

قطب نمای کمپاس و کاربردهای آن

مقدمه

مهارت در استفاده از ابزارهای زمین شناسی برای زمین شناس امروز بسیار مهم و اساسی به نظر می رسد و می تواند او را در برداشت های صحرائی بسیار کمک نماید . کمپاس یکی از وسایل اصلی زمین شناسان در برداشت های صحرائی می باشد که مهارت در استفاده از آن می تواند یک زمین شناس حرفه ای را در رسیدن به هدفش کمک نماید. کمپاس توسط بسیاری از زمین شناسان برای نقشه برداری صحرائی از موضوعات زمین شناسی استفاده می شود. زمین شناسان بیشترین استفاده را از کمپاس برانتون می کنند اما باستان شناسان، مهندسين محیط زیست و نقشه برداران نیز از قابلیت های این وسیله استفاده می نمایند. کمپاس برانتون در واقع یک قطب نماست که به دلیل داشتن شیب سنج و قابلیت حمل راحت به سایر قطب نماها برتری دارد و می تواند به هر دو روش نشانه روی کمری و چشمی مورد استفاده قرار گیرد. اندازه گیری دقیق ساختارهای زمین شناسی مانند خط لولای یک چین، اثر سطح محوری و صفحه محوری و نقشه برداری زمین شناسی بدون استفاده از کمپاس برانتون غیرممکن و کاری نشدنی است. در این نوشتار ما کاربرد کمپاس برانتون را در اندازه گیری تغییرات خطی و صفحه ای ساختمان های زمین شناسی (ساختمانی، رسوبی و چینه شناسی) مرور می کنیم و در مورد استفاده کمپاس در نقشه برداری و اندازه گیری مقاطع چینه شناسی ، اندازه گیری زوایا، ارتفاع و ... بحث می نمایم.



نخستین بار یک زمین شناس کانادایی به نام D.W. Brunton کمپاس برانتون را طراحی کرد که سپس توسط کمپانی William Ainsworth در دنور امریکا ساخته شد. با وجود طراحی بادوام آن، آینه ظریف و بخش های شیشه ای آن در مقابل ضربه و رطوبت آسیب پذیر بوده و پس از هر بار استفاده نیاز به تعمیر و آماده سازی برای استفاده مجدد داشتند. از سال ۱۹۷۲ برانتون های اصلی بوسیله کمپانی برانتون در ریورتون ایالت وایومینگ امریکا (Riverton, Wyoming) ساخته و به بازار عرضه شدند. نمونه های مشابه از آن به مرور زمان در سوئد، چین، ژاپن و آلمان ساخته شد و امروزه در بازار موجود است. ساختمان کمپاس برانتون:

کمپاس برانتون از سه قسمت ، بدنه اصلی (box) ، بازوی نشانه روی (sighting arm) و درپوش (lid) ، تشکیل شده است.

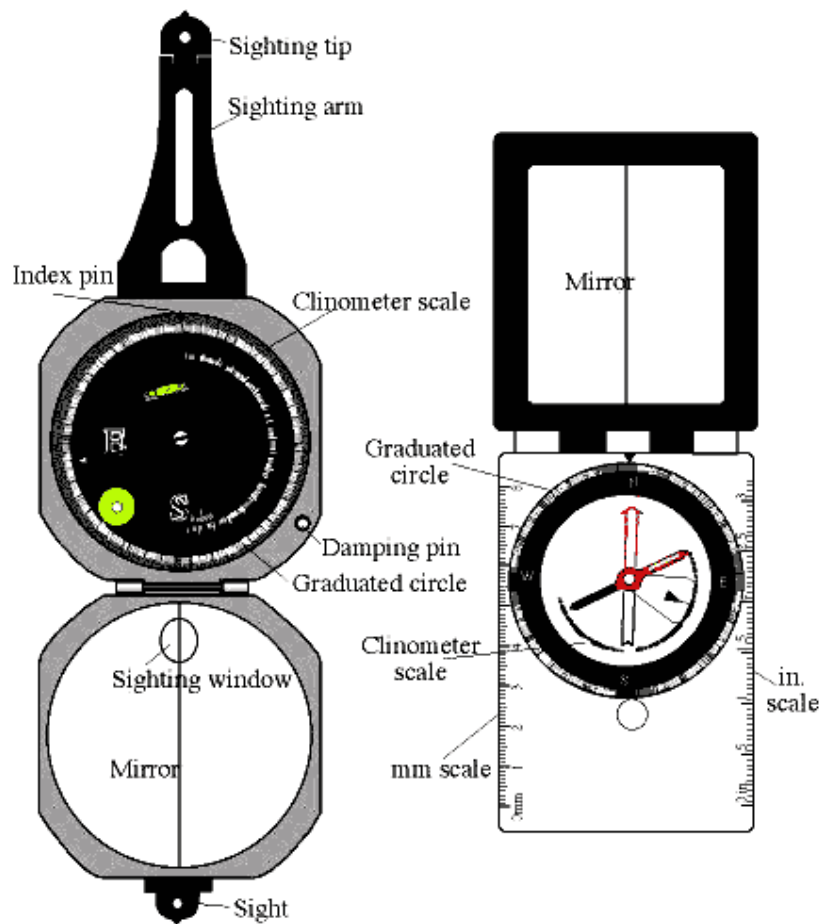
۱. بخش بدنه اصلی:

حاوی قطعات مهمی است که عبارتند از:

- عقربه (Needle) که دارای دو جهت است، یکی جهت شمال (در کمپاس برانتون های اصلی عموماً به رنگ سفید است و در برخی نمونه های مشابه با N مشخص شده است) و دیگری که به رنگ سیاه است جهت جنوب را نشان می دهد.
- تراز چشم گاوی (Bull's eye level) تراز کروی که برای خواندن زوایای افقی استفاده می شود.
- تراز شیب سنج (Clinometer level) یا همان تراز استوانه ای.

- صفحه مدرج شیب سنج (Clinometer Scale) برای خواندن زوایای قائم .
- دستگاه تعدیل (Damping mechanism) برای تخفیف در حرکت نوسانی عقربه و پایداری بیشتر آن،
- دکمه قفل کننده عقربه (Lift pin) ،
- پیچ برنجی کناری و میخ شاخص (Side brass screw and Index pin) برای تنظیم و نشان دادن انحراف مغناطیسی .
- صفحه دایره مدرج (Graduated circle) برای خواندن امتداد .

نوک شمالی عقربه در نیمکره شمالی که زاویه انحراف مغناطیسی به سمت پایین است به سمت صفحه مدرج نزدیک می شود. یک وزنه کوچک الحاقی به سمت جنوبی عقربه اضافه شده است تا تعادل را در عقربه فراهم سازد. چنانچه کمپاس در نیمکره جنوبی یعنی جایی که انحراف مغناطیسی به سمت بالاست استفاده شود باید وزنه عقربه آن بر روی بخش شمالی عقربه بسته شود تا تعادل ایجاد گردد. برای عدم خطا در تشخیص عقربه سمت شمال بهتر است همیشه به وزنه دقت کنیم.



قسمت های مختلف کمپاس و قطب نمای معمولی

۲. درپوش:

بوسیله یک لولا به بدنه متصل می گردد و شامل:

- یک آینه (Mirror) با یک خط محوری .
- پنجره نشانه روی بیضوی شکل (Sighting window) برای نشانه روی به روش های کمری و چشمی .
- روزنه دید. (Sight).

۳. بازوی بلند نشانه روی:

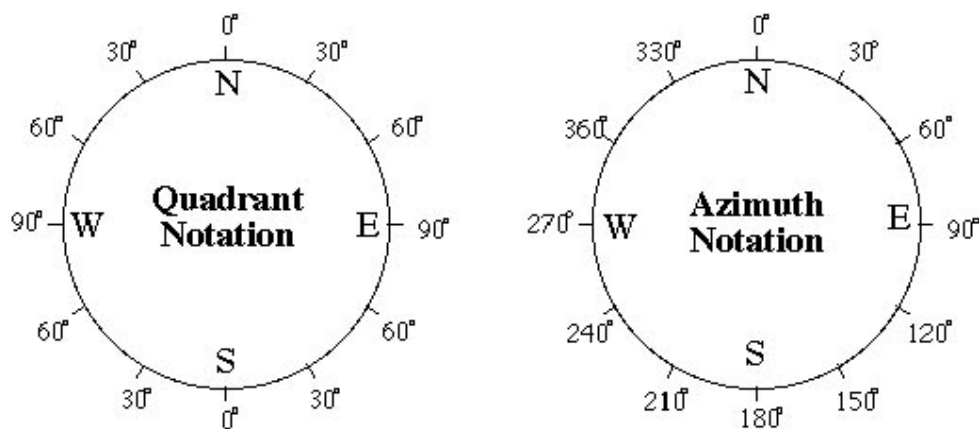
بوسیله یک لولا به بدنه متصل شده دارای:

- شکاف بیضوی کشیده بر روی طول خود برای مشاهده ساختار های خطی .
- نوک نشانه روی خم شونده (Sighting tip) برای تراز کردن خط دید.

صفحه مدرج کمپاس برانتون بر مبنای دو مقیاس قدیمی طراحی شده است.

مقیاس آزیموت: که در آن برای نشان دادن جهات از سه رقم استفاده می شود به عنوان مثال برای شمال ۰۰۰ یا ۳۶۰ درجه و برای جنوب ۱۸۰ درجه. در این مقیاس تنها جهت شمال مبنای اندازه گیری ها است و یک راستا بر مبنای جهت گیری آن نسبت به شمال از ۰ تا ۳۶۰ درجه تعیین موقعیت می شود.

مقیاس ربع دایره (بیرینگ): که در آن از حروف و ارقام استفاده می شود (مثل N۶۰E, S۲۰W) در چهار ربع ۹۰ درجه (NE, SE, SW, NW) مدرج شده است. راستای شمال و جنوب به ترتیب در بالا و پایین صفر درجه را نشان می دهند. در این مقیاس شمال و جنوب مبنای اندازه گیری منظور می شوند.



مقیاس های آزیموت و بیرینگ برای تعیین جهات جغرافیایی

راستای یک خط بر روی زمین بوسیله موقعیت آن خط مشخص می شود، که زاویه افقی بین خط و مرجع (معمولا شمال در بیرینگ و ۰۰۰ در مقیاس آزیموت) می باشد. البته مرجع در مقیاس بیرینگ، هنگامی که راستای یک ساختار به سمت جنوب خوانده می شود، جنوب هم می تواند باشد.

موقعیت E و W در صفحه مدرج معکوس است، یعنی E در سمت چپ صفحه مدرج (معادل شماره ۹ ساعت) و W در سمت راست صفحه (معادل شماره ۳ ساعت) بر روی صفحه مشخص شده اند. این حالت برای اصلاح در خواندن زاویه طراحی شده است. شایان ذکر است حتی وقتی که صفحه مدرج چرخانده می شود، نوک شمال (سفید رنگ) عقربه کمپاس همیشه رو به شمال قرار می گیرد. برای مثال برای خواندن زاویه ۰۴۵، ما صفحه را تراز کرده و به سمت راست شمال (جهت عقربه های ساعت) می چرخیم، اما نوک شمال عقربه به سمت چپ شمال می گردد (خلاف عقربه های ساعت)، یعنی جایی که شرق بر روی صفحه مدرج حک شده است و ما زاویه صحیح را قرائت می کنیم. نگهداری و تنظیمات کمپاس:

کمپاس دستگاهی دقیق و حساس است و هرگز نباید هنگام قدم زدن کمپاس را به صورت در باز حمل نمود. چنانچه کمپاس در حین عملیات صحرایی آسیب ببیند چنانچه آینه و شیشه محافظ اضافی به همراه داشته باشیم می توانیم آن را تعویض کنیم، اما اگر لولا خم شود و یا محفظه های تراز بشکند، باید کمپاس را برای تعمیر به کارخانه سازنده فرستاد. چنانچه کمپاس در هوای بارانی مورد استفاده قرار گیرد و یا آب به درون آن نفوذ کند، باید کمپاس را باز کرده و آن را خشک کنیم چراکه اگر تکیه گاه عقربه خیس باشد، عقربه صحیح عمل نخواهد کرد. آینه کمپاس را می توان با ضربه زدن به زائنه کوچک نگهدارنده و برداشتن یک واشر فنری شیشه واشری که بر روی جعبه است، بیرون آورده و آینه جدید را جایگزین آن کرد. این آینه را باید طوری قرار دهیم که خط سیاه نشانه روی آن در زاویه ای عمود بر محور لولای درپوش کمپاس قرار گیرد. این کار را می توانیم با چرخاندن آینه تا زمانی که خط نشانه روی آینه از وسط درپچه نشانه روی بگذرد، انجام دهیم. عمل میزان را سپس با بستن درپوش کمپاس بر روی نوک برگردانده شده بازوی نشانه روی و مشخص نمودن تطابق نوک بازو با خط وسط آینه امتحان کنیم.

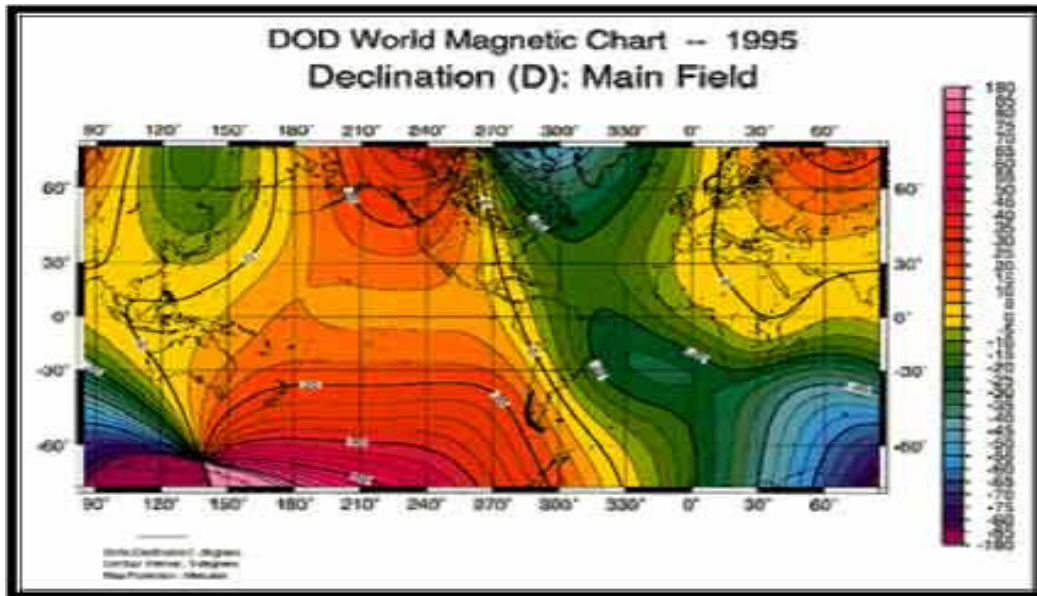
انحراف مغناطیسی و تصحیح کمپاس:

زمین دارای قطب های جغرافیایی یا شمال و جنوب حقیقی یعنی جایی که محور های چرخش زمین سطح آن را قطع می کنند، و قطب های مغناطیسی است، یعنی جایی که خطوط میدان مغناطیسی به صورت واگرا از زمین خارج (جنوب مغناطیسی) و یا به صورت همگرا به آن وارد (شمال مغناطیسی) می شوند.

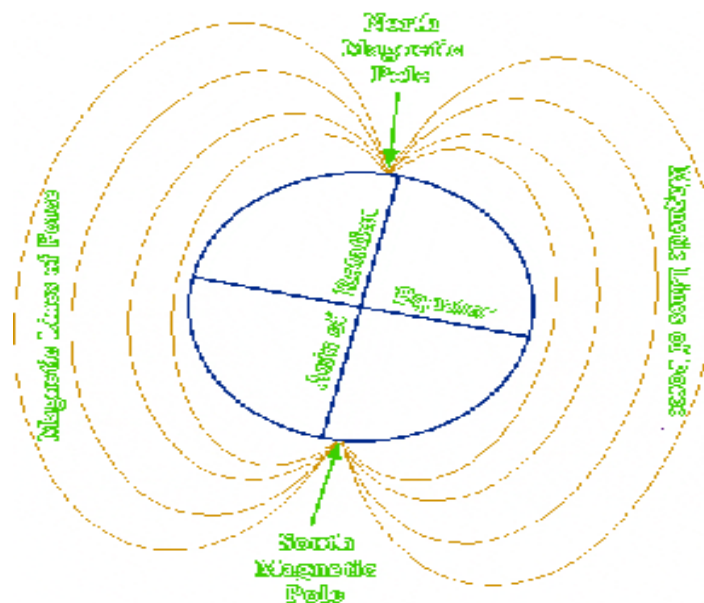
عقربه کمپاس برآنتون به عنوان یک وسیله مغناطیسی (یک آهنربا) وقتی که آزادانه معلق شود قطب های مغناطیسی را یافته و در جهت آنها آرایش می گیرد یعنی جایی که عموماً شمال واقعی نیست (بجز برخی مناطق کره زمین). عقربه کمپاس یک آهنربا است و قطب شمال هر آهنربایی در صورتیکه آهنربا آزادانه حرکت کند بوسیله شمال مغناطیسی دفع می شود. در واقع می توان نام صحیح این انتهای عقربه را قطب شمالجو (north seeking pole) نامید. نقشه ها قطب مغناطیسی در نیمکره شمالی را "قطب شمال مغناطیسی" مشخص می کنند.

زاویه بین شمال حقیقی و شمال مغناطیسی "میل مغناطیسی (magnetic declination)" نامیده می شود. میل مغناطیسی با موقعیت، زمان (سالانه و روزانه)، ناهنجاری های مغناطیسی محلی، ارتفاع (جزئی و قابل صرف نظر) و فعالیت های مغناطیسی خورشید تغییر می کند (Goulet, ۱۹۹۹). در واقع میل زاویه بین نقطه ای که عقربه کمپاس به عنوان شمال نشان می دهد و شمال حقیقی می

باشد. میل مغناطیسی در طول خطوطی که اصطلاحاً خطوط هم عرض (isogonic lines) نامیده می شوند ثابت هستند. خط فرضی با میل مغناطیسی صفر درجه از غرب خلیج هودسن، دریاچه سوپریور، دریاچه میشیگان و فلوریدا عبور می کند. قطب شمال مغناطیسی در سال ۱۹۹۹ در موقعیت $75^{\circ} 79.8'$ W, $107^{\circ} 00'$ N در مناطق قطبی کانادا در فاصله ۱۱۴۰ کیلومتری از شمال واقعی قرار داشت.



جدول انحراف مغناطیسی جهان



اختلاف موقعیت قطب های جغرافیایی و مغناطیسی

زاویه قائم بین بردار های مغناطیسی به سطح (افق) زمین وابسته است و زاویه انحراف مغناطیسی (magnetic inclination) نامیده می شود و با تغییر عرض جغرافیایی تغییر می کند. این زاویه در قطب مغناطیسی ۹۰ درجه و در استوای مغناطیسی صفر درجه است.

تعیین انحراف مغناطیسی:

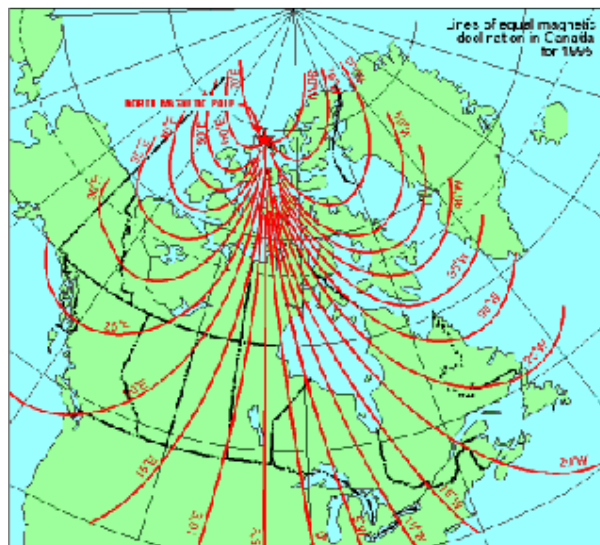
اگر عقربه کمپاس شرق یا غرب شمال واقعی را به عنوان شمال مشخص نماید، این اختلاف به ترتیب انحراف مغناطیسی شرقی یا غربی نامیده می شود. شمال مغناطیسی (MN) هم در نیمکره شمالی و هم در نیمکره جنوبی به عنوان مرجع انحراف مغناطیسی است. برای تعیین انحراف مغناطیسی در یک منطقه مورد مطالعه ما می توانیم از موارد زیر استفاده کنیم:

- ۱- نقشه های توپوگرافی چاپ شده: در برخی نقشه ها انحراف مغناطیسی منطقه بوسیله زاویه بین دو پیکان شمال مغناطیسی (MN) و شمال حقیقی (GN) نشان داده شده است.

۲- نمودار های ایزوگونی چاپ شده و یا موجود در وب سایت ها: که انحراف مغناطیسی را نشان می دهند.

۳- حسابگر آنلاین برای مشخص نمودن آخرین انحراف مغناطیسی برای یک موقعیت مشخص (طول و عرض جغرافیایی) و زمان

مشخص.

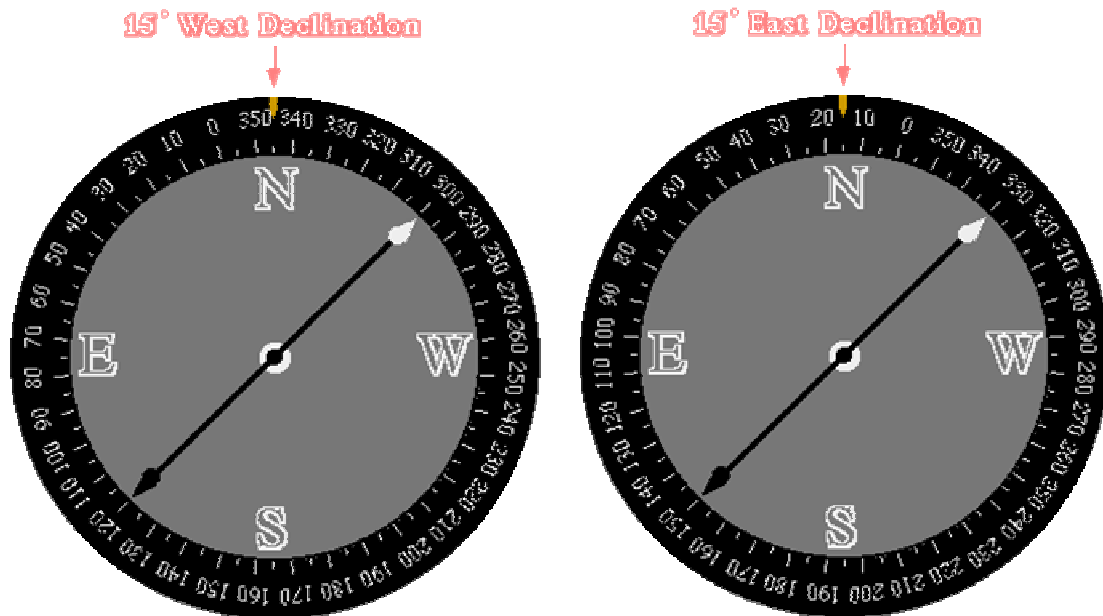


نمودار ایزوگونی امریکای شمالی

تنظیم انحراف مغناطیسی در کمپاس:

انحراف مغناطیسی بوسیله چرخاندن پیچ برنجی که در کناره بدنه کمپاس وجود دارد تنظیم و تصحیح می گردد. برای یک انحراف غربی ۱۵ درجه (یعنی شمال مغناطیسی ۱۵ درجه در غرب شمال حقیقی قرار دارد) صفحه مدرج به سمت غرب یعنی در خلاف جهت چرخش عقربه های ساعت (با چرخاندن پیچ) چرخانده می شود تا میخ شاخص روی N15W در مقیاس بیرینگ و یا ۳۴۵ درجه در مقیاس آزیموت قرار گیرد. برای یک انحراف ۱۵ درجه شرقی، صفحه مدرج به سمت شرق چرخانده می شود (در جهت چرخش عقربه

های ساعت) تا میخ شاخص روی N۱۵E در مقیاس بیرینگ و یا ۰۱۵ درجه در مقیاس آزیموت قرار گیرد. در ایران انحراف مغناطیسی به سمت شرق است و مقدار زاویه آن در مکان های مختلف متفاوت است.



تنظیم انحراف مغناطیسی در کمپاس

کارآیی کمپاس:

برای تهیه یک نقشه و یا تحلیل زمین شناسی و ساختاری یک منطقه باید مشخصات و موقعیت ساختارهای صفحه ای و خطی آن منطقه برداشت شود. زمین شناسان نمی توانند بدون دانستن چگونگی استفاده از کمپاس برای بدست آوردن اطلاعات ساختاری و تشخیص مرز واحد های ساختاری، یک نقشه مفید تولید کرده و یا اطلاعات مفید بدست آورند. بنابراین ما نیاز داریم که چگونگی اندازه گیری ساختار های خطی و صفحه ای را برای تمام انواع ساختمان ها مثل عناصر رسوبی و ساختمانی و مرز های سنگ چینه ای نقشه ها، بدانیم.

یک کمپاس دارای کارآیی های فراوانی است که تعدادی از مهمترین این کاربردها در زیر توضیح داده می شود:

۱. اندازه گیری موقعیت ساختار های خطی
۲. اندازه گیری زاویه پیچ برای عناصر خطی
۳. اندازه گیری زوایای قائم، ارتفاع و فاصله
۴. اندازه گیری ضخامت حقیقی لایه ها
۵. اندازه گیری موقعیت صفحات
۶. بدست آوردن موقعیت یک خط مابین دو نقطه
۷. اندازه گیری موقعیت یک صفحه با تکنیک دو خط
۸. تعیین دو نقطه هم ارتفاع
۹. تعیین موقعیت با استفاده از کمپاس و نقشه

تعاریف:

وضعیت ساختارهای خطی و صفحه ای دارای دو مشخصه اصلی است: راستا و میل.

" راستا" زاویه افقی بین یک خط و راستای مشخص است (شمال یا جنوب). یک "خط" یا تصویر افقی یک ساختار خطی شیبدار است یا یک خط افقی روی یک صفحه شیبدار.

" میل " یک مشخصه عددی است یعنی فقط یک عدد است (مثل ۰۴۵ یا N۴۵۰E) زاویه میل به عبارت دیگر زاویه قائم بین ساختار خطی یا صفحه ای و سطح افق است. به صورت قرار دادی زاویه میل را از افق به سمت پایین حساب می کنند یعنی ما زاویه یک ساختار نسبت به افق را به سمت پایین حساب می کنیم نه بالا، خصوصا وقتی که داده ها را بر روی نیمکره پایینی شبکه استریونوت وارد می کنیم بلورشناسان از نیمکره بالایی نیز برای بلور ها استفاده می کنند

میل یک بردار است یعنی دارای دو مولفه می باشد: یک مقدارمیل (زاویه زیر سطح افق) و یک سمت میل جهتی که ساختار صفحه ای به آن طرف شیب دارد مثل NW.۳۰ O

این در وضعیت عمومی است و دو مولفه یعنی راستا و میل در عناصر خطی و صفحه ای معانی متفاوتی پیدا می کنند. برای ساختارهای صفحه ای مانند لایه بندی (مرز های لایه ها)، گسل، فولیاسیون و عناصر صفحه ای، روند و میل به امتداد و شیب تبدیل می شوند که امتداد یک کمیت عددی و شیب یک کمیت برداری است.

امتداد موقعیت یک خط افقی بر روی صفحه حاوی آن است. چون امتداد راستای یک خط افقی است می توان راستای هر یک از دو سمت آن را قرائت کرد. بنابراین ۰۰۰ O و ۰۱۸۰ امتداد های مشابه هستند.

شیب تمایل یک صفحه شیبدار است. برای ساختار های خطی مانند یک خط لولا، محور یا خطوارگی، ما از روند (trend) و میل (plunge) برای نشان دادن راستا و شیب استفاده می کنیم. شایان ذکر است که صفحات افقی فاقد هر گونه امتدادی هستند زیرا آنها خط افق را در طول یک خط قطع نمی کنند. روند، راستای یک ساختار خطی است در جهتی که آن ساختار به آن سمت شیب دارد. میل، مقدار شیب آن ساختار خطی است.

برای مثال ۰۶۰ O ۳۰ O به این صورت هم نوشته می شود: ۰۶۰ O, ۳۰ O یا N۶۰۰E, ۳۰ O که روند و میل را مشخص می کند نشان دهنده خطی است که دارای میل ۳۰ درجه و روند ۰۶۰ است. شایان ذکر است که خطوط قائم روند خاصی ندارد و روند یک ساختار خطی غیر افقی می بایست از یک مرجع (مثل شمال) به سمتی که خط میل دارد خوانده شود.

بنابراین روندهای ۰۰۰ O و ۰۱۸۰ برای ساختار های خطی یکسان نیستند (تفاوت روند و امتداد). ساختار های خطی همچنین با زاویه پیچ (pitch) آن روی یک صفحه مشخص نیز تعریف می شود. روند هر خط در یک صفحه قائم از امتداد آن صفحه طبیعت می کند. "زاویه پیچ" زاویه حاده ای است که خط با امتداد صفحه ای که در آن قرار گرفته است می سازد. برای مثال یک پیچ ۴۰ OSW (۴۰) به صورت ۴۰ درجه از جنوب غرب خوانده می شود) به این معنی است که خط دارای زاویه پیچ ۴۰ درجه از (نه به سمت) جنوب غرب انتهای جنوب غربی خط امتداد صفحه ای است که خط در آن قرار گرفته است. لازم به ذکر است که زاویه پیچ عموما یک زاویه قائم یا افقی نیست مگر برای صفحات افقی و قائمی که حاوی عناصر خطی باشند. زاویه پیچ یک جایگزین برای روند و میل است، اگرچه گاهی تنها راه مفید برای اندازه گیری صحیح مشخصات یک خط است، بویژه زمانی که خط دارای میل زیادی است.

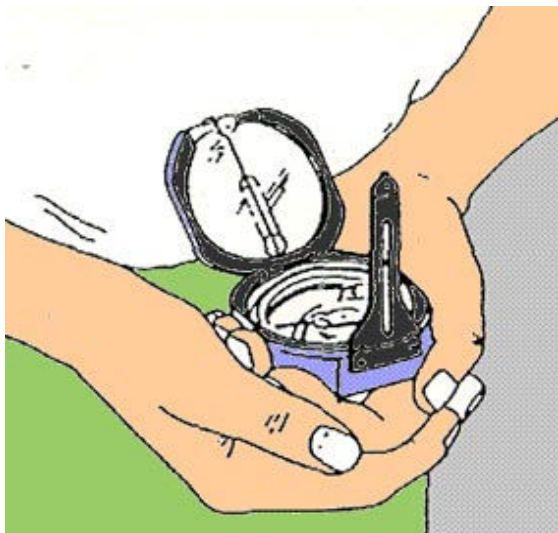
روش های برداشت اطلاعات بوسیله کمپاس:

برای برداشت اطلاعات بوسیله یک کمپاس دو روش عمده وجود دارد:

- ۱- روش مستقیم: در این روش بدنه کمپاس مستقیما با ساختار مورد نظر تماس داشته و اطلاعات دقیق برداشت می شود.
- ۲- روش غیر مستقیم: در این روش کمپاس با ساختار مورد نظر فاصله دارد و اطلاعات از راه دور برداشت می شود. به این روش نشانه روی می گویند، یعنی کاربر کمپاس بوسیله کمپاس به سمت سوژه مورد نظر نشانه رفته و اطلاعات مورد نظر خود را برداشت می کند. در این روش با توجه به موقعیت قرارگیری سوژه نسبت به کاربر از دو روش نشانه روی استفاده می شود:

الف) روش نشانه روی کمری: این روش برای نشانه روی و برداشت اطلاعات نقاطی که بالاتر از کاربر هستند (یعنی نقاطی که در ارتفاع بیشتری قرار دارند) استفاده می شود. در این روش کمپاس را در کف دست قرار داده و در حالیکه درپوش حاوی آینه نزدیک به

بدن ما قرار دارد، تصویر شیء مورد نظر را در داخل آینه یافته و آن را با خط محور آینه و شکاف بازوی نشانه روی منطبق می کنیم و تراز کروی (چشم گاوی) را تنظیم کرده و اطلاعات مورد نظر خود را می خوانیم.



طریقه در دست گرفتن کمپاس در نشانه روی کمری



نشانه روی کمری برای سوژه های در ارتفاع بالاتر

ب) روش نشانه روی چشمی: این روش برای سوژه هایی که هم ارتفاع یا پایین تر از کاربر قرار دارند کاربرد دارد. در این روش ابتدا بازوی نشانه روی را در امتداد بدنه کمپاس قرار داده و زائده انتهایی را بر بازو عمود می کنیم. درپوش کمپاس را در حالی می گیریم که با بدنه آن زاویه ۳۰ تا ۴۰ درجه بسازد (زاویه ای که بتوان از آینه صفحه مدرج را دید). حال کمپاس را روی دست گرفته و به سمت شیء نشانه می رویم، در حالیکه از روزنه دید به پنجره نشانه روی روی آینه و شیء نشانه رفته ایم، پس از حصول اطمینان از تراز بودن تراز کروی، اطلاعات مورد نظر را می خوانیم. هرچه دست کشیده تر باشد اطلاعات برداشت شده صحیح تر خواهد بود.



نشانه روی چشمی برای سوژه های در ارتفاع پایین تر نشانه روی چشمی برای سوژه هم ارتفاع

در صورتیکه شیء مورد نظر در ارتفاع پایین تری نسبت به کاربرد قرار گرفته باشد، می توان بازوی نشانه روی را به عنوان پایه در زیر درپوش کمپاس قرار داده و از شکاف بازو به پنجره نشانه روی و شیء نگریست و پس از تراز کردن تراز کروی، اطلاعات مورد نظر را برداشت نمود.

اندازه گیری موقعیت ساختار های خطی:

اندازه گیری روند و میل:

اگر ساختار خطی پایین تر از خط دید ما قرار گرفته باشد، بازوی نشانه روی و درپوش کمپاس را باز کرده و شکاف بلند بازو را موازی با ساختار خطی می گیریم. اگر ساختار خطی بالاتر از سر ما قرار داشت (مثلا روی لایه ای در بالای سرمان) زیر ساختار ایستاده و ساختار خطی را با خط سیاه محور آینه درپوش کمپاس در یک ردیف قرار می دهیم. در هر دو حالت کمپاس را بوسیله تراز کروی (تراز چشم گاوی) تراز می کنیم. اگر ساختار خطی دارای میل بود تنها یکی از جهات عقربه (شمالی یا جنوبی) روند صحیح ساختار خطی را نشان می دهد.

نکته: عموماً بسیاری از زمین شناسان مبتدی دچار اشتباه در خواندن روند صحیح می شوند. برخی افراد عادت دارند که تنها جهت شمالی (به رنگ سفید) عقربه کمپاس را بخوانند و یا برعکس، که این باعث اشتباه شایع در خواندن روند ساختار خطی می شود. هنگام استفاده از کمپاس برآنتون باید فاقد حساسیت نسبت به جهت خاص باشیم و تنها جهت عقربه ای که راستای صحیح میل خط را نشان می دهد بخوانیم (جهتی که خط به سمت پایین شیب دارد، نه بالا). بنابراین زمانی که مشخصات یک خط را می خوانیم همیشه تنها روند یکی از جهات عقربه کمپاس صحیح است.

برای مشخص کردن جهت صحیح، ما باید از جهات جغرافیایی محلی، یعنی از جهت شمال یا جنوب در صحرا در هر لحظه آگاه باشیم. برای مثال، اگر ساختار خطی ای را که به سمت جنوب (جنوب یا جایی در ربع جنوب غربی یا جنوب شرقی) میل دارد اندازه گیری می کنیم، باید روند عقربه ای را که یکی از این جهات جنوبی را نشان می دهد بخوانیم مثلاً 120° (یا $S60^{\circ}E$) نه جهات مقابل آن در سمت شمال (300° یا $N60^{\circ}W$) را که بوسیله جهت دیگر عقربه نمایش داده می شود. پس برای یک خط روند های 0° و 120° و 300° معادل یکدیگر نیستند و تنها یکی از جهات صحیح است در این مثال (0° یا $S60^{\circ}E$) جهت صحیح روند ممکن است با جهت سفید عقربه و یا جهت سیاه آن نشان داده شود. رنگ عقربه منوط به چگونگی در دست گرفتن کمپاس (بازوی متحرک در نزدیک بدن و یا مقابل) و جهت دید ما در صحرا (به سمت شمال یا جنوب) می باشد. بنابراین برای احتراز از خطاهای رایج، مهم نیست که کمپاس را چگونه در دست گرفته اید و یا به چه سمتی ایستاده اید، تنها بدانید که شمال یا جنوب جغرافیایی در موقعیتی که ایستاده اید کجاست و از خودتان این سؤال را پرسید: خط به کدام سمت پایین می رود (یعنی میل دارد)؟ اگر به سمت شمال میل دارد، عقربه ای را که سمت شمال یا شمال شرقی یا شمال غربی را نشان می دهد (سفید یا سیاه) بخوانید نه جهت مقابل آن را. این راحت ترین و کاربردی ترین راه برای اندازه گیری صحیح یک خط است. البته اگر یک ساختار خطی میل نداشته باشد (یک حالت ویژه)، می توان آزادانه هر کدام از جهات سفید یا سیاه عقربه را قرائت کرد، زیرا خط افقی است. (هر دو جهت مشابه است)

مثال: ما قله یک ریپل مارک که تقریباً روندی به سمت شمال دارد را اندازه می گیریم (ما در صحرا جهت شمال را می دانیم زیرا کمپاس داریم!). قله ریپل مارک دارای میل است و روی لایه بندی که خود دارای شیب است قرار گرفته است. بازوی نشانه روی کمپاس را با قله ریپل مارک در یک راستا قرار داده و روندی را که یکی از جهات شمالی یا جنوبی عقربه (سفید یا سیاه) که به شمال نزدیک تر است نشان می دهد، می خوانیم. بنابراین اگر جهت سیاه عقربه $N20^{\circ}W$ را مشخص کند و جهت سفید آن $S20^{\circ}E$ ، ما باید جهت سیاه عقربه را بخوانیم. اشتباه تصور نکنید که جهت سفید عقربه شمال را به شما می دهد و شما باید آن را بخوانید که این اشتباه رایجی است.

اندازه گیری زاویه پیچ برای عناصر خطی:

چنانچه ساختار خطی مورد نظر دارای میل تندی بود بهتر است به جای روند و میل از زاویه پیچ استفاده شود. اندازه گیری زاویه پیچ تنها در حالتی ممکن است که ساختار خطی بر روی یک سطح فیزیکی قرار گرفته باشد. برای مثال اگر دسته ای از خش لغزهای مایل بر روی سطح یک گسل وجود داشته باشد، این خش لغزها را به این صورت اندازه گیری می کنیم. ابتدا صفحه ای را که حاوی ساختارهای خطی است اندازه گیری می کنیم (یعنی گسل). سپس زاویه پیچ خش لغزها روی صفحه گسل را به طریقه زیر اندازه می گیریم. یک حلقه کروی برجسته در پشت کمپاس برآنتون وجود دارد که برای اندازه گیری زاویه پیچ طراحی شده است. در و بازوی کمپاس را کاملاً باز کرده و لبه در و بدنه آن را با ساختار خطی مورد نظر در یک ردیف قرار می دهیم تا زمانیکه حلقه پشت کمپاس به سطح گسل مماس شود. اگر شیب سنج استوانه ای در این حالت تراز نشد به آرامی بدنه کمپاس را حرکت داده و اندکی شیب سنج را می چرخانیم و بدنه کمپاس را به محل اولیه بر می گردانیم تا زمانیکه لبه با خط تراز شود. اگر شیب سنج تراز نشد، این مرحله را چندین بار تکرار می کنیم تا زمانی که شیب سنج لبه کمپاس را به موازات خش لغز تراز نماید و حلقه زیر کمپاس به طور کامل به روی صفحه گسل خوابیده باشد. در این حالت عدد روی صفحه مدرج شیب سنج را که نشانگر شیب مقابل آن ایستاده است می خوانیم. این روش یک فرایند آزمون و خطا برای بدست آوردن زاویه پیچ است و برای کسب مهارت نیاز به تمرین و ممارست دارد.

اندازه گیری زوایای قائم، ارتفاع و فاصله:

برای اندازه گیری زوایای قائم، درپوش را خم کرده و کمپاس را همانگونه که برای اندازه گیری میل ساختارهای خطی شرح داده شد یعنی با شیب سنج استفاده می کنیم. زاویه قائم (q) می تواند برای محاسبه ارتفاع (h) یک جسم یا شیء (مثل دیوار، برج و قله کوه) با استفاده از فرمول $h = x \tan q$ مورد استفاده قرار گیرد، البته باید فاصله (x) با جسم را بدانیم.

همچنین می توانیم از توابع مثلثاتی برای محاسبه فاصله افقی (x) از نقطه A تا یک جسم در نقطه B به این صورت استفاده نمائیم. از نقطه A به نقطه C می رویم به طوریکه خط AC عمود بر خط AB می باشد. این کار را می توان به کمک کمپاس با بدست آوردن زاویه ۹۰ درجه از خط AB انجام داد. با پیمایش (pacing) فاصله AC را ۱۰ متر تعیین می کنیم (البته اگر اندازه قدم هایمان را بدانیم). زاویه C به B را می خوانیم. کم کردن این دو زاویه از هم زاویه b بین AB و CB را مشخص می کند. حال ما یک مثلث قائم الزاویه ABC داریم که $AC = 10m$ و $AB = x$ است و زاویه b نیز مشخص است. حال از معادله زیر استفاده می کنیم:

$$\tan b = AC/AB = 10m/x$$

و مقدار x به متر بدست می آید.

اندازه گیری ضخامت حقیقی لایه ها:

کمپاس می تواند به روش دستی که بر روی پایه نگهدار (Jacob Staff) قرار داده شده است برای اندازه گیری ضخامت حقیقی واحدهای سنگ چینه ای (مانند عضو و سازند) به روش زیر مورد استفاده قرار گیرد.

شیب واقعی لایه ها را اندازه گیری کرده و شیب سنج را در آن زاویه تنظیم می کنیم. کمپاس را به صورت قائم با درپوش نیمه بسته بر روی پایه سوار کرده (مانند حالتی که میل را می خوانیم) و از قرار گیری شیب سنج در حالتی که زاویه شیب را اندازه گرفته ایم اطمینان کسب می کنیم. از مرز پایینی یک واحد چینه ای شروع می کنیم. پایه را به جهت شیب لایه ها خم کرده و همزمان درون آینه نگاه می کنیم تا زمانی که حباب شیب سنج در مرکز قرار گیرد. در این موقعیت از طریق سوراخ دید و پنجره نشانه روی نگاه کرده و نقطه ای روی زمین که محل برخورد خط دید ما با زمین است مشخص می کنیم. پایه نگهدار را در آن محل قرار داده و این عمل را تکرار می کنیم و تعداد دفعات (n) آن را شمارش می کنیم تا به مرز بالایی واحد سنگ چینه ای برسیم. حال با ضرب تعداد دفعات در طول پایه (مثلاً ۱/۵ متر) ضخامت حقیقی واحد چینه ای بدست می آید.



استفاده از پایه نگهدار و کمپاس برای تعیین ضخامت حقیقی لایه ها

اندازه گیری موقعیت صفحات:

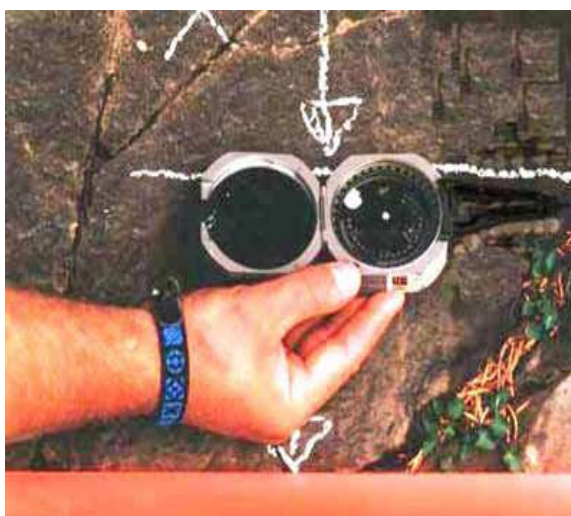
برای بدست آوردن موقعیت یک ساختار خطی ما نیاز به اندازه گیری امتداد و شیب آن ساختار داریم. برای این کار از دو روش می توانیم استفاده کنیم:

۱. روش مستقیم:

اگر صفحه صاف، هموار و غیر مغناطیسی باشد راحت ترین راه برای اندازه گیری امتداد و شیب صفحه تماس کناره بدنه کمپاس با صفحه است به صورتیکه حباب تراز کروی در مرکز قرار گیرد. با این کار خطی افقی موازی محل برخورد کناره کمپاس و صفحه ایجاد می شود. در این حالت در خواندن هر یک از دو سمت عقربه کمپاس مختاریم (یعنی ۱۴۰ و ۵۳۲۰ امتدادهای مشابه اند). با این کار امتداد صفحه مشخص می شود. می توان خط امتداد را با یک مداد به موازات لبه بدنه کمپاس بر روی صفحه کشید. در موارد ویژه مانند زمانی که می خواهیم جهت نمونه های سنگی برداشت شده برای بررسی های ساختاری را مشخص کنیم باید یکی از طرفین خط افقی رسم شده را با علامت فلش مشخص کنیم.



تماس لبه کمپاس با سطح لایه برای بدست آوردن امتداد تراز کروی (چشم گاوی) باید تنظیم شود



روش مستقیم بدست آوردن امتداد لایه طریقه قرار دادن لبه کمپاس بر روی لایه برای بدست آوردن امتداد لایه

بعد از اندازه گیری امتداد، مقدار شیب صفحه با قرار دادن لبه بدنه کمپاس بر روی صفحه و در جهت عمود بر خط امتداد و تراز کردن شیب سنج (تراز استوانه ای) بدست می آید. برای تعیین جهت شیب با تراز کردن تراز استوانه ای جهتی را که صفحه به طرف آن شیب دارد مشخص می کنیم .



نحوه قرار گیری لبه کمپاس بر روی قرار گیری لبه کمپاس عمود بر امتداد لایه برای بدست آوردن شیب آن لایه برای تعیین مقدار شیب



صفحه مدرج شیب سنج

تنظیم تراز لوبیایی (استوانه ای) برای قرائت مقدار شیب

برخی اوقات سطح زیرین لایه ها در دسترس می باشد و برداشت امتداد و شیب لایه از آن به این صورت باید انجام شود. ابتدا سطح هموار زیر لایه را انتخاب نموده و یا به کمک یک تخته، سطح صافی را بوجود می آوریم و به همان روش مستقیم امتداد و مقدار شیب را بدست می آوریم. یعنی درپوش کمپاس را به سطح زیر لایه چسبانده و با تراز کردن تراز کروی امتداد لایه را می خوانیم و جهت شیب نیز با ۹۰ درجه فاصله از امتداد مشخص می شود و مقدار شیب را نیز با همان روشی که در بالا ذکر شد بدست می آوریم.



طریقه قرار دادن کمپاس در سطح زیر لایه

نکته: در امریکا نحوه نوشتن این مشخصات به ترتیب امتداد، شیب و جهت شیب است مثلاً (NW ۳۰°، ۰۵۰) و این به دلیل ترتیب برداشت داده های یک صفحه بوسیله کمپاس برانتون است. در سیلوا و کمپاس های مشابه توانایی اندازه گیری شیب و جهت آن قبل یا بدون اندازه گیری امتداد وجود دارد. بنابراین در اروپا و سایر نقاط جهان فرمت نوشتن به صورت مقدار شیب و جهت شیب می باشد که یک کمیت برداری است (مانند ۳۰°، ۳۲۰°)

۲. روش غیر مستقیم:

اگر صفحه مورد نظر صاف نباشد و در مقابل خط دید ما قرار داشته باشد، ما باید از روش نشانه روی چشمی به این طریق استفاده کنیم. بازوی نشانه روی را باز کرده و سر یا نوک نشانه روی را خم می کنیم. یکی از چشم ها را بسته و به طرفین حرکت می کنیم تا زمانی که لبه سطح شیبدار را ببینیم. در صورتیکه حرکت بیشتر باعث مشخص شدن سطح صفحه شیبدار می شود، حرکت را متوقف می کنیم. در این موقعیت ما در حال مشاهده صفحه از لبه کناری آن هستیم و آن را به صورت یک خط می بینیم. در کمپاس را خم می کنیم تا موقعی که لبه سطح شیبدار را از طریق پنجره نشانه روی روی درپوش ببینیم. کمپاس را به این صورت در دست می گیریم: دو انگشت شست را زیر بازوی نشانه روی بدنه کمپاس می گیریم و دو انگشت نشانه روی لبه درپوش و انگشت های وسط را پشت قسمت افقی بدنه می گیریم. درپوش کمپاس را حرکت می دهیم تا تراز کروی (چشم گاوی) در آینه مشاهده شود. آن را تراز کرده و کمپاس را به صورتی می گیریم که خط سیاه میان پنجره نشانه روی، لبه صفحه را قطع کند (سعی نکنید که خط سیاه با لبه دقیقاً تراز شود، زیرا این کار باعث کج شدن بدنه کمپاس و بر هم خوردن تراز آن می شود، مگر اینکه صفحه قائم باشد). نفس خود را حبس کنید و جهتی را که هر کدام از جهات سفید یا سیاه عقربه (هر کدام که در آینه مشخص است) نشان می دهد بخوانید. این عدد امتداد صفحه را در آینه و بدون حرکت بدنه و بر هم خوردن تراز نشان می دهد. در همین موقعیت برای خواندن مقدار شیب، لبه بدنه کمپاس را با لبه صفحه در یک ردیف قرار داده و با تراز کردن شیب سنج مقدار آن را می خوانیم. برای تعیین جهت شیب، جهت اصلی که صفحه به آن سمت شیب دارد را به روشی که قبلاً ذکر شد بدست می آوریم.

اگر صفحه مورد نظر قائم و زمین افقی باشد (یک حالت خاص)، مستقیماً روی لبه صفحه ایستاده و روند لبه صفحه را می خوانیم این روند همان امتداد صفحه است.

نکته: برخی زمین شناسان بی تجربه فرض می کنند که می توانند امتداد یک صفحه شیبدار غیر قائم را به این روش محاسبه کنند. تکنیک ایستادن بر روی لبه صفحه برای حالتی که صفحه غیر قائم و سطح بالایی غیر افقی می باشد، کارا نیست و روند لبه صفحه در این حالت امتداد را به ما نمی دهد. در چنین حالاتی ما می بایست مستقیماً امتداد را به روش نشانه روی چشمی یا به روشی که در بالا توضیح داده شد (تماس کمپاس با صفحه) بدست آوریم.

اندازه گیری شیب توپوگرافی از دور:

برای بدست آوردن شیب توپوگرافی هر ناحیه، ابتدا طوری می ایستیم که توپوگرافی مورد نظر به صورت یک خط نمایان شود. آنگاه درپوش کمپاس را در امتداد بدنه قرار داده و آن را در مقابل خود گرفته به صورتیکه یکی از کناره های کمپاس یا خط محور آینه، بر شیب توپوگرافی مماس شود، در این حالت تراز شیب سنج را تنظیم کرده و مقدار شیب را می خوانیم



بدست آوردن شیب توپوگرافی از راه دور با نشانه روی چشمی

بدست آوردن موقعیت یک خط مابین دو نقطه:

معمولا ما نیاز داریم تا روند و میل یک خط اتصال دهنده دو نقطه را مانند خط میان دو نفر، یا یک نفر تا یک جسم (مانند خانه، برج یا یک علامت) بدست آوریم. برای انجام این کار ما می توانیم از یکی از روش های نشانه روی چشمی یا کمری استفاده نماییم. روش نشانه روی چشمی در بالا توضیح داده شد.

برای روش نشانه روی کمری، در کمپاس را در نزدیک بدن قرار داده و آن را کج می کنیم تا وقتی که بدنه کمپاس با تراز کردن تراز چشم گاوی، افقی شود. موقعیت هدف از درون آینه با خط سیاه میان آینه هدف گیری کرده و بعد کمپاس را با تراز کروی تراز کرده و روند را می خوانیم.

اندازه گیری میل این خط به این ترتیب است: کمپاس را قائم کرده (بدنه قائم باشد) تا درپوش و بازوی نشانه روی خمیده شود. از درون سوراخ درون راس نشانه روی (sighting tip) و از میان پنجره نشانه روی نگاه کرده و شیب سنج را تراز می کنیم تا موقعی که نقطه ای مشخص بر روی هدف مورد نظر رویت شود. اگر دو شخص دارای قد یکسان باشند تقاطع چشمان شخص هدف گیری شده با خط سیاه میان پنجره نشانه روی نقطه مورد نظر است. و اگر ما به سوی فردی که از ما کوتاه تر است (مثلا ۵ سانتیمتر کوتاه تر) نشانه رفته ایم، باید نقطه مورد نظر را ۵ سانتی متر بالاتر از خط دید او (مثلا روی سر او) در نظر گرفت. وقتی که شخص هدف ۵ سانتی متر از ما بلندتر است باید دهان او را نشانه روی کنیم.

اندازه گیری موقعیت یک صفحه با تکنیک دو خط:

تکنیک دو خط یک روش بسیار مفید و دقیق اندازه گیری صفحات تقریبا افقی یا با شیب کم می باشد. این صفحات کم شیب بسیار رایج بوده و بطور دقیق با اندازه گیری امتداد و شیب قابل اندازه گیری نمی باشند اگر سطح رخنمون شده صفحه کوچک باشد، دو مداد نوک تیز را با زاویه زیاد نسبت به یکدیگر بر روی صفحه قرار می دهیم. نوک تیز مداد ها میل به سمت پایین را نشان می دهند. روند و میل دو خط را اندازه گیری می کنیم (۱ و ۲). چنانچه صفحه نیمه افقی بزرگ و عریض باشد (مانند یک لایه بازالتی)، دو خط بلند را

بوسیله دونفر تعیین می کنیم. دو شخص در دو نقطه می ایستند و به سمت یکدیگر نشانه رفته، روند و میل خطی را که دیگری را قطع می کند بدست می آورند (۱). میانگین این دو را بدست می آوریم. همین کار را دوباره برای بدست آوردن روند و میل یک خط دوم نیز انجام می دهند (۲). برای بدست آوردن جهت گیری یک صفحه که شامل دو خط است، خط ها را به صورت دو نقطه بر روی استریونت می کشیم، و صفحه را حرکت می دهیم تا دو نقطه بر روی یک دایره بزرگ قرار گیرند. امتداد و شیب دایره بزرگ را می خوانیم. اگرچه تکنیک دوخط بهترین راه برای تعیین موقعیت صفحات کم شیب یا نیمه افقی است، موقعیت صفحات کم شیب کوچک (مثلا لایه بندی در منطقه لولایی چین های میکروسکوپی) می تواند به روش آزمون و خطا به صورت زیر تعیین شود. شیب لایه را در جایی که فکر می کنیم به حداکثر شیب (شیب حقیقی) نزدیک است، پس از تراز کردن شیب سنج، اندازه گیری کرده و مقدار آن را به خاطر می سپاریم. کمپاس را می چرخانیم تا زمانی که گوشه قائم الزاویه کمپاس صفحه را لمس کند. در این حال شیب را مجدداً می خوانیم. اگر شیب کمتر از عدد قبلی باشد ما از شیب حقیقی فاصله داریم و اگر عدد اولیه به شیب حقیقی نزدیک تر است. کمپاس را به حالت اولیه باز گردانده و این بار در جهت مخالف حرکت می دهیم. این کار را تکرار می کنیم تا زمانی که ما حداکثر شیب را که همان شیب حقیقی است بدست آوریم. وقتی که شیب حقیقی و مقدار آن مشخص شد، راستای صفحه را در جهت عمود بر خط شیب اندازه گیری می کنیم.

استفاده از کمپاس برای تعیین دو نقطه هم ارتفاع:

گاهی اوقات ما بر روی مرز یک لایه افقی (مانند یک لایه بازالتی یا یک لایه رسوبی) بر روی یک تپه قرار گرفته ایم و نیاز به تعیین یک نقطه هم ارتفاع بر روی تپه مجاور داریم. به این صورت عمل می کنیم: شیب سنج را بر روی عدد صفر صفحه مدرج آن تنظیم می کنیم، و کمپاس را از پهلو (به صورت قائم) به صورتیکه برای اندازه گیری میل توضیح داده شد می چرخانیم. از سوراخ نوک بازوی نشانه روی به داخل پنجره نشانه روی نگاه کرده و شیب سنج را با حرکت دادن بدنه کمپاس به بالا یا پایین و نگاه کردن در آینه تراز می کنیم (در حالتی که صفر درجه را نشان می دهد و بدون اینکه شیب سنج را حرکت دهیم). وقتی شیب سنج تراز شد، نقطه ای را که محل تقاطع خط دید شما با زمین است بر روی تپه مقابل مشخص می کنیم. این نقطه، نقطه هم ارتفاع با محل ایستادن ما، بر روی تپه مجاور می باشد.



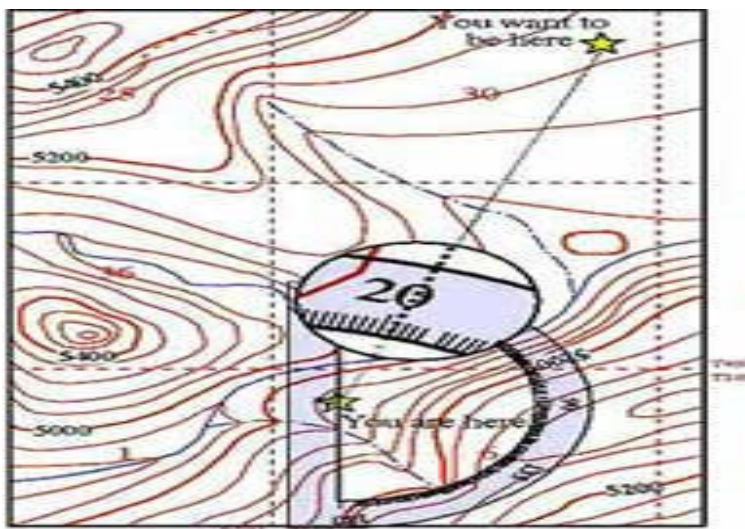
نشانه روی چشمی برای تعیین ارتفاع نقاط نسبت به خود

این تکنیک همچنین برای تعیین امتداد یک لایه به روش دستی نیز استفاده می شود. کافی است تا شیب سنج را بر روی عدد صفر قرار داده، بر روی یک لایه ایستاده و در طول لایه نگاه کنیم و شیب سنج را بدون حرکت دادن پیچ تنظیم آن تراز کنیم. بعد از اینکه شیب

سنج تراز شد، نقطه ای را بر روی لبه لایه در راستای خط دید افقی مان مشخص می کنیم. اکنون ما خط امتداد را بدست آورده ایم (خط افقی) و کافی است تا راستای آن را به روش نشانه روی چشمی و یا کمری بخوانیم. برای اینکه در چنین موقعیتی شیب لایه را در جهت عمود بر خط امتداد بخوانیم، شیب سنج را به صورتیکه برای اندازه گیری شیب توضیح داده شد استفاده می کنیم. یافتن موقعیت با استفاده از کمپاس و نقشه:

در این بخش می آموزیم که چگونه از یک کمپاس و نقشه توپوگرافی برای برای مشخص کردن موقعیتمان بر روی نقشه استفاده کنیم.

اولین کار تنظیم کمپاس با انحراف مغناطیسی ناحیه است. اگر این کار صورت نگیرد برداشت ها و نتایج آنها اشتباه شده و به مکانی که مد نظرمان است نخواهیم رسید. انحراف مغناطیسی در منطقه مورد نظر، باید بر روی نقشه چاپ شده باشد. بعد از یافتن انحراف مغناطیسی بر روی نقشه، باید آن را بر روی کمپاس خود منتقل کنیم. اگر از کمپاس برانتون استفاده می کنیم کافی است تا همانطور که قبلا ذکر شد، پیچ برنجی را که در کنار بدنه کمپاس قرار دارد بچرخانیم تا شاخص (index pin) روی صفحه مدرج بر روی میزان انحراف درست قرار گیرد. برای مدل های دیگر کمپاس می توانیم انحراف مغناطیسی را با چرخاندن دایره مدرج بیرونی کمپاس تا زمان قرارگیری عدد مورد نظر روی صفحه مدرج در مقابل خط شاخص لبه بالایی کمپاس تصحیح نمود. برای نمونه های دیگر کمپاس که با این روش ها قابل تصحیح انحراف مغناطیسی نیستند باید به کتاب راهنمای همراه آن مراجعه نمود. نکته قابل توجه این است که این انحراف حتما باید تصحیح گردد.



تعیین جهت بین دو نقطه بر روی نقشه به کمک نقاله

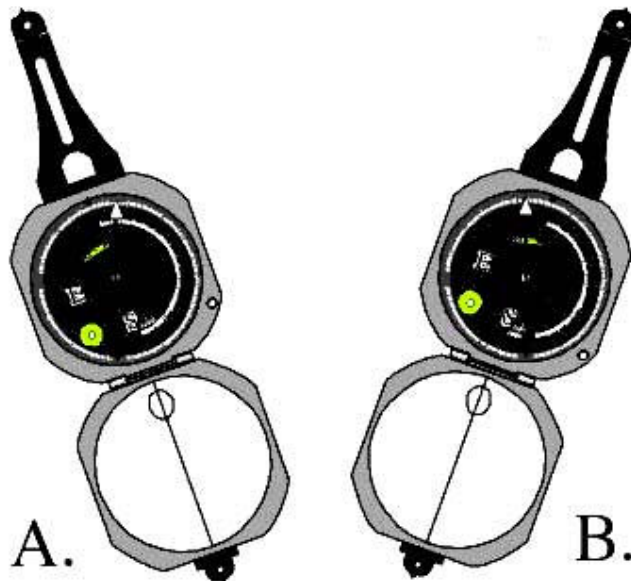
اگر نقاله به همراه نداشتید می توانید جهت حرکت خود را با کمک کمپاس مشخص کنید. برای اینکار کمپاس خود را بر روی نقشه می گذاریم به صورتی که لبه آن در راستای شمالی - جنوبی و مرکز کمپاس بر روی خط بین دو نقطه A تا B قرار گیرد. حال نقشه و کمپاس را با یکدیگر می چرخانیم تا نوک شمالی عقربه کمپاس مقابل عدد ۰ درجه روی صفحه مدرج قرار گیرد. اکنون می توانیم جهتی را که باید حرکت کنیم با خواندن عددی که حاصل برخورد خط AB با صفحه مدرج کمپاس است بدست آوریم. این نکته را هم باید در نظر بگیریم که بر روی کمپاس برانتون جای شرق و غرب (E&W) برعکس است و این نباید ما را در خواندن جهت دچار اشتباه کند. همیشه شرق در سمت راست شمال و غرب در سمت چپ آن قرار دارد.

حرکت از A به سمت B:

بعد از اینکه مشخص کردیم به کدام جهت می خواهیم حرکت کنیم، حال باید بدانیم برای رسیدن به نقطه مورد نظر چگونه از کمپاس خود استفاده کنیم. مثلاً جهتی که باید از A به B طی کنیم ۲۱ درجه به سمت شرق (N ۲۱°E) است. برای این کار کافی است خط مستقیم با زاویه ۲۱ درجه از شمال را تا رسیدن به مقصد طی کنیم.

برای اینکه خود را در این راستا قرار دهیم، کمپاس را طوری به دست می گیریم که نوک شمالی عقربه جهتی را که ما می خواهیم نشان دهد اما در ربع کناری. به عنوان مثال ما می خواهیم به سمت N ۲۰°E حرکت کنیم. برای این کار کمپاس را طوری حرکت می دهیم که نوک شمالی عقربه آن مقابل ۳۴۰° (N ۲۰°W) قرار گیرد.

وقتی که این کار را انجام دهیم لبه جلویی کمپاس ما زاویه ۲۰ درجه را در جهتی که می خواهیم حرکت کنیم به ما نشان می دهد.



در تصویر A عقربه شمال شرق را نشان می دهد درحالیکه جهت گیری کمپاس به سمت شمال غرب است.

اغلب کمپاس ها دارای یک سیستم نشانه روی برای دقت بیشتر در تعیین مقصد هستند. کافی است همانطور که قبلاً توضیح داده شد، از طریق این بازوی نشانه روی به مقصدی که می خواهیم به آن برسیم نگاه کنیم و جهت حرکت خود را تعیین کنیم.

با یافتن یک شیء (مانند یک درخت یا یک تخته سنگ بزرگ) که در مسیرمان قرار گرفته است، می توانیم آزادانه به سمت آن حرکت کنیم بدون آنکه تغییری در مسیرمان ایجاد گردد. پس از اینکه به شیء مورد نظر رسیدیم شیء دیگری را در همان مسیر نشانه روی کرده و به سوی آن حرکت می کنیم. این کار را آنقدر تکرار می کنیم تا به نقطه B برسیم.

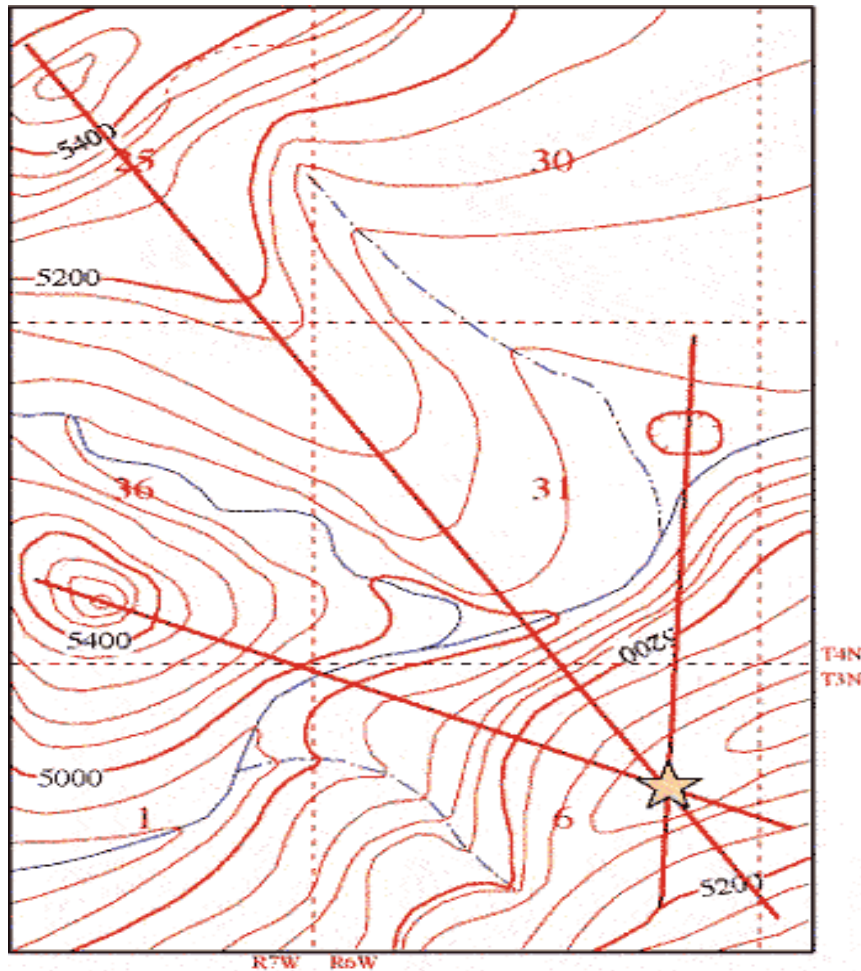
یافتن موقعیت خود بر روی نقشه:

اکنون ما می دانیم که چگونه با استفاده از کمپاس خود از A به B برویم. اما اگر محل دقیق ایستادن خود (نقطه A) را ندانیم چکار باید بکنیم؟

ساده ترین راه استفاده از دستگاه GPS جیبی است. کافی است با این دستگاه مختصات محلی را که ایستاده ایم بدست آوریم و بر روی نقشه با کمک مختصات ثبت شده بر روی آن موقعیت خود را بیابیم. اما اگر ما فاقد GPS بودیم و در منطقه ای با توپوگرافی برجسته قرار داشتیم می توانیم به کمک کمپاس خود محل دقیق خود را مشخص نماییم.

با رسم سه خط متقاطع بر روی نقشه به راحتی می توانیم محل ایستادن خود را بر روی آن مشخص نماییم. در مرحله اول سه جلوه

توپوگرافی را که به راحتی می توانیم بر روی نقشه خود مشخص نمایم انتخاب می کنیم (مثلاً قله کوه). با اولین انتخاب آغاز می کنیم و راستای خط بین آن نقطه تا محلی که ایستاده ایم را بوسیله کمپاس تعیین می کنیم و با مداد خطی را با همان راستا و به کمک نقاله بر روی نقشه توپوگرافی می کشیم به صورتی که این خط از نقطه مورد نظر عبور کند. این کار را برای دو نقطه دیگر نیز تکرار می کنیم و خط های دیگر را نیز بر روی نقشه می کشیم. سه خط در یک نقطه روی نقشه یکدیگر را قطع می کنند و آن محل ایستادن ما است .



یافتن موقعیت خود بر روی نقشه با کمک سه نقطه شاخص

بسته به دقت عمل ما در نشانه روی و کشیدن خطوط بر روی نقشه ممکن است اشتباهاتی در تعیین موقعیت ما رخ دهد. مطمئناً نقطه مشخص شده دوباره با نقشه چک و اصلاح شود. به عنوان مثال اگر خطوط یکدیگر را در یک دره قطع کنند و ما بر روی یک تپه ایستاده باشیم مشخص است که اشتباه رخ داده و نقطه تعیین شده بر روی نقشه باید اندکی جابجا شود. برای تعیین موقعیت دقیق ما باید بدانیم که روی تپه یا سمت دره ایستاده ایم . چنانچه به همراه خود ارتفاع سنج داریم، می توانیم از آن نیز برای تعیین موقعیت دقیق خود استفاده کنیم .

جهت یابی بدون کمک قطب نما:

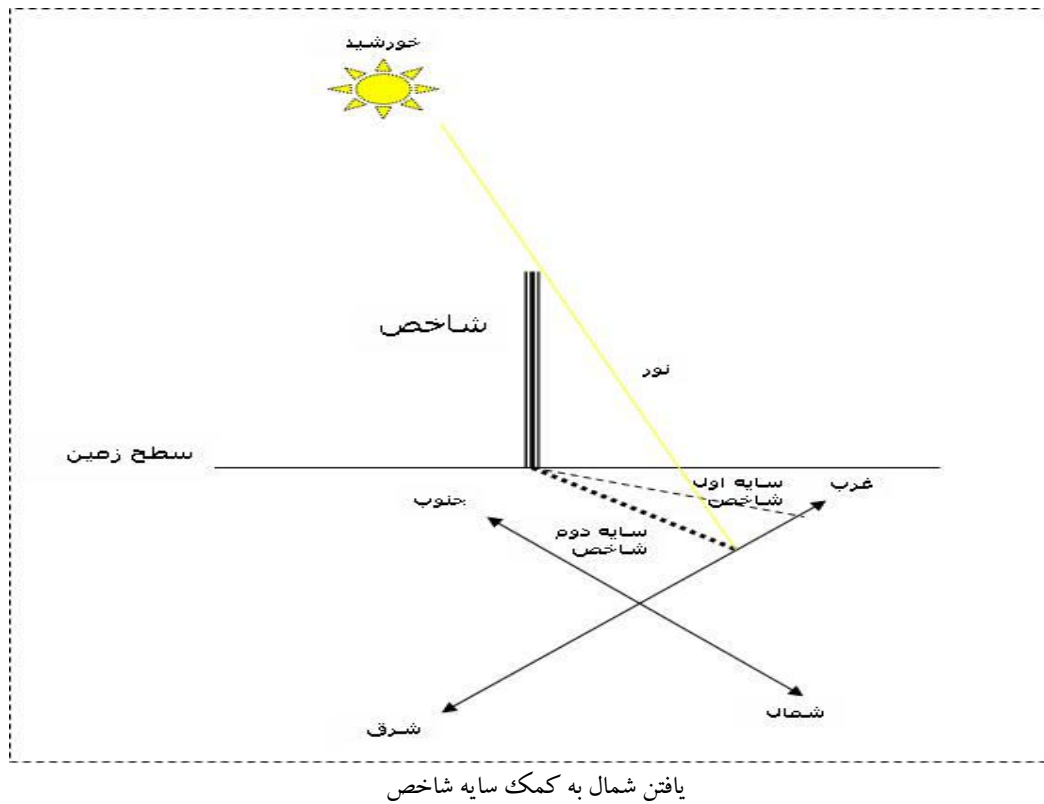
ممکن است در یک سفر قطب نما نداشته باشیم و یا قطب نمای ما از کار افتاده باشد. در این حالت نیاز داریم تا راه خود را بدون استفاده از قطب نما و به کمک خورشید، ماه و ستارگان و طبیعت اطرافمان بیابیم. برای یافتن موقعیتمان در یک سفر صحرایی ممکن است بالا رفتن از یک تپه و مشاهده اطراف ایده خوبی به نظر برسد. در بالای تپه خوب به اطرافمان نگاه می کنیم و آثار فعالیت انسان ها را می یابیم و می توانیم تصمیم بگیریم که به کدام سمت حرکت کنیم. اما اگر نقشه و قطب نما به همراه نداشته باشیم نمی توانیم مشخص کنیم که کدام جهت شمال است. پس برای تعیین جهت جغرافیایی می توانیم از یکی از روش های زیر استفاده کنیم.

۱۰ روش خورشید و سایه:

یکی از دقیق ترین روش ها استفاده از سایه و خورشید است. در این روش به یک آسمان صاف و مقداری زمان نیاز داریم. در این روش به وسیله ای برای اندازه گیری جهات نیاز نیست. تنها به یک چوب صاف به طول یک متر و دو قطعه چوب یا سنگ کوچک نوک تیز و یک تکه نخ یا طناب نیاز داریم. در صبح و کمی قبل از ظهر، درجه بندی را شروع می کنیم. چوب بلند را به صورت قائم در زمین فرو می کنیم. زمین اطراف چوب باید افقی و هموار باشد. حال یکی از چوب های کوچک را در زمین و درست در جایی که سایه چوب بلند تمام می شود، فرو می کنیم. طناب را به پایه چوب بلند بسته و سر دیگر آن را به چوب بلند نوک تیز می بندیم به صورتیکه وقتی طناب را کاملاً می کشیم چوب نوک تیز به قطعه دیگری که در خاک فرو کرده ایم برسد. حال به کمک چوب نوک تیز یک نیم دایره بر روی زمین می کشیم و تا بعد از ظهر صبر می کنیم. در طول روز سایه کوتاه و کوتاهاتر شده و از ظهر به بعد دوباره بر طول آن افزوده می گردد. در ظهر و هنگامی که سایه در کوتاه ترین حالت خود قرار دارد بر روی نیم دایره راستای سایه را علامت می زنیم. در این حالت سایه راستای شمال را نشان می دهد. سرانجام سایه بلند شده و دوباره به نیم دایره رسم شده می رسد. این نقطه را با چوب نوک تیز علامت می زنیم. اگر طناب یا ریسمانی برای رسم دایره نداشته باشیم می توانیم از یک چوب صاف بلند یا هر وسیله دیگری که بتوان با آن یک نیم دایره رسم کرد استفاده می کنیم.

حال خطی که دو چوب کوچک را به هم وصل می کند راستای شرقی - غربی را نشان می دهد. در حقیقت باید نقاط را به صورت دقیق مشخص نمائیم، زیرا هر دو نقطه که فاصله های مشابهی از قاعده چوب بلند داشته باشند برای ما خط شرقی - غربی را مشخص می کنند.

یک راه سریع تر و البته تقریبی برای این روش وجود دارد که البته در پایین خط استوا نادرست خواهد بود. در اینحال نیاز به چوب تیز و طناب نداریم. نشانه اول را مشخص می کنیم و تنها ۲۰ دقیقه صبر کرده و نشانه دوم را در زمین در انتهای سایه می کاریم و خط مابین این دو سایه تقریباً خط شرقی - غربی خواهد بود.



۲. استفاده از ستارگان و ماه:

در شب می توانیم به کمک ستاره ها مسیر خود را مشخص نماییم. در نیمکره شمالی ستاره ای که در هر لحظه و در تمامی اوقات در شمال قرار دارد ستاره قطبی (Polaris) نامیده می شود. حال چگونه این ستاره را در آسمان شب بیابیم؟ به راحتی این کار امکان پذیر است. چنانچه دب اکبر (Big Dipper) را که شبیه به یک ملاقه دسته دار است در آسمان بیابیم و فاصله دو ستاره انتهایی نوک کاسه ملاقه را به میزان ۵ برابر امتداد دهیم به ستاره پر نوری که همان ستاره قطبی است می رسیم. این ستاره جزئی از دب اصغر بوده و همیشه جهت شمال را نشان می دهد.



در نیمکره جنوبی چلیپا جهت جنوب را نشان می دهد

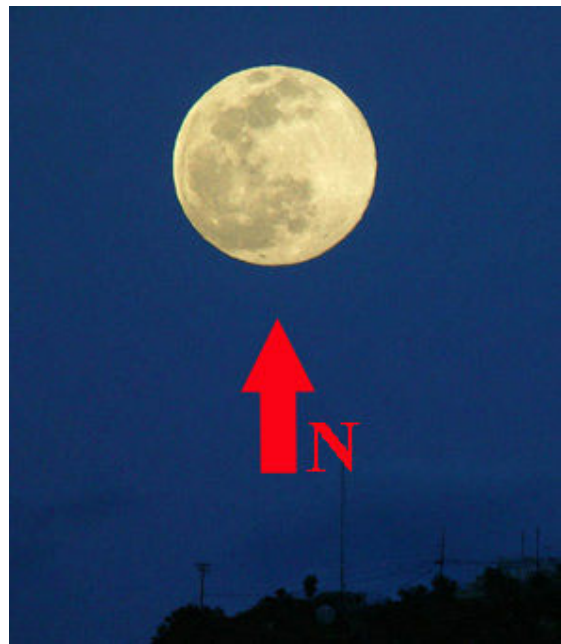
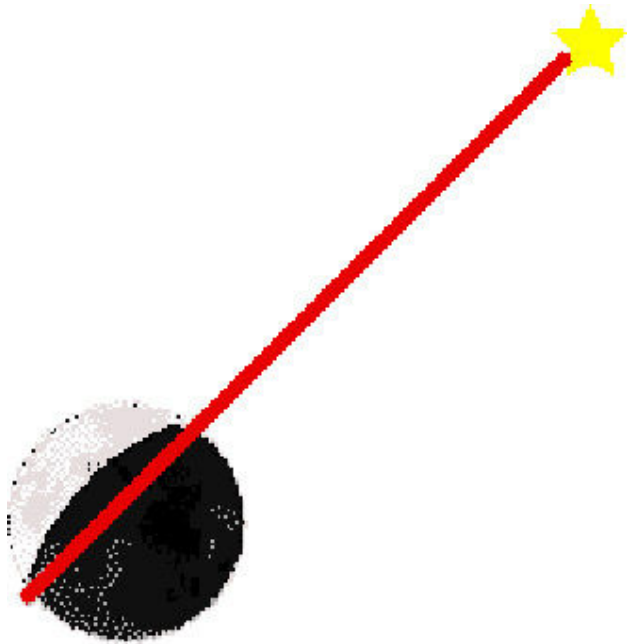


در نیمکره شمالی ستاره قطبی جهت

شمال را نشان می دهد.

در نیمکره جنوبی باید چلیپا یا صلیب جنوبی (Southern Cross) را در آسمان بیابیم. تا راستای جنوب را به ما نشان دهد. به کمک ماه می توان ستاره قطبی را در آسمان مشخص نمود. اگر بتوانیم ماه را در آسمان ببینیم می توانیم جهت شمال را مشخص نمائیم. دو راه برای این کار وجود دارد.

الف: هنگامی که ماه کامل است اگر به سمت ماه بایستیم رو به شمال ایستاده ایم.



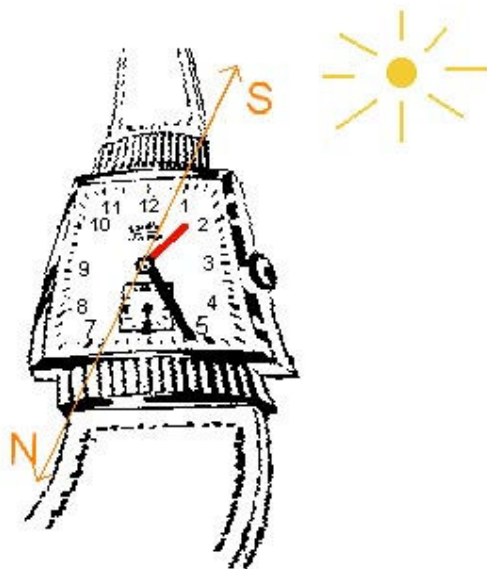
ماه کامل جهت شمال را نشان می دهد. با کمک هلال ماه می توان ستاره قطبی و جهت شمال را یافت

ب: زمانی که ماه به صورت هلال است اگر دو نوک هلال را بوسیله خطی به هم وصل کرده و ادامه دهیم به ستاره قطبی می رسیم که جهت شمال را نشان می دهد. اگر فاصله ماه را تا ستاره قطبی در شب اندازه گیری کنیم می توانیم از این فاصله در روز که ماه مشخص است و ستاره قطبی ناپیداست برای یافتن شمال استفاده نمائیم.

۳. استفاده از ساعت:

با کمک یک ساعت عقربه دار نیز می توان راستای شمال و جنوب را مشخص کرد. ساعت خود را جلوی چشمان خود گرفته و ساعت را به صورتی می گیریم تا عقربه کوچک که ساعت را مشخص می کند به سمت خورشید قرار گیرد. خط نیمساز زاویه بین عقربه کوچک و ساعت ۱۲ راستای جنوب را نشان می دهد و جهت مخالف آن جهت شمال را مشخص می کند .

در هنگام شب نیز (از ۶ عصر تا ۶ صبح) چون خورشید در آسمان نیست. محل آن را معادل ساعتی که در آسمان هست در نظر می گیریم. دلیل تقسیم کردن ساعت به دو بخش این است که ساعت در شبانه روز ۲ دور می زند ولی خورشید یک دور که البته این حالت مشکلی در تعیین جهت ایجاد نمی کند.



موقعیت یابی به کمک ساعت

بسیاری از مردم امروزه دارای ساعت دیجیتالی هستند. برای تعیین جهت کافی است ساعت را خوانده و روی یک کاغذ ساعتی عقربه دار که همان زمان را نشان دهد بکشیم و آن را روی صفحه ساعت خود قرار داده و به روشی که در بالا گفته شد جهت شمال و جنوب را مشخص نمائیم.

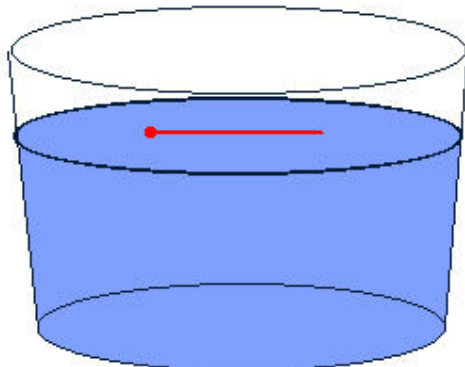
این روش در هوای مه آلود و هنگامی که تنها هاله ای از خورشید مشخص است و جایگاه آن به خوبی قابل تشخیص نیست نیز کاربرد دارد. در این حالت کافی است یک تکه چوب نازک داشته باشیم و آن را به صورت قائم در زمین فرو کنیم و سایه آن در روی زمین هم راستا با جهت تابش خورشید بر روی زمین می افتد که نوک سایه دقیقاً در جهت مخالف خورشید قرار می گیرد. حال که جایگاه خورشید مشخص شده است می توان از روش شرح داده شده راستای شمال و جنوب را مشخص کرد.

۴. سنجاق مغناطیسی:

روش دیگری که می توان برای مشخص کردن راستای شمال و جنوب استفاده کرد، ساختن یک قطب نمای ساده است. برای این کار نیاز به یک سنجاق آهنی و یک لیوان آب است. سنجاق باید سبک باشد تا روی آب شناور بماند و یا می توانی از یک کاغذ یا برگ درخت در زیر آن استفاده نمود تا سنجاق به زیر آب فرو نرود. البته با چرب کردن سنجاق به کمک روغن نیز می توان از فرو رفتن آن جلوگیری نمود .

چنانچه سنجاقی که به کار می بریم مغناطیسی باشد در این حالت آن را روی آب قرار می دهیم و سنجاق می چرخد و برای ما راستای شمال - جنوب را نشان می دهد. اما اگر سنجاق مغناطیسی نباشد باید به کمک یک پارچه پشمی آن را مغناطیسی کنیم. و سپس این

روش را به کار بگیریم. این روش دارای اشکالی می باشد، تنها راستای شمال-جنوب را مشخص می کند و برای ما محل شمال یا جنوب را مشخص نمی کند و ما باید به کمک روش های دیگر محل قطب ها را مشخص کنیم یا آنها را حدث بزینم.



سوزن مغناطیس شده راستای شمال - جنوب را نشان می دهد.

۴. آثار طبیعی:

روش دیگر استفاده از آثار طبیعی موجود است. هنگامی که قطب نمایی در اختیار نبود و خورشید و سایه ای وجود نداشت و ستاره ها در آسمان دیده نمی شدند می توان از این آثار در جهت یافتن قطب ها استفاده کرد.

- در جنگل ها و در کنار درخت ها می توان آثاری را یافت که در یافتن جهت قطبین به ما کمک نمایند. یکی اینکه بیشتر شاخه های درختان به جهت جنوب رشد می کند و شاخه های کمتری در جهت شمال می رویند. این را می توان با ایستادن در راستای تنه درخت به خوبی مشاهده کرد.
- بخش شمالی تنه درخت مرطوب تر از بخش رو به جنوب آن است و این به دلیل تابش کمتر خورشید به بخش شمالی می باشد. این را می توان از گلسنگ های روئیده در بخش شمالی تنه درختان متوجه شد .
- همچنین برخی جانوران مانند مورچه ها و موریانه ها لانه خود را در سمت رو به جنوب درختان که آفتابگیر است حفر می کنند.



جهت یابی با عوامل طبیعی

- در بهار برف های روی دامنه های رو به جنوب زود تر از دامنه های شمالی ذوب می شوند .
- همچنین گیاهان و بوته ها در دامنه هایی که رو به جنوب شیب دارند دارای ضخامت بیشتری می باشند.
- میوه های درختانی که در دامنه های جنوبی قرار دارند سریعتر می رسد.

این روش های طبیعی به صورت کامل قابل اطمینان نیستند و شرایط محیطی و می تواند توسط عوامل مختلف مانند باد تغییر کند. قبل از استفاده از این علائم بهتر است از روش های مطمئن تری که ذکر شد استفاده نمائیم.