بسم الله الرحمن الرحیم

نقشه‌برداری

پایهٔ دوازدهم
دورهٔ دوم متوسطه

رشتهٔ نقشه‌کشی معماری

گروه تحصیلی هنر

زمینهٔ خدمات

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

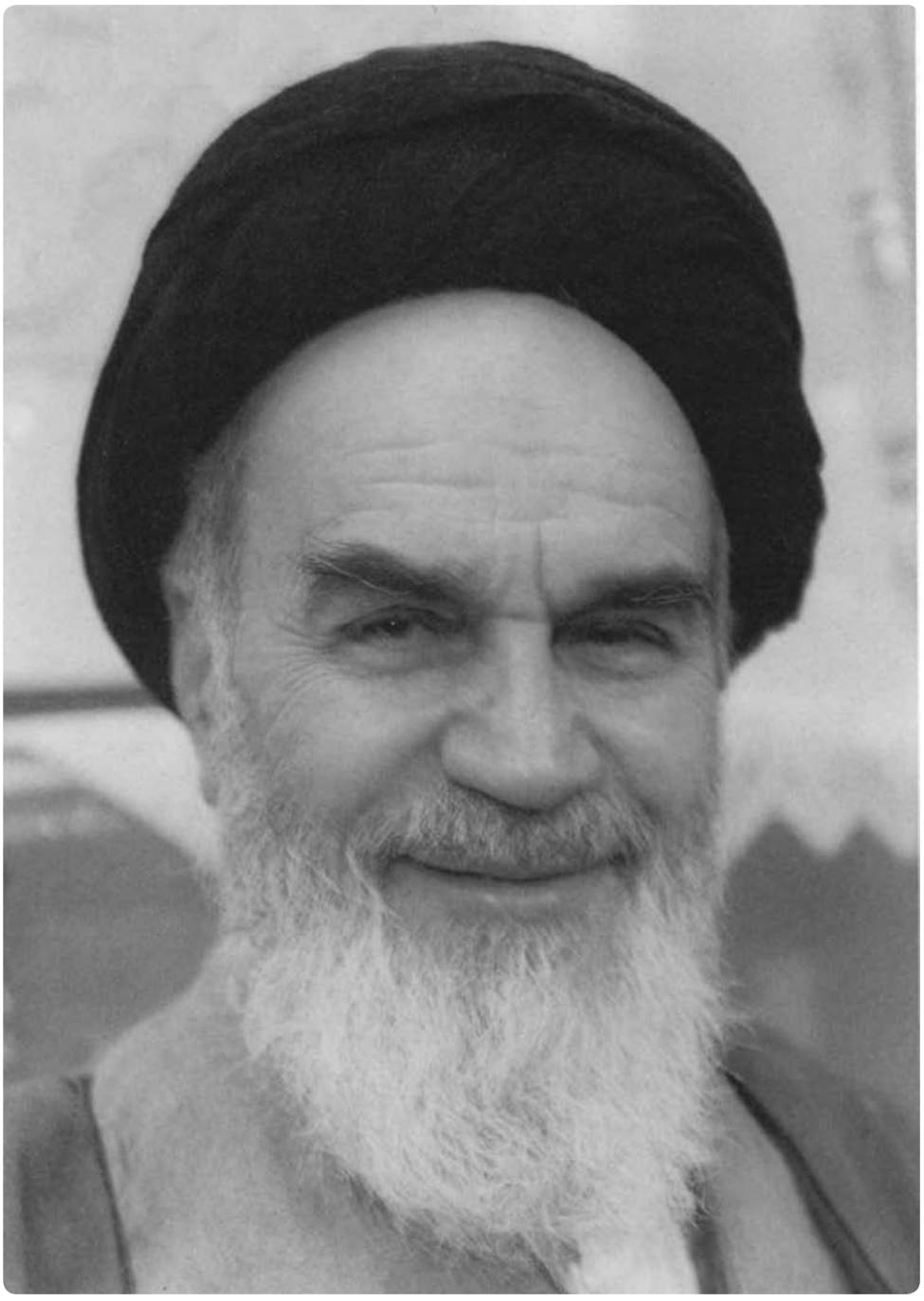
۵۲۶/۹ نوبخت، شمس
ن ۶۷۹ ن نقشه‌برداری/مؤلفان: شمس نوبخت، یحیی مهرپویان. ــ تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
۱۲۹ص. : مصور. ــ آموزش فنی و حرفه‌ای.
متون درسی رشتهٔ نقشه‌کشی معماری گروه تحصیلی هنر، زمینهٔ خدمات.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ نقشه‌کشی معماری دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
۱. نقشه‌برداری. الف. مهرپویان، یحیی. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ج. عنوان. د. فروست.

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب : نقشه‌برداری ـ ۲۱۲۶۲۸
پدیدآورنده : سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف : ویدا تقوایی، عبدالحمید قنبران، پرستو آریانژاد، نبی‌الله مقیمی، ملک طباطبایی‌زواره، شهناز کاردان و محمدرضا طهماسب‌پور (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
شمس نوبخت، یحیی مهرپویان (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری : ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی : راحله زادفتح‌اله (صفحه‌آرا) ـ طاهره حسن‌زاده (طراح جلد) ـ پیمان حبیب‌پور (رسام)
نشانی سازمان : تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه : www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)
تلفن :۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ اول ۱۳۹۷

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۹-۰۳۷۸-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-0378-9**



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست

پیشنهاد مؤلفان
مقدمه
هدف کلی کتاب

فصل اول : تعاریف و اصطلاحات

هدف‌های رفتاری ۱
۱ــ۱ــ تعریف نقشه در نقشه‌برداری ۳
۱ــ۲ــ تعریف مقیاس نقشه در نقشه‌برداری ۳
۱ــ۳ــ انواع روش‌های نمایش مقیاس در نقشه‌برداری ۳
۱ــ۴ــ رابطه‌ی مقیاس و دقت نقشه ۴
۱ــ۵ــ انواع نقشه در نقشه‌برداری ۴
۱ــ۶ــ شاخه‌های نقشه‌برداری ۸
۱ــ۷ــ علائم قراردادی مورد استفاده در نقشه‌ها (لژاند) ۱۰
به این پرسش‌ها پاسخ دهید ۱۳

فصل دوم : اشتباه و خطا در نقشه‌برداری

هدف‌های رفتاری ۱۴
۲ــ۱ــ تعریف خطا در نقشه‌برداری ۱۴
۲ــ۲ــ انواع خطا ۱۴
به این پرسش‌ها پاسخ دهید ۱۷
تمرین ۱۸

فصل سوم : امتدادگذاری با وسایل ساده نقشه‌برداری

هدف‌های رفتاری ۱۹
۳ــ۱ــ وسایل ساده نقشه‌برداری ۱۹
۳ــ۲ــ علایم ارتباطی و هدایت کننده‌ی عملیات نقشه‌برداری در امتدادگذاری ۲۸
۳ــ۳ــ امتدادگذاری ساده ۳۰
۳ــ۴ــ امتدادگذاری با وجود مانع دید استقرارپذیر ۳۱
۳ــ۵ــ محل تقاطع دو امتداد ۳۳
۳ــ۶ــ روش اخراج عمود از نقطه‌ای روی امتداد ۳۳

۳ـ۷ـ وارد کردن عمود بر یک امتداد از نقطه‌ای خارج از آن ۳۴
۳ـ۸ ـ تعیین امتدادی موازی با یک امتداد ۳۵
۳ـ۹ـ امتدادگذاری با وجود مانع دید استقرارناپذیر (مانع دید و عبور) ۳۶
۳ـ۱۰ـ پیاده کردن دایره یا کمانی از دایره ۳۶
به این پرسش‌ها پاسخ دهید ۳۸
کار عملی ۳۸

فصل چهارم : اندازه‌گیری فاصله با روش‌های مستقیم و غیرمستقیم

هدف‌های رفتاری ۳۹
۴ـ۱ـ امتدادگذاری ساده ۴۰
۴ـ۲ـ انواع روش‌های اندازه‌گیری فاصله ۴۱
۴ـ۳ـ روش‌های اندازه‌گیری طول به روش مستقیم ۴۱
۴ـ۴ـ اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی بین دو نقطه با استفاده از طول شیب‌دار با وسایل ساده ۴۶
۴ـ۵ـ اندازه‌گیری فاصله به روش ارسال امواج رادیویی و لیزر ۴۹
به این پرسش‌ها پاسخ دهید ۵۱
تمرین و عملیات ۵۱

فصل پنجم : اندازه‌گیری زاویه با وسایل ساده نقشه‌برداری

هدف‌های رفتاری ۵۲
۵ـ۱ـ تعریف زاویه ۵۲
۵ـ۲ـ واحدهای اندازه‌گیری زاویه ۵۳
۵ـ۳ـ تبدیل واحدهای زاویه ۵۴
۵ـ۴ـ روش‌های اندازه‌گیری زاویه با متر ۵۴
۵ـ۵ـ پیاده کردن زوایا با متر و گونیای مساحی ۵۷
۵ـ۶ـ پیاده کردن زاویه توسط متر ۵۸
به این پرسش‌ها پاسخ دهید ۶۰
کار عملی ۶۰

فصل ششم : برداشت، محاسبه و ترسیم نقشه با وسایل ساده نقشه‌برداری

هدف‌های رفتاری ۶۱
۶ـ۱ـ مراحل تهیه‌ی نقشه ۶۱
۶ـ۲ـ وظایف گروه شناسایی ۶۲

۳ــ ۶ــ تعریف شمال جغرافیایی یک نقطه ۶۲
۴ــ۶ــ برداشت ۶۳
۵ ــ ۶ــ برداشت از طریق یک خط هادی (خط مبنا) ۶۴
۶ ــ ۶ــ برداشت از طریق دو یا چند خط هادی ۶۵
۷ــ ۶ــ برداشت به روش مثلث‌بندی ۶۷
۸ ــ۶ــ محاسبه و ترسیم ۶۸
۹ــ ۶ــ روش محاسبه و ترسیم نقشه با استفاده از یک خط مبنا ۶۹
۱۰ــ۶ــ محاسبه و ترسیم نقشه به کمک دو یا چند خط هادی ۷۰
۱۱ــ۶ــ محاسبه و ترسیم نقشه به روش مثلث‌بندی ۷۱
به این پرسش‌ها پاسخ دهید ۷۲
تمرین عملی ۷۲

فصل هفتم : مسّاحی

هدف‌های رفتاری ۷۳
۱ــ ۷ــ فرمول مساحت شکل‌های هندسی ۷۳
۲ــ ۷ــ روش‌های تعیین مساحت یک قطعه زمین با شکل هندسی غیرمنظم ۷۴
۱ــ ۲ــ ۷ــ روش مثلث‌بندی ۷۴
۲ــ ۲ــ ۷ــ محاسبه‌ی مساحت به روش خط هادی ۷۵
۳ــ ۲ــ ۷ــ روش ذوزنقه‌های هم ارتفاع ۷۶
۴ــ ۲ــ ۷ــ روش تعیین مساحت با کاغذ میلیمتری ۷۹
۵ــ ۲ــ ۷ــ روش تعیین مساحت با استفاده از پلانیمتر ۷۹
به این پرسش‌ها پاسخ دهید ۸۱
تمرین و عملیات ۸۱

فصل هشتم : ترازیابی

هدف‌های رفتاری ۸۲
۱ــ ۸ ــ تعریف ترازیابی ۸۳
۲ــ ۸ ــ هدف از ترازیابی ۸۳
۳ــ ۸ ــ اصطلاحات مهم در ترازیابی ۸۳
۴ــ ۸ ــ انواع ترازیابی ۸۴
۵ ــ ۸ ــ ترازیابی بارومتریک (ترازیابی فشارسنجی) ۸۴
۶ــ ۸ ــ ترازیابی غیرمستقیم (مثلثاتی) ۸۵

۷ــ ۸ ــ ترازیابی مستقیم یا هندسی ۸۵
۱ــ ۷ــ ۸ ــ ترازیابی با شیلنگ تراز ۸۵
۲ــ ۷ــ ۸ ــ ترازیابی با شمشه و تراز بنایی ۸۶
۳ــ ۷ــ ۸ ــ ترازیابی با شمشه و شاقول بنایی ۸۶
۴ــ ۷ــ ۸ ــ ترازیابی با ژالون و ترازمتر (ترازدستی) ۸۷
۸ ــ ۸ ــ ترازیابی با دوربین ۸۸
۹ ــ ۸ ــ کنترل سالم بودن دوربین ترازیاب ۹۴
به این پرسش‌ها پاسخ دهید ۱۱۵
کار عملی ۱۱۵

فصل نهم : کاربردهای ترازیابی در معماری

هدف‌های رفتاری ۱۱۶
۱ــ ۹ ــ استادیمتری ۱۱۶
۲ــ ۹ ــ تهیه نقشه‌ی توپوگرافی به روش شبکه‌بندی ۱۱۸
۳ــ۹ــ محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی به روش شبکه‌بندی ۱۲۵
۴ــ۹ــ کاربرد ترازیابی در عملیات گودبرداری و تسطیح ۱۲۶
۵ــ۹ــ کنترل سطح بتن‌مگر ۱۲۶
۶ــ۹ــ کنترل سطح صفحات بیس‌پلیت ۱۲۶
۷ــ۹ــ خط تراز در ساختمان ۱۲۷
به این پرسش‌ها پاسخ دهید ۱۲۸
کار عملی ۱۲۸

فهرست منابع ۱۲۹

پیشنهاد مؤلفان

در محوطه‌ی هنرستان با کمک دانش‌آموزان چند نقطه‌ی نقشه‌برداری ایجاد نمایید تا جهت تمرینات عملی که در کتاب منظور شده از آن‌ها استفاده شود.

با تشکر ــ مؤلفان

مقدمه

امروز انسان با مدد تکنولوژی مواد اولیه را از دل خاک بیرون کشیده انواع دستگاه‌ها و ابزار مدرن صنعتی و وسایل و کالاهای مصرفی را در جهت آسایش زندگی فراهم ساخته و با بناکردن سدهای عظیم و کانال‌های طولانی آب مصرفی منازل و امور کشاورزی را فراهم کرده است و با کشاورزی و دامپروری مکانیزه موادغذایی میلیاردها انسان را مهیّا می‌سازد.

آنچه مسلم است در بنای این تمدن عظیم همه‌ی شاخه‌های علوم و فنون سهیم هستند؛ مهندسین معمار و مهندسین راه و ساختمان، سازه‌ها و ساختمان‌های لازم را به کمک مهندسین نقشه‌بردار طراحی، اجرا و کنترل می‌کنند و سایر متخصصین،دستگاه‌ها، تجهیزات و ملزومات‌سازه‌ها و ساختمان‌ها را نصب، راه‌اندازی و نگهداری می‌نمایند.

موضوع بحث این کتاب نقشه‌برداری است. علمی که در گذشته از مجموعه‌ی هندسه، نجوم و جغرافیا تشکیل شده بود و کشفیات و اختراعات چند سده‌ی اخیر، بخصوص قرن نوزدهم و بیستم، سبب تکامل آن شد؛ برای مثال اندازه‌گیری یک طول ده کیلومتری که در گذشته با مشقت بسیار زیاد و صرف وقت طولانی و با دقت کم انجام می‌شد، نقشه‌برداری جدید با کمک ابزار الکترونیکی در مدت چند ثانیه با دقت بسیار زیاد آن را اندازه‌گیری می‌نماید. همچنین به کمک عکس‌های هوایی که به‌وسیله‌ی هواپیما تهیه می‌شود، تهیه‌ی نقشه‌های دقیق از مناطق وسیعی از سطح کره‌ی زمین به راحتی انجام می‌گیرد.

در چند دهه‌ی اخیر با ورود کامپیوتر و ماهواره به عرصه‌ی نقشه‌برداری، این علم دوباره متولد شده و در آستانه‌ی رشد و تحولی عظیم قرارگرفته و احتمال آن می‌رود که روش‌های کلاسیک نقشه‌برداری به کلّی منسوخ گردد که در صورت تحقّق این امر باید روش‌های نوین نقشه‌برداری آموزش داده شوند، اما در هر صورت، دانستن اصول اساسی و ریاضی پایه و نیز روش‌های ساده و ابتدایی همواره به قوت خود باقی خواهند ماند، و در کارهای معمولی ساختمانی که نیازی به وجود ماهواره و کامپیوتر نیست یا استفاده از آن‌ها پرهزینه و غیرمعقول به نظر می‌رسد، نقشه‌برداری با وسایل ساده و دوربین‌های کلاسیک هنوز کاربرد فراوانی خواهد داشت.

هدف کلی کتاب

آشنایی با مفاهیم نقشه‌برداری و توانایی کاربرد وسایل و دستگاه‌های نقشه‌برداری

فصل اول

تعاریف و اصطلاحات

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

۱ــ نقشه‌برداری را تعریف کند.

۲ــ نقشه را تعریف کند.

۳ــ مقیاس نقشه را تعریف کند.

۴ــ انواع روش‌های نمایش مقیاس را در نقشه‌برداری بیان کند.

۵ــ انواع نقشه از نظر مقیاس را توضیح دهد.

۶ــ انواع نقشه‌برداری را بیان کند.

۷ــ شاخه‌های مختلف رشته‌ی نقشه‌برداری را توضیح دهد.

۸ــ 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، به‌صورت ابتدایی با تعیین موقعیت آشنا بوده است؛ برای نمونه :

ــ کشاورزی که پیرامون زمین خود را با سنگ‌چین مشخص می‌کند در واقع تعیین موقعیت می‌کند.

ــ اگر شما نشانی محل سکونت خود را به‌صورت جملات یا کروکی در اختیار دوستتان قرار می‌دهید عمل تعیین موقعیت انجام می‌دهید.

ــ 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.

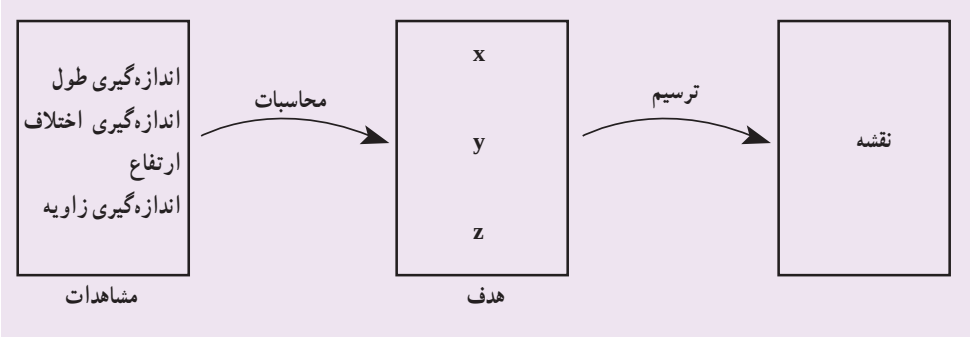
ــ وقتی شما طرح یک ساختمان را در روی یک صفحه کاغذ ترسیم می‌کنید شما کار تعیین موقعیت انجام می‌دهید و وقتی می‌خواهید آن را در روی زمین پیاده کنید در حقیقت موقعیت را شما پیاده می‌کنید.

ــ 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. امّا این مختصات را چگونه باید به‌دست آورد؟ مختصات هر نقطه با (x,y,z) مشخص می‌شود که البته نمی‌توان مستقیماً آن‌ها را به‌دست آورد، در نقشه‌برداری برای رسیدن به این مختصات باید از مجموعه‌ی مشاهدات استفاده کرد.

مجموعه مشاهدات در نقشه‌برداری شامل اندازه‌گیری فاصله، اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع و اندازه‌گیری زاویه می‌باشد (شکل ۱ــ۱).



شکل ۱ــ۱

به‌طورکلی مشاهدات، مجموعه عواملی است که با وسایل نقشه‌برداری 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. امّا 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 نقشه‌برداری) 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، علایم قراردادی و کلیات نقشه‌برداری آشنا می‌شویم.

همچنین از اهداف نقشه‌برداری و عملکردها و کاربردهای آن و نیز از تأثیری که علم نقشه‌برداری بر سایر رشته‌های علوم و فنون دارد، آگاهی می‌یابیم.

لازم به توضیح است که پیشرفت علوم و فنون و پاسخگویی بیش‌تر به نیازهای جامعه‌ی بشری سبب تحول و توسعه علم نقشه‌برداری گشته و شاخه‌های مختلف علم نقشه‌برداری به‌صورت 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.

۱ــ۱ــ 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 کشورها، 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.

۲ــ۱ــ تعریف مقیاس نقشه[1] در نقشه‌برداری

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

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

۳ــ۱ــ انواع روش‌های نمایش مقیاس در نقشه‌برداری

۱ــ مقیاس کسری (عددی) : در نقشه‌برداری معمولاً مقیاس را به صورت یک کسر نمایش می‌دهند.

مثلاً، مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ یعنی یک میلی متر روی نقشه برابر ۲ متر روی زمین است.

پرسش : مقیاس $\frac{۱}{۲۵۰۰}$ چه مفهومی دارد؟

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

۲ــ 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 ۲ــ۱ 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 ۲ــ۱ــ مقیاس خطی (ترسیمی)

مثلاً، اگر هر سانتی‌متراز یک مقیاس‌ترسیمی‌نشان‌دهنده‌ی ۱km باشد، و بخواهیم آن را به صورت کسری نمایش دهیم داریم :

مقیاس کسری $= \frac{۱}{۱۰۰۰۰۰}$ = مقیاس

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

مزایای مقیاس خطی (ترسیمی)

۱ــ با توجه به این‌که نقشه‌ها را معمولاً بر روی کاغذ چاپ

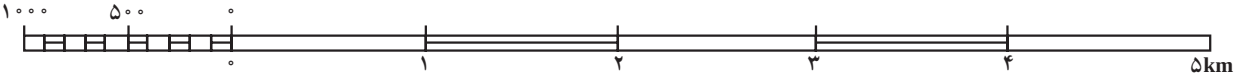
۱ــ در نقشه‌برداری معمولاً مقیاس را با S یا Sc (مخفف معادل انگلیسی آن Scale) یا با حرف Ech (مخفف معادل فرانسوی آن Echelle) نشان می‌دهند.

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.

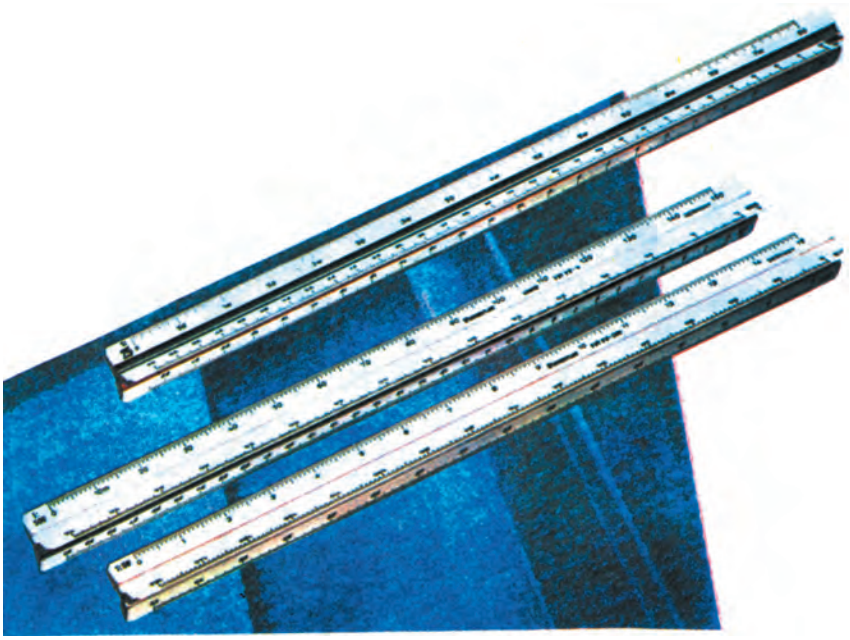
۲ــ با داشتن مقیاس ترسیمی مستقیماً و حتی با داشتن یک قطعه نخ یا چیزی مثل آن می‌توان فواصل روی نقشه را اندازه گرفته روی مقیاس خطی اندازه‌ی واقعی فواصل را به‌دست آورد.

در شکل ۳ــ۱ نمونه‌ی دیگری از مقیاس خطی را می‌بینید.

پرسش : مقیاس ترسیمی شکل ۳ــ۱ را به‌صورت کسری بنویسید.



شکل ۳ــ ۱ــ مقیاس خطی (ترسیمی)



شکل ۴ــ ۱ــ خط‌کش مقیاس (اِشل)

۴ــ۱ــ رابطه‌ی مقیاس و دقت نقشه

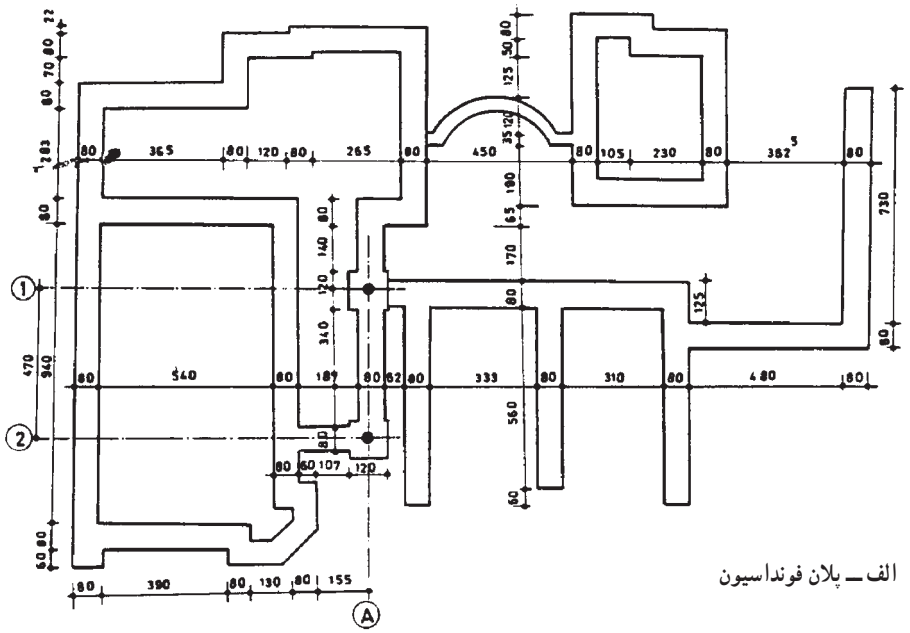
لازم به تذکر است که دقت نقشه و مقیاس آن به همدیگر وابسته‌اند؛ یعنی نقشه‌های بزرگ مقیاس دارای دقت بیشتر در استخراج اطلاعات و نقشه‌های کوچک مقیاس دارای دقت کمتر هستند و هنگام تهیه‌ی نقشه و یا به کاربردن‌آن‌باید به‌این‌موضوع توجه کنیم.

۵ــ۱ــ انواع نقشه در نقشه‌برداری

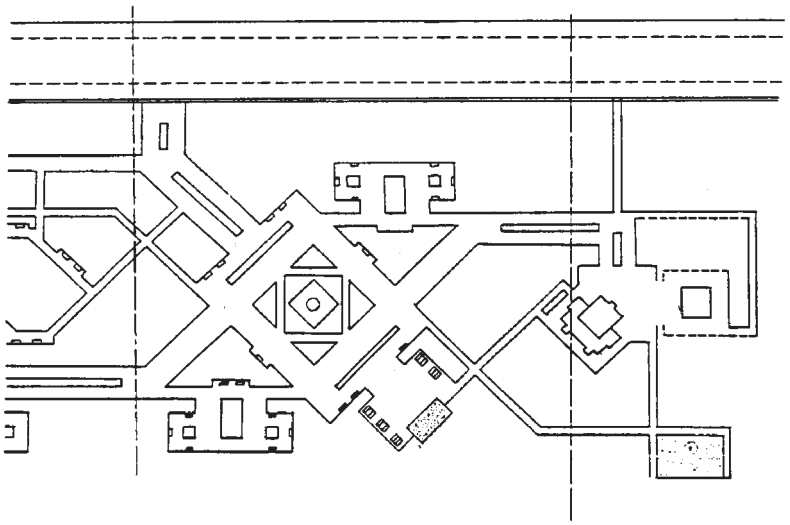
۱ــ۵ــ۱ــ نقشه‌های مسطحه[1] : در نقشه‌های مسطحه هدف نمایش وضع مسطحاتی عوارض است. در این نقشه‌ها ارتفاع (z) نقاط نشان داده نمی‌شود. بلکه تنها، ابعاد طول و عرض (x,y) عوارض و موقعیت آن‌ها نسبت به هم مشخص می‌گردد. به این نقشه‌ها «پلان»(Plan) نیز می‌گویند. در شکل ۵ــ۱ انواع پلان‌ها

۱ــ Planimetry

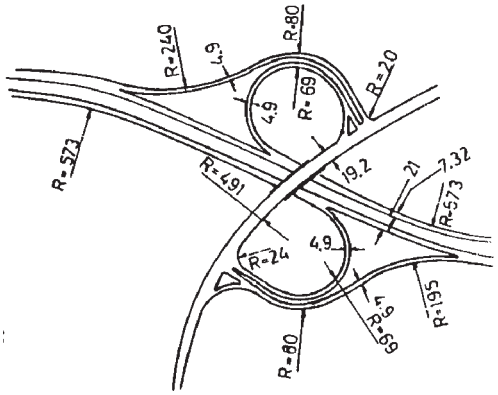
را مشاهده می‌نمایید.



الف ــ پلان فونداسیون



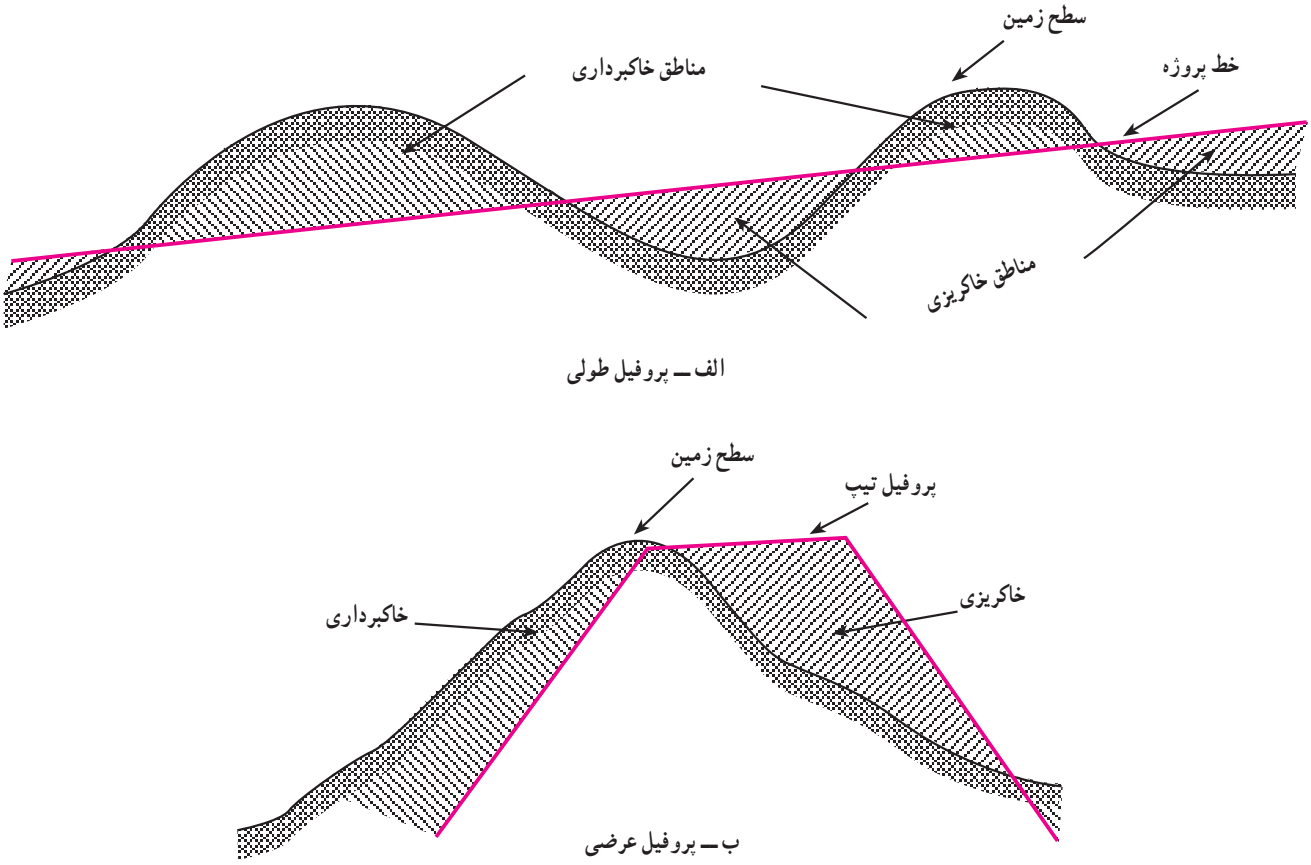
ب ــ پلان قسمتی از یک شهر



ج ــ پلان تقاطع راه

شکل ۵ــ۱ــ چند نوع پلان

۲ــ۵ــ۱ــ نقشه‌های ارتفاعی[۱] : این نوع نقشه‌ها فقط نمایش‌دهنده‌ی ارتفاع و تغییرات ارتفاعی می‌باشند که بیشتر به منظور تهیه برش‌های طولی و عرضی یک مسیر انجام می‌گیرد. ارتفاعات نقاط تغییر شیب زمین در مسیرهای مستقیم عمود بر مسیر و نیز تغییرات ارتفاعی در طول مسیر مهم می‌باشند. در شکل ۶ــ۱ نمونه‌هایی از آن‌ها را می‌بینید.



شکل ۶ــ۱ــ پروفیل‌های طولی و عرضی

۳ــ۵ــ۱ــ 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.

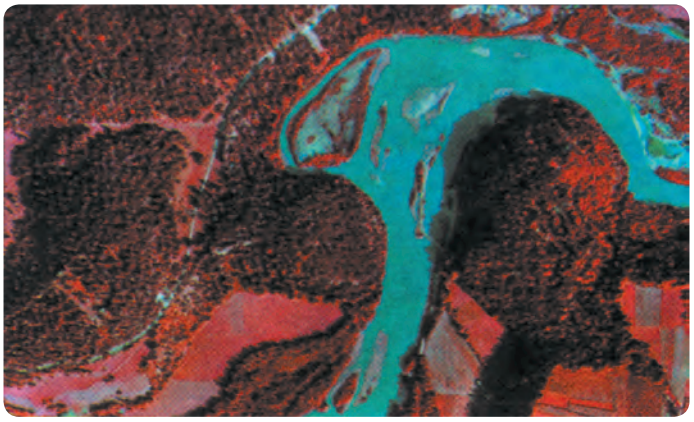
این نقشه‌ها به صورت پایه‌ای برای تهیه‌ی سایر انواع نقشه‌ها و طرح و اجرای پروژه‌های مختلف به کار می‌روند. به شکل‌های ۷ــ۱ــ الف، ۷ــ۱ــ ب و ۷ــ۱ــ ج توجه شود.

۴ــ۵ــ۱ــ 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 اختیارسایر 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 :

۱ــ Altimetery
۲ــ Topographie
۳ــ Tematic surveying

۱ــ نقشه‌های تکتونیکی
۲ــ نقشه خاک‌های جهان
۳ــ نقشه‌ی دوران‌های زمین شناسی
۴ــ نقشه‌هایی در موضوعات هواشناسی
۵ــ نقشه‌های آماری

شکل ۷ــ۱ــ الف ــ تصویری از منحنی میزان بر روی عوارض طبیعی زمین



شکل ۷ــ۱ــ ب ــ تصویری قائم از یک منطقه

شکل ۷ــ۱ــ ج ــ نقشه توپوگرافی تهیه شده از تصویر قائم شکل ۷ــ۱ــ ب

۶ــ۱ــ شاخه‌های نقشه‌برداری

۱ــ۶ــ۱ــ نقشه‌برداری زیرزمینی ــ (Under ground surveying): موضوع این رشته از نقشه برداری برداشت یا پیاده کردن نقشه‌های تونل، معدن و مترو می‌باشد.

۲ــ۶ــ۱ــ نقشه‌برداری هوایی(Photogrammetery) : 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 نقشه برداری عهده‌دار عکسبرداری هوایی و تهیه‌ی نقشه‌های مبنایی کشور است. این سازمان تهیه‌ی نقشه‌های $\frac{۱}{۲۵۰۰۰}$ پوششی کل کشور را در دست انجام دارد. (برای گرفتن آخرین اخبار و اطلاعات از فعّالیّت‌های این سازمان می‌توانید به مجله‌ی نقشه برداری که فصلنامه‌ی سازمان نقشه‌برداری است و یا به سایت الکترونیکی آن مراجعه نمایید.)

شکل ۸ــ۱ــ نقشه‌ی هوایی با مقیاس‌های مختلف از یک منطقه تهیه شده از عکس‌های هوایی

شکل ۹ــ۱ــ زوج تصویر عکسبرداری شده از یک منطقه

۳ــ۶ــ۱ــ نقشه‌برداری مسیر : بخشی از نقشه‌برداری که در آن طراحی و پیاده کردن مسیرهایی از قبیل راه، راه‌آهن، کانال کشی، لوله کشی، دکل گذاری و غیره انجام می‌شود «نقشه‌برداری مسیر» نام دارد. به جهت اهمیت راه در توسعه

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

۴ــ۶ــ۱ــ آبنگاری یا هیدروگرافی (Hydrography) : رشته‌ای از نقشه‌برداری است که عهده‌دار تهیه‌ی نقشه از کف رودخانه‌ها، دریاها، دریاچه‌ها و اقیانوس‌ها است تا شکل زمین را در زیر آب‌ها تعیین کند.

۵ــ۶ــ۱ــ نقشه‌برداری نظامی : برای تهیه نقشه‌های نظامی و تعیین نقاط استراتژیک دفاعی و تعرضی به‌کار می‌رود.

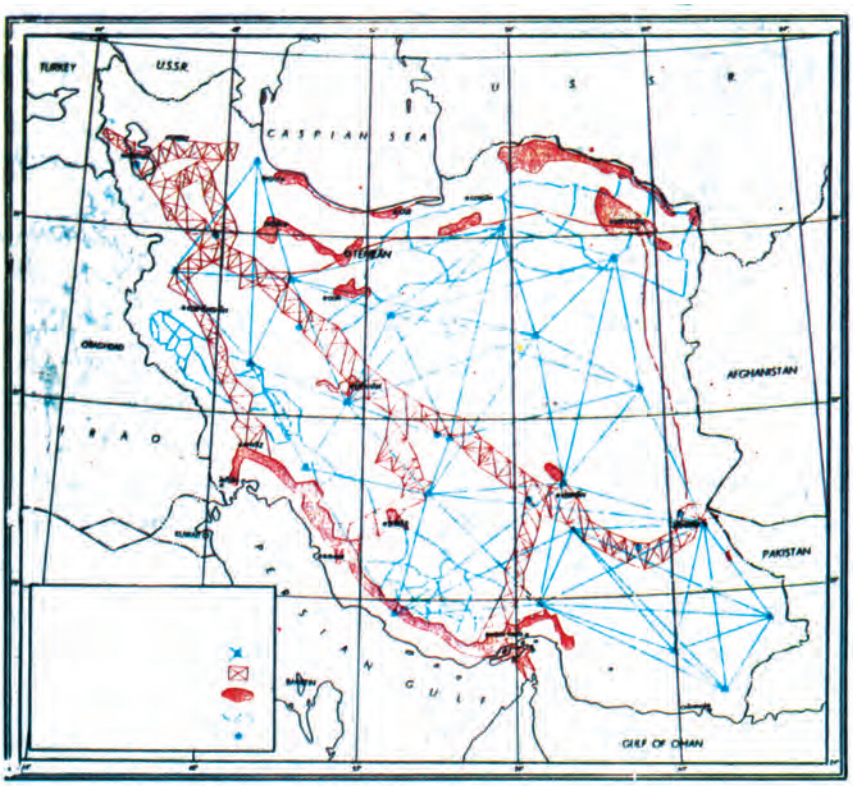
۶ــ۶ــ۱ــ نقشه‌برداری ثبتی املاک (کاداستر) : گروه کارشناسان ویژه سازمان ملل کاداستر را چنین تعریف کرده‌اند :

کاداستر مجموعه‌ای نظام‌مند از اطلاعات درباره املاک در یک کشور یا یک منطقه است که برپایه 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 نقشه‌های بزرگ مقیاس نشان داده می‌شود.

۷ــ۶ــ۱ــ نقشه‌برداری ژئودزی : «ژئودزی» علمی است که در مورد شکل، ابعاد زمین و تغییرات آن و همچنین درمورد تعیین محل و موقعیت نقاط مختلف سطح زمین بحث کرده به مطالعات در رشته‌های مختلف علوم زمینی و حتی سایر کرات نیز کمک می‌کند.

نقشه‌برداری ژئودزی به موضوعاتی می‌پردازد که در تهیه نقشه‌های دقیق از یک منطقه وسیع مانند نقشه استان، کشور و ... باید مورد توجه قرار گیرد.

۸ــ۶ــ۱ــ 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 مهندسین توپوگرافیست، هیدروگرافیست، فتوگرامتریست و غیره را به نقشه تبدیل می‌کنند یا به ترسیم نقشه‌های موضوعی می‌پردازند.



شکل ۱۰ــ۱ــ شبکه ژئودزی کشور

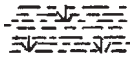
۷ــ ۱ــ علائم قراردادی مورد استفاده در نقشه‌ها (لژاند) Legend

BUILDING		ساختمان
RELIGOUS BUILDING		اماکن مذهبی
RUIN		خرابه
WALL		دیوار
CEMETERY		گورستان
LIMIT		حد
RAILWAY		راه‌آهن
UNDER CONSTRUCTION ABANDOND		راه آهن متروک یا در دست اقدام
ASPHALTED ROAD		راه آسفالته
UNSURFACED ROAD		راه شوسه
4WHEEL DRIVE ROAD		راه جیپ 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 ـ تلگراف
PIPE LINE		خط لوله
FOREST – THICKET		جنگل ـ بیشه
GARDEN – TREES		باغ ـ درختکاری
PALM GROVE		نخلستان
TEA PLANTATION		چایکاری
RICE PLANTATION		شالیزار
CULTIVATED LAND		زراعت
VINEYARD		تاکستان
PASTURE – LAWN		مرتع ـ چمن
TREE LINE		ردیف درخت
BUSH		بوته‌زار
COTTON PLANTATION		پنبه‌کاری
TANK (oil–water–etc)		مخازن (مواد نفتی ـ آب ـ غیره)
RIVER		رودخانه
CANAL		کانال
STREAM		نهر ـ 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 ــ ماناب
SPRING		چشمه
QANAT – WELL		رشته قنات ــ چاه
BOUNDARY		مرز
CONTOURS		منحنی میزان
APPROXIMATE CONTOURS		منحنی میزان مفروض (واسطه)
ROCK		صخره
CUTTING		بریدگی ــ ترانشه
SPOT HEIGHT	92.75	نقاط ارتفاعی
B. M – POLYGON		بنچ مارک ــ رئوس پیمایش
PHOTO – CENTER		مرکز عکس هوایی ایستگاه نقشه‌برداری
SURVEY STATION		
TRIG. POINT		نقاط مثلث بندی

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

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

فصل دوم

اشتباه و خطا در نقشه‌برداری

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

۱ــ خطا را تعریف کند.

۲ــ انواع خطا را توضیح دهد.

۳ــ عوامل ایجادکننده‌ی خطاها را بیان کند.

تعریف اندازه‌گیری

پایه و اساس همه‌ی کارهای نقشه‌برداری، اندازه‌گیری است؛ به ویژه اندازه‌گیری طول و زاویه که بیشتر آن در روی زمین و با وسایل نقشه‌برداری انجام می‌گیرد. بنابراین مجموعه‌ی عوامل انسان، محیط و دستگاه در نتایج اندازه‌گیری‌ها سهیم می‌باشند و هر کدام از این سه عامل، در به دست آمدن اندازه‌های دقیق و خوب یا برعکس، نتایج غیر دقیق و اشتباه، مؤثر هستند.

۱ــ ۲ــ تعریف خطا در نقشه‌برداری

اگر اندازه‌ی واقعی یک کمیت، مانند طول یا زاویه را x و مقداری را که از اندازه‌گیری به‌دست آورده‌ایم x_1 بنامیم، اختلاف مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار واقعی را «خطا»[1] می‌نامیم و آن را با حرف «e» نمایش می‌دهیم و داریم :

$$e = x - x_1$$

۲ــ۲ــ انواع خطا

۱ــ۲ــ۲ــ اشتباه : هرگاه خطا از حد معین تعیین شده بیشتر باشد به آن «اشتباه» می‌گویند.

مقدار اشتباه معمولاً بزرگ می‌باشد؛ به گونه‌ای که با کنترل مشاهدات به‌راحتی می‌توانیم آن را پیدا نموده حذف کنیم. در حالی که خطاهای دیگر را نمی‌توان به‌راحتی حذف کرد و در بسیاری موارد فقط می‌توانیم آن‌ها را کاهش دهیم.

مثال : برای پیدا کردن طول یک قطعه زمین آن را پنج بار اندازه‌گیری کرده‌ایم 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 می‌باشد، چون چهار عدد دیگر همگی ۴۵ می‌باشند و اختلاف ۵۴ و ۴۵ فاحش می‌باشد و به‌خوبی اشتباه بودن آن را نشان می‌دهد. حتی به احتمال بسیار زیاد می‌توانیم بگوییم که نویسنده به جای نوشتن ۴۵؛ اشتباهاً دو رقم ۴ و ۵ را جا به جا کرده و ۵۴ نوشته است.

پس از حذف اشتباه برای پیدا کردن مناسب‌ترین اندازه برای طول قطعه زمین میانگین آن‌ها را حساب می‌کنیم.

منشأ اشتباهات : بروز اشتباه در نقشه‌برداری عموماً به دو عامل بستگی دارد :

۱ــ error

الف) بدفهمی یا حواس پرتی انسان (منشأ انسانی).

ب) معیوب بودن وسایل اندازه‌گیری (منشأ دستگاهی).

از آن جا که عمده‌ی اشتباهات، ناشی از حواس پرتی و بدفهمی حواس انسانی است ابتدا به توضیح آن می‌پردازیم.

اشتباه با منشأ انسانی: انسان در صورت عدم سلامت حواس پنج‌گانه‌ی خویش در انجام فعالیت‌های دقیق نقشه‌برداری همانند خواندن، نوشتن، محاسبه و ترسیم دچار اشتباه می‌گردد.

اشتباه با منشأ دستگاهی: این اشتباهات اغلب به‌دلیل بدکارکردن و معیوب بودن وسایل اندازه‌گیری به‌وجود می‌آید و راه پیشگیری از آن‌ها کنترل مستمر وسایل می‌باشد. به این ترتیب که قبل از آن که وسایل را به‌منطقه‌ی موردنظر حمل کنیم باید در محل انبار سالم بودن و صحیح کار کردن آن‌ها را کنترل نماییم (در مورد هر وسیله در درس مربوطه این کار توضیح داده خواهد شد).

هنگام حمل و هنگام کار با وسایل نقشه‌برداری نیز باید نهایت سعی خود را انجام دهیم تا از ضربه و صدمه خوردن به‌آن‌ها جلوگیری شود.

نمونه‌هایی از اشتباهات رایج در نقشه‌برداری و روش‌های پیشگیری از اشتباه

اشتباه	روش پیشگیری
ــ **اشتباهی گرفتن نقاط** : هنگامی که عامل با چشم غیر مسلح یا با دوربین نقشه‌برداری به نشانه‌ها و علامات نگاه می‌کند یا نقاطی را مورد اندازه‌گیری قرار می‌دهد، ممکن است نقطه‌ای را به جای نقطه‌ی دیگر اشتباه بگیرد. (همین اشتباه را ممکن است سایر افراد نیز انجام دهند.)	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.
ــ **اشتباه در قرائت اندازه‌ها** : ممکن است عامل هنگام قرائت اندازه‌ها، به‌طور مثال عدد ۱۳۲ را ۱۲۳ بخواند، زاویه‌ی ۳۵ درجه را ۳۵ گراد قرائت نماید و یا دسی‌متر و سانتی‌متر را به جای هم‌دیگر، اشتباه قرائت نماید.	اولاً، بالای هر برگه‌ی اندازه‌گیری نوع وسیله و واحد اندازه‌گیری باید ذکر گردد. ثانیاً، عامل حداقل هر قرائت را باید دوبار انجام دهد (البته هربار باید از نو ارقام و اندازه‌ها را به دقت نگاه کرده و بخواند.) دوبار قرائت کردن برای رفع این اشکال مؤثر است و احتمال این که عامل بار دوم را نیز اشتباه اعلام کند، کاهش می‌دهد.
ــ **اشتباه در اعلام اندازه‌ها** : 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.	
ــ **اشتباه در شنیدن** : این اشتباه ممکن است به‌علت وجود صداهای مزاحم در محیط، باد شدید، پوشیده بودن گوش با کلاه ضخیم به علت سرما، ضعیف بودن صدای عامل، سنگین بودن گوش شنونده، لکنت‌زبان 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.	این که عامل دوبار قرائت می‌کند می‌تواند چاره‌ای 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 باردیگر با صدای بلند قرائت مورد نظر را تکرار نماید. خود نویسنده نیز هنگام نوشتن، باید آن‌چه را می‌نویسد بخواند تا گوینده درستی آن را تصدیق نماید.
ــ **اشتباه در نوشتن** : نویسنده هنگام ثبت اندازه‌ها ممکن است جای رقم‌ها را عوضی بنویسد؛ مثلاً به جای ۷۸ بنویسد ۸۷ همین‌طور ممکن است اندازه‌ی یک کمیت را در ستون کمیتی دیگر بنویسد. ممکن است نویسنده هنگام نوشتن نام نقطه یا شرح نقطه اشتباه کند. ممکن است نویسنده جای ممیّز را در اعداد اعشاری جابه‌جا بنویسد؛ مثلاً ۳ متر و ۵ سانتی‌متر را به جای ۳/۰۵، به صورت ۳/۵ بنویسد و دچار یک اشتباه ۴۵ سانتی‌متری شود.	همان طور که گفته شد اگر نویسنده آنچه را نوشته یک‌باردیگر به‌دقت نگاه کرده بخواند، جابه‌جایی رقم‌ها معلوم می‌شود و برای درست نوشتن اعداد در ستون‌ها بهتر است کار قرائت هماهنگ بـــا ستون‌های جدول انجام شود. توجه به کروکی و مشورت با عامل‌در مورد نام وشرح نقطه می‌تواند مفید باشد. برای جلوگیری از این اشتباه بهتر است دقت کار از همان ابتدا معین شود و اگر اندازه‌گیری برحسب سانتی‌متر انجام می‌شود همه‌ی اندازه‌ها را با دو رقم اعشار بنویسند حتی اگر سانتی‌متر یک اندازه صفر باشد، مثلاً ۳ متر را به صورت ۳/۰۰ بنویسند.

در حین انجام کار با هر وسیله نیز باید، پی‌درپی 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 صحرایی، 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 دو روش کنترل می‌کنیم :

۱ــ 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 به‌دست 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.

۲ــ کنترل از طریق مقایسه با یک مدل ریاضی : در این روش اندازه‌های به‌دست آمده را با یک مدل ریاضی مقایسه می‌کنیم؛ مثلاً اگر در مثلث ABC اندازه‌ی سه زاویه‌ی A و Bو C را به‌دست آورده‌ایم می‌توانیم آن‌ها را با یک مدل ریاضی ــ که براساس آن : مجموع سه زاویه‌ی داخلی هر مثلث 180° است ــ محک بزنیم.

اگر مجموع سه زاویه ۱۸۰ 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 به‌تنهایی کامل نیستند و معمولاً برای کارهای دقیق هردو 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 به‌دست 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 ۴۰ متر به دست آورده باشند) اما غالباً پیدا کردن اشتباه به این سادگی امکان‌پذیر نیست و باید نقشه‌برداران با روش‌های کنترلی مناسب آن‌ها را یافته و حذف نمایند.

۲ــ۲ــ۲ــ 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.

۳ــ۲ــ۲ــ 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

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

عوامل ایجاد کننده‌ی 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 :

۱ــ خطای ناشی از تأثیر کروی بودن زمین بر روی طول‌ها؛

۲ ــ خطای ناشی از تأثیر درجه‌ی حرارت هوا بر روی وسایل اندازه‌گیری؛

۳ــ خطای ناشی از تأثیر تشعشع نور خورشید روی وسایل اندازه‌گیری؛

۴ــ خطای ناشی از انکسار نور در لایه‌های هوا؛

۵ ــ خطای ناشی از تأثیر بادهای شدید روی وسایل نقشه‌برداری.

خطاهایی که منشأ انسانی دارند :

۱ــ خطای انسان در تنظیم وسایل اندازه‌گیری؛

۲ــ خطای‌انسان هنگام حدس‌زدن خورده‌های اندازه‌ها (اعشار اندازه‌ها).

خطاهایی که منشأ دستگاهی دارند :

۱ــ خطای تقسیمات روی قسمت‌های مدرج دستگاه؛

۲ــ خطای تنظیم نبودن پیچ‌ها، اتصالات و محورهای دستگاه.

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ خطا را تعریف کنید.

۲ــ انواع خطا را نام ببرید.

۳ــ اشتباه را در نقشه‌برداری توضیح دهید.

۴ــ خطای سیستماتیک را در نقشه‌برداری تشریح کنید.

۵ ــ خطای اتفاقی را بیان کنید.

۶ ــ عوامل ایجادکننده‌ی خطاها را بیان کنید.

۷ــ خطاهایی را که منشأ طبیعی دارند، بیان کنید.

۸ ــ خطاهایی را که منشأ انسانی دارند، بیان کنید.

۹ــ خطاهایی را که منشأ دستگاهی دارند، بیان کنید.

تمرین

۱ــ 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.

۲ــ فاصله‌ای را با دستگاه فاصله یاب الکترونیکی ۱۰ 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 ــ مشخص کردن اندازه‌ی مشکوک و حذف آن

ب ــ محاسبه‌ی میانگین اندازه‌های صحیح

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

فصل سوم

امتدادگذاری با وسایل ساده نقشه‌برداری

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

۱ــ وسایل ساده نقشه‌برداری را به‌کار برد.

۲ــ امتداد گذاری ساده بین دو نقطه را انجام دهد.

۳ــ روش امتدادگذاری با وجود مانع دید را انجام دهد.

۴ــ روش یافتن محل تقاطع دو امتداد را انجام دهد.

۵ ــ روش اخراج عمود از نقطه‌ای روی یک امتداد را انجام دهد.

۶ ــ روش وارد کردن عمود بر یک امتداد از نقطه‌ای خارج از آن را انجام دهد.

۷ــ طریقه پیاده کردن امتداد موازی را با یک امتداد انجام دهد.

۸ ــ روش امتداد گذاری را با وجود مانع دید و عبور، انجام دهد.

۹ــ روش پیاده کردن یک قوس دایره را انجام دهد.

مقدمه

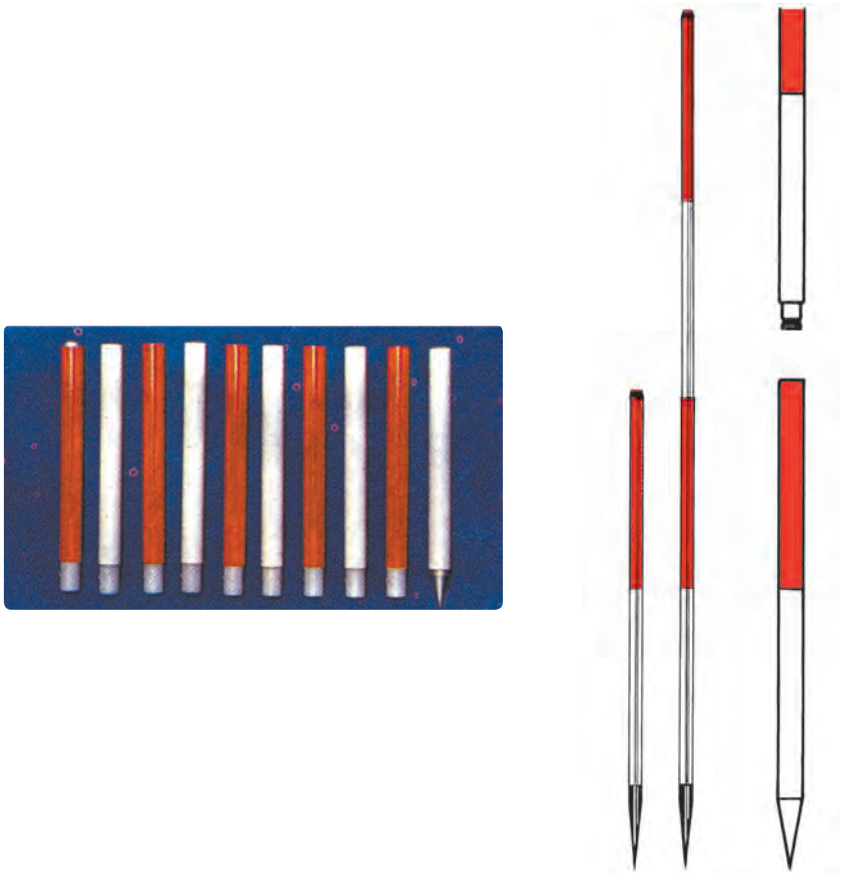
یکی از اساسی‌ترین مهارت های لازم برای تهیه نقشه‌ی یک منطقه توانایی به کارگیری وسایل ساده نقشه‌برداری است. در این فصل ضمن معرفی این وسایل، با نحوه‌ی کار با آن آشنا می‌شوید.

این وسایل عبارت‌اند از : ژالون و سه پایه ژالون، تراز ژالون، گونیای مساحی، میخ‌ها و پتک، متر، تراز متر و شیب‌سنج.

۱ــ ۳ــ وسایل ساده نقشه‌برداری

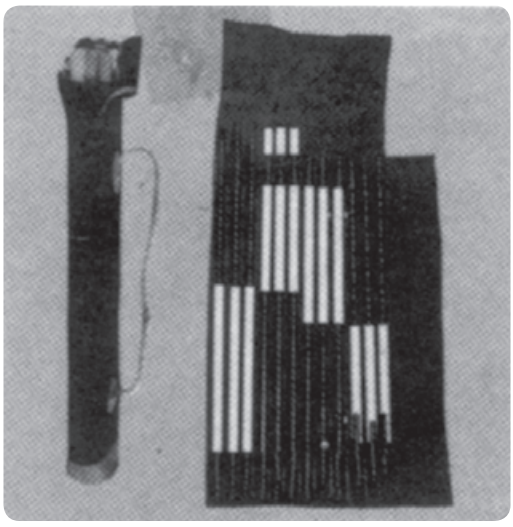
۱ــ ژالون : ژالون میله‌ای چوبی یا لوله‌ای فلزی است که معمولاً آن را به قطر ۳ الی ۴ سانتی‌متر و به طول ۲ الی ۲/۵ متر می‌سازند و در هر نیم متر به‌طور متناوب دارای رنگ سفید و قرمز می‌باشد. تا در محیط کار بتوان آن را به خوبی تشخیص داد (شکل ۱ــ ۳).

ژالون معمولاً از دو یا چند قطعه جدا از هم که قابلیت 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.



شکل ۱ــ۳ــ ژالون

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



شکل ۲ــ۳ــ بسته‌بندی و حمل ژالون‌ها

۲ــ 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 ۳ــ۳ ژالون گیر و نحوه‌ی به کارگیری آن نمایان است.

هنگام به‌کارگیری 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 این‌که ژالون به‌طور قائم در نقطه‌ی موردنظر مستقر شود از وسیله‌ای به نام تراز ژالون استفاده می‌شود.

شکل ۳ــ۳ــ ژالون‌گیر و نحوه‌ی به‌کارگیری آن

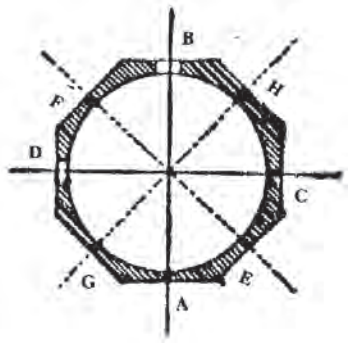
۳ــ گونیای مسّاحی : هرگاه در امتداد گذاری به امتدادهای عمود بر هم نیاز داشته باشیم از گونیای مسّاحی استفاده می‌کنیم. البته کار گونیای مسّاحی منحصر به زوایای قائم نبوده بلکه انواع گونیاها را در مورد زیر می‌توان به کاربرد :

۱ــ تعیین یک امتداد مستقیم در روی زمین؛

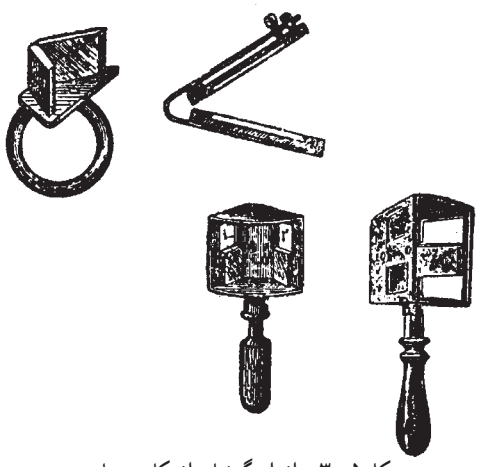
۲ــ تعیین امتدادهای قائم یا ۳۰°، ۴۵° و ۶۰° نسبت به یک امتداد دیگر؛

۳ــ اخراج عمود از نقطه‌ای روی امتداد؛

۴ــ وارد کردن عمود بر یک امتداد از نقطه‌ای خارج از آن.



شکل ۴ــ۳



شکل ۵ــ۳ــ انواع گونیای انعکاسی ساده

انواع گونیای مسّاحی عبارت‌اند از :

الف) گونیای شکاف‌دار

ب) گونیای آینه‌ای

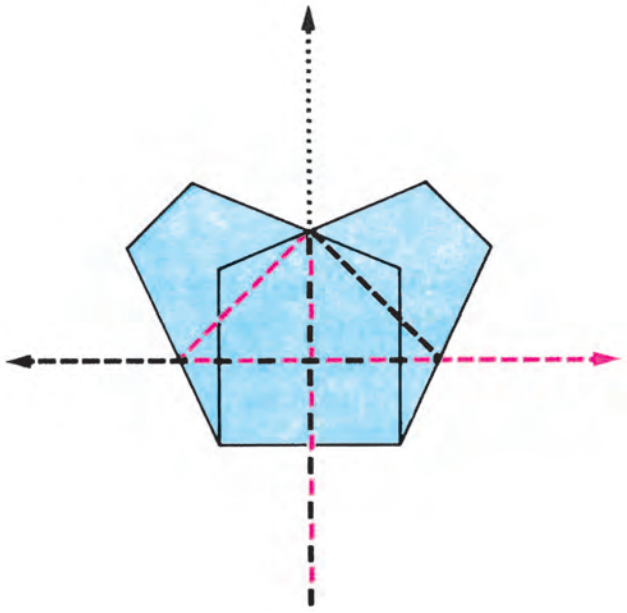
پ) گونیای منشوری

گونیای منشوری نسبت به دو نوع دیگر پرکاربردتر می‌باشد.

اگر در داخل یک گونیا به جای آینه از منشور استفاده شده باشد به آن «گونیای منشوری» می‌گویند. گونیای منشوری به دو دسته‌ی یک منشوری و دو منشوری تقسیم می‌شوند که در گونیای یک منشوری ممکن است یک منشور سه‌وجهی یا پنج‌وجهی به‌کار رفته باشد و گونیای دو منشوری را معمولاً با دو منشور پنج‌وجهی می‌سازند که با فاصله از هم قرار گرفته‌اند در شکل ۶ــ۳ چند نمونه گونیای منشوری را می‌بینید.

در گونیای منشوری معمولاً از منشورهای پنج‌وجهی استفاده می‌شود در شکل ۷ــ۳ مسیر نور در داخل یک گونیای دو منشوری که در آن دو منشور پنج وجهی به‌کار رفته نشان داده شده است.

شکل ۶ــ۳ــ چند نمونه گونیای منشوری

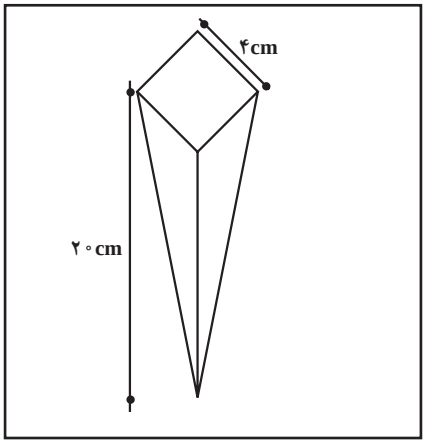


شکل ۷ــ۳ــ مسیر نور در داخل گونیای دو منشوری

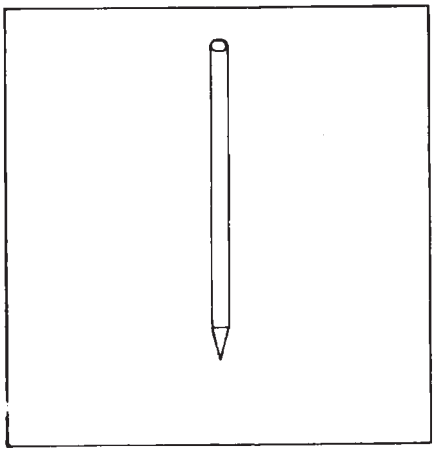
شکل ۸ــ۳ــ گونیای منشوری و پایه‌ی مخصوص آن

شکل ۹ــ۳ــ گونیای با شاقول

۴ــ 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 چوبی را از چوب محکم و معمولاً به ابعادی می‌سازند که در شکل ۱۰ــ۳ می‌بینید و در نقاطی که به علت سخت بودن زمین امکان استفاده از میخ چوبی وجود ندارد از میخ فولادی استفاده می‌شود (شکل۱۱ــ۳). برای کوبیدن میخ‌های نقشه‌برداری از پتک و چکش استفاده می‌شود که در شکل ۱۲ــ۳ چند نمونه از آن‌ها را می‌بینید.



شکل ۱۰ــ۳ــ میخ چوبی



شکل ۱۱ــ۳ــ میخ فولادی

شکل ۱۲ــ۳ــ انواع پتک

۵ ــ 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 ــ مترهای فلزی: متداول‌ترین وسیله‌ی اندازه‌گیری در نقشه‌برداری مترفلزی است. جنس فلز این مترها معمولاً فولاد است که دارای خاصیت فنری نیز می باشد. این خاصیت فنری بودن سبب می‌شود که به‌راحتی حول یک استوانه (قرقره) پیچیده شده حجم کوچکی را اشغال کند؛ هم‌چنین باز کردن و استفاده کردن از آن را نیز آسان می‌سازد. هنگام استفاده از مترهای فلزی باید به این نکات توجه نماییم :

۱ــ در نزدیکی سیم برق از آن استفاده ننماییم؛ حتی اگر

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

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

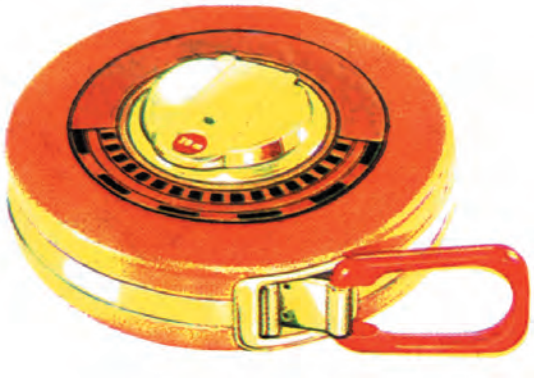
۳ــ هرگاه، در حال کار متر به سنگ یا بوته‌ای گیر کرده باشد بهتر است به محل مورد نظر رفته متر را آزاد نماییم و درچنین مواردی از کشیدن متر خودداری کنیم.

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

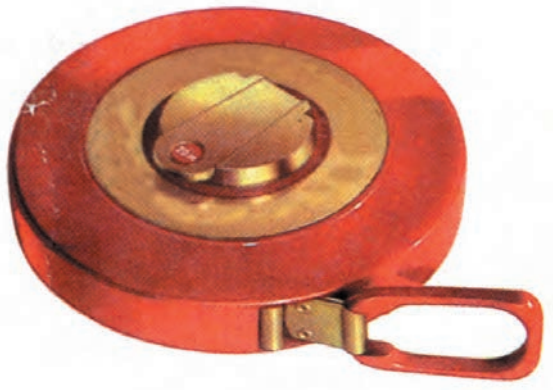
۵ــ روی متر دمای مناسب به منظور استفاده از آن نوشته شده که باید به آن دقت نماییم.

۶ــ برای آن‌که 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 $\frac{۱}{۵۰۰۰}$ دست یافت خطای (۱cm در ۵۰ متر).

مترهای فلزی را به صورت مترهای کمری یا به شکل قرص‌های بزرگ و همین طور به‌صورت دسته‌دار می‌سازند که طول‌های آن‌ها از ۱ متر تا ۵۰ متر متغیر می‌باشد و عرض آن‌ها معمولاً ۱۳ میلی‌متر و ضخامت آن‌ها ۰/۲ میلی‌متر است. در شکل‌های ۱۴ــ۳ و ۱۵ــ۳ انواع مترهای فلزی را مشاهده می‌نمایید. مشخصات مترها را روی جعبه‌ی محافظ آن‌ها و نیز در ابتدای نوار متر می‌توانید ملاحظه کنید.



نوار اندازه‌گیری ۲۰ متری
شکل ۱۳ــ۳ــ یک نوع متر از جنس فایبرگلاس



شکل ۱۴ــ۳ــ یک متر فلزی بلند

شکل ۱۵ــ۳ــ انواع مترهای فلزی کوتاه و کمری

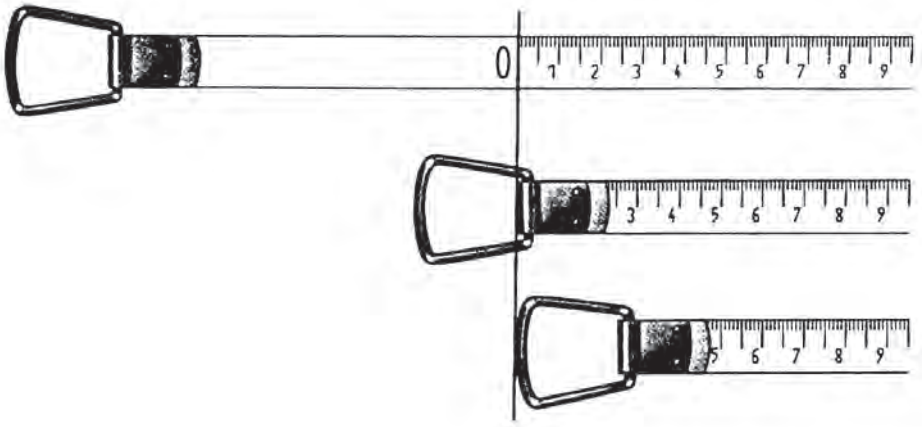
۲ــ مترهای پارچه‌ای و الیاف مصنوعی: اگر در اندازه‌گیری فاصله، دقت نسبی حدود یک سانتی‌متر در هر ۱۰ متر کافی باشد، می‌توان از این نوع مترها استفاده کرد؛ زیرا طول مترهای پارچه‌ای الیاف مصنوعی در اثر عوامل جوی یا رطوبت تغییر می‌کند. همچنین اگر در هنگام مترکشی بخواهیم با کشیدن متر از شکم دادن آن (شِنِت[1]) 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.

۳ــ متر نواری پلاستیکی: جنس این نوع مترها معمولاً پلاستیک یا فایبرگلاس است و در مقابل کشش و تغییرات دما و رطوبت مقاومت زیادی دارند و امروزه متر نواری پلاستیکی به‌تدریج جایگزین مترهای فلزی و سایر مترها می‌شود. در شکل ۱۳ــ۳ یک نمونه از این مترها را می‌بینید.

۴ــ مترهای چوبی تاشو: علاوه بر انواع متر ذکر شده مترهای چوبی تاشو نیز وجود دارد که در مقابل حرارت و رطوبت آسیب‌پذیر بوده و استفاده کمتری دارد. این نوع مترها که معمولاً برای فواصل کوتاه مورد استفاده قرار می‌گیرند، معمولاً ۱ متری یا ۲متری بوده و عرض آن‌ها ۱۱ یا ۱۲ یا ۱۴ یا ۱۶ میلی‌متر می‌باشد. در شکل ۱۶ــ۳ یک نمونه از آن‌ها را می‌بینید.

شکل ۱۶ــ۳ــ متر تاشو چوبی

این مترها در مقابل رطوبت و حرارت آسیب‌پذیرند و معمولاً دمای مناسب برای نگهداری و استفاده از آن‌ها ۲۰° سانتی‌گراد می‌باشد که روی آن‌ها نوشته شده است. در انتهای نوار متر زائده‌ی 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 ۱۷ــ۳).

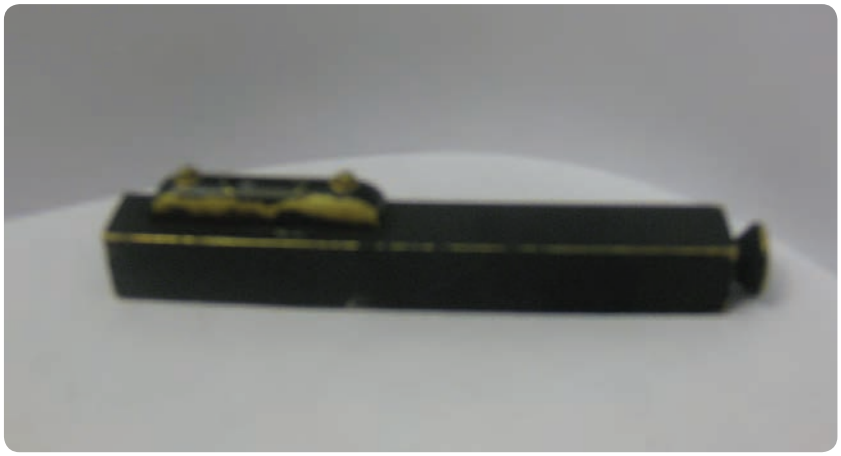


شکل ۱۷ــ۳ــ شروع درجه‌بندی مترها

۶ــ ترازمتر : نام دیگر این وسیله تراز دستی است. گاهی در مسیر شیب‌دار مجبور می‌شویم فاصله‌ی افقی بین دو ژالون را با متر اندازه‌گیری کنیم. در این حالت برای به‌دست آوردن امتداد افقی متر بینِ دو ژالون می‌توانیم از ترازدستی استفاده کنیم. ترازدستی از

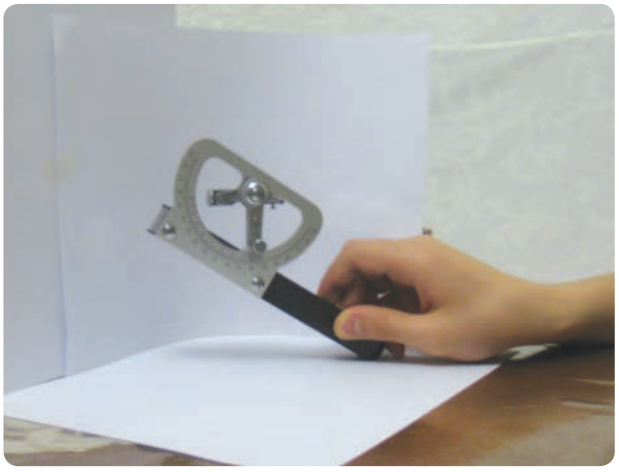
۱ــ Shenet

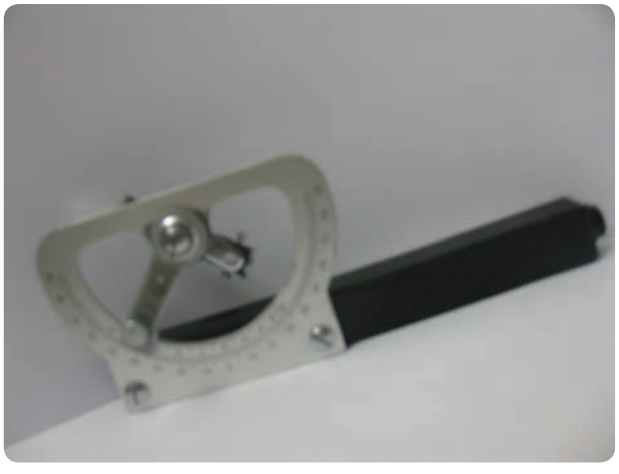
یک لوله‌ی استوانه‌ای یا مکعب مستطیل تشکیل شده است. یک سر آن سوراخی برای نگاه کردن و سر دیگر خط نشانه و تراز وجود دارد، در حالت افقی، حباب درون آن وسط دو خط نشانه قرار می‌گیرد. در هنگام مترکشی، از ارتفاعی از ژالون را که می‌خواهیم مترکشی از آن‌جا شروع شود در نظر گرفته و تراز دستی را در همان ارتفاع در کنار ژالون نگه می‌داریم. در حالی که از درون لوله‌ی تراز به ژالون دیگر نگاه می‌کنیم نوک ترازدستی 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 ۱۸ــ۳ نمونه‌ای از تراز لوله‌ای نشان داده شده است.



شکل ۱۸ــ۳ــ تراز لوله‌ای

۷ــ 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 صفر تا ۹۰ 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 ۱۹ــ۳).





شکل ۱۹ــ۳

۸ــ قطب‌نما : نوعی جهت‌یاب مغناطیسی است که جهت شمال مغناطیسی را نشان می‌دهد و انواع گوناگون دارد که نحوه‌ی عمل همه‌ی آن‌ها یکسان است. بر روی صفحه‌ی قطب‌نما عقربه‌ای وجود دارد که به طور آزادانه روی صفحه می‌چرخد و جهت شمال مغناطیسی (N) را نشان می‌دهد. از ملحقات قطب‌نما می‌توان به تراز کروی جهت افقی قرار گرفتن قطب‌نما در حین کار و ضامنی برای قفل کردن و آزاد کردن عقربه اشاره کرد.

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 به‌دست آورد. در شکل ۲۰ــ۳ چند نوع قطب‌نما نشان داده شده است.

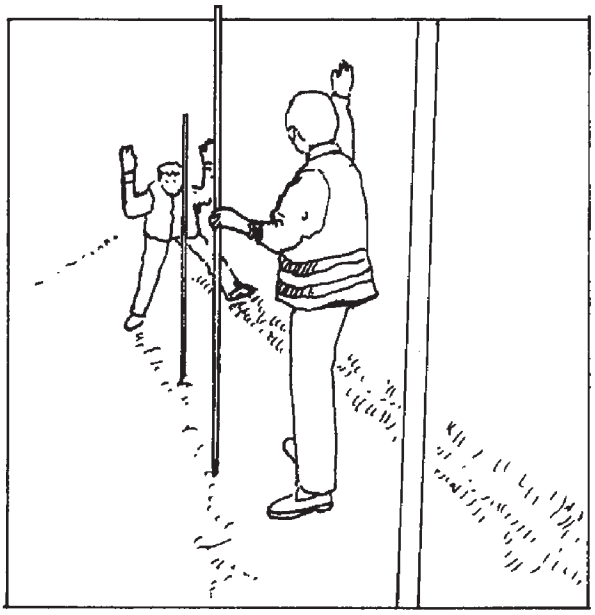
شکل ۲۰ــ۳

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

۲ــ۳ــ علایم ارتباطی و هدایت کننده‌ی عملیات نقشه‌برداری در امتدادگذاری

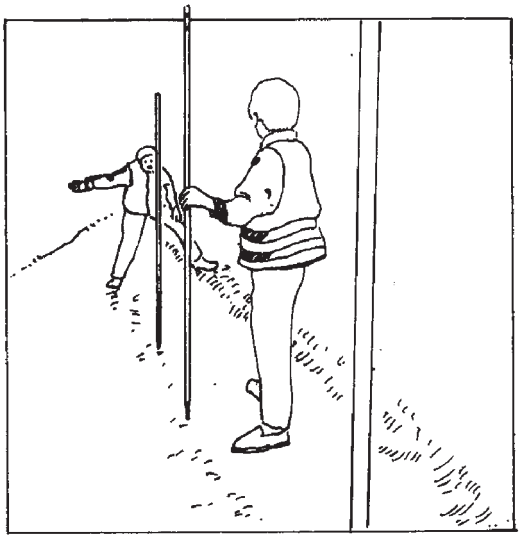
قبل از شروع لازم است با علایم مفید و ضروری ــ که هنگام کار مورد استفاده قرار می‌گیرند ــ آشنا شویم. گفتنی است که در هر گروه نقشه‌برداری یک نفر عامل (حداقل تکنسین) یک نفر نویسنده (حداقل دیپلم) و چند کارگر ماهر شرکت دارند. هدایت گروه معمولاً به عهده‌ی عامل است. او ژالون دارها، میرکش‌ها و نویسنده را کنترل 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 به‌معنای آماده بودن بالا می‌برد (شکل ۲۱ــ۳).



شکل ۲۱ــ۳

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 ۲۲ــ۳) و تا وقتی دست عامل سمت راست را نشان می‌دهد فرد مورد نظر او به حرکت ادامه می‌دهد.



شکل ۲۲ــ۳ــ 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 به‌حرکت ادامه می‌دهد.

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

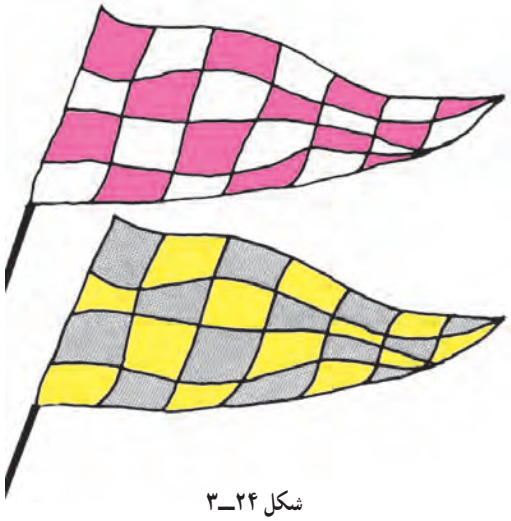
د) علامت اتمام کار مورد نظر : هرگاه عامل هر دو دست خود را بالای سر ببرد و چند بار باز و بسته نماید، مفهومش این است که کار بر روی نقطه‌ی مورد نظر پایان یافته است و فرد مورد نظر او باید بر روی نقطه‌ی بعدی مستقر شود (شکل ۲۳ــ۳).

شکل ۲۳ــ۳

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

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

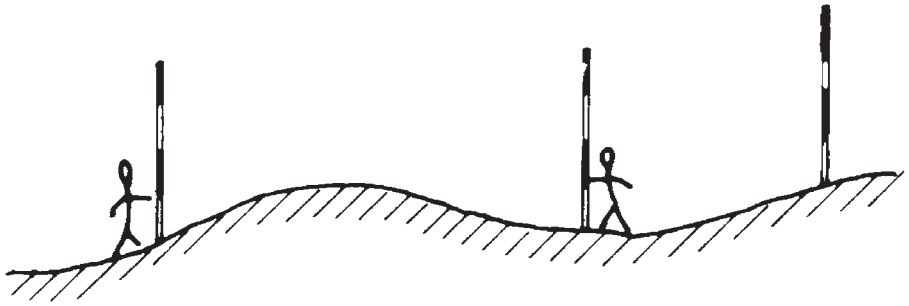
توجه ۳ : در فواصل دورتر که دست به خوبی دیده نمی‌شود از پرچم‌های مخصوصی استفاده شود که معمولاً به صورت شطرنجی و دارای رنگ‌های زرد و سیاه یا قرمز و سفید است. در شکل ۲۴ــ۳ دو نمونه ازآن‌ها را می‌بینید.



شکل ۲۴ــ۳

۳ــ۳ــ امتدادگذاری ساده

می‌خواهیم بین دو نقطه‌ی A و B در روی زمین امتدادگذاری نماییم؛ به عبارت دیگر می‌خواهیم نشانه‌هایی بین دو نقطه در روی زمین قرار دهیم تا راستای A و B را مشخص نمایند. با توجه به‌شکل ۲۵ــ۳ این مراحل را انجام می‌دهیم :



شکل ۲۵ــ۳ــ امتدادگذاری ساده

الف) یک ژالون در نقطه‌ی A مستقر می نماییم : 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.

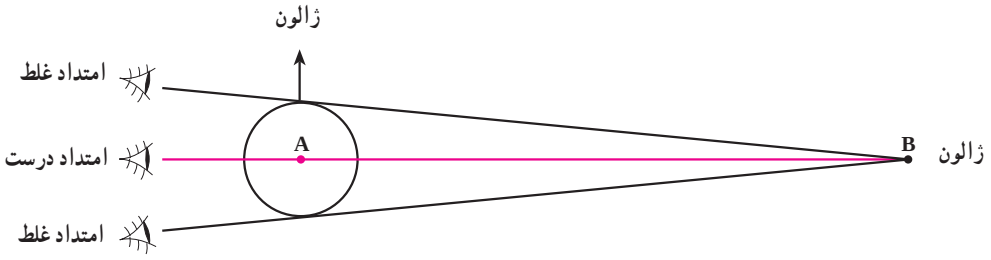
ب) ژالون دیگری را در نقطه‌ی B به طریق فوق مستقر می‌نماییم.

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 امتداد گذاری در فاصله‌ی تقریبی دو متری (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 به‌نحوی 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 ۲۶ــ۳ توجه کنید :



شکل ۲۶ــ۳

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

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 درهمین حال می‌تواند ژالون C را نیز ببیند؛ پس دو دستش را بالای سربرده 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 ژالون گیر را هدایت می‌نماید تا وقتی که ژالون B و C را در وسط ژالون A ببیند، دراین لحظه عامل هر دو دست خود را بالا می‌برد و تکان می‌دهد، بدین‌وسیله 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 (پیکّه) 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 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.

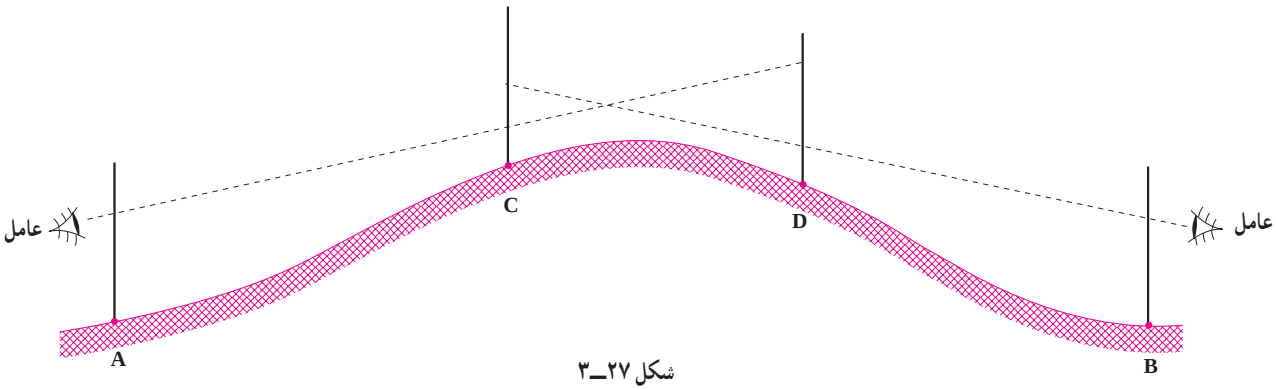
۴ــ۳ــامتدادگذاری با وجود مانع دید استقرارپذیر

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.)

ــ دو روش برای امتدادگذاری با وجود مانع دید استقرارپذیر :

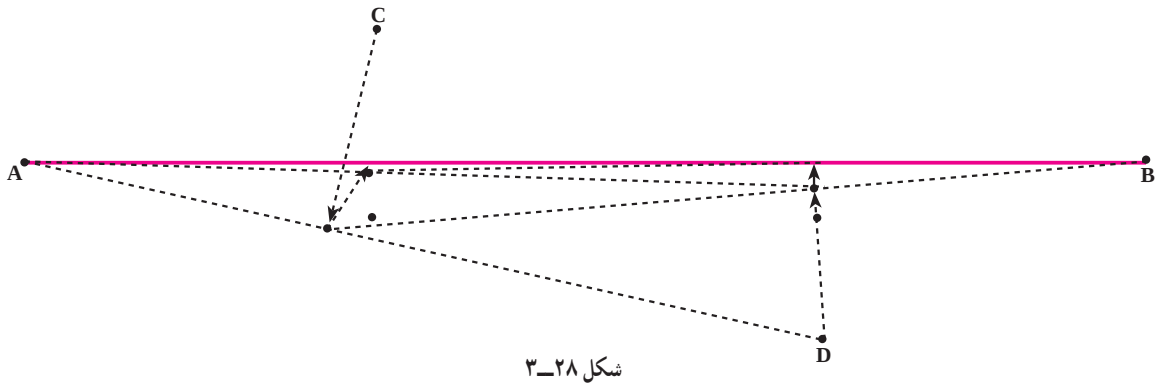
روش اول (در این روش به دو عامل نیازمندیم) :

فرض کنید می‌خواهیم امتداد دو نقطه‌ی A و B را که بین آن‌ها مانع دید استقرارپذیری مانند تپه وجود دارد تعیین کنیم (شکل ۲۷ــ۳).



شکل ۲۷ــ۳

با توجه به شکل ۲۷ــ۳ 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 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 هردو عامل ژالون‌های C و D را در امتداد A و B ببینند. در شکل ۲۸ــ۳ چگونگی نزدیک شدن ژالون‌های C و D را به امتداد AB ملاحظه می‌نمایید.



شکل ۲۸ــ۳

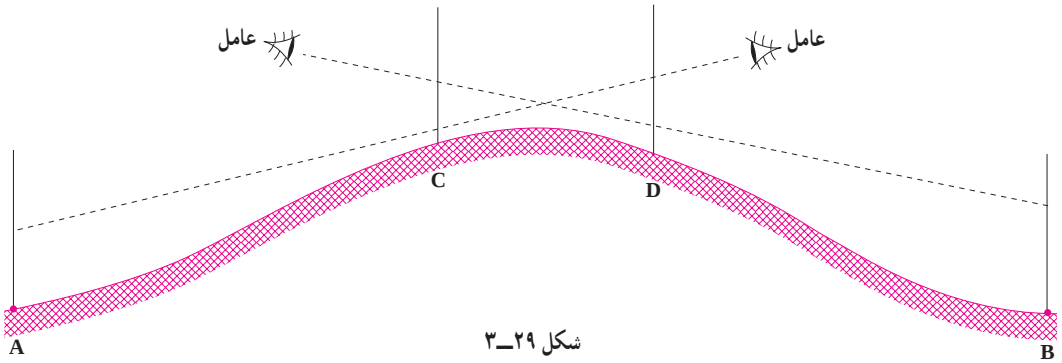
مشاهده می‌شود که پس از دوبار امتدادگذاری نقاط C و D چقدر به امتداد AB (خط قرمز) نزدیکتر شده‌اند. و برای آن‌که عمل امتداد گذاری با سرعت بیشتری انجام گیرد به این نکات باید توجه شود :

نکته ۱ : ژالون‌گیرها باید همواره عمود بر امتداد جابه‌جا شوند.

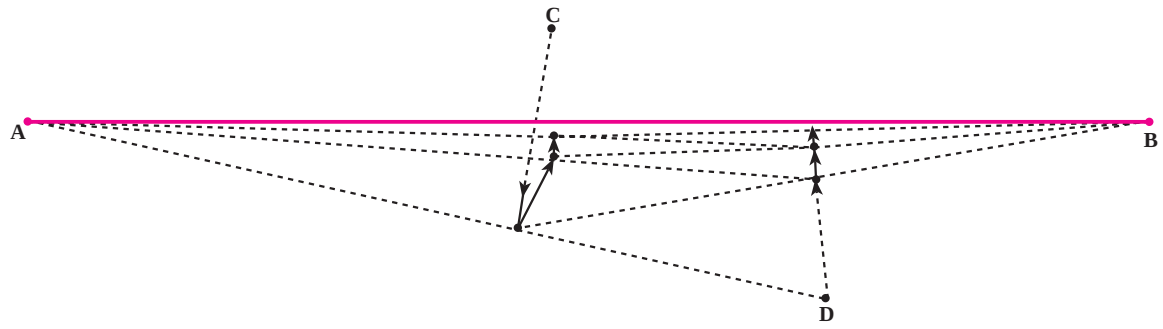
نکته ۲ : در مراحل بعدی وقتی که یک عامل دستور حرکت می‌دهد ژالون‌گیر باید خیلی جزیی جابه‌جا شود تا از امتداد عامل دیگر خیلی دور نشود.

روش دوم (با یک عامل) :

همان طور که در شکل ۲۹ــ۳ 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 امتدادAD 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 ۳۰ــ۳ حرکت و جابه‌جایی ژالون‌های C و D و نزدیک شدن آن‌ها به امتداد AB را نشان می‌دهد.



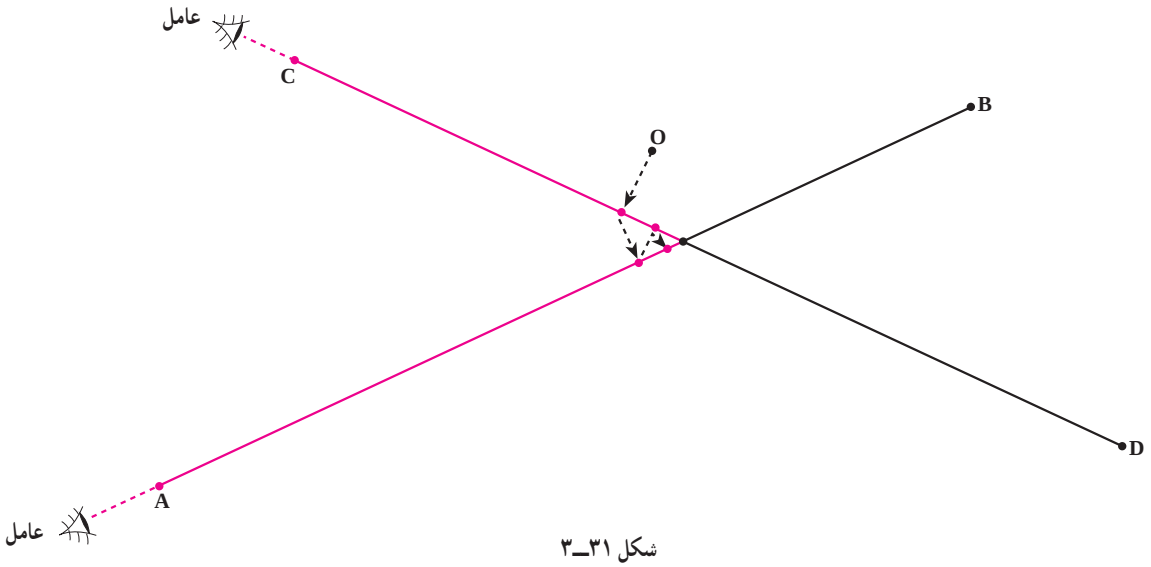
شکل ۲۹ــ۳



شکل ۳۰ــ۳

۵ــ۳ــ محل تقاطع دو امتداد

مراکز چهارراه‌ها و میادین که محل برخورد دو یا چند امتداد می‌باشد و محل شکستگی مسیرهای مستقیم در پروژه‌های عمرانی و راهسازی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و باید به دقت تعیین گردند. در شکل ۳۱ــ۳ می‌خواهیم محل تقاطع امتدادهای گذرنده از AB و CD را مشخص نماییم :



شکل ۳۱ــ۳

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.

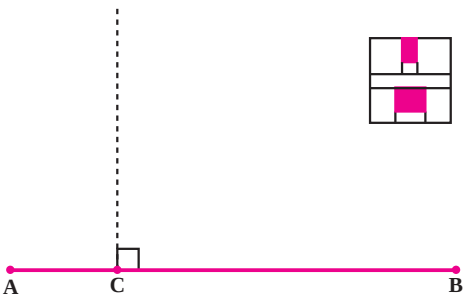
۶ــ۳ــ روش اخراج عمود از نقطه‌ای روی امتداد

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.

اخراج عمود از نقطه‌ای که روی امتداد قرار دارد :

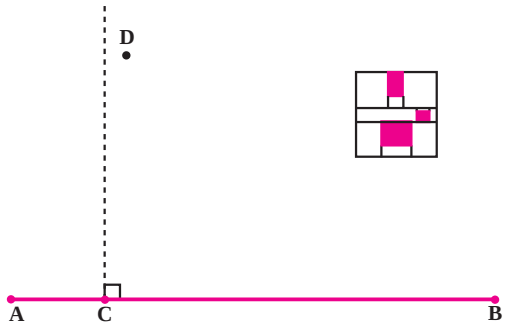
در شکل ۳۲ــ۳ می‌خواهیم از نقطه‌ی C که روی امتداد AB قرار دارد عمودی اخراج نماییم؛ بنابراین، یک ژالون در A و یک ژالون در B مستقر کرده با گونیای مسّاحی در نقطه‌ی C مستقر می‌شویم (شکل ۲۶ــ۳) و چون نقطه‌ی C روی امتداد قرار دارد در داخل گونیا تصاویر ژالون‌های A (در شکل ژالون پایینی که قطورتر است تصویر ژالون 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.



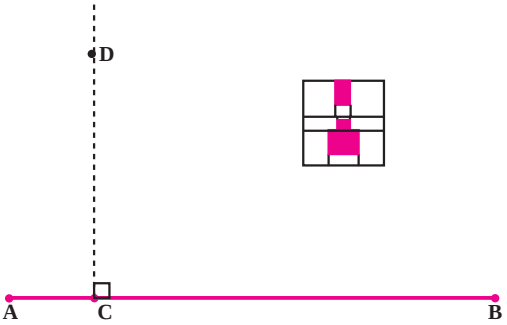
شکل ۳۲ــ۳

در شکل ۳ـ۳۳ 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 ۳ـ۳۳

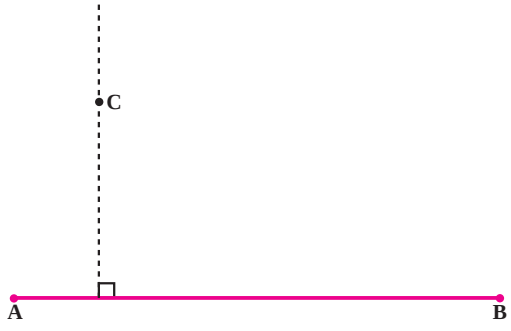
عامل گونیا به دست ژالون نگهدار D را به روی امتداد عمود هدایت می‌نماید. به نحوی که ژالون D کاملاً در امتداد تصاویر ژالون‌های A و B در داخل گونیا قرار بگیرد (شکل ۳ـ۳۴).



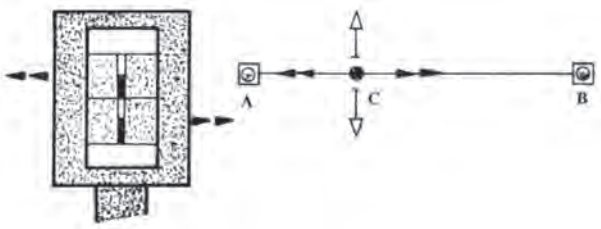
شکل ۳ـ۳۴

۳ـ۷ـ وارد کردن عمود بر یک امتداد از نقطه‌ای خارج از آن

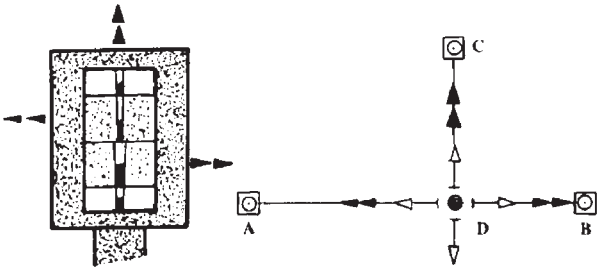
در شکل ۳ـ۳۵ امتداد AB و نقطه‌ی C را که در خارج آن قرار دارد در نظر بگیرید. می‌خواهیم از نقطه‌ی C عمودی بر امتداد AB وارد نماییم. برای انجام این کار در هر یک از نقاط A و B و C یک ژالون مستقر می‌نماییم؛ سپس عامل گونیا به‌دست سعی می‌کند ابتدا خودش را در امتداد AB قرار دهد، او باید عمود بر امتداد AB آن قدر جابه‌جا شود تا تصاویر ژالون‌های A و B را در امتداد هم ببیند (شکل ۳ـ۳۶)؛ سپس باید روی امتداد AB آن قدر جا به‌جا شود که ژالون C را نیز در امتداد تصاویر ژالون‌های A و B ببیند. در این صورت CD بر AB عمود خواهد بود (شکل ۳ـ۳۷).



شکل ۳ـ۳۵



شکل ۳ـ۳۶ـ استقرار روی امتداد AB



شکل ۳ـ۳۷ـ وارد کردن عمود CD

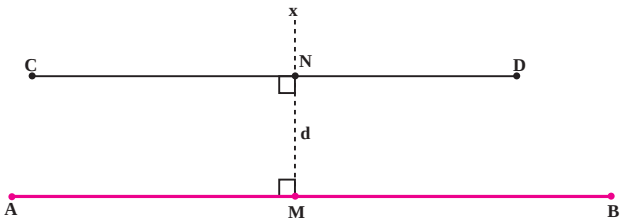
شکل ۳ـ۳۸ـ الف گونیا را در حالتی نشان می‌دهد که در امتداد دو ژالون A و B قرار ندارد و شکل ۳ـ۳۸ـ ب گونیا را در وضعیتی نشان می‌دهد که در امتداد دو ژالون A و B قرار دارد و ضمناً ژالون C که از شکاف‌های بالا و پایین گونیا دیده می‌شود در امتداد عمود بر AB قرار گرفته است در این حالت نوک شاقول نقطه‌ی D محل برخورد عمود C بر امتداد AB است.

۸ــ۳ــ 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 طورکلی هر گاه بخواهیم امتدادی موازی با یک امتداد دیگر و در فاصله‌ی معین از آن ایجاد نماییم می‌توانیم از گونیای مسّاحی 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 ۳۹ــ۳).



شکل ۳۹ــ۳

به این مراحل توجه نمایید :

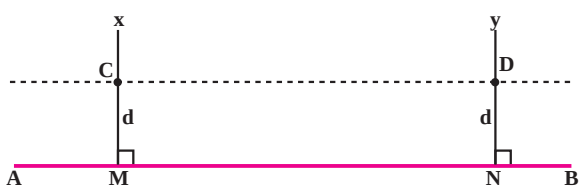
۱ــ به وسیله گونیای مسّاحی در نقطه‌ی دلخواه M مستقر شده امتداد عمود Mx را استخراج می‌کنیم.

۲ــ طول MN= d را روی آن جدا می‌کنیم.

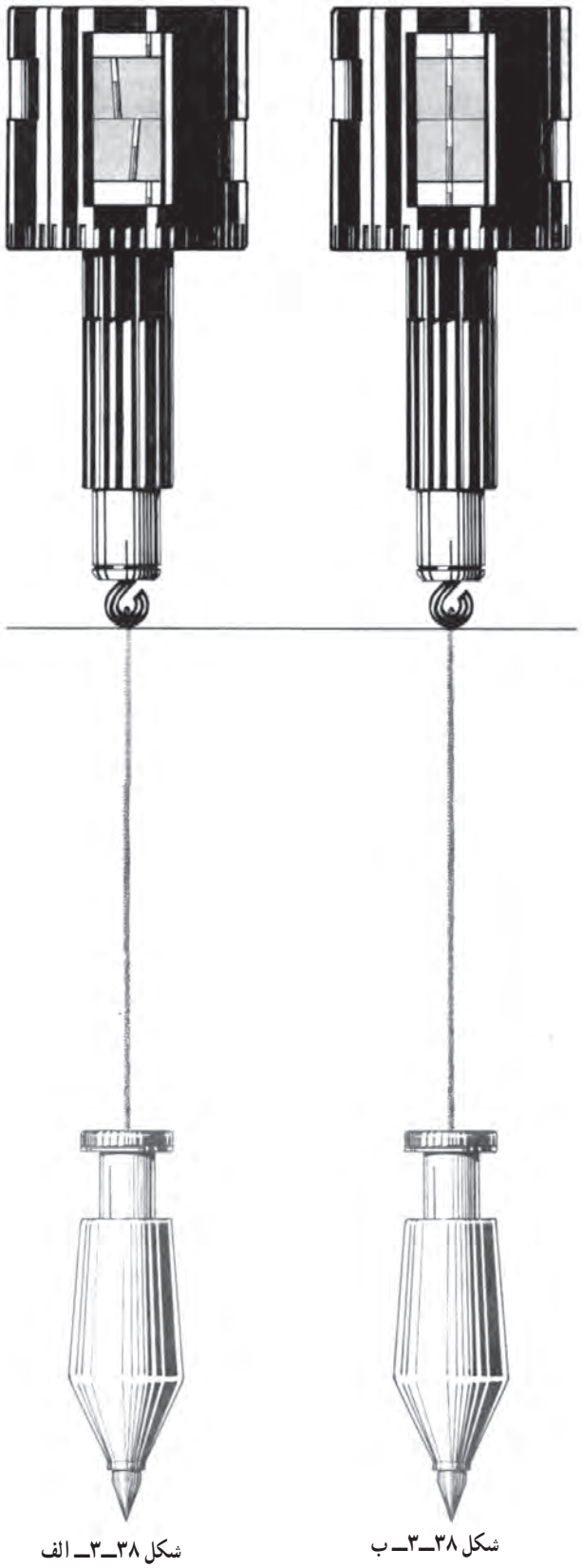
۳ــ در نقطه‌ی N مستقر شده عمود NC را اخراج می‌نماییم.

۴ــ 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 ۴۰ــ۳).



شکل ۴۰ــ۳



شکل ۳۸ــ۳ــ الف

شکل ۳۸ــ۳ــ ب

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.

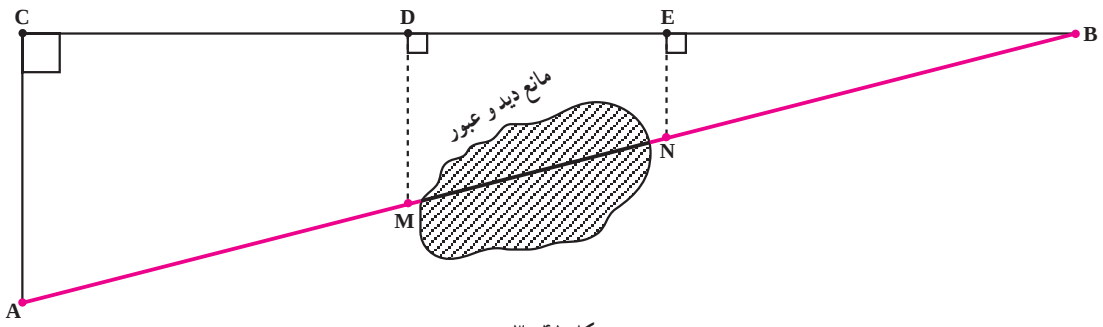
۹ــ۳ــ امتدادگذاری با وجود مانع دید استقرارناپذیر (مانع دید و عبور)

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 غیرمستقیم ــ که معمولاً در روش‌های غیر مستقیم نقشه‌برداری از روابط هندسی و مثلثاتی استفاده می‌شود ــ امتدادگذاری نماییم. (به‌مانع دید استقرارناپذیر، مانع دید و عبور نیز می‌گویند.) در شکل ۴۱ــ۳ می‌خواهیم بین دو نقطه‌ی A و B امتداد گذاری نماییم در حالی که مانع دید و عبور در روی امتداد AB قرار گرفته است. با 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 به‌دلخواه 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 به‌دست بیایند. طبق رابطه‌ی طالس در شکل ۴۱ــ۳ 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 BD و BE و جای‌گذاری در فرمول‌های یاد شده اندازه‌های EN و DM محاسبه می‌شوند.

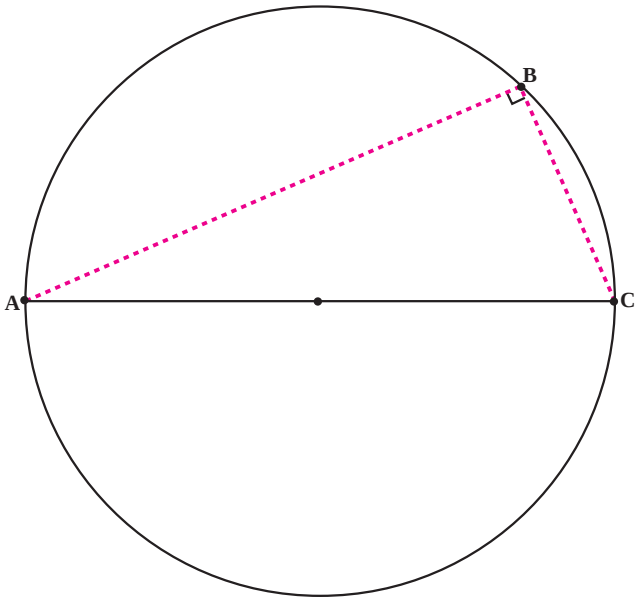


شکل ۴۱ــ۳

۱۰ــ۳ــ پیاده کردن دایره یا کمانی از دایره

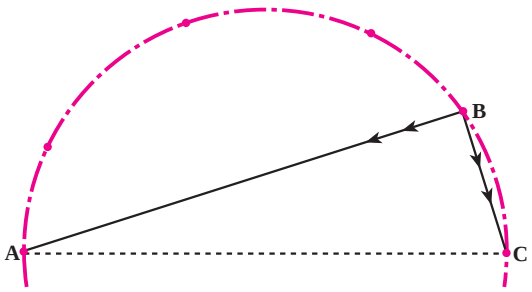
برای پیاده کردن کمانی از دایره به وسیله‌ی گونیای مسّاحی ابتدا قطر دایره را روی زمین پیاده می‌کنیم. اکنون می‌دانیم که اگر هر نقطه روی دایره باشد، زاویه‌ای که با دو سر قطر می‌سازد 90° است، اثبات :

در شکل ۴۲ــ۳، AC قطر دایره می‌باشد و اگر هر نقطه فرضی مانند B روی دایره انتخاب نماییم زاویه $A\hat{B}C$ یک زاویه‌ی محاطی خواهد بود و می‌دانیم که اندازه‌ی هر زاویه‌ی محاطی برابر است با نصف کمان مقابلش یعنی $A\hat{B}C=\frac{1}{2}\overset{\frown}{AC}$ و همانطور که ملاحظه می‌نمایید اندازه‌ی کمان AC برابر با 180° است پس زاویه‌ی $\hat{B}=90^\circ$ است و این موضوع برای تمام نقاط ر وی دایره ثابت است.



شکل ۴۲ــ۳

البته عکس این موضوع نیز صادق است یعنی اگر نقطه‌ای با دوسر قطر زاویه‌ی ۹۰° 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 گونیای مسّاحی سعی می‌کنیم در نقاطی قرار بگیریم که دو ژالون را در داخل گونیا در امتداد هم ببینیم. در شکل ۴۳ــ۳ نقاط C و 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 زاویه‌ی B برابر ۹۰° 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.



شکل ۴۳ــ۳ــ پیاده کردن قوس دایره

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

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

کار عملی

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

فصل چهارم

اندازه‌گیری فاصله با روش‌های مستقیم و غیرمستقیم

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

۱ــ انواع روش‌های اندازه‌گیری فاصله را نام ببرد.

۲ــ اندازه‌گیری فاصله با قدم را انجام دهد.

۳ــ اندازه‌گیری فاصله با پیرامون ثابت (Rollfix) را توضیح دهد.

۴ــ اندازه‌گیری فاصله با زنجیر مساحی را توضیح دهد.

۵ــ اصول مترکشی را بیان کند.

۶ــ مترکشی در زمین‌های افقی را انجام دهد.

۷ــ مترکشی افقی را در زمین‌های شیبدار به‌وسیله تراز دستی انجام دهد.

۸ــ مترکشی شیبدار را به‌وسیله شیب‌سنج توضیح دهد.

۹ــ اندازه‌گیری فاصله را به روش غیرمستقیم بیان کند.

۱۰ــ روش‌های اندازه‌گیری فاصله را با وجود مانع دید و عبور توضیح دهد.

۱۱ــ روش‌های اندازه‌گیری فاصله را با وجود مانع عبور قابل دور زدن توضیح دهد.

۱۲ــ روش‌های اندازه‌گیری فاصله را با وجود مانع عبور غیرقابل دور زدن توضیح دهد.

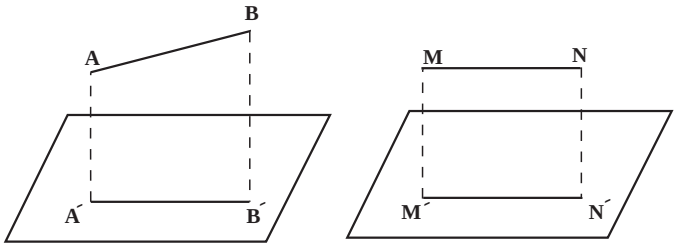
۱۳ــ روش‌های اندازه‌گیری فاصله دو نقطه را که هر دو غیرقابل دسترسی باشند توضیح دهد.

۱۴ــ اندازه‌گیری فاصله را به طریق امواج رادیویی و لیزر بیان کند.

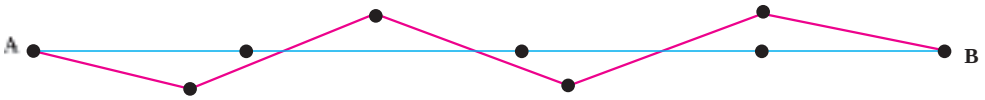
مقدمه

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[1] 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 به‌دست آورد.

۱ــ در زمین‌های شیب‌دار و مسافت‌های طولانی



شکل ۱ــ۴



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

شکل ۲ــ۴

۱ــ۴ــ امتدادگذاری ساده

دو نقطه‌ی A و B به‌طور ثابت و مشخص در روی زمین قرار گرفته‌اند. به‌طوری که اگر در نقطه‌ی A قرار بگیریم نقطه‌ی B قابل رؤیت می‌باشد. مشخص کردن راستای گذرنده از این دونقطه را اصطلاحاً «امتدادگذاری» می‌گوییم. به‌عبارت دیگر، ایجاد یک سری نقطه‌های فرعی بین دو نقطه‌ی ثابت A و B که همگی در یک راستا باشند، امتدادگذاری نامیده می‌شود (شکل ۲ــ۴). امتدادگذاری با توجه به فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی اصلی A و B و شرایط منطقه به دو روش انجام می‌گیرد که عبارت‌اند از :

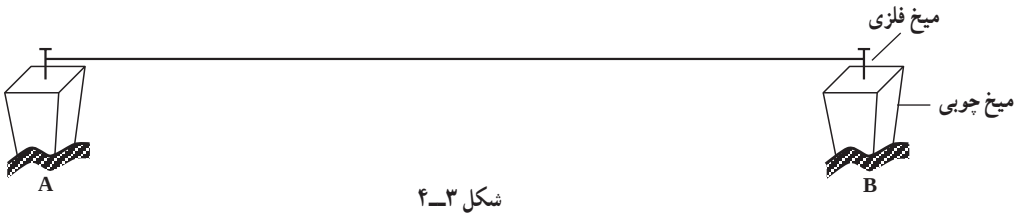
الف : امتدادگذاری به روش ریسمان کار

ب : امتدادگذاری به روش ژالون‌گذاری

در این رابطه نیاز به وسایل ساده‌ای از قبیل ریسمان کار، ژالون، سه‌پایه ژالون، تراز نبشی، میخ چوبی، میخ فولادی، رنگ، گچ و چکش داریم.

۱ــ۱ــ۴ــ امتدادگذاری به روش ریسمان کار :

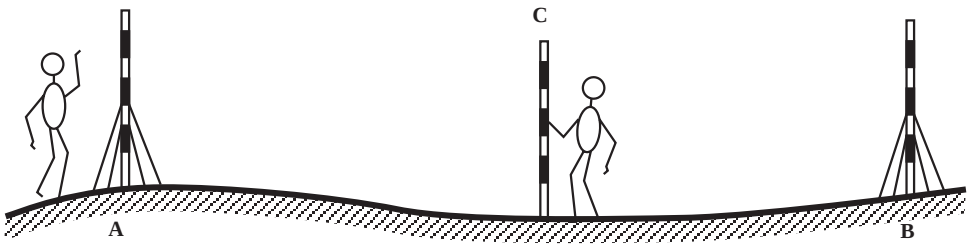
روش تعیین امتداد به‌وسیله‌ی ریسمان کار به شرح زیر می‌باشد. (این روش به‌وسیله‌ی یک عامل قابل اجراست) پس از مشخص کردن دو نقطه‌ی اصلی به‌وسیله‌ی میخ چوبی یا فلزی در روی زمین ریسمان کار را تحت کشش مناسب به آن دو میخ، متصل می‌کنیم که امتداد حاصل از ریسمان کار امتداد دو نقطه‌ی A و B خواهد بود. راستای به‌دست آمده را می‌توان به‌وسیله ریختن مقداری پودرگچ 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 ۳ــ۴).



شکل ۳ــ۴

۲ــ۱ــ۴ــ امتدادگذاری به روش ژالون‌گذاری :

در این حالت حداقل دو نفر عامل مورد نیاز است و نحوه‌ی عمل به این صورت است که ابتدا دو ژالون را در نقطه‌های A و B به‌وسیله‌ی سه‌پایه‌ی ژالون مستقر نموده و با تراز نبشی قائم بودن آن‌ها را کنترل می‌کنیم. یکی از عاملین در پشت ژالون A در فاصله‌ی مناسب طوری قرار می‌گیرد که ژالون B را نیز در پشت ژالون A ببیند. حال اگر عامل دوم ژالون C را در فاصله‌ی بین دو ژالون A و B هدایت کند، عامل اول می‌تواند با علامت‌های قراردادیِ دست، او را طوری هدایت کند که ژالون C نیز در امتداد دید دو ژالون A و B قرار گیرد (شکل ۴ــ۴).



شکل ۴ــ۴

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.

۲ــ۴ــ 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.

۱ــ اندازه‌گیری فاصله به روش مستقیم؛

۲ــ اندازه‌گیری فاصله به روش غیرمستقیم؛

۳ــ اندازه‌گیری فاصله به‌روش امواج رادیویی و لیزر.

۳ــ۴ــ 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.

۱ــ۳ــ۴ــ اندازه‌گیری فاصله با قدم : در مواردی 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 به‌دقت 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 ۷/۵۰ متر شده باشد، طول یک قدم شما ۷۵ سانتیمتر است. برای دقت بیشتر می‌توانید چند بار طول ده قدم خود را به‌دست آورده، میانگین آن‌ها را به دست آورید. نکته‌ی دیگر این‌که سعی کنید با یک سرعت قدم بردارید، طول قدم‌های خود را تغییر ندهید و درست به سمت نقطه‌ی مقابل قدم بردارید (زیگزاگ نروید). با رعایت نکات یاد شده دقت مطلوبی به‌دست خواهید آورد. برای کسب مهارت و یافتن دقت این روش می‌توانید یک طول معین را با قدم اندازه‌گیری نمایید و اندازه‌ای را که خودتان به‌دست آورده‌اید با اندازه‌هایی که دانش‌آموزان دیگر به دست آورده‌اند مقایسه نمایید.

توجه داشته باشید که دقت نسبی این روش حدود $\frac{۱}{۵۰}$ می‌باشد؛ یعنی برای مثال در هر ۵۰ متر یک متر خطا خواهید داشت که این دقت برای تهیه‌ی کروکی و تعیین فواصل تقریبی بسیار مناسب است.

۲ــ۳ــ۴ــ اندازه‌گیری فاصله با پیرامون ثابت (رول ــ فیکس Rollfix) : در این روش از یک چرخ که پیرامون

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 ــ 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.

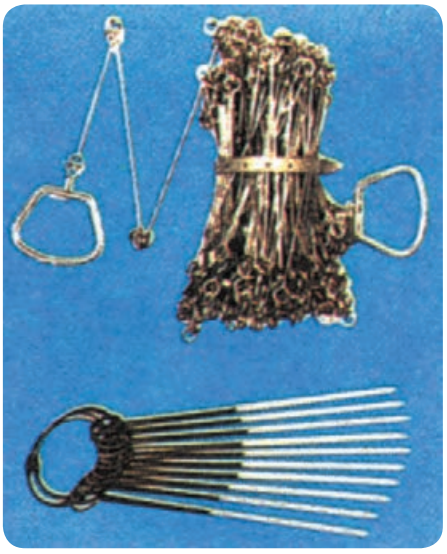
اگر می‌خواهید دقت اندازه‌گیری شما بالا برود در یک مسیر مستقیم به طرف نقطه‌ی مقابل حرکت کنید و در منطقه‌ای از آن استفاده کنید که شیب وپستی و بلندی بسیاری نداشته باشد در شکل ۵ــ۴ چند نمونه رول فیکس نشان داده شده است.

شکل ۵ــ۴

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 روش‌کار با رول‌فیکس می‌باشد.

۳ــ۳ــ۴ــ اندازه‌گیری فاصله با زنجیر مسّاحی :

زنجیر مسّاحی، 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 به‌وسیله‌ی حلقه‌های فلزی به‌هم متصل می‌شوند و از پلاک‌های مخصوصی برای نشان دادن محل دسیمتر و متر استفاده می‌شود. دقت این وسیله حدود $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ است؛ یعنی در هر ۱۰۰۰ متر امکان ۱ مترخطا وجود دارد. در شکل ۶ــ۴ زنجیرمساحی و نیزه‌های مخصوصی که با آن به‌کار می‌رود را ملاحظه می‌نمایید.



شکل ۶ــ۴

۴ــ۳ــ۴ــ اندازه‌گیری فاصله به‌روش مترکشی :

عمل مترکشی طی مراحل زیر انجام می‌شود :

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

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

۳ــ 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 به‌کار 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 به‌دست 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.

۱ــ 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 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.

۲ــ 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 بر حسب فوت و اینچ تنظیم گردیده‌اند.

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

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

۴ــ قرائت‌ها را در جدولی، مانند شکل ۷ــ۴ ثبت می‌نماییم.

نام فاصله	اندازه‌ی فاصله‌ی افقی به متر	کروکی و ملاحظات
$A-P_1$ P_1-P_2 P_2-B AB		

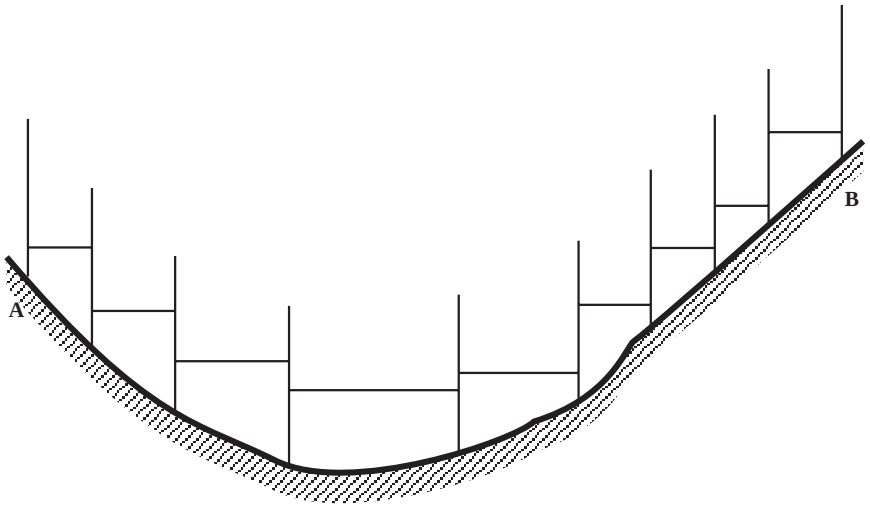
شکل ۷ــ۴ــ فرم مترکشی

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

۶ــ 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 یا 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.

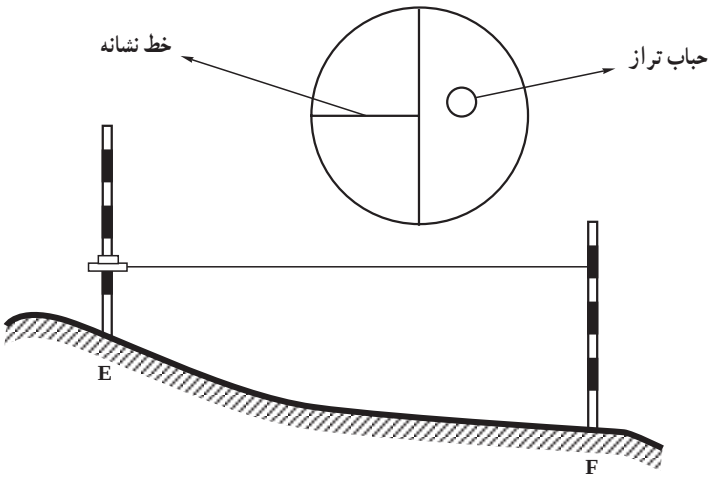
اندازه‌گیری طول با متر در زمین‌های شیب‌دار (به روش افقی)

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 را کوچک‌تر انتخاب کنیم تا شخصی که متر را نگه می‌دارد امکان افقی نگه‌داشتن متر و قرائت آن را داشته باشد. بنابراین، همان‌طور که در شکل ۸ــ۴ نشان داده شده، در این نوع مترکشی فاصله‌ی دهانه‌ها متغیر است.

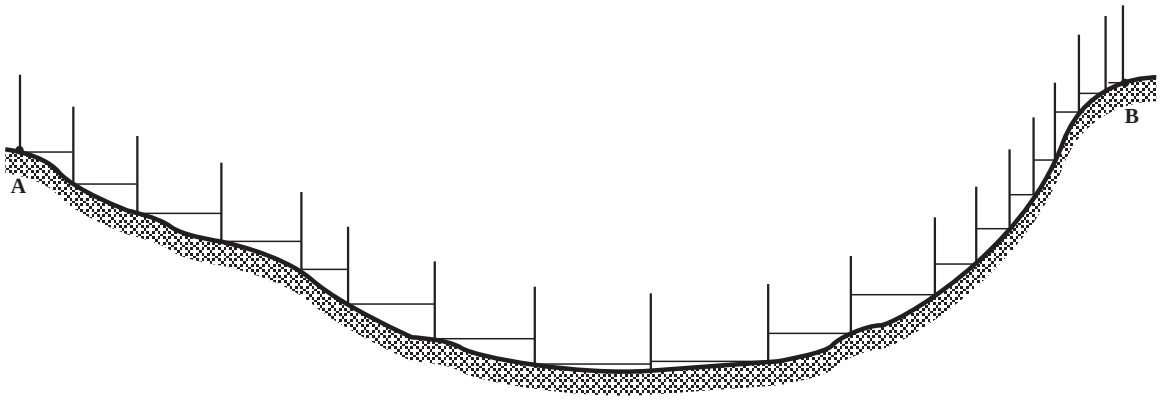


شکل ۸ــ۴

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



شکل ۹ــ۴



شکل ۱۰ــ۴ــ مترکشی افقی در زمین شیبدار

(ب)

(الف)

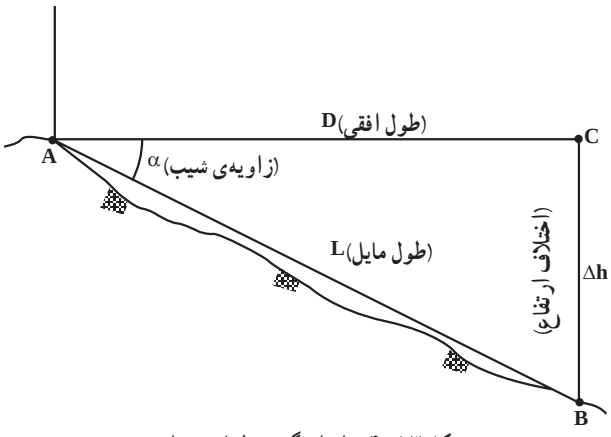
شکل ۱۱ــ۴ــ انواع تراز دستی و به‌کارگیری آن‌ها

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

شکل ۱۲ــ۴

۴ــ۴ــ 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 ۱۳ــ۴) مترکشی می‌نماییم (L)؛ سپس با اندازه‌گیری Δh روی ژالون یا با اندازه‌گیری زاویه‌ی شیب (α) می‌توانیم طول افقی (D) را محاسبه نماییم.



شکل ۱۳ــ۴ــ اندازه‌گیری طول شیبدار

برای اندازه‌گیری Δh کافی است به کمک تراز دستی به‌روشی که ذکر شد امتداد افقی AC را برقرار نماییم، سپس طول $\Delta h = BC$ را اندازه‌گیری می‌نماییم. برای محاسبه‌ی D بنابر 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 ۲۵/۷۳ متر و اختلاف ارتفاع ۳/۲۱متر باشد داریم :

$$D = \sqrt{۲۵/۷۳^2 - ۳/۲۱^2} = ۲۵/۵۲۹ \text{ m}$$

برای اندازه‌گیری زاویه‌ی شیب بین دو نقطه‌ی A و B از یک شیب سنج دستی استفاده می‌نماییم. شیب سنج دستی از یک نقاله ــ که بر روی آن یک تراز دستی تعبیه شده ــ تشکیل می‌شود. شکل ۱۴ــ۴ را ببینید.

شکل ۱۴ــ۴ــ 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 ۱۳ــ۴ اگر زاویه‌ی شیب $\alpha = ۷^\circ\ ۱۰'$ و طول شیب‌دار L = ۲۵/۷۳ متر باشد، طول افقی (D) را محاسبه نمایید.

داریم :

$$D = L\cos\alpha = ۲۵/۷۳ \times \cos(۷^\circ\ ۱۰')$$

با توجه به جدول توابع مثلثاتی یا به وسیله ماشین حساب داریم :

$$\cos(۷^\circ\ ۱۰') = ۰/۹۹۲۱۹$$

پس :

$$D = ۲۵/۷۳ \times ۰/۹۹۲۱۹ = ۲۵/۵۲۹ \text{ m}$$

هرگاه بتوانیم مستقیماً فاصله افقی بین دو نقطه A و B را اندازه‌گیری کنیم می‌توان با اندازه‌گیری کمیت‌های دیگر و قرار

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

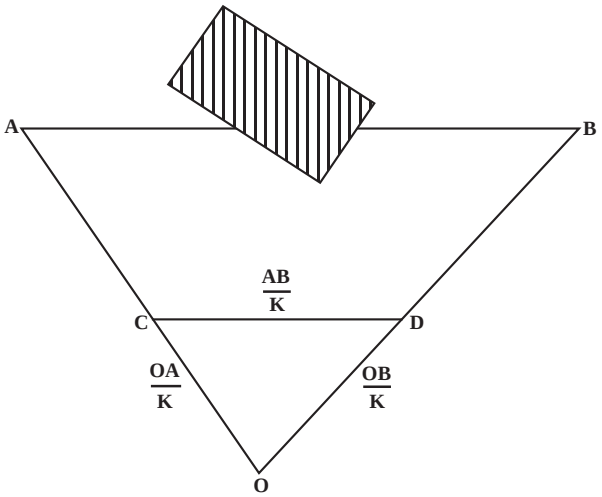
اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع : موانع در اندازه‌گیری فاصله به سه شکل وجود دارد :

۱ــ مانع دید مانند تپه

۲ــ مانع عبور مانند باتلاق

۳ــ مانع دید و عبور مانند ساختمان.

برای پیدا کردن مسافت در این گونه موارد همیشه از روابط هندسی در حل مثلث استفاده می‌کنیم (شکل ۱۵ــ۴).

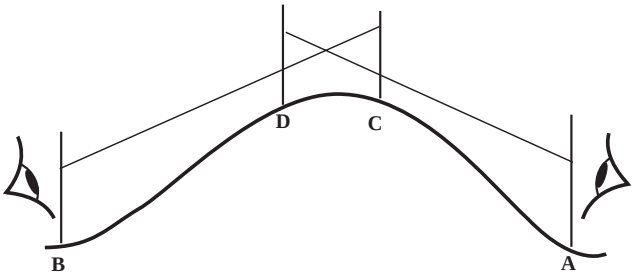


شکل ۱۵ــ۴

۱ــ۴ــ۴ــ 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 غیرقابل رؤیت باشد. این مانع می‌تواند یک سنگ بزرگ یا تپّه 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 به‌طوری که، این دو ژالون توسط عوامل A و B قابل رؤیت باشند (شکل ۱۶ــ۴)، 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 دهنه‌های کوچک‌تر تقسیم شوند.



شکل ۱۶ــ۴

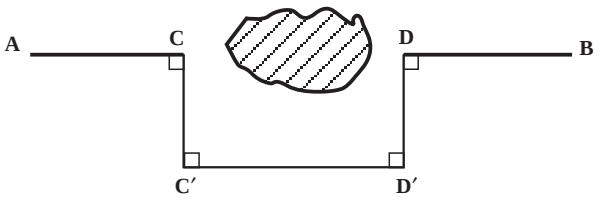
۲ــ۴ــ۴ــ اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع عبور :

گاهی هنگام اندازه‌گیری فاصله بین دو نقطه به موانع غیرقابل عبور برخورد می‌کنیم. این موانع به دو دسته‌ی قابل دور زدن و غیرقابل 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 ۱۷ــ۴ می‌توان در نقاط C و D به وسیله‌ی گونیا عمود اخراج کرده و فواصل مساوی CC' و DD' را ایجاد نمود و با اندازه‌گیری دهنه‌های AC و $C'D'$ و DB به مجموع فاصله‌ی AB رسید.

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



شکل ۱۷ــ۴

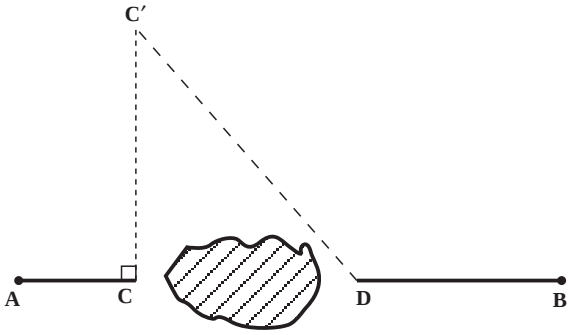
۲) در نقطه‌ی C به‌وسیله‌ی گونیا عمودی اخراج کرده و نقطه‌ی C' را روی آن طوری انتخاب می‌کنیم که فاصله‌ی $C'D$ و $C'C$ قابل اندازه‌گیری باشد (شکل ۱۸ــ۴).

در مثلث $CC'D$ داریم :

$$\overline{CD} = \sqrt{\overline{C'D}^{۲} - \overline{CC'}^{۲}}$$

بنابراین، برای محاسبه‌ی فاصله‌ی AB داریم :

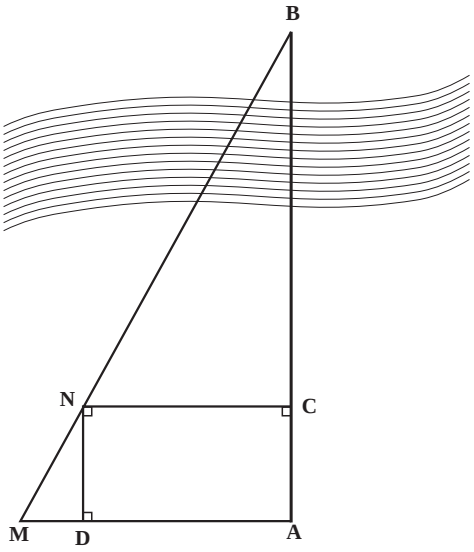
$$\overline{AB} = \overline{AC} + \sqrt{\overline{C'D}^{۲} - \overline{CC'}^{۲}} + \overline{DB}$$



شکل ۱۸ــ۴

ب) مانع عبور غیرقابل دورزدن : برای توضیح این نوع موانع رودخانه‌ای را مثال می‌زنیم که نقاط A و B در دو طرف آن واقع شده‌اند (شکل ۱۹ــ۴). 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 چهارضلعی NDAC یک مربع مستطیل است. بنابراین، با استفاده از رابطه‌ی تالس داریم : $\frac{AB}{ND} = \frac{AM}{DM} \Rightarrow AB = \frac{AM.ND}{DM}$ که طول‌های AM، ND و DM قابل دسترسی و اندازه‌گیری می‌باشند.

بنابراین، فاصله‌ی AB نیز محاسبه می‌شود.



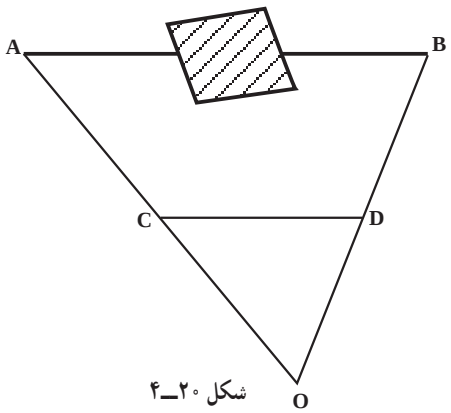
شکل ۱۹ــ۴

۳ــ۴ــ۴ــ اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع دید و عبور

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 ۲۰ــ۴ 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 :

$$OC = \frac{۱}{K} OA \qquad OD = \frac{۱}{K} OB$$



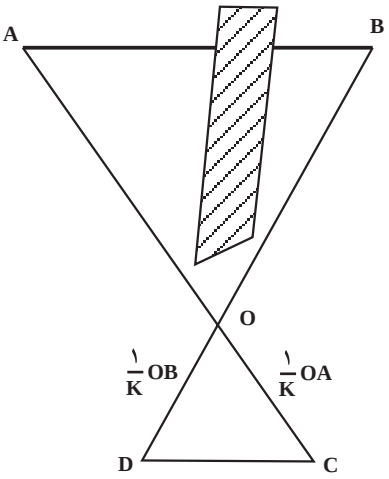
شکل ۲۰ــ۴

(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∥CD و نیز از نسبت اضلاع خواهیم داشت :

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

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 ۲۱ــ۴ انتخاب نمود و از رابطه‌ی تالس مقدار عددی طول AB را محاسبه نمود.



شکل ۲۱ــ۴

۵ــ۴ــ 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 به‌وجود آمده است.

از آن گذشته فاصله‌یاب‌های الکترونیکی در وضعیت نامساعد جوی نیز به‌خوبی 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 به‌داخل کامپیوتر منتقل می‌شود، بسیاری از خطاهای انسانی حذف می‌گردد.

در شکل زیر نمونه‌هایی از این وسایل را مشاهده می‌نمایید.

شکل ۲۲ــ۴ــ انواع فاصله‌یاب

اکثر فاصله یاب‌ها قابل نصب (اتصال) روی دوربین‌های نقشه‌برداری می‌باشند (شکل۲۳ــ۴).

شکل ۲۳ــ۴ــ نصب فاصله‌یاب روی دوربین

امروزه دستگاه فاصله یاب با دوربین نقشه‌برداری ادغام شده و آن را به یک دستگاه کامل تبدیل کرده است که اصطلاحاً به آن‌ها «توتال استیشن Total Station» می‌گویند (شکل۲۴ــ۴).

شکل ۲۴ــ۴ــ 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 به‌صورت دیجیتالی نمایش می‌دهد.

همان‌طور که در شکل ۲۵ــ۴ ملاحظه می‌کنید در بعضی موارد برای قراولروی به رفلکتور روی آن یک تارگت (Target) اضافه شده است.

شکل ۲۵ــ۴ــ 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.

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

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

تمرین و عملیات

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

فصل پنجم

اندازه‌گیری زاویه با وسایل ساده نقشه‌برداری

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

۱ــ زاویه را تعریف کرده انواع زوایای مورد استفاده را در نقشه برداری، با رسم شکل توضیح دهد.

۲ــ واحدهای اندازه‌گیری زاویه را توضیح دهد.

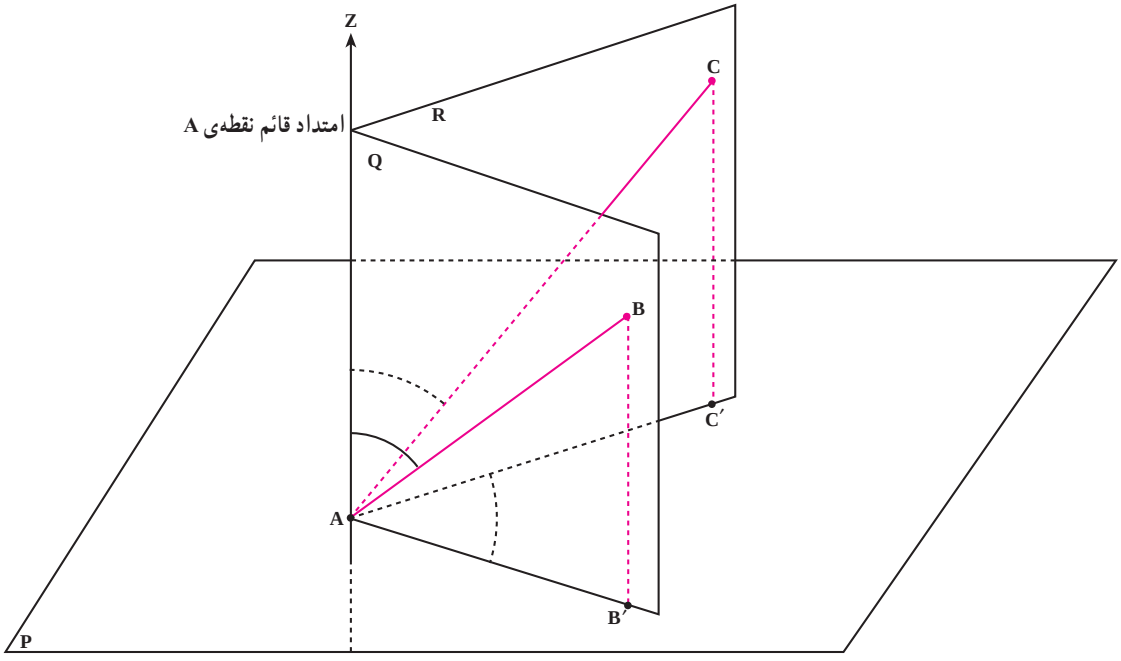
۳ــ روش تبدیل واحدهای اندازه‌گیری زاویه به یکدیگر را توضیح دهد.

۴ــ روش‌های اندازه‌گیری زاویه افقی را با متر، انجام دهد.

۵ــ روش پیاده کردن زاویه را با متر و گونیا، انجام دهد.

۱ــ۵ــ تعریف زاویه

قسمتی از صفحه که بین دو امتداد غیرموازی محصور شده باشد «زاویه» نامیده می‌شود. در نقشه‌برداری زاویه را در دو صفحه‌ی افقی و قائم اندازه می‌گیرند در شکل ۱ــ۵ دو امتداد AB و AC را درنظر بگیرید.



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 ۱ــ۵

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

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 ۱ــ۵ زاویه‌ی $Z\hat{A}B$) و زاویه‌ی بین امتداد AC و امتداد قائم نقطه‌ی A را که روی صفحه‌ی قائم R قرار دارد زاویه‌ی قائم امتداد AC می‌گویند (شکل ۱ــ۵ زاویه‌ی $Z\hat{A}C$).

زاویه‌ی شیب : زاویه‌ی بین یک امتداد و صفحه‌ی افقی گذرنده از آن را «زاویه شیب» آن امتداد می‌گویند؛ مثلاً زاویه‌ی بین امتداد AB و صفحه‌ی افقی P که از A می گذرد زاویه‌ی شیب امتداد AB (شکل ۱ــ۵ زاویه $B\hat{A}B'$) و زاویه‌ی بین امتداد AC و صفحه‌ی افقی P که از A می‌گذرد زاویه‌ی شیب امتداد AC می‌نامند (شکل ۱ــ۵ زاویه‌ی $C\hat{A}C'$).

رابطه‌ی بین زاویه‌ی شیب و زاویه‌ی قائم یک امتداد : همان‌طور که در شکل ۱ــ۵ ملاحظه می‌کنید زاویه‌ی شیب و زاویه‌ی قائم یک امتداد متمم یکدیگر هستند :

۹۰° = زاویه‌ی قائم + زاویه‌ی شیب

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

زاویه‌ی قائم – زاویه‌ی قائمه (۹۰° یا ۱۰۰ گراد) = زاویه‌ی شیب

۲ــ۵ــ واحدهای اندازه‌گیری زاویه

۱ــ۲ــ۵ــ درجه : $\frac{1}{360}$ زاویه‌ی تمام صفحه را «درجه» می‌گویند؛ به عبارت دیگر، اگر صفحه‌ی یک دایره را با رسم قطرهایش به ۳۶۰ قسمت مساوی تبدیل کنیم هر کدام از زاویه‌های مرکزی به‌وجود آمده برابر یک درجه خواهند بود. برای اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر هر زاویه‌ی یک درجه را به ۶۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کنند که به هر قسمت یک دقیقه می‌گویند و برای اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق هر زاویه‌ی یک دقیقه را به ۶۰ 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 (۳۰ دقیقه) می‌باشد، اما در دوربین‌های نقشه‌برداری معمولی کوچکترین تقسیمات یک دقیقه و در دوربین‌های دقیق نقشه‌برداری کوچکترین تقسیمات زاویه در حد ۱۰ ثانیه یا ۵ ثانیه است. و در وسایل پیشرفته‌ی بسیار دقیق حتی ۱ ثانیه قابل قرائت است.

برای نشان دادن یک زاویه برحسب درجه و دقیقه و ثانیه از علایم مخصوصی استفاده می‌نمایند؛ مثلاً صد و پنجاه و هشت درجه و چهل و سه دقیقه و چهل و پنج ثانیه را چنین می‌نویسند : $158°43'45''$

۲ــ۲ــ۵ــ گراد : $\frac{1}{400}$ زاویه‌ی تمام صفحه را «گراد» می‌نامند و برای اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر یک گراد را به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کنند و هر قسمت را «دقیقه‌ی گرادی» یا «سانتی‌گراد» می‌نامند و برای کارهای بسیار دقیق هر دقیقه‌ی گرادی را نیز به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کنند و به آن «ثانیه گرادی» یا «سانتی‌گراد» می‌گویند.

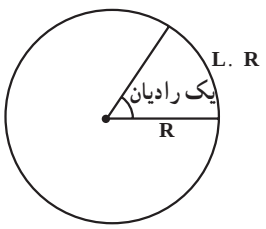
پرسش : یک گراد چند ثانیه‌ی گرادی است؟

برای نشان دادن اندازه‌ی یک زاویه برحسب گراد از علایم مخصوصی استفاده می‌شود که در این مثال می‌توانید ببینید. (البته چون تقسیمات گراد اعشاری است می‌توانیم دقیقه و ثانیه‌ی آن را به‌صورت 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 :

$37^{g}\ 54^{c}\ 85^{cc}$ و یا $37^{g}\ 54'\ 85''$ و یا $37/5485g$

نکته : معمولاً وسایل و دوربین‌های نقشه‌برداری برحسب درجه یا گراد مدرج شده‌اند.



شکل ۲ــ۵

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

جواب : از آنجا که گراد $\frac{۱}{۴۰۰}$ و درجه $\frac{۱}{۳۶۰}$ زاویه تمام صفحه می‌باشد پس تقسیمات گراد ریزتر یعنی دوربین A دقیق‌تر است.

۳ــ۲ــ۵ــ 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 :

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

پرسش : اندازه‌ی یک زاویه‌ی ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد (تمام صفحه) برحسب رادیان چقدر است؟

پاسخ : طول قوس مقابل زاویه ۳۶۰° یا ۴۰۰ گراد همان محیط دایره می‌باشد؛ پس اگر شعاع دایره را r فرض کنیم، داریم :

$$\text{زاویه تمام صفحه برحسب رادیان} = \frac{۲\pi r}{r} = ۲\pi \text{ رادیان}$$

۳ــ۵ــ تبدیل واحدهای زاویه

فرمول کلی تبدیل واحدهای زاویه عبارت است از :

$$\frac{D}{۳۶۰} = \frac{G}{۴۰۰} = \frac{R}{۲\pi}$$

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 ۳۶° چند گراد، چند رادیان است؟

برای تبدیل درجه به گراد داریم :

$$D = ۳۶ \text{ و } \frac{D}{۳۶۰} = \frac{G}{۴۰۰}$$

اندازه‌ی زاویه برحسب درجه ($D = ۳۶$) را در فرمول جایگذاری می‌کنیم تا اندازه‌ی زاویه برحسب گراد (G) محاسبه شود.

$$\frac{۳۶}{۳۶۰} = \frac{G}{۴۰۰} \Rightarrow G = \frac{۴۰۰ \times ۳۶}{۳۶۰} = ۴۰ \text{ گراد}$$

$$\Rightarrow \boxed{G = ۴۰ \text{ گراد}}$$

برای تبدیل درجه به رادیان داریم :

$$D = ۳۶ \text{ و } \frac{D}{۳۶۰} = \frac{R}{۲\pi}$$

با جایگذاری و حل فرمول داریم :

$$\frac{۳۶}{۳۶۰} = \frac{R}{۲\pi} \Rightarrow R = \frac{۳۶ \times ۲\pi}{۳۶۰} \Rightarrow \boxed{R = ۰/۲\pi} \text{ رادیان}$$

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

$$\frac{D}{۹} = \frac{G}{۱۰}$$

پرسش : چگونه این فرمول را از فرمول اصلی به‌دست آورده‌ایم؟

بنابراین، برای تبدیل درجه به گراد از فرمول :

$$G = \frac{۱۰}{۹}D$$

و برای تبدیل گراد به درجه از فرمول :

$$D = \frac{۹}{۱۰}G$$

استفاده می‌کنیم.

مثال : زاویه ۴۵° را به گراد تبدیل کنید :

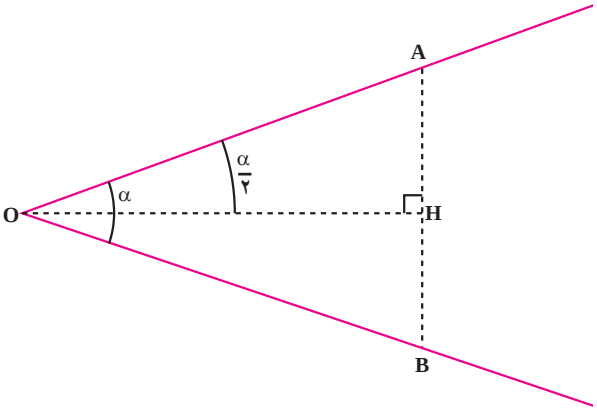
$$G = \frac{۱۰}{۹} \times ۴۵ = ۵۰ \text{ گراد}$$

مثال : زاویه ۱۷۶ گراد چند درجه است؟

$$D = \frac{۹}{۱۰} \times ۱۷۶ = ۱۴۸/۴$$

۴ــ۵ــ روش‌های اندازه‌گیری زاویه با متر

۱ــ۴ــ۵ــ روش اول : در این روش برای اندازه‌گیری یک زاویه روی دو ضلع زاویه از طرف رأس دو طول مساوی



شکل ۳ــ۵

جدا می‌کنیم (شکل ۳ــ۵)؛ داریم :OA=OB می‌خواهیم‌زاویه‌ی $A\hat{O}B=\alpha$ را محاسبه نماییم. در مثلث AOB ارتفاع وارد برAB را رسم می‌نماییم.

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

$$A\hat{O}H \text{ زاویه‌ی} = \frac{\alpha}{۲}$$

با استفاده از روابط مثلثاتی می‌نویسیم :

$$\sin\frac{\alpha}{۲}=\frac{AH}{OA} \quad و \quad AH=\frac{AB}{۲}$$

$$\sin\frac{\alpha}{۲}=\frac{AB}{۲OA}\Rightarrow\frac{\alpha}{۲}=\text{Arc}\sin\frac{AB}{۲OA}$$

بنابراین، کافی است اندازه‌ی AB را روی زمین با متر به‌دست آورده با معلوم بودن OA مقدار $\frac{AB}{۲OA}$ را محاسبه می‌کنیم؛ سپس با کمک ماشین حساب زاویه‌ی مورد نظر ($\frac{\alpha}{۲}$) را پیدا می‌کنیم و از آن‌جا می‌توانیم α را محاسبه کنیم :

$$\alpha=۲\times\frac{\alpha}{۲}$$

مطالعه آزاد

البته از فرمول کسینوس‌ها نیز می‌توانیم استفاده نماییم. در شکل ۳ــ۵ داریم :

$$(AB)^۲=(OA)^۲+(OB)^۲-۲OA.OB.\cos\alpha \quad و$$

$$OA=OB$$

$$(AB)^۲=۲(OA)^۲-۲(OA)^۲.\cos\alpha$$

$$=۲(OA)^۲(۱-\cos\alpha)$$

$$\Rightarrow ۱-\cos\alpha=\frac{(AB)^۲}{۲(OA)^۲}$$

$$\Rightarrow \cos\alpha=۱-\frac{(AB)^۲}{۲(OA)^۲}$$

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 ۳ــ۵ فرض کنید اندازه‌ی $OA=OB=۲۰m$ را روی دو ضلع زاویه جدا کرده‌ایم و اندازه‌ی AB را روی زمین اندازه‌گیری کرده‌ایم و داریم :

$$AB=۱۷/۳۹۹$$

با جای‌گذاری در فرمول داریم :

$$\cos\alpha=۱-\frac{(AB)^۲}{۲(OA)^۲}=\frac{(۱۷/۳۹۹)^۲}{۲(۲۰)^۲}$$

$$\cos\alpha = ۱ - ۰/۳۷۸۴۰۶۵۰۱ = ۰/۶۲۱۵۹۳۴۹۸$$

با مراجعه به جدول به‌دنبال زاویه‌ای می‌گردیم که $\cos\alpha = ۰/۶۲۱۵۹$ و نزدیکترین عدد در جدول به این‌صورت است : $\cos(۵۱^\circ\ ۳۴') = ۰/۶۲۱۶۰$ پس

$$\alpha = ۵۱^\circ\ ۳۴'$$

اکنون همین مثال را با روش $\sin\frac{\alpha}{۲}$ نیز حل می‌کنیم :

داریم :

$OA=OB=۲۰$ متر و $AB=۱۷/۳۹۹$ متر

با جای‌گذاری در فرمول داریم :

$$\sin\frac{\alpha}{۲} = \frac{AB}{۲OA} = \frac{۱۷/۳۹۹}{۲\times۲۰} = ۰/۴۳۴۹۷$$

با استفاده از ماشین حساب داریم :

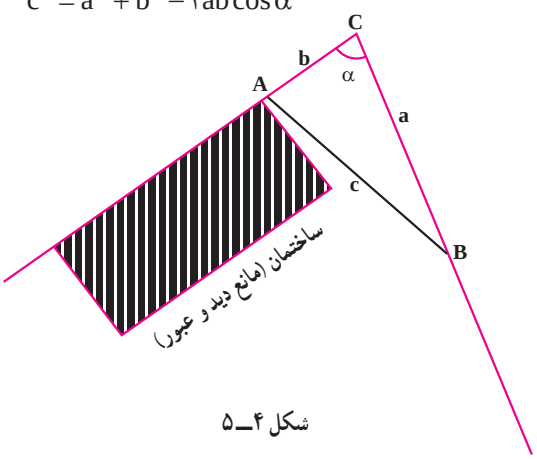
$$\frac{\alpha}{۲} = ۲۵^\circ\ ۴۷'$$

$$\alpha = ۲\times\frac{\alpha}{۲} = ۲\times(۲۵^\circ\ ۴۷')$$

$$= ۵۰^\circ\ ۹۴' = ۵۱^\circ\ ۳۴'$$

۲ــ۴ــ۵ــ روش دوم : گاهی اوقات امکان جدا کردن دو طول مساوی روی دو ضلع زاویه وجود ندارد، مانند شکل ۴ــ۵. در این حالت، دو طول دلخواه را از دو ضلع زاویه جدا می‌کنیم تا نقاط A و B به‌دست بیاید؛ سپس طول AB را با متر اندازه می‌گیریم و با استفاده از فرمول کسینوس‌ها به این‌صورت عمل می‌کنیم :

$$c^۲ = a^۲ + b^۲ - ۲ab\cos\alpha$$



شکل ۴ــ۵

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

$$\cos\alpha = \frac{a^۲ + b^۲ - c^۲}{۲ab}$$

نکته : اگر $\cos\alpha$ منفی باشد نشانگر این است که زاویه‌ی α منفرجه است؛ یعنی از ۹۰° بزرگتر است و می‌توانیم بنویسیم : $\alpha = ۹۰ + x$ ، و چون جداول مثلثاتی برای زوایای ۰ تا ۹۰ درجه تنظیم شده، پس ما باید ابتدا مقدار زاویه‌ی x را پیدا کرده و سپس آن را با ۹۰° جمع کنیم تا زاویه‌ی α به‌دست بیاید. برای این‌کار به‌این رابطه‌ی مثلثاتی توجه کنید :

$$\cos\alpha = \cos(۹۰ + x) = -\sin x$$

بنابراین، در ستون سینوس‌ها عدد $\cos\alpha$ را جستجو می‌کنیم (بدون توجه به علامت منفی آن) و پس از به‌دست آوردن زاویه‌ی x آن‌را با ۹۰ جمع می‌کنیم تا α به‌دست بیاید.

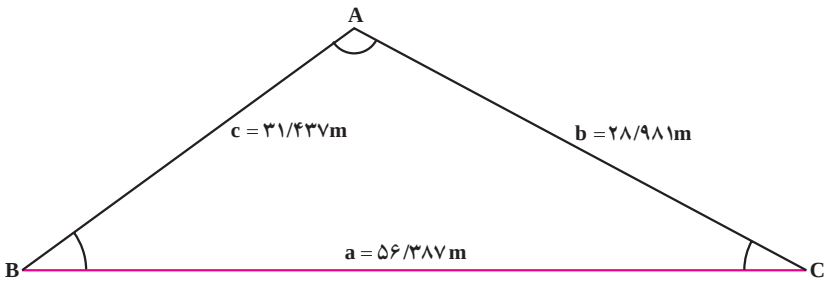
مثال : برای به‌دست آوردن زوایای مثلثی، اضلاع آن به‌ترتیب، $AB = ۳۱/۴۳۷$ متر، $AC = ۲۸/۹۸۱$ متر و $BC = ۵۶/۳۸۷$ متر اندازه‌گیری شده‌اند زوایای این مثلث را محاسبه کنید (شکل ۵ــ۵).

برای به‌دست آوردن زاویه‌ی A داریم :

$$\cos A = \frac{b^۲ + c^۲ - a^۲}{۲bc}$$

$$\cos A = \frac{(۲۸/۹۸۱)^۲ + (۳۱/۴۳۷)^۲ - (۵۶/۳۸۷)^۲}{۲(۲۸/۹۸۱)(۳۱/۴۳۷)}$$

$$= -۰/۷۴۱۶۰$$

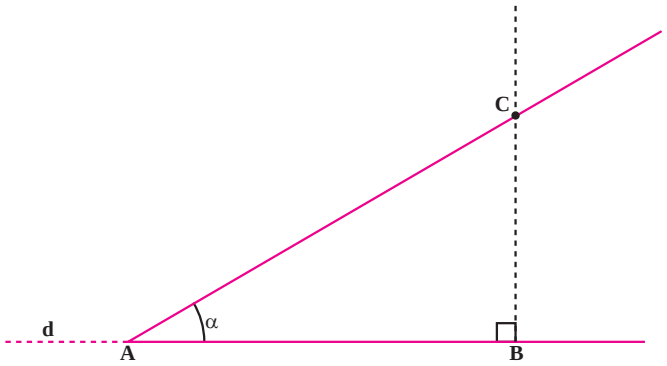


شکل ۵ــ۵

از آن‌جا که عدد حاصل منفی است پس زاویه‌ی A منفرجه است؛ پس باید با افزودن ۹۰° به آن زاویه A را به‌دست بیاوریم :

اندازه‌ی زاویه A $\hat{A} = ۹۰ + (۴۷^\circ\ ۵۲') = ۱۳۷^\circ\ ۵۲'$

به‌دست آوردن زوایای B و C را نیز به دانش‌آموزان عزیز می‌سپاریم.



شکل ۶ــ۵

۵ــ۵ــ پیاده کردن زوایا با متر و گونیای مساحی

می‌خواهیم روی پاره‌خط AB از نقطه‌ی A، زاویه‌ی $C\hat{A}B$ را جدا کنیم (شکل ۶ــ۵). برای این‌کار 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 :

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

از آن‌جا برای محاسبه BC داریم :

$$BC = AB.tg\alpha$$

بنابراین، با جدا کردن طول BC روی خط عمود می‌توانیم نقطه‌ی C و درنتیجه زاویه‌ی $\hat{A}$ را پیاده نماییم.

مثال : می‌خواهیم زاویه‌ی $\alpha = C\hat{A}B = ۳۸^\circ\ ۴۱'$ را روی پاره‌خط AB=۱۹/۱۷ متر پیاده نماییم (شکل ۶ــ۵). ابتدا طول، AB=۱۹/۱۷ متر را روی زمین پیاده می‌کنیم؛ سپس از

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

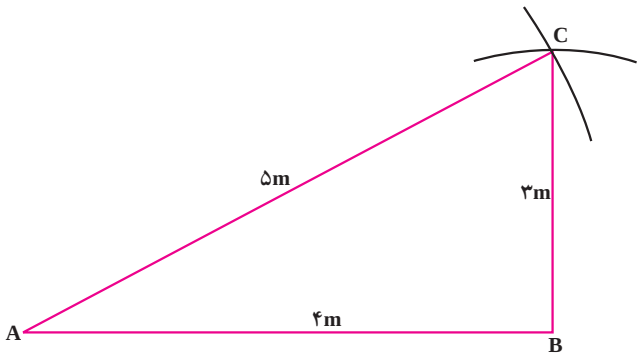
$$BC = AB.tg = ۱۹/۱۷ \times tg(۳۸^\circ ۴۱')$$
$$BC = ۱۹/۱۷ \times ۰/۸۰۰۶۷ = ۱۵/۳۴۸۸۴۳۹$$
$$\Rightarrow BC \simeq ۱۵/۳۴۹$$

با پیاده کردن BC روی خط عمود، نقطه‌ی C و درنتیجه زاویه‌ی $C\hat{A}B$ مشخص می‌شود.

۶ــ۵ــ 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.

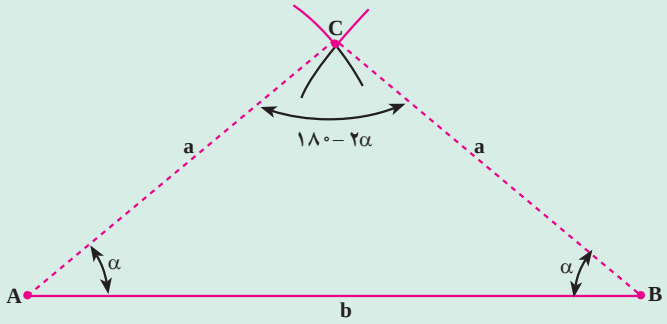
برای زاویه‌ی قائمه از رابطه‌ی فیثاغورث می‌توانیم اضلاع مثلث را محاسبه کنیم یا از اعداد فیثاغورثی استفاده کنیم؛ مثلاً در شکل ۷ــ۵ ابتدا ضلع AB را به طول ۴ متر جدا کرده سپس یک بار متر را به طول ۳ متر (طول BC) باز کرده یک طرف آن را در نقطه‌ی B ثابت نگاه می‌داریم و به‌وسیله‌ی متر در حوالی نقطه‌ی C کمانی 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 : $۵^۲ = ۴^۲ + ۳^۲$ 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 ۷ــ۵

مطالعه آزاد

در صورتی که بخواهیم زاویه‌ی غیرقائمه‌ای را از روش تقاطع پیاده کنیم، می‌توانیم مثلث متساوی‌الساقینی مانند شکل ۸ــ۵ درنظر بگیریم.



شکل ۸ــ۵

می‌خواهیم زاویه‌ی α را روی امتداد AB پیاده نماییم. برای این‌کار از دو سر پاره‌خط AB کمان‌های مساوی BC و AC را می‌زنیم تا مثلث متساوی‌الساقین ABC و درنتیجه زاویه‌ی 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 :

$$\frac{a}{\sin\alpha}=\frac{b}{\sin(۱۸۰-۲\alpha)}$$

چون $\sin(۱۸۰-۲\alpha)=\sin ۲\alpha$ ؛ پس داریم :

$$\frac{a}{\sin\alpha}=\frac{b}{\sin ۲\alpha}$$

می‌دانیم $\sin ۲\alpha=۲\sin\alpha\cos\alpha$ ؛ پس :

$$\frac{a}{\sin\alpha}=\frac{b}{۲\sin\alpha\cos\alpha}$$

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

$$\boxed{a=\frac{b}{۲\cos\alpha}}$$

با معلوم بودن b و α می‌توانیم a را محاسبه کرده به‌اندازه‌ی 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=۱۰m زاویه‌ی $۴۸^\circ\ ۵۵'$ را پیاده کنیم (شکل ۸ــ۵).

با استفاده از فرمول داریم :

$$a=\frac{b}{۲\cos\alpha}=\frac{۱۰}{۲\cos(۴۸^\circ\ ۵۵')}$$

$$a=\frac{۱۰}{۲\times ۰/۶۵۷۱۵}=۷/۶۰۸$$

بنابراین، به اندازه‌ی $a\simeq ۷/۴۸۴\ m$ 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

۱ــ زاویه را تعریف کرده ،انواع زوایای مورد استفاده درنقشه برداری را با رسم شکل توضیح دهید.
۲ــ واحدهای اندازه‌گیری زاویه را توضیح دهید.
۳ــ روش تبدیل واحدهای اندازه گیری زوایا به یکدیگر چگونه است؟
۴ــ روش‌های اندازه گیری زوایای افقی را توضیح دهید.
۵ــ روش پیاده کردن زاویه با متر وگونیا چگونه است؟
۶ــ روش پیاده کردن زاویه قائمه را با متر توضیح دهید.

کار عملی

۱ــ 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.
۲ــ مجموع زوایای داخلی چندضلعی را به‌دست آورده با مقدار واقعی که از فرمول قائمه (۲x–۴) به‌دست می‌آید مقایسه کنید.(n تعداد اضلاع می‌باشد)
۳ــ زوایا را به واحدهای دیگر تبدیل نمایید.
۴ــ زوایای مختلفی را که معلم برای شما روی کاغذ معین می‌کند روی زمین پیاده نمایید.
« از هر دو روش (متر و گونیا) استفاده کنید.»

فصل ششم

برداشت، محاسبه و ترسیم نقشه با وسایل ساده نقشه‌برداری

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

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

۱ــ۶ــ مراحل تهیه‌ی نقشه

برای تهیه‌ی نقشه ممکن است از روش‌ها و وسایل مختلفی استفاده شود، اما در هرحال باید برای تهیه‌ی نقشه سه مرحله را طی نمود :

۱ــ شناسایی؛
۲ــ برداشت؛
۳ــ محاسبه و ترسیم.

دراین فصل هرکدام از مراحل یاد شده را با توجه به‌روش‌های استفاده از وسایل ساده نقشه‌برداری توضیح خواهیم داد.

شناسایی منطقه :اولین گروه نقشه‌برداری که به منطقه اعزام می شود «گروه شناسایی» می‌باشد. البته قبل از اعزام گروه شناسایی، ابتدا نقشه‌های موجود را بررسی کرده اطلاعاتی مقدماتی از وضعیت منطقه از قبیل : موقعیت جغرافیایی منطقه، شکل کلی عوارض، راه‌های ارتباطی، نقاط نقشه‌برداری (بنچ مارک‌های

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

۲ــ۶ــ وظایف گروه شناسایی

۱ــ۲ــ۶ــ 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.

۲ــ۲ــ۶ــ انتخاب نقاطی به عنوان رئوس برداشت و انتقال آن‌ها روی کروکی : این نقاط باید تحت شرایط زیر انتخاب شوند :

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

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

ج ــ فاصله‌ی نقاط حتی‌الامکان یکسان باشد؛

د ــ زوایای شبکه حتی‌الامکان مساوی باشد؛

هـ ــ 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.

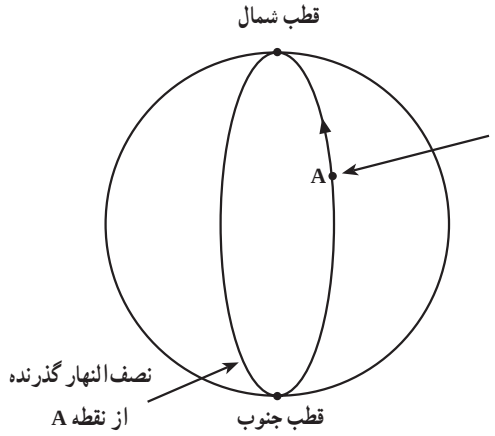
۳ــ۲ــ۶ــ تعیین روش کار با توجه به شرایط محیطی و شکل عوارض منطقه.

۴ــ۲ــ۶ــ تعیین وضعیت یک امتداد از منطقه نسبت به امتداد شمال.

۳ــ۶ــ تعریف شمال جغرافیایی یک نقطه

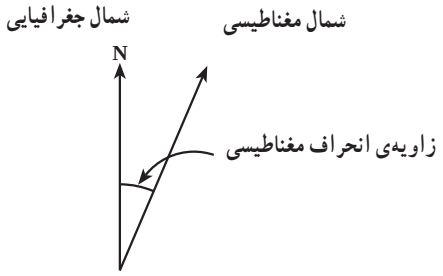
شمال جغرافیایی هر نقطه، مانند A عبارت است از امتداد نصف‌النهار گذرنده از نقطه‌ی A در جهت قطب شمال.

تعریف شمال مغناطیسی یک نقطه : در هر نقطه مانند A جهتی را که عقربه‌ی قطب‌نما نشان می‌دهد، «شمال مغناطیسی نقطه‌ی A» می‌نامند.



شکل ۱ــ۶

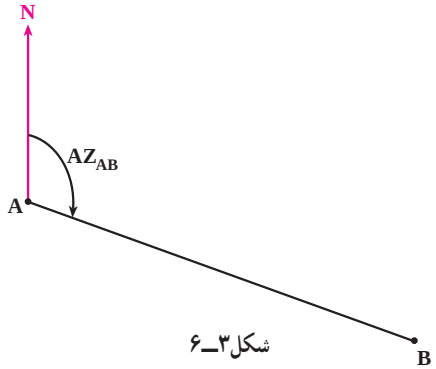
انحراف مغناطیسی : امتداد شمال مغناطیسی یک نقطه با امتداد شمال جغرافیایی یک نقطه زاویه‌ای می‌سازد که به آن «انحراف مغناطیسی» می‌گویند. مقدار این انحراف در جداول و یا نقشه‌هایی همه‌ساله منتشر می‌شود. بااعمال این انحراف به شمال مغناطیسی می‌توانیم شمال جغرافیایی را به‌دست آوریم.



شکل ۲ــ۶

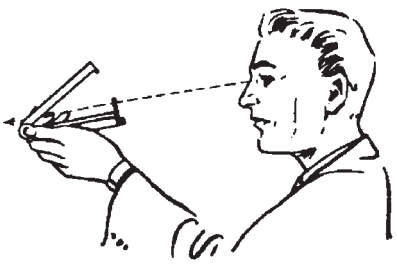
تعریف آزیموت یا سمت جغرافیایی یک امتداد؛

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 ۳ــ۶ آزیموت امتداد AB نشان داده شده است.



شکل ۳ــ۶

بنابراین، برای مشخص شدن وضعیت یک امتداد نسبت به شمال باید آزیموت آن را پیدا کنیم. برای اندازه‌گیری آزیموت معمولاً از قطب‌نما استفاده می‌شود. قطب‌نماهایی که در نقشه‌برداری استفاده می‌شود بر روی سه پایه مخصوص سوار می‌گردد (در صورت نبودن سه پایه مخصوص قطب‌نما را روی سه پایه‌ی دوربین نقشه‌برداری و یا روی نیمه‌ی پایینی ژالون قرار می‌دهیم) که دارای مگسک و تار برای قراولروی می‌باشد. در شکل ۴ــ۶ نحوه‌ی استقرار و قراولروی و اندازه‌گیری آزیموت به کمک قطب‌نما نشان داده شده است.



شکل ۴ــ۶ــ قطب‌نما هنگام استفاده

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

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

۴ــ۶ــ 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 ــ برداشت با وسایل ساده نقشه‌برداری برای کارهای معمولی و مناطق کوچک.

ب ــ برداشت با دوربین های نقشه‌برداری جهت کارهای دقیق.

ج ــ 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.

۱ــ برداشت مسطحاتی (Planimetry) به‌منظور تهیه‌ی پلان موقعیت و تعیین مساحت؛

۲ــ برداشت ارتفاعی (Altimetry) برای تهیه‌ی پروفیل؛

۳ــ برداشت مسطحاتی ارتفاعی (Topometry) برای تهیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی.

دراین فصل برداشت مسطحاتی با وسایل ساده نقشه‌برداری تشریح خواهد شد. برداشت مسطحاتی با وسایل ساده نقشه‌برداری معمولاً به سه روش صورت می‌گیرد :

روش اول ــ برداشت از طریق یک خط هادی

روش دوم ــ برداشت از طریق دو یا چند خط هادی

روش سوم ــ برداشت از طریق مثلث‌بندی

۵ــ۶ــ برداشت از طریق یک خط هادی (خط مبنا)[۱]

دراین 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 :

۱ــ تقریباً به بیشتر نقاط و عوارض دید داشته باشد.

۲ــ حتی‌الامکان به کلیه‌ی عوارض و نقاط نزدیک باشد.

۳ــ در امتداد بلندترین بعد منطقه انتخاب شود و حتی‌المقدور در زمین مسطحی انتخاب شود.

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

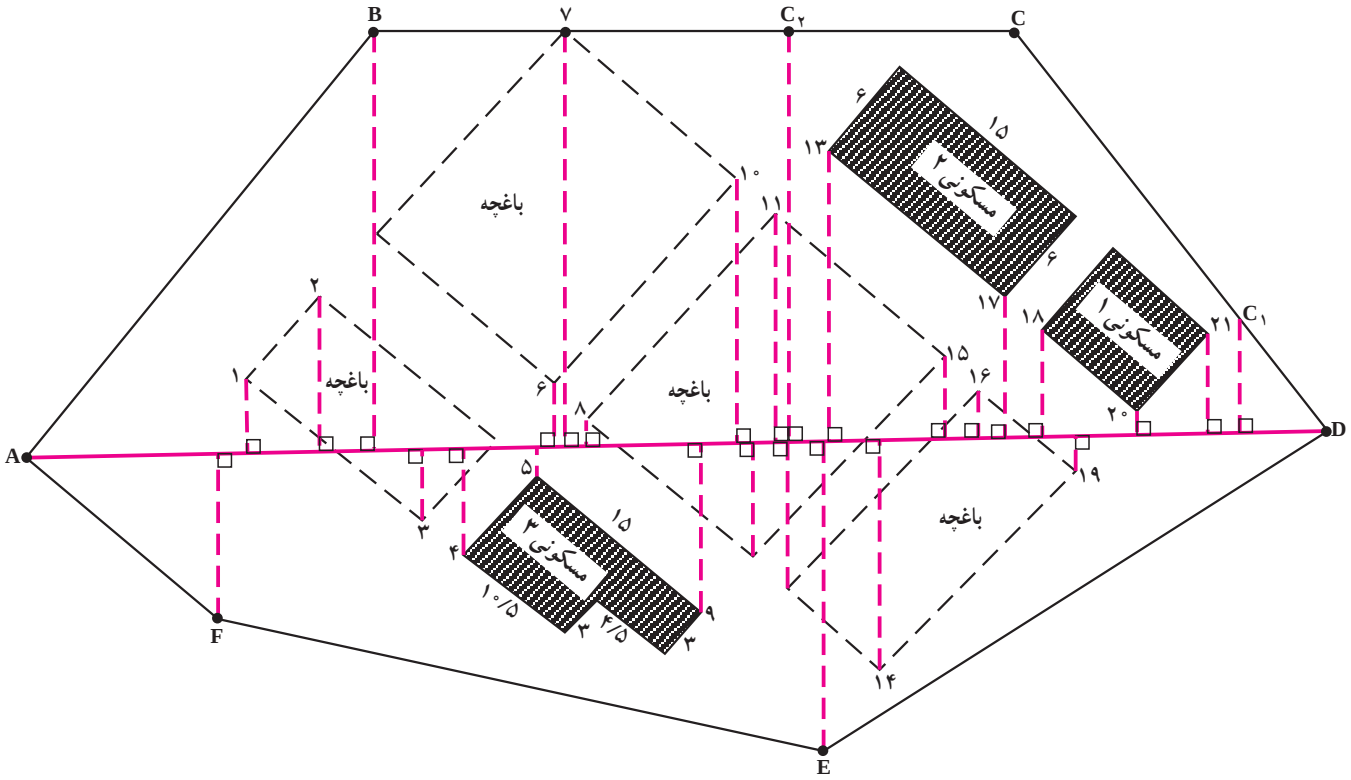
در شکل ۵ــ۶ــ الف منطقه‌ای که به شکل شش ضلعی ABCDEF است و عوارض داخل آن نشان داده شده است.

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

اکنون یک ژالون در A و دیگری را در D مستقر می‌نماییم؛ سپس به وسیله یک گونیای مسّاحی نقاط پای عمود گوشه‌های عوارض را یک به‌یک پیدا کرده فاصله‌های افقی و عمودی را مترکشی نموده، در جدولی مشابه شکل ۵ــ۶ــ ب ثبت می‌کنیم.

درمورد برداشت به روش خط مبنا به این نکات دقت کنید :

۱ــ در ستون «فاصله‌ی‌افقی از نقطه‌ی قبل» فاصله‌ی پای عمود را با پای عمود قبلی روی خط مبنا اندازه‌گیری نموده ثبت می‌نماییم.



شکل ۵ــ۶ــ الف ــ کروکی برای برداشت

۱ــ Base line

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

شکل ۵ــ۶ــ ب ــ جدول تثبیت اندازه‌ها

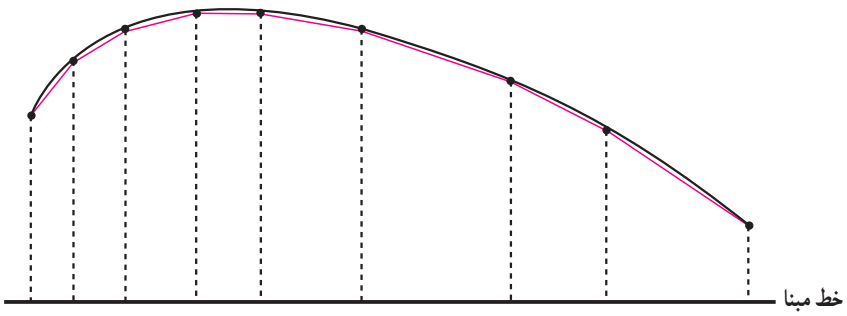
۲ــ در ستون «فاصله‌ی افقی از ابتدای خط مبنا»، مجموعه فاصله‌های قبلی را محاسبه کرده می‌نویسیم و آخرین عدد این ستون را با طول خط مبنا (AD) مقایسه می‌نماییم. اگر اختلاف این دو قابل قبول بود می‌توانیم اندازه‌های به‌دست آمده را برای تهیه‌ی نقشه بپذیریم.

۳ــ در «ستون فاصله‌ی عمودی از خط مبنا»، فاصله‌ی هرنقطه را تا خط مبنا اندازه‌گیری و ثبت می‌نماییم.

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

۵ــ اگر نقطه‌ای مانندC به خط مبنا دید نداشته باشد سعی می‌کنیم آن‌را به‌گونه‌ای برداشت نماییم، مثلاً در شکل ۵ــ۶ نقاط C_1 و C_2 را روی اضلاع CD وCB چنان انتخاب کرده‌ایم، که به خط مبنا دید دارند و از تقاطع DC_1 و BC_2 نقطه‌ی C حاصل می شود.

۶ــ هنگام برداشت محدوده‌ی قطعه زمین یا حدود عوارض اگر با شکل منحنی غیرهندسی مواجه شدیم، با گرفتن چند نقطه روی آن، به‌جای 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 (شکل۶ــ۶).



شکل ۶ــ۶ــ برداشت دقیق

۶ــ۶ــ برداشت ازطریق دو یا چند خط هادی

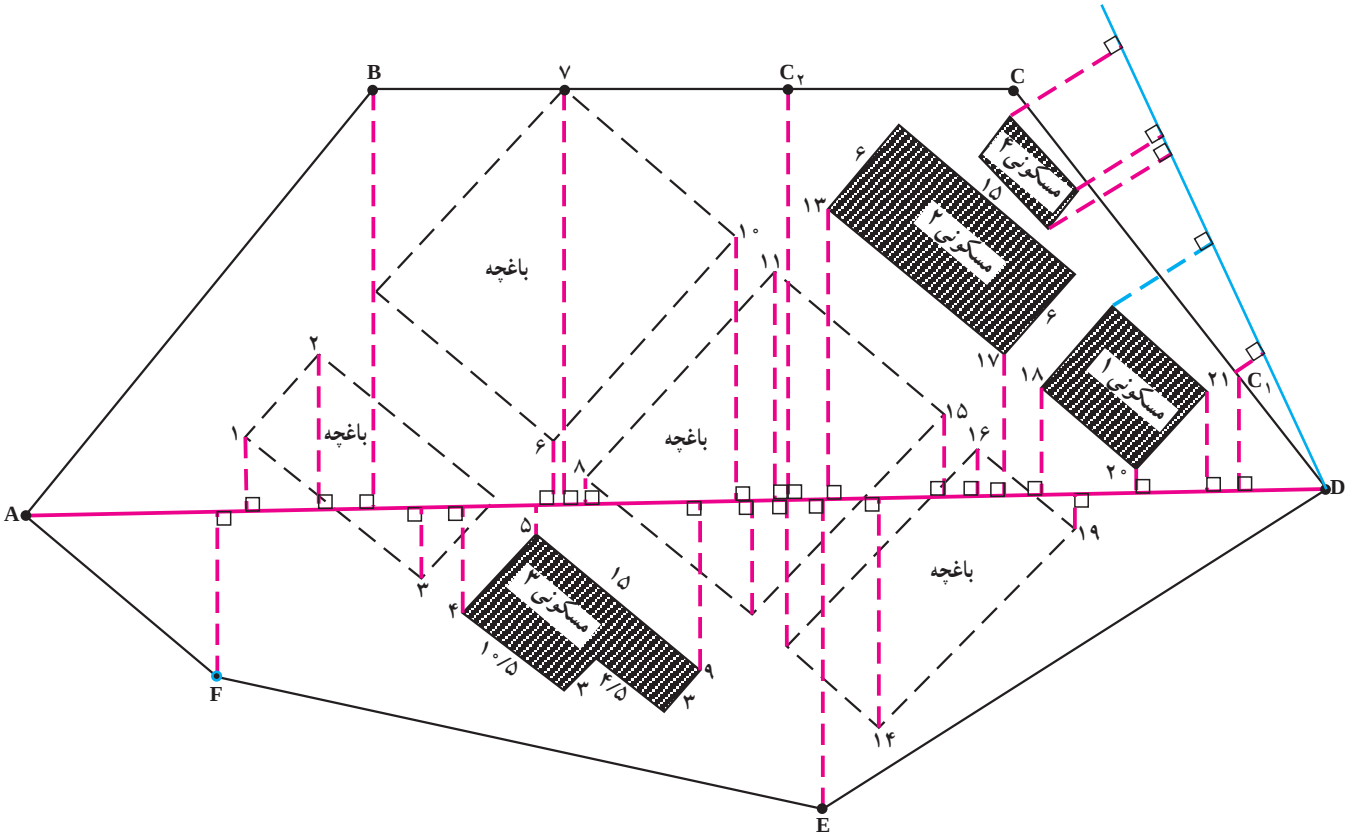
اغلب یک خط هادی برای برداشت کامل یک منطقه کافی نمی‌باشد و ناچاریم از دو یا چند خط هادی استفاده نموده، برداشت کامل یک منطقه را به انجام برسانیم. درچنین مواردی، علاوه برشرایطی که درمورد نحوه‌ی تعیین خط هادی و شیوه‌ی برداشت به‌کمک خط هادی، ذکر کردیم، نکات دیگری را نیز باید در مورد ارتباط خطوط هادی با یکدیگر رعایت نماییم.

به عنوان مثال واحد مسکونی شماره ۴ در شکل ۷ــ۶ قابل برداشت از خط هادی AD نمی‌باشد.

نکاتی درمورد برداشت به کمک دو یا چند خط هادی :

۱ــ قبل از شروع برداشت باید وضعیت خطوط هادی نسبت به هم دقیقاً مشخص شود. بدین‌منظور می‌توان یک خط هادی را خط اصلی فرض نموده خطوط بعدی هادی را نسبت به‌آن برداشت کنیم.

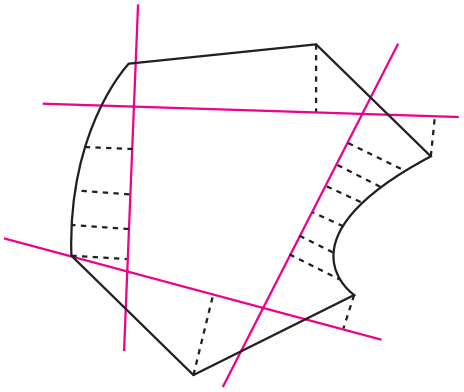
برای مشخص کردن وضعیت خط مبنای دوم (DX) نسبت به خط مبنای اول (AD) باید زاویه $A\hat{D}X$ توسط متر دقیقاً اندازه‌گیری شود. در شرایطی که به بیش از دو خط هادی با توجه به نوع عوارض منطقه نیاز باشد می‌باید به همین ترتیب وضعیت خطوط هادی جدید نسبت به خطوط هادی قبلی اندازه‌گیری شود.



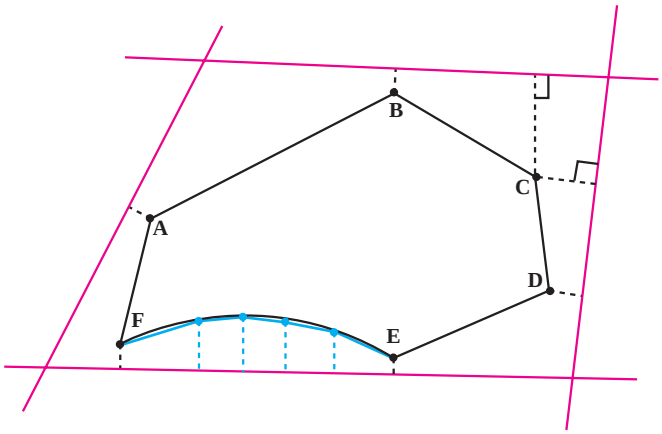
شکل ۷ــ۶

خطوط هادی ممکن است در داخل منطقه قرار بگیرند که درآن‌صورت به آن‌ها «خطوط هادی محاطی» می‌گویند (شکل ۸ــ۶ــ الف) یا ممکن است در خارج منطقه‌ای واقع شوند که می‌خواهیم برداشت کنیم و در این‌صورت به آن‌ها «خطوط هادی محیطی» می‌گویند (شکل۸ــ۶ــ ب).

هنگام برداشت عوارض، آنچه را که نزدیک هر خط مبنا باشد، از طریق همان خط برداشت می‌نماییم، البته برای کنترل بیشتر و بالا بردن دقت برداشت عوارض، اگر عارضه‌ای به دوخط مبنا نزدیک باشد سعی می‌کنیم بعضی نقاط را نسبت به هر دو خط برداشت نماییم (شکل۸ــ۶ــ ب) نقطه‌ی C از دو خط مبنا برداشت شده است.



شکل ۸ــ۶ــ الف ــ خطوط هادی محاطی



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

شکل ۸ــ۶ــ ب ــ خطوط هادی محیطی

۷ــ۶ــ 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 به‌راحتی محاسبه نمود. در این روش، قطعه زمین به مثلث‌هایی تقسیم می‌شود؛ سپس مثلث‌ها را اندازه‌گیری می نمایند تا شکل منطقه برداشت شود. درضمن می‌توان عوارضی را که در داخل منطقه وجود دارند نسبت به مثلث‌ها برداشت نمود.

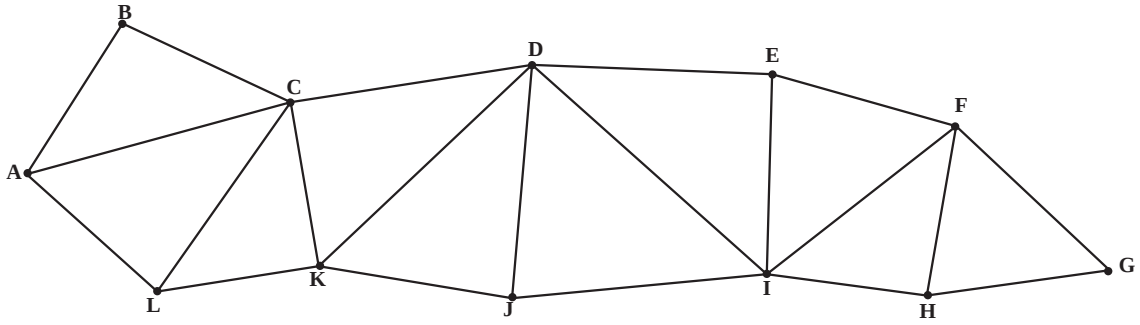
در انجام روش مثلث‌بندی توجه به نکات زیرضروری می‌باشد :

۱ــ از آن‌جا که دقت این نوع برداشت بستگی کامل به‌اندازه‌گیری اضلاع مثلث‌ها دارد؛ پس باید اضلاع مثلث‌ها را با دقت اندازه‌گیری نمود.

۲ــ برای بالا بردن دقت می‌توان هر دو مثلث را یک چهارضلعی فرض کرده قطر دیگر آن‌را نیز اندازه‌گیری نمود.

در شکل ۹ــ۶ برای مثال می‌توان اقطار BL وCJ و JE و EH را اندازه‌گیری نمود. روش دیگر این‌که می‌توان ارتفاع مثلث‌ها را با گونیای مسّاحی پیدا نموده مترکشی کرد.

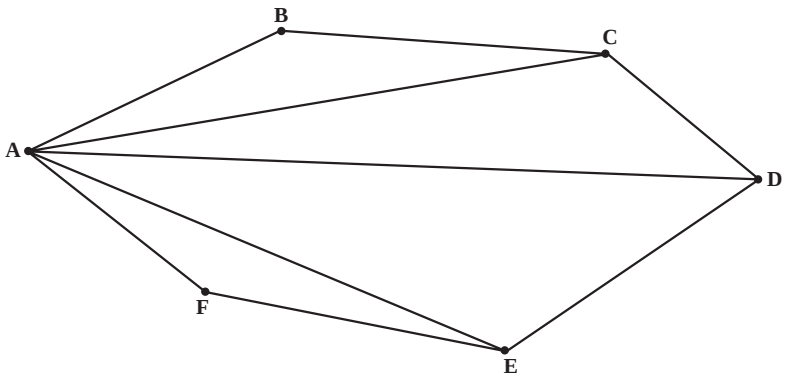
۳ــ مثلث‌ها طوری انتخاب شوند که حتی الامکان اضلاع آن‌ها متناسب باشند و زاویه‌ها خیلی بسته یا خیلی باز نباشند (بین ۳۰ تا ۱۲۰درجه).



شکل ۹ــ۶

در شکل ۱۰ــ۶ یک نمونه از روش اشتباه مثلث بندی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می شود در مثلث ACD دو طول بلند و یک طول کوتاه وجود دارد. درضمن زوایا نیز خیلی تند یا خیلی باز هستند.

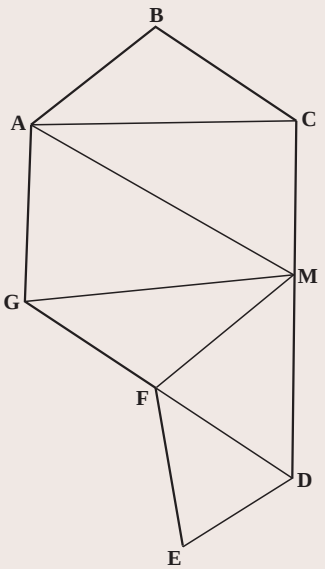
تمرین : روش صحیح مثلث‌بندی را در قطعه زمین شکل ۱۰ــ۶ ترسیم کنید.



شکل ۱۰ــ۶ــ روش اشتباه مثلث‌بندی

۴ــ طول اضلاع و کروکی منطقه را در یک جدول، مانند شکل ۱۱ــ۶ ثبت می‌نماییم.

۵ــ هرگاه یک ضلع منطقه‌ی مورد برداشت خیلی بلند باشد (مانند ضلع CD شکل ۱۱ــ۶)، برای آن‌که شرایط لازم برای مثلث‌ها فراهم شود با انتخاب نقطه‌ای روی آن (مانند M تبدیل شکل ۱۱ــ۶) 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 ۱۱ــ۶

۸ــ۶ــ 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 برداشت، با یک مقیاس معین روی کاغذ، «ترسیم نقشه» نام دارد. البته نقشه را ابتدا یک‌بار 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

مخصوص (کالک) و با قلم مخصوص (راپید) رسم می نمایند که در این حالت به آن نقشه اصلی (Original) می‌گویند.

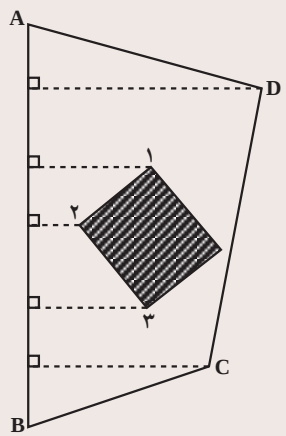
امروز می‌توان اطلاعات و اندازه‌های حاصل از برداشت را وارد کامپیوتر نمود و نقشه را به صورت عددی (Digital) روی دیسک‌های کامپیوتری ذخیره کرد و در مواقع نیاز، نقشه را روی صفحه‌ی کامپیوتر (Monitor) مشاهده نمود یا توسط دستگاه چاپگر (Plotter) آن را با مقیاس دلخواه روی کاغذ چاپ کرد.

همان‌طور که در مورد برداشت گفته شد، محاسبه و ترسیم نقشه نیز به روش‌های گوناگون انجام می گیرد، اما در فصل حاضر، فقط روش محاسبه و ترسیم اطلاعات حاصل از روش برداشت با وسایل ساده نقشه‌برداری توضیح داده می شود.

۹ــ۶ــ روش محاسبه و ترسیم نقشه با استفاده از یک خط مبنا

شکل ۱۲ــ۶ جدول برداشت از یک منطقه است که به‌روش یک خط مبنا انجام گرفته است و می‌خواهیم پس از محاسبات لازم نقشه‌ی این منطقه را با مقیاس $\frac{۱}{۱۰۰}$ رسم نماییم.

برای محاسبه و انتقال اطلاعات جمع‌آوری شده بر روی نقشه مراحل زیر را انجام می دهیم :

شماره یا نام نقطه	شرح نقطه	فاصله‌ی افقی از نقطه‌ی قبل	فاصله‌ی افقی از ابتدای خط مبنا	فاصله‌ی 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		٪	

شکل ۱۲ــ۶

۱ــ ستون «فاصله افقی از ابتدای خط مبنا» را مانند شکل ۱۳ــ۶ محاسبه می‌کنیم.

۲ــ آخرین عددی که از محاسبه به دست می‌آید باید برابر طول خط مبنا باشد که به دقت اندازه‌گیری شده و در زیر کروکی نوشته شده است، اما به‌علت وجود خطاها این دو با هم تفاوت اندکی دارند :

$$۵۸/۵۲۲ - ۵۸/۵۱۸ = ۰/۰۰۴ \text{ متر}$$

اگر خطای ترسیم را ۰/۳ میلی‌متر درنظر بگیریم و آن را درعدد مقیاس (۱۰۰) ضرب کنیم داریم :

$$۰/۳\text{mm} \times ۱۰۰ = ۳۰\text{mm} = ۳\text{cm}$$

مفهوم این محاسبات این است که هنگام برداشت بوسیله‌ی خط هادی ما مجاز هستیم تا ۳سانتی‌متر خطا داشته باشیم؛ بنابراین ۴میلی‌متر خطا قابل قبول می‌باشد.

۳ــ طول خط مبنا را در مقیاس ضرب می‌کنیم تا اندازه‌ی این خط روی نقشه به‌دست آید.

$$۵۸/۵۱۸\text{m} \times \frac{۱}{۱۰۰} = ۰/۵۸۵۱۸\text{m} \cong ۵۸/۵۲\text{cm}$$

$$= ۵۸۵/۲\text{mm}$$

فاصله افقی از ابتدای خط مبنا		فاصله افقی از نقطه‌ی قبلی	نام نقطه
۰	+	۰	A
↓			
۸/۴۵۲	+	۸/۴۵۲ ←	D
↓			
۱۹/۸۴۸	+	۱۱/۳۹۶ ←	۱
↓			
۲۸/۶۸۹	+	۸/۸۴۱ ←	۲
↓			
۴۱/۵۶۵	+	۱۲/۸۷۶ ←	۳
↓			
۴۹/۴۷۱	+	۷/۹۰۶ ←	C
↓			
۵۸/۵۱۸	+	۹/۰۴۷ ←	B

شکل ۱۳ــ۶

۴ــروی نقشه خط AB = ۵۸۵ / ۲mm را ترسیم می‌کنیم.

۵ــ برای مشخص نمودن پای عمودها روی خط مبنا فاصله‌ی هرکدام از مبدأ را در مقیاس ضرب می‌کنیم؛ مثلاً برای نقطه‌ی اول (پای عمود D) داریم :

$$۸/۴۵۲m \times \frac{۱}{۱۰۰} = ۰/۰۸۴۵۲m = ۸۴/۵mm$$

اما بهتر است که طول‌های روی نقشه را برحسب میلی‌متر به‌دست آوریم؛ پس باید ابتدا طول‌ها را در ۱۰۰۰ ضرب کنیم و بعد در مقیاس نقشه $\frac{۱}{۱۰۰}$ که می‌شود :

طول مورد نظر برحسب میلی‌متر روی نقشه =

طول مورد نظر برحسب متر روی زمین $\times ۱۰۰۰ \times \frac{۱}{۱۰۰}$

می‌دانیم :

$$۱۰۰۰ \times \frac{۱}{۱۰۰} = ۱۰$$

یعنی باید طول‌هایی را که روی زمین اندازه‌گیری کرده‌ایم در عدد ۱۰ ضرب کنیم و روی نقشه برحسب میلی‌متر منتقل نماییم.

۶ــ 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 :

۴۹۴/۷، ۴۱۵/۷، ۲۸۶/۹، ۱۹۸/۵ و ۸۴/۵

۷ــ یک لبه‌ی گونیا را روی خط هادی گذاشته و روی لبه‌ی دیگر (لبه‌ی مدرج) فاصله‌های قائم را جدا می‌کنیم؛ مثلاً برای اولین نقطه طول ۲۴۲میلی‌متر 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.

۸ــ 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.

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

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

$$S = \frac{۱}{۱۰۰}$$

۱۰ــ۶ــ 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 :

۱ــ۱۰ــ۶ــ 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.

۲ــ ۱۰ــ۶ــ برداشت‌های مربوط به هر خط مبنا را روی همان خط منتقل می‌نماییم.

۱۱ــ۶ــ 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 به‌شکل ۱۱ــ۶ به توضیحات زیر توجه نمایید :

۱ــ طول AB را که به مقیاس نقشه تبدیل کرده‌ایم به‌وسیله خط‌کش پیاده می‌کنیم.

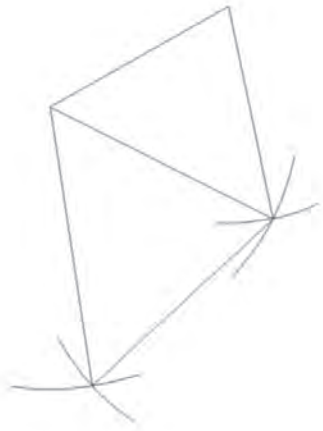
۲ــ پرگار را روی خط کش گذاشته به اندازه‌ی AC (تبدیل شده به مقیاس) باز می‌کنیم.

۳ــ سوزن پرگار را روی نقطه‌ی A قرار داده به اندازه‌ی AC کمانی رسم می‌کنیم.

۴ــ بار دیگر پرگار را روی خط‌کش گذاشته به اندازه‌ی BC (تبدیل شده به مقیاس) باز می‌کنیم.

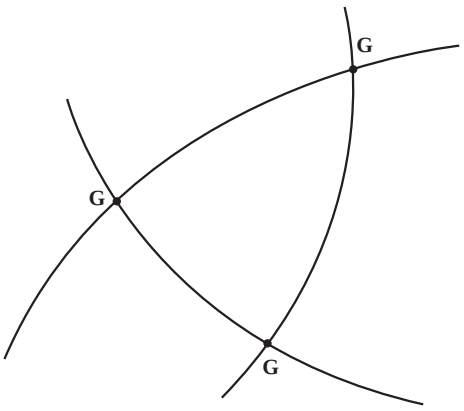
۵ــ سوزن پرگار را روی نقطه‌ی B گذاشته به اندازه‌ی BC کمانی رسم می‌کنیم تا کمان قبلی را قطع کند و به این ترتیب، نقطه‌ی C از برخورد دوکمان حاصل می‌شود.

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



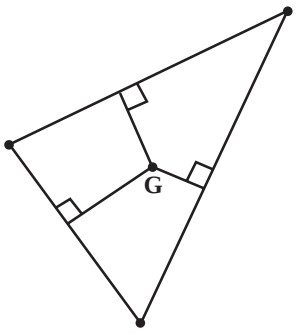
شکل ۱۴ــ۶

۷ــ طول‌هایی را که جهت کنترل اندازه‌گیری کرده بودیم نیز روی کاغذ پیاده می‌کنیم؛ مثلاً برای ترسیم نقطه‌ی G، تقاطع دوکمان 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 دوکمان دیگر بگذرد. درغیر این‌صورت محل برخورد سه‌کمان به‌صورت شکل ۱۵ــ۶ خواهد بود :



شکل ۱۵ــ۶

همان‌طور که می‌بینید به جای یک نقطه‌ی G سه نقطه داریم. (البته در این‌جا این اختلاف را خیلی بزرگ نشان داده‌ایم.) برای یافتن یک محل مناسب برای G، مثلثی را که از سه نقطه تشکیل می شود ترسیم نموده عمود منصف سه ضلع آن را ترسیم می‌کنیم، محل برخورد سه عمود منصف بهترین محل برای نقطه‌ی G است. شکل ۱۶ــ۶ را ملاحظه نمایید.



شکل ۱۶ــ۶

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ مراحل تهیه نقشه را بیان کنید.
۲ــ وظایف گروه شناسایی را توضیح دهید.
۳ــ شمال جغرافیایی را تعریف کنید.
۴ــ شمال مغناطیسی را تعریف کنید.
۵ــ انحراف مغناطیس را تعریف کنید.
۶ــ آزیموت یا سمت جغرافیایی را تعریف کرده نحوه‌ی اندازه‌گیری آن را توضیح دهید.
۷ــ هدف از برداشت چیست؟
۸ــ انواع برداشت را با توجه به دقت و وسعت کار توضیح دهید.
۹ــ سه روش برداشت مسطحاتی با وسایل ساده نقشه‌برداری را توضیح دهید.
۱۰ــ انواع برداشت را با توجه به نوع نقشه توضیح دهید.
۱۱ــ شرایط خط هادی را توضیح دهید.
۱۲ــ روش برداشت مسطحاتی را از طریق یک خط هادی توضیح دهید.
۱۳ــ روش برداشت مسطحاتی را از طریق دو یا چند خط هادی توضیح دهید.
۱۴ــ روش برداشت مسطحاتی را به وسیله مثلث‌بندی توضیح دهید.
۱۵ــ روش محاسبه و ترسیم نقشه را با استفاده از خط هادی شرح دهید.
۱۶ــ روش محاسبه و ترسیم نقشه را به روش مثلث‌بندی 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 درنظر 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 ۱۱ــ۶ 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.

فصل هفتم

مسّاحی

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

۱ــ فرمول مساحت شکل‌های هندسی را بیان کند.

۲ــ روش مثلث‌بندی را برای تعیین مساحت یک قطعه زمین، انجام دهد.

۳ــ روش خط هادی را برای تعیین مساحت یک قطعه زمین، انجام دهد.

۴ــ روش ذوزنقه‌های هم ارتفاع را برای تعیین مساحت یک قطعه زمین، انجام دهد.

۵ــ روش تبدیل مساحت به دست آمده از نقشه را به مساحت واقعی یک قطعه زمین، با توجه به مقیاس نقشه، توضیح داده، انجام دهد.

۶ــ روش تعیین مساحت را با کاغذ میلی‌متری توضیح داده، انجام دهد.

۷ــ روش تقریبی جبران را برای تعیین مساحت یک قطعه زمین، انجام دهد.

۸ــ روش تعیین مساحت را با استفاده از دستگاه پلانیمتر، انجام دهد.

۱ــ۷ــ فرمول مساحت شکل‌های هندسی

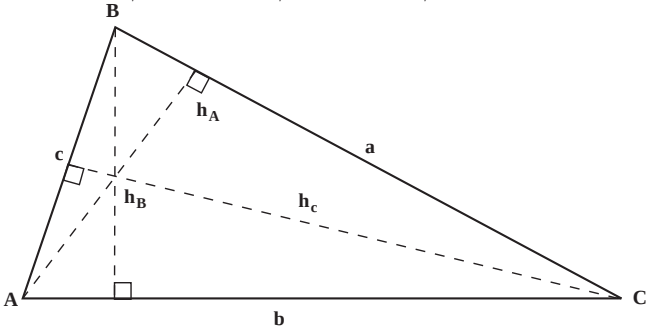
۱ــ۱ــ۷ــ فرمول مساحت مثلث : با توجه به شکل ۱ــ۷ این‌حالت‌ها را درنظر می‌گیریم :

الف ــ فرمول مساحت مثلث با داشتن قاعده و ارتفاع :

$$S=\frac{۱}{۲}AC.h_B=\frac{۱}{۲}AB.h_C=\frac{۱}{۲}BC.h_A$$

ب ــ فرمول مساحت مثلث با داشتن دو ضلع و زاویه‌ی بین آن‌ها :

$$S=\frac{۱}{۲}a.b.\sin C=\frac{۱}{۲}a.c.\sin B=\frac{۱}{۲}b.c.\sin A$$



شکل ۱ــ۷

ج ــ فرمول مساحت مثلث با داشتن سه ضلع (دستور هرون) :

$$P=\frac{a+b+c}{۲} \quad \text{و} \quad S=\sqrt{P(P-a)(P-b)(P-c)}$$

۲ــ۱ــ۷ــ فرمول مساحت مربعی به ضلع a : $S=a^۲$

۳ــ۱ــ۷ــ فرمول مساحت مستطیلی به طول a و عرض b :

$$S=a.b$$

۴ــ۱ــ۷ــ فرمول مساحت متوازی‌الاضلاعی به قاعده‌ی a و ارتفاع h :

$$S=a.h$$

۵ــ۱ــ۷ــ فرمول مساحت لوزی به قطرهای a و b :

$$S=\frac{a.b}{۲}$$

۶ــ۱ــ۷ــ فرمول مساحت ذوزنقه با قاعده‌های a و b و ارتفاع h :

$$S=\frac{h(a+b)}{۲}$$

۷ــ۱ــ۷ــ فرمول مساحت دایره به شعاع r :

$$S = \pi.r^{۲}$$

۸ــ۱ــ۷ــ فرمول مساحت بیضی به قطرهای a و b :

$$S = \pi.a.b$$

در صورتی‌که یک قطعه زمین دارای یکی از اشکال هندسی یاد شده باشد مساحت آن به‌راحتی 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.

۲ــ۷ــ روش‌های تعیین مساحت یک قطعه زمین با شکل هندسی نامنظم

برای به‌دست آوردن مساحت قطعه زمین‌هایی که می‌تواند به شکل‌های متفاوتی مطابق شکل ۲ــ۷ باشد روش‌های متنوعی وجود دارد که در زیر به چند نمونه از این روش‌ها اشاره می‌شود.

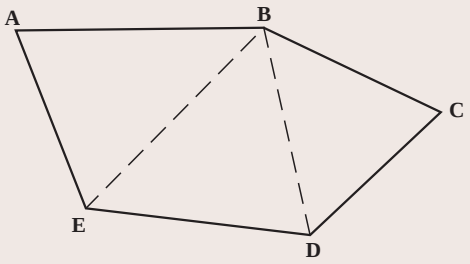
۱ــ۲ــ۷ــ روش مثلث‌بندی : معمولاً قطعه زمین‌ها به‌صورت چند ضلعی نامنظم می‌باشند که در این‌صورت ممکن است از روش مثلث‌بندی برای برداشت آن استفاده شده باشد. در این حالت حتی اگر نقشه نیز تهیه نشده باشد به وسیله کروکی و برداشت‌های انجام شده می‌توانیم مساحت هر مثلث را محاسبه نموده از جمع مساحت‌های مثلث‌ها،مساحت شکل موردنظر را محاسبه نماییم. شکل ۲ــ۷ 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

$$P = \frac{AB + AE + BE}{۲}$$

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 ۲ــ۷

$$P = \frac{۴۵/۳۸ + ۴۲/۹۲ + ۴۶/۳۷}{۲} = ۶۷/۳۳۵$$

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

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

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

و

$$P = \frac{BD + DE + BE}{۲}$$

$$P = \frac{۳۹/۹۸ + ۴۴/۴۵ + ۴۶/۳۷}{۲} = ۶۵/۴$$

$$S_{BDE} = \sqrt{۶۵/۴(۶۵/۴ - ۳۹/۹۸)(۶۵/۴ - ۴۴/۴۵)(۶۵/۴ - ۴۶/۳۷)}$$

$$= ۸۱۴/۱۱۹۳ \, m^۲$$

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

$$P = \frac{BC + CD + BD}{۲}$$

$$P = \frac{۳۸/۷۲ + ۳۹/۴۱ + ۳۹/۹۸}{۲} = ۵۹/۰۵۵$$

$$S_{BCD} = \sqrt{۵۹/۰۵۵(۵۹/۰۵۵ - ۳۸/۷۲)(۵۹/۰۵۵ - ۳۹/۴۱)(۵۹/۰۵۵ - ۳۹/۹۸)}$$

$$= ۶۷۰/۸۲۴۲ \, m^۲$$

$$S = S_{ABE} + S_{BDE} + S_{BCD} = ۸۶۹/۸۸۷۲ +$$

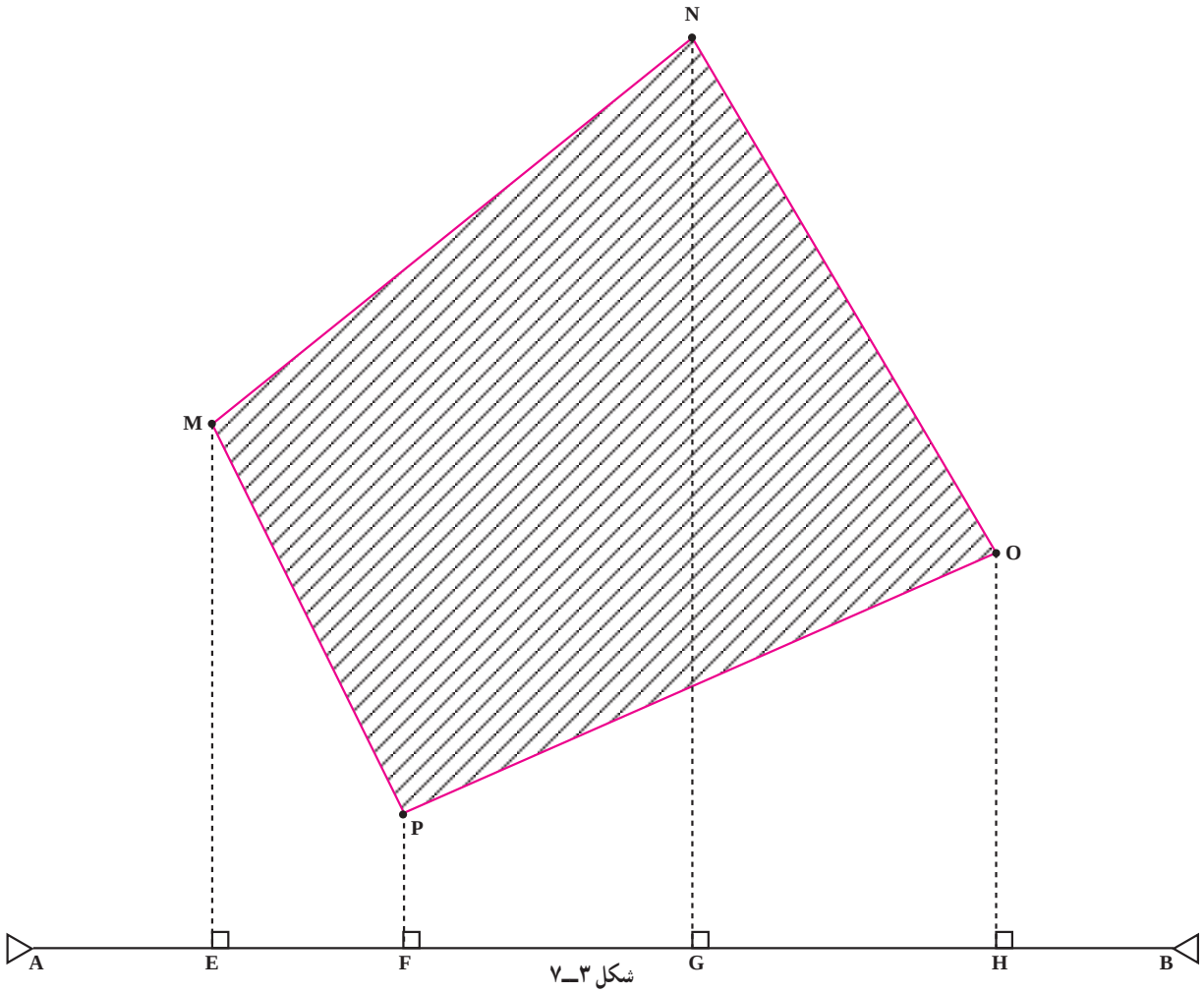
$$۸۱۴/۱۱۹۳ + ۶۷۰/۸۲۴۲ = ۲۳۵۴/۸۳۰۷ \, m^۲$$

۲ــ۲ــ ۷ــ محاسبه‌ی مساحت به‌روش خط هادی :

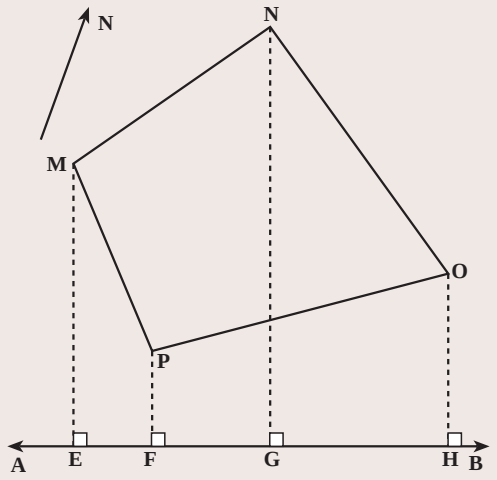
هرگاه هنگام برداشت یک قطعه زمین از روش خط هادی استفاده کرده باشیم، با استفاده از برداشت‌ها و کروکی که تهیه شده حتی قبل از تهیه‌ی نقشه نیز می‌توانیم مساحت قطعه زمین و مساحت عوارض را محاسبه نماییم.

به‌عنوان یک مثال حل‌شده‌ی ساده از شکل ۳ــ۷ استفاده می‌نماییم.

طول‌های اندازه‌گیری شده در روی خط هادی مربوط به شکل ۳ــ۷ را در جدول موجود در شکل ۴ــ۷ مشاهده می‌نمایید.



شکل ۳ــ۷

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	

شکل۴ــ۷

می‌خواهیم مساحت چهارضلعی MNOP را محاسبه نماییم. با توجه به شکل ۴ــ۷ کافی است ازمساحت EMNOH، مساحت EMPOH را کم کنیم، به‌عبارت دیگر داریم :

مساحت MNOP = مساحت EMNOH − مساحت EMOPH

برای محاسبه‌ی مساحت EMNOH داریم :

مساحت EMNOH=مساحت‌ذوزنقهEMNG+مساحت‌ذوزنقهGNOH

$$\text{مساحت EMNOH} = \frac{۱}{۲}(ME + NG).EG + \frac{۱}{۲}(NG + OH).GH$$

با استخراج اندازه‌های فوق از جدول ۴ــ۷ و جای‌گذاری در فرمول، داریم :

$$\text{مساحت EMNOH} = \frac{۱}{۲}(۷۱/۸۲ + ۱۲۴/۶۵) \times (۲۱/۹۵ + ۳۴/۱۲) + \frac{۱}{۲}(۱۲۴/۶۵ + ۵۴/۷۳) \times (۴۱/۷۵)$$

$$\text{مساحت EMNOH} = ۵۵۰۸/۰۳۶۴۵ + ۳۷۴۴/۵۵۷۵$$

$$= ۹۲۵۲/۵۹۴ m^۲$$

برای محاسبه‌ی مساحت EMPOH داریم :

مساحت EMPOH = مساحت ذوزنقه EMPF + مساحت ذوزنقه FPOH

مساحت ذوزنقه

$$\text{مساحت EMPOH} = \frac{۱}{۲}(ME + PF).EF + \frac{۱}{۲}(PF + OH).FH$$

با استخراج اندازه‌های مورد نیاز از جدول۴ــ۷ و جای‌گذاری در فرمول، داریم :

$$\text{مساحت EMPOH} = \frac{۱}{۲}(۷۱/۸۲ + ۱۷/۲۸) \times (۲۱/۹۵) + \frac{۱}{۲}(۱۷/۲۸ + ۵۴/۷۳) \times (۳۴/۱۲ + ۴۱/۷۵)$$

$$\text{مساحت EMPOH} = ۹۷۷/۸۷۲۵ + ۲۷۳۱/۶۹۹۳۵$$

$$= ۳۷۰۹/۵۷۲ m^۲$$

برای محاسبه مساحت MNOP داریم :

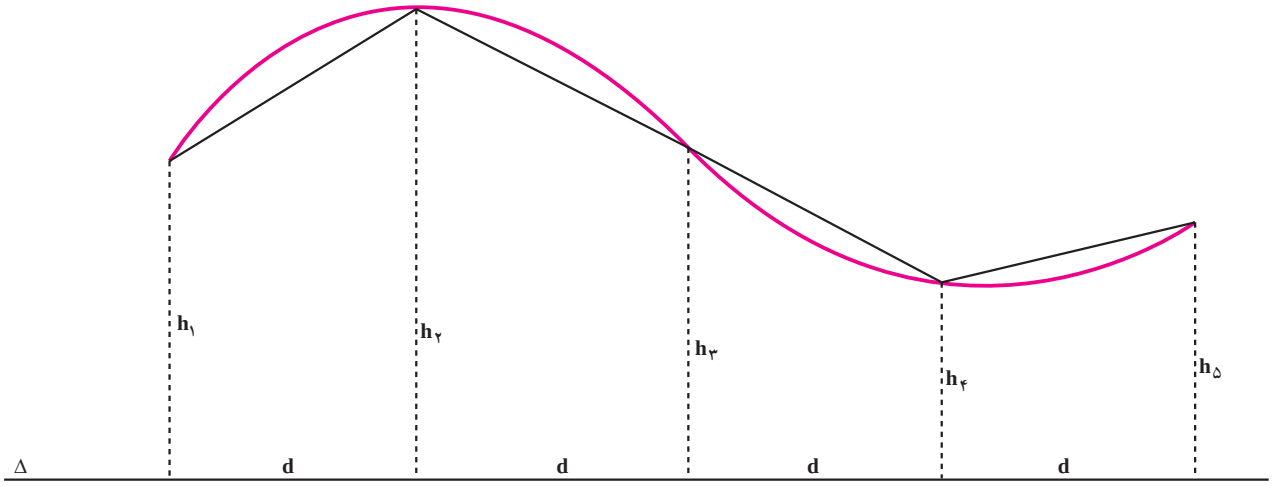
مساحت MNOP= مساحت EMNOH − مساحت EMPOH

$$= ۹۲۵۲/۵۹۴ - ۳۷۰۹/۵۷۲ = ۵۵۴۳/۰۲۲ m^۲$$

۳ــ۲ــ۷ــ روش ذوزنقه‌های هم‌ارتفاع :هرگاه تمام یا قسمتی از محدوده‌ی منطقه‌ای که می‌خواهیم مساحت آن را محاسبه نماییم منحنی‌الخط باشد یک روش تقریبی برای محاسبه

مساحت، تقسیم آن منطقه به ذوزنقه‌های هم‌ارتفاع و سپس جمع‌کردن مساحت آن ذوزنقه‌ها می‌باشد. در شکل ۵ــ۷ می‌خواهیم مساحت سطح بین خط منحنی و خط هادی را محاسبه کنیم. ابتدا این مساحت را به چهار ذوزنقه تبدیل کرده‌ایم که ارتفاع این ذوزنقه‌ها با هم مساوی است. همانطورکه در شکل ۵ــ۷ ملاحظه می‌کنید ۵ قاعده : h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 و ۴ ذوزنقه با ارتفاع یکسان d، داریم.

مثال : در شکل ۵ــ۷ اگر اندازه‌ی d و قاعده‌های h_1 تا h_5 را به شرح زیر داده باشند، مطلوب است مساحت سطح زیر منحنی :



شکل ۵ــ۷

$$d = ۱۰m, h_۱ = ۴۲m, h_۲ = ۶۲m, h_۳ = ۴۴m,$$
$$h_۴ = ۲۷m, h_۵ = ۳۵m$$

حل :

$$\text{مساحت ذوزنقه اول} = \frac{۱}{۲}(۴۲+۶۲)m \times ۱۰m = ۵۲۰m^۲$$

$$\text{مساحت ذوزنقه دوم} = \frac{۱}{۲}(۶۲+۴۴)m \times ۱۰m = ۵۳۰m^۲$$

$$\text{مساحت ذوزنقه سوم} = \frac{۱}{۲}(۴۴+۲۷)m \times ۱۰m = ۳۵۵m^۲$$

$$\text{مساحت ذوزنقه چهارم} = \frac{۱}{۲}(۲۷+۳۵)m \times ۱۰m = ۳۱۰m^۲$$

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

$$\text{مساحت سطح زیر منحنی} = (۵۲۰+۵۳۰+۳۵۵+۳۱۰)m^۲$$
$$= ۱۷۱۵m^۲$$

برای آن‌که بتوانیم از این روش در همه‌ی حالت‌ها استفاده نماییم، بهتر است که آن‌را در یک حالت کلی تعریف نماییم. برای رسیدن به این حالت کلی، مساحت ذوزنقه‌های شکل ۵ــ۷ را یک بار دیگر بدون عددگذاری بدست آورده، با هم جمع می‌کنیم :

$$\text{مساحت ذوزنقه اول} = \frac{۱}{۲}(h_۱ + h_۲)d$$

$$\text{مساحت ذوزنقه دوم} = \frac{۱}{۲}(h_۲ + h_۳)d$$

$$\text{مساحت ذوزنقه سوم} = \frac{۱}{۲}(h_۳ + h_۴)d$$

$$\text{مساحت ذوزنقه چهارم} = \frac{۱}{۲}(h_۴ + h_۵)d$$

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

$$\text{مساحت سطح زیر منحنی} = \frac{۱}{۲}(h_۱ + ۲h_۲ + ۲h_۳ + ۲h_۴ + h_۵) \times d$$

$$= (\frac{۱}{۲}h_۱ + h_۲ + h_۳ + h_۴ + \frac{۱}{۲}h_۵) \times d$$

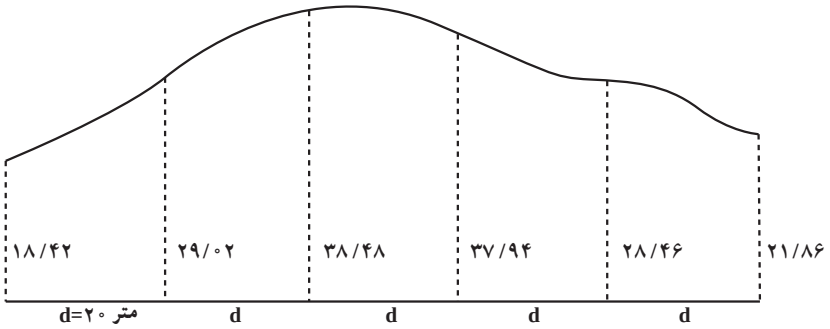
$$= d(\frac{h_۱ + h_۵}{۲} + h_۲ + h_۳ + h_۴)$$

یعنی مساحت سطح زیر منحنی برابر است با نصف مجموع قاعده‌های اول و آخر به‌علاوه سایر قاعده‌ها ضربدر ارتفاع؛ به‌عبارت دیگر، اگر ارتفاع اول $h_۱$ و ارتفاع آخر h_n و ارتفاع همه‌ی ذوزنقه‌ها d باشد، داریم :

$$S = d(\frac{h_۱ + h_n}{۲} + h_۲ + h_۳ + \ldots + h_{n-۱})$$

به مثال دیگری در این زمینه توجه کنید.

در شکل ۶ــ۷ می‌خواهیم مساحت بین خط هادی و محدوده‌ی منحنی را محاسبه نماییم :



شکل ۶ــ۷

حل :طبق فرمول داریم :

$$S = d(\frac{h_۱ + h_n}{۲} + h_۲ + h_۳ + \ldots + h_{n-۱})$$

$$S = ۲۰(\frac{۱۸/۴۲ + ۲۱/۸۶}{۲} + ۲۹/۰۲ + ۳۸/۴۸ +$$

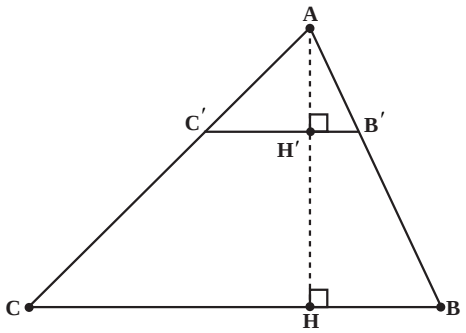
$$۳۷/۹۴ + ۲۸/۴۶) = ۳۰۸۰/۸۰ m^۲$$

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 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 $K^۲$ می‌باشد».

$$\frac{AB}{AB'} = \frac{AC}{AC'} = \frac{BC}{B'C'} = K \Rightarrow \frac{S_{ABC}}{S_{A'B'C'}} = K^۲$$



شکل ۷ــ۷

مثال : اگر مساحت یک قطعه زمین روی نقشه‌ای با مقیاس $\frac{۱}{۵۰۰۰}$ ، $۸\,cm^۲$ باشد مساحت واقعی این قطعه زمین چند هکتار است؟

حل :

$$۸cm^۲ \times ۵۰۰۰^۲ = ۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰\,cm^۲$$

هر مترمربع ۱۰۰۰۰ سانتی‌متر مربع است پس :

$$۲۰۰۰۰۰۰۰۰cm^۲ \div ۱۰۰۰۰ = ۲۰۰۰۰m^۲$$

هر هکتار ۱۰۰۰۰ مترمربع است پس :

$$۲۰۰۰۰m^۲ \div ۱۰۰۰۰ = ۲ \text{ هکتار}$$

یعنی مساحت واقعی این قطعه زمین ۲ هکتار می‌باشد.

۴ــ۲ــ۷ــ 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 باشد می‌توانیم آن را روی کاغذ میلی‌متری منتقل نماییم. شکل ۸ــ۷ پلان یک قطعه زمین را با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰}$ نشان می‌دهدکه روی کاغذ میلی‌متری ترسیم شده است. با شمردن تعداد مربع‌های کامل و پهلوی هم گذاشتن مربع‌های ناقص مساحت منطقه را در روی نقشه برحسب $cm^۲$ یا $mm^۲$ به دست آورده با کمک مقیاس نقشه، مساحت واقعی قطعه زمین را محاسبه می‌نماییم.

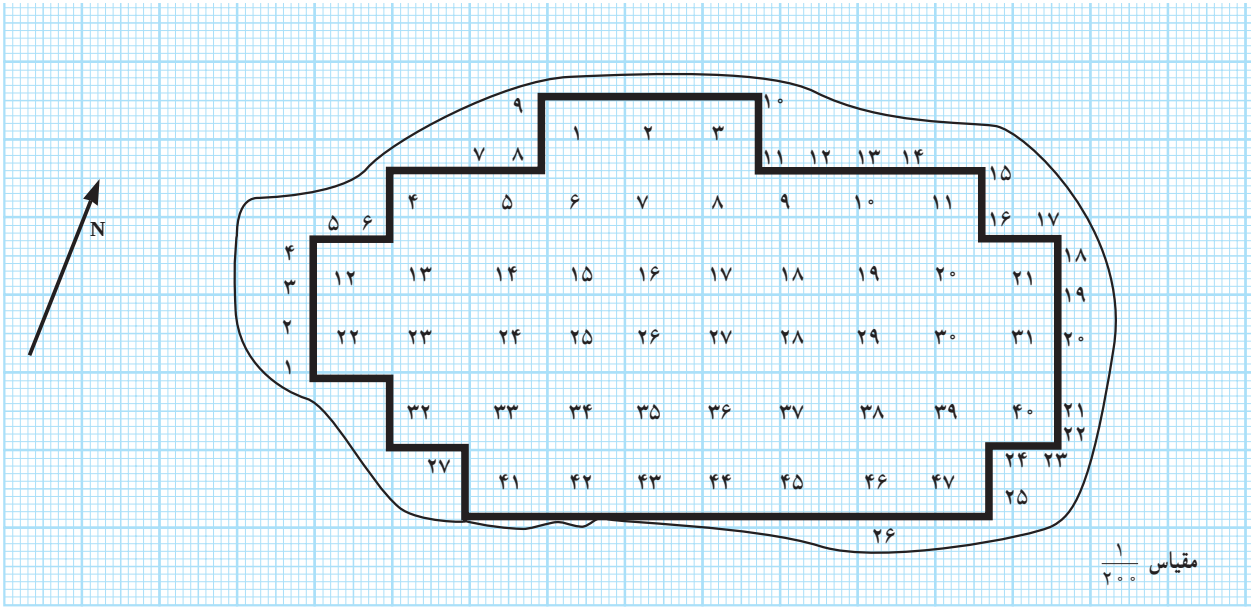
تعداد مربع‌های کامل ۴۷ عدد می‌باشد؛ یعنی : $۴۷\,cm^۲$

تعداد مربع‌های کوچک (یک چهارم مربع کامل) ۲۸ عدد می‌باشد :

$$۲۸ \div ۴ = ۷cm^۲$$

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 :

$$۲۹ \div ۴ = ۷/۲۵cm^۲$$



شکل ۸ــ۷

بنابراین، جمعاً مساحت منطقه برابر است با :

$$S = ۴۷ + ۷ + ۷/۲۵ = ۶۱/۲۵\,cm^۲$$

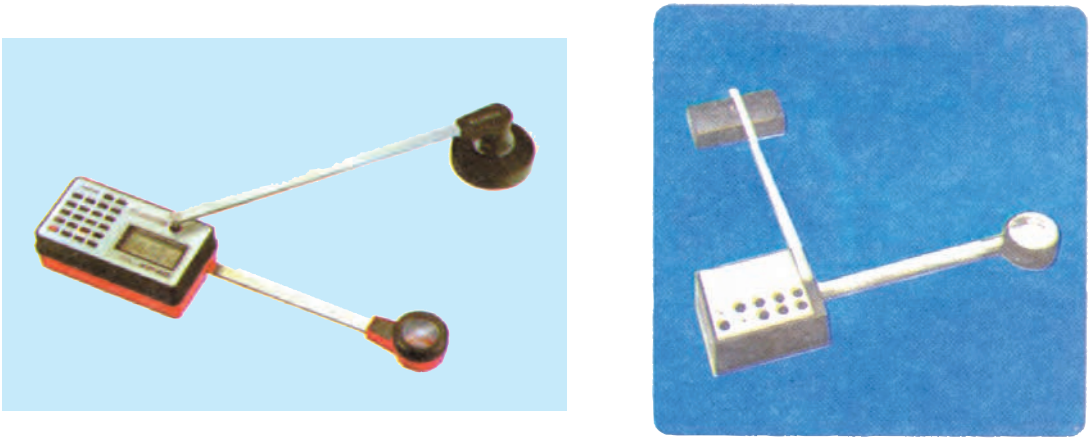
اگر در مربع عدد مقیاس نقشه ضرب کنیم داریم :

$$۶۱/۲۵\,cm^۲ \times ۲۰۰^۲ = ۲۴۵۰۰۰۰\,cm^۲$$

پس مساحت منطقه برحسب مترمربع برابر است با :

$$۲۴۵۰۰۰۰cm^۲ \div ۱۰۰۰۰ = ۲۴۵\,m^۲$$

۵ــ۲ــ۷ــ 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 ۹ــ۷ چند نمونه از آن‌ها را ملاحظه می‌نمایید.



شکل ۹ــ۷ ــ دو نوع از انواع پلانیمتر

امروزه پلانیمترهای دیجیتال پیشرفت و توسعه فراوانی نموده و جایگزین پلانیمترهای مکانیکی شده است. این پلانیمترها، علاوه‌بر مساحت مختصات نقاط، طول پاره خط‌ها را نیز محاسبه می‌کنند. در شکل ۱۰ــ۷ یک نمونه از آن‌ها را مشاهده می‌نمایید.

شکل ۱۰ــ۷

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

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

تمرین و عملیات

۱ــ با توجه به نقشه‌ی مدرسه که در جلسه‌ی قبل به روش خط هادی برداشت و ترسیم کرده‌اید، مساحت مدرسه را به روش خط هادی محاسبه نمایید.
۲ــ با توجه به نقشه‌ی مدرسه که به روش مثلث بندی تهیه نموده‌اید مساحت مدرسه را محاسبه کنید.
۳ــ نقشه‌ی مدرسه را روی کاغذ میلی‌متری منتقل نموده، مساحت مدرسه را از طریق شمردن مربع‌ها محاسبه نمایید.
۴ــ مساحت مدرسه را با دستگاه پلانیمتر به دست آورید.
۵ــ 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.
۶ــ مساحت‌های به دست آمده را با هم مقایسه نمایید.

فصل هشتم

ترازیابی

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

۱ــ ترازیابی را تعریف کند.

۲ــ هدف از ترازیابی را بیان کند.

۳ــ اصطلاحات : امتداد قائم، سطح تراز، سطح تراز مبنا، صفحه‌ی افق، خط افق، صفحه‌ی قائم و ارتفاع نقطه را تعریف کند.

۴ــ بنچمارک را تعریف نموده انواع آن را توضیح دهد.

۵ــ انواع ترازیابی را بیان کند.

۶ــ ترازیابی با ژالون و تراز دستی را تشریح کند.

۷ــ قسمت‌های مختلف دستگاه ترازیاب را روی تصویر آن توضیح دهد.

۸ــ طبقه‌بندی دوربین‌های ترازیاب و خصوصیات آن‌ها را توضیح دهد.

۹ــ سه‌پایه دوربین و قسمت‌های مختلف آن را توضیح دهد.

۱۰ــ میر و انواع آن و تکیه‌گاه میر را توضیح دهد.

۱۱ــ تعاریف و اصطلاحات «حساسیت تراز، محور لوله‌ی تراز، محور قائم یا محور اصلی دستگاه» را بیان کند.

۱۲ــ انواع تراز در دستگاه‌های نقشه‌برداری را توضیح دهد.

۱۳ــ نحوه‌ی تنظیم ترازهای دستگاه را شرح دهد.

۱۴ــ ترازیاب را بر روی یک نقطه به روش‌های مختلف مستقر کند.

۱۵ــ قرائت روی میر را انجام دهد.

۱۶ــ اصول ترازیابی مستقیم را شرح دهد.

۱۷ــ ترازیابی تدریجی را شرح دهد.

۱۸ــ انواع ارتفاع را تعریف کرده روش محاسبه ارتفاع را در ترازیابی تدریجی بیان کند.

۱۹ــ ارتفاع نقاط در جدول را به روش فراز و نشیب محاسبه کند.

۲۰ــ ارتفاع نقاط را به روش «ارتفاع دستگاه» محاسبه کند.

۲۱ــ دو روش فراز و نشیب و ارتفاع دستگاه را به‌طور اجمالی مقایسه کند.

۲۲ــ کاربرد ترازیابی را در ساختمان بیان کند.

۱ــ۸ــ تعریف ترازیابی

ترازیابی عبارتست از تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به‌هم.

به ترازیابی لولینگ (Levelling) یا نیولمان (Nivellement) نیز می‌گویند.

۲ــ۸ــ 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 آن‌جمله:

۱ــ یافتن شکل طبیعی یک قطعه زمین از نظر پستی و بلندی؛

۲ــ یافتن شیب یک امتداد یا یک سطح و یا پیاده‌کردن یک شیب معین در طول یک مسیر یا روی یک سطح؛

۳ــ ایجاد سطوح افقی یا کنترل افقی بودن سطوح؛

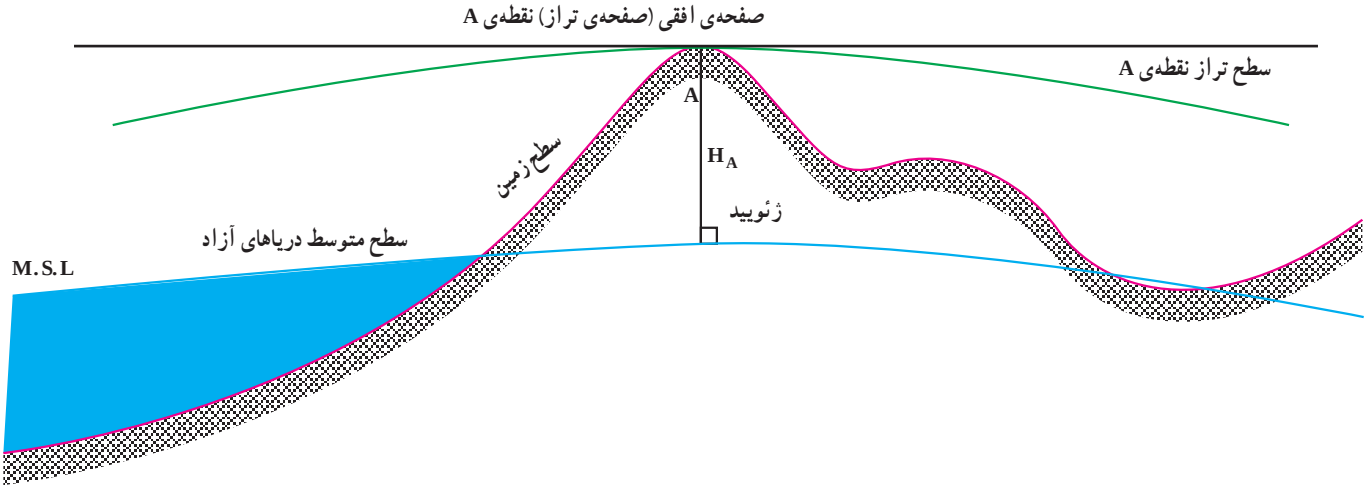
۴ــ یافتن شکل مقاطع قائم[1] (پروفیل‌ها) برای محاسبه حجم عملیات خاکی.

۳ــ۸ــ اصطلاحات مهم در ترازیابی

۱ــ۳ــ۸ــ امتداد قائم یک نقطه: امتداد شاقولی (ثقل) گذرنده از یک نقطه را «امتداد قائم آن نقطه» می‌گویند.

۲ــ۳ــ۸ــ سطح تراز: سطحی را که بر امتدادهای شاقولی عمود باشد «سطح تراز[2]» می‌گویند.

۳ــ۳ــ۸ــ سطح تراز مبنا: سطح آب دریاهای آزاد و اقیانوس‌ها یک سطح تراز است که دانشمندان آن را به‌نام سطح صفر یا سطح مبنای ارتفاعات انتخاب نموده‌اند. از ادامه دادن این سطح در زیرخشکی‌ها سطحی به‌وجود می‌آید که به این سطح «ژئویید[3]» می‌گویند. ژئویید سطح مبناء ارتفاعات است (شکل ۱ــ۸).



شکل ۱ــ۸

۴ــ۳ــ۸ــ صفحه‌ی افقی یک نقطه: صفحه‌ای را که از یک نقطه بگذرد و برسطح تراز آن نقطه مماس باشد «صفحه‌ی افقی آن نقطه» می‌گویند (شکل ۱ــ۸). هرنقطه فقط یک صفحه‌ی افقی دارد.

۵ــ۳ــ۸ــ خط افقی: کلیه‌ی خطوط واقع برصفحه‌ی افقی را خط افقی می‌نامند. از هرنقطه بی‌نهایت خط افقی می‌گذرد.

۱ــ برشهای قائم از زمین را پروفیل می‌گویند.

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

۳ــ Geoid

۶ــ۳ــ۸ــ صفحه‌ی قائم : صفحه‌ی گذرنده برامتداد شاقولی را صفحه‌ی قائم می‌گویند. هر امتداد شاقولی بی‌نهایت صفحه‌ی قائم دارد.

۷ــ۳ــ۸ــ ارتفاع نقطه : فاصله‌ی قائم یک نقطه از سطح مبنا را ارتفاع آن نقطه می‌گویند (شکل ۱ــ۸). به‌این ارتفاع، «ارتفاع مطلق» نقطه نیز گفته می‌شود.

۸ــ۳ــ۸ــ بنچمارک[1] : برای به‌دست آوردن ارتفاع مطلق نقاط باید اختلاف ارتفاع آن‌ها را با سطح تراز دریاهای آزاد (سطح مبنا) به‌دست آوریم از آن‌جا که انتقال ارتفاع از سطح دریاهای آزاد تا محل کار نقشه‌برداری کاری بسیار مشکل، پرهزینه و وقت‌گیر است، ازاین رو سازمان‌های مسؤول 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.

۴ــ۸ــ انواع ترازیابی

با توجه به دقت خواسته شده معمولاً ترازیابی به سه صورت انجام می‌گیرد.

۱ــ ترازیابی بارومتریک (ترازیابی به کمک فشارسنج)؛

۲ــ ترازیابی غیرمستقیم (مثلثاتی)؛

۳ــ ترازیابی مستقیم (هندسی).

۵ــ۸ــ ترازیابی بارومتریک (ترازیابی فشارسنجی)

با توجه به این‌که تغییرات فشار هوا رابطه‌ی عکس با تغییرات ارتفاع دارد، با اندازه‌گیری تغییر فشار هوا می‌توان اختلاف ارتفاع را محاسبه نمود. این نوع ترازیابی را ترازیابی 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 ارتفاع سنج که براساس تأثیر فشارهوا کار می‌کنند استفاده می‌شود. این دستگاه را در دو نوع بزرگ و جیبی می‌سازند که دقت انواع دستگاه‌های جیبی حدود ۱۰± متر و دقت دستگاه‌های بزرگ حدود ۲± متر است. در شکل ۲ــ۸ دو نوع بارومتر جیبی را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲ــ۸ــ دستگاه بارومتر

۶ــ۸ــ 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. دراین‌جا روشی را که در آن از متر و شیب سنج دستی استفاده‌شده توضیح می‌دهیم.

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 ۳ــ۸).

در مثلث قائم‌الزاویه‌ی ABC داریم :

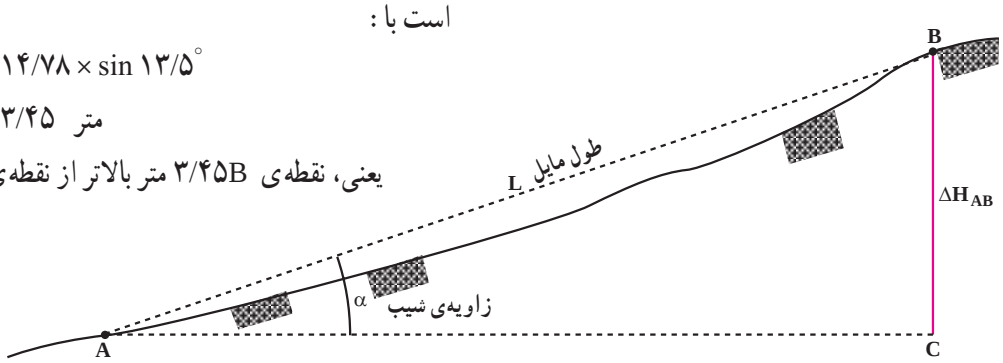
$$\Delta h_{AB} = L.\sin\alpha$$

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 ۳ــ۸ــ ترازیابی غیرمستقیم

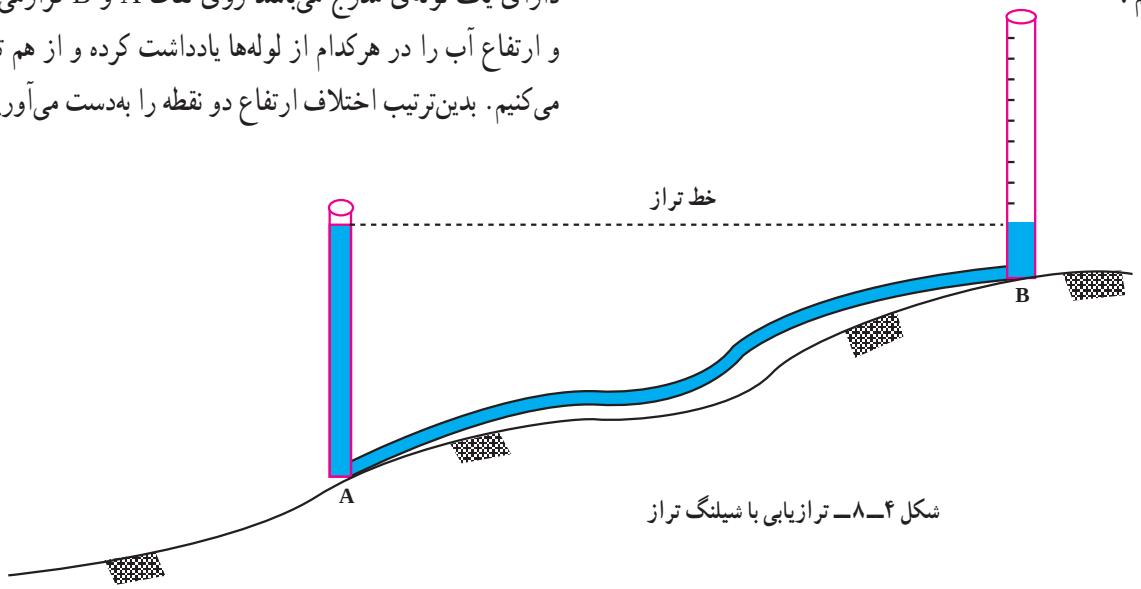
۷ــ۸ــ ترازیابی مستقیم یا هندسی

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 بسیاردقیق ترازیابی (نیو) به‌کار گرفته می‌شود .

در این‌جا تعدادی از روش‌های ترازیابی مستقیم را معرفی می‌کنیم :

۱ــ۷ــ۸ــ ترازیابی با شیلنگ تراز : در بسیاری از کارهای ساختمانی کوچک که نیاز به هم ارتفاع کردن یا اندازه‌گرفتن اختلاف ارتفاع داشته باشیم، از یک شیلنگ پلاستیکی شفاف مدرج استفاده می‌کنیم که به آن «شیلنگ‌تراز» می‌گویند.

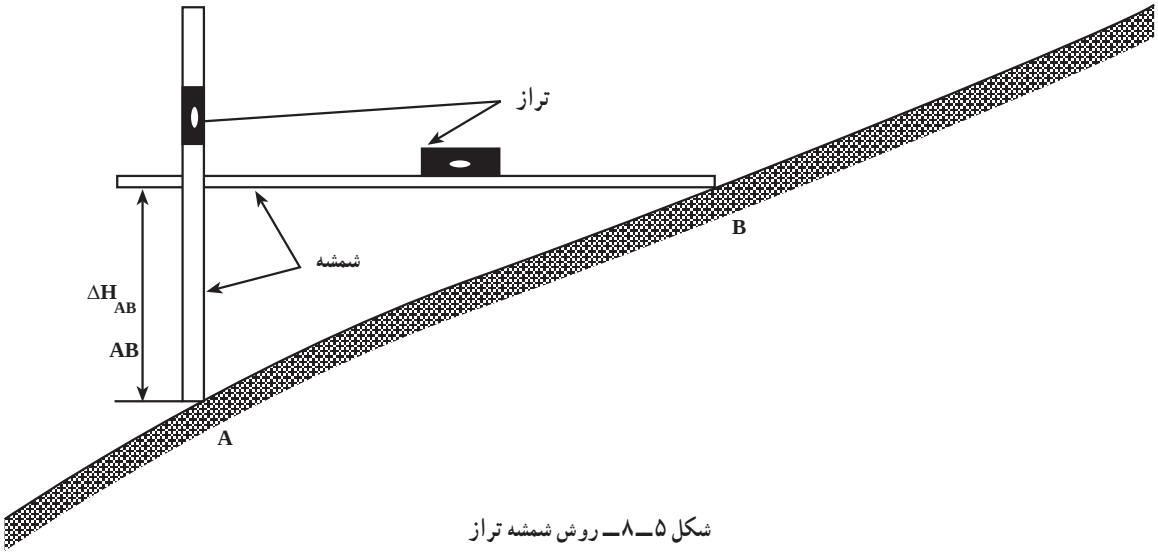
روش کار : برای پیداکردن اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B (شکل ۴ــ۸) ابتدا شیلنگ را پر از آب کرده، دقت می‌کنیم که‌حباب هوا در داخل شیلنگ نباشد، سپس دو سر شیلنگ تراز را که هرکدام دارای یک لوله‌ی مدرج می‌باشد روی نقاط A و B قرارمی‌دهیم و ارتفاع آب را در هرکدام از لوله‌ها یادداشت کرده و از هم تفریق می‌کنیم. بدین‌ترتیب اختلاف ارتفاع دو نقطه را به‌دست می‌آوریم.



شکل ۴ــ۸ــ ترازیابی با شیلنگ تراز

۲ــ۷ــ۸ــ ترازیابی با شمشه و تراز بنایی : این روش به «شمشه‌تراز» معروف است و در نقشه برداری برای برداشت مقطع قائم (پروفیل) بدون دوربین ترازیاب، از آن استفاده می‌شود. البته نقشه‌برداران از دو شاخص مدرج (میر) استفاده می‌کنند که یکی را به‌صورت قائم و دیگری را به‌طور افقی مورد استفاده قرار می‌دهند.

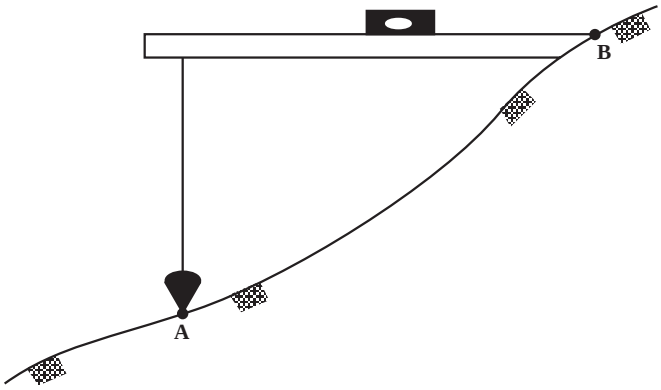
در کارهای ساده و کوچک ساختمانی نیز این روش با کمک دوعدد شمشه و دو عدد تراز بنایی انجام‌پذیر است (شکل ۵ــ۸).



شکل ۵ــ۸ــ روش شمشه تراز

روش کار :یک شمشه را در نقطه‌ی A به‌طور قائم (شاقولی) مستقر می‌کنیم. سپس شمشه دیگر را به‌طور افقی چنان نگه می‌داریم که یک سرآن روی نقطه‌ی B و سر دیگر آن در کنار شمشه‌ی A قرار بگیرد و به‌وسیله‌ی یک ترازبنایی 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 برابر است با اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B.

۳ــ۷ــ ۸ــ ترازیابی با شمشه و شاقول بنایی : مانند روش قبل یک شمشه و تراز به‌کار برده به جای شمشه‌ی قائم نیز می‌توانیم از یک شاقول بنایی استفاده کنیم. این روش را درشکل ۶ــ۸ مشاهده می‌نمایید.



شکل ۶ــ۸ــ ترازیابی با شمشه و شاقول

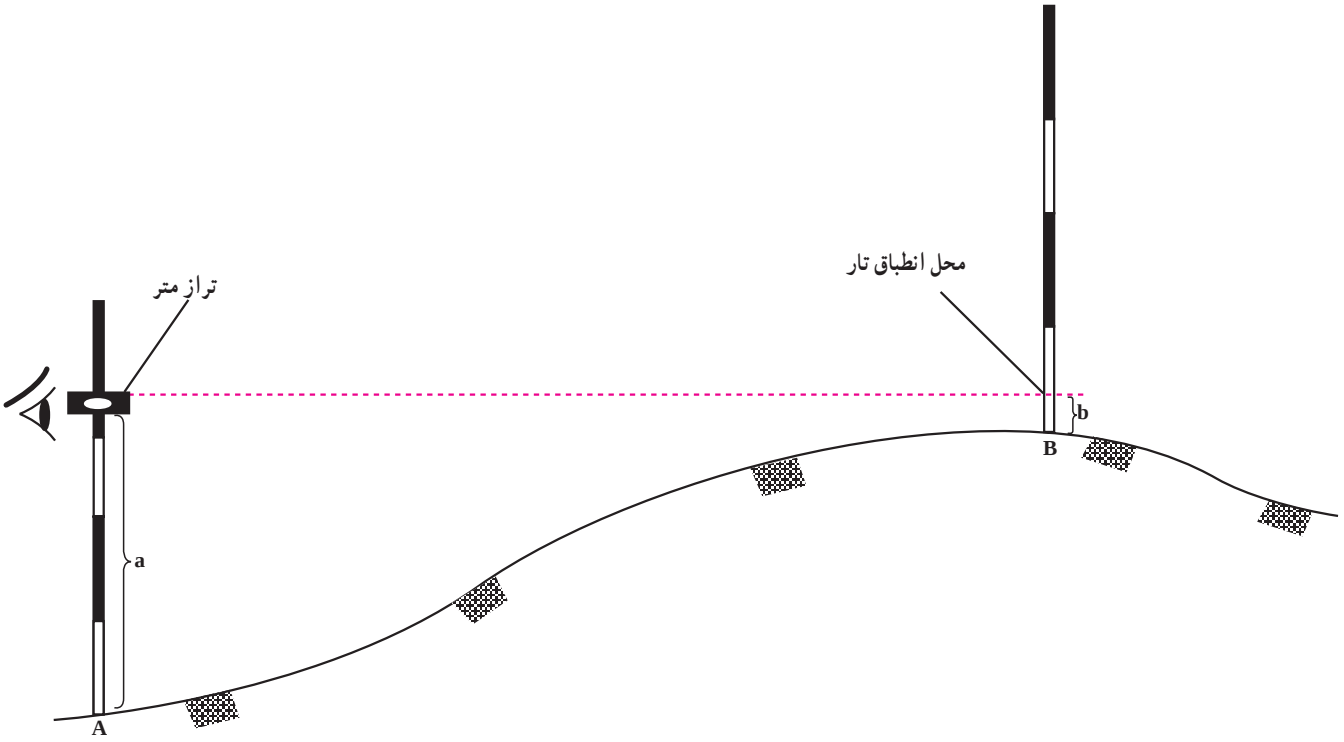
۴ــ۷ــ۸ــ ترازیابی با ژالون و ترازمتر (ترازدستی) :

این روش ترازیابی بیشتر در عملیات نقشه برداری مربوط به پروژه‌های ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. وسایل این ترازیابی دوعدد ژالون، یک عدد ترازمتر و یک عدد متر می‌باشد.

مطابق شکل ۷ــ۸ برای ترازیابی بین دو نقطه‌ی A و B.

ابتدا یک ژالون در A و ژالون دیگری در Bمستقر می‌کنیم. سپس ترازمتر را درکنار یک ژالون ــ مثلاً ژالون A ــ قرار داده درحالی که آن‌را افقی نگاه داشته‌ایم به ژالون دیگر ــBــ قراول می‌رویم و محل تار افقی ترازدستی را که روی ژالون B منطبق شده به کمک افراد گروه علامت می‌زنیم اکنون به وسیله یک متر فاصله‌ی ترازدستی 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 اندازه گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B کافی است این دو مقدار را از هم کم کنیم.

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



شکل ۷ــ۸ــ ترازیابی با ترازدستی

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 دونقطه تعیین کنیم و سپس بین تمام نقاط ترازیابی کرده اختلاف ارتفاع دونقطه‌ی A و Bرا از روی آن‌ها محاسبه نماییم. این نوع ترازیابی را ترازیابی تدریجی می‌نامند. شکل (۸ــ۸)، یک نمونه از ترازیابی تدریجی بین دو نقطه‌ی A و B را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید بین دو نقطه A وB شیب زیاد می‌باشد و با گرفتن نقاط کمکی P_1 و P_2 اختلاف ارتفاع ΔH_1، ΔH_2 و ΔH_3 را به‌دست می‌آوریم.

اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A وB عبارتست از :

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

و می‌دانیم :

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

$$\Delta H_3 = a_3 - b_3$$

با جای‌گذاری 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 :

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

مثلاً اگر در شکل ۸ــ۸، مقادیر زیر را اندازه‌گیری کرده باشیم :

$a_1 = ۱۶۳cm \quad a_2 = ۱۵۸cm \quad a_3 = ۱۵۲cm$

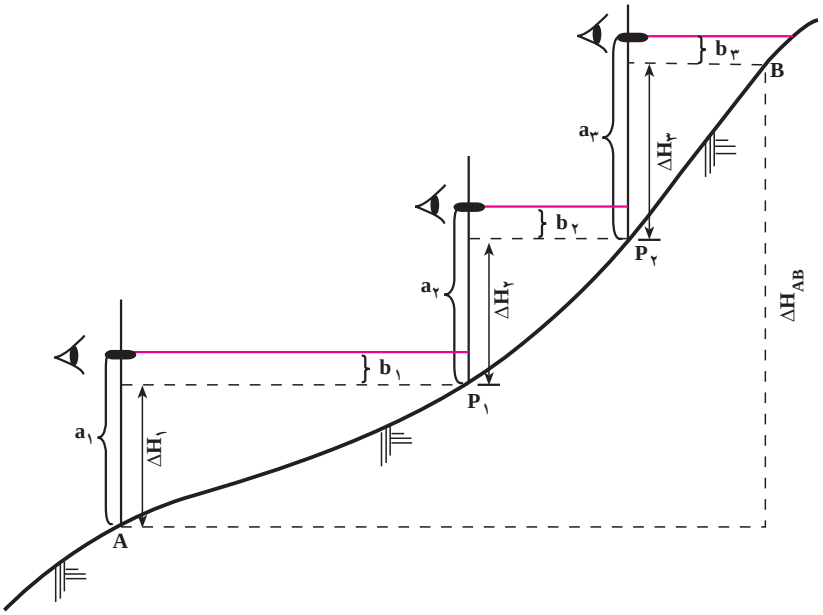
$b_1 = ۱۴cm \quad b_2 = ۱۷cm \quad b_3 = ۲۴cm$

با جای‌گذاری در فرمول داریم :

$\Delta H_{AB} = (۱۶۳ + ۱۵۸ + ۱۵۲) - (۱۴ + ۱۷ + ۲۴)$

اختلاف ارتفاع A و B:

$\Delta H_{AB} = ۴۷۳ - ۵۵ = ۴۱۸ \quad cm = ۴/۱۸ \, m$



شکل ۸ــ۸ــ ترازیابی تدریجی با تراز دستی

۸ــ۸ــ ترازیابی با دوربین

ترازیابی با ترازمتر و ژالون یک روش نسبتاً مناسب برای ترازیابی 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 ترازدستی در کنار ژالون دریک 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 دارای‌خطاهای انسانی قابل توجهی می‌باشند. به‌همین دلیل برای آن‌که عمل ترازیابی با سرعت لازم، به راحتی و با دقت مطلوب انجام شود، وسایل و دستگاه‌های مخصوصی ساخته شده است. به عبارت دیگربه‌جای ترازدستی یک دستگاه ترازیاب ساخته شده است که بر روی یک سه‌پایه استوار و ثابت مستقر می‌گردد، ترازهای دقیقی روی آن نصب شده تا کاملاً درحالت افقی قرار بگیرد و عدسی‌هایی درآن 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 به‌تنهایی انجام می‌دهد. اکنون به معرفی وسایل ترازیابی می‌پردازیم.

۱ــ ۸ــ۸ــ وسایل ترازیابی با دوربین :

۱ــ دوربین ترازیاب : دوربین‌های ترازیاب از سه قسمت تشکیل شده‌اند :

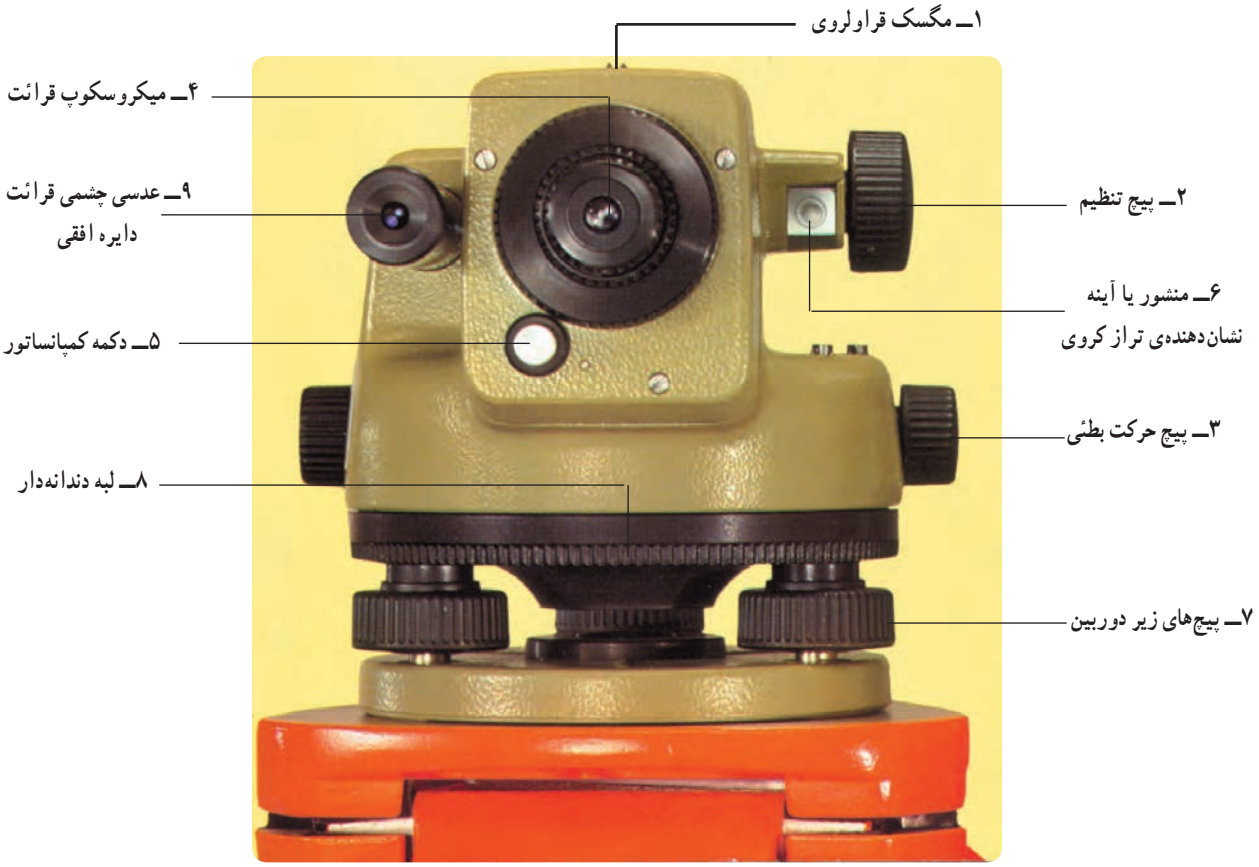
الف) قسمت فوقانی : این قسمت شامل تلسکوپ و وسایل قراولروی است.

ب) قسمت میانی : این قسمت شامل ترازکروی، قسمتی از بدنه و در بعضی از انواع ترازیاب‌ها شامل یک صفحه مدرج (نقاله) برای اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی است که به آن «لمب افقی» می‌گویند.

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 را به دقت در داخل آن قرار داد.

در شکل ۹ــ۸ قسمت‌های مختلف ظاهری یک دستگاه ترازیاب را مشاهده می‌نمایید.



شکل ۹ــ۸ــ قسمت‌های ظاهری یک ترازیاب

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

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

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

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

۵ــ **دکمه‌ی کمپانساتورـ(Push button for compensator control)** : این دکمه در دوربین‌های اتوماتیک که دارای تراز اتوماتیک می‌باشند

قرار دارد که قبل از هر قرائت دکمه‌ی آن را می‌فشاریم.

۶ــ منشور یا آینه نشان دهنده‌ی تراز کروی ــ (Pentaprism for viewing circlar level): این به شما امکان می‌دهد که به‌راحتی تراز کروی را مشاهده نمایید.

۷ــ پیچ‌های زیردوربین (پیچ تراز) (Footscrew) : این پیچ‌ها که سه عدد می‌باشند در زیر دوربین تعبیه شده‌اند که به‌کمک آن‌ها می‌توانیم حباب تراز کروی را تنظیم نماییم.

۸ ــ لبه‌ی دندانه‌دار ــ (Milled rim for setting horizontal circle) : این لبه‌ی دندانه‌دار جهت تنظیم دایره‌ی افقی (نقاله‌ی افقی) به‌کار می‌رود.

۹ــ عدسی چشمی قرائت دایره افقی ــ (Horizontal circle reading eyepiece) : از این دوربین چشمی برای قرائت لمب افقی دوربین استفاده می‌شود و به‌وسیله آن می‌توانیم زوایای افقی بین امتدادها را قرائت کنیم.

موارد ذکر شده در بند ۸ و ۹ در برخی از دوربین‌های ترازیاب وجود دارد.

طبقه‌بندی دوربین‌های ترازیابی : دوربین‌های ترازیاب را از نظر کاربرد به سه دسته تقسیم می‌کنند که عبارتند از :

ــ ترازیاب‌های ساختمانی (Dumpy levels)

ــ ترازیاب‌های مهندسی (Engineer's levels)

ــ ترازیاب‌های دقیق (Precision levels)

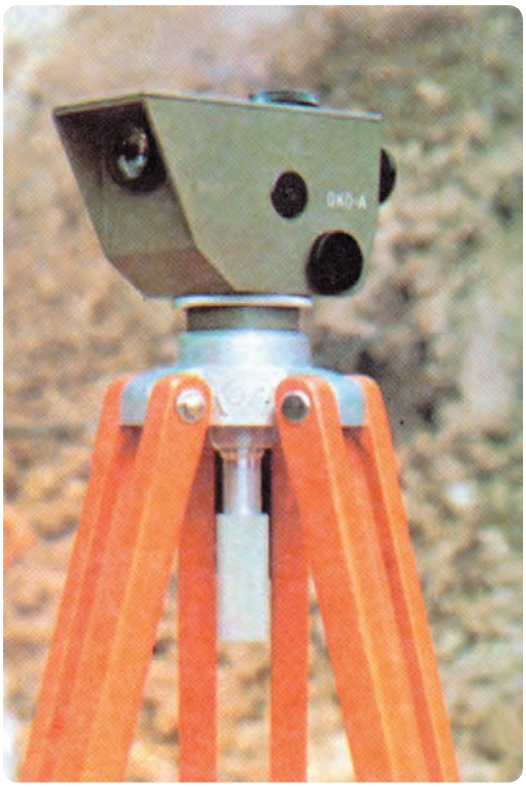
ترازیاب‌های ساختمانی : این نوع ترازیاب‌ها نسبت به ترازیاب‌های مهندسی از دقت کمتری برخوردارند و حساسیت تراز و درشت‌نمایی آن‌ها کم می باشد، در عوض از نظر دستگاهی، ساده و محکم بوده و طرز کار با آن آسان و سریع می‌باشد و بیشتر در کارهای ساختمانی، زمین‌های نسبتاً مسطح، پیاده کردن طرح‌های ساختمانی، تهیه‌ی نیمرخ‌ها و تعیین حجم عملیات خاکی و مواردی از این قبیل به کار می‌رود و به همین جهت اغلب دارای یک دایره‌ی مدرج افقی می‌باشد.

مشخصات مهم ترازیاب‌های ساختمانی عبارتست از :

ــ دقت ۵ تا ۱۵ میلیمتر برکیلومتر

ــ درشت‌نمایی حدود ۱۰ تا ۲۵ برابر

ــ حساسیت تراز حدود ۶۰ ثانیه



شکل ۱۰ــ۸ــ یک ترازیاب ساختمانی

در شکل ۱۰ــ۸ یک نوع ترازیاب ساختمانی و قسمت‌های داخلی آن را مشاهده می‌کنید.

ترازیاب‌های مهندسی : این ترازیاب‌ها از ترازیاب‌های ساختمانی دقیق‌تر و حساس‌تر می‌باشند و علاوه بر کارهای ساختمانی در نقشه‌برداری‌های دقیق‌تر نیز به کار می‌روند و در بعضی از انواع ترازیاب‌های مهندسی با اضافه کردن یک میکرومتر بر روی عدسی شیئی می‌توان به عنوان ترازیاب‌های دقیق نیز از آن‌ها استفاده نمود. از ترازیاب‌های مهندسی در طرح و اجرای بیشتر پروژه‌های مهندسی مثل راه، راه‌آهن، ایجاد کارخانه، ساختمان پل و تونل و... استفاده می‌شود. این ترازیاب‌ها معمولاً دارای یک دایره‌ی مدرج افقی می‌باشند که دقیق‌تر از دایره‌ی افقی ترازیاب‌های ساختمانی می‌باشد و با یک میکروسکوپ قرائت می‌شود.

مشخصات ترازیاب‌های مهندسی عبارتند از :

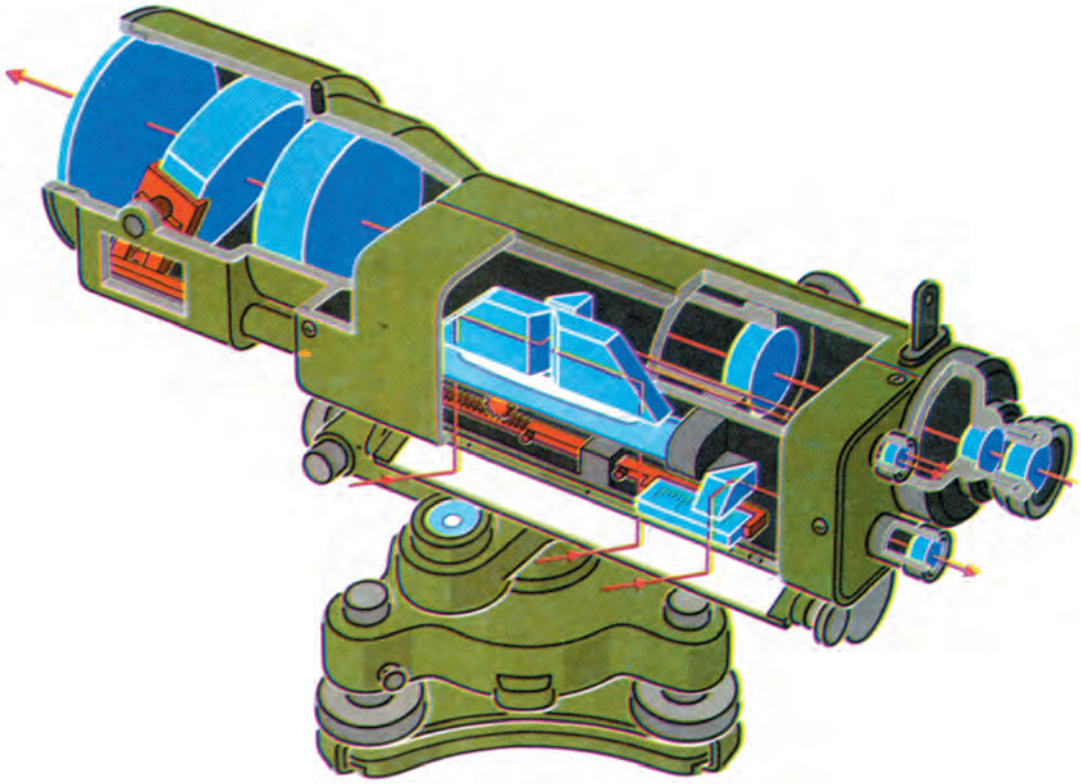
ــ دقت ۲ تا ۴ میلیمتر برکیلومتر

ــ درشت نمایی حدود ۲۰ تا ۳۵ برابر

ــ حساسیت تراز حدود ۳۰ ثانیه

۱ــ ترازیاب‌های دقیق : این ترازیاب‌ها که دقیق‌ترین

نوع ترازیاب‌ها 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 و... بهره‌برداری می‌شود. به همین دلیل درشت نمایی دوربین در این ترازیاب‌ها بیشتر از سایر انواع ترازیاب‌ها 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 ۱۱ــ۸).



شکل ۱۱ــ۸ــ ترازیاب دقیق

مشخصات ترازیاب‌های دقیق عبارتند از :

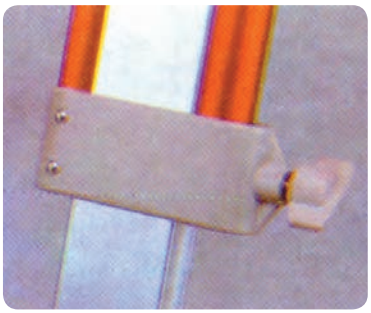
ــ دقت حدود ۰/۲ میلیمتر برکیلومتر

ــ درشت نمایی حدود ۵۰ برابر

ــ حساسیت تراز حدود ۱۰ ثانیه

۲ــ سه پایه دوربین : برای آن‌که بتوانیم دوربین را تراز نموده مورد استفاده قرار دهیم، هم‌چنین برای استقرار دوربین ترازیاب بر روی یک نقطه‌ی معین معمولاً آن را روی یک سه پایه (tripoods) قرار می‌دهیم شکل (۱۲ــ۸) روی هرپایه پیچی تعبیه شده که طول پایه با آن کوتاه یا بلند می‌شود (شکل a ــ۱۲ــ۸). در قسمت فوقانی، یک صفحه‌ی مسطح قرار دارد که پیچی در وسط آن تعبیه شده تا به وسیله‌ی آن دوربین‌ترازیاب را به سه پایه محکم ببندیم (شکل b ــ۱۲ــ۸) . 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 ــ۱۲ــ۸) . 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 ــ۱۲ــ۸) را مشاهده نمایید.

سه‌پایه‌های مخصوص دوربین‌های ترازیاب معمولاً سبک‌تر از سایر سه‌پایه‌ها می‌باشند.



شکل a ــ۱۲ــ۸ــ پیچ روی پایه

شکل b ــ۱۲ــ۸ــ پیچ روی سه‌پایه

شکل c ــ۱۲ــ۸ــ نوک پایه

شکل d ــ۱۲ــ۸ــ محافظ پیچ سه‌پایه

شکل ۱۲ــ۸ــ چند نمونه سه‌پایه ترازیاب

۳ــ میر Mire (شاخص) : برای قرائت اختلاف ارتفاع نقاط، شاخص مدرجی ساخته شده است که به آن میر یا استاف Staff می‌گویند. معمولاً طول آن چهارمتر است و از چهارقطعه‌ی ۱متری که به‌یکدیگر لولا شده‌اند ساخته شده است (شکل ۱۳ــ۸).

الف

ب

ج

شکل ۱۳ــ۸ــ میر معمولی ترازیابی

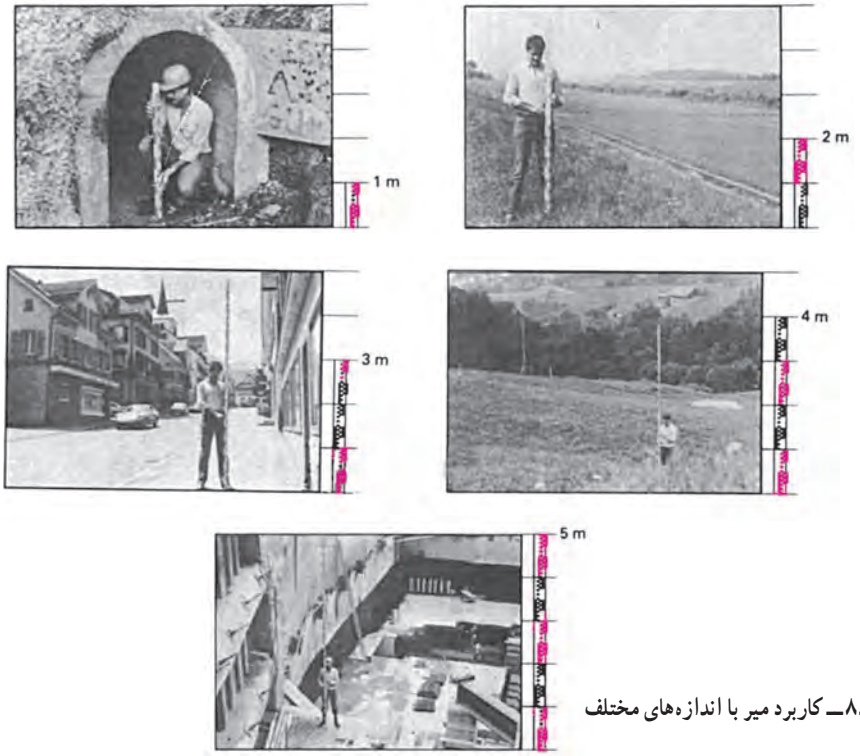
روی میر با دو رنگ متضاد (سفید و قرمز یا سفید و مشکی) درجه بندی شده و معمولاً سانتیمترها را درآن درجه‌بندی کرده‌اند و دسیمترها را با عدد روی آن نوشته‌اند.

میرها را به صورت کشوئی 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.

ــ طرز نگه‌داشتن میر : میر در ترازیابی باید به صورت قائم 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[1] 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 میرنگهدار باید میر را درست روبه دوربین نگه دارد تا عامل به خوبی آن را ببیند (شکل ۱۴ــ۸).

شکل ۱۴ــ۸ــ طریقه‌ی نگاه داشتن میر



شکل ۱۵ــ۸ــ کاربرد میر با اندازه‌های مختلف

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

۹ــ۸ــ کنترل سالم بودن دوربین ترازیاب

۱ــ۹ــ۸ــ کنترل سالم بودن قسمت‌های ظاهری :

هنگام تحویل گرفتن دوربین ترازیاب به نکات زیر توجه کنید :

۱ــ جعبه‌ی دوربین سالم باشد، یعنی دارای شکستگی و ترک‌خوردگی 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.

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

۳ــ عدسی شیئی تمیز و سالم باشد.

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

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

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

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

۸ــ کنترل حباب تراز از نظر این‌که شکسته یا لق نبوده و حباب آن بزرگتر نشده یا به حباب‌های ریزتر تقسیم نشده باشد.

۹ــ کنترل جهت افقی و درجات آن از نظر این‌که درجات آن پاک نشده باشد.

۲ــ۹ــ۸ــ کنترل سالم بودن عملکرد :

۱ــ کنترل صحت کار تراز : اولین و مهم‌ترین بخش یک دوربین ترازیاب، تراز آن است که باید از عملکرد صحیح آن مطمئن شوید. دوربین را پس از آن‌که تراز کردید ۱۸۰ 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.

۲ــ 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 این‌که 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 درصورتی 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 بطئی دوربین را به سمت چپ و راست بچرخانید اگر نقطه‌ی موردنظر همواره بر روی تار افقی باقی ماند، معلوم می‌شود که تار رتیکول و تراز دوربین هر دو سالم هستند.

۳ــ 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 ترازی باشد که از مرکز دوربین ترازیاب می‌گذرد به‌عبارت دیگر محور کلیماسیون باید بر خط تراز منطبق باشد، در این‌صورت می‌گوییم که این دوربین خطای کلیماسیون ندارد. البته همه‌ی دوربین‌ها خطای کلیماسیون دارند و درصورتی که مقدار این خطا زیاد نباشد، اشکال زیادی ایجاد نمی‌کند. البته با انتخاب روش‌های مناسب ترازیابی می‌توانیم از دوربینی که خطای کلیماسیون قابل‌توجهی دارد نیز استفاده کنیم. بنابراین نیازی به کنترل محور کلیماسیون در کارهای معمولی نیست.

۳ــ۹ــ۸ــ طریقه‌ی حفاظت، نگهداری و بهره‌برداری صحیح از دوربین ترازیاب :

۱ــ برای حمل دوربین حتماً آن‌را در جعبه‌ی مخصوص خود بگذارید.

۲ــ 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 به‌خوبی بسته نمی‌شود، سعی نکنید که با فشار زیاد آن‌را ببندید بلکه ابتدا دوربین را به‌طور صحیح در جای خود بگذارید و سپس جعبه را بسته و از صحت چفت آن اطمینان حاصل کنید.

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

۴ــ 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.

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

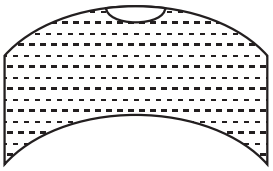
۶ــ هرگز عدسی چشمی و به‌خصوص عدسی شیئی را با دست یا پارچه‌ی خشک و زبر تمیز نکنید بلکه از پارچه‌ی مخصوص که در داخل جعبه دوربین قرار دارد برای تمیز کردن عدسی‌ها استفاده نمایید.

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

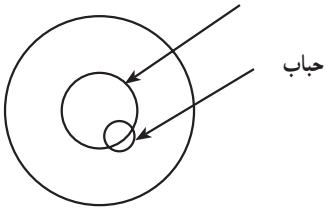
۸ــ از تابش شدید و مداوم آفتاب بر روی دوربین جلوگیری کنید. هم‌چنین دوربین را از گرد و غبار شدید و باران حفظ کنید.

۴ــ۹ــ۸ــ انواع تراز : در دستگاه‌های نقشه برداری معمولاً چهار نوع تراز به‌کار می‌رود.

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

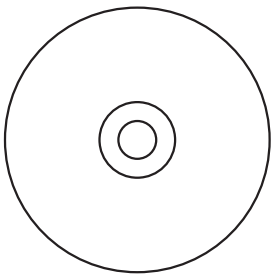


خط نشانه که باید حباب در وسط آن قرار گیرد



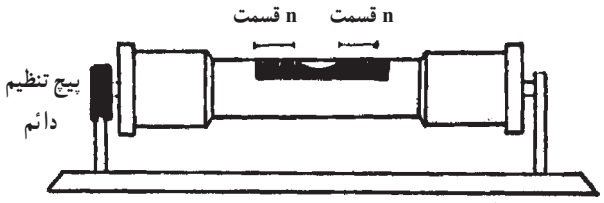
شکل ۱۶ــ۸

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



شکل ۱۷ــ۸ــ تراز کروی در حالت تراز

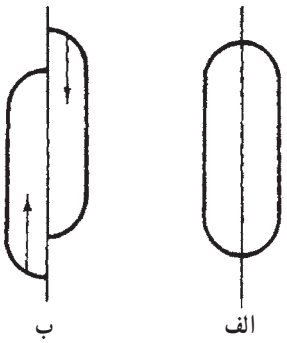
۲ــ تراز استوانه‌ای : این تراز از یک لوله (استوانه) تشکیل شده که در وسط آن یک شیشه‌ی مدرج تعبیه شده است و فقط در امتداد یک خط(محور لوله‌ی تراز) عمل تراز کردن را انجام می‌دهد و معمولاً دقت آن از تراز کروی بیشتر است. برای تراز نمودن آن باید حباب را در وسط خطوط مدرج قرار داد. حباب این تراز به‌صورت یک بیضی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



شکل ۱۸ــ۸ــ تراز استوانه‌ای (لوله‌ای)

۳ــ تراز لوبیایی : عبارت است از یک تراز استوانه‌ای که در بالای آن یک سیستم منشوری قرار دارد. این سیستم تصویر حباب تراز را ــ که به شکل لوبیا است ــ به‌صورت دولپه‌ی لوبیا نشان می‌دهد و وقتی دستگاه کاملاً تراز باشد، این دولپه برهم منطبق شده حباب تراز به‌صورت یک بیضی کامل دیده می‌شود (شکل الف ــ۱۹ــ۸)، اما به محض به هم خوردن تراز، حباب لوبیایی شکل از وسط نصف شده دولپه‌ی لوبیا به موازات محور لوله‌ی تراز از هم جدا می‌شوند (شکل ب ــ ۱۹ــ۸).

دقت تراز لوبیایی از تراز استوانه‌ای بیشتر است و در دوربین‌های دقیق از آن استفاده می‌شود.



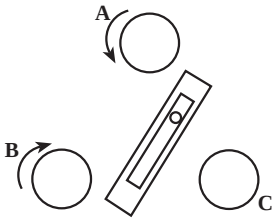
شکل ۱۹ــ۸ــ حباب تراز لوبیایی

۵ــ۹ــ۸ــ 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.

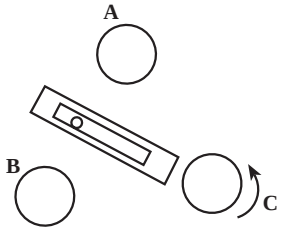
الف ــ تنظیم تراز استوانه‌ای :

۱ــ لوله‌ی تراز را در امتداد دوپیچ (B و A) 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 ۲۰ــ۸).



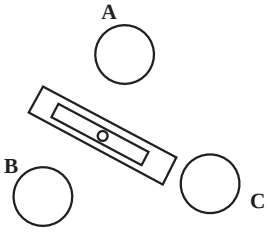
شکل ۲۰ــ۸ــ تنظیم تراز استوانه‌ای

۲ــ لوله‌ی دوربین را در جهت پیچ سوم قرار می‌دهیم (دوربین را ۹۰° می‌چرخانیم) و به وسیله پیچ سوم (C) حباب را به وسط لوله‌ی تراز می‌بریم (شکل ۲۱ــ۸).



شکل ۲۱ــ۸ــ تنظیم تراز استوانه‌ای

۳ــ دوباره به حالت اول برمی‌گردیم؛ یعنی لوله دوربین را در امتداد دوپیچ (B و A) قرار می‌دهیم. در این حالت، دوربین تراز نخواهد بود، زیرا با حرکت پیچ سوم (C) تراز دوربین به‌هم خورده است؛ بنابراین، یک‌بار دیگر به‌وسیله دوپیچ (B و A) 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 ۲۲ــ۸).

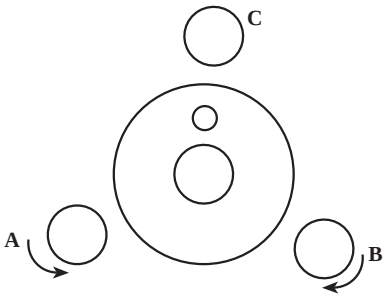


شکل ۲۲ــ۸ــ تراز استوانه‌ای تنظیم شده

ب ــ 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 به‌وسیله پیچ‌ها حباب را کنترل کرده به سمت دلخواه آن را حرکت دهد.

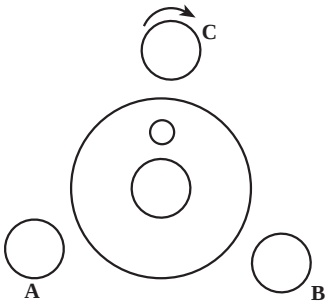
بهتر است روشی مناسب برای حرکت دادن حباب به وسط تراز مورد استفاده قرار بگیرد. در این‌جا روشی که نقشه برداران از آن استفاده می‌کنند، ارائه می‌شود :

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 ۲۳ــ۸)،برای آن‌که حباب را در وسط تراز قرار دهید به این طریق عمل کنید :



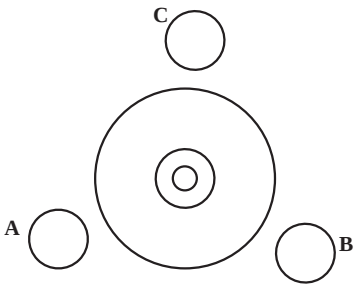
شکل ۲۳ــ۸ــ تراز کروی

۱ــ دو پیچ A و B را با هم و در خلاف جهت هم بچرخانید تا حباب در هرقسمت از صفحه‌ی ترازکه قرار دارد در امتداد موازی محور x حرکت نموده و روی نقطه‌ای از محور y قرار بگیرد (شکل ۲۴ــ۸).



شکل ۲۴ــ۸ــ تنظیم تراز کروی

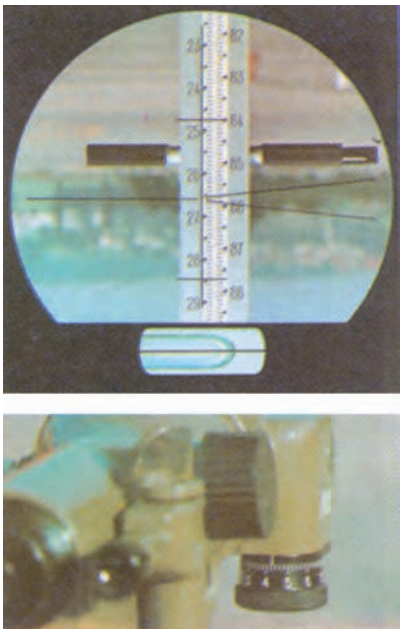
۲ــ پیچ سوم (C) را در جهت مناسب بچرخانید تا حباب روی محور y حرکت نموده در مرکز دایره‌ی تراز قرار بگیرد. اگر حباب هنگام حرکت از روی محور y خارج شد با پیچ‌های A و B آن را روی محور y برمی‌گردانیم (شکل ۲۵ــ۸).



شکل ۲۵ــ۸ــ تنظیم تراز کروی

ج ــ تنظیم تراز لوبیایی : پس از تراز کردن تقریبی دستگاه توسط تراز استوانه‌ای یا کروی، با استفاده از تراز لوبیایی 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 لوبیا) تبدیل شود.

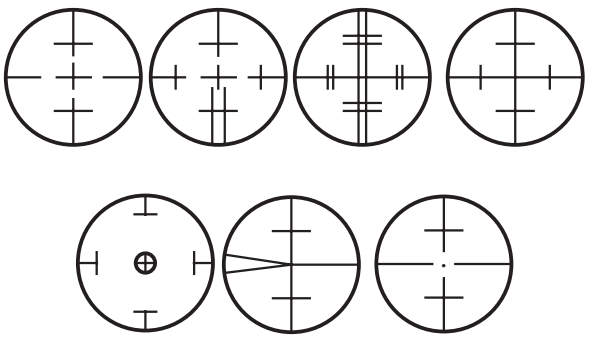
تراز لوبیایی به وسیله یک چشمی مخصوص درکنار تلسکوپ دوربین رؤیت می‌شود و دربعضی از انواع ترازیاب از داخل تلسکوپ، ضمن دیدن شاخص، می‌توانیم در زیر آن همزمان تراز لوبیایی را نیز ببینیم (شکل ۲۶ــ۸).



شکل ۲۶ــ۸ــ تراز لوبیایی

د ــ تنظیم تراز اتوماتیک : تراز اتوماتیک نیز مانند تراز لوبیایی برای برطرف کردن خطای جزئی تراز به کار می‌رود زیرا هنگام تراز کردن دوربین به‌وسیله‌ی تراز استوانه‌ای یا کروی، هرقدر 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 کارخودش را انجام دهد.

۶ــ۹ــ۸ــ 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 ۲۷ــ۸ چند نمونه از آن‌ها را ملاحظه می کنید. به‌این علائم تارهای رتیکول «Reticule» می‌گویند.



شکل ۲۷ــ۸ــ انواع تارهای رتیکول

پس از استقرار دوربین و قبل از شروع قرائت عامل یک صفحه‌ی سفید (مثلاً یک‌برگ 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 ببیند. این‌کار بسیار ضروری می‌باشد زیرا در غیراین صورت هنگام مشاهده‌ی میر تصویر تارها«دوگانه» دیده خواهد شد و عمل اندازه‌گیری با اشکال و خطا انجام خواهد گرفت.

شکل ۲۸ــ۸ــ سانتراژ اپتیکی

الف

ب ــ سانتراژ با میله

ج ــ سانتراژ با شاقول میله‌ای در یک کار ژئودزی

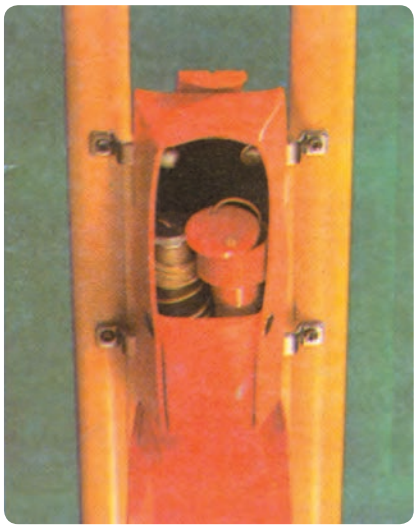
شکل ۲۹ــ۸

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 برروی یک نقطه سانتراژ شده و ترازهای آن (کروی و استوانه‌ای) تنظیم باشند اصطلاحاً می‌گوییم دوربین در آن نقطه مستقر شده است.

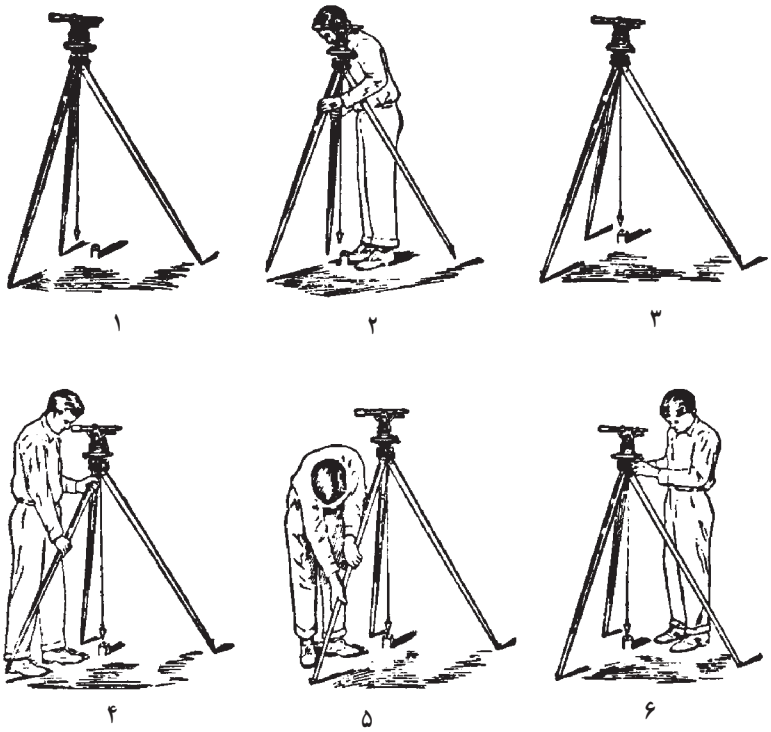
در شکل ۳۰ــ۸ یک ترازیاب را روی سه‌پایه‌ای که دارای قلاب مخصوص شاقول است ملاحظه می‌کنید.

شکل ۳۰ــ۸ــ دوربین ترازیاب، سانتراژ با شاقول



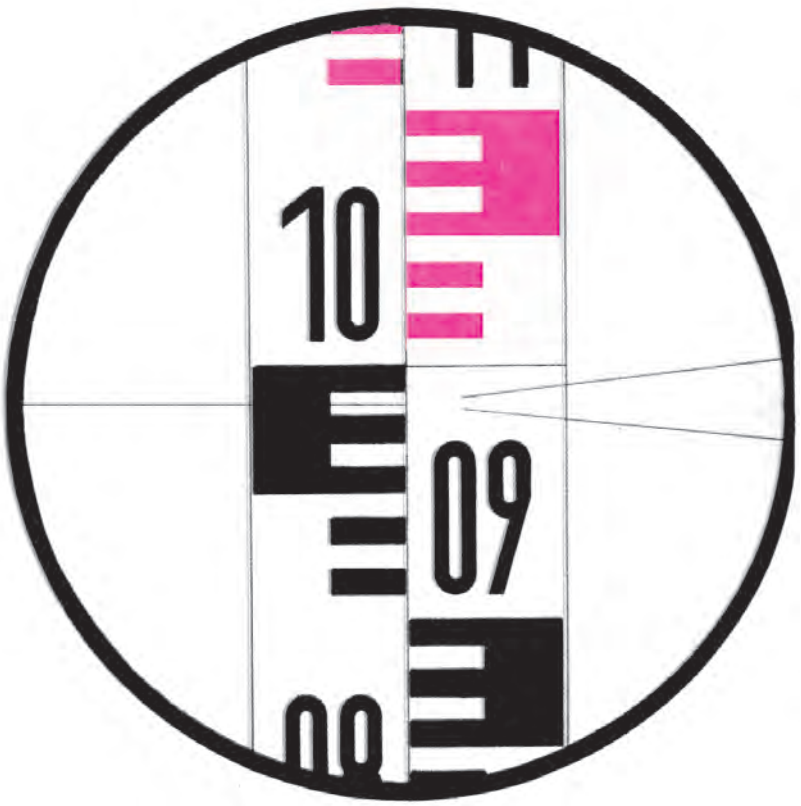
شکل ۳۱ــ۸ــ شاقول مخصوص نقشه‌برداری

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



شکل ۳۲ــ۸ــ استقرار ترازیاب توسط شاقول

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 ۳۳ــ۸، یک نمونه را ملاحظه می‌نمایید. همان‌طور که در شکل می‌بینید عددهایی 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 شده است و عامل به این ترتیب قرائت می‌کند : ابتدا می گوید ۰۹ (صفر،نه). بعد خطوط سانتیمتر را می‌شمارد، ۸ خط، می‌شود ۸۰ میلیمتر و خورده‌های سانتیمتر نهم را به‌صورت 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.



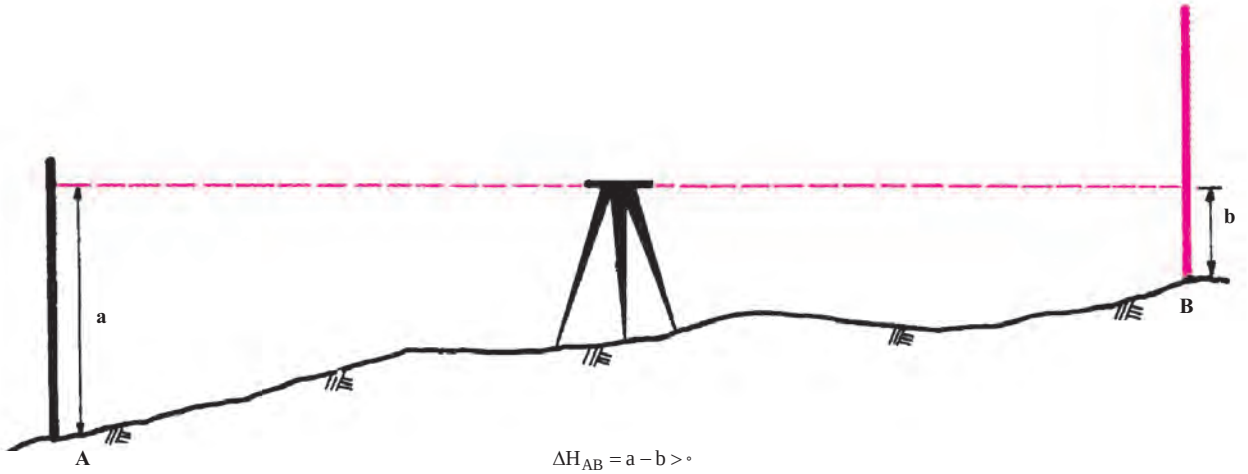
شکل ۳۳ــ۸ــ قرائت روی میر

۷ــ۹ــ۸ــ اصول ترازیابی مستقیم : همان‌گونه که گفته شده عمل ترازیابی عبارت است از یافتن اختلاف ارتفاع بین دونقطه. برای پیدا کردن این اختلاف ارتفاع به کمک دوربین ترازیابی می‌توانیم به یکی از سه حالت زیر عمل کنیم :

الف ــ ساده‌ترین و بهترین حالت ترازیابی بین دو نقطه به‌این ترتیب است که دوربین را بین دو نقطه تقریباً دروسط آن‌هامستقر می‌کنیم مانند شکل ۳۴ــ۸ و سپس به‌میرهایی که در نقاط A و B مستقر شده‌اند قراول می‌رویم. مثلاً ابتدا به میر A قراول رفته و مقدارa را قرائت می‌کنیم. سپس دوربین را به طرف نقطه‌ی B چرخانده و روی میر B مقدار b را قرائت می‌کنیم. اصل کلی ترازیابی می‌گوید :

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

قرائت روی میر B − قرائت روی میر A = اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B



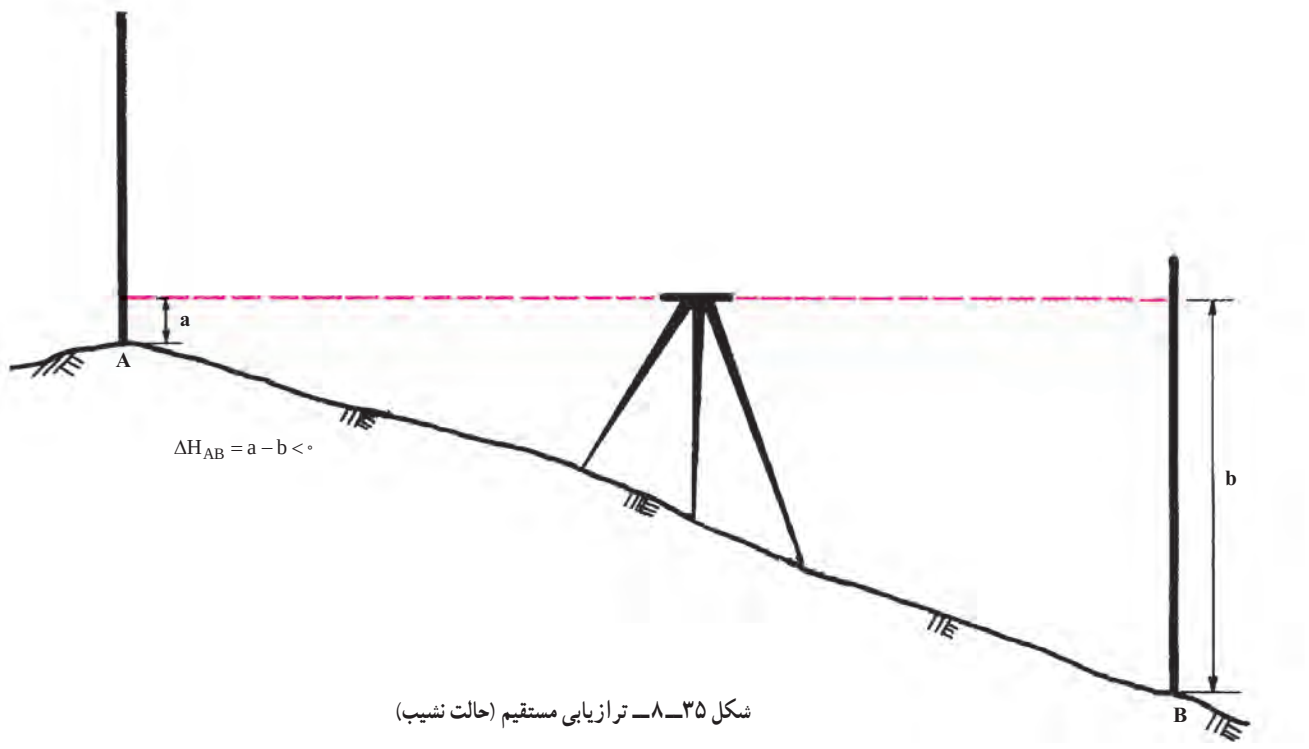
شکل ۳۴ــ۸ــ ترازیابی مستقیم (حالت فراز)

در شکل (۳۵ــ۸)، به قرائت اول اصطلاحاً «قرائت عقب Back Sight» و به قرائت دوم «قرائت جلو Front Sight» می‌گویند و در فرم ترازیابی قرائت عقب را به اختصار «B.S» و قرائت جلو را «F.S» می‌نویسند. بنابراین داریم :

قرائت جلو − قرائت عقب = اختلاف ارتفاع

در شکل ۳۵ــ۸ چون قرائت اول روی نقطه‌ی A صورت گرفته پس قرائت عقب برابر است با a و چون قرائت دوم روی نقطه‌ی B انجام شده در نتیجه قرائت جلو عبارت است از b و اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B به صورت زیر محاسبه می‌شود :

اختلاف ارتفاع $\Delta H_{AB} = a - b$



شکل ۳۵ــ۸ــ ترازیابی مستقیم (حالت نشیب)

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 ۳۶ــ۸ اگر قرائت عقب a = ۳۶۴۵ و قرائت جلو b = ۱۲۳۶ باشد، داریم :

$$\Delta H_{AB} = a - b = ۳۶۴۵ - ۱۲۳۶ = ۲۴۰۹ > ۰$$

اگر بین دو نقطه‌ی A و B زمین به صورت شکل ۳۵ــ۸ باشد، اصطلاحاً می‌گویند :

شیب از A به B منفی است در این صورت $\Delta H_{AB} < ۰$ است و زمین از A به B حالت نشیب (سرازیر) دارد. مثلاً اگر قرائت عقب a = ۰۴۵۱ و قرائت جلو b = ۳۸۱۹ باشد داریم :

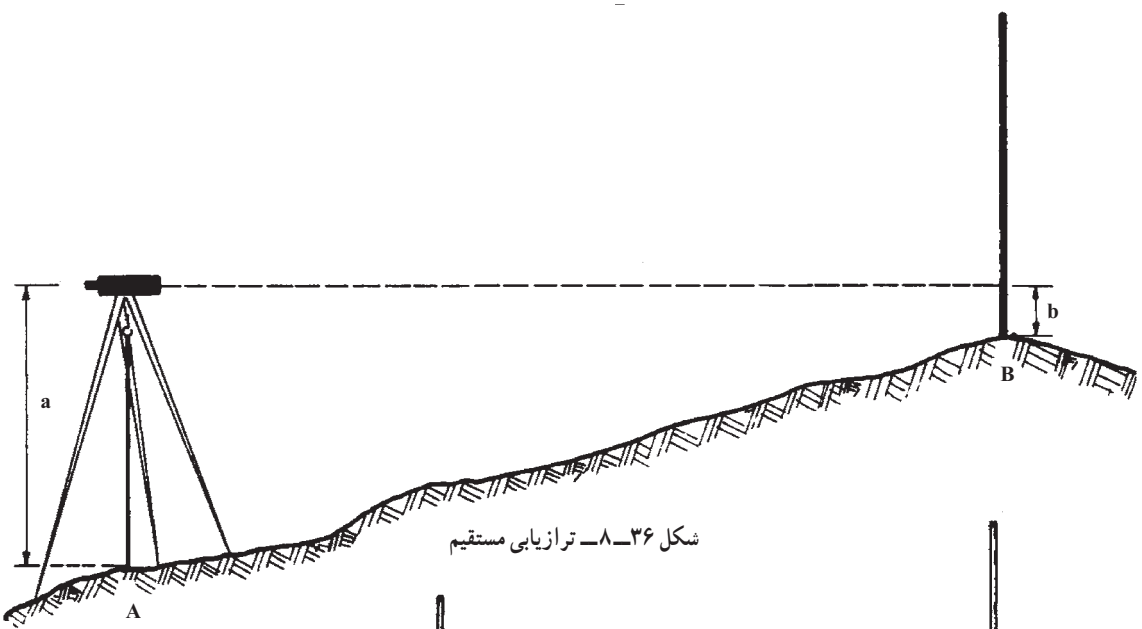
$$\Delta H_{AB} = a - b = ۰۴۵۱ - ۳۸۱۹ = -۳۳۶۸ < ۰$$

یعنی نقطه‌ی B به اندازه‌ی ۳ متر و ۳۶ سانتیمتر و ۸ میلیمتر پایین‌تر از نقطه‌ی A قرار دارد.

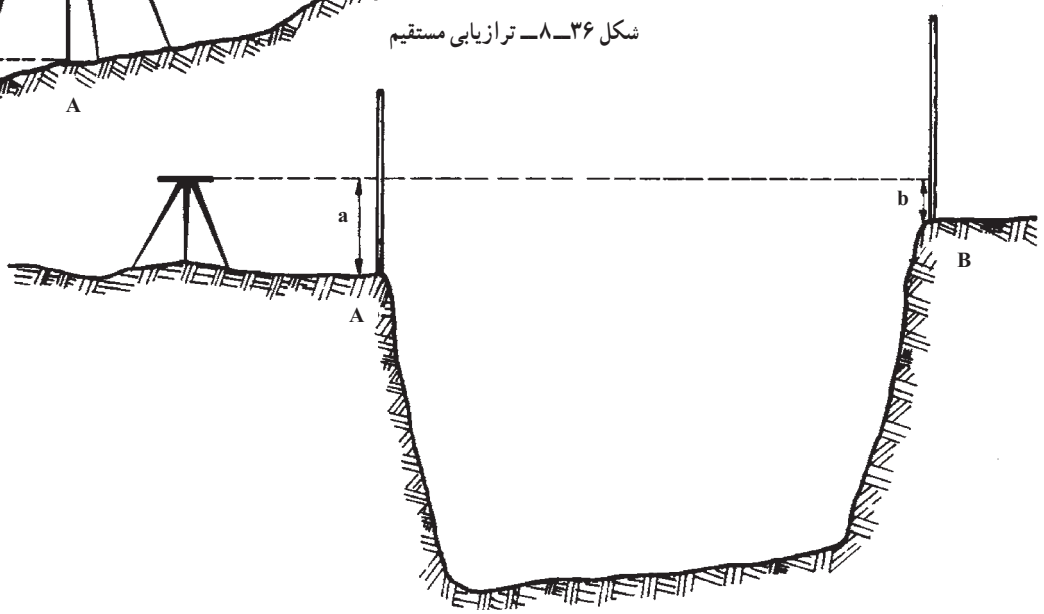
تذکر : قرائت‌های روی میر به میلی‌متر قرائت می‌شود اما اختلاف ارتفاع با واحد متر ذکر می‌گردد.

ب ــ حالت دوم، در این حالت، شکل ۳۷ــ۸ برای یافتن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه، دوربین را برروی یکی از نقاط (A) و میر را برروی نقطه‌ی دیگر (B) مستقر می‌کنیم.

همان‌طور که در شکل ۳۶ــ۸ ملاحظه می‌کنید ارتفاع دوربین (a) عبارت است از فاصله‌ی عدسی چشمی ترازیاب تا سطح نقطه‌ی A، این فاصله را می‌توانیم با متر اندازه‌گیری کنیم و



شکل ۳۶ــ۸ــ ترازیابی مستقیم



شکل ۳۷ــ۸ــ ترازیابی مستقیم

درصورت 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 به‌عنوان قرائت جلو ثبت می‌کنیم.

سپس با استفاده از روشی که قبلاً توضیح دادیم داریم :

قرائت جلو – قرائت عقب (ارتفاع دوربین) = اختلاف ارتفاع

یا : $\Delta H_{AB} = a - b$

مثلاً اگر ارتفاع دوربین a =۱۵۶ m و قرائت روی میر b =۰۸۵۳ m باشد داریم :

$$\Delta H = a - b = ۱۵۶۰ - ۰۸۵۳ = ۰۷۰۷ \text{ mm}$$
$$= ۷۰۷ \text{ mm}$$

یعنی نقطه‌ی B به اندازه ۷۰ سانتیمتر و ۷ میلیمتر، بالاتر از نقطه‌ی A قرار دارد.

ج ــ حالت سوم، این حالت وقتی به‌کار می‌رود که ترازیابی به دو حالت فوق‌الذکر امکان پذیر نباشد. یعنی به‌دلایلی مانند وجود آب، باتلاق یا یک دره‌ی عمیق و پرشیب یا... امکان استقرار دوربین بین دونقطه یا روی یکی از نقاط امکان‌پذیر نباشد مانند شکل ۳۷ــ۸.

همان‌طورکه در شکل ۳۷ــ ۸ ملاحظه می‌کنید امکان استقرار دوربین بین دونقطه یا روی هرکدام از نقاط وجود ندارد. به‌ناچار ترازیاب را در پشت نقطه‌ی A به نحوی مستقر می‌کنیم که به‌میرهای مستقر در A وB 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 :

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

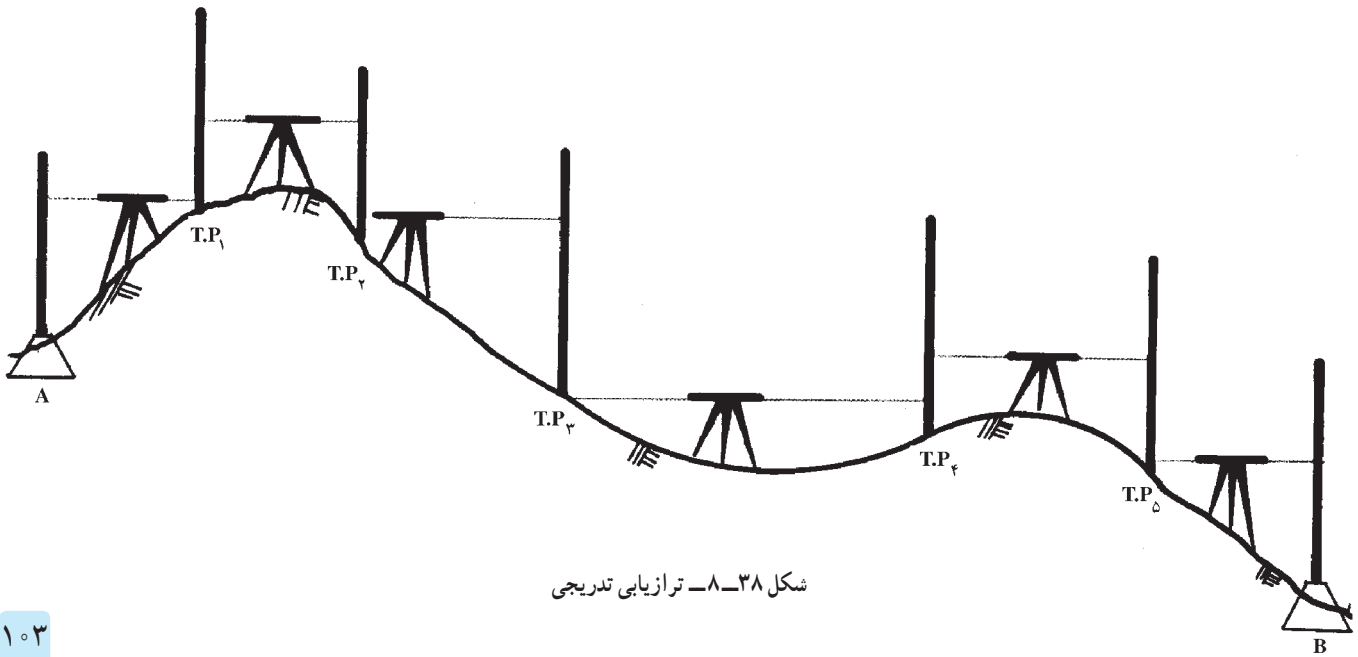
مثلاً اگر روی میر A قرائت a = ۲۵۱۹ و روی میر B قرائت b = ۱۰۲۹ انجام داده باشیم داریم :

$$\Delta H_{AB} = a - b = ۲۵۱۹ - ۱۰۲۹ = ۱۴۹۰ \text{ mm}$$

یعنی نقطه‌ی B به اندازه ۱ متر و ۴۹ سانتیمتر بالاتر از نقطه‌ی A قرار دارد.

به طور خلاصه، برای یافتن اختلاف ارتفاع دونقطه مانند A و B کافی است؛ درهرکدام از این نقاط یک میر مستقر کنیم و سپس دوربین ترازیاب را در نقطه‌ای که به هردومیر دید داشته باشد مستقر کرده قرائت‌های به دست آمده را از هم کم کنیم. توجه داشته باشید که از نظر اصول ترازیابی مستقیم، محل قرار گرفتن ترازیاب و همچنین ارتفاع آن نقشی در محاسبه اختلاف ارتفاع دونقطه A و B ندارد. اما این نکته قابل اثبات است که اگر دوربین در وسط دونقطه‌ی A و B قرار بگیرد بسیاری از خطاهای طبیعی و دستگاهی حذف خواهند شد و بهترین نتیجه دراین حالت به‌دست خواهد آمد.

۸ــ۹ــ۸ــ ترازیابی تدریجی : هرگاه فاصله دونقطه که می‌خواهیم بین آن‌ها ترازیابی کنیم یا شیب بین آن دو چنان زیاد



شکل ۳۸ــ۸ــ ترازیابی تدریجی

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 ترازیابی کنیم تا به تدریج از یک نقطه به نقطه بعد برسیم، به این روش«ترازیابی تدریجی» می‌گویند.

درشکل ۳۸ــ۸ یک نمونه ترازیابی تدریجی بین دو نقطه A و B را ملاحظه می‌نمایید که به دلیل فاصله‌ی زیاد دونقطه‌ی A وB 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 این‌که یک T.P را به‌عنوان قرائت جلو قرائت کردیم دوربین را حرکت داده و در جلو همان T.P قرار می‌دهیم و میر مستقر در T.P چرخانده می‌شود تا رو به‌دوربین قرار بگیرد وروی آن قرائت عقب انجام شود. (اصطلاح قرائت عقب به این دلیل به‌کار می‌رود که این بار نقطه‌ی T.P نسبت به جهت جابه‌جایی دوربین در عقب قرار گرفته است).

روش انجام ترازیابی تدریجی

به عنوان مثال روش ترازیابی بین دو نقطه‌ی AوB شکل ۳۹ــ۸ را توضیح می‌دهیم :

۱ــ دوربین را در نقطه‌ای قرار می‌دهیم که میر مستقر در 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 درA را ببینیم. فراموش نکنید که با دوربین ترازیاب فقط در یک خط افقی می‌توانید نگاه کنید.)

۲ــ نقطه‌ی $T.P_1$ را در محلی انتخاب می‌کنیم که میر مستقر در این نقطه در دیدرس ترازیاب باشد.

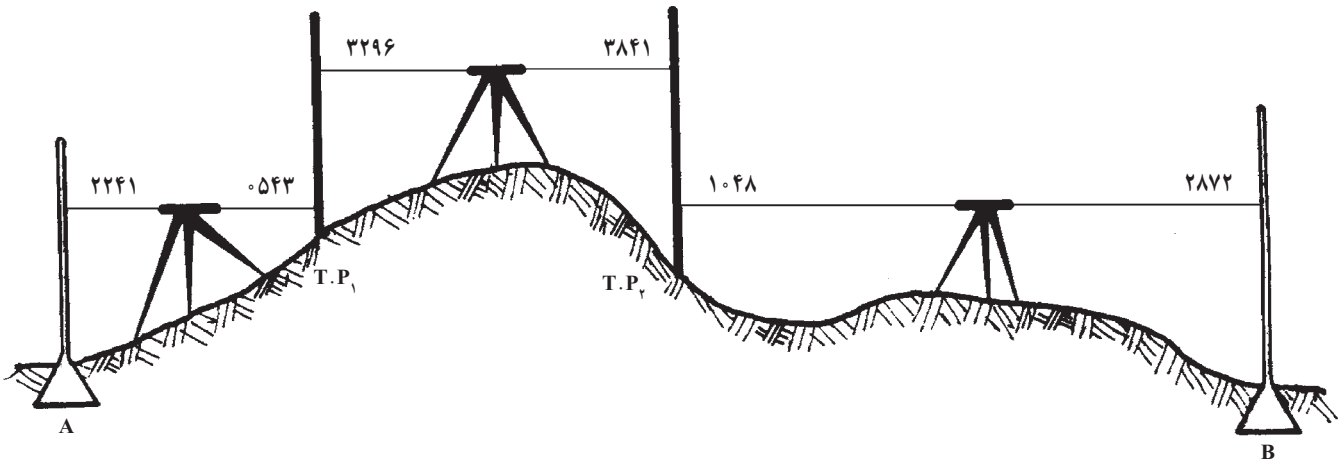
۳ــ روی میر A قرائت عقب $a_1 = ۲۲۴۱$ و روی میر $T.P_1$ قرائت جلو $b_1 = ۰۵۴۳$ انجام می‌دهیم.

۴ــ 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.

۵ــ میرمستقر در $T.P_1$ را درجای 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 میخ های چوبی که در زمین کوبیده اند قرار می‌دهند.) اکنون روی میر $T.P_1$ قرائت عقب $a_2 = ۳۲۹۶$ و روی میر $T.P_2$ قرائت جلو $b_2 = ۳۸۴۱$ انجام می‌دهیم.

۶ــ میر مستقر در $T.P_1$ را به نقطه‌ی B منتقل کرده دوربین را نیز حرکت داده در محلی بین دو نقطه‌ی $T.P_2$ وB مستقر می‌کنیم.

۷ــ میر $T.P_2$ را در جای خود می چرخانیم تا رو به دوربین قرار بگیرد و روی آن قرائت عقب $a_3 = ۱۰۴۸$ انجام می‌دهیم.و روی میرمستقر درB قرائت جلو $b_3 = ۲۸۷۲$ انجام می‌دهیم.



شکل ۳۹ــ۸ــ ترازیابی تدریجی

محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع در ترازیابی تدریجی :

در این روش بین دو نقطه به جای یک قرائت عقب و یک قرائت جلو،چند قرائت عقب وچند قرائت جلو انجام می‌شود و داریم :

– مجموع قرائت‌های عقب = اختلاف ارتفاع دو نقطه
مجموع قرائت‌های جلو

بهتر است قرائت‌های انجام شده را درجدولی بنویسیم و روی آن محاسبات لازم را انجام دهیم.به‌عنوان مثال با توجه به شکل ۳۹ــ۸ جدول زیر را ترسیم کرده و اسامی نقاط و اندازه‌ها را به آن منتقل کرده‌ایم.باید کنترل کنیم که آیا مشاهدات درست انجام گرفته یا نه؟ برای این کار تعداد قرائت‌های عقب و جلو را می‌شماریم باید با هم مساوی باشند که در جدول زیر این شرط برقرار است.

شکل ۴۰ــ۸ــ جدول ترازیابی

نام نقطه	قرائت عقب B.S	قرائت جلو F.S	اختلاف ارتفاع
A	۲۲۴۱		
$T.P_1$	۳۲۹۶	۰۵۴۳	
$T.P_2$	۱۰۴۸	۳۸۴۱	
B		۲۸۷۲	
جمع	۶۵۸۵	۷۲۵۶	-۰۶۷۱

برای محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع داریم :

$$\Delta H_{A,B} = (a_1 + a_2 + a_3) - (b_1 + b_2 + b_3)$$

$$= ۶۵۸۵ - ۷۲۵۶ = -۰۶۷۱$$

یعنی نقطه‌ی B به اندازه‌ی ۶۷ سانتیمتر و یک میلیمتر، پایین‌تر ازنقطه‌ی A قرار دارد.

تعیین ارتفاع نقاط :در بسیاری از کارهای ترازیابی فقط به اختلاف ارتفاع نقاط نیازمندیم، اما در مواردی علاوه بر اختلاف ارتفاع می‌خواهیم ارتفاع نقاط را نیز تعیین کنیم. ارتفاع نقاط به دو صورت تعریف می‌شوند :

ــ ***ارتفاع مطلق :*** ارتفاع یک نقطه از سطح مبنا (سطح متوسط دریاهای آزاد M.S.L) را ارتفاع مطلق آن نقطه می‌نامند و برای محاسبه آن باید از سطح متوسط دریاهای آزاد تا نقطه‌ی مورد نظر ترازیابی تدریجی انجام گیرد.در این حالت اختلاف ارتفاع نقطه از سطح مبنا همان ارتفاع مطلق نقطه می‌باشد. از آن‌جا که این کار بسیار مشکلی است در هر کشور توسط دولت یا سازمان‌های ذیربط تعدادی نقاط در سراسر کشور ایجاد شده‌اند و ارتفاع مطلق آن‌ها توسط ترازیابی دقیق به‌دست آمده است.این نقاط بنچمارک‌های ارتفاعی هستند که با علامت اختصاری B.M مشخص شده‌اند. درانجام پروژه‌های بزرگ و دقیق به نزدیکترین B.M مراجعه می‌شود و از آن B.M تا یکی از نقاط پروژه ترازیابی تدریجی انجام می دهند تا ارتفاع مطلق آن نقطه از پروژه به‌دست آید و با استفاده از آن، ارتفاع سایر نقاط پروژه را تعیین کنند.

ــ ***ارتفاع نسبی :*** معمولاً در پروژه های کوچک نیاز به‌ارتفاع مطلق وجود ندارد وکافی است یک نقطه ثابت و محکم در محلی که محفوظ باشد ایجاد کنیم وارتفاع دلخواهی را برای آن در نظر بگیریم (مثلاً ۱۰۰ یا ۱۰۰۰ یا...) و ارتفاع سایر نقاط را نسبت به این نقطه به‌دست آوریم.در این صورت به نقطه‌ی ثابتی که مبنای ارتفاعات شده بنچمارک اختیاری می‌گویند و ارتفاع نقاط پروژه که نسبت به این بنچمارک به‌دست آمده ارتفاع نسبی نامیده می‌شود.

به‌طورکلی اگر ارتفاع نقطه‌ی A معلوم باشد و اختلاف ارتفاع آن با نقطه‌ی B ($\Delta H_{A,B}$) نیز در دست باشد می‌توانیم ارتفاع نقطه‌ی B را از رابطه‌ی زیر محاسبه نماییم :

$$H_B = H_A + \Delta H_{A,B}$$

محاسبه‌ی ارتفاع نقاط به روش فراز و نشیب

در ترازیابی تدریجی شکل (۳۹ــ۸)،هرگاه ارتفاع نقاط موقت ($H_{T.P}$) نیز مهم باشد می‌توانیم ارتفاع آن‌ها را نیز محاسبه نماییم.بدین منظور جدول محاسبه‌ای را که برای آن رسم کرده بودیم توسعه می‌دهیم و ارتفاع نقطه‌ی A را به دلخواه ۱۰۰ متر فرض می‌کنیم تا بتوانیم ارتفاع نقاط موقت و نقطه‌ی B را محاسبه نماییم. بنابراین یک ستون ارتفاع (H) نیز به آن اضافه می‌کنیم (شکل ۴۱ــ۸).

روش محاسبه به این ترتیب است که ابتدا ΔH بین هر دو نقطه را محاسبه می‌کنیم.برای نقاط A و $T.P_1$ داریم :

شکل ۴۱ــ۸ــ جدول ترازیابی

نام نقطه N	قرائت عقب B.S	قرائت جلو F.S	اختلاف ارتفاع ΔH +	اختلاف ارتفاع ΔH −	ارتفاع H
A	۲۲۴۱				۱۰۰۰۰۰
$T.P_1$	۳۲۹۶	۰۵۴۳	۱۶۹۸		۱۰۱۶۹۸
$T.P_2$	۱۰۴۸	۳۸۴۱		۰۵۴۵	۱۰۱۱۵۳
B		۲۸۷۲		۱۸۲۴	۹۹۳۲۹
مجموع	۶۵۸۵	۷۲۵۶		۰۶۷۱	

$$\Delta HA._{T.P_1} = ۲۲۴۱ - ۰۵۴۳ = +۱۶۹۸$$

چون این مقدارمثبت است در ستون اول ΔH آن‌را می‌نویسیم. برای نقاط $T.P_1$ و $T.P_2$ داریم :

$$\Delta H_{T.P_1\ T.P_2} = ۳۲۹۶ - ۳۸۴۱ = -۰۵۴۵$$

چون این مقدارمنفی است آن را در ستون دوم ΔH می‌نویسیم. برای نقاط $B,T.P_2$ داریم :

$$\Delta H_{T.P_2} \text{ و } B = ۱۰۴۸ - ۲۸۷۲ = -۱۸۲۴$$

این مقدار نیز منفی است و در ستون دوم ΔH نوشته می‌شود.

برای محاسبه‌ی ارتفاع نقاط از اختلاف ارتفاع های به‌دست آمده استفاده می‌کنیم.

برای $T.P_1$ داریم :

$$H_{T.P_1} = H_A + \Delta H_A \text{ و } T.P_1$$
$$= ۱۰۰۰۰۰ + ۱۶۹۸ = ۱۰۱۶۹۸ \text{ mm}$$

برای $T.P_2$ داریم :

$$H_{T.P_2} = H_{T.P_1} + \Delta H_{T.P_1} \text{ و } T.P_2$$
$$= ۱۰۱۶۹۸ + (-۰۵۴۵) = ۱۰۱۱۵۳ \text{ mm}$$

برای B داریم :

$$HB = H_{T.P_2} + \Delta H_{T.P_2} \text{ و } B = ۱۰۱۱۵۳ +$$
$$(-۱۸۲۴) = ۹۹۳۲۹ \text{ mm}$$

این روش محاسبه جدول که درآن از ΔHهای مثبت (فراز) و ΔHهای منفی (نشیب) استفاده می شود اصطلاحاً روش فراز و نشیب نامیده می‌شود و معمولاً جداول ترازیابی به این صورت محاسبه می‌شوند. در صورتی که نیازی به محاسبه‌ی ارتفاع نقاط T.P بین دو نقطه A وB نباشد و یا قصد کنترل محاسبات را داشته باشیم. (که این کار در محاسبات مختلف کارهای نقشه‌برداری صددرصد ضروری و الزامی است) مجموع قرائت‌های عقب و مجموع قرائت‌های جلو را به‌دست آورده و در زیر هر ستون می‌نویسیم سپس اختلاف آن‌ها را محاسبه کرده به ارتفاع نقطه‌ی A اعمال می‌کنیم داریم :

$$H_B = H_A + \Delta H_{A,B} = ۱۰۰۰۰۰ +$$
$$(۶۵۸۵ - ۷۲۵۶) = ۹۹۳۲۹$$

به این روش محاسبه،روش« محاسبه ازمبنا» نیز می‌گویند همان طور که ملاحظه می کنید ارتفاع به‌دست آمده برای نقطه B از هردو روش برابر ۹۹۳۲۹ می‌باشد و این نشان می‌دهد که هر دو روش محاسبه صحیح انجام شده است.

کنترل عملیات ترازیابی

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 نقشه‌برداری روش‌های مختلفی وجود دارد. اصلی‌ترین و ساده‌ترین روش کنترل تکرار اندازه گیری‌ها است. در ترازیابی نیز از این روش استفاده می شود و مسیر ترازیابی بین دو نقطه دو بار طی می‌شود که اصطلاحاً به ترازیابی بار اول رفت و به‌ترازیابی بار دوم برگشت می‌گویند. یک عملیات رفت و برگشت بین دو نقطه به این صورت

انجام می‌گیرد که از یک نقطه ترازیابی را شروع کرده و تا آخرین نقطه ترازیابی می‌کنند سپس از آخرین‌نقطه به سمت اولین نقطه ترازیابی می‌کنند، در مثال ذکر شده شکل ۴۰ــ۸، ترازیابی به صورت رفت انجام گرفته پس از آخرین قرائت (قرائت جلو روی نقطه‌ی B)،میرها درجای 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 $T.P_2$ و $T.P_1$ قرار داده روی میر $T.P_2$ قرائت عقب و روی میر $T.P_1$ قرائت جلو انجام می‌دهیم و...

در جدول زیر اندازه‌های به‌دست آمده در مسیر برگشت را ثبت کرده ومحاسبات لازم را به روش فراز ونشیب و محاسبه از مبنا به‌دست 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 ارتفاع ها در مسیر رفت و برگشت باید صفر باشد اما از آن‌جا که همیشه خطاهایی‌درعمل وجود دارد معمولاً این مجموع صفر نمی‌شود. در مثال فوق برای مسیر رفت داشتیم $\Sigma\Delta H = -0671$ و برای مسیر برگشت $\Sigma\Delta H = +0667$ که جمع جبری آن‌ها می‌شود :

$$0667 - 0671 = -4 \text{ mm}$$

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=۲۵ 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 به‌دست آوریم. توجه داشته باشید که نقطه‌ی ثابت، A می‌باشد و باید ازپایین جدول به سمت بالا ارتفاع نقاط را محاسبه کنید پس باید اختلاف ارتفاعات را با علامت معکوس اعمال نمایید یعنی داریم :

$$H_{T.P_1} = H_A + \Delta H_A \text{ و } T.P_1$$
$$= H_A - \Delta H_{T.P_1} \text{ و } A$$

شکل ۴۲ــ۸ــ جدول ترازیابی

نام نقطه N	قرائت عقب B.S	قرائت جلو F.S	اختلاف ارتفاع ΔH +	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	$\Sigma B.S = 7305$	$\Sigma F.S = 6638$	$\Sigma\Delta H = +0667$		

پس :

$$H_{T.P_1} = 100000 - (-1701) = 101799 \text{ mm}$$

درجدول ملاحظه‌می‌کنیدکه $\Delta H_{T.P_1,A} = -171$ 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 به اندازه‌ی ۱۷۱ میلی‌متر اضافه کنیم تا به ارتفاع نقطه‌ی $T.P_1$ برسیم.

برای سایر نقاط نیز به همین ترتیب عمل می کنیم :

$$H_{T.P_2} = 101701 - 0542 = 101159 \text{mm}$$

$$H_B = 101159 - 1826 = 99333 \text{mm}$$

اکنون میانگین ارتفاعات به‌دست آمده را محاسبه می‌کنیم

مثلاً برای نقطه‌ی B داریم :

$$H_B = \frac{۹۹۳۲۹ + ۹۹۳۳۳}{۲} = ۹۹۳۱۱\,mm$$

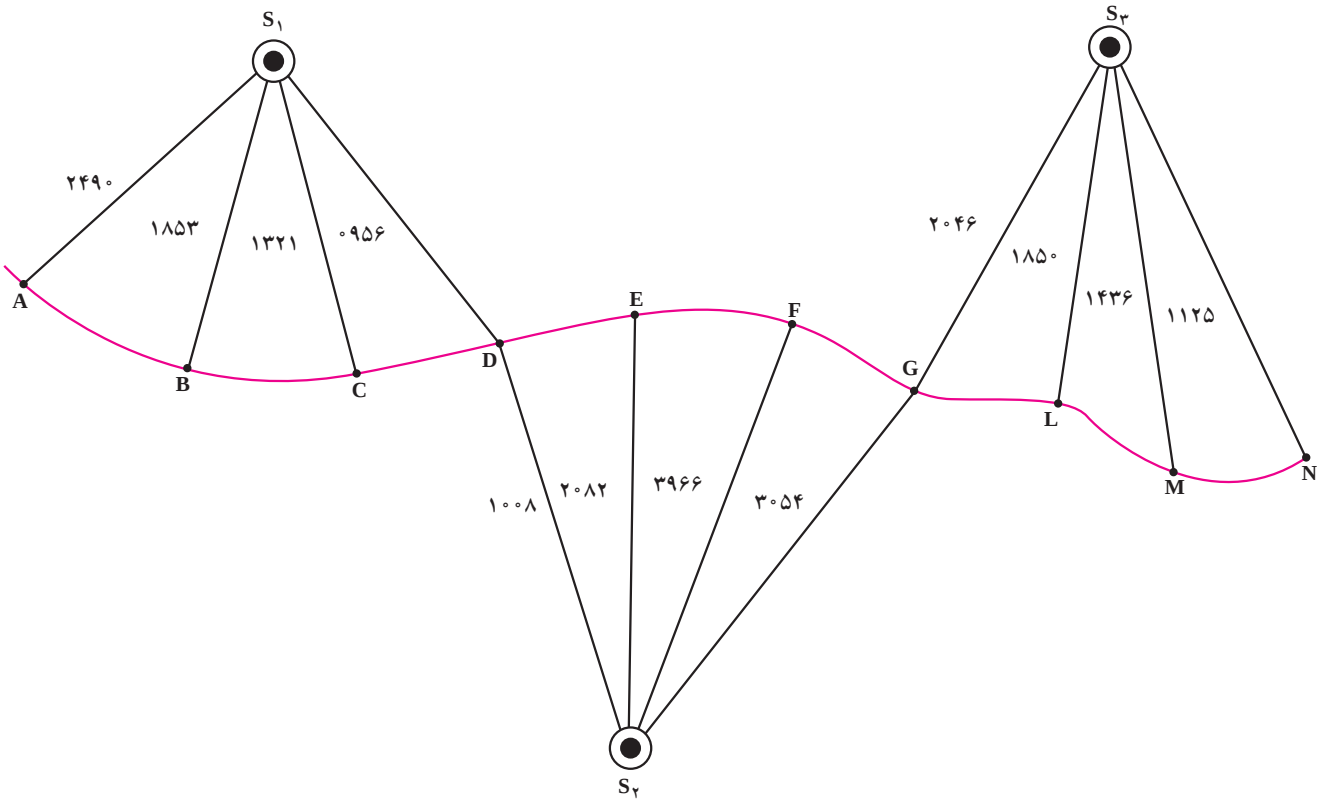
می‌توانستیم بدون محاسبه‌ی ارتفاع نقاط در مسیر رفت ابتدا میانگین اختلاف ارتفاع‌ها را در رفت و برگشت محاسبه کرده و از روی آن ارتفاع نقاط را محاسبه نماییم مثلاً برای نقطه‌ی B داریم :

$$\Delta H_{A,B} = \frac{-۰۶۷۱ + (-۰۶۶۷)}{۲} = ۰۶۶۹$$

$$H_B = H_A + \Delta H_{A,B} = ۱۰۰۰۰۰ - ۰۶۶۹$$
$$= ۹۹۳۱۱\,mm$$

توضیح این نکته ضروری است که برای عملیات نقشه‌برداری جداولی از پیش تعیین شده که به آن‌ها فرم می‌گویند. مثل فرم مترکشی ــ فرم زاویه خوانی و... برای کار ترازیابی نیز ازفرم مخصوصی به نام «فرم ترازیابی» استفاده می‌کنند مانند شکل ۴۴ــ۸. در این فرم قرائت‌ها و اندازه‌های به‌دست آمده را ثبت می‌کنند در شکل ۴۳ــ۸ عملیات ترازیابی از مسیر یک کانال آبرسانی نشان داده شده است. ارتفاع نقطه‌ی A معلوم است ($H_A = ۱۰۰m$) می‌خواهیم ارتفاع سایر نقاط را به‌دست آوریم. دوربین را در نقاط $S_۱$ و $S_۲$ و $S_۳$ مستقر کرده‌ایم و مقدار قرائت‌ها را روی امتدادها نوشته‌ایم :

همان‌طور که در شکل ۴۳ــ۸ ملاحظه می‌کنید در ایستگاه $S_۱$ دوربین ترازیاب 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 $S_۱$ 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 $S_۲$ بر روی نقاط E و F و در ایستگاه $S_۳$ بر روی نقاط L و M قرائت وسط انجام داده است.



شکل ۴۳ــ۸ــ ترازیابی مسیر یک کانال

در جدول زیر اندازه‌ها را ثبت کرده و به روش فراز ونشیب ارتفاع نقاط را محاسبه کرده‌ایم :

در این‌جا محاسبات انجام شده را به اختصار نوشته‌ایم تا نحوه تکمیل کردن جدول مشخص شود. برای محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع هر دو نقطه کافی است قرائت های انجام شده روی آن‌ها را از هم کم کنیم :

ΔH_{AB} = قرائت روی A − قرائت روی B

= ۲۴۹۰ − ۱۸۵۳ = ۰۶۳۷

ΔH_{BC} = قرائت روی B − قرائت روی C

= ۱۸۵۳ − ۱۳۲۱ = ۰۵۳۲

ΔH_{CD} = قرائت روی C − قرائت جلو روی D

= ۱۳۲۱ − ۰۹۵۶ = ۰۳۶۵

ΔH_{DE} = قرائت روی D − قرائت عقب روی E

= ۱۰۰۸ − ۲۰۸۲ = − ۱۰۷۴

ΔH_{EF} = قرائت روی E − قرائت روی F

= ۲۰۸۲ − ۳۹۶۶ = −۱۸۸۴

ΔH_{FG} = قرائت روی F − قرائت جلو روی G

= ۳۹۶۶ − ۳۰۵۴ = ۰۹۱۲

ΔH_{GL} = قرائت روی G − قرائت عقب روی L

= ۲۰۴۶ − ۱۸۵۰ = ۰۱۹۶

ΔH_{LM} = قرائت روی L − قرائت روی M

= ۱۸۵۰ − ۱۴۳۶ = ۰۴۱۴

ΔH_{MN} = قرائت روی M − قرائت روی N

= ۱۴۳۶ − ۱۱۲۵ = ۰۳۱۱

برای محاسبه‌ی ارتفاع هر نقطه ارتفاع نقطه‌ی قبلی را با اختلاف ارتفاع دو نقطه جمع می‌کنیم مثلاً :

$H_B = H_A + \Delta H_{AB} = ۱۰۰۰۰۰ + ۰۶۳۷$

$= ۱۰۰۶۳۷m$

$H_C = H_B + \Delta H_{BC} = ۱۰۰۶۳۷ + ۰۵۳۲$

$= ۱۰۱۱۶۹m$

$H_N = H_M + \Delta H_{MN} = ۱۰۰۰۹۸ + ۰۳۱۱$

$= ۱۰۰۴۰۹$

برای کنترل محاسبات جدول یک‌بار دیگر ارتفاع نقطه‌ی N را از روش «محاسبه از مبنا» به‌دست می آوریم :

شکل ۴۴ــ۸ــ فرم ترازیابی

نام نقطه NO	قرائت عقب B.S	قرائت وسط M.S	قرائت جلو F.S	اختلاف ارتفاع ΔH +	اختلاف ارتفاع ΔH −	ارتفاع H
A	۲۴۹۰					۱۰۰۰۰۰
B		۱۸۵۳		۰۶۳۷		۱۰۰۶۳۷
C		۱۳۲۱		۰۵۳۲		۱۰۱۱۶۹
D	۱۰۰۸		۰۹۵۶	۰۳۶۵		۱۰۱۵۳۴
E		۲۰۸۲			۱۰۷۴	۱۰۰۴۶۰
F		۳۹۶۶			۱۸۸۴	۹۸۵۷۶
G	۲۰۴۶		۳۰۵۴	۰۹۱۲		۹۹۴۸۸
L		۱۸۵۰		۰۱۹۶		۹۹۶۸۴
M		۱۴۳۶		۰۴۱۴		۱۰۰۰۹۸
N			۱۱۲۵	۰۳۱۱		۱۰۰۴۰۹

$H_N = H_A +$ (مجموع قرائت‌های عقب) –
(مجموع قرائت‌های جلو)

$H_N = ۱۰۰۰۰۰ + [(۲۴۹۰ + ۱۰۰۸ + ۲۰۴۶) -$
$(۰۹۵۶ + ۳۰۵۴ + ۱۱۲۵)]$

$HN = ۱۰۰۰۰۰ + ۵۵۴۴ - ۵۱۳۵ = ۱۰۰۴۰۹$

همان‌طورکه 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 ترازیاب استفاده می‌کنیم، که اصطلاحاً به این روش محاسبه‌ی جدول، «محاسبه به روش ارتفاع دستگاه» می‌گویند.

محاسبه‌ی جدول ترازیابی به‌روش «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

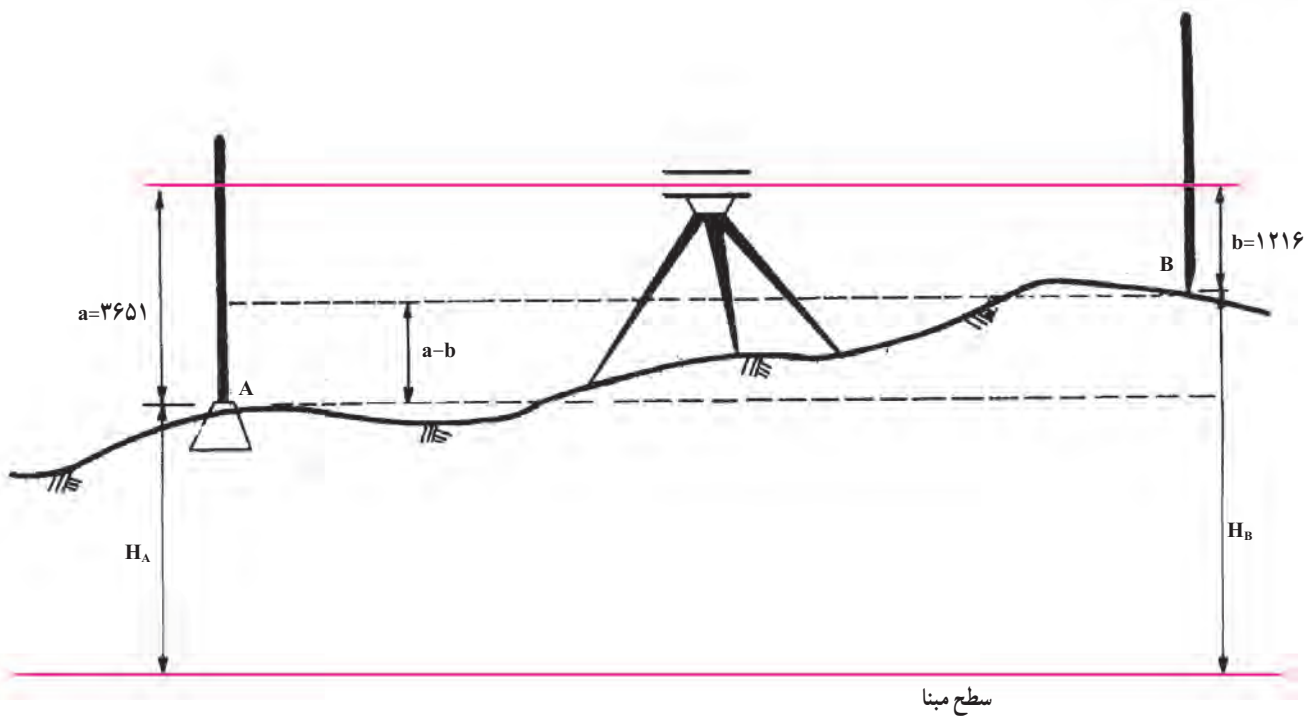
اکنون با این دستگاه که ارتفاع آن معلوم است با قرائت روی هر نقطه‌ی مجهول می‌توانیم ارتفاع آن را از رابطه‌ی زیر به‌دست آوریم :

قرائت روی نقطه‌ی مجهول – ارتفاع دستگاه = ارتفاع نقطه‌ی مجهول

در شکل ۴۵ــ۸ ارتفاع نقطه‌ی A معلوم است :

$H_A = ۱۰۰۰m$

می‌خواهیم ارتفاع نقطه‌ی B را که مجهول است پیدا کنیم. بنابراین در بین دو نقطه‌ی معلوم و مجهول دوربین ترازیاب را مستقر کرده و روی نقطه معلوم قرائت ۳۶۵۱ و روی نقطه‌ی مجهول قرائت ۱۲۱۶ انجام داده‌ایم.



شکل ۴۵ــ۸ــ ترازیابی مستقیم

ارتفاع دستگاه را با HI[1] نشان می‌دهیم و داریم :

$$HI = H_A + a = ۱۰۰۰ + ۳۶۵۱ = ۱۰۰۳۶۵۱$$

و ارتفاع نقطه‌ی مجهول B ،برابر است با :

$$H_B = HI - b = ۱۰۰۳۶۵۱ - ۱۲۱۶ = ۱۰۰۲۴۳۵$$

برای تمرین بیشتر و مقایسه‌ی این روش با روش فراز و نشیب عملیات ترازیابی ارائه شده در شکل ۴۳ــ۸ را یک بار دیگر با روش ارتفاع دستگاه محاسبه می‌کنیم :

برای انجام محاسبات ابتدا باید اعداد مربوط به مشاهدات ترازیابی (شکل ۴۳ــ۸) را در جدول ترازیابی وارد کنیم (شکل ۴۶ــ۸) سپس محاسبات را با استفاده از جدول به‌صورت زیر ادامه می‌دهیم :

ابتدا ارتفاع دستگاه را در $S_۱$ محاسبه می‌کنیم :

$$HI_{.S_۱} = H_A + a_A = ۱۰۰۰۰۰ + ۲۴۹۰$$
$$= ۱۰۲۴۹۰$$

ارتفاع B :

$$H_B = HI_{.S_۱} - b_B = ۱۰۲۴۹۰ - ۱۸۵۳$$
$$= ۱۰۰۶۳۷$$

ارتفاع C:

$$H_C = HI_{.S_۱} - b_C = ۱۰۲۴۹۰ - ۱۳۲۱$$
$$= ۱۰۱۱۶۹$$

ارتفاع D :

$$H_D = HI_{.S_۱} - b_D = ۱۰۲۴۹۰ - ۰۹۵۶$$
$$= ۱۰۱۵۳۴$$

اکنون ارتفاع دستگاه را در $S_۲$ محاسبه می‌کنیم و برای این منظور D را نقطه‌ی معلوم درنظر می‌گیریم :

$$HI_{.S_۲} = H_D + a_D = ۱۰۱۵۳۴ + ۱۰۰۸$$
$$= ۱۰۲۵۴۲$$

ارتفاع E :

$$H_E = HI_{.S_۲} - b_E = ۱۰۲۵۴۲ - ۲۰۸۲$$
$$= ۱۰۰۴۶۰$$

ارتفاع F :

$$H_F = HI_{.S_۲} - b_F = ۱۰۲۵۴۲ - ۳۹۶۶$$
$$= ۹۸۵۷۶$$

شکل ۴۶ــ۸ــ 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
$S_۱$	A	۲۴۹۰			۱۰۲۴۹۰	۱۰۰۰۰۰
	B		۱۸۵۳			۱۰۰۶۳۷
	C		۱۳۲۱			۱۰۱۱۶۹
	D	۱۰۰۸		۰۹۵۶	۱۰۲۵۴۲	۱۰۱۵۳۴
$S_۲$	E		۲۰۸۲			۱۰۰۴۶۰
	F		۳۹۶۶			۹۸۵۷۶
	G	۲۰۴۶		۳۰۵۴	۱۰۱۵۳۴	۹۹۴۸۸
$S_۳$	L		۱۸۵۰			۹۹۶۸۴
	M		۱۴۳۶			۱۰۰۰۹۸
	N			۱۱۲۵		۱۰۰۴۰۹

۱ــ حرف I مخفّف کلمه‌ی Instrument به‌معنای وسیله یا دستگاه می‌باشد.

ارتفاع G :

$$H_G = HI_{.S_۲} - b_G = ۱۰۲۵۴۲ - ۳۰۵۴$$
$$= ۹۹۴۸۸$$

اکنون ارتفاع دستگاه را در نقطه‌ی $S_۲$ محاسبه می‌کنیم :

$$HI_{.S_۳} = H_G + a_G = ۹۹۴۸۸ + ۲۰۴۶$$
$$= ۱۰۱۵۳۴$$

ارتفاع L :

$$H_L = HI_{.S_۳} - b_L = ۱۰۱۵۳۴ - ۱۸۵۰$$
$$= ۹۹۶۸۴$$

ارتفاع M :

$$H_M = HI_{.S_۳} - b_M = ۱۰۱۵۳۴ - ۱۴۳۶$$
$$= ۱۰۰۰۹۸$$

ارتفاع N :

$$H_N = HI_{.S_۳} - b_N = ۱۰۱۵۳۴ - ۱۱۲۵$$
$$= ۱۰۰۴۰۹$$

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 می باشد. 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.

۹ــ۹ــ۸ــ حذف خطاهای سیستماتیک : خطاهای سیستماتیک به خطاهایی می‌گویند که دارای اندازه و جهت معین باشد. مثلاً خطاهای تقسیمات روی میر ترازیابی به این ترتیب که درجات روی آن به‌جای آن‌که 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 ترازیابی قرار دادن دوربین ترازیاب 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، درنهایت داریم :

اختلاف ارتفاع A و B = (قرائت روی میر A + es_A) - (قرائت روی میر B + es_B)

= (قرائت روی میر A – قرائت روی میر B) + ($es_A - es_B$)

= قرائت روی میر A – قرائت روی میر B

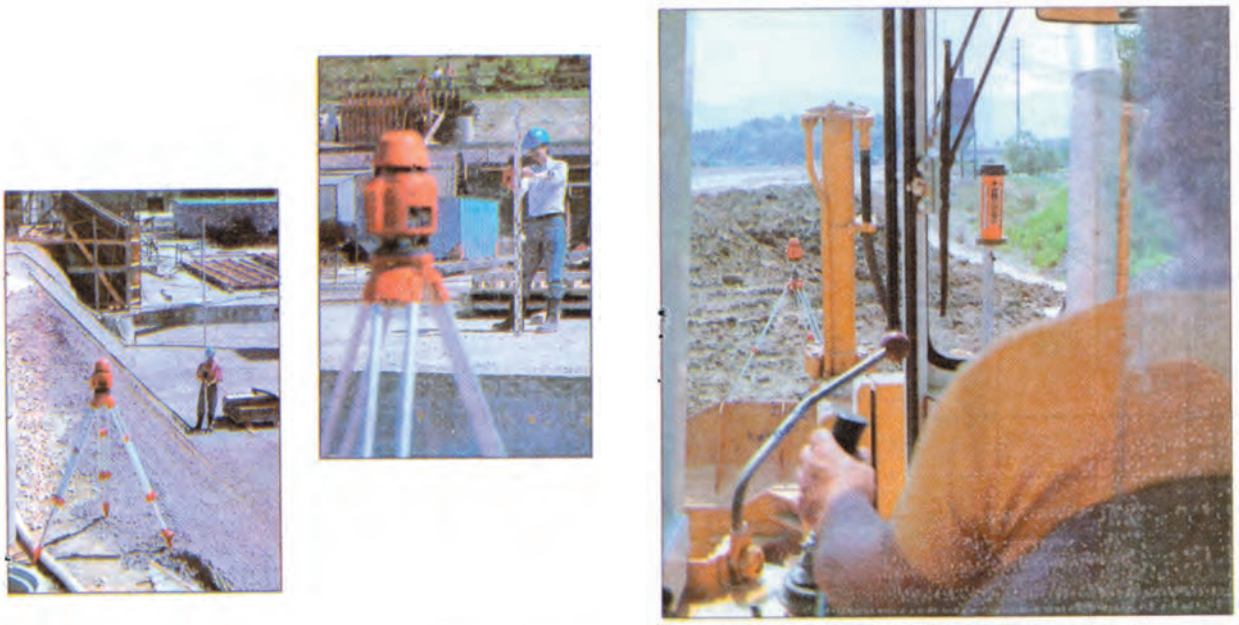
بنابراین، اگر دوربین ترازیاب در وسط فاصله بین دو میر A و B باشد آن‌گاه مقادیر es_A و es_B تقریباً مساوی خواهد شد و درنتیجه خواهیم داشت :

خطای سیستماتیک = $es_A - es_B = ۰$

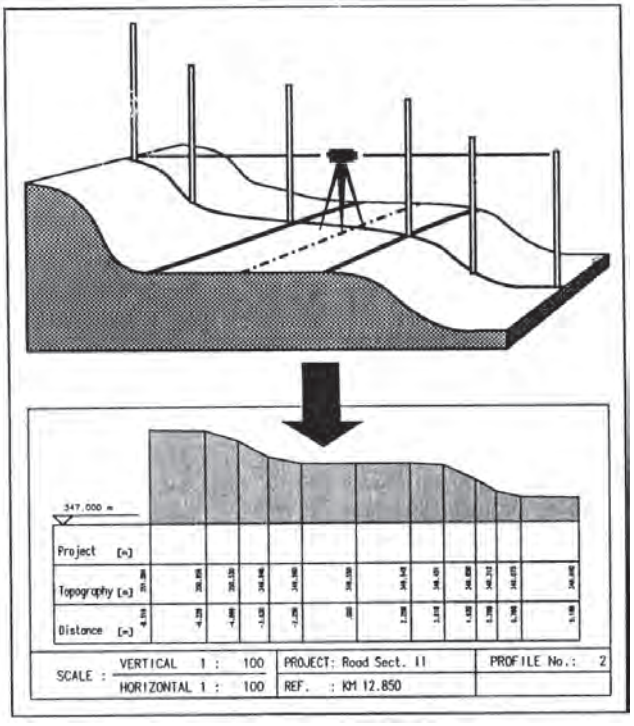
یعنی خطای سیستماتیک حذف خواهد شد.

۱۰ــ۹ــ۸ــ کاربرد ترازیابی در ساختمان : در طرح‌ها و پروژه های 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 ترازیاب 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 می آوریم 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 ترازیابی استفاده می‌کنیم. شکل ۴۷ــ۸ را ملاحظه نمایید.

پس از اجرای اسکلت نیز در مراحل نصب نعل درگاه‌ها، پنجره‌ها و قرنیزها، فرش‌کردن کف طبقات و... نیاز به خط تراز در فضاهای داخلی ساختمان داریم که با یک ترازیاب قادر به‌ایجاد آن خواهیم بود. شکل ۴۸ــ۸ را ملاحظه نمایید.

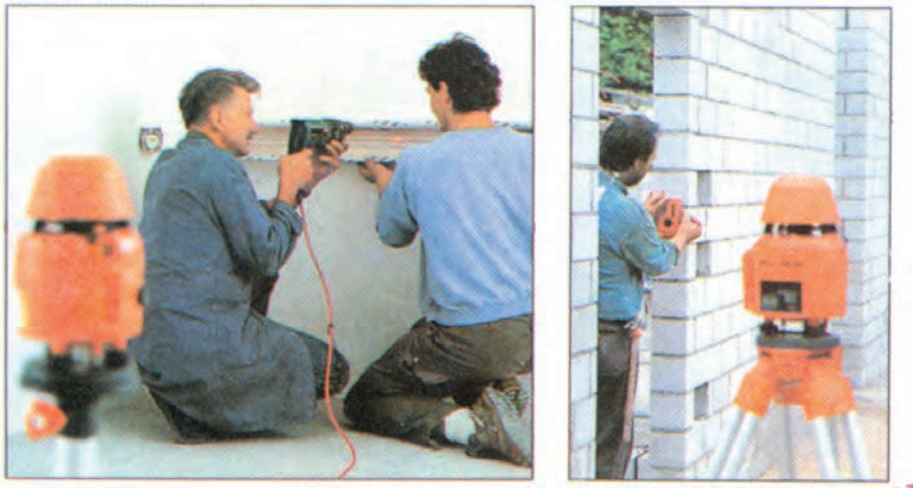


کاربرد ترازیابی



در این شکل کاربرد ترازیابی را در تهیه پروفیل (مقطع) عرضی از مسیر یک جاده ملاحظه می‌نمایید.

شکل ۴۷ــ۸



شکل ۴۸ــ۸ــ کاربرد ترازیابی «خط تراز در ساختمان»

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ ترازیابی را تعریف کنید.
۲ــ هدف از ترازیابی را بیان کنید.
۳ــ اصطلاحات : امتداد قائم، سطح تراز، سطح تراز مبنا، صفحه‌ی افقی، خط افق، صفحه‌ی قائم و ارتفاع نقطه را تعریف کنید.
۴ــ بنچمارک را تعریف نموده انواع آن‌را توضیح دهید.
۵ــ انواع ترازیابی را توضیح دهید.
۶ــ ترازیابی با ژالون و تراز متر را شرح دهید.
۷ــ طبقه بندی دوربین‌های ترازیاب را توضیح دهید.
۸ــ سه پایه، میر و تکیه گاه میر را توضیح دهید.
۹ــ تعاریف و اصطلاحات « حساسیت تراز» محور لوله‌ی تراز و محور قائم (محور اصلی دستگاه) را بیان کنید.
۱۰ــ انواع تراز در دستگاه‌های نقشه برداری را توضیح دهید.
۱۱ــ روشهای مختلف استقرار دستگاه بر روی یک نقطه را توضیح دهید.
۱۲ــ اصول ترازیابی مستقیم را شرح دهید.
۱۳ــ ترازیابی تدریجی را شرح دهید.
۱۴ــ انواع ارتفاع را بیان کنید.
۱۵ــ محاسبه‌ی جدول به روش فراز و نشیب را توضیح دهید.
۱۶ــ محاسبه‌ی جدول به روش ارتفاع دستگاه را توضیح دهید.

کار عملی

۱ــ بین رؤوس چند ضلعی مدرسه به‌طور رفت و برگشت ترازیابی نمایید.
۲ــ قرائت‌ها را در جدولی ثبت کرده اختلاف ارتفاعات را به روش فراز و نشیب به دست آورید.
۳ــ به یکی از رؤوس چند ضلعی ارتفاع دلخواهی داده ارتفاع سایر نقاط را در جدول محاسبه و ثبت نمایید.
۴ــ روی یکی از اضلاع چند ضلعی با ژالون و ترازمتر ترازیابی نموده نتیجه را با ترازیابی انجام شده با دوربین مقایسه نمایید.
۵ــ 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.

فصل نهم

کاربردهای ترازیابی در معماری

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

۱ــ استادیمتری را تعریف کرده، وسایل لازم برای استادیمتری را نام ببرد.

۲ــ اصول استادیمتری را با رسم شکل توضیح دهد.

۳ــ روش استادیمتری را مرحله به مرحله شرح دهد.

۴ــ توپوگرافی را تعریف کرده، کاربردهای آن‌را بیان کند.

۵ ــ روش شبکه‌بندی برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی را مرحله به مرحله شرح دهد.

۶ ــ عملیات خاکی را تعریف کرده، حجم عملیات خاکی را توضیح دهد.

۷ــ روش شبکه‌بندی برای محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی را شرح دهد.

۸ ــ کاربرد ترازیابی در عملیات گودبرداری و تسطیح را شرح دهد.

۹ــ کاربرد ترازیابی در کنترل سطح بتن مگر را شرح دهد.

۱۰ــ کاربرد ترازیابی در کنترل سطح صفحات بیس‌پلیت را شرح دهد.

۱۱ــ روش ایجاد و انتقال خط تراز در ساختمان را شرح دهد.

۱ــ ۹ــ استادیمتری

الف ــ تعریف استادیمتری : اندازه‌گیری فاصله افقی با استفاده از استادیا (شاخص یا میر) را استادیمتری می‌گویند.

ب ــ وسایل استادیمتری : استادیمتری به‌وسیله‌ی یک دستگاه ترازیاب (نیو)، یک عدد شاخص (استادیا) به‌همراه ترازنبشی انجام می‌گیرد. (البته به کمک دستگاه زاویه‌یاب نیز می‌توان استادیمتری را انجام داد ولی در این‌جا استفاده از ترازیاب ذکر می‌شود.

ج ــ اصول استادیمتری : در شکل ۱ــ۹ دستگاه ترازیاب و امتداد نورهای گذرنده از عدسی‌های آن را به صورت ساده مشاهده می‌نمایید.

در شکل ۱ــ۹ دو مثلث OPQ و OMN متشابه‌اند، بنابراین هر نسبتی که بین اضلاع و ارتفاع مثلث OPQ وجود داشته باشد همان نسبت‌ها بین اضلاع و ارتفاع مثلث OMN وجود دارد. یعنی :

$$\frac{\text{ارتفاع مثلث OMN}}{\text{MN}} = \frac{\text{ارتفاع مثلث OPQ}}{\text{PQ}}$$

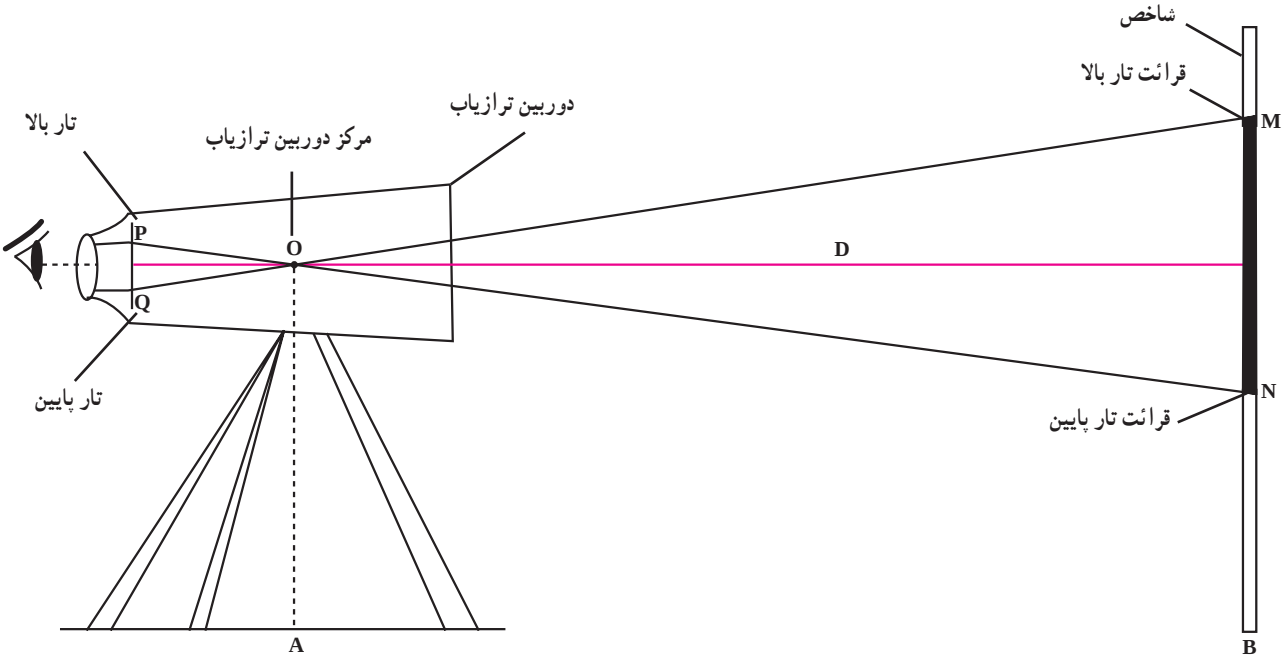
از آنجا که دوربین ترازیاب طوری ساخته شده که نسبت ارتفاع مثلث OPQ به PQ همواره ثابت بوده و برابر ۱۰۰ است، بنابراین، داریم :

$$\text{ارتفاع مثلث OPQ} = 100\ \text{PQ}$$

به همان دلیل ارتفاع مثلث OMN برابر است با :

$$\text{ارتفاع مثلث OMN} = 100\ \text{MN}$$

همانطور که در شکل ۱ــ۹ می‌بینید ارتفاع مثلث OMN



شکل ۱ــ۹ــ استادیمتری

همان فاصله افقی بین محل استقرار دوربین و محل استقرار شاخص است. بنابراین، فاصله افقی D بین دو نقطه‌ی B و A برابر است با :

$$D = ۱۰۰\ MN$$

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 :

$$MN = \text{قرائت تار بالا} - \text{قرائت تار پایین}$$

بطور خلاصه می‌توان گفت که فاصله‌ی افقی به روش استادیمتری برابر است با :

$$\text{فاصله‌ی افقی} = ۱۰۰ \times (\text{قرائت تار بالا} - \text{قرائت تار پایین})$$

د ــ روش استادیمتری : برای اندازه‌گیری فاصله افقی بین دو نقطه A و B به روش استادیمتری باید مراحل زیر را به‌ترتیب انجام داد :

۱ــ 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 ترازکردن دوربین بر روی آن برای سانتراژ کردن دوربین ترازیاب شاقول مخصوص ترازیاب را در وسط سه پایه (زیر دوربین) آویزان و 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.

۲ــ استقرار شاخص بر روی نقطه‌ی B : شاخص را در روی نقطه‌ی B قرار داده، با کمک یک تراز نبشی، که در کنار آن قرار می‌دهید، شاخص را در حالت قائم نگاه دارید.

۳ــ قراولروی به شاخص و قرائت تار بالا و پایین دوربین نیو در روی شاخص : 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 درعدد ۱۰۰ضرب می‌شود در واقع خطای شما ۱۰۰ برابر خواهد شد.

۴ــ قرائت تار بالا و پایین : اعداد مربوط به تار بالا و تار پایین را در روی میر قرائت کنید. این قرائت ها را به‌صورت چهار

رقمی بنویسید (برحسب میلی‌متر).

۵ ــ محاسبه‌ی اختلاف تار بالا و تار پایین (این اختلاف را معمولاً با L نمایش می‌دهند) :

قرائت تار پایین – قرائت تار بالا = L

۶ ــ محاسبه‌ی فاصله‌ی افقی (فاصله‌ی افقی را با حرف D نمایش می‌دهند) :

$D = ۱۰۰ L$

مثال ۱ : در یک عمل استادیمتری بین دو نقطه‌ی A و B تار بالا ۳۸۲۵ و تار پایین ۱۴۳۵ قرائت شده است فاصله‌ی افقی AB را محاسبه نمایید.

حل : رابطه‌ی استادیمتری عبارت است از :

$D_{AB} = ۱۰۰ L$

قرائت تار پایین – قرائت تار بالا = L

$L = ۳۸۲۵ - ۱۴۳۵ = ۲۳۹۰ mm$

$D_{AB} = ۱۰۰ L = ۱۰۰ \times ۲۳۹۰ = ۲۳۹۰۰۰ mm$

$D_{AB} = ۲۳۹ m$

مثال ۲ : در شکل ۲ــ۹ قرائت روی میر را مشاهده می‌نمایید مطلوب است فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی موردنظر به روش استادیمتری.

حل : همان‌طور که در شکل ۲ــ۹ ملاحظه می‌نمایید قرائت تار بالا ۱۰۷۳ و قرائت تار پایین ۰۸۹۵ می‌باشد، بنابراین، ابتدا اختلاف تار بالا و پایین را محاسبه می‌کنیم :

قرائت تار پایین – قرائت تار بالا = L

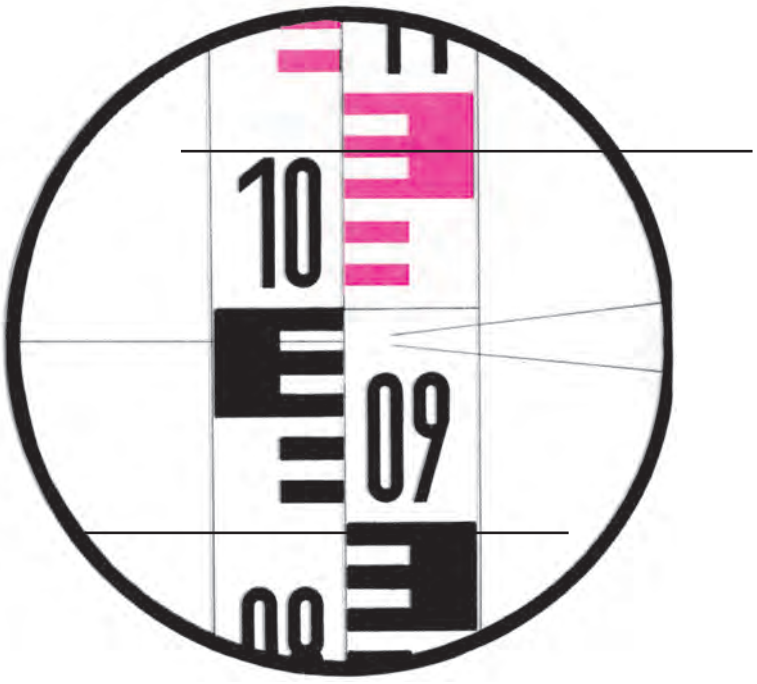
$L = ۱۷۸$

سپس از رابطه‌ی استادیمتری فاصله را محاسبه می‌کنیم :

$D = ۱۰۰ L$

$D = ۱۰۰ \times ۱۷۸ = ۱۷۸۰۰ mm = ۱۷/۸ m$

یعنی فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی موردنظر ۱۷/۸ متر می‌باشد.

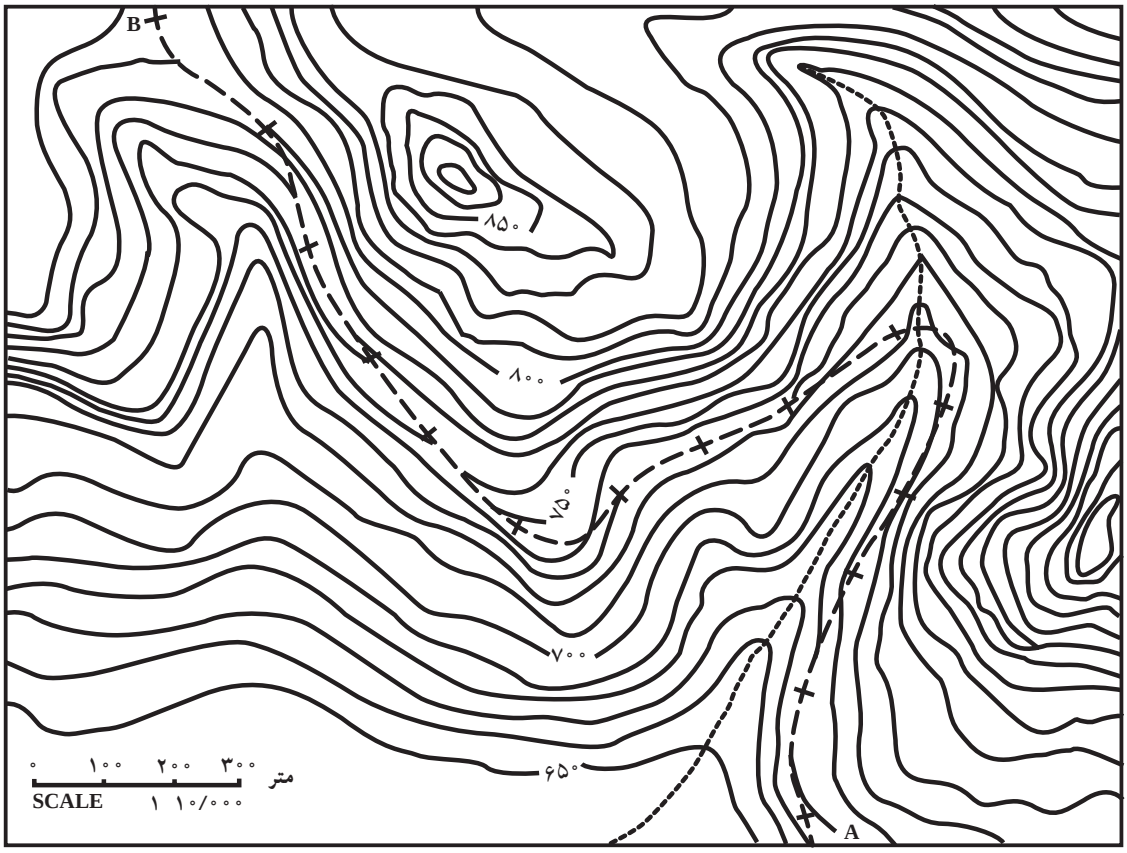


شکل ۲ــ۹

۲ــ۹ــ تهیه نقشه‌ی توپوگرافی به روش شبکه‌بندی

تعریف توپوگرافی : توپوگرافی عبارت است از نمایش پستی‌ها و بلندی‌های یک قطعه زمین با استفاده از خطوط منحنی میزان در روی صفحه‌ی نقشه.

کاربرد نقشه‌های توپوگرافی : نقشه‌های توپوگرافی برای مطالعات اولیه پروژه‌های عمرانی، انتخاب بهترین محل برای پیاده کردن طرح‌ها، تهیه برش از مناطق موردنظر، محاسبه حجم عملیات خاکی، تسطیح و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳ــ۹ــ طرح یک مسیر برروی نقشه توپوگرافی

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 آن‌را 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 (اینترپولاسیون) ارتفاعات معین را در روی اضلاع شبکه پیدا می‌کنیم و با توجه به شکل منطقه (در کروکی شناسایی ترسیم شده است) نقاط هم‌ارتفاع 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 :

۱ــ شناسایی منطقه : اولین مرحله‌ی کار تهیه نقشه شناسایی منطقه‌ی موردنظر 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

برای تهیه نقشه‌ی توپوگرافی شکل منطقه نیز بسیار مهم است و باید خط‌القعرها 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.

۲ــ انتخاب خط مبنا : برای شبکه‌بندی منطقه‌ی موردنظر ابتدا باید یک خط مبنا در روی زمین تعیین شود. این خط باید دارای خصوصیات زیر باشد :

ــ در امتداد بلندترین طول منطقه باشد.

ــ بین ابتدا و انتهای آن دید وجود داشته باشد.

ــ این امتداد به کل منطقه مشرف باشد.

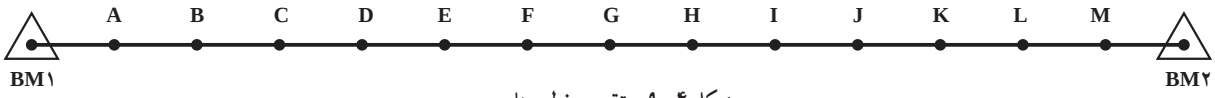
ــ در صورت امکان شیب آن یا پستی بلندی‌های روی آن حداقل باشد.

ــ در صورتی که منطقه خیلی وسیع باشد می‌توانیم این امتداد را به‌جای آن‌که در یکی از کنارهای منطقه انتخاب کنیم در میان منطقه طوری انتخاب نماییم که به دو طرف خود مشرف باشد.

خط مبنا را در روی زمین تثبیت کرده بر روی کروکی نیز موقعیت آن‌را مشخص و نام‌گذاری می‌نماییم.

۳ــ 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 ترازیاب 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.

۴ــ 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 ۴ــ۹).



شکل ۴ــ۹ــ تقسیم خط مبنا

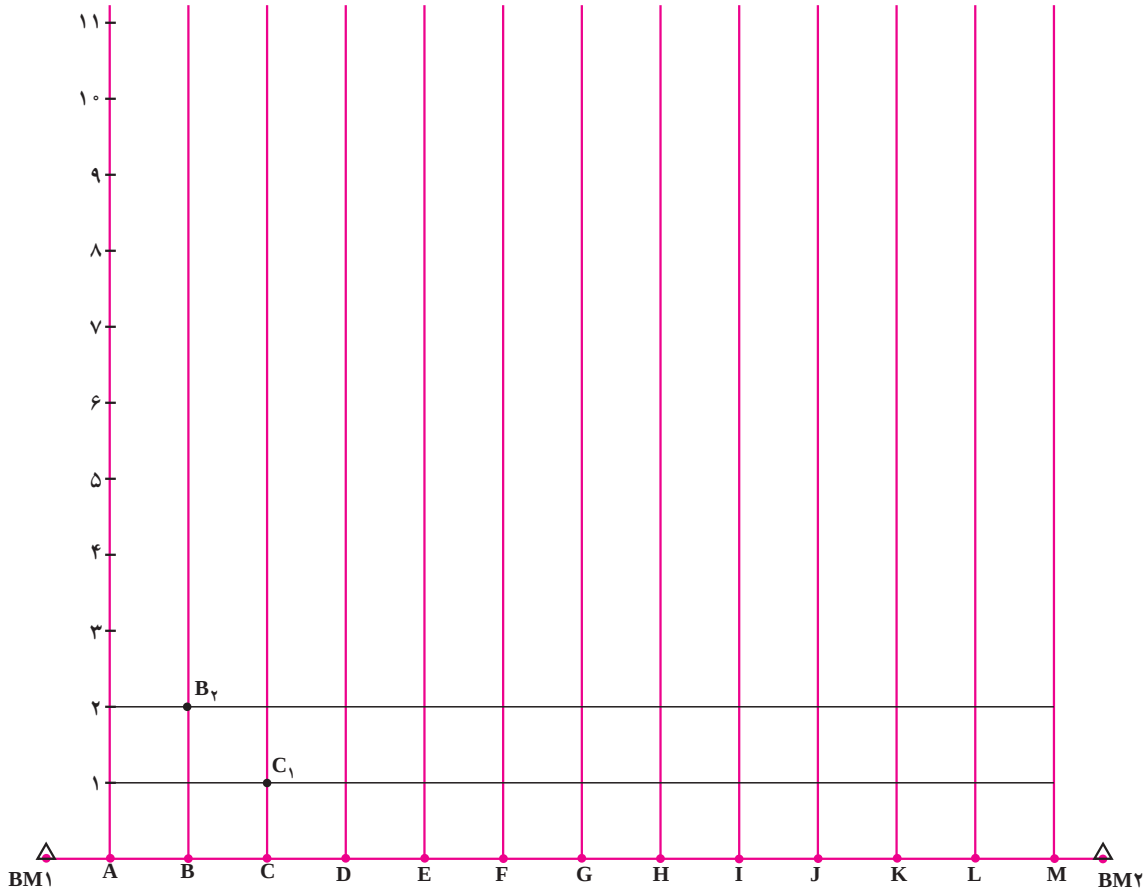
نقطه‌ی ابتدای خط مبنا را BM۱ و نقطه‌ی انتهای آن‌را BM۲ می‌نامیم.

۵ ــ اخراج امتدادهای قائم از روی نقاط خط مبنا : دوربین ترازیاب 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 ترازیاب 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 ــ۹).

نقاط به‌دست آمده روی خطوط عمود بر خط مبنا را با اعداد شماره‌گذاری می‌کنیم. به این ترتیب، کلیه نقاط شبکه در روی زمین تعیین شده نام‌گذاری نیز می‌شوند.

۶ ــ ترازیابی بر روی خط مبنا : از نقطه‌ی BM۱ تا نقطه‌ی BM۲ بر روی تمام نقاط خط مبنا به‌صورت رفت و برگشت ترازیابی انجام می‌دهیم. سپس با دادن یک کد ارتفاعی اختیاری به‌نقطه‌ی BM۱ ارتفاع کلیه‌ی نقاط خط مبنا را محاسبه می‌کنیم.

۷ــ 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



شکل ۵ــ۹ــ شبکه‌بندی

ارتفاع کلیه نقاط شبکه را محاسبه می‌نماییم.

۸ــ ترسیم شبکه بر روی شیت نقشه : با توجه به مقیاس خواسته شده ابتدا خط مبنا را در روی شیت نقشه پیاده کرده نقاط روی آن‌را نیز جدا کرده، نامگذاری می‌کنیم. سپس خطوط عمود بر خط مبنا را ترسیم، آن‌ها را نیز به قطعات مساوی همانند خط مبنا تقسیم می‌کنیم. از اتصال نقاط A۱ و B۱ و C۱ و ... به همدیگر خط موازی خط مبنا را ترسیم می‌کنیم و همین عمل را برای نقاط A۲ و B۲ و C۲ ... و سایر نقاط تکرار می‌کنیم تا شبکه ترازیابی ترسیم گردد.

۹ــ ثبت ارتفاع نقاط شبکه : از روی فرم‌ها و جداول محاسباتی ارتفاع نقاط شبکه را استخراج کرده و در کنار هر نقطه می‌نویسیم.

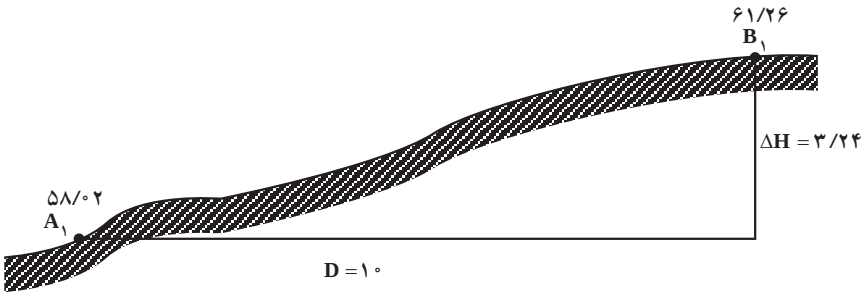
۱۰ــ واسطه‌یابی (درون‌یابی یا اینترپولاسیون) برای یافتن نقاط روی منحنی‌های میزان : در شکل ۵ــ۹، دو نقطه‌ی A۱ و B۱ را در نظر بگیرید و فرض کنید ارتفاع A۱ برابر ۵۸/۰۲ و ارتفاع B_1 برابر ۶۱/۲۶ باشد مطابق شکل ۶ ــ ۹ داریم :

اگر این دو نقطه را در روی زمین و به‌صورت واقعی نمایش دهیم به‌صورت شکل ۷ــ۹ دیده خواهد شد :

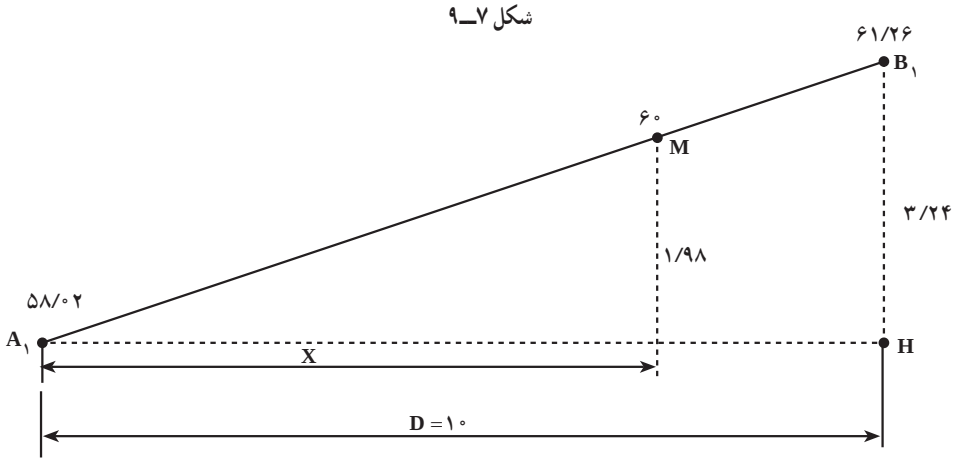
در صورتی که قرار باشد منحنی میزان‌های ۲ متری برای منطقه‌ی موردنظر ترسیم کنیم با توجه به شکل ۷ــ۹ می‌بینید که بین ۵۸/۰۲ و ۶۱/۲۶ باید نقطه‌ای را بیابیم که ارتفاع آن ۶۰ متر باشد، یعنی می‌خواهیم بین دو نقطه A۱ و B۱ نقطه‌ی M را چنان بیابیم که ارتفاع نقطه‌ی M برابر ۶۰ متر باشد. اکنون اگر اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی B۱ و A۱ و اختلاف ارتفاع دو نقطه M و A۱ را بیابیم شکل فرضی زیر حاصل خواهد شد.

سؤال این است که اگر از نقطه‌ی A۱ ده متر جلوتر برویم

شکل ۶ــ۹



شکل ۷ــ۹



شکل ۸ــ۹

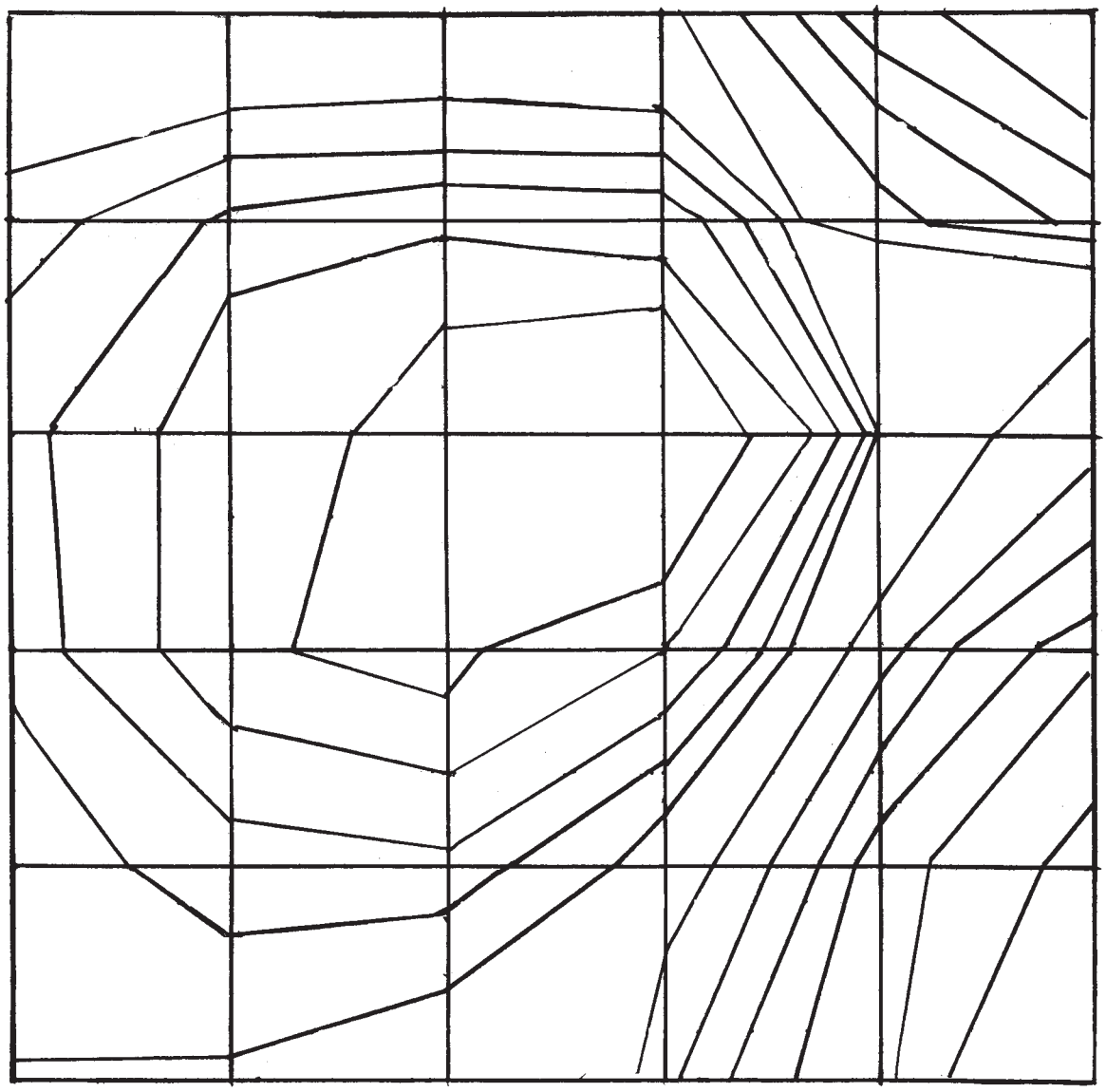
تا به نقطه‌ی B۱ برسیم اختلاف ارتفاع ۳/۲۴ متر، ایجاد می‌شود، حالا از نقطه‌ی A۱ چقدر باید جلوتربرویم تا اختلاف ارتفاع ۱/۹۸ متر، ایجاد شود؟ جواب سؤال فوق با توجه به شکل ۸ــ۹ از روی نسبت تشابه مثلث‌ها به‌دست خواهد آمد؛

$$\frac{۳/۲۴}{۱۰}=\frac{۱/۹۸}{x}\Rightarrow x=\frac{۱۰\times ۱/۹۸}{۳/۲۴}=۶/۱۱$$

بنابراین، کافی است بر روی ضلع A۱B۱ از شبکه به‌اندازه‌ی ۶/۱۱ با توجه به مقیاس از طرف نقطه‌ی A۱ جدا کنیم تا به نقطه‌ی M برسیم که ارتفاع آن برابر ۶۰ متر می‌باشد.

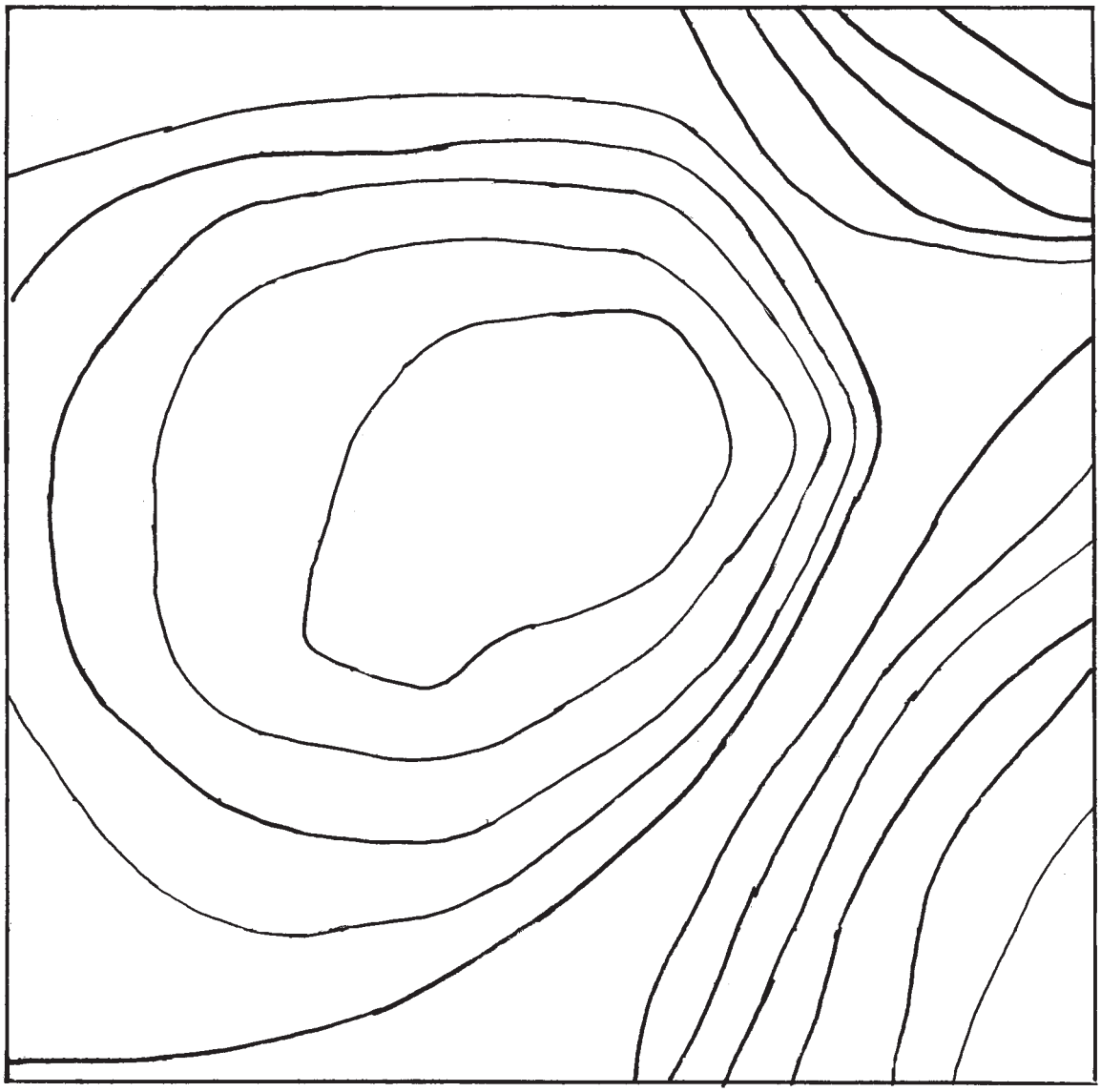
اگر همین عمل را بر روی کلیه اضلاع شبکه انجام دهیم نقاط با ارتفاع ... ۶۲، ۶۰، ۵۸، ۵۶، ۵۴، ۵۲ و ... در روی اضلاع شبکه پیدا می‌شوند.

۱۱ــ اتصال نقاط هم ارتفاع به یکدیگر : اکنون باید نقاط هم ارتفاع به‌دست آمده را با توجه به کروکی منطقه با خطوط راست به یکدیگر متصل نماییم در شکل ۹ــ۹ بخشی از یک شبکه را ملاحظه می‌نمایید که در آن نقاط هم ارتفاع با خطوط راست به‌یکدیگر متصل شده‌اند :



شکل ۹ــ۹ــ خطوط شکسته‌ی میزان

۱۲ــ ترسیم خطوط منحنی میزان : اگر در نقاط شکستگی خطوط شکسته‌ی هم ارتفاع منحنی‌های مناسبی را مماس کنیم خطوط شکسته‌ی میزان تبدیل به منحنی‌های میزان خواهند شد (شکل ۱۰ــ۹).



شکل ۱۰ــ۹ــ خطوط منحنی میزان

۱۳ــ ترسیم نقشه‌ی توپوگرافی : با مرکبی کردن خطوط منحنی میزان به کمک قلم راپید 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 راپید برروی آن، می‌توانیم نقشه‌ی توپوگرافی منطقه‌ی موردنظر را ترسیم کنیم. امروزه اکثراً منحنی میزان‌ها توسط نرم‌افزارهای خاص ترسیم 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 قعردره‌ها را با علامت × در روی نقشه مشخص کرده جدول راهنمای حاشیه‌ی نقشه و شناسنامه نقشه و سایراطلاعات قراردادی را نیز به آن اضافه نماییم.

۳ــ۹ــ محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی به روش شبکه‌بندی

الف ــ 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 ــ 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 ۱۱ــ۹ 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 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 ۱۱ــ۹ 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 ۱۱ــ۹ را از طریق زیر محاسبه می‌کنیم :

ارتفاع میانگین × مساحت قاعده = حجم تقریبی منشور ناقص

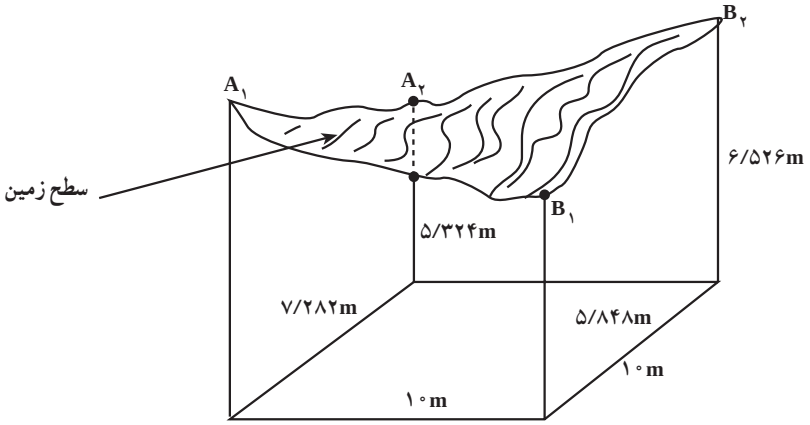
برای محاسبه حجم خاکبرداری یک بخش از شبکه با توجه به شکل ۱۱ــ۹ داریم :

ارتفاع میانگین × مساحت قاعده = v

$$v = (۱۰ \times ۱۰) \times \frac{۷/۲۸۲ + ۵/۳۲۴ + ۵/۸۴۸ + ۶/۵۲۶}{۴}$$

$$v = (۱۰۰) \times ۶۲/۴۵ = ۶۲۴۵\ m^{۳}$$

بنابراین، حجم عملیات خاکبرداری در یک سلول از مجموعه‌ی شبکه‌بندی شده به این ترتیب به‌دست 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.



شکل ۱۱ــ۹

۴ــ۹ــ کاربرد ترازیابی درعملیات 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 ترازیاب (نیو) و یک عدد شاخص (میر) استفاده نماییم مراحل کار به شرح زیر است :

۱ــ 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 دسترس و به منطقه‌ی عملیاتی دید داشته باشد. سپس محل موردنظر را اندکی گود کرده مقداری بتن در آن می‌ریزیم و یک میلگرد را که به شکل L درآورده‌ایم در درون آن قرار می‌دهیم به‌نحوی 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 موردنظر آورده در نقطه‌ای که گود کرده‌ایم، جای‌گذاری نماییم.

۲ــ تعیین اختلاف ارتفاع نقطه‌ی مبنای موقت با سطح مبنای معین : اگر قرار باشد پروژه‌ی موردنظر 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 به‌دست آوریم. مثلاً اگر سطح خیابانی که از نزدیکی منطقه موردنظر می‌گذرد، به‌عنوان سطح مبنا تعیین شده باشد، ابتدا باید با انجام یک عمل ترازیابی تدریجی از نقطه‌ی مبنایی 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 موردنظر مثلاً سطح خیابان کاملاً مجاور منطقه‌ی عملیاتی باشد و به‌راحتی بتوانیم از آن استفاده کنیم دیگر نیازی به ساختن یک نقطه‌ی مبنا و اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع آن نیست.

۳ــ تعیین اختلاف ارتفاع سطح پروژه با نقطه‌ی مبنای موقت : فرض کنید سطح صفر پروژه موردنظر ۳ متر پایین‌تر از سطح مبنا (مثلاً سطح خیابان) باشد. در صورتی که اختلاف ارتفاع نقطه‌ی مبنایی که برای کنترل پروژه ساخته‌ایم با این سطح مبنا ۲- باشد، سطح پروژه باید یک متر پایین‌تر ازنقطه‌ی مبنای موقت قرار بگیرد.

۴ــ استقرار دستگاه ترازیاب و کنترل ارتفاع سطح پروژه : در این مرحله دوربین ترازیاب 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 به‌دست می‌آوریم. از آنجا که در مثال ما سطح پروژه باید یک متر پایین‌تر از سطح مبنای موقت باشد، بنابراین، در منطقه‌ی عملیاتی آن‌قدر خاکبرداری یا خاکریزی می‌نماییم که در هر نقطه ازمنطقه زمانی که به شاخص قراول می‌رویم عدد ۳۴۵۸ را قرائت کنیم.

۵ــ۹ــ کنترل سطح بتن مگر

همانطور که می‌دانید سطح بتن مگر باید دارای دو ویژگی باشد :

۱ــ کاملاً افقی باشد.

۲ــ 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 ترازیاب را در محل مناسبی مستقر کرده به شاخصی که در روی آن نقطه‌ی مبنای موقت قرارداده‌ایم قراول می‌رویم فرض کنید عدد ۱۲۱۷ را قرائت می‌کنیم. بنابراین در روی میز مستقر بر روی بتن مگر باید عدد ۳۷۳۱ = ۱۲۱۷ + ۲۵۱۴ را قرائت نماییم.

۶ــ۹ــ کنترل سطح صفحات بیس‌پلیت

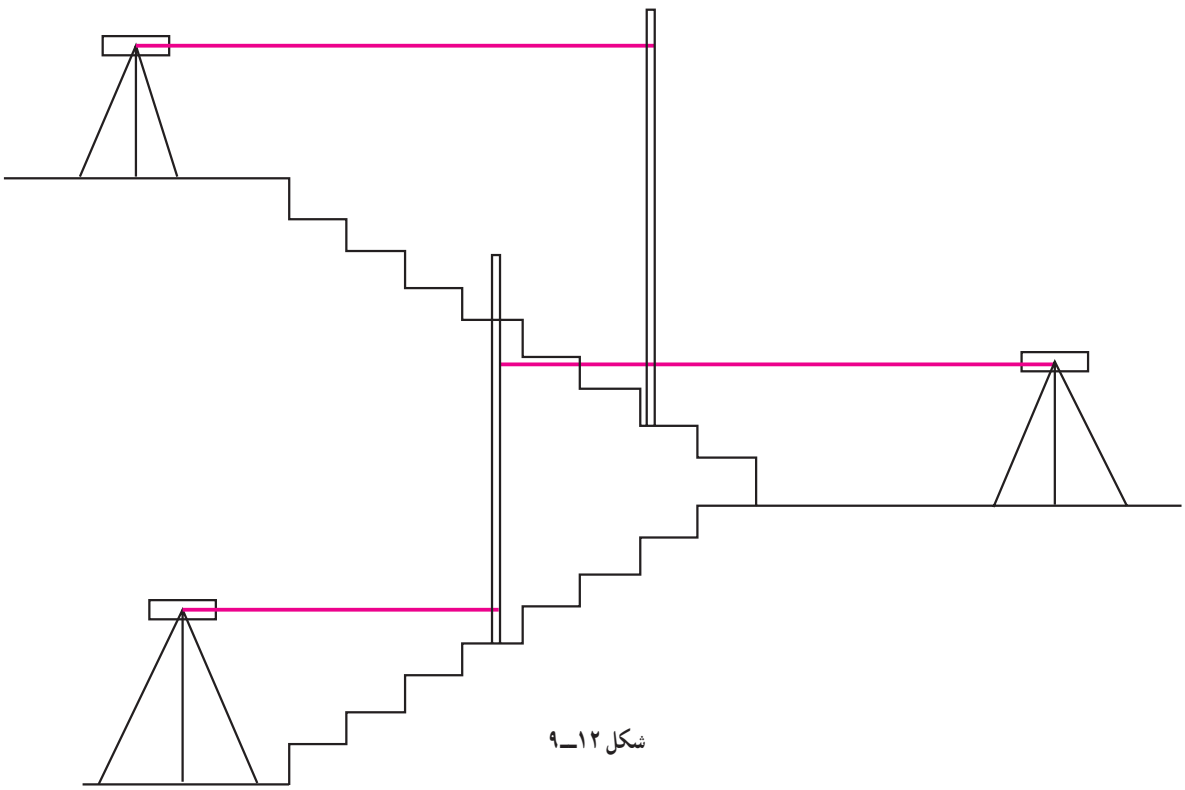
برای کنترل افقی بودن سطح صفحات بیس‌پلیت و کنترل هم سطح بودن بیس‌پلیت‌ها می‌توانیم از دستگاه ترازیاب و یک عدد شاخص استفاده کنیم.

برای کنترل افقی بودن سطح یک بیس‌پلیت کافی است دوربین ترازیاب را در محل مناسبی مستقر کنیم و سپس به شاخصی که در روی بیس‌پلیت قرار داده‌ایم قراول برویم. سطح بیس پلیت در صورتی افقی خواهد بود که وقتی شاخصی را در هرکدام 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 بیس‌پلیت نیز همین عدد را قرائت کنیم. البته، برای افقی کردن سطح بیس‌پلیت می‌توانیم از تراز بنایی نیز به‌راحتی استفاده نماییم. اما برای کنترل هم سطح بودن بیس‌پلیت‌ها استفاده از دوربین ترازیاب الزامی است. برای این کار با قرار دادن شاخص بر روی هر کدام از بیس‌پلیت‌ها باید عدد یکسانی را روی شاخص قرائت نماییم، مثلاً اگر روی یک بیس‌پلیت عدد ۱۸۴۹ را قرائت می‌کنیم باید روی همه‌ی بیس‌پلیت‌های دیگر نیز همین عدد را قرائت کنیم.

در صورتی که بخواهیم ارتفاع بیس‌پلیت‌ها را نیز کنترل کنیم ابتدا باید از روی پلانهای پروژه موردنظر ارتفاع بیس‌پلیت‌ها را پیدا کنیم سپس با قراردادن شاخصی در روی نقطه‌ی مبنا و اضافه کردن اختلاف ارتفاع سطح بیس‌پلیت با نقطه‌ی مبنا به روی قرائت شاخصی در نقطه‌ی مبنا، ارتفاع سطح بیس‌پلیت‌ها را با قرار دادن شاخصی بر روی آن‌ها کنترل می‌کنیم. مثلاً اگر اختلاف سطح بیس‌پلیت‌ها با نقطه یا سطح مبنا باید ۲- متر باشد، یعنی سطح بیس‌پلیت‌ها باید ۲ متر پایین‌تر از سطح مبنا باشد، با قرار دادن شاخصی بر روی نقطه‌ی مبنا و قرائت تار وسط مثلاً عدد ۱۱۲۵ را به‌دست می‌آوریم. با جمع کردن این عدد با عدد ۲ متر اختلاف ارتفاع عدد ۳۱۲۵ را به‌دست می‌آوریم. پس باید در روی همه‌ی بیس‌پلیت‌ها عدد ۳۱۲۵ را در روی شاخص بخوانیم.

۷ــ۹ــ 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 ترازیاب و یک عدد شاخصی می‌توانیم این کار را انجام دهیم. در شکل ۱۲ــ۹ یک نمونه از انتقال که ارتفاعی را بین طبقات از طریق ترازیابی تدریجی مشاهده می‌کنیم.



شکل ۱۲ــ۹

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ استادیمتری را تعریف کرده وسایل لازم برای آن را نام ببرید.
۲ــ اصول استادیمتری را با رسم شکل توضیح دهید.
۳ــ روش استادیمتری را مرحله به مرحله شرح دهید.
۴ــ توپوگرافی را تعریف کرده، کاربردهای آن‌را بیان کنید.
۵ ــ روش شبکه‌بندی برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی را مرحله به مرحله شرح دهید.
۶ ــ عملیات خاکی را تعریف کرده، حجم عملیات خاکی را توضیح دهید.
۷ــ روش شبکه‌بندی برای محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی را توضیح دهید.
۸ ــ کاربرد ترازیابی در عملیات گودبرداری و تسطیح را شرح دهید.
۹ــ کاربرد ترازیابی در کنترل سطح بتن مگر را شرح دهید.
۱۰ــ کاربرد ترازیابی در کنترل سطح صفحات بیس‌پلیت را شرح دهید.
۱۱ــ روش ایجاد و انتقال خط تراز در ساختمان را شرح دهید.

کار عملی

۱ــ استادیمتری کنید.

اضلاع شبکه نقشه‌برداری هنرستان خود را به روش استادیمتری اندازه‌گیری نمایید. این عمل را به‌صورت رفت و برگشت انجام داده و میانگین آن‌ها را با طول اضلاع شبکه که از طریق مترکشی به‌دست آورده‌اید، مقایسه و گزارش نمایید.

۲ــ 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 ۱۰ متر یا ۵ متری ایجاد کرده سپس از ترازیابی 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

۱ــ نشریه‌ی علمی و فنی سازمان نقشه‌برداری کشور شماره‌ی ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۷.

۲ــ نشریه‌ی پیام یونسکو تیرماه ۱۳۷۰.

۳ــ نوبخت، شمس (۱۳۶۶) نقشه‌برداری (چاپ دوم) تهران چاپخانه‌ی ساحل.

۴ــ دانشور، هوشنگ کارتوگرافی، سازمان جغرافیایی کشور.

۵ــ اکبرلو، احمد و آبادی، میرکاظم ــ طرح‌های متنوع ساختمانی چاپخانه‌ی چهر تبریز.

۶ــ ذوالفقاری، محمود، نقشه‌برداری تهران، چاپ چاپخانه‌ی آرین.

۷ــ نوری، علی، ژئودزی (جلد اول)، چاپ و صحافی چاپ سایه.

۸ــ هندسه‌ی سال اول آموزش متوسطه عمومی ــ علوم تجربی و ریاضی.

۹ــ مثلثات سال سوم ریاضی فیزیک.

۱۰ــ نقشه‌برداری، سال چهارم هنرستان رشته‌ی ساختمان.

۱۱ــ مساحی، سال دوم رشته‌ی نقشه‌برداری.