

جزوه درسی

نقشه برداری عمومی

(ویژه رشته معماری و عمران)



تهیه کننده: محمد امیدوار

ویرایش دوم – زمستان ۱۳۹۴

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

پیشگفتار

خوشبختانه طی سال‌های اخیر کتاب‌های زیادی در زمینه نقشه‌برداری توسط متخصصان و اساتید ذی‌ربط نوشته و منتشر شده‌اند که هر یک از ویژگی‌های خاصی برخوردار بوده‌اند. در همین راستا بر اساس نیازی که به تولید محتوای مناسب برای دانشجویان رشته‌های معماری و شهرسازی احساس می‌شد، مطالبی از منابع مختلف گردآوری شده و در قالب این جزوه مقدماتی در اختیار دانشجویان علاقه‌مند قرار می‌گیرد.

نگارنده امیدوار است این مجموعه موجب رضایت کلیه خوانندگان محترم به ویژه دانشجویان عزیز رشته‌های معماری و ساختمان قرار بگیرد و با این وسیله توانسته باشد خدمتی هر چند کوچک در جهت توسعه و اعتلای مهندسی نقشه‌برداری به علاقمندان ارائه کرده باشد.

ویرایش نخست این مکتوب در بهار ۱۳۹۳ منتشر شد و اکنون با انجام پاره‌ای از اصلاحات دومین ویرایش از این مکتوب در اختیار شما قرار گرفته است خواهشمند است اشکالات و اشتباهات موجود را اطلاع‌رسانی فرمائید تا در ویرایش‌های بعدی اصلاح گردد.

با تشکر

محمد امیدوار

زمستان ۱۳۹۴

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل ۱- منابع و نحوه ارزشیابی	۱
۱-۱- منابع اصلی درس	۲
۱-۱-۱- تئوری نقشه برداری:	۲
۱-۱-۲- نقشه برداری عملی:	۲
۲-۱- نحوه ارزشیابی	۲
۳-۱- مقررات آموزشی:	۲
فصل ۲- نقشه برداری	۳
۱-۲- تعریف نقشه برداری:	۴
۱-۱-۲- تعریف نقشه:	۴
۲-۲- فرآیند تهیه نقشه:	۴
۳-۲- روش کار در نقشه برداری:	۵
۴-۲- تقسیم بندی علوم نقشه برداری:	۵
۱-۴-۲- نقشه برداری مستوی:	۵
۲-۴-۲- نقشه برداری غیر مستوی (Goodesy):	۵
۳-۴-۲- معیار تشخیص مجاز بودن نقشه برداری مستوی:	۶
۵-۲- تعریف مقیاس نقش و انواع آن	۶
۱-۵-۲- انواع مقیاس:	۷
۶-۲- تعیین شیب و فاصله	۷
۱-۶-۲- روابط بین شیب و فاصله افقی و مایل	۸
۷-۲- دسته بندی نقشه ها	۹
۱-۷-۲- بر اساس مقیاس:	۹
۲-۷-۲- بر اساس محتوا:	۱۰
۸-۲- شاخه های نقشه برداری	۱۰
فصل ۳- شکل زمین و سطوح مبنا	۱۲
۱-۳- لزوم شناخت شکل زمین	۱۳
۲-۳- ژئوئید:	۱۳

۳-۳- سطح مقایسه ریاضی	۱۴
۳-۳-۱- اسفروئید:	۱۴
۳-۳-۲- بیضوی سه محوره:	۱۴
۳-۳-۳- بیضوی دو محوره (بیضوی دورانی):	۱۵
۳-۳-۴- کره: ۱۵	
۴-۳- بیضوی مقایسه:	۱۵
۳-۴-۱- بیضوی محلی:	۱۵
۳-۴-۲- بیضوی جهانی:	۱۵
۳-۵- تعیین مختصات بر روی زمین	۱۶
۳-۵-۱- نقشه برداری در مناطق محدود:	۱۶
۳-۵-۲- نقشه برداری در مناطق وسیع:	۱۶
۳-۶- تعیین مختصات یک نقطه روی زمین در بیضوی دورانی:	۱۷
۳-۷- سیستم تصویر	۱۸
۳-۷-۱- تعریف سیستم تصویر:	۱۸
۳-۷-۲- انواع سیستم تصویر	۱۸
۳-۸- سیستم‌های تصویر متشابه	۱۹
۳-۸-۱- سیستم تصویر مرکاتور	۱۹
۳-۸-۲- سیستم تصویر مرکاتور معکوس (TM) (مطالعه آزاد)	۲۰
۳-۸-۳- سیستم تصویر مرکاتور معکوس جهانی (U.T.M)	۲۱

فصل ۴- اندازه گیری فاصله ۲۳

۴-۱- مقدمه	۲۴
۴-۲- روش‌های مستقیم اندازه گیری فاصله	۲۴
۴-۲-۱- روش‌های مستقیم کم دقت	۲۴
۴-۲-۲- روش‌های مستقیم با دقت متوسط	۲۴
۴-۲-۳- روش‌های مستقیم دقیق	۲۶
۴-۳- روش‌های غیرمستقیم	۲۶
۴-۳-۱- مثلثاتی (استادیمتری) در زمین‌های بدون شیب	۲۶
۴-۳-۲- استادیمتری در زمین‌های شیب‌دار	۲۷
۴-۴- اندازه گیری فاصله به روش الکترونیکی	۲۸
۴-۵- تمرین‌ها :	۲۸

فصل ۵- تراز یابی ۲۹

۱-۵- مقدمه ۳۰

۲-۵- روش های تراز یابی مستقیم ۳۰

۱-۲-۵- تراز یابی با شیلنگ تراز ۳۰

۵-۲-۲- تراز یابی شمشه تراز ۳۱

۳-۲-۵- تراز یابی با دوربین و شاخص ۳۱

۱-۳-۲-۵- تراز یابی تدریجی: ۳۲

۲-۳-۲-۵- تراز یابی شعاعی: ۳۳

۳-۳-۲-۵- تراز یابی ترکیبی: ۳۳

۳-۵- روش تراز یابی غیرمستقیم (مثلثاتی) ۳۴

۴-۵- تراز یابی فشار سنجی ۳۴

۵-۵- سرشکنی خطاها در تراز یابی ۳۵

فصل ۶- اندازه گیری زاویه ۳۶

۱-۶- مقدمه ۳۷

۲-۶- انواع زاویه ها در نقشه برداری ۳۷

۳-۶- واحدهای اندازه گیری زاویه: ۳۷

۱-۳-۶- تبدیل واحدهای زاویه به یکدیگر ۳۸

۴-۶- روش های اندازه گیری زاویه: ۳۸

۱-۴-۶- اندازه گیری زاویه به کمک متر ۳۸

۲-۴-۶- اندازه گیری به کمک دوربین زاویه یاب (تئودولیت) ۳۹

۱-۲-۴-۶- قرائت دور افق ۳۹

۲-۲-۴-۶- قرائت کوپل (زوج) ۴۰

۳-۲-۴-۶- قرائت زاویه به روش تجدید ۴۰

۵-۶- روش های پیاده کردن یک زاویه ۴۰

۱-۵-۶- پیاده کردن یک زاویه با کمک متر ۴۱

۲-۵-۶- پیاده کردن یک زاویه به کمک دوربین ۴۱

۶-۶- تمرین ها ۴۱

فصل ۷- اندازه گیری مساحت ۴۳

۱-۷- مقدمه ۴۴

۲-۷- تعیین مساحت اشکال هندسی منظم ۴۴

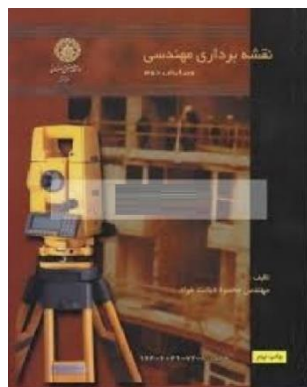
- ۷-۲-۱- مساحت سه ضلعی ۴۴
- ۷-۲-۲- تعیین مساحت چهارضلعی ها ۴۴
- ۷-۲-۳- تعیین مساحت دایره و قطاع آن: ۴۵
- ۷-۲-۴- تعیین مساحت بیضی: ۴۵
- ۷-۳-۳- تعیین مساحت اشکال غیر هندسی ۴۶
- ۷-۳-۱- تعیین مساحت به روش تجزیه به مثلث ۴۶
- ۷-۳-۲- تعیین مساحت به روش خط هادی ۴۷
- ۷-۳-۳- تعیین مساحت به کمک دوزنقه های هم ارتفاع ۴۷
- ۷-۳-۴- تعیین مساحت با استفاده از مختصات رئوس (روش گوس) ۴۸

فصل اول

منابع و نحوه ارزشیابی

۱-۱- منابع اصلی درس

۱-۱-۱- تئوری نقشه برداری:

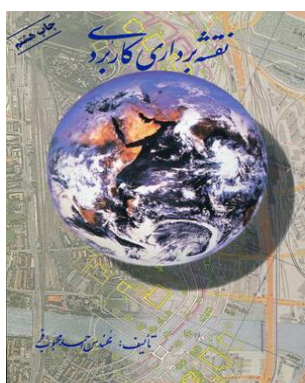


نقشه برداری مهندسی: محمود دیانت خواه



نقشه برداری: شمس نوبخت

۲-۱-۱- نقشه برداری عملی:



نقشه برداری کاربردی: مهندس
احمد محبوب فر



نقشه برداری پیشرفته: رستمی
و صفائی



نقشه برداری اجرایی: عباسی و
دشتی

۲-۱- نحوه ارزشیابی

نمره تئوری: ارزشیابی کتبی / ۲۰ در صد حضور و غیاب و فعالیت کلاسی / ۸۰ در صد پایان ترم

نمره عملی (در برخی موارد): ارزشیابی شفاهی / ۴۰ در صد امتحان عملی / ۶۰ در صد گزارش کار و فعالیت کلاسی

۳-۱- مقررات آموزشی:

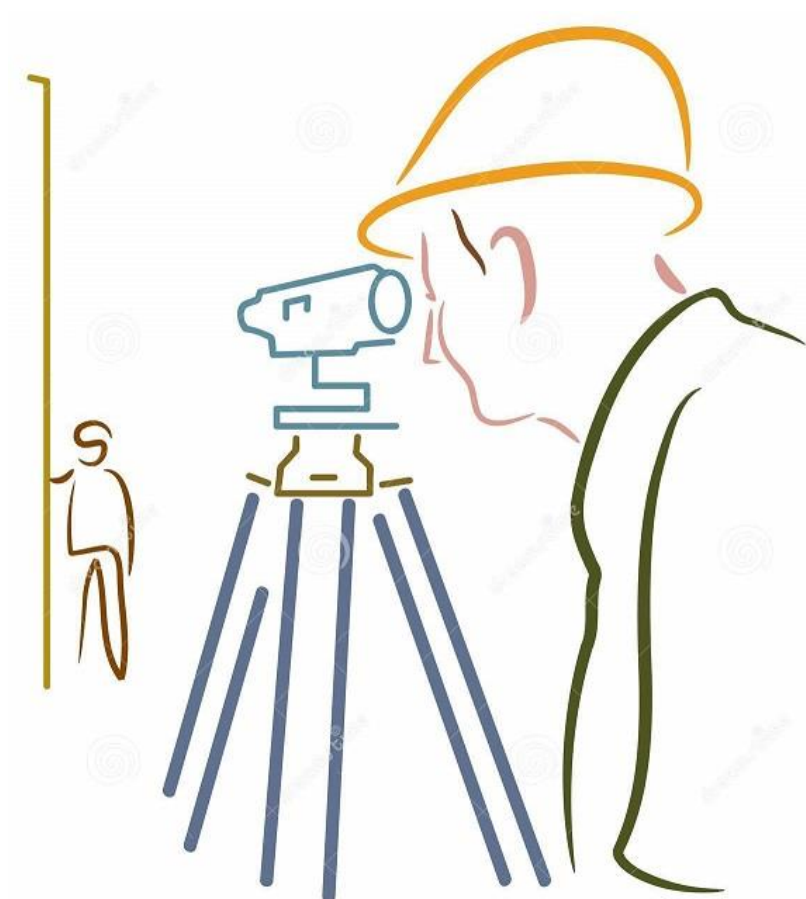
۱- حداقل نمره قبولی ۱۰

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



۱-۲- تعریف نقشه برداری:

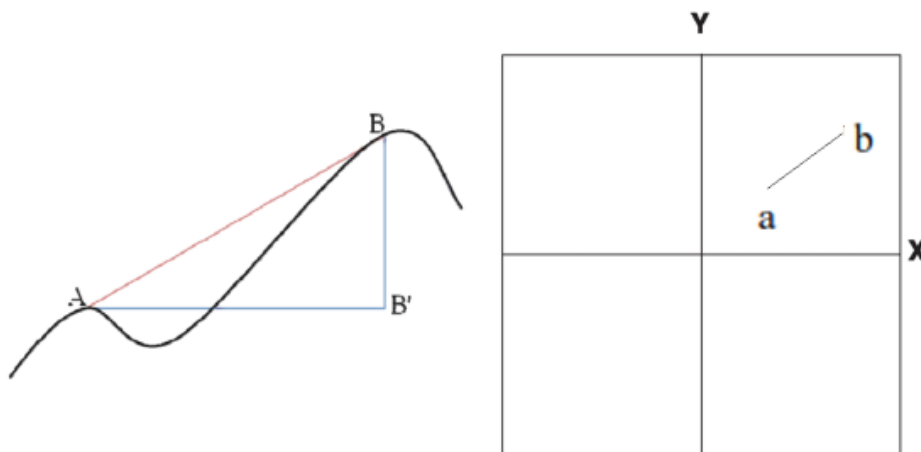
علمی است که با بهره‌گیری از تکنیک‌های مناسب به هر نقطه روی سطح زمین یا نزدیک آن سه المان X, Y, Z را نسبت می‌دهد؛ یا می‌توان گفت نقشه برداری علمی است که تصویر تمام یا قسمتی از سطح زمین را بر روی صفحه نمایش می‌دهد.

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

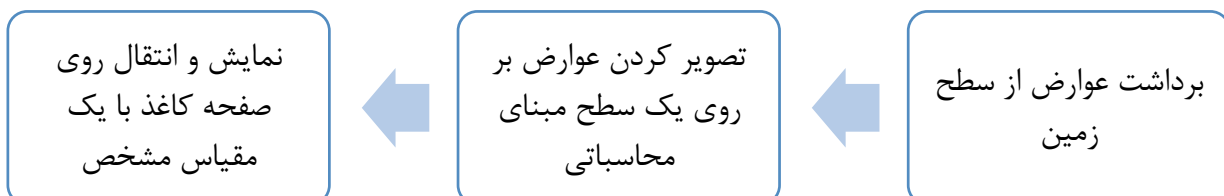
برداشت به معنی انتقال عوارض طبیعی یا مصنوعی با مقیاس کوچک‌تر بر روی صفحه نمایش است.

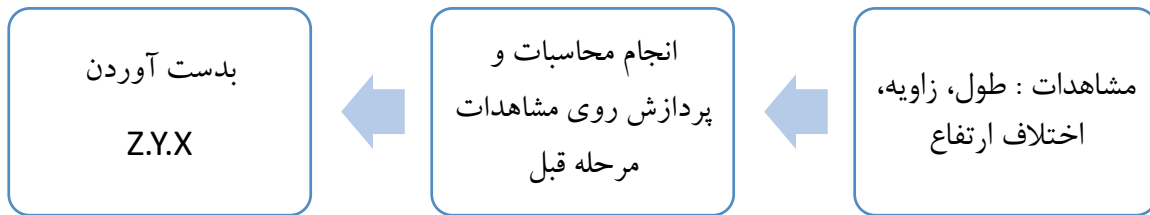
۲-۱-۱- تعریف نقشه:

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



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

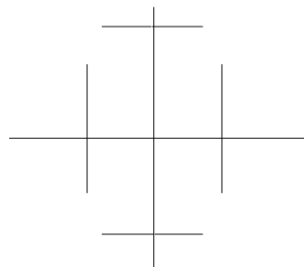
۲-۲- فرآیند تهیه نقشه:

۲-۳- روش کار در نقشه برداری:

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

۲-۴- تقسیم بندی علوم نقشه برداری:**۲-۴-۱- نقشه برداری مستوی:**

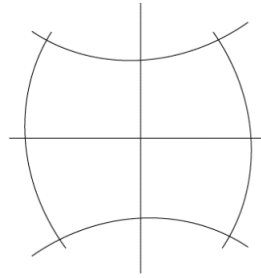
مناطق محدود که بتوان از تأثیر انحنای زمین بر روی مشاهدات چشم پوشی کرد. در این مدل روش برای انجام محاسبات از قوانین هندسه مشهور اقلیدسی استفاده می شود. برای درک بهتر به عنوان مثال اگر بخواهیم در این حالت مجموع زوایای یک مثلث را محاسبه کنیم جواب 180° درجه است. محورهای مختصات در این روش قائم الزاویه می باشند و مختصات بوسیله x, y نمایش داده می شود.



شکل ۲-۲: محورهای مختصات در نقشه برداری مستوی

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

نقشه برداری از مناطق وسیع که اثر کرومیت زمین در آن در نظر گرفته می شود و سیستم مختصات از حالت قائم خارج می شود را نقشه برداری غیر مستوی گویند. در این حالت بر خلاف روش قبلی مجموع زوایای داخلی مثلث دیگر 180° 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 نقشه برداری مستوی:

در نقشه برداری یک قاعده کلی برای خطاها وجود دارد. بر اساس این قاعده هر خطایی پس از تبدیل به مقیاس نقشه اگر از ضخامت خطوط روی نقشه (۰/۱ تا ۰/۲ میلی متر) کمتر باشد، قابل چشم پوشی است. بنابراین اگر در منطقه مورد نظر اثر انحنای زمین (فاصله بین طول سطح با طول منحنی) کمتر از ۰/۱ تا ۰/۲ میلی متر بر روی نقشه باشد می توانیم از این خطا چشم پوشی کرده و از نقشه برداری مستوی استفاده کنیم. از آنجا که اثر انحنای زمین بر روی طول از رابطه $\frac{L^3}{3R^2}$ محاسبه می گردد (R شعاع زمین و L طول مورد نظر)؛ در نتیجه حداکثر طولی که می توان از اثر انحنای زمین چشم پوشی کرد از رابطه زیر به دست می آید.

$$\frac{L^3}{3R^2} \times \text{مقیاس} \left(\frac{1}{n}\right) \leq 0.1 \text{ mm} \rightarrow S = ? \quad (R \cong 6400 \text{ km})$$

❖ نکته: برای پروژه های عمرانی (کمتر از ۱۰ km × ۱۰ km) عموماً با نقشه برداری 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.

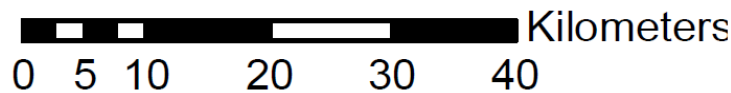
$$S = \frac{L_{ab}}{L_{AB}} = \frac{\text{طول تصویر شده بر روی نقشه}}{\text{طول افقی در سطح زمین}}$$

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

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

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 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 طول روی زمین رسید.



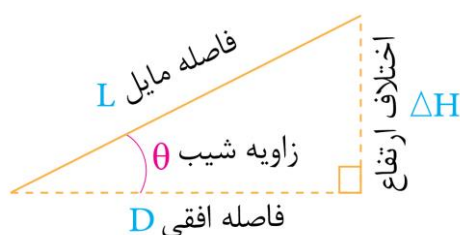
شکل ۲-۴: نمایش یک نمونه مقیاس ترسیمی

- 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؟ $R = 6400 \text{ km}$

$$\frac{S^3}{3R^2} \times \left(\frac{1}{1000}\right) \leq 0.0001 \text{ m} \rightarrow S \leq 23075 \text{ m} \cong 23 \text{ km}$$

۲-۶- تعیین شیب و فاصله



یکی از مسائل مهم در نقشه برداری ساختمان تعیین شیب و روابط مربوط به آن می‌باشد. در مسائل مربوط به شیب می‌توان با ترسیم مثلث مقابل (معروف به مثلث شیب) روابط مورد نظر را استخراج کرد. شیب معمولاً به سه شکل بیان می‌گردد.

الف) شیب: نسبت اختلاف ارتفاع (ΔH) به فاصله افقی (D) دو نقطه را به عنوان شیب بین آن دو نقطه تعریف می کنند.

$$\text{شیب} = \frac{\Delta H}{D}$$

ب) شیب درصد: از ضرب کردن عدد شیب در ۱۰۰ بدست می آید.

$$(\text{شیب} \times 100)\%$$

ج) زاویه شیب: در مثلث شیب، به زاویه مقابل به اختلاف ارتفاع (زاویه θ) زاویه شیب می گویند.

$$\text{شیب} = \tan(\theta) = \tan(\text{زاویه شیب})$$

☑ مقدار شیب و زاویه شیب را برای شیب ۱۰۰٪ محاسبه کنید.

۲-۶-۱- روابط بین شیب و فاصله افقی و مایل

ساده ترین رابطه موجود در مثلث شیب رابطه فیثاغورث می باشد:

$$L^2 = D^2 + \Delta H^2$$

علاوه بر این با استفاده از روابط مثلثاتی در مثلث شیب می توان رابطه های زیر را نیز استخراج کرد:

$$\sin \theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{\Delta H}{L}$$

$$\cos \theta = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{D}{L}$$

$$\tan \theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{\Delta H}{D} = \text{شیب} \rightarrow \text{زاویه شیب} = \tan^{-1}(\text{شیب})$$

☑ اختلاف ارتفاع بین دو نقطه ۶ متر و فاصله مایل بین آنها ۱۰ متر اندازه گیری شده است مقادیر شیب،

زاویه شیب و درصد شیب را محاسبه کنید؟

$$\Delta H = 6m, L = 10$$

$$L^2 = D^2 + \Delta H^2 \rightarrow D = 8m$$

$$\text{شیب} = \frac{\Delta H}{D} = \frac{6}{8} = 0.75$$

$$\text{زاویه شیب} = \tan^{-1}(0.75) = 36.86^\circ$$

$$\% 75 = 0.75 \times 100 = \text{درصد شیب}$$

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

$$\tan \alpha = \frac{5}{100} \rightarrow \frac{5}{100} = \frac{\Delta H}{\Delta X} = \frac{12}{\Delta X} \rightarrow \Delta X = 240 \text{ m}$$

$$S = \frac{l}{L} \rightarrow \frac{1}{2000} = \frac{ab}{AB} = \frac{ab}{240 \text{ m}} \rightarrow ab = 12 \text{ cm}$$

✓ مساحت یک قطعه زمین روی نقشه ۱:۲۰۰۰ برابر ۳۰ cm^۲ است، مساحت آن روی نقشه ۱/۵۰۰۰ چقدر است؟

$$S^2 = \frac{A'}{A} \rightarrow \left(\frac{1}{2000}\right)^2 = \frac{30}{A} \rightarrow A = 12 * 10^7 \text{ cm}^2$$

$$S^2 = \frac{A''}{A} \rightarrow \left(\frac{1}{5000}\right)^2 = \frac{A''}{12 * 10^7} \rightarrow A'' = 480 \text{ mm}^2$$

✓ 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؟

۷-۲- دسته‌بندی نقشه‌ها

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

۷-۲-۱- بر اساس مقیاس:

- بسیار بزرگ مقیاس با 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

۲-۷-۲- 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.

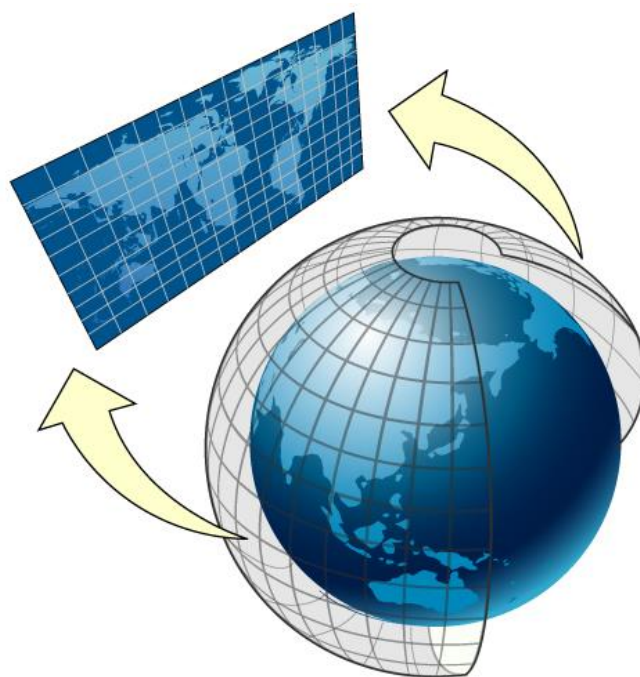
۲-۸- شاخه‌های نقشه‌برداری

- 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 اندازه‌گیری‌ها و اصطلاحاً برداشت به کمک عکس‌های هوایی انجام می‌گیرد و اندازه‌گیری‌ها 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

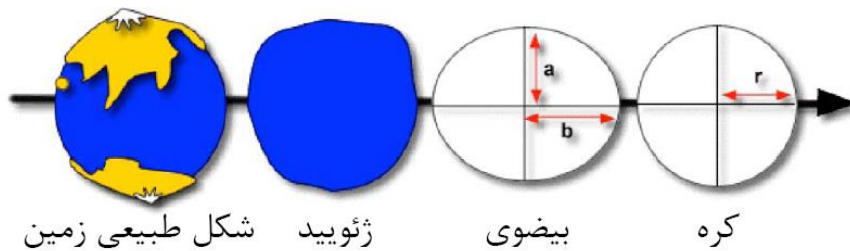
فصل سوم

شکل زمین و سطوح مبنا



۳-۱- لزوم شناخت شکل زمین

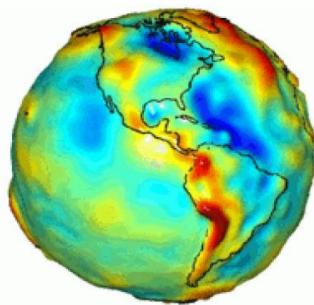
مشاهدات نقشه‌برداری روی سطح زمین انجام می‌شود. در نتیجه برای نقشه‌برداری لازم است یک شناخت نسبی از سطح زمین داشته باشیم. شکل زمین کاملاً کروی نیست و بسیار پیچیده است (شامل پستی‌ها بلندی‌ها، کوه و دره و ...) لذا برای شناخت از یک سطح مقایسه استفاده می‌کنیم.



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

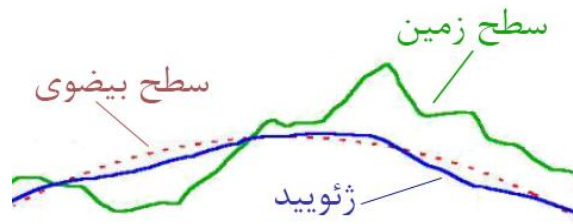
۳-۲- ژئوئید:

ژئوئید 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 ژئوئید تقریب خوبی از شکل واقعی زمین به حساب می‌آید.



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

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



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

همان گونه که در شکل ۳-۳ نیز مشخص است، ژئوئید یک سطح نسبتاً بی‌هنگار 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 ژئوئید در تمام کشورها به عنوان مرجع سنجش ارتفاعات پذیرفته شده است.

۳-۳- سطح مقایسه ریاضی

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

- ۱- تا حد امکان به ژئوئید نزدیک باشد.
 - ۲- انجام محاسبات روی آن ساده باشد.
- ژئودزین ها چهار سطح ریاضی را به عنوان جایگزین ژئوئید مطرح کرده‌اند. این چهار سطح عبارتند 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 ژئوئید نزدیک است ولی محاسبات بر روی آن بسیار پیچیده می‌باشد.

۳-۳-۲- بیضوی سه محوره:

حداکثر جدایی این سطح از ژئوئید ۱۲-۱۰ m 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 کوچک تر خود دوران کرده است. حداکثر جدایی آن از ژئوئید 100 m می باشد و محاسبات آن به نسبت ساده تر از بیضوی سه محوره است.

۳-۳-۴- کره:

حداکثر جدایی کره از ژئوئید به 1 km هم می رسد. با وجود ساده بودن محاسبات مربوط به کره، به علت اختلاف زیاد با سطح ژئوئید استفاده از آن پیشنهاد نمی شود.

۳-۴- بیضوی مقایسه:

با توجه به مباحث مطرح شده بهترین شکل هندسی و ریاضی برای زمین بیضوی دو محوره دورانی می باشد. بسته به نوع نیاز در نقشه برداری بیضوی های دورانی مختلفی تعریف می شود که می تواند محلی یا جهانی باشند:

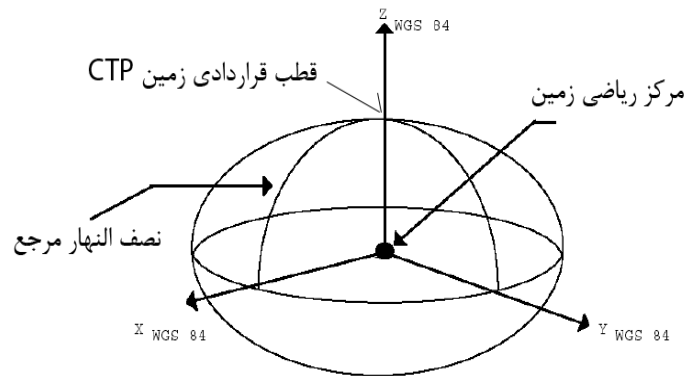
۳-۴-۱- بیضوی محلی:

برای تعیین این نوع بیضوی، در یک منطقه خاص ژئوئید محلی را تقریب می زنند. معمولاً بیضوی به دست آمده با این روش در آن منطقه بسیار به ژئوئید 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 ژئوئید نزدیک است.

۳-۴-۲- بیضوی جهانی:

برای تعیین این نوع بیضوی، سطح ژئوئید در کل دنیا را مدنظر قرار می دهند و محاسبات به گونه ای است که در مجموع کمترین جدایی را با سطح ژئوئید داشته باشد.

آخرین بیضوی جهانی محاسبه شده WGS۸۴ است که اکنون اکثر کشورها از آن استفاده می کنند. در GPS نیز از این بیضوی استفاده می شود. این بیضوی یک بیضوی دست راستی و زمین مرکز است که محور Z آن از قطب قراردادی زمین (CPT) می گذرد.



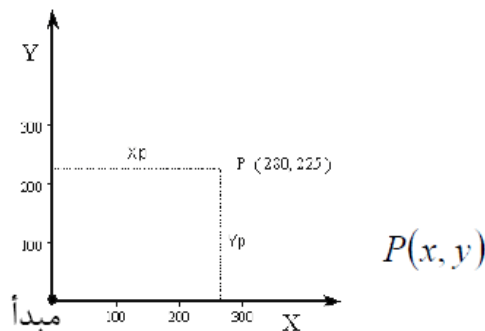
شکل ۳-۴: بیضوی دورانی WGS 84

۳-۵- تعیین مختصات بر روی زمین

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

۳-۵-۱- نقشه برداری در مناطق محدود:

در مناطق محدود از سیستم مختصات با شبکه بندی قائم الزاویه (دکارتی) استفاده می کنند و مختصات نهایی به صورت (X, Y, Z) نشان داده می شود.

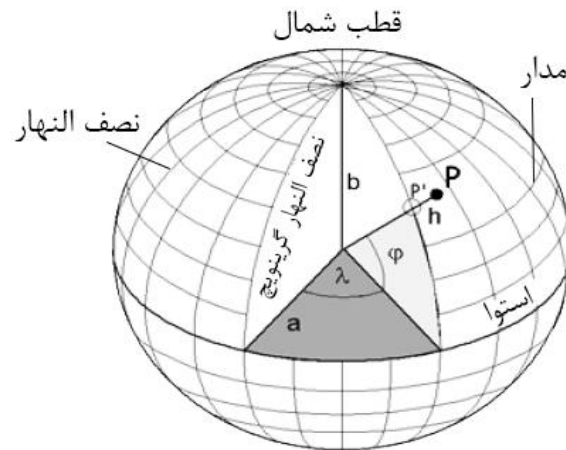


شکل ۳-۵: دستگاه مختصات قائم الزاویه

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 می شود؛ بنابراین مشابه دستگاه دکارتی دو دسته خط (مدار و نصف النهار) روی بیضوی تعریف می کنیم. نصف النهار: خطوطی که از قطب شمال به جنوب وصل می شوند. مبدأ صفر آن ها نصف النهار مبدأ (گرینویچ) است که از رصدخانه گرینویچ در نزدیک لندن می گذرد.

مدار: در بیضوی دورانی به صورت دایره های هستند به موازات دایره استوا و عمود بر نصف النهارها. مبدأ صفر آن ها دایره استوا می باشد.



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.

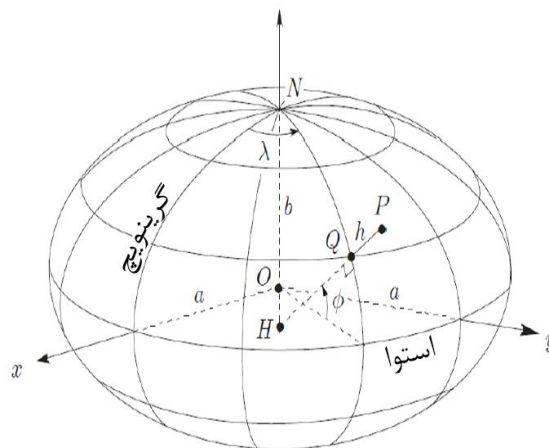
طول جغرافیایی (λ): زاویه‌ای که بین نصف‌النهار مبدأ و نصف‌النهار گذرنده از یک نقطه مشخص می‌شود.

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 نیم‌کره شمالی مثبت

و در نیم‌کره 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 نقشه برداری مستوی که وسعت منطقه کوچک است می توان 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 نقشه برداری غیر مستوی دیگر نمی توان 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 آن ها 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 می باشد که می توان به وسیله آن ها یک سطح سه بعدی را بروی یک سطح دوبعدی تصویر کرد.

❖ نکته: از آنجا یک سطح سه بعدی به یک سطح دو بعدی تبدیل می شود به ناچار اعوجاجاتی در آن به وجود می آید 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 سیستم های تصویر مختلف در تولید انواع اعوجاجات و اهمیت آن برای کاربران مختلف، سیستم های تصویر را در سه دسته کلی با ویژگی های زیر طبقه بندی کرده اند:

- هم زاویه (متشابه): که مشهورترین آن ها سیستم تصویر مخروطی لامبرت، سیستم تصویر استوانه ای مرکاتور و سیستم تصویر استوانه ای U.T.M می باشند.
- هم طول
- هم مساحت

❖ نکته: بیضوی برخلاف استوانه و مخروط سطح قابل گسترشی 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 نقشه برداری 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.

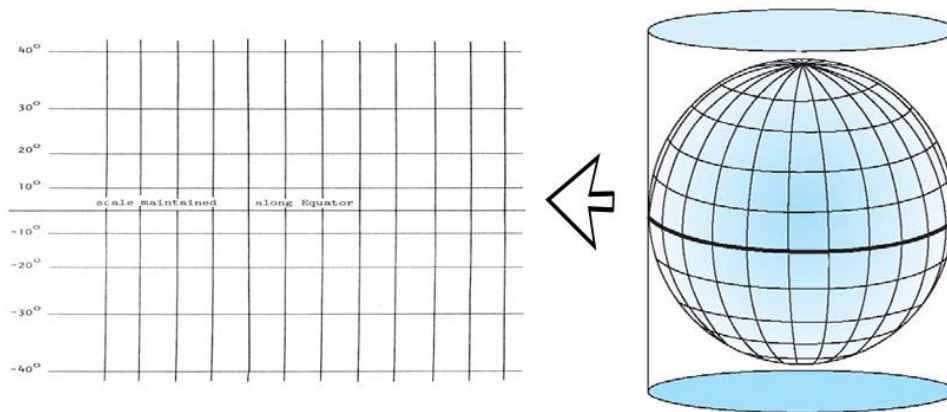
ویژگی‌های سیستم تصویر مرکاتور:

- 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.



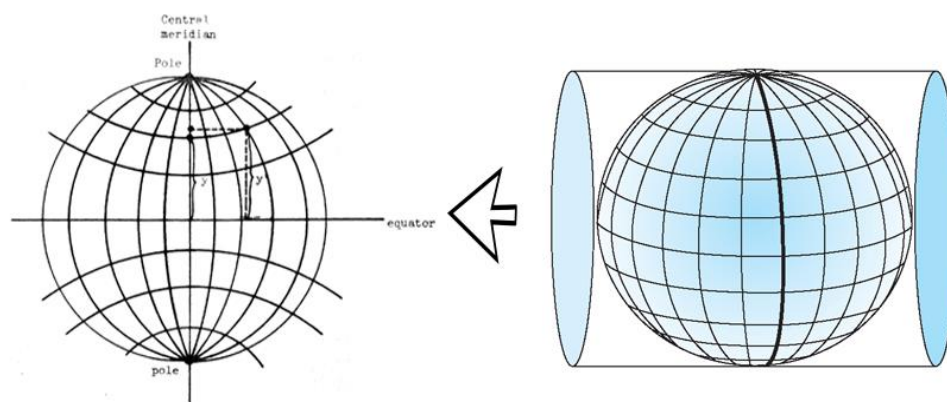
شکل ۳-۸: نمایش مدارات و نصف النهارات در سیستم تصویر مرکاتور

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 نصف النهار مبدأ بر آن مماس می‌شود.

ویژگی‌های سیستم تصویر مرکاتور معکوس:

- تصویر مدارات و نصف النهارها بر هم عمود است.
- ضریب مقیاس در طول نصف النهار مبدأ یک است.



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

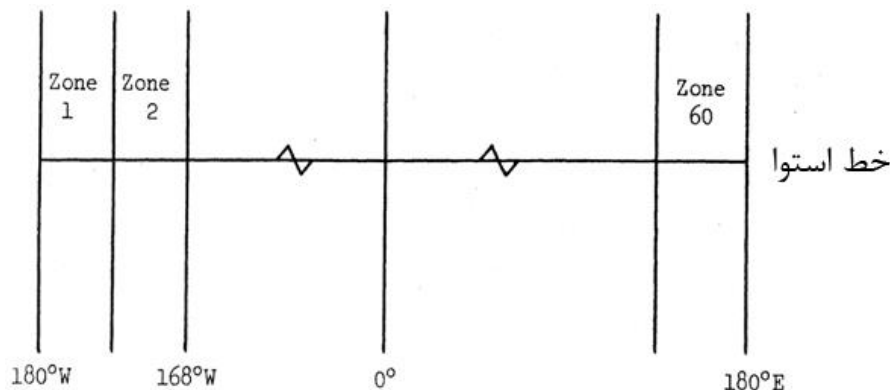
۳-۸-۳- سیستم تصویر مرکاتور معکوس جهانی (U.T.M)

نوع خاصی از سیستم تصویر مرکاتور معکوس است که در آن استوانه با نصف‌النهار 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 نصف‌النهار ۱۸۰ درجه غربی تا ۱۷۴ درجه غربی شروع و به ۶۰ برای نصف‌النهار ۱۷۴ درجه شرقی تا ۱۸۰ درجه شرقی ختم می‌گردد.

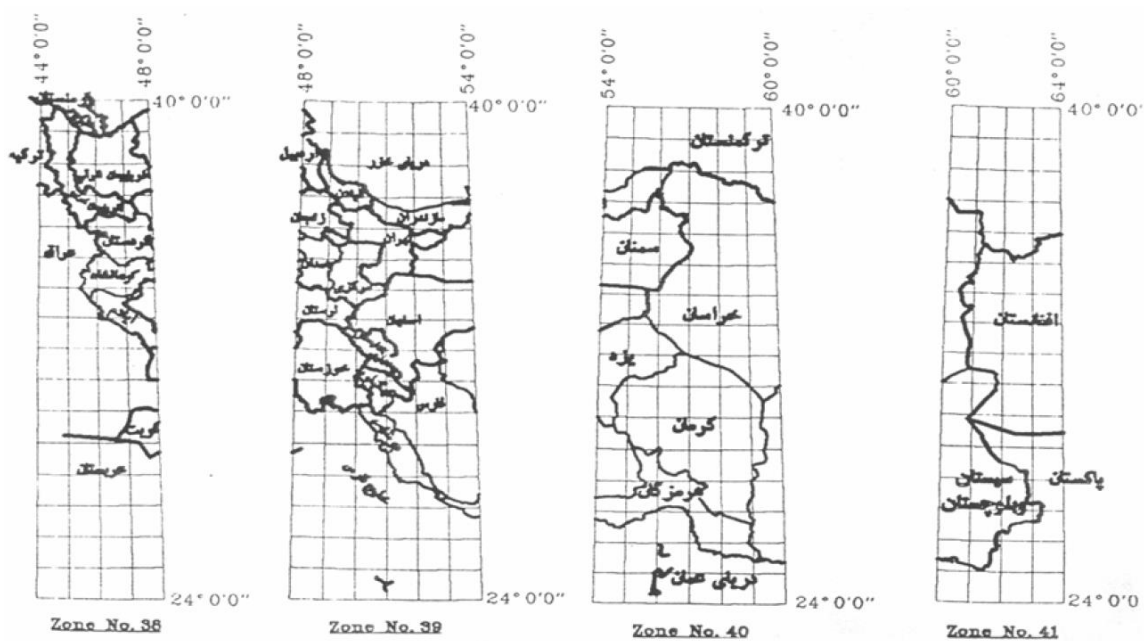


شکل ۳-۱۰: قاچ بندی در سیستم مرکاتور معکوس جهانی

- نصف‌النهار مرکزی هر قاچ مبدأ مختصات طولی و استوا مبدأ مختصات عرضی است.
- مبدأ مختصات در هر قاچ محل تقاطع نصف‌النهار 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 نصف‌النهار 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 ۱۱-۳: 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 می باشد. به همین دلیل بیشتر مواقع به عنوان مبنای برداشت ها محسوب می گردد و از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این فصل تلاش می شود تا بحث فاصله سنجی به روش های مختلف شامل روش های مستقیم و غیرمستقیم مورد بررسی قرار گیرد.

۴-۲- روش های مستقیم اندازه گیری فاصله

در این روش ها با مقایسه مستقیم طول مجهول با یک طول معلوم و استاندارد فاصله به دست می آید.

۴-۲-۱- روش های مستقیم کم دقت

- ۱- قدم زدن: هر فرد می تواند بر اساس قدم های استاندارد خود از آن در مواردی همچون شناسایی و تهیه نقشه های کوچک مقیاس و کروکی بهره ببرد. دقت نسبی این روش بین $\frac{1}{5}$ تا $\frac{1}{10}$ است.
- ۲- چرخ غلتان: این دستگاه یک چرخ کاملاً دایره ای شکل است که اندازه محیط آن با دقت بالا معلوم است بنابراین با حرکت آن روی هر طول دلخواه و شمارش تعداد دورهای حرکت می توان اندازه طول را برآورد نمود. دقت نسبی حدود $\frac{1}{30}$ است.



شکل ۴-۱: چرخ غلتان

۴-۲-۲- روش های مستقیم با دقت متوسط

- ۱- زنجیر مساحی: مجموعه ای از قطعات فلزی حدود ۲۰ سانتی متری است، که با حلقه های مخصوص به هم متصل اند دقت نسبی این روش حدود $\frac{1}{300}$ است.



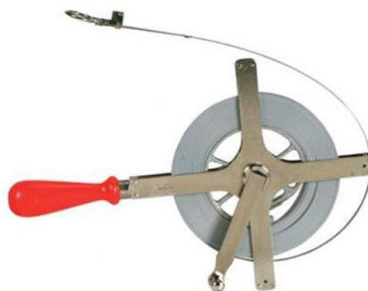
شکل ۴-۲: زنجیر مساحی

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 $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{3000}$ دارد.



شکل ۴-۳: نوار پلاستیکی (فایبرگلاس)

۳- نوار فلزی: متداول‌ترین ابزار اندازه‌گیری مستقیم طول، نوارهای فلزی هستند که از چند متر تا ۵۰ متر در بازار به وفور یافت می‌شوند. دقت نسبی در حدود $\frac{1}{5000}$ دارند؛ که جوابگوی بسیاری از کارهای دقیق در نقشه‌برداری می‌باشد.

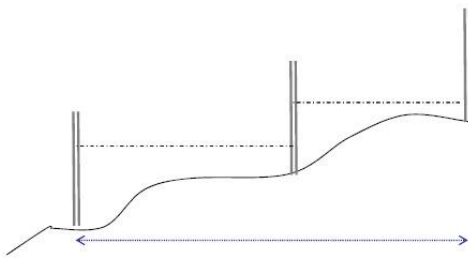


شکل ۴-۴: نوار فلزی

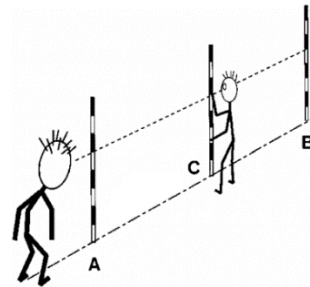
۴-۲-۳- روش‌های مستقیم دقیق

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 $\frac{1}{۱۰۰۰۰۰}$ می‌باشد.

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



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



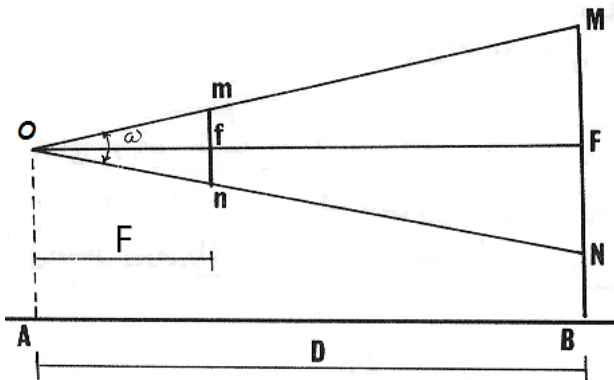
شکل ۴-۵: شیوه صحیح امتداد گذاری برای اندازه‌گیری طول‌های بلند

۴-۳- روش‌های غیرمستقیم

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

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

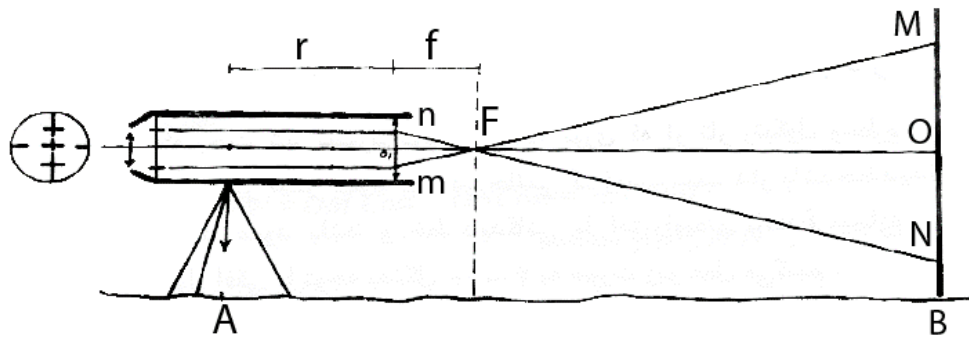
اساس استادیمتری بر قضیه تالس و تشابه مثلث‌ها استوار است.



شکل ۴-۷: اساس استادیمتری

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

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



شکل ۴-۸: استادیتری در دوربین های نقشه برداری

در دوربین های نقشه برداری مقدار $\frac{f}{mn}$ مقداری ثابت و برابر k می باشد.

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

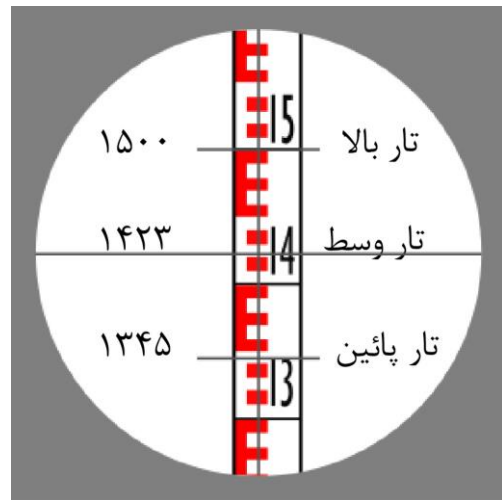
K= ثابت دوربین

MN= (تار بالا- تار پایین)

C= مقدار تصحیح دوربین

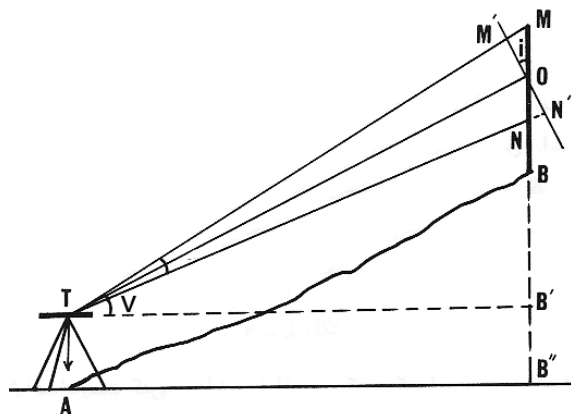
ترکیب دوربین های نقشه برداری اغلب به گونه ای

می باشد که $C=0$ و $K=100$ است. (دوربین آنالکتیک)



۴-۳-۲- استادیتری در زمین های شیب دار

در زمین های شیب دار مشابه روش قبل عمل می شود و تنها در محاسبات مربوطه زاویه شیب نیز وارد خواهد شد.



شکل ۴-۹: استادیتری در زمین های 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)

۴-۴- اندازه گیری فاصله به روش الکترونیکی

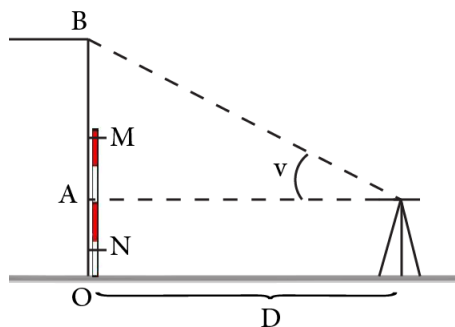
این روش بر مبنای استفاده از امواج الکترومغناطیسی است و با اندازه گیری اختلاف فاز (زمان رفت و برگشت) امواج ارسالی و دریافتی فاصله به دست می‌آید. به دستگاه‌هایی که به این روش فاصله را اندازه گیری می‌کنند EDM می‌گویند. لازم به ذکر است طول به دست آمده با این دستگاه‌ها عموماً طول مایل است و با اندازه گیری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

۵-۴- تمرین‌ها:

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

$$\%2 = \text{درصد شیب} \rightarrow 0.02 = \frac{360 \times 10^2}{180} = \frac{3.6}{180} \times 100 = \frac{\Delta H}{\Delta X} \times 100 = \tan(\alpha) \times 100 = \text{درصد شیب}$$

☑ 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 شیب ۶۰ درجه را قرائت کردیم، ارتفاع نقطه B چند متر است؟ ($k = 100$)



$$D = K \times MN \times \cos^2(v) = k \times MN = 60m$$

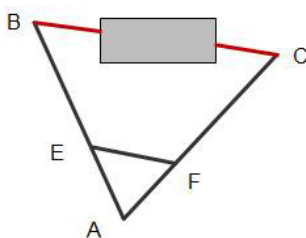
$$\tan(v) = \frac{AB}{D} \rightarrow \sqrt{3} = \frac{AB}{60} \rightarrow AB = 60\sqrt{3}$$

$$1.5m = \text{تار وسط} = \text{دوربین ارتفاع} \rightarrow \text{زاویه قائم } 90^\circ \text{ درجه}$$

$$OA = 1.5 + 60\sqrt{3}$$

☑ 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. ($AE=1.5$ ، $AF=2$ ، $BE=4.5$ ، $CF=6$ و $EF=1.7$)



$$\frac{1.5}{4.5} = \frac{2}{6} \rightarrow \text{دو خط } BC, EF \text{ موازی}$$

$$\frac{BC}{EF} = \frac{AB}{AE} \rightarrow \frac{BC}{1.7} = \frac{4.5 + 1.5}{1.5} \rightarrow BC = 4 \times 1.7$$

فصل پنجم

ترازیابی



۵-۱- مقدمه

یکی دیگر از مهم‌ترین کمیت‌های مورد اندازه‌گیری در مهندسی نقشه‌برداری که منجر به تعیین ارتفاع نقاط می‌شود، اختلاف ارتفاع بین نقاط است. منظور از ترازیبی در مهندسی نقشه‌برداری در اغلب اوقات همان اختلاف ارتفاع یابی است. بنابراین می‌توان ترازیبی 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 ترازیبی اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل بین دو نقطه است که تعبیر هندسی آن اختلاف فاصله بین سطوح تراز گذرنده از دو نقطه مورد نظر است. ترازیبی 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

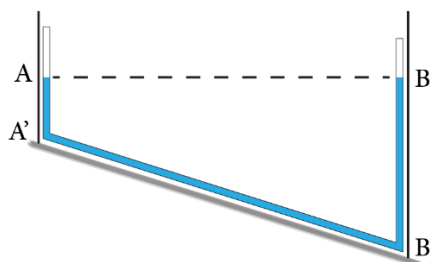
در این فصل تلاش می‌شود تا موضوع ترازیبی به روش‌های گوناگون مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۵-۲- روش‌های ترازیبی مستقیم

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

۵-۲-۱- ترازیبی با شیلنگ تراز

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



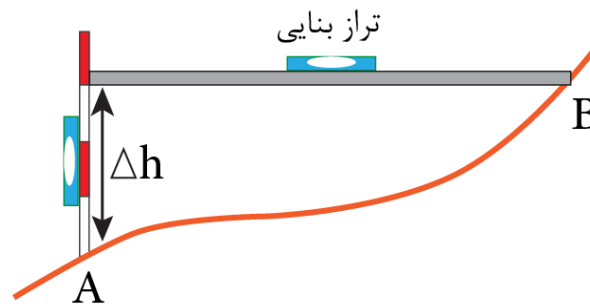
$$\text{تراز } A = \text{تراز } B$$

$$B' - A' = \text{اختلاف ارتفاع } B \text{ و } A$$

شکل ۵-۱: ترازیبی با شیلنگ تراز

۵-۲-۲- تراز یابی شمشه تراز

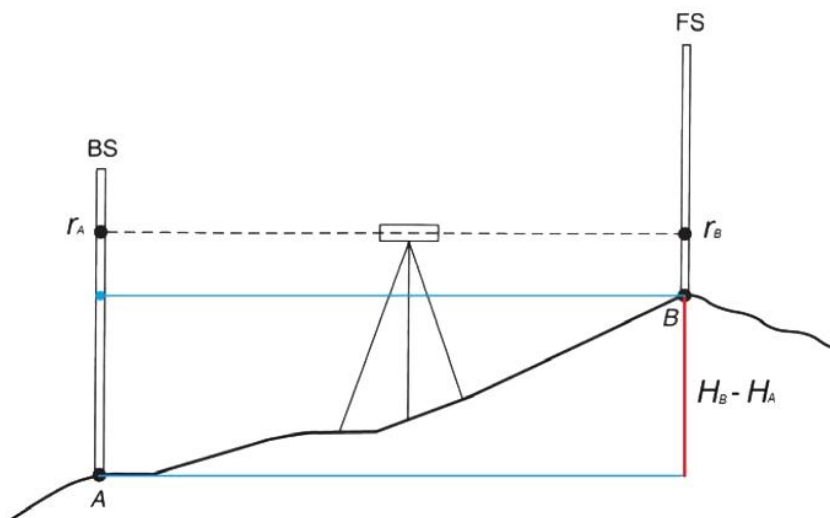
این روش بیشتر در عملیات نقشه برداری مربوط به پروژه‌های ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. وسایل این تراز یابی یک عدد شمشه و تراز و یک شاخص می‌باشد که به جای شاخص می‌توان از شاقول و متر نیز استفاده نمود.



شکل ۵-۲: تراز یابی شمشه تراز

۵-۲-۳- تراز یابی با دوربین و شاخص

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



شکل ۵-۳: اساس تراز یابی مستقیم با دوربین تراز یاب

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

B.S: A قرائت روی نقطه‌ی

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

F.S: B قرائت روی نقطه‌ی

چند تعریف در رابطه با تراز یابی:

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

ایستگاه: محل قرار گرفتن دوربین نقشه برداری

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 تراز یابی با دوربین تراز یاب.

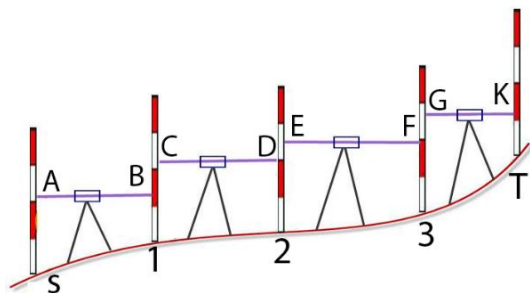
۱- تدریجی: در هر استقرار دوربین تنها دو قرائت عقب و جلو داریم

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- تراز یابی 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 تراز یابی تدریجی استفاده می‌شود. در تراز یابی 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: تراز یابی تدریجی

ارتفاع نقطه	اختلاف ارتفاع	F.S	B.S	نقطه
H _s			A	S
H _s +(A-B)	A-B	B	C	۱
H _۱ +(C-D)	C-D	D	E	۲
H _۲ +(E-F)	E-F	F	G	۳
H _۳ +(G-K)	G-K	K		T

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

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 تراز یاب بیشتر از ۴۰۰ متر باشد باید از نقاط کمکی استفاده کرده و به صورت تدریجی به ارتفاع نقطه دوم برسیم.

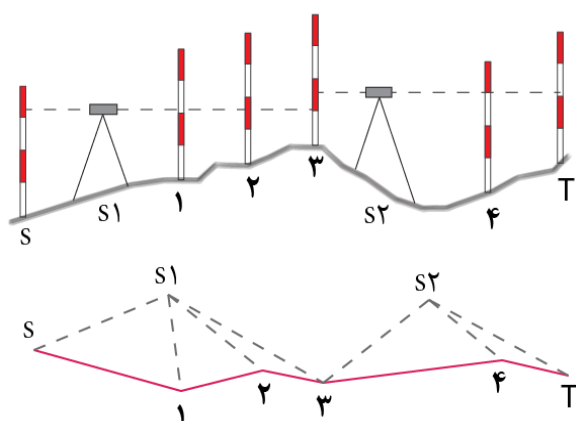
- حالت دوم: اگر موانع طبیعی و مصنوعی بیش از حد باشد و امکان دید مستقیم نباشد

- حالت سوم: اگر اختلاف ارتفاع دو نقطه بیش از ۴ متر باشد (ارتفاع شاخص)

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

۵-۲-۳-۲- تراز یابی شعاعی:

این نوع تراز یابی بیشتر زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که بتوان با قرار دادن دستگاه تراز یاب 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 تراز یابی شعاعی این است که پس از هر بار تغییر محل استقرار دوربین باید یک نقطه مشترک بین دو دهنه را قرائت کنیم.



ارتفاع نقطه	اختلاف ارتفاع	F.S	M.S	B.S	نقطه
H _s				A	S
H _s +(A-B)	A-B		B		۱
H _۱ +(B-C)	B-C		C		۲
H _۲ +(C-D)	C-D	D		E	۳
H _۲ +(E-F)	E-F		F		۴
H _۲ +(F-G)	F-G	G			T

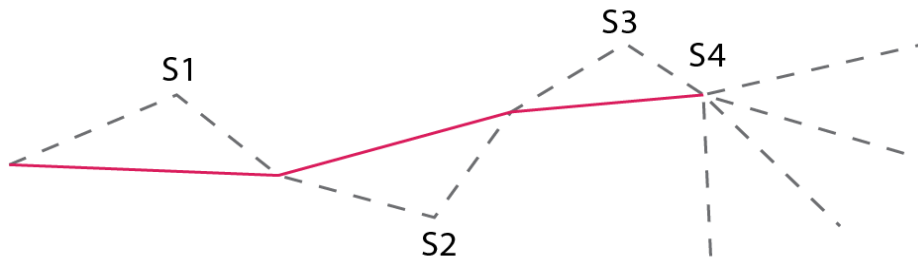
شکل ۵-۵: تراز یابی شعاعی

۵-۲-۳-۳- تراز یابی 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: ترازیبی ترکیبی

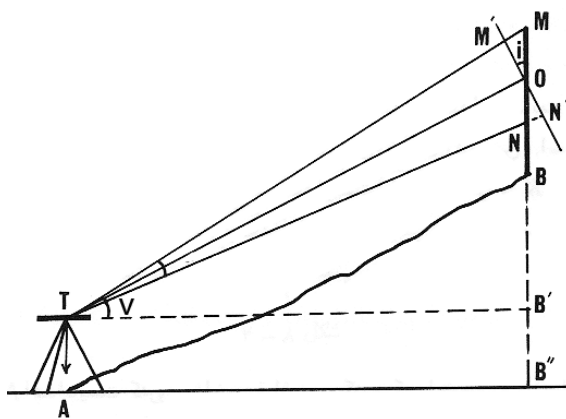
۵-۳- روش ترازیبی غیرمستقیم (مثلثاتی)

در ترازیبی به روش غیرمستقیم اختلاف ارتفاع بر پایه اندازه گیری کمیت‌های دیگری مانند طول و زاویه و به کارگیری 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.

ثابت دوربین $K =$

$MN =$ (تار بالا- تار پایین)



شکل ۵-۷: ترازیبی مثلثاتی

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

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

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

$v =$ زاویه شیب نسبت به سطح افق

$h_i =$ ارتفاع دوربین

$h_o =$ قرائت تار وسط

۵-۴- ترازیبی فشارسنجی

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:

$$\Delta H_{AB} = 184000 \times \left(1 + \frac{T}{273}\right) \times \log \frac{P_A}{P_B}$$

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 میلی متر جیوه

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

۵-۵- سرشکنی خطاها در ترازبایی

در ترازبایی با مقایسه ارتفاع محاسبه شده و ارتفاع واقعی نقطه پایانی، خطا محاسبه می شود. از آنجا که اختلاف ارتفاع نهایی از مجموع اختلاف ارتفاع دهنده ها محاسبه می شود 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 می توان از رابطه زیر مقدار تصحیح برای هر نقطه را مشخص نمود:

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

$$C_i = i \times C$$

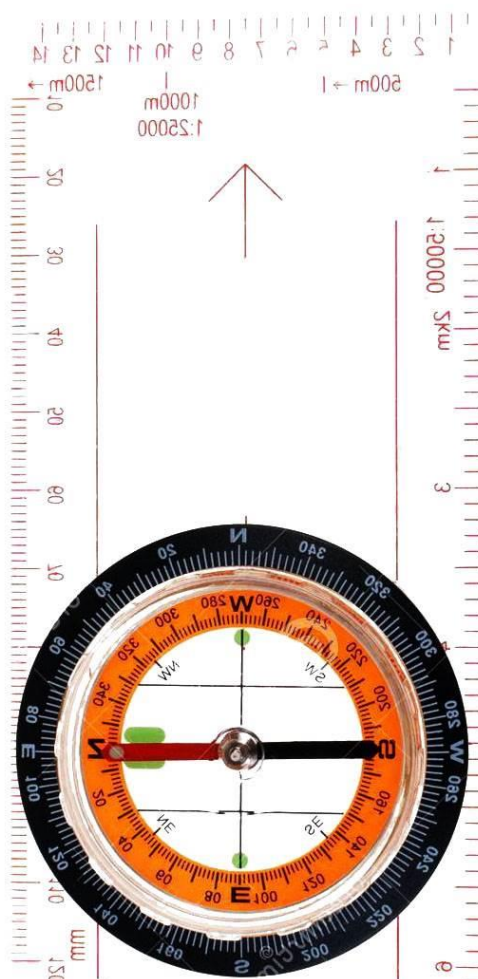
C_i تصحیح دهنه i ام

❖ 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

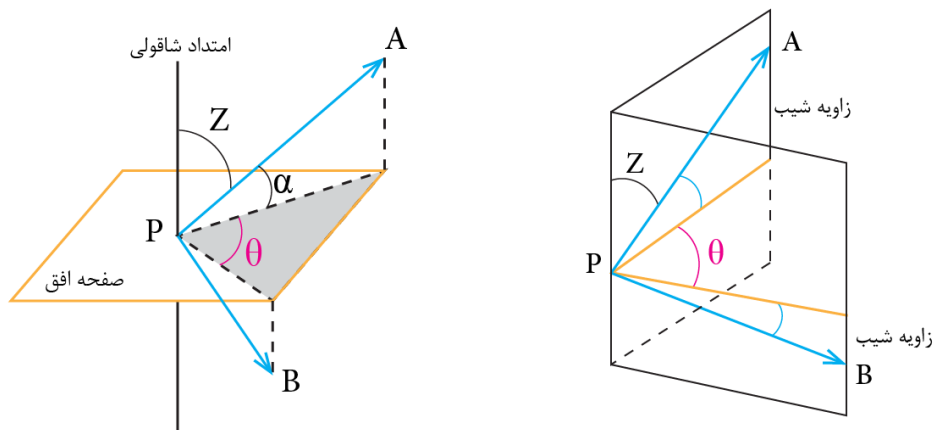


۶-۱- مقدمه

کمیت دیگری که در نقشه‌برداری مورد اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری زاویه خواهیم پرداخت.

۶-۲- انواع زاویه‌ها در نقشه‌برداری

- زاویه افقی (θ): زاویه بین تصویر افقی دو امتداد دلخواه مانند PA, PB 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 اندازه‌گیری 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 نقشه‌برداری

۶-۳- واحدهای اندازه‌گیری 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: ۱۳۰'۲۸" یا ۱۳۰/۲۸۸۳
- 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؟

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

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

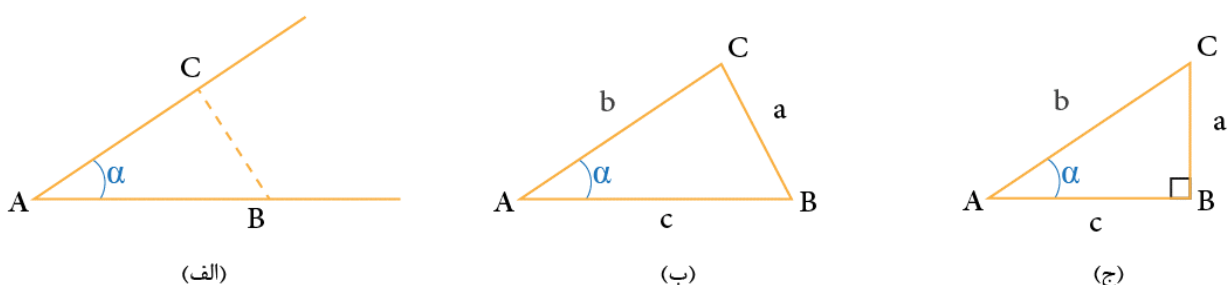
۶-۴- روش‌های اندازه‌گیری زاویه:

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

۶-۴-۱- اندازه‌گیری زاویه به کمک متر

مطابق شکل ۶-۲ (الف) برای اندازه‌گیری زاویه α بین دو امتداد AC و AB معمولاً دو طول مشخص را با

متر روی این امتدادها پیاده می‌کنند



شکل ۶-۲: اندازه‌گیری 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:

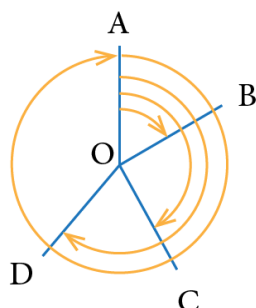
$$\cos(\alpha) = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

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

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.

۶-۴-۱- 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 ۳-۶: زاویه یابی به روش قرائت دور افق

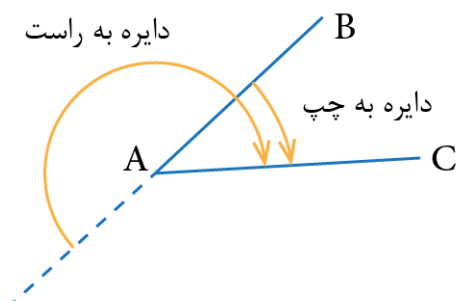
$$\widehat{AOB} = OB - OA$$

$$\widehat{BOC} = OC - OB$$

$$\widehat{COD} = OD - OC$$

۶-۴-۲-۲-۲-۲ قرائت کوپل (زوج)

در تمام نشانه روی‌ها، اگر لمب قائم در سمت راست عامل نشانه روی قرار گرفته باشد، اصطلاحاً نشانه روی در حالت دایره به راست انجام می‌شود و اگر لمب قائم در سمت چپ عامل نشانه روی قرار گرفته باشد، اصطلاحاً نشانه روی 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 ۴-۶: قرائت زاویه به روش کوپل

$$۲ \div (۱۸۰ - \text{دایره به راست} + \text{دایره به چپ}) = \text{زاویه هر امتداد}$$

۶-۴-۳-۲-۳-۲ قرائت زاویه به روش تجدید

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

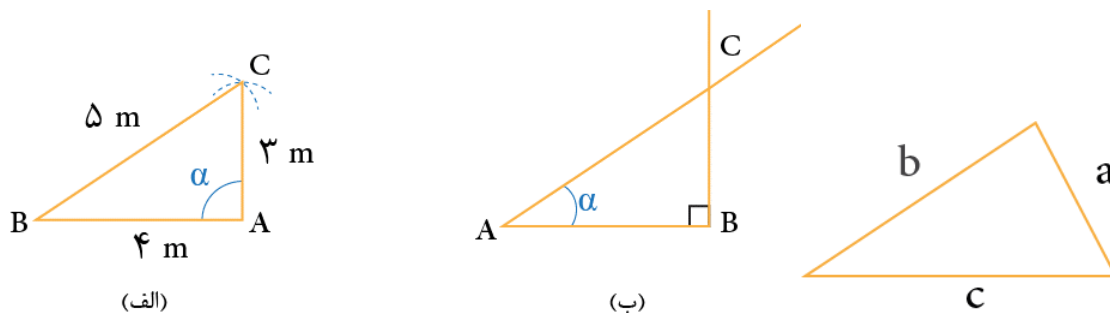
۶-۵- روش‌های پیاده کردن یک زاویه

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 ۳ و ۴ و ۵) 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 ۶-۵: پیاده 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.

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

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 نهایت 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	۹۰° ۴۲' ۴۰"

$$A = AC - AB = ۹۰^\circ ۴۲' ۴۰'' - ۱۹۵^\circ ۵۲' ۲۰''$$

$$A = ۳۶۹^\circ ۴۲' ۴۰'' - ۱۹۵^\circ ۵۲' ۲۰'' = ۱۷۳^\circ ۵۰' ۲۰''$$

☑ 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"

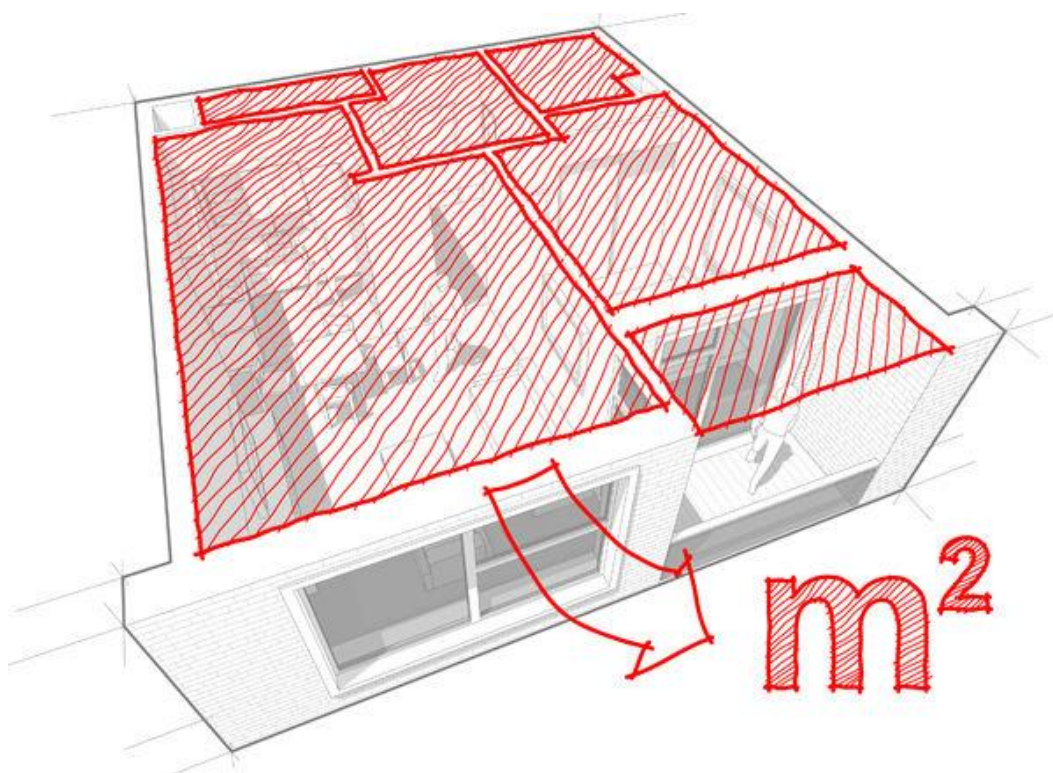
$$AB = \frac{۲۵^{\circ} ۱۸' ۱۵'' + ۲۰۵^{\circ} ۸' ۲۵'' - ۱۸۰^{\circ}}{۲} = \frac{۵۰^{\circ} ۲۶' ۴۰''}{۲} = ۲۵^{\circ} ۱۳' ۲۰''$$

$$AC = \frac{۱۰۴^{\circ} ۳' ۲۵'' + ۲۸۴^{\circ} ۳۳' ۵۵'' - ۱۸۰^{\circ}}{۲} = \frac{۲۰۸^{\circ} ۳۷' ۲۰''}{۲} = ۱۰۴^{\circ} ۱۸' ۴۰''$$

$$\hat{A} = ۱۰۴^{\circ} ۱۸' ۴۰'' - ۲۵^{\circ} ۱۳' ۲۰'' = ۷۹^{\circ} ۰۵' ۲۰''$$

فصل هفتم

اندازه گیری مساحت



۷-۱- مقدمه

تعیین مساحت یکی از معمولی ترین کارهای یک نقشه بردار می باشد که می تواند آن را مستقیماً روی زمین و یا به طور غیر مستقیم بر روی نقشه بدست بیاورد. برای تعیین مساحت روشهای متفاوتی بسته به شکل زمین و یا به صورت غیر مستقیم بر روی نقشه وجود دارد. داشتن اطلاع از فرمول های تعیین مساحت ضروری می باشد زیرا این روابط در تعیین مساحت کمک می کنند.

۷-۲- تعیین مساحت اشکال هندسی منظم

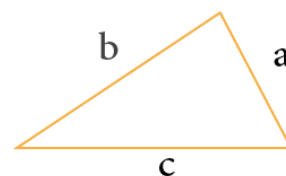
۷-۲-۱- مساحت سه ضلعی

مساحت سه ضلعی با توجه به اطلاعات موجود به سه حالت زیر قابل محاسبه است:

الف) زمانی که هر سه ضلع قابل اندازه گیری باشد:

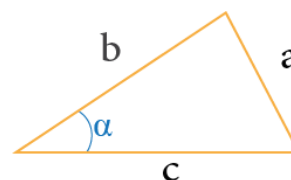
$$P = \frac{a+b+c}{2}$$

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



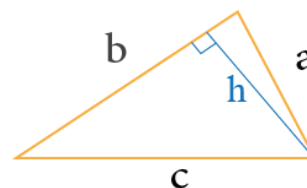
ب) زمانی که دو ضلع و زاویه بین آن ها قابل اندازه گیری باشد:

$$S = \frac{1}{2} \times b \times c \times \sin \alpha$$



ج) زمانی که یک ضلع و ارتفاع وارد بر آن قابل اندازه گیری باشد:

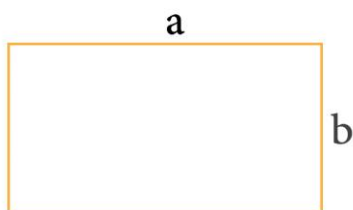
$$S = \frac{1}{2} \times h \times b$$



۷-۲-۲- تعیین مساحت چهارضلعی ها

الف) مساحت مستطیل، مربع و لوزی

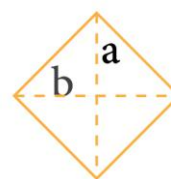
برای محاسبه مساحت چهار ضلعی های مربع، مستطیل و لوزی از روابط زیر استفاده می کنیم:



$$S = a \times b$$



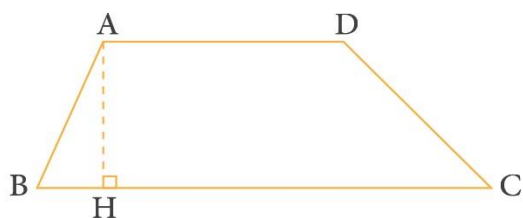
$$S = a^2$$



$$S = \frac{a \times b}{2}$$

ب) دوزنقه

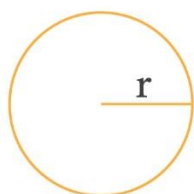
برای محاسبه مساحت دوزنقه با داشتن اندازه قاعده کوچک و بزرگ و ارتفاع آن می توان مساحت را به صورت زیر محاسبه کرد:



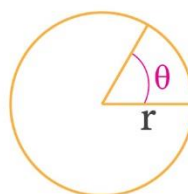
$$S = \frac{(AD + BC) \times AH}{2}$$

۷-۲-۳- تعیین مساحت دایره و قطاع آن:

برای محاسبه مساحت دایره و قطاع آن می توان از فرمول های زیر استفاده نمود:



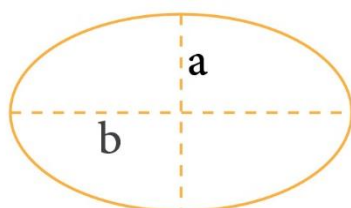
$$S = \pi r^2$$



$$S = \pi r^2 * \frac{\theta}{360}$$

۷-۲-۴- تعیین مساحت بیضی:

برای بدست آوردن مساحت بیضی با معلوم بودن نصف قطر بزرگ و کوچک آن می توان از فرمول زیر استفاده کرد:



$$S = \pi \times a \times b$$

a: نصف قطر بزرگ

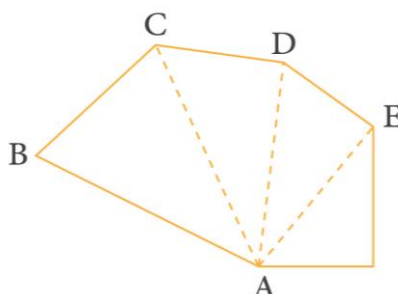
b: نصف قطر کوچک

۷-۳- تعیین مساحت اشکال غیر هندسی

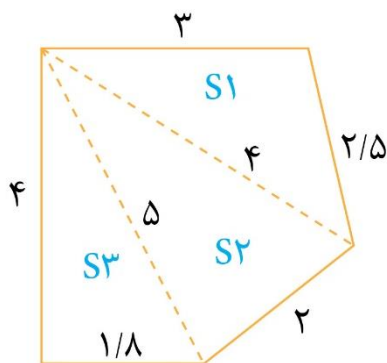
در بیشتر موارد شکل زمین به صورت غیر منظم بوده و دارای شکل خاص هندسی نیستند. در صورتی که اضلاع قطعه زمین به صورت خطوط مستقیم مشخص شده باشند، باید ابتدا قطعه زمین را به قطعات منظم تقسیم کرد. سپس مساحت هر یک را حساب و با هم جمع کنیم. برای این کار سه روش عمده وجود دارد که در ادامه به آن خواهیم پرداخت.

۷-۳-۱- تعیین مساحت به روش تجزیه به مثلث

در روش تجزیه مثلث یک رأس زمین به عنوان مبنا در نظر گرفته می شود و از آن رأس زمین به قطعات مثلثی شکل تقسیم می شود.



✓ مساحت شکل مقابل را به روش تجزیه مثلث محاسبه کنید.



$$P_1 = \frac{3 + 2.5 + 4}{2} = 4.75$$

$$S_1 = \sqrt{4.75 \times (1.75) \times (0.75) \times (2.25)} = 3.75 m^2$$

$$P_2 = \frac{4 + 2 + 5}{2} = 5.5$$

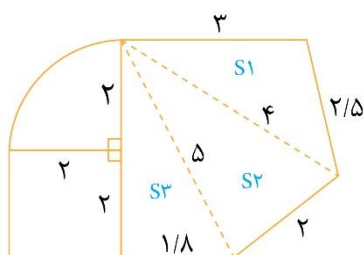
$$S_2 = \sqrt{5.5 \times (1.5) \times (0.5) \times (3.5)} = 3.79 m^2$$

$$P_3 = \frac{4 + 5 + 1.8}{2} = 5.4$$

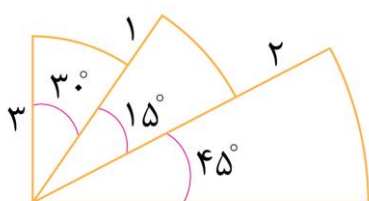
$$P_3 = \sqrt{5.4 \times (0.4) \times (1.4) \times (3.6)} = 3.29 m^2$$

$$\text{مساحت کل} = S_1 + S_2 + S_3 = 10.83 m^2$$

✓ مساحت شکل زیر را محاسبه کنید.



✓ مساحت شکل روبه رو را بیابید.



$$S = \frac{1}{2} \times a \times b \times \sin \theta$$

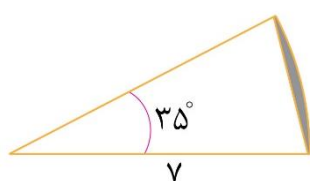
$$S_1 = 6^2 \times \pi \times \frac{45}{360} = 12.56 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 4^2 \times \pi \times \frac{15}{360} = 9.42 \text{ m}^2$$

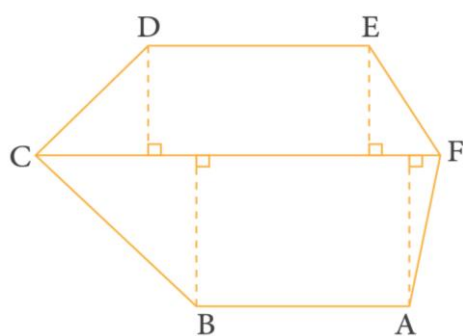
$$S_3 = \pi \times 3^2 \times \frac{30}{360} = 3.53 \text{ m}^2$$

$$S_1 + S_2 + S_3 = 12.56 + 9.42 + 3.53 = 15.05 \text{ m}^2$$

✓ در شکل زیر مساحت قسمت هاشور خورده را محاسبه کنید.



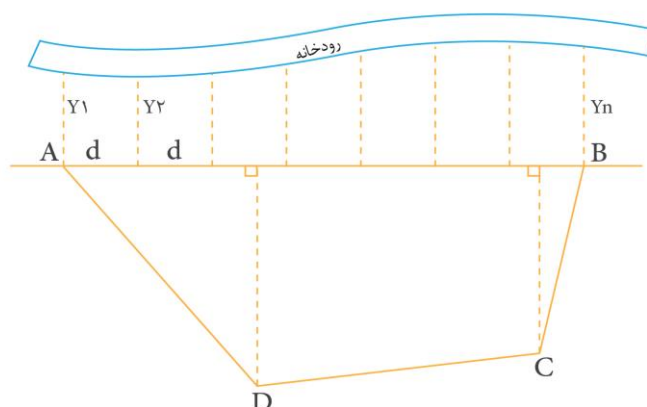
۷-۳-۲- تعیین مساحت به روش خط هادی



در این روش با مشخص کردن یک خط به عنوان خط مبنا یا خط هادی می توان مساحت زمین را تعیین کرد. خط هادی یک خطی است که در امتداد کشیدگی زمین دو رأس زمین را به هم وصل می کند (خط CF). پس از تعیین خط هادی از هر رأس بر خط هادی خطی عمود می کنیم سپس یک سری دوزنقه و مثلث ایجاد خواهد شد که با اندازه گیری اضلاع هر کدام مساحتش به دست می آید.

۷-۳-۳- تعیین مساحت به کمک دوزنقه های هم ارتفاع

در بعضی از موارد که قسمتی از زمین دارای شکل منحنی غیر مشخص است از روش دوزنقه های هم ارتفاع استفاده می شود. در این روش برای محاسبه قسمت نامنظم مانند روش قبل ابتدا خط هادی را تعیین می نماییم سپس خط هادی را به فواصل مساوی به اندازه d تقسیم کرده و از هر بخش عمودی به زمین استخراج می کنیم.

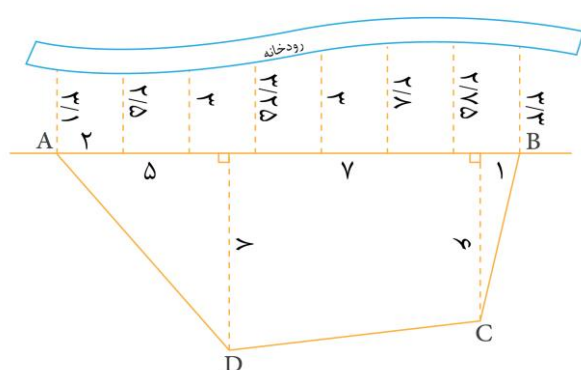


در نهایت با استفاده از فرمول زیر مساحت قسمت نامنظم محاسبه می شود.

$$S = d \times \left(\frac{Y_1 + Y_n}{2} + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{N-1} \right)$$

در این رابطه Y_i ها طول عمود استخراج شده از هر بخش می باشد. برای رسیدن به دقت بالاتر می توان از فرمول دیگری به نام سیمپسون نیز استفاده کرد که برای این کار لازم تعداد عمود های استخراج شده فرد باشد.

✓ مساحت شکل مقابل را به روش دوزنقه های هم ارتفاع محاسبه کنید.



مساحت قسمت منظم + مساحت قسمت نامنظم = مساحت

مثلث ۲ + دوزنقه + مثلث ۱ = قسمت منظم

$$\text{دوزنقه} = \frac{(6 + 8) \times 7}{2} = 49$$

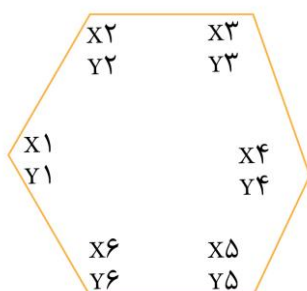
$$\text{مثلث ۱} = \frac{8 \times 5}{2} = 20$$

$$\text{مثلث ۲} = \frac{1 \times 6}{2} = 3$$

$$\text{مساحت قسمت نامنظم} = 2 \times \left(\frac{3.1 + 3.3}{2} + 2.5 + 3 + 3.25 + 3 + 2.8 + 2.75 \right) = 15.05 \text{ m}^2$$

$$\text{مساحت کل} = 3 + 20 + 49 + 15.05$$

۷-۳-۴- تعیین مساحت با استفاده از مختصات رئوس (روش گوس)

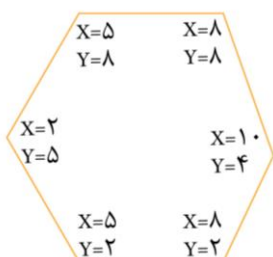


روش مختصاتی روش بسیار مناسبی برای تعیین مساحت زمین هایی است که مختصات رئوس آنها در دسترس است. برای این کار معمولاً مختصات زمین به ترتیب به صورت ساعتگرد شماره گذاری می شود و با استفاده از فرمول زیر که به فرمول گوس معروف است؛ مساحت قطعه زمین محاسبه می شود.

$$\{x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_1\}$$

$$S = \frac{1}{2} \left| \left\{ \begin{array}{l} x_1 y_2 + x_2 y_3 + x_3 y_4 + x_4 y_5 + x_5 y_6 + x_6 y_1 \\ - (x_2 y_1 + x_3 y_2 + x_4 y_3 + x_5 y_4 + x_6 y_5 + x_1 y_6) \end{array} \right\} \right|$$

☑ با توجه به مختصات داده شده مساحت شکل مقابل را تعیین کنید.



$$\left\{ \begin{array}{l} 2, 5, 8, 10, 8, 5, 2 \\ 5, 8, 8, 4, 2, 2, 5 \end{array} \right\}$$

$$S = \frac{1}{2} \left| \left\{ (2 \times 8 + 5 \times 8 + 8 \times 4 + 10 \times 2 + 8 \times 2 + 5 \times 5) - (5 \times 5 + 8 \times 8 + 8 \times 10 + 4 \times 8 + 2 \times 5 + 2 \times 2) \right\} \right| = \frac{66}{2} = 33$$

☑ با توجه به اندازه های داده شده روی شکل، مساحت آن را با روش گوس محاسبه کنید.

