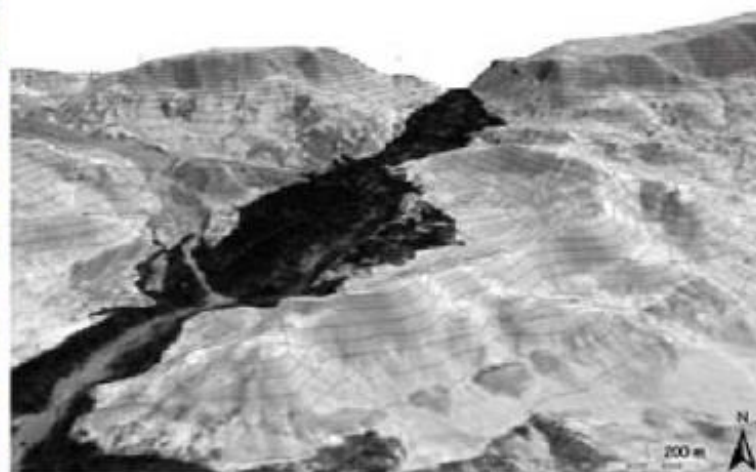
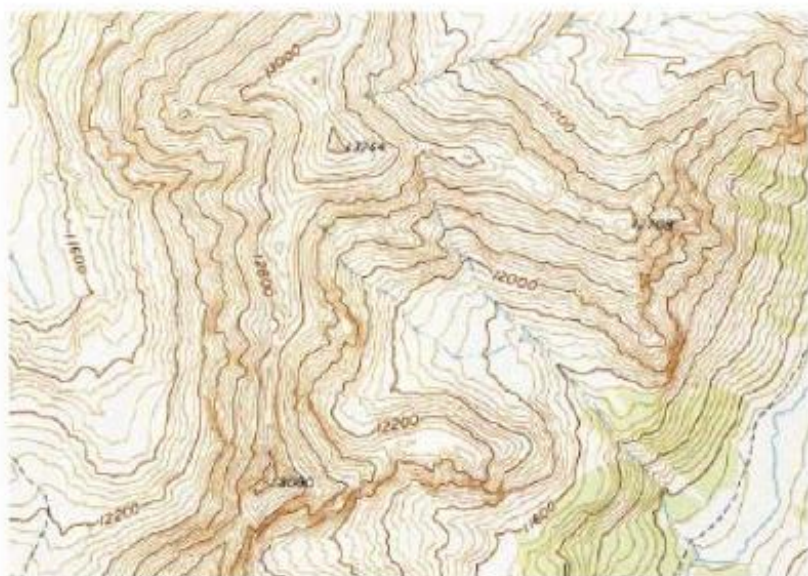
چنانچه در نقشه‌ای، وضع ارتفاعی و مسطحاتی یک قطعه زمین مشخص شده باشد به این نقشه‌ها، نقشه‌های (توپوگرافیک) گفته می‌شود. در این نقشه‌ها، ارتفاعات را بطور معمول با خطوط تراز (منحنی میزان) نشان می‌دهند. نقاطی که بر روی یک خط منحنی قرار دارند از ارتفاع یکسانی برخوردارند.

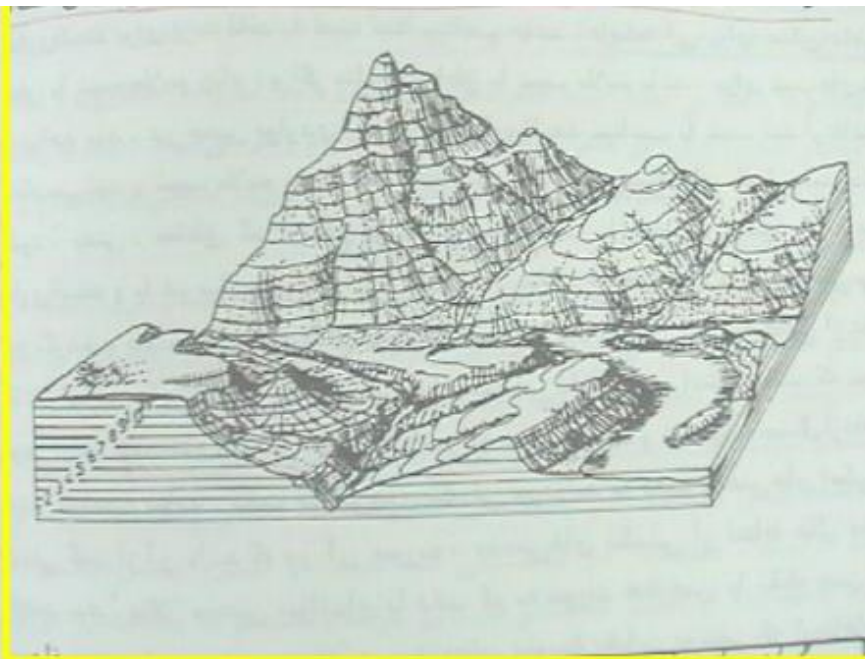
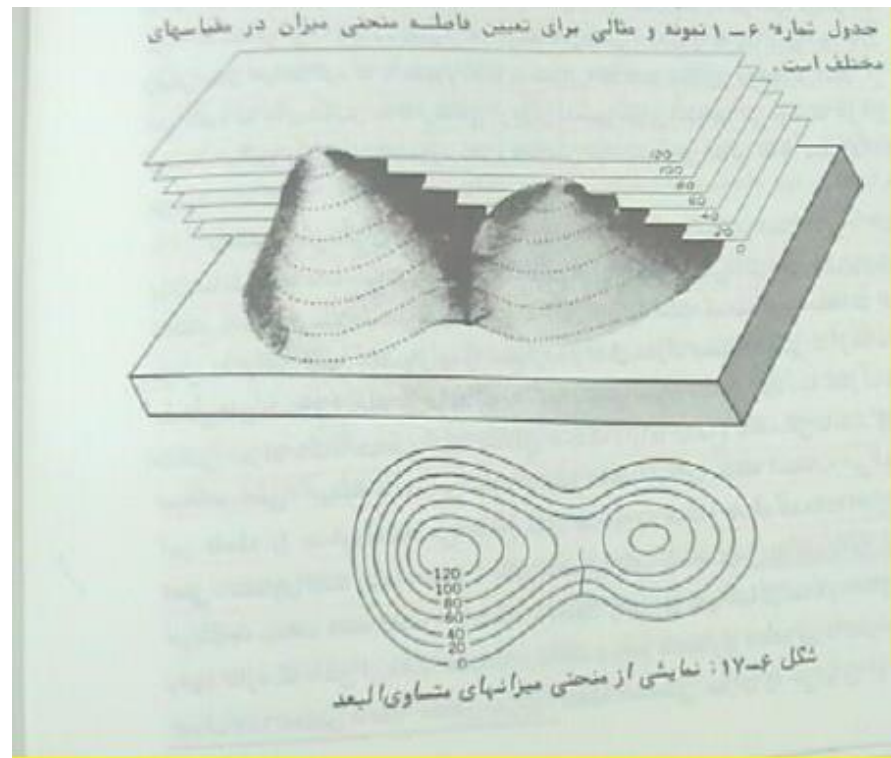


مفهوم منحنی میزان برای نمایش انواع تغییرات ارتفاعی بر روی نقشه های توپوگرافی

- تعریف منحنی میزان،

در نقشه برداری به مکان هندسی نقاطی که دارای ارتفاع یکسان می باشند، منحنی میزان یا کانتورن‌ی لا میگویند بعبارت دیگر از به هم پیوستن نقاطی که دارای ارتفاع یکسان در یک منطقه می باشند منحنی های میزان آن منطقه حاصل می گردد. نمونه طبیعی منحنی های میزان را میتوان در دیواره های ساحلی دریاچه سدها مشاهده کرد . هرکدام از پله های ایجاد شده در دیواره های مخزن سد نشانگر یک منحنی میزان با ارتفاع خاص میباشد.

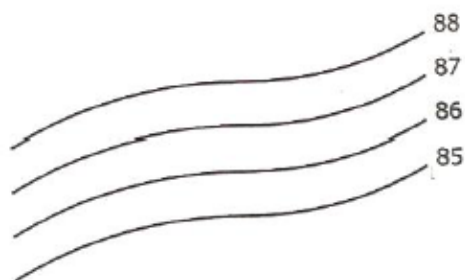




مفهوم منحنی میزان برای نمایش انواع تغییرات ارتفاعی بر روی نقشه های توپوگرافی



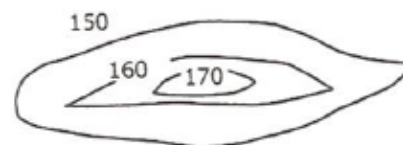
معرف گودال



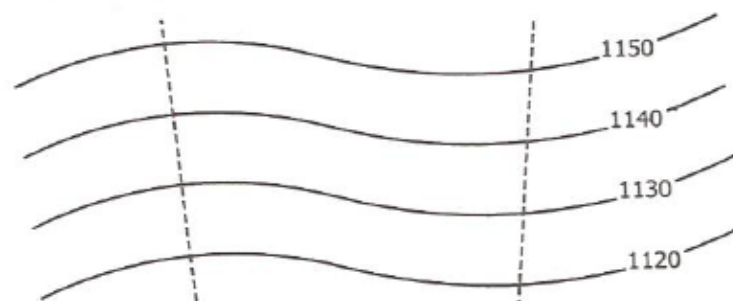
معرف دامنه و تغییر شیب



معرف دره و خط القعر



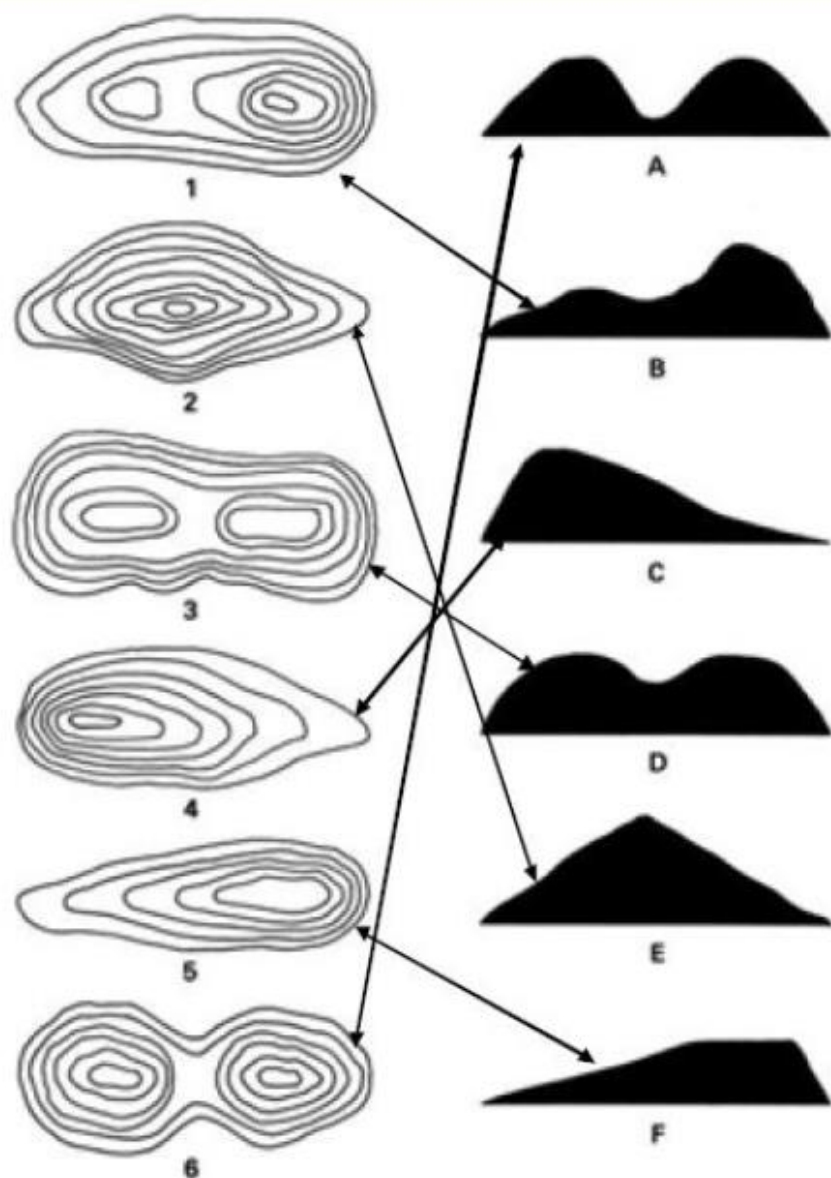
معرف تپه



خط القعر
با مسیر جریان آبهای سطحی

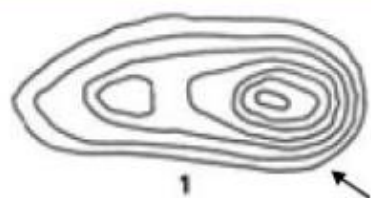
خط الرأس
با خط تقسیم آب

مفهوم منحنی میزان برای نمایش انواع تغییرات ارتفاعی بر روی نقشه های توپوگرافی

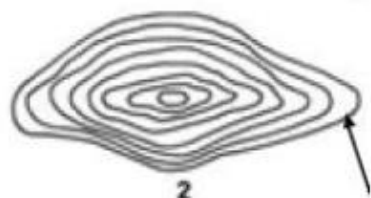


• ساختار منحنی میزان هر شکل.
متناظر با کدام ساختار
توپوگرافی بر روی زمین است؟

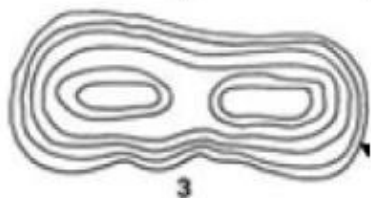
مفهوم منحنی میزان برای نمایش انواع تغییرات ارتفاعی بر روی نقشه های توپوگرافی



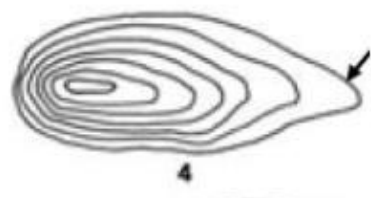
1



2



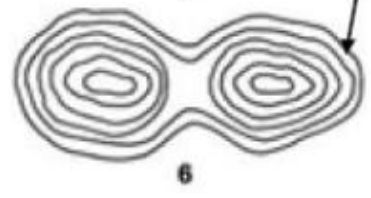
3



4



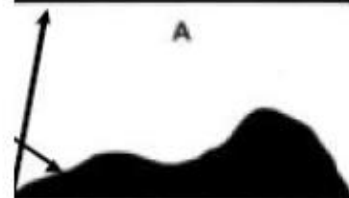
5



6



A



B



C



D



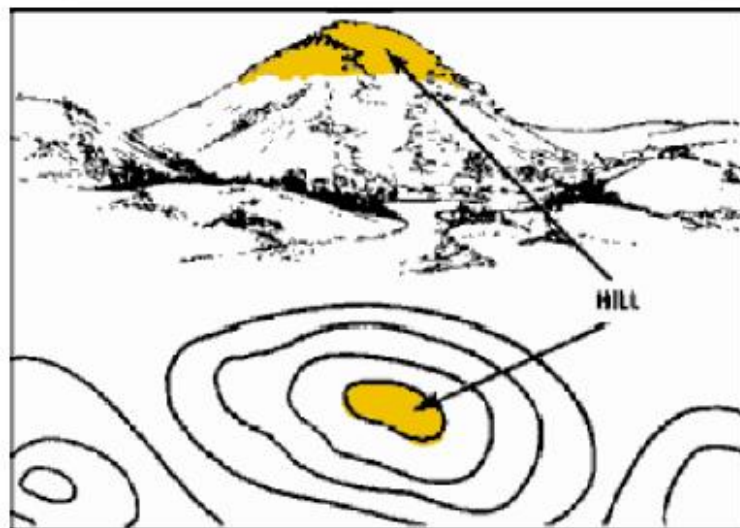
E



F

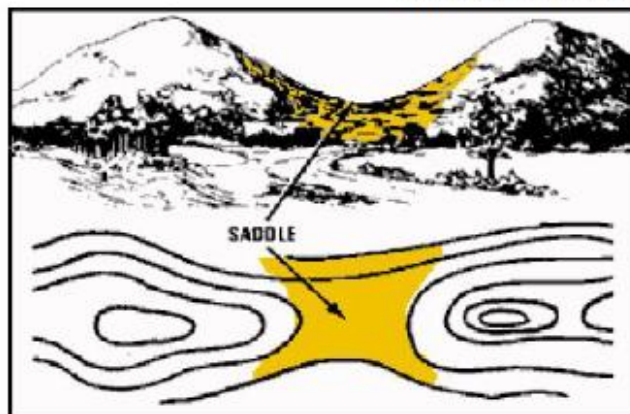
اعلی

مفهوم منحنی میزان برای نمایش انواع تغییرات ارتفاعی بر روی نقشه های توپوگرافی



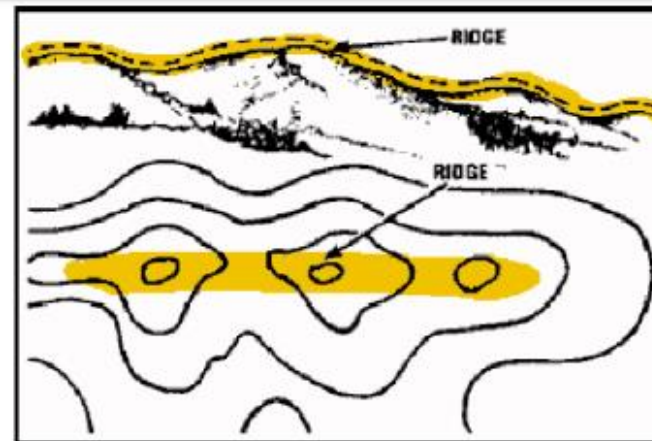
تپه

- ❖ منحنی های بسته همراه با کاشی اندازه منحنی ها
- ❖ در خصوصی تپه. منحنی های داخلی با افزایش ارتفاع همراه هستند
- ❖ تپه در داخل کوچکتر بین منحنی قرار دارد.



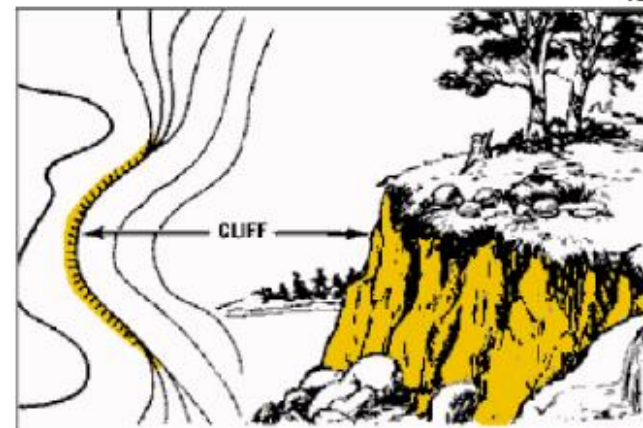
گردنه

- ❖ یک محل فرورفتگی میان دو تپه
- ❖ در محل گردنه. در ۲ امتداد مقابل هم زمین در ارتفاع بیشتر از شما و در ۲ امتداد مقابل دیگر در ارتفاع کمتر از شما قرار دارد.



خط الرأس

- ❖ یک خط شیبدار در مناطق با ارتفاع بالا نسبت به مناطق مجاور
- ❖ در هر نقطه خط الرأس. ارتفاع در سه جهت کمتر از آن نقطه خواهد بود.
- ❖ منحنی میزان در محل خط الرأس به شکل حرف V یا عدد ۲ در نقشه نمایان می شود.
- ❖ نزدیک شدن انتهای منحنی میزان به یکدیگر (V) به مفهوم نقاط پایین دستی یا نقاط با ارتفاع کمتر است.

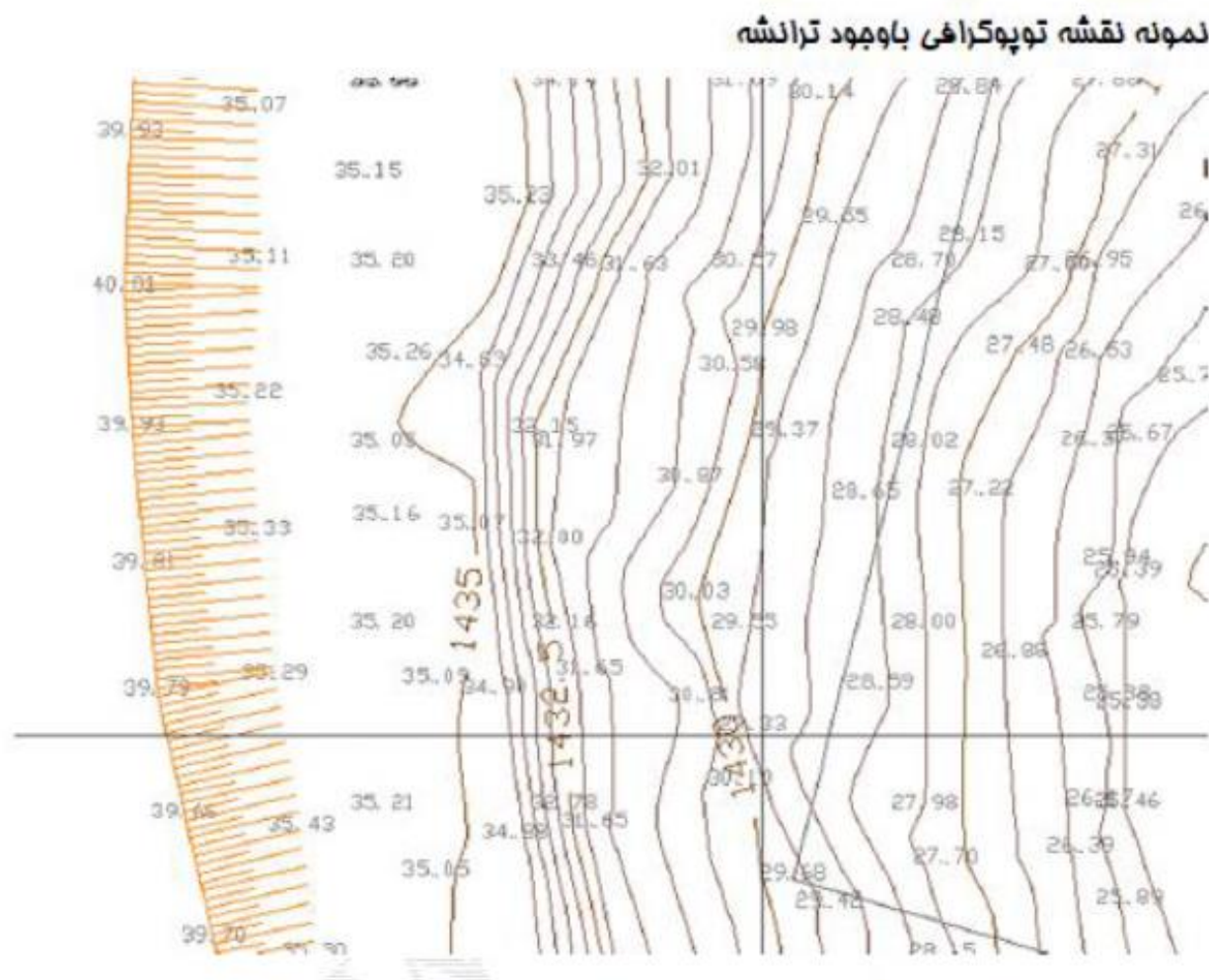


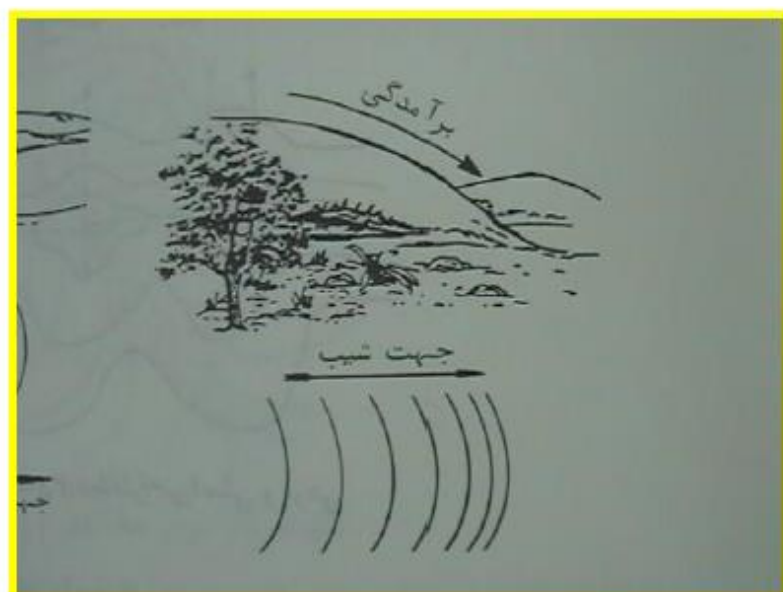
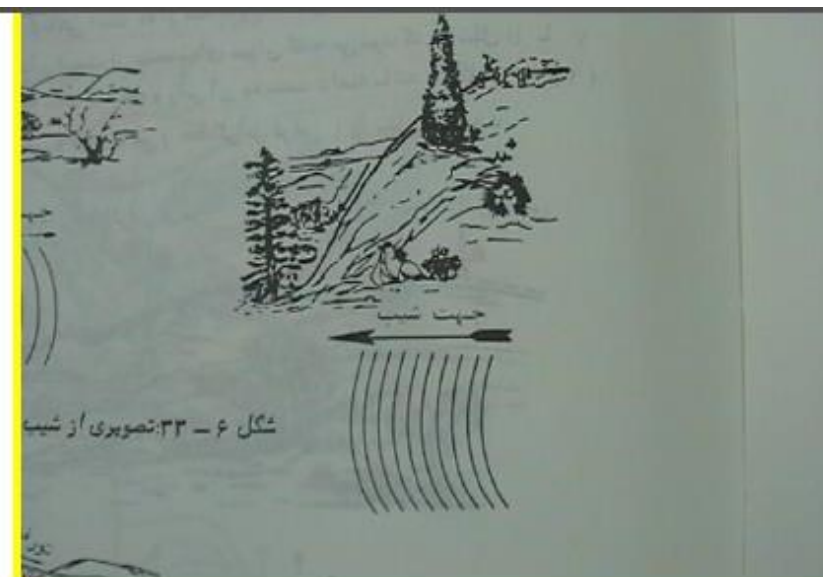
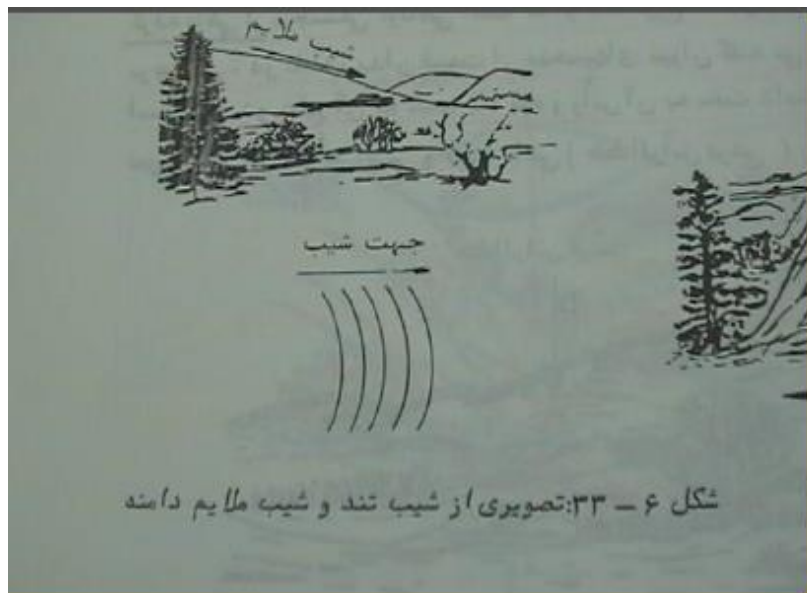
دیواره. پرتگاه. صخره

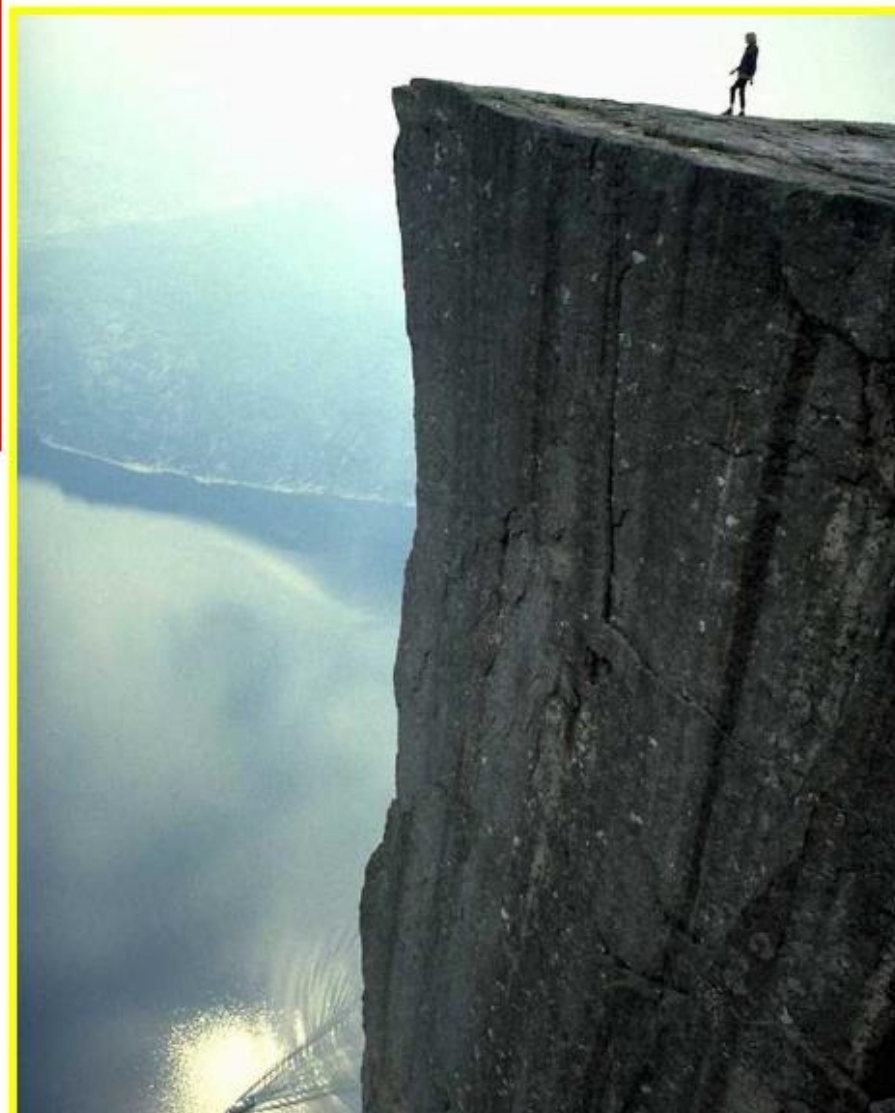
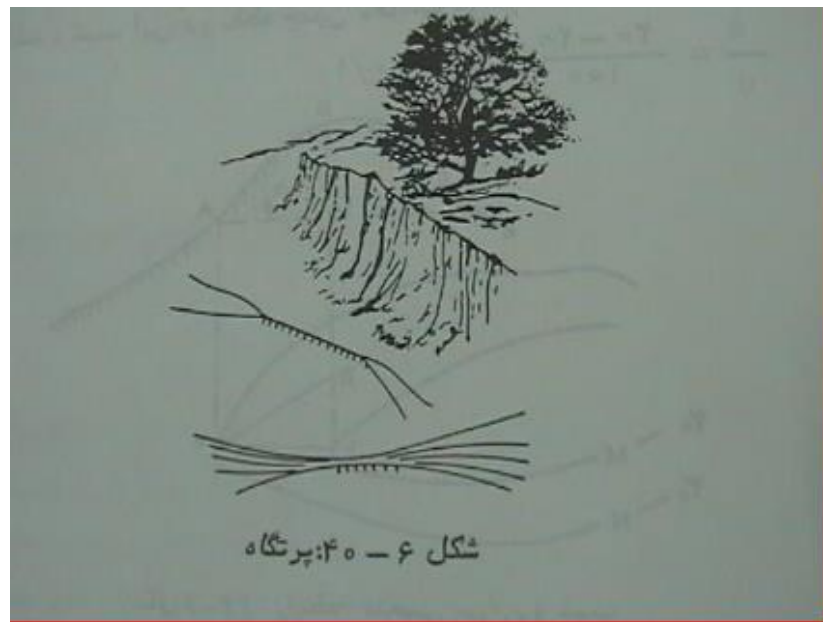
- ❖ تغییرات شدید در ارتفاع در یک فاصله افقی ناچیز
- ❖ فاصله منحنی میزانها بسیار کم و گاهی به هم چسبیده می باشند.
- ❖ خطوطی به سمت ارتفاع کمتر بر روی آن ترسیم می شود.

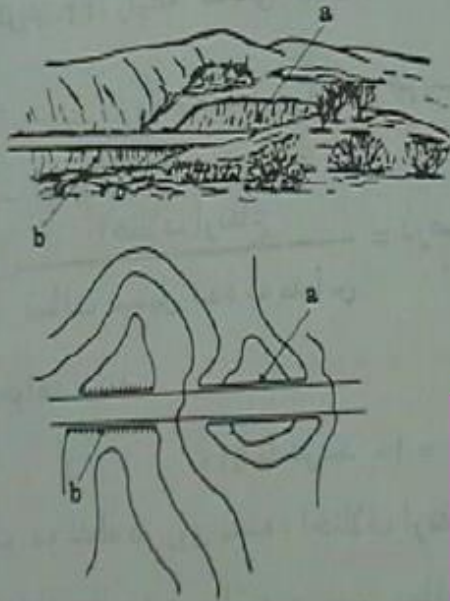
فرید اسماعیلی

مفهوم منحنی میزان برای نمایش انواع تغییرات ارتفاعی بر روی نقشه های توپوگرافی

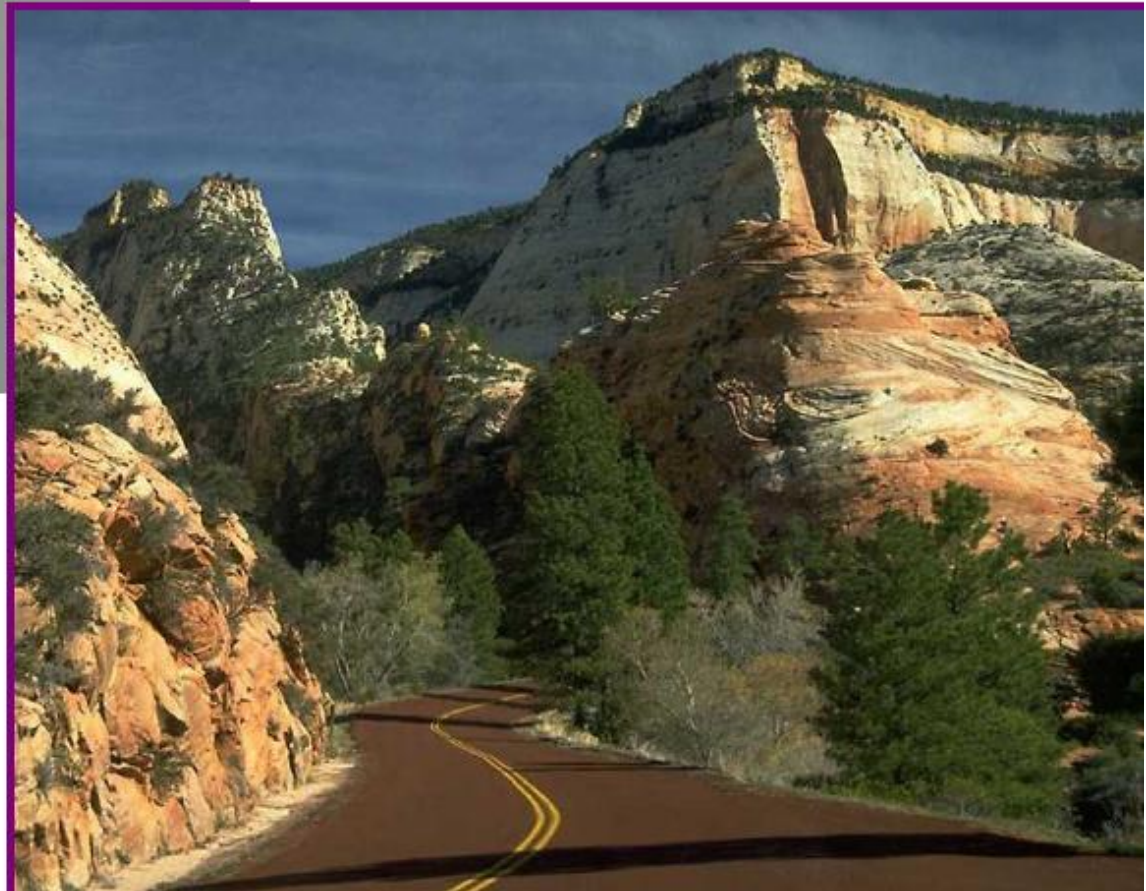


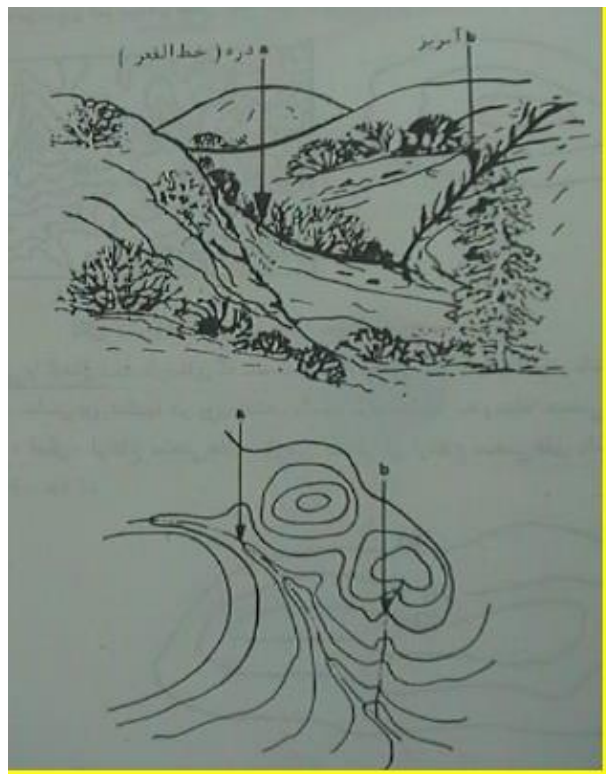


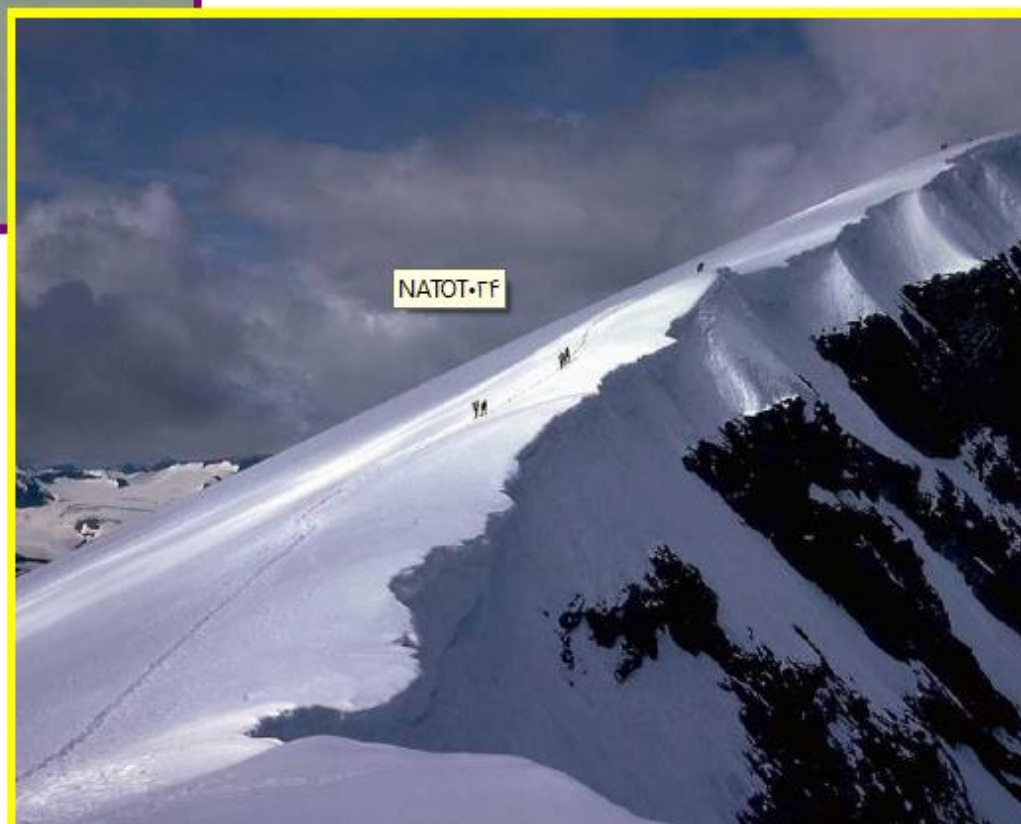
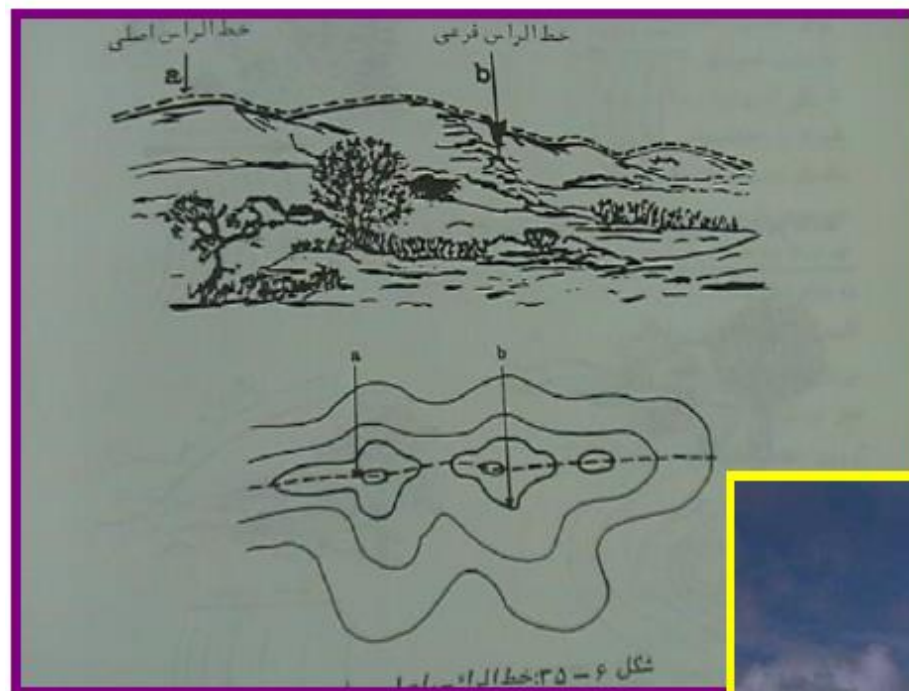


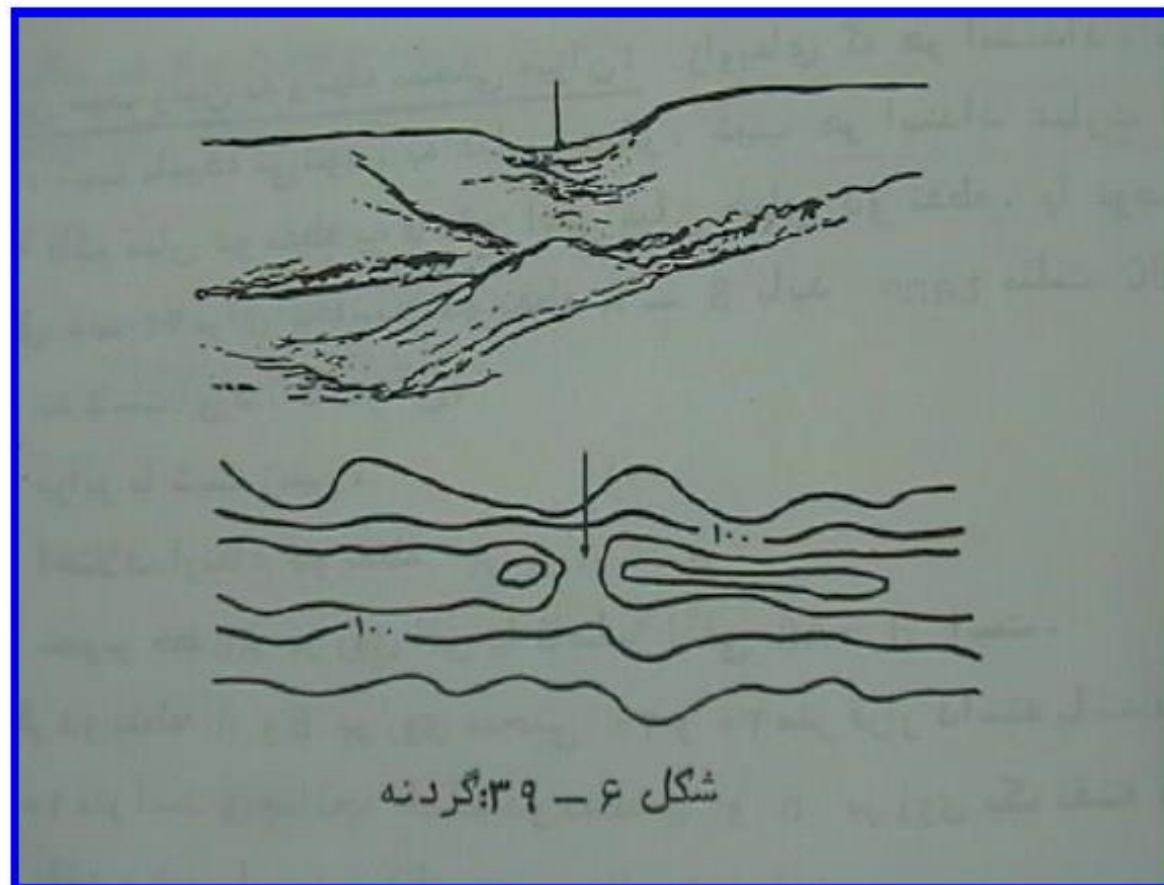


شکل ۶ - ۱: بریدگی یا برش









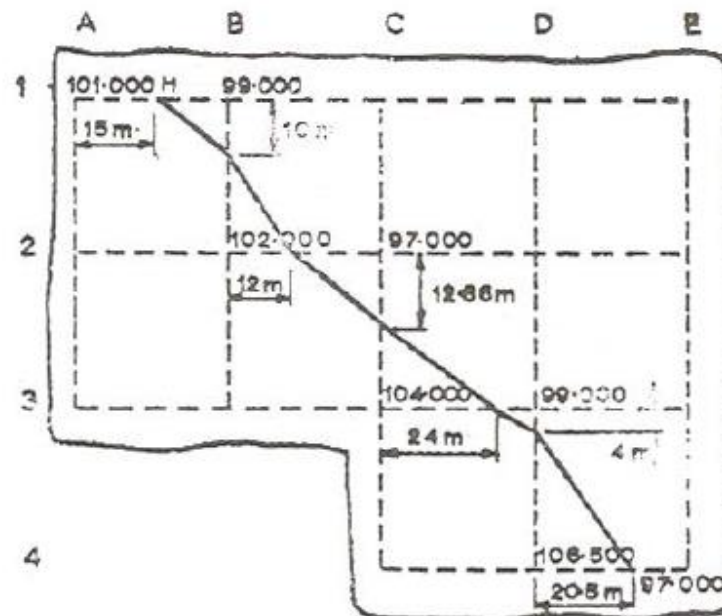
روش شبکه بندی برای تهیه نقشه توپوگرافی

یکی از روش های تعیین وضعیت ارتفاعی یک منطقه و ترسیم نقشه توپوگرافی از آن، شبکه بندی می باشد.

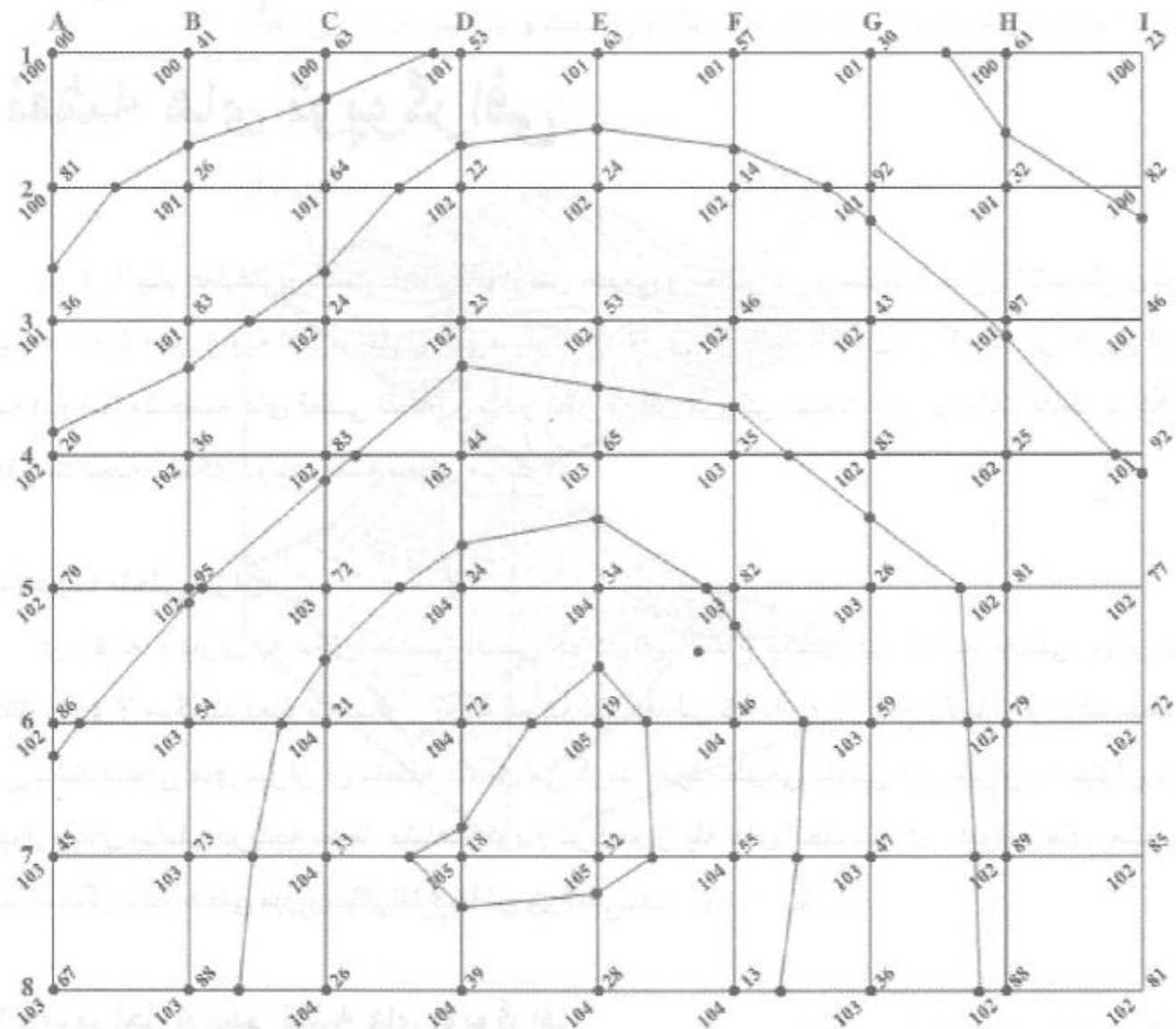
در این روش اولین قدم ایجاد یک شبکه قائم الزاویه بفواصل مساوی در منطقه از طریق تئودولیت و مترکشی (یا طولیاب) و میخکوبی (یا بتون گذاری) نقاط تقاطع شبکه فوق میباشد. در این صورت عملاً "امکان تعریف سیستم مختصات دکارتی برای تمام نقاط شبکه میسر میشود. به منظور تعیین ارتفاع نقاط این شبکه معمولاً" از روش ترازیابی هندسی بطور مستقل و با دقت میلیمتر استفاده میشود و تمام نقاط نسبت به نقطه مشخص یا دلخواه با ارتفاع معلوم ترازیابی شده و در نتیجه دارای ارتفاع میگردند. بدیهی است دقت ارتفاعی و مسطحاتی این روش به مراتب بهتر از روشهای دیگر خواهد بود.

روش شبکه بندی برای تهیه نقشه توپوگرافی

برای ترسیم نقشه ابتدا شبکه قائم الزاویه برداشت شده را ترسیم نموده و سپس ارتفاعات نقاط شبکه را بترتیب در نقاط تقاطع آنها یادداشت میکنیم. برای نام گذاری نقاط شبکه ابتدا "یک شماره گذاری حرفی (لاتین) در جهت طولی و یک شماره گذاری عددی در جهت عرضی انجام میگیرد بدین ترتیب هر نقطه از شبکه با یک حرف و عدد مشخص میشود. بطور مثال نقطه ای با شماره B3 نشانگر موقعیت نقطه ای در ردیف سوم و ستون دوم شبکه میباشد. از این روش امکان تهیه نقشه های با مقیاس ۱/۲۰۰ و منحنی تراز تا ۰,۲۵ سانتیمتر میسر میباشد.



روش شبکه بندی برای تهیه نقشه توپوگرافی

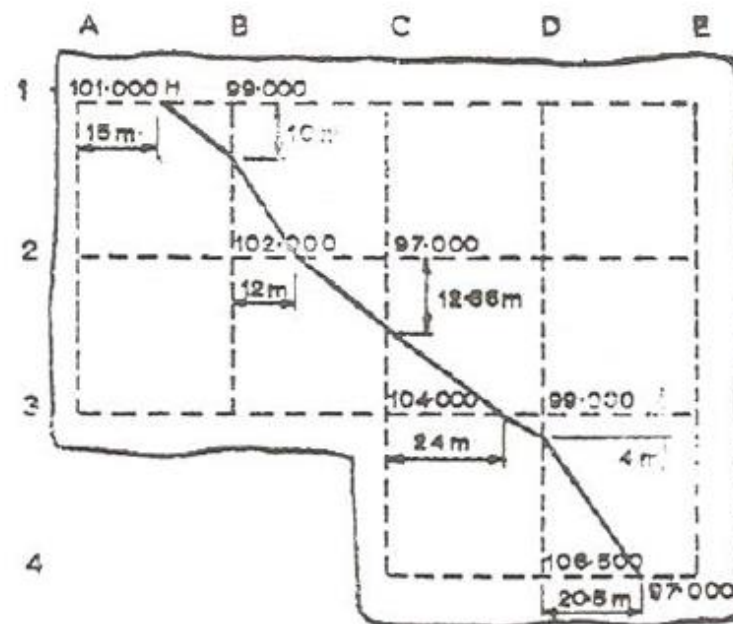


خواص منحنی میزان:

- ۱- خطوط استاندارد بسته می باشند و محدود نمی شوند مگر اینکه ابعاد کاغذ محدود باشد.
 - ۲- هیچ گاه یکدیگر را قطع نمی کنند.
 - ۳- فاصله منحنی میزانها نشاندهنده شیب منطقه است. هرچه این فاصله کمتر باشد، شیب منطقه بیشتر است.
 - ۴- برای نمایش سطح طبیعی زمین استفاده می شود.
- منحنی میزانها به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم می شوند. بعد از چهار منحنی میزان فرعی یک منحنی اصلی قرار میگیرد که از نظر قطر و رنگ متفاوت است و تنها روی این منحنی ارتفاع نوشته می شود.

فواصل نقاط شبکه بندی نسبت به مقیاس و فاصله ارتفاعی منحنی میزان ها

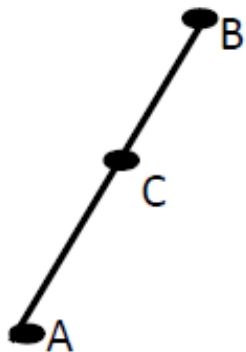
ابعاد شبکه مقیاس	< 1	1	2	5	100
1/500	1,25	1,5			
1/1000		1,25	1,5		
1/2000			1,5	1	
1/5000				1,5	1



مراحل ترسیم منحنی های میزان در روش شبکه بندی

- ترسیم منحنی میزان:
- ۱- پیاده سازی نقاط
 - ۲- محاسبات درون یابی:
 - ۳- اتصال نقاط هم ارتفاع
 - ۴- هموار نمودن منحنی ها
 - ۵- درج عدد ارتفاعی منحنی ها (منحنی های اصلی)
- ایجاد مثلث بین هر ۳ نقطه ی مجاور
- محاسبه ی فرمول صفحه های ۳ بعدی

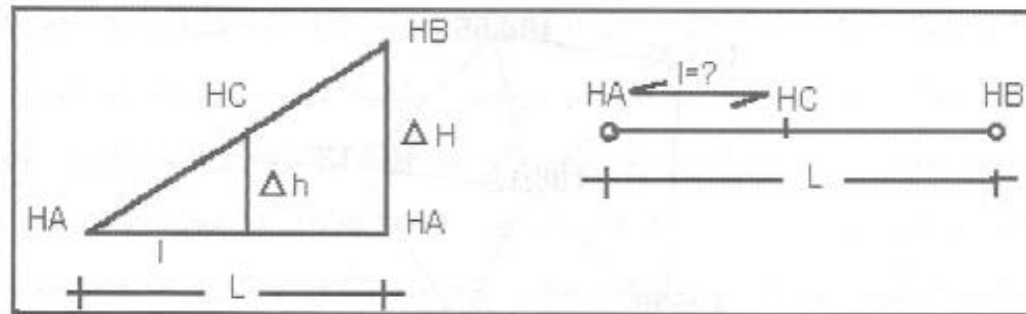
درون یابی: اگر نقطه ای که ارتفاع آن را قرار است مشخص کنیم بین نقاط معلوم A و B باشد.



مفهوم درونیابی یا انترپولاسیون یا واسطه یابی

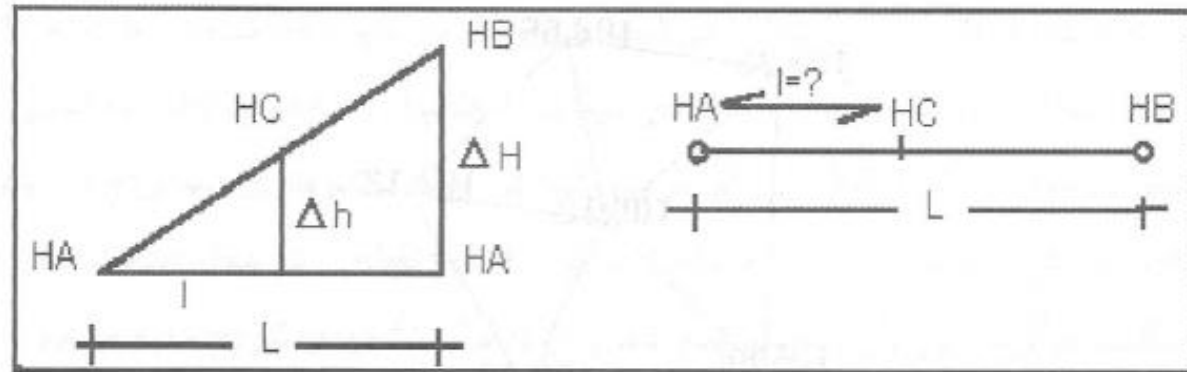
ث - انترپولاسیون نقاط ارتفاعی و ترسیم نقشه

مفهوم ریاضی انترپولاسیون یعنی میانه یابی یا واسطه یابی خطی بین دو نقطه با مختصات معلوم. چون در ترسیم منحنی های میزان نقاط دارای ارتفاعات یکسان و دارای ارتفاع با مضارب روند (نیم متری، یک متری یا دومتری و...) به یکدیگر متصل می گردند. به منظور استخراج نقاط دارای ارتفاع روند بین دو نقطه با ارتفاع مختلف و اعشاری عموماً از روش انترپولاسیون استفاده می گردد. در این روش سوال این است که، با داشتن دو نقطه A, B به فاصله L از یکدیگر با ارتفاعات HA, HB به چه نحوی می توان محل نقطه دیگری را با ارتفاع HC تعیین کرد بنحویکه دارای ارتفاع مشخص باشد. مطابق شکل ذیل میتوان نوشت:



$$\frac{l}{L} = \frac{\Delta h}{\Delta H} \Rightarrow l = \frac{L \times \Delta h}{\Delta H} = \frac{L \cdot (HC - HA)}{(HB - HA)}$$

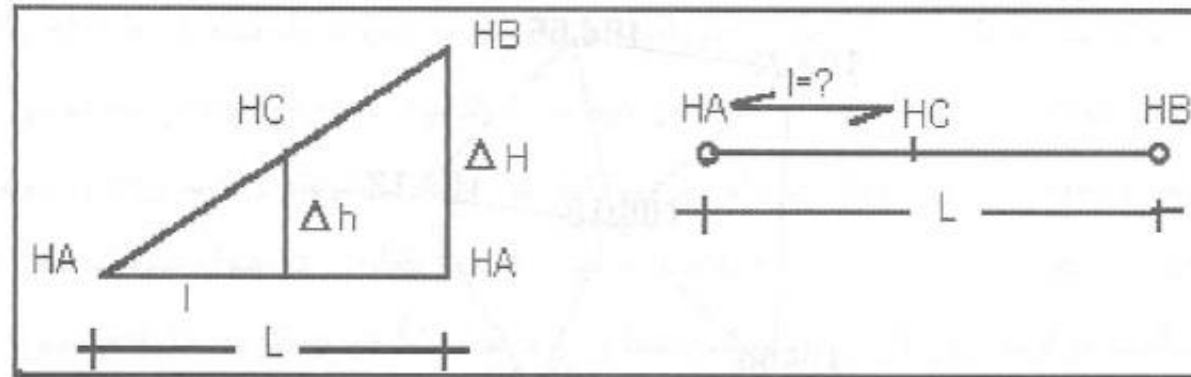
مفهوم درونیابی یا انتریولاسیون یا واسطه یابی



$$\frac{l}{L} = \frac{\Delta h}{\Delta H} \Rightarrow l = \frac{L \times \Delta h}{\Delta H} = \frac{L \cdot (HC - HA)}{(HB - HA)}$$

در رابطه فوق مقادیر HA , HB , L از نقشه مثلث بندی شده بروش فوق و با مقیاس مربوطه قابل استخراج و اندازه گیری است. ترسیم کننده با معرفی ارتفاع HC روند مورد نظر، بین دو نقطه A, B مقدار l (فاصله نقطه C تا نقطه با ارتفاع پایین) را محاسبه کرده و سپس با استفاده از خط کش یا اشل مقدار آن روی خط AB جدا میکند و نهایتاً ارتفاع HC را روی آن یادداشت می کند.

مفهوم درونیابی یا انترپولاسیون یا واسطه یابی



مثال ۱- در شکل بالا اگر $HA=101.72$, $HB=104.16$ مترو فاصله بین نقاط ۵ سانیمتر باشد، نقطه ارتفاعی ۱۰۳ متر در چه فاصله ای از نقطه A قرار میگیرد؟

$$l_{103} = \frac{5cm \times (103 - 101.72)}{(104.16 - 101.72)} = 2.62cm$$

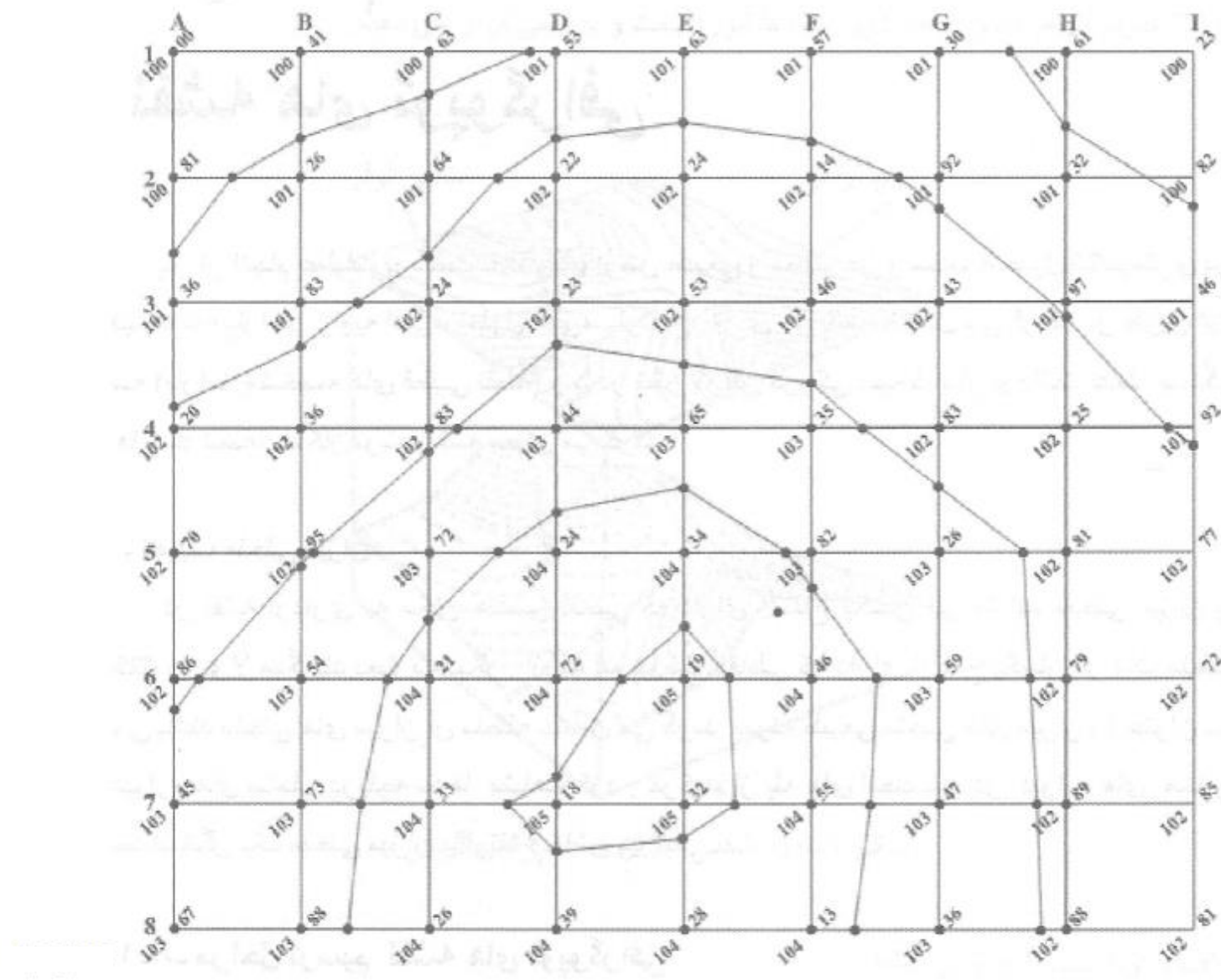
بدین ترتیب نقطه ای به فاصله ۲,۶۳سانتیمتر از نقطه اول دارای ارتفاع ۱۰۳ می باشد.

درون یابی و ترسیم منحنی های میزان در شبکه بندی

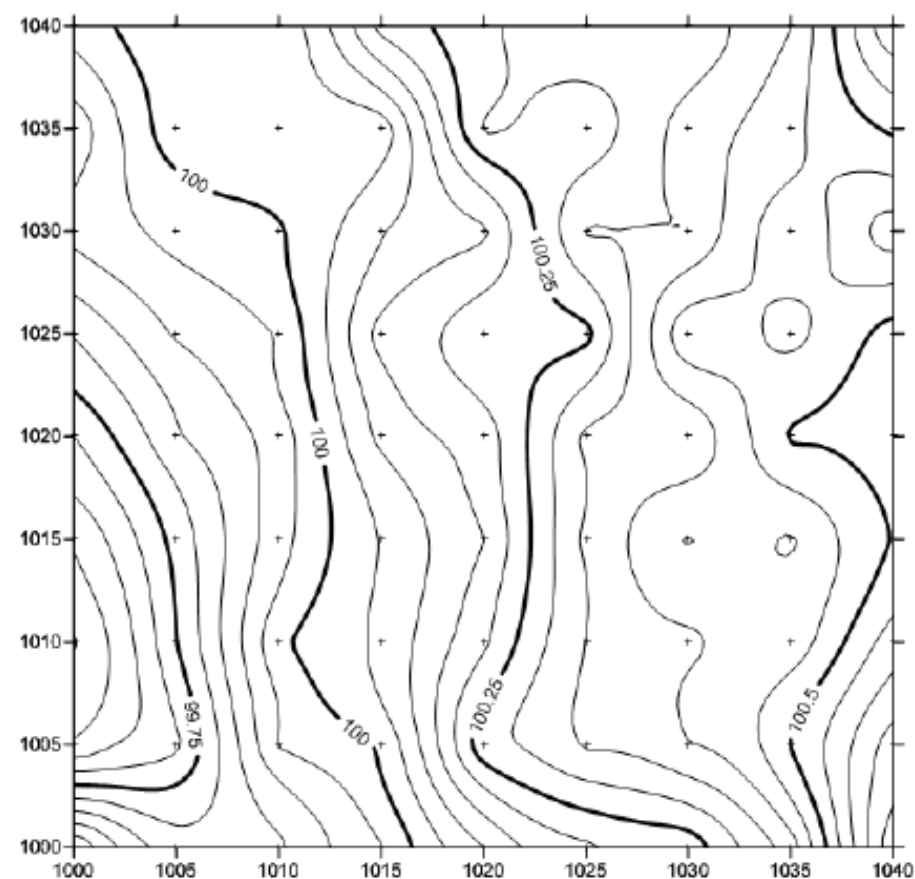
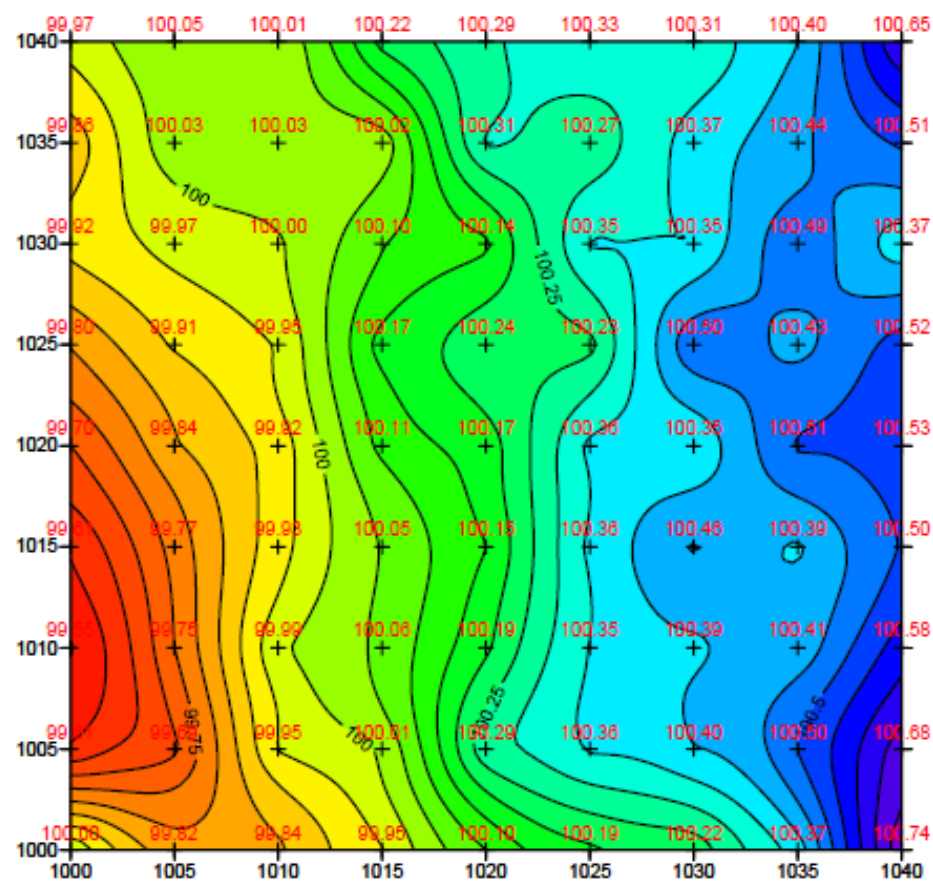
منظور تعیین محل ارتفاعات مورد نظر برای بقیه نقاط میتوان به روش مشابه عمل کرده و محل نقاط را با ارتفاعات روند روی کلیه اضلاع مثلثهای ترسیم شده، نشانه گذاری کرده و یادداشت نماییم. پس از این مرحله کلیه نقاط میانه یابی شده و دارای ارتفاع یکسان را به یکدیگر متصل میکند و بدین ترتیب با ادامه اتصال این نقاط منحنی میزان با ارتفاع مورد نظر ترسیم میگردد. ترسیم منحنی های میزان فرعی و اصلی بترتیب با قلمهای ۰,۱ و ۰,۳ (یا ۰,۲ و ۰,۴) میلیمتر و عوارض مسطحاتی نقشه های توپوگرافی معمولاً با قلم ۰,۲-۰,۳ میلیمتر صورت میگیرد.

معمولاً از هر پنج منحنی با رقوم متوالی در یک نقشه توپوگرافی منحنی که دارای مضارب صحیحی از پنج باشد به عنوان منحنی اصلی (متروس) انتخاب کرده و با قلم ضخیم تری ترسیم می کنند. ضمناً رقوم ارتفاعی منحنی های میزان را صرفاً روی منحنی اصلی و با فواصل مناسب و در جهت مناسب برای قرائت استفاده کننده یادداشت می کنند لذا در منحنی های فرعی نیازی به قید رقوم ارتفاعی نیست.

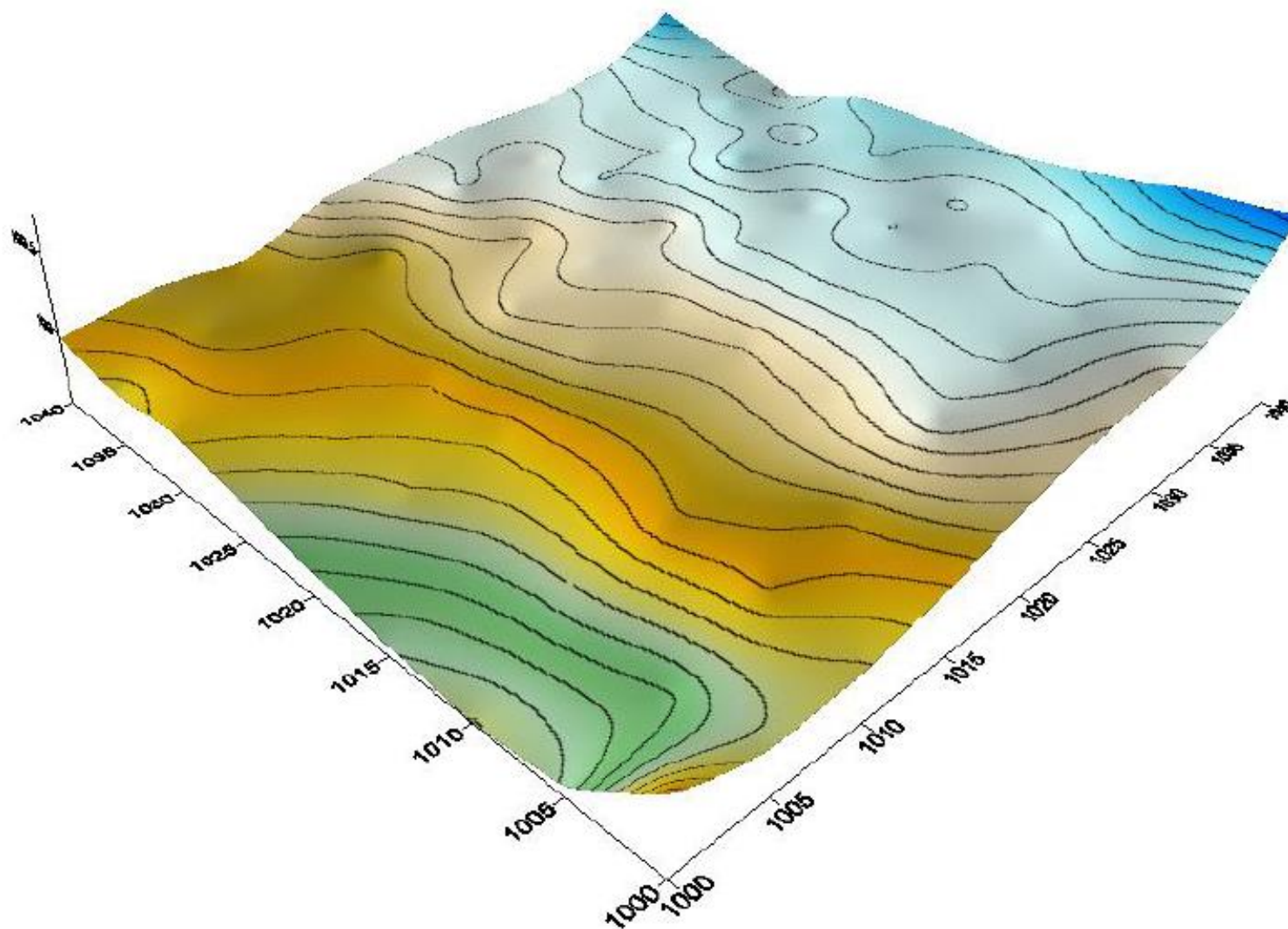
روش شبکه بندی برای تهیه نقشه توپوگرافی



روش شبکه بندی برای تهیه نقشه توپوگرافی



روش شبکه بندی برای تهیه نقشه توپوگرافی



محاسبه عملیات خاکی به روش شبکه بندی

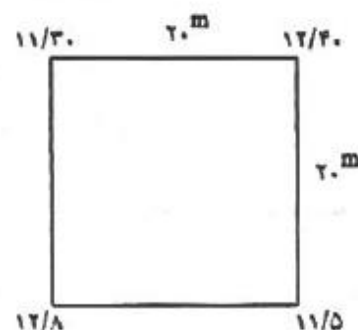
در صورت تعریف یک سطح پروژه با ارتفاع معلوم میتوان با کسر ارتفاع تمام نقاط شبکه از ارتفاع فوق، اختلاف ارتفاع هر نقطه را تعیین کرده و در نتیجه مقدار خاکبرداری یا خاکریزی هر نقطه را بدقت تعیین کرد. در این حال با محاسبه و یادداشت اختلاف ارتفاع میانگین هر بلوک در داخل آن و نهایتاً تعیین میانگین کل اختلاف ارتفاع بلوکها میتوان نسبت به تعیین حجم عملیات خاکی از طریق روابط ذیل در کل شبکه اقدام کرد. در رابطه ذیل A نشانگر سطح مقطع یک بلوک از شبکه بر حسب مترمربع و V حجم تقریبی کل عملیات خاکی را مشخص میکند.

$$V = \bar{h} \times A$$

در رابطه بالا h میانگین اختلاف ارتفاعات رئوس هر بلوک با ارتفاع تسطیح و A مساحت هر بلوک می باشد. نهایتاً با جمع حجم عملیات خاکی بلوک ها با یکدیگر، حجم عملیات خاکی کل منطقه شبکه بندی شده بدست می آید.

محاسبه عملیات خاکی به روش شبکه بندی - مثال

مثال ۱: قطعه زمینی به شکل مربع 20×20 متر، مطابق شکل زیر بایستی تسطیح شود. حجم خاکبرداری تا سطح ۱۱ متری چند متر مکعب است؟



۳۵۰ (۱)

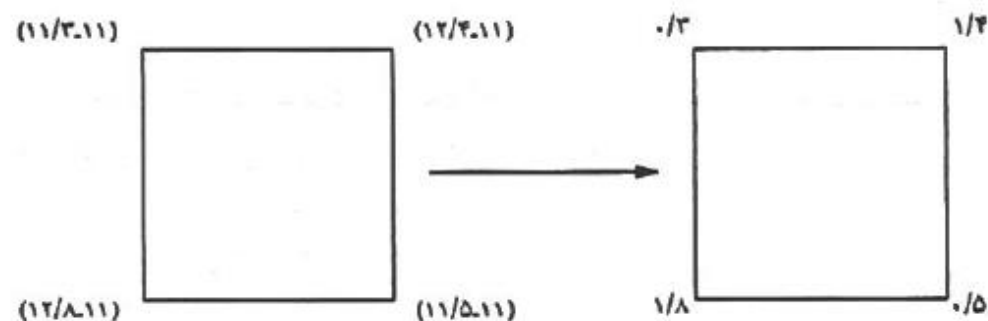
۴۰۰ (۲)

۴۳۲ (۳)

۴۸۰ (۴)

پاسخ:

گزینه ۲



$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}$$

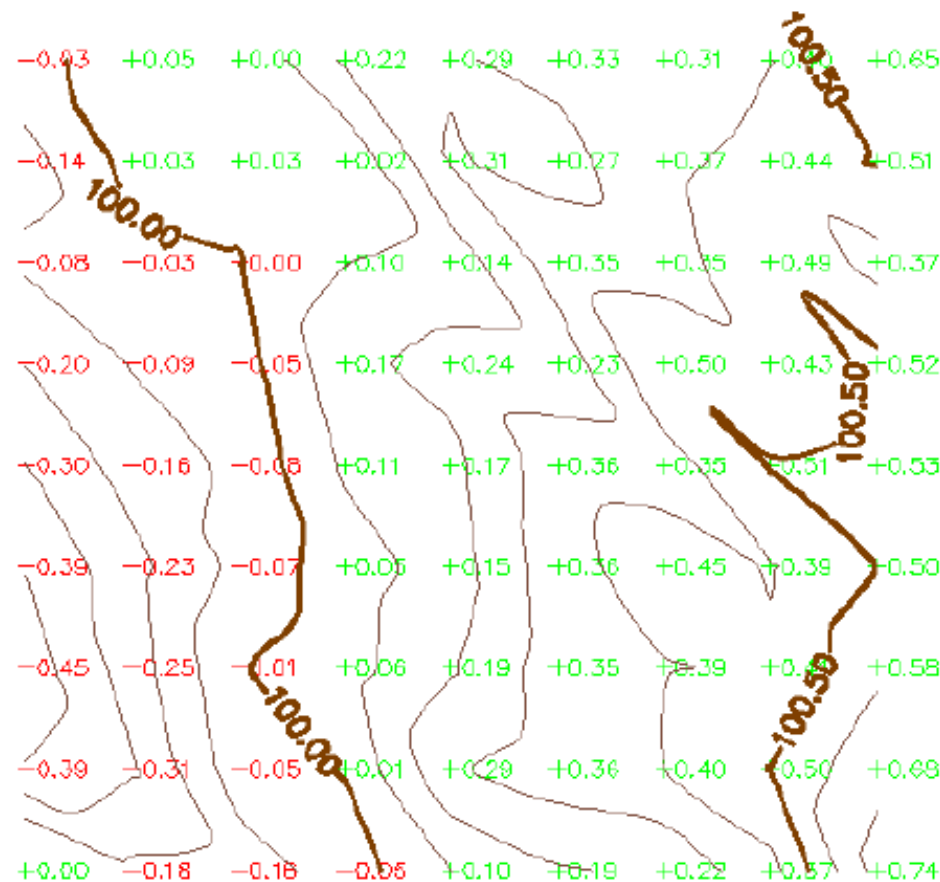
$$\bar{h} = \frac{0/30 + 1/40 + 0/80 + 1/50}{4} = 1\text{m}$$

$$V = A \cdot \bar{h}$$

$$V = (20 \times 20) \times 1 = 400 \text{ m}^3$$

محاسبه عملیات خاکی به روش شبکه بندی

تصور کنید کارفرما از شما خواسته است زمین مورد نظر را در ارتفاع مثلاً ۱۰۰ متر (مطابق شکل زیر) تسطیح کنید. باید ارتفاع خاکبرداری یا خاکریزی را بر روی تک تک میخهای محاسبه کرده و مطابق شکل زیر بر روی آنها در روی زمین و روی نقشه یاد داشت کنید.



شمال شبکه

جهت مثبت امتداد محور Y ها را شمال شبکه گویند. به عبارت دیگر امتداد شمالی محورهای متعامد روی نقشه را شمال شبکه یا شمال شبکه قائم الزاویه می نامند یعنی اگر خطوط افقی شبکه قائم الزاویه را محور X ها و خطوط قائم آن را محور Y ها بنامیم، امتداد محور Y در واقع همان شمال شبکه است. در روی شبکه، شمال شبکه را با حروف GN نمایش می دهند.

شمال حقیقی (جغرافیایی)

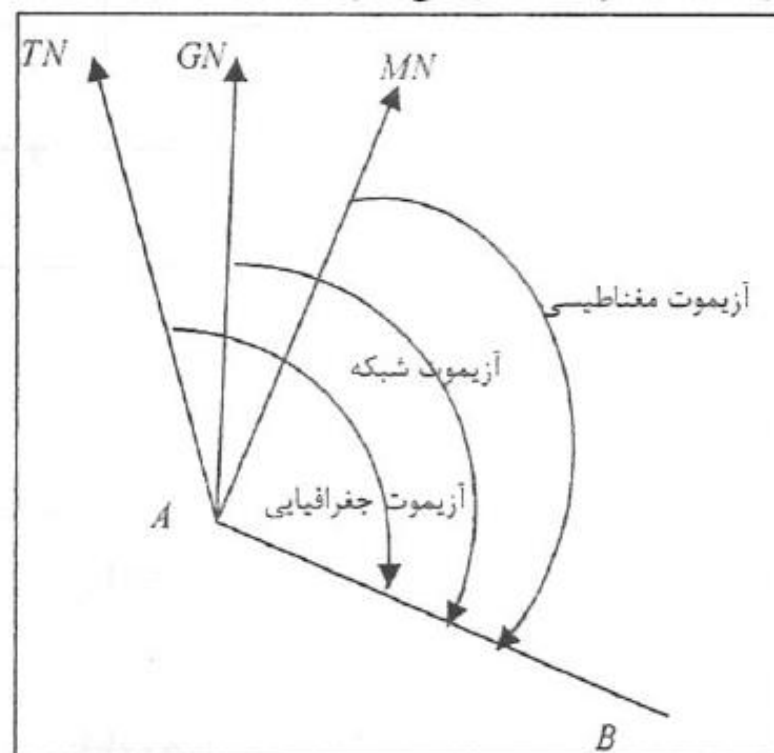
هرگاه هر یک از نقاط سطح زمین را بسوی قطب شمال امتداد دهیم سمتی پدید می آید که به آن شمال جغرافیائی یا شمال حقیقی می گویند، به عبارت دیگر، شمال جغرافیائی هر یک از نقاط سطح زمین امتداد نصف النهار همان نقطه رو به سمت قطب شمال است. شمال جغرافیائی را روی نقشه ها معمولاً با علامت TN (شمال حقیقی) مشخص می سازند.

شمال مغناطیسی

جهتی را که عقربه قطب نما نشان می دهد را شمال مغناطیسی آن نقطه گویند. به عبارت دقیقتر زمین به دلیل حرکت دورانی دائم خود به دور محورش یک میدان مغناطیسی ایجاد می کند که باعث انحراف عقربه مغناطیسی قطب نما می شود. در نتیجه این انحراف، سمت جنوبی عقربه مغناطیسی به طرف شمال زمین قرار می گیرد. (دلیل این امر آنست که در آهن ربا قطبهای غیر همنام یکدیگر را جذب می کنند.) به این ترتیب امتدادی را که نوک جنوبی عقربه مغناطیسی نشان می دهد شمال مغناطیسی گویند. این شمال را در نقشه ها معمولاً با حروف MN (شمال مغناطیسی) نمایش می دهند.[3]

۵-۲۲- آزمون حقیقی یا جغرافیایی

آزمون حقیقی (Az_T) هر امتداد زاویه ای است که بین امتداد شمال حقیقی (جغرافیایی) با امتداد مفروض در جهت ساعتگرد تشکیل می شود.



شکل ۵-۵۰

۵-۲۳- آزمون مغناطیسی

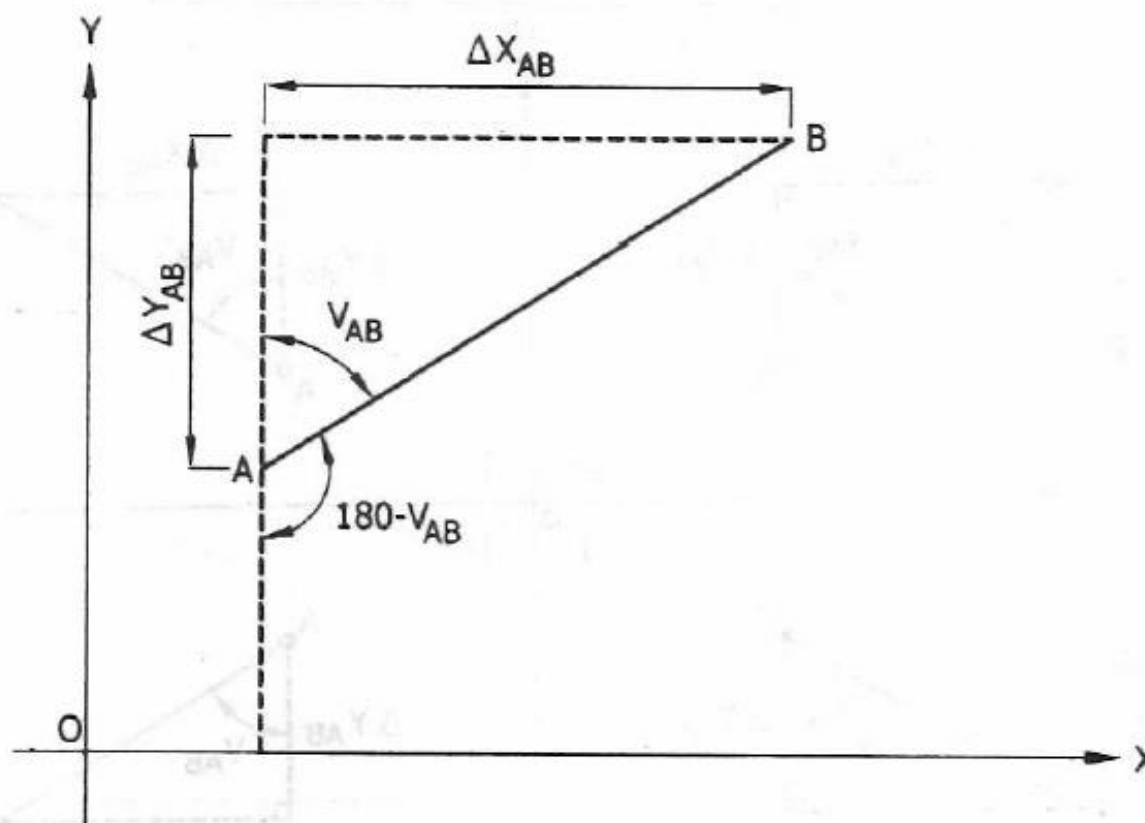
آزمون مغناطیسی (Az_M) هر امتداد زاویه ای است که بین امتداد شمال مغناطیسی با امتداد مفروض در جهت ساعتگرد تشکیل می شود.

۵-۲۴- انحراف مغناطیسی

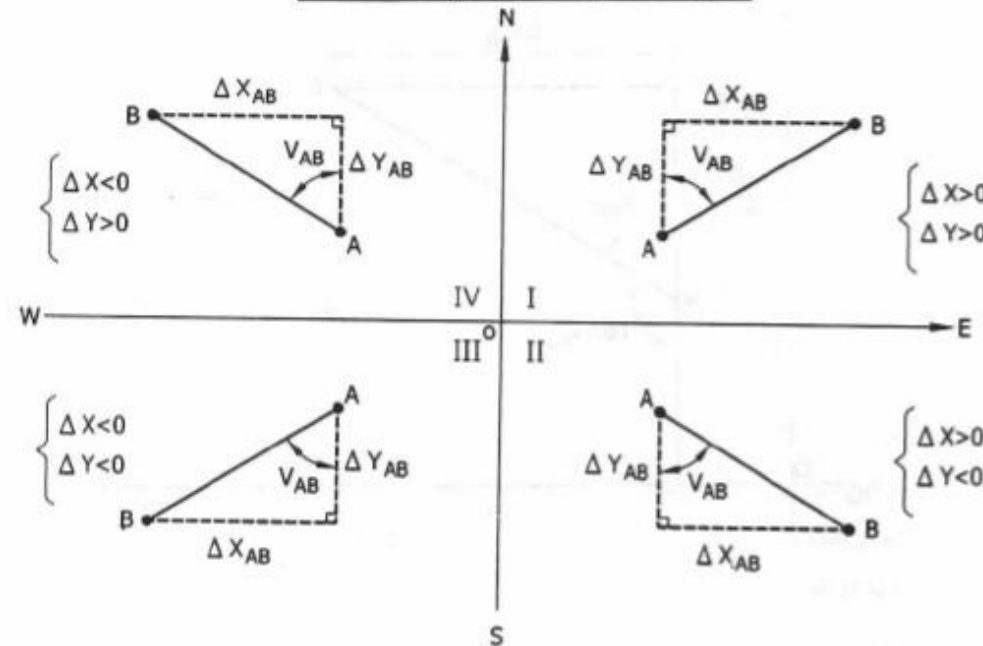
غیر از حرکت وضعی زمین عوامل دیگری از قبیل موقعیت جغرافیایی نقطه، جاذبه های محلی، شتاب ثقل، وضعیت فصلی و عوامل دیگر در انحراف عقربه مغناطیسی دخالت دارند. روی این اصل امتدادی را که این عقربه نشان می دهد همواره بیان کننده شمال حقیقی نمی باشد بلکه شمال حقیقی با شمال مغناطیسی با هم زاویه ای تشکیل می دهند که به آن انحراف مغناطیسی (δ) گویند. [3]

$$Az_T = Az_M \pm \delta$$

کوچکترین زاویه‌ای که یک امتداد با محور y می‌سازد را زاویه حامل آن امتداد می‌گویند.
در شکل زیر زاویه حامل امتداد AB با V_{AB} نشان داده شده است.



ربع مختصات	علامت Δx	علامت Δy
I	+	+
II	+	-
III	-	-
IV	-	+



موقعی که مختصات قائم دو نقطه مانند A و B در دسترس باشد با داشتن Δx و Δy امتداد مورد نظر (AB) چهار وضعیت می توان برای آن در نظر گرفت:

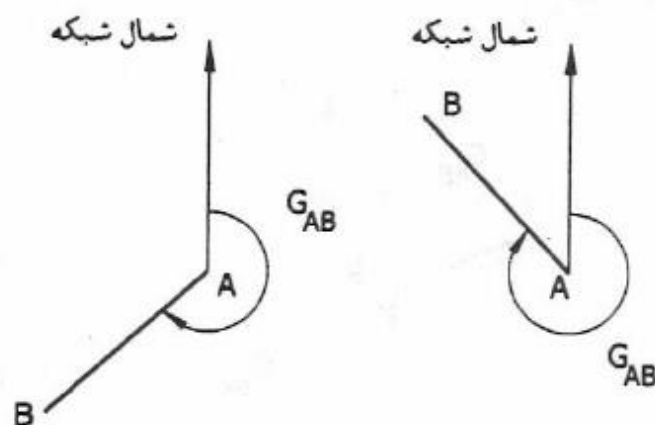
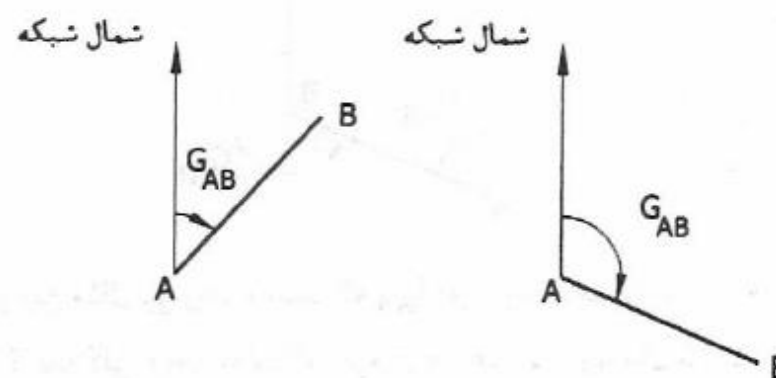
$$A \begin{vmatrix} x_A \\ y_A \end{vmatrix}, B \begin{vmatrix} x_B \\ y_B \end{vmatrix}$$

$$\begin{cases} \Delta x_{AB} = x_B - x_A \\ \Delta y_{AB} = y_B - y_A \end{cases}$$

- موقعی که $\Delta x > 0$ و $\Delta y > 0$ باشند امتداد AB در ربع اول مختصات قرار می گیرد.
- موقعی که $\Delta x > 0$ و $\Delta y < 0$ باشند امتداد AB در ربع دوم مختصات قرار می گیرد.
- موقعی که $\Delta x < 0$ و $\Delta y < 0$ باشند امتداد AB در ربع سوم مختصات قرار می گیرد.
- موقعی که $\Delta x < 0$ و $\Delta y > 0$ باشند امتداد AB در ربع چهارم مختصات قرار می گیرد.

ژیزمان

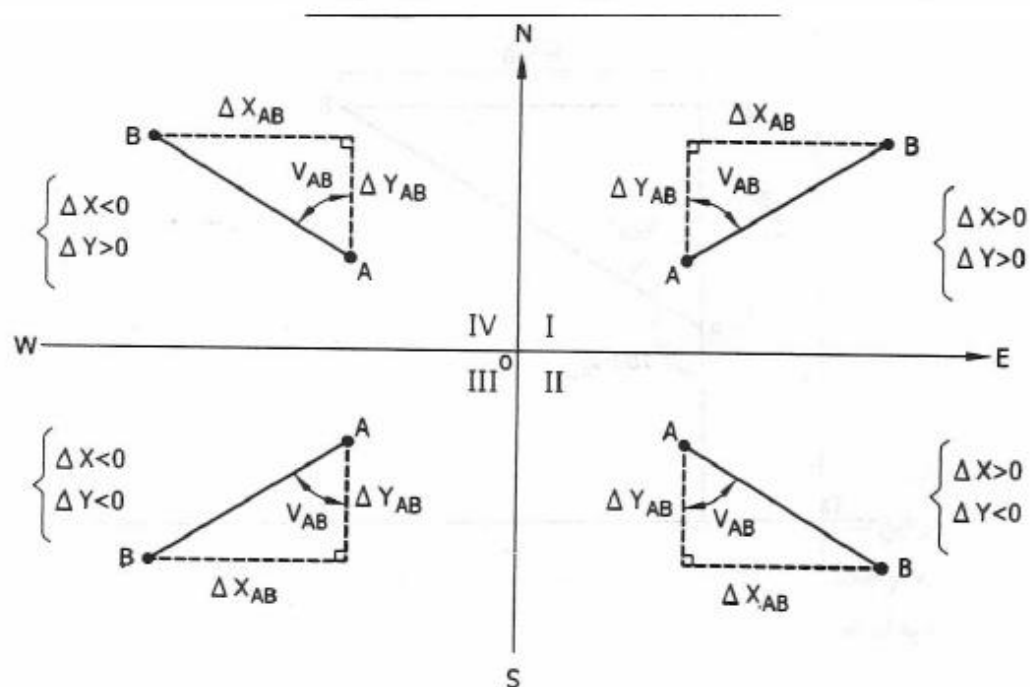
زاویه هر امتداد با شمال شبکه در جهت حرکت عقربه‌های ساعت را ژیزمان آن امتداد گویند. در شکل زیر، ژیزمان امتدادی مانند AB بر روی نقشه در چهار وضعیت نشان داده شده است.



محاسبه زاویه حامل یک امتداد از روی مختصات نقاط ابتدا و انتهای آن

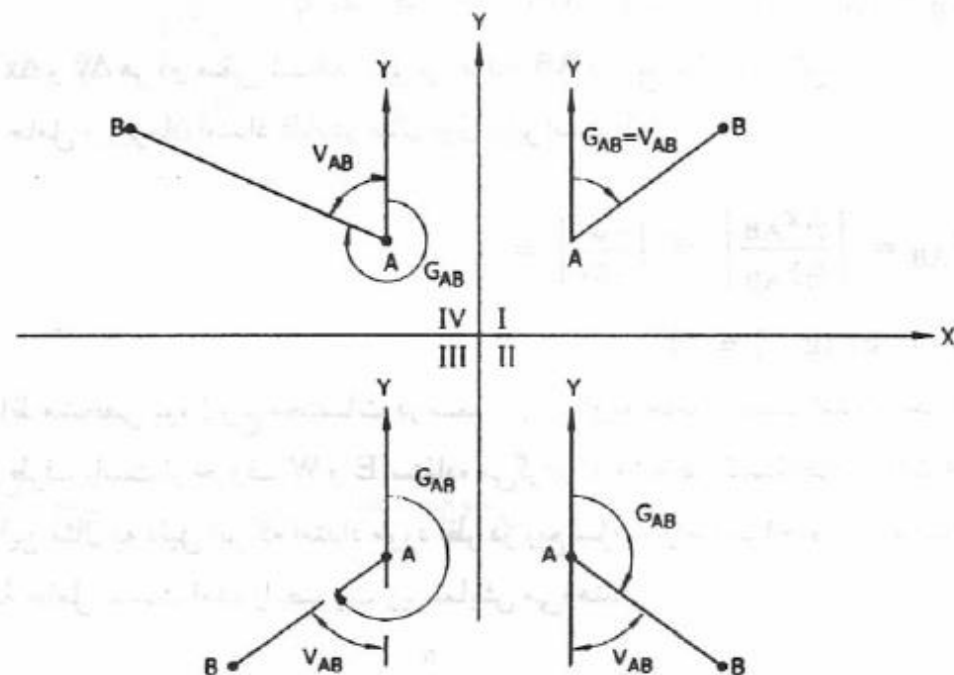
چنانچه یک امتداد مانند AB را در نظر بگیریم که مختصات دو نقطه واقع بر آن $A \begin{vmatrix} x_A \\ y_A \end{vmatrix}$ و $B \begin{vmatrix} x_B \\ y_B \end{vmatrix}$ باشد با توجه به جدول و شکل زیر، رابطه زیر را می توان نوشت:

$$\text{tg } V_{AB} = \left| \frac{\Delta x_{AB}}{\Delta y_{AB}} \right| = \left| \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A} \right| \quad \text{یا} \quad V_{AB} = \text{Arc tg } \left| \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A} \right|$$



جدول تعیین علامت برای زاویه حامل

	ربع اول	ربع دوم	ربع سوم	ربع چهارم
Δx	+	+	-	-
Δy	+	-	-	+
$G_{AB} = V_{AB}$		$G_{AB} = 200^\circ - V_{AB}$ یا $G_{AB} = 180^\circ - V_{AB}$	$G_{AB} = 200^\circ + V_{AB}$ یا $G_{AB} = 180^\circ + V_{AB}$	$G_{AB} = 200^\circ - V_{AB}$ یا $G_{AB} = 260^\circ - V_{AB}$



بنابراین با مشخص بودن $A \begin{vmatrix} x_A \\ y_A \end{vmatrix}$ و $B \begin{vmatrix} x_B \\ y_B \end{vmatrix}$ می توان ژیزمان امتداد AB ، (G_{AB}) را به روش زیر محاسبه نمود:

$$\begin{cases} \Delta x_{AB} = x_B - x_A \\ \Delta y_{AB} = y_B - y_A \end{cases} \quad (1). \text{ مقادیر } \Delta x \text{ و } \Delta y \text{ را بدست می آوریم.}$$

(2). با توجه به مقادیر Δx_{AB} و Δy_{AB} ، زاویه حامل امتداد AB را بدست می آوریم.

(3). با توجه به علایم Δx و Δy ربع مختصاتی را که امتداد AB در آن قرار دارد مشخص می کنیم.

(4). توسط روابط چهارگانه میان ژیزمان و زاویه حامل، مقدار ژیزمان امتداد AB را محاسبه می کنیم.

مثال: دو نقطه $A \begin{vmatrix} 100 \\ 200 \end{vmatrix}$ و $B \begin{vmatrix} 50 \\ 150 \end{vmatrix}$ معلوم می‌باشند. ربع مختصات که AB در آن واقع شده است را مشخص نمایید.

پاسخ:

$$\Delta x_{AB} = x_B - x_A \rightarrow \Delta x_{AB} = 50 - 100 = -50 < 0$$

$$\Delta y_{AB} = y_B - y_A \rightarrow \Delta y_{AB} = 150 - 200 = -50 < 0$$

چون Δx و Δy هر دو منفی شده‌اند بنابراین امتداد AB در ربع سوم می‌باشد.

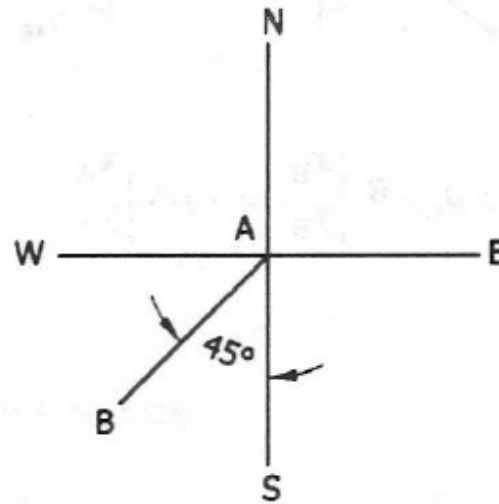
زاویه حامل و ژیزمان امتداد AB در مثال فوق برابر است با:

$$\operatorname{tg} V_{AB} = \left| \frac{\Delta x_{AB}}{\Delta y_{AB}} \right| = \left| \frac{-50}{-50} \right| = 1$$

$$V_{AB} = \operatorname{Arc} \operatorname{tg} (1) = 45^\circ$$

به لحاظ مشخص بودن ربع مختصات در سمت چپ زاویه حامل بدست آمده از حروف S و N و در طرف راست از حروف E و W استفاده می‌گردد که مشخص کننده چهار حالت اصلی است. در این مثال به دلیل این که امتداد مورد نظر در ربع سوم مختصات (جنوب - غرب) قرار دارد، زاویه حامل بدست آمده را بصورت زیر نمایش می‌دهند:

$$V_{AB} = s 45^{\circ} w$$

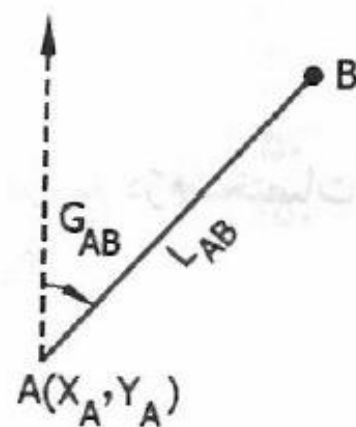


با توجه به این که امتداد مورد نظر (AB) در ربع سوم مختصات قرار دارد، با داشتن زاویه حامل، ژیزمان ربع سوم مختصاتی از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$G_{AB} = 180^{\circ} + V_{AB}$$

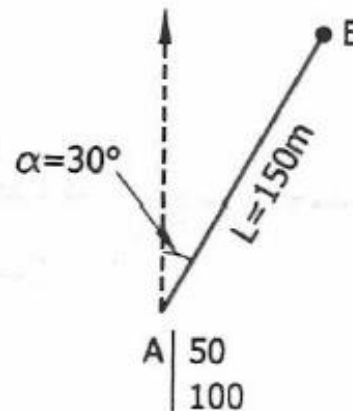
$$G_{AB} = 180^{\circ} + 45^{\circ} = 225^{\circ}$$

محاسبه مختصات رئوس یک امتداد
با داشتن ژیزمان امتدادی، طول امتداد و مختصات یک نقطه، می توان مختصات نقطه بعدی را محاسبه نمود.



$$\begin{cases} x_B = x_A + L \cdot \sin \alpha \\ y_B = y_A + L \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

مثال ۱: اگر مختصات نقطه A برابر (۵۰ و ۱۰۰) و طول AB برابر ۱۵۰ متر و زاویه α برابر ۳۰ درجه باشد. مختصات نقطه B برابر کدام است؟



پاسخ:

$$x_B = x_A + L \cdot \sin \alpha$$

$$x_B = 50 + 150 \cdot \sin 30^\circ = 125\text{m}$$

$$y_B = y_A + L \cdot \cos \alpha$$

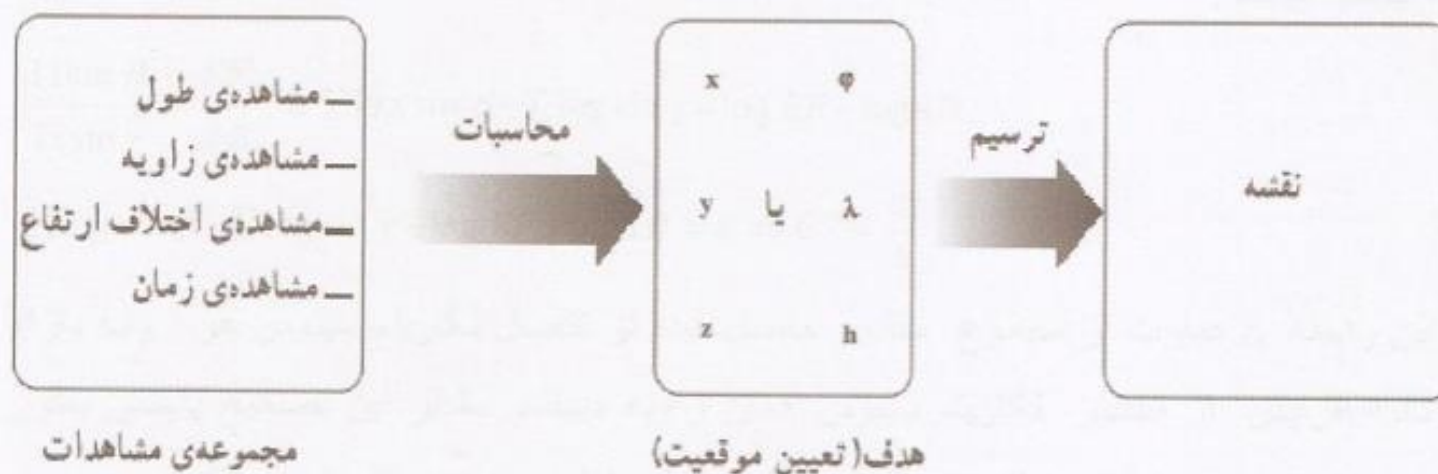
$$y_B = 100 + 150 \cdot \cos 30^\circ = 230\text{m}$$

فصل نهم

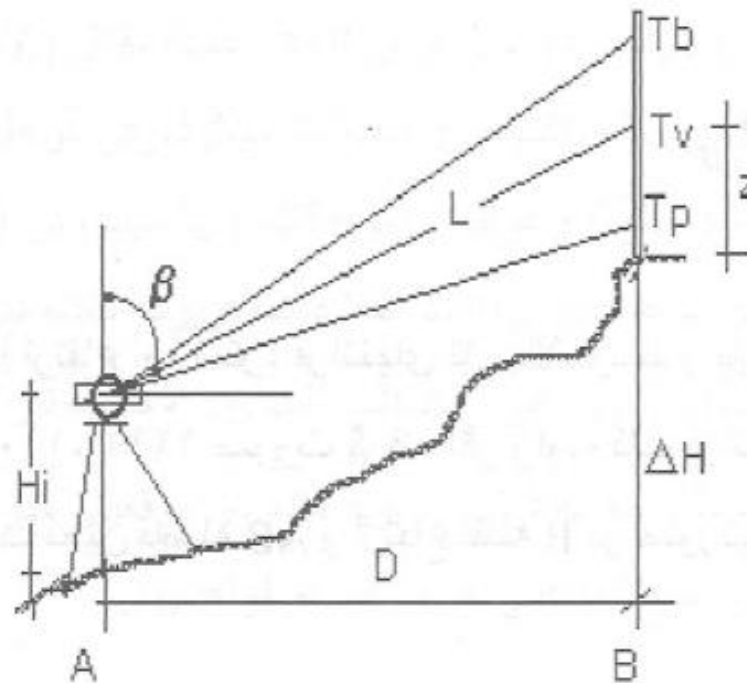
تاکئومتری، توتال استیشن، اصول برداشت و مفاهیم اولیه

اصول برداشت نقشه های توپوگرافی

به مجموعه روشها و مشاهدات مربوط به جمع آوری اطلاعات از عوارض طبیعی و مصنوعی زمین که به منظور تهیه نقشه انجام میگیرد، عملیات برداشت گویند. منظور از برداشت اطلاعات کسب اطلاعات در مورد موقعیت عوارض (x, y, z) ، نوع عوارض و وضعیت نسبی آنهاست که در نهایت منجر به تهیه نقشه از یک منطقه میگردد. در واقع هدف اصلی از بیان روشهای اندازه گیری طول و زاویه و اختلاف ارتفاع و روشهای تعیین موقعیت که در فصلهای قبل اشاره گردید نهایتاً تهیه نقشه میباشد. در عمل پس از ساختمان نقاط پیمایش و انجام اندازه گیری طولها و زاویه ای و ترازبایی، نهایتاً مختصات نقاط پیمایش محاسبه میگردد. در مرحله بعد با استفاده از تکنیکی بنام تاکنومتری، با استقرار روی این نقاط اقدام به برداشت جزئیات از منطقه میکنند.



به عملیات مربوط به اندازه گیری هم زمان طول و اختلاف ارتفاع توسط زاویه یاب (تئودولیت) و میر تاکنومتری گویند. عملیات تاکنومتری با استفاده از تئودولیت‌های مکانیکی یا دیجیتالی در حد **T16** (با قرائت دقیقه) و با استفاده از میر، ژالون و تراز نبشی صورت میگیرد. شکل ذیل اساس کار و روابط مورد استفاده در تاکنومتری را بیان میکند.



تعیین مختصات نقاط به روش تاکنومتری (فرمول های تاکنومتری)

$$D_h = 100 \times L \times \cos^2 \alpha$$

$$D_h = 100 \times L \times \sin^2 \beta$$

قرائت تار پایین - قرائت تار بالا = L

در رابطه بالا D_h فاصله افقی بین ایستگاه دوربین تا شاخص، زاویه α زاویه شیب یا ارتفاعی، زاویه β زاویه زینتی یا قائم، عدد ۱۰۰ ضریب ثابت استادیومتری، L اختلاف تار بالا و پایین رتیکول

$$\Delta H = 100 \times L \times \sin \alpha \times \cos \alpha + h_i - h_s$$

$$\Delta H = D_h \times \tan \alpha + h_i - h_s$$

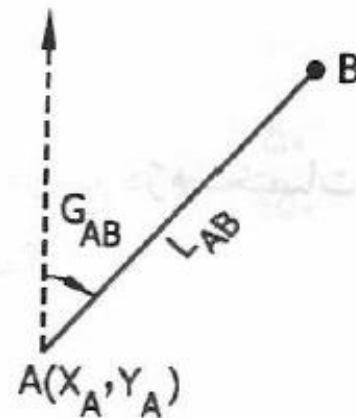
$$\Delta H = \frac{100 \times L}{2} \times \sin 2\beta + h_i - h_s$$

هر سه این روابط مشابه
یکدیگر بوده و با روابط
مثلثاتی قابل تبدیل به یکدیگر
می باشند

در رابطه بالا زاویه α زاویه شیب یا ارتفاعی، زاویه β زاویه زینتی یا قائم، عدد ۱۰۰ ضریب ثابت استادیومتری، L اختلاف تار بالا و پایین رتیکول h_i ارتفاع دستگاه، h_s ارتفاع تار وسط و ΔH اختلاف ارتفاع بین دو نقطه استقرار دوربین و نقطه استقرار شاخص است.

محاسبه مختصات رئوس یک امتداد

با داشتن ژیزمان امتدادی، طول امتداد و مختصات یک نقطه، می توان مختصات نقطه بعدی را محاسبه نمود.



$$\begin{cases} x_B = x_A + L \cdot \sin \alpha \\ y_B = y_A + L \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

مثال ۱- از ایستگاه A با ارتفاع ۱۰۰ متر، قرائتهای تار بالا، وسط و پایین در روی میر نقطه B بترتیب برابر ۳۴۱۲، ۱۱۰۰، ۱۲۱۲ صورت گرفته اگر زاویه قائم قرائت شده برابر ۸۵ درجه و ۱۲ دقیقه باشد مطلوب است تعیین فاصله AB و ارتفاع نقطه B در صورتیکه ارتفاع دستگاه در نقطه A برابر ۱/۴۵ متر باشد .

$$D = 100 \times (3412 - 1212) \times \sin^2 (85^\circ 12') = 218459.5641mm = 218.459m$$

$$\Delta H = 100 \times \frac{(3412 - 1212)}{2} \times \sin (2 \times 85^\circ 12') + 1450 - 1100 = 18694.562mm = 18.694m$$

$$H_B = H_A + \Delta H = 100 + 18.694 = 118.694m$$

تعیین مختصات نقاط به روش تاکنومتری (مثال)

مثال ۲: دوربین تئودولیت در روی ایستگاه S_1 به ارتفاع $1256/16$ متر مستقر می‌باشد. پس از قراول روی به نقطه A قرائت تارها به ترتیب 1260 و 1520 و 1780 قرائت شده است. در صورتیکه زاویه قائم 45° و زاویه افقی $92^\circ 18' 56''$ قرائت شود. ارتفاع نقطه A چقدر است؟ (ارتفاع دوربین $1/52$ متر و ضریب دوربین 100)

کارشناسی ناپیوسته عمران

$$1258/48 \quad (1) \quad 1260 \quad (2) \quad 1260/02 \quad (3) \quad 1264/29 \quad (4)$$

گزینه ۲ زاویه شیب $15'$ ، $45' = 4^\circ$ ، $90^\circ - 85^\circ = 4^\circ$

$$\Delta H = 100 L \sin \alpha \cdot \cos \alpha + h_1 - Z$$

$$\Delta H = 100 \left(\frac{1780 - 1260}{1000} \right) \cdot \sin 4^\circ \cdot \cos 4^\circ + 1/52 - 1/52$$

$$\Delta H = 3/84 \text{ m} \quad h_1: \text{ارتفاع دستگاه}$$

Z : تار وسط دوربین

$$H_A = H_{S_1} + \Delta H$$

$$H_A = 1256/16 + 3/84 = 1260 \text{ m} \quad \text{ارتفاع نقطه } A$$

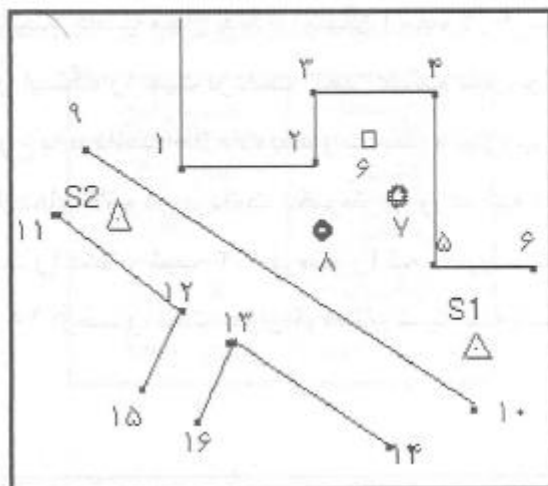
* در این مسئله، زاویه افقی دوربین هیچ نقشی در محاسبات ندارد.

برداشت جزئیات به روش تاکنومتری برای ترسیم نقشه

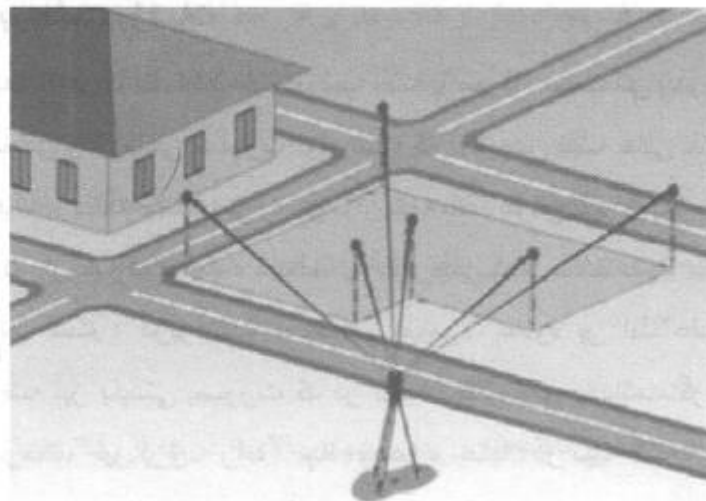
اصولا هدف از برداشت اطلاعات در تهیه نقشه یا صرفاً "مسطحاتی (بدون اطلاعات ارتفاعی) است و یا مسطحاتی و ارتفاعی بصورت توام است که به چنین نقشه هایی نقشه های توپوگرافی میگویند. نمونه یک برداشت مسطحاتی را می توان تهیه نقشه بلوکی شهری یا روستایی یا تهیه کروکی عنوان کرد که در آن صرفاً موقعیت مسطحاتی عوارضی شامل ساختمانها، معابر، تیرهای برق و غیره مورد نظر است. در برداشت مسطحاتی معمولاً علاوه بر اطلاعات تاکنومتری نقاط، مشخصات عارضه نیز بایستی بصورت کد در برگه تاکنومتری یادداشت گردد بعنوان مثال درج عنوان خانه، درخت، تیر برق، راه، چاه و غیره. غالباً در تهیه نقشه از عوارض مسطحاتی نیازی به تعیین ارتفاع نمیباشد، در این حالت بجای واژه تاکنومتری در برداشت از لغت استادیامتری استفاده میگردد.

در نقشه های توپوگرافی علاوه بر موقعیت مسطحاتی عوارض، وضعیت ارتفاعی آنها نیز بایستی با ارائه رقوم ارتفاعی یا به صورت منحنی های میزان (در فصل آینده به تفصیل بحث خواهد شد) ارائه گردد. در برداشت از مناطق طبیعی نظیر تپه و ... جز در موارد خاص (نظیر محل آبریزها) نیازی به نوشتن کد نقطه نیست. عملیات برداشت عموماً از طریق ایستگاههای پیمایش انجام میگردد بنحویکه با توجه به دید هر ایستگاه از اطراف آن، اطلاعات منطقه برداشت میگردد. در این حال از هر ایستگاه بسته به مقیاس نقشه، مجاز به برداشت اطلاعات در فاصله محدودی میباشیم لذا بایستی برنامه ریزی لازم بنحوی صورت گیرد که از هر ایستگاه حد اکثر استفاده لازم با توجه به فاصله مجاز فوق صورت پذیرد.

برداشت جزئیات به روش تاکنومتری برای ترسیم نقشه توپوگرافی



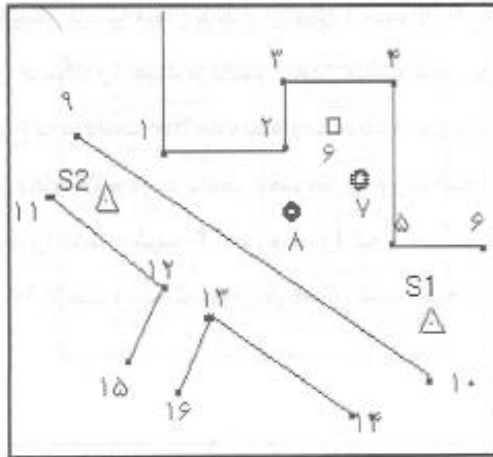
کروکی اولیه



(شکل ۵-۷) - اصول برداشت بروش تاکنومتری

قبل از شروع عملیات برداشت بایستی ابتدا "از عوارض مشخص و قابل رؤیت از هر ایستگاه (از اطلاعات برنامه ریزی شده جهت برداشت) کروکی با دست تهیه کرد. کروکی فوق مشخص میکند که از آن ایستگاه چه اطلاعاتی و با چه ترتیبی بایستی توسط عامل برداشت گردد ضمناً موقعیت تقریبی ایستگاه اصلی و ایستگاه فرعی و تمام اطلاعات عینی در آن مشخص میشود. تهیه کروکی دقیق از منطقه نقش موثری را در کاهش زمان برداشت اطلاعات و خصوصاً ترسیم نقشه خواهد داشت. برای شروع عملیات برداشت عامل روی ایستگاه مورد نظر زاویه یاب را مستقر کرده و با توجه به کروکی فوق، به ترتیب اقدام به برداشت عوارض مورد نظر با ذکر کد یا شماره نقطه عیناً مشابه شماره های قید شده در کروکی و درج آن در برگه تاکنومتری میکند.

برداشت جزئیات به روش تاکنومتری برای ترسیم نقشه توپوگرافی



کروکی اولیه

مطابق شکل فوق، عامل ابتدا موظف به برداشت تاکنومتری از مناطق مسکونی (شماره ۱-۵) با کد (خانه) یا (خ) در برگه تاکنومتری است، عارضه شماره ۶ نشانگر تیر برق، عارضه شماره ۷ نشانگر درخت تکی و عارضه شماره ۸ نشانگر چاه است. عوارض شماره های ۹-۱۶ نشانگر راه بوده و با کد راه در برگه تاکنومتری بایستی مشخص شوند.

در مورد برداشت نقاط ارتفاعی بایستی دقت کرد که عمل برداشت نقاط به صورت جاروب و به فرم شطرنجی در منطقه صورت گیرد و مناطق برداشت شده در هر ایستگاه به منظور جلوگیری از تکرار برداشت از ایستگاههای دیگر (وجلوگیری از گپ)، دقیقاً نشانه گذاری و سنگ چینی گردند. فاصله نقاط برداشت شده در مقیاس ۱/۵۰۰ از یکدیگر نبایستی بیشتر از ۱۵ متر باشد. این مقدار در مقیاس های ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۲۰۰۰ تا ۳۰ متر نیز میتواند برسد. ضمناً در تمام جاهائیکه به نحوی زمین دچار تغییر شیب محسوس می گردد بایستی نقطه کافی برداشت گردد. در مورد مناطق با شیب بسیار زیاد مانند ترانشه ها (پرتگاهها) بایستی هم در بالا و هم در پایین آنها، نقاط تاکنومتری کافی برداشت شود. این مسئله بایستی در برداشت نقاط دو طرف راهها و آبریزها (بریک لاین) نیز مورد توجه قرار گیرد.

برداشت جزئیات به روش تاکنومتری برای ترسیم نقشه توپوگرافی

نکته مهم در برداشت نقاط پر کردن صحیح و کامل اطلاعات برداشت شده در سر برگ تاکنومتری است. در مورد عوارض نامشخص نظیر برداشت ناهمواری و توپوگرافی زمین ، با توجه به مقادیر ارائه شده در جداول برداشت، فاصله مجاز نقاط از یکدیگر (معمولاً ۲ سانتیمتر در مقیاس نقشه) و حداکثر شعاع عمل از هر ایستگاه را جهت برداشت تعیین میکنیم سپس بر این اساس از هر ایستگاه در محدوده تعیین شده شروع به برداشت اطلاعات بصورت منظم و جاروب خطی مینمائیم. در جداول (۷-۱) تعدادی از استانداردهای لازم در برداشت تاکنومتری آورده شده است. در جداول ذیل زمین های با شیب تا ۳ درصد را دشت، شیب ۳-۷ درصد را تپه ماهور ، شیب بین ۷-۱۵ درصد را کوهستان و شیب بیش از ۱۵ درصد را تحت عنوان کوهستان شدید طبقه بندی میکنند.

برداشت جزئیات به روش تاکئومتری برای ترسیم نقشه توپوگرافی

جدول ۷-۱- الف- طبقه بندی توپوگرافی بر حسب شیب

نوع منطقه	شیب زمین
دشت	کمتر از ۳٪
تپه ماهور	۳-۷٪
کوهستان	۷-۱۵٪
کوهستان شدید	بیشتر از ۱۵٪

۷-۱- ج- حداقل تراکم نقاط برداشتی در واحد هکتار

منطقه / مقیاس	۱/۵۰۰	۱/۱۰۰۰	۱/۲۰۰۰	۱/۵۰۰۰
دشت	۲۵	۱۰	۵	۱
تپه ماهور	۲۵	۱۰	۵	۱
کوهستان	۱۰۰	۵۰	۲۰	۵

۷-۱- ب- حداکثر فاصله نقاط برداشت شده از یکدیگر (واحد به متر)

منطقه / مقیاس	۱/۵۰۰	۱/۱۰۰۰	۱/۲۰۰۰	۱/۵۰۰۰
دشت	۱۲,۵	۲۵	۵۰	۱۲۵
تپه ماهور	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰۰
کوهستان	۱۰	۲۰	۴۰	۱۰۰
کوهستان شدید	۷,۵	۱۵	۳۰	۷۵

۷-۱- پ- حداکثر فاصله مجاز برداشت اطلاعات از هر ایستگاه - واحد به متر

منطقه / مقیاس	۱/۵۰۰	۱/۱۰۰۰	۱/۲۰۰۰	۱/۵۰۰۰
دشت	۱۰۰	۱۳۰	۱۷۰	۲۰۰
تپه ماهور	۱۰۰	۱۳۰	۱۷۰	۲۰۰
کوهستان	۸۰	۱۱۰	۱۴۰	۱۵۰

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

۱-۸- مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

برای ترسیم نقشه های توپوگرافی مراحل ذیل را به ترتیب انجام می‌دهیم (روش ترسیم دستی):

الف - تهیه شیت گریدبندی شده کالک یا ترانسپارت.

ب - دادن مختصات به گریدهای نقشه و پیاده کردن نقاط پیمایش به روش مختصاتی در شیت.

ج - پیاده کردن نقاط تاکنومتری روی شیت به روش قطبی.

پ - اتصال نقاط مسطحاتی و مثلث بندی نقاط ارتفاعی.

ث - انترپلاسیون نقاط ارتفاعی و ترسیم منحنی های میزان.

د- درج علائم اختصاری و اطلاعات حاشیه ای نقشه و کنترل نهایی.

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

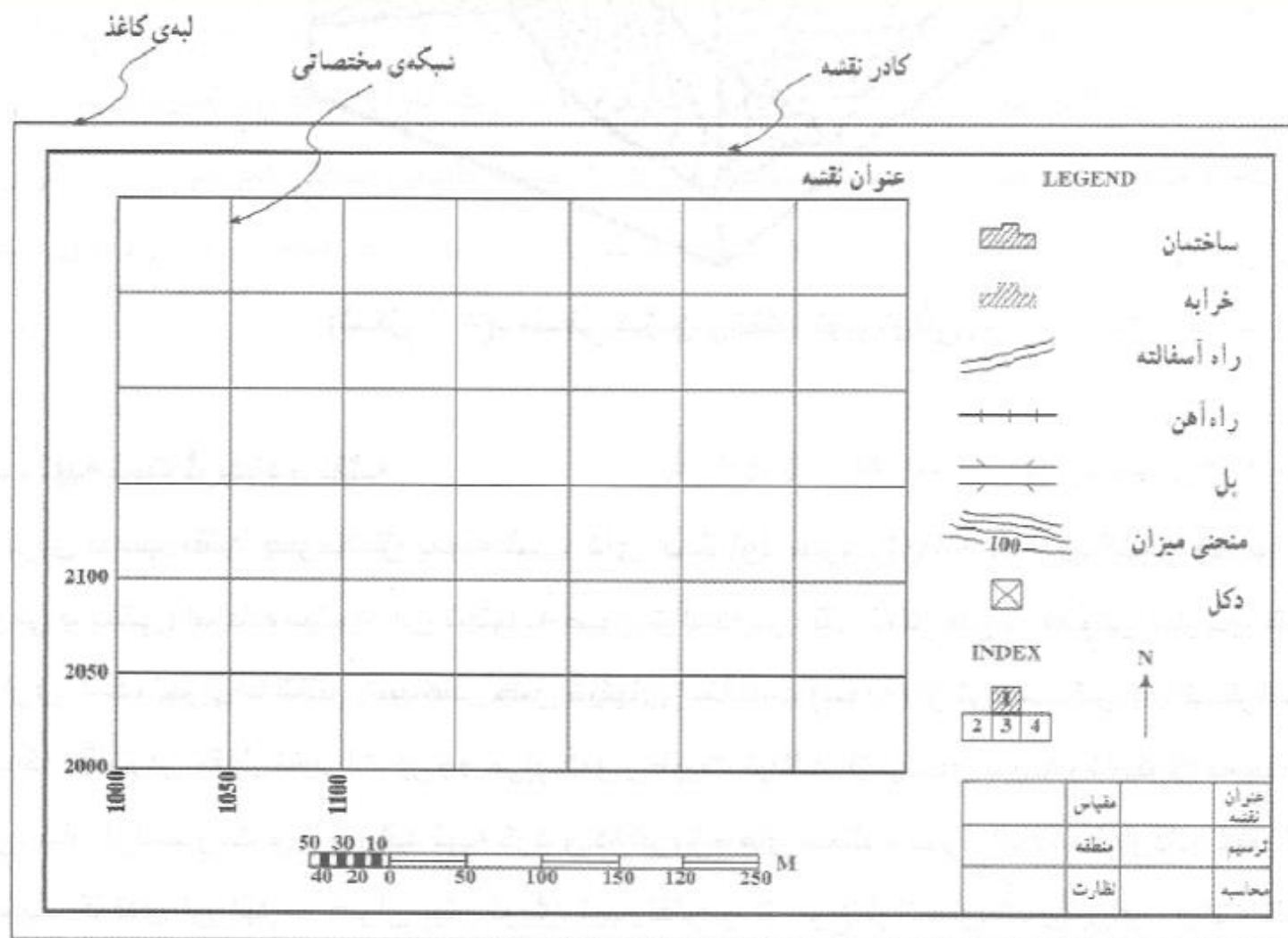
الف - تهیه شیت گریدبندی نقشه

برای ترسیم نقشه عموماً از نمونه شیت های استاندارد سازمان نقشه برداری کشور (بصورت رقومی یا سنتی) استفاده میشود. این شیتها به صورت آماده در اکثر دفاتر فنی و همچنین سازمان نقشه برداری آماده تحویل یا تکثیر میباشند. جنس شیت های استاندارد (نمونه) از نوع تپاتکس (ترانسپارانت) بوده که مقاوم در مقابل تغییرات درجه حرارت و رطوبت میباشد. از شیت های نمونه را میتوان به اندازه مورد نیاز ترانسپارانت و یا اوزالید تهیه کرد و در پروژه های مختلف مورد استفاده قرارداد. معمولاً از شیت کاغذی اوزالید به عنوان پیش نویس تهیه نقشه و از نوع ترانسپارانت آن برای ارائه نقشه نهایی استفاده مینمایند.

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

کادر داخلی و اصلی مورد کاربرد جهت تهیه نقشه عموماً در ابعاد 80×60 سانتیمتر میباشد که معمولاً به صورت دقیق در ابعاد 10×10 سانتیمتر شبکه بندی (گريد بندی) شده است. ابعاد خارجی هر برگ نقشه با توجه به کادر دور نقشه و لزاند 100×75 سانتیمتر میباشد. حاشیه نقشه با نوار باریک $1,5$ سانتیمتر و با قلم $0,6$ تا 1 میلیمتر محدود شده و فاصله لبه کاغذ با کادر اصلی از بالا 3 سانتیمتر، سمت چپ 4 سانتیمتر و از قسمت پایین 9 سانتیمتر و در سمت راست 10 سانتیمتر میباشد. حاشیه سمت راست برای ترسیم لژاندر، اندکس و سایر اطلاعات حاشیه ای نظیر نام منطقه، مقیاس، تاریخ تهیه، شماره نقشه، ارگان نظارت کننده و عنوان کارفرما اختصاص آورده شده است. در وسط حاشیه پایینی نقشه مقیاس خطی و علامت شمال نقشه ترسیم شده و در سمت چپ آن نام تهیه کننده، سفارش دهنده و تاریخ تهیه آن قید میگردد. آرم کشور معمولاً در وسط بخش فوقانی نقشه ترسیم میشود. در این بخش نام منطقه و مقیاس نقشه به فارسی در سمت راست و به لاتین در سمت چپ قید میگردد.

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی



(شکل ۲-۸) - نمونه اطلاعات حاشیه ای کادر نقشه

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

ب - انتساب مختصات به گرید ها و پیاده کردن نقاط پیمایش

عموماً با توجه به حداقل x, y محاسبه شده برای نقاط پیمایش و شعاع برداشت اطلاعات از هر ایستگاه، عددی روند حتی الامکان از مضارب ۵ و ۱۰ به عنوان مبنای شروع x, y شبکه مختصاتی (گریدها) انتخاب میکنند، به نحوی که نقاط شبکه پیمایش پس از پیاده کردن در محدوده شیت قرار گیرند. با توجه به مقیاس نقشه هر ۱۰ سانتیمتر از گرید دارای ارزش خاص طولی می گردد. بطور مثال در مقیاس ۱/۱۰۰۰ هر یک سانتیمتر معادل ۱۰ متر میباشد، پس هر ۱۰ سانتیمتر گرید شیت معادل ۱۰۰ متر ارزش خواهد داشت. در صورتیکه وسعت منطقه زیاد باشد به نحوی که امکان ترسیم نقشه در یک شیت میسر نباشد بایستی از چند شیت برای ترسیم نقشه استفاده کرد.

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

پس از دادن مختصات در جهات x, y به شبکه نقشه ، حال نوبت پیاده کردن نقاط پیمایش از طریق مختصات معلوم آنها می رسد در این حال باتوجه به گرید مختصاتی، x, y هر نقطه را در هر محور با خط کش بصورت دکاریتی دقیقاً" جدا کرده و تقاطع آنها را در دو محور به عنوان مکان نقطه با علامت خاص (عموماً Δ) بر روی شیت نمایش می دهیم. پس از پیاده کردن تمام نقاط پیمایش، آنها را با خطی کمرنگ و نازک با مداد به هم وصل کرده و شکل چند ضلعی شبکه پیمایش را روی شیت نقشه احیاء میکنیم. عموماً" در بالای علامت فوق، نام ایستگاه و در زیر آن ارتفاع نقاط را یادداشت می کنیم. در این حال مرکز مثلث مکان دقیق نقطه را نشان میدهد. روش دیگر نمایش ارتفاع نقطه روی نقشه، نوشتن ارتفاع نقطه به نحوی است که ممیز ارتفاع دقیقاً" روی نقطه مشخصه مکان نقطه پیمایش (نقطه وسط علامت Δ) قرار گیرد.

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

ج - پیاده کردن نقاط مسطحاتی و ارتفاعی (نقاط تاکنومتری) روی شیت نقشه

در این مرحله با استفاده از جداول برداشت زمینی (تاکنومتری) ، که زوایه افقی، طول افقی و ارتفاع تمام نقاط آن تعیین گردیده و به کمک نقاط پیمایش پیاده شده و با توجه به ایستگاه اصلی برداشت نقاط و ایستگاه صفر صفر شده حالت عکس برداشت زمینی را بشرح ذیل دنبال میکنیم:

ابتدا با قرار دادن مرکز نقاله کاغذی یا طلقی در ایستگاه اصلی (زیر کالک یا کاغذ پوستی)، صفر نقاله را به سمت ایستگاه صفر صفر شده مطابق با برگه تاکنومتری متمایل کرده و نقاله را با چسب محکم میکنیم سپس با استفاده از خط کش یا اشل و در مقیاس نقشه به ترتیب ابتدا " زاویه افقی نقطه را از روی نقاله جدا کرده و سپس طول افقی نقطه را با اشل در جهت جدا شده توسط نقاله علامت میزنیم و جای نقطه را با علامت (.) مشخص میکنیم . چنانچه نقطه مورد نظر مسطحاتی باشد بایستی شماره نقطه را از مطابق کروکی ترسیم شده در برگه تاکنومتری استخراج و روی آن یادداشت کنیم در غیر اینصورت در مورد نقاط ارتفاعی، ارتفاع نقطه را در محل علامت ممیز (.) ایستگاه یادداشت میگردد. این کار را برای تمام نقاط و از تمام ایستگاهها به تدریج ادامه میدهیم تا کلیه نقاط برداشت شده به روش قطبی (طول و زاویه) در روی شیت نقشه پیاده گردند.

پیاده کردن نقاط برداشتی با استفاده از مختصات دکارتی آنها و گرید بندی نقشه نیز صورت می گیرد

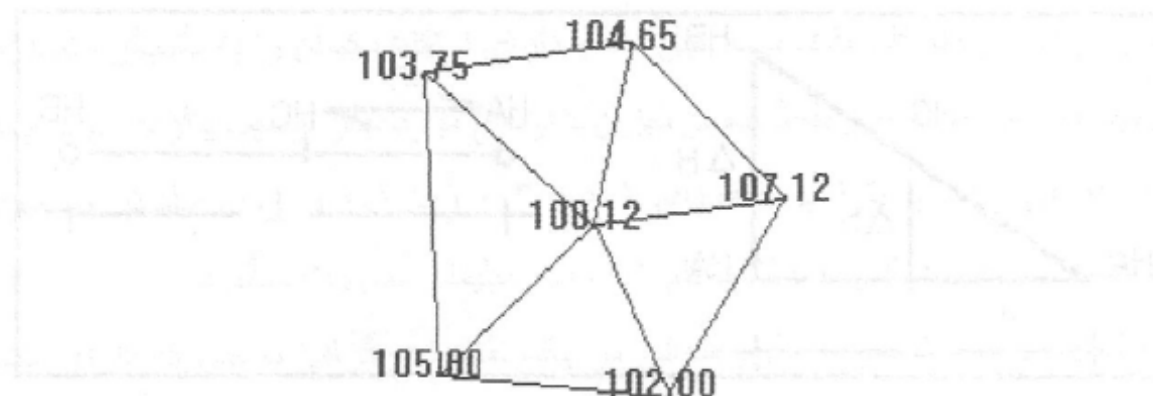
مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

پ - اتصال نقاط مسطحاتی و مثلث بندی نقاط ارتفاعی

پس از پیاده کردن نقاط برداشتی، مرحله بعدی ترسیم بخش مربوط به عوارض مسطحاتی و اتصال نقاط ارتفاعی به صورت مثلث بندی است. در این مرحله با استفاده از کروکی و شماره نقاط برداشت شده به تدریج نقاط مورد نظر را به یکدیگر متصل نموده و از دنبال کردن آنها راهها، ساختمانها، تیرهای برق، بلوکهای شهری و روستایی و ... به تدریج به صورت اصلی آنها و در مقیاس نقشه بر روی کاغذ احیا میگردند. در این مرحله بایستی توجه کافی را به علائم و سمبلهای استاندارد هر عارضه معطوف داشت و عوارض را با همان علامت خاص خویش روی نقشه مشخص کرد.

در مورد عوارض ارتفاعی (عوارضی که نشانگر عارضه نقطه ای خاص نیستند نظیر تپه ها و تغییرات ناهمواری طبیعی زمین) به منظور نشان دادن محسوس این تغییرات به شکل صحیح و پیوسته، بجز در مناطقی که تغییرات ارتفاعی محسوسی ندارند (نظیر دشتهای)، تمامی نقاط ارتفاعی را با استفاده از اشکال مثلثی (TIN) و با شرایط ذیل به هم وصل می کنیم:

- ۱- مثلثهای ترسیم شده، شامل نزدیکترین نقاط ممکن به هم باشند.
- ۲- مثلثهای ترسیم شده با نقاط حتی الامکان شکل متساوی الاضلاع را ایجاد نماید.
- ۳- اضلاع مثلثها به هیچوجه یکدیگر را قطع نکنند. مثال:



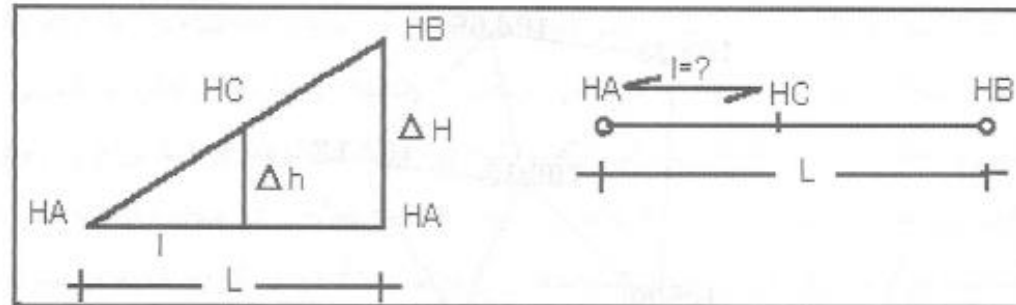
(شکل ۳-۸)

بدیهی است اگر در مناطقی نقاط ارتفاعی به حد کافی برداشت نشده باشد یا تغییرات ارتفاعی در حد رقوم مورد نظر برای ترسیم منحنی میزان نباشد بایستی مثلث بندی صورت پذیرد. مناطقی که تراکم نقاط پیاده شده در آنها کم می باشد به عنوان مناطق گپ اطلاق گردیده و بایستی با اعزام دوباره اکیپ، در این مناطق نقاط اضافی جدیدی برداشت شده و به نقشه اضافه گردند. در مورد مناطق با شیب بسیار زیاد مانند ترانشه ها (پرتگاهها) بایستی نقاط برداشت شده در بالا و پایین ترانشه بصورت مستقل از هم مثلث بندی گردند تا نتایج حاصله دچار اشتباه نگردد. این مسئله بایستی در مثلث بندی نقاط دو طرف راهها و آبریزها (بریک لاینها) نیز مورد توجه قرار گیرد.

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

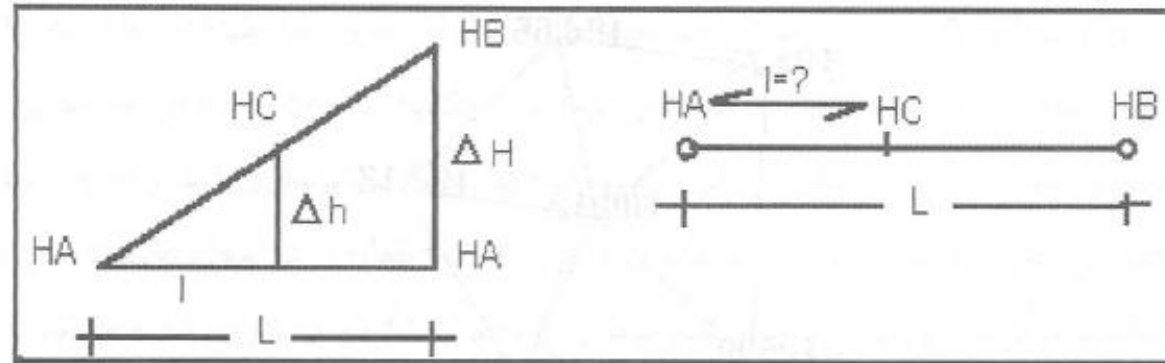
ث - انترپلاسیون نقاط ارتفاعی و ترسیم نقشه

مفهوم ریاضی انترپلاسیون یعنی میانه یابی یا واسطه یابی خطی بین دو نقطه با مختصات معلوم. چون در ترسیم منحنی های میزان نقاط دارای ارتفاعات یکسان و دارای ارتفاع با مضارب روند (نیم متری، یک متری یا دومتری و...) به یکدیگر متصل می گردند. به منظور استخراج نقاط دارای ارتفاع روند بین دو نقطه با ارتفاع مختلف و اعشاری عموماً از روش انترپلاسیون استفاده می گردد. در این روش سوال این است که، با داشتن دو نقطه A, B به فاصله L از یکدیگر با ارتفاعات HA, HB به چه نحوی می توان محل نقطه دیگری را با ارتفاع HC تعیین کرد بنحویکه دارای ارتفاع مشخص باشد. مطابق شکل ذیل میتوان نوشت:



$$\frac{l}{L} = \frac{\Delta h}{\Delta H} \Rightarrow l = \frac{L \times \Delta h}{\Delta H} = \frac{L \cdot (HC - HA)}{(HB - HA)}$$

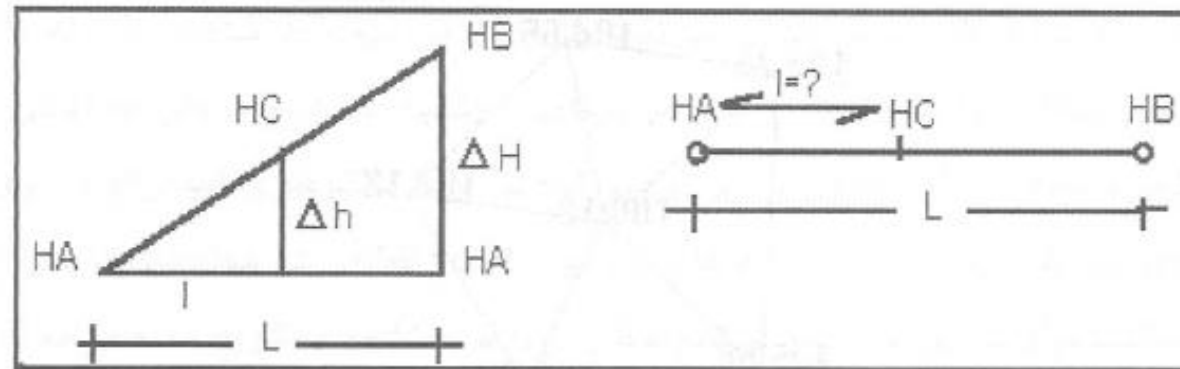
مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی



$$\frac{l}{L} = \frac{\Delta h}{\Delta H} \Rightarrow l = \frac{L \times \Delta h}{\Delta H} = \frac{L \cdot (HC - HA)}{(HB - HA)}$$

در رابطه فوق مقادیر HA , HB , L از نقشه مثلث بندی شده بروش فوق و با مقیاس مربوطه قابل استخراج و اندازه گیری است. ترسیم کننده با معرفی ارتفاع HC روند مورد نظر، بین دو نقطه A, B مقدار l (فاصله نقطه C تا نقطه با ارتفاع پایین) را محاسبه کرده و سپس با استفاده از خط کش یا اشل مقدار آن روی خط AB جدا میکند و نهایتاً ارتفاع HC را روی آن یادداشت می کند.

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی



مثال ۱- در شکل بالا اگر $HA=101.72$, $HB=104.16$ مترو فاصله بین نقاط $\odot$ سانتیمتر باشد، نقطه ارتفاعی ۱۰۳ متر در چه فاصله ای از نقطه A قرار میگیرد؟

$$l_{103} = \frac{5cm \times (103 - 101.72)}{(104.16 - 101.72)} = 2.62cm$$

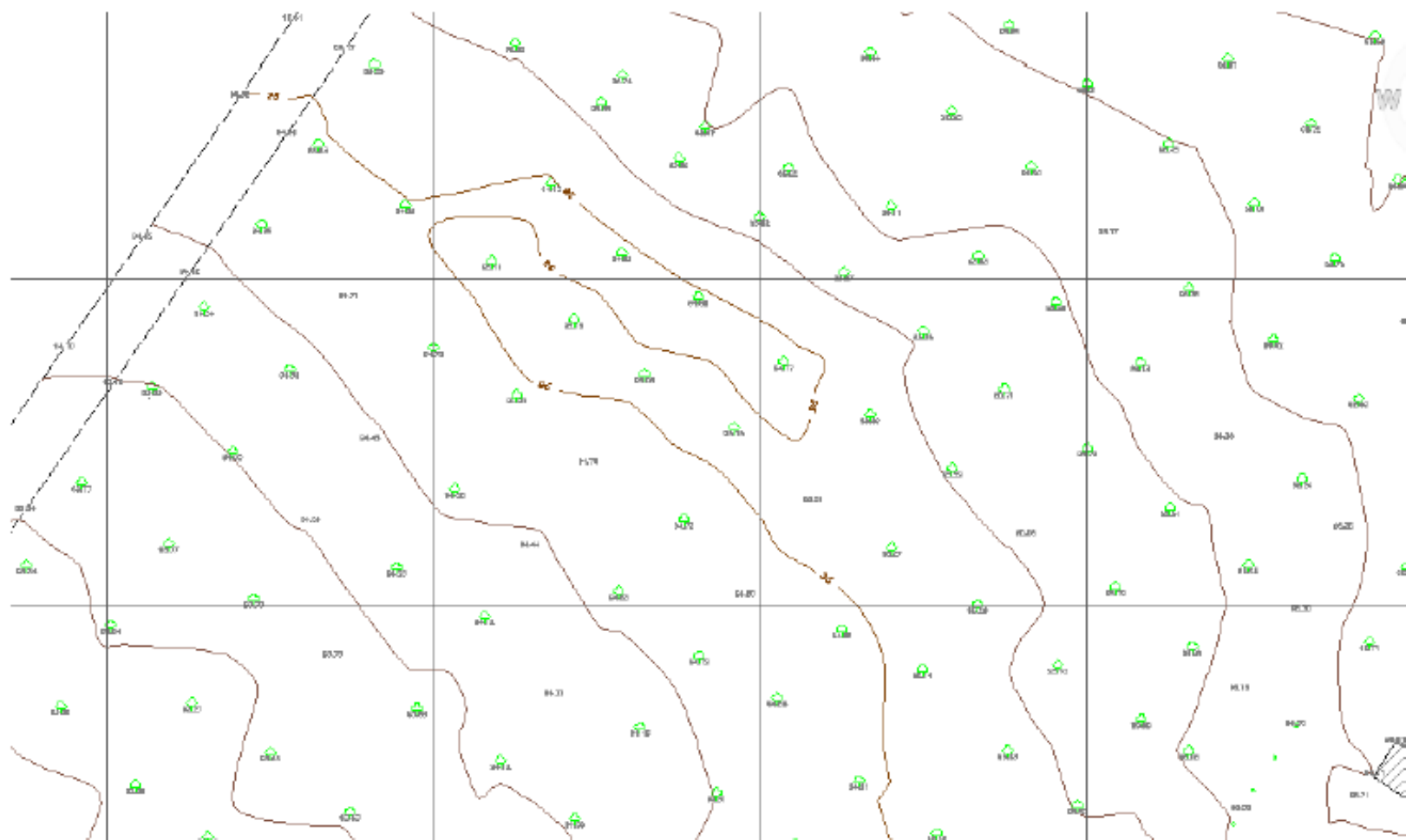
بدین ترتیب نقطه ای به فاصله ۲,۶۳ سانتیمتر از نقطه اول دارای ارتفاع ۱۰۳ می باشد.

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

منظور تعیین محل ارتفاعات مورد نظر برای بقیه نقاط میتوان به روش مشابه عمل کرده و محل نقاط را با ارتفاعات روند روی کلیه اضلاع مثلثهای ترسیم شده، نشانه گذاری کرده و یادداشت نمائیم. پس از این مرحله کلیه نقاط میانه یابی شده و دارای ارتفاع یکسان را به یکدیگر متصل میکند و بدین ترتیب با ادامه اتصال این نقاط منحنی میزان با ارتفاع مورد نظر ترسیم میگردد. ترسیم منحنی های میزان فرعی و اصلی بترتیب با قلمهای ۰,۱ و ۰,۳ (یا ۰,۲ و ۰,۴) میلیمتر و عوارض مسطحاتی نقشه های توپوگرافی معمولاً" با قلم ۰,۲-۰,۳ میلیمتر صورت میگیرد.

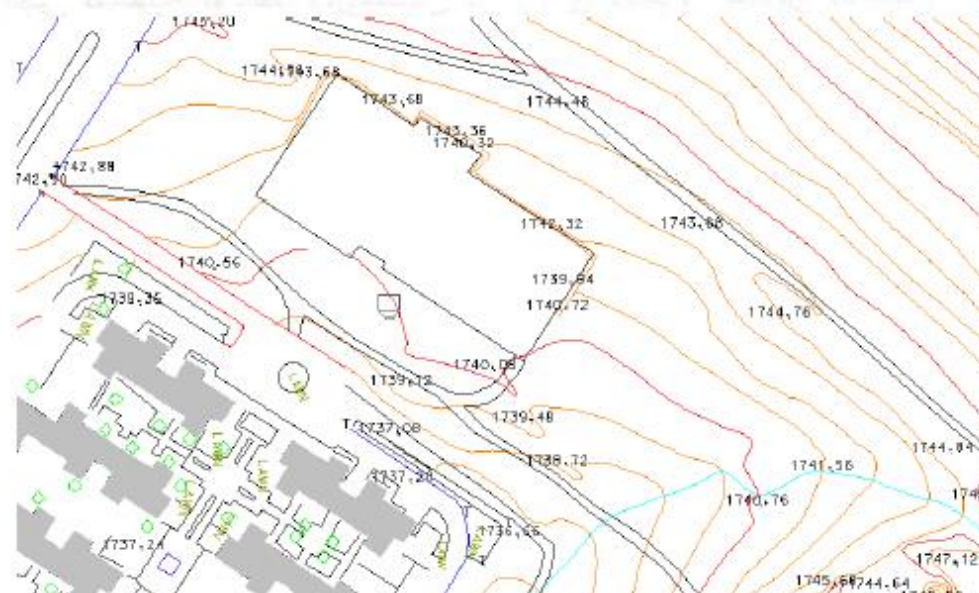
معمولاً از هر پنج منحنی با رقوم متوالی در یک نقشه توپوگرافی منحنی که دارای مضارب صحیحی از پنج باشد به عنوان منحنی اصلی (متروس) انتخاب کرده و با قلم ضخیم تری ترسیم می کنند. ضمناً رقوم ارتفاعی منحنی های میزان را صرفاً روی منحنی اصلی و با فواصل مناسب و در جهت مناسب برای قرانت استفاده کننده یادداشت می کنند لذا در منحنی های فرعی نیازی به قید رقوم ارتفاعی نیست.

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی



مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

معمولاً جهت امکان بهره برداری بهتر از نقشه، لازم است تعدادی از کدهای ارتفاعی بکار رفته در ترسیم منحنی میزان را انتخاب مستقیماً بر روی نقشه با شابلن انتقال داد به چنین نقشه های، نقشه پلان کد اطلاق میکنند. این تعداد برای دشت ۱۰۰٪، برای تپه ماهور ۵۰٪ و برای کوهستان ۳۰٪ از نقاط میباشد. کلیه رقوم ارتفاعی نقشه در جهت شمال و با قلم ۰٫۲ میلیمتر بایستی با شابلن نوشته شوند. در مناطقی که تغییرات توپوگرافی زمین محسوس نباشد (نظیر دشتهای عموماً) به خاطر اختلاف ارتفاع ناچیز منطقه امکان ترسیم منحنی میزان میسر نبوده و در این حال برداشت نقاط از طریق شبکه بندی و ترسیم نقشه بدون منحنی میزان و صرفاً با درج کدهای ارتفاعی برداشت شده خواهد بود.

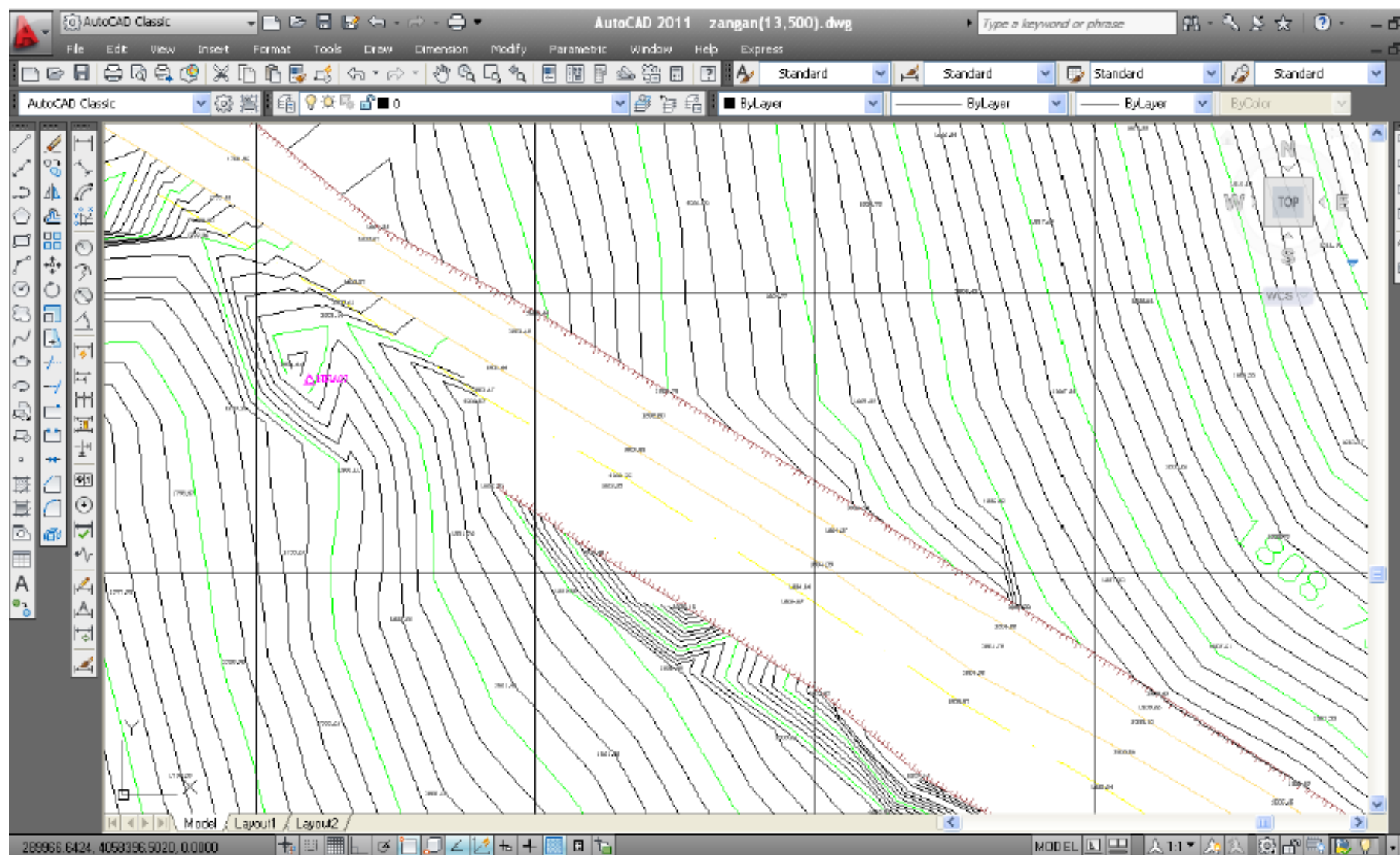


مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

منحنی میزان از روی عوارض مسطحاتی نظیر ساختمان و راه و... رد نمیشود و هیچوقت یکدیگر را قطع نمیکند و لذا شاخه شاخه نمیشوند. منحنی های میزان دارای لبه های تیز نیستند و یکدیگر را قطع نمیکند. منحنی های میزان در نهایت منحنی های بسته ای را تشکیل می دهند البته احتمال دارد که در تهیه نقشه در یک منطقه کوچک منحنی های بازی نیز وجود داشته باشد لکن در کل منطقه و نهایتاً خارج از نقشه منحنی ها بسته میشوند. ضمناً در یک نقشه ممکن است چند منحنی با ارتفاع یکسان در مناطق مختلف نقشه وجود داشته باشند بدون اینکه به یکدیگر متصل شوند، به عبارت دیگر در یک نقشه طبیعی است که نقاطی با ارتفاع یکسان در مناطق مختلف وجود داشته باشند. در مناطق خاص نظیر پرتگاه ها و ترائشه ها که نقاط بالا و پایین فاصله افقی کم و اختلاف ارتفاع زیاد دارند عملاً امکان ترسیم منحنی میزان ارتفاعات بین این دو نقطه میسر نمیگردد چون فشردگی منحنی های میزان به نحوی است که خطوط منحنی ها تقریباً بر هم مماس می گردند، در این حال مطابق شکل ذیل از علامت خاص ترائشه به جای زدن منحنی میزان بین دو نقطه استفاده میگردد.

۹۷,++	۹۸,++	۹۹,++
۱۱۰,++	۱۱۲,++	۱۱۱,++

مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی



برداشت نقشه به وسیله دستگاه های دوربین توتال استیشن

واژه توتال استیشن به مجموعه سیستم الکترونیکی اطلاق میگردد که بدون نیاز به ملحقات جانبی بتواند عملیات اندازه گیری توام فاصله، اختلاف ارتفاع و زاویه را با دقت مناسب (در حد چند میلیمتر در کیلومتر طول) انجام داده و قابلیت اخذ اطلاعات ایستگاه نظیر ارتفاع ایستگاه، ارتفاع دستگاه، مختصات ایستگاه، دما و فشار هوا و... داشته و تصحیح درجه حرارت و فشار را بصورت اتوماتیک روی نتایج اعمال میکند. ضمناً تبدیل سیستم قطبی به دکارتی و بالعکس بر راحتی میسر میباشد. این سیستم با توجه به حافظه داخلی قابلیت ذخیره اطلاعات تا چندین هزار نقطه را در خود داشته و بر راحتی میتواند از طریق یک رابط ارتباط با کامپیوتر اطلاعات را جهت استفاده در نرم افزارهای مهندسی یا ترسیم نقشه تخلیه نماید.



۱. واحد اندازه گیری طول
۲. واحد اندازه گیری زاویه افقی و قائم
۳. واحد پردازنده
۴. بازتابنده های یک یا چند منشوری
۵. باتری
۶. کارتها یا دیسکتهای مخصوص برای ذخیره اطلاعات
۷. نرم افزار مختلف برای اجرای عملیات نقشه برداری
۸. کامپیوترهای صحرائی (برای ضبط اطلاعات و انجام محاسبات در صحرا)

برداشت نقشه به وسیله دستگاه های دوربین توتال استیشن



اندازه گیری فاصله با ابداع و ساخت دستگاه های الکترونیکی دستخوش دگرگونی سریعی شده است، به ویژه امروزه که دقت، سرعت و کارایی این گونه دستگاهها بر کلیه روشهای دیگر پیشی گرفته و روز به روز بر وسعت، تولید، تنوع و کارایی آنها افزوده می شود.

اصول کلی

از نظر کلی فاصله یاب الکترونیکی یک دستگاه مولد موج الکترومغناطیس (معمولاً از نوع مایکروویو - مادون قرمز و یا لیزر) با طول موجی بین ۱۰ سانتیمتر تا ۰/۶ میکرون است و از نظر اساس کار، اندازه گیری زمان رفت و برگشت موجی است که در یکی از دو انتهای خط، ایجاد و به سمت نقطه دیگر فرستاده می شود و در نقطه دوم منعکس شده به سمت نقطه اول بر می گردد.

با توجه به ثابت بودن سرعت انتشار امواج الکترومغناطیس در یک شرایط جوی معین فاصله بین دو نقطه از معادله زیر به دست می آید.

$$x = \frac{1}{2} V \cdot t$$

در این رابطه t زمان رفت و برگشت موج و V سرعت انتشار آن است. سرعت V برای هر موج در شرایط جوی مختلف (فشار - دما و رطوبت نسبی) متفاوت است. این سرعت طبق رابطه

$$V = \frac{c}{n}$$

به دست می آید که در آن n ضریب شکست هوا و c سرعت موج در خلأ است.



20/2020

برداشت نقشه به وسیله دستگاه های دوربین توتال استیشن

توتال استیشن ها مقادیر طول افقی، طول مایل، زاویه شیب، زاویه افقی، x ، y مختصات ایستگاهی که رصد می شود و اختلاف ارتفاع نقطه استقرار و نقطه نشانه روی را مستقیماً اندازه گیری کرده یا محاسبه می کنند. مقادیر اندازه گیری و محاسبه شده یا روی دیسکت مغناطیسی ضبط شده و یا در حافظه دستگاه ثبت می شود. بدین ترتیب نوشتن اطلاعات به هنگام عملیات زمینی ضروری نمی باشد و در نتیجه خطاهای قرائت، نوشتن و وارد کردن عملاً حذف می شود. اطلاعات ضبط شده در حافظه دستگاه مستقیماً به کامپیوتر تخلیه شده و با استفاده از نرم افزارهای موجود، محاسبات لازم انجام و ترسیمات به طور تمام اتوماتیک انجام می گیرد و بدین ترتیب اندازه گیری های زمینی تبدیل به نقشه های دیجیتالی می شود.

در دستگاه توتال استیشن هدف ارائه مختصات نقاط مورد نشانه روی می باشد به نحوی که براساس مدل ریاضی زیر، اگر مختصات نقاط استقرار را (X_A, Y_A) و مختصات نقطه نشانه روی را (X_B, Y_B) در نظر بگیریم در این صورت می توان نوشت:

$$\begin{cases} X_B = X_A + L_{AB} \sin G_{AB} \\ Y_B = Y_A + L_{AB} \cos G_{AB} \end{cases}$$

لیکن در این رابطه همانگونه که گفته شد طول AB از طریق طول یاب الکترونیکی بدست

می آید.

برداشت نقشه به وسیله دستگاه های دوربین توتال استیشن

LEICA TPS800 Performance Series ...

Three classes of accuracy
TPS800 total stations are available in angular accuracies of 2" (0.6mgon); 3" (1mgon) and 5" (1.5mgon). All models feature a minimum reading of 1".

Fast start-up
Start your work quickly by setting a predefined start-up sequence, screen display and instrument settings.

10 000 measurements
The reliable internal memory of the TPS800 total stations can store 10 000 data blocks.

The difference lies in the little button
Thanks to the trigger key mounted on the side of the instrument you do not lose sight of the target while measuring; this is particularly important when a lot of points need to be measured.

Endless drives
Faster operation with no more awkward clamping and loosening due to the sliding clutch and endless loop drive.

Laser plummet
Easy to centre over a set up point thanks to the laser plummet. The intensity of the laser point can be adjusted step-by-step to maintain visibility, even in critical lighting conditions. Eliminates the time consuming task of centering with an optical plummet.

Electronic Guide Light
Practical alignment aids to speed up staking out. Helps the rodman to line up the reflector quickly and exactly on the line of sight.

Dual distance measuring technologies
With the TCR range of instruments you can select between two measuring modes. Choose from visible laser for aiming and measuring to all surfaces, or infrared laser for precise measuring to prisms and tapes at the press of a button.

Everything at a glance
The large high resolution display keeps you informed about all important aspects at a glance. With the alpha-numeric keyboard you can enter numbers, letters and special characters as quickly and as easily as you are used to with your mobile phone.

powerful

پایان

منابع

کتاب نقشه برداری مهندسی از تئوری تا عمل، تألیف دکتر رامین کیامهر، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی زنجان

کتاب نقشه برداری مهندسی، تألیف مهندس محمود دیانتخواه، انتشارات دانشگاه اصفهان

کتاب نقشه برداری مسیر و قوسها در راهسازی، جلد های ۱ و ۲ و ۳، تألیف مهندس علیرضا سلیمانی، انتشارات آذرخش

کتاب مجموعه جامع نقشه برداری، تألیف مهندس ابوالفضل رنجبر، انتشارات عمیدی

کتاب مروری بر مسائل نقشه برداری، تهیه و تدوین مهندس مهدی پرنا، انتشارات آزاده

آموزش نرم افزار Surfer، انتشارات دیباگران

کتاب تحلیل مسائل نقشه برداری، تألیف مهندس علیرضا انتظاری، انتشارات شیخ صفی الدین

دستور العمل های همسان نقشه برداری، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (نشریات ۱۱۹)

((تنها کسانی خطا نمی کنند که کاری نمی کنند))