

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مساحی و نقشه برداری

رشته‌های امور زراعی و باغی - منابع طبیعی

گروه تحصیلی کشاورزی

زمینه کشاورزی

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۴۸۴۳

مساحی و نقشه برداری / مؤلفان: نبی‌الله مقیمی ... [و دیگران] - تهران: شرکت چاپ و نشر	۵۲۶/۹
کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.	۵۱۸ م
۱۸۱ ص. - مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۴۸۴۳)	۱۳۹۴
متون درسی رشته‌های امور زراعی و باغی - منابع طبیعی گروه تحصیلی کشاورزی، زمینه کشاورزی.	
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته امور زراعی و باغی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.	
۱. نقشه برداری. الف. مقیمی، نبی‌الله. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ج. عنوان. د. فروست.	

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و
حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

این کتاب در کارگاه ارزشیابی محتوای کتاب‌های درسی تابستان ۷۴ توسط هنرآموزان
و دبیران منتخب سراسر کشور و اعضای کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های
درسی رشته امور زراعی و باغی براساس نتایج ارزشیابی تکوینی مورد بررسی و تجدیدنظر
قرار گرفته است.

وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : مساحی و نقشه‌برداری - ۴۶۲/۸

مؤلفان : نبی‌الله مقیمی، محمود شاکری، غلامرضا اشرف‌سمنانی و حسین‌رادانیا

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

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

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : طرّفه سهائی

طراح جلد : علیرضا رضائی‌کُر

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

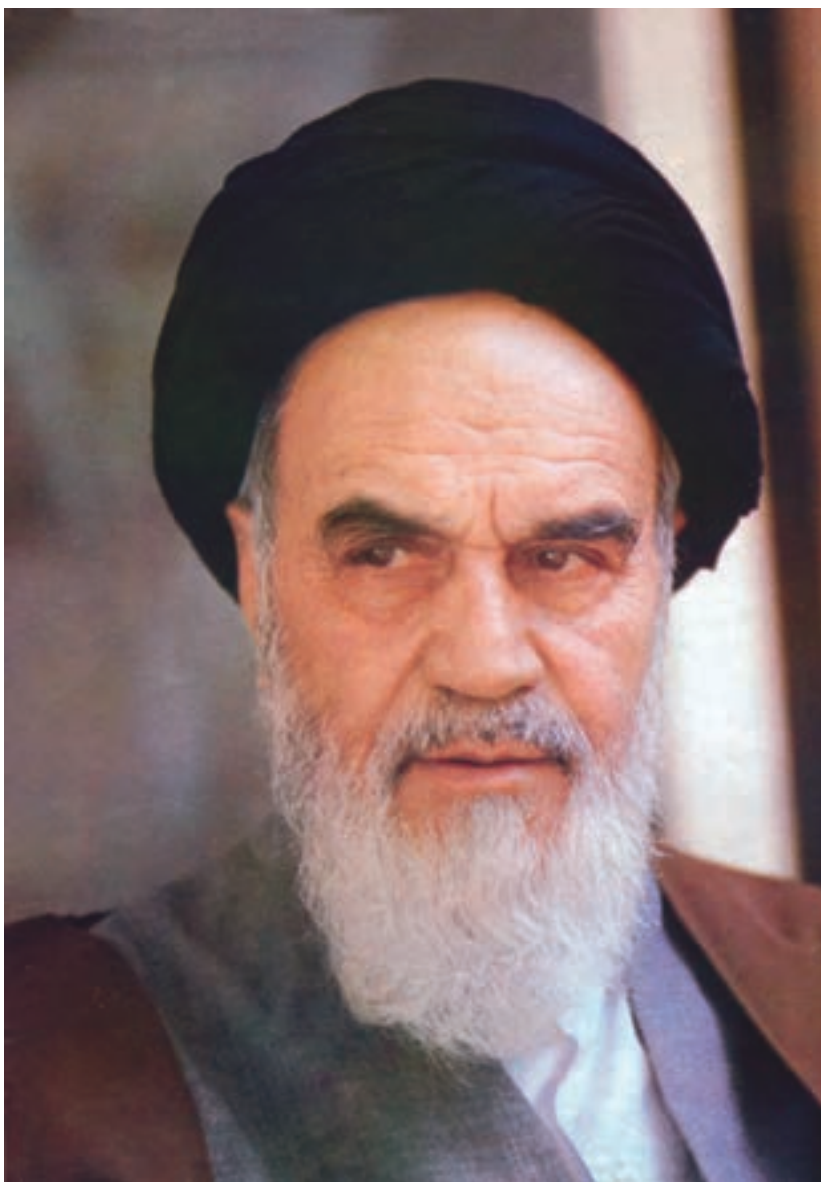
تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه : فارسی

سال انتشار : ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۳-۱۱۳۲-۵-۹۶۴ ISBN 964-05-1132-3



اول باید اخلاصتان را قوی بکنید، ایمانتان را قوی بکنید،... و این
اخلاص و ایمان، شما را تقویت می کند و روحیه شما را بالا می برد و نیروی
شما جوری می شود که هیچ قدرتی نمی تواند (با شما) مقابله کند.
امام خمینی (ره)

فهرست

مقدمه

- ۱ فصل اول : کلیات، اهمیت، تعاریف
- ۱۵ فصل دوم : شناخت وسایل ساده نقشه برداری و کاربرد آنها
- ۵۰ فصل سوم : قطب نما و کاربرد آن
- ۶۲ فصل چهارم : برداشت و مساحی
- ۷۷ فصل پنجم : خطا و اشتباه
- ۸۴ فصل ششم : تراز یاب و تراز یابی
- ۱۰۷ فصل هفتم : زاویه یاب و زاویه یابی
- ۱۲۱ فصل هشتم : پلیگون بندی
- ۱۳۱ فصل نهم : فتوگرامتری
- ۱۸۱ منابع مورد استفاده

مقدمه

امروزه، انجام هرگونه فعالیتی در زمینه‌های عمرانی، اقتصادی و کشاورزی در یک منطقه از زمین مستلزم تهیه نقشه دقیق مناطق مربوطه است.

تهیه نقشه دقیق و استفاده صحیح از آن در طرح و اجرای هر پروژه، یکی از عوامل مهم موفقیت آن پروژه به‌شمار می‌آید و برای تحقق این امر است که متخصصین نقشه‌برداری همواره می‌کوشند تا با دستیابی به روش‌ها و وسایل جدید، نقشه‌برداری را همپای سایر علوم به پیش ببرند.

نتیجه‌ی عملیات مختلف نقشه‌برداری از یک منطقه معمولاً به صورت نقشه بر روی یک صفحه نمایش داده می‌شود، ولی ممکن است این نتایج به صورت نقشه‌های عددی در حافظه کامپیوتر روی دیسک یا نوار مغناطیسی حفظ شده و در موارد لازم مورد استفاده قرار گیرد.

هدف از تألیف این کتاب آشنایی فراگیران به مسائل اولیه نقشه‌برداری و وسایلی است که در نقشه‌برداری برای اجرای پروژه‌هایی از قبیل تسطیح اراضی، ایجاد سدها، راه‌ها، کانال‌های آبیاری، زهکش‌ها، مخازن آب و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال، احداث کانال‌های آبیاری که نقش اساسی را در آبرسانی مزارع و جلوگیری از اتلاف آب بر عهده دارند فقط با کمک نقشه‌برداری انجام پذیر است. برای نیل به این هدف سعی شده مطالب کتاب به زبانی ساده بیان شود تا یکباره فراگیران عزیز را با مسائل پیچیده نقشه‌برداری روبه‌رو نکرده و مطالب را به تدریج و به صورت جدی‌تر مطرح کنیم. در این راه همواره برنامه‌ی درسی ریاضی فراگیران در چهارچوب طرح مسائل بوده است.

بدیهی است برای درک بیش‌تر مفاهیم نقشه‌برداری انجام تمرینات پایان هر فصل، تمریناتی که اساتید گرامی شما ارائه می‌نمایند و کاربرد وسایل مختلف نقشه‌برداری، به دفعات توصیه می‌شود.

در پایان از اساتید گرامی و اهل فن انتظار می‌رود با نظرات اصلاحی خود ما را ارشاد فرمایند. در خانمه وظیفه خود می‌دانیم از تمامی افرادی که ما را در این مهم یاری فرمودند تشکر و قدردانی نماییم.

مؤلفان

هدف کلی کتاب

آشنایی با مفاهیم، اصطلاحات و اصول مساحی، نقشه برداری و کاربرد ادوات آن.

کلیات، اهمیت ، تعاریف

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :

۱- کلیات و اهمیت نقشه برداری را توضیح دهد.

۲- نقشه برداری را تعریف کند.

۳- نقشه را تعریف کند.

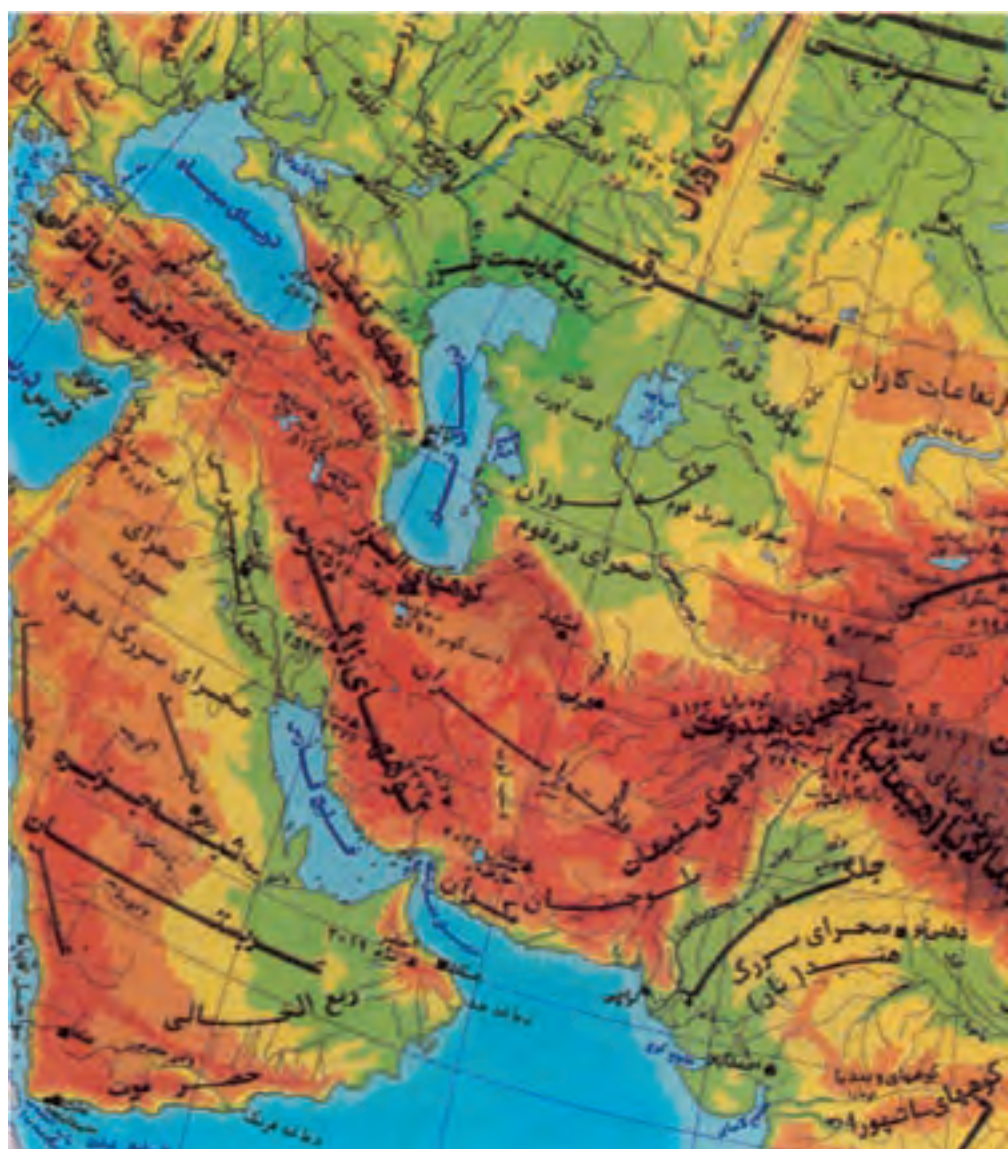
۴- مقیاس و انواع آن را توضیح دهد.

۵- خط کش مقیاس را به کار برد.

۶- مراحل مختلف تهیه نقشه را توضیح دهد.

۷- رشته‌های مختلف نقشه برداری را نام ببرد.

۸- علائم قراردادی در نقشه را توضیح دهد.



نقشه برداری چیست؟ برای تهیه نقشه‌ی یک منطقه زمین چه عملیاتی انجام می‌گیرد؟ رشته‌های مختلف نقشه برداری کدامند؟ به چه دلیل از مقیاس استفاده می‌شود؟ عوارض مختلف روی زمین مثل رودخانه، سد، مرزها و پستی و بلندی‌ها و... را در روی نقشه، چگونه نشان می‌دهند؟

از قرن‌ها قبل از میلاد مسیح (ع) برای جدا کردن زمین‌ها و تعیین حدود مالکیت‌ها، از نقشه برداری استفاده می‌شده و از همان روزگار برای آن وسایلی اختراع شده است که بعضی از آن‌ها تا زمان ما نیز وجود دارند. با پیشرفت سریع تمدن و صنعت در قرن اخیر که موجب ارتباط بیش‌تر جمعیت‌های مختلف دنیا شده است، لزوم ایجاد تأسیساتی که جوابگوی نیاز بشر امروزی باشد، روز بروز بیشتر می‌شود. در مراحل مختلف احداث تأسیسات و پروژه‌های عمرانی که لازمه تمدن بشر عصر حاضر است، از نقشه برداری و نقشه استفاده‌های فراوان می‌شود که به این ترتیب امروزه نقشه برداری وسعت و اهمیت زیادی پیدا کرده و رشته‌های مختلفی از آن جدا شده است که هر کدام دارای قلمرو وسیع و کاربرد خاصی هستند.

امروزه از نقشه به‌طور وسیعی در کلیه زمینه‌ها از قبیل جاده‌سازی، انتقال نیرو، شهرسازی، آبیاری، کشاورزی، دریاوردی، هواشناسی، زمین‌شناسی و... استفاده می‌شود.

اهمیت نقشه برداری در کشاورزی

امروزه در کشاورزی از عملیات نقشه برداری در تهیه طرح‌های کشاورزی و آبیاری و همچنین در مدیریت مزرعه به نحو شایانی استفاده می‌شود که برخی از آن‌ها عبارتند از:

- محل جمع شدن آب و نقاط سیل‌گیر از روی نقشه مشخص می‌شود.
- برای تهیه طرح و اجرای پروژه‌های زهکشی نقشه برداری کاربرد اساسی دارد.
- با استفاده از نقشه می‌توان مسیر نهر آبرسانی و شیب را بدست آورد.
- نقشه برداری برای تهیه طرح و اجرای تسطیح اراضی ضروری است.
- در باغبانی با در دست داشتن نقشه می‌توان بهترین فرم درختکاری را با توجه به عوارض طبیعی مانند شیب و... و زمین تعیین کرد.

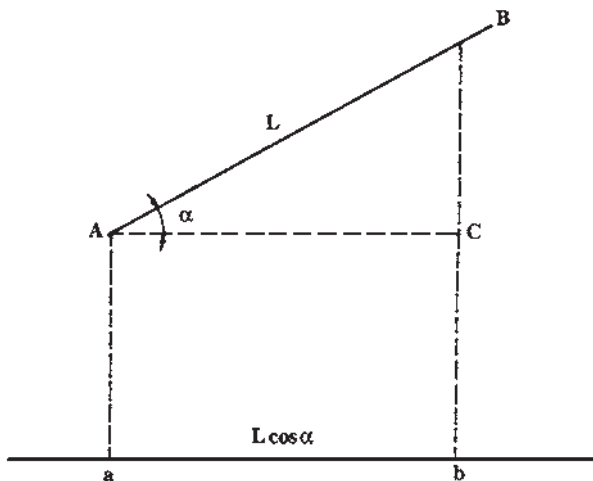
نقشه برداری

نقشه برداری رشته‌ای است از ریاضیات عملی که هدف آن تعیین شکل مسطحانی و ارتفاعی عوارض زمین و یا قطعاتی از آن است. با وجود این ممکن است موضوع نقشه برداری مربوط به عوارض زیر سطح زمین یا بالای این سطح و یا پیاده کردن یک نقشه باشد که به عنوان نمونه می‌توان از نقشه برداری معدن و پیاده کردن مسیر نام برد. در نقشه برداری از مناطق کم‌وسعت هنگام تهیه نقشه

از کرویت زمین صرفنظر کرده که به این نوع نقشه برداری، نقشه برداری مستوی گویند. وقتی بخواهیم از منطقه‌ای با وسعت زیاد نقشه تهیه کنیم (مسافت‌های بیشتر از 20° تا 30° کیلومتر) در محاسبات نقشه برداری انحنای کره‌ی زمین را در نظر می‌گیرند که به این نوع نقشه برداری، نقشه برداری ژئودزی^۱ می‌گویند. انواع نقشه برداری از نظر کاربرد شامل زیرزمینی، نظامی، آب‌ها، مسیر، توپوگرافی و پلانیمتری است.

نقشه

نقشه عبارت است از تصویر افقی و قراردادی یک قطعه زمین (با تمام یا قسمتی از جزئیات موجود روی آن) که با نسبت معینی^۲ بر روی کاغذ رسم می‌شود. اگر قطعه زمین مورد نظر کاملاً افقی باشد، فاصله بین نقاط مختلف روی زمین با فاصله همان نقاط در روی تصویر در سطح افقی برابر خواهد بود. لذا برای تهیه نقشه کفایست که فاصله‌ی دو نقطه را به نسبت معین کوچک کرده و روی نقشه مشخص کنیم.



شکل ۱-۱

در صورتی که دو نقطه روی سطح افقی واقع نباشند، ابتدا باید طول تصویر پاره خط بین دو نقطه‌ی روی سطح افقی محاسبه شده و سپس طول تصویر به نسبت معینی کوچک و روی نقشه برده شود.

۱- Geo Desy از دو کلمه‌ی Geo به معنای زمین و Desy به معنای اندازه‌گیری تشکیل شده است.

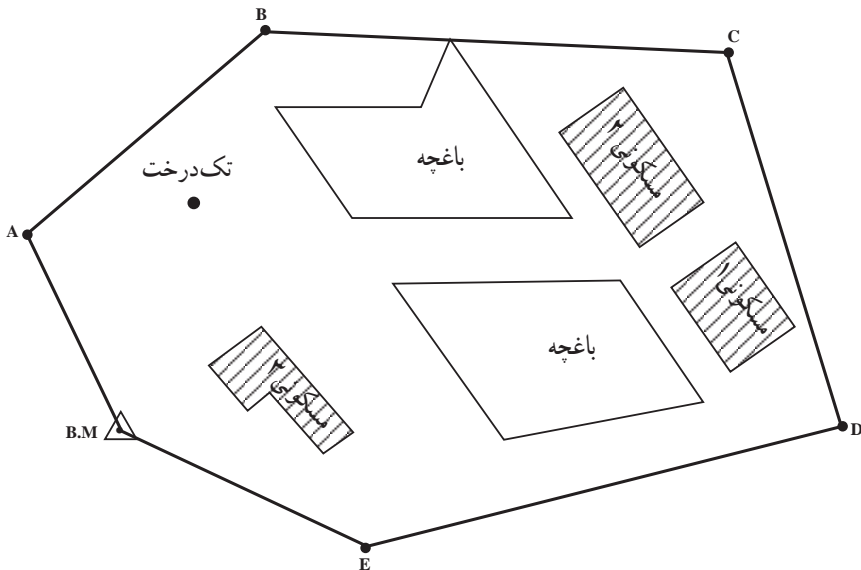
۲- نسبت معینی همان مقیاس است که در صفحات بعدی خواهد آمد.

اگر فاصله دو نقطه A و B مساوی L روی زمین اندازه گیری شود، طول تصویر پاره خط AB روی سطح افق برابر Lcosa خواهد بود و این مقدار با مقیاس مورد نظر روی نقشه رسم می شود.

$$\cos \alpha = \frac{AC}{L} \Rightarrow AC = L \cos \alpha \Rightarrow ab = L \cos \alpha$$

مراحل مختلف تهیه نقشه از یک منطقه

- برای تهیه نقشه از یک منطقه مراحل مختلف عمل به شرح زیر است:
- تهیه طرح مقدماتی کار و تعیین محل تقریبی نقاط و ایستگاه‌ها روی یک کروکی^۱ تهیه شده از منطقه. برای این مرحله باید از شناسایی منطقه در روی زمین یا نقشه‌های قدیمی استفاده کرد.
- با این کروکی به محل رفته و از نزدیک وضع ایستگاه‌ها و نقاط و امکان دید بین نقاط و شرایط لازم دیگر را بررسی کرده و با تصحیح طرح مقدماتی، آن را تکمیل می کنیم.
- به دست آوردن اندازه‌های مختلف مورد نیاز (طولی، زاویه‌ای، ارتفاعی و...)
- انجام محاسبات مربوطه و تعیین موقعیت نقاط
- بردن نتیجه به صفحه‌ی تصویر و رسم نقشه
- هر یک از مراحل بالا در تهیه نقشه و صحت آن از اهمیت خاصی برخوردار است.



شکل ۱-۲-۱- کروکی

۱- نمایش ترسیمی موقعیت تقریبی عوارض یک منطقه را که فاقد اندازه‌گیری دقیق است کروکی آن منطقه می نامند.

مقیاس^۱

نسبت یک فاصله در روی نقشه به مقدار واقعی آن (فاصله افقی) روی زمین را مقیاس نقشه گویند. در نقشه برداری معمولاً مقیاس به دو صورت عددی و خطی بکار می‌رود.
مقیاس عددی: مقیاس عددی یک نقشه با نسبت زیر تعریف می‌شود:

$$S = \frac{d}{D}$$

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

مثال: چنانچه فاصله دو نقطه در روی نقشه‌ای با مقیاس $\frac{1}{250,000}$ ، ۳ سانتیمتر اندازه‌گیری شده باشد، مطلوبست محاسبه‌ی فاصله‌ی افقی بین دو نقطه مذکور در روی زمین.

$$S = \frac{d}{D} \Rightarrow \frac{1}{250,000} = \frac{3}{D} \Rightarrow 250,000 \times 3 = 750,000 \text{ cm}$$

$$750,000 \div 100 = 7500 \text{ m}$$

$$7500 \div 1000 = 7.5 \text{ km}$$

باید توجه داشت که مقیاس مربوط به نسبت اندازه فواصل روی نقشه و زمین است به عبارت دیگر مربوط به یک بُعد است و در مورد سطوح، مساحت روی نقشه باید در مجذور مقیاس ضرب شود تا مساحت همان قطعه در روی زمین به دست آید.

معمولاً برای آنکه محاسبه با مقیاس عددی به سرعت انجام گیرد با کسری به شکل زیر نمایش

داده می‌شود:

$$S = \frac{1}{N \times 1000}$$

امتیاز این شکل نمایش آن است که بلافاصله نشان می‌دهد که هر میلیمتر روی نقشه N متر

طول را در روی زمین نشان می‌دهد.

مثال: نمایش مقیاس $\frac{1}{2500}$ به شکل $\frac{1}{2/5 \times 1000}$ نشان می‌دهد که هر میلیمتر روی نقشه

معادل ۲/۵ متر در روی زمین است.

مقیاس خطی یا ترسیمی: در برخی از موارد کوچک یا بزرگ کردن نقشه به طریقه‌ی

عکسبرداری انجام می‌شود و یا کاغذی که نقشه روی آن قرار دارد، در اثر تغییرات حرارت و رطوبت

منبسط یا منقبض می‌شود. در این حالات وقتی از نقشه مثلاً برای تعیین فاصله استفاده می‌شود فاصله دو نقطه در روی نقشه با موقع رسم آن که به فاصله معینی رسم شده است، یکی نخواهد بود. برای رفع این اشکال مقیاس نقشه را در گوشه نقشه به صورت خطی نیز نشان می‌دهند. به این ترتیب دو خط موازی به طول چند سانتیمتر روی نقشه رسم کرده و آن را مدرج و یک درمیان سیاه می‌کنند و روی هر تقسیم فاصله واقعی روی زمین را می‌نویسند. یک سانتیمتر اول سمت چپ این خط را با تقسیمات میلیمتری مدرج کرده (ده میلیمتر) که به آن پاشنه‌ی مقیاس می‌گویند.

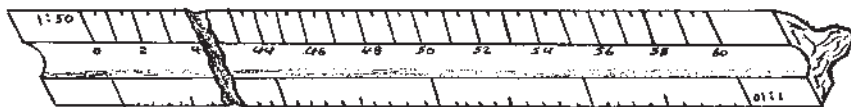


شکل ۱-۳

طریقه‌ی استفاده از مقیاس ترسیمی بدین طریق است که به وسیله‌ی خط‌کش و یا کاغذ و یا مقداری نخ فاصله‌ی بین دو نقطه مورد نظر را در روی نقشه اندازه‌گیری کرده و مستقیماً به روی مقیاس ترسیمی می‌آورند، به طوری که یک سر نخ و یا خط‌کش روی صفر مقیاس و سر دیگر آن روی سانتیمترهای مقیاس قرار گیرد و از روی اعداد و بالای مقیاس ترسیمی معادل زمینی مربوط به فاصله‌ی بین دو نقطه را قرائت می‌کنند.

در برخی از نقشه‌ها علاوه بر نشان دادن مقیاس به صورت خطی برای سهولت اندازه‌گیری فواصل در روی نقشه، نسبت فاصله در روی نقشه به ازای مقدار معینی از فاصله در روی زمین (مثلاً کیلومتر) را در زیر نقشه می‌نویسند.

خط‌کش مقیاس: خط‌کش مقیاس وسیله‌ای است که لبه‌ی آن در مقیاس مورد نظر مدرج شده و گاهی آن را به صورت یک منشور سه وجهی می‌سازند که طرفین هر لبه آن دو مقیاس متفاوت را در برگرفته و روی هم رفته برای شش مقیاس به کار می‌رود. این خط‌کش را اشل نیز می‌نامند. این خط‌کش‌ها با توجه به مقیاس‌های مختلف روی وجوه آن دارای انواع مختلفی هستند.



شکل ۱-۴

انواع نقشه‌ها از نظر مقیاس: مقیاس را معمولاً طوری انتخاب می‌کنند که کاربرد و محاسبه با آن به آسانی صورت گیرد.

در مقایسه دو مقیاس آنکه رقم کسر مربوط به آن بزرگتر است، دارای مقیاس بزرگتری است.

وآنکه رقم کسر مربوط به آن کوچکتر است، کوچک مقیاس نامیده می‌شود. در مقایسه دو نقشه با مقیاس‌های $\frac{1}{100,000}$ و $\frac{1}{1,000,000}$ چون $\frac{1}{100,000} > \frac{1}{1,000,000}$ است، نقشه اول را بزرگ مقیاس و نقشه دوم را کوچک مقیاس می‌گویند. به عبارت دیگر نقشه‌ای که عدد مخرج مقیاس آن کوچکتر است بزرگ مقیاس، و نقشه‌ای که عدد مخرج مقیاس آن بزرگتر است، کوچک مقیاس می‌گویند. تقسیم نقشه‌ها از نظر مقیاس متفاوت است که در اینجا یکی از انواع آن ذکر می‌شود.

جدول ۱-۱

۱:۱,۰۰۰,۰۰۰	خیلی کوچک مقیاس
۱:۵۰۰,۰۰۰	
۱:۲۵۰,۰۰۰	
۱:۲۰۰,۰۰۰	کوچک مقیاس
۱:۱۰۰,۰۰۰	
۱:۵۰,۰۰۰	
۱:۲۵,۰۰۰	متوسط مقیاس
۱:۲۰,۰۰۰	
۱:۱۰,۰۰۰	
۱:۵۰۰۰	بزرگ مقیاس و خیلی بزرگ مقیاس
۱:۲۵۰۰	
۱:۲۰۰۰	
۱:۱۰۰۰	(نقشه‌های مهندسی و ثبتی)
۱:۵۰۰	
۱:۲۵۰	
۱:۱۰۰	
۱:۵۰	

انواع نقشه بر حسب کاربرد

توپوگرافی: در این گونه نقشه‌ها پستی و بلندی‌های سطح زمین را با کلیه‌ی عوارض آن به صورت علائم قراردادی نمایش می‌دهند.

پلانیمتری: در این نوع نقشه‌ها ارتفاعات مشخص نمی‌شود. به عبارت دیگر در آن هدف تعیین و نمایش وضع مسطحاتی عوارض است و این گونه نقشه‌ها را پلان می‌نامند.

جغرافیایی: این نقشه‌ها از روی نقشه‌های توپوگرافی که قبلاً تهیه شده و اطلاعات اضافی که از روی زمین برداشته شده است تهیه می‌شود. در برخی از این نقشه‌ها ارتفاعات وجود دارد و

در برخی دیده نمی‌شود.

ثبتي: این نقشه‌ها را از لحاظ تقسیم‌بندی زمین بین مالکین آن و استفاده‌ای که از زمین می‌شود، تهیه می‌کنند. ارتفاعات و سایر عوارض طبیعی و مصنوعی ممکن است در روی نقشه نشان داده شده یا نشده باشد.

موضوعی: این نوع نقشه‌ها برای استفاده بخصوصی تهیه می‌شود، مانند نقشه‌های دریایی، زمین‌شناسی، جاده‌ها، توریستی، پوشش گیاهی و... برخی از این نقشه‌ها از روی مقیاس نیست. **چارت:** نقشه‌های خاصی هستند که اطلاعاتی نظیر مسیر کشتی‌ها و هواپیماها را شامل می‌شوند و برای ارتباطات دریایی و هوایی به کار می‌روند. در این گونه نقشه‌ها اطلاعاتی از قبیل وضع پستی و بلندی مناطق پوشیده از آب، علایم دریایی و وضع ساحل را برای مسیر کشتی‌ها مشخص کرده و دقت اطلاعات به علت اهمیت آن‌ها کاملاً مورد توجه است. **نظامی:** نقشه‌هایی که کاربرد آن‌ها در مقاصد نظامی، نظیر تاکتیک‌های نظامی است.

اطلاعات نقشه

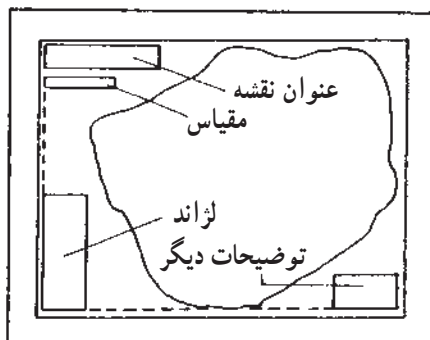
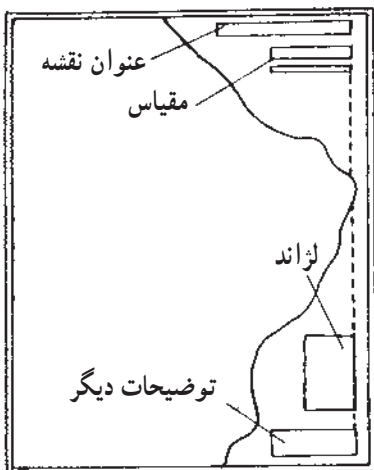
نقشه‌ای که به صورت نهایی عرضه می‌گردد از دو قسمت تشکیل یافته است:

- ۱- اطلاعات مصور که در واقع، محتوای اصلی نقشه است.
- ۲- اطلاعاتی که برای راهنمایی استفاده‌کننده، در حاشیه‌ی نقشه قرار داده می‌شود.

اطلاعات حاشیه‌ی نقشه

تعداد و کیفیت اطلاعات حاشیه بستگی به نوع نقشه دارد و هر قدر عوارض و اطلاعات در نقشه زیاده‌تر باشد، به همان اندازه ممکن است توضیحات حواشی بیشتر گردد. موقعیت و مکان اطلاعات حاشیه بستگی به قطع و فضای اضافی نقشه دارد. به منظور فهم بهتر مطالب موجود در نقشه، به خصوص نقشه‌هایی که به وسیله‌ی کشورهای مختلف تهیه می‌شود، توافق‌های بین‌المللی در مورد محتوای اطلاعات حاشیه‌ای انجام گرفته است. اطلاعاتی که می‌تواند در حاشیه‌ی نقشه گنجانده شود به صورت کتاب‌چه‌هایی طبقه‌بندی شده است که بنا به فضای موجود در حاشیه، هدف و مقیاس نقشه، درج می‌گردد. با این حال، تعیین فرم و الگوی خاصی برای اطلاعات حاشیه‌ی نقش هنوز هم جنبه‌ی اختیاری دارد و کارتوگراف طبق میل و سلیقه‌ی خود و با در نظر گرفتن اصول کلی، اطلاعات حاشیه را طراحی می‌نماید.

شکل ۵-۱ امکان قرار دادن اطلاعات حاشیه را در موقعیت‌های مختلف نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱

تعداد اطلاعات حاشیه‌ی نقشه: تعداد اطلاعاتی که باید در حاشیه‌ی یک نقشه جای داد تا باعث گویا شدن آن گردد، بستگی به نوع نقشه دارد. به‌طور کلی، موارد زیر از جمله اطلاعاتی است که در بیش‌تر نقشه‌های توپوگرافی یافت می‌شود:

- ۱- اسم و عنوان نقشه
- ۲- شماره‌ی سری
- ۳- شماره‌ی برگه
- ۴- تجدید چاپ
- ۵- مقیاس
- ۶- علایم
- ۷- ارتفاعات
- ۸- سیستم تصویر و شبکه
- ۹- شمال‌ها
- ۱۰- راهنمای اتصال نقشه
- ۱۱- توضیحات مربوط به مرزها
- ۱۲- نام مؤسسه‌ی تولید و چاپ نقشه
- ۱۳- نحوه‌ی تهیه‌ی نقشه

به‌طوری که اشاره شد، حذف بعضی از این اطلاعات در رابطه با موضوع نقشه و کاربرد آن صورت می‌گیرد. مثلاً، نقشه‌هایی که برای چاپ در کتاب در نظر گرفته می‌شود، عموماً ساده‌اند و احتیاج به اطلاعات حاشیه‌ای زیادی ندارد. برعکس، نقشه‌های تک‌برگی موضوعی و یا نقشه‌های توپوگرافی دارای اطلاعات حاشیه‌ای کاملی می‌باشند.

علایم قراردادی^۱

برای رسم عوارض موجود بر روی زمین در نقشه باید آن‌ها را به اندازه مقیاس نقشه کوچک کرد. اگر عوارض دارای ابعاد کوچکی باشند، وقتی ابعاد آن به نسبت مقیاس کوچک می‌شود اندازه روی نقشه به قدری کوچک می‌شود که نمی‌توان آن را روی نقشه نشان داد (قبول می‌کنند عارضه‌ای که ابعادش پس از تبدیل به ابعاد نقشه کمتر از $0/2$ میلیمتر باشد نمی‌توان آن را روی نقشه نشان داد و به همین ترتیب رسم دوخط موازی که فاصله بین آن‌ها کمتر از $0/2$ میلیمتر است). عارضه‌ای که ابعاد کوچکی دارد و نمی‌توان آن را به اندازه واقعی روی نقشه نشان داد، چنانچه برای منظوری که نقشه تهیه می‌شود اهمیتی نداشته باشد، از نشان دادن آن صرف‌نظر می‌شود. در غیر این صورت این عوارض را با علایم قراردادی که بزرگتر از مقدار واقعی آن روی نقشه است، نشان می‌دهند. برای نقشه‌های رنگی، تعیین علایم قراردادی به علت وجود رنگ‌های مختلف ساده است ولی در روی نقشه یک رنگ علایم قراردادی ترکیبی از انواع خطوط خواهد بود. بنابراین صفات مشخصه علایم قراردادی شامل شکل، اندازه و رنگ است. این علایم توسط سازمان نقشه‌برداری هر کشور تهیه می‌شود و برای سهولت در کار و هماهنگی لازم است که تمام افراد و سازمان‌هایی که به نحوی در ترسیم نقشه‌ها فعالیت دارند از این نوع علایم استفاده کنند.

علائم قراردادی

شهرها و آبادیها	□
تهران	●
تبریز	■
خرمشهر	■
قزوین	■
شاهین	■
روستا	□

راهها

بزرگراه - اتوبان - بزرگ	▬
آسفالتی دو راهه یا بیشتر	▬
آسفالتی یک راهه	▬
شنی دو راهه یا بیشتر	▬
شنی یک راهه	▬
حاکی	▬
چانه روزانه	▬

راه آهن ها

مسئول (عرض ۱/۵۵ متر)	▬
نیم عرض یک راهه	▬
مرز بین ایستگاه	▬
مرز ایستگاه	▬
سقف - مسطحان کلبه - قطار سبز	▬
آسیاب - غرله - محفل چاهو - کلبه روستایی	▬
ایستگاه - قطار - مسجد	▬
چشمه - چاه - آب آلود	▬
گور - حسیلی	▬
کانت - دانسی - فصلی	▬
فریاده فصلی	▬
اراضی مورد طعمه انب - باغلاق یا مرداب	▬
حاکریز - آب حاکری	▬
مطرح بارویه های دگرگون شده	▬
آب شنی - شنزار	▬
کفله نجرس - کفله مسطحانی	▬

ارتفاعات زمین

بشترین ارتفاع شناخته شده روی این نقشه برابر 3270 متر در ۵۳° ۲۹' شمالی و ۵۳° ۶۰' شرقی است و دقت آن در حدود 250 متر است.

0238 0965

رویشها

سنگال و بینه

باغ میوه - بره زار

زمینهای زراعی - شالیزار

آب نگاری (هیدروگرافی)

سخره: تالپدا پندا

کشتی متروک: تالپدا پندا

سخره: لیرتبه - سخطر

رسمیات ساحلی

جراخ دریایی - مشخص های نقاط عم ژرف

فرودگاهها و بنادر (نظامی یا غیر نظامی)

شماره 4483 حدود فرودگاه یا بند پرواز معلوم

..... حدود معلوم یا بند پرواز نامعلوم

..... حدود نامعلوم یا بند پرواز معلوم

..... حدود و بند پرواز نامعلوم

..... بندرگاه و پایگاه دریایی

..... بندرگاه اضطراری

..... فرودگاه هلیکوپتر

تسهیلات و موانع قابل دیدن

مانع 338 (779)

338 ارتفاع توده مانع از سطح دریا

(779) ارتفاع توده مانع از سطح زمین

گروه موانع

موانع نامرئی

..... سطح انتقال نیرو فشار قوی

توجه

الحراف متعاقب این نقشه هر سال ۲۰۰۱ عبارت است از ۳۳" ۲۸۵۱ میلیمتر عرضی است

در این منطقه از ارتفاع ۶۱ متر به بالا از سطح زمین مابقی وجود ندارد

عرض خرواب یک واحد بطور متوسط ۲/۵ متر (۸ فوت) است

شکل ۱-۶

خودآزمایی

- ۱- نقشه برداری را تعریف کنید.
- ۲- حداقل چهار مورد دیگر به جز مواردی که در متن آمده است، درباره‌ی اهمیت نقشه و نقشه برداری در کشاورزی بنویسید.
- ۳- مراحل مختلف تهیه نقشه را کاملاً توضیح دهید.
- ۴- انواع نقشه‌هایی را که در محل تحصیل شما قرار دارد از نظر نوع و مقیاس مورد بررسی قرار دهید.

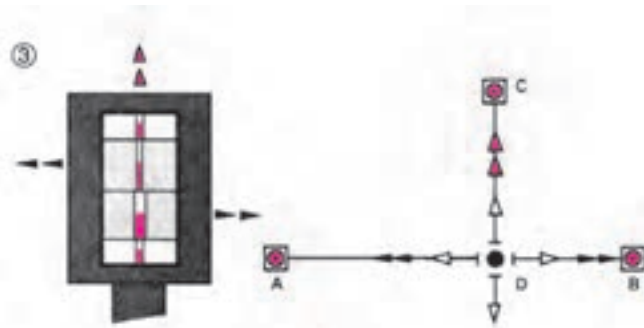
مسائل

- ۱- در صورتی که فاصله‌ی دو نقطه‌ی A و B در روی زمین ۲ کیلومتر باشد و فاصله‌ی این دو نقطه در روی نقشه ۲ سانتیمتر باشد، مقیاس نقشه‌ی رسم شده را تعیین کنید.
- ۲- مساحت زمین مستطیل شکلی به ابعاد $300\text{m} \times 700\text{m}$ در روی زمین هنگامی که در روی کاغذ با مقیاس $\frac{1}{10000}$ رسم شود، چند سانتیمتر مربع خواهد بود؟

شناخت وسایل ساده نقشه برداری و کاربرد آنها

هدف های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیر انتظار می رود که :

- ۱- نوار اندازه گیری را توضیح دهد.
- ۲- ژالن را توضیح دهد.
- ۳- شاقول را توضیح دهد.
- ۴- تراز دستی و تراز مخصوص ژالن را توضیح دهد.
- ۵- گونیای شکافدار، آینه ای و منشوری را توضیح دهد.
- ۶- با وسایل ساده نقشه برداری عملیات انجام دهد.
- ۷- یک امتداد را ژالن گذاری کند.
- ۸- محل تقاطع دو امتداد را با کمک ژالن مشخص کند.
- ۹- طول یک امتداد را به روش های مختلف اندازه گیری کند.
- ۱۰- با استفاده از ژالن و گونیا از یک امتداد، عمود اخراج کند.
- ۱۱- با استفاده از ژالن و گونیا بر یک امتداد عمود فرود آورد.
- ۱۲- با استفاده از ژالن و گونیا خطوط موازی ایجاد کند.
- ۱۳- مقدار یک زاویه را توسط متر محاسبه کند.
- ۱۴- یک زاویه را با کمک متر در روی زمین پیاده کند.
- ۱۵- بر یک امتداد با استفاده از متر عمود وارد کند.
- ۱۶- بین دو نقطه با مانع عبور فاصله را تعیین کند.
- ۱۷- بین دو نقطه با مانع عبور و دید فاصله را تعیین کند.



از چه وسایلی در عملیات نقشه برداری استفاده می‌شود؟ آیا می‌توان اندازه‌ی یک زاویه در طبیعت را محاسبه کرد؟ با وجود موانع بسیاری که در طبیعت وجود دارد، با استفاده از چه روش‌هایی می‌توانیم مسافت بین دو نقطه را به دست آوریم؟

بدیهی است که برای انجام هر پروژه‌ای از ابزار و وسایل بخصوصی استفاده می‌شود. لذا در نقشه برداری نیز وسایلی را برای اجرای پروژه‌های نقشه برداری به کار می‌برند که هر یک نقش مهمی را در این گونه عملیات بر عهده دارند. به عنوان مثال می‌توان انواع متر، شاقول، ژالون، شیب‌سنج دستی، تراز، گونیا، دوربین نقشه برداری و... را نام برد. همراه با وسایلی که ذکر شد برای مشخص کردن نقاط از میخ‌های چوبی و یا میخ‌های آهنی که در زمین‌های سخت کاربرد دارند و یا کندن علامت و رنگ آمیزی در روی تخته‌سنگ‌ها و غیره استفاده می‌کنند. برای کارهای اساسی که باید یک‌سری نقاط دائمی در روی زمین مشخص شوند، از نشانه‌های قبلی که به صورت هرم ناقص و معمولاً به ابعاد $60 \times 20 \times 20$ سانتیمتر هستند و در میان آن‌ها میله‌های فلزی کار گذاشته‌اند، استفاده می‌شود.

نوار اندازه‌گیری فلزی

از نوارهای فلزی در اندازه‌گیری طول‌های معمولی و برای اندازه‌گیری دقیق‌تر از مترانوار استفاده می‌شود. متر یا نوار از فولاد، پارچه و پلاستیک تهیه می‌شود. البته مترهای فلزی به خاطر استحکام و دقتشان در نقشه برداری بیشتر از انواع دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. مترها را به طول‌های مختلف $10-20-25-30-50$ متر، به عرض $20-10$ میلی‌متر و ضخامت $3/4-3/8$ میلی‌متر تحت شرایط معین (درجه حرارت و کشش معلوم) می‌سازند. در ابتدای هر متر یک حلقه و در انتهای آن یک دسته وجود دارد که معمولاً آن‌را با یک دستگیره در یک محفظه (جلد) فلزی یا چرمی می‌پیچند. ضمناً باید توجه کرد که محل صفر نوارهای فولادی باهم متفاوت است.

مترانوار — انوار آلیاژیست از فولاد و نیکل و اهمیت آن در این است که ضریب انبساط طولی آن سی مرتبه از فولاد کم‌تر است. بنابراین با استفاده از آن در حالتی که دقت بسیار لازم است و کار باید خوب اجرا شود، دقت کار با این وسیله زیاد است ولی متر کشی با این وسیله نسبتاً سخت است. از این متر در کارهای دقیق ژئودزی استفاده می‌شود. در کار با مترهای فلزی باید دقت کرد:

— نوار فلزی بیچ نخورد و تا نشود.

— بعد از هر اندازه‌گیری باید بلافاصله کاملاً تمیز شود.

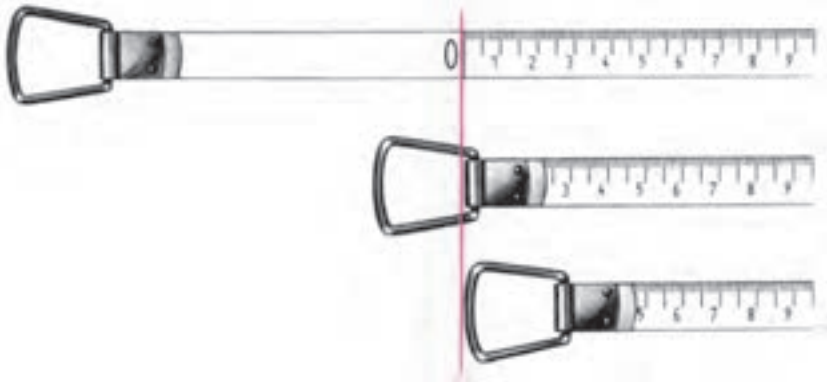


شکل ۲-۱

— درجه‌بندی نوار اندازه‌گیری از نظر دقت: تقسیمات روی نوار اندازه‌گیری از نظر دقت نیز دارای اهمیت است. برای کارهای دقیق معمولاً از نواری استفاده می‌شود که کوچک‌ترین تقسیمات روی آن یک میلی‌متر است. در حالی که برای کارهای معمولی و کم‌دقت می‌توانیم از نوارهایی استفاده کنیم که فقط هر نیم‌سانتی‌متر یا یک سانتی‌متر را مشخص کرده‌اند. البته این انتخاب برای ایجاد سهولت در کار است؛ وگرنه نوارهای اندازه‌گیری دقیق را نیز می‌توان برای کارهای کم‌دقت به کار برد.

— درجه‌بندی نوارهای اندازه‌گیری از نظر نقطه‌ی شروع: نقطه‌ی صفر در نوارهای اندازه‌گیری مختلف ممکن است متفاوت باشد. با توجه به شکل ۲-۲ مشخص است که در بعضی

از انواع نوارهای اندازه‌گیری نقطه‌ی شروع (نقطه‌ی صفر) در ابتدای قلاب نوار اندازه‌گیری قرار داده شده است؛ در صورتی که در بعضی از آن‌ها در انتهای قلاب و در برخی دیگر در یک فاصله‌ی معین از قلاب گرفتن نوار. عدم توجه به این نکته ممکن است اشتباهات بسیاری را هنگام کار با این نوارها، به وجود بیاورد.



شکل ۲-۲- انواع شروع درجه‌بندی در نوارهای اندازه‌گیری

— **طریقه‌ی صحیح بازویسته کردن نوار اندازه‌گیری:** به هنگام باز کردن نوار اندازه‌گیری، دستگیره‌ی آن را آزاد کنید و نوار را به گونه‌ای در دست بگیرید که دستگیره به هنگام چرخیدن به دست شما برخورد نکند. در هنگام بستن نوار اندازه‌گیری پارچه‌ای را در سه راه نوار به داخل، دور آن بپیچید و نگاه دارید تا ابتدا تمیز و خشک شده سپس جمع‌آوری گردد. هم‌چنین هرگاه می‌خواهید یک نوار اندازه‌گیری بلند را جمع‌آوری کنید بهتر است ضمن پیچاندن دستگیره خودتان نیز به سمت نوار قدم بردارید و پیش بروید. این کار چند فایده در بردارد؛ نخست، هرگاه نوار اندازه‌گیری در جایی گیر کرده باشد به راحتی آن را برطرف کرده از خرابی نوار پیش‌گیری خواهید کرد. دوم، در صورتی که در مسیر نوار اندازه‌گیری در یک محل گل و لای یا آب و نظایر آن باشد از آلوده شدن کل نوار اندازه‌گیری جلوگیری خواهید کرد. زیرا اگر در جای خود بایستید و نوار را به سمت خود بکشید تمامی نوار اندازه‌گیری از داخل آلودگی عبور کرده که در این صورت باید کل آن را تمیز نمایید. اما اگر شما به قسمت دیگر پیش بروید فقط بخش کوچکی از نوار کثیف خواهد شد. سوم، اگر در جای خود بایستید و تمامی نوار را با دستگیره به سمت خود بکشید به قرقره، دستگیره و فنر متصل به آن‌ها فشار بسیاری وارد می‌آید و در نتیجه، سبب خرابی زودرس نوار اندازه‌گیری می‌شود.

برای کشیدن نوار اندازه‌گیری بهتر است با دست قسمت نوار را بگیرید و بکشید. از کشیدن نوار به وسیله‌ی قاب خودداری نمایید و بیش از حد نیز به نوار کشش وارد نکنید.

کار عملی

عنوان : به کارگیری انواع نوار اندازه‌گیری با توجه به ویژگی‌های آن‌ها.

وسایل موردنیاز : انواع نوار اندازه‌گیری

دانش و مهارت موردنیاز : شناخت ویژگی‌های نوار اندازه‌گیری سالم و شناخت انواع

نوارهای اندازه‌گیری از نظر جنس نوار، طول نوار و درجه‌بندی‌های روی آن، نقش این عوامل در به‌کارگیری و نوع اندازه‌گیری‌ها، روش صحیح، باز و بسته کردن، کشیدن، قرائت کردن، نوشتن اندازه‌ها از روی نوار اندازه‌گیری.

اندازه‌گیری طول یک امتداد

تعیین فاصله مب‌ح‌ثی است که در بیشتر امور و برداشت‌های نقشه‌برداری کاربرد دارد. از این رو دارای اهمیت زیادی است. به‌طورکلی روش‌های اندازه‌گیری فاصله به سه دسته تقسیم می‌شوند :

– طریقه مستقیم

– طریقه غیرمستقیم

– طریقه محاسبه‌ای و ترسیمی

در روش‌های مستقیم فاصله مورد نظر مستقیماً با واحد طول مقایسه می‌شود، در صورتی که در روش‌های غیرمستقیم تعیین فاصله با اندازه‌گیری کمیت دیگری صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر منظور از روش مستقیم اندازه‌گیری طول آن است که شخص برای تعیین طول هر امتداد مجبور است آن امتداد را در طبیعت طی کند و منظور از روش غیرمستقیم آن است که طول امتداد مورد نظر را بدون طی کردن آن امتداد به‌دست آورد.

در روش غیرمستقیم فقط مباحث مربوط به اندازه‌گیری فاصله با تراز یاب و تئودولیت، مورد بررسی قرار می‌گیرند. از دیگر روش‌های غیرمستقیم روش الکترونیکی را می‌توان نام برد که در این روش فاصله را با کمک دستگاه‌های مخصوص از قبیل دیستومات^۱ یا طول‌یاب به‌دست می‌آورند. در این طریقه با استفاده از ارسال امواج رادیویی با سرعت معین و اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت فاصله‌ی بین دو نقطه، معلوم می‌شود.

در روش محاسبه‌ای و ترسیمی با معلوم‌بودن مختصات نقاط و یا اندازه‌گیری فاصله‌ی دو نقطه روی نقشه، با توجه به مقیاس نقشه فاصله‌ی افقی دو نقطه معلوم می‌شود.

در این فصل به بیان طریقه‌ی مستقیم اندازه‌گیری فاصله می‌پردازیم و طرق دیگر را در فصول

بعد عنوان خواهیم کرد.

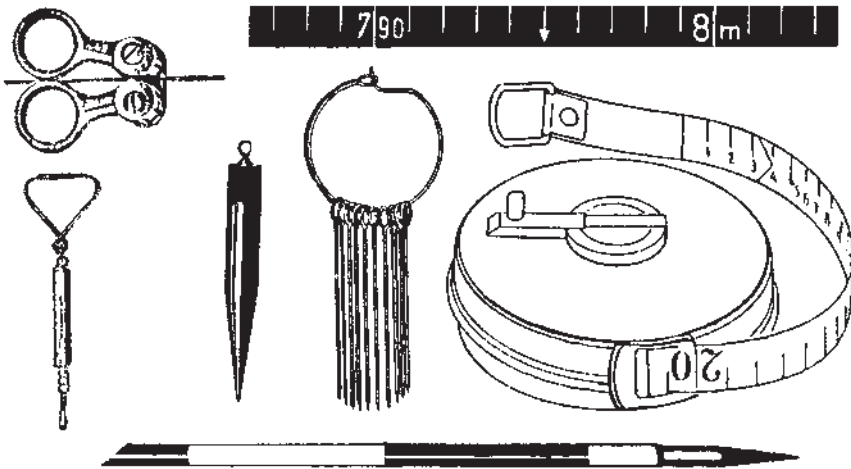
۱- دیستومات : در این نوع دستگاه‌ها از امواج نوری برای اندازه‌گیری طول استفاده می‌شود. با استفاده از این دستگاه‌های دقت

اندازه‌گیری‌ها هم به نحو قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است.

اندازه‌گیری طول به روش مستقیم

مترکشی :

- اصول مترکشی — مهمترین وسیله‌های لازم برای یک ایکپ مترکشی به شرح زیر است :
- متر فلزی به طول مناسب برای کار
 - دو عدد شاقول
 - دفترچه یادداشت
 - دماسنج و نیروسنج (در مترکشی دقیق)
 - حداقل دو یا سه عدد ژالن
 - یک مجموعه از میخ‌های مترکشی (۱۱ عدد)
 - قلاب مخصوص گرفتن متر



شکل ۳-۲- وسایل مترکشی

ژالن — ژالن در تعیین امتداد یک خط مستقیم بین دو نقطه و مشخص کردن نقاط برای یک مدت کوتاه که از فاصله دور قابل دیدن باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این وسیله میله کاملاً راستی از جنس چوب یا فلز سبک است که ۲ متر ارتفاع و ۳ سانتیمتر ضخامت داشته و مقطع آن دایره‌ای است برای رؤیت بهتر آن در تمام طول متناوباً به رنگ‌های سفید و قرمز رنگ شده است. در قسمت بالای ژالن شکافی برای نصب صفحه‌ی کاغذ تعبیه شده است و قسمت پایین آن برای فرورودن در زمین نوک تیز و فلزی است (شکل ۵-۲). در زمین‌های سخت (آسفالت خیابان) از سه پایه ژالن گیر (شکل ۶-۲) استفاده می‌شود. ژالن باید به‌طور قائم در زمین قرار گیرد. برای نصب صحیح آن می‌توان از شاقول و یا تراز مخصوص ژالن استفاده کرد. برای کنترل قائم بودن ژالن به وسیله‌ی شاقول باید در دو جهت عمود برهم شاقول را در فاصله ۲ سانتیمتری ژالن آویزان کرد و امتداد نخ آن را با ژالن مقایسه کرد.



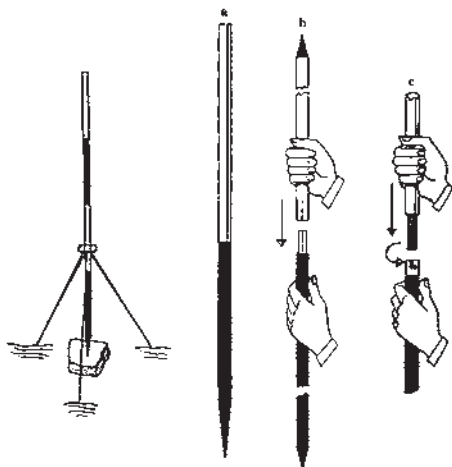
شکل ۲-۵



شکل ۲-۴



شکل ۲-۶ الف



شکل ۲-۷ اتصال زالن ها

a - زالن یکپارچه

b - اتصال دو قطعه زالن به طریق ساده

c - اتصال دو قطعه زالن به طریق دورانی



شکل ۲-۶ ب

طریقه‌ی صحیح نگه‌داری ژالن و استقرار آن به وسیله‌ی تراز ژالن

۱- ژالن را دور از خود نگاه ندارید. (دست خود را کاملاً باز نکنید.) زیرا در این صورت کنترل تراز بودن آن دشوار خواهد بود.

۲- ژالن را به خود نچسبانید، زیرا مشاهده‌ی آن برای عامل دیگر مشکل خواهد بود.

۳- در پشت ژالن قرار نگیرید، یعنی در امتداد بین ژالن‌ها نایستید زیرا مانع دید عامل دیگر خواهید بود. بهتر است در جهت عمود بر امتداد بین ژالن‌ها قرار بگیرید.

۴- تراز ژالن را در ارتفاع مناسب با قد خود به گونه‌ای قرار دهید که به راحتی آن را ببینید و انگشتان خود را روی ژالن محکم نمایید؛ به نحوی که تراز ژالن و ژالن در کف دست شما باشد.

۵- پس از استقرار ژالن برای هدایت آن به نقطه‌ی موردنظر - در حالی که عامل امتدادگذاری به شما علامت می‌دهد که ژالن را مقداری جابه‌جا نمایید - بهتر است ژالن را به حالت قائم حرکت دهید؛ به گونه‌ای که نوک ژالن نیز بر زمین مماس باشد. در این حالت، به طور متناوب هم به تراز ژالن و هم به عامل علامت‌دهنده، نگاه کنید تا کار استقرار و امتدادگذاری، هم‌زمان انجام شود.

۶- در صورتی که از سه پایه برای استقرار ژالن بر روی یک نقطه استفاده می‌کنید، سعی کنید که پایه‌های سه پایه را کاملاً باز نموده بر روی زمین، پایه‌ها را خوب بفشارید تا اگر زمین نرم است در آن فرو برود و اگر آسفالت یا سطح سفت دیگری است، در زیر پایه‌ها سنگ‌ریزه یا چیز دیگری قرار دهید تا سبب حرکت پایه‌ها نشود، سپس گیره‌ی سه پایه و پیچ‌های آن را خوب سفت کنید تا به راحتی حرکت نکند و نقطه‌ی استقرار ژالن یا حالت قائم بودن آن به هم نخورد.

- پیاده‌کردن یک امتداد مستقیم - در برخی از کارهای نقشه‌برداری لازم است که یک امتداد مشخص شود. به‌عنوان مثال: وقتی که بخواهیم یک طول 100° متری را با یک نوار 20° متری اندازه‌گیری کنیم، برای این که هنگام اندازه‌گیری از امتداد موردنظر منحرف نشویم، باید بین نقطه ابتدای مسیر و انتهای آن نقاط دیگری را به فواصل تقریبی 20° متر علامت‌گذاری کنیم، برای این منظور در ابتدا و انتها و نقاط علامتگذاری شده نیز ژالن‌هایی قرار می‌دهیم و امتداد را مشخص می‌کنیم. نحوه‌ی ژالن‌گذاری به این ترتیب است که یک نفر در حدود 2 متری عقب ژالن ابتدای امتداد مورد نظر ایستاده و با چشم مماس بر این ژالن به ژالن انتهای مسیر قراولروی کرده و به فردی که ژالن را روی یکی از نقاط میانی در دست دارد، فرمان می‌دهد تا ژالن سوم با دو ژالن ابتدا و انتها در یک امتداد قرار گیرد و به‌همین ترتیب چند نقطه‌ی دیگر را نیز با توجه به 20° متری مشخص می‌کنیم.

وقتی فاصله بین افرادی که عمل ژالن‌گذاری را انجام می‌دهند به قدری زیاد باشد که صدا به خوبی نرسد، در این حالت نقشه‌بردار با علامت‌دادن توسط دست‌ها، می‌تواند منظور خود را به‌نگهدارنده‌ی ژالن برساند.



شکل ۲-۸



ژالن را قائم نگهدار



نوک ژالن را تکان بده



ژالن را به طرف چپ ببر



ژالن را به طرف راست ببر



خوبه



ژالن را از روی نقطه بردار

شکل ۲-۹

کار عملی

عنوان : امتدادگذاری ساده بین دو نقطه

وسایل موردنیاز : ژالن، تراز ژالن، تراز نشی، سه پایه ی ژالن، میخ چوبی (پیکه)، میخ فولادی، پتک، چکش، ریسمان کار، پودر گچ، رنگ و قلم مو.

دانش و مهارت موردنیاز : اطلاع از روش امتدادگذاری، آگاهی از علایم ارتباطی دانستن روش استقرار ژالن، چگونگی به کارگیری سه پایه ی ژالن و نحوه ی مشاهده و هدایت ژالن ها برای امتدادگذاری و چگونگی تعیین و تثبیت امتداد با میخ یا گچ و علامت گذاری با رنگ.

روش کار

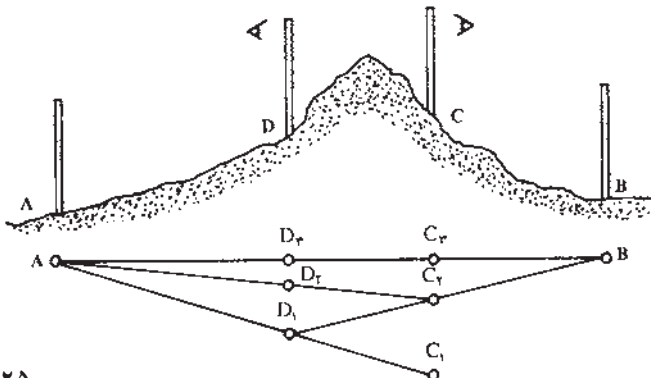
۱- در یک فاصله ی تقریبی 10° متری در یک منطقه ی هموار دو نقطه که نسبت به هم دارای دید باشند دو نقطه میخ کوبی نمایید، سپس سعی کنید با استفاده از ریسمان کار و پودر گچ، امتداد بین این دو نقطه را بر روی زمین پیاده نمایید.

۲- با پودر گچ یا در صورت امکان با رنگ و قلم مو، نام خود و نام نقاط را در کنار آن ها بنویسید و در کروکی ای که ترسیم می کنید جای آن ها را مشخص نمایید.

۳- بار دیگر بین همان دو نقطه با استفاده از ژالن امتدادگذاری نمایید و استفاده از میخ یا پیکه، امتداد موردنظر را بر روی زمین پیاده نمایید. فواصل بین نقاط را حدود 20° متر بگذارید؛ یعنی در حدود هر 20° متر یک نقطه را بین دو امتداد تعیین کنید و با رنگ یا گچ، آن نقاط را نیز نام گذاری کرده در کروکی نیز وارد نمایید.

۴- اکنون که دوبار فاصله ی موردنظر را امتدادگذاری کرده اید اختلاف بین دو امتداد را اندازه بگیرید و در گزارش خود بنویسید که بیشترین اختلاف در کجا اتفاق افتاده است و در کروکی این اختلاف را نشان دهید.

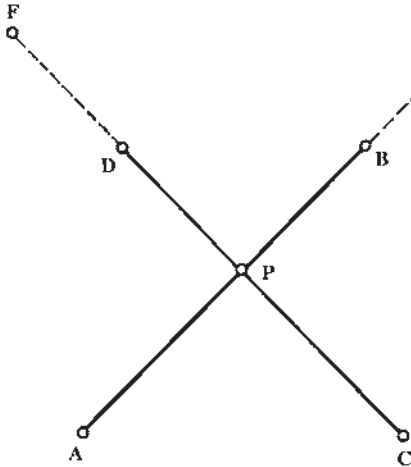
— پیاده کردن یک امتداد مستقیم با وجود مانع دید : دو ژالن قائم روی نقاط A و B نصب می شود. دو نفر نیز با ژالن های C و D به طوری که از ژالن نقطه D نقطه B و از ژالن نقطه C نقطه A دیده شود در بین A و B قرار می گیرند. اولی از پشت ژالن C به A نگاه می کند و به دو می



شکل ۱۰-۲

علامت می‌دهد تا ژالن D را در امتداد A-C قرار دهد. در این حالت نفر دوم از پشت ژالن D به ژالن B دید رفته و با علامت‌دادن به اولی ژالن C را در امتداد DB قرار می‌دهد و پس از دو سه بار تکرار این عمل تمام ژالن‌ها در یک امتداد قرار می‌گیرند.

— تعیین محل تقاطع دو امتداد: برای پیدا کردن محل تقاطع دو خط AB و CD که حتی‌الامکان به طور عمودی نسبت به یکدیگر قرار دارند، به طریق زیر عمل می‌کنند:



شکل ۲-۱۱

دو نفر یکی از نقطه A به طرف B و دیگری از نقطه C به طرف D نشانه‌روی می‌کنند و نفر سوم را در نقطه P متناوباً در امتداد قرار می‌دهند تا در امتداد AB و CD (محل تقاطع) قرار گیرد.

یک نفر نیز به تنهایی می‌تواند نقطه تقاطع را پیدا کند. اگرچه قدری مشکل است. در این حالت ابتدا نقاط کمکی E و F را به ترتیب در امتداد AB و CD تعیین می‌کند و سپس با قرار گرفتن در نقطه P خود را در امتداد EB و FD قرار می‌دهند.

— شاقول ریسمانی: از این وسیله برای قائم قراردادن ژالن در زمین و همچنین برای تعیین دقیق نقطه‌ی ایستگاه در کار با دوربین و سایر وسایلی که سه پایه لازم دارند استفاده می‌شود. شاقول عبارت است از یک قطعه فلز مخروطی شکل که به نخ‌ی آویزان شده است. شاقول در اثر وزن خود در جهت قائم (عمود بر افق محل) می‌ایستد، موقع کار با شاقول باید دقت کرد زیرا:

الف - در اثر باد منحرف می‌شود.

ب - لازم به نگاه کردن در دو جهت عمود برهم است.



شکل ۲-۱۲

نحوه‌ی عمل

الف - اندازه‌گیری فاصله در زمین‌های مسطح

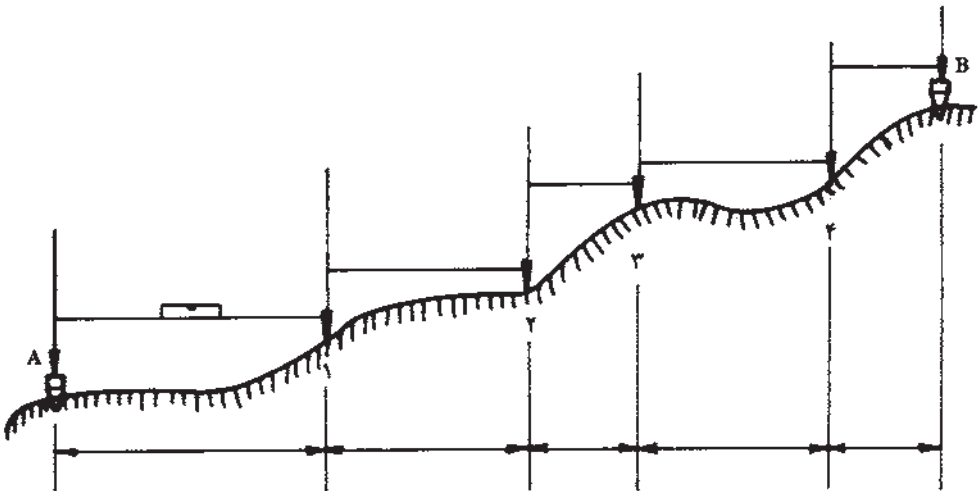
۱- امتداد موردنظر را در روی زمین با گرفتن ژالن و استفاده از شاقول به‌قطعانی که طول آن‌ها در حدود دهانه متر باشد، تقسیم می‌کنیم.

۲- طول هر قطعه را با کشیدن متر بین دو نشانه‌ی طرفین آن به‌طور افقی اندازه می‌گیریم.

۳- طول قطعات را به ترتیب در دفترچه نوشته و در آخر با هم جمع می‌کنیم، وقتی فاصله بین دو نقطه خیلی زیاد باشد، برای آن‌که در تعداد دهانه‌ها اشتباه نشود، از یازده عدد میخ فلزی که در شکل دیده می‌شود استفاده می‌کنند. در ابتدا همه میخ‌ها با مترکش جلویی است و یکی از آن‌ها را در نقطه شروع در زمین فرو می‌برند که درجه صفر توسط مترکش عقبی در مقابل آن گرفته می‌شود. مترکش جلویی متر را در امتداد مورد نظر کشیده، میخ دیگری در برابر انتهای آن کاشته و با متر جلو می‌روند و مترکش عقبی میخ قبلی را با خود برداشته و صفر متر را در برابر میخ بعدی قرار می‌دهند. اندازه‌گیری به همین ترتیب برای تمام قطعات ادامه می‌یابد و در آخر کار تعداد میخ‌هایی که مترکش عقبی همراه دارد باید برابر تعداد دهانه‌هایی که مترکشی شده و یا با تعدادی که مترکش جلویی از دست داده، برابر باشد، در صورتی که یک میخ در نقطه صفر کوبیده شود تعداد دهانه‌ها برابر تعداد میخ‌ها منهای یک می‌باشد.

ب - اندازه‌گیری فاصله در زمین‌های شیب‌دار

— مترکشی / افقی: در این طریقه فاصله بین دو نقطه امتدادگذاری را متناسب با شیب زمین انتخاب کرده و سپس به کمک ژالن یا شاقول به‌صورت افقی اندازه‌گیری می‌شود (با بالا و پایین بردن متر حالتی پیدا می‌شود که کوتاه‌ترین فاصله است در این حالت متر افقی است) و یا با استفاده از تراز متر را در حالت افقی قرار دهیم.



شکل ۱۳-۲



شکل ۱۴-۲

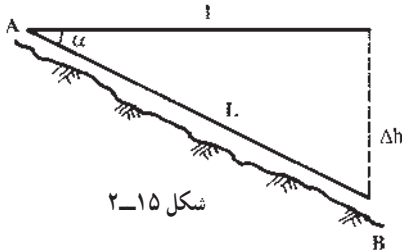
— مترکشی در امتداد شیب: در این حالت

در صورتی که شیب زمین نسبتاً یکنواخت باشد، متر به موازات شیب کشیده شده و زاویه شیب با شیب سنج و یا زاویه یاب اندازه‌گیری می‌شود و از رابطه $I = L \cos \alpha$ می‌توان طول افقی را به دست آورد.

مثال: در صورتی که فاصله‌ی بین دو نقطه B

و A، ۱۸۰ متر و زاویه شیب $6^\circ 4'$ باشد، فاصله افقی

بین دو نقطه مذکور چقدر است؟



شکل ۱۵-۲

$$I = L \cos \alpha \Rightarrow I = 180 \times 0.99440 \Rightarrow I \approx 179$$

ممکن است به جای زاویه‌ی شیب α اختلاف ارتفاع بین دو نقطه طرفین فاصله معلوم باشد

که آن را به Δh نشان می‌دهیم. در این صورت فاصله‌ی افقی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$L^2 = I^2 + \Delta h^2 \Rightarrow I^2 = L^2 - \Delta h^2 \Rightarrow I = \sqrt{L^2 - \Delta h^2}$$

مثال: اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B برابر ۶/۰ متر و فاصله‌ی بین آن‌ها در امتداد

شیب زمین 16° متر است. فاصله افقی A بین A و B چه مقدار است؟

$$I = \sqrt{L^2 - \Delta h^2} \Rightarrow I = \sqrt{(160)^2 - (0/6)^2} \Rightarrow I = \sqrt{25600 - 0/36}$$

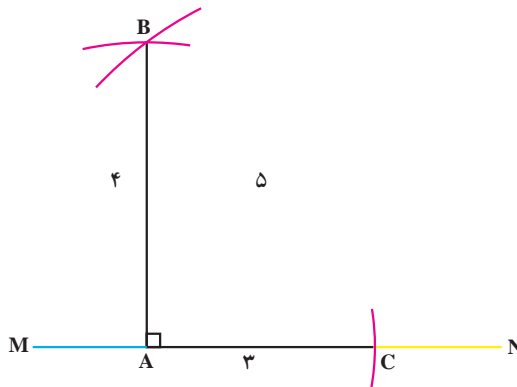
$$\Rightarrow I = \sqrt{25599/64}$$

$$I = 99/159 \text{ متر به افقی}$$

— اخراج عمود بر یک امتداد به کمک متر: برای اخراج عمود به کمک متر، راه‌های مختلفی وجود دارد که ساده‌تر از همه استفاده از قضیه فیثاغورث است. بنابراین قضیه در مثلث قائم‌الزاویه‌ای که پهلوهای قائم آن ۳ متر و ۴ متر باشد، طول وتر برابر ۵ متر خواهد بود. برای بالابردن دقت ممکن است همه‌ی اضلاع را به یک نسبت بزرگ کرد.

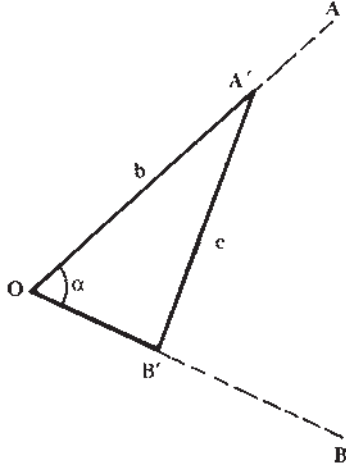
— روش کار:

نقطه‌ی A را بر روی امتداد MN انتخاب می‌کنیم. به کمک متر کمانی به شعاع ۳ متر در جهت N رسم می‌کنیم (نخ ۳ متری انتخاب و به انتهای آن گچ می‌بندیم تا کمان مورد نظر را بر روی زمین رسم کنیم). این کمان امتداد MN را در نقطه‌ای مانند C قطع می‌کند. حال از نقطه A کمانی به شعاع ۴ متر بر روی زمین رسم کرده و از نقطه‌ی C نیز کمانی به شعاع ۵ متر رسم می‌کنیم. این دو کمان در یک نقطه (B) همدیگر را قطع می‌کنند. نقطه A را به B متصل می‌کنیم. و در نتیجه خط AB عمود بر MN خواهد بود.



شکل ۱۶-۲

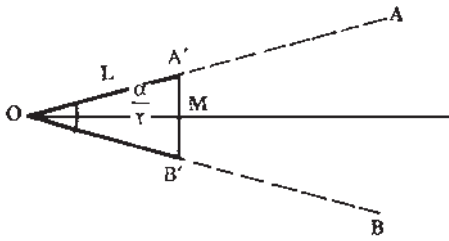
— اندازه‌گیری زاویه توسط متر: می‌خواهیم مقدار زاویه AOB را به وسیله‌ی متر محاسبه کنیم. برای به‌دست‌آوردن زاویه مذکور روش و راه‌حل‌های مختلفی وجود دارد که ما در این‌جا به‌ذکر دو نمونه از آن اکتفا می‌کنیم:



شکل ۱۷-۲

روش الف - روی امتداد OA (بازالن گذاری) نقطه‌ای مانند A' و روی امتداد OB نقطه‌ای مانند B' را انتخاب می‌کنیم.
 با اندازه‌گیری طول‌های OA' = b و OB' = a و A'B' = c می‌توانیم از رابطه مثلثاتی زیر مقدار زاویه را محاسبه کنیم.

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



شکل ۱۸-۲

روش ب - در این روش روی امتداد OA طول OA' = L و روی امتداد OB نیز به مقدار L جدا می‌کنیم. در نتیجه مثلث OA'B' یک مثلث متساوی‌الساقین خواهد بود.
 در هر مثلث متساوی‌الساقین نیمساز، عمودمنصف، ارتفاع و میانه مربوط به قاعده برهم منطبق هستند. در نتیجه زاویه A'OB' = alpha در

مثلث قائم‌الزاویه OAM برابر $\frac{\alpha}{2}$ بوده و مقدار آن برابر است با: $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{A'M}{L}$ با اندازه‌گیری A'B' از این رابطه می‌توان مقدار را محاسبه کرد.

مثال: چنانچه متر $OA' = OB' = 20^\circ$ و طول متر $A'B' = 3^\circ$ باشد، مقدار زاویه را به دست

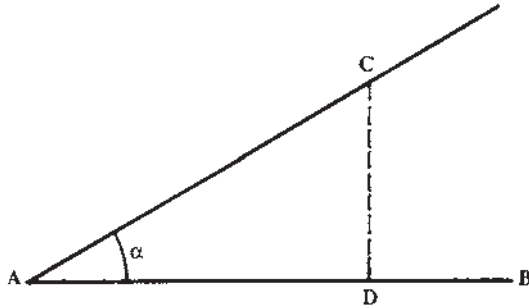
آورید؟

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{A'B'}{2L} \Rightarrow \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{3^\circ}{2 \times 20^\circ} \Rightarrow \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{3^\circ}{40^\circ} = 0.075$$

با استفاده از جداول ضمیمه کتاب

$$\frac{\alpha}{2} = 48^{\circ}36' \times 2 \Rightarrow \alpha = 97^{\circ}12'$$

— پیاده کردن یک زاویه به کمک متر : برای پیاده کردن یک زاویه معین مانند α ، به رأس A نسبت به امتداد AB ساده ترین راه استفاده از تاژانت این زاویه است. روی امتداد AB طولی مثلاً برابر AD را جدا کرده و از نقطه D عمودی به طول $D_c = AD \tan \alpha$ بر آن اخراج می کنیم، زاویه ی BAC که بدین ترتیب به دست می آید همان زاویه ی مطلوب است.



شکل ۱۹-۲

مثال : از نقطه ی A یک زاویه ی 45° را نسبت به امتداد AB در روی زمین پیاده کنید : از نقطه A فاصله ی متر $AD = 10$ را روی امتداد AB جدا می کنیم و چون $10 \tan \alpha = 10$ است، از نقطه D عمود بر AB اخراج کرده روی آن نقطه C را به فاصله 10 متر از D جدا می کنیم. در این صورت $\widehat{DAC} = 45^{\circ}$ خواهد بود.

قدم شماری : هرگاه در اندازه گیری فاصله ی بین دو نقطه نیاز به دقتی حدود $\frac{1}{50}$ داشته باشیم می توانیم از این روش استفاده کنیم. در این رابطه رعایت بعضی از نکات ضروری است. در این روش ناهمواری زمین نباید زیاد باشد و در حین قدم زدن سرعت حرکت باید ثابت بماند. مهم ترین نکته ی مورد توجه در این روش، داشتن قدم با اندازه ی معین می باشد. یعنی فاصله ی تقریبی هر قدم با قدم بعدی یکسان باشد. برای این کار بهتر است به این صورت عمل شود. به دفعات، طولی را با تعداد قدم های یکسان طی و اندازه گیری نمود. مثلاً 10 قدم را طی نماییم و طول به دست آمده را متر کنیم. این کار را آن قدر ادامه دهیم که اولاً در دفعات مختلف به طول کلی یکسان برسیم. ثانیاً مقدار تقریبی طول هر قدم را به دست آوریم. در این صورت طول قدم ما مشخص و ثابت بوده و با شمارش تعداد قدم ها می توانیم با دقتی حدود یک متر خطا در 50 متر، طولی را اندازه گیری کنیم.

— اندازه گیری طول قدم ها : منظور از این عمل آن است که تعیین کنیم هر قدمان چه طولی دارد. برای این کار یک طول صدمتری را در روی زمین نسبتاً افقی در نظر می گیریم و سپس

این طول را با قدم‌های عادی می‌پیماییم و ضمناً تعداد آن‌ها را می‌شماریم به این ترتیب با مقایسه‌ی طول صدمتر و تعداد قدم‌ها طول هر قدم ما مشخص می‌شود.
 مثال: اگر تعداد قدم‌هایمان در صد متر ۱۲۵ قدم باشد طول هر قدم ما ۸۰ سانتیمتر خواهد شد.

$$\text{سانتیمتر } ۸۰ = \text{متر } ۰/۸ = ۱۰۰ \div ۱۲۵$$

مسافت‌یابی با کیلومترشمار اتومبیل: این روش در کارهای نقشه‌برداری دقیق مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در این طریقه با کمک اتومبیل می‌توان مسافت بین دو نقطه در روی جاده را تعیین کرد. البته مسافت به‌دست آمده در روی شیب بوده و باید به‌فاصله افقی بین دو نقطه موردنظر تبدیل شود. مسافت موردنظر در روی شیب در روی صفحه‌ی کیلومتر شمار ماشین مشخص بوده و با دانستن زاویه‌ی شیب، مسافت افقی مطابق رابطه‌ای که در قسمت مترکشی در امتداد شیب توضیح داده‌شد، به‌دست خواهد آمد.

چرخ متر اژا^۱: برای سهولت کار و صرفه‌جویی در وقت در کارهایی که دقت زیادی موردنظر نیست از چرخ متر اژا (۲۰-۲) استفاده می‌کنند. همانطوری که در شکل دیده می‌شود، تعداد دورهای این چرخ به‌وسیله کنتوری که در بالای آن قرار گرفته‌است، شمرده می‌شود. طول محیط چرخ دقیقاً برابر یک متر است. بنابراین تعداد دوران برابر طول مسافت طی شده برحسب متر خواهد بود.



شکل ۲۰-۲

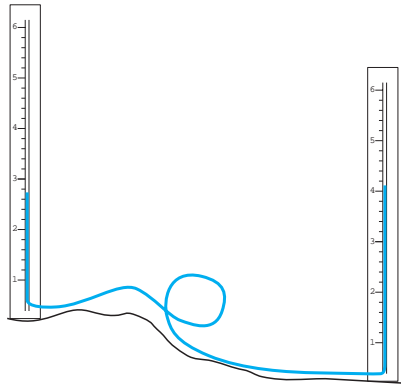
– روش کار :

چرخ را به ابتدای خط مورد اندازه‌گیری برده و با دسته کوچکی که در کنار کنتور قرار دارد و در شکل ملاحظه می‌شود، ارقام کنتور را به صفر می‌رسانیم. حال دستگاه آماده برای اندازه‌گیری است. دسته چرخ را گرفته به آرامی آنرا در روی خط حرکت می‌دهیم به طوری که چرخ در تمام طول خط با سطح زمین در تماس باشد. در پایان خط رقم کنتور را یادداشت و در طول محیط چرخ ضرب کرده و بدین ترتیب طول خط به دست می‌آید.

– اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع به وسیله شیپنگ تراز

از این روش بیشتر در کارهای ساختمانی استفاده می‌شود و با وجود دستگاه‌های تراز یاب مکانیکی و اتوماتیک و حتی لیزری و دیجیتال هنوز در کارهای ساده‌ی ساختمانی و کارگاه‌های کوچک از این روش استفاده می‌شود؛ بنابراین، تمرین و کسب مهارت در این کار، علاوه بر کاربردهای موردی، اساس کار تراز یابی را با استفاده از خاصیت یدرواستاتیکی به طور واضح و ساده نشان می‌دهد.

در شکل ۲۱-۲ یک شیپنگ تراز را مشاهده می‌کنید که در دو طرف به لوله‌ی مدرج مجهز شده است.



شکل ۲۱-۲- شیپنگ تراز

برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B یکی از لوله‌های مدرج را در نقطه‌ی A و دیگری را در نقطه‌ی B قرار داده سطح آب را در هر یک از لوله‌ها با استفاده از درجات روی لوله قرائت کرده در دفتر ثبت می‌کنیم (از تفاضل آن‌ها اختلاف ارتفاع دو نقطه به طور مستقیم حاصل می‌شود).

کار عملی

عنوان: شیلنگ تراز بسازید (هر گروه می‌تواند یک نمونه را به‌طور مشترک بسازد).
وسایل موردنیاز: یک قطعه شیلنگ شفاف، دو عدد تخته یا لوله‌ی پروفیل.
دانش و مهارت موردنیاز: دانستن اساس علمی کار شیلنگ تراز و نحوه‌ی کار آن، هم‌چنین دانستن اجزا و بخش‌های مختلف آن.

روش کار

- ۱- یک شیلنگ شفاف حداقل به‌طول ۴ متر تهیه کنید.
- ۲- دو عدد تخته یا لوله یا پروفیل به طول ۱ متر تهیه کنید.
- ۳- تخته‌ها یا لوله‌ها یا پروفیل‌ها را با ماژیک یا رنگ در اندازه‌های سانتی‌متری یا نیم‌سانت نیم‌سانت، مدرج کنید و شماره‌های لازم را در فواصل مناسب در کنار آن بنویسید. البته به جای این کار می‌توانید خود شیلنگ تراز را از دو سر آن مدرج کنید.
- ۴- تخته، لوله، یا پروفیل‌هایی را که آماده کرده‌اید به دو سر شیلنگ محکم ببندید.
- ۵- در درون شیلنگ یک مایع رنگی، برای مثال مقداری کات کبود، بریزید تا رنگ آن آبی شود.
- ۶- شیلنگ را کاملاً پر از آب نکنید، بلکه تا آن حد آب بریزید که در هر دو نوار مدرج سطح آب در وسط نوار درجه‌بندی قرار بگیرد.
- ۷- سعی کنید با کم‌ترین هزینه و به روشی که گفته شد یا ترجیحاً به یک روش ابتکاری، شیلنگ تراز خود را تهیه نمایید.

کار عملی

عنوان: اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه با استفاده از شیلنگ تراز
وسایل موردنیاز: چند متر شیلنگ شفاف (نیمه‌شفاف)، دو عدد ژالن و تراز ژالن و مترکمری.

دانش و مهارت موردنیاز: توانایی استقرار ژالن با استفاده از تراز ژالن و مهارت در به کارگیری شیلنگ تراز و قرائت و ثبت اندازه‌ها در جدول ترازبایی.

روش کار

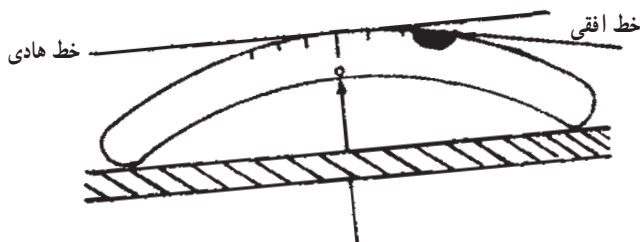
- ۱- شیلنگ تراز را که خودتان ساخته‌اید آماده نمایید.
- ۲- با توجه به طول شیلنگ دو نقطه به گونه‌ای انتخاب کنید که فاصله‌ی آن‌ها کم‌تر از طول شیلنگ تراز شما باشد.
- ۳- اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی انتخاب شده را با شیلنگ تراز که ساخته‌اید اندازه‌گیری کنید.

۴- نقاط A و B را در زمین میخ کوبی کرده بر روی کروکی آن‌ها را معین کنید. جدول مربوط به آن را نیز با توجه به تعداد نقاط کمکی آماده نمایید.

۵- با استقرار ژالن بر روی دو نقطه‌ای که می‌خواهید بین آن‌ها ترازبایی نمایید، هم‌چنین با نگه‌داشتن شیلنگ آب در بین آن‌ها اندازه‌ی ارتفاع آب را در ژالن‌ها اندازه‌گیری و در جدول ثبت کنید.

تراز دستی

تراز وسیله‌ای برای افقی کردن یک صفحه یا یک امتداد است. بنابراین به کمک تراز می‌توان مترکشی را افقی انجام داد. تراز معمولاً یک محفظه شیشه‌ای است که از مایع حساسی مثل الکل، اترو یا سولفور دوکربن پر شده و تنها یک حباب خالی در آن باقی مانده که توسط گاز همان مایع پر می‌شود. قسمت حاوی گاز را حباب تراز می‌نامیم که مجموعاً در داخل یک بدنه فلزی که به شکل مکعب مستطیل یا استوانه است قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۲۲

هنگام استفاده از تراز باید پس از گذاشتن ژالن بر روی دو نقطه‌ای که می‌خواهیم فاصله‌ی افقی بین آن‌ها را به دست آوریم، وسط تراز را به ارتفاع مشخصی در کنار یک ژالن گرفته و در حالی که به ژالن دیگر نگاه می‌کنیم، نوک تراز را پایین و بالا می‌بریم تا حباب در وسط دیده شود. در این حال خط‌نشان روی جایی را که باید انتهای متر در آنجا گرفته شود را مشخص می‌کند.



شکل ۲-۲۳

شکل ۲-۲۴



شکل ۲-۲۵



شکل ۲-۲۶



شکل ۲-۲۷



— تراز دستی لیزری : با پیشرفت فناوری لیزر، امروزه در وسایل ساده‌ای مانند تراز دستی نیز از نور لیزر استفاده می‌شود در این حالت، نور لیزر به جای خط دید شما به کار می‌رود. در شکل یک نوع تراز دستی لیزری را که شکل ظاهری آن کاملاً مانند تراز دستی بنایی است مشاهده می‌کنید.

همان‌گونه که در شکل ۲-۲۹ ملاحظه می‌نمایید این تراز بر روی پایه‌ی مخصوص نصب شده که این پایه نیز می‌تواند بر روی یک ژالن مخصوص قرار گیرد و ژالن نیز به وسیله‌ی سه پایه‌ی ژالن نگه‌داشته می‌شود.



شکل ۲-۲۸



شکل ۲۹-۲- تراز دستی لیزری

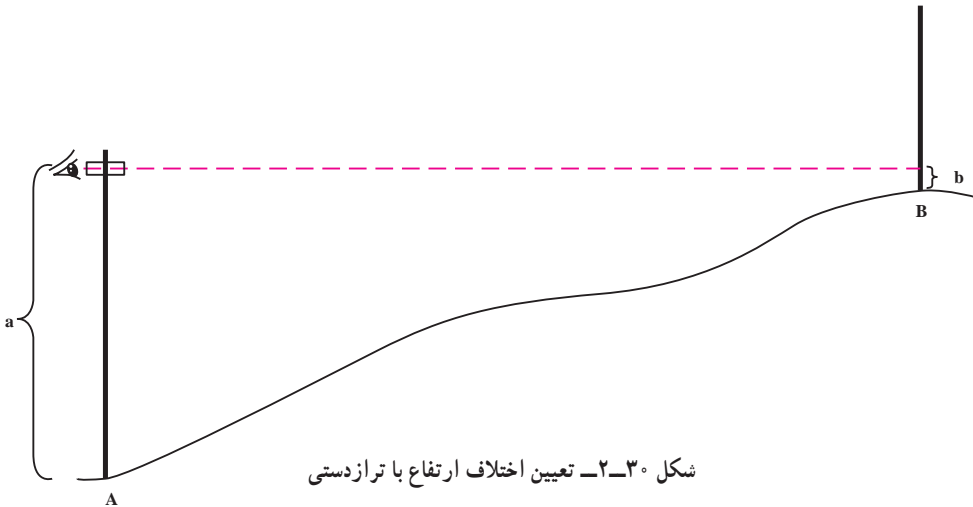
اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با استفاده از تراز دستی

برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه، ارتفاع آن‌ها را با یک سطح مبنا (خط مبنا) مقایسه می‌کنیم. این سطح مبنا (خط مبنا) را به روش‌های مختلفی می‌توان ایجاد کرد. روش شیلنگ تراز – همان‌گونه که ذکر شد – محدودیت زیادی دارد. در نقشه‌برداری معمولاً از روش دیگری استفاده می‌شود که آزادی عمل بیشتری دارد و فواصل دورتری را می‌توان با آن ترازبایی کرد. در این روش از یک تراز دستی استفاده می‌شود. (از ترازبایی پیش از این برای مترکشی استفاده نموده‌اید) در این جا می‌خواهیم اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B را با استفاده از تراز دستی، اندازه‌گیری نماییم.

روش کار به این صورت است که بر روی نقاط A و B یک ژالن مستقر می‌کنیم؛ سپس در پشت یکی از نقاط، مانند A، مستقر شده تراز دستی را در کنار ژالن قرار می‌دهیم. در حالی که به ژالن B قراول رفته‌ایم سعی می‌کنیم به وسیله‌ی حباب تراز دستی آن‌را به صورت افقی نگاه داریم. در این حالت، بر روی ژالن A محل استقرار تراز دستی و بر روی ژالن B امتداد خط دید را به کمک فرد مستقر در نقطه‌ی B، علامت‌گذاری می‌کنیم؛ سپس با متر کمری اندازه‌های a و b را

قرائت و ثبت می‌کنیم تا براساس فرمول: $\Delta H_{AB} = a - b$ اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B را محاسبه نماییم.

نکته: در صورتی که ترازدستی نداشته باشیم و فاصله‌ی دو نقطه زیاد نباشد می‌توانیم از تراز بنایی به جای ترازدستی استفاده کنیم. روش کار کاملاً مشابه روش ترازدستی است.



کار عملی

عنوان: اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه با استفاده از ترازدستی

هدف: ایجاد مهارت و توانایی اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه به‌طور مستقیم با استفاده

از ترازدستی و ژالن.

وسایل موردنیاز: ژالن، تراز ژالن، ترازدستی و متر کمری.

دانش و مهارت موردنیاز: توانایی به‌کارگیری ژالن و ترازدستی، هم‌چنین اندازه‌گیری

اختلاف ارتفاع به‌وسیله‌ی ترازدستی و ژالن.

روش کار

۱- در محوطه‌ی هنرستان، بر روی نقاط معینی عمل ترازبایی را با استفاده از ترازدستی

انجام دهید.

۲- بین هر دو نقطه از نقاط مشخص شده عمل ترازبایی را انجام دهید و اندازه‌ها را در

کروکی ترسیم کنید.

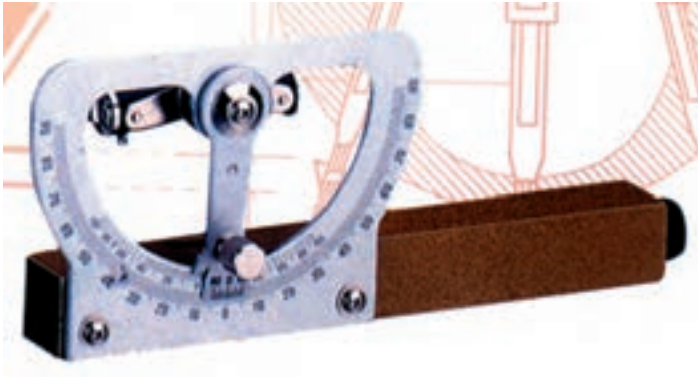
۳- هر گاه به انتهای کار (نقطه‌ی شروع) رسیدید یک بار دیگر اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع را

در مسیر برگشت بین نقاط انجام دهید تا در کارگاه محاسبه و ترسیم ارتفاع نقاط به‌صورت رفت و

برگشت محاسبه شده اشتباهات احتمالی مشخص شود و میزان خطاها با میانگین‌گیری کاهش یابد.

شیب‌سنج دستی

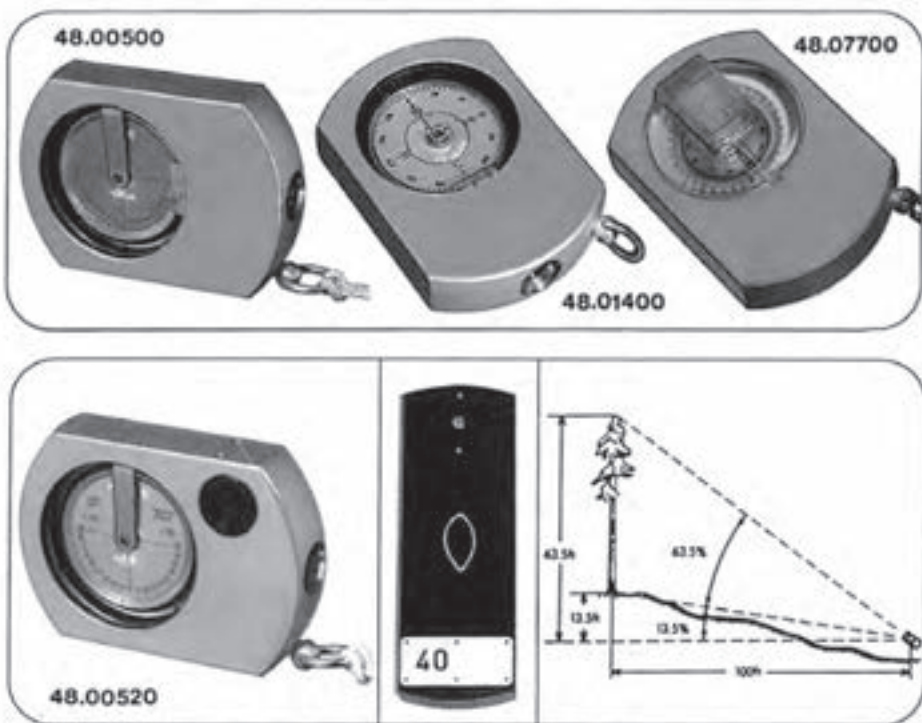
وسیله‌ای است که با آن می‌توان زاویه‌ی شیب را به‌دست آورد. این وسیله از سه قسمت لوله، قوس مدرج و تراز لوله‌ای تشکیل شده که تصویر حباب تراز لوله‌ای در آینه داخل لوله نیز دیده می‌شود. در هنگام استفاده چنانچه صفر ورنیه‌ای که به تراز لوله متصل است در مقابل صفر درجات قرار گیرد، شیب‌سنج در حالت افقی و تراز است. در غیر این‌صورت صفر ورنیه مقدار زاویه یک امتداد را نسبت به افق نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳۱

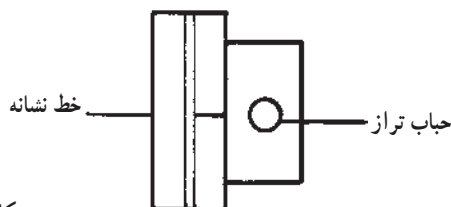


شکل ۲-۳۲ - چند نوع شیب‌سنج دستی

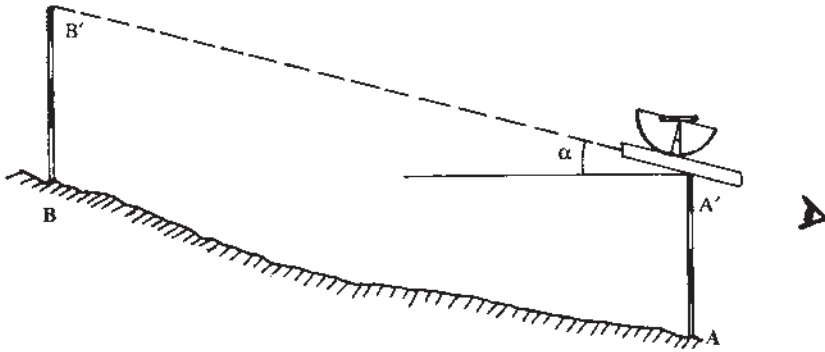


شکل ۲۳-۲- شیب‌سنج و کاربرد آن

اندازه‌گیری زاویه شیب با شیب‌سنج : برای تعیین زاویه شیب امتداد AB، طرزکار بدین ترتیب است که ناظر خود در یکی از نقاط A یا B قرار گرفته و شیب‌سنج را کنار ژالن در یکی از نقاط A' یا B' قرار می‌دهد و به نقطه‌ای که روی ژالن دیگر است، قراول می‌رود، به طوری که اگر طول ژالن AA' مساوی طول ژالن BB' باشد در این حالت حباب تراز را در وسط خط نشانه که داخل لوله‌ی شیب‌سنج دیده می‌شود، قرار می‌دهد، و زاویه‌ی شیب امتداد AB را بر روی قوس مدرج قرائت می‌کند.



شکل ۲۴-۲- منظره از داخل لوله شیب‌سنج



شکل ۲-۳۵

کار عملی

عنوان : کار با شیب‌سنج دستی

وسایل موردنیاز : دو عدد ژالن، سه پایه‌ی ژالن و تراز ژالن و شیب‌سنج دستی.

روش کار

۱- در محوطه‌ی هنرستان برای هر گروه از هنرجویان تعدادی نقطه مشخص نموده از آنان بخواهید که زاویه‌ی شیب بین آن‌ها را به وسیله‌ی شیب‌سنج دستی اندازه‌گیری نمایند.

۲- زوایای شیب امتدادها را به صورت دو طرفه قرائت و ثبت نمایند.

۳- در گزارش خود نوع شیب‌سنج و مشخصات فنی آن‌را، همانند جدول مربوط به شکل

۲۱-۱ ب ثبت نمایند.

۴- شکل شیب‌سنج دستی خود را در دفتر گزارش ترسیم نموده نام اجزای آن را بر روی

شکل بنویسند.

۵- برای تکمیل اطلاعات و معلومات خود از آنان بخواهید به فروشگاه‌های شهر خود

مراجعه نموده از شیب‌سنج دستی‌های موجود در بازار گزارشی تهیه کنند و در گزارش خود نوع و مشخصات و قیمت آن‌ها را ثبت نمایند.

۶- تصاویر موجود در کاتالوگ‌ها یا مجلات را که مربوط به انواع شیب‌سنج است در گزارش

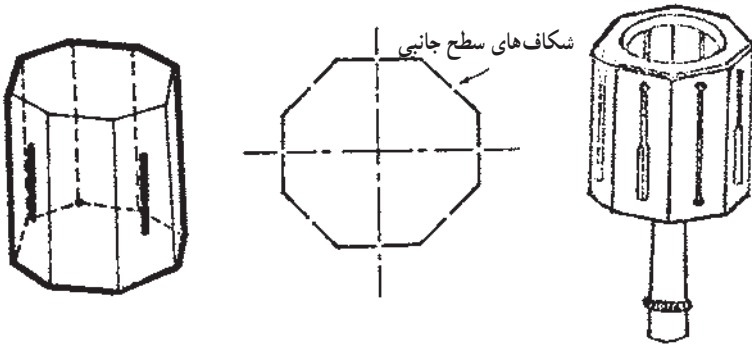
خود چسبانده توضیحات لازم را بنویسند.

گونمای مساحی

گونمای مساحی وسیله ساده‌ای است که برای جدا (پیاده) کردن زاویه 90° و در برخی انواع

نیز برای پیاده کردن زاویه‌هایی مانند 30° و 45° و 60° استفاده می‌شود.

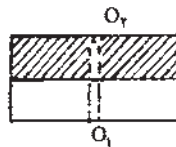
گونبای مساحی شکافدار : این وسیله شکل استوانه یا منشور است که در سطوح جانبی آن شکاف‌های باریکی چنان قرار گرفته است که ادامه دو شکاف متناظر زوایای 45° یا 90° ایجاد می‌کند. دو نوع شکاف در این گونیا وجود دارد شکاف باریک - شکاف عریض که در داخل آن یک تار مو قرار دارد. برای دیدن ژالن پشت دستگاه ایستاده آنقدر آن را می‌چرخانند تا شکاف نازک جلو چشم قرار گیرد و ژالن از داخل شکاف عریض دیده شود و در مقابل تار مو قرار گیرد. غالباً ۴ جفت شکاف روبروی هم در هر گونبای مساحی وجود دارد.



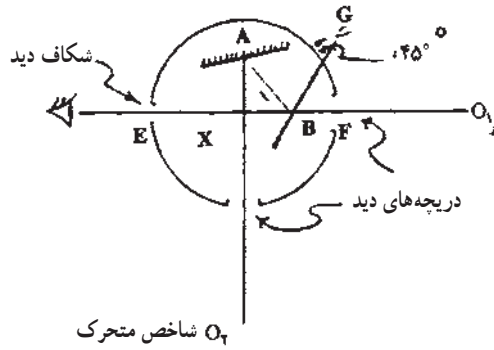
شکل ۲-۳۶

شکل ۲-۳۷

گونبای مساحی منشوری : در این نوع از گونیاها از سیستم نوری استفاده می‌کنند که برای شکست نور به اندازه 90° (زاویه ورودی و خروجی نور) از منشور یا آینه استفاده می‌شود. — گونبای منشوری با دو آینه (گونبای آینه‌ای) : در این نوع گونیا دو آینه قرار دارد که باهم زاویه 45° می‌سازند. طرز عمل این گونیا مطابق شکل (۲-۳۹) بدین گونه است که تصویر ژالن را که در نقطه O_1 قرار دارد روی آینه A افتاده و ناظر تصویر می‌تواند آن را در روی آینه‌ای که در نقطه B گونیا نصب شده، مشاهده کند که ژالن روبروی نیز باید در راستای این تصویر قرار گیرد. با تکرار این عمل از جهت مخالف در صورتی که گونیا کاملاً تنظیم باشد، یک نقطه برای ژالن روبروی پیدا می‌شود.

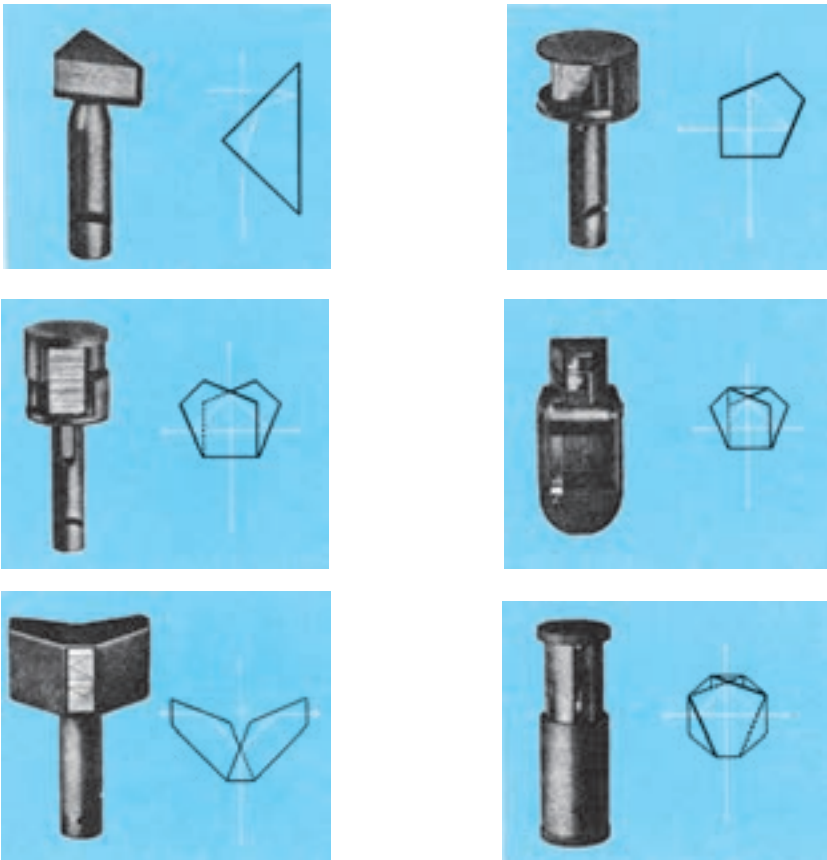


شکل ۲-۳۸



شکل ۳۹-۲

— گونیای منشوری یا منشور: تفاوت این گونیا با گونیای آینه‌ای در این است که در اینجا به جای دو آینه، یک منشور 45° به کار رفته است. در عمل معمولاً گونیای منشوری دابل به کار می‌رود و آن عبارت از دو عدد گونیای منشوری است که در داخل یک محفظه فلزی طوری روی یکدیگر قرار گرفته‌اند که یک شکاف باریک بین آنها وجود دارد.

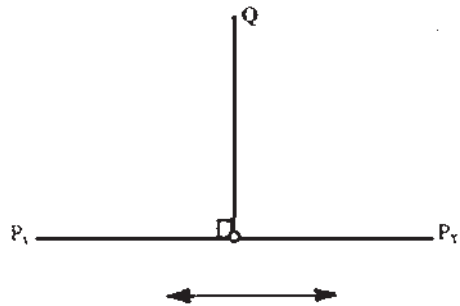


شکل ۴۰-۲

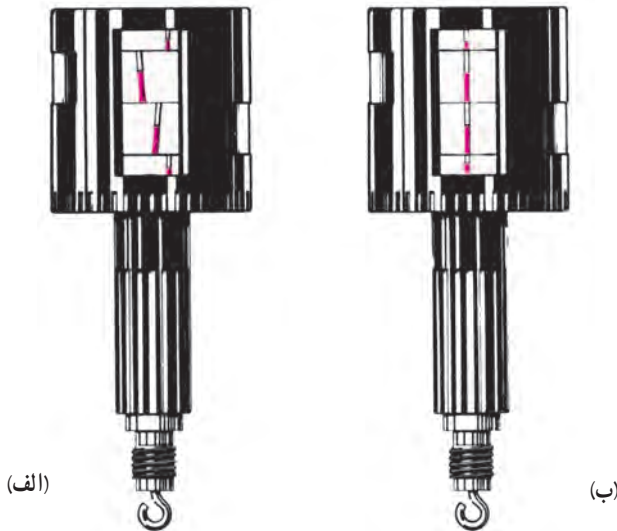
اخراج و فرود عمود با گونیای منشوری دوپل : ابتدا نقاط P_1 ، P_2 و Q را به وسیله‌ی ژالن‌هایی مشخص می‌کنیم. برای فرود عمود با در دست داشتن گونیای منشوری که بر روی میله‌ای نصب یا شاقولی به آن آویزان است، در محل تقریبی پایه‌ی عمود طوری می‌ایستیم که قسمت مشترک دو منشور موازی P_1P_2 قرار گیرد. منشور را طبق شکل (۲-۴۱) آن قدر جلو و عقب می‌بریم تا تصاویر P_1 و P_2 در مقابل یکدیگر قرار گیرند. در این حالت است که گونیای منشوری در امتداد P_1P_2 قرار دارد. سپس گونیا را طبق شکل (۲-۴۲) به راست و چپ حرکت می‌دهیم تا ژالن نقطه‌ی Q که از شکاف دیده می‌شود نیز در امتداد تصاویر P_1 و P_2 قرار گیرد. اکنون انتهای شاقول، پایه‌ی عمود از نقطه‌ی Q را بر امتداد P_1P_2 مشخص می‌کنند.



شکل ۲-۴۱



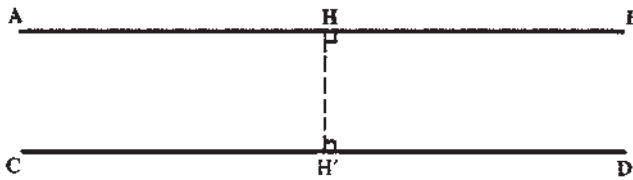
شکل ۲-۴۲



شکل ۲-۴۳

برای اخراج عمود از یک امتداد مشخص، فردی که گونیا را در دست دارد در روی امتداد در نقطه موردنظر ایستاده و فرد دیگری که ژالن سوم را در دست دارد به چپ و راست حرکت می‌کند تا تصاویر هر سه ژالن در یک امتداد در گونیا دیده شود، نقطه‌ای که ژالن سوم در آن قرار دارد، محل امتداد عمود را نشان می‌دهد.

ایجاد خطوط موازی: با استفاده از گونیا می‌توان خطوط موازی به فاصله‌ی معینی را نیز ایجاد کرد. برای این کار یکبار از نقطه‌ای بر روی امتداد AB عمودی را به طول معین HH' اخراج نموده و سپس بر امتداد HH' نیز از نقطه‌ی H' عمود CD را اخراج می‌کنیم دو خط AB و CD که هر دو عمود بر HH' هستند، موازی یکدیگر خواهند بود.

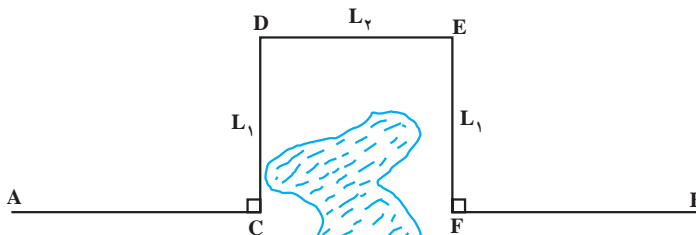


شکل ۲-۴۴

اندازه‌گیری فاصله، وقتی بین دو نقطه مانع عبور وجود دارد

حالت اول - بین دو نقطه مانع عبور وجود دارد ولی در فاصله‌ی نزدیک می‌توان مانع را دور زد (حوض، استخر، نهالستان و...) که می‌توانیم یکی از روش‌های زیر را مورد استفاده قرار دهیم:

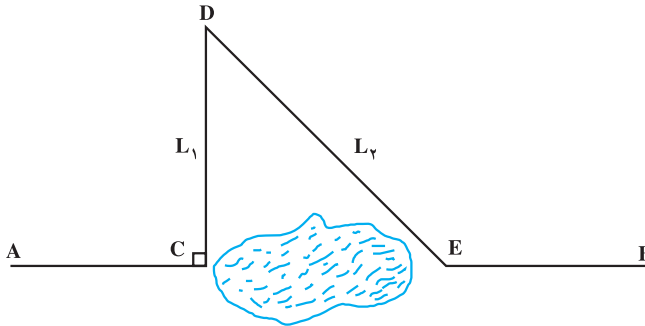
الف - خط AB را تا نقطه C (نزدیک مانع امتدادگذاری کرده، کارهای مربوطه را انجام می‌دهیم. حال از نقطه C توسط گونیای مساحی یا متر عمودی بر امتداد AB اخراج کرده، روی آن طول $CD = L_1$ را جدا می‌کنیم.) (شکل ۲-۴۵)



شکل ۲-۴۵

بایستی توجه داشت که نقطه D خارج از مانع باشد. مجدداً از نقطه D عمود دیگری بر امتداد CD اخراج کرده و در روی آن نقطه E را چنان انتخاب می‌کنیم که اگر از E عمودی بر D خارج کنیم به مانع برخورد نکند. طول ED را اندازه می‌گیریم (L_2) از E نیز عمودی بر DE اخراج کرده، روی آن طول L_1 را جدا می‌کنیم. تا به نقطه F برسیم نقطه‌ی F در روی امتداد AB است و می‌توانیم بقیه امتدادگذاری و اندازه‌گیری را طبق معمول انجام دهیم.

ب - دو نقطه C و E را در دو طرف مانع و نزدیک به مانع انتخاب می‌کنیم. (شکل ۲-۴۶)



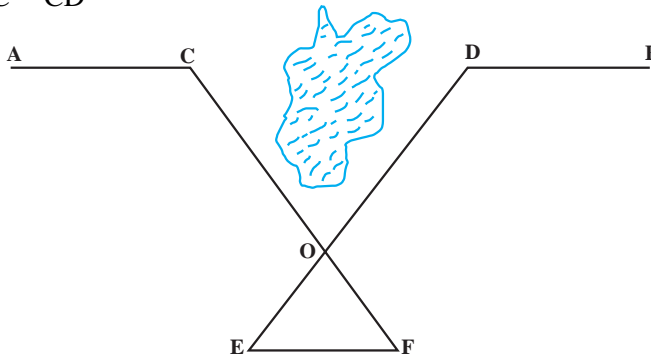
شکل ۲-۴۶

از نقطه C عمود CD را بر امتداد AB اخراج کرده و با اندازه‌گیری $CD = L_1$ و $DE = L_2$ می‌توان طول CE را از رابطه‌ی زیر به دست آورد.

$$CE = \sqrt{L_2^2 - L_1^2}$$

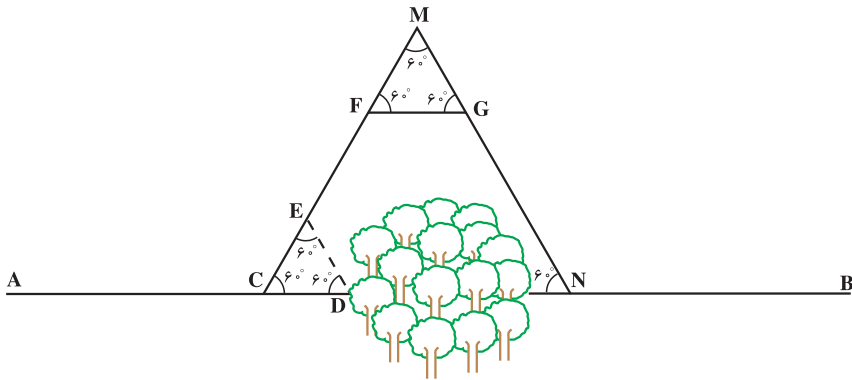
ج - در روی امتداد AB دو نقطه‌ی C و D را در دو طرف مانع اختیار کرده و بر روی زمین خارج از امتداد AB نقطه‌ای مانند O را مشخص می‌کنیم. سپس OE و OF را به ترتیب متناسب با طول‌های OC و OD جدا کرده، که با توجه به روابط زیر فاصله بین C و D به دست خواهد آمد.

$$\frac{OE}{OD} = \frac{OF}{OC} = \frac{EF}{CD}$$



شکل ۲-۴۷

د - طبق شکل (۲-۴۸)، روی امتداد AB در یک طرف مانع دو نقطه C و D را انتخاب کرده و بر روی ضلع CD مثلث متساوی الاضلاع CDE را ایجاد می‌کنیم.

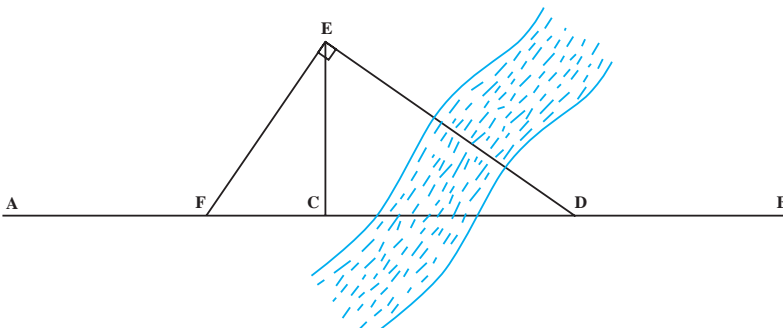


شکل ۲-۴۸

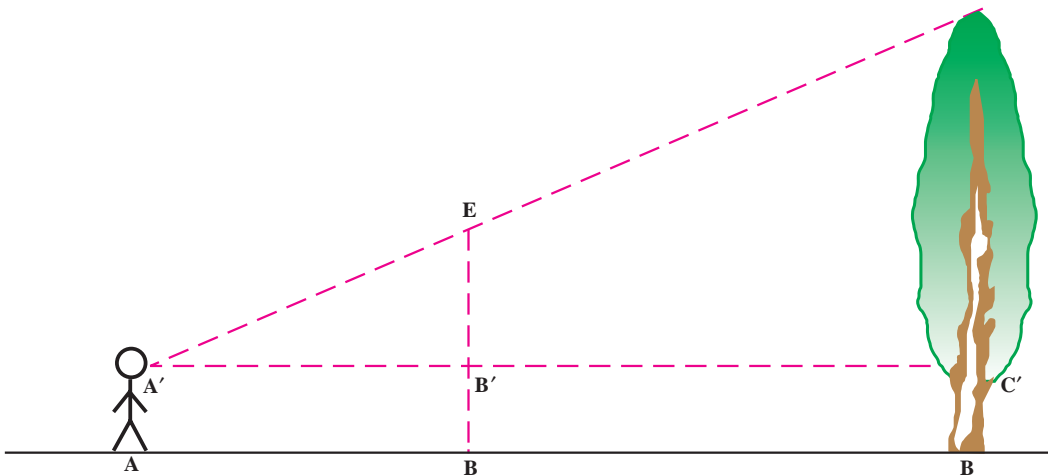
حال ضلع CE را تا نقطه M ادامه می‌دهیم. روی نقطه‌ای مانند F را انتخاب کرده و بر روی ضلع FM یک مثلث متساوی الاضلاع دیگری مانند FMG ایجاد می‌کنیم حال اگر در امتداد MG به اندازه‌ی CM پیش برویم، به نقطه N می‌رسیم که روی امتداد AB است.

حالت دوم - بین دو نقطه، مانع عبور وجود دارد و نمی‌توان در فاصله‌ی نزدیک مانع را دور زد (رودخانه). در روی امتداد AB دو نقطه مانند C و D (یک عارضه ثابت طبیعی که در امتداد AB می‌باشد را به عنوان نقطه D در نظر می‌گیریم) در دو طرف مانع انتخاب می‌کنیم. از نقطه‌ی C عمودی مانند CE بر امتداد AB اخراج می‌کنیم (شکل ۲-۴۹) و هم‌چنین از نقطه‌ی E عمودی بر ED اخراج می‌کنیم تا امتداد AB را در نقطه‌ی F قطع کنند. با استفاده از تشابه دو مثلث قائم‌الزاویه CED و CEF با اندازه‌گیری طول‌های FC و EC می‌توان مقدار CD را از رابطه‌ی زیر به‌دست آورد.

$$\frac{FC}{CE} = \frac{CE}{CD} \quad \text{یا} \quad CD = \frac{CE^2}{CF}$$



شکل ۲-۴۹



شکل ۵۰-۲

تعیین ارتفاع درخت

ژالن را به طور قائم در نقطه B بین درخت و ناظری که در نقطه‌ی A قرار دارد در زمین فرو می‌بریم و سپس در مکانی قرار می‌گیریم که نقطه‌ی E (انتهای ژالن) و F (انتهای درخت) را در یک امتداد ببینیم. حال با توجه به تشابه دو مثلث قائم‌الزاویه $A'B'E$ و $A'C'F$ ، می‌توانیم رابطه‌ی زیر را بنویسیم

$$\frac{A'B'}{A'C'} = \frac{B'E}{C'F}$$

در رابطه‌ی فوق BE طول ژالن مشخص است از طول ژالن ارتفاع ناظر (تا چشم) را کم می‌کنیم تا $B'E$ به دست آید. در این حالت مقادیر $A'C' = AC$ و $A'B' = AB$ است که مستقیماً روی زمین قابل اندازه‌گیری هستند در نتیجه مقدار $C'F$ به دست خواهد آمد که مجموع مقادیر $C'F$ و CC' (ارتفاع ناظر تا چشم) ارتفاع درخت خواهد بود.

خود آزمایی

- ۱- به چه دلیل متر انوار از مترهای دیگر بهتر است؟
- ۲- تفاوت بین روش مستقیم و غیرمستقیم در اندازه‌گیری طول را شرح دهید.
- ۳- چه نکاتی را باید هنگام کار با شاقول رعایت کرد؟
- ۴- چگونگی به‌دست آوردن طول قدم‌ها را با یک مثال توضیح دهید.
- ۵- ساختمان تراز را شرح دهید.
- ۶- طرز کار با شیب‌سنج را توضیح دهید.
- ۷- طرز عمل گونیای آینه‌ای را شرح دهید.
- ۸- ارتفاع یکی از درختان محوطه هنرستان خود را با روش ذکر شده در این فصل به‌دست آورید.
- ۹- با استفاده از گونیا دو خط موازی را در روی زمین ایجاد کنید.
- ۱۰- اندازه قدم‌های خود را بدست آورید.
- ۱۱- درصد شیب یکی از عوارض محوطه‌ی هنرستان خود را با استفاده از شیب‌سنج به‌دست آورید و سپس با استفاده از متر فاصله افقی بین دو نقطه معلوم آنرا محاسبه نمایید.

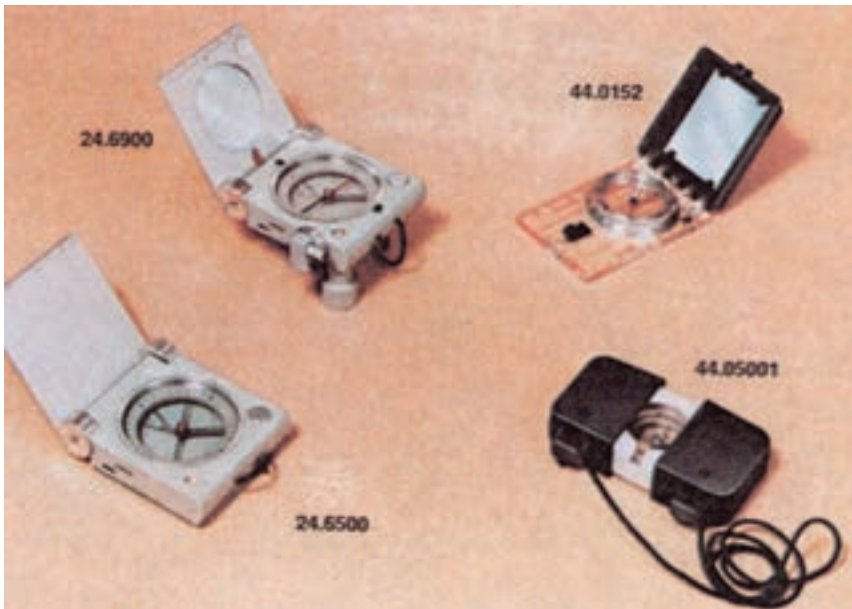
مسائل

- ۱- فاصله‌ی بین دو نقطه 25° متر و زاویه‌ی شیب این دو نقطه $\alpha = 7^\circ 5'$ می‌باشد فاصله‌ی افقی بین دو نقطه مذکور را به‌دست آورید.
- ۲- در یک مثلث متساوی‌الساقین طول قاعده ۲۵ سانتیمتر و طول یکی از اضلاع دیگر نیز برابر ۳۵ سانتی‌متر است. اندازه‌ی سه زاویه‌ی داخلی این مثلث را محاسبه کنید.

قطب نما و کاربرد آن

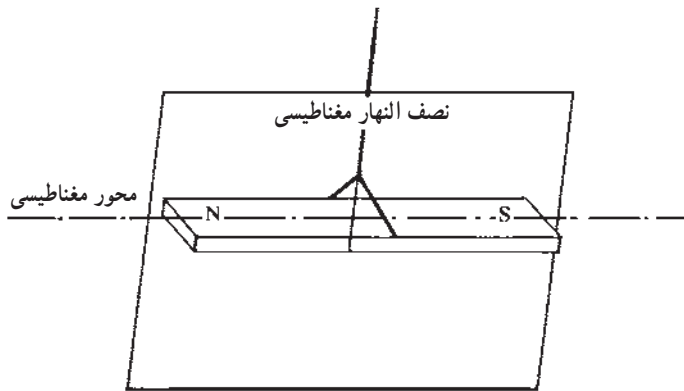
هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

- ۱ - قطب‌نمای ساده را توضیح دهد.
- ۲ - قسمت‌های مختلف قطب‌نما را توضیح دهد.
- ۳ - آزمایش را تعیین کند.
- ۴ - شمال نقشه را به کمک قطب‌نما تعیین کند.
- ۵ - نقشه را به کمک قطب‌نما توجیه کند.



قطب‌نما چیست؟ از چه قسمت‌هایی تشکیل شده؟ در نقشه برداری برای چه منظورهایی از قطب‌نما استفاده می‌شود.

می‌دانید که کره‌ی زمین دارای یک میدان مغناطیسی است که راستای آن با محور دوران زمین زاویه‌ی کوچکی می‌سازد. هرگاه یک آهن ربا به نخ‌ی بدون تاب آویخته شود، به طوری که بتواند آزادانه در یک سطح افقی به هر طرف بچرخد، عقربه در سطح نصف النهار مغناطیسی زمین در راستای تقریبی شمال و جنوب قرار می‌گیرد (شکل ۱-۳). از این خاصیت در ساختن قطب‌نما استفاده شده است.



شکل ۱-۳

قطب‌نما

قطب‌نما وسیله‌ای است که از آن در تعیین شمال نقشه، مشخص کردن زاویه‌ی بین دو امتداد و همچنین در تهیه‌ی کروکی زمین استفاده می‌شود.

قطب‌نما در اندازه‌ها و اشکال گوناگونی ساخته شده است.

قسمت‌های اصلی قطب‌نما: قطب‌نما از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است:

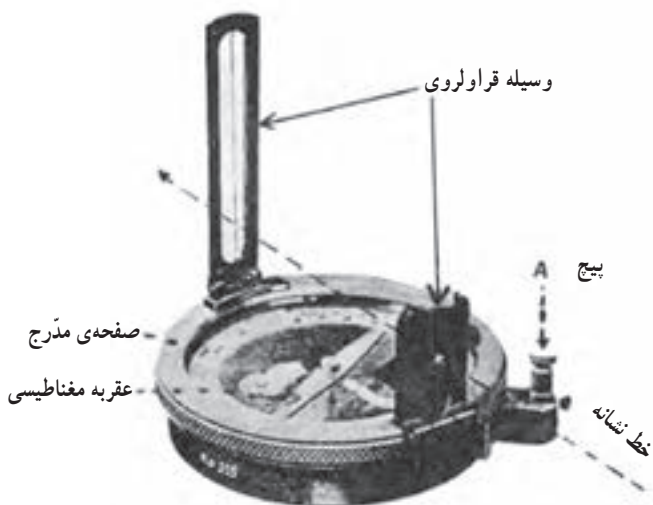
تکیه‌گاه: که حامل دستگاه است و برای نصب قسمت‌های دیگر بکار می‌رود، و در واقع بدنه‌ی دستگاه را تشکیل می‌دهد.

صفحه مدرج: که به ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد تقسیم بندی شده است.

عقربه‌ی مغناطیسی: که دارای نشانه‌ای برای تعیین شمال و جنوب مغناطیسی است. این

عقربه می‌تواند حول محور خود که در مرکز صفحه‌ی مدرج قرار دارد بچرخد. چنانچه عقربه را از وضع تعادل خارج سازیم، پس از چند چرخش و مدتی نوسان باز به همان وضع ثابت درمی‌آید و در امتداد شمال و جنوب قرار می‌گیرد.

وسيله‌ی قراولروی: که به وسیله‌ی آن می‌توان به طرف یک نقطه‌ی معلوم نشانه‌روی کرد و امتداد آن را مشخص کرد (شکل ۲ - ۳).



شکل ۲-۳ - قطب‌نما با عقربه‌ی مغناطیسی

— نحوه‌ی به‌کارگیری قطب‌نما

۱- قطب‌نما را در کف دست و در میان انگشتان طوری نگاه دارید که به راحتی بتوانید آن را کنترل نمایید.

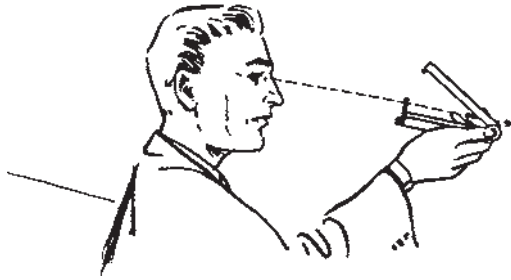
۲- آرنج خود را اندکی خم کنید تا قطب‌نما در فاصله‌ی مناسبی از چشم‌تان قرار بگیرد. زیرا اگر قطب‌نما را بسیار نزدیک به چشم خود نگاه دارید مگسک قطب‌نما درشت‌تر از تار و عارضه‌ای که پشت سر آن است دیده شده مانع قراولروی مناسب خواهد شد؛ برعکس اگر آرنج خود را کاملاً باز کرده و قطب‌نما را از خود دور نمایید کنترل آن و خواندن درجات برایتان مشکل خواهد شد.

۳- با کمک تراز کروی سعی کنید که قطب‌نما را افقی نگاه دارید.

۴- در صورتی که در امتداد افقی به قطب‌نما نگاه می‌کنید آینه‌ی آن را طوری تنظیم نمایید که صفحه‌ی قطب‌نما را ببینید.

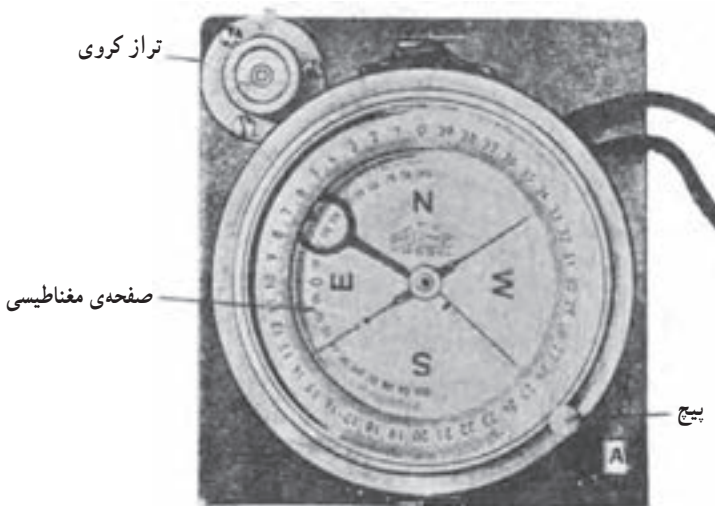
۵- پس از تراز کردن قطب‌نما، قفل عقربه‌ی آن را آزاد کرده با چرخاندن صفحه‌ی مدرج صفر آن را در زیر عقربه‌ی شمال قرار دهید و زاویه‌ی امتداد را نسبت به شمال، به‌طور مستقیم، قرائت کنید.

در شکل ۳-۳ نحوه‌ی به‌کارگیری قطب‌نما را به‌گونه‌ی گرافیکی، مشاهده می‌کنید.



شکل ۳-۳- نحوه‌ی به‌کارگیری قطب‌نما

در شکل ۳-۴ قطب‌نمای نشان داده شده که در آن به جای عقربه‌ی مغناطیسی صفحه‌ای وجود دارد که خاصیت مغناطیسی داشته و با حروف N امتداد شمال، و S امتداد جنوب را نشان می‌دهد. اضافه می‌کنیم که حروف E و W در این صفحه به ترتیب علامت مغرب و مشرق هستند. در این نوع قطب‌نما همانطوری که مشاهده می‌کنید یک تراز کروی نیز نصب شده که برای افقی قرار دادن دستگاه به کار می‌رود. برای اینکه پس از پایان کار با قطب‌نما عقربه یا صفحه مغناطیسی ثابت بماند، پیچ A را می‌پیچانیم.



شکل ۳-۴- قطب‌نما یا صفحه‌ی مغناطیسی

نکاتی که باید در موقع کار با قطب‌نما رعایت شود:
 کجی عقربه: نوک شمال و جنوب عقربه همیشه باید 180° درجه اختلاف داشته باشد. ولی

در بعضی موارد عقربه به عللی کج شده و این اختلاف تغییر می‌یابد که موجب اشتباه در اندازه‌گیری می‌شود.

کج بودن محور عقربه: باید در موقع کار با قطب‌نما دقت کنیم تا محوری که عقربه روی آن حرکت می‌کند مستقیم باشد.

خوب کار نکردن عقربه: گاهی عقربه روی محور خود به خوبی حرکت نمی‌کند و به شیشه‌ی محافظ روی آن و یا به سطح دایره‌ی درجه بندی شده می‌چسبد. باید قبل از هر گونه اندازه‌گیری این عیب را بر طرف کرد.

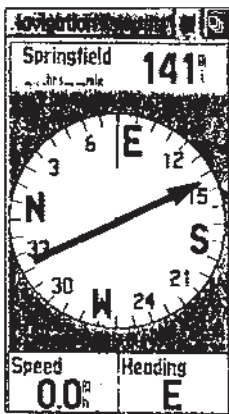
اگر در منطقه‌ای که کار می‌کنید، فلز وجود داشته باشد باید از نقشه برداری با قطب‌نما خودداری کنید، چون باعث انحراف عقربه‌ی مغناطیسی خواهد شد.

زمانی که از قطب‌نما استفاده نمی‌کنید، بخصوص هنگامی که قطب‌نما را از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر منتقل می‌کنید، حتماً لازم است که عقربه‌ی قطب‌نما را به وسیله پیچ A شکل (۴-۳) ببندید و در ایستگاه بعد پس از تراز کردن و قبل از قرائت، عقربه را باز کنید.

— **قطب‌نمای ماهواره‌ای:** با اختراع دوربین‌های دقیق نقشه‌برداری که زوایای افقی و قائم

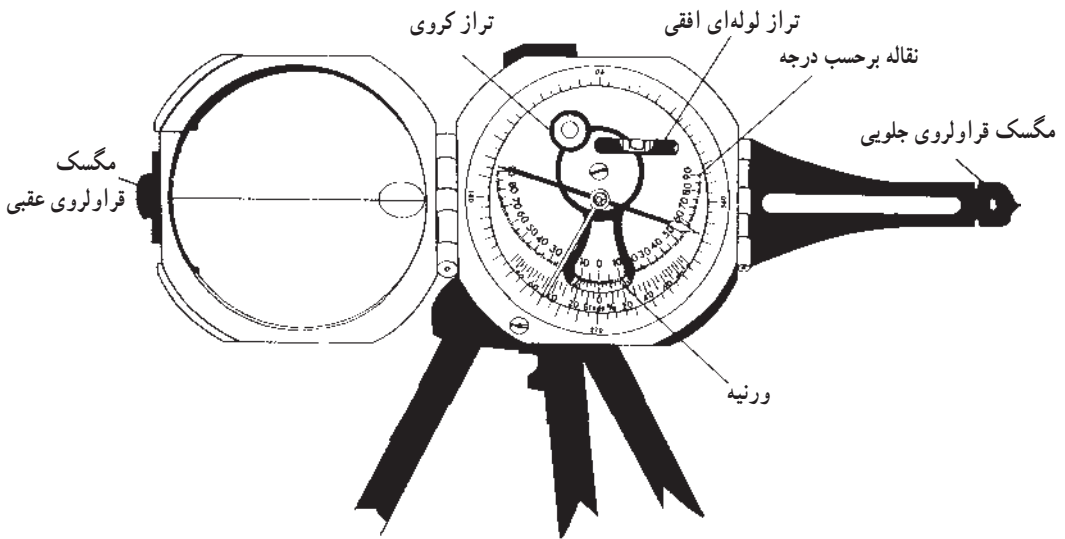
را با دقت ۳۰ یعنی $\frac{1}{3600}$ درجه اندازه‌گیری می‌کنند، دیگر ساختن دستگاه‌های مکانیکی پیچیده و گران قیمت برای اندازه‌گیری جهت شمال یا اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم چندان حائز اهمیت نیست. بنابراین قطب‌نما دوباره کاربرد تاریخی خود را باز یافته و در زندگی روزمره‌ی مردم و در بعضی مشاغل مانند جنگل‌بانی و دریانوردی و نظایر آن، جهت‌یاب ساده و ارزانی است که از آن استفاده می‌شود. اما پیشرفت علم و تکنولوژی امروزه در همه‌ی عرصه‌ها گسترده شده و حتی گیرنده‌های ماهواره‌ای مخصوص نقشه‌برداری، برای اندازه‌گیری دقیق مختصات و فواصل اختراع شده است.

نوعی از این گیرنده‌ها که در شکل ۵-۳ تصویر آن را مشاهده می‌کنید، قطب‌نمای ماهواره‌ای است. البته این وسیله فقط یک قطب‌نما نیست، بلکه از آن برای اندازه‌گیری فاصله‌ها در انواع نقشه‌های گردشگری (توریستی)، نظامی و جغرافیایی نیز استفاده می‌شود.



شکل ۵-۳- قطب‌نمای ماهواره‌ای

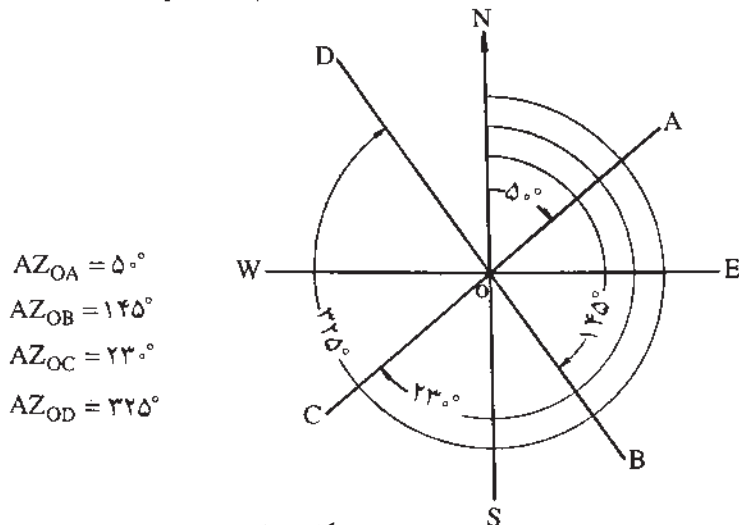
در شکل ۳-۶ نمودار کاملی از این دستگاه را مشاهده می‌کنید که در روی سه پایه نصب شده است.



شکل ۳-۶- قطب‌نمای نقشه‌برداری که در روی سه‌پایه‌ی مخصوص به حالت قائم گذاشته شده تا به وسیله‌ی آن زاویه‌ی شیب اندازه‌گیری شود.

آزیموت

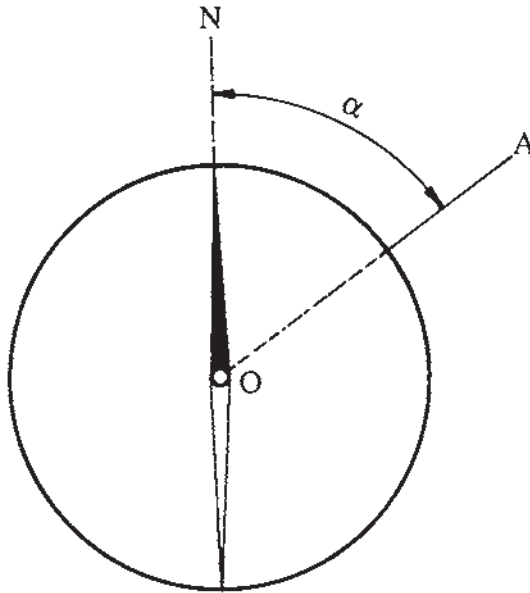
آزیموت یک امتداد، عبارت از زاویه‌ای است که بین یک امتداد و شمال در جهت عقربه‌های ساعت ایجاد می‌شود. این زاویه از صفر تا 360° درجه متغیر است. اگر زاویه‌ی آزیموت نسبت به



شکل ۳-۷

شمال مغناطیسی اندازه‌گیری شود، آن را آزیموت مغناطیسی (ژیزمان) و اگر نسبت به شمال جغرافیایی (حقیقی) سنجیده شود، آن را آزیموت جغرافیایی یا حقیقی می‌نامند. در شکل (۷-۳) آزیموت چند امتداد نشان داده شده است. آزیموت را عموماً با علامت AZ نشان می‌دهند.

طرز تعیین آزیموت یک امتداد با استفاده از قطب‌نما: برای این منظور ابتدا قطب‌نما را باز کرده، آن را در محل ابتدای امتداد مورد نظر مستقر و تراز می‌کنیم. سپس به کمک وسیله‌ی نشانه روی امتداد مذکور (امتداد OA در شکل ۸-۳) را تعیین می‌کنیم. البته برای اینکه امتدادی را به طور دقیق مشخص کنیم بهتر است یک ژالون در انتهای امتداد مورد نظر نصب شود. حال قطب‌نما را طوری می‌چرخانیم که عدد صفر صفحه‌ی مدرج در جهت مزبور قرار گیرد. در این موقع عقربه‌ی مغناطیسی زاویه‌ی بین امتداد OA و شمال مغناطیسی یعنی آزیموت مغناطیسی را نشان می‌دهد (زاویه α).



شکل ۸-۳- اندازه‌گیری آزیموت یک امتداد

پیدا کردن شمال نقشه با استفاده از قطب‌نما

ابتدا در روی زمین آزیموت یک امتداد معین را که بر روی نقشه نیز مشخص شده است، با استفاده از قطب‌نما به همان طریقی که قبلاً شرح داده شد به دست می‌آوریم. سپس با مراجعه به

نقشه زاویه‌ی به دست آمده را بر روی نقشه پیاده می‌کنیم. به این ترتیب امتداد به دست آمده، امتداد شمال نقشه خواهد بود.

توجیه نقشه

در امتداد قرار دادن شمال نقشه با شمال جغرافیایی یا مغناطیسی را، توجیه نقشه می‌نامند. اگر یک نقشه توجیه شده باشد، عوارض روی آن با عوارض روی زمین مطابقت خواهد داشت. یکی از وسایلی که برای توجیه نقشه می‌توان از آن استفاده کرد قطب‌نما است. برای این کار به شرح زیر عمل می‌کنیم:

قطب‌نما را روی امتداد شمال نقشه می‌گذاریم و نقشه و قطب‌نما را با هم می‌چرخانیم تا عقربه‌ی قطب‌نما به طرف شمال قرار گیرد. چون قبلاً قطب‌نما را بر امتداد شمال نقشه منطبق کرده‌ایم، نقشه نیز در امتداد شمال مغناطیسی قرار خواهد گرفت.

– اندازه‌گیری زاویه‌ی افقی با قطب‌نما

با توجه به شکل ۹-۳ می‌خواهیم زاویه‌ی $\hat{A}OB$ را اندازه‌گیری نماییم. روش کار به این شرح است:

۱- قطب‌نما را بر روی نقطه‌ی O مستقر می‌کنیم. همان‌گونه که می‌دانید منظور از استقرار قطب‌نما بر روی نقطه‌ی O این است که شاقول یا ژالن متصل به قطب‌نما، به‌طور دقیق بر روی نقطه‌ی O قرار گرفته تراز کروی مربوط به قطب‌نما یا صفحه‌ای که قطب‌نما بر روی آن قرار گرفته، کاملاً به حالت تراز قرار دارد.

۲- در نقاط A و B ژالن مستقر می‌کنیم.

۳- عقربه‌ی قطب‌نما را آزاد می‌کنیم تا در امتداد شمال – جنوب قرار بگیرد.

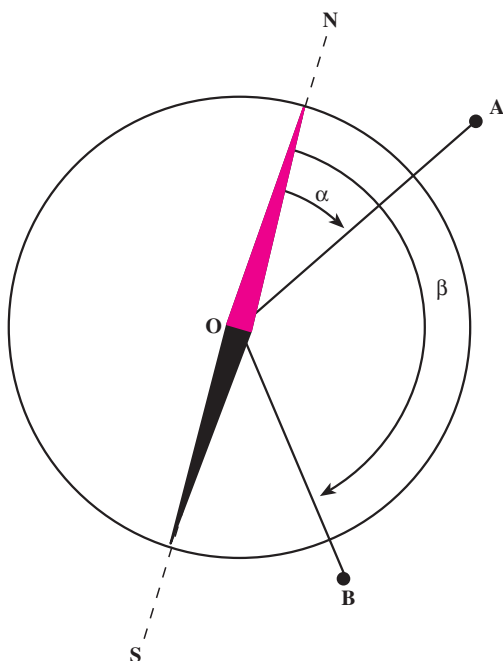
۴- قطب‌نما را آن‌قدر می‌چرخانیم تا شماره‌ی صفر درجه‌بندی در زیر عقربه‌ی شمال قرار بگیرد.

۵- مگسک قراولروی قطب‌نما را به سمت نقطه‌ی A نشانه می‌رویم و زاویه‌ای را که بر روی قطب‌نما مشاهده می‌شود قرائت کرده یادداشت می‌کنیم (زاویه‌ی α).

۶- مگسک قراولروی قطب‌نما را به سمت نقطه‌ی B نشانه‌روی کرده زاویه‌ی مربوط به آن را نیز یادداشت می‌کنیم (زاویه‌ی β).

۷- برای محاسبه‌ی زاویه‌ی $\hat{A}OB$ داریم:

$$\hat{A}OB = \beta - \alpha$$



شکل ۹-۳

توجه نمایید که هنگام استفاده از قطب‌نما، آن را از وسایل و ابزار آهنی و دستگاه‌هایی مانند تلویزیون و کامپیوتر و رادیو که دارای میدان‌های مغناطیسی هستند دور نگاه دارید. میدان‌های مغناطیسی روی عقربه‌های قطب‌نما اثر گذاشته جهت آن را عوض می‌کند. و در این صورت، قطب‌نما جهت نادرستی را به‌جای شمال جغرافیایی محل، نشان خواهد داد.

کار عملی ۷-۱

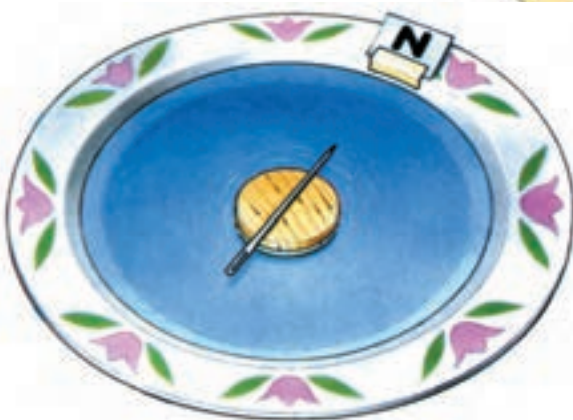
عنوان: قطب‌نما بسازید.

هدف: پرورش خلاقیت و ابتکار هنرجویان و کمک به فهم بهتر روش کار قطب‌نما
وسایل مورد نیاز: بسته به نوع قطب‌نمایی که می‌خواهید بسازید وسایل خود را انتخاب نمایید.

دانش و مهارت مورد نیاز: دانستن دلیل حرکت عقربه‌ی قطب‌نما و ثابت شدن آن در جهت شمال و دانستن نحوه‌ی اندازه‌گیری زوایا با قطب‌نما
روش کار

۱- از وسایل و تکه‌های ابزار موجود و در دسترس استفاده نمایید و سعی کنید با حداقل هزینه این وسیله را بسازید.

- ۲- سعی کنید از روش‌های ابتکاری استفاده نمایید.
- ۳- برای مثال، سعی کنید با استفاده از یک سوزن، یک لایه‌ی نازک کائوچو و یک ظرف آب به روشی که شرح آن در زیر آمده است یک قطب‌نما بسازید.
- سوزن را آهن‌ریبا کنید. برای این کار، سوزن را روی یک آهن‌ریبا بکشید (البته چون سوزن کوچک است و در دست خوب جای نمی‌گیرد می‌توانید سوزن را در زمین گذاشته و آهن‌ریبا را روی آن بکشید). توجه کنید که آهن‌ریبا را فقط در یک جهت روی سوزن حرکت دهید تا یک طرف سوزن قطب شمال و طرف دیگر آن قطب جنوب مغناطیسی شود.
- یک قطعه کائوچو یا چوب پنبه یا یونولیت را به صورت یک ورق نازک کوچک ببرید و سوزن را روی آن بچسبانید (این عمل برای آن است که سوزن در آب فرو نرود).
- یک ظرف آب آماده کنید و سوزن را که آهن‌ریبا شده و چوب پنبه به آن متصل شده به آرامی بر روی آب قرار دهید (سوزن اندکی نوسان کرده به تدریج ساکن می‌شود).
- ۴- شیوه‌ی ساخت و آماده‌سازی و نحوه‌ی کار قطب‌نمای خود را به صورت گزارش، عرضه کنید.
- در شکل ۱-۳ دو نمونه قطب‌نمای ساده‌ی دست‌ساز را مشاهده می‌کنید.



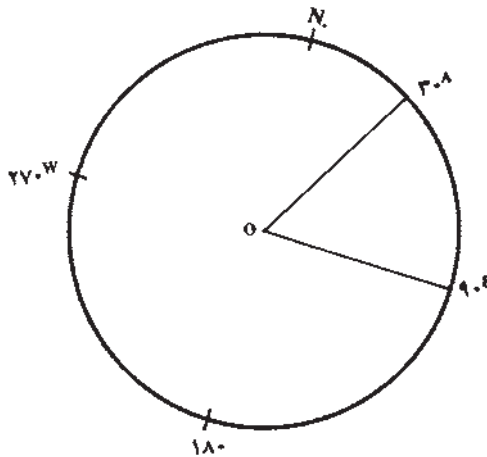
شکل ۱-۳- قطب‌نمای ساده‌ی دست‌ساز

خودآزمایی

- ۱- قسمت‌های مختلف یک قطب‌نما را نام ببرید.
- ۲- آزیموت را تعریف کنید.
- ۳- نکاتی را که در مواقع کار با قطب‌نما باید مراعات کرد توضیح دهید.
- ۴- توجیه نقشه را توضیح دهید.
- ۵- جهت شمال در هنرستان خود را با کمک قطب‌نما بدست آورده و سپس آزیموت ساختمان آموزشی را محاسبه نمایید.
- ۶- با کمک قطب‌نما جهت قبله را در محل تحصیل خود مشخص نمایید.

مسائل

- ۱- با توجه به شکل زیر ابتدا آزیموت امتدادهای OA و OB را تعیین و سپس زاویه \hat{AOB} را مشخص کنید.



برداشت و مساحی

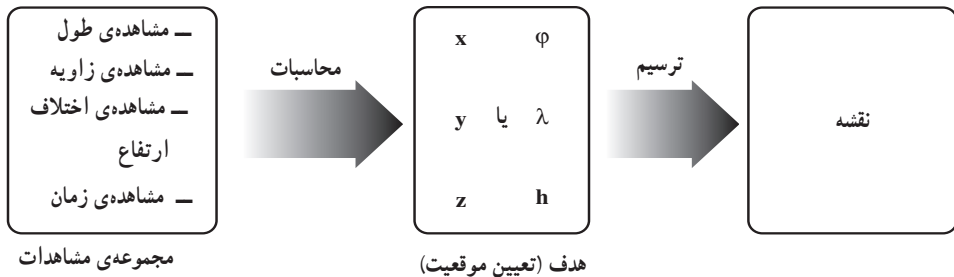
- هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :
- ۱- برداشت را تعریف کرده و منظور از انجام عملیات برداشت را بیان کند.
 - ۲- برداشت سطح زمین به طریقه‌ی تجزیه‌ی زمین به مثلث‌ها را انجام دهد.
 - ۳- برداشت سطح زمین به روش افست را انجام دهد.
 - ۴- برداشت سطح زمین توسط دو یا چند هادی را انجام دهد.
 - ۵- مساحت یک قطعه زمین را به روش تقسیم نقشه به اشکال منظم هندسی، محاسبه کند.
- ۶- مساحت یک قطعه زمین را با استفاده از پلانیمتر اندازه بگیرد.
 - ۷- مساحت یک قطعه زمین را با استفاده از کاغذ میلیمتری اندازه بگیرد.
 - ۸- مساحت یک قطعه زمین را به طریقه توزین اندازه‌گیری کند.



برداشت و مساحی^۱

برداشت چیست؟ خطوط هادی چه کاربردی دارند؟ مساحت یک قطعه زمین منحنی شکل که شکل مشخصی ندارد را چگونه محاسبه کنیم؟

برداشت یک قطعه زمین با استفاده از وسایل ساده نقشه برداری منظور از برداشت یک قطعه زمین به دست آوردن و یادداشت کردن تمام اندازه‌های طولی و زاویه‌ای عوارض طبیعی و مصنوعی آن است که برای رسم نقشه‌ی آن زمین مورد نیاز است. برای انجام برداشت، لازم است ابتدا به شناسایی منطقه‌ای که زمین مورد نظر در آن قرار دارد پرداخت و محدوده‌ی کار را مشخص کرد. و عوارض طبیعی و مصنوعی مرزهای زمین را بررسی و نقاط برداشت را مورد شناسایی قرار دهیم.



روشهای مختلف برداشت

برای برداشت یک قطعه زمین به روشهای مختلف می‌توان اقدام کرد که عبارتند از:

— برداشت به روش افست

— برداشت به توسط دو یا چند خط هادی

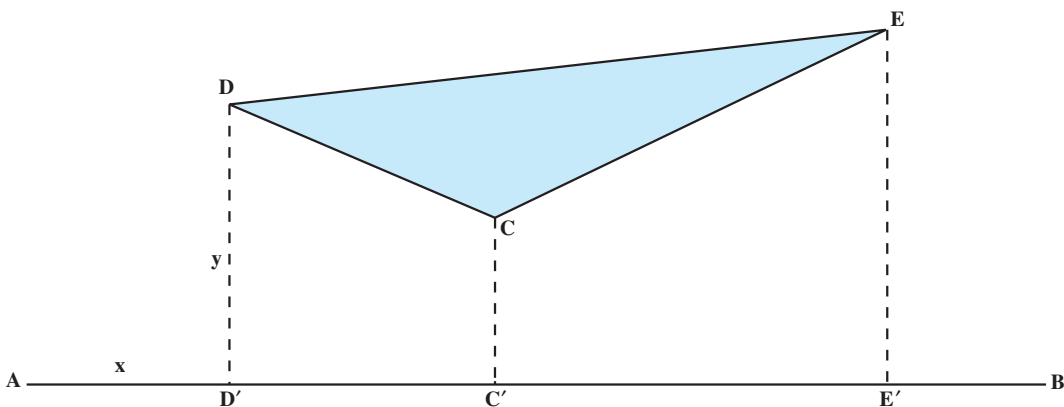
برداشت به روش افست — برای اجرای این روش، یک نوار اندازه‌گیری و گونیای مساحی

کفایت می‌کند. در این روش یک خط راست را به منزله‌ی خط هادی، یا خط مبنا انتخاب می‌کنند.

سپس از رئوس کثیرالاضلاع محیط زمین عمودهایی را بر خط مزبور وارد می‌سازند (شکل ۱-۴). به

این ترتیب برای هر یک از نقاطی که می‌خواهیم آن‌ها را روی نقشه مشخص کنیم، دو طول اندازه‌گیری

۱- منظور، برداشت با وسایل ساده‌ی نقشه‌برداری است.



شکل ۴-۱

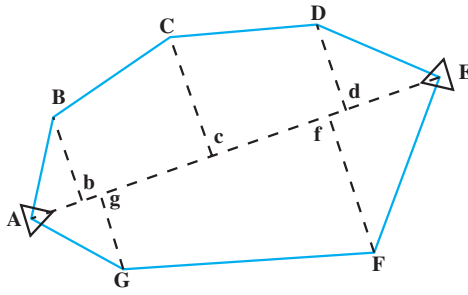
می‌شود که همان x و y آن نقاط در محور مختصات است و به کمک آن‌ها نقشه رسم می‌شود. از این دو طول در واقع یکی فاصله‌ی نقطه تا خط مبنا (y) و دیگری فاصله‌ی پای عمود تا نقطه‌ی مبدأ (x) است. اندازه‌های مذکور در جدولی مطابق جدول (۴-۱) یادداشت می‌شود.

جدول ۴-۱

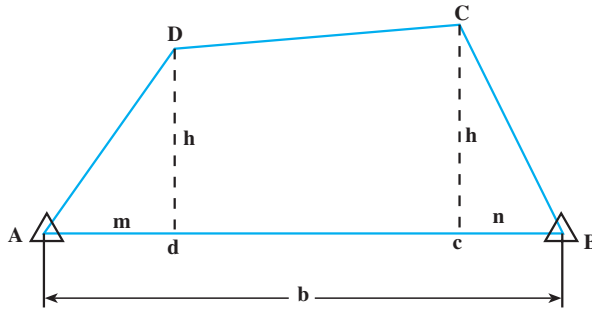
نقاط	x	y	کروکی و توضیحات
D	AD'	DD'	
C	AC'	CC'	
E	AE'	EE'	

حال با توجه به جدول مذکور می‌توان نقشه‌ی زمین را با مقیاس معین بر روی کاغذ رسم کرد.

خط هادی ممکن است در خارج از محیط قطعه زمین قرار گرفته و یا با آن نقاط مشترکی داشته باشد و یا حتی در داخل زمین انتخاب شود.

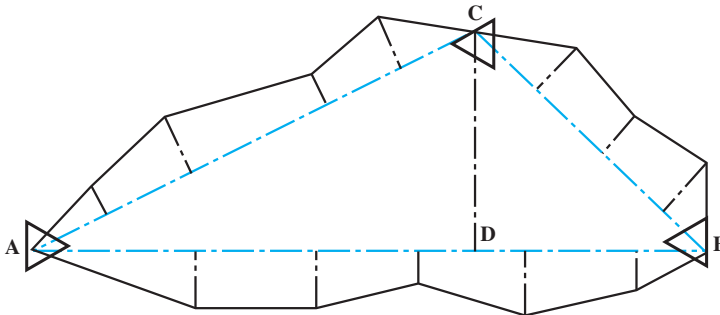


شکل ۴-۲



شکل ۴-۳

برداشت به توسط دو یا چند هادی - گاهی برای سهولت عملیات برداشت، به جای یک خط از دو یا چند خط هادی استفاده می‌شود. در این صورت باید وضعیت خطوط هادی را نسبت به یکدیگر اندازه‌گیری کرد. در شکل (۴-۴) برداشت قطعه زمین با استفاده از سه خط هادی نشان داده شده است. هر یک از سه ضلع مثلث ABC در واقع یک خط هادی هستند و با وارد کردن عمودهایی از رئوس محیط زمین بر اضلاع مثلث مذکور، می‌توانیم قطعه زمین را برداشت کنیم.



شکل ۴-۴

لازم به ذکر است که در موقع برداشت باید مشخصات سه خط هادی را نیز تعیین و اندازه گیری کرد.

شرایط انتخاب خط هادی: در انتخاب خط یا خطوط هادی باید شرایط زیر را در نظر گرفت:

- ۱- اندازه گیری خط هادی راحت و سریع باشد.
- ۲- از روی آن تعداد زیادی از رئوس قطعه زمین دیده شود.
- ۳- خط هادی باید نزدیک و در امتداد بزرگترین بُعد زمین باشد تا خطوط عمود بر آن کوتاه تر شوند.

مساحی

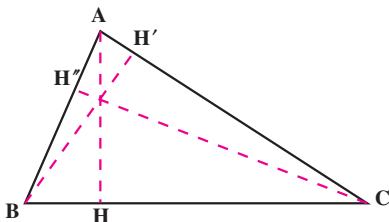
محاسبه‌ی مساحت تصویر افقی یک قطعه زمین را مساحی می‌گویند. برای مساحی اراضی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که به شرح زیر است:

- محاسبه‌ی مساحت با تقسیم شکل زمین به اشکال منظم هندسی.
- محاسبه‌ی مساحت زمینی که قسمتی از محیط یا تمام آن منحنی است.
- تعیین مساحت با پلانیمتر.
- تعیین مساحت با استفاده از کاغذهای میلیمتری.
- تعیین مساحت با وزن کردن نقشه.

الف - محاسبه مساحت با تقسیم نقشه به اشکال منظم هندسی: این روش در صورتی امکان پذیر است که کناره‌های قطعه زمین تقریباً خط مستقیم باشد. بسته به اینکه شکل زمین چگونه باشد، با استفاده از قوانین هندسه به طرق زیر مساحت آن را اندازه می‌گیرند:

۱- مساحی زمین مثلثی شکل: می‌دانیم که مساحت مثلث از حاصلضرب قاعده در نصف ارتفاع به دست می‌آید. در شکل (۴-۵) مساحت مثلث برابر است با:

$$S = BC \times \frac{AH}{2}$$

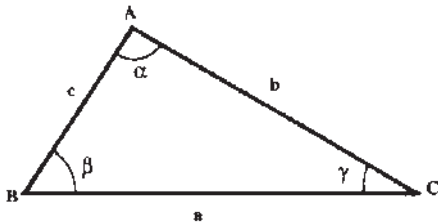


شکل ۴-۵

مثال: درقطعه زمین مثلث شکلی طول قاعده برابر ۱۰ متر و ارتفاع وارد بر همان قاعده (AH) برابر ۶ متر است، مساحت آن را حساب کنید.

حل: با توجه به شکل $S = BC \times \frac{AH}{2}$ پس خواهیم داشت:

$$S = 10 \times \frac{6}{2} = 30 \text{ متر مربع}$$



شکل ۴-۶

اگر اندازه گیری ارتفاعات مقدور نباشد، می توان با داشتن اندازه دو ضلع و یک زاویه ی مثلث مساحت آن را از فرمول های زیر با توجه به شکل (۴-۶) محاسبه کرد:

$$S = \frac{1}{2} b.c \sin \alpha$$

مثال: در مثلث فرضی ABC طول اضلاع b و c به ترتیب ۴۰ و ۲۰ متر و زاویه α برابر ۳۰ درجه است، مساحت آن را حساب کنید.

$$S = \frac{1}{2} b.c \sin \alpha$$

حل:

$$S = \frac{1}{2} \times 40 \times 20 \times \frac{1}{2} \Rightarrow S = 200 \text{ متر مربع}$$

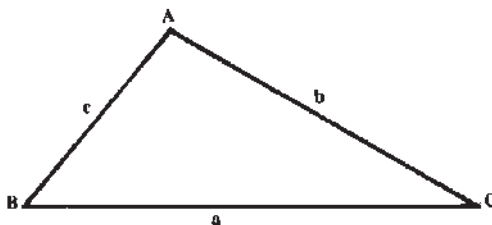
اگر به جای زوایا فقط طول سه ضلع مثلث در دست باشد می توان از فرمول زیر مساحت مثلث را محاسبه کرد:

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

در فرمول مذکور مقدار P در واقع نصف محیط مثلث است، یعنی:

$$P = \frac{a+b+c}{2}$$

در این فرمول a و b و c طول اضلاع مثلث هستند (مطابق شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷

مثال: زمینی است به شکل مثلث که طول اضلاع آن عبارتند از $a = ۶۵$ و $b = ۵۰$ و $c = ۳۳$ متر، مساحت آن را حساب کنید.
 حل: ابتدا مقدار P را به دست می‌آوریم.

$$P = \frac{a+b+c}{۲} \Rightarrow P = \frac{۶۵+۵۰+۳۳}{۲} = ۷۴$$

اکنون در فرمول $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$ مقدار آن‌ها را قرار می‌دهیم:

$$S = \sqrt{۷۴(۷۴-۶۵)(۷۴-۵۰)(۷۴-۳۳)}$$

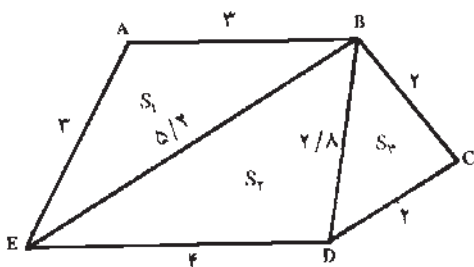
$$S = ۸۰۹/۵۳ \text{ متر مربع}$$

۲- مساحتی زمین چهار گوش: مساحت مستطیل از حاصلضرب طول در عرض آن و مساحت دوزنقه از حاصلضرب مجموع دو قاعده در نصف ارتفاع آن به دست می‌آید. پس در شکل (۴-۸) مساحت دوزنقه از فرمول $S = (AB+DC) \frac{AH}{۲}$ به دست می‌آید، و برای این کار لازم است که طول اضلاع AB و DC و ارتفاع AH اندازه گیری شوند.



شکل ۴-۸

مثال: زمینی است به شکل دوزنقه که طول دو قاعده‌ی آن به ترتیب برابر ۱۲ و ۲۰ متر و ارتفاع وارد بر آن‌ها ۱۰ متر است، مساحت آن را حساب کنید.
 حل:



شکل ۴-۹

$$S = (۲۰+۱۲) \times \frac{۱۰}{۲} \Rightarrow S = ۱۶۰ \text{ متر مربع}$$

اگر زمین به شکل چند ضلعی غیر منتظم باشد، (شکل ۴-۹) می‌توان به روش مثلث بندی با تبدیل آن به دو یا چند مثلث و با استفاده از فرمول‌هایی که قبلاً ذکر شد، مساحت آن را به دست آورد.

مثال: در شکل (۹-۴) یک پنج ضلعی به سه مثلث تقسیم شده و اضلاع مثلث‌ها داده شده است، مساحت این پنج ضلعی را حساب کنید.

حل:

$$P_1 = \frac{3+3+5/2}{2} \Rightarrow P_1 = \frac{11/2}{2} = 5/6$$

$$S_1 = \sqrt{5/6(5/6-3)(5/6-3)(5/6-5/2)} = \sqrt{514} = 3/89m$$

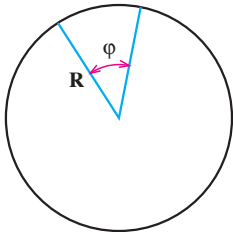
$$P_2 = \frac{4+2/8+5/2}{2} \Rightarrow P_2 = \frac{12}{2} = 6$$

$$S_2 = \sqrt{6(6-4)(6-2/8)(6-5/2)} = \sqrt{30/72} = 5/54m$$

$$P_3 = \frac{2+2+2/8}{2} \Rightarrow P_3 = \frac{6/8}{2} = 3/4$$

$$S_3 = \sqrt{3/4(3/4-2)(3/4-2)(3/4-2/8)} = \sqrt{4} = 2 \text{ متر مربع}$$

$$S_1 + S_2 + S_3 = 3/89 + 5/54 + 2 = 11/43 \text{ (کل مساحت)}$$



شکل ۱۰-۴

۳- مساحتی زمینی که قطاع یک دایره است: همان

طوری که می‌دانید مساحت دایره برابر است با: $S = \pi R^2$ ، اما برای

محاسبه‌ی سطح قطاع یک دایره مطابق شکل (۱۰-۴) بایستی از

فرمول $S = \frac{\pi R^2}{360} \phi$ استفاده شود که در آن S مساحت و R شعاع

و ϕ زاویه‌ی مرکزی قطاع است.

مثال: اگر زمینی قطاع دایره‌ای باشد که شعاع آن دایره برابر

۱۵ متر و زاویه‌ی ϕ مساوی ۴۵ درجه باشد، سطح قطاع آن را حساب کنید.

$$S = \frac{\pi R^2}{360} \times \phi \Rightarrow S = \frac{3/14 \times 15^2}{360} \times 45 \Rightarrow S = 88/31 \text{ حل:}$$

۴- مساحتی زمینی که شکل غیر منتظم دارد: معمولاً شکل اراضی زراعی به صورت

غیر منتظم است و شکل هندسی مشخصی ندارد. برای محاسبه‌ی مساحت این گونه اراضی، ابتدا

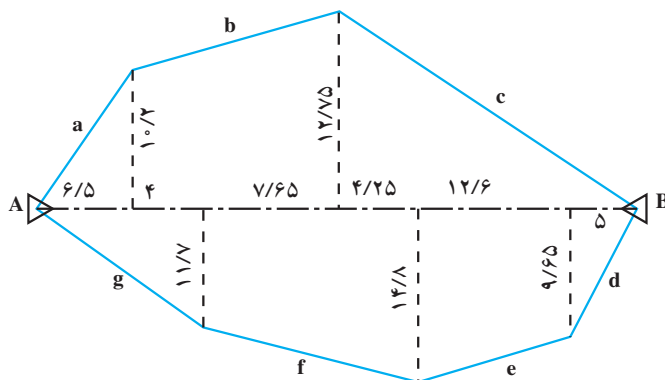
باید آن را به چندین شکل هندسی منتظم تقسیم کرد و سپس مساحت هر یک از اشکال هندسی

حاصله را محاسبه و با هم جمع می‌کنیم.

مثال: زمین شکل (۱۱-۴) را از طریق رسم خطوط هادی به ۷ قطعه با اشکال مثلث یا دوزنقه

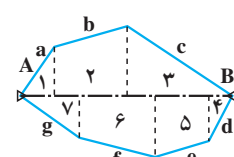
تقسیم کرده‌ایم که به راحتی می‌توان مساحت هر یک را با اندازه‌گیری قاعده‌ها و ارتفاع‌ها محاسبه و

در جدول ۴-۲ درج کرده و بالاخره مساحت کل زمین را به دست می‌آوریم.



شکل ۴-۱۱

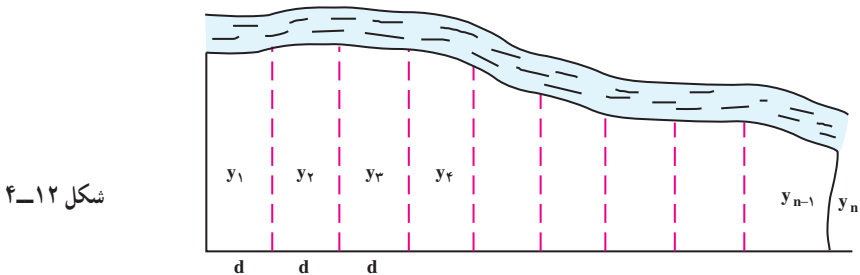
جدول ۴-۲

شماره‌ی بلوک :	تاریخ :	عامل :	کمک عامل :	شماره‌ی بلوک : تاریخ : عامل : کمک عامل :	
کروکی و ملاحظات	مساحت به متر	قاعده به متر	ارتفاع به متر	شکل قطعه	شماره‌ی قطعه
	۳۳/۱۵	۶/۵	۱۰/۲	مثلث	۱
	۱۳۳/۶۸	۱۰/۲+ ۱۲/۷۵	۱۱/۶۵	دوزنقه	۲
	۱۳۹/۲۹	۲۱/۸۵	۱۲/۷۵	مثلث	۳
	۲۴/۱۲	۵	۹/۶۵	مثلث	۴
	۱۵۴/۰۳	۹/۶۵+ ۱۴/۸	۱۲/۶	دوزنقه	۵
	۱۵۷/۶۷	۱۴/۸+ ۱۱/۷	۱۱/۹	دوزنقه	۶
	۶۱/۴۲	۱۰/۵	۱۱/۷	مثلث	۷
مساحت کل قطعه زمین ۷۰۳/۳۶ متر مربع					

ب — محاسبه‌ی مساحت زمینی که قسمتی از محیط یا تمام محیط آن به شکل منحنی است: اگر زمینی به شکل (۴-۱۲) باشد و دقت زیادی برای اندازه‌گیری مساحت آن مورد نیاز

نباشد، می‌توان آن را به تعدادی دوزنقه هم ارتفاع تقسیم کرده، سپس با استفاده از فرمول زیر مساحت آن را محاسبه می‌کنیم:

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



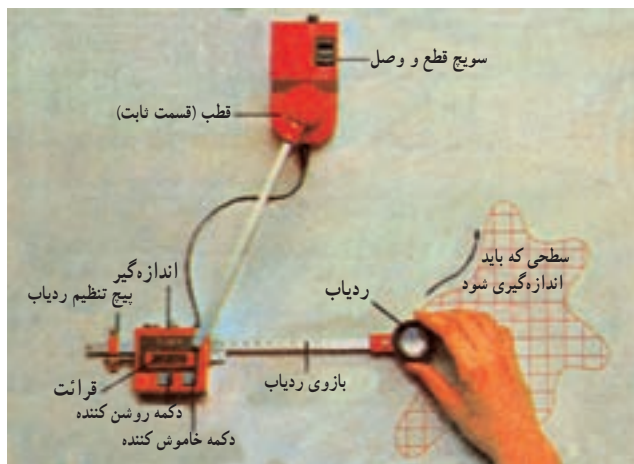
شکل ۴-۱۲

مثال: اگر در شکل (۴-۱۲) مقدار $d = 10$ متر و مقادیر y ها به ترتیب برابر اعداد ۲۵، ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۱۰، ۱۰، ۹، متر باشد، مساحت زمین را حساب کنید.

$$S = 10 \left(\frac{25}{2} + 25 + 25 + 20 + 15 + 10 + 10 + 10 + 9 \right) \quad \text{حل:}$$

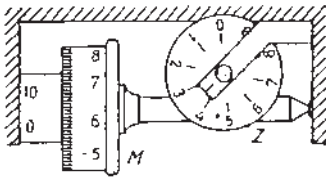
$$S = 10 \left(\frac{34}{2} + 140 \right) = 1570 \text{ m}^2$$

ج — تعیین مساحت با پلانیمتر — در روش‌هایی که تاکنون ذکر شد، فرض بر این بود که زمین از خطوط مستقیم یا قوسی از دایره تشکیل شده باشند. حال اگر کناره‌ی زمین از منحنی‌هایی نامشخص تشکیل یافته باشد، استفاده از این روش مشکل خواهد بود. در این گونه مواقع می‌توان از دستگاهی به نام پلانیمتر یا مساحت‌سنج استفاده کرد (شکل ۴-۱۳).



شکل ۴-۱۳

طرز کار پلانیمتر: برای تعیین مساحت یک سطح ابتدا وزنه را در خارج از شکل نقشه قرار می‌دهیم، به طوری که سوزن بتواند در جهت عقربه‌های ساعت تمام طول محیط سطح مورد نظر را به راحتی دور بزند. حال پس از کنترل چرخ و کنتور، ارقام کنتور را صفر می‌کنیم. با استفاده از دستگیره، سوزن را در روی محیط شکل به پیش می‌بریم، پس از اتمام دور اول گردش سوزن، مجدداً این کار را تکرار می‌کنیم. عملاً ده بار منحنی دور نقشه را طی کرده و در خاتمه رقم کنتور را که در واقع ده برابر محیط شکل است قرائت کرده و آن را به ده تقسیم می‌کنیم. به این ترتیب عدد حاصله میانگین ارقام حاصل از ده بار اندازه‌گیری محیط شکل و از دقت بیشتری برخوردار خواهد بود. حال اگر این رقم به دست آمده را به ثابت پلانیمتر ضرب کنیم مساحت زمین مورد نظر به دست خواهد آمد.



قرائت دستگاهی شمارش: ۳۵۸۴

شکل ۱۴-۴

برای به دست آوردن عدد ثابت پلانیمتر که توسط کارخانه‌ی سازنده دستگاه برای مقیاس‌های مختلف بر روی قاب آن حک شده به این ترتیب عمل می‌کنند که ابتدا با حرکت یک دور کامل سوزن بر روی محیط مربعی که با توجه به مقیاس ترسیم شده و محیط آن معلوم است رقم کنتور را قرائت می‌کنیم (M). حال اگر مساحت مربع مذکور مثلاً ۱۰۰۰ متر مربع باشد، عدد ثابت پلانیمتر برابر $\alpha = \frac{1000}{M}$ خواهد بود.

در شکل (۱۴-۴) دستگاه شمارش یا کنتور یکی از انواع پلانیمتر را مشاهده می‌کنید. در این شکل عدد ۳ در روی صفحه‌ی Z و عدد ۵۸ در روی چرخ M و عدد ۴ در روی ورنیه خوانده می‌شود. پس عدد کامل قرائت شده ۳۵۸۴ خواهد بود.

مثال: دور شکل زمینی را بر روی نقشه‌ای با پلانیمتر اندازه‌گیری کرده‌ایم و با محاسبه‌ی هر دور شکل عدد ۵۲ به دست آمده است. حال اگر عدد ثابت پلانیمتر ۵۰ متر مربع باشد، حساب کنید مساحت این زمین چقدر است؟

$$S = 52 \times \alpha \Rightarrow S = 52 \times 50 = 2600 \text{ متر مربع} \quad \text{حل:}$$

د- تعیین مساحت با استفاده از کاغذ میلیمتری (روش ترسیمی): یکی از راه‌های اندازه‌گیری مساحت نقشه این است که یک کاغذ میلیمتری شفاف روی نقشه قرار داده و خطوط محیط نقشه را بر روی کاغذ میلیمتری انتقال می‌دهیم. سپس با شمردن تعداد خانه‌های مربعی شکل کاغذ میلیمتری که در محدوده‌ی شکل مورد نظر قرار گرفته‌اند مساحت آن به دست می‌آید. برای سهولت کار بهتر است بزرگترین ضلع نقشه را روی یک خط راست کاغذ میلیمتری منطبق کرد.

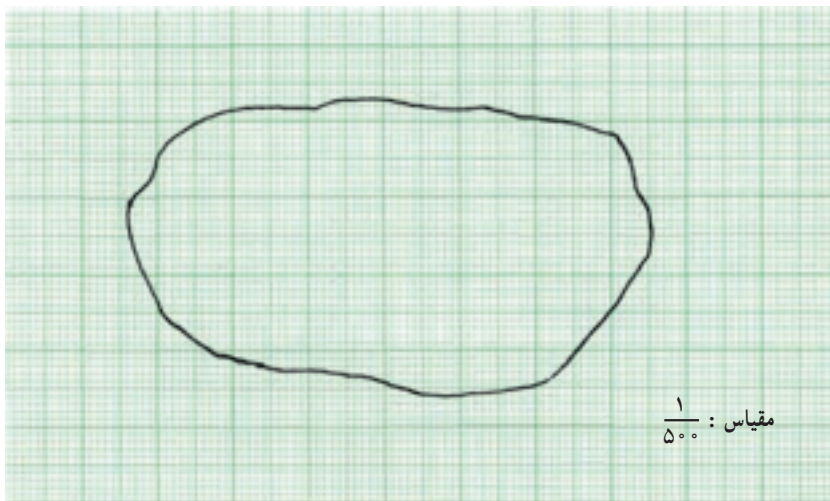
مثال: مقیاس نقشه‌ای $\frac{1}{500}$ است (شکل ۱۶-۴)، کاغذ شفاف با تقسیمات میلیمتری را

روی شکل قرار داده و سانتیمترها و میلیمترهای موجود در داخل محیط شکل را شمرده ایم، تعداد آن‌ها ۲۰ سانتیمتر مربع و ۱۵ میلیمتر مربع است. سطح زمین مورد نظر چقدر است؟

$$S = \frac{d}{D} \Rightarrow \frac{1}{500} = \frac{1^{\text{cm}}}{D} \Rightarrow D = 500^{\text{cm}}$$

حَلّ:

$D = 5^{\text{m}}$ مقدار طول در روی زمین بازای یک سانتیمتر



شکل ۱۵-۴

از روی مقیاس می‌توان گفت که یک سانتیمتر مربع مساحت روی نقشه برابر ۲۵ متر مربع بر روی زمین است. پس:

$$20 \times 25 = 500^{\text{m}^2}$$

$$S = \frac{d}{D} \Rightarrow \frac{1}{500} = \frac{1^{\text{mm}}}{D} \Rightarrow D = 500^{\text{mm}} = 0.5^{\text{m}}$$

همچنین از روی مقیاس نتیجه می‌گیریم که یک میلیمتر مربع مساحت روی نقشه برابر است با ۰/۲۵ متر مربع روی زمین. پس:

$$0.25 \times 15 = 3.75^{\text{m}^2}$$

$$500 + 3.75 = 503.75^{\text{m}^2} \quad \text{و مساحت کل زمین خواهد بود:}$$

هـ — تعیین مساحت نقشه با وزن کردن آن (روش توزینی): برای محاسبه‌ی مساحت نقشه از وزن کردن نیز می‌توان استفاده کرد. برای این منظور ابتدا مساحت معینی از کاغذ رسم

نقشه را در یک ترازوی بسیار دقیق وزن کرده و سپس حدود نقشه را دقیقاً بر روی کاغذ مشابه کاغذ توزین شده رسم می‌کنند، آن را از بقیه‌ی کاغذ بریده و جدا و وزن می‌کنند. حال با تناسب ساده، مساحت نقشه تعیین می‌شود. البته این روش چندان دقیق نیست.

مثال: نقشه زمینی را روی کاغذ رسم کرده، محیط آن را بریده سپس وزن کرده‌ایم. برابر 1° گرم شده است. اگر مساحت هر 100 گرم از آن کاغذ برابر 10000 سانتیمتر مربع و مقیاس نقشه $\frac{1}{10000}$ باشد، مساحت زمین را حساب کنید.

حل:

$$100 \text{ gr} \quad 10000 \text{ cm}^2$$

$$10 \quad x = \frac{10 \times 10000}{100} = 1000 \text{ cm}^2$$

یعنی مساحت زمین در روی کاغذ 1000 سانتیمتر مربع است. حال اگر آن را به مقیاس تبدیل کنیم می‌شود:

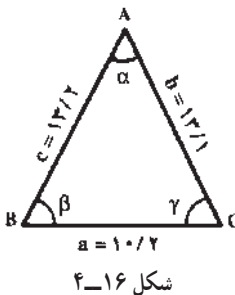
$$S = 10000 + \left(\frac{1}{10000}\right)^2 = 10000 \times 10^{-4} = 10^3 \text{ cm}^2$$

$$10^3 \times 10^{-4} = 10^9 \text{ متر مربع}$$

مسائل

۱- اضلاع یک زمین مثلثی شکل را اندازه‌گیری کرده‌ایم، اعداد $a = 10/2$ و $b = 13/1$ و $c = 13/2$ متر به دست آمده‌اند.

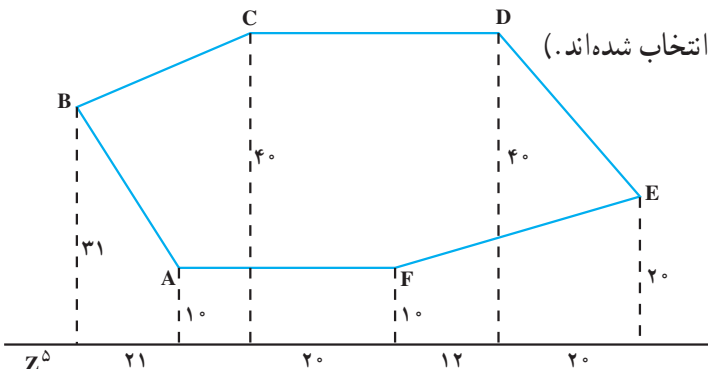
این مثلث را با مقیاس $\frac{1}{200}$ رسم کنید (شکل ۱۶-۴).



۲- قطعه زمینی مطابق شکل (۱۷-۴) موجود است، مشخصات آن به طریقه‌ی استفاده از خط‌های برداشت شده است، نقشه آن را با

مقیاس $\frac{1}{500}$ رسم کنید.

(واحدها بر حسب متر انتخاب شده‌اند.)



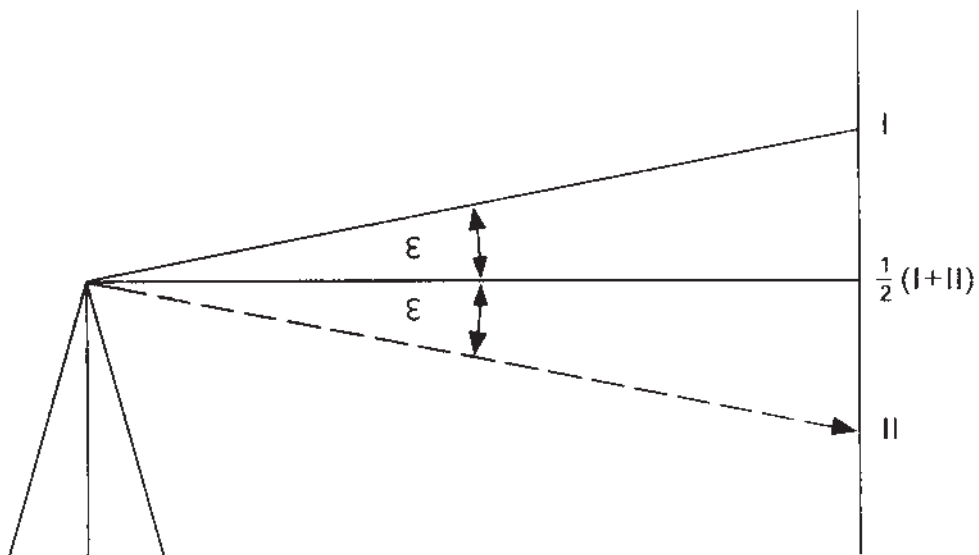
شکل ۱۷-۴

- ۳- دور شکل زمینی را با پلانیمتر اندازه گرفته‌ایم، میانگین رقم خوانده شده برای هر دور ۱۶۵ است. اگر ثابت پلانیمتر ۱۰۰ متر مربع باشد، مساحت زمین مذکور را حساب کنید.
- ۴- نقشه زمینی را روی کاغذ کالک رسم کرده و محیط آن را بریده سپس وزن کرده‌ایم برابر ۲۰ گرم شده است. اگر مساحت هر ۱۰۰ گرم از آن کاغذ برابر یک متر مربع و مقیاس نقشه $\frac{1}{10000}$ باشد، مساحت زمین را حساب کنید.
- ۵- یکی از مزارع و یا ساختمان‌های هنرستان را به روش افست برداشت نمایید.
- ۶- با اندازه‌گیری مساحت نقشه مربوط به قسمتی از هنرستان خود توسط پلانیمتر و اندازه‌گیری مستقیم آن از روی زمین دقت کار خود را کنترل نمایید.

خطا و اشتباه

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :

- ۱- خطا را تعریف کند.
- ۲- انواع خطاها را تعریف کند.
- ۳- میانگین اندازه‌گیری را محاسبه کند.
- ۴- فرق بین خطا و اشتباه را تشخیص دهد.
- ۵- خطا و اشتباه در اندازه‌گیری مسافت را توضیح دهد.



خطا یعنی چه؟ چگونه به وجود می آید؟ فرق آن با اشتباه چیست؟ چگونه می توان خطا را کم کرد و از بروز اشتباهات جلوگیری کرد؟
اندازه گیری هایی که در نقشه برداری انجام می گیرند، باید تا حد ممکن بدون اشتباه بوده و خطا را به حداقل برسانیم، اما چون پایه ی اندازه گیری ها به حواس انسان بستگی دارد و از طرفی چون ساختمان وسایل اندازه گیری به علت دقت محدود انسان، کامل نیست، لذا این اندازه گیری ها نیز به مقدار مطلق و واقعی خود نمی رسند.

جدول ۱-۵

دفعات اندازه گیری	اعداد اندازه گیری شده
۱	۳۴۷/۴۷
۲	۳۴۷/۵۲
۳	۳۴۷/۴۸
۴	۳۴۷/۴۹
۵	۳۴۷/۵۳
۶	۳۸۹/۱۰
۷	۳۴۷/۴۹
۸	۳۴۷/۵۰
۹	۳۴۷/۵۰
۱۰	۳۴۷/۵۲

اگر یک کمیت را چند بار اندازه بگیریم، ملاحظه می کنیم که اغلب اعداد به دست آمده در اندازه گیری های متعدد با یکدیگر اختلاف دارند. مثلاً طول یک قطعه زمین ده بار اندازه گیری شده و ارقام آن در جدول (۱-۵) درج گردیده است. همانطور که می بینید اعداد اکثر اندازه گیری ها با هم برابر نیستند. یکی از اعداد اندازه گیری شده با اعداد دفعات دیگر، اختلاف فاحشی دارد (اعداد مربوط به بار ششم). با مقایسه ی این اعداد می توان به این نتیجه رسید که اعداد مربوط به اندازه گیری بار ششم نمی تواند قابل قبول باشد و اندازه ی حقیقی کمیت مورد نظر باید با این یک عدد فاصله ی زیادی داشته باشد. می توان گفت که در این یک بار اشتباهی رخ داده است، و لذا باید از این رقم چشم پوشی کرد.

معمولاً اشتباه در اثر بی تجربگی، فراموشی و بی توجهی عامل و یا نقص دستگاه پیش می آید.

حال سؤال این است که اندازه حقیقی کمیت مورد نظر چه رقمی است؟ چون اعداد با هم اختلاف دارند پس می‌توان اظهار کرد که در بسیاری از دفعات اندازه‌گیری خطا رخ داده است، به طوری که نمی‌شود اندازه‌ی دقیق و حقیقی را از بین این اعداد انتخاب کرد. اما برای اینکه عددی را به دست آوریم که به احتمال زیاد به اندازه‌ی حقیقی کمیت نزدیکتر باشد، باید مجموع اعداد به دست آمده در ۹ بار اندازه‌گیری را محاسبه و به عدد ۹ (دفعات اندازه‌گیری بدون اشتباه) تقسیم کرد (طبق جدول ۲-۵). پس بهترین مقدار برای هر کمیت از فرمول زیر به دست خواهد آمد:

$$x = \frac{\sum x_i}{n}$$

یا:

$$x = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

در این فرمول x را میانگین اندازه‌گیری یا محتمل‌ترین مقدار و یا بهترین جواب برای یک کمیت، و $\sum x_i$ مجموع مقادیر اندازه‌گیری و n تعداد دفعات اندازه‌گیری است:

جدول ۲-۵

دفعات اندازه‌گیری (n)	اعداد اندازه‌گیری شده
۱	۳۷۴/۴۷
۲	۳۴۷/۵۲
۳	۳۴۷/۴۸
۴	۳۴۷/۴۹
۵	۳۴۷/۵۳
۷	۳۴۷/۴۹
۸	۳۴۷/۵۰
۹	۳۴۷/۵۰
۱۰	۳۴۷/۵۲
مجموع مقادیر	$\sum x_i = ۳۱۲۷/۵$
میانگین اندازه‌گیری	$x = \frac{\sum x_i}{n}$ $x = \frac{۳۱۲۷/۵}{۹}$ $x = ۳۴۷/۵$

خطا

اگر اندازه حقیقی یک کمیّت برابر a و مقدار اندازه‌گیری آن کمیّت برابر a' باشد، تفاوت a و a' را خطای اندازه‌گیری آن کمیّت می‌گویند. به عبارت دیگر خطا عبارت است از میزان تفاوت بین مقدار حقیقی و مقدار اندازه‌گیری شده یک کمیّت. اگر خطا را با e نشان دهیم، مقدار آن $e = a - a'$ خواهد بود. مقدار e ممکن است مثبت و یا منفی باشد.

انواع خطاها

خطاها را بر حسب نوع به وجود آمدن آن‌ها به دو دسته تقسیم می‌کنند:

– خطاهای تدریجی

– خطاهای اتفاقی

خطاهای تدریجی یا سیستماتیک

این نوع خطاها در هر دفعه‌ای اندازه‌گیری تکرار می‌شوند و از مهمترین نوع خطاها در نقشه‌برداری هستند. زیرا جمع شونده هستند و جهت همه‌ی این خطاها یکی است. برخی از این خطاها ممکن است دارای مقدار ثابتی بوده و در هر اندازه‌گیری تکرار شوند، مانند کم یا زیاد بودن طول یک نوار فلزی که ممکن است در اثر بعضی از عوامل از قبیل درجه‌ی حرارت و فشار هوا پیش آید. بعضی دیگر ممکن است متناوباً اتفاق افتد، مانند خطایی که در اثر خارج از مرکز بودن محور دوربین تعدولیت حاصل می‌شود.

برای جلوگیری از بروز خطاهای تدریجی باید هر چند وقت یک‌بار دستگاه اندازه‌گیری را با واحد مبنا کنترل کرد.

خطاهای سیستماتیک در اندازه‌گیری مسافت: در عملیات اندازه‌گیری مسافت که با وسایلی از قبیل متر یا نوار فلزی و امثال آن صورت می‌گیرد، ممکن است خطاهای مختلفی رخ دهد که در زیر به شرح انواع آن‌ها می‌پردازیم:

۱ – **خطا در اثر استاندارد نبودن طول متر:** یعنی طول واقعی متر برابر اعداد نوشته شده بر روی آن نبوده و کمتر یا بیشتر از آن باشد.

۲ – **خطا در اثر امتداد گذاری:** غالباً در عملیات نقشه‌برداری (با وسایل ساده) برای اندازه‌گیری فاصله‌ی نقاط لازم است عملیات امتداد گذاری (طبق روشهای مربوطه) صورت گیرد که به علت وجود خطاهای دستگاهی، انسانی و غیره نقاط امتداد گذاری درست در یک راستا قرار نمی‌گیرد و از امتداد اصلی خارج می‌شود.

۳ – **خطا در اثر کشش:** باید دانست که هر متر فلزی در کارخانه‌ی سازنده تحت نیروی کشش معینی ساخته می‌شود. لیکن در موقع متر کشی یک طول ممکن است گاهی نیرویی که به آن

وارد می‌شود، بیشتر از نیروی کشش کارخانه‌ی سازنده‌ی متر فلزی باشد که در نتیجه ممکن است باعث افزایش طول آن و ایجاد خطا شود.

۴- خطا در اثر تغییر دما: معمولاً هر نوار فلزی در کارخانه تحت یک درجه‌ی حرارت استاندارد ساخته می‌شود. در هنگام کار با این نوار در طبیعت، درجه حرارت محیط می‌تواند از درجه‌ی استاندارد کمتر یا بیشتر باشد، که در این صورت ممکن است طول نوار کم یا زیاد شده و باعث ایجاد خطا شود.

۵- خطا در اثر کمانه بودن متر: اگر دو سر نوار اندازه‌گیری با نیروی کمتر از حد لازم کشیده شود، در وسط آن انحنا ایجاد می‌شود و به نظر می‌رسد که نوار کمانه پیدا کرده است. در این حالت بین طول منحنی نوار اندازه‌گیری و طول افقی بین دو نقطه اختلافی رخ می‌دهد، که آن را خطا در اثر کمانه بودن متر می‌نامند.

خطاهای سیستماتیک در اندازه‌گیری زاویه: در مبحث مربوط به دوربین‌های نقشه‌برداری این موضوع شرح داده خواهد شد.

خطاهای اتفاقی: این خطاها برخلاف خطاهای تدریجی دارای جهت مشخصی نبوده و در عمل ممکن است مجموع خطاهای اتفاقی چند اندازه‌گیری برابر صفر و یا مقدار زیادی باشد. این نوع خطاها در اثر تعداد زیادی عوامل فوق‌العاده کوچک که می‌توان نام آن‌ها را تصادف گذاشت، اتفاق می‌افتد و نمی‌توان از آن‌ها جلوگیری کرد، و منشأ آن‌ها مشخص نیست. در تئوری خطاها، اصل بر این است که اگر کمیتی n بار اندازه‌گیری می‌شود، در حالتی که مقدار n زیاد باشد (تعداد دفعات اندازه‌گیری زیاد باشد) مجموع خطاهای اتفاقی برابر صفر می‌شود.

عوامل ایجاد کننده خطاها و اشتباهات

عواملی که ممکن است باعث ایجاد خطا و یا اشتباه شوند عبارتند از:

- ۱- وسایل اندازه‌گیری
- ۲- طبیعت، یعنی شرایط جوی و ساعات روز (از قبیل سردی و گرمی هوا، شب و روز و...)
- ۳- روش کار
- ۴- انسان، یعنی عامل کار

فرق بین خطا و اشتباه

با توجه به آنچه که در مورد خطا و اشتباه و عوامل ایجاد کننده آن‌ها شرح داده شد می‌توان دریافت که اشتباه در اثر عدم دقت و غفلت عامل اندازه‌گیری و یا نقص دستگاه رخ می‌دهد. در واقع خطاهای بزرگ را اشتباه می‌نامند و چون مقدار این خطا از حد مجاز آن (خطای ماکزیمم) تجاوز

می‌کند، لذا به هیچوجه در نقشه‌برداری قابل قبول نیستند و در صورت بروز اشتباه باید عملیات را تکرار و یا کنترل کرد.

خودآزمایی

- ۱- انواع خطاها را نام ببرید.
- ۲- کدامیک از خطاها دارای جهت مشخصی هستند؟
- ۳- فرق بین خطا و اشتباه چیست؟

مسائل

۱- یک فاصله را با متر فلزی، ۵ بار طبق جدول زیر اندازه‌گیری کرده‌ایم، میانگین اندازه‌گیری این فاصله را به دست آورید :

شماره	x_i
۱	۲۸/۳۴
۲	۲۸/۳۸
۳	۲۸/۴۱
۴	۲۸/۳۳
۵	۲۸/۳۹

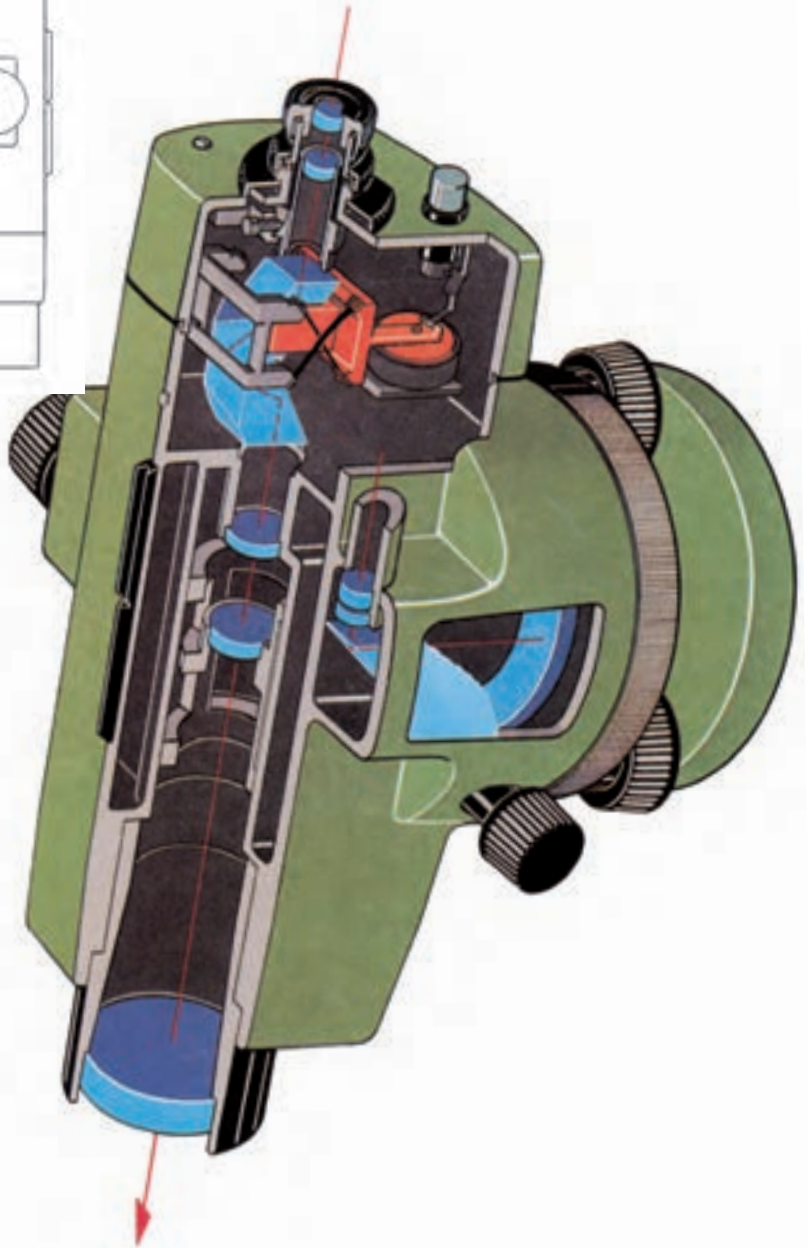
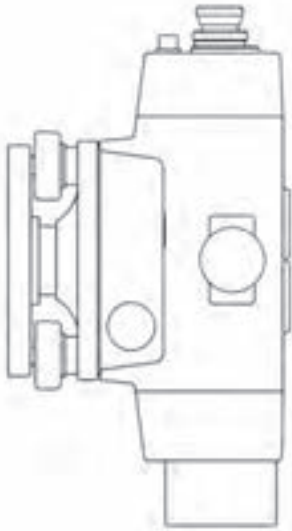
۲- یک فاصله‌ی معینی را ۲۰ بار توسط متر اندازه‌گیری کنید و پس از رسم جدولی مطابق مسئله‌ی ۱ میانگین، خطا و اشتباه را در اندازه‌گیری‌های خود مشخص کنید.

ترازیاب و ترازیبی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

- ۱- سطح مبنا را توضیح دهد.
- ۲- سطح تراز را تعریف کند.
- ۳- خط تراز را تعریف کند.
- ۴- خط قائم را تعریف کند.
- ۵- ترازیبی را تعریف کند.
- ۶- پنج مارک را توضیح دهد.
- ۷- ترازیبی هندسی را توضیح دهد.
- ۸- ترازیبی مثلثاتی را توضیح دهد.
- ۹- دستگاه ترازیب را توضیح دهد.
- ۱۰- لوله دوربین را توضیح دهد.
- ۱۱- اجزای تلسکوپ را توضیح دهد.
- ۱۲- عمل تلسکوپ را توضیح دهد.
- ۱۳- تارهای رتیکول را توضیح دهد.
- ۱۴- ترازهای دوربین را توضیح دهد.
- ۱۵- سه پایه را توضیح دهد.
- ۱۶- نحوه کار سه پایه را توضیح دهد.
- ۱۷- ترازیب را روی سه پایه نصب کند.
- ۱۸- ترازیب را تراز کند.
- ۱۹- ترازیب را روی یک نقطه مستقر کند.
- ۲۰- شاخص (میر) را توضیح دهد.
- ۲۱- با ترازیب اختلاف ارتفاع دو نقطه را اندازه‌گیری کند.
- ۲۲- ترازیبی تدریجی را اجرا کند.

- ۲۳- ترازیبی شعاعی را اجرا کند.
- ۲۴- ترازیبی شبکه بندی را اجرا کند.
- ۲۵- ترازیبی کثیرالاضلاعی را اجرا کند.
- ۲۶- روش های کنترل در ترازیبی را توضیح دهد.
- ۲۷- خطاهای ترازیبی را توضیح دهد.
- ۲۸- با ترازیب فاصله را اندازه گیری کند.
- ۲۹- با ترازیب زاویه را اندازه گیری کند.



سطح مبنا چیست؟ چگونه می‌توان اختلاف ارتفاع نقاط را اندازه گرفت؟ شاخص چه کاربردی دارد؟ آیا می‌توان به غیر از روش مترکشی فاصله را به دست آورد؟

سطح مبنا

در نقشه برداری گاهی نقاط را از لحاظ ارتفاع با یکدیگر مقایسه می‌کنند. مثلاً می‌گویند ارتفاع متوسط شهر تهران از سطح دریای آزاد ۱۸۰۰ متر و ارتفاع اصفهان از سطح دریای آزاد ۱۵۷۵ متر است. این دو عدد را می‌توان با هم مقایسه کرد، زیرا ارتفاع هر دو شهر از یک سطح مبنا که همان سطح دریای آزاد است، اندازه‌گیری شده است. پس اگر این سطح مبنا وجود نداشت، نمی‌توانستیم بگوییم کدامیک از این دو شهر مرتفع‌تر است. پس لازم است در نقشه برداری نیز یک سطح مبنا تعریف کنیم.

سطح تراز

سطح تراز سطحی است که تمام نقاط آن سطح، بر امتداد شاقولی در آن نقاط عمود باشد، سطح متوسط آب دریاها را هم یک سطح تراز است که آن را در نقشه برداری به عنوان سطح تراز مبنا پذیرفته‌اند.

خط تراز

هر خط واقع بر سطح تراز، خط تراز نامیده می‌شود.

خط قائم

در هر نقطه از سطح زمین خط منطبق بر امتداد شاقولی گذرنده، از آن نقطه را خط قائم نقطه گویند.

ارتفاع

منظور از ارتفاع نقطه، پیدا کردن فاصله قائم آن نقطه از سطحی است که به عنوان سطح مبنای ارتفاعات انتخاب شده، مثلاً وقتی که می‌گوییم ارتفاع قله دماوند ۵۶۷۱ متر است، یعنی اینکه فاصله قائم این نقطه از سطح دریا ۵۶۷۱ متر است.

ترازیابی

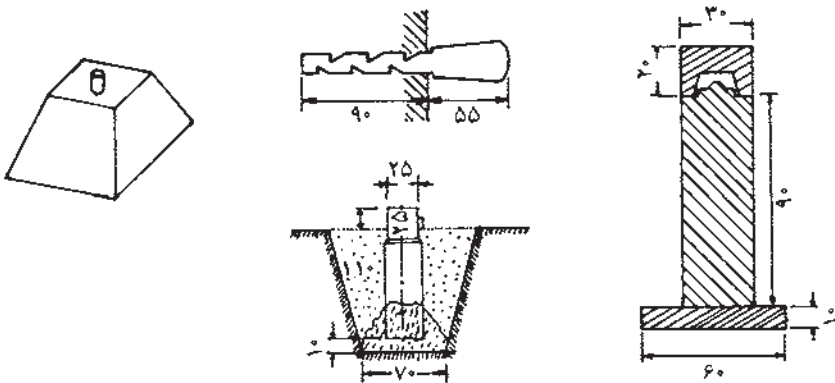
به عملیاتی که برای تعیین ارتفاع یا اختلاف ارتفاع نقاطی در یک منطقه از زمین انجام

می‌شود، ترازبایی می‌گوییم.

معمولاً برای طرح و اجرای پروژه‌ها، مسأله مهم اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به یکدیگر است و نه ارتفاع دقیق یک‌یک نقاط از سطح دریا. پس لزومی ندارد دنبال ارتفاعات واقعی نقاط باشیم و در موقع کار در یک منطقه، یک نقطه به عنوان نقطه ثابت ارتفاعی در نظر گرفته می‌شود و ارتفاع آن عدد ثابت فرض می‌شود. و ارتفاع بقیه نقاط را از روی ارتفاع آن نقطه به دست می‌آورند. طبیعی است اختلاف ارتفاعاتی که به دست می‌آید، برابر همان اختلاف ارتفاعات واقعی نقاط از سطح دریاست.

مشخص کردن نقاط ثابت ارتفاعی (بنج مارک)^۱

وقتی منطقه عملیات وسیع باشد، همین‌طور برای کنترل ترازبایی در هر قسمت از منطقه، چند نقطه ثابت ارتفاعی در نظر می‌گیرند و با دقت ارتفاعات آن‌ها را از روی ارتفاع یک نقطه که از قبل معلوم است، به دست می‌آورند. سپس آن‌ها را علامت‌گذاری می‌کنند. فاصله این نقاط ممکن است حدود ۵/۱ یا ۲ کیلومتر باشد که با توجه به پروژه‌های مختلف تعیین می‌شود. علامت‌گذاری به وسیله میله فولادی یا آلیاژی از آلومینیوم در پی یا دیوار ساختمان‌ها به صورت افقی یا قائم و به شکلی که قسمتی از میله نصب شده از دیوار یا زمین بیرون می‌ماند، انجام می‌شود. گاهی نیز نقاط ارتفاعی را به وسیله ستون‌های سنگی یا سیمانی مشخص می‌کنند، که در نقشه‌برداری به این نقاط بنج مارک گفته می‌شود.



شکل ۱-۶

۱- Bench Mark (B.M)

روش‌های مختلف ترازیابی

به طور کلی به دو روش زیر می‌توان اختلاف ارتفاع نقاط مختلف را تعیین کرد.

ترازیابی هندسی (مستقیم)

ترازیابی مثلثاتی (غیر مستقیم)

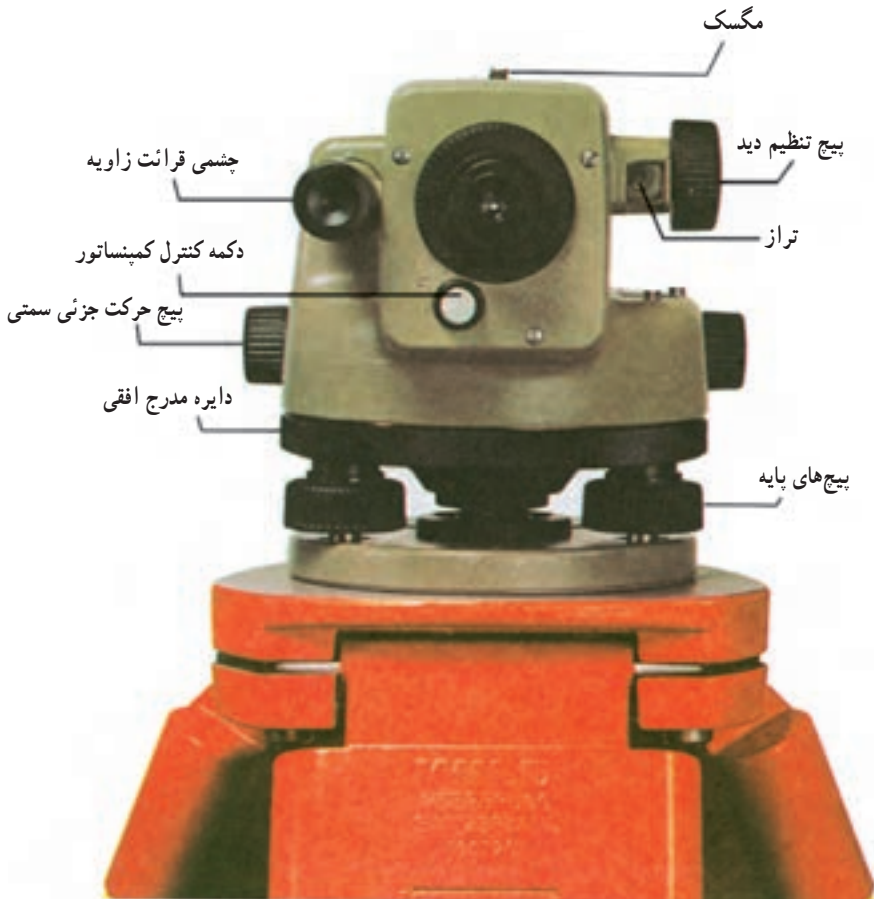
در تراز یابی هندسی یا مستقیم، اختلاف ارتفاع نقاط مستقیماً توسط تراز یاب و شاخص انجام می‌گیرد ولی در روش غیر مستقیم اختلاف ارتفاع مستقیماً اندازه‌گیری نمی‌شود، بلکه با اندازه‌گیری کمیت‌های دیگری مانند طول و زاویه و با انجام محاسباتی اختلاف ارتفاع را به دست می‌آوریم. تراز یابی هندسی دقیقتر از تراز یابی مثلثاتی است ولی سرعت عمل در روش مثلثاتی بیشتر است. برای تراز یابی مثلثاتی چون زاویه باید اندازه‌گیری شود، این بحث در قسمت‌های بعدی توضیح داده خواهد شد. قبل از شرح در مورد تراز یابی هندسی چون این روش به کمک تراز یاب انجام می‌شود، با این دستگاه آشنا می‌شویم.

شناخت دستگاه تراز یاب

ترازیاب وسیله‌ای است که به کمک آن می‌توان سطح تراز را در هر نقطه از فضا به وجود آورد. دستگاه تراز یاب از دو قسمت اساسی زیر تشکیل شده که هر قسمت ضمائم دارد که در اشکال (۲-۶ و ۳-۶) دیده می‌شود.



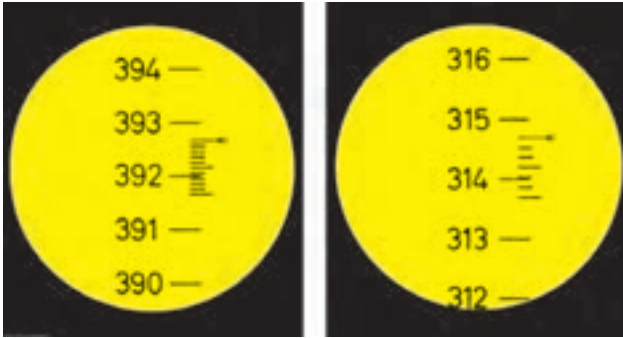
شکل ۲-۶



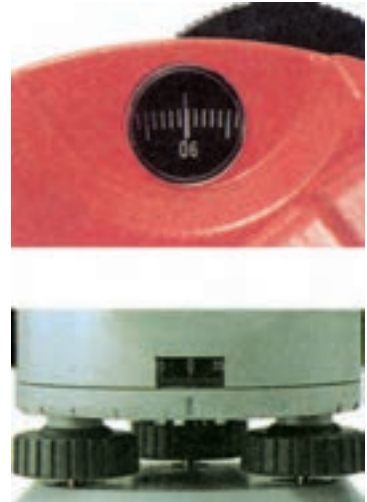
شکل ۳-۶

۱- پایه که به وسیله سه پیچ تراز کننده، روی سه پایه تکیه می‌کند و بر روی آن یک تراز قرار دارد. همچنین دایره مدرج افقی (لمب) برای اندازه‌گیری زاویه افقی که در بالای آن وجود دارد. ۲- تلسکوپ که در کنار آن تراز برای افقی کردن خط نشانه روی قرار دارد که در حول محور قائم می‌تواند دوران کند با یک پیچ نگهدارنده سمتی بسته می‌شود، و با پیچ حرکت جزئی سمتی به مقدار کمی می‌تواند چرخش نماید تا خط نشانه (رتیکول) در روی هدف قرار گیرد. در داخل تلسکوپ دوربین، صفحه‌ای به نام رتیکول قرار دارد که بر روی آن یک تار قائم و یک یا چند تار افقی برای نشانه روی حک شده است (شکل ۶-۶). علاوه بر این در بعضی از ترازها یک دایره مدرج افقی (لمب) برای اندازه‌گیری زاویه افقی (با دقت کم) بین امتدادهای

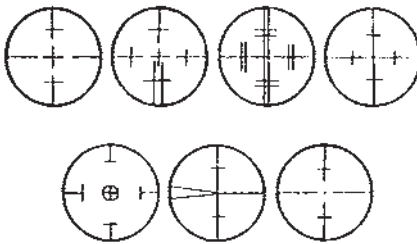
قراولروی وجود دارد که قرائت زاویه در بعضی از آن‌ها از داخل چشمی مخصوص انجام می‌گیرد. شکل (۶-۳) در نوعی دیگر مقدار زاویه مستقیماً از خارج قرائت می‌شود (شکل ۶-۴).



شکل ۶-۴



شکل ۶-۵



شکل ۶-۶

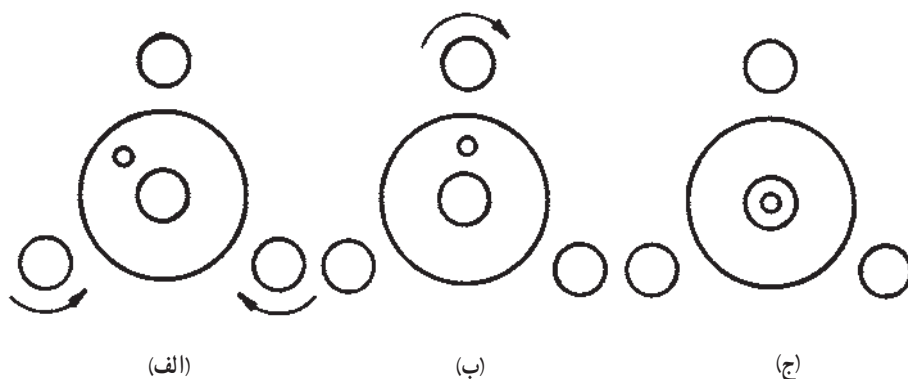


شکل ۶-۷

تراز کردن تراز یاب

تنظیم تراز کروی : برای دستگاه‌هایی که تراز کروی دارند، پس از قرار دادن تراز کروی بین دو تا از پیچ‌های تراز کننده، این دو پیچ را در جهت مخالف یکدیگر می‌چرخانیم تا حباب تراز در امتداد پیچ سوم قرار گیرد. سپس با چرخاندن پیچ سوم حباب را در وسط دایره تنظیم قرار می‌دهیم (شکل ۶-۷).

تنظیم تراز استوانه‌ای : در دستگاه‌هایی که تراز استوانه‌ای وجود دارد، برای تنظیم کردن ابتدا تراز دستگاه را در امتداد دو تا از پیچ‌های تراز کننده قرار می‌دهیم، و با چرخاندن این دو پیچ در جهت مناسب یکدیگر حباب تراز را به وسط می‌آوریم. (بین دو نشانه) سپس دورین را می‌چرخانیم تا تراز در امتداد پیچ سوم قرار گیرد. و این بار فقط با پیچاندن همین پیچ در جهت مناسب حباب را دوباره با وسط (بین دو نشانه) می‌آوریم باید دستگاه تراز باشد و در صورت تراز نبودن دستگاه، عملیات گفته شده تکرار می‌شود.



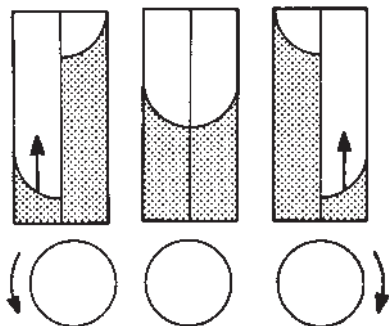
شکل ۸-۶

تنظیم تراز انطباقی : دستگاه‌هایی که تراز انطباقی دارند برای تراز کردن آن پیچ مخصوصی وجود دارد که با پیچاندن آن در جهت مناسب لوله تراز بر هم منطبق می‌شود. در ترازهای جدید به جای تراز انطباقی از وسیله‌ای به نام کمپنساتور^۱ که در داخل وسیله تعبیه شده استفاده می‌شود که به طور اتوماتیک محور نشانه روی افقی می‌شود که به این دستگاه‌ها، ترازهای اتوماتیک گفته می‌شود.

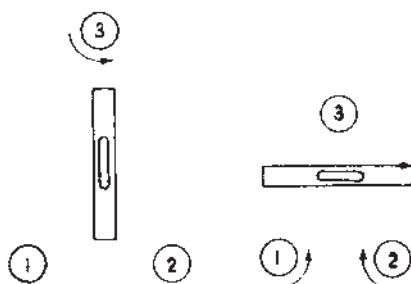


شکل ۹-۶

^۱ Compensator



شکل ۶-۱۱



شکل ۶-۱۰

سه پایه

سه پایه وسیله‌ای است که ترازباب روی آن قرار گرفته و تراز می‌شود (شکل ۶-۱۲). از یک صفحه فلزی مثلث شکل که زیر آن پیچی قرار دارد تشکیل یافته، ترازباب توسط این پیچ به سه پایه متصل می‌شود. همچنین شاقول در داخل این پیچ قرار می‌گیرد پایه‌های آن معمولاً از چوب یا آلومینیوم ساخته می‌شود به طوری که به هر اندازه قابل تنظیم باشد.



شکل ۶-۱۲

مستقر کردن تراز یاب

منظور از مستقر کردن تراز یاب بر روی یک نقطه آن است که دستگاه را طوری قرار دهیم که اولاً محور قائم دستگاه از آن نقطه عبور کند (این کار به کمک شاقول که در زیر دستگاه اضافه می شود انجام می پذیرد) ثانیاً دستگاه تراز شود.

برای استقرار تراز یاب روی نقطه مشخص ابتدا تراز یاب را به وسیله پیچ سه پایه به همدیگر متصل می کنیم. سپس در زیر آن یک شاقول آویزان می کنیم و سه پایه را به اندازه قدمان تنظیم می کنیم. سه پایه را طوری روی نقطه قرار می دهیم که نقطه در وسط سه تا پایه بوده و شاقول روی نقطه قرار گیرد، در حین اینکار سعی می کنیم صفحه بالای سه پایه را تقریباً افقی نگهداریم، پس از محکم کردن نوک پایه ها در زمین دستگاه را به نحوی که قبلاً گفته شد تراز می کنیم.

شاخص^۱ یامیر

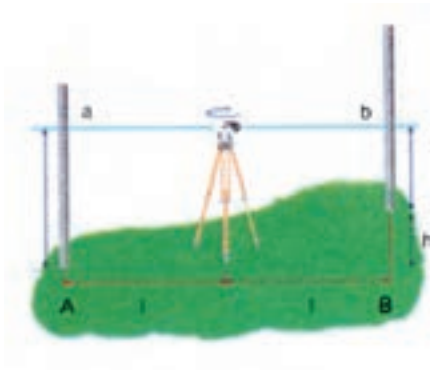
شاخص وسیله ای است که همراه دستگاه های تراز یاب یا زاویه یاب برای عملیات مختلف نقشه برداری مورد استفاده قرار می گیرد. این وسیله یک خط کش بلند است که به تقسیمات سانتیمتر مدرج شده برای سهولت خواندن آن سانتیمترها را غالباً یک در میان به دو رنگ مختلف و هر ده سانتیمتر را با خط بزرگتر یا به صورت عدد نشان می دهند. این وسیله معمولاً از چوب یا از آلومینیوم ساخته می شود و طول آن ۲ یا ۳ یا ۴ متر است و عرض شاخص ها معمولاً بین ۱۲ - ۷ سانتیمتر و ضخامت آن بسته به جنس چوبی که از آن استفاده شده حدود چند سانتیمتر است. اعداد در بعضی از شاخص ها به صورت معکوس نوشته شده که همراه دوربین هایی که تصویر معکوس دارند، مورد استفاده قرار می گیرند و در بعضی دیگر اعداد به صورت مستقیم برای استفاده همراه دوربین هایی که تصویر مستقیم دارند، نوشته شده است. در شکل (۱۳-۶) چند نمونه از شاخص ها را می بینید. لازم به توضیح است که هنگام استقرار شاخص روی یک نقطه حتماً شاخص باید قائم نگه داشته شود و این کار توسط تراز مخصوصی انجام می گیرد.



شکل ۱۳-۶

اصول کار تراز یابی مستقیم و نحوه عمل در روی زمین

در این روش اختلاف ارتفاع به وسیله تراز یاب و شاخص مدرج به دست می آید. اگر بخواهیم اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B را پیدا کنیم (شکل ۶-۱۴) تراز یاب را در وسط دو نقطه A و B مستقر می کنیم و شاخص ها را بر روی دو نقطه A و B به صورت قائم نگه می داریم.



شکل ۶-۱۴



شکل ۶-۱۵

عدد a را به وسیله تار وسط دوربین روی شاخصی که در نقطه A قرار گرفته و عدد b را روی شاخص دیگری که در نقطه B قرار دارد، قرائت می کنیم. معمولاً قرائت روی نقطه A را قرائت عقب (BS)^۱ و قرائت روی نقطه B را قرائت جلو (FS)^۲ می گویند. در این حالت اختلاف ارتفاع برابر $\Delta h_{AB} = BS - FS = a - b$ خواهد بود. چنانچه ارتفاع نقطه A از سطح مبنا برابر h_A باشد ارتفاع نقطه B برابر $h_B = h_A + \Delta h_{AB}$ از سطح مبنا خواهد بود.

مثال: در شکل (۶-۱۴) چنانچه ارتفاع نقطه A برابر $h_A = ۱۲۵/۵۰۰$ متر و قرائت روی نقطه A برابر $BS = a = ۲۸۲۵$ میلی متر و قرائت روی نقطه B برابر $FS = b = ۱۲۷۵$ میلی متر باشد. اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B و همچنین ارتفاع نقطه B از سطح مبنا را محاسبه کنید.

$$\Delta h_{AB} = B.S - F.S = ۲۸۲۵ - ۱۲۷۵ = ۱۵۵ \text{ mm} = ۱/۵۵ \text{ m}$$

یعنی نقطه A به اندازه ۵۵/۱ متر بالاتر از نقطه B است.

$$h_B = h_A + \Delta h_{AB} = ۱۲۵/۵۰۰ + ۱/۵۵ = ۱۲۷/۰۵ \text{ m}$$

^۱ Back Sight

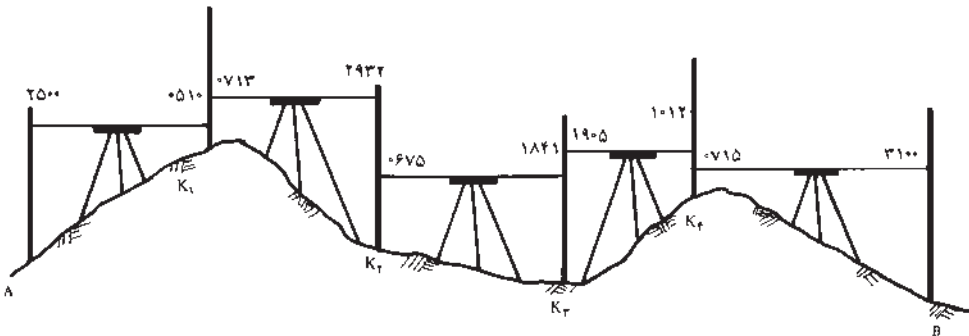
^۲ For Sight

روش‌های مختلف ترازیبی مستقیم

برحسب موقعیت نقاط بر روی زمین، عمل ترازیبی به روش‌های مختلف زیر انجام

می‌شود.

ترازیابی تدریجی: اگر دو نقطه‌ای که می‌خواهیم اختلاف ارتفاع آن‌ها را پیدا کنیم از هم دور باشند یا شیب زمین زیاد باشد، به نحوی که با یکبار استقرار دوربین پیدا کردن اختلاف ارتفاع مقدور نباشد، به طریقه ترازیبی تدریجی به شرح زیر عمل می‌کنیم. اگر در شکل (۶-۱۶) اختلاف ارتفاع A و B را نتوان با یک استقرار اندازه‌گیری کرد، ابتدا در نزدیکی نقطه A ترازیب را مستقر می‌کنیم و شاخص را روی نقطه A می‌گذاریم، (به طور قائم) پس از نشانه روی به آن عدد مربوطه را می‌خوانیم (قرائت عقب). بعداً شاخص را روی نقطه کمکی مانند K_1 که فاصله‌اش تا ترازیب تقریباً برابر فاصله ترازیب تا نقطه A است قرار داده و عدد مربوط به این نقطه را بر روی شاخص می‌خوانیم (قرائت جلو). سپس ترازیب را به نقطه دیگری که بعد از نقطه K_1 قرار دارد منتقل ساخته و پس از قرائت شاخص در این نقطه به ترتیب فوق عمل ترازیبی را برای نقاط (K_2 و K_3 و K_4 و ...) ادامه می‌دهیم، تا به نقطه B برسیم.



شکل ۶-۱۶

برای جلوگیری از اشتباه و مرتب نوشتن اعداد، جدول ساده‌ای را ترسیم می‌کنیم. و در هر ایستگاه گذاری یک قرائت عقب و یک قرائت جلو خواهیم داشت که در ستون‌های مربوطه نوشته می‌شوند. لازم به توضیح است که در نقطه A فقط یک قرائت عقب و در سایر نقاط هم قرائت جلو و هم قرائت عقب و در نقطه B فقط قرائت جلو خواهیم داشت. برای محاسبه اختلاف ارتفاع نقاط A و B حاصل جمع قرائت‌های جلو از حاصل جمع قرائت‌های عقب کم می‌شود باشد نقطه B پایینتر از نقطه A است. چنانچه ارتفاع نقطه A معلوم باشد آن را با اختلاف ارتفاع به دست آمده، جمع جبری می‌کنیم تا ارتفاع نقطه B به دست آید.

مثال: برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B از نقطه A شروع با ترازایی کرده‌ایم و تا رسیدن به نقطه B از نقاط K_1, K_2, K_3, K_4 کمک گرفته‌ایم (شکل ۱۶-۶). اختلاف ارتفاع در نقطه A و B چقدر است؟

جدول ۱-۶

نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	
A	۲۵۰۰		
K_1	۰۷۱۳	۰۵۱۰	
K_2	۰۶۷۵	۲۹۳۲	
K_3	۱۹۰۵	۱۸۴۱	
K_4	۰۷۱۵	۱۰۱۲	
B		۳۱۰۰	
Σ مجموع	۶۵۰۸	۹۳۹۵	اختلاف ارتفاع = ۲۸۸۷mm

حال اگر بخواهیم ارتفاع نقاط K_1, K_2, K_3, K_4 و B را پیدا کنیم، با روشی که در بالا عمل کردیم امکان پذیر است. لیکن بعد از تنظیم جدول مربوطه قرائت‌های عقب و جلو دو به دو از هم کم می‌شوند تا بتوان ارتفاع یک‌یک آن‌ها را به دست آورد.

در فرم زیر جدول کار و طبقه محاسبه ضمن یک مثال نشان داده می‌شود.

مثال: در مثال قبلی ارتفاعات نقاط K_1, K_2, K_3, K_4 و B چقدر است؟ (در صورتی که ارتفاع نقطه A صدمتر فرض شود.)

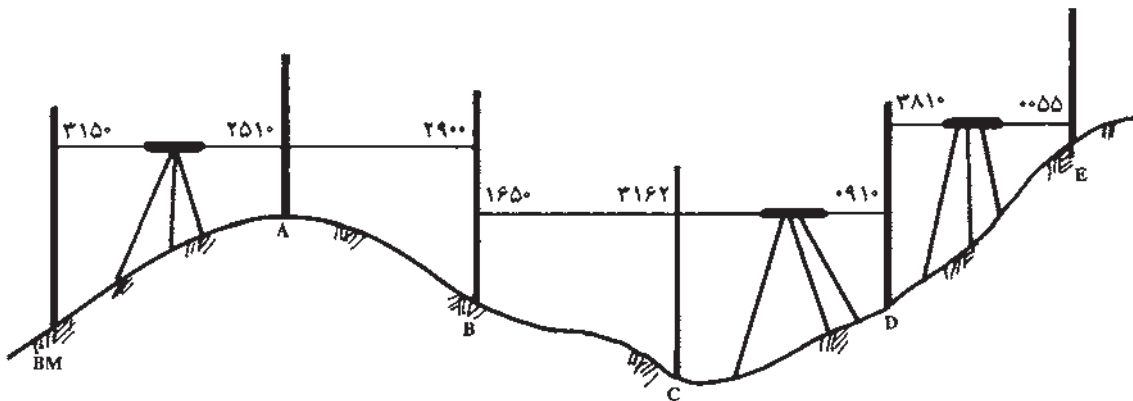
جدول ۲-۶

نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع		ارتفاع برحسب متر
			سربالایین -	سربالا +	
A	۲۵۰۰				۱۰۰/۰۰۰
K_1	۰۷۱۳	۰۵۱۰		۱۹۹۰	۱۰۱/۹۹۰
K_2	۰۶۷۵	۲۹۳۲	۲۲۱۹		۹۹/۷۷۱
K_3	۱۹۰۵	۱۸۴۱	۱۱۶۶		۹۸/۶۰۵
K_4	۰۷۱۵	۱۰۱۲		۸۹۳	۹۹/۴۹۸
B		۳۱۰۰	۲۳۸۵		۹۷/۱۱۳

چون می‌خواهیم ارتفاع یک یک نقاط را پیدا کنیم، دو ستون برای اختلاف ارتفاعات و ارتفاعات نقاط به ستون‌های جدول قبلی اضافه می‌کنیم. ابتدا اختلاف ارتفاع نقطه K_1 با A و همینطور اختلاف ارتفاع نقطه K_2 با K_1 و ... حساب می‌شوند. چنانچه اختلاف ارتفاع نقاط عدد منفی باشند در ستون سر پایین و عددی مثبت در ستون سر بالا نوشته می‌شوند. سپس از روی ارتفاع نقطه A ارتفاع نقطه K_1 و از روی ارتفاع نقطه K_1 ارتفاع نقطه K_2 و ... به دست می‌آید. چنانچه فاصله نقاط به هم نزدیک باشد که بتوان از یک ایستگاه عدد مربوط به چند نقطه را روی شاخص خواند. اولین قرائت را از هر ایستگاه قرائت عقب و آخرین را قرائت جلو و بقیه را به عنوان وسط در جدول می‌نویسند. طریقه تنظیم جدول در شکل (۶-۱۷) مشاهده می‌شود.

جدول ۶-۳

نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع		ارتفاع نقاط
			سرپایین -	سربالا +	



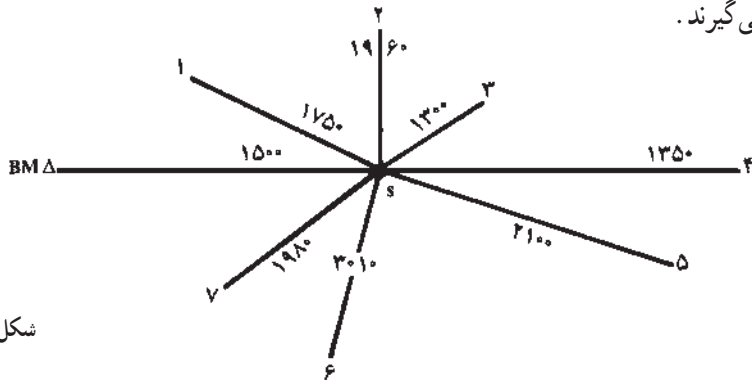
شکل ۶-۱۷

مثال: اگر در عملیات ترازایی شکل (۶-۱۷) برای پیدا کردن ارتفاع نقاط D, C, B, A و از نقطه BM که ارتفاع آن برابر $120/100$ متر باشد، قرائت‌هایی که در شکل (۶-۱۸) مشخص شده انجام شده باشد، مطلوب است محاسبه ارتفاع نقاط D, C, B, A و E .

جدول ۴-۶

نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع		ارتفاع (متر)
				سریالاً +	سریالین -	
BM	۳۱۵°					۱۲۰/۱۰۰
A		۲۵۱°			۰۶۴°	۱۲۰/۷۴°
B	۱۶۵°		۲۹۰°	۰۳۹°		۱۲۰/۳۵°
C		۳۱۶۲		۱۵۱۲		۱۱۸/۸۳۸
D	۳۸۱°		۰۹۱°		۲۲۵۲	۱۲۱/۰۹°
E			۰۰۵۵		۳۷۵۵	۱۲۴/۸۴۵

ترازیابی شعاعی: موقعی که نقاط به صورت پراکنده قرار گرفته‌اند، به طوری که با استقرار دوربین در جای مناسب بتوان تمام نقاط اطراف آن ایستگاه را ترازیابی کرد، از روش شعاعی استفاده می‌کنند در این روش نیز اولین قرائت را عقب و آخرین قرائت را جلو و بقیه نقاط را وسط، در نظر می‌گیرند.



شکل ۱۸-۶

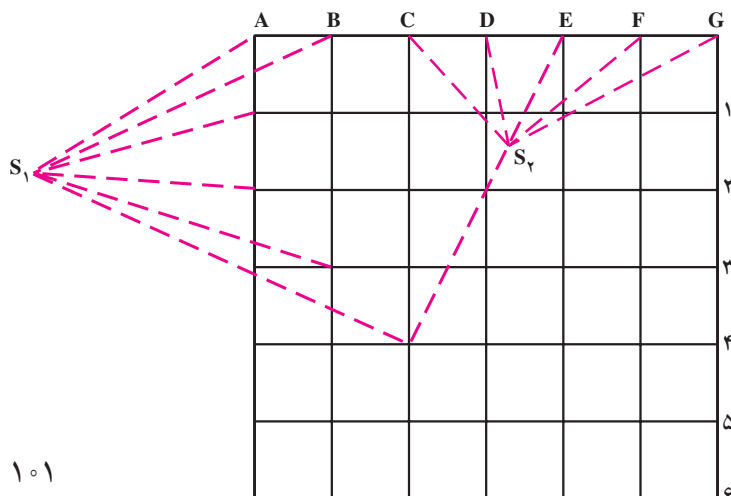
مثال: در شکل (۶-۱۸) مطلوب است محاسبه ارتفاع نقاط ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ با فرض این که ارتفاع نقطه BM برابر ۱۲۰ متر و قرائت شاخص‌ها روی هر نقطه در شکل نوشته شده است.

در این روش اولین قرائت روی BM را قرائت عقب و بقیه نقاط را قرائت وسط و آخرین قرائت روی نقطه ۷ را قرائت جلو در جدول نوشته و مثل روش قبل محاسبه می‌کنیم.

جدول ۵-۶

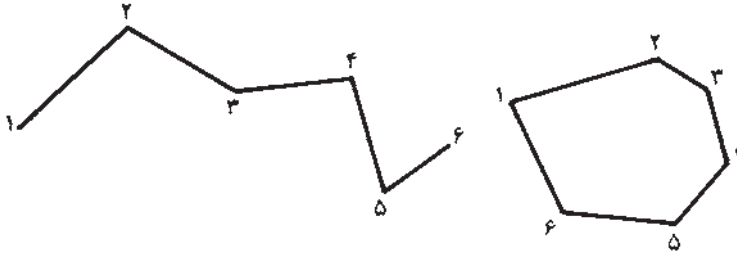
نقاط	قرائت عقب	قرائت وسط	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع		ارتفاع (متر)
				سر پایین -	سر بالا +	
BM	۱۵۰۰					۱۲۰/۰۰۰
۱		۱۷۵۰	۲۵۰			۱۱۹/۷۵۰
۲		۱۹۶۰	۲۱۰			۱۱۹/۵۴۰
۳		۱۳۰۰			۶۶۰	۱۲۰/۲۰۰
۴		۱۳۵۰		۵۰		۱۲۰/۱۵۰
۵		۲۱۰۰		۷۵۰		۱۱۹/۴۰۰
۶		۳۰۱۰		۹۱۰		۱۱۸/۴۹۰
۷			۱۹۸۰		۱۰۳۰	۱۱۹/۵۲۰

ترازیابی شبکه بندی : وقتی نقاط به طور مرتب بر روی رئوس یک شبکه قرار گرفته باشند، به ترازیابی می‌توانیم ترازیابی شبکه‌ای بگوییم. در این حالت نیز اولین قرائت را قرائت عقب و بقیه نقاط را قرائت وسط و آخرین قرائت هر ایستگاه را قرائت جلو می‌نویسند. و بعد از تغییر محل ترازیاب آخرین نقطه جلو حالت قبل را قرائت عقب و بقیه را قرائت وسط و آخرین را قرائت جلو می‌نویسند و این کار را ادامه می‌دهند به طوری که تمام نقاط شبکه دارای ارتفاع باشد و مثل حالت ترازیابی شعاعی محاسبه می‌کنند (شکل ۱۹-۶).



شکل ۱۹-۶

ترازیابی کنیرالاضلاعی (پلیگون): در این روش نقاط با یکدیگر تشکیل یک کنیرالاضلاعی را می‌دهند که این کنیرالاضلاعی ممکن است باز باشد. در این صورت ترازیابی را باز و اگر کنیرالاضلاعی (پلیگون) بسته باشد، ترازیابی را بسته می‌گویند.



شکل ۲۰-۶

روش‌های کنترل در ترازیابی

هنگامی که بخواهیم عمل ترازیابی قابل کنترل باشد، باید به یکی از طریقه‌های زیر عمل

کنیم:

طریقه رفت و برگشت: که در آن ترازیابی در دو مرحله به صورت رفت و برگشت انجام می‌شود. مثلاً وقتی بین دو نقطه A و B ترازیابی می‌کنند یکبار از A به طرف B (رفت) و بار دیگر از B به طرف A (برگشت) عمل فوق انجام می‌گیرد.

طریقه تغییر مکان ترازیاب: در این روش پس از یادداشت قرائت‌های جلو و عقب محل ترازیاب را کمی جابه‌جا می‌کنند (مثلاً حدود یک متر) و سپس دو قرائت عقب و جلو دیگر انجام می‌دهند که اختلاف ارتفاع نباید تغییر کند.

طریقه شاخص‌های دو رو: در این روش از شاخص‌هایی استفاده می‌کنند که هر دو طرف آن برحسب واحدهای مختلف مثلاً متر و فوت و اجزای آن‌ها مدرج شده باشد. پس از خواندن یک طرف شاخص آن را می‌چرخانند و طرف دیگر را می‌خوانند که اختلاف ارتفاع در دو حالت نباید تغییر کند.

طریقه قرائت سه تار رتیکول: روی صفحه رتیکول دوربین ترازیاب‌ها، به غیر از دو تار بزرگ افقی و قائم دو تار افقی کوتاه نیز وجود دارند که فاصله آن‌ها تا تار افقی بزرگ میانی برابر است. چنانچه بر روی سه تار افقی قرائت انجام شود اختلاف تا بالا و وسط باید با اختلاف تار وسط و پایین، با تقریب یکی دو میلی‌متر مساوی باشد.

خطاها در تراز یابی

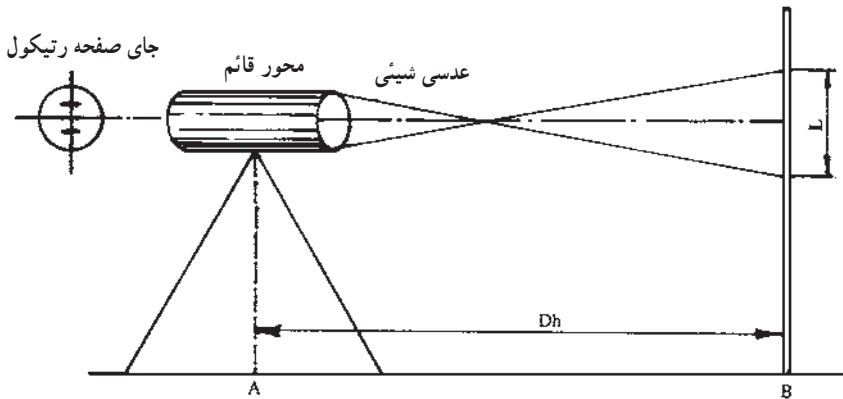
خطاهای طبیعی: مانند خطای انکسار نور و اثر باد و تغییر درجه حرارت که مانند خطای کرویت در اینجا قابل صرف نظر کردن هستند.

خطاهای دستگاهی: مانند میزان نبودن تراز، صحیح نبودن درجه بندی شاخص، سالم نبودن سه پایه، عمود نبودن محور دیدگانی تلسکوپ با محور قائم دوربین که به این خطا بعضی مواقع خطای کلیماتیون^۱ نیز می گویند.

خطای انسانی: مانند دقیق نخواندن اعداد روی شاخص، رفع نکردن کامل پارالاکس موقع قراولروی، عدم کنترل تراز موقع کار، قائم نبودن میز در موقع خواندن عدد.

اندازه گیری فاصله با تراز یاب

فرض کنیم در نقطه ای (مانند A) تراز یاب را مستقر کرده و در نقطه دیگری (مانند B) شاخص را قرار داده ایم و به آن نگاه می کنیم تصویر از شاخص داخل دوربین ایجاد می شود که در صورت تنظیم بودن، این تصویر روی صفحه رتیکول قرار می گیرد. طرز عبور اشعه و شکل تصویر در شکل (۶-۲۱) دیده می شود.



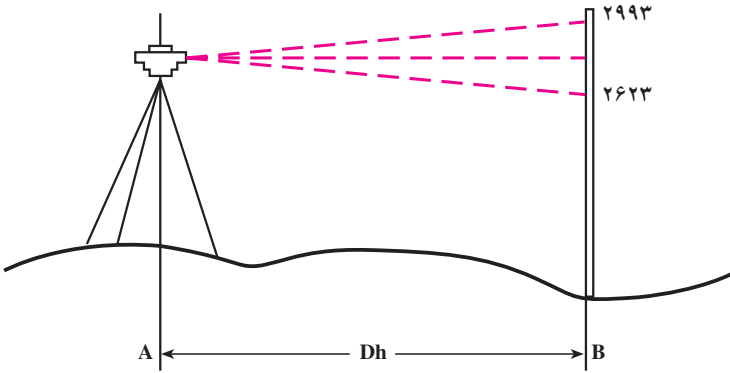
شکل ۶-۲۱

چنانچه اختلاف دو تار بالا و پایین را به L و فاصله افقی دو نقطه A و B را به D_h نمایش دهیم، بین D_h و L رابطه $D_h = KL$ برقرار است که K را ضریب ایستادیمتری^۲ می نامند و معمولاً مقدار K برای اکثر دوربینها برابر عدد 100 است. پس داریم $D_h = 100 \times L$ باید توجه داشت شرط استفاده از فرمول $D_h = 100 \times L$ آن است که امتداد شاخص بر امتداد قراولروی عمود باشد و لذا

۱- Collimation

۲- Stadiometry

باید این موضوع در موقع اندازه‌گیری کاملاً مراعات شود.
 مثال: برای اندازه‌گیری فاصله دو نقطه A و B روی نقطه A دوربین را مستقر کرده و شاخص را در نقطه B قرار داده‌ایم با توجه به شکل (۶-۲۲) فاصله افقی دو نقطه A و B را پیدا کنید.



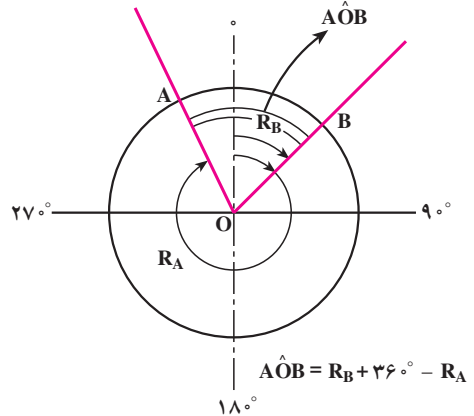
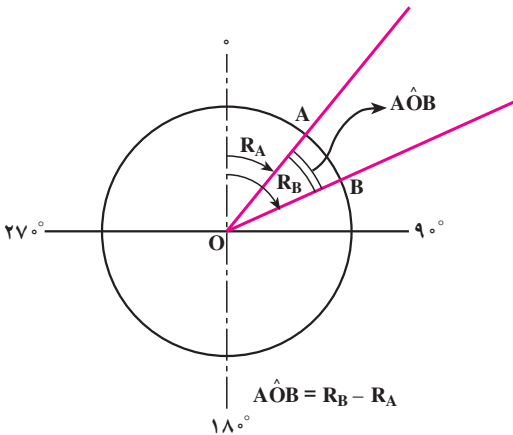
شکل ۶-۲۲

اختلاف دو تار $2993 - 2623 = 370 \text{ mm}$
 میلیمتر فاصله $D_h = 100 \times 370 = 37000$
 متر فاصله $37000 \div 1000 = 37$

اندازه‌گیری زاویه افقی با ترازباب

برای اینکه زاویه افقی ($\hat{A}OB$) را در شکل (۶-۲۳) اندازه بگیریم، ابتدا ترازباب را روی نقطه O مستقر کرده سپس به نقطه‌های روی دو ضلع A و B قراولروی کرده و مقادیر مربوط به هر نقطه را قرائت می‌کنیم. $\hat{A}OB = R_B$ چنانچه $R_A < R_B$ باشد خواهیم داشت:

$$\hat{A}OB = R_B - R_A$$



شکل ۶-۲۳

و چنانچه حین حرکت دوربین بعد از قراولروی به نقطه A تا رسیدن به نقطه B از درجه صفر لمب دستگاه گذشته باشیم ($R_A < R_B$)، و در این صورت داریم:

$$\hat{AOB} = R_B + 36^\circ - R_A \quad (\text{در صورتی که تقسیم بندی بر حسب درجه باشد})$$

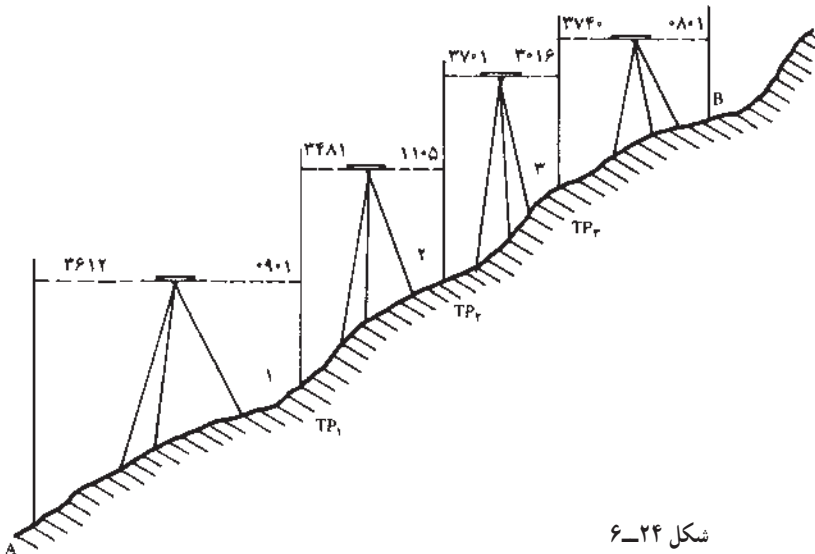
$$AOB = R_B + 40.0^{\text{gr}} - R_A \quad (\text{در صورتی که تقسیم بندی بر حسب گرادی باشد})$$

خودآزمایی

- ۱- منظور از ارتفاع چیست؟
- ۲- چند روش برای اندازه گیری اختلاف ارتفاع می شناسید نام برده و توضیح دهید. کدام روش دقیقتر است؟
- ۳- طرز استقرار ترازیا ب روی یک ایستگاه را توضیح دهید.
- ۴- خطاهای دستگاهی در ترازیابی را نام ببرید.
- ۵- نمونه ای از ترازیابی شبکه ای، تدریجی و شعاعی را در محوطه ی هنرستان خود انجام دهید؟

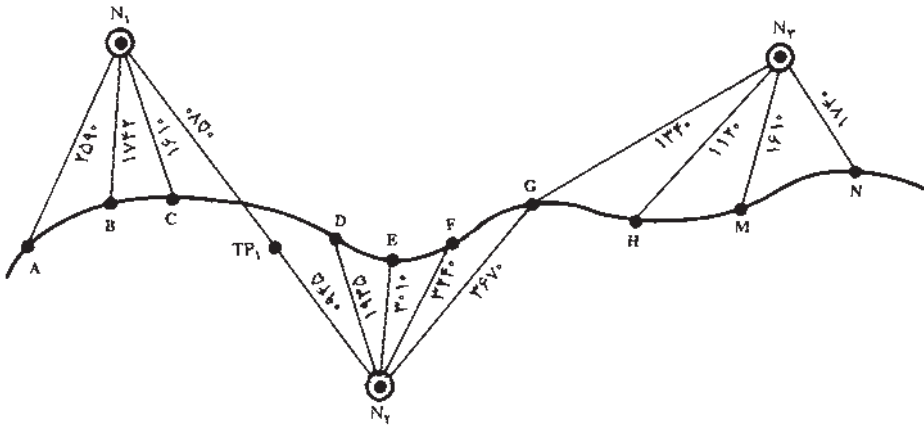
مسائل

- ۱- برای پیدا کردن ارتفاع نقاط TP_1 ، TP_2 ، TP_3 و B ترازیابی مانند شکل (۶-۲۴) انجام داده ایم. در صورتی که ارتفاع نقطه A برابر 100 متر باشد، ارتفاع نقاط TP_1 ، TP_2 ، TP_3 و B را محاسبه کنید.



شکل ۶-۲۴

۲- کروکی زیر حاصل یک ترازیبی از مسیر کانال آب رسانی است، در صورتی که ارتفاع نقطه A برابر $180/700$ متر باشد ارتفاع بقیه نقاط را محاسبه کنید.



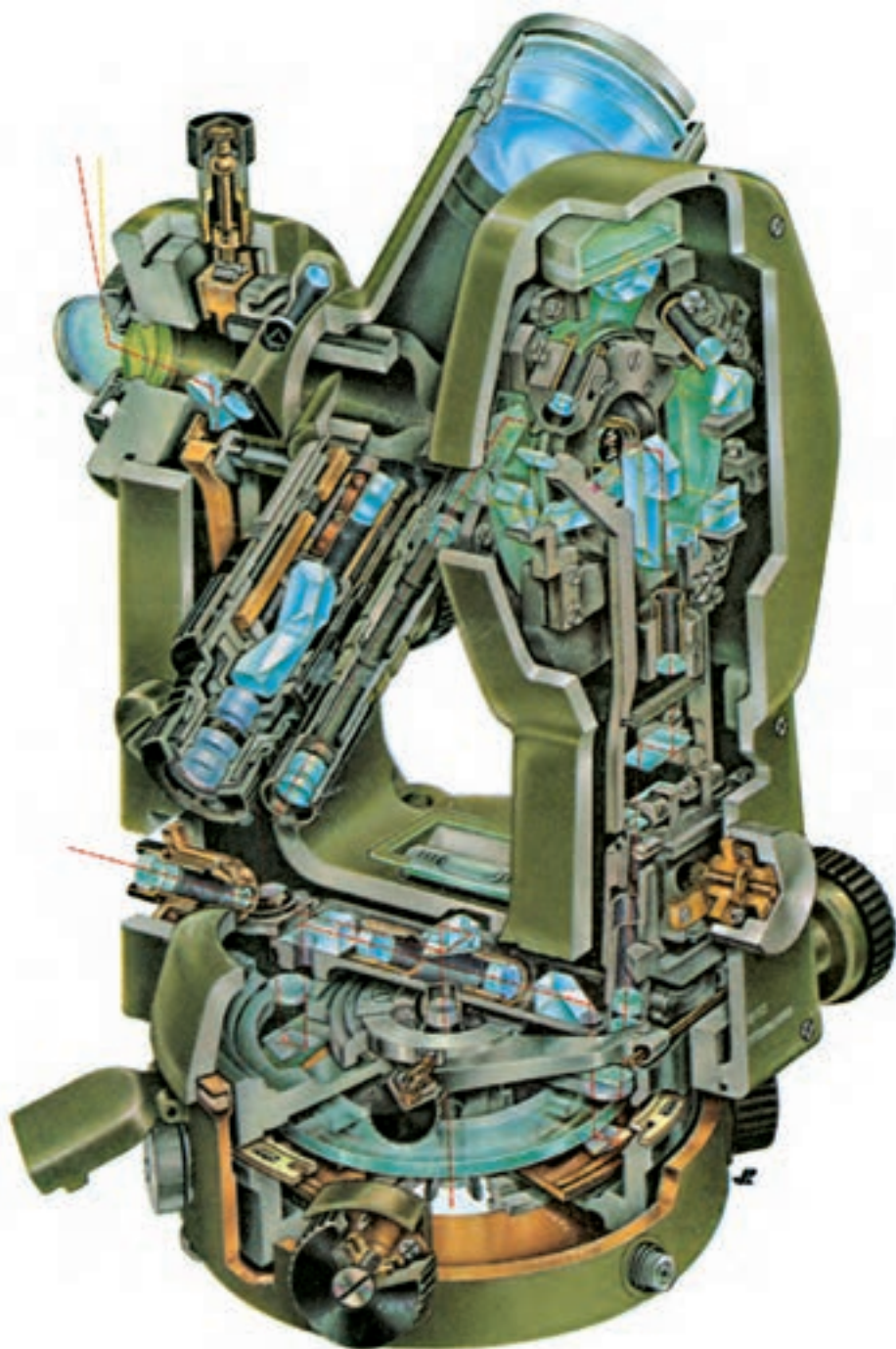
شکل ۲۵-۶

۳- برای اندازه‌گیری فاصله دو نقطه D و C روی ترازیب از مستقر کرده و شاخص را در نقطه C قرار داده‌ایم و تار بالا 2175^{mm} و تار پایین 1225^{mm} قرائت کرده‌ایم. مطلوب است محاسبه فاصله افقی DC.

زاویه یاب و زاویه یابی

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :

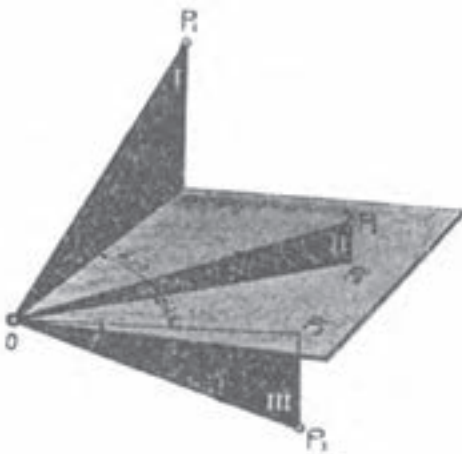
- ۱- دستگاه تئودولیت را توضیح دهد.
- ۲- سه محور تئودولیت را توضیح دهد.
- ۳- اجزای متشکله تئودولیت را توضیح دهد.
- ۴- تئودولیت را روی نقطه مشخص مستقر کند.
- ۵- زوایا را قرائت کند.
- ۶- زوایای شیب و سمت الرأس را توضیح دهد.
- ۷- زاویه شیب را اندازه‌گیری کند.
- ۸- خطاهای اندازه‌گیری زوایای قائم و افقی را تشخیص دهد.
- ۹- فاصله افقی را به طریقه ایستادیمتری با استفاده از دوربین اندازه بگیرد.
- ۱۰- اختلاف ارتفاع دو نقطه را با استفاده از تئودولیت اندازه‌گیری کند.



تئودولیت چیست و چه کاربردی دارد؟ تئودولیت از چه قسمت‌هایی تشکیل شده است؟ چه فرقی بین زاویه افقی و قائم وجود دارد؟ در طبیعت زاویه شیب را چگونه می‌توان اندازه‌گیری کرد؟ فاصله دو نقطه را چگونه می‌توان با تئودولیت به دست آورد؟

زاویه یاب (تئودولیت)

تئودولیت وسیله‌ای است که در نقشه‌برداری برای اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم به کار می‌رود. زاویه افقی در صفحه افق و زاویه قائم در صفحه قائم اندازه‌گیری می‌شوند (شکل ۷-۱). این وسیله از سه قسمت اساسی تشکیل شده که عبارتند از: پایه، آلیداد^۲، تلسکوپ، با مقایسه با دستگاه ترازباب در این قسمت یک آلیداد (قطعه U شکل) به منظور ایجاد محوری، برای حرکت دوربین در صفحه قائم اضافه شده است. تئودولیت دارای سه محور است که همدیگر را در یک نقطه (O) قطع می‌کنند (شکل ۷-۲). و به شرح زیرند:



شکل ۷-۱- صفحات افقی و قائم و زوایای افقی و قائم

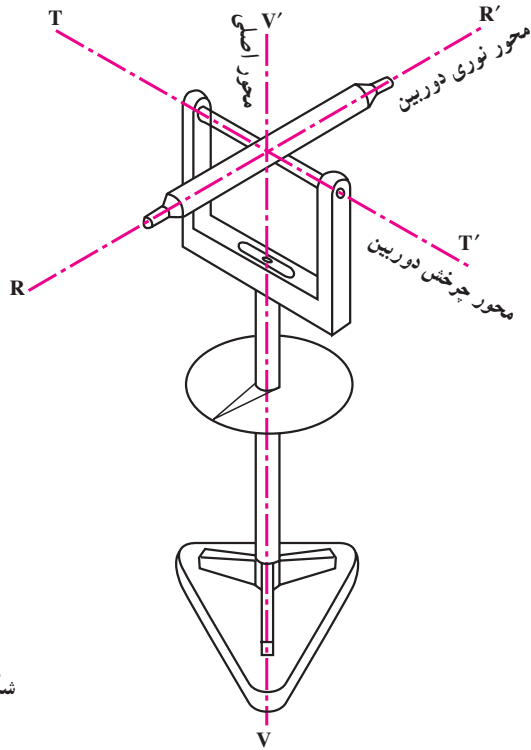
محور نوری دوربین: این محور امتدادی است که محل تقاطع دوتار بلند رتیکول را به مرکز عدسی چشمی متصل می‌کند (محور RR').

محور چرخش دوربین: امتدادی است که تلسکوپ حول آن در صفحه قائم می‌چرخد (محور TT').

محور اصلی دستگاه: امتداد قائمی است که از مرکز تلسکوپ می‌گذرد و بر مرکز لمب افقی عمود است (محور VV').

۱-Theodolite

۲- Alidad



شکل ۲-۷

اجزای تشکیل دهنده تئودولیت

تئودولیت از هفت قسمت عمده‌ی زیر تشکیل شده که عبارتند از:

۱- **تلسکوپ**: لوله‌ای است استوانه‌ای شکل به طول ۲۵-۲۰ سانتیمتر که در داخل آن عدسی شیئی و چشمی، دیافراگم، عدسی میزان، صفحه‌ی رتیکول و پیچ تنظیم تصویر (پیچ فکوس) قرار دارد.

۲- **آلیداد**: یک قطعه فلز U شکلی است که حامل محور چرخش تلسکوپ است. بدین معنی که تلسکوپ می‌تواند حول این محور دوران نماید ضمناً خود آلیداد می‌تواند حول قائم دستگاه (VV') دوران کند.

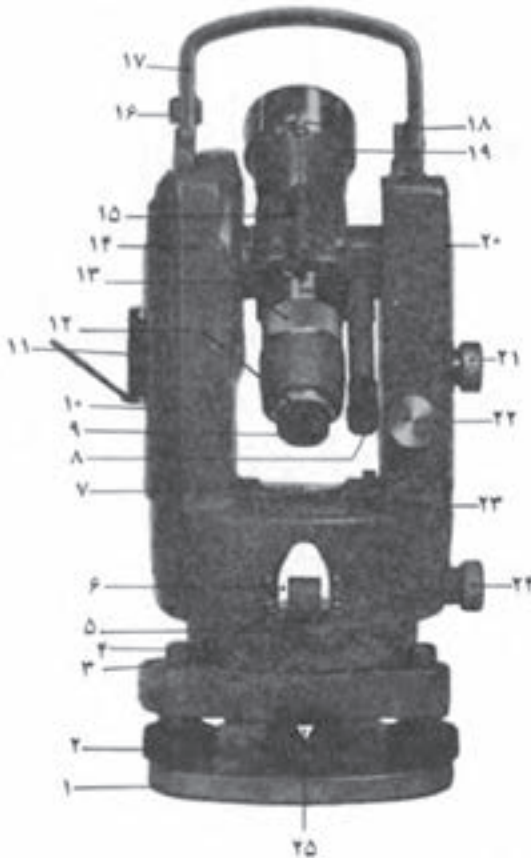
۳- **لمب‌ها**: دو صفحه شیشه‌ای مدرج هستند که یکی به طور افقی و دیگری به طور قائم قرار گرفته و درجات آن‌ها به کمک ورنیه و میکرومتر قرائت می‌شوند.

۴- **ترازها**: برای اینکه بتوانیم محور اصلی دستگاه را منطبق بر امتداد قائم کنیم، بین دو شاخه آلیداد یک تراز استوانه‌ای نصب شده است و در بالای لمب قائم نیز تراز لوبیایی کار گذاشته شده که با پیچ مخصوصی که در زیر آن است، تنظیم می‌شود. در دوربین‌های جدید به جای تراز لوبیایی از کمپنساتور استفاده شده است.

۵- پایه : تئودولیت به وسیله پایه که دارای سه پیچ عاجدار است در وضعیت افقی قرار می گیرد.

۶- پیچ های کنترل حرکت : برای اینکه حرکت تلسکوپ و آلیداد و لمب افقی قابل کنترل باشد از دو نوع پیچ، یک نوع برای حرکت های کلی و نوع دیگر برای حرکت های جزئی استفاده شده است.

۷- آئینه : در کنار دستگاه آئینه ای تعبیه شده که نور را به طرف داخل دستگاه هدایت می کند. این نور به کمک سیستم های منشوری و چند عدسی از لمب ها عبور کرده و تصویر را درحالی که باید قرائت شود، به چشمی قرائت که در کنار دوربین قرار گرفته، می رساند.



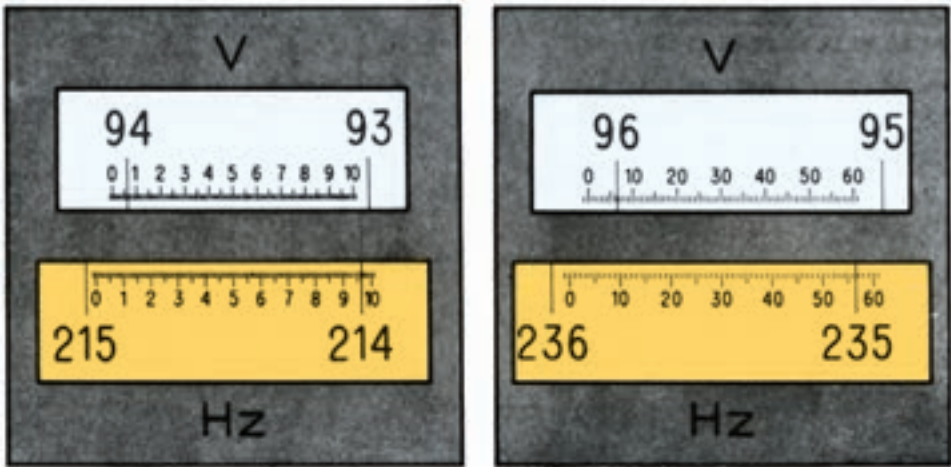
- ۱- صفحه ای اتصال تئودولیت به سه پایه
- ۲- پیچ های تراز کننده
- ۳- تراز کروی
- ۴- محفظه قرارگرفتن پیچ های تراز کننده
- ۵- سکوی قرارگرفتن ضامن
- ۶- ضامن مخصوص قفل کردن نقاله مدرج لمب افقی به آلیداد
- ۷- تراز استوانه ای
- ۸- چشمی قرائت زاویه
- ۹- چشمی تلسکوپ
- ۱۰- محفظه گرفتن نور
- ۱۱- آئینه
- ۱۲- پیچ بازکردن چشمی تلسکوپ
- ۱۳- پیچ مخصوص تنظیم همگرایی تلسکوپ
- ۱۴- آلیداد
- ۱۵- وسیله ای قراولروی (مگسک)
- ۱۶- پیچ اتصال و دستگیره به آلیداد
- ۱۷- دستگیره برای حمل دوربین
- ۱۸- ضامن آزادکننده دستگیره از آلیداد
- ۱۹- تلسکوپ
- ۲۰- نشانه مخصوص اندازه گیری ارتفاع دوربین از زمین
- ۲۱- پیچ قفل کردن حرکت تلسکوپ
- ۲۲- پیچ حرکت خفیف تلسکوپ پس از قفل شدن

- ۲۳- شاقول اپتیکی
- ۲۴- پیچ حرکت جزئی افقی
- ۲۵- ضامن آزادکردن آلیداد از قسمت زیرین

شکل ۳-۷

طرز قرائت زاویه

کارخانه‌های سازنده تئودولیت لمب‌ها را به دو نوع درجه (۳۶۰) و گراد (۴۰۰) تقسیم‌بندی می‌کنند. بر این اساس دوربین‌هایی را که لمب آن‌ها به درجه تقسیم‌بندی شده است، دوربین درجه‌ای و نوع دیگر را دوربین گراد می‌نامند. در شکل (۷-۴) هر دو نوع تقسیم‌بندی به همراه میکرومتر آن‌ها نشان داده شده است. اگر از چشمی قرائت تئودولیت نگاه کنیم دو قسمت درجه‌بندی مشاهده خواهیم کرد که قسمت بالایی نشان دهنده زاویه قائمه (۱۷) و قسمت پایین نشان دهنده زاویه افقی (۲HZ) امتداد است.



زاویه افقی ۲۱۴/۹۶۴ گراد و زاویه قائم ۹۴/۰۶۴ گراد
(گراد ۴۰۰)

زاویه افقی ۵۶/۴' و ۲۳۵° و زاویه قائم ۰۶/۵' و ۹۶°
(درجه ۳۶۰)

شکل ۷-۴

لازم به توضیح است که در تئودولیت‌های جدید شکل (۷-۵) دیگر قرائت زوایا از چشمی قرائت انجام نمی‌گیرد بلکه مقادیر زوایای افقی و قائم مستقیماً از صفحه‌ی نمایش قرائت می‌شود.

۱_ Vertical

۲_ Horizontal



شکل ۵-۷

مستقر کردن تئودولیت بر روی نقطه مشخص

منظور از مستقر کردن تئودولیت بر روی یک نقطه مشخص همانطور که در مورد تراز یاب گفته شد، آن است که تئودولیت را به شکلی قرار دهیم که اولاً محور اصلی دستگاه از آن نقطه مشخص بگذرد، ثانیاً دستگاه تراز شود. طرز عمل به شرح زیر است: ابتدا سه پایه‌ای را به اندازه لازم (قدمان) توسط پیچ‌های تخته پایه تنظیم می‌کنیم و تئودولیت را روی آن سوار می‌کنیم. به کمک شاقول اپتیکی دستگاه را بر روی نقطه مشخص آورده و نوک پایه‌ها را کاملاً در زمین فرو می‌کنیم. با بلند و کوتاه کردن پایه‌ها تراز کروی را تنظیم می‌کنیم. برای تنظیم تراز استوانه‌ای (که بر روی آلیداد قرار دارد) آلیداد را در امتداد دو پیچ تنظیم قرار می‌دهیم. این دو پیچ را در خلاف همدیگر می‌چرخانیم تا حباب در وسط دو خط نشانه قرار گیرد. سپس آلیداد را در امتداد پیچ سوم قرار می‌دهیم و با همین پیچ حباب تراز را بین دو خط نشانه (وسط) تنظیم می‌کنیم، در صورتی که تئودولیت تراز انطباقی هم داشته باشد با پیچ مخصوص که در کنار تراز انطباقی قرار دارد، آن را نیز باید تراز کرد. دستگاه در این حالت تراز شده است. برای اطمینان آلیداد را می‌چرخانیم و تراز را کنترل می‌کنیم. اگر حباب در وسط قرار نگرفته باشد، عملیات بالا را تکرار می‌کنیم.

طرز اندازه گیری زاویه افقی با تئودولیت

برای اندازه گیری زاویه افقی (AOB) پس از قرار دادن تئودولیت روی سه پایه به شرح زیر عمل می کنیم.

۱- ایستگاه گذاری: دستگاه را طوری روی رأس زاویه (O) قرار می دهیم که محور اصلی دستگاه از نقطه ایستگاه بگذرد. سپس دستگاه را تراز می کنیم.

۲- نشانه روی و قرائت: به نقاط روی دو ضلع (A,B) قراولروی کرده و مقادیر مربوط به هر امتداد را قرائت می کنیم R_B و R_A چنانچه مستقیماً به نقاط A و B دید نداشته باشیم، از ژالون استفاده می کنیم.

چنانچه $R_B > R_A$ باشد، داریم: $\hat{A}OB = R_B - R_A$ و چنانچه حین حرکت دوربین بعد از قراولروی به نقطه A تا رسیدن به نقطه B از درجه صفر لمب دستگاه گذشته باشد، در این صورت $R_B < R_A$ داریم:

$$\hat{A}OB = R_B + 36^\circ - R_A \quad (\text{چنانچه لمب برحسب درجه تقسیم بندی شده باشد})$$

$$\hat{A}OB = R_B + 40^\circ \text{gr} - R_A \quad (\text{چنانچه لمب برحسب گراد تقسیم بندی شده})$$

مثال: برای اندازه گیری زاویه $\hat{A}OB$ و $\hat{M}ON$ روی ایستگاه O مستقر شده (شکل ۶-۷)

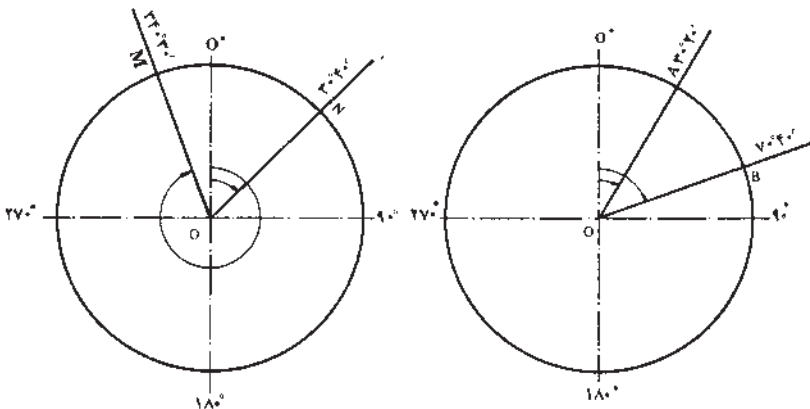
و امتدادهای A, B به ترتیب برابر $R_A = 3^\circ 20'$ و $R_B = 7^\circ 40'$

و امتدادهای M و N به ترتیب $R_M = 34^\circ 30'$ و $R_N = 3^\circ 40'$ قرائت شده است. زوایای

$$\hat{A}OB \text{ و } \hat{M}ON \text{ را محاسبه کنید.} \quad \hat{A}OB = R_B - R_A = 7^\circ 40' - 3^\circ 20' = 4^\circ 20'$$

$$\hat{M}ON = R_N + 36^\circ - R_M \quad \text{چون } R_B > R_A \text{ است پس:}$$

$$\hat{M}ON = 3^\circ 40' + 36^\circ - 34^\circ 30' = 5^\circ 10' \quad \text{چون } R_N < R_M \text{ پس:}$$



شکل ۶-۷

تنظیم تار رتیکول و تصویر

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

صفر صفر کردن تئودولیت

در نقشه برداری معمول است که لمب افقی را در موقع نشانه‌روی به امتداد اول صفر صفر کنند. (درجه و دقیقه لمب و ورنیه صفر باشند) که این کار توسط قفل لمب افقی انجام می‌گیرد. (اصطلاحاً قرائت زاویه افقی بر روی امتداد OA صفر صفر می‌شود.) در این صورت

$$\hat{A}OB = R_B - R_A = R_B - O = R_B$$

قرائت کوپل (زوج)

در اندازه‌گیری زاویه موقعی که می‌خواهند مقدار زاویه دقیقتر به دست آید با دو حالت مستقیم و معکوس دوربین زاویه را می‌خوانند و میانگین می‌گیرند. در حالت مستقیم، لمب قائم در طرف چپ ناظر و در حالت معکوس لمب قائم در طرف راست ناظر قرار می‌گیرد. این دو حالت را اصطلاحاً دایره به چپ و دایره به راست می‌گویند.

$$LR = \frac{200 \text{ gr یا } 18^\circ - \text{قرائت دایره به راست} + \text{قرائت دایره به چپ}}{2}$$

اگر $L < R$ باشد از علامت - در رابطه استفاده می‌شود.

اگر $L > R$ باشد از علامت + در رابطه استفاده می‌شود.

مثال: برای اندازه‌گیری زاویه $\hat{A}OB$ روی ایستگاه O مستقر شده و امتدادهای A و B

در حالت دایره به چپ تئودولیت به ترتیب برابر $L_A = 38^\circ 40'$ و $L_B = 74^\circ 50'$ و در حالت دایره به

راست تئودولیت به ترتیب $R_A = 218^\circ 50'$ و $R_B = 254^\circ 50'$ و قرائت شده است. مطلوبست

محاسبه زاویه $\hat{A}OB$.

$$LR_A = \frac{L_A + R_A - 18^\circ}{2} = \frac{38^\circ 45' + 218^\circ 50' - 18^\circ}{2} = 38^\circ 45'$$

$$LR_B = \frac{L_B + R_B - 18^\circ}{2} = \frac{74^\circ 50' + 254^\circ 50' - 18^\circ}{2} = 74^\circ 50'$$

$$\hat{AOB} = LR_B - LR_A = 74^\circ 50' - 38^\circ 45' = 36^\circ 5'$$

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

جدول ۱-۷

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

زوایای شیب و سمت الرأس

وضع هر امتداد را در صفحه‌ی قائم با یکی از دو زاویه شیب (زاویه قائم) (α) یا سمت الرأس (زاویه زینتی) (Z) می‌توان مشخص کرد. پس می‌توان گفت دو نوع زاویه قائم داریم که عبارتند از:

– زاویه شیب یک امتداد، زاویه ایست که آن امتداد با صفحه افق می‌سازد (α) .

محور قائم

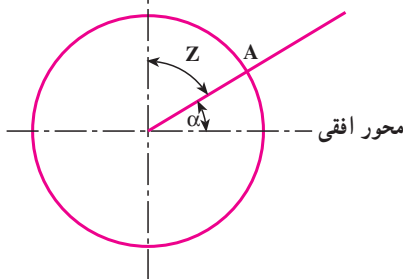
– زاویه سمت الرأس یک امتداد، زاویه ایست که

آن امتداد با خط قائم می‌سازد (Z) .

بنابراین می‌توان گفت زوایای شیب و سمت

الرأس متمم یکدیگرند.

$$a + z = 90^\circ = 100^\circ \text{ gr}$$

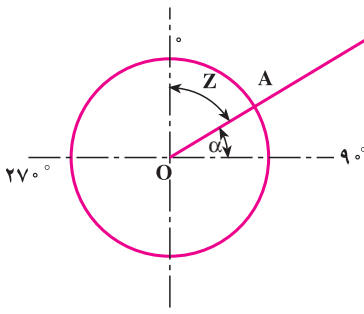


شکل ۷-۷

روش اندازه‌گیری زاویه شیب

در بعضی از تودولیت‌ها وقتی دوربین در حالت افقی است، زاویه لمب قائم صفر (و در حالت معکوس 18° یا 200° گراد) قرائت می‌شود و در بقیه دوربین‌ها در حالت افقی زاویه قائم 90° یا 100° (و در حالت معکوس 27° و یا 300° گراد) قرائت می‌شود. با توجه به این مطلب می‌توان زاویه شیب یک امتداد را به طریق زیر اندازه‌گیری کرد.

تار افقی رتیکول را روی نقطه‌ای که زاویه‌ای که می‌خواهیم زاویه آن را پیدا کنیم، می‌گذاریم و عدد لمب قائم را قرائت می‌کنیم. اختلاف این مقدار و قرائت لمب قائم در حالت افق زاویه شیب را به ما می‌دهد.



شکل ۸-۷
۱۸۰°

مثال: اگر زاویه قائم امتداد OA برابر 6° قرائت شود و دوربین وقتی در حالت افقی است برابر 90° باشد، زاویه شیب امتداد OA را حساب کنید.

در اندازه‌گیری زاویه قائم نیز مانند زاویه افقی برای دقیق‌تر بودن نتیجه می‌توان زاویه را در حالت دایره به چپ و دایره به راست دوربین قرائت کرد. سپس قرائت دایره به راست را از 36° یا 400° گراد کم می‌کنیم و با قرائت دایره به چپ میانگین می‌گیریم. اگر قرائت دایره به چپ را به V_L و قرائت دایره به راست V_R نمایش دهیم مقدار زاویه برابر خواهد بود با:

$$V = \frac{V_L + (360 - V_R)}{2}$$

خطاها در اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم

خطاهایی را که در اندازه‌گیری زوایا پیش می‌آیند به دو دسته تقسیم می‌کنند که عبارتند از: خطاهای دستگاهی و خطاهای عملیاتی: به کمک روش‌های مختلف خواندن زاویه (قرائت ساده - کوپل - تکرار) برای کارهای دقیق می‌توان خطاهای دستگاهی را کاهش و یا حذف کرد و برای کارهای کم دقت قابل صرف‌نظر کردن هستند. در اینجا بخش دیگر خطاها یعنی خطاهای عملیاتی باید مورد توجه قرار گیرند. به این ترتیب که ضمن عملیات باید سعی کرد که از پیش آمدن آن‌ها احتراز شود. مهمترین این خطاها عبارتند از:

- ۱- خطای قائم نبودن محور اصلی
- ۲- خطای ایستگاه گذاری
- ۳- خطای ثابت نبودن دستگاه در موقع اندازه‌گیری
- ۴- خطای نشانه روی
- ۵- خطای قرائت

اندازه گیری طول به روش ایستادیمتری

در این روش با استفاده از دستگاه تئودولیت و شاخص، فاصله به دست می آید. فرض کنید می خواهیم فاصله افقی بین دو نقطه A, B را اندازه گیری کنیم. دوربین را در ایستگاه A مستقر می کنیم و در نقطه B شاخص را به طور قائم نگه می داریم. شکل (۷-۹) سپس به شاخص نشانه روی کرده و تار بالا (L_1) و تار پایین (L_2) رتیکول را قرائت می کنیم. چنانچه زاویه شیب امتداد AB برابر α باشد با توجه به شکل خواهیم داشت:

$$L = L_1 - L_2$$

$$D' = KL \cos \alpha$$

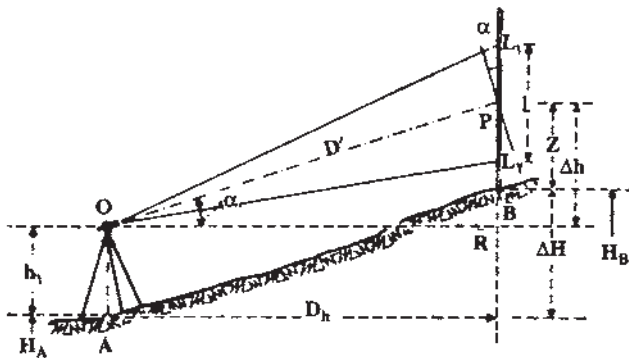
$$D_h = (KL \cos \alpha) \cos \alpha = KL \cos^2 \alpha$$

که عدد ثابت K معمولاً برای اکثر دوربین ها برابر 100 است که آن را ضریب ایستادیمتری می نامند. بنابراین داریم:

$$D_h = 100 \cdot L \cos^2 \alpha$$

در اندازه گیری فاصله چنانچه امتداد شاخص بر امتداد قراولروی عمود باشد، زاویه شیب برابر صفر است. (در ترازباب این حالت به طور طبیعی وجود دارد) و در این صورت:

$$D_h = 100 \cdot L \cos^2 0^\circ \Rightarrow D_h = 100 \cdot L(1)^2$$



شکل ۷-۹

تعیین اختلاف ارتفاع به روش ایستادیمتری (ترازیابی مثلثاتی)

برای به دست آوردن اختلاف ارتفاع دو نقطه A, B در شکل (۷-۱۰) چنانچه ارتفاع دوربین h_1 و قرائت تار وسط Z باشد، با توجه به مثلث OPR خواهیم داشت:

$$OP = D' = 100 \cdot L \cos \alpha$$

$$PR = OP \sin \alpha = (100 \cdot L \cos \alpha) \sin \alpha = 100 \cdot L \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\Delta H = 100 \cdot L \sin \alpha \cos \alpha + h_1 - Z$$

و چنانچه ارتفاع دوربین (Z) با قرائت تار وسط برابر باشند خواهیم داشت:

$$h_1 = Z$$

$$\Delta H = 100 \cdot L \sin \alpha \cos \alpha$$

مثال: برای اندازه گیری فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاط A, B روی نقطه A ایستگاه گذاری

کرده و شاخص را در نقطه B قرار داده ایم و تار بالا $L_1 = 157 \text{ mm}$ و تار پایین $L_2 = 52 \text{ mm}$ و زاویه قائم 8° و ارتفاع دستگاه $1/55$ متر و تار وسط $Z = 104 \text{ mm}$ قرائت شده است. مطلوب است محاسبه فاصله و اختلاف ارتفاع نقاط A, B.

$$L = L_1 - L_2 = 157 - 52 = 105 \text{ mm} = 1/05 \text{ m}$$

$$D_h = 100 \cdot L \cos^2 \alpha = 100 \times 1/05 \times \cos^2 8^\circ = 102/96 \text{ m}$$

$$\Delta H_{AB} = 100 \cdot L \sin \alpha \cos \alpha + h_1 - Z = 100 \times 1/05 \times \sin 8^\circ \times \cos 8^\circ + 1/55 - 1/04$$

$$\Delta H_{AB} = 14/98 \text{ m}$$

خودآزمایی

- ۱- سه محور تئودولیت را نام ببرید.
- ۲- زاویه شیب و زاویه سمت الرأس را تعریف کنید.
- ۳- زاویه‌ی شیب به دست آمده در سؤالات فصل ۲ به وسیله شیب سنج را با استفاده از دوربین تئودولیت به دست آورید آیا مقادیر یکسان است؟ چرا؟

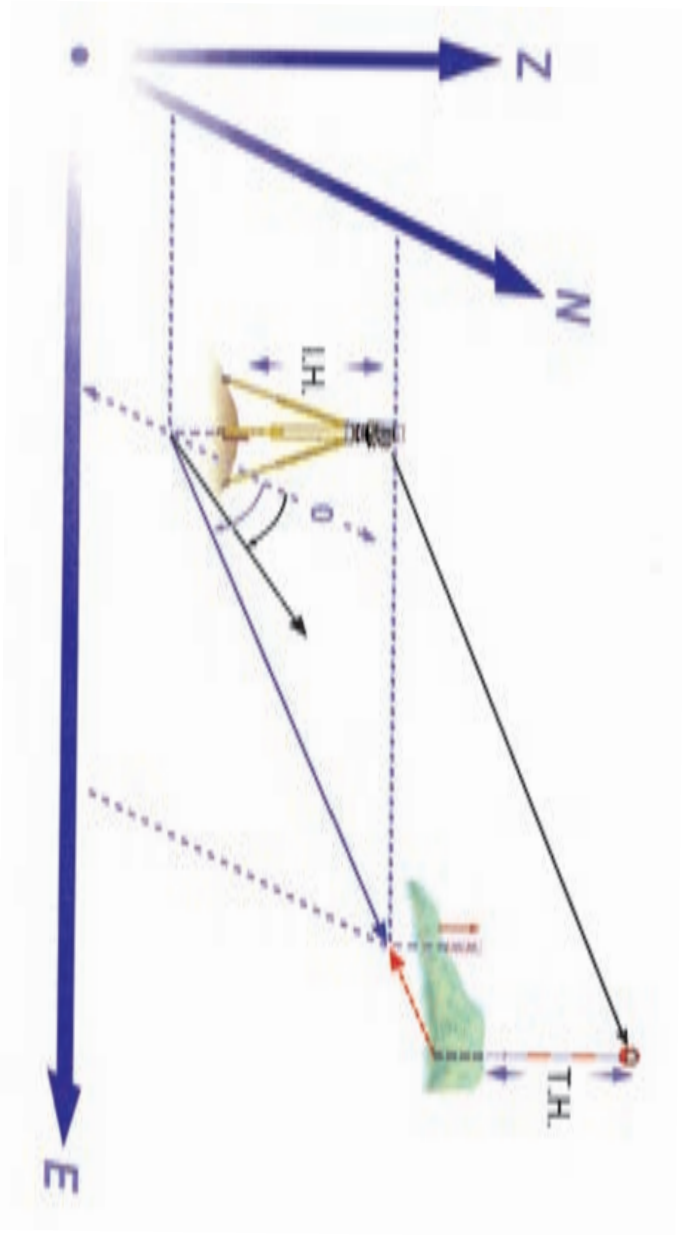
مسائل

- ۱- چنانچه زاویه سمت الرأس امتدادی برابر $25^\circ 3'$ باشد زاویه شیب آن را برحسب گراد حساب کنید. (با استفاده از جداول ضمیمه آخر کتاب)
- ۲- برای اندازه‌گیری زاویه $\hat{A}OB$ روی ایستگاه O مستقر شده و در امتداد A در حالت دایره به چپ دوربین عدد $35/75^{\text{gr}}$ و روی امتداد B عدد $120/25^{\text{gr}}$ و در حالت دایره به راست دوربین روی امتداد A عدد $235/754^{\text{gr}}$ و روی امتداد B عدد $320/256^{\text{gr}}$ را قرائت کرده‌ایم. مطلوب است محاسبه زاویه $\hat{A}OB$.
- ۳- برای به دست آوردن فاصله افقی و اختلاف ارتفاع دو نقطه A, B روی نقطه A مستقر شده و روی نقطه B شاخص را به طور قائم نگه داشته‌ایم و تار بالا 317°mm و تار پایین 175°mm و تار وسط را 225°mm قرائت کرده‌ایم. چنانچه ارتفاع دوربین $1/5^{\circ}$ متر و قرائت زاویه قائم $82/5^{\circ}$ گراد باشد، مطلوب است محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاط A و B.

پلیگون بندی

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :

- ۱- پلیگون بندی را توضیح دهد.
- ۲- اندازه‌گیری اضلاع و زوایای پلیگون را توضیح دهد.
- ۳- تعدیل خطای زاویه‌ای یک پلیگون را توضیح دهد.
- ۴- آزمون یک ضلع پلیگون را اجرا کند.
- ۵- شکل پلیگون را رسم کند.
- ۶- طرز تعیین ارتفاع رئوس پلیگون را توضیح دهد.
- ۷- انواع پلیگون را توضیح دهد.
- ۸- با روش تاکنومتری فواصل افقی و اختلاف ارتفاع نقاط را تعیین کند.
- ۹- با استفاده از جداول تاکنومتری مسافت افقی و اختلاف ارتفاع را اندازه‌گیری کند.



پلیگون بندی

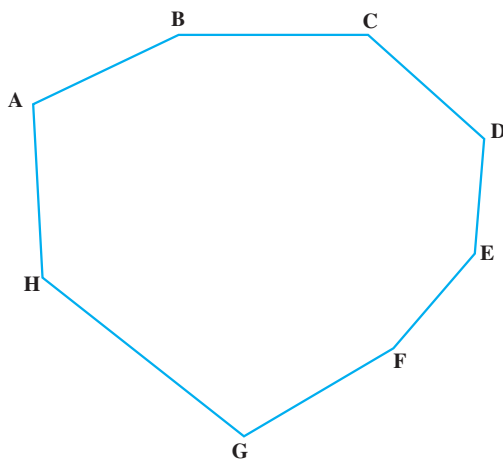
پلیگون بندی چیست؟ انواع پلیگون کدامند؟ تاکنون متری یعنی چه؟

به طوری که می‌دانیم نقشه عبارتست از تصویر افقی عوارض زمین با مقیاس معین، روی صفحه. بنابراین برای تهیه نقشه از یک منطقه، لازم است با توجه به مقیاس مورد نظر، کلیه عوارض مسطحاتی و ارتفاعی زمین را چه طبیعی باشند و چه مصنوعی، به نحوی روی یک صفحه پیاده کنیم. برای این کار باید مختصات کلیه نقاط لازم را در یک سیستم انتخابی تعیین کنیم. پس از پیاده کردن آن‌ها با مقیاس معینی روی یک صفحه و اتصال آن‌ها به یکدیگر، در حقیقت عوارض آن منطقه را روی آن صفحه منتقل کرده و نقشه منطقه را تهیه کنیم. برای رسیدن به این مقصود چنانچه منطقه مورد نظر، نسبتاً کوچک باشد ابتدا باید منطقه را شناسایی کرده. سپس یک «چندضلعی» در این منطقه ایجاد کنیم که به آن پلیگون می‌گویند.

شرایط ایجاد پلیگون و روش تهیه نقشه‌ی منطقه

چنانچه بخواهیم از یک منطقه با روش ایجاد پلیگون نقشه تهیه کنیم، باید پلیگون را با شرایط زیر در آن منطقه ایجاد کنیم.

- ۱- تمام منطقه را بپوشاند.
 - ۲- کلیه عوارض زمین که می‌خواهیم آن‌ها را روی نقشه نشان دهیم از رئوس پلیگون قابل رؤیت باشد.
 - ۳- هر یک از رئوس پلیگون از رئوس قبل و بعد از خود نیز قابل رؤیت باشد.
 - ۴- طول اضلاع و زوایای پلیگون حتی المقدور با هم برابر باشند و یا لاقلاً اختلاف بسیار زیاد نداشته باشند.
- پس از انتخاب رئوس پلیگون جایگاه آن‌ها را روی زمین با گذاشتن علامتی مشخص می‌کنیم. این عمل می‌تواند با قراردادن نشانه‌های بتنی و یا کوبیدن میخ‌های چوبی انجام شود، رئوس پلیگون در حقیقت به عنوان نقاط مادر و ایستگاه‌های نقشه‌برداری هستند که با استقرار روی هر یک از آن‌ها می‌توانیم عوارض اطراف آن رأس را برداشت کنیم و با توجه به آنکه رئوس پلیگون تمام منطقه را پوشانده است، با استقرار روی همه آن‌ها تمام عوارض منطقه قابل برداشت خواهند بود.
- در شکل (۱-۸) یک نمونه ایجاد پلیگون در یک منطقه نشان داده شده است.



شکل ۸-۱

اندازه‌گیری طول اضلاع و زوایای پلیگون

پس از انتخاب رئوس پلیگون و مشخص کردن آن‌ها در روی زمین باید اندازه‌گیری‌های لازم به منظور تعیین مختصات آن‌ها انجام شود. این اندازه‌گیری‌ها شامل اندازه‌گیری طول اضلاع و قرائت زوایای پلیگون است که باید از دقت کافی برخوردار باشد. از آنجا که اندازه‌گیری‌هایی که توسط انسان انجام می‌گیرد، همواره همراه با مقداری خطا است. بنابراین باید در انتخاب وسیله اندازه‌گیری با توجه به مقیاس نقشه دقت کافی به عمل آید، به نحوی که خطاهای اندازه‌گیری از میزان قابل قبول تجاوز نکند.

تعدیل خطاهای زاویه‌ای یک پلیگون

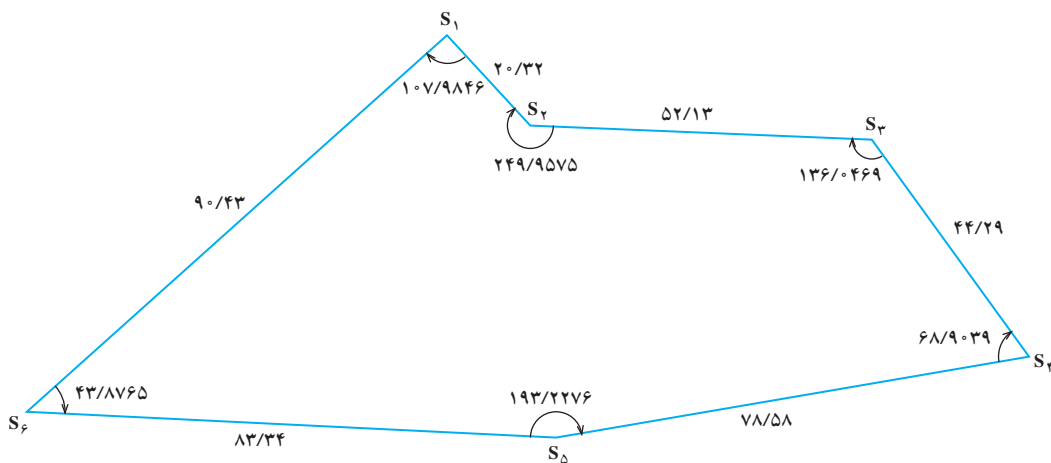
در اندازه‌گیری زوایا برحسب آنچه زوایای داخلی یا خارجی پلیگون را اندازه‌گیری کنیم، مجموع زوایای اندازه‌گیری شده باید از رابطه‌ی $\sum \alpha = (2n \pm 4) \frac{\pi}{4}$ تبعیت کند در فرمول مذکور $\sum \alpha$ مجموع زوایا و n تعداد رئوس پلیگون است.

بدیهی است که چون در اندازه‌گیری‌ها مقداری خطای انسان و مقداری نیز خطای دستگاه دخالت می‌کند، رابطه فوق به طور کامل برقرار نمی‌شود و مجموع زوایای اندازه‌گیری شده مقداری کمتر یا بیشتر از رابطه‌ی فوق می‌شود و باید نسبت به تصحیح آن اقدام کرد.
مثال: اگر پلیگونی مطابق شکل (۲-۸) از ۶ نقطه تشکیل یافته باشد، مجموع زوایای آن براساس فرمول ذکر شده خواهد بود.

$$\sum \alpha = (2n - 4) \frac{\pi}{4}$$

$$\text{☒} \quad (2 \times 6 - 4) \times 100$$

$$\text{☒} \quad (8) \times 100 = 800 \text{ گراد}$$



شکل ۸-۲

تبصره: چون منظور قرائت زوایای داخلی بوده است، لذا علامت داخل پراکنش در فرمول فوق «-» است و اگر منظور قرائت زوایای خارجی پلیگون باشد، علامت «+» خواهد بود. حال اگر اندازه زوایا را با هم جمع کنیم نتیجه باید ۸۰۰ گراد شود. در حالی که مجموع زوایای قرائت شده $799/997^{\text{gf}}$ است که باید تصحیح شود (جدول ۸-۱).

$$800 - 799/997 = 3^{\text{cc}}$$

مقدار خطا

حال میزان اختلاف را به تعداد رئوس تقسیم کرده و عدد به دست آمده را به مقدار قرائت شده هر زاویه اضافه می‌کنیم. اگر مجموع زوایای قرائت شده بیش از عدد محاسبه شده از فرمول مذکور باشد، باید خطای هر زاویه را از عدد قرائت شده آن زاویه کم کرد.

جدول ۸-۱- سرشکنی زوایای پلیگون

ایستگاه	زوایای قرائت شده	مقدار تصحیح	زوایای تصحیح شده
S _۱	۱۰۷/۹۸۴۶ ^{gr}	+۵ ^{cc}	۱۰۷/۹۸۵۱ ^{gr}
S _۲	۲۴۹/۹۵۷۵	+۵ ^{cc}	۲۴۹/۹۵۸۰
S _۳	۱۳۶/۰۴۶۹	+۵ ^{cc}	۱۳۶/۰۴۷۴
S _۴	۶۸/۹۰۳۹	+۵ ^{cc}	۶۸/۹۰۴۴
S _۵	۱۹۳/۲۲۷۶	+۵ ^{cc}	۱۹۳/۲۲۸۱
S _۶	۴۳/۸۷۶۵	+۵ ^{cc}	۴۳/۸۷۷۰
Σ	۷۹۹/۹۹۷۰	۳۰ ^{cc}	۸۰۰/۰۰۰۰

تعیین آزیموت امتدادها

پس از سرشکن کردن خطای زاویه‌ای و تعیین زوایای تصحیح شده باید آزیموت امتدادها را به دست آوریم.

چنانچه در درس‌های گذشته نیز اشاره شد، آزیموت هر امتداد عبارتست از زاویه بین شمال و آن امتداد (در جهت عقربه‌های ساعت).

شمال نیز در نقشه‌های محلی که معمولاً از مناطق کوچک و با مقیاس بزرگ تهیه می‌شود، شمال مغناطیسی در نظر گرفته می‌شود. بنابراین آزیموت امتداد AB عبارتست از زاویه α و زاویه α عبارتست از زاویه‌ای که شمال مغناطیسی با امتداد AB می‌سازد (شکل ۸-۳).



شکل ۸-۳

حال اگر آزیموت یک امتداد را با کمک عقربه مغناطیسی (قطب‌نما) اندازه‌گیری کنیم، با استفاده از زوایای قرائت شده در هر رأس می‌توانیم آزیموت بقیه امتدادها را نیز محاسبه و روی کاغذ پیاده کنیم.

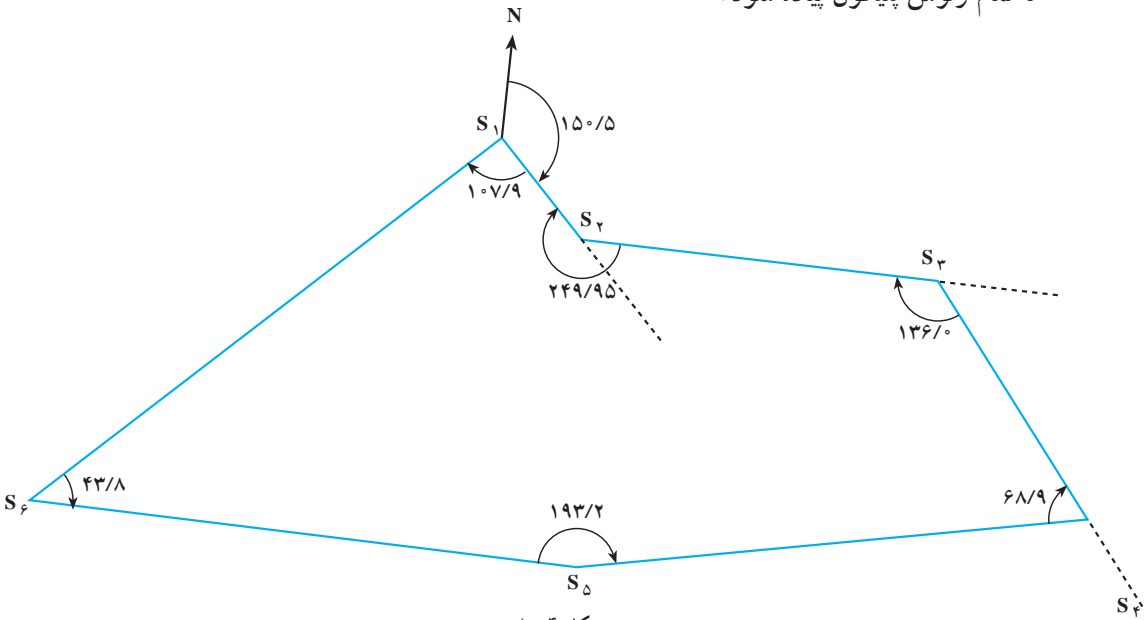
چنانچه در مثال قبل آزیموت امتداد S_۱S_۲ به کمک

قطب‌نما برابر ۱۵۰/۵ گراد باشد، می‌توانیم پلیگون را ترسیم کنیم.

پیاده کردن یک پلیگون

پیاده کردن یک پلیگون در روی کاغذ به کمک خط کش و نقاله انجام می‌گیرد. برای این کار ابتدا یک امتداد به عنوان شمال انتخاب می‌شود، سپس آزیموت قرائت شده را به وسیله نقاله پیاده کرده، تا امتداد اولین ضلع پلیگون به دست آید.

باید مقدار طول را بر روی این امتداد مشخص کنیم، برای این کار با توجه به مقیاس، کلیه طول‌ها را به نسبت مقیاس کوچک کنیم. فرضاً اگر مقیاس $\frac{1}{50000}$ باشد باید تمام طول‌ها را 50000 برابر کوچک کنیم. مقدار طول به مقیاس برده شده را بر روی امتداد جدا کرده تا دومین نقطه از پلیگون به دست آید. سپس با توجه به زاویه رأس بعدی به وسیله نقاله جدا شده و طول نیز بر روی امتداد بعدی مشخص می‌شود تا رأس دیگر به دست آید. این کار را برای رئوس دیگر نیز ادامه می‌دهیم تا تمام رئوس پلیگون پیاده شود.



شکل ۴-۸

تعیین ارتفاع رئوس پلیگون (H)

برای تعیین ارتفاع رئوس پلیگون کافی است عملیات ترازبایی روی تمام این نقاط انجام شود که به این ترتیب اختلاف ارتفاع این نقاط را نسبت به یکدیگر به دست آورده‌ایم. حال اگر ارتفاع یکی از نقاط معلوم باشد، می‌توانیم ارتفاع سایر نقاط را نیز به دست آوریم. در غیر این صورت یک ارتفاع فرضی برای یکی از نقاط در نظر می‌گیریم و ارتفاع سایر نقاط را نسبت به آن محاسبه می‌کنیم.

انواع پلیگون

به طور کلی در عملیات نقشه برداری دو نوع پلیگون وجود دارد که عبارتند از :

۱- پلیگون بسته

۲- پلیگون باز

آنچه تا به حال در مورد پلیگون صحبت شد، از نوع پلیگون بسته بود و منظور از آن این است که یک پلیگون از یک نقطه شروع و به همان نقطه خاتمه یابد یا بسته شود که آن را پلیگون بسته گویند. حال اگر یک پلیگون از یک نقطه شروع و به نقطه دیگری ختم شود آن را پلیگون باز می گویند.

برای آنکه یک پلیگون باز نیز قابل کنترل بوده و بتوانیم خطاهای زاویه‌ای و طولی را در آن سرشکن کنیم، باید پلیگون را از یک امتداد معلوم (دو نقطه‌ی معلوم) شروع و آن را به امتداد معلوم دیگر ببندیم.

تاکنومتری

منظور از تاکنومتری، پیدا کردن همزمان فاصله افقی و اختلاف ارتفاع عوارض منطقه با یک دستگاه است.

به طوری که گفته شد برای تهیه نقشه از یک منطقه باید کلیه عوارض مورد نظر در آن منطقه را برداشت کرده و آن را پس از تبدیل به مقیاس روی کاغذ پیاده کنیم. برای این کار پس از انتخاب پلیگون و تعیین مختصات رئوس آن می‌توانیم روی هر یک از این رئوس مستقر شده و کلیه عوارض اطراف آن را برداشت کنیم.

برداشت هر عارضه از یک ایستگاه، با اندازه‌گیری فاصله آن تا نقطه ایستگاه و قرائت زاویه افقی این امتداد با یکی از امتدادهای معلوم و همچنین اندازه‌گیری زاویه قائم آن عارضه حاصل می‌شود. با اندازه‌گیری فاصله و زاویه افقی می‌توانیم موقعیت مسطحاتی عارضه را تعیین کنیم و آن را روی کاغذ پیاده کنیم. (با استفاده از خط‌کش و نقاله) و با اندازه‌گیری زاویه قائم، اختلاف ارتفاع نقطه‌ی مشاهده شده با ایستگاه به دست می‌آید که با توجه به معلوم بودن ارتفاع ایستگاه ارتفاع نقطه‌ی برداشت شده نیز قابل محاسبه می‌شود.

در روش تاکنومتری اندازه‌گیری طول‌ها به طرق ایستادیمتری انجام می‌شود که توضیح آن در درس‌های قبل داده شده است. این طول‌ها با توجه به زاویه قائم قرائت شده باید ابتدا تبدیل به افق شوند. اختلاف ارتفاع ایستگاه با نقطه برداشت شده نیز با توجه به مقدار زاویه قائم و مسافت اندازه‌گیری شده قابل محاسبه است. البته برای انجام این محاسبات جداول مخصوصی وجود دارد به نام جداول تاکنومتری که با استفاده از آن‌ها و با توجه به طول و زاویه قائم قرائت شده می‌توان

مستقیماً مسافت افقی و اختلاف ارتفاع ایستگاه را با نقطه‌ی برداشت شده به دست آورد. مثلاً اگر فاصله ایستادیمتری^۱ اندازه‌گیری شده ۱۲۵ متر و زاویه قائم قرائت شده ۵°۳۸ باشد، با استفاده از جدول تاکنومتری، طول افقی و اختلاف ارتفاع به ترتیب ۱۲۳/۸ و ۱۲/۱۱ متر خواهد بود؛ برای استفاده دانش‌آموزان جداول تاکنومتری مربوط به زوایای شیب صفر تا ۳۰ درجه برای فاصله صدمتر ضمیمه شده است، به طوری که ملاحظه می‌شود، در این جدول و در هر یک از زوایای صفر تا ۳۰ درجه دو ستون وجود دارد که یکی از آن‌ها Hor.dist^۲ یا طول افقی است و دیگری Diff elev^۳ یا اختلاف ارتفاع.

ضمناً زوایای شیب با دقت دقیقه در این جدول آمده است که البته برای دقایق فرد باید مقادیر میانگین دقایق زوج بالا و پایین آن را انتخاب و محاسبه کنیم.

مثال: فرض کنیم فاصله ایستادیمتری نقطه مشاهده شده ۷۵/۴۸ متر و زاویه قائم آن ۹°۵۲ باشد، در این صورت برای به دست آوردن فاصله افقی و اختلاف ارتفاع ایستگاه با نقطه مشاهده شده، به صفحه سوم جدول و در زیر ستون ۹° و در مقابل ۵۲^۴ مراجعه و اعداد ۹۷/۰۶ را برای فاصله افقی و ۱۶/۸۸ را برای اختلاف ارتفاع ملاحظه می‌کنیم.

اما این فاصله افقی و اختلاف ارتفاع برای این مقدار زاویه شیب و برای فاصله ایستادیمتری صد متر است. در حالی که فاصله ایستادیمتری مشاهده شده ۷۵/۴۸ متر است، بنابراین با یک تناسب ساده، مقادیر مورد نظر را برای فاصله ایستادیمتری ۷۵/۴۸ به دست می‌آوریم:

$$\text{فاصله ی افقی} = \frac{۹۷/۰۶ \times ۷۵/۴۸}{۱۰۰} = ۷۳/۲۶ \text{m}$$

$$\text{اختلاف ارتفاع} = \frac{۱۶/۸۸ \times ۷۵/۴۸}{۱۰۰} = ۱۲/۷۴ \text{m}$$

۱- منظور از فاصله ایستادیمتری $D = 100(L_p - L_s)$ می‌باشد.

۲- Horizontal distance

۳- Differnce elevation

خودآزمایی

- ۱- شرایط ایجاد پلیگون در یک منطقه را نام ببرید.
- ۲- آزمون یک امتداد را تعریف کنید.
- ۳- انواع پلیگون را نام برده و فرق آن‌ها را بنویسید.
- ۴- یکی از مزارع هنرستان را پلیگون بندی، برداشت و سپس بر روی کاغذ پیاده نمایید.

مسائل

- ۱- برای تعیین فاصله افقی و اختلاف ارتفاع یک عارضه روی S_1 مستقرشده و میر را به طور قائم روی عارضه قرار داده‌ایم. چنانچه فاصله ایستادیمتری $118/5$ متر و زاویه قائم قرائت شده 83° باشد. مطلوبست محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع از دو روش جدول و فرمول
($h_i = z = 1/5m$)

فتوگرامتری^۱

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که :

- ۱- فتوگرامتری را توضیح دهد.
- ۲- عکس هوایی را توضیح دهد.
- ۳- انواع عکس‌های هوایی را توضیح دهد.
- ۴- علائم کناری عکس‌های هوایی را توضیح دهد.
- ۵- طرز تهیه عکس‌های هوایی را توضیح دهد.
- ۶- موزاییک عکس‌های هوایی را توضیح دهد.
- ۷- مقیاس عکس هوایی قائم را تعیین کند.
- ۸- برجسته‌بینی عکس‌های هوایی را توضیح دهد.
- ۹- استرئوسکوپ جیبی را توضیح دهد.
- ۱۰- برجسته‌بینی را به ترتیب توضیح دهد.
- ۱۱- عوارض روی عکس‌ها را توضیح دهد.
- ۱۲- عکس‌های ماهواره‌ای را شرح دهد.
- ۱۳- سیستم اطلاعات جغرافیایی را توضیح دهد.



مراحل مختلف تهیه نقشه از عکس هوایی

- ① هواپیما
- ② دوربین تکبیرداری
- ③ طره تکبیرداری
- ④ پوشش طولی دو عکس
- ⑤ نقاط عکس
- ⑥ نقاط زمینی
- ⑦ استرو
- ⑧ مثلث بندی
- ⑨ محاسبات فتوگرامتری
- ⑩ تبدیل
- ⑪ ترسیم وارث مسطحانی
- ⑫ ترسیم خطوط منحنی طراز



تهیه و تنظیم : محمدعلی پورنوربخش

شماره ۳۳۳

عکس هوایی چه کاربردی دارد؟ این گونه عکس‌ها چگونه تهیه می‌شوند؟ آیا می‌توان این گونه عکس‌ها را سه بُعدی دید؟

فتوگرامتری علمی است که با استفاده از آن می‌توان، روی پدیده‌های موجود در تصاویر، اندازه‌گیری‌هایی انجام داده و با دقت کافی به اندازه‌های طبیعی و واقعی این پدیده‌ها دست یافت. این اندازه‌گیری‌ها می‌تواند شامل طول، زاویه، مساحت، حجم و... پدیده‌ها باشد که هر یک از آنها زمینه‌ساز دستیابی به اطلاعات فراوان دیگری خواهد بود. از این خاصیت برای تهیه نقشه از مناطق مختلف استفاده می‌کنند. به این ترتیب که به وسیله هواپیما از منطقه مورد نظر عکس هوایی تهیه کرده و این اندازه‌گیری‌ها را روی آن‌ها انجام می‌دهند، و در نتیجه با استفاده از اطلاعات به دست آمده، عکس هوایی را به نقشه تبدیل می‌کنند. علاوه بر این با استفاده از عکس هوایی و تفسیر آن می‌توان منطقه عکس‌برداری شده را شناسایی کرد و از این طریق نوع و چگونگی عوارض روی زمین را تشخیص داد.

۱-۹- عکس هوایی

استفاده از عکس هوایی برای تهیه نقشه و یا مطالعه منطقه دارای سابقه طولانی نیست. به طوری که تاریخ اولین عکس‌برداری هوایی در کشور ما هنوز به ۴۰ سال نمی‌رسد. عکس‌های هوایی معمولاً به ابعاد 23×23 سانتیمتر تهیه می‌شود و ممکن است روی کاغذ، فیلم و یا شیشه چاپ و ظاهر شود.

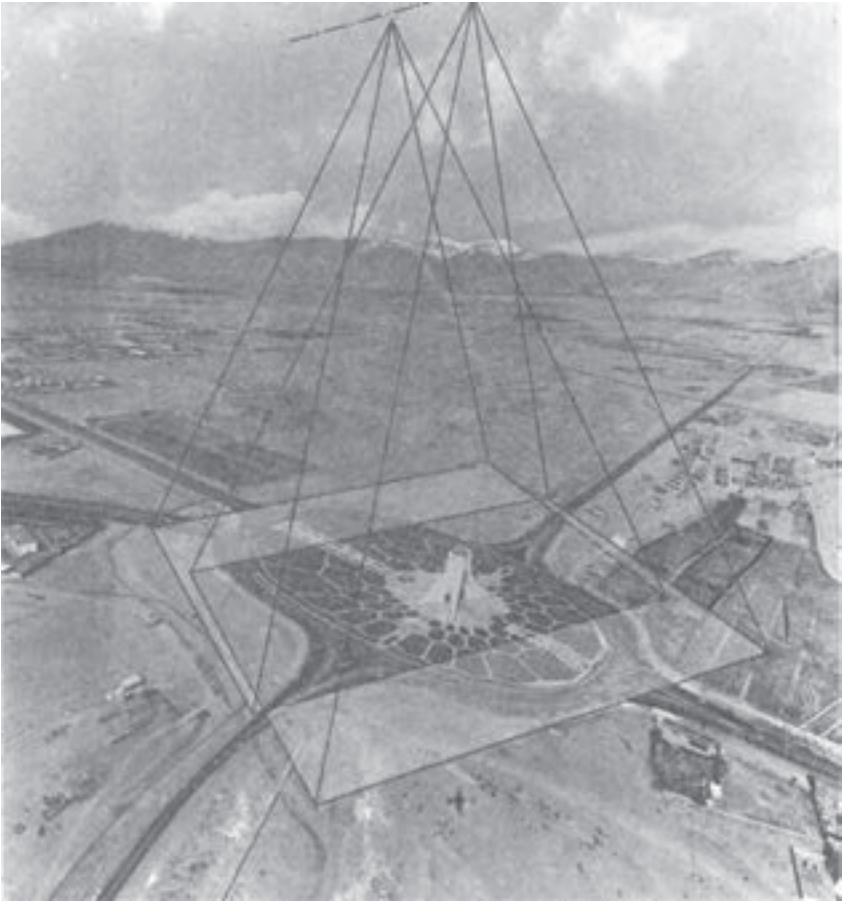
عکس‌های هوایی برای تبدیل به نقشه معمولاً به صورت سیاه و سفید تهیه می‌شوند ولی اخیراً برای کاربردهای ویژه تهیه عکس‌های رنگی به وسیله هواپیما نیز ممکن شده است که البته هزینه آن بالاست.

در شکل ۲-۹ تصویری از یک نمونه عکس هوایی وجود دارد.

امروزه دوربین‌های بسیار دقیقی برای عکس‌برداری هوایی ساخته می‌شود که به فیلترهای مناسب برای تهیه عکس‌های سیاه و سفید، رنگی و مادون قرمز مجهز می‌باشد. برتری یک دوربین بر دوربین دیگر در وهله اول بسته به کیفیت ساخت و مرغوبیت عدسی آن است. سرعت عکس‌برداری در دوربین‌های جدید تا ۱۰۰۰:۱ ثانیه تقلیل یافته است و اجرای عکس‌برداری و ایجاد پوشش‌های مورد نظر در حین عمل (پوشش طولی هر عکس نسبت به عکس مجاور و پوشش عرضی هر نوار عکس‌برداری نسبت به نوار مجاور) به طور کاملاً خودکار انجام می‌گیرد.



شکل ۹-۱- دوربین های جدید
عکس برداری هوایی



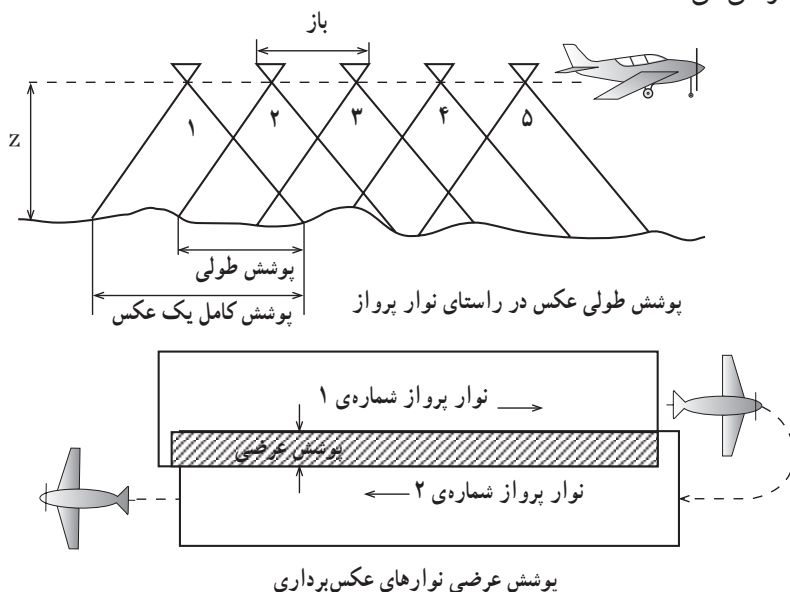
شکل ۹-۲

طرز تهیه عکس‌های هوایی: برای تهیه عکس‌های هوایی از دوربین‌های مخصوص که روی هواپیما نصب شده است، استفاده می‌کنند. این دوربین‌ها می‌توانند درحالی که هواپیما در مسیر معین در حال حرکت است، از این مسیر عکس‌های متوالی تهیه کنند. برای این کار ابتدا برای منطقه مورد نظر طرح پرواز تهیه می‌شود و مسیر پرواز هواپیما در این طرح مشخص می‌شود. هر یک از مسیرهای مشخص شده در روی طرح، یک طرح باند عکس‌برداری نامیده می‌شود. سپس هواپیما روی مسیرهای تعیین شده پرواز کرده و یک نفر به عنوان عکاس از مسیر پرواز عکس‌های متوالی می‌گیرد. البته فرد دیگری در هواپیما مسئولیت ناوبری را به عهده دارد. وظیفه این فرد آنست که هرگاه هواپیما از مسیر خود منحرف شود، خلبان را آگاه کرده، و او را به مسیر تعیین شده هدایت کند.

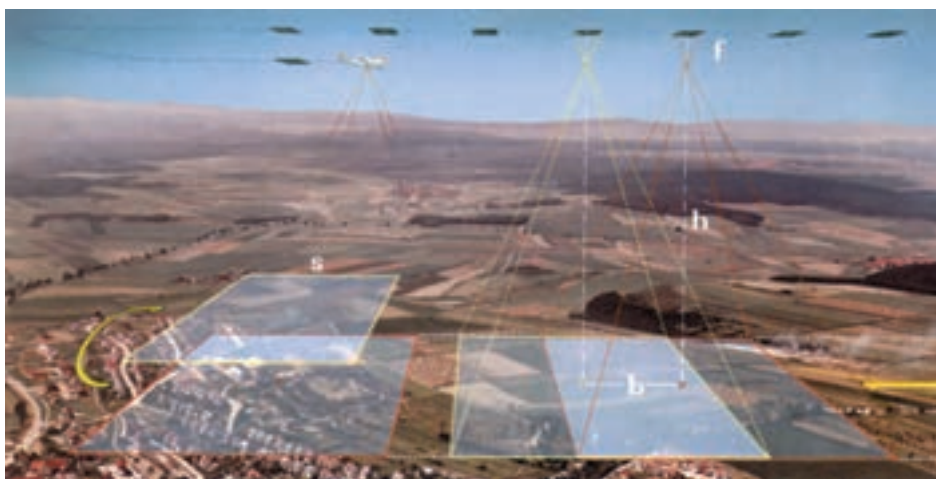


عکس‌ها به گونه‌ای تهیه می‌شوند که هر عکس با عکس قبل و عکس بعد از خود 60% پوشش دارد. به عبارت دیگر هر عکس با عکس‌های مجاور خود به میزان 60% مشترک است و این پوشش به همین ترتیب برای تمام عکس‌های متوالی وجود دارد. همچنین هر باند عکس برداری شده با باندهای مجاور خود 30% پوشش دارد.

پوشش عکس‌های متوالی را با یکدیگر پوشش طولی و پوشش باندهای متوالی را پوشش عرضی می‌نامند.



شکل ۹-۴

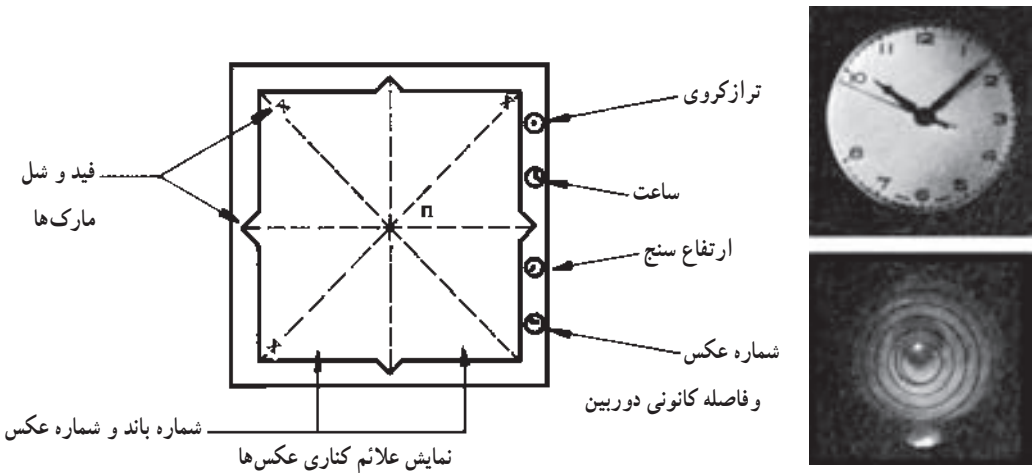


شکل ۹-۵

علائم کناری عکس‌های هوایی: غالباً در کنار عکس‌های هوایی علائمی وجود دارد که این علائم به طور دقیق روی قاب دوربین تعبیه شده و در هنگام عکس‌برداری به طور اتوماتیک روی فیلم‌ها منعکس و در عکس‌ها به چاپ می‌رسد. این علائم برای عکس‌های مختلف، متفاوت بوده که مهمترین آن‌ها با توجه به نوع عکس و نیاز استفاده‌کننده به شرح زیر هستند:

شماره‌ی عکس‌ها: به طوری که گفته شد طرح پرواز برای هر منطقه شامل چندین باند پرواز است و هر باند نیز خود شامل چندین عکس است. برای آنکه موقعیت هر عکس در طرح کاملاً مشخص باشد، باندهای پرواز با شماره‌های متوالی مشخص شده‌اند و در هر باند عکس‌ها از شماره یک شروع و به ترتیب شماره‌گذاری می‌شوند. بنابراین شماره‌ی هر عکس شامل شماره باند و شماره‌ی عکس در آن باند خواهد بود که با استفاده از این دو شماره موقعیت عکس مشخص می‌شود.

فید و شل مارک‌ها: علائمی هستند که معمولاً در چهار گوشه‌ی عکس و یا وسط اضلاع عکس وجود دارد و با اتصال علائم متقابل به یکدیگر، مرکز عکس که نقطه اصلی عکس است به دست می‌آید. این علائم به صورت ضربدر و یا مثلث و یا به صورت‌های دیگر می‌تواند وجود داشته باشد. سایر علائمی که در کنار عکس‌ها وجود دارد عبارتند از: فاصله کانونی دوربین هوایی، حباب تراز که نمایشگر میزان انحراف تقریبی دوربین در هنگام عکس‌برداری است، ساعت پرواز و ارتفاع پرواز در هنگام عکس‌برداری.



شکل ۶-۹

انواع عکس‌های هوایی: آنچه که در عکس‌برداری هوایی بسیار مهم است، وضعیت محور دوربین عکس‌برداری نسبت به سطح زمین است. چنانچه محور دوربین در هنگام عکس‌برداری به

سطح زمین عمود نباشد، در این حالت صفحه فیلم نیز با زمین دارای زاویه‌ای بوده و عکس تهیه شده مایل خواهد بود.

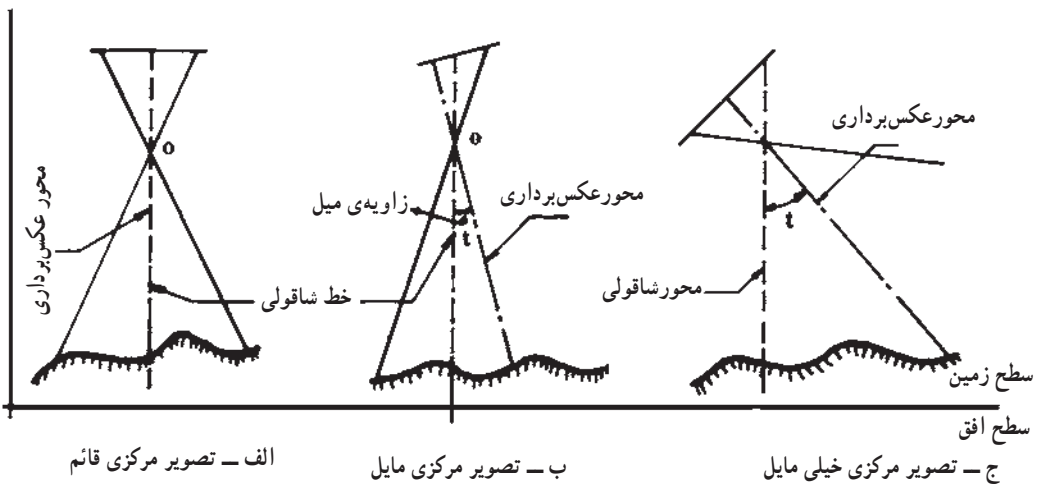
در عکس‌های قائم که در آن‌ها زاویه صفحه فیلم با افق بیش از ۳ درجه نخواهد بود، شکل منطقه عکس برداری شده به صورت مربع و مقیاس عکس با فرض ثابت بودن ارتفاع پرواز، ثابت خواهد بود. در حالی که در عکس‌های مایل که در آن‌ها زاویه صفحه فیلم با افق بیش از ۳ درجه است، شکل منطقه عکس برداری، به صورت دوزنقه و مقیاس در نقاط مختلف عکس متغیر خواهد بود. به این ترتیب عکس‌های قائم دقیقتر و گرانتر از عکس‌های مایل است و برای تهیه نقشه از عکس قائم استفاده می‌شود.

در حالی که عکس مایل فقط به منظور کسب اطلاعات کلی از منطقه، تهیه می‌شود و از آن‌ها نمی‌توان نقشه تهیه کرد.

عکس هوایی مایل نیز با توجه به مقدار زاویه‌ای که صفحه فیلم با زمین می‌سازد، به دو نوع تقسیم می‌شود.

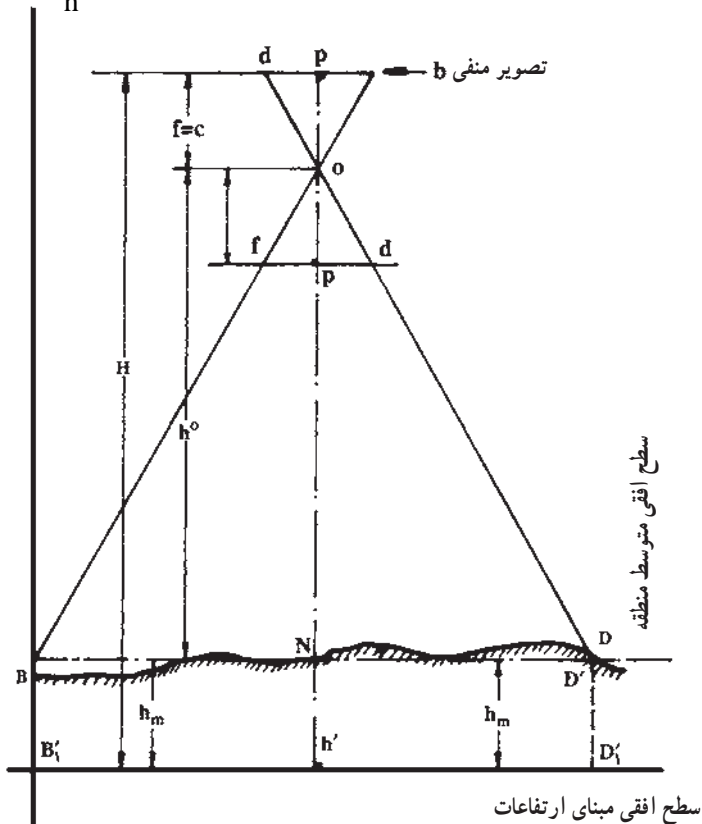
الف: عکس هوایی مایل که در آن‌ها هر چند صفحه فیلم نسبت به زمین انحراف دارد، اما این انحراف آنقدر نیست که افق در عکس دیده شود. این انحراف می‌تواند بین ۱۵ تا ۳۰ درجه باشد.

ب: عکس هوایی خیلی مایل که در آن‌ها زاویه صفحه فیلم نسبت به زمین آنقدر زیاد است که افق در عکس دیده می‌شود (تقریباً بین ۶۰ تا ۹۰ درجه) بدیهی است هر چه زاویه صفحه فیلم با زمین بیشتر باشد، مساحت عکس برداری شده نیز بیشتر خواهد بود (شکل ۷-۹).



شکل ۷-۹

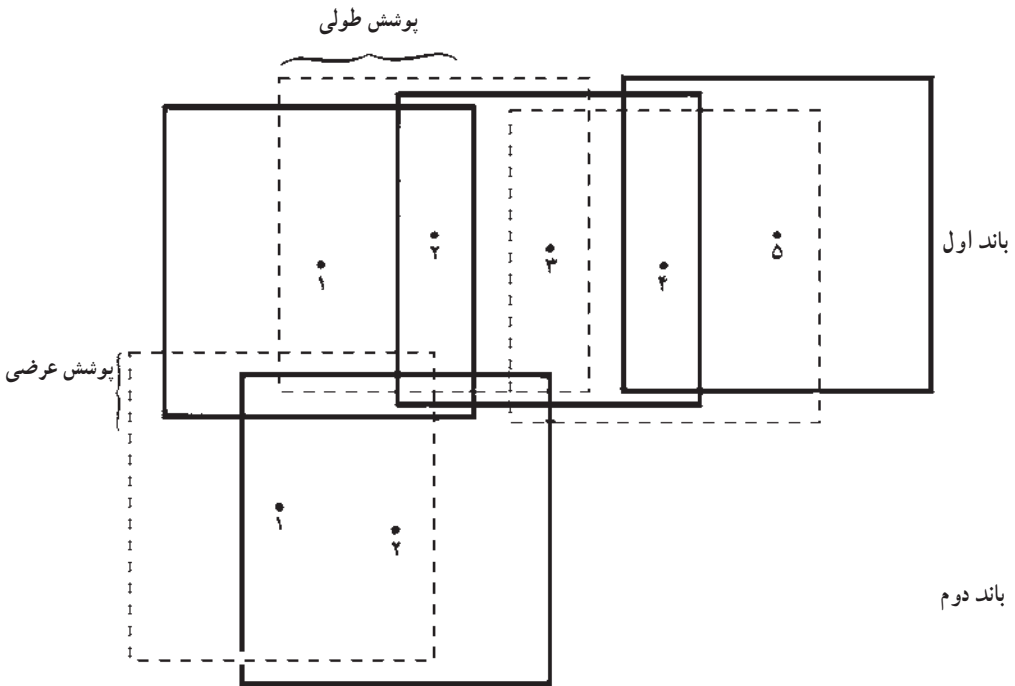
مقیاس عکس هوایی قائم : مقیاس عکس هوایی عبارتست از نسبت از فاصله معین در روی عکس به همان فاصله در روی زمین که معمولاً به صورت کسری که صورت آن یک و مخرج آن $N \times 1000$ باشد، نشان داده می‌شود، و این به آن معنی است که مثلاً یک میلیمتر یا یک سانتیمتر روی عکس برابر با $N \times 1000$ میلیمتر یا سانتیمتر روی زمین است. به طوری که در شکل مشاهده می‌شود در دو مثلث متشابه این رابطه برقرار است $\frac{bd}{BD} = \frac{PO}{NO}$ و چون $PO = f$ فاصله کانونی دوربین هوایی و $NO = h$ ارتفاع پرواز هوایی است. بنابراین مقیاس عکس هوایی قائم برابر است با نسبت فاصله کانونی دوربین هوایی به ارتفاع پرواز سطح متوسط منطقه $S = \frac{f}{h}$.



شکل ۸-۹

موزاییک عکس‌های هوایی : منظور از موزاییک کردن عکس‌های هوایی، کنار هم چیدن آن‌ها به گونه‌ایست که قسمت‌های مشترک روی یکدیگر قرار گرفته و شکل طبیعی زمین را ایجاد کنند. برای این کار معمولاً قسمت‌های مشترک عکس‌ها بریده شده و عکس‌های بریده شده را به یکدیگر می‌چسبانند تا شکل طبیعت به دست آید. برای تهیه موزاییک یک منطقه گاه ممکن است

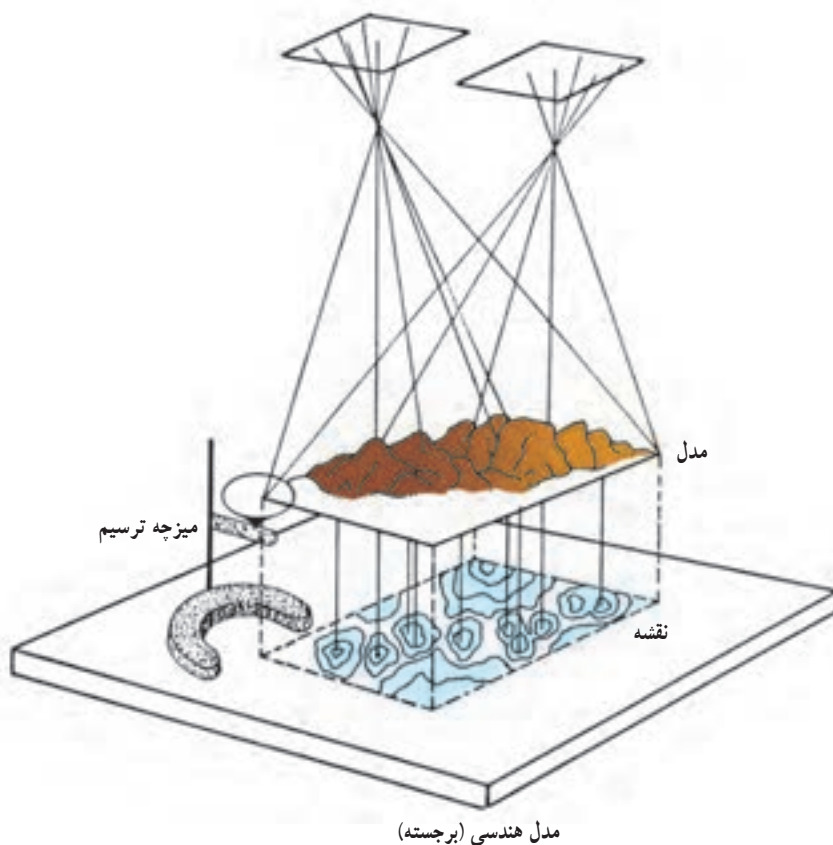
از عکس‌های ترمیمی استفاده شود. عکس‌های ترمیم شده، عکس‌هایی هستند که خط‌های عکسی در آن‌ها حذف شده است. بنابراین چنانچه موزاییک یک منطقه از عکس‌های ترمیم شده باشد، آن را موزاییک کنترل شده و در غیر این صورت آن را موزاییک کنترل نشده می‌نامند. موارد استفاده و کاربرد موزاییک برای شناسایی کلی منطقه و دسترسی سریع به موقعیت و چگونگی عوارض و خلاصه‌آشنایی با اوضاع منطقه است.



شکل ۹-۹

برجسته بینی عکس‌های هوایی: از آنجا که هدف از تهیه عکس هوایی تبدیل آن‌ها به نقشه است و نقشه که نشان دهنده‌ی شکل طبیعی زمین است علاوه بر عوارض مسطحاتی دارای عوارض ارتفاعی نیز هست، بنابراین عکس‌های هوایی باید به گونه‌ای تهیه شود که بتوان آن را به صورت سه بُعدی مشاهده کرد و علاوه بر طول، عرض، بُعد سوم یعنی ارتفاعات را نیز به راحتی روی آن‌ها تشخیص داد. این خود یکی از اختلافات، بلکه از امتیازات مهم عکس‌های هوایی نسبت به عکس‌های معمولی است که امکان برجسته‌بینی یا تشخیص بُعد سوم در آن وجود دارد. برای ایجاد امکان برجسته‌بینی در عکس‌های هوایی از خاصیت فیزیولوژی چشم انسان استفاده شده است. علت اینکه انسان می‌تواند اشیاء را برجسته ببیند و عمق و برآمدگی پدیده‌ها را تشخیص دهد آنست که، انسان در هر

لحظه می‌تواند با دو چشم خود، دو تصویر از یک پدیده در مغز خود داشته باشد و این دو تصویر را در یک نقطه بر یکدیگر منطبق و آن‌ها را به صورت برجسته مشاهده نماید. از همین مکانیزم در عکس برداری هوایی استفاده شده است، 60% پوشش طولی که هر عکس با عکس‌های مجاور خود دارد، در حقیقت به منزله ایجاد دو تصویر از یک پدیده است که اگر بتوانیم این دو تصویر را بر هم منطبق کنیم، خواهیم توانست این منطقه را به صورت برجسته مشاهده کنیم.



شکل ۱۰-۹

۹-۲ استرئوسکوپ

تاکنون وسایل مختلفی برای برقراری دید برجسته از عکس‌های هوایی ساخته شده است که دستگاه‌های عظیم فتوگرامتری نیز از آن جمله هستند، ضمن آنکه در این دستگاه‌ها، امکانات کاملی برای اندازه‌گیری‌هایی دقیق نیز وجود دارد.

یکی از وسایلی که برای این منظور ساخته شده است، استرنوسکوپ است که دارای انواع مختلفی است. ساده ترین نوع استرنوسکوپها، استرنوسکوپ جیبی است که به علت سبکی، کوچکی و سادگی بسیار مورد استفاده قرار می گیرد. این استرنوسکوپها از دو عدسی ساده تشکیل شده که در قالب فلزی مخصوصی قرار گرفته اند (مانند عینک). فاصله این دو عدسی با روش کشویی قابل کم و زیاد شدن است، و با توجه به فاصله بین دو چشم استفاده کننده، قابل تنظیم است. قاب عدسی بر روی پایه های فلزی وجود دارد که این پایه ها نیز می توانند از یکدیگر باز و یا جمع شوند و به این ترتیب فاصله عدسی تا میز کار نیز قابل تنظیم است. این پایه ها می توانند به طور کلی جمع شوند و در این صورت استرنوسکوپ مانند یک عینک در کیف مخصوص خود جای گرفته و حتی می توان آن را در جیب جای داد.



شکل ۱۱-۹

استرنوسکوپ آینه دار



استرنوسکوپ جیبی



شکل ۱۲-۹



شکل ۱۳-۹

طریقه برجسته بینی : با توجه به توضیحاتی که در مورد استرئوسکوپ جیبی داده شد، برای ایجاد یک مدل برجسته از یک منطقه با استفاده از استرئوسکوپ مراحل زیر به ترتیب باید انجام شود :

ابتدا زوج عکسی را که منطقه مورد نظر در آن وجود دارد انتخاب و دقت می‌کنیم که آیا این زوج عکس به مقدار کافی (۶۰٪) با یکدیگر پوشش دارند یا خیر. چنانچه پوشش به مقدار کافی وجود داشت هر یک از پایه‌های فلزی استرئوسکوپ را روی یکی از عکس‌ها قرار داده از عدسی سمت راست به عکس سمت راست و از عدسی سمت چپ به عکس سمت چپ نگاه می‌کنیم. از هر یک از عدسی‌ها منطقه مشترک دو عکس را ملاحظه کرده و عکس‌ها را آنقدر جابه‌جا می‌کنیم که عوارض نظیر در هر عکس بر یکدیگر منطبق شوند. این کار را در اصطلاح فتوگرامتری توجیه مدل گویند. در واقع هر یک از عکس‌ها آنقدر باید جابه‌جا شوند و یا در جای خود بچرخند که تقریباً کلیه عوارض نظیر هر دو عکس به بهترین وجه ممکن بر یکدیگر منطبق شوند.

البته در مواردی لازم است برای ایجاد دید برجسته لبه یکی از عکس‌ها را با انگشت کمی

بالا گرفت. در این حالت اگر با دقت به تصاویر منطقه مشترک که بر یکدیگر منطبق شده‌اند نگاه کنیم، این منطقه، برجسته دیده شده و کلیه برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌ها به همان شکلی که در طبیعت وجود دارد برای ما قابل رؤیت است و به خوبی می‌توانیم پستی یا بلندی نقاط را نسبت به یکدیگر تشخیص دهیم.

۳-۹- شناسایی عوارض روی عکس

یکی از موارد مهم استفاده از عکس‌های هوایی شناخت منطقه و شناسایی عوارض روی عکس‌ها است. این عمل که به آن تغییر عکس هوایی گفته می‌شود از جایگاه خاصی در دانش فتوگرامتری برخوردار است با توجه به آنکه عکس‌های هوایی معمولاً از چندین کیلومتری از عوارض زمین گرفته می‌شود، لذا شکل و ابعاد عوارض با آنچه که در حالت عادی در طبیعت دیده می‌شود تفاوت‌های کلی دارد. لذا مفسر عکس‌های هوایی باید از دانش و تجربه کافی برای این کار برخوردار باشد.

مثلاً شناخت جاده و راه آهن با توجه به آنکه در تمام طول مسیر دارای عرضی ثابت بوده و پیچ و خم آن‌ها نیز از قوانین مهندسی خاصی تبعیت می‌کند، به سادگی امکان پذیر است. درحالی‌که آبراه‌ها و رودخانه‌ها در طول مسیر دارای عرض‌های متفاوت بوده و دارای پیچیدگی‌های غیرهندسی نیز هستند.

تشخیص ارتفاعات نیز اگر چه کار دشواری نیست و با کمی تجربه امکان پذیر است، اما مقایسه ارتفاعات با یکدیگر به سادگی میسر نیست. البته استفاده از سایه‌ها در تشخیص ارتفاعات می‌تواند کمک مؤثری باشد.

تفکیک یک منطقه جنگلی از یک منطقه با پوشش گیاهی نیز به کمک ارتفاع نباتات موجود در منطقه ممکن خواهد بود. همچنین یک منطقه که به تازگی زیر پوشش درختان رفته و به یک منطقه جنگلی تبدیل شده است، معمولاً با درختان جوان که دارای بافت‌های ریز هستند، مشخص می‌شود. درحالی‌که یک جنگل قدیمی که دارای درختان مسن است بافت درشت‌تری دارد.

دانش تفسیر عکس‌های هوایی به مفسر امکان می‌دهد که کلیه عوارض روی عکس را شناسایی کرده و کم و کیف آن‌ها را تشخیص دهد.

۴-۹- تصاویر ماهواره‌ای

از چهارم اکتبر سال ۱۹۵۷ میلادی که اولین ماهواره به فضا پرتاب شد تا امروز بیش از ۴۰۰۰ ماهواره به فضا پرتاب شده است که یکی از مهم‌ترین مأموریت‌های آن‌ها تصویربرداری از

سطح زمین بوده است؛ ضمن این که به دلیل اهمیت این تصاویر سعی شده روزبه‌روز بر کیفیت آن‌ها افزوده شود.



شکل ۱۴-۹- عکس هوایی رنگی



شکل ۱۵-۹- نمونه‌ای از تصاویر ماهواره‌ای

در سال‌های اخیر به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای، به منظور بررسی‌های مختلف کره‌ی زمین، هر روز وسعت بیشتری یافته است و این به خاطر ویژگی‌هایی است که این تصاویر دارند. این ویژگی‌ها عبارت‌اند از :

- چرخش منظم ماهواره‌های تصویربردار به دور زمین ؛
- امکان ثبت اطلاعات و تصویربرداری‌های مکرر ؛
- در اختیار گذاشتن اطلاعات جدید و آگاهی‌هایی از هرگونه تغییرات ؛
- اقتصادی بودن تهیه‌ی تصاویر مکرر و زیاد.

علاوه بر این در حال حاضر تهیه‌ی نقشه‌های بزرگ مقیاس نیز به کمک این تصاویر میسر شده است، نمونه‌ای از تصاویر بزرگ مقیاس را در این جا می‌بینید.

سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱

مجموعه‌ای است که با بهره‌گیری کامل از امکانات علمی و پیشرفته علوم نقشه‌برداری و جغرافیا، امکان تعیین موقعیت محل و شناسایی عوارض و پدیده‌های جغرافیایی و برقراری ارتباط میان آن‌ها را میسر ساخته و بدین ترتیب نقش مهمی در مدیریت و برنامه‌ریزی پروژه‌های مرتبط با زمین خواهند داشت.

— GIS چیست؟

امروزه فعالیت متخصصین رشته‌های علوم در رابطه با یک منطقه علاوه بر نقشه‌هایی که در آن‌ها عوارض منطقه تعیین موقعیت شده‌اند، اطلاعات دیگری نیز به کمک متخصصین مربوطه تهیه و کلیه آن‌ها در مجموعه‌ای از نقشه‌ها آماده و طبقه‌بندی گردیده‌اند. این اطلاعات به صورت کدها و علائم قراردادی مختلف که هر کدام گویای یک عارضه و اطلاعات خاصی در سطح زمین بوده‌اند، نشان داده شده است و توضیح آن‌ها در راهنمای هر نقشه آورده شده است. در موارد بسیاری که جمع اطلاعات موجود بیشتر از تعداد علائم قراردادی بوده بایستی از عرضه اطلاعات صرف نظر شود یا آن‌ها را در ضمیمه‌ای ارائه می‌کردند. به این نقشه‌ها و ضمائم آن‌ها اصطلاحاً «پایگاه^۲ اطلاعات جغرافیایی» منطقه گفته‌اند، استفاده از این پایگاه‌های اطلاعات جغرافیایی اشکالاتی داشته که مهم‌ترین آن‌ها به این شرح است:

— به دلیل عدم امکان ارائه اطلاعات جمع‌آوری شده به صورت گویا در نقشه و برای دسترسی بهتر به اطلاعات ضمیمه نقشه بایستی، آن‌ها را طبقه‌بندی نمود. این عمل معمولاً باعث کم شدن حجم این اطلاعات شده و اطلاعات جزئی فدا می‌شوند.

— حساسیت کار اقتضا می‌کند علاوه بر دقت زیاد که باید در تهیه نقشه اعمال گردد، از علائم و اعداد به نحوی استفاده شود که بیننده مشکلی برای تعیین موقعیت عوارض و برقراری ارتباط بین این عوارض و اطلاعات جنبی پیدا نکند.

— در مواردی که سطح منطقه بالاست و چندین برگ نقشه، مورد استفاده قرار می‌گیرد، بررسی مناطق حاشیه‌ای نقشه‌ها مستلزم چسباندن آن‌ها به یکدیگر است.

— تغییرات در نقشه‌ها و به روز درآمدن آن‌ها، مستلزم صرف وقت و هزینه زیاد بوده است.

— علاوه بر تهیه نقشه و تنظیم اطلاعات ضمیمه، آماده کردن یک نقشه موضوعی از نقشه کلی

آماده شده نیز، کاری بسیار وقت گیر و پرهزینه است.

— چنان چه نقشه‌ها و اطلاعات تهیه شده برای مدت زمان طولانی (بیش از بیست سال) قابل استفاده باشد، هزینه‌های موردنظر توجیه اقتصادی دارد ولی معمولاً این طور نیست چرا که بیشتر عوارض مصنوعی نظیر شبکه‌های راه‌ها، مخابرات، برق، آب، و یا تقسیم نقشه‌های آن‌ها به سرعت در حال تغییر هستند.

— تهیه نقشه با روش‌های قبلی بسیار شبیه عکس است که از دیدگاه خاص عکاس از یک منطقه و در زمان مشخص برداشته باشد.

در آغاز، استفاده از نقشه‌های موضوعی برای ثبت ذخایر طبیعی و تقسیم‌بندی مشاهدات طبیعی به روش کیفی بود.

تحلیل اطلاعات نقشه نیز به وسیله‌ی مشاهده‌ی نقشه و بنا به برداشت کیفی (نه کمی) مشاهده‌گر صورت می‌گرفت. تحلیل‌های کمی از نقشه نیز تاحدی ممکن بود که می‌توانست شامل اندازه‌گیری‌های طول و یا مساحت با استفاده از مقیاس نقشه باشد.

اگرچه تحلیل و بررسی مقدار محدودی از داده‌های جغرافیایی با استفاده از نقشه‌های موضوعی می‌توانست نسبتاً به آسانی انجام گیرد ولی این روش برای مقدار زیاد داده‌ها غیرقابل استفاده بودند.

— مهم‌ترین مشکل اساسی آن است که برقراری ارتباط بین عوارض نقشه و اطلاعات مختلف فنی و اجتماعی، ضمیمه‌کاری سخت و وقت گیر و در مواردی غیرممکن است.

درحال حاضر همگی به این امر واقف هستند که رایانه‌ها نه تنها صدها بار سرعت انجام امور تحلیلی را بالا می‌برند بلکه از نظر دقت نیز کاملاً اطمینان‌بخش هستند. به‌خصوص زمانی که اطلاعات حجم زیادی داشته باشند، امکان اشتباه در انجام عملیات به‌صورت دستی بسیار افزایش پیدا می‌کند.

با توجه به موارد فوق و درخواست‌های روزافزون و نیاز به نقشه‌ها و اطلاعات مربوط به مشخصات موارد مورد بررسی، و امکان تلفیق آن‌ها برای نتیجه‌گیری‌های لازم، ملاحظه می‌شود که سیستم‌های قبلی ایجاد «پایگاه اطلاعات جغرافیایی» پاسخگو نبوده و لزوم ایجاد سیستم‌های جدید با استفاده از رایانه‌ها روزبه‌روز بیشتر شده است.

در دو سه دهه اخیر در زمینه مکانیزه کردن سیستم‌های ایجاد پایگاه اطلاعات جغرافیایی و استفاده هرچه بیشتر از رایانه‌ها در جمع‌آوری و نگهداری و به‌روزرسانی داده‌ها در زمینه‌های مختلف از جمله مهندسی عمران، جغرافیا، برنامه‌ریزی شهری و روستایی و منطقه‌ای و سنجش از دور و تحلیل عکس و مسائل نظامی فعالیت‌های زیادی صورت گرفته است که در نهایت منجر به تولید یک ابزار بسیار قوی گردید که به‌خوبی قادر است کلیه اطلاعات جغرافیایی مربوط به یک منطقه را

جمع‌آوری و ذخیره کرده و در زمینه بازیابی و به روزرسانی و ارتباط داشتن و تجزیه و تحلیل آن‌ها اقدام نموده و اطلاعات موردنیاز را برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی، استخراج می‌کند. این ابزار قوی که دارای پتانسیل فراوانی برای توسعه است «سیستم اطلاعات جغرافیایی» نام گرفت و مجامع علمی، تعریف زیر را برای این سیستم بیان کرده‌اند:

سیستم اطلاعات عددی^۱ که بتواند اطلاعات جغرافیایی و غیرجغرافیایی زمینه‌های مختلف یک نقطه را به هم مرتبط ساخته و آن‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد و داده‌های مورد نیاز تصمیم‌گیری را استخراج نماید «سیستم اطلاعات جغرافیایی» نامیده می‌شود.

تا سال‌های اخیر استفاده از سیستم فوق بسیار پرهزینه می‌نمود و این به دلیل گرانی سخت‌افزارها و موجود نبودن اطلاعات به طریقه عددی بود ولی دو واقعه مهم این وضعیت را کاملاً تغییر داد. اول آن که بهای سخت‌افزارهای رایانه در دهه اخیر تا حد زیادی کاهش پیدا کرد و دومین واقعه که خود تا حدودی حاصل کاهش قیمت رایانه است، افزایش حجم اطلاعات به طریقه عددی بوده است. به هرحال می‌توان گفت، پیدایش این سیستم نقطه عطفی در روند تجزیه و تحلیل اطلاعات، اطلاعات جغرافیایی به وجود آورده است تا افراد بتوانند از تلفیق انواع اطلاعات جغرافیایی و دیگر اطلاعات موردنظر، نتیجه‌گیری مناسب را داشته باشند.

در این جا به منظور آشنایی بیشتر با این سیستم به ذکر دو مثال ساده می‌پردازیم:

مثال ۱: در یک نقشه شهری چنانچه یک واحد مسکونی را در نظر بگیریم، این واحد دارای اطلاعات متفاوتی نظیر مساحت، نام مالک، تاریخ ساخت، تعداد طبقات و ... است. سیستم (GIS) ضمن ذخیره نقشه، این واحد مسکونی، دیگر اطلاعات مربوط به آن را ذخیره می‌نماید. هم‌چنین قادر است، ضمن ترکیب و تجزیه و تحلیل اطلاعات گرافیکی و تشریحی فوق، به سؤالات مختلفی از جمله این که «در کدام طبقه اتاقی به مساحت مشخص قرار دارد» به سرعت پاسخ دهد.

مثال ۲: در صورت گردآوری و ذخیره اطلاعات مربوط به معادن و یا زمین‌های کشاورزی که به‌عنوان محدوده‌های جغرافیایی، دارای طیف وسیعی از اطلاعات و نقشه‌ها هستند. سیستم نه تنها قادر خواهد بود، به سؤالات ساده‌ای از جمله نام یک محدوده و مختصات جغرافیایی آن پاسخ دهد، بلکه می‌تواند مکانی که چند شرط تعیین شده را برآورده کند، پیدا و نشان دهد. به‌عنوان مثال پیدا کردن محدوده زغال سنگ کشف شده‌ای که با راه ارتباطی کمتر از ده کیلومتر فاصله داشته باشد و ذخیره کشف شده آن بیش از ۲۰۰۰۰ تن باشد نیز، می‌تواند عمل مدل‌سازی جهت اتخاذ تصمیم برنامه‌ریزان موردنظر را انجام دهد. به عنوان مثال به این سؤال پاسخ دهد که: «شروع بهره‌برداری

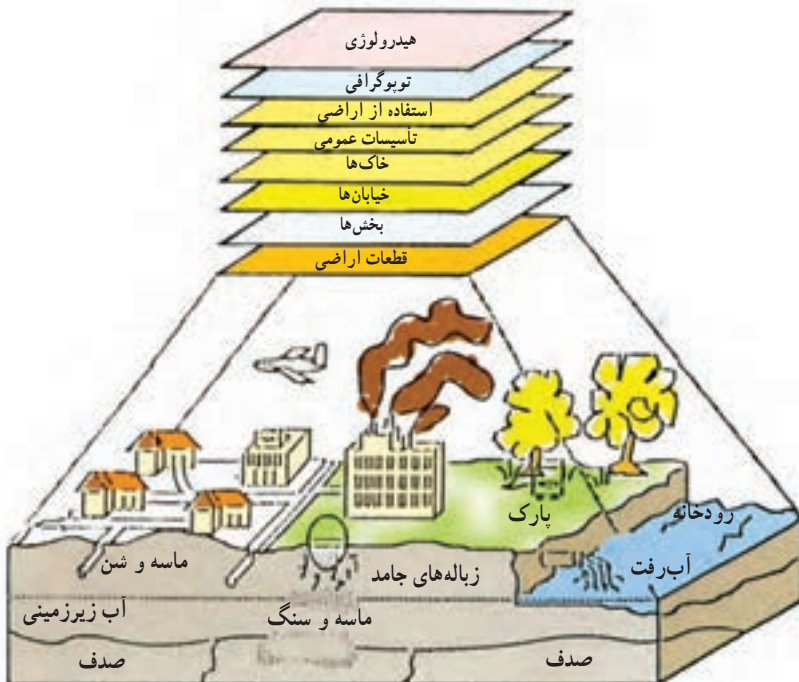
از یک معدن از نظر اقتصادی و تولید چه اثراتی بر روی کار سایر معادن مجاور خواهد داشت؟» معمولاً پاسخ‌گویی به این نوع سؤالات وقتی امکان‌پذیر است که اطلاعات مورد نیاز در سیستم موجود باشد.

$$\boxed{\text{مجموعه‌هایی از اطلاعات توصیفی}} + \boxed{x, y, z, t} = \text{GIS}$$

هر اطلاع یا آگاهی یا دانشی که بتوان آن را به مختصات (x, y, z) یا (λ, θ, h) نقاط واقع بر روی کره‌ی زمین نسبت داد یک «اطلاع جغرافیایی» است. بنابراین اطلاعات جغرافیایی دارای طیف بسیار وسیعی بوده و شامل کلیه‌ی اطلاعات در رابطه با محیط اطراف ما می‌گردد. به‌عنوان مثال اطلاعاتی در مورد جمعیت مناطق مختلف، نوع محصولات کشاورزی در مناطق مختلف، مالکیت‌ها، راه‌های ارتباطی و غیره جزو اطلاعات جغرافیایی محسوب می‌گردند.

حجم اطلاعات و مدیریت اطلاعات

براین اساس جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی نیازمند همکاری متخصصین نقشه‌برداری «به‌عنوان تعیین‌کننده موقعیت» با گروه وسیعی از متخصصان علوم دیگر (زمین‌شناس، جامعه‌شناس، جغرافی‌دان، مهندس معمار و ...) است.



شکل ۱۶-۹- زمین ویژگی‌های جغرافیایی بسیاری دارد که هرکدام از این ویژگی‌ها را می‌توان به صورت یک

لایه اطلاعاتی رابطه‌ای نشان داد.

این سیستم هم‌چنین امکان تهیه نقشه‌های جدید را نیز فراهم می‌کند. مثلاً اگر تصور کنیم نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی یک منطقه با مقیاس $\frac{1}{20000}$ ذخیره شده باشد، سیستم می‌تواند نقشه‌هایی شامل هر دو دسته اطلاعات و یا مقیاس‌های متفاوت و در محدوده‌های مورد نیاز را آماده و عرضه کند.

به‌طور کلی وقتی نقشه‌های مختلفی در سیستم ذخیره می‌شوند، هر یک از این نقشه‌ها در حقیقت یک لایه اطلاعاتی را تشکیل داده و با توجه به نیاز، می‌توان همه و یا تنها تعدادی از این لایه‌های اطلاعاتی را مورد پردازش قرار داد و یا نقشه‌ای جدید تهیه و آماده چاپ کرد.

خودآزمایی

- ۱- علم فتوگرامتری را تعریف کنید.
- ۲- نحوه‌ی تهیه عکس‌های هوایی چگونه است؟
- ۳- مقیاس عکس هوایی قائم را شرح دهید.
- ۴- استرئوسکوپ چیست؟
- ۵- مراحل برجسته‌بینی را به ترتیب توضیح دهید.
- ۶- کاربرد فتوگرامتری در نقشه برداری را شرح دهید.
- ۷- با استفاده از استرئوسکوپ نحوه‌ی برجسته‌بینی در عکس‌های هوایی را مشاهده

نمائید.

جداول سینوس و کسینوس زوایا

1	0°		1°		2°		3°		4°		1
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.00000	1.	.01745	.99985	.03490	.99939	.05234	.99863	.06976	.99756	60
1	.00029	1.	.01774	.99984	.03519	.99938	.05263	.99861	.07005	.99754	59
2	.00058	1.	.01803	.99984	.03548	.99937	.05292	.99860	.07034	.99752	58
3	.00087	1.	.01832	.99983	.03577	.99936	.05321	.99858	.07063	.99750	57
4	.00116	1.	.01862	.99983	.03606	.99935	.05350	.99857	.07092	.99748	56
5	.00145	1.	.01891	.99982	.03635	.99934	.05379	.99855	.07121	.99746	55
6	.00175	1.	.01920	.99982	.03664	.99933	.05408	.99854	.07150	.99744	54
7	.00204	1.	.01949	.99981	.03693	.99932	.05437	.99852	.07179	.99742	53
8	.00233	1.	.01978	.99980	.03723	.99931	.05466	.99851	.07208	.99740	52
9	.00262	1.	.02007	.99980	.03752	.99930	.05495	.99849	.07237	.99738	51
10	.00291	1.	.02036	.99979	.03781	.99929	.05524	.99847	.07266	.99736	50
11	.00320	.99999	.02065	.99979	.03810	.99927	.05553	.99846	.07295	.99734	49
12	.00349	.99999	.02094	.99978	.03839	.99926	.05582	.99844	.07324	.99731	48
13	.00378	.99999	.02123	.99977	.03868	.99925	.05611	.99842	.07353	.99729	47
14	.00407	.99999	.02152	.99977	.03897	.99924	.05640	.99841	.07382	.99727	46
15	.00436	.99999	.02181	.99976	.03926	.99923	.05669	.99839	.07411	.99725	45
16	.00465	.99999	.02211	.99976	.03955	.99922	.05698	.99838	.07440	.99723	44
17	.00495	.99999	.02240	.99975	.03984	.99921	.05727	.99836	.07469	.99721	43
18	.00524	.99999	.02269	.99974	.04013	.99919	.05756	.99834	.07498	.99719	42
19	.00553	.99998	.02298	.99974	.04042	.99918	.05785	.99833	.07527	.99717	41
20	.00582	.99998	.02327	.99973	.04071	.99917	.05814	.99831	.07556	.99714	40
21	.00611	.99998	.02356	.99972	.04100	.99916	.05843	.99829	.07585	.99712	39
22	.00640	.99998	.02385	.99972	.04129	.99915	.05872	.99827	.07614	.99710	38
23	.00669	.99998	.02414	.99971	.04158	.99913	.05901	.99826	.07643	.99708	37
24	.00698	.99998	.02443	.99970	.04187	.99912	.05930	.99824	.07672	.99705	36
25	.00727	.99997	.02472	.99969	.04216	.99911	.05959	.99822	.07701	.99703	35
26	.00756	.99997	.02501	.99969	.04245	.99910	.05988	.99821	.07730	.99701	34
27	.00785	.99997	.02530	.99968	.04274	.99909	.06017	.99819	.07759	.99699	33
28	.00814	.99997	.02559	.99967	.04303	.99907	.06046	.99817	.07788	.99696	32
29	.00843	.99996	.02588	.99966	.04332	.99906	.06075	.99815	.07817	.99694	31
30	.00873	.99996	.02618	.99966	.04361	.99905	.06104	.99813	.07846	.99692	30
31	.00902	.99996	.02647	.99965	.04390	.99904	.06133	.99812	.07875	.99689	29
32	.00931	.99996	.02676	.99964	.04419	.99902	.06162	.99810	.07904	.99687	28
33	.00960	.99995	.02705	.99963	.04448	.99901	.06191	.99808	.07933	.99685	27
34	.00989	.99995	.02734	.99963	.04477	.99900	.06220	.99806	.07962	.99683	26
35	.01018	.99995	.02763	.99962	.04506	.99898	.06249	.99804	.07991	.99680	25
36	.01047	.99995	.02792	.99961	.04535	.99897	.06278	.99803	.08020	.99678	24
37	.01076	.99994	.02821	.99960	.04564	.99896	.06307	.99801	.08049	.99676	23
38	.01105	.99994	.02850	.99959	.04593	.99894	.06336	.99799	.08078	.99673	22
39	.01134	.99994	.02879	.99959	.04622	.99893	.06365	.99797	.08107	.99671	21
40	.01164	.99993	.02908	.99958	.04651	.99892	.06394	.99795	.08136	.99668	20
41	.01193	.99993	.02937	.99957	.04680	.99890	.06423	.99793	.08165	.99666	19
42	.01222	.99993	.02966	.99956	.04709	.99889	.06452	.99792	.08194	.99664	18
43	.01251	.99992	.02995	.99955	.04738	.99888	.06481	.99790	.08223	.99661	17
44	.01280	.99992	.03024	.99954	.04767	.99886	.06510	.99788	.08252	.99659	16
45	.01309	.99991	.03053	.99953	.04796	.99885	.06539	.99786	.08281	.99657	15
46	.01338	.99991	.03082	.99952	.04825	.99883	.06568	.99784	.08310	.99654	14
47	.01367	.99991	.03111	.99952	.04854	.99882	.06597	.99782	.08339	.99652	13
48	.01396	.99990	.03140	.99951	.04883	.99881	.06626	.99780	.08368	.99649	12
49	.01425	.99990	.03170	.99950	.04912	.99879	.06655	.99778	.08397	.99647	11
50	.01454	.99989	.03199	.99949	.04941	.99878	.06684	.99776	.08426	.99644	10
51	.01483	.99989	.03228	.99948	.04970	.99876	.06713	.99774	.08455	.99642	9
52	.01513	.99989	.03257	.99947	.05000	.99875	.06742	.99772	.08484	.99639	8
53	.01542	.99988	.03286	.99946	.05030	.99873	.06771	.99770	.08513	.99637	7
54	.01571	.99988	.03315	.99945	.05059	.99872	.06800	.99768	.08542	.99635	6
55	.01600	.99987	.03344	.99944	.05088	.99870	.06829	.99766	.08571	.99632	5
56	.01629	.99987	.03373	.99943	.05117	.99869	.06858	.99764	.08600	.99630	4
57	.01658	.99986	.03402	.99942	.05146	.99867	.06887	.99762	.08629	.99627	3
58	.01687	.99986	.03431	.99941	.05175	.99866	.06916	.99760	.08658	.99625	2
59	.01716	.99985	.03461	.99940	.05204	.99864	.06945	.99758	.08687	.99622	1
60	.01745	.99985	.03490	.99939	.05234	.99863	.06974	.99756	.08716	.99619	0
1	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	1
	89°		88°		87°		86°		85°		

جداول سینوس و کسینوس زوایا

/	5°		6°		7°		8°		9°		/
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.08716	.99619	.10453	.99454	.12187	.99255	.13917	.99027	.15643	.98769	60
1	.08745	.99617	.10482	.99449	.12216	.99251	.13946	.99023	.15672	.98764	59
2	.08774	.99614	.10511	.99446	.12245	.99248	.13975	.99019	.15701	.98760	58
3	.08803	.99612	.10540	.99443	.12274	.99244	.14004	.99015	.15730	.98755	57
4	.08831	.99609	.10569	.99440	.12302	.99240	.14033	.99011	.15758	.98751	56
5	.08860	.99607	.10597	.99437	.12331	.99237	.14061	.99006	.15787	.98746	55
6	.08889	.99604	.10626	.99434	.12360	.99233	.14090	.99002	.15816	.98741	54
7	.08918	.99602	.10655	.99431	.12389	.99230	.14119	.98998	.15845	.98737	53
8	.08947	.99599	.10684	.99428	.12418	.99226	.14148	.98994	.15873	.98732	52
9	.08976	.99596	.10713	.99424	.12447	.99222	.14177	.98990	.15902	.98728	51
10	.09005	.99594	.10742	.99421	.12476	.99219	.14205	.98986	.15931	.98723	50
11	.09034	.99591	.10771	.99418	.12504	.99215	.14234	.98982	.15960	.98718	49
12	.09063	.99588	.10800	.99415	.12533	.99211	.14263	.98978	.15988	.98714	48
13	.09092	.99586	.10829	.99412	.12562	.99208	.14292	.98973	.16017	.98709	47
14	.09121	.99583	.10858	.99409	.12591	.99204	.14320	.98969	.16046	.98704	46
15	.09150	.99580	.10887	.99406	.12620	.99200	.14349	.98965	.16074	.98700	45
16	.09179	.99578	.10916	.99402	.12649	.99197	.14378	.98961	.16103	.98695	44
17	.09208	.99575	.10945	.99399	.12678	.99193	.14407	.98957	.16132	.98690	43
18	.09237	.99572	.10973	.99396	.12707	.99189	.14436	.98953	.16160	.98686	42
19	.09266	.99570	.11002	.99393	.12735	.99186	.14464	.98948	.16189	.98681	41
20	.09295	.99567	.11031	.99390	.12764	.99182	.14493	.98944	.16218	.98676	40
21	.09324	.99564	.11060	.99386	.12793	.99178	.14522	.98940	.16246	.98671	39
22	.09353	.99562	.11089	.99383	.12822	.99175	.14551	.98936	.16275	.98667	38
23	.09382	.99559	.11118	.99380	.12851	.99171	.14580	.98931	.16304	.98662	37
24	.09411	.99557	.11147	.99377	.12880	.99167	.14608	.98927	.16333	.98657	36
25	.09440	.99553	.11176	.99374	.12908	.99163	.14637	.98923	.16361	.98652	35
26	.09469	.99551	.11205	.99370	.12937	.99160	.14666	.98919	.16390	.98648	34
27	.09498	.99548	.11234	.99367	.12966	.99156	.14695	.98914	.16419	.98643	33
28	.09527	.99545	.11263	.99364	.12995	.99152	.14723	.98910	.16447	.98638	32
29	.09556	.99543	.11291	.99360	.13024	.99148	.14752	.98906	.16476	.98633	31
30	.09585	.99540	.11320	.99357	.13053	.99144	.14781	.98902	.16505	.98629	30
31	.09614	.99537	.11349	.99354	.13081	.99141	.14810	.98897	.16533	.98624	29
32	.09642	.99534	.11378	.99351	.13110	.99137	.14838	.98893	.16562	.98619	28
33	.09671	.99531	.11407	.99347	.13139	.99133	.14867	.98889	.16591	.98614	27
34	.09700	.99528	.11436	.99344	.13168	.99129	.14896	.98884	.16620	.98609	26
35	.09729	.99526	.11465	.99341	.13197	.99125	.14925	.98880	.16648	.98604	25
36	.09758	.99523	.11494	.99337	.13226	.99122	.14954	.98876	.16677	.98600	24
37	.09787	.99520	.11523	.99334	.13254	.99118	.14982	.98871	.16706	.98595	23
38	.09816	.99517	.11552	.99331	.13283	.99114	.15011	.98867	.16734	.98590	22
39	.09845	.99514	.11580	.99327	.13312	.99110	.15040	.98863	.16763	.98585	21
40	.09874	.99511	.11609	.99324	.13341	.99106	.15069	.98858	.16792	.98580	20
41	.09903	.99508	.11638	.99320	.13370	.99102	.15097	.98854	.16820	.98575	19
42	.09932	.99506	.11667	.99317	.13399	.99098	.15126	.98849	.16849	.98570	18
43	.09961	.99503	.11696	.99314	.13427	.99094	.15155	.98845	.16878	.98565	17
44	.09990	.99500	.11725	.99310	.13456	.99091	.15184	.98841	.16906	.98561	16
45	.10019	.99497	.11754	.99307	.13485	.99087	.15212	.98836	.16935	.98556	15
46	.10048	.99494	.11783	.99303	.13514	.99083	.15241	.98832	.16964	.98551	14
47	.10077	.99491	.11812	.99300	.13543	.99079	.15270	.98827	.16992	.98546	13
48	.10106	.99488	.11840	.99297	.13572	.99075	.15299	.98823	.17021	.98541	12
49	.10135	.99485	.11869	.99293	.13600	.99071	.15327	.98818	.17050	.98536	11
50	.10164	.99482	.11898	.99290	.13629	.99067	.15356	.98814	.17078	.98531	10
51	.10192	.99479	.11927	.99286	.13658	.99063	.15385	.98809	.17107	.98526	9
52	.10221	.99476	.11956	.99283	.13687	.99059	.15414	.98805	.17136	.98521	8
53	.10250	.99473	.11985	.99279	.13716	.99055	.15442	.98800	.17164	.98516	7
54	.10279	.99470	.12014	.99276	.13744	.99051	.15471	.98796	.17193	.98511	6
55	.10308	.99467	.12043	.99272	.13773	.99047	.15500	.98791	.17222	.98506	5
56	.10337	.99464	.12071	.99269	.13802	.99043	.15529	.98787	.17250	.98501	4
57	.10366	.99461	.12100	.99265	.13831	.99039	.15557	.98782	.17279	.98496	3
58	.10395	.99458	.12129	.99262	.13860	.99035	.15586	.98778	.17308	.98491	2
59	.10424	.99455	.12158	.99258	.13889	.99031	.15615	.98773	.17336	.98486	1
60	.10453	.99452	.12187	.99255	.13917	.99027	.15643	.98769	.17365	.98481	0
/	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	/
	84°		83°		82°		81°		80°		

جداول سینوس و کسینوس زوايا

/	10°		11°		12°		13°		14°		/
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.17365	.98481	.19081	.98163	.20791	.97815	.22495	.97437	.24192	.97030	60
1	.17393	.98476	.19109	.98157	.20820	.97809	.22523	.97430	.24220	.97023	59
2	.17422	.98471	.19138	.98152	.20848	.97803	.22552	.97424	.24249	.97015	58
3	.17451	.98466	.19167	.98146	.20877	.97797	.22580	.97417	.24277	.97008	57
4	.17479	.98461	.19195	.98140	.20905	.97791	.22608	.97411	.24305	.97001	56
5	.17508	.98455	.19224	.98135	.20933	.97784	.22637	.97404	.24333	.96994	55
6	.17537	.98450	.19252	.98129	.20962	.97778	.22665	.97398	.24362	.96987	54
7	.17565	.98445	.19281	.98124	.20990	.97772	.22693	.97391	.24390	.96980	53
8	.17594	.98440	.19309	.98118	.21019	.97766	.22722	.97384	.24418	.96973	52
9	.17623	.98435	.19338	.98112	.21047	.97760	.22750	.97378	.24446	.96966	51
10	.17651	.98430	.19366	.98107	.21076	.97754	.22778	.97371	.24474	.96959	50
11	.17680	.98425	.19395	.98101	.21104	.97748	.22807	.97365	.24503	.96953	49
12	.17708	.98420	.19423	.98096	.21132	.97742	.22835	.97358	.24531	.96945	48
13	.17737	.98414	.19452	.98090	.21161	.97735	.22863	.97351	.24559	.96937	47
14	.17766	.98409	.19481	.98084	.21189	.97729	.22892	.97345	.24587	.96930	46
15	.17794	.98404	.19509	.98079	.21218	.97723	.22920	.97338	.24615	.96923	45
16	.17823	.98399	.19538	.98073	.21246	.97717	.22948	.97331	.24644	.96916	44
17	.17851	.98394	.19566	.98067	.21275	.97711	.22977	.97325	.24672	.96909	43
18	.17880	.98389	.19595	.98061	.21303	.97705	.23005	.97318	.24700	.96902	42
19	.17909	.98383	.19623	.98056	.21331	.97699	.23033	.97311	.24728	.96894	41
20	.17937	.98378	.19652	.98050	.21360	.97692	.23062	.97304	.24756	.96887	40
21	.17966	.98373	.19680	.98044	.21388	.97686	.23090	.97298	.24784	.96880	39
22	.17995	.98368	.19709	.98039	.21417	.97680	.23118	.97291	.24813	.96873	38
23	.18023	.98363	.19737	.98033	.21445	.97673	.23146	.97284	.24841	.96866	37
24	.18052	.98357	.19766	.98027	.21474	.97667	.23175	.97278	.24869	.96858	36
25	.18081	.98352	.19794	.98021	.21502	.97661	.23203	.97271	.24897	.96851	35
26	.18109	.98347	.19823	.98016	.21530	.97655	.23231	.97264	.24925	.96844	34
27	.18138	.98341	.19851	.98010	.21559	.97648	.23260	.97257	.24954	.96837	33
28	.18166	.98336	.19880	.98004	.21587	.97642	.23288	.97251	.24982	.96829	32
29	.18195	.98331	.19908	.97998	.21616	.97636	.23316	.97244	.25010	.96822	31
30	.18224	.98325	.19937	.97992	.21644	.97630	.23345	.97237	.25038	.96815	30
31	.18252	.98320	.19965	.97987	.21672	.97623	.23373	.97230	.25066	.96807	29
32	.18281	.98315	.19994	.97981	.21701	.97617	.23401	.97223	.25094	.96800	28
33	.18309	.98310	.20022	.97975	.21729	.97611	.23429	.97217	.25122	.96793	27
34	.18338	.98304	.20051	.97969	.21758	.97604	.23458	.97210	.25151	.96786	26
35	.18367	.98299	.20079	.97963	.21786	.97598	.23486	.97203	.25179	.96778	25
36	.18395	.98294	.20108	.97958	.21814	.97592	.23514	.97196	.25207	.96771	24
37	.18424	.98288	.20136	.97952	.21843	.97585	.23542	.97189	.25235	.96764	23
38	.18452	.98283	.20165	.97946	.21871	.97579	.23571	.97182	.25263	.96756	22
39	.18481	.98277	.20193	.97940	.21899	.97573	.23599	.97176	.25291	.96749	21
40	.18509	.98272	.20222	.97934	.21928	.97566	.23627	.97169	.25320	.96742	20
41	.18538	.98267	.20250	.97928	.21956	.97560	.23656	.97162	.25348	.96734	19
42	.18567	.98261	.20279	.97922	.21985	.97553	.23684	.97155	.25376	.96727	18
43	.18595	.98256	.20307	.97916	.22013	.97547	.23712	.97148	.25404	.96719	17
44	.18624	.98250	.20336	.97910	.22041	.97541	.23740	.97141	.25432	.96712	16
45	.18653	.98245	.20364	.97905	.22070	.97534	.23769	.97134	.25460	.96705	15
46	.18681	.98240	.20393	.97899	.22098	.97528	.23797	.97127	.25488	.96697	14
47	.18710	.98234	.20421	.97893	.22126	.97521	.23825	.97120	.25516	.96690	13
48	.18738	.98229	.20450	.97887	.22155	.97515	.23853	.97113	.25544	.96682	12
49	.18767	.98223	.20478	.97881	.22183	.97508	.23882	.97106	.25572	.96675	11
50	.18795	.98218	.20507	.97875	.22212	.97502	.23910	.97100	.25601	.96667	10
51	.18824	.98212	.20535	.97869	.22240	.97496	.23938	.97093	.25629	.96660	9
52	.18852	.98207	.20563	.97863	.22268	.97489	.23966	.97086	.25657	.96653	8
53	.18881	.98201	.20592	.97857	.22297	.97483	.23995	.97079	.25685	.96645	7
54	.18910	.98196	.20620	.97851	.22325	.97476	.24023	.97072	.25713	.96638	6
55	.18938	.98190	.20649	.97845	.22353	.97470	.24051	.97065	.25741	.96630	5
56	.18967	.98185	.20677	.97839	.22382	.97463	.24079	.97058	.25769	.96623	4
57	.18995	.98179	.20706	.97833	.22410	.97457	.24108	.97051	.25797	.96615	3
58	.19024	.98174	.20734	.97827	.22438	.97450	.24136	.97044	.25826	.96608	2
59	.19052	.98168	.20763	.97821	.22467	.97444	.24164	.97037	.25854	.96600	1
60	.19081	.98163	.20791	.97815	.22495	.97437	.24192	.97030	.25882	.96593	0
/	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	/
	79°		78°		77°		76°		75°		

جداول سینوس و کسینوس زوایا

/	15°		16°		17°		18°		19°		/
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.25882	.96593	.27564	.96126	.29237	.95630	.30902	.95106	.32557	.94552	60
1	.25910	.96585	.27592	.96118	.29265	.95622	.30929	.95097	.32584	.94542	59
2	.25938	.96578	.27620	.96110	.29293	.95613	.30957	.95088	.32612	.94533	58
3	.25966	.96570	.27648	.96102	.29321	.95605	.30985	.95079	.32639	.94523	57
4	.25994	.96562	.27676	.96094	.29348	.95596	.31012	.95070	.32667	.94514	56
5	.26022	.96555	.27704	.96086	.29376	.95588	.31040	.95061	.32694	.94504	55
6	.26050	.96547	.27731	.96078	.29404	.95579	.31068	.95052	.32722	.94495	54
7	.26079	.96540	.27759	.96070	.29432	.95571	.31095	.95043	.32749	.94485	53
8	.26107	.96532	.27787	.96062	.29460	.95562	.31123	.95033	.32777	.94476	52
9	.26135	.96524	.27815	.96054	.29487	.95554	.31151	.95024	.32804	.94466	51
10	.26163	.96517	.27843	.96046	.29515	.95545	.31178	.95015	.32832	.94457	50
11	.26191	.96509	.27871	.96037	.29543	.95536	.31206	.95006	.32859	.94447	49
12	.26219	.96502	.27899	.96029	.29571	.95528	.31233	.94997	.32887	.94438	48
13	.26247	.96494	.27927	.96021	.29599	.95519	.31261	.94988	.32914	.94428	47
14	.26275	.96486	.27955	.96013	.29626	.95511	.31289	.94979	.32942	.94418	46
15	.26303	.96479	.27983	.96005	.29654	.95502	.31316	.94970	.32969	.94409	45
16	.26331	.96471	.28011	.95997	.29682	.95493	.31344	.94961	.32997	.94400	44
17	.26359	.96463	.28039	.95989	.29710	.95485	.31372	.94952	.33024	.94390	43
18	.26387	.96455	.28067	.95981	.29737	.95476	.31399	.94943	.33052	.94381	42
19	.26415	.96448	.28095	.95972	.29765	.95467	.31427	.94934	.33079	.94371	41
20	.26443	.96440	.28123	.95964	.29793	.95459	.31454	.94924	.33106	.94361	40
21	.26471	.96433	.28150	.95956	.29821	.95450	.31482	.94915	.33134	.94351	39
22	.26500	.96425	.28178	.95948	.29849	.95441	.31510	.94906	.33161	.94342	38
23	.26528	.96417	.28206	.95940	.29876	.95433	.31537	.94897	.33189	.94332	37
24	.26556	.96410	.28234	.95931	.29904	.95424	.31565	.94888	.33216	.94322	36
25	.26584	.96402	.28262	.95923	.29932	.95415	.31593	.94879	.33244	.94313	35
26	.26612	.96394	.28290	.95915	.29960	.95407	.31620	.94869	.33271	.94303	34
27	.26640	.96386	.28318	.95907	.29987	.95398	.31648	.94860	.33298	.94293	33
28	.26668	.96379	.28346	.95898	.30015	.95389	.31675	.94851	.33326	.94284	32
29	.26696	.96371	.28374	.95890	.30043	.95380	.31703	.94842	.33353	.94274	31
30	.26724	.96363	.28402	.95882	.30071	.95372	.31730	.94833	.33381	.94264	30
31	.26752	.96355	.28430	.95874	.30098	.95363	.31758	.94823	.33408	.94254	29
32	.26780	.96347	.28457	.95865	.30126	.95354	.31786	.94814	.33436	.94245	28
33	.26808	.96340	.28485	.95857	.30154	.95345	.31813	.94805	.33463	.94235	27
34	.26836	.96332	.28513	.95849	.30182	.95337	.31841	.94795	.33490	.94225	26
35	.26864	.96324	.28541	.95841	.30209	.95328	.31868	.94786	.33518	.94215	25
36	.26892	.96316	.28569	.95833	.30237	.95319	.31896	.94777	.33545	.94206	24
37	.26920	.96308	.28597	.95824	.30265	.95310	.31923	.94768	.33573	.94196	23
38	.26948	.96301	.28625	.95816	.30292	.95301	.31951	.94758	.33600	.94186	22
39	.26976	.96293	.28652	.95807	.30320	.95293	.31979	.94749	.33627	.94176	21
40	.27004	.96285	.28680	.95799	.30348	.95284	.32006	.94740	.33655	.94167	20
41	.27032	.96277	.28708	.95791	.30376	.95275	.32034	.94730	.33682	.94157	19
42	.27060	.96269	.28736	.95782	.30403	.95266	.32061	.94721	.33710	.94147	18
43	.27088	.96261	.28764	.95774	.30431	.95257	.32089	.94712	.33737	.94137	17
44	.27116	.96253	.28792	.95765	.30459	.95248	.32116	.94703	.33764	.94127	16
45	.27144	.96246	.28820	.95757	.30486	.95240	.32144	.94693	.33792	.94118	15
46	.27172	.96238	.28847	.95749	.30514	.95231	.32171	.94684	.33819	.94108	14
47	.27200	.96230	.28875	.95740	.30542	.95222	.32199	.94674	.33846	.94098	13
48	.27228	.96222	.28903	.95733	.30570	.95213	.32227	.94665	.33874	.94088	12
49	.27256	.96214	.28931	.95724	.30597	.95204	.32254	.94656	.33901	.94078	11
50	.27284	.96206	.28959	.95715	.30625	.95195	.32282	.94646	.33929	.94068	10
51	.27312	.96198	.28987	.95707	.30653	.95186	.32309	.94637	.33956	.94058	9
52	.27340	.96190	.29015	.95698	.30680	.95177	.32337	.94627	.33983	.94048	8
53	.27368	.96182	.29042	.95690	.30708	.95168	.32364	.94618	.34011	.94039	7
54	.27396	.96174	.29070	.95681	.30736	.95159	.32392	.94609	.34038	.94029	6
55	.27424	.96166	.29098	.95673	.30763	.95150	.32419	.94599	.34065	.94019	5
56	.27452	.96158	.29126	.95664	.30791	.95142	.32447	.94590	.34093	.94009	4
57	.27480	.96150	.29154	.95656	.30819	.95133	.32474	.94580	.34120	.93999	3
58	.27508	.96142	.29182	.95647	.30847	.95124	.32502	.94571	.34147	.93989	2
59	.27536	.96134	.29210	.95639	.30874	.95115	.32529	.94561	.34175	.93979	1
60	.27564	.96126	.29237	.95630	.30902	.95106	.32557	.94552	.34202	.93969	0
/	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	/
	74°		73°		72°		71°		70°		

جداول سینوس و کسینوس زوایا

/	20°		21°		22°		23°		24°		/
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.34202	.93960	.35837	.93358	.37461	.92718	.39073	.92050	.40674	.91355	60
1	.34229	.93959	.35864	.93348	.37488	.92707	.39100	.92039	.40700	.91343	59
2	.34257	.93949	.35891	.93337	.37515	.92697	.39127	.92028	.40727	.91331	58
3	.34284	.93939	.35918	.93327	.37542	.92686	.39153	.92016	.40753	.91319	57
4	.34311	.93929	.35945	.93316	.37569	.92675	.39180	.92005	.40780	.91307	56
5	.34339	.93919	.35973	.93306	.37595	.92664	.39207	.91994	.40806	.91295	55
6	.34366	.93909	.36000	.93295	.37622	.92653	.39234	.91982	.40833	.91283	54
7	.34393	.93899	.36027	.93285	.37649	.92642	.39261	.91971	.40860	.91272	53
8	.34421	.93889	.36054	.93274	.37676	.92631	.39287	.91959	.40886	.91260	52
9	.34448	.93879	.36081	.93264	.37703	.92620	.39314	.91948	.40913	.91248	51
10	.34475	.93869	.36108	.93253	.37730	.92609	.39341	.91936	.40939	.91236	50
11	.34503	.93859	.36135	.93243	.37757	.92598	.39367	.91925	.40966	.91224	49
12	.34530	.93849	.36162	.93232	.37784	.92587	.39394	.91914	.40992	.91212	48
13	.34557	.93839	.36190	.93222	.37811	.92576	.39421	.91902	.41019	.91200	47
14	.34584	.93829	.36217	.93211	.37838	.92565	.39448	.91891	.41045	.91188	46
15	.34612	.93819	.36244	.93201	.37865	.92554	.39474	.91879	.41072	.91176	45
16	.34639	.93809	.36271	.93190	.37892	.92543	.39501	.91868	.41098	.91164	44
17	.34666	.93799	.36298	.93180	.37919	.92532	.39528	.91856	.41125	.91152	43
18	.34694	.93789	.36325	.93169	.37946	.92521	.39555	.91845	.41151	.91140	42
19	.34721	.93779	.36352	.93159	.37973	.92510	.39581	.91833	.41178	.91128	41
20	.34748	.93769	.36379	.93148	.37999	.92499	.39608	.91822	.41204	.91116	40
21	.34775	.93759	.36406	.93137	.38026	.92488	.39635	.91810	.41231	.91104	39
22	.34803	.93749	.36434	.93127	.38053	.92477	.39661	.91799	.41257	.91092	38
23	.34830	.93738	.36461	.93116	.38080	.92466	.39688	.91787	.41284	.91080	37
24	.34857	.93728	.36488	.93106	.38107	.92455	.39715	.91775	.41310	.91068	36
25	.34884	.93718	.36515	.93095	.38134	.92444	.39741	.91764	.41337	.91056	35
26	.34912	.93708	.36542	.93084	.38161	.92432	.39768	.91752	.41363	.91044	34
27	.34939	.93698	.36569	.93074	.38188	.92421	.39795	.91741	.41390	.91032	33
28	.34966	.93688	.36596	.93063	.38215	.92410	.39822	.91729	.41416	.91020	32
29	.34993	.93678	.36623	.93052	.38242	.92399	.39848	.91718	.41443	.91008	31
30	.35021	.93667	.36650	.93042	.38268	.92388	.39875	.91706	.41469	.90996	30
31	.35048	.93657	.36677	.93031	.38295	.92377	.39902	.91694	.41496	.90984	29
32	.35075	.93647	.36704	.93020	.38322	.92366	.39928	.91683	.41522	.90972	28
33	.35102	.93637	.36731	.93010	.38349	.92355	.39955	.91671	.41549	.90960	27
34	.35130	.93626	.36758	.92999	.38376	.92343	.39982	.91660	.41575	.90948	26
35	.35157	.93616	.36785	.92988	.38403	.92332	.40008	.91648	.41602	.90936	25
36	.35184	.93606	.36812	.92978	.38430	.92321	.40035	.91636	.41628	.90924	24
37	.35211	.93596	.36839	.92967	.38456	.92310	.40062	.91625	.41655	.90911	23
38	.35239	.93585	.36867	.92956	.38483	.92299	.40088	.91613	.41681	.90899	22
39	.35266	.93575	.36894	.92945	.38510	.92287	.40115	.91601	.41707	.90887	21
40	.35292	.93565	.36921	.92935	.38537	.92276	.40141	.91590	.41734	.90875	20
41	.35320	.93555	.36948	.92924	.38564	.92265	.40168	.91578	.41760	.90863	19
42	.35347	.93544	.36975	.92913	.38591	.92254	.40195	.91566	.41787	.90851	18
43	.35375	.93534	.37002	.92902	.38617	.92243	.40221	.91555	.41813	.90839	17
44	.35402	.93524	.37029	.92892	.38644	.92231	.40248	.91543	.41840	.90826	16
45	.35429	.93514	.37056	.92881	.38671	.92220	.40275	.91531	.41866	.90814	15
46	.35456	.93504	.37083	.92870	.38698	.92209	.40301	.91519	.41892	.90802	14
47	.35484	.93493	.37110	.92859	.38725	.92198	.40328	.91508	.41919	.90790	13
48	.35511	.93483	.37137	.92849	.38752	.92186	.40355	.91496	.41945	.90778	12
49	.35538	.93472	.37164	.92838	.38778	.92175	.40381	.91484	.41972	.90766	11
50	.35565	.93462	.37191	.92827	.38805	.92164	.40408	.91472	.41998	.90753	10
51	.35592	.93452	.37218	.92816	.38832	.92152	.40434	.91461	.42024	.90741	9
52	.35619	.93441	.37245	.92805	.38859	.92141	.40461	.91449	.42051	.90729	8
53	.35647	.93431	.37272	.92794	.38886	.92130	.40488	.91437	.42077	.90717	7
54	.35674	.93420	.37299	.92784	.38912	.92119	.40514	.91425	.42104	.90704	6
55	.35701	.93410	.37326	.92773	.38939	.92107	.40541	.91414	.42130	.90692	5
56	.35728	.93400	.37353	.92762	.38966	.92096	.40567	.91402	.42156	.90680	4
57	.35755	.93389	.37380	.92751	.38993	.92085	.40594	.91390	.42183	.90668	3
58	.35782	.93379	.37407	.92740	.39020	.92073	.40621	.91378	.42209	.90655	2
59	.35810	.93368	.37434	.92729	.39046	.92062	.40647	.91366	.42235	.90643	1
60	.35837	.93358	.37461	.92718	.39073	.92050	.40674	.91355	.42262	.90631	0
/	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	/
	69°		68°		67°		66°		65°		

جداول سینوس و کسینوس زوایا

/	25°		26°		27°		28°		29°		/
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.42262	.90631	.43837	.89879	.45399	.89101	.46947	.88295	.48481	.87462	60
1	.42288	.90618	.43863	.89867	.45425	.89087	.46973	.88281	.48506	.87448	59
2	.42315	.90606	.43889	.89854	.45451	.89074	.46999	.88267	.48532	.87434	58
3	.42341	.90594	.43916	.89841	.45477	.89061	.47024	.88254	.48557	.87420	57
4	.42367	.90582	.43942	.89828	.45503	.89048	.47050	.88240	.48583	.87406	56
5	.42394	.90569	.43968	.89816	.45529	.89035	.47076	.88226	.48608	.87391	55
6	.42420	.90557	.43994	.89803	.45554	.89021	.47101	.88213	.48634	.87377	54
7	.42446	.90545	.44020	.89790	.45580	.89008	.47127	.88199	.48659	.87363	53
8	.42472	.90532	.44046	.89777	.45606	.88995	.47153	.88185	.48684	.87349	52
9	.42499	.90520	.44072	.89764	.45632	.88981	.47178	.88172	.48710	.87335	51
10	.42525	.90507	.44098	.89752	.45658	.88968	.47204	.88158	.48735	.87321	50
11	.42552	.90495	.44124	.89739	.45684	.88955	.47229	.88144	.48761	.87306	49
12	.42578	.90483	.44151	.89726	.45710	.88942	.47255	.88130	.48786	.87292	48
13	.42604	.90470	.44177	.89713	.45736	.88928	.47281	.88117	.48811	.87278	47
14	.42631	.90458	.44203	.89700	.45762	.88915	.47306	.88103	.48837	.87264	46
15	.42657	.90446	.44229	.89687	.45787	.88902	.47332	.88089	.48862	.87250	45
16	.42683	.90433	.44255	.89674	.45813	.88888	.47358	.88075	.48888	.87235	44
17	.42709	.90421	.44281	.89662	.45839	.88875	.47383	.88062	.48913	.87221	43
18	.42736	.90408	.44307	.89649	.45865	.88862	.47409	.88048	.48938	.87207	42
19	.42762	.90396	.44333	.89636	.45891	.88848	.47434	.88034	.48964	.87193	41
20	.42788	.90383	.44359	.89623	.45917	.88835	.47460	.88020	.48989	.87179	40
21	.42815	.90371	.44385	.89610	.45942	.88822	.47486	.88006	.49014	.87164	39
22	.42841	.90358	.44411	.89597	.45968	.88808	.47511	.87993	.49040	.87150	38
23	.42867	.90346	.44437	.89584	.45994	.88795	.47537	.87979	.49065	.87136	37
24	.42894	.90334	.44464	.89571	.46020	.88782	.47562	.87965	.49090	.87121	36
25	.42920	.90321	.44490	.89558	.46046	.88768	.47588	.87951	.49116	.87107	35
26	.42946	.90309	.44516	.89545	.46072	.88755	.47614	.87937	.49141	.87093	34
27	.42972	.90296	.44542	.89532	.46097	.88741	.47639	.87923	.49166	.87079	33
28	.42999	.90284	.44568	.89519	.46123	.88728	.47665	.87909	.49192	.87064	32
29	.43025	.90271	.44594	.89506	.46149	.88715	.47690	.87896	.49217	.87050	31
30	.43051	.90259	.44620	.89493	.46175	.88701	.47716	.87882	.49242	.87036	30
31	.43077	.90246	.44646	.89480	.46201	.88688	.47741	.87868	.49268	.87021	29
32	.43104	.90233	.44672	.89467	.46226	.88674	.47767	.87854	.49293	.87007	28
33	.43130	.90221	.44698	.89454	.46252	.88661	.47793	.87840	.49318	.86993	27
34	.43156	.90208	.44724	.89441	.46278	.88647	.47818	.87826	.49344	.86978	26
35	.43182	.90196	.44750	.89428	.46304	.88634	.47844	.87812	.49369	.86964	25
36	.43209	.90183	.44776	.89415	.46330	.88620	.47869	.87798	.49394	.86949	24
37	.43235	.90171	.44802	.89402	.46355	.88607	.47895	.87784	.49419	.86935	23
38	.43261	.90158	.44828	.89389	.46381	.88593	.47920	.87770	.49445	.86921	22
39	.43287	.90146	.44854	.89376	.46407	.88580	.47946	.87756	.49470	.86906	21
40	.43313	.90133	.44880	.89363	.46433	.88566	.47971	.87743	.49495	.86893	20
41	.43340	.90120	.44906	.89350	.46458	.88553	.47997	.87729	.49521	.86878	19
42	.43366	.90108	.44932	.89337	.46484	.88539	.48022	.87715	.49546	.86863	18
43	.43392	.90095	.44958	.89324	.46510	.88526	.48048	.87701	.49571	.86849	17
44	.43418	.90083	.44984	.89311	.46536	.88513	.48073	.87687	.49596	.86834	16
45	.43445	.90070	.45010	.89298	.46561	.88499	.48099	.87673	.49622	.86820	15
46	.43471	.90057	.45036	.89285	.46587	.88485	.48124	.87659	.49647	.86805	14
47	.43497	.90045	.45062	.89272	.46613	.88472	.48150	.87645	.49672	.86791	13
48	.43523	.90032	.45088	.89259	.46639	.88458	.48175	.87631	.49697	.86777	12
49	.43549	.90019	.45114	.89245	.46664	.88445	.48201	.87617	.49723	.86762	11
50	.43575	.90007	.45140	.89232	.46690	.88431	.48226	.87603	.49748	.86748	10
51	.43602	.89994	.45166	.89219	.46716	.88417	.48252	.87589	.49773	.86733	9
52	.43628	.89981	.45192	.89206	.46742	.88404	.48277	.87575	.49798	.86719	8
53	.43654	.89968	.45218	.89193	.46767	.88390	.48303	.87561	.49824	.86704	7
54	.43680	.89956	.45244	.89180	.46793	.88377	.48328	.87546	.49849	.86690	6
55	.43706	.89943	.45269	.89167	.46819	.88363	.48354	.87532	.49874	.86675	5
56	.43732	.89930	.45295	.89153	.46844	.88349	.48379	.87518	.49899	.86661	4
57	.43759	.89918	.45321	.89140	.46870	.88336	.48405	.87504	.49924	.86646	3
58	.43785	.89905	.45347	.89127	.46896	.88322	.48430	.87490	.49950	.86632	2
59	.43811	.89892	.45373	.89114	.46921	.88308	.48456	.87476	.49975	.86617	1
60	.43837	.89879	.45399	.89101	.46947	.88295	.48481	.87462	.50000	.86603	0
/	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	/
	64°		63°		62°		61°		60°		

جداول سینوس و کسینوس زوایا

/	30°		31°		32°		33°		34°		/
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.50000	.86603	.51504	.85171	.52992	.84805	.54464	.83867	.55919	.82904	60
1	.50025	.86588	.51529	.85170	.53017	.84789	.54488	.83851	.55943	.82887	59
2	.50050	.86573	.51554	.85168	.53041	.84774	.54513	.83835	.55968	.82871	58
3	.50076	.86559	.51579	.85167	.53066	.84759	.54537	.83819	.55992	.82855	57
4	.50101	.86544	.51604	.85167	.53091	.84743	.54561	.83804	.56016	.82839	56
5	.50126	.86530	.51628	.85167	.53115	.84728	.54586	.83788	.56040	.82822	55
6	.50151	.86515	.51653	.85167	.53140	.84712	.54610	.83772	.56064	.82806	54
7	.50176	.86501	.51678	.85162	.53164	.84697	.54635	.83756	.56088	.82790	53
8	.50201	.86486	.51703	.85159	.53189	.84681	.54659	.83740	.56112	.82773	52
9	.50227	.86471	.51728	.85158	.53214	.84666	.54683	.83724	.56136	.82757	51
10	.50252	.86457	.51753	.85157	.53238	.84650	.54708	.83708	.56160	.82741	50
11	.50277	.86442	.51778	.85157	.53263	.84635	.54732	.83692	.56184	.82724	49
12	.50302	.86427	.51803	.85156	.53288	.84619	.54756	.83676	.56208	.82708	48
13	.50327	.86413	.51828	.85152	.53312	.84604	.54781	.83660	.56232	.82692	47
14	.50352	.86398	.51852	.85150	.53337	.84588	.54805	.83645	.56256	.82675	46
15	.50377	.86384	.51877	.85149	.53361	.84573	.54829	.83629	.56280	.82659	45
16	.50403	.86369	.51902	.85147	.53386	.84557	.54854	.83613	.56305	.82643	44
17	.50428	.86354	.51927	.85146	.53411	.84542	.54878	.83597	.56329	.82626	43
18	.50453	.86340	.51952	.85146	.53435	.84526	.54902	.83581	.56353	.82610	42
19	.50478	.86325	.51977	.85145	.53460	.84511	.54927	.83565	.56377	.82593	41
20	.50503	.86310	.52002	.85146	.53484	.84495	.54951	.83549	.56401	.82577	40
21	.50528	.86295	.52026	.85141	.53509	.84480	.54975	.83533	.56425	.82561	39
22	.50553	.86281	.52051	.85138	.53534	.84464	.54999	.83517	.56449	.82544	38
23	.50578	.86266	.52076	.85137	.53558	.84448	.55024	.83501	.56473	.82528	37
24	.50603	.86251	.52101	.85135	.53583	.84433	.55048	.83485	.56497	.82511	36
25	.50628	.86237	.52126	.85130	.53607	.84417	.55072	.83469	.56521	.82495	35
26	.50654	.86222	.52151	.85125	.53632	.84402	.55097	.83453	.56545	.82478	34
27	.50679	.86207	.52175	.85120	.53656	.84386	.55121	.83437	.56569	.82462	33
28	.50704	.86192	.52200	.85119	.53681	.84370	.55145	.83421	.56593	.82446	32
29	.50729	.86178	.52225	.85117	.53705	.84355	.55169	.83405	.56617	.82429	31
30	.50754	.86163	.52250	.85116	.53730	.84339	.55194	.83389	.56641	.82413	30
31	.50779	.86148	.52275	.85119	.53754	.84324	.55218	.83373	.56665	.82396	29
32	.50804	.86133	.52299	.85124	.53779	.84308	.55242	.83356	.56689	.82380	28
33	.50829	.86119	.52324	.85128	.53804	.84292	.55266	.83340	.56713	.82363	27
34	.50854	.86104	.52349	.85123	.53828	.84277	.55291	.83324	.56736	.82347	26
35	.50879	.86089	.52374	.85118	.53853	.84261	.55315	.83308	.56760	.82330	25
36	.50904	.86074	.52399	.85113	.53877	.84245	.55339	.83292	.56784	.82314	24
37	.50929	.86059	.52423	.85117	.53902	.84230	.55363	.83276	.56808	.82297	23
38	.50954	.86045	.52448	.85112	.53926	.84214	.55388	.83260	.56832	.82281	22
39	.50979	.86030	.52473	.85112	.53951	.84198	.55412	.83244	.56856	.82264	21
40	.51004	.86015	.52498	.85112	.53975	.84182	.55436	.83228	.56880	.82248	20
41	.51029	.86000	.52524	.85096	.54000	.84167	.55460	.83212	.56904	.82231	19
42	.51054	.85985	.52547	.85081	.54024	.84151	.55484	.83195	.56928	.82214	18
43	.51079	.85970	.52572	.85066	.54049	.84135	.55509	.83179	.56952	.82198	17
44	.51104	.85956	.52597	.85051	.54073	.84120	.55533	.83163	.56976	.82181	16
45	.51129	.85941	.52621	.85035	.54097	.84104	.55557	.83147	.57000	.82165	15
46	.51154	.85926	.52646	.85020	.54122	.84088	.55581	.83131	.57024	.82148	14
47	.51179	.85911	.52671	.85005	.54146	.84072	.55605	.83115	.57047	.82132	13
48	.51204	.85896	.52696	.84989	.54171	.84057	.55629	.83098	.57071	.82115	12
49	.51229	.85881	.52720	.84974	.54195	.84041	.55654	.83082	.57095	.82098	11
50	.51254	.85866	.52745	.84959	.54220	.84025	.55678	.83066	.57119	.82082	10
51	.51279	.85851	.52770	.84943	.54244	.84009	.55702	.83050	.57143	.82065	9
52	.51304	.85836	.52794	.84928	.54269	.83994	.55726	.83034	.57167	.82048	8
53	.51329	.85821	.52819	.84913	.54293	.83978	.55750	.83017	.57191	.82032	7
54	.51354	.85806	.52844	.84897	.54317	.83962	.55775	.83001	.57215	.82015	6
55	.51379	.85792	.52869	.84882	.54341	.83946	.55799	.82985	.57238	.81999	5
56	.51404	.85777	.52893	.84866	.54366	.83930	.55823	.82969	.57262	.81982	4
57	.51429	.85762	.52918	.84851	.54391	.83915	.55847	.82953	.57286	.81965	3
58	.51454	.85747	.52943	.84836	.54415	.83899	.55871	.82936	.57310	.81949	2
59	.51479	.85732	.52967	.84820	.54440	.83883	.55895	.82920	.57334	.81932	1
60	.51504	.85717	.52992	.84805	.54464	.83867	.55919	.82904	.57358	.81915	0
/	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	/
	59°		58°		57°		56°		55°		

جداول سینوس و کسینوس زوایا

/	35°		36°		37°		38°		39°		/
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.57358	.81915	.58779	.80902	.60182	.79864	.61566	.78801	.62932	.77715	60
1	.57381	.81899	.58802	.80885	.60205	.79840	.61589	.78783	.62955	.77696	59
2	.57405	.81882	.58826	.80867	.60228	.79812	.61612	.78765	.62977	.77678	58
3	.57429	.81865	.58849	.80850	.60251	.79781	.61635	.78747	.63000	.77660	57
4	.57453	.81848	.58873	.80833	.60274	.79753	.61658	.78729	.63022	.77642	56
5	.57477	.81831	.58896	.80816	.60298	.79726	.61681	.78711	.63045	.77623	55
6	.57501	.81815	.58920	.80799	.60321	.79700	.61704	.78694	.63068	.77605	54
7	.57524	.81798	.58943	.80782	.60344	.79674	.61726	.78676	.63090	.77586	53
8	.57548	.81782	.58967	.80765	.60367	.79647	.61749	.78658	.63113	.77568	52
9	.57572	.81765	.58990	.80748	.60390	.79621	.61772	.78640	.63135	.77550	51
10	.57596	.81748	.59014	.80730	.60414	.79595	.61795	.78622	.63158	.77531	50
11	.57619	.81731	.59037	.80713	.60437	.79571	.61818	.78604	.63180	.77513	49
12	.57643	.81714	.59061	.80696	.60460	.79545	.61841	.78586	.63203	.77494	48
13	.57667	.81698	.59084	.80679	.60483	.79520	.61864	.78568	.63225	.77476	47
14	.57691	.81681	.59108	.80662	.60506	.79494	.61887	.78550	.63248	.77458	46
15	.57715	.81664	.59131	.80644	.60529	.79469	.61909	.78532	.63271	.77439	45
16	.57738	.81647	.59154	.80627	.60553	.79443	.61932	.78514	.63293	.77421	44
17	.57762	.81631	.59178	.80610	.60576	.79417	.61955	.78496	.63316	.77403	43
18	.57786	.81614	.59201	.80593	.60599	.79391	.61978	.78478	.63338	.77384	42
19	.57810	.81597	.59225	.80576	.60622	.79365	.62001	.78460	.63361	.77366	41
20	.57833	.81580	.59248	.80558	.60645	.79339	.62024	.78442	.63383	.77347	40
21	.57857	.81563	.59272	.80541	.60668	.79312	.62046	.78424	.63406	.77329	39
22	.57881	.81546	.59295	.80524	.60691	.79287	.62069	.78405	.63428	.77310	38
23	.57904	.81530	.59318	.80507	.60714	.79261	.62092	.78387	.63451	.77292	37
24	.57928	.81513	.59342	.80489	.60738	.79234	.62115	.78369	.63473	.77273	36
25	.57952	.81496	.59365	.80472	.60761	.79209	.62138	.78351	.63496	.77255	35
26	.57976	.81479	.59389	.80455	.60784	.79182	.62160	.78333	.63518	.77236	34
27	.57999	.81462	.59412	.80438	.60807	.79157	.62183	.78315	.63540	.77218	33
28	.58023	.81445	.59436	.80420	.60830	.79131	.62206	.78297	.63563	.77199	32
29	.58047	.81428	.59459	.80403	.60853	.79105	.62229	.78279	.63585	.77181	31
30	.58070	.81412	.59482	.80386	.60876	.79079	.62251	.78261	.63608	.77162	30
31	.58094	.81395	.59506	.80368	.60899	.79053	.62274	.78243	.63630	.77144	29
32	.58118	.81378	.59529	.80351	.60922	.79027	.62297	.78225	.63653	.77125	28
33	.58141	.81361	.59552	.80334	.60945	.79001	.62320	.78206	.63675	.77107	27
34	.58165	.81344	.59576	.80316	.60968	.78974	.62342	.78188	.63698	.77088	26
35	.58189	.81327	.59599	.80299	.60991	.78949	.62365	.78170	.63720	.77070	25
36	.58212	.81310	.59622	.80282	.61015	.78922	.62388	.78152	.63742	.77051	24
37	.58236	.81293	.59646	.80264	.61038	.78897	.62411	.78134	.63765	.77033	23
38	.58260	.81276	.59669	.80247	.61061	.78871	.62433	.78116	.63787	.77014	22
39	.58283	.81259	.59693	.80230	.61084	.78845	.62456	.78098	.63810	.76996	21
40	.58307	.81242	.59716	.80212	.61107	.78819	.62479	.78079	.63832	.76977	20
41	.58330	.81225	.59739	.80195	.61130	.78793	.62502	.78061	.63854	.76959	19
42	.58354	.81208	.59763	.80178	.61153	.78767	.62524	.78043	.63877	.76940	18
43	.58378	.81191	.59786	.80160	.61176	.78741	.62547	.78025	.63899	.76921	17
44	.58401	.81174	.59809	.80143	.61199	.78715	.62570	.78007	.63922	.76903	16
45	.58425	.81157	.59832	.80125	.61222	.78689	.62592	.77988	.63944	.76884	15
46	.58449	.81140	.59856	.80108	.61245	.78663	.62615	.77970	.63966	.76866	14
47	.58472	.81123	.59879	.80091	.61268	.78637	.62638	.77952	.63989	.76847	13
48	.58496	.81106	.59902	.80073	.61291	.78611	.62660	.77934	.64011	.76828	12
49	.58519	.81089	.59926	.80056	.61314	.78585	.62683	.77916	.64033	.76810	11
50	.58543	.81072	.59949	.80038	.61337	.78559	.62706	.77897	.64056	.76791	10
51	.58567	.81055	.59972	.80021	.61360	.78533	.62728	.77879	.64078	.76772	9
52	.58590	.81038	.59995	.80003	.61383	.78507	.62751	.77861	.64100	.76754	8
53	.58614	.81021	.60019	.79986	.61406	.78481	.62774	.77843	.64123	.76735	7
54	.58637	.81004	.60042	.79968	.61429	.78455	.62796	.77824	.64145	.76717	6
55	.58661	.80987	.60065	.79951	.61451	.78429	.62819	.77806	.64167	.76698	5
56	.58684	.80970	.60089	.79934	.61474	.78403	.62842	.77788	.64190	.76679	4
57	.58708	.80953	.60112	.79916	.61497	.78377	.62864	.77769	.64212	.76661	3
58	.58731	.80936	.60135	.79899	.61520	.78351	.62887	.77751	.64234	.76642	2
59	.58755	.80919	.60158	.79881	.61543	.78325	.62909	.77733	.64256	.76623	1
60	.58779	.80902	.60182	.79864	.61566	.78301	.62932	.77715	.64279	.76604	0
/	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	/
	54°		53°		52°		51°		50°		

جداول سینوس و کسینوس زوایا

/	40°		41°		42°		43°		44°		/
	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	
0	.64279	.76604	.65606	.75471	.66913	.74314	.68200	.73135	.69466	.71934	60
1	.64301	.76586	.65628	.75452	.66935	.74295	.68221	.73116	.69487	.71914	59
2	.64323	.76567	.65650	.75433	.66958	.74276	.68242	.73096	.69508	.71894	58
3	.64346	.76548	.65672	.75414	.66978	.74257	.68264	.73076	.69529	.71873	57
4	.64368	.76530	.65694	.75395	.66999	.74237	.68285	.73056	.69549	.71853	56
5	.64390	.76511	.65716	.75375	.67021	.74217	.68306	.73036	.69570	.71833	55
6	.64412	.76492	.65738	.75356	.67043	.74198	.68327	.73016	.69591	.71813	54
7	.64435	.76473	.65759	.75337	.67064	.74178	.68349	.72996	.69612	.71794	53
8	.64457	.76455	.65781	.75318	.67086	.74159	.68370	.72976	.69633	.71774	52
9	.64479	.76436	.65803	.75299	.67107	.74139	.68391	.72957	.69654	.71754	51
10	.64501	.76417	.65825	.75280	.67129	.74120	.68412	.72937	.69675	.71734	50
11	.64524	.76398	.65847	.75261	.67151	.74100	.68434	.72917	.69696	.71714	49
12	.64546	.76380	.65869	.75241	.67172	.74080	.68455	.72897	.69717	.71694	48
13	.64568	.76361	.65891	.75222	.67194	.74061	.68476	.72877	.69737	.71674	47
14	.64590	.76342	.65913	.75203	.67215	.74041	.68497	.72857	.69758	.71654	46
15	.64612	.76323	.65935	.75184	.67237	.74022	.68518	.72837	.69779	.71634	45
16	.64635	.76304	.65956	.75165	.67258	.74002	.68539	.72817	.69800	.71614	44
17	.64657	.76286	.65978	.75146	.67280	.73983	.68561	.72797	.69821	.71594	43
18	.64679	.76267	.66000	.75126	.67301	.73963	.68582	.72777	.69842	.71574	42
19	.64701	.76248	.66022	.75107	.67323	.73944	.68603	.72757	.69863	.71554	41
20	.64723	.76229	.66044	.75088	.67344	.73924	.68624	.72737	.69883	.71534	40
21	.64746	.76210	.66066	.75069	.67366	.73904	.68645	.72717	.69904	.71514	39
22	.64768	.76192	.66088	.75050	.67387	.73885	.68666	.72697	.69925	.71494	38
23	.64790	.76173	.66109	.75030	.67409	.73865	.68688	.72677	.69946	.71474	37
24	.64812	.76154	.66131	.75011	.67430	.73846	.68709	.72657	.69967	.71454	36
25	.64834	.76135	.66152	.74992	.67452	.73826	.68730	.72637	.69987	.71434	35
26	.64856	.76116	.66174	.74973	.67473	.73806	.68751	.72617	.69998	.71414	34
27	.64878	.76097	.66195	.74953	.67495	.73787	.68772	.72597	.70019	.71394	33
28	.64901	.76078	.66218	.74934	.67516	.73767	.68793	.72577	.70040	.71374	32
29	.64923	.76059	.66240	.74915	.67538	.73747	.68814	.72557	.70060	.71354	31
30	.64945	.76041	.66262	.74896	.67559	.73728	.68835	.72537	.70081	.71334	30
31	.64967	.76022	.66284	.74876	.67580	.73708	.68857	.72517	.70102	.71314	29
32	.64989	.76003	.66306	.74857	.67602	.73688	.68878	.72497	.70122	.71294	28
33	.65011	.75984	.66327	.74838	.67623	.73669	.68899	.72477	.70143	.71274	27
34	.65033	.75965	.66349	.74818	.67645	.73649	.68920	.72457	.70164	.71254	26
35	.65055	.75946	.66371	.74799	.67666	.73629	.68941	.72437	.70185	.71234	25
36	.65077	.75927	.66393	.74780	.67688	.73610	.68962	.72417	.70205	.71214	24
37	.65100	.75908	.66414	.74760	.67709	.73590	.68983	.72397	.70226	.71194	23
38	.65122	.75889	.66436	.74741	.67730	.73570	.69004	.72377	.70247	.71174	22
39	.65144	.75870	.66458	.74722	.67752	.73551	.69025	.72357	.70267	.71154	21
40	.65166	.75851	.66480	.74703	.67773	.73531	.69046	.72337	.70288	.71134	20
41	.65188	.75832	.66501	.74683	.67795	.73511	.69067	.72317	.70309	.71114	19
42	.65210	.75813	.66523	.74664	.67816	.73491	.69088	.72297	.70330	.71094	18
43	.65232	.75794	.66545	.74644	.67837	.73472	.69109	.72277	.70350	.71074	17
44	.65254	.75775	.66566	.74625	.67859	.73452	.69130	.72257	.70371	.71054	16
45	.65276	.75756	.66588	.74606	.67880	.73433	.69151	.72237	.70391	.71034	15
46	.65298	.75737	.66610	.74586	.67901	.73413	.69172	.72216	.70412	.71014	14
47	.65320	.75719	.66632	.74567	.67923	.73393	.69193	.72196	.70433	.70994	13
48	.65342	.75700	.66653	.74548	.67944	.73373	.69214	.72176	.70453	.70974	12
49	.65364	.75680	.66675	.74528	.67965	.73353	.69235	.72156	.70474	.70954	11
50	.65386	.75661	.66697	.74509	.67987	.73333	.69256	.72136	.70495	.70934	10
51	.65408	.75642	.66718	.74489	.68008	.73314	.69277	.72116	.70515	.70914	9
52	.65430	.75623	.66740	.74470	.68029	.73294	.69298	.72095	.70536	.70894	8
53	.65452	.75604	.66762	.74451	.68051	.73274	.69319	.72075	.70557	.70874	7
54	.65474	.75585	.66783	.74431	.68072	.73254	.69340	.72055	.70578	.70854	6
55	.65496	.75566	.66805	.74412	.68093	.73234	.69361	.72035	.70599	.70834	5
56	.65518	.75547	.66827	.74392	.68115	.73215	.69382	.72015	.70620	.70814	4
57	.65540	.75528	.66848	.74373	.68136	.73195	.69403	.71995	.70641	.70794	3
58	.65562	.75509	.66870	.74353	.68157	.73175	.69424	.71974	.70662	.70774	2
59	.65584	.75490	.66891	.74334	.68179	.73155	.69445	.71954	.70683	.70754	1
60	.65606	.75471	.66913	.74314	.68200	.73135	.69466	.71934	.70704	.70734	0
/	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	Cosine	Sine	/
	49°		48°		47°		46°		45°		

جداول تانزانت و كسائزانت زوايا

/	0°		1°		2°		3°		4°		/
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.00000	Infinite	.01746	57.2900	.03492	28.6363	.05241	19.0811	.06993	14.3007	60
1	.00029	2437.75	.01775	56.3506	.03521	28.3994	.05270	18.9755	.07022	14.2411	59
2	.00058	1718.87	.01804	55.4415	.03550	28.1664	.05299	18.8711	.07051	14.1821	58
3	.00087	1145.92	.01833	54.5613	.03579	27.9372	.05328	18.7678	.07080	14.1235	57
4	.00116	859.436	.01862	53.7086	.03608	27.7117	.05357	18.6656	.07110	14.0655	56
5	.00145	687.549	.01891	52.8821	.03638	27.4899	.05387	18.5645	.07139	14.0079	55
6	.00175	573.957	.01920	52.0807	.03667	27.2715	.05416	18.4645	.07168	13.9507	54
7	.00204	491.106	.01949	51.3032	.03696	27.0566	.05445	18.3655	.07197	13.8940	53
8	.00233	429.718	.01978	50.5485	.03725	26.8450	.05474	18.2677	.07227	13.8378	52
9	.00262	381.971	.02007	49.8157	.03754	26.6367	.05503	18.1708	.07256	13.7821	51
10	.00291	343.774	.02036	49.1039	.03783	26.4316	.05533	18.0750	.07285	13.7267	50
11	.00320	312.521	.02066	48.4121	.03812	26.2296	.05562	17.9803	.07314	13.6719	49
12	.00349	286.478	.02095	47.7395	.03842	26.0307	.05591	17.8863	.07344	13.6174	48
13	.00378	264.441	.02124	47.0853	.03871	25.8348	.05620	17.7934	.07373	13.5634	47
14	.00407	245.552	.02153	46.4489	.03900	25.6418	.05649	17.7015	.07402	13.5098	46
15	.00436	229.182	.02182	45.8294	.03929	25.4517	.05678	17.6106	.07431	13.4566	45
16	.00465	214.858	.02211	45.2261	.03958	25.2644	.05707	17.5205	.07460	13.4039	44
17	.00495	202.219	.02240	44.6386	.03987	25.0798	.05737	17.4314	.07490	13.3515	43
18	.00524	190.984	.02269	44.0661	.04016	24.8978	.05766	17.3432	.07519	13.2996	42
19	.00553	180.932	.02298	43.5081	.04046	24.7185	.05795	17.2558	.07548	13.2480	41
20	.00582	171.885	.02328	42.9641	.04075	24.5418	.05824	17.1693	.07578	13.1969	40
21	.00611	163.700	.02357	42.4335	.04104	24.3675	.05854	17.0837	.07607	13.1461	39
22	.00640	156.259	.02386	41.9158	.04133	24.1957	.05883	16.9990	.07636	13.0958	38
23	.00669	149.465	.02415	41.4106	.04162	24.0263	.05912	16.9150	.07665	13.0458	37
24	.00698	143.237	.02444	40.9174	.04191	23.8593	.05941	16.8319	.07695	12.9962	36
25	.00727	137.510	.02473	40.4358	.04220	23.6945	.05970	16.7496	.07724	12.9469	35
26	.00756	132.219	.02502	39.9655	.04250	23.5321	.05999	16.6681	.07753	12.8981	34
27	.00785	127.321	.02531	39.5059	.04279	23.3718	.06028	16.5874	.07782	12.8496	33
28	.00815	122.774	.02560	39.0568	.04308	23.2137	.06058	16.5075	.07812	12.8014	32
29	.00844	118.540	.02589	38.6177	.04337	23.0577	.06087	16.4283	.07841	12.7536	31
30	.00873	114.589	.02619	38.1885	.04366	22.9038	.06116	16.3499	.07870	12.7062	30
31	.00902	110.893	.02648	37.7686	.04395	22.7519	.06145	16.2722	.07900	12.6591	29
32	.00931	107.426	.02677	37.3579	.04424	22.6020	.06175	16.1952	.07929	12.6124	28
33	.00960	104.171	.02706	36.9560	.04454	22.4541	.06204	16.1190	.07958	12.5660	27
34	.00989	101.107	.02735	36.5627	.04483	22.3081	.06233	16.0435	.07987	12.5209	26
35	.01018	98.2199	.02764	36.1776	.04512	22.1640	.06262	15.9687	.08017	12.4742	25
36	.01047	95.4895	.02793	35.8006	.04541	22.0217	.06291	15.8945	.08046	12.4288	24
37	.01076	92.9085	.02822	35.4313	.04570	21.8813	.06321	15.8211	.08075	12.3838	23
38	.01105	90.4633	.02851	35.0695	.04599	21.7426	.06350	15.7483	.08104	12.3390	22
39	.01135	88.1436	.02881	34.7151	.04628	21.6056	.06379	15.6762	.08134	12.2946	21
40	.01164	85.9398	.02910	34.3678	.04658	21.4704	.06408	15.6048	.08163	12.2505	20
41	.01192	83.8435	.02939	34.0273	.04687	21.3369	.06437	15.5340	.08192	12.2067	19
42	.01222	81.8470	.02968	33.6935	.04716	21.2049	.06467	15.4638	.08221	12.1632	18
43	.01251	79.9434	.02997	33.3662	.04745	21.0747	.06496	15.3943	.08250	12.1201	17
44	.01280	78.1263	.03026	33.0452	.04774	20.9460	.06525	15.3254	.08280	12.0772	16
45	.01309	76.3900	.03055	32.7303	.04803	20.8188	.06554	15.2571	.08309	12.0346	15
46	.01338	74.7292	.03084	32.4213	.04833	20.6932	.06584	15.1893	.08339	11.9923	14
47	.01367	73.1390	.03114	32.1181	.04862	20.5691	.06613	15.1222	.08368	11.9504	13
48	.01396	71.6151	.03143	31.8205	.04891	20.4465	.06642	15.0557	.08397	11.9087	12
49	.01425	70.1533	.03172	31.5284	.04920	20.3253	.06671	14.9898	.08427	11.8673	11
50	.01455	68.7501	.03201	31.2416	.04949	20.2056	.06700	14.9244	.08456	11.8262	10
51	.01484	67.4019	.03230	30.9599	.04978	20.0872	.06730	14.8596	.08485	11.7853	9
52	.01513	66.1055	.03259	30.6833	.05007	19.9702	.06759	14.7954	.08514	11.7448	8
53	.01542	64.8580	.03288	30.4116	.05037	19.8546	.06788	14.7317	.08544	11.7045	7
54	.01571	63.6567	.03317	30.1446	.05066	19.7403	.06817	14.6685	.08573	11.6645	6
55	.01600	62.4992	.03346	29.8823	.05095	19.6273	.06847	14.6059	.08603	11.6248	5
56	.01629	61.3829	.03376	29.6245	.05124	19.5156	.06876	14.5438	.08632	11.5853	4
57	.01658	60.3058	.03405	29.3711	.05153	19.4051	.06905	14.4821	.08661	11.5461	3
58	.01687	59.2659	.03434	29.1220	.05182	19.2959	.06934	14.4212	.08690	11.5072	2
59	.01716	58.2612	.03463	28.8771	.05211	19.1879	.06963	14.3607	.08720	11.4685	1
60	.01746	57.3000	.03492	28.6363	.05241	19.0811	.06993	14.3007	.08749	11.4301	0
/	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	/
	89°		88°		87°		86°		85°		

جداول تانزانت و کتانزانت زوايا

/	5°		6°		7°		8°		9°		/
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.08740	11.4301	.10510	9.51436	.12278	8.14435	.14054	7.11537	.15838	6.31375	60
1	.08778	11.3919	.10540	9.48781	.12308	8.12481	.14084	7.10038	.15868	6.30189	59
2	.08807	11.3540	.10569	9.46141	.12338	8.10536	.14113	7.08546	.15898	6.29007	58
3	.08837	11.3163	.10599	9.43515	.12367	8.08600	.14143	7.07059	.15928	6.27829	57
4	.08866	11.2789	.10628	9.40904	.12397	8.06674	.14173	7.05579	.15958	6.26655	56
5	.08895	11.2417	.10657	9.38307	.12426	8.04756	.14202	7.04105	.15988	6.25486	55
6	.08925	11.2048	.10687	9.35724	.12456	8.02848	.14232	7.02637	.16017	6.24321	54
7	.08954	11.1681	.10716	9.33155	.12485	8.00948	.14262	7.01174	.16047	6.23160	53
8	.08983	11.1316	.10746	9.30599	.12515	7.99058	.14291	6.99718	.16077	6.22003	52
9	.09013	11.0954	.10775	9.28058	.12544	7.97176	.14321	6.98268	.16107	6.20851	51
10	.09042	11.0594	.10805	9.25530	.12574	7.95302	.14351	6.96823	.16137	6.19703	50
11	.09071	11.0237	.10834	9.23016	.12603	7.93438	.14381	6.95385	.16167	6.18559	49
12	.09101	10.9882	.10863	9.20516	.12633	7.91582	.14410	6.93952	.16196	6.17419	48
13	.09130	10.9529	.10893	9.18028	.12662	7.89734	.14440	6.92525	.16226	6.16283	47
14	.09159	10.9179	.10922	9.15554	.12692	7.87895	.14470	6.91104	.16256	6.15151	46
15	.09189	10.8829	.10952	9.13093	.12722	7.86064	.14500	6.89688	.16286	6.14023	45
16	.09218	10.8483	.10981	9.10646	.12751	7.84242	.14529	6.88278	.16316	6.12899	44
17	.09247	10.8139	.11011	9.08211	.12781	7.82428	.14559	6.86874	.16346	6.11779	43
18	.09277	10.7797	.11040	9.05789	.12810	7.80622	.14588	6.85475	.16376	6.10664	42
19	.09306	10.7457	.11070	9.03379	.12840	7.78825	.14618	6.84082	.16405	6.09552	41
20	.09335	10.7119	.11099	9.00983	.12869	7.77035	.14648	6.82694	.16435	6.08444	40
21	.09365	10.6783	.11128	8.98598	.12899	7.75254	.14678	6.81312	.16465	6.07340	39
22	.09394	10.6450	.11158	8.96227	.12929	7.73480	.14707	6.79936	.16495	6.06240	38
23	.09423	10.6118	.11187	8.93867	.12958	7.71715	.14737	6.78564	.16525	6.05143	37
24	.09453	10.5789	.11217	8.91520	.12988	7.69957	.14767	6.77199	.16555	6.04051	36
25	.09482	10.5462	.11246	8.89185	.13017	7.68208	.14796	6.75838	.16585	6.02962	35
26	.09511	10.5136	.11276	8.86862	.13047	7.66466	.14826	6.74483	.16615	6.01878	34
27	.09541	10.4813	.11305	8.84551	.13076	7.64732	.14856	6.73133	.16645	6.00797	33
28	.09570	10.4491	.11335	8.82252	.13106	7.63005	.14886	6.71789	.16674	5.99720	32
29	.09600	10.4172	.11364	8.79964	.13136	7.61287	.14915	6.70450	.16704	5.98646	31
30	.09629	10.3854	.11394	8.77689	.13165	7.59575	.14945	6.69116	.16734	5.97576	30
31	.09658	10.3538	.11423	8.75425	.13195	7.57872	.14975	6.67787	.16764	5.96510	29
32	.09688	10.3224	.11452	8.73172	.13224	7.56176	.15005	6.66463	.16794	5.95448	28
33	.09717	10.2913	.11482	8.70931	.13254	7.54487	.15034	6.65144	.16824	5.94390	27
34	.09746	10.2602	.11511	8.68701	.13284	7.52806	.15064	6.63831	.16854	5.93335	26
35	.09776	10.2294	.11541	8.66482	.13313	7.51132	.15094	6.62523	.16884	5.92283	25
36	.09805	10.1988	.11570	8.64275	.13343	7.49465	.15124	6.61219	.16914	5.91236	24
37	.09834	10.1683	.11600	8.62078	.13372	7.47806	.15153	6.59921	.16944	5.90191	23
38	.09864	10.1381	.11629	8.59893	.13402	7.46154	.15183	6.58627	.16974	5.89154	22
39	.09893	10.1080	.11659	8.57718	.13432	7.44509	.15213	6.57339	.17004	5.88111	21
40	.09923	10.0780	.11688	8.55555	.13461	7.42871	.15243	6.56055	.17033	5.87080	20
41	.09952	10.0483	.11718	8.53402	.13491	7.41240	.15272	6.54772	.17063	5.86051	19
42	.09981	10.0187	.11747	8.51259	.13521	7.39616	.15302	6.53503	.17093	5.85024	18
43	.10011	9.98931	.11777	8.49128	.13550	7.37999	.15332	6.52234	.17123	5.84001	17
44	.10040	9.96007	.11806	8.47007	.13580	7.36389	.15362	6.50970	.17153	5.82982	16
45	.10069	9.93101	.11836	8.44896	.13609	7.34786	.15392	6.49710	.17183	5.81966	15
46	.10099	9.90211	.11865	8.42795	.13639	7.33190	.15421	6.48456	.17213	5.80953	14
47	.10128	9.87338	.11895	8.40705	.13669	7.31600	.15451	6.47206	.17243	5.79944	13
48	.10158	9.84482	.11924	8.38625	.13698	7.30018	.15481	6.45961	.17273	5.78938	12
49	.10187	9.81641	.11954	8.36555	.13728	7.28442	.15511	6.44720	.17303	5.77936	11
50	.10216	9.78817	.11983	8.34496	.13758	7.26873	.15540	6.43484	.17333	5.76937	10
51	.10246	9.76009	.12013	8.32446	.13787	7.25310	.15570	6.42253	.17363	5.75941	9
52	.10275	9.73217	.12042	8.30406	.13817	7.23754	.15600	6.41026	.17393	5.74949	8
53	.10305	9.70441	.12072	8.28376	.13846	7.22204	.15630	6.39804	.17423	5.73960	7
54	.10334	9.67680	.12101	8.26355	.13876	7.20661	.15660	6.38587	.17453	5.72974	6
55	.10363	9.64935	.12131	8.24343	.13906	7.19125	.15690	6.37374	.17483	5.71992	5
56	.10393	9.62205	.12160	8.22344	.13935	7.17594	.15719	6.36165	.17513	5.71013	4
57	.10422	9.59490	.12190	8.20352	.13965	7.16071	.15749	6.34961	.17543	5.70037	3
58	.10452	9.56791	.12219	8.18370	.13995	7.14553	.15779	6.33761	.17573	5.69064	2
59	.10481	9.54106	.12249	8.16398	.14024	7.13042	.15809	6.32566	.17603	5.68094	1
60	.10510	9.51436	.12278	8.14435	.14054	7.11537	.15838	6.31375	.17633	5.67128	0
/	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	/
	84°		83°		82°		81°		80°		

جداول تنازات و كسائزات زوايا

/	10°		11°		12°		13°		14°		/
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.17633	5.67128	.17948	5.14455	.21256	4.70463	.23087	4.33148	.24933	4.01078	60
1	.17663	5.66165	.19468	5.13658	.21286	4.69791	.23117	4.32573	.24964	4.00582	59
2	.17693	5.65205	.19498	5.12862	.21316	4.69121	.23148	4.32001	.24995	4.00086	58
3	.17723	5.64248	.19529	5.12069	.21347	4.68452	.23179	4.31430	.25026	3.99592	57
4	.17753	5.63295	.19559	5.11279	.21377	4.67786	.23209	4.30860	.25056	3.99099	56
5	.17783	5.62344	.19589	5.10490	.21408	4.67121	.23240	4.30291	.25087	3.98607	55
6	.17813	5.61397	.19619	5.09704	.21438	4.66458	.23271	4.29724	.25118	3.98117	54
7	.17843	5.60452	.19649	5.08921	.21469	4.65797	.23301	4.29159	.25149	3.97627	53
8	.17873	5.59511	.19680	5.08139	.21499	4.65138	.23332	4.28595	.25180	3.97139	52
9	.17903	5.58573	.19710	5.07360	.21529	4.64480	.23363	4.28032	.25211	3.96651	51
10	.17933	5.57638	.19740	5.06584	.21560	4.63825	.23393	4.27471	.25242	3.96165	50
11	.17963	5.56706	.19770	5.05809	.21590	4.63171	.23424	4.26911	.25273	3.95680	49
12	.17993	5.55777	.19801	5.05037	.21621	4.62518	.23455	4.26352	.25304	3.95196	48
13	.18023	5.54851	.19831	5.04267	.21651	4.61868	.23485	4.25795	.25335	3.94713	47
14	.18053	5.53927	.19861	5.03499	.21682	4.61219	.23516	4.25239	.25366	3.94232	46
15	.18083	5.53007	.19891	5.02734	.21712	4.60574	.23547	4.24685	.25397	3.93751	45
16	.18113	5.52090	.19921	5.01971	.21743	4.59927	.23578	4.24133	.25428	3.93271	44
17	.18143	5.51176	.19951	5.01210	.21773	4.59283	.23608	4.23580	.25459	3.92793	43
18	.18173	5.50264	.19982	5.00451	.21804	4.58641	.23639	4.23030	.25490	3.92316	42
19	.18203	5.49356	.20012	4.99695	.21834	4.58001	.23670	4.22481	.25521	3.91839	41
20	.18233	5.48451	.20042	4.98940	.21864	4.57361	.23700	4.21933	.25552	3.91365	40
21	.18263	5.47548	.20073	4.98188	.21895	4.56726	.23731	4.21387	.25583	3.90890	39
22	.18293	5.46648	.20103	4.97438	.21925	4.56091	.23762	4.20842	.25614	3.90417	38
23	.18323	5.45751	.20133	4.96690	.21956	4.55458	.23793	4.20298	.25645	3.89945	37
24	.18353	5.44857	.20164	4.95945	.21986	4.54826	.23823	4.19756	.25676	3.89474	36
25	.18384	5.43966	.20194	4.95201	.22017	4.54196	.23854	4.19215	.25707	3.89004	35
26	.18414	5.43077	.20224	4.94460	.22047	4.53568	.23885	4.18675	.25738	3.88536	34
27	.18444	5.42192	.20254	4.93721	.22078	4.52941	.23916	4.18137	.25769	3.88068	33
28	.18474	5.41309	.20285	4.92984	.22108	4.52316	.23946	4.17600	.25800	3.87601	32
29	.18504	5.40429	.20315	4.92249	.22139	4.51693	.23977	4.17064	.25831	3.87136	31
30	.18534	5.39552	.20345	4.91516	.22169	4.51071	.24008	4.16530	.25862	3.86673	30
31	.18564	5.38677	.20376	4.90785	.22200	4.50451	.24039	4.15997	.25893	3.86208	29
32	.18594	5.37805	.20406	4.90056	.22231	4.49832	.24069	4.15465	.25924	3.85745	28
33	.18624	5.36936	.20436	4.89330	.22261	4.49215	.24100	4.14934	.25955	3.85283	27
34	.18654	5.36070	.20466	4.88605	.22292	4.48600	.24131	4.14405	.25986	3.84824	26
35	.18684	5.35206	.20497	4.87882	.22322	4.47986	.24162	4.13877	.26017	3.84364	25
36	.18714	5.34345	.20527	4.87160	.22353	4.47374	.24193	4.13350	.26048	3.83906	24
37	.18745	5.33487	.20557	4.86444	.22383	4.46764	.24223	4.12825	.26079	3.83449	23
38	.18775	5.32631	.20588	4.85727	.22414	4.46155	.24254	4.12301	.26110	3.82992	22
39	.18805	5.31778	.20618	4.85013	.22444	4.45548	.24285	4.11778	.26141	3.82537	21
40	.18835	5.30928	.20648	4.84300	.22475	4.44942	.24316	4.11256	.26172	3.82083	20
41	.18865	5.30080	.20679	4.83590	.22505	4.44338	.24347	4.10736	.26203	3.81630	19
42	.18895	5.29235	.20709	4.82882	.22536	4.43735	.24377	4.10216	.26235	3.81177	18
43	.18925	5.28393	.20739	4.82175	.22567	4.43134	.24408	4.09699	.26266	3.80726	17
44	.18955	5.27555	.20770	4.81471	.22597	4.42534	.24439	4.09182	.26297	3.80276	16
45	.18986	5.26715	.20800	4.80769	.22628	4.41936	.24470	4.08666	.26328	3.79827	15
46	.19016	5.25880	.20830	4.80068	.22658	4.41340	.24501	4.08153	.26359	3.79378	14
47	.19046	5.25048	.20861	4.79370	.22689	4.40745	.24532	4.07639	.26390	3.78931	13
48	.19076	5.24218	.20891	4.78673	.22719	4.40153	.24562	4.07127	.26421	3.78485	12
49	.19106	5.23391	.20921	4.77978	.22750	4.39560	.24593	4.06616	.26452	3.78040	11
50	.19136	5.22566	.20952	4.77286	.22781	4.38969	.24624	4.06107	.26483	3.77595	10
51	.19166	5.21744	.20982	4.76595	.22811	4.38381	.24655	4.05599	.26515	3.77152	9
52	.19197	5.20925	.21013	4.75906	.22842	4.37793	.24686	4.05092	.26546	3.76709	8
53	.19227	5.20107	.21043	4.75219	.22872	4.37207	.24717	4.04586	.26577	3.76268	7
54	.19257	5.19293	.21073	4.74534	.22903	4.36623	.24747	4.04081	.26608	3.75828	6
55	.19287	5.18480	.21104	4.73851	.22934	4.36040	.24778	4.03578	.26639	3.75388	5
56	.19317	5.17671	.21134	4.73170	.22964	4.35459	.24809	4.03076	.26670	3.74950	4
57	.19347	5.16863	.21164	4.72490	.22995	4.34879	.24840	4.02574	.26701	3.74513	3
58	.19378	5.16058	.21195	4.71813	.23026	4.34300	.24871	4.02074	.26733	3.74075	2
59	.19408	5.15256	.21225	4.71137	.23056	4.33723	.24902	4.01576	.26764	3.73640	1
60	.19438	5.14455	.21256	4.70463	.23087	4.33148	.24933	4.01078	.26795	3.73205	0
/	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	/
	79°		78°		77°		76°		75°		

جداول تنازنت و کتانزنت زوايا

/	15°		16°		17°		18°		19°		/
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.26795	3.72205	.26675	3.48741	.30573	3.27085	.32492	3.07768	.34433	2.90421	60
1	.26826	3.72771	.26706	3.48359	.30605	3.26745	.32524	3.07464	.34465	2.90147	59
2	.26857	3.73338	.26738	3.47977	.30637	3.26406	.32556	3.07160	.34498	2.89873	58
3	.26888	3.73907	.26769	3.47596	.30669	3.26067	.32588	3.06857	.34530	2.89600	57
4	.26920	3.74476	.26800	3.47216	.30700	3.25729	.32621	3.06554	.34563	2.89327	56
5	.26951	3.75046	.26832	3.46837	.30732	3.25392	.32653	3.06252	.34596	2.89055	55
6	.26982	3.75616	.26864	3.46458	.30764	3.25055	.32686	3.05950	.34628	2.88783	54
7	.27013	3.76188	.26895	3.46080	.30796	3.24719	.32717	3.05649	.34661	2.88511	53
8	.27044	3.67671	.26927	3.45703	.30828	3.24383	.32749	3.05349	.34693	2.88240	52
9	.27076	3.69135	.26958	3.45327	.30860	3.24049	.32782	3.05049	.34726	2.87970	51
10	.27107	3.68909	.26990	3.44951	.30891	3.23714	.32814	3.04749	.34758	2.87700	50
11	.27138	3.68485	.27021	3.44576	.30923	3.23381	.32846	3.04450	.34791	2.87430	49
12	.27169	3.68061	.27053	3.44202	.30955	3.23048	.32878	3.04152	.34824	2.87161	48
13	.27201	3.67638	.27084	3.43829	.30987	3.22715	.32911	3.03854	.34856	2.86892	47
14	.27232	3.67217	.27116	3.43456	.31019	3.22384	.32943	3.03556	.34889	2.86624	46
15	.27263	3.66796	.27147	3.43084	.31051	3.22053	.32975	3.03258	.34922	2.86356	45
16	.27294	3.66376	.27179	3.42713	.31083	3.21722	.33007	3.02961	.34954	2.86089	44
17	.27326	3.65957	.27210	3.42343	.31115	3.21392	.33040	3.02663	.34987	2.85822	43
18	.27357	3.65538	.27242	3.41973	.31147	3.21063	.33072	3.02367	.35020	2.85555	42
19	.27388	3.65121	.27274	3.41604	.31178	3.20734	.33104	3.02071	.35052	2.85288	41
20	.27419	3.64705	.27305	3.41236	.31210	3.20406	.33136	3.01773	.35085	2.85023	40
21	.27451	3.64289	.27337	3.40869	.31242	3.20079	.33169	3.01480	.35118	2.84758	39
22	.27482	3.63874	.27368	3.40502	.31274	3.19752	.33201	3.01196	.35150	2.84494	38
23	.27513	3.63461	.27400	3.40136	.31306	3.19426	.33233	3.00903	.35183	2.84230	37
24	.27545	3.63048	.27432	3.39771	.31338	3.19100	.33266	3.00611	.35216	2.83965	36
25	.27576	3.62636	.27463	3.39406	.31370	3.18775	.33298	3.00319	.35248	2.83702	35
26	.27607	3.62224	.27495	3.39042	.31402	3.18451	.33330	3.00028	.35281	2.83439	34
27	.27638	3.61814	.27526	3.38679	.31434	3.18127	.33363	2.99738	.35314	2.83177	33
28	.27670	3.61405	.27558	3.38317	.31466	3.17804	.33395	2.99447	.35346	2.82914	32
29	.27701	3.60995	.27590	3.37955	.31498	3.17481	.33427	2.99155	.35379	2.82653	31
30	.27732	3.60588	.27621	3.37594	.31530	3.17159	.33460	2.98868	.35412	2.82391	30
31	.27764	3.60181	.27653	3.37234	.31562	3.16838	.33492	2.98580	.35445	2.82130	29
32	.27795	3.59775	.27685	3.36875	.31594	3.16517	.33524	2.98292	.35477	2.81870	28
33	.27826	3.59370	.27716	3.36516	.31626	3.16197	.33557	2.98004	.35510	2.81610	27
34	.27858	3.58966	.27748	3.36158	.31658	3.15877	.33589	2.97717	.35543	2.81350	26
35	.27889	3.58562	.27780	3.35800	.31690	3.15558	.33621	2.97430	.35576	2.81090	25
36	.27921	3.58158	.27811	3.35443	.31722	3.15240	.33654	2.97144	.35608	2.80833	24
37	.27952	3.57758	.27843	3.35087	.31754	3.14922	.33686	2.96858	.35641	2.80574	23
38	.27983	3.57357	.27875	3.34732	.31786	3.14605	.33718	2.96573	.35674	2.80316	22
39	.28015	3.56957	.27906	3.34377	.31818	3.14288	.33751	2.96288	.35707	2.80059	21
40	.28046	3.56557	.27938	3.34023	.31850	3.13972	.33783	2.96004	.35740	2.79802	20
41	.28077	3.56159	.27970	3.33670	.31882	3.13656	.33816	2.95721	.35772	2.79545	19
42	.28109	3.55761	.30001	3.33317	.31914	3.13341	.33848	2.95437	.35805	2.79289	18
43	.28140	3.55364	.30033	3.32965	.31946	3.13027	.33881	2.95155	.35838	2.79033	17
44	.28172	3.54968	.30065	3.32614	.31978	3.12713	.33913	2.94872	.35871	2.78778	16
45	.28203	3.54573	.30097	3.32264	.32010	3.12400	.33945	2.94591	.35904	2.78523	15
46	.28234	3.54179	.30128	3.31914	.32042	3.12087	.33978	2.94309	.35937	2.78269	14
47	.28266	3.53785	.30160	3.31565	.32074	3.11775	.34010	2.94028	.35969	2.78014	13
48	.28297	3.53393	.30193	3.31216	.32106	3.11464	.34043	2.93748	.36002	2.77761	12
49	.28329	3.53001	.30224	3.30868	.32139	3.11153	.34075	2.93468	.36035	2.77507	11
50	.28360	3.52609	.30255	3.30521	.32171	3.10842	.34108	2.93189	.36068	2.77254	10
51	.28391	3.52219	.30287	3.30174	.32203	3.10532	.34140	2.92910	.36101	2.77002	9
52	.28423	3.51829	.30319	3.29829	.32235	3.10223	.34173	2.92632	.36134	2.76750	8
53	.28454	3.51441	.30351	3.29483	.32267	3.09914	.34205	2.92354	.36167	2.76498	7
54	.28486	3.51053	.30382	3.29139	.32299	3.09606	.34238	2.92076	.36200	2.76247	6
55	.28517	3.50666	.30414	3.28795	.32331	3.09298	.34270	2.91799	.36233	2.75996	5
56	.28549	3.50279	.30446	3.28453	.32363	3.08991	.34303	2.91523	.36265	2.75746	4
57	.28580	3.49894	.30478	3.28109	.32395	3.08685	.34335	2.91248	.36298	2.75496	3
58	.28612	3.49509	.30509	3.27767	.32428	3.08379	.34368	2.90971	.36331	2.75246	2
59	.28643	3.49125	.30541	3.27425	.32460	3.08073	.34400	2.90695	.36364	2.74997	1
60	.28675	3.48741	.30573	3.27085	.32492	3.07768	.34433	2.90421	.36397	2.74748	0
/	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	/
	74°		73°		72°		71°		70°		

جداول تانزانت و كتانزانت زوايا

1	20°		21°		22°		23°		24°		1
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.36397	2.74748	.38386	2.60509	.40403	2.47509	.42447	2.35585	.44523	2.24604	60
1	.36430	2.74499	.38420	2.60283	.40436	2.47302	.42482	2.35395	.44558	2.24428	59
2	.36463	2.74251	.38453	2.60057	.40470	2.47095	.42516	2.35205	.44593	2.24252	58
3	.36496	2.74004	.38487	2.59831	.40504	2.46888	.42551	2.35015	.44627	2.24077	57
4	.36529	2.73756	.38520	2.59606	.40538	2.46682	.42585	2.34825	.44662	2.23902	56
5	.36562	2.73509	.38553	2.59381	.40572	2.46476	.42619	2.34636	.44697	2.23727	55
6	.36595	2.73263	.38587	2.59155	.40606	2.46270	.42654	2.34447	.44732	2.23552	54
7	.36628	2.73017	.38620	2.58930	.40640	2.46065	.42688	2.34258	.44767	2.23378	53
8	.36661	2.72771	.38654	2.58708	.40674	2.45860	.42722	2.34069	.44802	2.23204	52
9	.36694	2.72526	.38687	2.58484	.40707	2.45655	.42757	2.33881	.44837	2.23030	51
10	.36727	2.72281	.38721	2.58261	.40741	2.45451	.42791	2.33693	.44872	2.22857	50
11	.36760	2.72036	.38754	2.58038	.40775	2.45246	.42826	2.33505	.44907	2.22683	49
12	.36793	2.71792	.38787	2.57815	.40809	2.45043	.42860	2.33317	.44942	2.22510	48
13	.36826	2.71548	.38821	2.57593	.40843	2.44839	.42894	2.33130	.44977	2.22337	47
14	.36859	2.71305	.38854	2.57371	.40877	2.44636	.42929	2.32943	.45012	2.22164	46
15	.36892	2.71062	.38888	2.57150	.40911	2.44433	.42963	2.32756	.45047	2.21992	45
16	.36925	2.70819	.38921	2.56928	.40945	2.44230	.42998	2.32570	.45082	2.21819	44
17	.36958	2.70577	.38955	2.56707	.40979	2.44027	.43032	2.32383	.45117	2.21647	43
18	.36991	2.70335	.38988	2.56487	.41013	2.43825	.43067	2.32197	.45152	2.21475	42
19	.37024	2.70094	.39022	2.56266	.41047	2.43623	.43101	2.32012	.45187	2.21304	41
20	.37057	2.69853	.39055	2.56046	.41081	2.43422	.43136	2.31826	.45222	2.21132	40
21	.37090	2.69612	.39089	2.55827	.41115	2.43220	.43170	2.31641	.45257	2.20961	39
22	.37123	2.69371	.39122	2.55608	.41149	2.43019	.43205	2.31456	.45292	2.20790	38
23	.37157	2.69131	.39156	2.55389	.41183	2.42819	.43239	2.31271	.45327	2.20619	37
24	.37190	2.68892	.39190	2.55170	.41217	2.42618	.43274	2.31086	.45362	2.20449	36
25	.37223	2.68653	.39223	2.54952	.41251	2.42418	.43308	2.30902	.45397	2.20278	35
26	.37256	2.68414	.39257	2.54734	.41285	2.42218	.43343	2.30718	.45432	2.20108	34
27	.37289	2.68175	.39290	2.54516	.41319	2.42019	.43378	2.30534	.45467	2.19938	33
28	.37322	2.67937	.39324	2.54299	.41353	2.41819	.43412	2.30351	.45502	2.19769	32
29	.37355	2.67700	.39357	2.54082	.41387	2.41620	.43447	2.30167	.45538	2.19599	31
30	.37388	2.67462	.39391	2.53865	.41421	2.41421	.43481	2.29984	.45573	2.19430	30
31	.37422	2.67225	.39425	2.53648	.41455	2.41223	.43516	2.29801	.45608	2.19261	29
32	.37455	2.66988	.39458	2.53432	.41490	2.41025	.43550	2.29619	.45643	2.19092	28
33	.37488	2.66752	.39492	2.53217	.41524	2.40827	.43585	2.29437	.45678	2.18923	27
34	.37521	2.66516	.39526	2.53001	.41558	2.40629	.43620	2.29254	.45713	2.18754	26
35	.37554	2.66281	.39559	2.52786	.41592	2.40432	.43654	2.29073	.45748	2.18585	25
36	.37588	2.66046	.39593	2.52571	.41626	2.40235	.43689	2.28891	.45783	2.18419	24
37	.37621	2.65811	.39626	2.52357	.41660	2.40038	.43724	2.28710	.45819	2.18251	23
38	.37654	2.65576	.39660	2.52142	.41694	2.39841	.43758	2.28528	.45854	2.18084	22
39	.37687	2.65342	.39694	2.51929	.41728	2.39645	.43793	2.28348	.45889	2.17916	21
40	.37720	2.65109	.39727	2.51715	.41763	2.39449	.43828	2.28167	.45924	2.17749	20
41	.37754	2.64875	.39761	2.51502	.41797	2.39253	.43862	2.27987	.45960	2.17582	19
42	.37787	2.64642	.39795	2.51289	.41831	2.39058	.43897	2.27806	.46000	2.17416	18
43	.37820	2.64410	.39829	2.51076	.41865	2.38863	.43932	2.27626	.46035	2.17249	17
44	.37853	2.64177	.39862	2.50864	.41899	2.38668	.43966	2.27447	.46075	2.17083	16
45	.37887	2.63945	.39896	2.50652	.41933	2.38473	.44001	2.27267	.46102	2.16917	15
46	.37920	2.63714	.39930	2.50440	.41968	2.38279	.44036	2.27088	.46136	2.16751	14
47	.37953	2.63483	.39963	2.50229	.42002	2.38084	.44071	2.26909	.46171	2.16585	13
48	.37986	2.63252	.39997	2.50018	.42036	2.37891	.44105	2.26730	.46206	2.16420	12
49	.38020	2.63021	.40031	2.49807	.42070	2.37697	.44140	2.26552	.46242	2.16253	11
50	.38053	2.62791	.40065	2.49597	.42105	2.37504	.44175	2.26374	.46277	2.16090	10
51	.38086	2.62561	.40098	2.49386	.42139	2.37311	.44210	2.26196	.46312	2.15925	9
52	.38120	2.62332	.40132	2.49177	.42173	2.37118	.44244	2.26018	.46348	2.15760	8
53	.38153	2.62103	.40166	2.48967	.42207	2.36925	.44279	2.25840	.46383	2.15596	7
54	.38186	2.61874	.40200	2.48758	.42242	2.36733	.44314	2.25662	.46418	2.15432	6
55	.38220	2.61646	.40234	2.48549	.42276	2.36541	.44349	2.25486	.46454	2.15268	5
56	.38253	2.61418	.40267	2.48340	.42310	2.36349	.44384	2.25310	.46489	2.15104	4
57	.38286	2.61190	.40301	2.48132	.42345	2.36158	.44418	2.25132	.46525	2.14940	3
58	.38320	2.60963	.40335	2.47924	.42379	2.35967	.44453	2.24956	.46560	2.14777	2
59	.38353	2.60736	.40369	2.47716	.42413	2.35776	.44488	2.24780	.46595	2.14614	1
60	.38386	2.60509	.40403	2.47509	.42447	2.35585	.44523	2.24604	.46631	2.14451	0
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	
	69°		68°		67°		66°		65°		

جداول تانزانت و کتانزانت زوايا

1	25°		26°		27°		28°		29°		1
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.46631	2.14451	.48773	2.05030	.50953	1.96261	.53171	1.88073	.55431	1.80405	60
1	.46666	2.14288	.48809	2.04879	.50989	1.96120	.53208	1.87941	.55469	1.80281	59
2	.46702	2.14125	.48845	2.04728	.51026	1.95979	.53246	1.87809	.55507	1.80158	58
3	.46737	2.13963	.48881	2.04577	.51063	1.95838	.53283	1.87677	.55545	1.80034	57
4	.46772	2.13801	.48917	2.04426	.51100	1.95698	.53320	1.87546	.55583	1.79911	56
5	.46808	2.13639	.48953	2.04276	.51136	1.95557	.53358	1.87415	.55621	1.79788	55
6	.46843	2.13477	.48989	2.04125	.51173	1.95417	.53395	1.87283	.55659	1.79665	54
7	.46879	2.13315	.49026	2.03975	.51209	1.95277	.53432	1.87152	.55697	1.79542	53
8	.46914	2.13154	.49062	2.03825	.51246	1.95137	.53470	1.87021	.55736	1.79419	52
9	.46950	2.12993	.49098	2.03675	.51283	1.94997	.53507	1.86891	.55774	1.79296	51
10	.46985	2.12832	.49134	2.03526	.51319	1.94858	.53545	1.86760	.55812	1.79174	50
11	.47021	2.12671	.49170	2.03376	.51356	1.94718	.53582	1.86630	.55850	1.79051	49
12	.47056	2.12511	.49206	2.03227	.51393	1.94579	.53620	1.86499	.55888	1.78929	48
13	.47092	2.12350	.49242	2.03078	.51430	1.94440	.53657	1.86369	.55926	1.78807	47
14	.47128	2.12190	.49278	2.02929	.51467	1.94301	.53694	1.86239	.55964	1.78685	46
15	.47163	2.12030	.49315	2.02780	.51503	1.94162	.53732	1.86109	.56002	1.78563	45
16	.47199	2.11871	.49351	2.02631	.51540	1.94023	.53769	1.85979	.56040	1.78441	44
17	.47234	2.11711	.49387	2.02483	.51577	1.93885	.53807	1.85850	.56079	1.78319	43
18	.47270	2.11552	.49423	2.02333	.51614	1.93746	.53844	1.85720	.56117	1.78198	42
19	.47305	2.11392	.49459	2.02187	.51651	1.93608	.53882	1.85591	.56156	1.78077	41
20	.47341	2.11233	.49495	2.02039	.51688	1.93470	.53920	1.85462	.56194	1.77955	40
21	.47377	2.11075	.49532	2.01891	.51724	1.93332	.53957	1.85333	.56232	1.77834	39
22	.47412	2.10916	.49568	2.01743	.51761	1.93195	.53995	1.85204	.56270	1.77713	38
23	.47448	2.10758	.49604	2.01596	.51798	1.93057	.54032	1.85075	.56309	1.77592	37
24	.47483	2.10600	.49640	2.01449	.51835	1.92920	.54070	1.84946	.56347	1.77471	36
25	.47519	2.10442	.49677	2.01302	.51872	1.92782	.54107	1.84818	.56385	1.77351	35
26	.47555	2.10284	.49713	2.01155	.51909	1.92645	.54145	1.84689	.56424	1.77230	34
27	.47590	2.10126	.49749	2.01008	.51946	1.92508	.54183	1.84561	.56462	1.77110	33
28	.47626	2.09969	.49786	2.00862	.51983	1.92371	.54220	1.84433	.56501	1.76990	32
29	.47662	2.09811	.49822	2.00715	.52020	1.92235	.54258	1.84305	.56539	1.76869	31
30	.47698	2.09654	.49858	2.00569	.52057	1.92098	.54296	1.84177	.56577	1.76749	30
31	.47733	2.09498	.49894	2.00423	.52094	1.91962	.54333	1.84049	.56616	1.76629	29
32	.47769	2.09341	.49931	2.00277	.52131	1.91826	.54371	1.83922	.56654	1.76510	28
33	.47805	2.09184	.49967	2.00131	.52168	1.91690	.54409	1.83794	.56693	1.76390	27
34	.47840	2.09028	.50004	1.99986	.52205	1.91554	.54446	1.83667	.56731	1.76271	26
35	.47876	2.08872	.50040	1.99841	.52242	1.91418	.54484	1.83540	.56769	1.76151	25
36	.47912	2.08716	.50076	1.99695	.52279	1.91282	.54522	1.83413	.56808	1.76032	24
37	.47948	2.08560	.50113	1.99550	.52316	1.91147	.54560	1.83286	.56846	1.75913	23
38	.47984	2.08405	.50149	1.99406	.52353	1.91012	.54597	1.83159	.56885	1.75794	22
39	.48019	2.08249	.50185	1.99261	.52390	1.90877	.54635	1.83033	.56923	1.75675	21
40	.48055	2.08094	.50222	1.99116	.52427	1.90741	.54673	1.82906	.56962	1.75556	20
41	.48091	2.07939	.50258	1.98972	.52464	1.90607	.54711	1.82780	.57000	1.75437	19
42	.48127	2.07785	.50295	1.98828	.52501	1.90472	.54748	1.82654	.57039	1.75319	18
43	.48163	2.07630	.50331	1.98684	.52538	1.90337	.54786	1.82528	.57078	1.75200	17
44	.48198	2.07476	.50368	1.98540	.52575	1.90203	.54824	1.82402	.57116	1.75082	16
45	.48234	2.07321	.50404	1.98396	.52613	1.90069	.54862	1.82276	.57155	1.74964	15
46	.48270	2.07167	.50441	1.98252	.52650	1.89935	.54900	1.82150	.57193	1.74846	14
47	.48306	2.07014	.50477	1.98110	.52687	1.89801	.54938	1.82025	.57232	1.74728	13
48	.48342	2.06860	.50514	1.97966	.52724	1.89667	.54975	1.81900	.57271	1.74610	12
49	.48378	2.06706	.50550	1.97823	.52761	1.89533	.55013	1.81774	.57309	1.74492	11
50	.48414	2.06551	.50587	1.97681	.52798	1.89400	.55051	1.81649	.57348	1.74375	10
51	.48450	2.06400	.50623	1.97538	.52836	1.89266	.55089	1.81524	.57386	1.74257	9
52	.48486	2.06247	.50660	1.97395	.52873	1.89133	.55127	1.81399	.57425	1.74140	8
53	.48521	2.06094	.50696	1.97253	.52910	1.89000	.55165	1.81274	.57464	1.74022	7
54	.48557	2.05942	.50733	1.97111	.52947	1.88867	.55203	1.81149	.57503	1.73905	6
55	.48593	2.05790	.50769	1.96969	.52985	1.88734	.55241	1.81025	.57541	1.73788	5
56	.48629	2.05637	.50806	1.96827	.53022	1.88602	.55279	1.80901	.57580	1.73671	4
57	.48665	2.05485	.50843	1.96685	.53059	1.88469	.55317	1.80777	.57619	1.73555	3
58	.48701	2.05333	.50879	1.96544	.53096	1.88337	.55355	1.80653	.57657	1.73439	2
59	.48737	2.05181	.50916	1.96402	.53134	1.88205	.55393	1.80529	.57696	1.73323	1
60	.48773	2.05030	.50953	1.96261	.53171	1.88073	.55431	1.80405	.57735	1.73208	0
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	
		64°		63°		62°		61°		60°	

جداول تنازانت و کتانزانت زوايا

/	30°		31°		32°		33°		34°		/
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.57735	1.73205	.60086	1.66428	.62487	1.60033	.64941	1.53986	.67451	1.48296	60
1	.57774	1.73089	.60126	1.66318	.62527	1.59930	.64982	1.53888	.67493	1.48183	59
2	.57813	1.72973	.60165	1.66209	.62568	1.59826	.65024	1.53791	.67536	1.48070	58
3	.57851	1.72857	.60205	1.66099	.62608	1.59723	.65066	1.53693	.67578	1.47957	57
4	.57890	1.72741	.60245	1.65990	.62649	1.59620	.65106	1.53595	.67620	1.47845	56
5	.57929	1.72625	.60284	1.65881	.62689	1.59517	.65148	1.53497	.67663	1.47733	55
6	.57968	1.72509	.60324	1.65772	.62730	1.59414	.65189	1.53400	.67705	1.47620	54
7	.58007	1.72393	.60364	1.65663	.62770	1.59311	.65231	1.53302	.67748	1.47507	53
8	.58046	1.72278	.60403	1.65554	.62811	1.59208	.65272	1.53205	.67790	1.47394	52
9	.58085	1.72163	.60443	1.65445	.62852	1.59105	.65314	1.53107	.67832	1.47282	51
10	.58124	1.72047	.60483	1.65337	.62893	1.59002	.65355	1.53010	.67875	1.47170	50
11	.58162	1.71932	.60523	1.65228	.62933	1.58900	.65397	1.52913	.67917	1.47058	49
12	.58201	1.71817	.60562	1.65120	.62973	1.58797	.65438	1.52816	.67960	1.46946	48
13	.58240	1.71702	.60602	1.65011	.63014	1.58695	.65480	1.52719	.68003	1.46833	47
14	.58279	1.71588	.60642	1.64903	.63055	1.58593	.65521	1.52622	.68045	1.46721	46
15	.58318	1.71473	.60681	1.64795	.63095	1.58490	.65563	1.52525	.68088	1.46608	45
16	.58357	1.71358	.60721	1.64687	.63136	1.58388	.65604	1.52428	.68130	1.46496	44
17	.58396	1.71244	.60761	1.64579	.63177	1.58286	.65646	1.52331	.68173	1.46383	43
18	.58435	1.71129	.60801	1.64471	.63217	1.58184	.65688	1.52234	.68215	1.46271	42
19	.58474	1.71015	.60841	1.64363	.63258	1.58083	.65729	1.52137	.68258	1.46158	41
20	.58513	1.70901	.60881	1.64256	.63299	1.57981	.65771	1.52040	.68301	1.46046	40
21	.58552	1.70787	.60921	1.64148	.63340	1.57879	.65813	1.51943	.68343	1.45933	39
22	.58591	1.70673	.60960	1.64041	.63380	1.57777	.65854	1.51846	.68386	1.45821	38
23	.58631	1.70559	.61000	1.63934	.63421	1.57675	.65896	1.51749	.68429	1.46137	37
24	.58670	1.70444	.61040	1.63826	.63462	1.57573	.65938	1.51652	.68471	1.46024	36
25	.58709	1.70330	.61080	1.63719	.63503	1.57472	.65980	1.51555	.68514	1.45911	35
26	.58748	1.70215	.61120	1.63612	.63544	1.57370	.66021	1.51458	.68557	1.45798	34
27	.58787	1.70101	.61160	1.63504	.63584	1.57271	.66063	1.51361	.68600	1.45685	33
28	.58826	1.69987	.61200	1.63398	.63625	1.57170	.66105	1.51264	.68642	1.45572	32
29	.58865	1.69873	.61240	1.63292	.63666	1.57069	.66147	1.51167	.68685	1.45459	31
30	.58905	1.69760	.61280	1.63185	.63707	1.56969	.66189	1.51070	.68728	1.45346	30
31	.58944	1.69646	.61320	1.63079	.63748	1.56868	.66230	1.50973	.68771	1.45233	29
32	.58983	1.69532	.61360	1.62972	.63789	1.56767	.66272	1.50876	.68814	1.45120	28
33	.59022	1.69418	.61400	1.62866	.63830	1.56667	.66314	1.50779	.68857	1.45007	27
34	.59061	1.69304	.61440	1.62760	.63871	1.56566	.66356	1.50682	.68900	1.44894	26
35	.59101	1.69190	.61480	1.62654	.63912	1.56466	.66398	1.50585	.68942	1.44781	25
36	.59140	1.69077	.61520	1.62548	.63953	1.56366	.66440	1.50488	.68985	1.44668	24
37	.59179	1.68963	.61561	1.62442	.63994	1.56265	.66482	1.50391	.69028	1.44555	23
38	.59218	1.68850	.61601	1.62336	.64035	1.56165	.66524	1.50294	.69071	1.44442	22
39	.59258	1.68736	.61643	1.62230	.64076	1.56065	.66566	1.50197	.69114	1.44329	21
40	.59297	1.68623	.61682	1.62125	.64117	1.55966	.66608	1.50100	.69157	1.44216	20
41	.59336	1.68511	.61721	1.62019	.64158	1.55866	.66650	1.50003	.69200	1.44103	19
42	.59376	1.68400	.61761	1.61914	.64199	1.55766	.66692	1.49906	.69243	1.44000	18
43	.59415	1.68290	.61801	1.61808	.64240	1.55666	.66734	1.49809	.69286	1.43897	17
44	.59454	1.68180	.61842	1.61703	.64281	1.55567	.66776	1.49712	.69329	1.43794	16
45	.59494	1.68070	.61882	1.61598	.64322	1.55467	.66818	1.49615	.69372	1.43691	15
46	.59533	1.67960	.61923	1.61493	.64363	1.55368	.66860	1.49518	.69415	1.43588	14
47	.59573	1.67851	.61962	1.61388	.64404	1.55269	.66902	1.49421	.69458	1.43485	13
48	.59612	1.67742	.62003	1.61283	.64445	1.55170	.66944	1.49324	.69501	1.43382	12
49	.59651	1.67633	.62043	1.61179	.64487	1.55071	.66986	1.49227	.69544	1.43279	11
50	.59691	1.67523	.62083	1.61074	.64528	1.54972	.67028	1.49130	.69588	1.43176	10
51	.59730	1.67412	.62124	1.60970	.64569	1.54873	.67071	1.49033	.69631	1.43073	9
52	.59770	1.67300	.62164	1.60865	.64610	1.54774	.67113	1.48936	.69675	1.42970	8
53	.59809	1.67189	.62204	1.60761	.64652	1.54675	.67155	1.48839	.69718	1.42867	7
54	.59848	1.67078	.62245	1.60657	.64693	1.54576	.67197	1.48742	.69761	1.42764	6
55	.59888	1.66967	.62285	1.60553	.64734	1.54477	.67239	1.48645	.69804	1.42661	5
56	.59928	1.66856	.62325	1.60449	.64775	1.54378	.67282	1.48548	.69847	1.42558	4
57	.59967	1.66745	.62366	1.60345	.64817	1.54279	.67324	1.48451	.69891	1.42455	3
58	.60007	1.66634	.62406	1.60241	.64858	1.54180	.67366	1.48354	.69934	1.42352	2
59	.60046	1.66523	.62446	1.60137	.64899	1.54081	.67409	1.48257	.69977	1.42249	1
60	.60086	1.66412	.62487	1.60033	.64941	1.53982	.67451	1.48160	.70020	1.42146	0
/	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	/
	59°		58°		57°		56°		55°		

جداول تانزانت و كتانزانت زوايا

/	35°		36°		37°		38°		39°		/
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.70021	1.42815	.72654	1.37638	.75355	1.32704	.78129	1.27094	.80978	1.23490	60
1	.70064	1.42726	.72699	1.37554	.75401	1.32644	.78175	1.27017	.81027	1.23416	59
2	.70107	1.42638	.72743	1.37470	.75447	1.32584	.78222	1.27841	.81075	1.23343	58
3	.70151	1.42550	.72788	1.37386	.75492	1.32524	.78269	1.27764	.81123	1.23270	57
4	.70194	1.42462	.72832	1.37302	.75538	1.32464	.78316	1.27688	.81171	1.23196	56
5	.70238	1.42374	.72877	1.37218	.75584	1.32404	.78363	1.27611	.81220	1.23123	55
6	.70281	1.42286	.72921	1.37134	.75629	1.32344	.78410	1.27535	.81268	1.23050	54
7	.70325	1.42198	.72966	1.37050	.75675	1.32284	.78457	1.27458	.81316	1.22977	53
8	.70368	1.42110	.73010	1.36967	.75721	1.32224	.78504	1.27382	.81364	1.22904	52
9	.70411	1.42022	.73055	1.36883	.75767	1.32164	.78551	1.27306	.81413	1.22831	51
10	.70455	1.41934	.73100	1.36800	.75812	1.32104	.78598	1.27230	.81461	1.22758	50
11	.70499	1.41847	.73144	1.36716	.75858	1.32045	.78645	1.27153	.81510	1.22685	49
12	.70543	1.41759	.73189	1.36633	.75904	1.31985	.78692	1.27077	.81558	1.22612	48
13	.70586	1.41672	.73234	1.36549	.75950	1.31925	.78739	1.27001	.81606	1.22539	47
14	.70629	1.41584	.73278	1.36466	.75996	1.31865	.78786	1.26925	.81655	1.22467	46
15	.70673	1.41497	.73323	1.36383	.76042	1.31805	.78833	1.26849	.81703	1.22394	45
16	.70717	1.41410	.73368	1.36300	.76088	1.31745	.78881	1.26774	.81752	1.22321	44
17	.70760	1.41322	.73413	1.36217	.76134	1.31685	.78928	1.26698	.81800	1.22249	43
18	.70804	1.41235	.73457	1.36134	.76180	1.31625	.78975	1.26624	.81849	1.22176	42
19	.70848	1.41148	.73502	1.36051	.76226	1.31565	.79022	1.26548	.81898	1.22104	41
20	.70891	1.41061	.73547	1.35968	.76272	1.31505	.79070	1.26472	.81946	1.22031	40
21	.70935	1.40974	.73592	1.35885	.76318	1.31445	.79117	1.26396	.81995	1.21959	39
22	.70979	1.40887	.73637	1.35802	.76364	1.31385	.79164	1.26320	.82044	1.21886	38
23	.71023	1.40800	.73681	1.35719	.76410	1.31325	.79212	1.26244	.82092	1.21814	37
24	.71066	1.40714	.73726	1.35637	.76456	1.31265	.79259	1.26169	.82141	1.21742	36
25	.71110	1.40627	.73771	1.35554	.76502	1.31205	.79306	1.26093	.82190	1.21670	35
26	.71154	1.40540	.73816	1.35472	.76548	1.31145	.79354	1.26018	.82238	1.21598	34
27	.71198	1.40454	.73861	1.35389	.76594	1.31085	.79401	1.25943	.82287	1.21526	33
28	.71242	1.40367	.73906	1.35307	.76640	1.31025	.79449	1.25867	.82336	1.21454	32
29	.71285	1.40281	.73951	1.35224	.76686	1.30965	.79496	1.25792	.82385	1.21383	31
30	.71329	1.40195	.73996	1.35142	.76732	1.30905	.79544	1.25717	.82434	1.21310	30
31	.71373	1.40109	.74041	1.35060	.76779	1.30845	.79591	1.25642	.82483	1.21238	29
32	.71417	1.40022	.74086	1.34978	.76825	1.30785	.79639	1.25567	.82531	1.21166	28
33	.71461	1.39936	.74131	1.34896	.76871	1.30725	.79686	1.25492	.82580	1.21094	27
34	.71505	1.39850	.74176	1.34814	.76918	1.30665	.79734	1.25417	.82629	1.21023	26
35	.71549	1.39764	.74221	1.34732	.76964	1.30605	.79781	1.25343	.82678	1.20951	25
36	.71593	1.39678	.74267	1.34650	.77010	1.30545	.79829	1.25268	.82727	1.20879	24
37	.71637	1.39593	.74312	1.34568	.77057	1.30485	.79877	1.25193	.82776	1.20808	23
38	.71681	1.39507	.74357	1.34486	.77103	1.30425	.79924	1.25118	.82825	1.20736	22
39	.71725	1.39421	.74402	1.34405	.77149	1.30365	.79972	1.25044	.82874	1.20665	21
40	.71769	1.39336	.74447	1.34323	.77196	1.30305	.80020	1.24969	.82923	1.20593	20
41	.71813	1.39250	.74492	1.34242	.77242	1.30245	.80067	1.24895	.82972	1.20522	19
42	.71857	1.39165	.74538	1.34160	.77289	1.30185	.80115	1.24820	.83021	1.20451	18
43	.71901	1.39079	.74583	1.34079	.77335	1.30125	.80163	1.24746	.83070	1.20379	17
44	.71944	1.38994	.74628	1.33998	.77382	1.30065	.80211	1.24672	.83119	1.20308	16
45	.71989	1.38909	.74674	1.33916	.77428	1.29999	.80258	1.24598	.83169	1.20237	15
46	.72034	1.38824	.74719	1.33835	.77475	1.29939	.80306	1.24524	.83218	1.20166	14
47	.72078	1.38738	.74764	1.33754	.77521	1.29879	.80354	1.24449	.83268	1.20095	13
48	.72122	1.38653	.74810	1.33673	.77568	1.29819	.80402	1.24375	.83317	1.20024	12
49	.72167	1.38568	.74855	1.33592	.77615	1.29759	.80450	1.24301	.83366	1.19953	11
50	.72211	1.38484	.74900	1.33511	.77661	1.29700	.80498	1.24227	.83415	1.19882	10
51	.72255	1.38399	.74946	1.33430	.77708	1.29640	.80546	1.24153	.83465	1.19811	9
52	.72299	1.38314	.74991	1.33349	.77754	1.29581	.80594	1.24079	.83514	1.19740	8
53	.72344	1.38229	.75037	1.33268	.77801	1.29521	.80642	1.24005	.83564	1.19669	7
54	.72388	1.38145	.75082	1.33187	.77848	1.29462	.80690	1.23931	.83613	1.19599	6
55	.72432	1.38060	.75128	1.33107	.77895	1.29402	.80738	1.23858	.83662	1.19528	5
56	.72477	1.37976	.75173	1.33026	.77942	1.29343	.80786	1.23784	.83712	1.19457	4
57	.72521	1.37891	.75219	1.32946	.77988	1.29283	.80834	1.23710	.83761	1.19387	3
58	.72565	1.37807	.75264	1.32865	.78035	1.29224	.80882	1.23637	.83811	1.19316	2
59	.72610	1.37722	.75310	1.32785	.78082	1.29164	.80930	1.23563	.83860	1.19246	1
60	.72654	1.37638	.75355	1.32704	.78129	1.29104	.80978	1.23490	.83910	1.19175	0
	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	
	54°		53°		52°		51°		50°		

جدول تانژانت و کتانژانت زوايا

i	40°		41°		42°		43°		44°		i
	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	
0	.83910	1.19175	.86929	1.15037	.90040	1.11061	.93252	1.07237	.96569	1.03553	60
1	.83960	1.19105	.86980	1.14969	.90093	1.10996	.93306	1.07174	.96625	1.03493	59
2	.84009	1.19035	.87031	1.14902	.90146	1.10931	.93360	1.07112	.96681	1.03433	58
3	.84059	1.18964	.87082	1.14834	.90199	1.10867	.93415	1.07049	.96738	1.03372	57
4	.84108	1.18894	.87133	1.14767	.90251	1.10802	.93469	1.06987	.96794	1.03312	56
5	.84158	1.18824	.87184	1.14700	.90304	1.10737	.93524	1.06925	.96850	1.03252	55
6	.84208	1.18754	.87236	1.14632	.90357	1.10672	.93578	1.06862	.96907	1.03192	54
7	.84258	1.18684	.87287	1.14565	.90410	1.10607	.93633	1.06800	.96963	1.03132	53
8	.84307	1.18614	.87338	1.14498	.90463	1.10543	.93688	1.06738	.97020	1.03072	52
9	.84357	1.18544	.87389	1.14430	.90516	1.10478	.93742	1.06676	.97076	1.03012	51
10	.84407	1.18474	.87441	1.14363	.90569	1.10414	.93797	1.06613	.97133	1.02952	50
11	.84457	1.18404	.87492	1.14296	.90621	1.10349	.93852	1.06551	.97189	1.02892	49
12	.84507	1.18334	.87543	1.14229	.90674	1.10285	.93906	1.06489	.97246	1.02832	48
13	.84556	1.18264	.87595	1.14162	.90727	1.10220	.93961	1.06427	.97302	1.02772	47
14	.84606	1.18194	.87646	1.14095	.90781	1.10156	.94016	1.06365	.97359	1.02713	46
15	.84656	1.18125	.87698	1.14028	.90834	1.10091	.94071	1.06303	.97416	1.02653	45
16	.84706	1.18055	.87749	1.13961	.90887	1.10027	.94125	1.06241	.97472	1.02593	44
17	.84756	1.17986	.87801	1.13894	.90940	1.09962	.94180	1.06179	.97529	1.02533	43
18	.84806	1.17916	.87852	1.13828	.90993	1.09899	.94235	1.06117	.97586	1.02474	42
19	.84856	1.17846	.87904	1.13761	.91046	1.09834	.94290	1.06055	.97643	1.02414	41
20	.84906	1.17777	.87955	1.13694	.91099	1.09770	.94345	1.05994	.97700	1.02355	40
21	.84956	1.17708	.88007	1.13627	.91153	1.09706	.94400	1.05932	.97756	1.02295	39
22	.85006	1.17638	.88059	1.13561	.91206	1.09642	.94455	1.05870	.97813	1.02236	38
23	.85057	1.17569	.88110	1.13494	.91259	1.09584	.94510	1.05809	.97870	1.02176	37
24	.85107	1.17500	.88162	1.13428	.91313	1.09524	.94565	1.05747	.97927	1.02117	36
25	.85157	1.17430	.88214	1.13361	.91366	1.09465	.94620	1.05685	.97984	1.02057	35
26	.85207	1.17361	.88265	1.13295	.91419	1.09406	.94676	1.05624	.98041	1.01998	34
27	.85257	1.17292	.88317	1.13228	.91473	1.09342	.94731	1.05562	.98098	1.01939	33
28	.85308	1.17223	.88369	1.13162	.91526	1.09285	.94786	1.05501	.98155	1.01879	32
29	.85358	1.17154	.88421	1.13096	.91580	1.09229	.94841	1.05439	.98212	1.01820	31
30	.85408	1.17085	.88473	1.13029	.91633	1.09171	.94896	1.05378	.98270	1.01761	30
31	.85458	1.17016	.88524	1.12963	.91687	1.09106	.94952	1.05317	.98327	1.01702	29
32	.85509	1.16947	.88576	1.12897	.91740	1.09040	.95007	1.05255	.98384	1.01643	28
33	.85559	1.16878	.88628	1.12831	.91794	1.08984	.95062	1.05194	.98441	1.01583	27
34	.85609	1.16809	.88680	1.12765	.91847	1.08928	.95118	1.05133	.98499	1.01524	26
35	.85660	1.16741	.88732	1.12699	.91901	1.08871	.95173	1.05072	.98556	1.01465	25
36	.85710	1.16672	.88784	1.12633	.91955	1.08814	.95229	1.05010	.98613	1.01406	24
37	.85761	1.16603	.88836	1.12567	.92008	1.08758	.95284	1.04949	.98671	1.01347	23
38	.85811	1.16535	.88888	1.12501	.92062	1.08702	.95340	1.04888	.98728	1.01288	22
39	.85862	1.16466	.88940	1.12435	.92116	1.08646	.95395	1.04827	.98786	1.01229	21
40	.85912	1.16398	.88992	1.12369	.92170	1.08590	.95451	1.04766	.98843	1.01170	20
41	.85963	1.16329	.89045	1.12303	.92224	1.08532	.95506	1.04705	.98901	1.01112	19
42	.86014	1.16261	.89097	1.12237	.92277	1.08476	.95562	1.04644	.98958	1.01053	18
43	.86064	1.16192	.89149	1.12172	.92331	1.08420	.95618	1.04583	.99016	1.00994	17
44	.86115	1.16124	.89201	1.12106	.92385	1.08364	.95673	1.04522	.99073	1.00935	16
45	.86166	1.16055	.89253	1.12041	.92439	1.08308	.95729	1.04461	.99131	1.00876	15
46	.86216	1.15987	.89306	1.11975	.92493	1.08252	.95785	1.04401	.99189	1.00818	14
47	.86267	1.15919	.89358	1.11909	.92547	1.08196	.95841	1.04340	.99247	1.00759	13
48	.86318	1.15851	.89410	1.11844	.92601	1.08140	.95897	1.04279	.99304	1.00701	12
49	.86368	1.15783	.89463	1.11778	.92655	1.08084	.95952	1.04218	.99362	1.00643	11
50	.86419	1.15715	.89515	1.11713	.92709	1.08028	.96008	1.04158	.99420	1.00583	10
51	.86470	1.15647	.89567	1.11648	.92763	1.07971	.96064	1.04097	.99478	1.00525	9
52	.86521	1.15579	.89620	1.11582	.92817	1.07915	.96120	1.04036	.99536	1.00467	8
53	.86572	1.15511	.89672	1.11517	.92872	1.07859	.96176	1.03975	.99594	1.00408	7
54	.86623	1.15443	.89725	1.11452	.92926	1.07803	.96232	1.03915	.99652	1.00350	6
55	.86674	1.15375	.89777	1.11387	.92980	1.07747	.96288	1.03855	.99710	1.00291	5
56	.86725	1.15308	.89830	1.11321	.93034	1.07691	.96344	1.03794	.99768	1.00233	4
57	.86776	1.15240	.89883	1.11256	.93088	1.07635	.96400	1.03734	.99826	1.00175	3
58	.86827	1.15172	.89935	1.11191	.93143	1.07579	.96457	1.03674	.99884	1.00116	2
59	.86878	1.15104	.89988	1.11126	.93197	1.07523	.96513	1.03613	.99942	1.00058	1
60	.86929	1.15037	.90040	1.11061	.93252	1.07467	.96569	1.03553	1.00000	1.00000	0
i	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	Cotang	Tang	i
	49°		48°		47°		46°		45°		

جداول تبدیل گراد به درجه

g	°	'	g	°	'	c	°	'	cc	°	'	cc	°
0	0	0				0	0	0,0		0	0,0		
1		54	51	45	54	1	0	32,4	51	27	32,4	1	0,3
2	1	48	52	46	48	2	1	4,8	52	28	4,8	2	0,6
3	2	42	53	47	42	3	1	37,2	53	28	37,2	3	1,0
4	3	36	54	48	36	4	2	9,6	54	29	9,6	4	1,3
5	4	30	55	49	30	5	2	42,0	55	29	42,0	5	1,6
6	5	24	56	50	24	6	3	14,4	56	30	14,4	6	1,9
7	6	18	57	51	18	7	3	46,8	57	30	46,8	7	2,3
8	7	12	58	52	12	8	4	19,2	58	31	19,2	8	2,6
9	8	6	59	53	6	9	4	51,6	59	31	51,6	9	2,9
10	9	0	60	54	0	10	5	24,0	60	32	24,0	10	3,2
11	9	54	61	54	54	11	5	56,4	61	32	56,4	11	3,0
12	10	48	62	55	48	12	6	28,8	62	33	28,8	12	3,9
13	11	42	63	56	42	13	7	1,2	63	34	1,2	13	4,2
14	12	36	64	57	36	14	7	33,6	64	34	33,6	14	4,5
15	13	30	65	58	30	15	8	6,0	65	35	6,0	15	4,9
16	14	24	66	59	24	16	8	38,4	66	35	38,4	16	5,2
17	15	18	67	60	18	17	9	10,8	67	36	10,8	17	5,5
18	16	12	68	61	12	18	9	43,2	68	36	43,2	18	5,8
19	17	6	69	62	6	19	10	15,6	69	37	15,6	19	6,2
20	18	0	70	63	0	20	10	48,0	70	37	48,0	20	6,5
21	18	54	71	63	54	21	11	20,4	71	38	20,4	21	6,8
22	19	48	72	64	48	22	11	52,8	72	38	52,8	22	7,1
23	20	42	73	65	42	23	12	25,2	73	39	25,2	23	7,5
24	21	36	74	66	36	24	12	57,6	74	39	57,6	24	7,8
25	22	30	75	67	30	25	13	30,0	75	40	30,0	25	8,1
26	23	24	76	68	24	26	14	2,4	76	41	2,4	26	8,4
27	24	18	77	69	18	27	14	34,8	77	41	34,8	27	8,7
28	25	12	78	70	12	28	15	7,2	78	42	7,2	28	9,1
29	26	6	79	71	6	29	15	39,6	79	42	39,6	29	9,4
30	27	0	80	72	0	30	16	12,0	80	43	12,0	30	9,7
31	27	54	81	72	54	31	16	44,4	81	43	44,4	31	10,0
32	28	48	82	73	48	32	17	16,8	82	44	16,8	32	10,4
33	29	42	83	74	42	33	17	49,2	83	44	49,2	33	10,7
34	30	36	84	75	36	34	18	21,6	84	45	21,6	34	11,0
35	31	30	85	76	30	35	18	54,0	85	45	54,0	35	11,3
36	32	24	86	77	24	36	19	26,4	86	46	26,4	36	11,7
37	33	18	87	78	18	37	19	58,8	87	46	58,8	37	12,0
38	34	12	88	79	12	38	20	31,2	88	47	31,2	38	12,3
39	35	6	89	80	6	39	21	3,6	89	48	3,6	39	12,6
40	36	0	90	81	0	40	21	36,0	90	48	36,0	40	13,0
41	36	54	91	81	54	41	22	8,4	91	49	8,4	41	13,3
42	37	48	92	82	48	42	22	40,8	92	49	40,8	42	13,6
43	38	42	93	83	42	43	23	13,2	93	50	13,2	43	13,9
44	39	36	94	84	36	44	23	45,6	94	50	45,6	44	14,3
45	40	30	95	85	30	45	24	18,0	95	51	18,0	45	14,6
46	41	24	96	86	24	46	24	50,4	96	51	50,4	46	14,9
47	42	18	97	87	18	47	25	22,8	97	52	22,8	47	15,2
48	43	12	98	88	12	48	25	55,2	98	52	55,2	48	15,6
49	44	6	99	89	6	49	26	27,6	99	53	27,6	49	15,9
50	45	0	100	90	0	50	27	0,0	100	54	00,0	50	16,2

جداول تبدیل گراد به درجه

°	g	c	cc	°	g	c	cc	'	g	c	cc	"	c	cc
0	0	00	00,0					0	0	0	00,0	0	0	00,0
1	1	11	11,1	46	51	11	11,1	1	1	85,2	1	1	3,1	
2	2	22	22,2	47	52	22	22,2	2	3	70,4	2	2	6,2	
3	3	33	33,3	48	53	33	33,3	3	5	55,6	3	3	9,3	
4	4	44	44,4	49	54	44	44,4	4	7	40,7	4	4	12,3	
5	5	55	55,6	50	55	55	55,6	5	9	25,9	5	5	15,4	
								6	11	11,1	6	6	18,5	
								7	12	96,3	7	7	21,6	
								8	14	81,5	8	8	24,7	
6	6	66	66,7	51	56	66	66,7	9	16	66,7	9	9	27,8	
7	7	77	77,8	52	57	77	77,8	10	18	51,9	10	10	30,9	
8	8	88	88,9	53	58	88	88,9	11	20	37,0	11	11	34,0	
9	10	00	00,0	54	60	00	00,0	12	22	22,2	12	12	37,0	
10	11	11	11,1	55	61	11	11,1	13	24	7,4	13	13	40,1	
								14	25	92,6	14	14	43,2	
								15	27	77,8	15	15	46,3	
11	12	22	22,2	56	62	22	22,2	16	29	63,0	16	16	49,4	
12	13	33	33,3	57	63	33	33,3	17	31	48,1	17	17	52,5	
13	14	44	44,4	58	64	44	44,4	18	33	33,3	18	18	55,6	
14	15	55	55,6	59	65	55	55,6	19	35	18,5	19	19	58,6	
15	16	66	66,7	60	66	66	66,7	20	37	3,7	20	20	61,7	
								21	38	88,9	21	21	64,8	
16	17	77	77,8	61	67	77	77,8	22	40	74,1	22	22	67,9	
17	18	88	88,9	62	68	88	88,9	23	42	59,3	23	23	71,0	
18	20	00	00,0	63	70	00	00,0	24	44	44,4	24	24	74,1	
19	21	11	11,1	64	71	11	11,1	25	46	29,6	25	25	77,2	
20	22	22	22,2	65	72	22	22,2	26	48	14,8	26	26	80,2	
								27	50	00,0	27	27	83,3	
								28	51	85,2	28	28	86,4	
21	23	33	33,3	66	73	33	33,3	29	53	70,4	29	29	89,5	
22	24	44	44,4	67	74	44	44,4	30	56	55,6	30	30	92,6	
23	25	55	55,6	68	75	55	55,6	31	57	40,7	31	31	95,7	
24	26	66	66,7	69	76	66	66,7	32	59	25,9	32	32	98,8	
25	27	77	77,8	70	77	77	77,8	33	61	11,1	33	1	1,9	
								34	62	96,3	34	1	4,9	
								35	64	81,5	35	1	8,0	
26	28	88	88,9	71	78	88	88,9	36	66	66,7	36	1	11,1	
27	30	00	00,0	72	80	00	00,0	37	68	51,9	37	1	14,2	
28	31	11	11,1	73	81	11	11,1	38	70	37,0	38	1	17,3	
29	32	22	22,2	74	82	22	22,2	39	72	22,2	39	1	20,4	
30	33	33	33,3	75	83	33	33,3	40	74	7,4	40	1	23,5	
								41	75	92,6	41	1	26,5	
31	34	44	44,4	76	84	44	44,4	42	77	77,8	42	1	29,6	
32	35	55	55,6	77	85	55	55,6	43	79	63,0	43	1	32,7	
33	36	66	66,7	78	86	66	66,7	44	81	48,1	44	1	35,8	
34	37	77	77,8	79	87	77	77,8	45	83	33,3	45	1	38,9	
35	38	88	88,9	80	88	88	88,9	46	85	18,5	46	1	42,0	
								47	87	3,7	47	1	45,1	
								48	88	88,9	48	1	48,1	
36	40	00	00,0	81	90	00	00,0	49	90	74,1	49	1	51,2	
37	41	11	11,1	82	91	11	11,1	50	92	59,3	50	1	54,3	
38	42	22	22,2	83	92	22	22,2	51	94	44,4	51	1	57,4	
39	43	33	33,3	84	93	33	33,3	52	96	29,6	52	1	60,5	
40	44	44	44,4	85	94	44	44,4	53	98	14,8	53	1	63,6	
								54	1	00	00,0	54	1	66,7
								55	1	01	88,2	55	1	69,8
41	45	55	55,6	86	95	55	55,6	56	1	03	70,4	56	1	72,8
42	46	66	66,7	87	96	66	66,7	57	1	05	55,6	57	1	75,9
43	47	77	77,8	88	97	77	77,8	58	1	07	40,7	58	1	79,0
44	48	88	88,9	89	98	88	88,9	59	1	09	25,9	59	1	82,1
45	50	00	00,0	90	100	00	00,0	60	1	11	11,1	60	1	85,2

مثال : $\alpha = 228^{\circ} 12' 30'' = 2 \cdot 90^{\circ} + 12' + 30'' = 2 \cdot 100^{\circ} + 53,33333^{\circ} + 22,222^{\circ} + 92,6^{\circ} = 253,55638^{\circ}$
 یوسه جدول بالا را درجه را درجه رجب به گراد بیست آورد .

جدول تاكومتري

Minutes	0°		1°		2°		3°	
	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.
0	100.00	.00	99.97	1.74	99.88	3.49	99.73	5.23
2	100.00	.06	99.97	1.80	99.87	3.55	99.72	5.28
4	100.00	.12	99.97	1.86	99.87	3.60	99.71	5.34
6	100.00	.17	99.96	1.92	99.87	3.66	99.71	5.40
8	100.00	.23	99.96	1.98	99.86	3.72	99.70	5.46
10	100.00	.29	99.96	2.04	99.86	3.78	99.69	5.52
12	100.00	.35	99.96	2.09	99.85	3.84	99.69	5.57
14	100.00	.41	99.95	2.15	99.85	3.89	99.68	5.63
16	100.00	.47	99.95	2.21	99.84	3.95	99.68	5.69
18	100.00	.52	99.95	2.27	99.84	4.01	99.67	5.75
20	100.00	.58	99.95	2.33	99.83	4.07	99.66	5.80
22	100.00	.64	99.94	2.38	99.83	4.13	99.66	5.86
24	100.00	.70	99.94	2.44	99.82	4.18	99.65	5.92
26	99.99	.76	99.94	2.50	99.82	4.24	99.64	5.98
28	99.99	.81	99.93	2.56	99.81	4.30	99.63	6.04
30	99.99	.87	99.93	2.62	99.81	4.36	99.63	6.09
32	99.99	.93	99.93	2.67	99.80	4.42	99.62	6.15
34	99.99	.99	99.93	2.73	99.80	4.47	99.61	6.21
36	99.99	1.05	99.92	2.79	99.79	4.53	99.61	6.27
38	99.99	1.11	99.92	2.85	99.79	4.59	99.60	6.32
40	99.99	1.16	99.92	2.91	99.78	4.65	99.59	6.38
42	99.99	1.22	99.91	2.97	99.78	4.71	99.58	6.44
44	99.98	1.28	99.91	3.02	99.77	4.76	99.58	6.50
46	99.98	1.34	99.90	3.08	99.77	4.82	99.57	6.56
48	99.98	1.40	99.90	3.14	99.76	4.88	99.56	6.61
50	99.98	1.45	99.90	3.20	99.76	4.94	99.55	6.67
52	99.98	1.51	99.89	3.26	99.75	4.99	99.55	6.73
54	99.98	1.57	99.89	3.31	99.74	5.05	99.54	6.79
56	99.97	1.63	99.89	3.37	99.74	5.11	99.53	6.84
58	99.97	1.69	99.88	3.43	99.73	5.17	99.52	6.90
60	99.97	1.74	99.88	3.49	99.73	5.23	99.51	6.96
C = .75	.75	.01	.75	.02	.75	.03	.75	.05
C = 1.00	1.00	.01	1.00	.03	1.00	.04	1.00	.06
C = 1.25	1.25	.02	1.25	.03	1.25	.05	1.25	.08

جدول تاكومتري

Minutes	4°		5°		6°		7°	
	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.
0	99.51	6.96	99.24	8.68	98.91	10.40	98.51	12.10
2	99.51	7.02	99.23	8.74	98.90	10.45	98.50	12.15
4	99.50	7.07	99.22	8.80	98.88	10.51	98.49	12.21
6	99.49	7.13	99.21	8.85	98.87	10.57	98.47	12.27
8	99.48	7.19	99.20	8.91	98.86	10.62	98.46	12.32
10	99.47	7.25	99.19	8.97	98.85	10.68	98.44	12.38
12	99.46	7.30	99.18	9.03	98.83	10.74	98.43	12.43
14	99.46	7.36	99.17	9.08	98.82	10.79	98.41	12.49
16	99.45	7.42	99.16	9.14	98.81	10.85	98.40	12.55
18	99.44	7.48	99.15	9.20	98.80	10.91	98.39	12.60
20	99.43	7.53	99.14	9.25	98.78	10.96	98.37	12.66
22	99.42	7.59	99.13	9.31	98.77	11.02	98.36	12.72
24	99.41	7.65	99.11	9.37	98.76	11.08	98.34	12.77
26	99.40	7.71	99.10	9.43	98.74	11.13	98.33	12.83
28	99.39	7.76	99.09	9.48	98.73	11.19	98.31	12.88
30	99.38	7.82	99.08	9.54	98.72	11.25	98.30	12.94
32	99.38	7.88	99.07	9.60	98.71	11.30	98.28	13.00
34	99.37	7.94	99.06	9.65	98.69	11.36	98.27	13.05
36	99.36	7.99	99.05	9.71	98.68	11.42	98.25	13.11
38	99.35	8.05	99.04	9.77	98.67	11.47	98.24	13.17
40	99.34	8.11	99.03	9.83	98.65	11.53	98.22	13.22
42	99.33	8.17	99.01	9.88	98.64	11.59	98.20	13.28
44	99.32	8.22	99.00	9.94	98.63	11.64	98.19	13.33
46	99.31	8.28	98.99	10.00	98.61	11.70	98.17	13.39
48	99.30	8.34	98.98	10.05	98.60	11.76	98.16	13.45
50	99.29	8.40	98.97	10.11	98.58	11.81	98.14	13.50
52	99.28	8.45	98.96	10.17	98.57	11.87	98.13	13.56
54	99.27	8.51	98.94	10.22	98.56	11.93	98.11	13.61
56	99.26	8.57	98.93	10.28	98.54	11.98	98.10	13.67
58	99.25	8.63	98.92	10.34	98.53	12.04	98.08	13.73
60	99.24	8.68	98.91	10.40	98.51	12.10	98.06	13.78
C = .75	.75	.06	.75	.07	.75	.08	.74	.10
C = 1.00	1.00	.08	1.00	.10	.99	.11	.99	.13
C = 1.25	1.25	.10	1.24	.12	1.24	.14	1.24	.16

جدول تاكومتري

Minutes	8°		9°		10°		11°	
	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.
0	98.06	13.78	97.55	15.45	96.98	17.10	96.36	18.73
2	98.05	13.84	97.53	15.51	96.96	17.16	96.34	18.78
4	98.03	13.89	97.52	15.56	96.94	17.21	96.32	18.84
6	98.01	13.95	97.50	15.62	96.92	17.26	96.29	18.89
8	98.00	14.01	97.48	15.67	96.90	17.32	96.27	18.95
10	97.98	14.06	97.46	15.73	96.88	17.37	96.25	19.00
12	97.97	14.12	97.44	15.78	96.86	17.43	96.23	19.05
14	97.95	14.17	97.43	15.84	96.84	17.48	96.21	19.11
16	97.93	14.23	97.41	15.89	96.82	17.54	96.18	19.16
18	97.92	14.28	97.39	15.95	96.80	17.59	96.16	19.21
20	97.90	14.34	97.37	16.00	96.78	17.65	96.14	19.27
22	97.88	14.40	97.35	16.06	96.76	17.70	96.12	19.32
24	97.87	14.45	97.33	16.11	96.74	17.76	96.09	19.38
26	97.85	14.51	97.31	16.17	96.72	17.81	96.07	19.43
28	97.83	14.56	97.29	16.22	96.70	17.86	96.05	19.48
30	97.82	14.62	97.28	16.28	96.68	17.92	96.03	19.54
32	97.80	14.67	97.26	16.33	96.66	17.97	96.00	19.59
34	97.78	14.73	97.24	16.39	96.64	18.03	95.98	19.64
36	97.76	14.79	97.22	16.44	96.62	18.08	95.96	19.70
38	97.75	14.84	97.20	16.50	96.60	18.14	95.93	19.75
40	97.73	14.90	97.18	16.55	96.57	18.19	95.91	19.80
42	97.71	14.95	97.16	16.61	96.55	18.24	95.89	19.86
44	97.69	15.01	97.14	16.66	96.53	18.30	95.86	19.91
46	97.68	15.06	97.12	16.72	96.51	18.35	95.84	19.96
48	97.66	15.12	97.10	16.77	96.49	18.41	95.82	20.02
50	97.64	15.17	97.08	16.83	96.47	18.46	95.79	20.07
52	97.62	15.23	97.06	16.88	96.45	18.51	95.77	20.12
54	97.61	15.28	97.04	16.94	96.42	18.57	95.75	20.18
56	97.59	15.34	97.02	16.99	96.40	18.62	95.72	20.23
58	97.57	15.40	97.00	17.05	96.38	18.68	95.70	20.28
60	97.55	15.45	96.98	17.10	96.36	18.73	95.68	20.34
C = .75	.74	.11	.74	.12	.74	.14	.73	.15
C = 1.00	.99	.15	.99	.17	.98	.18	.98	.20
C = 1.25	1.24	.18	1.23	.21	1.23	.23	1.22	.25

جدول تاكومتري

Minutes	12°		13°		14°		15°	
	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.
0	95.68	20.34	94.94	21.92	94.15	23.47	93.30	25.00
2	95.65	20.39	94.91	21.97	94.12	23.52	93.27	25.05
4	95.63	20.44	94.89	22.02	94.09	23.58	93.24	25.10
6	95.61	20.50	94.86	22.08	94.07	23.63	93.21	25.15
8	95.58	20.55	94.84	22.13	94.04	23.68	93.18	25.20
10	95.56	20.60	94.81	22.18	94.01	23.73	93.16	25.25
12	95.53	20.66	94.79	22.23	93.98	23.78	93.13	25.30
14	95.51	20.71	94.76	22.28	93.95	23.83	93.10	25.35
16	95.49	20.76	94.73	22.34	93.93	23.88	93.07	25.40
18	95.46	20.81	94.71	22.39	93.90	23.93	93.04	25.45
20	95.44	20.87	94.68	22.44	93.87	23.99	93.01	25.50
22	95.41	20.92	94.66	22.49	93.84	24.04	92.98	25.55
24	95.39	20.97	94.63	22.54	93.82	24.09	92.95	25.60
26	95.36	21.03	94.60	22.60	93.79	24.14	92.92	25.65
28	95.34	21.08	94.58	22.65	93.76	24.19	92.89	25.70
30	95.32	21.13	94.55	22.70	93.73	24.24	92.86	25.75
32	95.29	21.18	94.52	22.75	93.70	24.29	92.83	25.80
34	95.27	21.24	94.50	22.80	93.67	24.34	92.80	25.85
36	95.24	21.29	94.47	22.85	93.65	24.39	92.77	25.90
38	95.22	21.34	94.44	22.91	93.62	24.44	92.74	25.95
40	95.19	21.39	94.42	22.96	93.59	24.49	92.71	26.00
42	95.17	21.45	94.39	23.01	93.56	24.55	92.68	26.05
44	95.14	21.50	94.36	23.06	93.53	24.60	92.65	26.10
46	95.12	21.55	94.34	23.11	93.50	24.65	92.62	26.15
48	95.09	21.60	94.31	23.16	93.47	24.70	92.59	26.20
50	95.07	21.66	94.28	23.22	93.45	24.75	92.56	26.25
52	95.04	21.71	94.26	23.27	93.42	24.80	92.53	26.30
54	95.02	21.76	94.23	23.32	93.39	24.85	92.49	26.35
56	94.99	21.81	94.20	23.37	93.36	24.90	92.46	26.40
58	94.97	21.87	94.17	23.42	93.33	24.95	92.43	26.45
60	94.94	21.92	94.15	23.47	93.30	25.00	92.40	26.50
C = .75	.73	.16	.73	.18	.73	.19	.72	.20
C = 1.00	.98	.22	.97	.23	.97	.25	.96	.27
C = 1.25	1.22	.27	1.22	.29	1.21	.31	1.20	.33

جدول تاكومتري

Minutes	16°		17°		18°		19°	
	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.
0	92.40	26.50	91.45	27.96	90.45	29.39	89.40	30.78
2	92.37	26.55	91.42	28.01	90.42	29.44	89.36	30.83
4	92.34	26.59	91.39	28.06	90.38	29.48	89.33	30.87
6	92.31	26.64	91.35	28.10	90.35	29.53	89.29	30.92
8	92.28	26.69	91.32	28.15	90.31	29.58	89.26	30.97
10	92.25	26.74	91.29	28.20	90.28	29.62	89.22	31.01
12	92.22	26.79	91.26	28.25	90.24	29.67	89.18	31.06
14	92.19	26.84	91.22	28.30	90.21	29.72	89.15	31.10
16	92.15	26.89	91.19	28.34	90.18	29.76	89.11	31.15
18	92.12	26.94	91.16	28.39	90.14	29.81	89.08	31.19
20	92.09	26.99	91.12	28.44	90.11	29.86	89.04	31.24
22	92.06	27.04	91.09	28.49	90.07	29.90	89.00	31.28
24	92.03	27.09	91.06	28.54	90.04	29.95	88.97	31.33
26	92.00	27.13	91.02	28.58	90.00	30.00	88.93	31.38
28	91.97	27.18	90.99	28.63	89.97	30.04	88.89	31.42
30	91.93	27.23	90.96	28.68	89.93	30.09	88.86	31.47
32	91.90	27.28	90.92	28.73	89.90	30.14	88.82	31.51
34	91.87	27.33	90.89	28.77	89.86	30.18	88.78	31.56
36	91.84	27.38	90.86	28.82	89.83	30.23	88.75	31.60
38	91.81	27.43	90.82	28.87	89.79	30.28	88.71	31.65
40	91.77	27.48	90.79	28.92	89.76	30.32	88.67	31.69
42	91.74	27.52	90.76	28.96	89.72	30.37	88.64	31.74
44	91.71	27.57	90.72	29.01	89.69	30.41	88.60	31.78
46	91.68	27.62	90.69	29.06	89.65	30.46	88.56	31.83
48	91.65	27.67	90.66	29.11	89.61	30.51	88.53	31.87
50	91.61	27.72	90.62	29.15	89.58	30.55	88.49	31.92
52	91.58	27.77	90.59	29.20	89.54	30.60	88.45	31.96
54	91.55	27.81	90.55	29.25	89.51	30.65	88.41	32.01
56	91.52	27.86	90.52	29.30	89.47	30.69	88.38	32.05
58	91.48	27.91	90.49	29.34	89.44	30.74	88.34	32.09
60	91.45	27.96	90.45	29.39	89.40	30.78	88.30	32.14
C = .75	.72	.21	.72	.23	.71	.24	.71	.25
C = 1.00	.96	.28	.95	.30	.95	.32	.94	.33
C = 1.25	1.20	.36	1.19	.38	1.19	.40	1.18	.42

جداول تاكومتري

Minutes	20°		21°		22°		23°	
	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.
0	88.30	32.14	87.16	33.46	85.97	34.73	84.73	35.97
2	88.26	32.18	87.12	33.50	85.93	34.77	84.69	36.01
4	88.23	32.23	87.08	33.54	85.89	34.82	84.65	36.05
6	88.19	32.27	87.04	33.59	85.85	34.86	84.61	36.09
8	88.15	32.32	87.00	33.63	85.80	34.90	84.57	36.13
10	88.11	32.36	86.96	33.67	85.76	34.94	84.52	36.17
12	88.08	32.41	86.92	33.72	85.72	34.98	84.48	36.21
14	88.04	32.45	86.88	33.76	85.68	35.02	84.44	36.25
16	88.00	32.49	86.84	33.80	85.64	35.07	84.40	36.29
18	87.96	32.54	86.80	33.84	85.60	35.11	84.35	36.33
20	87.93	32.58	86.77	33.89	85.56	35.15	84.31	36.37
22	87.89	32.63	86.73	33.93	85.52	35.19	84.27	36.41
24	87.85	32.67	86.69	33.97	85.48	35.23	84.23	36.45
26	87.81	32.72	86.65	34.01	85.44	35.27	84.18	36.49
28	87.77	32.76	86.61	34.06	85.40	35.31	84.14	36.53
30	87.74	32.80	86.57	34.10	85.36	35.36	84.10	36.57
32	87.70	32.85	86.53	34.14	85.31	35.40	84.06	36.61
34	87.66	32.89	86.49	34.18	85.27	35.44	84.01	36.65
36	87.62	32.93	86.45	34.23	85.23	35.48	83.97	36.69
38	87.58	32.98	86.41	34.27	85.19	35.52	83.93	36.73
40	87.54	33.02	86.37	34.31	85.15	35.56	83.89	36.77
42	87.51	33.07	86.33	34.35	85.11	35.60	83.84	36.80
44	87.47	33.11	86.29	34.40	85.07	35.64	83.80	36.84
46	87.43	33.15	86.25	34.44	85.02	35.68	83.76	36.88
48	87.39	33.20	86.21	34.48	84.98	35.72	83.72	36.92
50	87.35	33.24	86.17	34.52	84.94	35.76	83.67	36.96
52	87.31	33.28	86.13	34.57	84.90	35.80	83.63	37.00
54	87.27	33.33	86.09	34.61	84.86	35.85	83.59	37.04
56	87.24	33.37	86.05	34.65	84.82	35.89	83.54	37.08
58	87.20	33.41	86.01	34.69	84.77	35.93	83.50	37.12
60	87.16	33.46	85.97	34.73	84.73	35.97	83.46	37.16
C = .75	.70	.26	.70	.27	.69	.29	.69	.30
C = 1.00	.94	.35	.93	.37	.92	.38	.92	.40
C = 1.25	1.17	.44	1.16	.46	1.15	.48	1.15	.50

جدول تاكومتري

Minutes	24°		25°		26°		27°	
	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.
0	83.46	37.16	82.14	38.30	80.78	39.40	79.39	40.45
2	83.41	37.20	82.09	38.34	80.74	39.44	79.34	40.49
4	83.37	37.23	82.05	38.38	80.69	39.47	79.30	40.52
6	83.33	37.27	82.01	38.41	80.65	39.51	79.25	40.55
8	83.28	37.31	81.96	38.45	80.60	39.54	79.20	40.59
10	83.24	37.35	81.92	38.49	80.55	39.58	79.15	40.62
12	83.20	37.39	81.87	38.53	80.51	39.61	79.11	40.66
14	83.15	37.43	81.83	38.56	80.46	39.65	79.06	40.69
16	83.11	37.47	81.78	38.60	80.41	39.69	79.01	40.72
18	83.07	37.51	81.74	38.64	80.37	39.72	78.96	40.76
20	83.02	37.54	81.69	38.67	80.32	39.76	78.92	40.79
22	82.98	37.58	81.65	38.71	80.28	39.79	78.87	40.82
24	82.93	37.62	81.60	38.75	80.23	39.83	78.82	40.86
26	82.89	37.66	81.56	38.78	80.18	39.86	78.77	40.89
28	82.85	37.70	81.51	38.82	80.14	39.90	78.73	40.92
30	82.80	37.74	81.47	38.86	80.09	39.93	78.68	40.96
32	82.76	37.77	81.42	38.89	80.04	39.97	78.63	40.99
34	82.72	37.81	81.38	38.93	80.00	40.00	78.58	41.02
36	82.67	37.85	81.33	38.97	79.95	40.04	78.54	41.06
38	82.63	37.89	81.28	39.00	79.90	40.07	78.49	41.09
40	82.58	37.93	81.24	39.04	79.86	40.11	78.44	41.12
42	82.54	37.96	81.19	39.08	79.81	40.14	78.39	41.16
44	82.49	38.00	81.15	39.11	79.76	40.18	78.34	41.19
46	82.45	38.04	81.10	39.15	79.72	40.21	78.30	41.22
48	82.41	38.08	81.06	39.18	79.67	40.24	78.25	41.26
50	82.36	38.11	81.01	39.22	79.62	40.28	78.20	41.29
52	82.32	38.15	80.97	39.26	79.58	40.31	78.15	41.32
54	82.27	38.19	80.92	39.29	79.53	40.35	78.10	41.35
56	82.23	38.23	80.87	39.33	79.48	40.38	78.06	41.39
58	82.18	38.26	80.83	39.36	79.44	40.42	78.01	41.42
60	82.14	38.30	80.78	39.40	79.39	40.45	77.96	41.45
C = .75	.68	.31	.68	.32	.67	.33	.67	.35
C = 1.00	.91	.41	.90	.43	.89	.45	.89	.46
C = 1.25	1.14	.52	1.13	.54	1.12	.56	1.11	.58

جدول تاكومتري

Minutes	28°		29°		30°	
	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.	Hor. Dist.	Diff. Elev.
0	77.96	41.45	76.50	42.40	75.00	43.30
2	77.91	41.48	76.45	42.43	74.95	43.33
4	77.86	41.52	76.40	42.46	74.90	43.36
6	77.81	41.55	76.35	42.49	74.85	43.39
8	77.77	41.58	76.30	42.53	74.80	43.42
10	77.72	41.61	76.25	42.56	74.75	43.45
12	77.67	41.65	76.20	42.59	74.70	43.47
14	77.62	41.68	76.15	42.62	74.65	43.50
16	77.57	41.71	76.10	42.65	74.60	43.53
18	77.52	41.74	76.05	42.68	74.55	43.56
20	77.48	41.77	76.00	42.71	74.49	43.59
22	77.42	41.81	75.95	42.74	74.44	43.62
24	77.38	41.84	75.90	42.77	74.39	43.65
26	77.33	41.87	75.85	42.80	74.34	43.67
28	77.28	41.90	75.80	42.83	74.29	43.70
30	77.23	41.93	75.75	42.86	74.24	43.73
32	77.18	41.97	75.70	42.89	74.19	43.76
34	77.13	42.00	75.65	42.92	74.14	43.79
36	77.09	42.03	75.60	42.95	74.09	43.82
38	77.04	42.06	75.55	42.98	74.04	43.84
40	76.99	42.09	75.50	43.01	73.99	43.87
42	76.94	42.12	75.45	43.04	73.93	43.90
44	76.89	42.15	75.40	43.07	73.88	43.93
46	76.84	42.19	75.35	43.10	73.83	43.95
48	76.79	42.22	75.30	43.13	73.78	43.98
50	76.74	42.25	75.25	43.16	73.73	44.01
52	76.69	42.28	75.20	43.18	73.68	44.04
54	76.64	42.31	75.15	43.21	73.63	44.07
56	76.59	42.34	75.10	43.24	73.58	44.09
58	76.55	42.37	75.05	43.27	73.52	44.12
60	76.50	42.40	75.00	43.30	73.47	44.15
C = .75	.66	.36	.65	.37	.65	.38
C = 1.00	.88	.48	.87	.49	.86	.51
C = 1.25	1.10	.60	1.09	.62	1.08	.63

منابع مورد استفاده

- ۱- ذوالفقاری، محمود، ۱۳۶۴ نقشه برداری، انتشارات خوشرنگ.
- ۲- تمدنی، قدرت ا...، ۱۳۶۸ نقشه برداری مقدماتی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- ذبیحیان، جواد، ۱۳۵۸ جزوه‌ی درسی، انتشارات دانشگاه زنجان.
- ۴- مساحی و نقشه برداری سال اول دبیرستان رشته کشاورزی، ۱۳۶۵
- ۵- نقشه برداری، سال چهارم هنرستان‌های بهداشت، ۱۳۶۷
- ۶- نوبخت، شمس، ۱۳۶۶ نقشه برداری، چاپخانه ساحل.
- ۷- جوزی، نصرالله، ۱۳۶۶ نقشه برداری، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- ۸- نقشه برداری، سال چهارم هنرستان آموزش فنی ساختمان، ۱۳۶۹
- ۹- شمسی، حسن، ۱۳۶۶، نقشه برداری جدید (جلد اول)، چاپخانه مروی.
- ۱۰- نقشه برداری، سال دوم دبیرستان‌های کشاورزی، ۱۳۶۶
- ۱۱- رمضان زاده، فرج الله، ۱۳۶۵، نقشه برداری مقدماتی و کاربرد آن در کشاورزی.
- ۱۲- زمین شناسی، سال چهارم آموزش متوسطه عمومی، ۱۳۷۰
- ۱۳- فیزیک، سال سوم آموزش متوسطه عمومی، ۱۳۷۰
- ۱۴- علیمرادی، حسن، ۱۳۷۱ فتوگرامتری رقومی، دانشگاه تهران.
- ۱۵- زبیری، محمود، ۱۳۷۰ اصول تفسیر عکس‌های هوایی، دانشگاه تهران.
- ۱۶- عملیات مساحی رشته نقشه برداری، ۱۳۸۴
- ۱۷- روش‌های تعیین موقعیت رشته نقشه برداری، ۱۳۸۴
- ۱۸- فتوگرامتری مقدماتی رشته نقشه برداری، ۱۳۸۴

