فصل اول: کلیات و تعاریف

تعریف نقشه برداری:

به طوری که به تعیین و یا نمایش عوارض طبیعی یا مصنوعی روی زمین (یا زیر زمین) و بحث درباره موقعیت نقاط در روی زمین و یا ارتفاع آنها و محاسبه طول ها و زوایای امتدادها، نقشه برداری گفته می شود.

به طور کلی هر پروژه نقشه برداری شامل سه مرحله زیر است:

(۱) جمع آوری داده ها یا برداشت: در این مرحله اطلاعات هندسی بین نقاط مورد نظر شامل طول، زاویه افقی، زاویه قائم و اختلاف ارتفاع مورد اندازه گیری قرار می گیرند.

(۲) پردازش داده ها: در این مرحله داده های جمع آوری شده در مرحله قبل مورد ویرایش و محاسبه قرار می گیرند و تبدیل به اطلاعاتی مانند مختصات، سطح و حجم می شوند.

(۳) ارائه خروجی: در این مرحله نتیجه مورد نظر به صورت نمایش، فهرستی از اعداد یا نقشه تدوین و ارائه می گردد.

انواع نقشه برداری:

۱- نقشه برداری مسطحاتی (مستوی): چنانچه منطقه کاری به اندازه کافی کوچک باشد و بتوان از انحنای سطح زمین و به تبع آن از تاثیرات آن بر روی اندازه گیری ها چشم پوشی نمود اصطلاحاً با نقشه برداری مسطحاتی سروکار داریم. نقشه برداری مسطحاتی آسان ترین نوع نقشه برداری است که در پروژه های عمرانی به کار می رود.

۲- نقشه برداری ژئودزی (ژئودتیک): چنانچه منطقه کاری بزرگ باشد و نتوان از انحنای سطح زمین و به تبع آن از تاثیرات آن بر روی اندازه گیری ها و حفاظهای ناشی از آن چشم پوشی نمود، اصطلاحاً با نقشه برداری ژئودزی مواجه هستیم.

رشته های مختلف در نقشه برداری

۱- پلانیمتری (مسطحاتی): هدف موقعیت یک نقطه (طول و عرض یک نقطه) روی زمین است و به ارتفاع نقطه اهمیت نمی دهد.

Scanned with CamScanner

۲- ارتفاعی: فقط به بررسی ارتفاع نقاط می‌پردازد.

۳- توپوگرافی (توپوگرافی): در این نوع نقشه برداری هم به بررسی موقعیت نقاط می‌پردازد و هم به ارتفاع نقاط اهمیت می‌دهد. (توسط خطوط تراز و منحنی های میزان)

۴- ثبتی و املاکی (کاداستر): به تعیین حدود اراضی، حدود زمین های شهری و مساحت آنها می‌پردازد.

۵- کارتوگرافی: عملیات نقشه برداری معمولاً به تهیه نقشه ختم می‌شود و بنابراین رسم و نمایش عوارض روی زمین و به طور کلی به ترسیم نقشه و مراحلی که طی می‌شود تا یک نقشه ترسیم و قابل مطالعه کاربرد یافته می‌شود.

۶- زیرزمینی: در خدمت عوارض زیرزمینی مثل تونل ها، معادن، تأسیسات زیرزمینی و ... می‌باشد.

۷- مسیر: در خدمت طراحی و پیاده کردن مسیر از قبیل راه، راه آهن، کانال ها و ... می‌باشد.

۸- ساختمانی: در جهت کارهای ساختمانی مانند پیاده کردن محور ستونهای یک ساختمان، کنترل ارتفاع کف، ستونها، پی‌ریزی پی ساختمان و ... به کار می‌رود.

۹- فوتوگرامتری (نقشه برداری هوایی): در نقشه برداری هوایی از عکس توسط دوربین های مخصوص نصب شده در هواپیما برای هر اندازه‌گیری و برداشت عوارض روی زمین استفاده می‌شود. البته این عکسها توسط روش ها و وسایل خاصی مانند پرجکتور بین (stereoscope) به نقشه تبدیل می‌گردند.

۱۰- آب نگاری (هیدروگرافی - آب نگاشتی): هدف نقشه برداری از آبها و کف دریاها، سواحل، تعیین عمق آبها، احداث سازه های زیر آبی و ... می‌باشد.

۱۱- صنعتی: در خدمت کارهای صنعتی مانند ساخت و سرهم کردن ماشینهای بزرگ صنعتی از نظر هم راستایی قطعات و ... می‌باشد.

۱۲- مشترکه: نقشه برداری در خدمت علوم دیگر مثل زمین شناسی - هواشناسی - آمار برداری می‌باشد.

۱۳- نظامی: کاربرد آن تعیین نقشه های نظامی، نقاط استراتژیک و ... می‌باشد.

تعریف نقشه:

به تصویر قائم عوارض واقع در بالا، روی یا زیر سطح زمین بر روی یک صفحه افقی با اندازه‌ای به مراتب کوچکتر از اندازه واقعی آنها نقشه اطلاق می‌شود.

مقیاس:

برای بردن نتایج برداشت بر روی نقشه، باید اندازه‌های برداشت شده روی زمین را به نسبت معینی کوچک کنیم این نسبت را مقیاس می‌نامند. بنابراین به نسبت بین ابعاد تصویر شده بر روی یک نقشه به اندازه افقی نظیرشان بر روی زمین مقیاس گفته می‌شود.

مقیاس $S = \frac{d}{D}$

نسبت فاصله دو نقطه روی نقشه

نسبت فاصله دو نقطه روی زمین

نکته: در فرصل مقیاس واحد صورت و مخرج باید یکی باشد.

انواع مقیاس:

۱- مقیاس کسری (عددی)

۲- مقیاس خطی (ترسیمی)

۱- مقیاس کسری (عددی): مقیاس کسری دو گونه است:

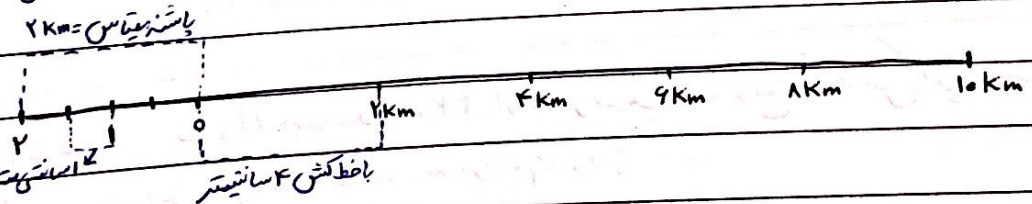
الف) مقیاس کسری ساده: کاربرد آن در کشورهایی مانند ایران که از سیستم متریک استفاده می‌کنند می‌باشد. این مقیاس واحد ندارد.

ب) مقیاس کسری مرکب: کاربرد آن در کشورهایی مثل آمریکا است که از سیستم غیرمتریک استفاده می‌کنند.

مقیاسهای عددی دارای دقت بالایی بوده و بیشتر در نقشه‌های بزرگ مقیاس کاربرد دارد.

۲- مقیاس خطی (ترسیمی):

خط‌کش یا پاره‌خطی است که متناسب با مقیاس عددی نقشه تهیه شده و در گوشه‌ای از نقشه ترسیم می‌گردد. از این مقیاس بیشتر برای نقشه‌های کوچک مقیاس تا متوسط مقیاس استفاده می‌شود.



$$S = \frac{d}{D} = \frac{4cm}{2Km} = \frac{4cm}{2 \times 1000 \times 100\ cm} = \frac{1}{50,000}$$

نکته: مزیت مقیاس خطی نسبت به مقیاس کسری این است که: هر تغییری که بر روی نقشه رخ دهد همان تغییر روی مقیاس خطی نیز رخ می‌دهد چون از مقیاس خطی می‌توان مقیاس کسری را استخراج کرد با تغییرات بر روی نقشه در هر لحظه می‌توان مقیاس کسری متناسب با آن تغییرات را بدست آورد.

انواع نقشه از نظر مقیاس:

۱- نقشه‌های خیلی خیلی بزرگ مقیاس که مقیاس آنها تا $\frac{1}{50}$ می‌باشد و معمولاً برای نقشه‌های جزئیات بکار می‌رود.

۲- نقشه‌های خیلی بزرگ مقیاس که مقیاس آنها $\frac{1}{50}$ تا $\frac{1}{100}$ است که معمولاً پلانها دارای این مقیاس می‌باشند.

Scanned with CamScanner

۳- نقشه‌های بزرگ مقیاس که مقیاس آنها $\frac{1}{500}$ تا $\frac{1}{10000}$ است که نقشه‌های مهندسی و اجرایی و ثبتی را شامل می‌شود.

۴- نقشه‌های متوسط مقیاس که مقیاس آنها $\frac{1}{10000}$ تا $\frac{1}{50000}$ است. کاربرد آن بیشتر در نشان دادن عوارض زمین است.

۵- نقشه‌های کوچک مقیاس که مقیاس آنها $\frac{1}{50000}$ تا $\frac{1}{2500000}$ می‌باشد.

۶- نقشه‌های خیلی کوچک مقیاس که مقیاس آنها $\frac{1}{2500000}$ و بعد از آن می‌باشد که معمولاً به آنها اطلس یا نقشه‌های جغرافیایی می‌گویند.

مثال: روی نقشه‌ای با مقیاس $\frac{1}{200}$ فاصله ۴۰ متری روی زمین چند سانتی‌متر روی نقشه است؟

$S=\frac{1}{200}$ $D=40m$ $d=?\ cm$

$S=\frac{d}{D}$ $\frac{1}{200}=\frac{d}{40^m \times 100cm}$ $d=\frac{4000}{200}=20\ cm$

مثال: روی نقشه‌ای با مقیاس $\frac{1}{200}$ فاصله ۱۰ سانتی‌متری روی نقشه چند متر روی زمین است؟

$S=\frac{1}{200}$ $d=10\ cm$ $D=?\ m$

$S=\frac{d}{D}$ $\frac{1}{200}=\frac{10^{cm}}{D}$ $D=10\times200=\frac{2000\ cm}{100}=20\ m$

تمرین: نقاط A و B به فاصله ۴Km از یکدیگر در حاشیه جاده واقع‌اند. تعیین کنید نقشه‌ای با مقیاس $\frac{1}{2000}$ به چه اندازه‌ای روی نقشه باید ترسیم شود؟ ابتدا

$S=\frac{1}{2000}$ $D=4Km$ $d=?$

$S=\frac{d}{D}$ $\frac{1}{2000}=\frac{d^m}{4000^m}$ $d=\frac{4000}{2000}=2m=200cm$

تعیین مساحت زمین از روی نقشه

هرگاه بخواهیم که مقیاس برای مساحت استاندارد شود باید مجذور شود:

$S^2=\frac{a}{A}=\frac{\text{مساحت قطعه روی نقشه}}{\text{مساحت قطعه روی زمین}}$

مثال: مساحت قطعه زمین مربع شکلی $40000\ m^2$ است. چنانچه بخواهیم آن را روی کاغذ به ابعاد

Scanned with CamScanner

۴۰cm × ۴۰cm ریسم کنیم. چه مقیاسی را باید در نظر بگیریم؟

$A = ۴۰۰۰۰\ m^۲$

$a = ۴۰ \times ۴۰ = ۱۶۰۰\ cm^۲$ $\qquad S^۲ = \frac{a}{A} = \frac{\frac{۴۰ \times ۴۰}{(۱۰۰)^۲}}{۴۰۰۰۰} = ۴ \times ۱۰^{-۶}$

$S = ۲ \times ۱۰^{-۳}$

مثال: روی نقشه‌ای با مقیاس $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ مساحتی $۱۰\ cm^۲$ می‌باشد مساحت روی زمین چند متر مربع است.

$S = \frac{۱}{۱۰۰۰}$ $\qquad a = ۱۰\ cm^۲$ $\qquad A = ؟$ $\qquad S^۲ = \frac{a}{A}$

$(\frac{۱}{۱۰۰۰})^۲ = \frac{۱۰}{A} \Rightarrow A = ۱۰^۷\ cm^۲ \div (۱۰۰)^۲ \rightarrow \frac{۱۰^۷\ cm^۲}{۱۰۰۰۰\ m^۲} = ۱۰۰۰\ m^۲$

نسبت مقیاس و فاصله در دو نقشه (نقاط مشترک = مقیاس متفاوت)

$\frac{\text{مقیاس}}{\text{مقیاس}} = \frac{S_۱}{S_۲} = \frac{d_۱}{d_۲} = \frac{\text{فاصله در نقشه}}{\text{فاصله در نقشه}}$

مثال: طول دیواری در نقشه‌ای با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰}$ برابر با $۴۵cm$ می‌باشد طول دیوار روی نقشه با مقیاس $\frac{۱}{۷۰۰}$ چند سانتی متر است؟

$\frac{S_۱}{S_۲} = \frac{d_۱}{d_۲}$ $\qquad \frac{\frac{۱}{۲۰۰}}{\frac{۱}{۷۰۰}} = \frac{۴۵^{cm}}{d_۲}$

$\frac{۷۰۰}{۲۰۰} = \frac{۴۵}{d_۲} \Rightarrow d_۲ = \frac{۴۵ \times ۲۰۰}{۷۰۰} = ۱۲,۸۵\ cm$

رابطه مقیاس و مساحت

$(\frac{S_۱}{S_۲})^۲ = \frac{a_۱}{a_۲}$ $\qquad \frac{\text{مقیاس}}{\text{مساحت}}$

مثال: در نقشه‌ای با مقیاس $\frac{۱}{۱۰۰}$ مساحت زمینی $۱۲cm^۲$ است. چنانچه مساحت همین قطعه زمین در نقشه‌ای دیگر برابر با $۱,۹۲\ cm^۲$ باشد مقیاس نقشه را بیابید.

Scanned with CamScanner

$S_1 = \frac{1}{100} \rightarrow a_1 = 12\ cm^2$

$S_2 = ? \rightarrow a_2 = 1{,}92\ cm^2$

$\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 = \frac{a_1}{a_2} \Rightarrow \left(\frac{\frac{1}{100}}{S_2}\right)^2 = \frac{12}{1{,}92}$

$S_2^2 = \frac{\left(\frac{1}{100}\right)^2 \times 1{,}92}{12} \quad S_2^2 = \frac{1}{9250} \quad$ جذر $\rightarrow S = 4 \times 10^{-3} = \frac{1}{250}$

مثال: مساحت یک زمین روی نقشه $\frac{1}{3000}$ برابر با $200\ mm^2$ و در روی عکس هوایی از همان منطقه برابر $3{,}48\ cm^2$ می‌باشد، چنانچه زمین تقریباً افقی و هموار باشد، مقیاس عکس را به دست آورید.

$a_1 = 200\ mm^2 \rightarrow S_1 = \frac{1}{3000}$

$a_2 = 3{,}48\ cm^2 \xrightarrow{\times 10^2} a_2 = 348\ mm^2 \rightarrow S_2 = ?$

$\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 = \frac{a_1}{a_2} \quad \left(\frac{\frac{1}{3000}}{S_2}\right)^2 = \frac{200}{348}$

$S_2^2 = \frac{\left(\frac{1}{3000}\right)^2 \times 348}{200} = 1{,}933 \times 10^{-7} \Rightarrow S = 4 \quad$ $0.0004396 \quad S = \frac{1}{2272}$

نکته:

$1\ m = 100\ cm = 1000\ mm \qquad 1\ cm = 10\ mm$

$1\ Km = \underbrace{1000\ m}_{10^3} = \underbrace{100000\ cm}_{10^5} = \underbrace{1000000\ mm}_{10^6}$

$1\ هکتار = 10000\ m^2$

کوچک $\xrightarrow{\times}$ بزرگ

$\xleftarrow[\div]{}$

تمرین: قطعه زمینی مستطیل شکل به ابعاد $8 \times 5\ mm$ در نقشه‌ای با مقیاس $\frac{1}{2500}$ ترسیم شده است. طول و عرض و مساحت واقعی این قطعه زمین را مشخص کنید.

$S^2 = \frac{a}{A} \quad \left(\frac{1}{2500}\right)^2 = \frac{40\ mm^2}{A} \quad A = 40 \times (2500)^2 = 250{,}000{,}000{,}000\ mm^2$

$\xrightarrow[\times 10^{-6}]{\div (1000)^2} 250\ m^2$

طول: $S = \frac{d}{D} \quad \frac{1}{2500} = \frac{8\ mm}{D} \Rightarrow D = 8 \times 2500 = 20{,}000\ mm = 20\ m$

عرض: $S = \frac{d}{D} \quad \frac{1}{2500} = \frac{5\ mm}{D} \Rightarrow D = 5 \times 2500 = 12500\ mm = 12{,}5\ m$

Scanned with CamScanner

مثال: مقیاس نقشه‌ای $\frac{1}{5000}$ است. کدام گزینه صحیح می‌باشد؟

۱- 1mm روی نقشه 5m روی زمین است. ✓

۲- 500m روی زمین 10cm روی نقشه است. ✓

۳- 5mm روی نقشه 5m روی زمین است. ✗

۴- 1cm روی نقشه 5cm روی زمین است. ✓

$\frac{1^{mm}}{5m} = \frac{1}{5\times1000} = \frac{1}{5000}$

$\frac{10cm}{500m} = \frac{10}{500\times100} = \frac{10}{50000} = \frac{1}{5000}$

$\frac{5mm}{5m} = \frac{5}{5\times1000} = \frac{5}{5000}$

$\frac{1cm}{50m} = \frac{1}{50\times100} = \frac{1}{5000}$

علائم قراردادی مورد استفاده در نقشه‌ها

ساختمان

اماکن مذهبی

خرابه

آبوستان

حد مرز

راه آهن

راه آسفالته

راه شوسه

راه مالرو

پل

خط انتقال نیرو

دکل

خط تلفن تلگراف

جنگل - بیشه

باغ - درختکاری

رودخانه

نهر جوی

نمادان هدایت آب

آبریز

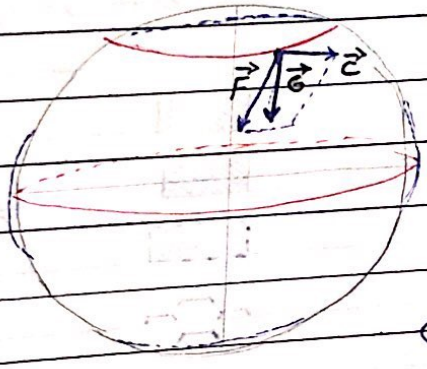
نقطه مارک

مرکز عکس هوایی ایستگاه نقشه برداری

Scanned with CamScanner

سطوح مبنا در نقشه برداری

با توجه به این نظریه که زمین به صورت کره توده مستقل از خورشید جدا شده و طی سالیان طولانی به صورت امروزی درآمده است ولی همواره تحت تاثیر دو نیروی جاذبه نیوتنی و گریز از مرکز بوده و که برآیند این نیروها نیروی ثقل می باشد و جهت نیروی ثقل نیز در هر نقطه واقع بر سطح زمین تقریبا به سمت مرکز از زمین می باشد بنابراین این نیرو سبب شده تا زمین به منظام شکل کروی از حالت کروی خارج شده و در حوضچه بین خود دارای مقدار کمی فشردگی و در منطقه استوایی به مقدار کمی کشیدگی باشد.



$\vec{G}$: نیروی ثقل

$\vec{F}$: نیروی جاذبه نیوتنی

$\vec{C}$: نیروی گریز از مرکز

$\vec{G} = \vec{F} + \vec{C}$ نیروی ثقل

خط قائم: امتداد نیروی ثقل در هر نقطه واقع بر سطح زمین را خط قائم آن نقطه گویند و برای مشخص نمودن آن در عمل از امتداد نخ شاقولی آویخته در نقطه A استفاده می نمائیم.

سطح تراز: در راستای سطح بیوسته ای را به گونه ای در نظر بگیریم که در هر یک از نقاطش برآمتداد نیروی ثقل در آن نقطه عمود باشد به آن سطح تراز گویند.

پس سطح تراز به صورت یک رویه بیوسته در نظر گرفته می شود و با توجه به اینکه ۷۰٪ از سطح زمین را آبهای آزاد در بر می گیرد با تقریب نسبتا خوبی می توان آن را به عنوان سطح تراز در نظر گرفت.

به جای سطح تراز از این استفاده می کنیم: M.S.L - Mean sea level یا این سطح دریا

تعریف M.S.L: متوسط سطح آب دریاهای آزاد را طی یک یا چند دهه اندازه گیری نموده و سپس آن را به طور تقریبی و فرضی به زیر خشکی ها نیز امتداد می دهند که به آن M.S.L گویند.

از این سطح به عنوان معیاری برای اندازه گیری ارتفاعات نقاط روی زمین استفاده می شود.

Scanned with CamScanner

فصل دوم: خطا در نقشه برداری

مفهوم اندازه گیری و خطا:

به رغم پیشرفت علوم و فنون مختلف و به کارگیری دستگاه های جدید و حتی اندازه گیری ها و مشاهدات مختلف نقشه برداری عاری از خطا نیست. در واقع به طور کلی هیچ اندازه گیری ما تا اندازه ای غیر دقیق است و مقدار حقیقی کمیت های هندسی و فیزیکی مانند طول، زاویه و مقاومت، ارتفاع را نمی توان یافت. به هر حال هر اندازه گیری یا مشاهده با مقدار واقعی آن کمیت، تفاوتی دارد که آن را خطای مشاهده می نامند.

تعریف خطا:

تفاوت بین مقادیر اندازه گیری شده با مقدار واقعی را خطای اندازه گیری می گویند.

e خطای اندازه گیری $= x_i$ مقدار اندازه گیری شده $- x$ مقدار واقعی

اشتباه:

اشتباه از فراموشی و یا عدم مهارت عامل ناشی می شود. در واقع اشتباه از حد خطای ماکزیمم قابل قبول بیشتر است. بنابراین عملیاتی که در نتیجه آن اشتباه رخ داده است باید دوباره تکرار شود.

عوامل خطا:

۱. عوامل انسانی ۲. عوامل دستگاهی ۳. عوامل طبیعی

انواع خطاها:

می توان خطاهای اندازه گیری را به سه دسته زیر تقسیم کرد:

۱. خطاهای بزرگ یا اشتباهات
۲. خطاهای سیستماتیک (تدریجی)
۳. خطاهای اتفاقی (تصادفی)

۱. خطاهای بزرگ یا اشتباهات

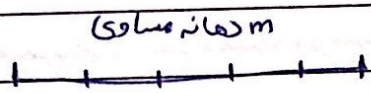
خطاهای بزرگ نتیجه اشتباهاتی هستند که نه تنها در اثر توجهی، فراموشی و بی تجربگی عامل اندازه گیری ناشی می شود. برای مثال ممکن است عامل اندازه گیری در قرائت یا ثبت مشاهده

Scanned with CamScanner

خود دچار اشتباه شود، مثلاً ۴۱٫۵۶ را به جای ۴۱٫۶۵ ثبت کند.

۲- خطاهای سیستماتیک: (خطای دستگاهی - تدریجی)

به مجموعه خطاهایی گفته می‌شود که در شرایط مشابه مقدار و جهت آنها ثابت می‌ماند. بنابراین مقدار خطا با افزایش تعداد دفعات اندازه‌گیری افزایش می‌یابد و عامل ایجاد خطا مشخص است. مثل: خطای کدانش متر



$E = m \cdot e$ خطای کل

خطای هر دهانه ↘ ↙ تعداد دهانه‌ها

۳- خطاهای اتفاقی: (تصادفی - رندومی)

تعیین این نوع خطاها، خصوصاً از نظر علامت و مقدار امکان پذیر نیست و چون معمولاً چند نوع از این خطاها مثل نارسایی حواس، نقایص دستگاه و غیره با هم برخورد می‌دهد علت این خطاها به طور دقیق معمولاً قابل تشخیص نمی‌باشد. برای بررسی اثرات این نوع خطا از قواعد آمار و احتمال استفاده می‌شود.

با تکرار اندازه‌گیری می‌توان مقدار این خطا را کاهش داد.

روابط خطاها: (در خطاهای اتفاقی)

اندازه‌گیری یک کمیت همواره با تکرار همراه است. به طور مثال فاصله‌ی افقی بین دو نقطه را n بار اندازه‌گیری کردیم و نتایج حاصل به صورت x_1 و x_2 و x_3 و ... و x_n به دست آمد. حال سوال این است که در بین این مقادیر کدام کمیت به مقدار واقعی نزدیک‌تر است؟ براساس اصول ریاضی محتمل‌ترین مقدار کمیت، میانگین اندازه‌گیری‌هاست که با رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

مقدار میانگین:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

خطای ظاهری (خطای باقیمانده):

اختلاف بین کمیت‌ها با مقدار میانگین را خطای ظاهری گویند.

$$V_i = \bar{x} - x_i$$

V_i: خطای ظاهری، $\bar{x}$: مقدار میانگین، x_i: مقدار کمیت

Scanned with CamScanner

نکته: مجموع خطاهای ظاهری همیشه باید صفر شود.

$$\sum_{i=1}^{n} v_i = 0$$

خطای میانگین:

$$\alpha = x - \bar{x}$$

x: مقدار واقعی، $\bar{x}$: مقدار میانگین

خطای متوسط حسابی: میانگین قدرمطلق خطاهای ظاهری

$$e_x = \frac{\sum_{i=1}^{n} |v_i|}{n}$$

$|v_i|$: خطای ظاهری، n: تعداد تکرار

خطای متوسط هندسی یا خطای معیار:

$$e_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} v_i^2}{n-1}}$$

v_i^2: خطای ظاهری، n: تعداد تکرار

خطای حداکثر:

$$e_M = 2{,}5\, e_q$$

این مقدار به عنوان حد خطا در نظر گرفته می‌شود. در عملیات اندازه‌گیری خطای بیش از این مقدار قابل قبول نمی‌باشد و به عنوان نتیجه‌ی غلط از فهرست نتایج حذف می‌شود.

مثال: مطلوب است خطای معیار و خطای max برای طولی که ۵ بار اندازه‌گیری شده است.

$d_1 = 251{,}45\,m$

$d_2 = 251{,}46\,m$

$d_3 = 251{,}47\,m$

$d_4 = 251{,}44\,m$

$d_5 = 251{,}44\,m$

Scanned with CamScanner

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{۲۵۱,۴۵ + ۲۵۱,۴۶ + ۲۵۱,۴۷ + ۲۵۱,۴۴ + ۲۵۱,۴۴}{۵} = ۲۵۱,۴۵۲$$

$$v_i = \bar{x} - x_i$$

$$v_۱ = ۲۵۱,۴۵۲ - ۲۵۱,۴۵ = ۰/۰۰۲$$

$$v_۲ = ۲۵۱,۴۵۲ - ۲۵۱,۴۶ = -۰/۰۰۸$$

$$v_۳ = ۲۵۱,۴۵۲ - ۲۵۱,۴۷ = -۰/۰۱۸$$

$$v_۴ = ۲۵۱,۴۵۲ - ۲۵۱,۴۴ = ۰/۰۱۲$$

$$v_۵ = ۰/۰۱۲$$

$$e_q = \sqrt{\frac{(۰/۰۰۲)^۲ + (۰/۰۰۸)^۲ + (۰/۰۱۸)^۲ + (۰/۰۱۲)^۲ + (۰/۰۱۲)^۲}{۵-۱}} = ۰/۰۱۳ \text{ m}$$

خطای حداکثر $e_M = ۲,۵ \times ۰/۰۱۳ = ۰/۰۳۲ \text{ cm}$

نکته: هر اندازه‌گیری که قدرمطلق خطای ظاهری بیش از خطای ماکزیمم باشد باید آن را حذف کنیم و با داده‌های کنترل این کار را انجام دهیم مزید بر آن صورت اشتباه رخ داده است.

مثال: طول AB، ۵ بار اندازه‌گیری شده و مقادیر زیر به دست آمده است.

$d_۱ = ۱۳۶,۳۱ \text{ m}$ $d_۲ = ۱۳۶,۳۲$ $d_۳ = ۱۳۶,۴۱ \text{ m}$ $d_۴ = ۱۳۶,۲۹ \text{ m}$ $d_۵ = ۱۳۶,۲۸ \text{ m}$

الف) میانگین طول AB و خطای ظاهری هریک از کمیت‌ها را به دست آورید.

ب) خطای متوسط حسابی و خطای متوسط هندسی (معیار) و خطای حداکثر را به دست آورید.

ج) آیا در اندازه‌گیری‌ها اشتباه رخ داده است یا خیر؟

الف)

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{۱۳۶,۳۱ + ۱۳۶,۳۲ + ۱۳۶,۴۱ + ۱۳۶,۲۹ + ۱۳۶,۲۸}{۵} = ۱۳۶,۳۶۲$$

$$v_۱ = ۱۳۶,۳۶۲ - ۱۳۶,۳۱ = ۰/۰۵۲$$

$$v_۲ = ۱۳۶,۳۶۲ - ۱۳۶,۳۲ = ۰/۰۴۲$$

$$v_۳ = ۱۳۶,۳۶۲ - ۱۳۶,۴۱ = -۰/۰۴۸$$

$$v_۴ = ۱۳۶,۳۶۲ - ۱۳۶,۲۹ = ۰/۰۷۲$$

$$v_۵ = ۱۳۶,۳۶۲ - ۱۳۶,۲۸ = ۰/۰۸۲$$

$< e_M$

Scanned with CamScanner

$$e_{ar} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |v_i|}{n} = \frac{|+0.052 + 0.042 + 0.248 + 0.072 + 0.082|}{5} = 0.0992$$

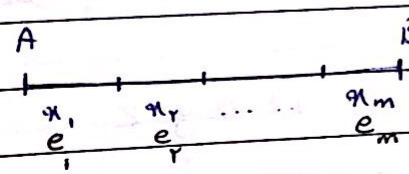
$$e_{q_2} = \sqrt{\frac{(0.052)^2 + (0.042)^2 + (0.248)^2 + (0.072)^2 + (0.082)^2}{5-1}} = 0.1395$$

$$e_M = 2.5 \times 0.1395 = 0.3487$$

ج) خیر، زیرا قدرمطلق میانگین از خطاهای ظاهری بزرگتر از خطای حداکثر نیست.

ترکیب خطاها

۱- جمع خطاها:



$$e' = \pm\sqrt{e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_m^2}$$

اگر $e_1 = e_2 = \dots = e_m = e$ $\Rightarrow$ $e' = \pm e\sqrt{m}$ (خطای هر دهانه ↑، تعداد دهانه ↓)

نکته: چنانچه خطای اتفاقی یک بار اندازه‌گیری برابر با e باشد، خطای اندازه‌گیری m دهانه به طوری که هر دهانه n بار تکرار شود، از این رابطه به دست می‌آید:

$$e = \pm \frac{e\sqrt{m}}{\sqrt{n}}$$

(خطای هر دهانه ↑، تعداد دهانه →، تعداد تکرار ↓)

مثال: طول AB با متری ۴۰ متری ۲۸۵ متر اندازه‌گیری شده است. اگر خطای اتفاقی قرائت و انطباق هر دهانه ± 1 cm باشد، خطای اتفاقی کل طول را به دست آورید.

$$m = \frac{285}{40} = 7.12 \sim 7 \qquad e = e\sqrt{m} = \pm 1\sqrt{7} = 2.64 \text{ cm}$$

$$\text{طول} = 285 \pm 2.64 \text{ cm}$$

Scanned with CamScanner

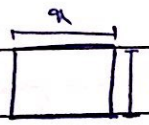
مثال ۵: فاصله ۲۲۰ متری بین نقاط A و B را با متر ۵۰ متری اندازه گرفته‌ایم. اعداد انتهای متر ۲ سانتی متر کمتر از طول واقعی آن باشد و خطای اتفاقی هر دهانه ۳ سانتی متر باشد. ۷ بار اندازه‌گیری شده. خطای کل طول چقدر می‌باشد؟

$$m = \frac{۲۲۰}{۵۰} = ۴,۴ \simeq ۴$$

e دهانه $= ۲+۳ = ۵$

$$e'_{\text{کل}} = \frac{e\sqrt{m}}{\sqrt{n}} = \frac{۵\sqrt{۴}}{\sqrt{۷}} = ۴,۷۷$$

ضرب خطاها:



مساحت $S = x \cdot y$ ← e_x ، e_y

$D = x \cdot y \cdot z$ ← e_x ، e_y ، e_z

$$\text{خطا } e_S = \sqrt{(x \cdot e_y)^۲ + (y \cdot e_x)^۲} \qquad e_D = \sqrt{(y \cdot z \cdot e_x)^۲ + (x \cdot z \cdot e_y)^۲ + (x \cdot y \cdot e_z)^۲}$$

مثال ۲: طول زمینی با متر فلزی ۵۰m، ۲۴۵ متر و عرض آن ۱۹۰m برداشت آمده است. اگر در اندازه‌گیری طول و عرض خطای اتفاقی قرائت و انطباق در هر طرف دهانه‌ی متر کش ±۱cm باشد و طول زمین ۳ بار و عرض آن ۲ بار متر کش شده باشد. خطای مساحت زمین چقدر خواهد بود؟

تعداد دهانه طول $m = \frac{۲۴۵}{۵۰} = ۵$ $\qquad e_x = \pm ۱^{cm}\sqrt{۲ \times ۵} = \pm\sqrt{\frac{۱۰}{۳}} = \pm ۲\ cm$

تعداد دهانه عرض $m = \frac{۱۹۰}{۵۰} = ۴$ $\qquad e_y = \pm ۱\frac{\sqrt{۲ \times ۴}}{\sqrt{۲}} = \pm ۲\ cm \div ۱۰۰ = \pm ۰/۰۲\ m$

$$e_S = \sqrt{(۲۴۵ \times ۰/۰۲^{m})^۲ + (۱۹۰ \times ۰/۰۲^{m})^۲} = ۶,۲\ m \sim \pm ۶\ m^۲$$

مثال ۱: مطلوب است تعیین خطای مساحت مستطیلی که طول و عرض آن m ۵۰ و خطای آن به ترتیب ۲,۳ سانتی متر است؟

$S = x \times y$

$$e_S = \sqrt{(x \times e_y)^۲ + (y \times e_x)^۲} = \sqrt{(۱۰۰ \times ۰/۰۲)^۲ + (۵۰ \times ۰/۰۳)^۲} = ۲,۵\ m^۲ \qquad S = (۱۰۰ \times ۵۰) \pm ۲,۵$$

Scanned with CamScanner

دقت در اندازه‌گیری:

خطای مطلق: (خطای یک بار اندازه‌گیری) از نظر کلی خطای مطلق به تفاضل مقدار واقعی و مقدار اندازه‌گیری کمیت گفته می‌شود. از آن جایی که خطای مطلق در هر مرحله‌ی اندازه‌گیری ها ممکن است متغیر باشد بنابراین ملاک مناسبی برای دقت اندازه‌گیری نیست.

خطای نسبی (دقت): نسبت خطای حداکثر به مقدار واقعی کمیت را خطای نسبی می‌نامند.

$$\text{خطای نسبی } e_r = \frac{e_{Max}}{\text{مقدار واقعی کمیت}} = \frac{۲,۵\, e_q}{۹۸}$$

مثال: طولی برابر با $۱۰\,km$ با یک متر $۵cm$ که خطای معیار هر دهانه‌ آن e_q $+۲cm$ است ۲ بار اندازه‌گیری شده است. خطای نسبی این اندازه‌گیری (دقت) چقدر است؟

$$\text{تعداد دهانه } m = \frac{۱۰ \times ۱۰۰۰}{۵۰}^{km} = ۲۰۰ \qquad \text{طول } e_q = \frac{e_q \sqrt{m}}{\sqrt{n}} = \frac{+۲^{cm}\sqrt{۲۰۰}}{\sqrt{۲}} = \pm ۲۰\,cm$$

$$\text{خطای نسبی } e_r = \frac{۲,۵\, e_q}{۹۸} = \frac{۲,۵ \times ۲۰^{cm}}{۱۰^{km} \times ۱۰۰۰ \times ۱۰۰^{cm}} = \pm ۵ \times ۱۰^{-۵}$$

تست سراسری ۸۳: طولی را شش بار اندازه‌گیری کرده‌ایم سه بار عدد ۹۵/۱۸۵ دو بار عدد ۹۵/۱۸۸ و یک بار عدد ۹۵/۱۹۱ متر به دست آمده محتمل‌ترین مقدار این طول چند متر است؟

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{۹۵/۱۸۵ + ۹۵/۱۸۵ + ۹۵/۱۸۵ + ۹۵/۱۸۸ + ۹۵/۱۸۸ + ۹۵/۱۹۱}{۶} = ۹۵/۱۸۷$$

Scanned with CamScanner

فصل سوم : فاصله سنجی

یکی از مهمترین کمیت هایی که در مهندسی نقشه برداری نقش کلیدی دارد و بدون آن نمی توان مقیاس را در شبکه های کنترل و نقشه ها اعمال نمود، فاصله است. امروزه فاصله سنجی در عرصه های مختلف به ویژه در ایجاد نقاط کنترل و برداشت جزئیات دارای اهمیت خاصی است و همواره بخش عمده ای از اندازه گیری های نقشه برداری را به خود اختصاص می دهد.

روشهای اندازه گیری فاصله

بحث فاصله سنجی به روش های مختلف شامل روش های مستقیم و غیرمستقیم مورد بررسی قرار می گیرد.

الف- روشهای مستقیم

در روش مستقیم برای اندازه گیری طول باید آن را با معیار سنجش طول (در سیستم SI متر می باشد) مقایسه نموده تا مقدار طول مورد نظر مشخص گردد.

انواع روشهای مستقیم (اندازه گیری فاصله)

۱- قدم (روش با دقت کم)

پیمودن قدم استاندارد یکی از روشهای ابتدایی و کم دقت در به دست آوردن فاصله است. هر فرد می تواند براساس قدم های استاندارد خود، از آن در مواردی مانند شناسایی و تهیه نقشه های کوچک مقیاس کلی، استفاده کند.

۲- چرخ فلتان (rolfix) (روش با دقت کم)

این دستگاه یک چرخ کاملاً دایره ای شکل است که اندازه محیط آن با دقت بالا معلوم است. بنابراین با حرکت آن روی هر طول دلخواه و شمارش تعداد دورهای حرکت می توان اندازه طول را به دست آورد.

۳- زنجیر مساحی

زنجیر مساحی مجموعه ای از حلقه های فلزی حدود ۲۰ سانتی متری است که با حلقه های مخصوص به یکدیگر متصل هستند. این روش برای کارهای با دقت متوسط مورد استفاده قرار می گیرد.

Scanned with CamScanner

۴- نوار پارچه‌ای یا پلاستیکی (روش با دقت متوسط)

یکی دیگر از ابزارهای سنجش مستقیم طول نوارهایی از جنس پارچه یا پلاستیک است. این نوع نوارها عموماً دارای درجه‌بندی سانتی‌متری هستند و برای کارهای معمولی که نیاز به دقت بالا ندارند، استفاده می‌شوند.

۵- نوار فلزی

امروزه متداول‌ترین ابزار اندازه‌گیری مستقیم طول، نوارهای فلزی هستند که از چند متر تا ۵۰ متر در بازار به فراوانی یافت می‌شوند. دقت نسبی اندازه‌گیری طول با این نوارها خوب است و بسیاری از کارهای دقیق در نقشه‌برداری می‌باشد. در این روش برای دستیابی به دقت‌های بالاتر باید تا حد امکان خطاهای سیستماتیک اثر آنها شناسایی و تصحیح شود.

ب- روش‌های غیرمستقیم (۱- استادیمتری ۲- الکترونیکی ۳- ماهواره‌ای)

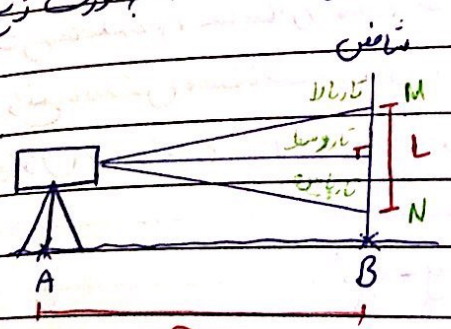
برخلاف روش‌های مستقیم، در این روش‌ها طول به صورت مستقیم مورد سنجش قرار نمی‌گیرد و بر پایه اندازه‌گیری کمیت دیگری مانند زاویه، زمان و اختلاف فاز و به کمک یکسری روابط و معادلات می‌توان مقدار طول را به دست آورد.

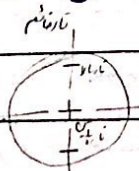
۱- مثلثاتی (استادیمتری)

برای توضیح فاصله‌یابی به روش مثلثاتی ناچار به بیان روش استادیمتری هستیم. اساس استادیمتری بر قضیه تالس و تشابه مثلث‌ها استوار است.

استادیمتری ساده (فاصله‌یابی در یک منطقه کاملاً افقی - تکمیل کاملاً افقی)

چنانچه یک خط‌کش مدرج به نام شاخص در فاصله‌ای افقی به اندازه AB (D) نسبت به محل استقرار دوربین قرار گرفته باشد و تصویر تار پایین و بالای دوربین بر روی آن به ترتیب با M و N باشد و زاویه استادیمتری ثابت و برابر با K باشد، در آن صورت فاصله افقی AB (D) به صورت زیر به دست می‌آید.



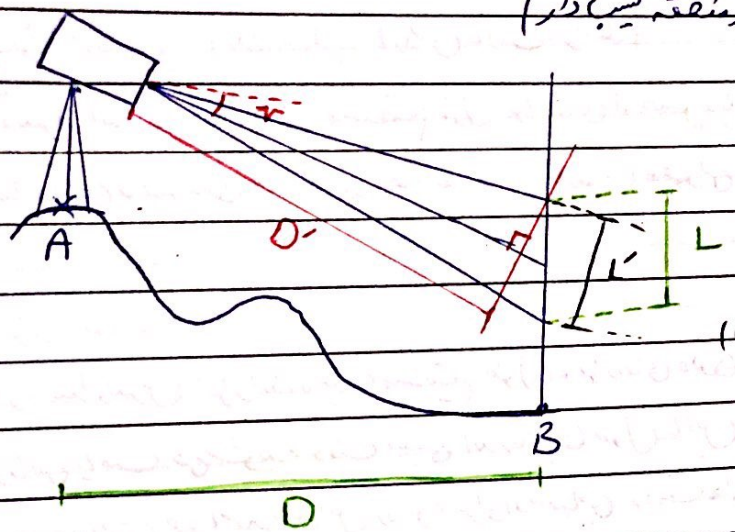


$D_{AB} = K \times L$ | $K = 100$ | $L =$ تار بالا − تار پایین

تار وسط = (تار بالا + تار پایین) / ۲

Scanned with CamScanner

۱- تاکئومتری شیب دار (فاصله یابی در منطقه شیب دار)



L = اختلاف تراز بالا و پایین بر روی شاخص

V = زاویه تراز وسط با افق

(زاویه قائم - ۹۰°) = V (زاویه شیب)

$D' = K L'$ ، $L' = L \cos V$ ، $D' = \frac{D}{\cos V}$

$\frac{D}{\cos V} = K \cdot L \cdot \cos V \Rightarrow D = K \times L \times \cos^2 V$

زاویه شیب نسبت به افق ، اختلاف تراز بالا و پایین روی شاخص

$\xrightarrow[V=0]{\text{اگر}} D = K \times L$

۲- الکترونیکی

روش الکترونیکی مبتنی بر فاصله یاب های الکترونیکی موسوم به EDM ها هستند. برخی از آنها با استفاده از امواج نوری (به روش امواج لیزری) و برخی دیگر با استفاده از امواج رادیویی طول یابی می کنند. اساس کار همه طول یاب های الکترونیکی مشابه است و بر تولید و ارسال امواج یا پالس ها به سوی یک بازتابنده، دریافت و تشخیص امواج یا پالس های برگشتی و اندازه گیری اختلاف فاز یا زمان رفت و برگشت استوار است. به کارگیری فاصله یاب های الکترونیکی از دهه ۱۹۵۰ شروع و امروز این نوع فاصله یابی به متداول ترین و دقیق ترین روش برای اندازه گیری فواصل کوتاه تبدیل شده است.

۳- محاسباتی

روش فاصله یابی محاسباتی چیزی جز به کارگیری رابطه طول و مختصات نقاط دو سر طول نیست. در واقع با داشتن مختصات دو بعدی یا سه بعدی دو نقطه انتهایی یک طول مانند A و B و رابطه زیر می توان طول افقی یا مایل دو نقطه مورد نظر را به دست آورد.

طول افقی AB در فضای دو بعدی $D = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$

طول AB در فضای سه بعدی $D = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2}$

مثال ۱: بادوربین نیو تاریالا و تاریایین را به ترتیب ۱۲۰۰ و ۲۰۰ میلی متر خوانده‌ایم. فاصله افقی D را بدست آورید.

$$D = K \times l = 100 \times (1.2 - 0.2) = 100 \text{ m}$$

مثال ۲: در یک منطقه شیب دار و با دوربین تئودولیت تاریالا و پایین را به ترتیب ۳۷۸۹ و ۳۰۴۵ بدست آوردیم. زاویه قائم دستگاه نیز ۲۷۰ درجه قرائت شده است. طول افقی اندازه گیری شده را بدست آورید.

$$D = K \times L \times \cos^2 v \qquad K = 100 \qquad L = 3789 - 3045 = 744 \text{ mm} = 0.744 \text{ m}$$

$$v = 90 - 270 = -180$$

$$D = 100 \times 0.744 \times \cos^{2(-1)^2}(180) = 74.4 \text{ m}$$

مثال ۳: آیر $A\Big|_{500}^{1000}$ و $B\Big|_{1500}^{0}$ باشد طول امتداد AB را به دست آورید.

$$D_{AB} = \sqrt{(1000 - 0)^2 + (500 - 1500)^2} = \sqrt{1000^2 + 1000^2} = 1414.21$$

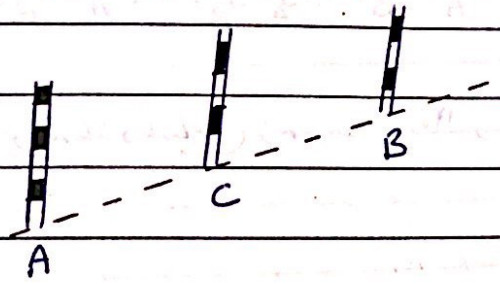
ج) مترکشی

بنابر تعریفی که برای طول بین دو نقطه داریم، واضح است که اندازه گیری فاصله باید در مسیر کاملاً مستقیم انجام گیرد. یکی از روش‌های متداول برای اندازه گیری طول های بلند که به چند قسمت کوچکتر تقسیم می شوند، ژالن آذاری است. ژالن در نقشه برداری عموماً یک سیله فلزی حدود ۲ متری است که توسط دو گیره مختلف به نوعی درجه بندی شده است و از آن به صورت قائم برداری نقاط مورد نظر استفاده می شود.

برای سادگی فرض کنید با توجه به طول نوار مترکشی در اختیار، مجبور هستیم فاصله مورد نظر AB را به دو قسمت کوچکتر AC و BC تقسیم و سپس به روش ژالن آذاری اندازه گیری نماییم. مطابق شکل زیر سه ژالن به صورت قائم بر روی نقاط انتهایی طول یعنی A و B و نقطه میانی C را با کمک چشم به محلی واقع در راستای مستقیم AB قرار داده و سپس دو قطعه AC و CB را

Scanned with CamScanner

مورد اندازه‌گیری و نهایتا از مجموع آن دو به اندازه طول مستقیم AB می‌رسیم.



تصحیحات در اندازه‌گیری طول

صرف‌نظر از خطاهای اتفاقی که همواره وجود دارند و نمی‌توان آنها را حذف کرد، تعدادی خطای سیستماتیک در متر کشی وجود دارد که بسته به حساسیت کار باید تصحیح کردند. برخی از این تصحیحات عبارتند از:

۱- تصحیح مربوط به طول واقعی نوار اندازه‌گیری

$$\frac{N}{V}=\frac{L_N}{L_V} \quad \begin{matrix}\text{طول اسمی متر}\\ \text{طول واقعی متر}\end{matrix} \quad \begin{matrix}\text{طول اندازه‌گیری شده}\\ \text{طول واقعی فاصله}\end{matrix}$$

$$\Rightarrow \text{طول واقعی } L_V=\frac{V}{N}\times L_N \quad \begin{matrix}\text{طول واقعی متر}\\ \text{طول اسمی متر}\end{matrix} \quad \text{طول اندازه‌گیری شده}$$

$$\text{خطا } e=L_V-L_N=\frac{V}{N}\times L_N-L_N=L_N\left(\frac{V}{N}-1\right)$$

$$\text{طول واقعی فاصله } L_V=L_N+e$$

۲- تصحیح خروج ژالن از امتداد مستقیم یا خطای امتدادگذاری

چنانچه مقدار انحراف ژالن از امتداد مستقیم را در C به ازای طول D در نظر بگیریم، تصحیح مربوط به آن برای طول D از رابطه تقریبی زیر به دست می‌آید.

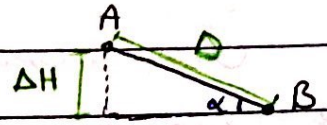
$$e=-\frac{C^2}{2D}$$

۳- تصحیح شیب زمین یا خطای افقی نبودن متر

چنانچه اختلاف ارتفاع بین دو نقطه ΔH و طول بین آنها D باشد، در این صورت

تصحیح شیب از رابطه تقریبی زیر به دست می‌آید. این خطا بیشتر در مورد تبدیل به افقی کردن طول‌های اندازه‌گیری شده در روی سطح شیب‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{\Delta H}{D}$$



$$e = -\frac{\Delta H^2}{2D}$$

۴- تصحیح کرانی شدن نوار اندازه‌گیری:

وزن نوار متر کشی بسته به جنس آن و طول نوار به گونه‌ای است که باعث کرانی شدن آن به ویژه در قسمت میانی می‌گردد و در واقع اندازه‌گیری در راستای کاملاً افقی انجام نمی‌گیرد. تصحیح مربوط به این خطا از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$e = -\frac{\rho^2 L^3}{24 F^2}$$

ρ = وزن یک متر نوار بر حسب Kg

F = نیروی کشش اعمال شده به دو سر نوار بر حسب نیوتن

L = طول نوار بین دو نقطه بر حسب متر

۵- تصحیح تغییرات دمای محیط کار یا خطای درجه حرارت:

همه نوارهای متر کشی تحت شرایط آزمایشگاهی و در دمای ۲۰ درجه حرارت و نیروی کشش معینی و برای طول واقعی هستند. این در حالی است که تقریباً هیچ‌گاه امکان فراهم سازی شرایط آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری‌ها وجود ندارد. بنابراین ضرورت دارد که تأثیر اختلاف دمای محیط کار با شرایط آزمایشگاهی بر روی طول نوار و نهایتاً مسافت اندازه‌گیری شده در نظر گرفته شود. تصحیح مربوط به تغییر دمای محیط کار نسبت به دمای استاندارد کارخانه سازنده از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$e = L \times \alpha (T - T_0)$$

L = طول اندازه‌گیری شده بر حسب متر

α = ضریب انبساط طولی نوار

T = دمای محیط زمان اندازه‌گیری بر حسب سلسیوس

T_0 = دمای استاندارد کارخانه سازنده نوار

۶- تصحیح تغییر کشش نوار یا خطای کشش نامناسب:

تغییر در نیروی کششی اعمال شده بر نوار نسبت به نیروی استاندارد کارخانه سازنده نوار نیز باعث تغییر طر

Scanned with CamScanner

طول نوار و نهایتاً تغییر در مسافت مورد اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین رابطه این نوع تصحیح نیز به صورت زیر بیان می‌شود.

$$e = \frac{L(F - F_0)}{AE}$$

F = نیروی کشش در زمان اندازه‌گیری برحسب نیوتن

F_0 = نیروی کشش مورد نظر در کارخانه سازنده نوار برحسب نیوتن

L = طول مورد اندازه‌گیری برحسب متر

A = سطح مقطع نوار برحسب میلی‌متر مربع

E = ضریب الاستیسیته نوار برحسب نیوتن بر میلی‌متر مربع

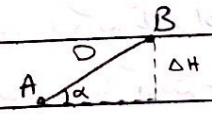
مثال: طول اسمی یک مترفلزی ۱۰۰ متر و طول واقعی آن ۱۰۰٫۰۵ متر است. با این مترفلزی برای اندازه‌گیری فاصله AB استفاده کنیم، طول AB ۱۲۰٫۴۵ متر به دست می‌آید. طول حقیقی AB چند متر است؟

$$\text{طول واقعی } L_V = \frac{V}{N} \times L_N$$

$$L_V = \frac{100{,}05}{100} \times 120{,}45 = 120{,}51 \text{ m}$$

مثال: طول AB در یک زمین شیب‌دار به شیب ۱۲٪ قرار دارد. این طول ۴۵۰ متر می‌باشد. مقدار تصحیح تبدیل به افق را محاسبه کنید؟

$D = 450.m$ $\quad$ شیب $= 12\%$



$$\text{شیب} = \tan\alpha = 12\% \qquad \tan^{-1}(0.12) = 6{,}842^\circ$$

$$e = \frac{\Delta H^2}{2D}$$

$$\sin\alpha = \frac{\Delta H}{D} \Rightarrow \Delta H = D \times \sin\alpha = 450 \times \sin 6{,}842 = 53{,}915$$

$$e = \frac{(53{,}92)^2}{2 \times 450} = 3{,}19$$

Scanned with CamScanner

فصل چهارم: ترازیابی

یکی از مهمترین کمیت های مورد اندازه گیری در مهندسی نقشه برداری که منجر به تعیین ارتفاع نقاط می شود، اختلاف ارتفاع بین نقاط است و منظور از ترازیابی در مهندسی نقشه برداری در اغلب اوقات تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به هم یا نسبت به یک سطح معین است که با دستگاهها و روش های مختلف امکان پذیر است.

ارتفاع نقطه:

فاصله بین هر نقطه و سطح مبنای ارتفاعات (M.S.L - Mean sea level) در جهت یا خلاف جهت امتداد نیروی ثقل را ارتفاع آن نقطه گویند.

بنچ مارک (Bench mark = B.M)

نقاط ثابتی هستند که ارتفاع آنها برای نقشه بردار معلوم است و یا اینکه به وسیله یک سری عملیات ترازیابی مشخص می گردد که خود چهار نوع است:

۱. بنچ مارکهای زمینی ۲. بنچ مارک دائمی ۳. بنچ مارکهای اختیاری ۴. بنچ مارکهای موقتی

انواع روشهای ترازیابی

الف) ترازیابی مستقیم ب) ترازیابی غیرمستقیم ج) ترازیابی فشار سنجی

الف - ترازیابی مستقیم

روش مستقیم اندازه گیری ارتفاع یا اختلاف ارتفاع به گونه ای است که بتوان با استفاده مستقیم یک طول معلوم و استاندارد در روی پای قائم و ارتفاع یا اختلاف ارتفاع مجهول و منظر آن را به دست آورد.

انواع روشهای ترازیابی مستقیم:

۱- ترازیابی بدون دوربین و بدون شاخص (ترازیابی با دو تیل ساده نقشه برداری)

اصول کلی در این روش ایجاد یک سطح افقی است که بین دو خط قائم گذرنده بر نقاط مفروض انجام می شود. به طور ساده برای ایجاد یک سطح افقی از شیشه بنایی و تراز دوتایی دیا شیلنگ تراز

Scanned with CamScanner

استفاده می‌شود.

۲- ترازیابی بدون دوربین و با شاخص:

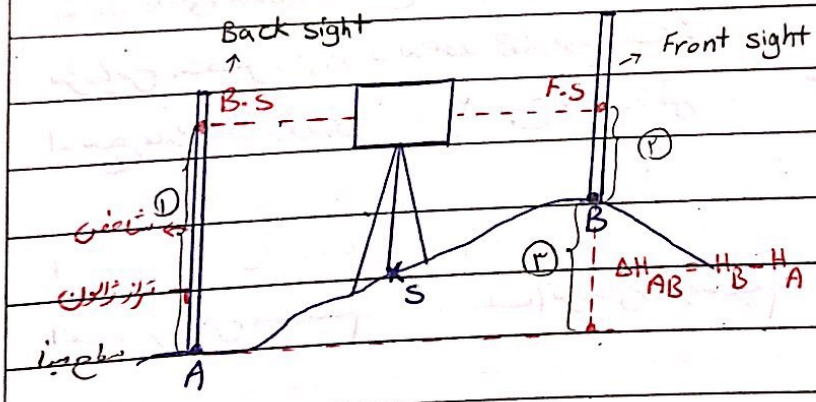
این نوع ترازیابی به وسیله شیب سنج برای پروفیل های عرضی و پیاده کردن اعدادی با یک شیب معلوم و یکنواخت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- ترازیابی با دوربین و با شاخص: (ترازیابی هندسی)

هرگاه برای انجام عملیات ترازیابی از دوربین ترازیاب یا نیو و شاخص (میر) استفاده نمائیم به این روش ترازیابی هندسی گوییم معمولاً ترازیابی هندسی به سه صورت کلی زیر انجام می‌شود:

حالت اول: ایستگاه بین نقاط A و B

در این حالت دوربین نیو یا ترازیاب را بین نقاط مورد نظر و شاخص را روی هریک از نقاط به طور جداگانه قرار می‌دهیم.



(۳) = (۱) - (۲)

ΔH_{AB} ← نقطه B بالاتر از A

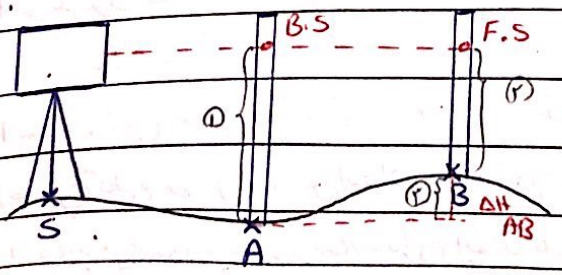
$\Delta H_{AB} = 0$ ← A و B هم‌تراز یا هم ارتفاع

ΔH_{AB} ← نقطه B پایین‌تر از A

$$\Delta H_{AB} = B.S - F.S \qquad \Delta H_{AB} = H_B - H_A \qquad H_B = \Delta H_{AB} + H_A$$

حالت دوم: ایستگاه خارج دو نقطه

دوربین نیو خارج از دو نقطه و شاخص را روی هریک از نقاط به طور جداگانه قرار می‌دهیم.

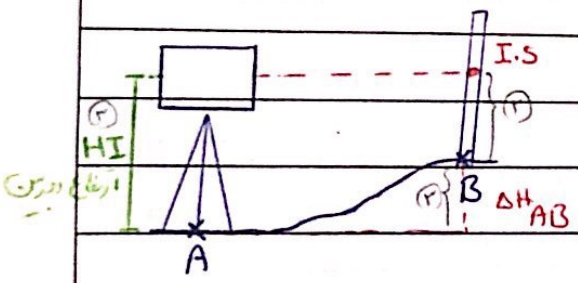


$$\Delta H_{AB} = B.S - F.S$$
$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A$$
$$H_B = \Delta H_{AB} + H_A$$

Scanned with CamScanner

حالت سوم: ایستگاه روی یک نقطه

دوربین تئودولیت روی یکی از نقاط دستاضی روی نقطه ی کنترل قرار می گیرد



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

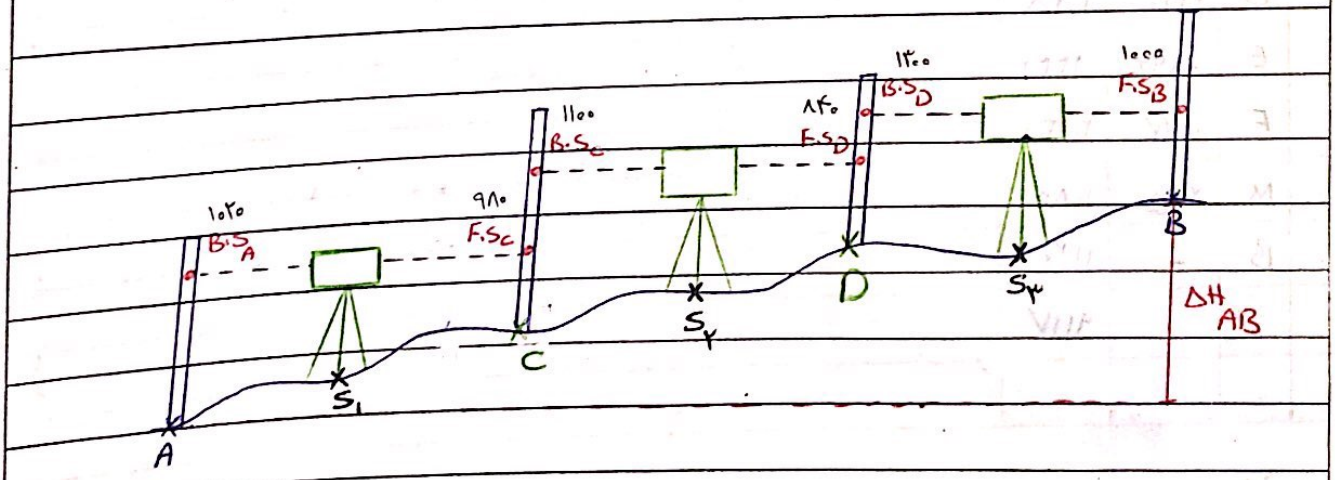
$$\Delta H_{AB} = HI - I.S$$

ارتفاع دستگاه — عدد قرائت شده روی شاخص

انواع ترازیابی هندسی

۱- ترازیابی تدریجی

به دلیل فاصله زیاد بین دو نقطه یا وجود مانع بین آنها و یا شیب زیاد بین آنها معمولا اندازه گیری اختلاف ارتفاع بین دو نقطه با یک دهنه تنها و یکبار استقرار ترازیاب به اتمام نمی رسد و به ناچار باید آن را به چند دهنه متوالی تقسیم و سپس ترازیابی را به صورت تدریجی اجرا کرده



$$S_1: \Delta H_{AC} = B.S_A - F.S_C$$

$$S_2: \Delta H_{CD} = B.S_C - F.S_D$$

$$S_3: \Delta H_{DB} = B.S_D - F.S_B$$

$$\Delta H_{AB} = \Delta H_{AC} + \Delta H_{CD} + \Delta H_{DB}$$

Scanned with CamScanner

مثال: چنانچه ارتفاع نقطه A از سطح مبنا ۱۰۰ متر باشد، مطلوب است تعیین ارتفاع نقطه‌ی B.

نقاط	B.S (mm)	F.S (mm)	ΔH (mm)	H (m)
A	۱۰۲۰	-	-	۱۰۰
C	۱۱۰۰	۹۸۰	$\Delta H_{AC} = ۱۰۲۰ - ۹۸۰ = +۴۰ = +۰/۰۴$	$H_C = \Delta H_{AC} + H_A = ۰/۰۴ + ۱۰۰ = ۱۰۰/۰۴$
D	۱۳۰۰	۸۴۰	$\Delta H_{CD} = ۱۱۰۰ - ۸۴۰ = +۲۶۰ = +۰/۲۶$	$H_D = \Delta H_{CD} + H_C = ۰/۲۶ + ۱۰۰/۰۴ = ۱۰۰/۳۰۰$
B	-	۱۰۰۰	$\Delta H_{DB} = ۱۳۰۰ - ۱۰۰۰ = +۳۰۰ = +۰/۳$	$H_B = \Delta H_{DB} + H_D = ۰/۳ + ۱۰۰/۳۰۰ = ۱۰۰/۶۰۰$

مثال: مطلوبست محاسبه اختلاف ارتفاع بین نقاط AB و ارتفاع بعدی هریک از نقاط ترازیابی شده P.

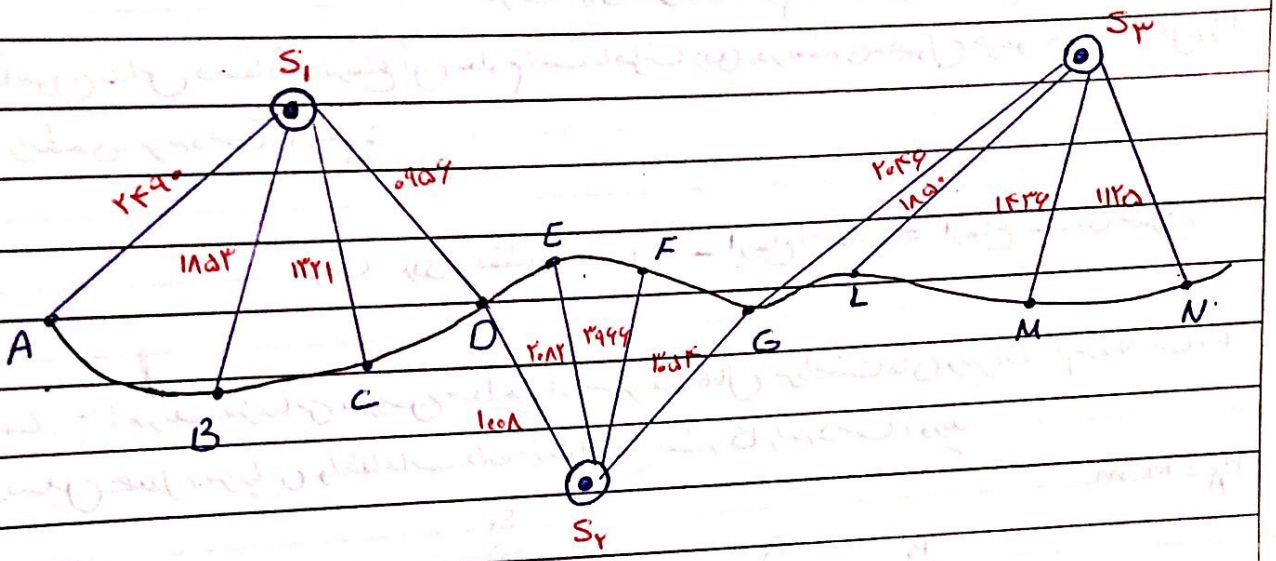
نقاط	B.S (mm)	F.S (mm)	ΔH (mm)	H (m)
A	۲۴۰۵		-	۱۰۰
C	۲۲۷۱	۰۹۱۵	$\Delta H_{AC} = ۱۴۰۵ - ۹۱۵ = ۱۴۹۰$	$H_C = \Delta H_{AC} + H_A = ۱۰۰ + ۱/۴۹۰ = ۱۰۱/۴۹۰$
D	۲۱۴۰	۱۰۲۵	$\Delta H_{CD} = ۲۲۷۱ - ۱۰۲۵ = ۱۲۴۶$	$H_D = ۱۰۲/۷۳۶$
E	۰۸۹۶	۲۴۴۲	$\Delta H_{DE} = ۲۱۴۰ - ۲۴۴۲ = -۲۸۲$	$H_E = ۱۰۲/۴۵۴$
F	۱۱۷۰	۲۵۳۱	$\Delta H_{EF} = ۸۹۶ - ۲۵۳۱ = -۱۶۳۵$	$H_F = ۱۰۰/۸۱۹$
M	۲۳۵۰	۱۰۸۴	$\Delta H_{FM} = ۱۱۷۰ - ۱۰۸۴ = +۹۳$	$H_M = ۱۰۰/۹۱۲$
B	-	۱۱۲۰	$\Delta H_{MB} = ۲۳۵۰ - ۱۱۲۰ = +۱۲۳۰$	$H_B = ۱۰۲/۱۴۲$
			$\Sigma \Delta H_{AB} = ۴۰۵۹$	

۲- ترازیابی شعاعی

در بیشتر طرح‌های ترازیابی مانند شبکه بندی یا تهیه پروفیل های طولی و عرضی از یک مسیر راه یا کانال با یک مرتبه استقرار دوربین ممکن است ارتفاع چند نقطه با قرائت شاخص ها مشخص شود. باید توجه داشت که این ترازیابی معمولاً از نقطه‌ای که ارتفاعش معلوم است با قرائت عقب شروع شده و با قرائت آخر (جلو) پایان می یابد. قرائت های بین این دو را قرائت های میانی می گویند که با M.S نشان داده می شود. برای محاسبه ارتفاع نقاط معمولاً بهتر است از روش ارتفاع دستگاه استفاده کنیم.

Scanned with CamScanner

مثال: در یک ترازیابی به روش شعاعی از مسیر یک کانال برداشت‌های زیر انجام شده است. ارتفاع نقطه A معلوم است ($H_A = 100m$)، با تشکیل جدول ترازیابی و اطلاعات داده شده ارتفاع سایر نقاط را به دست آورید.



نقاط	B.S mm	M.S mm	F.S mm	ΔH mm	H mm
A	۲۴۹۰			—	۱۰۰۰۰۰
B		۱۸۵۳		$\Delta H_{AB} = B.S - M.S = ۲۴۹۰ - ۱۸۵۳ = ۰۶۳۷$	$H_B = H_A + \Delta H_{AB} = ۱۰۰۰۰۰ + ۶۳۷ = ۱۰۰۶۳۷$
C		۱۳۲۱		$\Delta H_{BC} = ۱۸۵۳ - ۱۳۲۱ = ۰۵۳۲$	$H_C = ۱۰۰۶۳۷ + ۵۳۲ = ۱۰۱۱۶۹$
D	۱۰۰۸		۰۹۵۹	$\Delta H_{CD} = ۱۳۲۱ - ۹۵۹ = ۰۳۶۵$	$H_D = ۱۰۱۵۳۴$
E		۲۰۸۲		$\Delta H_{DE} = ۱۰۰۸ - ۲۰۸۲ = -۱۰۷۴$	$H_E = ۱۰۰۴۶۰$
F		۲۹۴۴		$\Delta H_{EF} = ۲۰۸۲ - ۲۹۴۴ = -۱۸۶۲$	$H_F = ۹۸۵۷۶$
G	۲۰۴۹		۳۰۵۴	$\Delta H_{FG} = ۲۹۴۴ - ۳۰۵۴ = ۰۹۱۲$	$H_G = ۹۹۴۸۸$
L		۱۸۵۰		$\Delta H_{GL} = ۲۰۴۹ - ۱۸۵۰ = ۰۱۹۹$	$H_L = ۹۹۶۸۴$
M		۱۴۳۴		$\Delta H_{LM} = ۱۸۵۰ - ۱۴۳۴ = ۰۴۱۶$	$H_M = ۱۰۰۰۹۸$
N			۱۱۲۵	$\Delta H_{MN} = ۱۴۳۴ - ۱۱۲۵ = ۰۳۱۱$	$H_N = ۱۰۰۴۰۹$

Scanned with CamScanner

محاسبه جدول ترازیابی شعاعی به روش ارتفاع دستگاه

در این روش ابتدا ارتفاع دستگاه را به کمک قرائت روی نقطه‌ی معلوم محاسبه می‌کنیم:

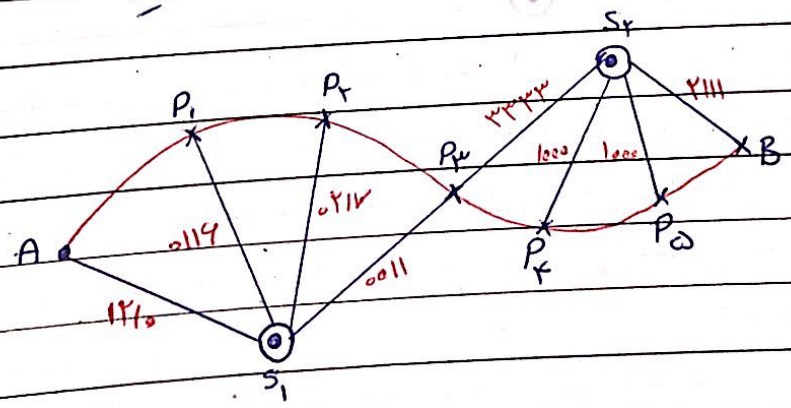
قرائت روی نقطه‌ی معلوم + ارتفاع نقطه معلوم = ارتفاع دستگاه

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

قرائت روی نقطه‌ی مجهول − ارتفاع دستگاه = ارتفاع نقطه‌ی مجهول

مثال: در یک ترازیابی به روش شعاعی از مسیر یک کانال برداشت‌های زیر انجام شده است. با تشکیل جدول ترازیابی و اطلاعات داده شده ارتفاع نقطه B را به دست آورید.

$H_A = 100\ m$



نقاط	B.S mm	M.S mm	F.S mm	HI m	H m
A	۱۲۱۰			$HI_{S_1} = 100 + 1{,}21 = 101{,}210$	۱۰۰
P_1		۰۱۱۶		۱۰۱,۲۱۰	H_{P_1} = قرائت روی نقطه مجهول − ارتفاع دستگاه = ۱۰۱,۲۱۰ − ۰/۱۱۶ = ۱۰۱,۰۹۴
P_2		۰۲۱۷		۱۰۱,۲۱۰	$HP_2 = 101{,}210 - 0{,}217 = 100{,}993$
P_3	۳۳۳۳		۰۰۱۱	۱۰۱,۲۱۰	$HP_3 = 101{,}210 - 0{,}011 = 101{,}199$
P_4		۱۰۵۵		$HI_{S_2} = 101{,}199 + 3{,}333 = 104{,}532$	$HP_4 = 104{,}532 - 1 = 103{,}532$
P_5		۱۰۰۰		۱۰۴,۵۳۲	$HP_5 = 104{,}532 - 1 = 103{,}532$
B			۲۱۱۱	۱۰۴,۵۳۲	$HB = 104{,}532 - 2{,}111 = 102{,}421$

Scanned with CamScanner

تمرین: با فرض آنکه $H_A = 1000m$ بقیه نقاط را بدست آورید.

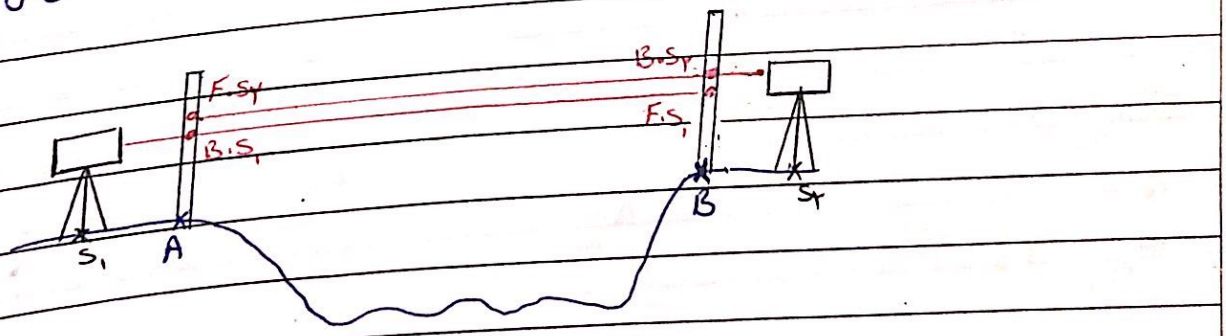
نقاط	B.S mm	M.S mm	F.S mm	ΔH mm	H mm
A	۱۰۲۰			—	۱۰۰۰۰
B		۳۰۵۰		$\Delta H_{AB} = ۱۰۲۰ - ۳۰۵۰ = -۲۰۳۰$	$H_B = -۲۰۳۰ + ۱۰۰۰۰ = ۷۹۷۰$
C	۳۲۲۰		۳۰۴۰	$\Delta H_{BC} = ۳۰۵۰ - ۳۲۴۰ = ۱۰$	$H_C = ۱۰ + ۷۹۷۰ = ۷۹۸۰$
D		۱۸۴۰		$\Delta H_{CD} = ۳۲۲۰ - ۱۸۴۰ = ۱۳۸۰$	$H_D = ۱۳۸۰ + ۷۹۸۰ = ۹۳۶۰$
E			?	$\Delta H_{DE} = -۵۴۲۰$	۳۹۴۰
			۷۲۹۰	$-۵۴۲۰ = ۱۸۴۰ - F.S$	$H_E = \Delta H_{DE} + H_D$ $\quad \Delta H_{DE} = H_E - H_D$

$F.S = ۱۸۴۰ + ۵۴۲۰ = ۷۲۹۰$

$\Delta H_{DE} = ۳۹۴۰ - ۹۳۶۰ = -۵۴۲۰$

۳- ترازیابی متقابل

در بعضی نقاط برای بدست آوردن اختلاف ارتفاع ۲ نقطه که به اشکال استقرار دوربین ترازیاب خودسطا آکتاو وجود ندارد و ما نیز در دانشکده در تمامی تمرین‌ها از این روش استفاده می‌شود ابتدا دوربین ترازیاب را در یک طرف قرار داده و قرائت‌های مطلوب عقب را خوانده می‌شود سپس دوربین به طرف جلو برده شده و همین عمل در آن طرف انجام می‌شود میانگین ارتفاع‌های بدست آمده اختلاف ارتفاع ۲ نقطه را مشخص می‌نماید.



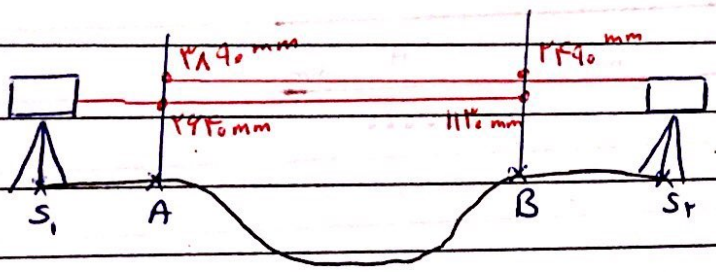
$S_1: \Delta H_{AB_1} = B.S_1 - F.S_1$

$S_2: \Delta H_{AB_2} = B.S_2 - F.S_2$

$\Rightarrow \Delta H_{AB} = \frac{|\Delta H_{AB_1}| + |\Delta H_{AB_2}|}{2}$

Scanned with CamScanner

مثال: در یک عمل ترازیابی متقابل مطابق شکل قرائت های زیر صورت گرفته است. اختلاف ارتفاع میان نقطه های A و B چند میلی متر است.



$$\Delta H_{AB_1} = ۲۴۴۰ - ۱۱۴۰ = ۱۵۱۰$$

$$\Delta H_{AB_2} = ۲۴۹۰ - ۳۸۹۰ = -۱۴۰۰$$

$$\Delta H_{AB} = \frac{|۱۵۱۰| + |۱۴۰۰|}{۲} = ۱۴۵۵ \text{ mm}$$

مثال: در یک عمل ترازیابی متقابل از دو ایستگاه S_1 و S_2 قرائت های شاخص مطابق جدول زیر می باشد. اختلاف ارتفاع دقیق بین نقاط را محاسبه کنید.

ایستگاه	نقطه نشانه روی	قرائت شاخص
S_1	A	۱۸۵۰
	B	۱۹۶۰
S_2	B	۱۴۵۰
	A	۱۳۶۰

$$\Delta H_{AB_1} = ۱۸۵۰ - ۱۹۶۰ = -۱۱۰ \text{ mm}$$

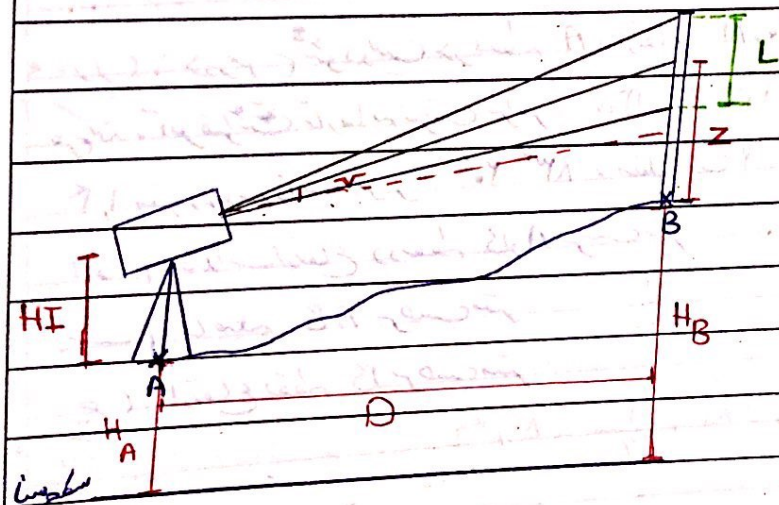
$$\Delta H_{AB_2} = ۱۴۵۰ - ۱۳۶۰ = +۹۰$$

$$\Rightarrow \Delta H_{AB} = \frac{|-۱۱۰| + |+۹۰|}{۲} = ۱۰۰ \text{ mm}$$

Scanned with CamScanner

ب) ترازیابی غیرمستقیم (مثلثاتی)

برخلاف ترازیابی مستقیم، در این روش اختلاف ارتفاع به صورت مستقیم مورد سنجش قرار نمی‌گیرد و بر پایه اندازه‌گیری کمیت‌های دیگری مانند طول و زاویه و به کمک یکسری روابط و معادلات مقدار آن برآورد می‌شود.



V = زاویه تارو سط با افق

Z = قرائت تارو سط (تارو سط روی شاخص)

مطابق فصل قبل جهت یافتن فاصله‌یابی مثلثاتی (جهت محاسبه شیب خط) می‌توان رابطه زیر را به عنوان طول شیب‌دار بین دو نقطه دلخواه A و B در نظر بگیریم:

$$D = K \times L \times \cos^2 V$$

که در آن L فاصله بین تصویر بالا و پایین بر روی شاخص و V زاویه شیب سنج به سطح افق است.

حالا با توجه به شکل بالا می‌توانیم رابطه زیر را برای تعیین اختلاف ارتفاع بین دو نقطه A و B به دست آوریم:

$$\Delta H_{AB} = D \sin V + HI - Z$$

$$\Delta H_{AB} = K \times L \times \cos V \sin V + HI - Z = \frac{1}{2} K L \sin 2V + HI - Z$$

مثال: در نقطه A دوربینی را مستقر نموده و به شاخص مستقر در نقطه B نشانه‌روی نموده و اعداد ۱.۹۴۰ متر روی تارِ بالا و ۱.۶۰۰ متر روی تارِ وسط و ۱.۲۶۰ متر روی تارِ پایین قرائت نموده‌ایم در صورتیکه زاویه شیب با افق ۱۵ درجه، ارتفاع دستگاه ۱.۶ متر باشد، اختلاف ارتفاع و فاصله افقی بین دو نقطه A و B را حساب کنید.

Scanned with CamScanner

$D = K \times L \times \cos^2 V$

$D = 100 \times (1,94 - 1,260) \cos^2(15) = 63,44\ m$

$\Delta H = \frac{1}{2} K L \sin 2V + HI - Z = \frac{1}{2} \times 100 \times (1,94 - 1,260) \times \sin 2(15) + 1,6 - 1,6 = 17m$

* تمرین: دوربین تئودولیت در نقطه A به ارتفاع ۱۳۲۰٫۸۲ متر مستقر شده و بر نقطه B نشانه روی می‌کند. اگر قرائت تارها به ترتیب برابر ۱۳۰۰، ۱۵۲۰، ۱۷۴۰ باشد، با فرض ارتفاع دوربین برابر ۱٫۴ متر و زاویه قائم برابر $83^\circ 20'$، مطلوبست؟

الف) اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B برحسب متر

ب) فاصله AB برحسب متر

ج) ارتفاع نقطه B برحسب متر

$H_A = 1320,82\ m \quad HI = 1,4 \quad 83^\circ + \frac{20}{60} = 83,33^\circ \quad V = 90 - 83,33 = 6,67^\circ$

الف)

$\Delta H_{AB} = \frac{1}{2} K L \sin 2V + HI - Z = \frac{1}{2} \times 100 \times (1,740 - 1,300) \times \sin 2(6,67) + 1,4 - 1,520 = -0,196m$

ب)

$D = K L \cos^2 V = 100 \times (1,740 - 1,300) \times \cos^2(6,67) = 43,40\ m$

ج)

$\Delta H_{AB} = H_B - H_A \quad -0,196 = H_B - 1320,82 \Rightarrow H_B = -0,196 + 1320,82 = 1320,624$

ج) تراز یابی مثلثی

از آنجا که مشاهدات زاویه‌ای با ارتفاع دارای تغییرات مشابهی می‌توان به ارتفاع نقاط دست یافت. هرچند ارتفاع حاصل از این روش فاقد ارزش مهندسی است و تنها در کارهای غیر دقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد، این روش معروف به ترازیابی مثلثی است.

Scanned with CamScanner

خطاها در ترازیابی:

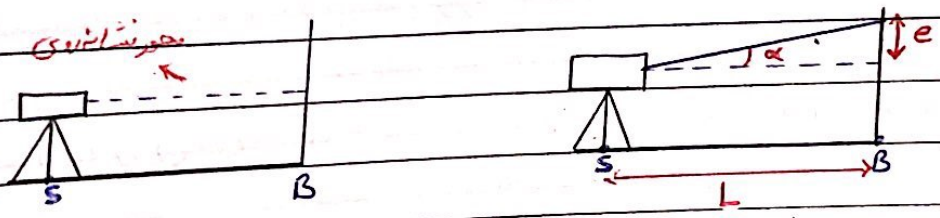
در ترازیابی مانند سایر اندازه‌گیری‌ها در نقشه‌برداری ۳ عامل باعث ایجاد خطا می‌شود. این خطاها به طور کلی عبارتند از: ۱- خطای دستگاهی ۲- خطای طبیعی ۳- خطای انسانی

۱- خطای دستگاهی:

عواملی که باعث ایجاد این خطاها می‌شوند ناشی از خود دستگاه اندازه‌گیری و وسایل مورد استفاده است. در خصوص خود دستگاه می‌توان به خطای محور لوله‌ی تراز و خطای تقسیمات شاخص اشاره نمود.

به انحراف محور دید کانی از سطح ترازِ تلسکوپ گویند که در صورت وجود یک زاویه بسیار باریک (α) است. برای به دست آوردن خطای کلیماسیون از روش‌های زیر استفاده می‌کنیم:

روش اول:



وقتی خطای کلیماسیون وجود ندارد

وقتی خطای کلیماسیون وجود دارد

طبق تعریف خطای کلیماسیون قرائت روی شاخص با کمی اختلاف (به سمت بالا یا پایین) نسبت به محور افقی دوربین (که همان مقدار e می‌باشد) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\tan\alpha = \frac{e}{L} \Rightarrow e = L \cdot \tan\alpha$$

(e: مقابل، L: مجاور)

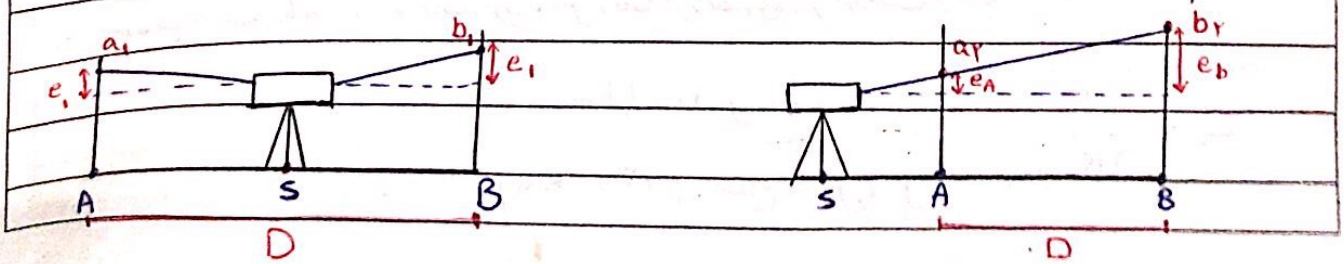
خطای کلیماسیون یا انحراف تلسکوپ ترازیاب

روش دوم:

در این روش دو حالت زیر را در نظر می‌گیریم:

۱- حالتی که دوربین وسط دو شاخص مستقر در نقطه A و B قرار دارد و به قرائت عقب a_1 و قرائت جلو b_1 می‌باشد.

۲- حالتی که دوربین خارج از فاصله بین دو شاخص و نزدیک شاخص مستقر در نقطه A قرار دارد و به قرائت عقب a_2 و قرائت جلو b_2 می‌باشد.



(حالت ۱) (۱۷) (حالت ۲)

Scanned with CamScanner

از مسیر ۱ $\Delta H_1 = a_1 - b_1$

از مسیر ۲ $\Delta H_2 = a_2 - b_2$

وجود خطای کلیماسیون $\Rightarrow \Delta H_1 \neq \Delta H_2$

خطای کلیماسیون برای فاصله شاخص تا شاخص $D = |\Delta H_2| - |\Delta H_1| = e$

مثال: اختلاف ارتفاع واقعی دو نقطه A و B که نسبت به هم ۱۰۰ متر فاصله دارند ۱٫۵ متر می‌باشد. دستگاه ترازیاب را روی نقطه A مستقر و سپس به شاخصی که روی نقطه B قرار گرفته نشانه‌روی نموده و عدد ۲۷۵۵ mm قرائت شده است. اگر ارتفاع دستگاه ۱٫۲ متر باشد، خطای کلیماسیون را حساب کنید؟

اختلاف ارتفاع واقعی قبل از عمل ترازیابی برابر ۱٫۵ متر بوده است.

$\Delta H_1 = 1,5\ m$

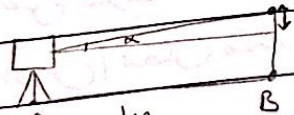
$\Delta H_2 = 1,2^m - 2,755^m = -1,555$

$e = |\Delta H_2| - |\Delta H_1| = 1,555 - 1,5 = \%55\ m$

علامت (-) بیانگر پایین بودن نقطه B از A است.

مثال: در مثال بالا زاویه خطای کلیماسیون را محاسبه کنید.

$\tan\alpha = \frac{e}{L} \Rightarrow \tan\alpha = \frac{\%55}{100} = 5,5\times10^{-4}$ $\quad \alpha = \tan^{-1} 5,5\times10^{-4} = \%32$



۲- خطای طبیعی:

این خطا ناشی از شکل کره زمین و عوامل طبیعی حاکم بر آن می‌باشد. در این قسمت ۲ خطای کرویت و انکسار نور مورد بررسی قرار می‌گیرد.

کرویت: در عملیات محاسبات ترازیابی سطح زمین مسطح فرض می‌شود در صورتیکه این سطح غیرمسطح است و باید آنرا تصحیح کرد. این خطا از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$C_c = \frac{D^2}{2R}$ → فاصله بین ترازیاب و شاخص (km)

→ شعاع میانگین زمین (۶۳۷۰ km)

Scanned with CamScanner

انکسار: این خطا ناشی از شکست نور در عبور از لایه‌های مواد می‌باشد و در شرایط جوی معمولی اثر این خطا تقریباً $\frac{1}{7}$ اثر کرویت است.

$$C_r = \frac{D^2}{14R}$$

تاثیر خطای کرویت و انکسار:

معمولاً اثر کرویت و انکسار به صورت یکجا در نظر گرفته می‌شود بنابراین با توجه به رابطه‌های بالا می‌رابطه جدید زیر را می‌نویسیم:

$$C_{cr} = C_c - C_r = \frac{D^2}{2R} - \frac{D^2}{14R} = \frac{3D^2}{7R} = 0.86\,\frac{D^2}{2R}$$

مثال: خطای ناشی از کرویت و انکسار نور در فاصله ۹ کیلومتری چند سانتی متر است؟

$$0.86\,\frac{D^2}{2R} = 0.86\,\frac{(9)^2}{2\times 6370} = 5.497\times 10^{-3}\ km \xrightarrow{\times 10^5} 549\ cm$$

$$Km \xrightarrow{\times 1000} m \xrightarrow{\times 100} cm \qquad (\times 10^5)$$

مثال: خطای کلی اسیون و خطای کرویت و انکسار را در نقاط زیر هم دست آورید.

الف) دو نقطه A و B به فاصله ۱۰۰ متر از هم قرار دارند و دوربین درست وسط دو نقطه قرار دارد و زاویه انحراف تلسکوپ ۲۰ درجه است.

$$e = L\tan\theta \qquad e = 50\times\tan 20 = 18.19$$

$$C_{cr} = 0.86\,\frac{D^2}{2R} \xrightarrow{D=\frac{50}{1000}} C_{cr} = 0.86\times\frac{(0.05)^2}{2\times 6370} = 1.68\times 10^{-7}$$

ب) دو نقطه C و D به فاصله ۱۲۰ متری از هم قرار دارند و دوربین در فاصله ۳۰ متری از سمت قرار دارد و زاویه انحراف ۴۰ درجه است.

$$e = L\tan\theta = 30\times\tan 40 = 17.32$$

$$C_{cr} = 0.86\,\frac{D^2}{2R} = 0.86\,\frac{\left(\frac{30}{1000}\right)^2}{2\times 6370} = 0.86\,\frac{(0.03)^2}{2\times 6370} = 6.075\times 10^{-8}$$

Scanned with CamScanner

فصل پنجم: اندازه‌گیری زاویه

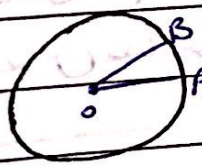
زاویه از عناصریست که در نقشه برداری زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد و روی این اصل، اندازه‌گیری آن در نقشه برداری اهمیت دارد.

واحدهای اندازه‌گیری زاویه

معمولاً برای اندازه‌گیری و محاسبات زاویه از ۳ واحد درجه، گراد، رادیان و میلیم استفاده می‌شود.

۱- درجه (° یا D)

$\frac{1}{360}$ پیرامون دایره را یک درجه گویند، درواقع هر گاه محیط دایره به ۳۶۰ جزء مساوی تقسیم شود زاویه مرکزی مقابل به هر جزء آن را یک درجه گویند. هر درجه ۶۰ دقیقه و هر دقیقه ۶۰ ثانیه است.



$$\hat{O} = \overset{\frown}{AB} = 1^\circ = \frac{1}{360} \times \text{محیط دایره}$$

$$1' = \frac{1}{60} \times 1^\circ$$

$$1'' = \frac{1}{60} \times 1'$$

۲- گراد (G)

$\frac{1}{400}$ پیرامون دایره را یک گراد گویند، درواقع هر گاه محیط دایره به ۴۰۰ جزء مساوی تقسیم شود زاویه مرکزی مقابل به هر جزء را یک گراد می‌نامند، هر گراد ۱۰۰ دقیقه گرادی (سانتی گراد) و هر دقیقه گرادی ۱۰۰ ثانیه گرادی یا ۱ دسی میلی گراد است.

$$1G = \frac{1}{400} \times \text{محیط دایره}$$

$$1'G = \frac{1}{100} \times 1G$$

$$1''G = \frac{1}{100} \times 1'G$$

Scanned with CamScanner

۳- رادیان (Rad یا R)

به اندازه‌ی کمانی از دایره که طول آن با شعاع دایره برابر باشد.

۴- میلیم (M)

زاویه‌ی مرکزی مقابل به قوس $\frac{1}{6400}$ از محیط دایره است. به طور تقریب می‌توان گفت که یک میلیم درحدود یک هزارم رادیان است. به همین دلیل به آن میلیم به معنای هزارم می‌گویند. کاربرد آن در محاسبات نقشه‌برداری و نقشه‌خوانی دوارتش است.

نکته: چون سیستم گراد اعشاری است، بنابراین برعکس سیستم درجه می‌توان زاویه را به صورت اعشاری دنبال هم نوشت.

به این معنا که: عدد ۴۵ گراد و ۳۵ دقیقه گرادی و ۲۵ ثانیه گرادی می‌شود

$$45 + \left(\frac{35}{100}\right) + \left(\frac{25}{100 \times 100}\right) = 45,3525$$

$$45^G\ 35'\ 25'' = 45,3525^G$$

ولی در مورد سیستم درجه چون شصت قسمتی می‌باشد باید این گونه عمل کنیم، فرض کنید عدد ۲۰,۱۲۳۴ درجه را می‌خواهیم به صورت درجه - دقیقه - ثانیه بنویسیم:

۲۰,۱۲۳۴ = ۲۰ درجه

$0,1234 \times 60 = 7,404 = 7$ دقیقه

$0,404 \times 60 = 24,24 = 24,24$ ثانیه

$\Rightarrow 20^\circ\ 7'\ 24,24''$

و یا عدد $20^\circ\ 7'\ 24,24''$ به صورت اعشاری این گونه است:

$$20 + \left(\frac{7}{60}\right) + \left(\frac{24,24}{60 \times 60}\right) = 20,1234$$

رابطه بین واحدهای مختلف اندازه‌گیری زاویه

$$\frac{D}{360} = \frac{G}{400} = \frac{R}{2\pi} = \frac{M}{6400} \quad \text{یا} \quad \frac{D}{180} = \frac{G}{200} = \frac{R}{\pi} = \frac{M}{3200}$$

مثال: زاویه ۳۰ درجه را برحسب گراد و رادیان محاسبه کنید.

$$\frac{D}{360} = \frac{G}{400} \qquad \frac{30}{360} = \frac{G}{400} \Rightarrow G = \frac{30 \times 400}{360} = 33,333\ G$$

Scanned with CamScanner

$\frac{D}{360} = \frac{R}{2\pi} \Rightarrow \frac{30}{360} = \frac{R}{2\pi} \rightarrow R = \frac{30 \times 2\pi}{360} = \frac{\pi}{6} = 0.523 \text{ rad}$

مثال: زاویه $30^\circ\ 15'\ 20''$ را برحسب گراد و رادیان محاسبه نمایید و رسم کنید.

$D = 30^\circ\ 15'\ 20'' = 30 + \left(\frac{15}{60}\right)' + \left(\frac{20}{60 \times 60}\right)' = 30.2555^\circ$

$\frac{30.2555}{360} = \frac{G}{400} = \frac{R}{2\pi} \Rightarrow G = \frac{400 \times 30.2555}{360} = 33.62\ G$

$R = \frac{2\pi \times 30.2555}{360} = 0.53 \text{ rad}$

$M = \frac{3200 \times 30.2555}{180} = 537.8755$

مثال: ۲ رادیان چند گراد و چند درجه است؟

$\frac{D}{360} = \frac{2}{2\pi} \quad D = 114.5916^\circ$

$1^\circ \rightarrow 60'$

$0.5916 \times 60 = 35.5'$

$1' \rightarrow 60''$

$0.5 \times 60 = 30''$

$\frac{G}{400} = \frac{2}{2\pi} \quad G = 63.662$

$1G \rightarrow 100'G$

$0.662 \times 100 = 63.2'G$

$1'G \rightarrow 100''G$

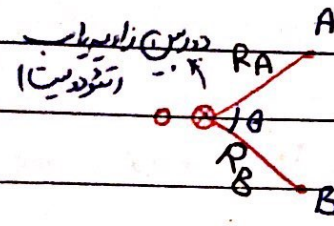
$0.2 \times 100 = 2$

روش‌های اندازه‌گیری افقی زاویه:

۱- روش ساده

در این روش ابتدا حدبین را روی راس زاویه قرار داده و سانتراژ را استاد محور اصلی زاویه‌یاب از نقطه ایستگاه تلنبار) می‌کنیم، سپس با در نظر گرفتن جهت چرخش لمب افقی موقعیت عقربه‌های ساعت به صورت مثبت ابتدا بر نقطه A مانند شکل نشانه روی نموده قرائت لمب افقی را یادداشت می‌نمائیم (R_A) حال بر نقطه B نشانه روی نموده و قرائت لمب افقی را بر روی این امتداد یادداشت می‌نمائیم (R_B) و اکنون می‌توانیم

به کمک روابط زیر مقدار زاویه را محاسبه کنیم.



R_A = قرائت لمب افقی بر روی امتداد OA

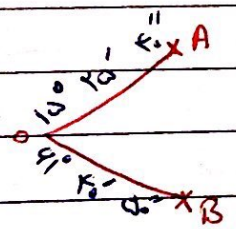
R_B = قرائت لمب افقی بر روی امتداد OB

اگر $R_B > R_A \Rightarrow \hat{O} = R_B - R_A$

اگر $R_B < R_A \Rightarrow \begin{cases} \hat{O} = A\hat{O}B = R_B - R_A + 360^\circ & \text{دوربین در حالت راست} \\ \hat{O} = A\hat{O}B = R_B - R_A + 400^g & \text{دوربین در حالت چپ} \end{cases}$

اگر $R_A = 0 \Rightarrow \hat{O} = R_B$

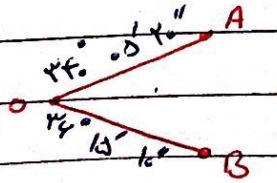
مثال: با توجه به شکل مقدار زاویه $\hat{O}$ را محاسبه نمایید؟



$R_B > R_A$

$\hat{O} = R_B - R_A = (61^\circ 40' 50'') - (15^\circ 25' 40'') = 46^\circ 15' 10''$

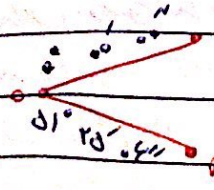
مثال: با توجه به قرائت های زاویه ای امتدادهای آن مقدار زاویه را محاسبه نمایید؟



$R_B < R_A$

$\hat{O} = 36^\circ 15' 10'' - 340^\circ 05' 20'' + 360^\circ = 56^\circ 09' 50''$

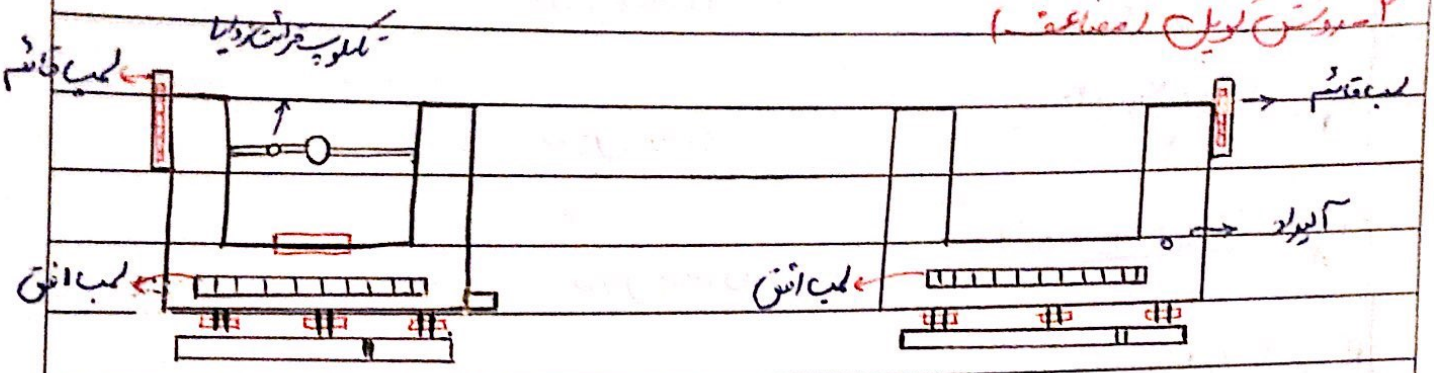
مثال: با توجه به شکل مقدار زاویه را محاسبه کنید؟



$R_A = 0 \Rightarrow \hat{O} = R_B$

Scanned with CamScanner

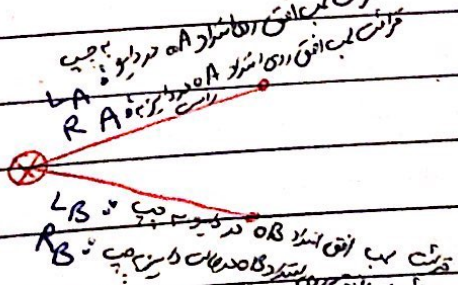
۲- دوران کویل (مضاعف)



حالت دایره به راست : R
یا لمب قائم به راست یا حالت معکوس

حالت دایره به چپ : L
یا لمب قائم به چپ یا حالت مستقیم

در دوران کویل مطابق شکل باید در دو حالت دایره به چپ و دایره به راست قرائت‌ها را از روی لمب افقی به روی استادهای مختلف انجام دهیم به همین منظور دوربین را روی پایه سه‌پایه قرار داده و قرائت لمب افقی را در حالت دایره به چپ به روی این استاد اندازه‌گیری می‌کنیم (l_A) سپس به نقطه B نشانه روی کرده و در همین حالت قرائت لمب افقی را یادداشت می‌کنیم (l_B) سپس تلسکوپ دوربین را در حدود ۱۸۰° دوران داده و سپس به نقطه B مجدداً نشانه روی کرده قرائت لمب افقی را در حالت دایره به راست یادداشت می‌کنیم (R_B) دوباره به نقطه A نشانه روی نموده و قرائت لمب افقی را اندازه‌گیری می‌کنیم (R_A) در این صورت از روابط زیر می‌توان مقدار دقیق زاویه را محاسبه نمود.



زاویه افقی : $\hat{\alpha}$

آلیداد $R_2 > R_1 \Rightarrow \hat{\alpha} = R_2 - R_1$

آلیداد $R_2 < R_1 \Rightarrow$
- دوربین معمولی: $\hat{\alpha} = R_2 - R_1 + 180^\circ$
- دوربین آلیداد: $\hat{\alpha} = R_2 - R_1 + 200^g$

Scanned with CamScanner

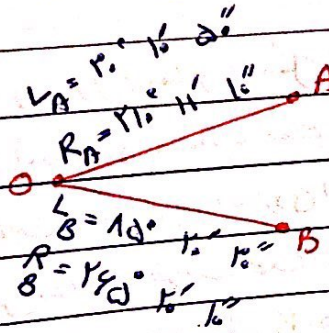
$$R_1 = \frac{(L_A + R_A - 180^\circ)}{2}$$ دوربین درجه‌ای

$$R_1 = \frac{(L_A + R_A - 200G)}{2}$$ دوربین گرادی

$$R_2 = \frac{(L_B + R_B - 180^\circ)}{2}$$ دوربین درجه‌ای

$$R_2 = \frac{(L_B + R_B - 200G)}{2}$$ دوربین گرادی

مثال: زاویه A و B به روش کوپل اندازه‌گیری شده و مقادیر آن روی شکل مشخص است. مقدار دقیق زاویه را محاسبه کنید؟



$$R_1 = \frac{[(30^\circ\ 10'\ 50'') + (210^\circ\ 11'\ 10'') - 180^\circ]}{2} = 30^\circ\ 11'\ 00''$$

$$R_2 = \frac{[(150^\circ\ 20'\ 30'') + (240^\circ\ 20'\ 10'') - 180^\circ]}{2} = 150^\circ\ 20'\ 20''$$

$$R_2 > R_1 \Rightarrow \hat{o} = R_2 - R_1$$

$$\hat{o} = (150^\circ\ 20'\ 20'') - (30^\circ\ 11'\ 00'') = 120^\circ\ 09'\ 20''$$

مثال: اندازه زاویه AoB را به دست آورید؟ (زوایا به صورت گرادی می‌باشد)

S	A	352,4850	$R_1 = \frac{[(352,4850) + (152,4870) - 200G]}{2} = 152,4860$
		152,4870	
	B	95,7240	$R_2 = \frac{[(195,7240) + (295,7280) - 200G]}{2} = 95,7260$
		295,7280	

Scanned with CamScanner

$R_2 < R_1 \Rightarrow \hat{\alpha} = R_2 - R_1 + 200$

$\hat{\alpha} = 95,727 - 152,486 + 200 = 143,241$ G

به دست آوردن زاویه قائم در روش کوپل

اگر Z_L دایره به چپ و Z_R دایره به راست باشد، آنگاه:

زاویه عمودی $Z = \frac{Z_L - Z_R + 360^\circ}{2}$ $\quad Z = \frac{Z_L - Z_R + 400}{2}$ G

در صورتی که دستگاه از تصحیح خارج شده باشد برای اندازه‌گیری زاویه قائم از میانگین قرائت دایره به چپ و دایره به راست استفاده می‌کنیم.

(وقتی که دستگاه ترازیست ابتدای شروع زاویه‌ها از صفر شروع شود آنگاه به سمت چپ یا از سمت راست صفر شروع می‌شود که منجر به خطا خواهد شد)

انحراف صفر لب قائم یا اصطلاحاً لون قائم $e = \frac{360^\circ - (Z_L + Z_R)}{2}$ $\quad e = \frac{400^G - (Z_L + Z_R)}{2}$

مثال: چنانچه در یک تراورسی (استانه‌روی) قرائت لب قائم در وضعیت دایره به چپ ۸۵ گراد و در وضعیت دایره به راست ۳۲۰ گراد باشد زاویه انحراف قائم را حساب کنید.

$Z = \frac{85 - 320 + 400}{2} = 82,5$ G

$e = \frac{400 - (85 + 320)}{2} = -2,5$ G

Scanned with CamScanner

ژئومان

امتداد شمال:

در اندازه‌گیری‌های نقشه‌برداری و تعیین امتدادها در روی زمین عملاً با ۳ امتداد شمال جغرافیایی، شمال شبکه و شمال مغناطیسی سروکار داریم.

شمال جغرافیایی (شمال حقیقی):

قوس نصف النهاری که از نقطه‌ای خاص شروع و به قطب ختم می‌شود.

* شمال جغرافیایی هر نقطه بر سطح زمین، امتداد نصف النهار جغرافیایی آن نقطه در جهت شمال است. شمال جغرافیایی را معمولاً شمال واقعی می‌نامند.

شمال شبکه:

اگر خط متقاطع (عمود بر هم) شبکه مانند الزامیه را بر صفحه چنان در نظر بگیریم که خط افقی آن محور xها و خط عمودی آن محور yها باشد، محور عمود را شمال شبکه N_G می‌نامند.

شمال مغناطیسی:

جهتی را که عقربه قطب‌نما نشان می‌دهد شمال مغناطیسی می‌گویند.

آزیموت جغرافیایی

زاویه افقی که امتداد AB در جهت حرکت عقربه‌های ساعت با شمال جغرافیایی می‌سازد و با علامت A_{AB}^{Z} نشان می‌دهند.

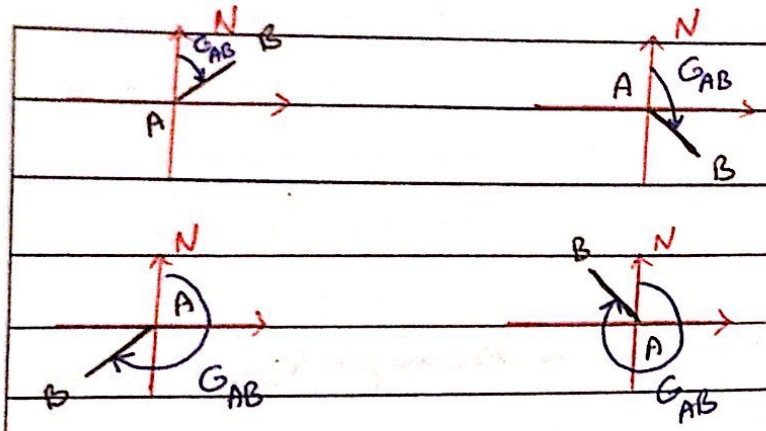
آزیموت مغناطیسی:

زاویه بین شمال مغناطیسی و امتداد AB در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌باشد.

آزیموت شبکه - ژئومان G (ست یا گرا)

ژئومان زاویه‌ایست که امتداد AB در جهت عقربه‌های ساعت با شمال شبکه می‌سازد و با علامت G_{AB} نشان می‌دهند.

Scanned with CamScanner

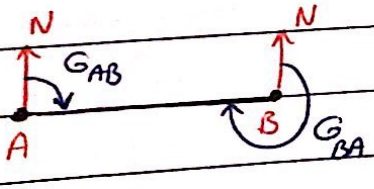


زیمان معکوس

زیمان استاد BA را زیمان معکوس استاد AB می‌نامند.

$G_{BA} = G_{AB} \pm 180$ اگر $G_{AB} < 180$ آنگاه $G_{BA} = G_{AB} + 180$

$G_{AB} > 180$ آنگاه $G_{BA} = G_{AB} - 180$



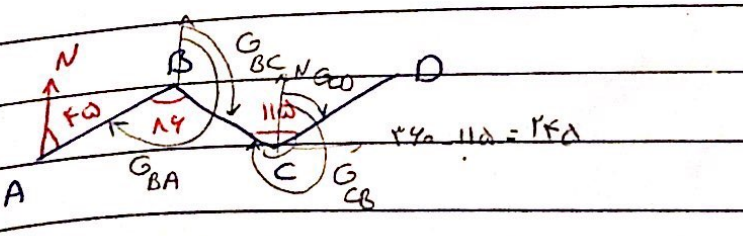
اختلاف بین زیمان استاد AB و استاد معکوس آن یعنی استاد BA 180° درجه است.

مثال:

$G_{AB} = 30 \rightarrow G_{BA} = ?$ $\quad 30 < 180 \Rightarrow G_{BA} = 30 + 180 = 210$

$G_{CD} = 200 \rightarrow G_{DC} = ?$ $\quad 200 > 180 \Rightarrow G_{DC} = 200 - 180 = 20$

مثال: زیمان استادهای BC و CD را در شکل داده شده بدست آورید.



$360 - 115 = 245$

$G_{AB} = 45 \Rightarrow G_{BA} = 45 + 180 = 225$

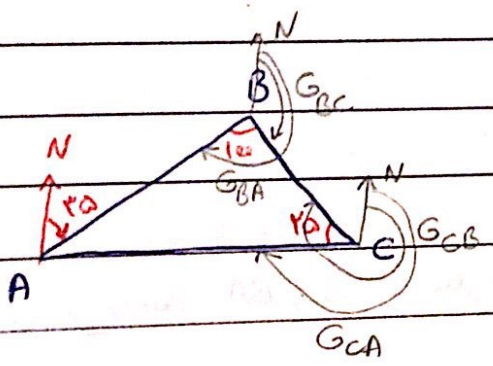
$G_{BC} = G_{BA} - 84 = 225 - 84 = 141$

Scanned with CamScanner

$G_{CB} = G_{BC} + 180 = 139 + 180 = 319$

$G_{CD} = G_{CB} - 245 = 319 - 245 = 74$

مثال: زیرمان اضلاع مثلث داده شده را بدست آورید.

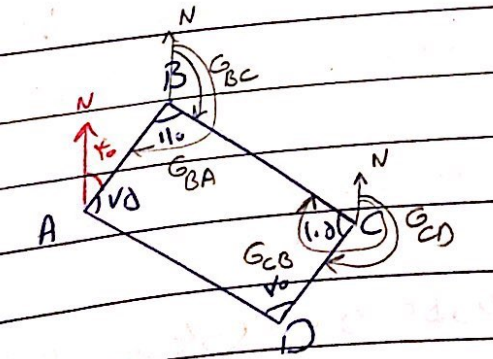


$G_{AB} = 25 \rightarrow G_{BA} = 35 + 180 = 215$

$G_{BC} = G_{BA} - 100 = 215 - 100 = 115 \rightarrow G_{CB} = 115 + 180 = 295$

$G_{CA} = G_{CB} - 25 = 295 - 25 = 270 \rightarrow G_{AC} = 270 - 180 = 90$

مثال: زیرمان اضلاع را بدست آورید.



$G_{AB} = 40 \rightarrow G_{BA} = 40 + 180 = 220$

$G_{BC} = G_{BA} - 110 = 220 - 110 = 110 \rightarrow G_{CB} = 110 + 180 = 290$

$G_{CD} = G_{CB} - 100 = 290 - 100 = 190 \rightarrow G_{DC} = 190 - 180 = 10$

Scanned with CamScanner