

## هدف کلی

ایجاد توانایی لازم به منظور تهیه نقشه و پیاده کردن پلان‌های ساختمانی و کنترل‌های هندسی مربوطه در مناطق محدود.

## کلیات و تعاریف

به منظور طراحی یک پروژه‌ی عمرانی در یک منطقه‌ی زمین، قبلاً باید وضعیت زمین آن منطقه را از نظر شکل، ابعاد، پستی و بلندی‌ها و دیگر عوارض موجود در آن شناخت. طراحی یک پروژه بدون توجه به خصوصیات مذکور قادر به ارائه‌ی طرح نیست. برآورد هزینه‌های اجرای طرح و سپس انجام عملیات اجرایی مراحل دیگر اتمام کار پروژه‌اند. ارتباط نقشه‌برداری با مراحل سه‌گانه‌ی فوق همچنین آشنایی با مفاهیم اساسی نقشه‌برداری قبل از بحث در خصوص وسایل و دستگاه‌های نقشه‌برداری و روش‌های اندازه‌گیری و قواعد کار به منظور تهیه‌ی نقشه‌ی یک منطقه از زمین یا پیاده‌کردن طرح‌های ساختمانی، در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد :

- جنبه‌های کاربردی نقشه‌برداری را، در رشته‌ی تحصیلی خود توضیح دهد.
- کروکی، عکس هوایی و نقشه را تعریف نموده، تفاوت‌های آن‌ها را ذکر کند.
- نقشه‌برداری را تعریف کند.
- تفاوت‌های نقشه‌های بنیادی و موردی را ذکر کند.
- مراحل تهیه‌ی نقشه از یک منطقه را توضیح دهد.
- کمیت‌هایی که برای تهیه‌ی نقشه اندازه‌گیری می‌شوند را نام ببرد.
- تفاوت نقشه‌برداری‌های هوایی و زمینی را بیان نماید.
- برداشت را تعریف کند.
- مقیاس را تعریف نموده، انواع آن را نام ببرد.
- خصوصیات ویژه‌ی مقیاس ترسیمی را ذکر نماید.
- نقشه‌ها را از نظر مقیاس دسته‌بندی کند.
- ضمن تشخیص علائم قراردادی نقشه، خصوصیات این علائم را ذکر کند.
- انواع شمال‌ها در نقشه‌برداری، تفاوت و چگونگی شناسایی آن‌ها را توضیح دهد.
- ضمن تعریف آزیموت، انواع آن را نام ببرد.

## ۱-۱- چرا آموزش نقشه برداری در رشته ساختمان ضروری است؟

بخش اعظم فعالیت متخصصان رشته ساختمان طراحی، محاسبه و اجرای پروژه‌های مختلف عمرانی است. به منظور انجام هر کدام از امور سه‌گانه‌ی فوق در یک محل یا منطقه، قبلاً باید آن محل یا منطقه را شناخت و اطلاعاتی در خصوص وضعیت آن به دست آورد. معمولاً بخش مهم این اطلاعات شامل ارزیابی شکل، ابعاد، عوارض و ناهمواری‌های موجود در منطقه‌ای است که قرار است پروژه‌ی عمرانی در آن اجرا شود و هر چه منطقه بزرگ‌تر باشد ضرورت دسترسی به این نوع اطلاعات بیش‌تر می‌شود.

شاید چنین به نظر برسد که با مشاهده‌ی مستقیم و یا عکاسی و نقاشی می‌توان به شناخت کافی از یک منطقه رسید؛ در این خصوص ذکر توضیحاتی ضروری است:

اول آن که طراح با رفتن به منطقه‌ای که قرار است پروژه‌ای را در آن طراحی کند، می‌تواند اطلاعاتی را به دست آورد لیکن این اطلاعات جهت طراحی پروژه کافی نیست چرا که طرح یک پروژه ابتدا باید روی صفحه‌ی کاغذ ترسیم گردد و موقعیت نقاط مختلف آن با عوارض موجود بر روی زمین هماهنگی داشته باشد. از طرف دیگر در مشاهده‌ی مستقیم، به دلیل محدودیت‌هایی، از جمله خطای دید، شناخت شکل واقعی و ارزیابی و تعیین ابعاد عوارض موجود در منطقه به‌طور دقیق و به‌سادگی امکان پذیر نیست. بخصوص برای اشیایی که در دوردست قرار دارند این کار میسر نمی‌باشد. اگرچه، با صعود به یک نقطه‌ی مرتفع نیز می‌توان افق دید را وسعت داد و زوایای مرده را از بین برد ولی چون زمین و برجستگی‌های آن در زیر پا به صورت مسطح نمودار می‌شوند تشخیص برجستگی‌ها به سهولت امکان پذیر نیست؛ ضمناً اگر مناظر و اشیا را از زاویه‌های مختلف و یا از بلندی‌های متفاوت نگاه کنیم هر کدام شکل مخصوص و متفاوتی به خود می‌گیرند. به دلایل گفته شده اطلاعاتی که ما از طریق مشاهده‌ی مستقیم به آن‌ها می‌رسیم اگر غلط هم نباشد کاملاً تقریبی است.

دوم آن که البته با نقاشی و عکاسی هم می‌توان موقعیت عوارض روی زمین را ثبت نموده و در اختیار طراح قرار داد ولی در این خصوص به چند نکته باید توجه داشت: در فن عکاسی و در هنر نقاشی، نقطه‌ی دید است که سرنوشت عکس یا آنچه را که نقاشی می‌شود تعیین می‌کند، به‌ویژه در هنر، نقطه‌ی دید موردی است بسیار فردی و خصوصی و بستگی به حالت‌های روحی، احساس، تخیل، ذوق و سلیقه و ادراک هنرمند دارد. در واقع نقاش تحت تأثیر یکی از این حالت‌هاست که شیء یا منظره‌ای را برای نقاشی انتخاب می‌کند. بنابراین بسیاری از جزئیات را فدا می‌کند. این نحوه‌ی گزینش در واقع انتقال احساس ویژه‌ی هنرمند به بیننده در یک لحظه‌ی خاص و مکان خاص است.

در مورد عکس هم، تا حدی، این موضوع صادق است. این که از روبه‌رو عکس برداریم و یا از بلندی و یا از جهات مختلف، نتیجه متفاوت خواهد بود. در هر صورت عکس نیز تصویری است در زمان و مکان معین و با پرسپکتیو مشخص.

پس روشن شد که عکاسی و نقاشی هیچ کدام نمی‌توانند تصویری کاملاً واقعی از زمین یا منظره‌ای از طبیعت را به ما عرضه دارند<sup>۱</sup>، در حالی که آنچه مورد نیاز یک طراح پروژه‌ی عمرانی است نمایش ترسیمی دقیق از اطلاعات مورد نیاز است که قبلاً به آن‌ها اشاره شد. به چنین ترسیمی نقشه می‌گویند. طراح با در دست داشتن یک نقشه‌ی دقیق و خوانا می‌تواند شکل واقعی زمین را درک نموده و راجع به طرحی که در نظر دارد تصمیم‌گیری کند.

نمونه‌هایی از نقشه‌ها با پروژه‌های طراحی شده روی آن‌ها را در این صفحه و صفحه‌ی بعد می‌بینید. به منحنی‌های ترسیم شده روی نقشه منحنی‌های تراز (Isometric Line) می‌گویند. این منحنی‌های تراز وضعیت پستی و بلندی‌های زمین را نشان می‌دهند و شما طرز ترسیم آن‌ها را در روی نقشه، در این کتاب خواهید آموخت.



شکل ۱-۱

۱- نوع خاصی از عکس‌ها به نام عکس‌های هوایی که در این کتاب معرفی خواهد شد، در طراحی پروژه‌های عمرانی کاربرد دارد.



شکل ۱-۲



شکل ۱-۳

علاوه بر پستی‌ها و بلندی‌های زمین اگر عوارض مسطحاتی نیز در منطقه موجود است و عوارض جدید باید در کنار آن‌ها طراحی و اجرا شود، موقعیت عوارض موجود باید دقیقاً بر روی نقشه مشخص گردد. این کار به‌خاطر هماهنگی عوارض قدیم و جدید ضرورت دارد. در تصاویری که در زیر می‌بینید در کنار بخش‌هایی که قبلاً موجود بوده‌اند، بخش‌های جدیدی نیز طراحی شده‌اند.



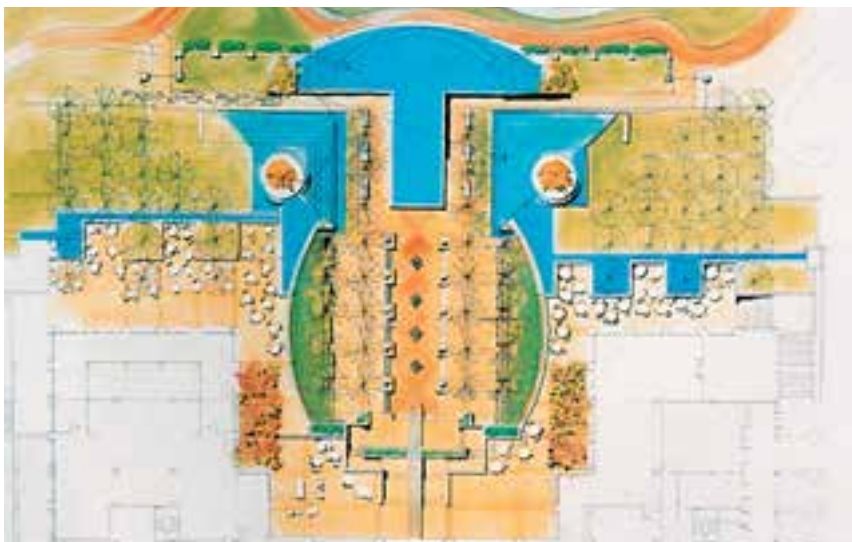
الف



ب  
شکل ۴-۱-الف) و (ب)



ج



د

شکل ۴-۱- (ج) و (د)

بنابراین آنچه در تهیه نقشه بسیار اهمیت دارد دقت آن است. منظور از دقت در نقشه دو چیز است یکی آن که زوایا و اندازه‌ها تا حد زیادی دقیق باشد و دیگر آن که موقعیت اشیای روی نقشه با آنچه در واقعیت وجود دارد مطابقت داشته باشند، زیرا نقشه، در هر حال، شکل کوچک شده و ساده شده‌ی قسمتی از زمین است.

شرایط و چگونگی تهیه نقشه‌ها بستگی دارد به هدف و منظور خاصی که در هر نقشه تعقیب می‌شود. یک نقشه را موقعی صحیح می‌دانند که اطلاعات داده‌شده در آن غلط یا مبهم نباشد و استفاده‌کننده بتواند به راحتی آن را با واقعیت وفق دهد. یک نقشه نه تنها باید اندازه‌ها را دقیق نشان دهد بلکه بایستی از نظر کیفیت هنری، بخصوص تجسم بخشیدن به برجستگی‌های زمین نیز مطلوب باشد و این کار مشکلی است، زیرا این دو ویژگی با هم در تعارض قرار دارند و تهیه نقشه‌ای که جواب‌گوی هر دو ویژگی باشد، کاری است بسیار دشوار.

گذشته از آن‌چه گفته شد، نقشه باید تا حد امکان ساده باشد. در تهیه نقشه باید دید کدام عوارض مورد توجه‌اند. آنگاه به ساده کردن جزئیات و کلی کردن نشان بپردازیم. برای طراح، با توجه به ویژگی‌های طرحی که در نظر دارد، بعضی از عوارض مهم است و پاره‌ای نیز اهمیت ندارد. همچنین ممکن است لازم باشد بعضی جزئیات مهم بزرگ‌تر از اندازه‌ی واقعی آن‌ها، و یا عارضه‌ای به ظاهر مهم با شکلی مختصر و یا تنها با یک علامت نشان داده شود.

با توجه به مطالب فوق می‌توان گفت یک نقشه حاوی اطلاعات گوناگون و تصویری کامل و متمرکز از زمین است که با روشنی و وضوح حتی عوارض پوشیده و مخفی طبیعت را با دقت هندسی آشکار و اندازه‌ی دقیق ارتفاعات، فواصل و مسافت‌ها و دیگر واقعیات مربوط به عوارض روی زمین را ارائه می‌نماید. با نقشه است که می‌توانیم حتی سرزمین‌های دوردست و ناشناخته را شناسایی کنیم. نقشه‌برداری فن تهیه نقشه است و در آن مراحل کار تهیه نقشه بررسی می‌شود. به خاطر دقت کار بایستی اندازه‌هایی را روی زمین به دست آورد و برای این کار است که از وسایل مختلف اندازه‌گیری در آن استفاده می‌شود. پس از به دست آوردن اندازه‌ها و انجام مراحل محاسباتی با رعایت قواعد و استانداردهایی، نقشه با خصوصیات ذکر شده آماده می‌گردد.

در بخش محاسبه، نقشه‌برداری به منظور پیدا کردن حجم عملیات خاکی لازم الاجراست چرا که به ندرت زمین منطقه‌ای که قرار است پروژه‌ی عمرانی در آن اجرا شود دست‌نخورده باقی می‌ماند. بنابراین تغییر وضعیت زمین طبق طرح پیش‌بینی شده با نقشه‌برداری کنترل می‌شود. همچنین قبل از به مرحله‌ی اجرا درآمدن پروژه‌های عمرانی برآورد هزینه‌ها و پس از آن به منظور تهیه‌ی صورت وضعیت، از امور محاسباتی است که انجام آن‌ها مستلزم اجرای عملیات نقشه‌برداری است.

نقشه‌برداری همچنین با هدف انتقال طرح از روی کاغذ بر سطح زمین در مرحله‌ی اجرا ضروری است، چرا که در این مرحله باید عملیاتی عکس عملیات تهیه نقشه، به طور دقیق، صورت گیرد که به آن عملیات پیاده‌کردن نقشه (Setting Out) می‌گویند. قدم اول اجرای هر پروژه‌ی



ساختمانی در یک منطقه از زمین، پیاده کردن نقشه‌ی آن است و نقشه را با همان وسایلی که برای تهیه‌ی نقشه مورد استفاده قرار می‌گیرند پیاده هم می‌توان کرد. کنترل‌های هندسی حین اجرا و نیز پس از اجرا از کاربردهای دیگر نقشه برداری است.

نکته‌ی آخر آن که طراحان و متخصصین رشته‌های عمران و معماری برای استفاده از نقشه باید قادر به نقشه خوانی باشند. بدین منظور باید فن تهیه و تدوین نقشه را فرا گرفت و این کاری است که با خواندن کتاب، به تنهایی، تأمین نمی‌شود بلکه باید با عمل نیز توأم گردد و به خصوص بخش‌های نظری و عملی با مقایسه‌ی مستقیم نقشه و عوارض روی زمین تکمیل می‌گردد.

درک خواننده در برخورد اولیه با نقشه، تفاوت‌هایی با واقعیت عوارض در روی زمین دارد، بررسی نقشه قبل از دیدن منطقه ایده‌ای کلی و قبلی از زمین به دست می‌دهد اما بررسی نقشه در روی زمین اساس کار به شمار می‌رود. در واقع انتظاری که از نقشه می‌رود این است که نقشه‌خوان را در روی زمین راهنمایی کند تا شکل واقعی زمین را درک کند. با استفاده از نقشه است که کلیه‌ی نکات مربوط به زمین از جمله تطبیق عوارض طبیعت با نمایش ترسیمی آن‌ها در محل، به سادگی امکان پذیر می‌گردد. راه‌ها و خصوصیت آن‌ها، فواصل میان نقاط، برجستگی‌های زمین و فرورفتگی‌های آن، خطوط بزرگ‌ترین شیب و غیره مسائلی هستند که بررسی آن‌ها در روی زمین عملی تر است و مقایسه‌ای که میان عوارض زمین و جزئیات نقشه پیش می‌آید درک و قرائت نقشه را آسان تر می‌سازد.

## ۲-۱- کروکی - عکس هوایی - نقشه

احتمالاً گاهی برای شما اتفاق افتاده است که خواسته‌اید بر روی کاغذ، نشانی محلی را برای کسی با ترسیم نشان دهید یا برعکس از کسی خواسته‌اید اینکار را برای شما انجام دهد. برای این منظور معمولاً به طور تقریبی موقعیت خیابان، کوچه و دیگر عوارض محل را روی کاغذ ترسیم می‌کنند تا بیننده بتواند نسبت به منطقه شناسایی پیدا کند، البته همان‌گونه که قبلاً گفته شد این نوع ترسیم دقیق نیست زیرا اندازه‌ی ابعاد عوارض روی زمین برای رسم‌کننده مشخص نیست و او بر اساس اندازه‌هایی که حدس می‌زند عمل ترسیم را انجام می‌دهد. به چنین ترسیمی کروکی می‌گویند. پس می‌توان گفت:

کروکی عبارت است از ترسیمی که فاقد اندازه‌های دقیق باشد.

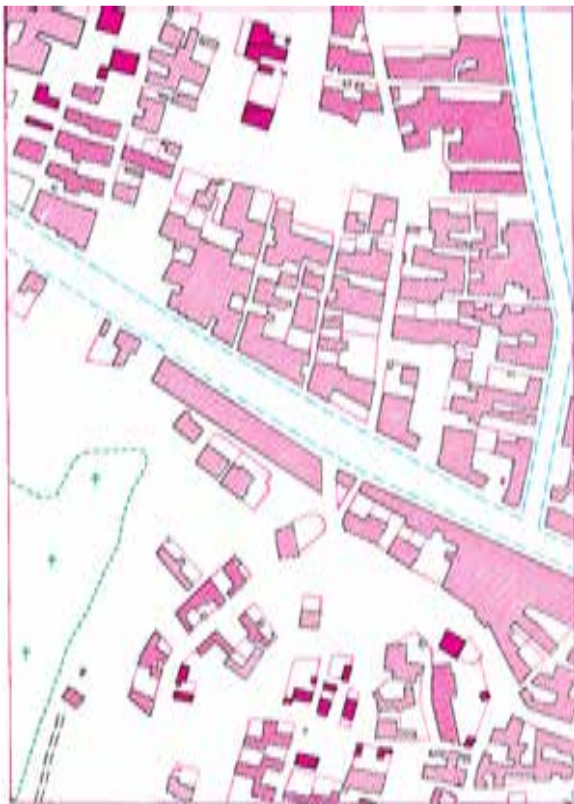
بعداً خواهید دید که برای تهیه‌ی نقشه، پس از شناسایی منطقه، نخست یک کروکی از آن تهیه می‌کنند که این خود، راهنمایی است برای عملیات اندازه‌گیری و تعیین ابعاد عوارض روی زمین و هم چنین برای تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی.



شکل ۵-۱

به دلیل شباهت زیاد عکس به نقشه، در قرن نوزدهم متخصصان نقشه برداری به فکر افتادند که برای تهیه نقشه از عکس استفاده کنند. نوع عکسی که می توانست مورد استفاده قرار گیرد عکس های هوایی بود زیرا در عکس های زمینی، اگرچه از نقطه ی مرتفعی عکس برداری انجام گیرد، عوارض زمین با شکل واقعی ظاهر نمی شود مگر این که عکس برداری مثلاً از نمای یک ساختمان یا اشیایی که در یک صفحه ی قائم قرار گرفته اند انجام شود. عکس برداری هوایی اولین بار به کمک بالون و کایت انجام گرفت<sup>۱</sup> و پس از این که اطمینان حاصل شد که این نوع عکس می تواند کمک زیادی به عمل تهیه نقشه بکند هواپیماهای کوچکی مخصوص این کار ساخته شد که نصب دوربین عکس برداری در کف آنها باعث شد عکس های زیادی از سطح زمین تهیه گردد.

۱- در اوایل قرن هجدهم میلادی از عکس هایی که با کایت و بالون از سطح زمین برداشته می شد در تهیه نقشه استفاده می کردند. با اختراع هواپیما توسط برادران رایت در سال ۱۹۰۲، در طی جنگ جهانی اول و نیز در فاصله ی دو جنگ جهانی اول و دوم برای تهیه نقشه از عکس هوایی نیز کمک گرفته شد.



شکل ۱-۷



شکل ۱-۶

با توجه به آنچه گفته شد عکس هوایی را به شکل زیر تعریف می‌کنیم:

**عکس هوایی؛** عکسی است که با یک وسیله‌ی نقلیه‌ی هوایی مانند هواپیما، هلیکوپتر، بالون، موشک و ... از سطح زمین برداشته شده باشد.

عکس‌های هوایی که به این ترتیب تهیه می‌شوند علاوه بر این که با روش فتوگرامتری<sup>۱</sup> قابل تبدیل به نقشه هستند، برای مطالعاتی از قبیل تشخیص نوع عوارض و تراکم آن‌ها در یک منطقه، تشخیص بافت شهرها و روستاها، تغییرات جنس پوسته‌ی زمین، شناسایی پوشش‌های گیاهی و بسیاری از موارد دیگر نیز قابل استفاده‌اند. نمونه‌ای از این عکس‌ها را در شکل ۱-۶ و نقشه‌ی تهیه شده براساس آن‌ها را در شکل ۱-۷ می‌بینید.

۱- فتوگرامتری (Photogrammetry) روشی است که در آن عکس‌های هوایی را به کمک دستگاه‌های مخصوص با نرم‌افزارهای کامپیوتری تبدیل به نقشه می‌نمایند.

همان طور که می بینید شباهت زیادی بین عکس هوایی و نقشه وجود دارد. با مقایسه ی این دو متوجه می شوید که در نقشه ابعاد عوارض (انواع ساختمان ها، خیابان ها، کوچه ها و غیره) کاملاً مشخص و قابل اندازه گیری هستند و ضمن این که بعضی از جزئیات، که با توجه به کاربرد نقشه، اهمیت چندانی ندارند حذف شده اند. به طور کلی وقتی نقشه با منظور خاصی تهیه می شود تنها باید عوارض مورد نظر را نشان داد. مثلاً در شکل ۷-۱ وسایل نقلیه که در خیابان ها رفت و آمد می کنند و یا سایه ی عوارض و نیز فضای سبز منطقه حذف شده اند در حالی که اگر تنها بررسی فضای سبز منطقه مورد نظر بود تنها همین فضا را در نقشه نشان می دادیم.<sup>۱</sup>

در جدول زیر مزیت ها و کاستی های عکس های هوایی نسبت به نقشه درج شده است.

مزیت ها	کاستی ها
۱- بعضی جزئیات که در عکس های هوایی دیده می شود در نقشه دیده نمی شود.	۱- مطالعه ی ارتفاعات بدون استفاده از دستگاه های مخصوص امکان پذیر نیست.
۲- عوارض با شکل واقعی خود نمایان می شوند و نیازی به استفاده از علائم قراردادی نیست.	۲- استفاده از عکس های هوایی نیازمند آموزش های مخصوص است.
۳- عکس هوایی دو سه ساعت بعد از این که گرفته شد قابل استفاده است، در صورتی که برای تهیه ی نقشه حداقل چند ماه وقت لازم است.	۳- موقعیت مسطحاتی و همچنین مقیاس عکس تقریبی است.
۴- از نقاط غیر قابل دسترس نیز می توان عکس هوایی تهیه کرد.	۴- بعضی عوارض کوچک، ممکن است در پناه عوارض بزرگ تر به طور کلی پوشیده بماند.
۵- با عکس برداری های متوالی (مثلاً روزانه) می توان پاره ای تغییرات را زیر نظر گرفت و نتایج به دست آمده را مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی قرارداد.	۵- اطلاعات مندرج در نقشه، در عکس های هوایی وجود ندارد.
	۶- تشخیص عوارض به دلیل کم بودن اختلاف رنگ با اشکال توأم است.
	۷- دقت عکس هوایی یک منطقه از دقت نقشه ی آن منطقه کم تر است.

در تهیه ی نقشه از مناطق بزرگ، عکس های هوایی کمک زیادی به عملیات می کنند و از جمله اندازه گیری های زمینی را به مقدار زیاد کاهش می دهند زیرا در یک عکس هوایی موقعیت عوارض نسبت به یکدیگر مشخص است؛ از این رو کافی است برای تعداد محدودی از نقاط، اندازه گیری انجام شود تا بتوان نقشه ای دقیق تهیه کرد.

۱- برای کسب اطلاعات بیش تر در خصوص عکس های هوایی و روش فتوگرامتری به کتاب های تخصصی رشته ی نقشه برداری مراجعه نمایید.

قابل ذکر است که در تهیه نقشه از مناطق بزرگ، علی‌رغم استفاده از روش فتوگرامتری، به دلیل تأثیر انحنای زمین در تعیین موقعیت نقاط، پیچیدگی‌هایی در کار پیش می‌آید که رفع آن‌ها مستلزم استفاده از متخصصان، تجهیزات و روش‌های خاص است. در هر کشوری معمولاً سازمان یا سازمان‌هایی مسئولیت نقشه‌برداری را به عهده می‌گیرند. در

مقیاس	حداکثر شعاع عمل
۱:۵۰۰	۱۰ کیلومتر
۱:۱۰۰۰	۱۵ کیلومتر
۱:۵۰۰۰	۲۵ کیلومتر
۱:۱۰۰۰۰	۳۰ کیلومتر
۱:۲۰۰۰۰	۴۰ کیلومتر

ایران این مسئولیت به عهده سازمان نقشه‌برداری کشور (National Cartographic Center (N.C.C)) است. در تهیه نقشه از مناطق کوچک می‌توان از انحنای سطح زمین صرف نظر کرد و فرض را بر این گذاشت که اندازه‌گیری‌ها در زمینی کاملاً مسطح انجام می‌شود. حداکثر شعاع عملی که می‌توان در آن شعاع قطعه زمین را مسطح فرض کرد بستگی به مقیاس نقشه دارد اما به طور خلاصه می‌توان جدول مقابل را تنظیم کرد که در آن حداکثر شعاع‌های

عملی را که در محدوده‌ی آن می‌توان منطقه را مسطح فرض کرد، آورده شده است.

این بخش از نقشه‌برداری را نقشه‌برداری مستوی (Plane surveying) نامیده‌اند.

اکنون با توجه به نکات گفته شده می‌توان نقشه را به صورت زیر تعریف کرد :

به نمایش ترسیمی کوچک و ساده‌شده‌ای از عوارض یک منطقه، پس از تعیین موقعیت دقیق نقاط لازم، بر روی یک صفحه‌ی افقی، نقشه‌ی آن منطقه می‌گوییم.

### ۳-۱- نقشه‌برداری و مراحل تهیه نقشه

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، عموماً در هر کشوری لازم است نقشه‌هایی از کل آن کشور تهیه شود. تهیه‌ی این نقشه‌ها، که به آنها نقشه‌های پوششی یا بنیادی می‌گویند، احتیاج به امکانات وسیع از جمله هواپیماهای ویژه، سیستم‌های ارتباط با ماهواره و دیگر تجهیزات مخصوص و افراد متخصص دارد. از این‌رو سازمان‌های مسئول و مشخصی برای این منظور دایر می‌شوند و تجهیزات و نیروی انسانی کافی برای آن‌ها تأمین می‌گردند.

علاوه بر نقشه‌های بنیادی به دیگر نقشه‌هایی که از مناطق کوچک تهیه می‌شوند نقشه‌های موردی می‌گویند. این نقشه‌ها بر مبنای نقشه‌های بنیادی و با اهداف خاص تهیه می‌شوند. هرچه یک منطقه کوچک‌تر باشد با وسایل ساده‌تر و زحمت کمتری می‌توان نقشه‌ی آن را تهیه نمود. در اختیار بودن

نقشه‌های بنیادی یا عکس‌های هوایی، در شناسایی اولیه‌ی منطقه کمک زیادی می‌نمایند. بازدید از منطقه مکمل شناسایی اولیه‌ی فوق است و حین بازدید ضمن تکمیل اطلاعات قبلی با ترسیم کروکی باید وضعیت منطقه را به‌منظور شناختن خط‌های جداکننده‌ی آن از اطراف و اطمینان از پابرجایی و ثبات این مرزها بيمود و نهایتاً روش مناسبی را که با مشکلات کار زمینی سازگارتر باشد مشخص کرد، همچنین وسایل مورد نیاز را تعیین نمود.

نکته‌ی قابل توجه آن است که در هر عمل اندازه‌گیری باید اولاً به‌دقت مطلوب دست یافت و ثانیاً از به‌کاربردن ابزارهای گران‌قیمت و صرف هزینه‌های بی‌مورد اجتناب کرد، به‌عبارتی باید روش‌های بهینه‌ای را به‌کار گرفت. ذکر این نکته از آن‌ نظر اهمیت دارد که عموماً، به اشتباه، تصور می‌شود که برای هرچه نزدیک‌تر شدن به مقدار حقیقی یک کمیّت، باید هرچه بیش‌تر در انجام اندازه‌گیری‌ها از وسایل پیچیده‌تر و پیش‌رفته‌تر و روش‌های دقیق‌تر استفاده کرد، درحالی‌که آنچه اهمیت دارد این است که تهیه‌کنندگان نقشه روش‌های مختلف اندازه‌گیری را بشناسند و در استفاده از وسایل مختلف نقشه‌برداری مهارت پیدا کنند تا بتوانند در تهیه‌ی نقشه، با توجه به شرایط منطقه و عوامل دیگری که در کتاب مورد بررسی قرار می‌گیرد، روش و وسایل مناسب را برگزینند.

به‌طور کلی نقشه‌برداری را به‌صورت زیر می‌توان تعریف نمود.

**نقشه‌برداری؛ فنی است که برای تعیین موقعیت دقیق عوارض موجود در روی زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد.**

در گذشته تعیین موقعیت عوارض منحصراً بر روی کاغذ انجام می‌شد اما با پیش‌رفت فن‌آوری طی سال‌های اخیر، می‌توان اطلاعات لازم را بر روی دیسکت یا در حافظه‌ی رایانه بایگانی کرد که به این ترتیب طراح هر زمان که بخواهد موقعیت دقیق عوارض را بر روی صفحه‌ی نمایش رایانه مشاهده می‌کند و آن را مورد استفاده قرار می‌دهد.

۱-۳-۱ نقشه‌برداری زمینی و هوایی: چنان‌که گفتیم در تعیین موقعیت عوارض، در یک منطقه از زمین، ممکن است از عکس هوایی استفاده کرد، در این صورت به عملیات انجام‌شده نقشه‌برداری هوایی گفته می‌شود؛ برعکس، در مواقعی که بدون استفاده از عکس هوایی عملیات نقشه‌برداری انجام شود نقشه‌برداری را نقشه‌برداری زمینی می‌گویند.

۱-۳-۲ مراحل کلی تهیه‌ی نقشه: در گذشته با روش‌ها و وسایل بسیار ساده و درمدت زمان زیاد، نقشه‌هایی با دقت کم تهیه می‌کردند. ولی امروزه در نتیجه‌ی پیش‌رفت علم الکترونیک و پیدایش سیستم‌های

نوری و قطعات الکترونیکی و به بازار آمدن وسایل اندازه‌گیری مدرن روش‌های جدیدی به کار گرفته می‌شود. در نقشه‌برداری زمینی عملیات اصلی تعیین موقعیت در روی زمین انجام می‌شود، این عملیات همان‌گونه که در صفحات قبل گفته شد شامل تهیه‌ی مقدمات کار و شناسایی منطقه و سپس اندازه‌گیری‌های لازم برای تعیین موقعیت دقیق نقاط است. کمیت‌هایی که معمولاً اندازه‌گیری می‌شوند شامل طول (افقی یا قائم) و زاویه (افقی یا قائم) می‌باشند. به این بخش مقدماتی از عملیات، برداشت می‌گویند که می‌توان آن را به‌صورت زیر تعریف کرد:

«برداشت» یک قطعه زمین یعنی ضبط و ثبت تمام اندازه‌های خطی و زاویه‌ای که برای تعیین موقعیت دقیق عوارض آن قطعه زمین لازم است.

پس از اتمام عملیات برداشت بایستی عملیات محاسبه یا پردازش اندازه‌ها انجام گیرد و اطلاعات لازم جهت ترسیم و یا نمایش نقشه آماده شود. به این ترتیب مراحل کلی تهیه‌ی نقشه را می‌توان به شکل زیر خلاصه کرد:

- تهیه‌ی مقدمات کار و شناسایی، انتخاب وسایل و روش کار و ترسیم کروکی منطقه؛
- برداشت؛
- محاسبه یا پردازش اطلاعات حاصل از عمل برداشت؛
- ترسیم یا نمایش عوارض.

#### ۴-۱- مقیاس (Scale) نقشه

از آن‌جا که نمی‌توان عوارض موجود بر روی زمین را با ابعاد واقعی روی کاغذ نقشه پیاده کرد و یا در روی صفحه‌ی نمایش رایانه دید، بنابراین باید همه‌ی ابعاد عوارض تبدیل به افق شده<sup>۱</sup> را به نسبت معینی کوچک کنیم تا رسم نقشه امکان‌پذیر شود. پس می‌توان گفت:

مقیاس نقشه<sup>۲</sup>: یعنی میزان کوچک‌شدن ابعاد افقی عوارض روی زمین به منظور ترسیم نقشه بر روی کاغذ (و یا نمایش در رایانه).

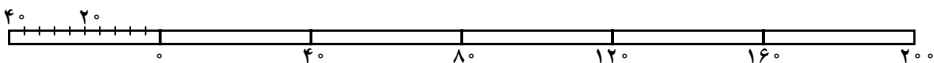
۱- از آن‌جا که طراحی پروژه‌ی عمرانی برای یک منطقه از زمین براساس وضعیت افقی آن منطقه انجام می‌شود بنابراین نقشه باید تصویر افقی باشد از این نظر ابعاد عوارض قبل از آن که متناسب با مقیاس نقشه کوچک شوند باید تبدیل به افق شوند.  
۲- این تعریف مختص رشته عمران می‌باشد.

۱-۴-۱ انواع مقیاس: مقیاس بر دو نوع است: عددی یا کسری و خطی یا ترسیمی  
 مقیاس عددی (کسری): این مقیاس را معمولاً به صورت کسری به شکل  $\frac{1}{n \times 1000}$  نشان می‌دهند و  
 به معنی آن است که یک میلی متر روی نقشه معادل  $n$  متر روی زمین است و می‌توان نوشت:

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

مثلاً مقیاس  $\frac{1}{5000}$  یا  $\frac{1}{5 \times 1000}$  نشان می‌دهد که یک میلی متر روی نقشه برابر ۵ متر روی زمین است.

مقیاس ترسیمی (خطی): این نوع مقیاس قطعه خطی است که متناسب با مقیاس عددی نقشه تقسیم بندی شده است. مثلاً پاره خط زیر (شکل ۸-۱) صورت ترسیمی مقیاس عدد  $\frac{1}{4000}$  است (هر قطعه‌ی ۲ سانتی متری معرف چهل متر می‌باشد). ویژگی بارز مقیاس ترسیمی آن است که، به همان نسبتی که ممکن است ابعاد نقشه تحت شرایطی از قبیل خشکی و یا رطوبت هوا، سردی و گرمی و حتی کوچک و بزرگ کردن آن تغییر پیدا کند همراه با آن طول مقیاس ترسیمی تغییر می‌یابد.



شکل ۸-۱

## ۱-۵ دسته بندی نقشه‌ها از نظر مقیاس

نقشه‌ها را به شکل‌های مختلف دسته بندی می‌کنند که یکی از آن‌ها دسته بندی از نظر مقیاس، به شرح زیر است:

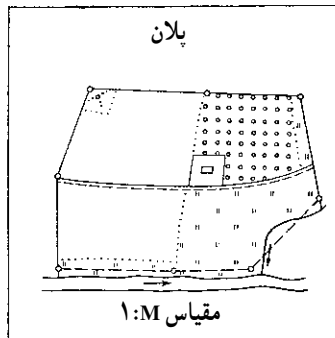
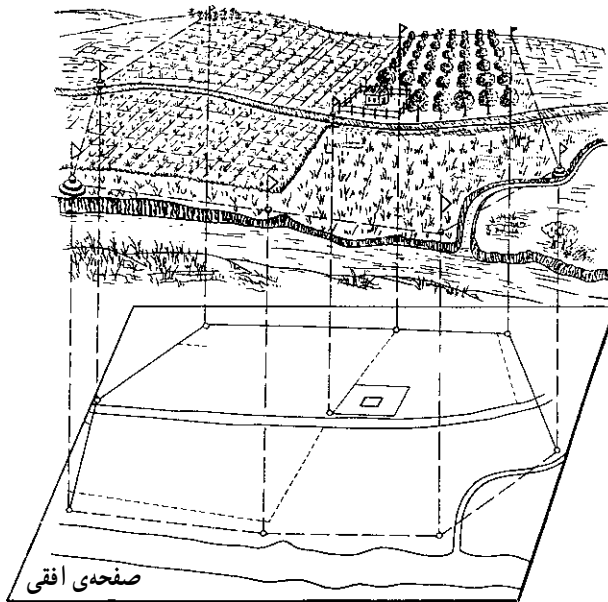
الف: نقشه‌های کوچک مقیاس، که در آن‌ها مقیاس کوچک تر از  $\frac{1}{200000}$  است (نقشه‌های جغرافیایی)،

ب: نقشه‌های متوسط مقیاس، با مقیاس  $\frac{1}{200000}$  تا  $\frac{1}{100000}$  (نقشه‌های توپوگرافی)،

ج: نقشه‌های بزرگ مقیاس، با مقیاس  $\frac{1}{100000}$  تا  $\frac{1}{10000}$  (نقشه‌های شهری)،

د: پلان‌ها، با مقیاس  $\frac{1}{10000}$  و بزرگ تر (نقشه‌های ساختمانی).







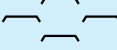
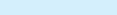

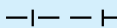


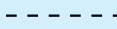






شکل ۹-۱

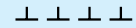






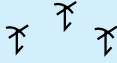



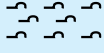

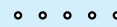





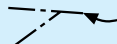
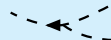
## ۱-۶-۱- علایم قراردادی

روی نقشه باید بتوان قبل از هر چیز تمام عوارضی را که مورد نظر بوده است به سهولت شناخت. این عوارض یا طبیعی هستند مانند رودخانه‌ها، جنگل‌ها و دریاها و یا مصنوعی، مانند راه‌های ارتباطی، ساختمان‌ها و غیره، اما بعضی اوقات، در نقشه‌های کوچک مقیاس، عوارض مهم آن قدر ریز می‌شوند که دیگر قابل ترسیم نیستند. مثلاً جاده‌ای به عرض ۵ متر در روی نقشه‌ای به مقیاس  $\frac{1}{10000}$  عرضی برابر  $0.5$  میلی‌متر پیدا می‌کند که قابل ترسیم نیست؛ در این صورت، برای نشان دادن جاده با این مقیاس کوچک باید عرض بیش‌تری برای آن در نظر گرفت (حداقل یک میلی‌متر). پس باید دانست که عرض یک میلی‌متر جاده بر روی نقشه، نماینده‌ی عرض واقعی جاده در روی زمین نیست. لذا این انتخاب جنبه‌ی قراردادی دارد و به همین جهت به آن علامت قراردادی می‌گوییم.

امروزه به خاطر سهولت استفاده از نقشه کلیه‌ی عوارض را حتی در مواردی که لازم نیست ابعاد بزرگ‌تری برای آن‌ها در نظر بگیرند با این علائم در نقشه نشان می‌دهند. معمولاً علائم قراردادی را در یک جدول کنار نقشه نشان می‌دهند. در این صفحه و صفحه‌ی بعد بخشی از علائم قراردادی مورد استفاده در نقشه‌های بزرگ مقیاس نشان داده شده است.

LEGEND علائم		
Building		ساختمان
Religious Building		اماکن مذهبی
Ruin		خرابه
Wall		دیوار
Cemetery		گورستان
Limit		حد
Rail Way		راه آهن
Under Construction Abandoned		راه آهن متروک یا در دست اقدام
Asphalted Road		راه آسفالتی
Unsurfaced Road		راه شوسه
4 Wheel Drive Road		راه جیپ‌رو
Foot Path		راه مالرو
Bridge		پل
Wire Fence		سیم خاردار
Fence		نرده

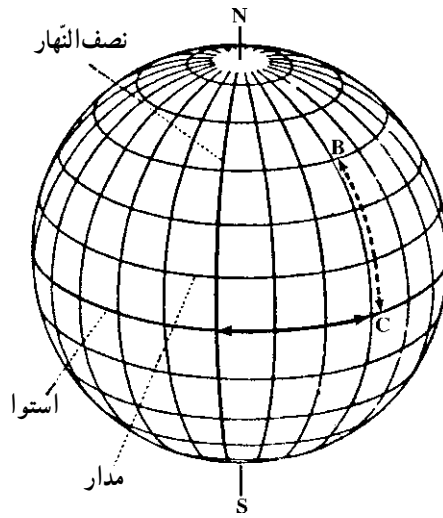
شکل ۱۰-۱

Hedge		چپر
Power Line		خط انتقال نیرو
Pylon		دکل
Telephone Or Telegraph Line		خط تلفن یا تلگراف
Pipe Line		خط لوله
Forest - Thicket		جنگل - بیشه
Garden - Trees		باغ - درختکاری
Palm Grove		نخلستان
Tea Plantation		چایکاری
Rice Plantation		شالیزار
Cultivated Land		زراعت
Vineyard		تاکستان
Pasture - Land		مرتع - چمن
Treeline		ردیف درخت
Bush		بوتهزار
Cotton Plantation		پنبهکاری
Tank(oi)- water - etc.)		مخازن (مواد نفتی - آب - غیره)
River		رودخانه
Canal		کانال
Stream		نهر - جوی
Water Course		آبریز

شکل ۱۱-۱

## ۷-۱ انواع شمال‌ها در نقشه‌برداری

همان‌طور که می‌دانید زمینی که روی آن زندگی می‌کنیم شکلی نزدیک به کره، با شعاع متوسط  $6370$  کیلومتر دارد. برای تعیین موقعیت نقاط روی کره‌ی زمین از یک سیستم مختصات کروی به شکل زیر استفاده می‌شود.



شکل ۱۲-۱

خط قائم‌گزرنده از مرکز زمین، کره را در نقطه‌ی  $N$  (در بالا) و  $S$  (در پایین) قطع می‌کند. نقطه‌ی  $N$  را شمال جغرافیایی یا شمال حقیقی می‌گویند. همچنین در اطراف کره‌ی زمین میدان مغناطیسی وجود دارد که این میدان نیز شمال و جنوب دارد و نقطه‌ی شمال آن را شمال مغناطیسی می‌نامند. ضمناً چون موقع ترسیم نقشه، شبکه‌ای متعامد بر روی کاغذ در نظر می‌گیریم شمال محور  $Y$ های نقشه به نام شمال شبکه در نقشه‌برداری معروف است. بنابراین سه نوع شمال در نقشه‌برداری قابل‌تعریف است:

۱-۷-۱ شمال جغرافیایی (Geographical North): وقتی در هر نقطه روی کره‌ی

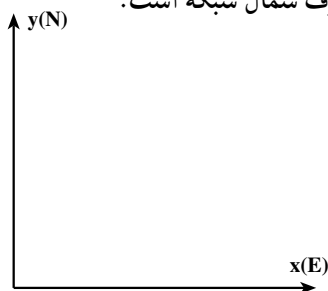
زمین، بر روی نصف النهار آن نقطه به طرف بالا برویم به نقطه‌ی شمال جغرافیایی یا شمال حقیقی می‌رسیم.

۲-۷-۱ شمال مغناطیسی (Magnetic North): اگر قطب‌نما را بر سطحی صاف

قرار دهیم پس از پایان یافتن نوسانات عقربه‌ی مغناطیسی آن، سمتی که نوک شمالی عقربه نشان می‌دهد

معرف شمال مغناطیسی است.

۳-۷-۱- شمال شبکه (Grid North): روی نقشه‌ها امتداد خطوط عمودی شبکه‌بندی قائم‌الزاویه (جهت مثبت محور  $y$ ) معرف شمال شبکه است.



شکل ۱-۱۳

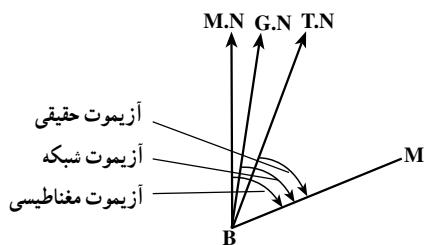
### ۸-۱- آزیموت یک امتداد (Azimuth)

اگر بر روی زمین، امتدادی مانند BM در نظر بگیریم برای آن با توجه به انواع شمال‌ها که تعریف شد، زوایایی به نام آزیموت تعریف می‌شود به شکل زیر:

زاویه‌ی شمال حقیقی (T.N) با امتداد BM در جهت حرکت عقربه‌های ساعت، آزیموت حقیقی امتداد BM گفته می‌شود.

زاویه‌ی شمال مغناطیسی (M.N) با امتداد BM در جهت حرکت عقربه‌های ساعت، آزیموت مغناطیسی امتداد BM گفته می‌شود.

زاویه‌ی شمال شبکه (G.N) با امتداد BM در جهت حرکت عقربه‌های ساعت، آزیموت شبکه یا ژیزمان (Gizment) نامیده می‌شود.



شکل ۱-۱۴

به‌طور کلی آزیموت یک امتداد را به شکل زیر می‌توان تعریف نمود:

آزیموت یک امتداد؛ یعنی زاویه‌ای که امتداد شمال با آن امتداد، در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌سازد.

معمولاً برای نقشه‌برداری از مناطق کم‌وسعت یا تهیه‌ی نقشه‌های محلی، می‌توان شمال جغرافیایی را با روش‌های ساده و تقریبی تعیین کرد و یا از شمال مغناطیسی، که به کمک یک قطب‌نما تعیین می‌شود، استفاده نمود.

## مطالعه آزاد

### ۹-۱- تعیین جهت قبله به صورت تقریبی

قبله همان امتداد بین محل نمازگزار و کعبه می‌باشد. از این رو برای پیدا کردن جهت قبله بایستی خطی واصل بین محل نمازگزار تا کعبه را ترسیم نموده و آزیموت آن را نسبت به یک امتداد مرجع مانند شمال به دست آورد. از آنجا که زمین مسطح نبوده و شکلی نزدیک به کره دارد هم جهت امتداد شمال و هم راستای امتداد تا کعبه برای محل‌های مختلف نمازگزار تغییر می‌کند.

در این نوشته روشی ساده و سریع برای تعیین قبله ارائه می‌شود. این روش با فرض این که زمین به شکل کره می‌باشد، امتداد قبله را با دقتی در حد چند درجه نشان می‌دهد. در صورتی که نیاز به تعیین امتداد قبله با دقت بالا داشته باشیم باید از مدل بیضوی برای زمین استفاده نموده و آزیموت قبله را با مدل‌های ریاضی پیچیده که در علم ژئودزی مطرح است، محاسبه نمود.

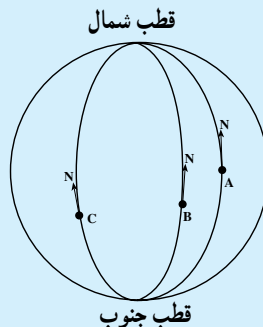
تعیین قبله در روش پیشنهادی در دو مرحله صورت می‌گیرد.

۱- تعیین امتداد شمال در محل

۲- تعیین امتداد قبله نسبت به امتداد شمال

**الف - تعیین امتداد شمال در محل:** امتداد شمال در هر نقطه در واقع راستای

نصف‌النهار گذرنده از آن نقطه به سمت قطب شمال (شمال جغرافیایی) می‌باشد. طبق شکل ۱۵-۱ امتداد شمال نقطه با تغییر محل تغییر می‌کند و در واقع نمی‌توان این امتدادها را موازی در نظر گرفت.



شکل ۱۵-۱

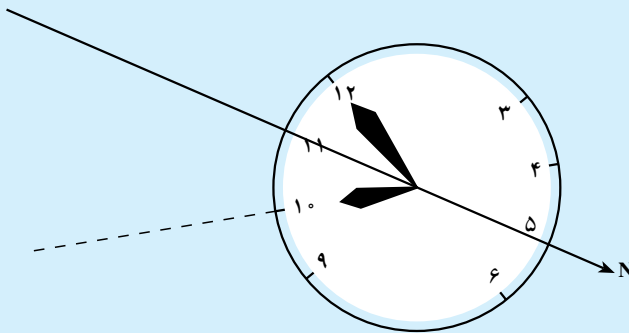
در این جا برای تعیین تقریبی امتداد شمال از یک ساعت مچی عقربه دار و محل خورشید در آسمان استفاده می کنیم.

برای این کار فقط به عقربه ی ساعت شمار ساعت نیاز داریم و کاری به عقربه ی دقیقه شمار نداریم. روش کار به این شرح است:

۱- ساعت را از میچ دست باز کرده و در کف دست خود می گذاریم تا حرکت دادن آن آسان باشد.

۲- عقربه ی ساعت شمار را در جهت خورشید قرار می دهیم؛ یعنی، ساعت را که به طور افقی در کف دستمان گذاشته ایم آن قدر می چرخانیم تا نوک عقربه ی ساعت شمار به سمت خورشید قرار بگیرد. در شکل ۱۶-۱ همان گونه که مشاهده می کنید در ساعت ۱۰ صبح مشغول یافتن شمال جغرافیایی هستیم. ساعت را چرخانده ایم تا عقربه ی ساعت شمار در جهت خورشید قرار گرفته است.

۳- زاویه ای را که عقربه ی ساعت شمار با عدد دوازده پدید آورده نصف می کنیم. در این حالت، امتداد نیم سازه این زاویه، در واقع همان شمال جغرافیایی محل است.



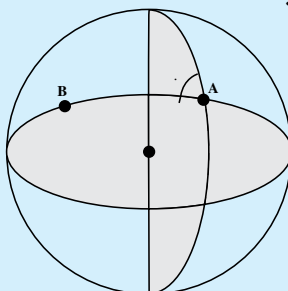
شکل ۱۶-۱

به این ترتیب، در هر ساعتی از روز «نیم سازه زاویه ی بین عقربه ی ساعت شمار و ساعت دوازده»، امتداد شمال را نشان می دهد؛ به شرطی که عقربه ی ساعت شمار در جهت خورشید باشد.

ب- تعیین امتداد قبله نسبت به امتداد شمال: منظور از تعیین امتداد قبله نسبت به امتداد شمال همان تعیین امتداد از محل نمازگزار تا کعبه می باشد.

مطابق شکل ۱۷-۱ برای تعیین امتداد . از نقطه A به B صفحه ی گذرنده از سه

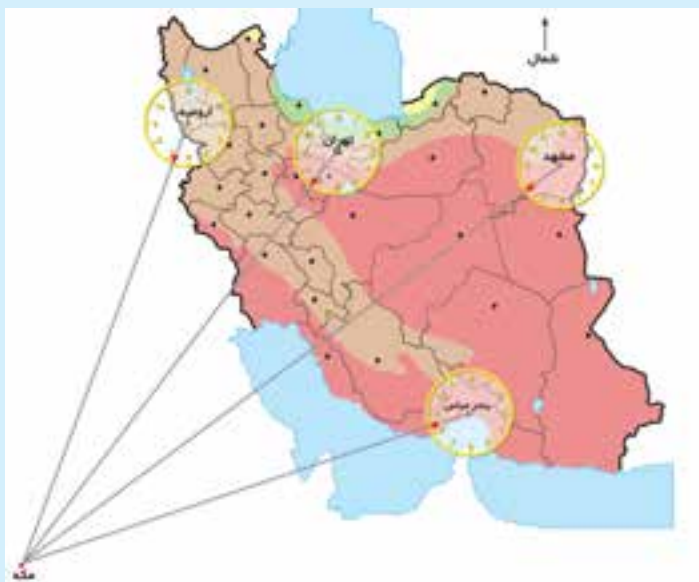
نقطه A و B و مرکز کره را با صفحه‌ی نصف النهار گذرنده از نقطه A قطع داده و زاویه بین دو صفحه را محاسبه می‌کنیم.



شکل ۱۷-۱ نحوه محاسبه آزیموت . بین نقاط A و B روی کره

اگر این زاویه را از درجه تبدیل به واحد ساعت عقربه‌ای کنیم یعنی  $36^\circ$  درجه را ۱۲ ساعت در نظر بگیریم آنگاه برای استان‌های مختلف در ایران با توجه به قرارگیری محل کعبه در راستای جنوب غربی کشور، مقادیر زاویه . در واحد ساعت مطابق شکل ۱۸-۱ به دست می‌آید.

برای تعیین امتداد قبله کافی است که عدد شکل ۱۸-۱ را به عدد ساعت از مرحله قبل اضافه کرد.



شکل ۱۸-۱



## ۱۰-۱- کار عملی

عنوان: یافتن قبله در یک محل

هدف: ایجاد مهارت و توان تعیین قبله در یک منطقه در روز وقتی که فقط ساعت مچی در دسترس باشد.

وسایل مورد نیاز: یک ساعت مچی عقربه‌دار (غیر کامپیوتری)

دانش و مهارت مورد نیاز: دانستن این که نیم‌ساز زاویه‌ی بین عقربه‌ی ساعت‌شمار و ساعت دوازده جهت شمال جغرافیایی را نشان می‌دهد. در صورتی که عقربه ساعت‌شمار در جهت خورشید باشد (در اختیار داشتن نقشه شکل ۱۸-۱).

روش کار

۱- عقربه‌ی ساعت‌شمار را در جهت خورشید بگیرید.

۲- زاویه‌ی بین عقربه‌ی ساعت‌شمار و ساعت دوازده را نصف کنید، تا به جهت

شمال بی‌بیرید.

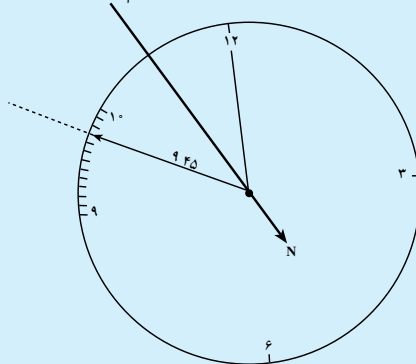
۳- برای انجام دقیق‌تر این کار می‌توانید بر روی تخته سه پایه، دایره‌ای بزرگ ترسیم کنید و هر ساعت آن را به ۱۲ قسمت تقسیم کنید، یعنی برای عقربه‌ی ساعت‌شمار، هر قسمت از محیط این دایره برابر با ۵ دقیقه است.

۴- مثلاً در ساعت ۹ و ۴۵ دقیقه محل عقربه‌ی ساعت‌شمار در این ساعت، روی تخته سه پایه، به صورت شکل ۱۹-۱ خواهد بود.

۵- امتداد نیم‌ساز این زاویه در جهت مخالف خورشید، امتداد شمال جغرافیایی

محل موردنظر را نشان می‌دهد.

نیم‌ساز بین ساعت ۹:۴۵ و ساعت ۱۲



شکل ۱۹-۱

۶- با توجه به محلی که در آن قرار داریم مقدار مربوطه در شکل ۱۸-۱ را به ساعت حاصل اضافه کرده تا امتداد قبله به دست آید.  
در این جا چون محل نمازگزار در تهران بوده، ساعت  $3^{\circ} 7$  را به عدد ۴۵: ۹ اضافه کرده تا ساعت ۱۵: ۱۷ به دست آید که همان ۱۵: ۵ است. عدد عقربه در راستای ۱۵: ۵ امتداد قبله را نشان می دهد.

## خود آزمایی

- ۱- لزوم استفاده از نقشه برداری را در رشته ی تحصیلی خود بیان نمایید.
- ۲- در کدام یک از مراحل طراحی، محاسبه و اجرای پروژه های عمرانی، نقشه برداری کاربرد دارد؟
- ۳- آیا با عکاسی می توان به شناخت دقیق یک منطقه از زمین رسید؟ با نقاشی چطور؟ دلایل خود را ذکر کنید.
- ۴- نقشه چیست؟
- ۵- عکس هوایی را تعریف کنید.
- ۶- عکس هوایی با نقشه چه تفاوت هایی دارد؟ آن ها را که می دانید نام ببرید.
- ۷- کروکی را تعریف کنید.
- ۸- کروکی یک محل چه تفاوتی با نقشه ی آن محل دارد؟
- ۹- نقشه برداری را تعریف کنید.
- ۱۰- تفاوت نقشه های بنیادی و موردی چیست؟
- ۱۱- مراحل تهیه ی نقشه از یک منطقه را نام ببرید.
- ۱۲- چه کمیته هایی برای تهیه ی نقشه اندازه گیری می شود؟
- ۱۳- بین نقشه برداری هوایی و نقشه برداری زمینی چه تفاوت یا تفاوت هایی وجود دارد؟
- ۱۴- برداشت را تعریف کنید.
- ۱۵- مقیاس چیست؟ تعریف کنید.
- ۱۶- مقیاس بر چند نوع است؟ انواع آن را نام برده و تفاوت آن ها را بیان کنید.
- ۱۷- یک نمونه مقیاس عددی مثال بزنید.
- ۱۸- نقشه ها را از نظر مقیاس به چند دسته تقسیم می کنند؟

۱۹- نقشه‌های کوچک‌مقیاس، چه مقیاسی دارند؟

۲۰- پلان‌ها چه مقیاسی دارند؟

۲۱- در چه هنگام باید از علائم قراردادی در ترسیم نقشه استفاده کنیم؟

۲۲- با مشاهده‌ی علائم قراردادی مهم در چند نقشه‌ی بزرگ‌مقیاس و چند پلان نوع عوارض را تشخیص دهید.

۲۳- مقیاس ترسیمی (خطی) چیست؟ یک مقیاس عددی در نظر گرفته و شکل خطی آن را رسم کنید.

۲۴- ویژگی بارز مقیاس ترسیمی چیست؟

۲۵- استفاده کننده از نقشه چگونه می‌تواند با علائم قراردادی آشنایی پیدا کند؟

۲۶- انواع شمال‌ها و چگونگی شناسایی آن‌ها را شرح دهید.

۲۷- شمال جغرافیایی و شمال مغناطیسی چه تفاوتی با هم دارند؟

۲۸- شمال مغناطیسی و شمال شبکه چه تفاوتی با هم دارند؟

۲۹- شمال شبکه چگونه مشخص می‌شود؟

۳۰- آزیموت یعنی چه؟

۳۱- چند نوع آزیموت داریم؟

۳۲- انواع آزیموت‌ها را با رسم شکل نشان دهید.

۳۳- فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی روی زمین ۴ کیلومتر است. فاصله‌ی این دو نقطه روی

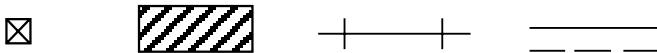
نقشه‌ای به مقیاس  $\frac{1}{25000}$  چقدر است؟

۳۴- روی نقشه‌ای به مقیاس  $\frac{1}{5000}$  فاصله‌ی ۲ سانتی‌متر نماینده‌ی چه فاصله‌ای است؟

۳۵- فاصله‌ی بین دو نقطه روی نقشه‌ای به مقیاس  $\frac{1}{30000}$  برابر ۱۰ میلی‌متر است. فاصله‌ی

این دو نقطه روی زمین چقدر است؟

۳۶- علائم قراردادی زیر برای نمایش کدام عوارض مورد استفاده قرار می‌گیرند؟



شکل ۲۰-۱

۳۷- فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی A و B در روی زمین ۳ کیلومتر است. اگر در نقشه‌ای که از منطقه تهیه شده فاصله‌ی این دو نقطه ۱۵ سانتی‌متر باشد مقیاس نقشه‌ی تهیه‌شده چقدر است؟

۳۸- فاصله‌ی دو نقطه‌ی A و B در روی نقشه‌ای با مقیاس  $\frac{1}{1000}$  برابر  $1^\circ$  سانتی‌متر است.

فاصله‌ی این دو نقطه در روی زمین چقدر است؟ آیا این فاصله افقی است؟

### وسایل اندازه‌گیری

برای تهیه‌ی نقشه‌ی یک منطقه از زمین باید عناصر سه‌گانه‌ی طول، زاویه و اختلاف ارتفاع را اندازه‌گیری کرد. همچنین به منظور اجرای یک طرح عمرانی در یک منطقه پس از ترسیم آن طرح بر روی کاغذ، ابتدا باید جزئیات آن طرح را از روی کاغذ به زمین انتقال داد. برای این کار که اصطلاحاً پیاده‌کردن طرح یا نقشه‌نامه‌ی می‌شود نیز باید عناصر سه‌گانه‌ی فوق را بر روی زمین پیاده کرد. بدین منظور به وسایل و دستگاه‌هایی مورد نیاز است که در این فصل با آن‌ها آشنا می‌شوید.

در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد :

- وسایل ساده‌ی نقشه‌برداری را نام ببرد و خصوصیات هرکدام را ذکر کند.
- ضمن بیان خصوصیات انواع دستگاه‌های تراز یاب قسمت‌های مختلف آن‌ها را نام ببرد.
- ضمن بیان خصوصیات انواع دستگاه‌های زاویه‌یاب قسمت‌های مختلف آن‌ها را نام ببرد.

### وسایل ساده‌ی نقشه‌برداری

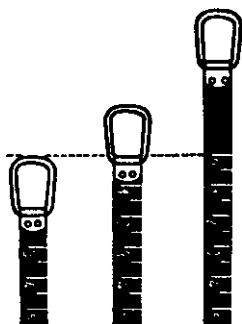
این وسایل عبارت‌اند از: انواع نوارهای اندازه‌گیری، شاقول، ژالون و سه‌پایه‌ی نگه‌دارنده‌ی آن، انواع تراز، شیب‌سنج ساده، انواع گونیا و انواع قطب‌نما.

#### ۱-۲- خصوصیات وسایل ساده

الف – نوارهای اندازه‌گیری (Tape): این نوارها را کارخانه‌های سازنده تحت شرایط

معینی، از نظر درجه حرارت و کشش، می‌سازند و معمولاً طول آن‌ها ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۵۰ متر است. در ابتدای هر نوار یک حلقه و در انتهای آن یک دسته‌ی چوبی یا فلزی یا از جنس فایبرگلاس تعبیه شده است. اگر بخواهند درجه حرارت کم‌تری روی نوار اثر بگذارد آن را از فولاد مخصوصی به نام فولاد انوار (Invar) می‌سازند.

به غیر از نوع فلزی، انواع پارچه‌ای و پلاستیکی این نوارها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در موقع استفاده از نوار باید دقت نمود که پیچ‌خورده و تا نشود و بعد از هر اندازه‌گیری هم تمیز گردد. ضمناً باید توجه نمود که ممکن است محل صفر در نوارهای مختلف با هم فرق داشته باشد. به این ترتیب که محل صفر گاهی در نوک حلقه، زمانی در انتهای حلقه و بعضی اوقات روی خود نوار است.



شکل ۱-۲

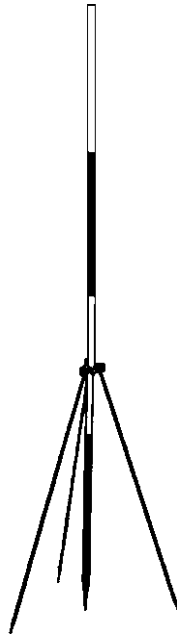


شکل ۲-۲

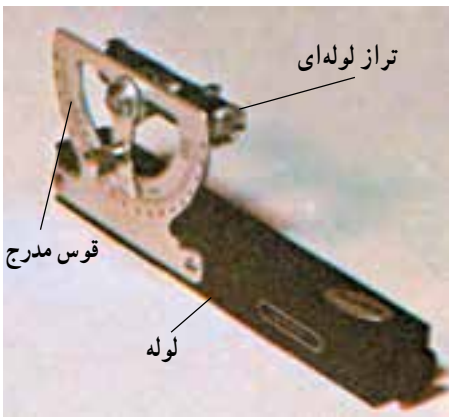
**ب — شاقول:** شاقول عبارت است از یک وزنه‌ی فلزی مخروطی‌شکل که به نخ محکمی آویزان شده و تحت تأثیر وزن خود در جهت قائم می‌ایستد. شاقول برای مشخص ساختن امتداد قائم یا کنترل چنین امتدادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربردهای دیگر این وسیله تعیین دقیق ایستگاه دستگاه‌های تئودولیت و ترازباب است که خود فاقد شاقول هستند. هنگام مترکشی افقی برای تصویر نمودن نقطه‌ی انتهای هر دهنه مترکشی نیز از شاقول استفاده می‌شود.

**ج — ژالون (Range - pole):** ژالون میله‌ای استوانه‌ای از جنس فلز یا چوب یا پلاستیک، به قطر حدود ۳ سانتی‌متر و به طول یک یا دو متر، است. نوعی که بیش‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد در دو قطعه‌ی یک‌متری ساخته شده که روی هم سوار می‌شوند. برای این که ژالون بهتر به حالت قائم قرار گیرد و نیز بتوان آن را در زمین استوار کرد، آن را نوک‌تیز و سنگین می‌سازند. در موقع کار با

ژالون از تراز مخصوص ژالون یا نبشی (شکل ۱-۲) و یا شاقول برای دقت بیش تر کمک می گیرند (برای کنترل قائم بودن ژالون به وسیله ی شاقول باید شاقول را در دو جهت عمود بر هم در فاصله ی ۲ سانتی متری ژالون آویزان کرد و امتداد نخ آن را با ژالون مطابقت داد). در زمین های سخت از سه پایه های مخصوص نگه دارنده ی ژالون استفاده می کنند. برای قابل رؤیت بودن ژالون ها از فواصل دور، آن را ۵۰ سانتی متر به ۵۰ سانتی متر به رنگ سفید و قرمز رنگ آمیزی می کنند (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۲

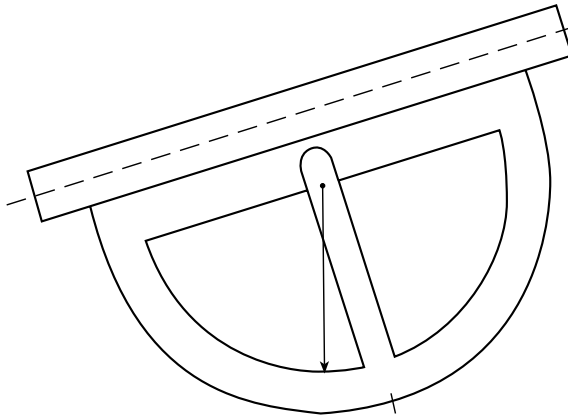


شکل ۴-۲

#### د - شیب سنج دستی (Abney hand level):

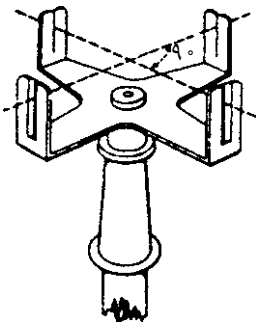
شیب سنج دستی از سه قسمت لوله، قوس مدرج و تراز لوله ای تشکیل شده که تصویر حباب تراز در داخل نیز دیده می شود. در موقع استفاده اگر صفر ورنیه ای که به قوس مدرج متصل است، در مقابل صفر قوس مدرج قرار گیرد شیب سنج در حالت افقی و تراز می باشد در غیر این صورت صفر ورنیه زاویه ی سطح شیب دار با افق را نشان می دهد (شکل ۴-۲).

شکل ۲-۵ نوع دیگری از شیب‌سنج را که قدیمی‌تر از نوع قبل است نشان می‌دهد. این شیب‌سنج از یک نیم‌دایره‌ی مدرج تشکیل شده که در مرکز آن عقربه‌ای آویزان است و در بالا لوله‌ای برای نشانه‌روی دارد. حرکت عقربه حول مرکز نیم‌دایره آزاد است و همواره به حالت قائم می‌ایستد. وقتی محور لوله‌ی نشانه‌روی را در ابتدا و موازی سطح شیب‌داری که اندازه‌گیری زاویه‌ی شیب آن مورد نظر است قرار دهیم عقربه‌ی آزاد زاویه‌ی شیب را بر روی نیم‌دایره‌ی مدرج نشان می‌دهد.



شکل ۲-۵

هـ — گونیاها (Squares): گونیاها وسایلی هستند که به کمک آن‌ها می‌توان:  
 اولاً: زاویه‌ی ۹۰ درجه (و در بعضی از انواع، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه) را روی زمین مشخص کرد؛  
 ثانیاً: از نقطه‌ای خارج از یک خط، عمودی بر آن فرود آورد؛  
 ثالثاً: از نقطه‌ای روی یک خط، عمودی بر آن خط اخراج

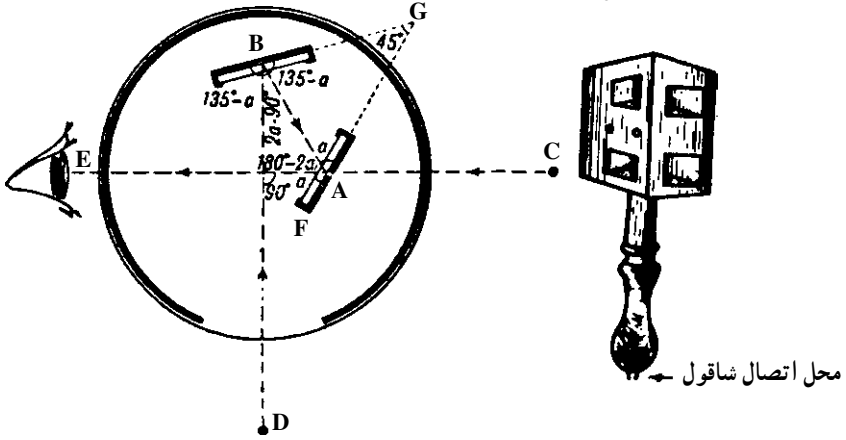


شکل ۲-۶

نمود؛  
 رابعاً: امتداد یک خط مستقیم را تعیین کرد.  
 سه نوع گونیا مورد استفاده قرار می‌گیرد:  
 نوع اول، گونیا‌ی شکاف‌دار (Cross-Staff) است که در ساختمان آن از آئینه و منشور استفاده نشده و به کمک شکاف‌های باریکی که روی تیغه‌های قائم آن در مقابل یکدیگر وجود دارد، امتدادهای مستقیم را روی زمین می‌توان کنترل کرد (شکل ۲-۶).



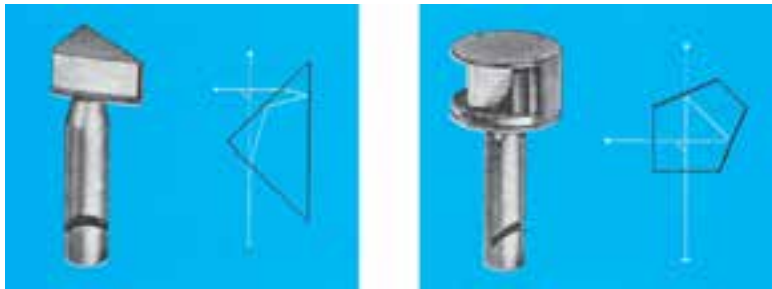
در نوع دوم یعنی گونیای آینه‌ای (Optical square) از دو آینه که با یکدیگر زاویه‌ی ۴۵ درجه می‌سازند، و در نوع سوم، یعنی گونیای منشوری (Prism square)، از دو یا یک منشور استفاده شده است (شکل‌های ۲-۷ و ۲-۸).



شکل ۲-۷- گونیای آینه‌ای و طرز تشکیل تصویر در آن



شکل ۲-۹



شکل ۲-۸

و - انواع تراز: سه نوع تراز به‌عنوان وسیله‌ی ساده مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارت‌اند از:

- تراز نبشی: وسیله‌ای است که برای قائم نگهداشتن ژالون یا شاخص (که در صفحات قبل آن را شناختید) به کار می‌رود و در واقع یک تراز کروی است که در قابی فلزی یا پلاستیکی جای گرفته است. این قاب در کنار ژالون شاخص قرار می‌گیرد و با تنظیم حباب تراز می‌توان ژالون یا شاخص را به حالت قائم درآورد.



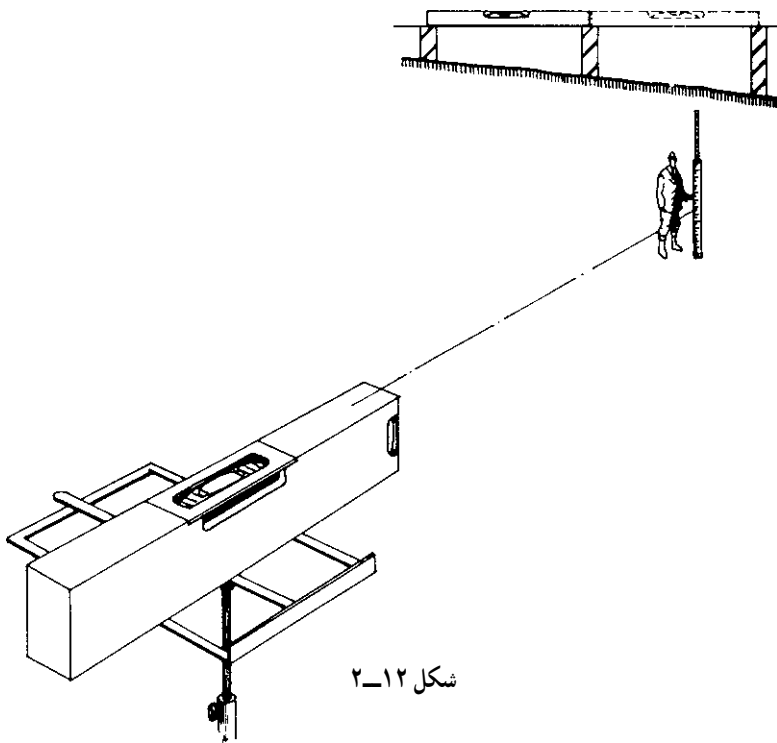
شکل ۱۰-۲- تراز نبشی و طرز استفاده از آن

— تراز دستی: برای ایجاد امتداد افقی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تراز دستی، از یک لوله‌ی استوانه‌ای یا مکعب مستطیل شکل تشکیل شده است که در ابتدا سوراخی برای نگاه کردن در داخل آن و در انتها نیز یک خط نشانه و یک تراز دارد. در هنگام افقی بودن لوله، حباب تراز طوری می‌ایستد که خط نشانه در وسط آن است. نحوه‌ی استفاده از آن چنین است که بعد از گذاردن دو ژالون روی دو نقطه‌ای که می‌خواهیم امتداد افقی را بین آن‌ها ایجاد کنیم در ارتفاع مشخصی وسط آن را در کنار یک ژالون بگیریم و در حالی که به ژالون دیگر نگاه می‌کنیم نوک آن را پایین و بالا می‌بریم تا حباب تراز در وسط دیده شود. در این حال خط نشانه جایی را که روی امتداد افقی است مشخص می‌کند (شکل ۱۱-۲).



شکل ۱۱-۲

— تراز بنایی (Brick layer level): تراز بنایی در واقع بخشی از یک محفظه‌ی شیشه‌ای کروی یا تیوپ مانند (نظیر شکل ۱۲-۲) است که داخل آن از مایعی با غلظت کم پر شده که دارای یک حباب هوا نیز هست (بحث پیش‌تر راجع به تراز را در شرح ساختمان دستگاه‌های تراز یاب و یا زاویه‌یاب خواهید دید). اگر محفظه‌ی تراز را پس از جای دادن در یک پوشش پلاستیکی یا فلزی، بر روی یک پایه‌ی بلند سوار نمایند می‌توان از آن برای کنترل سطوح افقی (معمولاً همراه با شمشه) مورد استفاده قرار داد.



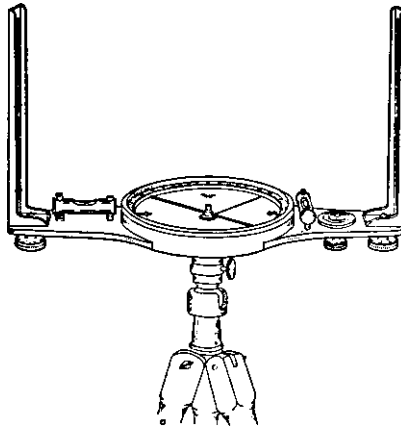
شکل ۱۲-۲

ز — قطب‌نما (Compass): قطب‌نماها وسایلی هستند که از آن‌ها برای اندازه‌گیری زاویه‌ی یک امتداد با شمال مغناطیسی (آزیموت مغناطیسی) استفاده می‌شود نوع ساده‌ی آن از چهار قسمت زیر تشکیل شده است:

- یک تکیه‌گاه که حامل وسیله می‌باشد؛
- یک صفحه‌ی مدرج افقی که حول محور ثابتی که عمود بر این صفحه است می‌چرخد؛
- تقسیمات صفحه‌ی مدرج از صفر تا ۳۶۰ درجه (یا صفر تا ۴۰۰ گراد) است؛

– یک عقربه‌ی مغناطیسی که در وسط صفحه‌ی مدرج قرار گرفته و دو سر آن در مقابل تقسیمات واقع است. یکی از دو سر عقربه که معمولاً قرمز رنگ است در حالت آزاد روبه‌سوی شمال مغناطیسی می‌ایستد؛

– وسیله‌ی نشانه‌روی که از دو تیغه تشکیل گردیده و بر روی تیغه‌ی اولی یک روزنه‌ی کوچک و بر روی تیغه‌ی دوم شکافی با سیم نازک در وسط قرار دارد. در مواقعی که از قطب‌نما استفاده نمی‌شود، یا در موقع حمل و نقل، برای این که عقربه حرکت نکند به وسیله‌ی یک اهرم آن را ثابت می‌کنند.



شکل ۱۳-۲



شکل ۱۴-۲

در نوعی دیگر از قطب‌نماها وسیله‌ی قراولروی یک دوربین است (شکل ۱۴-۲).

تبصره: علاوه بر وسایل ساده‌ای که ذکر شد برای مشخص کردن نقاط روی زمین از میخ‌های چوبی (Pegs) یا فلزی و رنگ‌های روغنی استفاده می‌کنند و اگر پروژه‌ی نقشه‌برداری بزرگ باشد به طوری که لازم شود یک سری نقاط به طور دائم بر روی زمین مشخص شوند، از نشانه‌های بتنی که به صورت هرم ناقص و معمولاً در ابعاد  $۲۰ \times ۳۰ \times ۶۰$  سانتی‌متر تهیه می‌شوند و در میان آن‌ها میله‌های فلزی نیز کار گذارده شده، استفاده می‌شود.

## ۲-۲- ترزیاب‌ها (Levels)

ترزیاب‌ها وسایلی هستند که به کمک آن‌ها می‌توان یک صفحه‌ی افقی را در فضا به وجود آورد. با اندازه‌گیری فاصله‌ی این صفحه و صفحات گذرنده از نقاط مختلف می‌توان اختلاف ارتفاع آن نقاط را تعیین کرد.



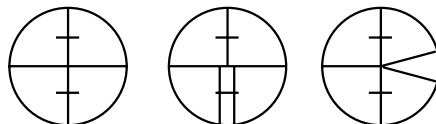
شکل ۱۵-۲

دستگاه‌های ترزیاب به‌طور کلی به دو دسته‌ی اپتیکی و اپتیک الکترونیکی تقسیم می‌شوند. در این جا با توجه به کاربرد زیاد ترزیاب اپتیکی به تشریح کامل آن می‌پردازیم و سپس به منظور آشنایی با ترزیاب‌های الکترونیکی، راجع به این نوع ترزیاب توضیح مختصری نیز می‌دهیم.

ترزیاب‌های اپتیکی (Optical Levels): این نوع ترزیاب‌ها به‌طور کلی از دو قسمت اساسی، که هر قسمت خود ضمایمی دارد، تشکیل شده‌اند (شکل ۱۷-۲). دو قسمت اساسی به این شرح است:

- ۱- پایه، که به وسیله‌ی سه یا چهار پیچ تراز کننده روی سه پایه سوار می‌شود و بر روی آن یک تراز قرار دارد.

۲- دوربین، که در کنار آن تراز، برای افقی نمودن خط نشانه‌روی، قرار دارد می‌تواند حول محور قائم‌دوران کند و با یک پیچ نگه‌دارنده‌ی سمتی بسته می‌شود و با پیچ حرکت جزئی سمتی (پس از بسته‌شدن پیچ نگه‌دارنده) به مقدار کمی در سمت می‌چرخد تا خط رتیکول در روی هدف قرار گیرد. رتیکول (Cross - Hairs) صفحه‌ای است شیشه‌ای که در داخل لوله‌ی دوربین کار گذاشته شده و بر روی آن یک تار قائم و یک یا چند تار افقی برای نشانه‌روی حک شده است.



شکل ۱۶-۲ چند نمونه تار رتیکول



- |                       |                       |                     |
|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| ۱- پیچ‌های تنظیم تراز | ۲- پیچ حرکت جزئی سمتی | ۳- چشمی قرائت زاویه |
| ۴- عدسی چشمی دوربین   | ۵- مگسک               | ۶- عدسی شیئی دوربین |
| ۷- صفحه‌ی زیر پایه    |                       |                     |

شکل ۱۷-۲ اجزای متشکله‌ی دستگاه تراز یاب اپتیکی

۱- کارخانه‌های سازنده‌ی دستگاه‌های نقشه‌برداری در دنیا محدودند و معروفترین آن‌ها در کشورهای ژاپن، سوئیس و آلمان هستند. از جمله کارخانه‌هایی که محصولات آن‌ها در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد Wild و Kern سوئیس هستند که اخیراً این دو کارخانه درهم ادغام شده و محصولات آن‌ها با نام Leica به بازار آمده است. هم‌چنین کارخانه‌های Carl zeiss، در آلمان غربی Zeiss - yena، در آلمان شرقی با هم ادغام شده‌اند و محصولات آن‌ها با نام Zeiss عرضه می‌شود.

کارخانه‌های مهم ژاپن Sokkia (Sokkisha) و Pentax و Topcon و Nikon هستند که تراز یاب‌ها و زاویه‌یاب‌هایی با دقت‌های متفاوت ساخته‌اند و هر کدام با اسم خاص عرضه می‌شوند. شکل ۱۷-۲ نمونه‌ای از تراز یاب‌های کارخانه‌ی Sokkia با عنوان Bic است و نمونه‌های دیگر را در دیگر صفحات می‌بینید.



Pentax L-20

ب



Kern GK23

الف



Topcon AT-G6

د



Zeiss Ni21

ج

شکل ۱۸-۲



Pentax

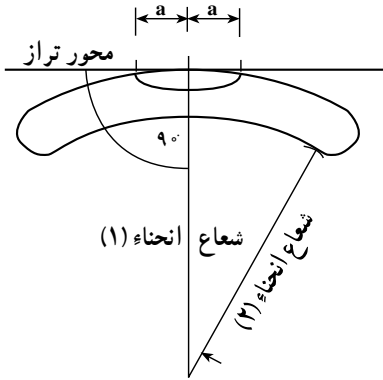
ب



Wild NA-2

الف

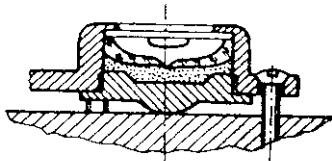
شکل ۱۹-۲



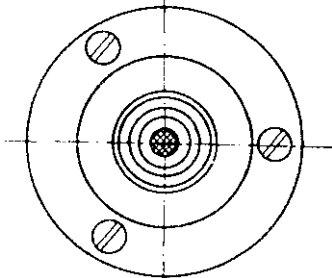
شکل ۲۰-۲

در وسایل و دستگاه‌های نقشه‌برداری از تراز به منظور ایجاد سطح افقی استفاده می‌کنند. تراز محفظه‌ای کروی یا تیوپ مانند است که از هوا خالی و سپس با مایعی که غلظت آن کم است پر شده، آن‌گاه یک حباب هوا وارد محفظه‌ی مزبور گردیده است. مایعی که مصرف می‌شود بیش‌تر اسید سولفوریک، اترو یا الکل است و هرچه شعاع محفظه بیش‌تر باشد تراز حساس‌تر خواهد بود. خطی را که در نقطه‌ی مرکزی تراز بر سطح محفظه مماس است محور تراز می‌گویند.

### ۲-۳- شکل ظاهری ترازها در دستگاه‌های نقشه‌برداری



تراز کروی از کنار



تراز کروی از بالا

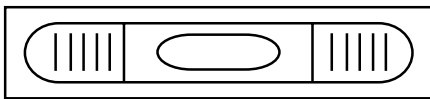
شکل ۲۱-۲

۱- تراز کروی (Circular Level): محفظه و حباب این نوع تراز کروی است و دایره‌ای در اطراف نقطه‌ی مرکزی آن دیده می‌شود. به منظور تنظیم کامل تراز بایستی حباب در وسط آن قرار بگیرد.

۲- تراز استوانه‌ای (Spirit Level): محفظه و حباب این نوع تراز که حساس‌تر از تراز کروی است به شکل تقریباً استوانه است و به جای دایره‌ی علایمی در روی محفظه، مرکز آن را به منظور تنظیم حباب تراز مشخص نموده است.



شکل ۲۲-۲- تراز استوانه‌ای از کنار

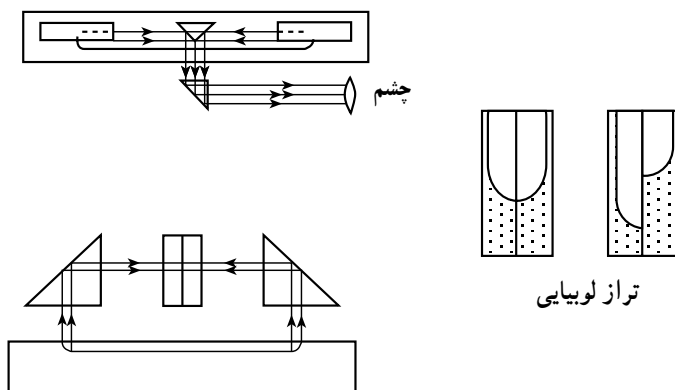


شکل ۲۳-۲- تراز استوانه‌ای از بالا

۳- تراز لوبیایی (Coincidence bubble reader): به منظور تسهیل در عمل تنظیم دستگاه و تأمین دقت بیش‌تر در انجام این عمل برای تراز استوانه‌ای که در کنار دوربین قرار دارد و



به کمک آن خط نشان روی افقی می‌گردد با تعبیه‌ی منشور در بالای تراز شکل ظاهر تراز به صورت زیر دیده می‌شود و به کمک یک پیچ که در زیر آن قرار گرفته تراز تنظیم می‌گردد.



تراز لوبیایی

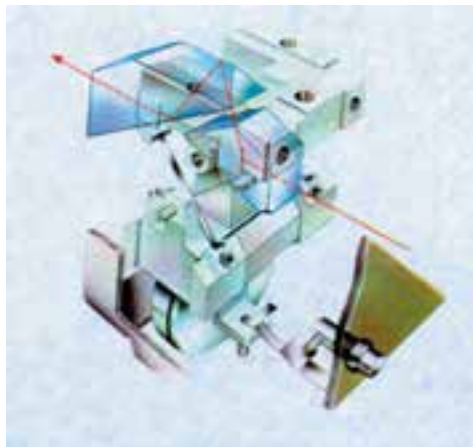
شکل ۲-۲۴

در ترازهای جدید به جای آن که در کنار دوربین از تراز، به منظور افقی نمودن خط نشان روی استفاده شود وسیله‌ای به نام کمپانساتور (Compensator) در داخل لوله دوربین کار گذاشته‌اند. کمپانساتور پس از تنظیم تراز کروی (یا استوانه‌ای)، بدون آن که عامل حرکتی انجام دهد محور نشان روی را افقی می‌گرداند به این ترازها ترازهای اتوماتیک می‌گویند.

کمپانساتورها خود دو نوع، اپتیکی و مغناطیسی هستند که شکل آن‌ها را در شکل‌های ۲-۲۵ و ۲-۲۶ می‌بینید. در کنار کمپانساتورهای اپتیکی، به منظور کنترل درست کار کردن آن، دگمه‌ای کارگزارده شده است. با فشار این دگمه، موقع قرائت شاخص به علت تغییر وضعیت در منشورهای



شکل ۲-۲۶- کمپانساتور مغناطیسی



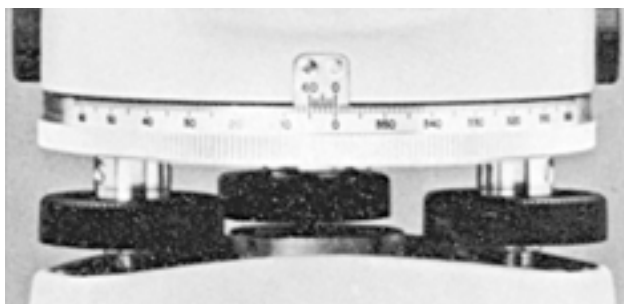
شکل ۲-۲۵- کمپانساتور اپتیکی

داخل کمپانساتور محور نشانه روی برای لحظاتی از حالت افقی خارج می شود و دوباره به وضع سابق برمی گردد. بنابراین اگر قرائت مجدد شاخص با قرائت قبل از فشار دادن دگمه یکسان باشد کمپانساتور سالم است و درست عمل می کند.

در بعضی از ترازیاها یک دایره ی مدرج افقی، برای اندازه گیری زاویه ی افقی بین امتدادهای قراولروی، وجود دارد که قرائت زاویه در نوعی از آنها از داخل چشمی مخصوص انجام می گیرد (شکل ۲۷-۲) اما در نوعی دیگر، مقدار زاویه مستقیماً از خارج قرائت می شود (شکل ۲۸-۲).



شکل ۲۷-۲



شکل ۲۸-۲

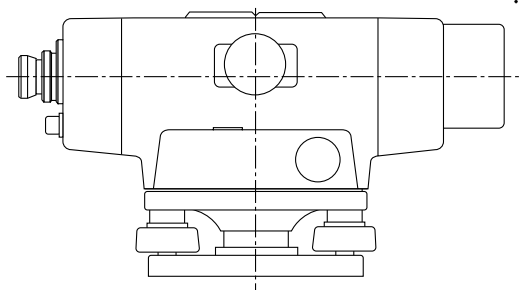
## ۲-۴- محوره های یک دستگاه ترازیا

به منظور استفاده از ترازیا، به ترتیبی که در فصول بعد خواهید دید، این دستگاه را بر روی سه پایه ی مخصوص سوار و سپس دستگاه را بر روی یک نقطه مستقر می کنند. بدین منظور، شناختن محوره های دستگاه ضروری است.

به غیر از محور تراز که قبلاً تعریف شد ترازیا دارای محوره های صفحه ی بعد نیز هست :

۱- محور نوری دوربین (Collimation): محوری افقی است که از محل تقاطع دو تار بلند رتیکول می‌گذرد.

۲- محور اصلی دستگاه: محور قائمی است که از مرکز اپتیکی دوربین و نقطه‌ی وسط صفحه‌ی مدرج افقی عبور می‌کند.



شکل ۲۹-۲

## ۲-۵- ترازیب‌های الکترونیکی (Digital Level)

ساخت ترازیب‌های الکترونیکی از چند سال پیش در دنیا شروع شده و به دلیل سرعت و دقتی که این ترازیب‌ها در انجام عملیات اندازه‌گیری دارند استفاده از آن‌ها روزافزون است. این ترازیب‌ها مجهز به سیستم ارسال و دریافت اشعه و پردازش الکترونیکی هستند. علاوه بر سرعت و دقت، حُسن این نوع ترازیب‌ها آن است که خطای قرائت در آن‌ها وجود ندارد و ثبت قرائت‌ها نیز به سرعت انجام می‌شود.

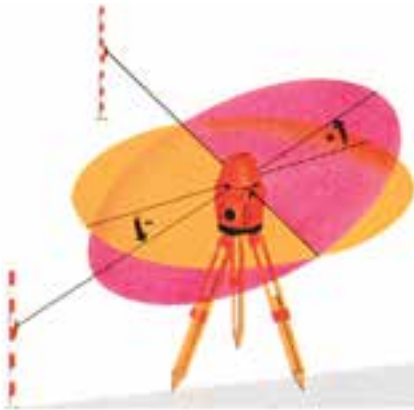
در جلوی این دستگاه‌ها، علاوه بر صفحه‌ی نمایش که در شکل ۲-۳۰ آن را در سمت چپ شکل می‌بینید یک صفحه کلید در جلوی بخش الکترونیکی قرار گرفته که با فشار دادن کلیدها عملیات مختلف انجام می‌شود. همچنین برای ضبط اطلاعات در مواقع مورد نیاز دیسکت مخصوص در داخل دستگاه جای می‌گیرد.



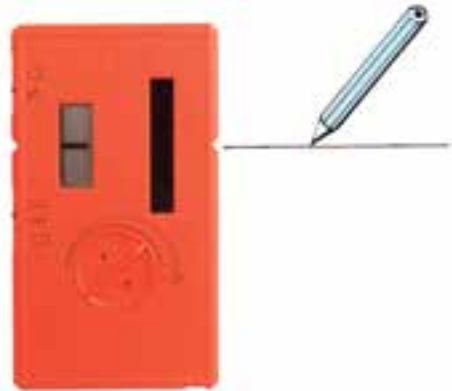
شکل ۳۰-۲

## ۶-۲- تراز یاب های لیزری (Automatic Laser Level)

نوع به خصوصی از تراز یاب های الکترونیکی جدید تراز یاب های لیزری است. در این دستگاه ها یک دسته شعاع لیزر نقش محور نشانه روی را ایفا می کند؛ به این ترتیب که پس از تراز شدن پایه و روشن شدن دستگاه که با باتری نیکل کادمیوم تغذیه می شود با چرخش کامل قادر است یک صفحه ی روشن را در ارتفاع مشخص، در فضا، نشان دهد.



شکل ۳۲-۲



شکل ۳۱-۲ - آشکارساز

در نوعی از این دستگاه ها که دارای نور لیزری نامرئی است به کمک وسیله ای به نام آشکارساز (Detector) (شکل ۳۱-۲) عمل تراز یابی انجام می شود. به این ترتیب که پس از استقرار تراز یاب و آشکارساز، با پیدایش علایمی بر روی آشکارساز مشخص می گردد که آیا این وسیله هم ارتفاع تراز یاب است و یا بالاتر و پایین تر از آن قرار گرفته و به این ترتیب صفحه ی افقی تا فاصله ی حدود ۴۵۰ متر با دقت ۸ میلی متر قابل کنترل است.



شکل ۳۳-۲

ترازیاب لیزری بخصوص برای عملیات بتن‌ریزی و کنترل تغییرات ارتفاعی سطح زمین در موقع خاکریزی یا خاک‌برداری بسیار مناسب است. دستگاه مذکور همچنین قادر است با تغییر وضعیت امتدادهای قائم را کنترل نماید.



شکل ۲-۳۵



شکل ۲-۳۴

## ۷-۲- زاویه‌یاب‌ها (Theodolites)

زاویه‌یاب‌ها (تئودولیت‌ها) وسایلی هستند که به کمک آن‌ها می‌توان زوایای بین امتدادهایی در صفحات قائم یا افقی را اندازه‌گیری نمود. در مقایسه با دستگاه‌های ترازیاب در این دستگاه‌ها آلیاد به منظور ایجاد محوری جهت حرکت دوربین در صفحه‌ی قائم اضافه شده است و از این نظر دوربین آن، هم در صفحه‌ی افقی (مانند ترازیاب) و هم در صفحه‌ی قائم حرکت می‌کند. این دستگاه نیز در دو نوع اپتیکی و الکترونیکی وجود دارد.

زاویه‌یاب‌های اپتیکی: یک زاویه‌یاب اپتیکی به‌طور کلی از سه قسمت اساسی پایه، آلیاد و دوربین تشکیل شده است و هر قسمت خود ضمایمی دارد که در شکل ۲-۴۲ دیده می‌شود. اکثر اجزای زاویه‌یاب همان اجزای ترازیاب است؛ از این نظر با خودداری از تکرار مطالب در خصوص اجزایی که شناخته‌اید به ذکر جزئیات دیگر می‌پردازیم.

### اجزای متشکله‌ی زاویه‌یاب اپتیکی

الف- دوربین (Telescope): لوله‌ای است استوانه‌ای شکل به طول ۲۵-۲۰ سانتی‌متر که

مرکب از عدسی شیئی و چشمی و دیافراگم عدسی میزان و صفحه‌ی رتیکول و پیچ تنظیم تصویر می‌باشند.

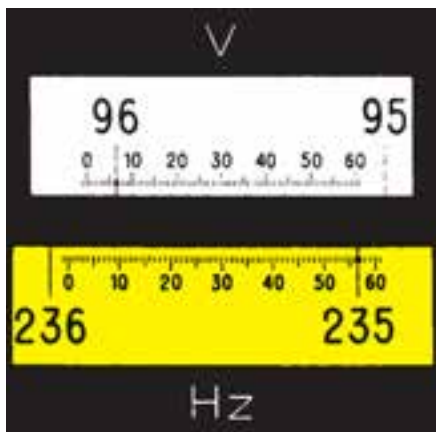
ب – آلیداد (Alidad): یک دو شاخه‌ی فلزی عمودی است که حامل محوری است که دورین حول آن می‌چرخد، به همین جهت به آن محور چرخش دورین می‌گویند. خود آلیداد نیز می‌تواند حول محور قائم دستگاه (محور اصلی) دوران نماید.

ج – لمبها (Limb): دو صفحه‌ی مدرج هستند که یکی به‌طور افقی و دیگری به‌طور قائم قرار گرفته است و درجات آن‌ها به کمک ورنیه<sup>۱</sup> و میکرومتر قرائت می‌شود. برای آشنایی با طرز قرائت تقسیمات صفحه‌های مدرج به کمک میکرومتر اپتیکی به شکل‌های ۲-۳۶ تا ۲-۴۰ توجه کنید.

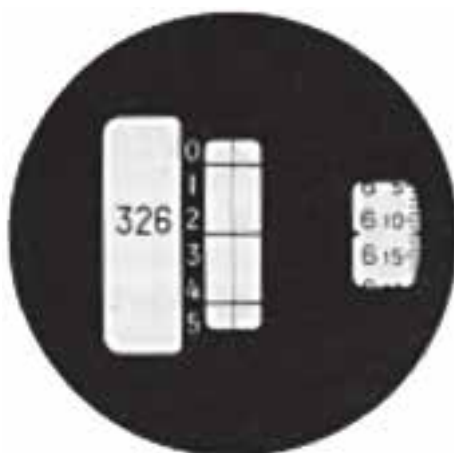
د – ترازها: برای این که بتوان محور اصلی دستگاه را بر امتداد قائم منطبق کرد بین دو شاخه‌ی آلیداد یک تراز نصب شده است و در بالای لمب قائم نیز تراز دیگری کار گذارده شده که با پیچ مخصوصی که در زیر آن است تنظیم می‌گردد.

ه – پایه: زاویه‌یاب به وسیله‌ی پایه که دارای سه یا چهار پیچ آج‌دار است در وضعیت افقی قرار می‌گیرد.

و – پیچ‌های کنترل حرکت: برای آن که حرکت دورین و آلیداد و لمب افقی قابل کنترل باشد از دو نوع پیچ، یک نوع برای حرکت‌های کلی و نوع دیگر برای حرکت‌های جزئی، استفاده شده است.



شکل ۲-۳۷- زاویه‌ی افقی ۵۶/۴ و ۲۳۵ و زاویه‌ی قائم ۰۶/۵ و ۹۶ (۳۶۰ درجه)

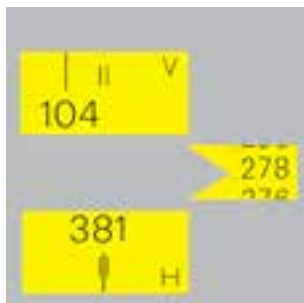


شکل ۲-۳۶

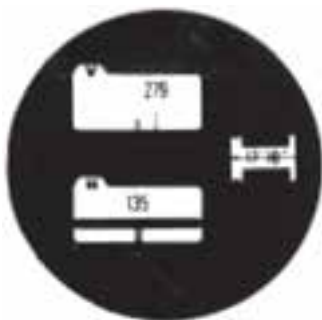
۱- ورنیه وسیله‌ای است که می‌توان با آن دقت قرائت لمب را تا حد زیادی بالا برد.



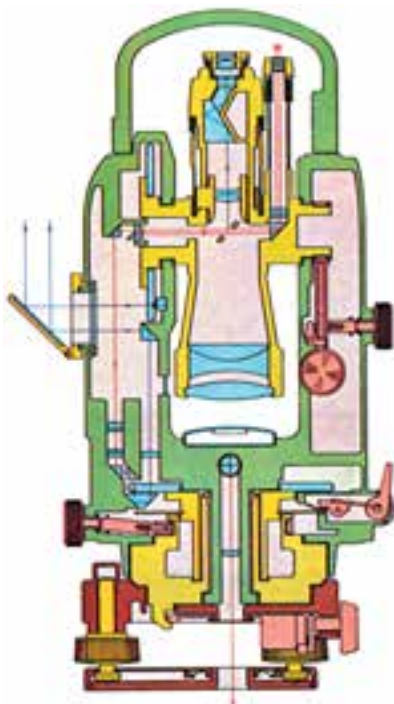
شکل ۳۹-۲- دایره‌ی قائم (۳۶۰ درجه)  
۸۷، ۳۵.



شکل ۳۸-۲- دایره‌ی افقی (۴۰۰ گراد)  
۳۸۱/۲۷۸



شکل ۴۰-۲- دایره‌ی افقی (۳۶۰ درجه)  
۱۳۵، ۱۳، ۱۰.

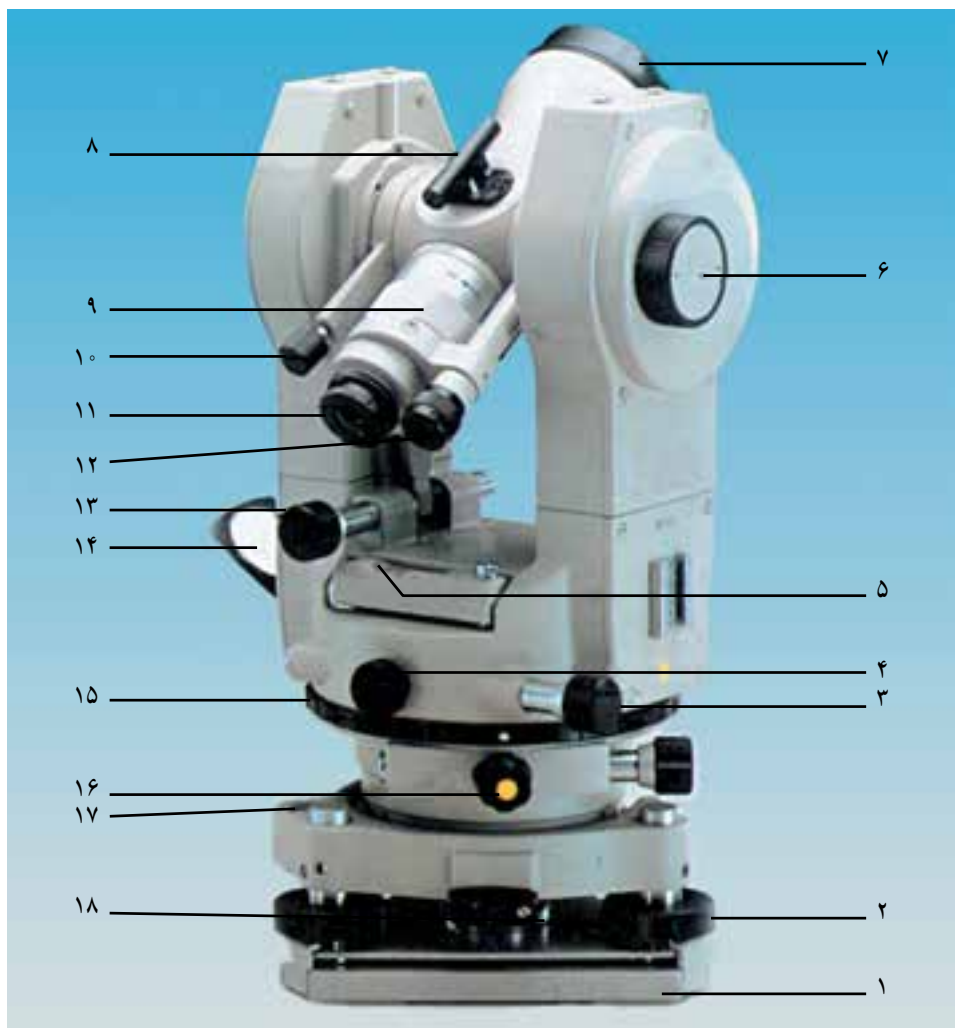


ز - آینه: در کنار دستگاه آینه‌ای تعبیه شده که نور را به طرف داخل دستگاه هدایت می‌کند. این نور به کمک سیستم‌های منشوری چند عدسی، از لمب‌ها عبور کرده و تصویر را در حالتی که باید قرائت شود به میکروسکوپ مخصوص قرائت که در کنار دوربین قرار گرفته است، می‌رساند. (شکل ۴۱-۲).

قسمت‌های مختلف یک دستگاه زاویه‌یاب اپتیکی در شکل ۴۲-۲ نشان داده شده است.

شکل ۴۱-۲- مسیر نور در زاویه‌یاب اپتیکی

(T16 WILD)



- |  |  |
|--|--|
| ۱- صفحه‌ی اتصال تئودولیت به سه‌پایه                | ۲- پیچ‌های تراز کننده                              |
| ۲- پیچ حرکت کند افقی دوربین                        | ۳- پیچ حرکت کند افقی دوربین                        |
| ۳- پیچ حرکت کند افقی دوربین                        | ۴- پیچ حرکت تند افقی دوربین                        |
| ۴- پیچ حرکت تند افقی دوربین                        | ۵- تراز استوانه‌ای                                 |
| ۵- تراز استوانه‌ای                                 | ۶- پیچ میکرومتری تنظیم درجات ورنیه                 |
| ۶- پیچ میکرومتری تنظیم درجات ورنیه                 | ۷- عدسی شیئی دوربین                                |
| ۷- عدسی شیئی دوربین                                | ۸- مگسک  |
| ۸- مگسک  | ۹- پیچ تنظیم تصویر دوربین                          |
| ۹- پیچ تنظیم تصویر دوربین                          | ۱۰- پیچ حرکت تند قائم دوربین                       |
| ۱۰- پیچ حرکت تند قائم دوربین                       | ۱۱- عدسی چشمی دوربین                               |
| ۱۱- عدسی چشمی دوربین                               | ۱۲- میکروسکوپ قرائت زاویه                          |
| ۱۲- میکروسکوپ قرائت زاویه                          | ۱۳- پیچ حرکت کند قائم دوربین                       |
| ۱۳- پیچ حرکت کند قائم دوربین                       | ۱۴- آینه‌ی نورگیر برای تأمین روشنایی داخل تئودولیت |
| ۱۴- آینه‌ی نورگیر برای تأمین روشنایی داخل تئودولیت | ۱۵- صفحه‌ی مدرج افقی                               |
| ۱۵- صفحه‌ی مدرج افقی                               | ۱۶- پیچ نگه‌دارنده‌ی دایره‌ی مدرج افقی             |
| ۱۶- پیچ نگه‌دارنده‌ی دایره‌ی مدرج افقی             | ۱۷- تراز کروی                                      |
| ۱۷- تراز کروی                                      | ۱۸- ضامن جداکننده‌ی دستگاه از پایه                 |
| ۱۸- ضامن جداکننده‌ی دستگاه از پایه                 |  |

شکل ۴۲-۲. زاویه‌یاب اپتیکی و اجزای آن





زاوید یاب (WILD) T2



زاوید یاب (Nikon) NT-2D

شکل ۴۳-۲- نمونه های زاوید یاب های اپتیکی



Topcon



Th2 zeiss



TH-20 Pentax



K1-RA Kern

شکل ۴۴-۲- نمونه های دیگر زاوید یاب های اپتیکی

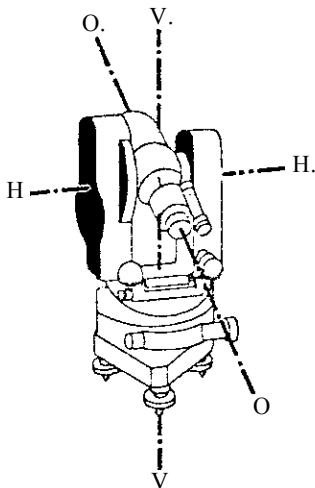
## ۸-۲- محورهای یک دستگاه زاویه یاب (تئودولیت) اپتیکی

تئودولیت های اپتیکی، به جز محورهای دو تراز کروی و استوانه ای دارای محورهای زیر است که همدیگر را در یک نقطه قطع می کنند:

— محور اصلی دستگاه (محور اول): محور قائمی است که از مرکز دوربین می گذرد و بر مرکز صفحه ی مدرج عمود است. (۷۷۰)

— محور نوری دوربین (محور دوم): محوری است که محل تقاطع دو تار بلند رتیکول را به مرکز عدسی چشمی متصل می کند. (۸۰۰)

— محور چرخش دوربین (محور سوم): محور افقی است که دوربین حول آن در صفحه ی قائم می چرخد. (HH۰)



شکل ۴۵-۲

زاویه یاب های الکترونیکی: امروزه استفاده از زاویه یاب ها، بخصوص در امر پیاده کردن پروژه های مختلف عمرانی و صنعتی رواج بسیار و اهمیت زیاد دارد. به همین دلیل روز به روز در خودکارتر کردن این دستگاه ها تلاش بیش تری می شود. تا در حد امکان از بروز خطاهای انسانی مانند خطاهای نشانه روی، قرائت و ثبت قرائت جلوگیری شود. لذا مکانیزم ساخت آنها در سال های اخیر در جهت کاملاً اتوماتیک شدن بوده است.

پس از زاویه یاب های اپتیکی اولین زاویه یاب های الکترونیکی که ساخته شد، زاویه یاب های دیجیتال بود که در آنها احتیاج به قرائت اعداد از داخل دوربین نبود، بلکه روی صفحه ی نمایشگر آنها زوایای قائم و افقی نسبت به امتداد مشخص به صورت دیجیتال نشان داده می شد، علاوه بر این با اضافه کردن مسافت سنج الکترونیکی Electronic Distance Meter (EDM) بر روی آنها اندازه گیری فاصله نیز به صورت دیجیتال امکان پذیر می گشت. (که البته به جای شاخص که همراه زاویه یاب های اپتیکی مورد استفاده قرار می گرفت از منشورهای (Prizm) مخصوص که نور را



شکل ۴۶-۲- نمونه‌های مختلف زاویه‌یاب‌های دیجیتال و توتال استیشن

منعکس می‌کند استفاده شد). نسل بعد زاویه‌یاب‌های الکترونیکی کاملاً اتوماتیک همه‌کاره (Totalstation) هستند که علاوه بر توانایی اندازه‌گیری زوایا و فاصله‌ها، قابلیت برنامه‌ریزی هم دارند و برای کارهای بزرگ قابلیت اتصال به دستگاه جمع‌آوری اطلاعات (Data collector) Field book - که خود نیز به رایانه متصل می‌شوند - را دارند و پس از پردازش اطلاعات در رایانه به کمک نرم‌افزارهای تخصصی با اتصال پلاتر (Platter) به رایانه‌ی نقشه به‌طور اتوماتیک ترسیم می‌شود.



شکل ۴۷-۲- نمونه‌های مختلف زاویه‌یاب‌های کاملاً اتوماتیک

## خودآزمایی

۱- عناصری را که برای تهیه‌ی نقشه یا پلان یک منطقه از زمین، اندازه‌گیری می‌شوند، نام

ببرید.

۲- وسایل ساده‌ی نقشه‌برداری را نام برده و خصوصیات هر کدام را بیان کنید.

۳- کدام یک از وسایل زیر از جمله‌ی وسایل ساده هستند؟

شیب‌سنج، ترازیاب، تراز، گونیا، قطب‌نما، زاویه‌یاب.

۴- مترهایی که از جنس فولاد انوار هستند چه خصوصیتی دارند؟

۵- موقع مترکشی افقی برای تصویر نمودن نقطه‌ی انتهایی هر دهنه‌ی مترکشی، از چه وسیله‌ای می‌توان استفاده نمود؟

- ۶- چرا و به چه فاصله ژالون‌ها را به رنگ سفید و قرمز رنگ آمیزی می‌کنند؟
- ۷- یک شیب‌سنج دستی از چند قسمت تشکیل گردیده است؟ این قسمت‌ها را نام ببرید.
- ۸- چه کمیتی را با شیب‌سنج می‌توان اندازه گرفت؟
- ۹- سه مورد از عملیاتی را که با گونیاهای می‌توان انجام داد، ذکر کنید.
- ۱۰- تفاوت گونیای شکاف‌دار با دیگر انواع گونیاهای در چیست؟
- ۱۱- از تراز دستی به چه منظور استفاده می‌شود؟
- ۱۲- تفاوت‌های تراز بنایی و تراز دستی با یکدیگر چیست؟
- ۱۳- قسمت‌های مختلف یک قطب‌نما را نام ببرید.
- ۱۴- خصوصیات یک دستگاه تراز یاب را بیان کنید.
- ۱۵- قسمت‌های اساسی یک تراز یاب را نام ببرید.
- ۱۶- با قطب‌نما چه کمیتی را می‌توان اندازه گرفت؟
- ۱۷- اجزای متشکله‌ی یک دستگاه تراز یاب را نام ببرید.
- ۱۸- زاویه‌یاب (تئودولیت) برای اندازه‌گیری چه کمیت‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟
- ۱۹- زاویه‌یاب (تئودولیت) چند محور دارد؟ آن‌ها را نام ببرید و هر کدام را تعریف نمایید.
- ۲۰- تراز یاب چند محور دارد؟ آن‌ها را نام ببرید و هر کدام را تعریف کنید.
- ۲۱- اجزای متشکله‌ی تراز یاب اپتیکی را بر روی شکل زیر نشان دهید.



شکل ۴۸-۲



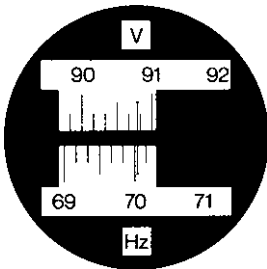
۲۲- اجزای متشکله‌ی زاویه‌یاب اپتیکی را بر روی شکل روبه‌رو نشان دهید.

شکل ۲-۴۹

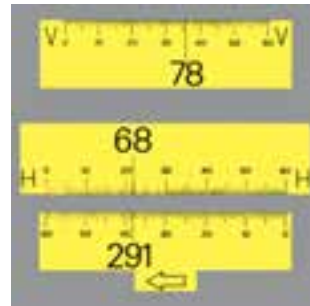
۲۳- تراز از نظر ظاهر به چند شکل در دستگاه‌های نقشه‌برداری مشاهده می‌شود؟ آن‌ها را نام ببرید و تفاوت آن‌ها را بیان کنید.

۲۴- ترازیاها به‌طور کلی به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ آن‌ها را نام ببرید.

۲۵- بر روی تصویر صفحات مدرج در زیر اندازه‌ی زوایای افقی و قائم را بخوانید.



شکل ۲-۵۱



شکل ۲-۵۰

۲۶- سیستمی که ترازیاها‌ی الکترونیکی به آن مجهز شده و باعث بالا رفتن سرعت و دقت در اندازه‌گیری می‌شود چه نام دارد؟

۲۷- نسل اول و دوم زاویه‌یاب‌های الکترونیکی با چه نام‌هایی معرفی شده‌اند و تفاوت آن‌ها در چیست و چه عملیاتی را به‌طور اتوماتیک انجام می‌دهند؟

۲۸- محاسن دستگاه‌های الکترونیکی کدام‌اند؟ به نظر شما معایب این دستگاه‌ها کدام‌اند؟

### خطا و اشتباه در نقشه برداری

هر چند دستگاه‌های الکترونیکی که در سالیان اخیر ساخته شده‌اند خطاهای اندازه‌گیری زوایا و طول‌ها را در عملیات نقشه‌برداری به مقدار زیاد حذف می‌کنند، اما هنوز نمی‌توان ادعا کرد که این دستگاه‌ها کاملاً عاری از خطا هستند. بدین دلیل و به ویژه از آن جهت که هنوز استفاده از دستگاه‌های اپتیکی نیز بسیار متداول است، شناخت مختصر خطاها و اشتباهات در نقشه‌برداری ضروری است. بدیهی است هر چه منطقه‌ی مورد نظر برای تهیه‌ی نقشه بزرگ‌تر باشد و هر چه دقت بیش‌تری در اندازه‌گیری مطرح باشد بحث خطاهای اندازه‌گیری اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند.<sup>۱</sup>

در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد :

- چگونگی پیدایش خطا و اشتباه در اندازه‌گیری‌ها را بیان کند.
- تفاوت خطا و اشتباه را بداند.
- عوامل ایجاد خطا و اشتباه را نام ببرد.
- خطاها را به‌طور کلی دسته‌بندی نموده، تفاوت آن‌ها را ذکر کند.
- محتمل‌ترین مقدار یک کمیّت، خطای باقی‌مانده و خطای میانگین اندازه‌گیری‌ها را به‌دست آورد.

#### ۱-۳- خطا و اشتباه

وقتی کمیّتی را اندازه‌گیری می‌کنیم نتیجه‌ی به‌دست آمده به مقدار کمی با مقدار واقعی اختلاف دارد که به آن یا خطا می‌گوییم و یا اشتباه.

**فرق خطا و اشتباه:** مادام که اختلاف بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار واقعی از حد قابل قبول و مشخصی به نام خطای ماکزیمم<sup>۲</sup> تجاوز نکند خطای اندازه‌گیری، و اگر از آن حد گذشت

۱- خطاها در درس تئوری خطاها (Theory of Errors)، در رشته‌ی تخصصی نقشه‌برداری مفصلاً مورد مطالعه قرار

می‌گیرند. برای مطالعه‌ی بیش‌تر می‌توان به کتبی که در خصوص درس فوق تهیه شده است مراجعه نمود.

۲- خطای ماکزیمم در اندازه‌گیری‌ها، مواقعی که مورد نیاز است در اختیار شما قرار می‌گیرد.

اشتباه اندازه‌گیری نامیده می‌شود.

## ۲-۳- انواع خطاها

خطاها به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند.

۱- خطاهای دستگامی یا سیستماتیک (Systematic Errors)

۲- خطاهای اتفاقی (Accidental Errors)

خطاهای دستگامی ناشی از نقص وسایل اندازه‌گیری بوده و همواره در یک جهت (با یک علامت مثبت یا منفی) ایجاد می‌گردند؛ اما خطای اتفاقی ناشی از عمل اندازه‌گیری و نارسایی حواس هستند و به همین دلیل در جهت‌های مختلف (با علامت‌های مثبت و منفی) حاصل می‌شوند. مقدار خطای دستگامی را می‌توان قبلاً تعیین کرد و از این نظر قابل تصحیح یا خنثی کردن می‌باشد و چنانچه اشتباه‌ها و خطاهای دستگامی را حذف و یا تصحیح کنیم باز انحرافی در نتیجه‌ی اندازه‌گیری باقی می‌ماند که نه تنها علت بلکه مقدار و علامت آن نیز مشخص نیست. این خطاها را نمی‌توان تصحیح کرد لیکن شناختن خواص آنها برای مشخص کردن دقت اندازه‌گیری‌ها لازم است.

## ۳-۳- منابع ایجاد خطا

خطاهای وارد در اندازه‌گیری‌ها از سه منبع ناشی می‌شوند که عبارتند از:

— طبیعت: تغییرات عوامل مختلف جوی و طبیعی از قبیل درجه‌ی حرارت، رطوبت، رنگ و نور، جاذبه‌ی زمین و انحراف مغناطیسی باعث ایجاد خطا می‌شوند؛ مثلاً اگر نوار اندازه‌گیری در درجه‌ی حرارت ۲۰ سانتی‌گراد ساخته شده و دارای طول مشخصی باشد، در درجه‌ی حرارت ۸ سانتی‌گراد طول کم‌تری خواهد داشت.

— انسان (عامل اندازه‌گیری): عدم مهارت، خستگی، بی‌حوصلگی و بی‌دقتی و حواس پنج‌گانه شخص در هنگام اندازه‌گیری ممکن است ایجاد خطا نمایند؛ مثلاً دقیق نبودن در قرائت اعداد و عدم تطبیق نشانه‌ی صفر در مقابل نقطه‌ی شروع نوار اندازه‌گیری شنیداری و گفتاری از جمله‌ی این نوع خطاها هستند.

— دستگاه یا وسیله‌ی اندازه‌گیری: هر دستگاه یا وسیله نقشه‌برداری دقت محدودی دارد که به علت مستعمل شدن معمولاً این دقت کم‌تر هم می‌شود و در نهایت اندازه‌گیری با آن موجب بروز خطا می‌گردد.



### ۳-۴- محتمل ترین مقدار یک کمیت

اگر کمیتی را  $n$  بار اندازه گیری کنیم و مقادیر به دست آمده را  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  بنامیم محتمل ترین مقدار کمیت که  $\bar{X}$  فرض می شود از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

چون اندازه ی واقعی دست نیافتنی است مقدار بالا به جای آن در نظر گرفته می شود.

### ۳-۵- خطای باقی مانده یا خطای ظاهری

اختلاف هر مقدار اندازه گیری شده و محتمل ترین مقدار را خطای باقی مانده می گویند. بنابراین در اندازه گیری فوق مقدار خطاها عبارت اند از:

$$e_1 = \bar{x} - x_1$$

$$e_2 = \bar{x} - x_2$$

$$e_3 = \bar{x} - x_3$$

$$e_n = \bar{x} - x_n$$

### ۳-۶- خطای میانگین اندازه گیری ها

وقتی مقدار یک کمیت را از طریق میانگین چند بار اندازه گیری به دست می آورید خطای میانگین کاهش پیدا می کند و از رابطه ی زیر می توان خطای میانگین اندازه گیری ها را حساب کرد.

$$e_x = \frac{e_1}{\sqrt{n}}$$

( $e_1$  خطای یک بار اندازه گیری و  $e_x$  خطای میانگین و  $n$  تعداد دفعات اندازه گیری)

### مطالعه آزاد

#### عواقب عدم احساس مسئولیت در نقشه برداری تونل

اصولاً از آن جایی که تونل از دو طرف حفاری شده و در نقطه ای به هم می رسند، چنانچه اشتباه یا خطایی در رابطه با زاویه امتداد حفاری و پیاده کردن شیب طولی تونل، توسط نقشه بردار اتفاق بیافتد، باعث می شود که تونل در نقطه مورد نظر به هم نرسد و یا این که به موازات قسمت دیگر ادامه مسیر داده و در حالت نادر محور مورد نظر از زیر یا روی محور مقابل عبور می کند.

## خودآزمایی

- ۱- خطا چیست و اشتباه کدام است؟
- ۲- تفاوت خطا و اشتباه را شرح دهید.
- ۳- چه عواملی باعث ایجاد خطا و اشتباه می‌شوند؟ آن‌ها را نام ببرید.
- ۴- به‌طور کلی خطاها را چگونه دسته‌بندی می‌کنند و تفاوت هر دسته با دسته‌ی دیگر چیست؟
- ۵- کمیت‌های زیر چگونه به‌دست می‌آیند؟ رابطه‌ی محاسبه‌ی آن‌ها را بنویسید.  
محتمل‌ترین مقدار کمیت، خطای باقی‌مانده، خطای میانگین اندازه‌گیری‌ها
- ۶- پس از پنج بار اندازه‌گیری یک طول اندازه‌های زیر بر حسب متر به‌دست آمده است.  
محتمل‌ترین مقدار این طول کدام است؟  
 $۶۷/۸۸, ۶۷/۰۹, ۶۷/۹۱, ۶۷/۹۵, ۶۷/۹۳$
- ۷- خطای اندازه‌گیری یک زاویه توسط زاویه‌یاب  $\pm 3^\circ$  می‌باشد. خطای مجاز برای چهار بار اندازه‌گیری این زاویه چند ثانیه است؟

## اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی

عنصر دیگری که برای تهیه‌ی نقشه باید اندازه‌گیری شود زاویه‌ی افقی است. وسایل مورد استفاده در این جا همان وسایلی است که در فصل دوم شناختید ولی آنچه متداول‌تر و معمولاً دقیق‌تر است، اندازه‌گیری زاویه با زاویه‌یاب است. در مواردی نیز از وسایل ساده و ترازباب استفاده می‌شود که در این فصل به هر سه مورد خواهیم پرداخت.

به غیر از زاویه‌ی افقی، زاویه‌ی قائم نیز با زاویه‌یاب قابل اندازه‌گیری است که خود شامل زوایای شیب و سمت الرأس می‌باشد.

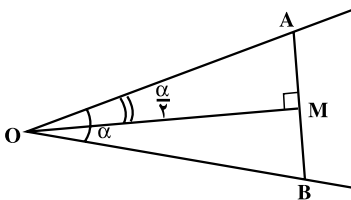
زاویه‌ی شیب یک امتداد به زاویه‌ی آن امتداد با افق، و زاویه‌ی سمت الرأس (یا زینتی)، به زاویه‌ی آن امتداد با امتداد قائم گفته می‌شود.

در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد :

- با استفاده از وسایل ساده، زاویه‌ی افقی را، در دو امتداد معین بر روی زمین معلوم کند.
- به کمک یک دستگاه نیوو که دارای صفحه‌ی مدرج افقی است زاویه‌ی افقی را، در دو امتداد معین بر روی زمین اندازه بگیرد.
- به کمک یک دستگاه تئودولیت زاویه‌ی افقی دو امتداد مشخص بر روی زمین را اندازه‌گیری کند.
- مهم‌ترین خطاها را، در اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی، ذکر نماید.

### ۵-۱- تعیین زاویه‌ی افقی با استفاده از وسایل ساده

دو طول مساوی OA و OB را روی دو ضلع زاویه‌ی AOB اختیار کرده سپس اندازه‌ی AB را به دست می‌آوریم چون مثلث OAB متساوی‌الساقین است. نیمساز زاویه‌ی  $\alpha$   $AOB = \alpha$  منطبق عمود منصف AB است و مثلث OMA یک مثلث قائم‌الزاویه می‌شود که در آن می‌توانیم رابطه‌ی زیر را بنویسیم :



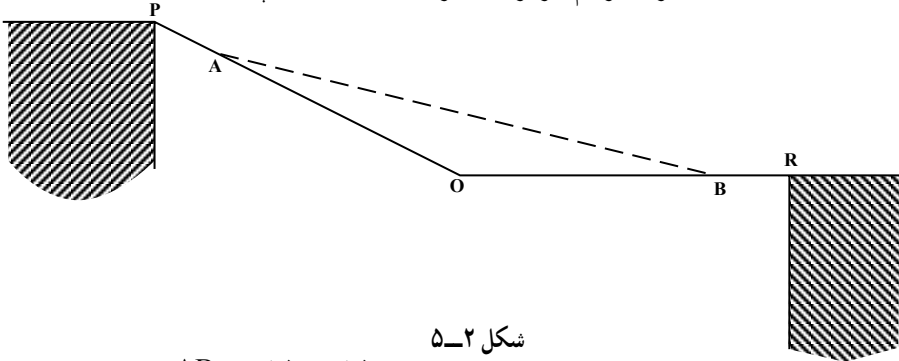
شکل ۵-۱

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{AM}{OA}$$

که چون داریم:  $AM = \frac{AB}{\rho}$  و  $OA$  هم از قبل معلوم است پس  $\sin \frac{\rho}{\rho}$  محاسبه می‌شود. سپس با معلوم بودن مقدار  $\sin \frac{\rho}{\rho}$  مقدار  $\frac{\rho}{\rho}$  را با کمک ماشین حساب به دست می‌آوریم و تعیین می‌گردد. فرمول کلی زاویه افقی در مثلث متساوی الساقین  $\frac{AB}{\rho O}$   $\sin \frac{\rho}{\rho}$  می‌باشد.

بنابراین در عمل کافی است پس از جدا کردن دو طول مساوی  $OA$  و  $OB$  تنها  $AB$  اندازه‌گیری شود. مثال: در شکل ۵-۲ نقاط  $P$  و  $R$  دو گوشه‌ی دو ساختمان و نقطه‌ی  $O$  در کنار جدول خیابان موجود در یک منطقه از زمین قرار دارند می‌خواهیم مقدار زاویه‌ی  $POR$  را تعیین کنیم. برای این کار به ترتیب زیر عمل می‌نماییم:

دو طول مساوی ۸ .  $OB$  .  $OA$  متر (عدد ۸ اختیاری است) را روی امتداد اضلاع زاویه‌ی  $POR$  جدا و  $AB$  را اندازه‌گیری کردیم، برابر ۱۵ متر شده است زاویه چند درجه است؟



شکل ۵-۲

$$\sin \frac{\rho}{\rho} \cdot \frac{AB}{\rho AO} \cdot \frac{15}{\rho \times 8} \cdot \frac{15}{16} = 0.9375 \quad \text{مطابق فرمول قبل:}$$

$$\frac{\rho}{\rho} \approx 7^\circ \quad \text{با استفاده از جدول خطوط مثلثاتی}$$

$$\rho \approx 14^\circ \quad \text{و نتیجه می‌شود}$$

## ۵-۲- طرز اندازه‌گیری یک زاویه‌ی افقی با تراز یاب

برای اندازه‌گیری یک زاویه‌ی افقی ( $\angle AOB$ ) پس از قرار دادن تراز یاب روی سه پایه به ترتیب عملیات زیر را انجام می‌دهیم:

الف - ایستگاه‌گذاری (استقرار): دستگاه را طوری روی رأس زاویه قرار می‌دهیم که محور اصلی دستگاه از نقطه‌ی ایستگاه ( $O$ ) بگذرد سپس دستگاه را تراز می‌کنیم.

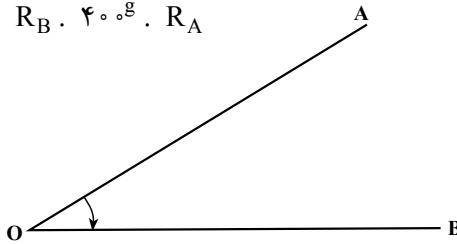
ب- نشانه روی و قرائت: به نقطه‌های A و B روی دو ضلع زاویه نشانه‌روی کرده و مقادیر مربوط به هر نقطه را قرائت می‌کنیم  $(R_B, R_A)$  اگر  $R_B \cdot R_A$  باشد، داریم:

$$A \dot{O} B \cdot R_B \cdot R_A$$

اگر حین حرکت دوربینی بعد از نشانه‌روی به نقطه‌ی A تا رسیدن به نقطه‌ی B از درجه‌ی صفر لمب دستگاه گذشته باشیم در این صورت  $R_B \cdot R_A$  داریم:

$$A \dot{O} B \cdot R_B \cdot 360^\circ \cdot R_A \quad (\text{برای دوربین‌های درجه‌ای})$$

$$A \dot{O} B \cdot R_B \cdot 40^\circ \text{g} \cdot R_A \quad (\text{برای دوربین‌های گرادای})$$



شکل ۳-۵

### ۳-۵- طرز اندازه‌گیری یک زاویه‌ی افقی با زاویه‌یاب (تئودولیت)

برای اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی (AOB) پس از قرار دادن دستگاه روی سه پایه‌ی عملیات ایستگاه‌گذاری (استقرار) و نشانه‌روی و قرائت به نحوی که برای دستگاه تراز یاب ذکر گردید؛ انجام می‌شود. لیکن در مورد کار با زاویه‌یاب به نکات زیر نیز توجه داشته باشید:

۱- برای این که اندازه‌گیری با دقت انجام شود اولاً باید قبل از نشانه‌روی تار رتیکول را تنظیم کنیم. (برای این کار کاغذ سفیدی را جلوی عدسی شیئی می‌گیریم و از داخل چشمی نگاه می‌کنیم و پیچ تنظیم تارهای رتیکول را می‌چرخانیم تا تارهای رتیکول به وضوح و هرچه ممکن است روشن‌تر دیده شوند) و ثانیاً حین عمل قراولروی و قبل از قرائت به کمک پیچ مخصوص عدسی میزان جای تصویر حاصله را تنظیم می‌نماییم (برای اطمینان از تنظیم شدن تصویر چشم را در پشت عدسی چشمی به طرف بالا و پایین حرکت می‌دهیم. وضع تصویر نسبت به تارهای رتیکول نباید تغییر کند که پارالاکس ایجاد شود.)، در این صورت تصویر کاملاً بر صفحه‌ی رتیکول قرار گرفته است.

۲- با حرکت کلید نگه‌دارنده‌ی دایره‌ی مدرج افقی می‌توان کاری کرد که  $R_A \cdot R_B$  شود (یا اصطلاحاً قرائت زاویه‌ی افقی بر روی امتداد OA صفر، صفر گردد) در این صورت:

$$A \dot{O} B \cdot R_B \cdot R_A \cdot R_B \cdot 0^\circ \cdot R_B$$

یعنی مقدار زاویه‌ی AOB برابر عدد قرائت شده بر امتداد OB است.

۳-۱-۵- قرائت کویل (زوج): در اندازه‌گیری زاویه موقعی که می‌خواهند مقدار زاویه‌ی AOB دقیق‌تر به دست آید با دو حالت مستقیم و معکوس دوربین زاویه را می‌خوانند و میانگین می‌گیرند (در حالت مستقیم صفحه‌ی مدرج قائم در طرف چپ ناظر و در حالت معکوس صفحه‌ی مدرج قائم در طرف راست ناظر قرار می‌گیرد و این دو حالت را اصطلاحاً دایره به چپ و دایره به راست می‌گویند).  
 مثال: برای اندازه‌گیری زاویه‌ی AOB روی ایستگاه O مستقر شده و امتدادهای A و B در حالت دایره به چپ تتودولیت به ترتیب برابر  $LA = 38^\circ 40'$  و  $LB = 74^\circ 50'$  و در حالت دایره به راست تتودولیت به ترتیب  $RA = 218^\circ 50'$  و  $RB = 254^\circ 50'$  قرائت شده است. مطلوب است محاسبه‌ی AOB :

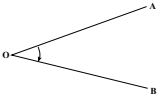
$$LRA = \frac{LA + RA + 180^\circ}{2} = \frac{38^\circ 40' + 218^\circ 50' + 180^\circ}{2} = 38^\circ 45'$$

$$LRB = \frac{LB + RB + 180^\circ}{2} = \frac{74^\circ 50' + 254^\circ 50' + 180^\circ}{2} = 74^\circ 50'$$

$$AOB = LRB - LRA = 74^\circ 50' - 38^\circ 45' = 36^\circ 5'$$

برای جلوگیری از اشتباه و هم‌چنین برای محاسبات از جدول زیر استفاده می‌کنیم.

جدول ۱-۵- فرم قرائت زاویه به روش کویل

فرم قرائت زاویه						
تاریخ .....		شماره صفحه .....				
ساعت .....		عامل .....				
وضعیت هوا .....		نوع و شماره‌ی دستگاه .....				
ایستگاه	نقاط قراولروی	دایره به چپ	دایره به راست	میانگین	مقدار زاویه	کروکی
O	A	$38^\circ 40'$	$218^\circ 50'$	$38^\circ 45'$	$36^\circ 5'$	
	B	$74^\circ 50'$	$254^\circ 50'$	$74^\circ 50'$		

#### ۴-۵- خطاها در اندازه‌گیری زوایا

خطاهایی که در اندازه‌گیری زوایا پیش می‌آید به دو دسته‌ی زیر تقسیم می‌شود:

۱- خطاهای دستگاهی

## ۲- خطاهای عملیاتی

به کمک روش‌های مختلف خواندن زاویه (کوپل و غیره) برای کارهای دقیق می‌توان خطاهای دستگاهی را حذف کرد و یا کاهش داد و برای کارهای کم دقت قابل صرف‌نظر کردن است. لیکن خطاهای عملیاتی را بیش‌تر باید مورد توجه قرار داد. به این ترتیب ضمن عملیات باید سعی شود که از پیش آمدن آن‌ها احتراز شود. مهم‌ترین این خطاها عبارت‌است از:

الف: خطای قائم نبودن محور اصلی،

ب: خطای مستقر کردن دستگاه بر روی نقطه (خطای ایستگاه گذاری)،

ج: خطای ثابت نبودن دستگاه در موقع اندازه‌گیری،

د: خطای نشانه‌روی،

ه: خطای قرائت.

## فعالیت‌های عملی

### فعالیت عملی ۱

اندازه‌گیری زاویه با متر: استاد زاویه‌ای را روی زمین مشخص کرده و هنرجویان به کمک متر و با استفاده از جدول خطوط مثلثاتی مقدار آن را مشخص می‌سازند. بهتر است برای تمرین بیش‌تر برای هر گروه یک چند ضلعی مشخص کنید تا هنرجویان همه‌ی زوایای آن را تعیین کنند. در این صورت از فرمول زیر نیز می‌توان استفاده کرد:

$(n \text{ تعداد زوایا}) \cdot 90^\circ (4 - 2n) \cdot \text{مجموع زوایای داخلی یک چند ضلعی}$

### فعالیت عملی ۲

استقرار دستگاه ترازیاب بر روی نقطه‌ای مشخص و اندازه‌گیری زاویه: به کمک شاقول مخصوص که در زیر سه پایه نصب می‌گردد بر رأس زاویه‌ی AOB که روی زمین مشخص گردیده ایستگاه‌گذاری نموده و مقدار این زاویه را اندازه‌گیری نمایید.

## فعالیت عملی ۳

### پارالاکس (Parallax)

تصویری که توسط عدسی شیشی از شاخص ایجاد می‌شود باید در صفحه‌ی رتیکول قرار گیرد. اگر دو تصویر فوق در یک صفحه قرار نگیرد می‌گویند تصاویر از هم جدا افتاده‌اند. در چنین وضعیتی اصطلاحاً می‌گویند در عدسی چشمی خطای پارالاکس وجود دارد.

استقرار دستگاه زاویه‌یاب بر روی نقطه‌ای مشخص و اندازه‌گیری زاویه: دستگاه تئودولیت را بر رأس زاویه‌ی AOB که روی زمین مشخص گردیده مستقر نموده و سپس عملیات زیر را انجام دهید.

الف: تحقیق کنید که آیا دستگاه دارای خطای پارالاکس هست یا خیر؟

ب: اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی (AOB) (پس از ایستگاه‌گذاری بر روی نقطه‌ی O و قرار دادن دو ژالون روی دو امتداد OA و OB) در حالت‌های زیر:

۱- پس از قرار دادن زاویه‌یاب روی امتداد‌های OA و OB مقدار زاویه‌ی افقی در هر امتداد را قرائت کرده از هم کم می‌کنیم.

۲- پس از صفر - صفر کردن تئودولیت روی امتداد OA، مقدار زاویه روی امتداد OB قرائت می‌شود.

۳- زاویه‌ی فوق با دو حالت دایره به چپ و دایره به راست (کویل) قرائت شده، حاصل در جدولی نوشته و میانگین گرفته می‌شود.

## خودآزمایی

۱- برای تعیین مقدار زاویه‌ی AOB به کمک متر چه اندازه‌گیری‌هایی لازم است اندازه گرفته

شود؟

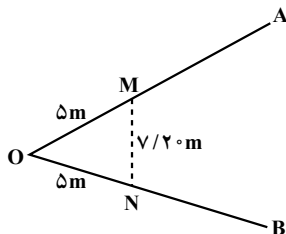
۲- مراحل اندازه‌گیری یک زاویه به کمک نیوو را ذکر نمایید و رابطه‌ی مربوط را بنویسید.

۳- مراحل اندازه‌گیری یک زاویه به کمک زاویه‌یاب را ذکر کنید.

۴- برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری زاویه چه روشی به کار می‌برند؟



۵- برای تعیین مقدار زاویه ی AOB که در شکل ۴-۵ دیده می شود دو فاصله ی مساوی OM . ON . ۵m را روی دو ضلع زاویه جدا کرده و سپس طول MN را اندازه گرفته ایم، برابر  $\sqrt{2}$  متر شده است زاویه ی فوق چند درجه است؟



شکل ۴-۵

۶- در شکل زیر قرائت زاویه چه قدر است؟

۳۶۰

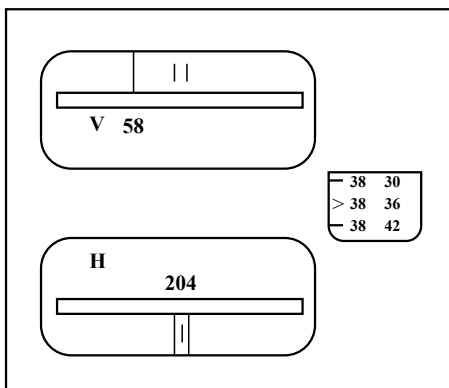


۴۰۰g



شکل ۵-۵

۷- در شکل زیر قرائت زاویه برحسب درجه چه قدر است؟

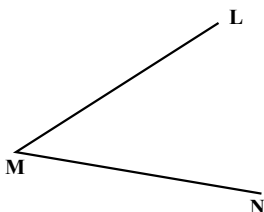


شکل ۵-۶

۸- در شکل زیر، برای اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی LMN، پس از استقرار زاویه‌یاب بر روی رأس زاویه‌ی M و قرار دادن شاخص در روی امتداد‌های ML و MN در حالت مستقیم دوربین، اعداد زیر قرائت شده است:

۳۰, ۱۲. در امتداد ML

۷۶ در امتداد MN



شکل ۷-۵

اولاً مقدار زاویه‌ی LMN چند درجه و چند دقیقه است؟

ثانیاً اگر حالت دوربین معکوس شود قرائت بر روی دو امتداد تقریباً چه قدر است؟

۹- اگر به جای اعداد مسئله‌ی قبل اعداد زیر قرائت شده باشند مقدار زاویه را تعیین کنید.

۳۶, ۳۵۲ در امتداد ML

۵۱, ۳۸ در امتداد MN

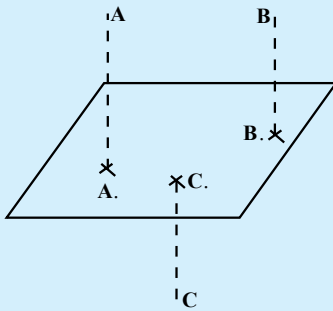
۱۰- اگر بر روی امتداد ML زاویه را صفر - صفر کنیم (در صورتی که مقدار زاویه از

مسئله‌ی قبل معلوم فرض شود) فکر می‌کنید چه عددی باید بر روی امتداد MN قرائت شود؟

۱۱- سه نقطه را که در روی زمین تشکیل یک زاویه می‌دهند در نظر گرفته و سپس زوایای

مثلث تشکیل شده از این سه نقطه را با تراز یاب و تودولیت (زاویه‌یاب) اندازه‌گیری و کنترل کنید.

## اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع



شکل ۱-۶

اگر یک سطح افقی دلخواه<sup>۱</sup> را بر روی زمین مبنا قرار داده و فاصله‌ی نقاط مختلفی را، در بالا و پایین این صفحه، نسبت به آن به دست آوریم اصطلاحاً به این فواصل (در نقشه برداری‌های کم وسعت) ارتفاع می‌گویند و برای بیان آن که از دو نقطه کدام بالاتر و کدام پایین تر است می‌توان ارتفاع یکی را نسبت به دیگری سنجید.

مثلاً در شکل بالا AA. ارتفاع نقطه‌ی A و BB.

ارتفاع نقطه‌ی B و CC. ارتفاع نقطه‌ی C می‌باشد.

هم‌چنین نقطه‌ی A بالاتر از نقطه‌ی B است چون دارای ارتفاع بیش‌تری است. یا می‌توان گفت اختلاف ارتفاع نقطه‌ی A نسبت به نقطه‌ی B عددی است مثبت به عبارت دیگر اگر اختلاف ارتفاع دو نقطه را به H. نشان دهیم می‌توان نوشت:

$$H = AA. - BB. \dots$$

در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد:

- روشهای مستقیم و غیرمستقیم تعیین اختلاف ارتفاع را توضیح دهد.
- تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه به کمک دستگاه ترازیب را تشریح نماید.
- طرق محاسبه اختلاف ارتفاع پس از اندازه‌گیری‌های زمینی را توضیح دهد.
- انواع روش‌های ترازیبی مستقیم با توجه به وضعیت نقاط روی زمین را بیان نماید.
- روش‌های کنترل در ترازیبی را نام برده و در مورد هر کدام توضیح مختصر دهد.
- خطاها در ترازیبی را نام ببرد.
- طرز تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه به کمک دستگاه زاویه‌یاب را توضیح دهد.

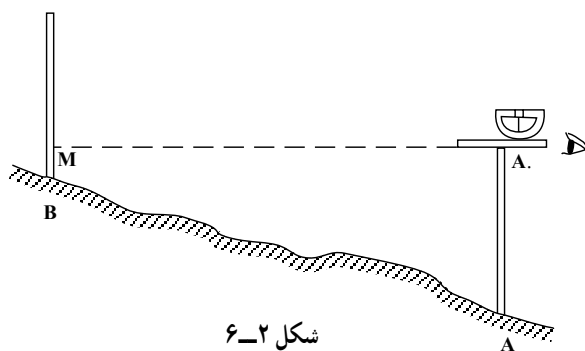
۱- سطح مبنای ارتفاعات در نقشه‌برداری از مناطق بزرگ که در آن انحنای سطح زمین نیز در نظر گرفته می‌شود سطح افقی نیست و یک سطح تقریباً کروی است که به آن ژئوئید (Geoid) یا (Sea - Level - Datum) می‌گویند، برای کسب اطلاعات بیش‌تر در این خصوص باید به کتاب‌های تخصصی نقشه‌برداری مراجعه شود.

## ۶-۱- تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه به کمک وسایل ساده

به دو طریق مستقیم و غیرمستقیم می‌توانیم عمل کنیم:

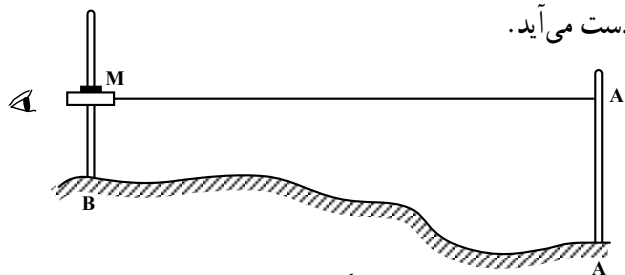
طریقه‌ی مستقیم: اگر بخواهیم اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B را تعیین کنیم پس از قرار دادن صفر ورنیه شیب‌سنج دستی در مقابل صفر قوس مدرج، چنانچه خط دید روی نقطه‌ی M قرار گیرد با اندازه‌گیری طول‌های BM و AA. اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$H. AA. = BM$$



شکل ۶-۲

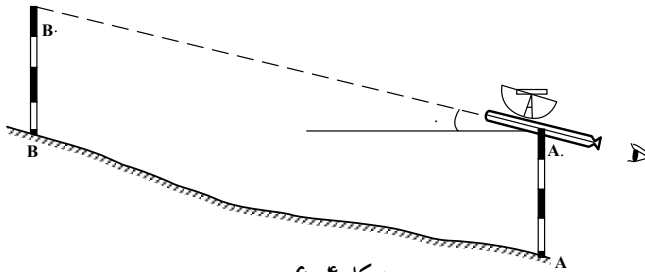
عمل فوق را به کمک تراز دستی نیز می‌توان انجام داد به این ترتیب که پس از مشخص کردن امتداد افقی MA. با این وسیله، مجدداً با اندازه‌گیری طول‌های AA. و BM اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B به دست می‌آید.



شکل ۶-۳

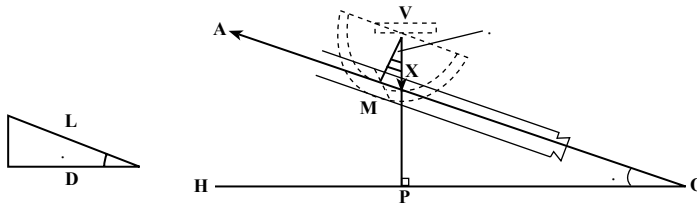
یادآوری: در انجام عمل فوق با شیب‌سنج یا تراز دستی باید توجه داشت که ژالون‌های مستقر در نقاط A و B بایستی کاملاً قائم باشند و برای این منظور از تراز نشی در کنار ژالون‌ها استفاده می‌شود. طریقه‌ی غیرمستقیم: به جای روش فوق می‌توان پس از اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی دو نقطه زاویه‌ی شیب سطح را نیز اندازه‌گیری کرده و اختلاف ارتفاع را محاسبه نمود.

برای تعیین زاویه‌ی شیب امتداد AB طرز کار بدین ترتیب است که ناظر خود در نقطه‌ی A (B)

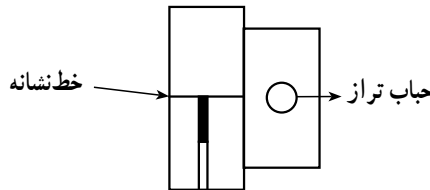


شکل ۴-۶

قرار می‌گیرد و شیب‌سنج را در کنار ژالون در نقطه‌ی A. قرار می‌دهد و به نقطه‌ی B. از یک ژالون دیگر (شاخص) که در نقطه‌ی A)B) به‌طور قائم مستقر شده است نشانه‌روی می‌نماید به‌طوری که AA. مساوی BB. باشد. در این حالت حباب تراز را در وسط خط نشانه که داخل لوله‌ی شیب‌سنج دیده می‌شود قرار می‌دهند و زاویه‌ی شیب امتداد AB را بر روی قوس مدرج قرائت می‌کند.



شکل ۵-۶



شکل ۶-۶- منظره از داخل لوله‌ی شیب‌سنج

با معلوم بودن فاصله‌ی افقی دو نقطه و زاویه‌ی شیب امتداد بین دو نقطه، اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{شیب} \times \text{فاصله‌ی افقی} = \text{اختلاف ارتفاع} \quad \text{یا} \quad H = D \cdot \text{Dtg.}$$

اگر به‌جای فاصله‌ی افقی، فاصله‌ی مورب L اندازه‌گیری شده باشد، داریم:

$$H = L \sin.$$

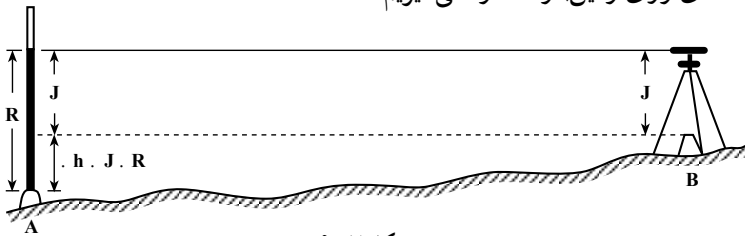
## ۲-۶- تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه به‌کمک دستگاه تراز یاب

ترازیاب را قبلاً شناختید، از این دستگاه بیش‌تر به‌منظور تعیین اختلاف ارتفاع نقاط روی

زمین استفاده می‌شود.

برای تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه باید دستگاه ترازباب را روی یکی از دو نقطه مستقر کرده و بر روی نقطه‌ی دیگر شاخص مدرج را به طور قائم نگه داشت. سپس به طریقی که در صفحات بعد گفته می‌شود اختلاف ارتفاع دو نقطه تعیین گردد.

روش ارتفاع دستگاه (Height of Instrument method): در این روش ایستگاه یکی از نقاط است. فرض کنید می‌خواهیم اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B را پیدا کنیم (شکل ۶-۷) دستگاه را بر روی یکی از نقاط (مثلاً B) مستقر می‌کنیم و ارتفاع دستگاه J (یعنی فاصله‌ی مرکز دوربین تا نقطه‌ی روی زمین) را اندازه می‌گیریم.



شکل ۶-۷

سپس شاخص را بر روی نقطه‌ی دوم (A) به طور قائم نگه می‌داریم و عدد R را روی آن می‌خوانیم. در این صورت اختلاف ارتفاع برابر  $H = J - R$  خواهد بود.

تبصره‌ی ۱: از روی علامت H می‌توان تشخیص داد که کدام یک از دو نقطه بالاتر است مثلاً در این جا اگر:

$h > R$  نقطه‌ی دوم بالاتر است

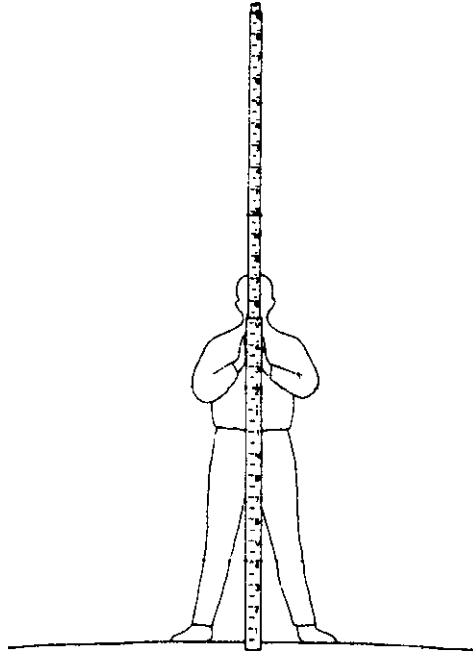
$h < R$  نقطه‌ی دوم پایین‌تر است

(منظور از نقطه‌ی اول، نقطه‌ای است که بر روی آن دستگاه مستقر کرده‌ایم و نقطه‌ی دوم نقطه‌ای است که شاخص را روی آن قرار می‌دهیم).



تبصره‌ی ۲: اگر ارتفاع یکی از دو نقطه‌ی A و B معلوم باشد چون اختلاف ارتفاع دو نقطه به دست می‌آید می‌توان ارتفاع نقطه‌ی دیگر را نیز به دست آورد.

شکل ۶-۸- تصاویر تارهای رتیکول و شاخص



شکل ۹-۶- طرز گرفتن میر

مثال: برای پیدا کردن ارتفاع نقطه‌ی A بر روی نقطه‌ی B که ارتفاع آن  $۱۰۷/۳۰۰$  متر می‌باشد، ایستگاه‌گذاری کرده‌ایم و شاخص را بر روی نقطه‌ی A قرار داده‌ایم، اگر عددی که روی شاخص می‌خوانیم  $۳۷۲۳$  میلی‌متر باشد ارتفاع A چه قدر است؟ (ارتفاع دستگاه  $۱۵۶۵$  میلی‌متر می‌باشد.)

$$J = ۱۵۶۵, R = ۳۷۲۳$$

$$\Delta h = ۱۵۶۵ - ۳۷۲۳ = -۲۱۵۸$$

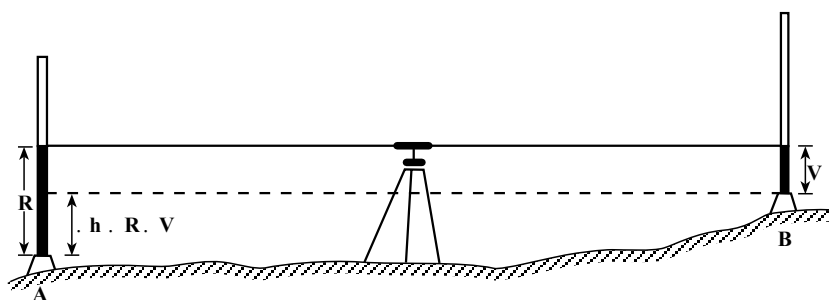
یعنی نقطه‌ی A به اندازه‌ی  $۲۱۵۸$  میلی‌متر پایین‌تر از نقطه‌ی B است و داریم:

$$h_A = h_B - ۲۱۵۸ = ۱۰۷/۳۰۰ - ۲/۱۵۸ = ۱۰۵/۱۴۲ \text{ متر}$$

روش فراز و نشیب (Fall and rise method): ایستگاه روی هیچ‌کدام از نقاط نیست.

برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B در نقطه‌ای دل‌خواه که از آن نشانه روی به شاخص دو نقطه‌ی A و B امکان‌پذیر باشد ترازباب را مستقر می‌کنیم (اگر ترازباب تنظیم نباشد باید جایی قرار گیرد که فاصله‌ی آن از A و B تقریباً مساوی باشد. این کار علاوه بر این که خطای حاصل از تنظیم نبودن دستگاه را از بین می‌برد خطاهای انکسار نور و کرویّت زمین را هم حذف می‌کند).

۱- چنانچه محور دید ترازباب افقی نباشد اصطلاحاً می‌گویند ترازباب تنظیم نیست.



شکل ۱۰-۶

اگر بعد از نشانه روی به شاخص در دو نقطه‌ی A و B اعداد R و V را خوانده باشیم، داریم:  
 $h = R - V$

تبصره‌ی ۱: در این حالت معمولاً اولین قرائت را قرائت عقب (B.S) (Back Sight) و دومین قرائت را قرائت جلو (F.S) (Front Sight) می‌گویند.

تبصره‌ی ۲: در این جا نیز از روی علامت h می‌توان تشخیص داد که کدام یک از نقاط بالاتر است.

نقطه‌ی دوم بالاتر است  $h > 0$

نقطه‌ی دوم پایین‌تر است  $h < 0$

(منظور از نقطه‌ی اول در این جا نقطه‌ای است که بر روی آن قرائت عقب را داشته‌ایم).



تبصره‌ی ۳: در این جا نیز مانند روش قبل از روی ارتفاع یک نقطه می‌توان ارتفاع نقطه‌ی دیگر را به دست آورد.

مثال: برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B ابتدا روی نقطه‌ی B و بعد روی نقطه‌ی A شاخص را قرار داده‌ایم و به ترتیب اعداد ۳۲۱۳ و ۱۰۵۵ را خوانده‌ایم. اختلاف ارتفاع مزبور چه قدر است؟

$h = R - V = ۳۲۱۳ - ۱۰۵۵ = ۲۱۵۸$

یعنی نقطه‌ی A به اندازه‌ی ۲۱۵۸

میلی‌متر بالاتر از نقطه‌ی B است.

شکل ۱۱-۶



### ۳-۶- انواع روش‌های ترازیبی مستقیم با توجه به وضعیت نقاط روی زمین

برحسب موقعیت نقاط بر روی زمین، عمل ترازیبی مستقیم به شیوه‌های مختلف انجام می‌شود.

**الف- ترازیبی تدریجی:** اگر دو نقطه‌ای که می‌خواهیم اختلاف ارتفاع آن‌ها را پیدا کنیم،

از هم دور باشند یا شیب زمین زیاد باشد به طریقی که با یک بار ایستگاه‌گذاری پیدا کردن اختلاف ارتفاع مقدور نباشد به طریقه‌ی ترازیبی تدریجی به شرح زیر عمل می‌کنیم:

مطابق شکل اگر دو نقطه‌ی A و B را داشته باشیم ابتدا در نزدیکی نقطه‌ی A ایستگاه‌گذاری

می‌کنیم و شاخص را روی نقطه‌ی A می‌گذاریم و پس از نشانه‌روی به آن، عدد مربوط را می‌خوانیم

(قرائت عقب)، بعداً شاخص را روی نقطه‌ای مانند نقطه‌ی کمکی  $TP_1$  (Temporary Point) که

فاصله‌اش تا ترازیب تقریباً برابر فاصله‌ی ترازیب تا نقطه‌ی A است قرار داده و عدد مربوط به این

نقطه را بر روی شاخص می‌خوانیم (قرائت جلو). سپس ترازیب را به نقطه‌ی دیگری که بعد از

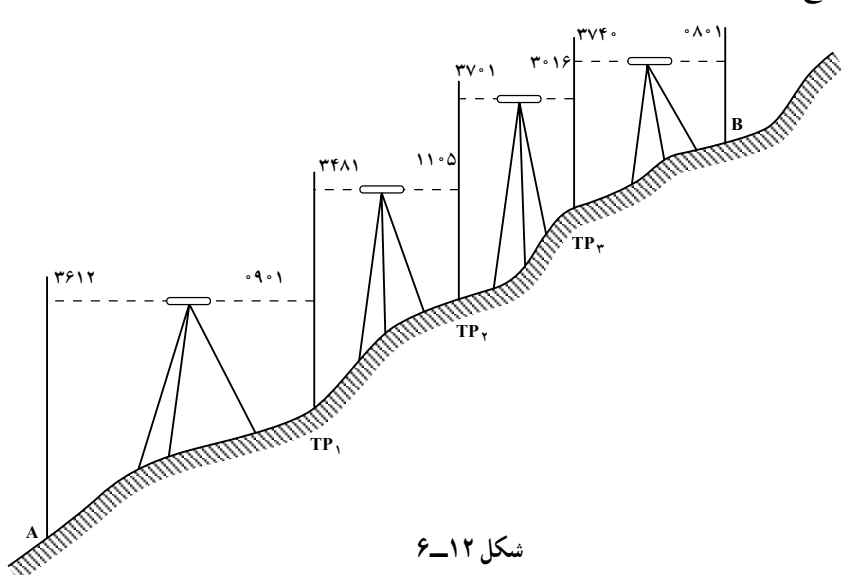
نقطه‌ی  $TP_1$  قرار دارد منتقل ساخته و به ترتیب فوق عمل ترازیبی را برای نقاط  $TP_2$ ،  $TP_3$ ،

$TP_4$ ، ... ادامه می‌دهیم تا به نقطه‌ی B برسیم. برای روشن شدن چگونگی این امر به مثال زیر توجه کنید:

**مثال:** برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B از نقطه‌ی A شروع به ترازیبی کرده‌ایم

و تا رسیدن به نقطه‌ی B از نقطه‌های  $TP_1$ ،  $TP_2$ ،  $TP_3$  کمک گرفته‌ایم (مطابق شکل ۱۲-۶)

اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی مزبور چه قدر است؟



شکل ۱۲-۶

برای مرتب نوشتن اعدادی که می‌خوانیم، جدول ساده‌ی زیر را ترسیم کرده، در هر ایستگاه یک قرائت عقب و یک قرائت جلو داریم که در ستون‌های مربوطه نوشته شده است. سپس حاصل جمع قرائت‌های جلو را از حاصل جمع قرائت‌های عقب کم می‌کنیم تا اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B به دست آید. اگر حاصل منفی باشد نقطه‌ی B پایین‌تر از نقطه‌ی A است.

نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	
A	۳۶۱۲		
TP <sub>1</sub>	۳۴۸۱	۰۹۰۱	
TP <sub>2</sub>	۳۷۰۱	۱۱۰۵	
TP <sub>3</sub>	۳۷۴۰	۳۰۱۶	
B		۰۸۰۱	
مجموع	۱۴۵۳۴	۵۸۲۳	میلی متر B بالای A ۸۷۱۱ . اختلاف

یادآوری: اگر ارتفاع نقطه‌ی A را داشته باشیم و آن را با اختلاف ارتفاع به دست آمده جمع جبری کنیم ارتفاع نقطه‌ی B به دست می‌آید.

ب- ترازبایی خطی: اگر بخواهیم ارتفاع نقاطی را روی یک مسیر پیدا کنیم، این کار با شیوه‌ای که در ترازبایی تدریجی عمل کردیم امکان‌پذیر است، لیکن بعد از تنظیم جدول مربوط، قرائت‌های عقب و جلو دو به دو از هم کم می‌شوند تا ارتفاع یک‌یک آن‌ها را بتوان پیدا کرد. نمونه‌ی جدول کار و طریقه‌ی محاسبه، با یک مثال نشان داده می‌شود.

مثال: در مثال قبلی ارتفاع‌های نقاط ۱، ۲، ۳ و B چه قدر است، در صورتی که ارتفاع نقطه‌ی

A صدمتر فرض شود؟

نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع		ارتفاع (به میلی‌متر)
			.	+	
A	۳۶۱۲				۱۰۰۰۰۰
۱	۳۴۸۱	۰۹۰۱		۲۷۱۱	۱۰۲۷۱۱
۲	۳۷۰۱	۱۱۰۵		۲۳۷۶	۱۰۵۰۸۷
۳	۳۷۴۰	۳۰۱۶		۰۶۸۵	۱۰۵۷۷۲
B		۰۸۰۱		۲۹۳۹	۱۰۸۷۱۱

چون می‌خواهیم ارتفاع یک‌یک نقاط را پیدا کنیم، دو ستون برای اختلاف ارتفاع‌ها و ارتفاع‌های نقاط، به ستون‌های جدول قبلی اضافه می‌کنیم و ابتدا اختلاف ارتفاع نقطه‌ی ۱ با A و همین‌طور اختلاف ارتفاع نقطه‌ی ۲ با ۱ و... حساب می‌شود. سپس از روی ارتفاع نقطه‌ی A ارتفاع ۱ و از روی ارتفاع نقطه‌ی ۱، ارتفاع ۲ و... به‌دست می‌آید.

**تبصره‌ی ۱:** اگر به ستون اختلاف ارتفاع (H) نگاه کنید همه‌ی اختلاف ارتفاع‌ها مثبت‌اند این بدان معنی است که زمین همه‌جا در حالت فراز (سربالا) است. اگر اختلاف ارتفاع دو نقطه منفی می‌شد بین آن دو نقطه زمین حالت نشیب (سرازیری) داشت. از این نظر در بعضی از جدول‌ها به جای علامت . یا . برای اختلاف ارتفاع دو حالت ذکر شده‌ی زمین نوشته می‌شود.

**تبصره‌ی ۲:** به‌طور کلی برای محاسبه‌ی جداول ترازایی نیز مانند عملیات زمینی ترازایی دو روش موجود است. یکی روشی است که در جدول قبل به‌کار رفت و بین هر دو نقطه حالت فراز و نشیب زمین مشخص شد که اصطلاحاً روش فراز و نشیب نامیده می‌شود و در روش دیگر بدون محاسبه‌ی اختلاف ارتفاعات و با محاسبه‌ی ارتفاع خط دید ترازیب ارتفاعات نقاط به‌دست می‌آید که اصطلاحاً روش ارتفاع خط دید ترازیب گفته می‌شود.

جدول زیر بر اساس روش دوم تنظیم شده است (به‌طوری که می‌بینید نتیجه در هر دو روش محاسبه یکی است).

ارتفاع (میلی متر)	قرائت جلو	ارتفاع دستگاه	قرائت عقب	نقاط	ایستگاه
۱۰۰۰۰۰		۱۰۳۶۱۲	۳۶۱۲	A	S <sub>۱</sub>
۱۰۲۷۱۱	۰۹۰۱		۳۴۸۱	۱	
		۱۰۶۱۹۲			S <sub>۲</sub>
۱۰۵۰۸۷	۱۱۰۵		۳۷۰۱	۲	
		۱۰۸۷۸۸			S <sub>۳</sub>
۱۰۵۷۷۲	۳۰۱۶		۳۷۴۰	۳	
		۱۰۹۵۱۲			S <sub>۴</sub>
۱۰۸۷۱۱	۰۸۰۱				

در جدول فوق با اضافه کردن مقدار قرائت عقب به ارتفاع نقطه، ارتفاع خط دید ترازیب (یا ارتفاع دستگاه) به‌دست آمده، سپس از این ارتفاع قرائت جلو کم می‌گردد مثلاً برای نقطه‌ی ۱ داریم:

قرائت جلو روی نقطه‌ی ۱ . قرائت عقب روی نقطه‌ی A . ارتفاع نقطه‌ی A . ارتفاع نقطه‌ی ۱

۱۰۲۷۱۱ . ۰۹۰۱ . ۳۶۱۲ . ۱۰۰۰۰۰۰ . ارتفاع نقطه‌ی ۱

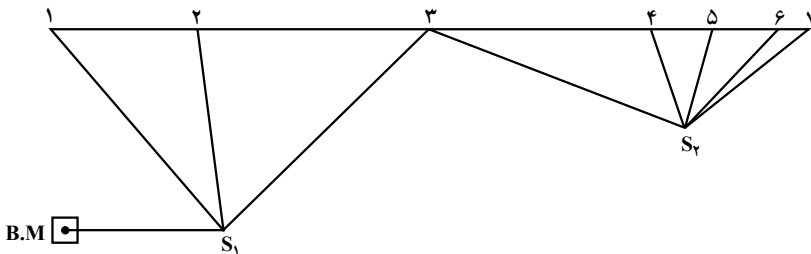
چنانچه فاصله‌ی نقاط به هم نزدیک باشد که بتوان از یک ایستگاه عدد مربوط به چند نقطه را روی شاخص خواند، اولین قرائت را از هر ایستگاه قرائت عقب و آخرین را قرائت جلو و بقیه را به‌عنوان قرائت‌های وسط در جدول می‌نویسند. فرم تنظیم ستون‌های جدول ترازیبی را، در این حالت، در این جا می‌بینید.

در موقع محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع‌ها، قرائت‌های وسط و جلو هر ایستگاه از قرائت عقب مربوط به همان ایستگاه کم می‌شوند.

تبصره: این جدول برای موقعی است که محاسبه‌ی ارتفاع‌ها را به روش نشیب و فراز انجام دهیم. برای روش ارتفاع خط دید ترازیب فرم جدول کمی تغییر می‌کند.

ارتفاع نقاط	اختلاف ارتفاع		قرائت جلو	قرائت وسط	قرائت عقب	نقاط
	+	-				

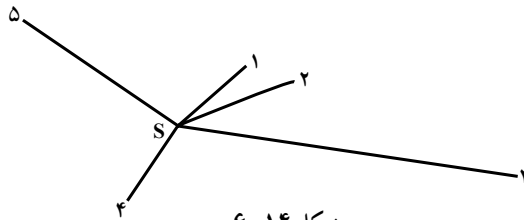
مثال: اگر در یک عمل ترازیبی مطابق شکل ۱۳-۶ برای پیدا کردن ارتفاع‌های نقاط ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ از ایستگاه  $S_1$ ، قرائت شاخص در نقطه‌ی B.M با ارتفاع صدمتر برابر ۱۸۵۲، قرائت شاخص در نقاط ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۲۰۲۷، ۲۸۹۶ و ۰۰۳۵؛ و از ایستگاه  $S_2$ ، قرائت شاخص در نقاط ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ به ترتیب ۱۲۵۵، ۳۰۱۸، ۲۹۱۵، ۱۰۴۵ و ۱۵۱۵ شده باشد، ارتفاع هر یک از نقاط ۱ تا ۷ چه قدر است؟



شکل ۱۳-۶

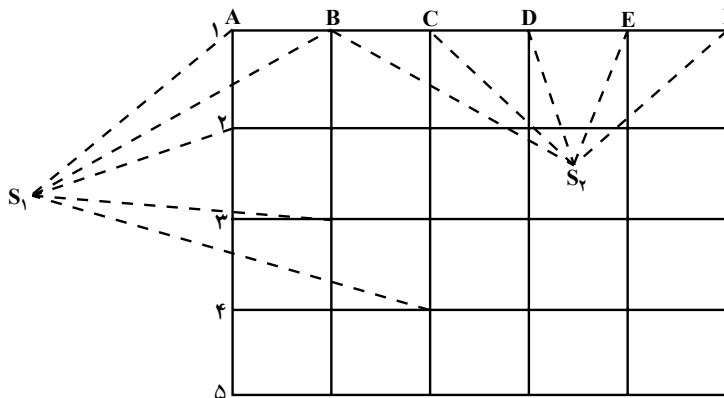
P	B.S	M.S	F.S	. H		H
				.	+	
B.M	۱۸۵۲					۱۰۰۰۰۰
۱		۲۰۲۷		۰۱۷۵		۹۹۸۲۵
قرائت عقب (B.S)	۲		۲۸۹۶	۱۰۴۴		۹۸۹۵۶
قرائت جلو (F.S)	۳	۱۲۵۵			۱۸۱۷	۱۰۱۸۱۷
قرائت وسط (M.S)	۴		۳۰۱۸	۱۷۶۳		۱۰۰۰۵۴
اختلاف ارتفاع (H)	۵		۲۹۱۵	۱۶۶۰		۱۰۰۱۵۷
ارتفاع نقاط (H)	۶		۱۰۴۵		۰۲۱۰	۱۰۲۰۲۷
۷			۱۵۱۵	۰۲۶۰		۱۰۱۵۵۷

ج - ترازیبی شعاعی: اگر نقاطی به صورت پراکنده قرار گرفته باشند به طوری که بتوان از یک ایستگاه آن‌ها را ترازیبی کرد، ترازیبی را شعاعی می‌گویند (شکل ۱۴-۶).



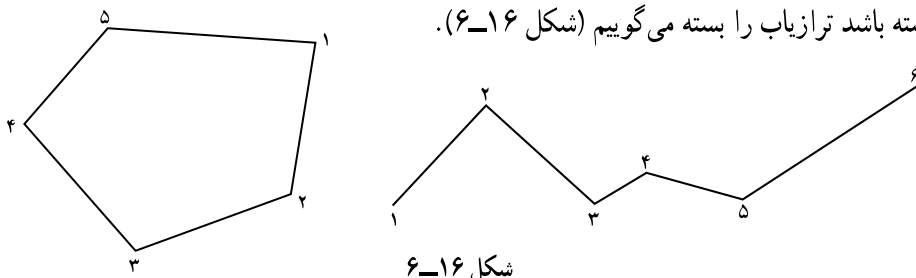
شکل ۱۴-۶

د - ترازیبی شبکه‌ای: وقتی نقاط به طور مرتب بر روی رتوس یک شبکه قرار گرفته باشند و از ایستگاه‌های مختلف ترازیبی شوند ترازیبی از نوع شبکه‌ای است (شکل ۱۵-۶).



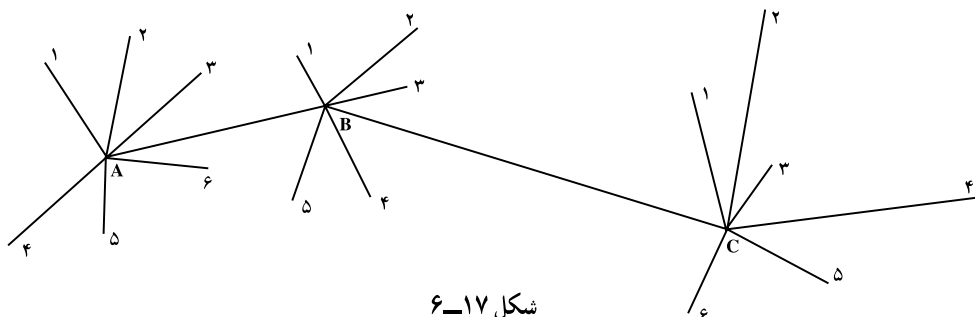
شکل ۱۵-۶

هـ - تراز یابی کنیرالاضلاعی: اگر نقاط با یکدیگر تشکیل یک کنیرالاضلاع را بدهند تراز یابی ما کنیرالاضلاعی خواهد بود. اگر کنیرالاضلاع باز باشد تراز یابی را باز و اگر کنیرالاضلاع بسته باشد تراز یاب را بسته می گویم (شکل ۶-۱۶).



شکل ۶-۱۶

و - تراز یابی مختلط: وقتی که عمل تراز یابی ترکیبی از چند تراز یابی مثلاً شعاعی و کنیرالاضلاعی باشد تراز یابی مختلط است (شکل ۶-۱۷).



شکل ۶-۱۷

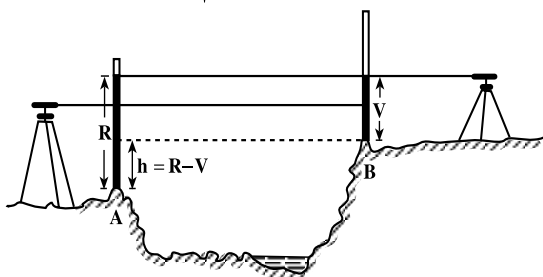
ز - تراز یابی متقابل (Reciprocal levelling): هنگامی که امکان قرار دادن تراز یاب در فاصله ی تقریباً مساوی از دو حالت شاخص وجود داشته باشد، برای رفع خطاهایی که قبلاً از آنها گفته ایم، به روش تراز یابی متقابل، به شکل زیر، عمل می کنیم.

$$\Delta H_1 = B.S - F.S$$

$$\Delta H_2 = B.S - F.S$$

$$\Delta H_{(A,B)} = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2}{2}$$

اگر می خواهیم اختلاف ارتفاع دو نقطه ی A و B را پیدا کنیم ضمن قرار دادن شاخص در دو نقطه ی A و B، تراز یاب را یک بار در نزدیکی A و بار دیگر در نزدیکی B مستقر می کنیم و اختلاف ارتفاع را از دو ایستگاه به دست می آوریم و میانگین می گیریم.



شکل ۶-۱۸

#### ۴-۶ - روش‌های کنترل در تراز یابی

هنگامی که می‌خواهیم عمل تراز یابی قابل کنترل باشد، باید به یکی از طریقه‌های زیر عمل کنیم :

۱ - طریقه‌ی رفت و برگشت: که در آن تراز یابی در دو مرحله به صورت رفت و برگشت انجام می‌شود. مثلاً وقتی بین دو نقطه‌ی A و B را تراز یابی می‌کنند یک بار از A به طرف B (رفت) و بار دیگر از B به طرف A (برگشت) عمل فوق انجام می‌گیرد.

۲ - طریقه‌ی تغییر مکان تراز یاب: در این روش پس از یادداشت قرائت‌های جلو و عقب محل تراز یاب را کمی جابه‌جا می‌کنند (مثلاً حدود یک متر) یک بار دیگر، دو قرائت عقب و جلو انجام می‌دهند نتیجه‌ی اختلاف ارتفاع در هر دو بار باید یکسان باشد.

۳ - طریقه‌ی شاخص‌های دو رو: در این روش از شاخص‌هایی استفاده می‌نمایند که هر دو طرف آن بر حسب واحدهای مختلف، مثلاً فوت و متر و اجزای آن‌ها، مدرج شده باشد. پس از خواندن یک طرف شاخص آن را می‌چرخانند و طرف دیگر را می‌خوانند، اختلاف ارتفاع در دو حالت نباید متفاوت باشد.

۴ - طریقه‌ی قرائت سه تار رتیکول: روی صفحه‌ی رتیکول دوربین تراز یاب‌ها به غیر از دو تار بزرگ افقی و قائم دو تار افقی کوتاه نیز وجود دارد که فاصله‌ی آن‌ها تا تار افقی بزرگ میانی برابر است. اگر بر روی سه تار افقی قرائت انجام شود، اختلاف تار بالا و وسط باید با اختلاف تار وسط و پایین، با تقریب یکی دو میلی‌متر، مساوی باشد.

#### ۵-۶ - خطاها در تراز یابی

خطاهایی که در عمل تراز یابی پیش می‌آید سه دسته است :

الف - خطاهای طبیعی: مانند خطای انکسار نور و اثر باد و تغییر درجه حرارت، که مانند خطای کرویت در این جا قابل صرف نظر کردن هستند.

ب - خطاهای دستگاهی: مانند تنظیم نبودن تراز، صحیح نبودن درجه بندی شاخص و سالم نبودن سه پایه.

ج - خطاهای انسانی: مانند غلط خواندن و یا غلط نوشتن اعداد روی شاخص، رفع نکردن کامل پارالاکس موقع قراولروی، عدم کنترل تراز موقع کار و قائم نبودن شاخص در موقع خواندن عدد.

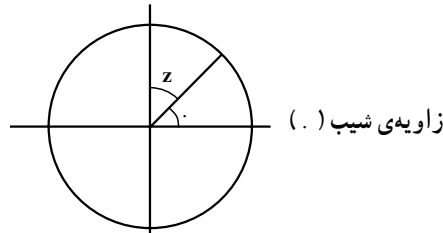
#### ۶-۶ - تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه به کمک دستگاه زاویه یاب

زاویه یاب را قبلاً شناختید فرق اساسی در ساختمان زاویه یاب و تراز یاب آن است که زاویه یاب در





تعبیه شده و معمولاً عدد صفر آن در بالا و روی امتداد قائم قرار دارد. بنابراین زاویه‌ی قائم با این مبنا خوانده می‌شود و به آن زاویه‌ی سمت الرأس یا زینتی می‌گویند. با توجه به این باید وضعیت زاویه‌ی شیب را تعیین کنیم:



شکل ۲۰-۶

چون در حالت افقی دوربین زاویه‌ی  $90^\circ$  (در حالت مستقیم) و زاویه‌ی  $270^\circ$  (در حالت معکوس) را می‌خوانیم. بنابراین تفاوت این مقادیر و زوایای زینتی قرائت شده مقدار زاویه‌ی شیب را به ما می‌دهد.

## فعالیت‌های عملی

### فعالیت عملی ۱

ترازیابی مستقیم به کمک وسایل ساده: دو نقطه‌ی A و B را بر روی یک سطح شیب‌دار انتخاب کرده و شیب‌سنج را در حالت افقی در کنار ژالونی که به‌طور قائم بر روی نقطه‌ی A قرار گرفته است بگذارید؛ سپس با نگاه کردن در داخل لوله‌ی شیب‌سنج، بر روی ژالون قائم در نقطه‌ی B نقطه‌ی هم ارتفاع را علامت بزنید و با اندازه‌گیری فواصل قائم روی ژالون‌ها اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B را پیدا کنید.

### فعالیت عملی ۲

ترازیابی دو نقطه با استفاده از زاویه‌ی شیب: برای دو نقطه‌ی A و B این بار با قرائت زاویه‌ی شیب امتدادِ موربِ AB و اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی بین دو نقطه، اختلاف ارتفاع را پیدا کنید.

### فعالیت عملی ۳

ترازیابی دو نقطه وقتی که ایستگاه یکی از آن نقاط است: پس از مشخص کردن دو نقطه، با ایستگاه گذاری بر روی یکی از آن دو نقطه عمل ترازیابی را به منظور تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه انجام می دهیم.

### فعالیت عملی ۴

ترازیابی دو نقطه وقتی ایستگاه هیچ کدام از نقاط نیست: پس از مشخص کردن دو نقطه، روی نقطه‌ی نامشخصی ایستگاه گذاری نموده و اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی موردنظر را با گذاردن شاخص روی آن‌ها تعیین می کنیم (در این جا راجع به مزایای قرار دادن دستگاه ترازیاب به فاصله‌های تقریباً مساوی از دو حالت میر توضیح داده شود).

### فعالیت عملی ۵

ترازیابی تدریجی: استاد، دو نقطه را که پیدا کردن اختلاف ارتفاع آن‌ها از یک ایستگاه امکان پذیر نباشد انتخاب می کند تا هنرجویان به کمک چند نقطه‌ی کمکی اختلاف ارتفاع آن‌ها را به دست آورند (پس از ثبت اعداد قرائت شده در جدول ترازیابی). ضمناً به منظور کنترل می توان ترازیابی را به صورت رفت و برگشت انجام داد.

### فعالیت عملی ۶

ترازیابی شعاعی: استاد، چند نقطه‌ی پراکنده که از یک ایستگاه قابل ترازیابی باشند انتخاب می کند و هنرجویان پس از مستقر کردن دستگاه ترازیاب، ارتفاع یا اختلاف ارتفاع آن نقاط را به دست می آورند.

### فعالیت عملی ۷

ترازیابی خطی: استاد، امتدادی را روی زمین معین کرده و از هنرجویان می خواهد نقاط تغییر شیب زمین روی آن امتداد را اولاً مشخص کرده، ثانیاً از چند ایستگاه آن‌ها را ترازیابی نمایند (اعداد خوانده شده روی شاخص، در جدول ترازیابی خطی که قبلاً آماده شده درج می شود تا پس از محاسبه، ارتفاع هر نقطه به دست آید).

## فعالیت عملی ۸

ترازیابی کثیرالاضلاعی.

## فعالیت عملی ۹

ترازیابی مختلط.

## فعالیت عملی ۱۰

ترازیابی متقابل: پس از انتخاب دو نقطه که بین آنها نتوان ایستگاه گذاری کرد.

## فعالیت عملی ۱۱

ترازیابی شبکه بندی.

## فعالیت عملی ۱۲

تعیین اختلاف ارتفاع به کمک زاویه یاب: دو نقطه روی زمین انتخاب

کرده، اختلاف ارتفاع آنها را به کمک زاویه یاب و فرمول  $h_1 - z = \Delta H = 100 \cdot L \sin \alpha \cos \alpha$

پس از اندازه گیری  $\alpha$  و  $h_1$  و  $z$  محاسبه کنید.

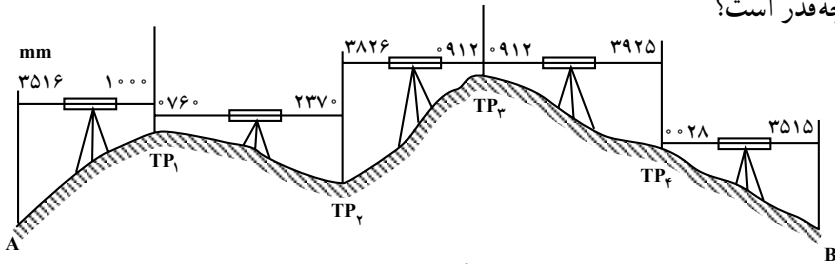
## خودآزمایی

- ۱- در نقشه برداری های محدود منظور از تعیین ارتفاع چیست؟
- ۲- چه رابطه ای بین بالا و پایین بودن نقاط و علامت اختلاف ارتفاع آنها برقرار است؟
- ۳- به منظور تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه ی A و B که بر روی یک سطح شیب دار قرار دارند طول مورب  $AB = 62/37$  و زاویه ی شیب امتداد AB برابر  $12^\circ$  و  $3^\circ$  اندازه گیری شده اند. اختلاف ارتفاع مزبور چه قدر است؟
- ۴- چند روش برای تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه ی نزدیک، به کمک نیوو موجود است؟ تفاوت آنها در چیست؟
- ۵- برای پیدا کردن ارتفاع نقطه ی M بر روی نقطه ی N که ارتفاع آن  $15/120$  متر می باشد ایستگاه گذاری کرده ایم و شاخص را بر روی نقطه ی M قرار داده ایم. عددی که روی شاخص خوانده شده برابر  $2315$  میلی متر می باشد. ارتفاع نقطه ی M چه قدر است؟

۶- به منظور تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B شاخص را ابتدا روی نقطه‌ی A و بعد روی نقطه‌ی B گذارده‌ایم و به ترتیب اعداد  $272^{\circ}$  و  $1514$  را خوانده‌ایم. اختلاف ارتفاع دو نقطه چه قدر است؟

۷- انواع ترازایی مستقیم را نام ببرید و بگویید چه تفاوت‌هایی با هم دارند؟

۸- برای تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B از نقطه‌ی A شروع به ترازایی نموده و تا رسیدن به نقطه‌ی B از نقاط  $TP_1$  تا  $TP_4$  به شکل زیر استفاده کرده‌ایم. اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی مزبور چه قدر است؟



شکل ۲۱-۶

۹- اختلاف ارتفاع را به کمک وسایل ساده چگونه اندازه می‌گیرند؟ طرز عمل را توضیح دهید.

۱۰- مراحل کار استفاده از ترازیب به منظور تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی نزدیک مشخص

روی زمین در دو حالت که ایستگاه یکی از نقاط باشد یا نباشد چه اختلاف‌هایی با هم دارد؟

۱۱- چه موقع به یک عمل ترازایی «خطی» می‌گویند؟

۱۲- برای محاسبه‌ی جدول ترازایی چند روش موجود است؟ نام آنها چیست؟ با یکدیگر چه

تفاوتی دارند؟

۱۳- انواع روش‌های ترازایی شعاعی، شبکه‌بندی، کثیرالاضلاعی و مختلط چه تفاوت‌هایی دارند؟

۱۴- اگر به خاطر رفع خطاها امکان قرار دادن ترازیب در فاصله‌ی مساوی از دو حالت

شاخص وجود نداشته باشد به چه روشی عمل می‌کنند؟ طرز عمل چگونه است؟

۱۵- ترازایی متقابل چه خاصیتی دارد؟

۱۶- روش‌های کنترل در ترازایی را نام ببرید.

۱۷- خطاهای ترازایی چند دسته است؟ از هر دسته دو نمونه نام ببرید.

۱۸- به منظور تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی مطابق شکل ۱۹-۶ از یک زاویه‌یاب استفاده

نموده و کمیت‌های لازم به شرح زیر اندازه‌گیری شده‌اند. اختلاف ارتفاع دو نقطه چه قدر است؟

$$h_1 = 1526 \text{ mm} \text{ و } z = 212^{\circ} \text{ قرائت زاویه‌ی قائم } 36^{\circ}, 88$$

### اندازه‌گیری با دستگاه‌های اپتیک الکترونیکی

در فصل دوم با تراز یاب‌ها و زاویه‌یاب‌های اپتیک الکترونیکی آشنا شدید. به لحاظ استفاده‌ی روزافزون این دستگاه‌ها در امور اجرایی، در این فصل راجع به طرز کار بعضی از نمونه‌ها به‌طور مختصر توضیح داده خواهد شد. ضمناً تهیه و به‌کارگیری این وسایل، اگر صرفاً جهت اندازه‌گیری طول، زاویه و اختلاف ارتفاع باشد مقرون به‌صرفه نیست و استفاده‌ی مناسب و اقتصادی از آن‌ها مستلزم در اختیار داشتن دفترچه‌ی صحرایی (Field book) یا وسیله‌ی جمع‌آوری و ضبط اطلاعات (Data Collector) و چاپگر (Printer) یا پلاتر (Platter)، همچنین فراگیری کار با نرم‌افزارهای آموزشی تخصصی مربوطه می‌باشد که مجموعه‌ی آن‌ها در برنامه‌های آموزشی دوره‌های بالاتر پیش‌بینی شده است.

در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد:

- تفاوت دستگاه‌های اپتیک الکترونیکی با دستگاه‌های اپتیک را ذکر نماید.
- قسمت‌های مختلف یک دستگاه اپتیک الکترونیکی را نام ببرد.
- فرمان‌هایی که به‌وسیله صفحه کلید به دستگاه داده می‌شود را به‌طور خلاصه بیان کند.
- چگونگی استفاده از منشور مخصوص و آشکارساز را توضیح دهد.

### ۱-۷- کار با دستگاه‌های اپتیک

در دستگاه‌های اپتیک الکترونیکی عموماً یک



شکل ۱-۷- صفحه‌ی نمایش و بخشی از صفحه‌ی کلید دستگاه SET2C سوکیا

بخش الکترونیکی ارسال و دریافت نور، به غیر از سیستم پردازش اطلاعات، تعبیه شده است. این سیستم با یک باتری که بر روی سه پایه‌ی دستگاه یا در پایین و یا کنار آن نصب می‌شود تغذیه می‌شود (وقتی باتری در روی سه پایه قرار می‌گیرد با یک کابل به دستگاه متصل می‌گردد). اعمال این دستگاه‌ها با فرمان‌هایی که به‌وسیله‌ی یک صفحه‌ی کلید به آن‌ها داده می‌شود، کنترل می‌گردد.



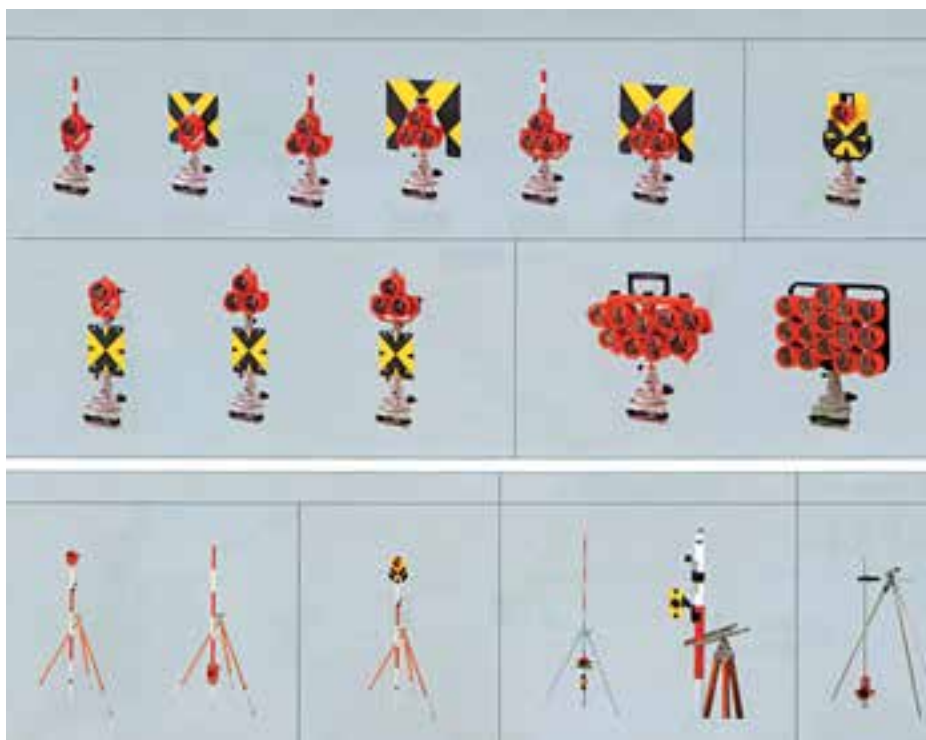
## ۷-۲- فرمان‌های موجود در صفحه کلید (Key board)

- خاموش و روشن شدن دستگاه،
- شروع و خاتمه‌ی اندازه‌گیری،
- نوع و واحد اندازه‌گیری،
- معرفی فاکتورهای لازم و ضبط اطلاعات،
- نوع پردازش و انجام آن،
- اخذ اطلاعات.

شکل ۷-۲- نمونه Field Book

همچنین در این دستگاه‌ها به جای شاخص از منشور (Prism) مخصوص و در مواردی از آشکارساز (Detector) استفاده می‌شود که اولی قادر است نور را بگیرد و برگرداند و دومی به صورت یک هدایت‌کننده عمل می‌کند.

کار با دستگاه‌های اپتیک الکترونیکی بسیار آسان است و کافی است فرمانی با فشار کلید به دستگاه وارد شود تا عمل لازم انجام گیرد.



شکل ۷-۳- نمونه‌های مختلف منشورها و طرز استقرار آنها

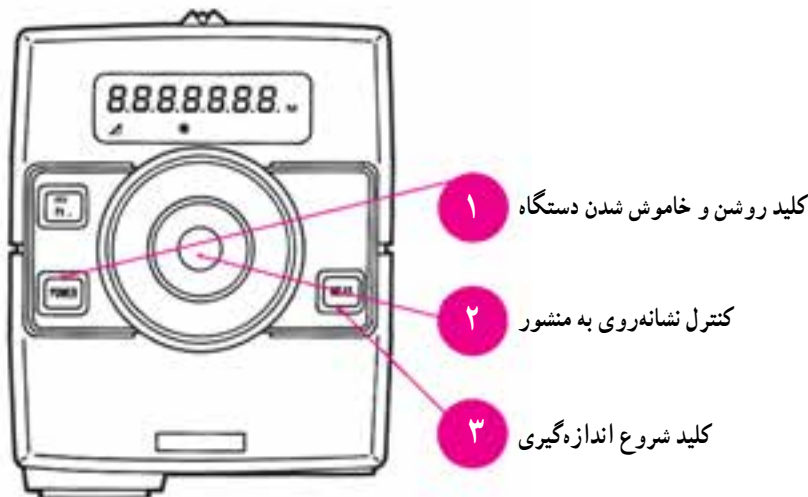
برای فواصل کم تنها از یک منشور استفاده می‌گردد ولی با ازدیاد فاصله تعداد منشورها اضافه می‌شود. منشورها به کمک ژالون مخصوص به همراه تراز و نگه‌دارنده‌ی ژالون و یا بر روی سه پایه‌ی زاویه‌یاب استقرار پیدا می‌کند.

علاوه بر تراز یاب‌ها و زاویه‌یاب‌های اپتیک الکترونیکی مسافت‌سنج‌های الکترونیکی (Electronic Distance Meter) نیز وسیله‌های الکترونیکی دیگری هستند که در این زمینه از اهمیت زیاد برخوردارند.

این وسایل عموماً فقط فاصله را اندازه‌گیری می‌کنند و بیش‌تر بر روی زاویه‌یاب‌ها نصب می‌شوند. نمونه‌ی ساده‌ای از مسافت‌سنج را در شکل ۴-۷ می‌بینید.



شکل ۴-۷- مسافت‌سنج فواصل کوتاه Sokkisha



شکل ۵-۷- دوربین اپتیک- صفحه‌ی نمایش اعداد به صورت دیجیتال و صفحه‌ی کلید مسافت‌سنج REDMini2

### تهیه‌ی پلان مسطحاتی

همان‌طور که در فصل اول اشاره شد یکی از اهداف نقشه‌برداری تهیه‌ی نقشه یا پلان است که در آن موقعیت عوارض یک منطقه از زمین که می‌خواهند پروژه‌های عمرانی را در آن طراحی و اجرا نمایند مشخص می‌شود و معمولاً طراح با نگاه کردن به آن به وضعیت نقاط مختلف زمین در منطقه‌ی موردنظر پی می‌برد و پس از بررسی‌های لازم بر روی آن طرح خود را ارائه می‌نماید. گاهی تنها موقعیت نسبی عوارض در صفحه‌ی افقی موردنیاز است در این صورت به پلانی که تهیه می‌شود پلان مسطحاتی می‌گویند که در آن ارتفاع وجود ندارد. بعد از آشنایی با وسایل و دستگاه‌ها و یادگیری روش‌های اندازه‌گیری عناصر سه‌گانه‌ی طول، زاویه و اختلاف ارتفاع، در این فصل چگونگی استفاده از عناصر فوق برای تهیه‌ی پلان مسطحاتی و طرق تهیه‌ی آن را خواهید آموخت. همچنین طرز تهیه‌ی مساحت قطعه زمین‌ها با استفاده از پلان‌های مسطحاتی را یاد خواهید گرفت.

- در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد :
- عمل برداشت را تعریف کند.
  - چگونگی انتخاب روش برداشت را توضیح دهد.
  - به کمک وسایل ساده از یک منطقه‌ی کوچک پلان مسطحاتی تهیه کند.
  - به کمک انواع گونیا عملیات اخراج عمود و فرود عمود را انجام دهد.
  - با استفاده از زاویه‌یاب از یک منطقه پلان مسطحاتی تهیه کند.
  - دستورالعمل تهیه‌ی پلان یک منطقه با زاویه‌یاب را بیان کند.
  - مساحت یک قطعه زمین به شکل‌های مختلف را تعیین نماید.
  - ضمن نام بردن قسمت‌های مختلف پلانی متر، طرز کار آن را توضیح دهد.
  - فرمول‌های سمون و دوزنقه را به منظور تعیین مساحت نوشته و چگونگی استفاده از آن‌ها را بیان کند.
  - روش تقریبی جبران به منظور تعیین مساحت را توضیح دهد.



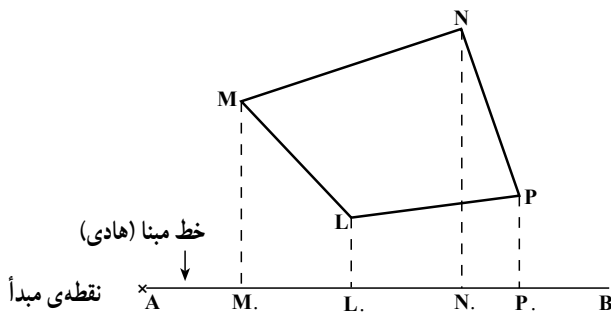
در فصل اول اصطلاح برداشت را تعریف نمودیم، در عمل برداشت کلیه‌ی اندازه‌های خطی و زاویه‌ای که برای رسم نقشه یا پلان لازم هستند اندازه‌گیری می‌شوند. عمل برداشت به شکل‌های مختلف انجام می‌شود. گاهی تنها چند طول اندازه‌گیری می‌گردد و زاویه‌ای اندازه‌گیری نمی‌شود (بیشتر در مورد کارهای کوچک در نقشه‌برداری‌های ساختمانی و نقشه‌برداری‌های داخل شهر و آبادی‌ها و یا تثبیت وضع نقاط نسبت به نقاط مجاور) و گاهی تعداد سنجش‌های خطی و زاویه‌ای مساوی‌اند و بالاخره زمانی سنجش‌های زاویه‌ای بیش از سنجش‌های خطی هستند از این نظر روش‌های بسیار متنوعی مطرح شده‌اند.

### ۸-۱- چگونه روش برداشت انتخاب می‌شود

- عواملی که در انتخاب روش برداشت مؤثرند، به شرح زیراند:
- الف: شکل زمین و موانع و عوارضی که در سطح آن وجود دارند،
- ب: معلومات مشخص نقشه‌بردار،
- ج: مقصودی که برای آن نقشه‌برداری می‌کنند،
- د: نوع اسباب و وسایل موجود.

### ۸-۲- تهیه‌ی پلان مسطحاتی از یک منطقه‌ی کوچک و محدود به کمک و وسایل ساده

در این روش برای هر یک از نقاطی که می‌خواهیم آن‌ها را بر روی نقشه مشخص کنیم دو طول با نوار اندازه‌گیری می‌شود و به کمک آن‌ها پلان رسم می‌گردد. این دو طول یکی فاصله‌ی افقی نقطه تا خطی که به عنوان مبنا یا هادی انتخاب شده و دیگری فاصله‌ی پای عمود تا نقطه‌ی مبدأ است. مثلاً در شکل زیر اگر AB به عنوان خط مبنا و نقطه‌ی A به عنوان مبدأ انتخاب شده باشند باید طول‌های  $PP\cdot$ ،  $NN\cdot$ ،  $N\cdot A$ ،  $LL\cdot$ ،  $L\cdot A$ ،  $M\cdot A$ ،  $MM\cdot$  و  $P\cdot A$  اندازه‌گیری شوند.

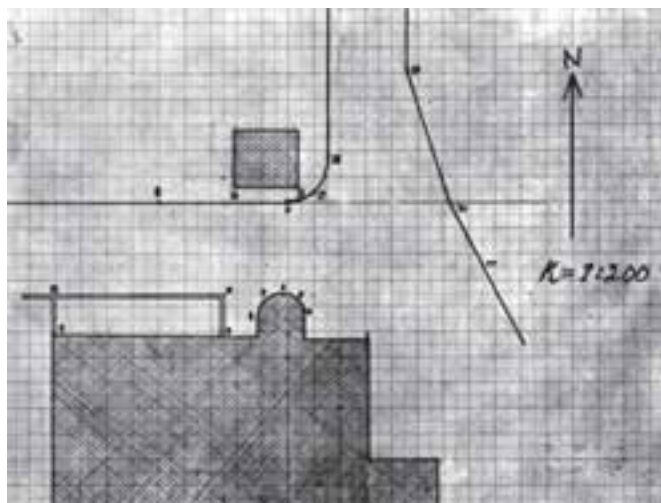


شکل ۸-۱

تبصره‌ی ۱: می‌توان طول‌های روی خط مبنا را X نقاط و طول‌های عمود بر خط مبنا را Y نامید (و این در واقع به آن می‌ماند که خط مبنا را محور X و خط عمود بر آن را، در نقطه‌ی مبدأ محور Y ها فرض کرده باشیم)، در این صورت می‌توان جدولی تنظیم نمود و برای هر نقطه X و Y را اندازه گرفت و در دو ستون جا داد. مثلاً برای شکل قبل جدول زیر تدارک دیده می‌شود:

نقاط	X	Y
M	M.A	MM.
N	N.A	NN.
P	P.A	PP.
L	L.A	LL.

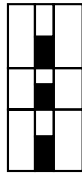
تبصره‌ی ۲: پس از انجام عملیات زمینی لازم است مقیاس انتخاب و X و Y را مشخص کرده و طول‌ها را متناسب با مقیاس انتخاب شده کوچک نماییم تا آماده برای نقل روی کاغذ شوند، چنانچه مستقیماً طول‌های افقی با نوار به دست آمده باشند محاسبات دیگری نداریم (مگر این که بخواهیم بعضی از طول‌ها را که غیرافقی اندازه‌گیری شده‌اند تبدیل به طول افقی نماییم). حال کاغذی مناسب آماده کرده با توجه به کروکی که موقع عملیات زمینی تهیه شده و بر روی آن خط مبنا نیز مشخص است؛ ابتدا خط مبنا را در محلی مناسب روی کاغذ ترسیم می‌کنیم سپس یک یک نقاط را که مختصات آن‌ها معلوم است مشخص کرده و از روی کروکی به هم وصل می‌کنیم و در انتها به کمک آزیموتی که اندازه‌گیری کرده‌ایم جهت شمال پلان را معین می‌نماییم.  
پلان زیر با این روش تهیه شده است.



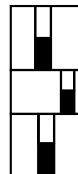
شکل ۲-۸

ضمناً به منظور ایجاد زوایای قائم با وسایل ساده بر روی زمین تحت عنوان «اخراج یا فرود عمود» به توضیح راجع به روش کار می‌پردازیم:

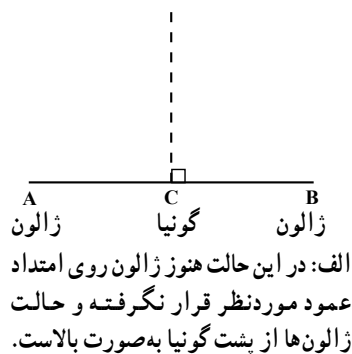
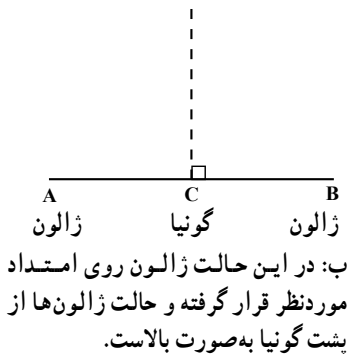
۱-۲-۸- اخراج عمود: در این حالت نقطه روی امتداد است، اگر گونیا‌هایی که در دست‌رس هستند پایه ندارند زیر آن‌ها شاقول اضافه می‌کنیم تا بتوانیم آن‌ها را درست بر روی نقطه قرار دهیم. به‌عنوان مثال در شکل زیر برای اخراج عمود در نقطه‌ی C بر روی امتداد AB گونیا را ثابت در روی نقطه‌ی C قرار می‌دهیم، اگر از گونیا‌ی منشوری استفاده می‌کنیم باید تصویر ژالون‌های چپ و راست واقع در روی امتداد AB در امتداد یکدیگر قرار گیرند، سپس با فرمان دست، ژالون روبه‌رویی را نیز در امتداد تصویرهای دو ژالون قرار می‌دهیم.



ژالون روبه‌رویی



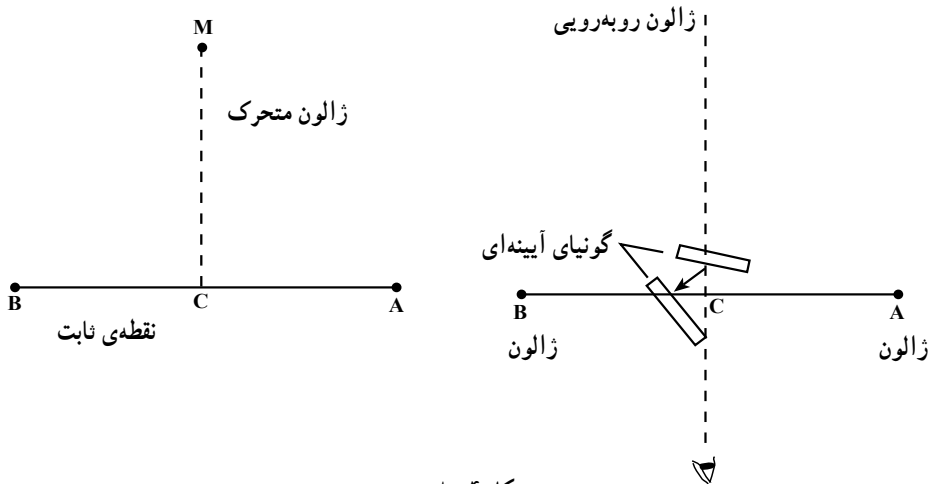
ژالون روبه‌رویی



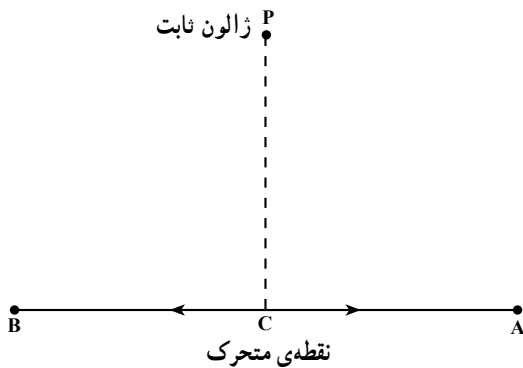
### شکل ۳-۸

در صورتی که از گونیا‌ی آینه‌ای استفاده می‌کنیم با نگاه کردن به داخل یکی از آینه‌های گونیا از لبه‌ی کناری آن تصویر دوباره منعکس شده یکی از ژالون‌های چپ یا راست را مشاهده کرده و با دست فرمان می‌دهیم تا ژالون روبه‌رویی در امتداد این تصویر قرار گیرد، حال می‌توانیم گونیا را چرخانده و این بار با ژالون طرف دیگر (راست یا چپ) همان کار را انجام دهیم، با این دوبار قراولروی فقط یک نقطه برای ژالون روبه‌رویی پیدا می‌شود. در صورتی که برای ژالون روبه‌رویی در نتیجه‌ی ۲ بار قراولروی دو نقطه پیدا شود وسط این دو نقطه را به حساب می‌آوریم. ضمناً در هنگام نشانه روی

برای پیدا کردن نقطه‌ی استقرار ژالون روبه‌روی یک نقطه حدود نقطه‌ی M قرار می‌گیرد و به چپ و راست می‌رود تا محل دقیق نقطه پیدا شود (شکل ۸-۴).



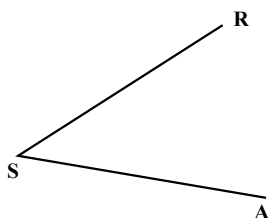
شکل ۸-۴



شکل ۸-۵

فرود عمود: در این حالت نقطه در خارج امتداد قرار دارد. مثلاً اگر از نقطه‌ی P خارج از امتداد AB بخواهیم عمودی بر این امتداد فرود آوریم، ژالون ثابتی در نقطه‌ی P قرار می‌دهیم و گونیا را روی امتداد AB به چپ و راست می‌بریم تا وضعیت ذکر شده در حالت اول ایجاد شود (شکل ۸-۵).

۸-۳- تهیه‌ی پلان مسطحاتی از یک منطقه‌ی کوچک و محدود به کمک زاویه‌یاب در این روش، موقعیت هر منطقه‌ی روی زمین به وسیله‌ی یک زاویه و یک طول مشخص



شکل ۸-۶

می‌گردد. مثلاً اگر نقطه‌ی A را در نظر بگیریم و در نزدیکی آن روی نقطه‌ی S ایستگاه‌گذاری کنیم کافی است زاویه‌ی امتداد SA را با یک امتداد مشخص (مثلاً SR) اندازه‌گیری کرده، سپس طول SA را به دست آوریم.

با این روش می توان برای تهیه ی پلان یک منطقه با زاویه یاب دستورالعمل زیر را به کار برد:  
الف: منطقه ی موردنظر را شناسایی کرده و یک کروکی از موقعیت نقاط و عوارض آن تهیه می کنیم.

ب: در منطقه نقطه ای را به عنوان ایستگاه و یک امتداد گذرنده از ایستگاه را به عنوان امتداد مبنا در نظر می گیریم و آن را بر روی کروکی و زمین مشخص می سازیم (معمولاً نقطه ی ایستگاه جایی انتخاب می شود که از آن جا نسبت به عوارض زمین دید کامل برقرار باشد. امتداد مبنا را نیز معمولاً چپ خودمان انتخاب می کنیم تا عمل زاویه خوانی ساده تر گردد).

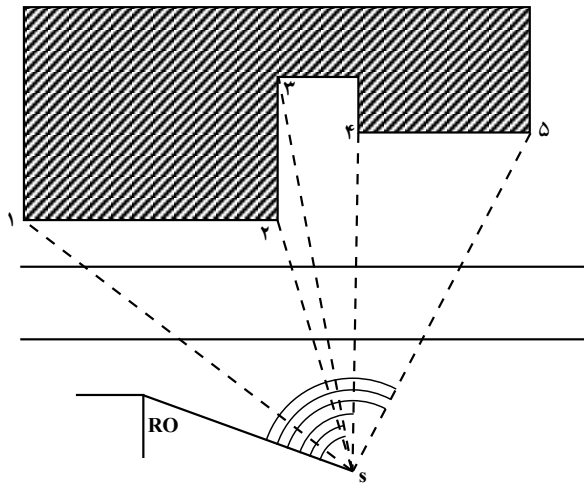
ج: پس از ایستگاه گذاری بر روی نقطه ی ایستگاه و ضمن صفر – صفر کردن دستگاه روی امتداد مبنا، شاخص را بر روی هر یک از نقاط که می خواهیم روی نقشه بیاید، قرار داده برای آن ها عمل تاکنومتری را انجام می دهیم.

د: نقاطی را که انتخاب می کنیم و بر روی آن ها شاخص می گذاریم اسم گذاری کرده ضمن مشخص کردن آن ها روی کروکی در فرم های تاکنومتری همراه اعداد برداشت شده، نوشته می شوند.  
ه: پس از محاسبه ی فواصل افقی و اختلاف ارتفاعات، یک یک نقاط را روی کاغذ مشخص کرده از روی کروکی و با توجه به توضیحات به هم وصل می کنیم. ضمناً ارتفاع تعیین شده ی هر نقطه را در کنارش می نویسیم.

یادآوری ۱: معمولاً در فرم های عمل تاکنومتری نوع دستگاه تئودولیت و شماره ی آن را می نویسند. زیرا دقت کار، فرم تقسیمات لمب قائم و واحد تقسیمات (گراد یا درجه) برای دستگاه های مختلف متفاوت است. مثلاً در دوربین تئودولیت  $T_{16}$  ویلد صفر تقسیمات لمب در بالا است و در حالت مستقیم (دایره به چپ) زاویه ی  $90^\circ$  (یا  $100^\circ$  گراد) و در حالت معکوس زاویه ی  $270^\circ$  (یا  $300^\circ$  گراد) بر روی امتداد افق قرائت می شود، در صورتی که در دوربین تئودولیت  $T_5$  روسی بر روی همین امتداد به ترتیب زاویه ی  $0^\circ$  و  $180^\circ$  (یا  $0^\circ$  و  $200^\circ$  گراد) قرائت می شود که دانستن آن برای محاسبه ی زاویه ی شیب یک سطح لازم است که با مراجعه به برگ قرائت های تاکنومتری مطلب روشن می شود.

یادآوری ۲: برای محاسبه ی اختلاف ارتفاع و فاصله ی افقی در تاکنومتری، علاوه بر این که از فرمول های گفته شده می توان استفاده کرد، جداولی نیز موجود است که در آن ها برای فاصله ی صد متر در امتداد شیب زمین، بر حسب زاویه ی شیب، مقدار اختلاف ارتفاع و فاصله ی افقی داده شده، استفاده از این جداول، ما را از محاسبات تاکنومتری بی نیاز می کند (این جداول در پایان کتاب ضمیمه شده است).

یادآوری ۳: برای تعیین جهت شمال پلان، آزیموت امتداد مبنا را با قطب نما به دست می آوریم. مثال: برای تهیه نقشه در منطقه ای که در شکل ۷-۸ آن را می بینید، نقطه ی S را به عنوان ایستگاه انتخاب کرده پس از ایستگاه گذاری، بر روی نقطه ی RO صفر - صفر کرده ایم، سپس برای نقاط نشان داده شده در شکل، تارهای استادیتری (تار وسط به خاطر کنترل تارها خوانده می شود) و زاویه های افقی و قائم را خوانده ایم که جدول زیر به دست آمده و در آن فواصل افقی و اختلاف ارتفاع ها محاسبه شده است.



شکل ۷-۸

نوع زاویه یاب:		برگ برداشت عوارض و محاسبات			ایستگاه:		
عامل:		تاریخ:			ارتفاع دستگاه: ۱۵۰۰		
نقاط	تارهای استادیتری			زاویه ی افقی	زاویه ی قائم	فاصله ی افقی	اختلاف ارتفاع
	پایین	وسط	بالا				
۱	۱۳۷۰	۱۵۰۰	۱۶۳۰	۲۷ و ۴۴	۸۶ و ۴۰	۲۵/۹۰	
۲	۱۴۳۵	۱۵۰۰	۱۵۶۵	۶۷ و ۱۳	۹۸ و ۳۱	۱۲/۷۱	
۳	۱۳۴۵	۱۵۰۰	۱۶۵۵	۷۰ و ۴۸	۹۳ و ۱۸	۳۰/۸۸	
۴	۱۴۸۵	۱۶۰۰	۱۷۱۵	۷۹ و ۲۸	۹۰ و ۰۰	۲۳/۰۰	
۵	۱۴۶۰	۱۶۰۰	۱۷۴۰	۱۲۷ و ۰۶	۹۰ و ۰۰	۲۸/۰۰	

تبصره ی ۱: برای تعیین جهت شمال در پلان به طریقی که قبلاً گفته شده عمل می کنیم.

تبصره ۲: برای مشخص ساختن قسمت‌های پشت ساختمان در شکل ۷-۸ فاصله‌ی نقاطی را که از ایستگاه S دیده نمی‌شوند تا نقاطی که دید دارند مترکشی کرده و روی کروکی می‌نویسیم تا در موقع ترسیم از آن‌ها استفاده کنیم.

تبصره ۳: پس از محاسبات بایستی اعداد به دست آمده کنترل شوند. بعد از عملیات زمینی و محاسبات نوبت به ترسیم می‌رسد.

برای ترسیم پلان، با توجه به کروکی، جای مناسبی برای امتداد مبنا در نظر گرفته و به کمک آن با توجه به مقیاس و زوایای افقی جای هر نقطه را روی کاغذ پیدا می‌کنیم و از روی کروکی به هم وصل می‌نماییم.

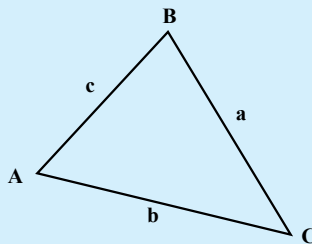
تبصره ۴: برای تهیه‌ی پلان‌های کم دقت مسطحاتی در زمین‌های با شیب کم، از ترازبای‌هایی که قادر به اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی هستند نیز می‌توان استفاده کرد.

## مطالعه آزاد

### محاسبه مساحت مثلث (روش بوزجانی)

به دلیل نیاز بشر برای حل اختلاف مالکیت‌ها و تعیین حد و مرز زمین‌های حاصل خیز کشاورزی و آبرفتی مخصوصاً بعد از سیلاب‌ها و تقسیم عادلانه آن علم مساحی و اندازه‌گیری ابعاد و مساحت زمین بسیار مورد توجه دانشمندان بوده است. تبصره: می‌دانیم که در نزد یونانیان علم مثلثات به معنی خاص وجود نداشته است بدین معنی که دانشمندان یونانی از روش حل مسائل از طریق حل مثلث‌ها بی‌خبر بوده‌اند. بطلمیوس با و ترها کار می‌کرد.

برای محاسبه مساحت در حالتی که سه ضلع آن معلوم است بوزجانی دانشمند مسلمان ایرانی در قرن چهارم هـ. ق فرمول آن را به شکل زیر بیان کرده است.



$$S = \sqrt{\frac{1}{4} \left[ (c+b)^2 a^2 - c^2 b^2 \right]}$$

#### ۴-۸- کاربرد پلان مسطحاتی - تعیین مساحت قطعه زمین‌ها

در طراحی پروژه‌های عمرانی گاه لازم می‌شود مساحت قطعاتی از زمین تعیین شود بدین منظور اگر قطعه زمین شکل منظم هندسی داشته باشد (مانند مستطیل، مثلث، دایره، چندضلعی منتظم، دوزنقه و غیره) به طوری که برای تعیین مساحت آن‌ها فرمولی ویژه موجود است، از فرمول استفاده و مساحت قطعه زمین را محاسبه می‌کنیم.

مثال: اضلاع قطعه زمینی به شکل مثلث را به کمک نوار بلندی و به طور افقی اندازه‌گیری کرده‌ایم و اعداد زیر به دست آمده است. مساحت این قطعه زمین چند متر مربع است؟

متر ۵۶ . AC و متر ۶۰ . BC و متر ۵۰ . AB

چون سه ضلع مثلث اندازه‌گیری شده از رابطه هرول  $S = \sqrt{P(p-a)(p-b)(p-c)}$  که در

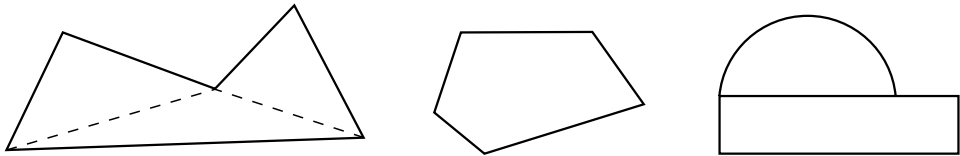
آن  $P = \frac{a+b+c}{2}$  است، پس مساحت را به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{۵۰ + ۵۶ + ۶۰}{۲} = \frac{۱۶۶}{۲} = ۸۳ \text{ متر}$$

$$* S = \sqrt{۸۳(۸۳ - ۶۰)(۸۳ - ۵۶)(۸۳ - ۵۰)} = ۱۳۰۴ \text{ متر مربع}$$

لیکن در بسیاری از موارد زمین شکل منظم هندسی ندارد و لذا فرمول مشخصی هم برای محاسبه‌ی مساحت آن وجود ندارد. در این صورت اگر محیط زمین از خطوط راست یا منحنی تشکیل شده باشد از روش‌های مختلف استفاده می‌کنیم.

الف: زمین را به شکل‌هایی تقسیم می‌کنیم که فرمول برای تعیین مساحت آن‌ها وجود دارد مانند شکل‌های زیر:



شکل ۸-۸

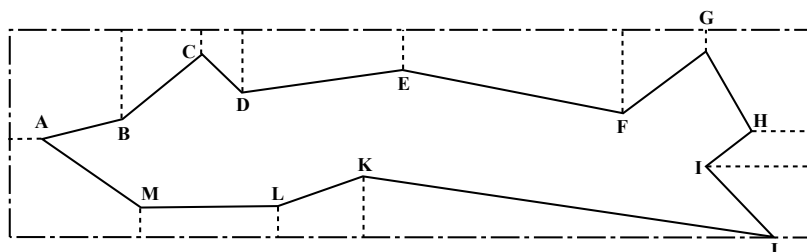
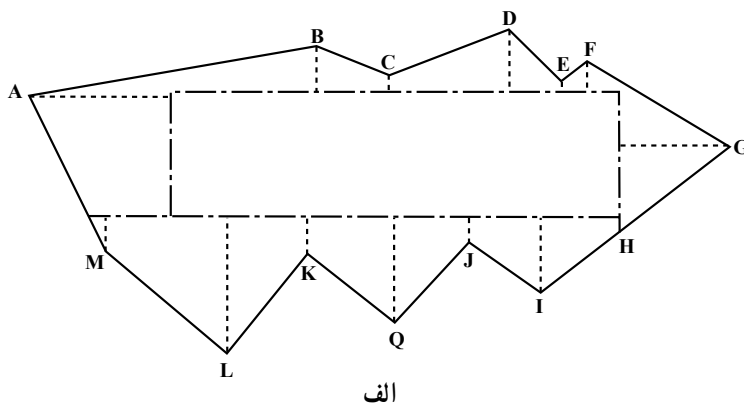
a. ۵۶, b. ۵۰, c. ۶۰

\* محاسبه مساحت مثلث (به روش بوزجانی)

$$S = \sqrt{\frac{۶۰ \cdot ۵۰ \cdot ۲}{۲} \cdot \frac{۵۶ \cdot ۲}{۲} \cdot \frac{۵۶ \cdot ۲}{۲} \cdot \frac{۶۰ \cdot ۵۰ \cdot ۲}{۲}} = ۱۳۰۴$$

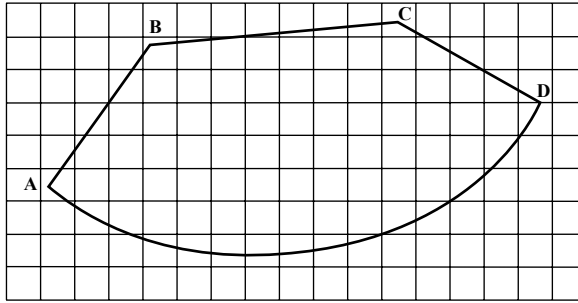


ب: در زمین‌های وسیعی که محیط آن‌ها نامنظم است برای ساده کردن عملیات روی زمین و برای این که طول‌های وارده بر خط هادی (مبنا) کوتاه‌تر باشند به جای یک خط مبنا چند خط مبنا به صورت یک چندضلعی با طول‌ها و اجزای معلوم اختیار کرده و بعد، از رئوس زمین خطوطی بر اضلاع چندضلعی عمود می‌نماییم و طول‌های لازم را جهت ترسیم اندازه می‌گیریم. اگر بتوان چندضلعی را در داخل زمین انتخاب کرد در این صورت چندضلعی را محیط بر زمین در نظر می‌گیرند.



شکل ۹-۸- در شکل الف خطوط مبنا در داخل و در شکل ب خطوط مبنا در خارج زمین تشکیل یک مستطیل داده‌اند.

ج: روش سوم که کلی است و در موقعی که محیط زمین تنها در خطوط راست تشکیل نشده نیز قابل استفاده است (و مربوط به بحث این فصل است) تهیه‌ی پلان مسطحاتی در قطعه زمینی است که پس از آن مساحت قطعه زمین با استفاده از کاغذ میلی‌متری یا پلانی‌متر (Planimetre) قابل محاسبه است.



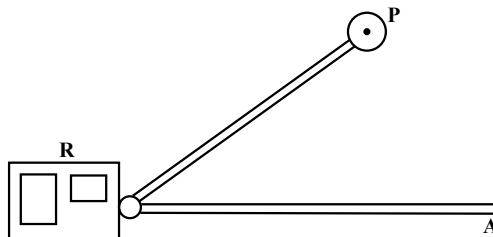
شکل ۸-۱۰

به عنوان مثال شکل ۸-۱۰ پلان مسطحاتی یک قطعه زمینی است که با مقیاس  $\frac{1}{400}$  بر روی کاغذ میلی متری رسم شده است. با توجه به این که هر سانتی متر در روی کاغذ معادل  $20 \times 20$  متر (۲ متر) روی زمین است یا به عبارت دیگر هر سانتی متر مربع در روی کاغذ میلی متری معادل  $4 \times 4$  متر مربع در روی زمین می باشد. شروع به شمارش مربع های کامل و سپس مربع های ناقص می کنیم سپس مربع های ناقص را تبدیل به مربع های کامل می نمایم. بدین نحو که هر دو یا سه مربع ناقص را که روی هم تقریباً به اندازه ی یک سانتی متر مربع می شوند یک مربع کامل به حساب می آوریم و بعد از شمارش، تعداد کل مربع ها را در چهار متر مربع ضرب می کنیم، مساحت قطعه زمین به دست می آید. دستگاه پلانی متر ساده از قسمت های زیر تشکیل گردیده است :

– قطب یا نقطه ی ثابت (P)

– نقطه ی ردیاب (A)

– غلتک اندازه گیر (R)

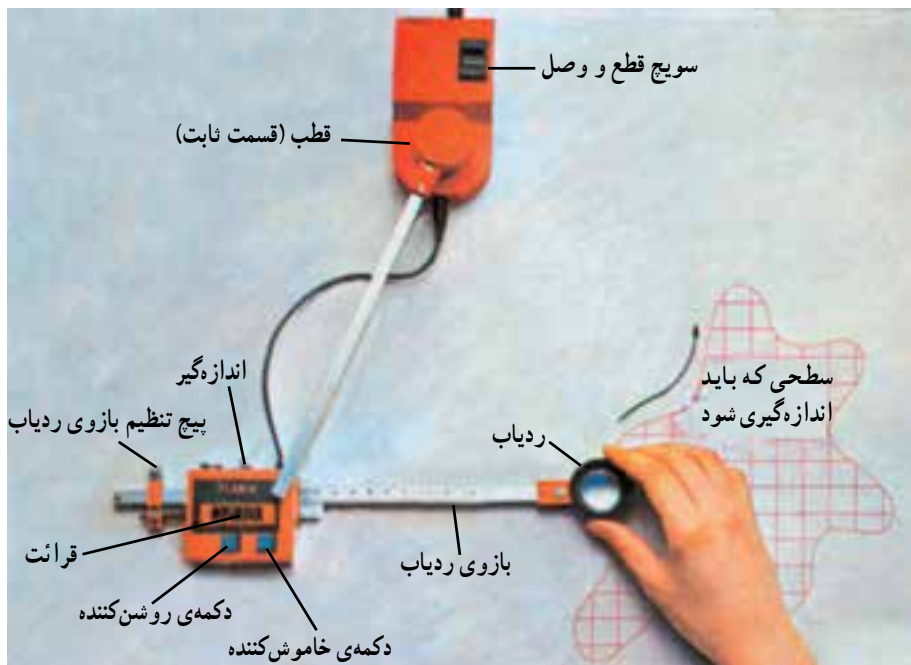


شکل ۸-۱۱

موقع استفاده، نقطه‌ی P ثابت می ماند و نقطه‌ی ردیاب (A) را دور شکل که بر روی کاغذ با مقیاس معینی رسم شده و می خواهیم مساحت آن را تعیین کنیم، حرکت می دهیم. این کار باید از نقطه‌ای روی محیط شروع و به همان نقطه ختم گردد. در حین این کار غلتک اندازه گیری می چرخد و چرخش آن به کنتوری که در روی غلتک قرار دارد منتقل می شود. عددی که در روی کنتور می خوانیم متناسب با سطح مورد نظر است و آن را در ضریب ثابت دستگاه ضرب می کنیم تا سطح مورد نظر به دست آید. ضریب ثابت  $S. (b. a)x$ .

در نوع جدید پلانی مترها به جای غلتک اندازه گیر یک بخش الکترونیکی در دستگاه کار گذاشته شده و مساحت به صورت دیجیتالی بر روی صفحه‌ی نمایش قابل قرائت است. شکل این نمونه را در این جا می بینید.

پلانی متر دو نوع است: ۱- دیجیتالی، ۲- مکانیکی

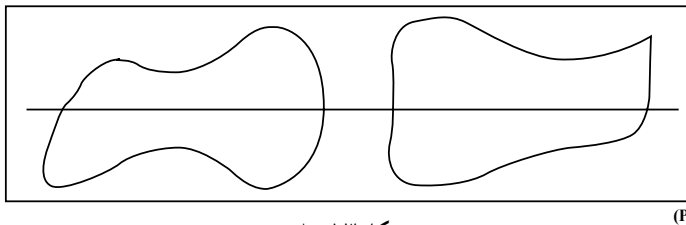


شکل ۱۲-۸

## ۵-۸- روش‌های ساده‌ی دیگر برای تعیین مساحت قطعه زمین‌ها

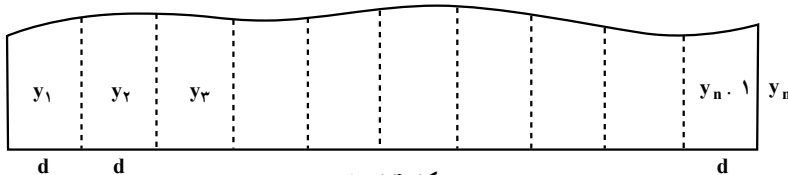
در مواقعی که محیط زمین به شکل منحنی است علاوه بر روش‌هایی که ذکر شد؛ از چند فرمول نیز می توان استفاده نمود که در این جا راجع به آن‌ها توضیح می دهیم. قبلاً توجه داشته باشید که برای استفاده از این فرمول‌ها لازم است خط مبنایی در یک سمت

زمین در نظر بگیریم. البته اگر تمام محیط زمین به شکل منحنی باشد با یک خط مستقیم آن را تبدیل به دو قطعه می‌کنیم مانند اشکال زیر:



شکل ۸-۱۳

فرمول سمپسون (Simpson): برای استفاده از این فرمول در موقع برداشت باید ابتدا بر روی خط مبنا یک عده تقسیمات مساوی زوج (مثلاً به اندازه  $d$ ) جدا کرده (مطابق شکل)، سپس طول عمودهای  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$  را اندازه‌گیری کرد (نفرده).



شکل ۸-۱۴

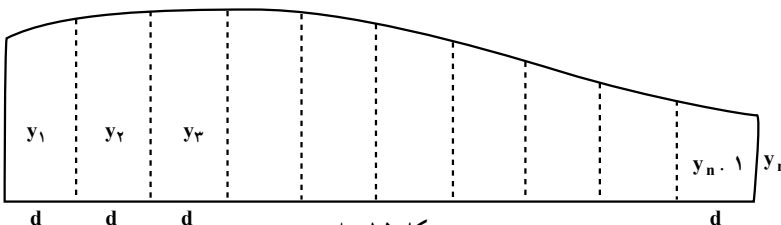
این فرمول به شکل کلی زیر است:

$$S = \frac{d}{3} (y_1 + 2 \cdot y_2 + 4 \cdot y_3 + \dots + y_n)$$

که در آن  $y_i$  مجموع طول عمودهای فرد غیر از  $y_1$  و  $y_n$  و  $y_p$  مجموع طول عمودهای زوج و  $d$  فاصله‌ی عمودها می‌باشد.

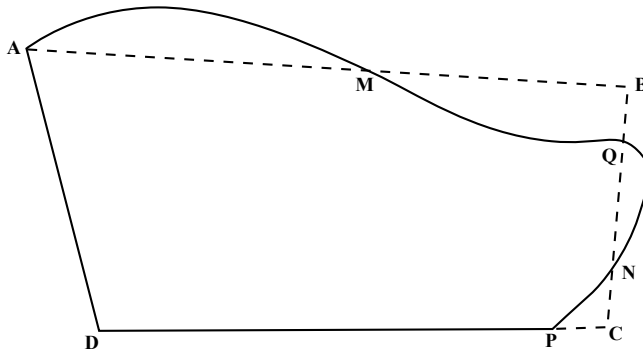
فرمول دوزنقه: وقتی دقت زیادی مورد نظر نباشد چون با جدا کردن قسمت‌های مساوی روی خط مبنا شکل تبدیل به یک عده شکل‌های تقریباً دوزنقه می‌شود که می‌توان مساحت هر یک را از روی دستور مربوط به مساحت دوزنقه حساب کرد. فرمول زیر نتیجه گرفته می‌شود.

$$S = d \left( \frac{y_1 + y_n}{2} + y_2 + y_3 + \dots + y_{n-1} \right)$$



شکل ۸-۱۵

روش تقریبی جبران: گاهی به جای خط منحنی محیط شکل، می توان خطوط مستقیمی را قرار داد به طوری که سطوح کسر شده تقریباً معادل سطوح اضافه شده باشند. مثلاً در شکل زیر چهارضلعی ABCD با اضلاع مستقیم مساحتی معادل مساحت شکل AMQNPD دارد. بنابراین با تعیین مساحت چهارضلعی ABCD مساحت شکل AMQNPD به دست می آید.



شکل ۱۶-۸  
فعالیت های عملی

### فعالیت عملی ۱

اخراج عمود به کمک گونیا: استاد امتداد مستقیمی روی زمین مشخص و نقطه ای بر این امتداد انتخاب می نماید و از هنرجویان می خواهد به وسیله ی انواع گونیا در این نقطه عمود نمودن بر امتداد را تمرین کنند.

### فعالیت عملی ۲

فرود عمود به کمک گونیا: با انتخاب نقطه یا نقاطی خارج از امتداد مشخص شده روی یک زمین، هنرجویان موقعیت های عمود بر امتداد فوق را، از نقاط انتخاب شده، تعیین می کنند.

### فعالیت عملی ۳

اندازه گیری آزیموت حداقل یک امتداد با قطب نما: پس از انتخاب یک امتداد روی زمین با قرار دادن یک ژالون به طور قائم همچنین ایستگاه گذاری با یک قطب نما بر روی آن، آزیموت امتداد تعیین می گردد.

## فعالیت عملی ۴

تهیه‌ی پلان مسطحاتی با وسایل ساده: استاد منطقه‌ای محدود در محوطه‌ی هنرستان برای هر گروه از هنرجویان انتخاب می‌کند تا آن‌ها پس از رسم کروکی و انتخاب خط مبنا و نقطه‌ی مبدأ بر روی آن و اندازه‌گیری‌های لازم و تنظیم جدول مربوطه، پلان مسطحاتی مربوط را تهیه نمایند. با توجه به اهمیت کار رعایت نکات زیر هنگام عمل ضروری است:

الف: قبل از عمل حتماً یک کروکی از محوطه تهیه شود.

ب: به وسیله‌ی چند ژالون خط مبنا مشخص شود. با این کار علاوه بر این که وضعیت خط مبنا در محوطه قابل دید است هنگام اندازه‌گیری طول‌ها روی خط مبنا و همین‌طور فرود عمود بر خط مبنا، احتیاج به ژالون‌گذاری مجدد نیست.

ج: در اطراف عوارضی که می‌خواهیم آن‌ها را روی پلان مشخص کنیم هر چند نقطه که برای رسم دقیق آنها لازم است در نظر می‌گیریم. مثلاً برای یک امتداد مستقیم دو نقطه کافی است، یا برای یک ساختمان که چهار گوشه است، چهار نقطه و برای یک قوس کوچک سه نقطه مناسب است (چنانچه نقاطی از روی خط مبنا دیده نشوند فاصله‌ی آن‌ها تا دیگر نقاطی که از روی خط مبنا دیده می‌شوند مترکشی شده و بر روی کروکی نوشته می‌شود).

د: برای اندازه‌گیری آزمون می‌توان یکی از ژالون‌های روی خط مبنا را برداشته و به جای آن قطب‌نما را گذارده و با قرار دادن امتداد قراولروی روی امتداد ژالون دیگر، روی خط مبنا، آزمون مورد نظر را به‌دست آورد.

## فعالیت عملی ۵

تهیه‌ی پلان مسطحاتی به کمک زاویه‌یاب: استاد منطقه‌ای در محوطه‌ی هنرستان برای هر گروه از هنرجویان انتخاب می‌کند تا آن‌ها پس از رسم کروکی و انتخاب ایستگاه جدول مربوطه را تنظیم نموده و پس از انجام محاسبات، پلان مسطحاتی منطقه را ترسیم نمایند (با توجه به نکات الف، ج و د فعالیت عملی ۴).

## فعالیت عملی ۶

انتخاب زمینی به شکل منظم هندسی و تعیین مساحت آن با کمک فرمول:

زمینی به شکل منظم هندسی انتخاب کرده سپس مبادرت به اندازه‌گیری طول‌های لازم می‌نمایند. در یک مرحله می‌توان تنها یک مثلث در نظر گرفت و سپس شکلی دیگر که برای تعیین مساحت آن فرمول موجود است. در مورد مثلث به دلیل کثرت استفاده از آن تمرین بیش‌تر و تعیین مساحت، با استفاده از هر سه فرمول ذکر شده در متن کتاب، توصیه می‌شود.

## فعالیت عملی ۷

انتخاب زمینی به شکل غیر منظم هندسی و تعیین مساحت از روش تجزیه به مثلث‌ها: در این حالت اندازه‌گیری اضلاع شکل و اقطار گذشته از یک رأس کافی هستند، لیکن به منظور کنترل می‌توان اقطاری اضافی را هم اندازه‌گیری کرد.

## فعالیت عملی ۸

انتخاب زمینی به شکل غیر منظم هندسی و تعیین مساحت از روش اُفست: در این حالت به جای اندازه‌گیری طول‌ها (روش قبل) با انتخاب خط مبنا از رؤس عمودهایی بر آن وارد می‌آوریم و پس از تنظیم و تکمیل جدول مربوطه در کلاس مساحت کل قطعه زمین به دست می‌آید.

## فعالیت عملی ۹

انتخاب زمینی که تمام یا قسمتی از محیط آن به شکل منحنی است و تعیین مساحت آن پس از ترسیم با مقیاس معین روی کاغذ: هنرجویان پس از انتخاب برداشت قطعه زمینی که تمام یا قسمتی از محیط آن به شکل منحنی است، برای هفته‌ی بعد، با مقیاس معینی بر روی کاغذ میلی‌متری آن را رسم می‌کنند و به دو طریق زیر مساحت آن را تعیین می‌کنند:

الف: با شمردن تعداد خانه‌های یک سانتی‌متر مربع (یا در مواردی که کار دقیق‌تر موردنظر است با شمردن خانه‌های یک میلی‌متر مربع).

ب: با استفاده از دستگاه پلانی‌متر.

## فعالیت عملی ۱۰

تعیین مساحت به کمک فرمول سمپسون و استفاده از روش تقریبی جبران:

هنرجویان مساحت قطعه زمینی را که تمام یا قسمتی از محیط آن به شکل منحنی است بار دیگر پس از جدا کردن یک عده تقسیمات زوج مساوی بر روی خط مبنا و اندازه گیری عرض ها و بدون رسم دقیق، و با استفاده از فرمول سمپسون، به دست می آورند.

همچنین استاد برای هر گروه از هنرجویان قسمتی از قطعه زمین انتخاب شده را مشخص می نماید تا آن ها پس از جایگزین کردن خطوط مستقیم به جای خطوط منحنی مساحت آن قسمت را تعیین کنند.

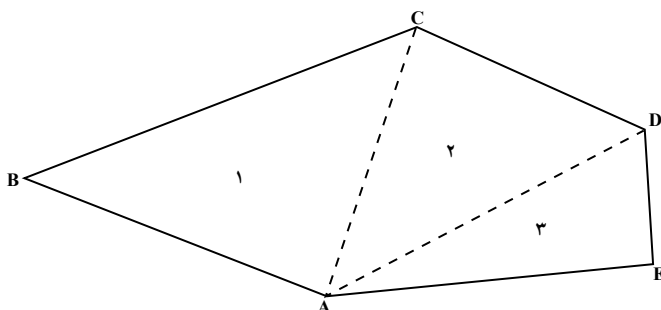
تبصره: اگر زمینی به شکل مورد نظر در فعالیت های عملی ۶ تا ۱۰ وجود نداشته باشد با میخ کوبی می شود آن را ایجاد کرد.

## خود آزمایی

- ۱- ضمن تعریف اصطلاح برداشت عوامل مؤثر در انتخاب روش برداشت را ذکر نمایید.
- ۲- به منظور اخراج عمود از نقطه ی C واقع بر روی امتداد AB با استفاده از گونیا طرز عمل چگونه است؟ توضیح دهید.
- ۳- به منظور فرود عمود از نقطه ی P خارج از امتداد AB بر امتداد AB با استفاده از گونیا طرز عمل چگونه است؟ توضیح دهید.
- ۴- به کمک وسایل ساده از یک منطقه ی کوچک و محدود چگونه پلان مسطحاتی تهیه می شود؟ مراحل کار را توضیح دهید.
- ۵- برای تهیه ی پلان به کمک زاویه یاب، موقعیت هر نقطه ی روی زمین به وسیله ی چه کمیت هایی مشخص می گردد؟
- ۶- دستور العمل تهیه ی پلان به کمک زاویه یاب را به طور خلاصه، بیان کنید.
- ۷- چگونه زاویه ی شیب یک امتداد مورب پس از قرائت صفحه ی مدرج قائم زاویه یاب تعیین می گردد؟ توضیح دهید.
- ۸- برای تعیین جهت شمال پلان چه باید کرد؟ توضیح دهید.
- ۹- اگر در موقع تهیه ی پلان به کمک زاویه یاب بعضی از نقاط مربوط به عوارض دیده نشود چه باید کرد؟
- ۱۰- اضلاع قطعه زمینی به شکل مثلث را به کمک نوار فلزی و به طور افقی اندازه گیری کرده ایم، اعداد زیر به دست آمده است. مساحت این نقطه زمین چند متر مربع است؟  
 متر ۵۶ . AC و متر ۶۰ . BC و متر ۵۰ . AB



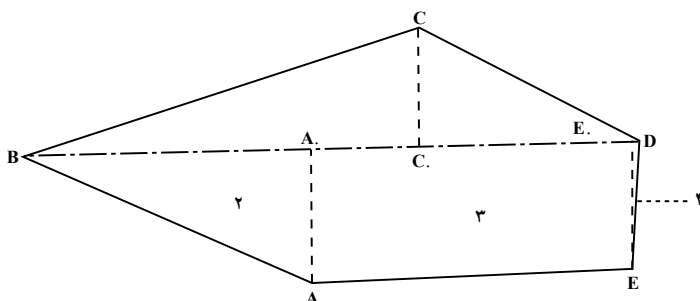
۱۱- برای محاسبه‌ی مساحت قطعه زمینی مطابق شکل زیر اضلاع محیط و دو قطر اندازه‌گیری شده‌اند که مقادیر آن‌ها داده شده است. مساحت این قطعه زمین چند متر مربع است؟



- AB. ۹/۸۳ متر
- BC. ۱۲/۹۴ متر
- CD. ۷/۸۵ متر
- DE. ۴/۰۵ متر
- AE. ۱۰/۱۵ متر
- AC. ۸/۶۵ متر
- AD. ۱۱/۵۵ متر

شکل ۱۷-۸

۱۲- اگر شکل فوق را مانند شکل زیر تقسیم بندی کنیم با توجه به اندازه‌های داده شده مجدداً مساحت شکل زیر را حساب کرده و نتیجه را با نتیجه‌ای که از خودآزمایی ۱۱ به دست آوردید مقایسه کنید.



- AA. . ۴/۳۵
- A.B. ۸/۹۰
- CC. . ۳/۴۶
- EE. . ۴/۰۳
- E.B. ۱۹/۰۱
- A.E. . ۱۰/۱۱
- BD. ۱۹/۵
- E.D. . ۰/۴۹

شکل ۱۸-۸

۱۳- فرمول دوزنقه را با استفاده از شکل ۸-۱۵ ثابت کنید.

۱۴- به‌طورکلی قطعه زمین‌هایی را که می‌خواهیم مساحت آن‌ها را تعیین نماییم به چند دسته می‌توان تقسیم کرد؟ آن‌ها را نام ببرید.

۱۵- برای تعیین مساحت قطعه زمین‌هایی که شکل منظم هندسی ندارند از چه روش‌هایی می‌توان استفاده کرد؟ این روش‌ها را مختصراً توضیح دهید.

۱۶- از کاغذ میلی‌متری چگونه برای تعیین مساحت یک قطعه زمین استفاده می‌شود؟

۱۷- پلانی متر از چند قسمت تشکیل شده است؟ آن‌ها را نام ببرید و بگویید برای تعیین

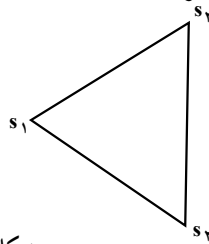
مساحت چگونه از پلانی متر استفاده می‌شود.

۱۸- برای تعیین مساحت قطعه زمینی به شکل مثلث  $S_1S_2S_3$  زوایای  $S_1$  و  $S_2$  و طول  $S_1S_2$  اندازه‌گیری شده و اعداد زیر به دست آمده است. مساحت این قطعه زمین چه قدر است؟

$$S_1 = 57^\circ$$

$$S_2 = 65^\circ$$

$$LS_1S_2 = 150\text{m}$$

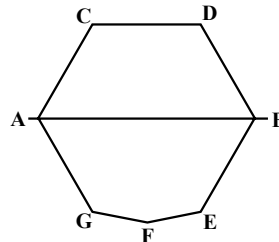


شکل ۱۹-۸

۱۹- برای تعیین مساحت قطعه زمینی به شکل چند ضلعی، مطابق کروکی شکل ۲۰-۸، AB، به عنوان خط مبنا و نقطه‌ی A به عنوان مبدأ انتخاب و مقادیر x و y، نقاط رأس چند ضلعی، اندازه‌گیری و در جدول داده شده است:

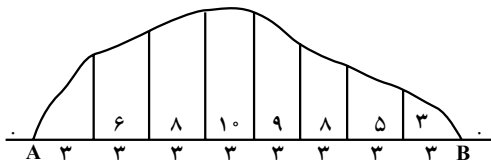
اولاً: این چند ضلعی را دقیقاً رسم کنید (با مقیاس  $\frac{1}{500}$ )  
ثانیاً: مساحت آن را تعیین نمایید.

p	x	y
A	00	00
B	41	00
C	10	18
D	28	18
E	37	16
F	18	17
G	4	10



شکل ۲۰-۸

۲۰- برای تعیین مساحت قطعه زمینی مطابق شکل ۲۱-۸ . . . را به عنوان امتداد مبنا در نظر گرفته و AB را به هشت قسمت مساوی تقسیم کرده‌ایم که هر قسمت ۳ متر شده است و طول‌های اندازه‌گیری شده بر روی شکل مشخص گردیده است. مساحت این قطعه زمین برحسب متر مربع چه قدر است؟



شکل ۲۱-۸

## مطالعه آزاد

### زندگینامه

ابوالوفا محمد بن یحیی بن اسماعیل بوزجانی از بزرگترین ریاضیدانان و منجمان دوره اسلامی است که در سال ۳۲۸ هـ. ق در شهر بوزجان (نام قدیم تربت جام) تولد یافت. در سن بیست سالگی به عراق مهاجرت کرد و تا آخر عمر در بغداد می‌زیست و با بیرونی معاصر بود و کسوفی را با قرارداد قبلی با هم رصد کرده‌اند. بوزجانی که یکی از مشاهیر علم هندسه می‌باشد دارای تألیفات بی‌شماری است از آن جمله کتاب اعمال هندسی و کتاب مجسطی بوزجانی. (درباره علم مثلثات مسطحه و کروی و فرمول‌های مطرح شده) کتاب حساب بوزجانی و جواب ابوالوفا برای محاسبه مساحت مثلث به حیوبی و مسأله‌های متعدد دیگر.

### منابع:

- ۱- کتاب متفکران اسلام جلد دوم ترجمه آرام، فصل پنجم، ص ۱۴۶
- ۲- تاریخ علوم عربی نوشته مصطفی موالدی جلد ۳، ص ۵۳-۵۰، عربی سال ۱۹۷۹، محل انتشار دمشق
- ۳- کتاب بوزجانی نامه.

### تهیه‌ی پلان با منحنی‌های تراز (Contour Line)

پلان‌های با منحنی تراز نوعی از پلان هستند که در آن‌ها موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی عوارض یک منطقه از زمین، هر دو، مشخص شده‌اند و برحسب آن‌که دستگاه مورد استفاده تراز یاب و یا زاویه‌یاب باشد به دو روش «ترازیابی شبکه‌ای» و «تاکنومتری» عمل می‌شود که در این فصل راجع به آن‌ها توضیح داده خواهد شد.

- در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد :
  - منحنی‌های تراز متساوی‌البعدها را تعریف نماید.
  - خواص منحنی‌های تراز را ذکر کند.
  - چگونگی عملیات تهیه‌ی پلان با منحنی‌های تراز را توضیح دهد.
  - روش‌های مختلف واسطه‌یابی برای رسم منحنی‌های تراز را ذکر کند.
  - چگونگی انجام عمل تاکنومتری برای تهیه‌ی پلان با منحنی‌های تراز را توضیح دهد.
- قبل از توضیح راجع به روش‌های «ترازیابی شبکه‌ای» و «تاکنومتری» منحنی‌های تراز (یا میزان) را می‌شناسیم :

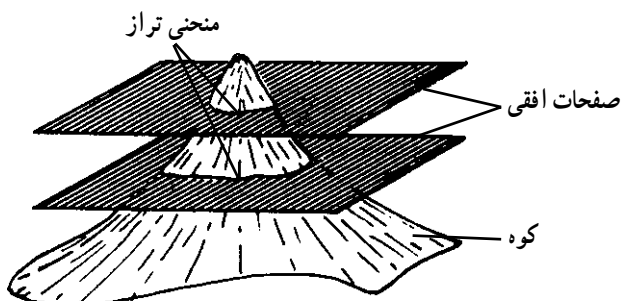
#### ۹-۱- تعریف منحنی‌های تراز

– منحنی‌های تراز به صورت زیر تعریف می‌شوند :

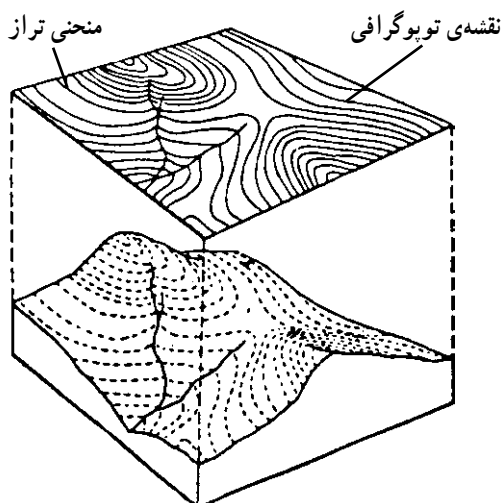
اگر یک سطح تراز، زمینی را قطع کند به مقطع این سطح تراز با سطح خارجی زمین منحنی تراز می‌گوییم.

تجسم برجستگی‌ها و فرورفتگی‌ها و فرم هندسی زمین با ترسیم خطوط منحنی تراز امکان‌پذیر است و به کمک آن‌هاست که شکل واقعی زمین نشان داده می‌شود، برای درک این رابطه فرض کنید تپه‌ای با صفحات نازک افقی به فواصل معین قطع شود هر صفحه که تپه را قطع می‌کند، برحسب

شکل تپه، در محل قطع شده تولید خطوط پیچ و خم داری می نماید که در پایین تپه بزرگ تر و در بالای تپه کوچک ترند اینها همان «منحنی های تراز» هستند.



الف



ب

شکل ۹-۱

منحنی های فوق در فضا در اختیار نیستند. لیکن تصویر آن ها را بر روی صفحه ی کاغذ می توانیم رسم کنیم.

## ۹-۲- تعریف متساوی البعد (Equidistant)

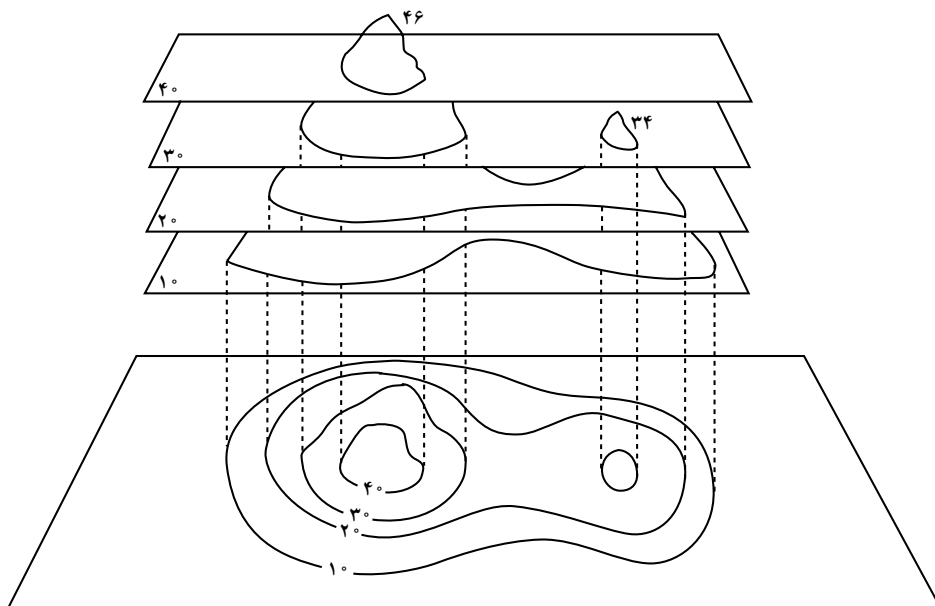
متساوی البعد به صورت زیر تعریف می شود:

به فاصله ی صفحات افقی که زمین را قطع می کنند (که همان فاصله ی منحنی های تراز نسبت به یکدیگرند) متساوی البعد می گویند.

### ۹-۳ - خواص منحنی‌های تراز

هر چه متساوی‌البعدها کم‌تر باشد شکل واقعی زمین بهتر مجسم می‌گردد، به همین خاطر است که هرگاه بخواهند دقت نقشه‌ای را زیاد کنند فواصل را تا آن‌جا که امکان دارد کم‌تر می‌گیرند. ارتباط میان منحنی‌های تراز و متساوی‌البعدها بستگی زیادی به شکل زمین (از لحاظ کوهستانی یا دشت بودن)، به دقت نقشه‌برداری، روش برداشت و به خصوص مقیاس نقشه دارد.

برای سهولت قرائت منحنی‌های تراز از هر پنج منحنی یا هر ده منحنی تراز یکی را ضخیم ترسیم می‌کنند که به نام «منحنی تراز اصلی» خوانده می‌شود. میان منحنی‌های تراز اصلی، منحنی‌های تراز فرعی با ضخامت کم‌تر رسم می‌شوند و رقم ارتفاعات معمولاً روی منحنی‌های تراز اصلی نوشته می‌شود. خطوط منحنی تراز در طبیعت وجود ندارد لیکن نقاطی که روی یک منحنی تراز هستند دارای ارتفاعات برابرند، از این خاصیت برای رسم منحنی‌های تراز استفاده می‌کنند. به این ترتیب که پس از مشخص کردن ارتفاع تعدادی نقطه، نقاط هم ارتفاع را پیدا کرده به هم وصل می‌نمایند. در این‌جا به شرح یکی از روش‌های موجود که مناسب‌ترین روش برای مناطق کوچک می‌باشد، می‌پردازیم.



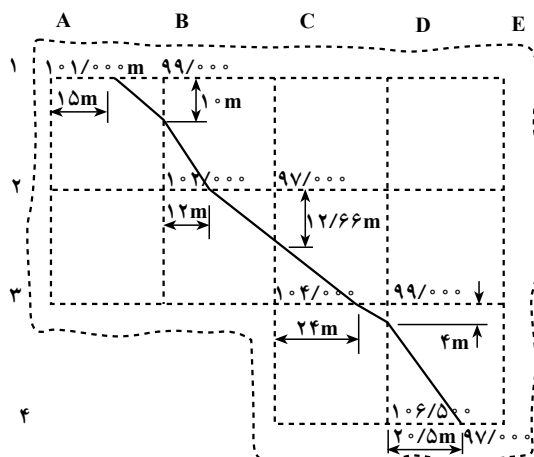
شکل ۹-۲

تهیه‌ی پلان با منحنی‌های تراز به‌طریقه‌ی «ترازیابی شبکه‌ای (Grid Method)»: زمین را با ریختن رنگ (میخ‌کوبی) مطابق شکل ۳-۹ شبکه‌بندی می‌نماییم. برای نام‌گذاری نقاط می‌توان امتدادهای قائم را با حروف و امتدادهای عمود بر آن‌ها را با اعداد نشان داد، در این صورت نام نقطه‌ی تقاطع دو خط، مثلاً  $A_4$  یا  $D_3$  خواهد بود. سپس به‌وسیله‌ی ترازیابی ارتفاع هر نقطه را که مشخص شده پیدا می‌کنیم. با معلوم بودن ابعاد شبکه می‌توان آن را، با توجه به مقیاس، روی کاغذ رسم کرد و ارتفاع پیدا شده‌ی هر نقطه را در کنار آن نوشت. آنچه به‌دست می‌آید پلان رقوم‌دار نامیده می‌شود. این نوع پلان‌ها به منظور بررسی فرم زمین در اراضی ناهموار و مخصوصاً در پروژه‌های ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. چنانچه پس از تهیه‌ی پلان رقوم‌دار با عمل واسطه‌یابی (Interpolation) بین نقاط مزبور نقاط هم ارتفاع را پیدا کرده به هم وصل کنیم. منحنی‌های تراز مشخص می‌شوند و به این ترتیب یک «پلان با منحنی‌های تراز» به‌دست می‌آید.

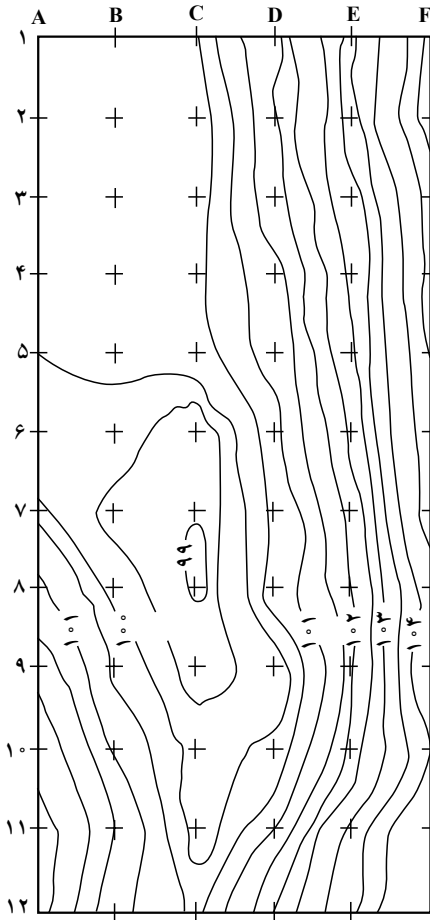
#### ۹-۴ - روش‌های مختلف واسطه‌یابی برای رسم منحنی‌های تراز

الف - روش محاسبه‌ای: در این روش هر نقطه‌ی روی منحنی تراز، پس از محاسبه‌ی فاصله‌اش تا یکی از نقاط رقوم‌دار پیدا می‌شود. این فاصله به وسیله‌ی یک تناسب ساده به‌دست می‌آید. با یک مثال، طرز عمل توضیح داده می‌شود.

مثال: در پلان رقوم دار زیر تنها منحنی میزان صد متری رسم گردیده است، برای رسم آن دو نقطه‌ی A به ارتفاع ۱۰۱ متر و B به ارتفاع ۹۹ متر را در نظر گرفته‌ایم (یکی کم‌تر از صد و دیگری بیش‌تر از صد) و در روی ۳۰ AB متر باید نقطه‌ی M به ارتفاع صد متر مشخص گردد. اختلاف



شکل ۳-۹



شکل ۴-۹

نقاط	اختلاف ارتفاعات
۱	۱/۵۰m
۲	۱/۹۰
۳	۱/۷۸
۴	۰/۱۰
۵	۰/۱۰

ارتفاع A و B برابر ۲ متر است که این اختلاف ارتفاع مربوط به طول ۳۰ متر می‌باشد. بنابراین چون اختلاف ارتفاع نقاط M و A برابر یک متر است می‌توان نوشت. متر ۱۵.  $\frac{30 \times 1}{2}$  AM. به همین ترتیب برای نقاط مشابه M عمل می‌شود.

ب- روش تخمینی: در این روش محاسبه‌ای انجام نمی‌شود و جای هر نقطه‌ای مانند M، بین دو نقطه‌ای A و B با توجه به اختلاف ارتفاع C نقاط A و B از یک طرف و A و M از طرف دیگر تخمین زده می‌شود. روشن است که این روش تقریبی است ولی با تمرین می‌توان دقت آن را به حدود دقت روش محاسبه‌ای رسانید.

پلان با خطوط منحنی تراز روبه‌رو پس از انجام عملیات ذکر شده‌ی فوق تهیه گردیده است.

### ۹-۵- تهیه‌ی پلان با منحنی‌های تراز

به طریقه‌ی «تاکئومتری (Tacheometry)»: ممکن است برای تهیه‌ی پلان با منحنی‌های تراز از یک زاویه‌یاب استفاده نماییم؛ در این صورت مانند تهیه‌ی پلان مسطحاتی که در فصل هشتم دیدیم عمل می‌شود. با این تفاوت که اختلاف ارتفاع‌های نقاط را هم به دست می‌آوریم. به‌عنوان مثال، اختلاف ارتفاع‌های نقاط برداشت شده در جدول (صفحه ۱۱۶) را در این‌جا می‌بینید.

با معلوم بودن ارتفاع ایستگاه اختلاف

ارتفاع‌های نقاط ۱ تا ۵ به دست می‌آید.





## فعالیت‌های عملی

### فعالیت عملی ۱

ترازیابی شبکه‌ای: چون به منظور تهیه‌ی پلان رقوم‌دار و پلان با منحنی‌های میزان، لازم است یک عمل ترازیابی شبکه‌ای انجام شود به‌تراست منطقه‌ای که انتخاب می‌شود برای تهیه این نوع پلان‌ها مناسب باشد تا بتوان از نتیجه‌ی کار بعداً استفاده کرد.

در منطقه‌ای ناهموار به ابعاد حداقل  $50 \times 50$  متر، شبکه‌ای بر روی زمین می‌سازیم، این کار با متر انجام می‌شود (و استاد می‌تواند شخصاً با همکاری هنرجویان این کار را به‌وسیله‌ی یک تئودولیت کنترل نماید) و نقاط رأس شبکه با میخ کوبی یا گچ‌ریزی مشخص می‌گردند. سپس هنرجویان به کمک ترازیاب ارتفاع نقاط رأس شبکه را از روی ارتفاع یک بنج مارک که در منطقه فرض می‌شود به‌دست می‌آورند. تبصره: ضمن فعالیت عملی فوق هر کجا استاد مناسب می‌داند از هنرجویان می‌خواهد روش‌های کنترل در ترازیابی را، به‌شرح مندرج در متن کتاب، به‌کار گیرند.

### فعالیت عملی ۲

ترسیم و محاسبات در کلاس: پس از انجام فعالیت عملی فوق با در دست داشتن جدول ترازیابی شبکه‌ای عملیات زیر انجام می‌شود.

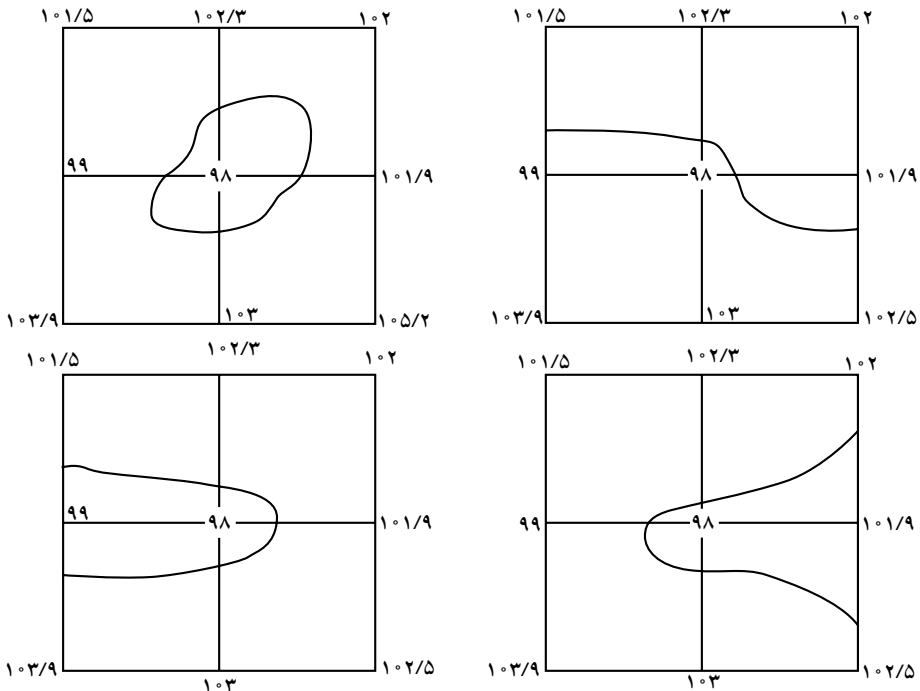
الف: ارتفاع گرد شده‌ی یک یک نقاط شبکه محاسبه و در ستون آخر جدول ترازیابی درج می‌گردد.

ب: شبکه را با مقیاس معینی روی کاغذ رسم کرده و ارتفاع به‌دست آمده برای هر نقطه را در کنار آن می‌نویسیم. به این ترتیب یک پلان رقوم‌دار به‌دست می‌آید.

ج: بر روی پلان رقوم‌دار فوق (با در نظر گرفتن ارتفاعات حداقل و حداکثر و تعیین فاصله‌ی خطوط تراز) کلیه‌ی منحنی‌های میزان ترسیم می‌شود (توصیه می‌شود در این مورد استاد یکی دو تا از خطوط تراز را همراه هنرجویان بر روی تابلو رسم کند سپس هنرجویان خود، کار ترسیم را ادامه دهند).

## خودآزمایی

- ۱- منحنی تراز چیست و چگونه به دست می آید؟
- ۲- متساوی البعد به کدام فاصله می گویند؟
- ۳- خواص منحنی های تراز را بیان کنید.
- ۴- پلان رقوم دار چیست؟
- ۵- پلان با منحنی های تراز چگونه به دست می آید؟
- ۶- واسطه یابی به چه معنی است؟
- ۷- روش های واسطه یابی را نام ببرید.
- ۸- منحنی تراز اصلی چیست؟
- ۹- اصول کار تهیه ی پلان با خطوط تراز از یک منطقه به طریقه ی شبکه بندی را ذکر کنید.
- ۱۰- تفاوت روش های محاسبه ای و تخمین به منظور رسم منحنی های تراز چیست؟
- ۱۱- وقتی از زاویه یاب به منظور تهیه ی پلان با خطوط تراز استفاده می کنیم، موقعیت نقاط برداشت شده بر روی زمین و سپس بر روی کاغذ چه تفاوتی با روش تراز یابی شبکه بندی پیدا می کند؟
- ۱۲- منحنی تراز صدمتری بر روی کدام یک از اشکال زیر صحیح رسم شده است؟



شکل ۶-۹

۱۳- بر روی پلان رقوم‌دار زیر خطوط تراز ۱۰۰/۵، ۱۰۰/۹ و ۱۰۱/۹ را رسم کنید.

	۱۰۱/۹	۱۰۱/۵	۱۰۲/۳	۱۰۲
۱۰۰		۹۹	۹۸	۱۰۱/۹
۹۹/۵		۱۰۳/۹	۱۰۳	۱۰۲/۵

شکل ۷-۹

۱۴- چگونه شبکه‌ی ترازبایی بر روی زمین مشخص و نام‌گذاری می‌گردد؟

### تهیه‌ی برش (Section - Profile) از زمین

هنگامی که در یک امتداد معین می‌خواهیم وضعیت ارتفاعی زمین را مشخص کنیم برش تهیه می‌نماییم. بدین منظور کافی است فاصله‌ی افقی و اختلاف ارتفاع نقاط روی امتداد مشخص شده‌ی فوق را مستقیماً در روی زمین اندازه‌گیری نمود و یا به‌جای اندازه‌گیری مستقیم این کمیت‌ها روی زمین آن‌ها را از روی نقشه، با منحنی‌های تراز منطقه‌ای که امتداد فوق در آن قرار دارد تعیین کرد. بنابراین برای تهیه‌ی برش دو روش مستقیم و غیرمستقیم موجود است.

در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد :

– برش زمین را تعریف کند.

– روش‌های تهیه‌ی برش از یک امتداد روی زمین را نام برده و مراحل تهیه‌ی

هرکدام را توضیح دهد.

#### ۱-۱- تعریف برش<sup>۱</sup>

برش را به‌صورت زیر تعریف می‌کنند :

برش، فصل مشترک یک صفحه‌ی قائم با زمین است که در امتداد محور معینی آن را قطع می‌کند.

منظور از تهیه‌ی برش مشخص کردن ارتفاع نقاط مختلف سطح زمین در امتداد محور معین شده‌ای می‌باشد، وقتی برش روی کاغذ رسم می‌شود در مراحل مختلف کارهای مهندسی اعم از مطالعه و ارزیابی یا اجرای طرح‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### ۱-۲- انواع برش از زمین

برای تهیه‌ی برش از زمین در یک امتداد مشخص به دو گونه می‌توان عمل کرد :

---

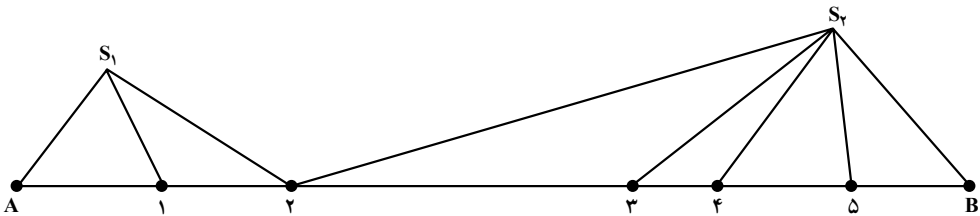
۱- در اینجا تنها یک نوع برش موردنظر است که در هر امتدادی روی زمین آن را می‌توان تهیه کرد و این امتداد روی زمین می‌تواند در طول باشد یا در عرض. در صورتی که در راه‌سازی برای مشخص ساختن وضعیت ارتفاعی زمین دو امتداد عمود برهم را در نظر می‌گیرند و در هر امتداد یک نوع برش تهیه می‌کنند که یکی را می‌توان برش طولی و دیگری را برش عرضی خواند.

الف — روش مستقیم تهیهی برش از زمین: در این روش با عملیات زمینی، اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی و اختلاف ارتفاع نقاطی که روی امتداد موردنظر قرار دارند برش به‌دست می‌آید. جزئیات و مراحل کار به‌شرح زیر است:

امتداد موردنظر را روی زمین با میخ‌کوبی مشخص می‌کنیم (میخ‌ها فاصله‌ی ثابتی ندارند و تعداد آن‌ها بستگی به شیب دارد. هر جا شیب زمین تغییر می‌کند میخ‌کوبی می‌کنیم). بعد فاصله‌ی میخ‌های متوالی را دقیقاً اندازه‌گیری کرده و با ترازبایی (یا تاکنومتری) ارتفاعات نقاط را نیز پیدا می‌کنیم، سپس با معلوم بودن ارتفاعات نقاط و فواصل آن‌ها برای رسم برش روی کاغذ مشبک میلی‌متری دو محور عمود بر هم به‌عنوان محورهای فواصل و ارتفاعات، در نظر گرفته و هر نقطه را با این مختصات دوگانه‌اش روی دستگاه مختصات فوق پیدا می‌کنیم، سپس نقاط را به ترتیب به هم وصل می‌نماییم.

مثال: در امتداد مشخص AB روی زمین برش زمین را به‌دست آورید.

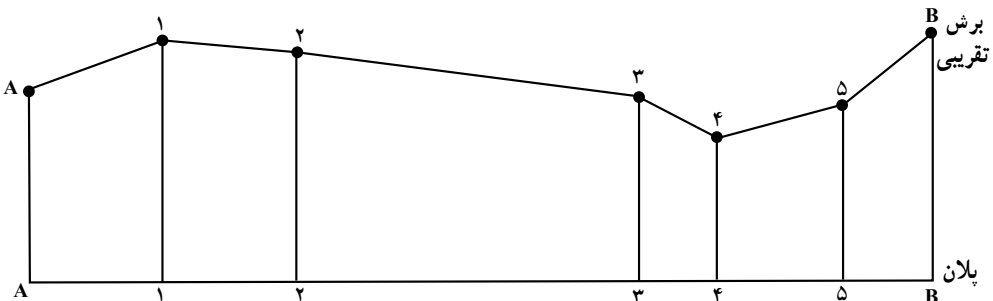
فرض کنید نقاط تغییر شیب بر روی امتداد AB به شکل زیر مشخص و از ایستگاه‌های  $S_1$  و  $S_2$  ترازبایی شده باشند.



شکل ۱-۱۰

از نظر ارتفاعی وضعیت نقاط تغییر شیب را پس از مشاهده‌ی آنان در روی زمین به‌شکل زیر

حدس بزنیم.



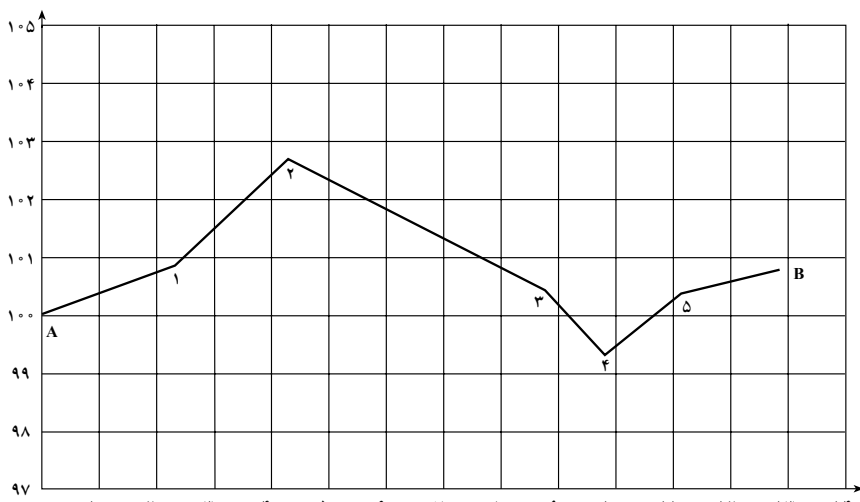
شکل ۲-۱۰

جدولی به شکل زیر تنظیم و فواصل و اعداد حاصل از ترازایی نقاط را در آن می‌نویسیم (از ایستگاه S<sub>۱</sub> نقاط A، ۱ و ۲ و از ایستگاه S<sub>۲</sub> نقاط ۲، ۳، ۴، ۵ و B را ترازایی می‌نماییم، نقطه‌ی A به‌عنوان BM در نظر گرفته شده است).

می‌توان گفت منظور از تهیه‌ی برش نشان دادن دقیق مقطعی است که در شکل ۲-۱۰ در نظر گرفتیم. چنانچه برای نقاط شکل ۱-۱۰ پس از ترازایی و اندازه‌گیری فواصل افقی جدول زیر تنظیم شده باشد که در آن ارتفاعات نقاط محاسبه گردیده و سپس با یک رقم اعشار گرد شده شکل دقیق مقطع در امتداد AB در شکل ۳-۱۰ نشان داده شده است.

نقاط	قرائت عقب (m.m)	قرائت وسط (m.m)	قرائت جلو (m.m)	اختلاف ارتفاع به میلی‌متر		فاصله	ارتفاع	ارتفاع گرد شده به متر
				.	+			
A	۳۶۲۷						۱۰۰/۰۰۰	۱۰۰/۰
۱		۲۷۵۱			۰۸۷۶	۲۲/۵۱	۱۰۰۸۷۶	۱۰۰/۹
۲	۰۴۸۰		۰۹۱۵		۱۸۳۶	۲۰/۰۰	۱۰۲۷۱۲	۱۰۲/۷
۳		۲۶۰۲		۲۱۲۲		۴۴/۵۲	۱۰۰۵۹۰	۱۰۰/۶
۴		۳۸۷۱		۱۲۶۹		۹/۹۸	۹۹۳۲۱	۰۹۹/۳
۵		۲۶۹۲			۱۱۷۹	۱۳/۲۵	۱۰۰۵۰۰	۱۰۰/۵
B			۲۲۷۹		۰۴۱۳	۱۸/۰۵	۱۰۰۹۱۳	۱۰۰/۹

مقیاس  $\frac{1}{۱۰۰}$



شکل ۳-۱۰

مقیاس  $\frac{1}{۱۰۰۰}$   
۱۴۲

تبصره ی ۱: برای دقیق تر رسم شدن برش می توان بین نقاطی که شیب یک نواخت ولی فاصله زیاد است، نقاط اضافی در نظر گرفت (مثلاً در این جا بین نقاط ۲ و ۳).

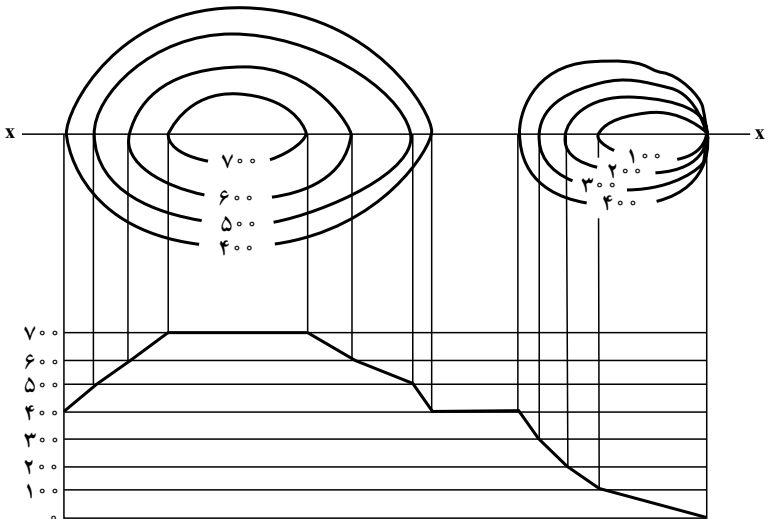
تبصره ی ۲: چنانچه تغییرات ارتفاع نسبت به فاصله کوچک باشد، معمولاً مقیاس محور ارتفاعات ده برابر مقیاس محور فواصل اختیار می شود (همان گونه که در نقشه برداری مسیر معمول است چون فواصل بلند و تغییرات ارتفاع نسبت به فاصله عدد کوچکی است).

ب- روش غیرمستقیم تهیه ی برش از زمین: با انجام عملیاتی به شرح زیر می توان از روی پلان با منحنی های تراز یک منطقه از زمین در امتدادی معین برش رسم کرد.

– امتداد موردنظر را بر روی پلان رسم می کنیم (امتداد xx در شکل ۴-۱۰).

– پس از مشخص کردن ارتفاع پایین ترین و بالاترین منحنی تراز که امتداد موردنظر را قطع

می کند بر روی کاغذ دو محور افقی و قائم رسم می کنیم، به این ترتیب که محور قائم با توجه به دو ارتفاع ذکر شده مدرج شود و محور افقی موازی امتداد xx باشد.



شکل ۴-۱۰

– از هر نقطه که امتداد موردنظر، منحنی تراز را قطع کرده است خطی عمود بر خط افقی هم ارتفاع آن نقطه رسم می کنیم.

– از تقاطع هر دو، نقطه ای به دست می آید که پس از وصل کردن این نقاط به هم برش موردنظر

ترسیم می گردد.



## فعالیت‌های عملی

### فعالیت عملی ۱

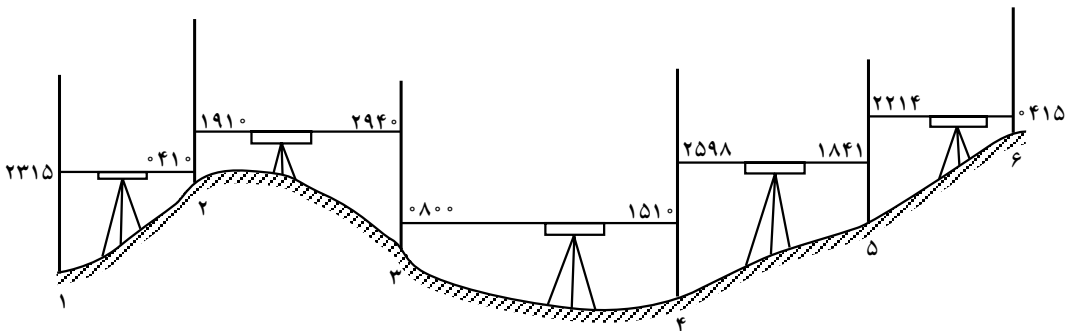
تهیه‌ی برش به طریقه‌ی مستقیم: پس از انتخاب امتدادی بر روی زمین، نقاط تغییر شیب زمین ترازبایی شده و فاصله‌ی آن‌ها را با مترکشی به دست آورید. سپس با در نظر گرفتن مقیاس مناسب برای فواصل و ارتفاعات، بر روی کاغذ میلی متری برش رسم گردد.

### فعالیت عملی ۲

تهیه‌ی برش به طریقه‌ی غیرمستقیم: بر روی پلان با خطوط ترازبایی که قبلاً تهیه کردید امتداد یا امتدادهایی را مشخص نموده و به روش غیرمستقیم برش تهیه کنید. تبصره: اگر پلان با منحنی‌های تراز تهیه شده به وسیله‌ی هنرجویان، مناسب برای فعالیت عملی (۲) نباشد، استاد پلان با منحنی‌های تراز دیگری را جهت انجام فعالیت عملی فوق به هنرجویان ارائه نماید.

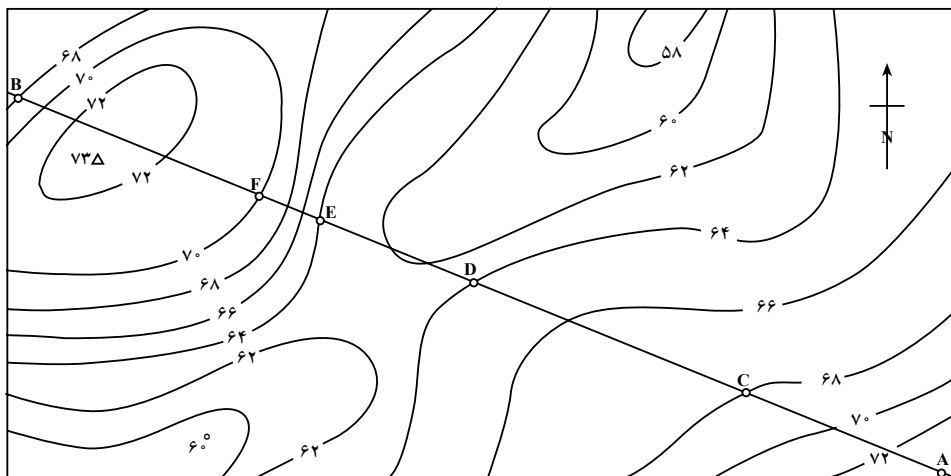
## خودآزمایی

۱- اگر برای پیدا کردن برش امتداد بین دو نقطه‌ی (۱) و (۶) در شکل ۵-۱ در روی زمینی عمل ترازبایی به شکل زیر بین نقاط تغییر شیب زمین انجام شده و فاصله‌ی نقاط به ترتیب  $۲۷/۵\text{m}$ ،  $۲-۳$ ،  $۶۲\text{m}$ ،  $۳-۴$ ،  $۳۱/۵\text{m}$ ،  $۴-۵$ ،  $۲۸\text{m}$ ،  $۵-۶$  و ارتفاع نقطه ۱ برابر  $۲۵/۱۲\text{m}$  باشد جدول لازم برای رسم برش فوق که در دو ستون ارتفاع‌های نقاط و فواصل نقاط از مبدأ را نشان می‌دهد تنظیم نمایید. سپس برش فوق را با مقیاس انتخابی رسم کنید.



شکل ۵-۱

۲- در پلان با منحنی‌های تراز زیر، در طول امتداد AB یک برش رسم کنید.



شکل ۶-۱۰

### محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی

پس از طراحی و قبل از شروع عملیات اجرایی پروژه‌های عمرانی، از جمله کارهایی که باید انجام شود محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی است و این کار زمانی صورت می‌گیرد که تغییر وضعیت ارتفاعی در زمین منطقه‌ی موردنظر برای اجرای پروژه، به‌وسیله‌ی طراح پیش‌بینی شده باشد. این بدان سبب است که زمین منطقه‌ای که قرار است پروژه‌ی عمرانی در آن اجرا شود به ندرت کاملاً صاف و آماده‌ی شروع عملیات اجرایی است. بنابراین قبل از شروع عملیات ساختمانی باید در منطقه خاک‌ریزی یا خاک‌برداری و یا در قسمت‌هایی خاک‌ریزی و در قسمت‌های دیگر خاک‌برداری انجام شود. در این خصوص دو سؤال زیر مطرح می‌گردد:

– اول آن که وضعیت مناسب ارتفاعی به‌منظور اجرای پروژه، که مقرون به‌صرفه هم باشد، کدام است؟  
– دوم آن که هزینه‌ی عملیات خاکی اجرای پروژه چه مقدار برآورد می‌شود؟  
به‌منظور پاسخ‌گویی به سؤالات فوق لازم است حجم عملیات خاکی محاسبه شود و این کار مستلزم دست‌یابی به ارتفاع نقاط مختلف منطقه قبل و بعد از اجراست که با عملیات نقشه‌برداری حاصل می‌شود و از آن‌جا که سطح زمین طبیعی معمولاً متغیر و نامنظم می‌باشد، لذا انجام محاسبات عملیات خاکی در این‌گونه زمین‌ها معمولاً به‌صورت تقریبی صورت گرفته و دقت نتایج حاصله بستگی کامل خواهد داشت به تعداد نقاطی که در واحد سطح، ارتفاع آنها اندازه‌گیری شده است. معمولاً حجم توده‌ی خاک با استفاده از حجم اجسام هندسی منظمی که بیش‌ترین شباهت را به توده‌ی خاک موردنظر دارند محاسبه می‌گردد و در هر صورت آن‌چه در نقشه‌برداری مهم است مشخص شدن وضعیت این توده خاک است که با روش‌هایی که در این فصل گفته می‌شود، این کار امکان‌پذیر است.

### ۱۱-۱- محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی

در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد:

– با در دست داشتن چند مقطع از زمین به‌وسیله روشهای زیر حجم عملیات خاکی را محاسبه نماید.

– روش مشهور

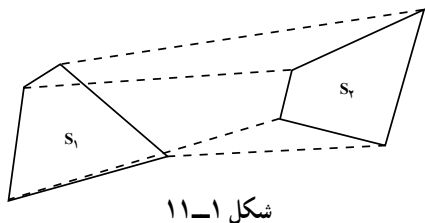
– فرمول سمپسون

– بلان با منحنی‌های تراز

– ارتفاع نقاط

## ۱۱-۲- محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی با استفاده از قاعده‌ی منشوری

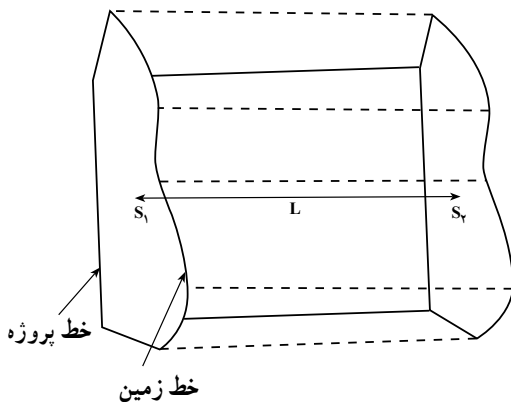
متداول‌ترین جسم هندسی که بیش‌ترین شباهت را با حجم توده‌های خاک دارد منشور است و بنا بر تعریف:



شکل ۱۱-۱

منشور حجمی است که از دو طرف به دو سطح موازی محدود شده و سطوح جانبی آن مسطح می‌باشند.

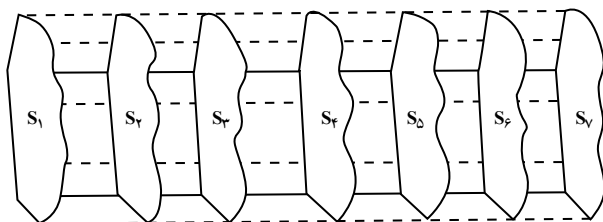
با توجه به آن که حجم منشور با معلوم بودن سطوح  $S_1$  و  $S_2$  قابل محاسبه است چنانچه برای منطقه‌ای که محاسبه‌ی حجم توده‌ای از خاک آن مورد نظر است، دوبرش در ابتدا و انتهای توده‌ی خاک تهیه کرده با توجه به سطح پروژه‌ی مناسب در طرح سطح خاک‌ریزی یا خاک‌برداری در هر قسمت را مشخص می‌سازیم و چنانچه در ابتدا و انتهای بین خطوط زمین و پروژه سطوح  $S_1$  و  $S_2$  به دست آید با استفاده از دستور ساده‌ی زیر حجم منشور بین دو سطح مذکور به دست می‌آید. (فاصله‌ی دو برش می‌باشد)



شکل ۱۱-۲

$$V = \left( \frac{S_1 + S_2}{2} \right) L$$

چنانچه تعیین دقیق‌تر حجم عملیات خاکی مورد نظر باشد می‌توان بر روی طول  $L$  به فواصل مساوی نقاطی در نظر گرفته و در این نقاط برش زمین را تهیه و سطح بین خط زمین و پروژه را برای آن‌ها حساب کرد. سپس حجم بین هر دو سطح را به دست آورده و باهم جمع نمود.



شکل ۱۱-۳

به منظور محاسبه‌ی دقیق‌تر حجم، روابطی نیز موجود است که در این جا به شرح مختصر آن‌ها می‌پردازیم.

۱-۲-۱۱ — فرمول سمپسون (Simpson): چنانچه تعداد فواصل مساوی انتخاب شده بر روی طول  $L$  مطابق شکل ۱۱-۳ زوج باشد که در نتیجه تعداد برش‌ها فرد خواهد شد. از رابطه‌ی زیر که به فرمول سمپسون معروف است حجم را می‌توان محاسبه نمود ( $d$  فاصله‌ی انتخاب شده بین دو برش است).

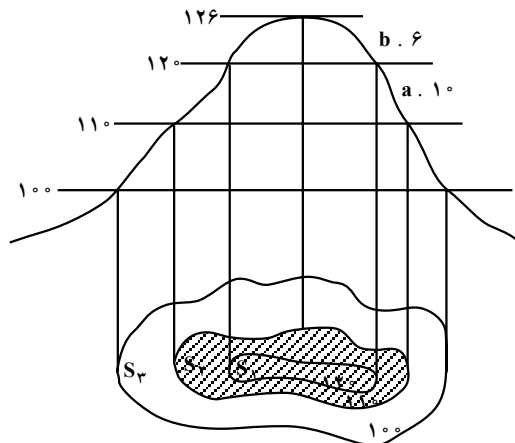
$$V = \frac{d}{3} (S_1 + 2 \cdot S_i + 4 \cdot S_p + S_n)$$

که در آن  $S_i$  مجموع مساحت‌های برش‌های فرد غیر از  $S_1$  و  $S_n$ ،  $S_p$  و  $S_n$  مجموع مساحت‌های برش‌های زوج می‌باشند.

### ۱۱-۳ — محاسبه‌ی حجم با استفاده از پلان با منحنی‌های تراز

چنانچه پلان با منحنی‌های تراز منطقه‌ای که حجم عملیات آن مورد نظر است در دست باشد می‌توان مطابق شکل ۱۱-۴ برای تعیین حجم عملیات خاکی سطوح  $S_1$ ،  $S_2$ ،  $S_3$  و ... را به کمک یکی از روش‌های محاسبه‌ی سطح حساب کرده و سپس حجم را محاسبه نمود. به‌عنوان مثال در شکل ۱۱-۴ می‌توان رابطه‌ی زیر را نوشت:

$$V = \frac{1}{3} (S_1 + 4S_2 + S_3) \cdot 2S_1$$

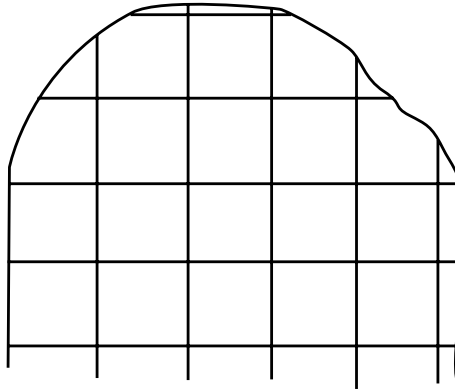


شکل ۱۱-۴

#### ۴-۱۱- محاسبه‌ی حجم با استفاده از ارتفاع نقاط

در این روش که دقت آن بستگی به تراکم نقاطی که ارتفاع آن‌ها برداشت شده است، دارد. محل پروژه به وسیله‌ی یک سری خطوط متقاطع که تشکیل مربعاتی را می‌دهند (گاهی ممکن است مستطیل نیز تشکیل داد) شبکه بندی می‌شود و ارتفاع سطح زمین در محل نقاط تقاطع خطوط شبکه تعیین می‌گردد. همراه با این نقاط ارتفاع بعضی نقاط دیگر نیز که مورد نیاز باشد، برداشت می‌شود و فاصله‌ی خطوط شبکه بستگی به طبیعت و شکل زمین دارد و این خطوط باید آن قدر به هم نزدیک باشند که بتوان سطح زمین بین دو خط مجاور را به عنوان یک سطح مسطح در نظر گرفت.

ارتفاع نقاط مذکور در گوشه‌های مربعات شبکه از روی نقشه توسط طراح تعیین شده و حجم عملیات خاکی برای هر مربع برابر با مساحت سطح آن مربع ضرب در متوسط عمق خاک برداری یا خاک ریزی در چهارگوشه‌ی مربع در نظر گرفته می‌شود. حجم قطعات واقع بین خارجی‌ترین خط شبکه و مرز زمین مورد نظر برابر با مساحت سطح بین این دو خط (که معمولاً معادل با یک ذوزنقه یا مثلث فرض می‌شود)، ضرب در متوسط عمق در گوشه‌های شکل خواهد بود (به شکل ۵-۱۱ توجه کنید).



شکل ۵-۱۱

### فعالیت عملی

استاد، اطلاعات مربوط به تعدادی از مقاطع را که قبلاً آماده شده است در اختیار هنرجویان قرار می‌دهد تا آنان با روش‌های مختلف حجم عملیات خاکی را محاسبه و مقایسه نمایند.

### دکتر سید محمود حسابی

در سال ۱۲۸۱ (ه.ش)، در تهران زاده شدند. در هفت سالگی تحصیلات ابتدایی خود را آغاز کردند و همزمان، توسط مادر فداکار خود تحت آموزش تعلیمات مذهبی و ادبیات فارسی قرار گرفتند. استاد، قرآن کریم را حفظ و به آن اعتقادی ژرف داشتند. دیوان حافظ را نیز از بر داشته و به بوستان و گلستان سعدی، شاهنامه فردوسی، مثنوی مولوی، اشرف داشتند. در سن هفده سالگی لیسانس ادبیات، در سن نوزده سالگی لیسانس بیولوژی و پس از آن مدرک مهندسی راه و ساختمان را اخذ نمودند. در آن زمان با نقشه‌کشی و راهسازی، به امرار معاش خانواده کمک می‌کردند. استاد هم‌چنین در رشته‌های پزشکی، ریاضیات و ستاره‌شناسی به تحصیلات آکادمیک پرداختند. شرکت راهسازی فرانسوی که استاد در آن مشغول به کار بودند، به پاس قدردانی از زحماتشان، ایشان را برای ادامه تحصیل به کشور فرانسه اعزام کرد و بدین ترتیب در سال ۱۹۲۴ م. به مدرسه عالی برق پاریس وارد و در سال ۱۹۲۵ م. فارغ‌التحصیل شدند. همزمان با تحصیل در رشته معدن، در راه‌آهن برقی فرانسه مشغول به کار گردیدند و پس از پایان تحصیل در این رشته کار خود را در معادن آهن شمال فرانسه و معادن زغال‌سنگ ایالت «سار» آغاز کردند. سپس به دلیل وجود روحیه علمی، به تحصیل و تحقیقات، در دانشگاه سوربن، در رشته فیزیک پرداختند و در سال ۱۹۲۷ م. در سن بیست و پنج سالگی دانشنامه دکترای فیزیک خود را، با ارائه رساله‌ای تحت عنوان «حساسیت سلول‌های فتوالکتریک»، با درجه عالی دریافت کردند. پروفیسور حسابی به دلیل عشق به میهن و با وجود امکان ادامه تحقیق در خارج از کشور به ایران بازگشت و با ایمان و تعهد، به خدمتی خستگی‌ناپذیر پرداخت تا جوانان ایرانی را با علوم نوین آشنا سازد. پایه‌گذاری علوم نوین و تأسیس دارالمعلمین و دانشسرای عالی، دانشکده‌های فنی و علوم دانشگاه تهران، نگارش ده‌ها کتاب و جزوه و راه‌اندازی و پایه‌گذاری فیزیک و مهندسی نوین، ایشان را به نام پدر علم فیزیک و مهندسی نوین ایران در کشور معروف کرد. حدود هفتاد سال خدمت علمی ایشان در گسترش علوم روز و واژه‌گزینی علمی در برابر هجوم لغات خارجی و نیز پایه‌گذاری مراکز آموزشی، پژوهشی، تخصصی، علمی و ...، دو نمونه از اقدامات ارزشمند استاد در رابطه با نقشه‌برداری عبارتند از:

— اولین نقشه‌برداری فنی و تخصصی کشور (راه بندرلنگه به بوشهر)

— اولین راهسازی مدرن و علمی ایران (راه تهران به شمشک)

### پیاده کردن طرح‌های ساختمانی

در فصل اول اشاره شد که مراحل سه‌گانه‌ی طراحی، محاسبه و اجرا در پروژه‌های عمرانی نیازمند نقشه‌برداری هستند، چرا که اولاً نقشه یا پلانی که از یک منطقه از زمین تهیه می‌شود علاوه بر شناساندن زمین به جهت متمرکز و متراکم بودن نقاط عوارض منطقه در آن به طراح این امکان را می‌دهد که با تسلط کافی و پس از کسب اطلاعات لازم وضعیت طرح خود را بررسی نماید و نهایتاً آن را ارائه نماید. ثانیاً به دنبال آماده شدن طرح، پلان‌های فنی و اجرایی مربوطه تهیه و پس از انجام محاسبات و کنترل و تعیین حجم عملیات و برآورد هزینه‌ی طرح‌ها، اجرا می‌شوند که قدم اول اجرا نیز انتقال پلان‌های مذکور از روی کاغذ بر سطح زمین قبل از عملیات ساختمانی است که اصطلاحاً به این مرحله پیاده کردن Setting Out می‌گویند.

بدین منظور، برحسب نوع وسایل مورد استفاده و وضعیت منطقه‌ای که پروژه بایستی در آن اجرا گردد روش‌های مختلفی وجود دارد که در این فصل چند روش ساده مورد بررسی قرار می‌گیرند. ضمناً همان‌گونه که در تهیه‌ی نقشه دو مرحله‌ی کلی تعیین موقعیت مسطحانی و تعیین موقعیت ارتفاعی نقاط به ترتیب مطرح بود، در این جا نیز دو مرحله‌ی زیر به ترتیب لازم‌الاجرا است:

– پیاده کردن پلان‌های ساختمانی از نظر مسطحانی

– پیاده کردن پلان‌های ساختمانی از نظر ارتفاعی

در پایان این فصل، دانش‌آموز باید قادر باشد:

– چند مورد استفاده از «نقشه‌برداری» در طراحی، محاسبه و اجرای پروژه‌های

عمرانی را ذکر نماید.

– منظور از پیاده کردن یک طرح ساختمانی را توضیح دهد.

– مراحل کلی پیاده کردن طرح‌های ساختمانی را ذکر نماید.



- چگونگی آغاز بکار پیاده کردن طرح‌های ساختمانی را توضیح دهد و عوامل مؤثر در این خصوص را نام ببرد.
- اصطلاحات زیر را تعریف کند.
- سایت پلان - خطبر
- عملیاتی که پس از گچ‌ریزی محل پی ساختمان به منظور حفظ موقعیت دقیق محل پی انجام می‌شود را توضیح دهد.
- مورد استفاده «حامل‌های جویی» در پیاده کردن محل پی یک ساختمان را ذکر نماید.
- منظور از پیاده کردن «کف» در طرح‌های ساختمانی را ذکر نماید.
- تفاوت روش‌های «افست» و «شعاعی» در پیاده کردن طرح‌های ساختمانی را ذکر نماید.
- خاصیت پیاده کردن امتداد و زاویه به روش «کویل» با تئودولیت را ذکر نماید.
- مسائل ساده مربوط به پیاده کردن «قوس دایره‌ای» را حل نماید.
- روش کنترل ارتفاعات طبقات در پله‌ها در یک ساختمان به کمک ترازباب را توضیح دهد.
- وسایلی که به کمک آن می‌توان یک امتداد را پیاده نمود نام برده و چگونگی عمل را توضیح دهد.
- چند مورد استفاده از نقشه‌برداری در مراحل اجرای ساختمان‌های فلزی و ساختمان‌های با قطعات پیش‌ساخته را ذکر نماید.

## ۱-۱۲- مقدمه

پلان‌های اجرایی که باید قبل از شروع عملیات ساختمانی بر روی زمین پیاده شوند همیشه پلان‌های ساده‌ای نیستند. یکی از این نمونه‌ها را در شکل ۱-۱۲ می‌بینید.

گاهی در پلان‌ها پیچیدگی‌های بسیاری هست که پیاده کردن آن‌ها مستلزم توجه دقیق به روش‌های کار در نقشه‌برداری و مهارت در استفاده از وسایل و دستگاه‌هاست و تا حد ممکن مطالب لازم در این فصل مطرح می‌شود. لیکن گاه نیازمند اطلاعات بیش‌تری هستید که آن‌ها را در دوره‌های تکمیلی فراخواهید گرفت.



شکل ۱-۱۲

## ۱۲-۲- اصول کلی پیاده کردن پلان‌های ساختمانی

طراحی و ایجاد شبکه‌ی نقاط کنترل اصلی و فرعی (مسطحاتی و ارتفاعی) در سیستم مختصات کشوری از امور بنیادی به‌منظور تهیه و پیاده کردن دقیق، سریع و مطمئن نقشه‌هاست که در اغلب کشورها به اجرا درآمده و در ایران نیز در حال اجرا می‌باشد.

۱- شبکه‌ی نقاط کنترل نقشه‌برداری (Survey network) شامل تعدادی نقطه است که موقعیت آن‌ها در یک سیستم مختصات واحد قبلاً محاسبه شده و این نقاط در زمین بر روی قالب‌های بتنی ثبت شده‌اند و به‌عنوان راهنما و به‌منظور یافتن جای عوارض یا ثبت مکان عوارض برای آینده به کار گرفته می‌شوند. چون این علامت‌ها بر روی زمین قابل مشاهده هستند و موقعیت آن‌ها دقیقاً ثبت شده است می‌توان موقعیت کلیه‌ی عوارض را اعم از مصنوعی یا طبیعی، با اندازه‌گیری دقیق طول، زاویه و اختلاف ارتفاع از این نقاط کنترل محاسبه و ثبت کرد.

شبکه‌ی نقاط کنترل در تمام کره‌ی زمین، شبکه‌ی نقشه‌برداری ژئودزی جهانی (Universal geodetic survey network) نام دارد که در آن مختصات هر نقطه به صورت ریاضی با مختصات سایر نقاط واقع بر سطح کره زمین مرتبط است. از این شبکه که بگذریم شبکه‌ی نقاط کنترل کشوری در ارتباط با شبکه‌ی فوق در قطعات مختلف کره‌ی زمین ایجاد شده است و در اکثر کشورهای دنیا به همین ترتیب شبکه‌های فرعی برای هر استان یا شهر در ارتباط با شبکه‌ی فوق مشخص گردیده است.

در کشورهایی که این شبکه‌ی مبنا ایجاد نشده است برای تعیین موقعیت عوارض یک شبکه‌ی نقشه‌برداری محلی ایجاد می‌کنند. عیب این شبکه‌ها آن است که نقاط کنترل در نظر گرفته شده مختص یک محل و موقتی هستند که گاهی جابه‌جا می‌شوند و یا از بین می‌روند و پس از استفاده در یک پروژه، احتمالاً نمی‌توان از آن‌ها در پروژه‌های بعدی که نیاز به نقشه‌برداری در همان منطقه دارند استفاده مجدد نمود، در چنین مواردی مجدداً باید نقاط کنترل را در نظر گرفت که همین امر موجب تفاوت‌هایی در نقشه‌های تهیه شده می‌شود. از طرف دیگر موقعیت عوارض در مناطق مختلف (که شبکه‌ی نقاط کنترل متفاوت دارند) با یکدیگر قابل مقایسه نیستند و این خود باعث بروز مشکلاتی در طراحی و اجرای پروژه‌های کلان می‌شود.

در صورت عدم وجود شبکه‌ی نقاط کنترل کشوری موقع تهیه‌ی نقشه، یک شبکه‌ی نقشه برداری محلی ایجاد می‌شود که در صورت موجود بودن نقاط آن، موقع پیاده کردن نقشه نیز قابل استفاده است. برای تعیین محل ساختمان‌ها از نظر مسطحاتی با حداقل یک امتداد مبنا در منطقه کار شروع می‌شود. اگر در موقع تهیه‌ی نقشه علائم و نشانه‌هایی در زمین نصب و موقعیت این علائم و نشانه‌ها بر روی پلان هم مشخص شده باشد از آن‌ها استفاده می‌شود، در غیر این صورت با توجه به عوارض اطراف منطقه‌ی مورد نظر، ابتدا یک امتداد به عنوان امتداد مبنا در نظر می‌گیریم (مثلاً برای ساختمان‌های مسکونی این امتداد مبنا می‌تواند مرز ساختمان یا لبه‌ی جاده‌ای که در نزدیکی ساختمان واقع است باشد؛ و یا برای یک بنای صنعتی ممکن است این امتداد را امتداد حصار یا نرده‌ی بیرونی در نظر بگیریم). بعد از مشخص کردن امتداد فوق بررسی روش برداشت که برای تهیه‌ی پلان به کار رفته در انتخاب روش پیاده کردن بسیار مفید است چرا که انتخاب همان روش با تغییر ترتیب مراحل کار مناسب‌تر می‌باشد، سپس اندازه‌ی طول‌ها و زوایا و ارتفاعاتی را که برای پیاده کردن قسمت‌های مختلف ساختمان لازم داریم تعیین کرده، طول‌ها را با توجه به مقیاس تبدیل به طول‌های زمینی می‌نماییم. در قطعه زمین‌های کوچک هنگامی که دقت زیاد مورد نظر نیست با وسایل ساده‌ی نقشه برداری نیز می‌توان عملیات پیاده کردن نقشه را انجام داد، اما زمانی که منطقه‌ی مورد عمل بزرگ است و یا دقت زیاد لازم است استفاده از دستگاه‌های زاویه‌یاب و تراز یاب دقیق اجتناب‌ناپذیر است. ذکر این نکته نیز ضروری است که کلیه‌ی اعمال پیاده کردن باید مرحله به مرحله کنترل شود زیرا رفع اشتباهاتی که بعد از شروع ساختمان متوجه آنها می‌شویم بسیار گران تمام می‌شود.

### ۳-۱۲- روش‌های اجرایی پیاده کردن پلان‌های ساختمانی

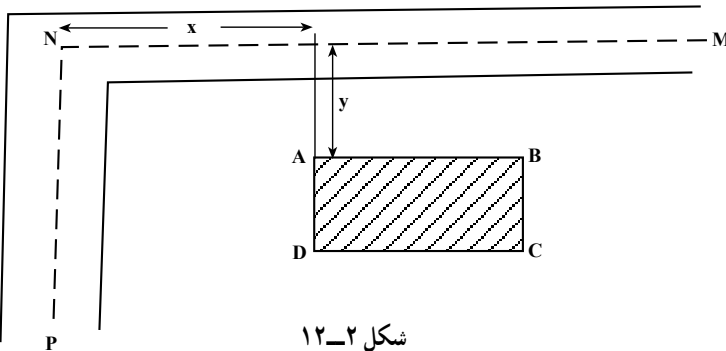
بر اساس روش تهیه‌ی پلان و نوع وسایلی که مورد استفاده قرار می‌گیرد همچنین وضعیت و وسعت منطقه و دقت کار، روش پیاده کردن پلان را انتخاب می‌کنند که هر کدام با دیگری متفاوت است. روش کار برای یک ساختمان کوچک بسیار ساده است و هرچه پروژه وسیع‌تر و دقیق‌تر می‌شود عملیات پیاده کردن نیز مفصل‌تر می‌گردد. در این جا از نظر هماهنگی با مطالبی که قبلاً در این کتاب گفته شد، با ذکر چند مثال ساده، روش‌های اُفست و شعاعی را مورد بررسی قرار می‌دهیم. ضمناً توجه داشته باشید که در شرح این روش‌ها به ترتیب دو مرحله‌ی کلی پیاده کردن پلان‌ها که در مقدمه‌ی این فصل به آن‌ها اشاره شد (پیاده کردن پلان‌ها از نظر مسطحاتی و پیاده کردن ارتفاعات) در نظر گرفته شده است :

### ۱-۳-۱۲- پیاده کردن پلان‌های ساختمانی از نظر مسطحاتی: موقعیت ساختمان‌ها از

نظر مسطحاتی در نوعی از نقشه‌های اجرایی که به آن سایت پلان (Site Plan) گفته می‌شود مشخص می‌گردد. این نوع پلان در واقع تصویر افقی ساختمان‌ها و فضاهای عمومی اطراف ساختمان‌ها را نشان می‌دهد<sup>۱</sup>. در موقع اجرای یک پروژه ساختمانی موقعیت ضلع یا اضلاعی از ساختمان که مجاور فضاهای عمومی (که بیش‌تر خیابان است) قرار می‌گیرد، به وسیله‌ی خطی که به آن اصطلاحاً «خطِ بَر Building Line» گفته می‌شود و توسط شهرداری با توجه به نقشه‌های شهرسازی تعیین می‌شود، مشخص می‌گردد و عوامل اجرایی موظف به پیاده کردن صحیح آن می‌باشند.

«خطِ بَر» در طرح‌های ساده موازی با محور خیابان مجاور ساختمان است و در مواردی نیز که موازی محور خیابان نباشد وضعیت آن نسبت به محور خیابان با امتدادهای مشخص دیگر تعیین می‌گردد که در موقع پیاده کردن مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضمن ارائه‌ی چند مثال مراحل پیاده کردن پلان‌های ساختمانی از نظر مسطحاتی توضیح داده می‌شود.

مثال ۱: در شکل زیر قرار است ساختمان ABCD در حائیه‌ی خیابان‌های موجود که محور آن‌ها با MN و NP نشان داده شده ساخته شود. مراحل کار به شرح زیر است:



شکل ۱۲-۲

الف: نقطه‌ی N، محل برخورد محورهای دو خیابان مجاور را به عنوان مبدأ مختصات در نظر گرفته و فاصله‌های X و Y را از روی نقشه اندازه‌گیری می‌کنیم.

ب: نقطه‌ی A گوشه‌ی ساختمان را به کمک طول‌های X و Y که بر روی زمین پیاده می‌شوند مشخص کرده میخ می‌کوبیم (از وسایل ساده یا مسافت‌سنج الکترونیکی استفاده می‌کنیم).

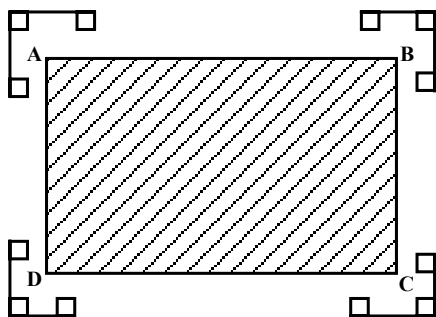
ج: ابعاد ساختمان را از روی پلان اندازه‌گیری کرده به کمک آن‌ها ابتدا ضلع AB و سپس با

۱- نمونه‌های مختلف این نوع پلان‌ها را در فصل اول کتاب دیده‌اید.

جدا کردن زوایای قائم در A و B نقاط D و C را علامت زده و میخکوبی می‌کنیم.  
 د: به منظور کنترل و اطمینان از صحت کار، قطرهای AC و BD را روی زمین اندازه گرفته و با اندازه‌ی آن‌ها در روی پلان مقایسه می‌کنیم.

تبصره‌ی ۱: از آن‌جا که ابعاد ساختمان از «سایت پلان» به دست می‌آید بنا بر آن چه گفته شد این ابعاد افقی می‌باشند و موقع پیاده کردن نیز حتماً باید آن‌ها را افقی پیاده کرد.

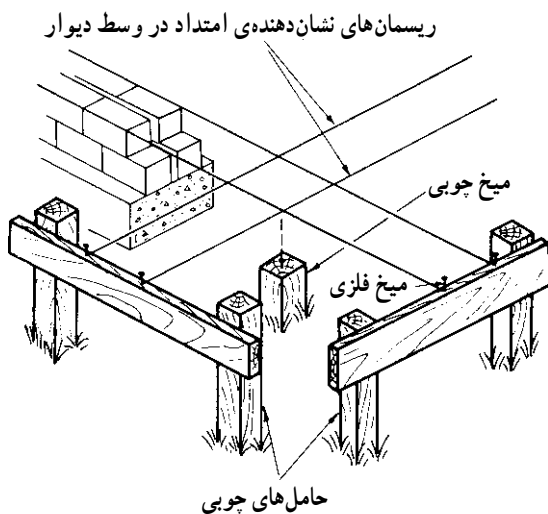
تبصره‌ی ۲: چون میخ‌های A، B، C و D هنگام خاک برداری و بی‌کنی از بین خواهند رفت از این رو بهتر است از حامل‌های چوبی که به فاصله‌ی مناسبی از محل خاک برداری در زمین نصب می‌شوند استفاده کنیم. معمولاً حامل‌هایی که برای این منظور به کار می‌روند عبارتند از قطعاتی از چوب که به ابعاد  $۱۵ \times ۲/۵$  سانتی‌متر و طول‌های متفاوت بریده شده و به پایه‌های چوبی به ابعاد  $۵ \times ۵$  سانتی‌متر که به فاصله‌ی نهایی از محل بی‌کنی در زمین



تثبيت شده‌اند اتصال پیدا می‌کنند.

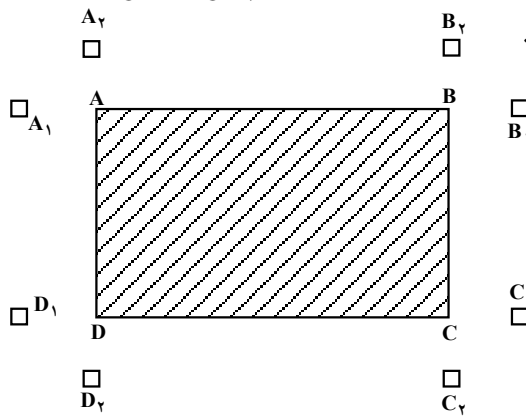
پس از نصب حامل‌های چوبی، خطوط کناره‌ی ساختمان را به وسیله‌ی ریسمان‌هایی که محل تلاقی آن‌ها دقیقاً در بالای میخ‌های A، B، C و D قرار خواهند گرفت مشخص می‌سازند (به وسیله‌ی شاقول می‌توان این کار را انجام داد) و سر ریسمان‌ها را به وسیله‌ی میخ‌های فلزی روی حامل‌های چوبی می‌بندند.

شکل ۳-۱۲



شکل ۴-۱۲

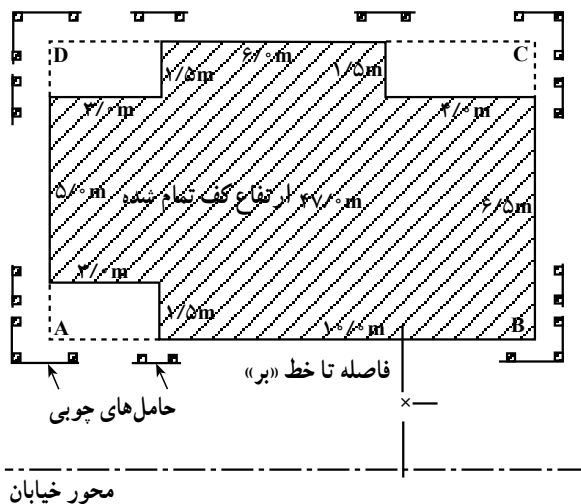
رسمان‌هایی که بدین ترتیب روی حامل‌های چوبی بسته می‌شوند، معرف محل دیوارها و پی‌ها و امثال آن خواهند بود.



شکل ۵-۱۲

تبصره‌ی ۳: در مواردی که حامل‌های چوبی در دسترس نباشند، به‌جای آن‌ها می‌توان در امتداد خطوط کناری ساختمان از میخ‌های بلند که در زمین کوبیده می‌شوند استفاده نمود. همچنین برای ابعاد بزرگ و هنگامی که از دستگاه زاویه‌یاب می‌خواهیم برای مشخص کردن محل پی‌کی استفاده کنیم، بتن‌هایی که میخ‌های کوچک فلزی در بالای آن‌ها کار گذارده شده در نقاطی نظیر  $A_1$  و  $A_2$  نصب می‌گردد.

مثال ۲: چنانچه محدوده‌ی ساختمان در «سایت پلان» به شکل مستطیل نباشد به منظور تسهیل عملیات بهتر است آن را در یک مستطیل محاط نموده و پس از پیاده کردن مستطیل گوشه‌های ساختمان را با توجه به اندازه‌هایی که از پلان مذکور به‌دست می‌آید مشخص سازیم.

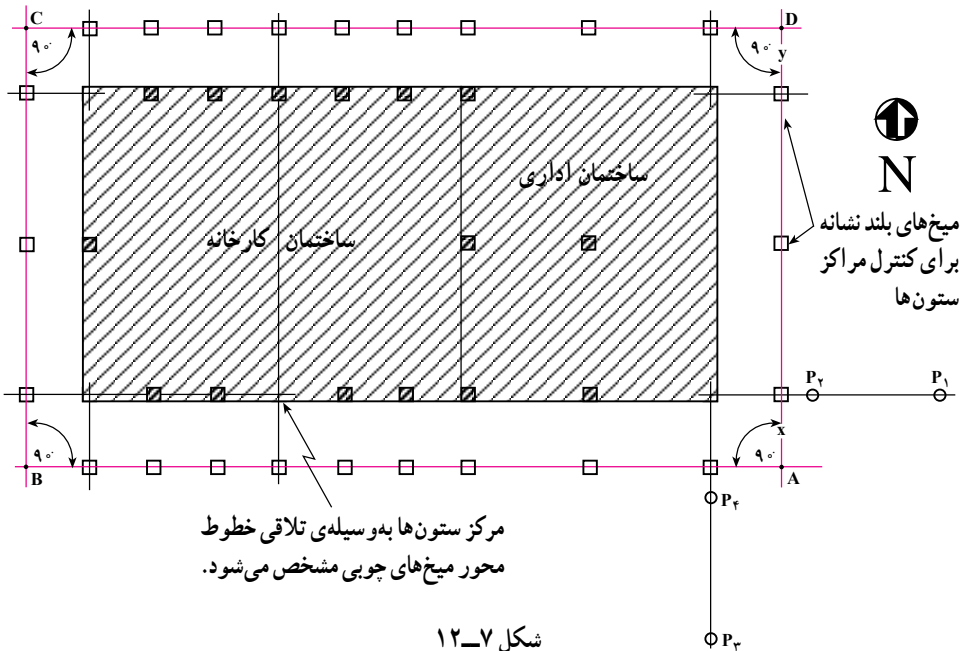


شکل ۶-۱۲

مثال ۳: شکل (۷-۱۲) کارخانه‌ی بزرگی را نشان می‌دهد که در ساخت آن می‌خواهند از قطعات پیش‌ساخته استفاده نمایند و از ستون‌های آن که از بتن مسلح است، برای حمل خرابای مشبک استفاده خواهد شد. ضرورت کار ایجاب می‌کند که ستون‌های مزبور دقیقاً روی خط‌های مستقیم قرار گرفته و به فواصل کاملاً برابر نصب شوند.

برای پیاده کردن بخش‌های مختلف کارخانه به ترتیب زیر عمل خواهد شد.

الف: خطی مانند AB به فاصله‌ی مناسبی مثلاً X متر از امتداد مرکز ستون‌های جنوبی ساختمان روی پلان رسم می‌کنیم و پس از تعیین مختصات نقاط A و B از روی پلان آن‌ها را به کمک ایستگاه‌های پیمایشی که قبلاً در اطراف روی زمین مشخص شده‌اند پیاده می‌کنیم، بعداً فاصله‌ی میان نقاط را برای کنترل (مقایسه با اندازه روی پلان) اندازه می‌گیریم.



ب: زاویه یاب را در نقطه‌ی A مستقر می‌نماییم و زاویه‌ی  $90^\circ$  را BAD در روی زمین با روش کوپل پیاده می‌کنیم و روی امتداد AD نقطه‌ی D را با توجه به فاصله‌ی مناسب خط DC از امتداد مرکز ستون‌های شمالی ساختمان (مثلاً y متر) روی زمین علامت‌گذاری می‌کنیم.

ج: این بار زاویه یاب را در نقطه‌ی D مستقر و نظیر حالت قبل زاویه‌ی  $90^\circ$  را ADC را پیاده می‌کنیم و نقطه‌ی C را طوری روی خط DC علامت‌گذاری می‌کنیم که AB و CD برابر باشند (شرط صحت کار آن است که زاویه‌ی DCB برابر  $90^\circ$  و  $AD = CB$  باشند).

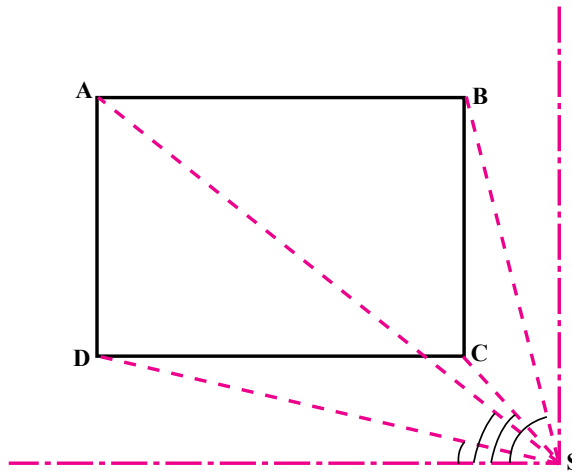
د : زاویه یاب را در نقطه ی C مستقر کرده و با نشانه روی به دو منطقه ی D و B قائمه بودن DCB را کنترل می کنیم و همچنین فاصله ی C تا B را اندازه گرفته و با طول AD مقایسه می نمایم تا مطمئن شویم که ABCD مستطیل است.

ه : مراکز ستون ها را با توجه به فاصله ی آنها از یکدیگر، با دقت روی اضلاع مستطیل مزبور پیاده می کنیم و محل آنها را به وسیله ی میل گردهایی که در داخل بتن کار گذاشته شده اند مشخص می نمایم تا مراکز ستون های موقتی پیدا شوند.

و : اگر مراکز ستون های موقتی را به وسیله ی ریسمان به هم متصل سازیم، محل تلاقی ریسمان ها موقعیت مراکز ستون های واقعی را مشخص خواهند ساخت.

این عمل را با استقرار زاویه یاب روی مراکز ستون های موقتی و نشانه روی به مراکز ستون های موقتی مقابل نیز می توان انجام داد.

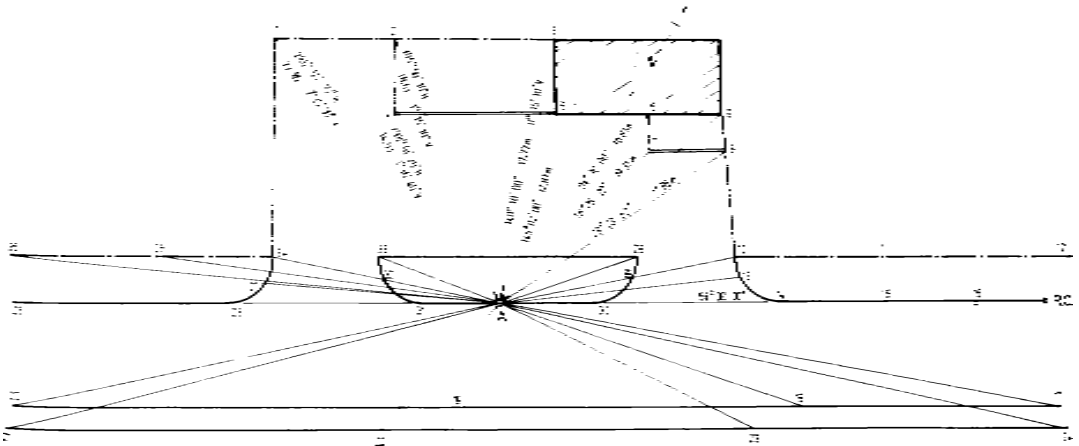
تذکر: به منظور پیاده کردن دقیق زاویه ی  $90^\circ$  توصیه می شود اینکار به روش کوبل انجام شود. مثال ۴: می توان نقاطی را که باید میخ کوبی شوند با روش شعاعی هم مشخص کرد. در این روش هر نقطه به کمک یک زاویه (که زاویه ی امتدادی است که نقطه بر روی آن قرار دارد با خط مبنا) و یک طول (که فاصله آن نقطه تا ایستگاه است) روی زمین به دست می آید.



شکل ۸-۱۲

چنانچه امتداد نقاطی که باید پیاده شوند زیاد باشد این نقاط روی پلان اسم گذاری شده و برای هر نقطه زاویه و فاصله بر روی نسخه ای از پلان نوشته شده و موقع پیاده کردن به ترتیب مورد استفاده قرار می گیرند (شکل ۹-۱۲).



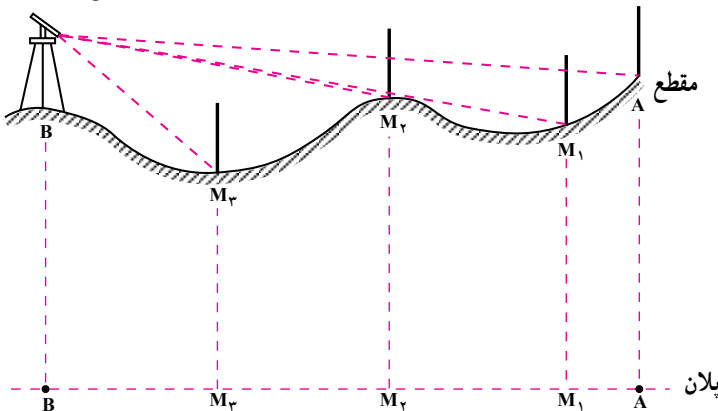


شکل ۹-۱۲

نکات مهم در خصوص پیاده کردن پلان‌های ساختمانی از نظر مسطحاتی در مناطق وسیع:

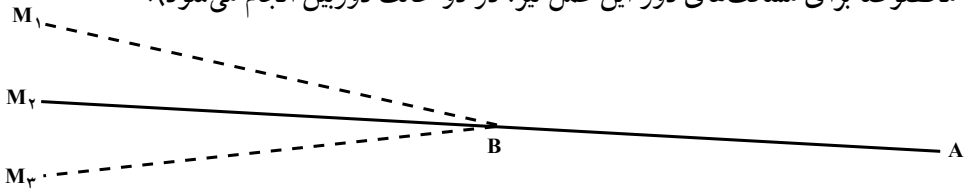
الف: از آن‌جا که در مناطق وسیع به منظور پیاده کردن پلان‌ها ناگزیر باید از زاویه یاب استفاده کرد باید توجه داشت که دستگاه مورد استفاده قبلاً بایستی از نظر تنظیم بودن و نداشتن خطاهای ایستگاهی کنترل شده باشد. در عمل نیز باید روش‌هایی را به کار برد که پیاده کردن امتدادها و زوایا با دقت انجام شود. در این‌جا دو روش معمول توضیح داده می‌شود:

پیاده کردن یک امتداد به کمک دستگاه زاویه‌یاب: فرض کنید امتداد AB را که دو نقطه‌ی آن مشخص است می‌خواهیم بر روی زمین پیاده کنیم. بر روی یکی از نقاط (مثلاً B) ایستگاه‌گذاری کرده و به نقطه‌ی دیگر (A) نشانه می‌رویم. پس از بستن دستگاه تئودولیت روی امتداد، نقاط  $M_1$ ،  $M_2$ ،  $M_3$  و ... بین A و B مشخص می‌گردند که آن‌ها را، علامت‌گذاری یا میخ‌کوبی می‌کنیم. اگر در محلی هستیم که دارای پستی و بلندی‌هایی با تغییر ارتفاعات زیاد است نقاط در هر دو وضعیت دوربین (در حالت مستقیم و معکوس دوربین) تعیین و میانگین آن‌ها مشخص می‌گردد تا خطاهای احتمالی که پیش می‌آید رفع شود.

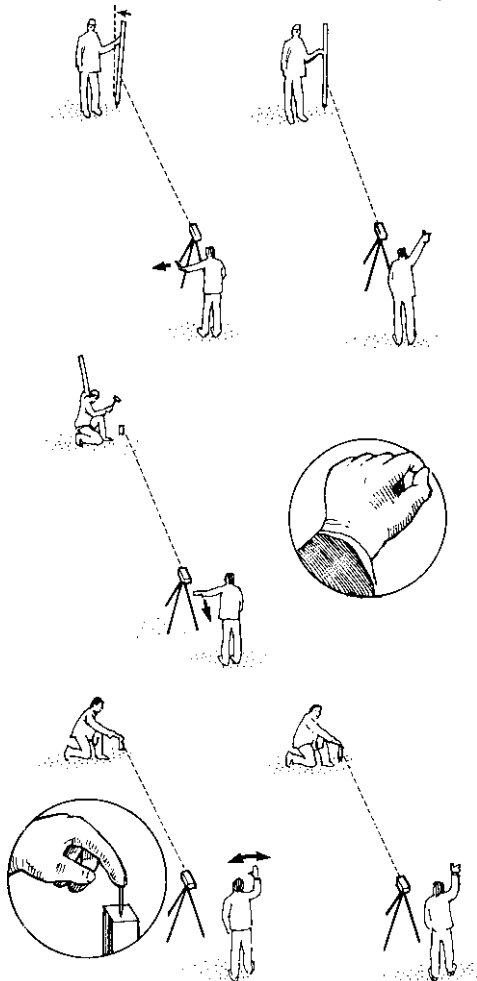


شکل ۱۰-۱۲

اگر لازم باشد AB ، از طرف B ادامه پیدا کند پس از نشانه روی به نقطه‌ی A از نقطه‌ی B ، پیچ حرکت افقی را بسته و دوربین را برمی گردانیم (بدون این که پیچ حرکت افقی را باز کنیم) و نقطه‌ی M و هر چند نقطه‌ی دیگر را که لازم هستند در امتداد AB مشخص می‌سازیم (برای دقت بیش‌تر مخصوصاً برای مسافت‌های دور این عمل نیز، در دو حالت دوربین انجام می‌شود).



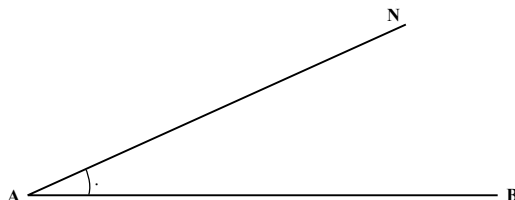
شکل ۱۱-۱۲



به منظور پیاده شدن هرچه دقیق‌تر امتداد با تئودولیت، پس از استفاده از ژالون به ترتیبی که گفته شد نقاط مختلف امتداد باید میخ‌کوبی (پیکتاژ Pegtag) شوند. به این منظور پس از اطمینان از صحت پیاده شدن امتداد، ابتدا میخ‌کوبی با میخ‌های چوبی انجام می‌شود و در مرحله‌ی بعد میخ‌های ریز فلزی بر روی میخ‌های چوبی کوبیده می‌شود. مراحل انجام این کار در شکل‌های روبه‌رو نشان داده شده است.

شکل ۱۲-۱۲

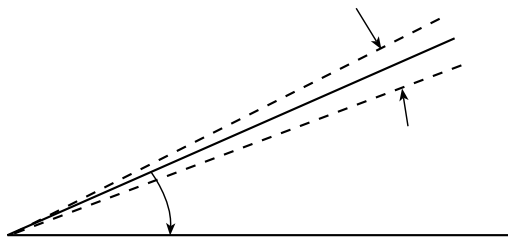
پیاده کردن یک زاویه به کمک دستگاه زاویه یاب: اگر روی امتداد AB در نقطه ی A بخواهیم زاویه ی معلومی (مثلاً  $\theta$ ) را جدا کنیم، پس از ایستگاه گذاری بر روی A قرائت زاویه ی افقی روی امتداد AB را یادداشت کرده (یا بر روی این امتداد صفر - صفر می کنیم) و دوربین را به طرف نقطه ی N به اندازه ی زاویه ی  $\theta$  می چرخانیم.



شکل ۱۳-۱۲

با توجه به این که دوربین را در خلاف جهت ازدیاد درجات لمب چرخانده ایم به اندازه ی مقدار  $\theta$  از مقدار قرائت زاویه ی افقی در نقطه ی B کم می کنیم روی امتداد AN قرار می گیریم و با میخ کوبی آن را مشخص می سازیم.

تبصره: در این جا هم برای دقت بیش تر زاویه را با دو حالت دوربین پیاده می کنند و میانگین می گیرند.



شکل ۱۴-۱۲

ب: در طراحی خیابان ها قوس روز به روز کاربرد بیشتری پیدا می کند و در محوطه سازی معمولاً قوس هایی که استفاده می شوند قوس های ساده ی دایره ای هستند و از آن جا که بحث مفصل پیاده کردن قوس ها در دوره های تحصیلی بالاتر مطرح می شود در این جا به طور مختصر به توضیح درباره ی قوس ساده ی دایره ای می پردازیم.

پیاده کردن قوس دایره ای ساده Simple Circular curve: برای پیاده کردن قوس های ساده ی دایره ای محل تقاطع دو خیابان یا گوشه ی میدانی که در پلان ها آمده اند، به روش ساده ی زیر می توان عمل کرد.

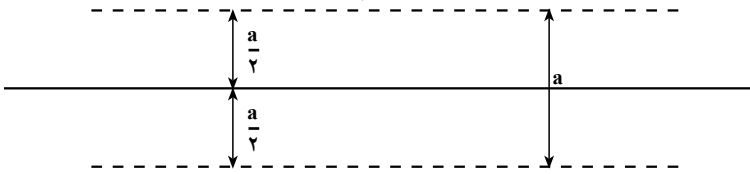


جدا کنیم نقطه‌ی وسط قوس مشخص می‌شود.

ج: به منظور پیاده کردن یک خیابان معمولاً ابتدا محور آن روی زمین مشخص شده سپس عرض آن را می‌خ‌کوبی می‌کنند.

پیاده کردن عرض یک خیابان: اگر بخواهیم عرض یک خیابان برابر  $a$  باشد پس از پیاده کردن

محور آن در هر طرف عمود اخراج کرده به اندازه‌ی  $\frac{a}{\gamma}$  از هر طرف مطابق شکل زیر جدا می‌کنیم.



شکل ۱۶-۱۲

## ۲-۳-۱۲- پیاده کردن پلان‌های ساختمانی از نظر ارتفاعی: کنترل ارتفاع عوارض

اطراف ساختمان مانند خیابان، پیاده‌رو و غیره و همچنین سطح کف، پله‌ها، سقف و شیب مجاری آب، فاضلاب و ... از ضروریاتی است که در اجرای پروژه‌های ساختمانی مطرح می‌گردد.

به‌طور کلی ارتفاع بخش‌های فوق به وسیله‌ی مهندسین طراح روی پلان‌های اجرایی قید می‌شود

و نحوه‌ی انتقال کنترل ارتفاعی آن‌ها با عملیات ترازبایی انجام می‌شود.

این ارتفاعات با توجه به یک سطح مبنای ارتفاعی (BM) که در منطقه در نظر گرفته می‌شود،

تعیین می‌گردند.

نکته‌ی مهم در این خصوص آن است که تعیین ارتفاعات به وسیله‌ی طراح براساس ارتفاع

سطح مشخصی انجام می‌شود که این ارتفاع نظیر «خط‌بر» به وسیله‌ی شهرداری و هماهنگ با ارتفاعات

دیگر مناطق و ساختمان‌های اطراف مشخص می‌گردد و در این جا نیز عوامل اجرایی موظف به پیاده

کردن صحیح ارتفاعات هستند.

در این جا نیز ضمن ارائه‌ی چند مثال مراحل پیاده کردن و کنترل ارتفاعات در پروژه‌های

ساختمانی توضیح داده می‌شود.

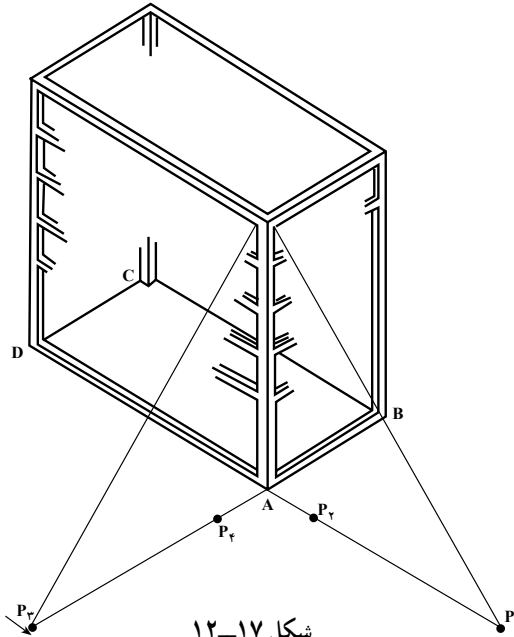
مثال ۱: فرض کنید قسمت امور اداری کارخانه‌ای را که در شکل ۱۷-۱۲ مشخص شده

است بخواهند در پنج طبقه بسازند، در این صورت قائم بودن ستون‌ها اهمیت خاصی پیدا می‌کند و

کنترل راستای آن‌ها ضروری است ضمناً ارتفاع کلیه بخش‌های ساختمان نیز در حین ساخت باید

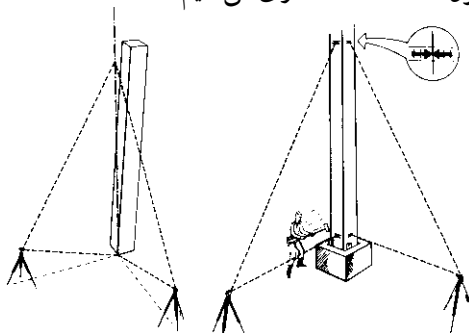
کنترل شود.

به منظور کنترل قائم بودن ستون‌ها به کمک زاویه‌یاب روش زیر قابل اجراست.  
 همزمان با پیاده کردن قالب اصلی کار یعنی چهار ضلعی ABCD روی زمین، نقاطی نظیر  $P_1$   
 و  $P_2$  و  $P_3$  و  $P_4$  را در روی زمین مشخص می‌کنیم.



شکل ۱۷-۱۲

نقاط مذکور باید طوری روی زمین انتخاب شوند که از تلاقی امتداد آن‌ها یک زاویه‌ی قائم ایجاد شود. به همین جهت بهتر است در چهار گوشه‌ی قالب اصلی، چهار میخ چوبی با رعایت شرط فوق به زمین کوبیده شود. سپس زاویه‌ها را در حالت دایره به چپ روی نقطه‌ی دورتر (مانند  $P_1$ ) مستقر نموده و به نقطه‌ی نزدیک‌تر (مانند  $P_2$ ) نشانه روی می‌کنیم. دوربین را به اندازه‌ی لازم (یعنی متناسب با ارتفاع ساختمان) بالا می‌بریم و محل تلاقی تارهای افقی و قائم آن را روی بدنه‌ی ستونی که قائم بودن آن مورد کنترل است، نشانه‌گذاری می‌کنیم.

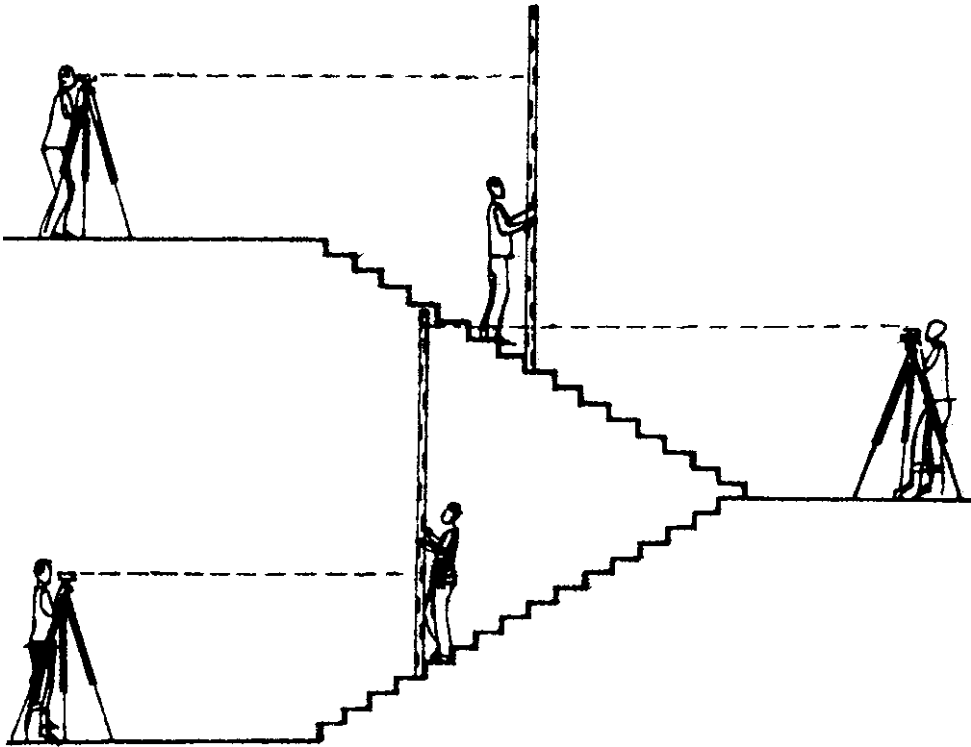


شکل ۱۸-۱۲

سپس زاویه یاب را به حالت دایره به راست برمی گردانیم و عیناً اعمال گفته شده را تکرار می کنیم. بدیهی است اگر زاویه یاب کاملاً تنظیم شده و دقیق کار کند هر دو نشانه باید روی هم قرار بگیرند. در غیر این صورت میانگین نشانه های مزبور را به عنوان موقعیت نهایی می پذیریم و کار را به ترتیب زیر ادامه می دهیم.

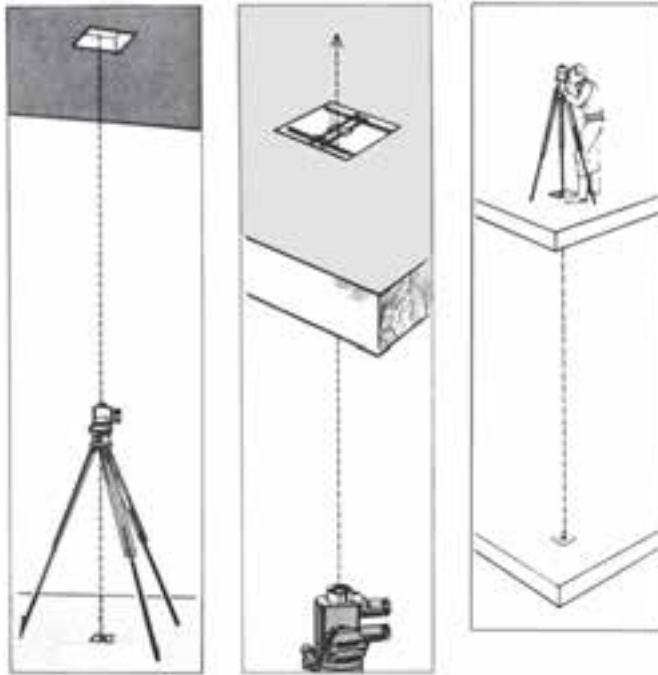
زاویه یاب را در نقطه ی  $P_3$  مستقر نموده و با نشانه روی به  $P_4$  کلیه ی اعمالی را که از نقطه ی  $P_1$  انجام داده ایم، تکرار می کنیم و محل نشانه ی دوم را روی همان ستون مشخص می سازیم. در این حالت اختلاف میان نشانه های اول و دوم (میانگین ها) مقدار انحراف ستون مزبور را نسبت به راستای قائم مشخص می کند.

عین این اعمال را در چهار گوشه ی ساختمان و برای هر ستون جداگانه انجام می دهیم و میزان انحراف کلیه ی ستون ها را به همین ترتیب کنترل می کنیم. برای کنترل ارتفاعات طبقات، پله ها و غیره نیز به کمک تراز یاب با توجه به شکل زیر می توان عملیات تراز یابی انجام داد.

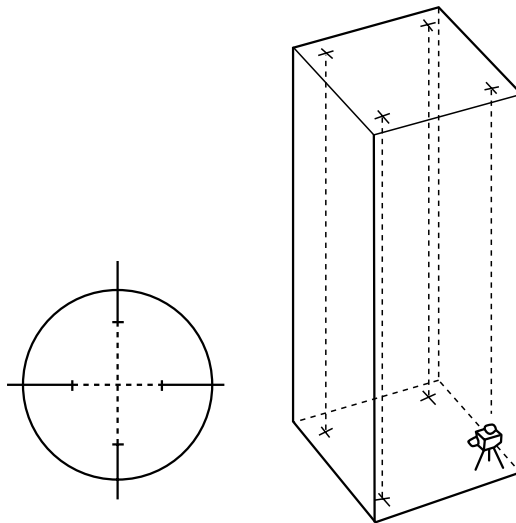


شکل ۱۹-۱۲

به منظور کنترل قائم بودن قسمت‌های مختلف ساختمان از داخل نیز به کمک شاقول‌های اپتیکی یا لیزری مطابق اشکال زیر می‌توان عمل نمود.



شکل ۲۰-۱۲



شکل ۲۱-۱۲



مثال ۲: اگر فرض کنیم مطابق شکل ۶-۱۲ ارتفاع کف تمام شده ساختمان روی پلان ۴۷ متر باشد و بخواهیم ارتفاع مزبور را کنترل نموده به طوری که ارتفاع کف ساختمان پس از اتمام کار دقیقاً ۴۷ متر شود به شکل زیر این کار را انجام می‌دهیم.

الف: محل مناسبی در نزدیکی ساختمان انتخاب می‌کنیم و یک بنچ‌مارک (Bench - Mark) موقت در آن‌جا در نظر می‌گیریم و ارتفاع آن را با تراز یابی و با توجه به ارتفاع نقطه‌ی BM که در اطراف ساختمان قبلاً انتخاب شده است به دست می‌آوریم (فرض کنید این ارتفاع برابر  $45/76^{\circ}$  متر به دست آمده باشد).

ب: شاخص مدرج را روی بنچ‌مارک موقت می‌گذاریم و عدد مقابل تار وسط دستگاه را می‌خوانیم (این عدد را هم  $235$  میلی‌متر فرض کنید). مطابق آنچه در فصل تراز یابی گفته شده ارتفاع دستگاه از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$j. 45/76^{\circ}m. 2/35^{\circ}m. 48/11^{\circ}m$$

ج: محلی را در یکی از گوشه‌های کف ساختمان در نظر می‌گیریم و شاخص را به محل مزبور منتقل می‌کنیم. چون ارتفاع کف تمام شده یعنی  $47$  متر به اندازه‌ی  $1/11^{\circ}$  متر زیر ارتفاع خط دید قرار گرفته است، بنابراین اگر شاخص را طوری به آرامی بالا یا پایین ببریم که عدد  $1/11^{\circ}$  متر آن مقابل تار وسط دستگاه قرار گیرد، در این صورت عدد صفر شاخص (کف) درست در ارتفاع  $47$  متری قرار خواهد گرفت.

د: یک میخ چوبی هم ارتفاع کف شاخص در گوشه‌ی کف ساختمان به زمین می‌کوبیم و شاخص را روی آن قرار می‌دهیم. بدیهی است اگر ارتفاع سر میخ مزبور دقیقاً  $47$  متر باشد، عدد  $1/11^{\circ}$  متر شاخص در مقابل تار وسط دستگاه قرار خواهد گرفت، ولی اگر رقم کم‌تری را نشان دهد با چکش به آرامی بر سر میخ می‌زنیم و با قرار دادن مجدد شاخص روی آن، ارتفاع سر آن را کنترل می‌کنیم. این کار را آن‌قدر ادامه می‌دهیم تا ارتفاع سر میخ دقیقاً در  $47$  متری قرار گیرد ولی اگر رقم بیش‌تری در مقابل تار وسط قرار گیرد یک میخ فلزی روی سر میخ چوبی طوری می‌کوبیم که ارتفاع سر آن  $47$  متر را نشان دهد.

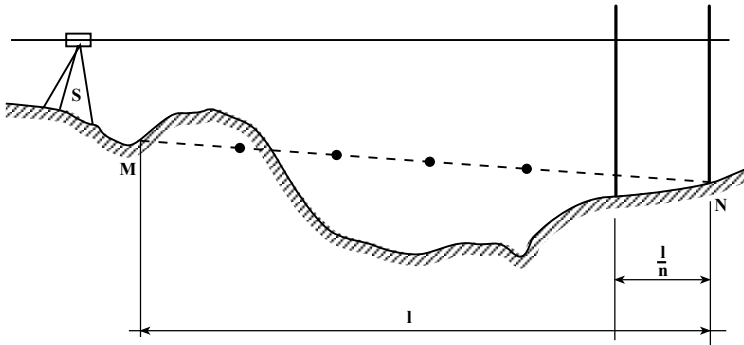
ه: نظیر کارهای (ج) و (د) را در مورد سه گوشه‌ی دیگر کف ساختمان تکرار می‌کنیم و سه میخ چوبی دیگر در ارتفاع  $47$  متری در گوشه‌های مزبور به زمین می‌کوبیم.

و: سر میخ‌های مزبور را به وسیله‌ی ریسمان‌هایی به هم متصل می‌سازیم و سطحی ایجاد می‌کنیم که ارتفاع آن با ارتفاع کف تمام شده ( $47$  متر) برابر باشد.

ز: در پاره‌ای کارهای ساختمانی رسم بر این شده است که به جای چهار میخ چوبی از یک میخ که در وسط کف ساختمان کوبیده شده استفاده می‌شود و گسترش کف ساختمان به وسیله شمشه و تراز انجام می‌شود که این روش فاقد دقت است و بخصوص در ساختمان‌های بزرگ ابداً توصیه نمی‌شود.

#### ۱۲-۴ پیاده کردن یک امتداد با شیب معین بر روی زمین

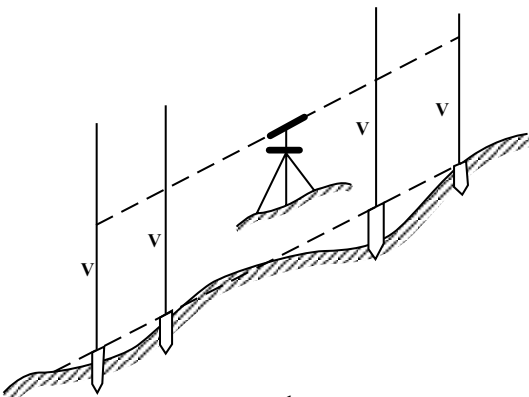
**الف- با تراز یاب:** فرض کنید MN به طول L متر و به شیب P٪ را در زمینی که حالت طبیعی آن بر روی شکل نشان داده شده است پیاده کنید. ابتدا این طول L را به چند قسمت مساوی تقسیم کرده (مثلاً n قسمت) و مقدار اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی متوالی روی MN که فاصله‌ی آن‌ها  $\frac{L}{n}$  متر است را به دست می‌آوریم. سپس با مستقر کردن تراز یاب در نقطه‌ای مانند S و قرار دادن شاخص بر روی دو نقطه‌ی مذکور با اختلاف ارتفاع معلوم، ارتفاع خاک‌ریزی یا خاک‌برداری در هر نقطه مشخص می‌شود (شکل ۱۲-۲۲).



شکل ۱۲-۲۲

ب- با زاویه یاب: مطابق شکل

۱۲-۲۳ می‌توان امتداد مورد نظر را با زاویه یاب نیز روی زمین پیاده نمود، به این ترتیب که با کوبیدن میخ و قرار دادن شاخص بر روی میخ‌ها اگر بر روی شاخص همه جا عدد V را قرائت کنیم امتداد نوک میخ‌ها شیب مورد نظر را مشخص می‌سازد. (با قرار دادن عدد لمب قائم روی زاویه‌ی شیب، عدد V به دست می‌آید).



شکل ۱۲-۲۳

## ۱۲-۵- استفاده از نقشه برداری در مراحل مختلف اجرای ساختمان های فلزی و ساختمان های با قطعات پیش ساخته

موارد زیر از جمله موارد متعددی هستند که هنگام پیاده کردن نقشه و در مراحل مختلف اجرای ساختمان های مذکور به منظور دقت و سرعت بیش تر، ناگزیر به استفاده از روش ها و وسایل نقشه برداری هستیم :

الف : در امر پیاده کردن پلان فونداسیون

ب : در موقع بتون ریزی اطراف بلت ها باید وضعیت آن ها و همچنین فاصله ی مراکز ستون ها به دقت کنترل شود (مخصوصاً فاصله ی مراکز ستون ها با تقریب چند میلی متر در حین کار باید تضمین گردد).

ج : در موقع استفاده از میخ های رزرو به منظور بلت گذاری، اگر از تئودولیت استفاده کنیم، عمل دقیق تر از روش استفاده از ریسمان بنائی و شاقول خواهد بود. به منظور کنترل محل بلت ها پس از بتون ریزی نیز از تئودولیت استفاده می شود.

د : در موقع بتون ریزی فونداسیون ها (که محل استقرار صفحات بیس پلیت هستند) سطح فونداسیون ها باید کاملاً تراز باشند (برای این کار قبلاً در منطقه ی مورد عمل یک نقطه ی ثابت ارتفاعی (B.M) انتخاب می شود، ارتفاع نقاط از روی آن به دست می آید و در موقع نصب صفحات بیس پلیت با کمک دستگاه تراز یاب این صفحات کاملاً تراز می شوند. مواردی نیز پیش می آید که پایه ها در طرح، تراز نیستند و اختلاف ارتفاع دارند که در این موارد نیز اختلاف ارتفاع با تراز یاب کنترل می شود).



شکل ۱۲-۲۴

ه : در موقع مشخص کردن مراکز ستون ها بر روی صفحات بیس پلیت، (این کار به این ترتیب انجام می شود که پس از ایستگاه گذاری بر روی یکی از نقاط محور از نقطه ی دیگری از آن - که هر دو می توانند میخ رزرو باشند - امتداد می گیریم و سپس کلیه ی صفحات را علامت می زنیم سپس برای محورهای موازی همین محور که مثلاً همه افقی هستند نیز این کار انجام می شود بعد نوبت به محورهای عمودی می رسد. در پایان مراکز ستون ها بر روی تمام صفحات بیس پلیت مشخص شده است. در این مورد به شکل ۱۲-۲۴ توجه کنید).

و: پس از آکس بندی صفحه‌های زیر ستون در موقع استفاده از نبشی جهت اتصالات ستون بر صفحه‌ی زیر ستون باید از دو جهت عمود بر هم با تئودولیت ستون‌ها را کاملاً شاقول کنیم.

ز: به منظور دقت کار تراز کردن و پهلوئی هم‌گذاری قطعات از پیش ساخته در ساختمان‌هایی که از این قطعات استفاده می‌شود نیز از دستگاه‌های نقشه‌برداری استفاده می‌شود.

## فعالیت‌های عملی

### فعالیت عملی ۱

پیاده کردن یک امتداد: استاد دو نقطه را به عنوان نقاط معلوم امتداد بلند، مشخص نموده و هر گروه از هنرجویان امتداد مزبور را به فاصله‌ی ده متر میخ کوبی می‌کنند (اگر امکان‌پذیر است این امتداد در جهت دیگر نیز ادامه پیدا کند).

### فعالیت عملی ۲

پیاده کردن یک زاویه: در نقطه (یا نقاطی) از امتداد پیاده شده‌ی فوق با تئودولیت امتداد (یا امتدادهایی) دیگر را که زاویه‌ی آن‌ها معلوم است مشخص می‌کنند.

### فعالیت عملی ۳

پیاده کردن یک قوس: برای دو امتداد متقاطع، قوسی با شعاع معلوم انتخاب کرده به کمک عناصر قوس که محاسبه می‌شود آن را پیاده می‌نماییم (در دو حالت با استفاده از فاصله‌ی  $T$ ، یک بار با استفاده از فاصله‌ی  $E$  و بار دیگر با استفاده از فاصله‌ی  $F$  پیاده کردن قوس بررسی و عمل شود).

### فعالیت عملی ۴

پیاده کردن عرض خیابان: یکی از امتدادهای پیاده شده‌ی قبلی را محور یک خیابان فرض کرده، با اخراج عمود بر این محور عرض معین  $a$  را پیاده می‌نماییم.

### فعالیت عملی ۵

پیاده کردن شیب: یک بار با تراز یاب و بار دیگر با زاویه‌یاب معین  $P\%$  را

بر روی زمین پیاده می‌کنیم.

## فعالیت عملی ۶

پیاده کردن یک پلان فونداسیون: استاد ضمن ارائه‌ی یک پلان فونداسیون به هر گروه هنرجویان، از آنان می‌خواهد پس از انتخاب نقاط رزرو، محورهای پلان را پیاده کنند. در مرحله‌ی بعد با در نظر گرفتن فواصل مراکز صفحات بیس‌پلیت می‌توان این مراکز را هم میخ‌کوبی نمود (چنانچه امکان‌پذیر باشد از مناطقی که عملاً این کار انجام می‌شود بازدید نیز به عمل آید و توضیحات لازم داده شود).

## فعالیت عملی ۷

پیاده کردن پلان: دو طرح ساده و بخشی از یک پلان اجرایی به شرح زیر در نظر گرفته شده و بر روی زمین پیاده می‌شود (طرح‌های ساده را خود هنرجویان نیز می‌توانند تهیه کنند).

الف: طرحی شامل تعیین موقعیت یک ساختمان نسبت به عوارض موجود (مثلاً خیابان).

ب: طرحی شامل حداقل یک خیابان اصلی و یک خیابان فرعی (که با خیابان اصلی زاویه‌ی غیر قائمه تشکیل دهد) و یک قوس.

ج: بخشی از پلان اجرایی یک منطقه مسکونی یا شهرک.

## خودآزمایی

۱- در هر کدام از مراحل سه‌گانه‌ی طراحی، محاسبه و اجرای طرح‌های ساختمانی یک مورد از عملیات نقشه‌برداری که انجام می‌شود را ذکر کنید.

۲- منظور از پیاده کردن یک طرح ساختمانی چیست؟

۳- مراحل کلی پیاده کردن یک طرح ساختمانی را شرح دهید.

۴- برای شروع عملیات پیاده کردن طرح یک مجتمع بزرگ ساختمانی چنانچه شبکه‌ی نقاط کنترل مسطحاتی و ارتفاعی قبلاً در آن ایجاد نشده باشد، چه تمهیداتی برای آغاز کار نقشه‌برداری لازم است؟

۵- روش پیاده کردن پلان‌های ساختمانی بر چه اساس و با توجه به چه عواملی انتخاب

می‌شود؟

۶- منظور از «سایت پلان» چیست؟

۷- منظور از «خط بر» در اجرای پروژه‌های ساختمانی چیست؟

۸- پس از گچ‌ریزی محل پی یک ساختمان به منظور حفظ موقعیت دقیق محل پی چه باید کرد؟

۹- حامل‌های چوبی به چه منظور در پیاده کردن محل پی یک ساختمان مورد استفاده قرار

می‌گیرد؟

۱۰- منظور از پیاده کردن «کف» در طرح‌های ساختمانی چیست؟

۱۱- چنانچه محدوده‌ی ساختمانی در «سایت پلان» به شکل مستطیل نباشد به منظور تسهیل

عملیات پیاده کردن چه عملی انجام می‌شود؟

۱۲- تفاوت روش‌های «افست» و «شعاعی» در پیاده کردن نقشه کدام است؟

۱۳- در روش شعاعی هر نقطه به کمک کدام کمیت‌ها پیاده می‌شود؟

۱۴- خاصیت پیاده کردن یک امتداد با دو حالت مستقیم و معکوس دورین چیست؟

۱۵- در محل تقاطع محور دو خیابان که با یکدیگر زاویه‌ی  $120^\circ$  می‌سازند می‌خواهیم قوسی

به شعاع  $50$  متر پیاده کنیم.

اولاً: فاصله‌ی شروع قوس، نقطه‌ی تقاطع محور دو خیابان چند متر است؟

ثانیاً: چگونه می‌توان نقاط ابتدا، انتها و میانه‌ی قوس مزبور را بر روی زمین پیدا کرد؟

۱۶- به منظور کنترل قائم بودن ستون‌ها در ساختمان روش کار چگونه است؟

۱۷- برای کنترل ارتفاعات طبقات و پله‌ها در یک ساختمان به کمک تراز یاب روش کار چگونه

است؟

۱۸- پیاده کردن یک امتداد با چه وسایلی امکان‌پذیر است و چگونه؟

۱۹- سه مورد از موارد استفاده‌ی نقشه‌برداری در مراحل مختلف اجرای ساختمان‌های فلزی

و ساختمان‌های با قطعات پیش ساخته را ذکر کنید.

## فهرست منابع

- ۱- مقرب نیا؛ بهمن، نقشه برداری (ساختمان)؛ شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران؛ ۱۳۷۱.
  - ۲- مقرب نیا؛ بهمن، مساحی و نقشه برداری (کشاورزی)؛ شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران؛ ۱۳۶۳.
  - ۳- مقرب نیا؛ بهمن، نقشه برداری (بهداشت محیط)؛ شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران؛ ۱۳۷۵.
  - ۴- مقرب نیا؛ بهمن، مبانی نقشه برداری؛ شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران؛ ۱۳۷۸.
5. Plan graphies (Fifth Edition)  
(DAVID.A.DAVIS, THE ODORE.D.WALKER)
  6. Surveying for Construction (Third Edition) (William Irvine)
  7. Setting-Out Procedures (B.M. Sadgrove)
  8. Surveying for Engineers (Second Edition) (J.Uren and W.F. Price)

