بسم الله الرحمن الرحیم

روش‌های تعیین موقعیت

رشتهٔ نقشه‌برداری

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۲۷۸۰

۵۲۶/۶۴ ر ۱۷۷م ۱۳۹۵

میرقاسم‌پور، میراحمد

روش‌های تعیین موقعیت/مؤلفان: میراحمد میرقاسم‌پور، ایرج جزیرئیان. ــ تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.

۱۵۶ص.: مصور. ــ(آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۲۷۸۰)

متون درسی رشتهٔ نقشه‌برداری، زمینهٔ صنعت.

برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ نقشه‌برداری دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.

۱. نقشه‌برداری ــ موقعیت جغرافیایی. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ نقشه‌برداری. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۹۵

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **روش‌های تعیین موقعیت ـ ۴۹۶/۴**

مؤلفان : **میراحمد میرقاسم‌پور، ایرج جزیرئیان**

اعضای کمیسیون تخصصی : **محمد سعادت سرشت، سیدمحمد رضا رجایی‌الموسوی، محمد سلیم آبادی، مسلم لطفعلیان، عباداله همتی، ابوالقاسم رافع، امیرحسین متینی و مالک مختاری**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

رسام : **مریم دهقان‌زاده**

صفحه‌آرا : **راحله زادفتح‌اله**

طراح جلد : **مریم کیوان**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)**

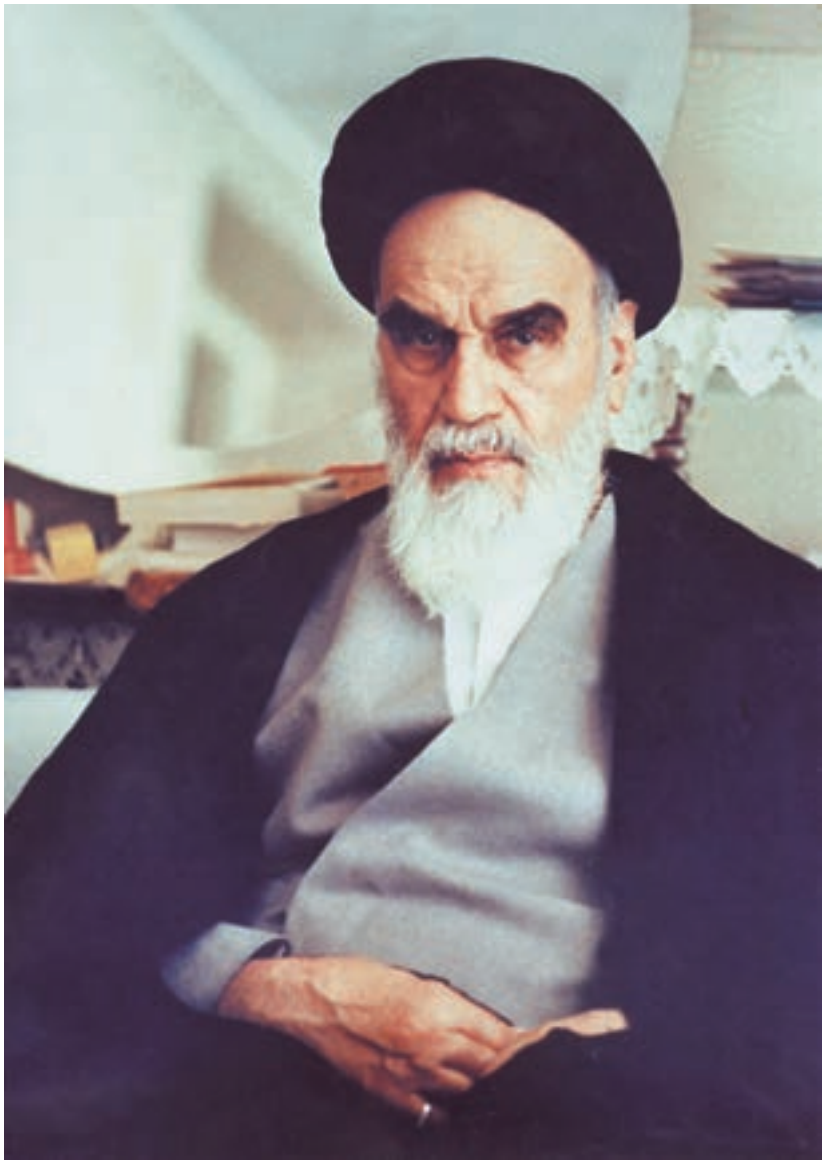
تلفن : ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ دوازدهم ۱۳۹۵**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۵-۱۳۳۸-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-1338-5**



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست

فصل اوّل : آشنایی با تعیین موقعیت و کاربردهای آن ۱

۱ـ۱ـ تعریف تعیین موقعیت (positioning) ۱

۱ـ۲ـ کاربردهای تعیین موقعیت ۷

فصل دوم : سطوح مبنا و سیستم‌های مختصات در نقشه‌برداری ۱۷

۲ـ۱ـ سطوح مبنا (Reference surface) ۲۱

۲ـ۲ـ سیستم‌های مختصات (Coordinate system) ۲۹

فصل سوم : سیستم‌های تصویر در نقشه‌برداری (Projection systems in surveying) ۴۶

۳ـ۱ـ سیستم‌های تصویر و انواع آن ۴۷

۳ـ۲ـ سیستم تصویر صفحه‌ای ۵۰

۳ـ۳ـ سیستم تصویر مخروطی (Conical projection) ۵۱

۳ـ۴ـ سیستم‌های تصویر استوانه‌ای یا مرکاتور (Mercator projection) ۵۲

فصل چهارم : تعیین موقعیت زمینی ۵۹

۴ـ۱ـ تعریف تعیین موقعیت نسبی (Relative positioning) ۶۰

۴ـ۲ـ انتقال موقعیت ارتفاعی (Levelling) ۶۰

۴ـ۳ـ انتقال موقعیت مسطحاتی ۶۵

۴ـ۴ـ روش‌های انتقال مختصات نسبی ۷۲

الف ـ پیمایش (Traverse) ۷۲

ب ـ مثلث‌بندی (Triangulation) ۷۵

ج ــ سه ضلع‌بندی (Trilateratio) ۷۵
د ــ تقاطع (Intersection) ۷۶
هـ ــ ترفیع (Resection) ۷۸

فصل پنجم : نقشه و تعیین موقعیت بر روی آن (Map and Positioning) **۸۵**
۱ــ۵ ــ اطلاعات نقشه ۸۶
۲ــ۵ــ تعداد اطلاعات حاشیهٔ نقشه ۸۹
۳ــ۵ــ تعیین موقعیت بر روی نقشه ۱۰۲
۴ــ۵ــ تعیین موقعیت با استفاده از مختصات جغرافیایی (طول و عرض ژئودتیک) ۱۰۳
۵ــ۵ــ مشخص‌کردن یک نقطهٔ معلوم با مختصات جغرافیایی بر روی نقشه ۱۰۵
۶ــ۵ــ تعیین موقعیت با استفاده از مختصات UTM ۱۰۵
۷ــ۵ــ مشخص‌کردن یک نقطهٔ معلوم با مختصات UTM بر روی نقشه ۱۰۷

فصل ششم : تعیین موقعیت نجومی (۱) (Astronomical Positioning) **۱۱۴**
۱ــ۶ــ نقش زمان در تعیین موقعیت و انواع آن ۱۱۵
۲ــ۶ــ قوانین کپلر ۱۱۶
۳ــ۶ــ انواع زمان ۱۲۲

فصل هفتم : تعیین موقعیت نجومی (۲) **۱۳۱**
۱ــ۷ــ تعیین موقعیت با استفاده از وضعیت ستارگان ۱۳۲
۲ــ۷ــ تعیین عرض نجومی تقریبی یک نقطه به روش‌های ساده ۱۴۰
۳ــ۷ــ تعیین Λ طول نجومی تقریبی یک محل ۱۴۳
۴ــ۷ــ تعیین آزیموت نجومی تقریبی یک امتداد ۱۴۵

ضمیمهٔ ۱ : مشخصات سیارات منظومه شمسی **۱۴۹**
ضمیمهٔ ۲ : اطلاعات کلّی دربارهٔ خورشید، زمین و ماه **۱۵۰**
ضمیمهٔ ۳ : سال شمار زندگی ابوریحان بیرونی دانشمند ایرانی مسلمان **۱۵۱**
ضمیمهٔ ۴ : معرفی بعضی از سایت‌های مهم نقشه‌برداری در ایران **۱۵۳**

منابع **۱۵۶**

مقدمه

همان‌گونه که در درس‌های پیشین یاد گرفتیم «علم نقشه‌برداری (SURVEYING) علمی است که یکی از اهداف آن تعیین موقعیت نسبی نقاط مختلف نسبت به یک سیستم مختصات مشخص می‌باشد».

با داشتن مختصات نقاط، بسیاری از کارها امکان‌پذیر بوده از طریق آن می‌توان نیازهای موردنظر را برآورده ساخت که در این‌جا به نمونه‌هایی از آن اشاره می‌کنیم :

ـ تعیین ابعاد هر قطعه زمین با استفاده از مختصات نقاط رئوس آن.

ـ تعیین زاویهٔ بین امتدادها با داشتن مختصات نقاط دو سر امتدادها.

ـ تعیین مساحت هر قطعه زمین با داشتن مختصات رئوس آن.

ـ محاسبهٔ شیب جاده یا کانال و نظیر آن با داشتن مختصات نقاط مختلف بر روی هریک از آن‌ها.

ـ پیاده کردن طرح بر روی زمین، با داشتن مختصات طرح و مختصات نقاطی در روی سطح زمین (نقاط مبنایی).

ـ مشخص کردن محدودهٔ املاک مختلف (حل و فصل اختلافات بین صاحبان املاک با داشتن مختصات نقاط محدودهٔ املاک).

ـ حل اختلاف بین کشورها و مشخص کردن مرز بین کشورها با داشتن مختصات نقاط واقع بر روی مرز نسبت به یک سیستم مختصات جهانی.

ـ هدایت حفاری تونل‌ها از چندین جهت و رساندن آن‌ها به یک‌دیگر با داشتن مختصات دقیق در دو طرف تونل و استفاده از آن‌ها.

ـ محاسبهٔ دقیق حجم عملیات خاکی در اجرای پروژه‌های مختلف، با داشتن مختصات نقاط مختلف از منطقه با تراکم خوب.

ـ محاسبهٔ حجم آب پشت سدها و سازه‌های آبی دیگر با داشتن مختصات نقاط کف دریاچه‌ها و سطح آن.

ـ هدایت هواپیما و کشتی‌ها و زیردریایی‌ها و دیگر وسایل نقلیه با داشتن موقعیت لحظه به لحظهٔ آن.

ـ پیش‌بینی محل وقوع زلزله و حرکات مختلف پوستهٔ زمین با داشتن مختصات برخی نقاط در زمان‌های مختلف.

ـ پرتاب موشک‌های دوربرد و هدف قراردادن دقیق اهداف نظامی با داشتن مختصات هدف و مختصات نقطهٔ پرتاب.

ـ قرار دادن ماهواره‌های مخابراتی در مدار کرهٔ زمین برای اهداف ارتباطی.

ـ بررسی وضعیت حرکت سیستم‌های جوی.

ـ بررسی جابه‌جایی سازهٔ بزرگ عمرانی، مانند ساختمان‌های بزرگ، سدها و نظایر آن.
ـ ارسال سفینه‌های فضایی به کرات دیگر.
ـ بررسی وضعیت خورشید و اجرام سماوی دیگر.
ـ بررسی هدایت آب از نقاطی به نقاط دیگر.
و هزاران نیاز روزمرهٔ انسان با استفاده از مختصات و تعیین موقعیت قابل رفع می‌باشد.

هدف کلی

آشنایی با روش‌های تعیین موقعیت در نقشه‌برداری

فصل اوّل

آشنایی با تعیین موقعیت و کاربردهای آن

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

۱ــ تعیین موقعیت را با چند مثال توضیح دهید.

۲ــ تعیین موقعیت را به صورت ریاضی با ذکر یک مثال بیان کند.

۳ــ روند فعالیت‌هایی را که در نقشه‌برداری منجر به تعیین موقعیت می‌شود، توضیح دهد. (مراحل تعیین موقعیت را در نقشه‌برداری بیان کند).

۴ــ تعیین موقعیت نقاط ثابت را با ذکر چند مثال توضیح دهد.

۵ــ تعیین موقعیت نقاط متحرک را با ذکر چند مثال توضیح دهد.

۶ــ کاربردهای تعیین موقعیت را با ذکر چند مثال توضیح دهد.

۱ــ۱ــ تعریف تعیین موقعیت (Positioning)

تعیین موقعیّت کاری است که اغلب هر روز با آن مواجه هستیم. انسان از دیرباز، قبل از آن که نوشتن و خواندن را فراگیرد، به صورت ابتدایی با تعیین موقعیت آشنا بوده است ؛ برای نمونه :

ــ کشاورزی که پیرامون زمین خود را با سنگ‌چینی مشخص می‌کند در واقع تعیین موقعیت می‌کند.

ــ اگر شما نشانی محل سکونت خود را در اختیار دوستان قرار دهید کار تعیین موقعیت انجام داده‌اید، و آن را با جملاتی بیان کرده‌اید.

ــ تابلویی را در داخل اتاق خودتان می‌خواهید نصب کنید. تصمیم شما درباره‌ی این که تابلو در کدام سمت اتاق یا دیوار نصب شود، در واقع فکری است درباره‌ی تعیین موقعیت. چنان چه تابلو را نصب کردید شما آن موقعیت را به نمایش گذاشته‌اید.

ــ دندان‌پزشکی از دهان بیماری قالب می‌گیرد تا وضعیت دندان‌های موجود را مشخص کند. او با این عمل، کار تعیین موقعیت انجام می‌دهد.

ــ خلبانی که هواپیما را هدایت می‌کند تا بر روی باند فرودگاه فرود آید او نیز کار تعیین موقعیت انجام می‌دهد.

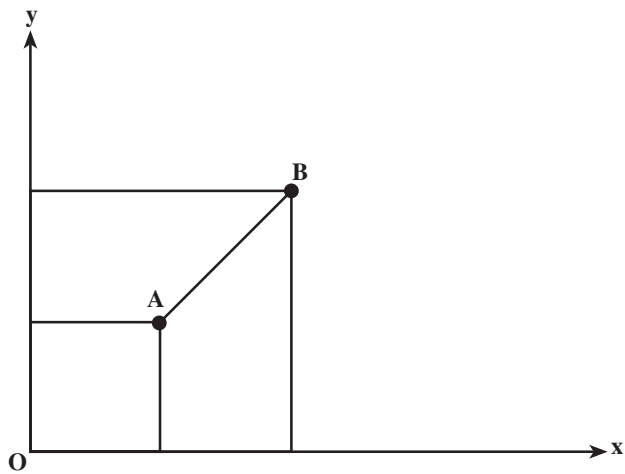
بنابراین، همه‌ی این کارهای روزانه با تعیین موقعیت امکان‌پذیر است و هر اندازه این تعیین موقعیت‌ها را دقیق انجام دهیم به اهدافمان بهتر دست می‌یابیم.

در ریاضیات، با نسبت‌دادن یک یا چند عدد به هر موقعیتی، بیان موقعیت‌ها به گونه‌ای آسان صورت می‌گیرد ؛ برای نمونه، به جای بیان جملات طولانی برای یک موقعیت می‌توانیم با نسبت دادن سه عدد آن را مشخص کنیم این اعداد را در اصطلاح «مختصات»(Coordinate) گویند.

بنابراین، تعیین موقعیت، نسبت دادن مختصات به نقاط موردنظر است، امّا هنوز این تعریف جامع نیست با یک مثال، موضوع را روشن‌تر بیان می‌کنیم، نقطه‌ی A بر روی یک صفحه دارای مختصات (۱cm,۱cm) است و نقطه‌ی B نیز مختصات آن برابر (۲cm, ۲cm) است. آیا می‌توان وضعیت این دو نقطه را نسبت به هم روی یک صفحه‌ی کاغذ مشخص نمود؟ آیا می‌توانید فاصله‌ی بین این دو نقطه را بیان نمایید؟ گاهی ممکن است کسی وضعیت دو نقطه را این‌گونه بیان کند :

و فاصله‌ی بین دو نقطه

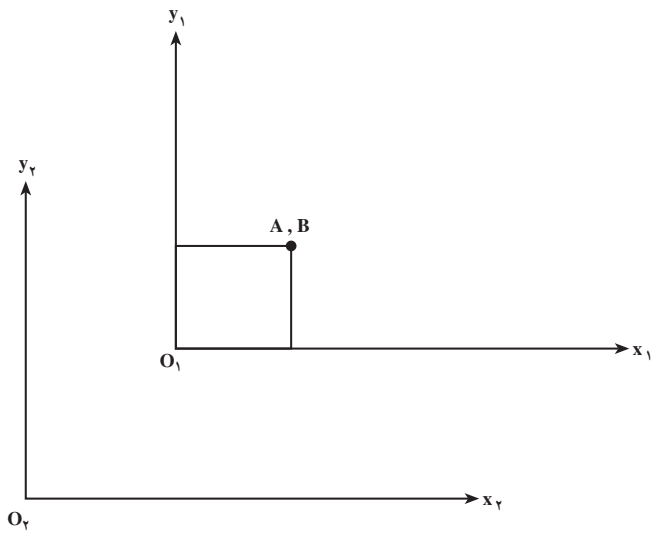
$$AB = \sqrt{۱^۲ + ۱^۲} = \sqrt{۲} = ۱/۴۳\text{cm}$$



شکل ۱ــ۱

گاهی نیز ممکن است شخص دیگری وضعیت نقاط را به این صورت رسم نماید و فاصله‌ی بین دو نقطه را صفر بیان کند.

این پاسخ نیز درست است، زیرا نقطه‌ی A دارای مختصات (۱cm, ۱cm) در سیستم مختصات $x_1o_1y_1$ بوده نقطه‌ی B هم دارای مختصات (۲cm,۲cm) نسبت به سیستم مختصات $x_2o_2y_2$ است ؛ بر این‌اساس، این اعداد، هنگامی نشانگر تعیین موقعیت هستند که قبل از آن سیستم مختصات مناسب تعریف شده باشد.



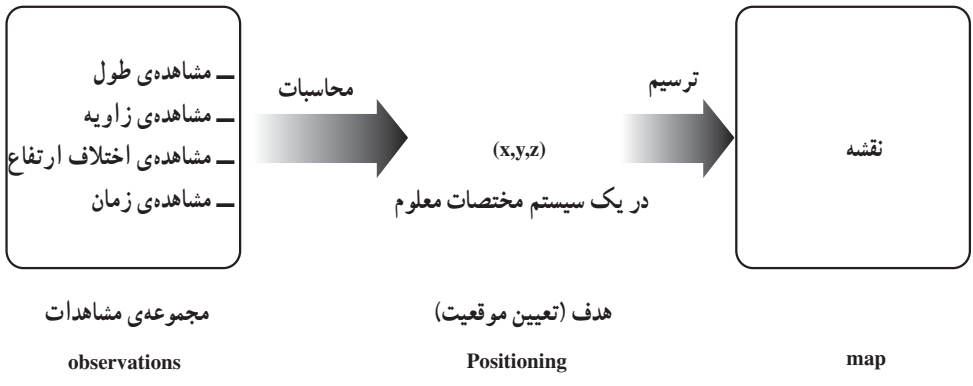
شکل ۲ــ۱

حال، با توجه به مطالب بیان شده می‌توان تعیین موقعیت را همان‌گونه که در درس مبانی هم خوانده‌اید تعریف نمود : «مکان‌یابی نقاط مورد نظر در یک سیستم مختصات از قبل تعریف شده».

امّا این مختصات را چگونه باید به دست آورد؟ این پرسشی اساسی است که برای نقشه‌بردار ــ که هدف او تعیین موقعیت است ــ باید به آن پاسخ داده شود. این مختصات (x ،y) برای یک نقطه، به طور مستقیم در دست‌رس نیست. شما نمی‌توانید با متر یا وسایل دیگر نقشه‌برداری برای نمونه مختصات (X و Y) گوشه‌ی زمینی را به طور مستقیم به دست آورید. در نقشه‌برداری برای رسیدن به این مختصات نقاط از مجموعه‌ی مشاهدات استفاده می‌کنیم.

مجموعه‌ی مشاهدات در نقشه‌برداری شامل اندازه‌گیری فاصله، اندازه‌گیری زاویه و اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع است. در برخی از کارهای نقشه‌برداری ــ علاوه بر اندازه‌گیری‌های یاد شده ــ

مشاهده‌ی «زمان» نیز حائز اهمیت است که در فصل هشتم از آن سخن به میان خواهد آمد. به طور کلی نکات یاد شده اطلاعاتی است که با وسایل نقشه‌برداری فراهم می آید. پس از آن باید آن‌ها را در مدل‌های ریاضی[1] مناسب قرار دهیم تا به هدفمان، یعنی تعیین موقعیت دست یابیم وقتی به (x , y) رسیدیم در حقیقت به هدف رسیده‌ایم. امّا در برخی مواقع ممکن است که تعداد نقاط تعیین موقعیت شده زیاد باشد که این اعداد و ارقام تعیین موقعیت را به صورت شماتیک می‌توان نشان داد. البته این نمایش یا تهیه نقشه هدف نیست بلکه به خاطر راحتی استفاده‌کننده می‌باشد درست مثل این است که یک آمارگر وقتی تعداد زیادی نمونه جمع‌آوری می‌کند نتایج این جمع‌آوری اطلاعات را به صورت نمودار مشخص کند.



شکل ۳ــ۱

با توجه به شکل ۳ــ۱ مراحل تعیین موقعیت و نمایش آن را می‌توان به شرح زیر بیان نمود :

I) انجام مشاهدات لازم یا جمع‌آوری اطلاعات.

II) انتخاب سطح مبنا و سیستم مختصات خاص برای تعیین موقعیت

III) انتخاب مدل‌های ریاضی خاص که در روی سطح مبنای انتخاب شده‌ی بالا معتبر می‌باشد و انجام محاسبات لازم و رسیدن به مختصات

IV) انتخاب روش‌های مناسب برای نمایش اطلاعات و نمایش موقعیت‌ها به صورت شماتیک

تعیین موقعیت منحصر به موارد مذکور نیست. ملاصدرا، فیلسوف بزرگ ایرانی، ثابت کرد که زمان بُعد چهارم نقاط مادی است. بنابراین هر نقطه‌ی مادی دارای چهار بُعد x و y و z و t است و

۱ــ مدل ریاضی: روابط ریاضی است که وضعیت مجموعه‌ای از نقاط را بر روی سطوح خاص بیان می‌کند.

به طور کلی مختصات هر نقطه به صورت P(x و y و z و t) نشان داده می شود به عبارت دیگر، تعیین موقعیت در این حالت چهار بُعدی است. در حال حاضر از بحث در مورد بُعد چهارم (زمان) خودداری می‌شود، ولی در سال‌های بَعد آن را بیش‌تر خواهید شناخت.

بر حسب وضعیّت نقاط تعیین موقعیّت به دو دسته تقسیم می‌شود :

۱ــ تعیین موقعیّت نقاط ثابت (Static Positioning): این تعیین موقعیّت مربوط به نقاطی است که ثابت بوده و نسبت به زمان، تغییرات خیلی ناچیز خواهد داشت. مثل نقاط واقع بر بدنه‌ی یک سد یا نقاط کنترل نقشه‌برداری و ژئودزی یا نقاط مربوط به بررسی جابه‌جایی پوسته‌ی زمین و غیره. این‌ها همه نقاطی است که با گذشت زمان خیلی ناچیز و در حدّ دهم یا صدم میلی‌متر جابه‌جایی پیدا می‌کند. شکل‌های ۴ــ۱، ۵ــ۱و ۶ــ۱ نمونه‌ای از این نقاط را نشان می‌دهد.

شکل ۴ــ۱

شکل ۵ــ۱

شکل ۶ــ۱

۲ــ تعیین موقعیّت نقاط متحرک(ناوبری) (Kinematic Positioning): در برخی مواقع ما نیاز به تعیین موقعیّت اجسام در حال حرکت داریم. تعیین موقعیّت چنین نقاطی را تعیین موقعیت متحرک می‌گویند.

نمونه‌هایی از این نوع تعیین موقعیت به شرح زیر است :

ــ تعیین موقعیت هواپیمایی در حال پرواز و مشخص‌کردن موقعیت آن در روی نقشه‌های مربوطه و نیز مشخص کردن موقعیت هواپیما نسبت به موقعیت فرودگاه به صورت لحظه به لحظه.

ــ تعیین موقعیت کشتی در حال حرکت به صورت لحظه به لحظه و مشخص‌کردن جهت و سرعت حرکت آن، برای هدایت آن.

ــ مشخص‌کردن موقعیت ماشین‌های اورژانس و غیره به منظور استفاده‌ی بهینه از آن‌ها و برآورد زمان رسیدن آن‌ها به محل حادثه و غیره. و هزاران مثال دیگر از این قبیل که انسان به تعیین موقعیت نقاط در حال حرکت نیاز دارد که به روش‌های خاص نقشه‌برداری باید تعیین موقعیت گردند.

شکل ۷ــ۱ تعیین موقعیت مسیر بهینه برای ماشین‌ها را نشان می‌دهد.

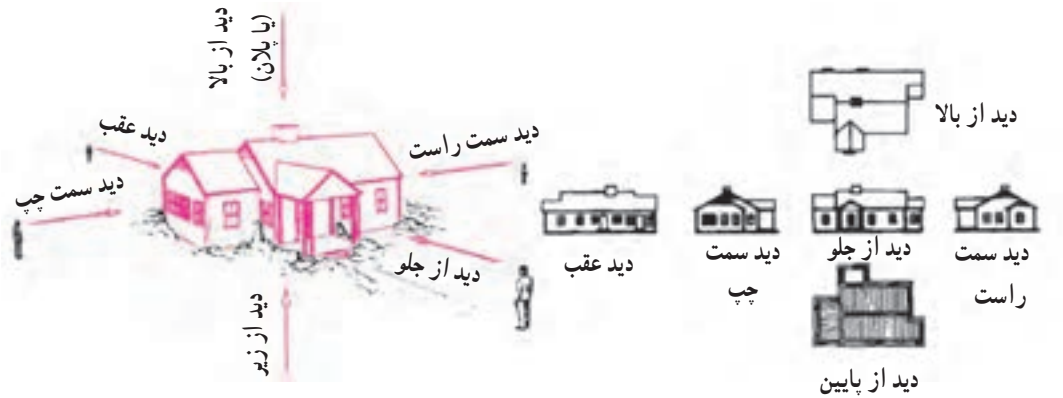
شکل ۷ــ۱

۲ ــ۱ــ کاربردهای تعیین موقعیت

برای شناخت دقیق موقعیت، وضعیت، اندازه، شکل و تغییر شکل هر جسم لازم است موقعیت نقاط مختلف آن را تعیین نماییم. در ترسیم فنی یعنی روشی که از سالیان دور مورد استفاده قرار می‌گرفته ترسیم دستی‌نماهایی از جهات مختلف بدین منظور کاربُرد داشته است.

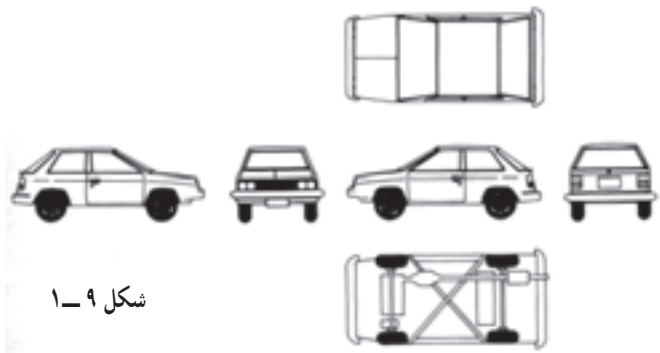
برای رسم نماهای مختلف، شعاع‌های دید ناظر عمود بر وجوه جسم بر آن می‌تابد، به این ترتیب که برای ترسیم نماهای بالا و پایین امتداد شعاع‌های دید ناظر به‌طور قائم از بالا و پایین عمود بر سطح می‌باشد.

برای شناخت بیش‌تر اجسام به خصوص آن‌ها که دارای پیچیدگی‌هایی در حجم هستند تعداد بیش‌تری نما می‌توان ترسیم نمود و در هر صورت کلیه ابعاد اجسام مورد نظر باید اندازه‌گیری شوند.



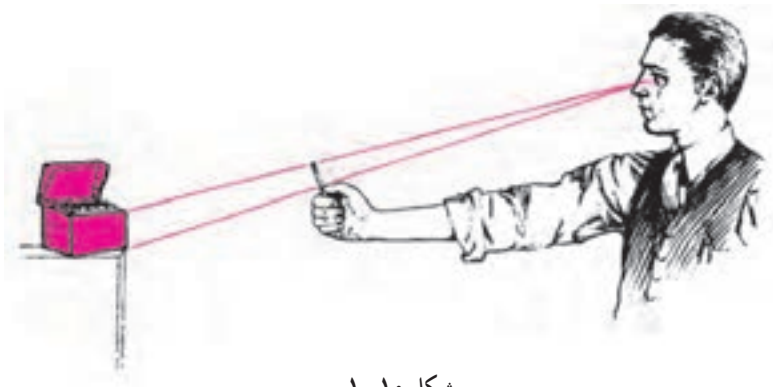
شکل ۸ــ۱

وقتی جسمی کوچک و ساده است با وسایل معمولی اندازه‌گیری (نظیر متر و پرگار و در موارد دقیق کولیس و ریزسنج) می‌توان ابعاد جسم را اندازه‌گیری نمود. اما برای اجسام بزرگ و پیچیده مانند اتومبیل و یا کشتی و هواپیما به‌خصوص آن‌ها که وجوه مسطح ندارند، اندازه‌گیری با وسایل معمولی بسیار وقت‌گیر و غیر دقیق و در مواردی غیرممکن است.



شکل ۹ ــ۱

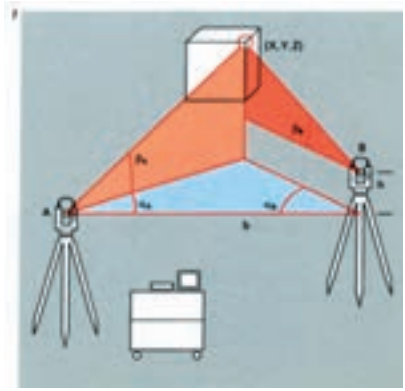
می‌توان با ایجاد مثلث‌های متشابه در فضا و تخمین فاصله‌ها و ترسیم کروکی نیز نماها را ترسیم نمود این روش نیز دقت بالایی ندارد و انجام آن بسیار وقت‌گیر است.



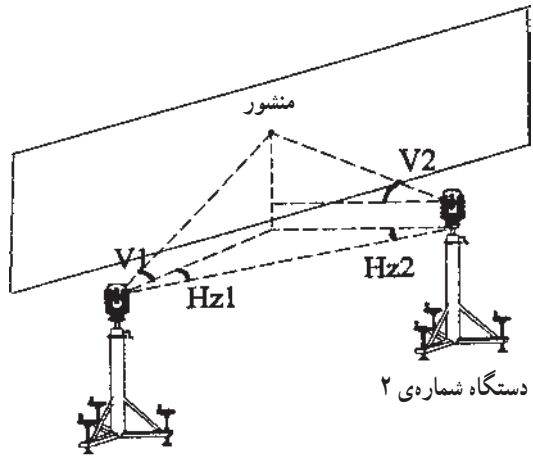
شکل ۱۰ــ۱

دستگاه‌های جدید نقشه‌برداری براحتی قادرند نقاط مختلف واقع بر اجسام مذکور را تعیین موقعیت نمایند. بدین منظور معمولاً از یک یا دو دستگاه که در نقاط مشخص مستقر می‌شوند استفاده می‌کنند (این دستگاه‌ها را در آینده خواهید شناخت) به‌این ترتیب که با مشخص ساختن نقاط مورد نظر روی اجسام فواصل آن‌ها را اندازه‌گیری می‌کنیم (در مواردی زوایای امتدادها نیز اندازه‌گیری می‌شود). با این اندازه‌گیری به‌وسیله‌ی روابط ریاضی نقاط روی جسم تعیین موقعیت می‌شوند.

برای مشخص نمودن نقاط در روی اجسام از منشورهای بسیار کوچک که قابلیت نصب در هر نقطه و تغییر مکان را دارند استفاده می‌کنند (اخیراً دستگاه‌هایی تولید شده‌اند که بدون استفاده از منشور نیز می‌توانند اندازه‌گیری لازم را انجام دهند).

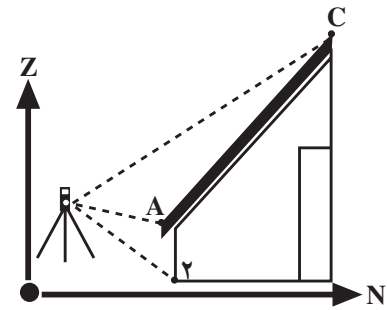


شکل ۱۱ــ۱

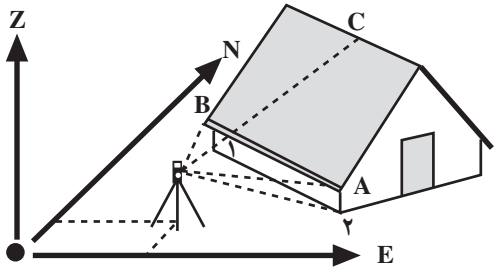


شکل ۱۲ــ۱

به‌منظور استفاده‌ی کامل از سیستم پیشرفته، لازم است وضعیت بدنه‌ی سوژه‌ی موردنظر برای رایانه مشخص گردد. با توجه به ثبت سریع اطلاعات عددی از جانب این وسیله مناسب‌ترین راه ارائه‌ی اطلاعات ورودی تهیه‌ی لیست مختصات سه بُعدی از رویه‌ی سوژه‌ی مورد نظر است که البته چنین امکانی را روش‌ها و تجهیزات نقشه‌برداری فراهم کرده است. نحوه‌ی عمل در نقشه‌برداری به این صورت است که با استقرار دستگاه‌هایی در نقاط مشخص، فاصله و زاویه‌ی نقاط مختلف روی بدنه‌ی جسم اندازه‌گیری می‌شود پس از انجام عملیات محاسبه، مختصات این نقاط مشخص می‌گردد. به این ترتیب نقاط درنظر گرفته شده تعیین موقعیت می‌گردند.



شکل ۱۳ــ۱



شکل ۱۴ــ۱

لازم بـه‌توضیح است که سوژه‌ی مـورد نظر در روش فـوق هـر جسمی می‌تـواند باشد. در تصاویر زیر (۱۵ــ۱ تا ۱۹ــ۱) نمونه‌های دیگری از اجسام دیده می‌شوند که با دستگاه‌های نقشه‌برداری مشغول تعیین موقعیت نقاط مختلف آن‌ها هستند.

شکل ۱۵ــ۱

شکل ۱۶ــ۱

جهت آشنایی بیش‌تر به ذکر مواردی از کاربردهای این روش پرداخته می‌شود.

الف ــ طراح یک قطعه یا سوژه، پرسپکتیو و نماهای تقریبی آن را بر روی یک صفحه رسم می‌کند و سپس برای ترسیم دقیق آن را به نقشه‌کش‌ها می‌سپارد. اما تهیه‌ی نماها از قطعه‌ی ساخته شده به‌سادگی امکان‌پذیر نیست، چون اندازه‌گیری ابعاد گاه به‌سختی امکان پذیر است و هرچه جسم بزرگ‌تر و پیچیده‌تر باشد، این کار مشکل‌تر می‌شود.

شکل ۱۷ــ۱

شکل ۱۸ــ۱

شکل ۱۹ــ۱

در نقشه‌برداری، با نصب منشورهای (Prism) بسیار کوچک در بدنه‌ی جسم عمل اندازه‌گیری با دستگاه انجام می‌شود. نمونه‌ای از این منشورها را در این‌جا می‌بینید.

شکل ۲۰ــ۱

ب ــ به‌طور کلی در شاخه‌های مختلف مهندسی، طراحی و تولید (یا ساخت) دو بخش اساسی‌اند که هر کدام به‌نحوی با موضوع تعیین موقعیت در ارتباط هستند. در این خصوص به‌موارد زیر توجه نمایید :

ــ طراح در طرح یک جسم در واقع مجموعه‌ای از نقاط را تعیین موقعیت می‌کند.

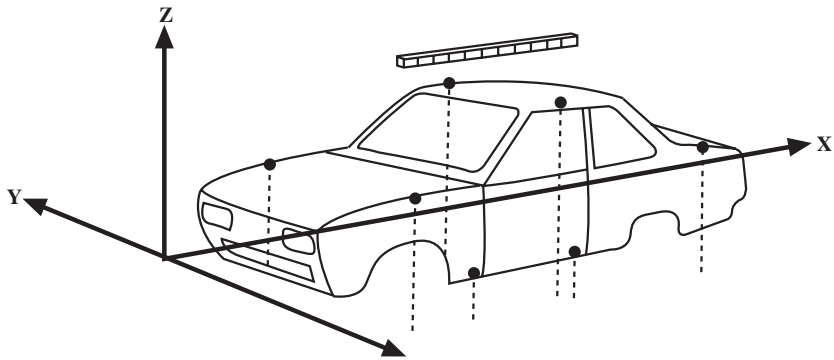
ــ هنگام طراحی یک جسم، نمونه‌های قبلی آن (اگر وجود داشته یا دارد) مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار می‌گیرد. البته این کار وقتی امکان‌پذیر است که نقاط مختلف نمونه‌ها قبلاً تعیین موقعیت شده باشند کارخانه‌های سازنده‌ی اتومبیل، هواپیما، موشک و کشتی و دست‌اندرکاران دیگر صنایع سنگین، طراحان سازه‌های دقیق و سنگین مانند سیلوها و سکوهای پرتاب موشک با چنین مسائلی درگیر هستند.

شکل ۲۱ــ۱

شکل ۲۲ــ۱

پ ــ چنان‌چه یک جسم پس از طراحی در ارتباط با جسم دیگر قرار گیرد، نحوه‌ی این ارتباط باید تعیین موقعیت گردد.

ت ــ گاهی طراح به‌طور کامل جسمی را طراحی نمی‌کند، بلکه تغییراتی را در آن پیش‌بینی می‌نماید. در این صورت طرح تغییرات باید متکی به تعیین موقعیت نقاط مختلف آن جسم باشد.

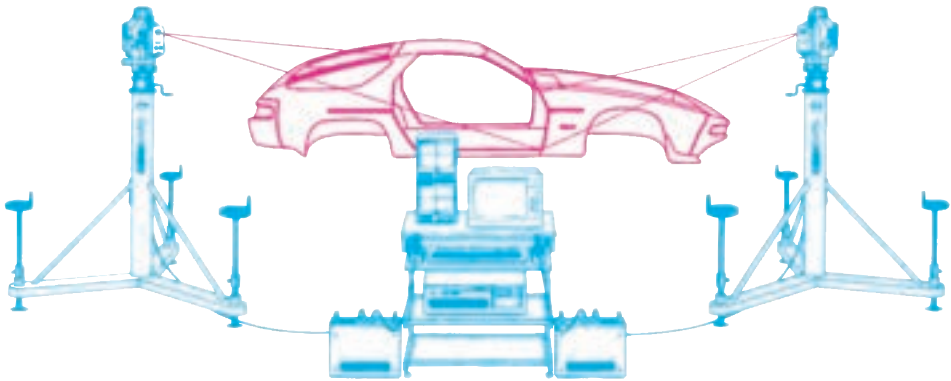


شکل ۲۳ــ۱

ث ــ عوامل تولیدکننده (یا سازنده) با توجه به‌طرح داده شده و به طور مرحله‌ای، نقاط تعیین موقعیت شده جسم را در وضعیت پیش‌بینی شده قرار می‌دهند.

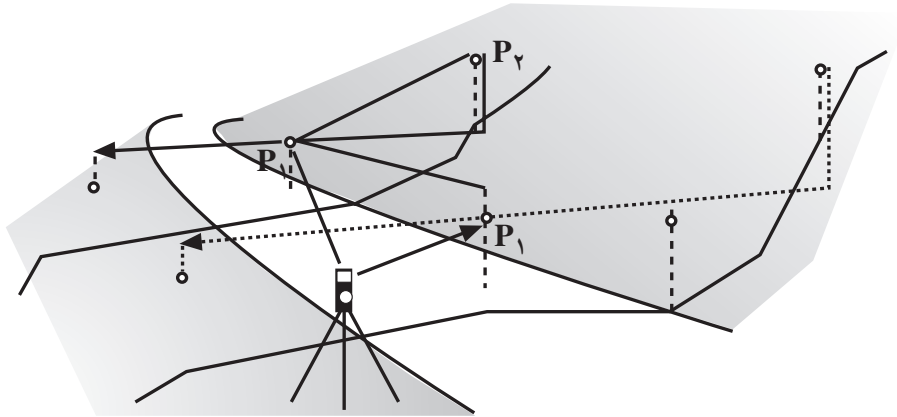
ج ــ نظارت بر امر تولید یک جسم در مراحل مختلف بر مبنای اطلاعات در خصوص تعیین موقعیت نقاط مختلف آن صورت می‌گیرد.

چ ــ کنترل کیفیت پس از تولید نیز مبتنی بر مقایسه‌ی ابعاد قطعات در طرح داده شده، قبل از ساخت و ابعاد همین قطعات پس از ساخت است.



شکل ۲۴ــ۱

ح ــ در شاخه‌ی مهندسی عمران سوژه‌ی موردنظر قطعه‌ی نسبتاً بزرگی از زمین است که در آن باید طراحی و اجرای یک پروژه‌ی ساختمانی صورت گیرد ؛ به همین جهت با نقاشی و حتی عکاسی نمی‌توان آن را به‌طور دقیق تعیین موقعیت نمود.



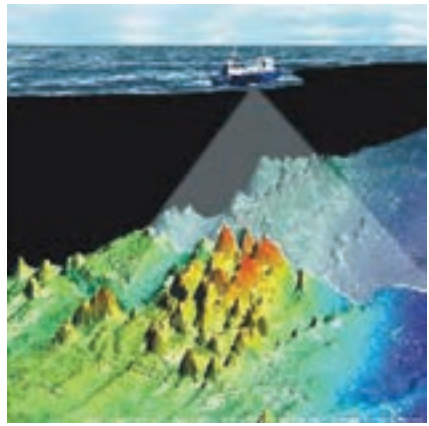
شکل ۲۵ــ۱

خ ــ از کاربردهای مهم دیگر تعیین موقعیت در معماری تهیه‌ی نقشه از آثار هنری و ابنیه تاریخی است که در حال حاضر به همراه اندازه‌گیری‌ها، از سوژه‌ی مورد نظر عکس نیز تهیه می‌شود. در این خصوص تصاویر بخشی از عمارت بیستون را که نقاط انتخاب شده جهت تعیین موقعیت بر روی آن مشخص است، در این‌جا می‌بینید (شکل‌های ۲۶ــ۱ و ۲۷ــ۱).

شکل ۲۶ــ۱

شکل۲۷ــ۱

د ــ نقشه‌برداری آبی (Hydrographic): روش تعیین موقعیت نقاط در زیر آب‌ها و استخراج توپوگرافی بستر دریاها می‌باشد. در این نوع نقشه‌برداری ارتفاع (Z) از طریق عمق یاب‌های صوتی (Echosounder) تعیین می‌گردد. از نقشه‌برداری آبی یا آبنگاری معمولاً برای تهیه چارت‌های دریایی استفاده می‌شود که در امور ساحلی و کشتیرانی کاربرد ملی فراوانی دارد (شکل ۲۸ــ۱).



شکل ۲۸ ــ۱ــ تعیین موقعیت نقاط کف دریا

ذ ــ نقشه‌برداری شهری (city surveying): تعیین موقعیت نقشه‌هایی که از مناطق شهری با عوارض مختلف از قبیل خیابان‌ها، پیاده‌روها، معابر، فضای سبز، ساختمان‌ها و پل‌ها و ... که کلیه‌ی عوارض به‌طور روشن و دقیق نشان داده می‌شود نقشه‌برداری شهری نام دارد.

از کاربردهای نقشه‌برداری شهری :

ــ تخصیص نقاط کنترل ترافیکی با توجه به عواملی نظیر نقاط اصلی ارتباطی (شهر) میزان رفت و آمد و ... .

ــ محاسبه‌ی کوتاه‌ترین راه با توجه به پارامترهای از قبیل یک طرفه بودن بعضی خیابان‌ها.

ــ ایجاد شبکه‌های مرتبط مناسب برای مدل‌های حمل و نقل (شکل ۲۹ــ۱).

شکل ۲۹ــ۱

خودآزمایی

۱ــ تعیین موقعیت را با ذکر چند مثال توضیح دهید.

۲ ــ مراحل تعیین موقعیت در نقشه‌برداری را توضیح دهید.

۳ــ انواع تعیین موقعیت را نام ببرید.

۴ــ چند کاربرد تعیین موقعیت را تشریح نمایید.

۵ــ برحسب وضعیت نقاط تعیین موقعیت به دو دسته تقسیم می‌شوند آن‌ها را نام ببرید و با یک مثال توضیح دهید.

۶ــ شکل ۳۰ــ۱ مسیر حرکت کاروان امام‌رضا علیه السلام را نشان می‌دهد. با بررسی شکل توضیح دهید که چگونه می‌توان از تعیین موقعیت نقاط برای ترسیم یک نقشه استفاده نمود.

شکل ۳۰ــ۱

فصل دوم

سطوح مبنا و سیستم‌های مختصات در نقشه‌برداری

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

۱ــ نحوه‌ی اندازه‌گیری شعاع زمین به وسیله‌ی اراتوستن را با رسم شکل توضیح دهد.

۲ــ نحوه‌ی اندازه‌گیری شعاع کره‌ی زمین به‌وسیله‌ی «پوسیدوینوس» را شرح دهد.

۳ــ سطح طبیعی زمین به عنوان یک سطح مبنا را توضیح دهد.

۴ــ سطح ژئوئید را به‌عنوان یک سطح مبنا توضیح دهد.

۵ــ سطوح تراز را تعریف کند.

۶ــ بیضوی به‌عنوان یک سطح مبنا را توضیح دهد.

۷ــ پارامترهای یک بیضوی را با رسم شکل توضیح دهد.

۸ــ بیضوی جهانی را توضیح دهد.

۹ــ سیستم مختصات را تعریف کند.

۱۰ــ انواع سیستم مختصات در هندسه را توضیح دهد.

۱۱ــ سیستم مختصات متعامد و قطبی را با رسم شکل توضیح دهد.

۱۲ــ سه دسته کلی تعیین موقعیت را نام ببرد و توضیح دهد.

۱۳ــ ارتفاع ارتومتریک و ژئودتیک را با رسم شکل توضیح دهد.

۱۴ــ انتقال بین سیستم‌های مختصات را توضیح دهد.

۱۵ــ انتقال سیستم مختصات متعامد دو بعدی را با رسم شکل توضیح دهد.

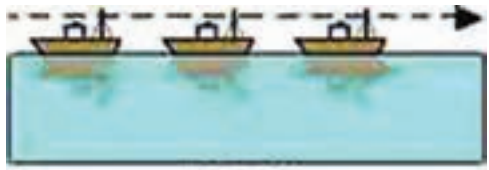
۱۶ ــ طول و عرض ژئودتیک را با رسم شکل توضیح دهد.

۱۷ــ تعیین موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی را توضیح دهد.

۱۸ــ رابطه انتقال بین دو سیستم مختصات متعامد را شرح دهد.

مقدمه

بشر ابتدا زمین را یک سطح کاملاً مسطح می‌پنداشت ؛ این‌گونه که با طول و عرض بسیار زیادی از دو طرف کشیده شده است و انسان هر چه‌قدر بر روی آن راه برود به مکان مشخصی باز نخواهد گشت (شکل۱ــ۲). اما این تصورات ابتدایی کم‌کم با توجه به تعلیمات ادیان آسمانی از جمله اشارات صریح قرآن به دو مغرب و دو مشرق که دلیل بر رد نظریه‌ی مسطح بودن زمین داشت، هم‌چنین براساس نظرات گالیله و دانشمندان دیگر انسان پی به نامسطح بودن زمین برد (شکل ۲ــ۲).



زمین مسطح

شکل ۱ــ۲

زمین کروی

شکل ۲ــ۲

درباره‌ی تاریخچه‌ی پی‌بردن انسان به شکل واقعی زمین می‌توان گفت که برای اولین بار حدود ۶۰۰ سال قبل از میلاد «پارمنیوس»، شاگرد فیثاغورث[۱]، نظریه‌ی مسطح بودن زمین را رد کرد و اعلام نمود که زمین شکل کروی دارد. حدود ۳۰۰ سال قبل از میلاد «ارسطرخس» دریافت که زمین گرد محور خود می‌چرخد و در مدت یک سال یک مرتبه دور خورشید گردش می‌کند.

«اراتستن»[۲] در سال ۲۳۰ قبل از میلاد ابعاد زمین را بر پایه‌ی محاسبات هندسی اندازه‌گیری کرد. او مشاهده نمود که در ظهر نخستین روز آغاز تابستان (که خورشید بر فراز مدار رأس‌السرطان واقع می‌شود[۳]) نور خورشید مستقیماً به ته چاهی می‌تابد که به‌طور عمود در شهر «سینه» (اسوان[۴] کنونی) حفر گردیده بود. بدین ترتیب، معلوم شد که این شهر در معرض تابش قائم نور خورشید واقع

۱ــ Pythagore

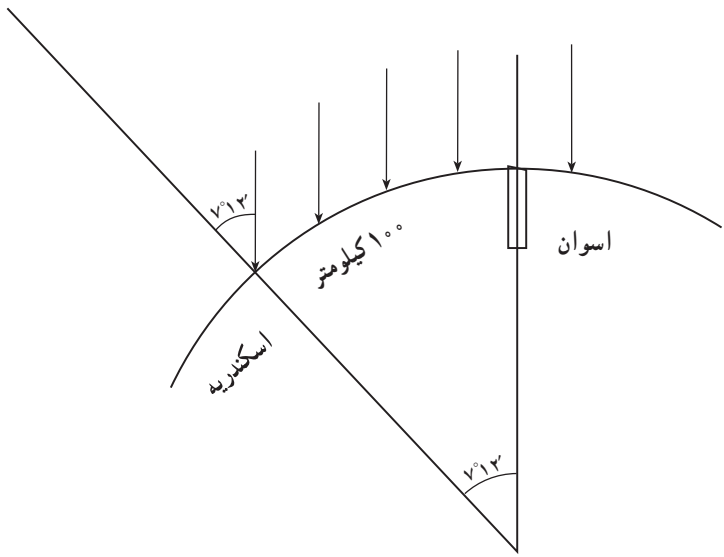
۲ــ Eratosthene

۳ــ مدار ۲۳/۵ درجه را مدار رأس‌السرطان نامند.

۴ــ Assuan

شده است ؛ در حالی که امتداد تابش نور خورشید در ظهر همان روز در شهر «اسکندریه» اندکی متمایل بوده و دارای زاویه‌ی حدود $\frac{۱}{۵۰}$ دایره، یعنی ۷/۲ درجه است.

بر این اساس، فاصله‌ی «اسکندریه» تا «اسوان» ۱/۵۰ محیط کره‌ی زمین خواهد بود ؛ یعنی، محیط کره، عددی برابر ۴۰۰۰۰ کیلومتر است. با توجه به دانش امروز، محاسبات کنونی نیز به عدد ۴۰۰۰۸ کیلومتر در امتداد نصف‌النهار محاسبه گردیده که این امر نشانگر اهمیت و ارزش محاسبات در روزگاران پیشین است (شکل ۳ــ۲).



شکل ۳ــ۲

دومین اندازه‌گیری شعاع کره‌ی زمین را یونانی دیگری به نام «پوسیدونیوس»[۱] در سال ۶۰ قبل‌از میلاد انجام داد. «پوسیدونیوس» مشاهده کرد پاره‌ای از ستارگانی که در افق شهر اسکندریه دیده می‌شوند در افق «رودس»[۲] از نظر ناپدید می‌گردند. این موضوع وی را بر آن داشت که زاویه‌ی ارتفاعی همان ستارگان را در رودس مقایسه کند. او پس از این عمل مشاهده کرد که اختلاف حاصل از این آزمایش، زاویه‌ای است که اندازه‌ی آن معادل ۱/۴۸ پیرامون دایره است. با درنظر گرفتن فاصله‌ی اسکندریه و رودس به اندازه‌ی ۸۰۰ کیلومتر، محیط کره‌ی زمین ۳۸۴۰۰ کیلومتر محاسبه گردید.

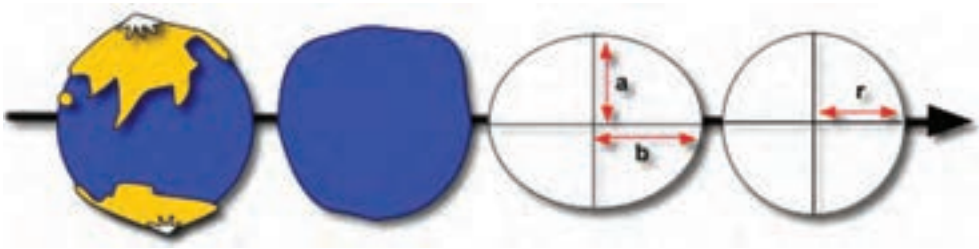
۱ــ Posidonios

۲ــ Rhodus

سرانجام، در قرن ۱۸ «اسحق نیوتن» براساس نظریه‌ی خود در مورد یک توده‌ی سیال درحال دوران اعلام نمود که نواحی استوایی کره‌ی زمین اندکی برآمده و دو قطب اندکی فرورفتگی دارند. براساس نظریه‌ی نیوتن که بیان نمود، زمین از یک توده‌ی سیال یک‌نواخت تشکیل شده است، این توده سیال در اثر چرخش حول یک محور باید به شکل یک بیضوی دوار کامل درآید ؛ در حالی که شکل واقعی زمین به علت وجود قاره‌ها و اقیانوس‌ها و ... به‌طور کامل به شکل بیضوی دوار هندسی نیست.

عملیات ژئوفیزیک در سال‌های اخیر و پرتاب ماهواره‌های فضایی علاوه بر تأیید نکات یادشده روشن ساخت که برآمدگی نواحی استوایی دقیقاً مشابه نبوده و زمین تقریباً گلابی شکل است. بدین‌ترتیب، قسمت‌های شمالی استوای زمین کمی فرو رفته و برعکس قسمت‌های جنوبی آن به همان میزان تقریباً برآمدگی دارند.

اما این شکل‌ها آن چنان به کره نزدیک هستند که اغلب می‌توان زمین را کره فرض نمود. در اثبات این ادعا می‌توان گفت که اگر زمین را با همان شکل واقعی آن کوچک نماییم تا قطر آن حدود ۱/۵ متر گردد چشم ما هیچ‌گاه قادر به تشخیص اختلاف قطر استوایی و قطر قطبی نخواهد بود. شکل زیر وضعیت واقعی زمین را نسبت به یک کره و یک بیضوی و نسبت به سطح متوسط آب‌های آزاد نشان می‌دهد.



سطح طبیعی زمین　　سطح متوسط آب‌های آزاد　　بیضوی　　کره

شکل ۴ــ۲

با توجه به مطالب ذکر شده در برداشت‌های معمولی نقشه‌برداری که در وسعت‌های خیلی کوچک انجام می‌گیرد زمین را مسطح فرض می‌کنیم، اما در وسعت‌های زیاد دیگر این فرض صحیح نیست و حتی نمی‌توان آن را کاملاً کروی هم فرض نمود. بهترین شکل، شکلی است که از سطح متوسط آب‌های اقیانوس‌ها به‌دست می‌آید و از زیر خشکی‌ها ادامه پیدا می‌کند (ژئوئید). ولی این سطح به‌واسطه‌ی اثر برآمدگی و فرورفتگی سطح زمین و توزیع ناهمگن جرم یک سطح هندسی نیست

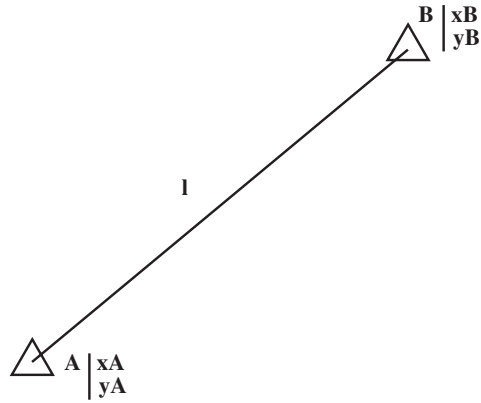
نمی‌توان شکل عوارض و نقاط را به سادگی بر یک صفحه تصویر نمود. در صورتی که برای تهیه‌ی نقشه چنین عملی ضروری است.

بهترین شکل ریاضی با توجه به وضعیت‌های بررسی شده‌ی بیضوی، دورانی است که حول قطر کوتاهش دوران می‌کند. در این‌جا به تفصیل آن را شرح خواهیم داد.

۱ــ۲ــ سطح مبنا (Reference Surface)

اغلب در کارهای روزمره با سطح فیزیکی زمین (terrain) سروکار داریم. در نقشه‌برداری نیز همه‌ی اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات بر روی همین سطح است. نقاطی که در نقشه‌برداری درنظر می‌گیرید، مانند نقاط محدوده‌ی زمین، نقاط امتداد یک مسیر راه، راه‌آهن یا تونل، نقاط مبنایی برای کارهای نقشه‌برداری، جملگی بر روی سطحی به نام «سطح فیزیکی زمین» واقع هستند، اما همان‌گونه که گفته شد در نقشه‌برداری براساس پاره‌ای مشاهدات و سپس محاسبات، باید به هدفمان یعنی تعیین موقعیت برسیم. برای محاسبات به فرمول‌های خاصی نیاز داریم ؛ به دیگر سخن، نیاز به مدل‌های ریاضی داریم. تعریف مدل ریاضی هم بدون بحث درباره‌ی یک سطح مبنا بی‌معنی است ؛ برای **مثال**، مختصات دو نقطه‌ی A و B را در اختیار داریم : A(xA,yA) و B (xB,yB). می‌خواهیم فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی A، B را محاسبه کنیم :

رابطه‌ی (۱ــ۲)
$$l = \sqrt{(xB - xA)^2 + (yB - yA)^2}$$



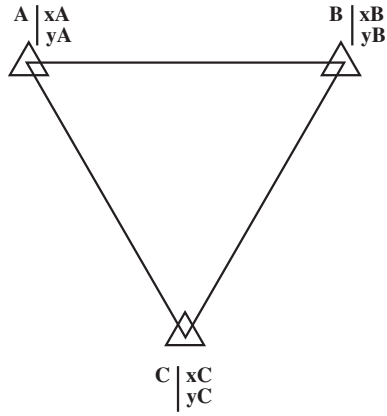
شکل ۵ــ۲

این یک مدل ریاضی است و فقط بر روی صفحه صادق است.

مثالی دیگر: مختصات سه نقطه از رأس یک مثلثی معلوم است :

داریم :

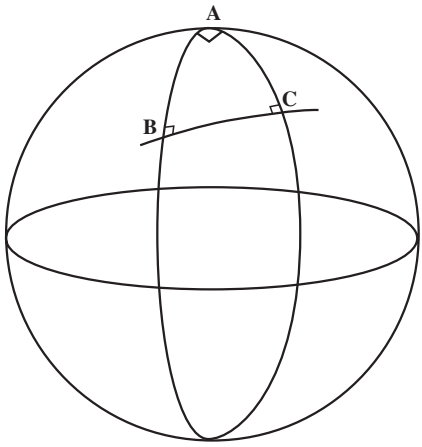
رابطه‌ی (۲ــ۲) $\hat{A}+\hat{B}+\hat{C}=۱۸۰^\circ$



شکل ۶ــ۲

این هم یک مدل ریاضی است که برای نقاط روی یک صفحه صادق است.

آیا می‌دانید مثلثی وجود دارد که مجموع زوایای آن بیش‌تر از ۱۸۰° و حتی ممکن است ۲۷۰° و بیش‌تر هم باشد. به شکل ۷ــ۲ توجه کنید. مثلث ABC مثلثی است که مجموع زوایای آن ۲۷۰° است ؛ از این‌رو بحث محاسبات ایجاب می‌کند که از یک یا چند مدل ریاضی استفاده کنیم. مدل ریاضی نیز به تعریف یک سطح مبنای ریاضی (datum) نیاز دارد ؛ برای مثال، صفحه‌ی افقی گذرنده از یک نقطه، یک (datum) است. کره یا بیضوی یا سطوح فرموله شده‌ی هر یک می‌تواند نشان‌دهنده‌ی یک (datum) باشد. هر یک از این سطوح مبنا می‌توانند از مدل‌های ریاضی خاص برخوردار باشند. همان‌گونه که مشاهده کردید مجموع زوایای داخلی یک مثلث برابر ۱۸۰° (رابطه‌ی ۲ــ۲)، فقط بر روی صفحه صادق



شکل ۷ــ۲

است و می‌توان از آن استفاده نمود ؛ در حالی که بر روی کره یا سطوح مبنای ریاضی دیگر، این معادله صادق نیست.

حال، سه نوع سطح را که در ژئودزی استفاده می‌شود بررسی می‌کنیم :

۱ــ۱ــ۲ــ سطح طبیعی زمین (Natural Ground Surface): این سطح یک سطح ریاضی مشخص نیست ؛ از این‌رو، نمی‌توان آن را یک سطح مبنا برای محاسبات و استفاده از مدل‌های ریاضی به‌شمار آورد ؛ هرچند که مشاهدات و اندازه‌گیری‌های اولیه‌ی ما همگی بر روی این سطح صورت گیرد. البته سطح فیزیکی زمین یا قسمت‌های خاصی از آن را می‌توان با بیان ریاضی و هندسی مشخص نمود، اما این بیان ریاضی بسیار پیچیده بوده محاسبات و روابط ریاضی روی آن نیز خیلی مشکل خواهد بود.

بنابراین، در مورد سطح زمین هم این امکان وجود دارد، اما به تعداد نقاط خیلی زیاد و بیان هندسی خیلی پیچیده‌ای نیاز است. امروزه و با وجود دستگاه‌های پیشرفته و تعیین موقعیت نقاط مختلف سطح زمین به‌طور متراکم، سریع، راحت و دقیق این امکان وجود دارد که یک مدل رقومی برای زمین پیدا نمود. آن مدل را در اصطلاح نقشه‌برداری(DTM (digital terrain model یا مدل رقومی زمین گویند که روزبه‌روز می‌توان آن مدل را با اطلاعات جدید بهبود بخشید.

۲ــ۱ــ۲ــ ژئوئید (Geoid): با توجه به این‌که حدود ۷۵٪ سطح کل کره‌ی زمین آب است، اگر سطحی تقریباً منطبق بر این سطح متوسط آب‌های آزاد باشد در این صورت، به‌طور تقریبی می‌توان با این سطح ۷۵٪ شکل زمین را تقریب زد.

همان‌گونه که می‌دانیم برای مشاهدات نقشه‌برداری با تئودولیت و دستگاه‌های دیگر نقشه‌برداری باید این دستگاه‌ها تراز گردند ؛ یعنی، محور قائم دستگاه پس از ترازکردن دستگاه، منطبق بر امتداد نیروی ثقل در آن نقطه می‌شود. با توجه به این مطالب، اندازه‌گیری در هر نقطه، در سطحی صورت می‌گیرد که امتداد ثقل را به‌طور عمود قطع کند.

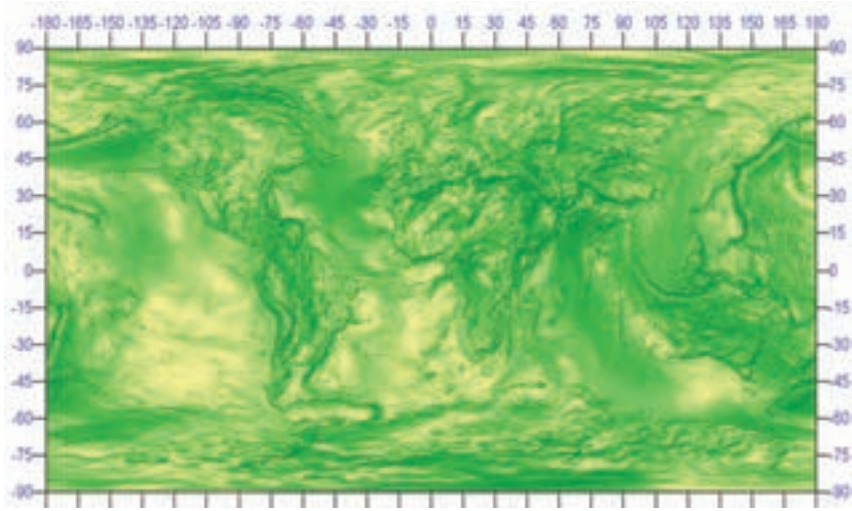
تعریف ژئوئید: ژئوئید یکی از سطوح هم‌پتانسیلی[1] است که به بهترین وجهی بر سطح متوسط آب‌های آزاد منطبق است. البته باید به دو مطلب «سطح متوسط» و «آب‌های آزاد» توجه شود. سطح متوسط آب‌های آزاد ــ با توجه به این‌که سطح آب تحت تأثیر مسائل مختلفی، به ویژه جزر و مد است ــ باید هماهنگ با دوره‌های جزر و مد باشد (حدود ۱۹ سال) ؛ هم‌چنین باید سطح آب‌های آزاد را در نظر گرفت ؛ برای مثال، سطح دریاچه‌ی ارومیه در شمار سطح آب‌های آزاد نمی‌باشد و قسمتی از سطح

۱ــ سطح هم پتانسیل سطحی است که در تمامی نقاط واقع بر آن به امتداد ثقل عمود باشد.

ژئوئید نیست، حتی ممکن است بالاتر از سطح ژئوئید یا پایین‌تر از آن باشد.

ژئوئید به‌صورت یک سطح هم‌پتانسیل، تمامی خواص سطوح هم‌پتانسیل را داراست ؛ هم‌چنین سطح بسته و پیوسته‌ای است که در زیر قاره‌ها نیز از اعماقی متناسب با ارتفاع از سطح دریاهای آزاد عبور می‌کند.

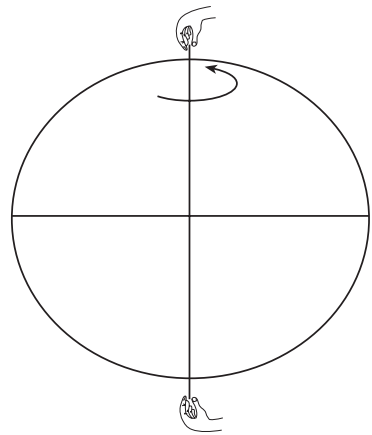
نکته‌ی حائز اهمیت این است که ژئوئید یک سطح ریاضی نیست ؛ یعنی نمی‌توان با یک فرمول صریح معادله‌ی آن را نوشت، بلکه ژئوئید یک سطح فیزیکی است که براساس مشاهدات، آن‌را تا تقریب چند ۱۰ متر توسط یک بیضوی دورانی می‌توان تقریب زد. البته برای ژئوئید مدل‌های تقریبی فراهم آمده که دارای دقت مناسبی نیست ؛ مانند مدل جهانی و مدل سازمان نقشه‌برداری کشور، اما می‌توان با کسب اطلاعات بیش‌تر مدل‌های بهتر و با دقت بالاتری در مناطق مختلف به‌دست آورد. شکل زیر وضعیت ژئوئید را به‌صورت سایه و روشن نمایش می‌دهد.



شکل ۸ــ۲ــ نور از آزیموت ۳۱۵° و ارتفاع ۸۰° تابیده شده است.

۳ــ۱ــ۲ــ بیضوی (Ellipsoid): همان‌گونه که در بخش قبل بیان شد ژئوئید همانند سطح طبیعی زمین که شکل زمین را تقریباً نشان می‌دهد یک شکل ریاضی نیست ؛ یعنی یک فرمول صریح ریاضی ندارد ؛ از این رو، به شکل ریاضی نیاز داریم که شکل زمین را نسبتاً به‌خوبی نشان دهد. بنابراین، به دنبال شکل ریاضی هستیم که به بهترین وجهی شکل زمین، مرکز آن و دوران آن و میدان ثقل آن‌را توصیف کند. تا براساس آن یک سیستم مختصاتی تعریف شود و نقاط روی سطح زمین در آن سیستم مختصات تعیین موقعیت گردند.

از مشاهدات به‌دست آمده به‌وسیله‌ی ماهواره‌ها، بهترین شکل ریاضی در ابتدا یک کره به مرکز جرم زمین و به شعاع متوسط کره‌ی زمین بوده است، اما با توجه به برآمدگی کره‌ی زمین در استوا و فشردگی آن در دو قطب، در ژئودزی شکل ریاضی دیگری بعد از سال ۱۷۰۰ میلادی پیشنهاد شد که بهتر از کره‌ی زمین را تقریب بزند که آن همانا بیضوی دورانی بود، از دوران یک بیضی حول قطر کوتاهش ایجاد می‌گردد.



شکل ۹ــ۲

آیا می‌دانید؟

در کتاب قانون مسعودی نوشته ابوریحان بیرونی نوشته است: «در سرزمین هند، کوهی را مشرف بر صحرای همواری یافتم که همواری آن همسان همواری سطح دریا بود. بر قله‌ی آن محل برخورد ظاهری آسمان با زمین، یعنی دایره‌ی افق را اندازه گرفتم که از خط مشرق و مغرب به اندازه‌ی اندکی کم‌تر از ثلث و ربع درجه، انحطاط داشت و من آن را ۳۴ دقیقه محسوب داشتم. سپس ارتفاع کوه را از طریق رصد کردن قله‌ی آن از دو نقطه الحجر این قله، که بر یک امتداد بودند، اندازه گرفتم که مساوی ششصد و پنجاه و دو ذراع در آمد... و چون حساب کردم، تقریبا ۵۸ میل درآمد و از این جا به درستی اندازه‌گیری منجمان مأمون اطمینان یافتم.» او در پایان کتاب اسطرلاب، روش ریاضی به دست‌آوردن شعاع، محیط، مساحت و حجم کره‌ی زمین را شرح داده است.

این شکل تا به امروز در نقشه‌برداری و ژئودزی به‌کار گرفته شده و سیستم مختصاتی هم براساس این شکل تعریف گردیده، هم‌چنین تعیین موقعیت نیز با توجه به آن صورت می‌گیرد. (شرح این مطلب در فصل‌های بعد خواهد آمد.)

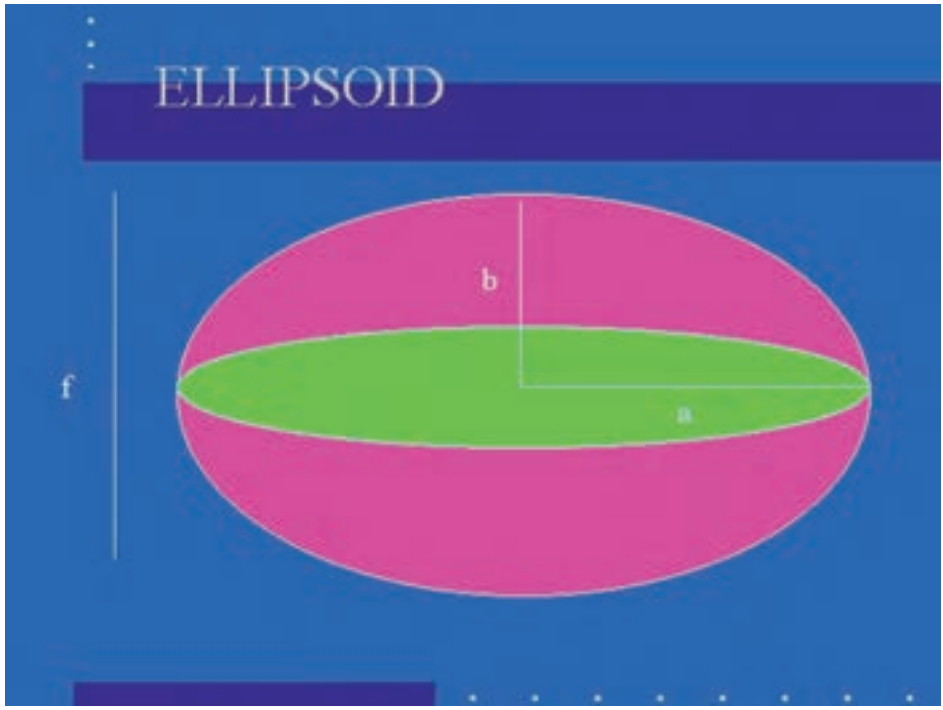
ابعاد و مشخصات این بیضوی دورانی اهمیت زیادی در ژئودزی دارد. هرگاه ابعاد به‌گونه‌ای مناسب انتخاب نگردد خطای زیادی در تعیین موقعیت نقاط پدید خواهد آمد. به‌طورکلی هر بیضوی دورانی از نظر ابعاد، با دو پارامتر مشخص می‌گردد :

۱ــ نصف قطر بلند بیضوی (شعاع استوایی) a

۲ــ فشردگی بیضوی(flattening) f (رابطه‌ی بین شعاع استوایی و قطبی بیضوی)

$$f = (a - b) / a$$

پرسش: فشردگی شکل ۱۰ــ۲ را به‌طور تقریبی به‌دست آورده و با فشردگی زمین (حدود $\frac{۱}{۳۰۰}$) مقایسه نمایید.



البته لازم به ذکر است که این شکل برای درک بهتر بیضی بودن زمین شکل آن غیر واقعی کشیده شده است.

شکل ۱۰ــ۲

دیگر پارامترها، مانند نصف قطر کوتاه بیضوی «b» خارج از مرکزیت بیضوی e^2 از پارامترهای قبلی قابل محاسبه است.

خارج از مرکزیت بیضوی که با e نشان می‌دهند توان دوم آن برابر است با :

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

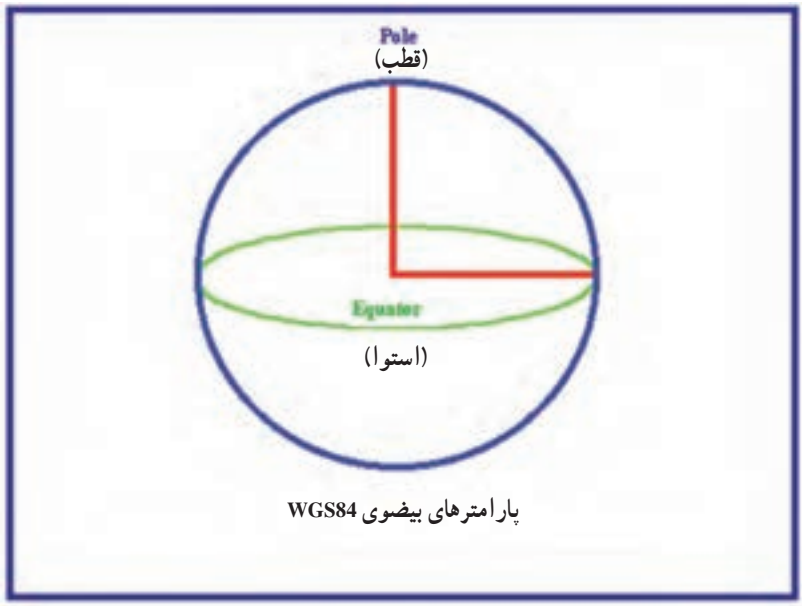
در شکل ۱۱ــ۲، بیضوی‌های دورانی مختلف را می‌بینید که دارای مشخصات مختلفی هستند.

در ایران، پیش از این، از بیضوی جهانی «هایفورد» استفاده می‌شد، اما امروزه با وجود GPS و استفاده از آن، بیضوی جهانی WGS84را به‌کار می‌بریم. شکل ۱۲ــ۲ بیضوی WGS84 با پارامترهای آن را نمایش می‌دهد.

Selected Reference Ellipsoids

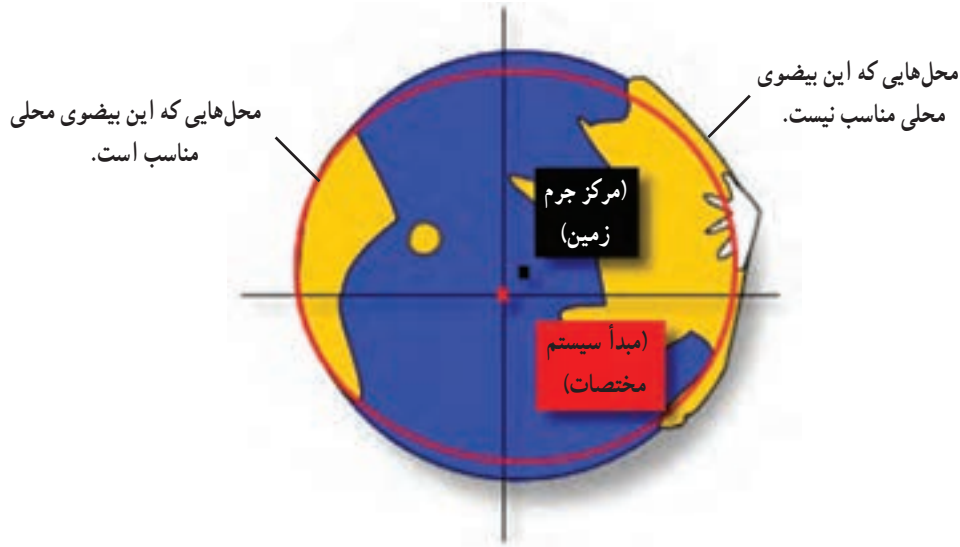
Ellipse (بیضوی)	Semi- Major Axis (m) (قطر بلند زمین)	1/Flattening (فشردگی)
Airy 1830	6377563.396	299.3249646
Bessel 1841	6377397.155	299.1528128
Clarke 1866	6378206.4	294.9786982
Clarke 1880	6378249.145	293.465
Everest 1830	6377276.345	300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166.0	298.3
Fischer 1968	6378150.0	298.3
G R S 1967	6378160.0	298.247167427
G R S 1975	6378140.0	298.257
G R S 1980	6378137.0	298.257222101
Hough 1956	6378270.0	297.0
International (هایفورد)	6378388.0	297.0
Krassovsky 1940	6378245.0	298.3
South American 1969	6378160.0	298.25
WGS 60	6378165.0	298.3
WGS 66	6378145.0	298.25
WGS 72	6378135.0	298.26
WGS 84	6378137.0	298.257223563

شکل ۱۱ــ۲



شکل ۱۲ــ۲

برخی از این بیضوی‌ها به گونه‌ای محلی هستند (شکل۱۳ــ۲) که برای محل‌ها و کشورهای خاصی تعریف شده‌اند و انطباق خوبی در آن محل دارند و محل‌های دیگر جدایی بیضوی از سطح زمین بیش‌تر شده است.



شکل ۱۳ــ۲

برخی از بیضوی‌ها هم جهانی هستند ؛ یعنی پارامترهای آن طوری انتخاب شده‌اند که به‌طور متوسط بر کل جهان منطبق هستند (شکل ۱۴ــ۲).

مبدأ سیستم منطبق بر مرکز جرم زمین است.

شکل ۱۴ــ۲

برای تعیین موقعیت‌های جهانی در یک سیستم مختصات مشخص به چنین بیضوی‌هایی نیاز داریم ؛ برای مثال، در تعیین موقعیت GPS (Global Positioning System) از بیضوی جهانی «WGS84» استفاده می‌کنیم که شرح آن در فصل هشتم خواهد آمد.

بیضوی‌های سه‌محوری[1] بهتر از بیضوی‌های دومحوری یا دورانی[2]، بر شکل زمین منطبق هستند، اما بیضوی‌های سه‌محوری بسیار پیچیده بوده محاسبات روی آن بسیار مشکل است ؛ از این‌رو، در ژئودزی از بیضوی‌های دو محوری استفاده می‌شود.

۲ــ۲ــ سیستم‌های مختصات(Coordinate System)

همان‌طور که در مقدمه کتاب ذکر شد تعریف تعیین موقعیت عبارت بود از «مکان یابی نقاط موردنظر در یک سیستم مختصات از قبل تعریف شده». در این بخش ابتدا مروری کلی بر سیستم‌های

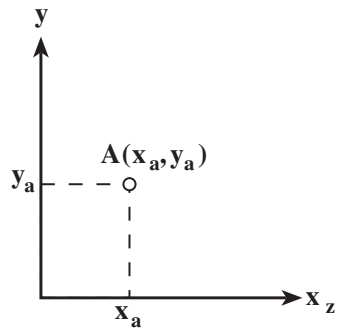
۱ــ Triaxial ellipsoid

۲ــ Biaxial ellipsoid

مختصات (Coordinate system) در هندسه خواهیم کرد. سپس با سیستم‌های مختصات در نقشه‌برداری که تعریف آن‌ها براساس سطوح مبنا تشریح شده در بخش قبل است آشنایی بیش‌تری پیدا خواهیم نمود.

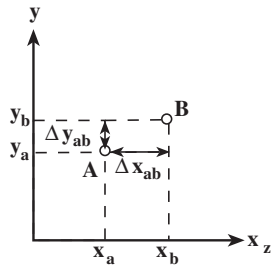
۱ــ۲ــ۲ــ سیستم‌های مختصات در هندسه: در هندسه نقشه‌برداری معمولا دو نوع سیستم مختصات مورد استفاده قرار می‌گیرد : سیستم مختصات کارتزین (Cartesian) یا متعامد و سیستم مختصات قطبی (polar). بسته به این‌که تعیین موقعیت در فضای دو بعدی یا سه بعدی باشد می‌توان هر دو سیستم مختصات کارتزین و قطبی را به صورت دو بعدی یا سه بعدی تعریف نمود.

۱ــ سیستم مختصات متعامد: برای تعیین موقعیت دو بعدی نقطه‌ی A واقع شده روی یک صفحه مسطح می‌توان موقعیت آن را نسبت به یک سیستم مختصات متعامد دو بعدی مطابق شکل ۱۵ــ۲ تعیین نمود. در این شکل دو محور عمود بر هم x و y که در نقطه‌ی مبدأ همدیگر را قطع می‌کنند مشاهده می‌شود که در آن، موقعیت نقطه با دو مختصه (x , y) نشان داده می‌شود.



شکل ۱۵ــ۲

برای تعیین موقعیت نسبی دو نقطه‌ی A و B (یعنی موقعیت نقطه‌ی B نسبت به نقطه‌ی A) باید مطابق شکل ۱۶ــ۲ اختلاف مختصات دو نقطه را محاسبه نمود.

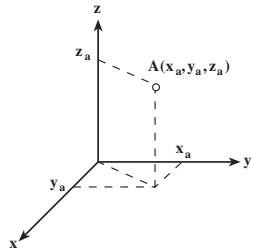


$$\Delta x_{ab} = x_b - x_a$$

$$\Delta y_{ab} = y_b - y_a$$

شکل ۱۶ــ۲

مطالب فوق را نیز می‌توان برای حالت سه بعدی تعمیم داد. به بیان دیگر برای تعیین موقعیت سه بعدی نقطه‌ی A مستقر در یک فضای سه بعدی، بایستی مختصات آن را در یک سیستم مختصات متعامد سه بعدی به‌دست آورد که از سه محور عمود بر هم و متقاطع در نقطه‌ی مبدأ تشکیل شده است. در این حالت مطابق شکل ۱۷ــ۲ مختصات سه بعدی نقطه به صورت (x,y,z) نشان داده می‌شود.



شکل ۱۷ــ۲

همچنین مشابه حالت دوبعدی، موقعیت نسبی سه بعدی دو نقطه‌ی A و B برابر اختلاف مختصات سه بعدی دو نقطه خواهد بود.

$$\Delta x_{ab} = x_b - x_a$$

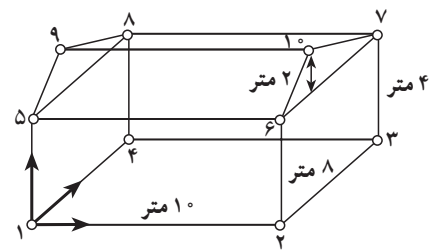
$$\Delta y_{ab} = y_b - y_a$$

$$\Delta z_{ab} = z_b - z_a$$

تمرین: در شکل ۱۸ــ۲ مختصات سه بعدی نقاط ۱ تا ۱۰ را نسبت به سیستم مختصات متعامد سه بعدی نشان داده شده تعیین نمایید.

مختصات نسبی نقطه‌ی ۷ نسبت به نقطه‌ی ۴ چقدر است؟ مختصات نسبی نقطه‌ی ۵ نسبت به نقطه‌ی ۱۰ چقدر است؟

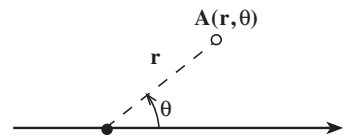
شماره نقطه	x	y	z
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
۶			
۷			
۸			
۹			
۱۰			



شکل ۱۸ــ۲

۲ــ سیستم مختصات قطبی: در هندسه برای تعیین موقعیت علاوه بر سیستم مختصات متعامد از سیستم مختصات قطبی نیز استفاده می‌کنند. سیستم مختصات قطبی سازگاری زیادی با روش انجام مشاهدات در نقشه‌برداری دارد. به طور کلی تعیین موقعیت در سیستم مختصات قطبی بر مبنای تعیین فاصله و زوایا نسبت به یک نقطه، خط و سطح مرجع انجام می‌گیرد. برای روشن شدن موضوع ابتدا سیستم مختصات قطبی دو بعدی و سپس سیستم مختصات قطبی سه بعدی که به سیستم مختصات کروی (Spherical coordinate system) نیز معروف است تشریح می‌شود.

سیستم مختصات قطبی دو بعدی از یک محور و یک مبدأ روی آن تشکیل شده است. مطابق شکل ۱۹ــ۲ موقعیت دو بعدی نقطه‌ی A واقع در یک صفحه مسطح نسبت به سیستم مختصات قطبی دو بعدی به صورت دو تایی (r, θ) نشان داده می شود. در این حالت r برابر فاصله‌ی نقطه‌ی A از مبدأ و θ برابر زاویه‌ی شعاع نقطه با محور مرجع می‌باشد.



شکل ۱۹ــ۲

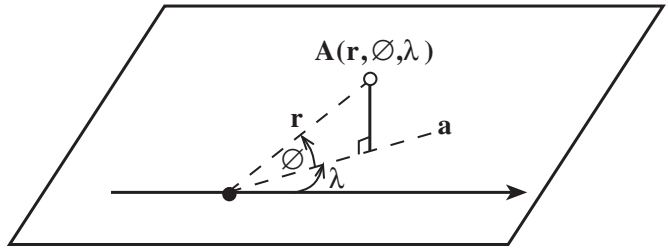
در صورتی‌که محور x و مبدأ روی آن همان محور و مبدأ سیستم مختصات قطبی دو بعدی باشد، آن‌گاه رابطه بین مختصات متعامد دو بعدی (x,y) و مختصات قطبی دو بعدی (r, θ) یک نقطه به صورت زیر می‌باشد :

$$\begin{cases} x = r.\cos\theta \\ y = r.\sin\theta \end{cases} \quad \begin{cases} r = \sqrt{x^2 + y^2} \\ \theta = \text{Arc}\tan y / x \end{cases}$$

تمرین: مختصات متعامد دو بعدی نقطه‌ی A را در صورتی‌که مختصات قطبی آن برابر $(r, \theta) = (10m, 30^\circ)$ باشد را محاسبه نمایید.

در حالت تعیین موقعیت سه بعدی نسبت به سیستم مختصات کروی (سیستم مختصات قطبی سه بعدی) از یک صفحه مرجع، یک محور روی آن و یک نقطه مبدأ روی محور تشکیل شده است. مطابق شکل ۲۰ــ۲ مختصات کروی نقطه‌ی A واقع شده در فضای سه بعدی برابر (r, ϕ, λ) می‌باشد

که در آن r فاصله‌ی نقطه تا مبدأ، ϕ زاویه‌ی شعاع نقطه با خط a و λ زاویه‌ی خط a با محور مرجع می‌باشد. در این تعریف خط a همان تصویر قائم شعاع نقطه با صفحه‌ی مرجع است.



شکل ۲۰ــ۲

نکته: اگر نقطه‌ی A در روی صفحه‌ی مرجع قرار بگیرد زاویه‌ی ϕ برابر صفر شده و (r, λ) همان مختصات قطبی دو بعدی نقطه در صفحه‌ی مرجع خواهند بود.

در صورتی که فرض شود صفحه‌ی xy صفحه‌ی مرجع، محور x محور مرجع و مبدأ هر دو سیستم مختصات یکسان باشد، آن‌گاه رابطه‌ی بین مختصات کروی (r,ϕ,λ) و مختصات متعامد سه بعدی (x,y,z) به صورت زیر است :

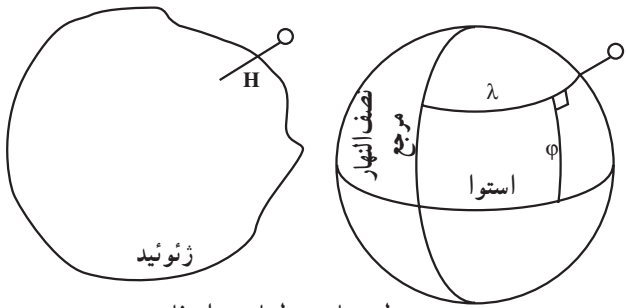
$$\begin{cases} x = r.\cos\phi.\cos\lambda \\ y = r.\cos\phi.\sin\lambda \\ z = r.\sin\phi \end{cases} \qquad \begin{cases} r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \phi = \operatorname{Arc}\tan z / \sqrt{x^2 + y^2} \\ \lambda = \operatorname{Arc}\tan y / x \end{cases}$$

تمرین: مختصات کروی نقطه‌ی A به صورت $(r, \phi, \lambda) = (10m, 30^\circ, 60^\circ)$ است. ابتدا مختصات متعامد سه بعدی نقطه‌ی A را محاسبه کنید. سپس نقطه‌ی A را بر مبنای آن در سیستم مختصات متعامد سه بعدی ترسیم نمایید. اکنون مختصات کروی را روی این شکل نشان دهید.

۲ ــ۲ــ۲ــ سیستم‌های مختصات در نقشه‌برداری: قبل از تشریح سیستم‌های مختصات در نقشه‌برداری، یک دسته‌بندی از روش‌های تعیین موقعیت در نقشه‌برداری ارائه می‌دهیم. تعیین موقعیت در نقشه‌برداری را می‌توان به سه دسته کلی تعیین موقعیت مسطحاتی، تعیین موقعیت ارتفاعی و تعیین موقعیت سه بعدی تقسیم نمود.

۱ــ *تعیین موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی:* در تعیین موقعیت مسطحاتی، موقعیت مسطحاتی عوارض روی سطح زمین نسبت به یک سیستم مختصات مسطحاتی تعیین می‌شود. همان طور که در ابتدای فصل گفته شد، در صورتی‌که ابعاد منطقه کوچک باشد می‌توان سطح زمین را یک صفحه مسطح در نظر گرفت. با این پیش فرض، می‌توان سیستم مختصات متعامد یا قطبی دو بعدی را در روی آن تعریف نمود و مختصات متعامد یا قطبی دو بعدی نقاط را نسبت به آن به دست آورد. اما اگر منطقه وسیع باشد به علت کرویت زمین، باید سطح زمین را به صورت کره فرض نمود و موقعیت مسطحاتی نقاط را روی سطح این کره به دست آورد. در این حالت سطح مبنای مسطحاتی، سطح کره می باشد. در حالت دقیق‌تر به جای کره از بیضوی مبنا برای سطح مبنای مسطحاتی استفاده می‌شود. مختصات مسطحاتی روی کره یا بیضوی، به مختصات جغرافیایی (ϕ, λ) معروف است که در آن مطابق شکل ۲۱ــ۲ ϕ عرض جغرافیایی (Latitude) و λ طول جغرافیایی (Longitude) می‌باشد. طول جغرافیایی برابر زاویه نصف النهار نقطه از نصف‌النهار مرجع گرینویچ بوده و عددی بین [۱۸۰−۰] درجه در نیمکره‌ی شرقی و [۰−۱۸۰−] درجه در نیمکره‌ی غربی است. همچنین عرض جغرافیایی برابر زاویه‌ی شعاع نقطه در راستای قائم (شاغولی) با سطح استوا بوده و عددی بین [۹۰−۰] درجه در نیمکره‌ی شمالی و [۰−۹۰−] درجه در نیمکره‌ی جنوبی است.

در تعیین موقعیت ارتفاعی، موقعیت ارتفاعی عوارض روی سطح زمین در راستای قائم (شاغولی) نسبت به یک سطح مبنای ارتفاعی به‌دست می‌آید. در این‌جا نیز به‌واسطه کرویت زمین نمی‌توان سطح مبنای ارتفاعی را یک صفحه مسطح در نظر گرفت. در عوض سطح مبنای ارتفاعی، منطبق بر متوسط سطح آب‌های آزاد یا ژئوئید در نظر گرفته می‌شود. در این حالت به فاصله ارتفاعی نقطه از ژئوئید، ارتفاع ارتومتریک نقطه می‌گویند. به این ترتیب مطابق شکل ۲۱ــ۲ برای تعیین موقعیت مسطحاتی از بیضوی مبنا به عنوان سطح مبنای مسطحاتی و برای تعیین موقعیت ارتفاعی از ژئوئید به عنوان سطح مبنای ارتفاعی استفاده می‌شود.



شکل ۲۱ــ۲

سطح مبنای مسطحاتی و ارتفاعی

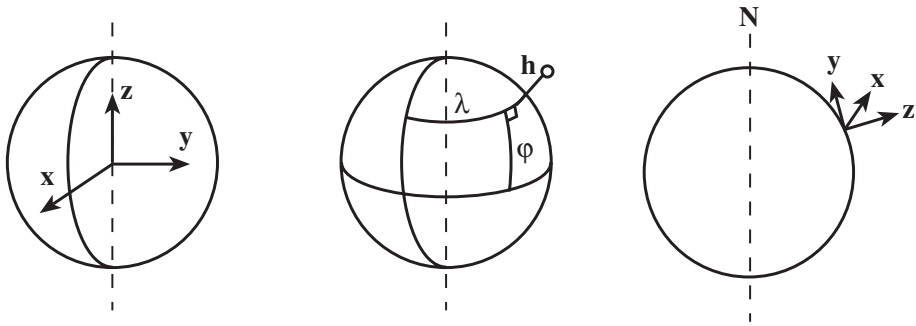
آیا می‌دانید؟

بیرونی در به دست آوردن طول و عرض جغرافیایی شهرها کوشش‌های فراوانی کرده و در کتاب قانون مسعودی، طول و عرض جغرافیایی بیش از ۶۰۰ نقطه‌ی جغرافیایی را نوشته است.

مقایسه‌ی اندازه گیری‌های بیرونی از طول و عرض جغرافیایی شهرها با اندازه‌گیری های امروزی

نام شهر	اندازه‌گیری بیرونی				اندازه‌گیری امروزی			
	عرض		طول نسبت به تعداد		عرض		طول نسبت به تعداد	
	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه
ری	۳۴	۳۵	۵	۸	۳۵	۳۵	۱	۷
بغداد	۲۵	۳۳	۰	۰	۲۰	۳۳	۰	۰
بلخ	۴۰	۳۶	۰	۲۱	۴۶	۳۶	۲۴	۲۲
دمشق	۳۰	۳۳		۱۰_	۳۰	۳۳	۷	۸_
غزنین	۳۵	۳۳	۲۲	۲۴	۳۳	۳۳	۲	۲۴
نیشابور	۱۰	۳۶	۰	۱۵	۱۳	۳۶	۲۳	۱۴
مکه	۴۰	۲۱	۰	۳_	۲۶	۲۱	۳۷	۴_
شیراز	۳۶	۲۹	۳۲	۸	۳۸	۲۹	۸	۸

۲ــ *تعیین موقعیت سه بعدی:* از آن‌جا که عوارض موردنظر در فضای سه بعدی واقع شده‌اند، معمولاً در نقشه‌برداری از تعیین موقعیت سه بعدی و ضرورتاً از سیستم‌های مختصات سه بعدی استفاده می‌نمایند. در نقشه‌برداری عموماً با سه گروه کلی سیستم مختصات سه بعدی سروکار داریم (شکل ۲۲ــ۲) : سیستم مختصات محلی (local coordinate system)، سیستم مختصات ژئودتیک (geodetic coordinate system) و سیستم مختصات زمین مرکز (geocentric coordinate system).



سیستم‌های مختصات محلی، ژئودتیک و زمین مرکز
شکل ۲۲ــ۲

سیستم مختصات محلی همان سیستم مختصاتی است که معمولاً نقشه‌برداران آن را به‌صورت موضعی درروی سطح زمین تعریف می‌کنند. مبدأ آن روی نقطه‌ای مشخص در روی سطح زمین، محور y در راستای شمال N، محور z در راستای قائم به بالا (زنیط) و محور x عمود بر صفحه‌ی yz و دست راستی تعریف می‌شود. همان‌طور که در شکل ۲۲ــ۲ دیده می‌شود با دور شدن از مبدأ کرویت زمین باعث ایجاد خطا در مختصات xyz سیستم مختصات محلی می‌شود.

در سیستم مختصات ژئودتیک سطح مبنای مسطحاتی و ارتفاعی، یک بیضوی مبنااست. این بیضوی معمولاً WGS84 سیستم ژئودتیک جهانی (World Geodetic System 1984) انتخاب می‌گردد. تعیین موقعیت در این سیستم مختصات مشابه سیستم مختصات کروی می‌باشد با این تفاوت که به‌جای اندازه‌گیری فاصله از مبدأ، فاصله از سطح بیضوی اندازه‌گیری می‌شود. مختصات مسطحاتی در این سیستم همان طول و عرض ژئودتیک یا جغرافیایی (ϕ,λ) می‌باشد[1]. مختصه ارتفاعی h نیز ارتفاع نقطه از سطح بیضوی مبنا است که به آن ارتفاع ژئودتیک هم می‌گویند. کاربرد اصلی این سیستم مختصات تعیین موقعیت جهانی عوارض در سطح زمین می‌باشد. لازم به ذکراست که مختصات حاصل از GPS همان طول، عرض و ارتفاع ژئودتیک می‌باشد.

سیستم مختصات زمین مرکز نیز شبیه سیستم مختصات محلی یک نوع سیستم مختصات متعامد سه بعدی است با این تفاوت در این سیستم مختصات محل مبدأ و امتداد محورهای آن تعریف جهانی داشته و وابسته به موقعیت نقشه‌بردار نمی‌باشد. مبدأ سیستم مختصات زمین مرکز همان‌طور که از نام آن پیداست بر مرکز کره زمین واقع است. مطابق شکل ۲۲ــ۲ امتداد محور z منطبق بر محور

۱ــ تعریف دقیق طول و عرض ژئودتیک با طول وعرض جغرافیایی متفاوت است اما در این‌جا به‌خاطر سادگی ارائه مطلب آن‌ها را یکسان در نظر گرفته‌ایم.

دورانی زمین، امتداد محور x در روی استوانه و منطبق بر صفحه نصف‌النهار مرجع گرینویچ و محور y نیز در استوا و عمود بر دو محور دیگر و به‌صورت دست راستی می‌باشد. کاربرد اصلی این سیستم مختصات در تعیین موقعیت ماهواره‌ها و اجرام سماوی نسبت به زمین می‌باشد.

مطالعه آزاد

از آن‌جا که هر دو سیستم مختصات ژئودتیک و زمین مرکز، جهانی هستند، معمولاً نیاز به تبدیل بین مختصات این دو سیستم پیدا می‌شود. این تبدیل به‌صورت زیر است :

$$x = (N + h)\cos\varphi\cos\lambda$$

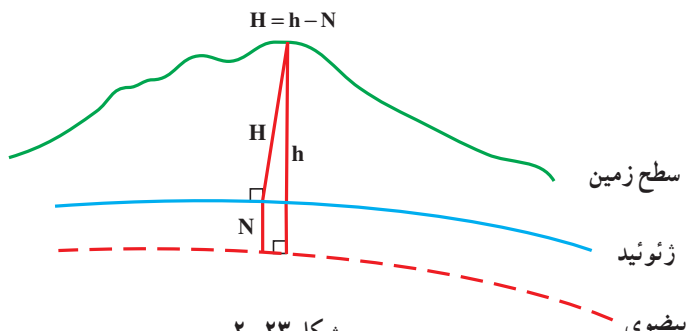
$$y = (N + h)\cos\varphi\sin\lambda$$

$$z = \left[N(1 - e^2) + h\right]\sin\varphi$$

که در آن (φ, λ, h) مختصات ژئودتیک، (xyz) مختصات زمین مرکز، e خروج از مرکز بیضوی مبنا و N شعاع انحنای حداکثر بیضوی در نقطه‌ی موردنظر می‌باشد که به‌صورت زیر به‌دست می‌آید :

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2\sin^2\varphi}}$$

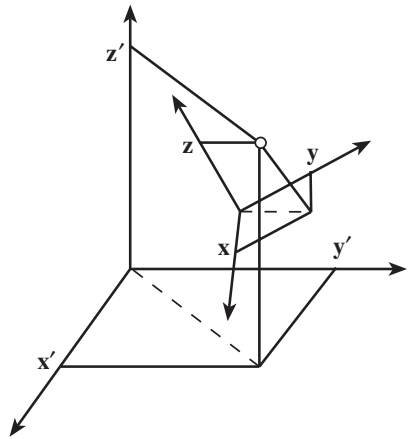
۳ــ ارتفاع ارتومتریک و ژئودتیک: همان‌طورکه در بالا ذکر شد سطح مبنای ارتفاعی سطح هم پتانسیل ژئوئید می‌باشد که تعریفی فیزیکی دارد. در صورتی‌که N جدایی ژئوئید برابر فاصله بین سطح ژئوئید از بیضوی مبنا باشد می‌توان از رابطه‌ی زیر ارتفاع ارتومتریک (ارتفاع از ژئوئید) H نقطه را از ارتفاع ژئودتیک h آن با تقریب خوبی محاسبه نمود (شکل ۲۳ــ۲).



شکل ۲۳ــ۲

جدایی ژئوئید یا ارتفاع ژئوئید N را می‌توان از طریق مدل‌های ژئوئید که با دقت‌های مختلفی از چند متر تا چند سانتی‌متر به‌صورت جهانی، منطقه‌ای، ملی و حتی محلی از طریق مشاهدات ثقل‌سنجی محاسبه می‌شود به‌دست آورد. ارتفاع ژئودتیک h نیز از طریق مشاهدات GPS قابل دستیابی است. این در حالی‌است که مشاهدات ترازیابی زمینی در صورت در دسترس بودن ارتفاع یک نقطه از سطح متوسط آب‌های آزاد، درعمل ارتفاع ارتومتریک را به‌دست می‌دهند. به طورکلی به‌جای انجام ترازیابی زمینی به‌خصوص درمناطق کوهستانی که باهزینه و دشواری‌های زیادی مواجه است، می‌توان به شرط در دسترس بودن یک مدل ژئوئید نسبتاً دقیق از مشاهدات ارتفاعی GPS استفاده نمود. به این روش اصطلاحاً ترازیابی ماهواره‌ای هم می‌گویند.

۳ــ۲ــ۲ــ انتقال بین سیستم‌های مختصات: از آن‌جا که سیستم‌های مختصات متعدد با اهداف مختلفی در نقشه‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد، انتقال بین سیستم‌های مختصات (coordinate system transformation) امری اجتناب‌ناپذیر است. برای روشن شدن موضوع فرض کنید مختصات نقطه‌ای در یک سیستم مختصات معلوم است و می‌خواهیم مختصات همان نقطه را در سیستم مختصات دیگری به‌دست آوریم. شکل **۲۴ــ۲** موقعیت سه بعدی یک نقطه را در دو سیستم مختصات متعامد سه بعدی نشان می‌دهد. مطابق این شکل، موقعیت (x,y,z) مشخص است و ما می‌خواهیم موقعیت (x' , y' , z') را به‌دست آوریم. برای این منظور بایستی ابتدا ارتباط بین دوسیستم مختصات از لحاظ میزان جابه‌جایی دو مبدأ و میزان دوران محورهای آن‌ها نسبت به هم را پیدا نمود. سپس با معرفی موقعیت نقطه در سیستم مختصات اول، موقعیت همان نقطه را در سیستم مختصات دوم به‌دست آورد.

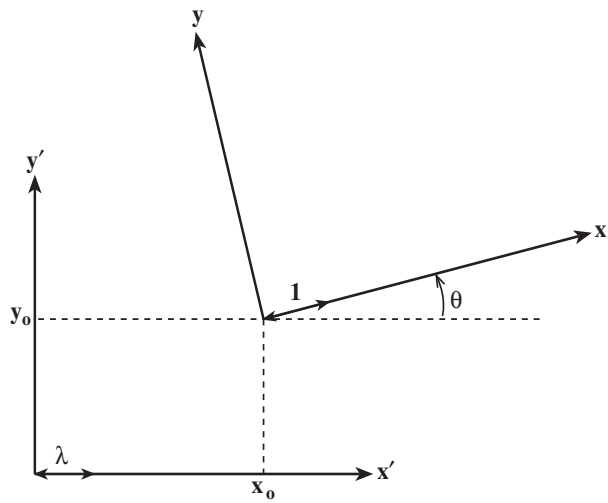


شکل ۲۴ــ۲

سیستم مختصات یک نقشه موجود را نیز می‌توان تغییرداد. برای این منظور کافی است پس از محاسبه پارامترهای انتقال بین سیستم مختصات اولیه نقشه و سیستم مختصات جدید موردنظر، مختصات جدید کلیه نقاط مربوط به عوارض هندسی نقشه را مانند فوق از روی مختصات اولیه آن‌ها محاسبه نمود و نقشه را با مختصات جدید عوارض ترسیم کرد.

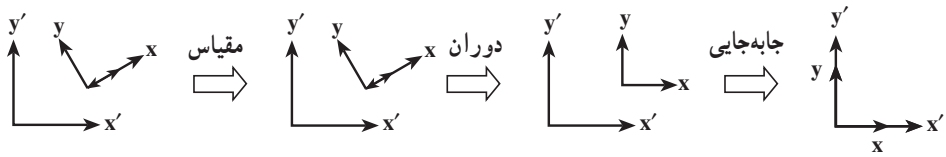
در ادامه ابتدا انتقال بین دو سیستم مختصات متعامد دو بعدی تشریح شده و سپس کاربردهای معمول انتقال سیستم مختصات در نقشه‌برداری مورد بحث قرار می‌گیرد. انتقال بین سیستم‌های مختصات دیگر مانند انتقال بین دو سیستم مختصات متعامد سه بعدی نمایش یافته در شکل **۲۴ــ۲** را در مقاطع تحصیلی بالاتر خواهید آموخت.

۱ــ انتقال سیستم مختصات متعامد دو بعدی: دو سیستم مختصات متعامد دو بعدی (x,y) و (x',y') را در نظر بگیرید. فرض کنید مختصات نقطه‌ای در سیستم مختصات (x,y) معلوم است. می‌خواهیم مختصات این نقطه را در سیستم مختصات (x',y') به‌دست آوریم. برای این منظور باید سیستم مختصات (x,y) را به سیستم مختصات (x',y') انتقال دهیم. در حالت انتقال دو بعدی مطابق شکل **۲۵ــ۲** چهار پارامتر انتقال باید تعیین شود : دو پارامتر (x_o,y_o) جابه‌جایی بین مبدأ دو سیستم مختصات، یک پارامتر θ دوران بین محورهای دو سیستم مختصات و یک پارامتر λ مقیاس که برابر نسبت طول بردار واحد در دو سیستم مختصات است.



شکل ۲۵ــ۲

با معلوم بودن چهار پارامتر انتقال فوق، می‌توان مطابق شکل ۲۶ــ۲ در سه مرحله سیستم مختصات (x,y) را به سیستم مختصات (x' , y') انتقال داد. ابتدا مقیاس سیستم مختصات (x,y) با ضرب مختصات آن در مقدار λ با مقیاس سیستم مختصات (x' , y') یکسان می‌شود. سپس سیستم مختصات تغییر مقیاس یافته (x,y) به اندازه‌ی زاویه‌ی θ دوران می‌یابد. در انتها مرکز سیستم مختصات دوران یافته (x,y) به میزان (xo,yo) جابه‌جا شده تا به‌طور کامل بر سیستم مختصات (x' , y') انطباق یابد.



شکل ۲۶ــ۲

از نقطه‌نظر ریاضی رابطه انتقال بین دو سیستم مختصات متعامد دو بعدی به‌صورت زیر تعریف می‌شود :

$$\begin{cases} x' = ax + by + c \\ y' = -bx + ay + d \end{cases}$$

در این رابطه (x,y) مختصات اولیه، (x′y′) مختصات انتقال یافته و a، b، c و d پارامترهای انتقال می‌باشند. معمولاً این رابطه را انتقال متشابه دو بعدی (2D conformal Transformation) می‌نامند زیرا در این انتقال اگر چه موقعیت وضعیت و ابعاد عوارض تغییر می‌کند اما تشابه عوارض حفظ می‌شود.

مطالعه آزاد

انتقال متشابه دو بعدی را می‌توان به‌صورت رابطه ریاضی زیر نوشت که در آن R ماتریس دوران دو بعدی است :

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \lambda . R_\theta . \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_o \\ y_o \end{bmatrix}$$

مقیاس — دوران — جابه‌جایی

در انتها رابطه ریاضی زیر برای انتقال دو سیستم مختصات به‌دست می‌آید :

$$x' = \lambda \cos\theta . x + \lambda \sin\theta . y + x_o$$

$$y' = -\lambda \sin\theta . x + \lambda \cos\theta . y + y_o$$

در این رابطه اگر چهار پارامتر abcd را جایگزین چهار پارامتر $\lambda \theta x_o y_o$ کنیم آن‌گاه رابطه نسبتاً ساده زیر برای انتقال مختصات به‌دست می‌آید.

$$\begin{aligned} a &= \lambda \cos\theta \\ b &= \lambda \sin\theta \\ c &= x_o \\ d &= y_o \end{aligned} \quad \Longrightarrow \quad \begin{aligned} x' &= ax + by + c \\ y' &= -bx + ay + d \end{aligned}$$

مثال: مختصات نقطه‌ای در سیستم مختصات $(x,y) = (۶,۴)$ متر است. در صورتی‌که سیستم مختصات ابتدا به اندازه‌ی ۳۰ درجه در جهت عقربه‌های ساعت دوران نماید و سپس به اندازه‌ی (۲،۳) متر جابه‌جا شود، مختصات جدید نقطه را محاسبه نمایید.

راه‌حل: چون مقیاس تغییری ننموده است $\lambda = ۱$ است. هم‌چنین $\theta = ۳۰$، $x_o = ۳$ و $y_o = ۲$ است.

$$a = \lambda \cos\theta = \cos ۳۰ = ۰/۵۰$$

$$b = \lambda \sin\theta = \sin ۳۰ = ۰/۸۷ \Longrightarrow \begin{aligned} x' &= ax + by + c = ۰/۵۰x + ۰/۸۷y + ۲ \\ y' &= -bx + ay + d = -۰/۸۷x + ۰/۵۰y + ۳ \end{aligned}$$

$$c = x_o = ۲ \qquad d = y_o = ۳$$

$$\begin{aligned} x &= ۶ \\ y &= ۴ \end{aligned} \Longrightarrow \begin{aligned} x' &= ۰/۵۰x + ۰/۸۷y + ۲ = ۰/۵۰^{*}۶ + ۰/۸۷^{*}۴ + ۲ = ۸/۴۸ \\ y' &= -۰/۸۷x + ۰/۵۰y + ۳ = -۰/۸۷^{*}۶ + ۰/۵۰^{*}۴ + ۳ = -۰/۲۲ \end{aligned}$$

بنابراین مختصات جدید نقطه $(x',y') = (۸/۴۸, -۰/۲۲)$ می‌باشد.

در صورتی‌که چهار پارامتر انتقال سیستم مختصات دو بعدی مجهول باشد، معمولاً به کمک نقاط کنترل مقادیر آن‌ها را برآورد می‌نمایند. نقاط کنترل نقاطی هستند که مختصات آن‌ها در دو سیستم مختصات معلوم می‌باشد. برای تعیین چهار پارامتر انتقال، حداقل به دو نقطه کنترل نیاز است

تا بتوان با آن‌ها دستگاه چهار معادله چهار مجهول را تشکیل داد و پارامترهای انتقال مجهول را به‌دست آورد. اگر اندیس یک و دو مبین دو نقطه کنترل در سیستم مختصات (x,y) و (x',y') باشد، پارامترهای انتقال از روابط زیر قابل محاسبه خواهند بود. در این روابط منظوراز Δ اختلاف بین مختصات دو نقطه برای هر سیستم مختصات می‌باشد :

$$\Delta x = x_2 - x_1 \qquad a = \frac{\Delta x' \Delta x + \Delta y' \Delta y}{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

$$\Delta y = y_2 - y_1 \qquad b = \frac{\Delta x' \Delta y + \Delta y' \Delta x}{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

$$\Delta x' = x'_2 - x'_1 \quad \Longrightarrow \quad c = x'_1 - ax_1 - by_1$$

$$\Delta y' = y'_2 - y'_1 \qquad d = y'_1 + bx_1 - ay_1$$

تمرین: مختصات نقاط A و B قبل و بعد از انتقال سیستم مختصات داده شده است.

الف ــ پارامترهای انتقال سیستم مختصات را محاسبه کنید.

ب ــ مختصات نقطه‌ی C بعد از انتقال سیستم مختصات چه‌قدر است؟

نقطه	x	y	x'	y'
A	۳	۵	۴	۶
B	۷	۹	۵	۳
C	۴	۲	?	?

مطالعه آزاد

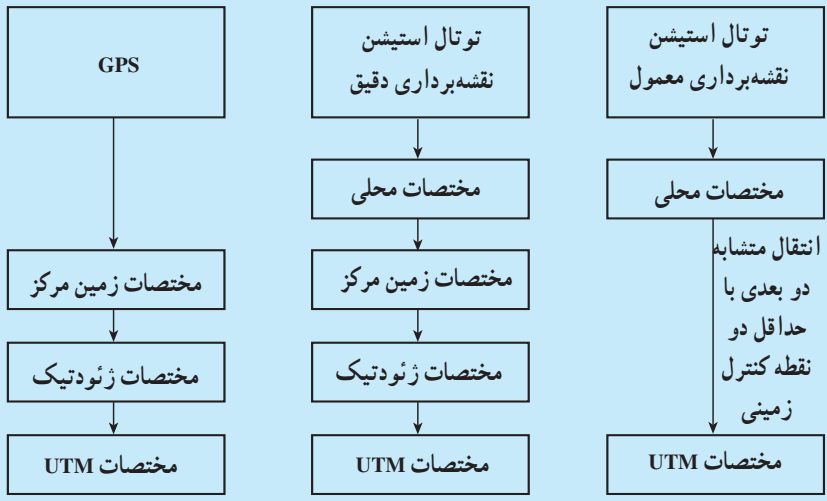
کاربردهای انتقال سیستم مختصات

برای تعیین موقعیت نقاط در نقشه‌برداری زمینی معمولاً از GPS یا توتال استیشن استفاده می‌کنند. GPS موقعیت نقاط را در سیستم مختصات زمین مرکز اندازه‌گیری می‌کند در حالی‌که توتال استیشن موقعیت نقاط را در سیستم مختصات محلی اندازه‌گیری می‌نماید. از سوی دیگر نقشه‌برداران معمولاً نقشه‌ها را در سیستم تصویر UTM تهیه و ترسیم می‌کنند. از این‌رو بایستی مختصات زمین مرکز حاصل از GPS و مختصات محلی حاصل از توتال استیشن به مختصات UTM تبدیل شوند.

برای تبدیل مختصات زمین مرکز GPS کافی است ابتدا سیستم مختصات زمین مرکز را به سیستم مختصات ژئودتیک (از طریق روابط ذکر شده در مطالعه آزاد

صفحه‌ی ۳۷) تبدیل نمود. سپس توسط روابط تبدیل مختصات در سیستم تصویر UTM مختصات UTM را از روی مختصات طول و عرض ژئودتیک محاسبه کرد (شکل ۲۷ــ۲). البته دستگاه‌های امروزی GPS این محاسبات را مستقیماً انجام داده و می‌توانند مختصات ژئودتیک و UTM را به سرعت ارائه دهند.

هم‌چنین برای تبدیل مختصات محلی به مختصات UTM کافی است ابتدا سیستم مختصات محلی به سیستم مختصات زمین مرکز انتقال یابد. سپس مشابه فوق مختصات زمین مرکز از طریق تبدیل آن به مختصات ژئودتیک، به مختصات UTM انتقال یابد (شکل ۲۷ــ۲). این فرایند تبدیل مختصات در پروژه‌های نقشه‌برداری دقیق باید رعایت شود. البته در پروژه‌های معمول نقشه‌برداری زمینی چون ابعاد منطقه به‌حدی کوچک است که در آن خطای کرویت زمین در مقایسه با دقت تعیین موقعیت قابل چشم‌پوشی است، می‌توان زمین را مسطح فرض نموده و سیستم مختصات محلی دو بعدی را به سیستم مختصات UTM دو بعدی انتقال داد. این امر به‌سادگی از طریق روابط ذکر شده در بخش قبل قابل انجام می‌باشد (شکل ۲۷ــ۲). از این‌رو برای محاسبه پارامترهای انتقال، نیاز به حداقل دو نقطه کنترل زمینی می‌باشد که موقعیت UTM آن‌ها معلوم بوده و نقشه‌بردار مختصات محلی این دو نقطه را نیز تعیین می‌نماید. موقعیت UTM نقاط کنترل را می‌توان توسط GPS اندازه‌گیری نمود یا آن‌ها را تحت نام نقاط کانوا یا نقاط مبنا از سازمان نقشه‌برداری کشور خریداری کرد.



شکل ۲۷ــ۲

تمرین: در یک عملیات نقشه‌برداری معمول، ابتدا مختصات UTM نقاط مبنای A و B توسط GPS اندازه‌گیری شد. سپس توتال استیشن در نقطه‌ی A استقرار یافته و مختصات اختیاری (1000,1000) متر برای ایستگاه به دستگاه معرفی گردید. در مرحله‌ی بعد لمب افقی دوربین به نقطه‌ی B صفر ــ صفر شده و مختصات محلی نقاط مطابق جدول زیر اندازه‌گیری شد. مطلوبست مختصات UTM نقاط C و D.

نقطه	X_{local}	Y_{local}	X_{UTM}	Y_{UTM}
A	۱۰۰۰٫۰۰۰	۱۰۰۰٫۰۰۰	۲۵۶۱۸۸/۱۰۳	۳۷۳۸۹۶۱/۲۳۰
B	۱۰۹۵/۲۳۴	۱۰۰۰٫۰۰۰	۲۵۶۲۵۰/۸۸۴	۳۷۳۸۸۸۹/۶۲۰
C	۹۷۶/۱۲۴	۱۰۱۱/۵۵۶	؟	؟
D	۱۱۳۹/۹۰۱	۸۹۸/۰۰۲	؟	؟

در انتقال سیستم‌های مختصات گاهی اوقات موقعیت مسطحاتی نقاط ثابت مانده اما موقعیت ارتفاعی نقاط انتقال می‌یابد. برای مثال ارتفاعات ژئودتیک حاصل از GPS چون نسبت به سطح بیضوی مبنا WGS84 می‌باشند باید در یک منطقه کوچک آن‌ها را به اندازه جدایی ژئوئید N به یک اندازه کم نمود تا ارتفاع ارتومتریک به‌دست آید. یا این‌که در نقشه‌برداری اگر ارتفاع توتال استیشن یا رفلکتور درست معرفی نشود باید ارتفاع به‌دست آمده برای همه نقاط رابه میزان یکسانی افزایش یا کاهش داد تا ارتفاع صحیح نقاط به‌دست آید.

خودآزمایی

۱ــ نحوه‌ی اندازه‌گیری شعاع زمین به‌وسیله‌ی اراتوستن را با رسم شکل توضیح دهید.

۲ــ نحوه‌ی اندازه‌گیری شعاع کره‌ی زمین به‌وسیله‌ی «پوسیدونیوس» را شرح دهید.

۳ــ سطح طبیعی زمین را به عنوان یک سطح مبنا توضیح دهید.

۴ــ سطح ژئوئید را به‌عنوان یک سطح مبنا توضیح دهید.

۵ــ سطوح تراز را تعریف کنید.

۶ــ نحوه‌ی تعیین ژئوئید را توضیح دهید.

۷ــ بیضوی به عنوان یک سطح مبنا را توضیح دهید.

۸ــ پارامترهای یک بیضوی را با رسم شکل توضیح دهید.

۹ــ بیضوی جهانی را توضیح دهید.

۱۰ــ انواع ارتفاع‌ها را که در ژئودزی با آن‌ها سروکار داریم، نام ببرید.

۱۱ــ ارتفاع ارتومتریک یک نقطه را با رسم شکل توضیح دهید.

۱۲ــ ارتفاع ژئودتیک یک نقطه را با رسم شکل توضیح دهید.

۱۳ــ ارتفاع ژئوئید را با رسم شکل توضیح دهید.

۱۴ــ انواع سیستم مختصات در هندسه را نام ببرید و هر کدام را توضیح دهید.

۱۵ــ انواع تعیین موقعیت در نقشه‌برداری را نام ببرید.

۱۶ــ تعیین موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی را توضیح دهید.

۱۷ــ انواع تعیین موقعیت سه بعدی را نام ببرید.

۱۸ــ ارتفاع ارتومتریک و ژئودتیک و ژئوئید را تعریف کنید.

۱۹ــ لزوم انتقال بین سیستم‌های مختصات را بنویسید.

۲۰ــ با رسم یک شکل انتقال سیستم مختصات متعامد دو بعدی را توضیح دهید.

فصل سوم

سیستم‌های تصویر در نقشه‌برداری
(Projection Systems in Surveying)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

۱ــ لزوم تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین به روی صفحه را توضیح دهد.

۲ــ دو مشکل اساسی تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین به روی صفحه را توضیح دهد.

۳ــ سیستم تصویر را تعریف کند.

۴ــ ویژگی‌های یک سیستم تصویر مناسب را توضیح دهد.

۵ــ ویژگی انواع سیستم تصویر را نام ببرد.

۶ــ سیستم تصویر متشابه را به اختصار شرح دهد.

۷ــ سیستم تصویر هم مساحت را به اختصار شرح دهد.

۸ــ سیستم تصویر هم فاصله را به اختصار شرح دهد.

۹ــ سیستم تصویر آزیموتی را به اختصار شرح دهد.

۱۰ــ انواع سیستم‌های تصویر را از نظر روش نام ببرد.

۱۱ــ سیستم تصویر مخروطی را تعریف کند.

۱۲ــ کاربردهای سیستم تصویر مخروطی و ویژگی آن را توضیح دهد.

۱۳ــ سیستم تصویر مرکاتور را توضیح دهد.

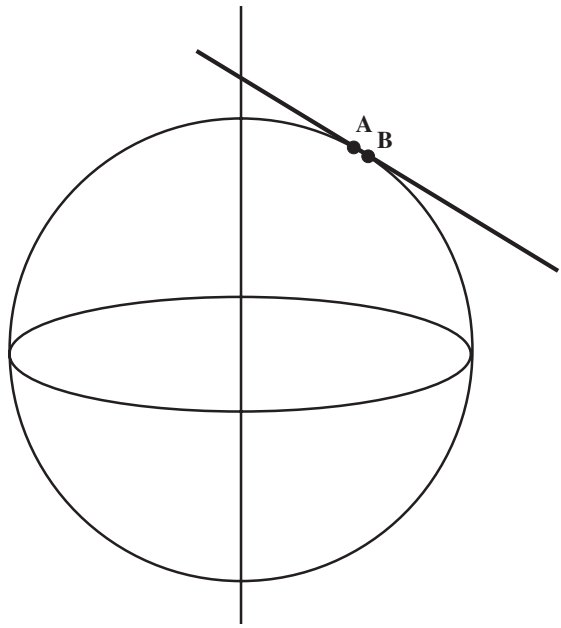
۱۴ــ سیستم تصویر ترانسورس مرکاتور را تعریف کند.

۱۵ــ سیستم تصویر یونیورسال ترانسورس مرکاتور را توضیح دهد.

۱۶ــ ویژگی‌های سیستم تصویر یونیورسال ترانسورس مرکاتور را توضیح دهد.

۱ــ۳ــ سیستم‌های تصویر و انواع آن

۱ــ۱ــ۳ــ لزوم تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین به روی صفحه: برای تهیه‌ی نقشه از مناطق کوچک می‌توانیم از انحنای کره‌ی زمین صرف‌نظر کنیم و منطقه را روی یک صفحه تصویر نماییم. برای شناخت بیش‌تر میزان انحنای کره‌ی زمین به شکل توجه کنید. شعاع کره را اگر ۶۴۰۰ کیلومتر فرض کنیم دو نقطه‌ی A و B به فاصله‌ی تقریبی ۲۰۰m در مقایسه با شعاع و محیط این کره بسیار ناچیز بوده می‌توان از انحنای موجود صرف‌نظر نمود. اما هرگاه منطقه بزرگ و وسیع باشد و پروژه مستلزم دقت بسیار باشد باید انحنای زمین را در نظر بگیریم. واقعیت امر این است که اگر بخواهیم زمین و موقعیت نقاط روی آن را به‌طور واقعی نشان دهیم درنظر گرفتن یک صفحه برای تهیه‌ی نقشه مناسب نیست و باید برای نشان دادن موقعیت‌ها از کره یا بیضوی استفاده نمود. اما این موضوع امکان‌پذیر نیست، زیرا برای مثال می‌خواهیم موقعیت‌ها را با مقیاس $\frac{۱}{۱۰۰/۰۰۰}$ نشان دهیم در آن صورت به کره‌ای به شعاع ۶۴m نیاز است. یا برای داشتن موقعیت‌ها با مقیاس $\frac{۱}{۱/۰۰۰}$ کره‌ای به شعاع ۶۴۰۰m نیاز است که چنین نمایشی برای موقعیت‌ها مناسب نیست. پس به تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین بر روی صفحه نیاز است.

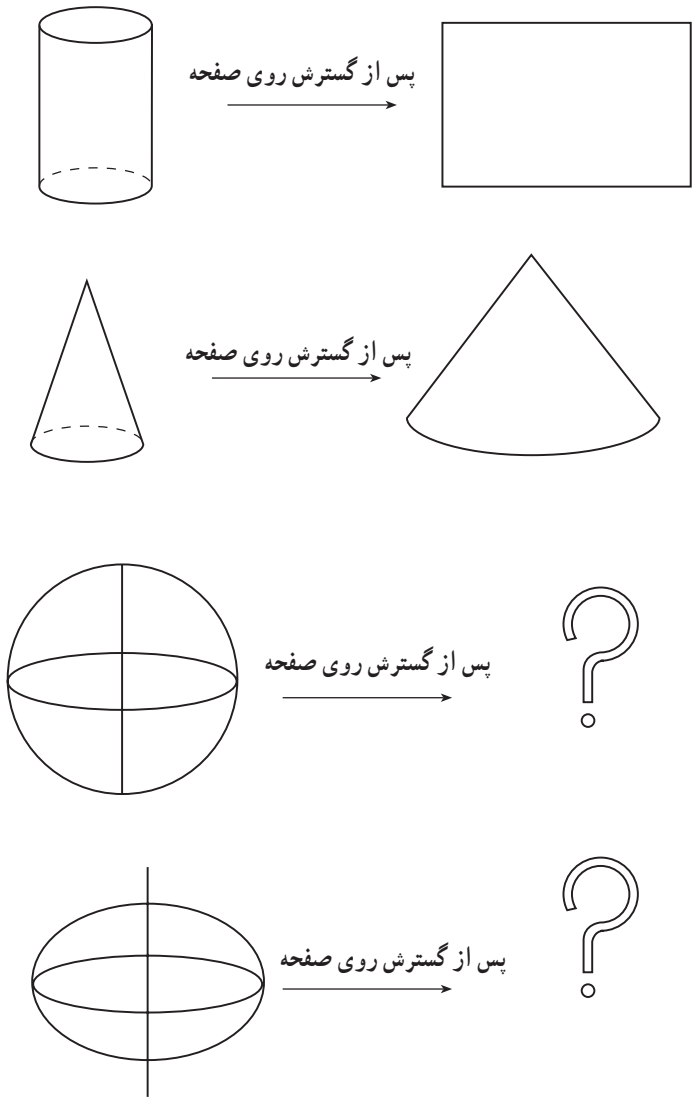


شکل ۱ــ۳

۲ــ۱ــ۳ــ دو مشکل عمده‌ی تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین بر روی صفحه

۱ــ موقعیت‌ها بر روی کره‌ی زمین سه‌بعد دارند ؛ در حالی که صفحه دارای دو بعد است ؛ از این رو، باید روشی برای نمایش سه بعد بر روی دو بعد در اختیار داشته باشیم.

۲ــ شکل هندسی کره یا بیضوی هیچ‌گاه روی یک صفحه باز نمی‌شوند توجه کنید اشکال هندسی مانند مخروط و استوانه، خلاف کره و بیضوی، قابل باز شدن روی صفحه هستند.



شکل ۲ــ۳ــ وضعیت شکل‌های قابل گسترش و غیر قابل گسترش را در روی صفحه نشان می‌دهد.

پس نیاز به سطح واسطه‌ی قابل گسترش بر روی صفحه را داریم که پس از تصویر کردن کره یا بیضوی بر روی این سطح واسطه با روش‌های مختلف، در مرحله‌ی بعد تصویر دیگری بر روی صفحه ایجاد می‌نماییم.

۱ــ سطح واسطه‌ی صفحه ۲ــ سطح واسطه‌ی مخروط ۳ــ سطح واسطه‌ی استوانه

شکل ۳ــ۳ــ سه ایده‌ی اصلی برای استفاده از سطوح واسطه برای تصویر کردن را نشان می‌دهد.

۳ــ۱ــ۳ــ تعریف سیستم تصویر و ویژگی‌های آن: ارائه‌ی روش‌های مناسب برای تصویر کردن بخشی از کره یا بیضوی بر روی صفحه را سیستم‌های تصویر می‌گویند.

مناسب‌ترین سیستم تصویر آن است که دارای این ویژگی‌ها باشد :

۱ــ طول‌ها و مساحت‌ها روی نقشه باید به یک نسبت مشخص کوچک شده باشند.

۲ــ تمامی زوایا بین امتدادها و آزیموت امتدادها بر روی نقشه برابر زاویه و آزیموت امتدادها در روی زمین باشد.

۳ــ تمامی دوایر عظیمه بر روی کره به صورت خط‌های مستقیم بر روی نقشه باشد.

۴ــ طول و عرض ژئودتیک نقاط به‌طور صحیح بر روی نقشه نشان داده شود.

اما با توجه به مطالب یادشده و موضوع شکل زمین، غیرممکن است که تمامی ویژگی‌های موردنظر بالا در تصویر کردن و تهیه‌ی نقشه رعایت گردد، بلکه فقط می‌توانیم یک یا چند ویژگی یادشده را رعایت کنیم. براساس این که در تصویر کردن کدام ویژگی رعایت گردیده سیستم‌های تصویر به‌نمونه‌هایی دسته‌بندی می‌شوند که برخی از آن‌ها بدین قرارند :

۴ــ۱ــ۳ــ انواع سیستم تصویر از نظر ویژگی

۱ــ *سیستم تصویر متشابه*[1]: در این نوع سیستم تصویر زوایا ثابت می‌ماند و در حقیقت در مساحت‌های کوچک‌تر حتی شکل محدوده‌ها نیز حفظ می‌گردد، اما در مساحت‌های بزرگ‌تر به‌دلیل تغییر در مقیاس شکل نیز متفاوت می‌شود.

۲ــ *سیستم تصویر هم مساحت*[2]: در این نوع سیستم تصویر مساحت محدوده‌های مختلف بر روی سطح زمین به یک نسبتی کوچک می‌گردد و روی نقشه نشان داده می‌شود. در این سیستم ممکن است طول‌ها و زوایا تغییر کند، اما مساحت‌ها ثابت بماند.

۳ــ *سیستم تصویر هم فاصله*[3]: در این سیستم تصویر فاصله‌ی تمامی نقاط از یک نقطه‌ی مرکزی بر روی نقشه به یک نسبت مشخصی نسبت به فواصل روی سطح زمین کوچک شده است.

۴ــ *سیستم تصویر آزیموتی*[4]: در این نوع سیستم تصویر جهت، آزیموت امتدادها ثابت می‌ماند :

۵ــ۱ــ۳ــ انواع سیستم‌های تصویر از نظر روش: به‌طورکلی در تمامی سیستم‌های تصویر در پی به‌دست آوردن x و y از φ و λ هستیم که معمولاً به سه روش انجام می‌گیرد :

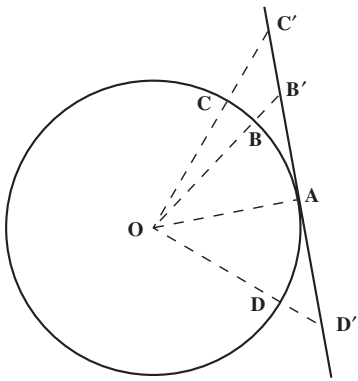
۱ــ سیستم تصویر صفحه‌ای

۲ــ سیستم تصویر مخروطی

۳ــ سیستم تصویر استوانه‌ای

۲ــ۳ــ سیستم تصویر صفحه‌ای

ساده‌ترین سیستم تصویر هندسی تصویر کره روی یک صفحه‌ی مماس بر کره در یک نقطه‌ی خاص مانند A است که البته می‌توان آن را به سه صورت تصویر نمود. در شکل‌های ۴ــ۳ تا ۶ــ۳ نحوه‌ی تصویر کردن را مشاهده می‌کنید.



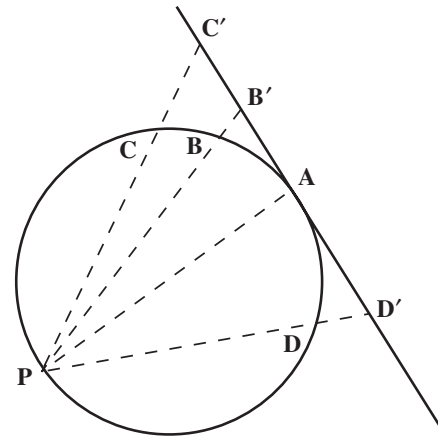
شکل ۴ــ۳

۱ــ Conformal projection

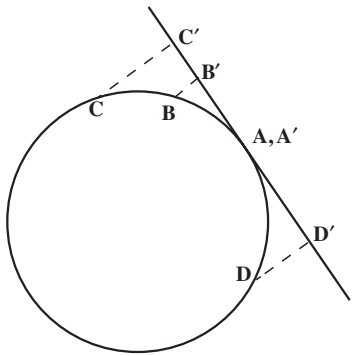
۲ــ Equal - arca projection

۳ــ Equidistant projection

۴ــ Azimuthal projection



شکل ۵ــ۳

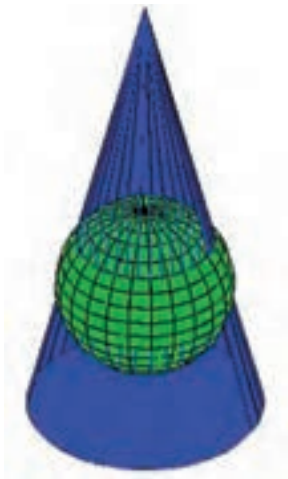


شکل ۶ــ۳

۳ــ۳ ــ سیستم تصویر مخروطی (Conical Projection)

در این سیستم‌های تصویر که مخروطی نام دارند سطح مخروطی حول یک مدار (مدار استاندارد) بر کره مماس هستند (شکل ۷ــ۳)، به گونه‌ای که محور مخروط در امتداد محور زمین قرار دارد. این سیستم که بیش‌تر به «لامبرت» معروف است برای مناطق شرقی ــ غربی یا حول مداری و عرض‌های جغرافیایی میانی بسیار مناسب است. مطابق شکل۸ــ۳ ممکن است به‌جای یک مدار برای تماس، دو مدار استاندارد انتخاب شود ؛ به‌طوری‌که مخروط در این دو مدار کره را قطع می‌کنند. بدین‌وسیله

شکل ۷ــ۳ــ سیستم تصویر مخروطی با مخروط مماس بر کره را نشان می‌دهد.



شکل ۸ــ۳ــ سیستم تصویر مخروطی با مخروط متقاطع با کره را نشان می‌دهد.

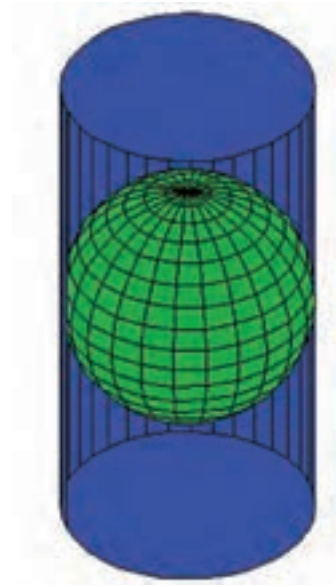
حوزه‌ی دقت و دامنه‌ی گسترش منطقه‌ی مفید سیستم را زیاد می‌کنند. سیستم مخروطی کاربردهای زیادی دارد، اما مانند سیستم تصویرهای قبلی برای عرض جغرافی‌های بالا مناسب بوده و برای ترسیم نقشه‌های جهانی مناسب نیستند.

در این نوع سیستم، مدارات به صورت دوایر متحدالمرکز و نصف‌النهارات شکل خطوطی راست تصویر می‌شوند.

برای تهیه‌ی نقشه‌ی کشورهایی نظیر فرانسه و ایالات متحده‌ی آمریکا، از سیستم تصویر لامبرت استفاده گردیده هم‌چنین برای قسمت‌های جنوبی ایران و نیز مناطق مرزی ایران و عراق، این سیستم به کار گرفته شده است.

۴ــ۳ــ سیستم‌های تصویر استوانه‌ای یا مرکاتور (Mercator Projection)

۱ــ۴ــ۳ــ سیستم تصویر مرکاتور: در این حالت سطح موردنظر که بر بیضوی مماس و سپس گسترش پیدا می‌کند استوانه‌ای است که در طول یک دایره‌ی عظیمه بر کره مماس است (شکل ۹ــ۳ــ الف). البته در برخی مواقع نیز این استوانه متقاطع با کره بوده است (شکل ۹ــ۳ــ ب).



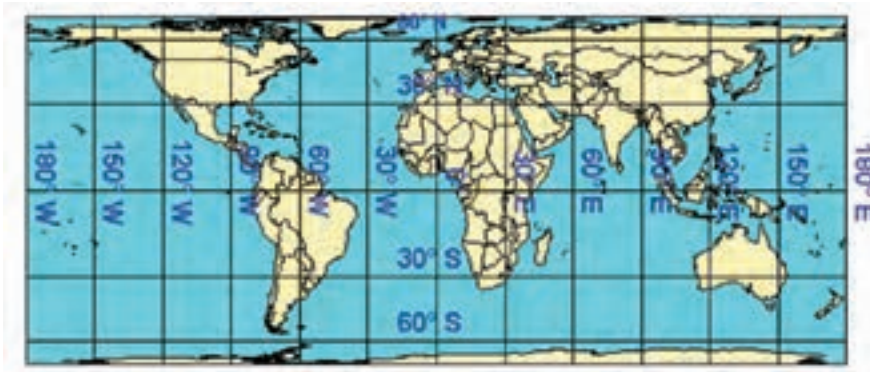
شکل ۹ــ۳ــ الف ــ سیستم تصویر استوانه‌ای با استوانه‌ی مماس بر کره را نشان می‌دهد.

شکل ۹ــ۳ــ ب ــ سیستم تصویر استوانه‌ای با استوانه‌ی متقاطع بر کره را نشان می‌دهد.

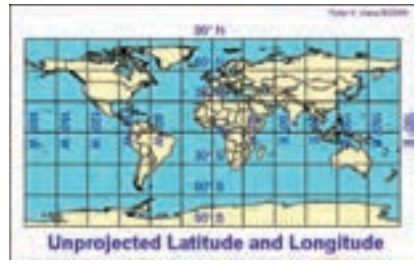
بانی این سیستم تصویر (Gerard Mercator) ریاضیدان و کارتوگراف بزرگ «جهان» است که در قرن شانزدهم و بین سال‌های ۱۵۱۲ تا ۱۵۹۴ می‌زیسته است.

به هنگام نوجوانی وی، ماژلان دست به سفر زد. این مسافرت‌ها و مسیر پیموده شده ماژلان او را تحت تأثیر قرار داد و با وجود سن کم کارتوگراف برجسته‌ای گردید. همگان تحولی را که او در نقشه به‌وجود آورد، بزرگترین ابداع قرن شانزدهم دانسته‌اند. در حقیقت او بود که نقشه را از حالت یک نقاشی ساده به یک وسیله‌ی دقیق درخور استفاده تبدیل کرد. در سال ۱۵۶۹ اولین نقشه‌ی جهان در سیستم تصویر مرکاتور تهیه گردید که ارتباط حقیقی طول و عرض جغرافیایی در آن ملحوظ شده بود، به همین سبب این نقشه به مثابه‌ی چراغ راهنمای دریانوردان بوده و هست ؛ به گونه‌ای که امروزه چارت‌های مرکاتور یک وسیله‌ی الزامی برای سیستم‌های ناوبری به‌شمار می‌آیند.

در شکل ۱۰ــ۳ مقایسه‌ای بین طول و عرض واقعی کره‌ی زمین با تصویر آن در سیستم مرکاتور دیده می‌شود، مرکاتور استوانه‌ای (که در حول استوا به کره مماس نموده) بنابراین در نزدیک استوا کاملاً هر دو شکل با هم مطابقت دارند، اما در مناطق نزدیک به قطب جدایی و کشیدگی مشاهده می‌شود.



شکل ۱۰ــ۳ــ الف ــ تصویر بخشی از کره‌ی زمین را روی صفحه توسط سیستم تصویر استوانه‌ای نشان می‌دهد.



شکل ۱۰ــ۳ــ ب ــ طول و عرض واقعی نقاط بدون تصویر کردن

در این سیستم مرکاتور تغییر مقیاس در طول نصف‌النهارات از مدارات بیش‌تر است و تصویر نصف‌النهارات و مدارات، خطوطی موازی و عمود بر یک‌دیگر هستند (تقارب نصف‌النهارات برای مناطق وسیع وجود دارد). با انعطاف و قابلیت‌هایی که در این سیستم وجود دارد می‌توان استوانه را به هر طرف چرخاند و بر بیضوی زمین حول هر دایره‌ی عظیمه‌ای مماس نمود که این بزرگ‌ترین امتیاز سیستم مرکاتور می‌باشد.

آیا می‌دانید؟

یکی از روش‌های ابوریحان بیرونی، که خود آن را تسطیح اسطوانی(استوانه‌ای) نامیده است، شباهت زیادی به روش تسطیح نیکولوسی دی پاترینو دارد که در سال ۱۶۶۰ میلادی منتشر کرد و امروزه نقشه‌های جغرافیایی موسوم به مرکاتور بر اساس آن تنظیم می‌شود. از نوآوری‌های دیگر او در نقشه‌کشی این است که برای نشان دادن ناهمواری‌ها و موقعیت‌های جغرافیایی زمین، جامع‌تر از پیشینیان خود به استفاده از رنگ‌های گوناگون اشاره کرده است. هم‌چنین، در کتاب التفهیم نقشه‌ای از کره‌ی زمین رسم کرده است که ارتباط اقیانوس هند با اقیانوس اطلس برای نخستین بار در آن نشان داده شده است. از این رو، برخی او را از بنیان گذاران دانش مساحی (نقشه‌کشی) و از پیشگامان جغرافیایی ریاضی می‌دانند.

۲ــ۴ــ۳ ــ ترانسورس مرکاتور (TM)[1] : در این سیستم تصویر به‌جای تماس استوانه با استوا، استوانه بر نصف‌النهارات مماس می‌گردد.

۳ــ۴ــ۳ــ یونیورسال ترانسورس مرکاتور(UTM)[2]: در این سیستم بیضوی زمین به ۶۰ قاچ (Zone)°۶ به مبدأ نصف‌النهار گرینویچ (مطابق شکل ۱۱ــ۳) تقسیم می‌گردد. بدین ترتیب، ۳۰ قاچ در شرق نصف‌النهار گرینویچ و ۳۰ قاچ در غرب گرینویچ است.

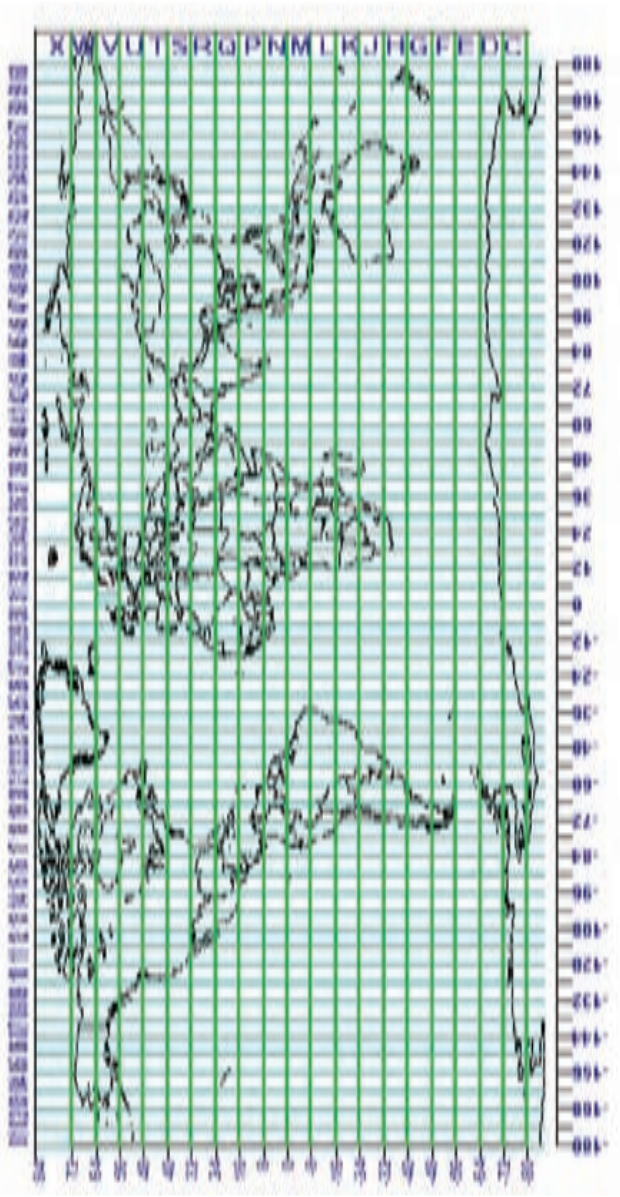
شماره‌گذاری قاچ‌ها نیز از قسمت سمت القدمی نصف‌النهار گرینویچ در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت صورت می‌گیرد ؛ یعنی قاچ محصور بین °۱۸۰ ≤ λ ≤ °۱۷۴W قاچ شماره‌ی ۱ و قاچ محصور بین °۱۷۴W و °۱۶۸W قاچ شماره‌ی ۲ و ... تا این‌که قاچ محصور بین °۶W و °o قاچ شماره‌ی ۳۰ خواهد بود و قاچ بین °o و °۶E قاچ ۳۱ و ... .

حال، با این تقسیم‌بندی معلوم می‌شود که کم‌ترین λ در ایران حدوداً °۴۴ در اطراف شهر «ماکو» و بیش‌ترین λ در استان سیستان و بلوچستان حدود °۶۳ است. بر این اساس، می‌توان گفت

۱ــ Transvers Mercator ۲ــ Universal Transvers Mercator

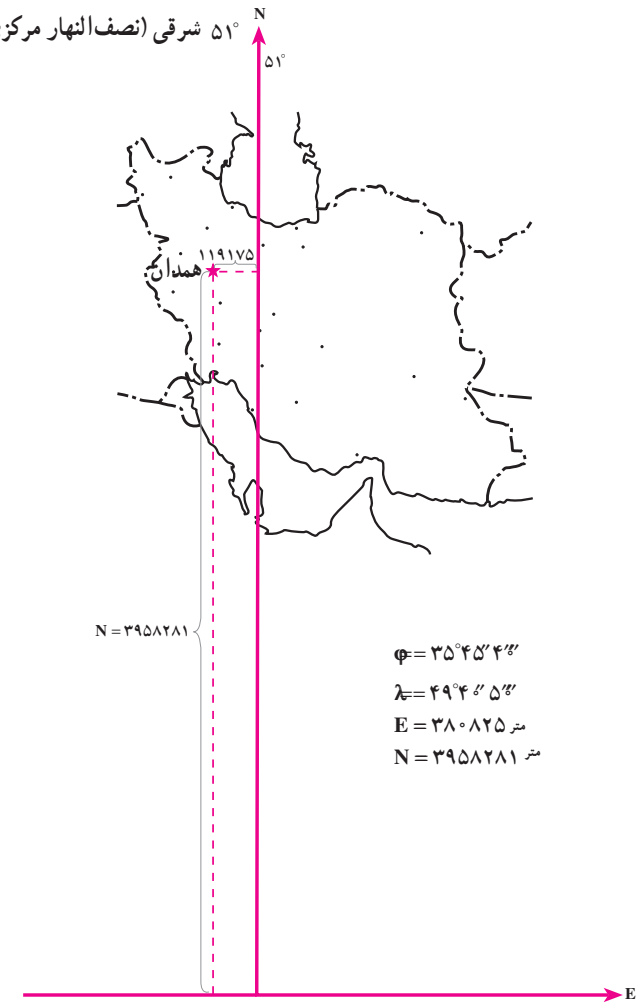
که کشور ایران در داخل قاچ‌های ۳۸ و ۳۹ و ۴۰ و ۴۱ قرار خواهد گرفت.

در این سیستم تصویر، برای هر قاچ یک نصف‌النهار مرکزی در نظر می‌گیرند که در حقیقت نصف‌النهار وسطی هر قاچ خواهد شد ؛ برای مثال، در قاچ شماره‌ی ۳۱ که محصور بین نصف‌النهار ۶°E و °o است نصف‌النهار مرکزی قاچ ۳°E ≒ λ خواهد بود یا در قاچ شماره‌ی ۴۰ که مابین نصف‌النهار ۵۴° ≒ λ و ۶۰° ≒ λ است. ۵۷°E ≒ λ نصف‌النهار مرکزی این قاچ خواهد بود. و این نصف‌النهار مرکزی است که در هر قاچ برای تماس با سطح استوانه، انتخاب می‌گردد.



شکل ۱۱ــ۳ــ سیستم تصویر UTM و شماره‌ی قاچ‌ها

سیستم تصویر UTM [1] بر همین اساس، در سال ۱۹۵۸ میلادی ابداع گردید. در این سیستم دامنه‌ی عمل هر قاچ نسبت به نصف‌النهار مرکزی ۳° به شرق و ۳° به غرب خواهد بود. در سیستم «UTM» محاسبات برای تمامی قاچ‌ها به‌طور مستقل اما کاملاً یکسان خواهد بود. این سیستم در تمامی جهان به یک شکل قابل استفاده است و به همین دلیل به آن «سیستم جهانی[2]» می‌گویند.



شکل۱۲ــ۳ــ موقعیت یک نقطه در استان همدان را نشان می‌دهد.

۱ــ Universal Transverse Mercator ۲ــ Universal

برخی از ویژگی‌های این سیستم بدین قرار است :

۱ــ پهنای هر قاچ °۶ بوده کل کره‌ی زمین به °۶۰ قاچ تقسیم می‌گردد.

۲ــ واحد اندازه‌ها در این سیستم، متر است.

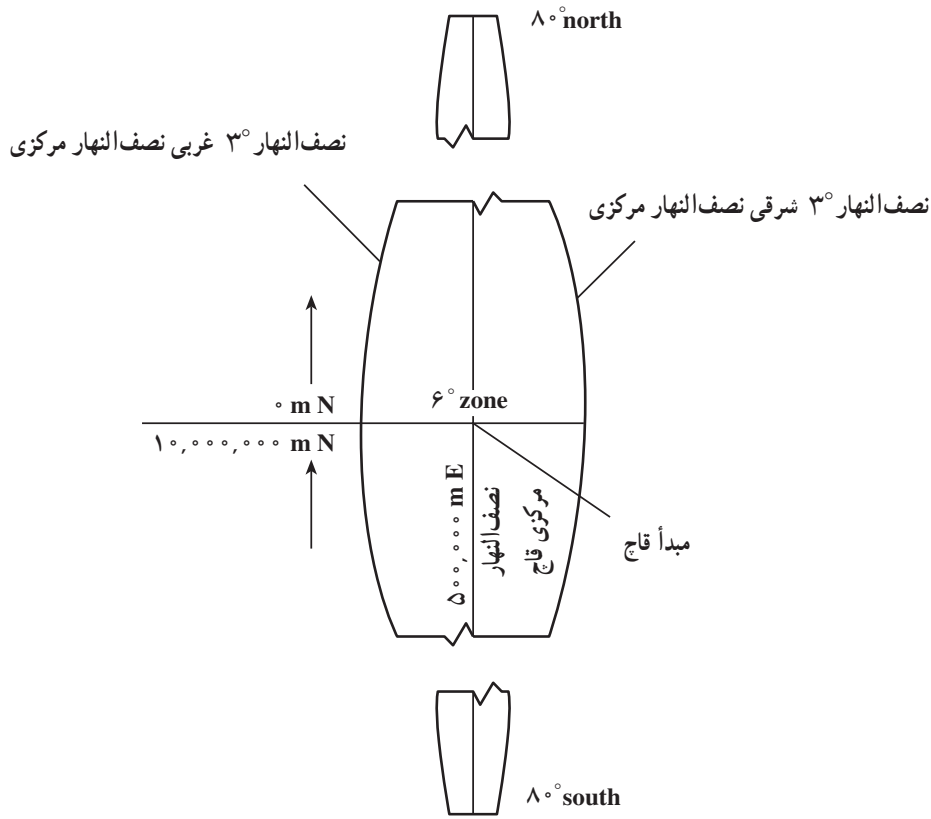
۳ــ محور xها تقاطع سطح استوا با سطح استوانه است.

۴ــ محور yها تصویر نصف‌النهار مرکزی روی سطح استوانه است.

۵ ــ مقدار y برای مبدأ برابر صفر متر برای نیم‌کره‌ی شمالی و برابر ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ برای نیم‌کره‌ی جنوبی است (شکل ۱۳ــ۳).

۶ ــ مقدار x برای مبدأ ۵۰۰۰۰۰ متر می‌باشد.

نکته: مختصات در زون‌ها مشابه یکدیگرند و یک مختصات نشان‌دهنده‌ی ۶۰ نقطه (در هر زون یک نقطه) می‌باشد و آن‌ها را می‌توان با شماره زون از یکدیگر تشخیص داد.



شکل ۱۳ــ۳ــ سیستم تصویر UTM را برای یک قاچ نمایش می‌دهد.

خودآزمایی

۱ــ لزوم تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین به روی صفحه را توضیح دهید.

۲ــ دو مشکل اساسی تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین را به روی صفحه توضیح دهید.

۳ــ سیستم تصویر را تعریف کنید.

۴ــ ویژگی‌های یک سیستم تصویر مناسب را توضیح دهید.

۵ ــ انواع سیستم تصویر را از نظر ویژگی نام ببرید.

۶ ــ سیستم تصویر متشابه را به اختصار شرح دهید.

۷ــ سیستم تصویر هم مساحت را به اختصار شرح دهید.

۸ ــ سیستم تصویر هم فاصله را به اختصار شرح دهید.

۹ــ سیستم تصویر آزیموتی را به اختصار شرح دهید.

۱۰ــ انواع سیستم‌های تصویر را از نظر روش نام ببرید.

۱۱ــ انواع سیستم‌های تصویر صفحه‌ای را نام ببرید.

۱۲ــ سیستم تصویر مخروطی را تعریف کنید.

۱۳ــ کاربردهای سیستم تصویر مخروطی و ویژگی آن را توضیح دهید.

۱۴ــ سیستم تصویر مرکاتور را توضیح دهید.

۱۵ــ سیستم تصویر ترانسورس مرکاتور را توضیح دهید.

۱۶ــ سیستم تصویر یونیورسال ترانسورس مرکاتور را توضیح دهید.

۱۷ــ ویژگی‌های سیستم تصویر یونیورسال ترانسورس مرکاتور را توضیح دهید.

۱۸ــ بزرگ‌ترین امتیاز سیستم مرکاتور را بنویسید.

۱۹ــ چرا سیستم تصویر UTM یک سیستم تصویر جهانی است؟

۲۰ــ شکل یک قاچ در سیستم تصویر UTM را رسم کنید و آن را توضیح دهید.

فصل چهارم

تعیین موقعیت زمینی

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

۱ــ تعیین موقعیت نسبی را تعریف کند.

۲ــ انتقال موقعیت ارتفاعی را توضیح دهد.

۳ــ شبکه‌ی ارتفاعی را توضیح دهد.

۴ــ کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی یک را بیان کند.

۵ ــ کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی دو را بیان کند.

۶ ــ کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی سه را بیان کند.

۷ــ اختلاف ارتفاع را تعریف کند.

۸ ــ انواع روش‌های اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع را به اختصار شرح دهد.

۹ــ اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع به روش تاکئومتری را به اختصار با رسم شکل توضیح دهد.

۱۰ــ تعریف یک سیستم مختصات را برای انتقال موقعیت مسطحاتی شرح دهد.

۱۱ــ روش‌های انتقال مختصات نسبی را نام ببرد.

۱۲ــ پیمایش را تعریف کرده انواع آن را نام ببرد.

۱۳ــ روش پیمایش باز را شرح دهد.

۱۴ــ روش پیمایش بسته را با ذکر چند مثال شرح دهد.

۱۵ــ روش مثلث بندی را برای انتقال مختصات شرح دهد.

۱۶ــ روش سه ضلع‌بندی را برای انتقال مختصات شرح دهد.

۱۷ــ روش تقاطع را برای انتقال مختصات شرح دهد.

۱۸ــ روش ترفیع را برای انتقال مختصات شرح دهد.

۱ـ۴ـ تعریف تعیین موقعیت نسبی (Relative Positioning)

تعیین موقعیت نسبی یک نقطه، بدست آوردن موقعیت نقطه‌ی موردنظر نسبت به نقاط زمینی دیگر می‌باشد. به عبارتی دیگر در حقیقت انتقال مختصات از یک نقطه‌ی زمینی به یک نقطه‌ی زمینی دیگر را تعیین موقعیت نسبی می‌گوییم. این انتقال مختصات ممکن است انتقال در یک بعد باشد یعنی انتقال موقعیت ارتفاعی، حالت دوم ممکن است انتقال مختصات دو بعدی یا مختصات مسطحاتی نقاط باشد و حالت سوم انتقال مختصات سه بعدی نقاط یعنی (z و y و x) نقاط می‌باشد. هر کدام از این انتقال مختصات روش‌ها و لوازم و تجهیزات خاصی را می‌طلبد که به‌طور مختصر در بخش‌های مربوطه توضیح داده خواهد شد.

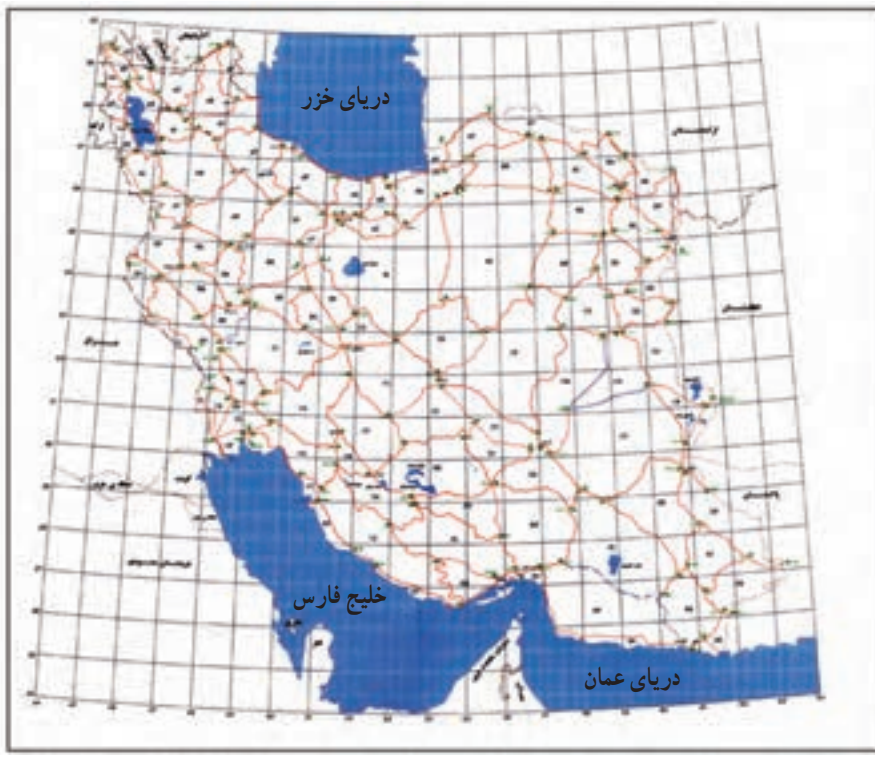
۲ـ۴ـ انتقال موقعیت ارتفاعی (Levelling)

ارتفاع یک نقطه روی سطح زمین فاصله‌ی عمودی آن نقطه از یک سطح تراز قراردادی می‌باشد. سطح تراز یک سطح هم پتانسیلی است که در تمام نقاط آن امتداد ثقل بر آن سطح عمود می‌باشد این سطح تراز می‌تواند یک سطح تراز واقعی مثل سطح متوسط آب‌های آزاد یا ژئوئید یا یک سطح تراز فرضی باشد، که در فصل‌های قبل با آن آشنا شدید.

با توجه به نوع پروژه از سطح مبناهای مختلف یا نقاط ارتفاع‌دار خاص استفاده می‌کنیم اگر هدف از انجام یک پروژه یک کار محلی باشد و ارتباطی به ارتفاعات موجود اطراف پروژه نداشته باشد در این صورت می‌توان از یک سطح مبنای ارتفاعی محلی استفاده کرد. یعنی به یک نقطه ارتفاع خاصی را نسبت دهیم و بقیه‌ی نقاط را در محل پروژه نسبت به آن می‌سنجیم. به‌عنوان نمونه‌ی ساده فرض کنید، بنّایی می‌خواهد پشت بام خانه‌ای را با شیب خاصی بسازد، در این پروژه بنّا هیچ فکری در مورد ارتفاع خیابان اطراف ساختمان یا ارتفاع ساختمان‌های دیگر و غیره ندارد. پس خودش می‌تواند یک مبنای ارتفاعی انتخاب کند. در این انتخاب ارتفاع نقطه‌ی مبنا را طوری در نظر می‌گیرند که حتی‌الامکان ارتفاع منفی نداشته باشد.

در برخی پروژه‌ها نمی‌توان مبنا را محلی در نظر گرفت به‌عنوان نمونه تهیه‌ی نقشه‌ی توپوگرافی برای احداث یک شهرک در منطقه، وضعیت ارتفاعی نقاط باید هماهنگ با مبنای ارتفاعی کشوری باشد. زیرا مثلاً در طراحی این شهرک شما باید وضعیت ارتفاعی جاده‌ای که از کنار این زمین عبور می‌کند، داشته باشید یا شما باید ارتفاع سدی که قرار است آب این شهرک را تأمین کند، داشته باشید

و یا باید وضعیت ارتفاعات مسیر فاضلاب موجود در اطراف شهرک را داشته باشید. پس در کل نیاز است که مبنای ارتفاعات کشوری باشد، شکل ۱ــ۴ وضعیت شبکه، درجه‌ی ۱ ترازیابی کشور را تا بهار سال ۷۹ نشان می‌دهد.



شکل ۱ــ۴

راهنمای نقشه

مسیرهای ترازیابی شده

مسیرهای ساختمان شده

مسیرهای ساختمان نشده

نقطه اتصالی درجه یک

نام لوپ

دریاچه دائمی

دریاچه فصلی

مرز

خط ساحل

شکل ۲ــ۴ دو نمونه از یک حلقه‌ی ترازیابی درجه‌ی ۱ را نشان می‌دهد و نیز ترازیابی درجه‌ی ۲ و درجه‌ی۳ را که متکی به نقاط ترازیابی درجه‌ی۱ می‌باشند، نیز نمایش می‌دهد.

راهنما

لوپ درجه‌ی ۱	CE
لوپ درجه‌ی ۲	CE.1
مسیر درجه‌ی ۱	
مسیر درجه‌ی ۲	
مسیر درجه‌ی ۳	
مسیر درجه‌ی ۱ ترازیابی نشده	
مسیر درجه‌ی ۱ ساختمان نشده	
مسیر درجه‌ی ۲ ترازیابی نشده	
مسیر درجه‌ی ۳ ساختمان شده	
مسیر درجه‌ی ۳ آنتنی	

نقاط اتصالی درجه‌ی ۱	
نقاط اتصالی درجه‌ی ۲	
نقاط اتصالی درجه‌ی ۳	
نام خط درجه‌ی ۳	01
مرز	
خط ساحل	
اختلاف ارتفاع	dh=24.351
طول مسیر	D=12.254
ارتفاع	1245.268

شکل ۲ــ۴

شکل ۳ــ۴ نمونه‌ای از نقاط ارتفاعی دقیق کشوری را نشان می‌دهد که با استفاده از آن می‌توان ارتفاع را به نقاط دیگر انتقال داد. در روی نقاط ترازیابی دقیق کشوری کُد نقطه حک شده و می‌توان با ارائه‌ی آن کد به سازمان نقشه‌برداری کشور برگه‌ی شناسایی آن را از سازمان خریداری نمود. شکل ۴ــ۴ نمونه‌ای از یک برگه‌ی شناسایی یک نقطه‌ی ترازیابی دقیق را نشان می‌دهد.

شکل ۳ــ۴ ــ یک نقطه‌ی ترازیابی به نام AQAR1086 در منطقه‌ی امام زاده هاشم را نشان می‌دهد که دستگاه GPS روی آن مستقر شده است.

شناسنامه ایستگاه ترازیابی
LEVELING STATION DESCRIPTION

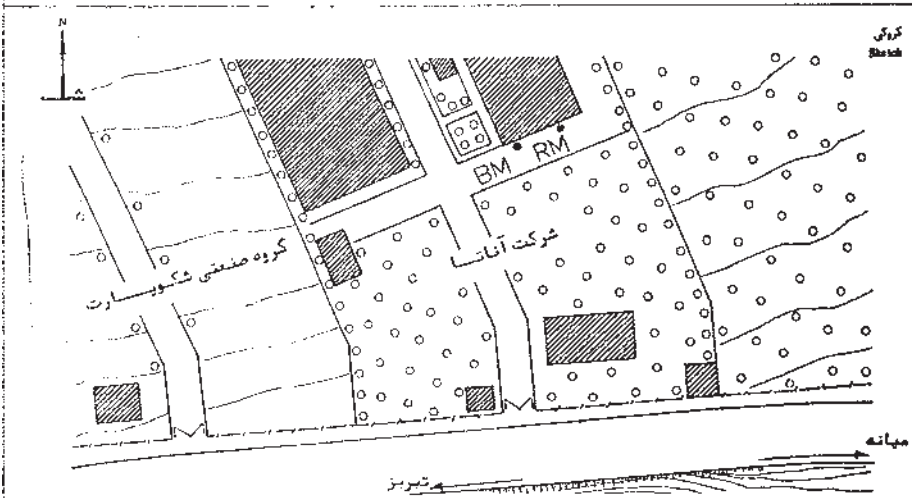
طول جغرافیائی Longitude 46° 24'.6	شماره نقشه Sheet No. 5266 II	درجه Order یک		نام ایستگاه Station	AEAI1008
عرض جغرافیائی Latitude 38° 02'.0	مقیاس نقشه Scale 1:50,000	استان Province آذربایجان شرقی			
تعداد ثقل Gravity	شماره عکس و طرح Project & Photo No.	راه Road تبریز - بستان آباد		نام قدیم ایستگاه Old Name	ـــــــ
تاریخ اندازه‌گیری ثقل Date	مقیاس عکس Photo Scale	نزدیکترین شهر Nearest Town		نوع ایستگاه Type of Station	معمولی

تاریخ اندازه‌گیری Obs. Date	تاریخ محاسبه Cal. Date	مبنا Datum	Elevation B.M.	ارتفاع R.M.	ارتفاع ارتومتری Orth. Elevation	ملاحظات Remarks
1367	1370	N.C.C.	1628.166	1628.597		BM → RM
	1377	DNG.1001	1628.4146	1628.8461		G = 75°
						D = 12 m

مشخصات ایستگاه Description: ایستگاه بالاترین نقطه سطح کروی شکل میله فلزی بقطر 2 وارتفاع 25 سانتیمتر میباشد. این میله داخل بتون استوانه‌ای شکل بقطر 40 وارتفاع 70 سانتیمتر کارگذاشته شده‌است. بطوریکه سطح کروی میله باندازه 5 میلیمتر از سطح بتون بالاتر میباشد. نشانه راهنما (R.M.) میله‌ایست مشابه ایستگاه در داخل بتونی بشکل هرم ناقص با سطح فوقانی 25 x 25 وارتفاع 50 سانتیمتر.

موقعیت ایستگاه St. Positioning: BM بفاصله 142.5 متری شمال محور جاده تبریز - میانه و داخل محوطه شرکت آناتا در 5 متری گوشه جنوب غربی ساختمان شکلات سازی و 60 سانتیمتری دیوار قرار دارد. RM نیز در ضلع جنوبی ساختمان شکلات سازی و بفاصله یکمتری گوشه جنوب شرقی ساختمان و 30 سانتیمتری دیوار قرار گرفته‌است. فاصله این دو پرو از ایستگاه AEAI. 1007 و AEAI. 1009 بترتیب 2.2 و یک کیلومتر میباشد.

راه دسترسی به ایستگاه Address: پس از طی 9.4 کیلومتر از میدان دانشگاه تبریز (بیست و نه بهمن) در جاده تبریز - میانه بطرف میانه به شرکت آناتا محل ایستگاه خواهیم رسید.



کروکی Sketch

سازمان نقشه‌برداری کشور N.C.C — تهیه کننده Prepared by غلامرضا آذری ماه مرداد سال ۱۳۶۶ — فرم شماره Form No. 10-0182

شکل ۴ــ۴ــ شناسنامه‌ی یک نقطه‌ی ترازیابی با تمامی مشخصات مورد نیاز

به هر کدام از نقاط شبکه‌های ارتفاعی، در اصطلاح، «بنچ مارک Bench Marks» گویند. پس «بنچ مارک‌ها» نقاطی هستند که ارتفاع آن‌ها به‌طور دقیق معلوم است، اما موقعیت مسطّحاتی آن‌ها به‌طور تقریبی معلوم نیست. شبکه‌های ارتفاعی از نظر دقت به درجات مختلفی تقسیم می‌گردند. هر قدر درجه‌ی شبکه‌ها بالاتر باشد دقت آن‌ها بیش‌تر است و عموماً فاصله‌ی بین بنچ مارک‌ها متناسب با درجه‌ی شبکه‌هاست. البته استانداردهای مختلفی وجود دارد که کشورهای مختلف از آن استفاده می‌کنند. در جدول زیر نمونه‌ای از این استانداردها را مشاهده می‌کنید.

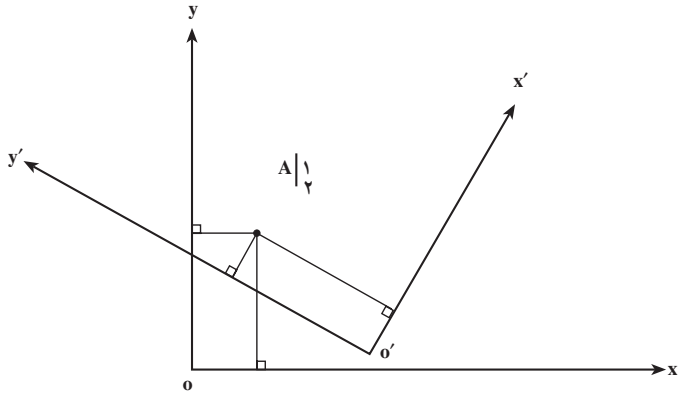
جدول ۵ــ۴ــ طبقه‌بندی شبکه‌های ترازیابی

طبقه‌بندی	درجه‌ی ۱	درجه‌ی ۲	درجه‌ی ۳
اهداف	ــ استخوان بندی کلیه‌ی شبکه‌های کشوری ــ بررسی حرکات پوسته‌های ناحیه‌ای زمین ــ به‌دست‌آوردن مقادیر پتانسیل جاذبه ــ کنترل شبکه‌های بزرگ ترازیابی	ــ استفاده در پروژه‌های بزرگ مهندسی ــ بر روی حرکات پوسته‌های محلی و بررسی نشست آن‌ها ــ مبنا برای شبکه‌ی کنترل در درجات پایین‌تر ــ مبنا برای تهیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی	ــ مبنا برای پروژه‌های کوچک مهندسی ــ مبنا برای تهیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی در حجم کوچک‌تر ــ مطالعه برای زهکش‌ها و شیب‌های کانال‌ها و زهکش‌ها
فاصله بین نقاط	۱ــ۳km	۱ــ۳km	نباید بیش‌تر از ۳ کیلومتر باشد
طول شبکه‌ها	کیلومتر ۵۰ــ۳۰۰	کیلومتر ۱۰ــ۵۰	هر اندازه که مورد نیاز است
مشاهدات گراویتی	لازم است	لازم نیست	لازم نیست
وسایل لازم	ترازیاب دقیق با میکرومتر و میر انوار	ترازیاب دقیق با میکرومتر و میر انوار و یا ترازیاب اتوماتیک	ترازیاب معمولی به همراه شاخص
ماکزیمم خطا	$3mm\sqrt{K}$	$6mm\sqrt{K}$	$12mm\sqrt{K}$

۳ــ۴ــ انتقال موقعیت مسطحاتی

برای انتقال موقعیت مسطحاتی یعنی y و x ازنقاطی به نقاط دیگر ابتدا نیاز به تعریف یک سیستم مختصات داریم. همان‌طوری‌که قبلاً اشاره شده با داشتن یک نقطه‌ی مختصات‌دار یک سیستم مختصات مشخص نمی‌گردد وقتی به شما گفته می‌شود که مختصات نقطه‌ای مانند A در روی صفحه‌ی کاغذ

دارای مختصات $x = 1\,cm$ و $y = 2\,cm$ است آیا می‌توانید محورهای مختصات را رسم کنید و مبدأ و جهت محورها را مشخص کنید؟



شکل ۶ــ۴

همان‌طوری‌که از شکل بالا متوجه شدید بی‌شمار سیستم مختصات را می‌توان مشخص نمود که نقطه‌ی A دارای مختصات $x = 1\,cm$ و $y = 2\,cm$ باشد پس یک نقطه با مختصات معلوم نمی‌تواند یک سیستم مختصات را مشخص کند.

شما به هیچ‌عنوان نمی‌توانید با داشتن مختصات فقط یک نقطه‌ی معلوم و مشاهدات طول و زاویه به نقاط دیگر مختصات بدهید. برای تعیین موقعیت نسبی حداقل به دو نقطه با مختصات معلوم نیاز داریم.

بنابراین برای انتقال مختصات، حداقل دو مورد مختصات مبنایی نیاز است. در مورد نقاط مسطحاتی مبنایی نیز بحثی که در بخش قبل داشتیم، این سیستم مختصات هم می‌تواند محلی باشد و هم می‌تواند به‌صورت کشوری یا جهانی باشد.

در برخی مواقع که پروژه کشوری باشد و ارتباط با پروژه‌های دیگر اهمیت داشته باشد دراین‌صورت باید از مختصات کشوری استفاده کرد که شکل ۷ــ۴ نمونه‌ای از شبکه‌های مسطحاتی کشوری را نشان می‌دهد و فرد یا سازمان مربوطه می‌تواند به سازمان نقشه‌برداری کشور[1] مراجعه نموده و دو نقطه از نقاط کنترل مسطحاتی را خریداری کند. نمونه‌ای از این نقاط مسطحاتی را در شکل‌های ۸ــ۴ــالف و ۸ــ۴ــب می‌بینید. ضمناً این دو نقطه باید به همدیگر دید داشته باشد که در قسمت ۵ این موضوع را مشخص می‌کند. به توضیحات زیر شکل‌ها توجه نمایید.

۱ــ سازمانی که بخشی از وظایف آن ایجاد نقاط کنترل مسطحاتی و ارتفاع در کشور می‌باشد.

شکل ۷ــ۴ــ شبکه‌ی مسطحاتی درجه ۲ کشور با شماره‌ی مثلث‌های نقاط

توضیحات شکل ۸ــ۴

۱ــ وضعیت ایستگاه را از لحاظ درجه‌ی شبکه ژئودزی کشوری بیان می‌کند که در این نمونه ایستگاه از نوع درجه ۳ می‌باشد.

۲ــ شامل اطلاعات در مورد نام ایستگاه و نوع سیستم تصویر و شماره قاچ و ...

ضمناً در مورد عدد 002-101 نیز باید توضیح داد که 101 شماره‌ی مثلث شبکه‌ی ژئودزی می‌باشد (یکی از مثلث‌هایی که در شکل ۷ــ۴ موجود هستند) و 002 شماره‌ی نقطه‌ای است که در داخل مثلث 101 می‌باشد.

سازمان نقشه‌برداری کشور

N.C.C.

شناسنامه نقاط ژئودزی ماهواره‌ای

Description of G.P.S. Station

شماره ردیف

شماره پروژه یا نگاری

1

کد ایستگاه 3

2

نام ایستگاه آرد تبریزکار — سیستم تصویر UTM — Projection System — Station 101-002

استان آذربایجان شرقی — شهرستان تبریز — نزدیکترین قریه تبریز — Province — Town — Nearest Village — سایر اطلاعات Further Information

شماره نقشه Sheet No. — تاریخ عکسبرداری Photo Scale — مقیاس عکس Photo No. — شماره عکس ایستگاه Date of Photography

3

Ø	38° 06' 39".553576	N	4218837.5021 m	بیضوی h	1390.5327	Datum	تاریخ مشاهده
λ	46° 13' 28".463922	E	607353.9934 m	ژئوئید h		WGS.84	1377
Ø		N		بیضوی h			تاریخ مشاهده
λ		E		ژئوئید h			
Ø		N		بیضوی h			تاریخ مشاهده
λ		E		ژئوئید h			

4

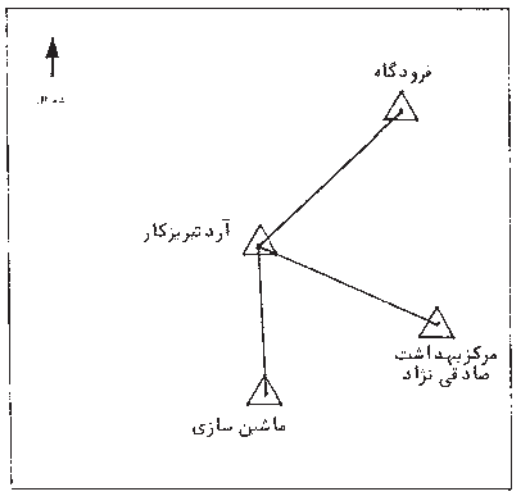
۱ - مراجعه برای بازسازی اندازه گیری

تاریخ	نام و نام خانوادگی	خلاصه گزارش ایستگاه

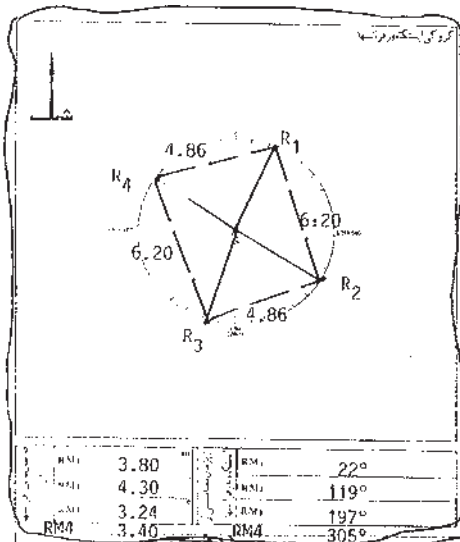
5

ایستگاه‌های قرارگیری (Directions of stations)	آزیموت Azimuth	فاصله افقی Hor. Distance
فرودگاه	46°	2.20 Km
مرکزبهداشت	114°	2.10 Km
ماشین سازی	180°	2.40 Km

توضیحات :



شکل ۸ــ۴ــ الف

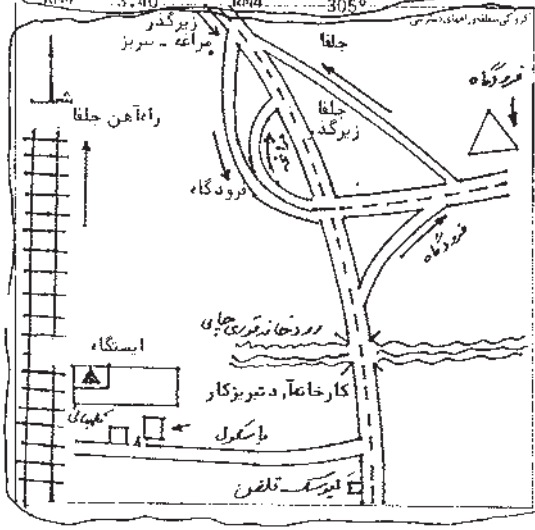


ـ ایستگاه میله‌ایست استیل بقطر 20 میلیمتر و بطول 7 سانتیمتر که در وسط بتونی با ابعاد 12 x 40 x 40 سانتیمتر قرارگرفته و برروی میله علامت بعلاوه و برروی بتون حروف NCC ، 101-002 و GPS-3 حک گردیده است.

ایستگاه دارای چهار علامت راهنما (Reference Mark) می‌باشد که همگی به‌صورت فلش در چهارگوشه ایستگاه که در کنار آنها عبارات RM1 ، RM2 ، RM3 و RM4 به‌رنگ قرمز نوشته شده است.

7

6



جهت دستیابی به ایستگاه از میدان راه‌آهن واقع در غرب شهرستان تبریز بسمت جلفا حرکت کرده پس از طی مسافت 4.6 کیلومتر و عبور از میدان کارگر به یک دوراهی که در سمت چپ حرکت کرده و پس از طی 0.3 کیلومتر در سمت راست قبل از خطوط آهن به کارخانه آرد تبریزکار میرسیم.

ایستگاه بر روی خربشته این کارخانه ساخته شده است.

8

شکل ۸ــ۴ــ ب

سازمان نقشه‌برداری کشور

N.C.C.

شناسنامه نقاط ژئودزی ماهواره‌ای

Description of G.P.S. Station

ایستگاه: شماره: 3 | ورقه | ن | ش

شماره رسمی

شماره پرونده بایگانی

نام ایستگاه: مرکزبهداشت صادقی نژاد — سیستم تصویر: UTM Projection System — ق: 38 — Station: 101-003

محل: آذربایجان شرقی — شهرستان: تبریز — نزدیکترین آبادی: چمشیدآباد — نام اطلاعات: Indexed Area — General Village — Town — Province

شماره نقشه: Date of Photography — تاریخ عکسبرداری: Photo Series — مقیاس عکس: Photo Map — شماره عکس ایستگاه

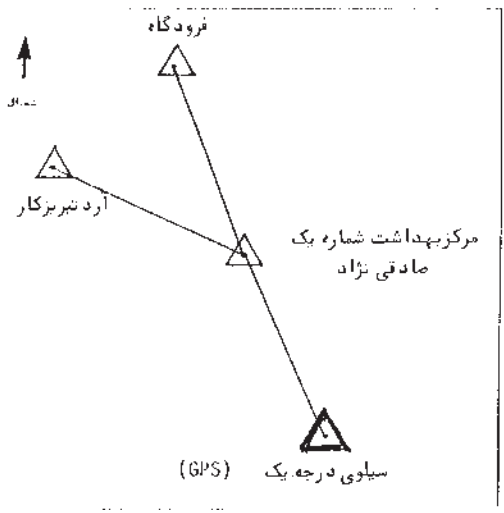
38° 06' 00".934995	N	4217678.6325 m	بیضوی h	1383.0460 m	Datume	تاریخ مشاهده
46° 15' 05".274778	E	609727.6474 m	ژئوئید H		WGS.84	1377
	N		بیضوی h			تاریخ مشاهده
	E		ژئوئید H			
	N		بیضوی h			تاریخ مشاهده
	E		ژئوئید H			

۱ ـ مراجعه برای بازسازی اندازه گیری :

تاریخ	نام و نام خانوادگی	تفاوت ارتفاع ایستگاه

ایستگاههای فرعی/فرعی Observed Stations	آزیموت Azimuth	فاصله افقی Hor. Distance
فرودگاه	340°	2.55 Kml
آردنبرزکار	294°	2.10 Kml
سیلو ایستگاه درجه	156°	3.00 Kml

۲ ـ توضیحات :



شکل ۹ــ۴

۳ــ شامل مختصات ژئودتیک و UTM نقاط و در مورد ارتفاع بیضوی و ژئوئید، و اطلاعات در مورد سطح مبنای محاسباتی که (Datum) نامیده می‌شود و نیز تاریخ محاسبات که دارای اهمیت خاصی می‌باشد. اطلاعات جدیدی که وارد شبکه‌ها می‌گردد، اطلاعات، دوباره پردازش شده و نتایج بهتری حاصل می‌گردد.

۴ــ برخی ایستگاه‌ها به مرور زمان دچار مشکل شده و احتمالاً خراب یا جابه‌جا می‌گردند و آن‌ها پس از بازسازی دوباره اندازه‌گیری می‌شوند که در این قسمت ذکر می‌گردد. اطلاع داشتن از این موضوع هم اهمیت دارد که افراد استفاده‌کننده بدانند که این نقطه و این مختصات آیا همان نقطه‌ی فرضاً چند سال پیش است (که احتمالاً آن موقع برای اهدافی استفاده شده باشد).

فرضاً از این نقاط ۵ سال پیش برای تهیه نقشه‌ی توپوگرافی استفاده و روی آن طرح گذاشته شده و پس از ۵ سال می‌خواهند طرح فوق را پیاده کنند باید نقشه‌بردار اطلاع داشته باشد که این نقطه همان نقطه‌ی چند سال پیش است یا خیر.

۵ــ در این قسمت ایستگاه‌هایی ذکر می‌گردد که این ایستگاه به آن‌ها دید دارد و ضمناً فاصله‌ی آن‌دو به‌طور تقریبی و آزیموت آن‌ها نیز ذکر می‌گردد. مثلاً ایستگاه آرد تبریز به نقطه‌ی مرکز بهداشت صادقی‌نژاد دید دارد و در امتدادی با آزیموت تقریبی 114° و به فاصله‌ی 2.1 کیلومتری می‌باشد.

۶ــ این قسمت در مورد ساختمان ایستگاه و وضعیت رفرانس‌ها توضیح می‌دهد. رفرانس نقاط از این لحاظ اهمیت دارد که در صورت عدم دسترسی به نقطه‌ی اصلی یا خراب شدن آن (در مورد عدم دسترسی فرض کنید در روی زمین نقطه را احداث نموده‌اند و بعد از مدت‌ها زمین آسفالت شده و نقطه در زیر آن گم شده) می‌توان از نقاط رفرانس برای پیداکردن نقطه‌ی اصلی یا محل آن استفاده کرد. ضمناً مواقعی می‌باشد که نقاط در روی سنگ حک شده است از روی این توضیحات می‌توان پی برد که جهت دست‌یابی به نقطه‌ی فوق دنبال چه قسمتی باید رفت.

۷ــ در مورد وضعیت نقاط رفرانس و فواصل آن‌ها از همدیگر و از نقطه‌ی اصلی اطلاعاتی را به استفاده‌کننده می‌دهد. البته رفرانس ۲ نقطه باشد با اطلاعات فواصل و آزیموت امتدادها برای پیداکردن نقطه‌ی اصلی کافی است ولی سومی و چهارمی و ... برای دقت و کنترل بیش‌تر است.

۸ــ در مورد نحوه‌ی دسترسی به ایستگاه از قبیل راه‌های دسترسی، زمان رسیدن، نحوه‌ی حمل وسایل، نزدیک‌ترین محل برای تهیه‌ی مصالح و آب و مواد غذایی، محل تهیه‌ی کارگر و ... راهنمایی‌هایی را ارائه می‌کند.

۴ــ۴ــ روش‌های انتقال مختصات نسبی

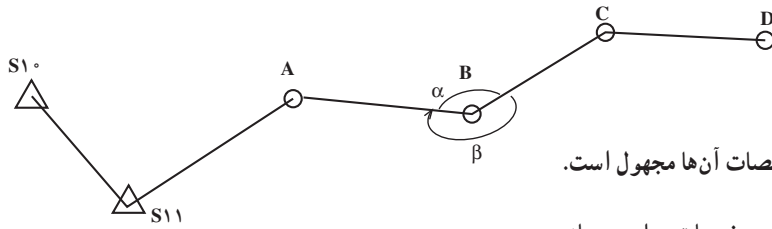
روش‌های زیادی برای انتقال مختصات یا به‌عبارت دیگر تعیین موقعیت نسبی وجود دارد که با تعدادی از آن‌ها در درس‌های نقشه‌برداری II و غیره آشنا شدید و خواهید شد در این بخش عناوین این روش‌ها را به همراه توضیحات مختصر بیان می‌کنیم.

الف) پیمایش (Traverse): انتقال مختصات از نقاط معلوم زمینی به دیگر نقاط ممکن است به روش پیمایش صورت گیرد. پیمایش در حقیقت شامل یک سری امتدادهایی است که نقاط نقشه‌برداری معلوم را به نقاط نقشه‌برداری مجهول و نقاط مجهول را هم به نقاط مجهول دیگر متصل می‌کند. هرکدام از نقاط رئوس این امتدادها را «ایستگاه‌های پیمایش» گویند.

برای انتقال مختصات باید فواصل بین ایستگاه‌های پیمایش و امتداد[1] آن‌ها را مشاهده کنیم.

انواع پیمایش‌ها در نقشه‌برداری

۱ــ پیمایش‌های باز (Open Traverse): پیمایش باز به پیمایشی گفته می‌شود که از نقطه‌ی معلوم شروع ولی به نقطه‌ی معلوم دیگری یا به همان نقاط معلوم قبلی دوباره متصل نگردد.



شکل ۱۰ــ۴

این پیمایش‌ها به راحتی قابل کنترل نیستند و باید با تکرار مشاهدات و انجام مشاهدات اضافی ازاشتباهات احتمالی جلوگیری کرد. مثلاً قرائت زوایا به‌صورت کوپل و چندین بار یا اندازه‌گیری فواصل به‌صورت دوطرفه و غیره به‌طورکلی در این نوع تعیین موقعیت باید توجه زیادی به مشاهدات نمود که دارای اشتباه و خطای فاحش نباشند. چون در صورت عدم کنترل مشاهدات به هیچ‌عنوان نمی‌توان متوجه خطا و اشتباهات شد. البته قابل ذکر است که همیشه اشتباه در مشاهدات نیست ممکن است اشتباه در محاسبه یا اسم ایستگاه‌ها یا درنظرگرفتن زاویه‌ی خارجی به جای زاویه‌ی داخلی و ... باشد. مثلاً شما به‌عنوان نقشه‌بردار زاویه‌ی ایستگاه B را به‌دست آورده باشید و حتی

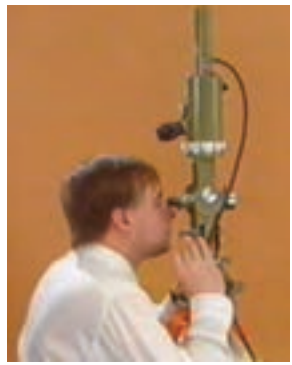
۱ــ مشاهده‌ی امتداد معادل مشاهده‌ی زاویه می‌باشد با داشتن دو امتداد می‌توانیم زاویه‌ی بین آن دو امتداد را به‌دست آوریم پس در حقیقت برای زاویه‌ی امتداد مشاهده می‌شود.

چندین کوپل هم قرائت کنید ولی در محاسبات به جای زاویه‌ی «α» زاویه‌ی β را در نظر بگیرید تمام مختصات نقاط بعد از B غلط محاسبه خواهد شد و ما متوجه موضوع نخواهیم شد.

این چنین پیمایش‌هایی بیش‌تر در کارهای زیرزمینی مثل تونل‌ها و معادن استفاده می‌گردد که ما مجبور به داشتن پیمایش‌های باز هستیم. شکل ۱۱ــ۴ نمونه‌ای از این تونل‌ها را نشان می‌دهد که باید به‌روش‌های دیگری این پیمایش‌ها کنترل گردد. مثلاً استفاده از ژیروسکوپ[1] یا وسایل و تجهیزات دیگر، که در دوره‌های بالاتر در درس زیرزمینی با آن‌ها آشنا خواهید شد.

شکل ۱۱ــ۴ــ شکل تونل‌های طرح توسعه‌ی نیروگاه سد گدار مسجد سلیمان می‌باشد که نقشه‌برداری سهم زیادی در هدایت این تونل‌ها و رساندن آن‌ها به همدیگر دارد.

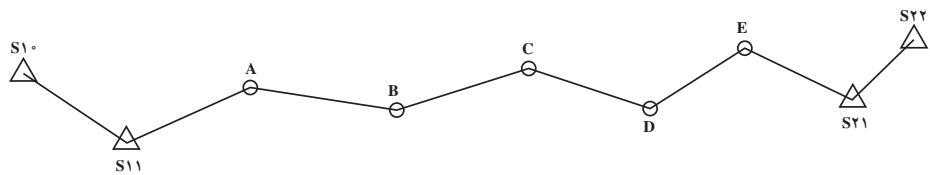
روابط مورد نیاز برای انتقال مختصات بدین روش را نیز در نقشه‌برداری یاد گرفته‌اید و در این قسمت فقط برای حل یک مسئله اکتفا می‌گردد :



شکل ۱۲ــ۴ــ شکل یک ژیروسکوپ که در تونل‌ها و هدایت آن‌ها استفاده می‌شود.

۱ــ ژیروسکوپ وسیله‌ای است که می‌تواند آزیموت هر امتدادی را با دقتی حدود ۱۵″ــ۲۰ به ما بدهد که نمونه‌ای از آن را در شکل ۱۲ــ۴ مشاهده می‌کنید.

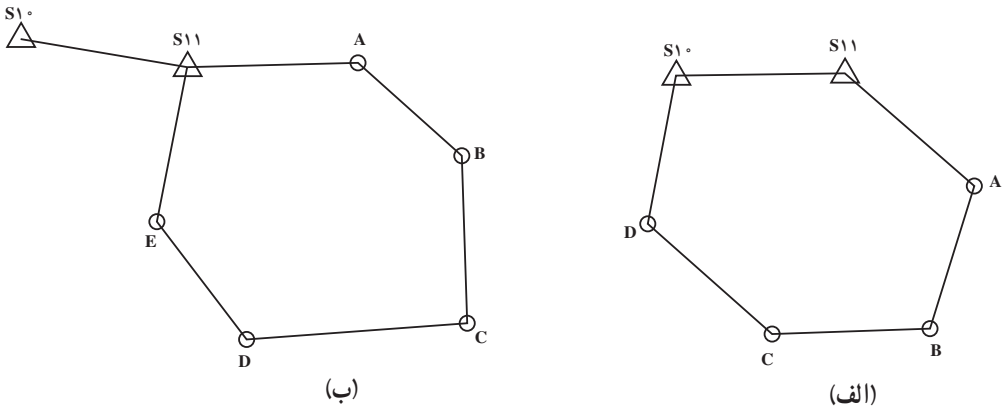
۲ــ *پیمایش بسته (Closed Traverse)*: در این پیمایش‌ها از دو نقطه‌ی معلوم شروع نموده و در انتها به دو نقطه‌ی معلوم دیگر پیمایش را می‌بندیم.
که در این پیمایش نقاط S_{10} و S_{11} و S_{21} و S_{22} نقاط با مختصات معلوم بوده و نقاط A و B و C و D و E نقاط مجهول می‌باشند.



شکل ۱۳ــ۴

این پیمایش که بیش‌تر در پروژه‌های مسیر یا نقشه‌برداری‌هایی که انتقال مختصات به‌صورت طولی مورد نظر است، استفاده می‌گردد. این پیمایش‌ها هم از لحاظ فاصله و هم از لحاظ امتداد قابل کنترل بوده و می‌تواند استحکام و اطمینان خوبی داشته باشد. این پیمایش‌ها بهترین نوع پیمایش می‌باشد که می‌توان متوجه خطا در مشاهدات از نوع اشتباه و سیستماتیک و اتفاقی شد و آن‌ها را در صورت مورد قبول بودن تعدیل نموده و بهترین مقدار مختصات را به‌دست آورد.

۳ــ *پیمایش‌های حلقوی بسته (Closed Loop Traverse)*: شکل زیر نمونه‌هایی از این پیمایش‌ها را نشان می‌دهد.

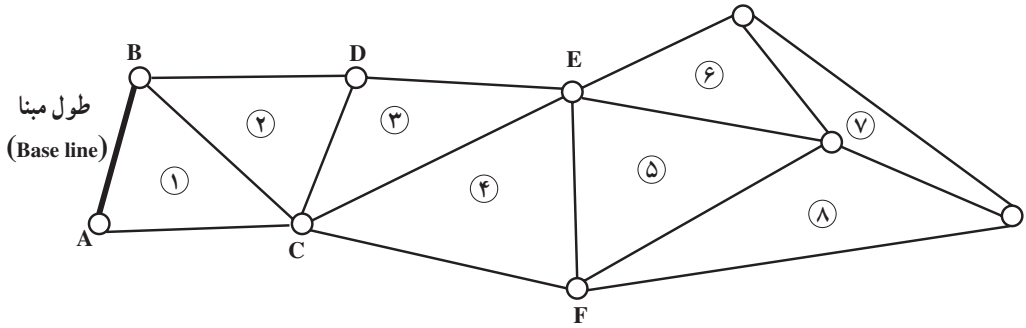


شکل ۱۴ــ۴

پیمایش حلقوی الف استحکام خوبی در مورد خطاهای سیستماتیک زوایا و طول‌ها داشته ولی احتمال دوران پیمایش حول S_{11} را دارد. از لحاظ زوایای داخلی پیمایش قابل کنترل می‌باشد.

پیمایش ب از لحاظ دقت و استحکام خوب بوده و خطاها از هر لحاظ در این پیمایش قابل کنترل می‌باشد و می‌تواند دقیقاً اشتباهات و خطاهای سیستماتیک در طول و زاویه را نیز برای ما مشخص کند.

ب ــ مثلث‌بندی (Triangulation): روش دیگری از انتقال مختصات روش مثلث‌بندی می‌باشد در این روش مشاهدات، زاویه‌ها می‌باشند و فقط یک یا دو طول مبنا[1] با دقت بیش‌تری اندازه‌گیری می‌گردد. شکل زیر نمونه‌ای از این روش را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵ــ۴

همان‌طوری که می‌دانید با سه زاویه مثلث قابل حل نمی‌باشد لذا فقط با اندازه‌گیری زوایا ما نمی‌توانیم انتقال مختصات را انجام دهیم ولی با داشتن یک طول مبنا، دیگر مشکل قابل حل می‌باشد. مثلاً در شکل بالا با داشتن طول مبنا و زوایای مثلث شماره‌ی ۱ مثلث قابل حل است، یعنی ضلع BC نیز قابل دسترسی است. با داشتن ضلع BC و زوایای داخلی، مثلث ۲ قابل حل است و ... .

البته وجود تعداد طول مبناهای بیش‌تر دقت و استحکام شبکه را بالا می‌برد.

این پیمایش‌ها بیش‌تر در نقشه‌برداری مناطق وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ج ــ سه ضلع‌بندی (Trilateration): در این روش برای انتقال مختصات از مشاهدات طول استفاده می‌کنیم با وجود دستگاه‌های EDM(Electronic Distance Measur ment) کار سه ضلع‌بندی رواج بیش‌تری یافت زیرا اندازه‌گیری طول‌ها را با دقت و سرعت بیش‌تری می‌توانیم انجام دهیم. در این روش باید طول‌ها نسبت به خطاهای سیستماتیک دستگاه EDM و اثرات

۱ــ Base line

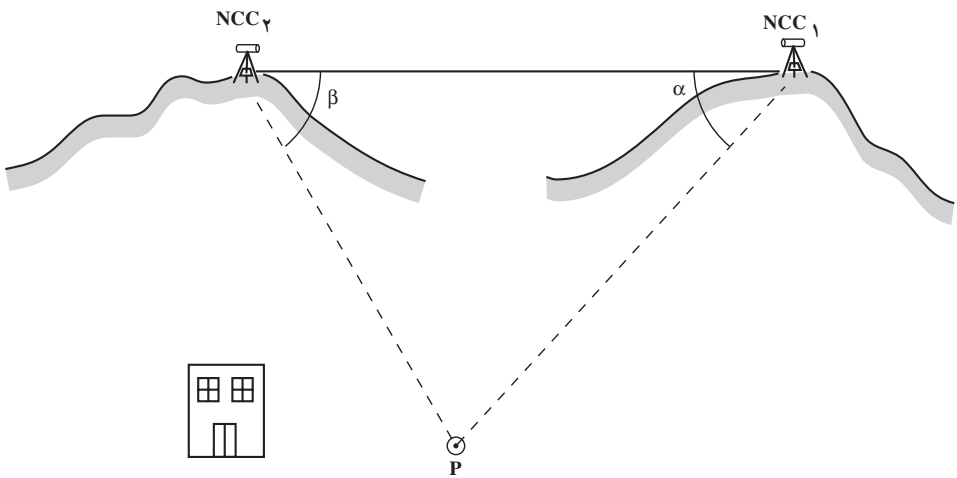
اتمسفریک و ... تصحیح گردند.

البته امروزه برای شبکه‌ی ژئودزی به روش کلاسیک بیش‌تر از ترکیب مثلث‌بندی و سه‌ضلع‌بندی استفاده می‌شود.

د ــ روش تقاطع (Intersection): روش تقاطع برای تعیین موقعیت نسبی، زمانی به‌کار می‌رود که هدف ما تعیین موقعیت یک یا چند نقطه‌ی محدود، در یک منطقه با داشتن ۲ نقطه‌ی مبنایی می‌باشد. با توجه به شکل زیر هدف در این روش دادن مختصات از دو نقطه‌ی مبنایی NCC_1 و NCC_2 به نقطه‌ی P در منطقه‌ی مورد نیاز می‌باشد. روش‌های مختلفی برای این تعیین موقعیت وجود دارد :

۱ــ تقاطع با دو زاویه

۲ــ تقاطع با دو ضلع



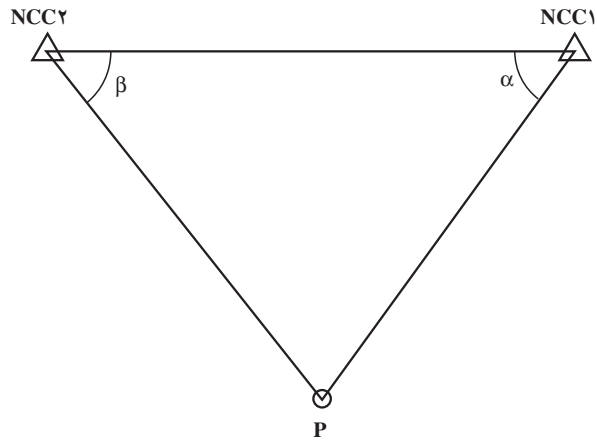
شکل ۱۶ــ۴

به‌عنوان نمونه در تقاطع با دو زاویه ، زاویه‌ی افقی NCC_1 و NCC_2 را به‌طور دقیق قرائت می‌کنیم با داشتن این دو زاویه می‌توان مختصات نقطه‌ی P را به‌دست آورد.

تصویر نقاط فوق در روی صفحه‌ی افق به شکل ۱۷ــ۴ خواهد بود :

برای به‌دست‌آوردن مختصات P به دو روش می‌توانیم عمل کنیم :

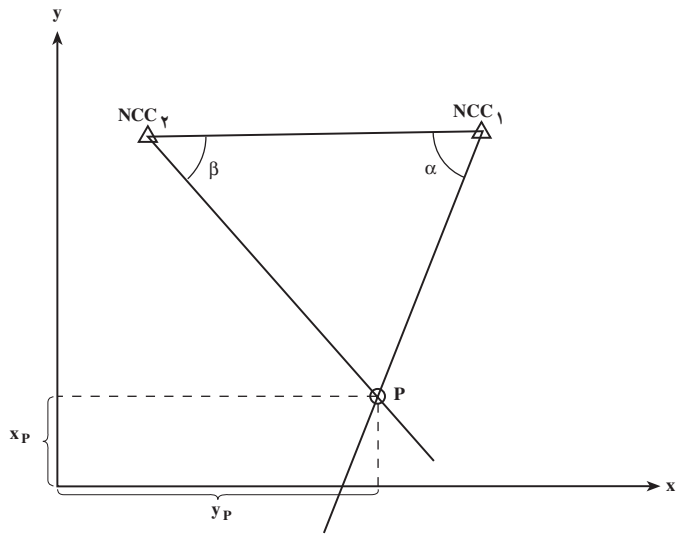
الف ــ روش ترسیمی ب ــ روش محاسباتی



شکل ۱۷ــ۴

در اینجا فقط روش ترسیمی بیان می‌گردد و در درس‌های آینده و دوره‌های بالاتر روش محاسباتی را نیز خواهید آموخت.

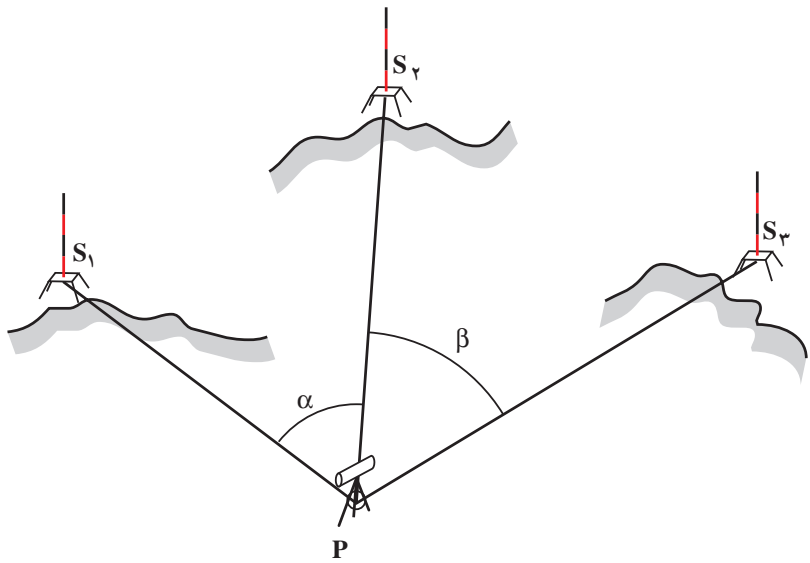
روش ترسیمی بدین صورت است که در یک سیستم مختصات نقاط NCC_1 و NCC_2 را با توجه به مختصات معلوم آن‌ها مشخص می‌کنیم و سپس از نقطه‌ی NCC_1 زاویه‌ی α را نسبت به امتداد $NCC_1 _ NCC_2$ جدا می‌کنیم و سپس از نقطه‌ی NCC_2 هم نسبت به امتداد $NCC_2 _ NCC_1$ زاویه‌ی β را جدا می‌کنیم. این دو امتداد همدیگر را در یک نقطه قطع می‌کنند. آن موقعیت نقطه‌ی P می‌باشد.



شکل ۱۸ــ۴

قبلاً اعلام می‌شد که روش ترسیمی تا قبل از وجود تکنولوژی روش دقیقی نبود و بستگی به مقیاس ترسیم ما دارد ولی امروزه با وجود کامپیوتر و نرم‌افزارهای مختلف ترسیمی مثل Autocad با دقت بالایی با توجه به اندازه‌گیری‌ها می‌توان مختصات آن را به‌دست آورد.

هـ ــ ترفیع (Resection): در این روش روی نقطه‌ی مجهول مستقر شده و به سه نقاط با مختصات معلوم نشانه‌روی کرده و دو زاویه‌ی α و β را قرائت می‌کنیم (شکل ۱۹ــ۴).

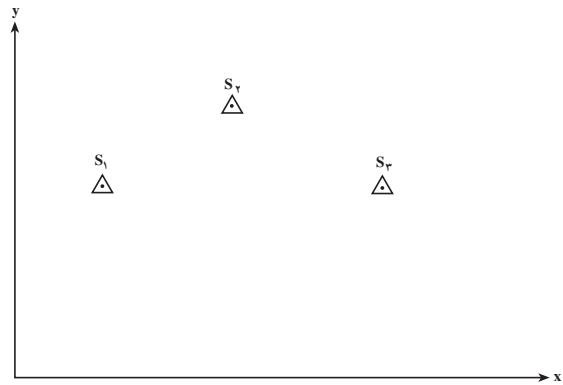


شکل ۱۹ــ۴

این روش بیش‌تر زمانی به‌کار می‌رود که امکان استقرار دوربین در نقاط با مختصات معلوم نباشد یا به هر دلیلی نخواهیم دوربین را در روی نقاط با مختصات معلوم مستقر کنیم. به‌عنوان نمونه در برخی پروژه‌های زیرزمینی تعدادی از نقاط پیمایش را در روی دیواره یا سقف تونل می‌گیرند و لذا مکان استقرار در روی آن نقاط نیست. در این چنین مواردی در نقطه‌ی مورد نظر مانند P مستقر شده و زاویه را نسبت به نقاط معلوم قرائت می‌کنیم.

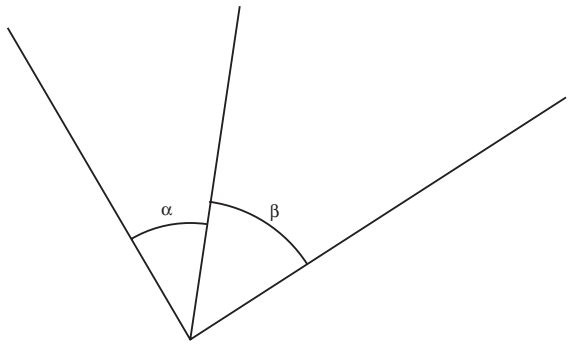
برای به‌دست آوردن مختصات نقطه‌ی P با داشتن زاویه‌ی α و β نیز در اینجا فقط روش ترسیمی را بیان می‌کنیم :

روش ترسیمی تقریبی: سه نقطه‌ی S_1 وS_2 و S_3 را روی یک سیستم مختصات با توجه به مختصات رسم می‌کنیم (شکل ۲۰ــ۴).



شکل ۲۰ــ۴

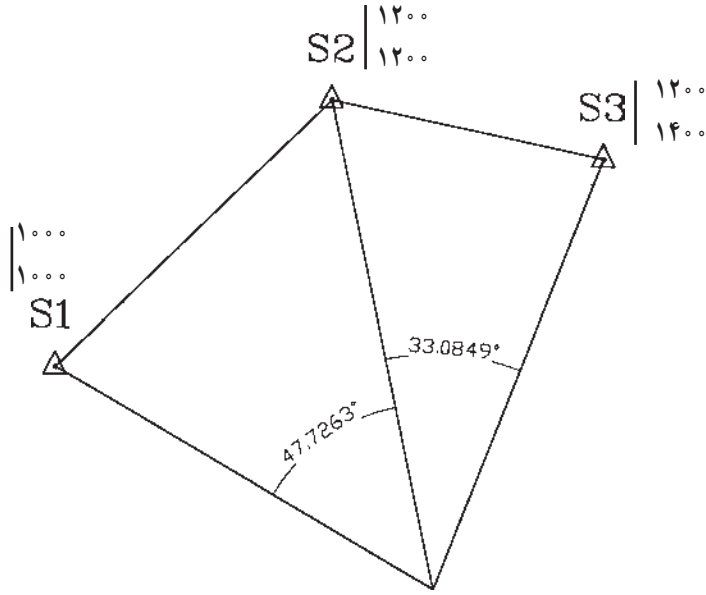
سپس در روی یک صفحه کاغذ دیگر از یک نقطه‌ی دلخواه با نقاله سه امتداد با زوایای α و β را ترسیم می‌کنیم.



شکل ۲۱ــ۴

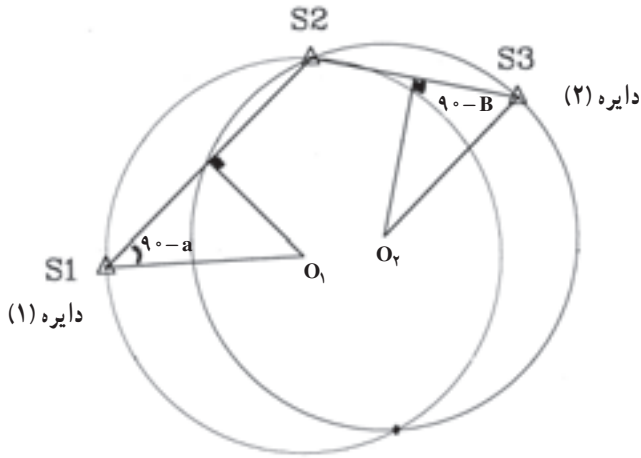
این صفحه‌ی کاغذ را برداشته و روی شکل ۲۰ــ۴ می‌لغزانیم تا امتدادها از نقاط S_1 وS_2 و S_3 عبور کنند سپس نقطه‌ی P را روی شکل ۲۰ــ۴ علامت‌گذاری نموده و مختصات آن را استخراج می‌کنیم.

مثال: با توجه به اطلاعات روی شکل مختصات P را به‌دست آورید.



شکل ۲۲ــ۴

روش ترسیمی دقیق: برای به‌دست‌آوردن مختصات P عمودمنصف هرکدام از امتدادهای S_1S_2 و S_2S_3 را رسم می‌کنیم. عمودمنصف مکان هندسی مرکز دوایری است که از دو سر یک امتداد می‌گذرد.



شکل ۲۳ــ۴

اما ما دنبال دایره‌ای هستیم که از هر نقطه‌ی آن به دوسر امتداد $S_1 S_2$ وصل کنیم زاویه‌ی α را تشکیل دهد برای این هدف باید از S_1 امتدادی را با زاویه‌ی $\alpha - ۹۰$ و از S_3 نیز $\beta - ۹۰$ را جدا کنیم تا عمودمنصف‌ها را در O_1 و O_2 قطع کند به مرکز O_1 به شعاع O_1S_1 دایره‌ی (۱) را می‌زنیم که مکان هندسی نقاطی است که اگر به S_1 و S_2 وصل شود تشکیل زاویه‌ی α را خواهد داد و به همین ترتیب دایره‌ی (۲) مکان هندسی نقاطی است که اگر به S_2 و S_3 وصل شوند تشکیل زاویه‌ی β را خواهند داد پس تقاطع آن‌ها موقعیت نقطه‌ی P خواهد بود.

شما همین کار را در نرم‌افزارهای ترسیمی عمل کنید به مختصات $\begin{vmatrix} ۱۷۰۰ \\ ۶۰۰ \end{vmatrix}$ خواهید رسید.

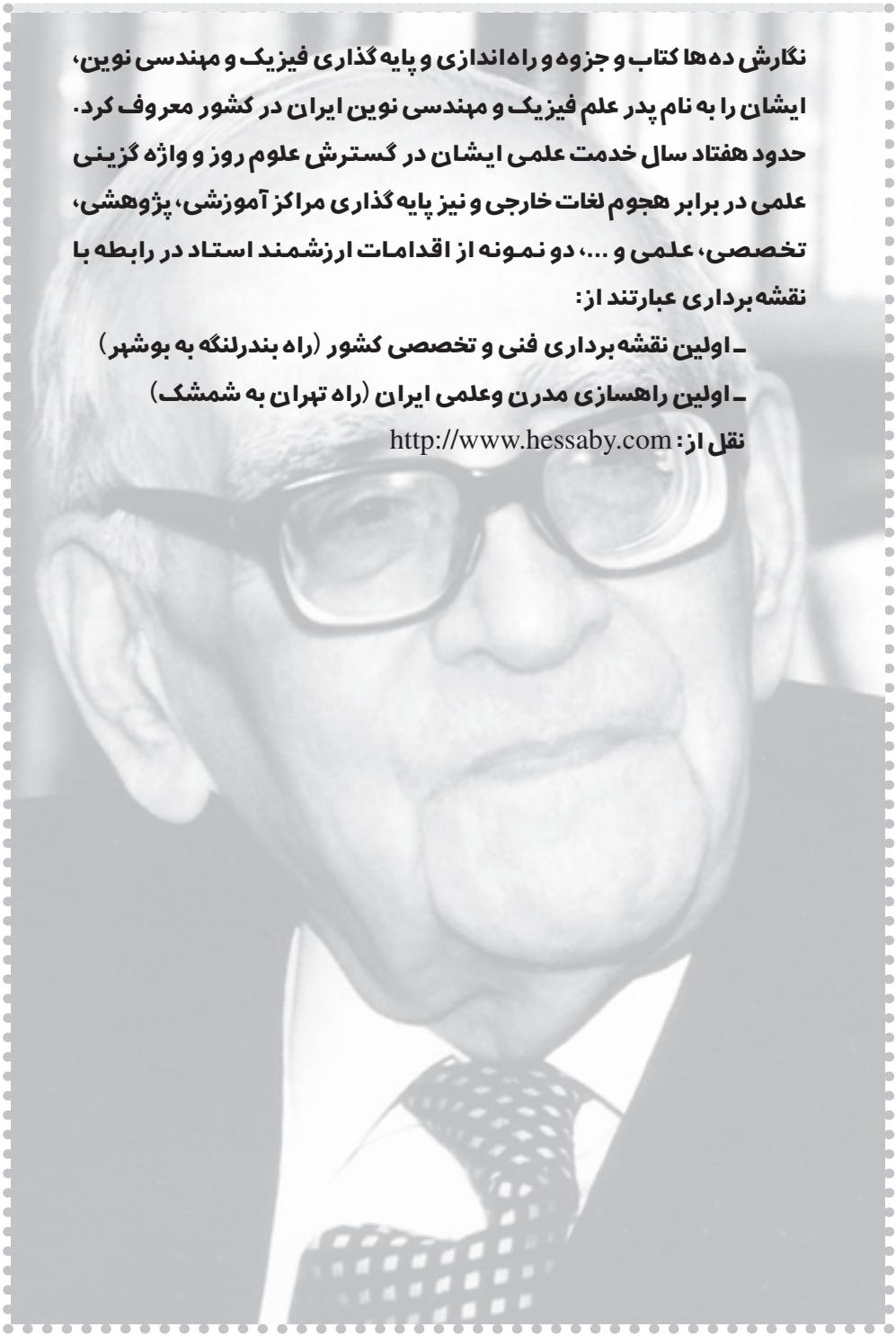
خودآزمایی

۱ــ تعیین موقعیت نسبی را تعریف کنید.
۲ــ انتقال موقعیت ارتفاعی را توضیح دهید.
۳ــ شبکه‌ی ارتفاعی را توضیح دهید.
۴ــ کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی یک را بیان کنید.
۵ــ کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی دو را بیان کنید.
۶ــ کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی سه را بیان کنید.
۷ــ انواع روش‌های اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع را به‌اختصار شرح دهید.
۸ــ نحوه‌ی تعریف یک سیستم مختصات را برای انتقال موقعیت مسطحاتی شرح دهید.
۹ــ روش‌های انتقال مختصات نسبی را نام ببرید.
۱۰ــ پیمایش را تعریف کرده، انواع آن‌را نام ببرید.
۱۱ــ روش پیمایش باز را شرح دهید.
۱۲ــ روش پیمایش بسته را شرح دهید.
۱۳ــ روش مثلث‌بندی را برای انتقال مختصات شرح دهید.
۱۴ــ روش سه ضلع بندی را برای انتقال مختصات شرح دهید.
۱۵ــ روش تقاطع را برای انتقال مختصات شرح دهید.
۱۶ــ روش ترفیع را برای انتقال مختصات شرح دهید.
۱۷ــ نقاط رفرانس را شرح دهید.

آیا می‌دانید؟

دکتر سید محمود حسابی

در سال ۱۲۸۱ (هـ.ش) در تهران زاده شدند. در هفت سالگی تحصیلات ابتدایی خود را آغاز کردند و همزمان، توسط مادر فداکار خود، تحت آموزش تعلیمات مذهبی و ادبیات فارسی قرار گرفتند. استاد، قرآن کریم را حفظ و به آن اعتقادی ژرف داشتند. دیوان حافظ را نیز از برداشته و به بوستان و گلستان سعدی، شاهنامه فردوسی، مثنوی مولوی، اشراف داشتند. در سن هفده سالگی لیسانس ادبیات، در سن نوزده سالگی، لیسانس بیولوژی و پس از آن مدرک مهندسی راه و ساختمان را اخذ نمودند. در آن زمان با نقشه کشی و راهسازی، به امرار معاش خانواده کمک می کردند. استاد هم چنین در رشته های پزشکی، ریاضیات و ستاره شناسی به تحصیلات آکادمیک پرداختند. شرکت راهسازی فرانسوی که استاد در آن مشغول به کار بودند، به پاس قدردانی از زحماتشان، ایشان رابرای ادامه ی تحصیل به کشور فرانسه اعزام کرد و بدین ترتیب در سال ۱۹۲۴ (م) به مدرسه عالی برق پاریس وارد و در سال ۱۹۲۵ (م) فارغ التحصیل شدند. همزمان با تحصیل در رشته ی معدن، در راه‌آهن برقی فرانسه مشغول به کار گردیدند و پس از پایان تحصیل در این رشته کار خود رادر معادن آهن شمال فرانسه و معادن زغال سنگ ایالت «سار» آغاز کردند. سپس به دلیل وجود روحیه ی علمی، به تحصیل و تحقیق، در دانشگاه سوربن، در رشته ی فیزیک پرداختند و در سال ۱۹۲۷ (م) در سن بیست و پنج سالگی دانشنامه دکترای فیزیک خود را، باارائه رساله ای تحت عنوان «حساسیت سلول های فتوالکتریک»، با درجه ی عالی دریافت کردند. ایشان در چند رشته ورزشی موفقیت هایی کسب نمودند که از آن میان می توان به دیپلم نجات غریق در رشته ی شنا اشاره نمود. پروفسور حسابی به دلیل عشق به میهن و با وجود امکان ادامه ی تحقیقات در خارج از کشور به ایران بازگشت و با ایمان و تعهد، به خدمتی خستگی ناپذیر پرداخت تاجوانان ایرانی رابا علوم نوین آشنا سازد. پایه گذاری علوم نوین و تأسیس دارالمعلمین و دانشسرای عالی، دانشکده های فنی و علوم دانشگاه تهران،



نگارش ده‌ها کتاب و جزوه و راه‌اندازی و پایه گذاری فیزیک و مهندسی نوین، ایشان را به نام پدر علم فیزیک و مهندسی نوین ایران در کشور معروف کرد. حدود هفتاد سال خدمت علمی ایشان در گسترش علوم روز و واژه گزینی علمی در برابر هجوم لغات خارجی و نیز پایه گذاری مراکز آموزشی، پژوهشی، تخصصی، علمی و ...، دو نمونه از اقدامات ارزشمند استاد در رابطه با نقشه‌برداری عبارتند از:

ـ اولین نقشه‌برداری فنی و تخصصی کشور (راه بندرلنگه به بوشهر)

ـ اولین راهسازی مدرن وعلمی ایران (راه تهران به شمشک)

نقل از: http://www.hessaby.com

فصل پنجم

نقشه و تعیین موقعیت بر روی آن
(Map and Positioning)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

۱ــ با اطلاعات نقشه آشنا شود و مشخصات آن‌را توضیح دهد.

۲ــ اسم و عنوان نقشه را تعریف کند.

۳ــ مقیاس نقشه را شرح دهد.

۴ــ سیستم تصویر و شبکه‌ی نقشه را توضیح دهد.

۵ــ با ارتفاعات در نقشه و نمایش آن‌ها آشنا شود.

۶ــ راهنمای اتصال نقشه را توضیح دهد.

۷ــ با مختصات جغرافیایی آشنا شود.

۸ــ مختصات جغرافیایی یک نقطه‌ی معلوم داده شده را برروی نقشه پیدا کند.

۹ــ با شبکه‌ی قائم‌الزاویه در سیستم UTM آشنا شود.

۱۰ــ موقعیت یک نقطه‌ی معلوم در شبکه‌ی قائم‌الزاویه UTM را بر روی نقشه به‌دست آورد.

مقدمه

اگر به اطرافتان نگاه کنید، انواع مختلفی از نقشه را خواهید دید. نقشه‌ها تقریباً همه‌چیز را نشان می‌دهند. از تعداد خانه‌ها در یک شهر گرفته تا شهرها در یک کشور و یا محل عملیات جنگی، تعداد انسان‌های مستقر در یک محل و یا وضعیت آب و هوا، به‌دلیل تغییرات سریع روی زمین مرتباً نقشه‌های جدید با اطلاعات روز ترسیم می‌شوند. بیشتر نقشه‌هایی که ما استفاده می‌کنیم از خشکی‌ها و دریاهای کره‌ی زمین می‌باشند. نقشه می‌تواند به ما در پیدا کردن یک محل کمک کند. در این فصل

با انواع نقشه و مشخصات حاشیه‌ای آن آشنا می‌شویم و سپس نحوه‌ی انجام تعیین موقعیت بر روی نقشه را فرامی‌گیریم.

۱ــ۵ــ اطلاعات نقشه

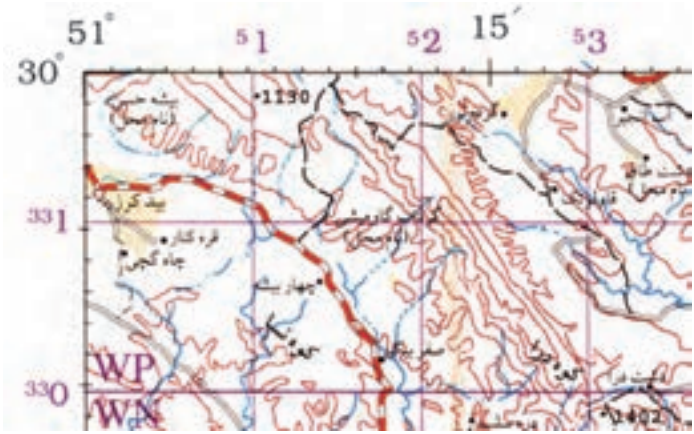
نقشه‌ای که به‌صورت نهایی عرضه می‌گردد از دو قسمت تشکیل یافته است :

۱ــ اطلاعات مصور که درواقع، محتوای اصلی نقشه است.

۲ــ اطلاعاتی که برای راهنمایی استفاده‌کننده، در حاشیه‌ی نقشه قرار داده می‌شود.

حاشیه‌ی نقشه عموماً اطلاعات مهمی را دربر دارد که از روی آن می‌توان به کیفیت و دقت نقشه پی برد. هدف از گنجاندن اطلاعات در حاشیه‌ی نقشه، دو چیز است : اول این‌که به‌وسیله‌ی آن می‌توان به محل و موضوع نقشه، علایم و... پی برد و دیگر این‌که وجود چنین اطلاعاتی مبین نظم و ترتیب و سازمان دادن گرافیکی یک نقشه است. با اضافه کردن اطلاعات حاشیه، نقشه گویاتر و کامل‌تر می‌شود. شکل ظاهری و نحوه‌ی پراکندگی اطلاعات حاشیه، بر روی سیمای ظاهری و کلی نقشه اثر می‌گذارد. اگرچه طراحی علایم موجود در نقشه از جمله مباحثی است که احتیاج به دقت زیادی دارد، نمایش اطلاعاتی که جنبه کمکی و راهنمایی دارد و در داخل قطع نقشه و یا به‌عبارت دیگر در اطراف زمینه‌ی اصلی نقشه گنجانده می‌شود، قابل تعمق و بررسی است و در حقیقت، قسمتی از طراحی کلی نقشه را تشکیل می‌دهد. مشکلات طراحی حاشیه‌ی نقشه برای نقشه‌های تک‌برگی و پوششی در مقایسه با نقشه‌ی موجود در کتاب یا اطلس‌ها به‌مراتب مشکل‌تر است. معمولاً، در کلیه‌ی نقشه‌ها زمینه‌ی اصلی نقشه در داخل کادری قرار می‌گیرد که این خطوط اطلاعات اصلی نقشه را از اطلاعات حواشی جدا می‌نماید. موارد استثنایی هم وجود دارد ؛ مثلاً، در بعضی مواقع، اطلاعات جغرافیایی نقشه خطوط کادر را قطع می‌نمایند. در نقشه‌های توپوگرافی، چارت‌ها و حتی نقشه‌های موضوعی، خود کادر نقشه، حاوی نکاتی است که مربوط به اطلاعات اصلی نقشه می‌گردد. قاعدتاً نقشه‌ها در داخل دو کادر قرار می‌گیرند ؛ یکی کادر اصلی یا داخل نقشه که بسیار ظریف است و درجات شبکه در روی آن تقسیم‌بندی می‌شود و خطوط معرف شبکه‌ی جغرافیایی به فاصله‌ی ۱/۵ تا ۲سانتی‌متر از آن ترسیم می‌گردد، دیگری کادر جانبی که ضخیم است و کلیه‌ی اطلاعات مربوط به‌حاشیه‌ی نقشه در داخل آن قرار می‌گیرد (شکل ۱ــ۵). فضایی که بین این دو خط وجود دارد به ارقام مربوط به شبکه‌ها و اطلاعات اضافی که به شناسایی جزئیات موجود در نقشه کمک می‌نماید، اختصاص دارد. این اطلاعات، ممکن است شامل مواردی نظیر جهت راه‌ها و انواع آن، اسامی‌ای

که بتوان در داخل نقشه گنجاند و در نقشه‌های کوچک مقیاس کدهای اختصاصی برای تعیین موقعیت مکان‌ها باشد. موقعیت و رابطه‌ی این اطلاعات باید طوری طراحی شود که نشان‌دهنده‌ی قسمتی از اطلاعات اصلی نقشه باشد و روی آن تأکید اضافی صورت نگیرد. در بعضی از نقشه‌های یک‌برگی ممکن است اطلاعات اصلی نقشه کاملاً کادر اصلی را قطع ننماید، در این صورت، می‌توان اطلاعات حاشیه‌ی نقشه را در داخل همان کادر جای داد. در نقشه‌های پوششی و سایر نقشه‌ها موقعی که اطلاعات اصلی، کلیه‌ی قسمت‌های کادر را اشغال می‌نماید، باید اطلاعات حاشیه‌ی نقشه در خارج آن قرار گیرد، به‌طوری که قطع کل نقشه،یعنی زمینه‌ی اصلی و حاشیه به اندازه‌ای باشد که اجازه‌ی چاپ آن را بدهند.



شکل ۱ــ۵

تعداد و کیفیت اطلاعات حاشیه بستگی به نوع نقشه دارد و هرقدر عوارض و اطلاعات در نقشه زیادتر باشد، به همان اندازه ممکن است توضیحات حواشی بیشتر گردد. موقعیت و مکان اطلاعات حاشیه بستگی به قطع و فضای اضافی نقشه دارد. به‌منظور فهم بهتر مطالب موجود در نقشه، به‌خصوص نقشه‌هایی که به‌وسیله‌ی کشورهای مختلف تهیه می‌شود، توافق‌های بین‌المللی در مورد محتوای اطلاعات حاشیه‌ای انجام گرفته است. اطلاعاتی که می‌تواند در حاشیه‌ی نقشه گنجانده شود به‌صورت کتاب‌چه‌هایی طبقه‌بندی شده است که بنا به فضای موجود در حاشیه، هدف و مقیاس نقشه، درج می‌گردد. با این حال، تعیین فرم و الگوی خاصی برای اطلاعات حاشیه‌ی نقشه هنوز هم جنبه‌ی اختیاری دارد و کارتوگراف طبق میل و سلیقه‌ی خود و با درنظر گرفتن اصول کلی، اطلاعات حاشیه را طراحی می‌نماید.

شکل ۲ــ۵ امکان قرار دادن اطلاعات حاشیه را در موقعیت‌های مختلف نشان می‌دهد.

شکل ۲ــ۵ــ امکان قرار گرفتن اطلاعات در حاشیه‌ی نقشه

۲ــ۵ــ تعداد اطلاعات حاشیه‌ی نقشه

تعداد اطلاعاتی که باید در حاشیه‌ی یک نقشه جای داد تا باعث گویا شدن آن گردد، بستگی به نوع نقشه دارد. به‌طورکلی، موارد زیر از جمله اطلاعاتی است که در بیش‌تر نقشه‌های توپوگرافی یافت می‌شود :

۱ــ اسم و عنوان نقشه
۲ــ شماره‌ی سری
۳ــ شماره‌ی برگه
۴ــ تجدید چاپ
۵ــ مقیاس
۶ــ علایم
۷ــ ارتفاعات
۸ــ سیستم تصویر و شبکه
۹ــ شمال‌ها
۱۰ــ راهنمای اتصال نقشه
۱۱ــ توضیحات مربوط به مرزها
۱۲ــ نام مؤسسه‌ی تولید و چاپ نقشه
۱۳ــ نحوه‌ی تهیه‌ی نقشه

به‌طوری که اشاره شد، حذف بعضی از این اطلاعات در رابطه با موضوع نقشه و کاربرد آن صورت می‌گیرد. مثلاً، نقشه‌هایی که برای چاپ در کتاب درنظر گرفته می‌شود، عموماً ساده‌اند و احتیاج به‌اطلاعات حاشیه‌ای زیادی ندارد. برعکس، نقشه‌های تک‌برگی موضوعی و یا نقشه‌های توپوگرافی دارای اطلاعات حاشیه‌ای کاملی می‌باشد.

۱ــ۲ــ۵ــ اسم و عنوان نقشه: هر نوع نقشه، اعم از توپوگرافی یا غیرتوپوگرافی، بزرگ مقیاس یا کوچک مقیاس، آماری یا موضوعی، حتماً باید دارای عنوان باشد. اسم نقشه، مبین معانی مختلفی است.

عنوان نقشه معمولاً معرف موقعیت منطقه و یا موضوع نقشه است که می‌توان اهمیت آن را به برچسب‌های روی دارو تشبیه نمود. تعیین فرم و الگوی خاص برای عنوان نقشه کار بسیار مشکلی است و بستگی به موضوع و هدف نقشه دارد. مثلاً، برای نقشه‌ای که تراکم جمعیت مناطق مزروعی

ایران در هر کیلومترمربع برای سال ۱۳۶۰ را نشان می‌دهد، می‌توان عناوین زیر را در موقعیت‌های مختلف درنظر گرفت.

الف ــ اگر نقشه بخواهد در کتابی چاپ شود که هدف آن، مقایسه‌ی جمعیت کشورهای مختلف باشد و نقشه‌های دیگری هم درباره‌ی این موضوع، مربوط به سایر کشورها در کتاب آورده شده باشد، انتخاب کلمه‌ی «ایران» برای عنوان نقشه کافی خواهد بود.

ب ــ اگر نقشه برای مطالعات مربوط به موقعیت تغذیه در آسیا مورد استفاده قرار بگیرد و بخواهیم آن را به‌عنوان مدرک و سندی در رساله‌ای مصرف نماییم، عنوان زیر مناسب خواهد بود.

ایران
جمعیت مناطق مزروعی در کیلومتر مربع

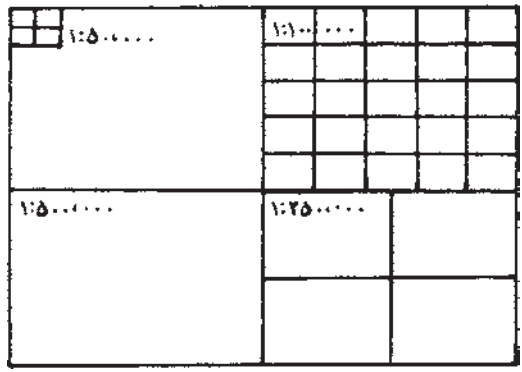
ج ــ چنان‌چه نقشه در نشریه‌ای که اختصاص به رشد جمعیت ایران دارد چاپ گردد، عنوان زیر را می‌توان انتخاب نمود :

جمعیت مناطق مزروعی در کیلومتر مربع
سال ۱۳۶۰

که در این حالت، منطقه‌ی مورد مطالعه از قبل شناخته شده است و فقط باید در آن، روی تاریخ، آمار، یعنی، سال ۱۳۶۰، تأکید نمود و در عنوان گنجاند. البته، همین عنوان می‌تواند شکل‌های دیگری هم داشته باشد که به تناسب موقعیت و هدف نقشه طراحی می‌گردد. به غیر از کلمات مربوط به اسم نقشه، شکل، اندازه و میل حروف هم باید مورد توجه قرار گیرد و متناسب با اندازه، اهمیت و هدف نقشه انتخاب گردد. در مورد نام‌گذاری نقشه، عموماً استفاده‌کننده علاقه‌مند است که نقشه بر مبنای عارضه‌ی مهم موجود در منطقه نام‌گذاری شود. به‌طوری که اشاره شد، عنوان نقشه معمولاً نوع نقشه و منطقه‌ی موردنظر را بیان می‌دارد، مثل «نقشه‌ی زمین‌شناسی ایران»، «نقشه‌ی جهان‌نما» و «پلان تهران». در نقشه‌های توپوگرافی پوششی کشور که متعلق به مناطق مختلف خواهد بود به غیر از شماره‌ی سری که مشخص‌کننده‌ی نوع نقشه است، از اسم منطقه به‌جای عنوان نقشه استفاده می‌شود. برای مثال، در نقشه‌های توپوگرافی ۱: ۲۵۰۰۰۰ پوششی ایران، نقشه‌ها برحسب نام منطقه، نظیر

«یزد»، «سراوان»، «کبودرآهنگ» و... عنوان‌بندی شده‌اند. واضح است که اندازه‌ی عنوان نقشه باید درشت، مشخص و خوانا باشد تا بیننده بتواند به‌راحتی آن را بخواند. معمولاً، عنوان نقشه در قسمت شمالی نقشه و در وسط یا در قسمت راست نوشته می‌شود و به‌منظور تسهیل در پیدا نمودن نقشه‌ی موردنظر در قفسه‌های بایگانی، اسم نقشه در پایین نقشه به اندازه‌ی کوچک‌تر تکرار می‌گردد. چنان‌چه نقشه‌های پوششی با مقیاس‌های مختلف به‌وسیله‌ی یک سازمان تهیه گردد، معمولاً کلیه‌ی نقشه‌ها از یک سیستم مبنایی پیروی می‌نماید و تقسیم‌بندی طوری صورت می‌گیرد که مطابق شکل ۳ــ۲ می‌توان برگه‌های بزرگ مقیاس را از روی نقشه‌های کوچک مقیاس مشخص نمود.

۲ــ۲ــ۵ــ شماره‌ی سری و شماره‌ی برگه و شماره‌ی تجدید چاپ: چنان‌چه نقشه پوششی باشد، باید حتماً شماره‌ی سری داشته باشد. نحوه‌ی انتخاب اعداد و حروف مربوط به سری نقشه متفاوت است و در رابطه با مقیاس، تعداد نقشه و موقعیت محل تعیین می‌شود. معمولاً مؤسسات بزرگ دستورالعمل‌هایی در این زمینه دارند؛ مثلاً، نقشه‌های ۱: ۲۵۰۰۰۰ پوششی ایران دارای شماره‌ی سری K۵۵۱ می‌باشد.

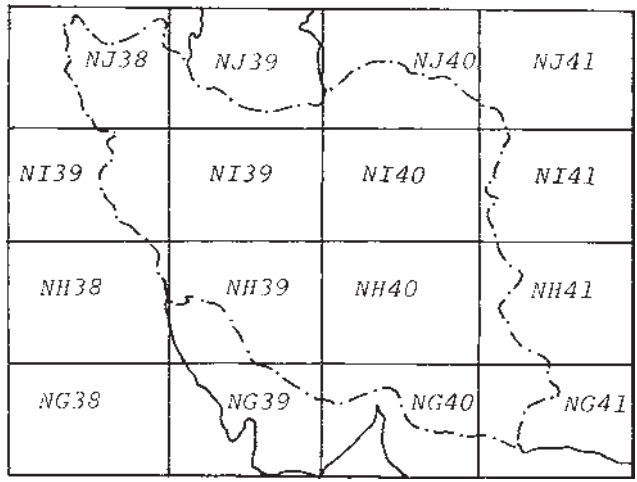


شکل ۳ــ۵ــ قطع نقشه و رابطه‌ی آن با مقیاس نقشه

هر برگ نقشه که جزو یک سری نقشه‌های پوششی انتشار می‌یابد، باید دارای شماره‌ای باشد که به‌وسیله‌ی آن بتوان موقعیت نقشه یا به‌عبارت دیگر، موقعیت منطقه‌ی موردنظر را نسبت به سایر مناطق مشخص نمود. مثلاً، شماره‌ی برگه‌های نقشه‌های ۱: ۱۰۰۰۰۰۰ جهانی که قسمتی از ایران را می‌پوشاند، به‌شرح زیر است:

در نقشه‌های یک میلیونیم، کره‌ی‌زمین به دو نیمکره‌ی شمالی و جنوبی و هر نیمکره از استوا به‌طرف قطب به‌وسیله‌ی مدارات به مناطق به عرض ۴ درجه تقسیم گردیده است. تقسیمات مزبور تا

مدار ۸۸ درجه‌ی شمالی و جنوبی ادامه پیدا می‌کند. به‌این ترتیب، هر نیمکره شامل ۲۲ منطقه می‌گردد. این مناطق را از استوا تا مدار ۸۸ درجه با حروف A تا V نمایش می‌دهند و حرف Z مربوط به منطقه‌ی قطبی است. کلیه‌ی مناطق مربوط به نیمکره‌ی شمالی با حرف N و مناطق نیمکره‌ی جنوبی با حرف S نشان داده می‌شود. بنابراین، منطقه‌ای در نیمکره‌ی شمالی که محدود به مدارات ۲۴ و ۲۸ درجه است با NG مشخص خواهد شد. ایران که بین مدارات ۲۴ تا ۴۰ درجه‌ی شمالی واقع شده است، حروف NG، NH، NI و NJ را شامل می‌شود (شکل ۴ــ۵).

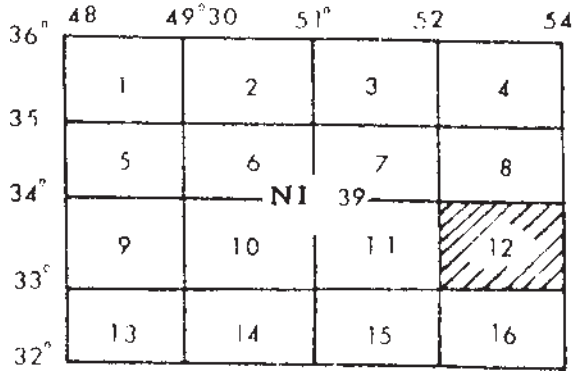


شکل ۴ــ۵ــ شماره‌گذاری برگه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰۰ پوششی جهانی از ایران

هم‌چنین، کره‌ی‌زمین به‌وسیله‌ی نصف‌النهاراتی که فاصله‌ی آن‌ها از هم ۶ درجه است به ۶۰ منطقه (ZONE) تقسیم‌می‌شود. این مناطق، از ۱ تا ۶۰ شماره‌بندی می‌شود و جهت این شمارش از نصف‌النهار ۱۸۰ درجه (نصف‌النهار مقابل گرینویچ) به‌طرف مشرق است. با این ترتیب، شماره‌ی ۱ مربوط به منطقه‌ی واقع بین نصف‌النهارات ۱۸۰ درجه و ۱۷۴ درجه‌ی غربی است و بقیه‌ی شماره‌ها در جهت غرب اضافه می‌گردد ؛ یعنی، منطقه‌ی شماره‌ی ۶۰ محدود به نصف‌النهارات ۱۷۴ درجه‌ی شرقی و ۱۸۰ درجه است. کشور ایران که بین نصف‌النهارات ۴۲ تا ۶۶ درجه‌ی شرقی قرار گرفته شماره‌های ۳۸ تا ۴۱ را کسب می‌نماید. بدین‌ترتیب، هر برگ نقشه، با دو حرف لاتین که نماینده‌ی مختصات محل از نظر عرض جغرافیایی و یک عدد که معرف منطقه از نظر نصف‌النهار است، مشخص می‌شود. مثلاً، شماره‌ی نقشه یک میلیونیم مربوط به تهران NI39 است (شکل ۴ــ۵).

همین تقسیم‌بندی در مورد نقشه‌های ۱ :۲۵۰۰۰۰ پوششی ایران به‌کار رفته است ؛ یعنی، هر

برگ نقشه یک میلیونیم مطابق شکل ۵ــ۵ به ۱۶ برگ به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تقسیم گردیده و از ۱ تا ۱۶ شماره‌گذاری می‌شوند و درنتیجه، برای شماره‌گذاری هر برگ نقشه یکی از اعداد ۱ تا ۱۶ را به شماره‌ی نقشه یک میلیونیم اضافه می‌نماییم. مثلاً، منطقه‌ای که درشکل ۵ــ۵ مشخص شده است، دارای شماره‌ی NI39-12 است.



شکل ۵ــ۵ــ شماره‌گذاری برگه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ ایران

غالباً تجدید چاپ را با رقم مشخص می‌نمایند ؛ مثلاً، چاپ اول یا چاپ دوم و... خود چاپ اولیه‌ی نقشه هم با حروف مشخص می‌گردد. باید توجه داشت که تجدید چاپ به آن معنی نیست که محتوای نقشه و احیاناً نوع نقشه تغییر یافته است، بلکه منظور از آن، فقط چاپ دوباره‌ی آن است.

برای این‌که استفاده‌کننده به‌راحتی بتواند نقشه را بایگانی کند و مورد مصرف قرار دهد، معمولاً سه رقم مربوط به شماره‌ی سری، شماره‌ی نقشه و شماره‌ی چاپ در داخل یک کادر آورده می‌شود. نحوه‌ی قرار گرفتن این سه عدد بستگی به فضای حاشیه‌ی نقشه دارد که دو نمونه از آن در این‌جا نشان داده می‌شود :

مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰

شیراز	ایران
سری	K 551
برگ	NH 39-12
چاپ دوم سازمان جغرافیایی کشور	

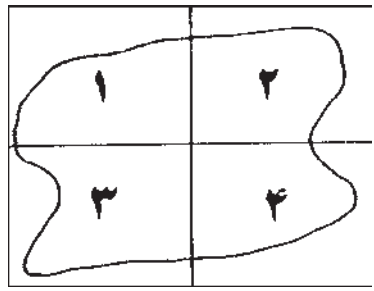
شکل ۶ــ۵

مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰

تهران	ایران
سری	K 551
برگ	NI 39-3
چاپ دوم سازمان جغرافیایی کشور	

شکل ۷ــ۵

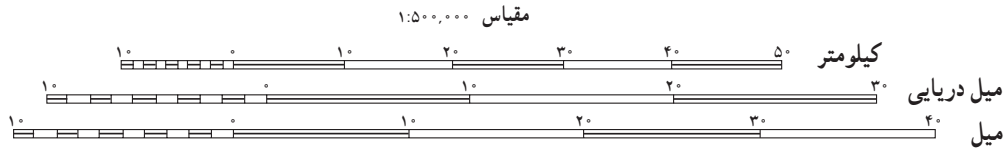
در مورد نقشه‌های غیرپوششی، شماره‌گذاری نقشه به‌مراتب ساده‌تر است ؛ مثلاً، اگر منطقه‌ای در چهار برگ نشان داده شود، مطابق شکل ۸ــ۵ به‌راحتی می‌توان آن‌ها را شماره‌گذاری کرد.



شکل ۸ــ۵ــ شماره‌گذاری برگه‌های غیرپوششی

۳ــ۲ــ۵ــ مقیاس(Scale): مقیاس نقشه در رابطه با نوع نقشه از اهمیت خاصی برخوردار است. در نقشه‌هایی که در آن‌ها هدف نشان دادن راه‌ها یا خطوط راه‌آهن، راه‌های هوایی یا به‌طور کلی فواصل است، نمایش مقیاس از جمله عواملی است که استفاده‌کننده به آن نیازمند است. در چنین مواردی، مقیاس باید در جای مناسبی از نقشه گنجانده شود و طوری ترسیم گردد که استفاده‌کننده بتواند به‌راحتی آن را به‌کار گیرد. روش‌های نمایش مقیاس در نقشه‌ها متفاوت است. در تعدادی از نقشه‌ها، مخصوصاً نقشه‌های بزرگ مقیاس، نوشتن مقیاس کسری یا عددی مفید خواهد بود. چنان‌چه نقشه از طریق عکاسی کوچک گردد و به فرم نهایی ارائه شود، باید توجه داشت که مقیاس عددی یا کسری قید شده روی نقشه، مقیاس نهایی (کوچک شده) باشد، نه مقیاسی که ترسیم نقشه با آن شروع شده است. برای مثال، وقتی که نقشه‌ای با مقیاس ۱ :۵۰۰۰۰ ترسیم گردیده و سپس به‌وسیله‌ی عکاسی تبدیل به مقیاس ۱ :۱۰۰۰۰۰ شده، قبل از عمل عکاسی باید به‌جای عدد ۱ :۵۰۰۰۰ عدد ۱ :۱۰۰۰۰۰ را روی نقشه نوشت تا مقیاس روی نقشه‌ی نهایی نمایانگر مقیاس واقعی نقشه باشد. یکی از روش‌های متداول نمایش مقیاس، کشیدن مقیاس ترسیمی است که برای نقشه‌های کوچک مقیاس بسیار مفید خواهد بود ؛ زیرا در این‌گونه نقشه‌ها، مقیاس عددی دارای مفهوم دقیقی نیست و نمی‌توان به‌طور دقیق به اندازه‌های واقعی رسید. گذشته از آن، مقیاس عددی ممکن است عدد روندی نباشد.

از محسنات مقیاس ترسیمی این است که وقتی نقشه به‌طریق عکاسی کوچک می‌گردد، هیچ اثری روی مقیاس ترسیمی نمی‌گذارد. مقیاس ترسیمی معمولاً برحسب سیستم متریک تقسیم‌بندی

می‌شود. در مواردی که نقشه شامل اطلاعات مربوط به سیستم‌های غیرمتریک باشد، مثل عوارض هیدروگرافی، مقیاس ترسیمی برحسب مایل و یا واحدهای دیگر نیز ممکن است درجه‌بندی شود. در بیش‌تر نقشه‌ها همراه با مقیاس عددی، مقیاس ترسیمی هم رسم می‌گردد. محل و موقعیت مقیاس ترسیمی بستگی به قطع نقشه و فضای حاشیه‌ی نقشه دارد که معمولاً در قسمت پایین حاشیه‌ی نقشه ترسیم می‌شود. نمونه‌ای از مقیاس عددی، ترسیمی برای نقشه $\frac{۱}{۵۰۰۰۰۰}$ در شکل **۹ــ۵** نشان داده شده است.

شکل ۹ــ۵

۴ــ۲ــ۵ــ علایم در لژاند(Legend): یکی از قسمت‌های مهم اطلاعات حاشیه را علایم لژاند تشکیل می‌دهد. در نقشه‌خوانی و درک علایم موجود در نقشه، ممکن است لژاند بیش از سایر اطلاعات حاشیه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. یک نقشه ممکن است شامل عوارض و اطلاعات گوناگونی باشد که هرکدام به‌وسیله‌ی علامتی نمایش داده می‌شود. برای شناختن و درک این‌گونه علایم لازم است که بیننده به لژاند مراجعه نموده و آن علامت خاص را شناسایی نماید. درحقیقت، لژاند یک نوع کلید برای درک علایم قراردادی موجود در نقشه محسوب می‌شود. اطلاعات مربوط به لژاند ممکن است در یک ستون یا بخش‌های مختلف حاشیه‌ی نقشه آورده شود. قاعدتاً این نوع اطلاعات طبقه‌بندی می‌شود. مثلاً، علایم مربوط به عوارض مسطحاتی نظیر شهرها و آبادی‌ها، انواع جاده‌ها، رودها، دریاچه‌ها، جنگل‌ها و مزارع از اطلاعات مربوط به ارتفاعات مثل فواصل منحنی، میزان و دقت آن‌ها، نقاط ارتفاعی، رنگ‌های پله‌ای و... تفکیک می‌گردد. با تغییر محل، اندازه و ارزش لژاند، می‌توان روی آن تأکید نمود. شکل **۲ــ۵** نمونه‌هایی از محل و اندازه‌ی لژاند را نمایش می‌دهد. مکان و جای لژاند در حاشیه و هم‌چنین اندازه‌ی هرکدام از علایم باید طوری انتخاب شود که بیننده بتواند به‌راحتی از آن استفاده نماید. در قدیم، لژاند به‌طور خاصی آراسته می‌شد، به‌طوری که در مقایسه با اطلاعات اصلی نقشه مهم جلوه می‌نمود ؛ ولی، امروزه به‌محتوای لژاند بیش از زیبایی ظاهری آن توجه می‌گردد و سعی می‌شود تا آن‌جایی که ممکن است، لژاند ساده و در عین حال از نقطه‌نظر گرافیکی با اطلاعات نقشه هماهنگی داشته باشد. علایم قراردادی باید با رنگ و اندازه‌ی

اصلی‌شان به‌طور توضیحی در حاشیه‌ی نقشه ترسیم گردند. گرچه گنجاندن کلیه‌ی علایم موجود در نقشه، در حاشیه لازم است، ولیکن در مواردی می‌توان بعضی از علایم را که کاملاً گویا و واضح‌اند در صورت نبودن جا از حاشیه‌ی نقشه، حذف نمود. در نقشه‌های پوششی، عموماً لژاند برای کلیه‌ی برگ‌ها یکسان است و غالباً علاماتی که در تمام نقشه‌ها وجود دارد، در لژاند گنجانده و در کلیه‌ی نقشه‌ها تکرار می‌شود. چنان‌چه در بعضی از نقشه‌ها علامت تازه‌ای به‌کار می‌رود، باید آن علامت را در لژاند برگه‌ی مزبور اضافه نمود.

نمونه‌ای از علایم در لژاند در نقشه‌های $\frac{1}{500000}$ در زیر دیده می‌شوند (شکل ۱۰ــ۵).

مرز استانی

معدن ـ مخزن آب ـ غار ـ پل

آسیاب ـ خرابه ـ محل چادر ـ کلبه روستایی

امامزاده ـ مقبره ـ مسجد

چشمه ـ چاه ـ آب انبار

کویر ـ مسیل

قنات : دائمی ـ فصلی

دریاچه فصلی

اراضی مورد طغیان آب ـ باتلاق یا مرداب

خاکریز ـ تپّه خاکی

سطوح یا رویه های دگرگون شده

تپّه شنی ـ شنزار

نقطه نجومی ـ نقطه مسطحاتی

ارتفاعات زمین

بلندترین ارتفاع شناخته شده روی این نقشه برابر با **3270** متر در ۲۹° ۵۳′ شمالی و ۵۳° ۲۰′ شرقی است و دقت آن در حدود ۵۰± متر است

965• 238• .....

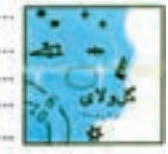
روئیدنیها

جنگل و بیشه

باغ میوه ـ بوته زار

زمینهای زراعتی ـ شالیزار

آب نگاری (هیدروگرافی)



صخره : ناپیدا پیدا

کشتی مغروق : ناپیدا پیدا

صخره زیرآب حدّخطر

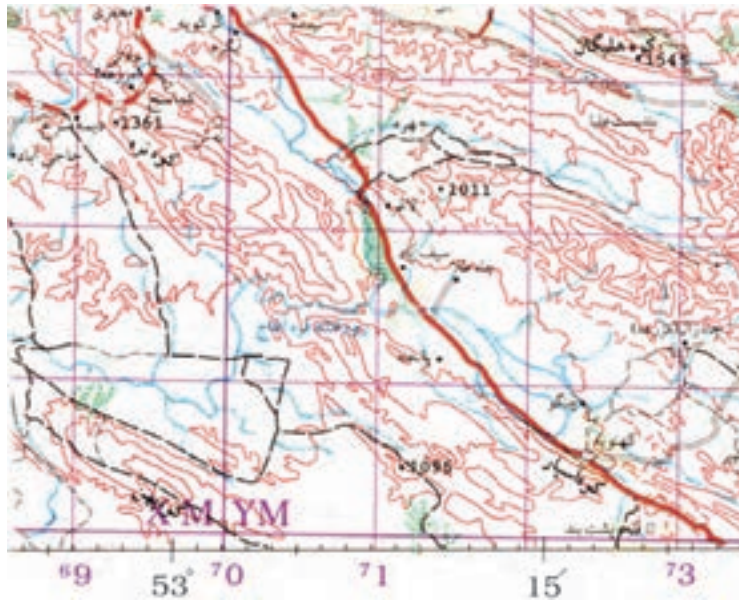
رسوبات ساحلی

چراغ دریائی ـ منحنی های نقاط هم ژرف

شکل ۱۰ــ۵

۵ــ۲ــ۵ــ ارتفاعات: از جمله اطلاعاتی که در بیش‌تر نقشه‌ها یافت می‌شود، وضع ناهمواری منطقه است. معمولاً، ارتفاعات یا به‌وسیله‌ی منحنی میزان و یا به‌صورت رنگ‌های پله‌ای و یا ترکیبی از این دو نمایش داده می‌شود. مبنای اندازه‌گیری ارتفاعات باید در حاشیه‌ی نقشه تشریح شود. مثلاً، اگر سیستم اندازه‌گیری متریک است باید قید گردد «ارتفاعات برحسب متر». در مورد منحنی میزان، معمولاً دو منحنی میزان اصلی نمونه در لژاند ترسیم می‌گردد و بین این دو، چهار منحنی فرعی با ارقام مربوط قید می‌شود که از روی آن‌ها می‌توان به مقدار فواصل منحنی‌ها دست یافت. چنان‌چه در قسمت‌هایی از نقشه منحنی‌های واسطه وجود داشته باشد، توضیحات مربوط به آن هم در حاشیه‌ی

نقشه آورده می‌شود. چنان‌چه ارتفاعات به‌وسیله‌ی پله‌های رنگی یا رنگ‌های هیپسومتریک نمایش داده شده باشند، ترسیم کلیه‌ی پله‌های رنگی به منظور راهنما و کلید در حاشیه‌ی نقشه ضروری است. اعداد مربوط به هر پله‌ی رنگ از جمله‌ی مواردی است که حتماً باید در کنار رنگ‌ها نوشته شود ؛ زیرا در بیش‌تر اوقات، فواصل ارتفاعی رنگ‌ها برابر نیست و ممکن است استفاده‌کننده‌ی از نقشه را گمراه نماید. در شکل ۱۱ــ۵ نمونه‌ای از وضعیت ارتفاعات در یک نقشه‌ی $\frac{۱}{۵۰۰۰۰۰}$ و مبنای ارتفاعی آن دیده می‌شود :



ارتفاعات بر حسب متر، فواصل منحنی‌های تراز: ۲۰۰ متر با فرعی ۱۰۰ متری، مبنای مسطحات: اروپایی(پتسدام)، مبنای ارتفاعات: سطح متوسط آب خلیج فارس(فاو)، سیستم تصویر U.T.M
خطوطی که دارای شماره‌ی نقشه می باشند معرف شبکه بندی ۱۰کیلومتری سیستم تصویر(U.T.M) منطقه‌ی ۳۹ شبه کره‌ی بین‌المللی است.

شکل ۱۱ــ۵

۶ــ۲ــ۵ــ توضیحات مربوط به مرزها: مشکلات سیاسی و نظامی که معمولاً در مورد مرزهای بین کشورهای همسایه وجود دارد و حتی پاره‌ای از اوقات منجر به اختلافات و برخوردهایی شده است، باعث می‌شود که نتوان حد و مرزهای بین‌المللی را به‌طور قطعی مشخص نمود. گذشته از آن، غالباً مقیاس نقشه‌ها در مقایسه با اهمیت مرزها آن‌قدر کوچک است که نمایش صحیح و واقعی

سرحدات را مشکل می‌نماید. مثلاً، اگر خط وسط رودخانه‌ای به عرض ۲ متر مرز بین دو کشور باشد، نمایش دقیق و واقعی چنین خطی در نقشه‌های توپوگرافی پوششی که معمولاً مقیاس‌شان بزرگ‌تر از ۱۰۰۰۰ :۱ نیست، کاری غیرممکن است. به‌همین جهت، برای رفع هرگونه مسئولیت از سازمان تهیه‌کننده‌ی نقشه و هم‌چنین عدم پیش‌آمدهای احتمالی در مورد مرزها، توضیحاتی در مورد عدم مسئولیت مرزها در حاشیه‌ی نقشه آورده می‌شود. به‌طور مثال، نوشته می‌شود : «مرزهای بین‌المللی در این نقشه سندیت ندارد».

۷ــ۲ــ۵ــ نام مؤسسه‌ی تولید و چاپ نقشه: معمولاً نقشه‌ای قابل اعتماد است که به‌وسیله‌ی یک سازمان و یا مؤسسه‌ی رسمی مطمئن انتشار یابد. به‌همین جهت، یکی از اولین عواملی که باعث ارزیابی محتویات و دقت یک نقشه می‌شود، نام سازمان تولیدکننده‌ی نقشه است. نوشتن اسم سازمان تهیه‌کننده‌ی نقشه از جمله اطلاعات مهمی است که باید در حاشیه‌ی نقشه قید گردد. غالباً سازمان‌های بزرگ تهیه‌ی نقشه، دارای تسهیلات چاپ می‌باشند. چنان‌چه نقشه در مؤسسه‌ی دیگری چاپ گردد، اسم چاپخانه‌ی موردنظر هم در حاشیه‌ی نقشه نوشته می‌شود.

۸ــ۲ــ۵ــ نحوه‌ی تهیه‌ی نقشه: یکی از اطلاعات مهم موجود در حاشیه‌ی نقشه، طریقه‌ی تهیه‌ی نقشه می‌باشد. یک نقشه ممکن است از طریق نقشه‌برداری زمینی، فتوگرامتری و یا از منابع دیگر به‌صورت نقشه‌ی مشتقه به‌وجود آمده باشد. اطلاعات مربوط به نحوه‌ی نقشه‌برداری و تاریخ آن حتماً باید در حاشیه‌ی نقشه نوشته شود. در مورد نقشه‌هایی که تجدیدنظر و تجدیدچاپ می‌گردند، تاریخ بازنگری نقشه عموماً ذکر می‌گردد.

۹ــ۲ــ۵ــ سایر اطلاعات: به غیر از موارد ذکر شده، متناسب با نوع نقشه، ممکن است اطلاعات دیگری هم در حاشیه‌ی نقشه آورده شود. بعضی از این اطلاعات ممکن است در رابطه با نوع نقشه ضروری باشد و تعدادی از آن‌ها جنبه‌ی اختیاری داشته باشد، به‌طور مثال، در بعضی از نقشه‌های زمین‌شناسی که دوره‌های زمین‌شناسی را با علامت اختصاری نشان می‌دهند، ستونی به‌نام اختصارات در حاشیه‌ی نقشه به‌وجود می‌آید که اصطلاحات فنی و کلمات اختصاری مربوط به آن را تشریح می‌نماید.

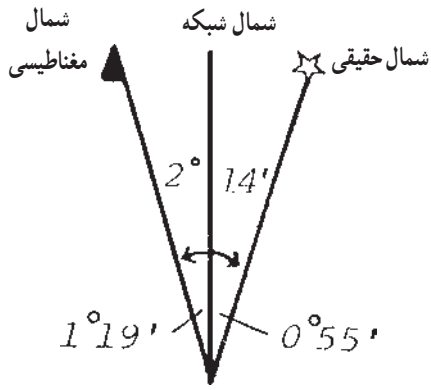
۱۰ــ۲ــ۵ــ سیستم تصویر، شبکه و شمال‌ها: سیستم تصویر به‌کار رفته در نقشه بسیار حائزاهمیت می‌باشد، به‌طورکلی اسم سیستم تصویر در حاشیه‌ی نقشه ذکر می‌گردد. اعداد مربوط به مدارات و نصف‌النهارات از جمله‌ی اطلاعاتی است که حتماً باید در نقشه قید گردد. چنان‌چه نقشه دارای شبکه‌ی قائم‌الزاویه باشد، باید ارقام مربوط به خطوط شبکه نوشته شود و مبنا و مأخذ آن ذکر

گردد. اگر شبکه‌ی ملی یا قائم‌الزاویه باشد و با سیستم تصویر دارای ارتباط باشد، توضیحات مربوط به خطوط شبکه، سیستم تصویر، بیضوی مبنا و مختصات مبنای اختیاری معمولاً با رنگ‌های متناسب و مربوطه در زیر نقشه قید می‌گردد (شکل ۱۱ــ۵).

اطلاعات مربوط به شمال‌های حقیقی، شبکه و مغناطیسی، معمولاً در حاشیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی آورده می‌شود. این اطلاعات، شامل تقارب و انحراف شمال‌ها نسبت به هم و میزان تغییرات سالیانه‌ی آن‌هاست. وقتی که به دلایلی جهت محور Y شبکه در جهت شمال جغرافیایی نباشد، ترسیم جهت شمال در حاشیه‌ی نقشه الزامی است. شکل ۱۳ــ۵ نحوه‌ی نشان دادن شمال‌ها را در نقشه نشان می‌دهد.

گرگان	آمل	رشت
سمنان	تهران	همدان
دشت کویر	اصفهان	کردستان

شکل ۱۲ــ۵ــ راهنمای اتصال نقشه‌ها



تغییرات سالانه‌ی شمال مغناطیسی ۳/۵° غربی

شکل ۱۳ــ۵ــ انواع شمال‌ها

۱۱ــ۲ــ۵ــ راهنمای اتصال نقشه‌ها: در نقشه‌های پوششی که منطقه به‌وسیله‌ی تعدادی از نقشه پوشانده می‌شود، برای این‌که بتوان موقعیت یک برگ نقشه را نسبت به برگ‌های مجاور نشان داد، کادری متشکل از چند مربع مستطیل مرتبط به هم ترسیم و شماره و نام نقشه‌های مجاور در آن‌ها نوشته می‌شود و نقشه‌ی اصلی روی آن به‌طور مشخص به‌وسیله‌ی هاشور و یا ترام و یا به‌وسیله‌ی رنگ، علامت زده می‌شود. شکل ۱۲ــ۵ نمونه‌ای از دیاگرام مربوط به راهنمای اتصال نقشه‌ها را نشان می‌دهد. در بعضی از نقشه‌های پوششی به منظور نمایش موقعیت یک برگ نقشه در واحد کل یک کشور، معمولاً نقشه‌ی بسیار کوچک مقیاس تمام کشور به ابعاد چند سانتی‌متر در حاشیه‌ی نقشه ترسیم می‌گردد و بر روی آن قطع نقشه‌های پوششی تقسیم‌بندی می‌شود و موقعیت برگه‌ی موردنظر روی آن به‌طور مشخص نشان داده می‌شود (شکل ۱۴ــ۵).

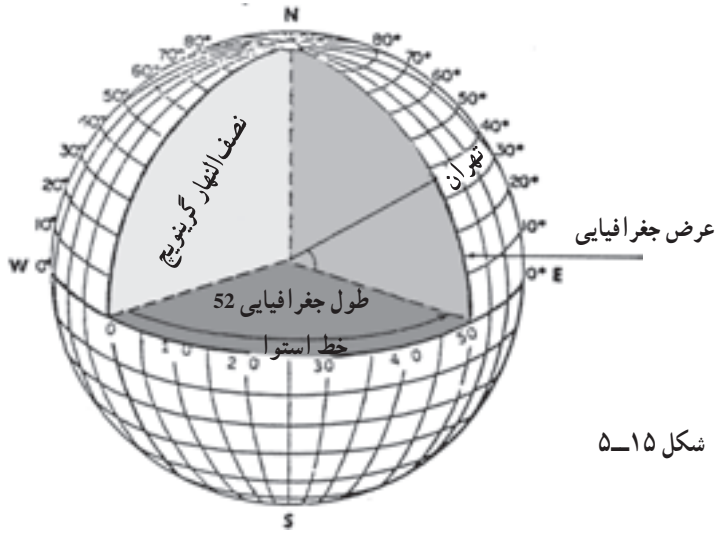
راهنمای نقشه های مجاور

شکل ۱۴ــ۵ــ راهنمای اتصال نقشه

۳ــ۵ــ تعیین موقعیت بر روی نقشه

همان‌طور که در فصل‌های قبل آموخته‌اید برای نشان دادن موقعیت یک نقطه در روی زمین از مختصات آن نقطه استفاده می‌شود و در ژئودزی این مختصات یا برحسب زاویه است که به آن طول و عرض جغرافیایی یا ژئودتیک می‌گوییم یا برحسب متر است مانند آن‌چه که در سیستم تصویر UTM آمده است.

عرض ژئودتیک کمانی است روی نصف‌النهار بین نقطه و خط استوا و طول ژئودتیک کمانی است روی استوا بین نصف‌النهار نقطه و نصف‌النهار گرینویچ (شکل ۱۵ــ۵).



شکل ۱۵ــ۵

۴ــ۵ــ تعیین موقعیت با استفاده از مختصات جغرافیایی (طول و عرض ژئودتیک)

در روی نقشه‌ها شبکه‌های چهارضلعی دیده می‌شود که از برخورد نصف‌النهارات و مدارات به‌وجود می‌آیند و در بالا و پایین نقشه طول جغرافیایی هر نصف‌النهار در سمت چپ و راست نقشه عرض جغرافیایی هر مدار ترسیم شده و نوشته می‌شود. در نقشه‌های $\frac{۱}{۵۰۰۰۰}$ فاصله‌ی خطوط شبکه از یکدیگر ′۵ و در نقشه‌های $\frac{۱}{۵۰۰۰۰۰}$ این فاصله ′۱۵ می‌باشد.

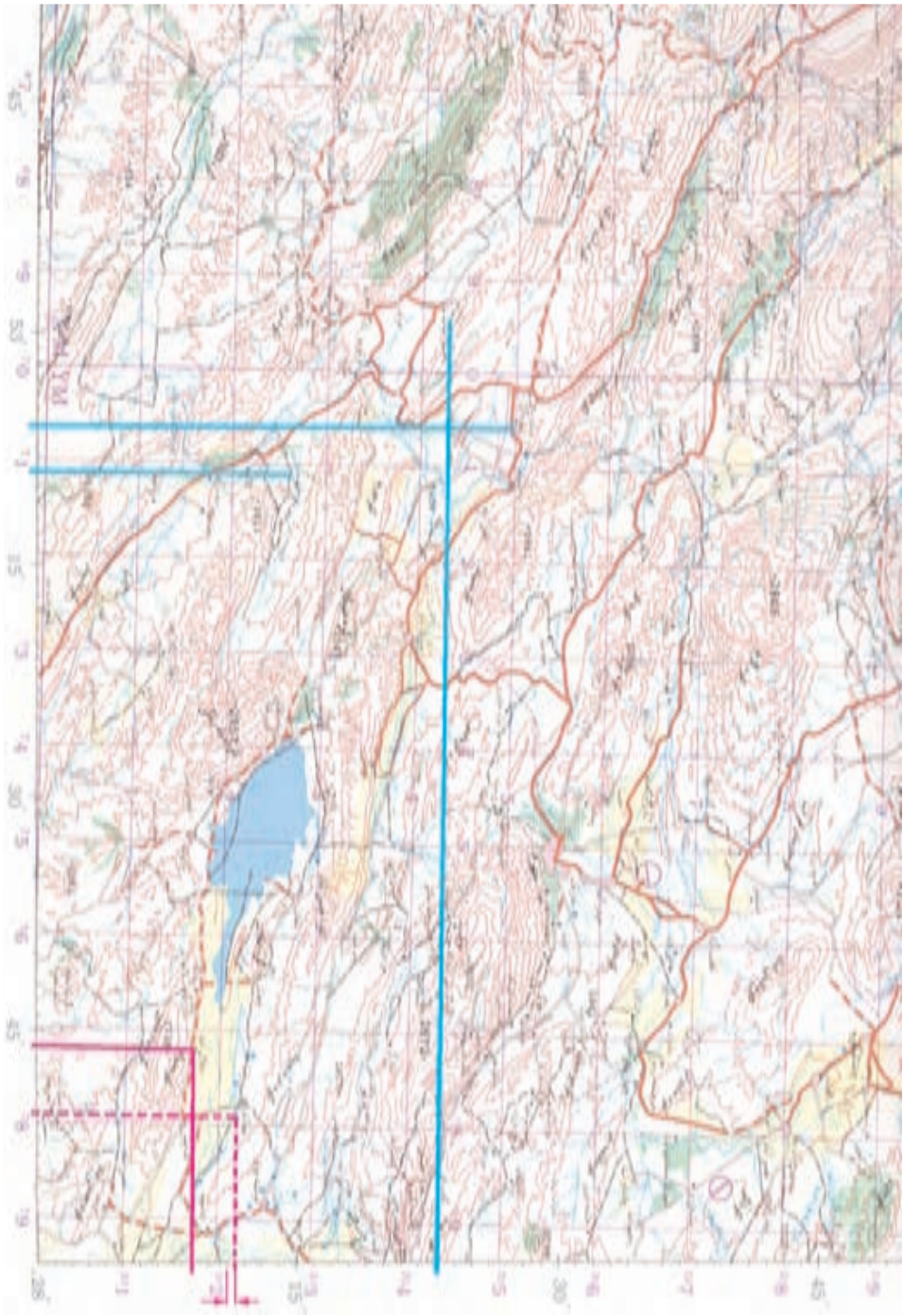
برای تعیین موقعیت روی این نقشه‌ها به‌صورت ساده می‌توان از نقطه‌ی موردنظر روی نقشه خطوطی به موازات نصف‌النهارات و مدارات ترسیم کرد تا خطوط افقی و عمودی حاشیه‌ی نقشه را قطع نماید سپس با استفاده از مختصات نوشته شده در حاشیه‌ی نقشه مختصات نقطه‌ی موردنظر را بیابیم.

مثال: در شکل ۱۶ــ۵ چنانچه بخواهیم مختصات جغرافیایی جدول آمار را بیابیم به شرح زیر عمل می‌کنیم :

الف ــ از نقطه‌ی دهکده‌ی جلال‌آباد خطی به موازات نصف‌النهار ترسیم کرده تا خط افقی کادر نقشه را قطع کند (شکل ۱۸ــ۵) سپس با توجه به مختصات درج شده روی این خط طول جغرافیایی محل مشخص می‌شود با توجه به درجه‌بندی با اندازه‌گیری‌های روی این خط مقدار دقیق به‌دست می‌آید. با توجه به نقشه مقدار (λ) طول جغرافیایی محل مزبور ′۴۶°۵۳ می‌باشد.

ب ــ از نقطه‌ی جلال‌آباد خطی به موازات مدارات رسم کرده تا کادر عمودی نقشه را قطع کند. مانند مرحله‌ی قبل عرض جغرافیایی نیز مشخص می‌شود. با توجه به نقشه مقدار φ عرض جغرافیایی محل مزبور ′۰۹٫°۲۸ می‌شود.

ج ــ در صورتی که نقطه‌ی موردنظر طوری قرار گیرد که موقعیت آن برروی اعداد صحیح قرار نگیرد باید مابین موقعیت‌های صحیح واسطه‌یابی گردد. برای مثال موقعیت جغرافیایی عطاآباد عرض جغرافیایی $\varphi = ۲۸°,۱۱′,۳۰″$ و λ طول جغرافیایی آن $\lambda = ۵۳°,۴۹′,۲۰″$ می‌شود.



شکل ۱۶ــ۵

۵ــ۵ــ مشخص کردن یک نقطه‌ی معلوم با مختصات جغرافیایی برروی نقشه

اگر بخواهیم نقطه‌ای با مختصات $\varphi = ۲۸^{\circ},۲۳'$ و $\lambda = ۵۳^{\circ},۶'$ را روی نقشه مشخص کنیم ابتدا بر روی محور طول جغرافیایی (λ) طول $۵۳^{\circ},۶'$ را مشخص کرده و از آن‌جا به موازات نصف‌النهارات خطی ترسیم می‌کنیم سپس روی محور عرض جغرافیایی (φ) نقطه‌ی $۲۸^{\circ},۲۳'$ را مشخص کرده و از آن‌جا خطی به موازات مدارات ترسیم می‌کنیم محل تقاطع در خط ترسیم شده موقعیت موردنظر می‌باشد که با توجه به نقشه نقطه‌ای در شهرک فتح‌آباد خواهد بود.

۶ــ۵ــ تعیین موقعیت با استفاده از مختصات UTM

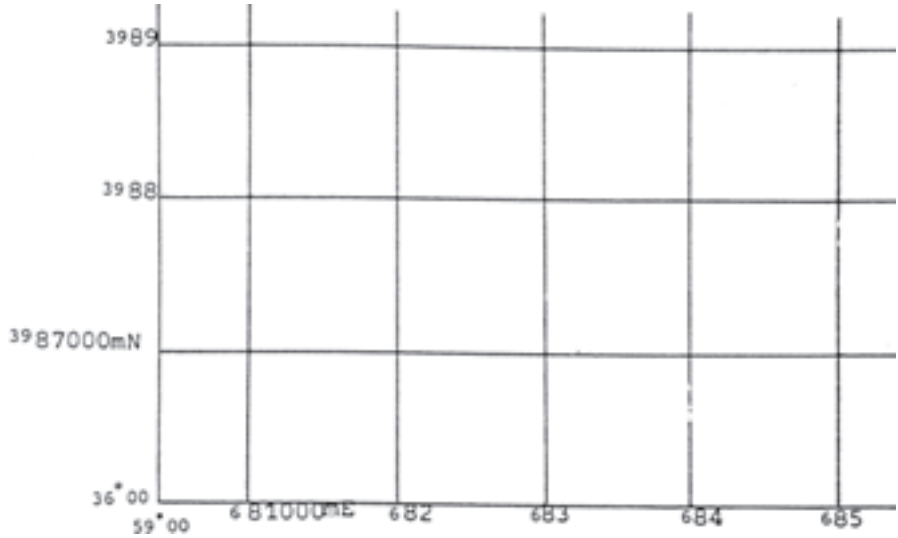
در فصل سوم آموختیم در سیستم تصویر UTM زمین به ۶۰ قاچ تقسیم می‌شود مختصات نقاط در هر ۶۰ قاچ کاملاً شبیه یکدیگر است و فقط شماره zone است که آن‌ها را از یکدیگر تفکیک می‌نماید. در این سیستم واحد مختصات برحسب متر است. در این سیستم هر zone را نیز با مربع‌های صدهزار متری شبکه‌بندی نموده‌اند و هر مربع از این شبکه با یک نام مشخص می‌شود. در نقشه‌ها با توجه به مقیاس نقشه شبکه‌ی یکصدهزارمتری به شبکه‌های کوچکتری نیز تقسیم می‌گردد مثلاً در نقشه‌های ۱ : ۵۰۰۰۰۰ و ۱ : ۲۵۰۰۰۰ اضلاع ده هزار متری و در نقشه‌های ۱ : ۵۰۰۰۰ و ۱ : ۲۵۰۰۰ شبکه‌ی یکهزار متری می‌گردد.

در روی نقشه‌های UTM مختصات خطوط شبکه را در حاشیه‌ی نقشه مشاهده می‌نمایید مانند 510000.m.E. یعنی دارای طول (x) ۵۱۰۰۰۰ متر شرقی و 3100000.m.N. یعنی دارای عرض (y) ۳/۱۰۰/۰۰۰ متر شمالی.

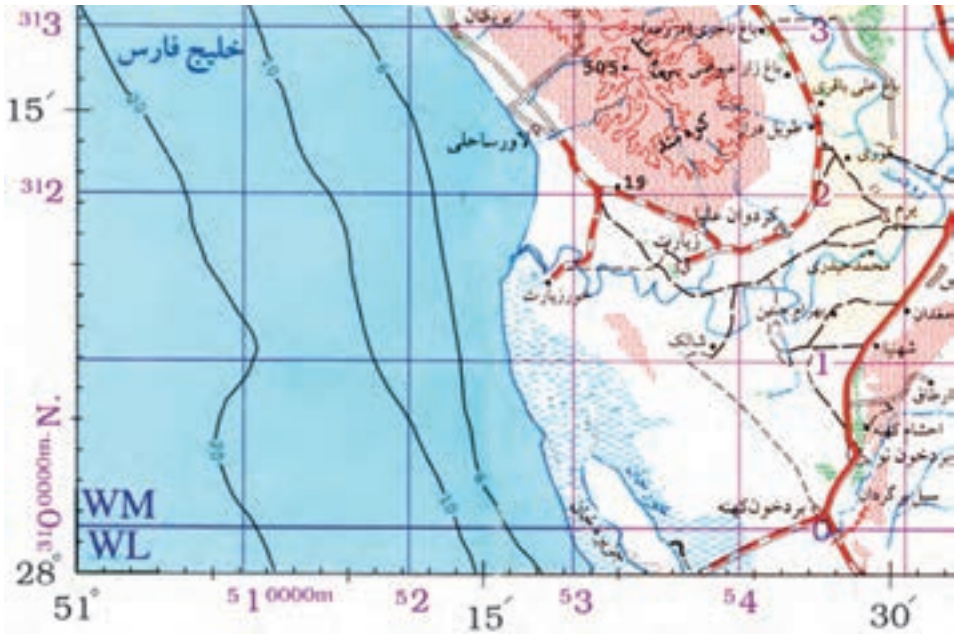
برای تعیین موقعیت نقاط روی نقشه از نقطه‌ی موردنظر خطوطی به موازات خطوط شبکه ترسیم نموده تا خطوط حاشیه‌ی نقشه را قطع نماید سپس با استفاده از اطلاعات حاشیه مختصات UTM نقاط به‌دست می‌آید.

مثال: در شکل ۱۶ــ۵ چنان‌چه بخواهیم روی نقشه ۱ : ۵۰۰۰۰۰ موقعیت جغرافیایی نقطه‌ای را با مختصات UTM به‌دست آوریم می‌توان مانند مثال قبل در بخش ۱۷ــ۵ از خط‌کش‌های اشل سه پهلو استفاده نمود.

برای مثال می‌خواهیم موقعیت جغرافیایی قائم‌الزاویه‌ی دهکده‌ی جلال‌آباد را به‌دست آوریم برای این منظور به ترتیب زیر عمل می‌کنیم.



شکل ۱۷ــ۵ــ شبکه‌بندی یکهزار متری در نقشه‌های با مقیاس $\frac{۱}{۵۰۰۰۰}$



شکل ۱۸ــ۵ــ شبکه‌بندی ده‌هزار متری در نقشه‌های $\frac{۱}{۵۰۰۰۰۰}$

الف ــ از نقطه‌ی دهکده‌ی جلال‌آباد خطی به موازات محور y ترسیم کرده تا خط افقی کادر نقشه را قطع کند سپس با توجه به مختصات درج شده روی این خط با توجه به تقسیم‌بندی قائم‌الزاویه با اندازه‌گیری روی این خط مقدار دقیق به‌دست می‌آید با توجه به نقشه مقدار x در سیستم UTM محل مزبور برای m ۷۷۲۰۰۰ می‌باشد.

ب ــ از نقطه‌ی جلال‌آباد خطی به موازات محور x ها رسم کرده تا کادر عمومی نقشه را قطع کند مانند مرحله‌ی قبل مختصات (UTM)y نیز مشخص می‌شود با توجه به نقشه مقدار y در سیستم UTM محل مزبور برابر m ۳۱۱۷۵۰۰ =y

ج ــ در صورتی که نقطه‌ی موردنظر طوری قرار گیرد که موقعیت آن برروی اعداد صحیح قرار نگیرد باید مابین موقعیت‌های صحیح واسطه‌یابی گردد برای مثال موقعیت نقطه‌ی عطاآباد برابر $x = ۷۷۹۰۰۰m$ و $y = ۳۱۲۲۰۰۰m$ می‌شود.

۷ــ۵ــ مشخص کردن یک نقطه‌ی معلوم با مختصات UTM برروی نقشه

اگر بخواهیم نقطه‌ای با مختصات $x = ۷۱۱۲۵۰m$ و $y = ۳۱۴۳۲۵۰m$ را روی نقشه مشخص کنیم ابتدا برروی محور x مقداری ۷۱۱۲۵۰ را مشخص کرده و از آن‌جا به موازات محور y ها خطی ترسیم می‌کنیم. سپس روی محور y نقطه با مختصات ۳۱۴۳۲۵۰ را مشخص کرده و از آن‌جا خطی به موازات محور xها ترسیم می‌کنیم محل تلاقی در خط ترسیم شده موقعیت نقطه‌ی موردنظر می‌باشد که با توجه به نقشه‌ی شکل ۱۶ــ۵ نقطه‌ای در شهرک فتح‌آباد خواهد بود.

خودآزمایی

۱ــ اطلاعات نقشه و مشخصات آن‌را توضیح دهید.

۲ــ مقیاس نقشه را شرح دهید.

۳ــ سیستم تصویر و شبکه‌ی نقشه را تعریف کنید.

۴ــ ارتفاعات در نقشه به چه صورت نمایش داده می‌شود؟

۵ــ تعدادی نقشه که در هنرستان (بر دیوارهای کلاس‌ها یا راهروها نصب شده و یا در کتابخانه، یا...) موجود است را مورد بررسی قرار داده موارد زیر را از روی آن نقشه‌ها استخراج و در یک گزارش ارایه نمایید.

ــ اسم و عنوان نقشه

ــ شماره‌ی سری

ــ شماره‌ی برگه

ــ تاریخ چاپ یا تجدیدچاپ

ــ مقیاس

ــ علایم

ــ سیستم تصویر و شبکه

ــ شمال‌ها

ــ راهنمای اتصال نقشه

ــ نام مؤسسه‌ی تولید و چاپ نقشه

ــ نحوه‌ی تهیه‌ی نقشه

۶ــ در روی نقشه هر درجه، دقیقه و ثانیه روی نصف‌النهار برابر چه فاصله‌هایی هستند؟

۷ــ در شکل ۱۶ــ۵ مختصات طول و عرض جغرافیایی جهرم را به‌دست آورید.

۸ــ در شکل ۱۶ــ۵ نقطه‌ی با مختصات $28^\circ,30',30''$ $\varphi=$ و $53^\circ,36',40''$ $\lambda=$ چه محلی می‌باشد؟

۹ــ در شکل ۱۶ــ۵ مختصات UTM خارقان را به‌دست آورید.

۱۰ــ در شکل ۱۶ــ۵ نقطه‌ای با مختصات UTM، $N = 3180\,6000$ و $E = 740\,1000$ چه محلی می‌باشد؟

تعیین جهت قبله به صورت تقریبی

قبله همان امتداد بین محل نمازگزار و کعبه می‌باشد از این‌رو برای پیدا کردن جهت قبله بایستی خط واصل بین محل نمازگزار تا کعبه را ترسیم نموده و آزیموت آن را نسبت به یک امتداد مرجع مانند شمال به‌دست آورد از آن‌جا که زمین مسطح نبوده و شکلی نزدیک به کره دارد هم‌جهت امتداد شمال و هم‌راستای امتداد تا کعبه برای محل‌های مختلف نمازگزار تغییر می‌کند.

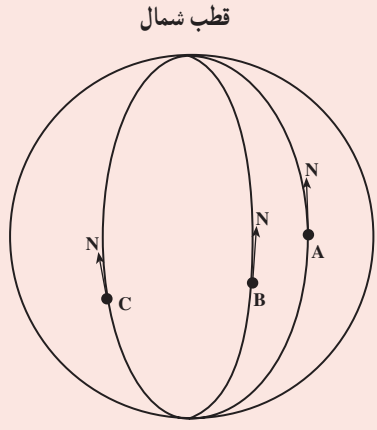
در این نوشته روشی ساده و سریع برای تعیین قبله ارائه می‌شود. این روش با فرض این که زمین به شکل کره می‌باشد، امتداد قبله را با دقتی در حد چند درجه نشان می‌دهد. در صورتی که نیاز به تعیین امتداد قبله با دقت بالا داشته باشیم باید از مدل بیضوی برای زمین استفاده نموده و آزیموت قبله را با مدل‌های ریاضی پیچیده که در علم ژئودزی مطرح است محاسبه نمود.

تعیین قبله در روش پیشنهادی در دو مرحله صورت می‌گیرد :

۱ــ تعیین امتداد شمال در محل

۲ــ تعیین امتداد قبله نسبت به امتداد شمال

الف ــ تعیین امتداد شمال در محل: امتداد شمال در هر نقطه در واقع راستای نصف‌النهار گذرنده از آن نقطه به سمت قطب شمال (شمال جغرافیایی) می‌باشد. طبق شکل ۱۹ــ۵ امتداد شمال نقطه با تغییر محل تغییر می‌کند و در واقع نمی‌توان این



شکل ۱۹ــ۵

امتدادها را موازی درنظر گرفت.

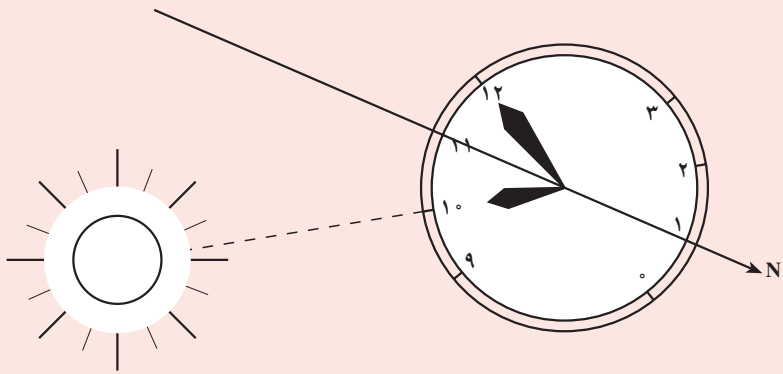
در این‌جا برای تعیین تقریبی امتداد شمال از یک ساعت مچی عقربه‌دار و محل خورشید در آسمان استفاده می‌کنیم.

برای این کار فقط به عقربه‌ی ساعت‌شمار ساعت نیاز داریم و کاری به عقربه‌ی دقیقه‌شمار نداریم. روش کار به این شرح است :

۱ــ ساعت را از مچ دست باز کرده و در کف دست خود می‌گذاریم تا حرکت دادن آن آسان باشد.

۲ــ عقربه‌ی ساعت‌شمار را در جهت خورشید قرار می‌دهیم ؛ یعنی، ساعت را که به‌طور افقی در کف دستمان گذاشته‌ایم آن‌قدر می‌چرخانیم تا نوک عقربه‌ی ساعت‌شمار به سمت خورشید قرار بگیرد، در شکل ۲۰ــ ۵ همان‌گونه که مشاهده می‌کنید در ساعت ۱۰ صبح مشغول یافتن شمال جغرافیایی هستیم. ساعت را چرخانده‌ایم تا عقربه‌ی ساعت‌شمار در جهت خورشید قرار گرفته است.

۳ــ زاویه‌ای را که عقربه‌ی ساعت‌شمار با عدد دوازده پدید آورده نصف می‌کنیم.



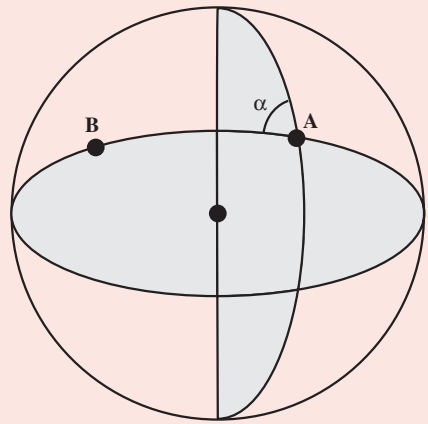
شکل ۲۰ــ۵

در این حالت، امتداد نیم‌ساز این زاویه، در واقع همان شمال جغرافیایی محل است.

به این ترتیب، در هر ساعتی از روز «نیم‌ساز زاویه‌ی بین عقربه‌ی ساعت‌شمار و ساعت دوازده»، امتداد شمال را نشان می‌دهد ؛ به‌شرطی که عقربه‌ی ساعت‌شمار در جهت خورشید باشد.

ب ــ تعیین امتداد قبله نسبت به امتداد شمال: منظور از تعیین امتداد قبله نسبت به امتداد شمال همان تعیین امتداد از محل نمازگزار تا کعبه می‌باشد.

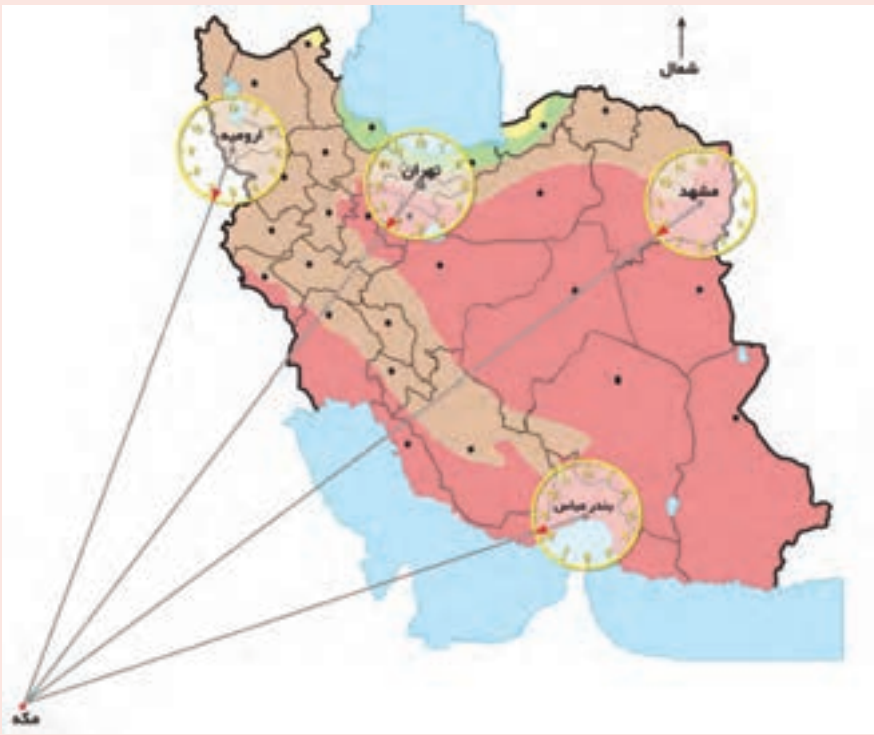
مطابق شکل ۲۱ــ ۵ برای تعیین امتداد α از نقطه‌ی A به B صفحه‌ی گذرنده از سه نقطه A و B و مرکز کره را با صفحه‌ی نصف‌النهار گذرنده از نقطه‌ی A قطع داده و زاویه‌ی بین دو صفحه را محاسبه می‌کنیم.



شکل ۲۱ــ۵ــ نحوه ی محاسبه‌ی آزیموت α بین نقاط A و B روی کره

اگر این زاویه را از درجه تبدیل به واحد ساعت عقربه‌ای کنیم یعنی ۳۶۰ درجه را ۱۲ ساعت درنظر بگیریم آن‌گاه برای استان‌های مختلف در ایران با توجه به قرارگیری محل کعبه در راستای جنوب غربی کشور، مقادیر زاویه‌ی α در واحد ساعت مطابق شکل ۲۲ــ ۵ به‌دست می‌آید.

برای تعیین امتداد قبله کافی است که عدد شکل ۲۲ــ ۵ را به عدد ساعت از مرحله‌ی قبل اضافه کرد.



شکل ۲۲ــ۵

مطالعه آزاد

کار عملی

عنوان: یافتن قبله در یک محل

هدف: ایجاد مهارت و توان تعیین قبله در یک منطقه در روز وقتی که فقط ساعت مچی در دست‌رس باشد.

وسایل مورد نیاز: یک ساعت مچی عقربه‌دار (غیر کامپیوتری)

دانش و مهارت مورد نیاز: دانستن این که نیم‌ساز زاویه‌ی بین عقربه‌ی ساعت‌شمار و ساعت دوازده جهت شمال جغرافیایی را نشان می‌دهد. در صورتی که عقربه ساعت‌شمار در جهت خورشید باشد و در اختیار داشتن نقشه شکل ۲۳ــ ۵.

روش کار

۱ــ عقربه‌ی ساعت‌شمار را در جهت خورشید بگیرید.

۲ــ زاویه‌ی بین عقربه‌ی ساعت‌شمار و ساعت دوازده را نصف کنید تا به جهت شمال پی‌ببرید.

۳ــ برای انجام دقیق‌تر این کار می‌توانید بر روی تخته سه‌پایه، دایره‌ای بزرگ ترسیم کنید و هر ساعت آن را به ۱۲ قسمت تقسیم کنید، یعنی برای عقربه‌ی ساعت‌شمار، هر قسمت از محیط این دایره برابر با ۵ دقیقه است.

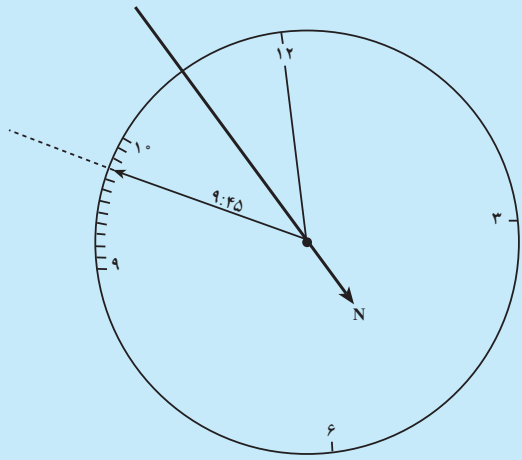
۴ــ مثلاً در ساعت ۹ و ۴۵ دقیقه محل عقربه‌ی ساعت‌شمار در این ساعت، روی تخته سه‌پایه، به صورت شکل ۲۳ــ ۵ خواهد بود.

۵ــ امتداد نیم‌ساز این زاویه در جهت مخالف خورشید، امتداد شمال جغرافیایی محل موردنظر را نشان می‌دهد.

۶ــ با توجه به محلی که در آن قرار داریم مقدار مربوطه در شکل ۲۲ــ ۵ را به ساعت حاصل اضافه کرد. تا امتداد قبله به‌دست آید.

در این‌جا چون محل نمازگزار در تهران بوده، ساعت ۷: ۳۰ را به عدد ۹: ۴۵ اضافه کرده تا ساعت ۱۷: ۱۵ به‌دست آید که همان ۵: ۱۵ است. عدد عقربه در راستای ۵: ۱۵ امتداد قبله را نشان می‌دهد.

نیمساز بین ساعت ۹:۴۵ و ساعت ۱۲



شکل ۲۳ــ۵

فصل ششم

تعیین موقعیت نجومی (۱)

(Astronomical Positioning)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

۱ــ نقش زمان در تعیین موقعیت و لزوم اندازه‌گیری آن را توضیح دهد.

۲ــ انواع زمان را که در نقشه‌برداری اندازه‌گیری به‌کار گرفته می‌شوند، نام ببرد.

۳ــ قانون اول کپلر را بیان کند.

۴ــ مقدار ثابت حرکت زمین به دور خورشید را با رسم شکل محاسبه کند.

۵ــ طول نصف قطر بلند و کوتاه بیضی مسیر حرکت زمین به دور خورشید را محاسبه کند.

۶ــ مقدار خارج از مرکزیت بیضی مسیر حرکت زمین به دور خورشید را محاسبه کند.

۷ــ قانون دوم کپلر را با رسم شکل توضیح دهد.

۸ــ قانون سوم کپلر را با نوشتن رابطه‌ی مربوطه توضیح دهد.

۹ــ حرکت زمین به دور خودش (حرکت دورانی) را توضیح دهد.

۱۰ــ حرکت زمین به دور خورشید (حرکت انتقالی) را توضیح دهد.

۱۱ــ زمان متوسط خورشیدی را توضیح دهد.

۱۲ــ رابطه‌ی بین زمان جهانی و زمان خورشیدی یک محل را با ذکر مثال توضیح دهد.

۱۳ــ زمان استاندارد کشورها را با رسم شکل توضیح دهد.

۱۴ــ زمان استاندارد ایران را توضیح دهد.
۱۵ــ زمان نجومی را تعریف کند.
۱۶ــ روز نجومی را تعریف کند.
۱۷ــ زمان اتمی را تعریف کند.

۱ــ۶ــ نقش زمان در تعیین موقعیّت و انواع آن

در نقشه‌برداری تعداد بسیاری کمّیت‌های فیزیکی و هندسی وجود دارد که نسبت به زمان تقریباً ثابت بوده آن‌ها را اندازه‌گیری می‌کنیم. زوایای افقی و قرائت امتداد بین نقاط زمینی یکی از اندازه‌گیری‌هایی است که با تئودولیت‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری دیگر، فاصله‌ی فضایی بین دو نقطه‌ی زمینی است که با وسایل مختلف مانند متر و دستگاه‌های طول‌یاب الکترونیکی صورت می‌گیرد.

نوع سوم اندازه‌گیری، اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع و زوایای قائم بین نقاط زمینی است.

برخی مشاهدات در نقشه‌برداری نیز نسبت به زمان در حال تغییر هستند ؛ مانند فاصله‌ی نقاط زمینی تا ماهواره، فاصله‌ی نقاط زمینی تا ماه، زاویه‌ی قائم و زاویه‌ی افق بین نقاط زمینی و ستارگان، هم چنین جاذبه و تغییرات آن[۱]. همه‌ی این مشاهدات اخیر وابسته به زمان بوده و بنابراین، در تعیین موقعیت با استفاده از این مشاهدات حتماً باید زمان اندازه‌گیری گردد.

برای اندازه‌گیری‌هایی با دقت خیلی زیاد در پریودهای زمانی مختلف، حتی اگر مشاهدات نخست را دوباره اندازه‌گیری کنیم متوجه می‌شویم آن‌ها نیز نسبت به زمان در حال تغییر هستند ؛ یعنی وقتی مختصات یک نقطه در زمین، مشخص می‌گردد (x و y و z) این مختصات برای همیشه گویای موقعیّت نقطه‌ی مذکور نیست و به یقین نسبت به زمان تغییر می‌کند ؛ بر این اساس، ضروری است که زمان نیز به عنوان پارامتر چهارم تعیین موقعیت، در نظر گرفته شود (t و z و y و x).

امّا به‌راستی «زمان» چیست؟ البته هر روز با زمان سروکار داریم ولی شاید نتوانیم تعریف دقیقی از آن به‌دست دهیم. ما می‌توانیم سپری‌شدن زمان را حس کنیم و آن را اندازه بگیریم. امّا چگونه می‌توان آن را تعریف نمود؟ در حقیقت فاصله‌ی زمانی یک پدیده‌ی پریودیک است که ما اندازه‌گیری می‌کنیم. وسایل اندازه‌گیری زمان عبارت‌اند از : ساعت، کرنومتر، کرنوگراف و مانند آن.

واحدهای اندازه‌گیری زمان، «ساعت» با علامت «h» (Hour) و «دقیقه» با علامت «m» (Minutes) و «ثانیه» با علامت «s» (Second) است.

۱ــ gravity and gravity differences

بنابراین :

$$۱^{(h)} = ۶۰^{m}$$

$$۱^{(m)} = ۶۰^{s}$$

زمان‌هایی که در نقشه برداری اندازه‌گیری و به‌کار گرفته می‌شوند عبارت‌اند از :

۱ــ زمان خورشیدی[۱]

۲ــ زمان استاندارد[۲]

۳ــ زمان نجومی[۳]

۴ــ زمان اتمی[۴]

برای درک زمان‌ها لازم است قبلاً حرکات سیارات به دور خورشید مورد بررسی قرار گیرد. از آن‌جا که حرکات سیارات از قوانین کپلر تبعیت می‌کند بنابراین در این‌جا قوانین کپلر را مورد بحث قرار می‌دهیم.

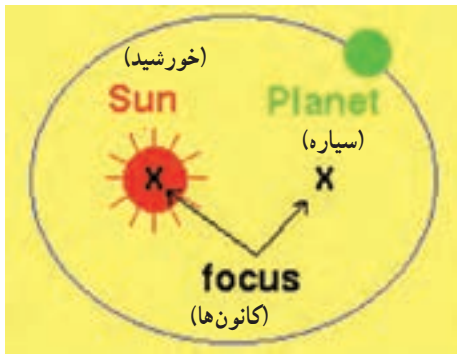
۲ــ۶ــ قوانین کپلر

دانشمند آلمانی به نام «کپلر[۵]» در سال‌های ۱۵۷۱ تا ۱۶۳۰ میلادی سه قانون اساسی درباره‌ی سیارات بیان کرد که امروزه حتی در پرتاب ماهواره‌ها و غیره از آن قوانین استفاده می‌کنند.

شکل ۱ــ۶

۱ــ Solar time
۲ــ Zane Time
۳ــ Sidereal time
۴ــ Atomic time
۵ــ Johannes Kepler

قانون اول کپلر: مدار حرکت تمامی سیارات دایره نیست، بلکه بیضی است که خورشید در یکی از کانون‌های آن واقع است.



شکل ۲ــ۶ــ مدار حرکت سیارات به دور خورشید

آیا می‌دانید؟

یادآوری: خواص بیضی :

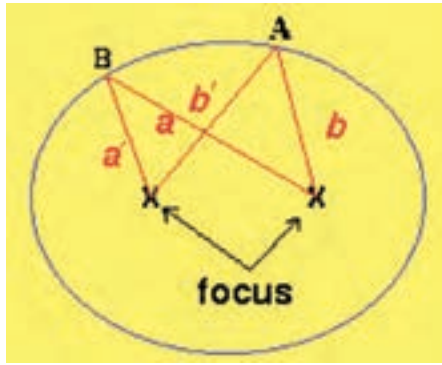
۱ــ در هر بیضی دو نقطه به عنوان کانون وجود دارد و بیضی مکان هندسی نقاطی است که مجموع فواصل آن نقاط از کانون‌ها مقداری ثابت است.

$$a + b = a' + b' = \text{ثابت}$$

۲ــ مقدار خارج از مرکزیت یکی دیگر از مشخصه‌های بیضی است که براساس رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود :

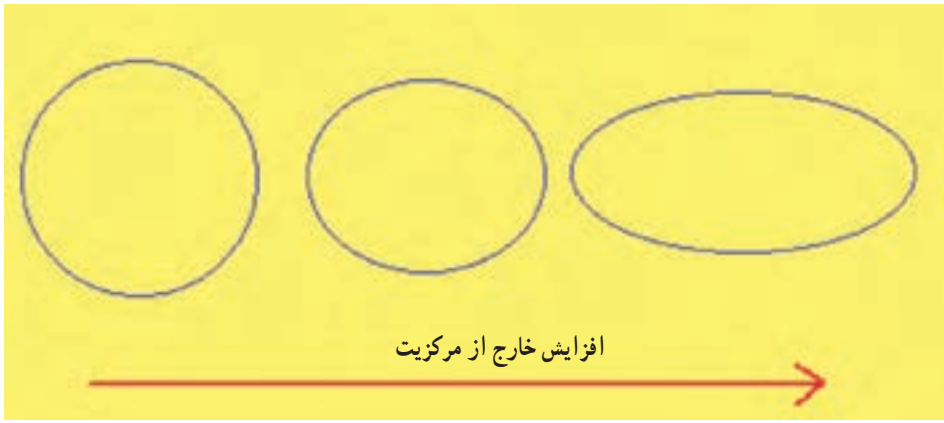
خارج از مرکزیّت = e نصف قطر کوتاه بیضی = b

نصف قطر بلند بیضی = a $e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$



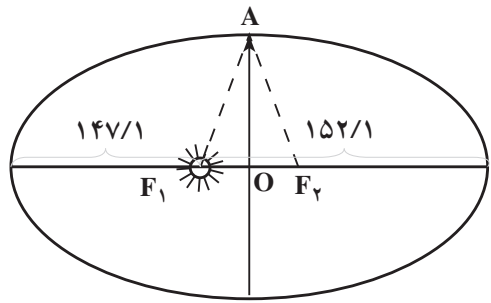
شکل ۳ــ۶ ــ بیضی وخاصیت آن

در شکل۴ــ۶، از چپ به راست بیضی‌ها با خارج مرکزیت‌های متفاوت، نشان داده شده است.



شکل ۴ــ۶ ــ خارج از مرکزیت

براساس قانون اول کپلر، خورشید در مرکز مدار حرکت سیارات واقع نیست و این مشخص است که به‌طور پیوسته فاصله‌ی سیارات تا خورشید در حال تغییر است ؛ برای نمونه، فاصله‌ی زمین تا خورشید مقدار ثابتی نبوده و زمانی دارای کم‌ترین مقدار (۱۴۷/۱ میلیون کیلومتر) و زمانی دارای بیش‌ترین مقدار (۱۵۲/۱ میلیون کیلومتر) است. (به ضمیمه‌ی ۱ توجه کنید.)



شکل ۵ــ۶

مثال: با توجه به اعداد یادشده به این سؤالات پاسخ دهید :

الف ــ مقدار ثابت مدار حرکت زمین به دور خورشید را محاسبه کنید.

میلیون کیلومتر $۱۴۷/۱+۱۵۲/۱=۲۹۹/۲$ = مقدار ثابت

ب ــ طول نصف قطر بلند و کوتاه بیضی مسیر حرکت زمین به دور خورشید را محاسبه کنید.

میلیون کیلومتر فاصله‌ی بین دو کانون بیضی $۱۵۲/۱-۱۴۷/۱=۵$

میلیون کیلومتر فاصله‌ی هر کانون از مرکز بیضی $۵\div۲=۲/۵$

میلیون کیلومتر نصف قطر بزرگ‌تر $a=۱۴۷/۱+۲/۵=۱۴۹/۶$

و امّا برای محاسبه‌ی قطر کوتاه بیضی فرض می‌کنیم زمین در نقطه‌ی A باشد در آن صورت، مجموع فاصله‌ی A از کانون‌ها برابر مقدار ثابت است :

میلیون کیلومتر $AF_۱+AF_۲=۲۹۹/۲$ و $AF_۱=AF_۲$

میلیون کیلومتر $AF_۱=AF_۲=۱۴۹/۶$

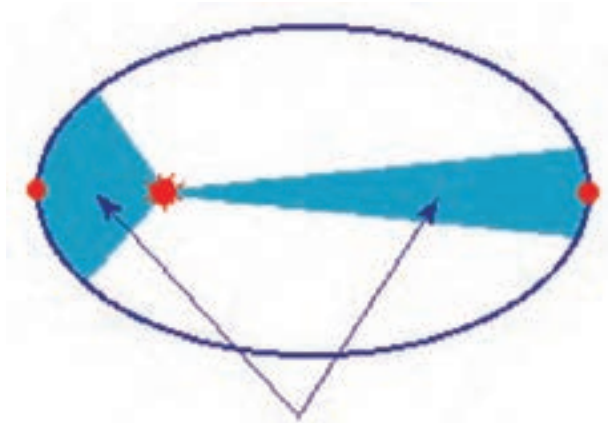
پس $b=\sqrt{۱۴۹/۶^۲-۲/۵^۲}\cong۱۴۹/۵۷۹$ میلیون کیلومتر

ج ــ مقدار خارج از مرکزیت بیضی مسیر حرکت زمین به دور خورشید را محاسبه کنید :

$$e^۲=\frac{a^۲-b^۲}{a^۲}\Rightarrow e^۲=\frac{(۱۴۹/۶)^۲-(۱۴۹/۵۷۹)^۲}{(۱۴۹/۶)^۲}=۲/۷۹\times۱۰^{-۴}$$

خارج مرکزیت $e=۰/۰۱۶۷$

قانون دوم کپلر: سیارات در مسیر حرکت خود به دور خورشید مساحت‌های مساوی را در زمان‌های مساوی جاروب می‌کنند.



شکل ۶ــ۶ ــ قانون دوم کپلر را نشان می‌دهد. نقطه‌ی حضیض نزدیک‌ترین وضعیت زمین نسبت به خورشید در حرکت سالیانه و نقطه‌ی اوج دورترین وضعیت زمین نسبت به خورشید است.

این موضوع لازمه‌اش این است که سرعت حرکت سیارات در قسمتی که نسبت به خورشید دورتر است کندتر و در قسمت‌هایی که به خورشید نزدیک‌تر است تندتر باشد. آیا می‌توانید این موضوع را براساس قانون جاذبه‌ی نیوتن و نیروی گریز از مرکز تشریح کنید؟

قانون سوم کپلر: نسبت توان دوم پریود[1] حرکت سیارات برای دو سیاره متفاوت برابر نسبت توان سوم قطر اَطول بیضی مسیر حرکتشان است.

T_1 = پریود حرکت سیاره‌ی شماره‌ی ۱

T_2 = پریود حرکت سیاره‌ی شماره‌ی ۲

a_1 = نصف قطر اَطول مسیر حرکت سیاره‌ی ۱

a_2 = نصف قطر اَطول مسیر حرکت سیاره‌ی ۲ :

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \quad \Rightarrow \quad \frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} = \text{مقدار ثابت}$$

طبق قانون سوم کپلر است که برای مثال عطارد نزدیک‌ترین سیاره به خورشید دارای پریود ۸۸ روز بوده پلوتون دورترین سیاره دارای پریود حرکت ۲۴۸ سال است (مراجعه شود به ضمیمه‌ی ۱).

۱ــ پریود حرکت هر سیاره مدت زمانی است که آن سیاره در مسیر حرکت خود به دور خورشید یک دور کامل می‌زند ؛ برای مثال، پریود حرکت سیاره‌ی زمین تقریباً ۳۶۵/۲۵ روز است.

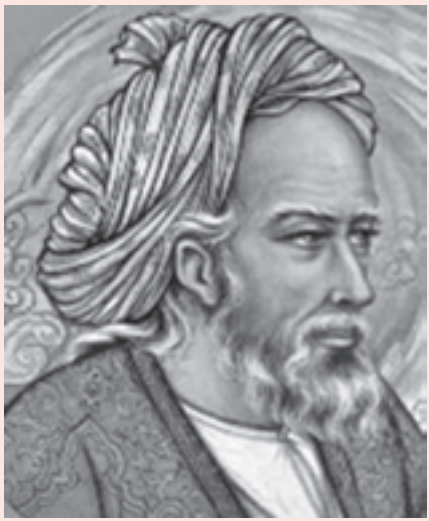
آیا می‌دانید که اگر فردی پنجاه‌ساله در زمین، برای مثال در سیاره‌ی عطارد زندگی می‌کرد سنی برابر ۲۰۷/۶۰ سال داشت و اگر در سیاره‌ی پلوتون زندگی می‌کرد سن او ۲/۴ ماه می‌شد.

مثال: با فرض این که پریود حرکت عطارد ۸۸ روز و پریود حرکت زمین ۳۶۵/۲۵ روز و نصف قطر بلند مسیر حرکت زمین به دور خورشید ۱۴۹/۶ میلیون کیلومتر باشد، نصف قطر بلند مسیر حرکت عطارد را محاسبه کنید.

$$\frac{T^2_{\text{زمین}}}{a^3_{\text{زمین}}} = \frac{T^2_{\text{عطارد}}}{a^3_{\text{عطارد}}} = \text{مقدار ثابت} \quad \frac{۳۶۵/۲۵^2}{۱۴۹/۶^3} = \frac{۸۸^2}{a^3}$$

$$a_{\text{عطارد}} = ۵۷/۹۲ \text{ میلیون کیلومتر}$$

آیا می‌دانید؟



خیام در اواسط عمر به اصفهان رفت و مدت ۱۸ سال در آن جا اقامت گزید و با حمایت ملک‌شاه سلجوقی و وزیرش نظام‌الملک، به همراه جمعی از دانشمندان و ریاضیدانان معروف زمانه خود، در رصدخانه‌ای که به دستور ملکشاه تأسیس شده بود، به انجام تحقیقات نجومی پرداخت. حاصل این تحقیقات اصلاح تقویم رایج در آن زمان و تنظیم تقویم جلالی (لقب سلطان ملکشاه سلجوقی) بود. در تقویم جلالی، سال شمسی تقریباً برابر با ۳۶۵ روز و ۵ ساعت و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه است. سال دوازده ماه دارد ۶ ماه نخست هر ماه ۳۱ روز و ۵ ماه بعد هر ماه ۳۰ روز و ماه آخر ۲۹ روز است هر چهار سال، یک سال را کبیسه می‌خوانند که ماه آخر آن ۳۰ روز است و آن سال ۳۶۶ روز است، در تقویم جلالی هر پنج هزار سال یک روز اختلاف زمان وجود دارد در صورتی که در تقویم گریگوری هر ده هزار سال سه روز اشتباه دارد.

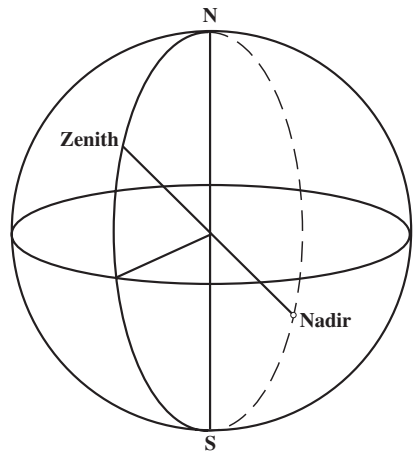
۳ــ۶ــ انواع زمان

۱ــ۳ــ۶ــ زمان خورشیدی: برای درک زمان خورشیدی لازم است که حرکات زمین را بشناسیم. کره‌ی زمین به‌طورکلی دارای دو حرکت اصلی در فضاست :

۱ــ حرکت دورانی ۲ــ حرکت انتقالی

۱ــ *حرکت دورانی:* زمین حول یک محور دورانی که از قطب شمال و جنوب کره‌ی زمین عبور می‌کند ــ در خلاف حرکت عقربه‌های ساعت با سرعتی برابر $۷/۲۹ \times ۱۰^{-۵}$ رادیان بر ثانیه ــ در حال دَوَران است. این حرکت موجب پیدایش شب و روز در کره‌ی زمین می‌شود. به این حرکت در اصطلاح «حرکت روزانه» نیز گفته می‌شود.

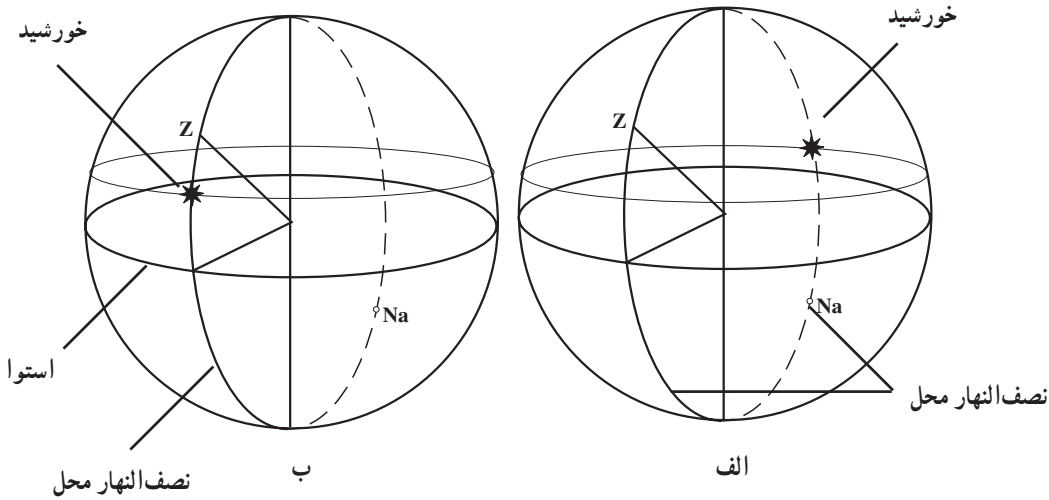
۲ــ *حرکت انتقالی:* زمین غیر از حرکت دورانی به دور خورشید نیز می‌چرخد. این حرکت نیز سبب پیدایش سال می‌شود و به آن «حرکت سالیانه» نیز می‌گویند.



شکل ۷ــ۶

زمان خورشیدی یک محل مدت زمانی است که خورشید از نصف‌النهار آن محل عبور کرده باشد. البته باید توجه نمود که خورشید دو بار از نصف‌النهار یک محل عبور می‌کند (شکل ۸ــ۶).

به طورکلی صفحه‌ی نصف‌النهار هر محلی با محور دورانی به دو قسمت تقسیم می‌گردد که عبارت‌اند از : «نیمه‌ی سمت‌الرأسی» (قسمتی که شامل N و S وZ است) و دیگری «نیمه‌ی سمت‌القدمی» (شامل Na و S و N) (شکل ۷ــ۶).



شکل ۸ــ۶

شروع زمان نجومی از لحظه‌ای است که خورشید از نیمه‌ی سمت‌القدمی نصف‌النهار محل عبور می‌کند. در شکل ۸ــ۶ ــ الف ساعت صفر خورشیدی و در شکل ۸ــ۶ ــ ب ساعت ۱۲ خورشیدی نشان داده شده است.

فاصله‌ی زمانی بین دو عبور متوالی خورشید از نیمه‌ی سمت‌القدمی نصف‌النهار محل را «روز خورشیدی» گویند. زمان خورشیدی را به‌طور خلاصه برای هر محل با «L.M.T[1]» مشخص می‌کنند.

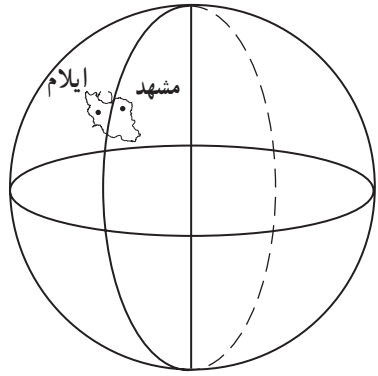
همان‌گونه که از تعریف زمان خورشیدی محل مشخص گردید هر محلی دارای یک زمان خورشیدی است ؛ برای مثال، اگر زمان خورشیدی در محل ما 11^h باشد (یعنی 11^h است که خورشید از نیمه‌ی سمت‌القدمی نصف‌النهار محل ما عبور کرده) در آن صورت در یک محل دیگر در همان لحظه، زمان خورشیدی عدد دیگری خواهد بود.

پرسش: وقتی زمان خورشیدی در نقطه‌ای از تهران ۱۴ باشد در شهرستان مشهد زمان خورشیدی جلوتر از ۱۴ است یا عقب‌تر از آن؟ در شهر ایلام چطور؟

با توجه به این پرسش، محل مورد نظر اگر در شرق محل ما باشد زمان خورشیدی آن جلوتر از زمان خورشیدی محل ما در یک لحظه است و اگر در غرب محل ما باشد زمان خورشیدی آن عقب‌تر از زمان خورشیدی محل ما است. به شکل ۹ــ۶ توجه کنید. وقتی خورشید ۱۴ ساعت است که از

۱ــ Local Mean Time

نیمه‌ی سمت‌القدمی نصف‌النهار تهران عبور کرده در آن صورت، قبل از آن از نصف‌النهار مشهد عبور کرده بوده، یعنی زمان خورشیدی در آن لحظه، برای مثال در مشهد ۱۴/۵ بوده درحالی‌که در آن لحظه‌ای که خورشید از نصف‌النهار تهران می‌گذشته هنوز از نصف‌النهار ایلام نگذشته بوده است ؛ بر این اساس، در همان لحظه که در محلی از تهران زمان خورشیدی ۱۴ بوده این زمان در ایلام ۱۳/۵ بوده است.



شکل ۹ ــ ۶

حال اگر به زمان خورشیدی گرینویچ توجه کنیم، ایران در شرق گرینویچ واقع است (مانند وضعیت مشهد نسبت به تهران) ؛ بنابراین، زمان خورشیدی محل ما (ایران) جلوتر از زمان خورشیدی گرینویچ خواهد بود. زمان خورشیدی گرینویچ را با «G.M.T[1]» نشان می‌دهند و البته آن را به‌صورت یک زمان جهانی پذیرفته‌اند و به همین دلیل آن‌را با U.T[2] نیز مشخص می‌کنند.

با توجه به این موضوع که یک دوران کامل زمین یعنی دوران ۳۶۰° معادل یک روز یعنی ۲۴ ساعت می‌باشد هر ساعت معادل $\frac{۳۶۰^\circ}{۲۴}$ ، یعنی ۱۵° می‌باشد. رابطه‌ی بین‌زمان جهانی و زمان خورشیدی یک محل با توجه به تعاریف قبلی به این صورت خواهد بود :

$$LMT = UT + \Lambda/۱۵$$

مثال: زمان خورشیدی را برای محلی که طول نجومی آن ۵۱° شرقی، در لحظه‌ای که زمان جهانی ۱۰ ساعت است محاسبه کنید.

۱ــ Greenwich Mean Time ۲ــ Universal Time

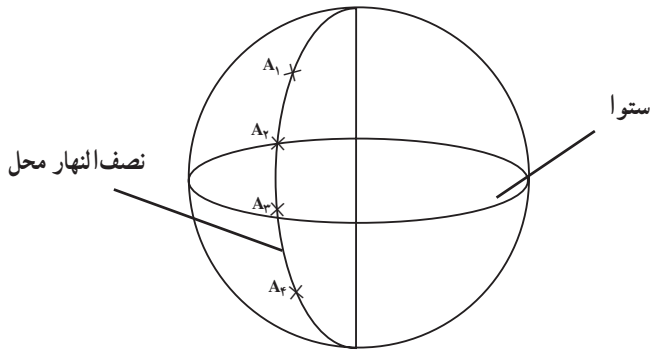
$$LMT = ۱۰^{h} + \frac{۵۱}{۱۵} = ۱۳^{h}۲۴^{m}$$

مفهوم این مطلب آن است که هرگاه خورشید ۱۰ ساعت از نصف‌النهار گرینویچ گذشته باشد در همان لحظه ۱۳ ساعت و ۲۴ دقیقه بوده که از نصف‌النهار محلی با ۵۱° عبور کرده بوده است.

پرسش: در چه جهتی باید جابه‌جاشویم تا زمان خورشیدی تغییر نکند؟ در چه جهتی بیش‌ترین تغییرات زمان خورشیدی رخ می‌دهد؟

اگر بر روی یک نصف‌النهار حرکت کنیم زمان خورشیدی برای تمام نقاط آن نصف‌النهار یکسان بوده همه‌ی آن نقاط در یک لحظه دارای یک زمان خورشیدی خواهند بود.

برای تمام مناطق $A_۱$ ، $A_۲$ ، $A_۳$ و $A_۴$ و ... زمان خورشیدی یکسان است. پس اگر شما در جهت شمال و جنوب محل خودتان جابه‌جا شوید تغییری در زمان خورشیدی محلی احساس نخواهید کرد.



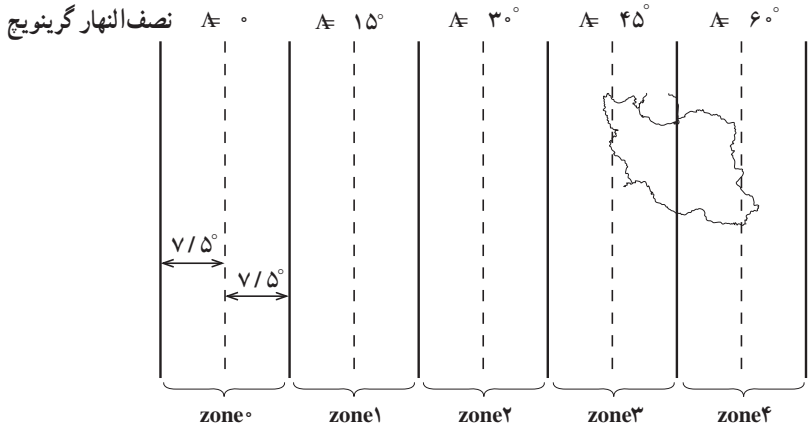
شکل ۱۰ــ۶

حال اگر در جهت عمود بر نصف النهار جابه‌جا شویم بیش‌ترین تغییر در زمان خورشیدی پدید می‌آید. حال، سؤال این است چرا رادیو یا تلویزیون کشور ما یک ساعت مشخصی را برای تمام نقاط ایران اعلام می‌کند و همه‌ی افراد ساعت‌ها را براساس آن تنظیم می‌کنند؟

۲ــ۳ــ۶ــ زمان استاندارد: با درنظرگرفتن تعاریف یاد شده برای زمان خورشیدی نتیجه می‌گیریم که حتی چندقدمی محل سکونت ما نیز ــ غیر از محل‌هایی که روی نصف‌النهار محل سکونت ما هستند ــ دارای زمان خورشیدی متفاوت از زمان خورشیدی محل سکونت ما هستند. پس این زمانی که سراسر کشور با آن کار می‌کنند L.M.T نیست، بلکه زمان استاندارد است که آن را با Z.T[۱] نشان می‌دهند.

۱ــ Zone Time

برای زمان استاندارد، کره‌ی زمین را به قاچ‌های ۱۵° تقسیم می‌کنند. نحوه‌ی تقسیم‌بندی هم بدین صورت است که نصف‌النهار گرینویچ را در نظر گرفته ۷/۵° سمت چپ و ۷/۵° سمت راست آن در اصطلاح zone 0 نام دارد. کلیه‌ی کشورهایی که در داخل این قاچ قرار می‌گیرند، زمان استاندارد آن‌ها را نسبت به نصف‌النهار گرینویچ (A= ۰°) تنظیم می‌کنند. زمان در برخی کشورها مانند زمان جهانی است؛ یعنی با زمان گرینویچ یکسان هستند و کشورهایی نیز هستند که با زمان جهانی یک ساعت اختلاف زمانی دارند و ... کشور ایران هم یک حالت خاصی دارد. نصف کشور ما داخل قاچ شماره‌ی ۳ قرار دارد؛ یعنی این قسمت از کشورمان ۳ ساعت جلوتر از زمان جهانی است. درحالی‌که نصف دیگر کشورمان در قاچ شماره‌ی ۴ واقع است؛ یعنی ۴ ساعت اختلاف زمانی با گرینویچ دارد (شکل ۱۱ــ۶). برای این که دو ساعت متفاوت در کشورمان نباشد به‌طورقراردادی اختلاف زمانی ۳/۵ ساعت را برای کشورمان در نظر گرفتند؛ از این رو، کشور ما اختلاف زمانی ۳/۵ ساعت با زمان جهانی دارد.



شکل ۱۱ــ۶

مثال: در ایران، رادیو ساعت ۱۴ را اعلام می‌کند؛ حال در همان لحظه در گرینویچ ساعت چند است؟

زمان جهانی

$$U.T = Zt - ۳/۵^{h}$$
$$= ۱۴ - ۳/۵$$
$$= ۱۰/۵ \quad \text{ساعت}$$

در شکل ۱۲ــ۶ وضعیت زمان استاندارد را در کشورهای مختلف، هم چنین محدوده‌ی قاچ‌ها را به‌طور کامل مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۲ــ۶ ــ زمان مناطق مختلف جهان را وقتی که زمان جهانی ۱۱ ساعت بوده نشان می‌دهد.

موضوع دیگری که باید بدان توجه نمود این است که برخی کشورها از جمله ایران، در فصل‌های مختلفی از سال ساعت‌ها را جلو یا عقب می‌کشند و این موضوع تغییر اختلاف بین Z.T و زمان جهانی را سبب می‌شود. در کشور ما در اوّل بهار ساعت‌ها را ۱ ساعت جلو می‌کشند ؛ سپس در اوّل مهرماه ساعت‌ها را به همان وضعیت قبلی برمی‌گردانند. پس اختلاف زمانی بین زمان کشور ما و زمان جهانی در شش‌ماهه‌ی اوّل سال ۴/۵ ساعت بوده در شش ماهه‌ی دوّم سال ۳/۵ ساعت است.

پرسش: وقتی رادیو در کشورمان در نیمه‌ی‌دوم سال، ساعت ۱۴ را اعلام می‌کند. گویای این مطلب است که خورشید ۱۴ ساعت است که از نیمه‌ی سمت‌القدمی نصف‌النهاری گذشته است. حال، بگویید که از کدام نصف‌النهار عبور کرده است؟

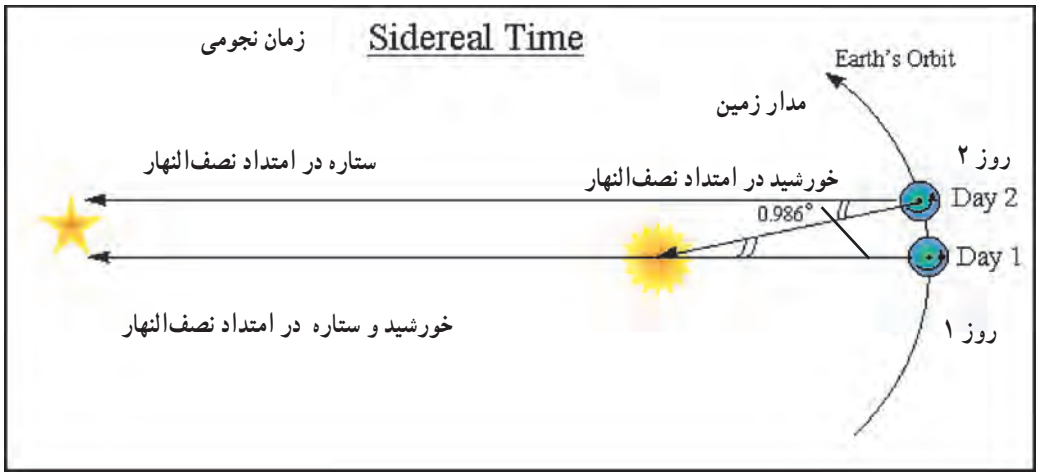
نصف‌النهار استاندارد کشور ما ۵۲/۵ $\triangleq$ A ، یعنی، زمان استاندارد کشور ما بیانگر عبور خورشید از نیمه سمت‌القدمی نصف‌النهار $52/5^{\circ}$ است.

پرسش: زمان خورشیدی محلی(L.M.T) چه محلی از کشورمان با زمان استاندارد برابر است؟

۳ــ۳ــ۶ــ زمان نجومی: زمان نجومی به مدت زمانی گفته می‌شود که هر ستاره، به جز خورشید، از نیمه‌ی سمت الرأسی نصف‌النهار محل عبور کرده باشد. این زمان را به‌طور مختصر با LST[1] نشان می‌دهند.

۱ــ Local Sidereal Time

فاصله‌ی زمانی بین دو عبور متوالی یک ستاره‌ی مشخص از نصف‌النهار محل را یک «روز نجومی» گویند. در شکل ۱۳ــ۶، یک روز نجومی به همراه اختلاف آن با یک روز خورشیدی نشان داده شده است.



شکل ۱۳ــ۶ــ زمان نجومی

نزدیک‌ترین ستاره به جز خورشید، حدود چهار سال نوری، از ما فاصله دارد ؛ یعنی، فاصله‌ای حدود :

$$۴\times۳۶۵\times۲۴\times۶۰\times۶۰\times۳۰۰۰۰۰=۳/۷۸۴۳۲\times۱۰^{۱۳}$$ کیلومتر

در حالی که فاصله‌ی ما از خورشید به‌طور ماکزیمم در طول سال برابر $۱,۵۲۱\times۱۰^{۸}$ کیلومتر است که مقدار بسیار ناچیزی در مقابل فاصله‌ی ما تا ستارگان دیگر است و به همین دلیل در هرجای مسیر حرکت زمین به دور خورشید امتداد هر ستاره‌ای را می‌توان موازی فرض نمود ؛ پس یک روز نجومی به‌طور دقیق از دوران ۳۶۰° زمین به دور محور خودش حاصل می‌گردد، امّا با توجه به نزدیکی خورشید به زمین برای یک روز خورشیدی زمین باید مقداری بیش‌تر از ۳۶۰° دوران داشته باشد تا یک روز خورشیدی تمام گردد. این میزان اضافه‌ی دوران‌ها در طول یک سال (۳۶۵/۲۵ روز خورشیدی) برابر ۳۶۰° است پس برای هر روز برابر $۰/۹۸۶^{\circ}$ خواهد بود :

$$۳۶۰\div۳۶۵/۲۵=۰/۹۸۶^{\circ}$$

پرسش: روز خورشیدی طولانی‌تر از روز نجومی است یا کوتاه‌تر از آن؟ چه‌قدر؟

پس ۲۴ ساعت خورشیدی به میزان $\Leftarrow$ $۰/۹۸۶^{\circ}\div۱۵=۰^{h}۰۳^{m}۵۶/۶^{s}$

بلندتر از ۲۴ ساعت نجومی است.

تمرین: جاهای خالی را پر کنید.

۱ ساعت خورشیدی = $\square^{h}$ و $\square^{m}$ نجومی

۱ دقیقه خورشیدی = $\square^{m}$ و $\square^{s}$ نجومی

۱ ثانیه خورشیدی = $\square^{s}$ نجومی

۴ــ۳ــ ۶ــ زمان اتمی: هر سه زمان یاد شده وابسته به دَوَران زمین است و با توجه به تغییر سرعت دورانی زمین، آن زمان‌ها همگی نامنظم بوده همین امر در نجوم و حتی در تعیین موقعیت ماهواره‌ای مشکل‌ساز خواهد بود ؛ از این رو، لازم بود که زمانی تعریف شود که مستقل از حرکات دورانی زمین باشد. به همین سبب در سال ۱۹۶۷ میلادی در یک کمیته‌ی جهانی زمان اتمی مطرح و ثانیه‌ی اتمی براساس نوسانات اتم سزیم ۱۳۳ تعریف گردید. براساس تصمیم این کمیته، هر ثانیه‌ی اتمی برابر ۹،۱۹۲،۶۳۱،۷۷۰ بار نوسانات اتم سزیم ۱۳۳ است. این زمان به وسیله‌ی علایم رادیویی با فرستنده‌های مختلفی ارسال می‌گردد. در ایران نیز این زمان به‌راحتی از فرستنده‌ی RWM مسکو دریافت می‌گردد و ساعت‌ها و کرنومترها را براساس آن تنظیم می‌کنند. به‌طور اختصار زمان اتمی را با IAT (International Atomic Time) نشان می‌دهند.

خودآزمایی

۱ــ نقش زمان در تعیین موقعیت و لزوم اندازه‌گیری آن را توضیح دهید.

۲ــ انواع زمان را که در نقشه‌برداری اندازه‌گیری و بکار گرفته می‌شوند، نام ببرید.

۳ــ قانون اول کپلر را بیان کنید.

۴ــ مقدار ثابت حرکت زمین به‌دور خورشید را با رسم شکل محاسبه کنید.

۵ــ طول نصف قطر بلند و کوتاه بیضی مسیر حرکت زمین به‌دور خورشید را محاسبه کنید.

۶ــ مقدار خارج از مرکزیت بیضی مسیر حرکت زمین به‌دور خورشید را محاسبه کنید.

۷ــ قانون دوم کپلر را با رسم شکل توضیح دهید.

۸ــ قانون سوم کپلر را با نوشتن رابطه‌ی مربوطه توضیح دهید.

۹ــ حرکت زمین به‌دور خودش (حرکت دورانی) را توضیح دهید.

۱۰ــ حرکت زمین به دور خورشید (حرکت انتقالی) را توضیح دهید.

۱۱ــ زمان متوسط خورشیدی را توضیح دهید.

۱۲ــ رابطه‌ی بین زمان جهانی و زمان خورشیدی یک محل را با ذکر مثال توضیح دهید.

۱۳ــ زمان استاندارد کشورها را با رسم شکل توضیح دهید.

۱۴ــ زمان استاندارد ایران را توضیح دهید.

۱۵ــ زمان نجومی را تعریف کنید.

۱۶ــ روز نجومی را تعریف کنید.

۱۷ــ زمان اتمی را تعریف کنید.

فصل هفتم

تعیین موقعیت نجومی (۲)

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

۱ــ ستاره را تعریف کرده واحد اندازه‌گیری فاصله‌ی ستارگان را توضیح دهد.

۲ــ نجوم محض و نجوم موضعی را تعریف کند.

۳ــ سیاره را تعریف کند.

۴ــ سیارات منظومه‌ی شمسی را به ترتیب نزدیکی به خورشید نام ببرد.

۵ــ قمر طبیعی را تعریف کرده تعداد اقمار طبیعی کره‌ی زمین و کره‌ی مشتری را نام ببرد.

۶ــ قمر مصنوعی را تعریف کند.

۷ــ سه فرق سیارات و ستارگان را به‌طور خلاصه بیان کند.

۸ــ کره‌ی سماوی را با رسم شکل تعریف کند.

۹ــ سمت الرأس و سمت القدم را در کره‌ی سماوی تعریف کند.

۱۰ــ محور دورانی عالم را با رسم شکل تعریف کند.

۱۱ــ صفحه‌ی استوای سماوی را تعریف کند.

۱۲ــ صفحه‌ی اکلپتیک را با رسم شکل تعریف کرده، زاویه‌ی آن با صفحه‌ی استوا را بیان کند.

۱۳ــ خط اعتدالین را تعریف کند.

۱۴ــ نقاط اعتدالین را تعریف کند.

۱۵ــ روش تعیین عرض نجومی تقریبی یک محل را با استفاده از ستاره‌ی قطبی شرح دهد.

۱ــ۷ــ تعیین موقعیت با استفاده از وضعیت ستارگان

۱ــ۱ــ۷ــ تعاریف مقدماتی

۱ــ *ستاره:* در نقشه‌برداری برای تعیین موقعیت یک نقطه می‌توان از وضعیت ستارگان و دیگر اجرام سماوی نیز استفاده نمود که این موضوع از دیرباز سابقه داشته است. ستارگان مجموعه‌ای از اجرام سماوی هستند که آن‌ها را در منظومه‌ی شمسی به صورت جرم سماوی ثابت می‌شناسیم، آن‌ها را نقاط ثابت مختصات‌دار در نظر می‌گیریم، هر چند که ستارگان نیز به همراه منظومه‌ی شمسی در حال حرکت هستند. فواصل ستارگان از کره‌ی زمین را با واحدی به‌نام سال نوری می‌سنجند.

یک‌سال نوری مسافتی است که نور در یک سال می‌پیماید و با توجه به این‌که سرعت نور تقریباً ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر برثانیه است، پس یک سال نوری برابر خواهد بود با :

$$\text{کیلومتر} \quad ۳۰۰۰۰۰\times۶۰\times۶۰\times۲۴\times۳۶۵=۹,۴۶۰,۸۰۰,۰۰۰,۰۰۰$$

نزدیک‌ترین ستارگان نسبت به کره‌ی زمین، به جز خورشید، ۴ سال نوری فاصله دارند ؛ یعنی حدود $۳/۷\times۱۰^{۱۳}$ کیلومتر.

مثال ۱: شعاع کره‌ی زمین چه نسبتی از یک فاصله‌ی سال نوری است؟

$$\frac{۶۴۰۰}{۴\times۹/۴۶۰۸\times۱۰^{۱۲}}=\frac{۱}{۵/۹۱۳\times۱۰^{۹}}\cong۱/۶۹\times۱۰^{-۱۰}$$

✻ توجه کنید که ابعاد کره‌ی زمین، حتی در مقابل نزدیک‌ترین ستارگان بسیار ناچیز است.

مثال ۲: می‌دانیم فاصله‌ی زمین تا خورشید حدود ۱۵۲۱۰۰۰۰۰ کیلومتر است. این فاصله را براساس سال نوری بیان کنید.

$$\text{سال نوری} \quad \frac{۱۵۲۱۰۰۰۰۰}{۹۴۶۰۸۰۰۰۰۰۰۰}=۱/۶\times۱۰^{-۵}$$

$$\text{روز نوری} \quad ۱/۶\times۱۰^{-۵}\times۳۶۵=۰/۰۰۵۸۶۸$$

$$\text{ساعت نوری} \quad ۰/۰۰۵۸۶۸\times۲۴=۰/۱۴۰۸۳۳$$

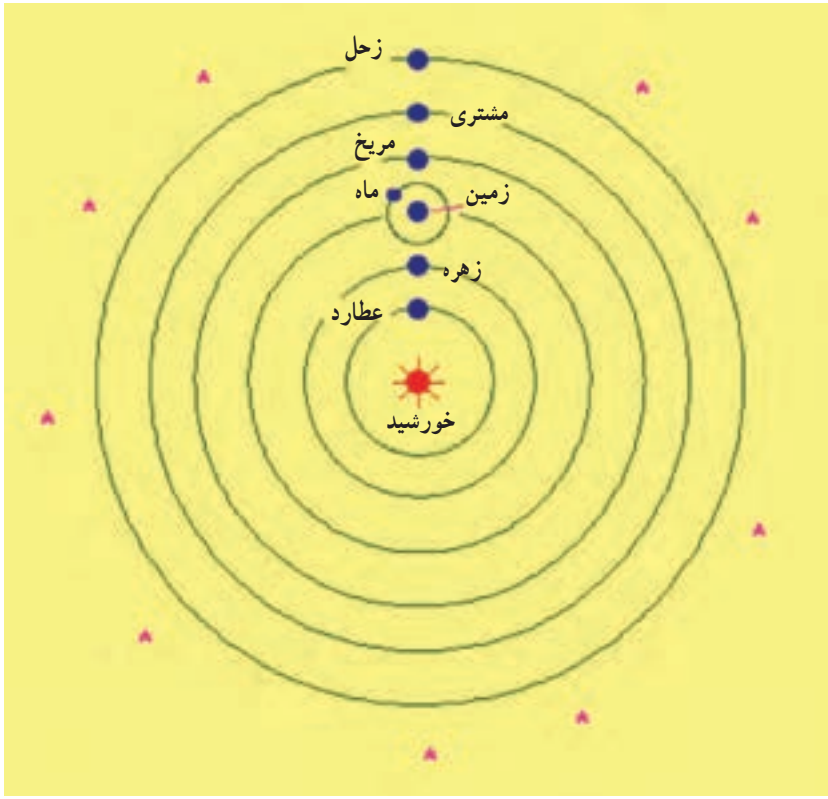
$$\text{دقیقه‌ی نوری} \quad ۰/۱۴۰۸۳۳\times۶۰=۸/۴۵$$

بنابراین، فاصله‌ی ما از خورشید حدود ۸/۵ دقیقه‌ی نوری است.

۲ــ *نجوم:* به علمی که با آن ماهیت ستارگان را بررسی می‌کنند «علم نجوم محض» می‌گویند. حال، اگر این بررسی‌ها درباره‌ی موضع و موقعیت ستارگان باشد به آن «نجوم موضعی» گویند. در

نقشه‌برداری با موقعیت ستارگان کار داریم ؛ به این صورت که از موقعیت آن‌ها برای به‌دست آوردن موقعیت نقاط زمینی استفاده می‌کنیم.

۳ــ *سیاره:* یکی دیگر از اجرام سماوی «سیارات» هستند. سیارات، مجموعه‌ای از اجرام سماوی هستند که به‌دور خورشید در حال دَوَران هستند. زمین نیز یکی از این سیارات است. حرکت سیارات به‌دور خورشید براساس قوانین کپلر بوده که به دلیل اهمیت آن قوانین، در ژئودزی آن را در بخش قبل توضیح دادیم. در شکل ۱ــ۷ وضعیت سیارات را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱ــ۷

اسامی سیارات شناخته شده‌ی منظومه‌ی شمسی به ترتیب نزدیکی به خورشید عبارت‌اند از :
۱ــ عطارد ۲ــ زهره ۳ــ زمین ۴ــ مریخ ۵ــ مشتری ۶ــ زحل ۷ــ اورانوس ۸ــ نپتون ۹ــ پلوتون

۴ــ *قمر:* یکی دیگر از جرم‌های سماوی اقمار طبیعی هستند که نمونه‌ی مشخص آن‌ها کره‌ی ماه

است. اقمار طبیعی اجرام سماوی هستند که دور سیارات حرکت می‌کنند. بررسی حرکات این‌ها مشکل‌تر از بقیه است، زیرا اقمار، علاوه برگردش بر دور سیارات خود به دور خورشید هم دوران می‌کنند.

زمین فقط دارای یک قمر طبیعی بوده در حالی‌که سیاره‌ی مشتری دارای سیزده قمر شناخته شده است.

آیا می‌دانید؟

نوع دیگر از اجرام سماوی اقمار مصنوعی یا همان ماهواره‌ها هستند.

۵ــ فرق ستاره و سیاره: فرق بین سیارات و ستارگان، به‌طور خلاصه، بدین قراراست :

۱ــ وضعیّت سیارات نسبت به هم و نسبت به ستارگان لحظه به لحظه در حال تغییر بوده، درحالی‌که وضعیّت ستارگان نسبت به هم ثابت است.

۲ــ سیّارات در حال دوران به دور خورشید هستند در حالی‌که ستارگان جرم‌های سماوی ثابتند.

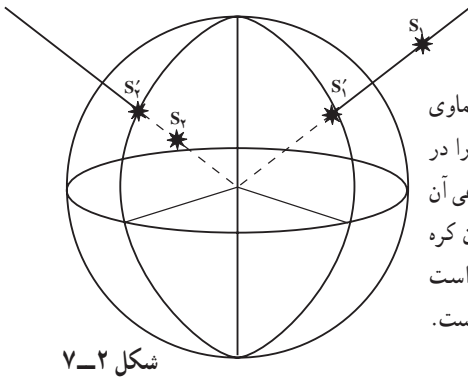
۳ــ سیارات بزرگ و نزدیک به کره‌ی زمین در تلسکوپ به صورت یک قرص به چشم

می‌آیند ؛ در حالی‌که ستارگان فقط به‌صورت یک نقطه‌ی نورانی در تلسکوپ دیده می‌شوند.

۶ــ کره‌ی سماوی: در یک شب صاف به آسمان نگاه کنید. میلیون‌ها ستاره را در آسمان با فاصله‌های مختلف از خودتان می‌بینید. چون در نجوم امتداد ستارگان را مشاهده می‌کنیم بهتر است آن‌ها را بدون توجه به فواصل آن‌ها از ما بر روی یک کره‌ی فرضی، تصویر شعاعی کنیم. به این کره‌ی فرضی که مرکز آن، مرکز جرم زمین بوده و اجرام سماوی روی آن تصویر شعاعی[1] می‌گردند «کره‌ی سماوی» گویند.

شکل ۳ــ۷ــ کره‌ی سماوی

همان‌گونه که از شکل پیداست در هر لحظه فقط می‌توانیم نصف این کره را ببینیم که به سمت بالای سر ما قرار دارد. حال آن‌که نیم‌کره‌ی زیرین و ستارگان تصویر شده‌ی روی آن را نمی‌توان در



شکل ۲ــ۷

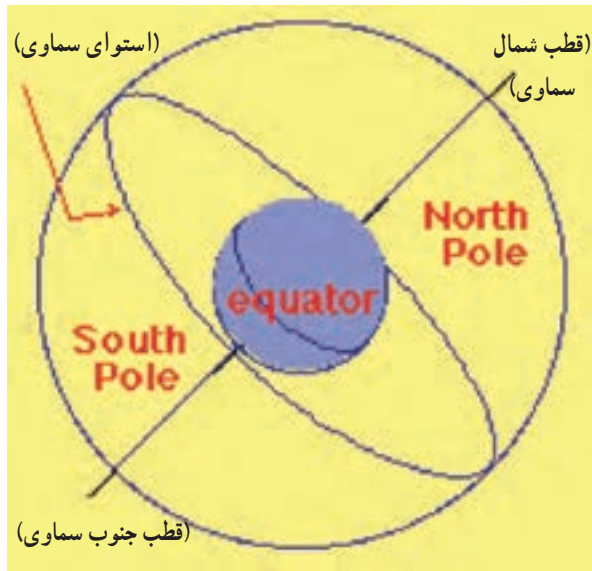
۱ــ تصویر شعاعی بدین مفهوم است که اگر مرکز کره‌ی سماوی را به هر جرم سماوی وصل کنیم این امتداد سطح کره‌ی سماوی را در یک نقطه قطع می‌کند. آن نقطه بر روی کره‌ی سماوی تصویر شعاعی آن جرم سماوی روی کره است. ممکن است جرم سماوی در بیرون کره باشد، مانند S_1 که تصویر شعاعی آن S'_1 است ؛ هم‌چنین ممکن است جرم سماوی در داخل سماوی بوده مانند S_2 که تصویر آن S'_2 است.

همان لحظه مشاهده کرد.

۷ــ *سمت الرأس و سمت القدم:* نقطه‌ای که درست در بالای سر ما بر روی کره‌ی سماوی قرار دارد در اصطلاح سمت الرأس یا زنیت[۱] و نقطه‌ی پایین را «سمت القدم» یا نادیر[۲] گویند.

۸ــ *محور دورانی عالم:* در صورتی که محور دورانی زمین را ادامه دهیم کره‌ی سماوی را در دو نقطه به‌نام قطب شمال سماوی (N.C.P) و قطب جنوب سماوی (S.C.P) قطع خواهد کرد. امتداد N.C.P به S.C.P را در نجوم «محور دورانی عالم» گویند.

۹ــ *صفحه‌ی استوای سماوی:* صفحه‌ای که از مرکز کره‌ی سماوی گذشته و بر امتداد محور دورانی عالم عمود باشد صفحه‌ی استوای سماوی گویند (شکل ۴ــ۷).

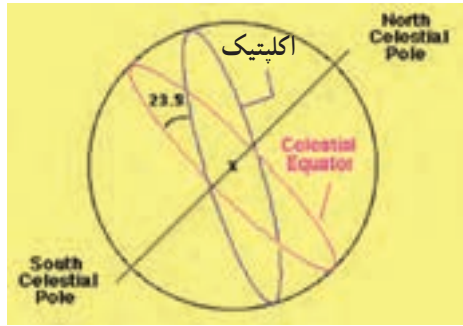


شکل ۴ــ۷

۱۰ــ *صفحه‌ی اکلپتیک:* صفحه‌ی اکلپتیک یک صفحه‌ی فرضی است که مسیر حرکت ظاهری خورشید را در روی کره‌ی سماوی نشان می‌دهد. این صفحه با صفحه‌ی استوا زاویه‌ی ۲۳/۵ درجه می‌سازد که بدان زاویه‌ی میل صفحه‌ی اکلپتیک گویند و همین زاویه‌ی میل اکلپتیک می‌باشد که باعث تغییر طول شبانه روز می‌گردد.

---

۱ ــ Zenith ۲ ــ Nadir

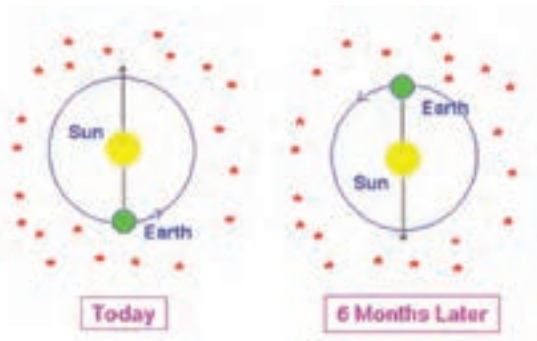


شکل ۵ــ۷

آیا می‌دانید؟

ابوریحان بیرونی در هر کاری جانب حق و صدق و امانت را رعایت می‌نمود. و روح او جز با مشاهده و تجربه‌ی شخصی آرام نمی‌گرفت. برای نمونه، میل کلی (زاویه‌ی میان سطح استوا و سطح مدار ظاهری خورشید) را چند بار در غزنه اندازه می‌گیرد تا خاطرش آسوده شد و دانست که میل کلی ۲۳ درجه و ۳۵ دقیقه است. این در حالی بود که پیش از او نیز شخصیت‌های گوناگونی بارها این کار را انجام داده بودند.

در شکل ۶ــ۷ مفهوم اکلپتیک بهتر نشان داده شده است.



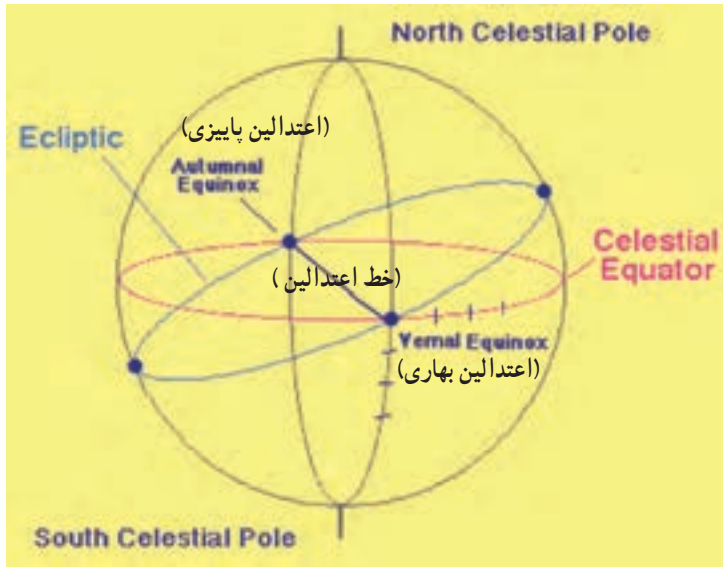
(ب) (الف)

شکل ۶ــ۷ــ وضعیت امتداد زمین به خورشید را برای امروز و برای ۶ ماه بعد نشان می‌دهد.

شکل۶ــ۷ــ ب، موقعیت خورشید را نسبت به ستارگان قابل رؤیت از سطح زمین در امروز را نشان می‌دهد. حال، این موقعیت را در روی کره‌ی سماوی علامت‌گذاری می‌کنیم. با توجه به حرکت زمین (حرکت انتقالی) این موقعیت به‌طور پیوسته در حال تغییر است که ترسیم وضعیت آن بعد از شش ماه، در شکل ۶ــ۷ــ الف، آمده است.

بنابراین، هر یک از این وضعیت‌ها در هر لحظه در حال تغییر است و اگر این وضعیت‌ها را در یک سال در نظر بگیریم حرکت ظاهری خورشید در یک سال، صفحه‌ی اکلپتیک را در روی کره‌ی سماوی مشخص خواهد کرد.

۱۱ــ *خط اعتدالین:* تقاطع صفحه‌ی استوا و صفحه‌ی اکلپتیک در امتداد خطی است که به‌آن «امتداد خط اعتدالین» گویند. این امتداد کره‌ی سماوی را در دو نقطه، یکی اعتدالین بهاری و دیگری اعتدالین پاییزی قطع می‌کند.

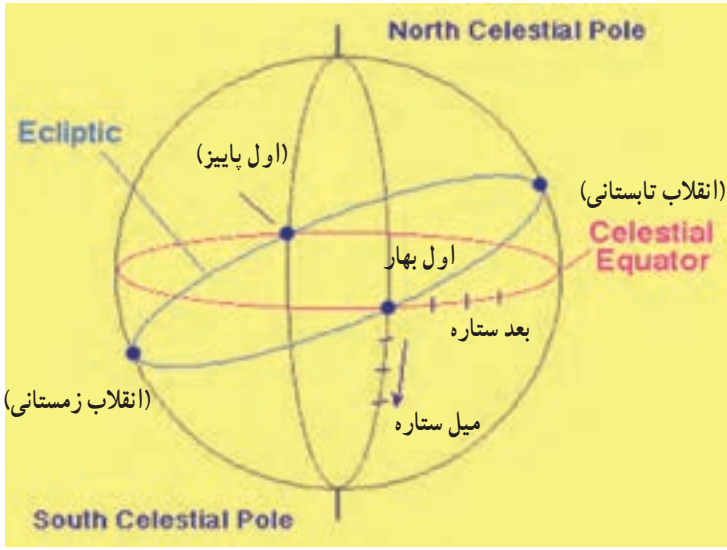


شکل ۷ــ۷

۱۲ــ *نقاط اعتدالین:* نقاط اعتدالین نقاطی هستند که وقتی زمین به آن نقاط می‌رسد طول شبانه روز با هم برابر است.

خورشید در اول بهار (۲۱ مارس) به نقطه‌ی اعتدالین بهاری و در اول پاییز (۲۲ سپتامبر) به نقطه‌ی اعتدالین پاییزی می‌رسد. دو نقطه‌ی دیگر بر روی صفحه‌ی اکلپتیک است که در یکی از

آن‌ها خورشید در شمالی‌ترین وضعیت در کره‌ی سماوی بوده و در اول تابستان (در حدود ۲۲ ژوئن) به آن نقطه می‌رسد که بدان «نقطه‌ی انقلاب تابستانی» می‌گویند. وضعیت دیگر حالتی است که خورشید در جنوبی‌ترین وضعیت بر روی کره‌ی سماوی قرار می‌گیرد و آن «انقلاب زمستانی» است در اول زمستان (حدود ۲۲سپتامبر) زمین به آن نقطه می‌رسد.

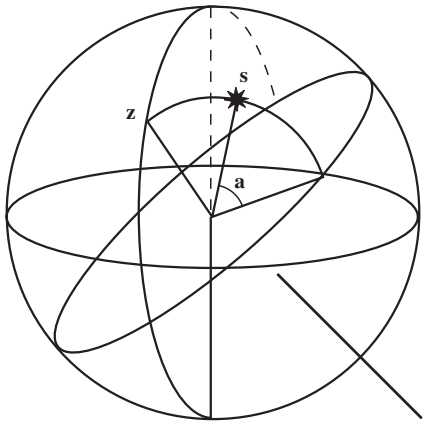


شکل ۸ــ۷

۱۳ــ *ارتفاع ستاره*: ارتفاع[1] ستاره را با a نشان می‌دهند و آن زاویه‌ای است که امتداد ستاره با صفحه‌ی افق سماوی یک محل تشکیل می‌دهد که بر روی دایره‌ی قائم گذرنده بر ستاره اندازه‌گیری می‌شود. ارتفاع ستاره پارامتری است که مشاهده می‌کنیم. این ارتفاع در واقع زاویه‌ی شیب یا متمم زاویه‌ی زنیتی است.

تغییرات ارتفاع ستاره: $-90^\circ \leq a \leq +90^\circ$

+ برای بالای صفحه‌ی افق محل و ـ برای زیر صفحه‌ی افق محل.



شکل ۹ــ۷ــ ارتفاع ستاره

۱ــ Altitude

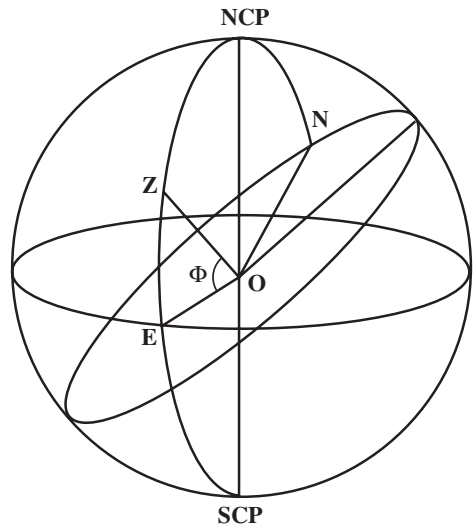
۱۴ــ *زاویه‌ی زنیتی*: زاویه‌ی بین امتداد ستاره و امتداد Zenith را زاویه‌ی زنیتی می‌گوییم و آن را با Z نشان می‌دهیم و داریم :

$$Z = ۹۰ - a$$

۲ــ۷ــ تعیین عرض نجومی تقریبی یک نقطه به روش‌های ساده

۱ــ تعیین عرض نجومی تقریبی یک نقطه با استفاده از ستاره‌ی قطبی: با توجه به شکل و تعاریف قبلی زاویه‌ی $E\hat{O}Z$ همان عرض نجومی نقطه است. از طرفی OE یک امتدادی روی صفحه‌ی استواست. و امتداد NCP و O عمود بر استوا بوده و به همین دلیل زاویه‌ی NCP و O و E برابر ۹۰° است. از طرفی زاویه‌ی $NC\hat{P},O,N$ طبق تعریف همان ارتفاع قطب است. چون $OZ \perp ON$ و $OE \perp O,NCP$ بنابراین :

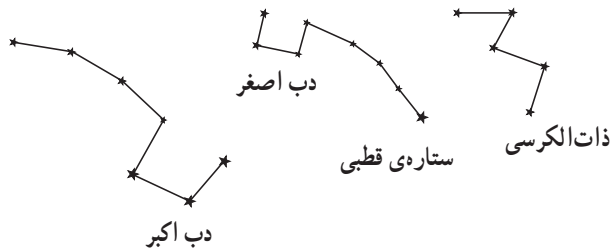
$$E\hat{O}Z(\Phi) = NC\hat{P},O,N$$ (ارتفاع قطب)



شکل ۱۰ــ۷

پس اگر بتوانیم زاویه‌ی بین امتداد قطب را با صفحه‌ی افق اندازه‌گیری کنیم در حقیقت مقدار عرض نجومی یک محل را به‌دست آورده‌ایم. اما مشکل این است که امتداد دقیق قطب یا محور دورانی زمین را در اختیار نداریم تا زاویه‌ی ارتفاعی آن را قرائت نموده به Φ یک محل پی‌ببریم .

ستاره‌ی قطبی[1] ستاره‌ای است که امروزه به‌طور تقریبی در امتداد محور دورانی زمین است[2].
امروزه ستاره‌ی قطبی ماکزیمم حدود 1° از امتداد محور دورانی زمین منحرف است. نحوه‌ی تشخیص ستاره‌ی قطبی در آسمان با استفاده از شکل ۱۱ــ۷، امکان‌پذیر است. اگر ستارگان دب اکبر یا دب اصغر و ذات‌الکرسی را در آسمان تشخیص دهید در آن صورت خواهید توانست ستاره‌ی قطبی را در آسمان بیابید :



شکل ۱۱ــ۷

پس شما در هر محلی برای به‌دست آوردن Φ تقریبی آن محل می‌توانید زاویه‌ی شیب ستاره‌ی قطبی را با هر وسیله‌ای اندازه‌گیری کنید، با دقتی حدود 1° با Φ محل برابر است.

پرسش: در چه محلی از کره‌ی زمین ستاره‌ی قطبی در افق آن محل دیده می‌شود؟

وقتی ستاره‌ی قطبی در افق محل دیده می‌شود زاویه‌ی شیب ستاره‌ی قطبی در آن محل برابر 0° است ؛ یعنی عرض نجومی آن محل برابر با صفر بوده محل بر روی استوا قرار دارد.

*با توجه به نقشه‌ی جهان ۵ شهر از کشورهای مختلف را نام ببرید که ستاره‌ی قطبی در آن‌جا با زاویه‌ی صفر درجه دیده می‌شود.

آیا می‌دانید محلی که ستاره‌ی قطبی درست در بالای ناظر دیده می‌شود، دارای چه عرض نجومی می‌باشد؟

وقتی ستاره‌ی قطبی در سمت الرأس ناظر دیده می‌شود پس زاویه‌ی شیب ستاره‌ی قطبی در آن محل برابر با 90° است : $\Phi = 90^\circ$ ؛ یعنی محل در قطب شمال است.

* با توجه به نقشه‌ی کشور ایران بیان کنید در محل سکونت شما ستاره‌ی قطبی تقریباً با چه زاویه‌ی شیبی دیده می‌شود؟

۱ــ Polaris

۲ــ امتداد محور دورانی زمین در حال تغییر است ؛ حتی پس از ۱۳۰۰۰ سال دیگر حدود 47° از امتداد فعلی منحرف خواهد شد. در درس ژئودزی دوره‌های بالاتر این موضوع را پی‌خواهید گرفت.

مطالعه آزاد

۲ــ تعیین عرض نجومی تقریبی یک محل با استفاده از ارتفاع یک ستاره‌ی مشخص:

راه‌حل ساده‌ی دیگر برای به‌دست آوردن Φ محل، مشاهده‌ی ارتفاع یا زاویه‌ی زنیتی ستاره‌ی مشخص در حالت عبور از صفحه‌ی نصف‌النهار محل است :

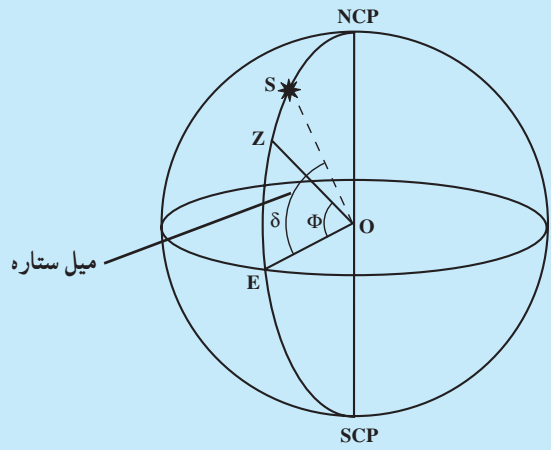
میل ستاره $S\hat{O}E = \delta$

عرض نجومی محل $Z\hat{O}E = \Phi$

زاویه‌ی زنیتی ستاره $Z\hat{O}S = Z$

با یک رابطه‌ی ساده می‌توان Φ را به‌دست آورد :

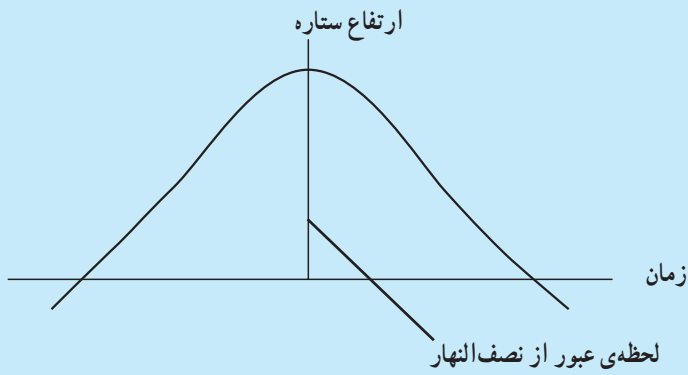
$\Phi \delta - Z$



شکل ۱۲ــ۷

* اگر ستاره از قسمت جنوبی «Zenith» عبور کند رابطه چگونه خواهد شد؟

در این روش هم مسئله‌ی مهم تشخیص این است که ستاره چه زمانی از نصف‌النهار محل عبور می‌کند. آفتاب را در نظر بگیرید. صبح به هنگام طلوع ارتفاع خورشید صفر است که رفته رفته ارتفاع آن زیاد می‌گردد تا این‌که به نصف‌النهار محل می‌رسد. در این حالت خورشید با بیش‌ترین ارتفاع مشاهده می‌شود. پس از آن حالت، دوباره ارتفاع خورشید رفته‌رفته کاهش پیدا کرده تا غروب کند. وضعیت ستارگان نیز چنین است. حالت عبور ستاره از نصف‌النهار محل ستاره دارای بیش‌ترین ارتفاع است.



شکل ۱۳ــ۷

از این‌رو قبل از عبور ستاره از نصف‌النهار به ستاره نشانه‌روی می‌کنیم. ارتفاع ستاره با گذشت زمان بیش‌تر می‌گردد. تا این که در یک زمان به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد. این زمان، لحظه‌ی عبور ستاره از نصف‌النهار است که در آن، ارتفاع ستاره اندازه‌گیری می‌شود و Φ به‌دست می‌آید.

* در اوّل تابستان ارتفاع خورشید در یک محلی اندازه‌گیری شده، مقدار آن 38° بوده، حال Φ آن محل را محاسبه کنید.

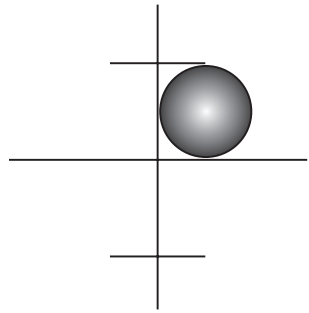
روش‌های دقیق دیگری نیز وجود دارد که در دوره‌های بالاتر با آن آشنا خواهید شد.

۳ــ۷ــ تعیین Λ طول نجومی تقریبی یک محل

۱ــ تعیین طول نجومی(Λ) تقریبی یک محل با مشاهده‌ی خورشید: چنان که یاد شد، Λ طول نجومی زاویه‌ی بین نصف‌النهار گرینویچ و نصف‌النهار محل است ؛ هم‌چنین زمان خورشیدی و نجومی هم هر دو وابسته به نصف‌النهار محل هستند ؛ براین اساس، می‌توانیم با استفاده از زمان به Λ یک محل برسیم.

اختلاف بین طول نجومی دو نقطه، دقیقاً برابر است با اختلاف بین زمان‌های محلی آن‌دو نقطه. از طرفی، یکی از روش‌های ساده، استفاده از مشاهده‌ی زمان عبور خورشید از نصف‌النهار محل است ؛ بدین‌صورت که لحظه‌ی عبور خورشید از نصف‌النهار محل را ثبت می‌کنیم. تشخیص لحظه‌ی عبور خورشید از نصف‌النهار محل، لحظه‌ای است که خورشید دارای بیش‌ترین ارتفاع باشد.

بنابراین، یک روش ساده این است که برای به‌دست آوردن Λ ، تئودولیت را در نقطه‌ای خاص مستقر نموده با استفاده از فیلتر به خورشید نشانه‌روی می‌کنیم ؛ پس موقعیت را دنبال نموده تا لحظه‌ای که به ماکزیمم ارتفاع برسد (البته با توجه به ابعاد بزرگ خورشید نمی‌توان مرکز آن را دقیق تشخیص داد) از این‌رو، مانند شکل آفتاب را در بین تار قائم و تار افق قرار داده تعقیب می‌کنیم :



شکل ۱۴ــ۷

در لحظه‌ای که خورشید به بیش‌ترین ارتفاع رسید زمان را به‌طور دقیق ثبت می‌کنیم. این زمان همان $LMT = ۱۲^h$ و همان ظهر شرعی است.

(با توجه به این که شروع زمان خورشیدی از لحظه‌ی عبور خورشید از نیمه‌ی سمت القدمی نصف‌النهار بود.) حال با داشتن ZT می‌توانیم زمان جهانی UT یا GMT را محاسبه کنیم :

$$LMT - GMT = \Lambda \qquad \text{(به واحد ساعت)}$$

مثال: در یک روز تابستان در محلی واقع در کشور ایران به خورشید نشانه‌روی کرده زمان عبور خورشید از نصف‌النهار محل (از نیمه‌ی سمت الرأسی) را ثبت می‌کنیم. اگر عبور در ساعت $۱۳^h\ ۰۷^m\ ۱۰^s$ صورت گرفته باشد، در نتیجه :

(به دلیل این که در نیمه‌ی اوّل سال UT یا $ZT - ۴/۵^h = GMT$ بوده است)

$$۱۳^h\ ۰۷^m\ ۱۰^s - ۴^h\ ۳۰^m = ۰۸^h\ ۳۷^m\ ۱۰^s$$

در لحظه‌ای که زمان را ثبت کردیم آن لحظه در حقیقت، ظهر آن محل بوده در گرینویچ ساعت $۸^h\ ۳۷^m\ ۱۰^s$ بوده است ؛ بنابراین :

$$LMT - GMT = ۱۲^h - ۸^h\ ۳۷^m\ ۱۰^s$$

$$= ۳^h\ ۲۲^m\ ۵۰^s = \Lambda \text{ به ساعت}$$

$$\Lambda = ۳^h\ ۲۲^m\ ۵۰^s \times ۱۵ = ۵۰^\circ\ ۴۲'\ ۳۰''$$

مطالعه آزاد

۲ــ تعیین طول نجومی (Λ) تقریبی یک محل با اندازه‌گیری سایه: با وضعیت سایه‌ی یک میله هم می‌توان به $LMT\ ۱۲^h$ یک محل هم پی برد. میله‌ای را در محل مناسب به‌طور عمودی قرار می‌دهیم (می‌دانیم آفتاب در لحظه‌ی ظهر یا $LMT = ۱۲^h$ دارای بیش‌ترین ارتفاع است) سایه‌ی میله در ظهر کوتاه‌تر از بقیه لحظه‌هاست بدین ترتیب، می‌توان لحظه‌ای که دارای کوتاه‌ترین سایه است Λ محل را مشاهده کرد.

موضوع دیگر اینکه می‌توانیم به این روش، اختلاف Λ بین نقاط مختلف را نیز به‌دست آوریم. فرض کنید لحظه‌ای را که خورشید یا ستاره‌ای از نصف‌النهار نقطه‌ی A عبور می‌کند ثبت می‌کنیم. برای مثال، در نقطه‌ی A خورشید در ساعت $۱۳^h\ ۱۴^m\ ۲۰^s$ و در نقطه‌ی B در ساعت $۱۳^h\ ۲۰^m\ ۴۰^s$ از نصف‌النهار عبور می‌کند در صورتی که Λ نقطه‌ی A $۵۱°۰۰'۰۰''$ باشد، Λ نقطه‌ی B را می‌توان محاسبه نمود:

$$\Delta z = ۱۳^h\ ۲۰^m\ ۴۰^s - ۱۳^h\ ۱۴^m\ ۲۰^s$$

$$= ۰۰^h\ ۰۶^m\ ۲۰^s$$

$$\Delta = ۰^h\ ۰۶^m\ ۲۰^s \times ۱۵ = ۱°\ ۳۵'$$

حال، آیا این مقدار به Λ نقطه‌ی A باید اضافه شود یا از آن کم گردد؟ با توجه به زمان‌های یادشده درمی‌یابیم که نقطه‌ی B در سمت غرب نقطه‌ی A قرار دارد؛ براین اساس Λ نقطه‌ی B کم‌تر از Λ نقطه‌ی A است؛ یعنی باید مقدار موردنظر از Λ نقطه‌ی A کم گردد.

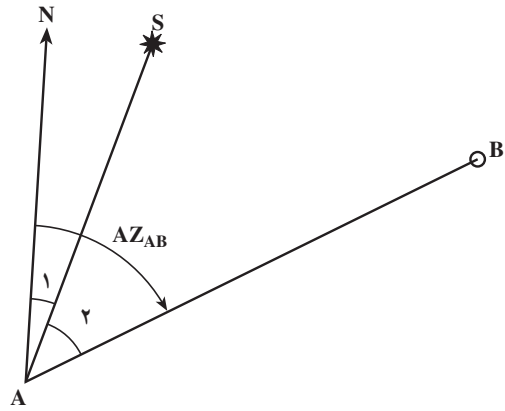
$$\Delta \text{ نقطه‌ی } B = ۴۹°\ ۲۵'$$

ــ باید توجه نمود که مانند تعیین Φ برای Λ نیز روش‌های دقیق‌تر وجود دارد. در دوره‌های بالاتر با آن روش‌ها آشنا خواهید شد.

۴ــ۷ــ تعیین آزیموت نجومی تقریبی یک امتداد

هدف، تعیین آزیموت نجومی امتداد AB است، اما نمی‌توان این زاویه را مستقیماً اندازه‌گیری نمود، زیرا امتداد شمال را در اختیار نداریم تا به‌طور دقیق به آن نشانه‌روی کرده آن زاویه را با

تئودولیت یا وسایل دیگر مشاهده کنیم. برای حل این مشکل می‌توانیم از ستاره‌ی مشخص استفاده کنیم. با درنظر گرفتن ستاره‌ی S، زاویه‌ی موردنظر به‌دو زاویه‌ی $\hat{1}$ و $\hat{2}$ تجزیه می‌گردد. زاویه‌ی «۲» زاویه‌ای است که می توان آن را مشاهده کرد. این زاویه بین امتداد ستاره‌ی مشخص و امتداد نقطه‌ی زمینی قرار دارد. اما برای زاویه‌ی «۱» نیز همان مشکل قبلی موجود است ؛ به این صورت که یک طرف آن شمال بوده که یک امتداد مشخص نیست تا با آن بتوان نشانه‌روی کرد. در حقیقت، زاویه‌ی «۱» چیزی جز آزیموت ستاره نیست. بنابراین، این زاویه را فقط می‌توان محاسبه کرد، نه مشاهده. بر این اساس سه پارامتر موجود می‌تواند به‌شرح زیر باشد :



شکل ۱۵ــ۷

۱ــ Φ عرض نجومی محل

۲ ــ δ میل ستاره (از جدول)

۳ــ a ارتفاع ستاره (می‌توان آن را مشاهده کرد.)

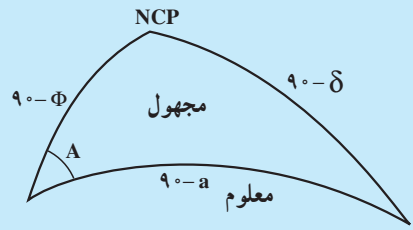
گفتنی است که در نجوم شیوه‌ی مشخص کردن Φ و Λ و آزیموت به همین ترتیبی است که از آن یاد شد ؛ یعنی ابتدا Φ تعیین می‌گردد و سپس Λ که در آن از Φ دقیق استفاده می‌گردد ؛ آن‌گاه آزیموت یک امتداد تعیین می‌شود ؛ از این‌رو لحظه‌ای که آزیموت یک امتداد تعیین می‌گردد Φ تعیین شده است.

آیا می‌دانید؟

در سال ۴۱۵ قمری فرمان‌روای ترک‌های وولگا گروهی را به غزنه فرستاده بود. آن مردمان با ساکنان سرزمین‌های قطبی رابطه‌ی بازرگانی داشتند و ابوریحان بیرونی از آنان خواست اطلاعاتش را درباره‌ی آن سرزمین‌ها بیش‌تر کند. یکی از آن فرستادگان در پیشگاه محمود غزنوی گفت که درسرزمین‌های دور دست شمال، گاهی خورشید روزهای زیادی غروب نمی‌کند. سلطان محمود در آغاز بسیار خشمگین شد و آن سخنان را کفرآمیز خواند. اما ابوریحان به او گفت که سخن آن فرستاده درست و علمی است و ماجرا را برایش توضیح داد.

مطالعه آزاد

مثال: در یک لحظه‌ای زاویه‌ی افقی بین ستاره‌ی قطبی و امتداد AB قرائت شده که برابر با $۲۰^\circ ۱۱' ۳۰''$ است. در همان لحظه نیز ارتفاع ستاره‌ی قطبی مشاهده گردیده که برابر با $۳۵^\circ ۱۱' ۵۰''$ بوده است. حال، اگر $\Phi = ۳۵^\circ ۱۵' ۱۰''$ و $\delta = ۸۹^\circ ۱۵' ۴۰''$ ستاره باشد آزیموت امتداد زمینی را محاسبه کنید :



شکل ۱۵ــ۷

$$\cos(۹۰-\delta)=\cos(۹۰-a)\cos(۹۰-\Phi)+\sin(۹۰-a)\sin(۹۰-\Phi)\cos A$$

$$\sin\delta = \sin a\sin\Phi \quad \cos a\cos\Phi\cos A$$

$$\cos A=\frac{\sin\delta - \sin a\sin\Phi}{\cos a\cos\Phi}=\frac{\sin ۸۹^\circ ۱۵' ۴۰'' - \sin ۳۵^\circ ۱۱' ۵۰'' \sin ۳۵^\circ ۱۵' ۱۰''}{\cos ۳۵^\circ ۱۱' ۵۰'' \cos ۳۵^\circ ۱۵' ۱۰''}$$

$$\cos A = ۰/۹۹۹۸۷۶۱ \Rightarrow A = ۰^\circ ۵۴' ۷/۰۳''$$

البته با توجه به این که ماکزیمم انحراف ستاره‌ی قطبی از محور دورانی در محل حدود ۱° است یعنی اگر آزیموت یک امتداد با دقت حدود ۱° موردنظر است، زاویه‌ی بین آن امتداد و امتداد ستاره‌ی قطبی قرائت شود کافی است.

سؤال: روش‌های دیگر برای تعیین آزیموت کدام‌اند؟

خودآزمایی

۱ــ ستاره را تعریف کرده واحد اندازه‌گیری فاصله‌ی ستارگان را توضیح دهید.

۲ــ نجوم محض و نجوم موضعی را تعریف کنید.

۳ــ سیاره را تعریف کنید.

۴ــ سیارات منظومه‌ی شمسی را به ترتیب نزدیکی به خورشید نام ببرید.

۵ــ قمر طبیعی را تعریف کرده، تعداد اقمار طبیعی کره‌ی زمین و کره‌ی مشتری را بیان کنید.

۶ــ قمر مصنوعی را تعریف کنید.

۷ــ سه فرق سیارات و ستارگان را به‌طور خلاصه بیان کنید.

۸ــ کره‌ی سماوی را با رسم شکل تعریف کنید.

۹ــ سمت‌الرأس و سمت‌القدم را در کره‌ی سماوی تعریف کنید.

۱۰ــ محور دورانی عالم را با رسم شکل تعریف کنید.

۱۱ــ صفحه‌ی استوای سماوی را تعریف کنید.

۱۲ــ صفحه‌ی اکلپتیک را با رسم شکل تعریف کرده زاویه‌ی آن با صفحه‌ی استوا را بیان کنید.

۱۳ــ خط اعتدالین را تعریف کنید.

۱۴ــ نقاط اعتدالین را تعریف کنید.

۱۵ــ روش تعیین عرض نجومی تقریبی یک محل را با استفاده از ستاره‌ی قطبی شرح دهید.

۱۶ــ روش تعیین طول نجومی تقریبی یک محل را با مشاهده‌ی خورشید شرح دهید.

مشخصات سیارات منظومه شمسی

شماره	سیارات / مشخصات	Mercury عطارد	Venus زهره	Earth زمین	Mars مریخ	Jupiter مشتری	saturn زحل	Uranus اورانوس	Neptune نپتون	Pluto پلوتو
۱	ماکزیمم فاصله از خورشید (میلیون کیلومتر)	۶۹/۷	۱۰۹	۱۵۲/۱	۲۴۹/۱	۸۱۵/۷	۱۵۰۷	۳۰۰۴	۴۵۳۷	۷۳۷۵
۲	می‌نیمم فاصله از خورشید (میلیون کیلومتر)	۴۵/۹	۱۰۷/۴	۱۴۷/۱	۲۰۶/۷	۷۴۰/۹	۱۳۴۷	۲۷۳۵	۴۴۵۶	۴۴۲۵
۳	پریود حرکت انتقالی دور خورشید	۸۸ روز	۲۲۴/۷ روز	۳۶۵/۲۵ روز	۶۸۷ روز	۱۱/۸۶ سال	۲۹/۴۶ سال	۸۴/۰۱ سال	۱۶۴/۸ سال	۲۴۷/۷ سال
۴	پریود دورانی	۵۹ روز	۲۴۳ ـ روز	h m s ۲۳ ۵۶ ۰۴	h m s ۲۴۳۷ ۲۳	h m s ۹ ۵۰ ۳۰	h m s ۱۰۱۴ ۰۰	h m s ۱۱ ۰۰ ـ	h m s ۱۶ ۰۰	h روز ۶ ۹
۵	سرعت انتقالی km/s	۴۷/۹	۳۵	۲۹/۸	۲۴/۱	۱۳/۱	۹/۶	۶/۸	۵/۴	۴/۷
۶	قطر km	۴۸۸۸۰	۱۲۱۰۴	۱۲۷۵۶	۶۷۸۷	۱۴۲۸۰۰	۱۲۰۰۰۰	۵۱۸۰۰	۴۹۵۰۰	ـ
۷	با فرض این که جرم زمین ۱ باشد.	۰/۰۵۵	۰/۸۱۵	۱	۰/۱۰۸	۳۱۷/۹	۹۵/۲	۱۴/۶	۱۷/۲	ـ
۸	میل صفحه‌ی مداری نسبت به استوا	کم‌تر از ۲۸°	۳°	۲۳°۲۷′	۲۳°۵۹′	۳°۰۵′	۲۶°۴۴′	۸۲°۵′	۲۸°۴۸′	ـ
۹	قمرهای شناخته شده	۰	۰	۱	۲	۱۳	۱۰	۵	۲	۰

ضمیمه‌ی ۲

اطلاعات کلّی درباره‌ی خورشید، زمین و ماه

جرم Mass

جرم خورشید = $۱/۹۹ \times ۱۰^{۳۰}$ کیلوگرم

جرم زمین = $۵/۹۸ \times ۱۰^{۲۴}$ کیلوگرم

جرم ماه = $۷/۳۶ \times ۱۰^{۲۲}$ کیلوگرم

شعاع Radius

شعاع خورشید = $۶/۹۶ \times ۱۰^{۵}$ کیلومتر

شعاع زمین = $۶/۳۷۸ \times ۱۰^{۳}$ کیلومتر

شعاع ماه = ۱۷۳۸ کیلومتر

دانسیته یا وزن مخصوص متوسط

وزن مخصوص متوسط خورشید = ۱۴۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب

وزن مخصوص متوسط زمین = ۵۵۲۲ کیلوگرم بر متر مکعب

وزن مخصوص متوسط ماه = ۳۳۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب

شتاب جاذبه در سطح

شتاب جاذبه در سطح خورشید = ۲۷۴ متر بر مجذور ثانیه

شتاب جاذبه در سطح زمین = ۹/۸ متر بر مجذور ثانیه

شتاب جاذبه در سطح ماه = ۱/۶۷ متر بر مجذور ثانیه

* سرعت دورانی زمین حول محور خودش = $۷/۲۹ \times ۱۰^{-۵}$ رادیان بر ثانیه
* سرعت انتقالی زمین = ۲۹/۷۷ متر بر ثانیه
* فاصله‌ی ماه تا زمین به‌طور متوسط = $۳/۸ \times ۱۰^{۵}$ کیلومتر

ضمیمه‌ی ۳

سال‌شمار زندگی ابوریحان بیرونی

۳۶۲ قمری/ ۳۵۱خورشیدی: روز پنج‌شنبه سوم ذی‌الحجه/ هجدهم دی‌ماه در روستایی بیرون شهر کاث به دنیا آمد.

۳۶۸ قمری/ ۳۵۷ خورشیدی: در مکتب شهر جرجانیه برای یک سال درس خواند.

۳۶۹ قمری/ ۳۵۸ خورشیدی: درسش را در مکتب روستا ادامه داد.

۳۷۹ قمری/ ۳۵۸ خورشیدی: در هفده سالگی به اندازه‌گیری ارتفاع نیمروزی خورشید در شهر کاث پرداخت.

۳۸۵ قمری/ ۳۷۳ خورشیدی: انقلاب تابستانی را در دهکده‌ای در جنوب شهر کاث رصد کرد.

۳۸۷ قمری/ ۳۷۵ خورشیدی: روز شنبه یازدهم جمادی‌الاول/ ۷ خرداد ماه، خورشیدگرفتگی را رصد کرد.

۳۹۱ قمری/ ۳۷۹ خورشیدی: کتاب آثارالباقیه را در گرگان به نام قابوس‌بن وشمگیر آل‌زیار نوشت.

۳۹۳ قمری/ ۳۸۱ خورشیدی: روز شنبه چهاردهم ربیع‌الثانی/ ۶ اسفند ماه و روز یک‌شنبه سیزدهم شوال/ ۲۹ مرداد، دو ماه‌گرفتگی را در گرگان رصد کرد.

۳۹۴ قمری/ ۳۸۲ خورشیدی: روز یک‌شنبه دوازدهم شعبان/ ۲۰ مرداد ماه، ماه‌گرفتگی را در جرجانیه رصد کرد.

۴۰۸ قمری/ ۳۹۶ خورشیدی: همراه سلطان محمود غزنوی از جرجانیه به غزنه رفت.

۴۰۹ قمری/ ۳۹۷ خورشیدی: عرض جغرافیایی جیخور، در نزدیکی کابل، را با کمک شاقول اندازه گرفت.

۴۱۲ قمری/ ۴۰۰ خورشیدی: اعتدال بهاری و پاییزی و انقلاب تابستانی و زمستانی را در شهر غزنه رصد کرد.

۴۱۶ قمری/ ۴۰۴ خورشیدی: نگارش کتاب تحدید نهایات الاماکن را به پایان رساند.

۴۱۸ قمری/ ۴۰۵ خورشیدی: رساله‌ی استخراج الاوتار فی الدایره را نوشت.

۴۲۰ قمری/ ۴۰۷ خورشیدی: نگارش کتاب التفهیم لاوائل الصناعه التنجیم را به پایان رساند.

۴۲۱ قمری/ ۴۰۸ خورشیدی: کتاب تحقیق ماللهند را نوشت و رساله‌ی قانون مسعودی را به سلطان مسعود غزنوی هدیه داد.

۴۲۵ قمری/ ۴۱۲ خورشیدی: فهرست کتاب‌ها و نوشته‌های محمدبن زکریای رازی و فهرست ۱۱۳ جلد کتاب خود را نوشت.

۴۴۲ قمری/ ۴۲۹ خورشیدی: روز جمعه سوم رجب/ ۶ آذرماه، به سوی پروردگار خود رفت.

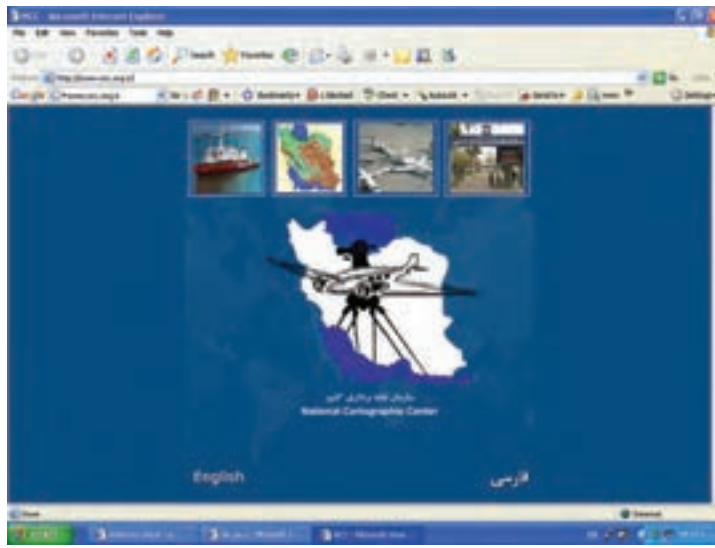
ضمیمه‌ی ۴

معرفی بعضی از سایت‌های مهم نقشه‌برداری در ایران: در زیر سایت‌های سه سازمان مهم دولتی مرتبط با نقشه‌برداری معرفی می‌شود :

سایت رسمی سازمان نقشه‌برداری کشور.

http://www.ncc.org.ir

در معرفی این سایت آمده است : سازمان نقشه‌برداری کشور از زمان تأسیس درسال ۱۳۲۲ فعالیت‌های گسترده‌ای شامل : ایجاد شبکه‌های مختصات مبنایی، اجرای طرح تهیه نقشه‌های پوششی کشور، تهیه اطلس‌های ملی، تهیه چارت‌های دریایی، انجام مشاهدات جزر و مدی، تهیه نقشه رقومی شهرها کشور، ایجاد پایگاه اطلاعات مکانی ملی، ایجاد پایگاه اسامی جغرافیایی، تهیه و چاپ انواع نقشه‌های موردی، موضوعی و برجسته، نظارت و کنترل فنی فعالیت‌های نقشه‌برداری و تدوین دستورالعمل‌ها و استانداردهای مربوطه را انجام داده است. سازمان نقشه‌برداری کشور به عنوان تولیدکننده اصلی نقشه و اطلاعات مکانی در کشور اهدافی مانند : گسترش دامنه کاربران و کاربردهای نقشه و اطلاعات مکانی بهره‌گیری بیش از پیش از این اطلاعات دربرنامه‌ریزی، مدیریت و توسعه مبتنی بر دانایی محور، مورد نظر چشم‌انداز بیست ساله و برنامه‌های توسعه پنج ساله کشور، ایجاد ارزش افزوده به اطلاعات تولید شده، اشتراک‌گذاری و بهره‌گیری مشترک از داده‌ها، اطلاعات مکانی، ایجاد پایگاه‌های اطلاعات مکانی قابل دسترس از طریق فن‌آوری‌های ارتباطات را دنبال می‌نماید.



سایت رسمی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

http://www.ngo.iran.ir/

در معرفی این سایت آمده است : نام «جغرافیایی» گسترده فعالیت و خدمات سازمان جغرافیایی از بدو تأسیس تاکنون را مشخص می‌نماید. در سال ۱۳۰۰ هجری شمسی سنگ بنای یک ارگان رسمی نقشه‌برداری یعنی تشکیل شعبه نقشه‌برداری و نقشه‌کشی گذارده شد و در سیر تحول و متناسب با نیاز، مأموریت‌ها و وظایف سازمانی به دایره‌ی جغرافیایی، اداره‌ی جغرافیایی، سازمان جغرافیایی کشور و سازمان جغرافیایی تغییر نام یافته است.

سازمان جغرافیایی به منظور دستیابی سریع و دقیق به اطلاعات جغرافیایی کشور و سایر مناطق مورد نیاز تلاش گسترده‌ای را در به روز درآوردن فنی نیروی انسانی، مدرنیزه نمودن خط تولید و ارائه‌ی خدمات، همگام با مراکز پیشرفته نقشه‌برداری داشته و در این مسیر گام برمی‌دارد.

سازمان جغرافیایی با بیش از سه ربع قرن تجربه در تهیه نقشه‌های پوششی و انجام کلیه فعالیت‌های نقشه‌برداری و جغرافیایی، هماهنگ با پیشرفت‌های علمی و فنی جهان، آمادگی کامل ارائه‌ی خدمات گوناگون در زمینه‌های مختلف علوم و فنون جغرافیایی، دورسنجی و نقشه‌برداری را دارا می‌باشد.

سایت رسمی سازمان فضایی ایران

http:// isa.ir/

درخصوص آشنایی با سایت‌های بخش دانشگاهی، دانشکده نقشه‌برداری و ژئودزی دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی و گروه مهندسی نقشه‌برداری و ژئوماتیک دانشگاه تهران که دو مرکز دانشگاهی معتبر و باسابقه در کشور در زمینه‌ی نقشه‌برداری هستند معرفی می‌شود :

دانشکده نقشه‌برداری و ژئودزی دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی

http://www.kntu.ac.ir/geodesy

گروه مهندسی نقشه‌برداری و ژئوماتیک دانشگاه تهران

http.// eng.ut.ac.ir/ departments/show-departments.asp?department=3

منابع

۱ــ کتاب Geodesy The Concept نوشته دکتر ونیچک ۱۹۸۶

۲ــ جزوه درسی ژئودزی یک دکتر مهدی نجفی علمداری، انتشارات دانشکده نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳ــ جزوه درسی نجوم ژئودتیک مهندس محمد کریم، انتشارات دانشکده نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۴ــ کتاب کارتوگرافی دکتر همراه

۵ــ نقشه و نقشه‌خوانی، ترجمه مهندس عباس جعفری، انتشارات سازمان جغرافیایی

۶ــ کتاب درسی مبانی نقشه‌برداری، تألیف دکتر بهمن مقرب‌نیا

۷ــ تصویر پشت جلد کتاب، اقتباس شده از روزنامه ایران مورخ ۱۳۸۶/۹/۱۱ ؛ نقشه‌ای که یک سیاح فرانسوی در ۲۹۴ سال پیش از قلمرو ایران تهیه کرده است.

۸ــ پوسترهای سال جهانی ریاضیات ۱۳۷۹. انتشارات فاطمی