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.

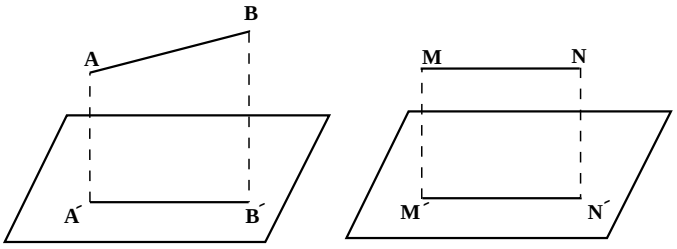
۱۳ــ روش‌های اندازه‌گیری فاصله دو نقطه را که هر دو غیرقابل دسترسی باشند توضیح دهد.

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

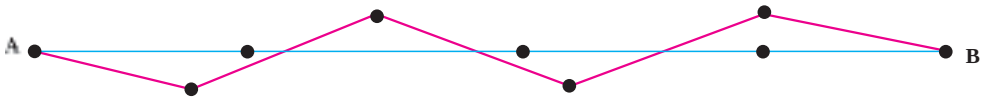
مقدمه

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 :

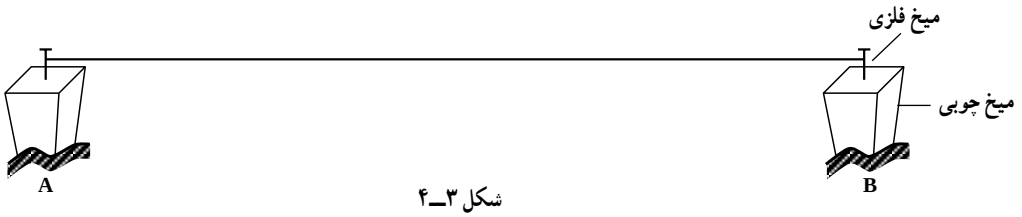
الف : امتدادگذاری به روش ریسمان کار

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 :

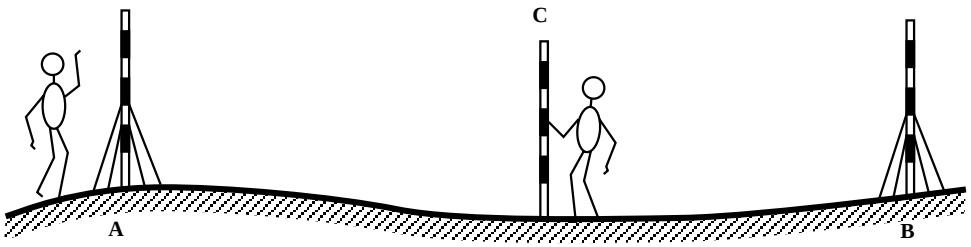
روش تعیین امتداد به‌وسیله‌ی ریسمان کار به شرح زیر می‌باشد. (این روش به‌وسیله‌ی یک عامل قابل اجراست) پس از مشخص کردن دو نقطه‌ی اصلی به‌وسیله‌ی میخ چوبی یا فلزی در روی زمین ریسمان کار را تحت کشش مناسب به آن دو میخ، متصل می‌کنیم که امتداد حاصل از ریسمان کار امتداد دو نقطه‌ی A و B خواهد بود. راستای به‌دست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

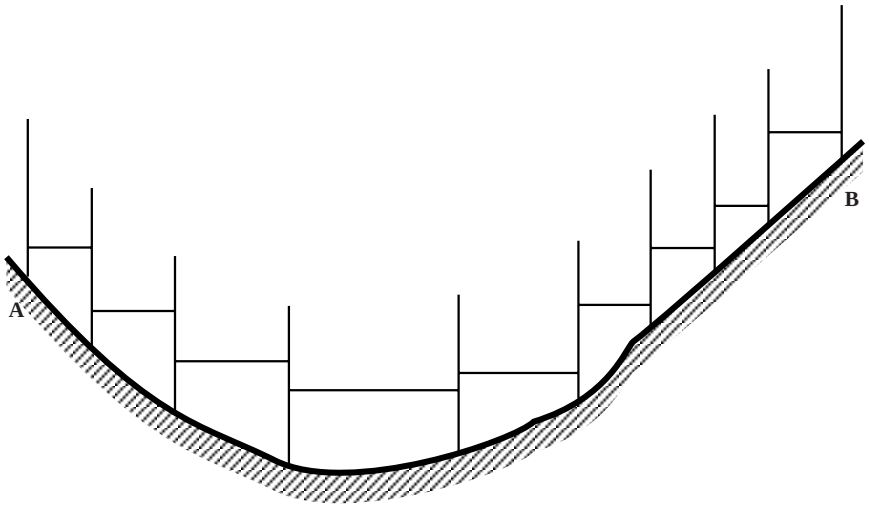
شکل ۷ــ۴ــ فرم مترکشی

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.

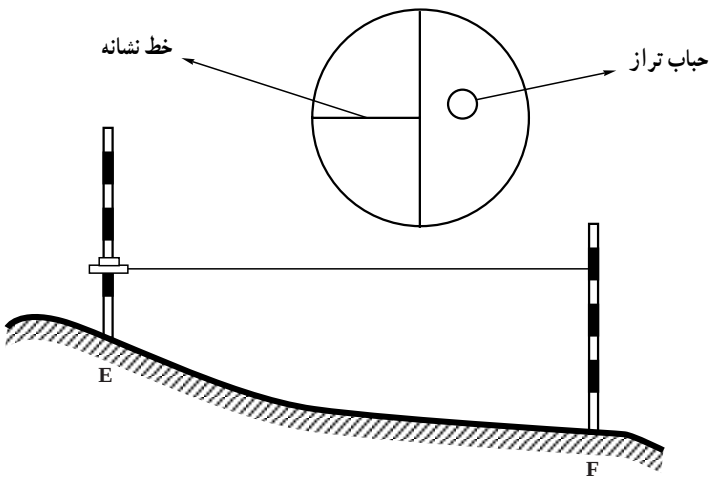
اندازه‌گیری طول با متر در زمین‌های شیب‌دار (به روش افقی)

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.

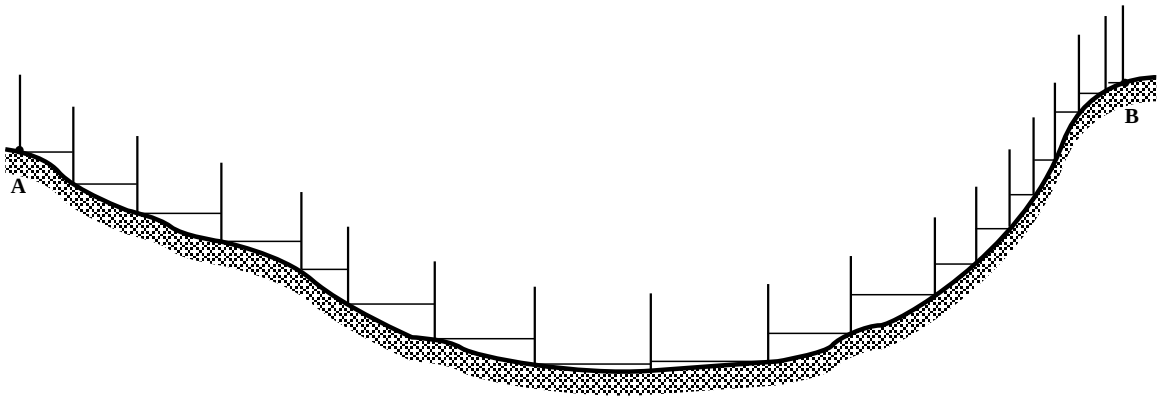


شکل ۸ــ۴

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

(الف)

(ب)

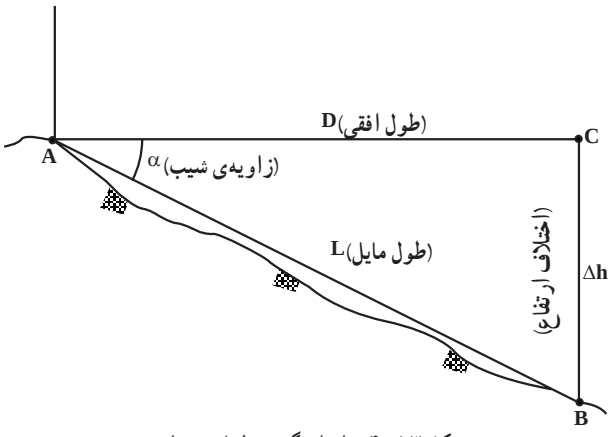
شکل ۱۱ــ۴ــ انواع تراز دستی و به‌کارگیری آن‌ها

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.

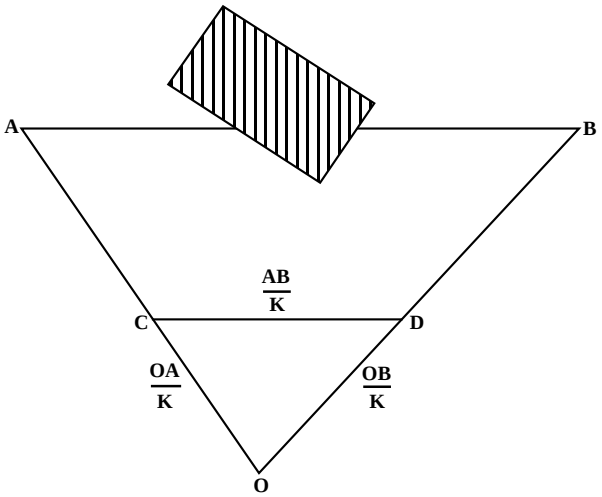
اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع : موانع در اندازه‌گیری فاصله به سه شکل وجود دارد :

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).

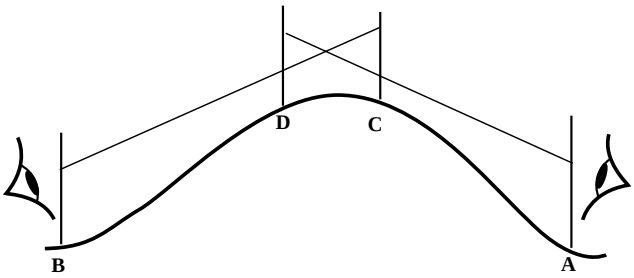


شکل ۱۵ــ۴

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

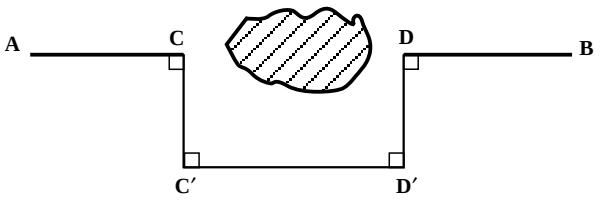
۲ــ۴ــ۴ــ اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع عبور :

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

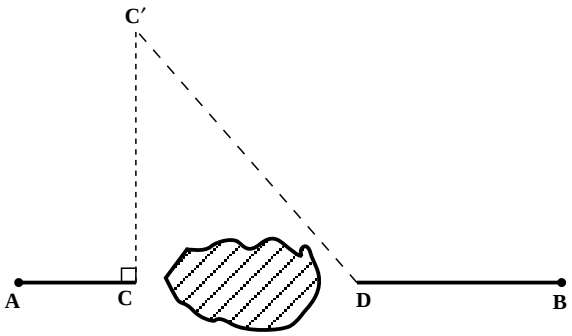
۲) در نقطه‌ی C به‌وسیله‌ی گونیا عمودی اخراج کرده و نقطه‌ی C′ را روی آن طوری انتخاب می‌کنیم که فاصله‌ی C′D و C′C قابل اندازه‌گیری باشد (شکل ۱۸ــ۴).

در مثلث CC′D داریم :

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

بنابراین، برای محاسبه‌ی فاصله‌ی AB داریم :

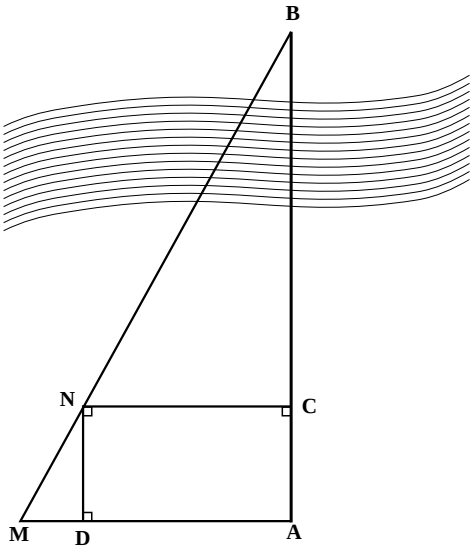
$$\overline{AB} = \overline{AC} + \sqrt{\overline{C'D}^{۲} - \overline{CC'}^{۲}} + \overline{DB}$$



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.



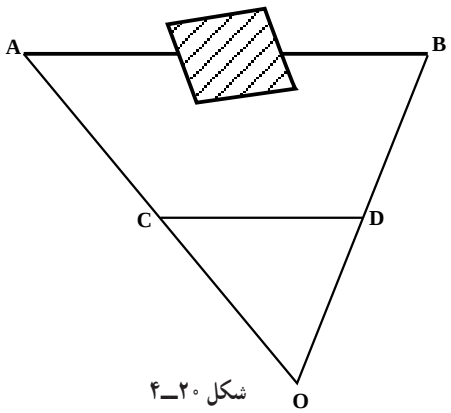
شکل ۱۹ــ۴

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 :

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



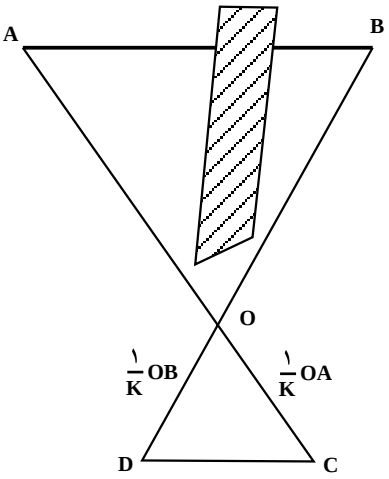
شکل ۲۰ــ۴

(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.