

سیستم های مختصات محلی، ژئودتیک و زمین مرکز

شکل ۲-۲۲

سیستم مختصات محلی همان سیستم مختصاتی است که معمولاً نقشه برداران آن را به صورت موضعی در روی سطح زمین تعریف می کنند. مبدأ آن روی نقطه ای مشخص در روی سطح زمین، محور y در راستای شمال N ، محور z در راستای قائم به بالا (زنیط) و محور x عمود بر صفحه yz و دست راستی تعریف می شود. همان طور که در شکل ۲-۲۲ دیده می شود با دور شدن از مبدأ کرویّت زمین باعث ایجاد خطا در مختصات xyz سیستم مختصات محلی می شود.

در سیستم مختصات ژئودتیک سطح مبنای مسطحاتی و ارتفاعی، یک بیضوی مبناست. این بیضوی معمولاً WGS84 سیستم ژئودتیک جهانی (World Geodetic System 1984) انتخاب می گردد. تعیین موقعیت در این سیستم مختصات مشابه سیستم مختصات کروی می باشد با این تفاوت که به جای اندازه گیری فاصله از مبدأ، فاصله از سطح بیضوی اندازه گیری می شود. مختصات مسطحاتی در این سیستم همان طول و عرض ژئودتیک یا جغرافیایی (λ, ϕ) می باشد. مختصه ارتفاعی h نیز ارتفاع نقطه از سطح بیضوی مبناست که به آن ارتفاع ژئودتیک هم می گویند. کاربرد اصلی این سیستم مختصات تعیین موقعیت جهانی عوارض در سطح زمین می باشد. لازم به ذکر است که مختصات حاصل از GPS همان طول، عرض و ارتفاع ژئودتیک می باشد.

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 نقشه بردار نمی باشد. مبدأ سیستم مختصات زمین مرکز همان طور که از نام آن پیداست بر مرکز کره زمین واقع است. مطابق شکل ۲-۲۲ امتداد محور z منطبق بر محور

۱- تعریف دقیق طول و عرض ژئودتیک با طول و عرض جغرافیایی متفاوت است اما در این جا به خاطر سادگی ارائه مطلب آن ها را یکسان در نظر گرفته ایم.

دورانی زمین، امتداد محور x در روی استوانه و منطبق بر صفحه نصف النهار مرجع گرینویچ و محور y نیز در استوا و عمود بر دو محور دیگر و به صورت دست راستی می باشد. کاربرد اصلی این سیستم مختصات در تعیین موقعیت ماهواره ها و اجرام سماوی نسبت به زمین می باشد.

مطالعه آزاد

از آن جا که هر دو سیستم مختصات ژئودتیک و زمین مرکز، جهانی هستند، معمولاً نیاز به تبدیل بین مختصات این دو سیستم پیدا می شود. این تبدیل به صورت زیر است:

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

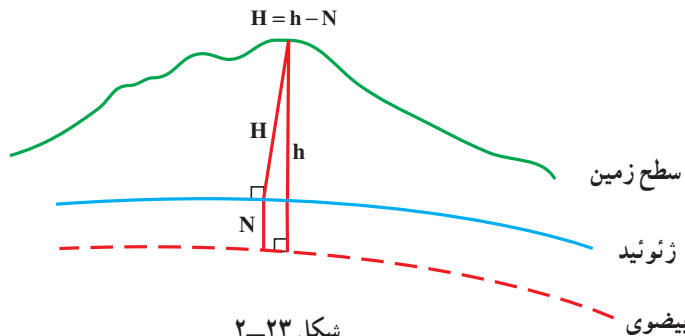
$$y = (N + h) \cos \varphi \sin \lambda$$

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

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 نقطه ی مورد نظر می باشد که به صورت زیر به دست می آید:

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

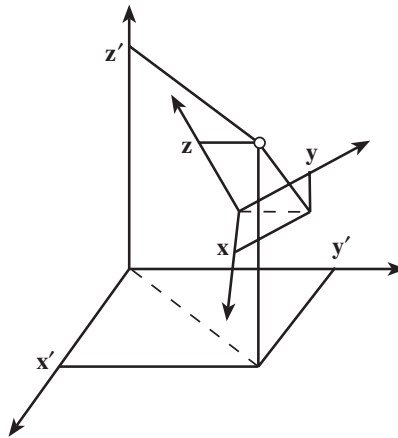
۳- ارتفاع ارتومتریک و ژئودتیک: همان طور که در بالا ذکر شد سطح مبنای ارتفاعی سطح هم پتانسیل ژئوئید می باشد که تعریفی فیزیکی دارد. در صورتی که N جدایی ژئوئید برابر فاصله بین سطح ژئوئید از بیضوی مبنا باشد می توان از رابطه ی زیر ارتفاع ارتومتریک (ارتفاع از ژئوئید) H نقطه را از ارتفاع ژئودتیک h آن با تقریب خوبی محاسبه نمود (شکل ۲-۲۳).



شکل ۲-۲۳

جدایی ژئوئید یا ارتفاع ژئوئید N را می‌توان از طریق مدل‌های ژئوئید که با دقت‌های مختلفی از چند متر تا چند سانتی‌متر به صورت جهانی، منطقه‌ای، ملی و حتی محلی از طریق مشاهدات ثقل‌سنجی محاسبه می‌شود به دست آورد. ارتفاع ژئودتیک h نیز از طریق مشاهدات GPS قابل دستیابی است. این در حالی است که مشاهدات ترازبایی زمینی در صورت در دسترس بودن ارتفاع یک نقطه از سطح متوسط آب‌های آزاد، در عمل ارتفاع ارتومتریک را به دست می‌دهند. به طور کلی به جای انجام ترازبایی زمینی به خصوص در مناطق کوهستانی که با هزینه 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 ترازبایی ماهواره‌ای هم می‌گویند.

۲-۲-۳- انتقال بین سیستم‌های مختصات: از آن جا که سیستم‌های مختصات متعدد با اهداف مختلفی در نقشه‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرند، 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 به دست آوریم. شکل ۲-۲۴ 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 به دست آوریم. برای این منظور بایستی ابتدا ارتباط بین دو سیستم 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 به دست آورد.

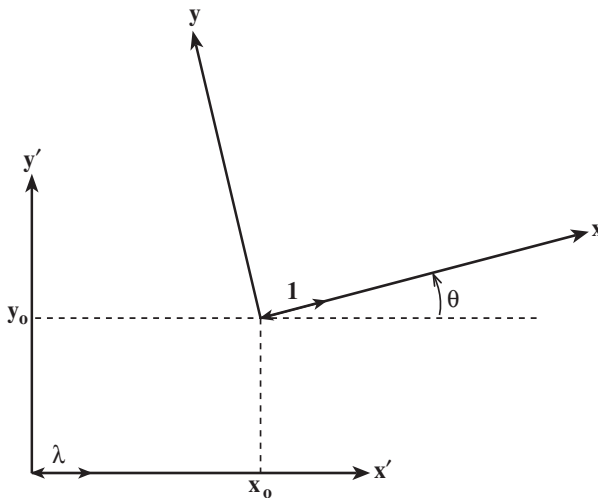


شکل ۲-۲۴

سیستم مختصات یک نقشه موجود را نیز می‌توان تغییر داد. 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.

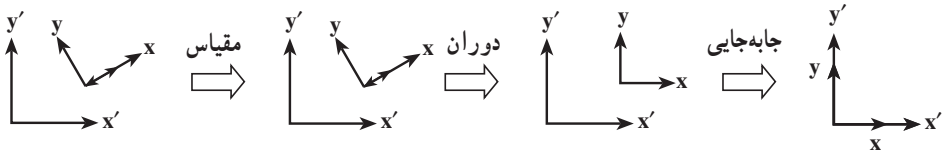
در ادامه ابتدا انتقال بین دو سیستم مختصات متعامد دو بعدی تشریح شده و سپس کاربردهای معمول انتقال سیستم مختصات در نقشه برداری مورد بحث قرار می‌گیرد. انتقال بین سیستم‌های مختصات دیگر مانند انتقال بین دو سیستم مختصات متعامد سه بعدی نمایش یافته در شکل ۲-۲۴ را در مقاطع تحصیلی بالاتر خواهید آموخت.

۱- 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') به دست آوریم. برای این منظور باید سیستم مختصات (x, y) را به سیستم مختصات (x', y') انتقال دهیم. در حالت انتقال دو بعدی مطابق شکل ۲-۲۵ چهار پارامتر انتقال باید تعیین شود: دو پارامتر (x_0, y_0) 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 ۲-۲۵

با معلوم بودن چهار پارامتر انتقال فوق، می توان مطابق شکل ۲۶-۲ 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 می شود. سپس سیستم مختصات تغییر مقیاس یافته (x,y) به اندازه ی زاویه ی θ دوران می یابد. در انتها مرکز سیستم مختصات دوران یافته (x,y) به میزان (x_0,y_0) جابه جا شده تا به طور کامل بر سیستم مختصات (x',y') انطباق یابد.



شکل ۲۶-۲

از نقطه نظر ریاضی رابطه انتقال بین دو سیستم مختصات متعامد دو بعدی به صورت زیر تعریف می شود :

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

در این رابطه (x,y) مختصات اولیه، $(x'y')$ مختصات انتقال یافته و a, b, c, d پارامترهای انتقال می باشند. معمولاً این رابطه را انتقال متشابه دو بعدی (۲D conformal Transformation) می نامند زیرا در این انتقال اگر چه موقعیت وضعیت و ابعاد عوارض تغییر می کند اما تشابه عوارض حفظ می شود.

مطالعه آزاد

انتقال متشابه دو بعدی را می توان به صورت رابطه ریاضی زیر نوشت که در آن ماتریس دوران دو بعدی است :

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \lambda \cdot R_{\theta} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix}$$

↙
↘
↘

مقیاس دوران جابه جایی

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

$$x' = \lambda \cos \theta \cdot x + \lambda \sin \theta \cdot y + x_0$$

$$y' = -\lambda \sin \theta \cdot x + \lambda \cos \theta \cdot y + y_0$$

در این رابطه اگر چهار پارامتر $abcd$ را جایگزین چهار پارامتر $x_0 y_0$ کنیم آن‌گاه رابطه نسبتاً ساده زیر برای انتقال مختصات به دست می‌آید.

$$a = \lambda \cos \theta$$

$$b = \lambda \sin \theta \quad x' = ax + by + c$$

$$c = x_0 \quad \Rightarrow \quad y' = -bx + ay + d$$

$$d = y_0$$

مثال: مختصات نقطه‌ای در سیستم مختصات $(x, y) = (6, 4)$ متر است. در صورتی که سیستم مختصات ابتدا به اندازه‌ی 30° درجه در جهت عقربه‌های ساعت دوران نماید و سپس به اندازه‌ی $(2, 3)$ متر جابه‌جا شود، مختصات جدید نقطه را محاسبه نمایید.

راه‌حل: چون مقیاس تغییری ننموده است $\lambda = 1$ است. هم‌چنین $30^\circ = \theta$ ، $x_0 = 2$ و $y_0 = 3$ است.

$$a = \lambda \cos \theta = \cos 30^\circ = 0.87$$

$$b = \lambda \sin \theta = \sin 30^\circ = 0.5 \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} x' &= ax + by + c = 0.87x + 0.5y + 2 \\ y' &= -bx + ay + d = -0.5x + 0.87y + 3 \end{aligned}$$

$$c = x_0 = 2 \quad d = y_0 = 3$$

$$x = 6 \quad \Rightarrow \quad x' = 0.87x + 0.5y + 2 = 0.87 \cdot 6 + 0.5 \cdot 4 + 2 = 8.42$$

$$y = 4 \quad y' = -0.5x + 0.87y + 3 = -0.5 \cdot 6 + 0.87 \cdot 4 + 3 = -0.22$$

بنابراین مختصات جدید نقطه $(x', y') = (8.42, -0.22)$ می‌باشد.

در صورتی که 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 به دست 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 منظور از Δ اختلاف بین مختصات دو نقطه برای هر سیستم مختصات می‌باشد:

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

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

$$\Delta x' = x'_2 - x'_1 \qquad \Rightarrow \qquad c = x'_1 - ax_1 - by_1$$

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

تمرین: مختصات نقاط A و B قبل و بعد از انتقال سیستم مختصات داده شده است.
الف - پارامترهای انتقال سیستم مختصات را محاسبه کنید.
ب - مختصات نقطه‌ی C بعد از انتقال سیستم مختصات چه قدر است؟

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

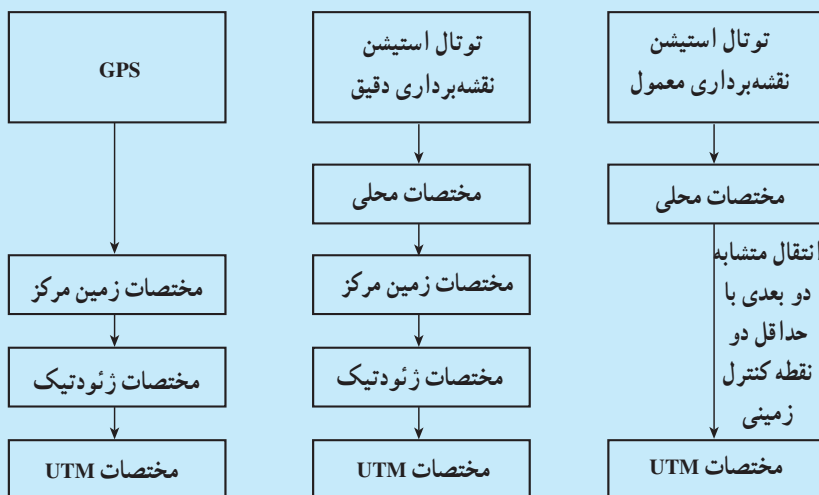
مطالعه آزاد

کاربردهای انتقال سیستم مختصات

برای تعیین موقعیت نقاط در نقشه برداری زمینی معمولاً از GPS یا توتال استیشن استفاده می‌کنند. GPS موقعیت نقاط را در سیستم مختصات زمین مرکز اندازه‌گیری می‌کند در حالی که توتال استیشن موقعیت نقاط را در سیستم مختصات محلی اندازه‌گیری می‌نماید. از سوی دیگر نقشه برداران معمولاً نقشه‌ها را در سیستم تصویر UTM تهیه و ترسیم می‌کنند. از این رو 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 ۲۷-۲). 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 ۲۷-۲). این فرایند تبدیل مختصات در پروژه‌های نقشه‌برداری دقیق باید رعایت شود. البته در پروژه‌های معمول نقشه‌برداری زمینی چون ابعاد منطقه به حدی 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 ۲۷-۲). 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 مینا از سازمان نقشه‌برداری کشور خریداری کرد.



شکل ۲۷-۲

تمرین: در یک عملیات نقشه برداری معمول، ابتدا مختصات UTM نقاط مبنای A و B توسط GPS اندازه گیری 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 - صفر شده و مختصات محلی نقاط مطابق جدول زیر اندازه گیری 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 به دست آید. یا این که در نقشه برداری اگر ارتفاع توتال استیشن یا رفلکتور درست معرفی نشود باید ارتفاع به دست آمده برای همه نقاط را به میزان یکسانی افزایش یا کاهش داد تا ارتفاع صحیح نقاط به دست آید.

خودآزمایی

- ۱- نحوه‌ی اندازه‌گیری شعاع زمین به وسیله‌ی اراتوستن را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۲- نحوه‌ی اندازه‌گیری شعاع کره‌ی زمین به وسیله‌ی «پوسیدونیوس» را شرح دهید.
- ۳- سطح طبیعی زمین را به عنوان یک سطح مبنا توضیح دهید.
- ۴- سطح ژئوئید را به عنوان یک سطح مبنا توضیح دهید.
- ۵- سطوح تراز را تعریف کنید.
- ۶- نحوه‌ی تعیین ژئوئید را توضیح دهید.
- ۷- بیضوی به عنوان یک سطح مبنا را توضیح دهید.
- ۸- پارامترهای یک بیضوی را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۹- بیضوی جهانی را توضیح دهید.
- ۱۰- انواع ارتفاع‌ها را که در ژئودزی با آن‌ها سروکار داریم، نام ببرید.
- ۱۱- ارتفاع ارتومتریک یک نقطه را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۱۲- ارتفاع ژئودتیک یک نقطه را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۱۳- ارتفاع ژئوئید را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۱۴- انواع سیستم مختصات در هندسه را نام ببرید و هر کدام را توضیح دهید.
- ۱۵- انواع تعیین موقعیت در نقشه‌برداری را نام ببرید.
- ۱۶- تعیین موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی را توضیح دهید.
- ۱۷- انواع تعیین موقعیت سه بعدی را نام ببرید.
- ۱۸- ارتفاع ارتومتریک و ژئودتیک و ژئوئید را تعریف کنید.
- ۱۹- لزوم انتقال بین سیستم‌های مختصات را بنویسید.
- ۲۰- با رسم یک شکل انتقال سیستم مختصات متعامد دو بعدی را توضیح دهید.

سیستم‌های تصویر در نقشه‌برداری (Projection Systems in Surveying)

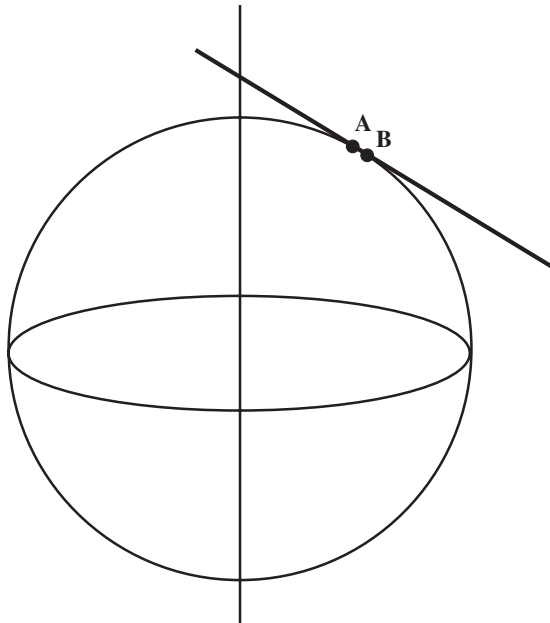
هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل فراگیر باید بتواند:

- ۱- لزوم تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین به روی صفحه را توضیح دهد.
- ۲- دو مشکل اساسی تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین به روی صفحه را توضیح دهد.
- ۳- سیستم تصویر را تعریف کند.
- ۴- ویژگی‌های یک سیستم تصویر مناسب را توضیح دهد.
- ۵- ویژگی انواع سیستم تصویر را نام ببرد.
- ۶- سیستم تصویر متشابه را به اختصار شرح دهد.
- ۷- سیستم تصویر هم مساحت را به اختصار شرح دهد.
- ۸- سیستم تصویر هم فاصله را به اختصار شرح دهد.
- ۹- سیستم تصویر آزیموتی را به اختصار شرح دهد.
- ۱۰- انواع سیستم‌های تصویر را از نظر روش نام ببرد.
- ۱۱- سیستم تصویر مخروطی را تعریف کند.
- ۱۲- کاربردهای سیستم تصویر مخروطی و ویژگی آن را توضیح دهد.
- ۱۳- سیستم تصویر مرکاتور را توضیح دهد.
- ۱۴- سیستم تصویر ترانسورس مرکاتور را تعریف کند.
- ۱۵- سیستم تصویر یونیورسال ترانسورس مرکاتور را توضیح دهد.
- ۱۶- ویژگی‌های سیستم تصویر یونیورسال ترانسورس مرکاتور را توضیح دهد.

۳-۱- سیستم‌های تصویر و انواع آن

۳-۱-۱- 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 6400 کیلومتر فرض کنیم دو نقطه‌ی A و B به فاصله‌ی تقریبی 200 m 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 در نظر 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 $\frac{1}{1000000}$ نشان دهیم در آن صورت به کره‌ای به شعاع 64 m نیاز است. یا برای داشتن موقعیت‌ها با مقیاس $\frac{1}{1000000}$ کره‌ای به شعاع 6400 m نیاز است که چنین نمایشی برای موقعیت‌ها مناسب نیست. پس به تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین بر روی صفحه نیاز است.

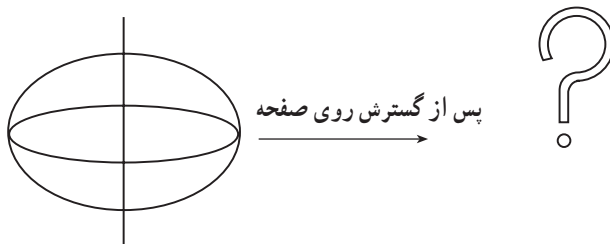
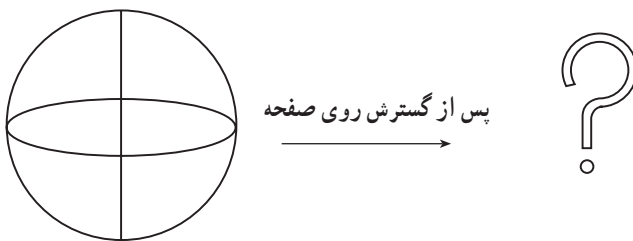
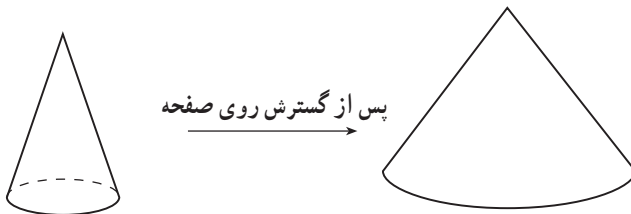
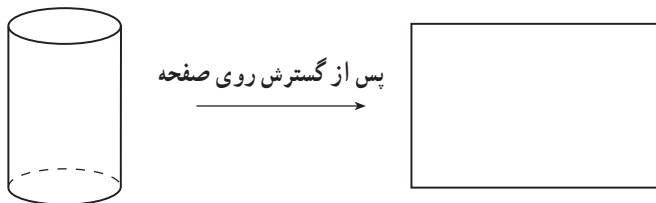


شکل ۳-۱

۲-۱-۳- دو مشکل عمده‌ی تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین بر روی صفحه

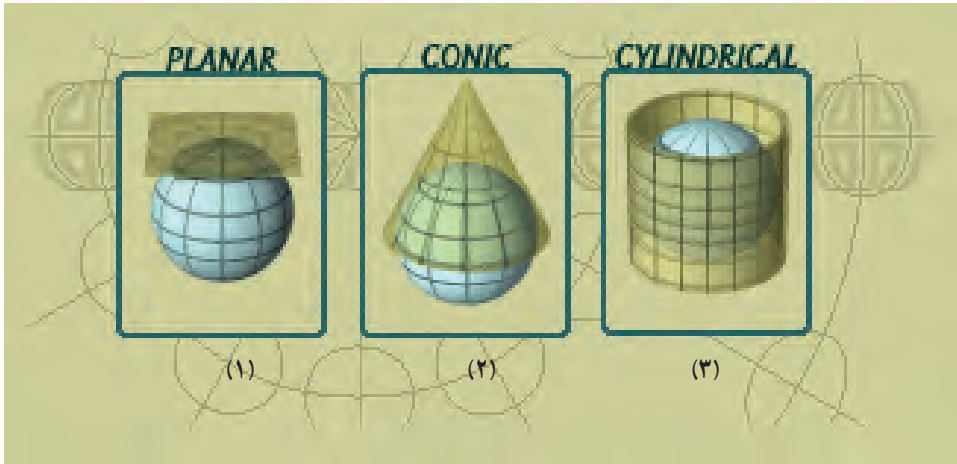
۱- موقعیت‌ها بر روی کره‌ی زمین سه بعد دارند؛ در حالی که صفحه دارای دو بعد است؛ از این رو، باید روشی برای نمایش سه بعد بر روی دو بعد در اختیار داشته باشیم.

۲- 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 ۲-۳- 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.



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

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

۳-۱-۳- 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:

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

۲- تمامی زوایا بین امتدادها و آزیموت امتدادها بر روی نقشه برابر زاویه و آزیموت امتدادها

در روی زمین باشد.

۳- تمامی دوائر عظیمه بر روی کره به صورت خط‌های مستقیم بر روی نقشه باشد.

۴- 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:

۴-۱-۳- انواع سیستم تصویر از نظر ویژگی

۱- سیستم تصویر متشابه^۱: در این نوع سیستم تصویر زوایا ثابت می ماند و در حقیقت در مساحت های کوچک تر حتی شکل محدوده ها نیز حفظ می گردد، اما در مساحت های بزرگ تر به دلیل تغییر در مقیاس شکل نیز متفاوت می شود.

۲- سیستم تصویر هم مساحت^۲: در این نوع سیستم تصویر مساحت محدوده های مختلف بر روی سطح زمین به یک نسبتی کوچک می گردد و روی نقشه نشان داده می شود. در این سیستم ممکن است طول ها و زوایا تغییر کند، اما مساحت ها ثابت بماند.

۳- سیستم تصویر هم فاصله^۳: در این سیستم تصویر فاصله ی تمامی نقاط از یک نقطه ی مرکزی بر روی نقشه به یک نسبت مشخصی نسبت به فواصل روی سطح زمین کوچک شده است.

۴- سیستم تصویر آزیموتی^۴: در این نوع سیستم تصویر جهت، آزیموت امتدادها ثابت

می ماند :

۵-۱-۳- انواع سیستم های تصویر از نظر روش: به طور کلی در تمامی سیستم های

تصویر در پی به دست آوردن x و y از φ و λ هستیم که معمولاً به سه روش انجام می گیرد :

۱- سیستم تصویر صفحه ای

۲- سیستم تصویر مخروطی

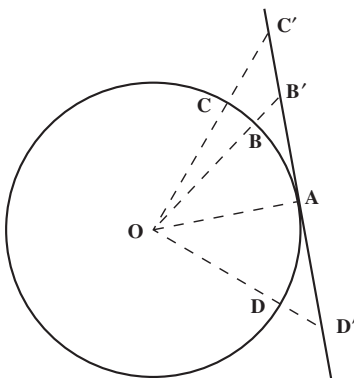
۳- سیستم تصویر استوانه ای

۲-۳- سیستم تصویر صفحه ای

ساده ترین سیستم تصویر هندسی تصویر کره روی یک صفحه ی مماس بر کره در یک نقطه ی

خاص مانند A است که البته می توان آن را به سه صورت تصویر نمود. در شکل های ۴-۳ تا ۶-۳

نحوه ی تصویر کردن را مشاهده می کنید.



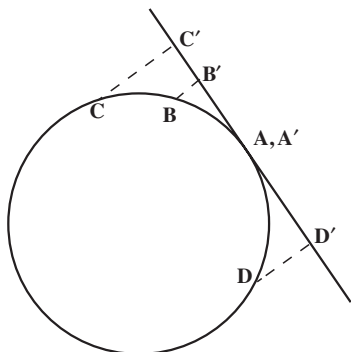
شکل ۴-۳

۱- Conformal projection

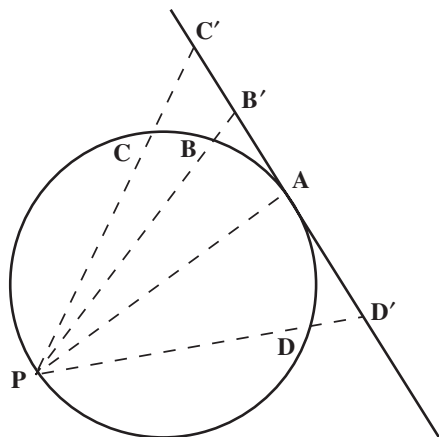
۲- Equal - area projection

۳- Equidistant projection

۴- Azimuthal projection



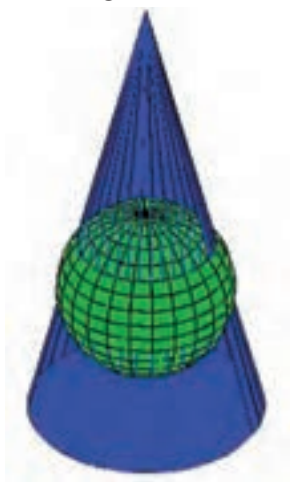
شکل ۳-۶



شکل ۳-۵

۳-۳ - 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 ۳-۷)، به گونه‌ای که محور مخروط در امتداد محور زمین قرار دارد. این سیستم که بیش‌تر به «لامبرت» معروف است برای مناطق شرقی - غربی یا حول مداری و عرض‌های جغرافیایی میانی بسیار مناسب است. مطابق شکل ۳-۸ ممکن است به جای یک مدار برای تماس، دو مدار استاندارد انتخاب شود؛ به طوری که مخروط در این دو مدار کره را قطع می‌کنند. بدین وسیله



شکل ۳-۸ - سیستم تصویر مخروطی با مخروط متقاطع با کره را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷ - سیستم تصویر مخروطی با مخروط مماس بر کره را نشان می‌دهد.

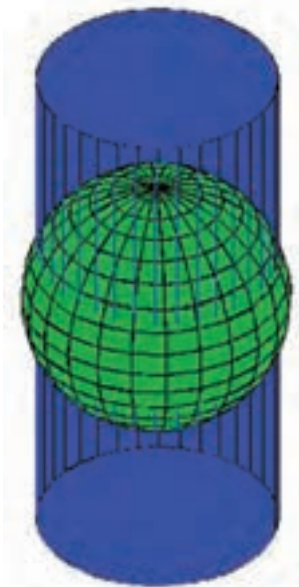
حوزه‌ی دقت و دامنه‌ی گسترش منطقه‌ی مفید سیستم را زیاد می‌کنند. سیستم مخروطی کاربردهای زیادی دارد، اما مانند سیستم تصویرهای قبلی برای عرض جغرافی‌های بالا مناسب بوده و برای ترسیم نقشه‌های جهانی مناسب نیستند.

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

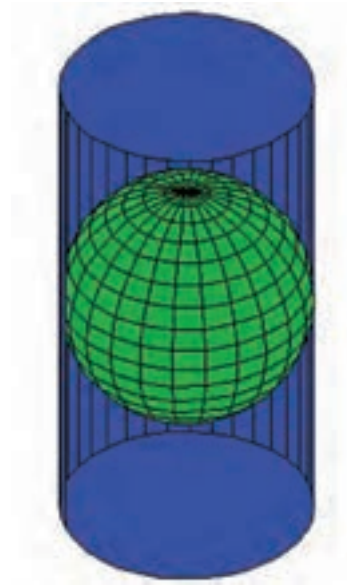
برای تهیه‌ی نقشه‌ی کشورهای نظیر فرانسه و ایالات متحده‌ی آمریکا، از سیستم تصویر لامبرت استفاده گردیده هم‌چنین برای قسمت‌های جنوبی ایران و نیز مناطق مرزی ایران و عراق، این سیستم به کار گرفته شده است.

۳-۴- سیستم‌های تصویر استوانه‌ای یا مرکاتور (Mercator Projection)

۳-۴-۱- 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 ۳-۹-الف). البته در برخی مواقع نیز این استوانه متقاطع با کره بوده است (شکل ۳-۹-ب).



شکل ۳-۹-ب - سیستم تصویر استوانه‌ای با استوانه‌ی متقاطع بر کره را نشان می‌دهد.

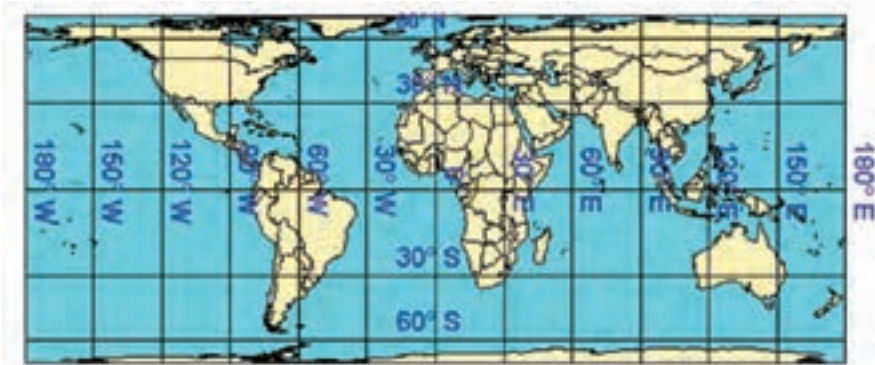


شکل ۳-۹-الف - سیستم تصویر استوانه‌ای با استوانه‌ی مماس بر کره را نشان می‌دهد.

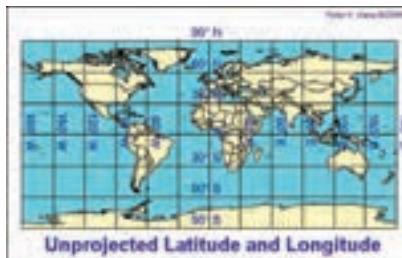
بانی این سیستم تصویر (Gerard Mercator) ریاضیدان و کارتوگراف بزرگ «جهان» است که در قرن شانزدهم و بین سال‌های ۱۵۱۲ تا ۱۵۹۴ می‌زیسته است.

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 به وجود 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 ۱-۳ 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 ۱-۳-الف - تصویر بخشی از کره‌ی زمین را روی صفحه توسط سیستم تصویر استوانه‌ای نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳-ب - 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 بنیان‌گذاران دانش مساحی (نقشه‌کشی) و از پیشگامان جغرافیایی ریاضی می‌دانند.

۲-۴-۳ — ترانسورس مرکاتور (TM)^۱: در این سیستم تصویر به‌جای تماس استوانه با استوا، استوانه بر نصف‌النهارات مماس می‌گردد.

۳-۴-۳ — یونیورسال ترانسورس مرکاتور (UTM)^۲: در این سیستم بیضوی زمین به ۶° قاج (Zone) به مبدأ نصف‌النهار گرینویچ (مطابق شکل ۱۱-۳) تقسیم می‌گردد. بدین ترتیب، ۳° قاج در شرق نصف‌النهار گرینویچ و ۳° قاج در غرب گرینویچ است.

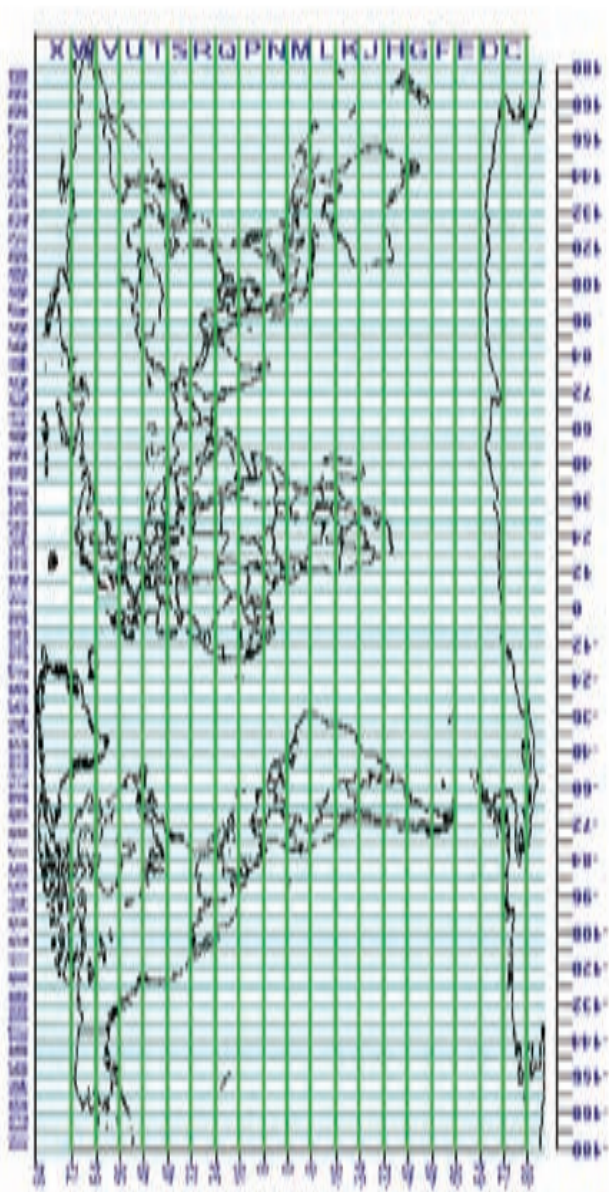
شماره‌گذاری قاج‌ها نیز از قسمت سمت‌القدمی نصف‌النهار گرینویچ در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت صورت می‌گیرد؛ یعنی قاج محصور بین ۱۸° و ۱۷۴° W \approx قاج شماره‌ی ۱ و قاج محصور بین ۱۷۴° W و ۱۶۸° W قاج شماره‌ی ۲ و ... تا این‌که قاج محصور بین ۶° W و ۰° قاج شماره‌ی ۳۰ خواهد بود و قاج بین ۰° و ۶° E قاج ۳۱ و

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

۱- Transvers Mercator

۲- Universal Transvers Mercator

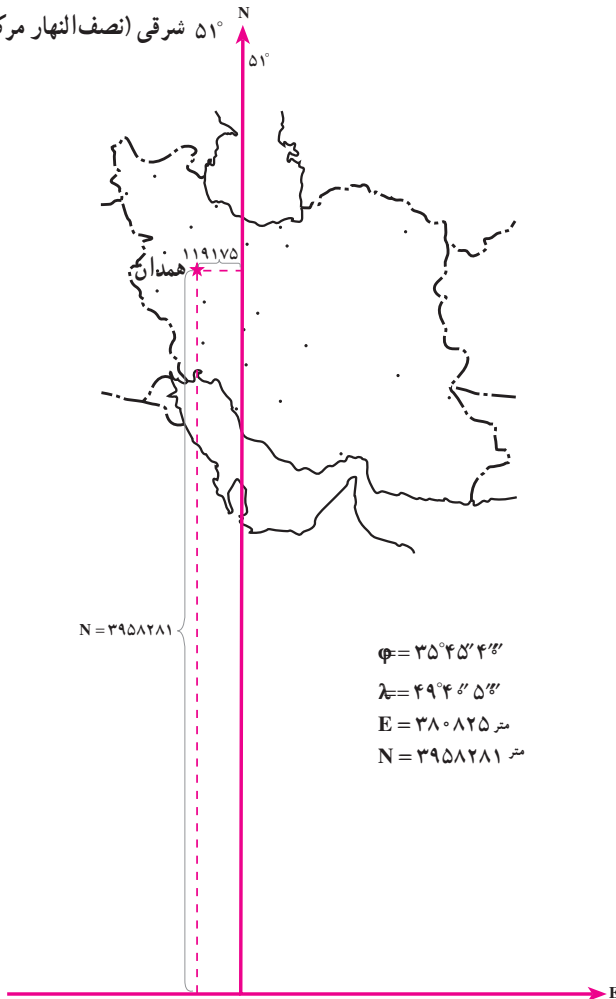
که کشور ایران در داخل قایح‌های ۳۸ و ۳۹ و ۴۰ و ۴۱ قرار خواهد گرفت. در این سیستم تصویر، برای هر قایح یک نصف‌النهار مرکزی در نظر می‌گیرند که در حقیقت نصف‌النهار وسطی هر قایح خواهد شد؛ برای مثال، در قایح شماره‌ی ۳۱ که محصور بین نصف‌النهار 0° و 6° E است نصف‌النهار مرکزی قایح 3° E خواهد بود یا در قایح شماره‌ی ۴۰ که مابین نصف‌النهار 54° و 60° است. 57° E نصف‌النهار مرکزی این قایح خواهد بود. و این نصف‌النهار مرکزی است که در هر قایح برای تماس با سطح استوانه، انتخاب می‌گردد.



شکل ۱۱-۳- سیستم تصویر UTM و شماره‌ی قایح‌ها

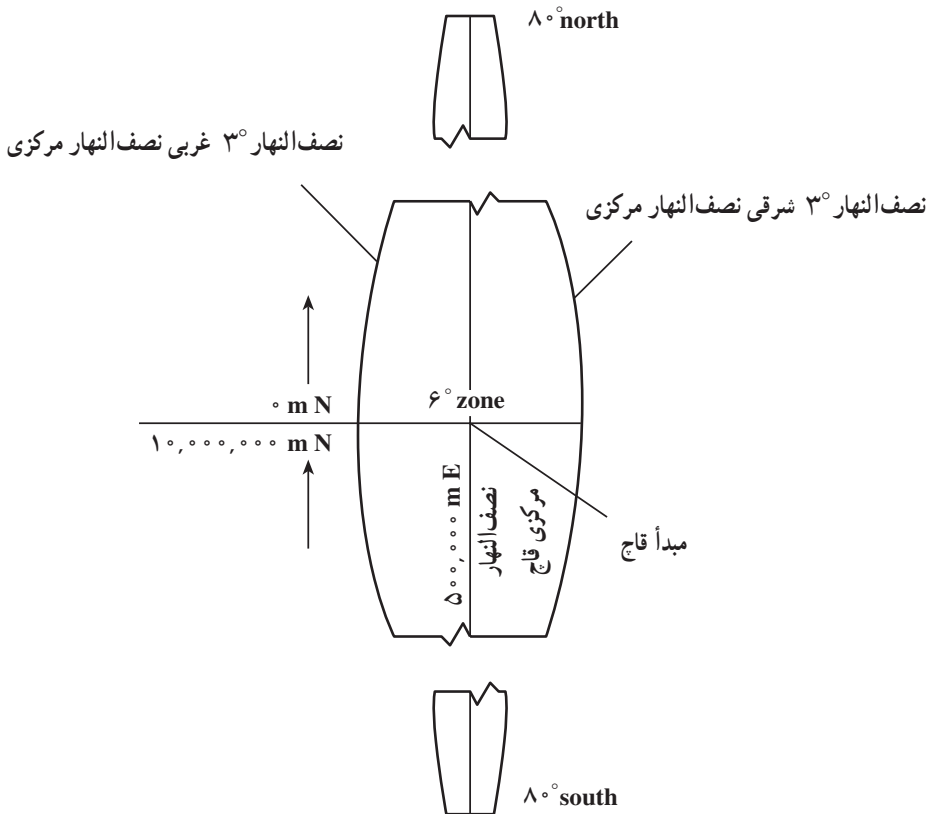
سیستم تصویر UTM^۱ بر همین اساس، در سال ۱۹۵۸ میلادی ابداع گردید. در این سیستم دامنه‌ی عمل هر قاج نسبت به نصف النهار مرکزی ۳° به شرق و ۳° به غرب خواهد بود. در سیستم «UTM» محاسبات برای تمامی قاج‌ها به‌طور مستقل اما کاملاً یکسان خواهد بود. این سیستم در تمامی جهان به یک شکل قابل استفاده است و به همین دلیل به آن «سیستم جهانی^۲» می‌گویند.

۵۱° شرقی (نصف النهار مرکزی قاج ۳۹)



شکل ۱۲-۳- موقعیت یک نقطه در استان همدان را نشان می‌دهد.

- برخی از ویژگی‌های این سیستم بدین قرار است :
- ۱- پهناى هر قاچ 6° بوده کل کره ی زمین به 6° قاچ تقسیم می‌گردد.
 - ۲- واحد اندازه‌ها در این سیستم، متر است.
 - ۳- محور xها تقاطع سطح استوا با سطح استوانه است.
 - ۴- محور yها تصویر نصف‌النهار مرکزی روی سطح استوانه است.
 - ۵- مقدار y برای مبدأ برابر صفر متر برای نیم کره ی شمالی و برابر $10,000,000$ برای نیم کره ی جنوبی است (شکل ۱۳-۳).
 - ۶- مقدار x برای مبدأ 5000000 متر می‌باشد.
- نکته: مختصات در زون‌ها مشابه یکدیگرند و یک مختصات نشان‌دهنده ی 6° نقطه (در هر زون یک نقطه) می‌باشد و آن‌ها را می‌توان با شماره زون از یکدیگر تشخیص داد.



شکل ۱۳-۳- سیستم تصویر UTM را برای یک قاچ نمایش می‌دهد.

خودآزمایی

- ۱- لزوم تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین به روی صفحه را توضیح دهید.
- ۲- دو مشکل اساسی تصویر موقعیت‌های روی کره‌ی زمین را به روی صفحه توضیح دهید.
- ۳- سیستم تصویر را تعریف کنید.
- ۴- ویژگی‌های یک سیستم تصویر مناسب را توضیح دهید.
- ۵- انواع سیستم تصویر را از نظر ویژگی نام ببرید.
- ۶- سیستم تصویر مشابه را به اختصار شرح دهید.
- ۷- سیستم تصویر هم مساحت را به اختصار شرح دهید.
- ۸- سیستم تصویر هم فاصله را به اختصار شرح دهید.
- ۹- سیستم تصویر آزیموتی را به اختصار شرح دهید.
- ۱۰- انواع سیستم‌های تصویر را از نظر روش نام ببرید.
- ۱۱- انواع سیستم‌های تصویر صفحه‌ای را نام ببرید.
- ۱۲- سیستم تصویر مخروطی را تعریف کنید.
- ۱۳- کاربردهای سیستم تصویر مخروطی و ویژگی آن را توضیح دهید.
- ۱۴- سیستم تصویر مرکاتور را توضیح دهید.
- ۱۵- سیستم تصویر ترانسورس مرکاتور را توضیح دهید.
- ۱۶- سیستم تصویر یونیورسال ترانسورس مرکاتور را توضیح دهید.
- ۱۷- ویژگی‌های سیستم تصویر یونیورسال ترانسورس مرکاتور را توضیح دهید.
- ۱۸- بزرگ‌ترین امتیاز سیستم مرکاتور را بنویسید.
- ۱۹- چرا سیستم تصویر UTM یک سیستم تصویر جهانی است؟
- ۲۰- شکل یک قاچ در سیستم تصویر UTM را رسم کنید و آن را توضیح دهید.

تعیین موقعیت زمینی

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

- ۱- تعیین موقعیت نسبی را تعریف کند.
 - ۲- انتقال موقعیت ارتفاعی را توضیح دهد.
 - ۳- شبکه‌ی ارتفاعی را توضیح دهد.
 - ۴- کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی یک را بیان کند.
 - ۵- کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی دو را بیان کند.
 - ۶- کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی سه را بیان کند.
 - ۷- اختلاف ارتفاع را تعریف کند.
 - ۸- انواع روش‌های اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع را به اختصار شرح دهد.
 - ۹- اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع به روش تاکنومتری را به اختصار با رسم شکل توضیح دهد.
- ۱۰- تعریف یک سیستم مختصات را برای انتقال موقعیت مسطحانی شرح دهد.
 - ۱۱- روش‌های انتقال مختصات نسبی را نام ببرد.
 - ۱۲- پیمایش را تعریف کرده انواع آن را نام ببرد.
 - ۱۳- روش پیمایش باز را شرح دهد.
 - ۱۴- روش پیمایش بسته را با ذکر چند مثال شرح دهد.
 - ۱۵- روش مثلث بندی را برای انتقال مختصات شرح دهد.
 - ۱۶- روش سه ضلع بندی را برای انتقال مختصات شرح دهد.
 - ۱۷- روش تقاطع را برای انتقال مختصات شرح دهد.
 - ۱۸- روش ترفیع را برای انتقال مختصات شرح دهد.

۴-۱- تعریف تعیین موقعیت نسبی (Relative Positioning)

تعیین موقعیت نسبی یک نقطه، بدست آوردن موقعیت نقطه‌ی مورد نظر 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.

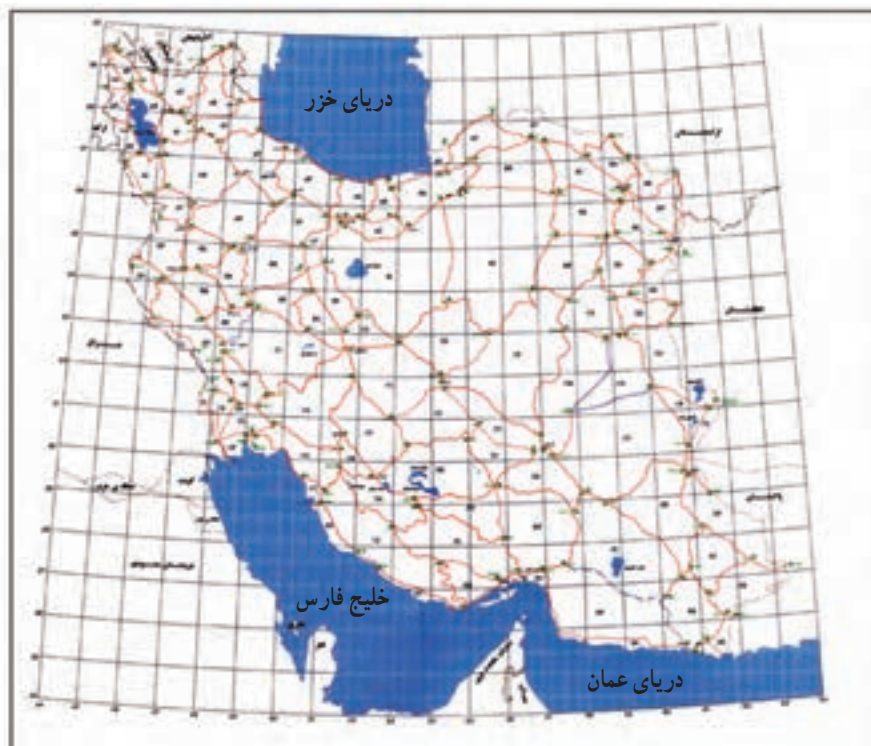
۴-۲- انتقال موقعیت ارتفاعی (Levelling)

ارتفاع یک نقطه روی سطح زمین فاصله‌ی عمودی آن نقطه از یک سطح تراز قراردادی می‌باشد. سطح تراز یک سطح هم‌پتانسیلی 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، بنایی می‌خواهد پشت بام خانه‌ای را با شیب خاصی بسازد، در این پروژه بنا 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

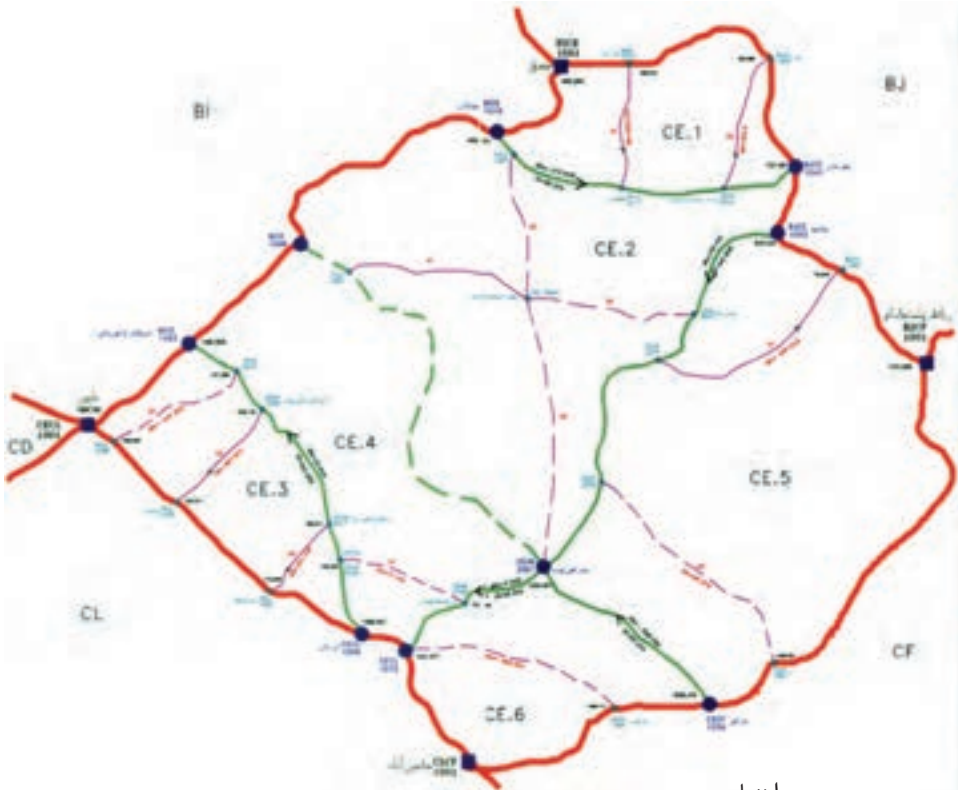
و یا باید وضعیت ارتفاعات مسیر فاضلاب موجود در اطراف شهرک را داشته باشید. پس در کل نیاز است که مبنای ارتفاعات کشوری باشد، شکل ۴-۱ وضعیت شبکه، درجه ی ۱ ترازیبی کشور را تا بهار سال ۷۹ نشان می دهد.



شکل ۴-۱

- راهتمای نقشه
- مسیره‌های ترازیبی شده
 - - - مسیره‌های ساختمان شده
 - مسیره‌های ساختمان نشده
 - نقطه اتصالی درجه یک
 - نام لوب
 - ▨ دریاچه دائمی
 - ▨ دریاچه فصلی
 - مرز
 - خط ساحل

شکل ۲-۴ دو نمونه از یک حلقه‌ی ترازیبی درجه‌ی ۱ را نشان می‌دهد و نیز ترازیبی درجه‌ی ۲ و درجه‌ی ۳ را که متکی به نقاط ترازیبی درجه‌ی ۱ می‌باشند، نیز نمایش می‌دهد.



راهنما

	نقاط اتصالی درجه‌ی ۱	CE	لوپ درجه‌ی ۱
	نقاط اتصالی درجه‌ی ۲	CE.1	لوپ درجه‌ی ۲
	نقاط اتصالی درجه‌ی ۳		مسیر درجه‌ی ۱
	نام خط درجه‌ی ۳		مسیر درجه‌ی ۲
	مرز		مسیر درجه‌ی ۳
	خط ساحل		مسیر درجه‌ی ۱ ترازیبی نشده
	اختلاف ارتفاع		مسیر درجه‌ی ۱ ساختمان نشده
	طول مسیر		مسیر درجه‌ی ۲ ترازیبی نشده
	ارتفاع		مسیر درجه‌ی ۳ ساختمان نشده
			مسیر درجه‌ی ۳ آنتنی

شکل ۲-۴

شکل ۳-۴ 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 ترازیبی 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 ۴-۴ نمونه‌ای از یک برگه‌ی شناسایی یک نقطه‌ی ترازیبی دقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴ - یک نقطه‌ی ترازیبی به نام AQAR1086 در منطقه‌ی امام زاده هاشم را نشان می‌دهد که دستگاه GPS روی آن مستقر شده است.

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 مسطحاتی 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.

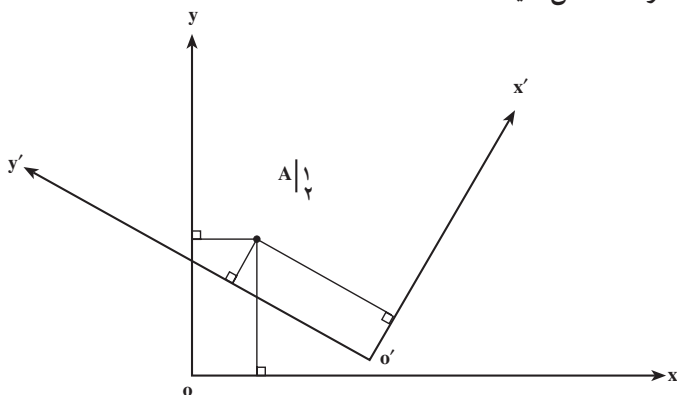
جدول ۵-۴- طبقه‌بندی شبکه‌های ترازیبی

طبقه‌بندی	درجه‌ی ۱	درجه‌ی ۲	درجه‌ی ۳
اهداف	استخوان بندی کلیه‌ی شبکه‌های کشوری	استفاده در پروژه‌های بزرگ مهندسی	مبنا برای پروژه‌های کوچک مهندسی
	بررسی حرکات پوسته‌های ناحیه‌ای زمین	بر روی حرکات پوسته‌های محلی و بررسی نشست آن‌ها	مبنا برای تهیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی در حجم کوچک‌تر
	به‌دست‌آوردن مقادیر پتانسیل جاذبه	مبنا برای شبکه‌ی کنترل در درجات پایین‌تر	مطالعه برای زهکش‌ها و شیب‌های کانال‌ها و زهکش‌ها
	کنترل شبکه‌های بزرگ ترازیبی	مبنا برای تهیه‌ی نقشه‌های توپوگرافی	
فاصله بین نقاط	۱-۳km	۱-۳km	نباید بیش‌تر از ۳ کیلومتر باشد
طول شبکه‌ها	کیلومتر ۵۰-۳۰	کیلومتر ۱۰-۵	هر اندازه که مورد نیاز است
مشاهدات گراویتی	لازم است	لازم نیست	لازم نیست
وسایل لازم	ترازیاب دقیق با میکرومتر و میرانوار	ترازیاب دقیق با میکرومتر و میرانوار و یا ترازیاب اتوماتیک	ترازیاب معمولی به همراه شاخص
ماکزیم خطا	$3\text{mm}\sqrt{K}$	$6\text{mm}\sqrt{K}$	$12\text{mm}\sqrt{K}$

۳-۴- انتقال موقعیت مسطحاتی

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

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



شکل ۶-۴

همان‌طوری که از شکل بالا متوجه شدید بی‌شمار سیستم مختصات را می‌توان مشخص نمود که نقطه‌ی A دارای مختصات $x = 1\text{ cm}$ و $y = 2\text{ cm}$ 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 به صورت کشوری یا جهانی باشد.

در برخی مواقع که پروژه کشوری باشد و ارتباط با پروژه‌های دیگر اهمیت داشته باشد در این صورت باید از مختصات کشوری استفاده کرد که شکل ۷-۴ نمونه‌ای از شبکه‌های مسطحاتی کشوری را نشان می‌دهد و فرد یا سازمان مربوطه می‌تواند به سازمان نقشه‌برداری کشور^۱ مراجعه نموده و دو نقطه از نقاط کنترل مسطحاتی را خریداری کند. نمونه‌ای از این نقاط مسطحاتی را در شکل‌های ۸-۴، ۸-۵ و ۸-۶ ب می‌بینید. ضمناً این دو نقطه باید به همدیگر دید داشته باشند که در قسمت ۵ این موضوع را مشخص می‌کند. به توضیحات زیر شکل‌ها توجه نمایید.

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



- مناطق اندازه‌گیری شده
- مناطق اندازه‌گیری نشده
- ◆ مناطق ساختمان نشده

شکل ۷-۴- شبکه‌ی مسطحاتی درجه ۲ کشور با شماره‌ی مثلث‌های نقاط

توضیحات شکل ۸-۴

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

۲- شامل اطلاعات در مورد نام ایستگاه و نوع سیستم تصویر و شماره قاپچ و ...
 ضمناً در مورد عدد 101-002 نیز باید توضیح داد که 101 شماره‌ی مثلث شبکه‌ی ژئودزی می‌باشد (یکی از مثلث‌هایی که در شکل ۷-۴ موجود هستند) و 002 شماره‌ی نقطه‌ای است که در داخل مثلث 101 می‌باشد.

سازمان نقشه‌برداری کشور

N. C. C.

خاتمه‌نامه نقاط زمینی ماهواره‌ای

Description of G.P.S. Station

1

شماره	مردم	شماره	شماره	شماره	شماره	شماره	شماره
		3					

شماره زمین
شماره پرونده ملیکاس

2

نام ایستگاه: آرد تبریزکار Station: 101-002²

میدان: آذربایجان شرقی Province: تبریز

نوع تصویر: UTM Projection System

شماره نقشه: 38

تاریخ نقشه‌برداری: / /

شماره نقشه: / /

3

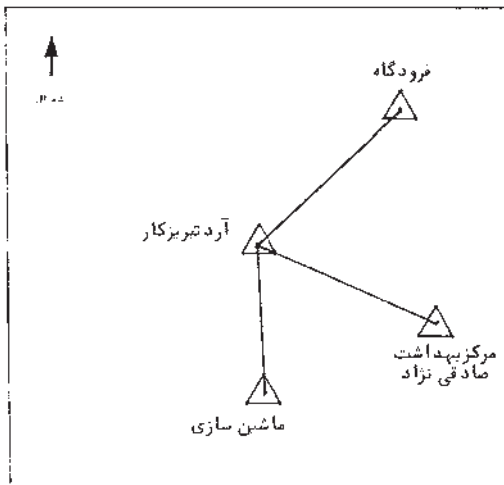
Y	38° 06' 39".553576	N	4218837.5021	m	1390.5327	Datum	WGS.84	تاریخ میدانه	1377
X	46° 13' 28".463922	E	607353.9934	m				تاریخ میدانه	
Y		N						تاریخ میدانه	
X		E						تاریخ میدانه	
Y		N						تاریخ میدانه	
X		E						تاریخ میدانه	

4

1 - برآیندهای برای اندازه گیری

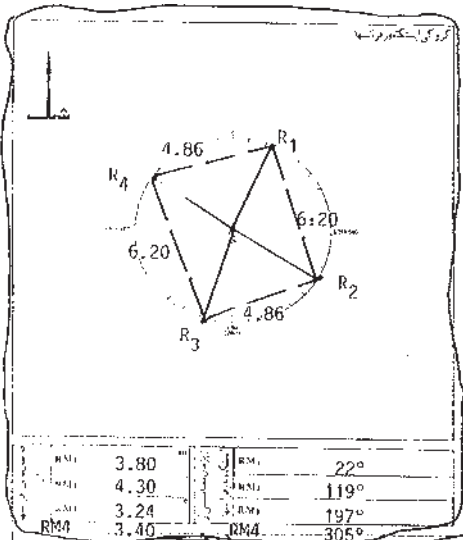
تاریخ	نام و نام خانوادگی	تاریخ ارتقا ایستگاه

نام ایستگاه	ازimuth	فاصله افقی Horizontal Distance
فرودگاه	46°	2.20 Km
مرکز بهداشت است	114°	2.10 Km
ماشین سازی	180°	2.40 Km

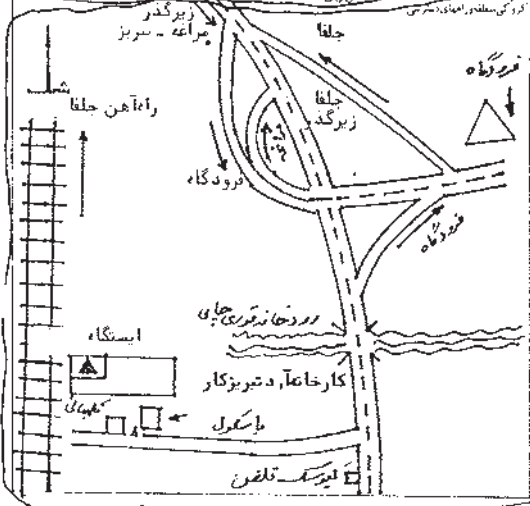


توضیحات:

شکل ۸-۴- الف



۱- شرح و جزئیات ایستگاه: ایستگاه میله‌ایست. امتیاز نقطه 20 میلی‌متر و بطول 7 سانتیمتر که در وسط بتونی با ابعاد 40 x 40 x 12 سانتیمتر قرار گرفته و بر روی میله علامت به‌علاوه و بر روی بتون حروف NCC ، 101-002 و GPS-3 و چک‌گردیده است. ایستگاه دارای چهار علامت راجه‌نما (Reference Mark) می‌باشد که همگی به‌صورت فلش در چهار گوشه ایستگاه که در کنار آنها عبارات RM1 ، RM2 ، RM3 ، RM4 به رنگ قرمز نوشته شده است.



۲- شرح و جزئیات ایستگاه: ایستگاه میله‌ایست. امتیاز نقطه 20 میلی‌متر و بطول 7 سانتیمتر که در وسط بتونی با ابعاد 40 x 40 x 12 سانتیمتر قرار گرفته و بر روی میله علامت به‌علاوه و بر روی بتون حروف NCC ، 101-002 و GPS-3 و چک‌گردیده است. ایستگاه دارای چهار علامت راجه‌نما (Reference Mark) می‌باشد که همگی به‌صورت فلش در چهار گوشه ایستگاه که در کنار آنها عبارات RM1 ، RM2 ، RM3 ، RM4 به رنگ قرمز نوشته شده است.

شکل ۸-۴-ب

سازمان نقشه برداری کشور

N.E.P.

شماره نقشه

شناسنامه نقاط ژئودزی ماهواره‌ای

شماره پروژه	3
-------------	---

ایستگاه

شماره پرونده یا کتابچه

Description of G.P.S. Station

38

درج

UTM
Penjajim System

سیستم مختصات

نام ایستگاه مرکز بهداشت صادق نژاد

Station 101-003

مبارزات

Reference Point

General Value

نوع مرکز ژئودزی
چشم‌پنداری

Point

شهرستان تبریز

Province

محافظة آذربایجان شرقی

شماره نقشه

Date of Photography

مقیاس عکس‌برداری

Photo Scale

مقیاس نقشه

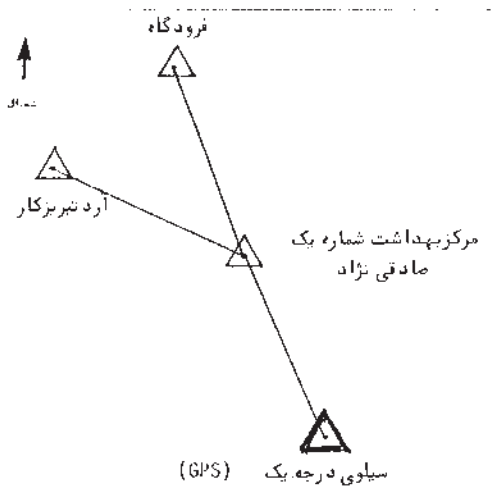
Photo No.

38° 06' 00".934995	N	4217678.6325 ^m	مختصات طول	1383.0460 ^m	Datum	شماره نقشه 1377
46° 15' 05".274778	E	609727.6474 ^m	مختصات عرض		WGS_84	
	N		مختصات طول			شماره نقشه
	E		مختصات عرض			
	N		مختصات طول			شماره نقشه
	E		مختصات عرض			

۱ - مراجعه برای بازاری اندازه گیری :

ایستگاههای هم‌ترازی Reference Station	ازimuth Azimuth	فاصله افقی Horizontal Distance	تفاوت ارتفاع ایستگاهها	نام و نام خانوادگی	تاریخ
فرودگاه	340°	2.55 KmL			
آرد تبریزکار	294°	2.10 KmL			
سیلو ایستگاه درجه	156°	3.00 KmL			

۲ - توضیحات :



شکل ۹-۴

۳- 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.

۴- 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.

۵- 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.

۶- 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 پیدا کردن نقطه‌ی اصلی یا محل آن استفاده کرد. ضمناً مواقعی می‌باشد که نقاط در روی سنگ حک شده است از روی این توضیحات می‌توان بی‌برد که جهت دست‌یابی به نقطه‌ی فوق دنبال چه قسمتی باید رفت.

۷- 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 پیدا کردن نقطه‌ی اصلی کافی است ولی سومی و چهارمی و ... برای دقت و کنترل بیش‌تر است.

۸- 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.

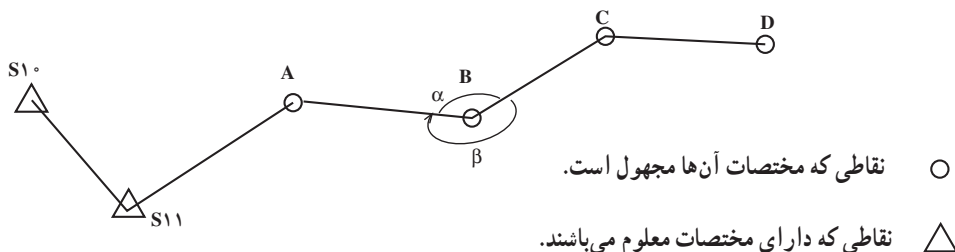
۴-۴- روش‌های انتقال مختصات نسبی

روش‌های زیادی برای انتقال مختصات یا به عبارت 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 عنوان 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 آن‌ها را مشاهده کنیم.

انواع پیمایش‌ها در نقشه‌برداری

۱- 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 ۴-۱۰

این پیمایش‌ها به راحتی قابل کنترل نیستند و باید با تکرار مشاهدات و انجام مشاهدات اضافی از اشتباهات احتمالی جلوگیری کرد. مثلاً قرائت زوایا به صورت کوپل و چندین بار یا اندازه‌گیری فواصل به صورت دوطرفه و غیره به‌طور کلی 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 در نظر گرفتن زاویه‌ی خارجی به جای زاویه‌ی داخلی و ... باشد. مثلاً شما به‌عنوان نقشه‌بردار زاویه‌ی ایستگاه B را به‌دست آورده باشید و حتی

۱- 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 کویل هم قرائت کنید ولی در محاسبات به جای زاویه α زاویه 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 ۱۱-۴ نمونه‌ای از این تونل‌ها را نشان می‌دهد که باید به روش‌های دیگری این پیمایش‌ها کنترل گردد. مثلاً استفاده از ژيروسکوپ^۱ یا وسایل و تجهیزات دیگر، که در دوره‌های بالاتر در درس زیرزمینی با آن‌ها آشنا خواهید شد.

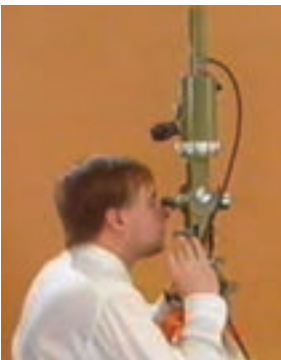
طرح توسعه نیروگاه سد مسجد سلیمان



شکل ۱۱-۴- 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 :

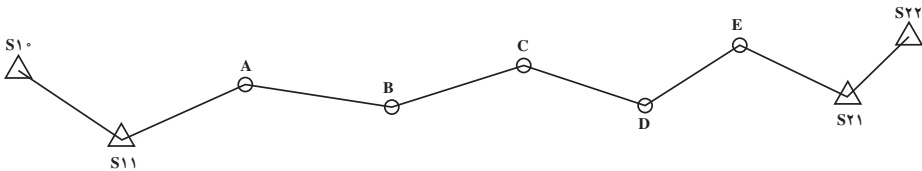


شکل ۱۲-۴- شکل یک ژيروسکوپ که در تونل‌ها و هدایت آن‌ها استفاده می‌شود.

۱- ژيروسکوپ وسیله‌ای است که می‌تواند آزیموت هر امتدادی را با دقتی حدود 15° - 20° به ما بدهد که نمونه‌ای از آن

را در شکل ۱۲-۴ مشاهده می‌کنید.

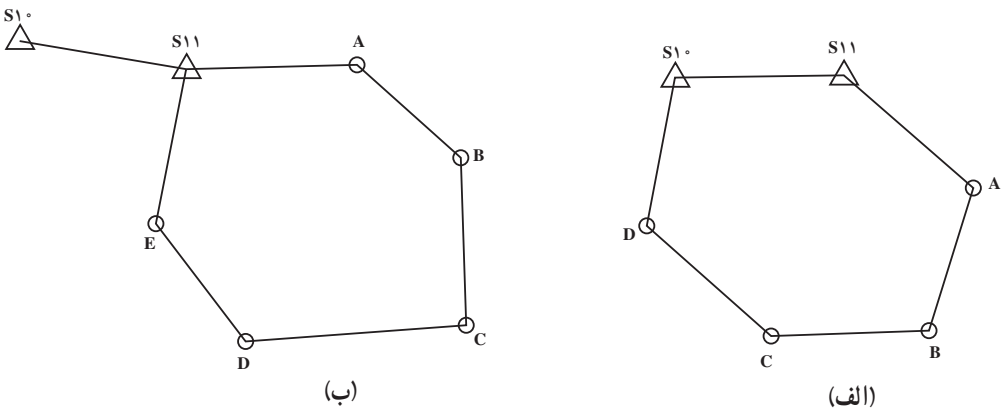
۲- پیمایش بسته (Closed Traverse): در این پیمایش‌ها از دو نقطه‌ی معلوم شروع نموده و در انتها به دو نقطه‌ی معلوم دیگر پیمایش را می‌بندیم. که در این پیمایش نقاط S_{10} و S_{11} و S_{21} و S_{22} با مختصات معلوم بوده و نقاط A و B و C و D و E نقاط مجهول می‌باشند.



شکل ۴-۱۳

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.

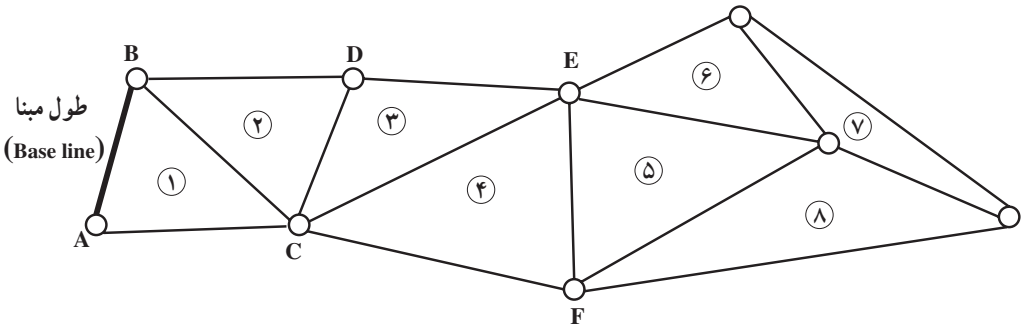
۳- پیمایش‌های حلقوی بسته (Closed Loop Traverse): شکل زیر نمونه‌هایی از این پیمایش‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱۴

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- مثلث‌بندی (*Triangulation*): روش دیگری از انتقال مختصات روش مثلث‌بندی می‌باشد در این روش مشاهدات، زاویه‌ها می‌باشند و فقط یک یا دو طول مبنای با دقت بیشتری اندازه‌گیری می‌گردد. شکل زیر نمونه‌ای از این روش را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵-۴

همان طوری که می‌دانید با سه زاویه مثلث قابل حل نمی‌باشد لذا فقط با اندازه‌گیری زوایا یا 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- سه ضلع‌بندی (*Trilateration*): در این روش برای انتقال مختصات از مشاهدات طول استفاده می‌کنیم با وجود دستگاه‌های EDM (Electronic Distance Measurement) 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

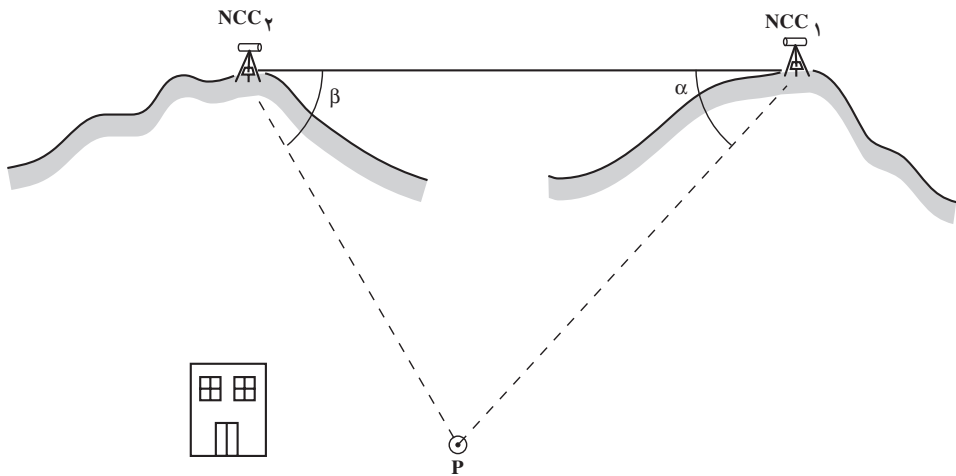
اتمسفریک و ... تصحیح گردند.

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

د - روش تقاطع (*Intersection*): روش تقاطع برای تعیین موقعیت نسبی، زمانی به کار 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:

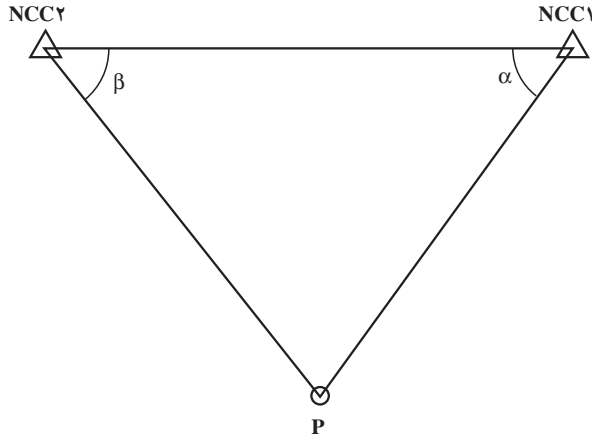
۱- تقاطع با دو زاویه

۲- تقاطع با دو ضلع



شکل ۱۶-۴

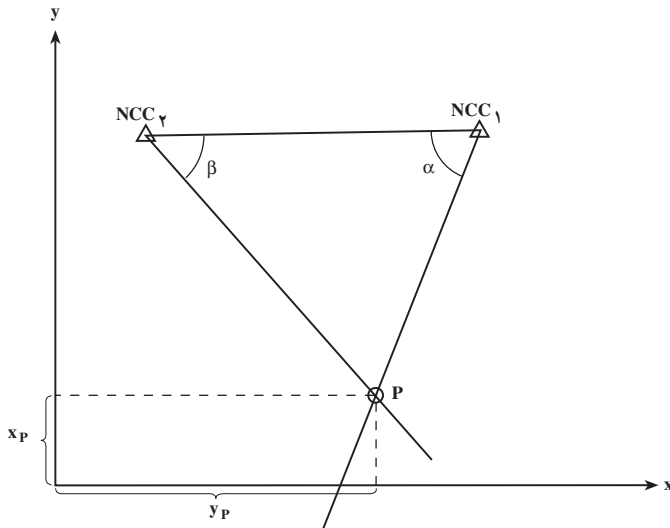
به عنوان نمونه در تقاطع با دو زاویه، زاویه‌ی افقی NCC_1 و NCC_2 را به‌طور دقیق قرائت می‌کنیم با داشتن این دو زاویه می‌توان مختصات نقطه‌ی P را به‌دست آورد.
تصویر نقاط فوق در روی صفحه‌ی افق به شکل ۱۷-۴ خواهد بود:
برای به‌دست‌آوردن مختصات P به دو روش می‌توانیم عمل کنیم:
الف - روش ترسیمی ب - روش محاسباتی



شکل ۴-۱۷

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

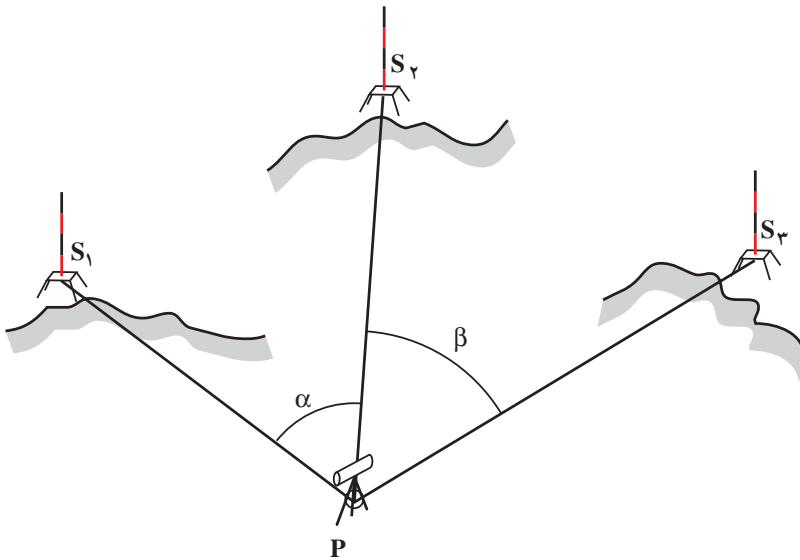
روش ترسیمی بدین صورت است که در یک سیستم مختصات نقاط NCC_1 و NCC_2 را با توجه به مختصات معلوم آن‌ها مشخص می‌کنیم و سپس از نقطه‌ی NCC_1 زاویه‌ی α را نسبت به امتداد NCC_1-NCC_2 جدا می‌کنیم و سپس از نقطه‌ی NCC_2 هم نسبت به امتداد NCC_2-NCC_1 زاویه‌ی β را جدا می‌کنیم. این دو امتداد همدیگر را در یک نقطه قطع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



شکل ۴-۱۸

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 — ترفیع (*Resection*): در این روش روی نقطه‌ی مجهول مستقر شده و به سه نقاط با مختصات معلوم نشانه‌رووی کرده و دو زاویه‌ی α و β را قرائت می‌کنیم (شکل ۴-۱۹).



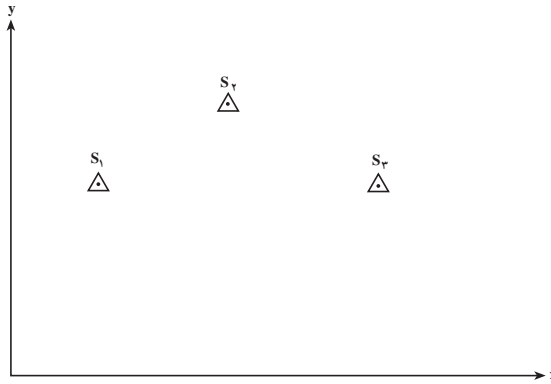
شکل ۴-۱۹

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

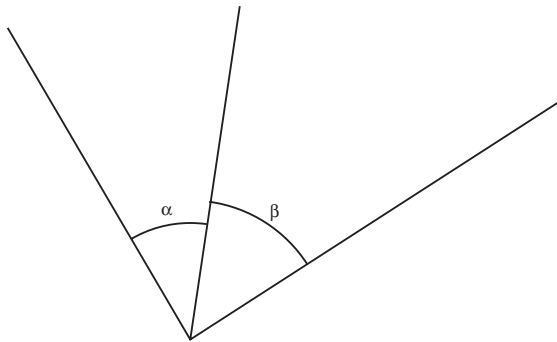
ترسیمی را بیان می‌کنیم :

روش ترسیمی تقریبی: سه نقطه‌ی S_1 و S_2 و S_3 را روی یک سیستم مختصات با توجه به مختصات رسم می‌کنیم (شکل ۴-۲۰).



شکل ۴-۲۰

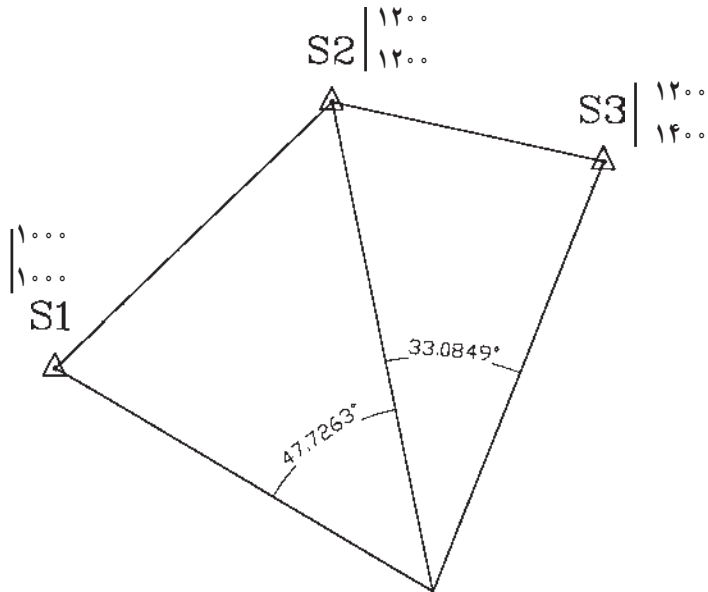
سپس در روی یک صفحه کاغذ دیگر از یک نقطه‌ی دلخواه با نقاله سه امتداد با زوایای α و β را ترسیم می‌کنیم.



شکل ۴-۲۱

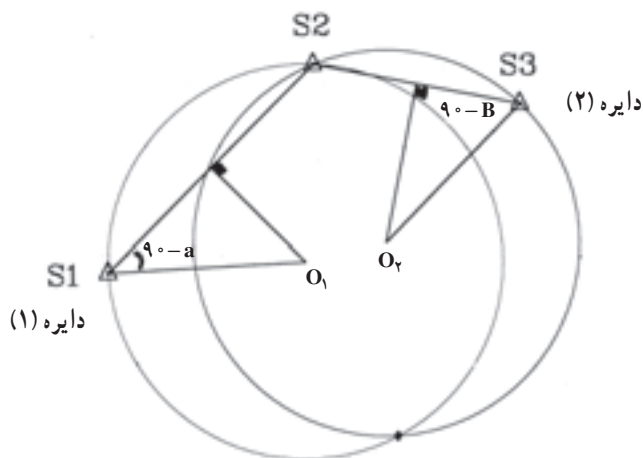
این صفحه‌ی کاغذ را برداشته و روی شکل ۴-۲۰ می‌لغزانیم تا امتدادها از نقاط S_1 و S_2 و S_3 عبور کنند سپس نقطه‌ی P را روی شکل ۴-۲۰ علامت‌گذاری نموده و مختصات آن را استخراج می‌کنیم.

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



شکل ۴-۲۲

روش ترسیمی دقیق: برای به دست آوردن مختصات P عمود منصف هر کدام از امتدادهای $S_1 S_2$ و $S_2 S_3$ را رسم می کنیم. عمود منصف مکان هندسی مرکز دایری است که از دو سر یک امتداد می گذرد.



شکل ۴-۲۳

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 $90^\circ - \alpha$ و از S_3 نیز $90^\circ - \beta$ را جدا کنیم تا عمود منصف‌ها را در O_1 و O_2 قطع کند به مرکز O_1 به شعاع $O_1 S_1$ 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 $\begin{matrix} 170^\circ \\ 60^\circ \end{matrix}$ خواهید رسید.

خودآزمایی

- ۱- تعیین موقعیت نسبی را تعریف کنید.
- ۲- انتقال موقعیت ارتفاعی را توضیح دهید.
- ۳- شبکه‌ی ارتفاعی را توضیح دهید.
- ۴- کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی یک را بیان کنید.
- ۵- کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی دو را بیان کنید.
- ۶- کاربردهای شبکه‌ی ارتفاعی درجه‌ی سه را بیان کنید.
- ۷- انواع روش‌های اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع را به اختصار شرح دهید.
- ۸- نحوه‌ی تعریف یک سیستم مختصات را برای انتقال موقعیت مسطحاتی

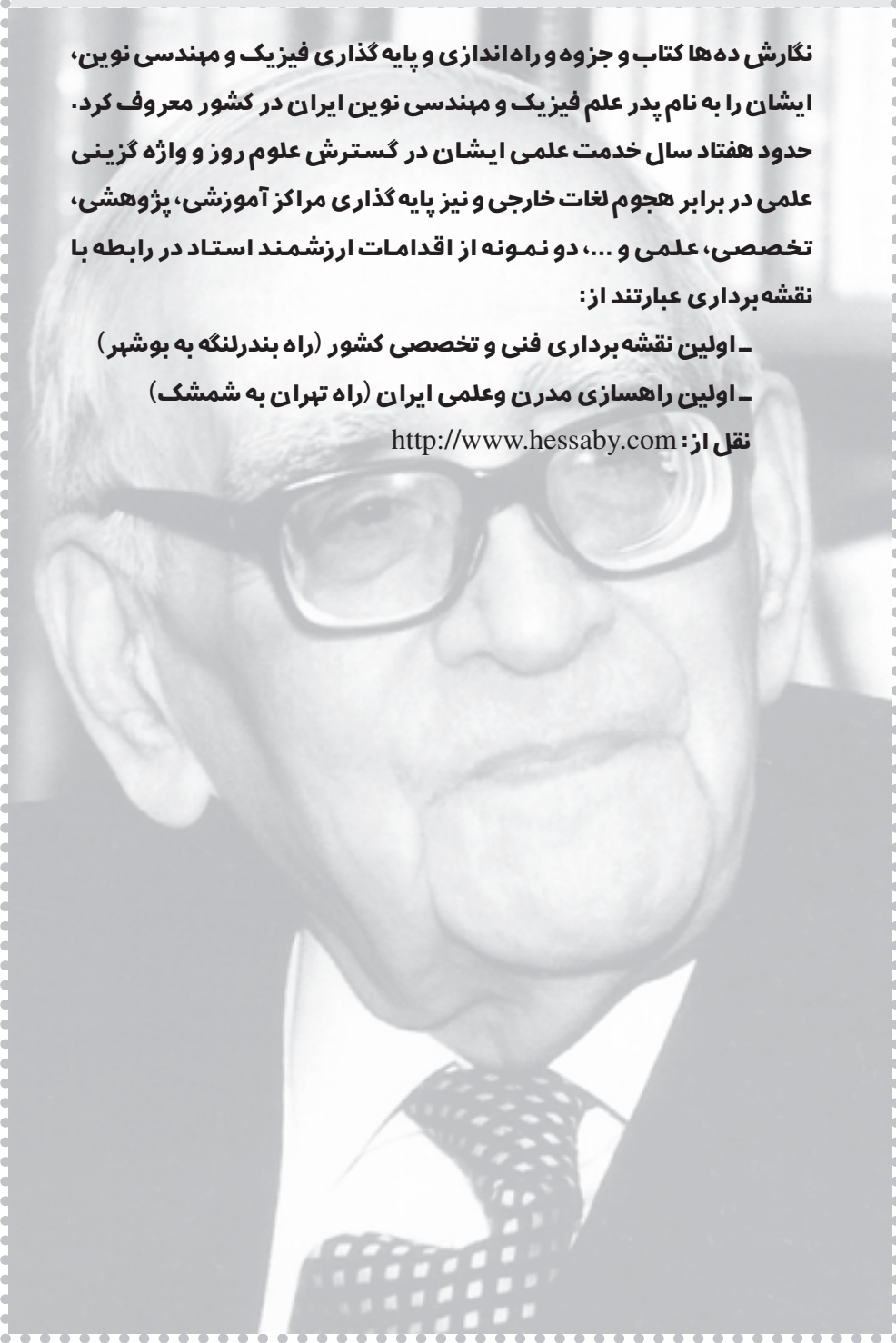
شرح دهید.

- ۹- روش‌های انتقال مختصات نسبی را نام ببرید.
- ۱۰- پیمایش را تعریف کرده، انواع آن را نام ببرید.
- ۱۱- روش پیمایش باز را شرح دهید.
- ۱۲- روش پیمایش بسته را شرح دهید.
- ۱۳- روش مثلث‌بندی را برای انتقال مختصات شرح دهید.
- ۱۴- روش سه ضلع بندی را برای انتقال مختصات شرح دهید.
- ۱۵- روش تقاطع را برای انتقال مختصات شرح دهید.
- ۱۶- روش ترفیع را برای انتقال مختصات شرح دهید.
- ۱۷- نقاط رفرانس را شرح دهید.

آیا می‌دانید؟

دکتر سید محمود حسابی

در سال ۱۳۸۱ (ه.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 می‌کردند. استاد هم چنین در رشته‌های پزشکی، ریاضیات و ستاره‌شناسی به تحصیلات آکادمیک پرداختند. شرکت راهسازی فرانسوی که استاد در آن مشغول به کار بودند، به پاس قدردانی از زحماتشان، ایشان را برای ادامه‌ی تحصیل به کشور فرانسه اعزام کرد و بدین ترتیب در سال ۱۹۲۴ (م) به مدرسه عالی برق پاریس وارد و در سال ۱۹۲۵ (م) فارغ‌التحصیل شدند. همزمان با تحصیل در رشته‌ی معدن، در راه‌آهن برقی فرانسه مشغول به کار گردیدند و پس از پایان تحصیل در این رشته کار خود را در معادن آهن شمال فرانسه و معادن زغال سنگ ایالت «سار» آغاز کردند. سپس به دلیل وجود روحیه‌ی علمی، به تحصیل و تحقیق، در دانشگاه سوربن، در رشته‌ی فیزیک پرداختند و در سال ۱۹۲۷ (م) در سن بیست و پنج سالگی دانشنامه دکترای فیزیک خود را، با ارائه رساله‌ای تحت عنوان «حساسیت سلول‌های فتوالکتریک»، با درجه‌ی عالی دریافت کردند. ایشان در چند رشته ورزشی موفقیت‌هایی کسب نمودند که از آن میان می‌توان به دیپلم نجات غریق در رشته‌ی شنا اشاره نمود. پروفیسور حسابی به دلیل عشق به میهن و با وجود امکان ادامه‌ی تحقیقات در خارج از کشور به ایران بازگشت و با ایمان و تعهد، به خدمتی خستگی‌ناپذیر پرداخت تاجوانان ایرانی را با علوم نوین آشنا سازد. پایه‌گذاری علوم نوین و تأسیس دارالمعلمین و دانشسرای عالی، دانشکده‌های فنی و علوم دانشگاه تهران،

A grayscale portrait of an elderly man with white hair and glasses, wearing a dark suit, white shirt, and a patterned tie. The portrait is the background for the text on the page.

نگارش ده‌ها کتاب و جزوه و راه‌اندازی و پایه‌گذاری 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 واژه‌گزینی علمی در برابر لغات خارجی و نیز پایه‌گذاری مراکز آموزشی، پژوهشی، تخصصی، علمی و ...، دو نمونه از اقدامات ارزشمند استاد در رابطه با نقشه‌برداری عبارتند از:

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

– اولین راهسازی مدرن و علمی ایران (راه تهران به شمشک)

نقل از: <http://www.hessaby.com>