



دانشگاه پیام نور

نقشه برداری نظری

(رشته جغرافیا)

مهندس قاسمعلی کشکولی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتابهای دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف به صورت درسنامه، آزمایشی، قطعی، متون آزمایشگاهی، فرادری، و کمک درسی چاپ می شود. کتاب **درسنامه (د)** نخستین ثمره کوششهای علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصلهای مصوب تهیه می شود و پس از داوری علمی در گروههای آموزشی چاپ می شود. با دریافت بازخوردها و تجدید نظر صاحب اثر و اصلاح کتاب، درسنامه به صورت **آزمایشی (آ)** چاپ می شود. با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدید نظر می کند و کتاب به صورت **قطعی (ق)** چاپ می شود. در صورت ضرورت، در کتابهای چاپ قطعی نیز می تواند تجدیدنظرهای اساسی به عمل آید.

متون آزمایشگاهی (م) متونی است که دانشجویان با استفاده از آن و راهنمایی مربیان کارهای عملی آزمایشگاهی را انجام می دهند. **کتابهای فرادری (ف)** و **کمک درسی (ک)** به منظور غنی تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه می شوند. کتابهای فرادری با تأیید معاونت پژوهشی و کتابهای کمک درسی با تأیید شورای انتشارات تهیه می شوند.

مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی

فهرست

یازده

۱	پیشگفتار
۱	فصل ۱ کلیات
۱	هدف مرحله‌ای
۱	هدف‌های آموزشی _ رفتاری
۲	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ تعاریف
۳	۳-۱ عملیات نقشه‌برداری
۴	۴-۱ انواع نقشه
۵	۵-۱ انواع نقشه‌برداری
۶	۶-۱ آشنایی با علائم و قراردادهای
۶	۷-۱ نقاط کنترل
۸	۸-۱ مقیاس
۹	۹-۱ تغییر مقیاس
۱۲	خودآزمایی ۱

۱۳

۱۳	فصل ۲ شکل زمین و سیستم‌های تصویر
۱۳	هدف مرحله‌ای
۱۳	هدف‌های آموزشی _ رفتاری
۱۳	۱-۲ مقدمه
۱۴	۲-۲ شکل و ابعاد زمین
۱۶	۳-۲ مختصات جغرافیایی
۱۶	۴-۲ سیستم تصویر
۱۸	۲-۴-۱ سیستم‌های تصویر استوانه‌ای
۱۹	۲-۴-۲ سیستم تصویر جهانی

۲۰	خودآزمایی ۲
۲۳	فصل ۳ خطاها
۲۳	هدف مرحله‌ای
۲۳	هدف‌های آموزشی _ رفتاری
۲۳	۱-۳ مقدمه
۲۴	۲-۳ انواع خطاها
۲۴	۱-۲-۳ خطاهای اتفاقی
۲۵	۲-۲-۳ خطای متوسط حسابی (عددی)
۲۶	۳-۲-۳ خطای متوسط هندسی، خطای ماکزیمم
۲۷	۴-۲-۳ خطای مطلق و خطای نسبی
۲۸	۳-۳ منابع خطاها
۲۸	خودآزمایی ۳
۲۹	فصل ۴ شناخت دستگاه‌ها و وسایل اندازه‌گیری طول
۲۹	هدف مرحله‌ای
۲۹	هدف‌های آموزشی _ رفتاری
۳۰	۱-۴ مقدمه
۳۰	۲-۴ وسایل مشخص‌کننده نقاط
۳۱	۳-۴ وسایل مشخص‌کننده امتدادهای قائم و افقی
۳۵	۴-۴ نوارهای اندازه‌گیری فولادی
۳۶	۵-۴ شیب‌سنج دستی
۳۷	۶-۴ گونیاه‌ها
۴۰	۷-۴ اندازه‌گیری طول افقی با وسایل ساده
۴۱	۱-۷-۴ اندازه‌گیری طول به روش مستقیم
۴۱	۲-۷-۴ اندازه‌گیری طول افقی به روش مستقیم روی زمین مسطح
۴۲	۳-۷-۴ اندازه طول افقی به روش سیستم روی زمین شیب‌دار
۴۳	۴-۷-۴ تعیین طول بر سطح شیب‌دار با اندازه‌گیری طول مورب و زاویه شیب
۴۳	۸-۴ برداشت سطح زمین
۴۴	۱-۸-۴ مساحی
۴۷	۲-۸-۴ برداشت به منظور تهیه نقشه
۵۰	۹-۴ محاسبه مساحت
۵۳	خودآزمایی ۴
۵۵	فصل ۵ ترازیبی (مستقیم)
۵۵	هدف مرحله‌ای
۵۵	هدف‌های آموزشی _ رفتاری
۵۶	۱-۵ مقدمه
۵۶	۲-۵ تعاریف
۵۷	۳-۵ روش‌های مختلف ترازیبی
۵۸	۴-۵ دستگاه ترازیب و اجزاء آن

۶۱	۵-۵ تراز دستگاه
۶۲	۶-۵ شاخص (میر)
۶۳	۷-۵ تراز کردن تراز یاب
۶۴	۸-۵ تراز کردن تراز یاب (ایستگاه گذاری)
۶۵	۹-۵ حذف پارالاکس
۶۶	۱۰-۵ اصول کار تراز یابی
۶۷	۱-۱۰-۵ تراز یابی ساده
۷۰	۲-۱۰-۵ تراز یابی تدریجی
۷۳	۳-۱۰-۵ تراز یابی خطی
۷۴	۴-۱۰-۵ تراز یابی شعاعی
۷۵	۵-۱۰-۵ تراز یابی شبکه بندی
۷۵	۶-۱۰-۵ تراز یابی کثیرالاضلاعی
۷۶	۷-۱۰-۵ تراز یابی مختلط
۷۶	۸-۱۰-۵ تراز یابی دو طرفه یا متقابل
۷۷	۹-۵ روش کنترل در تراز یابی
۷۷	۱-۹-۵ کنترل به روش رفت و برگشت
۷۷	۲-۹-۵ استفاده از دو نقطه دارای ارتفاع معلوم
۷۸	۳-۹-۵ خطای مجاز در تراز یابی
۷۹	۴-۹-۵ کنترل صحت عملیات
۷۹	۵-۹-۵ تراز یابی مثلثاتی (غیر مستقیم)
۸۱	خود آزمایی ۵

۸۳	فصل ۶ زاویه یاب و زاویه یابی
۸۳	هدف مرحله ای
۸۳	هدف های آموزشی _ رفتاری
۸۳	۱-۶ مقدمه
۸۴	۲-۶ زاویه یاب و زاویه یابی
۸۴	۳-۶ زاویه یاب افقی و قائم
۸۵	۴-۶ قسمت های مختلف دوربین های نقشه برداری
۸۸	۵-۶ محورهای مختلف تئودولیت
۸۹	۶-۶ مستقر کردن تئودولیت روی یک ایستگاه
۹۰	۷-۶ اصول اندازه گیری زوایای افقی با تئودولیت
۹۳	۸-۶ قرائت کوپل (زوج) - دایره به چپ و دایره به راست
۹۴	۹-۶ زوایای شیب و سمت الرأسی
۹۴	۱۰-۶ روش اندازه گیری زاویه شیب
۹۵	خود آزمایی ۶

۹۷	فصل ۷ نیم رخ های طولی و عرضی
۹۷	هدف مرحله ای
۹۷	هدف های آموزشی _ رفتاری
۹۷	۱-۷ مقدمه

۹۸	۲-۷ نیم‌رخ‌های (پروفیل‌های) طولی و عرضی
۹۸	۱-۲-۷ پروفیل طولی
۱۰۱	۲-۲-۷ پروفیل عرضی
۱۰۳	خودآزمایی ۷

۱۰۵	فصل ۸ جهت‌ها و امتدادها
۱۰۵	هدف مرحله‌ای
۱۰۵	هدف‌های آموزشی _ رفتاری
۱۰۵	۱-۸ مقدمه
۱۰۶	۲-۸ جهت و امتداد
۱۰۶	۱-۲-۸ شمال حقیقی با شمال جغرافیایی
۱۰۶	۲-۲-۸ شمال مغناطیسی
۱۰۷	۳-۸ گرای مستقیم و معکوس
۱۰۸	۴-۸ زاویه انحراف مغناطیسی
۱۰۹	۵-۸ جهت (بیرینگ)
۱۱۱	۶-۸ رابطه بین جهت ربع دایره و آزیموت (گرا) یک امتداد
۱۱۱	خودآزمایی ۸

۱۱۳	فصل ۹ روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری طول
۱۱۳	هدف مرحله‌ای
۱۱۳	هدف‌های آموزشی _ رفتاری
۱۱۴	۱-۹ مقدمه
۱۱۴	۲-۹ روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری طول
۱۱۴	۳-۹ اندازه‌گیری طول به روش استادیومتری
۱۱۶	۴-۹ اندازه‌گیری طول افقی به روش استادیومتری در شیب
۱۱۸	۵-۹ اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع به روش استادیومتری در شیب
۱۲۰	۶-۹ فاصله‌یاب الکترونیکی
۱۲۱	۷-۹ اندازه‌گیری فاصله به روش پارالاکتیک
۱۲۳	خودآزمایی ۹

۱۲۵	فصل ۱۰ نقاط کنترل
۱۲۵	هدف مرحله‌ای
۱۲۵	هدف‌های آموزشی _ رفتاری
۱۲۵	۱-۱۰ مقدمه
۱۲۶	۲-۱۰ انواع شبکه‌های ژئودزی
۱۲۶	۳-۱۰ شبکه نقاط ژئودزی پلانیمتری (افقی)
۱۲۷	۴-۱۰ شبکه نقاط نجومی ژئودزی
۱۲۹	۱-۴-۱۰ مثلث‌بندی
۱۳۰	۲-۴-۱۰ سه ضلعی‌بندی
۱۳۰	۳-۴-۱۰ پلی‌گن بندی
۱۳۲	۵-۱۰ نقاط متراکم ژئودزی

۱۳۲	۶-۱۰ شبکه نقاط کنترل نقشه برداری
۱۳۲	۷-۱۰ انتقال مختصات
۱۳۴	۸-۱۰ شبکه سراسری نقاط ارتفاعی ژئودزی
۱۳۶	خودآزمایی ۱۰

۱۳۷	فصل ۱۱ نقشه برداری توپوگرافی
۱۳۷	هدف مرحله‌ای
۱۳۷	هدف‌های آموزشی _ رفتاری
۱۳۷	۱-۱۱ مقدمه
۱۳۸	۲-۱۱ نقشه برداری تفصیلی و توپوگرافی
۱۳۸	۳-۱۱ نقشه برداری تاکنومتری تفصیلی
۱۴۱	۴-۱۱ طریقه نمایش ارتفاعات روی نقشه‌ها و پلان‌ها
۱۴۲	۵-۱۱ نمایش اشکال هندسی با منحنی‌های تراز (خطوط تراز)
۱۴۴	۶-۱۱ شکل‌های مختلف ارتفاعی
۱۴۶	۷-۱۱ تعیین عوارض ارتفاعی با منحنی‌های میزان
۱۴۷	۸-۱۱ مشخصات خطوط تراز
۱۴۸	۹-۱۱ پیمایش
۱۴۹	۱۰-۱۱ محاسبات پیمایش بسته
۱۴۹	۱۱-۱۱ محاسبه ژیزمان اضلاع در پیمایش‌های باز و بسته
۱۵۱	۱۲-۱۱ محاسبه مختصات رئوس پیمایش
۱۵۳	خودآزمایی ۱۱

۱۵۷	پاسخ خودآزمایی‌ها
۱۶۳	نحوه استفاده از جدول‌های توابع مثلثاتی و تعیین مسافت افقی و اختلاف ارتفاع
۱۶۳	الف) جدول‌های توابع مثلثاتی
۱۶۳	ب) جدول‌های تعیین مسافت افقی و اختلاف ارتفاع

۲۲۱	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی
۲۲۲	کتابنامه

پیشگفتار

چون نقشه و انواع آن در رشته جغرافیایی کاربرد وسیعی دارد و علومی مانند جغرافیا و نقشه‌برداری به یکدیگر وابستگی نزدیکی دارند، لازم است دانشجویان رشته جغرافیا با مراحل مختلف نقشه‌برداری و تهیه انواع نقشه‌ها آشنایی لازم را داشته باشند. کتاب حاضر نیز به همین منظور تهیه و تدوین شده است.

فصل اول شامل کلیاتی مربوط به نقشه‌برداری، انواع نقشه‌ها، مراحل مختلف عملیات نقشه‌برداری، تقسیم‌بندی نقشه‌ها از نظر موضوع و کاربرد و همچنین تعاریف کلی مربوط به خطوط و صفحات افقی و قائم، علایم قراردادی، نقاط کنترل، مقیاس و تغییر مقیاس است.

در فصل دوم شکل زمین، سطوح مبنا و سیستم‌های تصویر به‌طور مختصر بررسی مختصر می‌شود.

در فصل سوم درباره خطاها و چگونگی محاسبه آن در نقشه‌برداری بحث می‌شود.

در فصل چهارم درباره اندازه‌گیری بحث می‌شود. در این فصل اندازه‌گیری مستقیم طول با وسائلی مانند مترنواری، شیب‌سنج، گونیای مساحی و همچنین مساحی، تهیه پلان و محاسبه مساحت مورد بحث قرار می‌گیرد.

در فصل پنجم که مربوط به ترازیبی و روش‌های مختلف آن است. دستگاه ترازیب، انواع ترازیبی، چگونگی کار با دستگاه ترازیب بررسی می‌شود.

در فصل ششم درباره اندازه‌گیری زاویه، ساختمان زاویه‌یاب (تئودولیت)، روش

مستقر کردن زاویه یاب روی ایستگاه، روش های مختلف اندازه گیری زاویه و زوایای شیب و سمت الرأسی بحث می شود.

در فصل هفتم نیز نیم رخ های طولی و عرضی و طرز تهیه آنها بررسی می شود و در فصول هشتم تا یازدهم انواع شمالها، زوایای امتدادهای مشخص با شمال های مختلف، گرای مستقیم و معکوس، بیرینگ، روش های اندازه گیری غیرمستقیم طول، روش استادیومتری، فاصله یابی الکترونیکی، انواع شبکه های ژئودزی، مثلث بندی، سه ضلعی بندی، پلی گن بندی، شبکه نقاط نقشه برداری، انتقال مختصات، شبکه سراسری ارتفاعی نقشه برداری توپوگرافی، تاکنومتری تفصیلی، روش نمایش ارتفاعات روی نقشه، نمایش اشکال هندسی و عوارض روی نقشه با منحنی های میزان (خطوط تراز)، مشخصات خطوط تراز، پیمایش، محاسبات پیمایش بسته و محاسبه مختصات رئوس پیمایش بررسی می شوند.

در پایان، پاسخ خودآزمایی ها و جدول های توابع مثلثاتی آورده شده است. نحوه استفاده از این جدول ها قبل از معرفی آنها توضیح داده شده است.

فصل ۱

کلیات

هدف مرحله‌ای

هدف از مطالعه این فصل آشنایی با تعاریف مربوط به نقشه‌برداری و انواع آن، نقشه و انواع مختلف آن، مراحل مختلف عملیات نقشه‌برداری، تقسیم‌بندی نقشه‌ها از نظر موضوع و کاربرد، تعاریف کلی مربوط به خطوط و صفحات افقی و قائم، علائم قراردادی، نقاط کنترل، مقیاس و تغییر مقیاس است.

هدف‌های آموزشی - رفتاری

انتظار می‌رود پس از مطالعه این فصل بتوانید:

۱. تعاریف نقشه‌برداری، نقشه، ژئودزی، فتوگرامتری و انواع آن، تعریف نقشه‌برداری مسطحه و کارتوگرافی را بیان کنید.
۲. مراحل مختلف عملیات نقشه‌برداری، عملیات زمینی و دفتری برشمرد.
۳. انواع نقشه از نظر موضوع و کاربرد را توضیح دهید.
۴. تعاریف مربوط به صفحه قائم و افق و خطوط قائم و افق را تشریح کنید.
۵. استفاده از علائم و قراردادهای خواندن نقشه را توضیح دهید.
۶. مقیاس و انواع آن و تشخیص مقیاس یک نقشه به کمک اشل از روی نقشه را بیان کنید.
۷. مقیاس و انواع آن و انواع روش‌های تغییر مقیاس را برشمرد.

۲-۱ مقدمه

در آغاز آموزش نقشه‌برداری لازم است اطلاعات و مفاهیم کلی راجع به نقشه، نقشه‌برداری و انواع آن، انواع نقشه، علائم مورد استفاده در نقشه، عملیات نقشه‌برداری و مراحل آن، تعاریف کلی نقاط کنترل، مقیاس و انواع آن و تغییر مقیاس به روش‌های مختلف برای آموزندگان فن نقشه‌برداری روشن شود.

۲-۱ تعاریف

قبل از ورود به بحث لازم است با مفاهیم کلی مربوط به نقشه آشنا شویم. بنابراین، مهم‌ترین مفاهیم مورد استفاده در این کتاب به شرح زیر تعریف می‌شود:

نقشه‌برداری: نقشه‌برداری عبارت است از علم تهیه نقشه از سطح زمین، تعیین ابعاد کره زمین و نمایش همه یا قسمتی از سطح زمین به صورت پلان یا نقشه. در این علم که از ریاضیات زیاد استفاده می‌شود، و هنر ترسیم همه به‌کار گرفته شده است و قطعاتی از سطح زمین را با همه عوارض آن روی صفحه کاغذ یا صفحه افقی نمایش می‌دهند.

ژئودزی: تعیین شکل و ابعاد زمین در قلمرو نقشه‌برداری ژئودزی است. ژئودزی، که مفهوم آن نقشه‌برداری است، کلمه‌ای است یونانی به معنی تقسیم زمین که بنا به نیاز و احتیاج روزمره انسان به وجود آمده است.

نقشه‌برداری مسطحه: روش‌های مربوط به نمایش قطعات کوچک سطح زمین را به صورت نقشه، نقشه‌برداری مسطحه^۱ می‌نامند.

کارتوگرافی: مطالعه روش‌ها و مراحل که برای نمایش بخش‌های بزرگ سطح زمین به صورت نقشه انجام می‌شود علم کارتوگرافی می‌نامند.

نقشه‌برداری زمینی: به مسائل و موضوعات مربوط به تهیه نقشه با عکس‌های زمینی، که از سطح زمین گرفته می‌شود، نقشه‌برداری زمینی می‌گویند.

نقشه‌برداری هوایی: به مسائل و موضوعات مربوط به تهیه نقشه، که به وسیله

۱. برای نقشه‌برداری قطعات نسبتاً کوچک، که اندازه‌گیری‌ها در هر امتداد بیش از ۶۰ کیلومتر نباشد، از کرویت زمین صرف نظر می‌شود. در صورتی که اندازه‌گیری‌ها در هر امتداد بیش از ۶۰ کیلومتر باشد، محاسبات مربوط به کرویت زمین در اندازه‌گیری‌ها باید اعمال شود.

عکس‌های سطح زمین، که از هوا گرفته شده باشد، نقشه‌برداری هوایی می‌گویند. رشته‌هایی از علوم مانند ریاضیات، فیزیک و نجوم در پیشرفت نقشه‌برداری سهم زیادی داشته‌اند. نقشه‌برداری نیز با رشته‌های دیگری مانند جغرافیا، زمین‌شناسی و به ویژه ژئومورفولوژی ارتباط نزدیکی دارد. از علم جغرافیا برای تفسیر عوارض ارتفاعی پوشش‌های طبیعی سطح زمین (گیاهی، خاک، دریاها، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها) یا کشاورزی و عوارض دست‌ساز انسان (اقامتگاه‌ها، جاده‌ها، وسایل مخابراتی، مؤسسات اقتصادی) استفاده می‌شود.

نقشه: نقشه عبارت است از نمایش افقی قسمت‌هایی از سطح زمین با مقیاس کوچک شده روی صفحه کاغذ.

خط قائم: در هر نقطه از سطح زمین امتداد شاغولی را در این نقطه خط قائم نقطه می‌گویند. (در هر نقطه یک خط قائم وجود دارد).

صفحه قائم: به صفحه‌ای که از امتداد قائم در یک نقطه گذرانده شده است صفحه قائم در آن نقطه می‌گویند. بنابراین، در هر نقطه بی‌نهایت صفحه قائم وجود دارد.

خط افق: در هر نقطه از زمین خطی است که بر امتداد قائم در آن نقطه عمود باشد. (در هر نقطه بی‌نهایت خط افق قرار دارد).

صفحه افق: به صفحه عمود بر امتداد قائم در یک نقطه صفحه افق گفته می‌شود. واضح است در هر نقطه فقط یک صفحه افق وجود دارد.

۱-۳ عملیات نقشه‌برداری

عملیات نقشه‌برداری به دو مرحله عملیات صحرایی و دفتری تقسیم می‌شود. قسمت اصلی کار صحرایی شامل اندازه‌گیری‌ها است. کارهای محاسباتی و ترسیم به کار دفتری موسوم است که به توضیح هر یک می‌پردازیم.

۱-۳-۱ مراحل عملیات صحرایی

عملیات صحرایی شامل اندازه‌گیری به منظور تهیه نقشه، پلان یا پیاده کردن خطوط پروژه‌های فنی و ساختمانی است. اندازه‌گیری‌ها شامل اندازه‌گیری فاصله‌های افقی و

- قائم زوایای افقی و قائم است. اندازه گیری ها به کمک لوازم و وسایل زیر انجام می شود:
- وسایل اندازه گیری طول مانند متر و فاصله یاب.
- وسایل اندازه گیری زاویه به وسیله قطب نما و تئودولیت.
- وسایل اندازه گیری فاصله قائم یا اختلاف ارتفاع مانند شاخص و تراز یاب.
- نتیجه اندازه گیری ها در دفترهای مخصوصی به نام دفتر برداشت ثبت می شود.

۱-۳-۲ مراحل عملیات دفتری

عملیات دفتری شامل مراحل زیر است:

محاسبات: محاسبات شامل تفسیر نتایج عددی اندازه گیری ها است. برای آسان کردن محاسبات از وسایلی مانند جدول، نمودار، خط کش محاسبه و کامپیوتر استفاده می شود.

ترسیم نقشه: برای ارائه نتایج کار اندازه گیری، عملیات ترسیم با استفاده از علائم قراردادی انجام می شود. در نقشه برداری نقشه مهم ترین حاصل فعالیت ها است و همچون اساس کار برای محاسبات بعدی و کار پروژه ها استفاده می شود. بنابراین، نقشه باید از اندازه های دقیق حاصل شود و ترسیم آن نیز با دقت و کیفیت بالایی برخوردار باشد.

۱-۴ انواع نقشه

نقشه از نظر نحوه استفاده به شرح زیر طبقه بندی می شود:

الف) نقشه های توپوگرافی: نقشه های توپوگرافی به نقشه هایی گفته می شود که همه عوارض و پستی و بلندی های زمین روی آن، با خطوطی که منحنی میزان یا منحنی تراز نام دارد، نمایش داده می شود.

ب) نقشه های پلانیمتری: مانند نقشه های توپوگرافی است با این تفاوت که در آنها ارتفاعات مشخص نشده است.

ج) نقشه های جغرافیایی: با انتقال اطلاعات اضافی روی نقشه های توپوگرافی، که قبلاً تهیه شده است، نقشه جغرافیایی به دست می آید. مقیاس در این نقشه ها ممکن است تا یک میلیونیم ۱:۰۰۰۰۰۰ برسد. در برخی از این نقشه ها ارتفاعات وجود دارد و در برخی وجود ندارد.

د) نقشه های عمومی: این نقشه ها از روی نقشه های موجود و سایر اطلاعات لازم زمین

تهیه می‌شود. مقیاس این نقشه‌ها غالباً کوچک‌تر از یک میلیونیم ۱:۱۰۰۰۰۰۰ است. در این نقشه‌ها به علت کوچکی مقیاس برخی از اطلاعات نقشه مبنا حذف شده است. **ه) نقشه‌های ثبتی:** این نقشه‌ها از لحاظ تقسیم‌بندی زمین بین مالکان آن و استفاده‌ای که از زمین می‌شود تهیه می‌شود. مقیاس آنها از ۱:۲۵۰ تا ۱:۱۰۰۰۰ متغیر است.

۱-۵ انواع نقشه‌برداری

متناسب با نوع استفاده نقشه‌ها، انواع مختلف نقشه‌برداری به شرح زیر است:

الف) نقشه‌برداری آبی یا آب‌نگاری هیدروگرافی: معمولاً برای برداشت اندازه دریاچه‌ها، نهرها، رودخانه‌ها، مخازن آب، عملیات دریانوردی، تعیین عمق دریاها و مسیر کشتی‌ها از نقشه‌برداری آبی استفاده می‌شود.

ب) نقشه‌برداری هوایی: در این نوع نقشه‌برداری از عکس‌های هوایی و زمینی، که از منطقه مورد نظر گرفته شده، برای تهیه نقشه استفاده می‌شود.

ج) نقشه‌برداری زیرزمینی: برای تعیین مسیر تونل‌ها، متروها و دیگر راه‌ها و کانال‌های زیرزمینی استفاده می‌شود.

د) نقشه‌برداری ساختمانی: در نقشه‌برداری برای نشان دادن محل و موقعیت نقاط مختلف ساختمانی یک منطقه به منظور تهیه نقشه‌های معماری و همچنین برای گسترش و مرمت ساختمانهای قدیمی نقشه‌برداری ساختمانی استفاده می‌شود.

ه) نقشه‌برداری شهری: هدف از نقشه‌برداری شهری تعیین موقعیت خیابان‌ها، منازل، مخازن آب و پارک‌ها است.

و) نقشه‌برداری توپوگرافی: در نقشه‌برداری توپوگرافی معمولاً پستی و بلندی‌های زمین، نوع و عوارض برداشت شده روی نقشه‌ها نمایش داده می‌شود.

ز) نقشه‌برداری پلانیمتری: در نقشه‌برداری پلانیمتری هدف تعیین موقعیت مسطحاتی^۱ عوارض موجود در زمین است.

ح) نقشه‌برداری مسیر: در این نوع نقشه‌برداری هدف تعیین مسیر انواع راه‌ها روی زمین است.

۱. موقعیت مسطحاتی یک نقطه عبارت است از تعیین طول و عرض نقطه.

ط) نقشه‌برداری ثبت املاکی (کاداستر): برای تعیین حدود مالکیت اشخاص و تفکیک اراضی مورد نظر از نقشه‌برداری ثبت املاکی استفاده می‌شود.

ی) نقشه‌برداری نظامی: هدف از نقشه‌برداری نظامی تهیه نقشه‌های تاکتیکی استراتژیکی و تنظیم تیر توپخانه و ... است.

۱-۶ آشنایی با علائم و قراردادها

قبل از هر چیز باید بتوان همه عوارضی که منظور نمایش آنهاست، به سهولت از روی نقشه شناخت. عوارض را با ترسیم حدودشان متناسب با مقیاس نقشه می‌توان نمایش داد. این عوارض یا طبیعی‌اند (مانند: رودخانه‌ها، جنگل‌ها و دریاها) یا اینکه مانند راه‌های ارتباطی و ساختمان‌ها غیرطبیعی‌اند. در بعضی حالات برای مقیاس‌های کوچک عوارض مهم آنقدر ریز می‌شوند که ترسیم‌پذیر نیستند، مثلاً جاده‌ای به عرض ۵ متر روی نقشه‌ای به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ عرضی برابر ۰/۲۵ میلیمتر پیدا می‌کند که ترسیم‌پذیر نیست. بنابراین، برای نشان دادن این جاده روی نقشه باید عرض بیشتری برای آن در نظر گرفت (مثلاً یک میلیمتر). در این صورت، عرض یک میلیمتری جاده روی نقشه نماینده عرض واقعی جاده روی زمین نخواهد بود، لذا این انتخاب جنبه قراردادی دارد و به همین دلیل به آن علائم قراردادی گفته می‌شود. در نقشه‌هایی که از علائم قراردادی استفاده می‌شود، برای آشنایی استفاده‌کنندگان، این علائم در یک جدول کنار نقشه نشان داده می‌شود. در شکل ۱-۱ قسمتی از این علائم نمایش داده شده است.

۱-۷ نقاط کنترل

به طور کلی، در اصطلاح نقشه‌برداری به نقاطی از سطح زمین که طول و عرض و ارتفاع آنها معلوم باشد نقاط کنترل^۱ می‌گویند. چون نقشه عبارت است از مجموعه‌ای از نقاط که طول و عرض و ارتفاع آنها نسبت به یکدیگر اندازه‌گیری می‌شود و معلوم است، از این‌رو در هر منطقه‌ای که نقشه آن مورد نظر باشد باید حداقل یک نقطه کنترل

۱. در اغلب کشورها توسط سازمان‌های مربوطه نقاط کنترل نقشه‌برداری در سراسر کشور ایجاد می‌گردد که این نقاط در نقشه‌برداری مناطق کوچک‌تر به عنوان مبنا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

	شهر - آبادی
	خرابه
	دیوار
	ساختمان منفرد
	راه - آسفالته
	شوسه
	راه جیب‌رو
	راه مالرو
	راه آهن
	پل
	خط انتقال نیرو
	خط تلفن و تلگراف
	دکل
	چپر
	حد
	زمین مزروعی
	درختکاری - باغ
	جنگل
	بیشه

شکل ۱-۱ علائمی که در نقشه‌ها به کار می‌رود

منشعب از شبکه نقاط کنترل سراسری وجود داشته باشد تا موقعیت سایر نقاط نسبت به آن اندازه‌گیری و تعیین شود. اگر چنانچه در منطقه‌ای نقطه کنترل وجود نداشته باشد کافی است نقطه مشخص و ثابتی را در محل مناسب در منطقه مزبور انتخاب کرد و برای آن مختصات دلخواهی در نظر گرفت و از آن به عنوان کنترل، استفاده کرد و مختصات سایر نقاط را به شرحی که خواهد آمد تعیین کرد.

۸-۱- مقیاس

نسبت یک فاصله معین روی نقشه به فاصله افقی واقعی آن روی زمین را مقیاس می‌گویند. غالباً مقیاس را به صورت یک کسر نشان می‌دهند، مثلاً ۱:۵۰۰۰ که آن را مقیاس عددی می‌نامند. مقیاس را به دو دسته بزرگ و کوچک طبقه‌بندی می‌کنند. اگر مقدار واقعی کسر بزرگ باشد آن را مقیاس بزرگ می‌نامند، مانند ۱:۵۰۰ و اگر مقدار کسر کوچک باشد آن را مقیاس کوچک می‌نامند، مانند ۱:۱۰۰۰۰۰ به عبارت دیگر، هرچه مخرج کسر بزرگ‌تر باشد مقیاس کوچک‌تر خواهد بود. باید توجه داشت که مقیاس مربوط به اندازه فاصله یا به عبارت دیگر مربوط به یک بُعد است و درباره سطح چون دو بُعدی است باید مجذور مقیاس در نظر گرفته شود.

برای مثال، نقشه قطعه زمین مستطیل شکلی به ابعاد ۲ و ۳ متر با مقیاس ۱:۱۰۰ عبارت خواهد بود از مستطیلی به ابعاد ۲ در ۳ سانتیمتر. حال، اگر بخواهیم از روی نقشه ابعاد زمین را به دست آوریم باید اضلاع شکل را با خط‌کش اندازه بگیریم و مقادیر حاصل را، که عبارت از ۲ و ۳ سانتیمتر است، در عکس مقیاس یعنی ۱۰۰ ضرب کنیم. تا مقدار واقعی ابعاد زمین، که ۲ و ۳ متر است، به دست آید. در صورتی که اگر بخواهیم مساحت زمین را با استفاده از نقشه محاسبه کنیم. ابتدا باید مساحت نقشه را به دست آوریم و در مجذور عکس مقیاس ضرب کنیم.

در این مثال چون اضلاع مستطیل در روی نقشه ۲ و ۳ سانتیمتر است پس مساحت آن ۶ سانتی‌متر مربع خواهد بود. عکس مقیاس عدد ۱۰۰ و مجذور آن $10000 = 100^2$ می‌باشد و لذا مساحت زمین ۶ مترمربع خواهد بود.

$$6\text{cm} \times 100^2 = 60000\text{cm}^2 = 6\text{m}^2$$

برای نشان دادن مقیاس بر روی نقشه می‌توان عین مقیاس را روی نقشه نوشت، ولی

این کافی نیست، زیرا اگر مثلاً بخواهیم از نقشه کپی کوچکی تهیه کنیم مقیاس نقشه عوض می‌شود. برای رفع این اشکال مقیاس نقشه را به صورت خطی نشان می‌دهیم که به آن مقیاس خطی می‌گویند به این ترتیب که دو خط موازی به طول چند سانتیمتر روی نقشه رسم می‌کنیم و آن را به سانتیمتر (یا اضعاف آن) تقسیم و یک در میان سیاه می‌کنیم و به ازای هر سانتیمتر در روی نقشه مقدار فاصله واقعی آن را می‌نویسیم. مثلاً اگر نقشه‌ای ۱:۵۰۰۰۰ باشد می‌توان آن را مطابق شکل (۱-۲) نشان داد.

در بعضی از نقشه‌ها اجزای سانتیمتر را هم روی یکی از تقسیم‌ها نشان می‌دهند. (درباره مثال بالا (مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) هر ۲ سانتیمتر نقشه برابر یک کیلومتر در روی زمین است.)



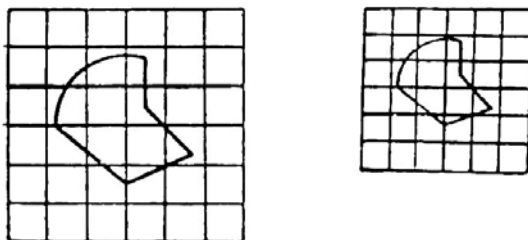
شکل ۱-۲. مقیاس خطی

۹-۱ تغییر مقیاس

نقشه‌ها و پلان‌ها استفاده گوناگون دارند و در مواقعی لازم است مقیاس آن‌ها برای اهداف مشخصی تغییر کند و نقشه یا پلانی با مقیاس جدید تهیه شود. با توجه به دقت و وسعت نقشه یا پلان می‌توان یکی از روش‌های زیر را به کار برد.

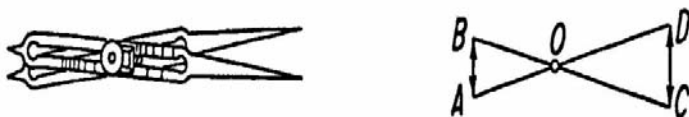
الف) روش ترسیمی

این روش ساده‌ترین و کم دقت‌ترین روش تغییر مقیاس است. (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳

در این روش ابتدا نقشه اصلی کامل شبکه بندی می شود. سپس ورقه ترسیم را با مقیاس دلخواه شبکه بندی می کنند. نقشه اصلی و ورقه ترسیم را کنار هم قرار می دهند و نقاط مشخص نقشه اصلی به ورقه تقسیم منتقل می شود. وسیله ساده دیگر پرگار تبدیل مقیاس است. این وسیله یک پرگار دو طرفه یا پرگار متصل به هم است که براساس روابط مثلث های متشابه ساخته شده است و فواصل دو نوک پرگار در دو طرف با یکدیگر متناسب اند. با تغییر محل نقطه پرگار می توان نسبت متناسب فواصل دهانه های پرگار را برای تغییر مقیاس تغییر داد. (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱

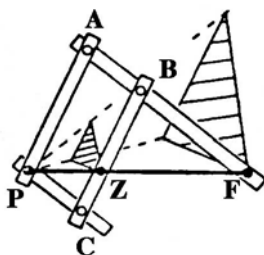
ب) روش مکانیکی

در این روش از دستگاهی به نام پانتوگراف (مشابه نگار) استفاده می شود. این دستگاه ساده از یک متوازی الاضلاع مفصل دار تشکیل شده است که ضلع AB بازوی متحرک با سوزن F و ضلع BC بازوی مداد ترسیم Z است. فاصله های F, Z را می توان تغییر داد. اگر محل F, Z طوری تنظیم شود که از سه نقطه PZF یک خط مستقیم به وجود آید، در آن صورت متوازی الاضلاع در هر موقعیتی که قرار گیرد رابطه زیر برقرار می شود.

$$PZ: PF = PC: AF$$

$$PZ: PF = AB : AF$$

بنابراین، اضلاع یا بازوهای PZ و PF حالت متناسب هم قرار دارند و به عبارت دیگر Z و F اشکال مشابهی را می پیمایند. (شکل ۵-۱).

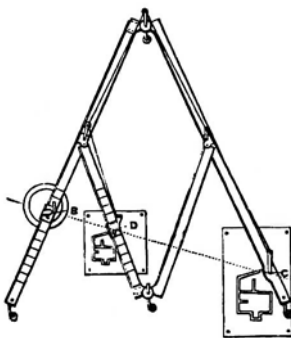


شکل ۵-۱

از این دستگاه می‌توان برای کوچک یا بزرگ کردن مقیاس نقشه استفاده کرد. روی بازوهای AF, BC, PC می‌توان مقیاس دلخواه را تنظیم کرد و تعویض بازوهای مربوط به سوزن و مداد ترسیم به جای کوچک کردن مقیاس نقشه می‌توان آن را بزرگ کرد (شکل ۶-۱).

در صورتی که بخواهیم نقشه ۱:۴۰۰ را تبدیل به نقشه‌ای با مقیاس ۱:۱۰۰۰ کنیم از رابطه زیر استفاده می‌کنیم.

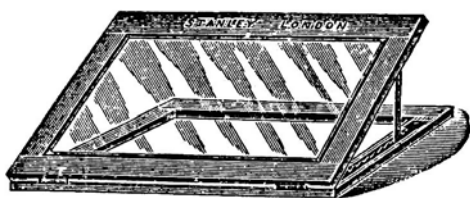
$$PZ: PF = 400:1000 = 2:5$$



شکل ۶-۱

ج) روش نوری

استفاده از دستگاه‌های مشابه نگار نوری برخلاف روش‌های مکانیکی بسیار راحت و ساده است. این دستگاه به کمک یک عدسی تصویر کوچک یا بزرگ نقشه اصلی را روی شیشه مات ظاهر می‌کند. کاغذ رسم شفافی روی شیشه مات قرار می‌دهند و با مداد یا قلم آن را ترسیم می‌کنند (شکل ۷-۱).



شکل ۱-۷ پانتوگراف (مشابه‌نگار) نوری

خودآزمایی ۱

۱. سه نقشه با مقیاس‌های ۱:۲۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ موجودند. بزرگ مقیاس‌ترین و کوچک مقیاس‌ترین آنها کدام‌اند؟
۲. فاصله افقی دو نقطه روی زمین ۱۲۵۰ متر است. فاصله این دو نقطه روی نقشه با مقیاس ۱:۲۵۰۰ چقدر است؟
۳. اگر فاصله‌ای روی نقشه با مقیاس ۱:۱۰۰۰، ۲۰۰ سانتیمتر باشد، این فاصله روی نقشه با مقیاس ۱:۲۵۰۰ چقدر خواهد بود؟
۴. مزایای مقیاس خطی را بیان کنید.
۵. مستطیلی به ابعاد ۱۰×۶ سانتیمتر در نقشه ۱:۲۰۰۰ چه مساحتی از زمین را نشان می‌دهد؟
۶. فاصله مستقیم‌الخط دو روستا روی زمین ۲۵ کیلومتر است. فاصله آنها روی نقشه به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ چقدر سانتیمتر است؟
۷. عملیات نقشه‌برداری به چند مرحله تقسیم‌بندی می‌شود؟

فصل ۲

شکل زمین و سیستم‌های تصویر

هدف مرحله‌ای

هدف از ارائه این فصل آشنایی با شکل زمین، ابعاد زمین، سطح تراز زمین و سپس مختصات جغرافیایی نقاط سطح زمین به صورت طول و عرض جغرافیایی، تعاریف مدارها و نصف‌النهارها و سیستم‌های تصویر، سیستم تصویر استوانه‌ای و سیستم تصویر جهانی U.T.M است.

هدف‌های آموزشی - رفتاری

۱. انتظار می‌رود پس از مطالعه این فصل بتوانید:
 - ۱. شکل، ابعاد، سطح تراز زمین را بشناسید.
 - ۲. مختصات جغرافیایی را (طول و عرض جغرافیایی) را تعریف کنید.
 - ۳. مدارها و نصف‌النهارها را تعریف کنید.
 - ۴. به طور کلی، سیستم‌های تصویر را تعریف کنید.
 - ۵. سیستم تصویر استوانه‌ای و سیستم تصویر جهانی را تعریف و مقایسه کنید.
 - ۶. هر نقطه را با در دست داشتن طول و عرض جغرافیایی آن روی کره زمین مشخص کنید.

۲-۱ مقدمه

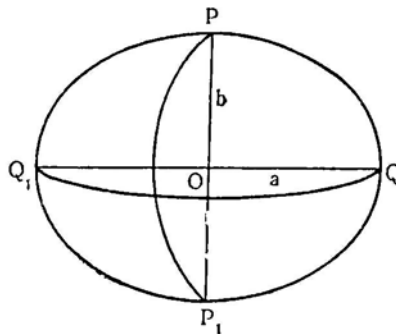
برای نقشه‌برداری و تهیه نقشه از مناطق وسیع، که در آنجا عملیات نقشه‌برداری و تهیه نقشه (کارتوگرافی) باید با در نظر گرفتن کرویت زمین انجام شود، لازم است شکل

زمین، سطوح مبنای اندازه‌گیری ارتفاعات، مختصات جغرافیایی و سیستم‌های تصویر بررسی و مطالعه شود.

۲-۲ شکل و ابعاد زمین

آنچه در نقشه‌برداری به نام شکل زمین شناخته می‌شود سطحی است فرضی که از گسترش آب‌های ساکن دریاها، در زیر خشکی‌ها تجسم می‌شود. این سطح فرضی، که آن را سطح تراز مبنا^۱ یا ژئوئید می‌گویند، در هر نقطه بر امتداد شاغولی، که همان امتداد نیروی جاذبه زمین است، عمود است. ژئوئید سطح نامنظم هندسی است که تا اندازه زیادی شبیه سطح بیضوی دواری است که از دوران بیضی PQP_1Q_1 (شکل ۱-۲) حول قطر کوتاه PP_1 حاصل شده است.

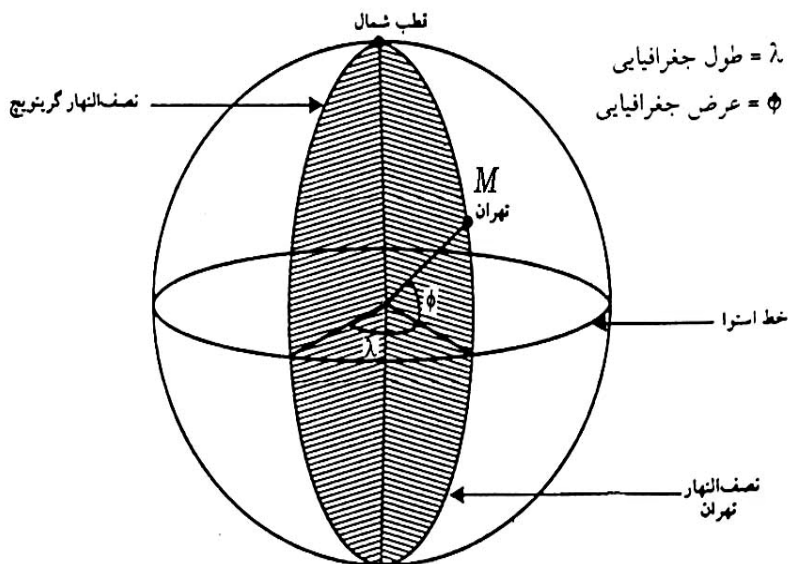
بنابراین، در عملیات ژئودزی و محاسبات کارتوگرافی به جای ژئوئید، بیضوی دوار را در نظر می‌گیرند که می‌توان تقریباً آن را به صورت کروی دانست.



شکل ۱-۲

نصف النهار: فصل مشترک هر صفحه که از محور زمین بگذرد را با سطح بیضوی، نصف النهار می‌گویند که این نصف النهار بیضی شکل است. نصف النهار سطح کروی به صورت دایره است (شکل ۲-۲).

۱. سطح تراز همان سطح ژئوئید است که در اندازه‌گیری‌ها ارتفاعی به عنوان ارتفاع صفر یا مبنا در نظر می‌گیرند.



شکل ۲-۲

مدار: فصل مشترک هر صفحه عمود بر محور دوران زمین با سطح بیضوی و کروی دایره‌ای را تشکیل می‌دهد که آن را مدار می‌نامند. فصل مشترک صفحه عمود بر محور دوران زمین، که از مرکز زمین می‌گذرد، دایره‌ای است به نام استوا که بزرگترین مدار است. مطابق شکل (۱-۲) نیم قطر a شعاع نصف النهار و نیم قطر b شعاع قطبی نام دارد.

ابعاد بیضوی با طول این شعاع مشخص می‌شود. مقدار $\alpha = \frac{(a-b)}{a}$ ضریب فشردگی بیضوی است. دانشمندان کشورهای مختلف ابعاد بیضوی زمین و ضریب فشردگی آن را مکرر محاسبه کرده‌اند. اندازه ضریب فشردگی بیضوی با تقریب $\frac{1}{300}$ به دست آمده است. به علت کوچک بودن اختلاف $a-b$ بیضوی را می‌توان به صورت کره‌ای با شعاع $r = 6371 \text{ km}$ در نظر گرفت.