

تعاریف و اصطلاحات

هدف‌های رفتاری : از دانش‌آموز انتظار می‌رود در پایان این فصل :

- ۱- نقشه‌برداری را تعریف کند.
- ۲- نقشه را تعریف کند.
- ۳- مقیاس نقشه را تعریف کند.
- ۴- انواع روش‌های نمایش مقیاس را در نقشه‌برداری بیان کند.
- ۵- انواع نقشه از نظر مقیاس را توضیح دهد.
- ۶- انواع نقشه‌برداری را بیان کند.
- ۷- شاخه‌های مختلف رشته‌ی نقشه‌برداری را توضیح دهد.
- ۸- کارتوگرافی را توضیح دهد.

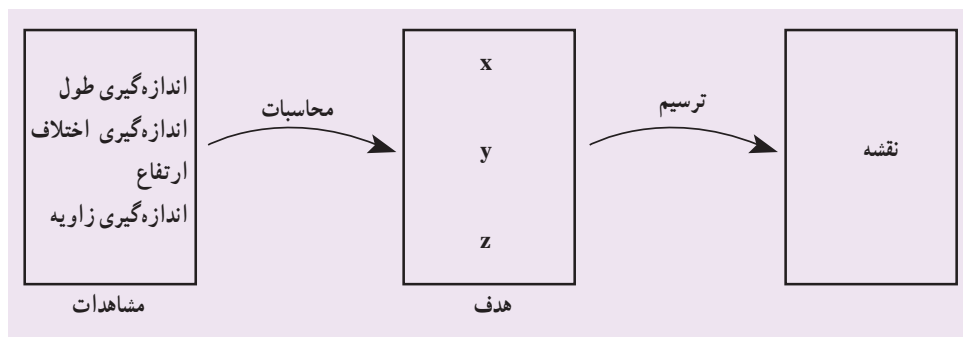
کلیاتی در مورد نقشه‌برداری

علم نقشه‌برداری (Surveying) علمی است که هدف آن تعیین موقعیت نقاط یا عوارض مختلف می‌باشد. تعیین موقعیت (Positioning) کاری است که اغلب هر روز با آن مواجه هستیم. انسان از دیرباز قبل از آن که نوشتن و خواندن را فراگیرد، به صورت ابتدایی با تعیین موقعیت آشنا بوده است؛ برای نمونه :

- کشاورزی که پیرامون زمین خود را با سنگ‌چین مشخص می‌کند در واقع تعیین موقعیت می‌کند.
 - اگر شما نشانی محل سکونت خود را به صورت جملات یا کروکی در اختیار دوستان قرار می‌دهید عمل تعیین موقعیت انجام می‌دهید.
 - تابلویی را در داخل اتاق خودتان می‌خواهید نصب کنید تصمیم شما درباره‌ی این که تابلو در کجای اتاق نصب شود، در واقع درباره‌ی تعیین موقعیت شما فکر می‌کنید.
 - وقتی شما طرح یک ساختمان را در روی یک صفحه کاغذ ترسیم می‌کنید شما کار تعیین موقعیت انجام می‌دهید و وقتی می‌خواهید آن را در روی زمین پیاده کنید در حقیقت موقعیت را شما پیاده می‌کنید.
 - برای رفتن از مدرسه به خانه کوتاه‌ترین راهی که انتخاب می‌کنید تا با طی مسیر کوتاه‌تری به خانه برسید، در مورد موقعیت مدرسه و خانه و راه‌های موجود فکر می‌کنید.
- این‌ها همه و همه بحث تعیین موقعیت است بدون بحث تعیین موقعیت تصمیم‌های مدیریتی و طراحی‌ها، ... دچار مشکل خواهند شد و در هر طرحی وقتی اشیاء در موقعیت مناسب خود قرار می‌گیرند طرح کارآیی، استحکام و زیبایی خاصی را خواهد داشت.

حال با توجه به مطالب بیان شده می‌توان تعیین موقعیت را مکان‌یابی نقاط مورد نظر در یک سیستم مختصات مشخص و از قبل تعریف شده ذکر کرد. اما این مختصات را چگونه باید به دست آورد؟ مختصات هر نقطه با (x,y,z) مشخص می‌شود که البته نمی‌توان مستقیماً آن‌ها را به دست آورد، در نقشه برداری برای رسیدن به این مختصات باید از مجموعه‌ی مشاهدات استفاده کرد.

مجموعه مشاهدات در نقشه برداری شامل اندازه‌گیری فاصله، اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع و اندازه‌گیری زاویه می‌باشد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱

به‌طور کلی مشاهدات، مجموعه عواملی است که با وسایل نقشه برداری اندازه‌گیری می‌شود و سپس در یک سری فرمول‌های ریاضی قرار گرفته تا به تعیین موقعیت برسد. وقتی ما به x و y و z نقاط رسیدیم به هدف خودمان رسیدیم. اما در برخی مواقع ممکن است که تعداد نقاط تعیین موقعیت شده زیاد باشد در آن حالت آن‌ها را در روی یک صفحه با اصول خاصی می‌توان نشان داد که بدین صورت نقشه (در نقشه برداری) تهیه می‌گردد.

با داشتن مختصات نقاط بسیاری از نیازهای ما برطرف خواهد شد که در این جا به نمونه‌هایی از آن اشاره می‌کنیم:

- تعیین ابعاد هر قطعه زمین با استفاده از مختصات رئوس آن
 - تعیین زاویه بین امتدادها با داشتن مختصات دو سر امتدادها
 - تعیین مساحت هر قطعه زمین با داشتن مختصات رئوس آن
 - محاسبه شیب جاده یا کانال و نظیر آن با داشتن مختصات آن
 - پیاده کردن یک طرح مثل (طرح تونل، مترو، سد و ...) در روی زمین با داشتن مختصات طرح
 - مشخص کردن محدوده‌ی املاک مختلف، حل و فصل اختلافات بین صاحبان املاک.
 - محاسبه احجام خاکبرداری و خاکریزی در پروژه‌ها
 - محاسبه حجم آب پشت یک سد و برنامه‌ریزی‌های مناسب
- و

بنابراین، در این فصل با تعاریف، اصطلاحات، علائم قراردادی و کلیات نقشه برداری آشنا می‌شویم. همچنین از اهداف نقشه برداری و عملکردها و کاربردهای آن و نیز از تأثیری که علم نقشه برداری بر سایر رشته‌های علوم و فنون دارد، آگاهی می‌یابیم.

لازم به توضیح است که پیشرفت علوم و فنون و پاسخگویی بیش تر به نیازهای جامعه‌ی بشری سبب تحول و توسعه علم نقشه‌برداری گشته و شاخه‌های مختلف علم نقشه‌برداری به صورت تخصص‌های ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این فصل توضیح مختصری در خصوص برخی از شاخه‌های مختلف نقشه‌برداری و وظایف و کاربردهای آن‌ها ارائه خواهیم نمود.

امید است که این توضیحات زمینه‌ی شناخت و آشنایی هنرجویان عزیز را با این علم فراهم نموده، اهمیت و عظمت آن را نمایان سازد.

۱-۱- تعریف نقشه در نقشه‌برداری

نقشه، نمایش مختصات نقاط با اصول و مقیاس معین است که در آن عوارض طبیعی و مصنوعی با علائم خاصی نشان داده می‌شود. مانند نقشه‌ی قاره‌ها، نقشه‌ی کشورهای، نقشه‌ی استان‌ها، نقشه‌های شهری، نقشه‌های ساختمانی معماری، نقشه‌های صنعتی، فنی و غیره. نقشه‌ها بسته به نوع کاربرد آن‌ها در علوم و صنایع مختلف با روش‌ها و دقت‌های گوناگون تهیه می‌شوند.

۱-۲- تعریف مقیاس نقشه^۱ در نقشه‌برداری

نسبت فاصله‌ی دو نقطه در روی نقشه به فاصله‌ی افقی همان دو نقطه در روی زمین را «مقیاس نقشه» می‌گویند:

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

۱-۳- انواع روش‌های نمایش مقیاس در نقشه‌برداری

۱- مقیاس کسری (عددی): در نقشه‌برداری معمولاً

مقیاس را به صورت یک کسر نمایش می‌دهند.

مثلاً، مقیاس $\frac{1}{25000}$ یعنی یک میلی متر روی نقشه برابر ۲ متر روی زمین است.

پرسش: مقیاس $\frac{1}{25000}$ چه مفهومی دارد؟

نکته: در مقیاس کسری که صورت کسر برابر یک می‌باشد به مخرج کسر اصطلاحاً «عدد مقیاس» می‌گویند.

۲- مقیاس خطی (یا مقیاس ترسیمی): مقیاس خطی

(ترسیمی) عبارت است از خطی که به قسمت‌های مختلف تقسیم شده و اندازه‌ی واقعی هر قسمت بر روی آن نوشته شده است؛ هر قسمت از این خط ممکن است به طور مثال ۲ یا ۵ کیلومتر را نشان دهد. در شکل ۱-۲ یک مقیاس خطی را مشاهده می‌کنید. اولین قسمت خط مقیاس را به قطعات کوچکتری تقسیم می‌کنند تا طول‌های کوچکتر را از طریق آن اندازه‌گیری کنند. به این قسمت «پاشنه‌ی مقیاس» می‌گویند.

در انتهای هر مقیاس خطی باید واحد آن ذکر شود.



شکل ۱-۲- مقیاس خطی (ترسیمی)

اغلب در نقشه‌ها علاوه بر مقیاس کسری مقیاس ترسیمی نیز رسم می‌نمایند.

مزایای مقیاس خطی (ترسیمی)

۱- با توجه به این که نقشه‌ها را معمولاً بر روی کاغذ چاپ

مثلاً، اگر هر سانتی متر از یک مقیاس ترسیمی نشان‌دهنده‌ی ۱ km باشد، و بخواهیم آن را به صورت کسری نمایش دهیم داریم:

$$\text{مقیاس کسری} = \frac{1}{100000}$$

۱- در نقشه‌برداری معمولاً مقیاس را با S یا Sc (مخفف معادل انگلیسی آن Scale) یا با حرف Ech (مخفف معادل فرانسوی آن Echelle) نشان می‌دهند.

روی مقیاس خطی اندازه‌ی واقعی فواصل را به دست آورد. در شکل ۱-۳ نمونه‌ی دیگری از مقیاس خطی را می‌بینید.

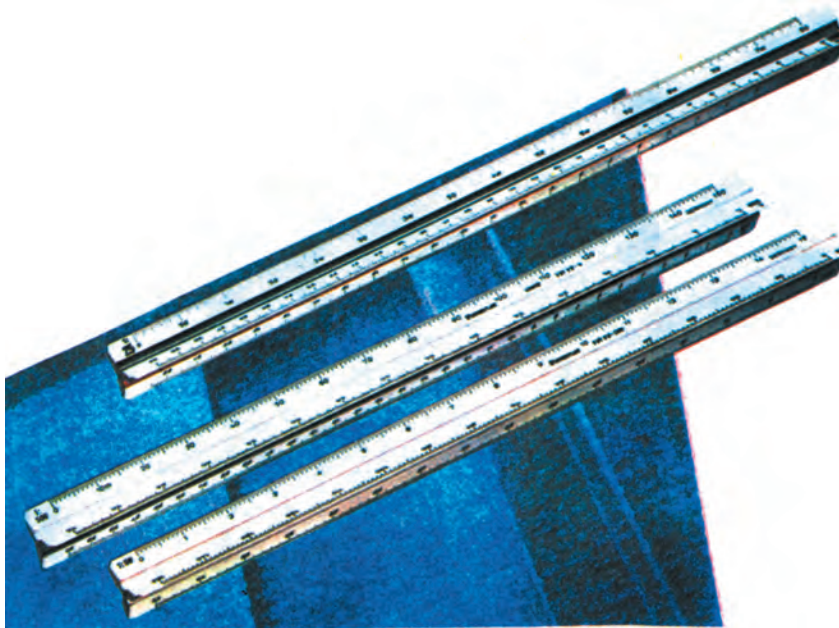
پرسش: مقیاس ترسیمی شکل ۱-۳ را به صورت کسری بنویسید.

می‌کنند و کاغذها در اثر رطوبت تغییر بُعد می‌دهند یا در چاپ و تکثیر کوچک یا بزرگ می‌شوند؛ بنابراین، طول‌های ترسیم شده نیز تغییر می‌کند، اما مقیاس خطی نیز به همان اندازه تغییر می‌کند.

۲- با داشتن مقیاس ترسیمی مستقیماً و حتی با داشتن یک قطعه نخ یا چیزی مثل آن می‌توان فواصل روی نقشه را اندازه گرفته



شکل ۱-۳ - مقیاس خطی (ترسیمی)



شکل ۱-۴ - خط‌کش مقیاس (اشل)

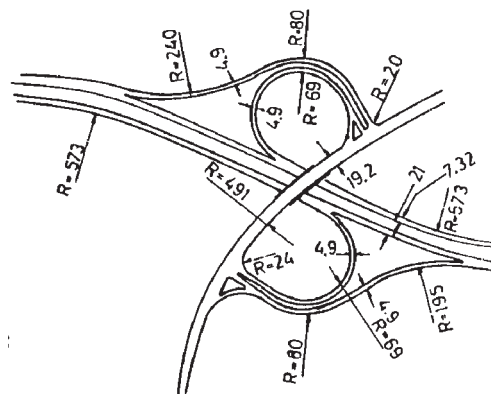
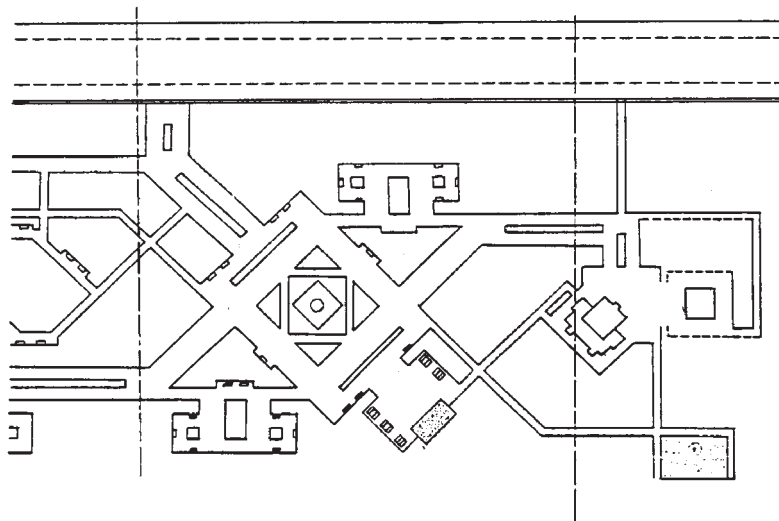
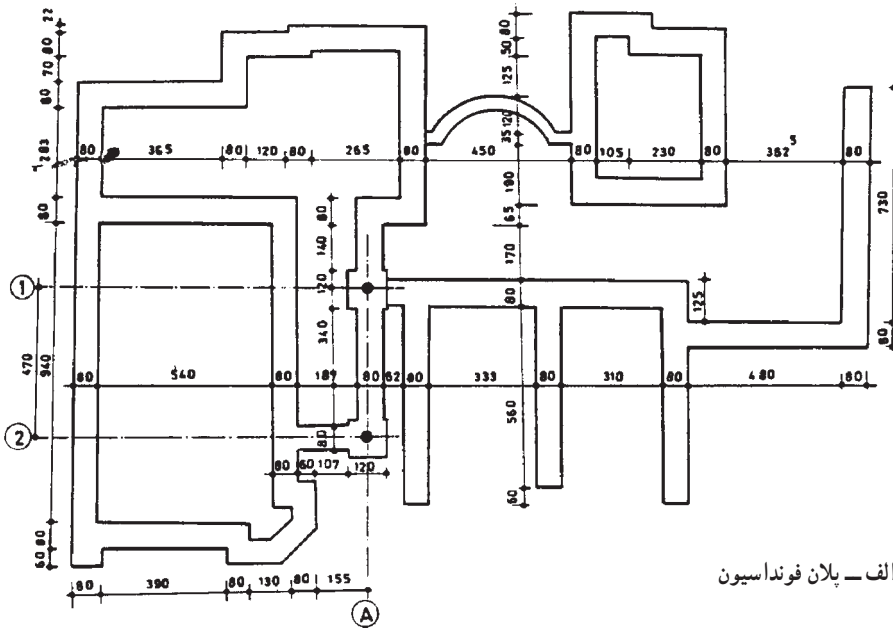
۱-۵- انواع نقشه در نقشه‌برداری

۱-۵-۱ نقشه‌های مسطحه: در نقشه‌های مسطحه هدف نمایش وضع مسطحاتی عوارض است. در این نقشه‌ها ارتفاع (z) نقاط نشان داده نمی‌شود. بلکه تنها، ابعاد طول و عرض (x,y) عوارض و موقعیت آن‌ها نسبت به هم مشخص می‌گردد. به این نقشه‌ها «پلان» (Plan) نیز می‌گویند. در شکل ۱-۵ انواع پلان‌ها

۱-۴- رابطه‌ی مقیاس و دقت نقشه

لازم به تذکر است که دقت نقشه و مقیاس آن به همدیگر وابسته‌اند؛ یعنی نقشه‌های بزرگ مقیاس دارای دقت بیشتر در استخراج اطلاعات و نقشه‌های کوچک مقیاس دارای دقت کمتر هستند و هنگام تهیه‌ی نقشه و یا به کاربردن آن باید به این موضوع توجه کنیم.

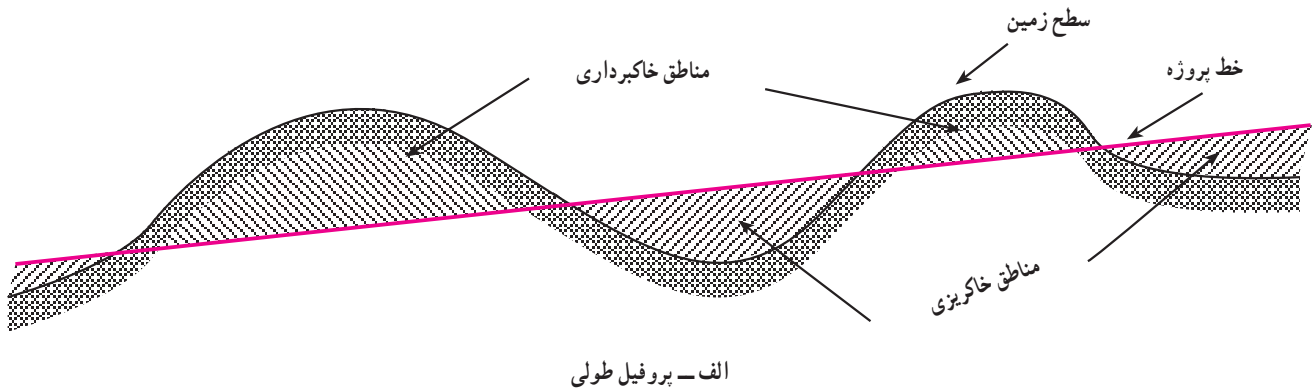
را مشاهده می‌نمایید.



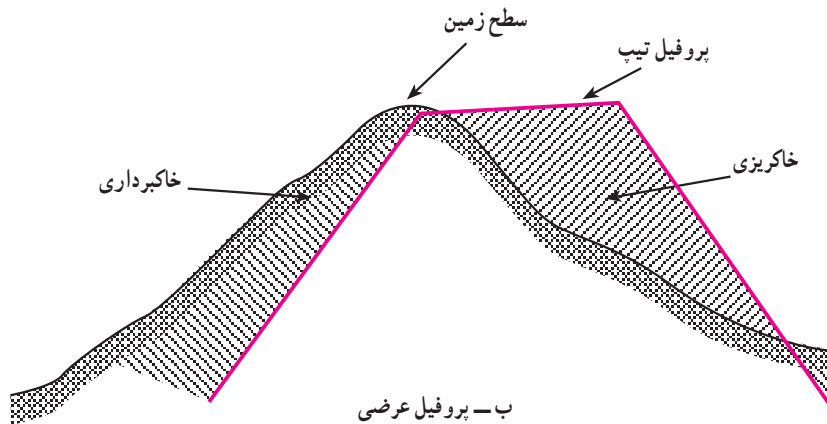
شکل ۵-۱- چند نوع پلان

ارتفاعات نقاط تغییر شیب زمین در مسیرهای مستقیم عمود بر مسیر و نیز تغییرات ارتفاعی در طول مسیر مهم می‌باشند. در شکل ۱-۶ نمونه‌هایی از آن‌ها را می‌بینید.

۲-۵-۱- نقشه‌های ارتفاعی^۱: این نوع نقشه‌ها فقط نمایش دهنده‌ی ارتفاع و تغییرات ارتفاعی می‌باشند که بیشتر به منظور تهیه برش‌های طولی و عرضی یک مسیر انجام می‌گیرد.



الف - پروفیل طولی



ب - پروفیل عرضی

شکل ۱-۶- پروفیل‌های طولی و عرضی

۳-۵-۱- نقشه‌های توپوگرافی^۲: هرگاه وضع ارتفاعی و مسطحاتی یک قطعه زمین با یکدیگر مورد نیاز و توجه باشد نقشه‌های تهیه شده را نقشه‌های «توپوگرافیک» می‌گویند. در این نقشه‌ها ارتفاعات معمولاً با خطوط تراز نمایش داده می‌شوند. به این خطوط تراز اصطلاحاً خطوط منحنی میزان می‌گویند. این خطوط بیان‌کننده نقاط با ارتفاع یکسان هستند یعنی نقاطی که روی یک خط منحنی میزان قرار دارند دارای ارتفاع یکسانی می‌باشند.

این نقشه‌ها به صورت پایه‌ای برای تهیه‌ی سایر انواع نقشه‌ها و طرح و اجرای پروژه‌های مختلف به کار می‌روند. به شکل‌های

۱-۷- الف، ب و ۱-۷- ج توجه شود.

۴-۵-۱- نقشه‌های موضوعی^۳: نقشه‌برداری مشتقه از شاخه‌های علم نقشه‌برداری است که با اکثر رشته‌های علوم و تکنولوژی ارتباطی عمیق پیدا نموده است. از این طریق نقشه‌هایی در موضوعات علوم مختلف تهیه می‌شود و در اختیار سایر دانشمندان و متخصصان و در مواردی عموم مردم، قرار می‌گیرد. این طیف از کار نقشه‌برداری آن‌چنان وسیع و گسترده است که حتی نام بردن موضوعاتی که از آن‌ها نقشه تهیه می‌شود از حوصله این کتاب و سطح علمی آن فراتر است و در اینجا فقط به معرفی چند نوع عام‌تر آن‌ها می‌پردازیم:

۱-۷- الف، ب و ۱-۷- ج توجه شود.

۴-۵-۱- نقشه‌های موضوعی^۳: نقشه‌برداری مشتقه از شاخه‌های علم نقشه‌برداری است که با اکثر رشته‌های علوم و تکنولوژی ارتباطی عمیق پیدا نموده است. از این طریق نقشه‌هایی در موضوعات علوم مختلف تهیه می‌شود و در اختیار سایر دانشمندان و متخصصان و در مواردی عموم مردم، قرار می‌گیرد. این طیف از کار نقشه‌برداری آن‌چنان وسیع و گسترده است که حتی نام بردن موضوعاتی که از آن‌ها نقشه تهیه می‌شود از حوصله این کتاب و سطح علمی آن فراتر است و در اینجا فقط به معرفی چند نوع عام‌تر آن‌ها می‌پردازیم:

۱- نقشه‌های تکتونیکی

۲- نقشه خاک‌های جهان

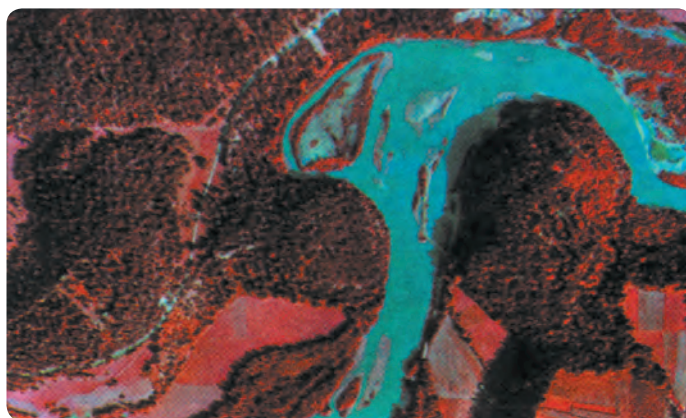
۳- نقشه‌ی دوران‌های زمین‌شناسی

۴- نقشه‌هایی در موضوعات هواشناسی

۵- نقشه‌های آماری



شکل ۱-۷ الف- تصویری از منحنی میزان بر روی عوارض طبیعی زمین



شکل ۱-۷ ب- تصویری قائم از یک منطقه



شکل ۱-۷ ج- نقشه توپوگرافی تهیه شده از تصویر قائم شکل ۱-۷ ب

۱-۶- شاخه‌های نقشه‌برداری

۱-۶-۱- نقشه‌برداری زیرزمینی -

(Under ground surveying): موضوع این رشته از نقشه‌برداری برداشت یا پیاده کردن نقشه‌های تونل، معدن و مترو می‌باشد.

۱-۶-۲- نقشه‌برداری هوایی (Photogrammetry):

برای تهیه نقشه‌های مبنایی در سطح وسیع، مانند نقشه یک کشور از عکس‌های هوایی که از طریق هواپیما تهیه شده استفاده می‌شود. این

رشته از علم نقشه‌برداری به دلیل داشتن قابلیت‌های فراوان و امکان استفاده از آن در سایر رشته‌های نقشه‌برداری و عمرانی بسیار مورد توجه و اهمیت می‌باشد. در ایران سازمانی به نام سازمان نقشه‌برداری عهده‌دار عکسبرداری هوایی و تهیه نقشه‌های مبنایی کشور است. این سازمان تهیه نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ پوششی کل کشور را در دست انجام دارد. (برای گرفتن آخرین اخبار و اطلاعات از فعالیت‌های این سازمان می‌توانید به مجله‌ی نقشه‌برداری که فصلنامه‌ی سازمان نقشه‌برداری است و یا به سایت الکترونیکی آن مراجعه نمایید.)

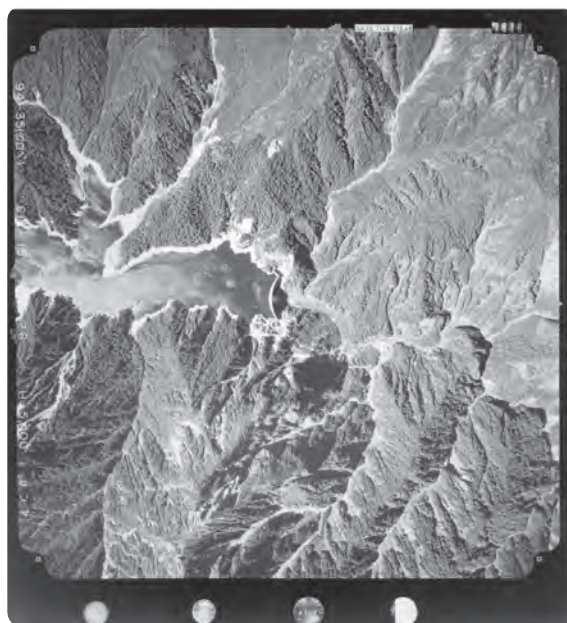


۱:۱۰,۰۰۰

۱:۲۵,۰۰۰

۱:۵۰,۰۰۰

شکل ۸-۱- نقشه‌ی هوایی با مقیاس‌های مختلف از یک منطقه تهیه شده از عکس‌های هوایی



شکل ۹-۱- زوج تصویر عکسبرداری شده از یک منطقه

کانال‌کشی، لوله‌کشی، دکل‌گذاری و غیره انجام می‌شود «نقشه‌برداری مسیر» نام دارد. به جهت اهمیت راه در توسعه

۱-۶-۳- نقشه‌برداری مسیر: بخشی از نقشه‌برداری

که در آن طراحی و پیاده کردن مسیری از قبیل راه، راه‌آهن،

نقشه‌های بزرگ مقیاس نشان داده می‌شود.

۷-۶-۱- نقشه برداری ژئودزی : (ژئودزی) علمی

است که در مورد شکل، ابعاد زمین و تغییرات آن و همچنین در مورد تعیین محل و موقعیت نقاط مختلف سطح زمین بحث کرده به مطالعات در رشته‌های مختلف علوم زمینی و حتی سایر کرات نیز کمک می‌کند.

نقشه برداری ژئودزی به موضوعاتی می‌پردازد که در تهیه

نقشه‌های دقیق از یک منطقه وسیع مانند نقشه استان، کشور و... باید مورد توجه قرار گیرد.

۸-۶-۱- کارتوگرافی (Cartography) : در بعضی

کشورها کارتوگرافی به کلیه‌ی مراحل تهیه نقشه اطلاق می‌شود، اما در برخی دیگر از کشورها مانند ایران منظور از کارتوگرافی «شاخه‌ای از نقشه برداری است که به ترسیم نقشه اختصاص دارد.» کارتوگرافان برداشت‌های انجام شده مهندسی توپوگرافیست، هیدروگرافیست، فتوگرامتریست و غیره را به نقشه تبدیل می‌کنند یا به ترسیم نقشه‌های موضوعی می‌پردازند.

و پیشرفت یک کشور، نقشه‌برداری مسیر نیز اهمیت و ارزشی خاص یافته است.

۴-۶-۱- آبنگاری یا هیدروگرافی (Hydrography) :

رشته‌ای از نقشه برداری است که عهده‌دار تهیه نقشه از کف رودخانه‌ها، دریاها، دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها است تا شکل زمین را در زیر آب‌ها تعیین کند.

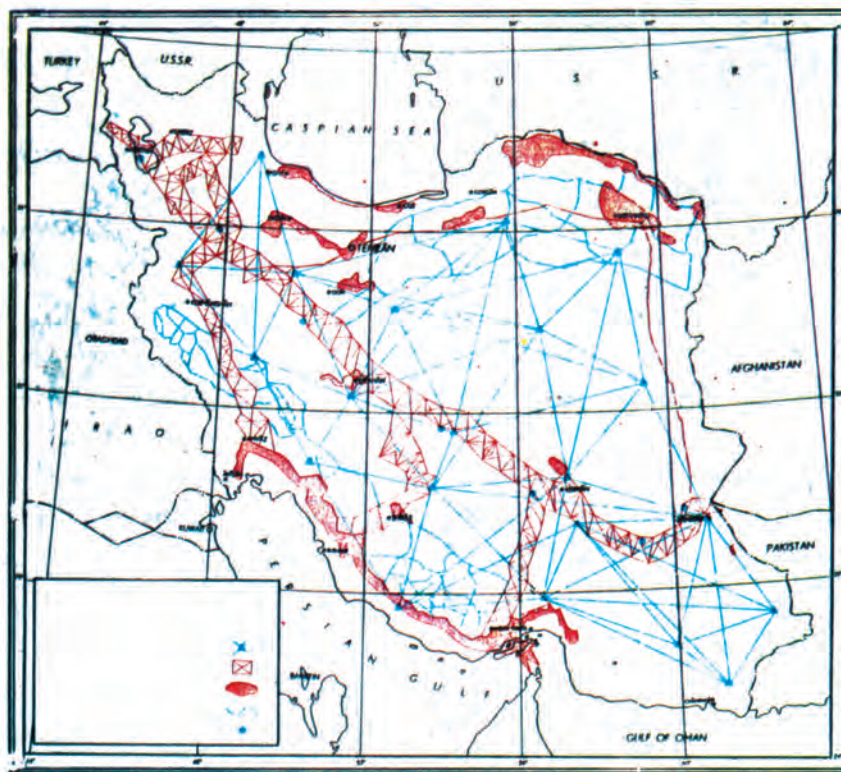
۵-۶-۱- نقشه برداری نظامی : برای تهیه نقشه‌های

نظامی و تعیین نقاط استراتژیک دفاعی و تعرضی به کار می‌رود.

۶-۶-۱- نقشه برداری ثبتي املاک (کاداستر) :



















گروه کارشناسان ویژه سازمان ملل کاداستر را چنین تعریف کرده‌اند :

کاداستر مجموعه‌ای نظام‌مند از اطلاعات درباره املاک در یک کشور یا یک منطقه است که بر پایه نقشه‌برداری آن املاک و محیط آن‌ها قرار گرفته است. این املاک به صورتی منظم و پیوسته به کمک شناسه (کد) واحد و غیرقابل اشتباهی شناسایی می‌شوند. شکل و ابعاد ملک و مشخصه و شناسه هر قطعه روی





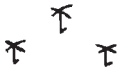
















شکل ۱۰-۱- شبکه ژئودزی کشور

۷-۱ علائم قراردادی مورد استفاده در نقشه‌ها (لژاند) Legend

BUILDING		ساختمان
RELIGIOUS BUILDING		اماکن مذهبی
RUIN		خرابه
WALL		دیوار
CEMETERY		گورستان
LIMIT		حد
RAILWAY		راه آهن
UNDER CONSTRUCTION ABANDOND		راه آهن متروک یا در دست اقدام
ASPHALTED ROAD		راه آسفالته
UNSURFACED ROAD		راه شوسه
4WHEEL DRIVE ROAD		راه جیب رو
FOOT PATH		راه مالرو
BRIDGE		پل
WIRE FENCE		سیم خاردار
FENCE		نرده
HEDGE		چپر
POWER LINE		خط انتقال نیرو
PYLON		دکل

علائم قراردادی مورد استفاده در نقشه‌ها

TELEPHONE OR TELEGRAPH LINE		خط تلفن - 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 - LAWN		مرتع - چمن
TREE LINE		ردیف درخت
BUSH		بوته‌زار
COTTON PLANTATION		پنبه‌کاری
TANK (oil-water-etc)		مخازن (مواد نفتی-آب-غیره)
RIVER		رودخانه
CANAL		کانال
STREAM		نهر-جوی
AQUEDUCT		ناودان هدایت آب
WATER COURSE		آبریز

علائم قراردادی مورد استفاده در نقشه‌ها

DYKE		بند
DYKE		آب بندان
POOL		استخر
FLOOD WAY		مسیل
SWAMP		باتلاق
LAGOON		مرداب - مانداب
SPRING		چشمه
QANAT - WELL		رشته قنات - چاه
BOUNDARY		مرز
CONTOURS		منحنی میزان
APPROXIMATE CONTOURS		منحنی میزان مفروض (واسطه)
ROCK		صخره
CUTTING		بریدگی - ترانشه
SPOT HEIGHT	92.75	نقاط ارتفاعی
B. M - POLYGON		بنچ مارک - رئوس پیمایش
PHOTO - CENTER SURVEY STATION		مرکز عکس هوایی ایستگاه نقشه برداری
TRIG. POINT		نقاط مثلث بندی

به این پرسش‌ها پاسخ دهید



- ۱- نقشه را تعریف کنید.
- ۲- مقیاس نقشه را تعریف کنید.
- ۳- انواع روش‌های نمایش مقیاس را در نقشه‌برداری بیان کنید.
- ۴- انواع نقشه را از نظر مقیاس توضیح دهید.
- ۵- نقشه برداری را تعریف کنید.
- ۶- هدف از نقشه‌برداری چیست؟
- ۷- انواع نقشه‌برداری را بیان کنید.
- ۸- نقشه‌برداری مسطحه را توضیح دهید.
- ۹- نقشه‌برداری ارتفاعی را توضیح دهید.
- ۱۰- توپوگرافی را توضیح دهید.
- ۱۱- نقشه‌برداری زیرزمینی را توضیح دهید.
- ۱۲- نقشه‌برداری هوایی (فتوگرامتری) را توضیح دهید.
- ۱۳- نقشه‌برداری مسیر را توضیح دهید.
- ۱۴- نقشه‌برداری آب‌ها (هیدروگرافی) را توضیح دهید.
- ۱۵- نقشه‌برداری نظامی را توضیح دهید.
- ۱۶- نقشه‌برداری موضوعی را توضیح دهید.
- ۱۷- نقشه‌برداری ثبتی املاکی و حقوقی (کاداستر) را توضیح دهید.
- ۱۸- نقشه‌برداری ژئودزی را توضیح دهید.
- ۱۹- کارتوگرافی را توضیح دهید.

اشتباه و خطا در نقشه برداری

هدف های رفتاری : از دانش آموز انتظار می رود در پایان این فصل :

- ۱- خطا را تعریف کند.
- ۲- انواع خطا را توضیح دهد.
- ۳- عوامل ایجادکننده ی خطاها را بیان کند.

تعریف اندازه گیری

پایه و اساس همه ی کارهای نقشه برداری، اندازه گیری است؛ به ویژه اندازه گیری طول و زاویه که بیشتر آن در روی زمین و با وسایل نقشه برداری انجام می گیرد. بنابراین مجموعه ی عوامل انسان، محیط و دستگاه در نتایج اندازه گیری ها سهیم می باشند و هر کدام از این سه عامل، در به دست آمدن اندازه های دقیق و خوب یا برعکس، نتایج غیر دقیق و اشتباه، مؤثر هستند.

۱-۲- تعریف خطا در نقشه برداری

اگر اندازه ی واقعی یک کمیت، مانند طول یا زاویه را x و مقداری را که از اندازه گیری به دست آورده ایم x_1 بنامیم، اختلاف مقدار اندازه گیری شده و مقدار واقعی را «خطا»^۱ می نامیم و آن را با حرف «e» نمایش می دهیم و داریم :

$$e = x - x_1$$

۲-۲- انواع خطا

۱-۲-۲- اشتباه : هرگاه خطا از حد معین تعیین شده

بیشتر باشد به آن «اشتباه» می گویند.

مقدار اشتباه معمولاً بزرگ می باشد؛ به گونه ای که با کنترل مشاهدات به راحتی می توانیم آن را پیدا نموده حذف کنیم. در حالی که خطاهای دیگر را نمی توان به راحتی حذف کرد و در بسیاری

موارد فقط می توانیم آن ها را کاهش دهیم.

مثال : برای پیدا کردن طول یک قطعه زمین آن را پنج بار

اندازه گیری کرده ایم و اعداد زیر به دست آمده است.

۴۵/۳۸ و ۴۵/۳۹ و ۵۴/۳۶ و ۴۵/۳۷ و ۴۵/۳۸

آشکار است که عدد ۵۴/۳۶ اشتباه می باشد، چون چهار

عدد دیگر همگی ۴۵ می باشند و اختلاف ۵۴ و ۴۵ فاحش می باشد

و به خوبی اشتباه بودن آن را نشان می دهد. حتی به احتمال بسیار

زیاد می توانیم بگوییم که نویسنده به جای نوشتن ۴۵؛ اشتبهاً دو

رقم ۴ و ۵ را جا به جا کرده و ۵۴ نوشته است.

پس از حذف اشتباه برای پیدا کردن مناسب ترین اندازه برای

طول قطعه زمین میانگین آن ها را حساب می کنیم.

منشأ/اشتباهات : بروز اشتباه در نقشه برداری عموماً به دو

عامل بستگی دارد :

بدکار کردن و معیوب بودن وسایل اندازه گیری به وجود می آید و راه پیشگیری از آن ها کنترل مستمر وسایل می باشد. به این ترتیب که قبل از آن که وسایل را به منطقه ی مورد نظر حمل کنیم باید در محل انبار سالم بودن و صحیح کار کردن آن ها را کنترل نماییم (در مورد هر وسیله در درس مربوطه این کار توضیح داده خواهد شد). هنگام حمل و هنگام کار با وسایل نقشه برداری نیز باید نهایت سعی خود را انجام دهیم تا از ضربه و صدمه خوردن به آن ها جلوگیری شود.

الف) بدفهمی یا حواس پرتی انسان (منشأ انسانی).
 ب) معیوب بودن وسایل اندازه گیری (منشأ دستگاهی).
 از آن جا که عمده ی اشتباهات، ناشی از حواس پرتی و بدفهمی حواس انسانی است ابتدا به توضیح آن می پردازیم.
اشتباه با منشأ انسانی: انسان در صورت عدم سلامت حواس پنج گانه ی خویش در انجام فعالیت های دقیق نقشه برداری همانند خواندن، نوشتن، محاسبه و ترسیم دچار اشتباه می گردد.
اشتباه با منشأ دستگاهی: این اشتباهات اغلب به دلیل

نمونه هایی از اشتباهات رایج در نقشه برداری و روش های پیشگیری از اشتباه

اشتباه	روش پیشگیری
<p>— اشتباهی گرفتن نقاط: هنگامی که عامل با چشم غیر مسلح یا با دوربین نقشه برداری به نشانه ها و علامات نگاه می کند یا نقاطی را مورد اندازه گیری قرار می دهد، ممکن است نقطه ای را به جای نقطه ی دیگر اشتباه بگیرد. (همین اشتباه را ممکن است سایر افراد نیز انجام دهند).</p> <p>— اشتباه در قرائت اندازه ها: ممکن است عامل هنگام قرائت اندازه ها، به طور مثال عدد ۱۳۲ را ۱۲۳ بخواند، زاویه ی ۳۵ درجه را ۳۵ گراد قرائت نماید و یا دسی متر و سانتی متر را به جای هم دیگر، اشتباه قرائت نماید.</p> <p>— اشتباه در اعلام اندازه ها: ممکن است عامل هنگام اندازه گرفتن درست عمل کرده باشد و درست دیده و فهمیده باشد اما هنگام جاری کردن آن بر زبان دچار اشتباه شود.</p>	<p>باید کروکی دقیقی از محل و عوارض آن و نیز نقاطی که به طور مصنوعی با میخ، چوب یا رنگ معین شده، در دست عامل یا نویسنده باشد و مرتب با توجه به آن موقعیت افراد را کنترل کند.</p> <p>اولاً، بالای هر برگه ی اندازه گیری نوع وسیله و واحد اندازه گیری باید ذکر گردد. ثانیاً، عامل حداقل هر قرائت را باید دوبار انجام دهد (البته هر بار باید از نو ارقام و اندازه ها را به دقت نگاه کرده و بخواند).</p> <p>دوبار قرائت کردن برای رفع این اشکال مؤثر است و احتمال این که عامل بار دوم را نیز اشتباه اعلام کند، کاهش می دهد.</p>
<p>— اشتباه در شنیدن: این اشتباه ممکن است به علت وجود صداهای مزاحم در محیط، باد شدید، پوشیده بودن گوش با کلاه ضخیم به علت سرما، ضعیف بودن صدای عامل، سنگین بودن گوش شنونده، لکنت زبان عامل یا به هر دلیل دیگری به وجود بیاید و برای مثال، نویسنده عدد ۲ را با ۹ یا عدد ۰ را با ۳ اشتباه کند.</p>	<p>این که عامل دوبار قرائت می کند می تواند چاره ای برای این مشکل باشد و نویسنده باید پس از شنیدن بار دوم، قرائت مورد نظر را یادداشت کند. نویسنده هرگز نباید آنچه را که مشکوک شنیده بنویسد، بلکه باید از عامل بخواهد بار دیگر با صدای بلند قرائت مورد نظر را تکرار نماید. خود نویسنده نیز هنگام نوشتن، باید آنچه را می نویسد بخواند تا گوینده درستی آن را تصدیق نماید.</p>
<p>— اشتباه در نوشتن: نویسنده هنگام ثبت اندازه ها ممکن است جای رقم ها را عوضی بنویسد؛ مثلاً به جای ۷۸ بنویسد ۸۷ همین طور ممکن است اندازه ی یک کمیت را در ستون کمیتی دیگر بنویسد.</p> <p>ممکن است نویسنده هنگام نوشتن نام نقطه یا شرح نقطه اشتباه کند.</p> <p>ممکن است نویسنده جای ممیز را در اعداد اعشاری جا به جا بنویسد؛ مثلاً ۳ متر و ۵ سانتی متر را به جای ۳/۰۵، به صورت ۳/۵ بنویسد و دچار یک اشتباه ۴۵ سانتی متری شود.</p>	<p>همان طور که گفته شد اگر نویسنده آنچه را نوشته یک بار دیگر به دقت نگاه کرده بخواند، جا به جایی رقم ها معلوم می شود و برای درست نوشتن اعداد در ستون ها بهتر است کار قرائت هماهنگ با ستون های جدول انجام شود. توجه به کروکی و مشورت با عامل در مورد نام و شرح نقطه می تواند مفید باشد.</p> <p>برای جلوگیری از این اشتباه بهتر است دقت کار از همان ابتدا معین شود و اگر اندازه گیری بر حسب سانتی متر انجام می شود همه ی اندازه ها را با دو رقم اعشار بنویسند حتی اگر سانتی متر یک اندازه صفر باشد، مثلاً ۳ متر را به صورت ۳/۰۰ بنویسند.</p>

۲- کنترل از طریق مقایسه با یک مدل ریاضی: در این روش اندازه‌های به دست آمده را با یک مدل ریاضی مقایسه می‌کنیم؛ مثلاً اگر در مثلث ABC اندازه‌ی سه زاویه‌ی A و B و C را به دست آورده‌ایم می‌توانیم آن‌ها را با یک مدل ریاضی - که براساس آن: مجموع سه زاویه‌ی داخلی هر مثلث 180° است - محک بزنیم. اگر مجموع سه زاویه 180° درجه یا حتی خیلی نزدیک به آن بود احتمالاً اندازه‌های به دست آمده ممکن است بدون اشتباه باشند.

حقیقت این است که هم روش تکرار و هم روش مقایسه با مدل ریاضی به تنهایی کامل نیستند و معمولاً برای کارهای دقیق هر دو روش را با هم به کار می‌برند؛ یعنی مشاهده را چندبار اندازه‌گیری می‌کنند و اندازه‌ای را که با بقیه اختلاف زیادی دارد اشتباه تلقی کرده، حذف می‌کنند و هم این که اندازه‌های به دست آمده را با یک مدل ریاضی مقایسه می‌کنند تا اشتباهات پنهان را آشکار کنند.

توجه به این نکته ضروری است که هر چند اشتباه ممکن است آن قدر بزرگ باشد که حتی با یک بار اندازه‌گیری نیز قابل تشخیص باشد (مانند وقتی که اندازه عرض یک اتاق را که ظاهراً ۴ متر است 4° متر به دست آورده باشند) اما غالباً پیدا کردن اشتباه به این سادگی امکان‌پذیر نیست و باید نقشه برداران با روش‌های کنترلی مناسب آن‌ها را یافته و حذف نمایند.

۲-۲-۲- خطاهای سیستماتیک (دستگاهی): خطاهایی هستند که همیشه در یک جهت ظاهر می‌شوند یعنی کمیتی مانند زاویه یا طول را به طور منظم کاهش و یا افزایش می‌دهند. و چون این خطاها اکثراً منشأ دستگاهی دارند به آن‌ها خطاهای دستگاهی نیز می‌گویند. مثلاً مترهای فلزی در درجه حرارت بالای حد استاندارد افزایش طول خواهند داشت در نتیجه فواصل را کمتر از اندازه واقعی اندازه‌گیری خواهد شد.

۲-۲-۳- خطای اتفاقی: خطایی است که دیگر اشتباه و خطاهای سیستماتیک در آن موجود نیست و ما اطلاعی از مبنا و منشأ آن نداریم. به چنین خطاهایی که مبنا و منشأ شناخته شده‌ای نداشته و در جهتی خاص ظاهر نمی‌شوند، خطای اتفاقی می‌گویند رفتار این خطاها مشخص نبوده، به صورت اتفاقی ظاهر می‌شوند

در حین انجام کار با هر وسیله نیز باید، بی‌دربی مواظب صحیح کار کردن آن باشیم و هرگز از کنترل صحت کار کردن دستگاه‌های اندازه‌گیری غافل نشویم.

پس از پایان کار نیز باید وسایل را با دقت جمع و به محل انبار حمل نماییم.

روش شناسایی و حذف اشتباهات باقی مانده در اندازه‌گیری‌ها

با همه‌ی تمهیدات و مواظبت‌هایی که انجام آن‌ها توصیه گردید باز هم امکان اشتباه در اندازه‌گیری‌ها وجود دارد؛ بنابراین، باید روش‌هایی به کار ببریم تا اگر در مواردی موفق نشده‌ایم از اشتباه در اندازه‌گیری‌ها جلوگیری نماییم، قبل از ترک محل عملیات صحرائی، اشتباهات موجود را پیدا کرده، در صورت نیاز، اندازه‌گیری‌های صحیح را به جای اندازه‌گیری‌های اشتباه به کار بریم (توجه کنید که در بعضی موارد، محل اندازه‌گیری‌ها ممکن است در نقطه‌ی بسیار دوری قرار گرفته باشد و هزینه مراجعه مجدد به محل زیاد باشد یا ممکن است کار از نظر زمانی به تأخیر بیفتد.)

بهترین راه برای مبارزه با اشتباه در نقشه‌برداری «کنترل» است، به همین دلیل در نقشه برداری، کار بدون کنترل فاقد ارزش است و استفاده از اندازه‌های کنترل نشده بسیار مضر و خطرناک می‌باشد.

کنترل، در کلیه‌ی مراحل تهیه‌ی نقشه، از شناسایی و اندازه‌گیری گرفته تا محاسبه و ترسیم اعمال می‌شود تا نتیجه کار نقشه‌برداری که همان نقشه است، دقیق و مطمئن باشد. در قسمت قبل، از کنترل تکنیکی عوامل انسانی و کنترل فنی وسایل صحبت کردیم. در این قسمت از کنترل اندازه‌های به دست آمده صحبت می‌کنیم. در نقشه‌برداری معمولاً نتایج اندازه‌گیری‌ها را به دوروش کنترل می‌کنیم:

۱- کنترل از طریق تکرار اندازه‌گیری‌ها: در این روش برای کنترل اشتباه نبودن اندازه‌ی به دست آمده، اندازه‌گیری را دو یا چند بار انجام می‌دهند؛ مثلاً برای به دست آوردن اندازه‌ی یک زاویه دو یا چند بار آن را اندازه‌گیری می‌کنند یا برای اندازه‌گیری یک طول آن را به صورت رفت و برگشت اندازه‌گیری می‌نمایند.

یعنی تأثیر این خطاها در یک جهت نیست، بلکه ممکن است تأثیر آن‌ها مثبت یا منفی باشد.

عوامل ایجادکننده‌ی خطاها: سرمنشأ ایجاد خطاها سه عامل طبیعت، انسان و دستگاه هستند که هر یک به گونه‌ای در ایجاد خطاها مؤثرند. برای هر وسیله‌ی اندازه‌گیری و روشی که برای اندازه‌گیری به کار می‌بریم خطاها باید به طور جداگانه مورد بحث و بررسی قرار گیرند؛ مثلاً برای اندازه‌گیری طول با متر فلزی تأثیر درجه‌ی حرارت را بر روی آن بررسی می‌کنند و برای یک دوربین نقشه‌برداری که با شعاع نور سر و کار دارد باید خطای ایجاد شده توسط شکست نور در لایه‌های هوا را مورد بررسی قرار داد. در این قسمت این خطاها را به طور اجمالی نام می‌بریم.

خطاهایی که منشأ طبیعی دارند:

- ۱- خطای ناشی از تأثیر کروی بودن زمین بر روی طول‌ها؛
- ۲- خطای ناشی از تأثیر درجه‌ی حرارت هوا بر روی

وسایل اندازه‌گیری؛

- ۳- خطای ناشی از تأثیر تشعشع نور خورشید روی وسایل اندازه‌گیری؛
- ۴- خطای ناشی از انکسار نور در لایه‌های هوا؛
- ۵- خطای ناشی از تأثیر بادهای شدید روی وسایل نقشه‌برداری.

خطاهایی که منشأ انسانی دارند:

- ۱- خطای انسان در تنظیم وسایل اندازه‌گیری؛
 - ۲- خطای انسان هنگام حدس‌زدن خورده‌های اندازه‌ها (اعشار اندازه‌ها).
- خطاهایی که منشأ دستگاهی دارند:**
- ۱- خطای تقسیمات روی قسمت‌های مدرج دستگاه؛
 - ۲- خطای تنظیم نبودن پیچ‌ها، اتصالات و محورهای دستگاه.

به این پرسش‌ها پاسخ دهید



- ۱- خطا را تعریف کنید.
- ۲- انواع خطا را نام ببرید.
- ۳- اشتباه را در نقشه‌برداری توضیح دهید.
- ۴- خطای سیستماتیک را در نقشه‌برداری تشریح کنید.
- ۵- خطای اتفاقی را بیان کنید.
- ۶- عوامل ایجادکننده‌ی خطاها را بیان کنید.
- ۷- خطاهایی را که منشأ طبیعی دارند، بیان کنید.
- ۸- خطاهایی را که منشأ انسانی دارند، بیان کنید.
- ۹- خطاهایی را که منشأ دستگاهی دارند، بیان کنید.



تمرین

۱- فاصله‌ای را پنج بار اندازه‌گیری کرده‌ایم و اعداد زیر به دست آمده است :

۶۱۱/۹۵ ، ۶۱۲/۰۵ ، ۶۱۱/۹۵ ، ۶۱۲/۰۱ ، ۶۱۲/۰۹

اندازه‌ی میانگین را به دست آورید.

۲- فاصله‌ای را با دستگاه فاصله یاب الکترونیکی 1° بار اندازه‌گیری کرده و اعداد زیر را ثبت کرده‌ایم :

۸۷۱/۹۸۸ ، ۸۷۱/۹۸۰ ، ۸۷۱/۹۰۸ ، ۷۸۱/۹۸۶ ، ۸۷۱/۹۸۰ ، ۸۷۱/۹۸۸ ، ۸۷۱/۹۸۱ ، ۸۷۱/۹۸۳ ، ۸۷۱/۹۸۴ ،

۸۷۱/۹۹۰.

مطلوبست :

الف - مشخص کردن اندازه‌ی مشکوک و حذف آن

ب - محاسبه‌ی میانگین اندازه‌های صحیح

۳- طول کلاس خود را ده بار اندازه‌گیری کرده و اندازه‌ی میانگین را محاسبه کنید.

امتداد‌گذاری با وسایل ساده نقشه‌برداری

هدف‌های رفتاری : از دانش‌آموز انتظار می‌رود در پایان این فصل :

- ۱- وسایل ساده نقشه‌برداری را به کار برد.
- ۲- امتداد‌گذاری ساده بین دو نقطه را انجام دهد.
- ۳- روش امتداد‌گذاری با وجود مانع دید را انجام دهد.
- ۴- روش یافتن محل تقاطع دو امتداد را انجام دهد.
- ۵- روش اخراج عمود از نقطه‌ای روی یک امتداد را انجام دهد.
- ۶- روش وارد کردن عمود بر یک امتداد از نقطه‌ای خارج از آن را انجام دهد.
- ۷- طریقه پیاده کردن امتداد موازی را با یک امتداد انجام دهد.
- ۸- روش امتداد‌گذاری را با وجود مانع دید و عبور، انجام دهد.
- ۹- روش پیاده کردن یک قوس دایره را انجام دهد.

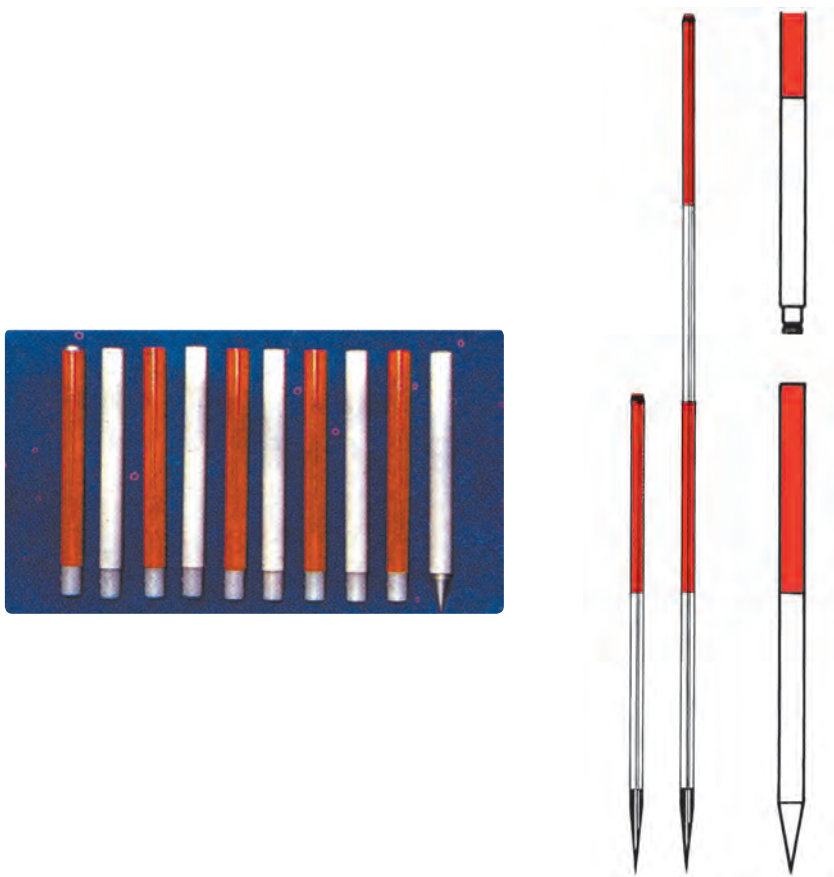
مقدمه

یکی از اساسی‌ترین مهارت‌های لازم برای تهیه نقشه‌ی یک منطقه توانایی به کارگیری وسایل ساده نقشه‌برداری است. در این فصل ضمن معرفی این وسایل، با نحوه‌ی کار با آن آشنا می‌شوید. این وسایل عبارت‌اند از : ژالون و سه پایه ژالون، تراز ژالون، گونیای مساحی، میخ‌ها و پتک، متر، تراز متر و شیب‌سنج.

۱-۳- وسایل ساده نقشه‌برداری

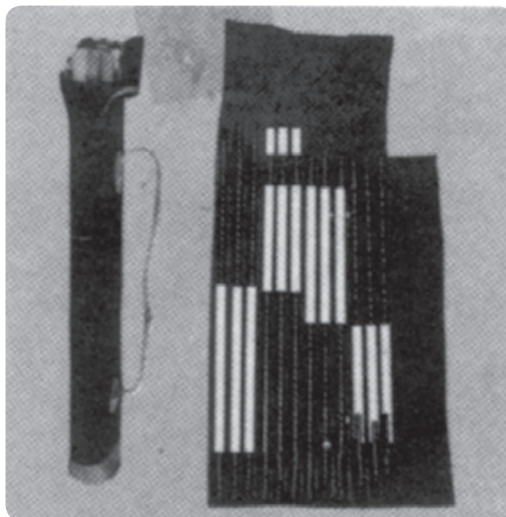
جداشدن را دارد تشکیل شده تا در مواردی، مانند تونل‌های کم قطر معدنی بتوان از آن استفاده کرد. ضمناً ژالون دارای نوک فلزی سخت و تیزی است تا بتوان برای علامت‌گذاری در زمین‌های خاکی آن را در زمین فرو کرد یا در نقاط معین آن را به دقت مستقر نمود. (طریقه‌ی استقرار ژالون را در همین فصل ملاحظه خواهید نمود) ژالون باید صاف و بدون خمیدگی باشد. پس از پایان کار آن را تمیز کرده در جای خشک به طور افقی قرار دهید.

۱- ژالون : ژالون میله‌ای چوبی یا لوله‌ای فلزی است که معمولاً آن را به قطر ۳ الی ۴ سانتی‌متر و به طول ۲ الی ۲/۵ متر می‌سازند و در هر نیم متر به‌طور متناوب دارای رنگ سفید و قرمز می‌باشد. تا در محیط کار بتوان آن را به خوبی تشخیص داد (شکل ۱-۳). ژالون معمولاً از دو یا چند قطعه جدا از هم که قابلیت



شکل ۱-۳-ژالون

برای حمل ژالون‌ها معمولاً آن‌ها را از قسمت‌هایی که متصل به راحتی انجام گرفته، در ضمن ژالون‌ها به خوبی در مقابل عوامل شده جدا نموده و در کیف مخصوص قرار می‌دهند تا حمل آن‌ها جوی و ضربات احتمالی محافظت شود (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳- بسته‌بندی و حمل ژالون‌ها

هنگام به کارگیری دقت کنید تا گیره‌ی آن شل نشود، زیرا در آن صورت نمی‌تواند ژالون را به طور قائم نگه دارد. پس از پایان کار آن را تمیز کرده، پایه‌هایش را جمع نموده، به طور افقی در انبار نگهداری کنید.

برای این که ژالون به طور قائم در نقطه‌ی مورد نظر مستقر شود از وسیله‌ای به نام تراز ژالون استفاده می‌شود.



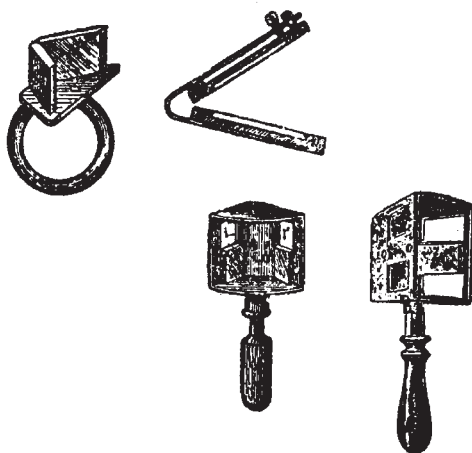
۲- سه پایه‌ی ژالون گیر و تراز ژالون: سه پایه‌ی سبک و فلزی است که در بالای آن گیره یا محلی برای نگهداری ژالون وجود دارد و در مواقعی که ژالون باید در یک نقطه مستقر و مدتی ثابت بماند از آن استفاده می‌شود تا به افراد کمتری جهت نگهداری نیاز داشته باشیم. در شکل ۳-۳ ژالون گیر و نحوه‌ی به کارگیری آن نمایان است.



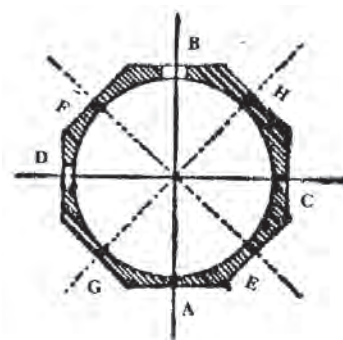
شکل ۳-۳- ژالون گیر و نحوه‌ی به کارگیری آن

- ۲- تعیین امتدادهای قائم یا 30° ، 45° و 60° نسبت به یک امتداد دیگر؛
- ۳- اخراج عمود از نقطه‌ای روی امتداد؛
- ۴- وارد کردن عمود بر یک امتداد از نقطه‌ای خارج از آن.

- ۳- گونیای مسّاحی: هرگاه در امتداد گذاری به امتدادهای عمود بر هم نیاز داشته باشیم از گونیای مسّاحی استفاده می‌کنیم. البته کار گونیای مسّاحی منحصر به زوایای قائم نبوده بلکه انواع گونیاها را در مورد زیر می‌توان به کاربرد:
- ۱- تعیین یک امتداد مستقیم در روی زمین؛



شکل ۳-۵- انواع گونیای انعکاسی ساده



شکل ۳-۴

یک منشوری ممکن است یک منشور سه‌وجهی یا پنج‌وجهی به کار رفته باشد و گونبای دو منشوری را معمولاً با دو منشور پنج‌وجهی می‌سازند که با فاصله از هم قرار گرفته‌اند در شکل ۳-۶ چند نمونه گونبای منشوری را می‌بینید.

در گونبای منشوری معمولاً از منشورهای پنج‌وجهی استفاده می‌شود در شکل ۳-۷ مسیر نور در داخل یک گونبای دو منشوری که در آن دو منشور پنج‌وجهی به کار رفته نشان داده شده است.

انواع گونبای مساحی عبارت‌اند از:

الف) گونبای شکاف‌دار

ب) گونبای آینه‌ای

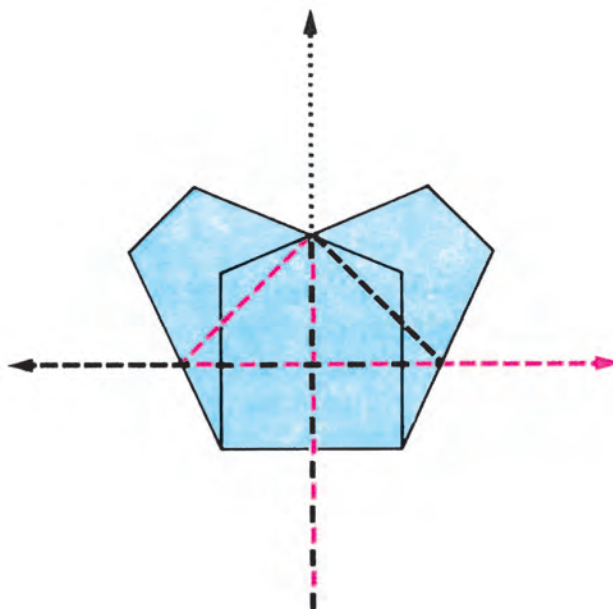
پ) گونبای منشوری

گونبای منشوری نسبت به دو نوع دیگر پرکاربردتر می‌باشد.

اگر در داخل یک گونبای به جای آینه از منشور استفاده شده باشد به آن «گونبای منشوری» می‌گویند. گونبای منشوری به دو دسته‌ی یک منشوری و دو منشوری تقسیم می‌شوند که در گونبای



شکل ۳-۶- چند نمونه گونبای منشوری



شکل ۳-۷- مسیر نور در داخل گونبای دو منشوری

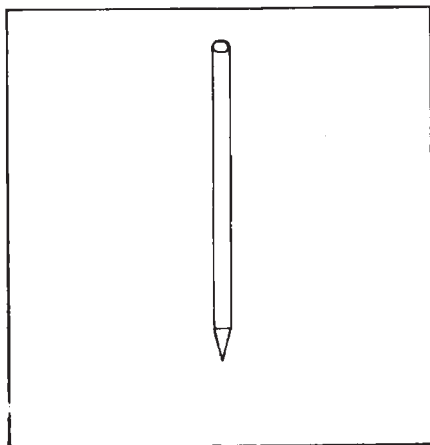


شکل ۸-۳- گونیای منشوری و پایه‌ی مخصوص آن



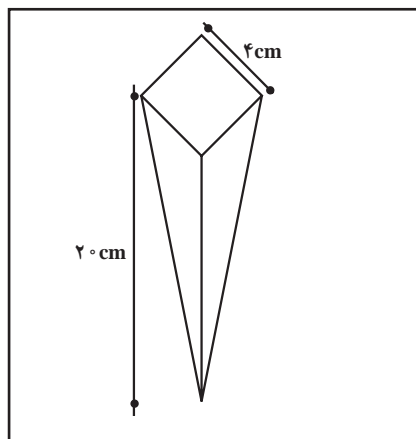
شکل ۹-۳- گونیای با شاقول

چوبی را از چوب محکم و معمولاً به ابعادی می‌سازند که در شکل ۳-۱۰ می‌بینید و در نقاطی که به علت سخت بودن زمین امکان استفاده از میخ چوبی وجود ندارد از میخ فولادی استفاده می‌شود (شکل ۳-۱۱). برای کوبیدن میخ‌های نقشه‌برداری از پتک و چکش استفاده می‌شود که در شکل ۳-۱۲ چند نمونه از آن‌ها را می‌بینید.



شکل ۳-۱۱- میخ فولادی

۴- میخ و پتک: از آن‌جا که عملیات نقشه‌برداری معمولاً در روی زمین انجام می‌گیرد، برای مشخص کردن و حفظ محل نقاط از کوبیدن میخ استفاده می‌شود. به این منظور از میخ‌های چوبی (پیکه) در زمین‌های نرم استفاده می‌شود. البته برای تعیین دقیق‌تر موقعیت نقاط پس از کوبیدن میخ چوبی یک میخ فلزی کوچک بر روی میخ چوبی می‌کوبند. این میخ‌های



شکل ۳-۱۰- میخ چوبی



شکل ۳-۱۲- انواع پتک

فولاد است که دارای خاصیت فنری نیز می‌باشد. این خاصیت فنری بودن سبب می‌شود که به راحتی حول یک استوانه (قرقره) پیچیده شده حجم کوچکی را اشغال کند؛ هم چنین باز کردن و استفاده کردن از آن را نیز آسان می‌سازد. هنگام استفاده از مترهای فلزی باید به این نکات توجه نماییم:

۱- در نزدیکی سیم برق از آن استفاده نماییم؛ حتی اگر

۵- متر: ابزاری است که برای اندازه‌گیری فاصله از آن استفاده می‌شود. جنس متر معمولاً از فلز، پارچه یا الیاف مصنوعی و پلاستیکی است. ما در این‌جا ابتدا مترهای فلزی را که در نقشه‌برداری استفاده بیشتری دارد توضیح می‌دهیم.

۱- مترهای فلزی: متداول‌ترین وسیله‌ی اندازه‌گیری در نقشه‌برداری متر فلزی است. جنس فلز این مترها معمولاً

۶- برای آن که متر افقی قرار بگیرد باید با نیروی کشش مناسبی کشیده شود که معمولاً این نیروی کشش مناسب را برحسب نیوتن روی آن نوشته‌اند. مترهای فلزی دارای دقت بسیار خوبی می‌باشند و معمولاً می‌توان به دقت $\frac{1}{5000}$ دست یافت خطای (۱cm در ۵۰ متر).

مترهای فلزی را به صورت مترهای کمری یا به شکل قرص‌های بزرگ و همین‌طور به صورت دسته‌دار می‌سازند که طول‌های آن‌ها از ۱ متر تا ۵۰ متر متغیر می‌باشد و عرض آن‌ها معمولاً ۱۳ میلی‌متر و ضخامت آن‌ها $\frac{2}{1000}$ میلی‌متر است. در شکل‌های ۱۴-۳ و ۱۵-۳ انواع مترهای فلزی را مشاهده می‌نمایید. مشخصات مترها را روی جعبه‌ی محافظ آن‌ها و نیز در ابتدای نوار متر می‌توانید ملاحظه کنید.

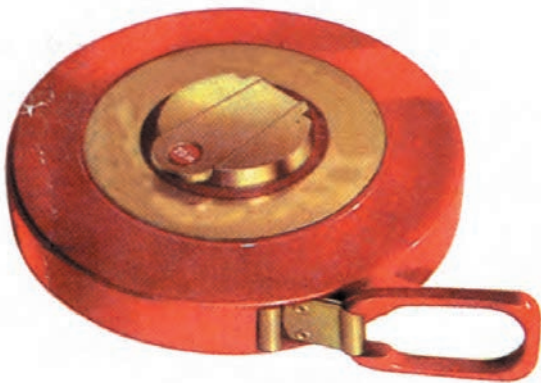
سیم برق دارای روکش عایق باشد، چون ممکن است لبه‌ی متر روکش عایق را بریده سبب برق‌گرفتگی شود.

۲- هنگام کار سعی کنیم زیر پای افراد قرار نگیرد یا وسایل نقلیه از روی آن عبور نکنند، چون سبب شکستن متر خواهند شد.

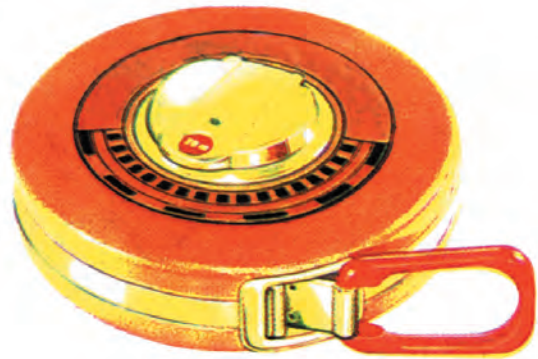
۳- هرگاه، در حال کار متر به سنگ یا بوته‌ای گیر کرده باشد بهتر است به محل مورد نظر رفته متر را آزاد نماییم و در چنین مواردی از کشیدن متر خودداری کنیم.

۴- قبل از جمع کردن متر باید گل یا گرد و خاک چسبیده به آن را پاک کرده کاملاً خشک نماییم.

۵- روی متر دمای مناسب به منظور استفاده از آن نوشته شده که باید به آن دقت نماییم.



شکل ۱۴-۳- یک متر فلزی بلند



نوار اندازه‌گیری ۲۰ متری
شکل ۱۳-۳- یک نوع متر از جنس فایبرگلاس



شکل ۱۵-۳- انواع مترهای فلزی کوتاه و کمری

پلاستیک یا فایبرگلاس است و در مقابل کشش و تغییرات دما و رطوبت مقاومت زیادی دارند و امروزه متر نواری پلاستیکی به تدریج جایگزین مترهای فلزی و سایر مترها می‌شود. در شکل ۳-۱۳ یک نمونه از این مترها را می‌بینید.

۴- **مترهای چوبی تاشو:** علاوه بر انواع متر ذکر شده مترهای چوبی تاشو نیز وجود دارد که در مقابل حرارت و رطوبت آسیب پذیر بوده و استفاده کمتری دارد. این نوع مترها که معمولاً برای فواصل کوتاه مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولاً ۱ متری یا ۲ متری بوده و عرض آن‌ها ۱۱ یا ۱۲ یا ۱۴ یا ۱۶ میلی‌متر می‌باشد. در شکل ۳-۱۶ یک نمونه از آن‌ها را می‌بینید.



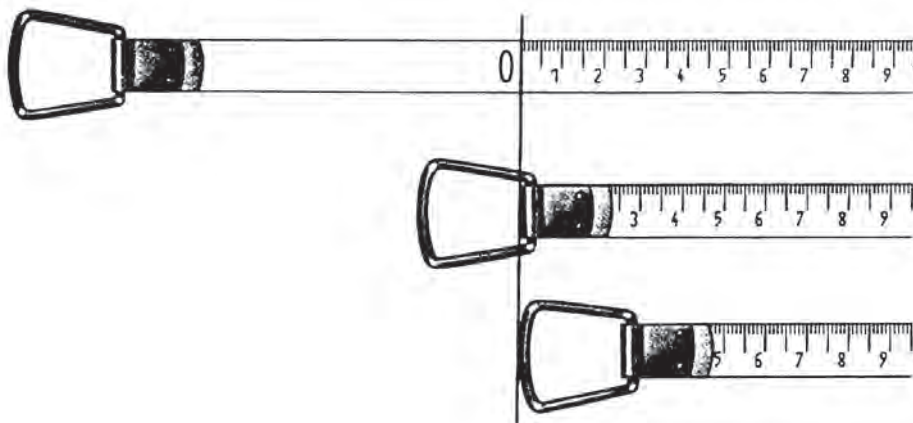
شکل ۳-۱۶- متر تاشو چوبی

حلقه‌ای برای نگه‌داشتن و کشیدن آن تعبیه می‌شود ضمناً نقطه‌ی صفر متر متناسب با سلیقه و نظر کارخانه‌ی سازنده در انواع مختلف متفاوت است (شکل ۳-۱۷).

۲- **مترهای پارچه‌ای و الیاف مصنوعی:** اگر در اندازه‌گیری فاصله، دقت نسبی حدود یک سانتی‌متر در هر ۱۰ متر کافی باشد، می‌توان از این نوع مترها استفاده کرد؛ زیرا طول مترهای پارچه‌ای الیاف مصنوعی در اثر عوامل جوی یا رطوبت تغییر می‌کند. همچنین اگر در هنگام مترکشی بخواهیم با کشیدن متر از شکم دادن آن (سنت) جلوگیری کنیم، این نوع مترها مقاومت کمی نشان خواهند داد. امروزه از مترهای پارچه‌ای کمتر استفاده می‌شود و در کارهای ساختمانی معمولاً از مترهایی از جنس الیاف مصنوعی استفاده می‌کنند. عرض این مترها در حدود ۱۲ میلی‌متر و طول آن‌ها ۱۰، ۲۰ یا ۵۰ متر است.

۳- **متر نواری پلاستیکی:** جنس این نوع مترها معمولاً

این مترها در مقابل رطوبت و حرارت آسیب پذیرند و معمولاً دمای مناسب برای نگهداری و استفاده از آن‌ها ۲۰ سانتی‌گراد می‌باشد که روی آن‌ها نوشته شده است. در انتهای نوار متر زائده‌ی



شکل ۳-۱۷- شروع درجه‌بندی مترها

متر اندازه‌گیری کنیم. در این حالت برای به‌دست آوردن امتداد افقی متر بین دو ژالون می‌توانیم از تراز دستی استفاده کنیم. تراز دستی از

۶- **تراز متر:** نام دیگر این وسیله تراز دستی است. گاهی در مسیر شیب‌دار مجبور می‌شویم فاصله‌ی افقی بین دو ژالون را با

در کنار ژالون نگه می‌داریم. در حالی که از درون لوله‌ی تراز به ژالون دیگر نگاه می‌کنیم نوک تراز دستی را طوری نگه می‌داریم که حباب تراز در وسط دیده شود. در این حال، خط نشانه جای قرار گرفتن انتهای متر بر روی ژالون دیگر را مشخص می‌کند. در شکل ۳-۱۸ نمونه‌ای از تراز لوله‌ای نشان داده شده است.

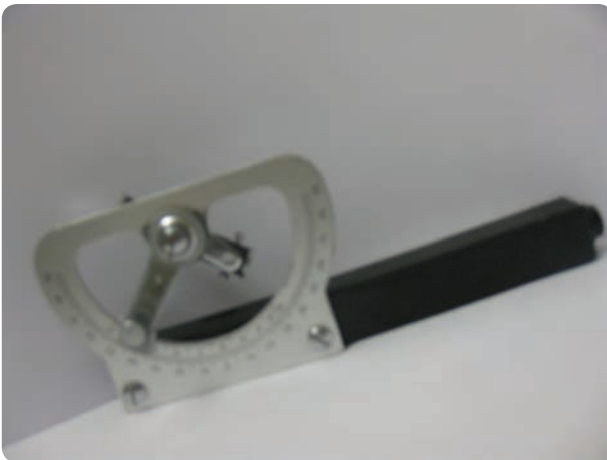
یک لوله‌ی استوانه‌ای یا مکعب مستطیل تشکیل شده است. یک سر آن سوراخی برای نگاه کردن و سر دیگر خط نشانه و تراز وجود دارد، در حالت افقی، حباب درون آن وسط دو خط نشانه قرار می‌گیرد. در هنگام مترکشی، از ارتفاعی از ژالون را که می‌خواهیم مترکشی از آن‌جا شروع شود در نظر گرفته و تراز دستی را در همان ارتفاع



شکل ۳-۱۸- تراز لوله‌ای

صفر تا 90° درجه مدرج شده است و برای تراز کردن شیب‌سنج از یک تراز استوانه‌ای که تصویر آن درون دوربین دیده می‌شود استفاده شده است. برای اندازه‌گیری زاویه‌ی شیب یک امتداد، پس از نشانه‌روی دوربین بر روی هدف و تنظیم نمودن حباب تراز، زاویه‌ی شیب را روی نقاله می‌توان قرائت کرد (شکل ۳-۱۹).

۷- شیب‌سنج: ساده‌ترین ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری زاویه‌ی شیب یک امتداد نسبت به سطح افق شیب‌سنج دستی است. معمولاً دارای لوله‌ای به نام دوربین می‌باشد که از داخل آن به راستای امتداد یا هدف می‌توان نشانه‌روی کرد. سپس از روی نقاله‌ای که به آن بسته شده شیب زاویه‌ی شیب را قرائت کرد. نقاله در دو جهت از



شکل ۳-۱۹

یکی از انواع قطب‌نماها دارای شکافی است که یک تار فلزی در امتداد آن قرار دارد. پس از قرار گرفتن این قطب‌نما در جهت راستای هر امتداد، عددی روی صفحه‌ی قطب‌نما مشخص می‌شود که زاویه‌ی آن امتداد را نسبت به شمال مغناطیسی نشان می‌دهد. در این حال، با انجام دادن محاسبه‌ای ساده می‌توان زاویه‌ی بین دو امتداد را در نقطه‌ی استقرار قطب‌نما به دست آورد. در شکل ۲-۳ چند نوع قطب‌نما نشان داده شده است.



شکل ۲-۳

نفر نویسنده (حداقل دیپلم) و چند کارگر ماهر شرکت دارند. هدایت گروه معمولاً به عهده‌ی عامل است. او ژالون دارها، میرکش‌ها و نویسنده را کنترل و راهنمایی می‌نماید. برای ایجاد این ارتباط از علائمی استفاده می‌شود که عبارتند از:

الف) علامت آماده باش: هرگاه عامل هر دو دست خود را بالا می‌برد به افراد می‌گوید که آماده باشند. هر کدام از افراد نیز که عامل می‌خواهد از کار او استفاده کند یک دست خود را به معنای آماده بودن بالا می‌برد (شکل ۲-۳).

۹- رول فیکس یا پیرامون ثابت: این وسیله برای اندازه‌گیری مسافت به کار می‌رود که در فصل بعدی با طرز کار آن آشنا خواهید شد.

۲-۳- علائم ارتباطی و هدایت‌کننده‌ی عملیات نقشه‌برداری در امتدادگذاری

قبل از شروع لازم است با علائم مفید و ضروری - که هنگام کار مورد استفاده قرار می‌گیرند - آشنا شویم. گفتنی است که در هر گروه نقشه‌برداری یک نفر عامل (حداقل تک‌نشین) یک



به حرکت ادامه می‌دهد.

توجه کنید که برای حرکت به سمت چپ از دست راست استفاده نکنید (و برعکس).

(د) علامت اتمام کار مورد نظر: هرگاه عامل هر دو دست خود را بالای سر ببرد و چند بار باز و بسته نماید، مفهومی این است که کار بر روی نقطه‌ی مورد نظر پایان یافته است و فرد مورد نظر او باید بر روی نقطه‌ی بعدی مستقر شود (شکل ۲۳-۳).

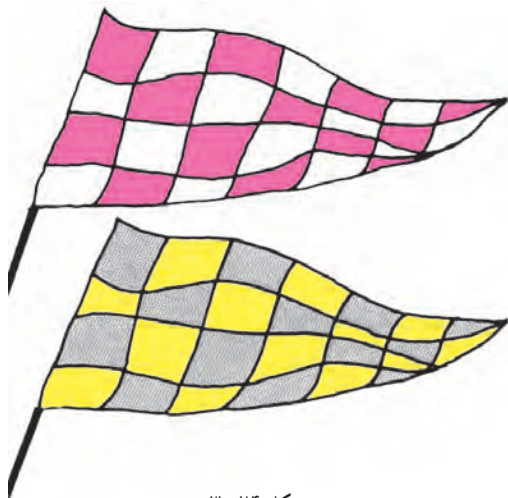


شکل ۲۳-۳

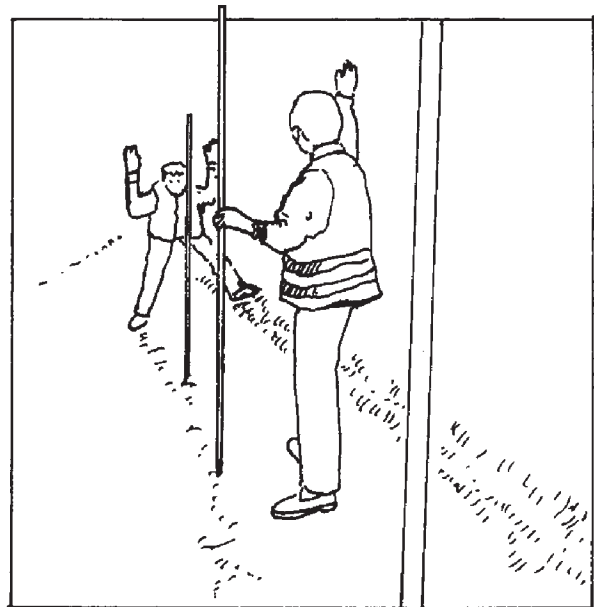
توجه ۱: حتی الامکان از صحبت کردن و فریاد زدن در هنگام کار خودداری نمایید.

توجه ۲: علایم ذکر شده و هر علامت دیگر که ضروری به نظر می‌رسد قبل از شروع کار باید به همه‌ی گروه آموزش داده شود.

توجه ۳: در فواصل دورتر که دست به خوبی دیده نمی‌شود از پرچم‌های مخصوصی استفاده شود که معمولاً به صورت شطرنجی و دارای رنگ‌های زرد و سیاه یا قرمز و سفید است. در شکل ۲۴-۳ دو نمونه از آن‌ها را می‌بینید.

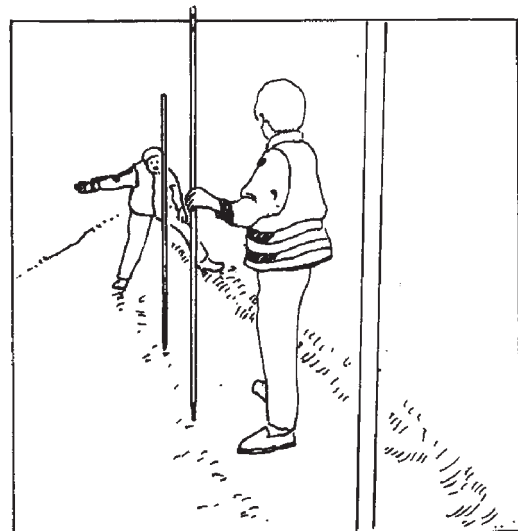


شکل ۲۴-۳



شکل ۲۱-۳

(ب) علامت حرکت به سمت راست: عامل دست راست خود را کاملاً به سمت راست بدنش باز می‌کند و به این ترتیب، فرد مورد نظرش را به سمت راست هدایت می‌کند (شکل ۲۲-۳) و تا وقتی دست عامل سمت راست را نشان می‌دهد فرد مورد نظر او به حرکت ادامه می‌دهد.



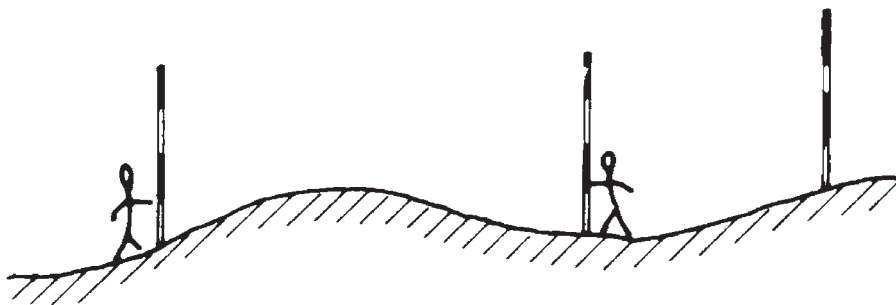
شکل ۲۲-۳ حرکت به سمت راست

(ج) علامت حرکت به سمت چپ: برای نشان دادن این علامت عامل دست چپ خود را کاملاً به سمت چپ بدنش باز می‌کند و تا وقتی با دست چپ علامت می‌دهد فرد مورد نظرش

۳-۳- امتدادگذاری ساده

زمین قرار دهیم تا راستای A و B را مشخص نمایند. با توجه به شکل ۳-۲۵ این مراحل را انجام می‌دهیم:

می‌خواهیم بین دو نقطه‌ی A و B در روی زمین امتدادگذاری نماییم؛ به عبارت دیگر می‌خواهیم نشانه‌هایی بین دو نقطه در روی



شکل ۳-۲۵- امتدادگذاری ساده

(دو یا سه قدم) یکی از ژالون‌ها مثلاً ژالون A قرار می‌گیرد و یک نفر ژالون گیر در نقطه‌ای فرضی مثل C مستقر می‌شود که به نظر می‌رسد در امتداد AB باشد تا با دستورات عامل جا به جا شود و دقیقاً در امتداد AB قرار بگیرد.

نکته: ژالون گیر C باید در جهت عمود بر امتداد و به نحوی بایستد که مانع دید عامل نباشد.

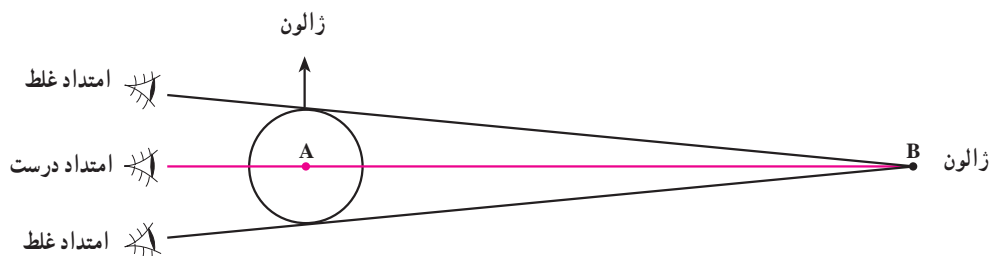
عامل ابتدا باید یک چشم خود را در امتداد AB قرار دهد. برای این کار او نباید یک چشمش را ببندد و با چشم دیگرش نگاه کند، زیرا ژالون A را با قطر بیشتر از ژالون B خواهد دید و چون با یک چشم نگاه می‌کند آنچه در پشت ژالون A قرار گرفته باشد دیده نخواهد شد و او ناچار است که از کنار ژالون A نگاه کند که این امتداد دقیق AB نخواهد بود به شکل ۳-۲۶ توجه کنید:

(الف) یک ژالون در نقطه‌ی A مستقر می‌نماییم: نوک ژالون را روی نقطه‌ی A قرار داده به کمک یک تراز نبشی ژالون را در وضعیت قائم نگه می‌داریم. در این حالت، امتداد ژالون، امتداد قائم نقطه‌ی A را نشان می‌دهد و اصطلاحاً گفته می‌شود که ژالون را در نقطه A مستقر کرده‌ایم.

(ب) ژالون دیگری را در نقطه‌ی B به طریق فوق مستقر می‌نماییم.

نکته: در نقاط A و B می‌توانیم از سه پایه ژالون‌گیر استفاده نماییم. این کار معمولاً وقتی انجام می‌گیرد که تعداد افراد گروه کم باشد یا فاصله‌ی دو نقطه‌ی A و B زیاد باشد و مجبور باشیم چندین ژالون را در امتداد AB قرار دهیم.

(ج) اکنون عامل امتدادگذاری در فاصله‌ی تقریبی دو متری



شکل ۳-۲۶

سمت چپ مربوط به چشم راست او و تصویر سمت راست مربوط به چشم چپ او است. اکنون اگر عامل بخواهد چشم راست خود

اگر عامل با دو چشم باز به ژالون B نگاه کند، آن گاه ژالون A را دو تا خواهد دید که هر دو تصویر شفاف می‌باشند و تصویر

از میخ فولادی به منظور تثبیت نقطه استفاده می‌نماییم. و هرگاه نقطه‌ی مورد نظر مهم بوده و باید مدتی باقی بماند چند عدد سنگ پیدا کرده نزدیک نقطه کپه می‌کنیم و با قلم مو و رنگ نام نقطه را در کنارش می‌نویسیم.

۴-۳- امتدادگذاری با وجود مانع دید استقرار پذیر

گاهی ممکن است بین دو نقطه‌ای که می‌خواهیم امتدادگذاری نماییم، مانع دید وجود داشته باشد. این مانع ممکن است عارضه‌ای مثل یک تپه باشد که می‌توانیم روی آن مستقر شویم و گاهی نیز مانع دید استقرارناپذیر است که به آن «مانع دید و عبور» می‌گویند.

(مانع دید و عبور را در کاربردها توضیح داده‌ایم.)

– دوروش برای امتدادگذاری با وجود مانع دید استقرار پذیر:

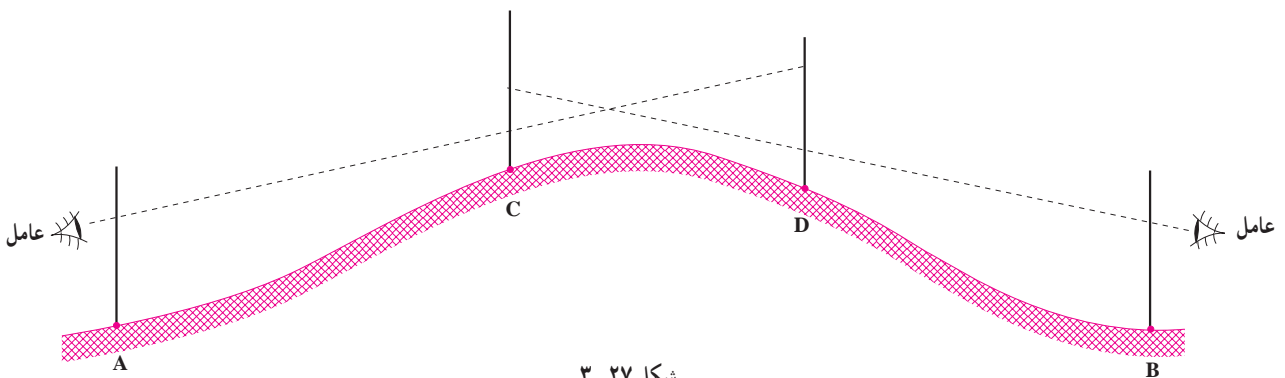
روش اول (در این روش به دو عامل نیازمندیم):

فرض کنید می‌خواهیم امتداد دو نقطه‌ی A و B را که

بین آن‌ها مانع دید استقرارپذیری مانند تپه وجود دارد تعیین کنیم (شکل ۲۷-۳).

را در امتداد AB قرار دهد تصویر سمت چپ را انتخاب کند و ژالون B را در وسط تصویر ژالون A قرار می‌دهد. در این حالت می‌گوییم: عامل با چشم راست خود به امتداد AB قراول رفته در همین حال می‌تواند ژالون C را نیز ببیند؛ پس دو دستش را بالای سر برده به ژالون گیر C علامت شروع کار می‌دهد. ژالون‌گیر نیز یک دستش را بالا برده ژالون C را قائم نگاه می‌دارد و از این پس لحظه‌ای به تراز ژالون و لحظه‌ای دیگر به عامل نگاه می‌کند. عامل نیز با حرکت دست ژالون‌گیر را هدایت می‌نماید تا وقتی که ژالون B و C را در وسط ژالون A ببیند، در این لحظه عامل هر دو دست خود را بالا می‌برد و تکان می‌دهد، بدین وسیله ژالون‌گیر نقطه‌ی C در می‌یابد که دقیقاً در امتداد AB قرار گرفته و اکنون باید محل نقطه‌ی C را تثبیت نماید.

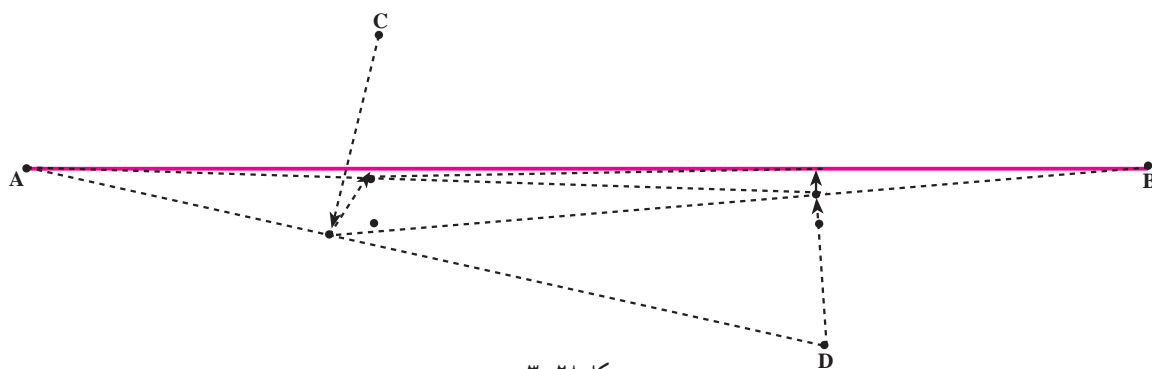
د) اگر محل نقطه‌ای که می‌خواهیم تثبیت نماییم خاکی باشد از میخ چوبی (پیکه) استفاده می‌کنیم، برای کارهای دقیق‌تر، یک بار دیگر روی میخی که کوبیده شده امتدادگذاری کرده محل دقیق نقطه را با میخ فلزی مشخص می‌کنیم برای جاهای سفت مثل آسفالت



شکل ۲۷-۳

عامل B نموده برای او دست بلند می‌کنند. به این ترتیب، عامل B متوجه می‌شود که باید کار خود را شروع کند و ژالون C را ثابت فرض کرده ژالون D را در امتداد CB قرار دهد؛ سپس دوباره نوبت عامل A می‌رسد که بار دیگر ژالون C را در امتداد AD قرار دهد و این کار عامل‌ها آن قدر امتداد پیدا می‌کند که در یک لحظه هر دو عامل ژالون‌های C و D را در امتداد A و B ببینند. در شکل ۲۸-۳ چگونگی نزدیک شدن ژالون‌های C و D را به امتداد AB ملاحظه می‌نمایید.

با توجه به شکل ۲۷-۳ یک عامل در پشت ژالون A و عامل دیگر در پشت ژالون B قرار می‌گیرند و به نوبت ژالون‌های C و D را هدایت می‌نمایند. به این ترتیب که مثلاً: ابتدا عامل A شروع به کار می‌کند و با علامت دست ژالون‌گیرهای C و D را آماده‌ی کار می‌نماید. آن‌ها نیز با بلند کردن دست برای عامل A اعلام آمادگی می‌نمایند و عامل B منتظر می‌ماند تا نوبت او برسد. عامل A ژالون D را ثابت فرض کرده سعی می‌کند ژالون C را در امتداد AD قرار دهد. پس از این کار ژالون‌گیرهای C و D رو به



شکل ۲۸-۳

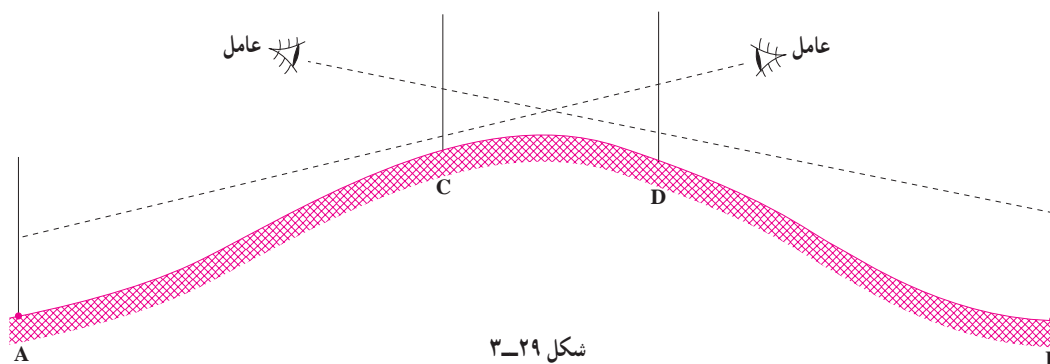
روش دوم (با یک عامل):

همان طور که در شکل ۳-۲۹ ملاحظه می‌نمایید عامل یک بار در پشت ژالون C و بار دیگر پشت ژالون D و دوباره پشت ژالون C و ... قرار می‌گیرد. به این ترتیب که وقتی پشت ژالون D قرار می‌گیرد ژالون C را در امتداد AD قرار می‌دهد و وقتی پشت ژالون C قرار گیرد ژالون D را در امتداد CB قرار می‌دهد. عامل امتدادگذاری آن قدر این عمل را تکرار می‌نماید تا دیگر نیازی به جا به جایی ژالون‌های C و D نباشد. شکل ۳-۳۰ حرکت و جا به جایی ژالون‌های C و D و نزدیک شدن آن‌ها به امتداد AB را نشان می‌دهد.

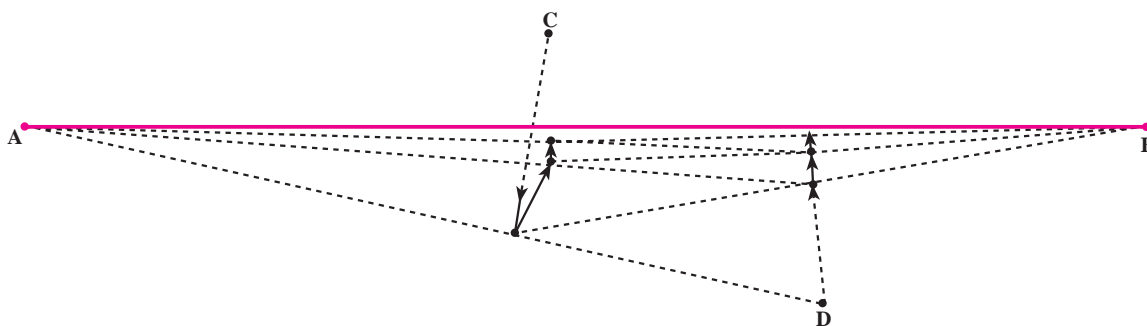
مشاهده می‌شود که پس از دوبار امتدادگذاری نقاط C و D چقدر به امتداد AB (خط قرمز) نزدیکتر شده‌اند. و برای آن که عمل امتدادگذاری با سرعت بیشتری انجام گیرد به این نکات باید توجه شود:

نکته ۱: ژالون‌گیرها باید همواره عمود بر امتداد جا به جا شوند.

نکته ۲: در مراحل بعدی وقتی که یک عامل دستور حرکت می‌دهد ژالون‌گیر باید خیلی جزیی جا به جا شود تا از امتداد عامل دیگر خیلی دور نشود.



شکل ۲۹-۳

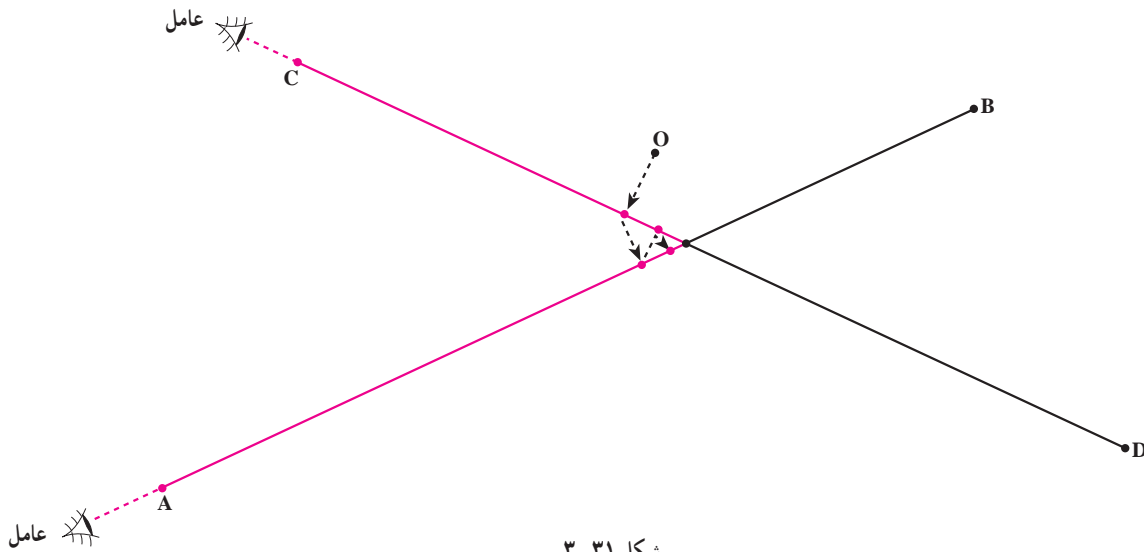


شکل ۳۰-۳

۵-۳- محل تقاطع دو امتداد

عمرانی و راهسازی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و باید به دقت تعیین گردند. در شکل ۳-۳۱ می‌خواهیم محل تقاطع امتدادهای گذرنده از AB و CD را مشخص نماییم:

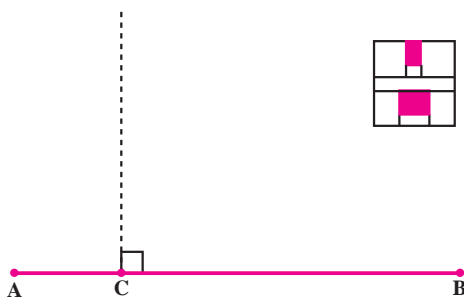
مراکز چهارراه‌ها و میادین که محل برخورد دو یا چند امتداد می‌باشد و محل شکستگی مسیرهای مستقیم در پروژه‌های



شکل ۳-۳۱

اخراج عمود از نقطه‌ای که روی امتداد قرار دارد: در شکل ۳-۳۲ می‌خواهیم از نقطه‌ی C که روی امتداد AB قرار دارد عمودی اخراج نماییم؛ بنابراین، یک ژالون در A و یک ژالون در B مستقر کرده با گونیای مسّاحی در نقطه‌ی C مستقر می‌شویم (شکل ۳-۲۶) و چون نقطه‌ی C روی امتداد قرار دارد در داخل گونیا تصاویر ژالون‌های A (در شکل ژالون پایینی که قطورتر است تصویر ژالون A می‌باشد که به نقطه‌ی C نزدیکتر است) و B در امتداد هم قرار گرفته‌اند. اکنون یک ژالون نگهدار در مقابل عامل قرار می‌گیرد (نقطه‌ی فرضی D) و منتظر دستور عامل می‌شود.

ابتدا چهار ژالون را در نقاط A و B و C و D به کمک سه‌پایه ژالون گیر یا به وسیله چهار فرد ژالون نگهدار مستقر می‌کنیم و یک نفر ژالون نگهدار را در نقطه‌ای که ظاهراً نزدیک محل تقاطع باشد، مستقر می‌کنیم. (نقطه‌ی O)؛ سپس یک عامل در امتداد AB و عامل دیگر در امتداد CD مستقر می‌شوند. فرض کنید ابتدا عامل C شروع به کار کرده و ژالون O را در امتداد CD قرار می‌دهد؛ سپس عامل A ژالون O را به امتداد AB هدایت می‌نماید و پس از او دوباره نوبت عامل C می‌شود که ژالون O را که از امتداد CD خارج شده دوباره به امتداد CD هدایت نماید و پس از او بار دیگر نوبت عامل A خواهد شد تا این که هر دو عامل همزمان ژالون O را در امتداد خودشان ببینند. در آن صورت ژالون O در محل تقاطع دو امتداد AB و CD قرار خواهد داشت.

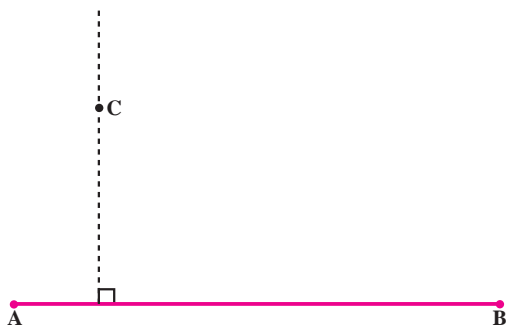


شکل ۳-۳۲

۶-۳- روش اخراج عمود از نقطه‌ای روی امتداد

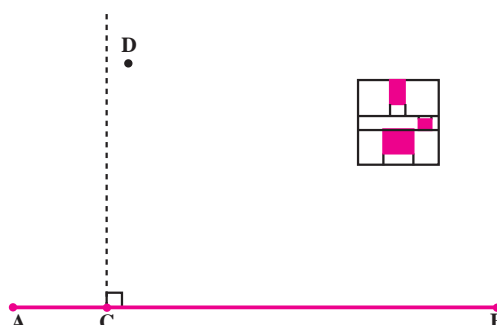
در موارد زیادی هنگام برداشت یا پیاده کردن نیاز به امتدادهای عمود بر یک امتداد داریم. در نقشه برداری با وسایل ساده، این عمل به وسیله‌ی گونیای مسّاحی انجام می‌پذیرد.

و B را در امتداد هم ببیند (شکل ۳-۳۶)؛ سپس باید روی امتداد AB آن قدر جا به جا شود که ژالون C را نیز در امتداد تصاویر ژالون‌های A و B ببیند. در این صورت CD بر AB عمود خواهد بود (شکل ۳-۳۷).

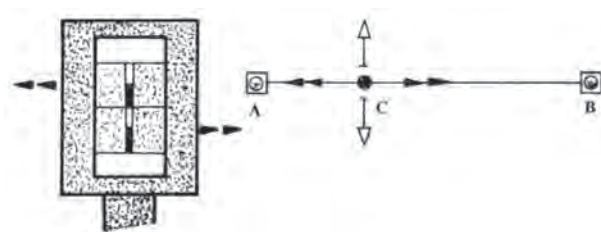


شکل ۳-۳۵

در شکل ۳-۳۳ ژالون D را داخل گونیا می‌بینید که از شکاف وسط گونیا مشاهده می‌شود (در بعضی گونیاها شکاف وسط وجود ندارد و باید ژالون D را از بالای گونیا ببینید و با تصاویر داخل گونیا منطبق کنید).

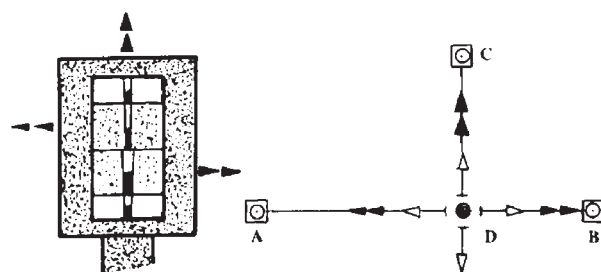


شکل ۳-۳۳

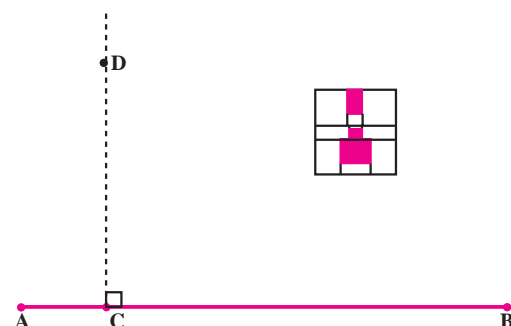


شکل ۳-۳۶- استقرار روی امتداد AB

عامل گونیا به دست ژالون نگهدار D را به روی امتداد عمود هدایت می‌نماید. به نحوی که ژالون D کاملاً در امتداد تصاویر ژالون‌های A و B در داخل گونیا قرار بگیرد (شکل ۳-۳۴).



شکل ۳-۳۷- وارد کردن عمود CD



شکل ۳-۳۴

شکل ۳-۳۸- الف گونیا را در حالی نشان می‌دهد که در امتداد دو ژالون A و B قرار ندارد و شکل ۳-۳۸- ب گونیا را در وضعیتی نشان می‌دهد که در امتداد دو ژالون A و B قرار دارد و ضمناً ژالون C که از شکاف‌های بالا و پایین گونیا دیده می‌شود در امتداد عمود بر AB قرار گرفته است در این حالت نوک شاقول نقطه‌ی D محل برخورد عمود C بر امتداد AB است.

۳-۷- وارد کردن عمود بر یک امتداد از نقطه‌ای خارج از آن

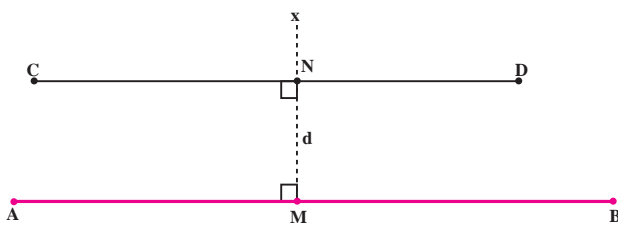
در شکل ۳-۳۵ امتداد AB و نقطه‌ی C را که در خارج آن قرار دارد در نظر بگیرید. می‌خواهیم از نقطه‌ی C عمودی بر امتداد AB وارد نماییم. برای انجام این کار در هر یک از نقاط A و B و یک ژالون مستقر می‌نماییم؛ سپس عامل گونیا به دست سعی می‌کند ابتدا خودش را در امتداد AB قرار دهد، او باید عمود بر امتداد AB آن قدر جا به جا شود تا تصاویر ژالون‌های A

۸-۳- تعیین امتدادی موازی با یک امتداد

در راه‌سازی اگر یک راه را با میخ‌کوبی در آکس جاده مشخص نماییم با هر حرکت ماشین‌های راه‌سازی میخ‌ها از بین خواهند رفت. به همین منظور یک مسیر موازی با مسیر اصلی را با فاصله مناسب از آکس مسیر اصلی پیاده می‌نمایند تا در هر لحظه مسیر اصلی از طریق آن هدایت شود. به طور کلی هر گاه بخواهیم امتدادی موازی با یک امتداد دیگر و در فاصله‌ی معین از آن ایجاد نماییم می‌توانیم از گونبای مساحی استفاده کنیم.

روش‌های تعیین امتدادی موازی با امتدادی دیگر و در فاصله‌ی معین از آن:

روش اول: فرض کنید امتداد AB معلوم بوده می‌خواهیم امتداد موازی CD را در فاصله‌ی d از آن ایجاد نماییم (شکل ۳-۳۹).



شکل ۳-۳۹

به این مراحل توجه نمایید:

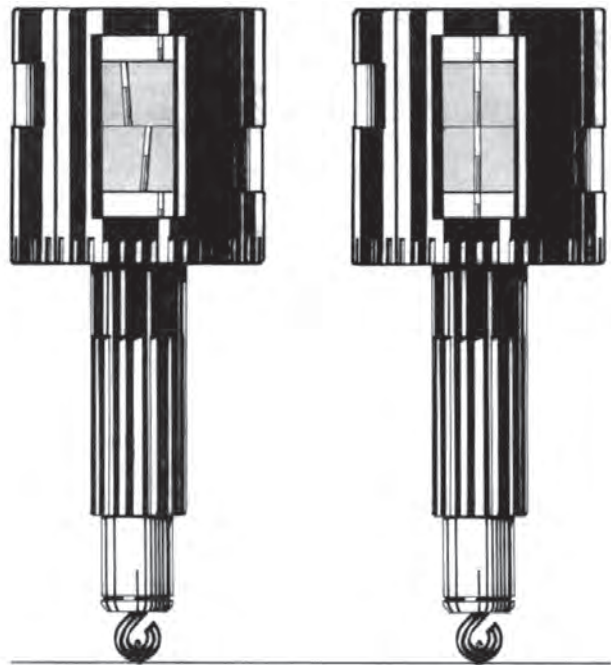
- ۱- به وسیله گونبای مساحی در نقطه‌ی دلخواه M مستقر شده امتداد عمود Mx را استخراج می‌کنیم.
- ۲- طول $MN = d$ را روی آن جدا می‌کنیم.
- ۳- در نقطه‌ی N مستقر شده عمود NC را اخراج می‌نماییم.

۴- در امتداد CN نقطه‌ی D را پیاده می‌کنیم. در نتیجه CD موازی AB و در فاصله d از آن خواهد بود.

روش دوم: در این روش دو بار از امتداد AB عمود استخراج می‌نماییم (با توجه به شکل ۳-۴۰).



شکل ۳-۴۰



شکل ۳-۳۸ الف

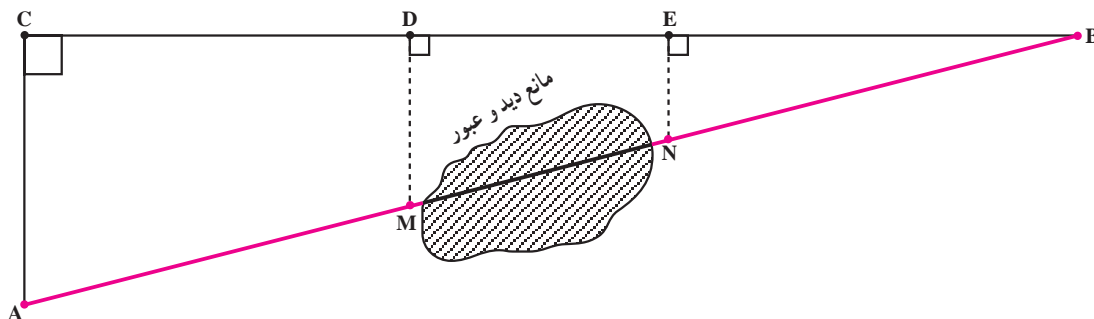
شکل ۳-۳۸ ب

توجه به این شکل روش کار را توضیح می‌دهیم: با یک گونیای مسّاحی در نقطه‌ای مانند C چنان مستقر می‌شویم که تصویر ژالون مستقر در نقطه B را در داخل گونیا منطبق بر ژالون مستقر در A ببینیم. اکنون اضلاع BC و AC برهم عمودند (مثلث ABC قائم‌الزاویه است). اکنون نقاط D و E را به دلخواه در دو طرف مانع دید انتخاب می‌نماییم و سپس به کمک گونیای مسّاحی از نقاط D و E عمودهایی از BC اخراج می‌کنیم. حال کافی است که طول این عمودها را محاسبه نموده در روی زمین پیاده نماییم تا نقاط M و N که روی امتداد AB هستند به دست بیایند. طبق رابطه‌ی طالس در شکل ۳-۴۱ داریم:

$$\frac{BE}{BC} = \frac{EN}{AC} \Rightarrow EN = \frac{AC}{BC} \times BE$$

$$\frac{BD}{BC} = \frac{DM}{AC} \Rightarrow DM = \frac{AC}{BC} \times BD$$

با اندازه‌گیری طول‌های AC و BC و BE و BD و DM و EN در فرمول‌های یاد شده اندازه‌های EN و DM محاسبه می‌شوند.



شکل ۳-۴۱

فرضی مانند B روی دایره انتخاب نماییم زاویه \hat{ABC} یک زاویه‌ی محاطی خواهد بود و می‌دانیم که اندازه‌ی هر زاویه‌ی محاطی برابر است با نصف کمان مقابلش یعنی $\hat{ABC} = \frac{1}{2} \widehat{AC}$ و همانطور که ملاحظه می‌نمایید اندازه‌ی کمان AC برابر با 18° است پس زاویه‌ی $\hat{B} = 9^\circ$ است و این موضوع برای تمام نقاط روی دایره ثابت است.

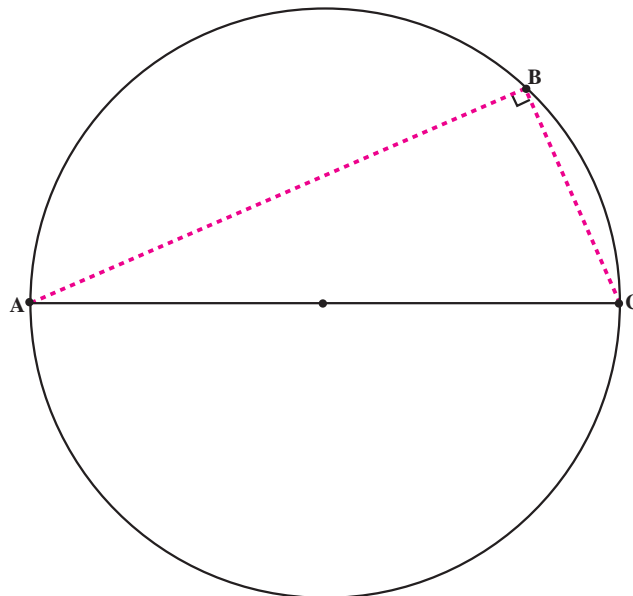
ابتدا در نقطه‌ی دلخواه M با گونیای مسّاحی مستقر می‌شویم و امتداد عمود Mx را استخراج می‌نماییم؛ سپس در روی آن طول MC را به اندازه‌ی d جدا می‌کنیم. در نقطه‌ی دلخواه N با گونیا مستقر شده عمود Ny را بر AB استخراج می‌نماییم و روی آن طول ND = d را جدا می‌کنیم. اکنون CD موازی AB خواهد بود.

۳-۹-۳- امتدادگذاری با وجود مانع دید استقرارناپذیر (مانع دید و عبور)

گاهی مانع دید استقرارناپذیر است. مانند هنگامی که در بالای تپه‌ای که مانع دید است درخت، دیوار یا امثال آن‌ها وجود داشته باشد یا ممکن است مانع دید یک کوه یا یک ساختمان بلند باشد. در چنین مواردی باید مانع را دور زده از طریق یک روش غیر مستقیم که معمولاً در روش‌های غیر مستقیم نقشه‌برداری از روابط هندسی و مثلثاتی استفاده می‌شود - امتدادگذاری نماییم. (به مانع دید استقرارناپذیر، مانع دید و عبور نیز می‌گویند). در شکل ۳-۴۱ می‌خواهیم بین دو نقطه‌ی A و B امتدادگذاری نماییم در حالی که مانع دید و عبور در روی امتداد AB قرار گرفته است.

۳-۱۰-۳- پیاده کردن دایره یا کمانی از دایره

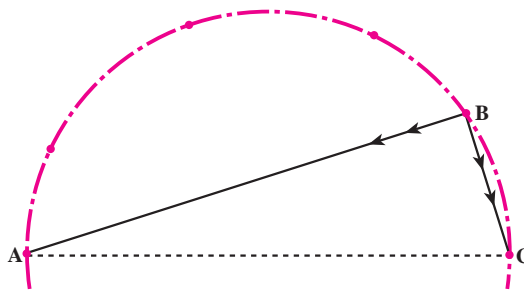
برای پیاده کردن کمانی از دایره به وسیله‌ی گونیای مسّاحی ابتدا قطر دایره را روی زمین پیاده می‌کنیم. اکنون می‌دانیم که اگر هر نقطه روی دایره باشد، زاویه‌ای که با دو سر قطر می‌سازد 90° است، اثبات: در شکل ۳-۴۲، AC قطر دایره می‌باشد و اگر هر نقطه



شکل ۳-۴۲

A روی دایره قرار دارند ژالون A را در داخل گونیا ملاحظه می‌کنید و ژالون C را از شکاف بالا و پایین. چون تصویر ژالون A در امتداد ژالون C قرار گرفته است پس زاویه B برابر 90° است و اگر نقاط دیگری را نیز به فاصله اندکی از یکدیگر به این ترتیب پیدا کرده و به هم وصل کنیم قوس مورد نظر پیاده خواهد شد.

البته عکس این موضوع نیز صادق است یعنی اگر نقطه‌ای با دوسر قطر زاویه 90° بسازد آن نقطه روی دایره خواهد بود بدین ترتیب کافی است برای پیاده کردن کمانی از دایره در دو سر یک قطر آن دو ژالون مستقر نماییم، سپس به کمک گونیا مساحی سعی می‌کنیم در نقاطی قرار بگیریم که دو ژالون را در داخل گونیا در امتداد هم ببینیم. در شکل ۳-۴۳ نقاط C و



شکل ۳-۴۳ پیاده کردن قوس دایره

به این پرسش‌ها پاسخ دهید



- ۱- وسایل ساده امتدادگذاری را نام برده روش کار با آن‌ها را به گونه‌ای مختصر توضیح دهید.
- ۲- روش امتدادگذاری ساده بین دو نقطه را شرح دهید.
- ۳- روش امتدادگذاری بین دو نقطه را با وجود مانع دید استقرارپذیر توضیح دهید.
- ۴- روش یافتن محل تقاطع را در امتداد توضیح دهید.
- ۵- طریق اخراج عمود از نقطه‌ای واقع بر روی یک امتداد را توضیح دهید.
- ۶- روش وارد کردن عمود بر یک امتداد را از نقطه‌ای خارج از آن شرح دهید.
- ۷- روش تعیین امتداد موازی با یک امتداد را در فاصله‌ای معین از آن شرح دهید.
- ۸- روش امتدادگذاری با وجود مانع دید و عبور را توضیح دهید.
- ۹- روش پیاده کردن یک قوس دایره را با کمک گونیای مساحی توضیح دهید.

کار عملی



- ۱- بین نقاط چند ضلعی مستقر در مدرسه امتدادگذاری نمایید.
- ۲- بین دو نقطه از چند ضلعی یک مانع دید استقرارپذیر (مثلاً یک تپه) فرض نمایید و با روش‌هایی که فرا گرفته‌اید بین آن‌ها امتدادگذاری کنید.
- ۳- محل تقاطع تعدادی از قطرهای چند ضلعی را بیابید.
- ۴- از روی اضلاع چند ضلعی عمودهایی اخراج نمایید.
- ۵- بر روی اضلاع چند ضلعی از رأس‌های مقابل آن‌ها عمودهایی وارد کنید.
- ۶- امتدادهایی موازی با اضلاع چند ضلعی پیاده نمایید.
- ۷- بین نقاطی از چند ضلعی که مانع دید عبور (مثلاً ساختمان) وجود دارد امتدادگذاری کنید.
- ۸- دایره‌ای پیاده کنید که قطر آن یکی از اضلاع چند ضلعی باشد.

اندازه‌گیری فاصله با روش‌های مستقیم و غیرمستقیم

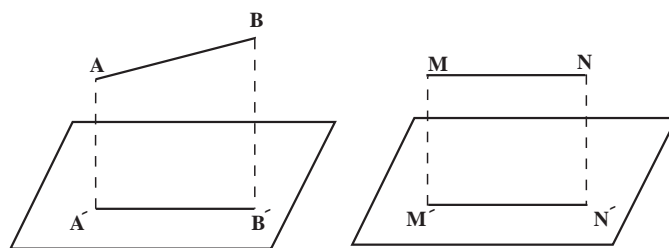
هدف‌های رفتاری: از دانش‌آموز انتظار می‌رود در پایان این فصل:

- ۱- انواع روش‌های اندازه‌گیری فاصله را نام ببرد.
- ۲- اندازه‌گیری فاصله با قدم را انجام دهد.
- ۳- اندازه‌گیری فاصله با پیرامون ثابت (Rollfix) را توضیح دهد.
- ۴- اندازه‌گیری فاصله با زنجیر مساحی را توضیح دهد.
- ۵- اصول مترکشی را بیان کند.
- ۶- مترکشی در زمین‌های افقی را انجام دهد.
- ۷- مترکشی افقی را در زمین‌های شیب‌دار به وسیله تراز دستی انجام دهد.
- ۸- مترکشی شیب‌دار را به وسیله شیب‌سنج توضیح دهد.
- ۹- اندازه‌گیری فاصله را به روش غیرمستقیم بیان کند.
- ۱۰- روش‌های اندازه‌گیری فاصله را با وجود مانع دید و عبور توضیح دهد.
- ۱۱- روش‌های اندازه‌گیری فاصله را با وجود مانع عبور قابل دور زدن توضیح دهد.
- ۱۲- روش‌های اندازه‌گیری فاصله را با وجود مانع عبور غیرقابل دور زدن توضیح دهد.
- ۱۳- روش‌های اندازه‌گیری فاصله دو نقطه را که هر دو غیرقابل دسترسی باشند توضیح دهد.
- ۱۴- اندازه‌گیری فاصله را به طریق امواج رادیویی و لیزر بیان کند.

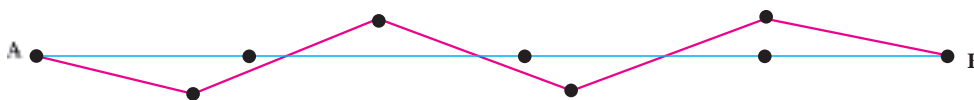
مقدمه

برای دو نقطه A و B در روی زمین دو نوع فاصله می‌توان تعریف نمود یکی فاصله‌ی شیب‌دار که فاصله فضایی بین این دو نقطه است و دیگری فاصله‌ی افقی که اندازه‌ی فاصله تصویر آن دو نقطه روی صفحه افق می‌باشد. در نقشه‌برداری برای ترسیم نقشه‌ها نیاز به فاصله‌ی افقی بین نقاط داریم که این فاصله می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم اندازه‌گیری شود. در صورتی که نتوان^۱ فاصله افقی بین دو نقطه را در یک مرحله اندازه‌گیری نماییم می‌باید بین آن‌ها نقاطی هم امتداد این دو نقطه مشخص کرد و طول هر دو نقطه را جداگانه اندازه‌گرفته، مجموع طول‌ها را به دست آورد.

۱- در زمین‌های شیب‌دار و مسافت‌های طولانی



شکل ۴-۱



امتدادگذاری رنگ آبی امتدادگذاری صحیح می‌باشد و امتدادگذاری مشخص شده روی خط قرمز، امتدادگذاری اشتباه است.

شکل ۴-۲

۴-۱- امتدادگذاری ساده

ژالون، سه پایه ژالون، تراز نبشی، میخ چوبی، میخ فولادی، رنگ، گچ و چکش داریم.

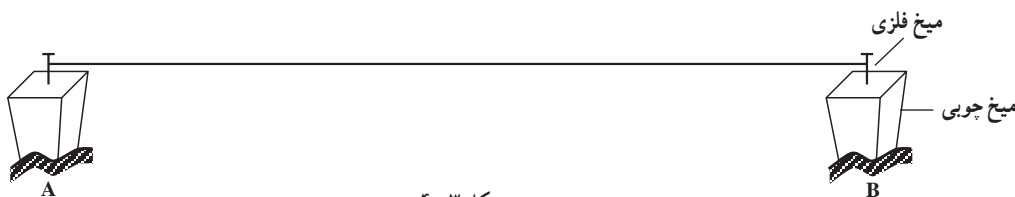
۴-۱-۱- امتدادگذاری به روش ریسمان کار:

روش تعیین امتداد به وسیله ریسمان کار به شرح زیر می‌باشد. (این روش به وسیله یک عامل قابل اجراست) پس از مشخص کردن دو نقطه اصلی به وسیله میخ چوبی یا فلزی در روی زمین ریسمان کار را تحت کشش مناسب به آن دو میخ، متصل می‌کنیم که امتداد حاصل از ریسمان کار امتداد دو نقطه A و B خواهد بود. راستای به دست آمده را می‌توان به وسیله ریختن مقداری پودر گچ بر روی ریسمان تثبیت کرد. از این روش بیشتر در کارهای ساختمانی و برای تعیین راستای صحیح دیوارها و در یک امتداد قرار دادن ستون‌ها استفاده می‌شود (شکل ۴-۳).

دو نقطه A و B به طور ثابت و مشخص در روی زمین قرار گرفته‌اند. به طوری که اگر در نقطه A قرار بگیریم نقطه B قابل رؤیت می‌باشد. مشخص کردن راستای گذرنده از این دو نقطه را اصطلاحاً «امتدادگذاری» می‌گوییم. به عبارت دیگر، ایجاد یک سری نقطه‌های فرعی بین دو نقطه ثابت A و B که همگی در یک راستا باشند، امتدادگذاری نامیده می‌شود (شکل ۴-۲). امتدادگذاری با توجه به فاصله بین دو نقطه اصلی A و B و شرایط منطقه به دو روش انجام می‌گیرد که عبارت‌اند از:

الف: امتدادگذاری به روش ریسمان کار
ب: امتدادگذاری به روش ژالون گذاری

در این رابطه نیاز به وسایل ساده‌ای از قبیل ریسمان کار،

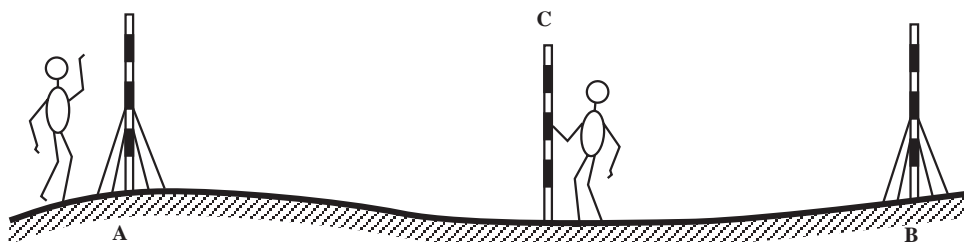


شکل ۴-۳

A در فاصله مناسب طوری قرار می‌گیرد که ژالون B را نیز در پشت ژالون A ببیند. حال اگر عامل دوم ژالون C را در فاصله بین دو ژالون A و B هدایت کند، عامل اول می‌تواند با علامت‌های قراردادی دست، او را طوری هدایت کند که ژالون C نیز در امتداد دید دو ژالون A و B قرار گیرد (شکل ۴-۴).

۴-۱-۲- امتدادگذاری به روش ژالون گذاری:

در این حالت حداقل دو نفر عامل مورد نیاز است و نحوه عمل به این صورت است که ابتدا دو ژالون را در نقطه‌های A و B به وسیله سه پایه ژالون مستقر نموده و با تراز نبشی قائم بودن آن‌ها را کنترل می‌کنیم. یکی از عاملین در پشت ژالون



شکل ۴-۴

که به دقت زیاد در اندازه‌گیری فاصله نیاز نداریم استفاده از قدم می‌تواند روش مطلوبی باشد، به شرط آن که بعضی نکات را رعایت کرده به وضعیت محیطی نیز توجه کنیم:

باید بین دو نقطه شیب زیادی وجود نداشته باشد و نیز پستی و بلندی‌های بسیاری بین دو نقطه نباشد؛ به عبارت دیگر، این روش‌ها را می‌توان بیشتر در زمین‌های کم شیب و هموار به کار برد.

برای بالا بردن دقت کار اندازه‌گیری طول با قدم بهتر است که ابتدا طول قدم‌های خود را به دقت محاسبه نمایید. برای این کار بهتر است ده قدم بردارید و طول ده قدم خود را با متر اندازه‌گیری نموده طول به دست آمده را تقسیم بر ده نمایید؛ مثلاً اگر طول ده قدم شما $7/50$ متر شده باشد، طول یک قدم شما ۷۵ سانتیمتر است. برای دقت بیشتر می‌توانید چند بار طول ده قدم خود را به دست آورده، میانگین آن‌ها را به دست آورید. نکته‌ی دیگر این که سعی کنید با یک سرعت قدم بردارید، طول قدم‌های خود را تغییر ندهید و درست به سمت نقطه‌ی مقابل قدم بردارید (زیگزاک نروید). با رعایت نکات یاد شده دقت مطلوبی به دست خواهید آورد. برای کسب مهارت و یافتن دقت این روش می‌توانید یک طول معین را با قدم اندازه‌گیری نمایید و اندازه‌ای را که خودتان به دست آورده‌اید با اندازه‌هایی که دانش‌آموزان دیگر به دست آورده‌اند مقایسه نمایید.

توجه داشته باشید که دقت نسبی این روش حدود $\frac{1}{50}$ می‌باشد؛ یعنی برای مثال در هر 50 متر یک متر خطا خواهید داشت که این دقت برای تهیه‌ی کروکی و تعیین فواصل تقریبی بسیار مناسب است.

۴-۳-۲ اندازه‌گیری فاصله با پیرامون ثابت (رول-فیکس Rollfix): در این روش از یک چرخ که پیرامون

تذکر ۱: فاصله‌ی تقریبی ژالون C و ژالون A را طوری انتخاب می‌کنیم که با طول متر در دسترس متناسب باشد.

تذکر ۲: پس از انتخاب هر یک از نقاط در حد فاصل دو نقطه‌ی اصلی A و B لازم است بسته به جنس زمین، آن نقطه را با میخ چوبی یا فولادی تثبیت نموده، گچ‌ریزی و نام‌گذاری نماییم.

۴-۲- انواع روش‌های اندازه‌گیری فاصله

طبق تعریف نقشه، فواصل اندازه‌گیری شده باید طول‌های افقی باشند و اگر فواصل مایل اندازه‌گیری شده باشد باید با محاسبه، طول‌های غیر افقی را به طول افقی تبدیل نمود. اندازه‌گیری فاصله با توجه به سرعت و دقت کار با روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد که به طور کلی می‌توان آن را به سه روش تقسیم نمود.

۱- اندازه‌گیری فاصله به روش مستقیم؛

۲- اندازه‌گیری فاصله به روش غیر مستقیم؛

۳- اندازه‌گیری فاصله به روش امواج رادیویی و لیزر.

۴-۳- روش‌های اندازه‌گیری طول به روش مستقیم

برای اندازه‌گیری فاصله‌ی (طول) دو نقطه‌ی A و B پس از مرحله‌ی امتدادگذاری که بیان شد در صورت نیاز باید راستای بین دو نقطه را به فواصل کوتاه‌تر تقسیم کرد. سپس مبادرت به اندازه‌گیری فواصل تقسیم شده نمود.

برای اندازه‌گیری فاصله‌ی بین دو نقطه، روش‌های متفاوتی وجود دارد که این روش‌ها بسته به هموار یا شیب‌دار بودن زمین، وسایل اندازه‌گیری متفاوت و دقت مورد نیاز متغیر خواهد شد.

۴-۳-۱ اندازه‌گیری فاصله با قدم: در مواردی

اندازه‌گیری فاصله با پیرامون ثابت را به وسیله‌ی پیرامون ثابت چرخ‌های اتومبیل، موتورسیکلت و دوچرخه نیز می‌توان انجام داد که این روش نسبت به رول فیکس از دقت کمتری برخوردار است، اما انجام دادن آن نیز ساده می‌باشد. کافی است بین دو نقطه با اتومبیل، موتورسیکلت یا دوچرخه حرکت نمایید و فاصله‌ی مربوطه را روی کیلومترشمار ملاحظه نمایید. نکات مهمی که در این روش باید رعایت کنید تا دقت بیشتری داشته باشید همانند روش کار با رول فیکس می‌باشد.

۳-۳-۴- اندازه‌گیری فاصله با زنجیر مساحی :

زنجیر مساحی، تا چند سال پیش وسیله‌ی معمول اندازه‌گیری طول با دقت متوسط بود. این زنجیر از مفتول‌های فلزی به طول ۲۰ الی ۲۵ سانتی‌متر ساخته شده که به وسیله‌ی حلقه‌های فلزی به هم متصل می‌شوند و از پلاک‌های مخصوصی برای نشان دادن محل دسیمتر و متر استفاده می‌شود. دقت این وسیله حدود $\frac{1}{1000}$ است؛ یعنی در هر ۱۰۰۰ متر امکان ۱ متر خطا وجود دارد. در شکل ۴-۶ زنجیر مساحی و نیزه‌های مخصوصی که با آن به کار می‌رود را ملاحظه می‌نمایید.



شکل ۴-۶

۴-۳-۴- اندازه‌گیری فاصله به روش مترکشی :

عمل مترکشی طی مراحل زیر انجام می‌شود :

۱- امتدادگذاری (که در فصل ۴ توضیح داده شده است)؛

آن مشخص و معین است استفاده می‌شود. به این چرخ دسته‌ای متصل است که آن را با دست می‌گیرند و چرخ را در مسیری حرکت می‌دهند که می‌خواهند طول آن را اندازه‌گیری نمایند. یک شماره‌انداز (شماره - انداز) مکانیکی یا دیجیتالی (عددی) نیز روی آن تعبیه شده که فاصله‌ی پیموده شده را بر حسب متر نشان می‌دهد. به خاطر داشته باشید که قبل از شروع اندازه‌گیری شماره‌انداز را صفر کنید.

اگر می‌خواهید دقت اندازه‌گیری شما بالا برود در یک مسیر مستقیم به طرف نقطه‌ی مقابل حرکت کنید و در منطقه‌ای از آن استفاده کنید که شیب و پستی و بلندی بسیاری نداشته باشد در شکل ۴-۵ چند نمونه رول فیکس نشان داده شده است.



شکل ۴-۵


۲- متر را نگه نمی‌دارند، بلکه هر دو سر متر را در ابتدا و انتهای فاصله قرائت می‌کنند؛ سپس این دو عدد را از هم کم می‌کنند تا اندازه‌ی فاصله‌ی بین دو نقطه حساب شود.

۲- نکته‌ی بعدی توجه به درجه‌بندی‌های روی متر و واحد آن می‌باشد، زیرا بعضی از نوارهای اندازه‌گیری طول برحسب فوت و اینچ درجه‌بندی شده‌اند و برخی در یک روی نوار برحسب متر و سانتی‌متر و در روی دیگر برحسب فوت و اینچ تنظیم گردیده‌اند.

عدم توجه به این نکته نیز خسارات جبران‌ناپذیری به کار مترکشی وارد می‌نماید.

۳- متر باید کاملاً کشیده باشد و اگر پیچ و تاب داشت باید آن را صاف نمود.

۴- قرائت‌ها را در جدولی، مانند شکل ۷-۴ ثبت می‌نماییم.

نام فاصله	اندازه‌ی فاصله‌ی افقی به متر	کروکی و ملاحظات
A-P _۱		
P _۱ -P _۲		
P _۲ -B		
AB		

شکل ۷-۴- فرم مترکشی

۵- مجموع قرائت‌های مسیر رفت را در انتهای جدول محاسبه می‌کنیم.

۶- یک بار دیگر همان مسیر را به صورت برگشت، روی میخ‌های قبلی مترکشی کرده اندازه‌ها را در جدولی ثبت کرده با هم جمع می‌کنیم و با عدد به دست آمده از مسیر رفت مقایسه می‌نماییم تا ببینیم آیا به دقت خواسته شده رسیده‌ایم یا نه و در صورتی که خطای ما از حد مجاز بیشتر بود طول دهانه‌ها را در مسیر رفت و برگشت مقایسه می‌کنیم، شاید در یکی از دهانه‌ها هنگام رفت با برگشت اشتباهی رخ داده باشد، اگر چنین موردی را پیدا نکردیم باید یک بار دیگر همان مسیر را مترکشی نماییم تا به دقت خواسته شده برسیم.

۲- گرفتن نوار اندازه‌گیری بین هر دو نقطه از امتداد و قرائت نوار؛

۳- ثبت قرائت‌ها و محاسبه‌ی طول افقی. بسته به شرایط مختلف منطقه‌ای که می‌خواهیم مترکشی کنیم از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود.

مترکشی در زمین‌های افقی: این حالت کمتر پیش می‌آید، زیرا معمولاً زمین دارای پستی و بلندی و شیب‌هایی می‌باشد که آن را از حالت هموار و افقی خارج می‌کند. البته در کارهای کم دقت از ناهمواری‌های کوچک و شیب‌های کم صرف نظر کرده زمین را افقی و هموار فرض می‌کنیم؛ سپس امتدادگذاری بین دو نقطه را انجام می‌دهیم.

الف) امتدادگذاری: هنگام امتدادگذاری برای مترکشی، علاوه بر نکاتی که در مورد امتدادگذاری در فصل «۴» گفته شد، باید توجه داشته باشیم که فاصله‌ی نقاطی را که امتدادگذاری می‌کنیم متناسب با طول متری که به کار می‌بریم و دقتی که انتظار داریم، انتخاب نماییم؛ یعنی اگر دقت کمتری نیاز داریم می‌توانیم فاصله‌ی دو نقطه‌ای را که در امتداد مورد نظر میخ‌کوبی می‌کنیم بین ۴۰ تا ۵۰ متر انتخاب کنیم و از نوار اندازه‌گیری ۵۰ متری استفاده نماییم، اما اگر دقت بیشتری نیاز داریم فاصله‌ی نقاط را در امتداد مورد نظر، کمتر انتخاب می‌کنیم تا خطاهای مترکشی ما کوچک‌تر باشد.

همچنین برای به دست آوردن دقت بیشتر به جای متر پارچه‌ای یا پلاستیکی از متر فلزی استفاده می‌کنیم.

ب) مترکشی: پس از امتدادگذاری نوبت به اندازه‌گیری فاصله‌ی بین نقاطی می‌رسد که میخ‌کوبی کرده و روی آن‌ها علامت‌گذاری نموده‌ایم. برای پرهیز از اشتباهات و افزایش دقت اندازه‌گیری‌ها به نکات زیر توجه کنید.

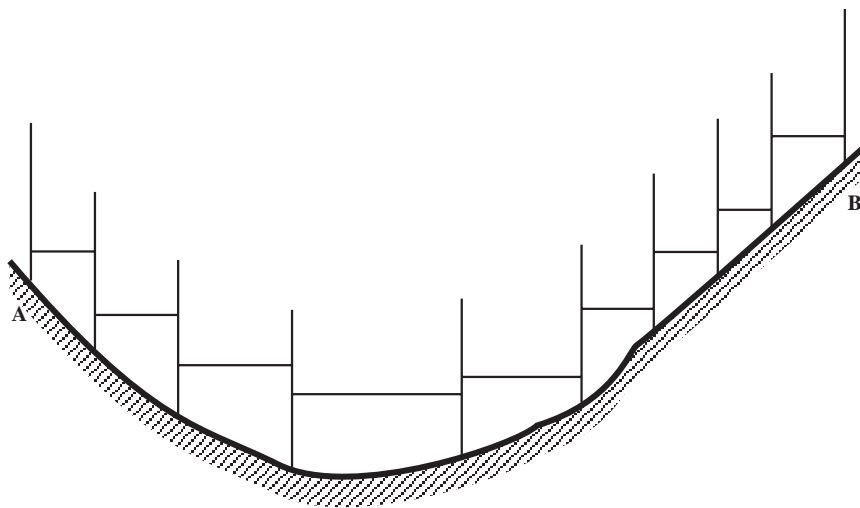
۱- شروع درجه‌بندی مترها (صفرمترها) ممکن است با هم فرق داشته باشد.

عدم توجه به این نکته‌ی مهم، اشتباهی است که بسیار خطرناک می‌باشد و ممکن است حتی پس از یک رفت و برگشت هم متوجه آن نشوید.

البته برای کارهای دقیق یک فاصله در نقطه‌ی شروع صفر

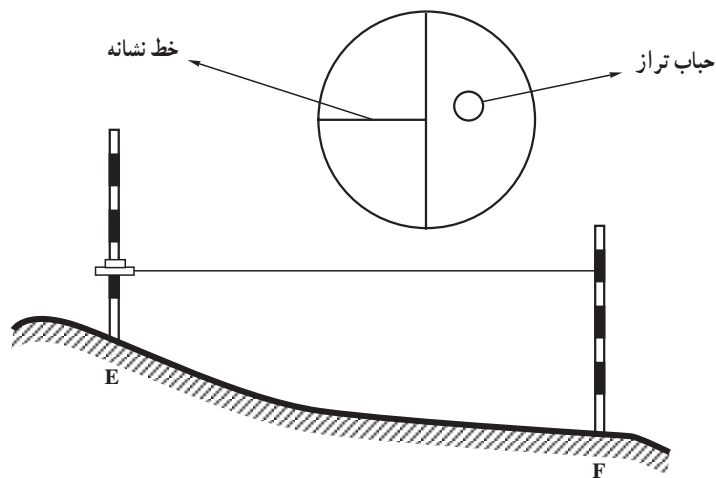
را کوچک تر انتخاب کنیم تا شخصی که متر را نگه می دارد امکان افقی نگه داشتن متر و قرائت آن را داشته باشد. بنابراین، همان طور که در شکل ۴-۸ نشان داده شده، در این نوع مترکشی فاصله‌ی دهانه‌ها متغیر است.

اندازه‌گیری طول با متر در زمین‌های شیب‌دار (به روش افقی) در این روش نیز امتدادگذاری باید انجام گیرد؛ با این تفاوت که طول دهانه‌ها علاوه بر طول متر موجود به شیب زمین نیز بستگی دارد. به این ترتیب که هرچه شیب زمین بیشتر باشد، باید دهانه‌ها

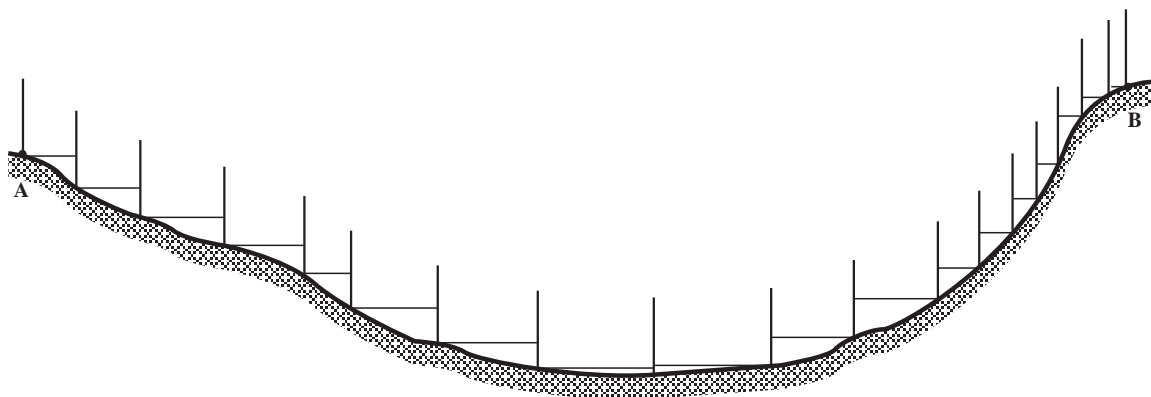


شکل ۴-۸

در این نوع مترکشی، مسئله‌ی مهم افقی نگه داشتن متر می‌کنیم. در هر دهانه است. برای این کار از تراز متر به شرح زیر استفاده



شکل ۴-۹



شکل ۴-۱۰ مترکشی افقی در زمین شیب‌دار



(الف)



(ب)

شکل ۴-۱۱ انواع تراز دستی و به‌کارگیری آن‌ها



شکل ۴-۱۲

قبل از مترکشی بین دو ژالون، می‌توان ابتدا با تراز دستی امتداد افقی و محل قرارگرفتن متر روی هر ژالون را مشخص و سپس فاصله‌ی افقی را اندازه‌گیری کرد.



شکل ۱۴-۴ شیب‌سنج دستی

با داشتن طول مایل (L) و زاویه‌ی شیب (α) در مثلث

قائم‌الزاویه‌ی ABC داریم:

$$\cos \alpha = \frac{D}{L} \Rightarrow D = L \cos \alpha$$

یعنی، طول مایل را در کسینوس زاویه‌ی شیب ضرب می‌کنیم تا طول افقی را به دست آوریم.

مثال: در شکل ۱۳-۴ اگر زاویه‌ی شیب $\alpha = 7^\circ 10'$ و

طول شیب‌دار $L = 25/73$ متر باشد، طول افقی (D) را محاسبه نمایید.

داریم:

$$D = L \cos \alpha = 25/73 \times \cos(7^\circ 10')$$

با توجه به جدول توابع مثلثاتی یا به وسیله ماشین حساب

داریم:

$$\cos(7^\circ 10') = 0.99219$$

پس:

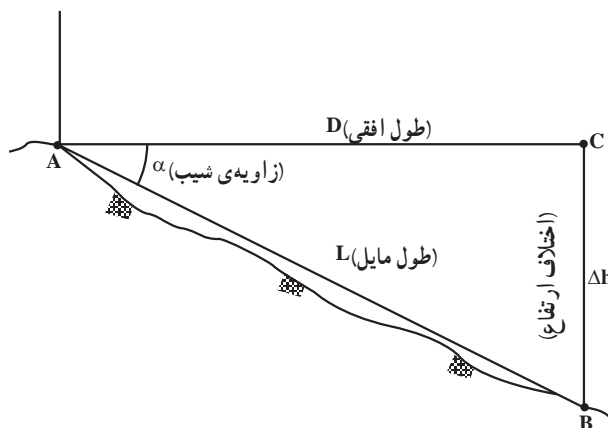
$$D = 25/73 \times 0.99219 = 25/529 \text{ m}$$

هرگاه بتوانیم مستقیماً فاصله افقی بین دو نقطه A و B را

اندازه‌گیری کنیم می‌توان با اندازه‌گیری کمیت‌های دیگر و قرار

۴-۴ اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی بین دو نقطه با استفاده از طول شیب‌دار با وسایل ساده

در این روش به جای اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی بین دو نقطه، فاصله‌ی مایل (شیب‌دار) را (مانند شکل ۱۳-۴) مترکشی می‌نماییم (L)؛ سپس با اندازه‌گیری Δh روی ژالون یا با اندازه‌گیری زاویه‌ی شیب (α) می‌توانیم طول افقی (D) را محاسبه نماییم.



شکل ۱۳-۴ اندازه‌گیری طول شیب‌دار

برای اندازه‌گیری Δh کافی است به کمک تراز دستی به روشی

که ذکر شد امتداد افقی AC را برقرار نماییم، سپس طول $BC = \Delta h$ را اندازه‌گیری می‌نماییم. برای محاسبه‌ی D بنا بر رابطه‌ی فیثاغورث داریم:

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

$$D = \sqrt{L^2 - \Delta h^2}$$

فاصله‌ی افقی بین دو نقطه‌ی A و B :

مثلاً، اگر طول مایل $25/73$ متر و اختلاف ارتفاع $3/21$ متر

باشد داریم:

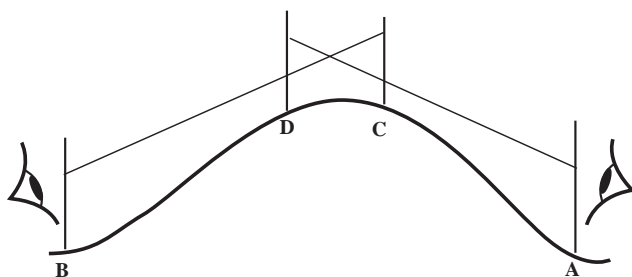
$$D = \sqrt{25/73^2 - 3/21^2} = 25/529 \text{ m}$$

برای اندازه‌گیری زاویه‌ی شیب بین دو نقطه‌ی A و B از

یک شیب‌سنج دستی استفاده می‌نماییم. شیب‌سنج دستی از یک نقاله که بر روی آن یک تراز دستی تعبیه شده - تشکیل می‌شود.

شکل ۱۴-۴ را ببینید.

قابل رؤیت باشند (شکل ۱۶-۴)، می‌توانیم به روش زیر امتداد دقیق AB را تعیین و فاصله‌ی مایل L را اندازه‌گیری کنیم. ابتدا عامل A با علامت قراردادی دست، عامل C را طوری هدایت می‌کند که در راستای ACD قرار گیرد. سپس عامل B ژالون D را بر امتداد BDC هدایت می‌کند (در تمامی مراحل از شاقولی بودن ژالون‌ها باید مطمئن باشیم). این عمل آن‌قدر ادامه می‌یابد که چهار ژالون A، B، C و D در یک امتداد قرار گیرد واضح است که در این حالت دهانه‌های قابل اندازه‌گیری AC، CD و DB است که در صورت نیاز می‌توانند به دهانه‌های کوچک‌تر تقسیم شوند.



شکل ۱۶-۴

۴-۴-۲ اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع عبور:

گاهی هنگام اندازه‌گیری فاصله بین دو نقطه به موانع غیر قابل عبور برخورد می‌کنیم. این موانع به دو دسته‌ی قابل دور زدن و غیر قابل دور زدن تقسیم‌بندی می‌شوند.

الف) مانع عبور قابل دور زدن: این موانع می‌تواند استخر، مرداب یا مزرعه‌ای کوچک باشد که در فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی A و B قرار گرفته است. با وجود چنین موانعی روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری فاصله وجود دارد که در اشکال مختلف بیان می‌شود.

(۱) مانند شکل ۱۷-۴ می‌توان در نقاط C و D به وسیله‌ی گونیا عمود اخراج کرده و فواصل مساوی CC' و DD' را ایجاد نمود و با اندازه‌گیری دهانه‌های AC و C'D' و DB به مجموع فاصله‌ی AB رسید.

$$\overline{AB} = \overline{AC} + \overline{C'D'} + \overline{DB}$$

دادن آن‌ها در فرمول‌های ریاضی به فاصله‌ی افقی A و B دست یابیم.

اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع: موانع در اندازه‌گیری

فاصله به سه شکل وجود دارد:

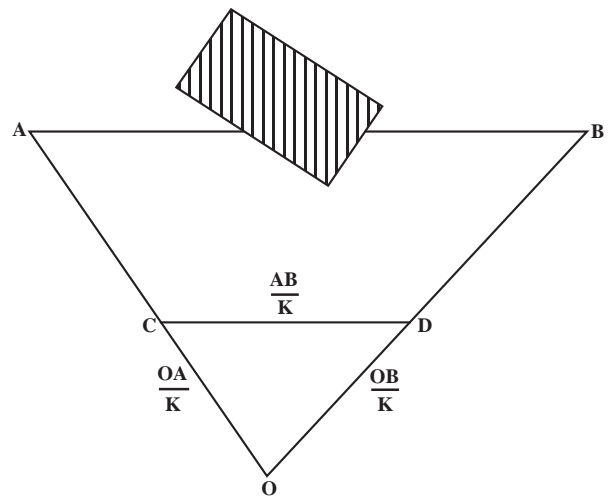
۱- مانع دید مانند تپه

۲- مانع عبور مانند باتلاق

۳- مانع دید و عبور مانند ساختمان.

برای پیدا کردن مسافت در این گونه موارد همیشه از روابط

هندسی در حل مثلث استفاده می‌کنیم (شکل ۱۵-۴).



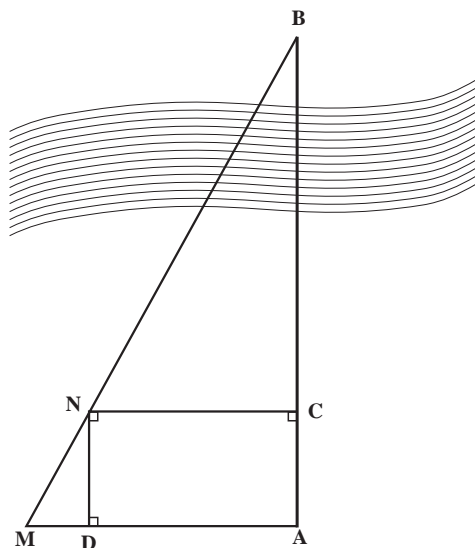
شکل ۱۵-۴

۴-۴-۱ اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع دید:

گاهی در اندازه‌گیری فاصله بین دو نقطه‌ی طبیعت مانعی وجود دارد که باعث می‌شود نقطه‌ی A از نقطه‌ی B و به عکس غیر قابل رؤیت باشد. این مانع می‌تواند یک سنگ بزرگ یا تپه باشد. در چنین وضعیتی می‌توان به روش زیر عمل کرد.

فرض کنید، یک تپه در فاصله‌ی بین نقاط A و B قرار گرفته که با استقرار در هر کدام از نقاط، دیگری قابل رؤیت شده است. دو ژالون در نقاط A و B مستقر می‌کنیم و پشت هر ژالون در فاصله‌ی مناسب یک عامل قرار می‌گیرد. حال اگر در دو طرف دامنه‌ی تپه در امتداد تقریبی AB دو ژالون C و D را مستقر کنیم به طوری که، این دو ژالون توسط عوامل A و B

طول‌های AM، ND و DM قابل دسترسی و اندازه‌گیری می‌باشند. بنابراین، فاصله‌ی AB نیز محاسبه می‌شود.



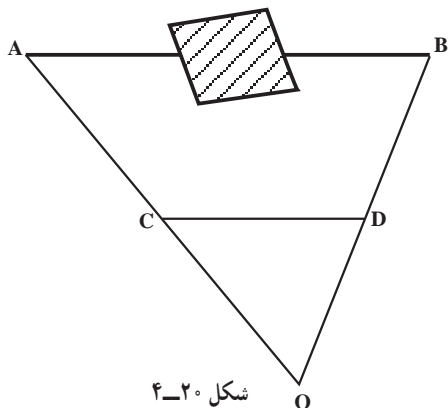
شکل ۴-۱۹

۴-۴-۳- اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع دید و

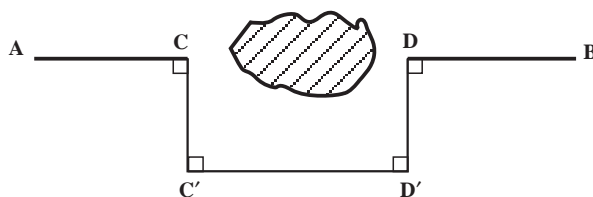
عبور: فرض کنید که در فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی A و B ساختمانی واقع شده است که امکان دید و عبور از آن راستا را غیرممکن می‌کند. در این حالت می‌توان از روش زیر استفاده کرد.

مطابق شکل ۴-۲۰ نقطه‌ی O را طوری انتخاب می‌کنیم که از هر دو نقطه‌ی A و B قابل رؤیت و فواصل OA و OB قابل امتداد‌گذاری و اندازه‌گیری باشد. پس از اندازه‌گیری فواصل OA و OB نقاط C و D را روی امتداد آن‌ها طوری انتخاب می‌کنیم که داشته باشیم:

$$OC = \frac{1}{K} OA \quad OD = \frac{1}{K} OB$$



شکل ۴-۲۰



شکل ۴-۱۷

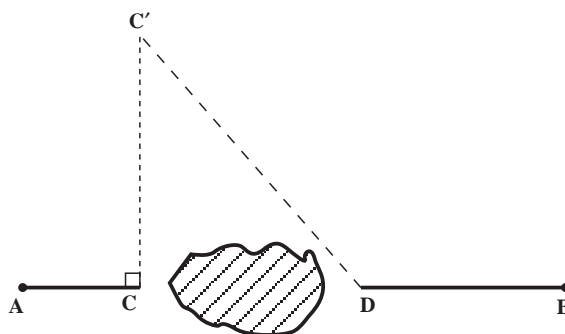
(۲) در نقطه‌ی C به وسیله‌ی گونیا عمودی اخراج کرده و نقطه‌ی C' را روی آن طوری انتخاب می‌کنیم که فاصله‌ی C'D و C'C قابل اندازه‌گیری باشد (شکل ۴-۱۸).

در مثلث CC'D داریم:

$$\overline{CD} = \sqrt{\overline{C'D}^2 - \overline{CC'}^2}$$

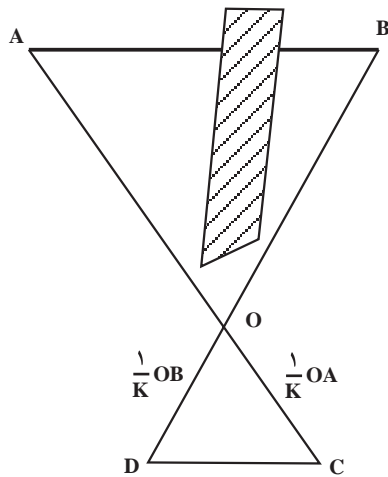
بنابراین، برای محاسبه‌ی فاصله‌ی AB داریم:

$$\overline{AB} = \overline{AC} + \sqrt{\overline{C'D}^2 - \overline{CC'}^2} + \overline{DB}$$



شکل ۴-۱۸

(ب) مانع عبور غیر قابل دور زدن: برای توضیح این نوع موانع رودخانه‌ای را مثال می‌زنیم که نقاط A و B در دو طرف آن واقع شده‌اند (شکل ۴-۱۹). از نقطه‌ی A بر امتداد AB عمودی اخراج کرده و در فاصله‌ی مناسب نقطه‌ی M را اختیار می‌کنیم. در امتداد AB نقطه‌ی C را انتخاب کرده و از آن نقطه نیز عمودی اخراج می‌کنیم. حال، نقطه‌ی N را طوری انتخاب می‌کنیم که در راستای MB و روی عمود اخراج شده از نقطه‌ی C باشد. (تقاطع راستای MB و عمود اخراج شده از نقطه‌ی C را N می‌نامیم). داریم $CN \parallel AM$ از نقطه‌ی N عمود ND را اخراج می‌کنیم. واضح است که چهار ضلعی NDAC یک مربع مستطیل است. بنابراین، با استفاده از رابطه‌ی تالس داریم: $\frac{AB}{ND} = \frac{AM}{DM} \Rightarrow AB = \frac{AM \cdot ND}{DM}$ که



شکل ۲۱-۴

جوی نیز به خوبی کار می‌کنند و انواع اشتباهات و خطاهای انسانی و دستگاهی در اندازه‌گیری با آن‌ها حذف می‌شود. مخصوصاً با دستگاه‌هایی که عمل ثبت قرائت‌ها نیز روی کاست یا کارت یا حافظه‌ی جانبی ضبط شده و مستقیماً به داخل کامپیوتر منتقل می‌شود، بسیاری از خطاهای انسانی حذف می‌گردد. در شکل زیر نمونه‌هایی از این وسایل را مشاهده می‌نمایید.

(K می‌تواند هر عدد دلخواه باشد ولی بهتر است به نسبت فواصل OA و OB عددی مثل ۱۰، ۲۰ و ... انتخاب شود).
با توجه به رابطه‌ی تالس خواهیم داشت $AB \parallel CD$ و نیز از نسبت اضلاع خواهیم داشت:

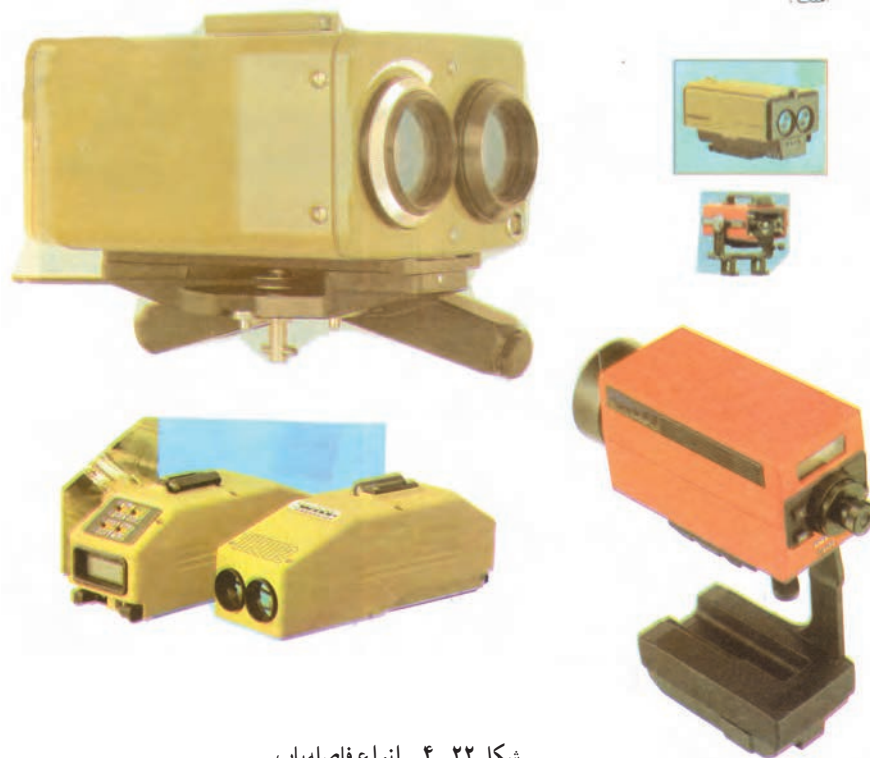
$$\overline{AB} = K \cdot \overline{CD}$$

که با اندازه‌گیری فاصله‌ی CD و ضرب آن در عدد K مقدار AB محاسبه می‌شود. اضافه می‌شود که اگر مانع بین نقاط A و B خیلی بزرگ باشد می‌توان نقاط C و D را در امتداد OA و OB مطابق شکل ۲۱-۴ انتخاب نمود و از رابطه‌ی تالس مقدار عددی طول AB را محاسبه نمود.

۴-۵- اندازه‌گیری فاصله به روش ارسال امواج رادیویی و لیزر

امروزه با استفاده از امواج الکترومگنتیک در اندازه‌گیری فاصله با صرف هزینه و وقت بسیار کمتر می‌توان به دقت بالایی دست یافت و بدین ترتیب، تحوّل‌ی در روش‌های نقشه‌برداری به وجود آمده است.

از آن گذشته فاصله‌یاب‌های الکترونیکی در وضعیت نامساعد



شکل ۲۲-۴- انواع فاصله‌یاب

اکثر فاصله یاب‌ها قابل نصب (اتصال) روی دوربین‌های نقشه‌برداری می‌باشند (شکل ۲۳-۴).



شکل ۲۳-۴ نصب فاصله‌یاب روی دوربین

امروزه دستگاه فاصله‌یاب با دوربین نقشه‌برداری ادغام شده و آن را به یک دستگاه کامل تبدیل کرده است که اصطلاحاً به آن‌ها «توتال استیشن Total Station» می‌گویند (شکل ۲۴-۴).
دیجیتالی نمایش می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۲۵-۴ ملاحظه می‌کنید در بعضی موارد برای قراولروی به رفلکتور روی آن یک تارگت (Target) اضافه شده است.



شکل ۲۵-۴ رفلکتور

اخیراً، فاصله‌یاب‌های لیزری ساخته شده که نیازی به رفلکتور ندارد و امواج لیزر پس از برخورد به هدف منعکس می‌شود، دستگاه امواج را دریافت کرده فاصله را محاسبه می‌کند.



شکل ۲۴-۴ فاصله‌یاب در داخل دوربین نقشه‌برداری

روش اندازه‌گیری طول با فاصله‌یاب‌های الکترونیکی به این ترتیب است که دستگاه را روی یک نقطه مستقر کرده و در طرف دیگر یک رفلکتور (Reflector) نصب می‌کنیم. رفلکتور امواج ارسالی را منعکس می‌کند و دستگاه فاصله‌یاب از روی زمان رفت و برگشت موج فاصله را به طور خودکار محاسبه نموده و به صورت

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

- ۱- انواع روش‌های اندازه‌گیری فاصله را نام ببرید.
- ۲- روش اندازه‌گیری فاصله با قدم را توضیح دهید.
- ۳- روش اندازه‌گیری فاصله با پیرامون ثابت Rollfix را توضیح دهید.
- ۴- اصول مترکشی را بیان کنید.
- ۵- روش مترکشی در زمین‌های افقی را توضیح دهید.
- ۶- روش مترکشی افقی را در زمین‌های شیب‌دار به وسیله تراز دستی توضیح دهید.
- ۷- روش مترکشی را به صورت شیب‌دار به وسیله شیب‌سنج دستی توضیح دهید.
- ۸- اندازه‌گیری فاصله به روش غیرمستقیم را بیان کنید.
- ۹- روش‌های اندازه‌گیری فاصله را با وجود مانع توضیح دهید.
- ۱۰- اندازه‌گیری فاصله را به روش امواج رادیویی و لیزر بیان کنید.

تمرین و عملیات

- ۱- طول اضلاع چندضلعی مدرسه را به صورت رفت و برگشت اندازه‌گیری کرده، اندازه‌های به دست آمده توسط گروه‌های دیگر را جمع‌آوری نموده میانگین اندازه‌ها را برای طول‌های چندضلعی محاسبه نمایید.
- ۲- چند طول بین نقاطی از چندضلعی را که بین آن‌ها مانع دید و عبور مثل ساختمان وجود دارد اندازه‌گیری نمایید.

اندازه‌گیری زاویه با وسایل ساده نقشه‌برداری

- هدف‌های رفتاری: از دانش آموز انتظار می‌رود در پایان این فصل:
- ۱- زاویه را تعریف کرده انواع زوایای مورد استفاده را در نقشه برداری، با رسم شکل توضیح دهد.
 - ۲- واحدهای اندازه‌گیری زاویه را توضیح دهد.
 - ۳- روش تبدیل واحدهای اندازه‌گیری زاویه به یکدیگر را توضیح دهد.
 - ۴- روش‌های اندازه‌گیری زاویه افقی را با متر، انجام دهد.
 - ۵- روش پیاده کردن زاویه را با متر و گونیا، انجام دهد.

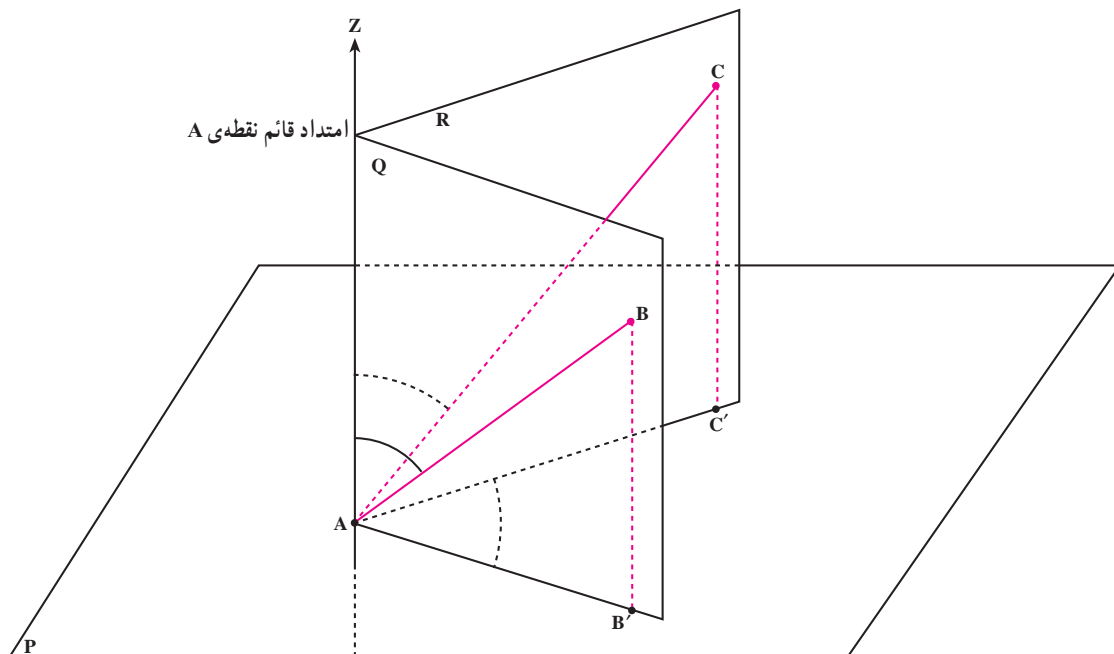
صفحه‌ی افقی و قائم اندازه می‌گیرند در شکل ۵-۱ دو امتداد

AB و AC را در نظر بگیرید.

۵-۱- تعریف زاویه

قسمتی از صفحه که بین دو امتداد غیرموازی محصور

شده باشد «زاویه» نامیده می‌شود. در نقشه‌برداری زاویه را در دو



AZ امتداد قائم (شاقولی) نقطه‌ی A، صفحه‌ی P، صفحه‌ی افقی گذرنده از نقطه‌ی A و صفحات Q و R صفحات قائم نقطه‌ی A هستند. امتداد AB روی

صفحه‌ی قائم Q و امتداد AC روی صفحه‌ی قائم R قرار دارند.

شکل ۵-۱

دقیق هر زاویه‌ی یک دقیقه را به 60° قسمت مساوی تقسیم می‌کنند و هر قسمت را یک «ثانیه» می‌نامند؛ مثلاً در نقاله‌های معمولی و نیز در شیب‌سنج دستی کوچکترین تقسیمات در حد درجه یا نیم‌درجه (30° دقیقه) می‌باشد، اما در دوربین‌های نقشه‌برداری معمولی کوچکترین تقسیمات یک دقیقه و در دوربین‌های دقیق نقشه‌برداری کوچکترین تقسیمات زاویه در حد 10° ثانیه یا 5° ثانیه است. و در وسایل پیشرفته‌ی بسیار دقیق حتی 1° ثانیه قابل قرائت است.

برای نشان دادن یک زاویه برحسب درجه و دقیقه و ثانیه از علائم مخصوصی استفاده می‌نمایند؛ مثلاً صد و پنجاه و هشت درجه و چهار و سه دقیقه و پنج ثانیه را چنین می‌نویسند:

$$158^\circ 43' 45''$$

۲-۲-۵- گراد: $\frac{1}{400}$ زاویه‌ی تمام صفحه را «گراد» می‌نامند و برای اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر یک گراد را به 100° قسمت مساوی تقسیم می‌کنند و هر قسمت را «دقیقه‌ی گرادی» یا «سانتی‌گراد» می‌نامند و برای کارهای بسیار دقیق هر دقیقه‌ی گرادی را نیز به 100° قسمت مساوی تقسیم می‌کنند و به آن «ثانیه‌ی گرادی» یا «سانتی‌گراد» می‌گویند.

پرسش: یک گراد چند ثانیه‌ی گرادی است؟

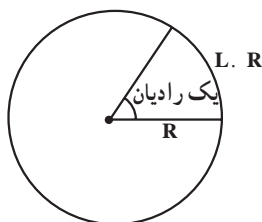
برای نشان دادن اندازه‌ی یک زاویه برحسب گراد از علائم مخصوصی استفاده می‌شود که در این مثال می‌توانید ببینید. (البته چون تقسیمات گراد اعشاری است می‌توانیم دقیقه و ثانیه‌ی آن را به صورت ممیزی نشان دهیم.)

مثال: سی و هفت گراد و پنجاه و چهار دقیقه و هشتاد و پنج ثانیه را می‌توانیم به سه صورت نمایش دهیم:

$$37^g \ 54^c \ 85^s \text{ یا } 37^g \ 54^c \ 85^s \text{ یا } 37^g \ 54^c \ 85^s$$

نکته: معمولاً وسایل و دوربین‌های نقشه‌برداری برحسب

درجه یا گراد مدرج شده‌اند.



شکل ۲-۵

زاویه‌ی افقی: زاویه‌ی بین دو امتداد AB و AC در واقع زاویه‌ی بین دو صفحه‌ی P و Q است که روی صفحه‌ی افقی P تصویر شده است و به آن زاویه‌ی افقی می‌گویند ($\hat{C'AB'}$).

زاویه‌ی قائم: زاویه‌ی بین یک امتداد و خط شاقولی گذرنده از آن را «زاویه‌ی قائم» آن امتداد می‌گویند؛ مثلاً زاویه‌ی بین امتداد AB و امتداد قائم نقطه‌ی A را که روی صفحه‌ی قائم Q قرار دارد زاویه‌ی قائم امتداد AB می‌گویند. (شکل ۵-۱)

زاویه‌ی (\hat{ZAB}) و زاویه‌ی بین امتداد AC و امتداد قائم نقطه‌ی A را که روی صفحه‌ی قائم R قرار دارد زاویه‌ی قائم امتداد AC می‌گویند (شکل ۵-۱ زاویه‌ی (\hat{ZAC})).

زاویه‌ی شیب: زاویه‌ی بین یک امتداد و صفحه‌ی افقی گذرنده از آن را «زاویه‌ی شیب» آن امتداد می‌گویند؛ مثلاً زاویه‌ی بین امتداد AB و صفحه‌ی افقی P که از A می‌گذرد زاویه‌ی شیب امتداد AB (شکل ۵-۱ زاویه‌ی $(\hat{B'AB'})$) و زاویه‌ی بین امتداد AC و صفحه‌ی افقی P که از A می‌گذرد زاویه‌ی شیب امتداد AC می‌نامند (شکل ۵-۱ زاویه‌ی $(\hat{CAC'})$).

رابطه‌ی بین زاویه‌ی شیب و زاویه‌ی قائم یک امتداد: همان‌طور که در شکل ۵-۱ ملاحظه می‌کنید زاویه‌ی شیب و زاویه‌ی قائم یک امتداد متمم یکدیگر هستند:

$$90^\circ = \text{زاویه‌ی قائم} + \text{زاویه‌ی شیب}$$

در نقشه‌برداری با وسایل ساده، با یک شیب‌سنج دستی مستقیماً زاویه‌ی شیب به دست می‌آید، اما دوربین‌های نقشه‌برداری معمولاً زاویه‌ی قائم یک امتداد را اندازه می‌گیرند و برای محاسبه‌ی زاویه‌ی شیب داریم:

$$\text{زاویه‌ی قائم} - \text{زاویه‌ی قائم} = \text{زاویه‌ی شیب} \quad (90^\circ \text{ یا } 100^\circ \text{ گراد})$$

۲-۵- واحدهای اندازه‌گیری زاویه

۱-۲-۵- درجه: $\frac{1}{360}$ زاویه‌ی تمام صفحه را «درجه» می‌گویند؛ به عبارت دیگر، اگر صفحه‌ی یک دایره را با رسم قطرهایش به 360° قسمت مساوی تبدیل کنیم هر کدام از زاویه‌های مرکزی به وجود آمده برابر یک درجه خواهند بود. برای اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر هر زاویه‌ی یک درجه را به 60° قسمت مساوی تقسیم می‌کنند که به هر قسمت یک دقیقه می‌گویند و برای اندازه‌گیری‌های بسیار

اندازه‌ی زاویه برحسب درجه ($D=36$) را در فرمول جایگذاری می‌کنیم تا اندازه‌ی زاویه برحسب گراد (G) محاسبه شود.

$$\frac{36}{360} = \frac{G}{400} \Rightarrow G = \frac{400 \times 36}{360} = 40 \text{ گراد}$$

$$\Rightarrow \boxed{G=40 \text{ گراد}}$$

برای تبدیل درجه به رادیان داریم:

$$\frac{D}{360} = \frac{R}{2\pi} \text{ و } D=36$$

با جایگذاری و حل فرمول داریم:

$$\frac{36}{360} = \frac{R}{2\pi} \Rightarrow R = \frac{36 \times 2\pi}{360} \Rightarrow \boxed{R = 0/2\pi}$$

نکته: در نقشه برداری معمولی معمولاً با زوایای گراد و درجه سر و کار داریم؛ پس می‌توانیم از فرمول ساده‌شده‌ای استفاده نماییم:

$$\frac{D}{9} = \frac{G}{10}$$

پرسش: چگونه این فرمول را از فرمول اصلی به دست آورده‌ایم؟

بنابراین، برای تبدیل درجه به گراد از فرمول:

$$G = \frac{10}{9} D$$

و برای تبدیل گراد به درجه از فرمول:

$$D = \frac{9}{10} G$$

استفاده می‌کنیم.

مثال: زاویه 45° را به گراد تبدیل کنید:

$$G = \frac{10}{9} \times 45 = 50 \text{ گراد}$$

مثال: زاویه 176 گراد چند درجه است؟

$$D = \frac{9}{10} \times 176 = 158.4$$

۵-۴- روش‌های اندازه‌گیری زاویه با متر

۵-۴-۱- روش اول: در این روش برای اندازه‌گیری یک زاویه روی دو ضلع زاویه از طرف رأس دو طول مساوی

پرسش: دوربین A دارای دقت یک ثانیه‌ی گرادی و دوربین B دارای دقت یک ثانیه‌ی درجه‌ای است. کدام یک از دوربین‌ها دقیق‌تر است؟

جواب: از آنجا که گراد $\frac{1}{400}$ و درجه $\frac{1}{360}$ زاویه تمام صفحه می‌باشد پس تقسیمات گراد ریزتر یعنی دوربین A دقیق‌تر است.

۳-۲-۵- رادیان: در هر دایره اندازه‌ی یک زاویه مرکزی که طول کمان مقابل آن برابر شعاع دایره باشد، یک رادیان است بنابراین، برای اندازه‌گیری یک زاویه برحسب رادیان کافی است طول قوس مقابل به آن زاویه را بر شعاع همان دایره تقسیم نماییم:

$$\boxed{\text{طول قوس مقابل به آن زاویه} \div \text{شعاع دایره} = \text{اندازه‌ی زاویه برحسب رادیان}}$$

پرسش: اندازه‌ی یک زاویه‌ی 360 درجه یا 400 گراد (تمام صفحه) برحسب رادیان چقدر است؟

پاسخ: طول قوس مقابل زاویه 360° یا 400 گراد همان محیط دایره می‌باشد؛ پس اگر شعاع دایره را r فرض کنیم، داریم:

$$\text{رادیان} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi$$

۳-۵- تبدیل واحدهای زاویه

فرمول کلی تبدیل واحدهای زاویه عبارت است از:

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

در این فرمول D معرف درجه، G معرف گراد و R معرف رادیان است. برای تبدیل هر واحد به واحد دیگر کافی است کسر مربوط به هر کدام را کنار یکدیگر نوشته تناسب حاصل را حل نماییم.

مثال: زاویه‌ی 36° چند گراد، چند رادیان است؟

برای تبدیل درجه به گراد داریم:

$$\frac{D}{360} = \frac{G}{400} \text{ و } D=36$$

می‌دانیم مثلث OAB مثلث متساوی‌الساقین است؛ پس ارتفاع OH نیمساز زاویه α نیز می‌باشد؛ پس در مثلث OAH داریم:

$$\widehat{AOH} = \frac{\alpha}{2}$$

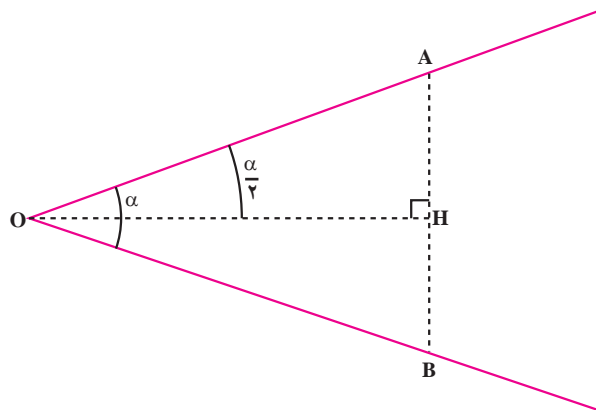
با استفاده از روابط مثلثاتی می‌نویسیم:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{AH}{OA} \text{ و } AH = \frac{AB}{2}$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{AB}{2OA} \Rightarrow \frac{\alpha}{2} = \text{Arc sin} \frac{AB}{2OA}$$

بنابراین، کافی است اندازه‌ی AB را روی زمین با متر به‌دست آورده با معلوم بودن OA مقدار $\frac{AB}{2OA}$ را محاسبه می‌کنیم؛ سپس با کمک ماشین حساب زاویه‌ی مورد نظر ($\frac{\alpha}{2}$) را پیدا می‌کنیم و از آن‌جا می‌توانیم α را محاسبه کنیم:

$$\alpha = 2 \times \frac{\alpha}{2}$$



شکل ۵-۳

جدا می‌کنیم (شکل ۵-۳)؛ داریم: $OA=OB$ می‌خواهیم زاویه‌ی $\widehat{AOB} = \alpha$ را محاسبه نماییم. در مثلث AOB ارتفاع وارد بر AB را رسم می‌نماییم.

مطالعه آزاد



البته از فرمول کسینوس‌ها نیز می‌توانیم استفاده نماییم. در شکل ۵-۳ داریم:

$$(AB)^2 = (OA)^2 + (OB)^2 - 2OA \cdot OB \cdot \cos \alpha \text{ و}$$

$$OA = OB$$

$$(AB)^2 = 2(OA)^2 - 2(OA)^2 \cdot \cos \alpha$$

$$= 2(OA)^2 (1 - \cos \alpha)$$

$$\Rightarrow 1 - \cos \alpha = \frac{(AB)^2}{2(OA)^2}$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = 1 - \frac{(AB)^2}{2(OA)^2}$$

بنابراین، در این حالت مستقیماً اندازه‌ی $\cos \alpha$ به‌دست می‌آید و با مراجعه به ماشین حساب می‌توانیم مقدار α را پیدا کنیم.

مثال: در شکل ۵-۳ فرض کنید اندازه‌ی $OA = OB = 20 \text{ m}$ را روی دو ضلع زاویه جدا کرده‌ایم و اندازه‌ی AB را روی زمین اندازه‌گیری کرده‌ایم و داریم:

$$AB = 17 / 399$$

با جای‌گذاری در فرمول داریم:

$$\cos \alpha = 1 - \frac{(AB)^2}{2(OA)^2} = \frac{(17 / 399)^2}{2(20)^2}$$

$$\cos \alpha = 1 - 0 / 378406501 = 0 / 621593498$$

با مراجعه به جدول به دنبال زاویه‌ای می‌گردیم که $\cos \alpha = 0 / 62159$ و نزدیکترین عدد در جدول به این صورت

$$\text{است: } \cos(51^\circ 34') = 0 / 62160 \text{ پس}$$

$$\alpha = 51^\circ 34'$$

اکنون همین مثال را با روش $\sin \frac{\alpha}{2}$ نیز حل می‌کنیم:
داریم:

$$\text{متر } OA = OB = 20 \text{ و } AB = 17 / 399$$

با جای گذاری در فرمول داریم:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{AB}{2 \cdot OA} = \frac{17 / 399}{2 \times 20} = 0 / 43497$$

با استفاده از ماشین حساب داریم:

$$\frac{\alpha}{2} = 25^\circ 47'$$

$$\alpha = 2 \times \frac{\alpha}{2} = 2 \times (25^\circ 47')$$

$$= 50^\circ 94' = 51^\circ 34'$$

با معلوم بودن $\cos \alpha$ با مراجعه به ماشین حساب، α را

پیدا می‌کنیم:

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

نکته: اگر $\cos \alpha$ منفی باشد نشانگر این است که زاویه‌ی

α منفرجه است؛ یعنی از 90° بزرگتر است و می‌توانیم بنویسیم:

$\alpha = 90^\circ + x$ ، و چون جداول مثلثاتی برای زوایای 0° تا 90° درجه

تنظیم شده، پس ما باید ابتدا مقدار زاویه‌ی x را پیدا کرده و سپس

آن را با 90° جمع کنیم تا زاویه‌ی α به دست بیاید. برای این کار

به این رابطه‌ی مثلثاتی توجه کنید:

$$\cos \alpha = \cos(90^\circ + x) = -\sin x$$

بنابراین، در ستون سینوس‌ها عدد $\cos \alpha$ را جستجو می‌کنیم

(بدون توجه به علامت منفی آن) و پس از به دست آوردن زاویه‌ی

x آن را با 90° جمع می‌کنیم تا α به دست بیاید.

۲-۴-۵- روش دوم: گاهی اوقات امکان جدا کردن

دو طول مساوی روی دو ضلع زاویه وجود ندارد، مانند شکل

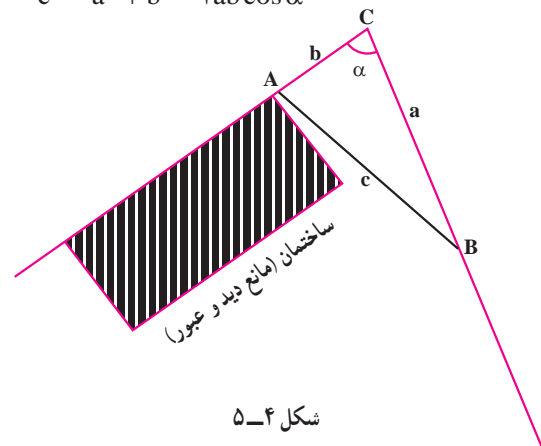
۵-۴. در این حالت، دو طول دلخواه را از دو ضلع زاویه جدا

می‌کنیم تا نقاط A و B به دست بیاید؛ سپس طول AB را با متر

اندازه می‌گیریم و با استفاده از فرمول کسینوس‌ها به این صورت

عمل می‌کنیم:

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



شکل ۵-۴

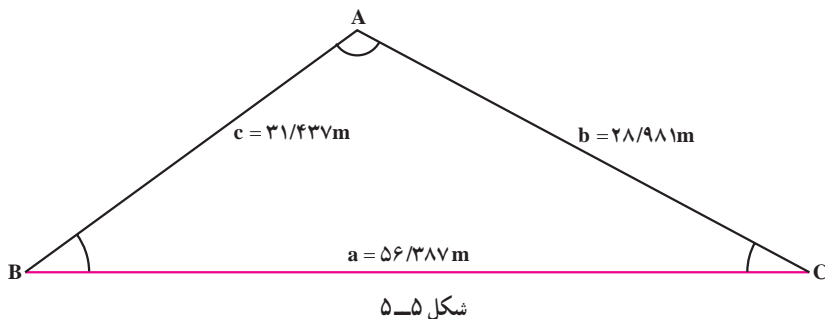
$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$\cos A = \frac{(28/981)^2 + (31/437)^2 - (56/387)^2}{2(28/981)(31/437)}$$

$$= -0.74160$$

مثال: برای به‌دست آوردن زوایای مثلثی، اضلاع آن به ترتیب، $AB = 31/437$ متر، $AC = 28/981$ متر و $BC = 56/387$ متر اندازه‌گیری شده‌اند زوایای این مثلث را محاسبه کنید (شکل ۵-۵).

برای به‌دست آوردن زاویه‌ی A داریم:



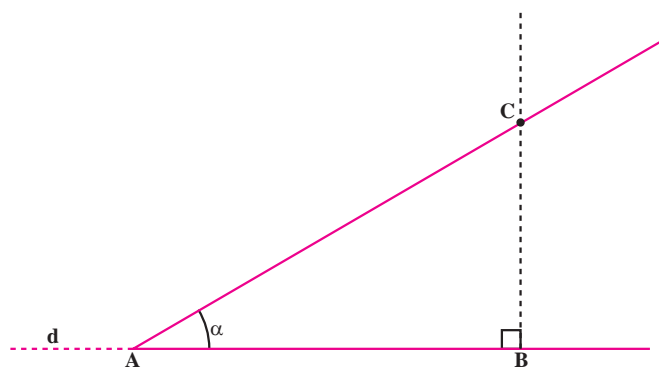
به‌دست آوردن زوایای B و C را نیز به دانش‌آموزان عزیز

می‌سپاریم.

از آن‌جا که عدد حاصل منفی است پس زاویه‌ی A منفرجه

است؛ پس باید با افزودن 90° به آن زاویه A را به‌دست بیاوریم:

$$\hat{A} = 90^\circ + (47^\circ 52') = 137^\circ 52'$$



از آن‌جا برای محاسبه BC داریم:

$$BC = AB \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

بنابراین، با جدا کردن طول BC روی خط عمود می‌توانیم

نقطه‌ی C و در نتیجه زاویه‌ی \hat{A} را پیاده نماییم.

مثال: می‌خواهیم زاویه‌ی $\hat{A} = 38^\circ 41'$ را

روی پاره‌خط $AB = 19/17$ متر پیاده نماییم (شکل ۵-۶). ابتدا

طول، $AB = 19/17$ متر را روی زمین پیاده می‌کنیم؛ سپس از

۵-۵ پیاده کردن زوایا با متر و گونیای مساحی

می‌خواهیم روی پاره‌خط AB از نقطه‌ی A، زاویه‌ی

\hat{CAB} را جدا کنیم (شکل ۵-۶). برای این کار از نقطه‌ی B

به‌وسیله‌ی گونیای مساحی عمودی اخراج می‌کنیم؛ با معلوم بودن

AB و زاویه‌ی α با استفاده از رابطه‌ی مثلثاتی در مثلث ABC

داریم:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BC}{AB}$$

نقطه‌ی B به وسیله‌ی گونیای مساحی عمودی اخراج می‌نماییم. اکنون باید طول BC را محاسبه نموده روی این خط عمود جدا نماییم:

$$BC = AB \cdot \text{tg} = 19/17 \times \text{tg}(38^\circ 41')$$

$$BC = 19/17 \times 0/80067 = 15/3488439$$

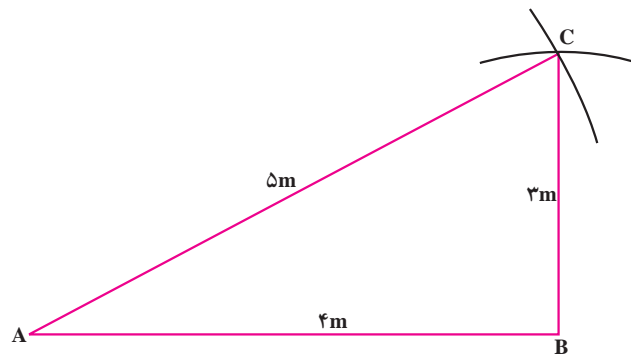
$$\Rightarrow BC \approx 15/349$$

با پیاده کردن BC روی خط عمود، نقطه‌ی C و در نتیجه زاویه‌ی $\hat{C}AB$ مشخص می‌شود.

۵-۶ پیاده کردن زاویه توسط متر

اگر هنگام اخراج عمود از یک نقطه به گونیای مساحی دسترسی نداریم و یا به هر دلیلی می‌خواهیم زاویه را فقط با متر

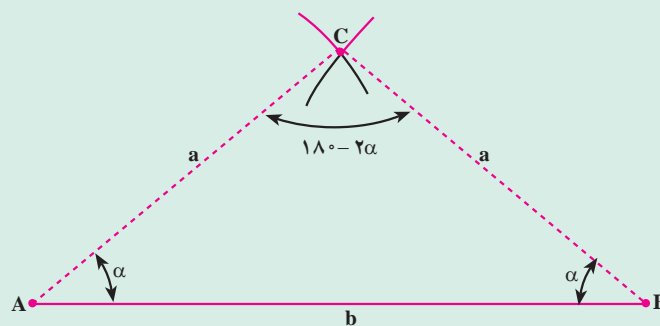
پیاده کنیم، می‌توانیم از روش تقاطع استفاده نماییم. برای زاویه‌ی قائمه از رابطه‌ی فیثاغورث می‌توانیم اضلاع مثلث را محاسبه کنیم یا از اعداد فیثاغورثی استفاده کنیم؛ مثلاً در شکل ۵-۷ ابتدا ضلع AB را به طول ۴ متر جدا کرده سپس یک بار متر را به طول ۳ متر (طول BC) باز کرده یک طرف آن را در نقطه‌ی B ثابت نگاه می‌داریم و به وسیله‌ی متر در حوالی نقطه‌ی C کمانی به طول ۳ متر پدید می‌آوریم و بار دیگر، ابتدای متر را در نقطه‌ی A قرار داده متر را به طول ۵ متر باز کرده کمانی می‌زنیم تا کمان قبلی را در نقطه‌ی C قطع کند. به این ترتیب، چون: $5^2 = 4^2 + 3^2$ برقرار است؛ پس مثلث ABC قائم‌الزاویه می‌باشد و زاویه‌ی B قائمه است. (البته می‌توانیم از مضرب‌های ۳ و ۴ و ۵ نیز مثل ۶ و ۸ و ۱۰ و غیره استفاده کنیم)



شکل ۵-۷

مطالعه آزاد

در صورتی که بخواهیم زاویه‌ی غیر قائمه‌ای را از روش تقاطع پیاده کنیم، می‌توانیم مثلث متساوی‌الساقینی مانند شکل ۵-۸ در نظر بگیریم.



شکل ۵-۸

می‌خواهیم زاویه α را روی امتداد AB پیاده نماییم. برای این کار از دو سر پاره‌خط AB کمان‌های مساوی AC و BC را می‌زنیم تا مثلث متساوی‌الساقین ABC و در نتیجه زاویه α پیاده شود. در این حالت، اندازه‌ی $AB=b$ و زاویه‌ای که می‌خواهیم پیاده نماییم (α) معلوم است و کافی است اندازه‌ی کمان (a) را محاسبه کنیم. از رابطه‌ی سینوس‌ها در مثلث داریم:

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin(180^\circ - 2\alpha)}$$

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin 2\alpha}$$

چون $\sin(180^\circ - 2\alpha) = \sin 2\alpha$ ؛ پس داریم:

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{2 \sin \alpha \cos \alpha}$$

می‌دانیم $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$ ؛ پس:

$$a = \frac{b}{2 \cos \alpha}$$

پس از ساده کردن $\sin \alpha$ از دو طرف تساوی داریم:

با معلوم بودن b و α می‌توانیم a را محاسبه کرده به اندازه‌ی a از دو طرف پاره‌خط AB کمانی می‌زنیم تا هم‌دیگر را در نقطه‌ی C قطع کنند و به این ترتیب، زاویه‌ی α روی زمین پیاده می‌شود.

مثال: می‌خواهیم روی پاره‌خط $AB=10\text{ m}$ زاویه‌ی $48^\circ 55'$ را پیاده کنیم (شکل ۸-۵).

با استفاده از فرمول داریم:

$$a = \frac{b}{2 \cos \alpha} = \frac{10}{2 \cos(48^\circ 55')}$$

$$a = \frac{10}{2 \times 0.65715} = 7.608$$

بنابراین، به اندازه‌ی $a \approx 7.608 \text{ m}$ از دو سر پاره‌خط AB کمان‌هایی می‌زنیم تا هم‌دیگر را در نقطه‌ی C قطع کنند و به این ترتیب، زاویه‌ی α پیاده می‌شود.

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

- ۱- زاویه را تعریف کرده، انواع زوایای مورد استفاده در نقشه برداری را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۲- واحدهای اندازه‌گیری زاویه را توضیح دهید.
- ۳- روش تبدیل واحدهای اندازه‌گیری زوایا به یکدیگر چگونه است؟
- ۴- روش‌های اندازه‌گیری زوایای افقی را توضیح دهید.
- ۵- روش پیاده کردن زاویه با متر و گونیا چگونه است؟
- ۶- روش پیاده کردن زاویه قائمه را با متر توضیح دهید.

کار عملی

- ۱- در محیط مدرسه زوایای چند ضلعی ایجاد شده را با متر به دست آورید.
«هر زاویه را با دو روش به دست آورید.» و میانگین بگیرید.
- ۲- مجموع زوایای داخلی چندضلعی را به دست آورده با مقدار واقعی که از فرمول قائمه $(2x-4)$ به دست می‌آید مقایسه کنید. (n تعداد اضلاع می‌باشد)
- ۳- زوایا را به واحدهای دیگر تبدیل نمایید.
- ۴- زوایای مختلفی را که معلم برای شما روی کاغذ معین می‌کند روی زمین پیاده نمایید.
«از هر دو روش (متر و گونیا) استفاده کنید.»

برداشت، محاسبه و ترسیم نقشه با وسایل ساده نقشه برداری

هدف های رفتاری : از دانش آموز انتظار می رود در پایان این فصل :

- ۱- مراحل تهیه نقشه را بیان کند.
- ۲- وظایف گروه شناسایی را توضیح دهد.
- ۳- شمال جغرافیایی را تعریف کند.
- ۴- شمال مغناطیسی را تعریف کند.
- ۵- انحراف مغناطیسی را تعریف کند.
- ۶- آزیموت یا سمت جغرافیایی را محاسبه کند.
- ۷- هدف از برداشت را بیان کند.
- ۸- انواع برداشت را با توجه به دقت و وسعت کار بیان کند.
- ۹- انواع برداشت را با توجه به نوع نقشه بیان کند.
- ۱۰- سه روش برداشت مسطحاتی با وسایل ساده نقشه برداری را انجام دهد.
- ۱۱- شرایط خط هادی را توضیح دهد.
- ۱۲- روش «برداشت مسطحاتی توسط یک خط هادی» را توضیح دهد.
- ۱۳- روش «برداشت مسطحاتی توسط دو یا چند خط هادی» را توضیح دهد.
- ۱۴- روش «برداشت مثلث بندی» را توضیح دهد.
- ۱۵- روش «محاسبه و ترسیم نقشه با استفاده از یک خط مبنا» را انجام دهد.
- ۱۶- روش «محاسبه و ترسیم نقشه به روش مثلث بندی» را توضیح دهد.

۱-۶- مراحل تهیه نقشه

در این فصل هر کدام از مراحل یاد شده را با توجه به روش های

استفاده از وسایل ساده نقشه برداری توضیح خواهیم داد.
شناسایی منطقه: اولین گروه نقشه برداری که به منطقه اعزام می شود «گروه شناسایی» می باشد. البته قبل از اعزام گروه شناسایی، ابتدا نقشه های موجود را بررسی کرده اطلاعاتی مقدماتی از وضعیت منطقه از قبیل: موقعیت جغرافیایی منطقه، شکل کلی عوارض، راه های ارتباطی، نقاط نقشه برداری (بنچ مارک های

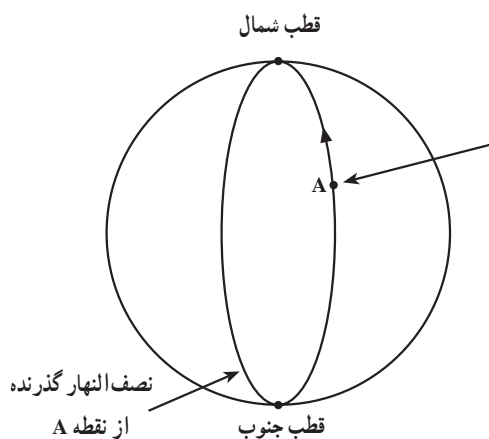
برای تهیه نقشه ممکن است از روش ها و وسایل مختلفی

استفاده شود، اما در هر حال باید برای تهیه نقشه سه مرحله را طی نمود:

۱- شناسایی؛

۲- برداشت؛

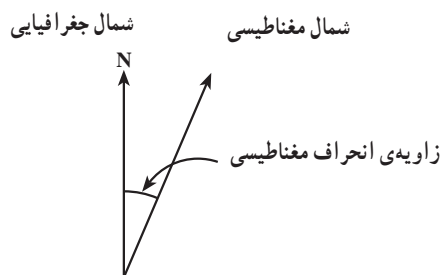
۳- محاسبه و ترسیم.



شکل ۶-۱

انحراف مغناطیسی: امتداد شمال مغناطیسی یک نقطه

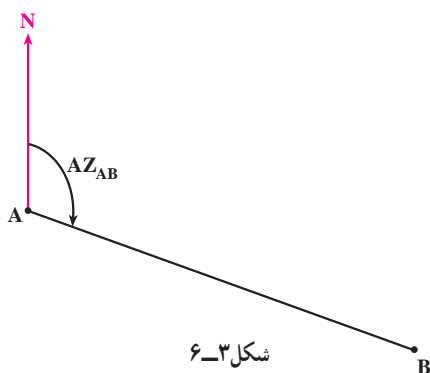
با امتداد شمال جغرافیایی یک نقطه زاویه‌ای می‌سازد که به آن «انحراف مغناطیسی» می‌گویند. مقدار این انحراف در جداول و یا نقشه‌هایی همه‌ساله منتشر می‌شود. با اعمال این انحراف به شمال مغناطیسی می‌توانیم شمال جغرافیایی را به‌دست آوریم.



شکل ۶-۲

تعریف آزیموت یا سمت جغرافیایی یک امتداد:

زاویه‌ی بین امتداد شمال جغرافیایی نقطه‌ی A و امتداد AB را در جهت حرکت عقربه‌های ساعت «آزیموت امتداد AB» می‌نامند و می‌نویسند: AZ_{AB} . در شکل ۶-۳ آزیموت امتداد AB نشان داده شده است.



شکل ۶-۳

نقشه‌برداری که در نزدیکی منطقه موجود می‌باشند) و غیره به‌دست می‌آورند. سپس گروه شناسایی به‌منظور تهیه‌ی اطلاعات دقیق‌تر به منطقه اعزام می‌شوند.

۶-۲ وظایف گروه شناسایی

۶-۲-۱ تهیه‌ی کروکی: تهیه‌ی کروکی از منطقه و

مشخص کردن محدوده‌ی کار و بررسی و ثبت عوارض طبیعی و مصنوعی و مرزها و اشکال تقریبی آن‌ها روی کروکی.

۶-۲-۲ انتخاب نقاطی به‌عنوان رؤس برداشت

و انتقال آن‌ها روی کروکی: این نقاط باید تحت شرایط زیر انتخاب شوند:

الف- هر نقطه در جای محکم و محفوظی انتخاب شود؛

ب- هر نقطه باید نسبت به نقطه‌ی قبل و بعد از خودش دید داشته باشد؛

ج- فاصله‌ی نقاط حتی‌الامکان یکسان باشد؛

د- زوایای شبکه حتی‌الامکان مساوی باشد؛

ه- مجموعه‌ی نقاط انتخاب شده به نقاط مهم و عوارض

داخل و خارج شبکه دید و تسلط کامل داشته باشد.

تذکر: در صورتی که شناسایی برای کار با وسایل ساده

انجام می‌گیرد به جای تعیین نقاط نقشه‌برداری خطوط هادی انتخاب می‌گردند.

۶-۲-۳ تعیین روش کار با توجه به شرایط محیطی

و شکل عوارض منطقه.

۶-۲-۴ تعیین وضعیت یک امتداد از منطقه نسبت

به امتداد شمال.

۶-۳ تعریف شمال جغرافیایی یک نقطه

شمال جغرافیایی هر نقطه، مانند A عبارت است از امتداد

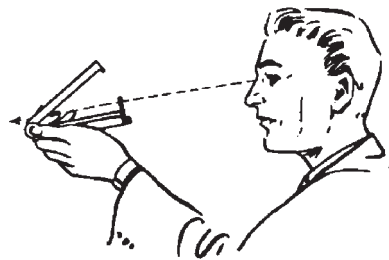
نصف‌النهار گذرنده از نقطه‌ی A در جهت قطب شمال.

تعریف شمال مغناطیسی یک نقطه: در هر نقطه مانند

A جهتی را که عقربه‌ی قطب‌نما نشان می‌دهد، «شمال مغناطیسی

نقطه‌ی A» می‌نامند.

سه پایه‌ی دوربین نقشه برداری و یا روی نیمه‌ی پایینی ژالون قرار می‌دهیم) که دارای مگسک و تار برای قراولروی می‌باشد. در شکل ۴-۶ نحوه‌ی استقرار و قراولروی و اندازه‌گیری آزمون به کمک قطب‌نما نشان داده شده است.



شکل ۴-۶- قطب‌نما هنگام استفاده

بنابراین، برای مشخص شدن وضعیت یک امتداد نسبت به شمال باید آزمون آن را پیدا کنیم. برای اندازه‌گیری آزمون معمولاً از قطب‌نما استفاده می‌شود. قطب‌نماهایی که در نقشه برداری استفاده می‌شود بر روی سه پایه مخصوص سوار می‌گردد (در صورت نبودن سه پایه مخصوص قطب‌نما را روی

ج - برداشت به وسیله‌ی عکس‌های هوایی یا تصاویر ماهواره‌ای برای مناطق وسیع.

البته برداشت با توجه به نوع نقشه‌هایی که می‌خواهیم تهیه کنیم نیز به سه صورت انجام می‌پذیرد.

۱- برداشت مسطحاتی (Planimetry) به منظور تهیه‌ی پلان موقعیت و تعیین مساحت؛

۲- برداشت ارتفاعی (Altimetry) برای تهیه‌ی پروفیل؛
۳- برداشت مسطحاتی ارتفاعی (Topometry) برای تهیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی.

در این فصل برداشت مسطحاتی با وسایل ساده نقشه برداری تشریح خواهد شد. برداشت مسطحاتی با وسایل ساده نقشه برداری معمولاً به سه روش صورت می‌گیرد:

- روش اول - برداشت از طریق یک خط هادی
- روش دوم - برداشت از طریق دو یا چند خط هادی
- روش سوم - برداشت از طریق مثلث بندی

توجه داشته باشید که حباب داخل قطب‌نما در وسط صفحه‌ی قطب‌نما باشد تا قطب‌نما در حالت افقی قرار بگیرد.

توجه: برای کارهای دقیق باید زاویه‌ی انحراف مغناطیسی را به آزمون مورد نظر اعمال کنیم.

۴-۶- برداشت

جمع‌آوری اطلاعات و اندازه‌های دقیق از موقعیت و ابعاد عوارض طبیعی و مصنوعی که جهت ترسیم و تکمیل نقشه مورد نیاز می‌باشد را «برداشت» می‌گویند. به‌طور کلی با توجه به دقت کار و وسعت منطقه‌ای که می‌خواهیم برداشت انجام دهیم از روش‌های مختلفی استفاده می‌نماییم:

الف - برداشت با وسایل ساده نقشه برداری برای کارهای معمولی و مناطق کوچک.

ب - برداشت با دوربین‌های نقشه برداری جهت کارهای دقیق.

۵-۶- برداشت از طریق یک خط هادی (خط مبنا)^۱

در این روش از بلندترین خطی که بتوان موقعیت سایر خطوط و عوارضی را روی آن تصویر نمود به عنوان خط هادی استفاده می‌شود.

خط هادی باید دارای شرایط زیر باشد:

۱- تقریباً به بیشتر نقاط و عوارض دید داشته باشد.
۲- حتی الامکان به کلیه ی عوارض و نقاط نزدیک باشد.

۳- در امتداد بلندترین بعد منطقه انتخاب شود و حتی المقدور در زمین مسطحی انتخاب شود.

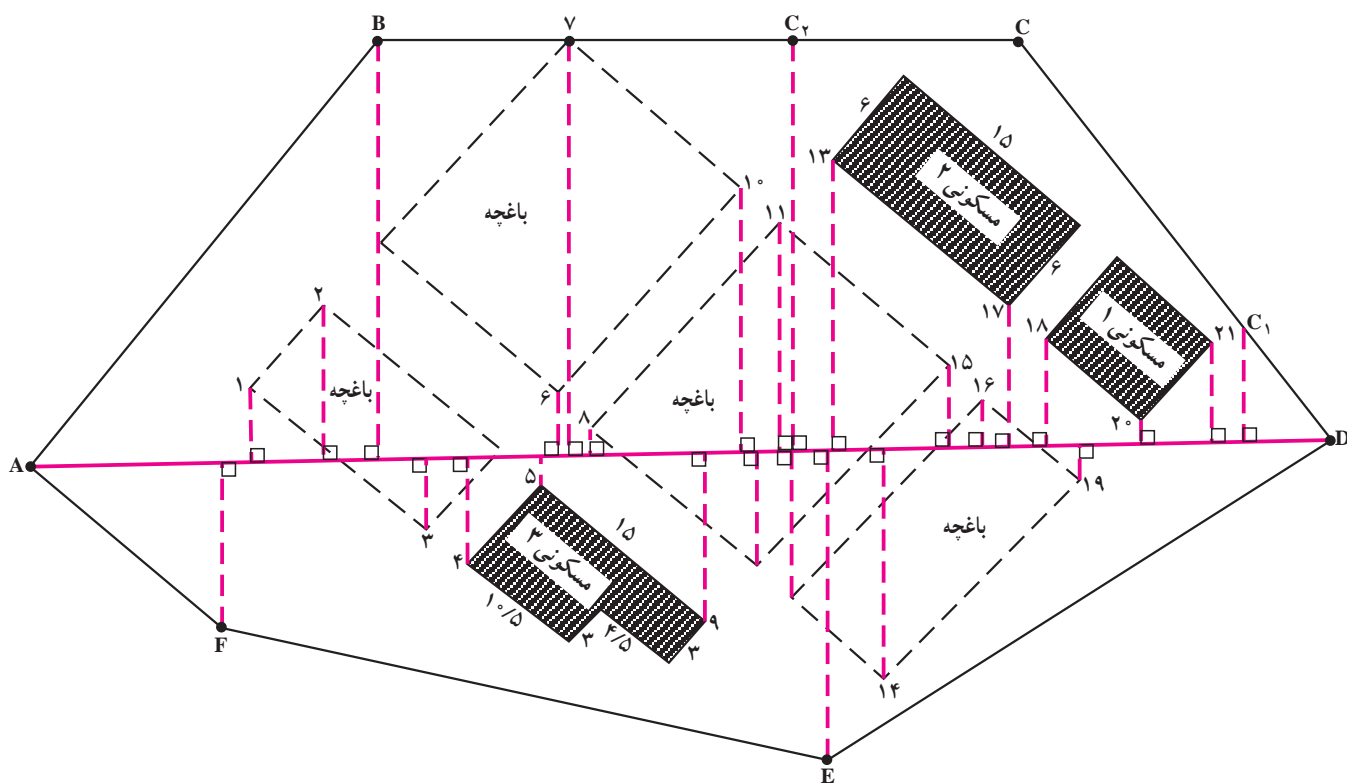
۴- در ابتدا و انتهای آن دو نقطه‌ی مبنا که مستحکم شده‌اند قرار داشته و طول خط با دقت زیاد اندازه‌گیری شده باشد.

در شکل ۵-۶ الف منطقه‌ای که به شکل شش ضلعی ABCDEF است و عوارض داخل آن نشان داده شده است.

این شکل هنگام شناسایی منطقه ترسیم شده و برای این که عرض منطقه نیز زیاد بوده خط هادی را از میان منطقه عبور داده‌ایم تا به همه‌ی عوارض نزدیک باشد؛ آنگاه بین دو نقطه‌ی A و D که دو سر خط مبنا می‌باشند امتدادگذاری کرده طول خط مبنا را به دقت مترکشی نموده‌ایم.

اکنون یک ژالون در A و دیگری را در D مستقر می‌نماییم؛ سپس به وسیله یک گونیای مساحی نقاط پای عمود گوشه‌های عوارض را یک به یک پیدا کرده فاصله‌های افقی و عمودی را مترکشی نموده، در جدولی مشابه شکل ۵-۶ ب ثبت می‌کنیم.

در مورد برداشت به روش خط مبنا به این نکات دقت کنید:
۱- در ستون «فاصله‌ی افقی از نقطه‌ی قبل» فاصله‌ی پای عمود را با پای عمود قبلی روی خط مبنا اندازه‌گیری نموده ثبت می‌نماییم.



شکل ۵-۶ الف - کروکی برای برداشت

شماره یا نام نقطه	شرح نقطه	فاصله‌ی افقی از نقطه‌ی قبل	X فاصله‌ی افقی از ابتدای خط مبنا	Y فاصله‌ی عمودی از خط مبنا	کروکی
A	ابتدای خط مبنا	۰	۰		
F	رأس چند ضلعی	۱۴/۸۷	۱۴/۸۷	۱۵/۱۲	
I	گوشه‌ی باغچه	۳/۳۳	۱۸/۲۰	۶/۱۹	

شکل ۵-۶-ب - جدول تثبیت اندازه‌ها

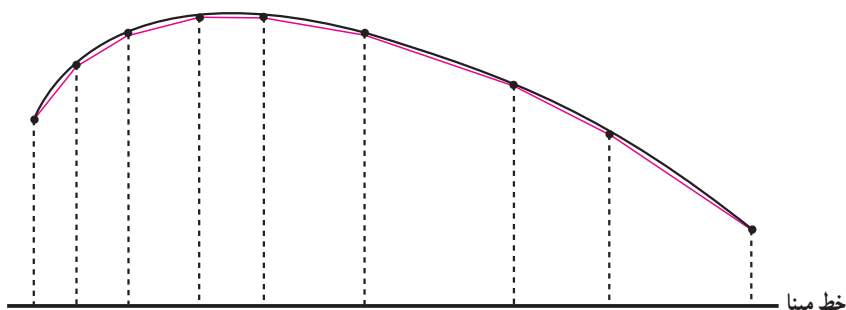
۵- اگر نقطه‌ای مانند C به خط مبنا دید نداشته باشد سعی می‌کنیم آن را به گونه‌ای برداشت نماییم، مثلاً در شکل ۵-۶ نقاط C_1 و C_2 را روی اضلاع CD و CB چنان انتخاب کرده‌ایم، که به خط مبنا دید دارند و از تقاطع DC_1 و BC_2 نقطه‌ی C حاصل می‌شود.

۶- هنگام برداشت محدوده‌ی قطعه زمین یا حدود عوارض اگر با شکل منحنی غیرهندسی مواجه شدیم، با گرفتن چند نقطه روی آن، به جای منحنی مورد نظر، یک خط شکسته را برداشت می‌کنیم و در صورتی که بخواهیم آن منحنی را با دقت بیشتری برداشت نماییم، نقاط برداشت را به هم نزدیکتر می‌گیریم تا خط شکسته‌ی برداشت شده به منحنی مورد نظر نزدیکتر باشد (شکل ۶-۶).

۲- در ستون «فاصله‌ی افقی از ابتدای خط مبنا»، مجموعه فاصله‌های قبلی را محاسبه کرده می‌نویسیم و آخرین عدد این ستون را با طول خط مبنا (AD) مقایسه می‌نماییم. اگر اختلاف این دو قابل قبول بود می‌توانیم اندازه‌های به دست آمده را برای تهیه‌ی نقشه بپذیریم.

۳- در «ستون فاصله‌ی عمودی از خط مبنا»، فاصله‌ی هر نقطه را تا خط مبنا اندازه‌گیری و ثبت می‌نماییم.

۴- برای بالا بردن دقت کار ابعاد عوارض را نیز مترکشی می‌کنیم؛ به ویژه هنگامی که فقط دو نقطه از عارضه به خط مبنا دید دارد (مانند مسکونی ۲) یا این که عارضه شکل هندسی پیچیده‌ای دارد (مانند مسکونی ۳) و پس از مترکشی اندازه‌ها را روی کروکی یادداشت می‌نماییم.



شکل ۶-۶- برداشت دقیق

برداشت به کمک خط هادی، ذکر کردیم، نکات دیگری را نیز باید در مورد ارتباط خطوط هادی با یکدیگر رعایت نماییم. به عنوان مثال واحد مسکونی شماره ۴ در شکل ۶-۷ قابل برداشت از خط هادی AD نمی‌باشد.

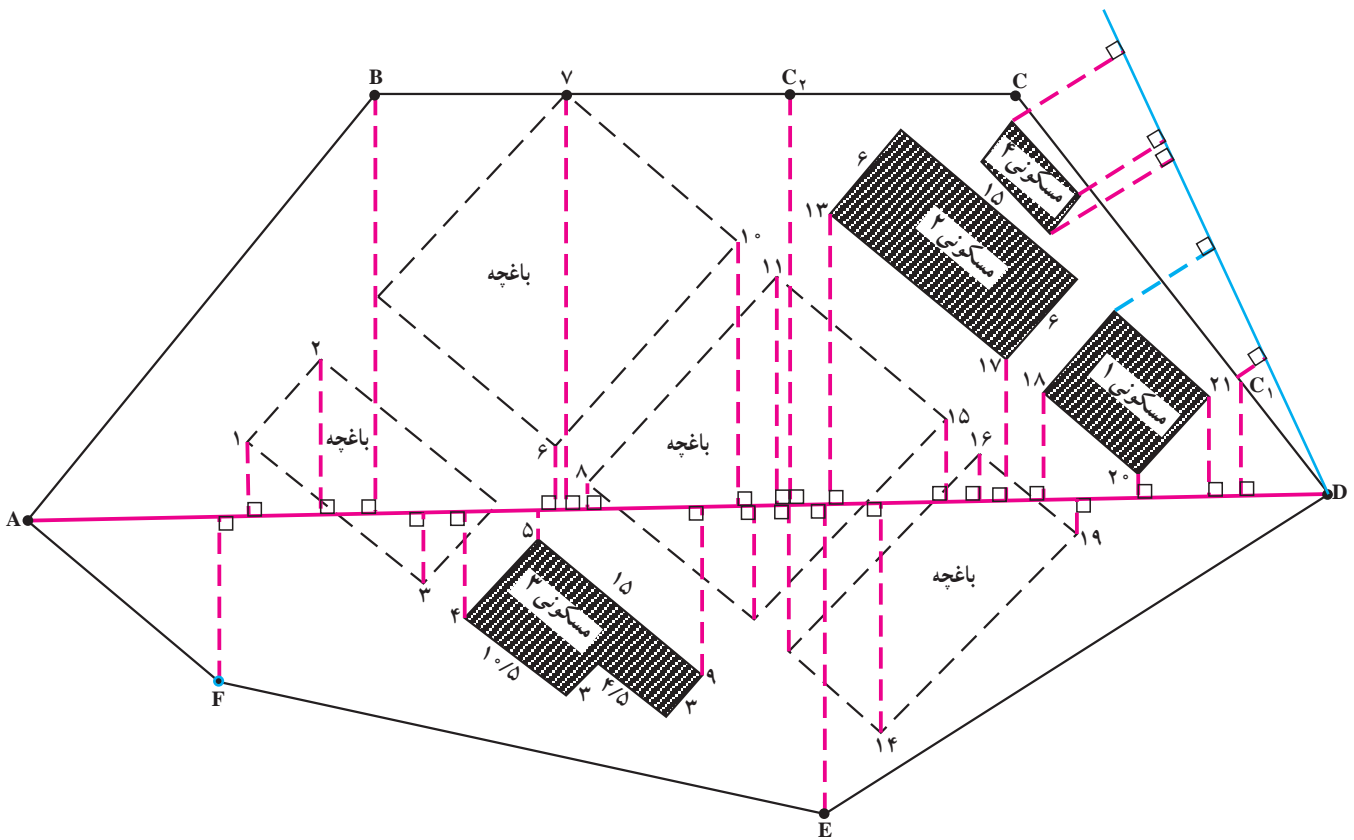
۶-۶- برداشت از طریق دو یا چند خط هادی

اغلب یک خط هادی برای برداشت کامل یک منطقه کافی نمی‌باشد و ناچاریم از دو یا چند خط هادی استفاده نموده، برداشت کامل یک منطقه را به انجام برسانیم. در چنین مواردی، علاوه بر شرایطی که در مورد نحوه‌ی تعیین خط هادی و شیوه‌ی

نکاتی در مورد برداشت به کمک دو یا چند خط هادی:

۱- قبل از شروع برداشت باید وضعیت خطوط هادی نسبت به هم دقیقاً مشخص شود. بدین منظور می‌توان یک خط هادی را خط اصلی فرض نموده خطوط بعدی هادی را نسبت به آن برداشت کنیم.

برای مشخص کردن وضعیت خط مبنای دوم (DX) نسبت به خط مبنای اول (AD) باید زاویه \hat{ADX} توسط متر دقیقاً اندازه‌گیری شود. در شرایطی که به بیش از دو خط هادی با توجه به نوع عوارض منطقه نیاز باشد می‌باید به همین ترتیب وضعیت خطوط هادی جدید نسبت به خطوط هادی قبلی اندازه‌گیری شود.

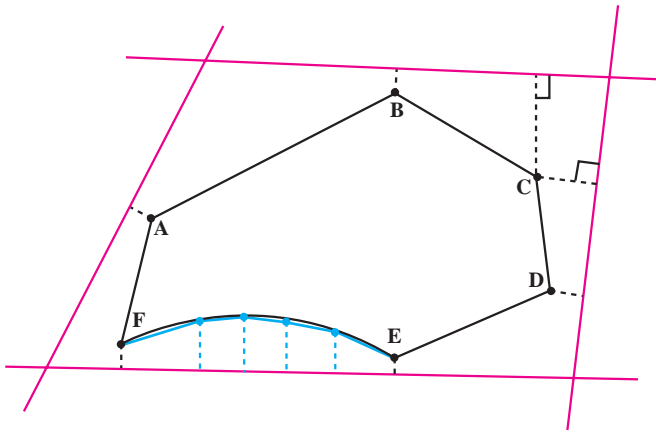


شکل ۶-۷

باشد، از طریق همان خط برداشت می‌نماییم، البته برای کنترل بیشتر و بالا بردن دقت برداشت عوارض، اگر عارضه‌ای به دو خط مبنا نزدیک باشد سعی می‌کنیم بعضی نقاط را نسبت به هر دو خط برداشت نماییم (شکل ۸-۶-ب) نقطه‌ی C از دو خط مبنا برداشت شده است.

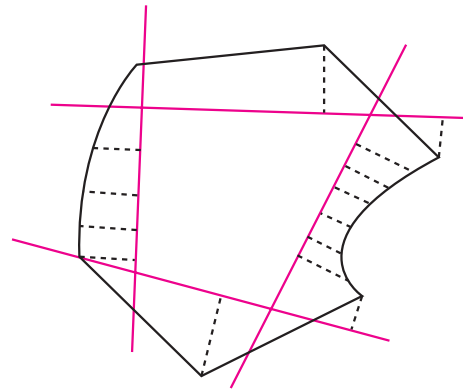
خطوط هادی ممکن است در داخل منطقه قرار بگیرند که در آن صورت به آن‌ها «خطوط هادی محاطی» می‌گویند (شکل ۸-۶-الف) یا ممکن است در خارج منطقه‌ای واقع شوند که می‌خواهیم برداشت کنیم و در این صورت به آن‌ها «خطوط هادی محیطی» می‌گویند (شکل ۸-۶-ب).

هنگام برداشت عوارض، آنچه را که نزدیک هر خط مبنا



توجه: باید زوایای بین خطوط هادی و فواصل بین تقاطع آن‌ها اندازه‌گیری شود.

شکل ۶-۸ ب- خطوط هادی محیطی



شکل ۶-۸ الف- خطوط هادی محاطی

به اندازه‌گیری اضلاع مثلث‌ها دارد؛ پس باید اضلاع مثلث‌ها را با دقت اندازه‌گیری نمود.

۲- برای بالا بردن دقت می‌توان هر دو مثلث را یک چهارضلعی فرض کرده قطر دیگر آن‌را نیز اندازه‌گیری نمود. در شکل ۶-۹ برای مثال می‌توان اقطار BL و CJ و JE و EH را اندازه‌گیری نمود. روش دیگر این‌که می‌توان ارتفاع مثلث‌ها را با گونیای مساحی پیدا نموده مترکشی کرد.

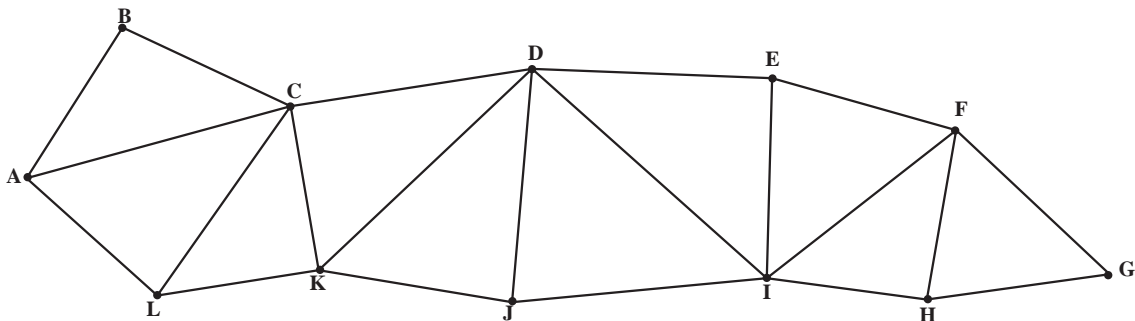
۳- مثلث‌ها طوری انتخاب شوند که حتی الامکان اضلاع آن‌ها متناسب باشند و زاویه‌ها خیلی بسته یا خیلی باز نباشند (بین 30° تا 120° درجه).

۶-۷ برداشت به روش مثلث‌بندی

این روش بیشتر برای برداشت محدوده‌ی قطعه زمین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و از طریق آن می‌توان مساحت قطعه زمین را نیز به راحتی محاسبه نمود. در این روش، قطعه زمین به مثلث‌هایی تقسیم می‌شود؛ سپس مثلث‌ها را اندازه‌گیری می‌نمایند تا شکل منطقه برداشت شود. در ضمن می‌توان عوارضی را که در داخل منطقه وجود دارند نسبت به مثلث‌ها برداشت نمود.

در انجام روش مثلث‌بندی توجه به نکات زیر ضروری می‌باشد:

۱- از آن‌جا که دقت این نوع برداشت بستگی کامل



شکل ۶-۹

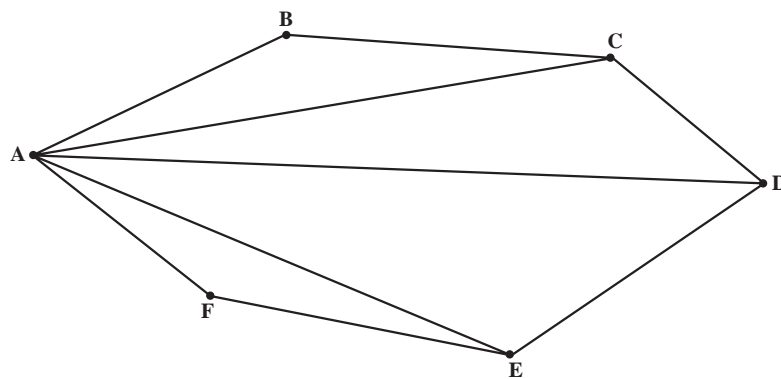
تند یا خیلی باز هستند.

تمرین: روش صحیح مثلث‌بندی را در قطعه زمین شکل

۶-۱۰ ترسیم کنید.

در شکل ۶-۱۰ یک نمونه از روش اشتباه مثلث‌بندی نشان

داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در مثلث ACD دو طول بلند و یک طول کوتاه وجود دارد. در ضمن زوایای خیلی



شکل ۶-۱۰- روش اشتباه مثلث بندی

- ۴- طول اضلاع و کروکی منطقه را در یک جدول، مانند شکل ۶-۱۱ ثبت می‌نماییم.
- ۵- هرگاه یک ضلع منطقه‌ی مورد برداشت خیلی بلند باشد (مانند ضلع CD شکل ۶-۱۱)، برای آن که شرایط لازم برای مثلث‌ها فراهم شود با انتخاب نقطه‌ای روی آن (مانند M تبدیل شکل ۶-۱۱) آن را به دو قسمت کوچکتر تبدیل می‌کنیم.

نام طول	اندازه‌ی طول به متر	کروکی
AB	۱۲/۴۳۱	
BC	۱۳/۱۸۲	
AC	۱۵/۱۱۳	
CM	۱۴/۹۱۲	
AM	۱۷/۱۰۲	

شکل ۶-۱۱

برداشت، با یک مقیاس معین روی کاغذ، «ترسیم نقشه» نام دارد. البته نقشه را ابتدا یک بار با مداد ترسیم کرده، برای کنترل به منطقه برده، صحت اندازه‌ها و اطلاعات آن را بررسی می‌نمایند و پس از حصول اطمینان از درستی مندرجات آن بار دیگر آن را روی کاغذ

۶-۸- محاسبه و ترسیم

اطلاعات جمع‌آوری شده از مرحله‌ی برداشت، اغلب قابل استفاده نیست؛ مگر آن که پس از محاسبات لازم، به صورت گرافیکی (نقشه) تبدیل شده باشد. انتقال اندازه‌های به‌دست آمده از

وسایل ساده نقشه برداری توضیح داده می شود.

۹-۶- روش محاسبه و ترسیم نقشه با استفاده از یک خط مبنا

شکل ۱۲-۶ جدول برداشت از یک منطقه است که به روش یک خط مبنا انجام گرفته است و می خواهیم پس از محاسبات لازم نقشه ی این منطقه را با مقیاس $\frac{1}{1000}$ رسم نماییم. برای محاسبه و انتقال اطلاعات جمع آوری شده بر روی نقشه مراحل زیر را انجام می دهیم:

مخصوص (کالک) و با قلم مخصوص (راید) رسم می نمایند که در این حالت به آن نقشه اصلی (Original) می گویند. امروز می توان اطلاعات و اندازه های حاصل از برداشت را وارد کامپیوتر نمود و نقشه را به صورت عددی (Digital) روی دیسک های کامپیوتری ذخیره کرد و در مواقع نیاز، نقشه را روی صفحه ی کامپیوتر (Monitor) مشاهده نمود یا توسط دستگاه چاپگر (Plotter) آن را با مقیاس دلخواه روی کاغذ چاپ کرد. همان طور که در مورد برداشت گفته شد، محاسبه و ترسیم نقشه نیز به روش های گوناگون انجام می گیرد، اما در فصل حاضر، فقط روش محاسبه و ترسیم اطلاعات حاصل از روش برداشت با

شماره یا نام نقطه	شرح نقطه	فاصله ی افقی از نقطه ی قبل	فاصله ی افقی از ابتدای خط مبنا	فاصله ی عمودی از خط مبنا	کروکی
A	ابتدای خط مبنا	۰	۰	۰	
D	محدوده	۸/۴۵۲		۲۴/۱۹۳	
۱	عارضه	۱۱/۳۹۶		۱۳/۲۰۳	
۲	عارضه	۸/۸۴۱		۸/۵۳۰	
۳	عارضه	۱۲/۸۷۶		۱۶/۲۲۵	
C	محدوده	۷/۹۰۶		۲۰/۸۰۴	
B	انتهای خط مبنا	۹/۰۴۷		%	

$$0.3 \text{ mm} \times 1000 = 300 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$$

مفهوم این محاسبات این است که هنگام برداشت بوسیله ی خط هادی ما مجاز هستیم تا ۳ سانتی متر خطا داشته باشیم؛ بنابراین ۴ میلی متر خطا قابل قبول می باشد.
۳- طول خط مبنا را در مقیاس ضرب می کنیم تا اندازه ی این خط روی نقشه به دست آید.

$$3 \text{ cm} \times \frac{1}{1000} = 0.003 \text{ m} = 3 \text{ mm}$$

۱- ستون «فاصله افقی از ابتدای خط مبنا» را مانند شکل

۱۳-۶ محاسبه می کنیم.

۲- آخرین عددی که از محاسبه به دست می آید باید برابر طول خط مبنا باشد که به دقت اندازه گیری شده و در زیر کروکی نوشته شده است، اما به علت وجود خطاها این دو با هم تفاوت اندکی دارند:

$$58.522 - 58.518 = 0.004 \text{ متر}$$

اگر خطای ترسیم را $\frac{0.3}{1000}$ میلی متر در نظر بگیریم و آن را

در عدد مقیاس (۱۰۰) ضرب کنیم داریم:

نام نقطه	فاصله افقی از نقطه‌ی قبلی	فاصله افقی از ابتدای خط مبنا
A	°	+ °
D	۸/۴۵۲ → +	۸/۴۵۲ ↓
۱	۱۱/۳۹۶ → +	۱۹/۸۴۸ ↓
۲	۸/۸۴۱ → +	۲۸/۶۸۹ ↓
۳	۱۲/۸۷۶ → +	۴۱/۵۶۵ ↓
C	۷/۹۰۶ → +	۴۹/۴۷۱ ↓
B	۹/۰۴۷ → +	۵۸/۵۱۸ ↓

شکل ۱۳-۶

نقطه طول ۲۴۲ میلی‌متر را جدا می‌کنیم تا نقطه‌ی D پیدا شود و برای دومین نقطه‌ی روی خط هادی طول ۱۳۲ میلی‌متر را جدا می‌کنیم تا نقطه‌ی ۱ حاصل شود و غیره.

۸- نقاط مربوط به محدوده‌ی قطعه زمین (A, C, D و B) و نیز نقاط مربوط به عوارض (۱ و ۲ و ۳ گوشه‌های یک عارضه) را به هم متصل می‌کنیم.

۹- برای تکمیل شکل عوارض، گوشه‌ها و ضلع‌های باقیمانده را به کمک گونیا ترسیم می‌نماییم.

۱۰- مقیاس نقشه‌ی (یا پلان) رسم شده را در زیر آن می‌نویسیم؛ مثل:

$$S = \frac{1}{100}$$

۱۰-۶- محاسبه و ترسیم نقشه به کمک دو یا چند خط هادی

نکات و روش‌های محاسبه و تبدیل مقیاس در این روش کاملاً شبیه روش ترسیم نقشه به کمک یک خط هادی می‌باشد، اما باید به بعضی نکات دیگر توجه نمود:

۱-۱۰-۶- ممکن است یک خط هادی را مبنای خطوط دیگر قرار داده باشیم؛ بنابراین، ابتدا خط هادی مورد نظر را ترسیم نموده سپس خطوط هادی دیگر را به کمک آن ترسیم می‌کنیم.

۴- روی نقشه خط $AB = 585/2 \text{ mm}$ را ترسیم می‌کنیم.
۵- برای مشخص نمودن پای عمودها روی خط مبنا فاصله‌ی هر کدام از مبدأ را در مقیاس ضرب می‌کنیم؛ مثلاً برای نقطه‌ی اول (پای عمود D) داریم:

$$8/452 \text{ m} \times \frac{1}{100} = 0/08452 \text{ m} = 84/5 \text{ mm}$$

اما بهتر است که طول‌های روی نقشه را برحسب میلی‌متر به دست آوریم؛ پس باید ابتدا طول‌ها را در 1000 ضرب کنیم و بعد در مقیاس نقشه $\frac{1}{100}$ که می‌شود:

طول مورد نظر برحسب میلی‌متر روی نقشه =
طول مورد نظر برحسب متر روی زمین $\times 1000 \times \frac{1}{100}$
می‌دانیم:

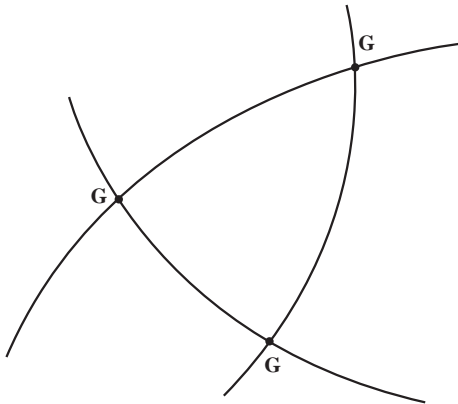
$$1000 \times \frac{1}{100} = 10$$

یعنی باید طول‌هایی را که روی زمین اندازه‌گیری کرده‌ایم در عدد 10 ضرب کنیم و روی نقشه برحسب میلی‌متر منتقل نماییم.
۶- لبه‌ی خط‌کش را مماس بر خط هادی AB چنان قرار می‌دهیم که صفر خط‌کش مقابل نقطه‌ی A قرار بگیرد؛ سپس روی خط هادی طول‌های زیر را جدا می‌کنیم:

$$84/5, 198/5, 286/9, 415/7, 494/7$$

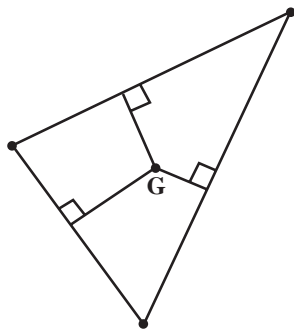
۷- یک لبه‌ی گونیا را روی خط هادی گذاشته و روی لبه‌ی دیگر (لبه‌ی مدرج) فاصله‌های قائم را جدا می‌کنیم؛ مثلاً برای اولین

۷- طول‌هایی را که جهت کنترل اندازه‌گیری کرده بودیم نیز روی کاغذ پیاده می‌کنیم؛ مثلاً برای ترسیم نقطه‌ی G، تقاطع دو کمان به طول‌های AG و MG کافی است، اما اگر طول CG را برای کنترل کار، اندازه‌گیری کرده باشیم، باید کمان CG نیز از محل برخورد دو کمان دیگر بگذرد. در غیر این صورت محل برخورد سه کمان به صورت شکل ۶-۱۵ خواهد بود:



شکل ۶-۱۵

همان‌طور که می‌بینید به جای یک نقطه‌ی G سه نقطه داریم. (البته در این جا این اختلاف را خیلی بزرگ نشان داده‌ایم.) برای یافتن یک محل مناسب برای G، مثلثی را که از سه نقطه تشکیل می‌شود ترسیم نموده عمود منصف سه ضلع آن را ترسیم می‌کنیم، محل برخورد سه عمود منصف بهترین محل برای نقطه‌ی G است. شکل ۶-۱۶ را ملاحظه نمایید.



شکل ۶-۱۶

۲-۱۰-۶ برداشت‌های مربوط به هر خط مبنا را روی همان خط منتقل می‌نماییم.

۱۱-۶- محاسبه و ترسیم نقشه به روش مثلث‌بندی

برای ترسیم به روش مثلث‌بندی فقط وجود یک پرگار و یک خط‌کش کافی است و محاسبه در این روش منحصر به تبدیل طول‌های اندازه‌گیری شده به مقیاس نقشه است که در روش قبلی تبدیل طول‌ها به مقیاس نقشه توضیح داده شد.

در مورد نحوه‌ی استفاده از پرگار و خط‌کش با توجه به شکل

۱۱-۶ به توضیحات زیر توجه نمایید:

۱- طول AB را که به مقیاس نقشه تبدیل کرده‌ایم به وسیله خط‌کش پیاده می‌کنیم.

۲- پرگار را روی خط‌کش گذاشته به اندازه‌ی AC (تبدیل

شده به مقیاس) باز می‌کنیم.

۳- سوزن پرگار را روی نقطه‌ی A قرار داده به اندازه‌ی

AC کمانی رسم می‌کنیم.

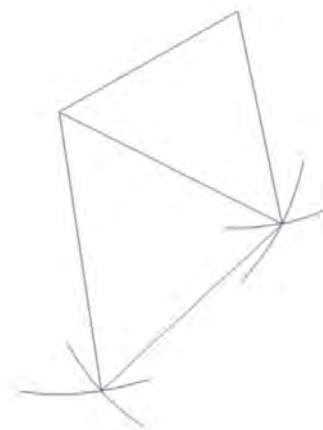
۴- بار دیگر پرگار را روی خط‌کش گذاشته به اندازه‌ی

BC (تبدیل شده به مقیاس) باز می‌کنیم.

۵- سوزن پرگار را روی نقطه‌ی B گذاشته به اندازه‌ی

BC کمانی رسم می‌کنیم تا کمان قبلی را قطع کند و به این ترتیب، نقطه‌ی C از برخورد دو کمان حاصل می‌شود.

۶- برای بقیه‌ی نقاط نیز به همین ترتیب عمل می‌کنیم.



شکل ۶-۱۴

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

- ۱- مراحل تهیه نقشه را بیان کنید.
- ۲- وظایف گروه شناسایی را توضیح دهید.
- ۳- شمال جغرافیایی را تعریف کنید.
- ۴- شمال مغناطیسی را تعریف کنید.
- ۵- انحراف مغناطیس را تعریف کنید.
- ۶- آزیموت یا سمت جغرافیایی را تعریف کرده نحوه اندازه‌گیری آن را توضیح دهید.
- ۷- هدف از برداشت چیست؟
- ۸- انواع برداشت را با توجه به دقت و وسعت کار توضیح دهید.
- ۹- سه روش برداشت مسطحاتی با وسایل ساده نقشه‌برداری را توضیح دهید.
- ۱۰- انواع برداشت را با توجه به نوع نقشه توضیح دهید.
- ۱۱- شرایط خط هادی را توضیح دهید.
- ۱۲- روش برداشت مسطحاتی را از طریق یک خط هادی توضیح دهید.
- ۱۳- روش برداشت مسطحاتی را از طریق دو یا چند خط هادی توضیح دهید.
- ۱۴- روش برداشت مسطحاتی را به وسیله مثلث بندی توضیح دهید.
- ۱۵- روش محاسبه و ترسیم نقشه را با استفاده از خط هادی شرح دهید.
- ۱۶- روش محاسبه و ترسیم نقشه را به روش مثلث بندی توضیح دهید.

تمرین عملی

تمرین ۱، برداشت محدوده‌ی مدرسه و عوارض داخل آن به روش خط هادی
برای انجام این کار با توجه به وسعت مدرسه و محل عوارض موجود در آن تعدادی از نقاط نقشه‌برداری را که در داخل مدرسه در نظر گرفته‌اید برای نقاط خط مبنا انتخاب نمایید؛ سپس کلیه‌ی عوارض را برداشت نموده با مقیاس مناسب، پلان مدرسه‌ی خود را تهیه نمایید.

تمرین ۲، برداشت زمین مدرسه و عوارض داخل آن به روش مثلث بندی
سطح مدرسه را با رسم یک کروکی به چند مثلث تقسیم کنید؛ سپس اضلاع مثلث‌ها را برداشت نموده، با مقیاس مناسب محدوده‌ی مدرسه را ترسیم نمایید.

تمرین ۳، با توجه به جدول ۱۱-۶ و توضیحات فوق چهارضلعی ABCM را با مقیاس ۱:۲۰۰ ترسیم کنید.
در پایان دوپلان تهیه شده را بر هم منطبق نموده میزان انطباق را بررسی نمایید.

مساحت

هدف‌های رفتاری: از دانش‌آموز انتظار می‌رود در پایان این فصل:

- ۱- فرمول مساحت شکل‌های هندسی را بیان کند.
- ۲- روش مثلث‌بندی را برای تعیین مساحت یک قطعه زمین، انجام دهد.
- ۳- روش خط هادی را برای تعیین مساحت یک قطعه زمین، انجام دهد.
- ۴- روش ذوزنقه‌های هم ارتفاع را برای تعیین مساحت یک قطعه زمین، انجام دهد.
- ۵- روش تبدیل مساحت به دست آمده از نقشه را به مساحت واقعی یک قطعه زمین، با توجه به مقیاس نقشه، توضیح داده، انجام دهد.
- ۶- روش تعیین مساحت را با کاغذ میلی‌متری توضیح داده، انجام دهد.
- ۷- روش تقریبی جبران را برای تعیین مساحت یک قطعه زمین، انجام دهد.
- ۸- روش تعیین مساحت را با استفاده از دستگاه پلانیمتر، انجام دهد.

ج- فرمول مساحت مثلث با داشتن سه ضلع (دستور

هرون):

$$S = \sqrt{P(P-a)(P-b)(P-c)} \quad \text{و} \quad P = \frac{a+b+c}{2}$$

۲-۱-۷ فرمول مساحت مربعی به ضلع a : $S = a^2$

۳-۱-۷ فرمول مساحت مستطیلی به طول a و

عرض b :

$$S = a.b$$

۴-۱-۷ فرمول مساحت متوازی‌الاضلاع

$$S = a.h$$

به قاعده a و ارتفاع h :

۵-۱-۷ فرمول مساحت لوزی به قطرهای a و

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

b :

۶-۱-۷ فرمول مساحت ذوزنقه با قاعده‌های a و

$$S = \frac{h(a+b)}{2}$$

b و ارتفاع h :

۱-۷ فرمول مساحت شکل‌های هندسی

۱-۱-۷ فرمول مساحت مثلث: با توجه به شکل

۱-۷ این حالت‌ها را در نظر می‌گیریم:

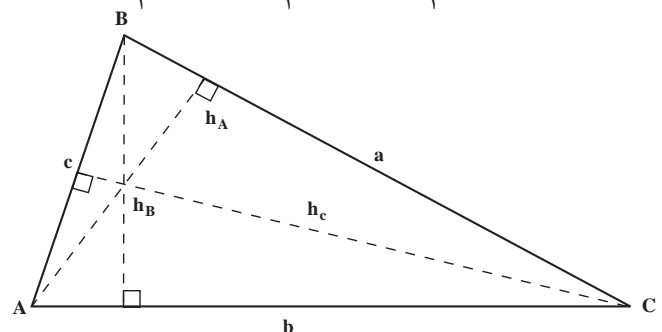
الف- فرمول مساحت مثلث با داشتن قاعده و ارتفاع:

$$S = \frac{1}{2} AC.h_B = \frac{1}{2} AB.h_C = \frac{1}{2} BC.h_A$$

ب- فرمول مساحت مثلث با داشتن دو ضلع و

زاویه بین آن‌ها:

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



شکل ۱-۷

به شکل‌های متفاوتی مطابق شکل ۷-۲ باشد روش‌های متنوعی وجود دارد که در زیر به چند نمونه از این روش‌ها اشاره می‌شود.

۷-۲-۱- روش مثلث‌بندی: معمولاً قطعه زمین‌ها به صورت چند ضلعی نامنظم می‌باشند که در این صورت ممکن است از روش مثلث‌بندی برای برداشت آن استفاده شده باشد. در این حالت حتی اگر نقشه نیز تهیه نشده باشد به وسیله کروکی و برداشت‌های انجام شده می‌توانیم مساحت هر مثلث را محاسبه نموده از جمع مساحت‌های مثلث‌ها، مساحت شکل موردنظر را محاسبه نماییم. شکل ۷-۲ مثالی ساده از یک قطعه زمین پنج‌ضلعی است که به روش مثلث‌بندی برداشت شده است و می‌خواهیم مساحت آن را محاسبه نماییم:

حل: ابتدا مساحت هر مثلث را محاسبه می‌کنیم.

$$S_{ABE} = \sqrt{P(P-AB)(P-AE)(P-BE)}$$

و

$$P = \frac{AB + AE + BE}{2}$$

نام طول	اندازه‌ی طول به متر	کروکی
AB	۴۵/۳۸	
BC	۳۸/۷۲	
CD	۳۹/۴۱	
DE	۴۴/۴۵	
EA	۴۲/۹۲	
BE	۴۶/۳۷	
BD	۳۹/۹۸	

شکل ۷-۲

$$S_{ABE} = ۸۶۹ / ۸۸۷۲ \text{ مترمربع}$$

$$S_{BDE} = \sqrt{P(P-BD)(P-DE)(P-BE)}$$

و

$$P = \frac{BD + DE + BE}{2}$$

۷-۱-۷- فرمول مساحت دایره به شعاع r :

$$S = \pi r^2$$

۷-۱-۸- فرمول مساحت بیضی به قطرهای a و b :

$$S = \pi a.b$$

در صورتی که یک قطعه زمین دارای یکی از اشکال هندسی یاد شده باشد مساحت آن به راحتی با فرمول‌های مربوط محاسبه می‌گردد و اگر یک قطعه زمین دارای شکل هندسی منظمی نباشد می‌توانیم آن را به قطعات کوچکتر هندسی تقسیم نموده، مساحت آن‌ها را پیدا کرده، با هم جمع نماییم تا مساحت قطعه زمین با شکل غیرهندسی تعیین شود. چگونگی این روش و سایر روش‌های تعیین مساحت شکل‌های غیرهندسی را در این فصل توضیح می‌دهیم.

۷-۲- روش‌های تعیین مساحت یک قطعه زمین با شکل هندسی نامنظم

برای به دست آوردن مساحت قطعه زمین‌هایی که می‌تواند

$$P = \frac{۴۵/۳۸ + ۴۲/۹۲ + ۴۶/۳۷}{2} = ۶۷/۳۳۵$$

$$S_{ABE} = \sqrt{\frac{۶۷/۳۳۵(۶۷/۳۳۵ - ۴۵/۳۸)(۶۷/۳۳۵ - ۴۲/۹۲)(۶۷/۳۳۵ - ۴۶/۳۷)}{}}$$

$$= 670 / 8242 \text{ m}^2$$

$$S = S_{ABE} + S_{BDE} + S_{BCD} = 869 / 8872 +$$

$$814 / 1193 + 670 / 8242 = 2354 / 8307 \text{ m}^2$$

۲-۲-۷- محاسبه‌ی مساحت به روش خط هادی:

هرگاه هنگام برداشت یک قطعه زمین از روش خط هادی استفاده کرده باشیم، با استفاده از برداشت‌ها و کروکی که تهیه شده حتی قبل از تهیه‌ی نقشه نیز می‌توانیم مساحت قطعه زمین و مساحت عوارض را محاسبه نماییم.

به‌عنوان یک مثال حل‌شده‌ی ساده از شکل ۷-۳ استفاده

می‌نماییم.

طول‌های اندازه‌گیری‌شده در روی خط هادی مربوط به شکل

۷-۳ را در جدول موجود در شکل ۷-۴ مشاهده می‌نمایید.

$$P = \frac{39/98 + 44/45 + 46/37}{2} = 65/4$$

$$S_{BDE} = \sqrt{\frac{65/4(65/4 - 39/98)}{(65/4 - 44/45)(65/4 - 46/37)}}$$

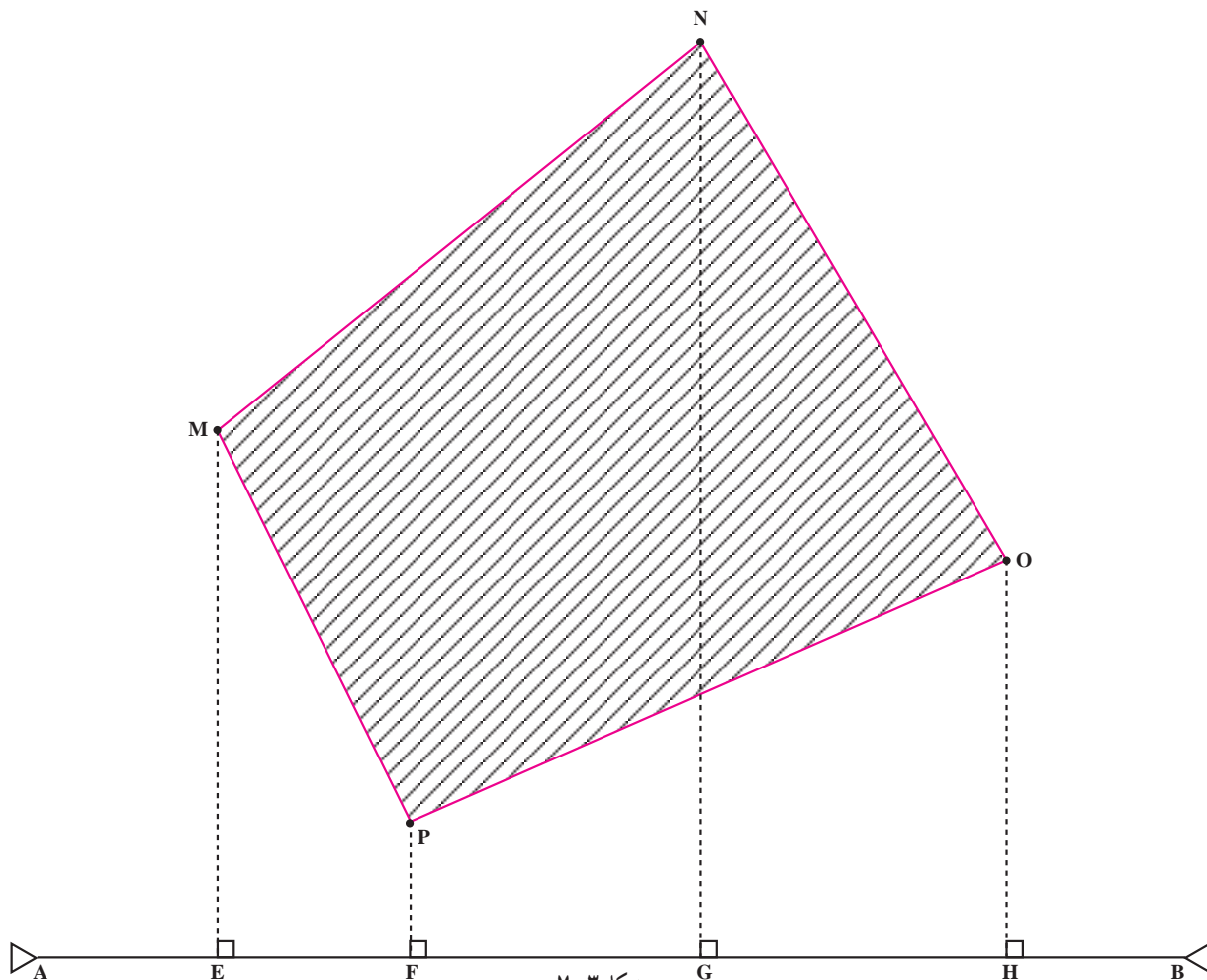
$$= 814 / 1193 \text{ m}^2$$

$$S_{BCD} = \sqrt{P(P - BC)(P - CD)(P - BD)}$$

$$P = \frac{BC + CD + BD}{2}$$

$$P = \frac{38/72 + 39/41 + 39/98}{2} = 59/055$$

$$S_{BCD} = \sqrt{\frac{59/055(59/055 - 38/72)}{(59/055 - 39/41)(59/055 - 39/98)}}$$



شکل ۷-۳

نام نقطه	فاصله‌ی پای عمود از نقطه‌ی قبلی	فاصله‌ی پای عمود از مبدأ A	طول عمود	کروکی
M	۲۱/۸۰	۲۱/۸۰	۷۱/۸۲	
P	۲۱/۹۵	۴۳/۷۵	۱۷/۲۸	
N	۳۴/۱۲	۷۷/۸۷	۱۲۴/۶۵	
O	۴۱/۷۵	۱۳۸/۶۲	۵۴/۷۳	

شکل ۷-۴

مساحت دوزنقه

$$\text{مساحت EMPOH} = \frac{1}{2}(ME + PF).EF +$$

$$\frac{1}{2}(PF + OH).FH$$

با استخراج اندازه‌های مورد نیاز از جدول ۷-۴ و

جای‌گذاری در فرمول، داریم:

$$\text{مساحت EMPOH} = \frac{1}{2}(71/82 + 17/28) \times (21/95) +$$

$$\frac{1}{2}(17/28 + 54/73) \times (34/12 + 41/75)$$

$$\text{مساحت EMPOH} = 977/8725 + 2731/69935$$

$$= 3709/572 \text{ m}^2$$

برای محاسبه مساحت MNOP داریم:

$$\text{مساحت MNOP} = \text{مساحت EMNOH} - \text{مساحت EMPOH}$$

$$= 9252/594 - 3709/572 = 5543/022 \text{ m}^2$$

۳-۲-۷ روش دوزنقه‌های هم‌ارتفاع: هرگاه تمام

یا قسمتی از محدوده‌ی منطقه‌ای که می‌خواهیم مساحت آن را

محاسبه نماییم منحنی‌الخط باشد یک روش تقریبی برای محاسبه

می‌خواهیم مساحت چهارضلعی MNOP را محاسبه

نماییم. با توجه به شکل ۷-۴ کافی است از مساحت EMNOH،

مساحت EMPOH را کم کنیم، به عبارت دیگر داریم:

$$\text{مساحت MNOP} = \text{مساحت EMNOH} - \text{مساحت EMOPH}$$

برای محاسبه‌ی مساحت EMNOH داریم:

$$\text{مساحت دوزنقه GNOH} + \text{مساحت دوزنقه EMNG} = \text{مساحت EMNOH}$$

$$\text{مساحت EMNOH} = \frac{1}{2}(ME + NG).EG +$$

$$\frac{1}{2}(NG + OH).GH$$

با استخراج اندازه‌های فوق از جدول ۷-۴ و جای‌گذاری

در فرمول، داریم:

$$\text{مساحت EMNOH} = \frac{1}{2}(71/82 + 124/65) \times$$

$$(21/95 + 34/12) + \frac{1}{2}(124/65 + 54/73) \times (41/75)$$

$$\text{مساحت EMNOH} = 5508/03645 + 3744/5575$$

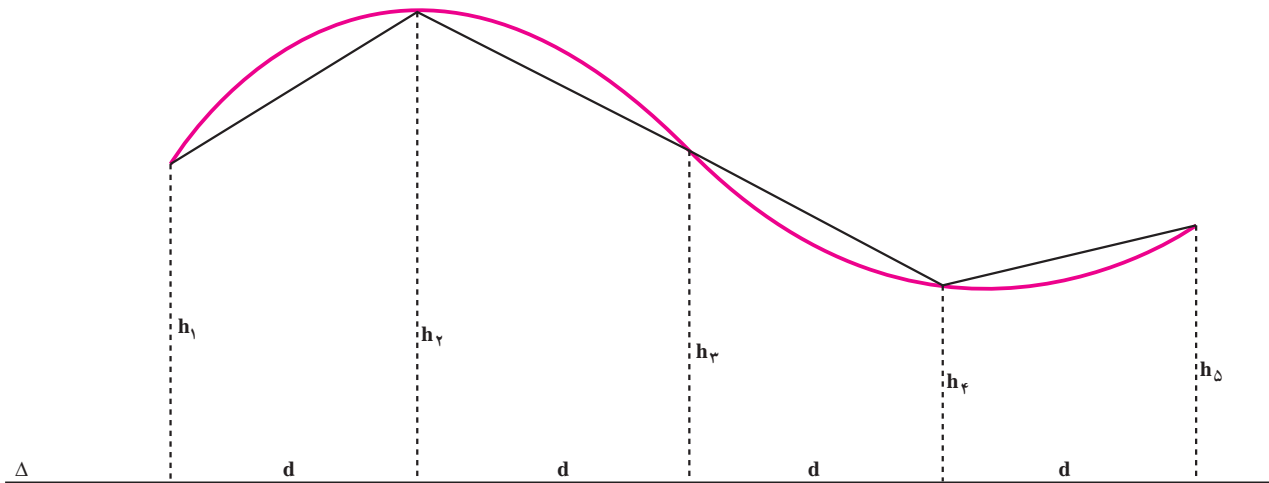
$$= 9252/594 \text{ m}^2$$

برای محاسبه‌ی مساحت EMPOH داریم:

$$\text{مساحت FPOH} + \text{مساحت دوزنقه EMPF} = \text{مساحت EMPOH}$$

می‌کنید ۵ قاعده: h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 و ۴ دوزنقه با ارتفاع یکسان d ، داریم.

مثال: در شکل ۷-۵ اگر اندازه‌ی d و قاعده‌های h_1 تا h_5 را به شرح زیر داده باشند، مطلوب است مساحت سطح زیر منحنی:



شکل ۷-۵

مساحت، تقسیم آن منطقه به دوزنقه‌های هم‌ارتفاع و سپس جمع کردن مساحت آن دوزنقه‌ها می‌باشد. در شکل ۷-۵ می‌خواهیم مساحت سطح بین خط منحنی و خط هادی را محاسبه کنیم. ابتدا این مساحت را به چهار دوزنقه تبدیل کرده‌ایم که ارتفاع این دوزنقه‌ها با هم مساوی است. همانطور که در شکل ۷-۵ ملاحظه

نماییم، بهتر است که آن را در یک حالت کلی تعریف نماییم. برای رسیدن به این حالت کلی، مساحت دوزنقه‌های شکل ۷-۵ را یک بار دیگر بدون عددگذاری بدست آورده، با هم جمع می‌کنیم:

$$\text{مساحت دوزنقه اول} = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)d$$

$$\text{مساحت دوزنقه دوم} = \frac{1}{2}(h_2 + h_3)d$$

$$\text{مساحت دوزنقه سوم} = \frac{1}{2}(h_3 + h_4)d$$

$$\text{مساحت دوزنقه چهارم} = \frac{1}{2}(h_4 + h_5)d$$

مساحت سطح زیر منحنی تقریباً برابر است با مجموع مساحت این دوزنقه‌ها:

$$\begin{aligned} \text{مساحت سطح زیر منحنی} &= \frac{1}{2}(h_1 + 2h_2 + 2h_3 + 2h_4 + h_5) \times d \\ &= \left(\frac{1}{2}h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + \frac{1}{2}h_5\right) \times d \end{aligned}$$

$$d = 10\text{m}, h_1 = 42\text{m}, h_2 = 62\text{m}, h_3 = 44\text{m},$$

$$h_4 = 27\text{m}, h_5 = 35\text{m}$$

حل:

$$\text{مساحت دوزنقه اول} = \frac{1}{2}(42 + 62)m \times 10\text{m} = 520\text{m}^2$$

$$\text{مساحت دوزنقه دوم} = \frac{1}{2}(62 + 44)m \times 10\text{m} = 530\text{m}^2$$

$$\text{مساحت دوزنقه سوم} = \frac{1}{2}(44 + 27)m \times 10\text{m} = 355\text{m}^2$$

$$\text{مساحت دوزنقه چهارم} = \frac{1}{2}(27 + 35)m \times 10\text{m} = 310\text{m}^2$$

مساحت سطح زیر منحنی تقریباً برابر است با مجموع مساحت این دوزنقه‌ها

$$\begin{aligned} \text{مساحت سطح زیر منحنی} &= (520 + 530 + 355 + 310)\text{m}^2 \\ &= 1715\text{m}^2 \end{aligned}$$

برای آن که بتوانیم از این روش در همه‌ی حالت‌ها استفاده

d باشد، داریم:

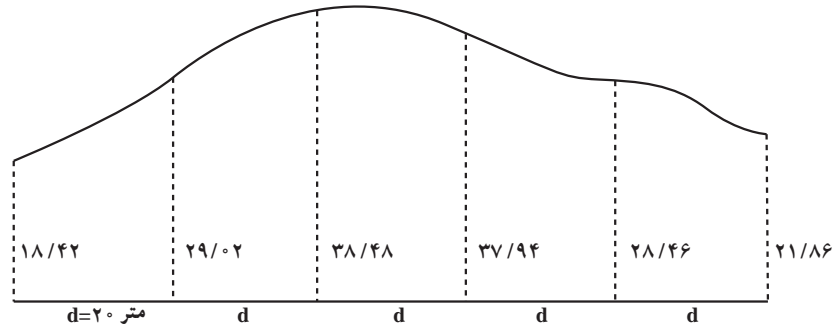
$$= d \left(\frac{h_1 + h_n}{2} + h_2 + h_3 + h_4 \right)$$

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

به مثال دیگری در این زمینه توجه کنید.

در شکل ۶-۷ می‌خواهیم مساحت بین خط هادی و

محدوده‌ی منحنی را محاسبه نماییم:



شکل ۶-۷

کنیم که برای تعیین مساحت یک قطعه زمین نیاز به نقشه‌ی آن قطعه زمین داریم؛ بنابراین، از روش‌هایی صحبت خواهیم کرد که مساحت قطعه زمین را از روی نقشه‌ی آن تعیین می‌نمایند و لازم است برای به‌دست آوردن مساحت واقعی آن قطعه زمین با توجه به مقیاس نقشه، محاسباتی را انجام دهیم.

قبلاً یادآوری این نکته از هندسه ضروری به نظر می‌رسد که:

«اگر در دو شکل متشابه نسبت طول‌ها K باشد، نسبت

مساحت‌ها K^2 می‌باشد».

$$\frac{AB}{AB'} = \frac{AC}{AC'} = \frac{BC}{B'C'} = K \Rightarrow \frac{S_{ABC}}{S_{A'B'C'}} = K^2$$

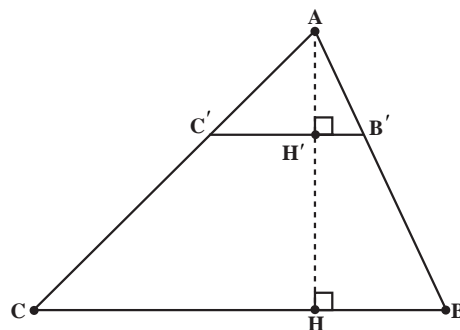
حل: طبق فرمول داریم:

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

$$S = 20 \left(\frac{18/42 + 21/86}{2} + 29/02 + 38/48 + \right.$$

$$\left. + 37/94 + 28/46 \right) = 3080/80 \text{ m}^2$$

سه روش قبلی دارای این خصوصیت بودند که تنها با داشتن کروکی و برداشت‌های انجام شده قادر به تعیین مساحت قطعه زمین‌ها بودیم. در این قسمت می‌خواهیم روش‌هایی را مطرح



شکل ۷-۷

باشد می‌توانیم آن را روی کاغذ میلی‌متری منتقل نماییم. شکل ۸-۷ پلان یک قطعه زمین را با مقیاس $\frac{1}{5000}$ نشان می‌دهد که روی کاغذ میلی‌متری ترسیم شده است. با شمردن تعداد مربع‌های کامل و پهلوی هم گذاشتن مربع‌های ناقص مساحت منطقه را در روی نقشه برحسب cm^2 یا mm^2 به دست آورده با کمک مقیاس نقشه، مساحت واقعی قطعه زمین را محاسبه می‌نماییم.

تعداد مربع‌های کامل ۴۷ عدد می‌باشد؛ یعنی: $47 cm^2$
تعداد مربع‌های کوچک (یک چهارم مربع کامل) ۲۸ عدد می‌باشد:
 $28 \div 4 = 7 cm^2$

بقیه‌ی قسمت‌های قطعه زمین را روی هم می‌گذاریم تا معلوم شود برابر چند مربع کوچک هستند که به تقریب تعداد آن‌ها ۲۹ مربع کوچک است؛ پس:
 $29 \div 4 = 7.25 cm^2$

مثال: اگر مساحت یک قطعه زمین روی نقشه‌ای با مقیاس $\frac{1}{5000}$ ، $8 cm^2$ باشد مساحت واقعی این قطعه زمین چند هکتار است؟

حل:

$$8 cm^2 \times 5000^2 = 200,000,000 cm^2$$

هر مترمربع ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر مربع است پس:

$$200,000,000 cm^2 \div 100,000 = 20000 m^2$$

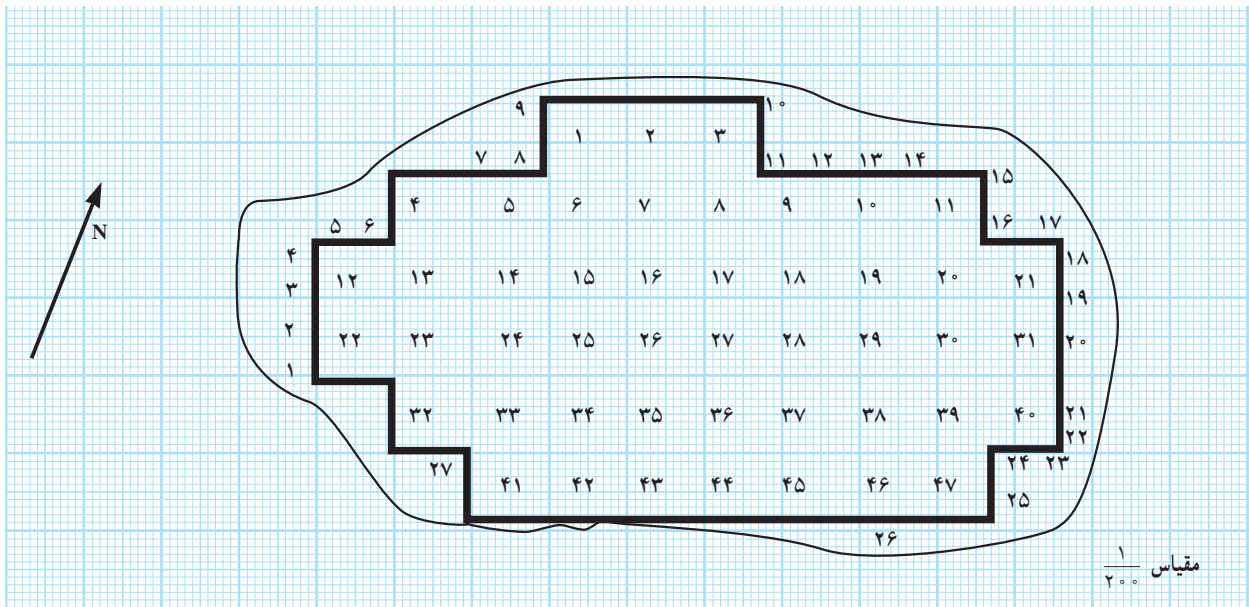
هر هکتار ۱۰۰۰۰ مترمربع است پس:

$$20000 m^2 \div 10000 = 2 \text{ هکتار}$$

یعنی مساحت واقعی این قطعه زمین ۲ هکتار می‌باشد.

۴-۲-۷ روش تعیین مساحت با کاغذ میلی‌متری: در این

روش لازم است که نقشه‌ی محدوده‌ی یک قطعه زمین روی کاغذ میلی‌متری موجود باشد و اگر نقشه روی کاغذ دیگری ترسیم شده



شکل ۸-۷

۵-۲-۷ -- روش تعیین مساحت با استفاده از پلانیمتر (planimeter): برای اندازه‌گیری مساحت یک قطعه زمین که نقشه‌ی آن در دست باشد می‌توانیم از دستگاه پلانیمتر (مساحت‌سنج) استفاده کنیم. این دستگاه دارای انواع گوناگونی است که در شکل ۹-۷ چند نمونه از آن‌ها را ملاحظه می‌نمایید.

بنابراین، جمعاً مساحت منطقه برابر است با:

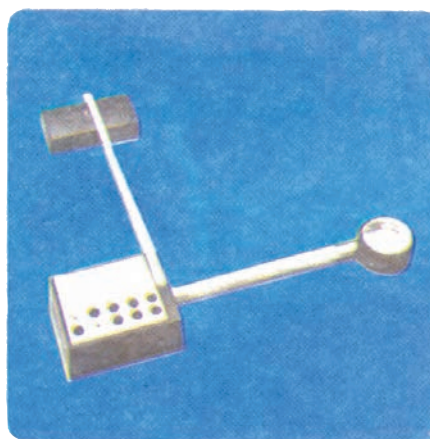
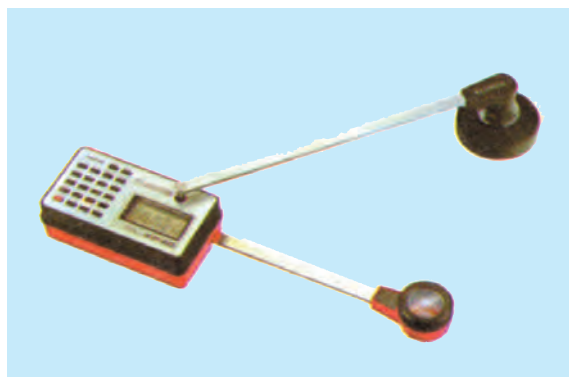
$$S = 47 + 7 + 7.25 = 61.25 cm^2$$

اگر در مربع عدد مقیاس نقشه ضرب کنیم داریم:

$$61.25 cm^2 \times 200^2 = 2450000 cm^2$$

پس مساحت منطقه برحسب مترمربع برابر است با:

$$2450000 cm^2 \div 100000 = 245 m^2$$



شکل ۹-۷- دو نوع از انواع پلانیمتر

امروزه پلانیمترهای دیجیتال پیشرفت و توسعه فراوانی نموده و جایگزین پلانیمترهای مکانیکی شده است. این پلانیمترها، علاوه بر مساحت مختصات نقاط، طول پاره خطها را نیز محاسبه می کنند. در شکل ۱۰-۷ یک نمونه از آنها را مشاهده می نمایید.



شکل ۱۰-۷

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

- ۱- فرمول مساحت شکل‌های هندسی را بیان کنید.
- ۲- روش مثلث‌بندی برای تعیین مساحت یک قطعه زمین چگونه است؟
- ۳- روش خط‌هادی برای تعیین مساحت یک قطعه زمین را توضیح دهید.
- ۴- روش دوزنقه‌های هم‌ارتفاع را برای تعیین مساحت یک قطعه زمین توضیح دهید.
- ۵- روش تبدیل مساحت به دست آمده از نقشه را به مساحت واقعی یک قطعه زمین با توجه به مقیاس نقشه توضیح دهید.
- ۶- روش تعیین مساحت را با کاغذ میلی‌متری توضیح دهید.
- ۷- روش تعیین مساحت با استفاده از دستگاه پلانیمتر چگونه است؟

تمرین و عملیات

- ۱- با توجه به نقشه‌ی مدرسه که در جلسه‌ی قبل به روش خط‌هادی برداشت و ترسیم کرده‌اید، مساحت مدرسه را به روش خط‌هادی محاسبه نمایید.
- ۲- با توجه به نقشه‌ی مدرسه که به روش مثلث‌بندی تهیه نموده‌اید مساحت مدرسه را محاسبه کنید.
- ۳- نقشه‌ی مدرسه را روی کاغذ میلی‌متری منتقل نموده، مساحت مدرسه را از طریق شمردن مربع‌ها محاسبه نمایید.
- ۴- مساحت مدرسه را با دستگاه پلانیمتر به دست آورید.
- ۵- با رسم چند خط و ساختن یک شکل هندسی معین مثل مستطیل یا متوازی‌الاضلاع یا نظایر آن، مساحت مدرسه را از طریق روش جبران به دست آورید.
- ۶- مساحت‌های به دست آمده را با هم مقایسه نمایید.

ترازیابی

هدف‌های رفتاری : از دانش‌آموز انتظار می‌رود در پایان این فصل :

- ۱- ترازیابی را تعریف کند.
- ۲- هدف از ترازیابی را بیان کند.
- ۳- اصطلاحات : امتداد قائم، سطح تراز، سطح تراز مبنا، صفحه‌ی افق، خط افق، صفحه‌ی قائم و ارتفاع نقطه را تعریف کند.
- ۴- بنچمارک را تعریف نموده انواع آن را توضیح دهد.
- ۵- انواع ترازیابی را بیان کند.
- ۶- ترازیابی با ژالون و تراز دستی را تشریح کند.
- ۷- قسمت‌های مختلف دستگاه ترازیاب را روی تصویر آن توضیح دهد.
- ۸- طبقه‌بندی دوربین‌های ترازیاب و خصوصیات آن‌ها را توضیح دهد.
- ۹- سه‌پایه دوربین و قسمت‌های مختلف آن را توضیح دهد.
- ۱۰- میر و انواع آن و تکیه‌گاه میر را توضیح دهد.
- ۱۱- تعاریف و اصطلاحات «حساسیت تراز، محور لوله‌ی تراز، محور قائم یا محور اصلی دستگاه» را بیان کند.
- ۱۲- انواع تراز در دستگاه‌های نقشه‌برداری را توضیح دهد.
- ۱۳- نحوه‌ی تنظیم ترازهای دستگاه را شرح دهد.
- ۱۴- ترازیاب را بر روی یک نقطه به روش‌های مختلف مستقر کند.
- ۱۵- قرائت روی میر را انجام دهد.
- ۱۶- اصول ترازیابی مستقیم را شرح دهد.
- ۱۷- ترازیابی تدریجی را شرح دهد.
- ۱۸- انواع ارتفاع را تعریف کرده روش محاسبه ارتفاع را در ترازیابی تدریجی بیان کند.
- ۱۹- ارتفاع نقاط در جدول را به روش فراز و نشیب محاسبه کند.
- ۲۰- ارتفاع نقاط را به روش «ارتفاع دستگاه» محاسبه کند.
- ۲۱- دو روش فراز و نشیب و ارتفاع دستگاه را به‌طور اجمالی مقایسه کند.
- ۲۲- کاربرد ترازیابی را در ساختمان بیان کند.

۸-۱- تعریف ترازیابی

۴- یافتن شکل مقاطع قائم^۱ (پروفیل‌ها) برای محاسبه حجم عملیات خاکی.

ترازیابی عبارتست از تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت

به هم.

۸-۳- اصطلاحات مهم در ترازیابی

به ترازیابی لولینگ (Levelling) یا نیولمان (Nivellement)

نیز می‌گویند.

۸-۳-۱- امتداد قائم یک نقطه: امتداد شاقولی

(ثقل) گذرنده از یک نقطه را «امتداد قائم آن نقطه» می‌گویند.

۸-۳-۲- سطح تراز: سطحی را که بر امتدادهای

شاقولی عمود باشد «سطح تراز^۲» می‌گویند.

۸-۳-۳- سطح تراز مبنا: سطح آب دریاهاى آزاد

و اقیانوس‌ها یک سطح تراز است که دانشمندان آن را به نام سطح صفر یا سطح مبنای ارتفاعات انتخاب نموده‌اند. از ادامه دادن این سطح در زیرخسکی‌ها سطحی به وجود می‌آید که به این سطح «ژئوید^۳» می‌گویند. ژئوید سطح مبنای ارتفاعات است (شکل ۸-۱).

۸-۲- هدف از ترازیابی

عمل ترازیابی در پروژه‌های عمرانی، تسطیح، آبرسانی و

کشاورزی و سایر رشته‌ها کاربرد فراوانی دارد و به منظورهای متفاوتی انجام می‌شود. از آن جمله:

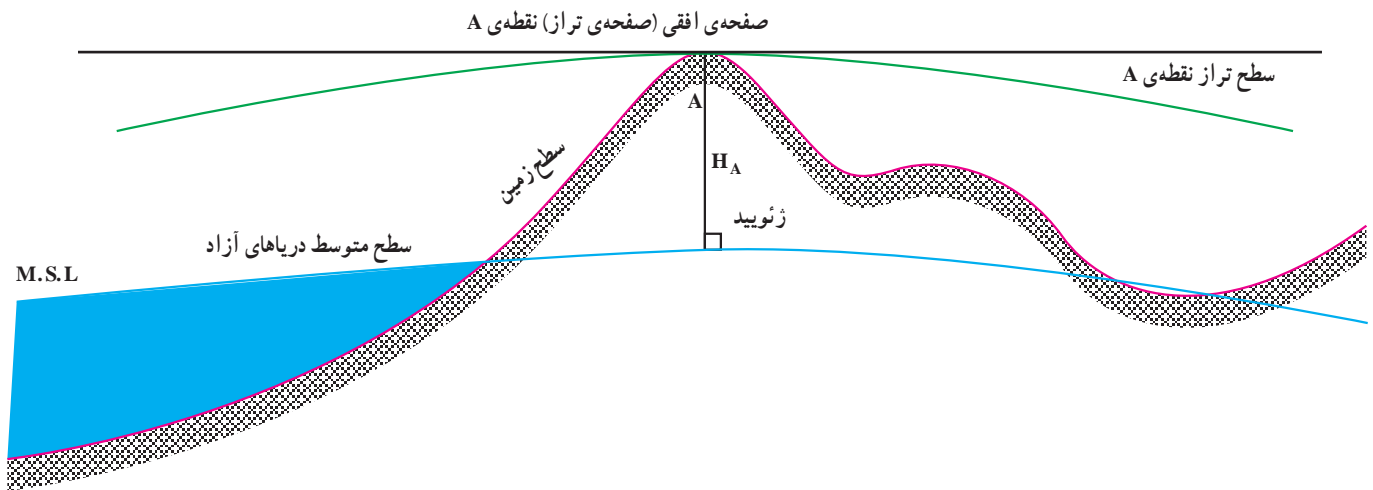
۱- یافتن شکل طبیعی یک قطعه زمین از نظر پستی و

بلندی؛

۲- یافتن شیب یک امتداد یا یک سطح و یا پیاده کردن یک

شیب معین در طول یک مسیر یا روی یک سطح؛

۳- ایجاد سطوح افقی یا کنترل افقی بودن سطوح؛



شکل ۸-۱

۸-۳-۴- صفحه‌ی افقی یک نقطه: صفحه‌ای را که افقی دارد.

۸-۳-۵- خط افقی: کلیه‌ی خطوط واقع بر صفحه‌ی افقی

را خط افقی می‌نامند. از هر نقطه بی‌نهایت خط افقی می‌گذرد.

از یک نقطه بگذرد و بر سطح تراز آن نقطه مماس باشد «صفحه‌ی

افقی آن نقطه» می‌گویند (شکل ۸-۱). هر نقطه فقط یک صفحه‌ی

۱- برشهای قائم از زمین را پروفیل می‌گویند.

۲- از آن‌جا که امتدادهای شاقولی با هم موازی نیستند، از این رو سطح تراز نیز یک سطح صاف و هموار نیست.

انجام می‌گیرد.

- ۱- تراز یابی بارومتریک (ترازیابی به کمک فشارسنج)؛
- ۲- تراز یابی غیرمستقیم (مثلثاتی)؛
- ۳- تراز یابی مستقیم (هندسی).

۸-۵- تراز یابی بارومتریک (ترازیابی فشارسنجی)

با توجه به این که تغییرات فشار هوا رابطه‌ی عکس با تغییرات ارتفاع دارد، با اندازه‌گیری تغییر فشار هوا می‌توان اختلاف ارتفاع را محاسبه نمود. این نوع تراز یابی را تراز یابی بارومتریک (Barometric) می‌گویند.

از این روش زمانی استفاده می‌شود که سرعت عمل زیاد و دقت کم مورد نظر باشد. در این روش معمولاً از دستگاه‌های ارتفاع‌سنج که بر اساس تأثیر فشار هوا کار می‌کنند استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها را در دو نوع بزرگ و جیبی می‌سازند که دقت انواع دستگاه‌های جیبی حدود $\pm 1^\circ$ متر و دقت دستگاه‌های بزرگ حدود ± 2 متر است. در شکل ۸-۲ دو نوع بارومتر جیبی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۸-۲- دستگاه بارومتر

۸-۳-۶- صفحه‌ی قائم : صفحه‌ی گذرنده بر امتداد شاقولی را صفحه‌ی قائم می‌گویند. هر امتداد شاقولی بی‌نهایت صفحه‌ی قائم دارد.

۸-۳-۷- ارتفاع نقطه : فاصله‌ی قائم یک نقطه از سطح مبنا را ارتفاع آن نقطه می‌گویند (شکل ۸-۱). به این ارتفاع، «ارتفاع مطلق» نقطه نیز گفته می‌شود.

۸-۳-۸- بنچمارک^۱ : برای به‌دست آوردن ارتفاع مطلق نقاط باید اختلاف ارتفاع آن‌ها را با سطح تراز دریاها یا آزاد (سطح مبنا) به‌دست آوریم از آن‌جا که انتقال ارتفاع از سطح دریاها یا آزاد تا محل کار نقشه‌برداری کاری بسیار مشکل، پرهزینه و وقت‌گیر است، از این رو سازمان‌های مسؤل نقشه‌برداری در هر کشور تعدادی نقطه را به‌صورت نقاط مبنا در سراسر کشور انتخاب و ارتفاع آن‌ها را از سطح مبنا، به‌دست می‌آورند تا مورد استفاده‌ی نقشه‌برداران قرار بگیرد به این نقاط «بنچمارک» (Bench mark) که به‌اختصار با B.M نمایش می‌دهند) می‌گویند.

۸-۴- انواع تراز یابی

با توجه به دقت خواسته شده معمولاً تراز یابی به سه صورت

روش ترازیابی با متروشیب سنج: برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی A و B فاصله‌ی مایل بین آن‌ها و زاویه‌ی شیب امتداد AB را اندازه‌گیری می‌کنیم (شکل ۸-۳). در مثلث قائم‌الزاویه‌ی ABC داریم:

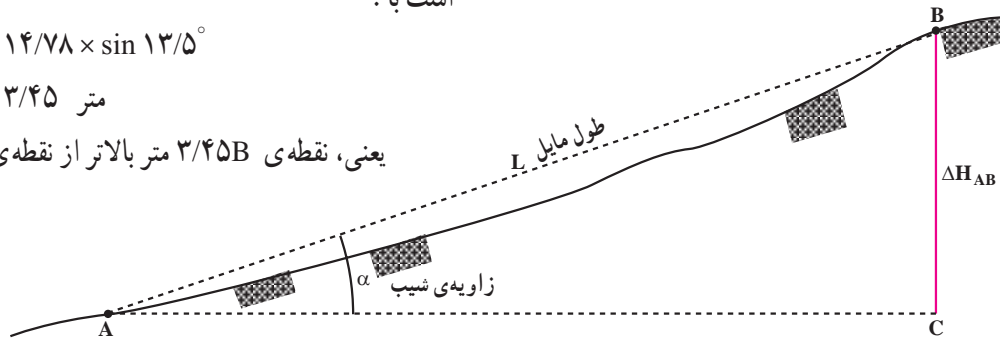
$$\Delta h_{AB} = L \cdot \sin \alpha$$

مثال: اگر طول مایل بین دو نقطه $L = ۱۴/۷۸$ m و زاویه‌ی شیب $\alpha = ۱۳/۵^\circ$ باشد، اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B برابر است با:

$$\Delta h_{AB} = ۱۴/۷۸ \times \sin ۱۳/۵^\circ$$

$$\Delta h_{AB} = ۳/۴۵ \text{ متر}$$

یعنی، نقطه‌ی B $۳/۴۵$ متر بالاتر از نقطه‌ی A قرار دارد.



شکل ۸-۳- ترازیابی غیرمستقیم

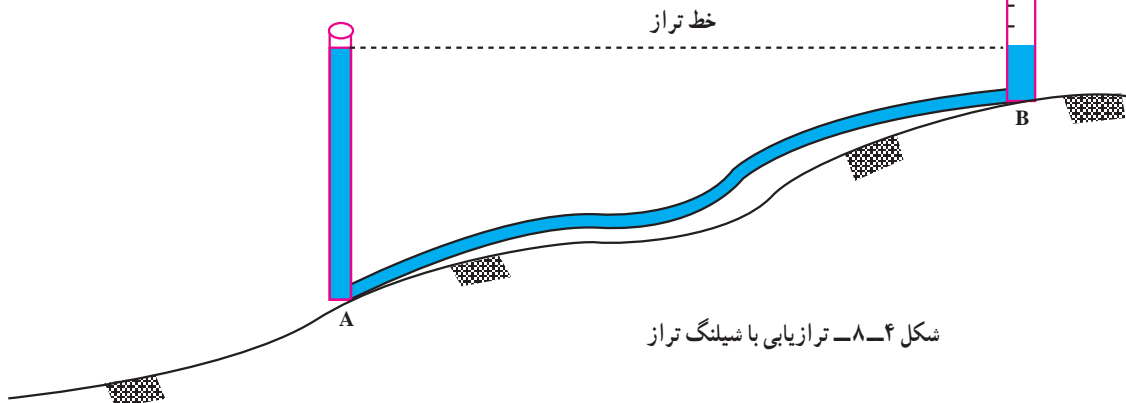
۸-۶- ترازیابی غیرمستقیم (مثلثاتی)

ترازیابی غیرمستقیم با وسایل و روش‌های مختلفی انجام می‌گیرد، اما در همه‌ی این روش‌ها از روابط مثلثاتی استفاده می‌شود. دقت این نوع ترازیابی از ترازیابی بارومتریک بیشتر است. در این‌جا روشی را که در آن از متر و شیب سنج دستی استفاده‌شده توضیح می‌دهیم.

۸-۷-۱- ترازیابی با شیلنگ تراز: در بسیاری از

کارهای ساختمانی کوچک که نیاز به هم‌ارتفاع کردن یا اندازه‌گرفتن اختلاف ارتفاع داشته باشیم، از یک شیلنگ پلاستیکی شفاف مدرج استفاده می‌کنیم که به آن «شیلنگ تراز» می‌گویند.

روش کار: برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B (شکل ۸-۴) ابتدا شیلنگ را پر از آب کرده، دقت می‌کنیم که حباب هوا در داخل شیلنگ نباشد، سپس دو سر شیلنگ تراز را که هر کدام دارای یک لوله‌ی مدرج می‌باشد روی نقاط A و B قرار می‌دهیم و ارتفاع آب را در هر کدام از لوله‌ها یادداشت کرده و از هم تفریق می‌کنیم. بدین ترتیب اختلاف ارتفاع دو نقطه را به دست می‌آوریم.



شکل ۸-۴- ترازیابی با شیلنگ تراز

۸-۷- ترازیابی مستقیم یا هندسی

ترازیابی مستقیم یا هندسی از دیرباز، با وسایل ساده و ابتدایی انجام می‌شده است و امروزه نیز بعضاً از این وسایل ابتدایی در کارهای کم دقت یا معمولی ساختمانی استفاده می‌شود. البته برای کارهای دقیق مهندسی و پروژه‌های عظیم ساختمانی دوربین‌های بسیار دقیق ترازیابی (نیو) به کار گرفته می‌شود.

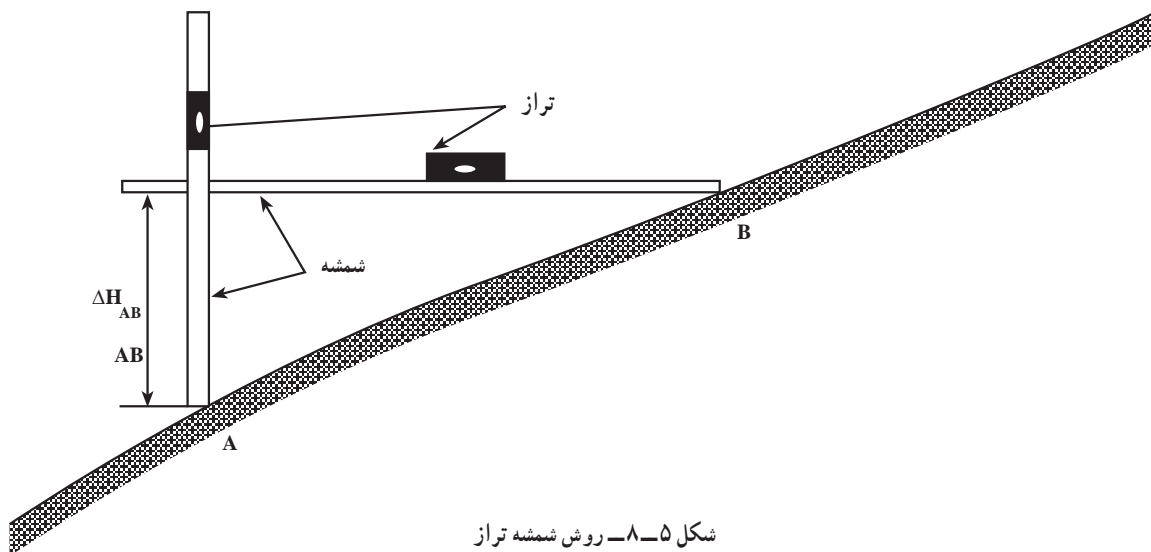
در این‌جا تعدادی از روش‌های ترازیابی مستقیم را معرفی

می‌کنیم:

۲-۷-۸- تراز یابی با شمشه و تراز بنایی : این روش

می‌دهند. در کارهای ساده و کوچک ساختمانی نیز این روش با کمک دو عدد شمشه و دو عدد تراز بنایی انجام پذیر است (شکل ۸-۵).

به «شمشه تراز» معروف است و در نقشه برداری برای برداشت مقطع قائم (پروفیل) بدون دوربین تراز یاب، از آن استفاده می‌شود. البته نقشه برداران از دو شاخص مدرج (میر) استفاده می‌کنند که یکی را به صورت قائم و دیگری را به طور افقی مورد استفاده قرار



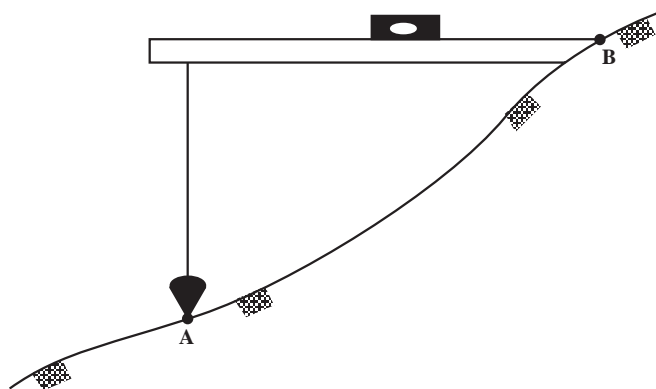
شکل ۸-۵- روش شمشه تراز

برابر است با اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B.

۳-۷-۸- تراز یابی با شمشه و شاقول بنایی :

مانند روش قبل یک شمشه و تراز به کار برده به جای شمشه‌ی قائم نیز می‌توانیم از یک شاقول بنایی استفاده کنیم. این روش را در شکل ۸-۶ مشاهده می‌نمایید.

روش کار: یک شمشه را در نقطه‌ی A به طور قائم (شاقولی) مستقر می‌کنیم. سپس شمشه دیگر را به طور افقی چنان نگه می‌داریم که یک سر آن روی نقطه‌ی B و سر دیگر آن در کنار شمشه‌ی A قرار بگیرد و به وسیله‌ی یک تراز بنایی آن را کاملاً افقی می‌کنیم. اکنون از محل تماس شمشه‌ی افقی با شمشه‌ی قائم، تا روی نقطه‌ی A را با متر اندازه‌گیری می‌کنیم. این فاصله



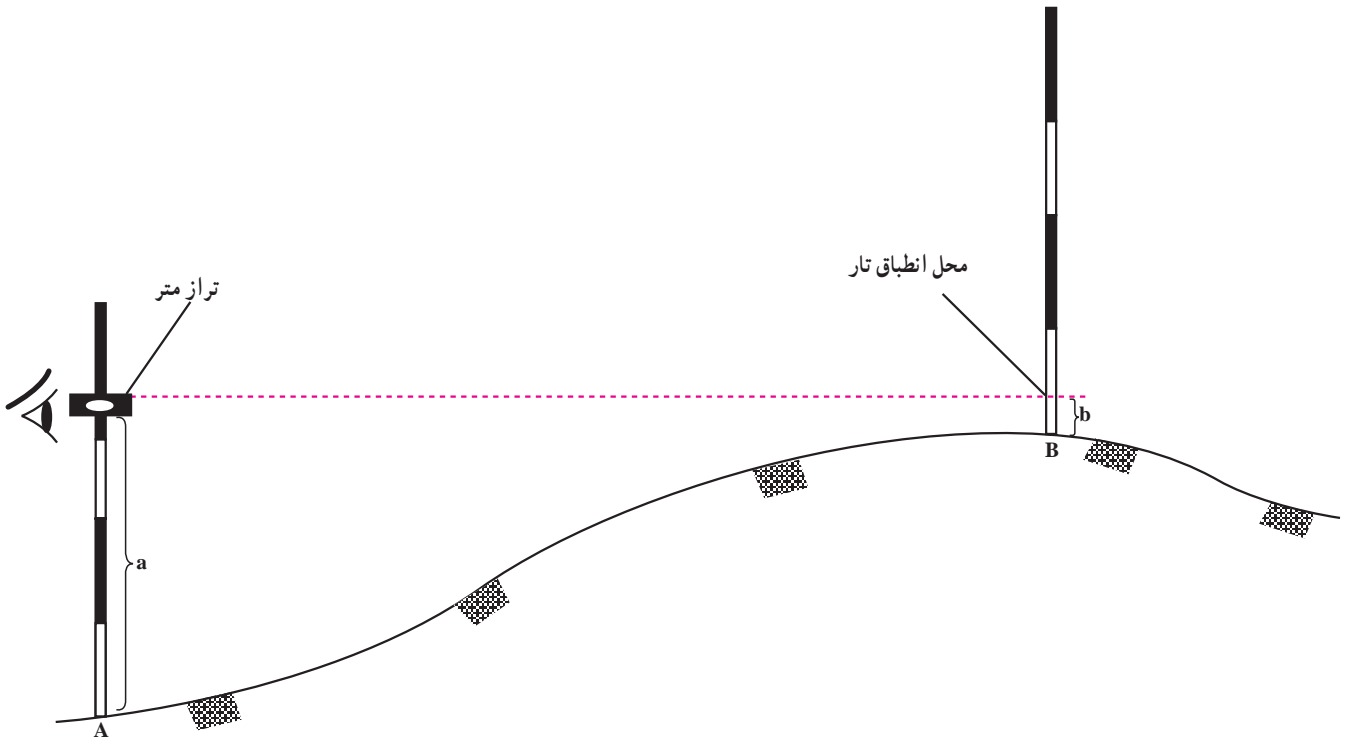
شکل ۸-۶- تراز یابی با شمشه و شاقول

می‌رویم و محل تار افقی تراز دستی را که روی ژالون B منطبق شده به کمک افراد گروه علامت می‌زنیم اکنون به وسیله یک متر فاصله‌ی تراز دستی تا نقطه‌ی A را اندازه‌گیری کرده و «a» می‌نامیم و سپس فاصله‌ی محل انطباق تار روی ژالون B را تا نقطه‌ی B اندازه گرفته و «b» می‌نامیم. برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B کافی است این دو مقدار را از هم کم کنیم.

$$\Delta h_{AB} = a - b$$

۴-۷-۸- تراز یابی با ژالون و تراز متر (تراز دستی):

این روش تراز یابی بیشتر در عملیات نقشه برداری مربوط به پروژه‌های ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. وسایل این تراز یابی دو عدد ژالون، یک عدد تراز متر و یک عدد متر می‌باشد. مطابق شکل ۷-۸ برای تراز یابی بین دو نقطه‌ی A و B. ابتدا یک ژالون در A و ژالون دیگری در B مستقر می‌کنیم. سپس تراز متر را در کنار یک ژالون - مثلاً ژالون A - قرار داده در حالی که آنرا افقی نگاه داشته‌ایم به ژالون دیگر - B - قراول



شکل ۷-۸- تراز یابی با تراز دستی

را به دست می‌آوریم. اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B عبارتست از:

$$\Delta H_{AB} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

و می‌دانیم:

$$\Delta H_1 = a_1 - b_1 \text{ و } \Delta H_2 = a_2 - b_2$$

$$\Delta H_3 = a_3 - b_3$$

با جای گذاری در ΔH_{AB} داریم:

$$\Delta H_{AB} = a_1 - b_1 + a_2 - b_2 + a_3 - b_3$$

و پس از ساده کردن داریم:

اگر دو نقطه‌ی A و B که می‌خواهیم اختلاف ارتفاع آن‌ها را پیدا کنیم در فاصله‌ی دوری از هم قرار گرفته باشند و یا شیب بین دو نقطه زیاد باشد، ابتدا باید چندین نقطه‌ی کمکی بین دو نقطه تعیین کنیم و سپس بین تمام نقاط تراز یابی کرده اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B را از روی آن‌ها محاسبه نماییم. این نوع تراز یابی را تراز یابی تدریجی می‌نامند. شکل (۸-۸)، یک نمونه از تراز یابی تدریجی بین دو نقطه‌ی A و B را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید بین دو نقطه A و B شیب زیاد می‌باشد و با گرفتن نقاط کمکی P_1 و P_2 اختلاف ارتفاع ΔH_1 ، ΔH_2 و ΔH_3

با جای گذاری در فرمول داریم :

$$\Delta H_{AB} = (163 + 158 + 152) -$$

$$(14 + 17 + 24)$$

اختلاف ارتفاع A و B:

$$\Delta H_{AB} = 473 - 55 = 418 \text{ cm} = 4/18 \text{ m}$$

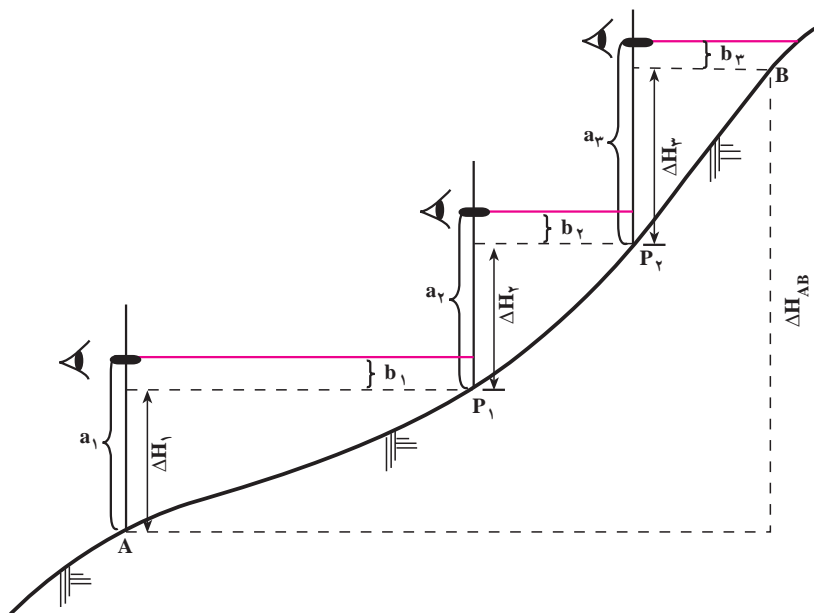
$$\Delta H_{AB} = (a_1 + a_r + a_p) - (b_1 + b_r + b_p)$$

مثلاً اگر در شکل ۸-۸، مقادیر زیر را اندازه گیری کرده

باشیم :

$$a_1 = 163 \text{ cm} \quad a_r = 158 \text{ cm} \quad a_p = 152 \text{ cm}$$

$$b_1 = 14 \text{ cm} \quad b_r = 17 \text{ cm} \quad b_p = 24 \text{ cm}$$



شکل ۸-۸- تراز یابی تدریجی با تراز دستی

افقی قرار بگیرد و عدسی‌هایی در آن به کار رفته که امکان دوربینی را فراهم می‌کند. برای قرائت و اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع نیز از یک وسیله‌ی مخصوص که به آن میر (شاخص) می‌گویند استفاده می‌شود که مدرج است و کار ژالون و متر را به تنهایی انجام می‌دهد. اکنون به معرفی وسایل تراز یابی می‌پردازیم.

۱-۸-۸- وسایل تراز یابی با دوربین :

۱- دوربین تراز یاب : دوربین‌های تراز یاب از سه قسمت

تشکیل شده‌اند :

(الف) قسمت فوقانی : این قسمت شامل تلسکوپ و وسایل

قراولروی است.

(ب) قسمت میانی : این قسمت شامل تراز کروی، قسمتی از بدنه

و در بعضی از انواع تراز یاب‌ها شامل یک صفحه مدرج (نقاله) برای

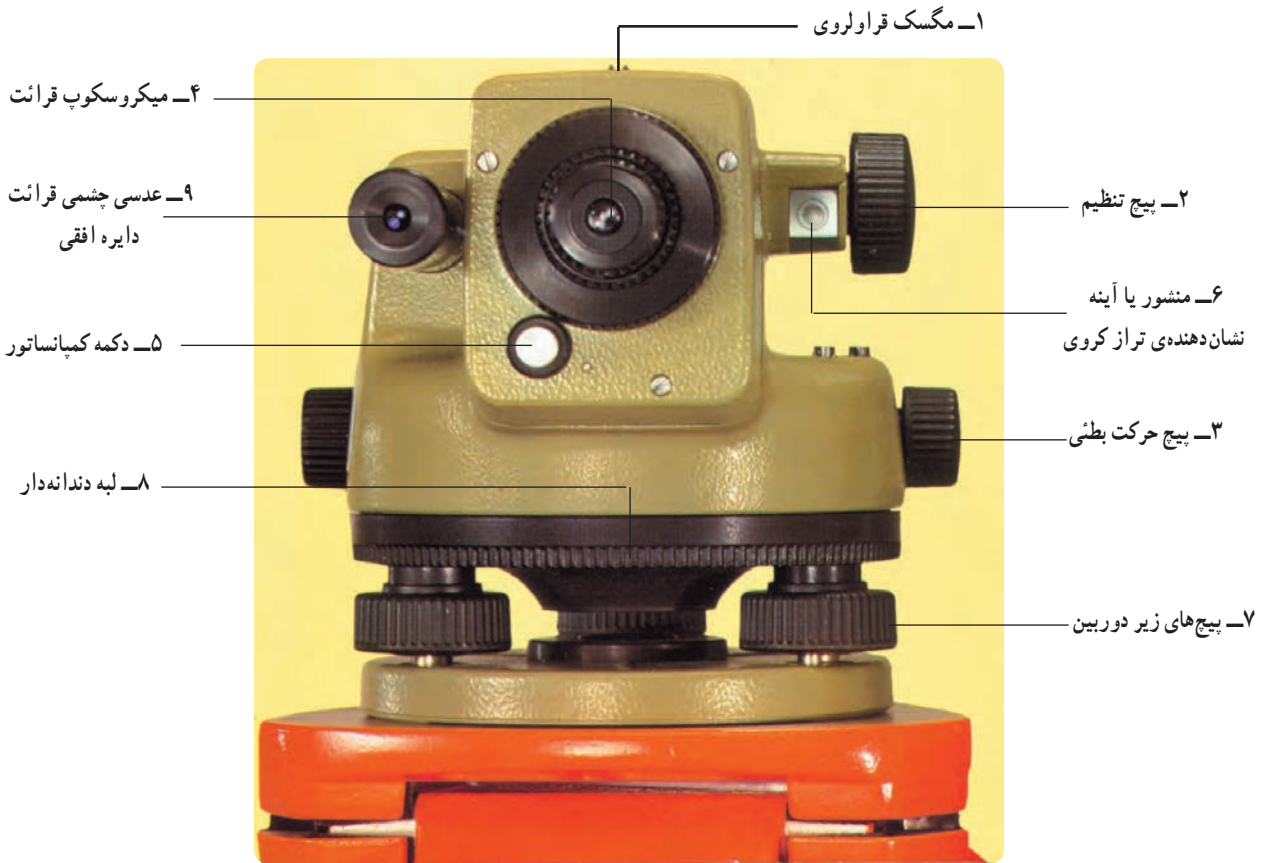
اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی است که به آن «لمب افقی» می‌گویند.

۸-۸-۸- تراز یابی با دوربین

تراز یابی با تراز متر و ژالون یک روش نسبتاً مناسب برای تراز یابی در روی زمین می‌باشد اما این روش دارای مشکلات و معایبی است که از سرعت و دقت عمل آن می‌کاهد به عنوان مثال نگاه داشتن تراز دستی در کنار ژالون در یک نقطه‌ی معین و یا قراولروی با آن و انطباق تار افقی آن روی ژالون مقابل، همچنین هدایت فردی که باید محل انطباق تار را روی ژالون علامت بزند، همگی دارای خطاهای انسانی قابل توجهی می‌باشند. به همین دلیل برای آن که عمل تراز یابی با سرعت لازم، به راحتی و با دقت مطلوب انجام شود، وسایل و دستگاه‌های مخصوصی ساخته شده است. به عبارت دیگر به جای تراز دستی یک دستگاه تراز یاب ساخته شده است که بر روی یک سه پایه استوار و ثابت مستقر می‌گردد، ترازهای دقیقی روی آن نصب شده تا کاملاً در حالت

را به دقت در داخل آن قرار داد. در شکل ۸-۹ قسمت‌های مختلف ظاهری یک دستگاه ترازیاب را مشاهده می‌نمایید.

ج) قسمت تحتانی : این قسمت شامل پیچ‌های ترازکننده و صفحه‌ی اتصال دستگاه به سه‌پایه است. دوربین ترازیاب دارای جعبه‌ی مخصوصی می‌باشد که آن را در مقابل ضربات حفظ می‌کند و هنگام حمل ترازیاب باید ترازیاب



شکل ۸-۹- قسمت‌های ظاهری یک ترازیاب

۳- پیچ حرکت بطئی (کند) (Endless horizontal drive) : این پیچ که در دو طرف دوربین نیز قرار دارد، برای حرکت دادن آهسته‌ی دوربین به کار می‌رود تا بتوانیم دوربین را به دقت به یک نقطه، قراول برویم.

۴- میکروسکوپ قرائت (Reading microscope) : با پیچاندن این میکروسکوپ می‌توانید تصویر تارهای رتیکول را واضح و روشن ببینید.

۵- دکمه‌ی کمپانساتور (Push button for compensator control) : این دکمه در دوربین‌های اتوماتیک که دارای تراز اتوماتیک می‌باشند

۱- مگسک قراولروی (Open sight) : برای آن که با دوربین به سمت یک نقطه قراول برویم (نشان‌روی کنیم) ابتدا با کمک مگسک به سمت نقطه قراول می‌رویم در این حالت نقطه مورد نظر از داخل دوربین قابل رؤیت خواهد بود.

۲- پیچ تنظیم تصویر (وضوح تصویر) - (Rapid/finefocusing knob) : پس از قراولروی به یک نقطه، برای آن که تصویر آن را به‌طور وضوح مشاهده کنیم از این پیچ استفاده می‌کنیم. این پیچ به سرعت و خیلی خوب تصویر را واضح می‌کند.



شکل ۱۰-۸- یک تراز یاب ساختمانی

در شکل ۱۰-۸ یک نوع تراز یاب ساختمانی و قسمت های داخلی آن را مشاهده می کنید.

ترازیاب های مهندسی: این تراز یاب ها از تراز یاب های ساختمانی دقیق تر و حساس تر می باشند و علاوه بر کارهای ساختمانی در نقشه برداری های دقیق تر نیز به کار می روند و در بعضی از انواع تراز یاب های مهندسی با اضافه کردن یک میکرومتر بر روی عدسی شیئی می توان به عنوان تراز یاب های دقیق نیز از آنها استفاده نمود. از تراز یاب های مهندسی در طرح و اجرای بیشتر پروژه های مهندسی مثل راه، راه آهن، ایجاد کارخانه، ساختمان پل و تونل و... استفاده می شود. این تراز یاب ها معمولاً دارای یک دایره ای مدرج افقی می باشند که دقیق تر از دایره ای افقی تراز یاب های ساختمانی می باشد و با یک میکروسکوپ قرائت می شود.

مشخصات تراز یاب های مهندسی عبارتند از:

- دقت ۲ تا ۴ میلیمتر بر کیلومتر

- درشت نمایی حدود ۲۰ تا ۳۵ برابر

- حساسیت تراز حدود ۳۰ ثانیه

۱- تراز یاب های دقیق: این تراز یاب ها که دقیق ترین

قرار دارد که قبل از هر قرائت دکمه ی آن را می فشاریم.

۶- منشور یا آینه نشان دهنده ی تراز کروی -

(Pentaprism for viewing circular level): این به شما امکان

می دهد که به راحتی تراز کروی را مشاهده نمایید.

۷- پیچ های زیر دوربین (پیچ تراز) (Footscrew): این پیچ ها

که سه عدد می باشند در زیر دوربین تعبیه شده اند که به کمک آنها

می توانیم حباب تراز کروی را تنظیم نماییم.

۸- لبه ی دندانه دار - (Milled rim for setting horizontal circle):

این لبه ی دندانه دار جهت تنظیم دایره ای افقی (نقاله ای افقی) به کار

می رود.

۹- عدسی چشمی قرائت دایره افقی -

(Horizontal circle reading eyepiece): از این دوربین چشمی

برای قرائت لمب افقی دوربین استفاده می شود و به وسیله آن

می توانیم زوایای افقی بین امتدادها را قرائت کنیم.

موارد ذکر شده در بند ۸ و ۹ در برخی از دوربین های

ترازیاب وجود دارد.

طبقه بندی دوربین های تراز یابی: دوربین های تراز یاب

را از نظر کاربرد به سه دسته تقسیم می کنند که عبارتند از:

- تراز یاب های ساختمانی (Dumpy levels)

- تراز یاب های مهندسی (Engineer's levels)

- تراز یاب های دقیق (Precision levels)

ترازیاب های ساختمانی: این نوع تراز یاب ها نسبت به

ترازیاب های مهندسی از دقت کمتری برخوردارند و حساسیت

تراز و درشت نمایی آنها کم می باشد، در عوض از نظر دستگاهی،

ساده و محکم بوده و طرز کار با آن آسان و سریع می باشد و بیشتر در

کارهای ساختمانی، زمین های نسبتاً مسطح، پیاده کردن طرح های

ساختمانی، تهیه ی نیمرخ ها و تعیین حجم عملیات خاکی و مواردی

از این قبیل به کار می رود و به همین جهت اغلب دارای یک دایره ای

مدرج افقی می باشد.

مشخصات مهم تراز یاب های ساختمانی عبارتند از:

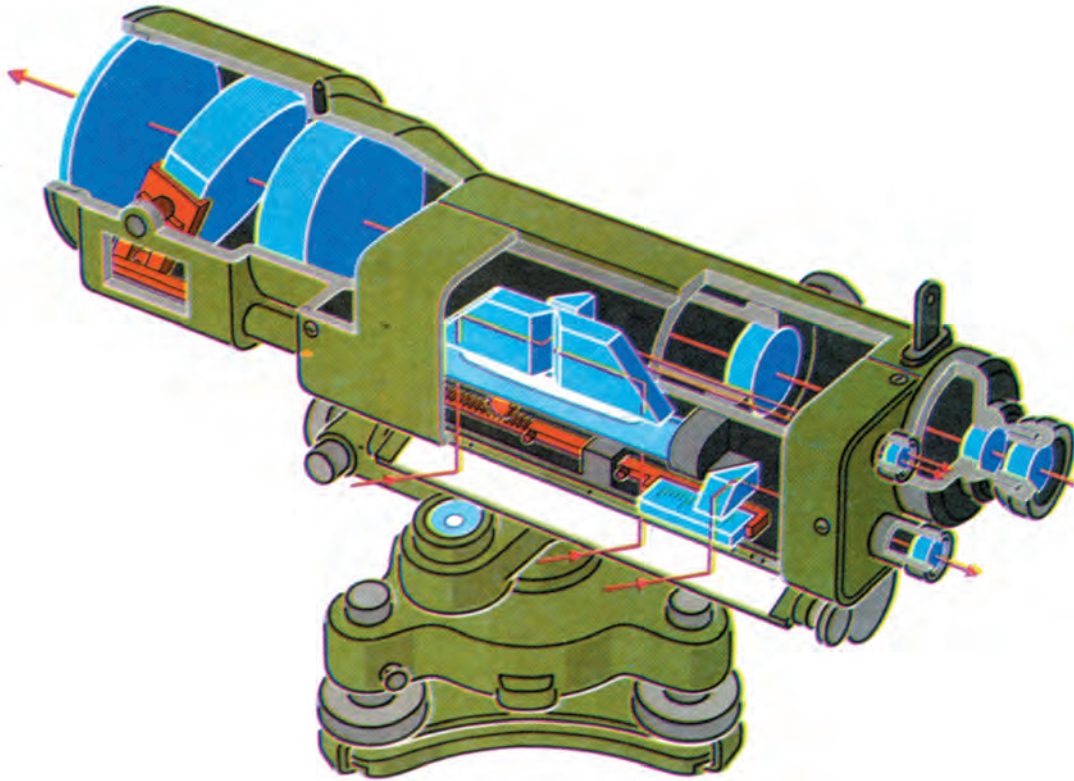
- دقت ۵ تا ۱۵ میلیمتر بر کیلومتر

- درشت نمایی حدود ۱۰ تا ۲۵ برابر

- حساسیت تراز حدود ۶۰ ثانیه

و... بهره‌برداری می‌شود. به همین دلیل درشت‌نمایی دوربین در این ترازیاها بیشتر از سایر انواع ترازیاها می‌باشد و همچنین حساسیت تراز و دقت این دوربین‌ها بسیار زیاد می‌باشد و دارای ساختمانی پیچیده می‌باشند و روش کار با آن‌ها نیز متفاوت بوده و در آن‌ها میرهای مخصوصی نیز بکار می‌رود (شکل ۸-۱۱).

نوع ترازیاها می‌باشند برای کارهای معمولی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. بلکه از آن‌ها برای کارهای دقیق مثل تشکیل شبکه‌ی نقاط کنترل ارتفاعی در ژئودزی، ساخت کارخانه‌هایی که دقت ارتفاعی زیادی در آن‌ها مورد توجه است و نصب دستگاه‌های آن‌ها، کنترل نشست زمین و تغییر شکل بناهایی مانند: پل، سد



شکل ۸-۱۱- ترازیا دقیق

محکم ببندیم (شکل b-۸-۱۲). به این پیچ می‌توانیم یک شاقول آویزان نماییم تا محل استقرار سه‌پایه را دقیقاً مشخص نماید یک پوشش پلاستیکی از این صفحه محافظت می‌کند تا هنگام جابه‌جایی سه‌پایه صفحه و پیچ متصل به آن ضربه نخورد (شکل c-۸-۱۲). روی هرپایه در قسمت انتهایی یک برجستگی (رکاب فلزی) وجود دارد که هنگام استقرار دوربین باید با پا روی آن‌ها فشار وارد کنیم تا نوک تیز پایه کاملاً در زمین فرو رفته از جابه‌جایی سه‌پایه جلوگیری شود شکل (d-۸-۱۲) را مشاهده نمایید. سه‌پایه‌های مخصوص دوربین‌های ترازیا معمولاً سبک‌تر از سایر سه‌پایه‌ها می‌باشند.

مشخصات ترازیاها دقیق عبارتند از:

- دقت حدود $2/0$ میلی‌متر بر کیلومتر

- درشت‌نمایی حدود 50 برابر

- حساسیت تراز حدود 10 ثانیه

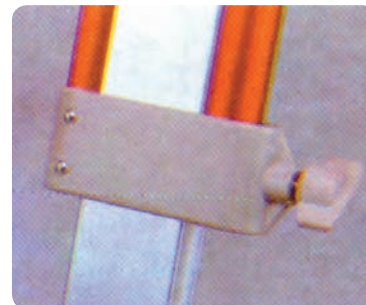
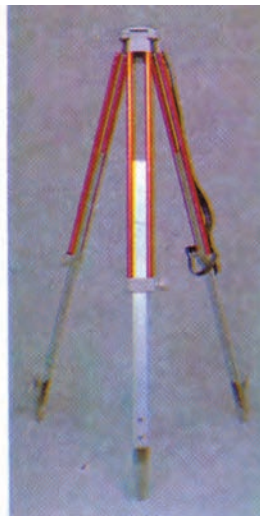
۲- سه پایه دوربین: برای آن‌ها که بتوانیم دوربین را تراز

نموده مورد استفاده قرار دهیم، هم‌چنین برای استقرار دوربین ترازیا بر روی یک نقطه‌ی معین معمولاً آن را روی یک سه پایه (tripods) قرار می‌دهیم شکل (۸-۱۲) روی هرپایه پیچی تعبیه شده که طول پایه با آن کوتاه یا بلند می‌شود (شکل a-۸-۱۲).

در قسمت فوقانی، یک صفحه‌ی مسطح قرار دارد که پیچی در وسط آن تعبیه شده تا به وسیله‌ی آن دوربین ترازیا را به سه پایه



شکل c-۸-۱۲- نوک پایه



شکل a-۸-۱۲- پیچ روی پایه



شکل d-۸-۱۲- محافظ پیچ سه پایه



شکل b-۸-۱۲- پیچ روی سه پایه

شکل ۸-۱۲- چند نمونه سه پایه تراز یاب

می‌گویند. معمولاً طول آن چهار متر است و از چهار قطعه ۱ متری که به یکدیگر لولا شده‌اند ساخته شده است (شکل ۸-۱۳).

۳- میر Mire (شاخص): برای قرائت اختلاف ارتفاع نقاط، شاخص مدرجی ساخته شده است که به آن میر یا استاف Staff



ب



الف



ج

شکل ۸-۱۳- میر معمولی تراز یابی

روی نقطه‌ی مورد نظر قرار بگیرد. برای قائم نگه‌داشتن میر از یک تراز کروی استفاده می‌شود که در بعضی از انواع میرها در پشت میر نصب می‌شود و میر نگهدار^۱ به راحتی می‌تواند ضمن نگه‌داشتن میر با کمک تراز کروی میر را پیوسته قائم نگه دارد. در صورت منصوب نبودن تراز روی میر می‌توانیم از تراز نبشی استفاده کنیم و آن را در لبه‌ی پشتی (طرف میر نگهدار) قرار می‌دهیم تا مانع دید عامل نباشد. ضمناً میر نگهدار باید میر را درست روبه دوربین نگه دارد تا عامل به خوبی آن را ببیند (شکل ۱۴-۸).

روی میر با دو رنگ متضاد (سفید و قرمز یا سفید و مشکی) درجه بندی شده و معمولاً سانتیمترها را در آن درجه بندی کرده‌اند و دسیمترها را با عدد روی آن نوشته‌اند. میرها را به صورت کشویی نیز می‌سازند که در داخل هم فرو رفته و جمع می‌شوند و یا به صورت قطعات جداشونده می‌سازند. از این نوع میرها در محل‌های کم ارتفاع مانند تونل‌ها نیز می‌توان استفاده نمود. — طرز نگه‌داشتن میر : میر در تراز یابی باید به صورت قائم



شکل ۱۴-۸- طریقه‌ی نگاه داشتن میر



شکل ۱۵-۸- کاربرد میر با اندازه‌های مختلف

۱- اصطلاحاً به شخصی که میر را نگه می‌دارد می‌گویند.

۹-۸- کنترل سالم بودن دوربین تراز یاب

۹-۸-۱- کنترل سالم بودن قسمت‌های ظاهری :

هنگام تحویل گرفتن دوربین تراز یاب به نکات زیر توجه کنید :

۱- جعبه‌ی دوربین سالم باشد، یعنی دارای شکستگی و ترک خوردگی نباشد و چفت آن نیز سالم و محکم باشد یعنی هرز نباشد که با اندک فشاری باز شود. بند جعبه‌ی دوربین نیز پارگی و زدگی نداشته باشد، زیرا هنگام حمل، امکان پاره شدن آن و افتادن دوربین وجود دارد.

۲- درپوش عدسی دوربین در روی آن بوده و تمیز و سالم باشد.

۳- عدسی شیئی تمیز و سالم باشد.

۴- عدسی چشمی تمیز بوده پیچ روی آن که برای تنظیم وضوح تصویر تارهای رتیکول به کار می‌رود، سالم باشد. این پیچ را چرخانده از سلامت آن اطمینان حاصل کنید.

۵- پیچ تنظیم تصویر را بچرخانید تا در روی یک نقطه، تصویر واضحی را مشاهده کنید. به این ترتیب سلامت این پیچ مشخص می‌شود.

۶- سه پیچ زیر دوربین را بچرخانید تا مطمئن شوید که قفل نیستند و یا هرز نشده‌اند.

۷- مگسک قراولروی را کنترل کنید که دارای شکستگی یا انحراف نباشد.

۸- کنترل حباب تراز از نظر این که شکسته یا لقی نبوده و حباب آن بزرگتر نشده یا به حباب‌های ریزتر تقسیم نشده باشد.

۹- کنترل جهت افقی و درجات آن از نظر این که درجات آن پاک نشده باشد.

۹-۸-۲- کنترل سالم بودن عملکرد :

۱- کنترل صحت کار تراز : اولین و مهم‌ترین بخش یک دوربین تراز یاب، تراز آن است که باید از عملکرد صحیح آن مطمئن شوید. دوربین را پس از آن که تراز کردید 180° درجه بچرخانید تا درستی عملکرد تراز آن معلوم شود. در صورتی که تراز دوربین سالم باشد در این حالت نیز وضعیت تراز خود را حفظ خواهد کرد.

۲- کنترل تارهای رتیکول : پیچ تنظیم عدسی چشمی را بچرخانید تا تارهای رتیکول را بطور واضح ببینید. برای دید بهتر

می‌توانید یک صفحه سفید را در جلو عدسی شیئی بگیرید تا تارهای رتیکول را بهتر ببینید. پس از این که تارها را واضح و روشن دیدید مطمئن می‌شوید که پیچ تنظیم تصویر تارها خوب کار می‌کند. اکنون باید یک خط شاقولی پیدا کنید که به شاقولی بودن آن اطمینان دارید، دوربین را پس از تراز کردن بچرخانید و به آن خط شاقولی قراول بروید در صورتی که تار قائم کاملاً در روی این خط شاقولی قرار گرفت معلوم می‌شود که تار قائم سالم می‌باشد.

برای کنترل تار افقی می‌توانید یک نقطه در روی دیوار بر روی کاغذ یا دیوار مقابل (با خودکار یا مداد) در محل مرکز تلاقی تارهای افقی و قائم قرار دهید سپس با پیچ حرکت بطنی دوربین را به سمت چپ و راست بچرخانید اگر نقطه‌ی مورد نظر همواره بر روی تار افقی باقی ماند، معلوم می‌شود که تار رتیکول و تراز دوربین هر دو سالم هستند.

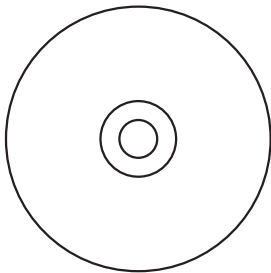
۳- کنترل محور کلیماسیون : محور دیدگانی دوربین که از مرکز عدسی شیئی و مرکز عدسی چشمی می‌گذرد محور کلیماسیون نام دارد وقتی دوربین را تراز کرده‌اید محور کلیماسیون باید همان خط تراز باشد که از مرکز دوربین تراز یاب می‌گذرد به عبارت دیگر محور کلیماسیون باید بر خط تراز منطبق باشد، در این صورت می‌گوییم که این دوربین خطای کلیماسیون ندارد. البته همه‌ی دوربین‌ها خطای کلیماسیون دارند و در صورتی که مقدار این خطا زیاد نباشد، اشکال زیادی ایجاد نمی‌کند. البته با انتخاب روش‌های مناسب تراز یابی می‌توانیم از دوربینی که خطای کلیماسیون قابل توجهی دارد نیز استفاده کنیم. بنابراین نیازی به کنترل محور کلیماسیون در کارهای معمولی نیست.

۳-۹-۸- طریقه‌ی حفاظت، نگهداری و بهره‌برداری صحیح از دوربین تراز یاب :

۱- برای حمل دوربین حتماً آن را در جعبه‌ی مخصوص خود بگذارید.

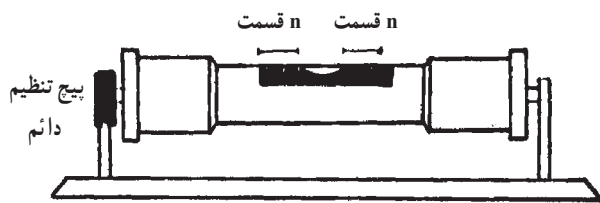
۲- هنگام قرار دادن دوربین در جعبه دقت کنید که آن را در جهت درست داخل جعبه قرار دهید و اگر بطور صحیح در جای خود قرار نگرفته و در جعبه به خوبی بسته نمی‌شود، سعی نکنید که با فشار زیاد آن را ببندید بلکه ابتدا دوربین را به طور صحیح در جای خود بگذارید و سپس جعبه را بسته و از صحت چفت آن اطمینان حاصل کنید.

در مرکز شیشه‌ی تراز دایره‌ی کوچکی موجود است که برای تراز نمودن دستگاه باید حباب را درست در مرکز آن قرار داد.



شکل ۱۷-۸- تراز کروی در حالت تراز

۲- تراز استوانه‌ای: این تراز از یک لوله (استوانه) تشکیل شده که در وسط آن یک شیشه‌ی مدرج تعبیه شده است و فقط در امتداد یک خط (محور لوله‌ی تراز) عمل تراز کردن را انجام می‌دهد و معمولاً دقت آن از تراز کروی بیشتر است. برای تراز نمودن آن باید حباب را در وسط خطوط مدرج قرار داد. حباب این تراز به صورت یک بیضی گون است.



شکل ۱۸-۸- تراز استوانه‌ای (لوله‌ای)

۳- تراز لویبایی: عبارت است از یک تراز استوانه‌ای که در بالای آن یک سیستم منشوری قرار دارد. این سیستم تصویر حباب تراز را - که به شکل لویبیا است - به صورت دولپه‌ی لویبیا نشان می‌دهد و وقتی دستگاه کاملاً تراز باشد، این دولپه برهم منطبق شده حباب تراز به صورت یک بیضی کامل دیده می‌شود (شکل الف-۱۹-۸)، اما به محض به هم خوردن تراز، حباب لویبایی شکل از وسط نصف شده دولپه‌ی لویبیا به موازات محور لوله‌ی تراز از هم جدا می‌شوند (شکل ب- ۱۹-۸).
دقت تراز لویبایی از تراز استوانه‌ای بیشتر است و در دوربین‌های دقیق از آن استفاده می‌شود.

۳- هنگام بستن دوربین بر روی سه‌پایه، پیچ زیر سه‌پایه را درست ببندید تا رزوه‌های آن هرز نشود و مطمئن شوید که آن را محکم بسته‌اید.

۴- پایه‌های سه‌پایه را به اندازه مناسب باز کرده از محکم بودن محل استقرار پایه‌ها اطمینان حاصل کنید و پیچ‌های پایه‌ها را محکم ببندید تا در اثر شل شدن پایه‌ها و جابه‌جایی آن‌ها دوربین بر روی زمین سقوط نکند.

۵- هنگام تراز کردن دوربین، پیچ‌های تراز را بیش از اندازه باز نکنید که از جای خودشان دربیایند و نیز آن قدر سفت نکنید که پیچ‌ها قفل شوند.

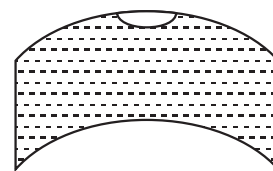
۶- هرگز عدسی چشمی و به خصوص عدسی شیئی را با دست یا پارچه‌ی خشک و زبر تمیز نکنید بلکه از پارچه‌ی مخصوص که در داخل جعبه دوربین قرار دارد برای تمیز کردن عدسی‌ها استفاده نمایید.

۷- به پیچ‌های تنظیم عدسی چشمی، تار تیکول، مگسک قراولروی و هرگونه تنظیمات دوربین دست نزنید و یا با استفاده از آچار مخصوص آن‌ها را باز و بسته نکنید.

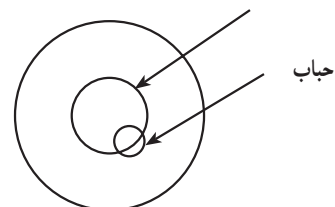
۸- از تابش شدید و مداوم آفتاب بر روی دوربین جلوگیری کنید. هم چنین دوربین را از گرد و غبار شدید و باران حفظ کنید.

۴-۹-۸- انواع تراز: در دستگاه‌های نقشه برداری معمولاً چهار نوع تراز به کار می‌رود.

۱- تراز کروی: این تراز که به صورت یک قطعه‌ی کروی است، در همه‌ی جهات تراز بودن را نشان می‌دهد. حباب این تراز به صورت کروی است که از بالا به صورت یک دایره دیده می‌شود.

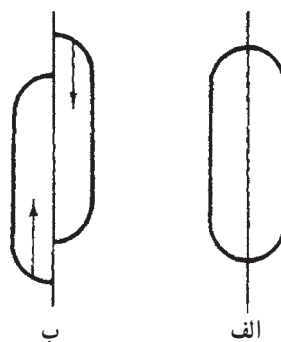


خط نشانه که باید حباب در وسط آن قرار گیرد



شکل ۱۶-۸

۳- دوباره به حالت اول برمی‌گردیم؛ یعنی لوله دوربین را در امتداد دوپیچ (A و B) قرار می‌دهیم. در این حالت، دوربین تراز نخواهد بود، زیرا با حرکت پیچ سوم (C) تراز دوربین به هم خورده است؛ بنابراین، یک‌بار دیگر به وسیله دوپیچ (A و B) حباب را به وسط لوله‌ی تراز می‌بریم و باز به حالت قبلی (لوله‌ی تراز در امتداد دوپیچ) برگشته، تراز را کنترل می‌کنیم. این رفت و برگشت را آن‌قدر تکرار می‌کنیم تا دیگر نیازی به چرخاندن پیچ‌ها نباشد (شکل ۸-۲۲).



شکل ۸-۱۹- حباب تراز لویبایی

۵-۹-۸- نحوه‌ی تراز کردن دستگاه : دوربین‌های

نقشه‌برداری معمولاً سه‌پیچ در قسمت تحتانی دارند که به صفحه‌ی زیر دوربین در جهت‌های مختلف شیب می‌دهند به این ترتیب، می‌توان دوربین را به وسیله‌ی آن‌ها تراز نمود؛ یعنی محور اصلی دوربین را در امتداد «خط شاقولی» قرار داد.

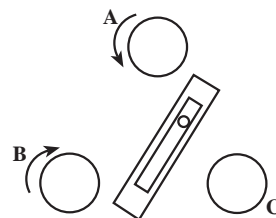
سه‌پیچ تنظیم تراز، یک مثلث متساوی‌الاضلاع تشکیل

می‌دهند که با پیچاندن آن‌ها می‌توان حباب تراز را تنظیم نمود.

الف- تنظیم تراز استوانه‌ای :

۱- لوله‌ی تراز را در امتداد دوپیچ (A و B) قرار داده با

چرخاندن دوپیچ مذکور باهم به طرف داخل یا خارج (در خلاف جهت هم) حباب تراز را به وسط لوله‌ی تراز می‌بریم (شکل ۸-۲۰).



شکل ۸-۲۰- تنظیم تراز استوانه‌ای

ب- تنظیم تراز کروی : تنظیم تراز کروی راحت‌تر و

سریع‌تر انجام می‌گیرد. در این حالت نیز سه‌پیچ تنظیم تراز مورد استفاده قرار می‌گیرد. شایان ذکر است که عامل باید مقداری با پیچ‌های تراز کار کرده باشد تا مهارت کافی به‌دست آورده و بتواند به وسیله پیچ‌ها حباب را کنترل کرده به سمت دلخواه آن را حرکت دهد.

بهرتر است روشی مناسب برای حرکت دادن حباب به وسط

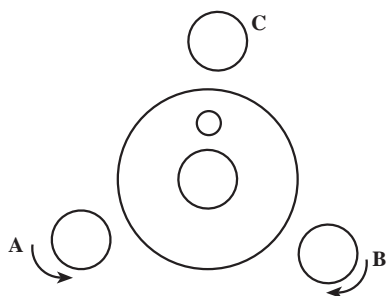
تراز مورد استفاده قرار بگیرد. در این جا روشی که نقشه‌برداران از آن استفاده می‌کنند، ارائه می‌شود :

اگر امتداد گذرنده از دوپیچ A و B را محور xها و

عمودمنصف AB را که از پیچ سوم می‌گذرد محور yها فرض

کنید (شکل ۸-۲۳)، برای آن‌که حباب را در وسط تراز قرار دهید

به این طریق عمل کنید :

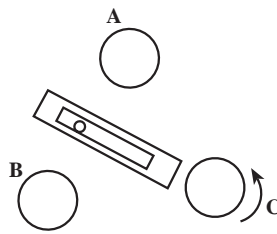


شکل ۸-۲۳- تراز کروی

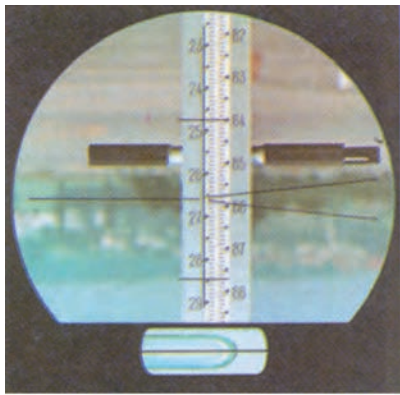
۲- لوله‌ی دوربین را در جهت پیچ سوم قرار می‌دهیم

(دوربین را 90° می‌چرخانیم) و به وسیله پیچ سوم (C) حباب را

به وسط لوله‌ی تراز می‌بریم (شکل ۸-۲۱).



شکل ۸-۲۱- تنظیم تراز استوانه‌ای



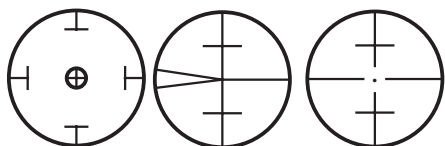
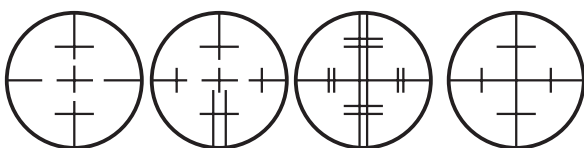
شکل ۸-۲۶- تراز لویبایی

د- تنظیم تراز اتوماتیک: تراز اتوماتیک نیز مانند

تراز لویبایی برای برطرف کردن خطای جزئی تراز به کار می‌رود زیرا هنگام تراز کردن دوربین به وسیله‌ی تراز استوانه‌ای یا کروی، هر قدر هم که دقیق باشیم باز هم مقداری خطای جزئی در تراز باقی می‌ماند که حساسیت تراز دوربین آن را تشخیص نمی‌دهد. و لازم است قبل از هر قرائت دکمه‌ی مربوط به آن را فشرده چند ثانیه صبرکنیم تا تراز اتوماتیک کار خودش را انجام دهد.

۶-۹-۸- قرائت میر: جهت قرائت و اندازه‌گیری

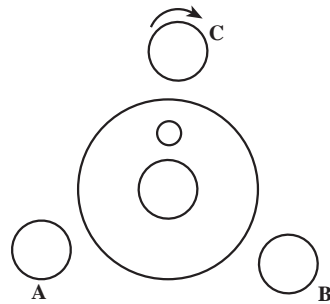
روی میر علائم و نشانه‌های مخصوصی در داخل دوربین تعبیه شده که به صورت خطوط مستقیم و منحنی می‌باشد در شکل ۸-۲۷ چند نمونه از آن‌ها را ملاحظه می‌کنید. به این علائم تارهای رتیکول «Reticule» می‌گویند.



شکل ۸-۲۷- انواع تارهای رتیکول

۱- دو پیچ A و B را با هم و در خلاف جهت هم بچرخانید

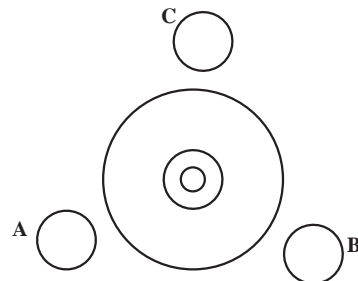
تا حباب در هر قسمت از صفحه‌ی تراز که قرار دارد در امتداد موازی محور x حرکت نموده و روی نقطه‌ای از محور y قرار بگیرد (شکل ۸-۲۴).



شکل ۸-۲۴- تنظیم تراز کروی

۲- پیچ سوم (C) را در جهت مناسب بچرخانید تا حباب

روی محور y حرکت نموده در مرکز دایره‌ی تراز قرار بگیرد. اگر حباب هنگام حرکت از روی محور y خارج شد با پیچ‌های A و B آن را روی محور y برمی‌گردانیم (شکل ۸-۲۵).



شکل ۸-۲۵- تنظیم تراز کروی

ج- تنظیم تراز لویبایی: پس از تراز کردن تقریبی

دستگاه توسط تراز استوانه‌ای یا کروی، با استفاده از تراز لویبایی که تراز دقیق‌تری است در آخرین مرحله آن را تنظیم می‌کنیم. معمولاً فقط دارای یک پیچ است که با چرخاندن آن می‌توانیم دو تکه‌ی حباب را که از هم جدا شده‌اند نزدیک هم آورده لبه‌های آن دو را برهم منطبق نماییم تا به یک حباب کامل (شکل دانه‌ی لویبیا) تبدیل شود.

تراز لویبایی به وسیله یک چشمی مخصوص در کنار تلسکوپ دوربین رؤیت می‌شود و در بعضی از انواع تراز یاب از داخل تلسکوپ، ضمن دیدن شاخص، می‌توانیم در زیر آن همزمان تراز لویبایی را نیز ببینیم (شکل ۸-۲۶).

ببیند. این کار بسیار ضروری می‌باشد زیرا در غیر این صورت هنگام مشاهده‌ی میر تصویر تارها «دوگانه» دیده خواهد شد و عمل اندازه‌گیری با اشکال و خطا انجام خواهد گرفت.

پس از استقرار دوربین و قبل از شروع قرائت عامل یک صفحه‌ی سفید (مثلاً یک برگ کاغذ) جلوی دوربین نگاه می‌دارد و «تارهای رتیکول» را به کمک پیچی که روی عدسی چشمی قرار دارد برای چشم خود کاملاً تنظیم می‌کند تا آن‌ها را به طور واضح



شکل ۲۸-۸- سانتراژ اپتیکی



ج- سانتراژ با شاقول میله‌ای در یک کار ژئودزی



ب- سانتراژ با میله



الف

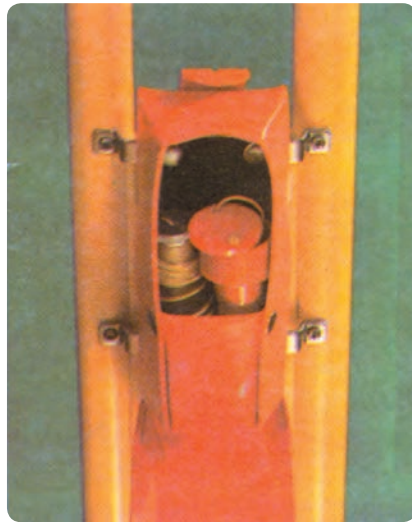
شکل ۲۹-۸



شکل ۳۰-۸- دوربین تراز یاب، سانتراژ با شاقول

تذکر: هنگام استقرار سه‌پایه باید دقت شود که صفحه روی آن تقریباً افقی باشد.

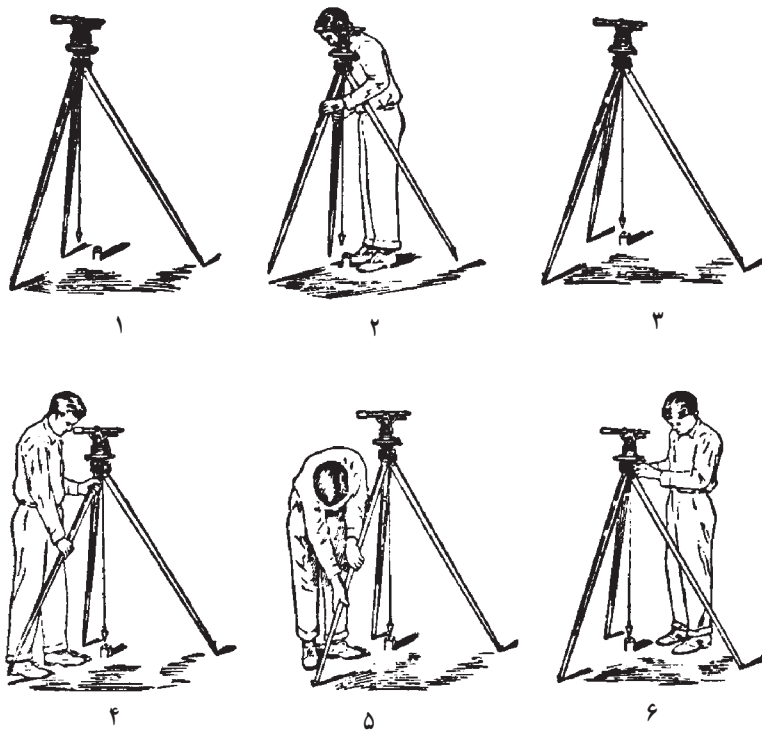
اکنون باید دوربین را با دقت تراز کنیم تا استقرار آن روی نقطه‌ی مورد نظر کامل شود. هرگاه دوربین بر روی یک نقطه سانتراژ شده و ترازهای آن (کروی و استوانه‌ای) تنظیم باشند اصطلاحاً می‌گوییم دوربین در آن نقطه مستقر شده است. در شکل ۳۰-۸ یک تراز یاب را روی سه‌پایه‌ای که دارای قلاب مخصوص شاقول است ملاحظه می‌کنید.



شکل ۳۱-۸- شاقول مخصوص نقشه برداری

و تارهای رتیکول هر دو واضح هستند و عامل باید تارهای رتیکول را بر میر منطبق کند به نحوی که تار بلند قائم درست در امتداد میر و در وسط آن قرار بگیرد. برای این کار عامل باید از پیچ حرکت بطئی استفاده کند تا بتواند به آرامی و به دقت دوربین را اندکی چرخانده و تار قائم را بر وسط میر منطبق کند.

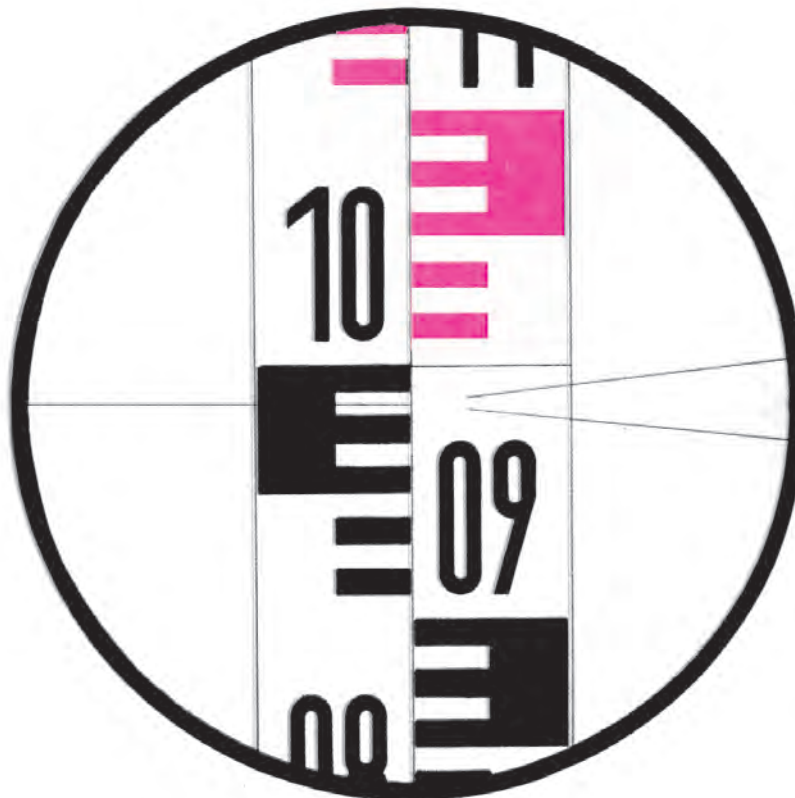
پس از تراز کردن دوربین ترازیاب توسط پیچ‌های تنظیم تراز تصویر تارهای رتیکول عامل به سمت میر مورد نظر قراول می‌رود برای این کار ابتدا از مگسک بالای دوربین نگاه کرده و با دودست ترازیاب را می‌چرخاند تا در جهت میر قرار بگیرد. در این حالت میر در میدان دید دوربین قرار دارد و عامل می‌تواند به کمک پیچ تنظیم تصویر «Focusing» میر را واضح ببیند. اکنون تصویر میر



شکل ۳۲-۸- استقرار ترازیاب توسط شاقول

شده است و عامل به این ترتیب قرائت می‌کند: ابتدا می‌گوید ۰۹ (صفر، نه). بعد خطوط سانتیمتر را می‌شمارد، ۸ خط، می‌شود ۸۰ میلی‌متر و خورده‌های سانتیمتر نهم را به صورت میلی‌متر حدس می‌زند، ۵ میلی‌متر، بنابراین می‌خواند ۸۵ (هشتاد و پنج)، و نویسنده که در کنار عامل قرار دارد یادداشت می‌کند ۰۹۸۵، ملاحظه می‌کنید که قرائت روی میر با دقت میلی‌متر انجام می‌شود و باید همیشه به صورت چهار رقمی و برحسب میلی‌متر نوشته شود.

پس از انطباق تار قائم بر وسط میر نوبت قرائت اندازه‌ی روی میر فرا می‌رسد. برای این کار از تار بلند افقی (تار میانی) استفاده می‌شود. بدین صورت که باید محل انطباق تار افقی روی میر، قرائت شود در شکل ۸-۳۳، یک نمونه را ملاحظه می‌نمایید. همان‌طور که در شکل می‌بینید عددی روی میر نوشته شده است. این اعداد مقدار دسیمتر را روی میر نشان می‌دهند و هر دسیمتر با ده سانتیمتر نشان داده شده که از خطوط سفید و سیاه یا سفید و قرمز تشکیل



شکل ۸-۳۳- قرائت روی میر

B مستقر شده‌اند قراول می‌رویم. مثلاً ابتدا به میر A قراول رفته و مقداری a را قرائت می‌کنیم. سپس دوربین را به طرف نقطه‌ی B چرخانده و روی میر B مقدار b را قرائت می‌کنیم. اصل کلی ترازبایی می‌گوید:

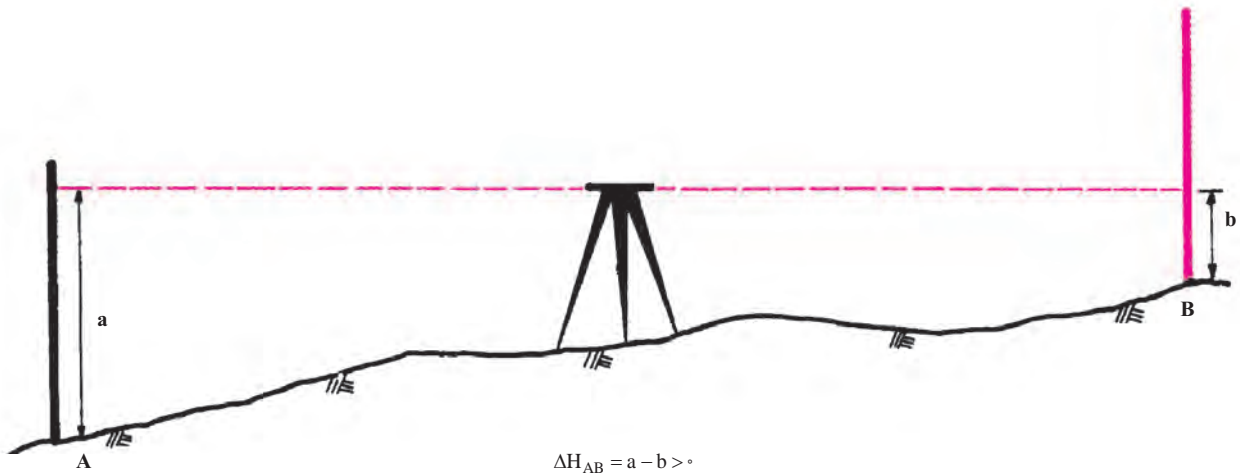
اختلاف ارتفاع دو نقطه عبارت است از اختلاف قرائت روی میرهای مستقر در دو نقطه یعنی:

۷-۹-۸- اصول ترازبایی مستقیم: همان‌گونه که

گفته شده عمل ترازبایی عبارت است از یافتن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه. برای پیدا کردن این اختلاف ارتفاع به کمک دوربین ترازبایی می‌توانیم به یکی از سه حالت زیر عمل کنیم:

الف- ساده‌ترین و بهترین حالت ترازبایی بین دو نقطه به این ترتیب است که دوربین را بین دو نقطه تقریباً در وسط آن‌ها مستقر می‌کنیم مانند شکل ۸-۳۴ و سپس به میرهایی که در نقاط A و

قرائت روی میر B - قرائت روی میر A = اختلاف ارتفاع دو نقطه ی A و B



$$\Delta H_{AB} = a - b > 0$$

شکل ۸-۳۴ - ترازیابی مستقیم (حالت فراز)

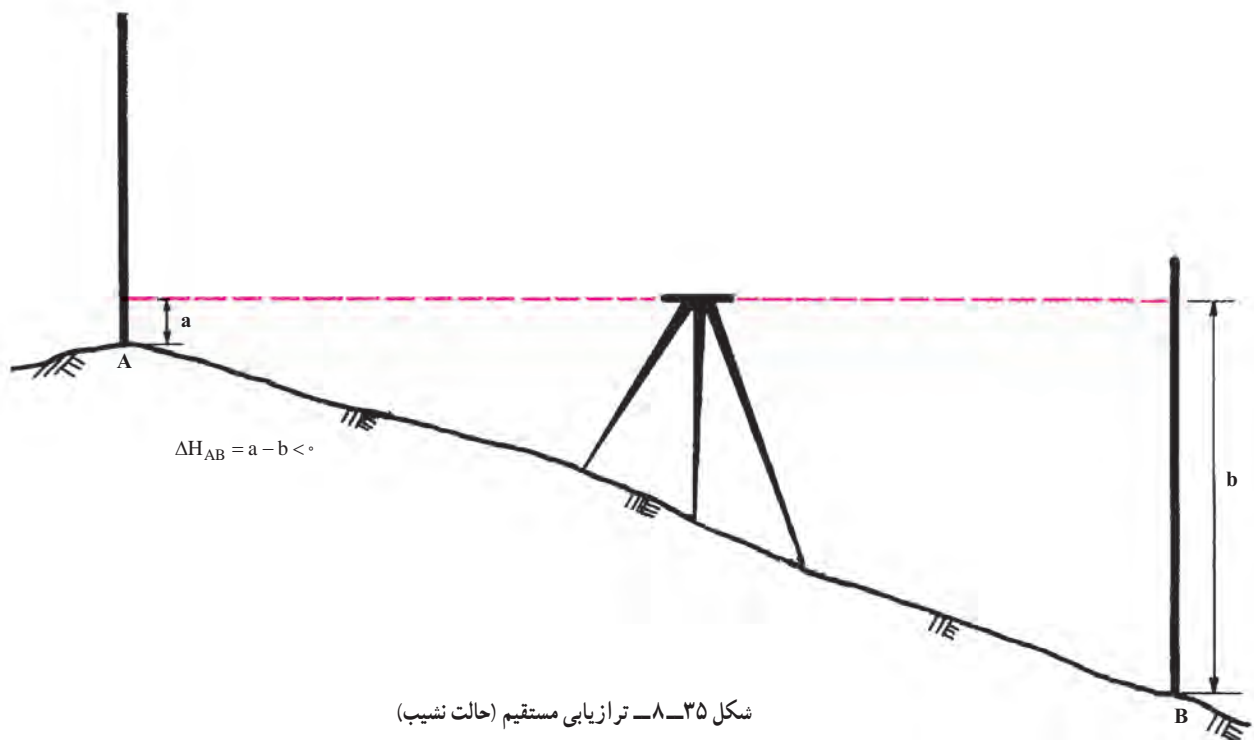
گرفته پس قرائت عقب برابر است با a و چون قرائت دوم روی نقطه ی B انجام شده در نتیجه قرائت جلو عبارت است از b و اختلاف ارتفاع دو نقطه ی A و B به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\Delta H_{AB} = a - b$$

در شکل (۸-۳۵)، به قرائت اول اصطلاحاً «قرائت عقب» (Back Sight) و به قرائت دوم «قرائت جلو» (Front Sight) می گویند و در فرم ترازیابی قرائت عقب را به اختصار «B.S» و قرائت جلو را «F.S» می نویسند. بنابراین داریم:

قرائت جلو - قرائت عقب = اختلاف ارتفاع

در شکل ۸-۳۵ چون قرائت اول روی نقطه ی A صورت



$$\Delta H_{AB} = a - b < 0$$

شکل ۸-۳۵ - ترازیابی مستقیم (حالت نشیب)

$$\Delta H_{AB} = a - b = 0.451 - 3.819 = -3.368 < 0$$

یعنی نقطه‌ی B به اندازه‌ی ۳ متر و ۳۶ سانتیمتر و ۸ میلی‌متر پایین‌تر از نقطه‌ی A قرار دارد.
تذکر: قرائت‌های روی میر به میلی‌متر قرائت می‌شود اما اختلاف ارتفاع با واحد متر ذکر می‌گردد.

ب- حالت دوم، در این حالت، شکل ۸-۳۷ برای یافتن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه، دوربین را بر روی یکی از نقاط (A) و میر را بر روی نقطه‌ی دیگر (B) مستقر می‌کنیم.

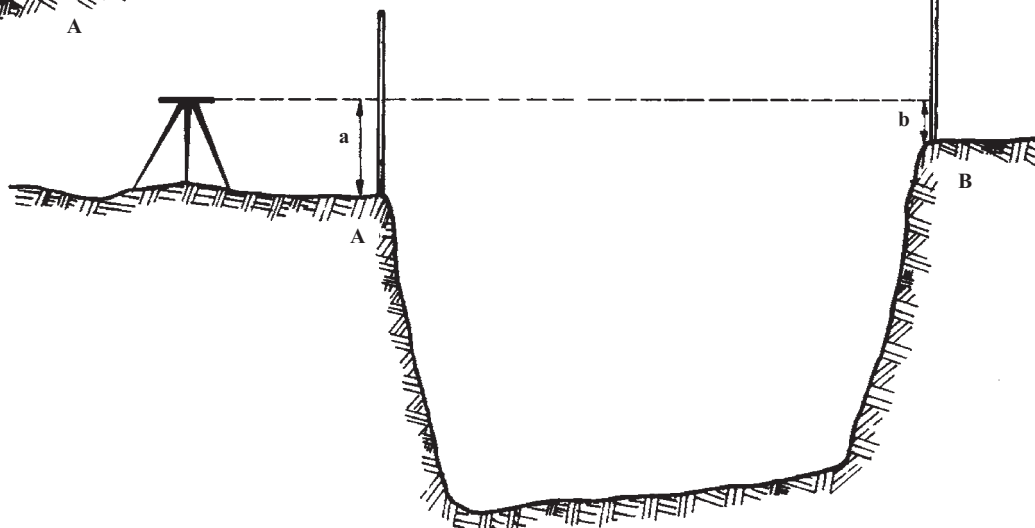
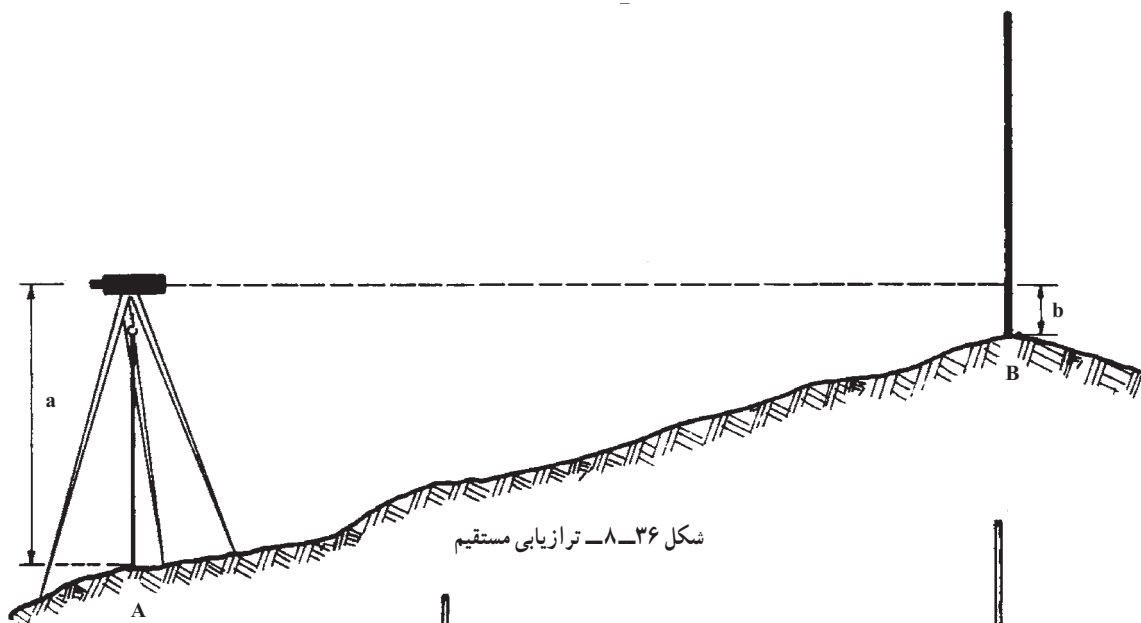
همان‌طور که در شکل ۸-۳۶ ملاحظه می‌کنید ارتفاع دوربین (a) عبارت است از فاصله‌ی عدسی چشمی ترازباب تا سطح نقطه‌ی A، این فاصله را می‌توانیم با متر اندازه‌گیری کنیم و

اگر ΔH_{AB} مثبت باشد مفهوم آن این است که نقطه‌ی A پایین‌تر از نقطه‌ی B قرار دارد. در این حالت می‌گویند شیب از A به B مثبت است. یعنی زمین از A به B حالت فراز (سربالایی) دارد. در شکل ۸-۳۶ اگر قرائت عقب $a = 3.645$ و قرائت جلو $b = 1.236$ باشد، داریم:

$$\Delta H_{AB} = a - b = 3.645 - 1.236 = 2.409 > 0$$

اگر بین دو نقطه‌ی A و B زمین به صورت شکل ۸-۳۵ باشد، اصطلاحاً می‌گویند:

شیب از A به B منفی است در این صورت $\Delta H_{AB} < 0$ است و زمین از A به B حالت نشیب (سرازیر) دارد. مثلاً اگر قرائت عقب $a = 0.451$ و قرائت جلو $b = 3.819$ باشد داریم:



به میرهای مستقر در A و B دید داشته باشد. اکنون اگر روی میر A عدد a و روی میر B عدد b را قرائت کرده باشیم اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B عبارت است از :

$$\Delta H_{AB} = a - b$$

مثلاً اگر روی میر A قرائت $a = 2519$ و روی میر B قرائت $b = 1029$ انجام داده باشیم داریم :

$$\Delta H_{AB} = a - b = 2519 - 1029 = 1490 \text{ mm}$$

یعنی نقطه‌ی B به اندازه ۱ متر و ۴۹ سانتیمتر بالاتر از نقطه‌ی A قرار دارد.

به طور خلاصه، برای یافتن اختلاف ارتفاع دو نقطه مانند A و B کافی است؛ در هر کدام از این نقاط یک میر مستقر کنیم و سپس دوربین ترازیب را در نقطه‌ای که به هر دو میر دید داشته باشد مستقر کرده قرائت‌های به دست آمده را از هم کم کنیم. توجه داشته باشید که از نظر اصول ترازیبی مستقیم، محل قرار گرفتن ترازیب و همچنین ارتفاع آن نقشی در محاسبه اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B ندارد. اما این نکته قابل اثبات است که اگر دوربین در وسط دو نقطه‌ی A و B قرار بگیرد بسیاری از خطاهای طبیعی و دستگاهی حذف خواهند شد و بهترین نتیجه در این حالت به دست خواهد آمد.

۸-۹-۸- ترازیبی تدریجی : هرگاه فاصله دو نقطه که می‌خواهیم بین آنها ترازیبی کنیم یا شیب بین آن دو چنان زیاد

در صورت نبودن متر می‌توانیم از میر استفاده نماییم و با استفاده از درجات میر ارتفاع دوربین را اندازه‌گیری کنیم. ارتفاع دوربین را به عنوان قرائت عقب منظور می‌نماییم و قرائت روی میر B (b) را به عنوان قرائت جلو ثبت می‌کنیم.

سپس با استفاده از روشی که قبلاً توضیح دادیم داریم : قرائت جلو - قرائت عقب (ارتفاع دوربین) = اختلاف ارتفاع

$$\Delta H_{AB} = a - b$$

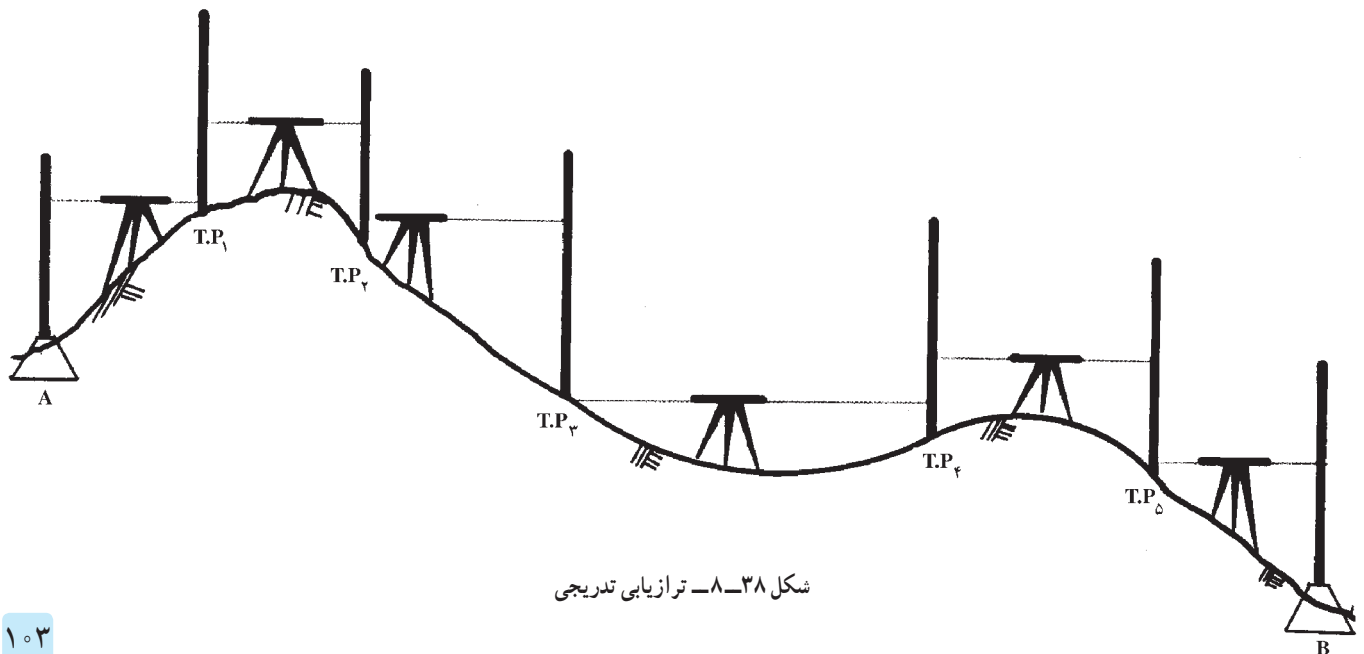
یا : مثلاً اگر ارتفاع دوربین $a = 156$ m و قرائت روی میر $b = 0.853$ m باشد داریم :

$$\Delta H = a - b = 156 - 0.853 = 155.147 \text{ mm} = 155.1 \text{ mm}$$

یعنی نقطه‌ی B به اندازه ۷۰ سانتیمتر و ۷ میلیمتر، بالاتر از نقطه‌ی A قرار دارد.

ج- حالت سوم، این حالت وقتی به کار می‌رود که ترازیبی به دو حالت فوق‌الذکر امکان پذیر نباشد. یعنی به دلایلی مانند وجود آب، باتلاق یا یک دره‌ی عمیق و پرشیب یا... امکان استقرار دوربین بین دو نقطه یا روی یکی از نقاط امکان پذیر نباشد مانند شکل ۸-۳۷.

همان‌طور که در شکل ۸-۳۷ ملاحظه می‌کنید امکان استقرار دوربین بین دو نقطه یا روی هر کدام از نقاط وجود ندارد. به‌ناچار ترازیب را در پشت نقطه‌ی A به نحوی مستقر می‌کنیم که



شکل ۸-۳۸- ترازیبی تدریجی

A را ببینیم. (با توجه به شیب موجود ممکن است دوربین را آن قدر بالا قرار داده باشیم که پس از تراز کردن دوربین نتوانیم میر مستقر در A را ببینیم. فراموش نکنید که با دوربین ترازباب فقط در یک خط افقی می‌توانید نگاه کنید.)

۲- نقطه‌ی $T.P_1$ را در محلی انتخاب می‌کنیم که میر مستقر در این نقطه در دیدرس ترازباب باشد.

۳- روی میر A قرائت عقب $a_1 = 2241$ و روی میر $T.P_1$ قرائت جلو $b_1 = 0543$ انجام می‌دهیم.

۴- میر مستقر در A را به نقطه‌ی $T.P_2$ منتقل کرده و دوربین را بین دو نقطه‌ی $T.P_1$ و $T.P_2$ قرار می‌دهیم.

۵- میر مستقر در $T.P_1$ را در جای خود می‌چرخانیم تا رو به دوربین قرار بگیرد (باید دقت کنیم که میر $T.P_1$ فقط در جای خود بچرخد و به بالا یا پایین نلغزد. به همین دلیل معمولاً میر را بر روی سِکُل یا میخ‌های چوبی که در زمین کوبیده‌اند قرار می‌دهند.) اکنون روی میر $T.P_1$ قرائت عقب $a_2 = 3296$ و روی میر $T.P_2$ قرائت جلو $b_2 = 3841$ انجام می‌دهیم.

۶- میر مستقر در $T.P_1$ را به نقطه‌ی B منتقل کرده و دوربین را نیز حرکت داده در محلی بین دو نقطه‌ی $T.P_2$ و B مستقر می‌کنیم.

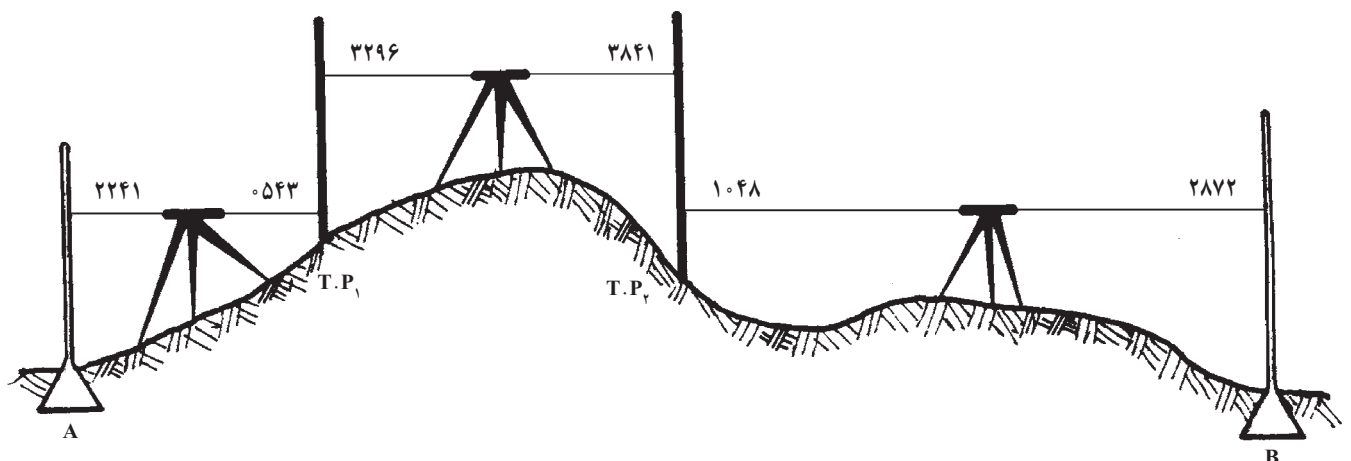
۷- میر $T.P_2$ را در جای خود می‌چرخانیم تا رو به دوربین قرار بگیرد و روی آن قرائت عقب $a_3 = 1048$ انجام می‌دهیم و روی میر مستقر در B قرائت جلو $b_3 = 2872$ انجام می‌دهیم.

باشد که با یک بار استقرار در بین دو نقطه نتوانیم هردومیر را مشاهده نموده، قرائت کنیم یا مانع دید بین دو نقطه وجود داشته باشد. به‌ناچار باید بین آن دو نقطه چند نقطه‌ی کمکی انتخاب کرده دوربین را بین این نقاط قرار داده ترازبابی کنیم تا به تدریج از یک نقطه به نقطه بعد برسیم، به این روش «ترازبابی تدریجی» می‌گویند. در شکل ۸-۳۸ یک نمونه ترازبابی تدریجی بین دو نقطه A و B را ملاحظه می‌نمایید که به دلیل فاصله‌ی زیاد دو نقطه‌ی A و B و نیز شیب زیاد و وجود مانع دید، از چند نقطه‌ی کمکی استفاده شده است. از آن‌جا که این نقاط کمکی موقت می‌باشند، به‌آن‌ها نقاط موقت (Temporary Point) نیز می‌گویند و به اختصار با T.P نمایش می‌دهند. ضمناً علامت T.P می‌تواند مخفف (Turning Ponit) نیز باشد که مفهوم آن نقطه‌ی چرخش است زیرا هر T.P دوبار قرائت می‌شود به این صورت که پس از این که یک T.P را به عنوان قرائت جلو کردیم دوربین را حرکت داده و در جلو همان T.P قرار می‌دهیم و میر مستقر در T.P چرخانده می‌شود تا رو به دوربین قرار بگیرد و روی آن قرائت عقب انجام شود. (اصطلاح قرائت عقب به این دلیل به کار می‌رود که این بار نقطه‌ی T.P نسبت به جهت جابه‌جایی دوربین در عقب قرار گرفته است).

روش انجام ترازبابی تدریجی

به عنوان مثال روش ترازبابی بین دو نقطه A و B شکل ۸-۳۹ را توضیح می‌دهیم:

۱- دوربین را در نقطه‌ای قرار می‌دهیم که میر مستقر در



شکل ۸-۳۹- ترازبابی تدریجی

مورد نظر ترازیابی تدریجی انجام گیرد. در این حالت اختلاف ارتفاع نقطه از سطح مبنا همان ارتفاع مطلق نقطه می باشد. از آنجا که این کار بسیار مشکلی است در هر کشور توسط دولت یا سازمان های ذیربط تعدادی نقاط در سراسر کشور ایجاد شده اند و ارتفاع مطلق آنها توسط ترازیابی دقیق به دست آمده است. این نقاط بنچمارک های ارتفاعی هستند که با علامت اختصاری B.M مشخص شده اند. در انجام پروژه های بزرگ و دقیق به نزدیکترین B.M مراجعه می شود و از آن B.M تا یکی از نقاط پروژه ترازیابی تدریجی انجام می دهند تا ارتفاع مطلق آن نقطه از پروژه به دست آید و با استفاده از آن، ارتفاع سایر نقاط پروژه را تعیین کنند.

— ارتفاع نسبی: معمولاً در پروژه های کوچک نیاز به ارتفاع مطلق وجود ندارد و کافی است یک نقطه ثابت و محکم در محلی که محفوظ باشد ایجاد کنیم و ارتفاع دلخواهی را برای آن در نظر بگیریم (مثلاً ۱۰۰ یا ۱۰۰۰ یا ...). و ارتفاع سایر نقاط را نسبت به این نقطه به دست آوریم. در این صورت به نقطه ی ثابتی که مبنای ارتفاعات شده بنچمارک اختیاری می گویند و ارتفاع نقاط پروژه که نسبت به این بنچمارک به دست آمده ارتفاع نسبی نامیده می شود.

به طور کلی اگر ارتفاع نقطه ی A معلوم باشد و اختلاف ارتفاع آن با نقطه ی B ($\Delta H_{A,B}$) نیز در دست باشد می توانیم ارتفاع نقطه ی B را از رابطه ی زیر محاسبه نماییم:

$$H_B = H_A + \Delta H_{A,B}$$

محاسبه ی ارتفاع نقاط به روش فراز و نشیب

در ترازیابی تدریجی شکل (۸-۳۹)، هرگاه ارتفاع نقاط موقت ($H_{T,P}$) نیز مهم باشد می توانیم ارتفاع آنها را نیز محاسبه نماییم. بدین منظور جدول محاسبه ای را که برای آن رسم کرده بودیم توسعه می دهیم و ارتفاع نقطه ی A را به دلخواه ۱۰۰ متر فرض می کنیم تا بتوانیم ارتفاع نقاط موقت و نقطه ی B را محاسبه نماییم. بنابراین یک ستون ارتفاع (H) نیز به آن اضافه می کنیم (شکل ۸-۴۱).

روش محاسبه به این ترتیب است که ابتدا ΔH بین هر دو نقطه را محاسبه می کنیم. برای نقاط A و $T.P_1$ داریم:

محاسبه ی اختلاف ارتفاع در ترازیابی تدریجی:

در این روش بین دو نقطه به جای یک قرائت عقب و یک قرائت جلو، چند قرائت عقب و چند قرائت جلو انجام می شود و داریم:

— مجموع قرائت های عقب = اختلاف ارتفاع دو نقطه مجموع قرائت های جلو

بهرتر است قرائت های انجام شده را در جدولی بنویسیم و روی آن محاسبات لازم را انجام دهیم. به عنوان مثال با توجه به شکل ۸-۳۹ جدول زیر را ترسیم کرده و اسامی نقاط و اندازه ها را به آن منتقل کرده ایم. باید کنترل کنیم که آیا مشاهدات درست انجام گرفته یا نه؟ برای این کار تعداد قرائت های عقب و جلو را می شماریم باید با هم مساوی باشند که در جدول زیر این شرط برقرار است.

شکل ۸-۴۰ — جدول ترازیابی

اختلاف ارتفاع	قرائت جلو F.S	قرائت عقب B.S	نام نقطه
		۲۲۴۱	A
	۰۵۴۳	۳۲۹۶	$T.P_1$
	۳۸۴۱	۱۰۴۸	$T.P_2$
	۲۸۷۲		B
-۰۶۷۱	۷۲۵۶	۶۵۸۵	جمع

برای محاسبه ی اختلاف ارتفاع داریم:

$$\Delta H_{A,B} = (a_1 + a_2 + a_3) - (b_1 + b_2 + b_3) = ۶۵۸۵ - ۷۲۵۶ = -۰۶۷۱$$

یعنی نقطه ی B به اندازه ی ۶۷ سانتیمتر و یک میلیمتر، پایین تر از نقطه ی A قرار دارد.

تعیین ارتفاع نقاط: در بسیاری از کارهای ترازیابی فقط به اختلاف ارتفاع نقاط نیازمندیم، اما در مواردی علاوه بر اختلاف ارتفاع می خواهیم ارتفاع نقاط را نیز تعیین کنیم. ارتفاع نقاط به دو صورت تعریف می شوند:

— ارتفاع مطلق: ارتفاع یک نقطه از سطح مبنا (سطح متوسط دریا های آزاد M.S.L) را ارتفاع مطلق آن نقطه می نامند و برای محاسبه آن باید از سطح متوسط دریا های آزاد تا نقطه ی

شکل ۴۱-۸. جدول ترازیبی

نام نقطه N	قرائت عقب B.S	قرائت جلو F.S	اختلاف ارتفاع ΔH		ارتفاع H
			+	-	
A	۲۲۴۱				۱۰۰۰۰۰
T.P _۱	۳۲۹۶	۰۵۴۳	۱۶۹۸		۱۰۱۶۹۸
T.P _۲	۱۰۴۸	۳۸۴۱		۰۵۴۵	۱۰۱۱۵۳
B		۲۸۷۲		۱۸۲۴	۹۹۳۲۹
مجموع	۶۵۸۵	۷۲۵۶		۰۶۷۱	

محاسبه می‌شوند. در صورتی که نیازی به محاسبه‌ی ارتفاع نقاط T.P بین دو نقطه A و B نباشد و یا قصد کنترل محاسبات را داشته باشیم. (که این کار در محاسبات مختلف کارهای نقشه برداری صددرد ضروری و الزامی است) مجموع قرائت‌های عقب و مجموع قرائت‌های جلو را به دست آورده و در زیر هر ستون می‌نویسیم سپس اختلاف آن‌ها را محاسبه کرده به ارتفاع نقطه‌ی A اعمال می‌کنیم داریم:

$$H_B = H_A + \Delta H_{A,B} = 100000 + (6585 - 7256) = 99329$$

به این روش محاسبه، روش «محاسبه از مبنا» نیز می‌گویند همان طور که ملاحظه می‌کنید ارتفاع به دست آمده برای نقطه B از هر دو روش برابر ۹۹۳۲۹ می‌باشد و این نشان می‌دهد که هر دو روش محاسبه صحیح انجام شده است.

کنترل عملیات ترازیبی

در فصل سوم (اشتباه و خطا) ملاحظه کردید که هر اندازه‌گیری در نقشه برداری اگر فاقد کنترل باشد کاملاً بی‌ارزش است و به هیچ وجه قابل استفاده نمی‌باشد. برای کنترل عملیات نقشه برداری روش‌های مختلفی وجود دارد. اصلی‌ترین و ساده‌ترین روش کنترل تکرار اندازه‌گیری‌ها است. در ترازیبی نیز از این روش استفاده می‌شود و مسیر ترازیبی بین دو نقطه دو بار طی می‌شود که اصطلاحاً به ترازیبی بار اول رفت و به ترازیبی بار دوم برگشت می‌گویند. یک عملیات رفت و برگشت بین دو نقطه به این صورت

$$\Delta H_{A, T.P_1} = 2241 - 0543 = +1698$$

چون این مقدار مثبت است در ستون اول ΔH آن را می‌نویسیم. برای نقاط T.P_۱ و T.P_۲ داریم:

$$\Delta H_{T.P_1, T.P_2} = 3296 - 3841 = -0545$$

چون این مقدار منفی است آن را در ستون دوم ΔH می‌نویسیم. برای نقاط B, T.P_۲ داریم:

$$\Delta H_{T.P_2, B} = 1048 - 2872 = -1824$$

این مقدار نیز منفی است و در ستون دوم ΔH نوشته می‌شود.

برای محاسبه‌ی ارتفاع نقاط از اختلاف ارتفاع‌های به دست آمده استفاده می‌کنیم. برای T.P_۱ داریم:

$$H_{T.P_1} = H_A + \Delta H_{A, T.P_1} = 100000 + 1698 = 101698 \text{ mm}$$

برای T.P_۲ داریم:

$$H_{T.P_2} = H_{T.P_1} + \Delta H_{T.P_1, T.P_2} = 101698 + (-0545) = 101153 \text{ mm}$$

برای B داریم:

$$H_B = H_{T.P_2} + \Delta H_{T.P_2, B} = 101153 + (-1824) = 99329 \text{ mm}$$

این روش محاسبه جدول که در آن از ΔH ‌های مثبت (فراز) و ΔH ‌های منفی (نشیب) استفاده می‌شود اصطلاحاً روش فراز و نشیب نامیده می‌شود و معمولاً جداول ترازیبی به این صورت

باید صفر باشد اما از آن جا که همیشه خطاهایی در عمل وجود دارد معمولاً این مجموع صفر نمی‌شود. در مثال فوق برای مسیر رفت داشتیم $\Sigma\Delta H = -0.671$ و برای مسیر برگشت $\Sigma\Delta H = +0.667$ که جمع جبری آن‌ها می‌شود:

$$0.667 - 0.671 = -4 \text{ mm}$$

این مقدار خطا را با خطای مجاز ترازیابی $e = 2/5k\sqrt{L}$ (L طول متر ترازیابی و k بستگی به نوع ترازیابی دارد که برای کارهای معمولی $k=25$ در نظر گرفته می‌شود)، مقایسه می‌کنیم و در صورتی که این خطا قابل قبول باشد می‌توانیم ارتفاع نقاط را در مسیر برگشت نیز محاسبه نموده، از میانگین اندازه‌های رفت و برگشت ارتفاع مطلوب نقاط را به دست آوریم. توجه داشته باشید که نقطه‌ی ثابت، A می‌باشد و باید از پایین جدول به سمت بالا ارتفاع نقاط را محاسبه کنید پس باید اختلاف ارتفاعات را با علامت معکوس اعمال نمایید یعنی داریم:

$$H_{T.P_1} = H_A + \Delta H_{A,T.P_1}$$

$$= H_A - \Delta H_{T.P_1,A}$$

انجام می‌گیرد که از یک نقطه ترازیابی را شروع کرده و تا آخرین نقطه ترازیابی می‌کنند سپس از آخرین نقطه به سمت اولین نقطه ترازیابی می‌کنند، در مثال ذکر شده شکل ۸-۴۰، ترازیابی به صورت رفت انجام گرفته پس از آخرین قرائت (قرائت جلو روی نقطه‌ی B)، میرها در جای خود (روی نقطه B و $T.P_2$) باقی می‌مانند و دوربین را از جای خود برداشته و کمی آن طرف تر مجدداً بین دو نقطه‌ی B و $T.P_2$ مستقر کرده مسیر برگشت را آغاز می‌کنیم. برای این کار ابتدا روی میر B قرائت عقب و روی $T.P_2$ قرائت جلو انجام می‌دهیم. سپس میر نقطه‌ی B را در نقطه‌ی $T.P_1$ مستقر کرده و دوربین را بین دو نقطه‌ی $T.P_1$ و $T.P_2$ قرار داده روی میر $T.P_2$ قرائت عقب و روی میر $T.P_1$ قرائت جلو انجام می‌دهیم...

در جدول زیر اندازه‌های به دست آمده در مسیر برگشت را ثبت کرده و محاسبات لازم را به روش فراز و نشیب و محاسبه از مبنا به دست آورده‌ایم:

برای کنترل عملیات ترازیابی مجموع اختلاف ارتفاعات را در مسیر رفت و برگشت با هم مقایسه می‌کنیم. بدون در نظر گرفتن خطاها مجموع کل اختلاف ارتفاعات در مسیر رفت و برگشت

شکل ۸-۴۲- جدول ترازیابی

نام نقطه N	قرائت عقب B.S	قرائت جلو F.S	اختلاف ارتفاع ΔH		ارتفاع H
			+	-	
B	۲۹۶۸				۹۹۳۳۳
$T.P_2$	۳۷۳۶	۱۱۴۲	۱۸۲۶		۱۰۱۱۵۹
$T.P_1$	۰۶۰۱	۳۱۹۴	۰۵۴۲		۱۰۱۷۰۱
A		۲۳۰۲		۱۷۰۱	۱۰۰۰۰۰
مجموع	$\Sigma B.S = 7305$	$\Sigma F.S = 6638$	$\Sigma \Delta H = +0.667$		

به اندازه‌ی ۱۷۱ میلی‌متر اضافه کنیم تا به ارتفاع نقطه‌ی $T.P_1$ برسیم:

برای سایر نقاط نیز به همین ترتیب عمل می‌کنیم:

$$H_{T.P_1} = 101701 - 0542 = 101159 \text{ mm}$$

$$H_B = 101159 - 1826 = 99333 \text{ mm}$$

اکنون میانگین ارتفاعات به دست آمده را محاسبه می‌کنیم

پس:

$$H_{T.P_1} = 100000 - (-1701) = 10179 \text{ mm}$$

در جدول ملاحظه می‌کنید که $\Delta H_{T.P_1,A} = -171$ یعنی

نقطه‌ی A به اندازه‌ی ۱۷۱ میلی‌متر پایین تر از نقطه‌ی $T.P_1$ می‌باشد به‌طور معکوس می‌توانیم بگوییم که نقطه‌ی $T.P_1$ به اندازه ۱۷۱ میلی‌متر بالاتر از نقطه‌ی A می‌باشد یعنی باید به ارتفاع A

مثلاً برای نقطه‌ی B داریم:

$$H_B = \frac{99329 + 99333}{2} = 99311 \text{ mm}$$

می‌توانستیم بدون محاسبه‌ی ارتفاع نقاط در مسیر رفت ابتدا میانگین اختلاف ارتفاع‌ها را در رفت و برگشت محاسبه کرده و از روی آن ارتفاع نقاط را محاسبه نماییم مثلاً برای نقطه‌ی B داریم:

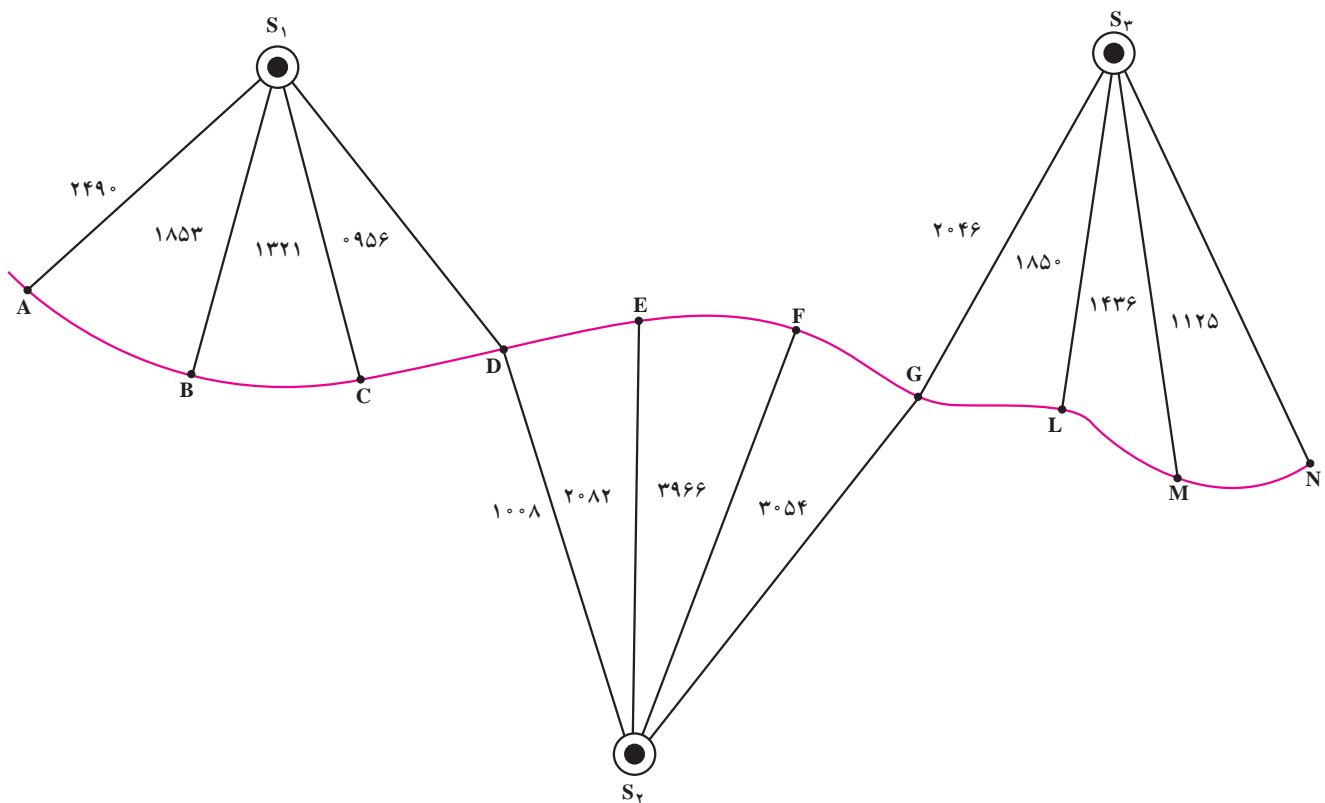
$$\Delta H_{A,B} = \frac{-0.671 + (-0.667)}{2} = -0.669$$

$$H_B = H_A + \Delta H_{A,B} = 100000 - 0.669 = 99311 \text{ mm}$$

توضیح این نکته ضروری است که برای عملیات نقشه‌برداری جداولی از پیش تعیین شده که به آن‌ها فرم می‌گویند. مثل فرم مترکشی - فرم زاویه خوانی و... برای کار ترازبایی نیز از فرم مخصوصی به نام «فرم ترازبایی» استفاده می‌کنند مانند شکل ۸-۴۴. در این فرم قرائت‌ها و اندازه‌های به‌دست آمده را

ثبت می‌کنند در شکل ۸-۴۳ عملیات ترازبایی از مسیر یک کانال آبرسانی نشان داده شده است. ارتفاع نقطه‌ی A معلوم است ($H_A = 100 \text{ m}$) می‌خواهیم ارتفاع سایر نقاط را به‌دست آوریم. دوربین را در نقاط S_1 و S_2 و S_3 مستقر کرده‌ایم و مقدار قرائت‌ها را روی امتدادها نوشته‌ایم:

همان‌طور که در شکل ۸-۴۳ ملاحظه می‌کنید در ایستگاه S_1 دوربین ترازبای پس از استقرار چهار قرائت انجام داده است. اولین قرائت را روی میر مستقر در A انجام داده است که به آن قرائت عقب می‌گوییم و آخرین قرائت را در ایستگاه S_1 روی نقطه‌ی D انجام داده و به آن قرائت جلو می‌گوییم. به قرائت‌های انجام شده بین این دو قرائت، اصطلاحاً قرائت وسط می‌گوییم، یعنی روی نقطه‌ی B و نقطه‌ی C قرائت وسط انجام داده است. همچنین در ایستگاه S_2 بر روی نقاط E و F و در ایستگاه S_3 بر روی نقاط M و L قرائت وسط انجام داده است.



شکل ۸-۴۳- ترازبایی مسیر یک کانال

$$= 3966 - 3054 = 0912$$

$\Delta H_{GL} = G$ قرائت روی L - قرائت عقب روی G

$$= 2046 - 1850 = 0196$$

$\Delta H_{LM} = L$ قرائت روی M - قرائت روی L

$$= 1850 - 1436 = 0414$$

$\Delta H_{MN} = M$ قرائت روی N - قرائت روی M

$$= 1436 - 1125 = 0311$$

برای محاسبه‌ی ارتفاع هر نقطه ارتفاع نقطه‌ی قبلی را با

اختلاف ارتفاع دو نقطه جمع می‌کنیم مثلاً:

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} = 100000 + 0637$$

$$= 100637m$$

$$H_C = H_B + \Delta H_{BC} = 100637 + 0532$$

$$= 101169m$$

$$H_N = H_M + \Delta H_{MN} = 100098 + 0311$$

$$= 100409$$

برای کنترل محاسبات جدول یک‌بار دیگر ارتفاع نقطه‌ی N

را از روش «محاسبه از مبنا» به دست می‌آوریم:

در جدول زیر اندازه‌ها را ثبت کرده و به روش فراز و نشیب

ارتفاع نقاط را محاسبه کرده‌ایم:

در این جا محاسبات انجام شده را به اختصار نوشته‌ایم تا

نحوه تکمیل کردن جدول مشخص شود. برای محاسبه‌ی اختلاف

ارتفاع هر دو نقطه کافی است قرائت‌های انجام شده روی آن‌ها

را از هم کم کنیم:

$\Delta H_{AB} = A$ قرائت روی B - قرائت روی A

$$= 2490 - 1853 = 0637$$

$\Delta H_{BC} = B$ قرائت روی C - قرائت روی B

$$= 1853 - 1321 = 0532$$

$\Delta H_{CD} = C$ قرائت روی D - قرائت روی C

$$= 1321 - 0956 = 0365$$

$\Delta H_{DE} = D$ قرائت روی E - قرائت عقب روی D

$$= 1008 - 2082 = -1074$$

$\Delta H_{EF} = E$ قرائت روی F - قرائت روی E

$$= 2082 - 3966 = -1884$$

$\Delta H_{FG} = F$ قرائت روی G - قرائت جلو روی F

شکل ۴۴-۸- فرم ترازیابی

نام نقطه NO	قرائت عقب B.S	قرائت وسط M.S	قرائت جلو F.S	اختلاف ارتفاع ΔH		ارتفاع H
				+	-	
A	2490					100000
B		1853		0637		100637
C		1321		0532		101169
D	1008		0956	0365		101534
E		2082			1074	100460
F		3966			1884	98576
G	2046		3054	0912		99488
L		1850		0196		99684
M		1436		0414		100098
N			1125	0311		100409

محاسبه‌ی جدول، «محاسبه به روش ارتفاع دستگاه» می‌گویند.

محاسبه‌ی جدول ترازیبی به روش «ارتفاع دستگاه»

در این روش ابتدا ارتفاع دستگاه را به کمک قرائت روی

نقطه‌ی معلوم محاسبه می‌کنیم:

قرائت روی نقطه‌ی معلوم + ارتفاع نقطه‌ی معلوم = ارتفاع دستگاه

اکنون با این دستگاه که ارتفاع آن معلوم است با قرائت

روی هر نقطه‌ی مجهول می‌توانیم ارتفاع آن را از رابطه‌ی زیر

به دست آوریم:

قرائت روی نقطه‌ی مجهول - ارتفاع دستگاه = ارتفاع نقطه‌ی مجهول

در شکل ۸-۴۵ ارتفاع نقطه‌ی A معلوم است:

$$H_A = 1000 \text{ m}$$

می‌خواهیم ارتفاع نقطه‌ی B را که مجهول است پیدا

کنیم. بنابراین در بین دو نقطه‌ی معلوم و مجهول دوربین ترازیب

را مستقر کرده و روی نقطه معلوم قرائت ۳۶۵۱ و روی نقطه‌ی

مجهول قرائت ۱۲۱۶ انجام داده‌ایم.

$$H_N = H_A + (\text{مجموع قرائت‌های عقب}) -$$

(مجموع قرائت‌های جلو)

$$H_N = 100000 + [(2490 + 1008 + 2046) -$$

$$(0956 + 3054 + 1125)]$$

$$H_N = 100000 + 5544 - 5135 = 100409$$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید جواب این روش با روش فراز

و نشیب یکی است و این نشان می‌دهد که در محاسبات جدول

دچار اشتباه نشده‌ایم.

به‌طور کلی جدول فراز و نشیب دارای این مزیت است

که شکل زمین بین دو نقطه را از نظر سربالا بودن یا سرازیر بودن

نشان می‌دهد. اما از آن‌جا که ارتفاع هر نقطه را از روی نقطه‌ی

قبلی محاسبه می‌کنیم در نتیجه اگر روی محاسبه‌ی یک نقطه دچار

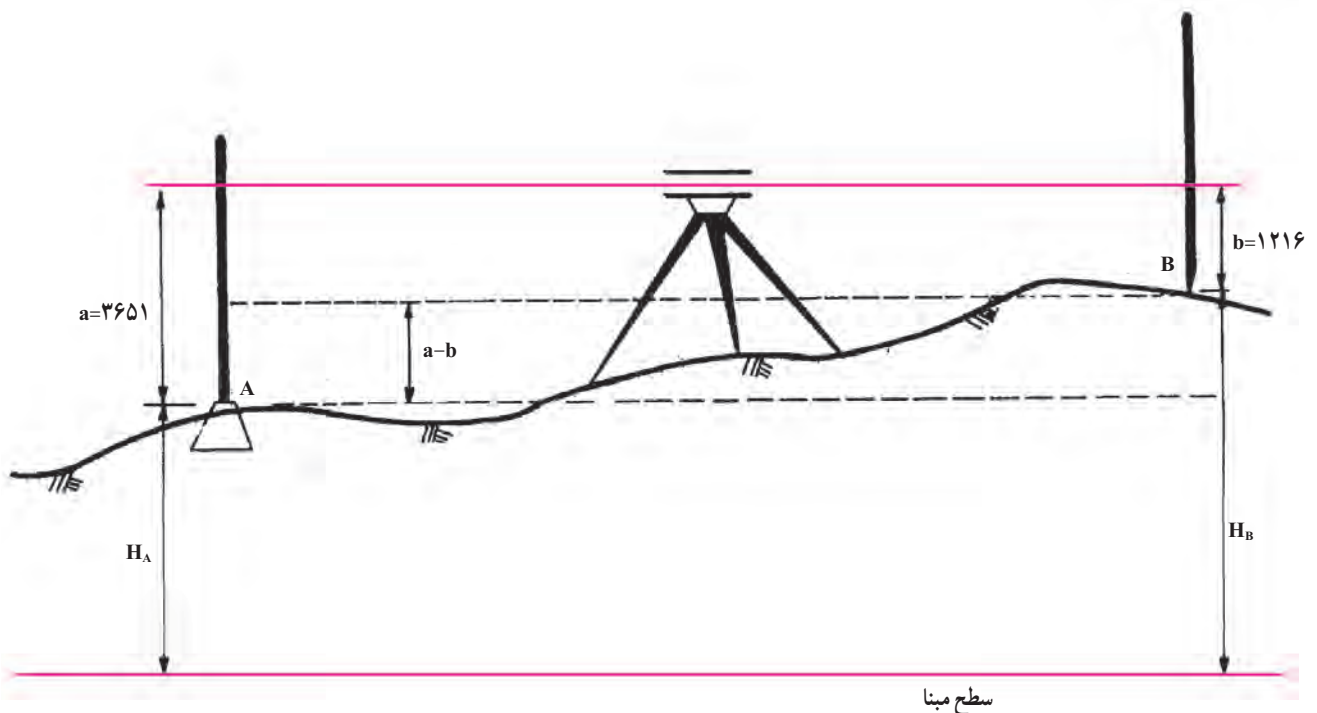
اشتباه شویم، این اشتباه روی همه‌ی نقاط بعدی تأثیر خواهد گذاشت

به همین دلیل معمولاً از روش دیگری جهت محاسبه‌ی ارتفاعات

استفاده می‌شود که در آن بدون محاسبه‌ی اختلاف ارتفاعات، به

طور مستقیم ارتفاع نقاط را محاسبه می‌کنیم. برای این کار از

ارتفاع خط دید ترازیب استفاده می‌کنیم، که اصطلاحاً به این روش



شکل ۸-۴۵ - ترازیبی مستقیم

ارتفاع دستگاه را با HI نشان می‌دهیم و داریم:

$$HI = H_A + a = 1000 + 3651 = 1003651$$

و ارتفاع نقطه‌ی مجهول B، برابر است با:

$$H_B = HI - b = 1003651 - 1216 = 1002435$$

برای تمرین بیشتر و مقایسه‌ی این روش با روش فراز و نشیب عملیات ترازیابی ارائه شده در شکل ۸-۴۳ را یک بار دیگر با روش ارتفاع دستگاه محاسبه می‌کنیم:

برای انجام محاسبات ابتدا باید اعداد مربوط به مشاهدات ترازیابی (شکل ۸-۴۳) را در جدول ترازیابی وارد کنیم (شکل ۸-۴۶) سپس محاسبات را با استفاده از جدول به صورت زیر ادامه می‌دهیم:

ابتدا ارتفاع دستگاه را در S_1 محاسبه می‌کنیم:

$$HI_{S_1} = H_A + a_A = 1000000 + 2490 = 1002490$$

ارتفاع B:

$$H_B = HI_{S_1} - b_B = 1002490 - 1853$$

ارتفاع C:

$$= 100637$$

$$H_C = HI_{S_1} - b_C = 1002490 - 1321$$

$$= 101169$$

ارتفاع D:

$$H_D = HI_{S_1} - b_D = 1002490 - 956$$

$$= 101534$$

اکنون ارتفاع دستگاه را در S_2 محاسبه می‌کنیم و برای این منظور D را نقطه‌ی معلوم در نظر می‌گیریم:

$$HI_{S_2} = H_D + a_D = 101534 + 1008$$

$$= 102542$$

ارتفاع E:

$$H_E = HI_{S_2} - b_E = 102542 - 2082$$

$$= 100460$$

ارتفاع F:

$$H_F = HI_{S_2} - b_F = 102542 - 3966$$

$$= 98576$$

شکل ۸-۴۶- جدول ترازیابی به روش ارتفاع دستگاه

نام نقطه NO	قرائت عقب B.S	قرائت وسط M.S	قرائت جلو F.S	ارتفاع دستگاه HI	ارتفاع H
A	2490			1002490	1000000
B		1853			100637
C		1321			101169
D	1008		956	102542	101534
E		2082			100460
F		3966			98576
G	2046		3054	101534	99488
L		1850			99684
M		1436			100098
N			1125		100409

ارتفاع G:

$$H_G = HI_{.S_p} - b_G = 102542 - 3054 \\ = 99488$$

اکنون ارتفاع دستگاه را در نقطه‌ی S_p محاسبه می‌کنیم:

$$HI_{.S_p} = H_G + a_G = 99488 + 2046 \\ = 101534$$

ارتفاع L:

$$H_L = HI_{.S_p} - b_L = 101534 - 1850 \\ = 99684$$

ارتفاع M:

$$H_M = HI_{.S_p} - b_M = 101534 - 1436 \\ = 100098$$

ارتفاع N:

$$H_N = HI_{.S_p} - b_N = 101534 - 1125 \\ = 100409$$

ملاحظه می‌کنید که نتایج حاصل از این روش با روش فراز و نشیب کاملاً برابر است ولی این روش سریع‌تر و ساده‌تر از روش فراز و نشیب می‌باشد. البته این روش نیز وقتی مناسب است که تعداد قرائت‌های وسط زیاد باشد در غیر این صورت مقدار محاسبات در این روش نیز افزایش یافته و مزیت سریع بودن خود را از دست خواهد داد.

۹-۹-۸- حذف خطاهای سیستماتیک: خطاهای

سیستماتیک به خطاهایی می‌گویند که دارای اندازه و جهت معین باشد. مثلاً خطاهای تقسیمات روی میر ترازایی به این ترتیب که درجات روی آن به جای آن که یک سانتی‌متر باشد به فرض ۹ میلی‌متر است. یعنی اندازه‌ی این خطای دستگاهی ۱ میلی‌متر در ۱ سانتی‌متر و جهت آن رو به پایین است، مثال دیگر از خطای سیستماتیک خطای انسانی است مانند خطای قرائت. یعنی در قرائت میر در حدس زدن میلی‌متر قرائت طبق عادت یا ذهنیات یک شخصی ممکن است همواره یک میلی‌متر کمتر و یا شخصی دیگر همواره هنگام قرائت یک یا دو میلی‌متر بیشتر قرائت می‌کند. خطای سیستماتیک دیگر می‌تواند خطای کلیماسیون باشد. خطای کلیماسیون عبارت است از خطای محور دیدگانی دوربین. یعنی

وقتی دوربین را تراز کرده‌ایم محور دیدگانی دوربین افقی نیست. یک روش مناسب و ساده برای رفع خطاهای سیستماتیک در ترازایی قرار دادن دوربین ترازباب در وسط فاصله‌ای است که می‌خواهیم اختلاف ارتفاع دو سر آن را پیدا کنیم. به این ترتیب، خطای سیستماتیک موجود در قرائت عقب به همان اندازه و جهت در قرائت جلو هم وارد می‌شود. لذا با عمل تفریق برای یافتن اختلاف ارتفاع این خطا نیز حذف می‌گردد. به‌عنوان مثال در یافتن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی A و B اگر خطای سیستماتیک به اندازه es روی هر قرائت داشته باشیم، در نهایت داریم:

$$- (es_A + \text{قرائت روی میر A}) = \text{اختلاف ارتفاع A و B} \\ (es_B + \text{قرائت روی میر B})$$

$$= (es_A - es_B) + (\text{قرائت روی میر B} - \text{قرائت روی میر A}) \\ = \text{قرائت روی میر B} - \text{قرائت روی میر A}$$

بنابراین، اگر دوربین ترازباب در وسط فاصله بین دو میر A و B باشد آن‌گاه مقادیر es_A و es_B تقریباً مساوی خواهد شد و در نتیجه خواهیم داشت:

$$es_A - es_B = 0 = \text{خطای سیستماتیک}$$

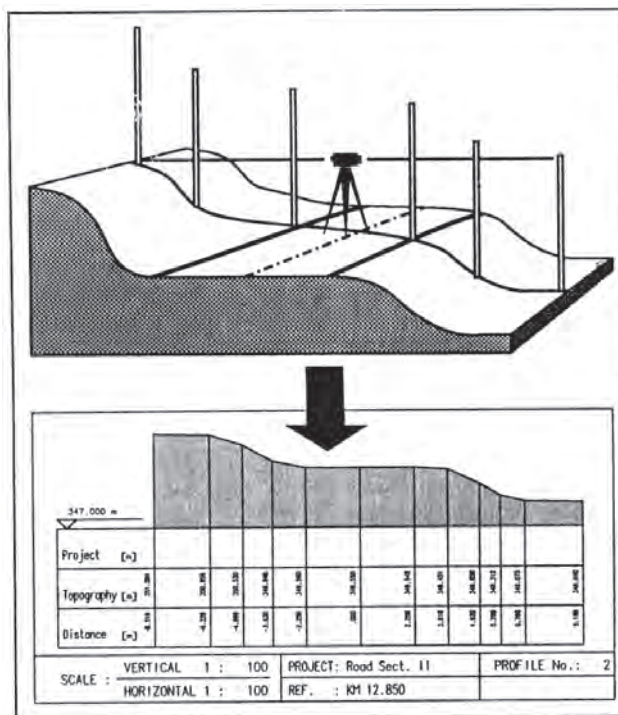
یعنی خطای سیستماتیک حذف خواهد شد.

۱-۹-۸- کاربرد ترازایی در ساختمان: در طرح‌ها و پروژه‌های ساختمانی خط تراز و سطوح افقی، از ابتدای کار تا مراحل پایانی آن در مقاطع مختلف بنا مورد نیاز می‌باشد. مثلاً برای ساختن یک ساختمان در صورتی که زمین دارای شیب یا پستی و بلندی باشد ابتدا باید آن را تسطیح نمود که در این مرحله با داشتن یک کد ارتفاعی معین به کمک یک دوربین ترازباب و یک عدد میر می‌توانیم دوربین را در محل مناسبی مستقر کرده میر را ابتدا روی ارتفاع مورد نظر (مثلاً خیابان یا هر عارضه‌ی مبنای دیگر) قرارداده تار وسط را قرائت و یادداشت کنیم. اکنون میر را در نقاط مختلف زمین مستقر کرده و اختلاف ارتفاع نقاط را به دست می‌آوریم و بر اساس این ارقام میزان خاکبرداری و خاکریزی هر نقطه معین می‌شود. پس از تسطیح زمین برای پیاده کردن پلان و گودبرداری فونداسیون، ریختن بتون مگر، افقی کردن شناژها، کنترل ارتفاع آن‌ها و همچنین نصب صفحات زیر ستون‌ها (بیس‌پلیت) و هم سطح کردن آن‌ها از ترازایی استفاده می‌کنیم. شکل ۴۷-۸ را ملاحظه نمایید.

پس از اجرای اسکلت نیز در مراحل نصب نعل درگاه‌ها، پنجره‌ها و قرنیزها، فرش کردن کف طبقات و... نیاز به خط تراز در فضاهاى داخلی ساختمان داریم که با یک ترازباب قادر به ایجاد آن خواهیم بود. شکل ۸-۴۸ را ملاحظه نمایید.

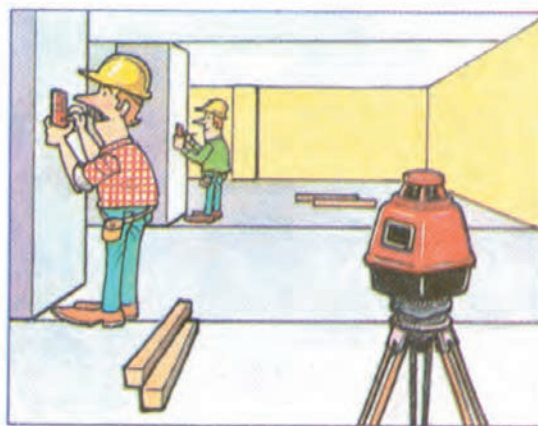


کاربرد ترازبابی



در این شکل کاربرد ترازبابی را در تهیه پروفیل (مقطع) عرضی از مسیر یک جاده ملاحظه می‌نمایید.

شکل ۸-۴۷



شکل ۴۸-۸- کاربرد تراز یابی «خط تراز در ساختمان»

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

- ۱- ترازیابی را تعریف کنید.
- ۲- هدف از ترازیابی را بیان کنید.
- ۳- اصطلاحات: امتداد قائم، سطح تراز، سطح تراز مینا، صفحه‌ی افقی، خط افق، صفحه‌ی قائم و ارتفاع نقطه را تعریف کنید.
- ۴- بنچمارک را تعریف نموده انواع آن را توضیح دهید.
- ۵- انواع ترازیابی را توضیح دهید.
- ۶- ترازیابی با ژالون و تراز متر را شرح دهید.
- ۷- طبقه بندی دوربین‌های ترازیاب را توضیح دهید.
- ۸- سه پایه، میر و تکیه گاه میر را توضیح دهید.
- ۹- تعاریف و اصطلاحات «حساسیت تراز» محور لوله‌ی تراز و محور قائم (محور اصلی دستگاه) را بیان کنید.

- ۱۰- انواع تراز در دستگاه‌های نقشه برداری را توضیح دهید.
- ۱۱- روشهای مختلف استقرار دستگاه بر روی یک نقطه را توضیح دهید.
- ۱۲- اصول ترازیابی مستقیم را شرح دهید.
- ۱۳- ترازیابی تدریجی را شرح دهید.
- ۱۴- انواع ارتفاع را بیان کنید.
- ۱۵- محاسبه‌ی جدول به روش فراز و نشیب را توضیح دهید.
- ۱۶- محاسبه‌ی جدول به روش ارتفاع دستگاه را توضیح دهید.

کار عملی

- ۱- بین رؤوس چند ضلعی مدرسه به طور رفت و برگشت ترازیابی نمایید.
- ۲- قرائت‌ها را در جدولی ثبت کرده اختلاف ارتفاعات را به روش فراز و نشیب به دست آورید.
- ۳- به یکی از رؤوس چند ضلعی ارتفاع دلخواهی داده ارتفاع سایر نقاط را در جدول محاسبه و ثبت نمایید.
- ۴- روی یکی از اضلاع چند ضلعی با ژالون و تراز متر ترازیابی نموده نتیجه را با ترازیابی انجام شده با دوربین مقایسه نمایید.
- ۵- روی یکی از اضلاع چندضلعی به کمک شیب سنج دستی، اندازه گیری زاویه‌ی شیب را انجام داده، با معلوم بودن طول مایل یا افقی، ترازیابی مثلثاتی انجام دهید و نتیجه را با دو روش قبلی مقایسه کنید.

کاربردهای ترازیابی در معماری

هدف‌های رفتاری: از دانش آموز انتظار می‌رود در پایان این فصل:

- ۱- استادیومتری را تعریف کرده، وسایل لازم برای استادیومتری را نام ببرد.
- ۲- اصول استادیومتری را با رسم شکل توضیح دهد.
- ۳- روش استادیومتری را مرحله به مرحله شرح دهد.
- ۴- توپوگرافی را تعریف کرده، کاربردهای آن را بیان کند.
- ۵- روش شبکه‌بندی برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی را مرحله به مرحله شرح دهد.
- ۶- عملیات خاکی را تعریف کرده، حجم عملیات خاکی را توضیح دهد.
- ۷- روش شبکه‌بندی برای محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی را شرح دهد.
- ۸- کاربرد ترازیابی در عملیات گودبرداری و تسطیح را شرح دهد.
- ۹- کاربرد ترازیابی در کنترل سطح بتن مگر را شرح دهد.
- ۱۰- کاربرد ترازیابی در کنترل سطح صفحات بیس‌پلیت را شرح دهد.
- ۱۱- روش ایجاد و انتقال خط تراز در ساختمان را شرح دهد.

۱-۹- استادیومتری

هر نسبتی که بین اضلاع و ارتفاع مثلث OPQ وجود داشته باشد همان نسبت‌ها بین اضلاع و ارتفاع مثلث OMN وجود دارد. یعنی:

$$\frac{\text{ارتفاع مثلث OMN}}{\text{ارتفاع مثلث OPQ}} = \frac{\text{MN}}{\text{PQ}}$$

از آنجا که دورین ترازیا ب طوری ساخته شده که نسبت ارتفاع مثلث OPQ به PQ همواره ثابت بوده و برابر 100° است، بنابراین، داریم:

$$\text{PQ} = 100^\circ \times \text{ارتفاع مثلث OPQ}$$

به همان دلیل ارتفاع مثلث OMN برابر است با:

$$\text{MN} = 100^\circ \times \text{ارتفاع مثلث OMN}$$

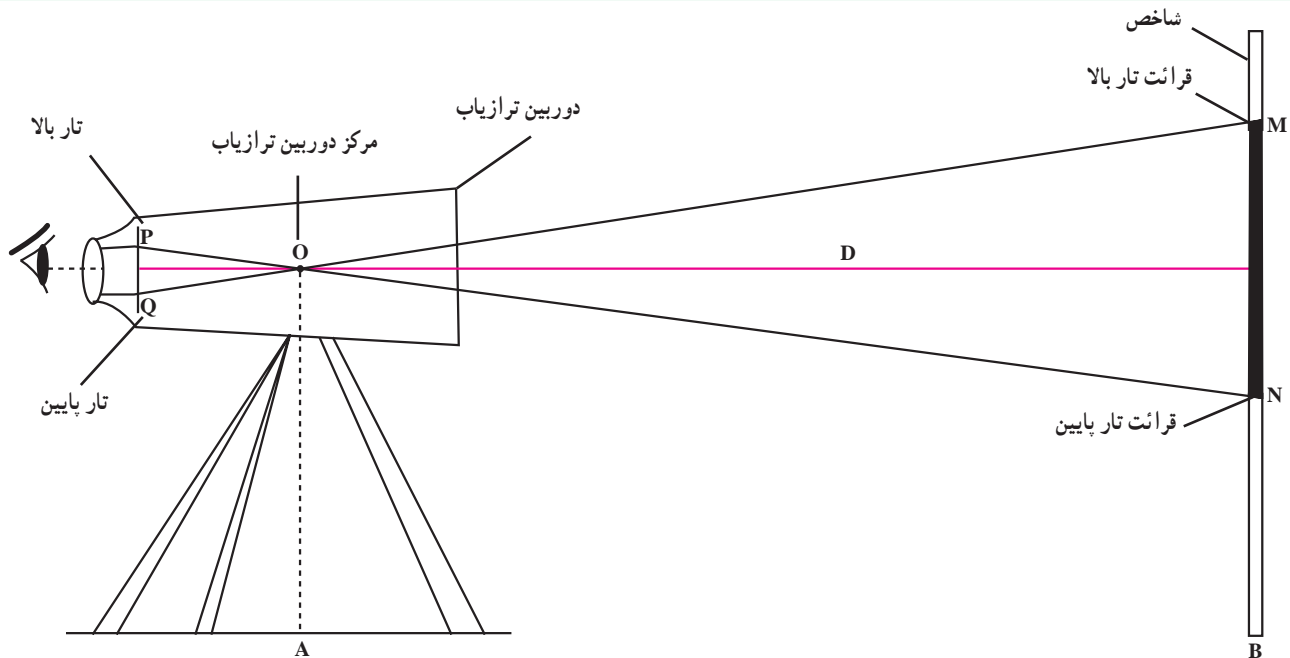
همانطور که در شکل ۹-۱ می‌بینید ارتفاع مثلث OMN

الف - تعریف استادیومتری: اندازه‌گیری فاصله افقی با استفاده از استادیا (شاخص یا میر) را استادیومتری می‌گویند.

ب - وسایل استادیومتری: استادیومتری به وسیله‌ی یک دستگاه ترازیا ب (نیو)، یک عدد شاخص (استادیا) به همراه ترازنبشی انجام می‌گیرد. (البته به کمک دستگاه زاویه‌یا ب نیز می‌توان استادیومتری را انجام داد ولی در این‌جا استفاده از ترازیا ب ذکر می‌شود.

ج - اصول استادیومتری: در شکل ۹-۱ دستگاه ترازیا ب و امتداد نورهای گذرنده از عدسی‌های آن را به صورت ساده مشاهده می‌نمایید.

در شکل ۹-۱ دو مثلث OPQ و OMN متشابه‌اند، بنابراین



شکل ۱-۹- استادیمتری

پایه‌ها را چنان جابه‌جا کنید که نوک شاقول در روی نقطه‌ی A قرار بگیرد. سپس با کمک پیچ‌هایی، ترازیاب را در حالت افقی قرار دهید. در این حالت دوربین بر روی نقطه‌ی A مستقر شده است.

۲- استقرار شاخص بر روی نقطه‌ی B: شاخص را در روی نقطه‌ی B قرار داده، با کمک یک تراز نشی، که در کنار آن قرار می‌دهید، شاخص را در حالت قائم نگاه دارید.

۳- قراولروی به شاخص و قرائت تار بالا و پایین دوربین: در پشت دوربین مستقر در نقطه‌ی A قرار گرفته به شاخص مستقر در نقطه‌ی B قراولروی کنید. سعی کنید با کمک پیچ تنظیم تصویر، شاخص را به‌صورت واضح ببینید و با چرخاندن عدسی چشمی تصویر تارهای رتیکول را نیز کاملاً واضح کنید تا تارها را به‌صورت یک خط باریک و معین ببینید. توجه داشته باشید که اگر تصویر میر و تارهای رتیکول واضح نباشد قرائت شما خطا خواهد داشت و چون در عمل استادیمتری عدد قرائت شده در عدد ۱۰۰ ضرب می‌شود در واقع خطای شما ۱۰۰ برابر خواهد شد.

۴- قرائت تار بالا و پایین: اعداد مربوط به تار بالا و تار پایین را در روی میر قرائت کنید. این قرائت‌ها را به‌صورت چهار

همان فاصله افقی بین محل استقرار دوربین و محل استقرار شاخص است. بنابراین، فاصله افقی D بین دو نقطه‌ی A و B برابر است با:

$$D = 100 \cdot MN$$

نقطه‌ی M محل انطباق تار بالای دوربین روی شاخص و نقطه‌ی N محل انطباق تار پایین روی شاخص است، بنابراین، MN عبارت است از اختلاف تار بالا و پایین، پس داریم:

$$MN = \text{قرائت تار پایین} - \text{قرائت تار بالا}$$

بطور خلاصه می‌توان گفت که فاصله‌ی افقی به روش استادیمتری برابر است با:

$$\text{قرائت تار پایین} - \text{قرائت تار بالا} \times 100 = \text{فاصله‌ی افقی}$$

د- روش استادیمتری: برای اندازه‌گیری فاصله افقی بین دو نقطه A و B به روش استادیمتری باید مراحل زیر را به‌ترتیب انجام داد:

۱- استقرار دوربین ترازیاب بر روی یکی از نقاط (مثلاً نقطه‌ی A): همانطور که می‌دانید منظور از استقرار دوربین ترازیاب بر روی یک نقطه عبارت است از سانتراژ کردن و تراز کردن دوربین بر روی آن برای سانتراژ کردن دوربین ترازیاب شاقول مخصوص ترازیاب را در وسط سه پایه (زیر دوربین) آویزان و

$$D_{AB} = 239 \text{ m}$$

مثال ۲: در شکل ۹-۲ قرائت روی میر را مشاهده می‌نمایید مطلوب است فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی مورد نظر به روش استادیتری.

حل: همان‌طور که در شکل ۹-۲ ملاحظه می‌نمایید قرائت تار بالا ۱۰۷۳ و قرائت تار پایین ۸۹۵ می‌باشد، بنابراین، ابتدا اختلاف تار بالا و پایین را محاسبه می‌کنیم:

$$L = \text{قرائت تار پایین} - \text{قرائت تار بالا}$$

$$L = 178$$

سپس از رابطه‌ی استادیتری فاصله را محاسبه می‌کنیم:

$$D = 100 \cdot L$$

$$D = 100 \times 178 = 17800 \text{ mm} = 17.8 \text{ m}$$

یعنی فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی مورد نظر ۱۷/۸ متر می‌باشد.

رقمی بنویسید (برحسب میلی‌متر).

۵- محاسبه‌ی اختلاف تار بالا و تار پایین (این اختلاف را معمولاً با L نمایش می‌دهند):

$$L = \text{قرائت تار پایین} - \text{قرائت تار بالا}$$

۶- محاسبه‌ی فاصله‌ی افقی (فاصله‌ی افقی را با حرف

D نمایش می‌دهند):

$$D = 100 \cdot L$$

مثال ۱: در یک عمل استادیتری بین دو نقطه‌ی A و B

تار بالا ۳۸۲۵ و تار پایین ۱۴۳۵ قرائت شده است فاصله‌ی افقی AB را محاسبه نمایید.

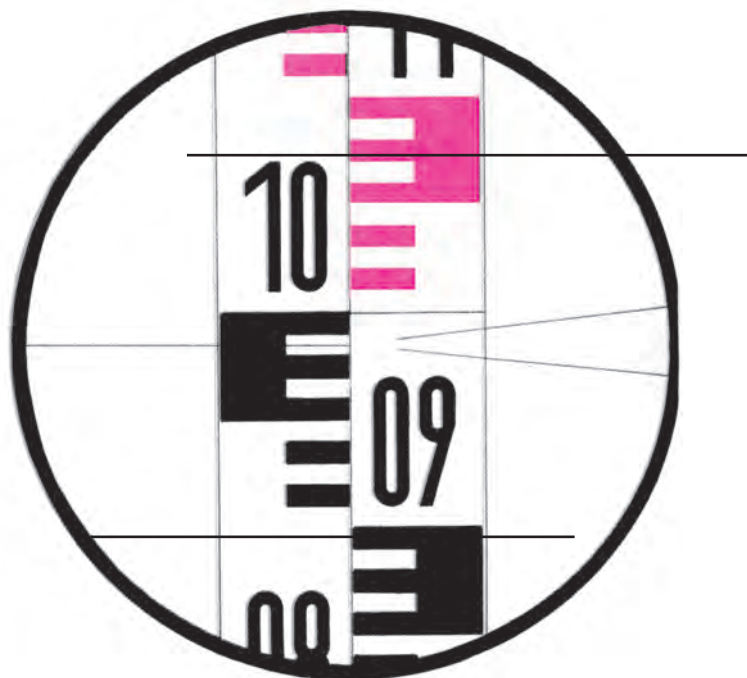
حل: رابطه‌ی استادیتری عبارت است از:

$$D_{AB} = 100 \cdot L$$

$$L = \text{قرائت تار پایین} - \text{قرائت تار بالا}$$

$$L = 3825 - 1435 = 2390 \text{ mm}$$

$$D_{AB} = 100 \cdot L = 100 \times 2390 = 239000 \text{ mm}$$



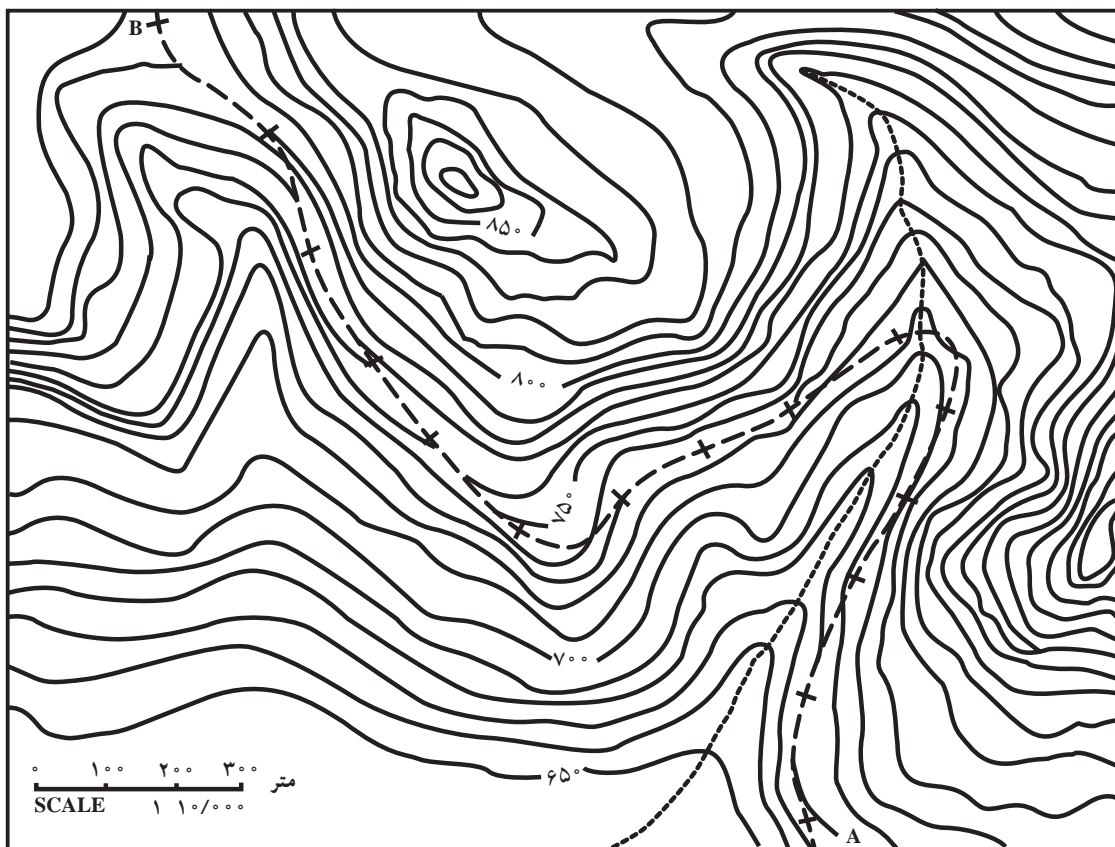
شکل ۹-۲

پستی‌ها و بلندی‌های یک قطعه زمین با استفاده از خطوط منحنی میزان در روی صفحه‌ی نقشه.

۹-۲- تهیه نقشه‌ی توپوگرافی به روش شبکه‌بندی
تعریف توپوگرافی: توپوگرافی عبارت است از نمایش

کردن طرح‌ها، تهیه برش از مناطق مورد نظر، محاسبه حجم عملیات خاکی، تسطیح و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کاربرد نقشه‌های توپوگرافی: نقشه‌های توپوگرافی برای مطالعات اولیه پروژه‌های عمرانی، انتخاب بهترین محل برای پیاده



شکل ۳-۹- طرح یک مسیر بر روی نقشه توپوگرافی

را با خطوط راست به هم متصل می‌کنیم. در نقاط شکستگی منحنی‌های مناسبی که به خوبی دو خط شکسته را تقریب کند ترسیم می‌کنیم. در روی منحنی‌ها در یک مسیر معینی در جهت افزایش ارتفاع هر منحنی را در روی آن می‌نویسیم. خطوط منحنی میزان را مرکبی کرده در محل نوشتن اعداد، جای خالی می‌گذاریم تا اعداد مربوط به ارتفاعات منحنی‌ها را بنویسیم. بنابراین مراحل تهیه نقشه‌ی توپوگرافی به روش شیت‌بندی عبارت‌اند از:

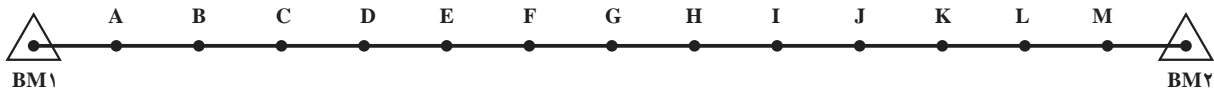
۱- شناسایی منطقه: اولین مرحله‌ی کار تهیه نقشه شناسایی منطقه‌ی مورد نظر است. که حدود منطقه و عوارض طبیعی و مصنوعی موجود در آن و حدود منطقه تعیین شده در روی برگه‌ی شناسایی، کروکی منطقه ترسیم می‌شود و عوارض طبیعی و مصنوعی نیز به روی کروکی منتقل می‌شود و در مورد شناسایی

روش شبکه‌بندی برای تهیه نقشه‌ی توپوگرافی روش‌های متفاوتی برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی وجود دارد که روش شبکه‌بندی یکی از ساده‌ترین این روش‌ها است، در این روش ابتدا منطقه را شناسایی کرده، کروکی آن را ترسیم می‌کنیم و نقاط مبنا را انتخاب کرده بر روی زمین منتقل می‌کنیم و با استفاده از امتدادهای عمود بر هم منطقه را شبکه‌بندی می‌کنیم، سپس در روی تمام نقاط این شبکه ترازیابی انجام می‌دهیم. اعداد حاصل از ترازیابی را در جداول مربوطه نوشته ارتفاع تمام نقاط شبکه را محاسبه کرده این اندازه‌ها را بر روی شیت شبکه‌بندی شده منتقل می‌کنیم. سپس بین نقاط مجاور از طریق درون‌یابی (اینتریولاسیون) ارتفاعات معین را در روی اضلاع شبکه پیدا می‌کنیم و با توجه به شکل منطقه (در کروکی شناسایی ترسیم شده است) نقاط هم‌ارتفاع

خط مبنا را در روی زمین تثبیت کرده بر روی کروکی نیز موقعیت آنرا مشخص و نام‌گذاری می‌نماییم.

۳- پیاده کردن امتداد مبنا در روی زمین: امتداد مبنا در روی زمین باید دیده شود تا بتوانیم سایر امتدادها را از روی آن اخراج کرده، منطقه را شبکه‌بندی کنیم. بنابراین، با مستقر کردن دوربین ترازیا ب در ابتدای خط مبنا و استقرار یک شاخص یا ژالون در انتهای آن در روی این امتداد میخ‌کوبی کرده با بستن نخ بر روی میخ‌ها امتداد مبنا را در روی زمین مشخص می‌کنیم. معمولاً برای آن‌که این خط به‌راحتی دیده شود با پودر گچ یا رنگ (بسته به جنس زمین) این خط را در روی زمین تثبیت می‌کنند.

۴- مترکشی و تقسیم خط مبنا: خط مبنا را به دقت به‌صورت رفت و برگشت مترکشی کرده طول آن را محاسبه می‌کنیم. سپس با توجه به نوع منطقه (از نظر پستی بلندی) و دقتی که در ترسیم منحنی میزان‌ها خواسته شده فواصل تعیین شده برای نقاط شبکه را در روی خط مبنا جدا می‌کنیم. مثلاً، اگر قرار است که شبکه با فواصل ده متری ایجاد شود. در روی خط مبنا مترکشی نموده در هر ۱۰ متر یک میخ می‌کوبیم و با گچ یا رنگ نام هر نقطه را در کنار آن می‌نویسیم (شکل ۴-۹).



شکل ۴-۹- تقسیم خط مبنا

اعداد شماره‌گذاری می‌کنیم. به این ترتیب، کلیه نقاط شبکه در روی زمین تعیین شده نام‌گذاری نیز می‌شوند.

۶- ترازیابی بر روی خط مبنا: از نقطه‌ی BM1 تا نقطه‌ی BM2 بر روی تمام نقاط خط مبنا به‌صورت رفت و برگشت ترازیابی انجام می‌دهیم. سپس با دادن یک کد ارتفاعی اختیاری به نقطه‌ی BM1 ارتفاع کلیه‌ی نقاط خط مبنا را محاسبه می‌کنیم.

۷- ترازیابی سایر نقاط شبکه: پس از ترازیابی خط مبنا و تعیین ارتفاع هر یک از نقاط A و B و ... اکنون بر روی نقاط شبکه که بر امتدادهای عمود بر خط مبنا قرار دارند به هر روش مناسب ترازیابی کرده و با استفاده از ارتفاع نقاط خط مبنا

برای تهیه نقشه‌ی توپوگرافی شکل منطقه نیز بسیار مهم است و باید خط‌العملها و خط‌الرأس‌ها نیز در آن ترسیم شوند، زیرا این کروکی بهترین راهنما برای ترسیم منحنی‌های میزان خواهد بود و برای کنترل محاسبات و انجام ترسیمات که در دفترکار انجام می‌شود و شاید افرادی که نقشه را ترسیم می‌کنند به منطقه‌ی موردنظر نرفته و کار عملیات زمینی نکرده باشند و در نتیجه کروکی ترسیم شده در مرحله‌ی شناسایی بهترین راهنما برای آنان خواهد بود.

۲- انتخاب خط مبنا: برای شبکه‌بندی منطقه‌ی موردنظر ابتدا باید یک خط مبنا در روی زمین تعیین شود. این خط باید دارای خصوصیات زیر باشد:

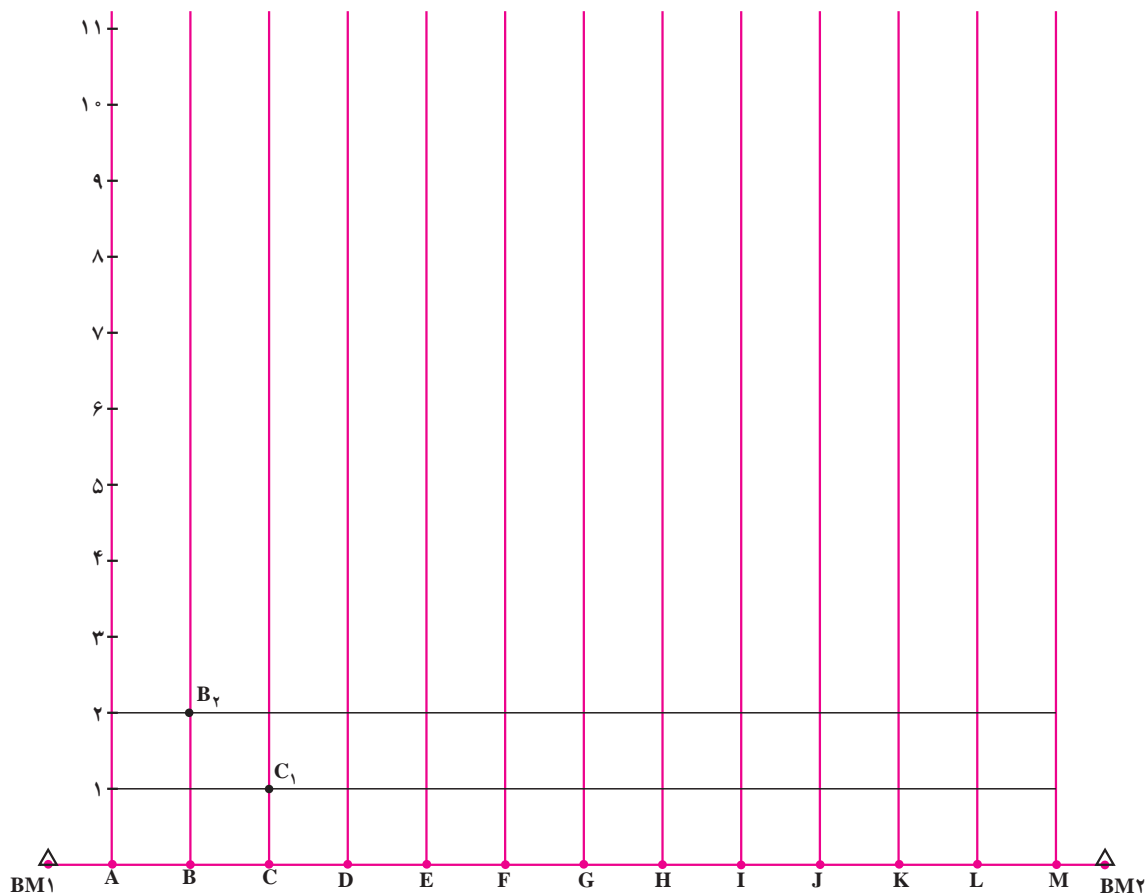
- در امتداد بلندترین طول منطقه باشد.
- بین ابتدا و انتهای آن دید وجود داشته باشد.
- این امتداد به کل منطقه مشرف باشد.
- در صورت امکان شیب آن یا پستی بلندی‌های روی آن حداقل باشد.

- در صورتی که منطقه خیلی وسیع باشد می‌توانیم این امتداد را به‌جای آن‌که در یکی از کناره‌های منطقه انتخاب کنیم در میان منطقه طوری انتخاب نماییم که به دو طرف خود مشرف باشد.

نقطه‌ی ابتدای خط مبنا را BM1 و نقطه‌ی انتهای آن را BM2 می‌نامیم.

۵- اخراج امتدادهای قائم از روی نقاط خط مبنا: دوربین ترازیا ب را در روی هر کدام از نقاط خط مبنا مستقر کرده صفر نقاله‌ی افقی را در امتداد یکی از نقاط مبنا (هر کدام که نزدیکتر باشد) قرار داده دوربین ترازیا ب را ۹۰ درجه چرخانده و امتداد قائمی را اخراج و در روی زمین آنرا نیز همانند خط مبنا به فواصل تعیین شده تقسیم کرده نقاط حاصل را میخ‌کوبی و تثبیت می‌کنیم. به این ترتیب کلیه نقاط شبکه را در روی زمین پیاده می‌کنیم (شکل ۵-۹).

نقاط به‌دست آمده روی خطوط عمود بر خط مبنا را با



شکل ۹-۵- شبکه بندی

یافتن نقاط روی منحنی های میزان : در شکل ۹-۵، دو نقطه‌ی A_1 و B_1 را در نظر بگیرید و فرض کنید ارتفاع A_1 برابر $۵۸/۰۲$ و ارتفاع B_1 برابر $۶۱/۲۶$ باشد مطابق شکل ۶-۹ داریم : اگر این دو نقطه را در روی زمین و به صورت واقعی نمایش دهیم به صورت شکل ۹-۷ دیده خواهد شد :

در صورتی که قرار باشد منحنی میزان های ۲ متری برای منطقه‌ی مورد نظر ترسیم کنیم با توجه به شکل ۹-۷ می بینید که بین $۵۸/۰۲$ و $۶۱/۲۶$ باید نقطه‌ای را بیابیم که ارتفاع آن ۶۰ متر باشد، یعنی می خواهیم بین دو نقطه A_1 و B_1 نقطه‌ی M را چنان بیابیم که ارتفاع نقطه‌ی M برابر ۶۰ متر باشد. اکنون اگر اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A_1 و B_1 و اختلاف ارتفاع دو نقطه A_1 و M را بیابیم شکل فرضی زیر حاصل خواهد شد.

سؤال این است که اگر از نقطه‌ی A_1 ده متر جلوتر برویم

ارتفاع کلیه نقاط شبکه را محاسبه می نمایم .

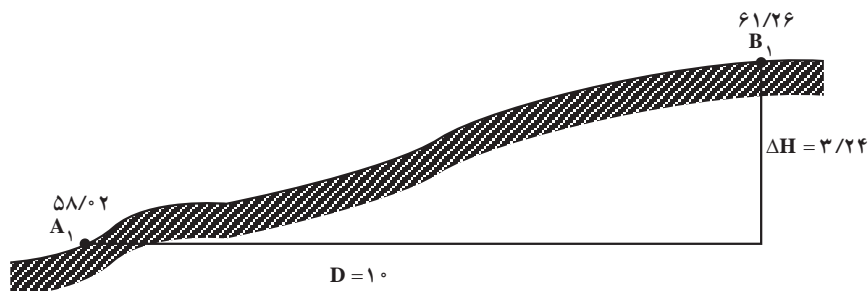
۸- ترسیم شبکه بر روی شیت نقشه : با توجه به مقیاس خواسته شده ابتدا خط مبنا را در روی شیت نقشه پیاده کرده نقاط روی آن را نیز جدا کرده، نامگذاری می کنیم. سپس خطوط عمود بر خط مبنا را ترسیم، آن‌ها را نیز به قطعات مساوی همانند خط مبنا تقسیم می کنیم. از اتصال نقاط A_1 و B_1 و C_1 و ... به همدیگر خط موازی خط مبنا را ترسیم می کنیم و همین عمل را برای نقاط A_2 و B_2 و C_2 و ... و سایر نقاط تکرار می کنیم تا شبکه تراز یابی ترسیم گردد.

۹- ثبت ارتفاع نقاط شبکه : از روی فرم‌ها و جداول محاسباتی ارتفاع نقاط شبکه را استخراج کرده و در کنار هر نقطه می نویسیم.

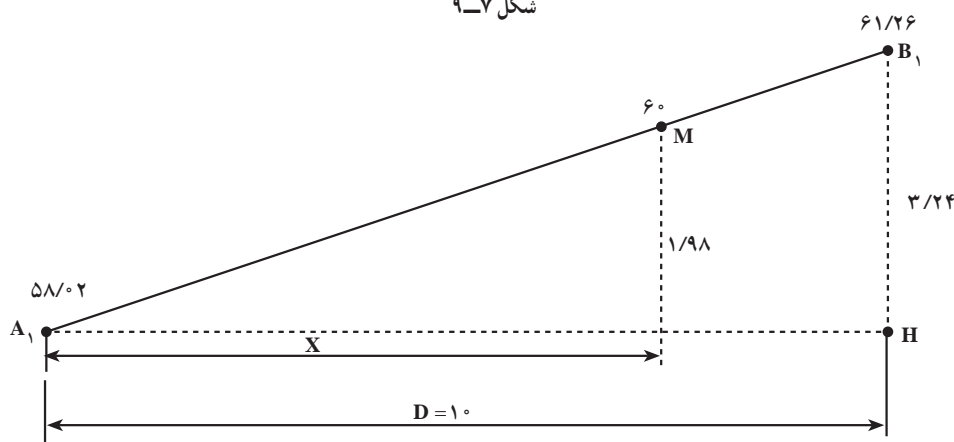
۱۰- واسطه یابی (درون یابی یا اینتریولاسیون) برای



شکل ۹-۶



شکل ۹-۷



شکل ۹-۸

اگر همین عمل را بر روی کلیه اضلاع شبکه انجام دهیم نقاط با ارتفاع ... ۶۲، ۶۰، ۵۸، ۵۶، ۵۴، ۵۲ و ... در روی اضلاع شبکه پیدا می‌شوند.

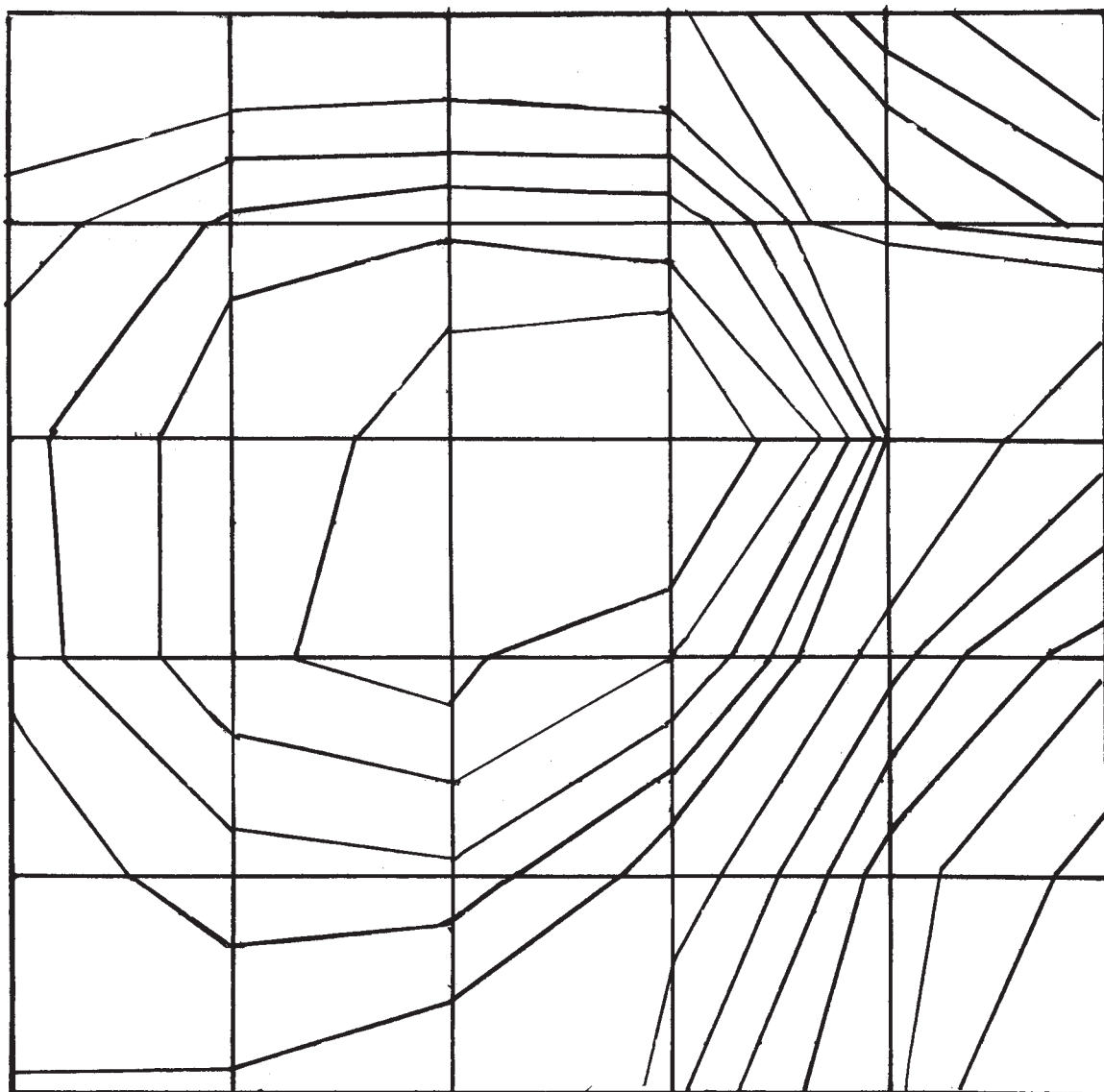
۱۱- اتصال نقاط هم ارتفاع به یکدیگر: اکنون باید

نقاط هم ارتفاع به دست آمده را با توجه به کروکی منطقه با خطوط راست به یکدیگر متصل نماییم در شکل ۹-۹ بخشی از یک شبکه را ملاحظه می‌نمایید که در آن نقاط هم ارتفاع با خطوط راست به یکدیگر متصل شده‌اند:

تا به نقطه‌ی B1 برسیم اختلاف ارتفاع ۳/۲۴ متر، ایجاد می‌شود، حالا از نقطه‌ی A1 چقدر باید جلو تر برویم تا اختلاف ارتفاع ۱/۹۸ متر، ایجاد شود؟ جواب سؤال فوق با توجه به شکل ۹-۸ از روی نسبت تشابه مثلث‌ها به دست خواهد آمد؛

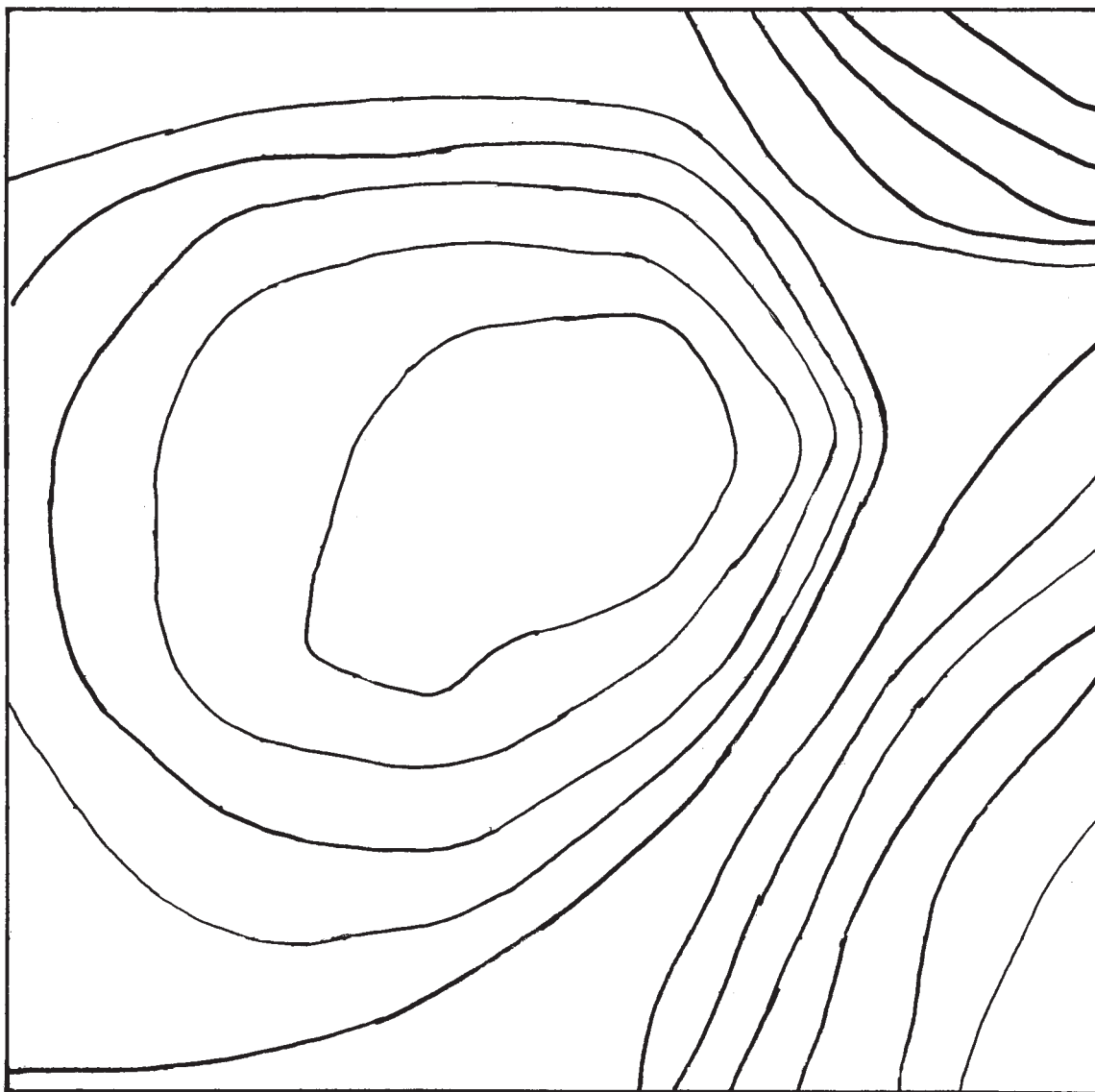
$$\frac{3/24}{10} = \frac{1/98}{x} \Rightarrow x = \frac{10 \times 1/98}{3/24} = 6/11$$

بنابراین، کافی است بر روی ضلع A1B1 از شبکه به اندازه‌ی ۶/۱۱ با توجه به مقیاس از طرف نقطه‌ی A1 جدا کنیم تا به نقطه‌ی M برسیم که ارتفاع آن برابر ۶۰ متر می‌باشد.



شکل ۹-۹- خطوط شکسته‌ی میزان

۱۲- ترسیم خطوط منحنی میزان: اگر در نقاط مماس کنیم خطوط شکسته‌ی میزان تبدیل به منحنی‌های میزان شکستگی خطوط شکسته‌ی هم ارتفاع منحنی‌های مناسبی را خواهند شد (شکل ۱۰-۹).



شکل ۱۰-۹- خطوط منحنی میزان

می‌گردد و البته نقشه‌ی توپوگرافی وقتی تکمیل می‌شود که ارتفاع خطوط منحنی میزان را نیز در روی آن‌ها در مسیرهای معینی در جهت افزایش ارتفاع بنویسیم. هم‌چنین عوارض مهم و نقاط ارتفاعی مانند قله‌ی تپه‌ها و قعرده‌ها را با علامت \times در روی نقشه مشخص کرده جدول راهنمای حاشیه‌ی نقشه و شناسنامه نقشه و سایر اطلاعات قراردادی را نیز به آن اضافه نماییم.

۱۳- ترسیم نقشه‌ی توپوگرافی: با مرکبی کردن خطوط منحنی میزان به کمک قلم رایید و پاک کردن خطوط شبکه و خطوط شکسته یا با قرار دادن یک شیت شفاف در روی نقشه‌ی مدادی و کپی کردن خطوط منحنی میزان با قلم رایید بر روی آن، می‌توانیم نقشه‌ی توپوگرافی منطقه‌ی موردنظر را ترسیم کنیم. امروزه اکثراً منحنی میزان‌ها توسط نرم‌افزارهای خاص ترسیم

بنابراین، باید از روش‌های تقریبی برای این محاسبه استفاده کنیم. روش ساده‌ای که در اینجا پیشنهاد می‌شود، روش میانگین‌گیری است.

همان‌طور که می‌دانید حجم منشور عبارت است از مساحت قاعده ضربدر ارتفاع در شکل ۹-۱۱ می‌بینید که منشور ناقص ما دارای چهار ارتفاع متفاوت می‌باشد که بهترین تقریب گرفتن ارتفاع میانگین است بنابراین میانگین چهار ارتفاع را محاسبه کرده حجم منشور شکل ۹-۱۱ را از طریق زیر محاسبه می‌کنیم:

ارتفاع میانگین \times مساحت قاعده = حجم تقریبی منشور ناقص

برای محاسبه حجم خاکبرداری یک بخش از شبکه با توجه به شکل ۹-۱۱ داریم:

$$v = \text{ارتفاع میانگین} \times \text{مساحت قاعده}$$

$$v = (10 \times 10) \times \frac{7/282 + 5/324 + 5/848 + 6/526}{4}$$

$$v = (100) \times 62/45 = 6245 \text{ m}^3$$

بنابراین، حجم عملیات خاکبرداری در یک سلول از مجموعه‌ی شبکه‌بندی شده به این ترتیب به دست می‌آید و با محاسبه‌ی همه‌ی سلول‌های شبکه و جمع جبری آن‌ها می‌توانیم حجم عملیات خاکی را برای تسطیح یک منطقه و رسیدن به سطح پروژه محاسبه نماییم.

۹-۳- محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی به روش شبکه‌بندی

الف- تعریف عملیات خاکی: منظور از عملیات خاکی

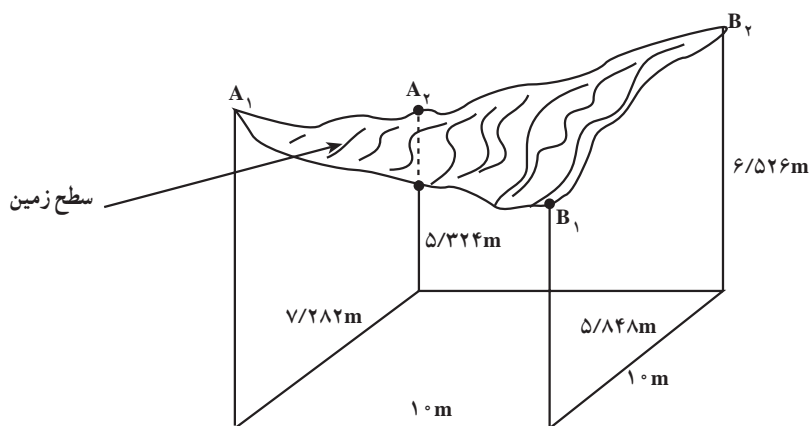
دو عمل خاکبرداری و خاکریزی است که نسبت به سطح پروژه انجام می‌گیرد.

پس از تعیین ارتفاع صفر پروژه ممکن است در محل اجرای پروژه بخش‌هایی از زمین بالاتر از سطح صفر پروژه و در بخش‌های دیگر سطح زمین پایین‌تر از سطح صفر پروژه باشد، بنابراین از محل‌های بلندتر از سطح پروژه باید خاکبرداری و در محل‌های پایین‌تر از سطح پروژه باید خاکریزی شود تا سطح زمین در زیر پروژه آماده‌سازی گردد. به مجموع عملیات خاکبرداری و خاکریزی عملیات خاکی می‌گویند و حجم خاکی را که در این عملیات جابجا می‌شود، حجم عملیات خاکی پروژه می‌گویند.

ب- روش شبکه‌بندی برای محاسبه‌ی حجم عملیات

خاکی: در روش شبکه‌بندی کل منطقه‌ی موردنظر به قطعات مساوی تقسیم شده و هر گوشه‌ی این قطعات دارای ارتفاع می‌باشد. در شکل ۹-۱۱ یکی از قطعات یک شبکه را مشاهده می‌نمایید:

همان‌طور که ملاحظه می‌نمایید حجم خاکی که در بالای سطح پروژه قرار دارد باید برداشته شود تا به سطح پروژه برسیم. برای محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی باید حجم منشوری از خاک را محاسبه کنیم که سطح بالایی آن حالت مشخصی ندارد



شکل ۹-۱۱

۹-۴- کاربرد ترازیابی در عملیات گودبرداری و تسطیح

برای کنترل و هدایت عملیات گودبرداری و تسطیح یک قطعه زمین و رسیدن به سطح صفر یک پروژه می‌توانیم از یک دستگاه تراز یاب (نیو) و یک عدد شاخص (میر) استفاده نماییم مراحل کار به شرح زیر است:

۱- ایجاد یک نقطه‌ی مبنای ارتفاعی (بنچمارک):
در کنار منطقه‌ی عملیاتی در محلی که در اثر عملیات خاکبرداری یا خاکریزی تخریب نشود نقطه‌ای را انتخاب می‌کنیم که به راحتی قابل دسترسی و به منطقه‌ی عملیاتی دید داشته باشد. سپس محل مورد نظر را اندکی گود کرده مقداری بتن در آن می‌ریزیم و یک میلگرد را که به شکل L درآورده‌ایم در درون آن قرار می‌دهیم به نحوی که حدود ۲ سانتی‌متر نوک میلگرد بیرون از سطح بتن قرار گیرد البته می‌توانیم این علامت بتنی را قبلاً در کارگاه با استفاده از یک قالب ساخته و به محل مورد نظر آورده در نقطه‌ای که گود کرده‌ایم، جای گذاری نماییم.

۲- تعیین اختلاف ارتفاع نقطه‌ی مبنای موقت با سطح مبنای معین: اگر قرار باشد پروژه‌ی مورد نظر در سطح معینی از نظر ارتفاع نسبت به یک سطح قراردادی مثل سطح خیابان یا سطح یک نقطه‌ی مبنای دیگر در اطراف منطقه‌ی عملیاتی قرار بگیرد، ابتدا باید اختلاف ارتفاع نقطه‌ی مبنای موقتی که ساخته‌ایم را با آن سطح معین ارتفاع به دست آوریم. مثلاً اگر سطح خیابانی که از نزدیکی منطقه مورد نظر می‌گذرد، به عنوان سطح مبنا تعیین شده باشد، ابتدا باید با انجام یک عمل تراز یابی تدریجی از نقطه‌ی مبنای موقت که ساخته‌ایم تا سطح آن خیابان انجام دهیم و اختلاف ارتفاع نقطه‌ی مبنای موقتی را که ساخته‌ایم با آن سطح مبنا محاسبه می‌کنیم. البته اگر سطح مبنای مورد نظر مثلاً سطح خیابان کاملاً مجاور منطقه‌ی عملیاتی باشد و به راحتی بتوانیم از آن استفاده کنیم دیگر نیازی به ساختن یک نقطه‌ی مبنا و اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع آن نیست.

۳- تعیین اختلاف ارتفاع سطح پروژه با نقطه‌ی مبنای موقت: فرض کنید سطح صفر پروژه مورد نظر ۳ متر پایین‌تر از سطح مبنا (مثلاً سطح خیابان) باشد. در صورتی که اختلاف

ارتفاع نقطه‌ی مبنای که برای کنترل پروژه ساخته‌ایم با این سطح مبنا ۲- باشد، سطح پروژه باید یک متر پایین‌تر از نقطه‌ی مبنای موقت قرار بگیرد.

۴- استقرار دستگاه تراز یاب و کنترل ارتفاع سطح پروژه: در این مرحله دوربین تراز یاب را در محلی مناسب، چنان مستقر می‌کنیم که هم به نقطه‌ی مبنای موقت و هم به منطقه‌ی عملیاتی دید داشته باشد سپس با قرار دادن یک شاخص در روی نقطه‌ی مبنا تار بلند افقی را در روی آن قرائت می‌کنیم و فرض کنید عدد ۲۴۵۸ را به دست می‌آوریم. از آنجا که در مثال ما سطح پروژه باید یک متر پایین‌تر از سطح مبنای موقت باشد، بنابراین، در منطقه‌ی عملیاتی آن قدر خاکبرداری یا خاکریزی می‌نماییم که در هر نقطه از منطقه زمانی که به شاخص قراول می‌رویم عدد ۳۴۵۸ را قرائت کنیم.

۹-۵- کنترل سطح بتن مگر

همانطور که می‌دانید سطح بتن مگر باید دارای دو ویژگی باشد:

۱- کاملاً افقی باشد.

۲- ارتفاع معینی داشته باشد.

برای کنترل دو ویژگی فوق کافی است ابتدا اختلاف ارتفاع سطح بتن مگر تا یک سطح مبنای معین یا موقت را در نظر بگیریم که از روی پلان‌های ترسیم شده برای پروژه، این اختلاف ارتفاع قابل محاسبه است. فرض کنید که اختلاف (ارتفاع) ارتفاع سطح بتن مگر با سطح یک نقطه‌ی مبنای موقت ۲/۵۱۴- متر باشد، دوربین تراز یاب را در محل مناسبی مستقر کرده به شاخصی که در روی آن نقطه‌ی مبنای موقت قرار داده‌ایم قراول می‌رویم فرض کنید عدد ۱۲۱۷ را قرائت می‌کنیم. بنابراین در روی میز مستقر بر روی بتن مگر باید عدد $3731 = 1217 + 2514$ را قرائت نماییم.

۹-۶- کنترل سطح صفحات بیس پلیت

برای کنترل افقی بودن سطح صفحات بیس پلیت و کنترل هم سطح بودن بیس پلیت‌ها می‌توانیم از دستگاه تراز یاب و یک عدد شاخص استفاده کنیم.

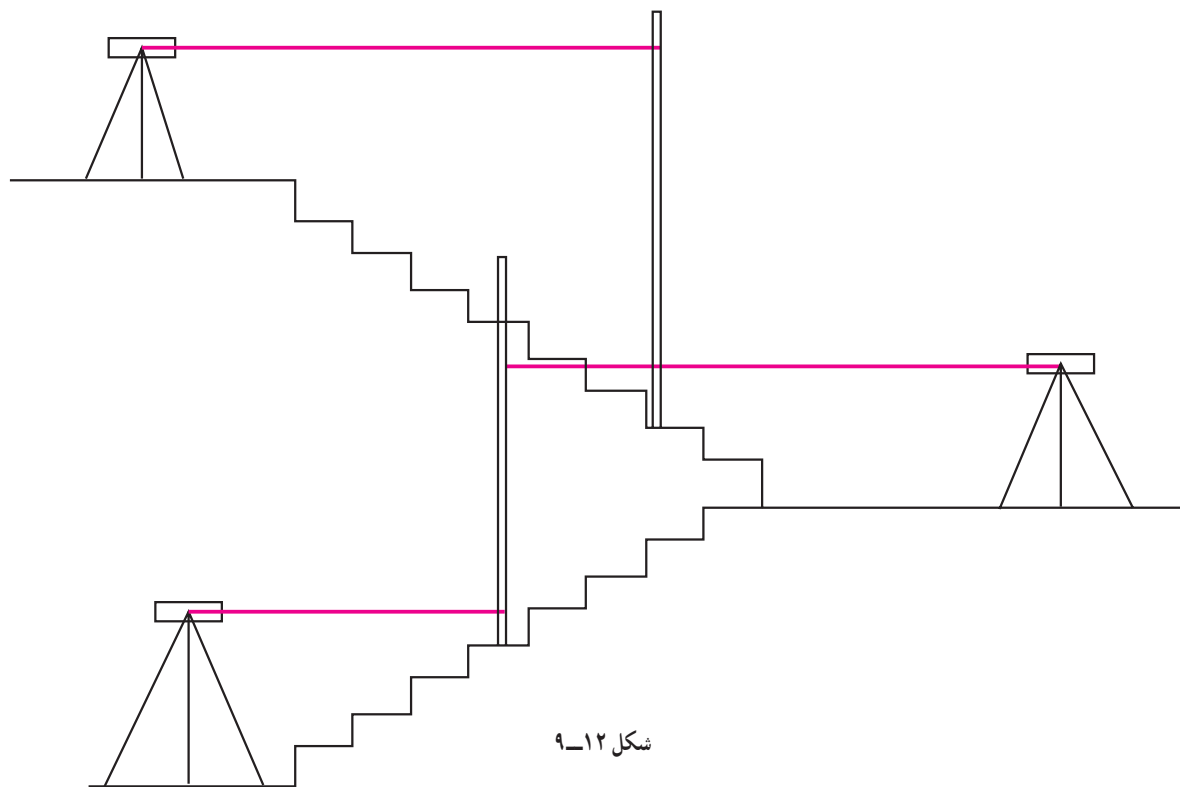
اضافه کردن اختلاف ارتفاع سطح بیس پلیت با نقطه‌ی مبنا به روی قرائت شاخصی در نقطه‌ی مبنا، ارتفاع سطح بیس پلیت‌ها را با قرار دادن شاخصی بر روی آن‌ها کنترل می‌کنیم. مثلاً اگر اختلاف سطح بیس پلیت‌ها با نقطه یا سطح مبنا باید ۲- متر باشد، یعنی سطح بیس پلیت‌ها باید ۲ متر پایین‌تر از سطح مبنا باشد، با قرار دادن شاخصی بر روی نقطه‌ی مبنا و قرائت تار وسط مثلاً عدد ۱۱۲۵ را به دست می‌آوریم. با جمع کردن این عدد با عدد ۲ متر اختلاف ارتفاع عدد ۳۱۲۵ را به دست می‌آوریم. پس باید در روی همه‌ی بیس پلیت‌ها عدد ۳۱۲۵ را در روی شاخص بخوانیم.

۷-۹- خط تراز در ساختمان

هنگام ساخت نعل درگاه‌ها، نصب کف پنجره‌ها، قرنیزها و رسم خطوط پل‌ها در یک طبقه یا انتقال کد ارتفاعی به طبقات بالاتر ساختمان و کارهای نظیر این‌ها به خط تراز و یا کد ارتفاعی نیاز داریم، که با استفاده از یک دستگاه تراز یاب و یک عدد شاخصی می‌توانیم این کار را انجام دهیم. در شکل ۹-۱۲ یک نمونه از انتقال که ارتفاعی را بین طبقات از طریق تراز یابی تدریجی مشاهده می‌کنیم.

برای کنترل افقی بودن سطح یک بیس پلیت کافی است دوربین تراز یاب را در محل مناسبی مستقر کنیم و سپس به شاخصی که در روی بیس پلیت قرار داده‌ایم قراول برویم. سطح بیس پلیت در صورتی افقی خواهد بود که وقتی شاخصی را در هر کدام از چهار گوشه‌ی بیس پلیت قرار می‌دهیم عدد معینی را قرائت کنیم. مثلاً اگر در یک گوشه‌ی بیس پلیت عدد ۳۲۱۸ را قرائت می‌کنیم در سه گوشه‌ی دیگر بیس پلیت نیز همین عدد را قرائت کنیم. البته، برای افقی کردن سطح بیس پلیت می‌توانیم از تراز بنایی نیز به راحتی استفاده نماییم. اما برای کنترل هم سطح بودن بیس پلیت‌ها استفاده از دوربین تراز یاب الزامی است. برای این کار با قرار دادن شاخص بر روی هر کدام از بیس پلیت‌ها باید عدد یکسانی را روی شاخص قرائت نماییم، مثلاً اگر روی یک بیس پلیت عدد ۱۸۴۹ را قرائت می‌کنیم باید روی همه‌ی بیس پلیت‌های دیگر نیز همین عدد را قرائت کنیم.

در صورتی که بخواهیم ارتفاع بیس پلیت‌ها را نیز کنترل کنیم ابتدا باید از روی پلانهای پروژه مورد نظر ارتفاع بیس پلیت‌ها را پیدا کنیم سپس با قراردادن شاخصی در روی نقطه‌ی مبنا و



به این پرسش‌ها پاسخ دهید

- ۱- استادیتری را تعریف کرده وسایل لازم برای آن را نام ببرید.
- ۲- اصول استادیتری را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۳- روش استادیتری را مرحله به مرحله شرح دهید.
- ۴- توپوگرافی را تعریف کرده، کاربردهای آن را بیان کنید.
- ۵- روش شبکه‌بندی برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی را مرحله به مرحله شرح دهید.
- ۶- عملیات خاکی را تعریف کرده، حجم عملیات خاکی را توضیح دهید.
- ۷- روش شبکه‌بندی برای محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی را توضیح دهید.
- ۸- کاربرد ترازبایی در عملیات گودبرداری و تسطیح را شرح دهید.
- ۹- کاربرد ترازبایی در کنترل سطح بتن مگر را شرح دهید.
- ۱۰- کاربرد ترازبایی در کنترل سطح صفحات بیس‌پلیت را شرح دهید.
- ۱۱- روش ایجاد و انتقال خط تراز در ساختمان را شرح دهید.

کار عملی

- ۱- استادیتری کنید.
- اضلاع شبکه نقشه‌برداری هنرستان خود را به روش استادیتری اندازه‌گیری نمایید. این عمل را به صورت رفت و برگشت انجام داده و میانگین آن‌ها را با طول اضلاع شبکه که از طریق مترکشی به دست آورده‌اید، مقایسه و گزارش نمایید.
- ۲- از یک منطقه‌ی محدود به روش شبکه‌بندی نقشه توپوگرافی تهیه کنید. در زمینی که دارای پستی و بلندی‌های قابل توجهی باشد (تپه ماهور بهتر است) در زمینی به وسعت تقریبی یک هکتار شبکه‌های 10° متر یا 5° متری ایجاد کرده سپس از ترازبایی نقاط شبکه و دادن یک ارتفاع دلخواه به خط مبنا ارتفاع نقاط شبکه را محاسبه نموده و با ترسیم خطوط منحنی میزان نقشه‌ی توپوگرافی منطقه موردنظر را تهیه نمایید.

فهرست منابع

- ۱- نشریه‌ی علمی و فنی سازمان نقشه‌برداری کشور شماره‌ی ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۷.
- ۲- نشریه‌ی پیام یونسکو تیرماه ۱۳۷۰.
- ۳- نوبخت، شمس (۱۳۶۶) نقشه‌برداری (چاپ دوم) تهران چاپخانه‌ی ساحل.
- ۴- دانشور، هوشنگ کارتوگرافی، سازمان جغرافیایی کشور.
- ۵- اکبرلو، احمد و آبادی، میرکاظم - طرح‌های متنوع ساختمانی چاپخانه‌ی چهر تبریز.
- ۶- ذوالفقاری، محمود، نقشه‌برداری تهران، چاپ چاپخانه‌ی آراین.
- ۷- نوری، علی، ژئودزی (جلد اول)، چاپ و صحافی چاپ سایه.
- ۸- هندسه‌ی سال اول آموزش متوسطه عمومی - علوم تجربی و ریاضی.
- ۹- مثلثات سال سوم ریاضی فیزیک.
- ۱۰- نقشه‌برداری، سال چهارم هنرستان رشته‌ی ساختمان.
- ۱۱- مساحی، سال دوم رشته‌ی نقشه‌برداری.

