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

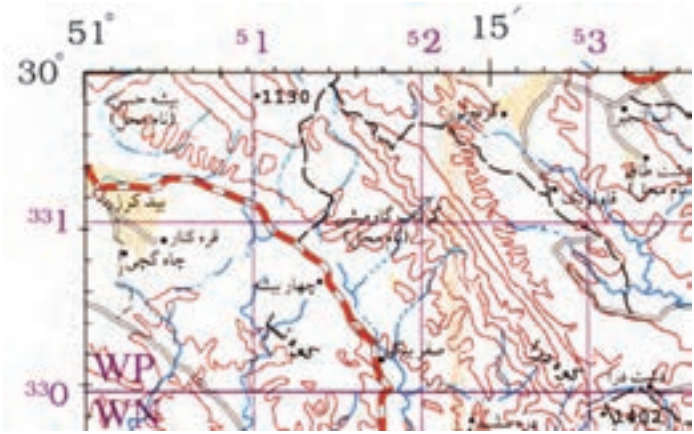
نقشه‌ای که به‌صورت نهایی عرضه می‌گردد از دو قسمت تشکیل یافته است :

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

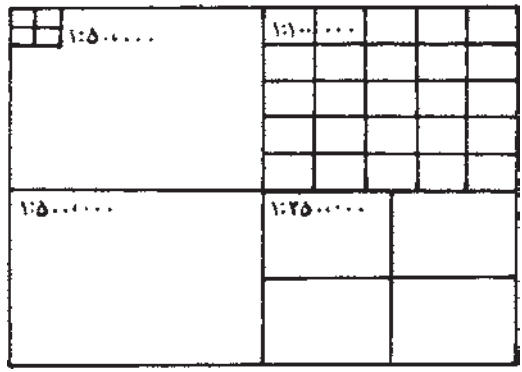
ج ــ چنان‌چه نقشه در نشریه‌ای که اختصاص به رشد جمعیت ایران دارد چاپ گردد، عنوان زیر را می‌توان انتخاب نمود :

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.

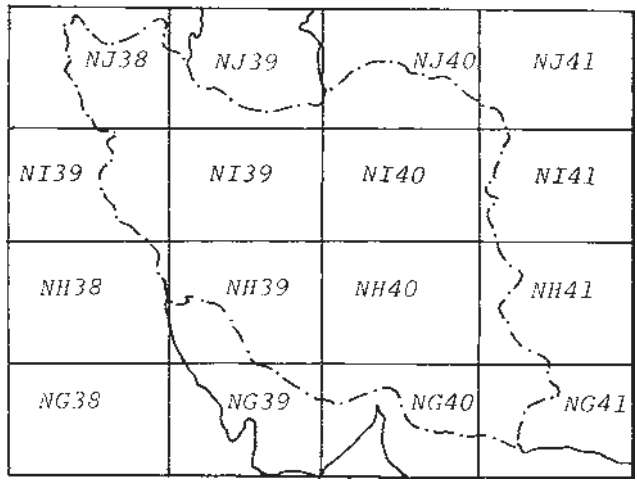


شکل ۳ــ۵ــ قطع نقشه و رابطه‌ی آن با مقیاس نقشه

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).

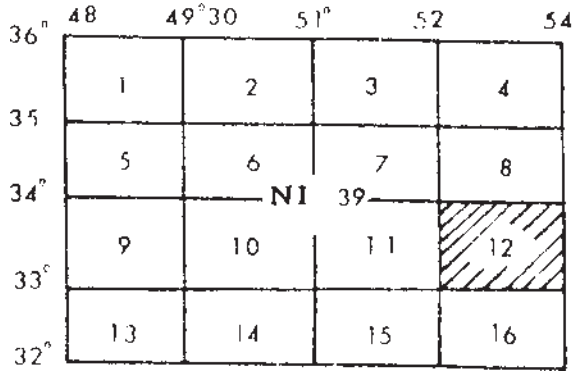


شکل ۴ــ۵ــ شماره‌گذاری برگه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰۰ پوششی جهانی از ایران

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	

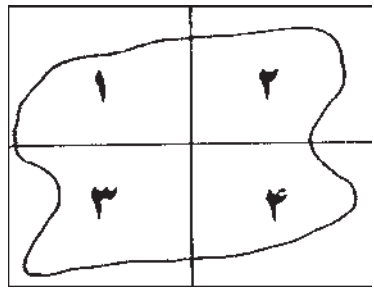
شکل ۶ــ۵

مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰

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

شکل ۷ــ۵

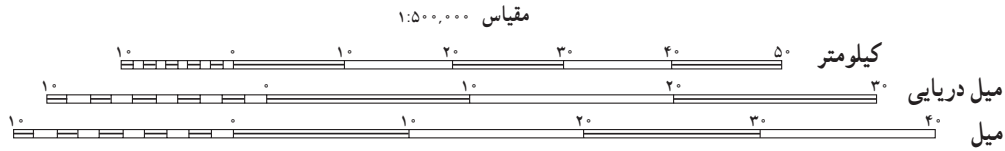
در مورد نقشه‌های غیرپوششی، شماره‌گذاری نقشه به‌مراتب ساده‌تر است ؛ مثلاً، اگر منطقه‌ای در چهار برگ نشان داده شود، مطابق شکل ۸ــ۵ به‌راحتی می‌توان آن‌ها را شماره‌گذاری کرد.



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• .....

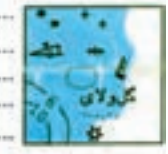
روئیدنیها

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

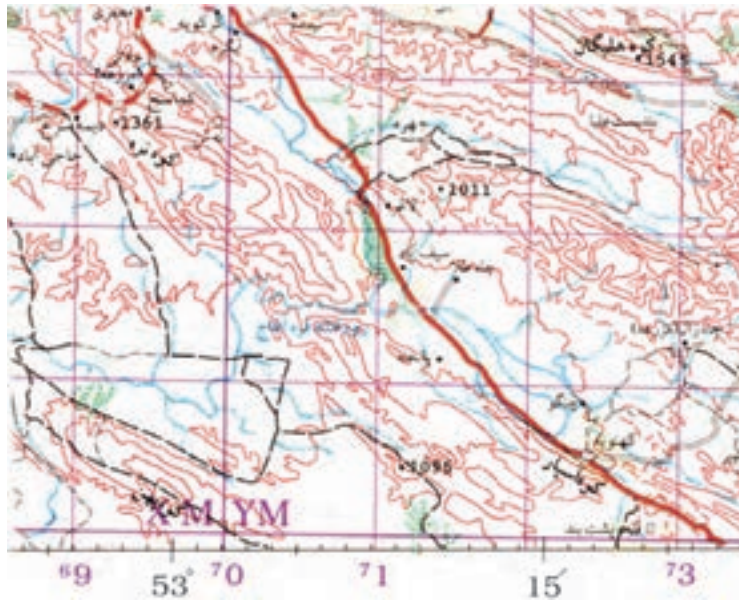
رسوبات ساحلی

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.

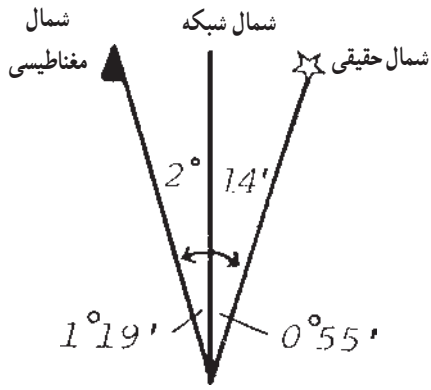
۱۰ــ۲ــ۵ــ سیستم تصویر، شبکه و شمال‌ها: سیستم تصویر به‌کار رفته در نقشه بسیار حائزاهمیت می‌باشد، به‌طورکلی اسم سیستم تصویر در حاشیه‌ی نقشه ذکر می‌گردد. اعداد مربوط به مدارات و نصف‌النهارات از جمله‌ی اطلاعاتی است که حتماً باید در نقشه قید گردد. چنان‌چه نقشه دارای شبکه‌ی قائم‌الزاویه باشد، باید ارقام مربوط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

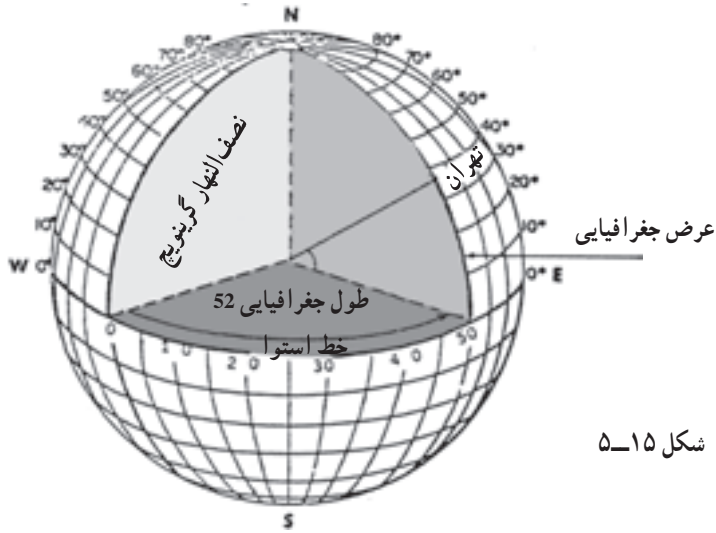
راهنمای نقشه های مجاور

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.

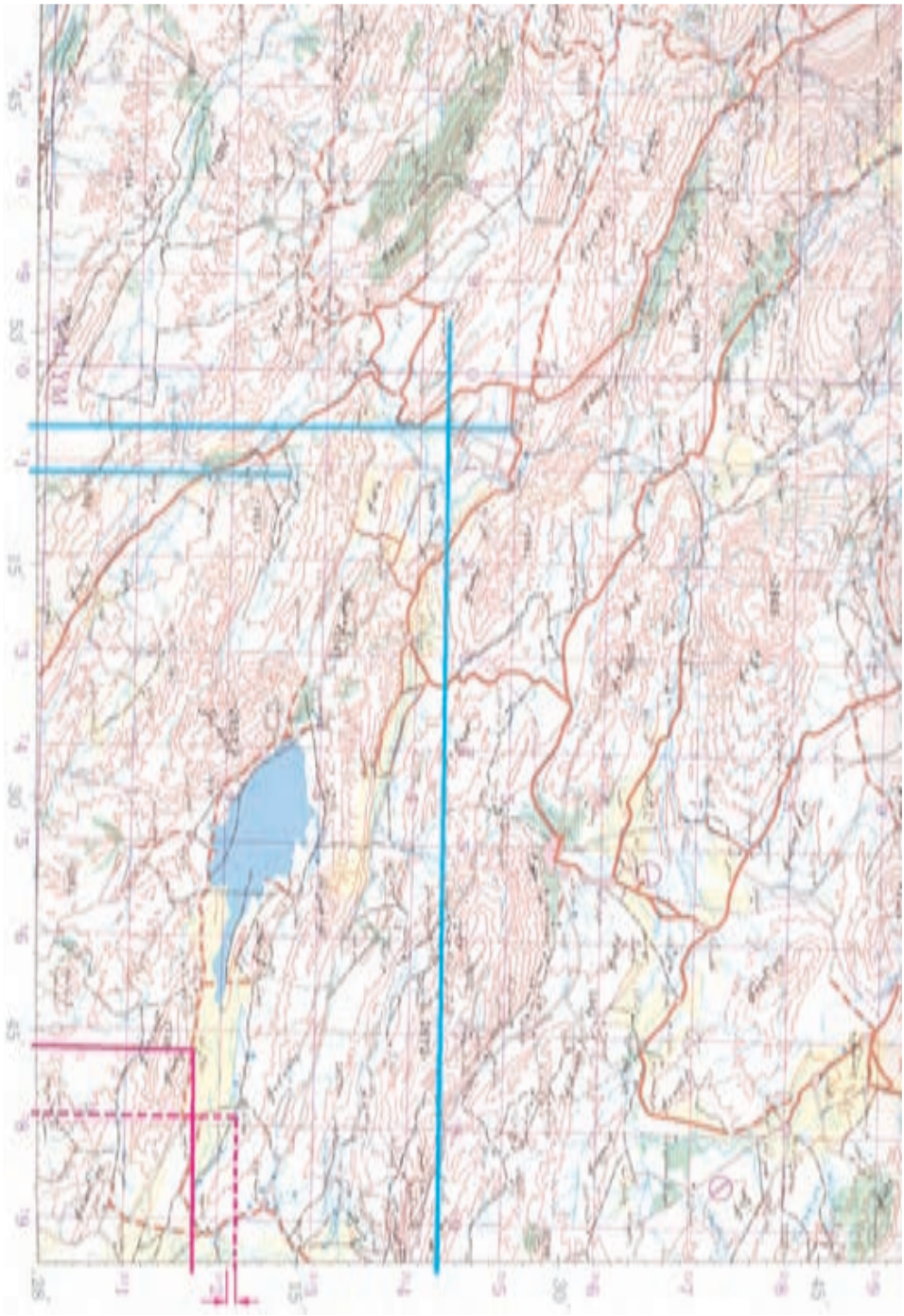
برای تعیین موقعیت روی این نقشه‌ها به‌صورت ساده می‌توان از نقطه‌ی موردنظر روی نقشه خطوطی به موازات نصف‌النهارات و مدارات ترسیم کرد تا خطوط افقی و عمودی حاشیه‌ی نقشه را قطع نماید سپس با استفاده از مختصات نوشته شده در حاشیه‌ی نقشه مختصات نقطه‌ی موردنظر را بیابیم.

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

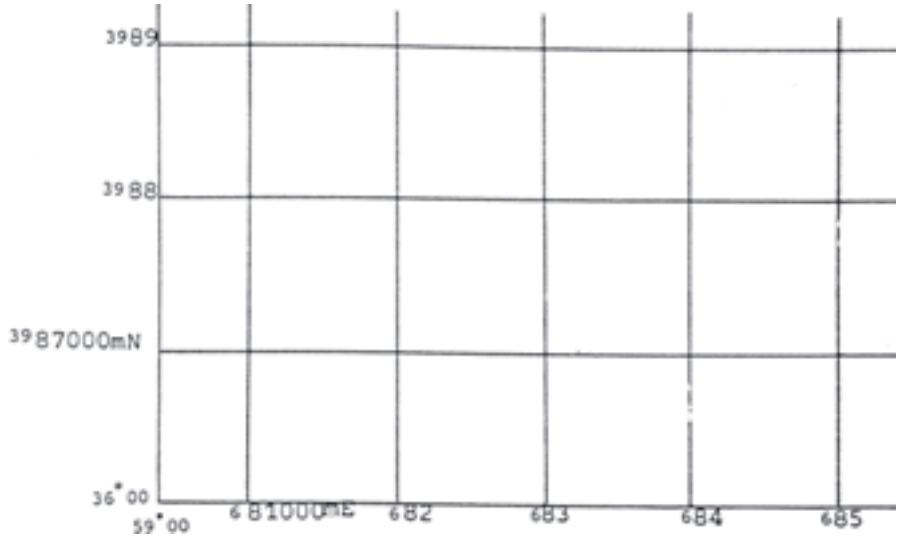
در فصل سوم آموختیم در سیستم تصویر UTM زمین به ۶۰ قاچ تقسیم می‌شود مختصات نقاط در هر ۶۰ قاچ کاملاً شبیه یکدیگر است و فقط شماره zone است که آن‌ها را از یکدیگر تفکیک می‌نماید. در این سیستم واحد مختصات برحسب متر است. در این سیستم هر zone را نیز با مربع‌های صدهزار متری شبکه‌بندی نموده‌اند و هر مربع از این 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.

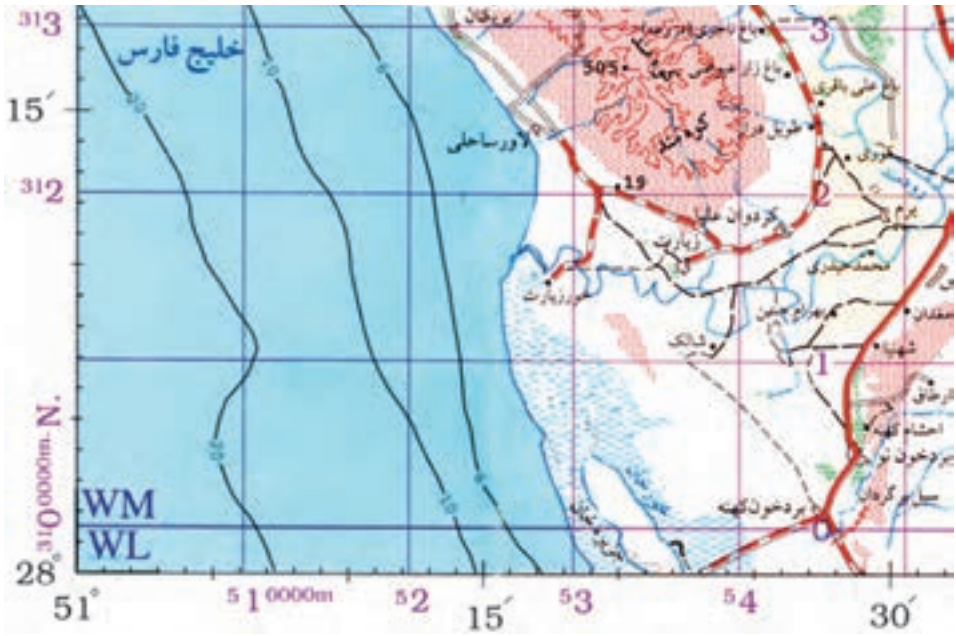
برای تعیین موقعیت نقاط روی نقشه از نقطه‌ی موردنظر خطوطی به موازات خطوط شبکه ترسیم نموده تا خطوط حاشیه‌ی نقشه را قطع نماید سپس با استفاده از اطلاعات حاشیه مختصات UTM نقاط به‌دست می‌آید.

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.

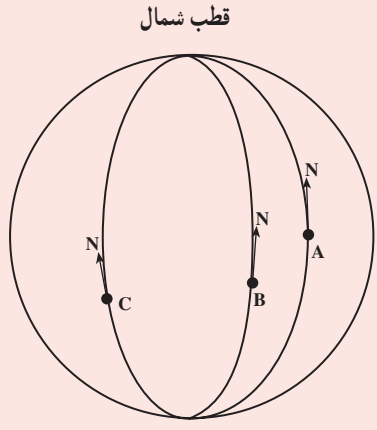
در این نوشته روشی ساده و سریع برای تعیین قبله ارائه می‌شود. این روش با فرض این که زمین به شکل کره می‌باشد، امتداد قبله را با دقتی در حد چند درجه نشان می‌دهد. در صورتی که نیاز به تعیین امتداد قبله با دقت بالا داشته باشیم باید از مدل بیضوی برای زمین استفاده نموده و آزیموت قبله را با مدل‌های ریاضی پیچیده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

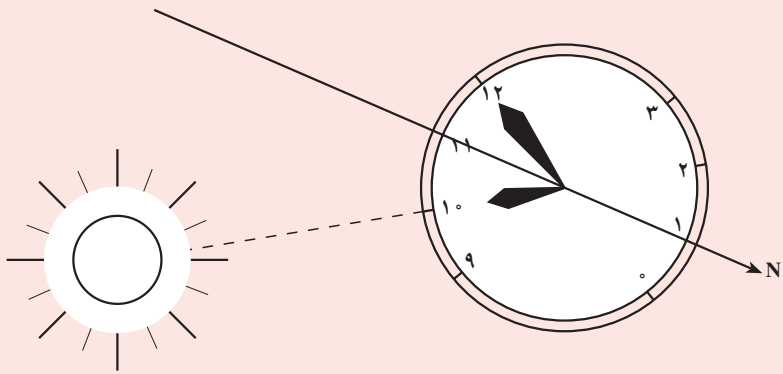
در این‌جا برای تعیین تقریبی امتداد شمال از یک ساعت مچی عقربه‌دار و محل خورشید در آسمان استفاده می‌کنیم.

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.



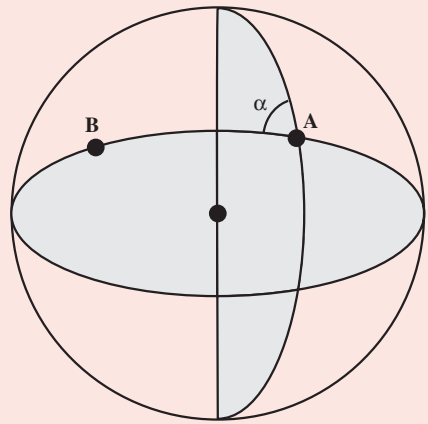
شکل ۲۰ــ۵

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.

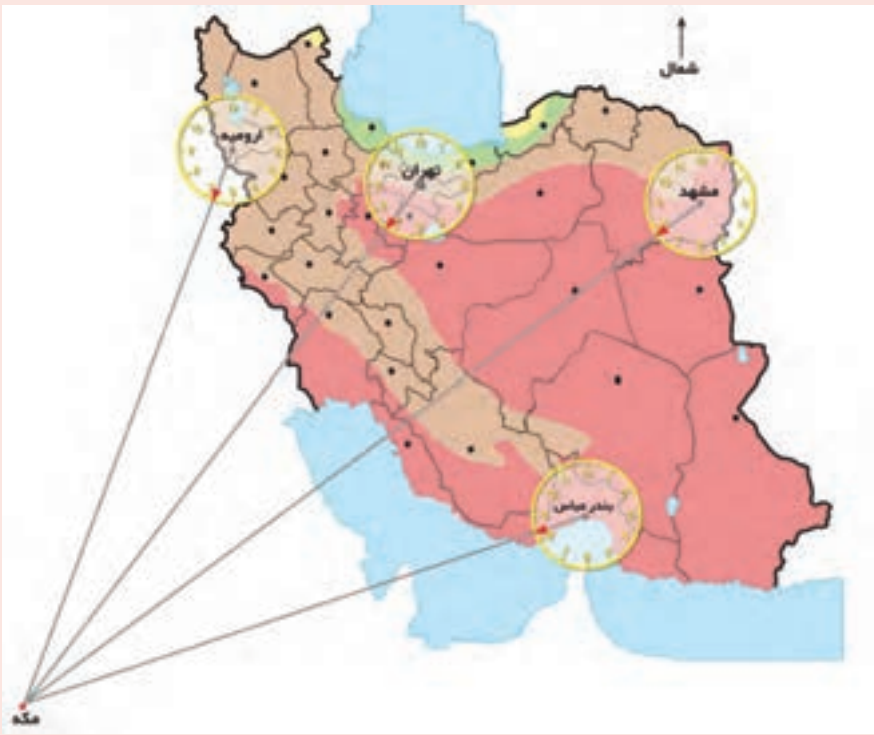
مطابق شکل ۲۱ــ ۵ برای تعیین امتداد α از نقطه‌ی A به B صفحه‌ی گذرنده از سه نقطه A و B و مرکز کره را با صفحه‌ی نصف‌النهار گذرنده از نقطه‌ی A قطع داده و زاویه‌ی بین دو صفحه را محاسبه می‌کنیم.



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.

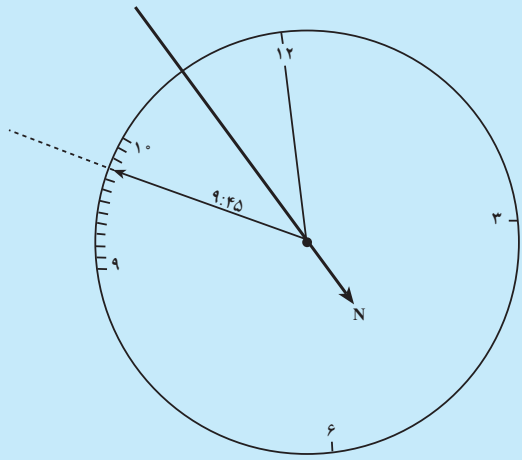
۴ــ مثلاً در ساعت ۹ و ۴۵ دقیقه محل عقربه‌ی ساعت‌شمار در این ساعت، روی تخته سه‌پایه، به صورت شکل ۲۳ــ ۵ خواهد بود.

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.

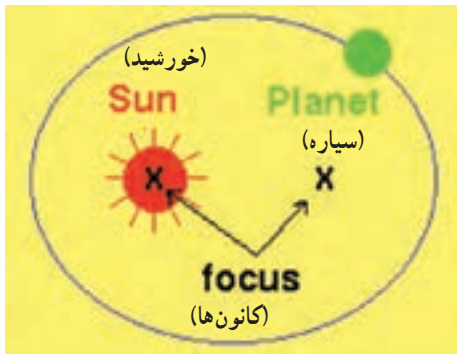
۲ــ۶ــ قوانین کپلر

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 :

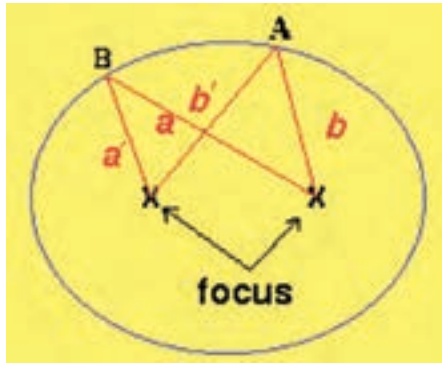
۱ــ در هر بیضی دو نقطه به عنوان کانون وجود دارد و بیضی مکان هندسی نقاطی است که مجموع فواصل آن نقاط از کانون‌ها مقداری ثابت است.

$$a + b = a' + b' = \text{ثابت}$$

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

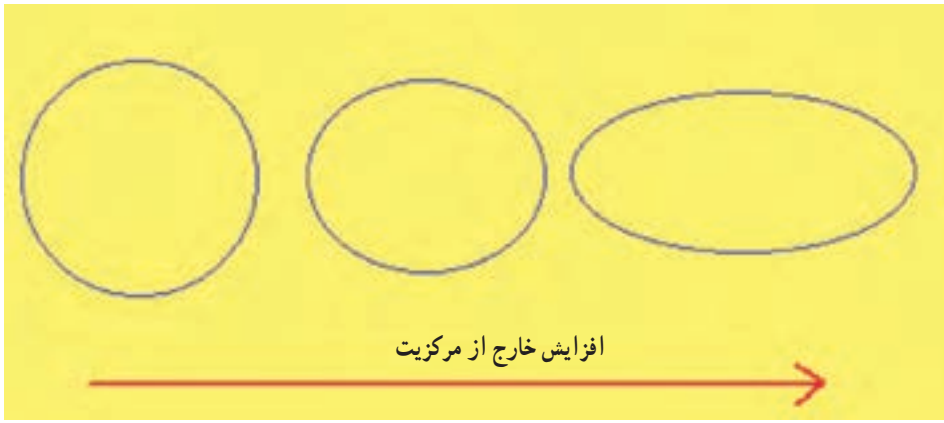
خارج از مرکزیّت = e نصف قطر کوتاه بیضی = b

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



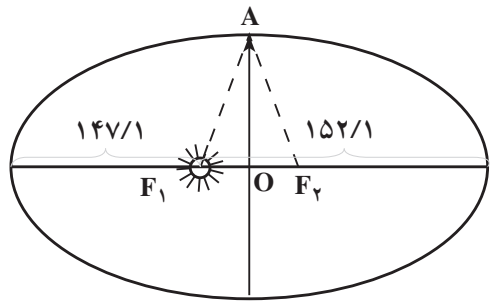
شکل ۳ــ۶ ــ بیضی وخاصیت آن

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 $AF_۱=AF_۲=۱۴۹/۶$

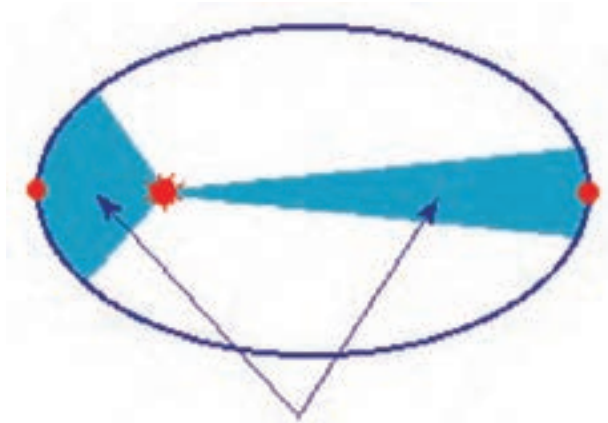
پس $b=\sqrt{۱۴۹/۶^۲-۲/۵^۲}\cong۱۴۹/۵۷۹$ میلیون کیلومتر

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.

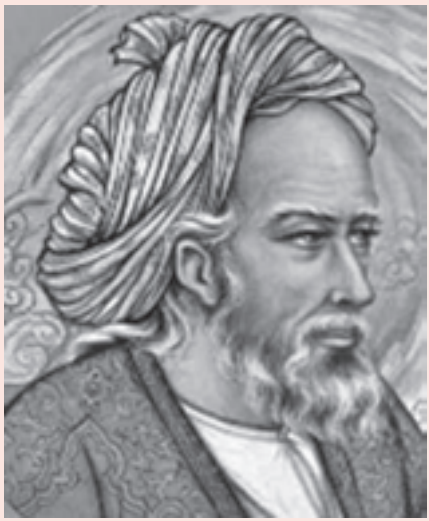
آیا می‌دانید که اگر فردی پنجاه‌ساله در زمین، برای مثال در سیاره‌ی عطارد زندگی می‌کرد سنی برابر ۲۰۷/۶۰ سال داشت و اگر در سیاره‌ی پلوتون زندگی می‌کرد سن او ۲/۴ ماه می‌شد.

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.

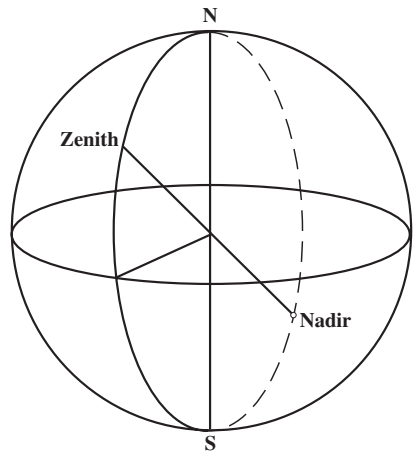
۳ــ۶ــ انواع زمان

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.

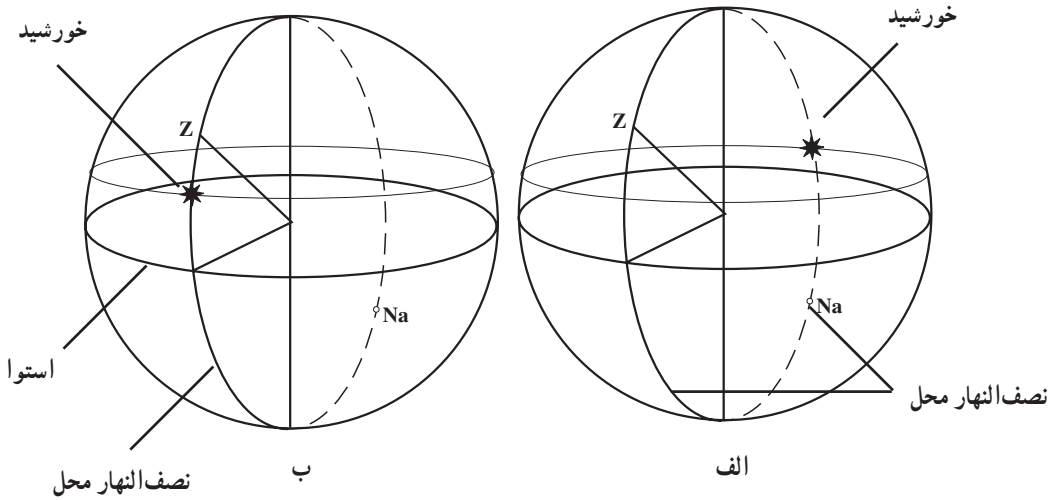
۲ــ *حرکت انتقالی:* زمین غیر از حرکت دورانی به دور خورشید نیز می‌چرخد. این حرکت نیز سبب پیدایش سال می‌شود و به آن «حرکت سالیانه» نیز می‌گویند.



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.

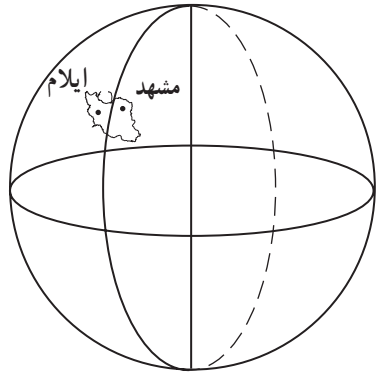
همان‌گونه که از تعریف زمان خورشیدی محل مشخص گردید هر محلی دارای یک زمان خورشیدی است ؛ برای مثال، اگر زمان خورشیدی در محل ما 11^h باشد (یعنی 11^h است که خورشید از نیمه‌ی سمت‌القدمی نصف‌النهار محل ما عبور کرده) در آن صورت در یک محل دیگر در همان لحظه، زمان خورشیدی عدد دیگری خواهد بود.

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

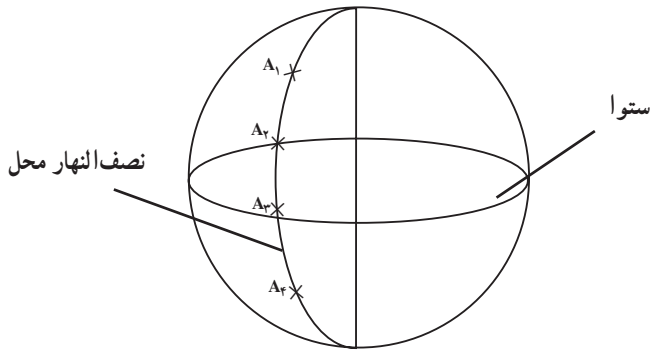
$$LMT = ۱۰^{h} + \frac{۵۱}{۱۵} = ۱۳^{h}۲۴^{m}$$

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.



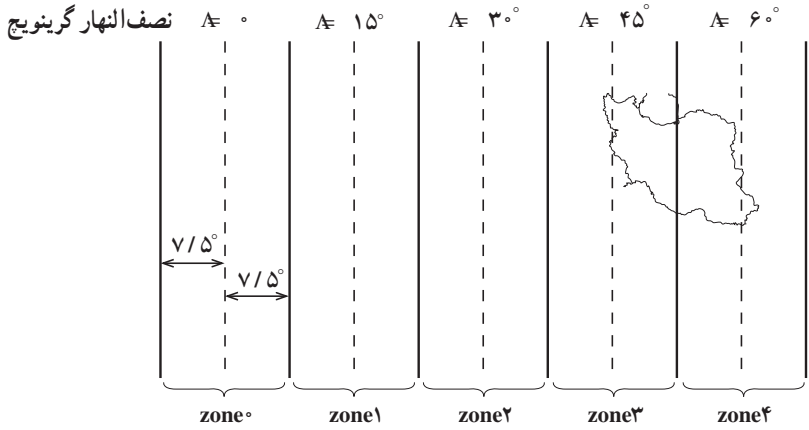
شکل ۱۰ــ۶

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؟

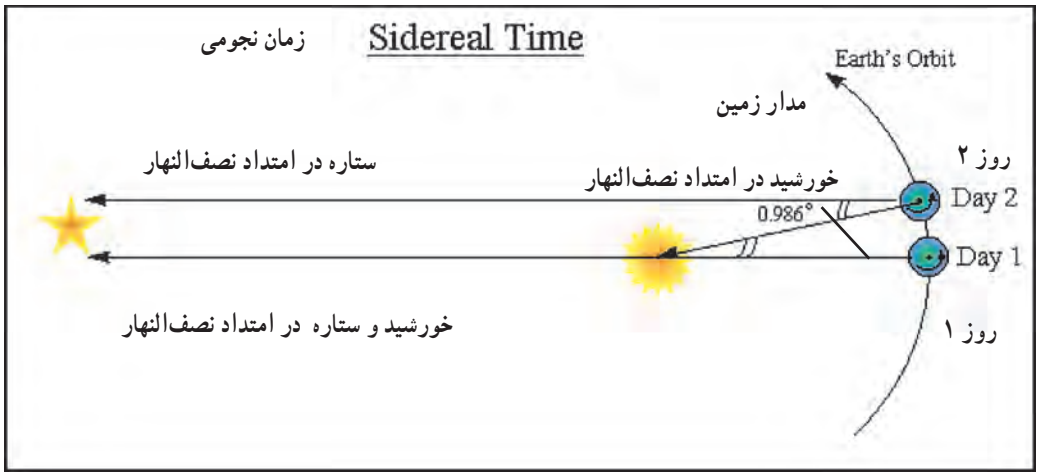
نصف‌النهار استاندارد کشور ما ۵۲/۵ $\triangleq$ A ، یعنی، زمان استاندارد کشور ما بیانگر عبور خورشید از نیمه سمت‌القدمی نصف‌النهار $52/5^{\circ}$ است.

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.

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

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

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

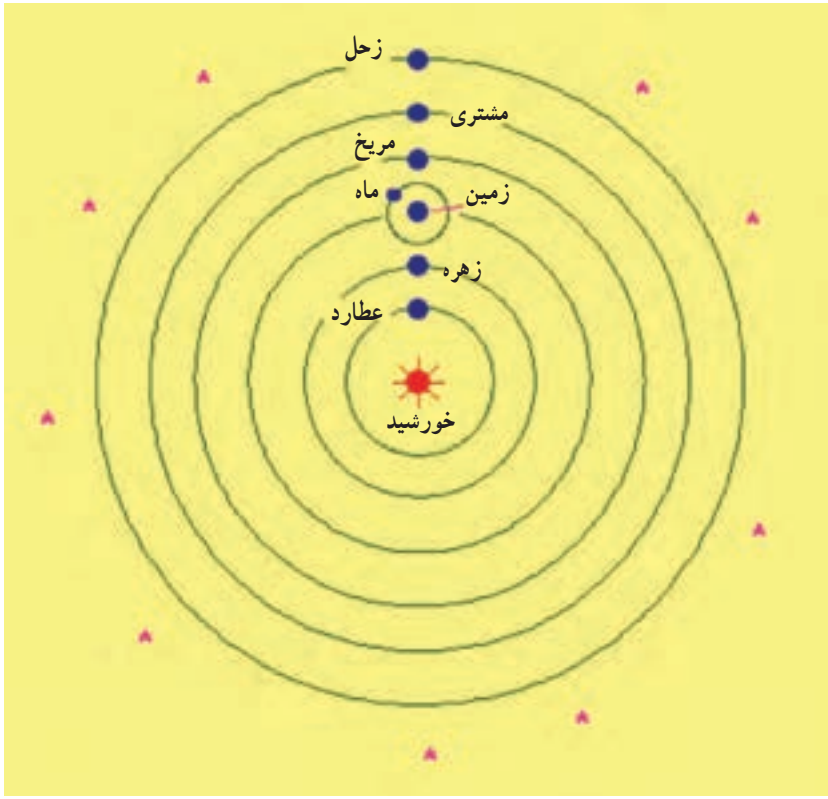
$$\text{دقیقه‌ی نوری} \quad ۰/۱۴۰۸۳۳\times۶۰=۸/۴۵$$

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.

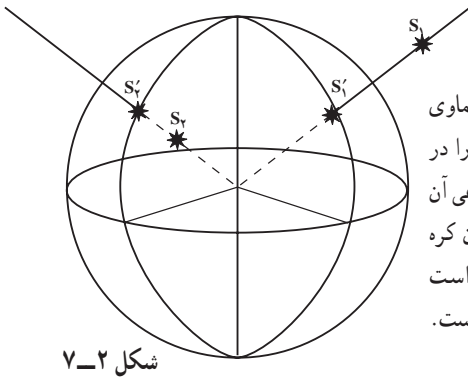
۳ــ سیارات بزرگ و نزدیک به کره‌ی زمین در تلسکوپ به صورت یک قرص به چشم

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

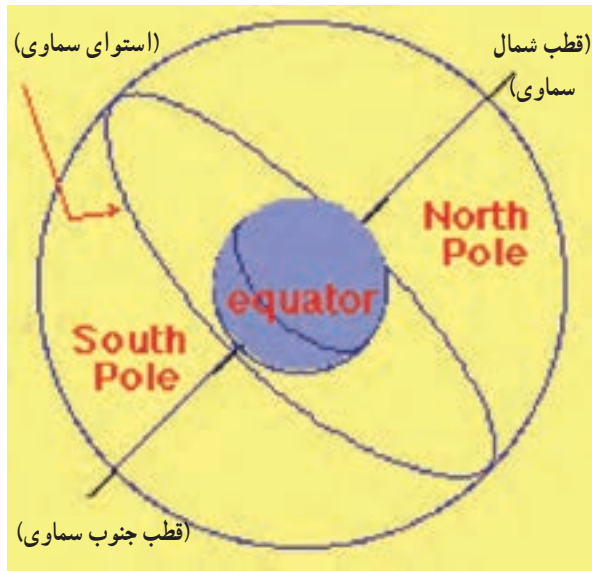
۱ــ تصویر شعاعی بدین مفهوم است که اگر مرکز کره‌ی سماوی را به هر جرم سماوی وصل کنیم این امتداد سطح کره‌ی سماوی را در یک نقطه قطع می‌کند. آن نقطه بر روی کره‌ی سماوی تصویر شعاعی آن جرم سماوی روی کره است. ممکن است جرم سماوی در بیرون کره باشد، مانند S_1 که تصویر شعاعی آن S'_1 است ؛ هم‌چنین ممکن است جرم سماوی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

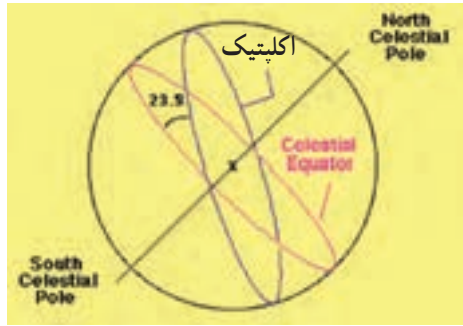


شکل ۴ــ۷

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

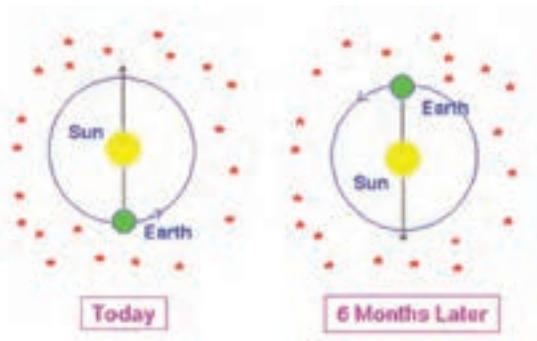


شکل ۵ــ۷

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.



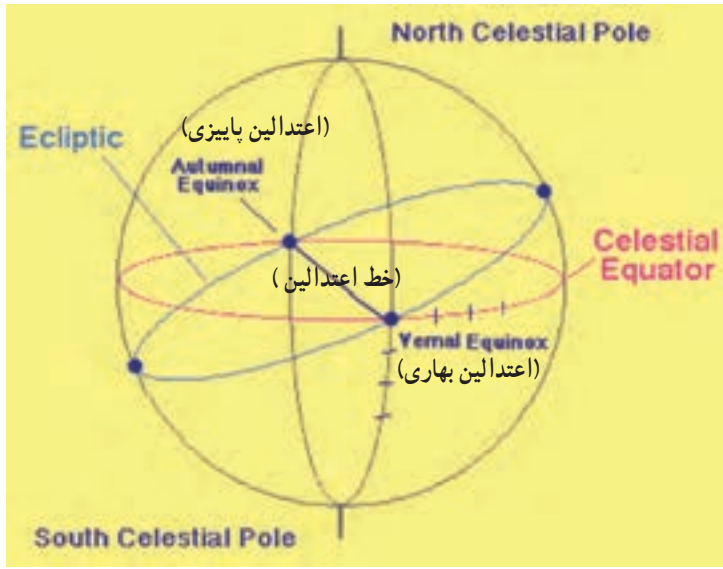
(ب) (الف)

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.

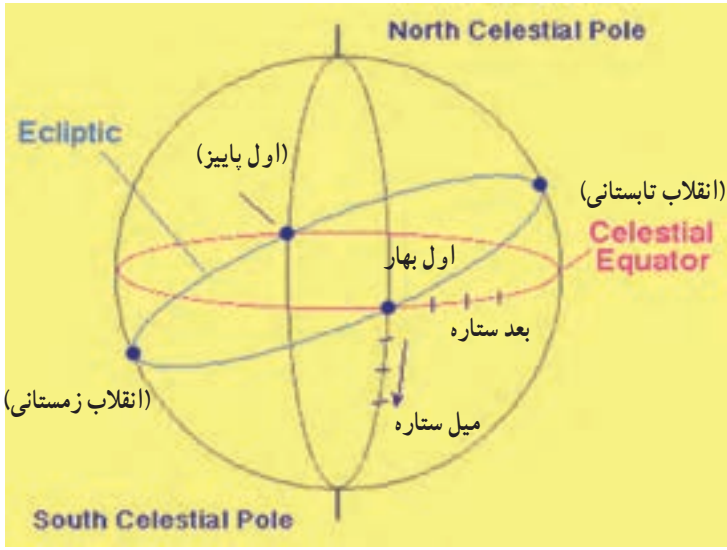


شکل ۷ــ۷

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.

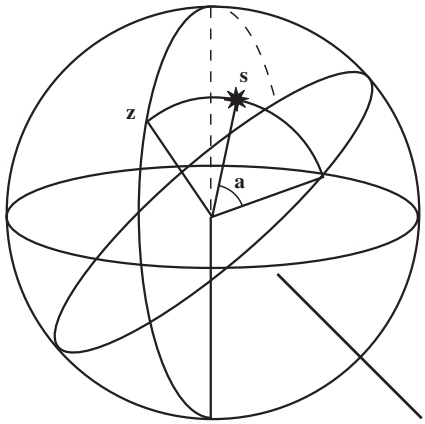


شکل ۸ــ۷

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

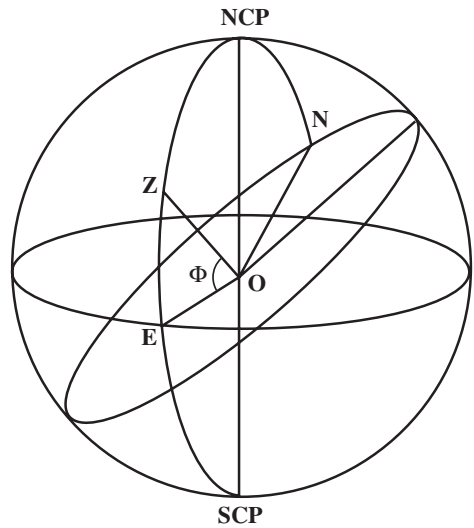
۱۴ــ *زاویه‌ی زنیتی*: زاویه‌ی بین امتداد ستاره و امتداد Zenith را زاویه‌ی زنیتی می‌گوییم و آن را با Z نشان می‌دهیم و داریم :

$$Z = ۹۰ - a$$

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 :

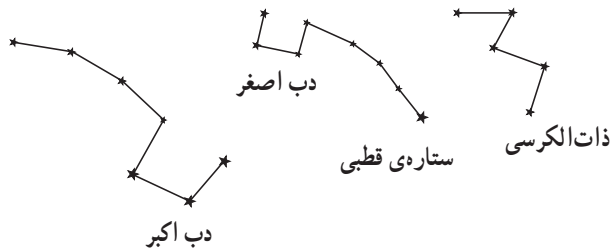
$$E\hat{O}Z(\Phi) = NC\hat{P},O,N$$ (ارتفاع قطب)



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 :

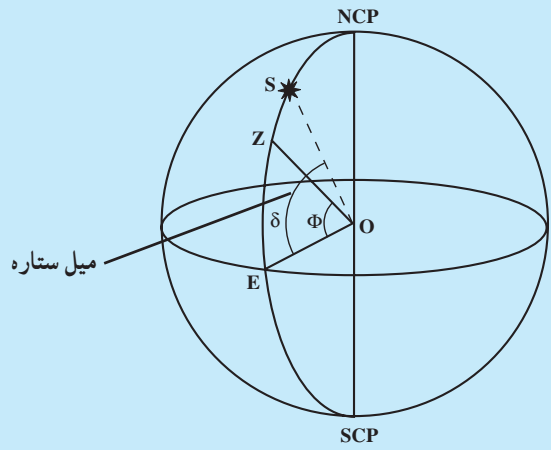
میل ستاره $S\hat{O}E = \delta$

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 :

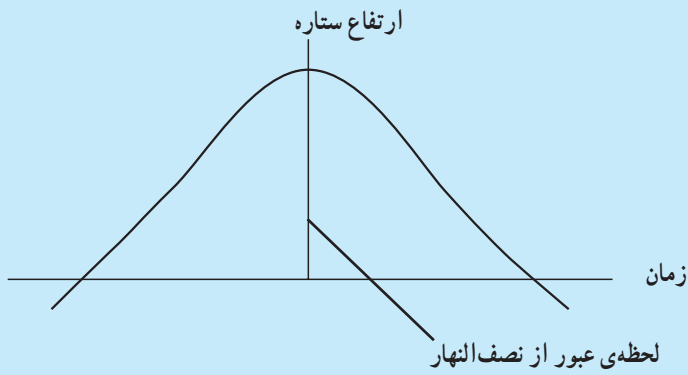
$\Phi \delta - Z$



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.

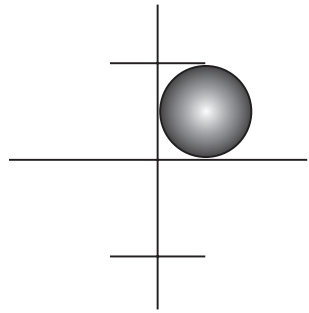
روش‌های دقیق دیگری نیز وجود دارد که در دوره‌های بالاتر با آن آشنا خواهید شد.

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.

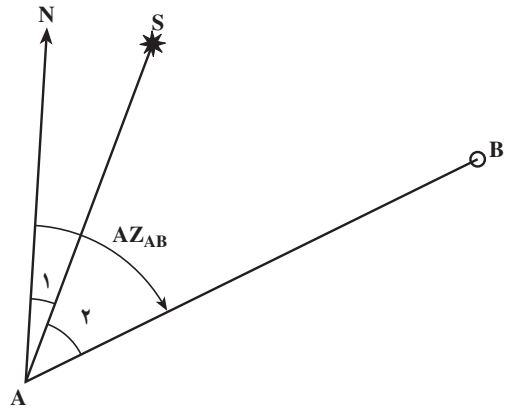
$$\Delta \text{ نقطه‌ی } B = ۴۹°\ ۲۵'$$

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.)

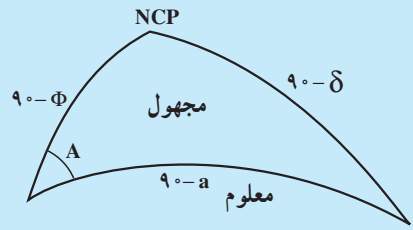
گفتنی است که در نجوم شیوه‌ی مشخص کردن Φ و Λ و آزیموت به همین ترتیبی است که از آن یاد شد ؛ یعنی ابتدا Φ تعیین می‌گردد و سپس Λ که در آن از Φ دقیق استفاده می‌گردد ؛ آن‌گاه آزیموت یک امتداد تعیین می‌شود ؛ از این‌رو لحظه‌ای که آزیموت یک امتداد تعیین می‌گردد Φ تعیین شده است.

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.

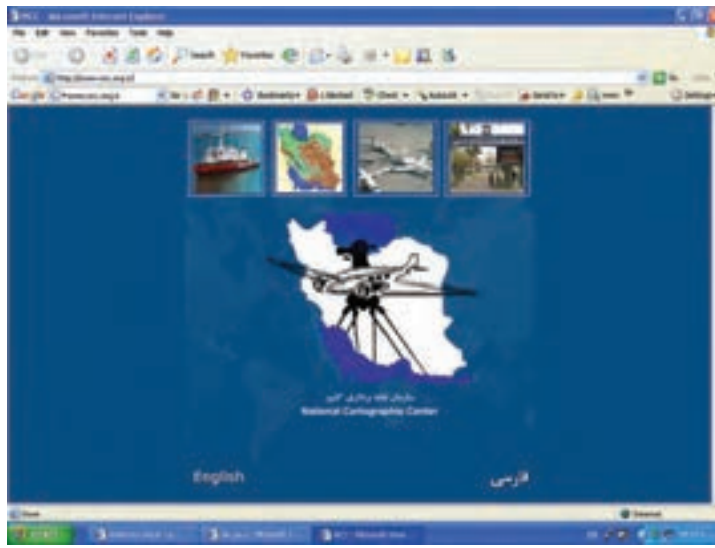
ضمیمه‌ی ۴

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