نقشه برداری

دانشکده فنی ملاصدرا رامسر

مدرس
صابر قلی بیگی

بسم الله الرحمن الرحیم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱- منابع و نحوه ارزشیابی ۱

۱-۱- منابع اصلی درس ۲

۱-۱-۱- تئوری نقشه‌برداری: ۲

۱-۱-۲- نقشه‌برداری عملی: ۲

۱-۲- نحوه ارزشیابی ۲

۱-۳- مقررات آموزشی: ۲

فصل ۲- نقشه برداری ۳

۲-۱- تعریف نقشه برداری: ۴

۲-۱-۱- تعریف نقشه: ۴

۲-۲- فرآیند تهیه نقشه: ۴

۲-۳- روش کار در نقشه‌برداری: ۵

۲-۴- تقسیم‌بندی علوم نقشه‌برداری: ۵

۲-۴-۱- نقشه برداری مستوی: ۵

۲-۴-۲- نقشه برداری غیر مستوی (Goodesy): ۵

۲-۴-۳- معیار تشخیص مجاز بودن نقشه‌برداری مستوی: ۶

۲-۵- تعریف مقیاس نقش و انواع آن ۶

۲-۵-۱- انواع مقیاس: ۶

۲-۶- دسته‌بندی نقشه‌ها ۷

۲-۶-۱- بر اساس مقیاس: ۷

۲-۶-۲- بر اساس محتوا: ۸

۲-۷- شاخه‌های نقشه‌برداری ۸

۲-۸- تمرین‌ها: ۹

فصل ۳- شکل زمین و سطوح مبنا ۱۱

۳-۱- لزوم شناخت شکل زمین ۱۲

۳-۲- ژئویید: ۱۲

۳-۳- سطح مقایسه ریاضی ۱۳

۳-۳-۱- اسفروئید: ۱۳
۳-۳-۲- بیضوی سه محوره: ۱۳
۳-۳-۳- بیضوی دو محوره (بیضوی دورانی): ۱۴
۳-۳-۴- کره: ۱۴
۳-۴- بیضوی مقایسه: ۱۴
۳-۴-۱- بیضوی محلی: ۱۴
۳-۴-۲- بیضوی جهانی: ۱۴
۳-۵- تعیین مختصات بر روی زمین ۱۵
۳-۵-۱- نقشه برداری در مناطق محدود: ۱۵
۳-۵-۲- نقشه برداری در مناطق وسیع: ۱۵
۳-۶- تعیین مختصات یک نقطه روی زمین در بیضوی دورانی: ۱۶
۳-۷- سیستم تصویر ۱۷
۳-۷-۱- تعریف سیستم تصویر: ۱۷
۳-۷-۲- انواع سیستم تصویر ۱۷
۳-۸- سیستم‌های تصویر متشابه ۱۸
۳-۸-۱- سیستم تصویر مرکاتور ۱۸
۳-۸-۲- سیستم تصویر مرکاتور معکوس (TM) (مطالعه آزاد) ۱۹
۳-۸-۳- سیستم تصویر مرکاتور معکوس جهانی (U.T.M) ۲۰

فصل ۴-اندازه گیری فاصله ۲۲

۴-۱- مقدمه ۲۳
۴-۲- روش‌های مستقیم اندازه گیری فاصله ۲۳
۴-۲-۱- روش‌های مستقیم کم دقت ۲۳
۴-۲-۲- روش‌های مستقیم یا دقت متوسط ۲۳
۴-۲-۳- روش‌های مستقیم دقیق ۲۵
۴-۳- روش‌های غیرمستقیم ۲۵
۴-۳-۱- مثلثاتی (استادیمتری) در زمین‌های بدون شیب ۲۵
۴-۳-۲- استادیمتری در زمین‌های شیب‌دار ۲۶
۴-۴- اندازه گیری فاصله به روش الکترونیکی ۲۷
۴-۵- تمرین‌ها : ۲۷

فصل ۵- ترازیابی ۲۸

۵-۱- مقدمه ۲۹
۵-۲- روش‌های ترازیابی مستقیم ۲۹
۵-۲-۱- ترازیابی با شیلنگ تراز ۲۹
۵-۲-۵ ترازیابی شمشه تراز ۳۰
۵-۲-۳- ترازیابی با دوربین و شاخص ۳۰
۵ ۲ ۳ ۱ ترازیابی تدریجی: ۳۱
۵ ۲ ۳ ۲ ترازیابی شعاعی: ۳۲
۵ ۲ ۳ ۳ ترازیابی ترکیبی: ۳۲
۵-۳- روش ترازیابی غیرمستقیم (مثلثاتی) ۳۳
۵-۴- ترازیابی فشار سنجی ۳۳
۵-۵- سرشکنی خطاها در ترازیابی ۳۴
فصل ۶- اندازه گیری زاویه ۳۵
۶-۱- مقدمه ۳۶
۶-۲- انواع زاویه‌ها در نقشه برداری ۳۶
۶-۳- واحدهای اندازه گیری زاویه: ۳۶
۶-۳-۱- تبدیل واحدهای زاویه به یکدیگر ۳۷
۶-۴- روش‌های اندازه گیری زاویه: ۳۷
۶-۴-۱- اندازه گیری زاویه به کمک متر ۳۷
۶-۴-۲- اندازه گیری به کمک دوربین زاویه یاب (تئودلیت) ۳۸
۶ ۴ ۲ ۱ قرائت دور اقل ۳۸
۶ ۴ ۲ ۲ قرائت کویل (زوج) ۳۹
۶ ۴ ۲ ۳ قرائت زاویه به روش تجدید ۳۹
۶-۵- روش‌های پیاده کردن یک زاویه ۳۹
۶-۵-۱- پیاده کردن یک زاویه با کمک متر ۳۹
۶-۵-۲- پیاده کردن یک زاویه به کمک دوربین ۴۰
۶-۶- تمرین‌ها ۴۰

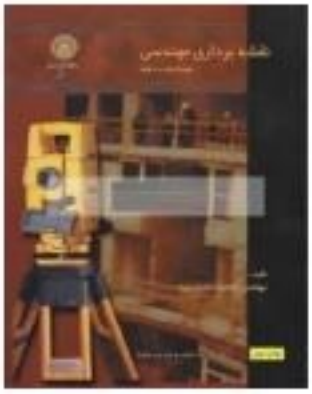
فصل اول

منابع و نحوه ارزشیابی

۱-۱- منابع اصلی درس

۱-۱-۱- تئوری نقشه‌برداری:

نقشه‌برداری: شمس توبخت

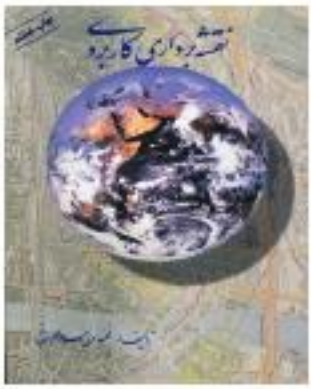


نقشه‌برداری مهندسی: محمود دیانت خواه

۱-۱-۲- نقشه‌برداری عملی:

نقشه‌برداری اجرایی: عباسی و دشتی

نقشه‌برداری پیشرفته: رستمی و صفائی



نقشه‌برداری کاربردی: مهندس احمد محبوب فر

۱-۲- نحوه ارزشیابی

۱۰ نمره تئوری: ارزشیابی کتبی / ۵۰ در صد میان‌ترم و فعالیت کلاسی / ۵۰ در صد پایان‌ترم

۱۰ نمره عملی: ارزشیابی شفاهی / ۵۰ در صد امتحان عملی / ۵۰ در صد گزارش کار و فعالیت کلاسی

۱-۳- مقررات آموزشی:

۱- حداقل نمره قبولی ۱۰

۲- دانشجو باید حداقل ۵۰ در صد نمره کتبی را اخذ نموده باشد.

۳- میزان غیبت مجاز در کلاس حداکثر ۴ جلسه

فصل دوم

نقشه برداری

۲-۱- تعریف نقشه برداری:

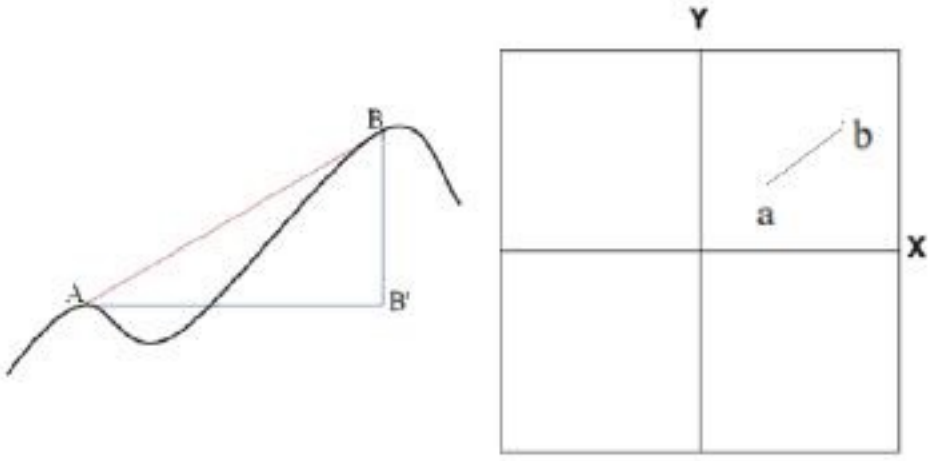
علمی است که با بهره‌گیری از تکنیک‌های مناسب به هر نقطه روی سطح زمین یا نزدیک آن سه المان X,Y,Z را نسبت می‌دهد؛ یا می‌توان گفت نقشه برداری علمی است که تصویر تمام یا قسمتی از سطح زمین را بر روی صفحه نمایش می‌دهد.

معنای لغوی نقشه برداری: نقشه برداری از دو واژه نقشه + برداشت تشکیل شده است:

برداشت به معنی انتقال عوارض طبیعی یا مصنوعی با مقیاس کوچک‌تر بر روی صفحه نمایش است.

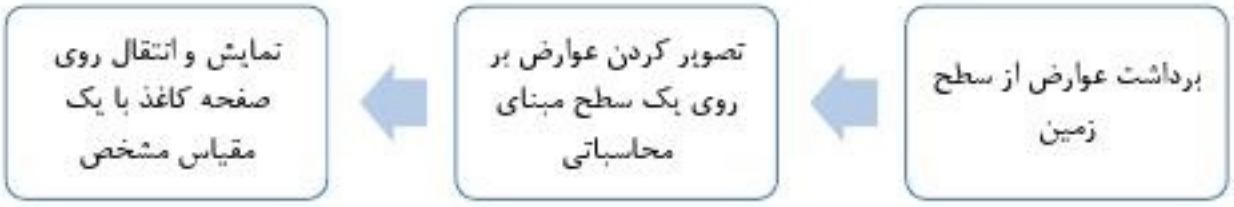
۲-۱-۱- تعریف نقشه:

تصویر قائم عوارض طبیعی یا مصنوعی بر روی صفحه را نقشه گویند.

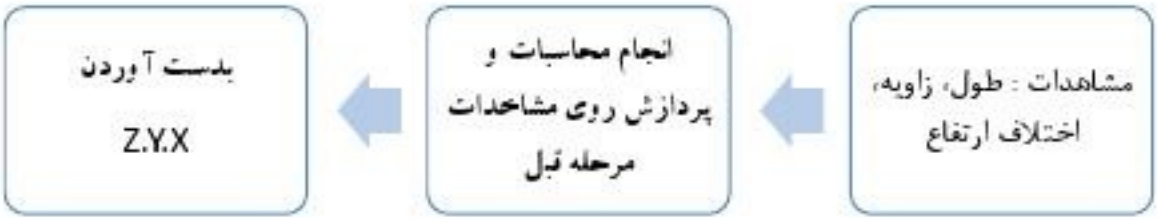


شکل ۲-۱: مفهوم نقشه یا تصویر دو نقطه **A** و **B** (در سطح زمین) بر روی نقشه یا دو نقطه **a** و **b**

۲-۲- فرآیند تهیه نقشه:



۲-۳- روش کار در نقشه‌برداری:

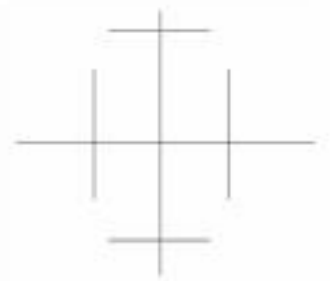


مشاهدات زمینی (برداشت) محاسبات ریاضی و هندسی دفتری (محاسبه) تهیه نقشه (ترسیم)

۲-۴- تقسیم‌بندی علوم نقشه‌برداری:

۲-۴-۱- نقشه برداری مستوی:

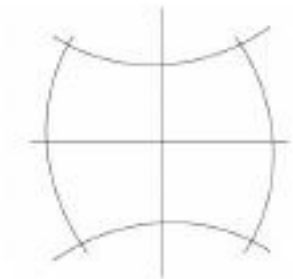
مناطق محدود که بتوان از تأثیر انحنای زمین بر روی مشاهدات چشم‌پوشی کرد. در این حالت مجموع زوایای مثلث ۱۸۰ درجه است.



شکل ۲-۲: محورهای مختصات در نقشه برداری مستوی

۲-۴-۲- نقشه برداری غیر مستوی (Goodesy):

نقشه‌برداری از مناطق وسیع که اثر کرومیت زمین در آن در نظر گرفته می‌شود و سیستم مختصات از حالت قائم خارج می‌شود. در نتیجه مجموع زوایای داخلی مثلث دیگر ۱۸۰ درجه نخواهد بود. در نقشه برداری غیر مستوی به جای x,y با (φ,λ) سر و کار خواهیم داشت.



شکل ۲-۳: محورهای مختصات در نقشه برداری غیر مستوی

۲-۴-۳- معیار تشخیص مجاز بودن نقشه‌برداری مستوی:

اگر اثر انحنای زمین (فاصله بین طول سطح با طول منحنی) کمتر از ۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌متر بر روی نقشه باشد می‌توانیم از نقشه‌برداری مستوی استفاده کنیم. اثر انحنای زمین بر روی طول از رابطه $\frac{S^2}{2R^2}$ محاسبه می‌گردد: که R شعاع زمین و S طول مورد نظر است. ::براین حداکثر طول که می‌توان از انحنای زمین چشم پوشی کرد از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\frac{S^2}{2R^2} \times \text{مقیاس}\left(\frac{1}{n}\right) \leq 0.1\ mm \quad \rightarrow \quad S=? \qquad (R \cong 6400\ km)$$

❖ نکته: برای پروژه‌های عمرانی (کمتر از ۱۰km × ۱۰km) عموماً با نقشه‌برداری مستوی و مسطحاتی سروکار خواهیم داشت.

۲-۵- تعریف مقیاس نقش و انواع آن

به نسبت بین ابعاد تصویر شده بر روی یک نقشه به اندازه افقی نظیرشان بر روی زمین مقیاس گویند.

$$S = \frac{L_{ab}}{L_{AB}} = \frac{\text{طول تصویر شده بر روی نقشه}}{\text{طول افقی در سطح زمین}}$$

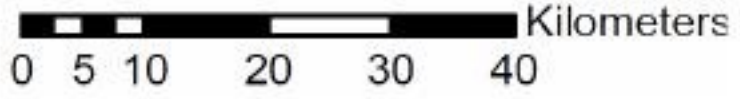
❖ نکته: نسبت بین مساحت روی نقشه و مساحت روی زمین، توان دوم مقیاس می‌باشد.

$$S^2 = \frac{\text{اندازه یک مساحت بر روی نقشه}}{\text{اندازه یک مساحت روی زمین}}$$

۲-۵-۱- انواع مقیاس:

مقیاس به صورت‌های مختلفی بیان می‌گردد که برخی از آن‌ها عبارت‌اند از:

- مقیاس توصیفی: در این نوع مقیاس نسبت بین طول روی نقشه و طول متناظر روی زمین با یک جمله بیان می‌شود. به عنوان مثال «یک سانتیمتر روی نقشه برابر با یک چهار کیلومتر روی زمین است».
- مقیاس خطی یا ترسیمی: در این نوع مقیاس یک قطعه خط مدرج با اندازه مشخص در کنار • نقشه ترسیم می‌شود و با درج عددی اندازه واقعی درجات آن می‌توان به مقیاس نقشه رسید.



شکل ۲-۴: نمایش یک نمونه مقیاس ترسیمی

- مقیاس عددی: متداول‌ترین نوع مقیاس بیان عددی آن است که معمولاً به صورت کسری ارائه می‌گردد. این عدد کسری معمولاً به گونه‌ای است که صورت آن عدد ۱ و مخرج آن مضرب صحیحی از عدد ۱۰ است. به عنوان مثال مقیاس ۱/۱۰۰۰ بر روی نقشه بیانگر این است که طول‌های تصویر شده بر روی نقشه هزار برابر نسبت به اندازه واقعی‌شان کوچک‌تر شده‌اند.

☑ مثال: اگر بخواهیم از یک منطقه نقشه‌ای به مقیاس ۱/۱۰۰۰ تهیه نماییم، مشخص کنید حداکثر طولی که می‌توان از انحنای زمین چشم‌پوشی کرد؟ $R=۶۴۰۰\ km$

$$\frac{S^۲}{۳R^۲}\times\left(\frac{۱}{۱۰۰۰}\right)\leq ۰.۰۰۰۱\ m \quad \rightarrow \quad S\leq ۲۳.۷۵\ m \cong ۲۳\ km$$

۲-۶- دسته‌بندی نقشه‌ها

معیارهای مختلفی برای دسته بندی نقشه‌ها وجود دارد. گاهی دسته بندی بر اساس مقیاس انجام می‌گیرد و گاهی بر اساس محتوا.

۲-۶-۱- بر اساس مقیاس:

- بسیار بزرگ مقیاس یا پلان: ۱/۱۰۰ تا ۱/۵۰۰
- بزرگ مقیاس: ۱/۱۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰
- متوسط مقیاس: ۱/۱۰۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰۰
- کوچک مقیاس: ۱/۱۰۰۰۰۰ تا ۱/۵۰۰۰۰۰
- خیلی کوچک مقیاس یا جغرافیایی: ۱/۱۰۰۰۰۰۰ و کوچک‌تر

۲-۶-۲- بر اساس محتوا:

- نقشه‌های مسطحاتی: در این نوع نقشه‌ها فقط عوارض مسطحاتی نمایش داده می‌شوند و در آن اطلاعات ارتفاعی وجود ندارد.
- نقشه‌های توپوگرافی: در این نوع نقشه‌ها علاوه بر عوارض مسطحاتی، عوارض ارتفاعی نیز وجود دارند و معمولاً اطلاعات ارتفاعی به صورت منحنی میزان نمایش داده می‌شود.
- نقشه‌های ثبتی: این نوع نقشه‌ها صرفاً حاوی اطلاعات حدود و مالکیت املاک می‌باشند.
- نقشه‌های آماری: در این نوع نقشه‌ها موضوعات مختلف آماری با توزیع مکانی نمایش داده می‌شوند.
- نقشه‌های هواشناسی: در این نوع نقشه‌ها اطلاعات مربوط به هواشناسی و پیش بینی هوا نمایش داده می‌شود.
- نقشه‌های زمین شناسی: در این نوع نقشه‌ها اطلاعات مربوط به لایه‌های مختلف زمین شناسی و خطوط گسلی نمایش داده می‌شوند.

۲-۷- شاخه‌های نقشه‌برداری

با توجه به اهدافی که از نقشه‌برداری داریم، می‌توان شاخه‌های زیر را برای نقشه‌برداری در نظر گرفت.

- ژئودزی: در این شاخه که در مناطق وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد، سطح مبنای محاسبات یک بیضوی است و شبکه‌های نقاط کنترل برای حفظ یکپارچگی مختصات در نقشه‌ها و انتقال مختصات به پروژه‌های عمرانی ایجاد و توسعه می‌یابند.
- نقشه‌برداری مسطحاتی (پلانیمتری): در این شاخه از نقشه‌برداری تنها برداشت و نمایش عوارض مسطحاتی نظیر جاده‌ها و ساختمان‌ها مورد نظر است.
- نقشه‌برداری توپوگرافی: در این شاخه از نقشه‌برداری برداشت و نمایش عوارض مسطحاتی و ارتفاعی به صورت یکجا مورد نظر است.

- نقشه‌برداری مسیر: در این شاخه از نقشه‌برداری علاوه بر برداشت و نمایش عوارض مسطحاتی و ارتفاعی در طول یک مسیر با عرض کوتاه، طراحی مسیر و پیاده سازی اجزای آن نیز مورد نظر است.
- نقشه‌برداری زیرزمینی (معدنی): در این شاخه از نقشه‌برداری علاوه بر برداشت و نمایش عوارض مسطحاتی و ارتفاعی یک مسیر زیرزمینی مانند تونل‌های حمل‌ونقل و معادن، پیاده سازی طرح هندسی تونل نیز مورد نظر است.
- نقشه‌برداری ثبتی (کاداستر): در این شاخه از نقشه‌برداری تنها برداشت و نمایش حدود و اطلاعات مالکیت املاک مورد نظر است.
- نقشه‌برداری ساختمانی (کارگاهی): در این شاخه از نقشه‌برداری تنها پیاده سازی اجزای اصلی ساختمان‌ها و تأسیسات وابسته به آن‌ها و کنترل هندسی آن‌ها در حین اجرا مورد نظر است.
- نقشه‌برداری هوایی (فتوگرامتری): در این شاخه از نقشه‌برداری اندازه گیری‌ها و اصطلاحاً برداشت به کمک عکس‌های هوایی انجام می‌گیرد و اندازه گیری‌ها و عملیات زمینی صرفاً برای مختصات دهی به عکس‌ها و گویا سازی عوارض می‌باشد.
- نقشه‌برداری دریایی (آب نگاری): در این شاخه از نقشه‌برداری برداشت و نمایش عوارض مسطحاتی و ارتفاعی کف دریاها و مناطق آبی مورد نظر است.
- کارتوگرافی: علم، هنر ترسیم نقشه، مطالعه و روش‌های استفاده از نقشه
- Gis: انجام آنالیزهای پیچیده روی داده‌های مکانی و غیر مکانی با استفاده از داده‌ها، روش‌ها، الگوریتم‌ها، سخت‌افزار، نرم‌افزار و نیروی انسانی
- سنجش از دور: برداشت عوارض از روی تصاویر ماهواره‌ای

۲-۸- تمرین‌ها

☑ شیب امتداد AB برابر ٪۵ و اختلاف ارتفاع بین آن‌ها ۱۲ متر است. فاصله AB روی نقشه ۱:۲۰۰۰ چقدر است؟

$$\tan\alpha = \frac{۵}{۱۰۰} \rightarrow \frac{۵}{۱۰۰} = \frac{\Delta H}{\Delta X} = \frac{۱۲}{\Delta X} \rightarrow \Delta X = ۲۴۰\ m$$

$$S = \frac{l}{L} \rightarrow \frac{۱}{۲۰۰۰} = \frac{ab}{AB} = \frac{ab}{۲۴۰\ m} \rightarrow ab = ۱۲\ cm$$

☑ مساحت یک قطعه زمین روی نقشه ۱:۲۰۰۰ برابر ۳۰ cm۲ است، مساحت آن روی نقشه ۱/۵۰۰۰ چند میلی‌متر مربع است؟

$$S^۲ \text{ روی نقشه اول} = \frac{A'}{A} \rightarrow \left(\frac{۱}{۲۰۰۰}\right)^۲ = \frac{۳۰}{A} \rightarrow A = ۱۲ * ۱۰^۷\ cm^۲$$

$$S_۲^۲ \text{ روی نقشه دوم} = \frac{A^*}{A} \rightarrow \left(\frac{۱}{۵۰۰۰}\right)^۲ = \frac{A^*}{۱۲ * ۱۰^۷} \rightarrow A^* = ۴۸۰\ mm^۲$$

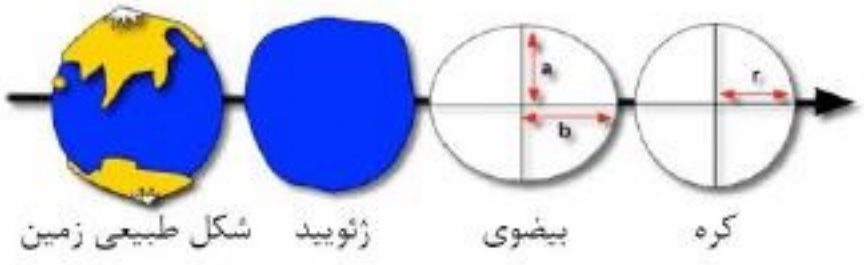
☑ فاصله دو نقطه A,B روی زمین شیب‌دار با شیب ۲۷ درصد برابر ۴۰۰ متر است. اگر فاصله بین این دو نقطه بر روی نقشه ۷۷ سانتی‌متر ترسیم شده باشد مقیاس نقشه کدام است؟

فصل سوم

شکل زمین و سطوح مبنا

۳-۱- لزوم شناخت شکل زمین

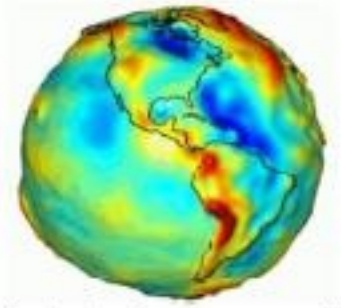
مشاهدات نقشه‌برداری روی سطح زمین انجام می‌شود. در نتیجه برای نقشه‌برداری لازم است یک شناخت نسبی از سطح زمین داشته باشیم. شکل زمین کاملاً کروی نیست و بسیار پیچیده است (شامل پستی‌ها بلندی‌ها، کوه و دره و ...) لذا برای شناخت از یک سطح مقایسه استفاده می‌کنیم.



شکل ۳-۱: تصویری ساده از شکل‌های طبیعی، فیزیکی و هندسی زمین

۳-۲- ژئویید

ژئویید یک سطح فیزیکی و بیانگر سطح متوسط دریاها و اقیانوس‌ها است. از آنجا که بیش از ۷۸ درصد سطح زمین را دریاها و اقیانوس‌ها می‌پوشانند، سطح آب‌های آزاد طبیعی‌ترین و نزدیک‌ترین شکل به زمین است؛ بنابراین ژئویید تقریب خوبی از شکل واقعی زمین به حساب می‌آید.



شکل ۳-۲: شکل ژوئید به دست آمده از داده‌های ماهواره‌ای

تعریف ژئویید: اگر سطح متوسط آب دریاهای آزاد (MSL) را در حالت آرام و بدون جزو مد از زیر خشکی‌ها ادامه دهیم شکلی که به دست می‌آید را ژئویید می‌نامند. البته باید در نظر داشت که ژئویید و MSL کاملاً بر یکدیگر منطبق نیستند.

شکل ۳-۳: بررسی وضعیت ژئویید نسبت به سطح زمین

همان‌گونه که در شکل ۳-۳ نیز مشخص است، ژئویید یک سطح نسبتاً بی‌هنجار است و بیان ریاضی آن دشوار است؛ بنابراین نمی‌تواند به عنوان یک سطح مبنای مسطحاتی مفید برای انجام محاسبات تعیین موقعیت در نظر گرفته شود. با این وجود ژئویید در تمام کشورها به عنوان مرجع سنجش ارتفاعات پذیرفته شده است.

۳-۳- سطح مقایسه ریاضی

سطح ریاضی که جایگزین ژئویید می‌شود باید دو شرط داشته باشد:

۱- تا حد امکان به ژئویید نزدیک باشد.

۲- انجام محاسبات روی آن ساده باشد.

ژئودزین ها چهار سطح ریاضی را به عنوان جایگزین ژئویید مطرح کرده‌اند. این چهار سطح عبارت‌اند از اسفروئید، بیضوی سه محوره، بیضوی دو محوره و کره. (انجام محاسبات مربوط به تعیین شکل زمین پیچیده و خارج از بحث نقشه برداری است و در مباحث ژئودزی بررسی می‌شود.)

۳-۳-۱- اسفروئید:

خیلی به ژئویید نزدیک است ولی محاسبات بر روی آن بسیار پیچیده می‌باشد.

۳-۳-۲- بیضوی سه محوره:

حداکثر جدایی این سطح از ژئویید ۱۲m-۱۰ می‌باشد. محاسبات روی آن نسبت به اسفروئید ساده‌تر است ولی هنوز هم برای استفاده‌های معمولی پیچیده می‌باشد.

۳-۳-۳- بیضوی دو محوره (بیضوی دورانی):

یک بیضی است که حول قطر کوچک‌تر خود دوران کرده است. حداکثر جدایی آن از ژئویید ۱۰۰m می‌باشد و محاسبات آن به نسبت ساده‌تر از بیضوی سه محوره است.

۳-۳-۴- کره:

حداکثر جدایی کره از ژئویید به ۱km هم می‌رسد. با وجود ساده بودن محاسبات مربوط به کره، به علت اختلاف زیاد با سطح ژئویید استفاده از آن پیشنهاد نمی‌شود.

۳-۴- بیضوی مقایسه

با توجه به مباحث مطرح شده بهترین شکل هندسی و ریاضی برای زمین بیضوی دو محوره دورانی می‌باشد. بسته به نوع نیاز در نقشه برداری بیضوی‌های دورانی مختلفی تعریف می‌شود که می‌تواند محلی یا جهانی باشند:

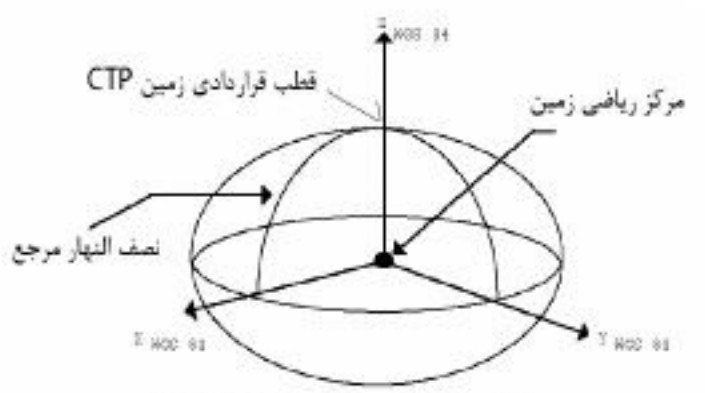
۳-۴-۱- بیضوی محلی:

برای تعیین این نوع بیضوی، در یک منطقه خاص ژئویید محلی را تقریب می‌زنند. معمولاً بیضوی به دست آمده با این روش در آن منطقه بسیار به ژئویید نزدیک است ولی در سایر مناطق جدایی آن مشخص نیست. به عنوان مثال بیضوی Hayford یک بیضوی محلی است که برای کشورهای ایران، ترکیه، آلمان به خوبی به ژئویید نزدیک است.

۳-۴-۲- بیضوی جهانی:

برای تعیین این نوع بیضوی، سطح ژئویید در کل دنیا را مدنظر قرار می‌دهند و محاسبات به گونه‌ای است که در مجموع کمترین جدایی را با سطح ژئویید داشته باشد.

آخرین بیضوی جهانی محاسبه‌شده WGS ۸۴ است که اکنون اکثر کشورها از آن استفاده می‌کنند. در GPS نیز از این بیضوی استفاده می‌شود. این بیضوی یک بیضوی دست راستی و زمین مرکز است که محور Z آن از قطب قراردادی زمین (CPT) می‌گذرد.



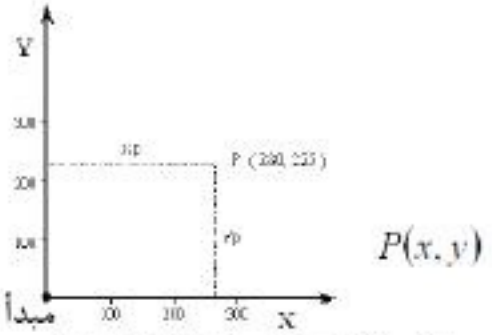
شکل ۳-۴: بیضوی دورانی WGS۸۴

۳-۵- تعیین مختصات بر روی زمین

در نقشه برداری بسته به وسعت منطقه مورد نظر سیستم مختصات های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۵-۱- نقشه برداری در مناطق محدود:

در مناطق محدود از سیستم مختصات با شبکه‌بندی قائم‌الزاویه (دکارتی) استفاده می‌کنند و مختصات نهایی به صورت (X,Y,Z) نشان داده می‌شود.



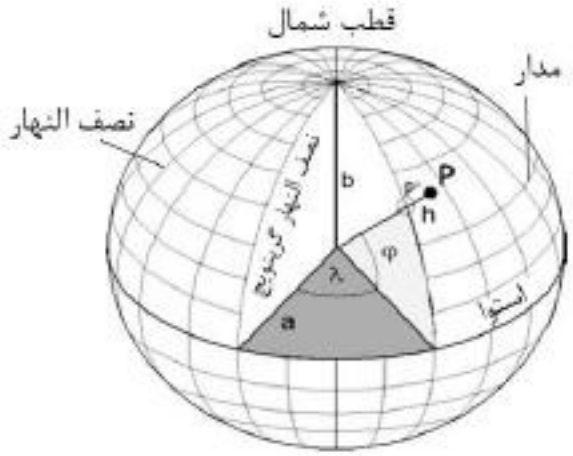
شکل ۳-۵: دستگاه مختصات قائم‌الزاویه

۳-۵-۲- نقشه برداری در مناطق وسیع:

در مناطق وسیع باید کرویت زمین را در نظر بگیریم. در این حالت محاسبات بر روی سطح بیضوی انجام می‌شود؛ بنابراین مشابه دستگاه دکارتی دو دسته خط (مدار و نصف‌النهار) روی بیضوی تعریف می‌کنیم.

نصف‌النهار: خطوطی که از قطب شمال به جنوب وصل می‌شوند. مبدأ صفر آن‌ها نصف‌النهار مبدأ (گرینویچ) است که از رصدخانه گرینویچ در نزدیک لندن می‌گذرد.

مدار: در بیضوی دورانی به صورت دایره‌های هستند به موازات دایره استوا و عمود بر نصف‌النهارها. مبدأ صفر آن‌ها دایره استوا می‌باشد.



شکل ۳-۶ نمایش مدارات و نصف النهارات بر روی بیضوی مقایسه

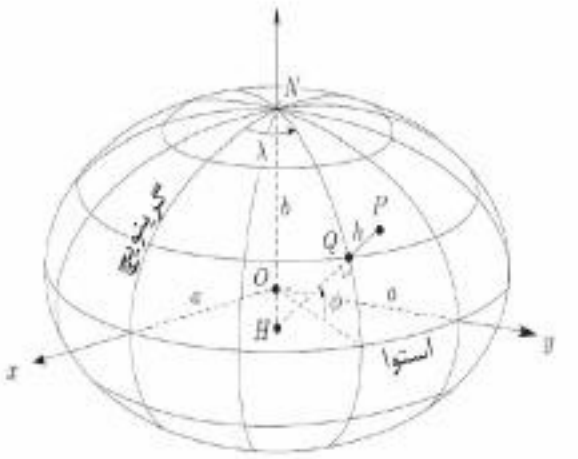
۳-۶- تعیین مختصات یک نقطه روی زمین در بیضوی دورانی:

مختصات هر نقطه به وسیله خط گذرنده از آن و عمود بر بیضوی تعیین می‌شود.

طول جغرافیایی (λ): زاویه‌ای که بین تصف‌النهار مبدأ و تصف‌النهار گذرنده از یک نقطه مشخص می‌شود. در سمت شرق گرینویچ مثبت و در غرب آن منفی است. (بین ۰ و ۱۸۰ درجه)

عرض جغرافیایی (φ): زاویه‌ای که امتداد شاقولی یک نقطه با مدار استوا می‌سازد. در تیم‌کره شمالی مثبت و در تیم‌کره جنوبی منفی است. (بین ۰ و ۹۰ درجه)

ارتفاع (h): ارتفاع نقطه از سطح بیضوی در راستای خط عمود



شکل ۳-۷: بیضوی مرجع زمین

مختصات ژئودتیک (φ,λ,h) به وسیله فرمول‌هایی به مختصات کارتزین (X,Y,Z) تبدیل می‌شوند و برعکس؛ که در این درس بررسی نمی‌شود.

۳-۷- سیستم تصویر

هدف از نقشه برداری تهیه نقشه است. برای نشان دادن جزئیات زمین بر روی صفحه نقشه باید ترتیبی اتخاذ کرد که موقعیت هر نقطه زمینی به کمک مختصاتش در صفحه تصویر (نقشه) مشخص گردد.

در نقشه‌برداری مستوی که وسعت منطقه کوچک است می‌توان سطح تصویر را مسطح فرض کرد. در این حالت برای انتقال طول AB از روی زمین به روی نقشه فقط استفاده از یک مقیاس کافی است.

در نقشه‌برداری غیر مستوی دیگر نمی‌توان سطح تصویر را مسطح فرض کرد. در این حالت پس از تعیین مختصات نقاط زمینی در سیستم بیضوی دورانی (سه بعدی و دارای انحنا) برای انتقال آن‌ها به روی صفحه نقشه (دو بعدی و تخت) لازم است از یکسری معادلاتی استفاده شود این معادلات را سیستم تصویر گویند.

۳-۷-۱- تعریف سیستم تصویر:

سیستم تصویر شامل روابط ریاضی می‌باشد که می‌توان به وسیله آن‌ها یک سطح سه‌بعدی را بروی یک سطح دوبعدی تصویر کرد.

- ❖ نکته: از آنجا یک سطح سه بعدی به یک سطح دو بعدی تبدیل می‌شود به ناچار اعوجاجاتی در آن به وجود می‌آید که اجتناب ناپذیرند. هیچ روش تصویری وجود ندارد که به وسیله آن بتوان کلیه فواصل و زوایا را حفظ نمود بنابراین همواره در این انتقال تغییر شکل را خواهیم داشت.

۳-۷-۲- انواع سیستم تصویر

با توجه به تأثیر سیستم‌های تصویر مختلف در تولید انواع اعوجاجات و اهمیت آن برای کاربران مختلف، سیستم‌های تصویر را در سه دسته کلی با ویژگی‌های زیر طبقه بندی کرده‌اند:

- هم زاویه (متشابه): که مشهورترین آن‌ها سیستم تصویر مخروطی لامبرت، سیستم تصویر استوانه‌ای مرکاتور و سیستم تصویر استوانه‌ای U.T.M می‌باشند.
- هم طول
- هم مساحت

❖ نکته: بیضوی برخلاف استوانه و مخروط سطح قابل‌گسترشی نمی‌باشد؛ بنابراین برای انجام این انتقال از استوانه و مخروط به عنوان سطح واسطه کمک می‌گیریم.

بنا به کاربردهای مختلف از سیستم تصویرهای مختلفی استفاده می‌شود؛ اما بهترین سیستم تصویر برای نقشه برداری زمینی آن است که:

- اولاً زوایا را تغییر ندهد.
- ثانیاً مقیاس تبدیل را در منطقه ثابت نگه دارد.

لذا در نقشه‌برداری زمینی عموماً از سیستم تصویرهای هم زاویه (متشابه) استفاده می‌شود.

۳-۸- سیستم‌های تصویر متشابه

در سیستم تصویر هدف نهایی ارائه روابط تبدیل (φ,λ) به (x,y) روی نقشه است اما از آنجا که موضوع سیستم‌های تصویر و روابط ریاضی آن پیچیده و خارج از درس نقشه برداری عمومی است، لذا تنها به معرفی کوتاه و ذکر ویژگی‌های اساسی سه سیستم تصویر متشابه ۱) استوانه‌ای مرکاتور، ۲) استوانه‌ای مرکاتور معکوس و ۳) استوانه‌ای مرکاتور معکوس جهانی که بیش‌ترین استفاده را در تهیه نقشه‌های بزرگ مقیاس (نقشه‌های مطالعاتی و اجرایی) دارند، اکتفا می‌شود. البته ناگفته نماند که سیستم تصویر مخروطی لامبرت نیز در تهیه نقشه‌های کوچک مقیاس بسیار کاربرد دارد.

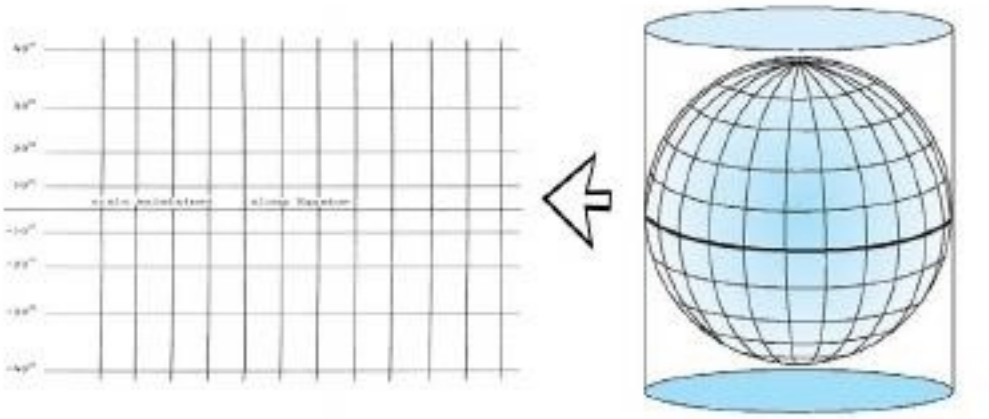
۳-۸-۱- سیستم تصویر مرکاتور

یک استوانه را طوری بر بیضوی محاط می‌کنیم که محور استوانه و محور زمین بر هم منطبق باشند و استوانه در طول استوا به بیضوی مماس باشد.

ویژگی‌های سیستم تصویر مرکاتور:

- تصویر نصف‌النهارها باهم موازی‌اند.
- تصویر نصف‌النهارها و مدارات بر هم عمود هستند
- فواصل بین تصویر نصف‌النهارها مساوی است

- فواصل بین مدارات با دور شدن از استوا افزایش می‌یابد. در نتیجه این سیستم تصویر برای مناطق قطبی مناسب نیست
- ضریب مقیاس در طول خط استوا برابر ۱ است.



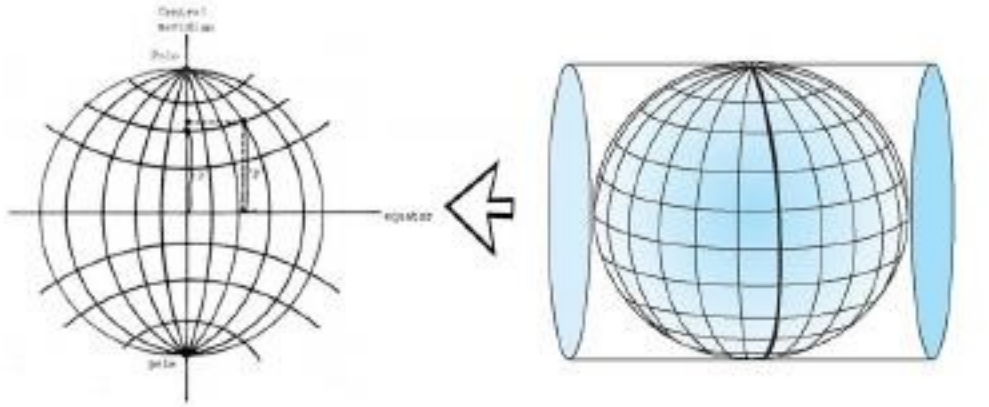
شکل ۳-۸: نمایش مدارات و نصف النهارات در سیستم تصویر مرکاتور

۳-۸-۲- سیستم تصویر مرکاتور معکوس (TM) (مطالعه آزاد)

این سیستم تصویر مشابه مرکاتور است با این تفاوت که به جای آنکه استوانه در طول خط استوا بر کره مماس شود در طول تصف‌النهار مبدأ بر آن مماس می‌شود.

ویژگی‌های سیستم تصویر مرکاتور معکوس:

- تصویر مدارات و تصف‌النهارها بر هم عمود است.
- ضریب مقیاس در طول تصف‌النهار مبدأ یک است.



شکل ۳-۹: نمایش مدارات و نصف النهارات در سیستم تصویر مرکاتور معکوس

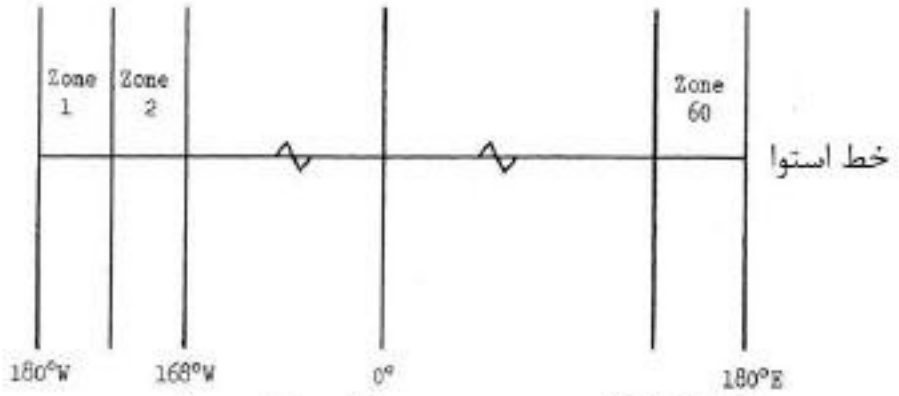
۳-۸-۳- سیستم تصویر مرکاتور معکوس جهانی (U.T.M)

نوع خاصی از سیستم تصویر مرکاتور معکوس است که در آن استوانه با تصف‌النهار مرکزی منطقه‌ای که از آن نقشه تهیه می‌گردد مماس می‌شود.

تعریف Zone: در سیستم تصویر UTM دور استوایی زمین را به ۶۰ قاچ ۶ درجه‌ای تقسیم می‌کنند، هر قاچ یک Zone نامیده می‌شود.

ویژگی‌های سیستم تصویر UTM:

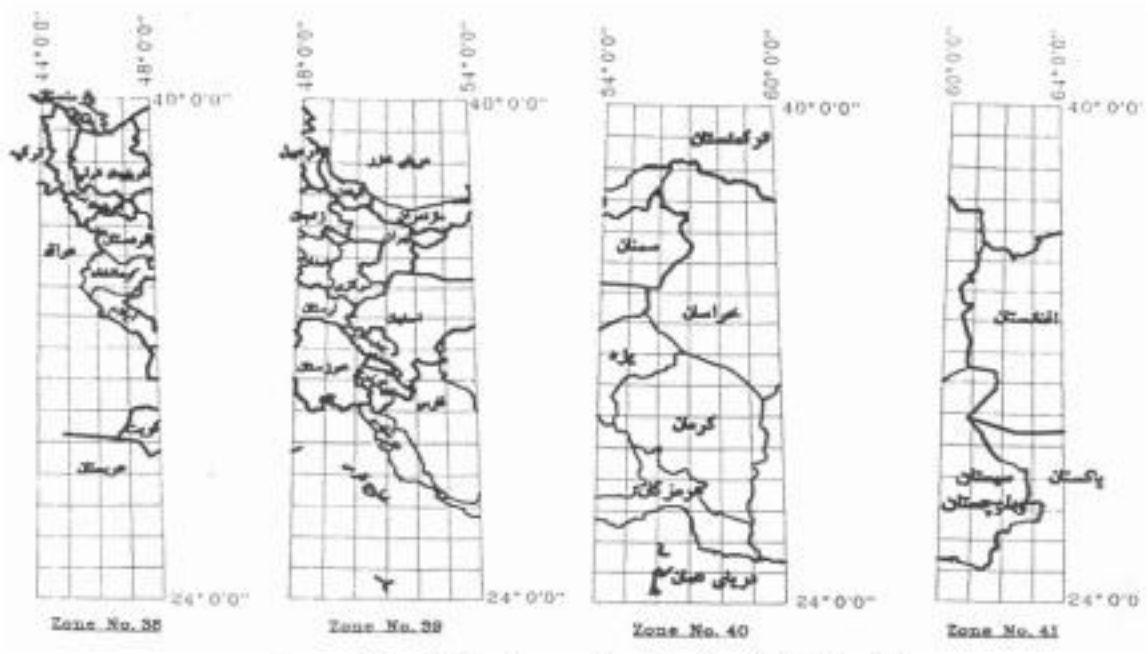
- هر Zone به صورت جداگانه تصویر می‌شود و با شماره آن مشخص می‌گردد. شماره گذاری قاچ‌ها از ۱ برای تصف‌النهار ۱۸۰ درجه غربی تا ۱۷۴ درجه غربی شروع و به ۶۰ برای تصف‌النهار ۱۷۴ درجه شرقی تا ۱۸۰ درجه شرقی ختم می‌گردد.



شکل ۳-۱۰: قاچ بندی در سیستم مرکاتور معکوس جهانی

- تصف‌النهار مرکزی هر قاچ مبدأ مختصات طولی و استوا مبدأ مختصات عرضی است.
- مبدأ مختصات در هر قاچ محل تقاطع تصف‌النهار مرکزی آن قاچ و خط استوا می‌باشد. مختصات این نقطه برای نیم کره شمالی (۰ و ۵۰۰,۰۰۰) و برای نیم کره جنوبی (۱۰,۰۰۰,۰۰۰ و ۵۰۰,۰۰۰) در نظر گرفته می‌شود.
- ضریب مقیاس در تصف‌النهار مرکزی ۰/۹۹۹۶ است.

❖ نکته: سیستم تصویر U.T.M به عنوان سیستم تصویر بین‌المللی انتخاب شده است. ایران در ۴ زون ۳۸، ۳۹، ۴۰ و ۴۱ گسترده شده است. شهر مشهد نیز در زون ۴۰ قرار دارد.



شکل ۳-۱۱: قاچ بندی ایران در سیستم مرکاتور معکوس جهانی

فصل چهارم

اندازه گیری فاصله

۴-۱- مقدمه

اندازه گیری طول یکی از اجزای اصلی اندازه گیری می‌باشد. به همین دلیل بیشتر مواقع به عنوان مبنای برداشت‌ها محسوب می‌گردد و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این فصل تلاش می‌شود تا بحث فاصله سنجی به روش‌های مختلف شامل روش‌های مستقیم و غیرمستقیم مورد بررسی قرار گیرد.

۴-۲- روش‌های مستقیم اندازه گیری فاصله

در این روش‌ها با مقایسه مستقیم طول مجهول با یک طول معلوم و استاندارد فاصله به دست می‌آید.

۴-۲-۱- روش‌های مستقیم کم دقت

۱- قدم زدن: هر فرد می‌تواند بر اساس قدم‌های استاندارد خود از آن در مواردی همچون شناسایی و تهیه نقشه‌های کوچک مقیاس و کروکی بهره ببرد. دقت نسبی این روش بین $\frac{۱}{۵۰}$ تا $\frac{۱}{۱۰۰}$ است.

۲- چرخ غلتان: این دستگاه یک چرخ کاملاً دایره‌ای شکل است که اندازه محیط آن با دقت بالا معلوم است بنابراین با حرکت آن روی هر طول دلخواه و شمارش تعداد دورهای حرکت می‌توان اندازه طول را برآورد نمود. دقت نسبی حدود $\frac{۱}{۲۰۰}$ است.

شکل ۴-۱: چرخ غلتان

۴-۲-۲- روش‌های مستقیم با دقت متوسط

۱- زنجیر مساحی: مجموعه‌ای از قطعات فلزی حدود ۲۰ سانتی متی است، که با حلقه‌های مخصوص به هم متصل‌اند دقت نسبی این روش حدود $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ است.

شکل ۴-۲: زنجیر مساحی

۲- نوار پارچه‌ای یا پلاستیکی: این نوع نوارها عموماً دارای درجه بندی سانتیمتری هستند و برای کارهای معمولی مانند مساحی و کنترل برخی نقشه‌های توپوگرافی و ساختمانی که نیاز به دقت بالا ندارند، استفاده می‌شوند. بسته به جنس نوار دقت نسبی بین $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ تا $\frac{۱}{۳۰۰۰}$ دارد.

شکل ۴-۳: نوار پلاستیکی (فایبرگلاس)

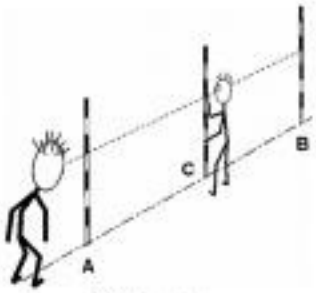
۳- نوار فلزی: متداول‌ترین ابزار اندازه گیری مستقیم طول، نوارهای فلزی هستند که از چند متر تا ۵۰ متر در بازار به وفور یافت می‌شوند. دقت نسبی در حدود $\frac{۱}{۵۰۰۰}$ دارند؛ که جوابگوی بسیاری از کارهای دقیق در نقشه‌برداری می‌باشد.

شکل ۴-۴: نوار فلزی

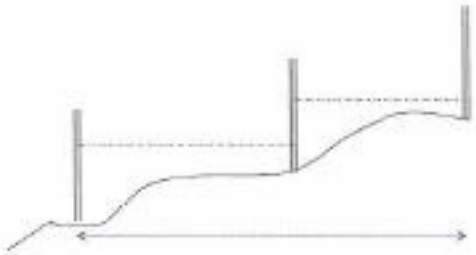
۴-۲-۳- روش‌های مستقیم دقیق

در این روش از نوع خاصی از مترهای فلزی از جنس انوار استفاده می‌شود، که ضریب انبساط طولی آن بسیار کوچک است. دقت نسبی آن در شرایط مطلوب $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}$ می‌باشد.

❖ نکته: اندازه گیری طول‌های بلند بر مبنای تقسیم طول به طول‌های کوچک‌تر انجام می‌شود و نکته مهم اندازه گیری فاصله در یک مسیر کاملاً مستقیم است:



شکل ۴-۵: شیوه صحیح امتداد گذاری برای اندازه گیری طول‌های بلند



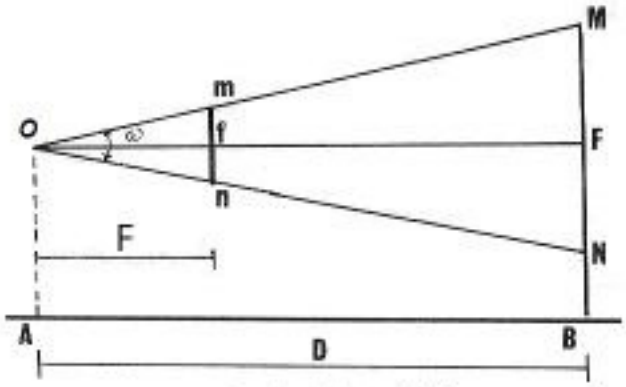
شکل ۴-۶: شیوه صحیح اندازه گیری طول‌های بلند در زمین‌های شیب دار

۴-۳- روش‌های غیرمستقیم

در این روش‌ها طول به صورت مستقیم مورد سنجش قرار نمی‌گیرد و بر پایه اندازه گیری کمیت دیگری مانند زاویه، زمان و اختلاف فاز و به‌کارگیری یکسری روابط و معادلات می‌توان طول را برآورد نمود.

۴-۳-۱- مثلثاتی (استادیمتری) در زمین‌های بدون شیب

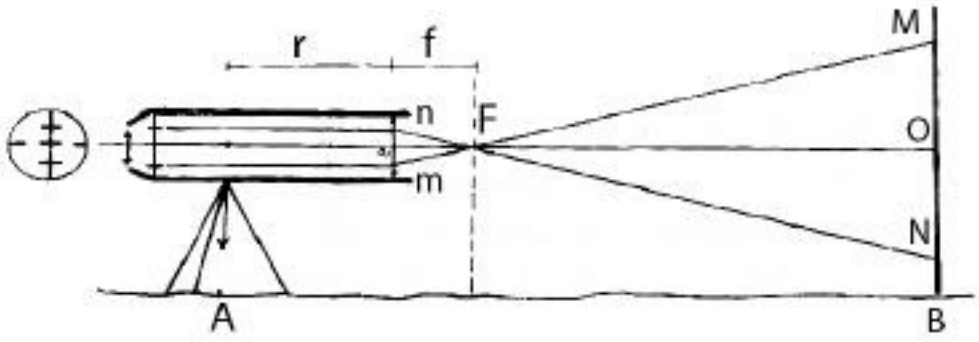
اساس استادیمتری بر قضیه تالس و تشابه مثلث‌ها استوار است.



$$\frac{D}{f} = \frac{MN}{mn} \rightarrow D = \frac{f}{mn} MN$$

شکل ۴-۷: اساس استادیمتری

حال موضوع فوق را برای یک دوربین نقشه برداری با خط دید افقی توسعه می‌دهیم.



شکل ۴-۸: استادیمتری در دوربین‌های نقشه برداری

در دوربین‌های نقشه‌برداری مقدار $\frac{f}{mn}$ مقداری ثابت و برابر k می‌باشد.

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

K= ثابت دوربین

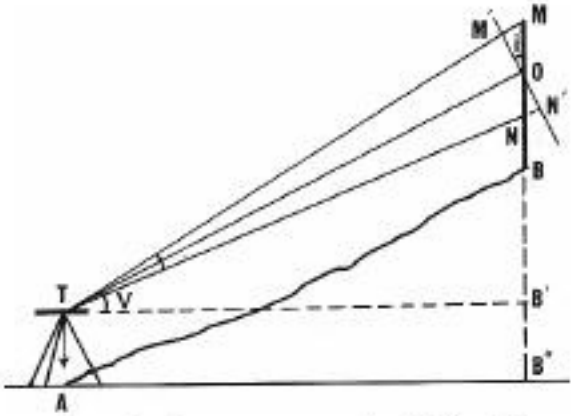
MN= (تار بالا- تار پایین)

C= مقدار تصحیح دوربین

ترکیب دوربین‌های نقشه‌برداری اغلب به گونه‌ای می‌باشد که C=۰ و K=۱۰۰ است. (دوربین آتالاکتیک)

۴-۳-۲- استادیمتری در زمین‌های شیب‌دار

در زمین‌های شیب دار مشابه روش قبل عمل می‌شود وتنها در محاسبات مربوطه زاویه شیب نیز وارد خواهد شد.



شکل ۴-۹: استادیمتری در زمین‌های شیب دار

$$OM' = OM \times Cos(v)$$
$$ON' = ON \times Cos(v)$$
$$\rightarrow M'N' = OM' + ON' = MN \times Cos(v)$$
$$TO = K \times M'N'$$
$$AB^* = TO \times Cos(v) = K \times MN \times Cos^2(v)$$

(V: زاویه شیب نسبت به سطح افق)

❖ نکته: حداکثر فاصله‌ای که می‌توان از روش استادیمتری استفاده نمود بستگی به قدرت تفکیک چشم و بزرگنمایی عدسی دوربین دارد:

$$D \leq G \times \frac{۱۰}{۳} \rightarrow (G = \text{بزرگنمایی دوربین} = ۲۵) \rightarrow D \leq ۸۳.۳$$

۴-۴- اندازه گیری فاصله به روش الکترونیکی

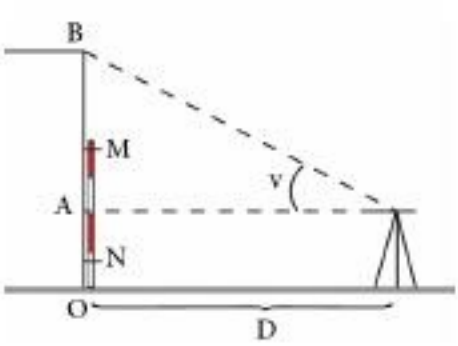
این روش بر مبنای استفاده از امواج الکترومغناطیسی است و با اندازه گیری اختلاف فاز (زمان رفت و برگشت) امواج ارسالی و دریافتی فاصله به دست می‌آید. به دستگاه‌هایی که به این روش فاصله را اندازه گیری می‌کنند EDM می‌گویند. لازم به ذکر است طول به دست آمده با این دستگاه‌ها عموماً طول مایل است و با اندازه گیری زاویه شیب باید آن را به طول افقی تبدیل نمود.

۴-۵- تمرین‌ها:

☑ فاصله افقی دو نقطه روی زمین ۱۸۰m و اختلاف ارتفاع آن‌ها ۳/۶m می‌باشد شیب زمین بین این دو نقطه چند درصد است ؟

$$\text{درصد شیب} \times ۱۰۰ = \tan(\alpha) \times ۱۰۰ = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times ۱۰۰ \rightarrow \frac{۳.۶}{۱۸۰} = \frac{۳۶۰ \times ۱۰^{-۲}}{۱۸۰} = ۰.۰۲ \rightarrow \text{درصد شیب} = ۲٪$$

☑ برای تعیین ارتفاع ساختمانی، شاخص را در کنار ساختمان گذاشته و قرائت‌های زیر را انجام داده‌ایم (تار بالا ۱۸۰۰، تار پایین ۱۲۰۰، زاویه شیب صفر و تار وسط ۱۵۰۰) سپس به نقطه B بالای ساختمان قراولروی کرده و فقط زاویه قائم ۶۰ درجه را قرائت کردیم، ارتفاع نقطه B چند متر است؟ (k = ۱۰۰)



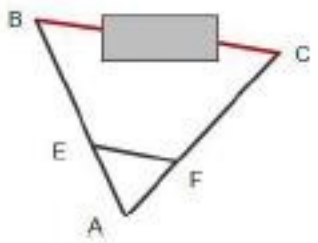
$$D = K \times MN \times COS^{۲}(v) = k \times MN = ۶۰m$$

$$tan(v) = \frac{AB}{D} \rightarrow \sqrt{۳} = \frac{AB}{۶۰} \rightarrow AB = ۶۰\sqrt{۳}$$

$$\text{دوربین ارتفاع} \rightarrow \text{زاویه قائم ۹۰ درجه} = \text{تار وسط} = ۱.۵m$$

$$OA = ۱.۵ + ۶۰\sqrt{۳}$$

☑ به دلیل وجود مانع بین دو نقطه C,B امکان متر کشی مستقیم وجود ندارد با توجه به اندازه‌های داده شده طول BC را تعیین کنید.(AE=۱.۵ ، AF=۲ ، BE=۱.۵ ، CF=۱.۵ و EF=۱.۷)



$$\frac{۱.۵}{۴.۵} = \frac{۲}{۶} \rightarrow \text{دو خط } BC, EF \text{ موازی}$$

$$\frac{BC}{EF} = \frac{AB}{AE} \rightarrow \frac{BC}{۱.۷} = \frac{۴.۵ + ۱.۵}{۱.۵} \rightarrow BC = ۴ \times ۱.۷$$

فصل پنجم

ترازیابی

۵-۱- مقدمه

یکی دیگر از مهم‌ترین کمیت‌های مورد اندازه گیری در مهندسی نقشه‌برداری که منجر به تعیین ارتفاع نقاط می‌شود، اختلاف ارتفاع بین نقاط است. منظور از ترازیابی در مهندسی نقشه‌برداری در اغلب اوقات همان اختلاف ارتفاع یابی است. بنابراین می‌توان ترازیابی را مجموعه عملیاتی تعریف نمود که منجر به تعیین ارتفاع یک نقطه و یا اختلاف ارتفاع دو نقطه نسبت به هم می‌شود. واژه تراز به سطح تراز یا سطح هم پتانسیل اشاره دارد و بنابراین منظور واقعی از ترازیابی اندازه گیری اختلاف پتانسیل بین دو نقطه است که تعبیر هندسی آن اختلاف فاصله بین سطوح تراز گذرنده از دو نقطه مورد نظر است. ترازیابی در نقشه برداری عموماً با اهداف زیر انجام می‌شود:

۱- تولید نقشه توپوگرافی (پستی و بلندی سطح زمین)

۲- به دست آوردن شیب یک امتداد

۳- ایجاد و کنترل سطوح افقی

۴- به دست آوردن شکل مقاطع قائم (پروفیل)

۵- محاسبه حجم عملیات خاکی

در این فصل تلاش می‌شود تا موضوع ترازیابی به روش‌های گوناگون مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۲- روش‌های ترازیابی مستقیم

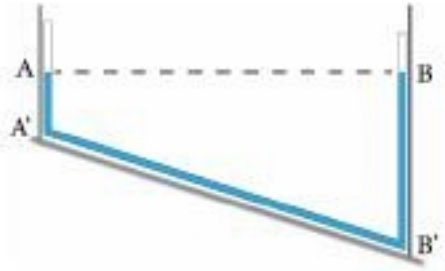
ترازیابی مستقیم بر مبنای مقایسه ارتفاع مجهول با یک طول معلوم در راستای قائم (امتداد شاقولی) استوار است.

۵-۲-۱- ترازیابی با شیلنگ تراز

در بسیاری از کارهای ساختمانی کوچک که نیاز به هم ارتفاع کردن یا اندازه گیری اختلاف ارتفاع داشته باشیم از یک شیلنگ پلاستیکی شفاف استفاده می‌کنیم که به آن شیلنگ تراز می‌گویند. در ترازیابی با شیلنگ تراز از خاصیت تراز بودن آب در ظروف مرتبط استفاده می‌شود.

تراز B = تراز A

اختلاف ارتفاع A' و B' = $BB' - AA'$



شکل ۵-۱: ترازیابی با شیلنگ تراز

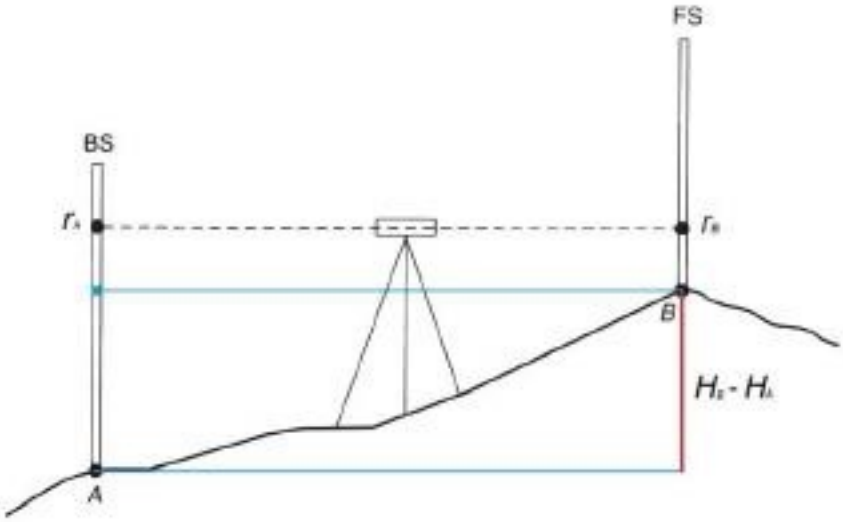
۵-۲-۲- ترازیابی شمشه تراز

این روش بیشتر در عملیات نقشه برداری مربوط به پروژه‌های ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. وسایل این ترازیابی یک عدد شمشه و تراز و یک شاخص می‌باشد که به جای شاخص می‌توان از شاقول و متر نیز استفاده نمود.

شکل ۵-۲: ترازیابی شمشه تراز

۵-۲-۳- ترازیابی با دوربین و شاخص

در روش مستقیم یا ترازیابی هندسی از یک دستگاه ترازیاب و معمولاً دو عدد شاخص مدرج استفاده می‌شود. مطابق شکل ۵-۳ در این روش دوربین ترازیاب را تقریباً وسط دو نقطه B,A به گونه‌ای قرار می‌دهیم که به دو نقطه دید داشته باشد.



شکل ۵-۳: اساس ترازیابی مستقیم یا دوربین ترازیاب

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

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

B.S: A قرائت روی نقطه‌ی

F.S: B قرائت روی نقطه‌ی

چند تعریف در رابطه با ترازیابی:

بنچ مارک (B.M): نقاط ثابتی هستند که ارتفاع آن‌ها برای ما مشخص است.

ایستگاه: محل قرار گرفتن دوربین نقشه‌برداری

قرائت عقب (B.S): اولین قرائت دوربین در هر بار ایستگاه گذاری جدید

قرائت جلو (F.S): آخرین قرائت دوربین در هر بار ایستگاه گذاری جدید

قرائت میانی (M.S): هر قرائت دوربین که نه B.S باشد و نه F.S

انواع روش‌های ترازیابی با دوربین ترازیاب.

۱- تدریجی: در هر استقرار دوربین تنها دو قرائت عقب و جلو داریم

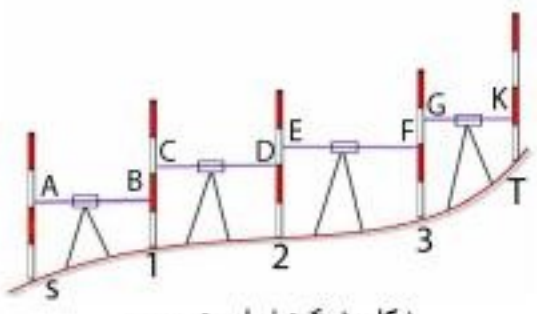
۲- شعاعی: در هر استقرار علاوه بر قرائت عقب و جلو قرائت‌های میانی هم داریم

۳- ترکیبی: ترکیب دو روش بالایی

۵-۲-۳-۱- ترازیابی تدریجی:

اگر دو نقطه‌ای که می‌خواهیم اختلاف ارتفاع آن‌ها را پیدا کنیم از هم دور باشند و یا شیب زمین زیاد باشد به طریقی که با یک بار ایستگاه گذاری پیدا کردن اختلاف ارتفاع مقدور نباشد از ترازیابی تدریجی استفاده می‌شود.

در ترازیابی تدریجی در هر بار استقرار دوربین تنها دو قرائت عقب و جلو داریم. در شکل زیر ارتفاع نقطه S مشخص است و هدف پیدا کردن ارتفاع نقطه T می‌باشد.



شکل ۵-۴: ترازیابی تدریجی

نقطه	B.S	F.S	اختلاف ارتفاع	ارتفاع نقطه
S	A			Hs
۱	C	B	A-B	Hs+(A-B)
۲	E	D	C-D	H_1+(A-B)
۳	G	F	E-F	H_2+(A-B)
T		K	G-K	H_3+(A-B)

$$\Delta H_{ST} = \sum B.S - \sum F.S$$

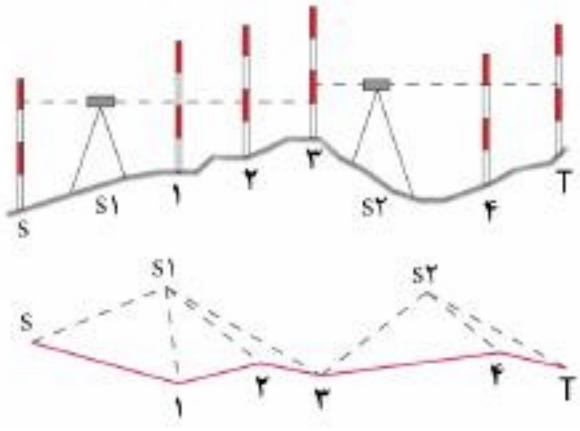
ترازیابی تدریجی معمولاً زمانی استفاده می‌شود که به یکی از دلایل زیر نتوانیم با یک بار استقرار دوربین اختلاف ارتفاع دو نقطه را محاسبه کرد:

- حالت اول: اگر فاصله شاخص با ترازیاب بیشتر از ۴۰۰ متر باشد باید از نقاط کمکی استفاده کرده و به صورت تدریجی به ارتفاع نقطه دوم برسیم.
- حالت دوم: اگر موانع طبیعی و مصنوعی بیش از حد باشد و امکان دید مستقیم نباشد
- حالت سوم: اگر اختلاف ارتفاع دو نقطه بیش از ۴ متر باشد (ارتفاع شاخص)

❖ نکته: در ترازیابی تدریجی معمولاً برای کنترل کار ترازیابی به صورت رفت و برگشتی انجام می‌شود.

۵-۲-۳-۲- ترازیابی شعاعی:

این نوع ترازیابی بیشتر زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که بتوان با قرار دادن دستگاه ترازیاب در محل مناسب بیش از دو قرائت انجام داد. این روش بیشتر در برداشت‌های توپوگرافی و تهیه پروفیل‌های طولی و عرضی کاربرد دارد. اولین قرائت را از هر ایستگاه قرائت عقب و آخرین قرائت را قرائت جلو و بقیه را به عنوان قرائت وسط در جدول می‌نویسند. نکته مهم در ترازیابی شعاعی این است که پس از هر بار تغییر محل استقرار دوربین باید یک نقطه مشترک بین دو دهنه را قرائت کنیم.



شکل ۵-۵ ترازیابی شعاعی

نقطه	B.S	M.S	F.S	اختلاف ارتفاع	ارتفاع نقطه
S	A				Hs
۱		B		A-B	H_1+(A-B)
۲		C		A-C	H_2+(A-C)
۳	E		D	A-D	H_3+(A-D)
۴		F		E-F	H_4+(E-F)
T			G	E-G	H_T+(E-G)

۵-۲-۳-۳- ترازیابی ترکیبی:

در کارهای عمرانی برای افزایش سرعت کار معمولاً از ترکیب دو روش بالا استفاده می‌شود. هر چه تعداد ایستگاه گذاری ما کمتر باشد سرعت و دقت کار بالاتر خواهد بود. بنابراین با یک با استقرار دوربین حداکثر نقاط که بتوانیم را برداشت می‌کنیم و تنها زمانی دوربین را جابجا می‌کنیم که یکی از حالت‌های زیر اتفاق بیفتد:

- اختلاف ارتفاع بیش از طول شاخص باشد.

- فاصله بیش از ۴۰۰ متر باشد.

شکل ۵-۶ ترازیابی ترکیبی

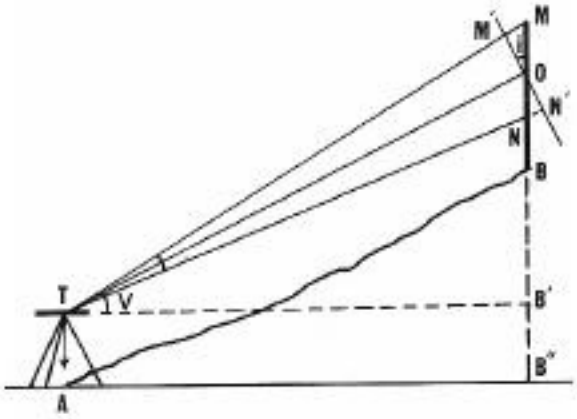
۵-۳- روش ترازیابی غیرمستقیم (مثلثاتی)

در ترازیابی به روش غیرمستقیم اختلاف ارتفاع بر پایه اندازه گیری کمیت‌های دیگری مانند طول و زاویه و به‌کارگیری یکسری روابط و معادلات محاسبه می‌شود.

همان‌گونه که در مبحث اندازه گیری فاصله مشاهده شد، طول شیب‌دار بین دو نقطه B,A از رابطه $D=K\times MN\times Cos(v)$ محاسبه می‌شود.

K= ثابت دوربین

MN= (تار بالا- تار پایین)



$$\Delta H_{AB} = BB^{*} + B'O - BO$$

$$\Delta H_{AB} = D \times Sin(v) + h_i - h_o$$

$$\Delta H_{AB} = K \times MN \times Cos(v) \times Sin(v) + h_i - h_o$$

v = زاویه شیب نسبت به سطح افق

h_i= ارتفاع دوربین

h_o = قرائت تار وسط

شکل ۵-۷: ترازیابی مثلثاتی

۵-۴- ترازیابی فشار سنجی

فشار هوا رابطه معکوس با ارتفاع دارد یعنی هر چه روی سطح زمین بالاتر برویم فشار هوا کمتر می‌شود؛ بنابراین از روی تغییرات فشار هوا می‌توان اختلاف ارتفاع را اندازه گیری نمود. فرمول‌های مختلفی برای این کار وجود دارد که معروف‌ترین آن‌ها رابطه تقریبی لاپلاس است:

$$\Delta H_{AB} = ۱۸۴۰۰۰ \times (۱ + \frac{T}{۲۷۳}) \times log \frac{P_A}{P_B}$$

T: دمای میانگین بین نقطه B,A بر حسب درجه سلسیوس

P_A و P_B فشار هوا در نقطه A و B بر حسب میلی‌متر جیوه

❖ نکته: ارتفاع حاصل از این روش فاقد ارزش مهندسی است و فقط در کارهای غیر دقیق استفاده می‌شود.

۵-۵- سرشکنی خطاها در ترازیابی

در ترازیابی با مقایسه ارتفاع محاسبه‌شده و ارتفاع واقعی نقطه پایانی، خطا محاسبه می‌شود. از آنجا که اختلاف ارتفاع نهایی از مجموع اختلاف ارتفاع دهنه‌ها محاسبه می‌شود و لذا باید تصحیح مورد نظر نیز به صورت تجمعی اعمال شود. بنابراین در هر دهنه مقدار تصحیح به صورت تصاعدی اضافه خواهد شد.

اگر خطای به دست آمده در حد مجاز باشد می‌توان از رابطه زیر مقدار تصحیح برای هر نقطه را مشخص نمود:

$$\text{تصحیح } C = -\frac{\text{مقدار خطا}}{\text{تعداد دهنه}}$$

$C_i = i \times C$ تصحیح دهنده i ام

❖ نکته: در صورت وجود نقاط میانی هیچ گونه تصحیحی نباید برای آن‌ها در نظر گرفت و تصحیح تنها به اولین و آخرین نقطه در هر ایستگاه اعمال خواهد شد.

فصل ششم

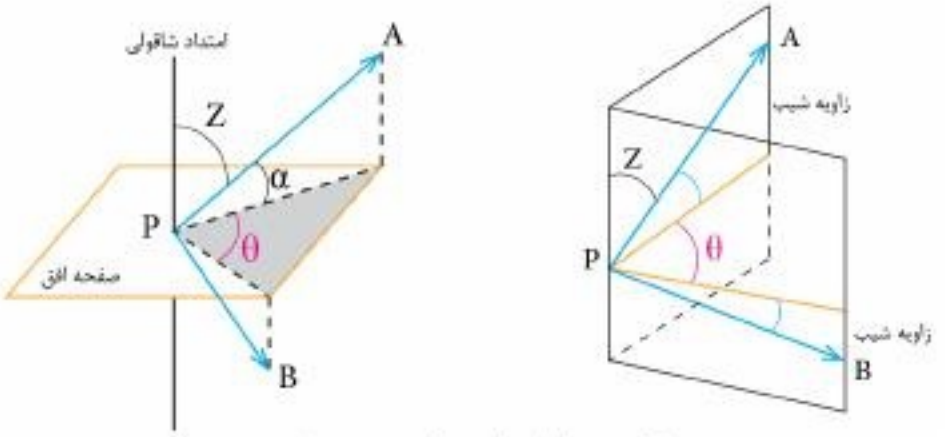
اندازه گیری زاویه

۶-۱- مقدمه

کمیت دیگری که در نقشه‌برداری مورد اندازه گیری قرار می‌گیرد، زاویه‌های افقی و قائم بین امتدادهای مختلف بین عوارض و نقاط است. منظور از زاویه‌یابی در مهندسی نقشه‌برداری سنجش زاویه بین عوارض در صفحه افقی و قائم است که با دستگاههای زاویه‌یاب و روش‌های مختلف امکان پذیر است. در این فصل به بررسی روش‌های مختلف اندازه گیری زاویه خواهیم پرداخت.

۶-۲- انواع زاویه‌ها در نقشه برداری

- زاویه افقی (θ): زاویه بین تصویر افقی دو امتداد دلخواه مانند PB ,PA در سطح تراز رأس زاویه یعنی نقطه P است.
- زاویه قائم (Z): زاویه بین امتداد مورد نظر با امتداد قائم همان مکان (امتداد شاقولی) که در صفحه قائم اندازه گیری می‌شود. (زاویه زینتی هم گفته می‌شود)
- زاویه شیب (α): متمم زاویه قائم یعنی زاویه بین امتداد مورد نظر و صفحه افق را زاویه شیب گویند.



شکل ۶-۱: انواع زاویه‌ها در نقشه برداری

۶-۳- واحدهای اندازه گیری زاویه:

- درجه (Degree): اگر محیط دایره را به ۳۶۰ قسمت مساوی تقسیم کنید، ۳۶۰ زاویه مساوی به رأس مرکز دایره به وجود می‌آید که هر کدام را یک درجه گویند. هر ۱ درجه ۶۰ دقیقه و هر ۱ دقیقه ۶۰ ثانیه است.
- گراد (Grad): اگر محیط دایره را به ۴۰۰ قسمت مساوی تقسیم کنیم اندازه هر زاویه به دست آمده به رأس مرکز دایره را یک درجه گرادی گویند. ۱ درجه گرادی ۱۰۰ دقیقه گرادی، ۱ دقیقه گرادی ۱۰۰ ثانیه گرادی است. شیوه نمایش درجه گرادی به دو صورت است: ۱۳۰/۲۸۸۳ یا "۸۳ ’۲۸ G ۱۳۰

- رادیان (Radian): اگر کمانی به اندازه طول شعاع دایره روی محیط آن جدا کنیم زاویه مرکزی مقابل آن یک رادیان است. به عبارت دیگر اگر محیط دایره را به 2π تقسیم کنیم اندازه هر زاویه را یک رادیان گویند.

۶-۳-۱- تبدیل واحدهای زاویه به یکدیگر

برای تبدیل واحدهای زاویه به یکدیگر، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

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

☑ مثال: اندازه زاویه ۹۰ درجه بر حسب گراد و رادیان چقدر است؟

$$\frac{90}{360} = \frac{G}{400} \rightarrow G = \frac{90 \times 400}{360} = 100G$$

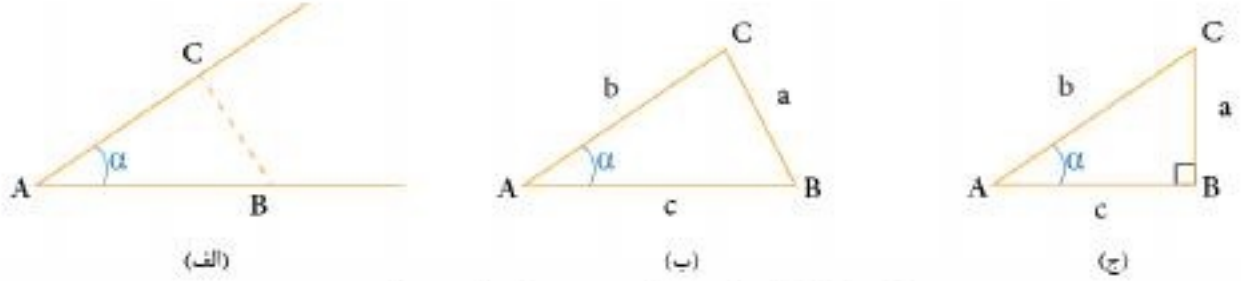
$$\frac{90}{360} = \frac{R}{2\pi} \rightarrow R = \frac{\pi}{2}$$

۶-۴- روش‌های اندازه گیری زاویه:

روش‌های مختلفی برای اندازه گیری زاویه وجود دارد که در شرایط مختلف با توجه به وسایلی که در دسترس است می‌توان از آن‌ها استفاده نمود.

۶-۴-۱- اندازه گیری زاویه به کمک متر

مطابق شکل ۶-۲ (الف) برای اندازه گیری زاویه α بین دو امتداد AC و AB معمولاً دو طول مشخص را با متر روی این امتدادها پیاده می‌کنند



شکل ۶-۲: اندازه گیری زاویه بین دو امتداد به وسیله متر

در صورتی که بتوانیم روی یکی از امتدادها عمودی استخراج کنیم از روش (ج) استفاده می‌کنیم در این حالت رابطه مورد نظر به شکل زیر خواهد بود:

$$Cos(\alpha) = \frac{c}{b}$$

در بیشتر مواقع امکان استخراج عمود وجود ندارد، بنابراین روش (ب) روشی است که همیشه کاربرد خواهد داشت. در این حالت رابطه زیر استفاده می‌شود:

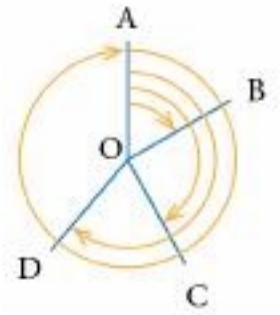
$$Cos(\alpha) = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

۶-۴-۲- اندازه گیری به کمک دوربین زاویه یاب (تئودلیت)

اساس اندازه گیری هر زاویه استقرار و تراز زاویه یاب بر روی نقطه مورد نظر و سپس نشانه روی به نقاط هدف و یادداشت قرائتها و اختلاف گیری از آن‌ها است. به دلایل مختلف از جمله حذف یا کاهش خطاهای سیستماتیک و بالا بردن دقت کار، روش‌های متفاوتی برای اندازه گیری و محاسبه یک زاویه وجود دارد که به برخی از آن‌ها در زیر اشاره می‌شود.

۶-۴-۲-۱- قرائت دور افق

در این روش با استقرار بر روی یک نقطه به چند نقطه به ترتیب از چپ به راست نشانه روی کرده و مجدداً پس از یک دور کامل (دور افق) به نقطه اول برگشته و برای بار دوم مورد نشانه روی و قرائت قرار می‌گیرد . در واقع اولین و آخرین قرائت مربوط به یک امتداد هستند و از نظر تئوری باید یکسان باشند . اما به دلایل متعدد این دو قرائت یکسان نیستند و اندکی باهم تفاوت دارند. در حقیقت مجموع زوایای قرائت شده با یک زاویه یاب درجه‌ای باید ۳۶۰ درجه باشد که این گونه نیست و در صورتی که اختلاف به وجود آمده تا ۳۶۰ درجه مجاز باشد، باید با علامت مخالف به نسبت مساوی بین زوایا تقسیم شود تا مجموع آن‌ها ۳۶۰ درجه شود.

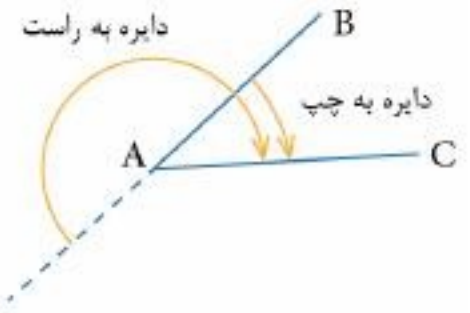


شکل ۶-۳: زاویه یابی به روش قرائت دور افق

$$\widehat{AOB} = OB - OA$$
$$\widehat{BOC} = OC - OB$$
$$\widehat{COD} = OD - OC$$

۶-۴-۲-۲- قرائت کوپل (زوج)

در تمام نشانه روی‌ها، اگر لمب قائم در سمت راست عامل نشانه روی قرار گرفته باشد، اصطلاحاً نشانه‌روی در حالت دایره به راست انجام می‌شود و اگر لمب قائم در سمت چپ عامل نشانه روی قرار گرفته باشد، اصطلاحاً نشانه‌روی در حالت دایره به چپ انجام می‌گیرد. به طور معمول زاویه در حالت دایره به چپ مستقر و تنظیم می‌شوند و با چرخشی به اندازه نیم صفحه (۱۸۰ درجه) به حالت دایره به راست در می‌آیند. به دلایل مختلف از جمله خطای درجه‌بندی لمب اختلاف قرائت در دو حالت دایره به چپ و دایره به راست، ۱۸۰ درجه نیست و مقدار کمی از آن بیشتر یا کمتر است. منظور از یک کوپل میانگین دو بار اندازه گیری زاویه در دو حالت دایره به چپ و دایره به راست است.



شکل ۶-۴: قرائت زاویه به روش کوپل

۲ ÷ (۱۸۰ – دایره به راست + دایره به چپ) = زاویه هر امتداد

۶-۴-۲-۳- قرائت زاویه به روش تجدید

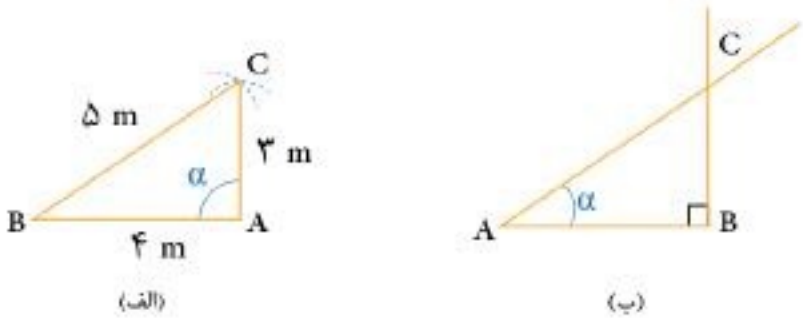
به جای آنکه صفر را مبنای قرائت زاویه قرار دهند، چندین مرتبه قرائت زاویه انجام می‌شود و هر بار مبناهای مختلفی مثلاً ۹۰ و ۱۸۰ و ۲۷۰ استفاده می‌شود و بین اندازه گیری‌های مختلف میانگین‌گیری می‌شود.

۶-۵- روش‌های پیاده کردن یک زاویه

برخی مواقع نیاز است زاویه از روی نقشه روی زمین پیاده شود. برای انجام این کار نیز روش‌های مشابه روش‌های قرائت زاویه وجود دارد که در این بخش بررسی می‌شود.

۶-۵-۱- پیاده کردن یک زاویه با کمک متر

در این حالت اگر زاویه مورد نظر ۹۰ درجه باشد از اعداد فیثاغورثی (معمولاً ۵و۴و۳) استفاده می‌شود. مطابق شکل ۶-۵ (الف) ابتدا روی امتداد AB ، طول ۴ متر جدا می‌شود سپس از نقطه A کمانی ۳ متری و از نقطه B کمانی ۵ متری رسم می‌شود ، محل تقاطع این دو کمان نقطه C خواهد بود.



شکل ۶-۵پیاده کردن زاویه با استفاده از متر

در حالت عمومی برای پیاده کردن زاویه α مطابق شکل ۶-۵ (ب) ابتدا در نقطه B به کمک گونیای مساحی عمودی رسم می‌شود. با مشخص بودن زاویه α و طول AB، طول محاسبه خواهد شد.

$tan\ \alpha = \frac{BC}{AB}$ → BC محاسبه می‌شود

با متر کشی امتداد BC روی عمود ترسیم شده در نقطه B، نقطه C به دست می‌آید.

۶-۵-۲- پیاده کردن یک زاویه به کمک دوربین

در این روش مطابق شکل ۶-۵ (ب) دوربین در نقطه A مستقر و روی امتداد AB قفل می‌شود. در این حالت زاویه افقی دوربین صفر می‌شود. در تهایت زاویه α به دوربین بسته می‌شود تا امتداد AC به دست آید.

۶-۶- تمرین‌ها

☑ برای اندازه گیری زاویه افقی A مطابق جدول زیر مشاهدات را انجام داده‌ایم ، اندازه زاویه A را محاسبه کنید؟

ایستگاه	نشانه	قرائت لمب افقی
A	B	۱۹۵° ۵۲' ۲۰"
	C	۹° ۴۲' ۴۰"

A= AC – AB = ۹۰° ۴۲' ۴۰" - ۱۹۵° ۵۲' ۲۰"

A= ۳۶۹° ۴۲' ۴۰" - ۱۹۵° ۵۲' ۲۰" = ۱۷۳° ۵۰' ۲۰"

☑ زاویه A را به روش کوپل به صورت جدول زیر قرائت کرده‌ایم ، اندازه زاویه A را محاسبه کنید؟

ایستگاه	نشانه	دایره به چپ	دایره به راست
A	B	۲۵° ۱۸' ۱۵"	۲۰۵° ۸' ۲۵"
	C	۱۰۴° ۳' ۲۵"	۲۸۴° ۳۳' ۵۵"

$$AB = \frac{25^\circ 18' 15'' + 205^\circ 8' 25'' - 180^\circ}{2} = \frac{50^\circ 26' 40''}{2} = 25^\circ 13' 20''$$

$$AC = \frac{104^\circ 3' 25'' + 284^\circ 33' 55'' - 180^\circ}{2} = \frac{208^\circ 37' 20''}{2} = 104^\circ 18' 40''$$

$$\hat{A} = 104^\circ 18' 40'' - 25^\circ 13' 20'' = 79^\circ 05' 20''$$