

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



دانشگاه دامغان

دانشکده علوم زمین

عنوان درس:

نقشه‌برداری

Surveying



دکتر داود فریدونی

عضو هیئت علمی دانشکده علوم زمین

دانشگاه دامغان

تیر ۱۳۹۷

فهرست مطالب درس (تئوری)

فصل اول: مقدمه و مفاهیم عمومی

فصل دوم: تئوری خطاها

فصل سوم: اندازه‌گیری فاصله

فصل چهارم: برداشت

فصل پنجم: پیمایش

فصل ششم: تراز یابی

فصل هفتم: زاویه خوانی

فصل هشتم: نقشه برداری با قطب‌نما

فصل نهم: توجیه نقشه

فهرست مطالب درس (عملی)

۱- اصول مترکشی در زمین افقی و قدم‌شماری

۲- اصول مترکشی در زمین شیب‌دار و تعیین شیب متوسط زمین

۳- گونیا کردن توسط متر و اخراج عمود توسط متر

۴- برداشت توسط خط هادی

۵- آشنایی با دوربین نیوو و برداشت توسط آن

۶- تراز یابی به روش خطی یا ساده

۷- تراز یابی به روش شعاعی یا پراکنده

۸- آشنایی با دوربین تئودولیت و برداشت توسط آن

۹- زاویه خوانی توسط دوربین تئودولیت

۱۰- انجام پروژه نقشه برداری

برخی منابع مورد استفاده در درس

منابع فارسی

- ۱- عاصی، محمدرضا، ۱۳۸۲، نقشه برداری عمومی، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ویرایش سوم، ۵۷۰ صفحه.
- ۲- نوپخت، شمس، ۱۳۸۴، نقشه برداری، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۴۶۴ صفحه.
- ۳- دیانت خواه، محمود، ۱۳۸۸، نقشه برداری مهندسی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ هشتم، ۴۹۴ صفحه.
- ۴- اکبرزاده خویی، حسین، ۱۳۷۸، نقشه برداری کاربردی (همراه با برنامه محاسباتی)، نشر آرم گستر، ۱۷۱ صفحه.

منابع انگلیسی

1. Schofield W., Breach M., 2007, Engineering Surveying, Elsevier Ltd., p. 622.

فصل اول:

مقدمه و مفاهیم عمومی

Introduction and general definitions

۱-۱- مقدمه

نقشه برداری^۱ علم تصویر نمودن قسمتی از سطح زمین با کلیه عوارض آن و با اندازه کوچکتر بر روی صفحه کاغذ است. بدیهی است در این عملیات، علوم ریاضیات عملی، فنون اندازه گیری و هنر ترسیم به همراه یکدیگر بکار برده می شوند. حاصل انجام عملیات نقشه برداری، ترسیم نقشه^۲ می باشد که طبق تعریف، نقشه تصویر افقی منطقه ای از زمین با اندازه کوچکتر بر روی صفحه کاغذ می باشد.

۱-۲- مراحل تهیه نقشه

برای تهیه یک نقشه باید مراحل زیر انجام شود:

- ۱- عملیات صحرائی: شامل شناسایی و بازایده های اولیه از محل پروژه^۳ انتخاب رئوس و حد و مرز منطقه و ایستگاه های اندازه گیری، اندازه گیری فاصله افقی، ارتفاع و زوایا می باشد.
- ۲- محاسبات دفتری: در این مرحله داده های حاصل از مرحله اول مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و یکسری داده های جدید از روی آنها بدست می آیند.
- ۳- ترسیم نقشه: این مرحله شامل انتقال داده های^۴ اندازه گیری شده با توجه به محاسبات حقیقی و مقیاس مورد نظر بر روی صفحه کاغذ می باشد.

1. Surveying
2. Map
3. Site
4. Data

۱-۳- انواع نقشه برداری

بطور کلی نقشه برداری به دو رشته اصلی زیر تقسیم می شود:

الف- توپولوژی^۱: مربوط به کیفیت تشکیل زمین می باشد. توپولوژی شاخه ای از علم ریاضی می باشد که ارتباط بین اجزای تشکیل دهنده عوارض را در حالت ریاضی (عددی) بیان می کند. به بیان دیگر، توپولوژی به معنای مکان شناسی می باشد و عبارت است از مجموعه ای از قوانین و روابط مکانی بین داده ها و عوارض که به منظور طراحی دقیق مدل ژئومتریک، بر اساس انطباق هندسی عوارض مورد استفاده قرار می گیرد.

ب- توپومتری^۲: فنون اندازه گیری و تعیین فرم زمین می باشد. توپومتری را با توجه به گسترده بودن دامنه آن به شاخه های مختلف زیر تقسیم بندی نموده اند:

۱- نقشه برداری ژئودزی و میکروژئودزی^۳: ژئودزی نوع پایه نقشه برداری جهت تعیین و بررسی شکل و ابعاد زمین و عوارض سطحی آن می باشد.

۲- نقشه برداری مسطحاتی (پلانیمتری)^۴ و ثبت املاکی (کاداستر^۵): کاداستر (پارسل مپ) به نقشه برداری ثبتی گفته می شود که با هدف تعیین حدود اراضی و مساحت قطعات ملکی، در حوزه املاک و مستغلات مورد استفاده قرار می گیرد.

۳- نقشه برداری ارتفاعی (آلتیمتری)^۶: این نوع نقشه برداری جهت تعیین ارتفاع و اختلاف ارتفاع نقاط و مناطق مختلف سطح زمین مورد استفاده قرار می گیرد.

۴- نقشه برداری توپوگرافی^۷: نقشه توپوگرافی، نقشه ای است که برای نمایاندن ویژگی های فیزیکی سطح زمین به کار می رود. این نقشه ها در مقیاس های بزرگ و کوچک می باشند و در مطالعات زمین شناسی به دلیل داشتن اطلاعات فواصل افقی و ارتفاع کاربرد دارد.

۵- نقشه برداری زیرزمینی^۸: نقشه برداری زیرزمینی، شامل برداشت و پیاده کردن نقشه های تونل ها و معادن زیرزمینی است.

۶- نقشه برداری هوایی یا فتوگرامتری^۹: فتوگرامتری، تهیه نقشه با استفاده از عکس برداری زمینی، هوایی یا ماهواره ای است.

۷- نقشه برداری آب نگاری یا هیدروگرافی^{۱۰}: آب نگاری (هیدروگرافی) تهیه نقشه و داده های مکانی از ژرفای آب ها است. همچنین این نوع نقشه برداری، به منظور داشتن موقعیت عمق دریاها و رودخانه ها جهت عبور و

-
1. Topology
 2. Topometry
 3. Geodesy and Microgeodesy
 4. Planimetry
 ۵. Cadastre
 6. Altimetry
 7. Topography surveying
 8. Underground surveying
 9. Photogrammetry
 10. Hydrography

مرور کشتی‌ها، زیردریایی‌ها، محل عبور لوله‌های نفت و گاز در اعماق دریاها، ایجاد اسکله‌های جدید و مکانیزه، احیای بنادر و تأسیسات ساحلی متعلق به آنها، همچنین بهره‌برداری صحیح و بهینه از دریاچه‌ها و سدها، از آن استفاده می‌شود.

۸- نقشه برداری مسیرها: نقشه برداری مسیر، برای طراحی و پیاده کردن مسیرها از قبیل راه، راه آهن و کانال کشتی استفاده می‌گردد.

۹- نقشه برداری شهری: این نوع نقشه برداری برای تهیه و اجرای طرح‌های جامع و تفصیلی شهرها به کار می‌رود.

۱۰- نقشه برداری نظامی^۱: نقشه برداری نظامی، برای تهیه نقشه‌های نظامی و تعیین نقاط مهم استراتژیکی یک منطقه و برای اهداف نظامی و آرایش و استقرار نیروهای نظامی و مواضع تعرضی و دفاعی با مقیاس بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۱- نقشه برداری زمین‌شناسی^۲ و هواشناسی: این نوع نقشه برداری در زمین‌شناسی برای نمایش جنس زمین و ساختارهای زمین‌شناسی و در هواشناسی به منظور نمایش توده‌های هوایی سرد و گرم و جهت حرکت آنها و همچنین پیش‌بینی وضعیت هوا مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱۲- سامانه اطلاعات جغرافیایی: سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۳ در این سیستم همه اطلاعات به صورت مکان مرجع، دسته‌بندی می‌شوند و کاربردهای فراوانی دارد، از جمله ذخیره، بازیابی، به هنگام‌سازی و پردازش داده‌های مکانی به منظور اتخاذ یا پشتیبانی یک تصمیم برای حل یک مسئله، به بهترین روش و کمترین هزینه را ممکن می‌سازد.

۱۳- سنجش از دور: سنجش از دور (RS)^۴ جمع‌آوری اطلاعات از عوارض سطح زمین، بدون تماس فیزیکی است، که بیشترین اتکای آن به تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. با توجه به انواع مختلف نقشه برداری که در بالا به آنها اشاره گردید، انواع مختلف نقشه تهیه می‌شود که در موارد فوق مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۴- مقیاس^۵

مقیاس عبارت است از نسبت فاصله افقی دو نقطه مشخص در روی نقشه به فاصله افقی همان دو نقطه در روی زمین. مقیاس به صورت‌های زیر نشان داده می‌شود:

۱. Military surveying

۲. Geological surveying

۳. Geographical Information System, GIS

۴. Remote sensing, RS

۵. Scale

۱- مقیاس ساده یا کسری: این نوع مقیاس بصورت یک کسر نمایش داده می شود که صورت کسر اندازه روی نقشه و مخرج آن اندازه روی زمین می باشد. مانند: $\frac{1}{20,000}$ یا $1:20,000$ و $\frac{1}{10,000}$ یا $1:10,000$.

۲- مقیاس خطی یا ترسیمی: این نوع مقیاس بصورت یک پاره نمایش داده می شود که در ابتدا و انتهای آن اعداد روی زمین نشان داده شده است. مانند:



۳- مقیاس مرکب: همان مقیاس کسری است در صورتی که واحد صورت و مخرج کسر با هم یکسان نباشند.

$$\text{مانند: } \frac{1 \text{ in}}{5 \text{ Mile}} \text{ یا } \frac{2 \text{ in}}{50 \text{ km}}$$

۱-۵- انواع نقشه از نظر مقیاس

نقشه ها را بر اساس مقیاس آنها به انواع زیر طبقه بندی می کنند:

- ۱- نقشه های خیلی بزرگ مقیاس: مقیاس این نقشه ها بزرگتر از $\frac{1}{500}$ می باشد.
- ۲- نقشه های بزرگ مقیاس: در این نقشه ها مقیاس بین $\frac{1}{500}$ تا $\frac{1}{10,000}$ می باشد.
- ۳- نقشه های متوسط مقیاس: در این نقشه ها مقیاس بین $\frac{1}{10,000}$ تا $\frac{1}{50,000}$ می باشد.
- ۴- نقشه های کوچک مقیاس: در این نقشه ها مقیاس بین $\frac{1}{50,000}$ تا $\frac{1}{250,000}$ می باشد.
- ۵- نقشه های خیلی کوچک مقیاس: مقیاس این نقشه ها کوچکتر از $\frac{1}{250,000}$ می باشد.

۱-۶- برخی مفاهیم مورد استفاده در نقشه برداری

با توجه به شکل (۱-۱) مهمترین تعاریف مورد استفاده در نقشه برداری به شرح زیر می باشند:

- ۱- سطح تراز: سطحی است که امتداد نیروی ثقل وارده بر آن سطح عمود باشد.
- ۲- سطح ژئوئید^۱: سطح تراز است که منطبق بر سطح آبهای آزاد می باشد. بنابراین سطح ژئوئید یک سطح کروی است که کل کره زمین را احاطه کرده است.
- ۳- مدار^۲: دایره فرضی در روی کره زمین می باشند که مرکز همه آنها واقع بر خطی است که قطب شمال را به قطب جنوب وصل می کند و همه آنها بر این خط عمود می باشند.

1. Geoid level
2. Orbit

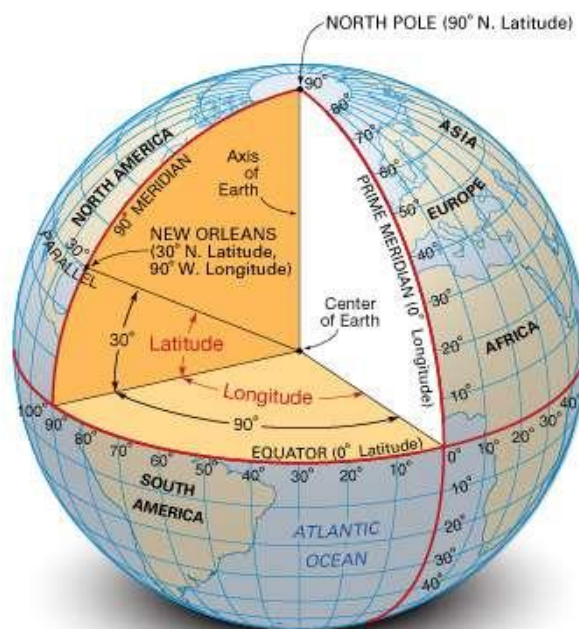
۴- نصف النهار^۱: نیم دواپره‌های فرضی در روی کره زمین می‌باشند که قطب شمال را به قطب جنوب متصل کرده و قطر همه آنها خط واصل قطب شمال و جنوب می‌باشد که از درون کره زمین عبور می‌کند.

۵- استوا^۲: بزرگترین مداری است که مرکز آن بر مرکز کره زمین واقع است و زمین را به دو نیم کره شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند.

۶- نصف النهار مبدأ^۳: همان نصف النهار گرینویچ است که از رصدخانه گرینویچ واقع در نزدیک لندن می‌گذرد.

۷- عرض جغرافیایی^۴: زاویه‌ای است که مدار عبوری از نقطه مورد نظر با استوا می‌سازد، که آن را با ϕ نمایش می‌دهند. به عبارت بهتر عرض جغرافیایی، زاویه‌ای است که یک نقطه مورد نظر از سطح زمین با تصویرش در روی استوا و مرکز زمین می‌سازد. این زاویه بین ۰ تا ۹۰ درجه شمالی و ۰ تا ۹۰ درجه جنوبی در تغییر است. بنابراین عرض جغرافیایی استوا صفر و عرض جغرافیایی قطبین زمین ۹۰ درجه می‌باشد.

۸- طول جغرافیایی^۵: زاویه‌ای است که نصف النهار عبوری از نقطه مورد نظر با نصف النهار گرینویچ می‌سازد و با λ نمایش داده می‌شود. به عبارت دیگر طول جغرافیایی، زاویه‌ای است که یک نقطه مورد نظر از سطح زمین با تصویرش در روی نصف النهار مبدأ و تصویر دیگرش در روی خط واصل قطبین زمین می‌سازد و بین ۰ تا ۱۸۰ درجه شرقی و ۰ تا ۱۸۰ درجه غربی در تغییر است. طول جغرافیایی نصف النهار مبدأ طبق قرارداد، صفر منظور شده است.



شکل ۱-۱- مفهوم طول و عرض جغرافیایی

1. Meridian
2. Equator
3. Prim Meridian
4. Latitude
5. Longitude

فصل دوم:

تئوری خطاها

Theory of errors

۲-۱- مقدمه

در انجام کارهای عملی همواره کار مورد نظر با خطا مواجه است و عملیات نقشه برداری نیز بعنوان یک فعالیت عملی از این قاعده کلی مستثنی نمی باشد. خطا^۱ عبارت است از میزان تفاوت بین مقدار حقیقی یک کمیت با مقدار اندازه گیری شده آن. اشتباه^۲ با خطا کاملاً متفاوت است. اشتباه در اثر عدم دقت فرد یا نقص دستگاه ایجاد می شود که در نقشه برداری به هیچ وجه قابل قبول نمی باشد، لذا برای دوری از اشتباه باید کار متکی بر کنترل باشد. کنترل به دو صورت انجام می شود: ۱- تکرار عملیات ۲- محاسبه نتیجه از روشی دیگر و مقایسه آن با نتیجه بدست آمده از روش انجام عملیات، که مورد اول کنترل مستقیم و مورد دوم کنترل غیرمستقیم نامیده می شود.

۲-۲- منابع ایجاد کننده خطا

خطاهای ایجاد شده در عملیات نقشه برداری ممکن است از یک یا چند منبع از منابع زیر رخ داده باشند:

- ۱- دستگاه اندازه گیری
- ۲- شرایط جوی و ساعت کار
- ۳- روش کار
- ۴- فرد نقشه بردار (فرد عامل)

1. Error
2. Mistake

۲-۳- خطای مرکب

خطاهای اندازه‌گیری یک کمیت گاهی مربوط به یک خطا و گاهی از مجموعه چند خطا ایجاد می‌شوند. معمولاً اندازه‌گیری‌ها دارای خطاهای مرکب می‌باشند. مثلاً در عملیات مترکشی ممکن است خطاهای ذیل وجود داشته باشند.

- ۱- خطای کشیدن نامناسب متر
- ۲- خطای شرایط جوی و تاثیر آن بر روی متر
- ۳- خطای قرائت متر
- ۴- خطای افقی نبودن متر در اندازه‌گیری فاصله افقی

۲-۴- انواع خطا

بطور کلی خطاها را از نظر ماهیت می‌توان به دو دسته تجمعی و اتفاقی طبقه‌بندی نمود:

۲-۴-۱- خطای تجمعی، تدریجی یا سیستماتیک^۱

این خطا خطرناک‌ترین نوع خطا می‌باشد چون جمع شونده بوده و در حین عملیات مقدار آن زیاد می‌شود. این نوع خطا معمولاً در اثر بهم خوردن تنظیمات دستگاه‌های اندازه‌گیری ایجاد می‌شود.

۲-۴-۲- خطاهای اتفاقی^۲

این نوع خطاها برخلاف خطای سیستماتیک دارای جهت مشخصی نبوده و در عمل ممکن است مجموع خطاهای اتفاقی چند اندازه‌گیری معادل صفر باشد. معمولاً در اندازه‌گیری‌ها اگر کمیتی n بار اندازه‌گیری شود، در حالتیکه مقدار n خیلی زیاد باشد، مقدار خطای اتفاقی صفر منظور می‌گردد. خطاهای اتفاقی دارای انواع زیر می‌باشند:

۱- خطای احتمالی^۳: خطایی است که احتمال وقوع آن ۵۰٪ می‌باشد. مثل قرائت عدد 5.65 به جای عدد 5.56

۲- خطای ماکزیموم^۴: خطایی است که احتمال وقوع آن ۱٪ باشد. به عبارت دیگر در هر اندازه‌گیری ممکن است قدر مطلق یکی از خطاها از بقیه خطاها بیشتر باشد و هر یک از اندازه‌گیری‌ها که مقدار خطایش از خطای ماکزیمم بیشتر باشد اشتباه است. مقدار خطای ماکزیمم از طریق رابطه زیر قابل اندازه‌گیری است:

1. Systematic error
2. Accidental error
3. Probable error
4. Maximum error

$$e_M = 2.675 e_q$$

در این رابطه، e_M خطای ماکزیموم و e_q خطای متوسط هندسی می باشد. در عمل $e_M = 2.5 e_q$ فرض می شود.

۳- خطای متوسط حسابی^۱: اگر یک کمیت در دفعات مختلف اندازه گیری شده باشد، خارج قسمت مجموع قدر مطلق خطاهای اندازه گیری شده بر دفعات اندازه گیری، خطای متوسط حسابی نامیده می شود و از طریق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$e_a = \frac{|e_1| + |e_2| + \dots + |e_n|}{n} \Rightarrow e_a = \frac{\sum |e|}{n}$$

۴- خطای متوسط هندسی^۲ یا خطای استاندارد^۳: این خطا در نقشه برداری پایه خطاهاست و خطای و سایل اندازه گیری با این خطا مشخص می شود و مقدار آن از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$e_q = Q = \pm \sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2}{n}} = \pm \sqrt{\frac{\sum e^2}{n}}$$

۲-۵- میانگین اندازه گیری

اگر یک کمیت مانند X چند بار بصورت X_1, X_2, \dots, X_n اندازه گیری شود، مقدار x_o یا میانگین اندازه گیری به صورت $X_o = \frac{\sum X}{n}$ می باشد که بهترین جواب برای کمیت X می باشد.

۲-۶- خطای ظاهری

تفاوت مقدار حقیقی هر کمیت با مقدار اندازه گیری شده خطا نامیده می شود. همانگونه که می دانیم مقدار حقیقی کمیت همیشه برای ما مجهول است. لذا می توان خطای ظاهری $(X_o - X_i = V_i)$ را برای هر اندازه گیری بدست آورد. این مقدار را خطای باقیمانده^۴ می نامند. بنابراین مقدار خطای متوسط حسابی (e_a) در واقع از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$e_a = \frac{\sum |V|}{n}$$

-
1. Mean arithmetic error
 2. Mean quadratic error
 3. Standard error
 4. Residual error

۲-۷- روابط بین خطاها

بین خطاهای مختلف مذکور روابط زیر برقرار است:

$$e_p = \frac{2}{3} e_q$$

$$e_q = 1.25 e_q$$

$$e_M = 4e_p = 2.5e_q$$

$$\sum e^2(n-1) = n \sum V^2 \Rightarrow \frac{\sum e^2}{n} = \frac{\sum V^2}{n-1}$$

$$e_q = \pm \sqrt{\frac{\sum e^2}{n}} = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2}{n-1}}$$

$$\alpha = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2}{n(n-1)}}$$

در این روابط، α تفاوت بین مقدار حقیقی کمیت با مقدار میانگین آن ($\alpha = X - X_o$) است.

۲-۸- خطای نسبی یا دقت

اگر برای کمیتی مانند m یا x خطای e منظور شود نسبت $\frac{e}{m}$ را خطای نسبی را دقت می گویند و آنرا با e_r نمایش می دهند. اکثراً در محاسبه خطای نسبی به جای e مقدار $e_M = 2.5e_q$ را قرار می دهند.

$$e_r = \frac{e}{m} = \frac{e_M}{m} = \frac{2.5e_q}{m}$$

تمرین: اگر در یک عملیات مترکشی فاصله نقاط A تا B ۵ بار اندازه گیری شده باشد و هر بار فاصله مطابق جدول (۱-۱) باشد، مطلوب است محاسبه: خطای متوسط هندسی، خطای متوسط حسابی، خطای ماکزیموم، خطاهای ظاهری برای هر بار اندازه گیری فاصله AB و خطای نسبی

جدول ۱-۱- داده های تمرین

دفعات اندازه گیری	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
AB (m)	99.50	100.00	99.75	100.25	100.50

فصل سوم:

اندازه گیری فاصله

Distance measurement

۳-۱- مقدمه

در گذشته‌های نه چندان دور انسان برای تعیین فاصله بین دو نقطه که حدود چند کیلومتر با هم فاصله داشتند، متحمل سختی‌های بسیاری می‌شد و زمان زیادی را صرف می‌کرد. ولی در حال حاضر با استفاده از دستگاه‌های مدرن می‌توان فواصل چندین کیلومتر را در زمان کوتاه و با دقت زیاد اندازه‌گیری نمود.

برای تهیه نقشه نیاز به اندازه‌گیری پارامترهای متعددی مانند اندازه‌گیری فاصله افقی، اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع و اندازه‌گیری زاویه می‌باشد. بنابراین اندازه‌گیری فاصله (فاصله افقی و اختلاف ارتفاع) جزء یکی از مهمترین موارد اندازه‌گیری در نقشه‌برداری محسوب می‌شوند. واحد اصلی اندازه‌گیری فاصله در دستگاه SI

متر می‌باشد که مقدار آن $\frac{1}{40 \times 10^6}$ پیرامون استوا است.

۳-۲- روش‌های مختلف اندازه‌گیری فاصله

اندازه‌گیری فاصله ممکن است به یکی از سه روش زیر صورت گیرد:

- ۱- اندازه‌گیری فاصله به روش مستقیم
- ۲- اندازه‌گیری فاصله به روش غیرمستقیم
- ۳- اندازه‌گیری فاصله به روش استفاده از امواج رادیویی و نور

۳-۲-۱- اندازه‌گیری فاصله به روش مستقیم

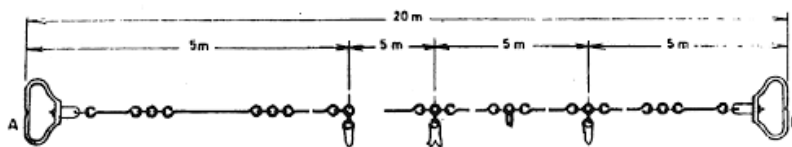
در این روش از وسایلی مانند قدم، طناب، متر و مترانوار استفاده می‌شود. این روش از نظر دقت و وسایل مورد استفاده به سه دسته کم دقت، دقت معمولی یا متوسط و دقیق تقسیم می‌شود.

۳-۲-۱-۱- اندازه گیری فاصله توسط وسایل کم دقت

- ۱- اندازه گیری فاصله توسط قدم شماری
- ۲- اندازه گیری فاصله توسط استفاده از سرعت: در این روش با استفاده از یک جسم با سرعت تقریباً ثابت و رابطه $x = v \cdot t$ مقدار فاصله قابل اندازه گیری می باشد.
- ۳- اندازه گیری فاصله با استفاده از پیرامون استوانه های دوار.
- ۴- اندازه گیری فاصله با استفاده از پیرامون ثابت گردونه ای: مثل استفاده از چرخ های ماشین یا دوچرخه.

۳-۲-۱-۲- اندازه گیری فاصله با وسایل دارای دقت متوسط

- ۱- زنجیر مساحی: این وسیله از مفتول های فلزی به طول ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر ساخته شده و بوسیله حلقه های فلزی به هم متصل شده اند (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱- تصاویری از زنجیر مساحی

- ۲- متر پارچه ای یا پلاستیکی: برای اندازه گیری فواصل کوتاه استفاده می شود که دقت آن بین $\frac{1}{1000}$ تا $\frac{1}{3000}$ می باشد (شکل ۳-۲-الف).

- ۳- نوارهای فلزی یا مترهای فلزی: می توان با این وسیله به دقت تا $\frac{1}{5000}$ دست یافت (شکل ۳-۲-ب).



(ب)



(الف)

شکل ۳-۲- تصاویری از مترهای الف) پارچه ای و ب) فلزی

۳-۱-۲-۳- اندازه گیری فاصله با وسایل دقیق

۱- مترانوار، سیم انوار یا مفتول انوار: این وسیله از آلیاژی به نام انوار (Invar) که ترکیبی در نیکل و فولاد است ساخته می شود و ضریب انبساط طولی آن بسیار ناچیز (حدود $\alpha = 4 \times 10^{-7}$) می باشد. به دقت حدود $\frac{1}{10^6}$ توسط این وسیله می توان دست یافت.

۳-۳- اصول متر کشی

۱-۳-۳- اصول متر کشی در زمین های افقی

متر کشی به طریقه عملی در مراحل زیر صورت می گیرد:

- ۱- امتداد گذاری: به منظور اندازه گیری فواصل زیاد که بیشتر از طول متر می باشد، باید ابتدا مسیر مورد نظر امتداد گذاری شود و در بین ابتدا و انتهای مسیر ژالونهایی در امتداد یک خط راست قرار گیرند.
- ۲- علامت گذاری: در محل هر ژالون یک میخ کوبیده شده یا با هر وسیله ای علامت گذاری می گردد.
- ۳- متر کشی و قراعت متر: نوار بین دو میخ متوالی گسترده و فاصله آنها قراعت می شود.
- ۴- یادداشت فاصله ها

۲-۳-۳- اصول متر کشی در زمین های شیب دار و ناهموار

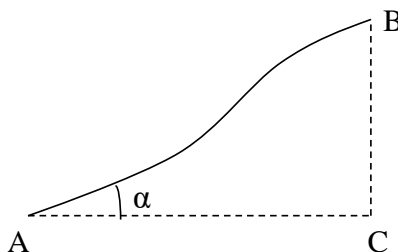
۱- متر کشی بصورت افقی

در این روش فاصله بین دو نقطه امتداد گذاری را متناسب با شیب زمین انتخاب نموده و سپس به کمک ژالون یا شاقول بصورت افقی اندازه گیری می شود.

۲- اندازه گیری در امتداد شیب

در این حالت متر به موازات شیب کشیده شده و زاویه شیب توسط شیب سنج و یا زاویه یاب اندازه گیری می شود (شکل ۳-۳). از رابطه زیر می توان طول افقی را بدست آورد:

$$AC = AB \cos \alpha$$



شکل ۳-۳- مفاهیم فواصل افقی و شیب دار

۳-۳-۳- خطاها در متر کشی

در انجام عملیات متر کشی ممکن است خطاهایی رخ دهد که مهمترین آنها عبارتند از:

۱- خطای دستگاهی یا خطای متر

خطای دستگاهی از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$C_L = \frac{\ell' - \ell}{l}$$

در این رابطه، C_L تصحیح طولی برای یک متر، ℓ طول اسمی نوار متر، ℓ' طول فعلی نوار متر می باشد.

۲- خطای طبیعی یا شرایط جوی

مهمترین انواع این نوع خطا عبارتند از:

الف) خطای درجه حرارت: این خطا از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

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

در این رابطه، C_t مقدار تصحیح برای L متر، t درجه حرارت محیط کار، t_0 درجه حرارت محیط ساخت و α ضریب انبساط طولی می باشد.

ب) خطای کمانه یا خطای شنت: این خطا از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$C_g = \frac{\ell(P \times \ell)^2}{24F^2}$$

در این رابطه، P وزن واحد طول نوار، F نیروی کششی و ℓ طول نوار می باشد.

۳- خطای عامل و روش کار (خطاهای انسانی)

مهمترین انواع این نوع خطا عبارتند از:

الف) خطای کشش نامناسب: این خطا از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$C_P = \frac{P - P_0}{A \times E}$$

در این رابطه، P نیروی کشش وارده، P_0 نیروی کشش استاندارد، A سطح مقطع نوار (cm^2) و E مدول یانگ^۱ (kg/cm^2) می باشد.

ب) خطای افقی نبودن متر: این خطا از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$h = L \cdot \cos \alpha$$

ج) خطای امتدادگذاری: این خطا از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$C = \frac{\Delta h^2}{2L}$$

بطور خلاصه می توان خطاهایی که در مترکشی ایجاد می شود را به صورت زیر خلاصه نمود:

- ۱- خطای درست نبودن طول متر
- ۲- خطای درجه حرارت
- ۳- خطای کمانی بودن نوار (خطای شنت)
- ۴- خطای کشش نامناسب
- ۵- خطای افقی نبودن متر
- ۶- خطای امتداد گذاری
- ۷- تصحیح تبدیل به سطح مقایسه
- ۸- خطای علامت گذاری
- ۹- خطای قراعت متر

۳-۴- اندازه گیری فاصله به روش غیرمستقیم

اندازه گیری فاصله به روش غیر مستقیم به چهار روش زیر قابل انجام است:

- ۱- روش استادیتری^۱
- ۲- روش پارالاکتیک^۲
- ۳- روش تله متری^۳
- ۴- روش محاسبه ای^۴

۳-۴-۱- روش استادیتری

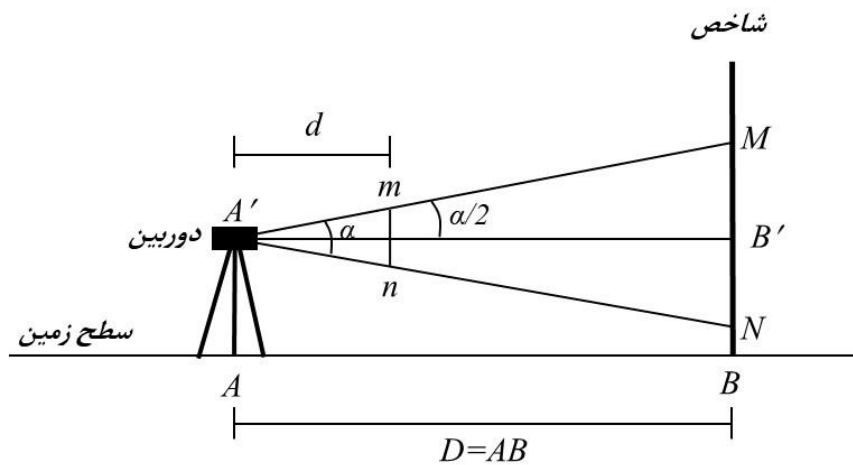
۳-۴-۱-۱- استادیتری در زمین افقی

وسایلی که در این روش استفاده می شوند شامل دوربین نیوو، سه پایه و شاخص یا استادیا می باشند (شکل ۳-۴). اصول روش استادیتری در زمین افقی بر قضیه تالس استوار است و بر اساس شکل (۳-۵) و روش زیر می باشد:

-
1. Stadiometry Method
 2. Paralactic Method
 3. Telemetry Method
 4. Calculation Method



شکل ۳-۴- تصاویری از دوربین نیوو، سه پایه و شاخص



شکل ۳-۵- اندازه گیری فاصله به روش استادیمتری در زمین افقی

$$\frac{MN}{D} = \frac{mn}{d} \Rightarrow D = AB = \frac{d}{mn} \cdot MN \quad \text{یا} \quad \cot\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{A'B'}{B'M} \Rightarrow$$

$$A'B' = AB = B'M \quad \cot\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{1}{2} MN \cot\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1/2 \cot\left(\frac{\alpha}{2}\right) = K \\ AB = K \cdot MN \\ MN = U - L \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{AB = K(U - L)}$$

$K = 100$ ضریب استادیمتری دوربین

در این روابط، U و L به ترتیب قرائت تارهای بالا و پایین دوربین از روی شاخص می باشند.

انواع استادیمتری

۱- استادیمتری با زاویه ثابت: در این حالت مقادیر d و mn معلوم و ثابت می‌باشند در نتیجه با اندازه‌گیری MN فاصله AB بدست می‌آید.

نوعی از دوربین‌های نقشه‌برداری طوری ساخته شده‌اند که در آنها $AB = K \cdot MN$ می‌باشد و مقدار $K = 100$ است این دوربین‌ها، دوربین‌های آنالکتیک نامیده می‌شوند.

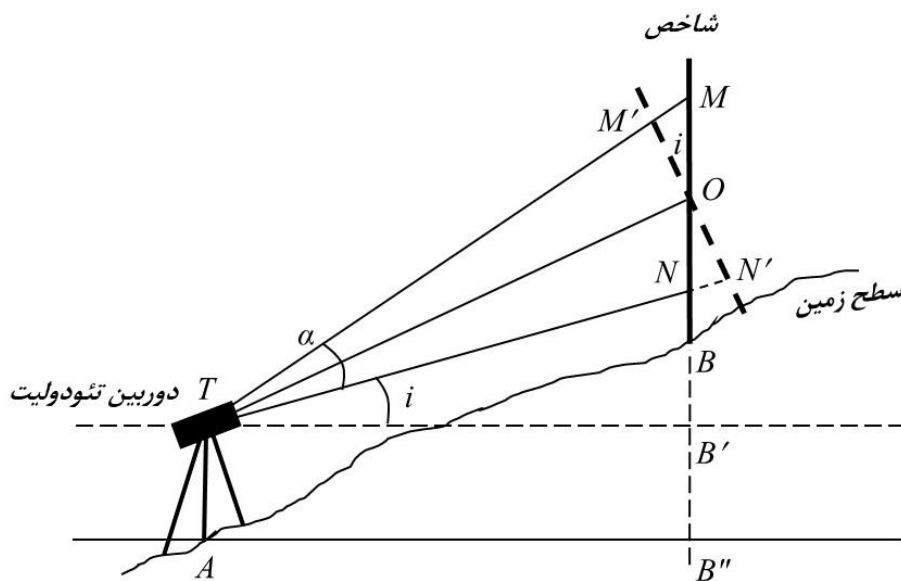
۲- استادیمتری با زاویه متغیر: در این حالت مقادیر d و MN و یا مقادیر MN و mn معلوم و ثابت می‌باشند.

۳-۴-۱-۲- استادیمتری در زمین شیب‌دار

وسایلی که برای این روش استفاده می‌شوند دوربین تئودولیت، سه‌پایه و شاخص می‌باشند. شکل (۳-۶) تصویری از دوربین تئودولیت را نشان می‌دهد. در این حالت، مطابق با شکل (۳-۷)، هدف اندازه‌گیری طول افقی AB (یعنی $A'B''$ یا TB') و اختلاف ارتفاع نقاط A و B می‌باشد.



شکل ۳-۶- تصویری از دوربین تئودولیت



شکل ۳-۷- اندازه گیری فاصله به روش استادیومتری در زمین شیب دار

$$TB' = TO \cdot \cos i \quad I$$

$$TO = K \cdot MN' \quad II$$

اگر زاویه α خیلی کوچک باشد آنگاه مثلث های OMM' و ONN' هر دو قائم الزاویه می باشند، در نتیجه:

$$\left. \begin{aligned} OM' &= OM \cos i \\ ON' &= ON \cos i \end{aligned} \right\} \Rightarrow MN' = OM' + ON' = MN \cos i \quad III$$

$$III \rightarrow II \Rightarrow TO = MN \cos i \cdot K \quad IV$$

$$IV \rightarrow I \Rightarrow TB' = A'B'' = K MN \cos^2 i \Rightarrow \boxed{AB = K(U - L) \cos^2 i}$$

اندازه گیری اختلاف ارتفاع به روش استادیومتری (روش تاکئومتری)

با توجه به شکل بالا می توان نوشت:

$$\Delta h_{AB} = OB' + B'B'' - OB$$

$$OB' = TO \sin i = (K \cdot MN \cos i) \sin i$$

$$B'B'' = TA = h_i$$

ارتفاع دوربین که می توان با متر یا شاخص آنرا اندازه گرفت:

$$OB = h_s$$

ارتفاع تار وسط دوربین از روی شاخص می باشد:

$$\Rightarrow \Delta H_{AB} = K \cdot MN \cos i \cdot \sin i + h_i - h_s$$

نکته ۱: اگر تار وسط برابر ارتفاع دوربین قرار گیرد، آنگاه $h_i - h_s = 0$ است و رابطه بصورت زیر ساده خواهد

شد:

$$\boxed{\Delta H_{AB} = K(U - L) \cos i \cdot \sin i}$$

نکته ۲: اگر زمین دارای شیب خیلی کم باشد می توان i را معادل صفر فرض نموده و داریم $\cos^2 i = 1$ و $\sin i \cdot \cos i = 0$ با توجه به روابط بالا، جداولی به نام جداول تاکئومتری تدوین شده است که براساس زاویه شیب (i) و مقدار $K.MN$ طرح ریزی شده اند.

۳-۱-۴-۳- خطاهای روش استادیمتری

الف- خطاهای سیستماتیک

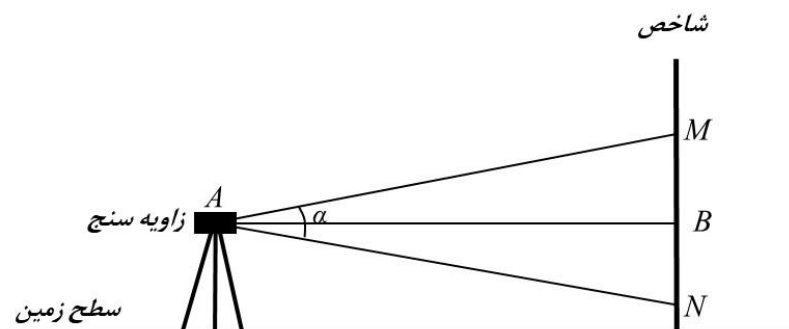
- ۱- خطای ناشی از انکسار نور: در زمانی که شیب دار است چون پرتو نوری که از مسیر به چشم فرد می رسد از لایه های مختلف عبور می کند، می شکند که باعث ایجاد خطا می شود.
- ۲- خطای قراعت
- ۳- خطای قائم نبودن شاخص (مسیر).
- ۴- خطای تغییر طول شاخص (میر یا استادیا) در اثر عوامل جوی و درجه حرارت محیط

ب- خطاهای اتفاقی

- ۱- خطای پارالاکس: ناشی از عدم انطباق تصویر تارهای رتیکول و تصویر شاخص می باشد.
- ۲- خطای ایستگاه گذاری: ممکن است شاخص دقیقاً در ایستگاه امتداد گذاری شده قرار نگرفته باشد.
- ۳- خطای قراعت میر
- ۴- خطای قراعت زاویه قائم

۳-۱-۴-۲- اندازه گیری فاصله به روش پارالاکتیک

در این حالت، در نقطه A یک زاویه سنج قرار گرفته و زاویه $\alpha/2$ اندازه گیری می شود (شکل ۳-۸). سپس طبق روابط زیر فاصله AB محاسبه می گردد:



شکل ۳-۸- اندازه گیری فاصله به روش پارالاکتیک

$$\cot\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{AB}{MB} \Rightarrow AB = MB \cot\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\Rightarrow AB = 1/2 MN \cot\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

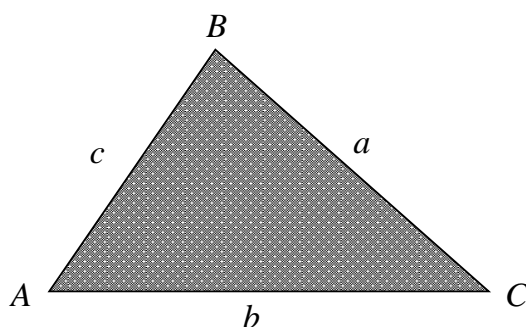
۳-۴-۳- اندازه گیری فاصله با استفاده از روش تله متری

تله مترها وسایلی هستند که بطور کلی از دو عدسی شیئی مشابه که به فاصله ثابتی از یکدیگر قرار دارند ساخته شده اند. این فاصله ثابت را مبنا یا باز تله متر می گویند. این وسایل فواصل ۵۰ تا ۱۰۰۰ متری را می-توانند بطور غیرمستقیم اندازه گیری نمایند.

۳-۴-۴- اندازه گیری فاصله به روش محاسبه ای

در این روش، با استفاده از روابط مثلثاتی و با معلوم بودن طول و زوایای مثلث یا دیگر اشکال هندسی، می توان ضلع مجهول را اندازه گیری کرد. یکی از این روشها استفاده از رابطه زیر و شکل (۳-۹) می باشد:

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$



شکل ۳-۹- اندازه گیری فاصله به روش محاسبه ای

۳-۴-۵- روش اندازه گیری فاصله با استفاده از امواج

در این روش با دانستن سرعت موج یا نور و ارسال آنها از نقطه مبدا و بازگشت آن از نقطه انتهایی و ثبت زمان رفت و برگشت و استفاده از رابطه زیر می توان فاصله بین نقاط مبدا و مقصد را بدست آورد:

$$D = 1/2 v.t$$

۳-۵- اندازه گیری فاصله در صورت وجود مانع

در این موارد بسته به اینکه مانع قابل دورزدن باشد یا نباشد می توان از روابط هندسی و مثلثاتی برای محاسبه فاصله مجهول استفاده کرد.

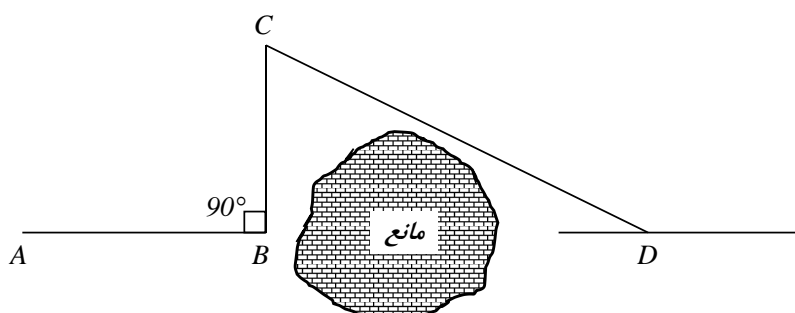
۳-۵-۱- در صورتی که مانع قابل دور زدن باشد

در صورتی که مانع قابل دور زدن باشد به کمک شکل‌های مختلف هندسی می‌توان فاصله مجهول را بدست آورد که مهمترین این شکل‌ها به شرح زیر می‌باشند:

الف) استفاده از مثلث قائم الزاویه: در این حالت، با استفاده از رابطه زیر و شکل (۳-۱۰)، فاصله مجهول قابل اندازه‌گیری می‌باشد:

$$BD^2 = CD^2 - BC^2 \Rightarrow$$

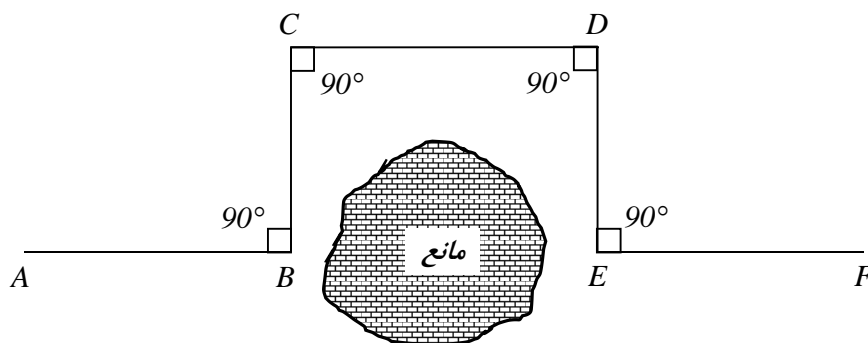
$$BD = \sqrt{CD^2 - BC^2}$$



شکل ۳-۱۰- اندازه‌گیری فاصله با استفاده از مثلث قائم الزاویه

ب) استفاده از مستطیل: در این حالت، با استفاده از رابطه زیر و شکل (۳-۱۱)، فاصله مجهول قابل اندازه‌گیری می‌باشد:

$$BE = CD$$



شکل ۳-۱۱- اندازه‌گیری فاصله با استفاده از مستطیل

ج) استفاده از تشابه دو مثلث: در این حالت، با استفاده از رابطه زیر و شکل (۳-۱۲)، مراحل تعیین فاصله مجهول به شرح زیر می‌باشد:

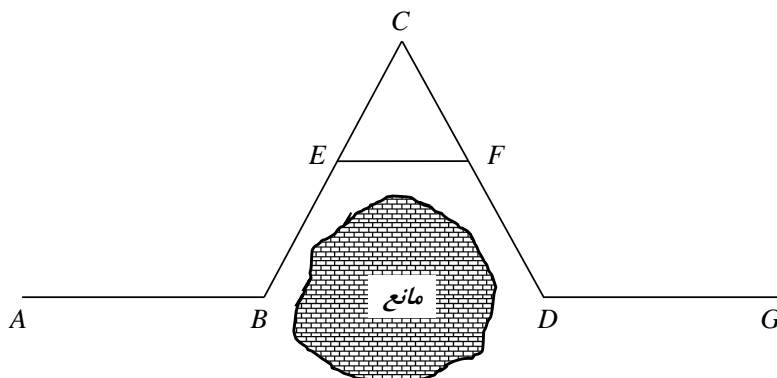
۱- BC را بطور دلخواه رسم می‌کنیم

۲- EF را طوری انتخاب می‌کنیم که: $CE = \frac{1}{3} BC$

۳- CF را طوری انتخاب می‌کنیم که: $CF = \frac{1}{3} CD$

۴- در این صورت:

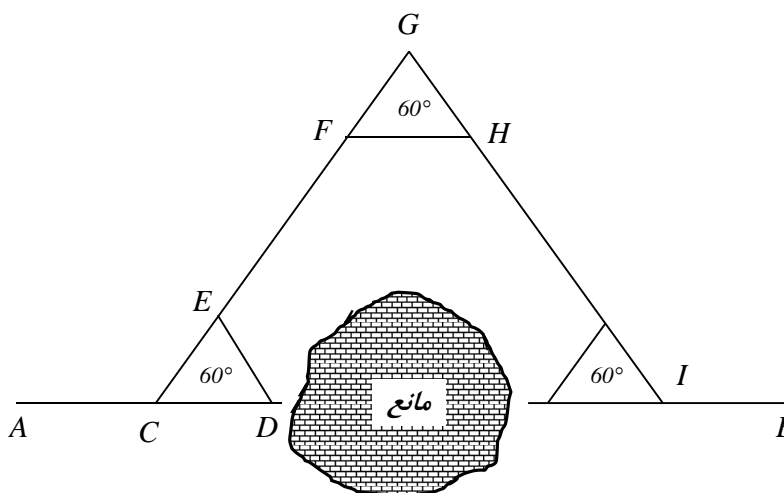
$$\frac{EF}{BD} = \frac{CE}{BC} \Rightarrow BD = \frac{EF \cdot BC}{CE}$$



شکل ۳-۱۲- اندازه‌گیری فاصله با استفاده از تشابه دو مثلث

د) استفاده از مثلث متساوی‌الاضلاع: در این حالت، با استفاده از رابطه زیر و شکل (۳-۱۳)، فاصله مجهول قابل اندازه‌گیری می‌باشد:

$$CI = CG = GI$$



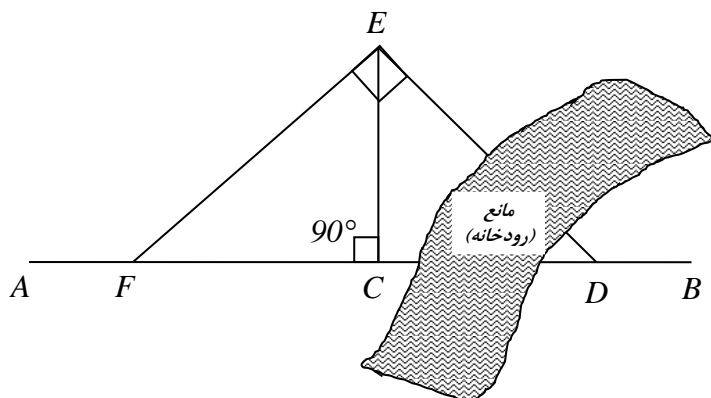
شکل ۳-۱۳- اندازه‌گیری فاصله با استفاده از مثلث متساوی‌الاضلاع

۳-۵-۲- در صورتی که مانع قابل دور زدن نباشد:

الف) استفاده از تشابه دو مثلث قائم الزاویه: در این حالت، با استفاده از رابطه زیر و شکل (۳-۱۴)، فاصله مجهول قابل اندازه‌گیری می‌باشد:

$$\frac{FC}{CE} = \frac{CE}{CD} \Rightarrow$$

$$CD = \frac{CE^2}{CF}$$



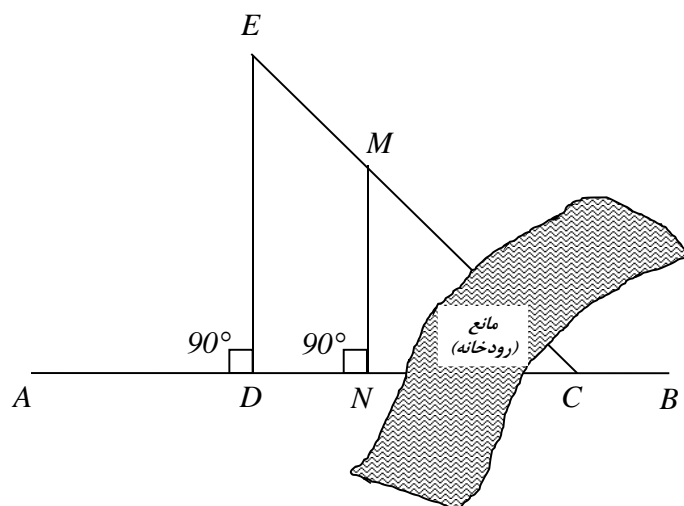
شکل ۳-۱۴- اندازه گیری فاصله با استفاده از تشابه دو مثلث قائم الزاویه

ب) استفاده از تشابه دو مثلث قائم الزاویه: در این حالت، با استفاده از رابطه زیر و شکل (۳-۱۵)، فاصله مجهول قابل اندازه گیری می باشد:

$$\frac{DE}{MN} = \frac{CD}{NC}$$

$$\frac{DE}{MN} = \frac{DN + NC}{NC} \Rightarrow$$

NC قابل محاسبه است.



شکل ۳-۱۵- اندازه گیری فاصله با استفاده از تشابه دو مثلث قائم الزاویه

فصل چهارم:

ترازیابی

Levelling

۴-۱- مقدمه

عملیات تعیین ارتفاع^۱ یا اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به یکدیگر را ترازیابی^۲ می‌گویند. به عبارت دیگر ترازیابی عملیات اندازه‌گیری فاصله عمودی نقاط از یک سطح مبنا یا از یکدیگر می‌باشد. قبل از انجام عملیات ترازیابی باید با برخی از مفاهیم آشنا شد. به همین دلیل در این قسمت مهمترین تعاریف مورد استفاده در ترازیابی ارائه می‌شوند:

سطح تراز: سطحی است که هر نقطه از آن بر امتداد شاقولی در آن نقطه عمود باشد. لذا ارتفاع تمام نقاط واقع بر این سطح برابر خواهد بود.

خط تراز: هر منحنی واقع بر یک سطح تراز را خط تراز می‌گویند. بنابراین همه نقاط روی منحنی تراز دارای ارتفاع یکسان هستند.

صفحه افقی: صفحه‌ای است که بر امتداد شاقولی در تمام نقاط خود عمود باشد.

خط افقی: خطی است که بر امتداد شاقولی در یک نقطه عمود باشد (روی صفحه افقی است).

امتداد قائم: امتدادی که هر نقطه در روی سطح زمین را به مرکز زمین متصل می‌کند.

سطح مبنا: طبیعی‌ترین سطحی که مبنای عمومی سنجش ارتفاعات فرض می‌شود. ای سطح، سطح آبهای آزاد است که به آن سطح ژئوئید نیز می‌گویند.

ارتفاع یک نقطه: فاصله قائم هر نقطه از سطح آبهای آزاد یا سطح ژئوئید می‌باشد.

اختلاف ارتفاع: فاصله قائم دو نقطه نسبت به هم می‌باشد.

1. Elevation or altitude
2. Levelling, Nivelment or Altimetry

بنچ مارک^۱: نقاط دارای موقعیت مشخصی می‌باشند که دارای ارتفاع معلوم هستند و بر اساس اهمیت به چهار دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱- بنچ مارک ژئودزی: نقاطی هستند که ارتفاع آنها در یک سری عملیات دقیق ترازیابی و ژئودزی تعیین گردیده است.

۲- بنچ مارک دائمی: نقاطی که ارتفاع آنها از روی بنچ مارک ژئودزی تعیین می‌گردد.

۳- بنچ مارک اختیاری: در عملیات‌های نقشه برداری کوچک مقیاس، نقاطی هستند که ارتفاع آنها فرضی اختیار می‌شود و ارتفاع سایر نقاط با آن سنجیده می‌شود.

۴- بنچ مارک موقتی: نقاطی که در عملیات ترازیابی بعنوان بنچ مارک در نظر گرفته شده و در پایان عملیات از بین می‌روند.

۴-۲- انواع ترازیابی

ترازیابی به روش‌های مختلفی انجام می‌شود که مهمترین انواع آن به شرح زیر می‌باشند:

۱- ترازیابی فشارسنجی یا بارومتری

۲- ترازیابی غیرمستقیم یا مثلثاتی

۳- ترازیابی مستقیم یا هندسی

۴- ترازیابی دقیق

۴-۲-۱- ترازیابی بارومتری

این روش یک روش کم دقت برای انجام ترازیابی است که براساس اختلاف فشار، درجه حرارت و درجه رطوبت هوا در لایه‌های مختلف هوا استوار است. در این روش، از طریق رابطه زیر می‌توان اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را بدست آورد:

$$\Delta h_{AB} = 18400 \left(1 + \alpha \cdot \frac{t_A - t_B}{2} \log \frac{P_A}{P_B} \right)$$

در این رابطه، Δh_{AB} اختلاف ارتفاع بین نقاط A و B است. $\alpha = \frac{1}{173}$ و t_A و t_B درجه حرارت در نقاط A

و B. P_A و P_B فشار هوا در نقاط A و B می‌باشد.

۴-۲-۲- ترازیابی غیرمستقیم یا مثلثاتی یا ژئودزی یا تاکنومتری

همان روش استادیومتری است که قبلاً ارائه گردید و دارای روابط زیر می‌باشد:

1. Bench Mark (BM)

$$HD = K(U - L) \cdot \cos^2 i$$

$$\Delta H = K(U - L) \cdot \cos i \cdot \sin i = HD \tan i$$

۴-۲-۳- تراز یابی مستقیم یا هندسی

در این حالت تراز یابی مستقیماً با تراز یاب صورت می گیرد. تراز یاب هایی که در عملیات نقشه برداری برای تعیین اختلاف ارتفاع بین نقاط بکار می روند عبارت از شیب سنج، شمشه و تراز بنایی، شیلنگ تراز و شاقول می باشند. همچنین تراز یاب های دقیق تری که در نقشه برداری برای تعیین اختلاف ارتفاع بکار می روند دوربین های تراز یاب (دوربین نیوو) هستند که انواع و اقسام آنها در کارخانه های کشورهای مختلف ساخته می شوند ولی اساس کار همه آنها یکسان است. ساختمان دوربین تراز یاب یا دوربین نیوو از سه قسمت زیر تشکیل شده است (شکل ۴-۱):

- ۱- قسمت فوقانی: شامل تلسکوپ و وسایل قراولروی (مگسک): تلسکوپ شامل عدسی شیئی، عدسی چشمی، لوله تلسکوپ، صفحه رتیکول، پیچ های تنظیم کننده تصویر، پیچ های تنظیم کننده تارهای رتیکول، محور کلیماسیون و محور عدسی ها.
- ۲- قسمت میانی: شامل تراز و قسمتی از بدنه و لمب افقی دستگاه است.
- ۳- قسمت تحتانی: شامل پیچ های تراز کننده و اتصال و صفحه اتصال دستگاه بر روی سه پایه (ترابراک) می باشد.



شکل ۴-۱- ساختمان دوربین نیوو

محور کلیماسیون یا محور دیدگانی

خطی است که مرکز تارهای رتیکول را به مرکز عدسی چشمی و شیئی وصل می کند. در صورتی که محور عدسی ها بر محور کلیماسیون منطبق نباشد دستگاه دارای خطایی به نام خطای کلیماسیون خواهد بود.

تراز و انواع آن در دوربین تراز یاب

تراز بخشی از یک تور یا لوله شیشه‌ای است که بجز قسمت کوچکی از آن تمام توسط مایعی مثل الکل یا اتر یا دی سولفید کربن و قسمت باقیمانده نیز توسط گاز همان مایع پر شده است و دارای انواع مختلف می‌باشد که عبارتند از:

- ۱- تراز کروی
- ۲- تراز استوانه‌ای
- ۳- تراز لوبیایی: یک تراز استوانه‌ای است که در بالای آن یک منشور قرار گرفته و تصویر بصورت دو لپه لوبیا دیده می‌شود:
- ۴- ترازهای اتوماتیک

روش کار با دوربین نیوو در نقشه برداری

روش کار با دوربین نیوو را می‌توان به صورت مراحل زیر خلاصه نمود:

- ۱- ایستگاه گذاری (استقرار سه پایه): ابتدا سه پایه باز و بر روی نقطه مورد نظر مستقر می‌گردد. در این مرحله باید صفحه بالای سه پایه تقریباً بصورت افقی قرار گیرد.
- ۲- نصب دوربین بر روی سه پایه: در این مرحله دوربین بر روی صفحه سه پایه قرار گرفته و توسط پیچ زیر سه پایه، ثنودولیت روی سه پایه محکم می‌شود.
- ۳- تراز کردن دستگاه: دوربین نیوو دارای تراز کروی است که باید توسط فرد نقشه بردار تنظیم شود. برای تنظیم تراز کروی، ابتدا تراز بین دو پیچ از سه پیچ تنظیم تراز قرار گرفته و با چرخاندن دو پیچ مذکور به سمت داخل یا خارج حباب تراز روی محور پیچ سوم قرار می‌گیرد، سپس توسط پیچ سوم حباب تراز به مرکز هدایت می‌شود.
- ۵- نشانه روی و حذف پارالکس: برای نشانه روی به نقطه مورد نظر (مثلاً شاخص) بعد از باز کردن پیچ‌های حرکت سریع افقی و قائم، با مگسک دوربین یا چشمی آن به حوالی نقطه مورد نظر نشانه روی و سپس با بستن پیچ‌های حرکت سریع و با استفاده از پیچ‌های حرکت آهسته نقطه تقاطع تارهای افقی و قائم دقیقاً بر روی نقطه مورد نظر قرار داده می‌شود.
- ۶- قراعت تارها و اندازه‌گیری فاصله: در این مرحله با قراعت تارهای بالا و پایین (محل تارهای دوربین بر روی شاخص یا استادیاء) و استفاده از رابطه زیر می‌توان فاصله افقی بین دوربین و شاخص را بدست آورد:

$$HD = K(U - L) \cos^2 i$$

شاخص، میر یا استادیا

وسیله‌ای است که در انجام عملیات ترازیابی بکار می‌رود و در حقیقت چوب مدرجی است که معمولاً ۴ یا ۵ متر طول دارد و در بصورت تاشو یا کشویی ساخته می‌شود (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲- تصویری از شاخص، میر یا استادیا

تنظیمات دوربین تراز یاب

بطور کلی تنظیمات دوربین تراز یاب بر دو نوع است:

۱- تنظیمات موقتی: تنظیماتی هستند که در هر ایستگاه و به هنگام هر قرائت بایستی آنها را تنظیم و عملیات را کنترل نمود. این تنظیمات عبارتند از:

- استقرار دستگاه

- تراز کردن دستگاه

- حذف پارالاکس: در میدان آوردن شیئی مورد نظر در دوربین و روشن کردن تارها رتیکول.

۲- تنظیمات دائمی: این تنظیمات توسط کارخانه سازنده دستگاه صورت گرفته و در اثر کار زیاد و یا

آسیب دیدن دستگاه ممکن است بهم بخورند. این تنظیمات بر دو نوع می‌باشند:

- تنظیم محور لوله تراز: برای تنظیم تراز ابتدا پیچ تنظیم دائمی را چرخانده تا حباب در وسط علائم روی

لوله تراز قرار گیرد سپس دوربین به اندازه ۱۸۰ درجه چرخانده می‌شود، دوباره با پیچاندن پیچ تنظیم

دائیم حباب را به اندازه نصف مقدار منحرف شده در جهت عکس برگردانده (به طرف وسط) و دوباره

دوربین به اندازه ۱۸۰ درجه چرخانده می‌شود اگر حباب در وسط قرار گرفت لوله تراز تنظیم شده در غیر

اینصورت باید عملیات آنقدر تکرار شود تا لوله تراز تنظیم گردد.

- تشخیص و تنظیم محور کلیماسیون: روش تشخیص خطای کلیماسیون بصورت زیر می‌باشد:

روش ۱- اگر اختلاف ارتفاع چند نقطه مانند A ، B یا C از چند ایستگاه اندازه گیری شوند، در صورت وجود خطای کلیماسیون اختلاف ارتفاع های نقاط از ایستگاه های مختلف متفاوت بدست خواهد آمد.
روش ۲- در صورت عدم وجود خطای کلیماسیون باید اختلاف ارتفاع بدست آمده از وسط نقطه های A و B و از روی یکی از آنها (مثلاً A یا B) یکسان باشد.

۳-۴- اصول ترازیبی مستقیم یا هندسی

ترازیبای مستقیم یا هندسی به روش های مختلفی صورت می گیرد که عبارتند از:

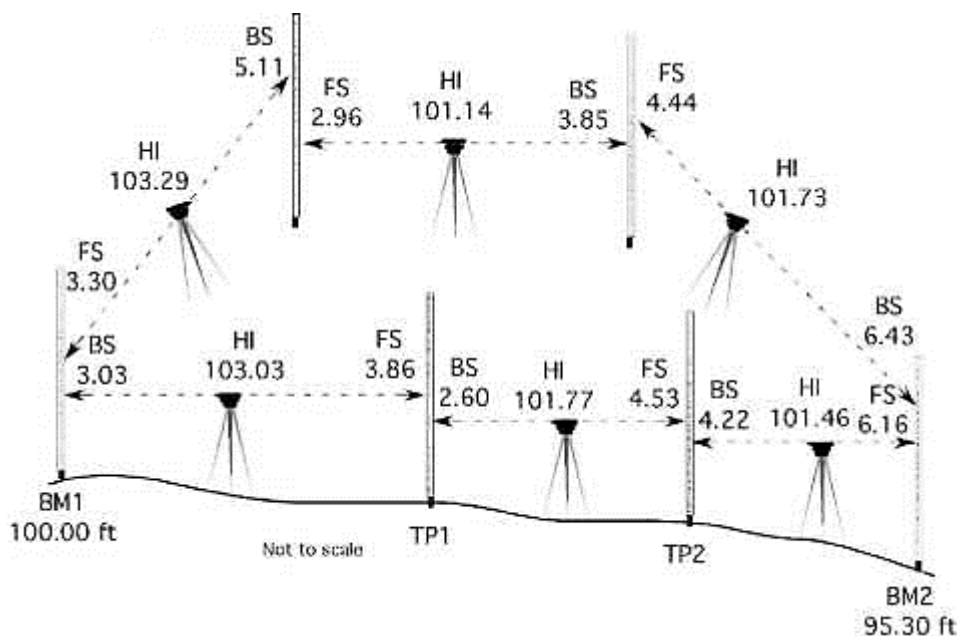
۱- روش خطی یا ترازیبی ساده

۲- ترازیبی پراکنده یا شعاعی

۳- ترازیبی متقابل یا دوطرفه

۳-۴-۱- ترازیبی خطی، ساده یا ترازیبی با پیمایش

در این نوع ترازیبی، هدف پیدا کردن اختلاف ارتفاع بین دو یا چند نقطه می باشد که از یک نقطه شروع و به نقطه پایانی ختم می شود. مراحل انجام این روش مطابق شکل (۳-۴) به شرح ذیل است:



شکل ۳-۴- روش انجام ترازیبی ساده یا خطی

۱- استقرار دستگاه در بین نقاط اول و دوم

۲- قرار دادن شاخص بر روی نقاط اول و دوم

۳- قراعت تار وسط نقطه اول از روی شاخص به عنوان دید عقب یا BS^۱

۴- قراعت تار وسط نقطه دوم از روی شاخص به عنوان دید جلو یا FS^۲

۵- محاسبه اختلاف ارتفاع بین نقاط اول و دوم از طریق رابطه:

$$\Delta H = BS - FS$$

۶- محاسبه ارتفاع نقطه دوم از طریق رابطه:

$$H_B = H_A + \Delta H$$

۷- تکمیل جدول ترازیبی (جدول ۴-۱) به کمک روابط زیر:

$$H_B = H_i - FS \quad \text{و} \quad H_i = H_A + BS \quad \Delta H_T = \sum BS - \sum FS$$

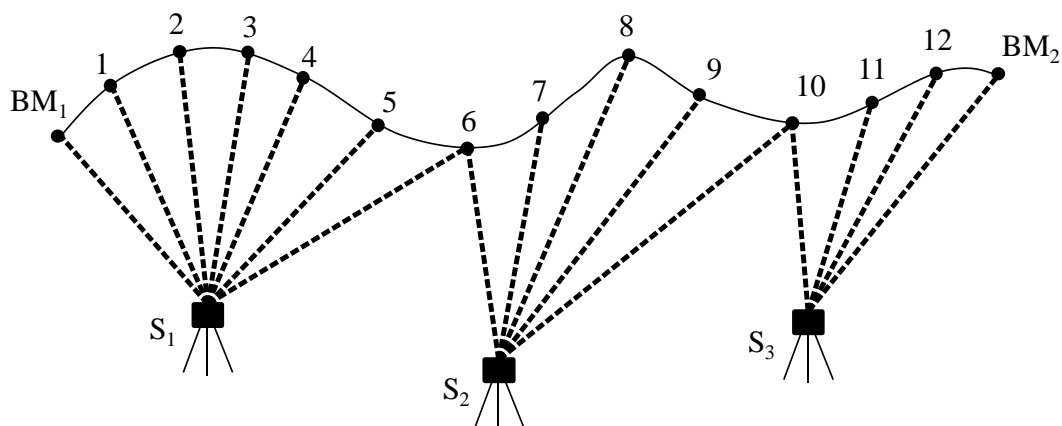
جدول ۴-۱- جدول ترازیبی ساده یا خطی

Point	BS (mm)	L _B (m)	FS (mm)	L _F (m)	H _i (m)	H=Ele. (m)	C (mm)	H _C (m)	Remarks
A									
B									
C									
.									
.									
.									
A									

۴-۳-۲- ترازیبی شعاعی، پراکنده، مرکب یا پروفیلی

در روش ترازیبی خطی برای هر قراعت، دوربین باید جابجا شود که در اینصورت خطای سیستماتیک افزایش می‌یابد و وقت بیشتری هم تلف می‌گردد، لذا روش پراکنده برای رفع این مشکل به کار می‌رود. در این روش دوربین در جایی مستقر می‌شود که بیشترین نقاط را برداشت نماید (شکل ۴-۴). اولین قراعت را قراعت عقب (BS) و آخرین قراعت را قراعت جلو (FS) و بقیه قراعت‌ها را قراعت وسط می‌نامند (IFS)^۳. به عنوان مثال، در شکل زیر با سه بار ایستگاه گذاری عوارض زمین از نقطه $B.M_1$ تا $B.M_2$ برداشت شده و در نقاط ۶ و ۱۲، ترازیبی به هم دوخته می‌شود که قراعت‌های عقب (BS) BM_1 ، ۶ و ۱۰ و قراعت‌های جلو (FS) ۶ و ۱۰ و BM_2 می‌باشند و بقیه قراعت‌ها قراعت وسط می‌باشند.

1. Back Sight
2. Front Sight
3. Intermediate Front Sight



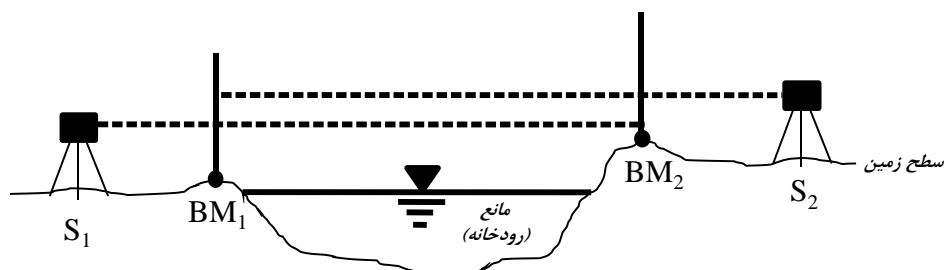
شکل ۴-۴- روش انجام تراز یابی شعاعی یا پراکنده

۴-۳-۳- تراز یابی متقابل یا دوطرفه

گاهی اوقات در عملیات تراز یابی با موانعی روبرو می شویم که قابل عبور و ایستگاه گذاری نمی باشند (شکل ۴-۵). در این حالت، برای رفع این مشکل، عمل تراز یابی در دو مرحله انجام می شود و از میانگین اختلاف ارتفاع آنها، ارتفاع نقطه بعدی تعیین می گردد:

$$\Delta H = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2}{2}$$

$$H_{BM_2} = H_{BM_1} + \Delta H$$



شکل ۴-۵- روش انجام تراز یابی متقابل یا دوطرفه

۴-۴- خطاها در تراز یابی

در تراز یابی خطاها به سه گروه زیر تقسیم می شوند:

- ۱- خطاهای انسانی: از حواس انسانی ناشی می شوند، مانند تراز نبودن دستگاه، قراعت و یا ثبت ناصحیح رقوم شاخص.
- ۲- خطاهای دستگاهی: ناشی از دقیق نبودن ابزار مورد استفاده می باشد، مانند عدم تنظیم تراز دستگاه دقیق نبودن تقسیمات شاخص.
- ۳- خطاهای طبیعی: تأثیرات باد و تغییرات دمای هوا و کروییت و شکست نور.

۴-۵- خطاهای بر بست و بر بست مجاز در تراز یابی

زمانی که تراز یابی در دو حالت رفت و برگشت صورت می گیرد، در نقاط آخر و اول ارتفاع متفاوت بدست می آید. این اختلاف را خطای بر بست عملیات تراز یابی می نامند که مقدار آن برابر است با:

$$f = (\sum B.S_2 - \sum F.S_2) - (\sum B.S_1 - \sum F.S_1)$$

خطای بر بست مجاز عملیات تراز یابی از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$e = \pm K\sqrt{L}$$

در این رابطه، L طول مسیر تراز یابی شده بر حسب کیلومتر و K ضریب خطا در هر کیلومتر بر حسب میلی متر می باشد که در تراز یابی دقیق حدود ۴ میلی متر و در تراز یابی معمولی ۲۰ میلی متر است.

روش محاسبه خطای بر بست تراز یابی در پیمایش بسته

مقدار خطا در پیمایش چند ضلعی برابر است با:

$$f = \sum B.S - \sum F.S \quad \text{ترازیابی دارای خطا؛}$$

$$\sum B.S - \sum F.S = 0 \quad \text{ترازیابی بدون خطا؛}$$

$$f = \sum B.S - K \sum F.S \quad \text{در صورت وجود خطا در تراز یابی:}$$

در این روابط، f مقدار خطای بر بست تراز یابی است که اگر $\varepsilon \leq e = k\sqrt{L}$ باشد خطا باید سر شکن شود. مقداری که باید در هر ایستگاه سر شکن شود برابر $\frac{f}{n}$ می باشد که n تعداد ایستگاه های تراز یابی شده است. سر شکن کردن خطا ممکن است با علامت مثبت یا علامت منفی باشد. بدین معنی که اگر مقدار خطای تراز یابی مثبت باشد، بصورت منفی سر شکن می شود (مقدار خطا از کمیت کم می شود) و بالعکس.

تمرین: عملیات تراز یابی بین نقاط A ، B و C به صورت رفت و برگشت صورت گرفته است و در جدول (۴-۲) ثبت شده است. مطلوب است:

الف- ارتفاع نقاط

ب- محاسبه ارتفاع تصحیح شده نقاط

ج- محاسبه خطای بر بست مجاز عملیات در صورتی که طول مسیر رفت و برگشت حدود ۲۵۶۰ متر باشد.

(خطای تراز یابی در هر کیلومتر ۱۲ میلی متر فرض شود)

د- محاسبه ارتفاع تصحیح شده نقطه های B و C .

جدول ۴-۲- حل جدول تراز یابی ساده یا خطی

نقطه	B.S.	Hi	F.S.	ELe.(m)	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
A	3161	577.781	-	574.620		
CH ₁	3005	578.350	2436	575.345	+2	575.347
CH ₂	2954	580.556	0748	577.602	+3	577.605
B	3921	584.471	0006	580.550	+5	580.555
CH ₃	2542	585.148	0865	583.606	+6	583.612
C	0866	586.814	0200	585.948	+8	585.956
CH ₄	1054	583.957	3911	582.903	+10	582.913
B	0065	580.608	3414	580.543	+11	580.554
CH ₅	0383	578.229	2762	577.846	+12	577.858
CH ₆	1965	576.862	3332	574.897	14	574.911
A	-	-	2258	574.604	+16	574.620

$$\sum B.S = +19.916$$

$$\sum F.S = -19.932$$

۴-۶- موارد استفاده از تراز یابی

بطور کلی موارد استفاده از تراز یابی را می توان بصورت زیر طبقه بندی نمود:

- ۱- تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به یکدیگر
- ۲- پیاده کردن نقاط دارای ارتفاع معلوم به منظور ساخت قسمت های مختلف سازه های مهندسی
- ۳- رسم منحنی های تراز و تهیه نقشه توپوگرافی
- ۴- پروفیل زنی شامل تهیه پروفیل طولی و عرضی در مسیر سازه خطی
- ۵- تعیین حجم خاک برداری و خاکریزی در پروژه های مهندسی مختلف
- ۶- تعیین حجم مخازن سطحی و زیرزمینی

۴-۷- مبانی نقشه های توپوگرافی

نقشه توپوگرافی نقشه ای است که پستی و بلندی های سطح زمین را بصورت خطوط بسته ای که منحنی تراز یا منحنی میزان نامیده می شوند، نشان می دهد. در این نقشه ها از هر پنج منحنی میزان یکی که دارای ارتفاع مشخص بوده و بر ۵ بخش پذیر باشد به صورت پررنگ تر نشان داده می شود که منحنی مترس نامیده می شود. شکل (۴-۶) نمونه ای از این نقشه ها را نشان می دهد. ویژگی های منحنی های تراز بصورت زیر است:

- ۱- هر منحنی تراز نمایشگر نقاطی است که هم ارتفاع هستند.
- ۲- منحنی تراز معمولاً با یکدیگر برخورد نمی کنند مگر در پرتگاه ها.
- ۳- رفتن از یک منحنی تراز به منحنی تراز بالاتر، نشان دهنده افزایش ارتفاع می باشد.

- ۴- هر چقدر منحنی‌های تراز به همدیگر نزدیکتر باشند، شیب زمین تندتر و هر چقدر فاصله آنها از یکدیگر بیشتر باشد، شیب زمین ملایم‌تر است.
- ۵- تعدادی منحنی تراز بسته، نشانگر یک تپه یا یک کوه می‌باشند، اما اگر این خطوط بسته به صورت هاشور زده باشند، نمایشگر گودی بر روی سطح زمین می‌باشند.
- ۶- منحنی‌های تراز در یک دره یا رودخانه به صورت V شکل می‌باشند.
- ۷- بر روی یک قله یا در عمق یک دره با ارتفاع یکسان ممکن است تعدادی از منحنی‌های تراز تکرار شوند. این موضوع معمولاً در مورد دره‌های هم سطح یا قله هم ارتفاع اتفاق می‌افتد.

۴-۷-۱- عوارض مختلف در روی نقشه‌های توپوگرافی

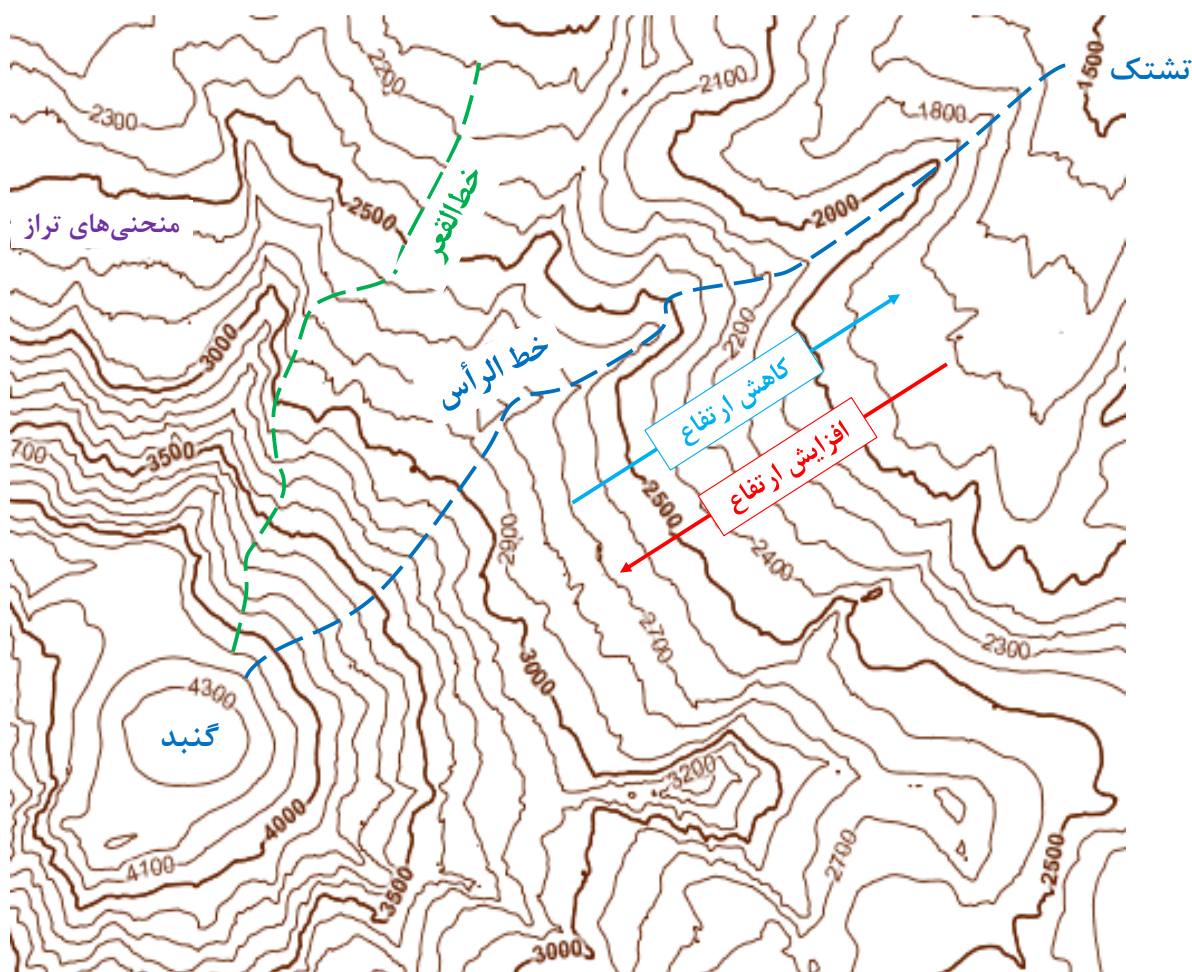
مهمترین عوارض موجود در روی نقشه‌های توپوگرافی به شرح زیر است:

۱- خط الرأس

۲- خط القعر

۳- گنبد

۴- تشتك



شکل ۴-۶- نمونه‌ای از یک نقشه توپوگرافی

۴-۷-۲- تعیین شیب زمین از روی منحنی‌های تراز

برای تعیین شیب متوسط زمین از روی نقشه‌های توپوگرافی با توجه به شکل (۴-۶) می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{AB \times \text{Scale}}{H_A - H_B} \right]$$

۴-۷-۳- روش تهیه نقشه‌های توپوگرافی توسط وسایل نقشه‌برداری

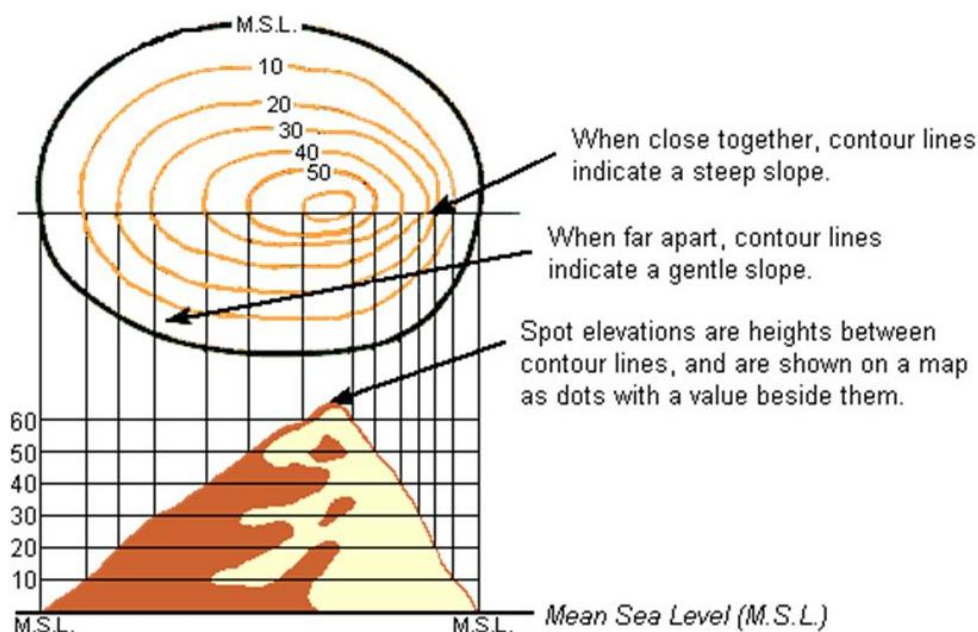
برای این منظور ابتدا باید در مرکز زمینی که قرار است نقشه‌برداری شود یک پلی‌گون تشکیل داده شود و پلی‌گون توسط نیوو ترازیبی شده و امتداد اضلاع آن بدست آید. سپس با استفاده از دوربین تئودولیت اقدام به برداشت نقاط می‌شود. در این مرحله، هر چه وضعیت پستی و بلندی زمین بیشتر باشد باید نقاط بیشتری برداشت گردد. سپس در یک نقشه دارای مقیاس مناسب تمام نقاط برداشت شده با توجه به آزیموت و فاصله

آنها نسبت به رأسی از پلی گون که برداشت شده است، پیاده می شوند. در نهایت با تشکیل مثلث هایی که توسط سه نقطه مجاور هم تشکیل می شوند و با استفاده از اینترپلاسیون، منحنی های میزان رسم می شوند.

۴-۷-۴- تهیه پروفیل از روی نقشه توپوگرافی

پروفیل در واقع نیمرخ است که وضعیت پستی و بلندی زمین راه در یک امتداد مستقیم نشان می دهد. برای رسم پروفیل در نقشه توپوگرافی، با توجه به شکل (۴-۷)، به شرح زیر عمل می شود:

- ۱- مسیر مورد نظر مشخص می گردد.
- ۲- در یک کاغذ میلیمتری با توجه به مقدار فاصله افقی و اختلاف ارتفاع یک مقیاس برای پروفیل در نظر گرفته می شود. در این مرحله مقیاس افقی و قائم حتماً باید برابر هم انتخاب گردد.
- ۳- محل تقاطع خطوط تراز و مسیر مورد نظر بر روی کاغذ میلی متری تصویر می شوند.
- ۴- بار اتصال نقاط حاصل شده نیمرخ مسیر بدست می آید.



شکل ۴-۷- روش تهیه پروفیل از روی نقشه توپوگرافی

۴-۸- تهیه پروفیل در روی زمین

پروفیل هایی که در روی زمین تهیه می شوند بر دو نوع پروفیل های طولی و عرضی می باشند.

۴-۸-۱- پروفیل طولی

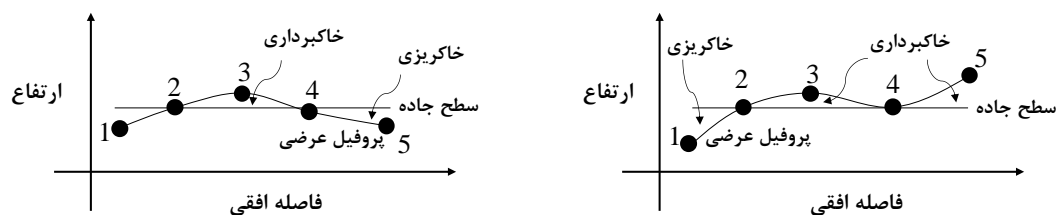
برای تهیه پروفیل طولی از مسیر مثلاً مسیر یک جاده مستقیم (یا غیرمستقیم) ابتدا با مشاهدات صحرائی مسیر میخکوبی شده و میخ‌های کوبیده شده در یک عملیات ترازبایی بصورت رفت و برگشت ترازبایی و فاصله آنها از یکدیگر بدست می‌آید. سپس داده‌های حاصل با توجه به مقیاس مناسب (مقیاس طولی و عرضی بر روی کاغذ منتقل می‌شوند. شکل (۴-۸) یک پروفیل طولی از مسیر یک جاده را نشان می‌دهد. لازم به توضیح است که در تهیه پروفیل طولی ترازبایی را هم می‌توان بصورت تفریقی (تدریجی) و هم بصورت شعاعی انجام داد.



شکل ۴-۸- پروفیل طولی از مسیر جاده

۴-۸-۲- پروفیل عرضی

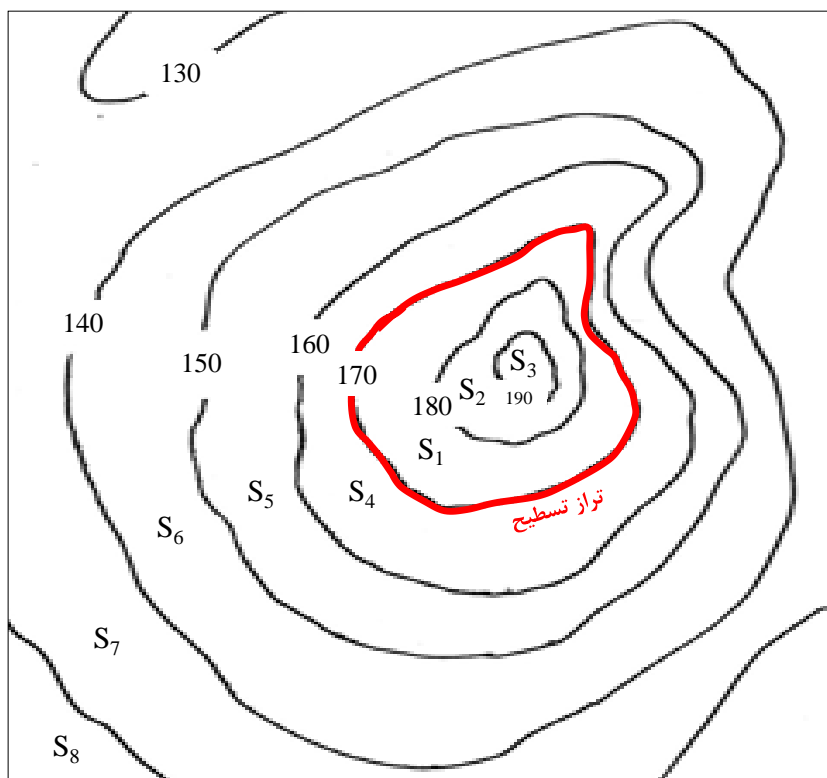
برای تهیه پروفیل عرضی در نقاطی که از آنها پروفیل طولی تهیه شده عمودهایی بر مسیر اخراج می‌گردد و مطابق روش تهیه پروفیل طولی، خط عمود بر مسیر میخکوبی و ترازبایی می‌شود و در نهایت پروفیل عرضی مسیر رسم می‌گردد. طول خط عمود بر مسیر بستگی به عرض جاده و نوع و متقاضیات طبیعی جاده دارد. شکل (۴-۹) پروفیل عرضی در عمودهای واقع بر دو نقطه از شکل بالا را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۹- دو پروفیل عرضی از مسیر جاده

۴-۹- محاسبه حجم خاکبرداری و خاکریزی

برای حجم خاکبرداری و خاکریزی بعد از تهیه نقشه توپوگرافی منطقه (شکل ۴-۱۰)، با توجه به ترازی که قرار است خاکبرداری یا خاکریزی تا آن تراز انجام شود (تراز تسطیح) به شرح ذیل عمل می‌گردد:



شکل ۴-۱۰- روش تعیین حجم خاکبرداری و خاکریزی با استفاده از نقشه توپوگرافی

۱- محاسبه حجم خاکبرداری: محاسبه حجم خاکریزی: ابتدا مساحت‌های S_1 ، S_2 و S_3 با استفاده از کاغذ میلیمتری یا پلانیمتر محاسبه می‌شوند و سپس در اختلاف ارتفاع دو منحنی تراز مربوطه ضرب می‌گردند.

$$V_1 = 1/2 S_1 \times \Delta H_1$$

$$V_2 = 1/2 S_2 \times \Delta H_2$$

$$V_3 = 1/2 S_3 \times \Delta H_3$$

$$V_{C-Total} = \sum V_i$$

۲- محاسبه حجم خاکریزی: ابتدا مساحت‌های S_4 ، S_5 ، S_6 ، S_7 و S_8 با استفاده از کاغذ میلیمتری یا پلانیمتر محاسبه می‌شوند و سپس در اختلاف ارتفاع دو منحنی تراز مربوطه ضرب می‌گردند:

$$V_4 = 1/2 S_4 \times \Delta H_4$$

$$V_5 = 1/2 S_5 \times \Delta H_5$$

$$V_6 = 1/2 S_6 \times \Delta H_6$$

$$V_7 = 1/2 S_7 \times \Delta H_7$$

$$V_8 = 1/2 S_8 \times \Delta H_8$$

$$V_{F-Total} = \sum V_i$$

فصل پنجم:

اندازه گیری زاویه

Angle measurement

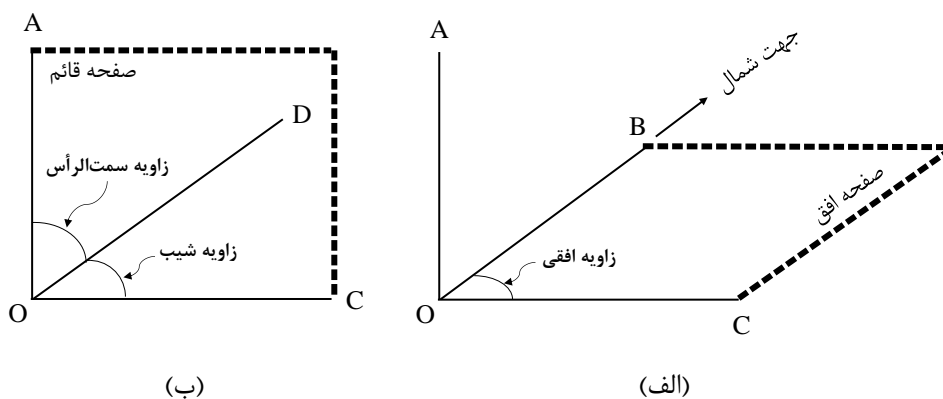
۱-۵- مقدمه

یکی دیگر از پارامترهایی که در نقشه برداری اندازه گیری می شود، زاویه^۱ می باشد. در نقشه برداری برای تعیین موقعیت نقاط، اندازه گیری دو نوع زاویه که با دستگاه زاویه یاب (تئودولیت) اندازه گیری می شوند، حائز اهمیت است. این زوایا به شرح زیر می باشند:

۱- زاویه افقی^۲: زاویه افقی زاویه ای است که هر دو ضلع آن بر روی صفحه افق واقع شده است و مبنای سنجش آن جهت شمال می باشد (زاویه BOC در شکل ۱-۵-الف).

۲- زاویه قائم^۳: زاویه قائم زاویه ای است که هر دو ضلع آن بر روی صفحه قائم واقع شده است و مبنای سنجش آن خط افق یا خط قائم است. در صورتی که مبنای سنجش زاویه قائم خط افق باشد، این زاویه به زاویه شیب یا زاویه ارتفاعی معروف است (زاویه COD در شکل ۱-۵-ب) و در صورتی که مبنای سنجش زاویه قائم خط قائم باشد، این زاویه، زاویه سمت الرأس نامیده می شود (مانند زاویه AOD در شکل ۱-۵-ب). زاویه متمم زاویه قائم (DOC) را زاویه ارتفاعی می نامند.

-
1. Angle
 2. Horizontal angle
 3. Vertical angle



شکل ۵-۱- معرفی زوایای افقی و قائم

۵-۲- واحدهای اندازه گیری زاویه

چهار واحد برای اندازه گیری زاویه وجود دارد که عبارتند از:

- ۱- درجه^۱: زاویه مرکزی مقابل به کمانی از دایره است که طول آن کمان برابر $1/360$ محیط دایره می باشد.
 - ۲- گراد^۲: زاویه مرکزی مقابل کمانی از دایره است که طول آن کمان برابر $1/400$ محیط دایره می باشد.
 - ۳- رادیان^۳: زاویه مرکزی مقابل کمانی از دایره است که طول آن کمان برابر شعاع دایره باشد.
 - ۴- میلیم^۴: زاویه مرکزی مقابل کمانی از دایره است که طول آن کمان برابر $1/6400$ محیط دایره می باشد.
- رابطه زیر بین واحدهای درجه، گراد، رادیان و میلیم برقرار است:

$$\frac{D}{180} = \frac{G}{200} = \frac{e}{\pi} = \frac{M}{3200}$$

در این رابطه، π معادل $3/14$ می باشد.

۵-۳- ساختمان زاویه یاب تئودولیت

یکی از مهمترین انواع زاویه یابها که در نقشه برداری از آن استفاده زیادی می شود دوربین تئودولیت است. این دوربین و سیله ای برای اندازه گیری زاویه افقی، زاویه قائم و اندازه گیری طول می باشد که ساختمان آن از سه قسمت اصلی زیر تشکیل شده است (شکل ۵-۲):

- ۱- قسمت فوقانی: شامل آلیداد، دوربین (یا تلسکوپ)، عدسی های چشمی و شیئی، صفحه رتیکول، لمب قائم، تلسکوب قراعت زاویه، تراز استوانه ای.
- ۲- قسمت میانی: شامل لمب افقی، قفل لمب افقی و پیچ حرکت در سمت (حرکت افقی).

1. Degree
2. Grad
3. Radian
4. Milium

۳- قسمت تحتانی: شامل تلسکوپ شاقول نوری، تراپراک (پایه تراز شونده)، پیچ‌های تنظیم کننده تراز، تراز کروی و صفحه اتصال تراپراک به سه پایه.



شکل ۵-۲- ساختمان دو نوع زاویه یاب تئودولیت

هر زاویه یاب سه محور اصلی دارد که عبارتند از:

- ۱- محور نوری یا محور دید دوربین: این محور خطی مستقیم است که مرکز عدسی‌های شیئی و چشمی و مرکز تارهای رتیکول را به هم متصل می‌کند.
 - ۲- محور چرخش دوربین (محور افقی یا محور ثانوی دوربین): این محور خطی مستقیم است که در واقع محور گردش دوربین حول محور افقی می‌باشد.
 - ۳- محور اصلی یا محور قائم: این محور، محور گردش آلیداد به حول محور قائم است.
- ساختمان زاویه یاب تئودولیت از نظر هندسی باید دارای شرایط زیر باشد:
- ۱- سه محور دوربین یکدیگر را در یک نقطه قطع کنند.
 - ۲- امتداد محور اصلی (قائم) از مرکز لمب افقی بگذارد و امتداد محور افقی از مرکز لمب قائم عبور کند.
 - ۳- در صورتی که محور دید دوربین افقی باشد، سه محور دوربین برهم عمود می‌باشند.

۵-۴- انواع زاویه یاب‌ها

برحسب نوع کاربرد و دقت لازم، انواع زاویه یاب‌ها وجود دارند که مهمترین آنها عبارتند از:

- ۱- زاویه یاب‌های ساده: برای کارهای ساختمانی، زمین‌شناسی، برداشت‌های توپوگرافی ساده، نقشه برداری جنگل و کشاورزی از آنها استفاده می‌شود.

- ۲- زاویه‌یاب‌های مهندسی: برای کارهای ساختمانی، نقشه‌برداری مسیر، تاکنومتری، پیاده کردن پروژه‌های ساختمانی، پیاده کردن سد، تونل و کارهای زیرزمینی و غیره استفاده می‌شوند.
- ۳- زاویه‌یاب‌های دقیق (ثانیه‌ای): مخصوص مثلث‌بندی و برداشت‌های دقیق در نقشه‌برداری نجومی، ژئودزی و پیاده کردن کارهای دقیق ساختمانی می‌باشند.
- ۴- زاویه‌یاب‌های خیلی دقیق: مثل T_3 و T_4 و زاویه‌یاب‌های الکترونیکی که برای کارهای خیلی دقیق ژئودزی و نجومی بکار می‌روند.
- اساس کار تمامی زاویه‌یاب‌های مذکور یکسان می‌باشد.

۵-۵- روش کار با زاویه‌یاب تئودولیت

روش کار با دوربین تئودولیت را می‌توان به صورت مراحل زیر خلاصه نمود:

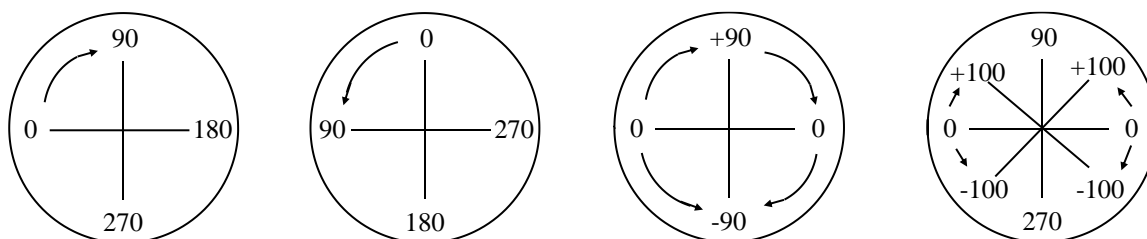
- ۱- ایستگاه‌گذاری (استقرار سه پایه): ابتدا سه پایه باز و بر روی نقطه مورد نظر مستقر می‌گردد.
- ۲- نصب دوربین بر روی سه پایه: در این مرحله دوربین بر روی صفحه سه پایه قرار گرفته و توسط پیچ زیر سه پایه، تئودولیت روی سه پایه محکم می‌شود.
- ۳- سانتراژ کردن (تنظیم به مرکز): در این مرحله یکی از پایه‌های سه پایه را در زمین محکم کرده و در حالی که به چشمی شاقول نوری نگاه می‌شود دو پایه دیگر تنظیم می‌شوند، بطوری که نقطه ایستگاه از وسط تارهای شاقول نوری دیده شود. سپس پایه‌ها را در زمین محکم نموده و سه پایه باید طوری در زمین مستقر و محکم باشد که باد و سایر عوامل تغییری در آن ندهند.
- ۴- تراز کردن: در تراز کردن دوربین تئودولیت، ابتدا باید تراز کروی و سپس تراز استوانه‌ای تنظیم شوند. برای تنظیم تراز کروی، ابتدا تراز بین دو پیچ از سه پیچ تنظیم تراز قرار گرفته و با چرخاندن دو پیچ مذکور به سمت داخل یا خارج حباب تراز روی محور پیچ سوم قرار می‌گیرد، سپس توسط پیچ سوم حباب تراز به مرکز هدایت می‌شود.
- در تنظیم تراز استوانه‌ای، ابتدا با باز کردن پیچ حرکت سریع افقی، تراز استوانه‌ای بین دو پیچ از سه پیچ تنظیم تراز قرار گرفته و با چرخاندن این دو پیچ به سمت داخل یا خارج تراز استوانه‌ای تراز می‌گردد. سپس دستگاه به مقدار ۹۰ درجه چرخیده و توسط پیچ سوم حباب به مرکز هدایت می‌شود. بعد دستگاه ۱۸۰ درجه چرخیده و حباب کنترل می‌شود، اگر حباب در بین نشانه‌ها نبود مجدداً دستگاه به مقدار ۹۰ درجه چرخیده و عملیات فوق تکرار می‌شود. این عملیات آنقدر ادامه می‌یابد تا تراز استوانه‌ای تنظیم گردد.
- پس از تراز نمودن تراز استوانه‌ای نباید تراز کروی و سانتراژ دستگاه به هم بخورد. در صورت بهم خوردن سانتراژ دستگاه بدون بهم زدن سه پایه دوربین را روی سه پایه جابه‌جا کرده تا سانتراژ گردد و سپس عملیات تنظیم تراز استوانه‌ای تکرار می‌گردد.

۵- نشانه روی و حذف پارالکس: برای نشانه روی به نقطه مورد نظر (مثلاً شاخص) بعد از باز کردن پیچ‌های حرکت سریع افقی و قائم، با مگسک دوربین یا چشمی آن به حوالی نقطه مورد نظر نشانه روی و سپس با بستن پیچ‌های حرکت سریع و با استفاده از پیچ‌های حرکت آهسته نقطه تقاطع تارهای افقی و قائم دقیقاً بر روی نقطه مورد نظر قرار داده می‌شود.

۶- قراعت زاویه‌های افقی و قائم: برای این منظور بعد از نشانه روی بر روی نقطه مورد نظر از داخل چشمی مربوط به قراعت زوایا، پس از روشن کردن صفحه داخل آن توسط آئینه مخصوص آن، زوایای افقی و قائم بدین ترتیب قراعت می‌شوند که ابتدا درجه و سپس دقیقه و ثانیه قراعت و ثبت می‌شوند.

۷- اندازه‌گیری زوایا: دوربین تئودولیت قادر است زوایای افقی و قائم را اندازه‌گیری کند. برای اندازه‌گیری زاویه افقی AOB بعد از استقرار دوربین در نقطه O به ترتیب روی نقطه‌های A و B نشانه روی نموده و قراعت‌های لمب افقی مربوط به آنها یادداشت شده و از یکدیگر کم می‌شوند (دوربین در جهت عقربه‌های ساعت چرخانده شود). برای اندازه‌گیری زاویه قائم، زوایای قائم و سمت الرأس (ارتفاعی یا قائم) را می‌توان توسط تئودولیت اندازه‌گیری نمود. در قراعت لمب قائم، با توجه به تقسیم‌بندی اجزاء لمب قائم چهار حالت امکان دارد (شکل ۵-۳):

- ۱- حالت عمودی: در این حالت صفر لمب در راستای خط افقی است.
- ۲- حالت سمت‌الرأس: در این حالت صفر لمب در راستای خط عمودی است.
- ۳- حالت ارتفاعی: در این حالت تقسیمات لمب به چهار قسمت ۹۰ درجه‌ای تقسیم می‌شود که صفر آن روی خط افقی قرار دارد. اگر شیب به طرف بالا باشد، تقسیمات علامت مثبت و اگر نسبت به سطح افق پایینتر باشد علامت منفی می‌گردد.
- ۴- حالت درصد شیب: در این حالت درصد شیب (۰ تا ۱۰۰٪) بیان می‌شود بطوری که اگر شیب نسبت به سطح افق به طرف بالا باشد علامت آن مثبت و اگر به طرف پایین باشد علامت آن منفی خواهد بود. مثلاً شیب ۱۰٪- یا ۱۰٪+



شکل ۵-۳- حالات چهارگانه تقسیم‌بندی اجزاء لمب قائم دوربین تئودولیت

۸- قراعت تارها و اندازه‌گیری فاصله و اختلاف ارتفاع: در این مرحله با قراعت تارهای بالا و پایین (محل تارهای دوربین بر روی شاخص یا استادیا) و استفاده از رابطه زیر می‌توان فاصله افقی و اختلاف ارتفاع بین دوربین و شاخص را بدست آورد:

$$HD = K(U - L) \cos^2 i$$

$$\Delta H = K(U - L) \cos i \cdot \sin i$$

۹- صفر کردن تئودولیت (توجیه لمب افقی): صفر کردن امتداد افقی یا معرفی یک مقدار از پیش تعیین شده برای آن را توجیه لمب افقی می‌گویند. اگر در یک عملیات اندازه‌گیری زاویه منظور اندازه‌گیری چندین زاویه باشد و یا قراعت امتدادهای زیادی نسبت به یک نقطه لازم باشد، برای جلوگیری از کسر کردن مکرر قراعت‌های انجام شده از یکدیگر بهتر است دوربین را روی یک امتداد صفر صفر کرد و سپس روی هر مسیری که نشانه روی می‌شود مستقیماً مقدار زاویه آن مسیر، مسیر اول بدست می‌آید. برای صفر کردن به شرح زیر عمل می‌شود:

ابتدا پس از تراز و سانتراژ کردن دستگاه، پیچ حرکت دستگاه را باز کرده و با چرخش آلیداد صفر لمب افقی را از داخل چشمی مربوط به قراعت زاویه پیدا می‌کنیم سپس پیچ حرکت سریع بسته می‌شود و با پیچ حرکت کند لمب دقیقاً بر روی صفر تنظیم می‌گردد. سپس ضامن را آزاد کرده (پیچ حرکت سریع همچنان بسته است) و به سمت نقطه اول (مثلاً نقطه A) نشانه روی می‌شود و ضامن بسته می‌شود. در مرحله بعد پیچ حرکت سریع باز شده و به نقاط مورد نظر نشانه روی می‌شود. در این حالت زاویه قراعت شده زاویه مسیر مورد نظر نسبت به مسیر OA می‌باشد.

۵-۶- خطاها در کار با زاویه یاب

خطا در اندازه‌گیری زاویه توسط تئودولیت به دو صورت سیستماتیک و اتفاقی ممکن است رخ دهد.

۵-۶-۱- خطاهای سیستماتیک

مهمترین انواع خطاهای سیستماتیک به هنگام کار با زاویه‌یاب تئودولیت به شرح زیر می‌باشند:

۱- خطای کلیماسیون: خطای کلیماسیون به دو صورت کلیماسیون افقی و کلیماسیون عمودی ممکن است اتفاق افتد. خطای کلیماسیون افقی از عمود نبودن خط دید بر محور دوران دوربین ناشی می‌شود که به آن خطای دید نیز می‌گویند. خطای کلیماسیون قائم یا خطای اندکس قائم زمانی اتفاق می‌افتد که لمب قائم از امتداد سمت الرأس منحرف شده باشد. برای تعیین خطای اندکس قائم ابتدا دستگاه را دقیقاً تراز کرده و سپس دستگاه را حدود زاویه قائم قرار داده و به نقطه قابل رؤیتی در فاصله ۱۰۰ متری نشانه می‌روند. سپس با چرخاندن دوربین، مجدداً به همان نقطه نشانه رفته و اختلاف (خطای) قائم را بدست می‌آورند.

خطای کلیماسیون افقی نیز به همین ترتیب اندازه گرفته می‌شود با این تفاوت که در این حالت چرخش افقی صورت می‌گیرد.

۲- عمود نبودن محور چرخش (محور افقی) دوربین بر محور اصلی (محور قائم) آن: اثر این خطا در عملیات نقشه برداری قابل اغماض است.

۳- خطای تقسیمات لمب: از مساوی نبودن تقسیمات لمب یا ورنیه ناشی می‌شود و با یکی از دو روش تکرار یا تجدید می‌توان آنرا سرشکن نمود.

۴- خطای در مرکز نبودن لمب: به معنی عبور نکردن محور اصلی دستگاه از مرکز لمب است.

۵-۶-۲- خطاهای اتفاقی

مهمترین انواع خطاهای اتفاقی به هنگام کار با زاویه یاب تئودولیت به شرح زیر می‌باشند:

- ۱- تراز نبودن دستگاه، ۲- تغییر طول سه پایه در اثر باد، تغییر درجه حرارت یا دست زدن به آن، ۳- خطای سانتراژ (هم مرکز نبودن)، ۴- خطای شاقولی نبودن (قائم نبودن) ژالون یا شاخص روی نقطه نشانه، ۵- خطای پارالکس، ۶- محکم نبودن سه پایه و ۷- خطای قراعت و ثبت اعداد و ارقام.

۵-۷- روش‌های کاهش خطا در کار با زاویه یاب تئودولیت

به منظور به حداقل رساندن خطاها روش‌های معمول زیر را در اندازه‌گیری به کار می‌برند:

۵-۷-۱- روش قراعت جفت و گردش مضاعف یا روش کوپل

وضعیت دوربین نسبت به سمت قائم دو حالت دارد: یکی حالت دایره به راست و آن زمانی است که لمب قائم هنگام مشاهده در سمت راست ناظر قرار گرفته باشد و دیگری حالت دایره به چپ یعنی حالتی که لمب قائم هنگام مشاهده در سمت چپ ناظر قرار گرفته باشد. تغییر وضعیت دوربین برای تغییر حالت از دایره به راست به دایره به چپ یا بالعکس گردش مضاعف نامیده می‌شود. برای یک گردش مضاعف ابتدا دوربین را حول محور چرخش آن ۱۸۰ درجه چرخانده تا نسبت به محور قائم حالت قرینه درآید، سپس آلیداد در این حالت ۱۸۰ چرخانده می‌شود به این عمل پلانژه کرده دستگاه می‌گویند. اگر نشانه روی به یک نقطه معین انجام شود و قراعت لمب افقی در حالت دایره به راست (LD) و دایره به چپ (LG) تعیین شوند، باید ۱۸۰ درجه با هم اختلاف داشته باشند و میانگین آنها قراعت صحیح را نشان می‌دهد که از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$H = \frac{LG + LD \pm 180}{2}$$

در این رابطه، H قراعت جفت یا کوپل می باشد. اگر جمع اعداد قراعت شده از ۱۸۰ بیشتر باشد باید ۱۸۰ درجه از آن کسر و اگر از ۱۸۰ درجه کمتر باشد باید ۱۸۰ درجه به آن اضافه نمود. این عمل خطای کلیما سیون و خطای در مرکز نبودن لمب را عملاً از بین می برد. رابطه محاسبه تعداد کوپل برای رسیدن به دقت مورد نظر به قرار زیر است:

$$\beta = 2.7d\alpha / \sqrt{P}$$

در این رابطه، β دقت اندازه گیری زاویه، P تعداد گردش مضاعف (کوپل) و $d\alpha$ دقت زاویه ای دوربین می باشد.

۵-۷-۲- روش تجدید

با استفاده از تقسیمات مختلف لمب، زاویه را چندین مرتبه اندازه گیری کرده و از همه آنها میانگین می گیرند. برای مثال اگر برای اندازه گیری یک زاویه، دوبار از تقسیمات مختلف لمب استفاده شود بطوری که در بار اول، در دید عقب تقسیمات $150^{\circ} 40' 15''$ و در دید جلو $177^{\circ} 55' 15''$ قراعت و در بار دوم در دید عقب $93^{\circ} 20' 40''$ و در دید جلو $120^{\circ} 35' 30''$ قراعت شده باشد، پس از کسر دید عقب از دید جلو، برای بار اول زاویه $27^{\circ} 15' 0''$ و در بار دوم زاویه $27^{\circ} 14' 50''$ بدست می آید که اختلاف این دو زاویه $10''$ می باشد و با میانگین گرفتن از این دو زاویه و سرشکن کردن روی هر کدام از دو زاویه حاصل، مقدار $27^{\circ} 14' 55''$ نتیجه می شود و دقت افزایش می یابد.

۵-۷-۳- روش تکرار

در این روش نیز اندازه گیری چندین مرتبه تکرار می شود. ولی لمب افقی دوبار و آن هم در اول و آخر قراعت می شود. مثلاً برای اندازه گیری زاویه AOB بعد از استقرار روی در نقطه O (شکل ۵-۴)، مراحل زیر انجام می شوند:

۱- نشانه روی به نقطه A و قراعت عدد خوانده شده (LA)

۲- نشانه روی به نقطه B و قفل کردن لمب (لمب به آلیاد ثابت می شود).

۳- نشانه روی مجدد به نقطه A و باز کردن لمب

۴- نشانه روی به نقطه B توسط چرخاندن آلیاد

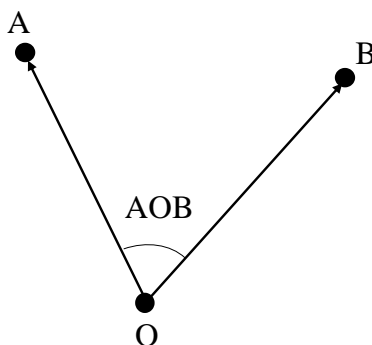
۵- انجام عملیات فوق به تعداد دفعات لازم

۶- قراعت لمب افقی روی نقطه B (آخرین مرحله) (LB)

۷- اندازه گیری دقیق زاویه AOB توسط رابطه زیر:

$$AOB = \frac{LB - LA + 360K}{n}$$

در این رابطه، n تعداد دفعات تکرار و K تعداد دفعاتی که صفر لمب یک دور کامل زده است.



شکل ۵-۴- اندازه گیری زاویه به روش تکرار

۵-۷-۴- روش دور افق یا پیرامون افق

در این روش، بر اساس شکل (۵-۵)، مراحل کار به شرح ذیل می باشد:

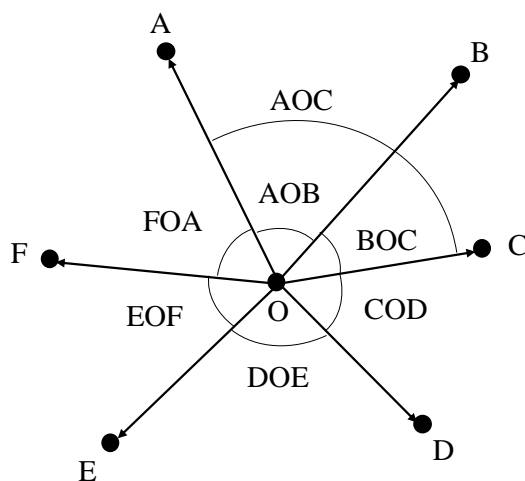
۱- استقرار دستگاه در نقطه O

۲- صفر کردن دستگاه و بستن آن به نقطه A

۳- قرائت نقاط B، C و ... تا رسیدن مجدد به نقطه A

۴- محاسبه زوایای AOB، BOC، COB و ...

در اندازه گیری زاویه به روش دور افق، معمولاً قرائت‌ها به روش جفت (کوپل) و روش تجدید انجام می شود.



شکل ۵-۵- اندازه گیری زاویه به روش دور افق

فصل ششم:

برداشت

۶-۱-۱ مقدمه

برداشت مجموعه عملیات اندازه‌گیری طول، زاویه و اختلاف ارتفاع (فاصله قائم) است که با استفاده از نقاط دارای مختصات معلوم برای تعیین موقعیت و مختصات نقاط مجهول به منظور تهیه نقشه انجام می‌گیرد. عملیات برداشت به دو روش مسطحاتی و ارتفاعی انجام می‌شود. در برداشت مسطحاتی فقط اندازه‌گیری طول‌ها و زوایای بین آنها مدنظر است. در حالی که در برداشت ارتفاعی علاوه بر موارد مذکور اندازه‌گیری ارتفاع و اختلاف ارتفاع نقاط نیز صورت می‌گیرد. در برداشت بسته به نوع کار و دقت مورد نیاز از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که مهمترین آنها عبارتند از:

- ۱- روشی که در آن فقط از وسایل ساده نقشه‌برداری مانند متر و گونیای مساحی برای مناطق کوچک استفاده می‌شود.
- ۲- روشی که در آن بیشتر از اندازه‌گیری طول استفاده می‌شود، مانند سه پهلو بندی.
- ۳- روشی که در آن بیشتر از اندازه‌گیری زوایا استفاده می‌شود.
- ۴- روشی که در آن از اندازه‌گیری طول و زوایا استفاده می‌شود، مانند روش مثلث بندی.

۶-۲-۱ برداشت مسطحاتی توسط وسایل ساده نقشه‌برداری

در این روش هدف تهیه نقشه یک منطقه توسط وسایل ساده نقشه‌برداری است و مراحل آن عبارتند از:

۶-۲-۱-۱ شناسایی منطقه

برای شناسایی منطقه، بایستی منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته و محدوده کار، عوارض طبیعی و مصنوعی، مرزها، رئوس برداشت و روش کار مشخص گردد.

۶-۲-۲- برداشت اطلاعات

در برداشت مسطحاتی، طول و زاویه بین امتدادها در روی زمین اندازه گیری می شوند و سپس نقاط برداشت شده با توجه به مقیاس مورد نظر بر روی کاغذ منتقل می شوند. برداشت مسطحاتی به روش های مختلف صورت می گیرد که عبارتند از: روش شعاعی یا اخراج اشعه، برداشت توسط خط هادی و مثلث بندی.

۶-۲-۲-۱- روش شعاعی یا اخراج اشعه

در روش شعاعی یا اخراج اشعه، مطابق شکل (۶-۱) دستگاه تئودولیت در نقطه S_1 با مختصات معلوم مستقر شده و نقطه A برداشت می شود و طول AS_1 محاسبه می شود. سپس دوربین به نقطه S_2 منتقل شده و صفر-صفر می گردد. در مرحله بعد، نقطه A از ایستگاه S_2 برداشت شده و با داشتن طول و زاویه در مختصات قطبی می توان مختصات نقطه A را بدست آورد. به همین ترتیب بدون اینکه دستگاه جابه جا شود سایر نقاط برداشت شده و بروی کاغذ منتقل می گردند. در این روش، مختصات نقاط از طریق روابط زیر قابل محاسبه می باشد:

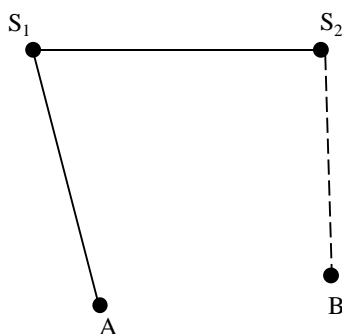
$$x_B - x_A = AB \sin V$$

$$y_B - y_A = AB \cos V$$

$$\Rightarrow x_B = AB \sin V + x_A$$

$$y_B = AB \cos V + y_A$$

در این روابط، V ژیزمان نقطه A ، x_A و y_A مختصات نقاط معلوم (نقطه A) و x_B و y_B مختصات نقطه مجهول (نقطه B) می باشند.

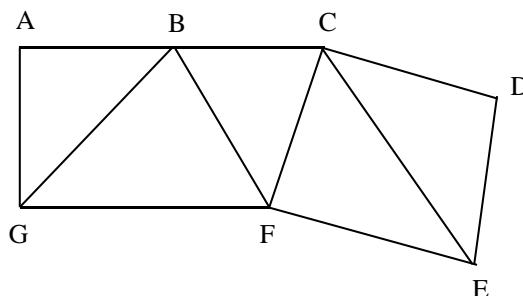


شکل ۶-۱- برداشت نقاط به روش شعاعی یا اخراج اشعه

۶-۲-۲-۲- روش مثلث بندی

همانگونه که می دانیم یک مثلث با معلوم بودن سه ضلع آن از روی روابط مثلثاتی قابل حل بوده و با استفاده از قوانین ترسیم می توان آن را رسم کرد. بنابراین برای اینکه بتوان زمینی مشابه شکل (۶-۲) را

بوسیله تقسیم به مثلث بر روی صفحه کاغذ منتقل نمود، کافی است اضلاع آن را مطابق این شکل اندازه‌گیری نمود و با استفاده از قوانین تریسیم، طول‌های اندازه‌گیری شده را در مقیاس مناسب ضرب نموده و بر روی صفحه کاغذ رسم نمود.



شکل ۶-۲- برداشت نقاط به روش مثلث‌بندی

در روش مثلث‌بندی بر حسب اینکه از سه ضلع، یا سه زاویه و یک ضلع استفاده شود، به دو شیوه سه پهلو‌بندی و سه زاویه‌بندی تقسیم می‌شود. در روش سه پهلو‌بندی، برای اندازه‌گیری طول اضلاع، باید ابتدا طول یکی از اضلاع مثلث به عنوان طول مبنا از نقطه شروع با دقت زیاد اندازه‌گیری شود و بقیه اضلاع را نسبت به این ضلع مبنا اندازه‌گیری و محاسبه نمود. در صورتی که بجای طول AB، مختصات A و B معلوم باشند، می‌توان از رابطه $AB = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$ طول ضلع AB را محاسبه نمود.

در مثلث‌بندی باید به موارد زیر توجه نمود:

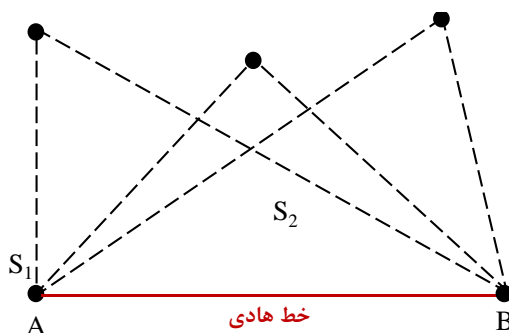
- ۱- برای جلوگیری از اشتباه در اندازه‌گیری باید کار متکی بر کنترل باشد. برای این منظور علاوه بر اندازه‌گیری طول اضلاع، طول قطرهای نیز اندازه‌گیری می‌شود مثل اندازه‌گیری AF، CG و ...
- ۲- از آنجایی که محاسبات روش مثلث‌بندی بسیار زیاد است، پس برای مناطق با وسعت کم توسعه می‌شود.
- ۳- در تشکیل مثلث‌ها به صورت زنجیری یا شبکه‌ای نباید مقدار هر یک از زوایای داخلی مثلث کمتر از ۲۰ درجه و یا بیشتر از ۱۶۰ درجه باشد و طول اضلاع از سه برابر طول ضلع مبنا بیشتر نباشد.
- ۴- مجموع زوایای داخلی مثلث ۱۸۰ درجه است که عملاً در اندازه‌گیری این مقدار با مقداری خطا همراه است و باید سرشکن شود.
- ۵- با اندازه‌گیری ژیزمان اضلاع از طریق ژیزمان طول مبنا، معمولاً ژیزمان ضلع انتهایی با خطا همراه است که باید سرشکن شود.
- ۶- طول ضلع انتهایی پس از محاسبه و اندازه‌گیری توسط طول پایه یا مبنا، معمولاً با خطا همراه است که باید سرشکن شود.

بنابراین، در مثلث‌بندی باید سه شرط زاویه، ژیزمان و طول پایه برقرار باشد و خطاها سرشکن شوند.

۶-۲-۳- برداشت توسط خط هادی^۱

۱- برداشت توسط خط هادی و دوربین تئودولیت

در این روش بعد از انتخاب خط مبنا یکبار دوربین در روی نقطه A قرار گرفته و به سمت نقطه B قراول روی می شود و دوربین صفر می گردد (شکل ۶-۳). سپس به عوارض مختلف قراول روی نموده فاصله نقطه مورد نظر تا نقطه A و زاویه آن نسبت به خط مبنا اندازه گیری می شود. در مرحله بعد، فاصله بدست آمده تا نقطه A برای هر عارضه در مقیاس ضرب شده و به روی نقشه انتقال می یابد. سپس دوربین در نقطه B قرار گرفته و به نقاط مرحله قبل نشانه روی می شود و عملیات به منظور کنترل تکرار می گردد.

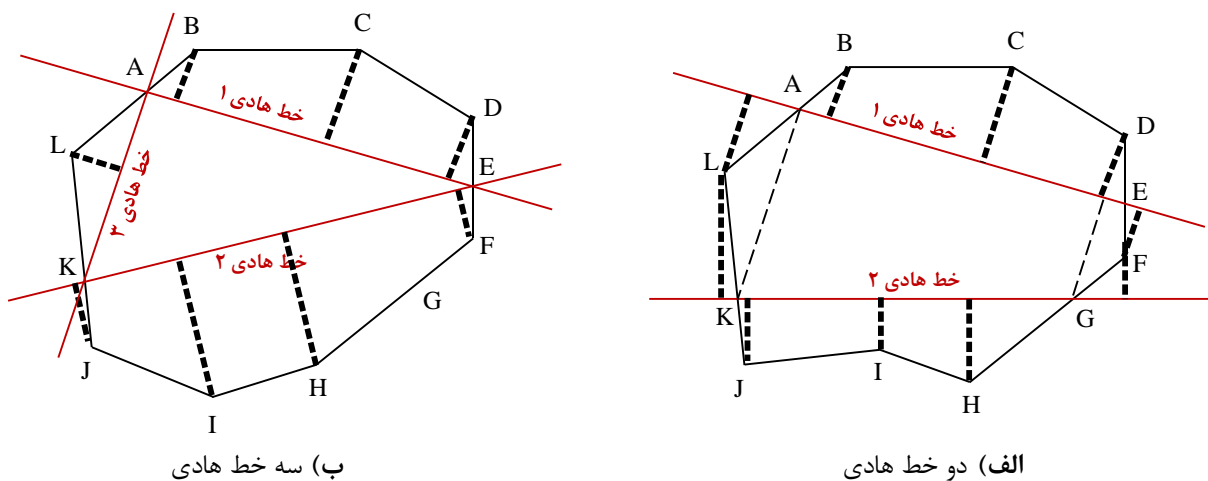


شکل ۶-۳- برداشت نقاط توسط یک خط هادی و دوربین تئودولیت

۲- برداشت توسط دو یا چند خط هادی

در این روش، با توجه به شکل (۶-۴)، نکات زیر باید مدنظر قرار گیرند:

- ۱- نقاط ابتدایی و انتهایی خطوط هادی ۲ و ۳ باید روی خط هادی ۱ تصویر شوند.
- ۲- نقاط واقع در خارج هر خط هادی باید روی خط هادی نزدیک به خود تصویر شوند.
- ۳- زمانی که چند خط هادی استفاده می شود باید همه آنها با هم متقاطع باشند که یک پلی گون ساخته شود.



شکل ۶-۴- برداشت نقاط توسط دو یا چند خط هادی و دوربین تنودولیت

۶-۲- برداشت ارتفاعی

در صورتی که برداشت ارتفاعی مد نظر باشد، علاوه بر محاسبات برداشت مسطحاتی که در بخش روش اخراج اشعه ارائه شد، اختلاف ارتفاع بین نقاط با نقطه ایستگاه (یا بنچ‌مارک) با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$\frac{D}{2} \cdot \sin 2V = h = D \cdot \sin V \cdot \cos V$$

در این رابطه، $D = L \cdot K \cdot \cos^2 \alpha$ می‌باشد که همان فاصله افقی توسط روش استادیومتری می‌باشد.

فصل هفتم:

پیمایش

۷-۱- مقدمه

معمول ترین و متداول ترین روش در تعیین موقعیت نقاط در نقشه برداری، پیمایش است. پیمایش روشی است قابل کنترل و بسیار دقیق که برحسب انطباق نقاط آغاز و پایان پیمایش بر یکدیگر و یا عدم انطباق آنها به دو صورت پیمایش باز و پیمایش بسته انجام می شود. برای برداشت از طریق پیمایش، باید فعالیت های زیر صورت گیرد:

۱- عملیات شناسایی: شامل شناسایی نقاط و میخکوبی آنها برای انتخاب نقاط ایستگاه در پیمایش بسیار مهم است. این نقاط باید طوری انتخاب شوند که: ۱- برای پیاده کردن طرح مورد نظر از آنها استفاده شود، ۲- نقاط هر چه بیشتر را بتوان برداشت کرد، ۳- به ایستگاه های دیگر دید داشته باشد و ۴- فاصله ایستگاه ها تقریباً یکسان باشد.

۲- علامت گذاری: با میخ های فلزی، چوبی یا بتن ریزی نقاط علامت گذاری می شوند.

۳- تهیه کروکی: کروکی نقاط بطور تقریبی رسم می گردد زیرا در جلوگیری از اشتباه بسیار مفید است.

۴- اندازه گیری: شامل اندازه گیری طول و زوایا می باشد.

۵- محاسبات: مختصات رئوس و نقاط مورد نظر محاسبه می گردد.

۶- انتقال به صفحه کاغذ: با توجه به مقیاس مورد نظر صورت می گیرد.

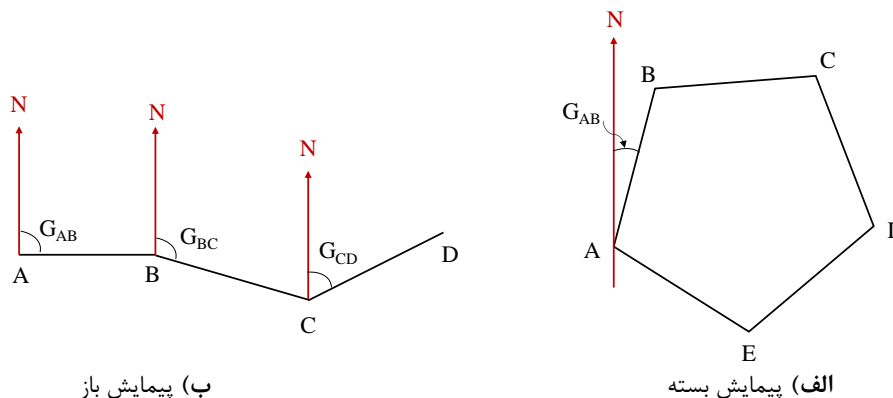
۷-۲- انواع پیمایش

۷-۲-۱- پیمایش بسته

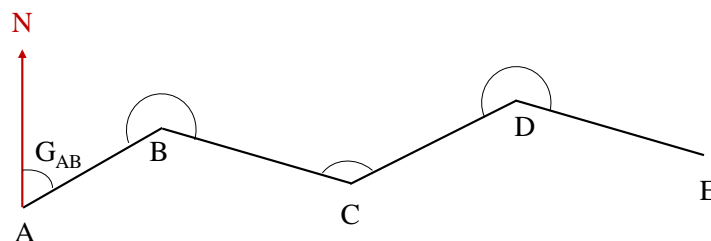
در این روش نقطه ابتدایی و انتهایی برهم منطبق می باشند. که به آن پیمایش چند ضلعی یا پلی گون هم گفته می شود (شکل ۷-۱-الف).

۷-۲-۲- پیمایش باز

در این روش نقاط ابتدایی و انتهایی برهم منطبق نمی باشند (شکل ۷-۱-ب). در برداشت به روش پیمایش می توان ژیزمان و طول اضلاع را مستقیماً محاسبه نمود و از این اندازه گیری مختصات نقطه مجهول را بدست آورد که به این روش، روش زاویه ای می گویند (شکل ۷-۲).



شکل ۷-۱- نمایش پیمایش باز و بسته



شکل ۷-۲- پیمایش زاویه ای

۷-۳- شبکه پیمایش

در مناطق نسبتاً وسیع، اغلب چند پیمایش باز یا چند پیمایش بسته انجام می گیرد. در این صورت ممکن است دو یا چند پیمایش در یک یا چند نقطه مشترک باشند. که این نقاط باید با دقت فوق العاده ای تعیین شوند.

۷-۴- خطا در پیمایش

۷-۴-۱- خطا در پیمایش بسته

در صورتی که نقاط ابتدایی و انتهایی پیمایش بعد از انجام پیمایش برهم منطبق نشوند، عملیات دارای خطا می‌باشد که در صورت کمتر بودن خطای عملیات از حد مجاز باید سرشکن شود و در غیر این صورت عملیات تکرار می‌شود.

۱- خطای زاویه‌ای: مجموع زوایای داخلی یک n ضلعی برابر $(2n - 4) \times 90$ می‌باشد بنابراین خطای زاویه‌ای مجاز عملیات برابر است با:

$$\varepsilon = \sum \alpha - (2n - 4) \times 90$$

در این رابطه، $\sum \alpha$ مجموع زوایای اندازه‌گیری شده می‌باشد.

در صورتی که خطای بر بست زاویه‌ای از حد مجاز بیشتر نباشد باید سرشکن شود یعنی اگر مجموع زوایای اندازه‌گیری شده بیشتر از مجموع زوایای داخلی چند ضلعی باشد، پس از تقسیم کردن خطا بر تعداد اضلاع، نتیجه را از یک‌یک زوایا کم می‌کنیم و برعکس در صورتی که مجموع زوایای اندازه‌گیری شده از مجموع زوایای داخلی چند ضلعی کمتر باشد باید مقدار خطای جزء حاصل را به تک تک زوایا اضافه می‌کنیم. خطای بر بست زاویه‌ای مجاز با حد قابل قبول خطای زاویه‌ای، یعنی f برابر است با:

$$f = 2.5 d\alpha \sqrt{n} \quad II$$

در این رابطه، n تعداد اضلاع چند ضلعی و $d\alpha$ خطای قراعت هر امتداد می‌باشد. اگر خطای بر بست زاویه‌ای کمتر از خطای بر بست مجاز زاویه‌ای باشد، خطا در حد قابل قبول است و باید سرشکن شود. بعنوان مثال زوایای یک ۹ ضلعی که با زاویه‌یاب دارای دقت ۱۰ ثانیه اندازه‌گیری شده باشد خطای بر حسب مجاز برابر است با:

$$2.5 \times 10 \times \sqrt{9} = 1' 15''$$

۲- خطای طولی: در پیمایش بسته باید مجموع $\sum \Delta x$ و $\sum \Delta y$ برابر صفر باشد ولی در اثر وجود خطا مقادیر فوق همیشه صفر نمی‌شوند. اگر $\sum \Delta x = f_x$ و $\sum \Delta y = f_y$ باشد، خطای پیمایش برابر خواهد بود با:

$$f = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

بنابراین دقت پیمایش برابر است با:

$$\sigma = \frac{f}{\sum L} \quad ;$$

خطای مجاز پیمایش از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$e = 2.5 d\alpha \times L \times \sqrt{N/3}$$

در این رابطه، e خطای مجاز پیمایش، N تعداد اضلاع، L طول پیمایش شده و $d\alpha$ دقت اندازه‌گیری زاویه بر حسب رادیان می‌باشند. اگر خطای پیمایش (f) از خطای مجاز پیمایش (e) کوچکتر باشد، خطا باید سرشکن شود. خطای پیمایش به صورت زیر سرشکن می‌شود:

$$\varepsilon \Delta x_i = \frac{-li}{L} \cdot fx \quad (x) \text{ خطای بر بست مجاز طولی}$$

$$\varepsilon \Delta y_i = \frac{-li}{L} \cdot fy \quad (y) \text{ خطای بر بست مجاز عرضی}$$

خطا به صورت نسبت طول هر ضلع پیمایش (li) به طول کل پیمایش (L) (با علامت مخالف) سرشکن می‌شود. بنابراین برای سرشکن کردن خطای پیمایش بسته باید هم خطای بر بست زاویه‌ای و هم خطای بر بست ضلعی (طولی) اعمال گردند تا مختصات مورد نظر بدست آید.

۷-۴-۲- خطا در پیمایش باز

در پیمایش باز چون نقطه ابتدایی و انتهایی بر هم منطبق نمی‌باشند، بنابراین باید یک نقطه کنترل، یعنی نقطه معلوم در طول مسیر وجود داشته باشد. در پیمایش باز، خطای طولی مانند پیمایش بسته به شکل نسبت طول هر ضلع به طول کل پیمایش، بین اضلاع سرشکن می‌شود. ولی در مورد سرشکن کردن خطای زاویه‌ای (در صورتی که خطا از حد قابل قبول تجاوز نکند؛ یعنی $f_a < 2.5 \varepsilon_a \sqrt{n+1}$ که در آن f_a خطای بر بست مجاز زاویه‌ای و ε_a خطا برای اندازه‌گیری یک زاویه و n تعداد پهلوهای پیمایش است)، به این ترتیب عمل می‌شود که به ضلع یا پهلو اول پیمایش برای تصحیح ژیزمان، $\frac{f_a}{n+1}$ و برای پهلو دوم و دوم به ترتیب $\frac{2f_a}{n+1}$ و $\frac{3f_a}{n+1}$ و بالاخره برای پهلو آخر با علامت مخالف اعمال می‌شود. یعنی اگر پیمایش دارای n پهلو باشد، $n+1$ زاویه اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین در این مورد بجای تصحیح زاویه‌ای مستقیماً تصحیح ژیزمان اعمال می‌شود و پس از تصحیح ژیزمان و تصحیح طول، مختصات مجدداً محاسبه می‌شود.

۷-۴-۲- خطای بر بست مجاز در پیمایش

چنانچه پیمایش دارای n ضلع تقریباً مساوی و خطای اندازه هر ضلع را ε_L و خطای اندازه‌گیری هر زاویه را ε_a و نیز L طول کل پیمایش باشد، f_p خطای بر بست مجاز پیمایش برابر خواهد بود با:

$$f_p = 2.5 \sqrt{f_L^2 + f_a^2}$$

$$f_L = \varepsilon_L \sqrt{n}$$

$$f_a = L \cdot \varepsilon_a \sqrt{n/3}$$

در این روابط، f_L خطای اندازه‌گیری طول و f_a خطای اندازه‌گیری زاویه‌ای می‌باشند.

فصل هشتم:

نقشه برداری با قطب نما

۸-۱- مقدمه

قطب نما از یک عقربه مغناطیسی و یک صفحه مدرج 360° درجه‌ای تشکیل شده است که به کمک آن می‌توان برخی از اطلاعات مورد نیاز در نقشه برداری را برداشت کرد. به هنگام استفاده از قطب‌نما، لازم است که فرد نقشه بردار در خصوص برخی از مفاهیم پایه مورد استفاده اطلاع داشته باشد. به همین دلیل در این قسمت به معرفی این مفاهیم پرداخته می‌شود.

۱- امتداد: اختلاف زاویه افقی بین نصف النهار و راستای دید ناظر را امتداد آن خط یا مسیر می‌نامند. با توجه به این تعریف مشخص می‌گردد که امتداد یک مفهوم مقایسه‌ای است و وجود یک امتداد مبنای ضروری به نظر می‌رسد که این امتداد مبنای همان نصف النهار می‌باشد.

۲- نصف النهار یا نیم‌روز: خطوط نیم‌دایره‌ای شکلی می‌باشند که از دو قطب زمین گذشته و بر استوا عمود می‌باشند. نصف النهار مبدا نصف النهاری که از گرینویچ در نزدیکی شهر لندن می‌گذرد و بقیه نصف النهارها براساس آن دارای مختصات طولی 180° درجه شرقی و غربی می‌باشند.

۳- شمال: در نقشه برداری از سه نوع شمال استفاده می‌شود که عبارتند از:

شمال شبکه (N_N): اگر یک نقشه توسط خطوط عمود برهم در امتداد محورهای x و y شبکه بندی شود امتداد y ها شمال شبکه در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر تصویر نصف النهار مرکزی بر صفحه به عنوان محور y ها تصویر مدار مبنای (استوا) به عنوان محور x ها فرض می‌شوند.

1. Strike
2. Meridian
3. North
4. North of Net or Net North

با حرکت از استوا به سمت قطبین زمین فاصله نصف‌النهارها هم کم می‌شود در صورتی که در شبکه‌بندی نقشه چنین نزدیک شدن تصویر نصف‌النهارها وجود ندارد. اختلاف زاویه نصف‌النهارها با شمال شبکه همگرایی نامیده می‌شود.

شمال جغرافیایی یا شمال واقعی (N_G)^۱: شمال جغرافیایی هر نقطه واقع بر سطح زمین همان امتداد نصف‌النهار جغرافیایی آن نقطه در جهت شمال است.

شمال مغناطیسی (N_M)^۲: همان امتداد عقربه مغناطیسی در حالتی است که به تعادل رسیده باشد. این امتداد در واقع همان امتداد نصف‌النهارهای مغناطیسی می‌باشد.

۴- زاویه بین شمال‌ها: شمال جغرافیایی و شمال مغناطیسی و شمال شبکه بر هم منطبق نمی‌باشند و بین آنها زاویه‌ای تشکیل می‌شود که عبارتند از:

زاویه انحراف مغناطیسی: زاویه بین شمال جغرافیایی و شمال مغناطیسی می‌باشد که برای ایران در حدود ۱۱/۵ درجه می‌باشد. بدیهی است اگر عقربه قطب‌نما به طرف شرق شمال جغرافیایی باشد انحراف مغناطیسی شرقی و اگر به طرف غرب شمال جغرافیایی باشد، انحراف مغناطیسی غربی است.

در نقاطی از سطح زمین انحراف مغناطیسی صفر است. از اتصال نقاطی که انحراف مغناطیسی آنها صفر است خطوطی بدست می‌آیند که به آن خط بی‌انحراف می‌گویند و از اتصال نقاط دارای انحراف یکسان خطوط هم‌انحراف بدست می‌آید. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری انحراف مغناطیسی وجود دارند که دو نمونه از آنها عبارتند از:

الف- استفاده از نقشه‌های هم‌انحراف (ایزوگونیک)

ب- استفاده از تئودولیت مجهز به لمب مغناطیسی مانند T_0 : برای این کار ابتدا تئودولیت در نقطه ایستگاه مستقر شده و سپس به امتداد معلولی که آزیموت جغرافیایی آن مشخص است نشانه روی می‌شود و لمب آن آزاد می‌گردد. مقدار L یا قرائت لمب افقی را که همان آزیموت مغناطیسی امتداد معلوم است، یادداشت می‌شود، و زاویه انحراف مغناطیسی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{انحراف مغناطیسی} = L - A_{zG}$$

در این رابطه، L آزیموت مغناطیسی امتداد معلوم و A_{zG} آزیموت جغرافیایی همان امتداد معلوم می‌باشند. ج- امتداد آزیموت یک ستاره یا خورشید هنگام طلوع و غروب اندازه‌گیری می‌شود و با هم جمع می‌شوند اگر حاصل جمع از 360 درجه کسر شود و بر دو تقسیم گردد، حاصل همان انحراف مغناطیسی آن نقطه است. زاویه انحراف شبکه: زاویه بین شمال جغرافیایی و شمال شبکه می‌باشد.

-
1. Geographic North
 2. Magnetic North

زاویه شبکه مغناطیسی: زاویه بین شمال شبکه و شمال مغناطیسی را زاویه شبکه مغناطیسی می‌نامند.
 ۵- آزیموت^۱: زاویه بین یک امتداد (مثل AB) با جهت شمال جغرافیایی یا مغناطیسی که در جهت عقربه‌های ساعت اندازه‌گیری می‌شود و بین 0 تا 360 درجه در تغییر است و با Az نمایش داده می‌شود. بنابراین دو نوع آزیموت جغرافیایی و مغناطیسی وجود دارد.

۶- بیرینگ^۲: زاویه بین یک امتداد شمال یا جنوب می‌باشد، و بصورت NE، SE، NM و SW مشخص می‌شود و بین 0 تا 90 در تغییر است.

۷- ژیزمان یا گرای یک امتداد: ژیزمان زاویه‌ای است که امتداد مورد نظر با شمال شبکه و در جهت عقربه‌های ساعت و آن را با G نمایش می‌دهند. مقدار ژیزمان بین 0 تا 360° در تغییر است. باید توجه داشت که ژیزمان از A به B با ژیزمان امتداد از B تا A متفاوت است که در این وضعیت آنرا ژیزمان معکوس امتداد AB می‌نامند.

$$G_{BA} = G_{AB} \pm 180$$

علامت مثبت زمانی بکار می‌رود که G_{AB} از 180 کمتر و علامت منفی وقتی به کار می‌رود که G_{AB} از 180 درجه بزرگتر باشد.

۸- زاویه حامل (V): کوچکترین زاویه‌ای که یک امتداد با شمال شبکه می‌سازد.

۹- رابطه بین ژیزمان و آزیموت یک امتداد:

$$A_{z_{AB}} = G_{AB} \pm \gamma$$

در این رابطه، γ همگرایی نصف‌النهاری است (مثبت در جهت شرق محور γ ها و منفی در جهت غرب محور γ ها) می‌باشد.

۱۰- رابطه بین آزیموت‌ها جغرافیایی و مغناطیسی:

$$G = M \pm \gamma$$

در این رابطه، γ انحراف مغناطیسی است که اگر شرقی باشد مثبت و اگر منفی باشد غربی است.

۱۱- تعیین ژیزمان یک امتداد:

الف- حالتی که دو نقطه از آن امتداد با مختصات $A \begin{vmatrix} x_A \\ y_A \end{vmatrix}$ و $B \begin{vmatrix} x_B \\ y_B \end{vmatrix}$ معلوم باشند.

$$\tan V = \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A} = \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

با توجه به علامت x یا y و تعیین ربع دایره (در ربع اول x و y هر دو مثبت، در ربع دوم x مثبت y منفی، در ربع سوم x و y هر دو منفی و در ربع چهارم x منفی و y مثبت است) و با توجه به زاویه حامل (V) تعیین شده ژیزمان از طریق رابطه زیر قابل اندازه‌گیری است:

$$G_{AB} = \tan^{-1} \frac{\Delta x}{\Delta y} = \tan^{-1} \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A}$$

ب- محاسبه ژیزمان یک امتداد وقتی زاویه آن نسبت به یک امتداد دیگر معلوم باشد، از طریق رابطه زیر صورت می‌گیرد:

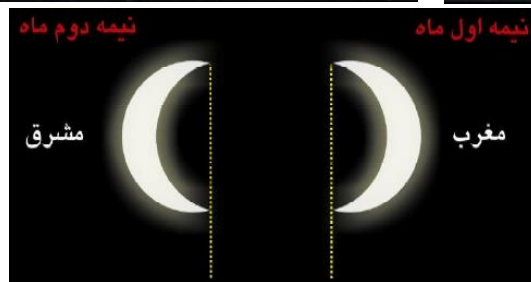
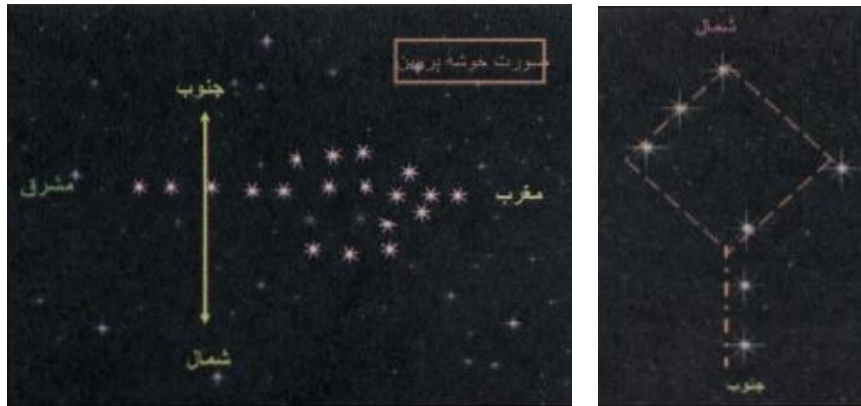
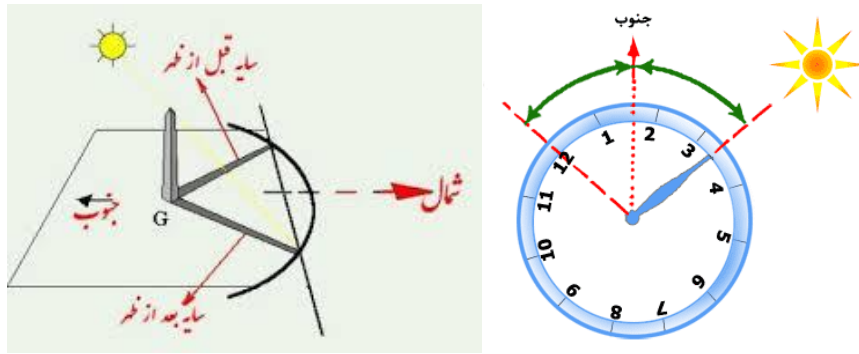
$$G_{AC} = G_{AB} \pm \alpha$$

در این رابطه، G_{AC} ژیزمان مجهول، G_{AB} ژیزمان معلوم و α زاویه بین دو امتداد (در جهت عقربه‌های ساعت مثبت و بالعکس منفی) می‌باشند.

۸-۲- روش‌های تعیین شمال

مهمترین روش‌های تشخیص جهت شمال عبارتند از:

- ۱- استفاده از قطب نما یا کمپاس
- ۲- استفاده از تئودولیت‌های دارای لمب مغناطیسی
- ۳- استفاده از نقشه و توجیه آن
- ۴- استفاده از ساعت عقربه‌دار
- ۵- استفاده از ژالون (یک ربع ساعت)
- ۶- استفاده از ژلون یا چوب (ساعت ۱۰ و ۱۴)
- ۷- استفاده از آفتاب
- ۸- استفاده از تئودولیت
- ۹- استفاده از ستاره قطبی
- ۱۰- استفاده از شکل ماه
- ۱۱- استفاده از خوشه پروین
- ۱۲- استفاده از صورت فلکی بادبادکی
- ۱۳- استفاده از GPS



شکل ۸-۱- روش‌های تشخیص جهت‌های جغرافیایی

۸-۳- قطب‌نما یا جهت‌یاب و زاویه‌یاب مغناطیسی

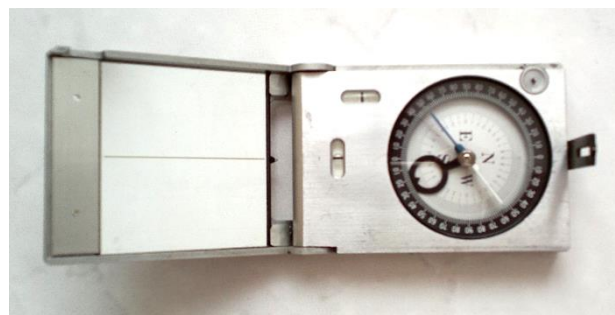
قطب‌نما یا جهت‌یاب‌های مغناطیسی برحسب کاربرد، هدف و دقت مورد نظر دارای انواع مختلف می‌باشند که برای تعیین امتداد، مشخص کردن شمال مغناطیسی، تعیین ژیزمان و آزیموت یک امتداد و همچنین زاویه بین دو امتداد به کار می‌روند.

ساختمان کلی قطب‌نما شامل یک لمب افقی، عقربه مغناطیسی، شکاف و مگسک نشانه روی می‌باشد لمب افقی صفحه مدرجی است که از صفر تا ۳۶۰ درجه و یا از صفر تا ۴۰۰ گراد مدرج شده است و حول محور ثابتی به نام محور اصلی دوران می‌کند. عقربه مغناطیسی حول محور اصلی می‌چرخد و همیشه در حالت تعادل سمت شمال-جنوب را نشان می‌دهد. قطب‌نما دارای انواع مختلفی می‌باشد که مهمترین آنها عبارتند از:

- ۱- قطب‌نمای ساده
- ۲- قطب‌نمای ساعتی
- ۳- قطب‌نمای عدسی‌دار
- ۴- قطب‌نمای منشوری
- ۵- قطب‌نمای مچی
- ۶- قطب‌نمای زمین‌شناسی یا کمپاس که شامل کمپاس برانتون و کمپاس کلارک می‌باشد (شکل ۸-۲).



الف- کمپاس برانتون



ب- کمپاس کلارک

شکل ۸-۲- انواع قطب‌نمای زمین‌شناسی

۸-۴- کاربردهای قطب‌نما

مهمترین موارد استفاده از قطب‌نما به شرح زیر می‌باشند:

- ۱- تعیین شمال مغناطیسی: عقربه قطب‌نما در حالت تعادل سمت شمالی-جنوبی را نشان می‌دهد.

۲- تعیین آزیموت یا بیرینگ یک مسیر: برای این منظور توسط قطب‌نما به امتداد مورد نظر نشانه روی نموده و عددی را که عقربه نشان می‌دهد قرائت می‌کنند که همانند آزیموت آن امتداد است. باید دقت داشت که در موقع نشانه‌روی کمپس باید تراز باشد.

۳- استفاده‌های زمین شناسی: مانند اندازه‌گیری شیب و جهت شیب طبقات لایه‌بندی، اندازه‌گیری شیب و جهت شیب صفحات درزه و ناپیوستگی‌ها و غیره.

۴- تعیین زاویه انحراف مغناطیسی

۸-۵- تعیین حساسیت قطب‌نما

برای تعیین حساسیت قطب‌نما یک جسم آهنی به آن نزدیک کرده تا عقربه قطب‌نما منحرف شود سپس جسم را دور نموده، در این حالت عقربه باید به حالت اول باز گردد. در غیر این صورت، یا وضعیت مغناطیسی عقربه نامناسب است و یا تکیه‌گاه خوبی ندارد. قطب‌نماها در قطبین زمین کار نمی‌کنند چون در قطبین عقربه قطب‌نما به حالت قائم می‌ایستد ولی GPS حتی تا ۱۰۰ متری قطب زمین نیز قادر به کار کردن می‌باشند.

فصل نهم:

توجیه نقشه

۹-۱- مقدمه

توجیه نقشه یعنی منطبق کردن شمال و جنوب نقشه با شمال و جنوب منطقه. توجیه بر دو نوع است که عبارتند از توجیه امتدادی و توجیه مغناطیسی. توجیه امتدادی یعنی اینکه راستای یک امتداد در روی نقشه با راستای همان امتداد در روی زمین در یک جهت قرار گیرند. برای این منظور دو نقطه که در روی زمین و نقشه مشخص می‌باشند را به هم متصل کرده و خطوط حاصل در یک راستا قرار می‌گیرند، در این صورت نقشه دارای توجیه امتدادی می‌باشد.

در توجیه مغناطیسی، نقشه را روی زمین گسترده و قطب‌نما روی آن قرار می‌گیرد، به طوری که صفر قطب‌نما در جهت خطوط شمالی جنوبی (نصف‌النهارات) نقشه باشد. سپس نقشه و قطب‌نما (کمپس) آنقدر می‌چرخانده می‌شوند تا عقربه شمال قطب‌نما روی عدد صفر آن واقع شود.

۹-۲- تعیین نقطه توقف روی نقشه

تعیین نقطه توقف در روی نقشه به روش‌های مختلف صورت می‌گیرد که دو روش معمول آن به شرح زیر می‌باشند:

۹-۲-۱- روش ترفیع

برای انجام این روش ابتدا باید دو نقطه در منطقه به گونه‌ای انتخاب کنیم که در روی نقشه نیز موجود باشند. سپس نقشه را توجیه مغناطیسی نموده و گرای مغناطیسی یکی از این نقاط را تعیین می‌کنیم و پس از آن لبه خط‌کش قطب‌نما را روی نقطه مذکور در روی نقشه قرار می‌دهیم و قطب‌نما را حول این نقطه آنقدر می‌چرخانیم تا گرای بدست آمده بر عقربه منطبق شود. حال خطی با خط‌کش قطب‌نما رسم می‌شود تا

از آن نقطه بگذرد. این کار را برای نقطه دوم نیز انجام داده که محل تقاطع خطوط بدست آمده بر روی نقشه محل توقف است.

۹-۲-۲- روش قطبی

برای انجام این روش به یک نقطه معلوم در منطقه و مشابه آن بر روی نقشه و همچنین طول آن نقطه تا محل توقف و گرای آن نقطه نیاز است. روش عمل به صورت ذیل می باشد:

- ۱- ابتدای مسافت نقطه معلوم بر روی زمین تا محل توقف را تخمین می زنیم.
- ۲- گرای نقطه معلوم را بدست می آوریم (توسط کمپاس)
- ۳- روی نقشه امتداد گرا را از نقطه معلوم رسم می کنیم.
- ۴- طول بدست آمده را از نقطه معلوم جدا می کنیم، نقطه بدست آمده محل توقف است.