

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مَسَاحِي

رشته نقشه برداری

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۲۷۷۴

متنی، امیرحسین

۵۲۶

مَسَاحِي/ مؤلفان: امیرحسین متنی، فرشاد سیدحسینی، مهدی داورپناه. — تهران: شرکت

/۹

چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۴.

۹۲۲م

۱۳۹۴

۱۸۳ص. : مصور. — (آموزش فنی و حرفه ای؛ شماره درس ۲۷۷۴)

متون درسی رشته نقشه برداری، زمینه صنعت.

برنامه ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه ریزی و تألیف کتاب های

درسی رشته نقشه برداری دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش وزارت آموزش

و پرورش.

۱. نقشه برداری. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه ریزی و تألیف کتاب های

درسی رشته نقشه برداری دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش. ب. عنوان. ج. فروست.

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :
پیشنهادها و نظرهای خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب های درسی
فنی و حرفه ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

tvoccd@medu.ir

پیام نگار (ایمیل)

www.tvoccd.medu.ir

وب گاه (وب سایت)

وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

برنامه ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش

نام کتاب : مسأله - ۳۵۹/۹۶

مؤلفان : امیرحسین متینی، فرشاد سیدحسینی و مهدی داور پناه

اعضای کمیسیون تخصصی : محمد سعادت سرشت، محمد سلیم آبادی، ابوالقاسم رافع، محمد علی فرزانه،

رضا یگانه عزیزی، امیر حسین متینی و مالک مختاری

آماده سازی، رسامی، صفحه آرایی، طراحی جلد : امیر حسین متینی، فرشاد سیدحسینی و مهدی داور پناه

نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب سایت : www.chap.sch.ir

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران - تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ هفتم ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.



بايد باورمان شود كه ما مي توانيم.

امام خميني (قدس سره الشريف)

فهرست

بخش اول - مساحی

- فصل اول- مساحی و وسایل ساده ی آن..... ۱
- فصل دوم- اندازه گیری فاصله ی افقی به روش مستقیم..... ۲۱
- فصل سوم- اندازه گیری فاصله ی افقی به روش غیرمستقیم..... ۳۹
- فصل چهارم- خطا و انواع آن ۴۷
- فصل پنجم- موانع در اندازه گیری فاصله..... ۶۱
- فصل ششم- اندازه گیری زاویه با وسایل ساده..... ۸۳
- فصل هفتم- تهیه ی نقشه ی مسطحاتی با وسایل ساده ی مساحی..... ۹۹
- فصل هشتم- پیاده کردن طرح با وسایل ساده ی مساحی..... ۱۰۹

بخش دوم- ترازیابی

- فصل نهم- تعاریف مهم در ترازیابی..... ۱۱۷
- فصل دهم- روش های مختلف ترازیابی..... ۱۲۷
- فصل یازدهم- ترازیابی هندسی (ترازیابی مستقیم)..... ۱۴۳
- فصل دوازدهم- خطاها در ترازیابی هندسی..... ۱۵۹
- فصل سیزدهم- کنترل عملیات در ترازیابی هندسی..... ۱۶۹
- منابع مورد استفاده..... ۱۸۳

هنرآموزان و هنرجویان عزیز،

کتاب حاضر با توجه به نظرهای دریافت شده از هنرستان‌های فنی سراسر کشور توسط سه نفر از هنرآموزان محترم درس مساحی تألیف جدید گردیده است و در کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشته‌ی نقشه برداری تأیید نهایی شده است.

در تألیف این کتاب، توجه به ارائه‌ی مناسب‌تر و روان‌تر مطالب با استفاده از ساده نویسی و زبان تصاویر و همچنین رویکردهای جدید در آموزش‌های فنی و حرفه‌ای با ساختاری به شرح زیر اقدام شده است:

- ابتدای هر فصل با تصویری انگیزشی جهت ترغیب هنرجویان برای یادگیری مطالب آن فصل آغاز شده است.

- هدف‌های رفتاری و مطالب پیش‌نیاز در صفحه‌ی دوم آمده است.

- صفحه‌ی سوم فصل با مقدمه و مفاهیم کلیدی فصل شروع می‌شود. (مفاهیم کلیدی مطالبی هستند که هنرآموز بایستی در پایان هر فصل ازفهم کامل آن توسط هنرجویان مطمئن شده و سپس از فصل مورد نظر عبور کند.)

- مطالبی با عنوان بیشتر بدانیم، حاوی اطلاعاتی از قبیل ریشه‌ی لغوی برخی از تعاریف، معرفی سایت‌ها، برنامه‌های رایانه‌ای مرتبط، یادآوری فرمول‌ها، نکات پیش‌نیاز و برخی فعالیت‌های فوق برنامه می‌باشد که نباید از آن‌ها در آزمون‌های رسمی سؤالی مطرح گردد.

- معادل لاتین اصطلاحات علمی و فنی مطرح شده در درس در کنار واژه‌ی فارسی آن قرار گرفته است.

- در کادر رنگی با عنوان فناوری نوین برخی از فناوری‌های جدید مرتبط با درس، آورده شده، که جهت مطالعه‌ی آزاد می‌باشد.

- در انتهای هر فصل خلاصه‌ی فصل، خودآزمایی در انواع تشریحی، جورکردنی و چند گزینه‌ای ارائه شده است.

- مطالبی تحت عنوان «نکته‌ها» برای افزایش بینش و بصیرت هنرجویان آورده شده است که نباید از آن‌ها سوال امتحانی طرح شود.

امید است کتاب حاضر بتواند در جهت نیل به اهداف برنامه‌ی درسی رشته‌ی نقشه‌برداری مؤثر واقع شود.

خواهشمند است نظرها و موارد پیشنهادی خود را در ارتباط با این کتاب ارسال فرمایید تا در ویرایش‌های بعدی به کار گرفته شود.

با آرزوی موفقیت،

کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشته‌ی نقشه برداری

هدف کلی

آشنایی با اصول اولیه‌ی نقشه برداری و شناخت مراحل و روش های ساده‌ی
تهیه‌ی نقشه از یک منطقه.

فصل اول

مساحی و وسایل ساده‌ی آن



هدف های رفتاری :

پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:

- ۱- معانی مختلف مسّاحی را توضیح دهد.
- ۲- در مورد تاریخچه ی مسّاحی توضیح مختصری بیان کند.
- ۳- اهمیت مسّاحی در دوران گذشته را توضیح دهد.
- ۴- معمول ترین وسایل ساده ی مسّاحی را نام ببرد و شکل ظاهری آن ها را مشخص کند.
- ۵- کاربرد وسایل ساده ی مسّاحی را بیان کند.

قبل از مطالعه ی این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی مقدماتی با نقشه
- ۲- آشنایی مقدماتی با متر
- ۳- آشنایی با مفهوم مساحت
- ۴- آشنایی با واحد های اندازه گیری
- ۵- آشنایی با مفهوم شیب
- ۶- آشنایی با مفهوم جهت شمال

: مطالب پیش نیاز

مساحی	Chaining
وسایل ساده‌ی	
مساحی	
متر	Measuring tape
ژالن	Range pole
ترازنبشی	Rod level
شاقول	Plumb
گونیا‌ی مساحی	Cross sta.
شیب سنج	Pantometer
قطب نما	Compass
پلانیمتر	Planimeter

مقدمه - چرا مساحی؟

آگاهی از جهان پیرامون انسان‌ها همیشه از سؤالات مهم بشر از ابتدای خلقت تاکنون بوده است. این که جهانی که من در آن زندگی می‌کنم چه شکلی است، خورشیدی که به من نور می‌تاباند از کجا می‌آید و به کجا می‌رود، رودخانه‌ها از کجا سرچشمه می‌گیرند و سؤالاتی از این قبیل، باعث شده بود که انسان‌های اولیه به بررسی محیط اطراف زندگی خود پردازند. کشف نشانه‌هایی از نقشه‌های اولیه بردیواره‌ی غارهای بسیار قدیمی گواهی بر این امر است.

حال سؤال این است که انسان‌های اولیه چگونه این نیازها را برطرف کرده و نقشه‌ی مکان‌های مختلف را به‌دست آورده‌اند؟ جواب به این سؤالات، موضوع علم نقشه‌برداری است. اگر عملیات نقشه‌برداری با وسایل ساده صورت بگیرد به آن مساحی می‌گویند. به همین دلیل، آشنایی با مقدمات نقشه‌برداری در قالب بحث مساحی انجام خواهد گرفت و پس از آن تدریس نقشه‌برداری با وسایل پیشرفته‌تر آغاز خواهد شد.

بیش‌تر بدانیم . . .



مساحی در لغت نامه دهخدا

مساحی مساحی. [مَسْ سا] (حامص) علم مساح. اندازه‌گیری. پیمایش زمین: فلک چون آتش دهقان ستان کین کشد بر من که بر ملک مسیحم هست ...
 مساحی کردن مساحی کردن. [مَسْ سا کَد] (مص مرکب) اندازه گرفتن سطح زمین. اندازه‌گیری زمین. پیمودن زمین



۱-۱ تعریف مسّاحی (Chaining)

فرض کنید نقشه‌ی هنرستان محل تحصیل تان در دست شماست.



شکل ۱-۱. نقشه‌ی هنرستان

آیا با تماشای آن شما می‌توانید یک نمای کلی از محدوده‌ی هنرستان داشته باشید؟
آیا این نقشه در پیدا کردن هنرستان و اطراف آن به شما کمک می‌کند؟
آیا بهتر نیست برای معرفی مکان هنرستان به دوستان خود به جای دادن نشانی، نقشه‌ی هنرستان و اطراف آن را به آن‌ها نشان دهید؟

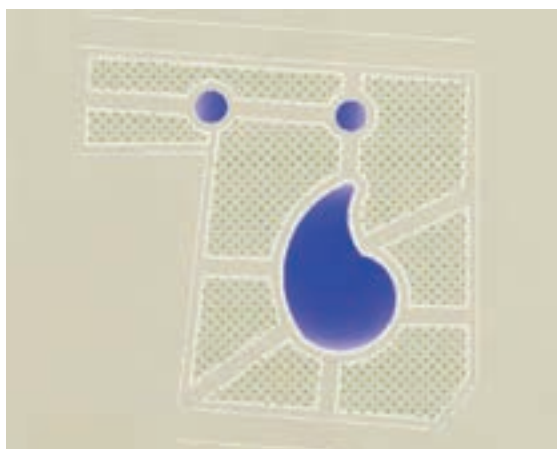


شکل ۱-۲. نقشه یا نشانی؟

حال فرض کنید می خواهید مساحت پارک کنار هنرستان را به دست آورید.
 آیا می توان با دانستن ابعاد این پارک (طول و عرض) مساحت آن را به دست آورد؟
 آیا اگر شکل این پارک مستطیل یا مربع (یا دیگر اشکال هندسی منظم) نبود ، باز هم می توان مساحت آن را به دست آورد؟



یا فرض کنید در این پارک می خواهید یک ساختمان نگهداری ایجاد کنید،
 آیا می توان با دانستن ابعاد ساختمان، بنای آن را روی زمین پیاده کرد؟
 اگر شکل ساختمان یک چندضلعی نامنظم باشد، باز هم می توان آن را روی زمین پیاده کرد؟



شکل ۱ - ۳. یک پارک

بیش تر بدانیم . . .



گوگل ارث (به انگلیسی: 'Google Earth')

برنامه ای است که توسط شرکت کی هول ساخته شده است و
 برای مشاهده تصاویر ماهواره ای گرفته شده توسط شرکت های
 ماهواره ای از سراسر زمین استفاده می شود. این برنامه همچنین
 امکان دیدن نقشه ی جاده ها و خیابان های شهرها و روستاهای
 مختلف جهان را فراهم کرده و از دیگر امکانات این برنامه
 می توان به جستجو در هتل ها، رستوران ها و دیگر اماکن مختلف شهرها اشاره کرد.

هدف رشته‌ی نقشه‌برداری جواب دادن به سؤالاتی از این قبیل است؛ یعنی چگونه نقشه‌ی یک محل را تهیه کنیم؟ چگونه مساحت یک عارضه (پارک ، زمین ، خانه ، هنرستان و ...) را به دست آوریم؟

چگونه نقشه‌ی یک طرح را روی زمین پیاده کنیم؟ حال اگر بخواهید کارهای گفته شده را با وسایل ساده مانند متر انجام دهید، به این عمل که بخشی از علم و فن نقشه‌برداری است در اصطلاح « مساحی » گفته می‌شود. بنابراین می‌توان مساحی را این‌گونه تعریف نمود:

به کارهایی که در زمین‌های کم‌وسعت با وسایل ساده‌ی نقشه‌برداری به منظور تهیه‌ی نقشه و به دست آوردن مساحت و پیاده کردن نقشه انجام می‌گیرد مساحی می‌گویند.

اگر منطقه‌ای که می‌خواهیم نقشه‌ی آن را تهیه کنیم یا مساحتش را به دست آوریم بزرگ باشد، روش‌های ساده‌ی مساحی جوابگوی نیاز ما نخواهد بود. می‌دانید چرا؟ (به شکل زیر دقت کنید.)



شکل ۱-۴. چگونه نقشه‌ی این منطقه‌ی وسیع را تهیه کنیم؟

۲-۱ تاریخچه و اهمیت مسّاحی

تاریخچه‌ی مسّاحی

شناخت نقشه‌های اولیه را باید در ذهن انسان‌های اولیه و یا بر دیوار غارها جست‌وجو کرد. هنوز هم اغلب مردم نقشه‌هایی از آدرس‌ها، مسیرها و مکان‌ها را به ذهن و حافظه‌ی خود می‌سپارند. اگر خط، زبان و موسیقی از ابداعات اولیه‌ی بشر باشند، نقشه‌ها و روش‌های ساده‌ی تهیه‌ی آن نیز در ردیف اول و حتی پیش از علائم ریاضی قرار می‌گیرند.



شکل ۱-۵. قدمت مسّاحی (نقشه‌ی جهان نمای بابلی‌ها با نام‌های جغرافیایی)

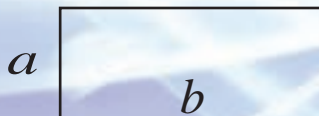
بیش‌تر بدانیم . . .



مساحت مربع: برابر حاصل ضرب یک ضلع در خود است.

$$S = a^2$$

مساحت مستطیل: برابر حاصل ضرب طول در عرض است.



$$S = a.b$$

در دوران پیش از اسلام از نوشته‌ها و کتیبه‌های ساسانیان پیداست که در آن زمان مساحی زمین‌های کشاورزی امر شناخته شده‌ای بود و سالیان سال انجام می‌گرفته است.

« پیش از قباد، در جهان، خراج چهار یک بود و پنج یک و جای بود که بیست یک گرفتندی بر مقدار آبادانی (زمین) و دوری و نزدیکی آب پس قباد بفرمود تا همه رصدکنند ... موبد موبدان و وزیران گفتند این را تدبیر آن است که زمین‌های همه‌ی مملکت مساحت کنی... و درختان بارور بشمری. قباد گفت چنین کنند. به خانه رفت و مساحان را گرد کرد... و این به آخر عمر قباد بود... و هنوز مساحت تمام نکرده بود... و چون دانست که خواهد مردن، انوشیروان را بگفت که این مساحت تمام کن. نوشروان (انوشیروان) آن مساحت تمام کرد و خراج‌ها را منظم نمود. »

برگرفته از کتاب تاریخ طبری

دوره‌ی قباد و انوشیروان (پیش از اسلام)

بعد از ظهور اسلام نیز دانشمندان مسلمان و بنام ایرانی، از جمله خوارزمی، ابوریحان بیرونی، خواجه نصیرالدین طوسی، اصطخری و ... به دلیل اهمیت مساحی کارهای ارزنده‌ای در این زمینه انجام دادند.

کبک دری گر بُد مهندس و مساح
این همه آمدشدنش چیست به راوَد

از قصیده‌ی منوچهری دامغانی شاعر قرن پنجم

(اگر کبک دری اندازه گیر و مساحت کننده نیست، پس چرا در فراز و نشیب این زمین پر آب و علف این همه آمد و رفت می‌کند؟!)



شکل ۱ - ۶. نقشه‌ی اصطخری (دانشمند اسلامی قرن دهم هجری) از کتاب مسالک و ممالک

اهمیت مسّاحی در دوران قدیم

دردوران قدیم مسّاحی به دو دلیل عمده صورت می گرفته است.
دلیل اول؛ شناخت جهان پیرامون انسان ها و بررسی ستارگان بود که به تهیه ی نقشه های نجومی و جهان شناختی از کل زمین (با توجه به دانسته های آن زمان) منجر می شد.



شکل ۱ - ۷. نقشه ی قدیمی

بیش تر بدانیم . . .



از قصیده منوچهری دامغانی

فصل بهار است و وقت ورد مورد	گیتی آراسته چو خلد مخلد
مرغ چنان بوکلک دهانش به تنگی	در گلوی او چگونه گنجد معبد
نوز گل اندر گلابدان ترسیده	قطره بر او چیست چون گلاب مصعد
گیتی فرتوت گوژ پشت دژم روی	بنگر تا چون بدیع گشت و مجدّد
کبک دری گر بُد مهندس و مساح	اینهمه آمد شدنش چیست به راود
نرگس چون دلرباست سرش همه چشم	سرو چو معشوقه ای تنش همه قد

ورد = گل سرخ ؛ مورد = قرمز رنگ ؛ بوکلک = نوعی پسته وحشی ؛ نوز هنوز و تجسم قطره ژاله است

دلیل دوم؛ تهیه نقشه‌ی حدود املاک و اراضی کشاورزی، جهت گرفتن باج و خراج و مالیات بوده است.



شکل ۱- ۸. تصویری از یک نقشه‌ی چهارمتری بر روی صخره‌ای مسطح در شمال ایتالیا (۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰ پیش از میلاد) مزارع، چاه‌های آب و جاده‌ها در آن مشخص شده است.

در دوره‌ی پس از ظهور اسلام نیز مسلمانان به منظور برآوردن نیازهای شرعی خود مانند تعیین جهت قبله و تعیین زمان طلوع و غروب آفتاب، برای انجام فرایض دینی، در علم مساحی و نقشه برداری به پیشرفت‌های زیادی نایل شدند.

۳-۱ وسایل ساده‌ی مساحی

همان‌طور که در تعریف مساحی گفته شد، در این درس با وسایل ساده‌ی نقشه برداری سر و کار داریم. امروزه معمول‌ترین این وسایل عبارت‌اند از متر، گونیای مساحی، ژالن، تراز نبشی، شاقول، شیب سنج، قطب‌نما و پلانیمتر.

۱- متر (Measuring tape)

ابزاری است که از آن برای اندازه‌گیری فاصله استفاده می‌شود. مترهای موجود در بازار از جنس پارچه‌ای، پلاستیکی، فلزی و فایبرگلاس‌اند و در اندازه‌های مختلف تولید می‌شوند.



شکل ۱- ۹. متر

بیش‌تر بدانیم . . .



چند تعریف از نقشه:

نقشه نمایش ترسیمی کوچک و ساده شده‌ای از عوارض یک منطقه پس از تعیین موقعیت دقیق نقاط لازم بر روی یک صفحه افقی می‌باشد.

نقشه تصویر قائم عوارض سطح زمین است بر روی صفحه‌ای افقی که پدیده‌های سطح زمین به طور یکسان در آن کوچک شده باشد.

نقشه عبارت است از نمایش موقعیت عوارض موجود در یک منطقه که در یک سیستم مختصات مشخص با مقیاس معین نشان داده شده است.

• فناوری نوین: دیستومتر (متر لیزری)

امروزه مترهای دقیقی ساخته‌اند که با استفاده از اشعه‌ی لیزر فاصله را اندازه‌گیری می‌کنند، که به آن‌ها مترهای لیزری یا دیستومتر گویند.



شکل ۱- ۱۰. دیستومتر و کاربرد آن

۲- ژالن (Range pole)

ابزاری است که برای علامت گذاری نقاط روی زمین از آن استفاده می‌شود.

ژالن لوله‌ای است فلزی و کاملاً صاف، به طول ۲ الی ۲/۵ متر و به قطر ۳ الی ۴ سانتی‌متر که برای تشخیص بهتر آن از فواصل دور، به تناوب هر نیم‌متر از آن را به صورت قرمز و سفید رنگ آمیزی می‌کنند.



شکل ۱- ۱۱. ژالن و کاربرد آن

۳- تراز نبشی (Rod level)

ابزاری است که برای قائم نگه داشتن ژالن از آن استفاده می شود . تراز نبشی از یک تراز کروی، که در بالای یک نبشی فلزی به طول ۱۰ سانتی متر تعبیه شده، تشکیل شده است.



شکل ۱ - ۱۲ . تراز نبشی و کاربرد آن

بیش تر بدانیم . . .



در مورد انواع دیستومتر تحقیق کرده و درباره آن در کلاس بحث و بررسی کنید.
دقت دیستومتر را با مترهای فلزی و پارچه‌ای مقایسه نمایید.

۴- شاقول (Plumb)

این وسیله از یک وزنه فلزی سنگین و مخروطی شکل که به قلاب سطح قاعده‌ی آن نخ‌ی بسته شده است، تشکیل می‌شود و با آویزان کردن آن از یک نقطه می‌توان راستای قائم را در آن نقطه تشخیص داد.



شکل ۱- ۱۳. شاقول و کاربرد آن

۵- گونیای مساحی (Cross sta.)

وسیله‌ای است استوانه‌ای شکل که برای اخراج عمود از یک نقطه روی یک امتداد یا پیاده کردن زاویه‌های معین 30° ، 45° و 60° و نیز کنترل نقاط واقع در یک امتداد به کار می‌رود.



شکل ۱- ۱۴. گونیای مساحی و کاربرد آن

۶- شیب سنج (Pantometer)

ساده ترین ابزار مورد استفاده برای اندازه گیری زاویه ی شیب یک امتداد نسبت به سطح افق « شیب سنج دستی » است. این ابزار معمولاً دارای لوله ای به نام دوربین است که از داخل آن به راستای امتداد یا هدف می توان نشانه روی کرد.



شکل ۱ - ۱۵. شیب سنج و کاربرد آن

بیش تر بدانیم . . .



سایت دانشکده نقشه برداری و ژئودزی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

<http://www.kntu.ac.ir/geodesy>

سایت گروه مهندسی نقشه برداری و ژئوماتیک دانشگاه تهران

<http://eng.ut.ac.ir/departments/show-departments.asp?department=3>



۷ - قطب نما (Compass)

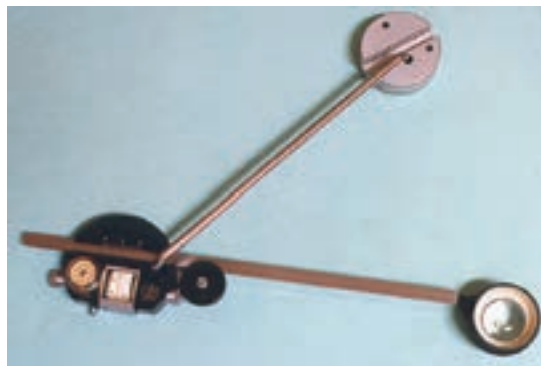
نوعی جهت یاب مغناطیسی است که جهت شمال مغناطیسی را نشان می دهد. قطب نما دارای یک صفحه‌ی دایره‌ای مدرج ۳۶۰ قسمتی (به واحد درجه) یا ۴۰۰ قسمتی (به واحد گراد) است و در مرکز صفحه‌ی آن سوزنی تعبیه شده که عقربه‌ی قطب نما بر روی آن آزادانه می چرخد .



شکل ۱ - ۱۶ . قطب نما

۸ - پلانیمتر (Planimeter)

پلانیمتر دارای دو بازو و یک قسمت اندازه گیر است که با حرکت بر روی شکل بسته مساحت آن را مشخص می کند .



شکل ۱ - ۱۷ . پلانیمتر و کاربرد آن

• فناوری نوین: پلانیمتر دیجیتالی



امروزه پلانیمترهائی به بازار آمده که مساحت را به صورت دیجیتال بر روی صفحه‌ی نمایشگر بادقت بالا (درحد ۰/۱ سانتی‌مترمربع) نشان می‌دهد که برای تعیین مساحت‌های دقیق از روی نقشه‌های موجود استفاده می‌شود.

شکل ۱- ۱۸. پلانیمتر دیجیتالی

خلاصه‌ی فصل

- مساحی به کارهایی گفته می‌شود که در زمین‌های کم وسعت و با وسایل ساده‌ی نقشه‌برداری انجام می‌گیرد؛ به منظور ۱-تهیه‌ی نقشه ۲- به دست آوردن مساحت ۳- پیاده‌کردن نقشه بر روی زمین
- نقشه‌های نخستین در ذهن انسان‌های اولیه وجود داشته یا بر روی دیوارغارها حک می‌شده است.
- اهمیت تهیه‌ی نقشه در دوران قدیم دو دلیل عمده داشت: ۱- شناخت جهان پیرامون انسان‌ها ۲- تهیه‌ی نقشه‌ی زمین‌های کشاورزی برای گرفتن مالیات.
- پس از ظهور و گسترش اسلام، مسلمانان به دلیل رفع نیازهای شرعی، در علم مساحی و تعیین موقعیت پیشرفت‌های زیادی نمودند.

بیش‌تر بدانیم . . .



انواع شمال در نقشه‌برداری

همان‌طور که می‌دانید زمینی که روی آن زندگی می‌کنیم شکلی نزدیک به کره، با شعاع متوسط ۶۳۷۰ کیلومتر دارد. محور فرضی دورانی زمین، کره را در دو نقطه N و S قطع می‌کند. نقطه‌ی N را شمال جغرافیایی یا شمال حقیقی می‌گویند. هم‌چنین در اطراف کره زمین میدان مغناطیسی وجود دارد که این میدان نیز شمال و جنوب دارد و نقطه‌ی شمال آن را شمال مغناطیسی می‌نامند. ضمناً چون موقع ترسیم نقشه، شبکه‌ای متعامد بر روی کاغذ در نظر می‌گیریم شمال محور Y‌های نقشه به نام شمال شبکه در نقشه برداری معروف است. بنابراین سه نوع شمال در نقشه برداری قابل تعریف است: شمال جغرافیایی (شمال حقیقی)، شمال مغناطیسی، شمال شبکه.

خلاصه‌ی فصل

نام وسیله	نام لاتین	کاربرد
متر	Measuring tape	اندازه گیری فاصله
ژالن	Range pole	علامت گذاری نقاط روی زمین
تراز نبشی	Rod level	عمود قرار دادن ژالن و ... روی سطح زمین
شاقول	Plumb	تعیین امتداد شاقولی در یک نقطه
گونیا ی مساحی	Cross sta.	اخراج عمود بر یک امتداد
شیب سنج	Pantometer	اندازه گیری زاویه ی شیب بین دو نقطه ی روی زمین
قطب نما	Compass	تعیین جهت شمال مغناطیسی و اندازه گیری زاویه
پلانیمتر	Planimeter	اندازه گیری مساحت اشکال بسته در روی نقشه



سؤالات تشریحی

- ۱- مساحی را توضیح دهید.
 - ۲- تاریخچه‌ی مختصری از مساحی را بیان کنید.
 - ۳- اهمیت مساحی در دوران قدیم به چه دلیل بوده است؟ توضیح دهید.
 - ۴- معمول‌ترین وسایل ساده‌ی مساحی را نام ببرید.
 - ۵- کاربرد هر یک از وسایل زیر را در مساحی بیان کنید:
- | | | | |
|------------------|-------------|---------------|--------------|
| (الف) متر | (ب) ژالن | (ج) تراز نبشی | (د) شاقول |
| (ه) گونیای مساحی | (و) شیب سنج | (ز) قطب نما | (ح) پلانیمتر |

سؤال جورکردنی

- ۶- وسایل ستون «الف» را با کاربردهای ستون «ب» تکمیل نمایید.

الف	ب
ترازنبشی	تعیین جهت شمال
گونمای مساحی	علامت گذاری نقاط روی زمین
قطب نما	عمود قرار دادن ژالن روی سطح زمین
پلانیمتر	اخراج عمود بر یک امتداد
	اندازه گیری مساحت اشکال بسته

سؤالات چهارگزینه‌ای

- ۷- شکل زیر چه وسیله‌ای است؟



- ۱) شیب سنج
- ۲) پلانیمتر
- ۳) گونیای مساحی
- ۴) تراز نبشی



۸- برای عمود قرار دادن ژالن بر روی سطح زمین از چه وسیله ای استفاده می شود؟
(۱) شاقول (۲) گونیای مساحی (۳) شیب سنج (۴) ترازنبشی

۹ - کدام یک از موارد زیر کاربرد گونیای مساحی است؟
۱ - تعیین مساحت
۲ - به دست آوردن زاویه ی شیب
۳ - اخراج عمود از یک نقطه
۴ - تعیین جهت شمال

فصل دوم

اندازه گیری فاصله‌ی افقی به روش مستقیم



هدف های رفتاری :

پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:

- ۱- مفهوم اندازه گیری را با ذکر یک مثال توضیح دهد.
- ۲- انواع اندازه گیری در نقشه برداری را نام ببرد.
- ۳- اندازه گیری فاصله را توضیح دهد.
- ۴- فاصله ی افقی و مایل را تعریف و تفاوت آن ها را بیان کند.
- ۵- اندازه گیری فاصله ی افقی به روش مستقیم را تعریف کند.
- ۶- انواع روش های اندازه گیری فاصله ی افقی به روش مستقیم را نام ببرد و هر کدام را توضیح دهد.
- ۷- اصول مترکشی را با ذکر مثال توضیح دهد.

قبل از مطالعه ی این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با دایره و محیط آن
- ۲- آشنایی با واحدهای طول

: مطالب پیش نیاز

اندازه‌گیری
Measurement

اندازه‌گیری در
مساحی

فاصله‌ی افقی
Horizontal Distance

فاصله‌ی مایل
Slope Distance

قدم انسانی

چرخ غلتان
Rollx.

اصول مترکشی

مقدمه - اندازه‌گیری در مساحی

یکی از تعاریفی که از نقشه‌برداری و مساحی بیان می‌شود عبارت است از علم و فن و هنر اندازه‌گیری کمیت‌هایی که برای تهیه‌ی نقشه مورد نیاز است.

همان‌طور که از این تعریف بر می‌آید، در مساحی با اندازه‌گیری سروکار داریم اما کمیت‌هایی که مورد سنجش و اندازه‌گیری قرار می‌گیرد کدام‌اند؟ و چگونه و با چه روش‌ها و ابزاری می‌توان آن‌ها را اندازه‌گیری نمود.

در این فصل با انواع کمیت‌هایی که در مساحی مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند، آشنا شده و همچنین روش‌های اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی با وسایل ساده را می‌آموزید.

بیش‌تر بدانیم



نماد یکا	یکاهای اصلی	کمیت‌های اصلی
m	متر	طول
kg	کیلوگرم	جرم
s	ثانیه	زمان

یکای واحد هر کمیت باید به گونه‌ای باشد که در شرایط فیزیکی تعیین شده تغییر نکند و در دسترس باشد.

آیا تا به حال فکر کرده‌اید مقدار واقعی قد یا وزن شما چه قدر است؟

آیا مقدار واقعی مساحت اتاقتان را می‌دانید؟

آیا می‌دانید طول حیاط هنرستانی که در آن درس می‌خوانید دقیقاً چه قدر است؟

سؤالات بالا درباره‌ی موضوعی صحبت می‌کند که به آن اندازه‌گیری می‌گویند.

(اندازه‌گیری طول ، مساحت ، ارتفاع ، وزن و ...)

اندازه‌گیری مهارتی است که میان تفکرات یک شخص درباره‌ی مقدار یک کمیت در

ذهن او و مقدار همان کمیت در دنیای واقعی رابطه ایجاد می‌کند.

طول ، زاویه ، ارتفاع ، وزن نمونه‌هایی از کمیت‌هایی هستند که در اندازه‌گیری با آن

سروکار داریم. حال به این مثال توجه کنید.

شما برای اندازه‌گیری طول اتاق خود نوار اندازه‌گیری در اختیار دارید که روی آن

فقط اعداد بر حسب متر نوشته شده است. با این وسیله طول اتاق شما به فرض ۳ متر خواهد

شد. حال با نوار اندازه‌گیری دیگری که بر حسب سانتی‌متر تقسیم بندی شده است این کار

را دوباره تکرار می‌کنید. حاصل آن ۳ متر و ۴۵ سانتی‌متر به دست می‌آید. مجدداً کار را با

نوار اندازه‌گیری دیگری که بر حسب میلی‌متر تقسیم بندی شده است، انجام می‌دهید و این

بار مقدار ۳ متر و ۴۵ سانتی‌متر و ۷ میلی‌متر به دست می‌آید. در این مثال مشاهده می‌کنید،

هرچه دقت وسیله‌ی شما بیش‌تر شود عددی که به دست می‌آورید دقیق‌تر می‌شود اما هنوز

نمی‌توانید بگویید مقدار واقعی طول اتاق را به دست آورده‌اید .



در اندازه‌گیری‌ها جواب قطعی نداریم. هرکسی نتیجه‌ی اندازه‌گیری‌های خود را ارائه

می‌کند و این جواب، بسته به روش اندازه‌گیری، محدودیت‌های وسایل، دقت شخص، محیط

کار و تعداد تکرار مشاهدات و ... از نظر درستی (صحت) و دقت (پراکندگی مقادیر مشاهدات)

متفاوت است.

بنابراین اندازه‌گیری صحیح و دقیق اندازه‌گیری‌ای است که در آن کلیه‌ی اصول

اندازه‌گیری رعایت شده و خطای آن در مقایسه با مقدار واقعی بسیار کوچک باشد و با تکرار

اندازه‌گیری‌ها و روش‌های صحیح محاسباتی تا حد ممکن بتواند به مقدار واقعی نزدیک

شود.

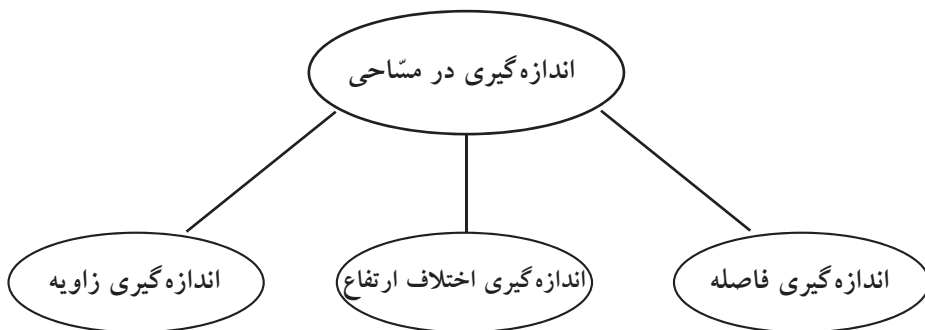
۲-۲ انواع اندازه گیری (مشاهده) در مساحی

به طور کلی در مساحی با ۳ نوع اندازه گیری (مشاهده) سروکار داریم که عبارتند از:

الف) اندازه گیری فاصله (فاصله یابی) Distance Measurement

ب) اندازه گیری اختلاف ارتفاع (ترازیابی) Levelling

ج) اندازه گیری زاویه (زاویه یابی) Angle Measurement



شکل ۲-۱. اندازه گیری‌ها (مشاهدات) در نقشه برداری

در دروس امسال و سال آینده به طور مجزا با این سه جزء آشنا می شوید و نحوه ی اندازه گیری آن‌ها را با روش‌های ساده و پیشرفته ی نقشه برداری فرا می گیرید .

بیش تر بدانیم . . .



برخی مشاهدات در نقشه برداری نسبت به زمان در حال تغییر هستند؛ مانند فاصله ی نقاط زمینی تا ماهواره، فاصله نقاط زمینی تا ماه و . . . بنابراین ضروری است که زمان نیز به عنوان پارامتر چهارم تعیین موقعیت (بعد از فاصله، زاویه و اختلاف ارتفاع) در نظر گرفته شود.

۳-۲ اندازه‌گیری فاصله (Distance Measurement)

هر روز صبح شما و دوستان قسمتی از مسیر مشترک منزل تا مدرسه را طی می‌کنید. فرض کنید با هم قرار می‌گذارید این مسیر مشترک را با هم طی کنید. در حین اجرا می‌بینید شما ۱۵۰ قدم برداشته‌اید و دوستان ۲۰۰ قدم برداشته است. فکر می‌کنید مسیری که شما طی کرده‌اید بیش‌تر بوده یا مسیری که دوستان طی کرده است؟

آیا غیر از این است که هر دو یک مسیر مساوی را پیموده‌اید پس علت تفاوت در تعداد قدم‌ها چیست؟

هنگام پاسخ به این مطلب اولین کار تعیین یک واحد اندازه‌گیری مشخص است تا به وسیله‌ی آن این تفاوت را توجیه کنیم. این را می‌دانیم که طول طی شده توسط شما دو نفر یک اندازه است. پس برای حل مشکل باید به دنبال یک مقدار مشترک (واحد متر) باشیم. متر یک واحد بین‌المللی است. حال با داشتن یک متر می‌توانیم این فاصله را اندازه‌گیری کنیم. اگر شما یا دوستان یا شخص دیگری این مسیر را با متر اندازه‌گیری کند به یک جواب یکسان می‌رسید. چون از یک واحد برای اندازه‌گیری استفاده کرده‌اید. بنابراین :

پیمودن مسیر مستقیم بین دو نقطه را با یک واحد مشخص (مانند واحد متریک)، اندازه‌گیری فاصله (طول‌یابی) می‌گویند.

برای اندازه‌گیری فاصله، بر حسب دقت مورد نیاز، از وسایل و روش‌های اندازه‌گیری مختلفی استفاده می‌شود. روش‌های اندازه‌گیری فاصله به دو بخش مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود که در این فصل، روش‌های مستقیم و درفصل بعد روش‌های غیر مستقیم اندازه‌گیری فاصله را فرا خواهید گرفت.



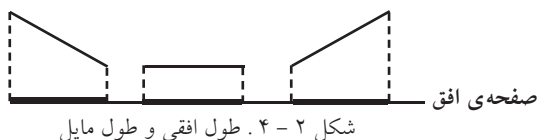
شکل ۲-۲. طول هر قدم شما چند متر است؟

۴-۲ فاصله‌ی افقی و مایل (Horizontal & Slope Distance)

دو نقطه‌ی فرضی را در فضا نسبت به صفحه‌ی افق در نظر بگیرید. اگر دو نقطه دارای ارتفاع یکسان از صفحه‌ی افق باشند فاصله‌ی بین دو نقطه در فضا برابر فاصله‌ی تصویرشان روی صفحه‌ی افقی خواهد شد. در این صورت فاصله‌ی دو نقطه را «فاصله‌ی افقی» می‌نامیم. اگر دو نقطه ارتفاعات متفاوتی از صفحه‌ی افق داشته باشند، فاصله‌ی بین دو نقطه با فاصله‌ی تصویرشان متفاوت خواهد بود. در این صورت آن را «فاصله‌ی مایل» می‌نامیم.



شکل ۲-۳. تصویر فاصله‌ی مستقیم بین دو نقطه



همیشه طول افقی از طول مایل کوتاه‌تر است. ✓

می‌توانید دلیل آن را توضیح دهید؟ (به شکل

روبه‌رو دقت کنید.)

در نقشه برداری همیشه از طول افقی استفاده می‌کنیم و اگر طول مایلی را داشته باشیم باید به طریقی آن را به طول افقی تبدیل کنیم. می‌توانید دلیل آن را بگوئید؟
از این پس در نقشه برداری هر جا صحبت از فاصله به میان آید، منظور فاصله‌ی افقی (طول افقی) است مگر آن که کلمه‌ی فاصله‌ی مایل (طول مایل) ذکر گردد. ✓

بیش‌تر بدانیم . . .



تاریخچه‌ی واحد متر

واحد فوت (یک پا) از روی طول تقریبی کف پای انسان تعیین شده است. بیشترین تلاش برای یکسان کردن سیستم اندازه‌گیری از سوی فرانسویان صورت گرفت. در سال ۱۷۹۰ و در خلال انقلاب فرانسه مجلس این کشور از فرهنگستان علوم آن خواست تا برای تمام اوزان و مقادیر استاندارد ثابتی تهیه کند. این کمیته واحدی معادل یک چهل میلیونوم نصف النهار زمین را پیشنهاد کرد. این واحد از واژه «مترون یونانی» به معنی اندازه گرفته شده است. از سال ۱۸۹۳ به بعد متر را طول مسیری که نور در خلاء و در مدت زمان $\frac{1}{299792458}$ ثانیه طی می‌کند، تعریف کردند.

(Direct distance measurement)

در اندازه‌گیری فاصله بین دو نقطه، اگر فاصله را به طور مستقیم از روی زمین اندازه‌گیری کنید و عدد فاصله را بدست آورید به این روش اندازه‌گیری فاصله به طریق مستقیم می‌گویند.

متداول‌ترین وسایل کار این روش را، به ترتیب افزایش دقت (از کم به زیاد)، می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

الف) قدم انسانی

ب) چرخ غلتان (Rollx)

ج) نوارهای اندازه‌گیری (متر)

الف) قدم انسانی (قدم اتالونه):

برای اندازه‌گیری فاصله در کارهای کم دقت و نیز در برآوردهای اولیه‌ی فاصله در نقشه‌برداری، مانند تهیه‌ی کروکی از یک منطقه، می‌توان از پیمودن قدم انسانی استفاده کرد. برای این کار ابتدا باید نقشه‌بردار طول قدم‌های خود را به‌دست آورده و همیشه آن‌را به خاطر بسپارد. سپس برای اندازه‌گیری یک فاصله‌ی مجهول، کافی است در طول آن فاصله قدم بزند و تعداد قدم‌هایش را بشمارد و نتیجه را در طول قدم خود ضرب کند.

نقشه‌بردار برای تعیین طول قدم خود (قدم اتالونه) ابتدا یک فاصله‌ی مستقیم را با متر دقیق اندازه‌گیری می‌نماید سپس با قدم زدن، آن فاصله را طی می‌کند. با تقسیم فاصله به تعداد قدم‌ها اندازه‌ی متوسط یک قدم نقشه‌بردار به‌دست می‌آید.

یک نقشه‌بردار با دانستن اندازه‌ی قدم اتالونه‌ی خود می‌تواند کروکی منطقه را با خطای نسبی حدود یک به پنجاه ($\frac{1}{50}$) تهیه کند. (یعنی در هر ۵۰ متر، فاصله‌ی اندازه‌گیری

شده حداکثر ± 1 متر خطا وجود خواهد داشت).



شکل ۲-۵. تعیین طول قدم انسانی (قدم اتالونه)

در این روش رعایت نکات زیر الزامی است:

- اندازه‌گیری فاصله در زمین‌هایی که ناهمواری‌های زیاد نداشته باشد، انجام شود.
- سرعت حرکت نقشه‌بردار در هنگام قدم زدن ثابت بماند؛ یعنی گاهی تند و گاهی آهسته راه نرود.
- فاصله تقریبی هر قدم با قدم بعدی یکسان باشد. یعنی یک قدم را بلند و یک قدم را کوتاه بر ندارد.

- در شمارش قدم‌ها دقت کند که اشتباهی رخ ندهد.

اگر موارد بالا رعایت نشود نمی‌توان به خطای نسبی $\frac{1}{50}$ رسید.



بیش‌تر بدانیم . . .



خطای نسبی $\frac{1}{50}$:

وقتی صحبت از خطای نسبی $\frac{1}{50}$ می‌شود این به آن معنی است که در یک طول ۵۰ متری هنگام عملیات مترکشی تا یک متر اختلاف می‌تواند وجود داشته باشد. یعنی می‌توان ادعا کرد که اندازه‌گیری ما بین ۴۹ متر تا ۵۱ متر است.

ب) چرخ غلتان یا رول فیکس (Rollx.) :

این دستگاه، که شبیه به چرخ دوچرخه است بر سطح زمین می غلتد. با معلوم بودن محیط این دستگاه و تعداد دوری که برای پیمودن یک فاصله می‌زند، می‌توان فاصله‌ی دو نقطه را تعیین کرد. این چرخ دارای یک دسته و همچنین یک شماره‌انداز (نُمراتور) است که مسافت طی شده را بر حسب متر نشان می‌دهد. خطای نسبی اندازه‌گیری فاصله با این وسیله به حدود $\frac{1}{300}$ می‌رسد. (یعنی در اندازه‌گیری سیصد متر حدود یک متر اختلاف وجود دارد).

خطای نسبی $\frac{1}{50}$ دقیق‌تر است یا خطای نسبی $\frac{1}{300}$ ؟ توضیح دهید.



از این وسیله تنها می‌توان در زمین‌های هموار استفاده کرد، چرا که اگر از آن در زمین‌های شیب‌دار استفاده کنیم به جای *فاصله‌ی افقی*، *فاصله‌ی مایل* را نمایش خواهد داد. اگر زمین شیب یکنواخت داشته باشد می‌توان از طریق اندازه‌گیری شیب، آن را به فاصله‌ی افقی تبدیل نمود. می‌توانید چگونگی آن را توضیح دهید؟



شکل ۲-۶. چرخ غلتان (Rollx.) و کاربرد آن

ج) نوار اندازه گیری (متر) Measuring Tape:

نوار اندازه گیری که اصطلاحاً به آن متر می گویند یکی از متداول ترین وسایل اندازه گیری فاصله ی بین دو نقطه است. خطای نسبی اندازه گیری با این وسایل بین $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{5000}$ است. با مترهای معمولی می توان فواصل را تا میلی متر مشخص کرد. اگر فاصله ی بین دو نقطه ای که با متر اندازه گیری شده، مثلاً ۲ متر و ۴۵ سانتی متر و ۳ میلی متر باشد، آن را به صورت ۲/۴۵۳ متر می نویسیم.



شکل ۲ - ۷. نوارهای اندازه گیری (متر)

بیش تر بدانیم . . .



محیط دایره ای به شعاع r برابر است با:

$$P = 2\pi r$$

مساحت دایره: برابر است با مجذور شعاع در عدد پی

$$S = \pi r^2$$

۶-۲ اصول مترکشی

همان‌طور که گفته شد، خطای نسبی اندازه‌گیری فاصله با متر حدود $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{5000}$ است. برای رسیدن به این دقت لازم است موارد زیر را رعایت کرد که به آن‌ها اصول مترکشی می‌گویند:



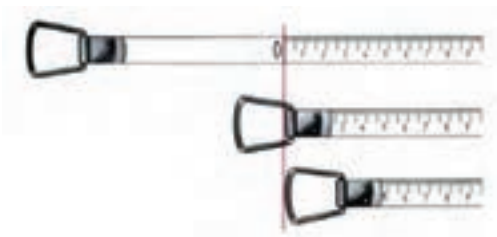
شکل ۲-۸. متر معیوب

۱- از سالم بودن و کامل بودن متر و تجهیزات جانبی آن اطمینان حاصل شود.



شکل ۲-۹. مترکشی افقی به صورت صحیح

۲- متر باید به صورت افقی در بین دو نقطه کشیده شود. در این حالت متر با ژالن‌های قائم مستقرشده در دو سر مترکشی، زاویه‌ی ۹۰ درجه می‌سازد.



۳- دقت شود که صفر متر اشتباه در نظر گرفته نشود زیرا نقطه‌ی صفر متر متناسب با سلیقه و نظر کارخانه‌ی سازنده متفاوت است.

شکل ۲-۱۰. انواع شروع درجه‌بندی متر

- ۴ - بعضی از مترها، مخصوصاً مترهای پارچه ای و پلاستیکی، یک طرف برحسب متر و سانتی متر و طرف دیگر برحسب فوت و اینچ تقسیم بندی شده است. در هنگام اندازه گیری دقت شود که به جای متر اشتباهاً مقدار فوت و اینچ مشاهده نشود.
- ۵ - در هنگام مترکشی، متر باید کاملاً کشیده و بدون شینت (شکم دادن متر) و پیچ خوردگی باشد.
- ۶ - در مترهای پارچه ای دقت شود متر بیش از اندازه کشیده نشود تا مقدار واقعی به طور دقیق نمایش داده شود.

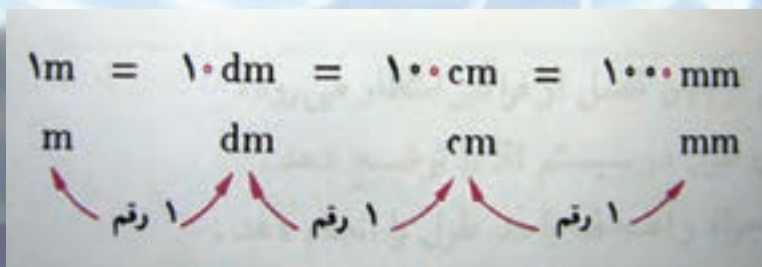


شکل ۲- ۱۱. کشش نامناسب متر

بیش تر بدانیم . . .



اجزای واحد اندازه گیری برحسب متر



۷ - هنگام مترکشی، دقت شود هر یک از اعداد، اشتباه قرائت و نوشته نشود.



شکل ۲ - ۱۲. قرائت نادرست متر

به طور مثال: عدد ده متر و شش سانتی متر بصورت ۱۰/۰۶ نوشته شود نه بصورت ۱۰/۶ (زیرا ۱۰/۶ همان ۱۰/۶۰ است).

۸ - برای بالا بردن دقت لازم است اندازه‌گیری در یک رفت و برگشت انجام گیرد و سپس از آن میانگین گرفته شود.



شکل ۲ - ۱۳. مترکشی به صورت رفت و برگشت

۹ - همیشه تعداد رقم اعشاری فاصله به تناسب اندازه‌ی دقت در نظر گرفته شود. به طور

مثال هنگام کار با یک متر با تقسیمات میلی‌متر، همیشه عدد فاصله تا سه رقم اعشار در واحد متر نوشته می‌شود؛ برای مثال: ۳۳/۲۹۴ متر یا ۷۱/۴۰۰ متر.

۱۰ - عدد روی متر از بالا و به صورت کاملاً مستقیم خوانده شود. چون اگر به صورت کج و با زاویه به متر نگاه شود عددی غیر از مقدار واقعی خوانده می شود (چند میلی متر کم تر یا بیش تر).



شکل ۲ - ۱۴. زاویه صحیح قرائت متر

۱۱ - همواره طول دهنه ها کوتاه تر از طول متر موجود انتخاب شود.



شکل ۲ - ۱۵. دهنه ی بزرگ تر از طول متر

اگر فاصله ی بین دو نقطه از طول متر بیش تر باشد چه می کنیم؟



بیش تر بدانیم . . .



دقت قرائت در اندازه گیری ها

هرگاه هنگام اندازه گیری تا یک رقم اعشار قرائت کنیم مثلاً $41/7$ این بدان معنی است که کوچک ترین تقسیمات $0/1$ می باشد و اعداد بین $0/1$ ها قابل شناسایی نیستند. اما اگر عدد $41/70$ باشد گام هایمان $0/01$ می شود یعنی اعداد بین $0/01$ ها قابل شناسایی نیستند. حال اگر $41/700$ قرائت کنیم گام هایمان $0/001$ می شود یعنی اعداد بین $0/001$ ها قابل شناسایی نیستند در نتیجه هرچه گام هایمان را کوچک تر کنیم دقت کار را بالاتر خواهیم برد.

خلاصه ی فصل

- اندازه گیری مهارتی است که میان تفکرات یک شخص درباره ی مقدار یک کمیت در ذهن او و مقدار همان کمیت در دنیای واقعی رابطه ایجاد می کند.
- در اندازه گیری جواب قطعی نداریم و تمام مشاهدات با خطا همراه هستند.
- در نقشه برداری ۳ کمیت اندازه گیری می شود: ۱- فاصله ۲- اختلاف ارتفاع ۳- زاویه
- چون نقشه، تصویر قائم عوارض بر سطح افق است، همیشه باید فاصله ی افقی را برای تهیه ی نقشه به کار ببریم.
- رایج ترین روش های اندازه گیری فاصله ی افقی به روش مستقیم عبارت اند از:
 - ۱- قدم انسانی
 - ۲- چرخ غلتان
 - ۳- نوار اندازه گیری (متر)
- اندازه گیری فاصله ی افقی با قدم انسانی و چرخ غلتان تنها در زمین های هموار و با شیب یکسان قابل استفاده است.
- در هنگام اندازه گیری با متر رعایت اصول مترکشی الزامی است.

دقت روش های اندازه گیری فاصله به روش مستقیم با وسایل ساده ی مساحی		
وسیله ی اندازه گیری فاصله	دقت	خطا در اندازه گیری فاصله ی افقی صد متری
قدم انسانی (قدم اتالونه)	$\frac{1}{50}$	۲ متر
چرخ غلتان	$\frac{1}{300}$	۳۳ سانتی متر
متر معمولی	$\frac{1}{1000}$	۱۰ سانتی متر
متر دقیق	$\frac{1}{5000}$	۲ سانتی متر



سؤالات تشریحی

- ۱- مفهوم اندازه گیری را با ذکر یک مثال توضیح دهید.
- ۲- در نقشه برداری چه کمیت هایی اندازه گیری می شوند؟ نام ببرید.
- ۳- اندازه گیری فاصله را تعریف کنید.
- ۴- فاصله ی افقی و مایل را تعریف و تفاوت آن ها را بیان کنید.
- ۵- اندازه گیری فاصله ی افقی به روش مستقیم را تعریف کنید.
- ۶- انواع روش های اندازه گیری فاصله ی افقی به روش مستقیم را نام ببرید و هر کدام را توضیح دهید.
- ۷- روش های مختلف اندازه گیری فاصله ی افقی به طریقه ی مستقیم را از نظر دقت مقایسه کنید.
- ۸- اصول یازده گانه ی مترکشی را با ذکر مثال توضیح دهید.

سؤال جور کردنی

- ۹- وسایل اندازه گیری فاصله ی افقی ستون «الف» را با دقت های ستون «ب» تکمیل نمایید.

الف	ب
متر	۱:۳۰۰
چرخ غلتان (رول فیکس)	۱:۵۰
قدم انسانی	۱:۳۰۰۰
	۱:۱۰۰۰۰

سؤالات چهار گزینه ای

- ۱۰- اگر در اندازه گیری یک فاصله به دقت ۱:۵۰۰۰ نیاز داشته باشیم از کدام وسیله استفاده می کنیم؟

۱) چرخ غلتان ۲) قدم انسانی ۳) متر ۴) زنجیر مساحی

- ۱۱- کدام کمیت در نقشه برداری اندازه گیری نمی شود؟

۱) اختلاف ارتفاع ۲) فاصله ۳) مساحت ۴) زاویه



۱۲ - دقت کدام متر بیش تر است؟

(۱) متری پارچه‌ای با دقت ۱ میلی‌متر در یک متر

(۲) متری پارچه‌ای با دقت ۱ سانتی‌متر در ۱۰ متر

(۳) متری فلزی با دقت ۱۰ سانتی‌متر در ۲۰۰ متر

(۴) متری فلزی با دقت ۱ متر در ۵ کیلومتر

۱۳ - تمام موارد زیر از روش‌های اندازه‌گیری فاصله به روش مستقیم هستند به جز:

(۱) پلانیمتر (۲) متر (۳) قدم انسانی (۴) چرخ غلتان

۱۴ - همه‌ی موارد زیر در مورد اصول مترکشی صحیح است به جز:

(۱) متر باید به صورت افقی کشیده شود.

(۲) برای دقت بیش تر تا میلی‌متر قرائت شود.

(۳) طول متر از طول دهنه‌ی مترکشی بزرگ تر باشد.

(۴) عدد روی متر از بالا به صورت کاملاً مستقیم خوانده شود.

مسائل عددی

۱۵ - دو نقطه‌ی روی زمین به فاصله‌ی ۱۰۰ متر از هم قرار دارند. نقشه‌برداری این طول را با

قدم‌هایش چندین بار طی می‌نماید و تعداد قدم‌ها را به شرح زیر یادداشت می‌کند:

۱۴۶ - ۱۴۷ - ۱۵۴ - ۱۵۱ - ۱۵۰ - ۱۵۱ - ۱۵۳ - ۱۴۸

میانگین طول یک قدم این فرد چند متر است؟

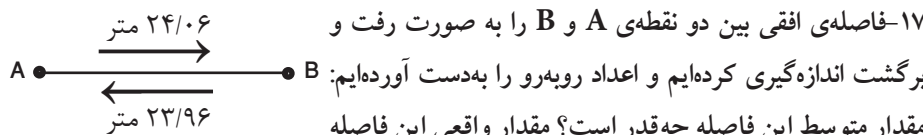
۱۶ - قرار است فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی A و B را با چرخ غلتان، که کنتور شماره‌انداز آن خراب

شده است، اندازه‌گیری کنیم. محیط چرخ رول فیکس ۹۶ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است.

به صورت اختیاری یک نقطه از محیط چرخ را مبدأ انتخاب می‌کنیم و علامت می‌زنیم. حال این

علامت را بر روی نقطه‌ی A قرار می‌دهیم و به سمت نقطه‌ی B حرکت می‌کنیم. چنان‌چه چرخ

رول فیکس تا نقطه‌ی B تقریباً تعداد ۲۰/۳ دور زده باشد فاصله‌ی بین A تا B چند متر است؟



چه قدر است؟ آیا عدد اندازه‌گیری شده‌ی در رفت صحیح است یا در برگشت؟ یا هیچ کدام؟

فصل سوم

اندازه گیری فاصله‌ی افقی به روش غیر مستقیم



هدف های رفتاری :

- پس از آموزش و مطالعه‌ی این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند:
- ۱- اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی به روش غیرمستقیم را تعریف کند.
 - ۲- با دانستن طول مایل و زاویه‌ی شیب بتواند فاصله‌ی افقی را محاسبه نماید.
 - ۳- امتدادگذاری را تعریف کند و دلیل اجرای آن را شرح دهد.
 - ۴- طریقه‌ی امتدادگذاری را شرح دهد.

نکته‌ها:

حضرت علی علیه السلام فرمودند:
هر روزی که بر انسان وارد شود، گوید: من روز جدیدی هستم،
من بر اعمال و گفتار تو شاهد می باشم. سعی کن سخن خوب و مفید
بگوئی، کار خوب و نیک انجام دهی. من در روز قیامت شاهد اعمال
و گفتار تو خواهم بود. و بدان امروز که پایان باید دیگر مرا نخواهی
دید و قابل جبران نیست.

قبل از مطالعه‌ی این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با مفهوم خط و پاره خط
- ۲- آشنایی با مفهوم تصویر پاره خط بر صفحه‌ی افق

: مطالب پیش نیاز

اندازه‌گیری
غیرمستقیم فاصله

فاصله‌ی مایل
Slope Distance

زاویه‌ی شیب
Slope Angle

امتدادگذاری
Alignment

مقدمه - اندازه‌گیری غیرمستقیم فاصله

روش‌های اندازه‌گیری‌ای که در نقشه‌برداری و مساحی به کار گرفته می‌شوند با توجه به دقت مورد نیاز، زمان، شرایط محیطی و... انتخاب می‌گردند. اندازه‌گیری فاصله به روش مستقیم، در تمام موارد به علت وضعیت پستی و بلندی زمین و موارد دیگر امکان‌پذیر نیست یا حداقل دشوار است، زیرا به دقت و رعایت اصول فراوانی نیاز دارد. از طرفی به زمان زیاد نیز احتیاج دارد. به همین دلیل در نقشه‌برداری روش‌های دیگری برای اندازه‌گیری غیر مستقیم معمول گردیده است، از جمله روش استادیتری، روش پارالاکتیک و استفاده از طولیاب‌های الکترونیکی. این روش‌ها را در آینده خواهید آموخت. البته در مساحی هم روش‌های ساده‌ای برای اندازه‌گیری فاصله به روش غیر مستقیم وجود دارد که در این فصل یکی از آن‌ها را بررسی می‌کنیم.

بیش‌تر بدانیم . . .



تحقیقی در مورد روش‌های استادیتری و پارالاکتیک انجام داده و آن‌ها را با هم و با روش‌هایی که در این فصل می‌آموزید مقایسه کنید.

۱-۳ اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی به روش غیرمستقیم

همیشه اندازه‌گیری مستقیم فاصله امکان‌پذیر نیست. مثلاً شیب بین دو نقطه آن‌قدر زیاد است که نمی‌توان متر کشی افقی را انجام داد یا به دلیل وجود مانعی در بین راه یا کمبود نفرات، انجام مترکشی افقی امکان‌پذیر نیست.



شکل ۱-۳. شیب زیاد؛ مشکلی پیش روی مترکشی

در این حالت می‌توانید برای اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی از روش‌های غیرمستقیم استفاده

کنید. به این مفهوم که

فاصله‌ی افقی بین دو نقطه، بدون این که مستقیماً اندازه‌گیری شود، با انجام یک سری اندازه‌گیری‌های دیگر (مثلاً فاصله‌ی مایل یا طول‌های دیگر) و با استفاده از فرمول‌های هندسی و محاسبات ریاضی به دست می‌آید. به این روش، اندازه‌گیری فاصله به روش غیرمستقیم گفته می‌شود.

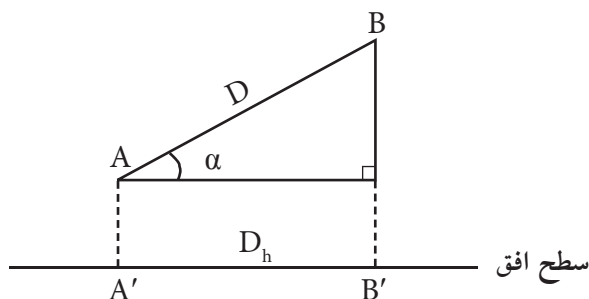
در این فصل متداول‌ترین روش اندازه‌گیری غیرمستقیم فاصله‌ی افقی (با استفاده از

طول مایل و زاویه‌ی شیب) مورد بررسی قرار می‌گیرد و در فصل پنجم نیز در مورد موانع بحث خواهد شد.

۲-۳ اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی به روش غیرمستقیم با استفاده از

طول‌مایل و زاویه‌ی شیب

در این حالت متر به موازات شیب روی زمین کشیده می‌شود و زاویه‌ی شیب توسط شیب‌سنج اندازه‌گیری می‌گردد. سپس از رابطه‌ی زیر، که همان رابطه‌ی تصویر فاصله‌ی مایل بر سطح افق است، فاصله‌ی افقی محاسبه می‌گردد:



$$A'B' = AB \times \cos \alpha$$

$$D_h = D \times \cos \alpha$$

شکل ۲-۳. تصویر فاصله‌ی مایل بر سطح افق

محاسبه‌ی فاصله‌ی افقی با استفاده از فاصله‌ی مایل و زاویه‌ی شیب :

$$D_h = D \times \cos \alpha$$

(رابطه‌ی ۳-۱)

در رابطه‌ی بالا α زاویه‌ی شیب، D فاصله‌ی مایل و D_h فاصله‌ی افقی است.

بیش‌تر بدانیم . . .



همان‌طور که در درس مبانی نقشه‌برداری خوانده‌اید نقشه‌تصویر قائم‌عوارض سطح



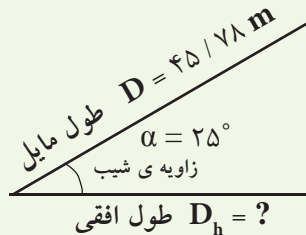
زمین بر روی صفحه‌ی افقی می‌باشد که پدیده‌ها و عوارض سطح زمین به‌طور یکسان در آن کوچک شده باشند. یعنی اگر جاده‌ای یک کیلومتری را فرض کنید که با شیب ۳۰ درجه در دامنه‌ی کوهی بالا می‌رود تصویر آن جاده بر روی نقشه به مقدار ضرب یک کیلومتر در $\cos 30^\circ$ خواهد شد.



اندازه گیری فاصله ی افقی با استفاده از طول مایل و زاویه ی شیب

در دامنه های جنوبی کوه دماوند که زاویه ی شیب آن 25° درجه است فاصله ی را بر روی زمین به صورت رفت و برگشت اندازه گیری کرده و میانگین آن را $45/78$ متر محاسبه کرده ایم. فاصله افقی آن چه قدر است؟

راهکار کلی: هدف از این مثال تبدیل فاصله ی مایل به فاصله ی افقی است. برای فهم بهتر صورت مسئله، کروکی (شکل) آن را ترسیم و اعداد مسئله را بر روی آن یادداشت می کنیم.



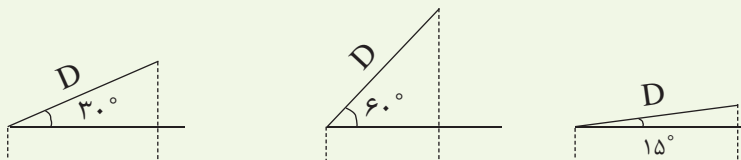
افق

همان طور که در شکل بالا مشاهده می کنید، می توان با معلوم بودن فاصله ی مایل و زاویه ی شیب فاصله ی افقی را مطابق رابطه ی ۱-۳ بدست آورد.

روش حل:

$$\left| \begin{array}{l} D = 45 / 78 \text{ m} \\ \alpha = 25^\circ \\ D_h = ? \end{array} \right. \Rightarrow \left| \begin{array}{l} D_h = D \times \cos \alpha \\ D_h = 45 / 78 \times \cos 25^\circ \\ D_h = 41 / 49 \text{ m} \end{array} \right.$$

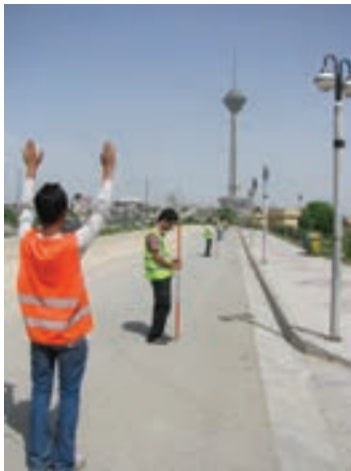
بحث و بررسی: با تغییر مقدار زاویه ی شیب مشاهده می کنیم که مقدار فاصله ی افقی تغییر می کند. برای یک فاصله ی ثابت هر چه زاویه ی شیب بیش تر شود فاصله ی افقی کم تر خواهد شد و برعکس. برای درک بهتر این مطلب به شکل های زیر توجه کنید (در تمام حالات فاصله ی مایل برابر است).



۳-۳ امتداد گذاری در نقشه برداری (Alignment)

در اصول متر کشی دیدیم که اگر فاصله‌ای که باید متر کشی شود از طول متر موجود بیش تر باشد باید آن فاصله را به قسمت‌های (دهنه‌های) کوچک‌تر از طول متر تقسیم کرد تا بتوان متر کشی را انجام داد. در این حالت چند نقطه بین فاصله‌ی مورد نظر طوری انتخاب و علامت گذاری می‌شوند که همگی این نقاط در یک راستا و بدون انحراف باشند. به این عمل امتداد گذاری می‌گویند.

به ایجاد یک سری نقاط فرعی بین دو نقطه‌ی ثابت، به طوری که همگی در یک راستا باشند، «امتداد گذاری» گویند.



در ادامه هر دهنه به طور مجزا متر کشی می‌شود و در نهایت فاصله‌ی کل از مجموع اندازه‌ی این دهنه‌ها به دست می‌آید.

شکل ۳-۳. امتداد گذاری

بیش تر بدانیم . . .



آیا می‌دانید که چرا درختان را در امتداد هم می‌کارند؟

خلاصه ی فصل

- اندازه گیری غیرمستقیم فاصله ی افقی روشی است که با استفاده از روابط هندسی و با کمک گرفتن از طول های دیگر، فاصله ی افقی را محاسبه می کند.
- رابطه ی اندازه گیری فاصله ی افقی با استفاده از فاصله ی مایل و زاویه ی شیب:

$$D_h = D \times \cos \alpha$$
 رابطه ی ۱-۳
- دلیل امتدادگذاری در مسّاحی: تقسیم فاصله های بلند به فواصل کوتاه تر از طول متر موجود.
- امتداد گذاری؛ یعنی ایجاد یک سری نقاط فرعی بین دو نقطه ی ثابت، به طوری که همگی در یک راستا باشند.



خودآزمایی

سؤالات تشریحی

- ۱ - اندازه گیری فاصله ی افقی به روش غیرمستقیم را تعریف کنید.
- ۲ - با رسم شکل رابطه ی بین فاصله ی افقی و فاصله ی مایل را توضیح دهید.
- ۳ - امتدادگذاری را تعریف کنید.
- ۴ - دلیل انجام عملیات امتدادگذاری را شرح دهید.

سؤالات چهار گزینه ای

- ۵ - فاصله ی مایل بین دو نقطه ی A و B ، ۱۰۲/۴۶ متر و فاصله ی افقی آن ها ۹۹/۴۰ متر است. زاویه ی شیب بین دو نقطه چه قدر است؟

۱) ۳۲°۴۵'	۲) ۱۴°۰۲'
۳) ۱۸°۰۷'	۴) ۲۲°۳۷'
- ۶ - زاویه شیب بین دو نقطه ۳۷ درجه است. اگر فاصله روی شیب ۷۴/۳۸ متر باشد، فاصله افقی بین دو نقطه چند متر است؟

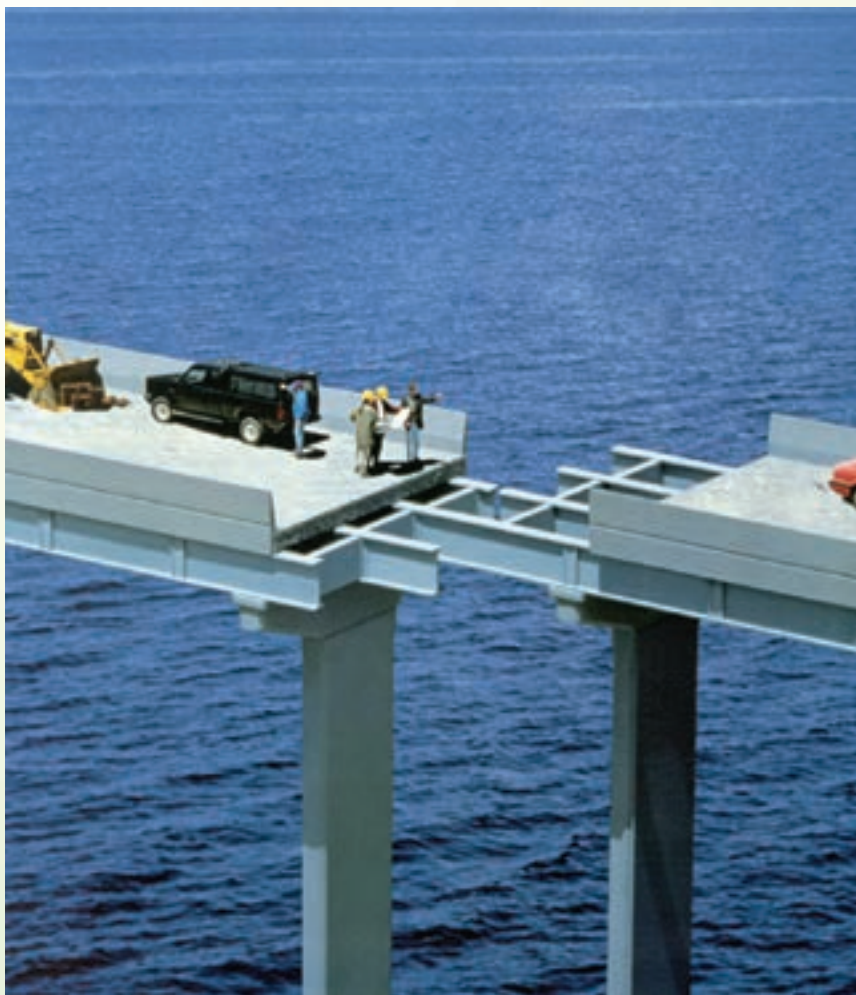
۱) ۵۹/۴۰	۲) ۴۴/۷۶
۳) ۵۶/۰۵	۴) ۶۵/۷۹

مسائل عددی

- ۷ - فاصله ی روی شیب بین دو نقطه ۱۷۴/۵۸ متر است. اگر زاویه ی شیب ۱۲°۴۷' باشد، فاصله ی افقی بین دو نقطه را به دست آورید.
- ۸ - فاصله ی افقی بین دو نقطه ۴۷۶ متر است. طول مایل بین این دو نقطه با شیب ۱۶ درجه چه قدر است؟

فصل چهارم

انواع خطاها در مترکشی



هدف های رفتاری :

پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:

- ۱- مفهوم خطا را بیان کند.
- ۲- انواع خطاها را نام ببرد و هریک را شرح دهد.
- ۳- منابع ایجاد خطاها را نام ببرد.
- ۴- رایج ترین خطاهای بزرگ در مترکشی را شرح دهد.
- ۵- خطاهای تدریجی در مترکشی را شرح دهد.
- ۶- خطاهای اتفاقی در مترکشی را شرح دهد.

نکته ها:

اگر به راه خطا رفتی،

از برگشتن واهمه نداشته باش.

«کنفوسیوس»

قبل از مطالعه ی این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با فشار هوا و نیروی جاذبه
- ۲- آشنایی با اصول مترکشی

: مطالب پیش نیاز

مقدمه - اندازه گیری و خطا

مساحتی علم اندازه گیری ابعاد و موقعیت نسبی عوارض مستقر بر روی سطح زمین است. از آنجایی که تصور اندازه گیری بدون خطا امکان پذیر نیست، نقشه ها همیشه با مقداری خطا همراه است. از این رو برای به کارگیری نقشه ها در پروژه های عمرانی، باید بر اساس یک استاندارد مشخص، خطای مجاز در آن ها را از قبل تعیین نمود. وجود اشتباه در نقشه ها یا مجاز نبودن دقت آن ها نسبت به استانداردهای لحاظ شده برای پروژه ی مورد نظر، علاوه بر افزایش احتمال بروز خسارات مالی، موجب به تعویق افتادن کار و دوباره کاری نیز می شود. لذا نقشه بردار باید در اندازه گیری ها با منابع ایجاد خطاها، نحوه ی حذف یا به حداقل رساندن خطاها و بررسی درجه ی تأثیر خطاهای غیر قابل حذف آشنا شود تا بتواند از درستی و دقت نتایج به دست آمده اطمینان حاصل کند. این موارد موضوع درس تنوری خطاهاست که در این فصل به صورت مختصر شرح داده می شود.



هر که با آرای گوناگون روبه رو شود، جایگاه های خطا را بشناسد.

امام علی - علیه السلام - غررالحکم جلد ۵ صفحه ی ۳۷۵

۱-۴ مفهوم خطا (Error)

نظر به این که پایه‌ی همه اندازه‌گیری‌ها به حواس انسان منتهی می‌شود و به دلیل این که ساختمان وسایل اندازه‌گیری به علت محدودیت دقت ساخت، کامل نیست و شرایط محیطی در اندازه‌گیری به طور کامل قابل کنترل نیست، لذا نتایج اندازه‌گیری‌ها هیچ‌گاه به مقدار واقعی خود نمی‌رسند. علاوه بر این، حتی اگر همه‌ی موارد فوق در نظر گرفته نشود، اندازه‌گیری به طور ذاتی همیشه همراه با خطاست، زیرا هر چه قدر هم دقت اندازه‌گیری افزایش یابد، اصولاً نمی‌توان به اندازه‌ی واقعی دست یافت.

اگر اندازه‌ی واقعی کمیتی برابر x و مقدار اندازه‌گیری شده x' باشد آن‌گاه

$$(e = x' - x)$$

را خطای اندازه‌گیری آن کمیت گویند. به عبارت دیگر:

خطا عبارت است از میزان تفاوت بین مقدار واقعی و مقدار اندازه‌گیری شده

۲-۴ انواع خطاها

اصولاً خطاها به سه دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند: خطاهای بزرگ، خطاهای تدریجی و خطاهای اتفاقی. در زیر علت بروز هر یک از این خطاها همراه با مثال و راهکار کلی برطرف کردن آن‌ها تشریح می‌شود.

۱- خطای بزرگ (Gross error / Mistake / Blunder)

خطای بزرگ یا اشتباه در اثر بی‌دقتی عامل یا خرابی دستگاه صورت می‌گیرد و در نقشه‌برداری به هیچ وجه مجاز نیست. برای مثال اگر قرائت طول $۲۳/۱۸$ متر به صورت $۳۲/۱۸$ متر ثبت شود، اشتباه رخ داده است و خطای بزرگی به اندازه‌ی ۹ متر ایجاد شده است.

خطای بزرگ قابل تصحیح نیست و برای دوری از وقوع اشتباه، باید اندازه‌گیری متکی بر کنترل باشد. به منظور تشخیص و حذف اشتباه در هنگام اندازه‌گیری و بعد از آن، دو روش کلی کنترل مستقیم و غیر مستقیم به کار برده می‌شود که در ادامه شرح داده شده است:

الف) کنترل مستقیم اندازه گیری ها
در این روش، عمل اندازه گیری مجدداً تکرار می شود.

ب) کنترل غیر مستقیم اندازه گیری ها
در این روش، اندازه گیری ها با محاسبات کنترل می شود. به طور مثال می دانیم که مجموع زوایای داخلی یک مثلث ۱۸۰ درجه است، حال چنانچه زوایای داخلی یک مثلث را اندازه گیری کرده و مجموع آن ها را با عدد ۱۸۰ درجه مقایسه کنیم، اندازه گیری ها قابل کنترل می شوند. در صورتی که مقادیر به دست آمده دارای اختلاف فاحشی باشند، مقدار اشتباه به این وسیله مشخص می شود.

۲- خطای تدریجی (Systematic error)

خطای تدریجی (سیستماتیک یا جمع شونده) معمولاً در اثر به هم خوردن تنظیم دستگاه های اندازه گیری و دقیق نبودن آن ها و هم چنین لحاظ نکردن اثرات محیطی در اندازه گیری به وجود می آید. برای مثال اگر طول واقعی خط کش ۲۰ سانتی متری، ۲۰ سانتی متر و ۱ میلی متر باشد، به ازای هر قرائت ۲۰ سانتی متری به میزان ۱ میلی متر خطای سیستماتیک وجود خواهد داشت که باید به آن قرائت اضافه شود تا طول واقعی به دست آید. مثلاً به یک قرائت ۴۰ سانتی متری باید ۲ میلی متر اضافه شود تا طول واقعی ۴۰/۲ سانتی متر به دست آید.
از آن جاکه خطای تدریجی در شرایط اندازه گیری یکسان همواره دارای یک مقدار و علامت (مثبت یا منفی) ثابت است، قابل تصحیح بوده و می توان اثر آن را بر اندازه گیری ها به کمک روابط ریاضی یا فیزیکی محاسبه و برطرف نمود.

بیش تر بدانیم . . .



چرا دو طرف پل به هم
نرسیده اند؟
دلایل خود را در چند خط
توضیح دهید.

۳- خطای اتفاقی (Random error)

خطایی است که پس از حذف اشتباه و خطای تدریجی باز هم در اندازه‌گیری‌ها وجود دارد. این خطا برخلاف خطای تدریجی دارای جهت مشخصی نیست و در عمل ممکن است مجموع چند خطای اتفاقی برابر صفر گردد و یا مقدار زیادی شود. این خطا را با روابط ریاضی نمی‌توان حذف کرد و روش مشخصی برای تعیین مقدار مطلق و حذف این خطا وجود ندارد. زیرا مقدار و جهت آن به صورت اتفاقی تغییر می‌کند و به طور ناشناخته در اندازه‌گیری‌ها وارد می‌شود. برای مثال اگر طولی ۱۵ سانتی‌متری را با خط‌کش ۲۰ سانتی‌متری در شرایط کاملاً یک‌سان چهار بار با دقتی در حد دهم میلی‌متر اندازه‌گیری نماییم، چهار عدد مختلف $۱۵/۰۲$ ، $۱۵/۰۴$ ، $۱۴/۹۹$ و $۱۴/۹۷$ به دست می‌آید که هیچ‌یک اندازه‌ی واقعی نیست. اما می‌توان گفت که متوسط این مقادیر یعنی $۱۵/۰۰۵$ با احتمال بیش‌تری به مقدار واقعی نزدیک‌تر خواهد بود.

سؤالی که در این‌جا مطرح می‌شود این است که اگر نمی‌توان خطای اتفاقی را از اندازه‌گیری حذف کرد، تا چه حد می‌توان آن را پذیرفت؟ به بیان دیگر با آگاهی از وجود خطای اتفاقی در یک اندازه‌گیری، آیا می‌توان آن را اندازه‌گیری درست در نظر گرفت؟ خطاهای اتفاقی قابل محاسبه نیستند. آن‌ها را نمی‌توان حذف کرد. اما با روش‌های آماری مانند تکرار اندازه‌گیری‌ها در چند نوبت و میانگین‌گیری از آن‌ها، می‌توان مقدار این خطا را تا حد دقت مورد نیاز کاهش داد.

در مورد دقت، صحت و حد مجاز خطاهای اتفاقی و محاسبه‌ی خطای حداکثر در کتاب کارگاه محاسبه و ترسیم (۱) بحث خواهد شد.

۳-۴ منابع ایجاد خطا

به طور کلی منابع ایجاد خطاها در نقشه‌برداری به سه دسته‌ی «انسان»، «دستگاه» و «طبیعت» تقسیم می‌شوند که در این قسمت آن‌ها را شرح می‌دهیم.

۱- انسان (عامل اندازه گیری) (Person)

محدودیت‌های حواس پنج‌گانه‌ی انسان، مانند محدودیت در قابلیت بزرگنمایی چشم و نیز محدود بودن بعضی توانایی‌ها، مانند محدودیت حافظه، دقت انجام محاسبات و تمرکز فرد در اجرای کارها، منشأ انواع خطاها، به خصوص خطاهای بزرگ و غیر قابل اجتناب در اندازه‌گیری است. البته یکی از منابع مهم خطاهای اتفاقی نیز عامل انسانی است.

۲- وسایل و دستگاه‌های اندازه‌گیری (Instrument)

دقت اندازه‌گیری دستگاه‌های مختلف متفاوت است. واضح است هرچه ساخت دستگاه دقیق‌تر باشد، خطای ناشی از آن کم‌تر است.

۳- شرایط محیطی (Nature)

شرایط محیط اندازه‌گیری، در نتایج اندازه‌گیری‌ها تأثیر می‌گذارند. به خطای ناشی از این شرایط خطای طبیعی می‌گویند. عواملی از قبیل درجه‌ی حرارت محیط، فشار هوا، شکست نور، وزش باد و نظایر آن‌ها خطاهای طبیعی را ایجاد می‌نمایند. اگر بتوان این خطاها را شناخت و رفتار آن‌ها را مدل‌سازی نمود، در مجموعه‌ی خطاهای تدریجی طبقه‌بندی می‌شوند. خطاهای طبیعی ناشناخته نیز در اندازه‌گیری‌ها خود را به صورت خطاهای اتفاقی ظاهر می‌نمایند.

بیش‌تر بدانیم . . .



بدیهی است خطاهایی که افراد عمداً انجام می‌دهند علاوه بر این که باعث اشتباه در کار گروه نقشه‌برداری می‌شود، ممکن است موجب خطراتی گردد. آیا می‌توانید چند نمونه از این خطاها را نام ببرید؟

در مترکشی نیز مشابه اندازه گیری های دیگر، انواع مختلف خطاها شامل خطاهای بزرگ، تدریجی و اتفاقی رخ می دهد که منبع ایجاد آنها، عامل انسانی، دستگاهی و شرایط محیطی است. در ادامه انواع مختلف خطاها در مترکشی با ذکر منبع ایجاد آنها بیان می گردد.

الف) خطاهای بزرگ در مترکشی

رایج ترین خطاهای بزرگ یا اشتباهاتی که ممکن است هنگام مترکشی اتفاق بیفتد، عبارت اند از :

- ۱ - اشتباه در انتخاب صفر متر: صفر متر متناسب با سلیقه و نظر کارخانه ی سازنده متفاوت است . بنابراین باید دقت شود که صفر متر یا مبدأ متر درست انتخاب گردد .
- ۲ - اشتباه در خواندن یا نوشتن اندازه ها: مثلاً عدد $۶/۹۰$ متر را بصورت $۹/۶۰$ متر بخوانیم یا یادداشت کنیم.
- ۳ - اشتباه گرفتن نقاط ابتدایی یا انتهایی دهانه های متر کشی: یعنی نسبت به نقطه ی دیگری مترکشی کنیم.
- ۴ - اضافه حساب کردن یا از قلم انداختن یک یا چنددهنه از مسیر اندازه گیری (در فواصل بلند).
- ۵ - اشتباه جمع زدن فاصله ها در اندازه گیری های چند دهنه.

ب) خطاهای تدریجی در مترکشی

در عملیات اندازه گیری فاصله که با متر صورت می گیرد ممکن است خطاهای سیستماتیک (تدریجی) مختلفی رخ دهد که مهم ترین آنها عبارت اند از :

۱ - خطا در اثر استاندارد نبودن طول متر : یعنی طول واقعی متر برابر اعداد نوشته شده بر روی آن (طول اسمی) نباشد، بلکه کم تر یا بیش تر از آن باشد. مثلاً یک نوار اندازه گیری ۵۰ متری در واقعیت، مقدار $۴۹/۹۵$ متر را نشان می دهد . این خطا از نوع تدریجی (سیستماتیک) بوده و عامل ایجاد آن دستگاه (متر) است.

۲ - خطای درجه‌ی حرارت : معمولاً هر نوار اندازه‌گیری (متر) در کارخانه، تحت یک درجه‌ی حرارت استاندارد ساخته می‌شود. در هنگام کار با این متر در طبیعت، درجه‌ی حرارت محیط می‌تواند از درجه‌ی استاندارد کم‌تر یا بیش‌تر باشد در نتیجه طول واقعی متر به واسطه‌ی انقباض و یا انبساط کم و زیاد می‌شود و ایجاد خطا می‌کند. این خطا از نوع تدریجی (سیستماتیک) بوده و عامل ایجاد آن طبیعت است.

۳ - خطای شکم دادن متر (شِنت) : اگر دو طرف متر با نیروی کم‌تر از حد لازم کشیده شود بر اثر نیروی جاذبه‌ی زمین و وزن متر، در وسط آن انحنا ایجاد می‌شود و به نظر می‌رسد که متر کمانه کرده است. در این حالت طول اندازه‌گیری شده از طول واقعی بیش‌تر می‌شود و خطایی در اثر کمانه کردن یا شکم دادن متر ایجاد می‌شود. این خطا از نوع تدریجی (سیستماتیک) بوده و عامل ایجاد آن طبیعت (نیروی جاذبه زمین) است.



شکل ۴ - ۱. خطای شکم دادن متر (شِنت)

بیش‌تر بدانیم . . .



خطای درجه حرارت: این خطا از نوع خطای سیستماتیک (تدریجی) است و گاهی زیاد شونده و گاه کم شونده است و در اثر تفاوت درجه حرارت محیط ساخت و محیطی که عملیات نقشه‌برداری در آن صورت می‌گیرد پیش می‌آید و مقدار آن از رابط زیر محاسبه می‌شود:

$$C_t = \alpha L(t - t_0)$$

در این فرمول t درجه حرارت محیط کار، t_0 درجه حرارت محیط ساخت، α ضریب انبساط طولی نوار می‌باشد.

۴ - خطای افقی نبودن متر : اگر مترکشی ما در راستای سطح افقی نباشد فاصله‌ی اندازه‌گیری شده توسط متر، فاصله‌ی مایل بین دو نقطه می‌شود. این خطا از نوع تدریجی بوده که عامل ایجاد آن انسان است.



شکل ۴ - ۲. خطای افقی نبودن متر

۵ - خطای کشش نامناسب متر : گاهی در اثر کشش زیاد متر از دو طرف، طول متر تغییر می‌کند و مقدار کم‌تری از مقدار واقعی را نشان می‌دهد. این خطا برعکس خطای شکم دادن متر است. خطای کشش نامناسب متر از خطاهای تدریجی بوده و عامل ایجاد آن انسان است.

۶ - خطای امتدادگذاری: همان‌طور که قبلاً در بحث امتدادگذاری گفته شد، معمولاً در اندازه‌گیری‌های نقشه‌برداری با وسایل ساده، فاصله‌ی مورد نظر را به قطعات کوچک تقسیم می‌کنیم. در یک امتداد نبودن میخ‌ها باعث ایجاد این خطاست و سبب افزایش طول اندازه‌گیری می‌گردد. اگر میزان خروج از امتداد را بدانیم این خطا از نوع تدریجی بوده و اگر آن را ندانیم این خطا از نوع اتفاقی بوده که عامل ایجاد آن انسان است.



شکل ۴ - ۳. خطای امتدادگذاری (دید از بالا)

ج) خطاهای اتفاقی در مترکشی

۱ - خطای مربوط به قرائت اجزای متر: اگر در موقع خواندن عدد روی متر به طور عمود بر آن نگاه نکنیم باعث می شود که عدد خوانده شده چند میلی متر کم تر یا بیش تر قرائت شود. این خطای اتفاقی بوده و عامل ایجاد آن انسان است.

۲ - خطا در اثر باد و تکان خوردن متر: این خطا بیش تر زمانی اتفاق می افتد که در اثر نیروی باد، متر از امتداد خود خارج شده یا پیچ می خورد. در مواقعی که اجباراً در شرایط نامساعد جوّی باید کار کرد سعی می شود فاصله ی دهنه ها کم تر انتخاب گردد. این خطا از خطاهای اتفاقی بوده و عامل ایجاد آن طبیعت است.



شکل ۴-۴. خطا در اثر باد و تکان خوردن متر

بیش تر بدانیم . . .



خطای شنت (خطای کمانه): این خطا که در اثر وزن نوار و نیروی جاذبه زمین حاصل می شود از خطاهای تدریجی کم شونده (منفی) است که نسبت عکس با نیروی کشش وارده بر متر هم دارد و مقدار آن از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$C_g = \frac{l^3 \times p^2}{24F^2}$$

در این فرمول p وزن یک متر نوار بر حسب کیلوگرم و F نیروی کشش عامل در دو سر متر و l طول نوار است.

خلاصه ی فصل

- خطا عبارت است از میزان تفاوت بین مقدار حقیقی و مقدار اندازه گیری شده
- منابع ایجاد خطا عبارت اند از: عامل انسانی، دستگاهی و محیطی
- خطاها به طور کلی به سه دسته تقسیم بندی می شوند: ۱- خطاهای بزرگ (اشتباهات)، ۲- خطاهای تدریجی (سیستماتیک) و ۳- خطاهای اتفاقی
- اشتباه خطای بزرگی است که در اثر بی توجهی نقشه بردار یا خرابی دستگاه رخ می دهد.
- روش های تشخیص اشتباه عبارت اند از: ۱- کنترل مستقیم اندازه گیری ها ۲- کنترل غیر مستقیم اندازه گیری ها
- خطاهای تدریجی معمولاً بر اثر عدم تنظیم دستگاه ها و لحاظ نکردن شرایط محیطی به وجود می آیند. اندازه گیری در شرایط یک سان، همواره مقدار و جهت یک سان دارد.
- خطاهای اتفاقی خطاهایی هستند که پس از حذف اشتباهات و خطاهای تدریجی باز هم در اندازه گیری ها وجود دارند و مقدار و جهت آن ها به صورت اتفاقی تغییر می کند.
- انواع خطاها در متر کشی رخ می دهند که باید آن ها را مورد توجه قرار داد.

رایج ترین خطاها در مترکشی عبارت اند از:		
خطا	منبع ایجاد خطا	نوع خطا
خطا در اثر استاندارد نبودن طول متر	دستگاه	تدریجی
خطای درجه ی حرارت	طبیعت	تدریجی
خطای شکم دادن متر (شنت)	طبیعت	تدریجی
خطای افقی نبودن متر	انسان	تدریجی
خطای کشش نامناسب متر	انسان	تدریجی
خطای امتدادگذاری	انسان	تدریجی
خطای مربوط به قرائت اجزای متر	انسان	اتفاقی
خطا در اثر باد و تکان خوردن متر	طبیعت	اتفاقی
خطای انتخاب نقطه ی صفر متر	انسان	اشتباه
خطای خواندن یا نوشتن اندازه ها	انسان	اشتباه
خطای انتخاب نقاط دهنه های مترکشی	انسان	اشتباه
خطاهای محاسباتی	انسان	اشتباه



سؤالات تشریحی

- ۱ - خطای تدریجی و اشتباه را با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۲ - دو روش تشخیص اشتباه را توضیح دهید.
- ۳ - منابع ایجاد خطا را نام ببرید.
- ۴ - انواع خطاها را نام ببرید و آن‌ها را شرح دهید.
- ۵ - رایج‌ترین اشتباهات در متر کشی را شرح دهید و عامل ایجاد آن را بنویسید.
- ۶ - رایج‌ترین خطاهای تدریجی در متر کشی را شرح دهید و عامل ایجاد آن را بنویسید.
- ۷ - رایج‌ترین خطاهای اتفاقی در متر کشی را شرح دهید و عامل ایجاد آن را بنویسید.

سؤالات جورکردنی

- ۸ - خطاهای ستون «الف» را با منابع ستون «ب» تکمیل نمایید.

<u>الف</u>	<u>ب</u>
خطا در اثر استاندارد نبودن طول متر	انسان
خطای درجه‌ی حرارت	دستگاه
خطای شکم دادن متر	طبیعت
خطای افقی نبودن متر	

- ۹ - خطای ستون «الف» را با نوع آن در ستون «ب» تکمیل نمایید.

<u>الف</u>	<u>ب</u>
خطای کشش نامناسب متر	
خطای امتداد گذاری	تدریجی
خطای قرائت اجزای متر	اتفاقی
خطا در اثر باد و تکان خوردن متر	



سؤالات چهار گزینه ای

۱۰ - کدام یک از خطاهای زیر اتفاقی است؟

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| (۱) خطای قرائت اجزای متر | (۲) خطای امتداد گذاری |
| (۳) خطای افقی نبودن متر | (۴) خطای درجه ی حرارت |

۱۱ - عامل کدام یک از گزینه های زیر انسان است ؟

- | | |
|----------------------------|--|
| (۱) خطای درجه ی حرارت | (۲) خطای شکم دادن متر |
| (۳) خطای کشش نامناسب متر | (۴) خطا در اثر استاندارد نبودن طول متر |

نکته ها:

حضرت علی علیه السلام :

ارزش هر انسانی به قدر همت اوست،

و شجاعت و توان هر شخصی به مقدار گذشت و احسان اوست،

و درستکاری و صداقت او به قدر جوانمردی اوست،

و پاکدامنی و عفت هر فرد به اندازه غیرت او خواهد بود.

فصل پنجم

موانع در اندازه‌گیری فاصله



اگر در هنگام مترکشی به مانعی برخورد کنید،
چه راه‌حلی برای عبور از آن پیدا می‌کنید؟

هدف های رفتاری :

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:
- ۱- انواع موانع در اندازه گیری فاصله را نام ببرد.
 - ۲- روش عملی امتدادگذاری و اندازه گیری فاصله با وجود مانع دید را توضیح دهد.
 - ۳- روش های اندازه گیری فاصله با وجود مانع عبور قابل دور زدن را با ذکر یک مثال توضیح دهد.
 - ۴- روش های اندازه گیری فاصله با وجود مانع عبور غیر قابل دور زدن را با ذکر یک مثال توضیح دهد.
 - ۵- روش اندازه گیری فاصله با وجود مانع دید و عبور را با ذکر مثال توضیح دهد.

قبل از مطالعه ای این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- امتداد گذاری
- ۲- تشابه و تالس
- ۳- آشنایی با رابطه فیثاغورث

: مطالب پیش نیاز

مانع دید

مانع عبور

مانع دید و عبور

مقدمه - اندازه گیری فاصله با وجود مانع

گاهی موانع طبیعی (مانند تپه ، رودخانه و ...) یا مصنوعی ساخته‌ی بشر (مانند ساختمان ، استخر و...) که بین دو نقطه قرار دارند مانع از امتدادگذاری یا مترکشی مستقیم بین دو نقطه می‌شوند. در این گونه موارد با توجه به نوع مانع و ابتکار شخصی و با کمک راه‌حل‌های ساده‌ی هندسی مانند تشابه و قضیه‌ی تالس می‌توان به طور غیر مستقیم فاصله‌ی مورد نظر را محاسبه کرد.

بیش تر بدانیم . . .



چند سازه‌ی مهم در
شهرتان نام ببرید
که به عنوان موانع
در نقشه‌برداری ذکر
می‌شود؟

برج ۴۳۵ متری میلاد تهران

۱-۵ انواع موانع در اندازه گیری فاصله

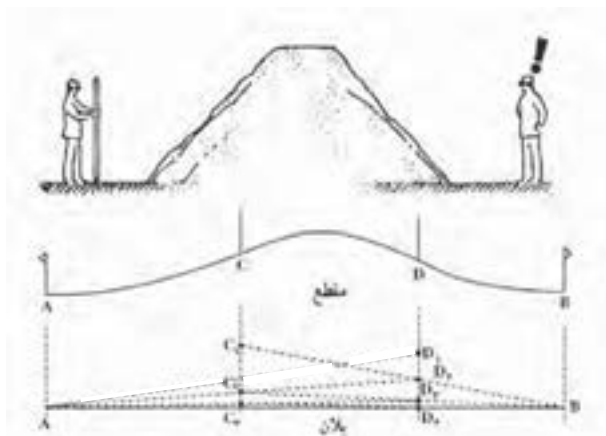
موانعی که در اندازه گیری فاصله ی بین دو نقطه امکان برخورد با آن ها وجود دارد سه دسته اند:

- ۱ - مانع دید
- ۲ - مانع عبور
- ۳ - مانع دید و عبور هر دو

راه حل هایی برای حل این موانع وجود دارند که در ادامه به شرح آن ها می پردازیم

۱ - مانع دید

اگر بین دو نقطه عارضه ای مانند تپه وجود داشته باشد نمی توان از نقطه ی اول نقطه ی دوم را دید (و بالعکس). به همین دلیل امکان امتدادگذاری بین این دو نقطه و در نتیجه مترکشی وجود ندارد. برای حل این مشکل روش عملی زیر اجرا می شود:



شکل ۵ - ۱. روش عملی امتدادگذاری بین دو نقطه با وجود مانع دید

روش عملی امتداد گذاری بین دو نقطه با وجود مانع دید

فرض کنیم دو نقطه‌ی A و B در دو طرف یک تپه قرار دارند و می‌خواهیم فاصله‌ی AB را اندازه‌گیری کنیم. اما این دو نقطه مستقیماً به هم دید ندارند.

مطابق شکل، ابتدا یک عامل در پشت ژالن A و عامل دیگر در پشت ژالن B قرار می‌گیرد و به ترتیب ژالن‌های C_1 و D_1 را که بر روی تپه قرار دارند هدایت می‌کند، به این صورت که عامل A ژالن D_1 را ثابت فرض می‌نماید و ژالن C_1 را به امتداد AD_1 هدایت می‌کند تا به نقطه‌ی C_p برسد.

سپس عامل B ژالن C_p را ثابت فرض می‌نماید و ژالن D_1 را به امتداد BC_p هدایت می‌کند تا به نقطه‌ی D_p برسد.

این کار آن‌قدر ادامه می‌یابد تا هر چهار ژالن A , B , C , D در یک راستا قرار گیرند.

در نهایت دهنه‌های AC , CD و DB را به طور جداگانه مترکشی می‌کنند و با جمع آن‌ها فاصله‌ی AB محاسبه می‌شود.

$$AB = AC + CD + DB$$

روش گفته شده در بالا به چهار عامل نیازمند است. آیا می‌توان این اندازه‌گیری را با عوامل کم‌تری (مثلاً دو عامل) انجام داد؟ روش کار را توضیح دهید.



بیش‌تر بدانیم . . .



به من نگاه حقیقت بین ده تا با همان نگاه به تو نزدیک شوم.
مناجات شعبانیه

۲ - مانع عبور

اگر از نقطه‌ی اول به نقطه‌ی دوم دید برقرار باشد ولی به علت وجود مانعی مانند استخر، گودال یا رودخانه و... نتوانیم این فاصله را مترکشی کنیم، با توجه به نوع مانع، دو حالت زیر را خواهیم داشت:

- مانع عبور قابل دور زدن

- مانع عبور غیر قابل دور زدن



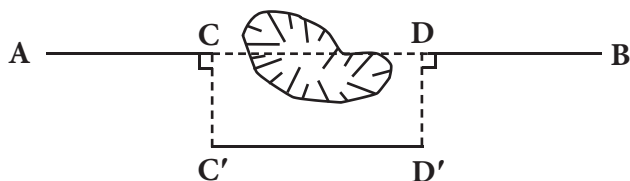
شکل ۵-۲. مانع عبور در اندازه‌گیری فاصله

حالت اول؛ مانع عبور قابل دورزدن:

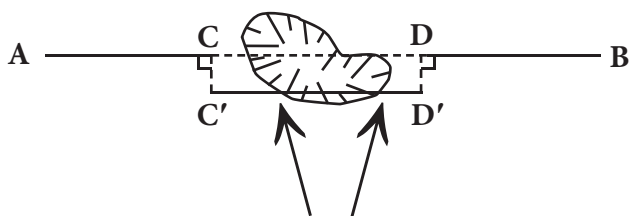
بین دو نقطه مانع عبور وجود دارد ولی در فاصله‌ی نزدیک می‌توان مانع را دور زد. برای حل این مسئله سه روش زیر پیشنهاد می‌شود:

الف) روش اخراج عمود: دو نقطه‌ی C و D را در دو طرف مانع در راستای AB در نظر می‌گیریم. سپس به وسیله‌ی گونیای مساحی از نقاط C و D عمودهایی اخراج می‌کنیم و آن‌ها را C' و D' می‌نامیم. حال با اندازه‌گیری طول C'D' به جای طول CD می‌توانیم فاصله‌ی AB را محاسبه کنیم. سپس داریم:

$$AB = AC + C'D' + DB$$



شکل ۵-۳. اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع عبور قابل دورزدن - روش اخراج عمود
 باید دقت شود نقاط C' و D' خارج از مانع انتخاب گردد تا هنگام مترکشی $C'D'$ به مانع برخورد نکنیم.



شکل ۵-۴. مشکل در مترکشی

بیش‌تر بدانیم . . .



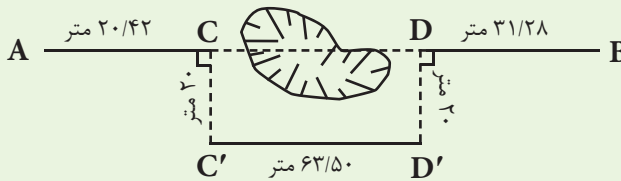
از جمله متداول‌ترین سیستم‌های اندازه‌گیری در دنیا سیستم متریک است که اکثر کشورهای دنیا از آن استفاده می‌کنند. از ویژگیهای بارز این سیستم، ده دهی بودن رقم‌های اعشاری آن است. به عبارت دیگر ضرایب اجزاء و اضعاف این سیستم، مضربی از عدد ۱۰ است که به راحتی می‌توان آن را در عددی ضرب یا تقسیم کرد. بر این اساس امروزه اکثر کشورهای جهان سیستم خود را به متریک سوق می‌دهند. در این راستا سیستم بین‌المللی SI تدوین شده است.

مثال ۵-۱



اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی با وجود مانع عبور قابل دورزدن - روش اخراج عمود

هنگام عملیات مترکشی در بین مسیر به گودال بزرگی برخورد کرده‌ایم که مانع عبور و امتدادگذاری است. مطابق شکل زیر، اندازه‌گیری‌هایی انجام شده است. فاصله‌ی AB را محاسبه کنید.



راهکار کلی: همان‌طور که مشاهده می‌کنید، طول $C'D'$ با طول CD برابر است. چون چهار ضلعی $CDD'C'$ یک مستطیل است و در مستطیل اضلاع روبه‌رو با هم برابرند. بنابراین:

$$AB = AC + CD + DB$$

و

$$CD = C'D'$$



$$AB = AC + C'D' + DB$$

روش حل:

$$AC = 20/42 \text{ m}$$

$$DB = 31/28 \text{ m}$$

$$C'D' = 63/50 \text{ m}$$



$$AB = AC + C'D' + DB$$

$$AB = 20/42 + 63/50 + 31/28$$

$$AB = 115/20 \text{ m}$$

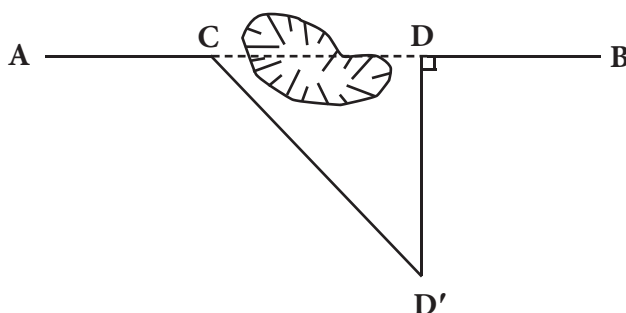
بحث و بررسی: دقت این روش به دقت در پیاده‌کردن عمودها و اندازه‌گیری فاصله‌های افقی بر روی زمین بستگی دارد. یعنی اگر زوایای C و D ، 90° درجه نباشند دیگر نمی‌توان $C'D'$ را مساوی CD قرار داد، زیرا شکل مستطیل نیست.

همچنین، طول عمودها باید طوری انتخاب شوند که از عرض مانع عبور کنند؛ یعنی بتوان به راحتی و مستقیم طول $C'D'$ را روی زمین مترکشی کرد.



ب) روش مثلث قائم الزاویه: فرض می‌کنیم بین دو نقطه‌ی A و B یک مرداب کوچکی قرار دارد. نقطه‌ی C را، که در روی امتداد AB نرسیده به مانع (مرداب) واقع است، انتخاب می‌کنیم. به همین صورت نقطه‌ی D را در همین امتداد بعد از مانع در نظر می‌گیریم. به وسیله‌ی گونیای مساحی و متر، عمودی را از آن اخراج می‌کنیم. روی امتداد عمود یک نقطه مانند D' را طوری انتخاب می‌کنیم که بتوانیم DD' را مستقیم روی زمین مترکشی نماییم. به این ترتیب، یک مثلث قائم الزاویه را تشکیل می‌دهیم پس داریم:

$$CD = \sqrt{CD'^2 - DD'^2}$$



شکل ۵-۵. اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع عبور قابل دورزدن - روش مثلث قائم الزاویه
با داشتن طول‌های AC, CD, DB و جمع آن‌ها با هم، طول بین دو نقطه‌ی A و B به دست می‌آید.

بیش‌تر بدانیم . . .



قضیه فیثاغورث در هندسه و فضای اقلیدسی بخشی از صورت کلی قانون کسینوس‌ها هنگامی که زاویه‌ی بین دو بردار ۹۰ درجه است می‌باشد. این قضیه به نام ریاضی‌دان یونانی فیثاغورس نامگذاری شده است. به سخن دیگر در یک مثلث راست گوشه (یا قائم الزاویه) همواره مجموع توان‌های دوم دو ضلع برابر با توان دوم ضلع سوم است. می‌توان ثابت کرد (مطابق شکل) مساحت مربع مقابل به وتر برابر است با مجموع مساحت‌های مربع‌های مقابل به دو ضلع دیگر. یعنی:

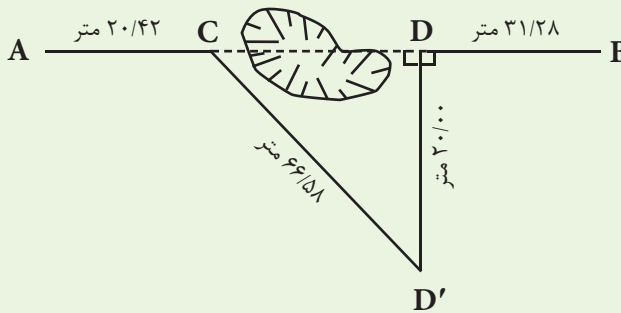
$$c^2 = b^2 + a^2$$

مثال ۵-۲



اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی با وجود مانع عبور قابل دورزدن - روش مثلث قائم‌الزاویه

هنگام عملیات مترکشی در بین مسیر به گودال بزرگی برخورد کرده‌ایم که مانع عبور و امتدادگذاری می‌باشد. مطابق شکل زیر اندازه‌گیری‌هایی انجام شده است. فاصله‌ی AB را محاسبه کنید.



راهکار کلی: همان‌طور که مشاهده می‌کنید عمود DD' را طوری انتخاب می‌کنیم که از عرض مانع عبور کند. مثلث $CD'D$ مثلث قائم‌الزاویه است، زیرا یک زاویه‌ی آن (D) 90° درجه است. حال می‌توان با استفاده از رابطه‌ی فیثاغورث طول ضلع مجهول CD را به‌دست آورد.

$$CD'^2 = CD^2 + DD'^2$$

$$CD^2 = CD'^2 - DD'^2 \Rightarrow CD = \sqrt{CD'^2 - DD'^2}$$

روش حل:

$$CD = \sqrt{CD'^2 - DD'^2}$$

$$CD = \sqrt{66.58^2 - 2.0^2} = \sqrt{40.32/90} = 63.50 \text{ m}$$

$$AB = AC + CD + DB = 20.42 + 63.50 + 31.28 = 115.20 \text{ m}$$

بحث و بررسی: طول DD' را باید طوری انتخاب کرد که اولاً زاویه‌ی رأس D قائم شود و ثانیاً ضلع CD' را بتوان مستقیماً روی زمین (و نه روی گودال) مترکشی کرد.

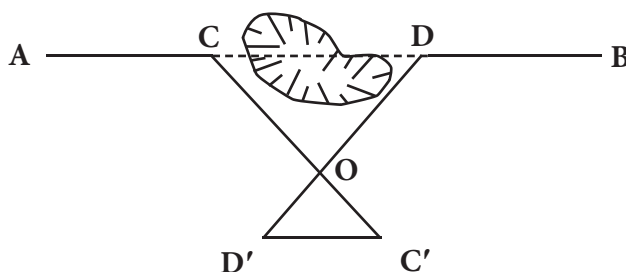


ج) روش قضیه‌ی تالس: در روی امتداد AB دو نقطه‌ی C و D را طوری در نظر می‌گیریم که امتدادهای آنها بر روی زمین و خارج مانع تشکیل شود و مستقیماً بتوانیم امتدادها را مترکشی نماییم. محل تلاقی این دو امتداد تشکیل یافته را O می‌نامیم دو امتداد OD و OC را در راستای خود ادامه می‌دهیم تا طول‌های OD' و OC' به ترتیب متناسب با طول‌های OD و OC به وجود آیند. در نتیجه با توجه به تشابه دو مثلث خواهیم داشت:

$$\frac{CD}{D'C'} = \frac{CO}{OC'} = \frac{DO}{OD'}$$

$$\Rightarrow CD = \frac{CO \times D'C'}{OC'} \quad \text{یا} \quad CD = \frac{DO \times D'C'}{OD'}$$

$$AB = AC + CD + DB$$



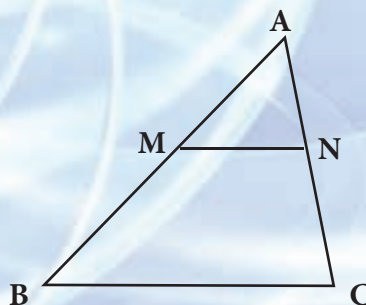
شکل ۵ - ۶. اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع عبور قابل دورزدن - روش قضیه‌ی تالس

بیش‌تر بدانیم . . .



قضیه‌ی تالس:
خطی که موازی یک ضلع مثلثی رسم شود بر دو ضلع دیگر یا بر امتداد آنها پاره‌خط‌های متناظری پدید می‌آورد که با اضلاع متناظر از آن مثلث متناسبند.

$$\frac{AM}{AB} = \frac{AN}{AC} = \frac{MN}{BC}$$





اندازه‌گیری فاصله‌ی افقی با وجود مانع عبور قابل دورزدن - روش قضیه‌ی تالس

هنگام عملیات مترکشی در بین مسیر به گودال بزرگی برخورد کرده‌ایم که مانع عبور و امتدادگذاری است. مطابق شکل زیر اندازه‌گیری‌هایی انجام شده است. فاصله‌ی AB را محاسبه کنید.



راهکار کلی: در حل این مسائل ابتدا باید نسبت بین اضلاع CO و OC' و همچنین DO و OD' را به دست آورد.

$$\frac{OC'}{OC} = \frac{OD'}{OD} = \frac{1}{k}$$

پس از به دست آوردن این دونسبت (که با هم برابر هستند. چرا؟) می‌توان طبق قضیه‌ی تالس اثبات کرد که $CD \parallel C'D'$ بوده و همچنین نسبت به دست آمده بین طول‌های CD و C'D' نیز برقرار است. حال با ضرب طول C'D' در عکس نسبت به دست آمده (k)، طول مجهول CD محاسبه می‌شود. پس خواهیم داشت:

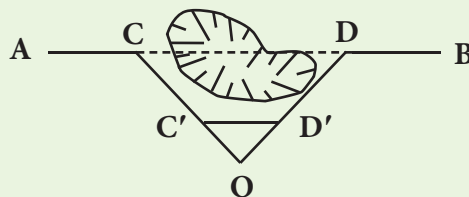
$$AB = AC + CD + DB$$

$$AB = AC + (C'D' \times k) + DB$$

$$\frac{OC'}{OC} = \frac{1}{k} \Rightarrow \frac{22/20}{44/40} = \frac{1}{k} \Rightarrow k = 2$$

$$AB = 20/42 + (31/75 \times 2) + 31/28$$

$$AB = 115/20 \text{ m}$$



بحث و بررسی: می‌توان امتداد OC' و OD' را به جای اینکه به امتداد دو ضلع OC و OD اضافه کنیم بر روی این دو ضلع پیاده نماییم مانند شکل روبه‌رو:



یادآوری می‌شود طول C'D' نباید داخل مانع قرار بگیرد، زیرا مترکشی آن میسر نخواهد شد.

حالت دوم؛ مانع عبور غیر قابل دور زدن:
 بین دو نقطه مانع عبور قرار گرفته است و نمی توان در فاصله ای نزدیک مانع را دور زد،
 مانند رودخانه.
 در این حالت برای مثال می خواهیم فاصله ی A تا B را، که بین آن ها رودخانه قرار
 دارد، اندازه بگیریم.



شکل ۵ - ۷. مانع عبور غیر قابل دورزدن

بیش تر بدانیم . . .



تشابه دو مثلث به حالت دو زاویه:
 هر گاه دو زاویه از مثلثی با دو زاویه متناظر از مثلث دیگر مساوی باشند آن دو مثلث
 متشابه اند.

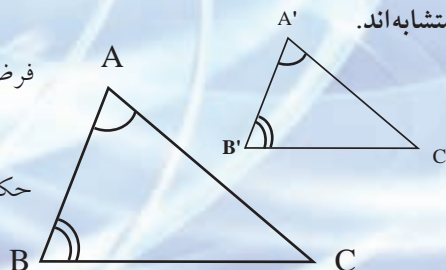
$$\angle B' = \angle B$$

$$\angle A' = \angle A$$

$$A'B'C' \sim ABC$$

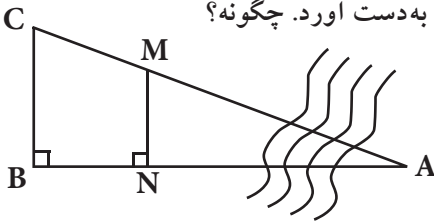
فرض:

حکم:



برای این کار دو روش زیر پیشنهاد می شود:

الف) از نقطه ی B عمودی بر امتداد AB اخراج می نمائیم و روی آن طول BC را به دلخواه انتخاب می کنیم. در روی امتداد AB نقطه ای مانند N را انتخاب نموده و از آن جا نیز عمودی اخراج می کنیم. حال نقطه ی M را روی این عمود طوری انتخاب می کنیم که در راستای AC قرار گیرد (تقاطع راستای AC و عمود اخراج شده از N). با اندازه گیری طول های BC ، BN و NM می توان طول مجهول AB را به دست آورد. چگونه؟



شکل ۵ - ۸. مانع عبور غیرقابل دورزدن

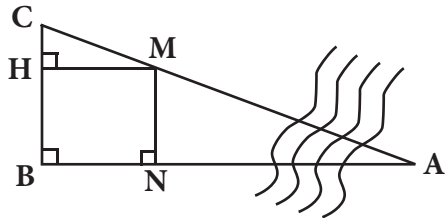
اگر بر روی کروکی از نقطه ی M عمودی بر امتداد BC رسم کنیم دو مثلث متشابه MHC و ABC را خواهیم داشت. چرا؟
با نوشتن اضلاع تشابه در این دو مثلث داریم:

$$\frac{MH}{AB} = \frac{HC}{BC} \Rightarrow AB = \frac{MH \times BC}{HC}$$

$$MH = BN$$

$$HC = BC - BH$$

$$= BC - MN$$

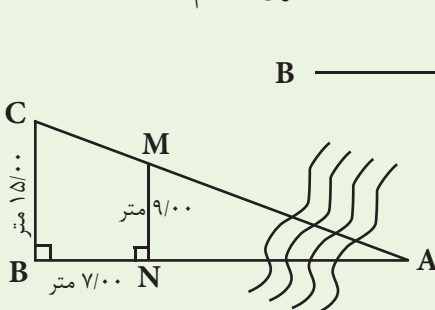


شکل ۵ - ۹. مانع عبور غیرقابل دورزدن و محاسبات آن

مثال ۴-۵

اندازه گیری فاصله با وجود مانع عبور غیرقابل دورزدن - روش اول

نقطه ی A در طرف دیگر یک رودخانه در جای مشخص قرار دارد. می خواهیم فاصله ی این نقطه تا نقطه ی B را، در طرف قابل دسترس رودخانه اندازه گیری نماییم.

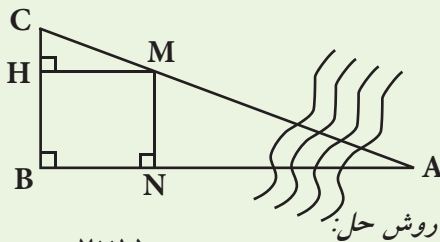


بر روی کروکی اندازه گیری های انجام شده یادداشت گردیده است. اندازه ی طول AB چند متر است؟

راهکار کلی: اگر از M عمودی بر روی BC رسم کنیم و پای عمود را H بنامیم، طول MH برابر با BN است. با نوشتن اضلاع تشابه دو مثلث MHC و ABC، داریم:

$$\frac{MH}{AB} = \frac{HC}{BC} \Rightarrow AB = \frac{MH \times BC}{HC}$$

در رابطه‌ی بالا مقادیر BC و MH معلوم است و CH نیز مطابق شکل برابر است با: $CH = BC - BH = BC - MN$ چرا؟



$$AB = \frac{MH \times BC}{HC}$$

$$CH = BC - MN = 15 - 9 = 6m$$

$$\Rightarrow AB = \frac{7 \times 15}{6} = 17.5m$$

بحث و بررسی: • می‌توان ضلع AC را نیز با نوشتن اضلاع تشابه دو مثلث گفته شده به‌دست آورد.



• در حین عملیات باید دقت شود که نقطه‌ی A ثابت فرض گردد و جای آن اشتباه‌آدر نظر گرفته نشود.



• با این روش می‌توان عرض رودخانه را در یک نقطه‌ی خاص به‌دست آورد: چگونه؟



بیش‌تر بدانیم . . .

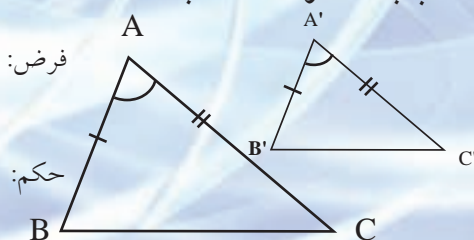


تشابه دو مثلث به حالت دو ضلع و زاویه بین: هرگاه یک زاویه از مثلثی با یک زاویه از مثلث دیگر متساوی و اضلاع نظیر این زاویه‌ها متناسب باشند، دو مثلث متشابه‌اند.

$$\angle A' = \angle A$$

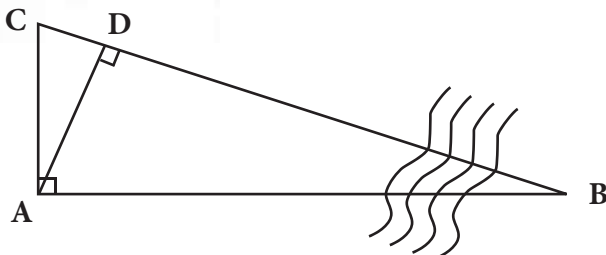
$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'C'}{AC}$$

$$A'B'C' \sim ABC$$



ب) ابتدا از نقطه‌ی A عمود AC را پیاده می‌نمائیم و سپس از همان نقطه‌ی A عمودی بر امتداد BC وارد می‌کنیم. پای عمود را D می‌نامیم. دو مثلث ACD و ABC به حالت دو زاویه و یک ضلع (زضز) با هم متشابه‌اند:

$$\left. \begin{array}{l} D = A = 90^\circ \\ \angle C = \angle C = \text{مشترک} \\ AC = AC = \text{مشترک} \end{array} \right\} \Rightarrow \triangle ACD \sim \triangle ABC$$



شکل ۵-۱۰. اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع عبور غیر قابل دورزدن

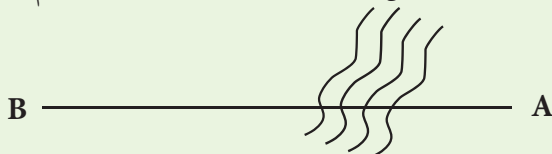
با توجه به تشابه دو مثلث خواهیم داشت: $\frac{AC}{CD} = \frac{AB}{AD} \Rightarrow AB = \frac{AC \times AD}{CD}$
در نهایت با اندازه‌گیری طول‌های AC و AD و طول مجهول AB محاسبه می‌گردد.

مثال ۵-۵

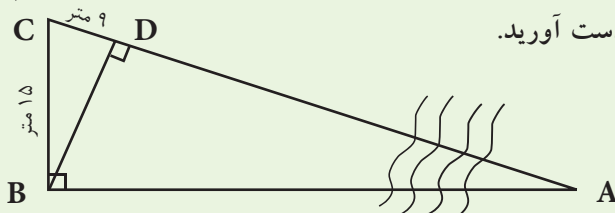


اندازه‌گیری فاصله با وجود مانع عبور غیر قابل دورزدن - روش دوم

نقطه‌ی A در طرف دیگر یک رودخانه در جای مشخص قرار دارد. می‌خواهیم فاصله‌ی این نقطه تا نقطه‌ی B را، در طرف قابل دسترس رودخانه اندازه‌گیری کنیم.



برای به‌دست آوردن فاصله‌ی AB اندازه‌گیری‌هایی مطابق شکل زیر انجام گرفته است. طول AB را به‌دست آورید.



راهکار کلی: می توان ثابت کرد که دو مثلث ABC و BCD با هم متشابه اند (به حالت زضز)

چرا؟

$$\left. \begin{array}{l} \angle B = \angle D = 90^\circ \\ \angle C = \angle C = \text{مشترک} \\ BC = BC = 15m \end{array} \right\}$$

حال می توان اضلاع تشابه را برای این مثلث به صورت زیر نوشت :

$$\frac{BC}{CD} = \frac{AB}{BD} = \frac{AC}{BC}$$

با استفاده از تناسب $\frac{BC}{CD} = \frac{AB}{BD}$ ضلع مجهول AB را محاسبه می کنیم:

$$AB = \frac{BC \times BD}{CD}$$

در رابطه ی فوق اضلاع BC و DC معلوم اند و ضلع BD را می توان از رابطه ی فیثاغورث در مثلث BCD محاسبه نمود.

$$BD^2 + CD^2 = BC^2 \Rightarrow BD = \sqrt{BC^2 - CD^2}$$

بیش تر بدانیم . . .



تشابه دو مثلث به حالت سه ضلع:

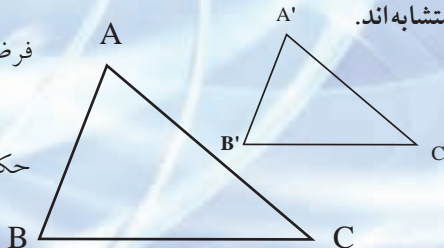
هرگاه سه ضلع مثلثی با سه ضلع مثلث دیگر نظیر به نظیر متناسب باشند؛ دو مثلث متشابه اند.

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'C'}{AC} = \frac{B'C'}{BC}$$

فرض:

$$A'B'C' \sim ABC$$

حکم:



روش حل:

$$BD = \sqrt{BC^2 - CD^2}$$

$$BD = \sqrt{15^2 - 9^2} \Rightarrow BD = 12m$$

$$AB = \frac{BC \times BD}{CD} \Rightarrow AB = \frac{15 \times 12}{9} \Rightarrow AB = 20m$$

بحث و بررسی: • برای حل این مثال، کافی است دو ضلع از مثلث کوچک تر را به دلخواه اندازه گیری کنیم و در محاسبات شرکت دهیم.

• در نوشتن نسبت های تشابه دو مثلث دقت شود تا در صورت یا مخرج کسر از اضلاع یک مثلث واحد استفاده گردد، به این مفهوم که مثلاً در صورت همه ی نسبت ها، اضلاع مثلث بزرگ و در مخرج همه ی نسبت ها، اضلاع مثلث کوچک نوشته شود.

• باید مواظب بود هنگام عملیات، نقطه ی D داخل رودخانه قرار نگیرد.



۳- مانع دید و عبور هردو

فرض کنید در بین راه A تا B ساختمانی واقع شده است که امکان دید و عبور از آن راستا را غیر ممکن می کند. در این صورت نقطه ی C را طوری انتخاب می کنیم که اولاً به هر دو نقطه ی A و B دید داشته باشد، ثانیاً BC و AC به راحتی و مستقیماً روی زمین قابل اندازه گیری باشد.

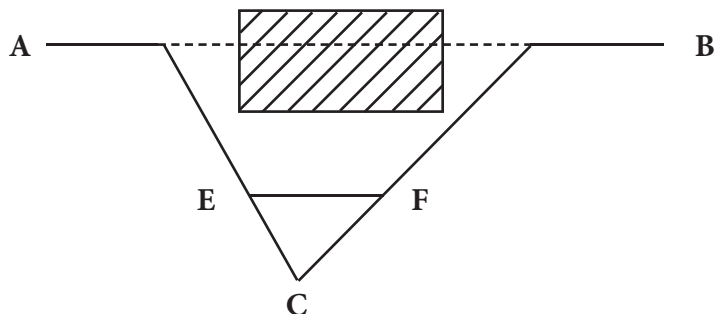
سپس روی امتداد AC طول EC را به اندازه ی $\frac{1}{k}AC$ و روی امتداد BC طول FC را

به اندازه ی $\frac{1}{k}BC$ جدا می کنیم (منظور از $\frac{1}{k}$ مثلاً $\frac{1}{3}$ یا $\frac{1}{4}$ یا ...). پس خواهیم

$$EC = \frac{1}{k}AC, FC = \frac{1}{k}BC \quad \text{داشت:}$$

در نتیجه با تشابه دو مثلث ABC و EFC می توان نوشت:

$$EF = \frac{1}{k}AB \Rightarrow AB = k \times EF$$



شکل ۵- ۱۱. مانع دید و عبور هردو

این مسئله مانند روش دوم مانع عبور قابل دور زدن است، با این تفاوت که به جای گودال یا مانع شبیه به آن، یک مانع دید و عبور (ساختمان) قرار گرفته است.

متذکر می شود که روش های گفته شده برای عبور از موانع مختلف به صورت پیشنهادی است و بسته به نوع منطقه و نوع مانع، باید با ابتکار عمل طول مجهول بین دو نقطه را محاسبه نمود.



بیش تر بدانیم . . .



در مورد موانع طبیعی و مصنوعی محیط اطراف محل زندگی خود تحقیق کرده و در یک جدول انواع آن موانع را طبقه بندی کنید.

خلاصه ی فصل

• سه نوع مانع در اندازه گیری فاصله وجود دارد:

۱ - دید

۲ - عبور

۳ - دید و عبور

• مانع عبور خود به تنهایی شامل دو قسمت است:

۱ - قابل دور زدن، مانند حوض ، استخر و ...

۲ - غیر قابل دور زدن، مانند رودخانه

• با دانستن قضایای تالس و فیثاغورث و تشابه دو مثلث، می توان مشکلات وجود مانع در اندازه گیری فاصله را برطرف نمود.



خودآزمایی

سؤالات تشریحی

۱ - انواع موانع در اندازه گیری فاصله را نام ببرید.

۲ - روش اندازه گیری فاصله با وجود مانع دید را توضیح دهید.

۳ - مانع عبور در اندازه گیری فاصله به چند بخش تقسیم می شود؟ نام ببرید.

۴ - روش های اندازه گیری فاصله با وجود مانع عبور قابل دور زدن را با ذکر مثال توضیح دهید.

۵ - روش های اندازه گیری فاصله با وجود مانع عبور غیر قابل دور زدن را با ذکر مثال توضیح دهید.

۶- روش اندازه گیری فاصله با وجود مانع دید و عبور را با ذکر مثال توضیح دهید.

نکته ها:

حضرت علی علیه السلام فرمودند:

برادر تو آن کسی است که گاه سختی تنهایت نگذارد و به هنگام گناه از تو غافل نشود و هرگاه از او چیزی می پرسی فریبت ندهد.



سؤال جور کردنی

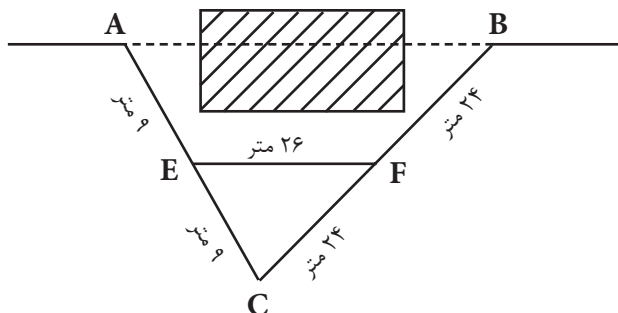
۷ - موانع ستون «الف» را با نوع مانع در ستون «ب» تکمیل کنید.

الف	ب
گودال	مانع دید
استخر	مانع عبور قابل دور زدن
مرداب	مانع عبور غیر قابل دور زدن
رودخانه	مانع دید و عبور
ساختمان	
باغچه	
بزرگراه	
تپه	

سؤالات چهارگزینه‌ای

- ۸ - در اندازه گیری فاصله، استخر چه نوع مانعی محسوب می شود؟
- (۱) مانع دید
- (۲) مانع عبور قابل دور زدن
- (۳) مانع عبور غیر قابل دور زدن
- (۴) مانع دید و عبور
- ۹ - تمامی موانع زیر، مانع عبور قابل دور زدن هستند به جز:
- (۱) استخر
- (۲) حوض
- (۳) بزرگراه
- (۴) گودال

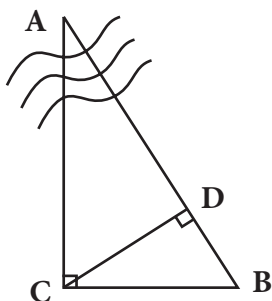
۱۰ - اندازه‌ی طول AB کدام است؟



- (۱) ۲۶ متر
- (۲) ۳۹ متر
- (۳) ۵۲ متر
- (۴) ۷۸ متر



۱۱ - در شکل مقابل $BC = 10 \text{ m}$ و $BD = 5 \text{ m}$ است. طول AB چند متر است؟



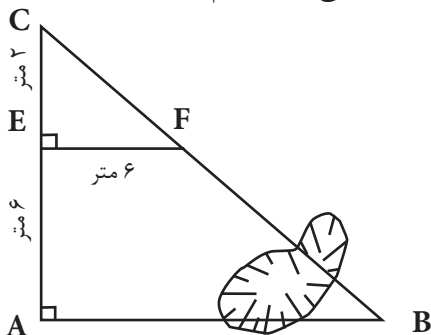
۲۰ (۱)

۴۰ (۲)

۳۰ (۳)

۵۰ (۴)

۱۲ - در شکل روبه‌رو اندازه‌ی ضلع AB کدام است؟



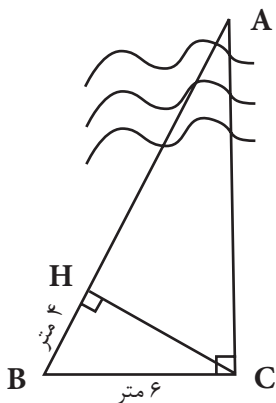
۳۶ (۱)

۲۴ (۲)

۱۸ (۳)

۱۲ (۴)

۱۳ - در شکل داده شده طول AC چند متر است؟ ($BH = 4 \text{ m}$ و $BC = 6 \text{ m}$)



۱۲ (۱)

۱۰ (۲)

۹/۱۱ (۳)

۶/۷۰ (۴)

فصل ششم

اندازه گیری زاویه با وسایل ساده



هدف های رفتاری :

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:
- ۱- زاویه ی افقی و قائم را با رسم شکل توضیح دهد.
 - ۲- روش های اندازه گیری زاویه ی افقی با وسایل ساده را نام ببرد و هر کدام را با ذکر مثال توضیح دهد.
 - ۳- زاویه ی قائم و انواع آنرا توضیح دهد.
 - ۴- اندازه گیری زاویه ی قائم با وسایل ساده را توضیح دهد.

قبل از مطالعه ی این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با مفهوم زاویه
- ۲- آشنایی با قطب نما
- ۳- آشنایی با مثلث متساوی الساقین
- ۴- آشنایی با فرمول کسینوس ها
- ۵- آشنایی با روابط معکوس مثلثاتی (\arcsin , \arccos)
- ۶- آشنایی با شیب سنج

: مطالب پیش نیاز

زاویه

.....

زاویه‌ی افقی

.....

زاویه‌ی قائم

.....

قطب نما

.....

زاویه‌ی شیب

.....

زاویه‌ی زینیتی

.....

شیب سنج

.....

مقدمه - زاویه در نقشه برداری

زاویه از عناصری است که در نقشه برداری زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد، چرا که برای تهیه نقشه، دانستن زوایای بین عوارض طبیعی و مصنوعی روی زمین امری مهم است. به این دلیل آشنایی با مفهوم زاویه، انواع زاویه و روش‌های اندازه‌گیری آن برای نقشه‌بردار کاملاً ضروری است.

در این فصل با روش‌های ساده‌ی اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم آشنا شده و روش‌های پیشرفته‌ی آن‌را در سال آینده فرا می‌گیرید.

بیش‌تر بدانیم . . .

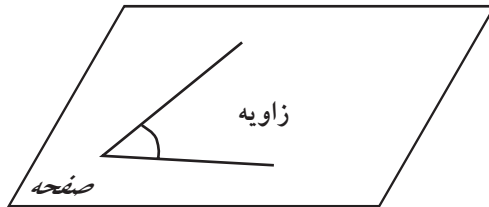


انواع زاویه:

انواع زاویه عبارت‌اند از: زاویه‌ی نیم صفحه، زاویه‌ی قائمه، زاویه‌ی حاده، زاویه‌ی منفرجه، زاویه‌ی صفر، زاویه‌ی کوژ، زاویه‌ی کاو (به کتاب هندسه مراجعه کنید).

۱-۶ اندازه‌گیری زاویه با وسایل ساده

می‌دانیم (در درس هندسه خوانده‌ایم):
- قسمتی از صفحه که بین دو امتداد متقاطع قرار گرفته باشد زاویه نامیده می‌شود.



شکل ۱-۶. زاویه

- در نقشه برداری، زاویه را در صفحه‌ی افقی و قائم اندازه‌گیری می‌کنیم.



در این فصل با روش‌های اندازه‌گیریِ زوایای افقی و قائم توسط وسایل ساده آشنا خواهیم شد.

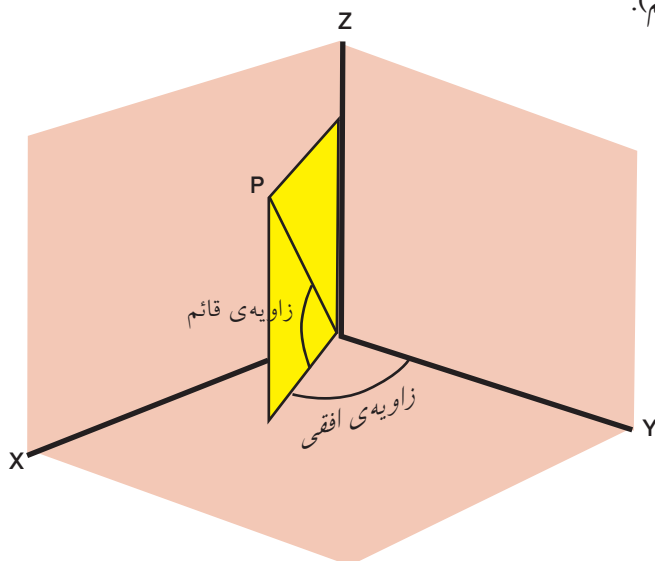
زاویه‌ی افقی و زاویه‌ی قائم (..... ..)

فرض کنیم مطابق شکل می‌خواهیم زاویه‌ی بین دو امتداد OA و OB را اندازه‌گیری کنیم. (زاویه AOB)



شکل ۲-۶. اندازه‌گیری زاویه‌ی بین دو امتداد

در نقشه برداری برای اندازه گیری این زاویه، یک بار امتدادها را در صفحه ی افقی تصویر کرده (زاویه ی افقی) و یک بار نیز امتداد ها را در صفحه ی قائم تصویر می کنیم (زاویه ی قائم).



شکل ۶-۳. زاویه ی افقی و زاویه ی قائم

زاویه ی افقی زاویه ای است که بین دو امتداد روی صفحه ی افقی به دست می آید .
زاویه ی قائم زاویه ای است که بین یک امتداد و امتداد افق یا قائم بر محل، روی صفحه ی قائم به دست می آید .

بیش تر بدانیم . . . 

حالات دو زاویه نسبت به هم
دو زاویه نسبت به هم ممکن است مجاور، متمم، مکمل، مجانب و متقابل به رأس باشند
(به کتاب هندسه مراجعه کنید).

۲-۶ اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی با وسایل ساده

برای اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی توسط وسایل ساده، دو روش متداول زیر پیشنهاد می‌شود:

روش اول: استفاده از قطب‌نما (.....)

برای اندازه‌گیری مستقیم یک زاویه‌ی افقی ساده‌ترین وسیله قطب‌نماست، که دارای دقت کم‌تری نسبت به سایر وسایل اندازه‌گیری زاویه است. قطب‌نما دارای صفحه‌ی مدرج و عقربه بوده که صفحه‌ی مدرج آن از ۰ تا ۳۶۰ درجه تقسیم بندی شده است.



شکل ۶-۴. قطب‌نما

عقربه‌ی قطب‌نما حول محور خود می‌چرخد و سپس به علت نیروی مغناطیسی کره‌ی زمین همیشه در یک جهت معین که همان قطب شمال مغناطیسی (N) است، می‌ایستد و آن را به ما نشان می‌دهد. بهتر است در هنگام عملیات درجه‌ی صفر قطب‌نما بر شمال مغناطیسی (N) منطبق باشد.

برای محاسبه‌ی زاویه‌ی افقی بین دو امتداد به صورت زیر عمل می‌کنیم:
دو عارضه‌ی مختلف مثلاً گوشه‌ی یک ساختمان و یک تیربرق را در نظر می‌گیریم و مقدار عددی امتداد هر کدام را بر روی قطب‌نما می‌خوانیم و یادداشت می‌کنیم.



شکل ۶-۵. اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی با قطب‌نما

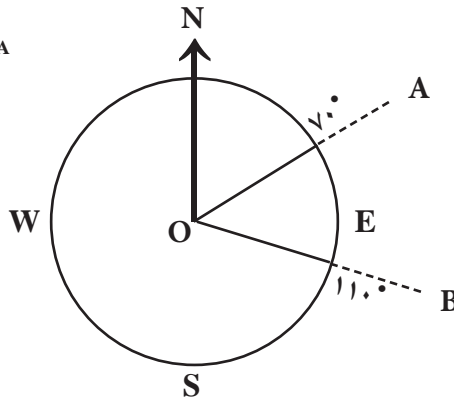
مقدار زاویه بین این دو امتداد مطابق شکل از تفاضل دو عدد خوانده شده به‌دست

می‌آید:

$$\angle AOB = R_{OB} - R_{OA}$$

$$\angle AOB = 110^\circ - 70^\circ$$

$$\angle AOB = 40^\circ$$



شکل ۶-۶. محاسبه‌ی زاویه‌ی افقی با استفاده از قطب‌نما

بیش‌تر بدانیم . . .



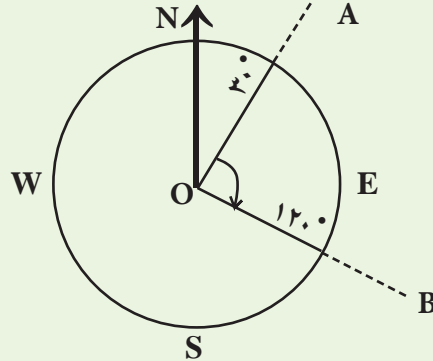
اسطرلاب از ابزارهای قدیم نجوم و طالع‌بینی است. اسطرلاب وسیله بسیار کارآمدی در نجوم رصدی بوده است.

این ابزار برای سنجش ارتفاع، سمت، بعد و میل خورشید و ستارگان، تعیین وقت در ساعات روز و شب، قبله و زمان طلوع و غروب آفتاب و بسیاری کاربردهای دیگر به‌کار می‌رفته‌است.



اندازه گیری زاویه‌ی افقی با استفاده از قطب‌نما

با قطب‌نما بر روی نقطه‌ی O مستقر می‌شویم و دو امتداد OA و OB را قرائت می‌کنیم. اعداد مربوط به دو امتداد را بر روی صفحه‌ی قطب‌نما بصورت زیر قرائت و یادداشت می‌کنیم:



زاویه‌ی AOB (زاویه‌ی بین دو امتداد) چند درجه است؟

راهکار کلی: همان‌طور که در شکل می‌بینید، زاویه‌ی AOB از تفاضل دو امتداد OB و OA تشکیل شده است. بنابراین:

$$\angle AOB = R_{OB} - R_{OA}$$

روش حل:

$$\angle AOB = R_{OB} - R_{OA}$$

$$\angle AOB = 120^\circ - 30^\circ$$

$$\angle AOB = 90^\circ$$

بحث و بررسی: • می‌دانیم در قطب‌نما همواره امتداد شمال یک امتداد ثابت است که بهتر



است این امتداد با صفر قطب‌نما منطبق باشد و آنرا مبدأ در نظر می‌گیریم.

• هر امتداد نسبت به شمال زاویه‌ای می‌سازد. با ثابت بودن شمال در قطب‌نما می‌توانیم زوایا را نسبت به هم مقایسه کنیم.

• منظور از R_{OB} و R_{OA} اعداد قرائت شده روی امتداد های OA و OB با قطب‌نماست.

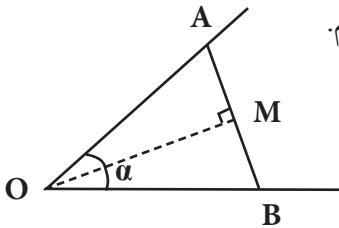
(R مخفف Reading به معنی خواندن یا قرائت می‌باشد.)

روش دوم : استفاده از متر

برای محاسبه‌ی زاویه‌ی افقی با استفاده از متر چندین راه وجود دارد که دو نمونه‌ی آن‌ها را در زیر بیان می‌کنیم:

الف) روش مثلث متساوی الساقین:

روی دو ضلع زاویه، دو طول مساوی جدا می‌کنیم (شکل ۶ - ۱۰) داریم $AO = OB$ می‌خواهیم زاویه‌ی افقی $AOB = \alpha$ را حساب کنیم.



شکل ۶ - ۷. روش مثلث متساوی الساقین در اندازه‌گیری زاویه

چون مثلث AOB متساوی الساقین است در نتیجه نیمساز زاویه‌ی $AOB = \alpha$ همان عمود منصف طول AB (OM) است. بنابراین، دو مثلث قائم الزاویه OMA و OMB تشکیل می‌شود.

$$\left. \begin{aligned} \sin \frac{\alpha}{2} &= \frac{AM}{OA} \\ AM &= \frac{AB}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{AB}{2OA}$$

حال در یکی از این دو مثلث

(OMA) داریم:

$$\frac{\alpha}{2} = \arcsin\left(\frac{AB}{2OA}\right) \Rightarrow \alpha = 2\arcsin\left(\frac{AB}{2OA}\right)$$

بنابراین در عمل کافی است پس از جدا کردن دو طول مساوی OA و OB ، تنها طول

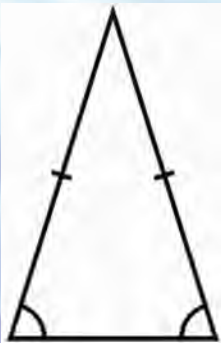
AB اندازه‌گیری شود تا با جای گذاری در رابطه‌ی بالا مقدار زاویه‌ی $AOB = \alpha$ به دست آید.

بیش تر بدانیم . . .



قضیه در مثلث متساوی الساقین

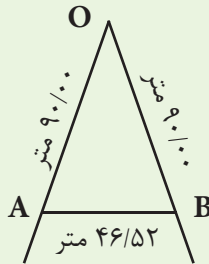
اگر ارتفاع وارد بر قاعده مثلث متساوی الساقین را رسم کنیم، آن را به دو مثلث قائم الزاویه تقسیم کرده‌ایم. ارتفاع وارد بر قاعده نیمساز زاویه رأس می‌باشد.





اندازه گیری زاویه افقی با استفاده از متر - روش مثلث متساوی الساقین

با توجه به شکل زیر اندازه‌ی زاویه‌ی AOB چند درجه است؟



راهکار کلی: چون دو طول OA و OB با هم برابر انتخاب شده‌اند در نتیجه مثلث AOB متساوی الساقین است، پس خواهیم داشت:

$$\angle AOB = 2 \arcsin\left(\frac{AB}{2OA}\right)$$

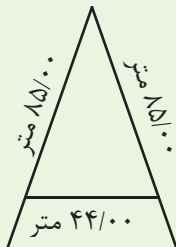
روش حل:

$$\angle AOB = 2 \arcsin\left(\frac{AB}{2OA}\right)$$

$$\angle AOB = 2 \arcsin\left(\frac{46/52}{2 \times (90)}\right)$$

$$\angle AOB = 29/95 = 29^{\circ}57'20''$$

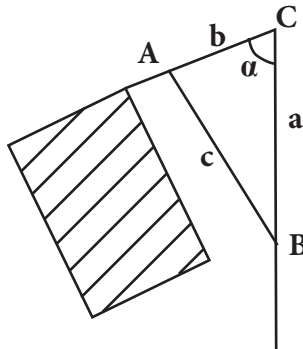
بحث و بررسی: برای کنترل درست بودن اندازه‌ی زاویه‌ی AOB می‌توانیم طول‌های مساوی دیگری مانند شکل‌های زیر را روی دو امتداد OA و OB جدا کنیم و با اندازه‌گیری ضلع AB و استفاده از رابطه‌ی فوق مجدداً زاویه‌ی AOB را محاسبه کنیم.



زواياي محاسبه شده‌ی جدید با زاویه‌ی AOB در حد چند دقیقه اختلاف دارند، زیرا اندازه‌گیری با متر دقت کمی دارد. بهترین مقدار برای زاویه، میانگین‌گیری از این چند عدد است

ب) روش مثلث نامشخص

گاهی اوقات امکان جدا کردن دو طول مساوی روی دو ضلع زاویه وجود ندارد (مانند شکل ۶-۸) در این حالت دو طول دلخواه را از دو ضلع زاویه جدا می‌کنیم تا نقاط A و B به دست آید. سپس طول افقی AB را با متر اندازه‌گیری کرده و با استفاده از فرمول «کسینوس‌ها» به صورت زیر عمل می‌کنیم:



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

$$\alpha = \arccos\left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2 \times a \times b}\right)$$

شکل ۶-۸. روش مثلث نامشخص در اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی

بیش‌تر بدانیم . . .



قضیه‌ی کسینوس‌ها

مربع اندازه‌ی هر ضلع مثلث مساوی است با مجموع مربع‌های اندازه‌های دو ضلع دیگر منهای دو برابر حاصل ضرب این دو ضلع در کسینوس زاویه‌ی بین همین دو ضلع:

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

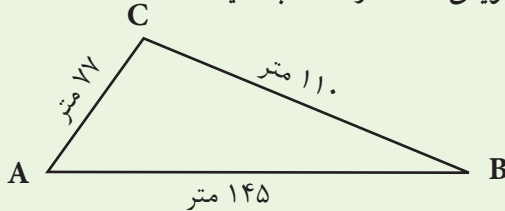
$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos B$$

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



اندازه گیری زاویه ی افقی با استفاده از متر - روش مثلث نامشخص

مطابق شکل زیر اندازه ی زاویه ی ABC را محاسبه کنید.



راهکار کلی: همان طور که در کتاب هندسه (نقشه برداری) آموختید در حل مسائل مثلث که سه ضلع آن معلوم باشد، زوایا را از رابطه کسینوس ها محاسبه می کنیم، پس داریم:

$$\angle B = \arccos\left(\frac{a^2 + c^2 - b^2}{2 \times a \times c}\right)$$

روش حل:

$$\angle B = \arccos\left(\frac{a^2 + c^2 - b^2}{2 \times a \times c}\right)$$

$$\angle B = \arccos\left(\frac{110^2 + 145^2 - 77^2}{2 \times 110 \times 145}\right)$$

$$\angle B = 31^\circ 3' 40''$$

بحث و بررسی: وقتی می گوئیم $\cos A = 0.5$ یعنی چه؟



زمانی که مقدار \sin ، \cos یا \tan زاویه ای برابر عددی شد آیا می توان مقدار آن زاویه را به دست آورد؟ چگونه؟

برای محاسبه ی زاویه ی A از رابطه ی $\cos A = 0.5$ کافی است تابع معکوس آن را به دست آوریم؛ یعنی:

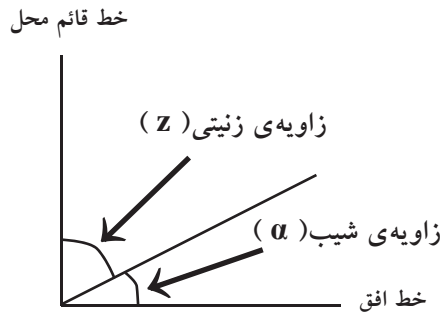
$$\cos A = 0.5 \Rightarrow A = \arccos 0.5$$

$$\Rightarrow A = 60^\circ$$

\arccos در ماشین حساب و بعضی از کتاب ها به صورت \cos^{-1} نوشته می شود.



همان طور که در کتاب هندسه (نقشه برداری) خوانده اید، زاویه ی قائم شامل دو زاویه ی شیب و زنبیتی است.



شکل ۶ - ۹. زاویه ی قائم و حالت های آن (زاویه ی شیب و زاویه ی زنبیتی)

زاویه ی شیب (α) زاویه ای است بین امتداد مورد نظر و خط افق که در صفحه ی قائم اندازه گیری می شود. زاویه ی زنبیتی (Z) زاویه ای است بین امتداد مورد نظر و خط قائم محل که در صفحه ی قائم اندازه گیری می شود.

چون این دو زاویه متمم اند همیشه بین آن دو رابطه ی زیر برقرار است:

$$\alpha + Z = 90^\circ \quad \text{یا} \quad 90^\circ$$

بنابراین با اندازه گیری زاویه ی شیب مقدار زاویه ی زنبیتی از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$Z = 90 - \alpha$$

اگر زاویه ی شیب منفی باشد آیا رابطه ی فوق تغییری می کند؟

بیش تر بدانیم . . .



تابع های مثلثاتی معکوس (\arccos و \arcsin) منشاء توابع مثلثاتی معکوس مسائلی است که در آن ها باید با استفاده از اضلاع یک مثلث زوایای آن را به دست آوریم.

با استفاده از این توابع می توان با معلوم بودن سینوس یا کسینوس یک زاویه مقدار زاویه

$$\sin \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = \text{ArcSin} 1$$

را به دست آورد.

$$\cos \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = \text{ArcCos} 0$$

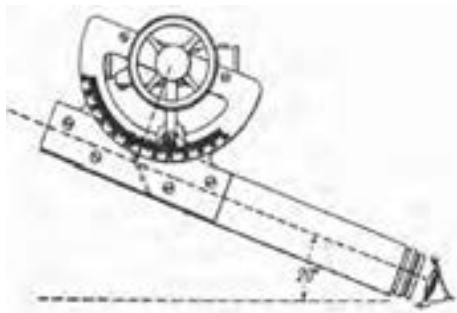
اندازه گیری زاویه ی شیب به وسیله ی شیب سنج:

در این قسمت روش اندازه گیری زاویه ی شیب به وسیله ی شیب سنج بیان می شود، که کاربردی ترین و متداول ترین وسیله ی ساده برای اندازه گیری زاویه ی قائم است. شیب سنج وسیله ای ساده و سبک است که در کارهای کم دقت برای اندازه گیری زاویه ی شیب بین دو نقطه به کار می رود. این دستگاه مطابق شکل (۶ - ۱۰) از یک دوربین کوچک، یک تراز و یک نقاله تشکیل شده است.



شکل ۶ - ۱۰ . کاربرد شیب سنج در اندازه گیری زاویه ی شیب

اصول اندازه گیری زاویه ی شیب با این وسیله به این صورت است که ابتدا روی نقطه ی اول مستقر شده و با دوربین شیب سنج به نقطه ی دوم نشانه روی می کنیم، سپس نقاله ی روی شیب سنج را چرخانده تا به حالت تراز (افقی) در آید. در این حالت عدد روی نقاله ی شیب سنج زاویه ی شیب را نمایش می دهد.



شکل ۶ - ۱۱ . قرائت زاویه ی شیب با شیب سنج

خلاصه ی فصل

- زاویه قسمتی از صفحه است که بین دو امتداد متقاطع قرار گرفته باشد.
- زاویه ی افقی زاویه ای است که بین دو امتداد روی صفحه ی افقی به دست می آید.
- زاویه ی قائم زاویه ای است که بین یک امتداد و امتداد افقی یا قائم بر محل روی صفحه ی قائم به دست می آید.
- دو روش ساده و معمول برای اندازه گیری زاویه ی افقی استفاده می شود:
 - ۱- استفاده از قطب نما
 - ۲- استفاده از متر که خود به دو روش مثلث متساوی الساقین و روش مثلث نامشخص تقسیم می شود.
- زاویه ی قائم به دو زاویه ی زینتی و شیب تقسیم می شود.
- زاویه ی شیب (α) زاویه ای است بین امتداد مورد نظر و خط افق که در صفحه ی قائم اندازه گیری می شود.
- زاویه ی زینتی (Z) زاویه ای است بین امتداد مورد نظر و خط قائم محل که در صفحه ی قائم اندازه گیری می شود.
- متداول ترین روش به دست آوردن زاویه ی قائم با وسایل ساده، استفاده از شیب سنج است که به ما زاویه ی شیب (α) را نشان می دهد.
- با استفاده از زاویه ی شیب می توان زاویه ی زینتی را محاسبه کرد:

$$Z + \alpha = 90^\circ \text{ یا } 100g$$

$$Z = 90 - \alpha$$



خودآزمایی

سؤالات تشریحی

- ۱ - زاویه ی افقی و قائم را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۲ - روش های اندازه گیری زاویه ی افقی با وسایل ساده را نام ببرید و هر کدام را با ذکر مثال توضیح دهید.
- ۳ - زاویه ی زینتی و شیب را تعریف کنید و تفاوت آن ها را توضیح دهید.
- ۴ - چگونه می توان با استفاده از شیب سنج زاویه ی شیب و زینتی را به دست آورد. توضیح دهید.



سؤالات چهارگزینه‌ای

۵- اگر زاویه‌ی شیب یک امتداد را α بنامیم زاویه‌ی زینتی این امتداد کدام است؟

(۱) $90 - \alpha$ (۲) $90 + \alpha$

(۳) $180 - \alpha$ (۴) $180 + \alpha$

۶- زاویه‌ی زینتی امتداد AB برابر ۴۵ درجه اندازه‌گیری شده است. زاویه‌ی شیب این

امتداد چند گراد است؟

(۱) ۴۰ (۲) ۴۵

(۳) ۵۰ (۴) ۵۵

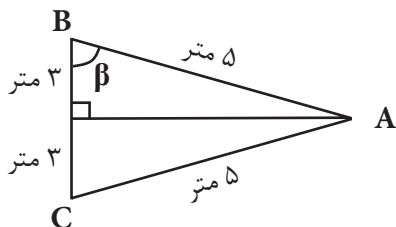
۷- قطب نما بر نقطه‌ی O مستقر شده و بر روی صفحه‌ی آن در امتدادهای OA و OB،

نسبت به امتداد شمال مغناطیسی، به ترتیب زوایای ۱۲۲ و ۱۸۵ درجه را خوانده است.

زاویه‌ی AOB چند درجه است؟

(۱) ۳۹ (۲) ۴۷

(۳) ۵۲ (۴) ۶۳



۸- در شکل روبه‌رو $\sin \beta$ چه قدر است؟

(۱) ۰/۸ (۲) ۰/۶

(۳) ۰/۴ (۴) ۰/۳

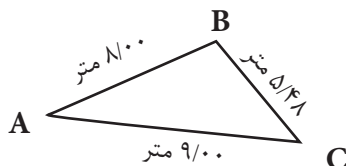
۹- در شکل زیر زاویه‌ی A چند گراد است؟

(۱) ۲۰/۵۵

(۲) ۵۲/۳۴

(۳) ۴۱/۱۱

(۴) ۳۷/۸۳



فصل
هفتم

تهیه ی نقشه ی مسطحاتی با وسایل ساده ی مساحی



وسایل پیشرفته در تهیه ی نقشه

هدف های رفتاری :

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:
- ۱- نقشه‌ی مسطحاتی را توضیح دهد.
 - ۲- مراحل تهیه‌ی نقشه را به ترتیب نام ببرد.
 - ۳- وظایف گروه نقشه برداری را در مرحله‌ی شناسایی شرح دهد.
 - ۴- وظایف گروه نقشه برداری را در مرحله‌ی برداشت شرح دهد.
 - ۵- وظایف گروه نقشه برداری را در مرحله‌ی محاسبه و ترسیم شرح دهد.
 - ۶- روش‌های متداول برداشت با وسایل ساده‌ی مساحی و محل کاربرد آن‌ها را توضیح دهد.

نکته‌ها:

مقیاس ارزشِ مرد اهمیتی است که به ارزشِ وقتِ خود می دهد.
«الف والدو-امرسون»

- قبل از مطالعه‌ی این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:
- ۱- آشنایی با اشکال هندسی مانند مربع، مستطیل، دایره

: مطالب پیش نیاز

مقدمه - تهیه‌ی نقشه‌ی مسطحاتی (planimetry)

هدف اصلی در نقشه‌برداری و مساحی تعیین موقعیت عوارض طبیعی و مصنوعی زمین و نمایش آن‌ها بر روی نقشه است. هر نقطه دارای سه مؤلفه‌ی X ، Y و Z است که می‌توان آن‌ها را از روش‌های مختلف نقشه‌برداری و مساحی به دست آورد. اگر هدف تهیه‌ی نقشه‌ای با مؤلفه‌های X ، Y و بدون در نظر گرفتن مؤلفه‌ی ارتفاع (Z) باشد به آن نقشه‌ی مسطحاتی گفته می‌شود. بنابراین، نقشه‌ی مسطحاتی نقشه‌ای است که برای تهیه‌ی آن در مرحله‌ی برداشت فقط طول و زاویه‌ی افقی اندازه‌گیری می‌شود و در نهایت X و Y نقاط محاسبه شده و نمایش داده می‌شود. روش‌های مختلفی برای تهیه‌ی نقشه‌ی مسطحاتی با وسایل ساده وجود دارد که در این فصل با دو روش معمول آن آشنا می‌شوید.

بیش‌تر بدانیم . . .



نقشه‌ی توپوگرافی، نقشه‌ای است که برای نمایاندن ویژگی‌های فیزیکی سطح زمین به کار می‌رود. این نقشه‌ها در مقیاس‌های بزرگ و کوچک می‌باشند و در مطالعات زمین‌شناسی به دلیل داشتن اطلاعات فواصل افقی یا ارتفاع عمودی بسیار به کار می‌روند.



۱-۷ تهیه نقشه‌ی مسطحاتی با وسایل ساده‌ی مساحی

آیا تا به حال به این فکر کرده‌اید که اگر از شما خواسته شود نقشه‌ی پارک نزدیک محل سکونتتان را تهیه کنید، چگونه باید این کار را انجام دهید؟



شکل ۱-۷. چگونه می‌توان نقشه‌ی پارک را تهیه کرد؟

به نظر شما مراحل‌ی که بتوان به وسیله‌ی آن‌ها نقشه‌ی یک محل را تهیه کرد چیست؟
برای تهیه‌ی نقشه ممکن است از روش‌ها و وسایل مختلفی استفاده شود. اما در هر حال باید برای این کار سه مرحله را طی نمود:

۱- شناسایی

۲- برداشت

۳- محاسبه و ترسیم

در این فصل هر کدام از مراحل یاد شده را با استفاده از وسایل ساده‌ی مساحی توضیح خواهیم داد.

۲-۷ شناسایی

اولین مرحله‌ی تهیه‌ی نقشه، شناسایی است. در این مرحله گروه نقشه‌برداری به منطقه‌ی مورد نظر اعزام می‌شود تا اطلاعات مقدماتی از قبیل موقعیت جغرافیایی منطقه، شکل کلی عوارض زمین، راههای ارتباطی و ... را جمع‌آوری کنند.



شکل ۷-۲. شناسایی منطقه

به طور کلی می توان وظایف گروه نقشه برداری در مرحله شناسایی را به صورت زیر بیان کرد:
الف) تهیه ی کروکی؛

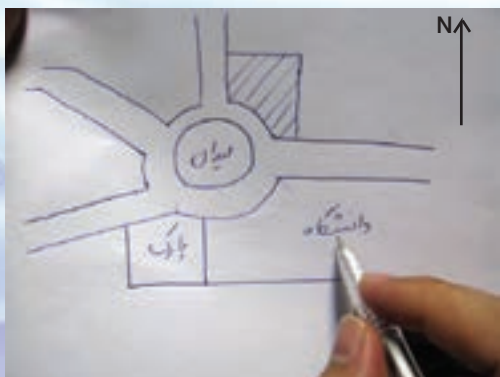
ب) انتخاب نقاط معلوم به عنوان نقاط مبنا و مشخص کردن مکان تقریبی آنها
روی کروکی؛

ج) تعیین روش کار، با توجه به شرایط محیطی و شکل عوارض منطقه؛

د) تعیین شمال منطقه؛

ه) تعیین وضعیت یک امتداد از منطقه نسبت به امتداد شمال.

بیش تر بدانیم . . .

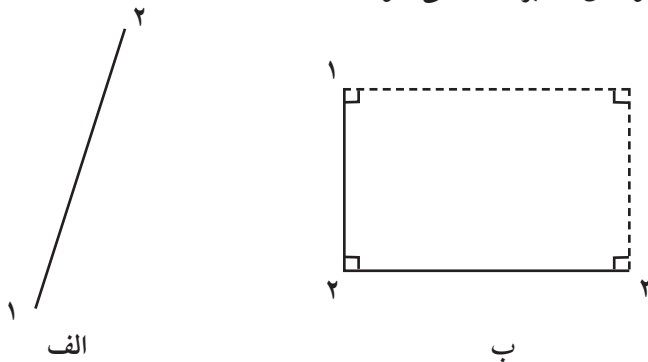


در مورد کروکی، چگونگی
تهیه ی آن و نیز کاربردهای آن
توضیحاتی را در سر کلاس
ارائه دهید.

در این مرحله ابتدا باید نقاط مبنایی را، که در قسمت قبل به آن اشاره شد، روی زمین تعیین موقعیت نماییم یعنی آن‌ها را نسبت به هم مشخص کنیم. سپس با استفاده از این نقاط و روشهای ساده‌ی مساحی مکان نقاط مجهول را به دست آوریم.

نقاط مجهول نقاطی از عارضه هستند که با برداشت آنها شکل عارضه مشخص می‌گردد. مثلاً یک دیوار مستقیم با دو نقطه اول و آخر آن و یک ساختمان مستطیل شکل با حداقل سه نقطه‌ی گوشه‌ی آن برداشت می‌شود.

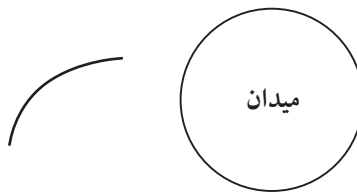
چرا؟



شکل ۳-۷ - الف . برداشت یک دیوار مستقیم با دو نقطه‌ی اول و آخر آن

شکل ۳-۷ - ب . برداشت یک ساختمان مستطیل شکل با سه نقطه‌ی گوشه‌ی آن

یک خط منحنی یا یک میدان دایره‌ای شکل با حداقل چند نقطه برداشت می‌شود؟



شکل ۴-۷ . برداشت یک خط منحنی و یک میدان دایره‌ای شکل

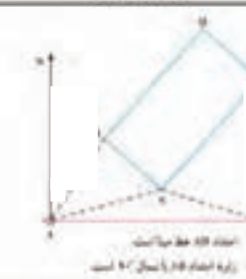
به مجموعه عملیات اندازه‌گیری طول و زاویه، که با استفاده از نقاط معلوم به منظور تعیین مکان نقاط دیگری از زمین و جمع‌آوری اطلاعات برای تهیه نقشه انجام می‌شود، برداشت می‌گویند.

اگر برای برداشت از وسایل ساده‌ی مساحی مانند متر و گونیای مساحی استفاده شود، به آن برداشت با وسایل ساده می‌گویند. از این روش‌ها در مناطق کوچکی که دقت زیادی لازم نباشد استفاده می‌کنند.

برای تهیه‌ی نقشه، عوارض را به روش‌های مختلفی می‌توان برداشت کرد. روش کار با توجه به وسعت منطقه و دقت مورد نیاز و وسایل موجود، متفاوت است. در این جا دو روش از متداول‌ترین راه‌های برداشت با وسایل ساده‌ی مساحی توضیح داده می‌شود.

الف) تقاطع دو طول:

وسایل مورد نیاز برای انجام این کار متر، ژالن و تراز نبشی است. برای برداشت نقاط عوارض، فاصله‌ی هر کدام از این نقاط را تا حداقل دو نقطه‌ی معلوم (مبنا) با رعایت اصول مترکشی اندازه‌گیری می‌کنیم و اندازه‌های به‌دست آمده را در یک جدول به صورت زیر به ثبت می‌رسانیم.

گردشی و تقاطع		نام نقطه
	۱۵	۱۵/۲۲
	۱۵	۲۲/۱۵
	۱۵	۲۲/۱۵
	۱۵	۲۲/۱۵

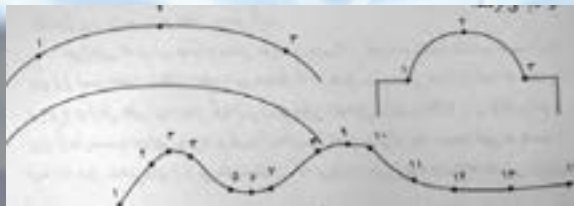
شکل ۷-۵. طریقه‌ی برداشت با روش تقاطع دو طول و جدول آن

این روش بیش‌تر برای مناطقی که عوارض به نقاط مبنا نزدیک باشد و مترکشی آن‌ها به سهولت انجام شود کاربرد دارد.

بیش‌تر بدانیم . . .



انتخاب نقاط در برداشت جزئیات اگر لبه جاده یا ساختمان به شکل منحنی باشد با تعیین موقعیت حداقل سه نقطه، این لبه‌ها ترسیم می‌گردند.



ب) اخراج عمود (Oset.)

در این روش خطی را به عنوان خط هادی (خط مبنا) در نظر می گیریم، به طوری که بتوان موقعیت عوارض را روی آن خط تصویر نمود. خط هادی خط مستقیمی است که ترجیحاً در امتداد بلندترین طول زمین انتخاب شده و به اکثر نقاط و عوارض نزدیک است و هم چنین از این خط به بیشتر عوارض منطقه دید برقرار است.

روش اخراج عمود بیش تر برای مناطقی که طول آن نسبت به عرض آن زیاد باشد کاربرد دارد.

نقطه	فاصله عمودی از خط مبنا	فاصله افقی از خط مبنا	نوع نقطه	نقطه یا نام نقطه
۱	۰	۰	مبدأ	۱
۲	۲۴/۶۵	۱۴/۲۵	معمود	۲
۳	۱۶/۹۰	۱۱/۳۹	نقطه	۳
۴	۱۶/۴۰	۱۱/۶۱	نقطه	۴
۵	۱۶/۴۵	۱۱/۳۶	نقطه	۵
۶	۲۱/۸۰	۱۱/۱۵	معمود	۶
۷	۰	۱۱/۴۷	انتهای خط مبنا	۷

شکل ۷-۶. طریقه ی برداشت با روش اخراج عمود و جدول آن

در هر دو روش بالا باید نقاط مبنا بر روی زمین مستحکم گردد و طول بین آنها با دقت زیاد و به صورت رفت و برگشت اندازه گیری شود.



۵-۷ محاسبه و ترسیم

اغلب، اطلاعات جمع آوری شده از مرحله برداشت قابل استفاده نیست، مگر آن که پس از محاسبات لازم، به صورت گرافیکی (نقشه) تبدیل شود. به این منظور ابتدا اندازه های به دست آمده از برداشت با مقیاس معین روی کاغذ پیاده می شود. سپس، برای کنترل، نقشه را به منطقه ی برداشت شده می برند و صحت اندازه ها و اطلاعات آن را بررسی می نمایند و پس از اطمینان از صحت و درستی نقشه ی اولیه، بار دیگر آن را روی کاغذ مخصوص (کالک) و با قلم مخصوص (راید) رسم می کنند.

امروزه می توان اطلاعات و اندازه های حاصل از برداشت را وارد رایانه کرده و با برنامه های ترسیمی (مانند Auto Cad) نقشه را به صورت دیجیتالی (رقومی) تهیه نمود.

خلاصه ی فصل

- نقشه‌ی مسطحاتی نقشه‌ای است که در آن فقط مؤلفه‌های X و Y نقاط مد نظر است.
- سه مرحله‌ی تهیه‌ی نقشه عبارت‌اند از: ۱- شناسایی ۲- برداشت ۳- محاسبه و ترسیم
- برداشت؛ یعنی مجموعه عملیات اندازه‌گیری طول و زاویه که، با استفاده از نقاط معلوم به منظور تعیین مکان نقاط دیگری از زمین و جمع‌آوری اطلاعات، برای تهیه نقشه انجام می‌شود.
- دو روش متداول برداشت با وسایل ساده عبارت‌اند از:
 - ۱- تقاطع دو طول ۲ - اخراج عمود
- خط‌هادی خط مستقیمی است که ترجیحاً در امتداد بلندترین طول زمین انتخاب شده و به اکثر نقاط و عوارض نزدیک است. هم‌چنین از این خط به بیشتر عوارض منطقه دید برقرار است.



خودآزمایی

سؤالات تشریحی

- ۱ - نقشه‌ی مسطحاتی را تعریف کرده و مؤلفه‌های آن را بیان کنید.
- ۲ - مراحل تهیه‌ی نقشه را به ترتیب نام ببرید.
- ۳ - وظایف گروه نقشه‌برداری را در مرحله‌ی شناسایی توضیح دهید.
- ۴ - وظایف گروه نقشه‌برداری را در مرحله‌ی برداشت توضیح دهید.
- ۵ - وظایف گروه نقشه‌برداری را در مرحله‌ی محاسبه و ترسیم توضیح دهید.
- ۶ - هدف از برداشت را توضیح دهید.
- ۷ - با توجه به نوع منطقه دو روش تهیه‌ی نقشه‌ی مسطحاتی با وسایل ساده را با هم مقایسه کنید.
- ۸ - برداشت با روش تقاطع دو طول را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۹ - برداشت با روش اخراج عمود را با رسم شکل توضیح دهید.



سؤالات چهارگزینه‌ای

۱۰ - تمامی وسایل زیر در برداشت به روش تقاطع دو طول کاربرد دارند به جز:

(۱) تراز نبشی (۲) ژالن

(۳) گونیای مساحی (۴) متر

۱۱ - در مورد خط هادی همه‌ی موارد زیر صحیح است به غیر از:

(۱) تا حد امکان در امتداد بلندترین طول زمین انتخاب شود.

(۲) می تواند به صورت منحنی باشد.

(۳) به اکثر نقاط و عوارض نزدیک باشد.

(۴) به بیش تر عوارض منطقه دید داشته باشد.

۱۲ - اولین مرحله‌ی تهیه‌ی نقشه‌ی مسطحاتی کدام است؟

(۱) شناسایی (۲) برداشت

(۳) محاسبه (۴) ترسیم

نکته‌ها:

حضرت علی علیه السلام فرمودند:

سه چیز نشانگر رأی درست است:

خوش برخوردی،

خوب گوش دادن به سخن و

خوب پاسخ دادن .

فصل هشتم

پیاده کردن طرح با وسایل ساده‌ی مساحی



روش‌های نوین پیاده کردن طرح

هدف های رفتاری :

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:
- ۱- مفهوم پیاده کردن در مساحی را شرح دهد.
 - ۲- روش های پیاده کردن اجزای یک طرح را با وسایل ساده شرح دهد.
 - ۳- روش های پیاده کردن زوایا با متر را در اندازه های مختلف شرح دهد.

نکته ها:

حضرت علی علیه السلام فرمودند:
تا روزگار برقرار است، دانشمندان نیز پایدار و برقرارند.

قبل از مطالعه ای این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با برداشت
- ۲- آشنایی با گونیای مساحی
- ۳- آشنایی با مثلث قائم الزاویه و روابط آن
- ۴- آشنایی با زوایا و انواع آن

: مطالب پیش نیاز

مقدمه - پیاده‌کردن

پیاده‌کردن انواع طرح‌های عمرانی، که بر روی نقشه‌ی یک منطقه طراحی شده، از دیگر وظایف نقشه‌بردار است. یک طرح مجموعه‌ای از اشکال مختلف هندسی است که هر کدام خود از تعدادی نقطه تشکیل شده‌اند و چون روی نقشه ترسیم شده‌اند پس دارای مختصات بوده و می‌توان آن‌ها را با استفاده از نقاط مبنا (که روی نقشه موجودند) روی زمین پیاده کرد. در این فصل، ابتدا با دو روش معمول پیاده‌کردن با وسایل ساده آشنا می‌شویم و در انتها پیاده‌کردن یک زاویه‌ی خاص را شرح می‌دهیم.

بیش‌تر بدانیم . . .



به طور کلی نقشه‌برداری شامل دو زمینه فعالیت می‌باشد:

الف) تهیه نقشه

ب) پیاده‌کردن نقشه روی زمین که خود شامل سه قسمت است:

۱- طراحی و محاسبات

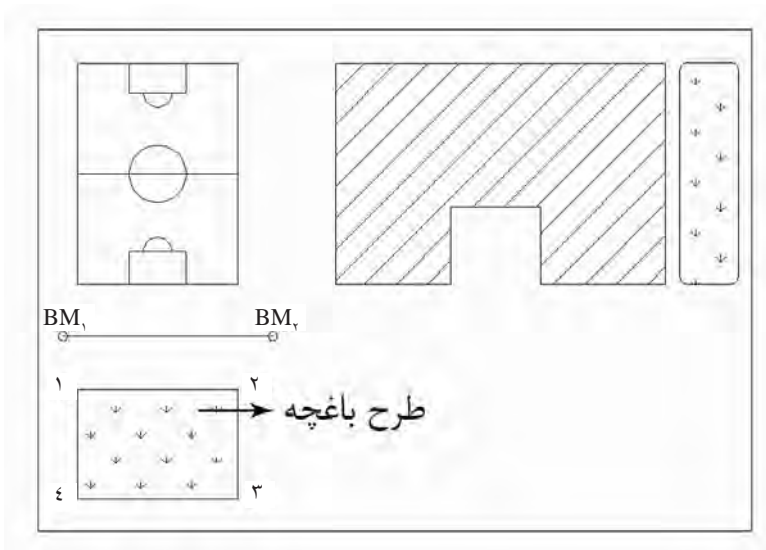
۲- اجرا

۳- کنترل

۸-۱ پیاده کردن طرح با وسایل ساده

چنانچه برای پیاده کردن یک طرح به دقت زیاد نیاز نباشد و همچنین ابعاد طرح بزرگ نباشد می توان برای پیاده کردن آن از وسایل ساده‌ی مساحی از قبیل متر و گونیای مساحی استفاده نمود.

فرض کنید قرار است طرح یک باغچه را، که بر روی نقشه‌ی هنرستان طراحی شده، روی زمین مشخص کنیم.



شکل ۸-۱. چگونه طرح باغچه را بر روی زمین پیاده کنیم؟

برای این منظور کافی است نقاط گوشه‌های باغچه را بر روی زمین علامت بزنیم. به این منظور ابتدا اطلاعات لازم را از نقشه استخراج می‌کنیم. این اطلاعات شامل فاصله‌ی نقاط گوشه‌های باغچه از نقاط مبنا است. با اندازه‌گیری و انتقال این فواصل با وسایل ساده و علامت‌گذاری نقاط، طرح باغچه روی زمین مشخص می‌گردد. به این عمل پیاده کردن می‌گویند.

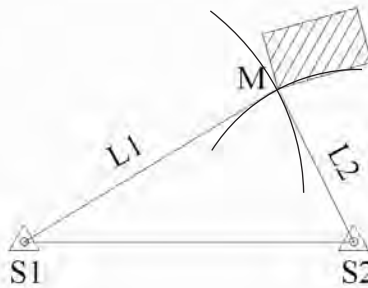
به انتقال نقاط و خطوط یک طرح از روی نقشه به روی زمین، با حفظ تناسب و شکل و موقعیت آن، پیاده کردن گفته می‌شود.

۸-۲ پیاده کردن اجزای طرح با وسایل ساده‌ی مساحی

همان‌طور که گفته شد، هر طرح از یک سری نقاط و خطوط تشکیل شده‌اند که با پیاده کردن آن‌ها روی زمین، طرح پیاده می‌شود. در این قسمت دو روش متداول پیاده کردن با وسایل ساده‌ی مساحی شرح داده می‌شود. بدیهی است که با اتصال این نقاط به هم (بر روی زمین) خطوط نیز معلوم می‌گردند.

روش اول - تقاطع دو طول

در این روش با استفاده از اندازه‌گیری دو طول از دونقطه‌ی مبنا می‌توان نقطه‌ی مجهول M را، که محل تقاطع این دو طول بر روی زمین است، یافت. برای این منظور مطابق شکل فواصل S_1M و S_2M را از روی نقشه به کمک اِشِل اندازه‌گیری و به وسیله‌ی متر هر کدام را از ایستگاه مربوطه روی زمین پیاده می‌کنیم. تقاطع این دو طول بر روی زمین همان نقطه‌ی M است.



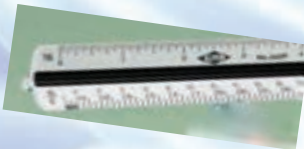
شکل ۸-۲. روش تقاطع دو طول در پیاده کردن طرح

بیش تر بدانیم . . .



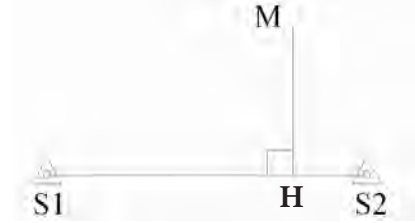
خط کش مقیاس (اشل)

به خط کش‌هایی که بر حسب مقیاس معینی مدرج شده باشد، اشل گویند و معمولاً یک متر یا یک اینچ را بر حسب آن مقیاس نشان می‌دهد. به همین جهت در تبدیل سریع اندازه‌ها بر حسب مقیاس و انتقال آن بسیار مفید است.



روش دوم- اخراج عمود (استفاده از خط هادی) (.....)

در این روش مطابق شکل (۸ - ۳) به وسیله ی گونیا از نقطه ی M بر روی نقشه عمودی بر امتداد معلوم S_1S_2 رسم می کنیم تا نقطه ی H (پای عمود) مشخص شود. سپس با اندازه گیری طول های S_1H و HM به وسیله ی اشل بر روی نقشه و انتقال طول ها بر روی زمین نقطه ی M پیاده می شود.



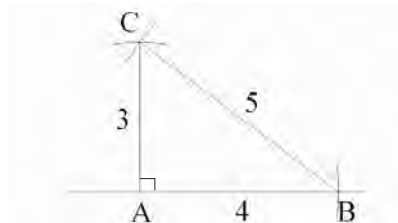
شکل ۸-۳. روش اخراج عمود در پیاده کردن طرح

۳-۸ پیاده کردن زاویه با متر

در بعضی از طرح ها، علاوه بر نقطه و خط به پیاده کردن زاویه نیز نیاز است. در فصل های گذشته با پیاده کردن زاویه ی ۹۰ درجه (با گونیای مساحی) آشنا شدید. در این فصل ابتدا پیاده کردن زاویه ی عمود (روش ۳-۴-۵) و در انتها پیاده کردن زوایا با اندازه های مختلف را با متر بررسی خواهیم کرد.

پیاده کردن زاویه ۹۰ درجه (عمود) با متر (روش ۳-۴-۵)

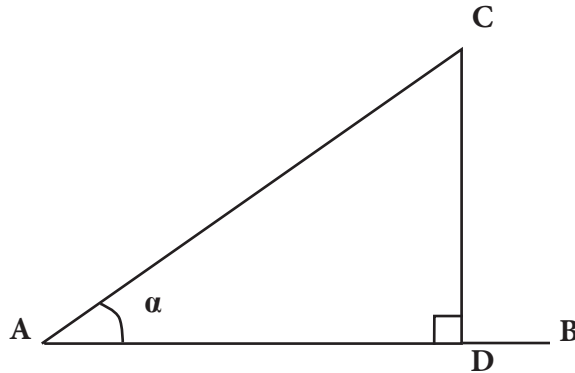
در این روش مطابق شکل زیر وبا توجه به قضیه ی فیثاغورث ($a^2 = b^2 + c^2$) به وسیله ی متر، طول های افقی ۳، ۴ و ۵ متری و یا ضربایی از آن ها را روی زمین پیاده می کنیم (اعداد ۳، ۴ و ۵ به اعداد فیثاغورثی معروف اند). برای این منظور مطابق شکل (۸ - ۴) از نقطه ی A روی امتداد AB طول ۴ متر را جدا کرده تا به نقطه ی B برسیم. از نقطه ی A کمانی به شعاع ۳ متر و از نقطه ی B کمانی به شعاع ۵ متر روی زمین پیاده می کنیم. از محل تقاطع این دو کمان نقطه ی C به دست می آید. در این حالت امتداد CA عمود بر امتداد AB است.



شکل ۸-۴. پیاده کردن زاویه ی عمود با متر (روش ۳-۴-۵)

پیا‌ده کردن زاویه‌ی نامشخص (روش تانژانت)

مطابق شکل ۵-۸ برای پیا‌ده کردن یک زاویه‌ی حاده α ($\alpha < 90^\circ$) می‌توان از رابطه‌ی تانژانت در مثلث قائم الزاویه استفاده کرد. به این صورت که روی امتداد AB طول دلخواه AD را جدا و از نقطه‌ی D به کمک متر یا گونیای مسّاحی عمودی به طول $DC = AD \times \tan \alpha$ بر آن اخراج می‌کنیم. در این حالت زاویه α بین امتداد AD و AC زاویه α می‌مورد نظر است.



شکل ۵ - ۸ . پیا‌ده کردن زاویه‌ی نامشخص با متر

برای پیا‌ده کردن یک زاویه‌ی منفرجه (زاویه‌ی بین 90° تا 180° درجه) چه روشی را پیشنهاد می‌کنید؟ زاویه‌ی بیش‌تر از 180° درجه چه‌طور؟



بیش‌تر بدانیم . . .



نسبت‌های مثلثاتی
در مثلث قائم الزاویه

$$\sin B = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{b}{a} \Rightarrow B = \sin^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$\cos B = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} = \frac{c}{a} \Rightarrow B = \cos^{-1}\left(\frac{c}{a}\right)$$

$$\tan B = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{ضلع مجاور}} = \frac{b}{c} \Rightarrow B = \tan^{-1}\left(\frac{b}{c}\right)$$

خلاصه ی فصل

- یک طرح مجموعه ای از اشکال مختلف هندسی است که هر کدام از آن ها، خود از تعدادی نقطه تشکیل شده اند.
- پیاده کردن یعنی انتقال نقاط و خطوط یک طرح از روی نقشه به روی زمین با حفظ تناسب و شکل و موقعیت آن؛
- برای پیاده کردن یک نقطه می توان به دو روش عمل کرد:
 - ۱- روش تقاطع دو طول
 - ۲- روش اخراج عمود (Offset)
- برای پیاده کردن یک زاویه با متر می توان به دو روش عمل کرد:
 - ۱- روش ۳-۴-۵ برای زاویه ی ۹۰ درجه
 - ۲- روش تانژانت برای زاویه ی نامشخص (هر زاویه ای).



خودآزمایی

سؤالات تشریحی

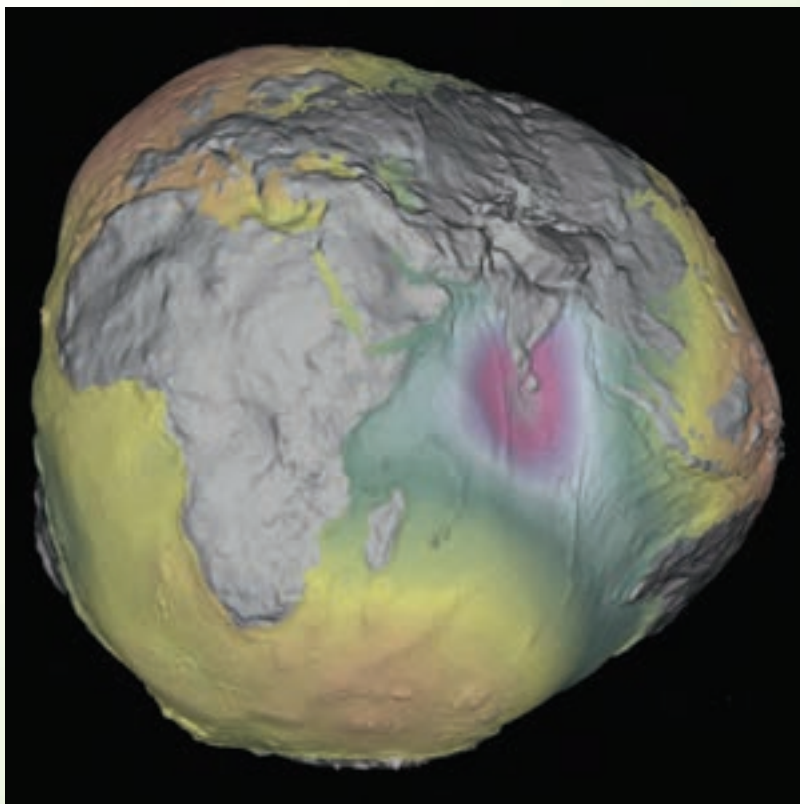
- ۱ - مفهوم پیاده کردن در مساحی را شرح دهید.
- ۲ - اجزای یک طرح را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۳ - دو روش معمول پیاده کردن نقطه را نام ببرید و هر کدام را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۴ - با چه روش هایی می توان یک زاویه را روی زمین پیاده کرد؟ شرح دهید.

نکته ها:

حضرت علی علیه السلام فرمودند:
کسی که در کارها کوتاهی کند، به غم و اندوه دچار می شود.

فصل نهم

تعاریف مهم در ترازیابی



مدل ژئوئید کره‌ی زمین با اغراق در ناهمواری‌های آن

هدف های رفتاری :

- پس از آموزش و مطالعه‌ی این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند:
- ۱- سطوح مهم در ترازیبی (سطح تراز، سطح مبنای ارتفاعات و سطح متوسط آب دریا‌های آزاد) را با رسم شکل تعریف کند.
 - ۲- ژئوئید را به عنوان سطح مبنای ارتفاعات با رسم شکل توضیح دهد.
 - ۳- خطوط مهم در ترازیبی (خط تراز، خط افق) را با رسم شکل تعریف کند.
 - ۴- صفحات افقی و قائم را در ترازیبی با رسم شکل تعریف کند.
 - ۵- امتداد قائم یا امتداد شاقولی یک نقطه را با رسم شکل تعریف کند.
 - ۶- منظور از ارتفاع یک نقطه را با رسم شکل بیان کند و تفاوت ارتفاع مطلق و نسبی را با رسم شکل توضیح دهد.
 - ۷- اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را با رسم شکل شرح دهد.
 - ۸- پنج‌مارک در ترازیبی را توضیح دهد.
 - ۹- ترازیبی را تعریف کند.

قبل از مطالعه‌ی این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با مفاهیم اولیه‌ی هندسه (نقطه، خط، صفحه)
- ۲- آشنایی با شاقول و امتداد شاقولی

: مطالب پیش نیاز

مفاهیم کلیدی

سطح تراز
Level Surface

ژئوئید
Geoid

خط تراز
Level Line

خط افقی
Horizontal Line

صفحه‌ی افقی
Horizontal Plane

امتداد شاقولی
Plumb Line

صفحه‌ی قائم
Vertical Plane

ارتفاع نقطه
Height of Point

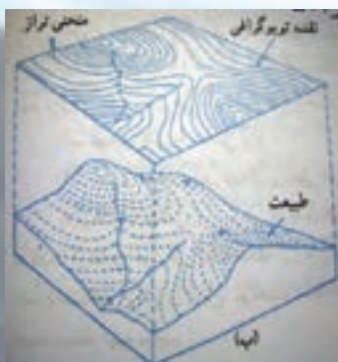
بنچ مارک
Bench Mark(B.M)

ترازیابی
Levelling

مقدمه - عملیات ترازیابی

اجرای پروژه‌های شهرسازی و آبرسانی و انتقال خطوط شبکه‌ی سراسری برق از سدها به نقاط مصرفی و شبکه‌ی فاضلاب‌های شهری و غیره بدون داشتن نقاط ارتفاع‌دار عملاً مقدور نیست. لذا لازم است به کمک ترازیابی اختلاف ارتفاع نقاط واقع بر زمین یا ارتفاع نقاط مورد لزوم را با محاسبه به دست آوریم. بنابراین، با دانستن ارتفاع نقاط، نه تنها اطلاعات کافی از فرم پستی و بلندی زمین برای اجرای طرح پروژه‌ها به دست می‌آید، بلکه به کمک همین نقاط ارتفاع‌دار است که مهندسین می‌توانند پروژه‌ها را پیاده کرده و ضمن اجرا آن‌ها را نظارت و کنترل نمایند. در این فصل با تعاریف اولیه‌ی عملیات ترازیابی آشنا می‌شوید و در فصول دیگر این بخش به جزئیات آن خواهیم پرداخت.

بیش‌تر بدانیم . . .



چگونه ناهمواری‌های زمین سه بعدی را بر روی کاغذ دو بعدی نشان می‌دهند؟ در این مورد تحقیق کنید.

۹-۱ تعاریف مهم در ترازیابی

قبل از شرح روش‌ها و وسایل کار مورد نیاز ترازیابی، لازم است با بعضی از اصطلاحات و تعاریف اولیه، که در علم نقشه‌برداری و جغرافیا به کار می‌رود، آشنایی کامل پیدا کنید. ترازیابی در واقع به معنی تعیین موقعیت سطح تراز بر یک نقطه نسبت به سطح تراز مبناست. بنابر این، با تعریف سطح تراز نقطه، مفهوم ترازیابی مشخص می‌گردد.

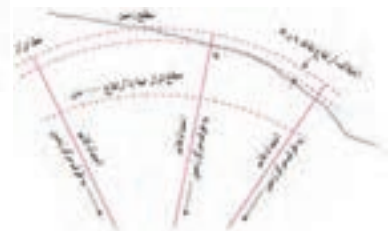
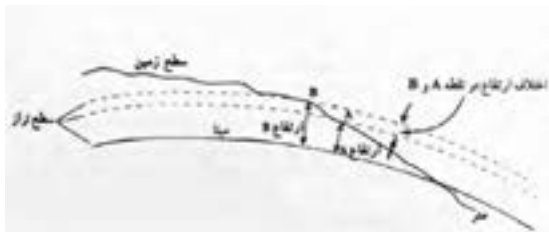
سطح تراز سطحی است که تمام نقاط واقع بر آن دارای یک ارتفاع است. به عبارت دیگر سطح تراز به سطحی می‌گویند که امتداد شاقولی (امتداد ثقل زمین) در هر نقطه بر آن عمود باشد.

مانند سطح متوسط آب دریاها و آزاد و امتداد آن‌ها و یا در یک منطقه کوچک مانند سطح آب‌های ساکن در یک محل مانند دریاچه.

اما چنانچه عملیات نقشه‌برداری در سطح محدودی انجام گردد سطح تراز یا سطح مقایسه را یک سطح افقی عمود بر خط قائم در آن محل فرض می‌کنند و کلیه ارتفاع‌ها را نسبت به آن سطح می‌سنجند.

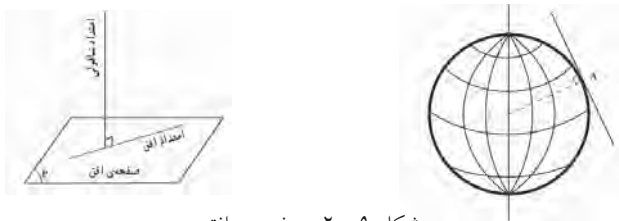
از آن‌جا که امتدادهای شاقول در مناطق مختلف زمین موازی هم نیستند سطح تراز نیز صفحه‌ی مسطحی نیست و شکلی نظیر سطح مبنای ارتفاعات دارد.

سطح مبنای ارتفاعات سطح تراز است که ارتفاع نقاط مختلف را نسبت به آن می‌سنجند. سطح متوسط آب دریاها و آزاد را در مدت زمان مشخص که در خشکی‌ها هم به طور فرضی ادامه یافته است، سطح مبنای ارتفاعات در نظر می‌گیریم. این سطح را ژئوئید یا سطح تراز متوسط دریاها یا سطح تراز صفر گویند. به جز این سطح هر سطح اختیاری دیگری را نیز می‌توان سطح مبنای ارتفاعات در نظر گرفت (شکل ۹-۱)



شکل ۹-۱. سطح تراز

کلیه ی خطوط واقع روی یک سطح تراز به نام خط تراز نامیده می شود. بنابراین، خط تراز خطی منحنی شکل است که کلیه ی نقاط واقع بر روی آن دارای یک ارتفاع اند.



شکل ۹ - ۲. صفحه ی افق

مطابق شکل (۹-۲) فرض کنید از مرکز یک توپ بسکتبال خطی فرضی بر سطح آن عمود شده است.

در نقطه ای که این خط به سطح می رسد، تنها یک صفحه می توان بر سطح توپ مماس کرد که بر خط مذکور عمود باشد. حال اگر سطح توپ را سطح منحنی تراز فرض کنیم صفحه ی مماس در حکم صفحه ی افق نقطه ی تماس خواهد بود. مطابق شکل هر خط منطبق بر صفحه ی افق، در نقطه ی عبور امتداد شاقولی آن صفحه، بر امتداد شاقولی عمود است. بنابراین، هر نقطه دارای امتداد افق خواهد بود. با دَوَران در هر محور امتداد شاقولی سطحی را جارو خواهیم کرد که شامل بی نهایت امتداد افقی خواهد بود. این امتدادها سطح افق را به وجود می آورند. بنابراین:

خطی که در یک نقطه، مماس بر خط تراز و عمود بر امتداد شاقولی باشد خط افق و صفحه ی مماس بر یکی از نقاط سطح تراز یا صفحه ی عمود بر امتداد شاقولی را صفحه ی افق گویند.

بیش تر بدانیم . . .



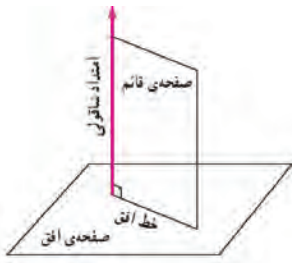
مفاهیم اولیه:

نقطه: از مفاهیم تعریف نشده است و اثر نوک مداد یا خودکار روی کاغذ و یا اثر نوک تیز هر شیء روی سطحی را نمایش نقطه گویند.

خط: از مفاهیم تعریف نشده است و اثر حرکت نوک مداد یا خودکار روی صفحه ی کاغذ نمایشی از خط است.

صفحه: از مفاهیم تعریف نشده است. منظور از صفحه، سطح مستوی است که از هر طرف نامحدود است.

فضا: از مفاهیم تعریف نشده است. فضا مجموعه ی نامتناهی نقاطی است که می توان آن را تصور کرد.



شکل ۹ - ۳. صفحه‌ی قائم

می‌دانیم که هر خط از تقاطع دو صفحه به وجود آمده است. بنابراین، این سؤال پیش می‌آید که (خط) امتداد افق از تقاطع کدام دو صفحه به وجود می‌آید؟ همان طور که گفته شد، یکی از این دو صفحه، صفحه‌ی افق است. اما صفحه‌ی دوم صفحه‌ای است که شامل خطوط امتداد افق و امتداد شاقولی است. به چنین صفحه‌ای صفحه‌ی قائم می‌گوییم (شکل ۹-۳)

بنابراین، منظور از امتداد قائم در یک نقطه همان

امتداد شاقولی یا امتداد ثقل در آن نقطه است و صفحه‌ی قائم صفحه‌ای است که از یک خط قائم یا امتداد شاقول بگذرد. لذا، در یک نقطه، می‌توان بی‌نهایت صفحه‌ی قائم تصور کرد. نقطه در نقشه برداری عبارت است از مکان مشخص روی زمین که نشانه گذاری شده و موقعیت آن از لحاظ مسطحاتی (x و y) و ارتفاعی (z یا h) تعیین گردیده باشد. موضوع تراز یابی به دست آوردن ارتفاع نقطه است.

ارتفاع یک نقطه عبارت است از فاصله‌ی قائم نقطه از سطح مبنای ارتفاعات در جهت یا خلاف جهت امتداد شاقول (یا گرانش).

چنان چه مبنا برای تعیین ارتفاع نقطه، ژئوئید باشد/ارتفاع نقطه را مطلق و در صورتی که مبنا سطح دیگری باشد/ارتفاع نقطه را نسبی می‌گویند.

برای نشان دادن نقاط ماندگار، که لازم است مدت طولانی در روی زمین باقی بمانند، از قالب‌های بتونی آماده یا بتون در محل ریخته شده استفاده می‌کنند. در این قالب‌ها آرماتور یا میله‌های مخصوص، که روی آن علامت گذاری شده است تعبیه می‌گردد و ارتفاع این نقاط از سطح مبنای ارتفاعات به دست می‌آید به این نقاط نقطه‌ی ارتفاعی گفته می‌شود. در پروژه‌های موقت نقشه برداری برای نشان دادن نقطه‌ی ارتفاعی از میخ‌های چوبی استفاده می‌کنند. ✓



شکل ۹ - ۴. نقطه‌ی ارتفاعی

برای محاسبه‌ی نقطه‌ی ارتفاعی ابتدا لازم است اختلاف ارتفاع بین دو نقطه محاسبه شود و سپس به کمک آن ارتفاع نقطه به دست آید.

اختلاف فاصله‌ی قائم دو نقطه نسبت به سطح مبنای ارتفاعات را اختلاف ارتفاع آن دو نقطه گویند.

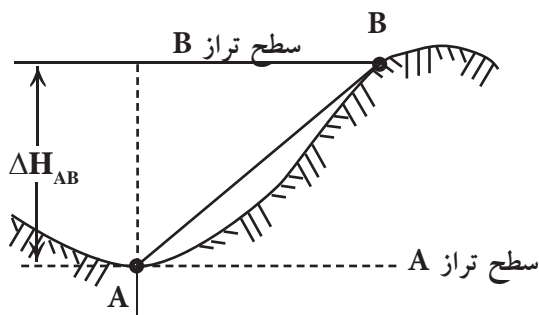
به عبارت دیگر اگر ارتفاع دو نقطه ی A و B به ترتیب H_A و H_B باشد اختلاف ارتفاع A تا B برابر است با $H_B - H_A$ ، که معمولاً آن را با نماد ΔH_{AB} نشان می‌دهند. بنابراین، خواهیم داشت:

اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی A تا B :

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A$$

(رابطه‌ی ۹ - ۱)

به تعبیر دیگر اختلاف ارتفاع دو نقطه، فاصله‌ی قائم بین دو سطح تراز دو نقطه است.



شکل ۹ - ۵. اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی A تا B

بیش تر بدانیم . . .



ارتفاع واقعی قله‌ی دماوند

براساس اعلام سازمان نقشه برداری کشور، ارتفاع دقیق قله‌ی دماوند ۵ هزار و ۶۰۹ متر است حال آن‌که قبلاً ارتفاع ۵۶۷۱ متر برای این قله اعلام می‌شد.



برای به دست آوردن ارتفاعِ مطلقِ نقاط باید اختلاف ارتفاع آن‌ها را با سطح تراز دریا‌های آزاد (سطح مبنا) به دست آوریم. از آن‌جا که انتقال ارتفاع از سطح دریا‌های آزاد تا محل کار نقشه‌برداری کاری بسیار مشکل، پرهزینه و وقت‌گیر است، از این رو سازمان‌های مسئول نقشه‌برداری در هر کشور تعدادی نقطه را به صورت نقاط مبنا در سراسر کشور انتخاب می‌کنند و ارتفاع آن‌ها را از سطح مبنا به دست می‌آورند تا مورد استفاده‌ی نقشه‌برداران قرار بگیرد. به این نقاط «بنچ‌مارک» (Bench Mark) که آن‌را به اختصار با B.M نمایش می‌دهند) می‌گویند.



شکل ۹ - ۶. بنچ مارک ترازایی و شناسنامه‌ی آن

با توجه به تعاریف گفته شده، می‌توان دریافت که پس از تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه، اگر یکی از آن‌ها ارتفاع معلوم دارد، ارتفاع نقطه‌ی دیگر محاسبه می‌گردد. به عملیاتی که در این خصوص انجام می‌شود ترازایی می‌گویند. بنابراین، ترازایی را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

ترازایی مجموعه عملیاتی است که به تعیین ارتفاع یک نقطه یا اختلاف ارتفاع دو نقطه نسبت به هم منجر می‌گردد.

در زبان فرانسه ترازایی را نیولمان (Nivelment) و در زبان انگلیسی لولینگ (Levelling) می‌گویند. در ایران واژه‌ی نیولمان متداول است و به کسی که کار ترازایی را انجام می‌دهد، نیولر می‌گویند.



در فصل بعد با روش‌های مختلف ترازایی آشنا خواهید شد.

خلاصه ی فصل

- سطح تراز سطحی است که تمام نقاط واقع بر آن یک ارتفاع داشته باشد.
- سطح مبنای ارتفاعات سطحی است که ارتفاع نقاط مختلف را نسبت به آن می‌سنجند.
- ژئوئید سطح متوسط آب دریاها را گویند که به طور فرضی در زیر خشکی‌ها ادامه پیدا می‌کند.
- خط تراز به کلیه ی خطوط واقع در روی یک سطح تراز گفته می‌شود.
- خط افقی خطی است که در یک نقطه مماس بر خط تراز و عمود بر امتداد شاقولی است.
- صفحه‌ی مماس بر یکی از نقاط سطح تراز یا صفحه‌ی عمود بر امتداد شاقولی را صفحه‌ی افقی گویند.
- امتدادی که نقطه‌ی روی زمین را به مرکز ثقل زمین متصل می‌کند، امتداد شاقولی گفته می‌شود.
- صفحه‌ی قائم صفحه‌ای است که از امتداد شاقولی در یک نقطه می‌گذرد.
- ارتفاع یک نقطه فاصله‌ی قائم از سطح مبنای ارتفاعات در جهت امتداد شاقولی یا خلاف آن است.
- ارتفاع مطلق ارتفاعی است که نسبت به ژئوئید محاسبه می‌شود و ارتفاع نسبی نسبت به سطوح مبنای دیگر محاسبه می‌شود.
- اختلاف فاصله‌ی قائم دو نقطه نسبت به سطح مبنای ارتفاعات را اختلاف ارتفاع آن دو نقطه گویند.
- پنج مارک به نقاطی گفته می‌شود که ارتفاع آن‌ها نسبت به سطح مبنای ارتفاعات تعیین شده است.
- به مجموعه عملیاتی که برای اندازه‌گیری ارتفاع یا اختلاف ارتفاع بین نقاط انجام می‌شود تراز یابی گویند.



خودآزمایی

سؤالات تشریحی

- ۱- سطوح مهم در تراز یابی (سطح تراز، سطح مبنای ارتفاعات و سطح متوسط آب دریاها را آزاد) را با رسم شکل تعریف کنید.
- ۲- ژئوئید را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۳- خطوط مهم در تراز یابی (خط تراز، خط افق) را با رسم شکل تعریف کنید.
- ۴- اصطلاحات زیر را با رسم شکل تعریف کنید:
الف- صفحه‌ی افقی
ب- صفحه‌ی قائم
- ۵- امتداد شاقولی یک نقطه را با رسم شکل تعریف کنید.



- ۶- ارتفاع یک نقطه را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۷- تفاوت بین ارتفاع مطلق و نسبی را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۸- اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را با رسم شکل شرح دهید.
- ۹- بنچ مارک چیست؟ توضیح دهید.
- ۱۰- تراز یابی را تعریف کنید.

سؤالات چهارگزینه‌ای

- ۱۱- سطح تراز سطحی است که
 - (۱) ارتفاع نقاط مختلف را نسبت به آن می‌سنجند.
 - (۲) تمام نقاط واقع بر آن دارای یک ارتفاع است.
 - (۳) سطح متوسط آب‌های آزاد دریاها باشد.
 - (۴) در راستای امتداد شاقولی باشد.
- ۱۲- صفحه‌ی قائم صفحه‌ای است که
 - (۱) ارتفاع تمام نقاط واقع بر آن برابر است.
 - (۲) بر امتداد شاقولی مماس باشد.
 - (۳) بر امتداد شاقولی عمود باشد.
 - (۴) در یک نقطه، مماس بر امتداد افق باشد.
- ۱۳- خط افقی خطی است که
 - (۱) در یک نقطه عمود بر خط تراز و مماس بر امتداد شاقولی باشد.
 - (۲) در یک نقطه مماس بر خط تراز و عمود بر امتداد شاقولی باشد.
 - (۳) در صفحه‌ی تراز قرار دارد.
 - (۴) از امتداد شاقولی در یک نقطه بگذرد.
- ۱۴- کدام گزینه صحیح نیست:
 - (۱) ارتفاع مطلق یک نقطه ارتفاعی است که نسبت به ژئوئید اندازه‌گیری می‌شود.
 - (۲) ارتفاع نسبی یک نقطه ارتفاعی است که نسبت به ژئوئید اندازه‌گیری می‌شود.
 - (۳) اختلاف ارتفاع دو نقطه همان اختلاف فاصله‌ی قائم دو نقطه نسبت به سطح مبنای ارتفاعات است.
 - (۴) بنچ مارک به نقاطی گفته می‌شود که دارای ارتفاع معلوم از سطح مبنای ارتفاعات باشد.

فصل دهم

روش‌های مختلف ترازیابی



عکس ماهواره‌ای از بین‌الحرمین

به نظر شما چگونه می‌توان با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، اختلاف ارتفاع بین نقاط را به دست آورد؟

هدف های رفتاری :

پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:

۱- انواع روش های مختلف ترازیابی را نام ببرد و هر کدام را با رسم شکل توضیح دهد.



قبل از مطالعه ی این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با مفاهیم اولیه ی ترازیابی
- ۲- آشنایی با نسبت های مثلثاتی در مثلث قائم الزاویه
- ۳- آشنایی با مفهوم فشار هوا
- ۴- آشنایی با عکس هوایی
- ۵- آشنایی با سیستم تعیین موقعیت ماهواره ای (GPS)

: مطالب پیش نیاز

مقدمه - روش های ترازیابی

جهت تعیین اختلاف ارتفاع یا ارتفاع نقاط، روش های مختلفی وجود دارد. بعضی از روش های ترازیابی از قدیم الایام مورد استفاده قرار می گرفته اند (مانند ترازیابی به کمک وسایل ساده یا با استفاده از شیلنگ تراز) و بعضی از روش ها نیز امروزه به کار گرفته شده اند (مانند استفاده از ترازب های لیزری یا ترازیابی به کمک سیستم تعیین موقعیت ماهواره ای).

در این فصل با برخی از روش های ترازیابی ساده آشنا می شوید و در فصل یازدهم متداول ترین روش های ترازیابی هندسی را می آموزید.

بیش تر بدانیم . . .



آیا می توانید غیر از روش هایی که در این فصل ذکر می گردد، روش های دیگری نیز برای محاسبه ی اختلاف ارتفاع ذکر کنید؟ برای این منظور می توانید به کتاب های نقشه برداری موجود در بازار و یا سایت های مختلف نقشه برداری و ژئوماتیک رجوع کنید.

۱-۱۰ روش های مختلف ترازیابی

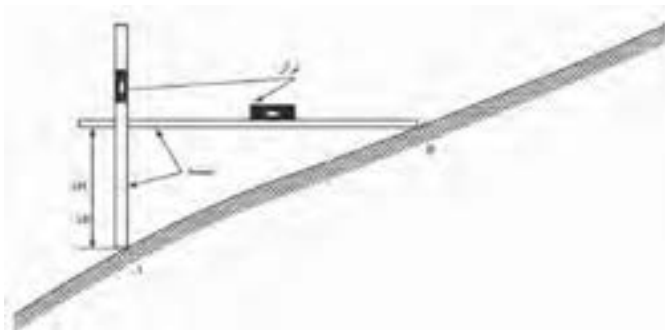
به طور کلی روش های مختلف ترازیابی را می توان به اشکال زیر تقسیم بندی نمود:

- ترازیابی به کمک وسایل ساده (تراز شاقولی - شمشه تراز)
- ترازیابی هیدرواستاتیکی (روش استفاده از شیلنگ تراز)
- ترازیابی هندسی (ترازیابی مستقیم)
- ترازیابی مثلثاتی (ترازیابی غیرمستقیم)
- ترازیابی به کمک ترازهای الکترونیکی
- ترازیابی به کمک انواع تئودولیت های اُبتیکی و الکترونیکی
- ترازیابی فشارسنجی
- ترازیابی به کمک عکس های هوایی
- ترازیابی به کمک سیستم تعیین موقعیت ماهواره ای

۲-۱۰ ترازیابی به کمک وسایل ساده

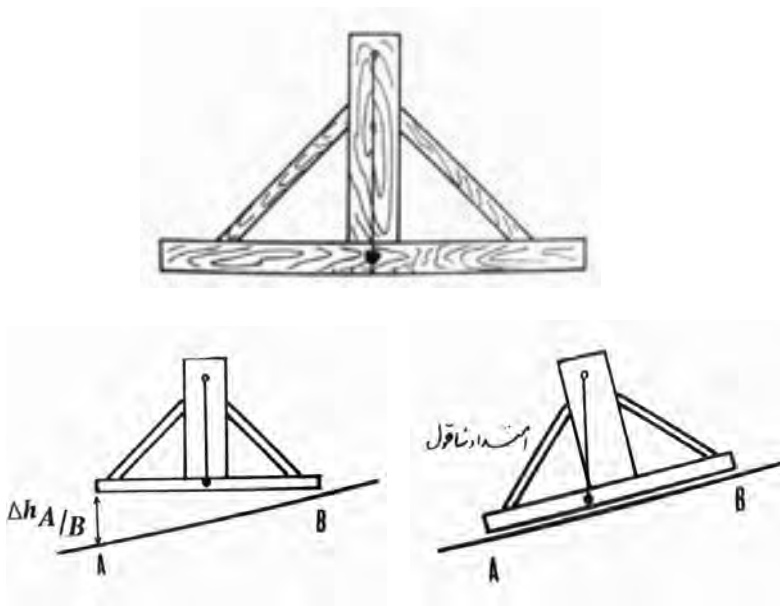
در این روش از وسایل ساده و اولیه برای اندازه گیری اختلاف ارتفاع بین دو نقطه استفاده می شود. امروزه این روش در نقشه برداری کم تر مورد استفاده است. مهم ترین وسایل این روش تراز شاقولی و شمشه تراز بنایی است.

شمشه و تراز بنایی نیز برای اندازه گیری اختلاف ارتفاع دو سطح، که دارای فاصله ی متناسب با طول شمشه هستند، در کارهای ساختمانی مورد استفاده قرار می گیرد. می توانید روش کار را توضیح دهید؟



شکل ۱۰ - ۱. شمشه و تراز بنایی

تراز شاقولی از یک مثلث متساوی الساقین تشکیل شده و با کمک شاقولی که به آن متصل است و خط‌نشانه‌ای که روی پایه‌ی آن قرار دارد، می‌توان سطح را تراز نمود (شکل ۱۰-۲)



شکل ۱۰ - ۲. تراز شاقولی

بیش‌تر بدانیم . . .

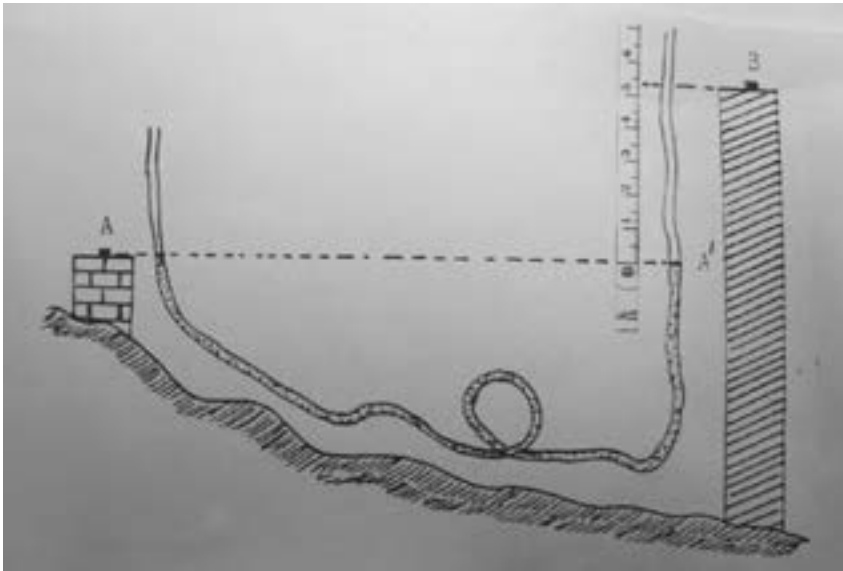


ابوبکر محمد بن حسین کرجی (حسن)، ریاضی‌دان و آب‌شناس فرهیخته ایرانی است و در نیمه دوم سده چهارم و آغاز سده پنجم هجری زندگی کرده‌است. وی هم دوران ابوریحان بیرونی، زکریای رازی و پورسینا بوده است اما کسی وی را به اندازه‌ی این سه تن نمی‌شناسد. به احتمال قوی کرجی نخستین کسی است که نقشه برداری زمینی را مطرح کرده است. وی برای هدایت راستا و شیب کف قنات روش‌هایی ارائه کرده که از نظر اصول ریاضی درست منطبق بر آن چیزی است که امروزه در نقشه برداری‌های زیرزمینی انجام می‌شود و تفاوت اندک آنها در اجرا، به دلیل ابزارهایی مثل تنودولیت است که در آن زمان موجود نبوده است.

در این روش از قانون ظروف مرتبط یا ظروف به هم پیوسته استفاده می‌شود (قانون توریچلی). وقتی در یک لوله‌ی پلاستیکی (شیلنگ شفاف) آب بریزیم، سطح آزاد آب در دو شاخه‌ی لوله در یک ارتفاع قرار می‌گیرد. وسیله‌ی ساده‌ای که در این روش به کار برده می‌شود یک لوله یا شیلنگ پلاستیکی شفاف است.

مطابق شکل (۳-۱۰) بین دو نقطه‌ی A و B که نسبت به هم دارای پستی و بلندی هستند یک شیلنگ پر شده از آب قرار می‌دهیم و اختلاف سطح نقطه‌ی A را از نقطه‌ی B با این وسیله به دست می‌آوریم. به این ترتیب محل عبور سطح تراز نقطه‌ی A از امتداد قائم نقطه‌ی B است (A' هم ارتفاع A است. چرا؟)

با اندازه‌گیری فاصله‌ی قائم A'B به وسیله‌ی متر، اختلاف ارتفاع دو نقطه را به دست می‌آوریم.



شکل ۱۰-۳. ترازیابی هیدرواستاتیکی (استفاده از شیلنگ تراز برای تعیین اختلاف ارتفاع)

ایراد این روش این است که فقط می‌توان در مواردی که نقاط به هم نزدیک باشند آن را به کار برد. به همین دلیل کاربردش در نقشه‌برداری کم است ولی در کارهای ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ترازیابی هندسی از دقیق‌ترین و مهم‌ترین روش‌های اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع است. در این روش به کمک دستگاه ترازیاب و شاخص و با ایجاد یک صفحه‌ی افقی در فضا اختلاف ارتفاع نقاط به دست می‌آید. به این صورت که با استفاده از تعریف و خاصیت صفحه‌ی افقی، که قبلاً گفته شد، مستقیماً اختلاف ارتفاع بین دو نقطه اندازه‌گیری می‌شود. در فصل بعد، روش‌های کار در ترازیابی هندسی به صورت کامل توضیح داده خواهد شد.



شکل ۱۰-۴. ترازیابی هندسی (ترازیابی مستقیم)

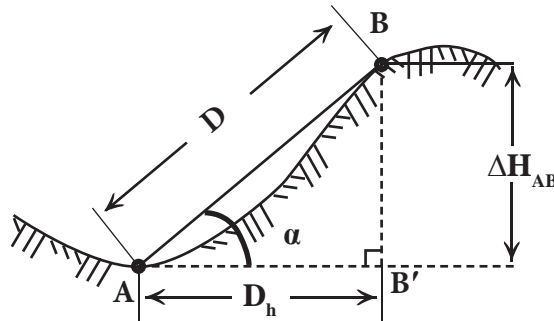
بیش‌تر بدانیم . . .



تحقیقی درمورد توریچلی و قانون معروفش (قانون ظروف مرتبط) انجام

دهید.

در این روش اختلاف ارتفاع نقاط با استفاده از روابط مثلثاتی تعیین می گردد. مثلاً اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B در شکل (۵-۱۰) با معلوم بودن فاصله ی شیب دار دو نقطه ی A و B یا فاصله ی افقی آنها (D_h) و زاویه ی شیب امتداد AB (α)، به کمک شیب سنج به سهولت به دست می آید.



$$\Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha$$

$$\Delta H_{AB} = D_h \times \tan \alpha$$

شکل ۵-۱۰. ترازیابی مثلثاتی (ترازیابی غیرمستقیم)

محاسبه ی اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله ی مایل و زاویه ی شیب :

$$\Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha$$

(رابطه ی ۱۰ - ۱)

محاسبه ی اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله ی افقی و زاویه ی شیب :

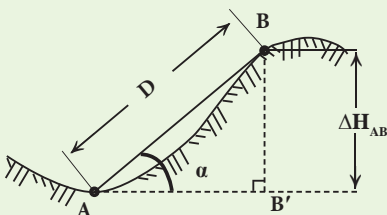
$$\Delta H_{AB} = D_h \times \tan \alpha$$

(رابطه ی ۱۰ - ۲)

مثال ۱۰-۱



اندازه گیری اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله ی مایل و زاویه ی شیب (ترازیابی مثلثاتی)



با توجه به شکل مقابل اختلاف ارتفاع AB

(ΔH_{AB}) چند متر است؟

اگر ارتفاع A برابر ۱۰۰ متر باشد ارتفاع B چند

متر است؟ ($\alpha = 30^\circ$ و $D = 12 \text{ m}$)

راهکار کلی: مشاهده می شود که مثلث ABB' یک مثلث قائم الزاویه است. هم چنین ارتفاع A و B' برابرند زیرا این دو نقطه بر روی یک سطح افقی قرار دارند. بنابراین، با پیدا کردن ضلع BB' در این مثلث در حقیقت اختلاف ارتفاع بین دو نقطه ی A و B را به دست آورده ایم. به دلیل معلوم بودن زاویه ی شیب و طول مایل از رابطه ی «سینوس» در مثلث قائم الزاویه ی فوق استفاده می کنیم:

$$\sin \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{BB'}{AB} = \frac{\Delta H_{AB}}{D}$$

$$\sin \alpha = \frac{\Delta H_{AB}}{D} \Rightarrow \Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha$$

پس از به دست آوردن مقدار ΔH_{AB} کافی است آنرا با ارتفاع معلوم A جمع جبری نمائیم:

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

روش حل:

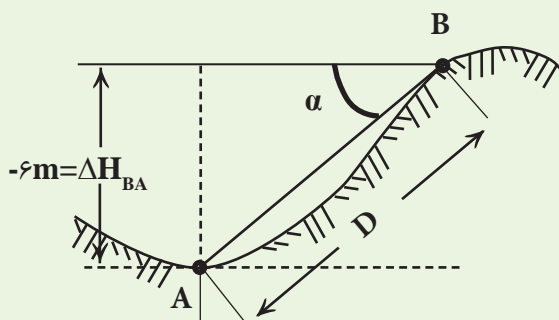
$$\left. \begin{array}{l} D = 12\text{m} \\ \alpha = 30^\circ \\ H_A = 10\text{m} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha = 12 \times \sin 30^\circ = 6\text{m} \\ H_B = H_A + \Delta H_{AB} = 10 + 6 = 16\text{m} \end{array}$$

بیش تر بدانیم . . .



ارتفاع برج میلاد که نماد مهندسی ایرانی است، چند متر است؟

بحث و بررسی: در مثال بالامشاهده می‌شود که اختلاف ارتفاع بین نقاط A تا B (ΔH_{AB}) برابر $+6\text{m}$ و معنی آن این است که نقطه‌ی B به اندازه‌ی ۶ متر از نقطه‌ی A در سطح بالاتری قرار دارد. $(\Delta H_{AB} = +6\text{m})$. حال اگر بخواهیم اختلاف ارتفاع بین B تا A (ΔH_{BA}) را به دست آوریم مطابق شکل، مقدار آن -6 متر خواهد شد. یعنی نقطه‌ی A به اندازه‌ی ۶ متر پایین‌تر از نقطه‌ی B قرار می‌گیرد. در این حالت چون امتداد BA پایین خط افق BB' قرار گرفته است، پس زاویه‌ی شیب -30° درجه خواهد شد.



$$\left. \begin{array}{l} D = 12\text{m} \\ \alpha = -30^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta H_{BA} = D \times \sin \alpha \\ \Delta H_{BA} = 12 \times \sin(-30^\circ) = -6\text{m} \end{array}$$

۶-۱۰ ترازیبی به کمک ترازیب‌های الکترونیکی

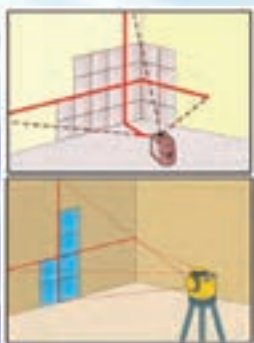
در این نوع ترازیبی از ترازیب‌های الکترونیکی همراه با شاخص مخصوص استفاده می‌شود. این ترازیب‌ها قادرند از خود اشعه‌ای صادر کنند و این اشعه پس از برخورد به شاخص و برگشت، می‌تواند اختلاف ارتفاع را مشخص نماید.

مزیت مهم این دستگاه‌ها آن است که در آن‌ها خطای قرائت و خطای ثبت اعداد وجود ندارد. این دستگاه‌ها قادرند فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی ایستگاه و محل استقرار شاخص را اندازه‌گیری نمایند. هم‌چنین، به تعداد دفعات لازم، اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع و فاصله را تکرار می‌کنند.



شکل ۱۰ - ۶. تراز یاب الکترونیکی

بیش تر بدانیم . . .



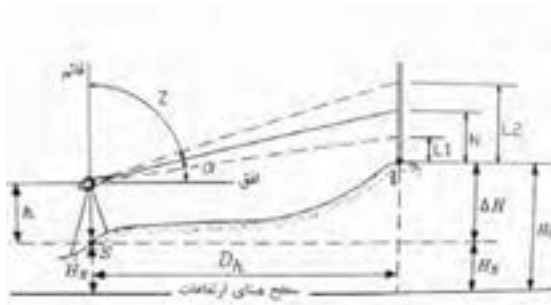
ترازیاب های لیزری

تحقیقی در مورد کاربردهای
عمرانی تراز یاب های لیزری انجام
دهید.



اصول کلی این روش در کتاب «نقشه برداری عمومی» سال آینده به صورت مشروح بیان می شود و روابط مورد نظر اثبات می گردد، اما این جا در حد اختصار به توضیح موضوع می پردازیم.

همان گونه که در شکل (۷-۱۰) ملاحظه می شود دستگاه زاویه یاب (تئودولیت) در نقطه ی S مستقر شده و ارتفاع دوربین اندازه گیری می گردد. سپس با قراول روی به شاخص نگه داشته شده در نقطه ی i ، اعداد مربوط به تارهای صفحه ی رتیکول و هم چنین زاویه ی قائم دوربین قرائت می شود. بنابراین، با داشتن مقادیر اندازه گیری شده و هم چنین ارتفاع نقطه ی S می توان اختلاف ارتفاع دو نقطه ی S و i را به دست آورد.



شکل ۱۰ - ۷. ترازیابی به کمک زاویه یاب (تئودولیت)

در این روش اختلاف ارتفاع نقاط بر اساس اختلاف فشار هوا و درجه ی حرارت در دو نقطه تعیین می گردد. به طوری که با اندازه گیری فشار هوا در هر نقطه می توان ارتفاع آن را تعیین نمود. زیرا فشار هوا در لایه های هم ارتفاع یکسان است و هرچه از سطح زمین بالاتر برویم از فشار هوا کاسته می شود. یعنی فشار هوا با ارتفاع نسبت معکوس دارد. دقت این روش کم است و برای مناطق کوهستانی مناسب است.

برای اندازه گیری فشار هوا از وسیله ای به نام «بارومتر» استفاده می گردد.



شکل ۱۰ - ۸. بارومتر

با استفاده از عکس‌های هوایی و وسایل مخصوص کار با آن‌ها و نیز با توجه به روابط ریاضی مربوطه و فرمول‌های مناسب می‌توان اختلاف ارتفاع تعداد بسیاری از نقاط را، که در عکس زمینی موجودند، به دست آورد. این کار با دستگاه‌های تبدیل، کامپیوتر و ماشین حساب به سهولت انجام می‌شود.



شکل ۱۰ - ۹. عکس هوایی

بیش تر بدانیم . . .



فشار کمیتی است برابر با نیروی عمود بر سطح در واحد سطح. اتمسفر یکی از واحدهای اندازه‌گیری فشار است. در دهمین کنفرانس عمومی واحدهای اندازه‌گیری اتمسفر به عنوان یک واحد رسمی اندازه‌گیری فشار پذیرفته شد و مقدار دقیق آن برابر با 101325 پاسکال تعیین شد. هر اتمسفر تقریباً برابر با میانگین فشار هوا در سطح دریا در سواحل شهر پاریس فرانسه است. شهرهای دیگر دنیا که در عرض جغرافیایی مشابهی قرار دارند، از میانگین فشار هوای مشابهی نیز برخوردارند.

در این روش با استقرار گیرنده‌های GPS بر روی نقطه‌ای که می‌خواهیم ارتفاع مطلق آن را به دست آوریم و از طریق ارتباط گیرنده‌ها با ماهواره، ارتفاع توسط دستگاه گیرنده، پس از محاسبه، بر روی صفحه‌ی نمایش آن نشان داده می‌شود.



شکل ۱۰-۱۰. گیرنده GPS

خلاصه‌ی فصل

- مهم‌ترین روش‌های ترازیابی عبارت‌اند از:
 - ۱- ترازیابی به کمک وسایل ساده (تراز شاقولی - شمشه تراز)
 - ۲- ترازیابی هیدرواستاتیکی (روش استفاده از شیلنگ تراز)
 - ۳- ترازیابی هندسی (ترازیابی مستقیم)
 - ۴- ترازیابی مثلثاتی (ترازیابی غیرمستقیم)
 - ۵- ترازیابی به کمک ترازیب‌های الکترونیکی
 - ۶- ترازیابی به کمک انواع تئودولیت‌های اُپتیکی و الکترونیکی
 - ۷- ترازیابی فشارسنجی
 - ۸- ترازیابی به کمک عکس‌های هوایی
 - ۹- ترازیابی به کمک سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای



سؤالات تشریحی

- ۱- روش‌های مختلف ترازیابی را نام ببرید.
- ۲- دو روش متداول ترازیابی با وسایل ساده را نام ببرید و هر کدام را شرح دهید.
- ۳- ترازیابی هیدرواستاتیکی (استفاده از شیلنگ تراز) را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۴- ترازیابی مثلثاتی چیست؟ با رسم شکل روابط آن را توضیح دهید.
- ۵- ترازیابی به کمک دستگاه‌های الکترونیکی را توضیح دهید.
- ۶- چگونه می‌توان از تغییرات فشار هوا برای تعیین اختلاف ارتفاع استفاده کرد؟ توضیح دهید.
- ۷- ترازیابی به کمک عکس هوایی چگونه است؟
- ۸- ترازیابی با GPS را شرح دهید.

سؤال جورکردنی

- ۹- روش‌های ستون «الف» را با وسایل ستون «ب» تکمیل کنید.

الف	ب
ترازیابی با وسایل ساده	تئودولیت
هیدرواستاتیکی	فشارسنج
هندسی	شیلنگ تراز
بارومتری	نیوو
	عکس هوایی
	شمشه و تراز



سؤالات چهارگزینه‌ای

۱۰- ترازایی با شیلنگ تراز جزو کدام روش ترازایی است؟

(۱) هیدرواستاتیکی

(۲) هندسی

(۳) غیرمستقیم

(۴) الکترونیکی

۱۱- کدام گزینه ترازایی مستقیم نامیده می‌شود؟

(۱) هندسی

(۲) مثلثاتی

(۳) فشارسنجی

(۴) ماهواره‌ای

۱۲- در کدام روش ترازایی اختلاف ارتفاع نقاط بر اساس اختلاف فشار هوا و درجه‌ی

حرارت در دو نقطه تعیین می‌گردد؟

(۱) هیدرواستاتیکی

(۲) غیرمستقیم

(۳) ماهواره‌ای

(۴) بارومتري

فصل یازدهم

ترازیابی هندسی (ترازیابی مستقیم)



هدف های رفتاری :

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:
- ۱- انواع روش های ترازیابی هندسی را نام ببرد.
 - ۲- ترازیابی ساده را، که یکی از روش های ترازیابی هندسی است، با رسم شکل شرح دهد.
 - ۳- ترازیابی تدریجی را با رسم شکل توضیح دهد.
 - ۴- دلایل استفاده از ترازیابی تدریجی را بیان کند.
 - ۵- ترازیابی شعاعی را با رسم شکل توضیح دهد.
 - ۶- ترازیابی متقابل را با رسم شکل شرح دهد.
 - ۷- علل استفاده از ترازیابی متقابل را بیان کند.

نکته ها:

هر چیز هنگامی که کم است قدر و قیمت دارد جز علم
که وقتی بسیار می شود قدر و قیمت می یابد.
«امام علی علیه السلام»

قبل از مطالعه ی این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با مفاهیم و اصطلاحات اولیه ی ترازیابی

: مطالب پیش نیاز

مفاهیم کلیدی

ترازیابی هندسی
Direct levelling

ترازیابی ساده

ترازیابی تدریجی

ترازیابی شعاعی

ترازیابی متقابل
Reciprocal levelling

نقاط موقت
Temporary Point

قرائت عقب
Back Sight (BS)

قرائت جلو
Fore Sight (FS)
Front Sight

قرائت وسط
Intermediate Sight

مقدمه: تراز یابی هندسی یا تراز یابی مستقیم

(.....)

ترازیابی هندسی از دقیق ترین و مهم ترین روش های اندازه گیری اختلاف ارتفاع است. در این روش به کمک دستگاه تراز یاب و شاخص و با ایجاد یک صفحه ی افقی در فضا، اختلاف ارتفاع نقاط به دست می آید و از آن جا که معمولاً برای تعیین موقعیت ارتفاعی نقاط، باید تعداد زیادی عدد خوانده شود و سپس بر روی آن ها عملیات محاسبه صورت گیرد، برای رعایت نظم و ترتیب و جلوگیری از اشتباهات، از فرم های مخصوص (برای درج اعداد خوانده شده و انجام محاسبات) استفاده می نمایند.

در این فصل، انواع روش های متداول تراز یابی هندسی شرح داده می شود.

بیش تر بدانیم . . .



کاربردهای تراز یابی: (منحنی میزان)

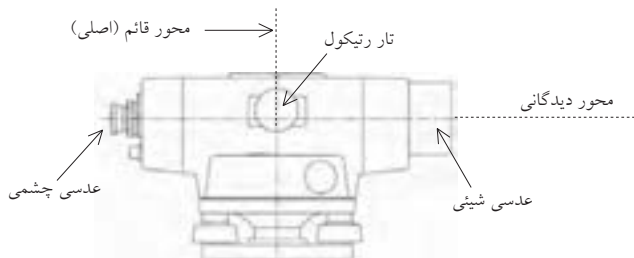
اگر یک سطح تراز زمین را قطع کند به فصل مشترک این سطح تراز با سطح خارجی زمین منحنی تراز می گویند.

در سال آینده با منحنی میزان آشنا خواهید شد.

در روش‌های ترازبایی هندسی از دستگاهی به نام ترازباب استفاده می‌شود. با این دستگاه می‌توان در فضا یک صفحه‌ی افقی ایجاد کرد و با اندازه‌گیری فاصله‌ی این سطح تا سطوح افقی گذرنده از دو نقطه‌ی مشخص روی زمین، اختلاف ارتفاع آن دو نقطه را تعیین نمود. به منظور استفاده از ترازباب، ضمن استقرار این دستگاه بر روی سه پایه‌ی مخصوص، آن را بر سطح افق، تراز می‌کنیم (با استفاده از ترازکروی). در این حالت یک سطح افقی فرضی را از مرکز دوربین در تمام جهات ایجاد کرده‌ایم. در دوربین ترازباب دو محور به شرح زیر وجود دارد:

۱- محور دیدگانی دوربین: محوری است که محل تقاطع دو تار بلند رتیکول را به مرکز عدسی‌های شیئی و چشمی وصل می‌کند (در صورتی که دستگاه خط نداشته و از تنظیم خارج نشده باشد). در غیر این صورت خطایی ایجاد می‌شود که آن را خطای کلیماسیون می‌گویند. این خطا در فصل دوازدهم مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- محور اصلی دستگاه: محوری است که امتداد قائم را نشان می‌دهد؛ بنابراین وقتی که دستگاه تراز باشد، محور اصلی بر امتداد شاقولی منطبق است.



شکل ۱۱-۱. محورهای دوربین ترازباب

برای محاسبه‌ی اختلاف بین صفحه‌ی افقی تشکیل‌شده (محور دیدگانی دوربین) با



سطح تراز هر نقطه‌ی دلخواه، یک خط کش بلند مدرج بر روی آن نقطه قرار می‌دهیم و اختلاف این دو سطح را بر روی این خط کش، که به آن شاخص (میر) گویند، اندازه می‌گیریم. این خط کش بلند به تقسیمات سانتی متر مدرج شده و برای سهولت خواندن آن، سانتی مترها غالباً یک درمیان به رنگ سفید و سیاه است و هر ده سانتی متر نیز با خط بزرگ‌تر یا با عدد نشان داده شده است.

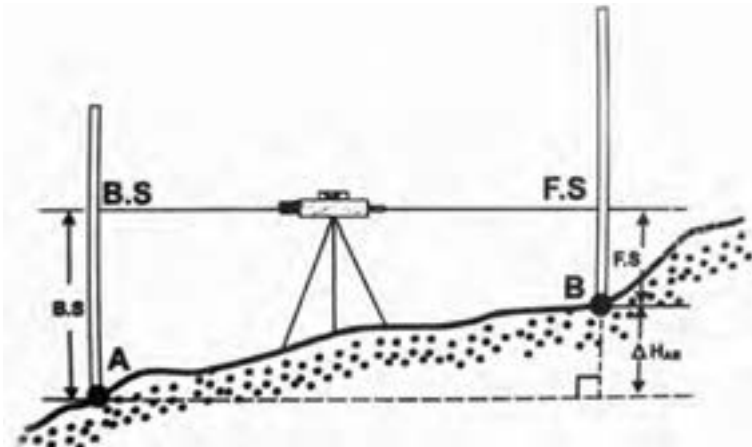
شکل ۱۱-۲. شاخص (میر)

۱۱-۲ ترازیبی ساده

برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی . و . در نقطه‌ای دلخواه، که از آن نشانه‌روی به شاخص در دو نقطه‌ی . و . امکان‌پذیر باشد، ترازیب را مستقر و کاملاً تراز می‌نمائیم. در این حالت صفحه‌ای که در فضا از چرخش تلسکوپ حول محور قائم (محور اصلی) به وجود می‌آید صفحه‌ای افقی خواهد بود.

پس از استقرار دستگاه، با نشانه‌روی به شاخص‌های مستقر در نقطه‌ی . و . اعداد .. و .. را می‌خوانیم. برای محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع بین دو نقطه داریم:

$$\Delta_{..} = . \dots - . \dots$$



شکل ۱۱ - ۳. ترازیبی ساده

بیش‌تر بدانیم . . .



کاربردهای ترازیبی: (پروفیل طولی)

نمایش ترسیمی موقعیت نقاط روی زمین در یک امتداد مشخص را مقطع یا پروفیل گویند. اگر این امتداد در راستای مسیر حرکت باشد به آن پروفیل طولی گفته می‌شود.

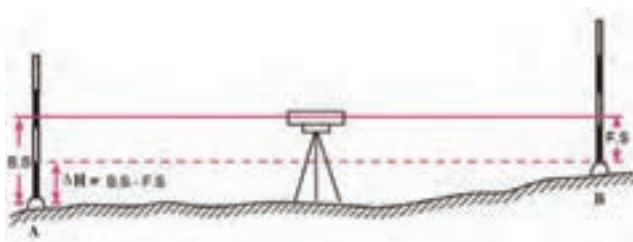
در سال آینده با پروفیل طولی و کاربردهای آن آشنا خواهید شد.

نکته ۱. در مسیر حرکت ترازیابی معمولاً اولین قرائت را در هر دهنه قرائت عقب (. .) و دومین قرائت را قرائت جلو (. .) می‌گویند.

نکته ۲. از روی علامت Δ می‌توان تشخیص داد که کدام یک از نقاط بالاتر است:

$\Delta H > 0$ نقطه‌ی دوم بالاتر است.

$\Delta H < 0$ نقطه‌ی دوم پایین‌تر است.



شکل ۱۱ - ۴. روش تعیین اختلاف ارتفاع

نکته ۳. چنانچه ارتفاع یکی از دو نقطه‌ی . و . معلوم باشد چون اختلاف ارتفاع دو نقطه به دست می‌آید می‌توان ارتفاع نقطه‌ی دیگر را نیز به دست آورد.

نکته ۴. در ترازیابی، همیشه قرائت نقطه‌ی اول منهای قرائت نقطه‌ی دوم می‌شود.

$$\Delta \dots = \dots - \dots$$



مثال ۱۱-۱

ترازیابی ساده

اگر ارتفاع . ۳۴۶/۲۰ متر و قرائت عقب و جلوی روی نقاط . و . به ترتیب ۱۰۴۶ و

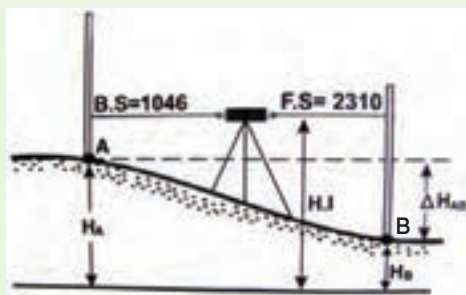
۲۳۱۰ میلی‌متر باشد مطلوب است:

الف) تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی .

و .

ب) تعیین ارتفاع نقطه‌ی . به روش

ترازیابی ساده.



- راهکار کلی: برای به دست آوردن ارتفاع نقطه‌ی . کافی است اختلاف ارتفاع بین نقاط .
و . را محاسبه کنیم و آن را با ارتفاع موجود (نقطه‌ی .) جمع جبری نمایم.

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

گفتنی است که در تراز یابی، همیشه قرائت جلو از قرائت عقب کم می‌شود.

روش حل:

اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی . و . برابر است با:

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

$$= 10.46 - 23.10 = -12.64 \text{ mm} = -1/264 \text{ m}$$

برای تعیین ارتفاع نقطه‌ی . داریم:

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

$$= 346/20 + (-1/264) = 344/936 \text{ m}$$

بحث و بررسی: .. در این جا قرائت عقب همان قرائت عدد شاخص روی نقطه‌ی اول و قرائت جلو، مربوط به نقطه‌ی دوم است.

.. علامت منفی در اختلاف ارتفاع بیانگر این است که نقطه‌ی . نسبت به نقطه‌ی . مقدار ۱/۲۶۴ متر پایین تر است. به عبارتی دیگر شیب زمین از . به . سرازیری یا سرپائینی است.



بیش تر بدانیم . . .



در مورد شکل روبه‌رو و کاربرد تراز یابی
در آن تحقیق کنید.

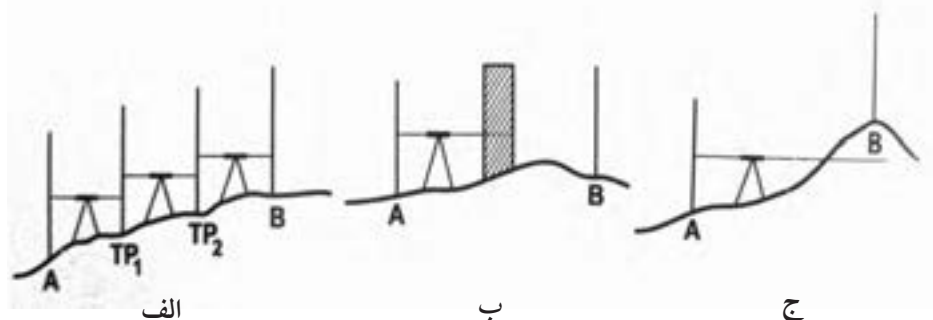
اگر دو نقطه‌ای که می‌خواهیم اختلاف ارتفاع آن‌ها را به دست آوریم، از هم دور باشند یا شیب زمین زیاد باشد، به طریقی که با یک بار ایستگاه‌گذاری پیدا کردن اختلاف ارتفاع مقدور نباشد به طریق ترازیبی تدریجی عمل می‌کنند.

بنابراین به طور خلاصه زمانی از ترازیبی تدریجی استفاده می‌گردد که

(الف) فاصله‌ی دو نقطه زیاد باشد

(ب) مانعی بین نقاط و ایستگاه ترازیب وجود داشته باشد

(ج) شیب زمین تند باشد یا به عبارت دیگر اختلاف ارتفاع دو نقطه زیاد باشد

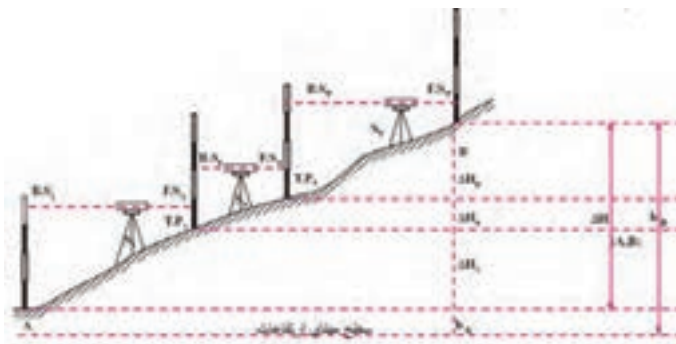


شکل ۱۱ - ۵. روش تعیین اختلاف ارتفاع

در این روش مجبور خواهیم بود در طول مسیر از یک سری نقاط کمکی یا نقاط نشانه استفاده کنیم و در حقیقت چندین بار ایستگاه‌گذاری نمائیم. این نقاط کمکی یا نقاط نشانه را با (.....) ... نشان می‌دهیم و در طول مسیر با شماره‌گذاری، آن‌ها را مشخص می‌کنیم.

در این روش با اتکا به ارتفاع نقطه‌ی اول و نقاط نشانه می‌توان ارتفاع نقطه‌ی آخر را مشخص نمود. در هر حال برای تعیین ارتفاع نقاط کمکی از همان ترازیبی ساده بین دو نقطه استفاده می‌کنیم.

مطابق شکل (۱۱-۶) برای تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه ی . و .، طول مسیر حرکت ترازیبی به چند دهنه ی دلخواه، متناسب با وضعیت منطقه، تقسیم می شود و اختلاف ارتفاع هر دهنه تعیین و نهایتاً با جمع جبری اختلاف ارتفاع دهنه ها، اختلاف ارتفاع دو نقطه ی . و . تعیین می گردد. برای این منظور کافی است با قراردادن دستگاه بین هر دو نقطه و انجام قرائت های عقب و جلو (ترازیابی ساده)، عملیات را از . به سمت . ادامه می دهیم.



شکل ۱۱ - ۶ . ترازیبی تدریجی

به مجموعه ی یک یا چند دهنه، که بین دو ایستگاه ترازیبی قرارداد، قطعه)) می گویند. پس در ابتدا و انتهای هر قطعه ی ترازیبی نقاط ثابت ایستگاهی وجود دارد. ولی در هر دهنه ممکن است نقاط ابتدا و انتهایی نقاط موقت (..) باشند.



بیش تر بدانیم . . .



کاربردهای ترازیبی: (پروفیل عرضی)

چنان چه صفحه قائمی عمود بر محور مسیر از هر نقطه مسیر گذرانده و فصل مشترک آن را با زمین (در عرض راه) مشخص و رسم نماییم به آن نیم رخ عرضی گویند.

در سال آینده با پروفیل عرضی و کاربردهای آن آشنا خواهید شد.

به منظور تعیین اختلاف ارتفاع نقاط . و . روابط زیر را می توانیم بنویسیم:

$$\begin{aligned}\Delta H_1 &= \Delta h_{(A, TP_1)} = B.S_1 - F.S_1 \\ \Delta H_2 &= \Delta h_{(TP_1, TP_2)} = B.S_2 - F.S_2 \\ \Delta H_3 &= \Delta h_{(TP_2, B)} = B.S_3 - F.S_3 \\ \Delta H_{(A-B)} &= \Delta h_{(A, TP_1)} + \Delta h_{(TP_1, TP_2)} + \Delta h_{(TP_2, B)} = \sum \Delta H_i \\ &= (B.S_1 - F.S_1) + (B.S_2 - F.S_2) + (B.S_3 - F.S_3) \\ &= (B.S_1 + B.S_2 + B.S_3) - (F.S_1 + F.S_2 + F.S_3) \\ \sum B.S - \sum F.S &= h_B - h_A\end{aligned}$$

و برای تعیین ارتفاع نقطه ی . یعنی . وقتی ارتفاع نقطه ی . یعنی . معلوم است می توان نوشت:

$$h_B = h_A + \Delta H_{(A-B)} = h_A + \sum \Delta H_i = h_A + (\sum B.S - \sum F.S)$$

و برای محاسبه ی ارتفاع هر نقطه ی مشابه، رابطه ی فوق را می توان نوشت. مثلاً

$$\begin{aligned}h_{TP_1} &= h_A + \Delta H_{(A, TP_1)} = h_A + (B.S_1 - F.S_1) \\ h_{TP_2} &= h_{TP_1} + \Delta H_{(TP_1, TP_2)} = h_{TP_1} + (B.S_2 - F.S_2) = h_A + (B.S_1 - F.S_1) + (B.S_2 - F.S_2)\end{aligned}$$

برای مرتب نوشتن اعدادی که می خوانیم، جدول ساده ی زیر را ترسیم می کنیم و در هر ایستگاه یک قرائت عقب و یک قرائت جلو انجام می دهیم (نوشته شده در ستون های مربوطه) سپس حاصل جمع قرائت های جلو از حاصل جمع قرائت های عقب کم می شود تا اختلاف ارتفاع دو نقطه ی . و . به دست آید. اگر حاصل منفی باشد نقطه ی . پائین تر از نقطه ی . است.

چنانچه ارتفاع نقطه‌ی . در دست باشد و آن را با اختلاف ارتفاع به دست آمده جمع جبری کنیم ارتفاع نقطه‌ی . به دست می‌آید. اگر بخواهیم ارتفاع نقاطی را روی یک مسیر پیدا کنیم با شیوه‌ای که در ترازبایی تدریجی عمل کردیم امکان‌پذیر است لیکن بعد از تنظیم جدول مربوطه قرائت‌های عقب و جلو دوبه‌دو از هم کم می‌شوند تا ارتفاع یک‌یک آن‌ها را بتوان پیدا کرد. فرم جدول کار به صورت زیر است:

نقاط	قرائت عقب (میلی متر)	قرائت جلو (میلی متر)
A	۳۶۱۲	
TP _۱	۳۴۸۱	۰۹۰۱
TP _۲	۳۷۰۱	۱۱۰۵
TP _۳	۳۷۴۰	۳۰۱۶
B		۰۸۰۱
مجموع	۱۴۵۳۴	۵۸۲۳

جدول ۱۱ - ۱. ترازبایی تدریجی

بیش تر بدانیم . . .

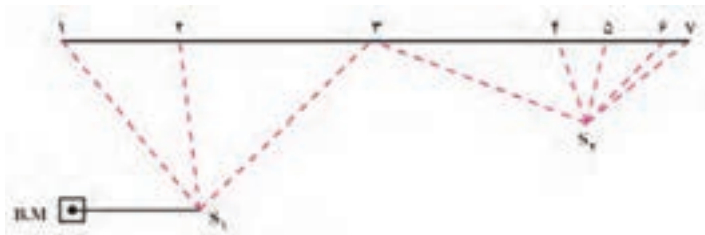


کاربردهای دیگر ترازبایی:
 ..محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی
 ..تهیه‌ی پلان با منحنی میزان
 ..انتقال ارتفاع از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر
 ...و...

در بسیاری از پروژه‌های عمرانی برای پیدا کردن ارتفاع نقاط می‌توان با ایستگاه‌گذاری و قراردادن شاخص روی نقاط مورد نیاز، بدون آن‌که دستگاه ترازیب جابه‌جا شود، ارتفاع نقاط را پیدا کنیم.

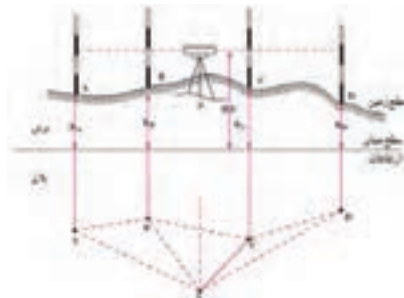
هرگاه فاصله‌ی نقاط به هم نزدیک باشد به طوری که بتوان از یک ایستگاه عدد مربوط به شاخص روی چند نقطه را خواند یا به عبارت دیگر با قراردادن ترازیب در محل مناسب بتوان بیش از دو قرائت انجام داد. در جدول اولین قرائت را قرائت عقب و آخرین قرائت را قرائت جلو و بقیه را قرائت‌های وسط ثبت می‌کنیم. این نوع ترازیبی را ترازیبی شعاعی یا ترازیبی نقاط پراکنده گویند.

در مواقعی که نقاطی به صورت پراکنده قرار گرفته باشد، به طوری که بتوان از یک ایستگاه آن‌ها را ترازیبی کرد، از این ترازیبی استفاده می‌شود.



شکل ۱۱ - ۷. ترازیبی شعاعی (نمای بالا)

همان‌طور که گفته شد، در ترازیبی شعاعی دستگاه ترازیب را در محل مناسبی، که از آن محل بتوان بیش از دو قرائت انجام داد، قرار می‌دهیم. برای مثال در شکل (۸-۱۱) دستگاه در نقطه‌ی . مستقر شده است، به طوری که از آن‌جا شاخص در نقاط . و . و . دیده می‌شود.



شکل ۱۱ - ۸. ترازیبی شعاعی

چنانچه ارتفاع نقطه‌ی اول معلوم باشد، در این نقطه قرائت عقب انجام می‌شود. در ادامه‌ی کار با گرفتن شاخص بر روی نقاط بعد به ترتیب قرائت‌های تار وسط انجام می‌شود و در انتها شاخص را بر روی نقطه‌ی آخر می‌گیریم و قرائت روی آنرا قرائت جلو ثبت می‌نمائیم.

هرگاه اختلاف ارتفاع نقاط را با Δ و قرائت عقب را با \dots و قرائت‌های وسط را با \dots و قرائت جلو را با \dots نشان دهیم، داریم:

$$\begin{aligned}\Delta H_{(A,B)} &= B.S_A - I.S_B & \Delta H_{(A,C)} &= B.S_A - I.S_C \\ \Delta H_{(B,C)} &= B.S_B - I.S_C & \Delta H_{(A,D)} &= B.S_A - F.S_D \\ \Delta H_{(C,D)} &= I.S_C - F.S_D & \Delta H_{(B,D)} &= I.S_B - F.S_D\end{aligned}$$

یا:

روشن است با داشتن اختلاف ارتفاع هر دو نقطه نسبت به هم و معلوم بودن ارتفاع یک نقطه از قبل مانند \dots به راحتی ارتفاع کلیه‌ی نقاط محاسبه می‌شود، مثلاً:

$$\begin{aligned}h_A &= \text{معلوم} \\ h_B &= h_A + \Delta H_{(A,B)} \\ h_C &= h_B + \Delta H_{(B,C)} = h_A + \Delta H_{(A,C)} \\ h_D &= h_C + \Delta H_{(C,D)} = h_B + \Delta H_{(B,D)} \\ &= h_A + \Delta H_{(A,D)}\end{aligned}$$

بیش تر بدانیم 

انواع بنچ مارک:

الف) بنچ مارک ژئودزی: ارتفاع این نقاط با عملیات ترازایی دقیق نسبت به سطح مبنای ارتفاعات تعیین می‌گردد.

ب) بنچ مارک‌های دائمی: انتخاب آن‌ها در فواصل کمتر نسبت به بنچ مارک‌های ژئودزی صورت می‌گیرد. و ارتفاع آن‌ها به کمک بنچ مارک‌های مذکور تعیین می‌گردد.

ج) بنچ مارک‌های اختیاری: نقاطی هستند که در یک منطقه کوچک و محدود انتخاب می‌کنیم و یک ارتفاع فرضی به آن‌ها نسبت می‌دهیم.

د) بنچ مارک‌های موقتی: نقاطی هستند که موقتاً به عنوان مبنا برای ترازایی در نظر گرفته می‌شوند.

۵-۱۱ ترازیبی متقابل

برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه بهتر است دستگاه ترازیب در محلی مستقر شود که فاصله‌ی نقاط تا دستگاه مساوی باشد. در این وضعیت خطاهای کلیماتیون و کرویت و انکسار عملاً در محاسبات حذف می‌گردد.

اما گاهی ممکن است شرایط فیزیکی زمین طوری باشد که نتوان فاصله‌ی دستگاه تا نقاط را مساوی در نظر گرفت. مانند شکل (۹-۱۱) اگر بین دو نقطه رودخانه‌ای وجود داشته باشد، در این وضعیت اختلاف ارتفاع دو نقطه را در دو حالت زیر به دست می‌آوریم و میانگین آن‌ها را، که اختلاف ارتفاع بدون خطاهای فوق است، مورد استفاده قرار می‌دهیم (ترازیابی متقابل).

در حالت اول دستگاه را نزدیک نقطه‌ی اول (۰) مستقر و روی شاخص را در نقاط ۰ و ۰ قرائت می‌کنیم.



شکل ۱۱ - ۹. ترازیبی متقابل

در حالت دوم دستگاه را در فاصله‌ی نزدیک نقطه‌ی ۰ مستقر و روی شاخص را در نقاط ۰ و ۰ قرائت می‌کنیم.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta H_1 = a_1 - b_1 \\ \Delta H_r = a_r - b_r \end{array} \right| \Rightarrow \Delta H_{(A.B)} = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_r}{2} = \frac{(a_1 - b_1) + (a_r - b_r)}{2}$$

..ترازیابی هندسی روشی است که در آن از دستگاه ترازیا ب و شاخص استفاده می شود.
 ..ترازیابی هندسی از دقیق ترین و مهم ترین روش های اندازه گیری اختلاف ارتفاع است.
 ..روش های ترازیا بی هندسی عبارت اند از:

۱- ساده

۲- تدریجی

۳- شعاعی

۴- متقابل

..ترازیابی ساده برای به دست آوردن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه به کار می رود.
 ..اولین قرائت را در هر دهنه ی ترازیا بی که معمولاً روی نقطه ی معلوم انجام می شود قرائت عقب (..) و دومین قرائت را قرائت جلو (..) می گویند.
 ..با داشتن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه و معلوم بودن ارتفاع یکی از نقاط، ارتفاع نقطه ی دیگر نیز محاسبه می شود.

..از ترازیا بی تدریجی زمانی استفاده می گردد که:

الف) فاصله ی بین دو نقطه زیاد باشد؛

ب) مانعی بین نقاط و ایستگاه وجود داشته باشد؛

ج) شیب زمین زیاد باشد.

..ترازیابی شعاعی روشی است که در آن از یک ایستگاه تعداد زیادی نقطه ترازیا بی می شود.

..در ترازیا بی شعاعی اولین قرائت را قرائت عقب (..) و سایر قرائت ها را قرائت وسط (..) و آخرین قرائت را قرائت جلو (..) می نامند.

..کاربرد ترازیا بی متقابل در مواردی است که نتوان دوربین ترازیا ب را در وسط دهنه ی ترازیا بی قرار داد.



سؤالات تشریحی

- ۱- انواع روش‌های ترازیبی هندسی را نام ببرید.
- ۲- در ترازیبی هندسی روش ساده را با رسم شکل شرح دهید.
- ۳- ترازیبی تدریجی را با رسم شکل شرح دهید.
- ۴- دلایل استفاده از ترازیبی تدریجی را بیان کنید.
- ۵- ترازیبی شعاعی را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۶- ترازیبی متقابل را با رسم شکل شرح دهید.
- ۷- علل استفاده از ترازیبی متقابل را بیان کنید.

سؤالات چندگزینه‌ای

- ۸- کدام گزینه از دلایل استفاده از ترازیبی تدریجی نیست؟
 - (۱) فاصله‌ی بین دو نقطه زیاد باشد.
 - (۲) مانعی بین ایستگاه و نقاط وجود داشته باشد.
 - (۳) نتوان ترازیب را در وسط قرارداد.
 - (۴) شیب زمین بین نقاط زیاد باشد.
- ۹- اگر اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی . و . برابر با ۱۰۰۰ میلی‌متر باشد و دوربین را بین این دو نقطه مستقر کرده باشیم و قرائت عقب روی شاخص نقطه‌ی .، ۲۵۴۰ میلی‌متر باشد، قرائت جلو روی نقطه‌ی .، چند میلی‌متر است؟

(۱) ۳۵۴۰

(۲) ۱۵۴۰

(۳) ۰۵۴۰

(۴) ۲۵۴۰

فصل دوازدهم

خطاها در ترازیابی هندسی



هدف های رفتاری :

- پس از آموزش و مطالعه‌ی این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند:
- ۱- منابع خطا در ترازیابی هندسی را نام ببرد.
 - ۲- مهم‌ترین خطاهای دستگاهی در ترازیابی را نام ببرد.
 - ۳- خطای کلی‌ماسیون در ترازیابی هندسی را شرح بدهد و روش عملی حذف آن را بیان کند.
 - ۴- مهم‌ترین خطاهای طبیعی در ترازیابی هندسی را نام ببرد.
 - ۵- مهم‌ترین خطاهای انسانی در ترازیابی هندسی را نام ببرد.
 - ۶- اشتباهات متداول در ترازیابی هندسی را نام ببرد و طریقه حذف هر کدام را بیان کند.
 - ۷- انواع خطاها در ترازیابی هندسی را از نظر منبع خطا و نوع آن دسته‌بندی کند.

قبل از مطالعه‌ی این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با مفاهیم اولیه‌ی ترازیابی
- ۲- آشنایی با ترازیابی هندسی و طریقه‌ی انجام آن

: مطالب پیش نیاز

مقدمه - خطاها در ترازایی هندسی

همان گونه که می‌دانیم، هر اندازه‌گیری با یک سری خطا و اشتباه همراه است. در عملیات ترازایی نیز مانند سایر اندازه‌گیری‌ها با خطاها و اشتباهاتی رو به رو هستیم. بنابراین لازم است عملیات ترازایی را با کنترل مستمر توأم کنیم تا بتوانیم جلوی اشتباهات را بگیریم و از طرف دیگر تا حد امکان دیگر خطاها را به حداقل ممکن برسانیم.

در این فصل با منابع خطاها و متداول‌ترین اشتباهات در ترازایی آشنا خواهید شد.

بیش‌تر بدانیم . . .



سایت رسمی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح
این سازمان در سال ۱۳۰۰ هجری شمسی
تشکیل شد.

<http://www.ngo.ir>

برای کاهش خطاها باید آن‌ها را از نظر منابع خطاها در ترازایی مورد بررسی قرار داد. منابع ایجاد خطا در ترازایی به سه دسته‌ی خطاهای «دستگاهی»، «طبیعی» و «انسانی» به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱- خطاهای دستگاهی:

این خطاها در ترازایی به خود دستگاه مربوط می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها خطای «کلیماسیون» است و دیگر عواملی که باعث خطای دستگاهی می‌گردند عبارت‌اند از:

- تنظیم نبودن ترازهای کروی و استوانه‌ای
 - خطای پارالاکس دستگاه (خطای واضح نبودن تصویر و تارهای رتیکول)
 - انحنای پیدا نمودن شاخص (تاب برداشتن)
 - خطای ناشی از تقسیمات یا درجه بندی شاخص
 - خطای ناشی از سالم نبودن سه پایه‌ی دستگاه
 - خطای صفر یا مبنای شاخص (یعنی عدد صفر شاخص در پائین‌ترین نقطه‌ی آن قرار نگرفته باشد).
 - خطای کلیماسیون
- در این جا خطای کلیماسیون توضیح داده می‌شود.

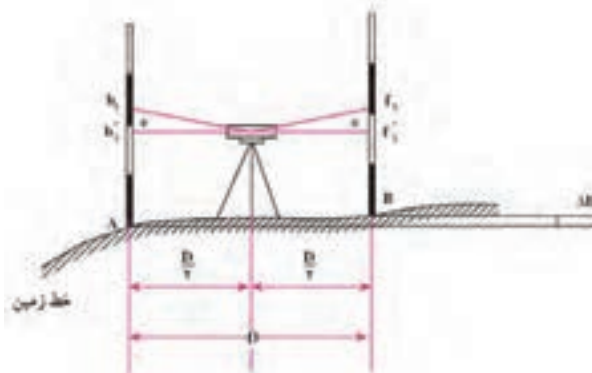
خطای کلیماسیون (Collimation error): هرگاه محور نشانه روی (که به آن محور کلیماسیون نیز می‌گویند) افقی نباشد در این صورت می‌گویند دستگاه دارای خطای کلیماسیون است. در این وضعیت محور نشانه روی نسبت به امتداد افق دوربین، انحرافی به اندازه‌ی زاویه‌ی α دارد. بنابراین باید مقدار خطا را به دست آوریم و اختلاف ارتفاع تعیین شده را تصحیح نماییم. یا محور کلیماسیون را تنظیم نماییم تا اختلاف ارتفاعی که با دستگاه به دست می‌آید عاری از خطای کلیماسیون باشد.

معمولاً قبل از انجام کار ترازایی باید دستگاه را کنترل نمود تا در صورت داشتن خطای کلیماسیون مقدار آن محاسبه گردد و در محاسبات بعدی منظور شود تا اختلاف ارتفاع تصحیح شده به دست آید. برای کنترل این خطا دو روش به کار می‌رود:

- روش دستگاهی: در این روش از دستگاهی به نام «کلیمیشن سیستم (Collimation System)» برای اندازه‌گیری و حذف خطای کلیماسیون استفاده می‌شود.

- روش صحرائی (عملی)

روش عملی حذف خطای کلیماسیون: به طوری که در روش تعیین خطای کلیماسیون ملاحظه گردید، اگر فاصله‌ی دستگاه ترازیب از شاخص‌ها مساوی باشد عملاً خطای کلیماسیون در محاسبات حذف می‌گردد و اختلاف ارتفاع واقعی به دست می‌آید (شکل ۱۲-۱).



$$\text{واقعی} \quad \Delta H_{(A,B)} = b' - f'$$

$$\text{قرائت شده} \quad \Delta H_{(A,B)} = b_1 - f_1$$

$$= (b'_1 + e) - (f'_1 + e) = (b'_1 - f'_1) + e - e$$

$$= b'_1 - f'_1 = \Delta H_{(A,B)} \quad \text{واقعی}$$

شکل ۱۲-۱. روش عملی حذف خطای کلیماسیون

از معادلات بالا به این نتیجه می‌رسیم که با قرار دادن دستگاه ترازیب در فاصله مساوی نسبت به شاخص‌ها با کم کردن قرائت‌های انجام شده از هم، یعنی $b_1 - f_1$ عملاً اختلاف ارتفاع واقعی یعنی $b_1 - f_1$ به دست می‌آید.

بیش تر بدانیم . . .



سایت رسمی سازمان فضایی ایران

<http://isa.ir>



بنابراین توصیه می گردد که : همواره (حتی اگر دستگاه تراز یاب خطای کلیماسیون نداشته باشد)، دستگاه در فاصله ی مساوی نسبت به شاخص ها قرار داده شود زیرا علاوه بر این که این عمل باعث حذف خطای کلیماسیون می گردد خطاهایی چون کرویت و انکسار را نیز حذف می کند.

۲- خطای طبیعی:

انواع خطاهایی را که در تراز یابی از طبیعت ناشی می شود، خطاهای طبیعی می گوئیم که اهم آن ها در تراز یابی عبارت اند از:

(الف) خطای کرویت زمین (curvature error)

(ب) خطای انکسار (refraction error)

(ج) خطاهای ایجاد شده توسط عوامل جوی (مانند بادهای شدید، گرما، سرما، ...)

روش عملی حذف خطاهای کرویت و انکسار:

مشابه روشی که برای حذف عملی خطای کلیماسیون در هنگام عملیات گفته شد، با قرار دادن دستگاه تراز یاب در فواصل مساوی نسبت به شاخص ها عملاً خطاهای کرویت و انکسار در محاسبات حذف می شود و اختلاف ارتفاع واقعی به دست می آید.

۳- خطاهای انسانی:

منبع اصلی این خطاها انسان است که معمولاً هنگام عملیات تراز یابی در اثر بی توجهی به اصول صحیح کار به وجود می آید، که مهم ترین آن ها عبارت اند از:

(الف) دقیق تراز نکردن تراز کروی؛

(ب) واضح و روشن نکردن تارهای رتیکول؛

(ج) انحراف شاخص به جلو و یا عقب؛

(د) انحراف شاخص به راست یا چپ؛

(ه) خطای ناشی از ناپایدار بودن پایه های دوربین در زمین های نرم؛

(و) خطای ناشی از قرار دادن شاخص در محل های نشست پذیر؛

(ز) انتخاب فاصله ی زیاد برای قرائت ها که متناسب با دقت دوربین نباشد.

(ح) تراز یابی در شرایط جوی نامناسب مانند نبودن نور کافی یا ...

(ط) عدم قبول مسئولیت و وجدان کاری و اخلاق حرفه ای .

هنگام انجام عملیات ترازیبی ممکن است اشتباهاتی به وجود آید، از جمله:

الف) اشتباه قرائت کردن تار بالا یا پائین به جای تار وسط؛

ب) اشتباه در ثبت قرائت (یعنی عددی را صحیح بخوانیم اما اشتباه یادداشت کنیم)؛

ج) صحیح قرائت نشدن روی شاخص؛

د) انجام محاسبات غلط؛

ه) اشتباه در وارد کردن قرائت در خانه‌های جدول ترازیبی؛

و) اشتباه در انتخاب نقطه هنگام تغییر ایستگاه.

یکی از عواملی که از اشتباهات می‌کاهد کنترل ثبت قرائت‌ها در جدول ترازیبی است.

مثلاً در یک جدول ترازیبی همواره تعداد قرائت‌های عقب با جلو برابر است و نیز اولین نقطه

در جدول دارای قرائت عقب (B.S) است و قرائت جلو ندارد. همچنین، آخرین نقطه در جدول

دارای قرائت جلو (F.S) است و قرائت عقب ندارد. از طرف دیگر در تغییر مکان دوربین

(نقطه‌ی مشترک) همواره هر دو قرائت عقب و جلو را در جدول خواهیم داشت که قرائت جلو

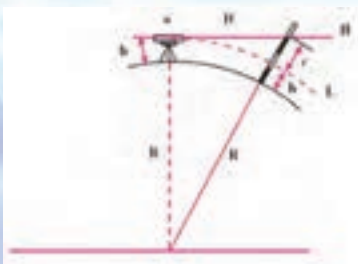
مربوط به ایستگاه قبل و قرائت عقب مربوط به ایستگاه بعد است.

توصیه می‌شود که هنگام ثبت قرائت‌ها کلیه‌ی قرائت‌ها چهار رقمی و به واحد میلی

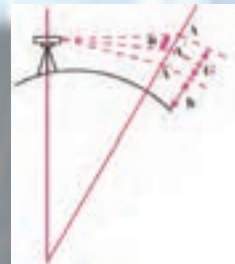


متر ثبت شوند، مثلاً ۳۲۴ میلی متر به صورت ۰۳۲۴ ثبت گردد.

بیش تر بدانیم . . .



تحقیقی در مورد
خطاهای کرویت و
انکسار انجام دهید.



خلاصه ی فصل

- اندازه گیری ها در تراز یابی هندسی مانند هر اندازه گیری دیگری از خطا و اشتباه به دور نیست. اشتباهات را باید حذف کنیم و خطاها را به حداقل برسانیم.
- سه منبع خطا در تراز یابی هندسی وجود دارد: ۱- دستگاه ۲- طبیعت ۳- انسان
- سه نوع خطا در تراز یابی هندسی وجود دارد: ۱- تدریجی (سیستماتیک)
- ۲- اتفاقی (تصادفی) ۳- خطاهای بزرگ
- خطای کلیماسیون در تراز یاب های هندسی در صورتی به وجود می آید که محور نشانه روی دوربین تراز یاب افقی نباشد.
- اگر فاصله دستگاه تراز یاب از شاخص ها مساوی باشد، عملاً خطای کلیماسیون حذف می گردد.

برخی از خطاها در تراز یابی هندسی		
خطا	منبع ایجاد خطا	نوع خطا
تنظیم نبودن ترازهای کروی و استوانه ای	دستگاه	تدریجی
خطای پارالاکس دستگاه	دستگاه	تدریجی
انحنای پیدانمودن شاخص (تاب برداشتن)	دستگاه	تدریجی
خطای ناشی از تقسیمات یادرجه بندی شاخص	دستگاه	تدریجی
خطای کلیماسیون	دستگاه	تدریجی
خطای صفر یا مبنای شاخص	دستگاه	تدریجی
خطاهای ایجاد شده توسط عوامل جوّی	طبیعت	اتفاقی
خطای کرویت زمین	طبیعت	تدریجی
خطای انکسار	طبیعت	تدریجی
خطای ناشی از قراردادن شاخص در محل های نشست پذیر	انسان	اتفاقی
خطای ناشی از ناپایدار بودن پایه های دوربین در زمین های نرم	انسان	اتفاقی
انجام تراز یابی در شرایط جوّی نامناسب	انسان	اتفاقی



سؤالات تشریحی

- ۱- منابع خطا در ترازیابی هندسی را نام ببرید.
- ۲- شش نمونه از خطاهای دستگاهی در ترازیابی را نام ببرید.
- ۳- دلیل وجود خطای کلیماسیون در ترازیابی هندسی را ذکر کنید و روش‌های حذف آن را توضیح دهید.
- ۴- سه نوع از خطاهایی را که در ترازیابی از طبیعت ناشی می‌شود نام ببرید.
- ۵- چرا خطاهای انسانی در ترازیابی هندسی به وجود می‌آید؟
- ۶- خطاهای انسانی در ترازیابی هندسی را نام ببرید. (۸ مورد)
- ۷- شش نمونه از اشتباهات در ترازیابی هندسی را نام ببرید و چگونگی حذف هر کدام را بیان کنید.
- ۸- بی‌توجهی به مسئولیت قبول شده یا رعایت نکردن اخلاق حرفه‌ای چه آسیب‌هایی را در اندازه‌گیری‌ها به وجود می‌آورد؟

سؤالات جورکردنی

- ۹- خطاهای ستون الف را با منبع خطا در ستون ب تکمیل نمایید.

<u>الف</u>	<u>ب</u>
خطای کرویت	
خطای انکسار	انسان
تعیین فواصل زیاد برای قرائت‌ها	
انحراف شاخص به جلو	دستگاه
خطای پارالاکس	
خطای صفر شاخص	طبیعت
۱۰- خطای ستون الف را با نوع خطا در ستون ب تکمیل کنید.	

<u>الف</u>	<u>ب</u>
خطای انکسار	
خطا در اثر باد	تدریجی
تاب برداشتن شاخص	اتفاقی
خطای تقسیمات شاخص	



سؤالات چند گزینه‌ای

۱۱- چگونه می‌توان خطای کلیماسیون را در عملیات ترازیابی هندسی حذف نمود؟

(۱) با دقت بسیار در قرائت تارها

(۲) با قرائت تار بالا و پایین به همراه تار وسط

(۳) با قرار دادن دوربین ترازباب در فاصله‌ی مساوی با دو شاخص

(۴) با کوتاه انتخاب کردن دهنه‌های ترازبابی

۱۲- خطای پارالاکس دستگاه یعنی:

(۱) خطای انحنای پیدا کردن شاخص

(۲) خطای کلیماسیون

(۳) خطای صفر دوربین

(۴) خطای واضح نبودن تصویر

۱۳- با وسط قرار دادن ترازباب تمامی خطاهای زیر حذف می‌شوند به جز:

(۱) خطای کلیماسیون

(۲) خطای پارالاکس

(۳) خطای کرویت

(۴) خطای انکسار

۱۴- تمام خطاهای زیر جزء خطاهای ناشی از طبیعت در ترازبابی هستند به جز:

(۱) قرار گرفتن سه پایه دوربین در زمین‌های نشست پذیر

(۲) خطای کرویت

(۳) خطای انکسار

(۴) خطای ناشی از بادهای شدید

فصل

سیزدهم

کنترل عملیات در ترازیابی هندسی



هدف های رفتاری :

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:
- ۱- دلیل انجام کنترل در عملیات ترازیابی را بیان کند.
 - ۲- روش های کنترل در عملیات ترازیابی را نام ببرد.
 - ۳- سه روش متداول در کنترل عملیات ترازیابی در هر دهنه را شرح دهد و آن را با یکدیگر مقایسه کند.
 - ۴- روش کنترل عملیات ترازیابی در پایان کار را شرح دهد.

نکته ها:

حضرت علی علیه السلام فرمودند:
کار اندک ولی پیوسته، از کار زیاد خسته کننده بهتر است.

قبل از مطالعه ی این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با تعاریف اولیه ی ترازیابی
- ۲- آشنایی با ترازیابی هندسی

: مطالب پیش نیاز

مفاهیم کلیدی

تغییر مکان
ترازیاب

شاخص‌های
دورو

قرائت سه تار

خطای مجاز
ترازیابی

e_{\max}

تصحیح
Correction

مقدمه - کنترل در ترازیبی

ترازیابی عمل بسیار ساده‌ای است، که از قرائت شاخص‌های مدرج و ثبت و محاسبه‌ی قرائت‌های انجام شده در جداول تشکیل می‌شود. در عین حال، برای آن که اشتباهی رخ ندهد و قبل از ترک محل کار بتوان اشتباهات را رفع نمود و خطاها را کاهش داد لازم است همواره عملیات ترازیبی کنترل شود. در این فصل چند روش متداول کنترل ترازیبی بحث و بررسی خواهد شد.

بیش تر بدانیم . . .



سایت رسمی سازمان نقشه‌برداری کشور
<http://www.ncc.org.ir>

۱-۱۳ روش‌های کنترل در عملیات ترازیبی

به منظور شناسایی و کشف اشتباهات احتمالی و نیز کاهش خطاهای احتمالی، کنترل عملیات در ترازیبی هندسی ضروری است. روش‌های کنترل در ترازیبی هندسی به دو دسته‌ی کلی «کنترل در هر دهنه» و «کنترل در پایان کار» تقسیم‌بندی می‌شوند و به شرح زیرند:

۲-۱۳ کنترل عملیات ترازیبی در هر دهنه

در هر دهنه‌ی ترازیبی می‌توان کنترل‌هایی را برای اطمینان از درستی عملیات انجام داد. متداول‌ترین روش‌های کنترل ترازیبی در هر دهنه به شرح زیر است:

۱- **طریقه‌ی تغییر مکان ترازیب:**

اختلاف ارتفاع دو نقطه به محل استقرار ترازیب بستگی ندارد. چرا؟
بنابراین، چنانچه بعد از قرائت شاخص‌های عقب و جلو سه پایه‌ی ترازیب را از محل خود جابجا کنیم و چند قدم آن طرف‌تر مستقر و تراز نماییم و به شاخص‌ها نشانه روی کنیم در حقیقت اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را با دو خط قراولروی جداگانه، که دارای ارتفاع متفاوت‌اند، تعیین کرده‌ایم. نتیجه‌ی اختلاف ارتفاع در هر دو استقرار باید یکسان یا در حد یک تا دو میلی‌متر اختلاف (در ترازیبی معمولی (درجه‌ی ۳)) باشند.

بدیهی است در این روش به دو شاخص نیاز است، یکی بر روی نقطه‌ی عقب و دیگری بر روی نقطه‌ی جلو.

۲- طریقه‌ی شاخص‌های دو رو:



پشت شاخص



روی شاخص

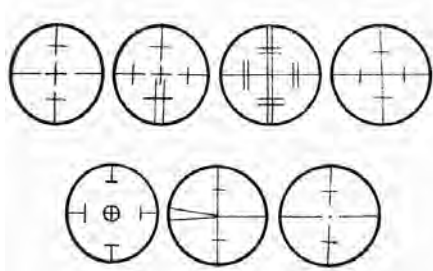
در برخی از شاخص‌های ترازیبی درجه بندی در دو روی آن انجام شده است. پس از خواندن یک طرف شاخص، آن را می‌چرخانند و طرف دیگر را قرائت می‌کنند. اختلاف ارتفاع در دو حالت نباید متفاوت باشد.

شکل ۱۳ - ۱. شاخص‌های دورو

در هنگام چرخاندن شاخص دقت شود تا ارتفاع آن بر روی نقطه جابه‌جا (بالا و پایین) نشود. برای این منظور بهتر است از پاشنه‌ی شاخص (سُکِل) استفاده نمود.

۳- طریقه قرائت سه تار رتیکول:

روی صفحه‌ی رتیکول دوربین ترازیب‌ها به غیر از دو تار بزرگ افقی و قائم دو تار افقی کوتاه نیز وجود دارد که فاصله آن‌ها تا تار افقی بزرگ میانی برابر است که به آن‌ها تارهای بالا و پایین گفته می‌شود.

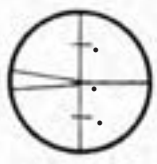


شکل ۱۳ - ۲. نمونه‌ای از صفحه‌ی تارهای رتیکول در دوربین‌های مختلف ترازیب

اگر . قرائت تار پایین، . قرائت تار وسط و . قرائت تار بالا باشد باید بین این سه تار روابط زیر برقرار گردد:

$$\text{تارپائین} - \text{تاروسط} = \text{تاروسط} - \text{تاربالا}$$

$$\dots - \dots = \dots - \dots$$



$$\text{دو برابر تاروسط} = \text{تارپائین} + \text{تاربالا}$$

$$\dots = 2 \dots + \dots$$

بیش تر بدانیم . . .



استانداردهای عملیات نقشه‌برداری

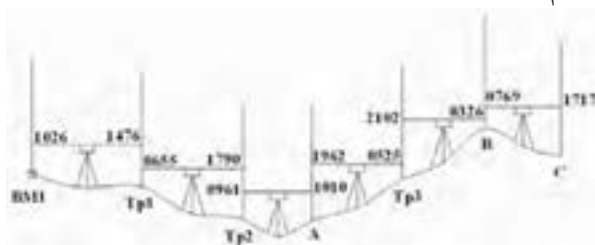
دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری توسط سازمان نقشه‌برداری کشور عزیزمان ایران بر اساس آخرین استانداردها و دستورالعمل‌های کاری تدوین شده توسط مراجع داخلی و خارجی تنظیم شده است. برای دسترسی به آن می‌توانید به سایت سازمان نقشه‌برداری کشور مراجعه کنید.

Page No شماره صفحه مشاهدات تو از این درجه سه

جدول ۱۳ - ۱. جدول مشاهدات تراز یابی درجه‌ی سه با کنترل در هر دهنه به طریقه‌ی قرائت سه تار رتیکول

۱۳-۳ کنترل عملیات ترازیبی در پایان کار

فرض کنید یک ترازیبی مطابق شکل زیر از نقطه‌ی ۱ .. با ارتفاع معلوم ۱۳۱۱/۲۹۶ متر انجام گرفته و اعداد قرائت شده برای شاخص‌های عقب و جلو در جدول زیر ثبت شده و محاسبات آن نیز انجام گرفته است.



نقاط	B.S (میلی متر)	I.S (میلی متر)	F.S (میلی متر)	اختلاف ارتفاع (میلی متر)	ارتفاع (متر)
BM _۱	۱۰۲۶				۱۳۱۱/۲۹۶
TP _۱	۰۶۵۵		۱۴۷۶	-۴۵۰	۱۳۱۰/۸۴۶
TP _۲	۰۹۶۱		۱۷۹۰	-۱۱۳۵	۱۳۰۹/۷۱۱
A	۱۹۶۲		۱۰۱۰	-۴۹	۱۳۰۹/۶۶۲
TP _۳	۲۱۰۲		۰۵۲۵	۱۴۳۷	۱۳۱۱/۰۹۹
B	۰۷۶۹		۰۳۲۶	۱۷۷۶	۱۳۱۲/۸۷۵
C			۱۷۱۷	-۹۴۸	۱۳۱۱/۹۲۷

شکل ۱۳ - ۳. کروکی عملیات ترازیبی و جدول محاسبات آن

بیش تر بدانیم . . .

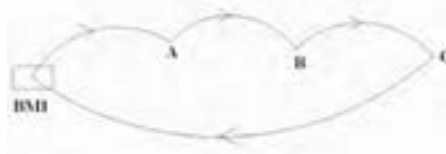


NCC
CE • 4
30204

چندینم از ایستگاه‌های ترازیبی
درجه‌ی سه
سازمان نقشه‌برداری کشور



به نظر شما چگونه می توان ارتفاع نقاط . و . و . را کنترل نمود؟
 آیا راهی برای کنترل درستی ارتفاع این نقاط وجود دارد؟
 آیا اگر ترازبایی ادامه پیدا می کرد و به پنج مارک دیگری با ارتفاع معلوم ختم می شد
 می توانستیم آن را کنترل کنیم؟



شکل ۱۳ - ۴. کروکی عملیات ترازبایی با کنترل

عملیات ترازبایی در صورتی قابل کنترل است که ارتفاع نقطه‌ی آخر را نیز داشته باشیم
 و با مقایسه‌ی آن با ارتفاع به دست آمده برای همان نقطه، خطای عملیات مشخص می شود.
 ارتفاع معلوم نقطه‌ی آخر - ارتفاع به دست آمده برای نقطه‌ی آخر = خطای ترازبایی

$$\text{نقطه‌ی آخر} - \text{نقطه‌ی آخر} = \dots$$

نقطه‌ی معلوم آخر می تواند همان نقطه‌ی معلوم اول باشد یعنی ترازبایی را از یک
 نقطه‌ی معلوم شروع کرده و به همان نقطه ختم کنیم. ✓

اکنون که خطای عملیات ترازبایی معلوم شده، از کجا می توان فهمید که این خطا قابل
 قبول است یا نه؟



مثلاً اگر خطا برابر با یک متر یا ۵۰ سانتی متر یا ۵ سانتی متر یا ... باشد، چگونه می توان
 فهمید این مقدار در محدوده‌ی مجاز خطا وجود دارد یا خیر؟

بر طبق استانداردهای سازمان نقشه برداری کشور، برای ترازبایی با توجه به دقت
 مورد نیاز، چهار درجه ترازبایی تعریف شده است. دقیق ترین آن‌ها که برای تعیین ارتفاع نقاط
 پنج مارک دقیق از آن استفاده می شود ترازبایی درجه‌ی یک و کم دقت ترین آن‌ها نیز ترازبایی
 درجه‌ی چهار است که بیش تر برای مناطق کوهستانی مورد استفاده قرار می گیرد.

ترازبایی درجه‌دو، ترازبایی‌ای است که نسبت به ترازبایی درجه‌ی یک دقت کم تری
 دارد و برای تعیین ارتفاع نقاط پنج مارک‌ها با دقت پایین تر مورد استفاده قرار می گیرد.

اکثر عملیات ترازبایی انجام شده توسط نقشه برداران از نوع ترازبایی درجه‌ی سه است
 و معمولاً برای تعیین ارتفاع نقاط ایستگاه‌های نقشه برداری از آن استفاده می شود که خطای
 مجاز برای آن $\sqrt{k} \text{ mm}$ ۱۲ است.

در جدول زیر مقدار خطای مجاز (e_{\max}) برای ترازیابی درجات یک تا سه ذکر شده که در آن ، فاصله‌ی بین نقطه‌ی معلوم اول و نقطه‌ی معلوم آخر به واحد کیلومتر است. اگر نقطه‌ی آخر همان نقطه‌ی اول باشد، را فاصله‌ی بین نقطه‌ی معلوم و دورترین نقطه در نظر می‌گیرند.

درجه‌ی ترازیابی	خطای مجاز
درجه‌ی یک	$3_{\text{mm}} \sqrt{k}$
درجه‌ی دو	$8_{\text{mm}} \sqrt{k}$
درجه‌ی سه	$12_{\text{mm}} \sqrt{k}$

جدول ۱۳ - ۲. خطای مجاز در درجات مختلف ترازیابی

واحد خطای مجاز (...) میلی‌متر است.

حال می‌توان با مقایسه‌ی خطای عملیات ترازیابی انجام شده توسط نقشه‌بردار و مقدار حداکثر خطای قابل قبول (خطای مجاز) صحت ترازیابی را بررسی کرد:

اگر $|e_L| \leq e_{\max}$ در این صورت خطای ترازیابی قابل قبول است.

مثلاً در ترازیابی درجه‌ی سه داریم:

$$|e_L| \leq 12_{\text{mm}} \sqrt{K}$$

در صورتی که خطا در حد مجاز باشد باید آن را بین دهنه‌های ترازیابی سرشکن و تصحیح کنیم. این تصحیح، همان طور که از نام آن پیداست، قرینه‌ی خطاست و باید بین دهنه‌ها به طور مساوی تقسیم شود، پس داریم:

$$C = \frac{-e_L}{n}$$

که در آن ، همان خطای ترازیابی و . تعداد قرائت‌های عقب یا تعداد قرائت‌های جلو

و یا همان تعداد دهنه‌هاست.

بیش‌تر بدانیم ...



زمان‌بندی تنظیم وسایل ترازیابی برای عملیات ترازیابی درجه‌ی سه

برگرفته از دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری سازمان نقشه‌برداری کشور
جلد اول

تنظیم تراز یاب در آزمایشگاه	کلیماسیون	تنظیم تراز شاخص	کنترل تراز تراز یاب
حداقل هر سال یکبار	هفته‌ای دوبار	هفته‌ای دو بار	هفته‌ای دوبار

برای این منظور دو ستون تصحیح و ارتفاع تصحیح شده (نهایی) را به جدول ۲-۱۳ می‌افزاییم و ارتفاع نقاط را تصحیح می‌کنیم.

نقاط	B.S (میلی متر)	I.S (میلی متر)	F.S (میلی متر)	ΔH اختلاف ارتفاع (میلی متر)	H ارتفاع (متر)	C تصحیح (میلی متر)	H_C ارتفاع تصحیح شده (متر)

همان‌طور که در بالا مشاهده کردید، با معلوم بودن ارتفاع نقاط اول و آخر ترازیبی می‌توان آن را کنترل نمود. این کنترل فقط در ابتدا و انتهای کار صورت می‌گیرد و نمی‌توان ادعا کرد که ارتفاع نقاط بین مسیر (یعنی نقاط . و . و .) درست است. بنابراین برای کنترل کلیه‌ی نقاط بین دو پنج مارک لازم است ترازیبی به طریقه‌ی رفت و برگشت انجام گیرد و تصحیحات بر روی آن اعمال شود.

هرگاه در ترازیبی، عملیات از یک نقطه‌ی با ارتفاع معلوم آغاز و به همان نقطه و یا نقطه‌ی دیگری با ارتفاع معلوم برسیم این مرحله از عملیات ترازیبی یک «رفت» به حساب می‌آید و اگر دوباره این کار را انجام دهیم این مرحله یک «برگشت» می‌باشد.

مثال ۱۳-۱

کنترل در ترازیبی



نقاط	B.S (میلی متر)	F.S (میلی متر)
BM _۱	۳۰۶۹	
TP _۱	۱۷۲۵	۰۹۹۴
TP _۲	۲۵۲۲	۱۸۸۷
A	۱۷۸۴	۳۹۸۸
TP _۳	۱۵۸۵	۳۸۲۵
TP _۴	۲۶۱۶	۱۲۴۸
BM _۲		۱۳۷۱

یک ترازیبی تدریجی درجه‌ی سه مطابق جدول زیر انجام گرفته است. در صورتی که ارتفاع نقطه‌ی . برابر ۷۶۲/۱۲۰ متر باشد و مسافت طی شده ۱۲۰۰، مطلوب است:

الف) محاسبه‌ی خطای مجاز ترازیبی؛

ب) در صورت مجاز بودن خطا محاسبه‌ی مقدار تصحیح؛

ج) محاسبه‌ی ارتفاع تصحیح شده‌ی نقاط.

راهکار کلی: زمانی که تراز یابی از یک نقطه شروع و به نقطه ی دیگری ختم می شود رابطه ی $\sum B.S - \sum F.S$ اختلاف ارتفاع دو نقطه را مشخص می کند. ولی در حالی که نقطه ی اول و آخر تراز یابی یکی باشد (مانند این مثال) از رابطه ی $\sum B.S - \sum F.S$ مقدار خطای تراز یابی به دست می آید، که با . نمایش داده می شود؛ یعنی

$$e_L = \sum B.S - \sum F.S \text{ (خطای تراز یابی)}$$

حال باید دانست آیا این خطا، که در عملیات تراز یابی رخ داده (.)، مجاز است و یا این که مقدار آن از حد مجاز بیش تر است و به عبارت دیگر کار تراز یابی اشتباه بوده است؟ مقدار خطای مجاز تراز یابی درجه ی سه از رابطه ی $12_{mm} \sqrt{k}$ محاسبه می شود که در آن فاصله ی تراز یابی بر حسب . است؛ یعنی

$$e_{max} = 12_{mm} \sqrt{k} \text{ (خطای مجاز تراز یابی)}$$

با مقایسه ی این مقدار (. ...) با خطای تراز یابی، یعنی . در صورتی که $|e_L| \leq e_{max}$ باشد ، می توان این خطا را پذیرفت و روی ارتفاع نقاط، تصحیح نمود. مقدار تصحیح برای هر دهنه از رابطه ی $C = \frac{-e_L}{n}$ به دست می آید که در آن . همان خطای تراز یابی و . تعداد دهنه های تراز یابی است. بعد از محاسبه ی ارتفاع نقاط، مطابق جدول ، دو ستون به انتهای آن به نام تصحیح (.) و ارتفاع تصحیح شده (.) اضافه می کنیم. مقدار تصحیح برای نقاط، به صورت زیر محاسبه می شود:

بیش تر بدانیم . . .



با مراجعه به سایت سازمان نقشه برداری کشور، جلد اول دستورالعمل های همسان نقشه برداری را از این سایت گرفته و مبحث تراز یابی آن را مطالعه کرده و در کلاس به بحث بگذارید.

$C_1 = 0$ (مقدار تصحیح برای نقطه ی اول)

$C_2 = -\frac{e}{n} \times 1$ (مقدار تصحیح برای نقطه ی دوم)

$C_3 = -\frac{e}{n} \times 2$ (مقدار تصحیح برای نقطه ی سوم)

سپس از رابطه ی $H_C = H + C$ ارتفاع تصحیح شده برای هر نقطه را به دست آورده و در جدول وارد می کنیم.

روش حل:

ارتفاع تصحیح شده (متر)	تصحیح (میلی متر)	ارتفاع (متر)	اختلاف ارتفاع (میلی متر)	F.S (میلی متر)	I.S (میلی متر)	B.S (میلی متر)	نقاط
۷۶۲/۱۲۰	۰	۷۶۲/۱۲۰				۳۰۶۹	BM _۱
۷۶۴/۱۹۷	+۲	۷۶۴/۱۹۵	۲۰۷۵	۰۹۹۴		۱۷۲۵	TP _۱
۷۶۴/۰۳۷	+۴	۷۶۴/۰۳۳	-۱۶۲	۱۸۸۷		۲۵۲۲	TP _۲
۷۶۲/۵۷۳	+۶	۷۶۲/۵۶۷	-۱۴۶۶	۳۹۸۸		۱۷۸۴	A
۷۶۰/۵۳۴	+۸	۷۶۰/۵۲۶	-۲۰۴۱	۳۸۲۵		۱۵۸۵	TP _۳
۷۶۰/۸۹۳	+۱۰	۷۶۰/۸۶۳	۳۳۷	۱۲۴۸		۲۶۱۶	TP _۴
۷۶۲/۱۲۰	+۱۲	۷۶۲/۱۰۸	۱۲۴۵	۱۳۷۱			BM _۲

$$\sum = ۱۳۳۰۱$$

$$\sum = ۱۳۳۱۳$$

$$e_L = \sum B.S - \sum F.S = ۱۳۳۰۱ - ۱۳۳۱۳ = -۱۲mm \quad \text{مرحله ی (۱)}$$

$$e_m = ۱۲_{mm} \sqrt{k} = ۱۲\sqrt{1/2} = \pm ۱۳/۱۴mm \quad \text{مرحله ی (۲)}$$

$$|e_L| \leq e_{max} \Rightarrow \text{عملیات ترازبایی قابل قبول است} \quad \text{مرحله ی (۳)}$$

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = -\frac{e}{n} \times 1 = \frac{-(-۱۲)}{۶} = +۲mm$$

$$C_3 = -\frac{e}{n} \times 2 = ۲mm \times 2 = +۴mm$$

.

.

$$H_C = H + C \Rightarrow \quad \text{مرحله ی (۴)}$$

$$H_{C.BM1} = ۷۶۲/۱۲۰ + ۰ = ۷۶۲/۱۲۰$$

$$H_{C.TP1} = ۷۶۴/۱۹۵ + ۰.۰۲ = ۷۶۴/۱۹۷$$

.

.



بیش و بررسی: خطای تراز یابی را به روش دیگری می توان محاسبه نمود. به طوری که چون نقطه ی ۰ .. از قبل دارای ارتفاع است و از طرفی برای این نقطه به کمک تراز یابی ارتفاع دیگری محاسبه شده لذا از تفاضل این دو مقدار خطای تراز یابی محاسبه می گردد؛ یعنی

$$\text{واقعی} - \text{محاسبه شده} = 0$$

نکته: قابل توجه است که در روش تراز یابی شعاعی مطلوب ترین روش برای تصحیح خطا توزیع خطای تراز یابی بر روی قرائت های عقب است، زیرا در این روش دیگر به تشکیل ستون ارتفاع تصحیح نشده نیازی نیست و برخی کارهای اضافی در جدول عملاً حذف می شود.

خلاصه ی فصل

.. در عملیات تراز یابی نیز مانند کلیه ی عملیات نقشه برداری برای حذف اشتباه و تصحیح خطا باید همواره کنترل وجود داشته باشد.

.. روش های کنترل در تراز یابی هندسی به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- کنترل در هر دهنه

۲- کنترل در پایان کار

.. متداول ترین روش های کنترل تراز یابی در هر دهنه عبارت اند از:

۱- طریقه ی تغییر مکان تراز یاب؛

۲- طریقه ی شاخص های دورو؛

۳- طریقه ی قرائت سه تار رتیکول.

.. عملیات تراز یابی در صورتی قابل کنترل است که ارتفاع نقطه ی آخر در اختیار باشد، تا با

مقایسه ی آن با ارتفاع به دست آمده برای همان نقطه، خطای عملیات مشخص می شود.

.. خطای مجاز در عملیات تراز یابی درجه ی سه از رابطه ی $\sqrt{K} \text{ mm}$ ۱۲ به دست می آید.

.. خطای موجود در عملیات تراز یابی را باید سرشکن و تصحیح کرد (در صورت قابل قبول بودن).

.. با یک عملیات رفت از یک .. به یک .. دیگر می توان نقاط ابتدا و انتها را کنترل و

تصحیح نمود. اما برای کنترل نقاط میانی لازم است تراز یابی به صورت رفت و برگشت انجام

گیرد.



سؤالات تشریحی

- ۱- دلیل انجام کنترل در عملیات ترازیبی را بیان کنید.
- ۲- روش‌های کنترل در عملیات ترازیبی را نام ببرید.
- ۳- سه روش متداول در کنترل عملیات ترازیبی در هر دهنه را شرح دهید و آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۴- روش کنترل عملیات ترازیبی در پایان کار را شرح دهید.

سؤالات چهارگزینه‌ای

- ۵- در یک عملیات ترازیبی درجه‌ی سه اگر فاصله‌ی بین دو نقطه ۱۷۸۰ متر باشد خطای مجاز ترازیبی چند میلی متر است؟

۱) ۱۲ (۲) ۸ (۳) ۱۶ (۴) ۱۸

- ۶- یک ترازیبی درجه‌ی سه بین دو پنج مارک، که از هم ۳ کیلومتر فاصله دارند، در پنج قطعه انجام گرفته است. اگر خطای عملیات ترازیبی انجام شده .. ۱۵- باشد تصحیح قطعه‌ی سوم چه قدر است؟

۱) ۳ (۲) ۶ (۳) ۹ (۴) ۱۲

- ۷- در یک ترازیبی اگر میزان خطای عملیات ترازیبی ۳۲ میلی متر و تعداد دهانه‌ها ۱۶ عدد باشد، مقدار تصحیح ترازیبی چه قدر است؟

۱) ۲- (۲) ۳- (۳) ۴- (۴) ۵-

نکته‌ها:

حضرت علی علیه السلام فرمودند:

هیچ سرمایه‌ای همچون ادب

و هیچ پشتیبانی همانند مشورت نیست .

منابع مورد استفاده

- ۱- کتاب نقشه برداری ذوالفقاری
 - ۲- کتاب نقشه برداری مهندسی دیانت خواه
 - ۳- کتاب نقشه برداری نوبخت
 - ۴- کتاب نقشه برداری مهندسی ابن جلال
 - ۵- کتاب نقشه برداری کارگاهی امامی - رستمی
 - ۶- کتاب نقشه برداری مسیر و قوس ها در راهسازی سلیمانی
 - ۷- کتاب نقشه برداری عمومی عاصی
 - ۸- کتاب نقشه برداری مقدماتی تمدنی
 - ۹- کتاب نقشه برداری کاربردی محبوب فر
 - ۱۰- کتاب نقشه برداری مقدماتی محمودیان
 - ۱۱- کتاب مساحی سال دوم هنرستان رشته ی نقشه برداری (سیدی - سلیم آبادی)
 - ۱۲- کتاب نقشه برداری عمومی سال سوم هنرستان رشته ی نقشه برداری (مقرب نیا)
 - ۱۳- کتاب هندسه (نقشه برداری) سال دوم هنرستان رشته ی نقشه برداری (یگانه عزیزی)
 - ۱۴- کتاب نقشه برداری سال سوم هنرستان رشته ی نقشه کشی معماری (نوبخت - مهرپویان)
 - ۱۵- کتاب نقشه برداری ساختمان سال دوم هنرستان رشته ی ساختمان (مقرب نیا)
 - ۱۶- کتاب فرهنگ لغات ژئوماتیک رنجبر
 - ۱۷- کتاب مجموعه تست های مهندسی نقشه برداری رنجبر
 - ۱۸- کتاب اطلس ملی ایران «نقشه ها» سازمان نقشه برداری کشور
 - ۱۹- دستورالعمل های همسان نقشه برداری سازمان نقشه برداری کشور
- وسایط های مختلف نقشه برداری و ژئوماتیک

