فدراسیون کوهنوردی و صعود های ورزشی جمهوری اسلامی ایران

I.R. Iran Mountaineering & Sport Climbing Federation

طرح درس

نقشه‌خوانی و کار با قطب‌نما

کمیته آموزش

بخش ناوبری

تابستان ۱۳۹۹

گردآوری	مجتبی نورمحمدی
ناشر	فدراسیون کوهنوردی و صعودهای ورزشی کمیته آموزش
تاریخ نشر	تابستان ۱۳۹۹ خورشیدی

توجه:

استفاده از مطالب این جزوه با ذکر دقیق منبع آن آزاد است.

با سپاس از:

همه افرادی که در راه پیشبرد این رشته در فدراسیون کوهنوردی قدم گذاشتند و زحمات زیادی را در این زمینه متقبل و متحمل شدند و همچنین افرادی که در جلسه هم‌اندیشی در زمینه تدوین و ویرایش طرح درس حاضر، حضور به هم رسانیدند. آقایان: کاوه کاشفی، قاسم قادری، امین گرجی، رضا طراحی، حمید شفقی، محسن عسگری و علی مشگین.

با آرزوی توفیق روزافزون
کمیته آموزش فدراسیون کوهنوردی
تابستان ۱۳۹۹ خورشیدی

مقدمه

نیاز به ناوبری و روش‌های مختلف پیدا کردن مسیر به سمت هدف، از دیرباز مورد توجه بشر بوده است. به توانایی مسیریابی و باقی ماندن بر روی مسیر درست، ناوبری[1] گفته می‌شود. امروزه با پیشرفت علوم و فن آوری، و راه‌یابی سیستم‌های دقیق ماهواره‌ای به حوزه ناوبری، یادگیری و استفاده از این فن آوری‌ها در حوزه ناوبری برای هر فرد، به ویژه کوهنوردان امری اجتناب ناپذیر است. ولی با توجه به اینکه دستگاه جی‌پی‌اس یک وسیله الکترونیکی بوده و امکان بروز انواع مشکلات (از قبیل خراب شدن دستگاه، گم شدن آن، خالی شدن باتری، قطع شدن احتمالی ارسال امواج از ماهواره‌ها و ...) برای آن وجود دارد، لذا یادگیری نقشه‌خوانی و کار قطب‌نما برای طبیعت گردان کاملا ضروری به نظر می‌رسد. اما از آنجایی‌که امکان از دست رفتن و یا در دسترس نبودن این ابزار نیز وجود دارد، لذا یادگیری مهارت‌های جهت‌یابی بدون ابزار نیز ضروری می‌باشد. به همین دلیل کمیته آموزش فدراسیون کوهنوردی، بر آن شد تا علاوه بر آموزش روش‌های مختلف جهت‌یابی در دوره کوهپیمایی، اصول ناوبری را نیز در قالب دو دوره مجزا با عنوان‌های نقشه‌خوانی و کار با قطب‌نما و GPS، در چارت آموزشی خود تعریف کند.

مطالب این جزوه در دو بخش تنظیم شده است؛ بخش اول شامل مطالب پایه آموزشی دوره و بخش دوم شامل روش‌های پیشرفته ناوبری می‌باشد. آنچه در دوره آموزش داده می‌شود، مطالب بخش اول جزوه است و مطالب بخش دوم صرفا برای مطالعه و کسب اطلاعات بیشتر می‌باشد.

لازم به یادآوری است که انجام ناوبری، ناگزیر از کار با اعداد و در برخی موارد ناگزیر از کار با برخی روابط بسیار ساده ریاضی می‌باشد. به همین دلیل ممکن است در نگاه اول، فراگیری برخی مطالب این جزوه، کمی پیچیده به نظر برسد. اما این مطالب به نحوی مرتب شده و توضیح داده شده‌اند که برای فراگیری آنها به هیچ عنوان نیازی به داشتن اطلاعات قبلی در این زمینه و زمینه‌هایی مانند ریاضی و فیزیک و ... نبوده و صرفا با خواندن دقیق این جزوه، می‌توان تمام مطالب آن را به خوبی فرا گرفت.

با توجه به عملی بودن و فرار بودن اکثر مطالب این بحث، توصیه می‌شود برای فراگیری بهتر، چندین مرتبه مطالب جزوه مطالعه و تمرین شود و باید به خاطر داشت که یادگیری اولیه مطالب نمی‌تواند تضمینی بر فراموش نکردن آنها باشد. به همین دلیل باید آموخته‌ها هر از گاهی به تمرین و تکرار گذاشته شوند تا در مکان و زمان لازم بتوان بهترین بهره‌گیری را از مطالب فراگرفته شده به دست آورد.

کمیته آموزش فدراسیون کوهنوردی
تابستان ۱۳۹۹ خورشیدی

[1] Navigation

((فهرست))

فصل اول

((مقدمه))

۱-۱ سمت و جهت ۸
۱-۲ تطبیق سمت و جهت ۹

فصل دوم

((آشنایی با نقشه))

۲-۱ تعریف نقشه و انواع آن ۱۰
۲-۲ مقیاس ۱۱
۲-۲-۱ مقیاس کسری (یا عددی) ۱۱
۲-۲-۲ مقیاس خطی (ترسیمی) ۱۱
۲-۳ نحوه تا کردن نقشه ۱۴
۲-۴ اطلاعات حاشیه‌ای نقشه ۱۴
۲-۴-۱ در قسمت بالای نقشه ۱۵
۲-۴-۲ در سمت راست نقشه ۱۵
۲-۴-۳ در پایین نقشه ۱۸
۲-۵ کاربرد رنگ‌ها در نقشه ۲۰
۲-۶ نمایش ناهمواری‌های سطح زمین ۲۰
۲-۶-۱ منحنی میزان (منحنی تراز یا کنتور) ۲۰
۲-۶-۲ ویژگی‌های خطوط منحنی میزان ۲۱
۲-۷ چند تعریف (انواع عوارض) ۲۲

فصل سوم

((زاویه و گرا))

۳-۱ واحدهای اندازه‌گیری زاویه ۲۸
۳-۱-۱ درجه ۲۸

۳-۱-۲ میلیم ۲۹
۳-۲ اندازه‌گیری زوایا ۲۹
۳-۲-۱ انواع شمال ۲۹
۳-۳ گرا (آزیموت) ۳۱
۳-۴ گرای معکوس (گرای برگشت) ۳۵
۳-۵ کاربرد نقاله در اندازه‌گیری گراها ۳۶

فصل چهارم
((آشنایی با قطب‌نما و نحوه کار با آن))

۴-۱ انواع قطب‌نما ۴۰
۴-۱-۱ قطب‌نماهای نظامی ۴۱
۴-۱-۲ قطب‌نماهای ورزشی (قطب‌نماهای شیشه‌ای) ۴۱
۴-۲ آشنایی با قطب‌نمای نظامی ۴۲
۴-۲-۱ نحوه در دست گرفتن قطب‌نمای نظامی و خواندن گرا ۴۳
۴-۲-۲ نحوه گرادهی و پیمودن آن با قطب‌نمای نظامی ۴۵
۴-۳ قطب‌نمای ورزشی (شیشه‌ای) ۴۶
۴-۳-۱ اجزای قطب‌نمای ورزشی (شیشه‌ای) ۴۶
۴-۴ کالیبره کردن قطب‌نما ۴۷
۴-۵ حذف خطای ناشی از انحراف مغناطیسی ۴۸
۴-۶ نحوه کار با قطب‌نمای شیشه‌ای ۴۹
۴-۶-۱ نحوه گراگیری با استفاده از قطب‌نمای شیشه‌ای ۴۹
۴-۶-۲ نحوه اندازه‌گیری گرای یک راستا بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای شیشه‌ای ۴۹

فصل پنجم
((سیستم‌های مختصات))

۵-۱ سیستم مختصات جغرافیایی ۵۲
۵-۱-۱ طول جغرافیایی (X) ۵۳
۵-۱-۲ عرض جغرافیایی (Y) ۵۳
۵-۱-۳ نصف‌النهار (نیمروز) ۵۳
۵-۱-۴ مدار (نیمگان) ۵۴
۵-۱-۵ نصف‌النهار مبدا (گرینویچ) ۵۷
۵-۱-۶ خط استوا ۵۷
۵-۲ سیستم مختصات UTM و UPS ۵۸

۵-۲-۱ سیستم مختصات UTM ۵۸
۵-۲-۱-۱ طول در سیستم مختصات UTM ۵۹
۵-۲-۱-۲ عرض در سیستم مختصات UTM ۵۹
۵-۲-۱-۳ پیدا کردن مختصات UTM نقاط بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۶۳
۵-۲-۲ سیستم مختصات UPS ۶۵

فصل ششم

((کار با نقشه و قطب‌نما))

۶-۱ وسایل مورد نیاز برای ناوبری با نقشه ۶۷
۶-۱-۱ وسایل اختیاری ۶۷
۶-۲ توجیه نقشه ۶۷
۶-۲-۱ توجیه امتدادی ۶۸
۶-۲-۲ توجیه مغناطیسی ۶۸
۶-۳ تعیین موقعیت بر روی نقشه ۶۹
۶-۳-۱ تعیین موقعیت با نقشه و قطب‌نما ۶۹
۶-۳-۱-۱ تلاقی دو گرا ۶۹
۶-۳-۱-۲ تلاقی سه گرا ۷۰
۶-۳-۲ تعیین موقعیت با نقشه و خط‌کش ۷۱
۶-۴ عبور از موانع ۷۲
۶-۵ باقی ماندن در راستای صحیح ۷۳

فصل هفتم

((محاسبه و تخمین مسافت))

۷-۱ تخمین مسافت در طبیعت ۷۶
۷-۱-۱ تخمین مسافت با روش قدم شمار ۷۷
۷-۱-۲ تخمین مسافت با استفاده از شست دست ۷۸

فصل هشتم

((ترسیم کروکی))

۸-۱ ترسیم کروکی ۸۰

بخش دوم

((اطلاعاتی برای مطالعه))

۱- نیمرخ (پروفیل) ۸۳
۲- نحوه اندازه‌گیری یک گرا بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای نظامی ۸۴
۳- نحوه رسم یک امتداد با گرای معلوم بر روی نقشه، با استفاده از قطب‌نمای نظامی ۸۵
۴- کار با قطب‌نمای نظامی در شب ۸۶
۴-الف) نحوه گرادهی به قطب‌نمای نظامی در شب ۸۷
۴-ب) نحوه گراگیری با قطب‌نمای نظامی در شب ۸۸
۵- روش‌های دیگر تعیین موقعیت بر روی نقشه ۸۸
۵-الف) تعیین موقعیت بر روی نقشه با استفاده از تلاقی یک گرا و یک عارضه خطی ۸۸
۵-ب) تعیین موقعیت بر روی نقشه با استفاده از یک گرا و تخمین مسافت ۹۰
۶- محاسبه مسافت در شیب ۹۱
۶-الف) محاسبه شیب مسیر ۹۲
۷- سایر روش‌های تخمین مسافت ۹۳
۷-الف) تخمین مسافت با استفاده از تخمین سرعت حرکت ۹۳
۷-ب) تخمین مسافت با استفاده از روش زمانی ۹۴
۷-ج) تخمین مسافت با استفاده از درجه‌بندی میل قطب‌نما ۹۵
۷-د) تخمین مسافت با استفاده از ارقام درجه قطب‌نما ۹۷
۸- محاسبه ارتفاع به کمک خطوط منحنی میزان (خطوط کنتور) ۹۹

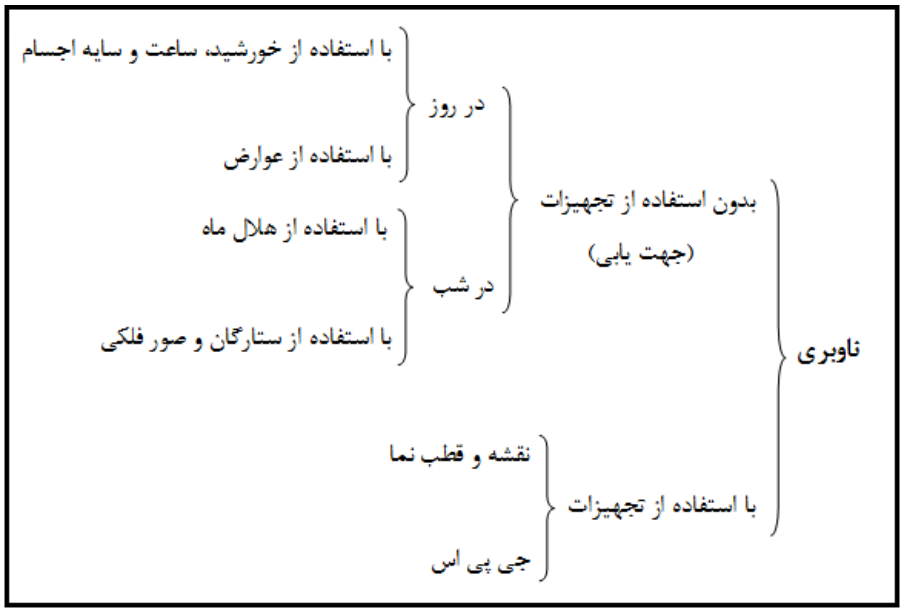
ضمیمه ۱۰۳

فصل اول

((مقدمه))

ناوبری در این جزوه، به معنی فن هدایت کردن، پیدا کردن مسیر درست و باقی ماندن بر روی آن می‌باشد که به طور کلی به دو شکل انجام پذیر است:

۱. بدون استفاده از تجهیزات (با استفاده از جهت‌یابی در روز و در شب)
۲. با استفاده از تجهیزات (با استفاده از نقشه و قطب‌نما یا جی‌پی‌اس)



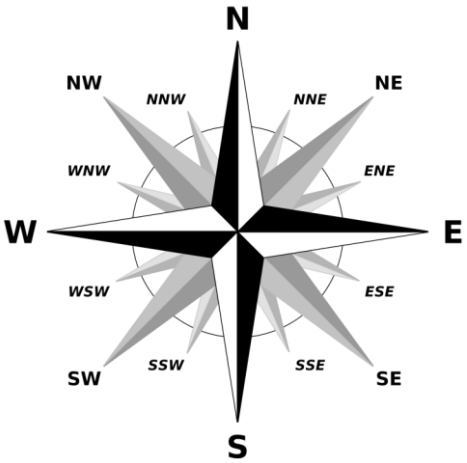
نمودار ۱-۱: روش‌های مختلف ناوبری

۱-۱ جهت و سمت

جهت: امتدادی ثابت است که در اثر تغییر وضعیت ناظر، تغییر نمی‌کند و شامل اجزای زیر است:

- چهار جهت اصلی (شمال N، شرق E، جنوب S و غرب W)،
- چهار جهت فرعی (شمال شرقی NE، جنوب شرقی SE، جنوب غربی SW و شمال غربی SW) و
- هشت جهت فرعی‌تر (شمال شمال شرقی NNE، شرق شمال شرقی ENE، شرق جنوب شرقی ESE، جنوب جنوب شرقی SSE، جنوب جنوب غربی SSW، غرب جنوب غربی WSW، غرب شمال غربی WNW و شمال شمال غربی NNW)

سمت: امتدادی است که همیشه ثابت نبوده و بسته به موقعیت ناظر تغییر می‌کند. چهار سمت اصلی که با آنها سروکار داریم عبارتند از: روبرو، راست، عقب و چپ.



شکل ۱-۱: جهات اصلی، جهات فرعی و جهات فرعی‌تر

۱-۲ تطبیق سمت و جهت

با استفاده از روش تطبیق سمت و جهت، در صورت یافتن یکی از جهت‌ها می‌توان به سادگی جهت‌های دیگر را پیدا کرد. به عنوان مثال در صورتی که رو به شمال ایستاده باشید، پشت شما رو به جنوب، سمت راست شما رو به شرق و سمت چپ شما رو به غرب خواهد بود. و بالعکس در صورتی که رو به جنوب ایستاده باشید، پشت شما رو به شمال، سمت راست شما رو به غرب و سمت چپ شما رو به شرق خواهد بود. برای پرهیز از اشتباه در تطبیق سمت و جهت، کافیست نقشه ایران را در مقابل خود فرض کنید. در صورتی که روبروی دریای خزر که در شمال ایران واقع شده است، قرار گرفته باشید، سمت راست شما که به سمت خراسان قرار گرفته، نشان دهنده جهت شرق، سمت چپ شما که به سمت کرمانشاه و ایلام قرار گرفته، نشان دهنده جهت غرب، و پشت شما که به سمت خلیج فارس قرار گرفته نشان دهنده جهت جنوب می‌باشد.

نکته مهم: در صورتی که نقشه منطقه را به همراه نداشته باشید، پیدا کردن جهت‌ها هیچ کمکی به شما نخواهد کرد، مگر اینکه موقعیت خود در منطقه را از قبل بدانید و بدانید در صورت گم کردن مسیر، با حرکت کردن به چه جهتی به نزدیکترین آبادی خواهید رسید.

فصل دوم

((آشنایی با نقشه))

۲-۱ تعریف نقشه و انواع آن

به تصویر قائم عوارض سطح زمین بر روی صفحه‌ای افقی، که این عوارض سطح زمین، به نسبت معینی کوچک شده باشند، نقشه می‌گویند. به این نسبت معین نیز مقیاس گفته می‌شود. عوارض زمین به طور کلی به دو دسته عوارض طبیعی (مانند: کوه، یال، دره، رود، جنگل، دریاچه و ....) و عوارض مصنوعی (مانند: ساختمان، جاده، پل، سد و ....) تقسیم می‌شوند. نقشه‌های مورد استفاده ما معمولا طی عملیات تصویرسنجی (فتوگرامتری)[۲] و نقشه‌نگاری (کارتوگرافی)[۳] تهیه می‌شوند.

نقشه‌هایی که ما معمولا با آنها سر و کار داریم، به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱- نقشه‌های پلانی‌متری: نقشه‌های دو بعدی هستند که فقط موقعیت مسطحاتی عوارض را نمایش می‌دهند و فقط دارای طول و عرض هستند.

۲- نقشه‌های توپوگرافی[۴]: نقشه‌های سه بعدی هستند که علاوه بر موقعیت مسطحاتی، ارتفاع عوارض را نیز نمایش می‌دهند و علاوه بر طول و عرض، دارای ارتفاع نیز هستند.

لازم به ذکر است که نقشه‌ها انواع مختلفی دارند که هرکدام برای مقاصد خاصی به کار می‌روند. مانند نقشه‌های: آب‌نگاری (یا هیدروگرافی)، ثبتی (یا کاداستر)، راه‌ها و جاده‌ها، زمین شناسی، هواشناسی و غیره. به این نقشه‌ها، نقشه‌های موضوعی گفته می‌شود.

نکته: نقشه‌هایی که در این جزوه مورد استفاده و مطالعه قرار می‌گیرند، نقشه‌های توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری کشور[۵] هستند. به این نقشه‌ها که کل مساحت کشور را پوشش می‌دهند، نقشه‌های پوششی نیز گفته می‌شود.

---

[۲] به مراحل تهیه نقشه خام از عکس‌های زمینی، هوایی و ماهواره ای، تصویرسنجی یا فتوگرامتری گفته می‌شود.

[۳] به مراحل نقشه برداری و ترسیم نقشه که دربرگیرنده عملیات فتوگرامتری نیز می‌باشد، نقشه نگاری یا کارتوگرافی گفته می‌شود.

[۴] توپوگرافی یا عارضه‌نگاری از ترکیب واژه‌های یونانی توپو به معنی عارضه و گرافی به معنی نگاشتن به وجود آمده است.

[5] NCC: National Cartoghraphic Center

۲-۲ مقیاس (Scale)[۶]

چون ترسیم عوارض زمین به همان اندازه، بر روی صفحه افقی (کاغذ) امکان‌پذیر نیست، لذا این عوارض را باید به نسبت معینی کوچک کرد. به این نسبت معین، مقیاس می‌گویند. به عبارت دیگر به نسبت کوچک شدن فاصله دو نقطه روی نقشه، به فاصله همان دو نقطه روی زمین، مقیاس می‌گویند که معمولا به دو شکل بیان می‌شود:

۲-۲-۱ مقیاس کسری (یا عددی)

مقیاس کسری معمولا طوری نوشته می‌شود که صورت آن همواره عدد یک و مخرج آن، تعداد دفعات کوچک شدن عوارض طبیعت بر روی نقشه باشد. به عنوان مثال، نقشه‌ای که مقیاس آن به صورت $\frac{1}{25,000}$ باشد، معرف آن است که عوارض و فواصل در طبیعت، به میزان ۲۵.۰۰۰ بار کوچک شده و بر روی نقشه مزبور منتقل شده‌اند. با توجه به اینکه مقیاس، به صورت کسر دو عدد می‌باشد، لذا واحد صورت با واحد مخرج ساده شده و فقط یک عدد خالص و فاقد واحد باقی می‌ماند. مقیاس کسری به صورت 1:25,000 نیز نشان داده می‌شود، که در این صورت به آن مقیاس عددی گفته می‌شود.

مثلا" در یک نقشه ۱:۲۵.۰۰۰، می‌توان گفت، یک سانتیمتر بر روی نقشه، معادل ۲۵.۰۰۰ سانتیمتر (یا ۲۵۰ متر) بر روی طبیعت، یا یک میلیمتر بر روی نقشه، معادل ۲۵.۰۰۰ میلیمتر (یا ۲۵ متر) بر روی طبیعت است.

مثال: نقشه‌ای با مقیاس $\frac{1}{100,000}$ در اختیار داریم. مسافت میان دو نقطه A و B بر روی نقشه، برابر با ۲۱۵ میلیمتر است. فاصله میان همین دو نقطه در طبیعت چقدر است؟

(می دانیم که هر متر برابر با ۱۰۰۰ میلیمتر و هر کیلومتر برابر با ۱۰۰۰ متر است.)

حل: $215mm \times 100,000 = 21,500,000mm = 21,500m = 21.5km$

با توجه به توضیحات بالا می‌توان نتیجه گرفت که مسافت میان دو نقطه در طبیعت، برابر است با مسافت میان همان دو نقطه بر روی نقشه ضرب در مخرج مقیاس.

۲-۲-۲ مقیاس خطی (ترسیمی)

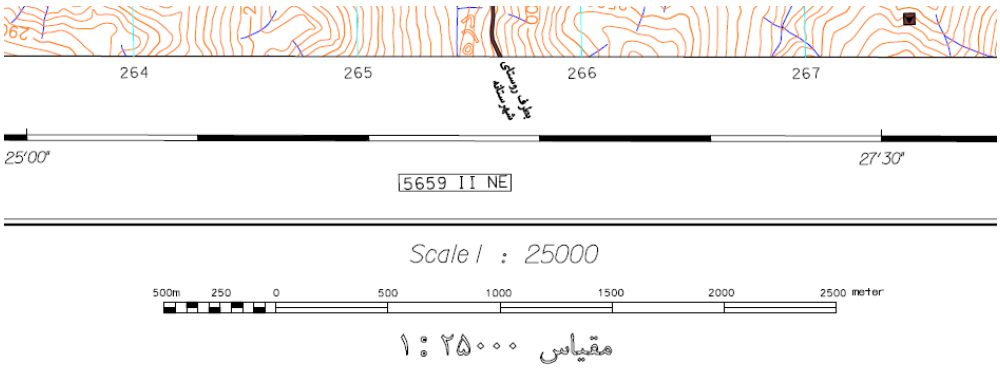
در اکثر نقشه‌ها علاوه بر مقیاس کسری، از مقیاس دیگری به نام مقیاس خطی نیز استفاده می‌شود. این مقیاس دارای دو کاربرد عمده می‌باشد: یکی اندازه‌گیری مسافت در مسیرهای مستقیم، بدون نیاز به محاسبه و دیگری اندازه‌گیری مسافت در مسیرهای دارای پیچ و خم. در صورتی که مسیر مورد نظر بر روی نقشه،

[۶] ادامه این این بحث در بخش محاسبه و تخین مسافت، آورده شده است.

یک مسیر دارای پیچ و خم باشد، اندازه‌گیری طول این مسیر با استفاده از خط‌کش، به سادگی امکان‌پذیر نیست. بنابراین می‌توان با استفاده از یک تکه نخ که خاصیت کشسانی نداشته باشد، طول مسیر منحنی را اندازه گرفته و با تطبیق مقدار اندازه‌گیری شده بر روی نخ با مقیاس خطی، طول مسیر را بر حسب واحدهای مدرج بر روی مقیاس خطی به دست آورد. این کار را می‌توان با ابزاری به نام مسافت‌سنج نیز انجام داد. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد مسافت‌سنج به قسمت دوم جزوه، بخش ۷-د مراجعه کنید.

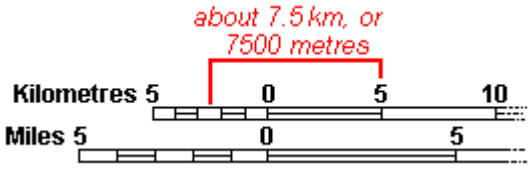
نکته ۱: در صورت نیاز به محاسبه فاصله مستقیم بین دو نقطه، می‌توان این کار را بدون نیاز به نخ و با استفاده از لبه کاغذ نیز انجام داد.

نکته ۲: یکی از مهم‌ترین ویژگی مقیاس ترسیمی این است که با تغییر ابعاد کاغذ نقشه، این مقیاس نیز متناسب با اندازه نقشه تغییر کرده و نسبت مقیاس حفظ خواهد شد.



شکل ۲-۱: مقیاس عدد (کسری) و مقیاس خطی (ترسیمی) در نقشه‌های توپوگرافی

مقیاس خطی، از دو قسمت تشکیل شده است: قسمت اصلی مقیاس (قسمتی که در سمت راست صفر قرار گرفته است) و پاشنه مقیاس (قسمتی که در سمت چپ صفر قرار گرفته است). پاشنه مقیاس نمایانگر تقسیمات دهدهی (اعشاری) واحد مربوطه بوده و برای اندازه‌گیری دقیق‌تر به کار می‌رود.



شکل ۲-۲: استفاده از مقیاس خطی برای پیدا کردن فواصل

برای اندازه‌گیری فاصله حقیقی با استفاده از مقیاس خطی، ابتدا باید فاصله مورد نظر، با استفاده از تکه نخ یا لبه کاغذ بر روی نقشه اندازه‌گیری شود. سپس مطابق شکل ۲-۲، ابتدای این فاصله تعیین شده باید طوری

بر روی یکی از تقسیمات قسمت اصلی مقیاس خطی قرار گیرد که انتهای آن، در پاشنه مقیاس قرار بگیرد. حال با اضافه کردن اجزاء دهدهی پاشنه مقیاس، به عدد مربوطه در قسمت اصلی مقیاس می‌توان، فاصله حقیقی را به دست آورد. به عنوان مثال هر کدام از تقسیمات دهدهی شکل ۲-۲ نشان‌دهنده یک کیلومتر بر روی نقشه می‌باشد. بنابراین عددی که خط قرمز سمت چپ به آن اشاره دارد، برابر با ۲/۵ کیلومتر است. با اضافه کردن این مقدار به عددی که خط قرمز سمت راست به آن اشاره دارد، فاصله مورد نظر با واحد مربوطه به دست می‌آید.

نقشه‌ها از نظر مقیاس به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱- نقشه‌های کوچک‌مقیاس: نقشه‌هایی که مقیاس آنها کوچکتر از ۱:۱۰۰۰.۰۰۰ است. این نقشه‌ها محدوده‌های بزرگی را در بر می‌گیرند، اما دارای جزئیات کمی هستند و بنابراین برای بررسی‌های کلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نقشه‌های کشوری و اطلس‌ها در این دسته قرار می‌گیرند.

$$S < \frac{1}{1000,000}$$

۲- نقشه‌های متوسط‌مقیاس: نقشه‌هایی که مقیاس آنها بین ۱:۱۰۰۰.۰۰۰ تا ۱:۷۵.۰۰۰ است. این نقشه‌ها دارای جزئیات متوسط هستند. نقشه‌های مربوط به شهرسازی و زمین شناسی در این دسته قرار می‌گیرند.

$$\frac{1}{1.000,000} < S < \frac{1}{75,000}$$

۳- نقشه‌های بزرگ‌مقیاس: نقشه‌هایی که مقیاس آنها بزرگتر از ۱:۷۵.۰۰۰ است. این نقشه‌ها محدوده‌های کوچکی را در بر می‌گیرند، اما دارای جزئیات زیادی هستند و معمولا برای کارهای عملیاتی و ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نقشه‌های مورد استفاده ما در این جزوه، جزء این نقشه‌ها هستند.

$$\frac{1}{75,000} < S$$

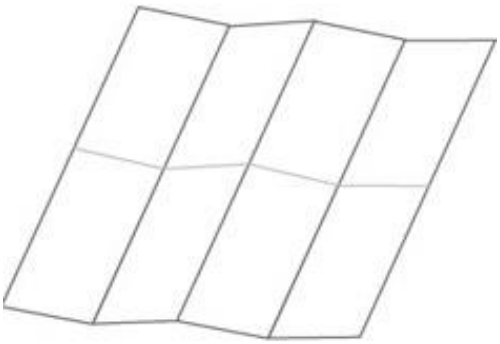
با توجه به رابطه مقیاس هرچه مخرج کسر بزرگتر باشد، مقیاس کوچکتر و هرچه مخرج کسر کوچکتر باشد، مقیاس بزرگتر خواهد بود. تفاوت اصلی بین نقشه‌های کوچک مقیاس و بزرگ مقیاس در این است که نقشه‌های بزرگ مقیاس معمولا محدوده‌های کوچکتر و با جزئیات بیشتر را تصویر می‌کنند. در حالی که نقشه‌های کوچک مقیاس معمولا محدوده‌های بزرگتر و با جزئیات کمتر را تصویر می‌کنند.

اگر بخواهیم در نقشه‌های کوچک مقیاس، همه عوارض (معمولا مصنوعی) را با نسبت مقیاس نقشه، کوچک کنیم، نمایش برخی از آنها بر روی نقشه امکان‌پذیر نخواهد بود. لذا برخی از علائم به صورت اغراق‌آمیز بر روی نقشه چاپ می‌شود. به عنوان مثال اگر بخواهید دهانه یک چاه را با نسبت مقیاس نقشه کوچک کرده و بر روی نقشه نمایش دهید، آنقدر کوچک خواهد شد که بر روی نقشه قابل ترسیم و مشاهده نخواهد بود و یا

اگر قرار باشد عرض یک جاده، با نسبت مقیاس نقشه کوچک شود، جاده به یک خط بسیار باریک تبدیل خواهد شد که مشاهده آن بر روی نقشه کار راحتی نخواهد بود.

۲-۳ نحوه تا کردن نقشه

نقشه طوری باید تا شود که اولا اطلاعات حاشیه‌ای نقشه، در قسمت رویی قرار بگیرد و در ثانی، به سرعت بتوان آن را باز کرد. بدین منظور ابتدا باید نقشه را از وسط به سمت داخل و سپس هر طرف را از وسط، به سمت بیرون تا کرد. بدین ترتیب، نقشه سه بار به صورت عمودی تا می‌خورد. حال می‌توان مجموعه تا خورده را به صورت دو تا یا سه تا جمع کرد.



شکل ۲-۳: نحوه تا کردن نقشه

۲-۴ اطلاعات حاشیه‌ای نقشه

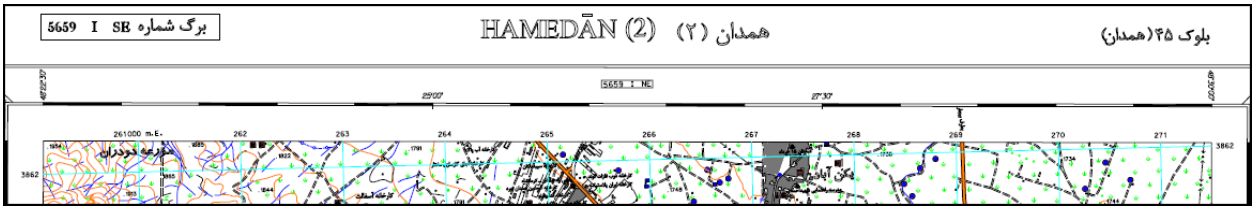
نقشه‌های مبنای ما در این جزوه، نقشه‌های ۱:۲۵.۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور هستند. از آنجایی که این نقشه‌ها در همه جای کشور دارای فرمت تقریبا یکسان بوده و همچنین در بیشتر کلاس‌های نقشه‌خوانی فدراسیون کوهنوردی، از این نوع نقشه ها استفاده می‌شود، بنابراین بخش‌های مختلف نقشه و اطلاعات حاشیه‌ای آنها، در اینجا مطابق با فرمت نقشه‌های فوق‌الذکر، توضیح داده می‌شود.

۲-۴-۱ در قسمت بالای نقشه (نقشه‌های مورد نظر این جزوه)

۱- شماره بلوک: شماره بلوکی است که برگه نقشه شما، در زیرمجموعه آن قرار دارد. شماره بلوک در قسمت بالا و سمت راست نقشه نمایش داده می‌شود.

۲- نام نقشه: معمولا بر اساس نام بزرگترین، پرجمعیت‌ترین، قدیمی‌ترین یا برجسته‌ترین عارضه موجود در نقشه و یا نام نزدیکترین محل به مرکز نقشه، است و معمولا در بالای نقشه نوشته می‌شود.

۳- شماره برگه: شماره اختصاصی مربوط به برگه نقشه است. برای کسب اطلاعات بیشتر در این موارد، به بخش ۲-۴-۲، شماره ۵ مراجعه کنید.



شکل ۲-۴: قسمت بالای نقشه‌های توپوگرافی

۲-۴-۲ در سمت راست نقشه (نقشه‌های مورد نظر این جزوه)

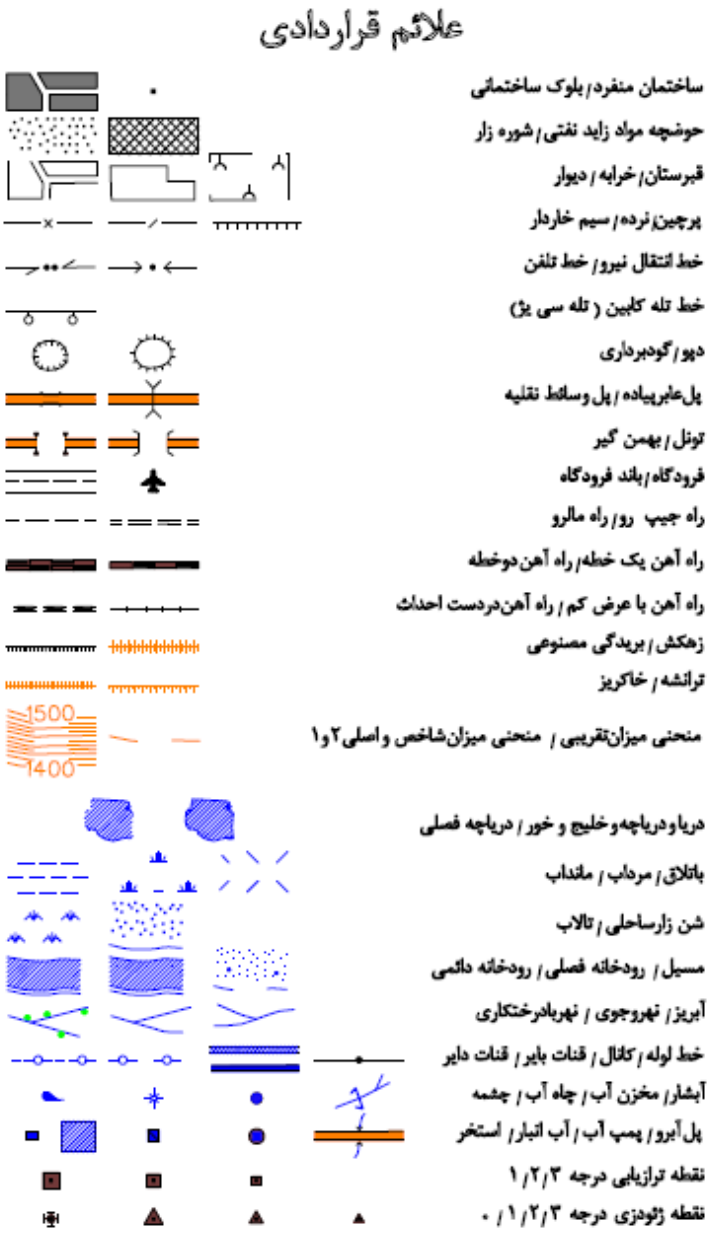
۴- علائم قراردادی (راهنمای علائم)[۷]: ممکن است بر روی نقشه علائمی دیده شوند که نامفهوم باشند. با مراجعه به قسمت علائم قراردادی در سمت راست نقشه می‌توان توضیح مربوط به هرکدام از این علائم را مشاهده کرد. این علائم که نمایانگر عوارض بر روی نقشه هستند، طوری انتخاب می‌شوند که تا حدود زیادی به شکل واقعی آنها شبیه باشند. ممکن است برخی از این علائم، تابعی از مقیاس نقشه نبوده و نسبت به سایر عوارض، به صورت بزرگتر نشان داده شوند. همچنین ممکن است همه علائمی که در قسمت راهنمای علائم قرار دارند، بر روی برگه نقشه دیده نشوند.

گاهی اوقات علامت قراردادی مربوط به یک عارضه مشخص، در نقشه‌های مختلف به صورت متفاوت دیده می‌شود؛ چون ممکن است هر سازمانی از علائم قراردادی خاص خود استفاده کند که با علائم قراردادی سازمان دیگر تفاوت داشته باشد. در شکل ۲-۵ قسمتی از راهنمای علائم قراردادی در نقشه‌های سازمان نقشه‌برداری کشور نمایش داده شده است. در هر ردیف از علائم قراردادی دو، سه یا چهار علامت در سمت چپ قابل مشاهده است. نام مربوط به هر کدام از این علائم به ترتیب در سمت راست قابل مشاهده است.

نکته ۱: عوارض در دست احداث و موقتی معمولا به صورت خط چین و عوارض دائمی معمولا با خطوط پیوسته نمایش داده می‌شوند. این موضوع را با دقت در راهنمای علائم نقشه، متوجه خواهید شد.

نکته ۲: در دو ردیف پایین شکل ۲-۵ علائم مربوط به نقاط ترازیابی و ژئودزی دیده می‌شوند. نقاط ترازیابی نقاطی هستند که دارای ارتفاع دقیق بوده و به عنوان نقاط مبنای ارتفاعی در کار نقشه‌برداری به کار می‌روند. نقاط ژئودزی نیز نقاطی هستند که دارای مختصات دقیق بوده و به عنوان نقاط مبنای مسطحاتی در کار نقشه‌برداری به کار می‌روند. دقت این نقاط به ترتیب از درجه ۳ به درجه ۱ و از درجه ۳ به درجه ۰ افزایش می‌یابد.

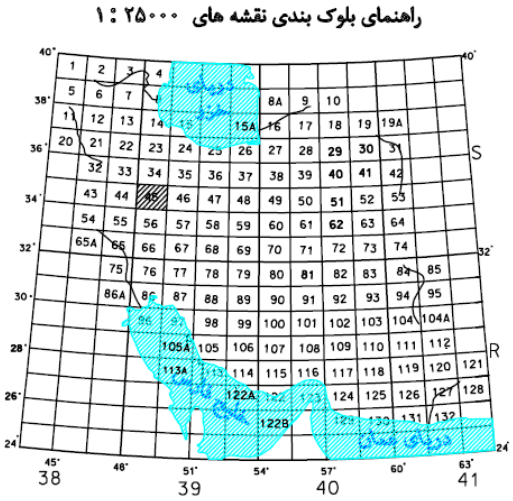
[۷] لژاند (Legend)



شکل ۲-۵: یک سری از علائم قراردادی

۵- راهنمای بلوک‌بندی نقشه‌ها: بر اساس تقسیم‌بندی سازمان نقشه‌برداری کشور، کشور ایران به ۱۳۲ بلوک تقسیم‌بندی شده است. راهنمای بلوک‌بندی نقشه‌ها در سمت راست قرار دارند. بلوکی که برگه نقشه در آن قرار دارد، به صورت هاشور خورده در راهنمای بلوک‌بندی قابل مشاهده است. (شکل ۲-۶)

۶- راهنمای تقسیمات بلوک: در این قسمت مشاهده می‌شود که هر بلوک از راهنمای بلوک‌بندی نقشه‌ها، به شش زیربلوک تقسیم شده است. مقیاس هر کدام از این زیربلوک‌ها ۱:۱۰۰.۰۰۰ می‌باشد. شماره هر زیربلوک نیز به صورت یک عدد چهار رقمی در مرکز آن نوشته شده است.

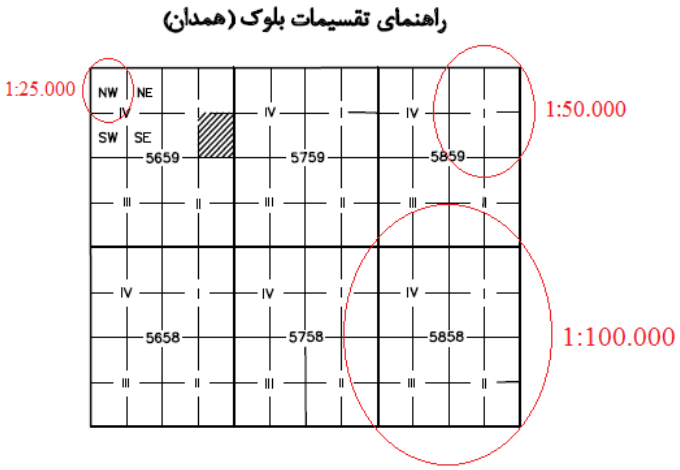


شکل ۲-۶: راهنمای بلوک بندی نقشه‌های توپوگرافی

هر زیربلوک نیز به چهار قسمت تقسیم شده و شماره مربوط به هر قسمت (به صورت یک عدد یونانی از I تا IV که در جهت ساعتگرد افزایش می‌یابد)، در مرکز آن نوشته می‌شود. مقیاس هر کدام از این قسمت‌ها ۱:۵۰.۰۰۰ می‌باشد.

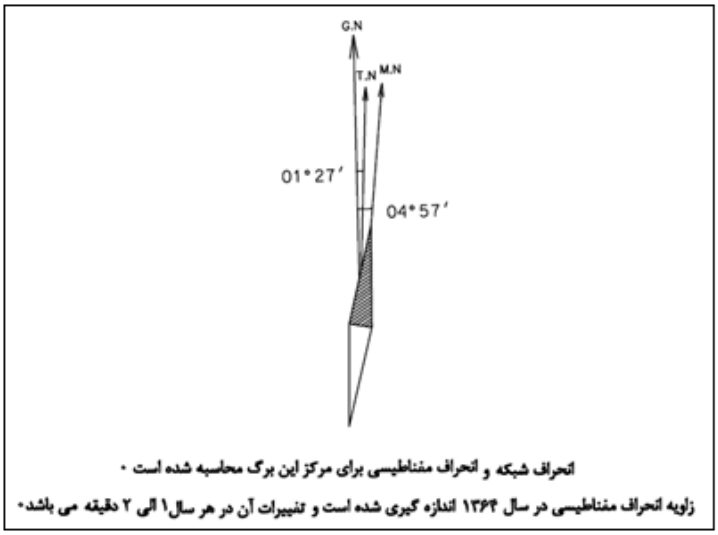
هر قسمت نیز به چهار برگه (شیت) تقسیم می‌شود. مقیاس هر برگه ۱:۲۵.۰۰۰ بوده و با توجه به جهت قرارگیری در قسمت مربوطه، با یکی از حروف NE، SE، SW یا NW مشخص می‌شود. (شکل ۲-۷)

نکته: با دقت در شکل ۲-۷ مشاهده می‌شود که با دو برابر شدن مقیاس عددی، مقیاس سطحی چهار برابر افزایش یافته است. به عنوان مثال، مقیاس هر برگه در شکل فوق، ۱:۲۵.۰۰۰ و مقیاس هر قسمت در شکل فوق ۱:۵۰.۰۰۰ است. در حالی که مساحت هر قسمت چهار برابر مساحت هر برگه است.



شکل ۲-۷: راهنمای تقسیمات بلوک‌ها در نقشه‌های توپوگرافی

۷- نمودار شمال‌ها (Declination Diagram): نموداری است که معرف میزان انحراف مغناطیسی و انحراف شبکه نسبت به شمال حقیقی است و در سمت راست و پایین نقشه قرار می‌گیرد. در زیر این قسمت، سالی که انحراف مغناطیسی اندازه‌گیری شده و همچنین میزان تغییر سالانه این انحراف نوشته می‌شود. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد انواع شمال به بخش ۳-۳ مراجعه کنید.

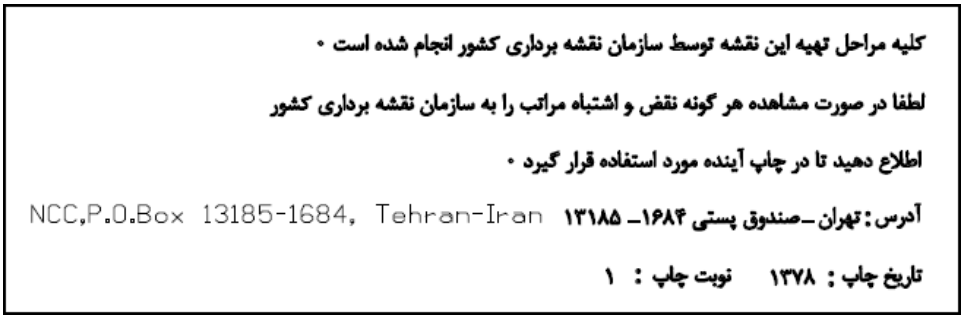


شکل ۲-۸: نمودار شمال‌ها در نقشه‌های توپوگرافی

نکته: با توجه به اینکه دقت کار عملی در نقشه‌خوانی کوهستان در حد درجه می‌باشد، لذا تغییرات سالانه زاویه انحراف مغناطیسی، اثر زیادی بر روی کار نداشته و معمولا همان زاویه انحراف مغناطیسی که در نمودار نشان داده شده، به نزدیکترین عدد درجه گرد شده و در کار لحاظ می‌شود. به عنوان مثال، زاویه شبکه مغناطیس در نمودار فوق، به 5° گرد شده و در کار عملی با قطب‌نما مورد استفاده قرار می‌گیرد.

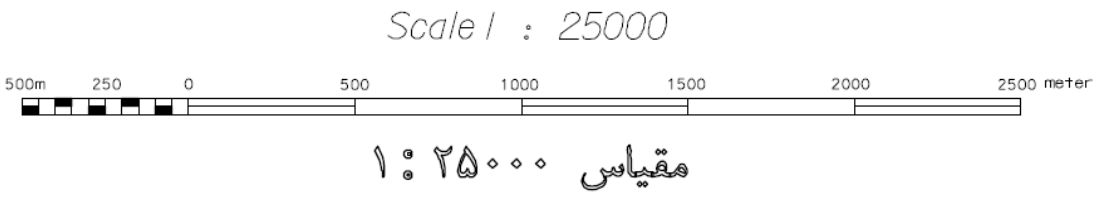
۲-۴-۳ در پایین نقشه (نقشه‌های مورد نظر این جزوه)

۸- اطلاعاتی شامل: مرجع تهیه کننده نقشه حاضر، درخواست همکاری، آدرس، تاریخ چاپ و نوبت چاپ در سمت راست پایین نقشه نوشته می‌شوند.



شکل ۲-۹: اطلاعات حاشیه‌های در قسمت پایین نقشه‌های توپوگرافی

۹- مقیاس: مقیاس عددی و خطی که معمولا در وسط پایین نقشه نمایش داده می‌شود. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد مقیاس به بخش ۲-۲ مراجعه کنید.



شکل ۲-۱۰: مقیاس نقشه‌های توپوگرافی

۱۰- مبنای تهیه نقشه: مبنای تهیه نقشه‌های توپوگرافی، معمولا عکس‌های هوایی است.

۱۱- سیستم تصویر (Projection System): با توجه به اینکه عوارض سه بعدی در طبیعت، به عوارض دو بعدی بر روی صفحه افقی تصویر می‌شوند، لذا سیستم تصویر طوری انتخاب می‌شود که نواحی تصویر شده، حتی الامکان شکل حقیقی خود را حفظ نمایند و مقیاس نقشه دقت خود را در تمام جهات حفظ نماید. سیستم تصویر در نقشه‌های مورد نظر ما، سیستم تصویر UTM است.

۱۲- نوع بیضوی مبنا: نوع بیضوی استفاده شده در تصویر نقشه‌های مورد نظر ما بیضوی تعریف شده توسط سیستم مساحی WGS 84 است. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد سیستم مساحی WGS 84 به جزوه "کار با GPS" مراجعه کنید.

۱۳- شبکه قائم الزاویه: شبکه قائم الزاویه مربوط به ترکه (قاچی) که نقشه در آن قرار دارد. برای کسب اطلاعات بیشتر در این مورد به بخش ۵-۲ مراجعه کنید.

۱۴- مبنای ارتفاعات: مبنای ارتفاعات ذکر شده در نقشه‌های توپوگرافی ایران، سطح متوسط دریا در خلیج فارس در بندر شهید رجایی می‌باشد.

۱۵- فاصله ارتفاعی منحنی‌های میزان (خطوط کنتور): فاصله بین خطوط منحنی میزان فرعی، در این قسمت ذکر شده است.

توضیحات مربوط به شماره‌های ۱۰ تا ۱۵ در سمت چپ پایین نقشه نوشته می‌شوند.

مبنای تهیه این نقشه عکسهای هوائی ۴۰۰۰۰ : ۱ سال ۱۳۷۵ ، سیستم تصویر UTM ، بیضوی WGS 84
شبکه قائم الزاویه مربوط به قاچ 39S ، مبنای ارتفاعات سطح متوسط دریا در خلیج فارس و فاصله ارتفاعی منحنی های میزان ۲۰ متر می باشد .

شکل ۲-۱۱: اطلاعات حاشیه‌های در قسمت پایین نقشه‌های توپوگرافی سازمان نقشه برداری کشور

۲-۵ کاربرد رنگ‌ها در نقشه

برای تشخیص بهتر عوارض مختلف بر روی نقشه، از رنگ‌های مختلفی برای نمایش آنها استفاده می‌شود. رنگ‌های اصلی مورد استفاده در نقشه‌ها عبارتند از:

۱- مشکی: برای نمایش برخی عوارض مصنوعی، راه آهن، راه مالرو و همچنین برخی از نوشتارها و اسامی

۲- قهوه‌ای و قرمز و نارنجی: برای نمایش برجستگی‌ها و منحنی‌های تراز، راه‌های اصلی

۳- سبز: برای نمایش جنگل، باغ، زمین‌های زراعتی و سایر روییدنی‌ها

۴- آبی: برای نمایش دریا، دریاچه، رودخانه و سایر منابع آبی

علاوه بر رنگ‌های ذکر شده ممکن است رنگ‌های دیگری نیز متناسب با نوع نقشه مورد استفاده قرار بگیرد. لازم به ذکر است که رنگ‌های مورد استفاده در نقشه و عوارض مربوط به آنها، در سمت راست نقشه و در قسمت راهنمای علائم نشان داده شده است.

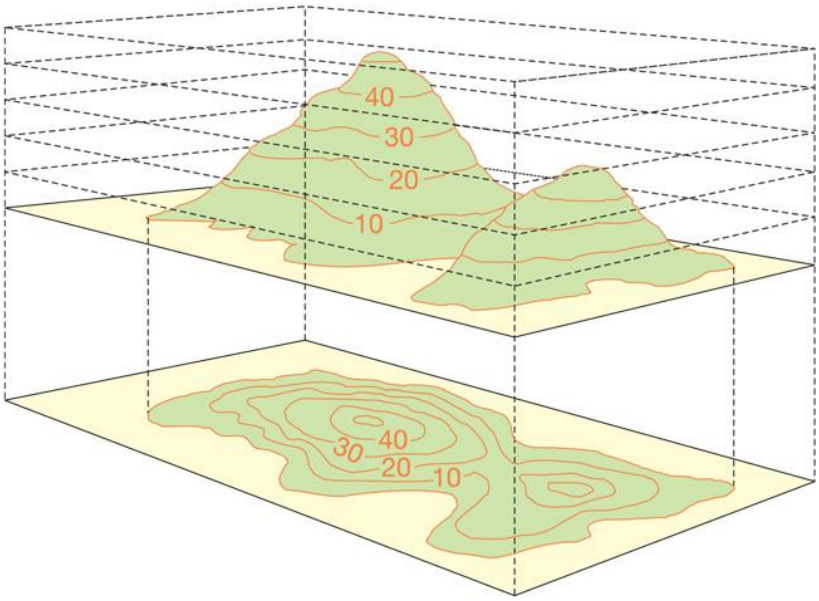
۲-۶ نمایش ناهمواری‌های سطح زمین

ناهمواری‌های سطح زمین اعم از برجستگی‌ها و فرورفتگی‌ها در نقشه‌های توپوگرافی توسط خطوطی به نام خطوط منحنی میزان (کنتور یا منحنی تراز) نمایش داده می‌شوند. با استفاده از این خطوط می‌توان ناهمواری‌های سطح زمین را بر روی سطح تخت کاغذ تصویر کرد. این خطوط در واقع همان بعد سوم (یعنی بُعد ارتفاع) در سیستم مختصات سه بعدی هستند. (می‌دانید که بعد اول و دوم همان طول و عرض هستند.)

۲-۶-۱ منحنی میزان (منحنی تراز یا کنتور[8])

منحنی میزان، مکان هندسی نقاطی است که دارای ارتفاع یکسان هستند. به عبارت دیگر، اگر نقاط هم ارتفاع یک عارضه به یکدیگر متصل شوند، یک منحنی میزان حاصل می‌شود. برای درک بهتر، می‌توان تپه‌ای را در وسط یک دریاچه که ارتفاع آب آن در فصول مختلف سال متغیر است، در نظر گرفت. با کم و زیاد شدن ارتفاع سطح آب، رد خط داغ سطح آب بر روی دامنه‌های این تپه باقی می‌ماند (قسمت بالای شکل ۲-۱۴). حال برای تصویر کردن تپه‌های موجود در این شکل (که به صورت سه بعدی هستند) بر روی صفحه کاغذ (که دو بعدی است)، فرض بگیرید که قله این تپه‌ها را آنقدر فشار می‌دهیم تا این تپه‌ها بر روی سطح زمین، مسطح شوند. آنچه از بالا بر روی سطح زمین دیده می‌شود، خطوط منحنی قسمت پایین شکل ۲-۱۴ است که به آنها خطوط منحنی میزان گفته می‌شود.

[8] Countor



شکل ۲-۱۲: مفهوم خطوط منحنی میزان

قسمت بالای شکل: نمای از پهلو (پروفیل یا نیمرخ)، قسمت پایین شکل: نمای از بالا (توپوگرافی)

۲-۶-۲ ویژگی‌های خطوط منحنی میزان

۱- این خطوط همیشه بسته هستند و ابتدا و انتهای هر کدام از آنها به یکدیگر وصل می‌شوند. پیداست خطوط بازی که به لبه نقشه ختم می‌شوند، در نقشه یا نقشه‌های مجاور به هم می‌رسند.

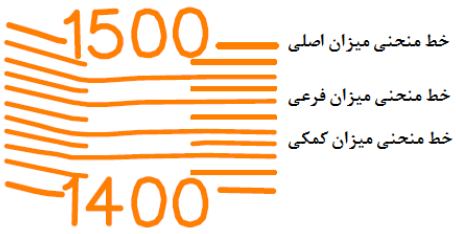
۲- معمولا بر روی هر نقشه دو سری خطوط منحنی میزان وجود دارد:

الف: خطوط منحنی میزان اصلی که پررنگ‌تر و ضخیم‌تر بوده و ارتفاع هر خط بر روی آن نوشته شده است.

ب: خطوط منحنی میزان فرعی که کمرنگ‌تر و نازک‌تر بوده و بین خطوط اصلی قرار دارند. ارتفاع هر کدام از این خطوط باید با توجه به خطوط اصلی مجاور محاسبه شود.

فاصله ارتفاعی خطوط منحنی میزان، در حاشیه نقشه نیز نوشته می‌شود.

نکته: ممکن است در بعضی نقشه‌ها خطوط منحنی میزان تکمیلی (یا کمکی) نیز در بین خطوط منحنی میزان فرعی، به صورت خط چین وجود داشته باشد.



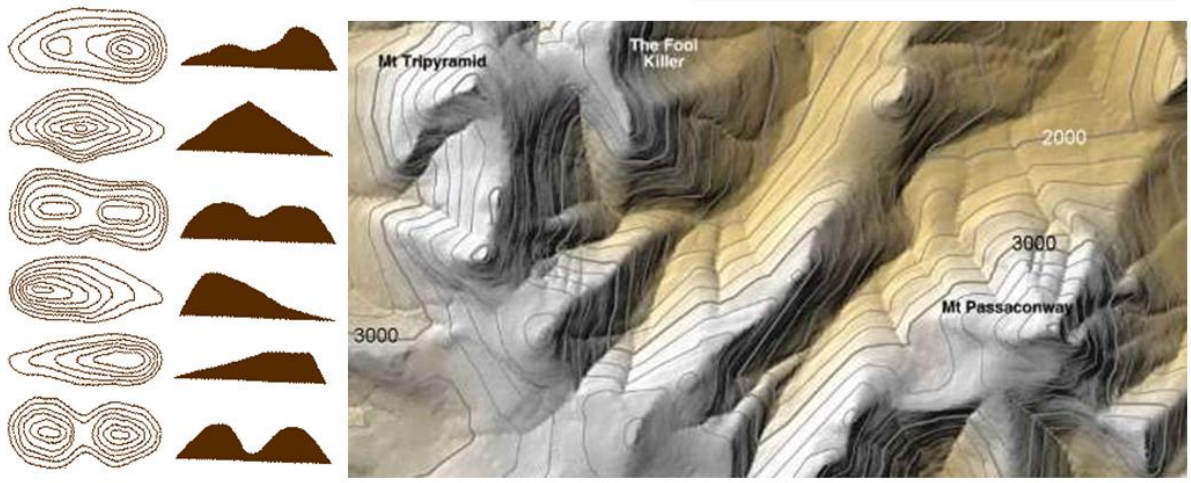
شکل ۲-۱۳: انواع خطوط منحنی میزان

۳- فاصله این خطوط نشان‌دهنده میزان شیب است. هرچه شیب عارضه بیشتر باشد، این خطوط به یکدیگر نزدیکتر و هرچه شیب عارضه کمتر باشد، این خطوط از یکدیگر دورتر هستند (تصویرهای سمت راست شکل ۲-۱۴).

۴- خطوط منحنی میزان هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند. فقط در محل پرتگاه‌ها و دیواره‌ها که دارای شیب تند هستند، بر یکدیگر مماس می‌شوند (شکل ۲-۲۲).

۵- از خطوط منحنی میزان هیچ شاخه فرعی یا منحنی دیگری منشعب نمی‌شود.

۶- قله‌ها و ته گودال‌ها به وسیله منحنی‌های بسته کوچک مشخص می‌شوند. قله دارای بیشترین رقم نسبت به خطوط منحنی میزان مجاور، و ته گودال دارای کمترین رقم نسبت به خطوط منحنی میزان مجاور است.

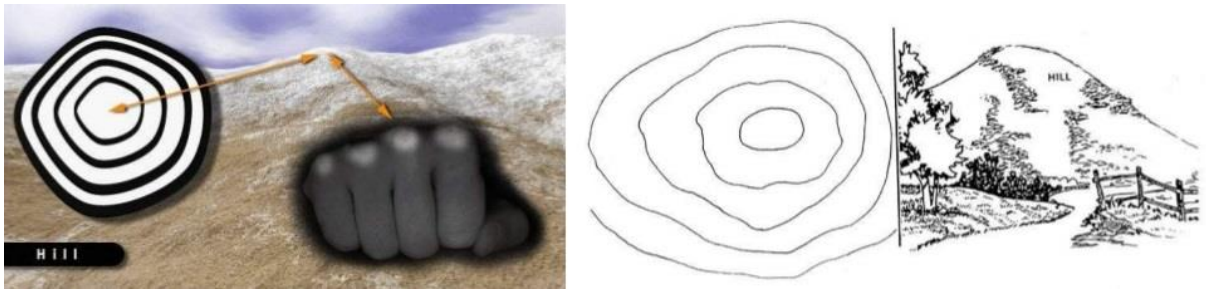


شکل ۲-۱۴: خطوط منحنی میزان در نقشه‌های توپوگرافی

نکته: برای کسب اطلاعات در مورد چگونگی محاسبه ارتفاع نقاطی که بین خطوط منحنی میزان واقع شده‌اند، می‌توانید به بخش ۹ در قسمت دوم جزوه، مراجعه کنید.

۲-۷ چند تعریف

۱- قله:



شکل ۲-۱۵: نمایش قله در نقشه و در طبیعت

در نقشه‌خوانی (Hill): قله، منحنی میزان کوچک و بسته‌ای است که دارای بیشترین ارتفاع نسبت به منحنی میزان‌های مجاور می‌باشد.

در کوهنوردی (Top, Summit, Peak): به بالاترین نقطه یک کوه یا تپه، قله گفته می‌شود.

۲- یال و دره:

در نقشه‌خوانی: برای تشخیص یال و دره کافیست از مرتفع‌ترین منحنی میزان مربوط به عارضه‌ای که نمی‌دانید یال است یا دره، به کم ارتفاع‌ترین منحنی میزان مربوطه نگاه کنید. اگر این خطوط به شکل ۸ (هشت فارسی) دیده شوند، عارضه مورد نظر یال (Spur)، و اگر به شکل ۷ (هفت فارسی) دیده شوند، عارضه مورد نظر دره (Valley) خواهد بود.

در کوهنوردی: به محل برخورد دو دامنه شیب دار در بالاترین نقطه، یال (Ridge) و به محل برخورد دامنه شیب دار در پایین ترین نقطه، دره (Valley) گفته می‌شود.

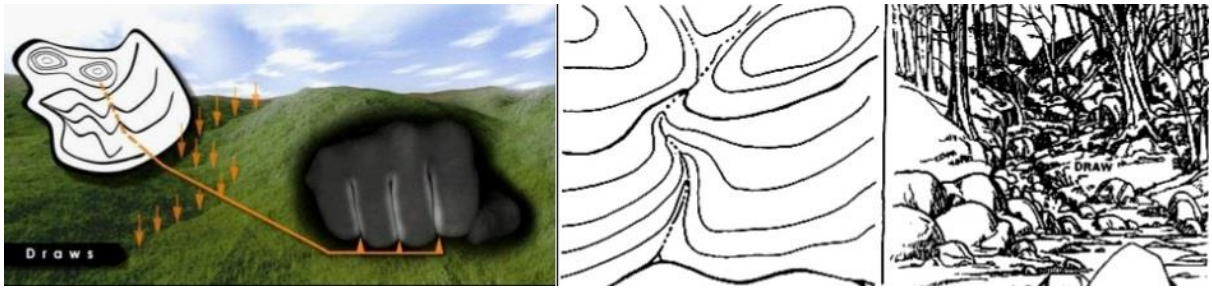
شکل ۲-۱۶: نمایش یال در نقشه و در طبیعت

شکل ۲-۱۷: نمایش دره در نقشه و در طبیعت

نکته: به پایین ترین خط دره که محل عبور رودخانه‌های دائمی و فصلی باشد، خط القعر (Valley Line) گفته می‌شود (تصویر شماره ۱ در شکل ۲-۲۵).

۳- آبریز (Draw):

به دره‌های کوچکی که آب باران را به دره‌های اصلی هدایت می‌کنند، آبریز گفته می‌شود. آبریزها بر روی نقشه‌های توپوگرافی معمولا توسط خط چین‌های آبی رنگ مشخص می‌شوند.

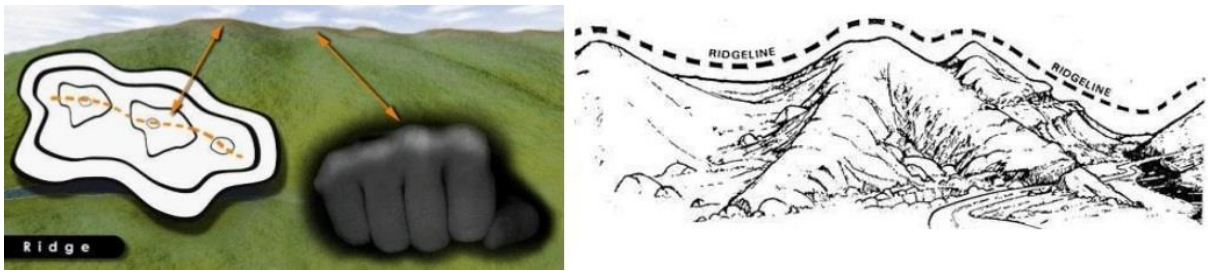


شکل ۲-۱۸: نمایش آبریز در نقشه و در طبیعت

۴- خط‌الراس:

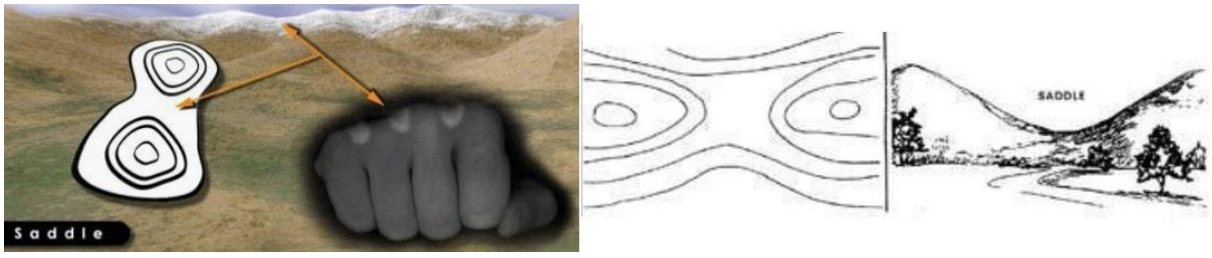
در نقشه‌خوانی (Ridge Line): خطی فرضی است که چند قله متوالی را به یکدیگر وصل می‌کند. خط‌الراس بر روی نقشه‌های توپوگرافی مستقیما قابل مشاهده نیست.

در کوهنوردی (Divide): به یال بلندی که بین چند قله واقع شده باشد، خط‌الراس گفته می‌شود. خط‌الراس در طبیعت مستقیما قابل مشاهده است.



شکل ۲-۱۹: نمایش خط‌الراس در نقشه و در طبیعت

۵- گردنه (Pass, Saddle):



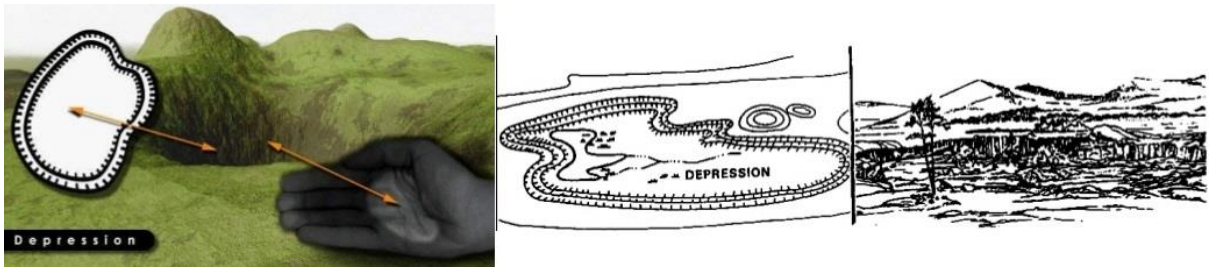
شکل ۲-۲۰: نمایش گردنه در نقشه و در طبیعت

در نقشه‌خوانی: به حدفاصل بین پایین ترین منحنی میزان‌های مستقل دو کوه مجاور، گردنه گفته می‌شود. همانطور که در شکل ۲-۲۰ دیده می‌شود، منحنی میزان‌هایی که در زیر گردنه قرار می‌گیرند، بین دو کوه، مشترک هستند.

در کوهنوردی: به محل برخورد دو یال یا خطالراس در پایین‌ترین نقطه، گردنه گفته می‌شود.

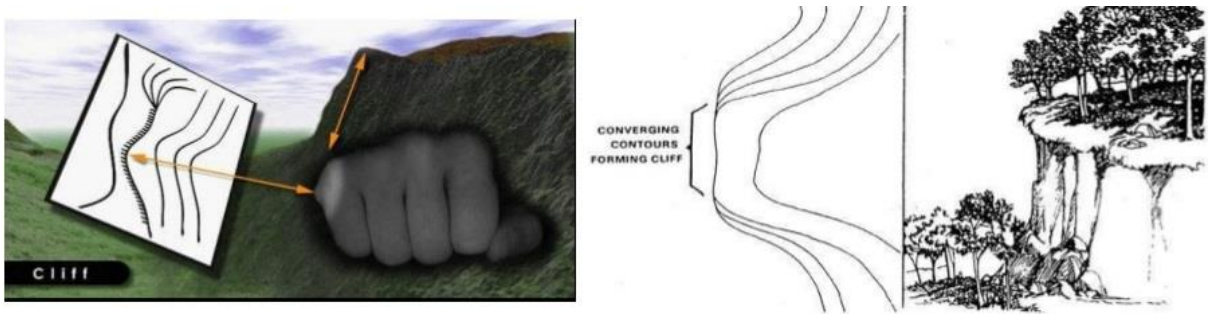
۶- گودال (Depression):

منحنی میزان کوچک و بسته‌ای است که دارای کمترین ارتفاع نسبت به خطوط منحنی میزان مجاور خود می‌باشد. گودال دارای تعریف جداگانه‌ای در کوهنوردی نمی‌باشد.



شکل ۲-۲۱: نمایش گودال در نقشه و در طبیعت

۷- صخره و دیواره:



شکل ۲-۲۲: نمایش صخره (دیواره یا پرتگاه) در نقشه و در طبیعت

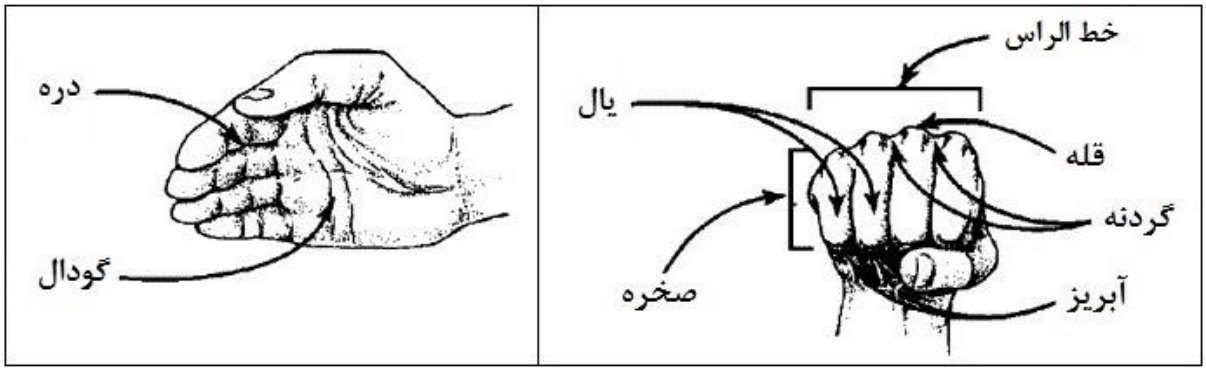
در نقشه‌خوانی (Cliff): به محلی که در آن چند خط منحنی میزان بر یکدیگر مماس می‌شوند، صخره یا دیواره گفته می‌شود. وجه تمایز صخره و دیواره در اینجا تعداد خطوط منحنی میزان مماس با یکدیگر می‌باشد. تعداد خطوط منحنی میزان مماس با یکدیگر، در صخره کمتر از دیواره است.

در کوهنوردی: به سنگ‌های بزرگ و یکپارچه که دارای شیب زیادی بوده و ارتفاع آنها کمتر از ۵۰ متر (یک طول طناب) باشد، صخره (Rock) گفته می‌شود. به سنگ‌های بزرگ و یکپارچه که دارای شیب زیادی بوده و ارتفاع آنها بیشتر از ۵۰ متر (یک طول طناب) باشد، دیواره (Wall, Big Wall) گفته می‌شود.

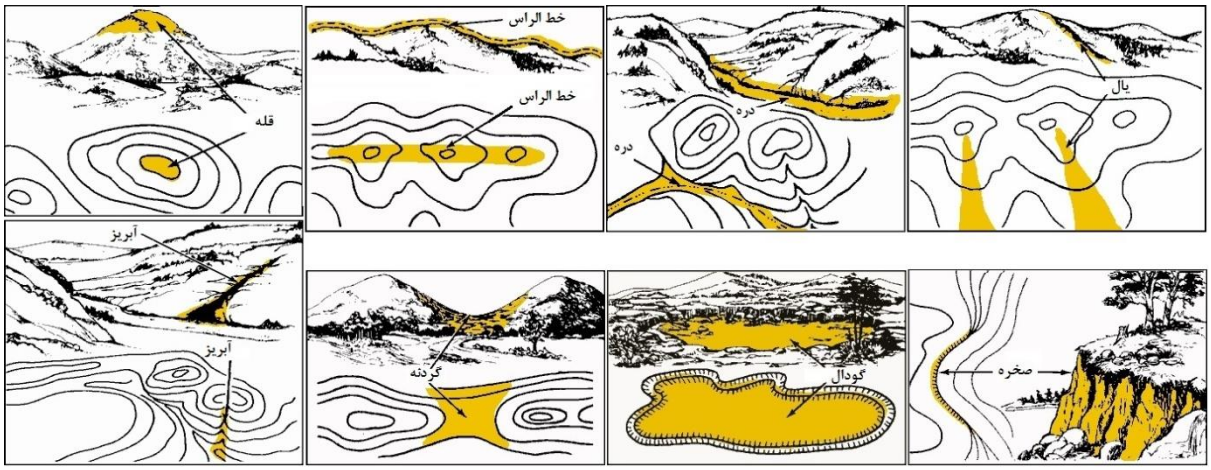
نکته: به شیب ۹۰ درجه یا نزدیک به ۹۰ درجه، پرتگاه (Cliff) گفته می‌شود.

برای فهم بهتر نقشه‌های توپوگرافی و افزایش قدرت انطباق آنها با محیط طبیعی، چاره‌ای به جز تمرین و تکرار در طبیعت نیست. همچنین دقت در شکل‌ها و تطابق نقشه با محیط می‌تواند به تصویرسازی ذهنی کمک زیادی بکند. بدین منظور و در ادامه بحث، شکل‌هایی برای تمرین و تفهیم بیشتر، گنجانیده شده است.

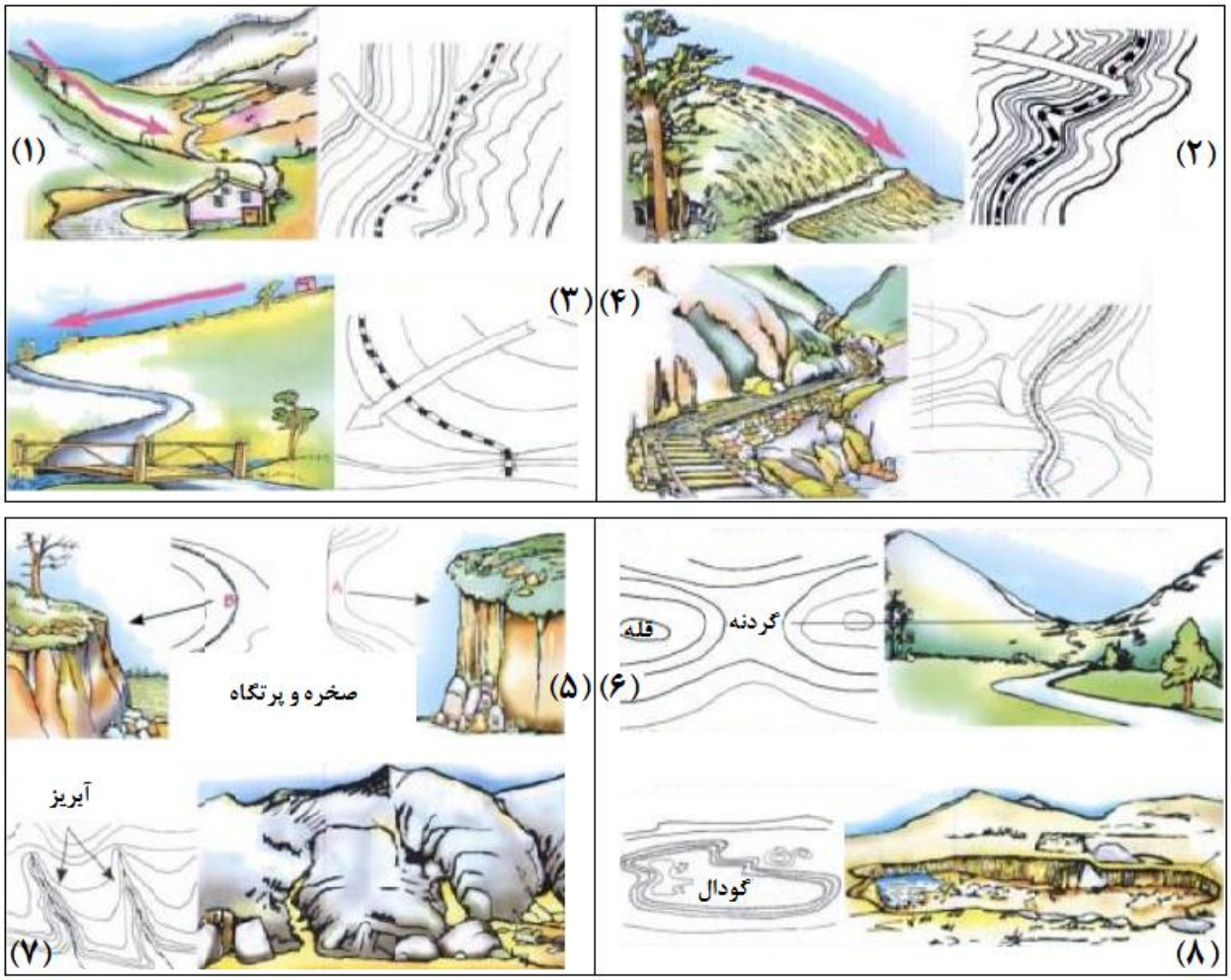
نکته: توجه به آبریزها نیز می‌تواند به تشخیص و تطبیق عوارض در طبیعت و بر روی نقشه کمک زیادی بکند.



شکل ۲-۲۳: تشابه بین دست (در حالت باز و مشت) و عوارض طبیعت



شکل ۲-۲۴: شکل واقعی برخی از عوارض و منحنی میزان‌های متناظر با آنها (قسمت اول)



شکل ۲-۲۵: شکل واقعی برخی از عوارض و منحنی میزان‌های متناظر با آنها (قسمت دوم)

نکته ۱: مناطقی که بدون عارضه و به صورت سفید چاپ شده‌اند، مناطق دارای حساسیت خاص (مثل مناطق نظامی یا امنیتی) هستند. همچنین ممکن است این مناطق در زمان عکس برداری هوایی، زیر پوشش ابر واقع بوده‌اند. این مناطق در نقشه با عنوان "مناطق زیر سایه" عنوان گردیده‌اند.

نکته ۲: برای افزایش دوام و طول عمر نقشه می‌توان روی آن را با نوار چسب ۵ سانتیمتری پوشش داد. بدین ترتیب، علاوه بر محافظت بهتر نقشه در برابر رطوبت و پاره‌شدگی می‌توان نقطه‌ها و مسیرهای مورد نظر را با استفاده از ماژیک و به تعداد دفعات زیاد بر روی نقشه کشیده و پاک کرد.

فصل سوم

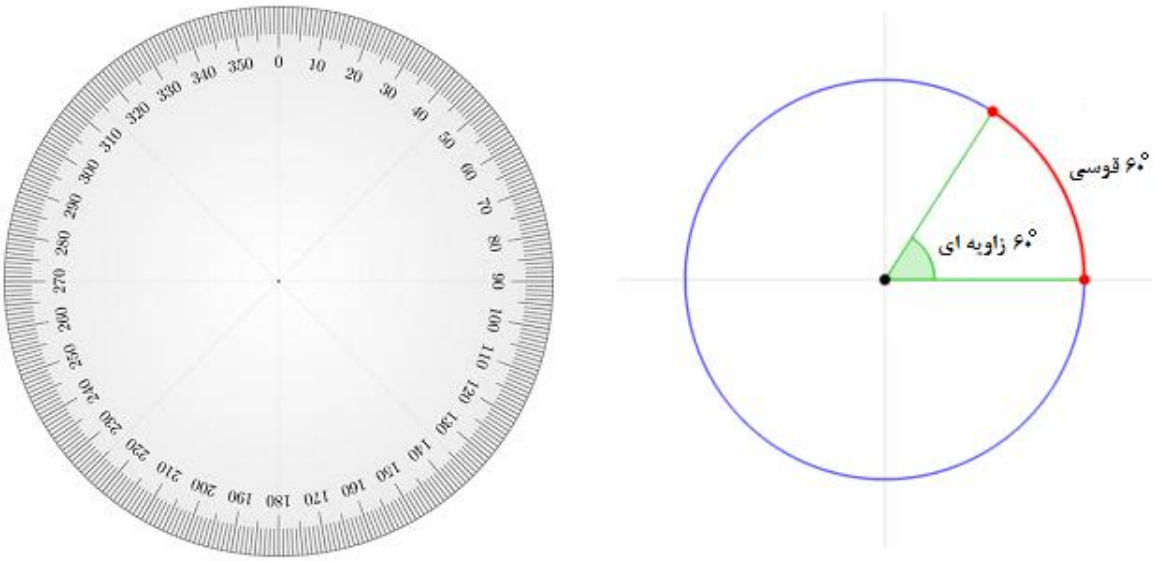
((زاویه و گرا))

یکی از مباحث مهم در ناوبری، مفهوم زاویه و روش‌های مختلف اندازه‌گیری زاویه (هم در طبیعت و هم بر روی نقشه) است. در این فصل، واحدهای مختلف اندازه‌گیری زاویه که بیشترین کاربرد را در کار نقشه‌خوانی دارند، و همچنین انواع مرجع برای اندازه‌گیری این زوایا و نحوه اندازه‌گیری آنها معرفی می‌شوند.

۳-۱ واحدهای اندازه‌گیری زاویه

مقدار زاویه را می‌توان با واحدهای مختلفی بیان کرد. دو واحد متداول برای اندازه‌گیری زاویه عبارتند از:

۳-۱-۱ درجه



شکل ۳-۱: تقسیم‌بندی محیط دایره با واحد درجه

هرگاه پیرامون یک دایره به ۳۶۰ قسمت مساوی تقسیم شود، به هرکدام از این قسمت‌ها یک درجه قوسی و به زوایای مرکزی مقابل این قوس‌ها یک درجه زاویه‌ای گفته می‌شود. درجه با علامت (°) مشخص می‌شود. هر درجه به ۶۰ قسمت مساوی تقسیم می‌شود که به هرکدام از این قسمت‌ها یک دقیقه گفته می‌شود و با

علامت (′) مشخص می‌شود. هر دقیقه نیز به نوبه خود به ۶۰ قسمت مساوی تقسیم می‌شود که به هرکدام از این قسمت‌ها یک ثانیه گفته می‌شود و با علامت (") مشخص می‌شود. به عبارت دیگر داریم:

$$1^{\circ} = 60' = 3600"$$

در کار با قطب‌نما معمولا از واحد درجه استفاده می‌شود.

نکته ۱: طول قوس یک دقیقه از هر نصف‌النهار حدودا برابر با ۱۸۵۲ متر است که به آن یک میل دریایی می‌گویند. واحد میل دریایی در سیستم استاندارد بین المللی واحدها قرار ندارد و بیشتر در دریانوردی و هوانوردی به کار می‌رود.

نکته ۲: گره دریایی یک واحد سرعت در دریانوردی است و برابر است با یک میل دریایی بر یک ساعت.

۳-۱-۲ میلیم

هرگاه محیط یک دایره به ۶۴۰۰ قسمت مساوی تقسیم شود، به هرکدام از این قسمت‌ها یک میلیم (میل) گفته می‌شود و با واحد (mils) مشخص می‌شود. میلیم را می‌توان به صورت دیگری نیز تعریف کرد. بدین ترتیب که زاویه دید یک پاره خط ۱ متری از فاصله ۱۰۰۰ متری را یک میلیم می‌نامند. صفحه گردان قطب‌نما علاوه بر واحد درجه، با واحد میلیم نیز مدرج شده است واحد میلیم به دلیل داشتن دقت بالاتر، بیشتر برای مقاصد نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۲ اندازه‌گیری زوایا

برای اندازه‌گیری زوایا به یک مرجع نیاز است تا بتوان زوایا را نسبت به آن اندازه گرفته و بیان کرد. مرجع ما برای اندازه‌گیری زوایا در کار نقشه‌خوانی، یکی از انواع شمال است که در ادامه توضیح داده می‌شود.

نکته: برای اندازه‌گیری زوایا بر روی زمین، از قطب‌نما و برای اندازه‌گیری زوایا بر روی نقشه، هم از قطب‌نما و هم از نقاله استفاده می‌شود. ولی اندازه‌گیری زوایا بر روی نقشه با استفاده از نقاله دارای سرعت و دقت بیشتری است.

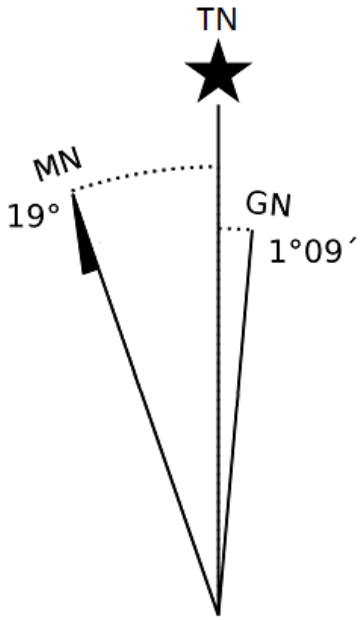
۳-۲-۱ انواع شمال

۱- **شمال جغرافیایی (شمال حقیقی):** به محل تقاطع محور فرضی گردش زمین با قطب شمال، شمال جغرافیایی گفته می‌شود. شمال جغرافیایی با حروف TN[۹] نمایش داده می‌شود.

[۹] True North

۲- **شمال شبکه:** اگر خطوط قائم بر روی نقشه به سمت شمال امتداد داده شوند، در یک نقطه یکدیگر را قطع می‌کنند. به این نقطه شمال شبکه گفته می‌شود و با حروف GN[۱۰] نمایش داده می‌شود. به زاویه انحراف بین شمال شبکه و شمال جغرافیایی انحراف شبکه گفته می‌شود.

۳- **شمال مغناطیسی:** محلی که خطوط میدان مغناطیسی زمین به صورت همگرا به آن وارد می‌شوند را قطب شمال مغناطیسی زمین می‌گویند. شمال مغناطیسی با حروف MN[۱۱] نمایش داده می‌شود. میدان مغناطیسی زمین، از مواد مذاب داخل هسته زمین حاصل می‌شود. به دلیل تغییرات در حرکت این مواد مذاب، محل شمال مغناطیسی نیز همیشه ثابت نبوده و سالانه در حدود ۷.۳۴ کیلومتر جابه‌جا می‌شود. به عنوان مثال قطب شمال مغناطیسی در سال ۲۰۱۲ در مختصات 85.9°N و 147.0°W قرار داشت. به میزان انحراف شمال مغناطیسی از شمال جغرافیایی، انحراف مغناطیسی گفته می‌شود.

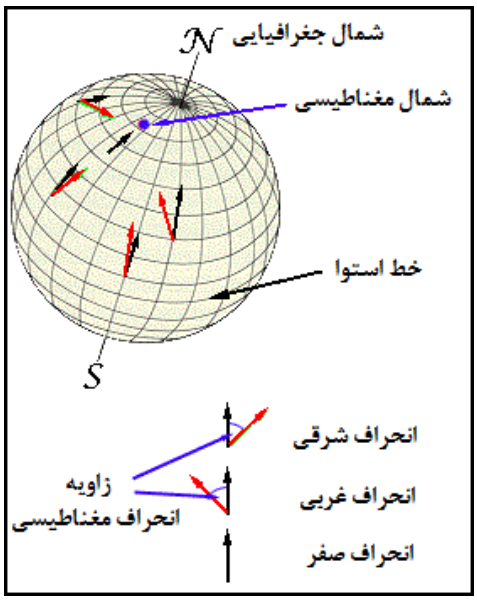


شکل ۳-۲: نمونه‌ای از نمودار انواع شمال در نقشه‌های توپوگرافی

نکته ۱: تیغه فلزی قطب‌نما همیشه در راستای شمال و جنوب مغناطیسی زمین قرار می‌گیرد.

نکته ۲: اگر کره زمین دارای شکلی متقارن بود، آنگاه شمال جغرافیایی و شمال شبکه بر یکدیگر منطبق بودند. ولی به دلیل نامتقارن و نامنظم بودن کره زمین، شمال جغرافیایی و شمال شبکه بر یکدیگر منطبق نیستند.

[۱۰] Grid North
[۱۱] Magnetic North



شکل ۳-۳: شمال مغناطیسی و انحراف مغناطیسی

از آنجایی‌که میدان مغناطیسی زمین به دلایل مختلفی از قبیل یکنواخت نبودن حرکت مواد مذاب داخل هسته زمین، در همه جای سطح زمین یک میدان کاملا یکنواخت و متقارن نیست، به همین دلیل میزان انحراف مغناطیسی در همه جای کره زمین یک مقدار ثابت و مشخص نیست. از این‌رو میزان انحراف مغناطیسی برای هر ناحیه از زمین به طور جداگانه اندازه‌گیری شده و در حاشیه نقشه مربوط به آن ناحیه به صورت یک نمودار کشیده شده و توضیح داده می‌شود.

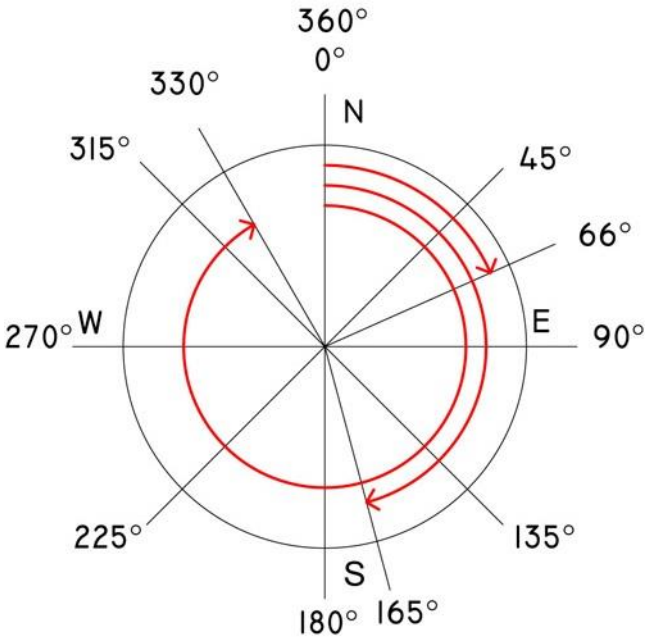
نکته مهم: به زاویه بین شمال شبکه و شمال مغناطیسی، زاویه شبکه مغناطیس یا GM[۱۲] گفته می‌شود. از این مقدار برای تبدیل گرای شبکه به گرای مغناطیسی و بالعکس استفاده می‌شود.

۳-۳ گرا (آزیموت)

به زاویه بین یک امتداد و یکی از انواع شمال، گرا یا آزیموت (Azimuth)[۱۳] گفته می‌شود. با توجه به اینکه در کار نقشه‌خوانی، سه نوع شمال وجود دارد، بنابراین سه نوع گرا نیز تعریف می‌شود: گرای جغرافیایی (گرای حقیقی)، گرای شبکه و گرای مغناطیسی. گرا همیشه در جهت ساعتگرد، نسبت به یکی از انواع شمال اندازه‌گیری و بیان می‌شود.

نکته: برای اندازه‌گیری زاویه بین یک امتداد و یکی از انواع شمال، علاوه بر روش آزیموت، از روش بیرینگ[۱۴] (مانند N50E برای نمایش گرای ۵۰° یا S36W برای نمایش گرای ۲۱۶°[۱۵] یا ...) نیز استفاده می‌شود.

[12] Grid-Magnetic angle
[13] Trend, Strike
[14] Bearing



شکل ۳-۴: گرا (آزیموت)

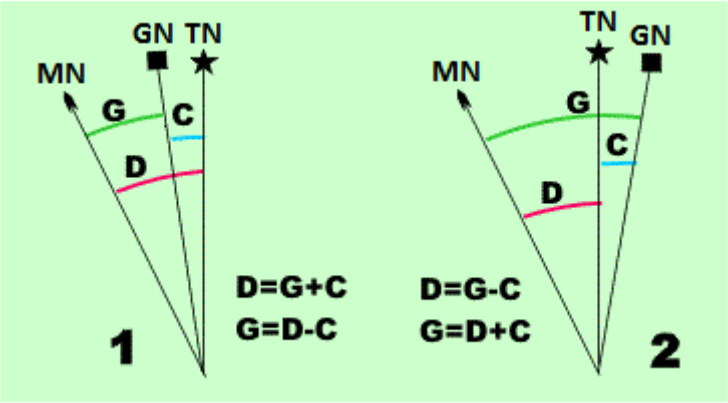
در کار با نقشه، معمولا از گرای شبکه و در کار با قطب‌نما، معمولا از گرای مغناطیسی استفاده می‌شود؛ زیرا قطب‌نما گرای مغناطیسی را نشان می‌دهد، در حالی که خطوط درجه‌بندی شده اطراف نقشه (که زوایا بر روی نقشه نسبت به آنها اندازه گرفته می‌شوند)، نشانگر جهت شمال شبکه هستند. به همین دلیل در کار با نقشه و قطب‌نما باید بتوان این دو گرا را با استفاده از نمودار شمال‌ها (و انحراف‌های مغناطیسی و شبکه که در حاشیه نقشه آورده شده است)، به یکدیگر تبدیل کرد. گرای جغرافیایی نیز بیشتر به عنوان مبنایی برای تبدیل گراهای شبکه و مغناطیسی به یکدیگر، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در تبدیل گراهای شبکه و مغناطیس به یکدیگر، دو حالت ممکن است اتفاق بیافتد:

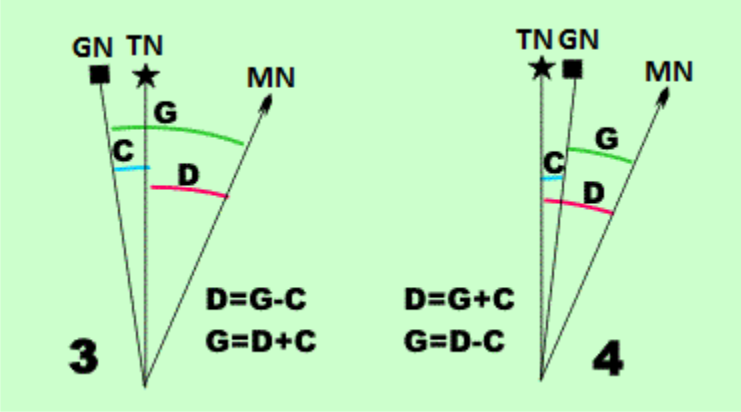
۱- شمال مغناطیسی در سمت چپ شمال شبکه قرار داشته باشد (انحراف مغناطیسی، غربی باشد) که در این صورت:

- برای تبدیل گرای شبکه به گرای مغناطیسی باید زاویه شبکه مغناطیس یا GM، به گرای شبکه اضافه شود تا گرای مغناطیسی به دست آید.
- برای تبدیل گرای مغناطیسی به گرای شبکه باید زاویه شبکه مغناطیس یا GM، از گرای مغناطیسی کم شود تا گرای شبکه به دست آید.

[15] $36^{\circ} + 180^{\circ}$



شکل ۳-۵: نمودار شمال‌ها و تبدیل گراها (قسمت اول)



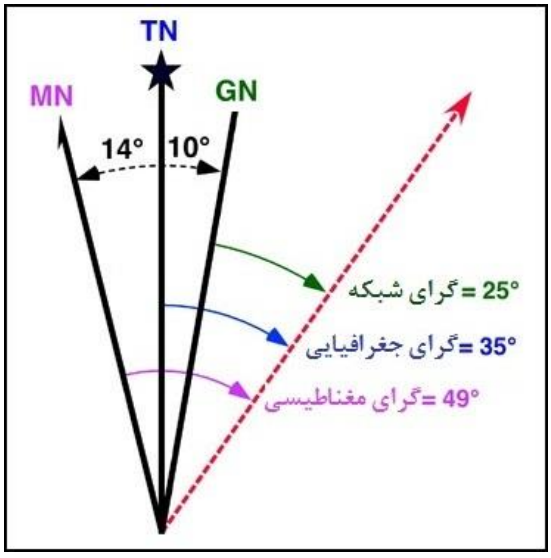
شکل ۳-۶: نمودار شمال‌ها و تبدیل گراها (قسمت دوم)

۲- شمال مغناطیسی در سمت راست شمال شبکه قرار داشته باشد (انحراف مغناطیسی، شرقی باشد):

- برای تبدیل گرای شبکه به گرای مغناطیسی باید زاویه شبکه مغناطیس یا GM، از گرای شبکه کم شود تا گرای مغناطیسی به دست آید.
- برای تبدیل گرای مغناطیسی به گرای شبکه باید زاویه شبکه مغناطیس یا GM، به گرای مغناطیسی اضافه شود تا گرای شبکه به دست آید.

مثال: میزان انحراف شبکه در نمودار شمال‌هایی که در شکل‌های ۳-۷ و ۳-۸ نشان داده شده است، برابر با 10° و میزان انحراف مغناطیسی در آنها برابر با 14° است.

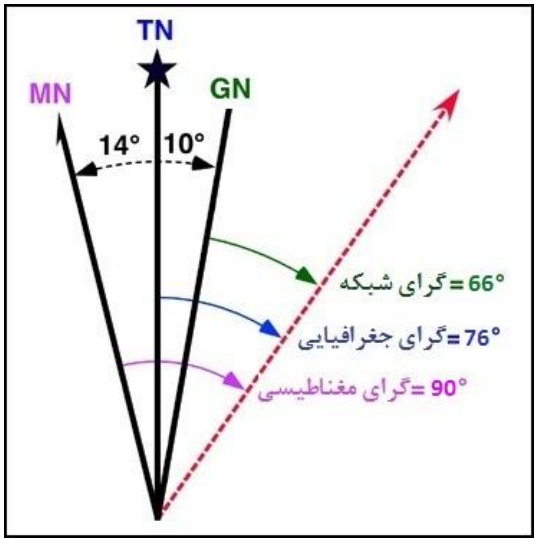
الف) از موقعیت کنونی در طبیعت، گرای یک عارضه توسط قطب‌نما اندازه گرفته شده است. مقدار این گرا 49° است. حال قرار است این گرا که نشان‌دهنده راستای بین موقعیت کنونی و عارضه مورد نظر است، بر روی نقشه رسم شود. این راستا با چه زاویه‌ای (نسبت به شمال شبکه) باید بر روی نقشه رسم شود؟



شکل ۳-۷: نحوه اندازه‌گیری گراهای مختلف (قسمت اول)

حل: گرای اندازه‌گیری شده با قطب‌نما، همان گرای مغناطیسی است که برای رسم شدن بر روی نقشه باید به گرای شبکه تبدیل شود. با توجه به نمودار شمال‌ها دیده می‌شود که شمال مغناطیسی در سمت چپ شمال شبکه قرار گرفته است. یا به عبارت دیگر، انحراف مغناطیسی، غربی است. بنابراین برای تبدیل گرای مغناطیسی به گرای شبکه باید زاویه شبکه مغناطس از گرای مغناطیسی کم شود تا گرای شبکه به دست آید. می‌دانیم که زاویه شبکه مغناطیس، زاویه بین شمال شبکه و شمال مغناطیسی است. بنابراین $GM = 10^\circ + 14^\circ = 24^\circ$ است. با توجه به توضیحات فوق:

گرای شبکه $= 49^\circ - 24^\circ = 25^\circ$



شکل ۳-۸: نحوه اندازه‌گیری گراهای مختلف (قسمت دوم)

ب) گرای یک عارضه نسبت به موقعیت کنونی بر روی نقشه توسط نقاله برابر با 66° درجه اندازه گرفته شده است. حال چه گرایی باید با استفاده از قطب‌نما در طبیعت نشانه گرفته شود تا بتوان عارضه مورد نظر را در طبیعت پیدا کرد؟

حل: گرای اندازه‌گیری شده با نقاله، همان گرای شبکه است که برای انطباق در طبیعت باید به گرای مغناطیسی تبدیل شود. با توجه به نمودار شمال‌ها، شمال مغناطیسی در سمت چپ شمال شبکه قرار گرفته است. بنابراین برای تبدیل گرای شبکه به گرای مغناطیسی باید زاویه شبکه مغناطس به گرای شبکه اضافه شود تا گرای مغناطیسی به دست آید. از مرحله قبل داریم: $GM = 10^\circ + 14^\circ = 24^\circ$. بنابراین:

$$\text{گرای مغناطیسی} = 66^\circ + 24^\circ = 90^\circ$$

۳-۴ گرای معکوس (گرای برگشت)[16]

به گرای بین نقطه شروع و نقطه پایان، گرای مستقیم (گرای رفت) و به گرای بین نقطه پایان و نقطه شروع، گرای معکوس (گرای برگشت) گفته می‌شود. به عبارت دیگر برای رفتن از نقطه شروع به نقطه پایان باید از گرای مستقیم و برای برگشتن از نقطه پایان به نقطه شروع باید از گرای معکوس استفاده شود.

برای محاسبه گرای معکوس باید به ترتیب زیر عمل شود:

۱- اگر گرای مستقیم عددی بیشتر از ۱۸۰ بود، باید عدد ۱۸۰ را از گرای مستقیم کم کرد تا گرای معکوس به دست آید.

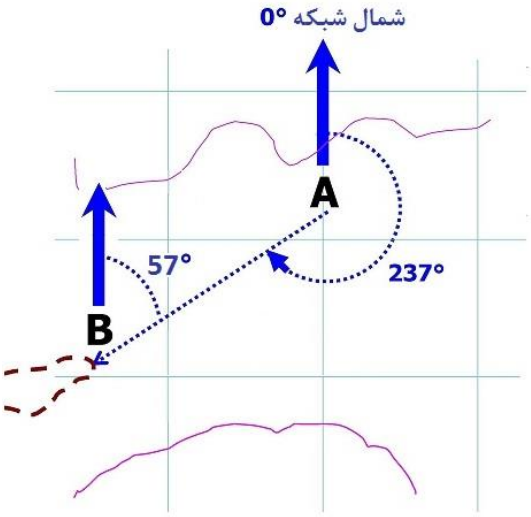
۲- اگر گرای مستقیم عددی کمتر از ۱۸۰ بود، باید عدد ۱۸۰ را به گرای مستقیم اضافه کرد تا گرای معکوس به دست آید.

مثال) در شکل ۳-۹ گرای رفت و برگشت بین دو نقطه A و B را یک بار در صورتی که نقطه A نقطه شروع و نقطه B نقطه پایان باشد و بار دیگر در صورتی که نقطه B نقطه شروع و نقطه A نقطه پایان باشد، به دست آورید.

الف) اگر نقطه A نقطه شروع و نقطه B نقطه پایان باشد بنابراین گرای مستقیم (گرای رفت)، 237° خواهد بود. چون گرای مستقیم عددی بیشتر از 180° است، بنابراین باید 180° را از 237° کم کرد تا گرای برگشت به دست آید. بدین ترتیب خواهیم داشت: $237^\circ - 180^\circ = 57^\circ$

ب) اگر نقطه B نقطه شروع و نقطه A نقطه پایان باشد بنابراین گرای مستقیم (گرای رفت)، 57° خواهد بود. چون گرای مستقیم عددی کمتر از 180° است، بنابراین باید 180° را به 57° اضافه کرد تا گرای برگشت به دست آید. بدین ترتیب خواهیم داشت: $57^\circ + 180^\circ = 237^\circ$

[16] Back Azimuth



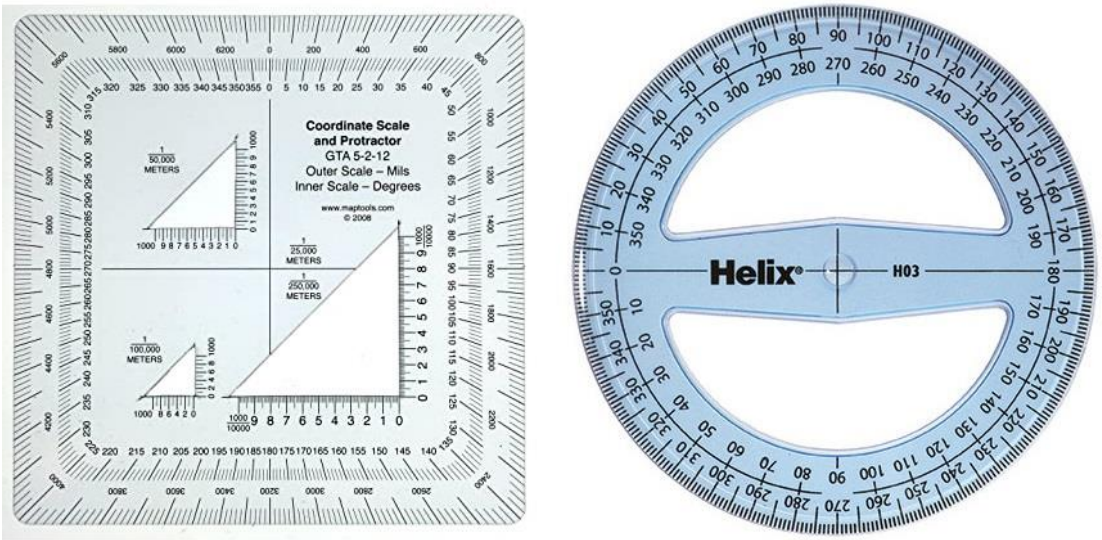
شکل ۳-۹: گرای معکوس

۳-۵ کاربرد نقاله[۱۷] در اندازه‌گیری گراها

می‌دانیم که:

۱- گراها بر روی نقشه، نسبت به شمال شبکه و در جهت ساعتگرد اندازه‌گیری می‌شوند.

۲- نقاله‌های مورد استفاده در کار نقشه‌خوانی، به دو شکل هستند: نقاله‌های 180° و نقاله‌های 360° هستند. این نوع نقاله‌ها دارای کاربرد بیشتر و راحت‌تری هستند. بنابراین در کار نقشه‌خوانی توصیه می‌شود از این نوع نقاله‌ها استفاده شود. نقاله‌های 180° معمولا دارای دو ردیف درجه‌بندی از 0° تا 180° و از 180° تا 0° هستند. این در حالی است که گراها می‌توانند از 0° تا 360° باشند.



شکل ۳-۱۰: دو نمونه نقاله ۳۶۰ درجه

[17] Protractor

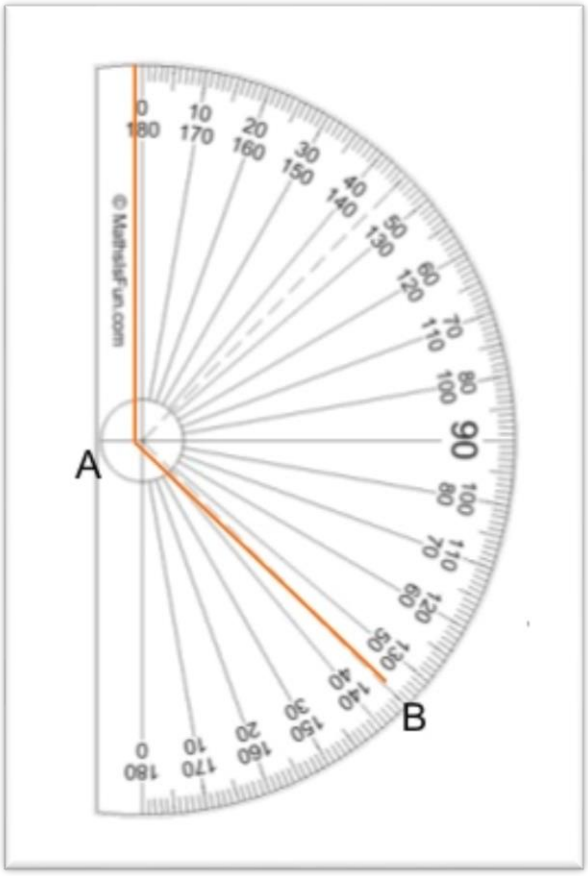
بنابراین برای اندازه‌گیری گراها:

۱- سوراخ مرکز نقاله باید طوری بر روی نقطه شروع قرار داده شود که خط‌کش نقاله، موازی با یکی از خطوط شمال شبکه نقشه قرار بگیرد. برای افزایش دقت، بهتر است از نقطه شروع، یک خط به موازات خطوط نصف‌النهار رسم کرده و لبه خط‌کش نقاله به موازات این خط قرار داده شود.

نکته مهم: این خط فرضی عمودی، باید به موازات خطوط عمودی سیستم درجه‌بندی جغرافیایی (درجه، دقیقه و ثانیه) باشد، نه به موازات خطوط عمودی سیستم درجه‌بندی UTM.

۲- نقطه پایان، باید در سمت کمان نقاله قرار گرفته باشد. با توجه به این که گراها می‌توانند عددی بین 0° تا 360° باشند، بنابراین دو حالت ممکن است اتفاق بیافتد:

الف) گرای مورد نظر عددی بین 0° تا 180° باشد: در این حالت کمان نقاله به سمت راست (شرق) قرار خواهد گرفت. برای خواندن گرا، ردیفی از اعداد نقاله باید در نظر گرفته شود که صفر آن در بالا قرار دارد. در این حالت، عددی که نقطه پایان (نقطه B) به آن اشاره دارد، گرای مورد نظر خواهد بود. به عنوان مثال در شکل زیر، گرای نقطه پایان 135° است.

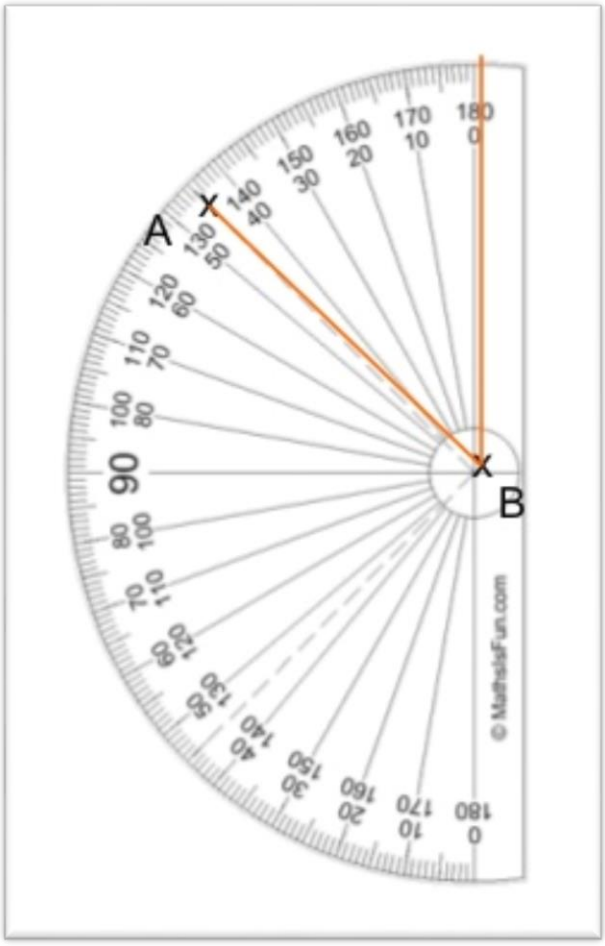


شکل ۳-۱۱: نحوه اندازه‌گیری یک گرا بر روی نقشه (قسمت اول)

ب) گرای مورد نظر عددی بین 180° تا 360° باشد: در این حالت کمان نقاله به سمت چپ (غرب) قرار خواهد گرفت. برای خواندن گرا، ردیفی از اعداد نقاله باید در نظر گرفته شود که صفر آن در پایین قرار دارد. در این حالت باید به عددی که نقطه پایان (نقطه A) به آن اشاره دارد، 180° اضافه شود تا گرای مورد نظر به دست آید. به عنوان مثال گرای نقطه پایان در شکل زیر 315° است. این گرا، از اضافه کردن 180° به 135° به دست می‌آید.

نکته ۱: با توجه به شکل ۳-۱۱ گرای فوق را می‌توان از کم کردن 45° از 180° نیز به دست آورد.

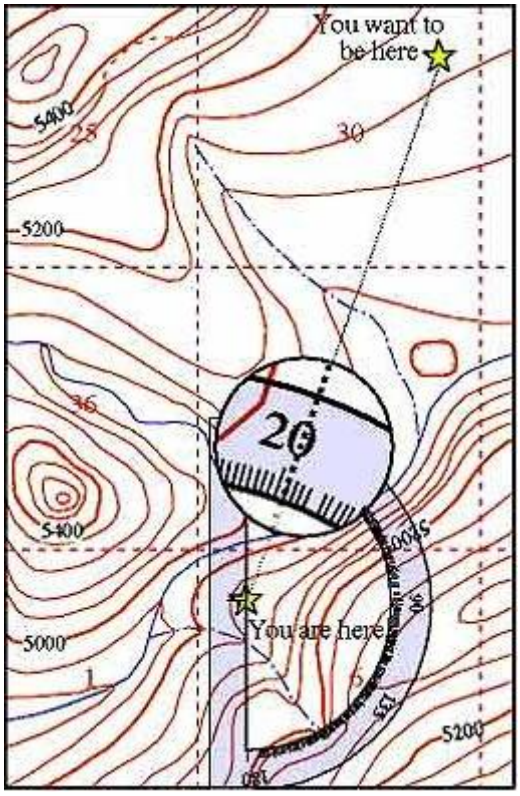
نکته ۲: روش دیگر برای اندازه‌گیری گرا با استفاده از نقاله این است که یک خط از نقطه شروع به سمت نقطه پایان کشیده شده و امتداد داده شود تا یکی از خطوط نصف‌النهار را قطع کند. سپس باید مرکز نقاله را در محل تلاقی دو خط قرار داده و با توجه به مطالب بالا، گرای مورد نظر را اندازه گرفت.



شکل ۳-۱۲: نحوه اندازه‌گیری یک گرا بر روی نقشه (قسمت دوم)

نکته: برای رسم یک امتداد از یک نقطه بر روی نقشه با گرای معلوم کافیست سوراخ مرکز نقاله به نحوی بر روی نقطه شروع قرار داده شود که لبه خط‌کش نقاله موازی با خط عمودی نصف‌النهار باشد. اگر گرای مزبور

کمتر از 180° باشد، کمان نقاله باید به سمت راست و اگر بیشتر از 180° باشد، کمان نقاله باید به سمت چپ باشد. سپس باید جلوی عدد مربوط به گرای مورد نظر را با مداد علامت‌گذاری کرده و در انتها، راستای بین نقاط شروع و پایان رسم شود.



شکل ۳-۱۳: رسم یک امتداد بر روی نقشه با گرای معلوم

فصل چهارم

((آشنایی با قطب‌نما و نحوه کار با آن))

از قطب‌نما برای اندازه‌گیری زوایا (گراها) در طبیعت استفاده می‌شود. برای کاهش نوسانات افقی عقربه و همچنین افزایش سرعت قرارگیری عقربه در راستای شمال و جنوب مغناطیسی، داخل محفظه شیشه‌ای بسیاری از قطب‌نماها توسط انواعی از مایعات مانند نفت، روغن یا الکل پر می‌شود. به دلیل مشکلاتی از قبیل امکان نشت مایع یا پیدایش حباب هوا در آن، در برخی دیگر از قطب‌نماها، از روش القایی و با پیچیدن چند دور سیم مسی به دور عقربه، برای کاهش نوسانات افقی عقربه و همچنین افزایش سرعت قرارگیری عقربه در راستای شمال و جنوب مغناطیسی استفاده می‌شود. بدین ترتیب با صفر شدن مقاومت مغناطیسی عقربه، پایداری آن افزایش می‌یابد.

۴-۱ انواع قطب‌نما (Compass)

قطب‌نماها انواع بسیار گوناگون و متنوعی دارند. بیشتر انواع قطب‌نما برای کار نقشه‌خوانی مناسب هستن؛ به شرطی که کاربر در به‌کارگیری آنها دارای مهارت کافی باشد. برخی از انواع قطب‌نما عبارتند از: قطب‌نماهای نظامی (به ویژه مدل M1)، قطب‌نماهای طبیعتگردی چشمی، قطب‌نماهای مهندسی (طرح برانتون یا کلارک) و قطب‌نماهای ورزشی شیشه‌ای. اما آنهایی که بیشتر می‌توانند مورد استفاده در کار نقشه‌خوانی باشند، عبارتند از:

شکل ۴-۱: دو نمونه از قطب‌نماهای نظامی

۴-۱-۱ قطب‌نماهای نظامی

در برخی از این قطب‌نماها برای داشتن خاصیت شب‌نمایی بدون نیاز به استفاده از روشن کردن چراغ، از ماده رادیواکتیو تریتیوم و فسفر استفاده می‌شود.

۴-۱-۲ قطب‌نماهای ورزشی (قطب‌نماهای شیشه‌ای)

شکل ۴-۲: دو نمونه از قطب‌نماهای ورزشی (شیشه‌ای)

نکته مهم: با توجه به اینکه میدان‌های مغناطیسی مزاحم، بسته به شدت خود می‌توانند باعث ایجاد خطا در کار قطب‌نما شوند، لذا هنگام کار با قطب‌نما باید حتی الامکان از هر چیزی که تولید میدان مغناطیسی می‌کند (مانند اجسام فلزی، دستگاه‌های ارتباطی، وسایل برقی و الکترونیکی، خطوط برق، ساختمان‌ها، وسایل نقلیه و غیره)، دوری کرد. لازم به ذکر است که در برخی از مناطق، به دلیل وجود مواد و سنگ‌های مغناطیسی طبیعی، نمی‌توان از قطب‌نما برای جهت‌یابی استفاده کرد. در جدول زیر، حداقل فاصله از چیزهایی که اثر نامطلوب بر عملکرد قطب‌نما دارند، آورده شده است.

جدول ۴-۱ حداقل فاصله از منابع تولید میدان‌های مغناطیسی مزاحم

میدان‌های مغناطیسی مزاحم	حداقل فاصله
وسایل فلزی کوچک (مانند چاقو، سگک کمربند، دسته کلید و غیره)	۰.۵ متر
وسایل فلزی بزرگ (مثل تفنگ، باتوم، کلنگ و غیره)	۲ متر
خطوط انتقال برق، ساختمان، وسایل نقلیه خاموش، وسایل دارای آهنربا	۱۰ متر
وسایل نقلیه روشن	۲۰ متر
خطوط انتقال برق فشار قوی	۵۰ متر

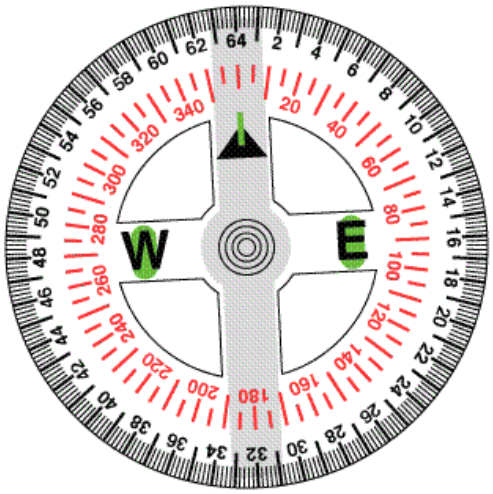
۴-۲ آشنایی با قطب‌نمای نظامی

تقسیم‌بندی صفحه مدرج قطب‌نمای نظامی: صفحه مدرج این قطب‌نماها که متصل به تیغه مغناطیسی بوده و همرا با این تیغه چرخش دارد، دارای دو ردیف می‌باشد:

- تقسیم‌بندی با واحد درجه: ردیف داخلی صفحه مدرج دارای واحد درجه بوده و به صورت ۵ درجه به ۵ درجه تقسیم‌بندی شده است. خطوط کوتاه، نمایانگر فواصل ۵ درجه و خطوط بلند نمایانگر فواصل ۱۰ درجه هستند. این خطوط از صفر درجه (۳۶۰ درجه) به بعد، با تقسیمات ۲۰ درجه‌ای شماره‌گذاری شده‌اند (شکل ۴-۴).
- تقسیم‌بندی با واحد میلیم: ردیف خارجی صفحه مدرج دارای واحد میلیم بوده و به صورت ۲۰ میلیم به ۲۰ میلیم تقسیم‌بندی شده است. این خطوط از صفر میلیم (۶۴۰۰ میلیم) به بعد، با تقسیمات ۲۰۰ میلیمی شماره‌گذاری شده‌اند. بدین ترتیب فاصله بین خطوط کمرنگ ۲۰ میلیم و فاصله بین خطوط پررنگ ۱۰۰ میلیم می‌باشد. همانطور که در شکل دیده می‌شود، برای جلوگیری از شلوغ شدن صفحه مدرج، از نمایش دو صفر هر عدد، صرف نظر شده است.

شکل ۴-۳: اجزای مختلف قطب‌نماهای نظامی

نکته ۱: برخی از قطب‌نماهای نظامی دارای یک صفحه شیشه‌ای ثابت بر روی صفحه مدرج هستند. در قسمت بالای این صفحه یک خط شاخص ثابت به رنگ مشکی قرار دارد. عدد قرار گرفته در زیر این خط، گرای مورد نظر می‌باشد. در صورتی که قطب‌نما دارای این صفحه و این خط نباشد، باید صفحه گردان بِزِل را طوری چرخانده شود که خط زردرنگ آن در امتداد شکاف دید و تار مویی قرار بگیرد. در این صورت عدد قرار گرفته در زیر خط زردرنگ، گرای مورد نظر خواهد بود.



شکل ۴-۴: عقربه مغناطیسی و صفحه مدرج گردان در قطب‌نماهای نظامی

نکته ۲: در سمت چپ این قطب‌نماها یک خط‌کش قرار دارد. در کنار این خط‌کش نیز یک مقیاس حک شده است. در صورتی که مقیاس نقشه با مقیاس خط‌کش برابر باشد، فواصل درجه‌بندی شده بر روی این خط‌کش، با فواصل متناظر در نقشه برابر خواهد بود.

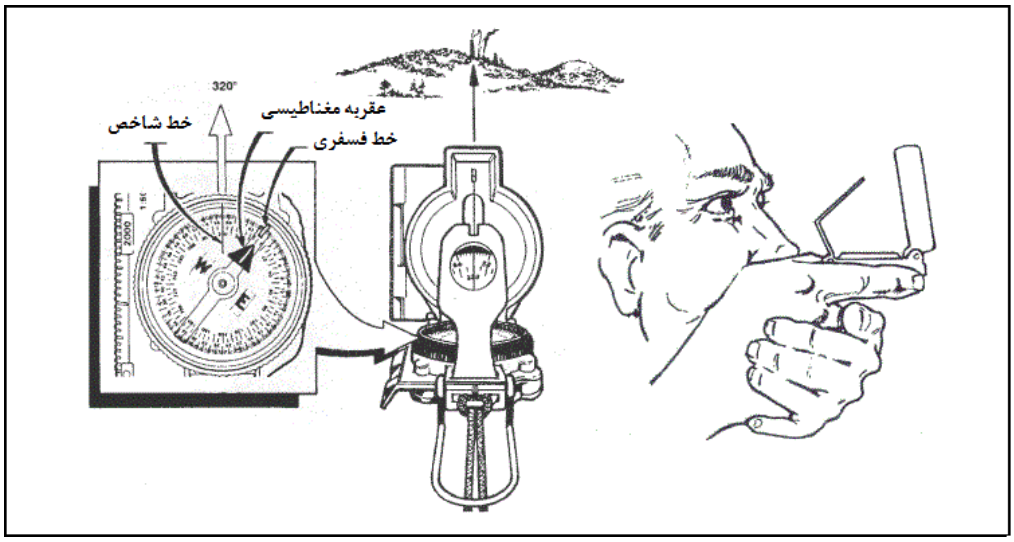
۴-۲-۱ نحوه در دست گرفتن قطب‌نمای نظامی و خواندن گرا

دو حالت کلی در گرفتن قطب‌نما وجود دارد: یکی در حالت ایستا (دقیق) و دیگری در حالت حرکت (سریع).

۱- برای گرفتن گرای دقیق یک نقطه لازم است که کاربر به صورت ایستا در یک جا قرار گرفته باشد. بدین منظور مطابق شکل ۴-۵، کاور قطب‌نما باید به صورت نیمه باز و تیغه چشمی با زاویه حدودی 45° قرار داده شود. سپس انگشت شست باید درون حلقه حمایت قطب‌نما قرار گرفته و دست مشت شود تا سطح صافی برای قرار گرفتن قطب‌نما بر روی سبابه حلقه شده، ایجاد شود. سپس دست دیگر باید به دور این دست گرفته و آرنج‌ها به پهلوها چسبانده شوند، تا دست‌ها حداقل لرزش را داشته باشند. در این حالت قطب‌نما باید بدون هیچ انحرافی، دقیقا در مقابل بدن قرار گرفته باشد. باید دقت داشت که برای قرارگیری در مقابل هدف و گرفتن گرا، کل بدن و پاها باید به صورت همزمان با هم بچرخند، به صورتی که قطب‌نما هیچوقت از

حالت عمود بر بدن خارج نشود. حال با قرار دادن قطب‌نما در مقابل چشم، ابتدا از مسیر شکاف دید و تار مویی به هدف نگاه کرده و سپس گرای مورد نظر که در زیر خط ثابت می‌باشد، از طریق لنز تیغه چشمی قابل مشاهده خواهد بود.

در یک سری از قطب‌نماهای نظامی، با خواباندن تیغه چشمی بر روی صفحه شیشه‌ای، عقربه مغناطیسی در جای خود قفل شده و با پایین آوردن قطب‌نما به راحتی می‌توان گرای مورد نظر را مشاهده کرد. در مواقعی که از قطب‌نما استفاده نمی‌شود، این تیغه باید در حالت بسته باشد تا از لرزش‌های بی مورد صفحه مدرج جلوگیری شود. بهترین نمونه این قطب‌نماها، قطب‌نمای M1 آمریکایی می‌باشد.

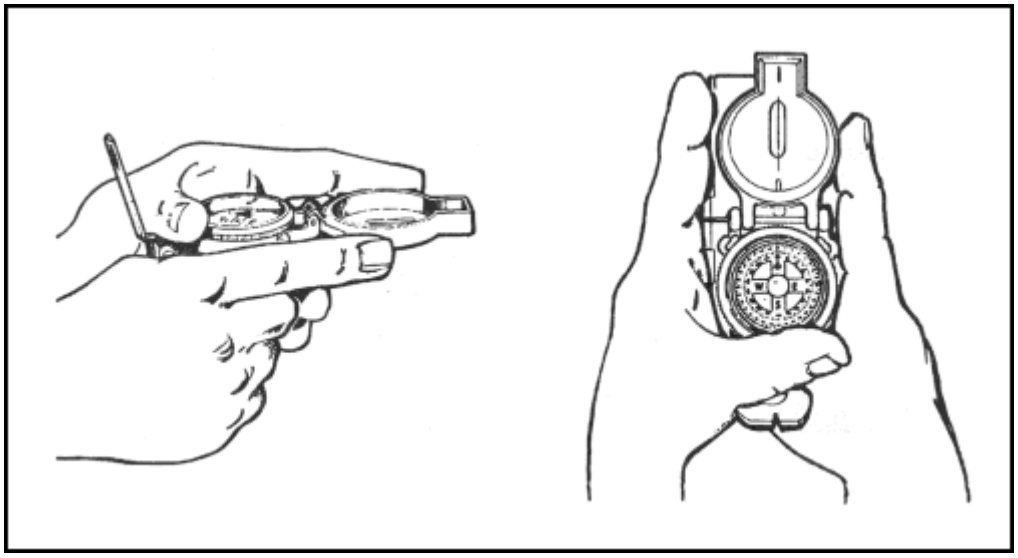


شکل ۴-۵: نحوه در دست گرفتن قطب‌نماهای نظامی و خواندن گرا

۲- در حالت حرکت به سمت هدف، گرفتن قطب‌نما و گراگیری با روش قبل مشکل خواهد بود. بنابراین برای سهولت کار، در حالتی که آرنج‌ها به پهلوهای بدن چسبیده و انگشت شست درون حلقه حمایت قرار دارد، باید بدنه قطب‌نما را مطابق شکل ۴-۶ بین انگشتان سبابه قرار داده و قطب‌نما را در مقابل بدن نگه داشت. بدین ترتیب خواندن گرا و حرکت به سمت هدف به صورت همزمان به راحتی امکان‌پذیر خواهد بود. لازم به ذکر است که این روش نسبت به روش قبل دارای دقت کمتر و سرعت بالاتر می‌باشد.

نکته ۱: لازم به ذکر است که یک درجه اشتباه در گرفتن گرا و بستن گرا باعث به وجود آمدن حداقل ۱۷ متر انحراف در یک کیلومتر مسافت می‌شود. لذا گرفتن گرا و بستن گرا باید با دقت فراوانی همراه باشد.

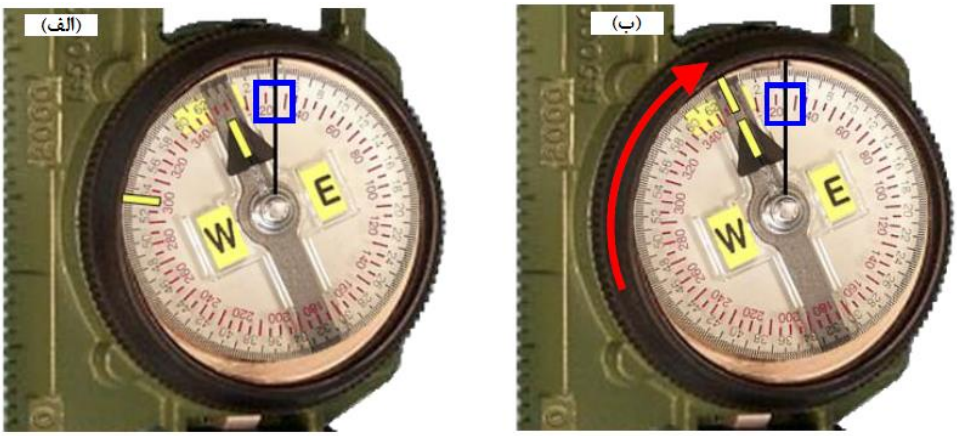
نکته ۲: در صورتی که قطب‌نما به صورت هم تراز (هم سطح با افق) نگه داشته نشده باشد، خطای زیادی در قرائت گرا وجود خواهد داشت. بنابراین کاربر همیشه باید با دقت بر روی عقربه مغناطیسی شناور، سعی در هم‌تراز نگه داشتن قطب‌نما داشته باشد.



شکل ۴-۶: نحوه در دست گرفتن قطب‌نماهای نظامی در حال حرکت

۴-۲-۲ نحوه گرادهی و پیمودن آن با قطب‌نمای نظامی

ابتدا باید قطب‌نما را با روشی که توضیح داده شد، در دست گرفت. سپس بدن باید آنقدر بچرخد، تا گرای مورد نظر، زیر خط ثابت و یا در راستای شکاف نشانه روی و تار مویی قرار بگیرد. در این حالت، راستای شکاف نشانه روی و تار مویی، گرای مورد نظر و مسیر حرکت را نمایش خواهد داد.



شکل ۴-۷: نحوه گرادهی به قطب‌نماهای نظامی

نکته ۱: برای حرکت در راستای همین گرا در تاریکی، و همچنین برای اینکه در هر مرحله از ناوبری، بتوان سریعا در راستای گرا قرار گرفت، صفحه بِزِل باید آنقدر چرخانده شود تا خط فسفری آن، در مقابل خط فسفری تیغه مغناطیسی قرار بگیرد. در این حالت، راستای شکاف نشانه روی و تار مویی، گرای مورد نظر و مسیر حرکت را نمایش خواهد داد. برای حفظ این گرا و جلوگیری از منحرف شدن، این دو خط فسفری

دائما باید در مقابل یکدیگر قرار داشته باشند. (انجام این مورد در قطب‌نماهایی امکان‌پذیر است که خطوط فسفری صفحه بِزِل و تیغه مغناطیسی را دارا باشند.)

نکته ۲: برای انجام گرادهی درست، بدن و قطب‌نما همزمان با هم باید بچرخند و قطب‌نما در تمام طول این مدت باید در راستای بدن قرار داشته باشد. در غیر این‌صورت امکان به وجود آمدن خطا در گرادهی وجود خواهد داشت.

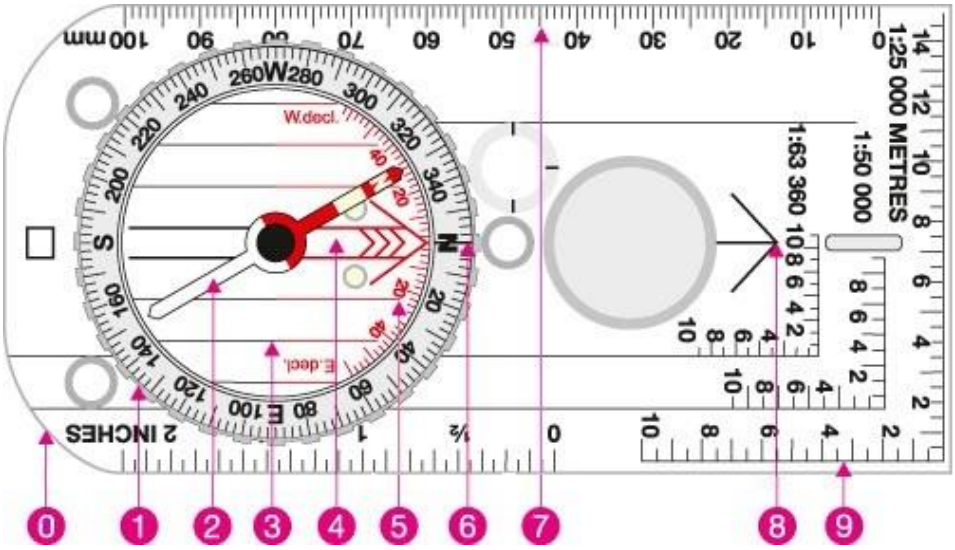
۴-۳ قطب‌نمای ورزشی (شیشه‌ای)

۴-۳-۱ اجزای قطب‌نمای ورزشی (شیشه‌ای)

۰- بدنه قطب‌نما که از جنس پلاستیک ساخته شده است.

۱- صفحه گردان مدرج که به آن صفحه بِزِل هم گفته می‌شود و برای نمایش گرا و مقدار زاویه و شیب به کار می‌رود.

۲- عقربه مغناطیسی: قسمت قرمز نشانگر جهت شمال مغناطیسی و قسمت سفید نشانگر جهت جنوب مغناطیسی می‌باشد.



شکل ۴-۸: اجزای قطب‌نمای ورزشی (شیشه‌ای)

۳- خطوط راهنما: برای اندازه‌گیری و تعیین گرای یک راستا بر روی نقشه به کار می‌روند.

۴- پیکان راهنما: در پس زمینه صفحه بِزِل قرار داشته و با چرخش صفحه بزل، این پیکان نیز می‌چرخد.

۵- نشانگر میزان انحراف (یا زاویه‌سنج): از این نشانگر برای تنظیم انحراف مغناطیسی استفاده می‌شود و همانطور که در شکل دیده می‌شود، دارای دو نیمه شرق و غربی می‌باشد. در برخی از قطب‌نماها،

یک شاقول درون محفظه صفحه بِزِل قرار دارد که در ترکیب با این نشانگر، به عنوان زاویه‌سنج مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶- خط شاخص (ثابت): این خط به طور ثابت بر روی بدنه قطب‌نما رسم شده و در راستای فلش جهت حرکت قرار دارد و برای تنظیم و تعیین گرا به کار می‌رود.

۷- خط‌کش: از خط‌کش برای رسم و اندازه‌گیری امتدادها استفاده می‌شود. خط مشکی و بلندی که در زیر خط‌کش قرار دارد برای افزایش دقت در گراگیری بر روی نقشه به کار می‌رود.

۸- فلش جهت حرکت: برای کمک به قرارگیری در راستای صحیح حرکت می‌باشد.

۹- رومر[۱۸] (مقیاس خطی قطب‌نما): بر روی قطب‌نماهای شیشه‌ای معمولا دو یا سه رومر با مقیاس‌های مختلف گنجانده شده است که برای تعیین سریع مختصات نقاط بر روی نقشه به کار می‌روند.

نکته: تفاوت عمده این نوع از قطب‌نماها با قطب‌نماهای نظامی این است که در قطب‌نماهای نظامی، تیغه مغناطیسی و صفحه مدرج به یکدیگر متصل هستند و چرخش صفحه گردان بزل، مجزای از آنها صورت می‌گیرد. در حالی که در قطب‌نماهای شیشه‌ای، صفحه مدرج و صفحه بِزِل به یکدیگر متصل بوده و چرخش آنها مجزای از تیغه مغناطیسی صورت می‌گیرد. این تفاوت در ساختار، باعث ایجاد تفاوت‌هایی در نحوه کارکرد می‌شود که هر کدام در بخش‌های مربوطه، مورد بحث قرار گرفته‌اند.

۴-۴ کالیبره کردن قطب‌نما

ممکن است قطب‌نما به هر دلیلی دقت خود را از دست بدهد که در اینصورت نیاز به کالیبره کردن خواهد داشت. برای این منظور، به یک قطب‌نمای سالم و دقیق نیاز است. بدین ترتیب که ابتدا باید گرای یک نقطه دلخواه توسط قطب‌نمای سالم گرفته شود. سپس بدون تغییر مکان، گرای همان نقطه دوباره توسط قطب‌نمایی که باید کالیبره شود، گرفته شود. میزان اختلاف این دو گرا، میزان خطای قطب‌نمای شماست که در هر بار گراگیری، این میزان خطا باید به گرای گرفته شده اضافه و یا از آن کم شود. بنابراین دو حالت ممکن است رخ دهد:

۱- گرای گرفته شده با قطب‌نمای معیوب کمتر از گرای گرفته شده با قطب‌نمای سالم باشد که در اینصورت در هر بار گراگیری با قطب‌نمای معیوب، مقدار خطا باید به گرای گرفته شده اضافه شود.

۲- گرای گرفته شده با قطب‌نمای معیوب بیشتر از گرای گرفته شده با قطب‌نمای سالم باشد که در اینصورت در هر بار گراگیری با قطب‌نمای معیوب، مقدار خطا باید از گرای گرفته شده کم شود.

نکته ۱: گرای مورد بحث در کالیبراسیون قطب‌نما، گرای مغناطیسی است که پس از هر بار کالیبراسیون و در صورت نیاز باید به گرای شبکه تبدیل شود.

[18] Romer

نکته ۲: در صورتی که قطب‌نمای معیوب، از نوع شیشه‌ای بوده و دارای پیچ تصحیح انحراف مغناطیسی باشد، می‌توان کالیبراسیون قطب‌نما را همزمان با تصحیح انحراف مغناطیسی انجام داد.

مثال ۱: گرای یک نقطه (نقطه A) با یک قطب‌نمای سالم، 300° و گرای همان نقطه (نقطه A) با قطب‌نمای معیوب، 298° اندازه گرفته شده است. حال اگر گرای نقطه دیگری (نقطه B)، با قطب‌نمای معیوب 45° به دست آید، گرای واقعی این نقطه چقدر خواهد بود؟

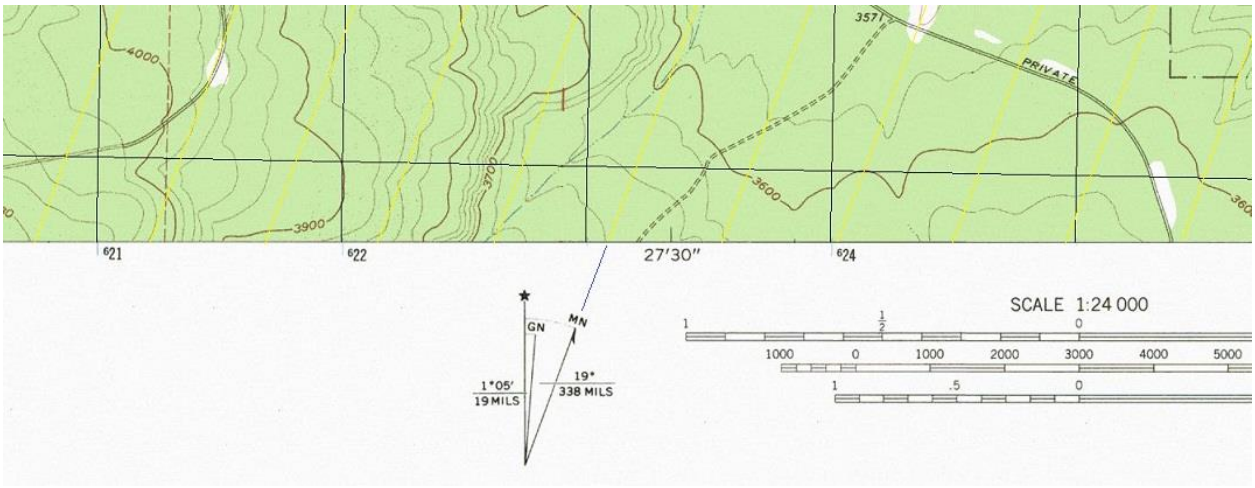
حل: میزان خطای قطب‌نمای معیوب 2° است که مطابق توضیحات فوق باید به گرای گرفته شده اضافه شود. بنابراین گرای درست نقطه مورد نظر 47° خواهد بود.

مثال ۲: گرای نقطه A با یک قطب‌نمای سالم، 174° و گرای همان نقطه با قطب‌نمای معیوب، 175° اندازه گرفته شده است. حال اگر گرای نقطه B، با قطب‌نمای معیوب 93° به دست آید، گرای واقعی این نقطه چقدر خواهد بود؟

حل: میزان خطای قطب‌نمای معیوب 1° است که باید از گرای گرفته شده کم شود. بنابراین گرای درست نقطه مورد نظر 92° خواهد بود.

۴-۵ حذف خطای ناشی از انحراف مغناطیسی

با رسم خطوط شمال مغناطیسی بر روی نقشه و استفاده از آنها به عنوان مرجع شمال، دیگر نیازی به تبدیل گراهای مغناطیسی و شبکه به یکدیگر نخواهد بود (شکل ۴-۹). بدین ترتیب هر گرایی که بر روی نقشه نسبت به این خطوط اندازه گرفته شود، گرای مغناطیسی بوده و در کار با قطب‌نما می‌توان مستقیما از آن استفاده کرد. همچنین گراهای گرفته شده با قطب‌نما را می‌توان مستقیما بر روی نقشه نسبت به این خطوط رسم کرد و بدین ترتیب، خطوط شمال شبکه بر روی نقشه، کاربرد خود را در چنین مواردی از دست خواهند داد.



شکل ۴-۹: حذف خطای ناشی از انحراف مغناطیسی در صورت استفاده از قطب‌نماهای نظامی

نکته ۱: هرچه نظم این خطوط و همچنین تعداد آنها بیشتر باشد، کار دقیق‌تر و راحت‌تر خواهد بود.

نکته ۲: می‌توان این خطوط را با استفاده از مداد نازک بر روی نقشه کشید، تا نقشه زیاد شلوغ نشود.

۴-۶ نحوه کار با قطب‌نمای شیشه‌ای

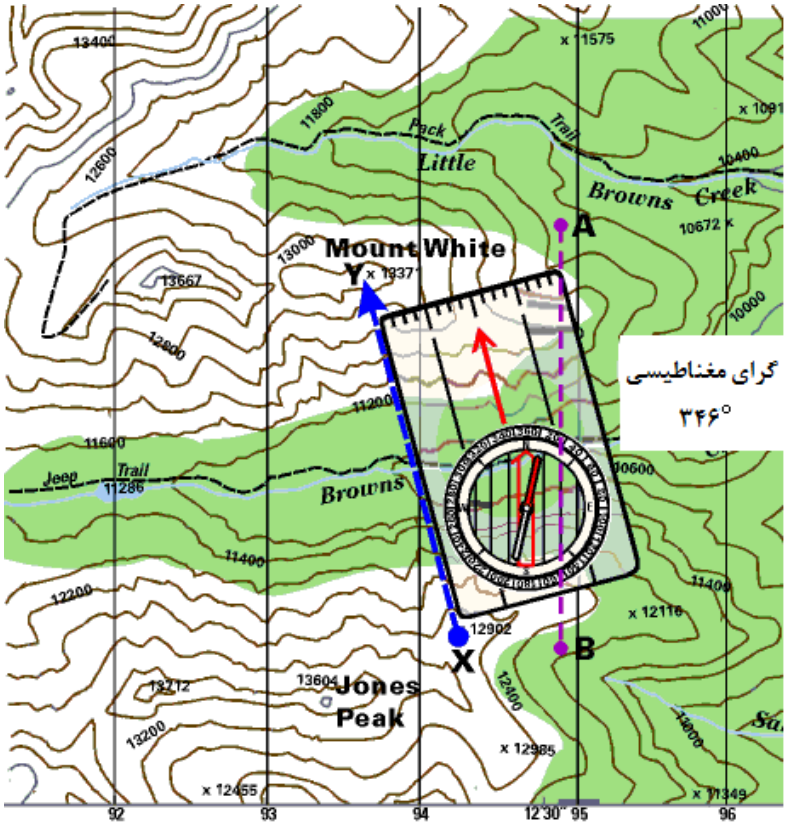
۴-۶-۱ نحوه گراگیری با استفاده از قطب‌نمای شیشه‌ای

شکل ۴-۱۰: نحوه گراگیری با استفاده از قطب‌نمای شیشه‌ای

ابتدا باید فلش جهت حرکت، به سمت هدف نشانه گرفته شود. سپس صفحه گردان آنقدر باید چرخانده شود، تا قسمت قرمز عقربه مغناطیسی و پیکان راهنما بر یکدیگر منطبق گردند. در این حالت، عددی که در مقابل خط شاخص قرار می‌گیرد، گرای مغناطیسی نقطه هدف خواهد بود. همانطور که در سمت چپ شکل ۴-۱۰ مشاهده می‌شود، برخی از قطب‌نماهای شیشه‌ای دارای کاور آینه‌ای می‌باشند. برای خواندن گرا با این نوع از قطب‌نماها کافیست کاور را با زاویه‌ای حدود 45° نسبت به بدنه قرار داده و گرای مربوطه را بدون نیاز به پایین آوردن قطب‌نما از جلوی چشم، از روی آینه قرائت کرد. این نوع از قطب‌نماهای شیشه‌ای که دارای کاور آینه‌ای می‌باشند، نسبت به انواع بدون آینه دارای دقت بیشتری در گراگیری هستند.

۴-۶-۲ نحوه اندازه‌گیری گرای یک راستا بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای شیشه‌ای

بدین منظور باید یکی از گوشه‌های پایین قطب‌نما را مطابق با شکل ۴-۱۱ طوری بر روی نقطه شروع قرار داد که لبه خط‌کش قطب‌نما در راستای نقاط شروع و پایان (در راستای گرای مورد نظر) قرار بگیرد. سپس:



شکل ۴-۱۱: اندازه‌گیری گرا بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای شیشه‌ای بدون نیاز به توجیه بودن نقشه

۱- بدون توجه به جهت عقربه مغناطیسی، صفحه گردان قطب‌نما طوری باید چرخانده شود که خطوط راهنما، موازی با خطوط شمال شبکه نقشه قرار بگیرند. در این حالت عددی که در مقابل خط شاخص قطب‌نما قرار می‌گیرد، گرای شبکه راستای مورد نظر خواهد بود. لازم به ذکر است که در این روش نیازی به توجیه بودن نقشه نیست.

نکته: اساسا یکی از مزایای قطب‌نماهای شیشه‌ای این است که برای خواندن گرا بر روی نقشه لزومی به توجیه بودن نقشه وجود ندارد.

۲- مطابق شکل ۴-۱۲ می‌توان صفحه گردان را آنقدر چرخاند تا قسمت قرمز رنگ عقربه مغناطیسی، منطبق با قسمت قرمز رنگ پیکان راهنما گردد. در این صورت، عدد مقابل خط شاخص، گرای مغناطیسی راستای مورد نظر خواهد بود. لازم به ذکر است که در این روش، نقشه حتما باید توجیه شده باشد.

شکل ۴-۱۲: اندازه‌گیری گرا بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای شیشه‌ای، در صورتی که نقشه توجیه باشد.

نکته: برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد نحوه کار با قطب‌نمای نظامی شامل:

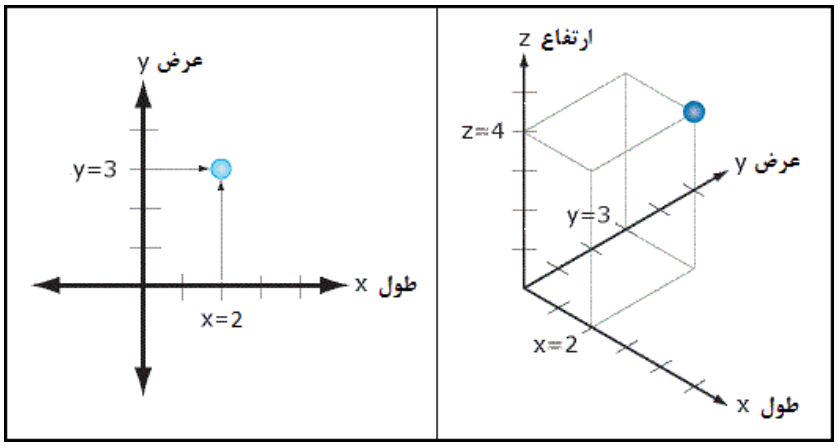
- نحوه اندازه‌گیری یک گرا بر روی نقشه
- نحوه رسم یک امتداد با گرای معلوم بر روی نقشه
- کار با قطب‌نمای نظامی در شب

می‌توانید به بخش‌های ۲، ۳ و ۴ در قسمت دوم جزوه (اطلاعاتی برای مطالعه) مراجعه کنید.

فصل پنجم

((سیستم‌های مختصات))

برای نمایش دقیق موقعیت نقاط و عوارض بر روی نقشه، سیستم‌های مختلفی وجود دارد که از آنها با عنوان سیستم‌های مختصات یاد می‌شود. دو سیستم معمول و پرکاربرد در ناوبری عبارتند از: سیستم مختصات جغرافیایی و سیستم مختصات UTM[۱۹]. مختصات نقاط را در هر کدام از این سیستم‌ها می‌توان به صورت دو بعدی یا سه بعدی نمایش داد. به مختصات دو بعدی که فقط شامل طول و عرض نقطه می‌باشد، مختصات مسطحاتی گفته می‌شود. در حالی که به مختصات سه بعدی که علاوه بر طول و عرض، شامل ارتفاع نقطه نیز می‌شود، مختصات ارتفاعی گفته می‌شود.



شکل ۵-۱: سیستم‌های مختصات دو بعدی و سه بعدی

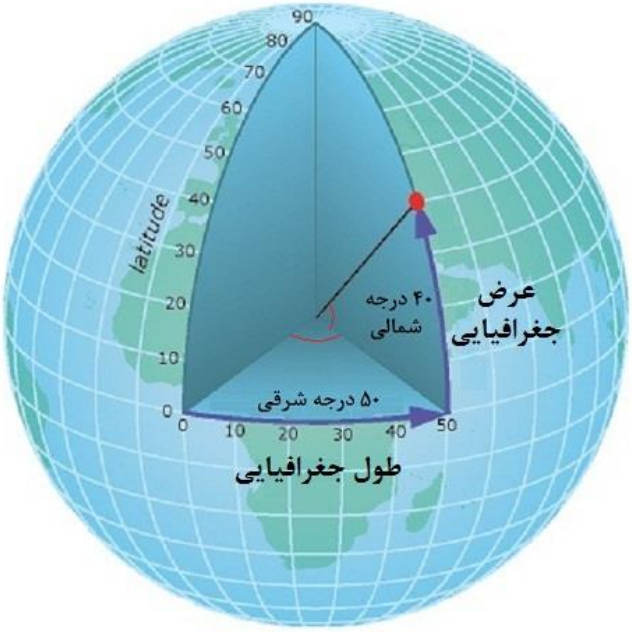
۵-۱ سیستم مختصات جغرافیایی (Coordination System)

به این سیستم، سیستم طول و عرض جغرافیایی (Lat/Long)[۲۰] نیز گفته می‌شود. همانطور که در بالا نیز توضیح داده شد، مختصات نقاط در سیستم دو بعدی دارای دو مولفه طول و عرض، و در سیستم سه بعدی دارای سه مولفه طول و عرض و ارتفاع است. برای بیان مختصات یک نقطه باید برای هرکدام از مولفه‌های طول (X) و عرض (Y) و ارتفاع (Z)، به صورت جداگانه یک مبدا تعریف شود تا بتوان فاصله نقطه از هرکدام

[۱۹] UTM: Universal Transverse Mercator سیستم جهانی مرکاتور متقاطع

[20] Latitude/Longitude

از این مبداها را به صورت یک عدد بیان کرد. مبدا سنجش طول نقاط در سیستم مختصات جغرافیایی، نصف‌النهار مبدا (گرینویچ)، مبدا سنجش عرض‌ها، خط استوا و مبدا سنجش ارتفاع‌ها، سطح متوسط آب‌های آزاد (MSL)[۲۱] است.



شکل ۵-۲: مختصات دو بعدی، شامل طول و عرض یک نقطه

۵-۱-۱ طول جغرافیایی (X)

به اندازه قوس بین نصف‌النهاری که از هر نقطه می‌گذرد و نصف‌النهار مبدا طول جغرافیایی (Long)[۲۲] گفته می‌شود. طول جغرافیایی بر حسب درجه و اجزای درجه (یا بر حسب درجه و دسیمال درجه) بیان می‌شود. در حقیقت این مقدار برابر است با زاویه بین صفحه عمود بر نقطه مزبور و صفحه نصف‌النهار مبدا.

۵-۱-۲ عرض جغرافیایی (Y)

به اندازه قوس بین هر نقطه و خط استوا که بر حسب درجه و اجزای درجه (یا بر حسب درجه و دسیمال درجه) بیان می‌شود، عرض جغرافیایی (Lat)[۲۳] گفته می‌شود. در حقیقت این مقدار برابر است با زاویه بین خط عمود بر نقطه مزبور و صفحه استوا.

۵-۱-۳ نصف‌النهار (نیمروز)[۲۴]

[21] Mean Sea Level
[22] Longitude
[23] Latitude

به خطوط عمودی در شبکه‌بندی سیستم مختصات جغرافیایی، نصف‌النهار (نیمروز) گفته می‌شود. به عبارت دیگر، نصف‌النهار یک کمربند فرضی عمودی است که از قطب‌های زمین عبور کرده و زمین را به دو نیمکره شرقی و غربی تقسیم می‌کند. کلیه نقاط واقع بر روی یک نصف‌النهار دارای طول یکسان (فاصله قوسی یکسان) از نصف‌النهار مبدا هستند، در حالی که نقاط واقع بر روی این محور دارای عرض‌های متفاوت هستند. همانطور که می‌دانید، محیط کره زمین به ۳۶۰ درجه (۱۸۰ درجه شرقی و ۱۸۰ درجه غربی نسبت به خط استوا) تقسیم می‌شود. یعنی کره زمین دارای ۳۶۰ نصف‌النهار یک درجه‌ای می‌باشد. نقاطی که در شرق نصف‌النهار مبدا واقع شده‌اند، دارای طول‌های شرقی بوده و با حرف (E) یا علامت (+) نمایش داده می‌شوند. طول این نقاط از چپ به راست افزایش می‌یابد. همچنین نقاطی که در غرب نصف‌النهار مبدا واقع شده‌اند، دارای طول‌های غربی بوده و با حرف (W) یا علامت (-) نمایش داده می‌شوند. طول این نقاط از راست به چپ افزایش می‌یابد.

محیط کره زمین بر روی خط استوا برابر با ۴۰.۰۷۵ Km است. با تقسیم این عدد بر ۳۶۰ درجه، طول قوس هر یک درجه، یا به عبارت دیگر طول بین دو نصف‌النهار بر روی خط استوا برابر با ۱۱۱/۳۱۹ کیلومتر به دست می‌آید. اما هرچه از استوا به سمت قطبین پیش برویم، محیط کره زمین کوچکتر شده و در قطبین به صفر می‌رسد. به عنوان مثال، طول قوس یک درجه بر روی مدار ۴۵ درجه (یا به عبارت دیگر فاصله بین دو نصف‌النهار در عرض ۴۵ درجه) برابر با ۷۸/۷۴۸ کیلومتر می‌باشد. بنابراین هیچگاه طول یک درجه در عرض‌های پایینی با طول یک درجه در عرض‌های بالایی برابر نخواهد بود.

هر درجه قوسی، به ۶۰ دقیقه قوسی تقسیم می‌شود. بنابراین با تقسیم طول قوس یک درجه بر روی خط استوا (که برابر با ۱۱۱/۳۱۹ کیلومتر می‌باشد) بر ۶۰ دقیقه، طول قوس هر دقیقه بر روی خط استوا برابر با ۱۸۵۵.۳ متر به دست می‌آید. و همانطور که می‌دانید هر دقیقه قوسی نیز به ۶۰ ثانیه قوسی تقسیم می‌شود. بنابراین با تقسیم ۱۸۵۵ بر ۶۰، طول قوس هر ثانیه بر روی خط استوا برابر با ۳۰.۹ متر به دست می‌آید.

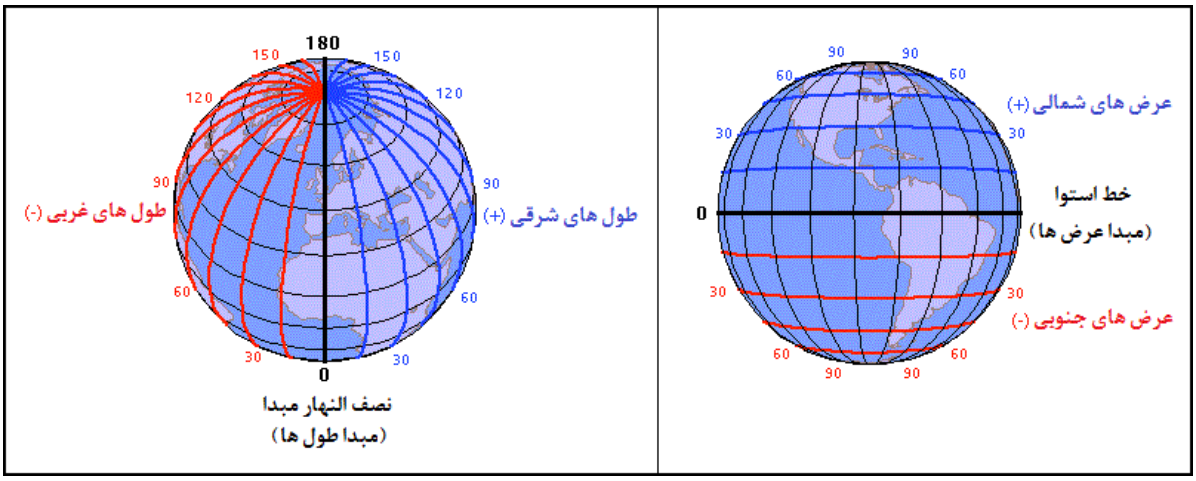
۵-۱-۴ مدار (نیمگان)[۲۵]

به خطوط افقی در شبکه‌بندی سیستم مختصات جغرافیایی، مدار گفته می‌شود. به عبارت دیگر، مدار یک کمربند فرضی است که زمین را به دو نیمکره مساوی یا نامساوی شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند. کلیه نقاط واقع بر روی یک مدار دارای عرض یکسان (فاصله قوسی یکسان) از خط استوا هستند، در حالی که نقاط واقع بر روی این محور دارای طول‌های متفاوت هستند. کره زمین دارای ۱۸۰ مدار یک درجه‌ای (۹۰ درجه شمالی و ۹۰ درجه جنوبی) می‌باشد. نقاطی که در بالای خط استوا واقع شده‌اند، دارای عرض‌های شمالی

[24] Meridian
[25] Parallel

بوده و با حرف (N) یا علامت (+) نمایش داده می‌شوند. عرض این نقاط از پایین به بالا افزایش می‌یابد. همچنین نقاطی که در پایین خط استوا واقع شده‌اند، دارای عرض‌های جنوبی بوده و با حرف (S) یا علامت (-) نمایش داده می‌شوند. عرض این نقاط از بالا به پایین افزایش می‌یابد. با دقت در شکل ۵-۳ مشاهده می‌شود که با پیشروی از استوا به سمت قطبین، محیط مدارها کاهش می‌یابد، به نحوی که مدار استوا دارای بیشترین محیط و مدار قطبین دارای کمترین محیط یعنی صفر می‌باشد.

این در حالی است که محیط تمام نصف‌النهارهای زمین با یکدیگر هم اندازه و تقریبا برابر با ۴۰.۰۰۸ کیلومتر می‌باشد. با تقسیم این عدد بر ۳۶۰ درجه، عرض قوس هر یک درجه (یا به عبارت دیگر فاصله بین دو مدار واقع بر روی یک نصف‌النهار)، برابر با ۱۱۱/۱۳۳ کیلومتر به دست می‌آید. به همین ترتیب عرض قوس هر یک دقیقه بر روی هر نصف‌النهار حدودا برابر با ۱۸۵۲/۲ متر و عرض قوس هر یک ثانیه حدودا برابر با ۳۰/۹ متر خواهد بود.

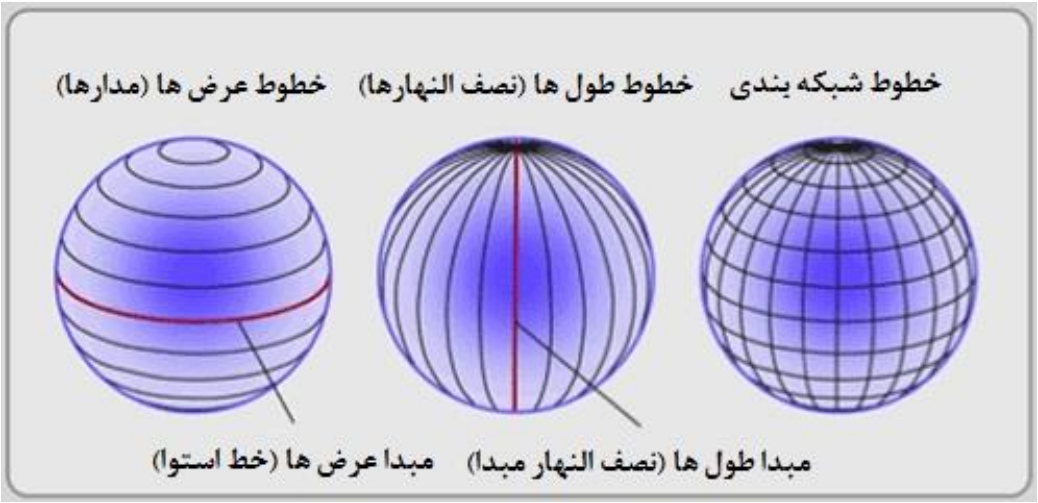


شکل ۵-۳: عرض (مدار)های شمالی و جنوبی - طول (نصف‌النهار)های شرقی و غربی

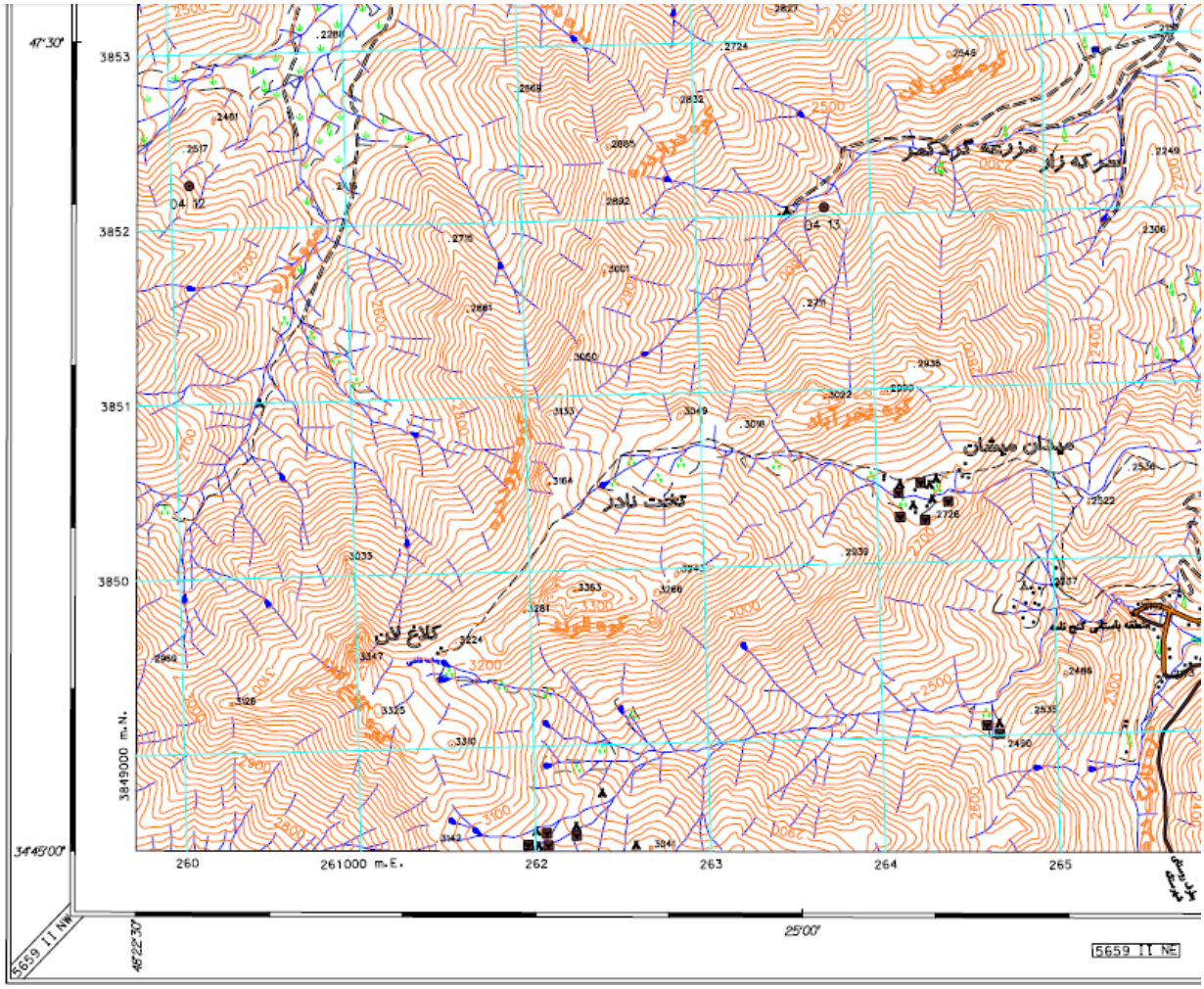
نکته ۱: موقعیت (مختصات) یک نقطه، محل تقاطع نصف‌النهار و مداری است که از آن نقطه عبور می‌کنند.

محور طول‌ها در شکل ۵-۵، به صورت نوارهایی افقی و محور عرض‌ها به صورت نوارهایی عمودی، در حاشیه نقشه و با رنگ مشکی و سفید قابل مشاهده هستند. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، این محورها با فواصل $2'30"$ درجه‌بندی شده و طول هر کدام از آنها "30 می‌باشد.

نکته ۲: طول و عرض هر برگ (شیت) نقشه در مقیاس ۱:۲۵.۰۰۰ هر کدام برابر با $7'30"$ است. در حالی که طول و عرض هر برگ (شیت) نقشه در مقیاس ۱:۵۰.۰۰۰ هر کدام برابر با $15'$ می‌باشد.



شکل ۵-۴: خطوط شبکه‌بندی بر روی کره زمین شامل مدارها و نصف‌النهارها

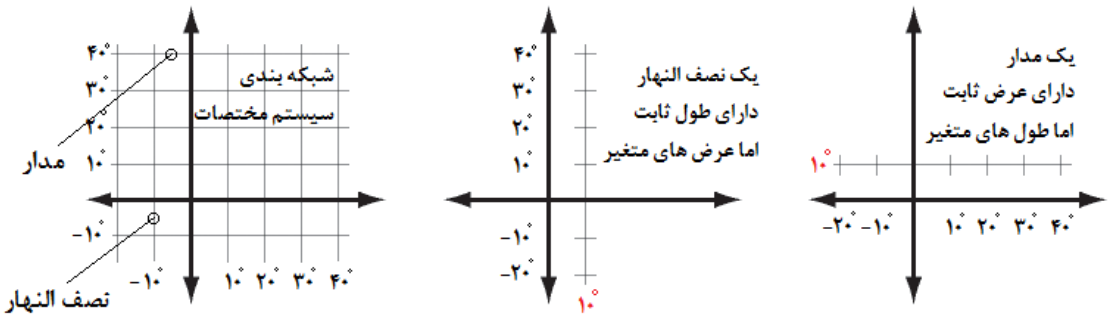


شکل ۵-۵: محورهای طول و عرض و تقسیم‌بندی آنها در نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵.۰۰۰

نکته ۳: دقت مختصات ارتفاعی معمولا تا ۱.۵ برابر دقت مختصات مسطحاتی است.

نکته ۴: خطوط متعامد آبی رنگ[۲۶] در زمینه نقشه شکل ۵-۵، مربوط به شبکه‌بندی UTM بوده و نقشی در اندازه‌گیری طول و عرض جغرافیایی نقاط ندارند.

اگر لبه‌های نوارهای سیاه و سفید که در سمت چپ و پایین نقشه‌های توپوگرافی قرار دارد، به لبه‌های متناظر در سمت راست و بالای نقشه وصل شوند، شبکه‌بندی مختصات جغرافیایی نقشه حاصل می‌شود. برای جلوگیری از شلوغ شدن نقشه، از ترسیم این شبکه‌بندی بر روی نقشه اجتناب می‌شود. لذا فقط شبکه‌بندی UTM بر روی نقشه‌های توپوگرافی دیده می‌شود. برای فهم بهتر شبکه‌بندی مختصات جغرافیایی، شکل ۵-۶ را که شامل مدارها و نصف‌النهارها است، در نظر بگیرید. هر مدار، مکان هندسی نقاط هم عرض و هر نصف‌النهار، مکان هندسی نقاط هم طول است. به عبارت دیگر طول کلیه نقاط واقع بر روی یک محور عرض، و عرض کلیه نقاط واقع بر روی یک محور طول، یکسان هستند.



شکل ۵-۶: شبکه‌بندی مختصات جغرافیایی شامل مدارها و نصف‌النهارها

۵-۱-۵ نصف‌النهار مبدا (گرینویچ)[۲۷]

نصف‌النهار گرینویچ که از رصدخانه سلطنتی انگلستان در لندن عبور می‌کند، در سال ۱۸۵۱ به عنوان مبدا اندازه‌گیری طول‌های جغرافیایی پیشنهاد گردید و در سال ۱۸۸۴ در یک کنفرانس بین المللی در واشنگتن با رای اکثریت آرا به عنوان نصف‌النهار مبدا انتخاب گردید. این نصف‌النهار، زمین را به دو نیمکره شرقی و غربی تقسیم می‌کند.

۵-۱-۶ خط استوا[۲۸]

خطی فرضی است که دارای فواصل مساوی از قطبین بوده و زمین را به دو نیمکره شمالی و جنوبی تقسیم می‌کند. این خط به عنوان مبدا اندازه‌گیری عرض‌ها (مدارها) در نظر گرفته می‌شود.

---

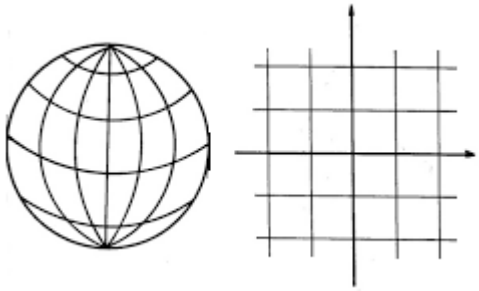
[26] Cyan
[27] Greenwich Meridian, Prime Meridian, Airy Meridian
[۲۸] نظامی گنجوی حدود هشتصد سال پیش در شرفنامه از پنج گنج خود آورده است: ((خط استوا بر افق سرنهاد میانجی به قطب شمال اوفتاد))

نکته: برای کسب اطلاعات در مورد چگونگی محاسبه مختصات یک نقطه به بخش ۸، در قسمت دوم جزوه مراجعه کنید.

۵-۲ سیستم مختصات UTM و UPS[۲۹]

۵-۲-۱ سیستم مختصات UTM

به دلیل کروی بودن زمین، مدارها و نصف النهارها در سیستم مختصات جغرافیایی به صورت منحنی بوده و زاویه بین آنها نیز کاملا ۹۰ درجه نیست و چون با کمک هیچکدام از سیستم‌های تصویر نمی توان شبکه ای به دست آورد که فاصله مدارها و نصف النهارها در همه جای آن مساوی بوده و چهارضلعی‌های حاصل از تقاطع آنها کاملا مربع باشد، بنابراین شبکه‌بندی مختصات جغرافیایی (که بر روی سطح کره پیاده سازی می‌شود)، یک شبکه قائم الزاویه نبوده و همین موضوع مشکلاتی را در اندازه‌گیری و محاسبات پدید می‌آورد. به همین دلیل است که در سیستم مختصات جغرافیایی، از واحد درجه و اجزاء درجه، برای بیان فواصل (طول و عرض جغرافیایی) استفاده می‌شود. اما شبکه‌بندی مختصات UTM و UPS (که بر روی یک سطح افقی و صاف پیاده سازی می‌شود)، یک شبکه‌بندی قائم الزاویه بوده و دارای دقت، سادگی و کاربرد بیشتری نسبت به شبکه‌بندی مختصات جغرافیایی می‌باشد و به همین دلیل است که در سیستم مختصات UTM و UPS، می‌توان از واحد متر برای بیان فواصل (طول و عرض جغرافیایی) استفاده کرد. بنابراین سیستم مختصات UTM و UPS نسبت به سیستم مختصات جغرافیایی، ملموس تر است.



شکل ۵-۷: شکل سمت راست: شبکه‌بندی مختصات UTM و UPS (شبکه‌بندی قائم الزاویه)، شکل سمت چپ: شبکه‌بندی مختصات جغرافیایی

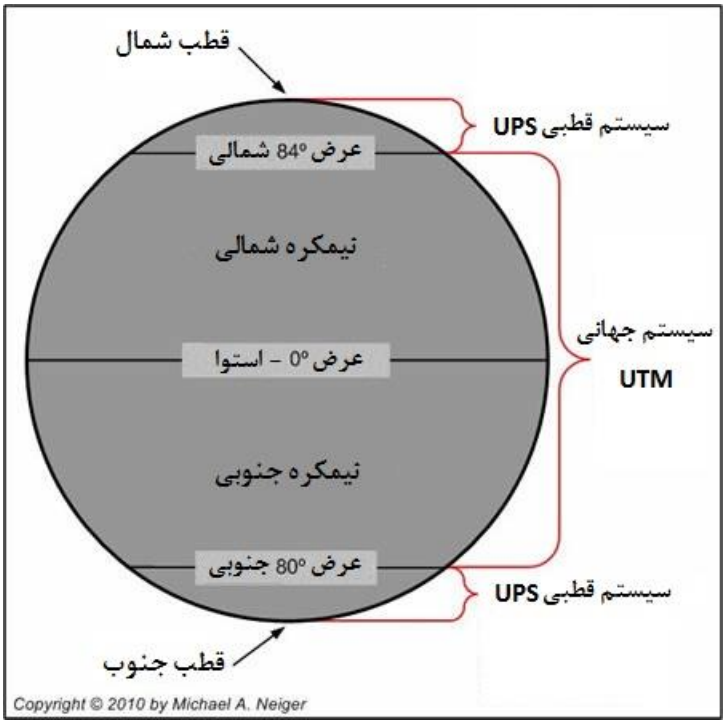
همانطور که در شکل ۵-۸ دیده می‌شود، از سیستم UTM، بین عرض‌های 80° جنوبی و 84° شمالی استفاده می‌شود. اما به دلیل عدم کارایی سیستم UTM در عرض‌های بالاتر از 84° شمالی و پایین تر از 80° جنوبی (یعنی در نواحی قطبی)، از سیستم مختصات دیگری به نام سیستم UPS استفاده می‌شود.

[۲۹] UPS: Universal Polar Stereographic projection سیستم تصویر برجسته قطبی جهانی

۵-۲-۱-۱ طول در سیستم مختصات UTM

در این سیستم کره زمین به ۶۰ قاچ (ترکه) عمودی که طول هر کدام از آنها ۶ درجه قوسی (۶۶۷.۹۵۶ متر طولی بر روی خط استوا) است، تقسیم می‌شود. این قاچها از شماره ۱ تا ۶۰، در خلاف جهت عقربه‌های ساعت نامگذاری می‌شوند. به طوری که نصف النهار گرینویچ بین قاچهای ۳۰ و ۳۱ و کشور ایران درون قاچهای ۳۸ تا ۴۱ قرار می‌گیرد.

هر کدام از این قاچها دارای یک نصف‌النهار مرکزی هستند که طول هر کدام از آنها به طور قراردای ۵۰۰.۰۰۰ متر در نظر گرفته می‌شود. این نصف‌النهار مرکزی، مبدا اندازه‌گیری طول برای هر قاچ به شمار می‌رود. با دور شدن از این نصف‌النهار به سمت شرق، طول نقاط از ۵۰۰.۰۰۰ متر بیشتر، و با دور شدن از این نصف‌النهار به سمت غرب، طول نقاط از ۵۰۰.۰۰۰ متر کمتر می شود. لازم به ذکر است که هیچگاه طول این نقاط از ۸۳۳.۹۷۸ متر بیشتر و از ۱۶۶.۰۲۲ متر کمتر نمی‌شود. به عبارت دیگر، طول نقاط همیشه یک عدد ۶ رقمی می‌باشد.

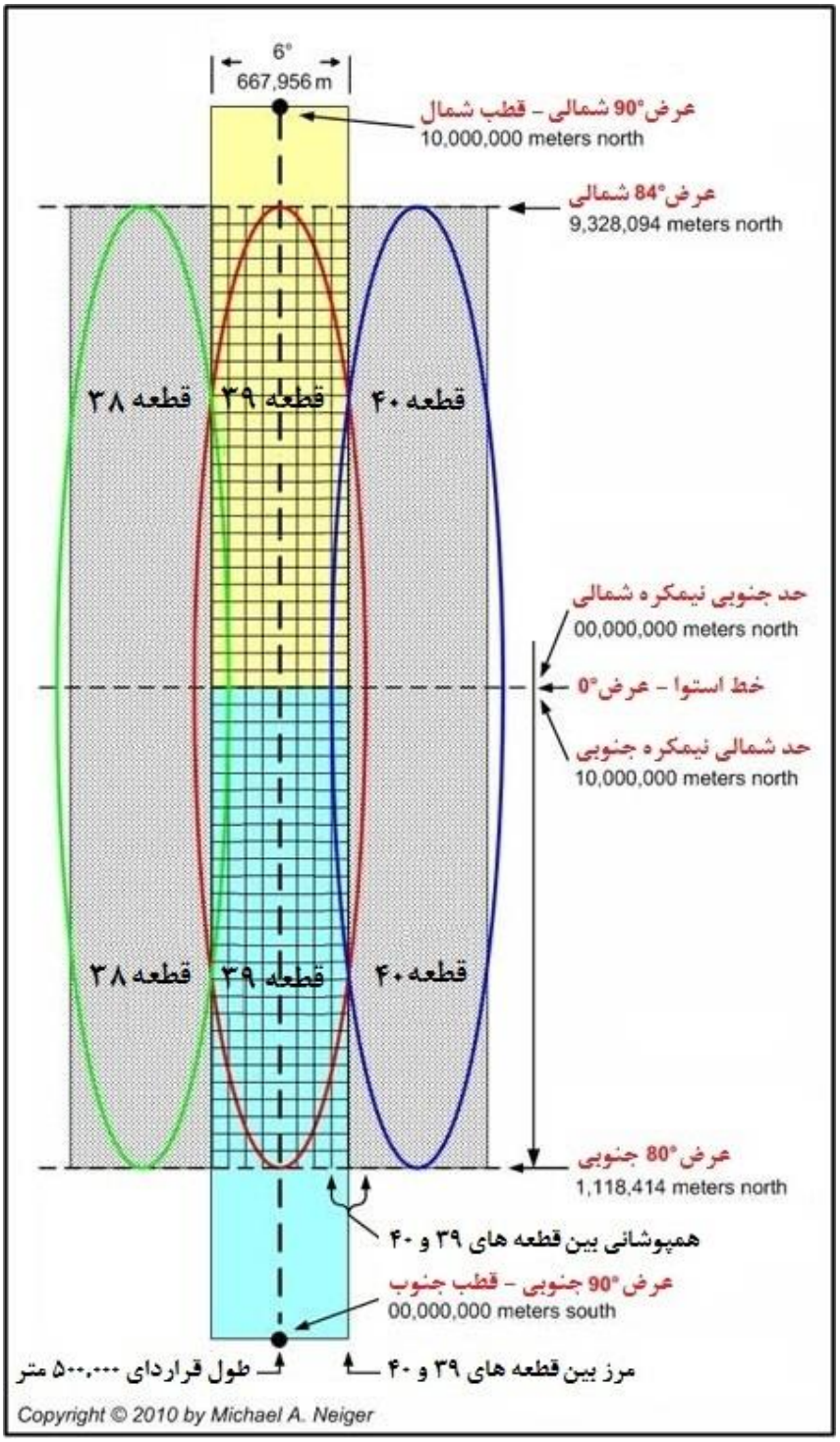


شکل ۵-۸: نواحی تحت پوشش سیستم‌های مختصات UTM و UPS

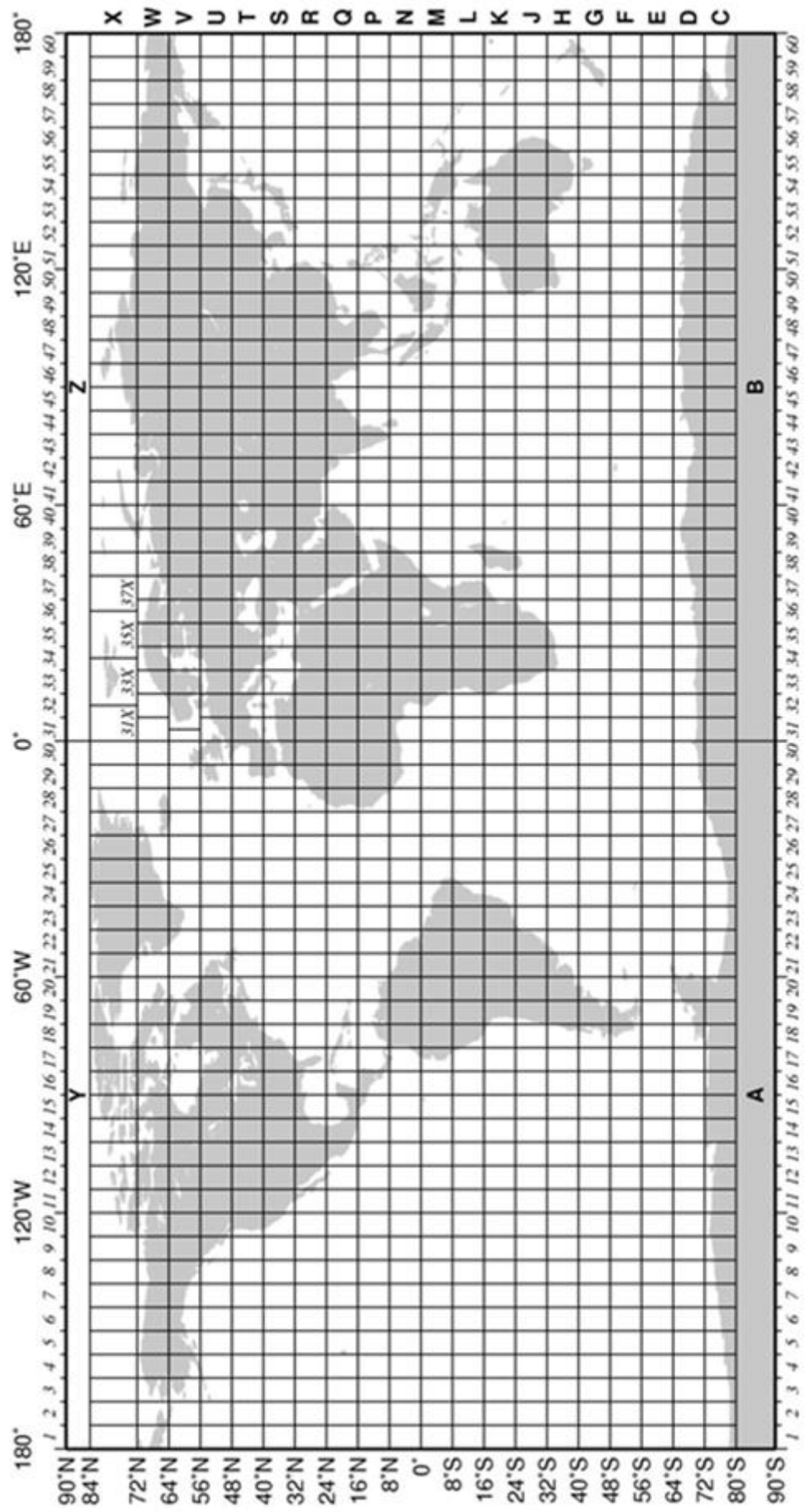
۵-۲-۱-۲ عرض در سیستم مختصات UTM

در این سیستم کره زمین بین عرض‌های 80° جنوبی و 84° شمالی به ۲۰ منطقه افقی تقسیم می‌شود که از پایین به بالا با حروف لاتین نامگذاری می‌شوند. در این نامگذاری حروف A و B از ابتدا و حروف Y و Z از

انتها حذف شده‌اند. زیرا این حروف در سیستم UPS و در نامگذاری مناطق قطبی به کار می‌روند. نام اولین منطقه، C و نام آخرین منطقه، X می‌باشد. خط استوا نیز بین مناطق M و N واقع شده است. لازم به ذکر است که حروف I و O به دلیل شباهت به 1 و 0 از این نامگذاری حذف شده‌اند.



شکل ۵-۹: ترکه‌ها (قاچ‌ها) در سیستم مختصات UTM



شکل ۵-۱۰: تقسیم بندی کره زمین به ۶۰ قطعه و ۲۰ منطقه در سیستم مختصات UTM

از عرض °80 جنوبی تا خط استوا، ۱۰ منطقه وجود دارد که عرض هر کدام از آنها °8 است. از خط استوا تا عرض °84 شمالی نیز ۱۰ منطقه وجود دارد که عرض هر کدام از آنها تا منطقه نهم (یعنی تا عرض °72) برابر با °8 و عرض منطقه آخر، °12 است. مبدا اندازه‌گیری عرض در این سیستم، خط استوا است. بدین ترتیب که عرض خط استوا برای نیمکره شمالی به طور قراردادی برابر با صفر بوده و با دور شدن از این خط به سمت شمال، عرض نقاط از 0 بیشتر می‌شود. در حالی که عرض خط استوا برای نیمکره جنوبی به طور قراردادی برابر با ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ متر بوده و با دور شدن از این خط به سمت جنوب، عرض نقاط از ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ متر کمتر می‌شود. با توجه به محدود شدن این سیستم بین عرض های °80 جنوبی و °84 شمالی، عرض نقاط در نیمکره شمالی هیچگاه از ۹،۳۲۸،۰۹۴ متر بیشتر، و در نیمکره جنوبی هیچگاه از ۱،۱۱۸،۴۱۴ متر کمتر نمی‌شود. بنابراین عرض نقاط همیشه به صورت یک عدد ۷ رقمی نمایش داده می‌شود. کشور ایران در این تقسیم‌بندی در مناطق R و S قرار می گیرد و عرض آن نیز از حدود ۳،۰۰۰،۰۰۰ متر شروع شده و تا کمی بیشتر از ۴،۰۰۰،۰۰۰ متر ادامه می‌یابد.

نکته: مختصات نقاط در سیستم UTM همیشه با مولفه‌های شرقی و شمالی بیان می‌شود. لذا برای تشخیص اینکه نقطه مورد نظر در سمت غرب یا شرق نصف‌النهار گرینویچ واقع شده، فقط باید به شماره قاچ (ترکه) مراجعه کرد. به همین ترتیب برای تشخیص اینکه نقطه مورد نظر در نیمکره شمالی واقع شده یا در نیمکره جنوبی، فقط باید به حرف لاتین مربوط به منطقه مراجعه کرد. به عبارت دیگر مختصات نقاط در سیستم UTM، دارای دو مؤلفه می‌باشد:

- مؤلفه شرقی (به جای طول در سیستم مختصات جغرافیایی)
- مؤلفه شمالی (به جای عرض در سیستم مختصات جغرافیایی)

یعنی مختصات نقاط در این سیستم، فقط با مؤلفه‌های شرقی و شمالی (حروف E و N) بیان می‌شود و مؤلفه‌های غربی و جنوبی جایگاهی در آن ندارند.

مثال ۱: موقعیت قله سبلان را که در سیستم مختصات UTM به صورت زیر نمایش داده می شود، تشریح کنید.

UTM 38 S 0748180
4239246

38: شماره قاچ (ترکه). چون بین ۳۱ و ۶۰ قرار دارد، بنابراین نقطه مربوطه در سمت شرق نصف النهار گرینویچ واقع شده است.

S: نام منطقه. چون حرف S در حروف الفبای لاتین بعد از حرف N قرار دارد، بنابراین نقطه مربوطه در نیمکره شمالی قرار دارد.

0748180: طول قله نسبت به نصف النهار مرکزی قاچ شماره ۳۸ بر حسب متر. چون این عدد از ۵۰۰.۰۰۰ بیشتر است، بنابراین در سمت راست نصف النهار مرکزی قاچ فوق قرار دارد.

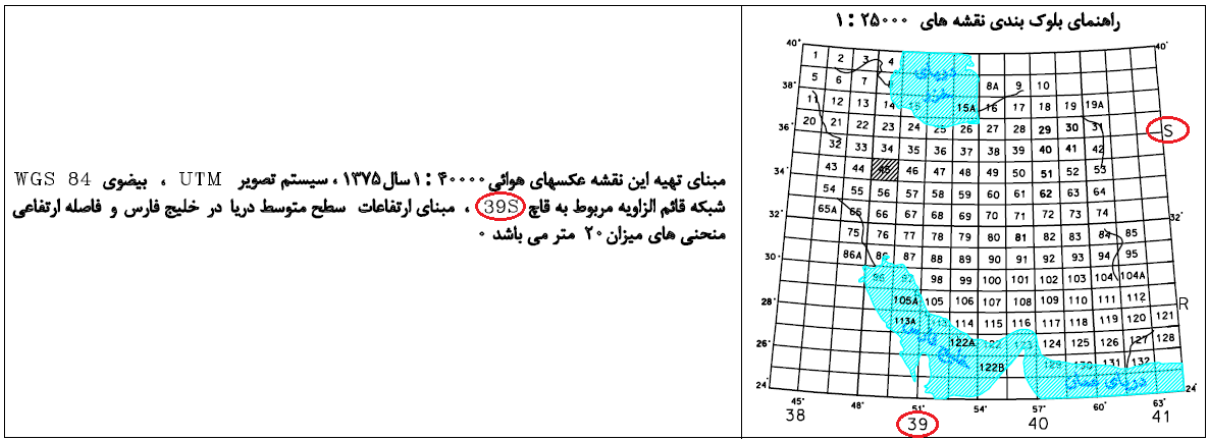
4239246: عرض قله نسبت به خط استوا بر حسب متر. چون نقطه مربوطه در نیمکره شمالی قرار دارد، بنابراین این عدد مستقیما نشاندهنده فاصله از خط استوا می باشد.

نکته: مختصات فوق به صورت UTM 38S 0748180mE 4239246mN نیز می‌تواند نمایش داده شود.

۵-۲-۱-۳ پیدا کردن مختصات UTM نقاط بر روی نقشه‌های توپوگرافی

برای توضیح نحوه پیدا کردن مختصات UTM نقاط، از یک مثال استفاده می‌شود. بدین منظور مختصات قله الوند (در شکل ۵-۱۲) محاسبه می‌شود.

در تعیین مختصات UTM، ابتدا باید با مراجعه به حاشیه نقشه، شماره قاچ و حرف مربوط به منطقه دربرگیرنده نقطه را پیدا کرد. دو قسمت در حاشیه نقشه‌های توپوگرافی که می‌توان شماره قاچ و حرف مربوط به منطقه را در آنها پیدا کرد، در شکل ۵-۱۱ نمایش داده شده‌اند. با دقت در این شکل دیده می‌شود که نقطه مربوطه (قله الوند) در قاچ شماره ۳۹ و منطقه S واقع شده است.



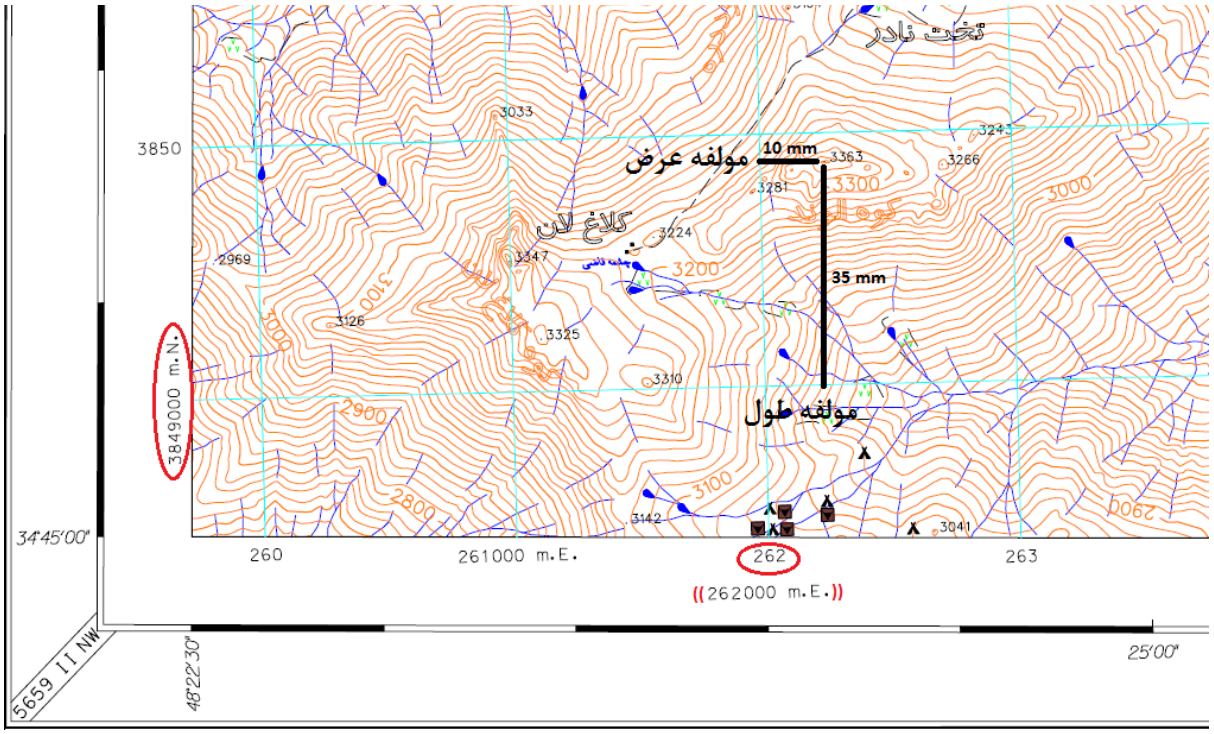
شکل ۵-۱۱: پیدا کردن قاچ (ترکه) و منطقه مربوط به مختصات نقاط، با استفاده از اطلاعات حاشیه‌ای نقشه

سپس باید مولفه‌های طول و عرض نقطه را پیدا کرد. بدین منظور می‌توان از شبکه‌بندی سبز رنگ (در برخی نقشه‌ها آبی رنگ) داخل نقشه استفاده کرد. در مقابل هر کدام از این خطوط در حاشیه نقشه، اعداد مربوط به طول (در مقابل خطوط عمودی) و اعداد مربوط به عرض (در مقابل خطوط افقی) نوشته شده است. در این ارتباط سه نکته قابل ذکر است:

۱- اگر به طرفین گوشه پایین سمت چپ نقشه نگاه شود، دید می‌شود که فقط اولین اعداد، به صورت کامل نوشته شده‌اند و در نوشتن اعداد بعدی، برای جلوگیری از شلوغ شدن حاشیه نقشه و برای راحتی محاسبات، از گذاشتن سه صفر جلوگیری شده است.

۲- فاصله بین این خطوط بر روی نقشه برابر با ۴۰ میلیمتر (۴ سانتیمتر) می‌باشد. به عبارت دیگر ابعاد این خطوط چهارخانه بر روی نقشه برابر با ۴۰ میلیمتر × ۴۰ میلیمتر می‌باشد. در صورتی که مقیاس نقشه ۱:۲۵.۰۰۰ باشد، فاصله هر کدام از این خطوط در طبیعت برابر با ۱۰۰۰ متر می‌باشد.

۳- همانطور که قبلا هم گفته شد، طول در سیستم مختصات UTM فقط به صورت شرقی، و عرض فقط به صورت شمالی بیان می‌شود. بنابراین اعداد مربوط به طول و عرض نقطه (مربوط به هر نقطه‌ای از جهان که در سیستم UTM باشد)، به ترتیب از جهت چپ به راست (غرب به شرق) و از پایین با بالا (جنوب به شمال) افزایش می‌یابند.



شکل ۵-۱۲: پیدا کردن مختصات UTM نقاط بر روی نقشه

برای تعیین مقدار طول نقطه (مولفه شرقی):

- فاصله نقطه مورد نظر از خط آبی رنگ سمت چپ نقطه، بر حسب میلیمتر اندازه‌گیری شود. این فاصله در این مثال ۱۰ میلیمتر است.

- فاصله اندازه‌گیری شده، در مخرج مقیاس نقشه ضرب شود. با ضرب این فاصله در عدد ۲۵.۰۰۰ (مخرج مقیاس نقشه در این مثال)، مقدار ۲۵۰ متر به دست می‌آید.

- عدد به دست آمده باید به عددی که در حاشیه پایینی یا بالایی نقشه، در مقابل خط عمودی سمت چپ نقطه نوشته شده، اضافه شود تا طول نقطه (بر حسب متر) به دست آید.

برای تعیین مقدار عرض نقطه (مولفه شمالی):

- فاصله نقطه مورد نظر از خط آبی رنگ زیر نقطه، بر حسب میلیمتر اندازه‌گیری شود. این فاصله در این مثال ۳۵ میلیمتر است.
- فاصله اندازه‌گیری شده، در مخرج مقیاس نقشه ضرب شود. با ضرب این مقدار در عدد ۲۵.۰۰۰ (مخرج مقیاس نقشه در این مثال)، مقدار ۸۷۵ متر به دست می‌آید.
- عدد به دست آمده باید به عددی که در حاشیه سمت چپ یا راست نقشه، در مقابل خط افقی زیر نقطه نوشته شده، اضافه شود تا عرض نقطه (بر حسب متر) به دست آید.

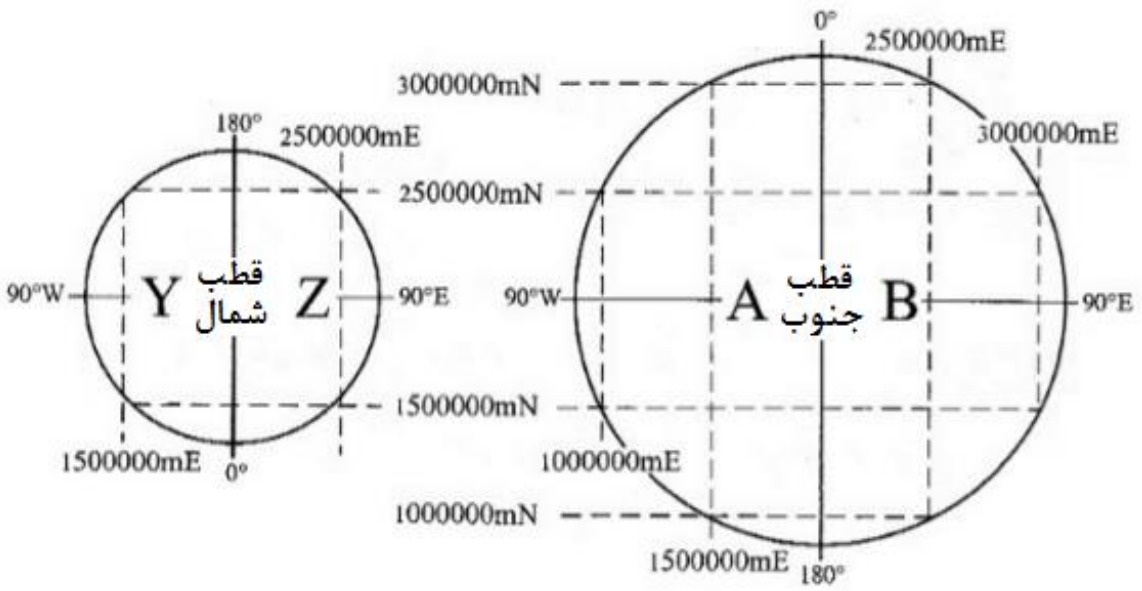
بدین ترتیب مختصات قله الوند، به صورت زیر به دست می‌آید:

39S 0262250 mE
3849875 mN

نکته: برای محاسبه طول نقطه، با توجه به مکان قرارگیری آن بر روی نقشه، هم می‌توان از حاشیه سمت چپ نقشه استفاده کرد و هم از حاشیه سمت راست نقشه و برای محاسبه عرض نقطه، با توجه به مکان قرارگیری آن بر روی نقشه، هم می‌توان از حاشیه پایینی نقشه استفاده کرد و هم از حاشیه بالایی نقشه.

۵-۲-۲ سیستم مختصات UPS

همانطور که قبلا نیز اشاره شد، برای بیان مختصات نقاط در عرض‌های بالاتر از 84° شمالی و پایین تر از 80° جنوبی (یعنی در نواحی قطبی)، از سیستم UPS استفاده می‌شود. همچنین مشاهده گردید که نام‌گذاری مناطق در سیستم UTM، از حرف C در نیمکره جنوبی شروع شده و به حرف X در نیمکره شمالی ختم می‌شود. از حروف A و B که در سیستم UTM حذف شده‌اند، در سیستم UPS برای نام‌گذاری نواحی در قطب جنوب، و از حروف Y و Z برای نام‌گذاری نواحی در قطب شمال استفاده می‌شود. نحوه تقسیم‌بندی و نام‌گذاری مناطق و نواحی در سیستم UPS در شکل ۵-۱۳ نمایش داده شده است. اما از آنجاییکه این سیستم، کاربرد چندانی برای ما ندارد، از دادن توضیحات بیشتر در مورد آن پرهیز می‌شود.



شکل ۵-۱۳: نام گذاری نواحی قطبی در سیستم مختصات UPS

فصل ششم

((کار با نقشه و قطب‌نما))

به طور کل، اساس کار نقشه‌خوانی بر دو عامل مسافت و زاویه استوار است. به فاصله مستقیم بین دو نقطه بر روی زمین، مسافت و به زاویه بین خط واصل این دو نقطه و یکی از انواع شمال، گرا (آزیموت) گفته می‌شود.

۶-۱ وسایل مورد نیاز برای ناوبری با نقشه

۱- نقشه توپوگرافی منطقه (ترجیحا با مقیاس ۱:۲۵.۰۰۰، که از سازمان نقشه‌برداری کشور قابل تهیه است)

۲- قطب‌نما (ترجیحا از نوع نظامی مرغوب یا از نوع شیشه‌ای مرغوب)

۳- نقاله

۴- مداد و پاکن

۵- برگه سفید (ترجیحا از نوع میلیمتری، برای افزایش دقت در ترسیم‌ها)

۶- ماشین حساب مهندسی (در صورتی که چارت‌ها و جداول مندرج در بخش ضمیمه در انتهای جزوه را به همراه داشته باشید، نیازی به ماشین حساب نخواهد بود.)

نکته: امروزه بسیاری از گوشی‌های هوشمند، دارای ماشین حساب مهندسی و یا دارای امکان نصب آن بوده و بنابراین با داشتن این نوع گوشی‌ها دیگر نیازی به داشتن ماشین حساب مهندسی احساس نمی‌شود.

۶-۱-۱ وسایل اختیاری:

۱- تخته شاسی (به عنوان زیردستی برای نقشه)

۲- مسافت‌سنج (کرویمتر یا مپ ویل)

۶-۲ توجیه نقشه (Orientation)

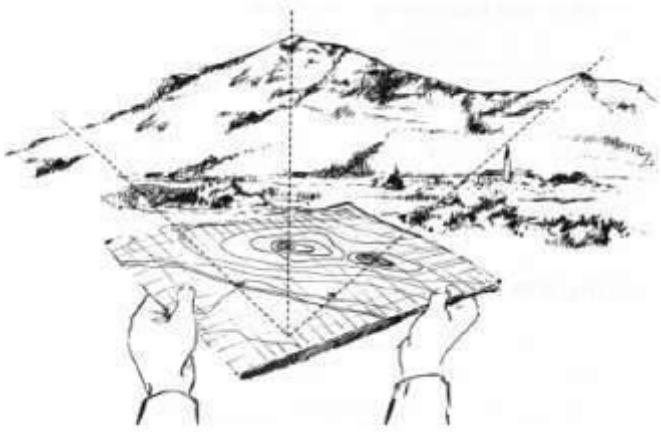
به هم‌راستا کردن جهات بر روی نقشه با جهات مربوطه در طبیعت، توجیه کردن نقشه گفته می‌شود. توجیه نقشه به دو شکل کلی انجام پذیر است: ۱- توجیه امتدادی و ۲- توجیه مغناطیسی

۶-۲-۱ توجیه امتدادی

توجیه نقشه به صورت امتدادی دارای دقت زیادی نبوده و فقط در مواردی استفاده می‌شود که قطب‌نما در دسترس نباشد.

اولین روش برای توجیه امتدادی، پیدا کردن شمال حقیقی در طبیعت با استفاده از روش‌های جهت‌یابی بدون ابزار و هم‌راستا کردن شمال حقیقی نقشه با شمال حقیقی در طبیعت است.

برای توجیه نقشه با روش بعدی، حداقل به یک عارضه نیاز است که موقعیت آن، هم در طبیعت و هم بر روی نقشه، مشخص باشد. بدین منظور، باید خطی از موقعیت خود تا عارضه مورد نظر بر روی نقشه کشیده و نقشه بین موقعیت خود و عارضه مورد نظر در طبیعت، آنقدر جابجا شود تا خط مزبور دقیقا بین موقعیت کنونی و عارضه مورد نظر در طبیعت قرار گیرد. بدین ترتیب نقشه، توجیه امتدادی می‌شود.



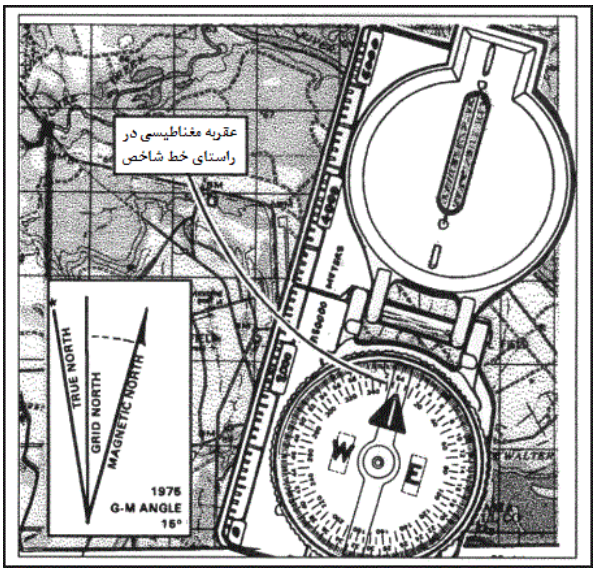
شکل ۶-۱: توجیه نقشه به روش امتدادی

نکته: در این روش، زمانی توجیه نقشه ساده‌تر و مطمئن‌تر است که موقعیت کنونی بر روی نقشه معلوم باشد. اما در صورتی که موقعیت کنونی بر روی نقشه مشخص نباشد، ولی دو نقطه موجود باشد که موقعیت آنها، هم بر روی نقشه و هم در طبیعت مشخص باشد، کافیست به یکی از این نقاط رفته و مطابق با روش فوق، نقشه را توجیه کرد. اما این امر به شرطی امکان‌پذیر است که دو نقطه در طبیعت به یکدیگر دید داشته باشند.

۶-۲-۲ توجیه مغناطیسی

بدین منظور، باید نقشه را در یک مکان مسطح گذاشته و پس از باز کردن کاور قطب‌نما، لبه خط‌کش قطب‌نما را مماس با خط شمال مغناطیسی که در نمودار شمال‌ها قرار دارد قرار داد. سپس نقشه باید بدون

اینکه قطب‌نما از مکان خود خارج شود، آنقدر چرخانده شود که پیکان عقربه مغناطیسی، در مقابل خط شاخص قرار گیرد. بدین ترتیب نقشه توجیه خواهد شد.



شکل ۶-۲: توجیه نقشه با استفاده از نمودار شمال‌ها و شمال مغناطیسی

۶-۳ تعیین موقعیت بر روی نقشه (Resection)

اولین قدم در تعیین موقعیت بر روی نقشه، توجیه کردن نقشه با یکی از روش‌های گفته شده است. توصیه می‌شود برای تعیین موقعیت دقیق‌تر و راحت‌تر، پس از توجیه کردن نقشه، موقعیت فرد و نقشه طوری تنظیم شود که نقشه بین فرد و عارضه مورد نظر در طبیعت قرار بگیرد. بدین ترتیب، فرد لزوما در سمت پایین نقشه قرار نخواهد گرفت و ممکن است در سمت‌های دیگر نقشه قرار بگیرد. دو روش کلی در تعیین موقعیت مورد استفاده قرار می‌گیرد: تعیین موقعیت با نقشه و قطب‌نما، و تعیین موقعیت با نقشه و خط‌کش.

۶-۳-۱ تعیین موقعیت با نقشه و قطب‌نما

۶-۳-۱-۱ تلاقی دو گرا

برای تعیین موقعیت با این روش به دو نقطه احتیاج است که موقعیت آنها، هم بر روی نقشه معلوم باشد و هم در طبیعت. بدین منظور باید گرای یکی از نقاط را در طبیعت گرفته و پس از تبدیل آن به گرای شبکه، از نقطه متناظر بر روی نقشه، خطی با همین گرا (گرای شبکه) رسم شود. اگر قطب‌نمای مورد استفاده از نوع نظامی باشد، برای رسم این خط باید گوشه بالا سمت چپ قطب‌نما را بر روی نقطه مزبور گذاشته و قطب‌نما آنقدر چرخانده شود تا گرای مورد نظر زیر خط شاخص قرار بگیرد. ولی اگر قطب‌نما از نوع شیشه‌ای باشد، باید یکی از گوشه‌های بالای قطب‌نما را بر روی نقطه قرار داده و قطب‌نما آنقدر چرخانده شود تا گرای

مورد نظر زیر خط شاخص قرار بگیرد. همین کار را می‌توان برای نقطه دوم نیز انجام داد. محل تقاطع این دو خط، موقعیت کنونی فرد بر روی نقشه خواهد بود (شکل ۶-۳).

شکل ۶-۳: تعیین موقعیت بر روی نقشه به روش تلاقی دو گرا

۶-۳-۱-۲ تلاقی سه گرا

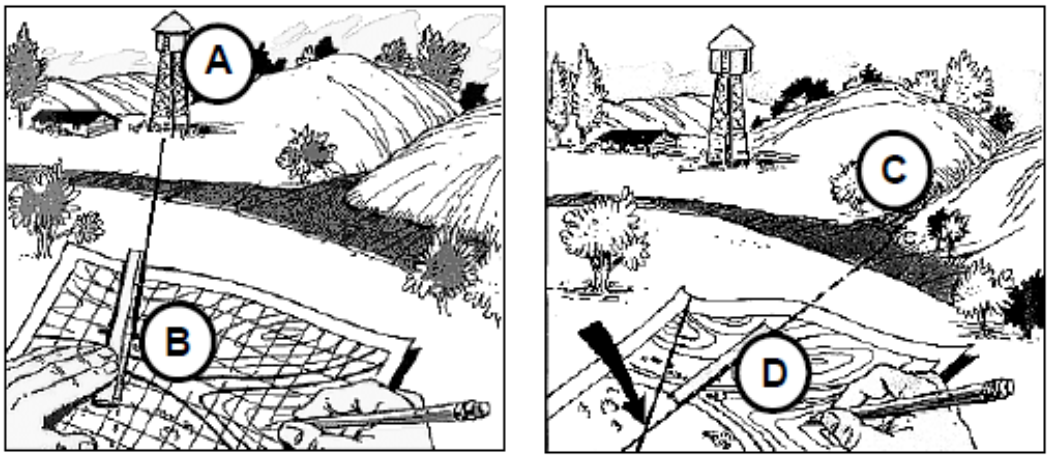
اگر روش قبل با نقطه سومی انجام داده شود، از تقاطع سه خط، مثلثی پدید می‌آید که به آن کلاهک خطا می‌گویند. هرچه این مثلث کوچکتر باشد، دقت کار در تعیین موقعیت بیشتر خواهد بود. در صورتی که اندازه مثلث زیاد بزرگ نباشد (خطای کار زیاد نباشد)، می‌توان مرکز مثلث را به عنوان موقعیت کنونی بر روی نقشه در نظر گرفت (شکل ۶-۴).

نکته: برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد سایر روش‌های تعیین موقعیت بر روی نقشه شامل روش تلاقی یک گرا و یک عارضه خطی و روش یک گرا و تخمین مسافت، به بخش ۵ در قسمت دوم جزوه (اطلاعاتی برای مطالعه) مراجعه کنید.

شکل ۶-۴: تعیین موقعیت بر روی نقشه به روش تلاقی سه گرا

۶-۳-۲ تعیین موقعیت با نقشه و خط‌کش

از این روش در صورتی استفاده می‌شود که قطب‌نما در دسترس نباشد. در این روش نیز مانند روش‌های قبلی به دو یا سه عارضه نیاز است که موقعیت آنها هم در طبیعت و هم بر روی نقشه قابل مشاهده باشد. بدین منظور ابتدا باید نقشه را با یکی از روش‌های گفته شده توجیه کرده و سپس لبه ابتدای خط‌کش را روی یکی از عارضه‌ها بر روی نقشه قرار داده و آنقدر خط‌کش حول این عارضه جابجا شود تا نقطه مزبور در طبیعت در امتداد لبه خط‌کش قرار بگیرد. حال باید یک خط با مداد در امتداد لبه خط‌کش بر روی نقشه کشیده شود. سپس همین مراحل باید برای نقاط دوم و سوم تکرار شود. محل برخورد خطوط، موقعیت کنونی را بر روی نقشه نشان می‌دهد.



شکل ۶-۵: تعیین موقعیت با نقشه و خط‌کش

۶-۴ عبور از موانع

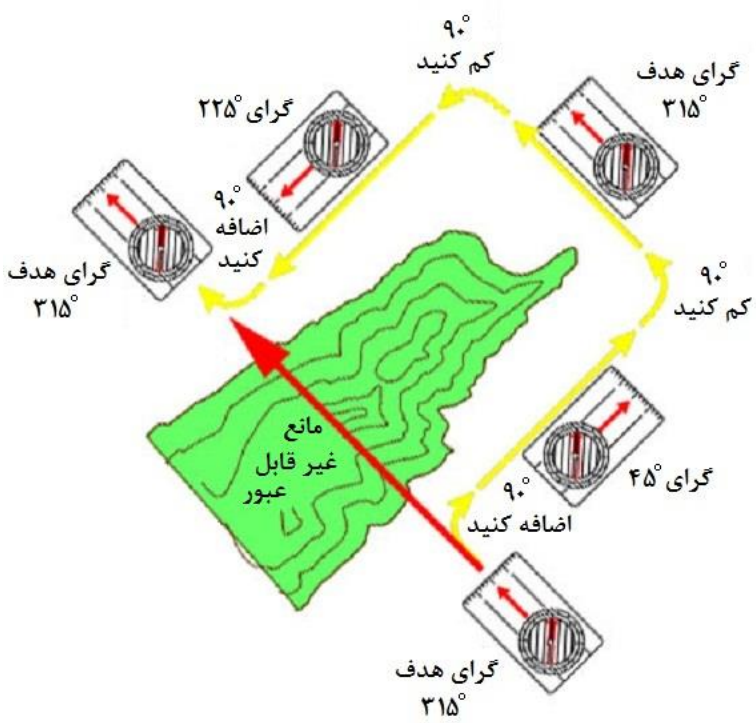
ممکن است فرد در طی مسیر برای رسیدن به هدف، به مانع بزرگی برسد که مجبور به دور زدن آن باشد. اگر مانعی مانند دریاچه در پیش روی وی بوده و آن سوی آن قابل مشاهده باشد، کافیست یک نقطه شاخص را در امتداد گرای خود در آن‌سوی دریاچه در نظر گرفته و پس از دور زدن دریاچه، ادامه مسیر خود را از نقطه مزبور شروع کند.

نکته: می‌توان از یکی از اعضای گروه به عنوان نقطه شاخص در آن سوی مانع استفاده کرد.

اما اگر آن‌سوی مانع قابل مشاهده نباشد، می‌توان از روش زیر برای عبور از مانع استفاده کرد:

ابتدا باید با یک گرای دلخواه که بتوان با آن از طول مانع عبور کرد، از طول مانع را عبور کرد. سپس باید با گرای اصلی حرکت کرد تا از عرض مانع نیز عبور شود. پس از عبور از عرض مانع، باید دوباره طول مانع را در جهت عکس (با گرای معکوس گرای دلخواه) طی کرد. بدین ترتیب فرد می‌تواند از مانع عبور کرده و در راستای گرای اصلی قرار بگیرد.

نکته: هر مسافتی که با گرای دلخواه در عبور از طول مانع طی شد (مثلا با قدم شمار)، همان مسافت نیز باید در عبور دوباره از طول مانع (با گرای معکوس گرای دلخواه) طی شود تا فرد دوباره دقیقا در راستای گرای اصلی قرار بگیرد. لازم به ذکر است که این تعداد قدم‌ها در سنجش مسافت تا هدف اثری ندارد. اما مسافت طی شده در عبور از عرض هدف، حتما باید در سنجش مسافت تا هدف، مد نظر قرار بگیرد.



شکل ۶-۶: عبور از مانعی که سمت دیگر آن قابل مشاهده نیست

برای توضیح این روش از یک مثال عملی استفاده می‌کنیم. فرض کنید گرای هدف 315° بوده و مانع از سمت راست قابل عبور باشد. بنابراین برای عبور از مانع به ترتیب زیر عمل کنید:

۱- 90° به گرای هدف اضافه کرده و با گرای جدید آنقدر به سمت راست حرکت کنید تا از طول مانع عبور کنید. $315^\circ + 90^\circ = 405^\circ \quad \rightarrow \quad 405^\circ - 360^\circ = 45^\circ$

۲- در طی حرکت در طول مانع، مسافت طی شده را با روشی مانند قدم شمار اندازه بگیرید (مثلا ۱۰۰ متر).

۳- پس از عبور از طول مانع، دوباره با گرای اولیه حرکت کنید تا از عرض مانع هم عبور کنید.

$45^\circ - 90^\circ = -45^\circ \quad \rightarrow \quad -45^\circ + 360^\circ = 315^\circ$

۴- سپس 90° از گرای هدف کم کرده و با این گرا و مسافتی که در مرحله اول اندازه گرفتید (۱۰۰ متر) آنقدر حرکت کنید تا دور زدن مانع تکمیل شود. $315^\circ - 90^\circ = 225^\circ$

۵- با اضافه کردن 90° به گرای کنونی دوباره گرای اولیه که همان 315° است به دست می‌آید. بدین ترتیب دوباره در راستای اولیه به سمت هدف قرار خواهید گرفت.

نکته: تخمین مسافت در عبور از طول مانع (مراحل ۱ و ۴)، فقط برای عبور از مانع مهم بوده و اثری در اندازه‌گیری مسافت بین نقاط شروع و هدف ندارد. اندازه‌گیری مسافت طی شده در عبور از عرض مانع (مرحله ۳) است که برای اندازه‌گیری مسافت مستقیم بین نقاط شروع و هدف ضروری می‌باشد.

نکته: اگر مانع از سمت چپ قابل عبور بود، کافیست در انجام مراحل فوق، جای "کم کنید" و "اضافه کنید" را عوض کنید! تا بتوانید از سمت چپ مانع عور کنید.

۶-۶ باقی ماندن در راستای صحیح

شکل ۶-۷: باقی ماندن در راستای صحیح

در صورتی که فرد، مسیر خود را فقط با اتکا بر قطب‌نما طی کند، بدون اینکه از نقاط کمکی در مسیر استفاده کند، بعد از مدتی متوجه می‌شود که از راستای اصلی منحرف شده است. به این انحراف و خطای حاصل از آن اصطلاحا "خطای تعقیب قطب‌نما" (یا Compass Following) گفته می‌شود. در مسیرهای کوتاه ممکن است این خطا زیاد چشمگیر نباشد، اما در مسیرهای طولانی، قطعا این خطا، چشمگیر و قابل توجه خواهد بود. برای جلوگیری از این خطا، راه‌های زیر توصیه می‌شود:

۱- در راستای بین نقطه شروع و نقطه هدف، نقاطی به عنوان نقاط کمکی در نظر گرفته شود. در صورتی که این نقاط کمکی، نقاطی بزرگ و شاخص بوده و دقیقا در راستای مسیر قرار داشته باشند، ناوبری به سمت هدف، دقیق‌تر خواهد بود. به منظور ناوبری به سمت هدف ابتدا باید به سمت نقطه کمکی اول، سپس به سمت نقطه کمکی دوم و به همین ترتیب تا هدف ناوبری کرد.

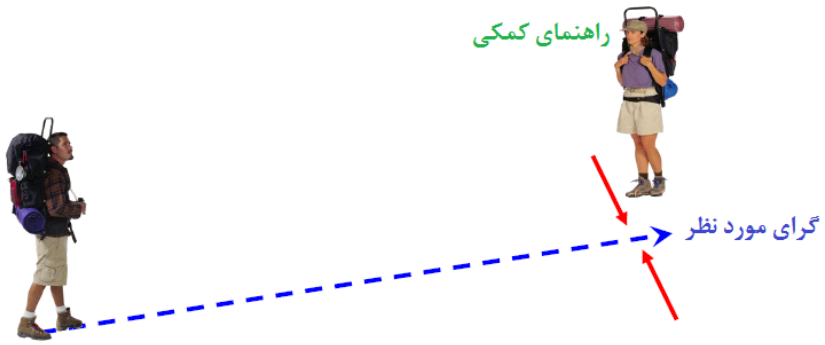
۲- گرا را باید هر چند وقت یک بار چک کرد و مطمئن شد که حرکت در راستای صحیح صورت می‌گیرد.

۳- هر از گاهی باید میزان پیشرفت خود به سمت هدف را با استفاده از نقشه بررسی کرد.

شکل ۶-۸: خطای تعقیب قطب‌نما

نکته ۱: در صورتی که نقاط کمکی شاخصی در مسیر وجود نداشته باشد و یا در شرایطی که دید کافی نسبت به محیط وجود نداشته باشد، می‌توان از یکی از اعضای گروه خواست که به عنوان راهنمای کمکی، مسافتی را در راستای مسیر به سمت جلو حرکت کرده و با فرمان راهنمای اصلی، در همان مکانی که قرار دارد، آنقدر به چپ و راست حرکت کند تا در در راستای صحیح مسیر قرار بگیرد. سپس راهنمای اصلی

می‌تواند به همراه سایر اعضای گروه به سمت او حرکت کند. این کار باید آنقدر ادامه داده شود تا گروه به هدف برسد.



شکل ۶-۹: باقی ماندن بر روی مسیر با کمک راهنمای کمکی

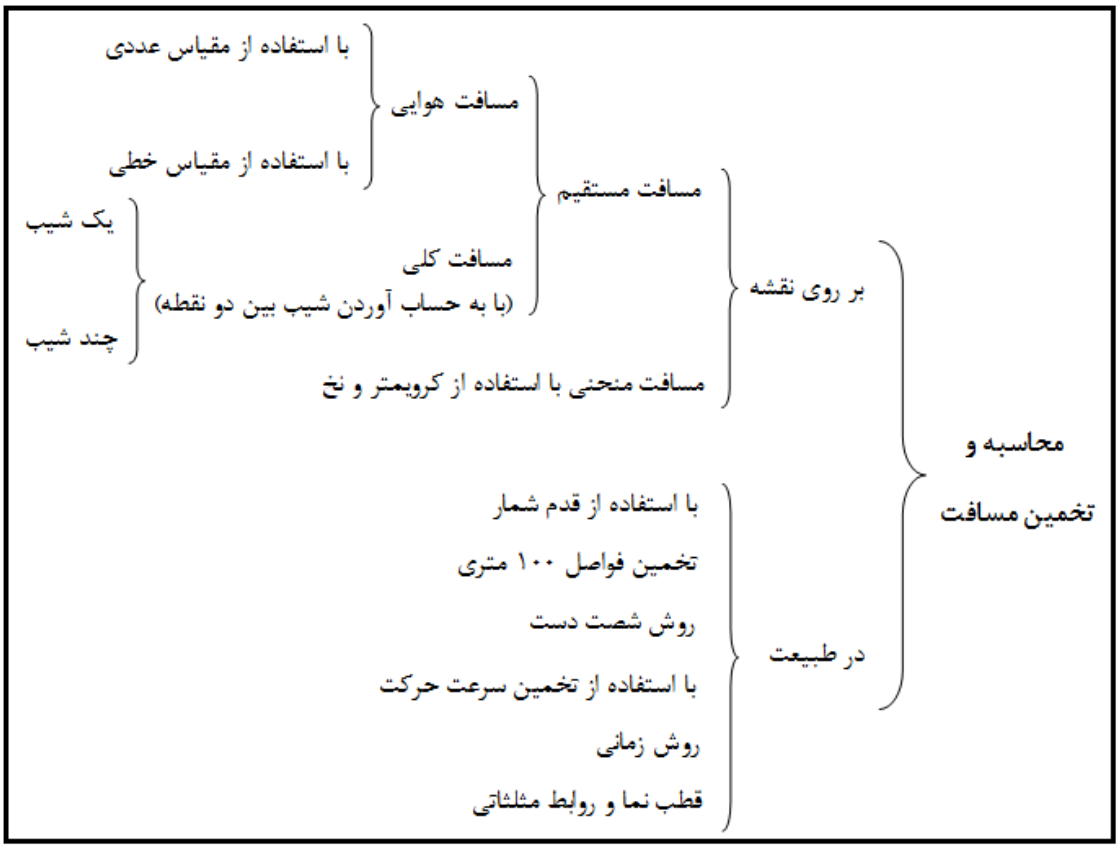
شکل ۶-۱۰: باقی ماندن بر روی مسیر با کمک انگشت دست

نکته ۲: در صورتی که فرد از راستای صحیح مسیر خارج شود و یا مسیر خود را گم کند، بهترین و ساده‌ترین کار این است که به آخرین نقطه معلوم در مسیر مراجعت کرده و دوباره مسیر خود را از آنجا به سمت هدف ادامه دهد. در غیر اینصورت می‌تواند با استفاده از نقشه و تعیین موقعیت خود بر روی آن، گرای جدیدی را به سمت هدف به دست آورده و به سمت آن حرکت کند.

فصل هفتم

((محاسبه و تخمین مسافت))

مسافت بین دو نقطه بر روی نقشه، با روش محاسبه، و مسافت بین دو نقطه در طبیعت، با روش تخمین به دست می‌آید. در مورد روش‌های محاسبه مسافت بر روی نقشه، در بخش ۲-۲ صحبت شد.



نمودار ۷-۱: نمودار روش‌های مختلف محاسبه و تخمین مسافت

۷-۱ تخمین مسافت در طبیعت

تخمین مسافت در طبیعت در دو حالت انجام می‌شود: تخمین مسافت پیموده شده و تخمین مسافت در پیش رو. بدین منظور روش‌های مختلف و متنوعی وجود دارد که هر کدام به طور جداگانه توضیح داده می‌شود. آنچه در تخمین مسافت بسیار مهم می‌باشد، تمرین و تکرار فراوان است. زیرا همه روش‌هایی که در

ادامه توضیح داده می‌شود، همگی حدودی بوده و امکان به وجود آمدن خطا در آنها بسیار زیاد است و فقط تمرین و کسب تجربه می‌تواند باعث کاهش خطا و افزایش دقت تخمین‌ها شود.

۷-۱-۱ تخمین مسافت با روش قدم شمار

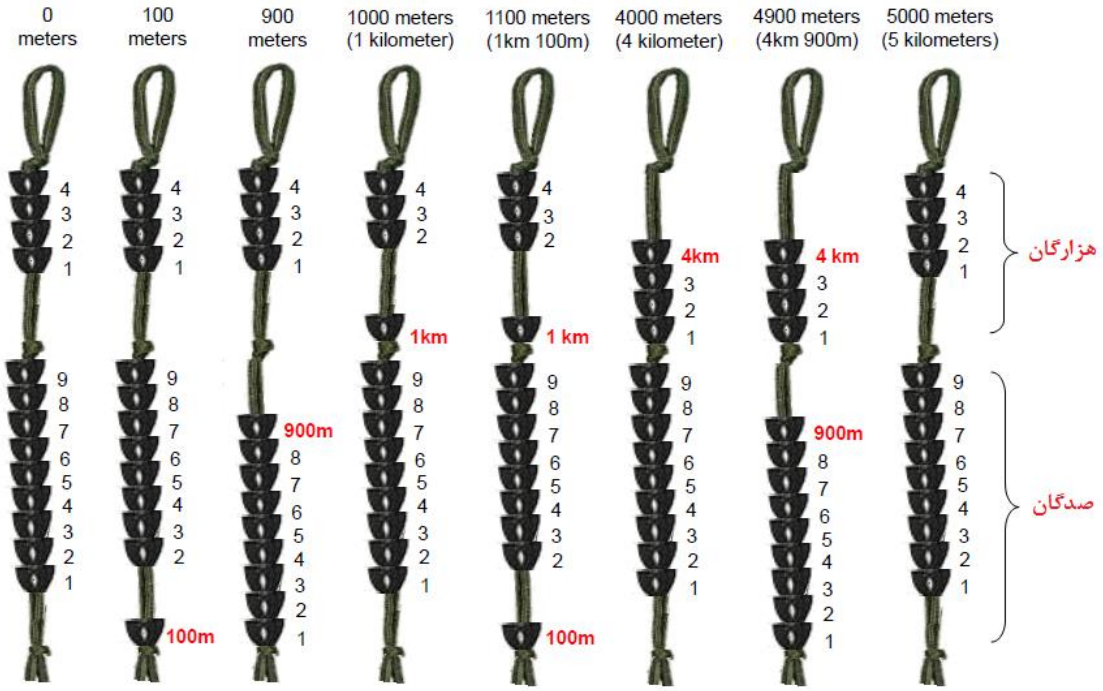
این روش یکی از قدیمی‌ترین و متداول‌ترین روش‌ها در تخمین مسافت است که در تاریکی، در هوای نامناسب و در جنگل، یکی از بهترین روش‌ها می‌باشد. تخمین مسافت با استفاده از این روش بستگی به طول گام‌ها دارد. طول گام‌ها نیز به نوبه خود بستگی به عوامل مختلفی از قبیل: قد نفر، شیب مسیر، عوارض زمین و غیره دارد. در جدول ۷-۱ تعداد متوسط قدم‌های مورد نیاز برای پیمودن ۱۰۰ متر مسافت در شرایط مختلف آورده شده است. برای افزایش دقت در تخمین، بهتر است هر فرد تعداد قدم‌های مورد نیاز خود برای پیمایش ۱۰۰ متر در شرایط مختلف را یادداشت نموده و جدولی مانند زیر را برای خود به همراه داشته باشد.

جدول ۷-۱: تعداد قدم در ۱۰۰ متر در شرایط مختلف

نوع زمین	زمین هموار	زمین ناهموار	سربالایی کوه	سرپایینی کوه	سطح برف	شن زار	چمن زار	جنگل
تعداد قدم در ۱۰۰ متر	۱۳۰	۱۵۰	۱۹۰	۱۸۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۳۰	۲۵۰

برای ثبت تعداد قدم‌ها از وسایل مختلفی مانند قدم شمار یا صلوات شمار می‌توان استفاده کرد. قدم شمارهای دیجیتالی معمولا بر روی کمربند بسته شده و با هر گامی که برمی‌دارید به طور خودکار قدم‌های شما را شمارش می‌کنند. لازم به ذکر است بیشتر گوشی‌های تلفن هوشمند، امکانات قدم شمار و یا امکان نصب نرم افزار قدم شمار را در داخل خود دارند.

قدم شمار دستی که خود فرد نیز می‌تواند نمونه آن را درست کند، دارای دو قسمت صدگان و هزارگان است. نحوه قدم شماری با آن بدین شکل است که پس از طی هر ۱۰۰ متر از مسیر یکی از دانه‌های صدگان را حرکت داده و در پایان نهمین دانه (یعنی پس از پیمودن ۱۰۰۰ متر)، یکی از دانه‌های هزارگان را حرکت دهد. با استفاده از قدم شماری که در شکل زیر نشان داده شده، می‌توان مسافت‌های تا ۵۰۰۰ متر را شمارش و پیمایش کرد.



شکل ۷-۱: قدم شمار دستی

۷-۱-۲ تخمین مسافت با استفاده از شست دست

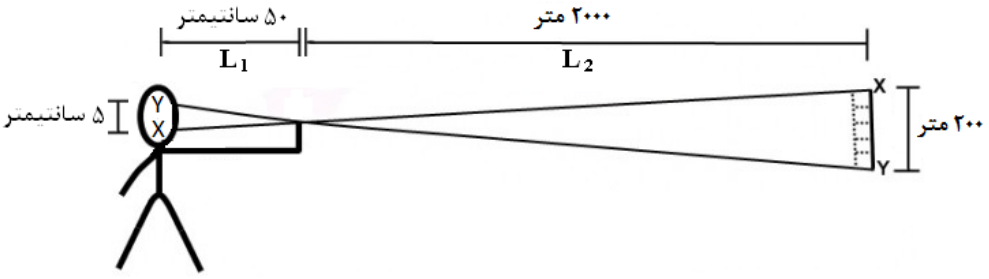
الف) در این روش فرد باید دست خود را به حالت کشیده در مقابل صورت خود قرار داده و با یکی از چشمان، از سر انگشت شست به سمت هدف نشانه برود.

ب) بدون جابجا کردن سر و دست، چشم باز را بسته و با چشم دیگر، دوباره از سر انگشت شست به سمت هدف نشانه برود. در این حالت او می‌بیند که انگشت وی در مکان دیگری دیده می‌شود.

ج) فرد باید میزان جابجایی انگشت خود را در محدوده هدف تخمین بزند.

د) با ضرب کردن این مقدار در عدد ۱۰، فاصله تقریبی تا هدف به دست می‌آید.

نکته: اگر در نزدیکی هدف، ساختمان یا وسیله‌ای وجود داشته باشد که بتوان میزان جابجایی انگشت را با ابعاد آن مقایسه کرد، تخمین دقیق‌تر خواهد بود.



شکل ۷-۲: تخمین مسافت با استفاده از شست دست

در تخمین مسافت با استفاده از روش شست دست، از دو قانون ساده استفاده می‌شود:

الف) نسبت فاصله دو چشم به فاصله چشم‌ها تا انگشت شست (این نسبت معمولا ۱ به ۱۰ است).

ب) تساوی نسبت اضلاع در مثلث‌های متشابه ($\frac{L_1}{L_2} = \frac{YX}{XY}$).

نکته: برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد سایر روش‌های تخمین مسافت، به بخش ۷ در قسمت دوم جزوه (اطلاعاتی برای مطالعه) مراجعه کنید.

فصل هشتم

((ترسیم کروکی))

موارد کلی که در کار با نقشه و قطب‌نما در این جزوه بیان گردیده است، عبارتند از:

- گرفتن گرای یک نقطه در طبیعت با استفاده از قطب‌نما
- تعیین یا ترسیم گرای یک نقطه یا یک راستا بر روی نقشه با استفاده از نقاله یا قطب‌نما
- محاسبه مسافت بر روی نقشه
- تخمین مسافت در طبیعت
- تعیین موقعیت بر روی نقشه
- تعیین موقعیت در طبیعت
- ناوبری به سمت یک هدف در طبیعت

در این قسمت، هدف آن است تا مطالبی که تا کنون آموخته شده است، به صورت عملی به کار گرفته شود.

۸-۱ ترسیم کروکی

برای ترسیم کروکی یک منطقه یا یک مسیر بر روی یک برگه سفید باید به ترتیب زیر عمل شود:

۱- یک نقطه از کاغذ به عنوان موقعیت کنونی انتخاب شود. بهتر است این نقطه در مرکز یا نزدیک به مرکز کاغذ باشد.

۲- یک مقیاس برای کروکی انتخاب شود. بدین منظور می‌توان عرض کاغذ را به عرض منطقه مورد نظر تقسیم کرده و نزدیکترین عدد روند را به عنوان مقیاس کروکی انتخاب کرد. مقیاس به دست آمده می‌تواند در یکی از گوشه‌های برگه کروکی نوشته شود.

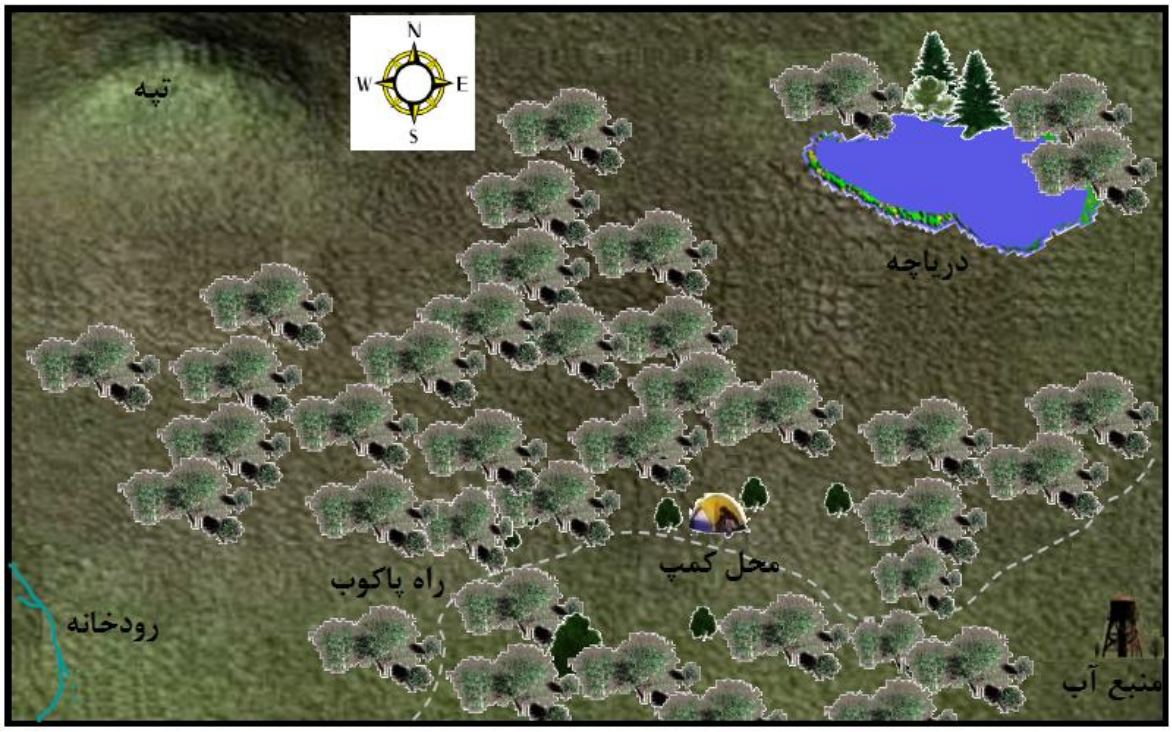
۳- باید گرای نقاط شاخص در منطقه را با استفاده از قطب‌نما اندازه گرفته و یادداشت کرد.

۴- از موقعیت کنونی بر روی کاغذ، باید خطوط نازکی را با گراهای ثبت شده رسم کرده و امتداد داد. برای سهولت کار می‌توان، شمال مغناطیسی را به عنوان شمال مبنا در نظر گرفت. می‌توان نمودار شمال را با توجه به جهت ترسیم کروکی، در یکی از گوشه‌های کروکی رسم کرد.

۵- فاصله هر کدام از نقاط شاخص را باید از موقعیت کنونی تخمین زده و در مقیاس نقشه ضرب کرد تا فاصله بر روی کروکی به دست آید. سپس باید فاصله مربوط به هر عارضه، بر روی خطوط مربوطه علامت زده شود.

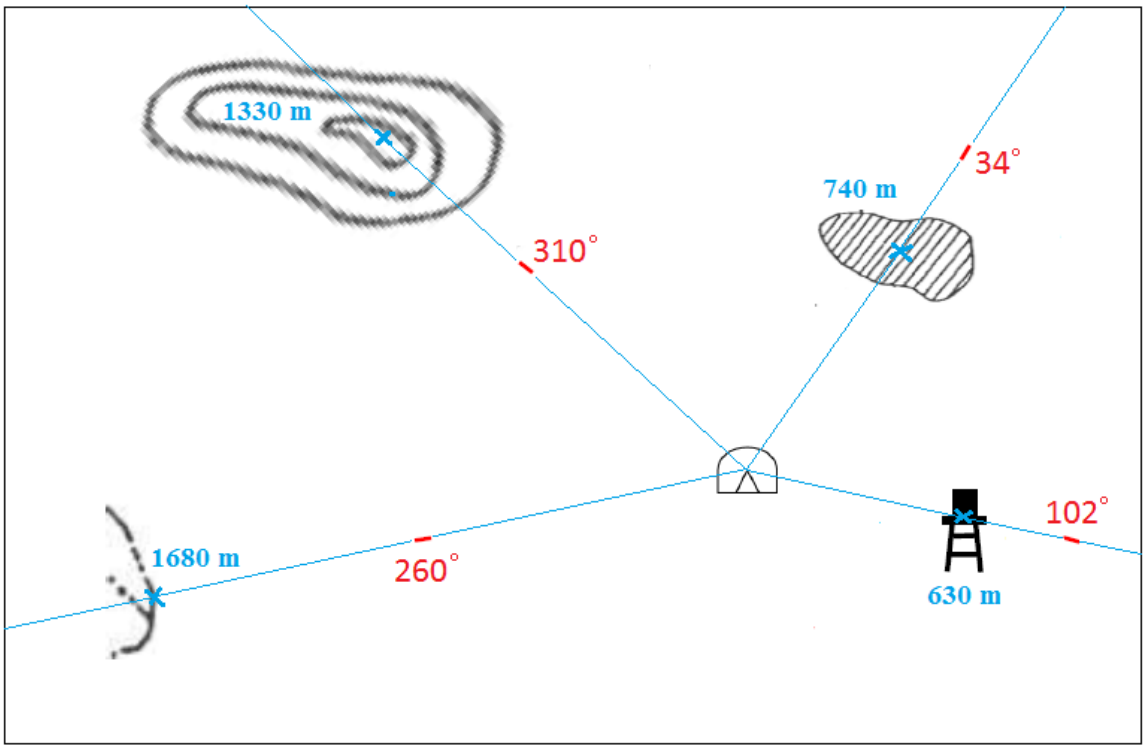
۶- باید بر روی محل‌های تعیین شده (پس از پاک کردن خطوط اضافی)، شکل مناسبی را که متناظر با شکل حقیقی عارضه باشد، رسم کرد. مثلا می‌توان برای کوه و تپه، از خطوط منحنی میزان، و برای دریاچه، از یک شکل هاشور خورده استفاده کرد.

۷- در مرحله آخر می‌توان عوارض دیگری را (مانند درختان و غیره) به کروکی اضافه کرد. بهتر است نام منطقه مورد نظر نیز در یکی از گوشه‌های بالایی کروکی نوشته شود.

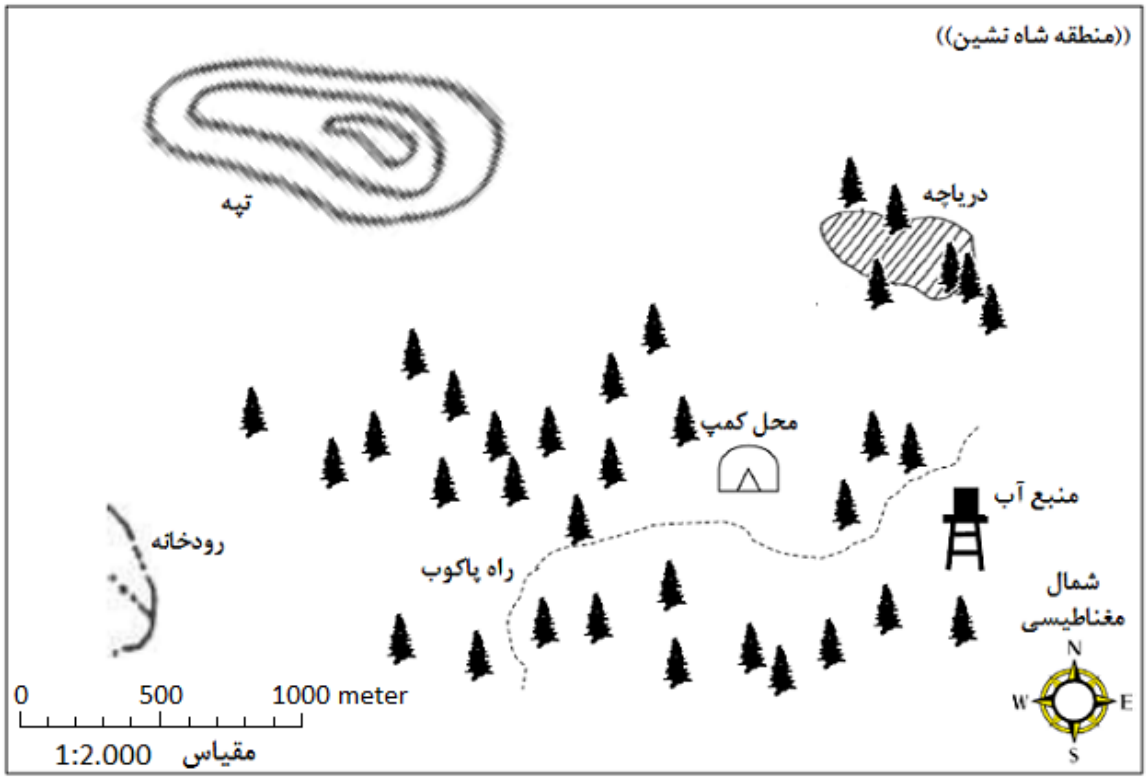


شکل ۸-۱: تصویر یک منطقه برای ترسیم کروکی

نکته: اصول ترسیم کروکی مسیر با استفاده از گرا و تخمین مسافت، مشابه اصول ترسیم کروکی منطقه می‌باشد. این اصول توسط مدرس دوره برای فراگیران توضیح داده می‌شود.



شکل ۸-۲: مراحل ترسیم کروکی منطقه شکل ۸-۱



شکل ۸-۳: تکمیل ترسیم کروکی منطقه شکل ۸-۱

بخش دوم

((اطلاعاتی برای مطالعه))

۱- نیمرخ (پروفیل)[۳۰]

به فصل مشترک یک صفحه قائم فرضی با عوارض سطح زمین، نیمرخ یا پروفیل گفته می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت نقشه توپوگرافی، نمای سطح زمین از بالا و پروفیل، نمای سطح زمین از بغل می‌باشد. از پروفیل برای موارد گوناگونی استفاده می‌شود. از قبیل: بررسی شکل زمین، بررسی تغییرات و حرکات پوسته زمین، برنامه‌ریزی‌های عمرانی مانند عملیات تسطیح زمین و ...

برای ترسیم پروفیل از روی نقشه توپوگرافی، باید به ترتیب زیر عمل کرد:

۱- نقاط ابتدا و انتهای امتدادی که قرار است پروفیل آن رسم شود، باید مشخص شود (به این امتداد، خط پروفیل یا خط نیمرخ گفته می‌شود).

۲- سپس باید تعدادی خطوط موازی، با فواصل مساوی، بر روی یک کاغذ سفید رسم شود. تعداد این خطوط باید برابر باشد با: اختلاف ارتفاع بلندترین و پست‌ترین خطوط منحنی میزان واقع بر روی خط پروفیل، تقسیم بر اختلاف ارتفاع خطوط منحنی میزان، به علاوه ۱. به عنوان مثال اختلاف ارتفاع بلندترین و پست‌ترین خطوط منحنی میزان در شکل ۱ برابر با ۶۰ متر و اختلاف ارتفاع خطوط منحنی میزان در آن ۲۰ متر می‌باشد. بنابراین تعداد خطوط افقی در پروفیل باید ۴ عدد باشد ((60/20)+1=4).

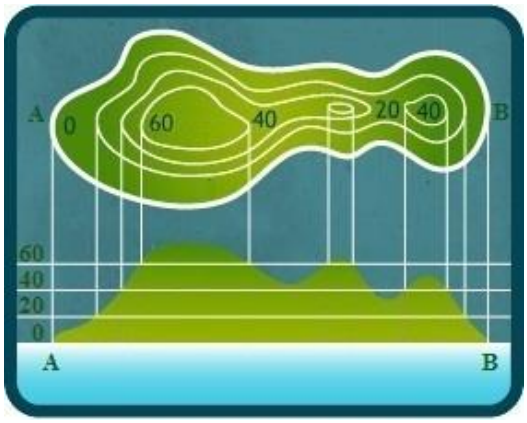
فاصله این خطوط باید برابر باشد با: مقیاس نقشه ضرب در اختلاف ارتفاع خطوط منحنی میزان ضرب در عددی بین ۳ تا ۵. به عنوان مثال اگر مقیاس نقشه در شکل زیر ۱:۲۵۰۰۰ باشد، فاصله خطوط برابر خواهد بود با: $(\frac{1}{25000} \times 20m \times 5 = 0.4cm)$.

۳- در این مرحله باید لبه بالایی کاغذ را موازی با خط پروفیل بر روی نقشه قرار داده و از هر یک از نقاطی که از برخورد لبه کاغذ با خطوط منحنی میزان به دست آمده، خط عمودی بر خط هم‌ارتفاع مربوطه رسم شود.

[30] Profile

۴- ارتفاع عوارضی که در محل برخورد لبه کاغذ قرار داشته اما خط منحنی میزانی در این محل ندارند (مانند گردنه‌ها و قله‌ها در شکل زیر) باید به یکی از روش‌هایی که در بخش قبل گفته شد، محاسبه شده و موقعیت آنها با توجه به مطالب فوق، بر روی کاغذ مشخص شود.

۵- نقاطی که از برخورد خطوط عمودی و افقی بر روی کاغذ ایجاد شده‌اند (و همچنین نقاط احتمالی‌ای که با توجه به بند ۴ بر روی کاغذ مشخص شده‌اند)، باید به یکدیگر وصل شوند تا پروفیل امتداد مزبور به دست آید.



شکل۱: چگونگی ترسیم پروفیل

نکته ۱: برای ترسیم پروفیل با دقت بالا باید در اجرای بند ۳، هم از خطوط منحنی میزان اصلی استفاده شود و هم از خطوط منحنی میزان فرعی. برای ترسیم پروفیل با دقت معمول، استفاده از خطوط منحنی میزان اصلی کافیست.

نکته ۲: پروفیل دارای دو مقیاس است: مقیاس افقی (که همان مقیاس نقشه است) و مقیاس عمودی (به توضیحات بند ۲ توجه کنید). به دلیل این که ناهمواری‌های زمین در مقایسه با ابعاد افقی زمین بسیار کوچک هستند[۳۱]، لذا برای بهتر دیده شدن ناهمواری‌ها، مقیاس عمودی معمولا ۳ تا ۵ برابر بزرگتر از مقیاس افقی انتخاب می‌شود.

۲- نحوه اندازه‌گیری یک گرا بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای نظامی

از آنجایی‌که صفحه مدرج این نوع از قطب‌نما متصل به عقربه مغناطیسی بوده و همزمان با چرخش عقربه، صفحه مدرج نیز چرخش دارد، لذا عدد خوانده شده در زیر خط شاخص، بستگی به جهت قرارگیری قطب‌نما

[۳۱] محیط کره زمین در حدود ۴۰۰۷۵ کیلومتر است. در حالی که اختلاف ارتفاع بین بلندترین نقطه زمین (قله اورست با ارتفاع ۸۸۴۸ متر) و عمیق ترین نقطه زمین (گودال ماریانا با عمق تقریبی ۱۱۰۳۴ متر در اقیانوس آرام) حدود ۲۰ کیلومتر می‌باشد. بنابراین بیشترین اختلاف ارتفاع در سطح زمین، حدود ۲۰۰۰ برابر کوچکتر از محیط کره زمین است.

دارد. بنابراین برای اندازه‌گیری یک گرا بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای نظامی، نقشه حتما باید توجیه[۳۲] شده باشد. پس از توجیه کردن نقشه با روش‌هایی که در بخش ۶-۲ گفته شده است، گوشه پایین سمت چپ قطب‌نما طوری باید بر روی نقطه شروع قرار داده شود که لبه خط‌کش قطب‌نما بر روی راستای مورد نظر قرار گیرد. حال عدد قرائت شده در مقابل خط شاخص، گرای مغناطیسی راستای مورد نظر خواهد بود. با استفاده از زاویه شبکه مغناطیس می‌توان گرای مغناطیسی فوق را به گرای شبکه تبدیل کرد.

شکل ۲: اندازه‌گیری گرا بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای نظامی

۳- نحوه رسم یک امتداد با گرای معلوم بر روی نقشه، با استفاده از قطب‌نمای نظامی

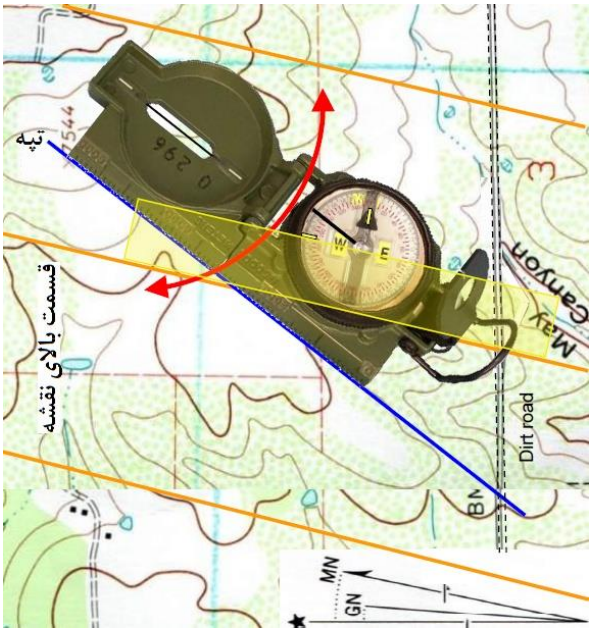
برای رسم یک امتداد از نقطه شروع بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای نظامی باید گوشه پایین سمت چپ قطب‌نما بر روی نقطه شروع قرار گرفته و قطب‌نما حول این نقطه آنقدر چرخانده شود تا گرای مغناطیسی امتداد مورد نظر، در زیر خط شاخص ثابت قرار گیرد.

برای رسم یک امتداد از نقطه هدف بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای نظامی باید گوشه بالا سمت چپ قطب‌نما بر روی نقطه هدف قرار گرفته و قطب‌نما حول این نقطه آنقدر چرخانده شود تا گرای مغناطیسی امتداد مورد نظر، در زیر خط شاخص ثابت قرار گیرد. در این حالت، لبه خط‌کش قطب‌نما نشان دهنده راستای مزبور بر روی نقشه می‌باشد. لازم به ذکر است که چون قطب‌نما از نوع نظامی است بنابراین برای انجام این کار، نقشه حتما باید توجیه شده باشد.

نکته ۱: مراحل فوق را می‌توان بدون توجیه بودن نقشه نیز انجام داد. اما این روش دارای دقت روش فوق نخواهد بود. بدین ترتیب که پس از نشانه روی قطب‌نما به سمت هدف و قرارگیری گرای مورد نظر در مقابل تار مویی، صفحه گردان بِزِل آنقدر چرخانده شود تا خط فسفری در مقابل پیکان تیغه مغناطیسی قرار بگیرد. حال در صورتی که گوشه بالا سمت چپ قطب‌نما بر روی نقطه هدف (یا گوشه پایین سمت چپ قطب‌نما بر

[۳۲] به همراستا کردن جهات بر روی نقشه با جهات مربوطه در طبیعت، توجیه نقشه (Orientation) گفته می‌شود.

روی نقطه شروع) قرار داده شده و حول نقطه چرخانده شود تا خط فسفری بِزِل (یا خط ثابت مشکی) در راستای خطوط شمال مغناطیسی قرار بگیرد، در این حالت لبه خط‌کش قطب‌نما، راستای مزبور را بر روی نقشه نشان خواهد داد.



شکل ۳: رسم یک امتداد با گرای معلوم با استفاده از قطب‌نمای نظامی

نکته ۲: برای رسم یک امتداد از یک نقطه بر روی نقشه با استفاده از قطب‌نمای شیشه‌ای ابتدا باید صفحه گردان قطب‌نما آنقدر چرخانده شود تا گرای مورد نظر در مقابل خط شاخص قرار گیرد. سپس یکی از گوشه‌های پایینی قطب‌نما بر روی نقطه شروع (یا یکی از گوشه‌های بالایی قطب‌نما بر روی نقطه هدف) قرار داده شده و قطب‌نما حول این نقطه آنقدر چرخانده شود تا قسمت قرمز رنگ عقربه مغناطیسی بر روی قسمت قرمز رنگ پیکان راهنما قرار گیرد. حال، لبه خط‌کش قطب‌نما نشان دهنده راستای مزبور بر روی نقشه می‌باشد. لازم به ذکر است که برای انجام این کار، نقشه حتما باید توجیه شده باشد.

۴- کار با قطب‌نمای نظامی در شب

از آنجایی‌که خواندن اعداد مندرج بر روی صفحه مدرج قطب‌نما در شرایط تاریکی امکان‌پذیر نیست، لذا از صدای کلیک صفحه گردان بِزِل و از خطوط فسفری روی این صفحه برای گراگیری و گرادهی در شب استفاده می‌شود. قسمت بیرونی صفحه بِزِل به صورت دندانه دندانه ساخته شده، به طوری که تعداد این دندانه‌ها ۱۲۰ عدد بوده و فاصله هر کدام از آنها از یکدیگر ۳ درجه می‌باشد. به طوری که با چرخاندن یک دور کامل (۳۶۰ درجه) صفحه بزل، ۱۲۰ بار کلیک این دندانه‌ها احساس خواهد شد.

نکته ۱: برای کار با قطب‌نمای نظامی در شب، بهتر است کاور قطب‌نما با زاویه‌ای بیشتر از ۹۰ درجه باز باشد.

نکته ۲: برای کار با قطب‌نمای نظامی در شب، قبل از هر کاری، باید با چرخاندن صفحه بزل، خط فسفری روی آن در مقابل نقاط فسفری روی کاور قطب‌نما قرار بگیرد.

۴-الف) نحوه گرادهی به قطب‌نمای نظامی در شب

بدین منظور ابتدا باید گرای مورد نظر بر عدد ۳ تقسیم شود تا تعداد کلیک‌های صفحه بِزِل به دست آید. اگر گرای مورد نظر بر عدد ۳ تقسیم پذیر نباشد، دو حالت اتفاق می‌افتد:

الف) باقیمانده تقسیم، عدد ۱ است. در این حالت، باید خارج قسمت تقسیم را به عنوان تعداد کلیک‌های صفحه بِزِل در نظر گرفت. به عنوان مثال اگر گرای مورد نظر عدد ۳۱ باشد، با تقسیم این عدد بر عدد ۳، باقیمانده عدد ۱ و خارج قسمت، عدد ۱۰ خواهد بود که باید همان عدد ۱۰ را به عنوان تعداد کلیک‌ها در نظر گرفت.

ب) باقیمانده عدد ۲ است. در این حالت، باید خارج قسمت تقسیم را با عدد ۱ جمع کرده و عدد حاصل را به عنوان تعداد کلیک‌های صفحه بِزِل در نظر گرفت. به عنوان مثال اگر گرای مورد نظر عدد ۳۲ باشد، با تقسیم این عدد بر عدد ۳، باقیمانده عدد ۲ و خارج قسمت، عدد ۱۰ خواهد بود که در این حالت باید عدد ۱۱ را به عنوان تعداد کلیک‌ها در نظر گرفت.

با فرض اینکه گرای مورد نظر عدد ۳۰ باشد، تعداد کلیک‌ها ۱۰ عدد خواهد بود. بنابراین صفحه گردان بِزِل باید به اندازه ۱۰ کلیک به سمت چپ چرخانده شود. سپس باید قطب‌نما در مقابل بدن به روشی که گفته شد، قرار بگیرد و فرد باید آنقدر بچرخد تا خط فسفری تیغه مغناطیسی قطب‌نما در زیر خط فسفری صفحه بِزِل قرار بگیرد. در این حالت فرد در راستای گرای مورد نظر قرار خواهد گرفت.

با توجه به اینکه امکان خطا در این روش بسیار زیاد است، لذا برای کسب اطلاع در مورد روش‌های باقی ماندن در مسیر صحیح و کاهش خطا به بخش ۶-۶ مراجعه کنید.

نکته ۱: در صورتی که گرای مورد نظر، عددی بیشتر از ۱۸۰ باشد، ابتدا باید آن را از ۳۶۰ کم کرده و سپس عدد حاصل را بر عدد ۳ تقسیم کرد تا تعداد کلیک‌ها به دست آید. در این حالت، صفحه گردان بِزِل باید به اندازه تعداد کلیک‌های به دست آمده، به سمت راست چرخانده شود. به عنوان مثال اگر گرای مورد نظر عدد ۲۴۲ باشد، حاصل تفریق آن از ۳۶۰ درجه، عدد ۱۱۸ خواهد بود. با تقسیم عدد ۱۱۸ بر عدد ۳ و گرد کردن آن، تعداد کلیک‌ها ۳۹ عدد به دست می‌آید. بنابراین صفحه گردان بِزِل باید به اندازه ۳۹ کلیک به سمت راست چرخانده شود.

نکته ۲: بر روی صفحه گردان بِزِل بسیاری از قطب‌نماهای نظامی، یک خط فسفری کوتاه با زاویه ۴۵ درجه نسبت به خط فسفری بلند و در سمت راست آن وجود دارد. وجود این خط فسفری اضافی می‌تواند به اندازه ۴۵ درجه (یا ۱۵ کلیک)، به کار سرعت ببخشد.

۴-ب) نحوه گراگیری با قطب‌نمای نظامی در شب

بدین منظور ابتدا باید خط فسفری صفحه بِزِل را در مقابل نقاط فسفری روی کاور قطب‌نما قرار داده و خود قطب‌نما را نیز به روش گفته شده در بخش ۴-۲-۱ در مقابل بدن قرار داده و سپس به سمت نقطه هدف نشانه روی کرد. اگر تیغه مغناطیسی در سمت چپ صفحه قطب‌نما قرار داشت، بدون جابجا کردن راستای قطب‌نما، صفحه بِزِل باید آنقدر به سمت چپ چرخانده شود تا خط فسفری صفحه بِزِل در مقابل خط فسفری تیغه مغناطیسی قرار بگیرد. باید دقت داشت که در حین چرخاندن صفحه گردان بزل، تعداد کلیک‌های آن نیز شمرده شود. در این حالت با ضرب کردن تعداد کلیک‌های شمارش شده در عدد ۳، گرای هدف به دست می‌آید.

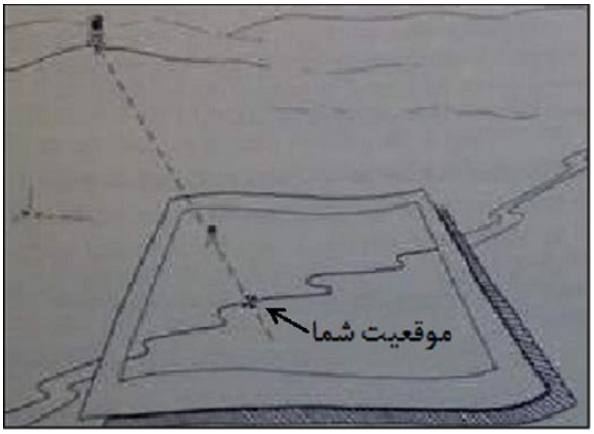
حال اگر تیغه مغناطیسی در سمت راست صفحه قطب‌نما قرار داشت، بدون جابجا کردن راستای قطب‌نما، صفحه بِزِل آنقدر باید به سمت راست چرخانده شود که خط فسفری صفحه بِزِل، در مقابل خط فسفری تیغه مغناطیسی قرار بگیرد. باید دقت داشت که در حین چرخاندن صفحه گردان بِزِل، تعداد کلیک‌های آن نیز شمرده شود. در این حالت باید ابتدا تعداد کلیک‌های شمارش شده را در عدد ۳ ضرب کرده و سپس عدد حاصل را از ۳۶۰ درجه کم کرد تا گرای هدف به دست آید.

نکته: در صورتی که قطب‌نما از نوعی باشد که با خواباندن تیغه چشمی بر روی صفحه بِزِل، تیغه مغناطیسی آن قفل شود، گراگیری سریع‌تر و دقیق‌تر خواهد بود.

۵- روش‌های دیگر تعیین موقعیت بر روی نقشه

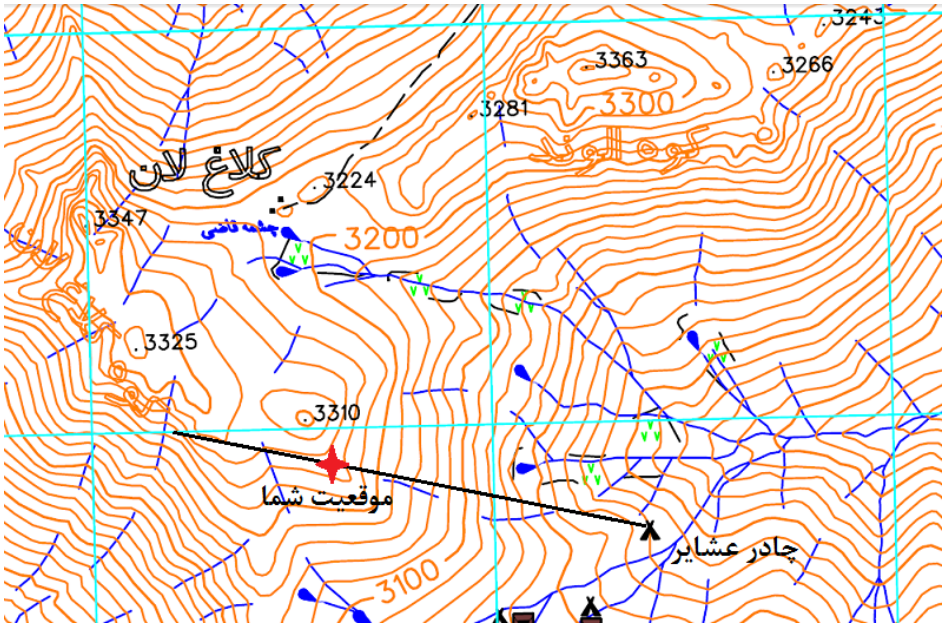
۵-الف) تعیین موقعیت بر روی نقشه با استفاده از تلاقی یک گرا و یک عارضه خطی

برای تعیین موقعیت با این روش، علاوه بر یک نقطه معلوم، به یک عارضه خطی مانند جاده، رودخانه، خط انتقال برق و ... نیاز است. بدین منظور، باید نقشه در کنار عارضه خطی، توجیه شود. بدین ترتیب عارضه خطی در نقشه، به موازات عارضه خطی در طبیعت قرار خواهد گرفت. حال باید گرای نقطه‌ای در طبیعت که بر روی نقشه نیز مشخص باشد، گرفته و پس از تبدیل آن به گرای شبکه، خطی با همین گرا از موقعیت نقطه بر روی نقشه رسم شود تا عارضه خطی را قطع کند. محل تقاطع این دو، موقعیت کنونی فرد بر روی نقشه است.



شکل ۴: تعیین موقعیت بر روی نقشه به روش تلاقی یک گرا و یک عارضه خطی

نکته: ارتفاع تمام نقاطی که بر روی یک خط منحنی میزان قرار دارند یکسان است. بنابراین با داشتن ارتفاع موقعیت (در صورت به همراه داشتن یک ارتفاع‌سنج دقیق)، می‌توان خط منحنی میزانی را بر روی نقشه پیدا کرد که موقعیت کنونی بر روی آن یا در نزدیکی آن قرار دارد. برای پیدا کردن موقعیت کنونی با استفاده از این روش باید به ترتیب زیر عمل شود:



شکل ۵: تعیین موقعیت بر روی نقشه به روش تلاقی یک گرا و یک خط منحنی میزان

۱- عارضه‌ای را در بالا یا پایین شیبی که در آن قرار دارید بیابید، به نحوی که بتوانید آن عارضه را بر روی نقشه نیز مشاهده کنید. (به عنوان مثال چادر عشایر در شکل ۵)

۲- گرای مغناطیسی نقطه مورد نظر را با استفاده از قطب‌نما اندازه بگیرید. (98° در این مثال)

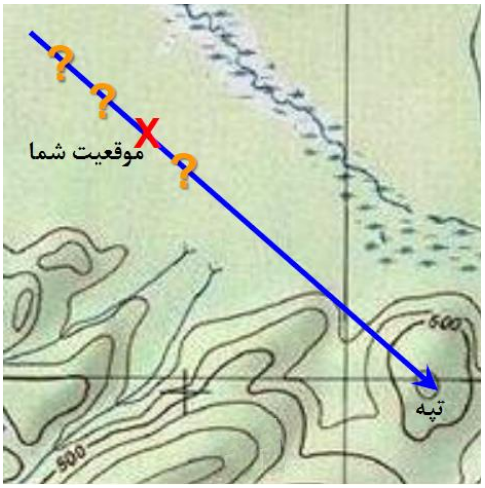
۳- گرای مغناطیسی فوق به گرای شبکه تبدیل کنید. (102° در این مثال)

۴- گوشه بالایی قطب‌نما را بر روی نقطه مزبور در نقشه قرار داده و خطی از آن، با گرای به دست آمده رسم کنید.

۵- محل تلاقی این خط با منحنی میزان هم ارتفاع شما (مثلا ۳۲۵۰ متر)، موقعیت شما را بر روی نقشه نشان خواهد داد.

۵-ب) تعیین موقعیت بر روی نقشه با استفاده از یک گرا و تخمین مسافت

برای پیدا کردن موقعیت با استفاده از این روش باید عارضه‌ای را بر روی نقشه پیدا کرد که در طبیعت هم قابل مشاهده باشد. سپس باید به ترتیب زیر عمل شود:



شکل ۶: تعیین موقعیت بر روی نقشه به روش یک گرا و تخمین فاصله

۱- گرای مغناطیسی نقطه مورد نظر با استفاده از قطب‌نما اندازه گرفته شود.

۲- گرای مغناطیسی فوق به گرای شبکه تبدیل شود.

۳- خطی از نقطه مزبور بر روی نقشه، با همین گرا رسم شود.

۴- فاصله موقعیت کنونی تا نقطه مورد نظر در طبیعت تخمین زده شده و با استفاده از مقیاس نقشه، به فاصله بر روی نقشه تبدیل شود.

۵- فاصله به دست آمده، از نقطه مورد نظر بر روی خط ترسیم شده علامت زده شود. بدین ترتیب موقعیت کنونی بر روی نقشه به دست می‌آید.

نکته مهم: در انجام روش‌های فوق اگر فرد بخواهد گراهایی را که با قطب‌نما اندازه گرفته است، با استفاده از نقاله بر روی نقشه ترسیم کند، باید به ترتیب مراحل زیر عمل کند:

۱- تبدیل گرای مغناطیسی به گرای شبکه

۲- محاسبه گرای معکوس (زیرا گرای اندازه‌گیری شده با قطب‌نما، گرای موقعیت فرد به سمت هدف است. در حالی که گرایی که قرار است با استفاده از نقاله بر روی نقشه کشیده شود، گرای هدف به سمت موقعیت فرد است. زیرا موقعیت فرد هنوز بر روی نقشه معلوم نیست!)

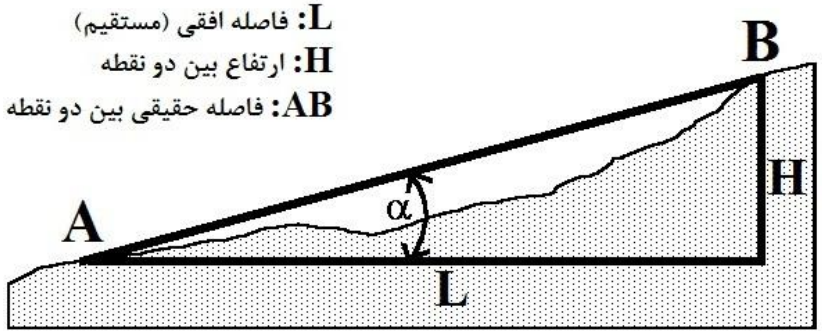
۳- قرار دادن سوراخ نقاله بر روی نقطه مورد نظر

۴- ترسیم خط با گرای محاسبه شده (گرای معکوس از نوع شبکه)، با رعایت نکات بخش ۳-۴.

نکته: برای آشنایی با روش‌های مختلف تخمین مسافت به فصل هفتم جزوه مراجعه کنید.

۶- محاسبه مسافت در شیب

مسافت مستقیم بین دو نقطه بر روی نقشه، با استفاده از مقیاس‌های عددی و خطی، و مسافت منحنی بین دو نقطه، با استفاده از تکه نخ و مسافت‌سنج به دست می‌آید که همگی در بخش ۲-۲ توضیح داده شدند. اما همه این مسافت‌ها در سطح نقشه که صاف است اندازه‌گیری می‌شوند و اثر شیب مسیر بر روی آنها محاسبه نمی‌شود. برای محاسبه مسافت پیموده شده در سطح شیبدار کافیست مسافت مستقیم و ارتفاع بین دو نقطه را حساب کرده و با استفاده از رابطه فیثاغورث، مسافت واقعی بین دو نقطه محاسبه شود. این مسافت، به مسافتی که واقعا پیموده می‌شود، نزدیکتر خواهد بود.



شکل ۷: اثر شیب بر روی فاصله بین دو نقطه

مثال: فاصله افقی بین نقاط A و B بر روی نقشه برابر با ۲۵۰ متر و اختلاف ارتفاع این دو نقطه با استفاده از منحنی‌های میزان برابر با ۶۰ متر اندازه‌گیری شده است. فاصله حقیقی بین این دو نقطه را به دست آورید.

حل: با استفاده از رابطه فیثاغورث داریم: $AB = \sqrt{L^2 + H^2}$

$$AB = \sqrt{250^2 + 60^2} = \sqrt{66100} \approx 257\ m$$

استفاده از روش فوق برای اندازه‌گیری مسافت در مسیرهایی که پستی و بلندی‌های زیادی دارند، بسیار وقت گیر است. بنابراین بهترین و سریع‌ترین روش برای اندازه‌گیری مسافت در این مسیرها، رسم پروفیل مسیر و اندازه‌گیری طول این پروفیل توسط نخ، کرویمتر یا ... (با توجه به مقیاس) می‌باشد. برای آشنایی با چگونگی رسم پروفیل، به ابتدای بخش دوم جزوه (ابتدای همین بخش) مراجعه کنید.

۶-الف) محاسبه شیب مسیر

به میزان سربالایی یا سرازیری مسیر گفته می‌شود و به سه شکل بیان می‌شود:

۱- شیب نسبی (S): عبارت است از نسبت اختلاف ارتفاع بین دو نقطه (H) به فاصله افقی بین دو نقطه (L) که بدون واحد بوده و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \frac{H}{L}$$

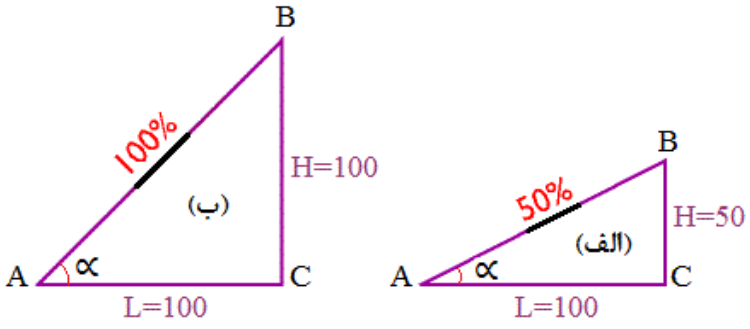
۲- شیب درصد (%S): به درصد شیب نسبی، شیب درصد گفته می‌شود. به عبارت دیگر شیب درصد، برابر است با اختلاف ارتفاع در ۱۰۰ واحد مسافت افقی که از رابطه زیر محاسبه شده و با واحد درصد بیان می‌شود:

$$\%S = \frac{H}{L} \times 100$$

۳- زاویه شیب (α): از آنجایی‌که نسبت $\frac{H}{L}$ در واقع همان تانژانت زاویه شیب می‌باشد، بنابراین می‌توان مقدار شیب را با زاویه آن نسبت به افق نیز نمایش داد. به عبارت دیگر:

$$\alpha = Arc\tan\frac{H}{L}$$

زاویه شیب معمولا بر حسب درجه بیان می‌شود.



شکل ۸: شیب درصد و زاویه شیب

مثال: شیب نسبی، شیب درصد و زاویه شیب را در قسمت‌های (الف) و (ب) شکل ۸، محاسبه کنید.

قسمت (الف):

شیب نسبی: $S = \frac{H}{L} = \frac{50}{100} = \frac{1}{2} = 0.5$

شیب درصد: $\%S = \frac{H}{L} \times 100 = \frac{50}{100} \times 100 = \%50$

زاویه شیب: $\alpha = Arc\tan\frac{50}{100} = Arc\tan 0.5 = 26.57^\circ$

قسمت (ب):

شیب نسبی: $S = \frac{H}{L} = \frac{100}{100} = 1$

شیب درصد: $\%S = \frac{H}{L} \times 100 = \frac{100}{100} \times 100 = \%100$

زاویه شیب: $\alpha = Arc\tan\frac{100}{100} = Arc\tan 1 = 45^\circ$

نکته: همانطور که می‌بینید شیب ۱۰۰٪ مربوط به زاویه ۴۵ درجه می‌باشد.

در صورتی که مسیر دارای پیچ و خم، و پستی و بلندی باشد، باید بر روی هر کدام از پیچ و خم‌ها، و پستی‌ها و بلندی‌ها نقطه‌ای را انتخاب کرده و شیب بین هر کدام از این نقاط را به طور مجزا محاسبه کرده و در محاسبه شیب متوسط مسیر به کار گرفت. شیب متوسط، از میانگیری شیب‌های به دست آمده محاسبه می‌شود. مهمترین کاربرد محاسبه شیب، تشخیص سختی و راحتی مسیر می‌باشد.

۷- سایر روش‌های تخمین مسافت

۷-الف) تخمین مسافت با استفاده از تخمین سرعت حرکت

در این روش:

الف) ابتدا باید تعداد قدم‌ها بر روی مسیر، در مدت زمان ۱۰ ثانیه شمرده شود.

ب) با استفاده از جدول زیر، سرعت حرکت بر روی مسیر، تخمین زده شود.

ج) حال با دانستن سرعت حرکت بر روی مسیر و زمان طی شده در پیمایش مسیر، می‌توان مسافت طی شده را به سادگی محاسبه کرد.

جدول ۱: تخمین مسافت با استفاده از تخمین سرعت حرکت

ردیف	جنسیت	تعداد قدم در ۱۰ ثانیه	سرعت	مسافت پیموده شده در طی یک ساعت
۱	مرد	۱۷-۱۶ قدم	۵ کیلومتر بر ساعت	۵ کیلومتر
۲	مرد	۲۱-۲۰ قدم	۶/۵ کیلومتر بر ساعت	۶/۵ کیلومتر
۳	زن	۲۱-۲۰ قدم	۵ کیلومتر بر ساعت	۵ کیلومتر
۴	زن	۲۸-۲۷ قدم	۶/۵ کیلومتر بر ساعت	۶/۵ کیلومتر

نکته: این روش در مسیرهای هموار دارای دقت بیشتری است.

مثال: فرض کنید با استفاده از روش فوق، سرعت حرکت خود را بر روی مسیری که در آن قرار دارید، ۶/۵ کیلومتر بر ساعت تخمین زده‌اید. اگر این مسیر، یک مسیر هموار بوده و بر روی آن، چهار ساعت بدون وقفه حرکت کرده باشید، در طی این چهار ساعت، ۲۶ کیلومتر حرکت کرده‌اید ($4h \times 6.5\frac{km}{h} = 26km$).

۷-ب) تخمین مسافت با استفاده از روش زمانی

برای اینکه بتوان مسافت پیموده شده را از روش زمانی تخمین زد، لازم است که فرد در چندین برنامه، زمان‌های شروع و حرکت و زمان‌های استراحت و مسافت‌های پیموده شده را یادداشت کند (برای این کار به ساعت و نقشه و قطب‌نما نیاز است). بدین ترتیب با مقایسه این زمان‌ها و مسافت‌های طی شده، فرد خواهد توانست به صورت تجربی مسافت پیموده شده را حدس بزند. این روش نیز مانند روش قدم شمار، یکی از بهترین روش‌ها برای تخمین مسافت در تاریکی و در هوای نامناسب می‌باشد. برای به دست آوردن یک ایده کلی در این زمینه می‌توان به قانون نایسمیت[۳۳] در تخمین زمانی مسافت‌ها (جدول ۷-۲) مراجعه کرد. در این جدول دیده می‌شود که قانون نایسمیت، به تخمین مسافت‌های پیموده شده در شرایط مختلف در مدت زمان یک ساعت می‌پردازد.

لازم به ذکر است که معمولا در ارتفاعات زیر ۶۰۰۰ متر، در طی یک ساعت زمان می‌توان ۳۰۰ متر افزایش ارتفاع یا ۴۰۰ متر کاهش ارتفاع، داشت.

جدول ۲: تخمین مسافت با استفاده از روش زمانی

نوع مسیر	هموار	ناهموار و دارای شیب کم	برف نرم، شیب تند، بوته زار انبوه و ...
زمان لازم برای پیمایش ۱۰۰ متر از مسیر	۱/۲ دقیقه	۲ دقیقه	۶ دقیقه
مسافت پیموده شده در یک ساعت (قانون نایسمیت)	۵ کیلومتر	۳ کیلومتر	۱ کیلومتر

مثال ۱: در یک مسیر ناهموار و دارای شیب کم، مدت یک ساعت و بیست دقیقه بدون توقف، پیمایش داشته‌ایم. مسافت طی شده در این مدت تقریبا چقدر بوده است؟

حل: چون مسیر به صورت ناهموار و دارای شیب کم بوده، پس با توجه به جدول فوق، در هر ۲ دقیقه ۱۰۰ متر از مسیر پیمایش شده است. اگر این یک ساعت و بیست دقیقه زمان (۸۰ دقیقه) بر ۲ تقسیم شود،

[۳۳] Naismith نام کوهنورد اسکاتلندی

تعداد فواصل صد متری در این مسیر به دست می‌آید. بنابراین در طی این مدت حدود ۴۰ فاصله صد متری (۴۰۰۰ متر یا ۴ کیلومتر) مسافت پیموده شده است.

مثال ۲: الف) مسافتی که به طور معمول در زمینی هموار در مدت زمان ۲۵ دقیقه پیموده می‌شود، حدودا چقدر است؟ ب) مسافتی که به طور معمول در برف نرم در مدت زمان یک ساعت و چهل و پنج دقیقه پیموده می‌شود، حدودا چقدر است؟

حل: الف) $\frac{25\ min}{1.2\ min} \times 100 = 2083\ m$

ب) $\frac{1{:}45\ hour}{6\ min} \times 100 = \frac{105\ \text{min}}{6\ \text{min}} \times 100 = 1750\ m$

جدول ۳: ارتباط بین زمان پیمایش مسیر ۱۰۰ متری و سرعت حرکت در این مسیر

زمان طی شده در پیمودن ۱۰۰ متر از مسیر	۱ دقیقه	۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه	۲ دقیقه	۳ دقیقه
سرعت حرکت در مسیر (بر حسب کیلومتر بر ساعت)	6 Km/h	4 Km/h	3 Km/h	2 Km/h

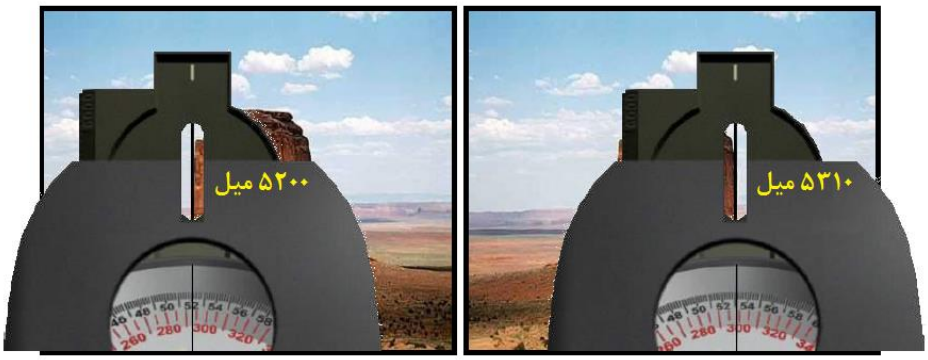
نکته: برای اینکه بتوان سرعت حرکت خود در شرایط مختلف را به دست آورد، می‌توان از جدول ۷-۱ یا از جدول ۷-۳ استفاده کرد.

۷-ج) تخمین مسافت با استفاده از درجه‌بندی میل قطب‌نما

روش اول: برای انجام تخمین با استفاده از این روش، لازم است که فرد، اندازه عرض هدف خود را هم به متر و هم به میل بداند. ابتدا او باید عرض هدف را با استفاده از تخمین یا با استفاده از نقشه و مقیاس، با واحد متر به دست آورد. سپس قطب‌نما را به سمت لبه‌های ابتدایی و انتهایی هدف نشانه گرفته و میل آنها را به دست آورد. با محاسبه تفاضل این دو مقدار، عرض هدف با واحد میل به دست می‌آید. در این حالت می‌توان با استفاده از فرمول زیر، فاصله تا هدف را به دست آورد.

$$x = (y \div m) \times 1000$$

در رابطه فوق، y برابر با عرض هدف با واحد متر و m برابر با عرض هدف با واحد میل و عدد 1000، یک عدد ثابت می‌باشد.



شکل ۹: تخمین مسافت با استفاده از درجه‌بندی میل قطب‌نما

مثال) در صورتی که عرض هدف در شکل ۹ برابر با ۸۵ متر باشد، فاصله تا هدف را به دست آورید.

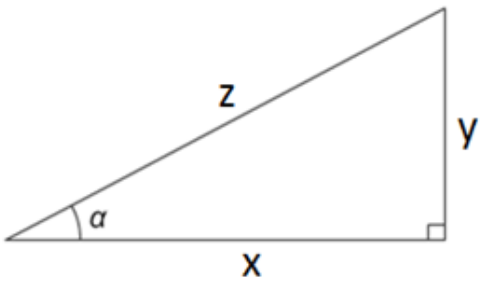
عرض هدف با واحد میل، با استفاده از شکل برابر با $m = 5310 - 5200 = 110\ mils$ می‌باشد. بنابراین با استفاده از فرمول فوق، فاصله تا هدف به صورت زیر محاسبه می‌شود.

فاصله تا هدف : $x = (85 \div 110) \times 1000 \cong 773\ m$

نکته: روش‌های تخمین مسافت با استفاده از قطب‌نما، عموما بر اساس یک فرمول ساده ریاضی (یعنی روش محاسبه کتانژانت زاویه) استوار هستند. با توجه به شکل ۱۰، کتانژانت زاویه α برابر است با اندازه قاعده مثلث (X) به ارتفاع آن (Y).

هرچه زاویه α کوچکتر باشد (یا به عبارت دیگر فاصله تا هدف بیشتر باشد)، اندازه قاعده و وتر مثلث به یکدیگر نزدیکتر بوده و حاصل فرمول، از دقت بیشتری برخوردار خواهد بود. در اینجا اندازه زاویه با استفاده از قطب‌نما اندازه‌گیری می‌شود و فاصله تا هدف که تقریبا همان اندازه قاعده مثلث می‌باشد، با استفاده از فرمول محاسبه می‌شود.

$$\cot\alpha = \frac{x}{y} \quad \text{یا} \quad x = \cot\alpha \times y$$

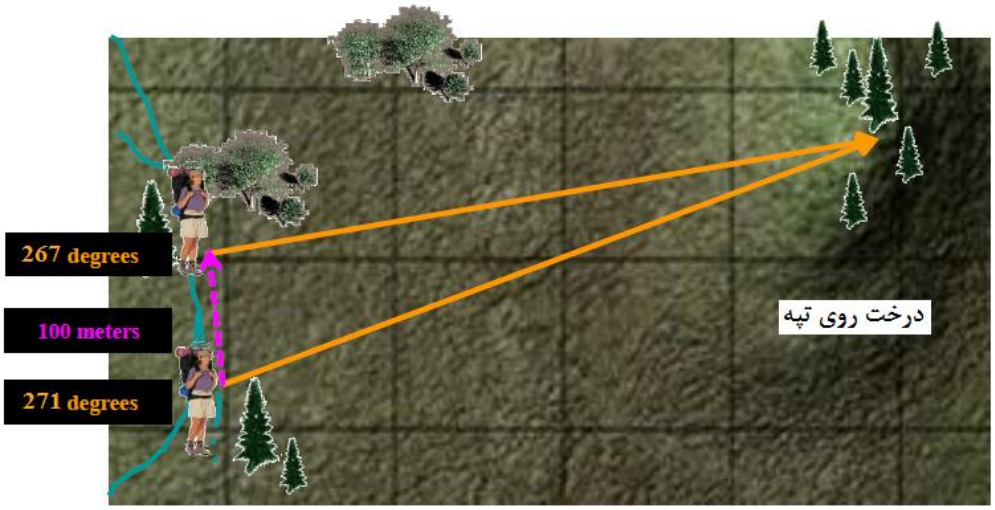


شکل ۱۰: کتانژانت زاویه و ارتباط آن با مسافت افقی و ارتفاع بین دو نقطه

نکته: اگر ماشین حساب دارای کلید کتانژانت (cot) نباشد، می‌توان ابتدا تانژانت زاویه (tan) را حساب کرده و سپس با استفاده از فرمول $\cot\alpha = \frac{1}{\tan\alpha}$، کتانژانت زاویه را به دست آورد.

۷-د) تخمین مسافت با استفاده از ارقام درجه قطب‌نما

روش اول: از این روش معمولا زمانی استفاده می‌شود که نقشه در دسترس نیست که بتوان عرض هدف را محاسبه کرد و یا در مواقعی استفاده می‌شود که عرض هدف، کم و یا غیرمعلوم باشد. برای انجام تخمین با استفاده از این روش باید به ترتیب زیر عمل شود:



شکل ۱۱: تخمین مسافت با استفاده از ارقام درجه قطب‌نما (روش اول)

۱- باید نقطه‌ای را بر روی هدف انتخاب کرده و گرای آن را اندازه گرفت. (a)

۲- یک مسافت مشخص (مثلا ۱۰۰ متر) به صورت عمود بر گرای گرفته شده حرکت کرد. (ref)

۳- گرای نقطه مورد نظر، از محل جدید دوباره اندازه گرفته شود. (b)

۴- تفاضل این دو گرا محاسبه شود. $(a-b)$

۵- با استفاده از فرمول زیر، فاصله تا هدف محاسبه شود. (x)

فاصله تا هدف $x = [\cot(a-b)] \times ref$

مثال) در شکل ۱۱ فاصله بین فرد تا درخت روی تپه را محاسبه کنید.

فاصله تا هدف $x = [\cot(271-267)^\circ] \times 100 = 1430\ m$

نکته: اگر یکی از این گراها بیشتر از صفر درجه (۳۶۰ درجه) و دیگری کمتر از صفر درجه (۳۶۰ درجه) بود (مثلا ۳۵۷ درجه و ۲ درجه)، برای محاسبه اختلاف این دو گرا می توان ابتدا گرای کوچکتر را با ۳۶۰ درجه جمع کرده و سپس اختلاف دو گرا را محاسبه کرد.

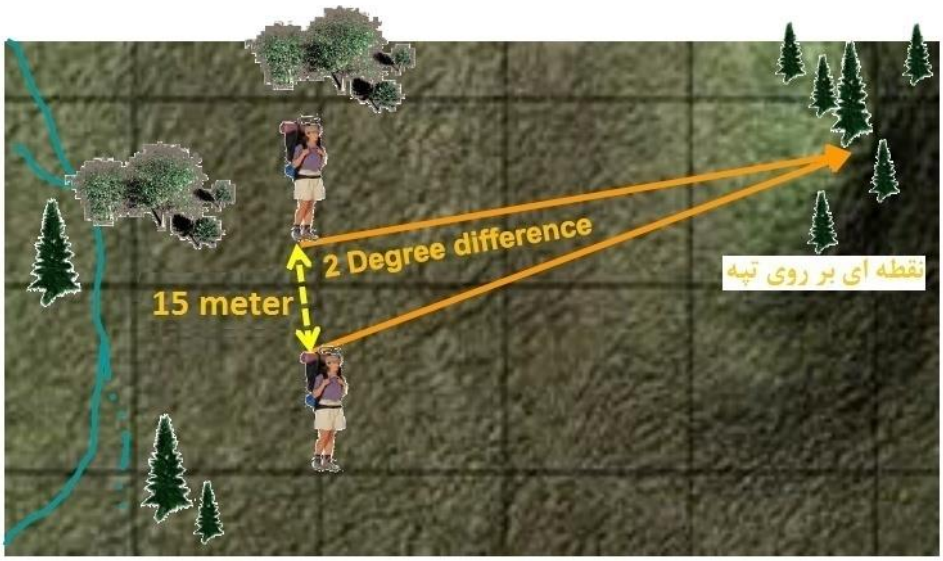
$a-b = [(2+360)^\circ - 357^\circ] = [362-357]^\circ = 5^\circ$

روش دوم: در روش فوق، به جای طی یک مسافت معلوم می‌توان یک اختلاف گرای معلوم (مثلا ۲ درجه) را طی کرد. یعنی پس از گرفتن گرای اول، آنقدر به سمت چپ حرکت کرد (عمود بر راستای گرای اول)، تا اختلاف گرای جدید با گرای قبلی، ۲ درجه شود. لازم است که در طی حرکت، مسافت طی شده نیز محاسبه شود. سپس با استفاده از فرمول گفته شده می‌توان فاصله را به دست آورد. (هرچه فاصله تا هدف بیشتر باشد، برای حصول این اختلاف گرا، مسافت طولانی‌تری باید طی شود.)

مثال) در شکل ۱۲ با استفاده از روش ذکر شده، فاصله فرد را تا درخت بالای تپه محاسبه کنید.

حل: فاصله تا هدف $x = [\cot(2)] \times 15 = 28.64 \times 15 \cong 430\ m$

نکته: جداول و روابط مربوط به روش‌های مختلف تخمین مسافت، در انتهای جزوه آورده شده‌اند. لذا برای جلوگیری از فراموشی توصیه می‌شود این جداول و روابط را در پشت و روی یک برگه A4 کپی نموده و همیشه به هنگام نقشه‌خوانی و مسیریابی به همراه داشته باشید.



شکل ۱۲: تخمین مسافت با استفاده از ارقام درجه قطب‌نما (روش دوم)

نکته: برای محاسبه سریع‌تر و راحت‌تر مسافت‌های غیر مستقیم و مسیرهای منحنی، از وسیله‌ای به نام مسافت‌سنج (Map wheel – Curvimeter) استفاده می‌شود. مسافت‌سنج‌های موجود در بازار ایران معمولا از نوع زیر بوده و با نام انگلیسی خود یعنی کِرویمتر یا مپ ویل شناخته می‌شوند. یک عدد چرخک در قسمت پایین وسیله وجود دارد که با حرکت دادن آن بر روی مسیر، عقربه موجود در صفحه حرکت کرده و مقدار مسافت طی شده را مشخص می‌کند. در دو طرف این وسیله چندین دایره مدرج وجود دارد که واحد هر کدام، در زیر آن نوشته شده است. ردیفی از این دوایر که دارای واحد Centimeters to Kilometers

می‌باشد، دارای کاربرد بیشتری در کار ما می‌باشد. برای محاسبه مسافت با استفاده از مسافت‌سنج، اگر رُخی از وسیله را که این واحد بر روی آن قرار دارد، به سمت خود بگیرید، می‌بینید که اعداد مدرج بر روی آن، از وسط صفحه و در جهت ساعتگرد افزایش می‌یابند (در حالی که در رخ دیگر، اعداد مدرج، در جهت پادساعتگرد افزایش می‌یابند). بنابراین در این روش برای اینکه عقربه در سمت درست حرکت کند، چرخک باید از سمت راست به چپ بر روی مسیر، بین دو نقطه مورد نظر حرکت داده شود. سپس عدد خوانده شده در زیر عقربه، در مخرج مقیاس نقشه ضرب شود تا مسافت بین دو نقطه، با واحد سانتیمتر به دست آید. برای تبدیل واحد سانتیمتر به متر و کیلومتر، مسافت به دست آمده باید به ترتیب، به ۱۰۰ و ۱۰۰.۰۰۰ تقسیم شود.

شکل ۱۳: مسافت‌سنج (کرویمتر)

۸- محاسبه ارتفاع به کمک خطوط منحنی میزان (خطوط کنتور)[۳۴]

همانطور که قبلا گفته شد، فقط ارتفاع خطوط منحنی میزان اصلی بر روی آنها نوشته شده است. برای پیدا کردن ارتفاع نقاطی که بر روی این خطوط واقع نشده‌اند، چند حالت وجود دارد. برای پیدا کردن ارتفاع این نقاط باید به ترتیب زیر عمل شود:

۱- اگر نقطه مورد نظر بر روی یکی از خطوط منحنی میزان فرعی باشد: معمولا در بین خطوط منحنی میزان اصلی، چهار خط منحنی میزان فرعی قرار دارد که نشان‌دهنده تقسیم ارتفاع بین خطوط منحنی میزان اصلی بر ۵ می‌باشد. در این حالت کافیست تفاضل ارتفاع خطوط منحنی میزان اصلی مجاور را تقسیم بر پنج کنید تا فاصله ارتفاعی بین خطوط منحنی میزان فرعی به دست آید. بدین ترتیب بسته به اینکه نقطه مورد نظر بر روی کدامیک از خطوط قرار گفته باشد، می‌توان به سادگی ارتفاع نقطه را به دست آورد (به مثال مراجعه کنید).

[۳۴] به این روش در اندازه گیری ارتفاع، روش میان یابی یا اینترپولاسیون (Interpolation) گفته می‌شود.

۲- نقطه مورد نظر در بین خطوط منحنی میزان قرار گرفته باشد: در این حالت دو روش وجود دارد:

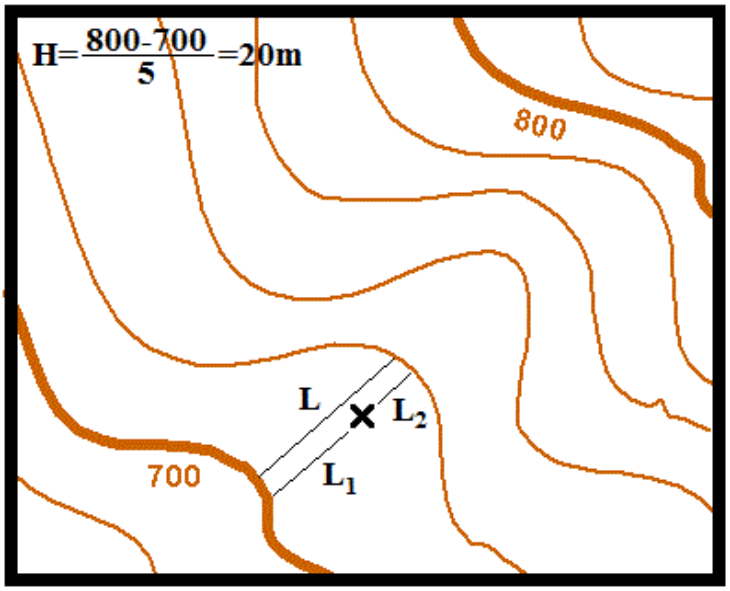
الف: روش حدسی: در این روش فاصله بین دو خط منحنی میزان را در طرفین نقطه مورد نظر به صورت حدسی به دو یا سه یا چهار قسمت تقسیم کرده و با توجه به فاصله نقطه مزبور از خطوط منحنی میزان مجاور، ارتفاع آن را حدس بزنید. اگر شیب ناحیه مورد نظر، یکنواخت باشد، این روش از دقت بیشتری برخوردار خواهد بود.

ب: روش دقیق: در این روش (در شکل ۱۴) فاصله بین دو خط منحنی میزانی را که در طرفین نقطه مورد نظر قرار گرفته‌اند (L) و همچنین فاصله نقطه مورد نظر را از یکی از این خطوط منحنی میزان (L_1 یا L_2) با خط‌کش اندازه بگیرید. سپس با استفاده از روابط زیر، ارتفاع نقطه را از خط منحنی میزان پایین (H_1) یا خط منحنی میزان بالا (H_2) به دست آورید.

$\frac{L_1}{L} = \frac{H_1}{H}$ یا $\frac{L_2}{L} = \frac{H_2}{H}$

H: ارتفاع بین خطوط منحنی میزان (که در حاشیه نقشه نوشته شده و یا از دو خط منحنی میزان اصلی متوالی محاسبه می‌شود)

پس از به دست آمدن فاصله ارتفاعی نقطه مزبور از یکی از خطوط منحنی میزان، می‌توان به راحتی ارتفاع کلی نقطه را با اضافه کردن H_1 به ارتفاع خط منحنی میزان پایینی یا کم کردن H_2 از ارتفاع خط منحنی میزان بالایی به دست آورد.



شکل ۱۴: محاسبه ارتفاع به کمک خطوط منحنی میزان

مثال: ارتفاع نقاط A، B، C و D را در نقشه توپوگرافی شکل ۱۵ به دست آورید.

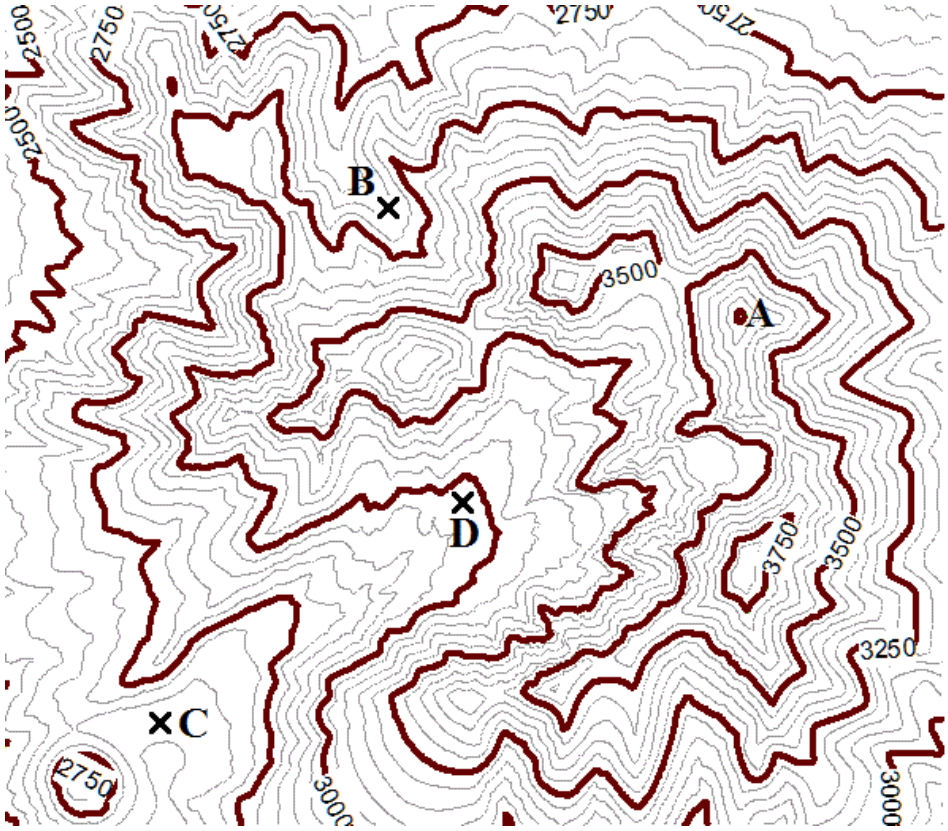
حل: نقطه A که در حقیقت یک قله می‌باشد، بر روی یکی از خطوط منحنی میزان اصلی واقع شده است. با دقت در شکل دیده می‌شود که اختلاف ارتفاع خطوط منحنی میزان اصلی ۲۵۰ متر و ارتفاع نزدیکترین خط منحنی میزان اصلی به این نقطه ۳۵۰۰ متر می‌باشد؛ بنابراین ارتفاع نقطه A برابر با ۳۷۵۰ متر خواهد بود.

نقطه B بر روی یکی از خطوط منحنی میزان فرعی واقع شده است. برای به دست آوردن اختلاف ارتفاع خطوط منحنی میزان فرعی، کافیست اختلاف ارتفاع خطوط منحنی میزان اصلی که ۲۵۰ متر می‌باشد، بر ۵ تقسیم شود. بنابراین اختلاف ارتفاع خطوط منحنی میزان فرعی در این نقشه برابر با ۵۰ متر خواهد بود. از آنجایی‌که نقطه B دو خط پایین‌تر از منحنی میزان ۳۰۰۰ متر یا به عبارت دیگر، سه خط بالاتر از منحنی میزان ۲۷۵۰ متر قرار گرفته، بنابراین ارتفاع آن به دو شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$B = 3000 - (2 \times 50) = 2900\ m$$
$$B = 2750 + (3 \times 50) = 2900\ m$$

نقطه C دقیقا در وسط دو خط منحنی میزان فرعی قرار گرفته است. با استفاده از روش‌های فوق، ارتفاع خطوط مجاور این نقطه به ترتیب برابر خواهد بود با: ۲۶۰۰ و ۲۶۵۰ متر. بنابراین ارتفاع این نقطه به دو شکل زیر به دست می‌آید:

$$C = 2650 - (50 \div 2) = 2625\ m$$
$$C = 2600 + (50 \div 2) = 2625\ m$$



شکل ۱۵: نقش خطوط منحنی میزان در محاسبه ارتفاع

در محاسبه ارتفاع نقطه D با استفاده از روش دقیق داریم:

L (فاصله بین دو خط منحنی میزان در طرفین نقطه مورد نظر) = ۷ میلیمتر

L_1 (فاصله نقطه مورد نظر از خط منحنی میزان پایینی) = ۴ میلیمتر

L_2 (فاصله نقطه مورد نظر از خط منحنی میزان بالایی) = ۳ میلیمتر

H (اختلاف ارتفاع بین خطوط منحنی میزان فرعی) = ۵۰ متر

بنابراین با استفاده از روابط یاد شده خواهیم داشت:

$$\frac{4\ mm}{7\ mm} = \frac{H_1}{50\ m} \quad \rightarrow \quad H_1 = \frac{50\ m \times 4\ mm}{7\ mm} = 28.57\ m$$

یا

$$\frac{3\ mm}{7\ mm} = \frac{H_2}{50\ m} \quad \rightarrow \quad H_2 = \frac{50\ m \times 3\ mm}{7\ mm} = 21.43\ m$$

بدین ترتیب ارتفاع نقطه D با استفاده از هر دو روش به صورت زیر به دست می‌آید:

$$2950 + 28.57 = 2978.57\ m$$

یا

$$3000 - 21.43 = 2978.57\ m$$

ضمیمه

جداول مورد استفاده برای تخمین مسافت با روش‌های مختلف

جدول ۱: تعداد قدم در ۱۰۰ متر در شرایط مختلف برای تخمین مسافت با استفاده از قدم شمار

نوع زمین	زمین هموار	زمین ناهموار	سربالایی کوه	سرپایینی کوه	سطح برف	شن زار	چمن زار	جنگل
تعداد قدم در ۱۰۰ متر								

* بهتر است این جدول را شخصا برای خود پر کنید.

جدول ۲: تخمین مسافت با استفاده از تخمین سرعت حرکت

ردیف	جنسیت	تعداد قدم در ۱۰ ثانیه	سرعت	مسافت پیموده شده در طی یک ساعت
۱	مرد	۱۶-۱۷ قدم	۵ کیلومتر بر ساعت	۵ کیلومتر
۲	مرد	۲۰-۲۱ قدم	۶/۵ کیلومتر بر ساعت	۶/۵ کیلومتر
۳	زن	۲۰-۲۱ قدم	۵ کیلومتر بر ساعت	۵ کیلومتر
۴	زن	۲۷-۲۸ قدم	۶/۵ کیلومتر بر ساعت	۶/۵ کیلومتر

جدول ۳: تخمین مسافت با استفاده از روش زمانی

نوع مسیر	هموار	ناهموار و دارای شیب کم	برف نرم، شیب تند، بوته زار انبوه و ...
زمان لازم برای پیمایش ۱۰۰ متر از مسیر	۱/۲ دقیقه	۲ دقیقه	۶ دقیقه
مسافت پیموده شده در یک ساعت	۵ کیلومتر	۳ کیلومتر	۱ کیلومتر

جدول ۴: ارتباط بین زمان پیمایش مسیر ۱۰۰ متری و سرعت حرکت در این مسیر

زمان طی شده در پیمودن ۱۰۰ متر از مسیر	۱ دقیقه	۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه	۲ دقیقه	۳ دقیقه
سرعت حرکت در مسیر (بر حسب کیلومتر بر ساعت)	5 Km/h	4 Km/h	3 Km/h	2 Km/h

تخمین مسافت با استفاده از درجه‌بندی میل قطب‌نما: $x = (y \div m) \times 1000$

در رابطه فوق، y برابر با عرض هدف با واحد متر و m برابر با عرض هدف با واحد میل، و عدد 1000، یک عدد ثابت می‌باشد.

تخمین مسافت با استفاده از درجه‌بندی 0 تا 360° قطب‌نما:

فاصله تا هدف $x = [\cot(a - b)] \times ref$

جدول کتانژانت اعداد، مورد استفاده برای روش فوق:

	cot		cot
0°	∞	16°	3.488
1°	57.265	17°	3.271
2°	28.636	18°	3.078
3°	19.080	19°	2.904
4°	14.300	20°	2.747
5°	11.429	21°	2.605
6°	9.515	22°	2.475
7°	8.144	23°	2.356
8°	7.115	24°	2.246
9°	6.314	25°	2.145
10°	5.671	26°	2.050
11°	5.145	27°	1.963
12°	4.704	28°	1.881
13°	4.332	29°	1.804
14°	4.011	30°	1.732
15°	3.732	31°	1.664

در پایان

از همه مدرسان، کارآموزان و علاقمندان این رشته خواهش می‌شود برای بهبود کیفیت مطالب و کیفیت آموزش، نظرات و پیشنهادات خود را با کمیته آموزش فدراسیون کوهنوردی و یا با آدرس زیر در میان بگذارند.

dabir.msfi@gmail.com
info@msfi.ir

مهمترین منابع:

کتاب "فن مسیریابی"، تالیف مجتبی نورمحمدی، انتشارات کانون نشر علوم، چاپ اول، پاییز سال ۱۳۹۸

کتاب مبانی "نقشه‌خوانی"، تالیف دکتر مجتبی یمانی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ یازدهم، ۱۳۹۴

کتاب "کارتوگرافی"، تالیف جعفر مقیمی و مجید همراه، انتشارات گیتاشناسی، چاپ هشتم، ۱۳۸۸

کتاب "نقشه‌خوانی"، تالیف مهندس عباس جعفری، انتشارات گیتاشناسی، چاپ نهم، پاییز ۱۳۸۳

جزوه "نقشه خوانی و کار با قطب نما"، کمیته آموزش فدراسیون کوهنوردی، بهار ۱۳۹۶

پی‌دی‌اف‌های "Land Navigation" ارتش آمریکا

http://geology.isu.edu/geostac/Field_Exercise/topomaps/bearing.htm
http://www.map-reading.com/fieldexp.php#fig9-8
http://www.pha.jhu.edu/~hanish/EGM.html
http://geography.about.com/library/faq
https://nhtramper.wordpress.com
https://www.armystudyguide.com
http://www.wikipedia.org

با آرزوی موفقیت روزافزون