بسم الله الرحمن الرحیم

کارگاه محاسبه و ترسیم(۲)

رشتهٔ نقشه‌برداری

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

شمارهٔ درس ۲۷۸۲

۵۲۶
۹۰۲۸/
ک ۵۳۴د/
۱۳۹۵

داورپناه، مهدی
کارگاه محاسبه و ترسیم (۲) / مؤلفان : مهدی داورپناه، فرشاد سید حسینی، محمد سعادت‌سرشت.
تهران : شرکت چاپ ونشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.
۱۲۲ص. : مصور.ــ (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۲۷۸۲)
متون درسی رشتهٔ نقشه‌برداری، زمینهٔ صنعت.
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ نقشه‌برداری دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش وزارت آموزش و پرورش.
نقشه‌برداری.الف.ایران.وزارت آموزش و پرورش.کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشتهٔ نقشه‌برداری دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۹۵

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

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

پیام نگار (ایمیل) **tvoccd@medu.ir**

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

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

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

نام کتاب : **کارگاه محاسبه و ترسیم (۲) ـ ۴۹۸/۶**

مؤلفان : **مهدی داورپناه، محمد سعادت‌سرشت و فرشاد سیدحسینی**

اعضای کمیسیون تخصصی : **محمد سعادت‌سرشت، محمد سلیم آبادی، ابوالقاسم رافع، محمدعلی فرزانه، رضا یگانه عزیزی، امیر حسین متینی و مالک مختاری**

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

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

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب سایت : www.chap.sch.ir

مدیر امور فنی و چاپ : **لیدا نیک روش**

رسام : **فاطمه رئیسیان فیروزآباد**

طراح جلد : **مهدی داورپناه**

صفحه آرا : **خدیجه محمدی**

حروفچین : **افسر مهدی‌زاده اردکان**

مصحح : **لیلا نوری، مژگان وفائی‌نیا**

امور آماده‌سازی خبر : **زینت بهشتی شیرازی**

امور فنی رایانه‌ای : **حمید ثابت کلاچاهی، احمدرضا امینی**

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

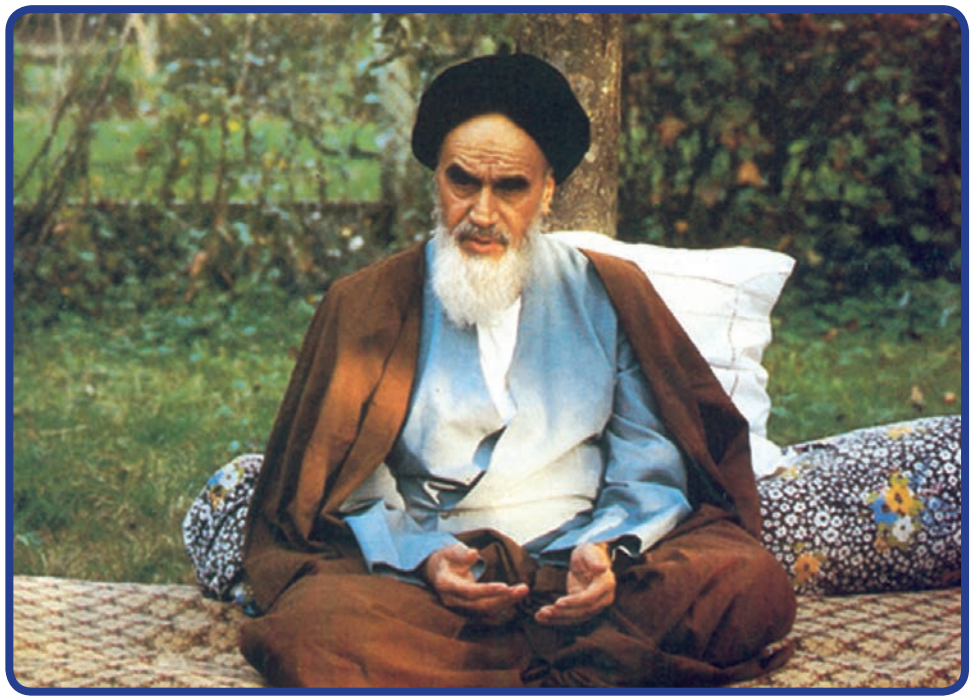
تلفن : ۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **فارسی**

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

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۳-۱۸۲۶-۰۵-۹۶۴ **ISBN 964-05-1826-3**



مهم‌ترین چیزی که برای کشور ما لازم است، تعهد اسلامی و تهذیب اسلامی است.

امام خمینی (قدس سره الشریف)

فهرست

فصل اول ــ کاربردهای ترازیابی ۱

فصل دوم ــ زاویه‌یابی ۳۲

فصل سوم ــ فاصله‌یابی ۴۵

فصل چهارم ــ تعیین موقعیت و امتدادهای مبنا ۵۵

فصل پنجم ــ تعیین مختصات ایستگاهی ۶۹

فصل ششم ــ برداشت جزئیات ۹۸

فصل هفتم ــ پیاده‌کردن نقاط ۱۱۳

منابع مورد استفاده ۱۲۲

هنرآموزان و هنرجویان عزیز

کتاب حاضر با توجه به نظرهای دریافت شده از هنرستان‌های فنی سراسر کشور توسط دو نفر از هنرآموزان محترم درس کارگاه محاسبه و ترسیم (۲) و یک نفر از اساتید دانشگاه تألیف جدید گردیده است و در کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ نقشه‌برداری تأیید نهایی شده است.

در تألیف این کتاب، توجه به ارائهٔ مناسب‌تر و روان‌تر مطالب با استفاده از ساده‌نویسی و زبان تصاویر و همچنین رویکردهای جدید در آموزش‌های فنی‌وحرفه‌ای با ساختاری به شرح زیر اقدام شده است :

ــ ابتدای هر فصل با تصویری انگیزشی جهت ترغیب هنرجویان برای یادگیری مطالب آن فصل آغاز شده است.

ــ هدف‌های رفتاری و مطالب پیش‌نیاز در صفحهٔ دوم هر فصل آمده است.

ــ درصفحهٔ سوم هر فصل مباحث مرتبط با آن فصل، از کتاب نقشه‌برداری عمومی ارائه شده است که به دلیل آن‌که مطالب مربوط به درس نقشه‌برداری عمومی است نباید از آن آزمون به‌عمل آید.

ــ در ادامه مثال‌های متعدد مطرح شده و مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. در انتهای هر مثال نیز چندین تمرین برای حل در کلاس آورده شده است که پیشنهاد می‌گردد در کلاس و در داخل کتاب حل گردد.

ــ مطالب این کتاب از لحاظ زمان اجرا و رعایت پیش‌نیازها با کتاب‌های نقشه‌برداری عمومی و عملیات نقشه‌برداری عمومی هماهنگ می‌باشد. به عبارت دیگر هنرجویان پس از آشنایی با مفاهیم تئوری نقشه‌برداری عمومی در کتاب نقشه‌برداری عمومی، در این کتاب تمرین‌های مربوط به آن را انجام می‌دهند تا پس از طی این مراحل جهت اجرای عملیات نقشه‌برداری عمومی آماده شوند.

امید است کتاب حاضر بتواند در جهت نیل به اهداف برنامهٔ درسی رشتهٔ نقشه‌برداری مؤثر واقع شود.

خواهشمند است نظرها و موارد پیشنهادی خود را در ارتباط با این کتاب ارسال فرمایید تا در ویرایش‌های بعدی به‌کار گرفته شود.

با آرزوی موفقیت،

کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ نقشه برداری

هدف کلی

ایجاد توانایی در محاسبهٔ مشاهدات و ترسیم نقشهٔ توپوگرافی یک منطقه.

فصل
اول

کاربردهای ترازیابی

هدف‌های رفتاری

پس از آموزش و مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ راهکار کلی مربوط به محاسبات یک جدول ترازیابی رفت و برگشت از نوع تدریجی را شرح دهد.

۲ــ محاسبات مربوط به یک جدول ترازیابی رفت و برگشت از نوع تدریجی را انجام دهد.

۳ــ بحث و بررسی مربوط به یک جدول ترازیابی رفت و برگشت از نوع تدریجی را شرح دهد.

۴ــ راهکار کلی مربوط به محاسبه و ترسیم پروفیل طولی به روش مستقیم را شرح دهد.

۵ــ محاسبات مربوط به پروفیل طولی به روش مستقیم را انجام دهد.

۶ــ بحث و بررسی مربوط به محاسبه و ترسیم پروفیل طولی به روش مستقیم را شرح دهد.

۷ــ راهکار کلی مربوط به ترسیم و محاسبهٔ حجم عملیات خاکی یک شبکهٔ ارتفاعی را شرح دهد.

۸ــ محاسبات مربوط به حجم عملیات خاکی یک شبکهٔ ارتفاعی را انجام دهد.

۹ــ بحث و بررسی مربوط به ترسیم و محاسبهٔ حجم عملیات خاکی یک شبکهٔ ارتفاعی را شرح دهد.

۱۰ــ راهکار کلی مربوط به محاسبه و ترسیم منحنی تراز یک شبکهٔ ارتفاعی به روش درون‌یابی را شرح دهد.

۱۱ــ محاسبات و ترسیم منحنی تراز یک شبکهٔ ارتفاعی را انجام دهد.

۱۲ــ بحث و بررسی مربوط به محاسبه و ترسیم منحنی تراز یک شبکهٔ ارتفاعی به روش درون‌یابی را شرح دهد.

مطالب پیش نیاز

قبل از مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :

۱ــ آشنایی با فصل اول کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

۲ــ آشنایی با فصل یازدهم، دوازدهم و سیزدهم کتاب «مساحی»

● ارتفاع یک نقطه عبارت است از فاصله قائم نقطه از سطح مبنای ارتفاعات (سطحی که ارتفاع نقاط مختلف را نسبت به آن می‌سنجند.)

● توسط سازمان نقشه‌برداری تعدادی نقطه در سراسر کشور ایجاد شده و ارتفاع آن‌ها از ژئوئید به‌دست آمده است تا در موقع لزوم بتوان با استفاده از این نقاط ارتفاع سایر نقاط اطراف آن‌را توسط عملیات ترازیابی هندسی تعیین نمود. به این نقاط که در نقشه‌برداری زمینی فرض می‌شود ارتفاع آن‌ها از قبل معلوم است، در اصطلاح نقاط بنچ‌مارک می‌گویند.

● اغلب مواقع به علت شیب زیاد بین نقاط ویا فاصله زیاد و یا وجود موانع دید، باید ترازیابی را در چند دهنه انجام داد که این شیوه را ترازیابی تدریجی می‌نامند.

ارتفاع معلوم نقطهٔ آخر – ارتفاع به‌دست آمده برای نقطهٔ آخر= خطای بست ترازیابی

$$e_L = h' - h$$

● مقدار مجاز خطای بست ترازیابی از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$e_{max} = \pm ۱۲\sqrt{k}$$

● مقدار تصحیح از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$C = \frac{-e_L}{n}$$

● اگر بر یک امتداد مستقیم مشخص روی زمین، صفحهٔ قائم فرضی عبور داده شود (به عبارت دیگر در امتداد مورد نظر بُرشی فرضی به زمین داده شود) از برخورد این صفحه فرضی با سطح طبیعی زمین، خطوط شکسته‌ای حاصل می‌شود. چنانچه این خطوط شکسته را در مقیاس مشخصی ترسیم نماییم، نقشه حاصل را پروفیل (مقطع یا نیمرخ) می‌گویند.

● به طور کلی در نقشه برداری با دو نوع پروفیل سروکار داریم :

۱. پروفیل طولی (Longitudinal Profile)

۲. پروفیل عرضی (Cross Section)

● مراحل تهیه پروفیل طولی به روش مستقیم و طراحی خط پروژه عبارتند از : ۱– طراحی پلان مسیر ۲ــ پیاده سازی مسیر ۳ــ ترازیابی مسیر ۴ــ محاسبات پروفیل طولی ۵ــ ترسیم پروفیل طولی ۶ــطراحی خط پروژه ۷ــ پیاده سازی و کنترل.

● به طور کلی تسطیح را می‌توان در چند مرحله زیر خلاصه کرد :

۱ــ شبکه بندی ۲ــ ترازیابی و محاسبات ۳ــ ترسیم شبکه ۴ــ طراحی و محاسبات تسطیح ۵ــ اجرای طرح و کنترل آن.

● ازجمله کارهایی که درمرحله طراحی تسطیح انجام می‌شود، می‌توان موارد زیر را نام برد :

۱ــ محاسبه بهترین شیب برای زمین در جهت‌های مختلف.

۲ــ محاسبه ارتفاع نقاط شبکه بعد از تسطیح و همچنین محاسبه عمق‌های خاکبرداری و خاکریزی.

۳ــ محاسبه حجم‌های خاکبرداری و خاکریزی برای بررسی اقتصادی طرح، عقد قرارداد و انتخاب ماشین آلات مناسب.

۴ــ تهیه نقشه اجرایی تسطیح.

● هرگاه تعدادی نقطه با ارتفاع یکسان در روی زمین را به هم وصل کنند، خطوط کم و بیش منحنی شکلی به‌دست می‌آید که آن خطوط را منحنی‌میزان می‌نامند.

● به نقشه‌هایی که علاوه بر شکل و موقعیت عوارض مسطحاتی زمین، وضع ارتفاعی آن‌را نیز معمولاً به‌صورت منحنی میزان‌ها و نقاط ارتفاعی نمایش می‌دهند، نقشه‌های توپوگرافی می‌گویند.

● در برداشت نقاط برای تهیه نقشه توپوگرافی قواعد زیر را رعایت می‌نمایند :

۱ــ برداشت نقاط در محل شکستگی‌های ارتفاعی مانند نوک قله و کف دره.

۲ــ برداشت نقاط در بالا، میانه و پایین شیب‌ها.

۳ــ برداشت نقاط و تعیین مسیر شکستگی‌ها (مانند ترانشه)، خط‌القعرها (مانند محور آبریز) و خط‌الرأس‌ها (تیغه رشته کوه).

۴ــ تراکم نقاط برداشتی حداقل دو سانتی‌متر در مقیاس نقشه.

۵ــ رعایت حد مجاز خطای ارتفاعی برای نقاط برداشت شده که براساس آن حداکثر خطای ارتفاعی نقاط برداشت شده نباید از نصف فاصله ارتفاعی منحنی میزان بیشتر شود.

● تهیه و ترسیم منحنی‌میزان در نقشه‌های توپوگرافی به سه روش قابل انجام است :

۱ــ روش مستقیم

۲ــ روش شبکه بندی

۳ــ روش برداشت نقاط نامنظم

● تهیه و ترسیم منحنی‌میزان به روش شبکه‌بندی دارای مراحل زیر می‌باشد :

۱ــ برداشت ارتفاعات ۲ــ درون‌یابی ۳ــ ترسیم منحنی میزان‌ها

مثال ۱ــ۱ : کنترل ترازیابی

یک ترازیابی تدریجی درجه سه از نقطهٔ BM۱ با ارتفاع معلوم ۱۶۷۰/۴۲۰ شروع شده و مجدد به همان نقطه بازگشته است. اگر طول مسیر ترازیابی ۱۸۵۰ متر باشد مطلوب است :

الف) محاسبه خطای مجاز ترازیابی.

ب) در صورت مجاز بودن خطا محاسبهٔ مقدار تصحیح.

ج) محاسبه ارتفاع تصحیح شدهٔ نقاط.

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)
BM۱	۲۶۹۷	
۱	۳۱۷۶	۱۵۷۴
۲	۲۹۴۵	۲۹۶۸
TP۱	۰۷۳۲	۳۷۴۲
۳	۱۸۴۰	۲۵۹۲
۴	۳۲۹۰	۱۷۵۷
TP۲	۲۰۶۳	۲۸۶۸
۵	۱۱۵۹	۱۳۷۷
BM۱		۱۰۴۰

راهکار کلی :

ابتدا جدولی مطابق شکل زیر ترسیم نموده و قرائت روی شاخص‌ها را از روی جدول بالا وارد آن می کنیم :

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح شده (H_C)

با استفاده از رابطهٔ اختلاف‌ارتفاع بین نقاط در ترازیابی تدریجی ستون مربوط به آن را کامل کرده و سپس ارتفاع نقاط را محاسبه و در ستون ارتفاع وارد می کنیم :

$$\Delta H = B.S - F.S$$

$$H_{\text{نقطه بعد}} = H_{\text{نقطه قبل}} + \Delta H$$

با کمی دقت مشاهده می‌کنید که ترازیابی از یک بنچ‌مارک شروع شده و مجدد به همان بنچ‌مارک بسته شده است، در نتیجه قابل کنترل می‌باشد و می‌توان خطای بست ترازیابی را محاسبه نمود. یعنی داریم :

ارتفاع معلوم نقطهٔ آخر − ارتفاع به‌دست آمده برای نقطهٔ آخر = خطای بست ترازیابی

$$e_L = h' - h$$

بعد از محاسبهٔ خطای بست ترازیابی، با توجه به این‌که این ترازیابی از نوع درجه ۳ می‌باشد، مقدار مجاز خطا را برای آن از رابطهٔ زیر بدست می‌آوریم :

$$e_{max} = \pm 12\sqrt{k}$$

و درصورتی‌که خطای بست ترازیابی در محدودهٔ مجاز آن قرار داشته باشد، آن را تصحیح می‌کنیم. مقدار تصحیح از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$C = \frac{-e_L}{n}$$

مقدار تصحیح درنقطهٔ اول صفر بوده و برای نقاط دیگر مطابق روابط زیر به‌دست می‌آید :

$$C_۱ = o$$

$$C_۲ = (\frac{-e_L}{n}) \times ۱$$

$$C_۳ = (\frac{-e_L}{n}) \times ۲$$

....

$$C_i = (\frac{-e_L}{n}) \times (i-1)$$

پس از محاسبهٔ مقدار تصحیح برای همهٔ نقاط، آن‌ها را در ستون مربوط به خود در جدول ترازیابی وارد می‌کنیم. در پایان ارتفاع تصحیح شده نقاط را از رابطهٔ ساده موجود ($H_C = H + C$) بدست آورده و ستون آخر را کامل می‌کنیم .

روش حل:

$H_{BM۱} = 1670.4$

$\Delta H_{BM۱-۱} = 2697 - 1574 = 1123$ $\quad H_{۱} = 1671.543$

$\Delta H_{۱-۲} = 3176 - 2968 = 0208$ $\quad H_{۲} = 1671.751$

$\Delta H_{۲-TP۱} = 2945 - 3742 = -0797$ $\quad H_{TP۱} = 1670.954$

$\Delta H_{TP۱-۳} = 0732 - 2592 = -1860$ $\quad H_{۳} = 1669.094$

$\Delta H_{۳-۴} = 1840 - 1757 = 0083$ $\quad \rightarrow \quad H_{۴} = 1669.177$

$\Delta H_{۴-TP۲} = 2390 - 2868 = 0422$ $\quad H_{TP۲} = 1669.599$

$\Delta H_{TP۲-۵} = 2063 - 1377 = 0686$ $\quad H_{۵} = 1670.285$

$\Delta H_{۵-BM۱} = 1159 - 0040 = 0$ $\quad H_{BM۱} = 1670.404$

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح شده (H_C)
BM۱	۲۶۹۷			۱۶۷۰/۴۲۰		
۱	۳۱۷۶	۱۵۷۴	۱۱۲۳	۱۶۷۱/۵۴۳		
۲	۲۹۴۵	۲۹۶۸	۰۲۰۸	۱۶۷۱ /۷۵۱		
TP۱	۰۷۳۲	۳۷۴۲	۰۷۹۷-	۱۶۷۰ /۹۵۴		
۳	۱۸۴۰	۲۵۹۲	۱۸۶۰-	۱۶۶۹ /۰۹۴		
۴	۳۲۹۰	۱۷۵۷	۰۰۸۳	۱۶۶۹ /۱۷۷		
TP۲	۲۰۶۳	۲۸۶۸	۰۴۲۲	۱۶۶۹ /۵۹۹		
۵	۱۱۵۹	۱۳۷۷	۰۶۸۶	۱۶۷۰ /۲۸۵		
BM۱		۱۰۴۰	۰۱۱۹	۱۶۷۰ /۴۰۴		

$$e_L = 1670.404 - 1670.420 = -16mm$$

$$e_{max} = \pm 12\sqrt{1.850} = 16.32$$

$$e_L \leq e_{max}$$

$$C = \frac{-(-16)}{8} = 2mm$$

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح شده (H_C)
BM۱	۲۶۹۷			۱۶۷۰/۴۲۰	۰	۱۶۷۰/۴۲۰
۱	۳۱۷۶	۱۵۷۴	۱۱۲۳	۱۶۷۱/۵۴۳	۲mm	۱۶۷۱/۵۴۵
۲	۲۹۴۵	۲۹۶۸	۰۲۰۸	۱۶۷۱ /۷۵۱	۴mm	۱۶۷۱ /۷۵۵
TP۱	۰۷۳۲	۳۷۴۲	۰۷۹۷–	۱۶۷۰ /۹۵۴	۶mm	۱۶۷۰ /۹۶۰
۳	۱۸۴۰	۲۵۹۲	۱۸۶۰–	۱۶۶۹ /۰۹۴	۸mm	۱۶۶۹ /۱۰۲
۴	۳۲۹۰	۱۷۵۷	۰۰۸۳	۱۶۶۹ /۱۷۷	۱۰mm	۱۶۶۹ /۱۸۷
TP۲	۲۰۶۳	۲۸۶۸	۰۴۲۲	۱۶۶۹ /۵۹۹	۱۲mm	۱۶۶۹ /۶۱۱
۵	۱۱۵۹	۱۳۷۷	۰۶۸۶	۱۶۷۰ /۲۸۵	۱۴mm	۱۶۷۰ /۲۹۹
BM۱		۱۰۴۰	۰۱۱۹	۱۶۷۰ /۴۰۴	۱۶mm	۱۶۷۰ /۴۲۰

بحث و بررسی :

زمانی‌که ترازیابی از یک نقطه شروع و به نقطهٔ دیگری ختم می‌شود، رابطهٔ زیر اختلاف‌ارتفاع دو نقطه را مشخص می‌کند :

$$\Sigma B.S - \Sigma F.S$$

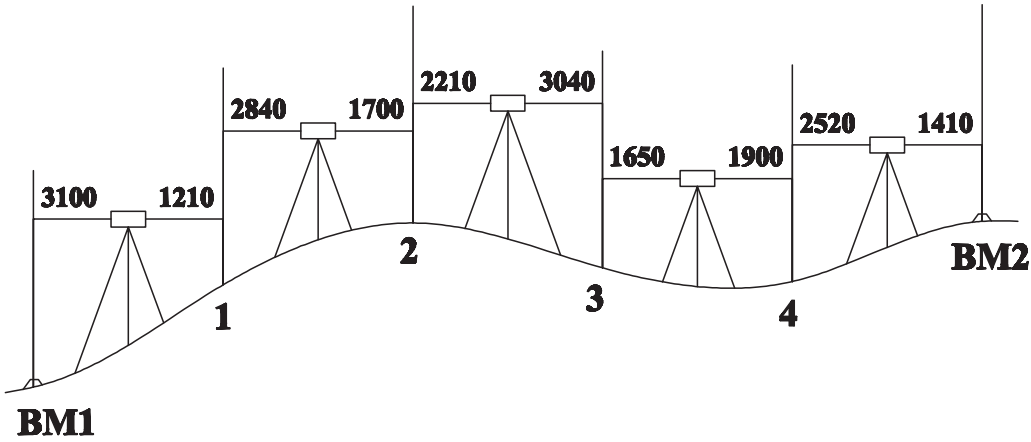
ولی زمانی‌که نقطه اول و آخر ترازیابی مانند این مثال یکی باشد رابطه بالا مقدار خطای ترازیابی را نشان می‌دهد. بنابراین مقدار e_L را از این رابطه نیز می‌توان محاسبه کرد :

$$e_L = \Sigma B.S - \Sigma F.S$$

قابل توجه است که در روش ترازیابی شعاعی مطلوب‌ترین روش برای تصحیح خطا، توزیع خطای ترازیابی بر روی قرائت‌های عقب است و در این روش نیازی به تشکیل ستون ارتفاع تصحیح شده نمی‌باشد.

تمرین های کلاسی مثال ۱ــ۱

۱ــ شکل زیر مربوط به عملیات ترازیابی از BM۱ به ارتفاع ۱۰۰ متر تا BM۲ به ارتفاع ۱۰۳/۰۵۰ متر می‌باشد. اگر طول مسیر ترازیابی ۲۵۰ متر و خطای کیلومتری ۲۵میلی‌متر باشد، جدول ترازیابی را تنظیم و ارتفاع سرشکن شده (تصحیح شده) نقاط را محاسبه کنید.



۲ــ جدول زیر مشاهدات یک ترازیابی بسته درجه سه به طول یک کیلومتر می‌باشد. مطلوب است :

الف) تعیین اختلاف ارتفاع نقاط. ب) محاسبهٔ خطای بست ترازیابی.

ج) در صورت مجاز بودن، تصحیح ارتفاع نقاط.

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح شده (H_C)
A	۱۴۱۰			۱۰۰۰۰۰		
۱	۱۶۲۰	۱۵۳۰				
۲	۱۲۹۰	۱۵۷۰				
۳	۱۷۲۰	۱۱۸۰				
۴	۱۶۳۰	۱۷۴۰				
A		۱۶۶۰				

۳ــ از نقطهٔ BM۱ به ارتفاع ۱۵۰/۳۲۰ متر ترازیابی را شروع کرده و تا نقطهٔBM۲ به ارتفاع ۱۵۴/۸۹۴ متر ادامه داده‌ایم. در صورتی‌که فاصله ترازیابی ۷۰۰ متر و خطای کیلومتری ترازیابی ۲۵ mm در نظر گرفته شود مطلوب است :

الف) محاسبه خطای بست ترازیابی.

ب) محاسبه خطای ماکزیمم.

ج) محاسبه ارتفاع سرشکن شده نقاط در صورت قابل قبول بودن خطای عملیات.

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح شده (H_C)
BM۱	۱۴۲۰					
۱	۲۰۹۰	۱۷۰۸				
۲	۲۱۵۰	۰۹۵۰				
۳	۱۸۴۰	۱۱۲۰				
۴	۳۱۵۰	۱۰۰۰				
۵	۱۷۱۰	۲۱۰۰				
BM۲		۰۹۲۰				

۴ــ جدول صفحهٔ بعد مربوط به عملیات ترازیابی بسته به طول ۷۰۰ متر و با خطای کیلومتری ۲۵mm می‌باشد با توجه به این‌که ارتفاع تصحیح نشده نقاط محاسبه شده است مطلوب است :

الف) محاسبه خطای بست ترازیابی و کنترل آن با خطای مجاز ترازیابی

ب) درصورت قابل قبول بودن خطای بست ترازیابی ارتفاع تصحیح شده نقاط را محاسبه کنید.

نقاط	قرائت عقب (m)	قرائت جلو (m)	ارتفاع دستگاه (m)	ارتفاع تصحیح نشده (m)	مقدار تصحیح (m)	ارتفاع تصحیح شده (m)
BM	۱/۷۵۶	_	۵۱/۷۵۶	۵۰/۰۰۰	؟	؟
۱	۱/۵۹۵	۲/۹۵۱	۵۰/۴۰۰	۴۸/۸۰۵	؟	؟
۲	۲/۳۵۲	۱/۸۳۳	۵۰/۹۱۹	۴۸/۵۶۷	؟	؟
۳	۱/۴۳۴	۱/۲۵۱	۵۱/۱۰۲	۴۹/۶۶۸	؟	؟
۴	۱/۵۵۲	۰/۹۸۳	۵۱/۶۷۱	۵۰/۱۱۹	؟	؟
۵	۱/۸۹۱	۲/۴۴۲	۵۱/۱۲۰	۴۹/۲۲۹	؟	؟
BM	_	۱/۱۰۲	_	۵۰/۰۱۸	؟	؟

مثال ۱ــ۲ : پروفیل طولی و طراحی خط پروژه

با توجه به جدول زیر مطلوب است :

الف) ترسیم پروفیل طولی مسیر بین نقاط A و B.

ب) تنظیم جدول مشخصات پروفیل طولی شامل : (نقاط مسیر، فاصله بین نقاط، فاصله نقاط از مبدأ، ارتفاع نقاط). (مقیاس طولی را ۱۰۰۰ : ۱ انتخاب نمایید.)

ج) خط پروژه را ترسیم کرده و نقاط خاک‌برداری و خاک‌ریزی را مشخص کنید.

کیلومتراژ Km	فاصله بین نقاط(L) به واحد متر	ارتفاع نقاط(H) به واحد متر	نقاط میخ‌کوبی شده
۰+۰۰۰		۱۰۳	A
۰+۰۳۰	۳۰	۱۰۲	۱
۰+۰۵۰	۲۰	۱۰۰/۵	۲
۰+۰۷۰	۲۰	۱۰۱	۳
۰+۰۹۵	۲۵	۱۰۳	۴
۰+۱۱۰	۱۵	۱۰۲/۵	۵
۰+۱۳۰	۲۰	۱۰۱	۶
۰+۱۴۵	۱۵	۱۰۳	۷
۰+۱۷۰	۲۵	**۹۹/۶**	**B**

راهکار کلی :

با توجه به این‌که مقیاس طولی ۱۰۰۰ : ۱ است پس باید مقیاس ارتفاعی را ۱۰۰ : ۱ در نظر بگیرید. و چون کمترین ارتفاع در جدول ۹۹/۶۰ متر می‌باشد باید مبدأ ارتفاع را عدد صحیحی کمتر از آن در نظر گرفت. مثلاً ارتفاع ۹۹ متر را می‌توان به عنوان مبدأ ارتفاعی در نظر بگیرید.

لازم است محورهای ارتفاعی برای حداقل اختلاف ارتفاع ۱ متر در مقیاس ۱۰۰ : ۱ درنظر گرفته شود. هم‌چنین محور طولی را برای حداقل فاصله ۱۷۰ متر از مبدأ در مقیاس ۱۰۰۰ : ۱ ترسیم کنید.

سپس فاصله‌ها را در مقیاس ۱۰۰۰ : ۱ و ارتفاع نقاط را با توجه به مبدأ ارتفاعی که ۹۹ متر است در مقیاس ۱۰۰ : ۱ روی محورها جدا کنید.

برای این کار می‌توانید از اشل (خط کش مقیاس) استفاده نمایید. اکنون محل هر نقطه را روی صفحه کاغذ مشخص کرده و آن‌ها را با خطوط مستقیم به هم وصل کنید. در واقع شما عمل نقطه‌یابی را با داشتن x و y نقاط انجام می‌دهید.

نحوه استفاده از خط‌کش مقیاس : فواصل روی محورهای فاصله و ارتفاع در پروفیل طولی باید در مقیاس صحیح ترسیم شوند. برای این کار می‌توانید از خط‌کش مقیاس (اشل) استفاده کنید. اشل به‌صورتی درجه‌بندی شده است که اعداد روی آن فاصله واقعی را روی زمین نشان می‌دهند. بنابراین برای ترسیم با اشل، ابتدا مقیاس مورد نظر را روی اشل پیدا کرده سپس با توجه به درجه‌بندی اعداد روی آن عدد مورد نظر را پیدا می‌کنیم.

روش حل

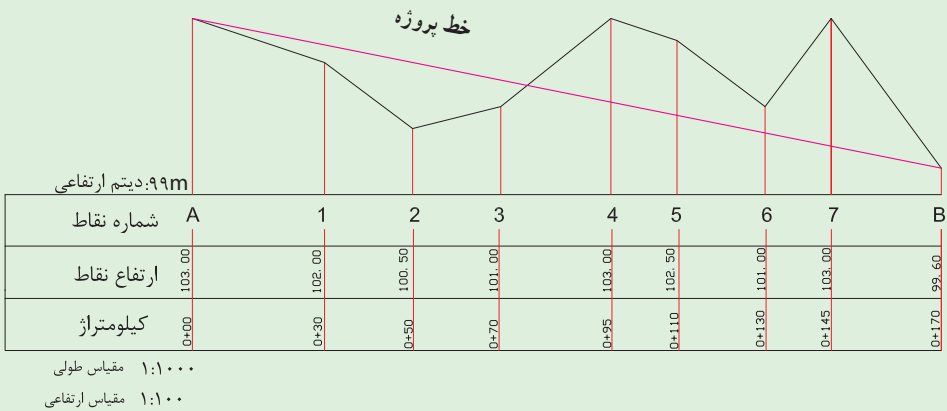
برای نشان دادن وضعیت ارتفاعی نقاط برداشتی از نواری با جنس کالک یا کاغذ میلی‌متری استفاده می‌شود. همان‌طور که گفته شد روی این نوار دو محور متعامد OX و OY رسم می‌شود. محور OX در راستای طول نوار و برای فواصل طولی و محور OY برای فواصل ارتفاعی در نظر گرفته می‌شود. نقطه‌ای در نزدیکی حاشیه چپ پایین به عنوان مبدأ مختصات انتخاب می‌گردد. X هر نقطه عبارت از فاصله آن نقطه تا مبدأ مسیر و Y آن نقطه اختلاف ارتفاع آن نقطه نسبت به یک مبدأ ارتفاعی فرضی است (این مبدأ معمولاً کمترین ارتفاع مسیر است که با رقم صحیحی از متر یا مضربی از متر گرد شده است).

چون اختلاف ارتفاعات نسبت به فواصل طولی بسیار کم است، برای بهتر نشان دادن وضعیت ارتفاعی نقاط مختلف مسیر معمولاً مقیاس ارتفاعی را ده مرتبه بزرگتر از مقیاس طولی تعیین می‌کنند. مثلاً اگر مقیاس محور طولی ۱۰۰۰ :۱ باشد، مقیاس محور ارتفاعی را ۱۰۰ :۱ در نظر می‌گیرند. هر نقطه در روی زمین را با استفاده از مختصات دوگانه‌اش روی این دو محور مختصات پیدا کرده و سپس نقاط به‌دست آمده را به ترتیب به یکدیگر متصل می‌کنیم تا پروفیل طولی مسیر ترسیم شود. پس از ترسیم پروفیل طولی با تعیین ارتفاع خط پروژه در ابتدا و انتهای مسیر این دو نقطه را به یکدیگر متصل کرده تا خط پروژه حاصل شود.

معمولاً پروفیل طولی با رنگ مشکی و خط پروژه با رنگ قرمز ترسیم می‌گردد. با ترسیم خط پروژه مشخص می‌شود در نقاط A و۱ و۲ و ۳ عملیات خاک‌ریزی و در سایر نقاط عملیات خاک‌برداری انجام می‌شود.

برای استفاده بهتر و بیشتر از پروفیل‌های طولی، اولاً کروکی نمای افقی (پلان) مسیر را در گوشه‌ای از کاغذ ترسیم می‌کنند و ثانیاً در زیر نمودار جدولی ترسیم کرده و خصوصیات نقاط برداشتی را در زیر هر نقطه یادداشت می‌کنند. برخی از این خصوصیات عبارتند از :

۱ــ شماره نقطه یا میخ ۲ــ فاصله بین نقاط ۳ــ ارتفاع نقاط و کیلومتراژ ۴ــ شیب پروژه ۵ــ ارتفاع پروژه ۶ــ عمق خاک و غیره



بحث و بررسی : با ترسیم خط پروژه، نقاطی که ارتفاع آن‌ها بیشتر از ارتفاع خط پروژه است و در بالای آن قرار می‌گیرند با علامت مثبت نشان داده شده و به عبارتی در این نقاط باید خاک‌برداری انجام شود. ولی نقاطی که ارتفاع آن‌ها کمتر از ارتفاع خط پروژه است و در زیر آن قرار می‌گیرند با علامت منفی نشان داده شده و به عبارتی در این نقاط باید خاک‌ریزی انجام شود.

تمرین‌های کلاسی مثال ۱ــ۲

۱ــ با توجه به اطلاعاتی که در جدول زیر مشاهده می‌کنید مطلوب است :

الف) ترسیم پروفیل طولی با مقیاس ۱/۱۰۰۰ .

ب) رسم جدول مشخصات (شمارهٔ نقطه، ارتفاع نقطه و کیلومتراژ).

کیلومتراژ Km	ارتفاع نقاط(H) به واحد متر	نقاط میخ‌کوبی شده
۰+۰۰۰	۱۰۰/۰	A
۰+۰۲۵	۱۰۱/۴	۱
۰+۰۴۵	۱۰۳/۱	۲
۰+۰۵۵	۱۰۲/۷	۳
۰+۰۷۰	۱۰۱/۲	۴
۰+۰۹۰	۱۰۲/۹	۵
۰+۱۱۰	۱۰۳/۴	B

۲ــ در یک ترازیابی بین نقاط BM۱ و BM۲ برای تهیه پروفیل طولی نتایج مطابق جدول صفحهٔ بعد به‌دست آمده است. مطلوب است :

الف) ترسیم پروفیل طولی مسیر BM۱ – BM۲ با مقیاس طولی ۱:۱۰۰۰ .

ب) تنظیم جدول مشخصات پروفیل شامل : (نقاط مسیر، فاصله بین نقاط، فاصله نقاط از مبدأ، ارتفاع نقاط).

کیلومتراژ Km	فاصله بین‌نقاط(L) به واحد متر	ارتفاع نقاط(H) به واحد متر	نقاط میخ‌کوبی شده
۰+۰۰۰		۹۸	BM۱
	۳۰		
۰+۰۳۰		۹۹/۵۰	۱
	۲۰		
۰+۰۵۰		۹۷	۲
	۳۰		
۰+۰۸۰		۹۸	۳
	۲۵		
۰+۱۰۵		۱۰۰/۵۰	۴
	۳۰		
۰+۱۳۵		۱۰۱/۵۰	۵
	۱۵		
۰+۱۵۰		۱۰۰	BM۲

۳ــ با توجه به جدول زیر پروفیل طولی مسیر بین A و B را ترسیم نمایید. (مقیاس ارتفاعی برابر ۱۰۰ : ۱ می‌باشد.)

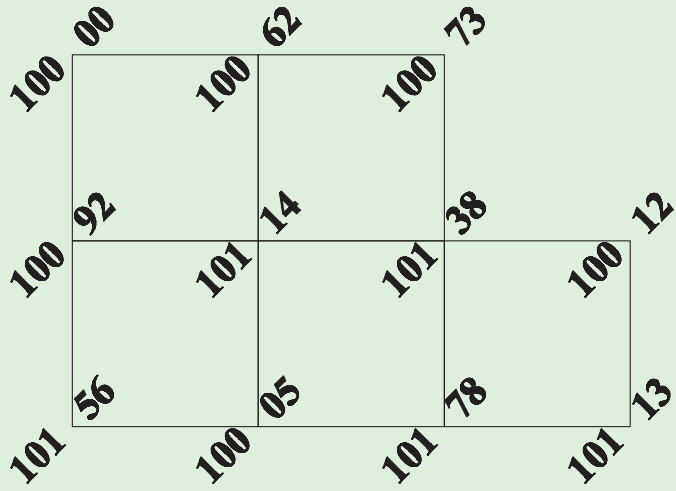
کیلومتراژ Km	فاصله بین‌نقاط(L) به واحد متر	ارتفاع نقاط(H) به واحد متر	نقاط میخ‌کوبی شده
۰+۰۰۰		۱۰۰/۰۰	A
	۲۴		
۰+۰۲۴		۱۰۰/۹۰	۱
	۲۰		
۰+۰۴۴		۱۰۲/۷۰	۲
	۵۰		
۰+۰۹۴		۱۰۰/۷۰	۳
	۱۰		
۰+۱۰۴		۹۹/۳۰	۴
	۱۴		
۰+۱۱۸		۱۰۰/۴۰	۵
	۲۰		
۰+۱۳۸		۱۰۱/۰۰	B

مثال ۱ــ۳ : تسطیح اراضی

شبکهٔ ارتفاعی قطعه زمینی با ابعاد هر شبکه (۲۰×۲۰ متر) مطابق شکل زیر برداشت شده است. مطلوب است :

الف) رسم شبکه با مقیاس ۱۰۰۰ :۱؛

ب) جهت مسطح نمودن این قطعه زمین در ارتفاع ۹۵ متر نیاز به چند متر مکعب خاک‌برداری می‌باشد؟



راهکار کلی قسمت الف :

برای ترسیم شبکه با مقیاس خواسته شده ابتدا طول و عرض کل زمین را در نظر گرفته و سپس با توجه به مقیاس، کاغذ موردنظر را انتخاب کنید. کافی است طول ضلع شبکه را به مقیاس برده و به کمک خط‌کش یا اشل و با استفاده از گونیا (برای عمود رسم کردن)، شبکه را بر روی کاغذ ترسیم کنید. بعد از آن ارتفاع‌های محاسبه شده از ترازیابی را با توجه به کروکی در هر رأس یادداشت نمایید.

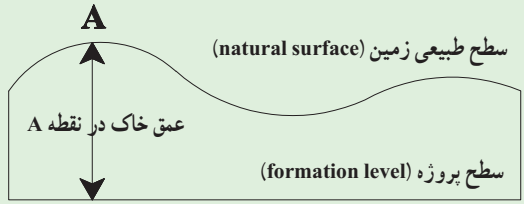
نحوهٔ نوشتن ارتفاعات روی شبکه به این صورت است که نقطهٔ ارتفاعی را طوری در گوشهٔ هر شبکه یادداشت می‌کنید که به جای ممیزِ عدد، رأس گوشهٔ شبکه قرار گیرد. ضمناً اعداد ارتفاعی با زاویهٔ ۴۵ درجه در گوشه‌ها یادداشت می‌شوند.

راهکار کلی قسمت ب :

در صورتی‌که ارتفاع سطح پروژه H_P فرض شود، از تفاضل ارتفاع هر نقطهٔ شبکه نسبت به ارتفاع پروژه، عمق خاک در آن نقطه مشخص می‌شود :

عمق خاک = ارتفاع زمین – ارتفاع پروژه

$h_i = H_i - H_P$



بدیهی است، در صورتی که عمق خاک (h_i) مثبت باشد، نشانهٔ خاک‌برداری و اگر (h_i) منفی باشد، نشانهٔ خاک‌ریزی در آن نقطه است. پس از تعیین عمق خاک در گوشهٔ مربع‌های شبکه، حجم عملیات خاکی برای هر مربع با محاسبه مساحت آن مربع ضرب در میانگین عمق خاک در چهار گوشهٔ مربع به‌دست می‌آید.

$$V_{abcd} = \frac{A}{4} \times (h_a + h_b + h_c + h_d)$$

روابط بالا برای یکی از مربع‌های شبکه در نظر گرفته می‌شود. اما زمانی که تعداد شبکه‌ها افزایش می‌یابد، برای ساده کردن و جلوگیری از تکرار محاسبات می‌توان حجم قسمت‌های مربع شکل را از رابطهٔ زیر بدست آورد :

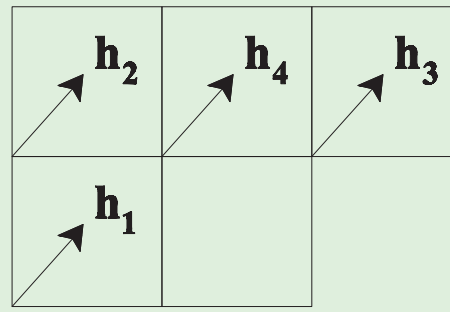
$$V_{abcd} = \frac{A}{4} \times (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4)$$

Σh_1 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک مربع مشترکند.

Σh_2 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو مربع مشترکند.

Σh_3 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه مربع مشترکند.

Σh_4 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار مربع مشترکند.



روش حل قسمت الف :

برای ترسیم شبکه با توجه به مقیاس داده شده که برابر ۱۰۰۰ :۱ است باید طول‌ها را جداگانه به مقیاس برده و بر روی کاغذ ترسیم کنیم. در این‌جا هر یک متر روی زمین برابر یک سانتی‌متر روی نقشه می‌باشد. بنابراین با کمک خط‌کش و گونیا یک مستطیل ۴ × ۶ سانتی‌متری ترسیم کرده و هر کدام از اضلاع را به طول‌های ۲ سانتی‌متری تقسیم می‌کنیم. به این ترتیب ۶ مربع ۲ × ۲ سانتی‌متری ترسیم می‌شود. سپس مربع بالا سمت راست را پاک کرده تا شبکه مورد نظر حاصل شود. باید توجه داشت برای نوشتن اعداد ارتفاع روی شبکه پس از محاسبه هر یک از اعداد ارتفاع از روی جدول با توجه به کروکی که سر زمین تهیه کرده‌ایم آن‌ها را در جای خود به نحوی که گفته شد یادداشت می‌کنیم :

روش حل قسمت ب :

$H_1 = 100.00 - 95 = +5$

$H_2 = 100.62 - 95 = +5.62$

$H_3 = 100.73 - 95 = +5.73$

$H_4 = 100.12 - 95 = +5.12$

$H_5 = 101.38 - 95 = +6.38$

$H_6 = 101.14 - 95 = +6.14$

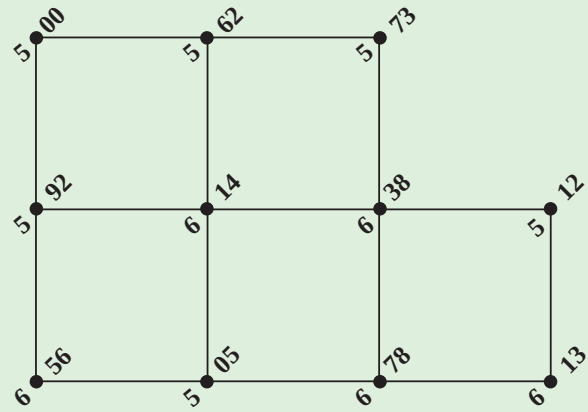
$H_7 = 100.92 - 95 = +5.92$

$H_8 = 101.56 - 95 = +6.56$

$H_9 = 100.50 - 95 = +5.50$

$H_{10} = 101.78 - 95 = +6.78$

$H_{11} = 101.13 - 95 = +6.13$



$h_1 = 5,5.73,5.12,6.13,6.56 \rightarrow \Sigma h_1 = 28.54$

$h_2 = 5.62,6.78,5.50,5.92 \rightarrow \Sigma h_2 = 23.82$

$h_3 = 6.38 \rightarrow \Sigma h_3 = 6.38$

$h_4 = 6.14 \rightarrow \Sigma h_4 = 6.14$

$A = a \times a \rightarrow A = 20m \times 20m = 400m^2$

$$V = \frac{A}{4} \times (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4)$$

$$V = \frac{400}{4} \times (28.54 + 23.82 + 6.38 + 6.14) \rightarrow V = 6488m^3$$

بحث و بررسی :

گاهی ممکن است زمین مورد نظر کاملاً مربع شکل یا مستطیل شکل نباشند و پس از شبکه بندی مقداری از گوشه‌های آن باقی بماند. این قسمت‌ها را می‌توان به اشکال مختلف هندسی مانند مثلث یا ذوزنقه تقسیم کرده و حجم هر یک را جداگانه محاسبه و با حاصل حجم کل مربع‌ها جمع کنیم. به این ترتیب حجم عملیات خاکی برای کل زمین محاسبه می‌شود. برای این منظور می‌توان از رابطهٔ تعمیم یافته زیر استفاده کرد :

$$V_{abcd} = A \times \frac{1}{4}(\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4) + \Sigma R$$

$\Sigma h_1 =$ مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک مربع مشترکند.

$\Sigma h_2 =$ مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو مربع مشترکند.

$\Sigma h_3 =$ مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه مربع مشترکند.

$\Sigma h_4 =$ مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار مربع مشترکند.

$\Sigma R =$ مجموع حجم‌های اشکال مثلثی و ذوزنقه‌ای شکل.

$$V_{\text{مثلث}} = A \times \frac{(h_1 + h_2 + h_3)}{3}$$

$$V_{\text{ذوزنقه}} = A \times \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}$$

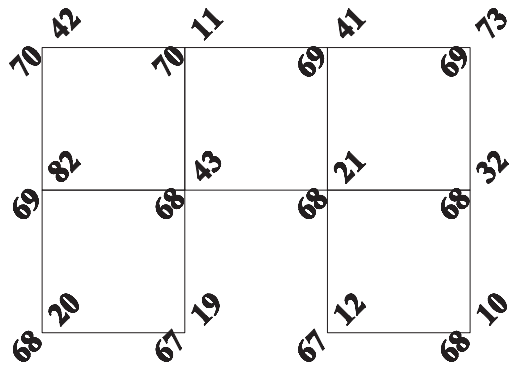
در این حالت باید ابتدا مساحت (A) هر مثلث و یا ذوزنقه را از روی اضلاع زمینی دقیقاً محاسبه نموده و در روابط بالا قرار داد.

تمرین‌های کلاسی مثال ۱ــ۳

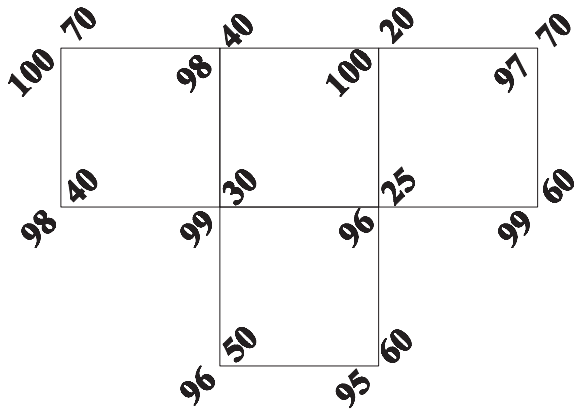
۱ــ بر روی شبکهٔ ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه (۱۵× ۱۵) متر مطلوب است :

الف) رسم شبکه با مقیاس ۱/۵۰۰

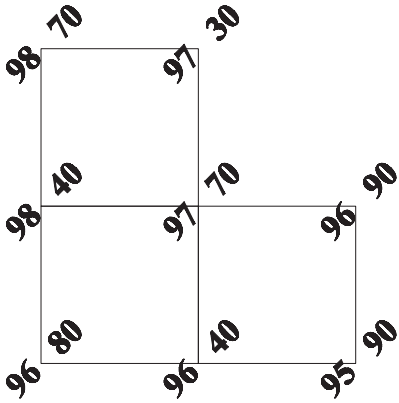
ب) محاسبه حجم عملیات خاکی (خاک‌برداری) با توجه به این‌که سطح پروژه ۶۵ متر می‌باشد.



۲ــ شبکهٔ ارتفاعی قطعه زمینی با ابعاد هر شبکه (۱۵ × ۱۵) متر مطابق شکل زیر برداشت گردیده است. جهت مسطح نمودن این قطعه زمین در ارتفاع ۹۳ متر نیاز به چند متر مکعب خاک‌برداری می‌باشد؟

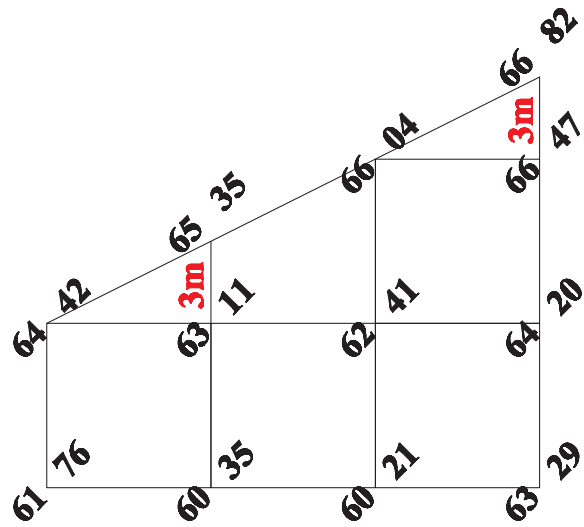


۳ــ با استفاده از شبکه ارتفاعی زیر مطلوب است حجم عملیات خاکی مربوط به سطح پروژه ۱۰۰ متر. (ابعاد شبکه بیست متری است)



۴ــ در شبکه ارتفاعی زیر، ابعاد هر یک از شبکه‌ها (۶ × ۶) متر می‌باشد. در صورتی‌که مبدأ مختصات را گوشهٔ پایین سمت چپ شبکه در نظر بگیریم، مختصات سه بعدی کلیهٔ نقاط رئوس شبکه را استخراج و در جدول زیر یادداشت کنید. سپس حجم عملیات خاکی کل شبکه را محاسبه کنید. (سطح پروژه ۶۰متر است.)

No	X	Y	Z
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
۶			
۷			
۸			
۹			
۱۰			
۱۱			
۱۲			

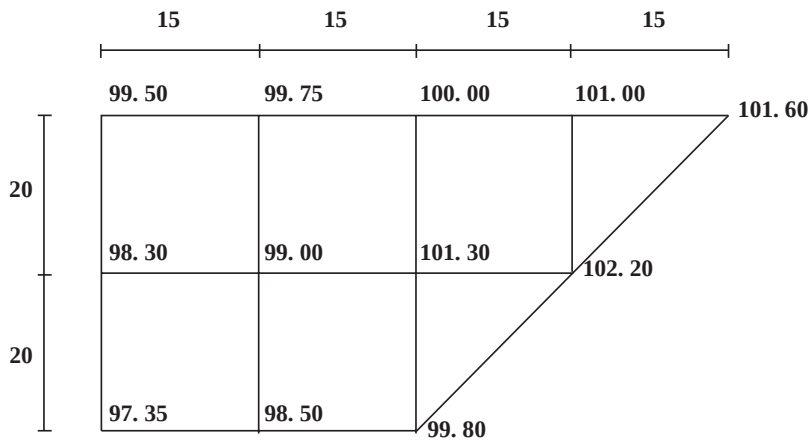


۵ــ در پلان شبکه ارتفاعی زیر با توجه به اندازه‌های داده شده در شبکه‌بندی مطلوب است :

الف) رسم شبکه‌بندی با مقیاس $\frac{۱}{۵۰۰}$

ب) ترسیم منحنی تراز ۱۰۰متر به روش واسطه‌یابی.

(ارتفاع نقاط و ابعاد شبکه روی پلان رقوم‌دار بر حسب متر است.)

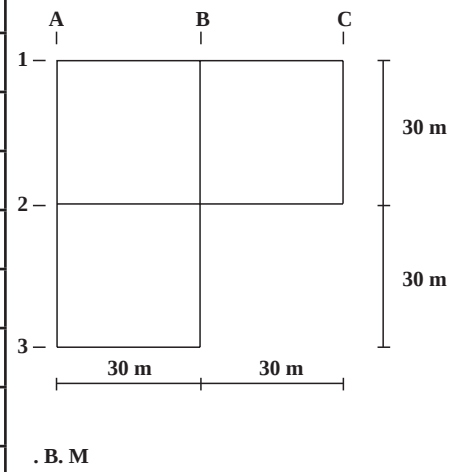


۶ــ دستگاه ترازیاب جهت محاسبه حجم عملیات خاکی بر روی B.M به ارتفاع ۲۰ متر مطابق کروکی زیر مستقر شده و اطلاعات جدول ترازیابی زیر برداشت شده است. در صورتی‌که ارتفاع دوربین از سطح زمین ۱۵۰۰ میلی‌متر باشد مطلوب است :

الف) محاسبه ارتفاع رئوس شبکه.

ب) محاسبه حجم عملیات خاکی مربوط به سطح پروژه ۱۹ متر.

نقاط	B.S (mm)	M.S (mm)	F.S (mm)	HI (mm)	H (mm)	کروکی
B.M	۱۵۰۰					
A۱		۰۸۰۰				
B۱		۰۵۸۰				
C۱		۰۰۱۰				
C۲		۲۱۰۰				
B۲		۱۷۰۰				
A۲		۱۲۰۰				
A۳		۱۵۰۰				
B۳			۲۳۰۰			

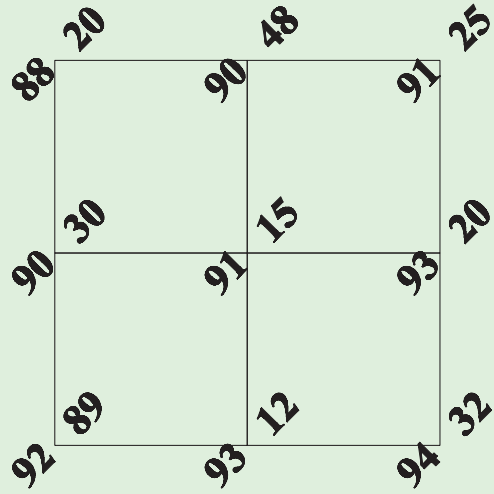


مثال ۱ــ۴ :منحنی میزان

در شبکه ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه (۲۰ ×۲۰) متر مطلوب است :

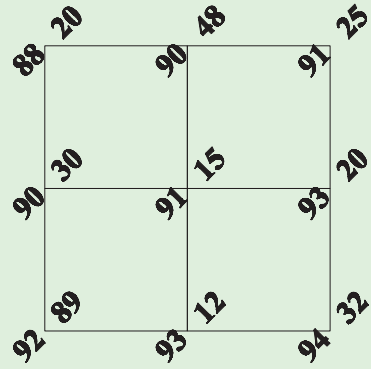
الف) رسم شبکه با مقیاس ۱/۱۰۰۰.

ب) رسم منحنی تراز ۸۹ متری از طریق انترپوله (واسطه‌یابی).



راهکار کلی قسمت الف :

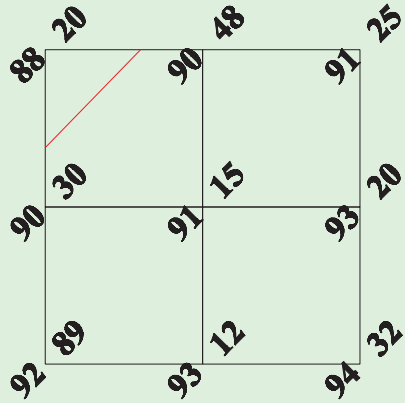
برای رسم هر شبکه، ابتدا طول آن را به مقیاس خواسته شده می‌برید. در این مسئله هر ضلع برابر۲۰ متر روی زمین است. با توجه به مقیاس۱۰۰۰ :۱، روی نقشه این طول برابر ۲۰ میلی‌متر یا ۲ سانتی‌متر می‌شود. سپس با استفاده از خط‌کش یا اشل و به کمک گونیا مربع‌های ۲ در۲ سانتی‌متری را رسم کرده و ارتفاعات را با توجه به کروکی روی آن یادداشت کنید.



ترسیم مربع‌های
۲ در۲ سانتی‌متری

راهکار کلی قسمت ب :

ابتدا روی هر یک از ضلع‌های مربع‌ها، به صورت تقریبی ارتفاع خواسته شده را مشخص می‌کنیم تا مشخص شود عملیات واسطه‌یابی باید بر روی کدام یک از اضلاع انجام بگیرد. این کار باعث می‌شود محاسبات اضافی انجام نگیرد و از اتلاف وقت جلوگیری شود.



حال با معلوم شدن اضلاعی که نقاط مورد نظر در آن موجود است، برای محاسبهٔ جای دقیق نقطه، به روش انترپوله یا واسطه‌یابی عمل می‌کنیم. به این صورت که فاصلهٔ بین اضلاع روی زمین معلوم است. ارتفاع رئوس شبکه نیز به وسیلهٔ عملیات ترازیابی محاسبه شده و مطابق کروکی در جای خود نوشته شده است. حال با داشتن اختلاف ارتفاع دو رأس شبکه و اختلاف ارتفاع نقطهٔ مورد نظر تا یکی از رأس‌ها (معمولاً ارتفاع کمتر) و هم‌چنین طول ضلع شبکه با یک تناسب ساده، فاصلهٔ مجهول مورد نظر محاسبه می‌شود.

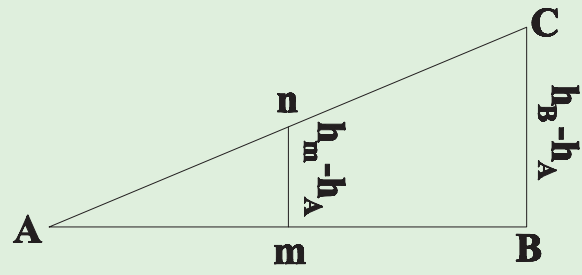
سپس طول محاسبه شده را به مقیاس خواسته شده تبدیل کرده و با کمک اشل و خط‌کش روی کاغذی که از قبل روی آن شبکه را ترسیم کرده‌اید با توجه به کروکی رسم کنید.

$$\frac{mn}{BC}=\frac{mA}{AB}, mA=d$$

$$mn=h_m-h_A\ ,\ BC=h_B-h_A$$

$$\frac{h_m-h_A}{h_B-h_A}=\frac{mA}{AB}$$

$$\rightarrow mA=\frac{(h_m-h_A)\times AB}{h_B-h_A}$$



$$\text{فاصله منحنی از نقطهٔ ارتفاع پایین‌تر} = \text{فاصله دو نقطه} \times \frac{\text{اختلاف ارتفاع منحنی با نقطهٔ پایین‌تر}}{\text{اختلاف ارتفاع دو نقطه}}$$

روش حل و ترسیم :

منحنی‌هایی که با انجام عملیات فوق (واسطه‌یابی) و با اتصال نقاط هم ارتفاع به‌دست می‌آیند، شبیه خطوط شکسته می‌باشند و باید آن‌ها را به اصطلاح نرم نموده و به منحنی تبدیل کرد. در جایی که دو خط شکسته به هم وصل می‌شوند، به وسیلهٔ مداد و پیستوله و با ایجاد خمیدگی‌های ملایم، خطِ شکسته را به صورت منحنی پیوسته درمی‌آورند.

برای سهولت قرائت منحنی‌های تراز، از هر پنج یا ده منحنی تراز یکی را ضخیم ترسیم می‌کنند که به نام منحنی‌تراز اصلی خوانده می‌شود. میان منحنی‌تراز اصلی، منحنی‌های تراز فرعی با ضخامت کمتر رسم می‌شوند. رقم ارتفاعات معمولاً روی منحنی‌های تراز اصلی نوشته می‌شود.

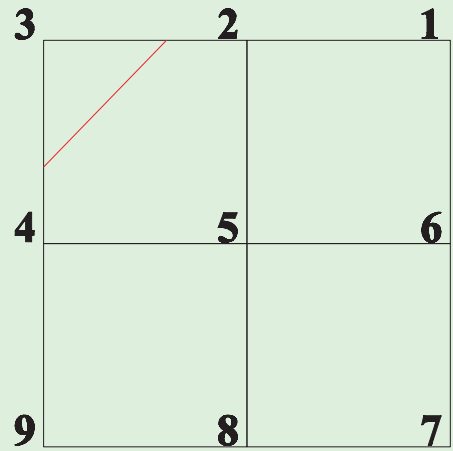
برای نوشتن صحیح رقم ارتفاعات بر روی نقشه رعایت موارد زیر الزامی است :

- اعداد روی نقشه حتی‌الامکان باید موازی با محور افقی کادر نقشه و در جهت مطالعهٔ نقشه باشد و عدم رعایت آن می‌تواند موجب بروز مشکلاتی شود.
- در نقشه‌های بزرگ مقیاس و نقشه‌های مهندسی ممکن است عددگذاری منحنی‌میزان‌ها همیشه در جهت مطالعهٔ نقشه نباشد که علت آن غالباً منطبق نبودن کادر قائم نقشه با شمال جغرافیایی است. از آنجایی که نقشه‌های بزرگ مقیاس در روی منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرند و انطباق جهت نقشه و زمین ضرورت پیدا می‌کند، لذا نوشتن اعداد ارتفاعی به صورت مورب و عمود بر جهت شمال ــ نه عمود بر کادر قائم نقشه ــ انطباق نقشه با زمین را آسان‌تر می‌نماید. جهت افزایش ارتفاع در روی نقشه با افزایش اعداد همراه است و جهت عکس آن یعنی جهت شیب با اعدادی که به تدریج از مقدارشان کاسته می‌گردد نشان داده می‌شود. به این ترتیب استفاده کننده به راحتی می‌تواند پس از توجیه، جهت ارتفاعات و جهت شیب‌ها را از هم تشخیص دهد.
- در نقشه‌های کوچک مقیاس سعی می‌شود که اعداد حتی‌الامکان موازی با کادر نقشه و بدون توجه به جهت واقعی شیب در جهت مطالعه نقشه قرار گیرند. از این رو برای یافتن ارتفاع منحنی‌میزان‌ها باید امتداد خطوط را دنبال کرده تا اعدادِ نشان دهنده ارتفاع را پیدا کرد.
- در منحنی‌میزان‌های نزدیک به هم، اعداد معمولاً در یک امتداد و به صورت منظم نوشته شده

و ارتفاع منحنی‌ها در قسمت صاف و کم پیچ و خم خطوط قید می‌شود.

● عدد نویسی روی منحنی‌های میزان به این صورت است که قسمتی از منحنی که کمی بیشتر از طول عدد مورد نظر است، پاک شده و رقم ارتفاعی در آن محل قرار داده می‌شود.

● در هنگام ترسیم خطوط منحنی‌میزان باید دقت کنیم منحنی‌ها در هنگام برخورد با عوارض مسطحاتی مانند جاده، ساختمان، پل و غیره قطع می‌شوند.



نقطه 2, 3

$$x = \frac{\Delta h_{3,89} \times d}{\Delta h_{2,3}}$$

$$\Delta h_{2,3} = 90.48 - 88.20 = 2.28m$$

$$\Delta h_{3,89} = 89 - 88.20 = 0.8m$$

$$x = \frac{0.8 \times 20}{2.28} \rightarrow x = 7.02m \rightarrow x = 7mm$$

با توجه به مقیاس، ۷ میلی‌متر از نقطه شماره ۳ به سمت نقطه شماره ۲ جدا می‌کنیم.

نقطه 3, 4

$$x = \frac{\Delta h_{3,89} \times d}{\Delta h_{3,4}}$$

$$\Delta h_{3,4} = 90.30 - 88.20 = 2.10m$$

$$\Delta h_{3,89} = 89 - 88.20 = 0.8m$$

$$x = \frac{0.8 \times 20}{2.10} \rightarrow x = 7.62m \rightarrow x = 7.5mm$$

با توجه به مقیاس ۷/۵ میلی‌متر از نقطه شماره ۳ به سمت نقطه شماره ۴ جدا می‌کنیم.

بحث و بررسی :

هیچ منحنی‌میزانی در متن نقشه بلاتکلیف نمی‌ماند. به عبارتی دیگر راه عبورش بسته نیست و حتماً اگر از نقطه‌ای در متن نقشه شروع شود، یا به همان نقطه برمی‌گردد و یا به مسیر خود ادامه داده تا از متن نقشه خارج شده و به نقشهٔ کناری برود.

هیچ منحنی‌میزانی، منحنی‌میزان‌های دیگر را قطع نمی‌کند. مگر این‌که شیب در قسمتی از نقشه آن‌قدر زیاد باشد که تقریباً منحنی‌میزان‌ها روی هم بیفتند. (مانند یک دیوارهٔ قائم). در چنین حالت‌هایی قبل از برخورد با عارضه، منحنی‌میزان‌ها قطع و به جای آن‌ها علامت قراردادی ترانشه (به معنی دیوارهٔ قائم) گذاشته می‌شود.

روی همهٔ منحنی‌میزان‌ها به دلیل شلوغ شدن نقشه، مقدار ارتفاع‌ها نوشته نمی‌شود. بلکه از هر ۵ منحنی یکی را ضخیم‌تر کشیده (منحنی میزان اصلی یا مترس)، قسمتی از منحنی را در محل معینی برش داده و ارتفاع منحنی را در قسمت برش داده شده می‌نویسیم. (سمت نوشتن ارتفاع منحنی‌ها باید در جهت بزرگترین شیب منطقه باشد.)

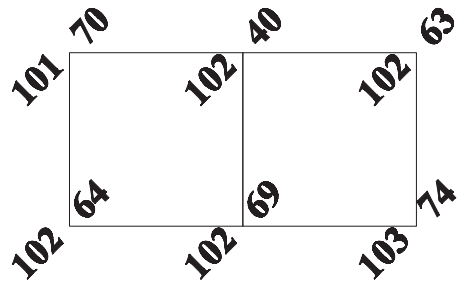
با استفاده از پیستوله منحنی میزان‌ها را نرم کرده و با قراردادن یک شیت شفاف برروی نقشه و کپی کردن خطوط منحنی‌میزان برروی آن می‌توانیم نقشهٔ نهائی توپوگرافی منطقه را داشته باشیم.

تمرین های کلاسی مثال ۱ــ۴

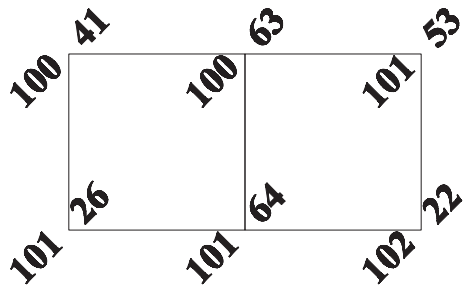
۱ــ در شکل زیر ابعاد شبکه‌ها ۳۰ × ۳۰ متر می‌باشد مطلوب است :

الف) رسم شبکه با مقیاس ۱۰۰۰ : ۱ .

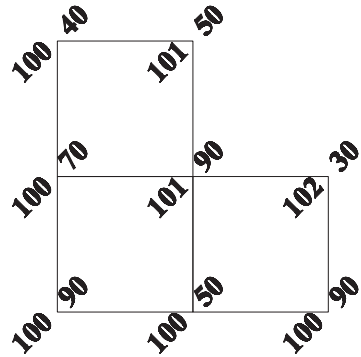
ب) ترسیم منحنی‌های تراز ۱۰۲ و ۱۰۳ متری به روش واسطه‌یابی.



۲ــ با استفاده از انترپوله کردن (واسطه‌یابی) منحنی تراز مربوط به ارتفاع ۱۰۱ متری را بر روی شبکه ارتفاعی شکل زیر ترسیم نمایید. ابعاد شبکهٔ قائم‌الزاویه ۴۰ متر و اعداد ارتفاع بر حسب متر می‌باشند.



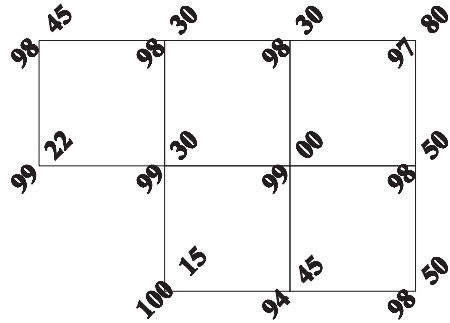
۳ ــ پلان رقوم دار شکل زیر را با مقیاس ۱/۵۰۰ رسم کرده و منحنی تراز ۱۰۱ متر را با استفاده از واسطه یابی ترسیم کنید. (ابعاد شبکه ۱۵ متری است.)



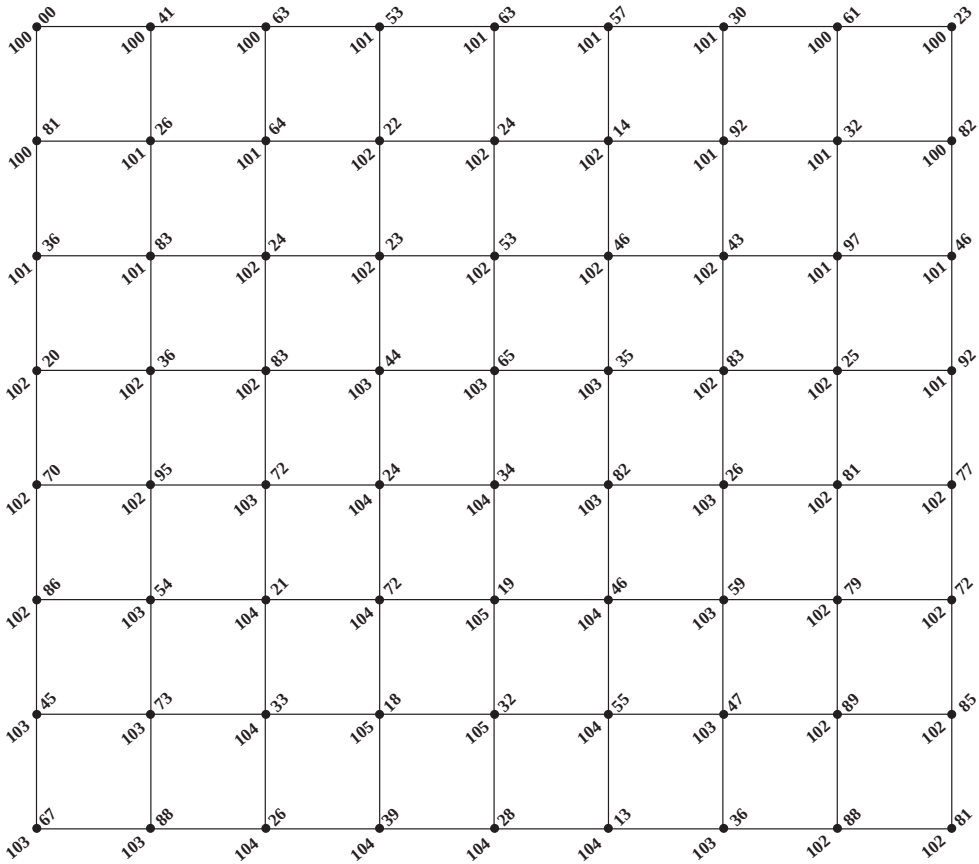
۴ــ در شبکه ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه ۱۵×۱۵ متر مطلوب است :

الف) رسم شبکه با مقیاس ۱/۵۰۰.

ب) رسم منحنی تراز ۹۹ متر از طریق انترپوله (واسطه‌یابی).



۵ــ پس از ترسیم شبکه‌بندی زیر به ابعاد ۲۰متر، در مقیاس $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ منحنی میزان‌ها با فاصله ارتفاعی یک‌متر را ترسیم کنید.



فصل
دوم

زاویه‌یابی

هدف‌های رفتاری

پس از آموزش و مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ راهکار کلی مربوط به محاسبهٔ زاویهٔ افقی به روش ساده را شرح دهد.

۲ــ محاسبات مربوط به زاویهٔ افقی از روی مشاهدات زاویه‌یاب به روش ساده را انجام دهد.

۳ــ بحث و بررسی مربوط به اندازه‌گیری زاویهٔ افقی به روش ساده را شرح دهد.

۴ــ راهکار کلی مربوط به محاسبهٔ زاویهٔ افقی به روش کوپل را شرح دهد.

۵ــ محاسبات مربوط به زاویهٔ افقی از روی مشاهدات زاویه‌یاب به روش کوپل را انجام دهد.

۶ــ بحث و بررسی مربوط به اندازه‌گیری زاویهٔ افقی به روش کوپل را شرح دهد.

۷ــ راهکار کلی مربوط به محاسبهٔ زاویهٔ شیب از روی زاویهٔ زنیتی در حالت دایره به چپ و دایره به راست را شرح دهد.

۸ــ محاسبات مربوط به تعیین زاویهٔ شیب از روی زاویهٔ زنیتی در حالت دایره به چپ و دایره به راست را انجام دهد.

۹ــ بحث و بررسی مربوط به تعیین زاویهٔ شیب از روی زاویهٔ زنیتی در حالت دایره به چپ و دایره به راست را شرح دهد.

۱۰ــ راهکار کلی مربوط به محاسبهٔ زاویهٔ قائم به روش کوپل را شرح دهد.

۱۱ــ محاسبات مربوط به تعیین زاویهٔ قائم به روش کوپل را انجام دهد.

۱۲ــ بحث و بررسی مربوط به تعیین زاویهٔ قائم به روش کوپل را شرح دهد.

مطالب پیش نیاز

قبل از مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :

۱ــ آشنایی با فصل دوم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

۲ــ آشنایی با فصل ششم کتاب «مساحی»

۳ــ آشنایی با فصل اول کتاب «هندسه نقشه‌برداری» ــ بخش زاویه

● در نقشه‌برداری، زاویه به دو نوع افقی و قائم تقسیم می‌شود. زاویهٔ افقی عبارت است از زاویه‌ای که از تصویر افقی بین دو امتداد در صفحهٔ افقی حاصل می‌شود و زاویهٔ قائم عبارت است از زاویه‌ای که بین تصویر یک امتداد در صفحهٔ قائم با امتداد قائم محل حاصل می‌شود.

● همانطور که قبلاً آموختید بین زاویهٔ شیب و زنیتی در حالت دایره به چپ زاویه‌یاب، رابطهٔ زیر برقرار می‌باشد :

$$Z+\alpha = 100\ g \quad \text{یا} \quad Z+\alpha = 90^{\circ}$$

● بین واحدهای زاویه رابطهٔ زیر برقرار می‌باشد که از آن می‌توان برای تبدیل آنها به یکدیگر استفاده نمود :

$$\frac{D}{360}=\frac{G}{400}=\frac{R}{2\pi} \quad \text{یا} \quad \frac{D}{180}=\frac{G}{200}=\frac{R}{\pi} \rightarrow \frac{D}{9}=\frac{G}{10}$$

● زاویه‌یاب (تئودولیت) دوربینی است که در نقشه‌برداری برای اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم به کار می‌رود. تفاوت اصلی زاویه‌یاب با ترازیاب در این است که زاویه‌یاب را می‌توان در یک صفحهٔ عمودی حول یک محور افقی، نیز چرخاند.

● دوربین‌های زاویه‌یاب از لحاظ ساختار به دو دستهٔ آنالوگ و دیجیتالی تقسیم می‌شوند.

● لمب افقی زاویه‌یاب‌ها شبیه به یک نقاله، از صفر تا ۳۶۰ درجه و یا ۴۰۰ گراد در جهت عقربهٔ ساعت درجه‌بندی شده است. بنابراین اندازه‌گیری زاویهٔ افقی بین سه نقطه روی زمین، شبیه اندازه‌گیری یک زاویه بین سه نقطه توسط نقاله روی کاغذ می‌باشد.

● زاویه‌خوانی با زاویه‌یاب اعم از آنالوگ و دیجیتالی شامل چهار مرحلهٔ اساسی است که عبارتند از : استقرار، نشانه‌روی، صفرـ صفر کردن و قرائت.

● برای اندازه‌گیری زاویهٔ قائم یک امتداد با زاویه‌یاب، ابتدا به نقطهٔ مورد نظر نشانه روی کرده و عدد مربوط به لمب قائم را قرائت و یادداشت می‌کنیم. زاویهٔ قرائت شده در این حالت همان زاویهٔ قائم آن امتداد خواهد بود.

● خطاهای زاویه‌یابی را بر اساس منابع خطا به سه دستهٔ خطاهای دستگاهی، انسانی و طبیعی و بر اساس نوع آن به سه دستهٔ خطاهای اتفاقی، تدریجی و اشتباه تقسیم بندی می‌کنند.

● برای جلوگیری از اشتباه، کسب دقت بیشتر و کاهش و تعدیل خطاهای دستگاهی و انسانی، روش‌های مختلفی در اندازه‌گیری زاویه وجود دارد. یکی از این روش‌ها، روش قرائت کوپل (قرائت

مضاعف) است.

در این روش علاوه بر کنترل صحت و درستی قرائت‌ها، خطاهایی مانند خطای کلیماسیون و خطای عدم مرکزیت لمب افقی به صورت عملی کاهش می‌یابد. برای اندازه‌گیری زاویه در این روش، زاویه در دو حالت دایره به چپ و دایره به راست اندازه‌گیری می‌شود.

● عدد لمب افقی در حالت دایره به راست و دایره به چپ دوربین با هم ۱۸۰ درجه (۲۰۰گراد) اختلاف دارند. در این‌صورت اگر قرائت لمب افقی را در حالت دایره به چپ F_L و در حالت دایره به راست F_R بنامیم، خواهیم داشت :

$$F_R = F_L \pm 180^\circ$$

● ولی در عمل به خاطر وارد شدن خطاهای دستگاهی (و در برخی موارد خطاهای انسانی) در عملیات زاویه‌یابی، رابطهٔ فوق کمتر حالت واقعی پیدا می‌کند و بین این دو قرائت رابطهٔ زیر برقرار است :

$$F_R = F_L \pm 180^\circ + e$$

که در آن e جمع جبری خطاهای اندازه‌گیری است.

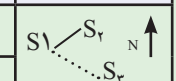
● برای تعیین مقدار انحراف و مقدار صحیح زاویهٔ قائم، لمب قائم در دو وضعیتِ دایره به چپ و دایره به راست قرائت می‌شود.

در صورتی‌که خطای کلیماسیون لمب قائم صفر باشد، قرائت لمب قائم در حالت دایره به چپ و دایره به راست به صورت دو عدد قرینه در می‌آید. به عبارتی جمع آن‌ها برابر ۳۶۰ درجه (۴۰۰ گراد) می‌شود یعنی :

$$Z_R + Z_L = 360^\circ$$

مثال ۲ــ۱ : محاسبه زاویهٔ افقی از روی مشاهدات زاویه‌یاب

مطابق جدول زیر زاویهٔ افقی یک رأس از یک چند ضلعی با زاویه‌یاب در حالت دایره به چپ اندازه‌گیری شده است. مقدار زاویه را محاسبه کنید.

ایستگاه	نقاط نشانه روی	عدد لمب افقی	زاویه	کروکی
S_1	S_2	۴۵°۲۵′۳۴″		
	S_3	۱۲۴°۱۲′۵۵″		

راهکار کلی :

با توجه به کروکی و همچنین حالت دوربین که دایره به چپ است، برای حل کافی است که عدد امتداد اول ($S_۲-S_۱$) را از عدد امتداد دوم کم کنید. به عبارتی داریم :

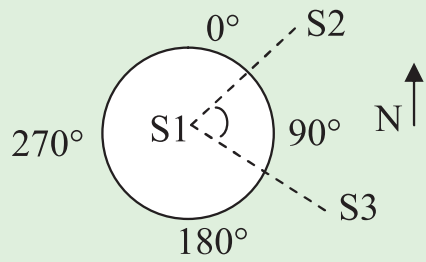
$$\angle S_1 = LS_3 - LS_2$$

روش حل :

$$\angle S_1 = LS_3 - LS_2 = 124^\circ\ 12'\ 55'' - 45^\circ\ 25'34'' = 78^\circ\ 47'21''$$

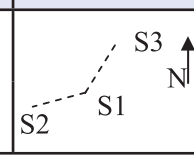
بحث و بررسی :

در وضعیتی که دوربین در حالت دایره به چپ قرار دارد، مقدار زاویه مطابق شکل زیر در جهت عقربه‌های ساعت افزایش پیدا می‌کند. پس معمولاً در حالت دایره به چپ ابتدا ضلع سمت چپ و سپس ضلع سمت راست زاویهٔ مورد نظر قرائت می‌شود.



تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۲ ــ ۱

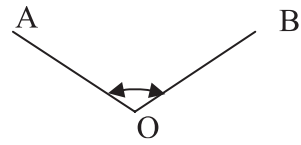
۱ــ مشاهدات رأس یک زاویه توسط زاویه‌یاب در حالت دایره به چپ مطابق جدول زیر می‌باشد. مقدار زاویه را بدست آورید.

ایستگاه	نقاط نشانه روی	عدد لمب افقی	زاویه	کروکی
S_1	S_2	۲۴۵°۵۵′۴۴″		
	S_3	۲۴°۳۲′۱۵″		

۲ــ مطابق کروکی زیر زاویه رأس O با یک زاویه‌یاب اندازه‌گیری شده است. جدول زاویه را ترسیم کرده و پس از ورود اعداد قرائت شده در آن، زاویهٔ افقی رأس O را محاسبه کنید.

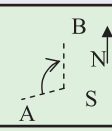
R_A = ۳۴۸/۲۵۵۲ grad

R_B = ۲۵/۲۴۲۶ grad



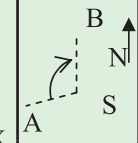
مثال ۲ــ۲ : محاسبهٔ زاویهٔ افقی به روش کوپل

مطابق جدول زیر مشاهدات زاویهٔ افقی یک نقطه توسط زاویه‌یاب به روش کوپل داده شده است. زاویهٔ افقی این رأس را محاسبه و جدول را کامل کنید.

کروکی	زاویه	میانگین	حالت دایره‌به‌راست	حالت دایره‌به‌چپ	نقاط نشانه روی	ایستگاه
			۴۵/۵۸۴۲	۲۴۵/۵۸۵۲	A	S1
			۱۹۸/۲۴۴۱	۳۹۸/۲۴۳۱	B	

راهکار کلی :

برای محاسبه و تکمیل جدول، باید میانگین قرائت هر امتداد را در دو حالت دایره به راست و دایره به چپ به‌دست بیاوریم. سپس برای محاسبهٔ زاویهٔ افقی ASB ∠ مطابق جدول زیر میانگین محاسبه شده برای امتداد دوم یعنی SB را از امتداد اول کم می‌کنیم :

کروکی	زاویه	میانگین	حالت دایره به‌راست	حالت دایره به‌چپ	نقاط نشانه روی	ایستگاه
	$\angle ASB = Y - X$	$X = \frac{L_A + (R_A \pm 200)}{2}$	R_A	L_A	A	S
		$Y = \frac{L_B + (R_B \pm 200)}{2}$	R_B	L_B	B	

روش حل :

$$\frac{245.5852 + (45.5842 + 200)}{2} = 245.5847$$

$$\frac{398.2431 + (198.2441 + 200)}{2} = 398.2436$$

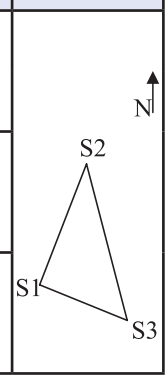
$$\angle S = 398.2436 - 245.5845 = 152.6589$$

بحث و بررسی :

همان‌طور که مشاهده می‌کنید واحد قرائت زاویه گراد است. زیرا در حالت دایره به راست و دایره به چپ زوایا حدود ۲۰۰ گراد با هم اختلاف دارند.

تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۲ ــ ۲

۱ــ زوایای رئوس یک مثلث به روش کوپل مطابق جدول زیر قرائت شده است. مقدار زاویهٔ هر رأس را به‌دست آورده و پس از کامل کردن آن، درستی زوایا را کنترل کنید.

ایستگاه	نقاط نشانه روی	حالت دایره‌به‌چپ	حالت دایره‌به‌راست	میانگین	زاویه	کروکی
S_1	S_2	۰/۰۰۰۰	۲۰۰/۰۰۱۵			
	S_3	۱۰۲/۰۰۵۰	۳۰۲/۰۰۴۰			
S_2	S_3	۰/۰۰۰۰	۱۹۹/۹۹۹۰			
	S_1	۴۵/۲۵۵۰	۲۴۵/۲۵۳۵			
S_3	S_1	۰/۰۰۰۰	۲۰۰/۰۰۰۵			
	S_2	۵۲/۷۴۱۰	۲۵۲/۷۴۰۰			

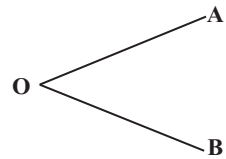
۲ــ نتایج حاصل از عملیات اندازه‌گیری زاویهٔ افقی AOB ∠ به روش کوپل بر روی شکل نشان داده شده است. با توجه به آن جدول اندازه‌گیری زاویه به روش کوپل را ترسیم نموده و مقدار زاویهٔ AOB ∠ را محاسبه کنید.

$L_{OA} = 45^\circ\ 15'\ 42''$

$R_{OA} = 225^\circ\ 15'\ 30''$

$L_{OB} = 100^\circ\ 00'\ 58''$

$R_{OB} = 280^\circ\ 00'\ 14''$



۳ــ نتایج عملیات اندازه‌گیری زاویهٔ افقیO به روش کوپل مطابق جدول زیر است. جدول اندازه‌گیری زاویه را ترسیم نموده و مقدار زاویهٔ O را محاسبه کنید.

ایستگاه	نقاط	حالت دوربین	قرائت امتداد
O		L	۵۲°۱۰′۱۴″
		R	۲۳۲°۱۰′۲۰″
	B	L	۱۴۰°۲۵′۳۰″
		R	۳۲۰°۲۵′۳۴″

مثال ۲ــ۳ : محاسبهٔ زاویهٔ شیب از روی زاویهٔ زنیتی در حالت دایره به چپ

اگر زاویهٔ زنیتی یک امتداد با زاویه‌یاب $103^\circ 45' 25''$ اندازه‌گیری شده باشد، زاویهٔ شیب این امتداد چند درجه است؟

راهکار کلی :

رابطهٔ بین زاویهٔ زنیتی و زاویهٔ شیب در حالتی که دوربین دایره به چپ است از قرار زیر است :

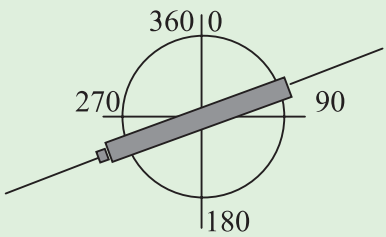
$$Z + \alpha = 100g \quad \text{یا} \quad Z + \alpha = 90^\circ$$

روش حل :

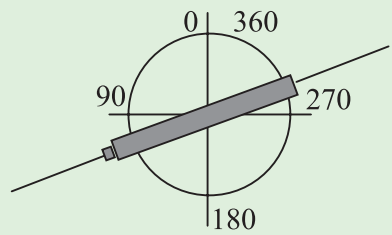
$$\alpha + Z = 90^\circ$$

$$\rightarrow \alpha = 90^\circ - Z = 90^\circ - 103^\circ 45' 25'' = -13^\circ 45' 25''$$

بحث و بررسی :



قرائت لمب قائم درحالت دایره به چپ



قرائت لمب قائم درحالت دایره به راست

زمانی که شیب مثبت است

مقدار زاویهٔ قائم در حالت دایره به چپ دوربین، بین ۰ تا ۱۸۰ درجه یا ۲۰۰ گراد می‌تواند باشد، و زمانی که دوربین دایره به راست است بین ۱۸۰ تا ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد تغییر می‌کند. بنابراین می‌توان از روی مقدار زاویهٔ زنیتی در مسئله، حالت دوربین (دایره به راست یا دایره به چپ) را تشخیص داده و از رابطهٔ مناسب استفاده کرد. بنابراین بین زاویهٔ زنیتی و زاویهٔ شیب در حالت دایره به راست دوربین رابطهٔ زیر برقرار است :

$$Z - \alpha = 270^\circ \rightarrow \alpha = Z - 270^\circ \quad \text{یا} \quad 300\text{grad}$$

مثال ۲-۴ : محاسبهٔ زاویهٔ شیب از روی زاویهٔ زنیتی در حالت دایره به راست

اگر زاویهٔ زنیتی یک امتداد با زاویه‌یاب ۳۰۶/۱۷۵۵ اندازه‌گیری شده باشد، زاویهٔ شیب این امتداد چند درجه است؟

راهکار کلی :

با توجه به عدد قرائت شده برای زاویه، واضح است که دوربین در حالت دایره به راست بوده، بنابراین از رابطهٔ مربوط به آن استفاده می کنیم. رابطهٔ بین زاویهٔ زنیتی و زاویهٔ شیب در حالتی که دوربین دایره به راست است از قرار زیر می‌باشد :

$$Z - \alpha = 270^{\circ} \text{ یا } 300\text{grad}$$

روش حل :

$$Z - \alpha = 300\ \text{grad} \longrightarrow \alpha = Z - 300 = 306.1755 - 300 = 6.1755\ \text{grad}$$

بحث و بررسی :

هنگام محاسبهٔ زاویهٔ شیب از روی زاویهٔ زنیتی و یا برعکس باید به حالت دوربین که دایره به چپ است و یا دایره به راست توجه شود.

تمرین کلاسی مربوط به مثال ۲ ــ ۳و۲ ــ ۴

۱ــ زاویهٔ شیب امتدادی با یک تئودولیت دیجیتالی برابر ۲۳/۴۵۵۰- گراد اندازه گیری شده است. زاویهٔ زنیتی آن را در حالت دایره به چپ و دایره به راست محاسبه کنید.

مثال ۲ــ۵ : محاسبهٔ زاویهٔ قائم به روش کوپل

زاویهٔ قائم امتداد OA به روش کوپل قرائت شده است. مقدار این زاویه را محاسبه کنید.

$$Z_L = 87^\circ\ 15'\ 10''$$

$$Z_R = 272^\circ\ 44'\ 10''$$

راهکار کلی :

بین زاویهٔ قائم در حالت دایره به چپ و دایره به راستِ زاویه‌یاب، رابطهٔ زیر برقرار است :

$$Z_{OA} = \frac{Z_L + (360 - Z_R)}{2}$$

روش حل :

$$Z_{OA} = \frac{Z_L + (360^\circ - Z_R)}{2}$$

$$Z_{OA} = \frac{87^\circ 15' 10'' + (360 - 272^\circ 44' 10'')}{2} = 87^\circ 15' 30''$$

تمرین کلاسی مربوط به مثال ۲ ــ ۵

۱ــ زاویهٔ قائم امتدادی توسط دوربین زاویه‌یابی به روش کوپل اندازه‌گیری شده و اعداد زیر به‌دست آمده است. زاویهٔ زنیتی این امتداد را محاسبه کنید.

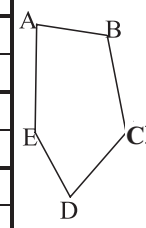
$$V_L = 95.2523\ \text{grad}$$

$$V_R = 304.7450\ \text{grad}$$

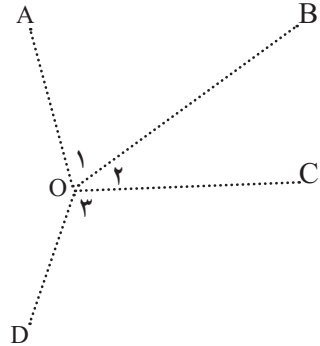
تمرین‌های کلی فصل دوم

۱ــ جدول زیر مربوط به برداشت یک قطعه زمین می‌باشد. زوایا به روش کوپل و اضلاع به صورت رفت و برگشت اندازه‌گیری شده است. بعد از محاسبهٔ میانگین زوایا و همچنین اضلاع، آن‌را در مقیاس ۱:۱۰۰۰ ترسیم نمایید.

ایستگاه	نقاط قراولروی	دایره به چپ			دایره به راست			میانگین	اندازه زاویه	طول رفت	طول برگشت	طول متوسط	کروکی
A	B	0	00	00	180	00	20			392.175	392.155		
	E	115	20	20	295	20	40			343.045	343.050		
B	C	0	00	00	180	00	00			315.220	315.230		
	A	89	50	30	269	50	20			392.160	392.150		
C	D	0	00	00	179	59	50			225.960	225.955		
	B	119	35	00	299	34	40			315.235	315.230		
D	E	0	00	00	180	00	00			360.505	360.495		
	C	131	43	20	311	43	30			225.970	225.970		
E	A	0	00	00	180	00	00			343.075	343.070		
	D	83	28	10	263	28	10			360.490	360.495		



۲ــ مطابق کروکی زیر به منظور اندازه‌گیری زوایای افقی O۱ , O۲ ,O۳ و همچنین زوایای شیبِ نقاط A ,B ,C ,D توسط یک دوربین زاویه‌یاب، اعداد روی لمب افقی و لمب قائم دوربین در دو حالت دایره به چپ و دایره به راست قرائت شده است.(زوایای افقی با H وزوایای قائم با V نشان داده شده است). مطلوب است تعیین زوایای افقی و شیب آن‌ها.



$H_L = 350^\circ\ 30'\ 50''$
$H_R = 170^\circ\ 30'\ 35''$
$V_L = 110^\circ\ 55'\ 10''$
$V_R = 249^\circ\ 04'\ 40''$

$H_L = 50^\circ\ 50'\ 40''$
$H_R = 230^\circ\ 50'\ 55''$
$V_L = 85^\circ 45'\ 42''$
$V_R = 274^\circ\ 14'30''$

$H_L = 271^\circ\ 25'\ 40''$
$H_R = 91^\circ\ 25'\ 55''$
$V_L = 110^\circ\ 05'\ 02''$
$V_R = 249^\circ\ 54'\ 50''$

$H_L = 87^\circ\ 33'\ 52''$
$H_R = 267^\circ\ 33'\ 35''$
$V_L = 95^\circ 25'\ 52''$
$V_R = 264^\circ\ 33'\ 50''$

فصل سوم

فاصله یابی

هدف‌های رفتاری

پس از آموزش و مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ راهکار کلی مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید افقی ($\alpha=0$) را شرح دهد.

۲ــ محاسبات مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید افقی ($\alpha=0$) را انجام دهد.

۳ــ بحث و بررسی مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید افقی ($\alpha=0$) را شرح دهد.

۴ــ راهکار کلی مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید مایل ($\alpha\neq0$) را شرح دهد.

۵ــ محاسبات مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید مایل ($\alpha\neq0$) را انجام دهد.

۶ــ بحث و بررسی مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید مایل ($\alpha\neq0$) را شرح دهد.

۷ــ راهکار کلی مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش پارالاکتیک را شرح دهد.

۸ــ محاسبات مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش پارالاکتیک را انجام دهد.

۹ــ بحث و بررسی مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش پارالاکتیک را شرح دهد.

مطالب پیش نیاز

قبل از مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :

۱ــ آشنایی با فصل سوم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

۲ــ آشنایی با فصل دوم کتاب «مساحی»

۳ــ آشنایی با فصل سوم کتاب «مساحی»

۴ــ آشنایی با فصل اول کتاب «کارگاه محاسبه و ترسیم ۱»

مروری بر فصل سوم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

- روش‌های اندازه‌گیری فاصله به طور کلی به دو دستهٔ روش مستقیم و روش غیر مستقیم تقسیم می‌شوند که از روش‌های مستقیم می‌توان مترکشی را نام برد.
- استادیمتری و پارالاکتیک از جمله روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری فاصله هستند که با استفاده از آن‌ها، فاصله به طور غیرمستقیم اندازه‌گیری می‌شود.
- در استادیمتری از رابطهٔ زیر برای محاسبهٔ فاصلهٔ افقی استفاده می‌شود :

$$D = 100.S.Cos^2\alpha$$

که در آن، S همان اختلاف بین اعداد تار بالا و تار پایین می‌باشد و α زاویهٔ شیب امتداد خطِ نشانه‌روی دوربین است.

- در روش پارالاکتیک از رابطهٔ زیر فاصلهٔ افقی را می‌توان محاسبه کرد :

$$D = \frac{L}{2}.\cot g\frac{\alpha}{2}$$

که در آن، L طول شاخصِ پارالاکتیک و α زاویه افقی دو سر شاخص پارالاکتیک می‌باشد.

مثال ۳ــ۱ :محاسبهٔ فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید افقی ($\alpha=0$)

به منظور اندازه‌گیری فاصلهٔ افقی بین دو نقطهٔ A وB، دوربین نیوو را با استفاده از یک شاقول روی نقطهٔ A مستقر کرده و سپس روی شاخص مستقر در نقطهٔ B که به صورت کاملاً قائم قرار گرفته اعداد ۱۳۲۰ و۱۸۷۵ را به ترتیب روی تارهای پایین و بالا مشاهده و یادداشت می‌کنیم. مطلوب است محاسبه طول افقی بین دو نقطهٔ A وB.

راهکار کلی :

همان‌طور که گفته شد استادیمتری در دو حالت زیر انجام می‌گیرد :

۱ــ با استفاده از دوربین نیوو : در این حالت خط دیدِ دوربین کاملاً افقی است و معمولاً در زمین‌های هموار انجام می‌شود.

در این حالت از آنجا که زاویهٔ شیب خطِ دید دوربین برابر صفر است، بنابراین در رابطهٔ استادیمتری جملهٔ $\cos^2\alpha$ برابر عدد یک شده و نیازی به نوشتن آن نمی‌باشد. به عبارتی در این حالت، فاصله از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$D = 100.S$$

۲ــ با استفاده از دوربین زاویه‌یاب : در زمین‌های ناصاف و شیب‌دار می‌توان از دوربین زاویه‌یاب استفاده کرده و محدودیت دید دوربین نیوو را در این شرایط حذف کرد.

در این حالت علاوه بر اعداد تارهای بالا و پایین، هم‌زمان زاویهٔ شیبِ خطِ دید دوربین را نیز مشاهده و یادداشت کرده و فاصلهٔ افقی را از رابطهٔ زیر محاسبه می‌کنیم :

$$D = 100.S.\cos^2\alpha$$

روش حل :

S، اختلاف دو تار بالا و پایین $\left.\begin{matrix} S1=1875 \\ S2=1320 \end{matrix}\right\} S=S1-S2=1875-1320=555mm$

$$D = 100\times555 = 55500mm = 55.50m$$

بحث و بررسی :

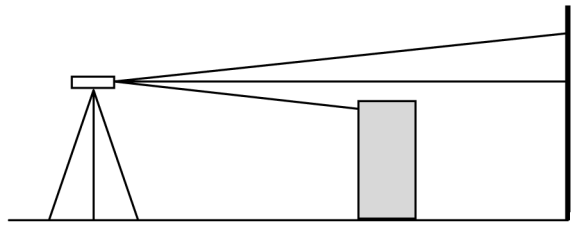
همان‌طور که دیدید، در این مثال از دوربین نیوو برای اندازه‌گیری فاصلهٔ افقی استفاده شده است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که خطِ دیدِ دوربین در حالت افقی قرار داشته و به عبارتی زاویهٔ شیبِ آن برابر صفر درجه بوده است. در نتیجه از رابطهٔ اول برای به‌دست آوردن طول افقی استفاده شده است.

تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳ ــ ۱

۱ــ برای محاسبهٔ فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری، بین دو نقطه که در مکانی مسطح قرار دارند، دوربین ترازیابی را بر روی یکی از نقاط قرار داده و به شاخص مستقر در روی نقطهٔ دیگر، نشانه‌روی کرده و اعداد ۲۰۵۲ و ۳۲۸۵ را به ترتیب برای تارهای پایین و بالا قرائت می‌کنیم. فاصلهٔ افقی بین دو نقطه را محاسبه نمایید.

۲ــ مطابق شکل زیر هنگام اندازه‌گیری فاصله به روش استادیمتری به علت وجود یک مانع دید بین دو نقطه، تار پایین دوربین قابل رؤیت نمی‌باشد. چنانچه تار بالا را ۲۵۸۰ و تار وسط را ۱۵۸۰ قرائت کرده باشیم، فاصلهٔ افقی بین دو نقطه را محاسبه کنید.

(راهنمایی : فاصلهٔ‌بین تارهای بالا و وسط برابر فاصلهٔ بین تار وسط و پایین می‌باشد.)



مثال ۳ــ۲ : محاسبهٔ فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید مایل ($\alpha \neq 0$)

برای اندازه‌گیری فاصلهٔ بین دو نقطهٔ M و N دوربین زاویه‌یاب را در نقطهٔ M مستقر کرده و به شاخص مستقر در نقطهٔ N نشانه‌روی شده است. چنانچه زاویهٔ شیب امتداد نشانه‌روی برابر ۳۰/۴۵۲۸ گراد و تار بالا و پایین به ترتیب ۱۸۵۰ و ۱۵۲۰ مشاهده و ثبت شده باشد، فاصلهٔ افقی MN چند متر است؟

راهکار کلی :

رابطهٔ کلی در این حالت به صورت زیر است که در آن α زاویهٔ شیب امتداد نشانه‌روی (خطِ دیدِ دوربین) می‌باشد :

$$D = 100.S.\cos^2\alpha$$

روش حل :

$$D = 100.S.\cos^2\alpha$$

$$D = 100\ .(1850-1520).(\cos 30.4528)^2 = 2600mm = 26m$$

بحث و بررسی :

همان‌طور که می‌دانید اعدادِ روی شاخص بر حسب میلی‌متر قرائت می‌شوند. بنابراین در رابطهٔ استادیمتری چنانچه این اعداد را بر حسب میلی‌متر قرار دهیم، فاصلهٔ افقی هم بر حسب میلی‌متر به‌دست می‌آید که باید واحد آن‌را به متر تبدیل کرد. ولی می‌توان از همان ابتدا واحد این اعداد را به متر تبدیل نموده و به این ترتیب عدد فاصلهٔ افقی را مستقیماً بر حسب متر به‌دست آورد.

نکته : یادآوری می‌شود که قبل از محاسبه، واحدِ ماشین حسابِ خود را با توجه به واحد زاویه‌ای که در تمرین داده شده است تنظیم کنید. در این مثال واحد زاویه، گراد است.

برای آن‌که هنگام محاسبه با ماشین حساب دچار اشتباه نشوید لازم است که $\cos\alpha$ را جداگانه در یک پرانتز قرار دهید یعنی رابطهٔ استادیمتری را به شکل زیر در ماشین حساب وارد کنید :

$$100 \times (\text{تار بالا} - \text{تار پایین}) \times (\cos\alpha)^2$$

تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳ ــ ۲

۱ــ در روش استادیمتری برای اندازه‌گیری طول افقی بین دو نقطه، اعداد روی شاخص برای تارهای پایین و بالا به ترتیب ۰۰۸۵ و ۰۹۵۰ مشاهده و ثبت شده است. چنانچه زاویهٔ زنیتی امتداد نشانه روی دوربین برابر ″۳۶ ′۲۵ °۱۰۵ باشد، مطلوب است محاسبهٔ طول افقی بین دو نقطه.

۲ــ نشان دهید که می‌توان اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را از رابطهٔ زیر به‌دست آورد. (ارتفاع دوربین و تار وسط مساوی فرض شده است).

$$\Delta H = 100.S.Sin\alpha.cos\alpha$$

۳ــ برای پیدا کردن فواصل افقی دو نقطهٔ F و E نسبت به ایستگاه S، یک دستگاه ترازیاب را بر روی ایستگاه مستقر کرده و قرائت‌های زیر انجام شده است:

الف) تاربالاوپایین‌برروی‌شاخص‌درنقطهٔ F: ۱۴۳۶و۱۲۲۴میلی‌متر و زاویهٔ قائم ′۴۵ °۹۸

ب) تاربالاوپایین‌برروی‌شاخص‌درنقطهٔ E: ۱۵۲۴و۱۱۰۸میلی‌متر و زاویهٔ قائم ′۲۳ °۸۶

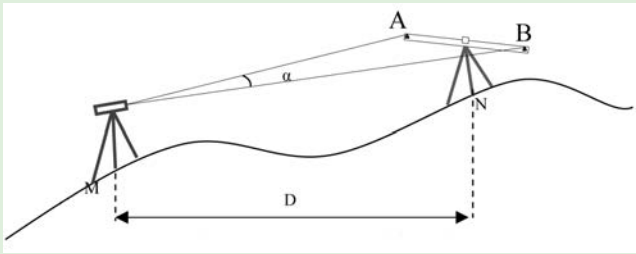
مطلوب است محاسبهٔ فواصل فوق از ایستگاه.

۴ــ در جدول استادیمتری زیر که با تئودولیت برداشت شده است، فاصلهٔ خط قراولروی (فاصله مایل) و فاصلهٔ افقی را به‌دست آورید.

شمارهٔ نقاط	تارهای استادیمتری			زاویهٔ افقی (گراد)	زاویهٔ زنیتی (گراد)	فاصلهٔ خط قراولری	فاصلهٔ افقی	ملاحظات و کروکی
	تار بالا	تار وسط	تار پایین					
1	1425	1120	0815	39.47	98.96			
2	2612	2518	2424	69.11	98.25			
3	3418	3256	3094	0.77	99.36			
4	1829	1828	1827	320.84	100.06			
5	1486	1221	0956	306.09	100.10			
6	1792	1428	1064	306.43	99.96			
7	2850	1568	0286	305.22	99.79			
8	1654	1414	1174	297.48	100.19			
9	2880	2680	2480	305.83	99.92			
10	2540	2137	1734	294.55	100.11			

مثال ۳ــ۳ : محاسبهٔ فاصلهٔ افقی به روش پارالاکتیک

مطابق شکل برای اندازه‌گیری فاصلهٔ افقی بین دو نقطهٔ M و N به روش پارالاکتیک، شاخص پارالاکتیک را در نقطهٔ N مستقر کرده و پس از توجیه آن، با استفاده از تئودولیت مستقر در نقطهٔ M، برای دو سر شاخص اعداد زیر مشاهده و ثبت شده است. مطلوب است، محاسبهٔ فاصلهٔ افقی بین این دو نقطه.



$L_A = 0^\circ 20' 15''$

$L_B = 1^\circ 42' 50''$

$L = 2m$

راهکار کلی :

همان‌طور که گفتیم فاصلهٔ افقی در این روش از رابطهٔ $D = \frac{L}{2}.C0tg\frac{\alpha}{2}$ قابل محاسبه است، که در آن α همان زاویهٔ افقی و L طول شاخص افقی است. در این مثال زاویهٔ افقی را از روی مشاهدات لمبِ افقی دوربین به‌دست آورده و در رابطهٔ فوق جایگذاری می‌کنیم.

روش حل :

$$\alpha = L_B - L_A = 1^\circ 42' 50'' - 0^\circ 20' 15'' \rightarrow \alpha = 1^\circ 22' 35''$$

$$D = \frac{L}{2}\cot g\frac{\alpha}{2} = \frac{2}{2}\cot g\frac{1^\circ 22' 35''}{2} \rightarrow D = 83.25$$

بحث و بررسی :

همانطور که می‌بینید در این روش، با زیاد شدن فاصلهٔ افقی بین نقاط زاویهٔ پارالاکتیک کوچک می‌شود و اندازه‌گیری آن را مشکل‌تر می‌کند. بنابراین برای فاصله‌های بلند باید با روش امتدادگذاری آن را به قسمت‌های کوچک‌تر تقسیم نموده و هر قسمت را جداگانه اندازه‌گیری کرد.

تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳ ــ ۳

۱ــ در صورتی‌که اعداد دو سر شاخص ۲ متری پارالاکتیک را به ترتیب ۴۵/۲۵۰۰ و ۴۵/۲۵۸۵ گراد مشاهده و ثبت کرده باشیم، مطلوب است محاسبهٔ طول افقی بین دو نقطه.

۲ــ دراندازه‌گیری فاصلهٔ افقی بین دو نقطه به روش پارالاکتیک و به منظور بالا بردن دقت، زاویهٔ افقی به روش کوپل بر حسب گراد قرائت شده و در جدولی مطابق زیر ثبت شده است. در صورتی‌که طول شاخص پارالاکتیک برابر m ۲/۰۲ باشد، مطلوب است محاسبهٔ طول افقی بین دو نقطه. به نظر شما فاصلهٔ مورد نظر نسبت به حالتی که طول شاخص پارالاکتیک دقیقاً ۲ متر باشد، چند سانتی‌متر دچار خطا شده است؟

امتداد	دایره به چپ	دایره به راست
OA	۰/۰۰۰۰	۲۰۰/۰۰۲۵
OB	۱/۲۵۰۰	۲۰۱/۲۴۸۵

۳ــ در اندازه‌گیری طول به روش پارالاکتیک با شاخص ۲/۰۳ متری، زاویهٔ افقی بین دو نشانه دو طرف شاخص، $2^{\circ}24'$ قرائت شده است. فاصلهٔ افقی دوربین تا شاخص را به‌دست آورید.

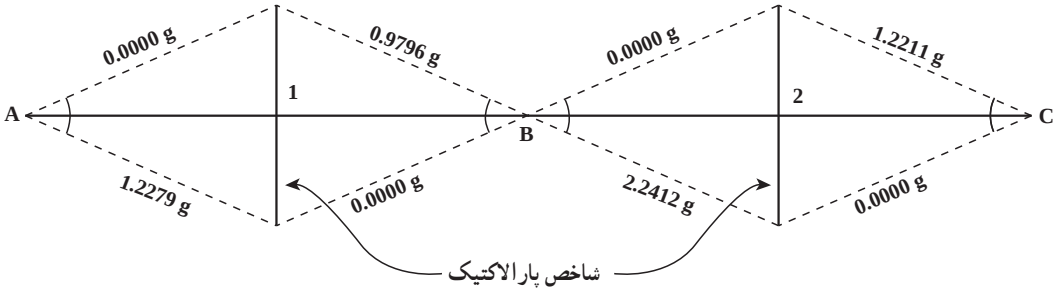
(**توضیح**: طول شاخص در اثر شرایط محیطی از ۲/۰۰ متر به ۲/۰۳ متر تغییر پیدا کرده است.)

۴ــ برای اندازه‌گیری فاصلهٔ بین دو نقطه A و B به روش پارالاکتیک، یک زاویه‌یاب را بر روی نقطهٔ A مستقر کرده و شاخص ۲ متری را بر روی نقطه B قرار داده‌ایم. قرائت نشانه‌های طرفین شاخص ($20^{\circ}20'35''$) و ($1^{\circ}35'39''$) بوده است.

الف) فاصله افقی AB چند متر است؟

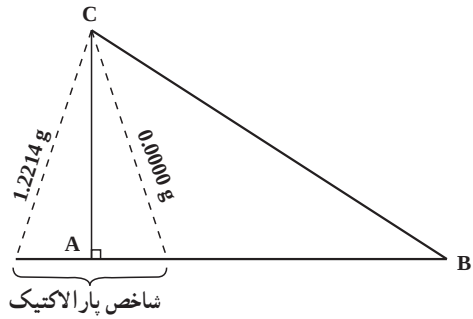
ب) اگر طول شاخص را به اشتباه ۳ متر در نظر بگیریم، طول AB چندمتر می‌شود؟ چه‌قدر خطا دارد؟

۵ــ مشاهدات زیر به روش پارالاکتیک انجام گرفته است. طول افقی AC چند متر است؟



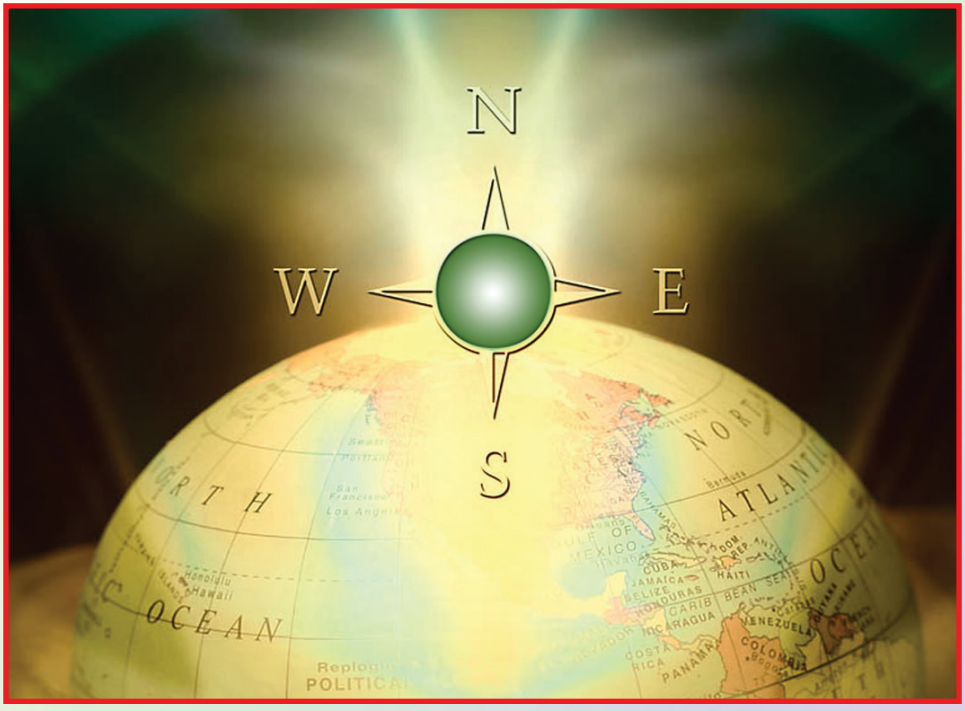
۶ــ در شکل زیر طول AC به روش پارالاکتیک اندازه‌گیری شده و همچنین زاویهٔ $B\hat{C}A$ در ۲ کوپل قرائت شده است. طول AB را به‌دست آورید.

ایستگاه	نقاط نشانه‌روی	دایره به چپ	دایره به راست
C	B	0.0000	199/9982
	A	68.2410	268.2390



فصل چهارم

تعیین موقعیت و امتدادهای مبنا



هدف‌های رفتاری

پس از آموزش و مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ راهکار کلی مربوط به ترسیم یک امتداد در یک سیستم مختصات دو بعدی و اندازه‌گیری ژیزمان و زاویهٔ حامل آن با استفاده از نقاله را شرح دهد.

۲ــ محاسبات مربوط به یک طول و ژیزمان امتداد در یک سیستم مختصات دو بعدی را انجام دهد.

۳ــ بحث و بررسی مربوط به ترسیم یک امتداد در یک سیستم مختصات دو بعدی و اندازه‌گیری ژیزمان و زاویهٔ حامل آن با استفاده از نقاله را شرح دهد.

۴ــ راهکار کلی مربوط به تعیین ربع مختصاتی، زاویهٔ حامل و ژیزمان یک امتداد را با معلوم بودن مختصات دو نقطه روی این امتداد شرح دهد.

۵ــ محاسبات مربوط به تعیین ربع مختصاتی، زاویهٔ حامل و ژیزمان یک امتداد را با معلوم بودن مختصات دو نقطه روی این امتداد انجام دهد.

۶ــ بحث و بررسی مربوط به تعیین ربع مختصاتی، زاویهٔ حامل و ژیزمان یک امتداد را با معلوم بودن مختصات دو نقطه روی این امتداد شرح دهد.

۷ــ راهکار کلی مربوط به محاسبه و انتقال ژیزمان اضلاع یک چند ضلعی را با داشتن ژیزمان امتداد اول شرح دهد.

۸ــ محاسبات مربوط به انتقال ژیزمان اضلاع یک چند ضلعی را با داشتن ژیزمان امتداد اول انجام دهد.

۹ــ بحث و بررسی مربوط به محاسبه و انتقال ژیزمان اضلاع یک چند ضلعی را با داشتن ژیزمان امتداد اول شرح دهد.

مطالب پیش نیاز

قبل از مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :

۱ــ آشنایی با فصل چهارم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

۲ــ آشنایی با فصل پنجم کتاب «هندسه»

۳ــ آشنایی با دایرهٔ مثلثاتی و ربع‌های آن در کتاب «ریاضی۲و۳»

● از نظر ریاضی هر تابع، فرمول و مدل ریاضی در یک فضای مناسب تعریف می‌شود که به آن سطح مبنای محاسبات ریاضی (دیتوم) می‌گویند.

● برای زمین، سطوح مبنای مختلفی تعریف شده است. از جمله سطوح مبنایی زمین و مهمترین آن‌ها می‌توان به سطح مستوی (سطح افقی و صاف)، سطح ژئویید و سطح بیضوی اشاره کرد که سطح مستوی و سطح بیضوی را سطح مبنای مسطحاتی و ژئویید را سطح مبنای ارتفاعی در نظر گرفته‌اند.

● منظور از تعیین موقعیت در نقشه‌برداری عبارت است از مشخص کردن مختصات نقاط در یک سیستم مختصات معلوم، امّا قبل از تعیین مختصات یک نقطه، ابتدا باید یک سیستم مختصات تعریف کنیم. به عبارت دیگر اعتبار مختصات یک نقطه، از وجود سیستم مختصات آن است.

● برای تعریف یک سیستم مختصات لازم است که به سؤالاتی از این قبیل پاسخ داده شود :

ـ مبدأ سیستم کجاست؟

ـ محورهای سیستم نسبت به هم چگونه‌اند؟

ـ محورهای سیستم، مستقیم‌الخط هستند و یا منحنی‌الخط؟

ـ پارامترهای تعیین موقعیت هر نقطه در این سیستم کدامند؟

ـ سیستم مختصات، راست‌گرد است و یا چپ گرد؟

● منظور از نقاط کنترل در نقشه‌برداری، نقاطی است که مختصات مسطحاتی و یا ارتفاعی آن‌ها و یا مختصات سه بعدی (مسطحاتی و ارتفاعی) آن‌ها نسبت به یک سیستم مختصات مشخص دقیقاً معلوم باشد. به مجموعه‌ای از این نقاط که تشکیل خطوط و زوایایی را می‌دهند، شبکهٔ نقاط کنترل می‌گویند. شبکهٔ نقاط کنترل در واقع اسکلت اصلی یک پروژهٔ نقشه‌برداری می‌باشد.

● چنانچه در یک شبکه، فقط x و y نقاط تعیین شده باشد، به آن شبکهٔ کنترل افقی و یا شبکهٔ کنترل دو بعدی می‌گویند. اگر فقط ارتفاع نقاط تعیین شده باشد به آن شبکهٔ کنترل ارتفاعی یا شبکهٔ ترازیابی و بالأخره اگر طول، عرض و ارتفاع (x, y, z) هر سه معلوم شده باشد، به آن شبکهٔ سه بعدی می‌گویند.

● از انواع امتدادهای مبنا در نقشه‌برداری می‌توان شمال حقیقی، شمال مغناطیسی و شمال شبکه را نام برد.

● ژیزمان عبارت است از زاویه‌ای که هر امتداد با امتداد شمال شبکه و در جهت عقربهٔ ساعت می‌سازد و آن را با G نمایش می‌دهند.

● در تعریف ژیزمان سه نکتهٔ اساسی را باید در نظر گرفت :

ــ ژیزمان، یک زاویهٔ افقی بین یک امتداد مبنا و امتداد مورد نظر است.

ــ مبدأ اندازه‌گیری (امتداد مبنا) ژیزمان همواره شمال شبکه (محور Y نقشه) است.

ــ ژیزمان در جهت حرکت عقربه‌های ساعت اندازه‌گیری می‌شود.

● در صورتی‌که ژیزمان امتدادی چون AB معلوم فرض شود(G_{AB}) ژیزمان معکوس آن‌را به‌صورت ژیزمان BA خوانده و به شکل(G_{BA})نشان می‌دهیم که مقدار آن از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است :

$$G_{BA} = G_{BA} \pm 180^{\circ}$$

که در این رابطه، چنانچه G_{AB} کوچکتر از ۱۸۰° باشد، از علامت + و در صورتی‌که G_{AB} مساوی و یا بزرگتر از ۱۸۰° باشد، از علامت – استفاده می‌شود.

● به کوچکترین زاویه‌ای که هر امتداد با محور Yها می‌سازد، زاویهٔ حامل آن امتداد می‌گویند که با V نمایش داده می‌شود. برای محاسبهٔ زاویهٔ حامل از رابطهٔ زیر استفاده می‌شود :

$$V_{AB} = \tan^{-1} \left| \frac{\Delta X_{AB}}{\Delta Y_{AB}} \right|$$

● ژیزمان هر امتداد را از روی مختصات دو نقطه از آن امتداد می‌توان محاسبه کرد. البته ابتدا زاویهٔ حامل امتداد را مشخص کرده و سپس با توجه به اینکه امتداد در کدام ربع مختصات قرار دارد، ژیزمان را به‌دست می‌آوریم.

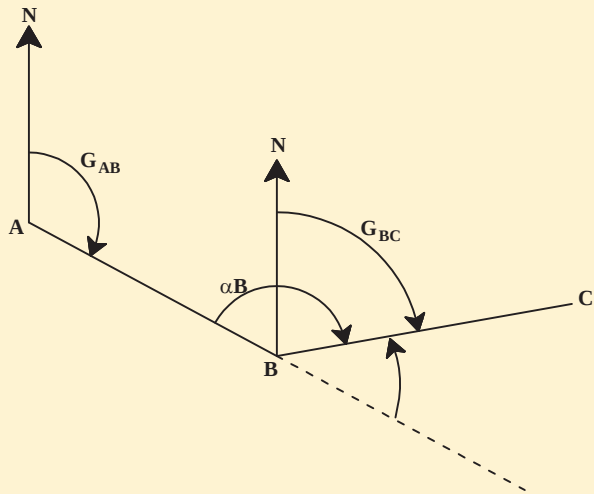
● جدول زیر ارتباط بین ژیزمان و زاویهٔ حامل را در چهار ربع مختصاتی نشان می‌دهد :

ربع مختصات	رابطهٔ ژیزمان و زاویهٔ حامل
ربع اول	$G_{AB} = V_{AB}$
ربع دوم	$G_{AB} = ۱۸۰^{\circ} - V_{AB}$
ربع سوم	$G_{AB} = ۱۸۰^{\circ} + V_{AB}$
ربع چهارم	$G_{AB} = ۳۶۰^{\circ} - V_{AB}$

● برای انتقال ژیزمان و به عبارتی برای محاسبهٔ ژیزمان یک امتداد از روی ژیزمان امتداد قبل، مطابق شکل زیر کافی است که ابتدا زاویهٔ انحراف Δ را محاسبه کرده و سپس از رابطهٔ زیر مقدار ژیزمان امتداد را مشخص کرد.

G_{AB} = معلوم

$$\left.\begin{array}{l} G_{BC} = G_{AB} - \Delta \\ \Delta = 180^\circ \quad \text{یا} \quad (200\text{grad}) - \alpha_B \end{array}\right\} G_{BC} = G_{AB} - (180^\circ - \alpha_B) = G_{AB} + \alpha_B - 180^\circ$$



مثال ۴ــ۱ : ترسیم یک امتداد در یک سیستم مختصات دکارتی دوبعدی و اندازه‌گیری ژیزمان و زاویهٔ حامل آن با استفاده از نقاله

مختصات دو نقطهٔ A(۱۰۰۰,۱۰۰۰) و B(۱۰۵۰,۱۰۷۰) معلوم می‌باشند، مطلوب است ترسیم امتداد AB در یک سیستم مختصات دکارتی(قائم الزاویه) با مقیاس ۱۰۰۰ : ۱

راهکار کلی :

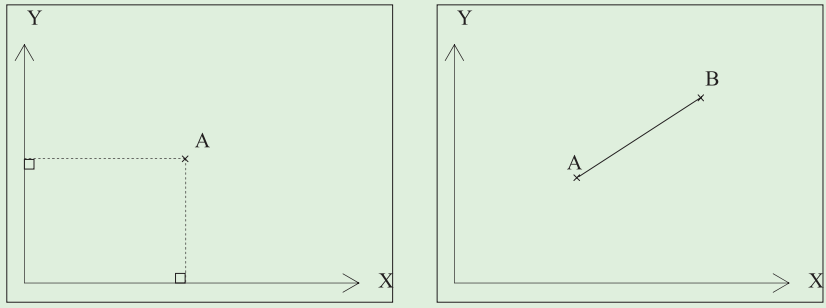
۱ــ محاسبهٔ ابعاد مناسب کاغذ برای ترسیم : برای ترسیم امتداد AB در یک سیستم دکارتی ابتدا ابعاد کاغذ مناسب برای ترسیم را مشخص کنید. برای این کار می‌توانید طول امتداد AB را از روی مختصات آن پیدا کرده و سپس این طول را در مقیاس خواسته شده ضرب کنید. با این کار معلوم می‌شود که امتداد AB در روی کاغذ چند سانتی‌متر است، حال با توجه به این مقدار می‌توانید کاغذ مناسب را انتخاب کنید.

$$L_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

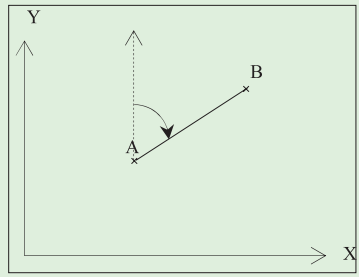
$$\text{طول امتداد روی کاغذ} = L_{AB} \times \text{مقیاس}$$

۲ــ تعیین مبدأ مختصات : اکنون محورهای مختصات X و Y را با استفاده از خط‌کش و گونیا به صورت کاملاً عمود بر هم ترسیم کرده و سپس با توجه به مختصات نقاط A و B کوچک‌ترین مختصات X و Y را مشخص کرده و سپس مبدأ مختصات را عددی رند و کوچک‌تر از آن‌ها در نظر بگیرید.

۳ــ تعیین محل دقیق نقاط در سیستم و ترسیم امتداد : حال با استفاده از اشل (خط‌کش مقیاس) مختصات‌های X و Y هر کدام از نقاط را با توجه به مبدأیی که انتخاب کردید، روی محورهای مختصات پیدا کرده و در نهایت با استفاده از گونیا، محل نقاط را در سیستم مشخص کنید و سپس این دو نقطه را به هم وصل کنید.



۴ــ برای اندازه‌گیری زاویهٔ حامل و ژیزمان از نقاله استفاده کنید. برای این کار از نقطهٔ A موازی محور Y خطی ترسیم نمایید. حال با توجّه به تعریف ژیزمان و زاویهٔ حامل به راحتی می‌توان زوایای مربوطه را با نقاله اندازه‌گیری کنید.



روش حل :

$$L_{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2} - \sqrt{(1050-1000)^2 + (1070-1000)^2}$$

$$L_{AB} = 86.02\ m = 8602cm$$

$$L_{AB} \times \text{مقیاس} = 8602 \times \frac{1}{1000} = 8.602cm \approx 9cm$$

بحث و بررسی :

بنابراین طول خط AB روی کاغذ تقریباً برابر ۹سانتی‌متر است. حال می‌توان کاغذی در نظرگرفت که این امتداد به راحتی در آن ترسیم گردد. برای این مثال می‌توان کاغذ A_4 را در نظر گرفت. پس از ترسیم محورهای مختصات نوبت به تعیین مبدأ سیستم می‌رسد. مختصات X دو نقطه را در نظر بگیرید. همان‌طور که می‌بینید مختصات X نقطهٔ A از مختصات X نقطهٔ B کمتر است. هم‌چنین مختصات Y نیز برای نقطهٔ A کمتر از مختصات Y نقطهٔ B است. پس مبدأ مختصات را با توجه به آنچه که گفته شد، به صورت عددی رند و کوچکتر از مختصات‌های گفته شده در نظر بگیرید به طوری‌که تمام طول خط AB را بتوان در کاغذ ترسیم نمود. به عنوان مثال در اینجا می‌توان مختصات مبدأ را (۹۵۰, ۹۵۰) در نظر گرفت.

تمرین کلاسی مثال ۴ ــ ۱

۱ــ مختصات دو نقطهٔ F(۸۵۴,۱۴۳۲) و E(۹۸۰,۱۲۰۵) معلوم می‌باشند، مطلوب است ترسیم امتداد EF در یک سیستم مختصات دکارتی(قائم الزاویه) با مقیاس ۱ : ۷۵۰

مثال ۴ــ۲ : تعیین ربع مختصاتی یک امتداد و زاویهٔ حامل و ژیزمان یک امتداد با معلوم بودن مختصات دو نقطه روی امتداد

مختصات دو نقطهٔ A(۱۰۰۰,۱۰۰۰) و B(۱۰۵۰,۱۰۷۰) معلوم می‌باشند، مطلوب است :

الف) تعیین کنید امتداد AB در کدام ربع مختصاتی قرار دارد.

ب) زاویهٔ حامل امتداد AB را محاسبه کنید.

ج) ژیزمان امتداد AB را محاسبه کنید.

راهکار کلی :

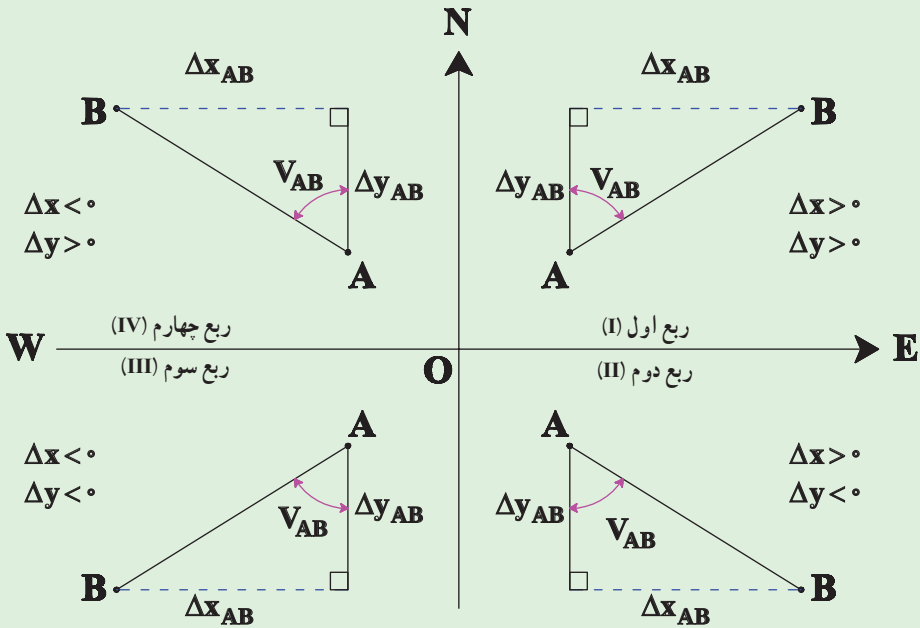
منظور از تعیین ربع مختصاتی یک امتداد، یعنی این‌که این مختصات در کدام ربع قرار دارد. بنابراین کافی است که ابتدا ΔX و ΔY امتداد AB را به‌دست آورید و با توجه به علامت آن‌ها و جدول زیر ربع مختصاتی را مشخص کنید.

ربع مختصات	علامت ΔX	علامت ΔY
اول	+	+
دوم	+	–
سوم	–	–
چهارم	–	+

زاویهٔ حامل را از رابطهٔ زیر بدست آورید :

$$V_{AB} = \tan^{-1}\left|\frac{\Delta X_{AB}}{\Delta Y_{AB}}\right|$$

و در پایان با توجه به ربعی که امتداد در آن قرار دارد و هم‌چنین زاویهٔ حامل که از رابطهٔ بالا آن را محاسبه کردید می‌توانید مقدار ژیزمان را به‌دست آورید. با توجه به جدول و شکل صفحه بعد داریم :



روش حل :

ربع اول

$$\Delta X_{AB} = X_B - X_A = 1050 - 1000 = +50m$$
$$\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A = 1070 - 1000 = +70m$$

$$V_{AB} = tg^{-1}\left|\frac{50}{70}\right| = 35°32'16''$$

$$G_{AB} = V_{AB} \rightarrow G_{AB} = 35^{\circ}32'16''$$

بحث و بررسی :

ژیزمان و زاویهٔ حامل محاسبه شده در این مثال را با مقادیری که با نقاله در مثال قبل اندازه‌گیری کردید مقایسه کنید. آیا اختلافی مشاهده می‌کنید؟

تمرین‌های کلاسی مثال ۴ ــ ۲

۱ــ دو نقطهٔ کنترل (۱۲۵۰/۲۳ و ۱۵۲۰/۲۰)A و(۴۵۲/۱۲ و ۸۵۲/۳۲)B را در نظر بگیرید. مطلوب است :

الف) تعیین ربع مختصاتی امتداد AB.

ب) محاسبهٔ زاویهٔ حامل امتداد AB.

ج) محاسبهٔ ژیزمان امتداد AB.

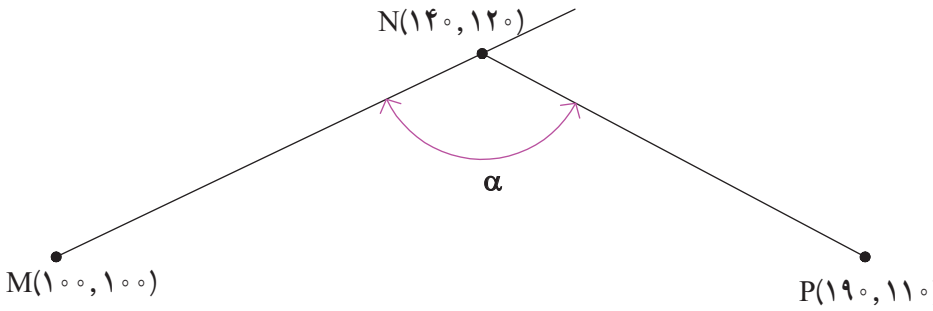
۲ــ سه نقطهٔ کنترل (۱۰۰,۱۰۰)A و (۱۵۰,۲۰۰)B و (۳۰۰,۱۰۰)C تشکیل یک مثلث می‌دهند. مطلوب است :

الف) ترسیم این مثلث در یک سیستم مختصات دوبعدی قائم الزاویه به مقیاس ۱/۲۰۰۰

ب) محاسبهٔ ژیزمان اضلاع AB وBC و CA

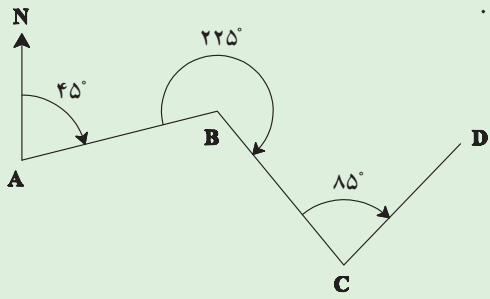
ج) محاسبهٔ زوایای داخلی مثلث ABC و کنترل محاسبات.

۳ــ در شکل زیر زاویهٔ α چند درجه است؟



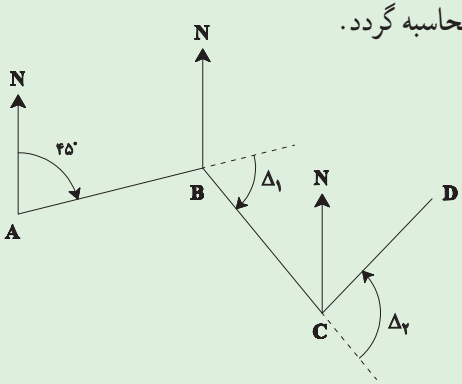
مثال ۴ــ۳ : انتقال ژیزمان

مطابق شکل زیر ژیزمان امتداد AB و همچنین زوایای رئوس B وC معلوم است. ژیزمان امتدادهای BC وCD را بدست آورید.



راهکار کلی :

همانطور که در کتاب نقشه‌برداری عمومی خواندید، برای انتقال ژیزمان و محاسبهٔ ژیزمان ضلع بعدی باید مقدار زاویهٔ انحراف Δ را ابتدا محاسبه کرده و جهت آن‌را تعیین کنید، دیدید که زمانی‌که زاویهٔ انحراف ساعت‌گرد بود، آن‌را مثبت در نظر گرفته و با ژیزمان ضلع قبل که معلوم است جمع می‌کنیم و در حالتی‌که زاویهٔ انحرافΔ خلاف حرکت ساعت باشد، آن‌را منفی در نظر گرفته و از ژیزمان ضلع قبل کم می‌کنیم تا ژیزمان ضلع بعد محاسبه گردد.



$$G_{BC} = G_{AB} + \Delta_{۱}$$

$$G_{CD} = G_{BC} - \Delta_{۲}$$

زوایای انحراف Δ۱ و Δ۲ به راحتی از روی زوایای رئوس B وC محاسبه می‌شوند.

روش حل :

$$\Delta_1 = \angle B - 180^\circ = 255^\circ - 180^\circ = 75^\circ$$

$$\Delta_2 = 180^\circ - \angle C = 180^\circ - 85^\circ = 95^\circ$$

$$G_{BC} = 45^\circ + 75^\circ = 120^\circ$$

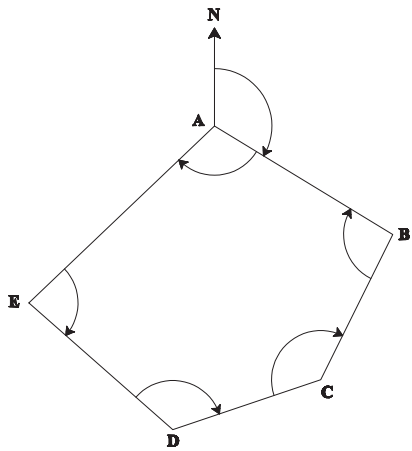
$$G_{CD} = 120^\circ - 95^\circ = 25^\circ$$

تمرین‌های کلاسی مثال ۴ ــ ۳

۱ــ ژیزمان امتدادAB برابر ۲۴۵/۲۵۳۰ گراد و زاویهٔ رئوس B و C راست‌گرد و به ترتیب برابر ۲۴۵/۲۴۵۲ و ۱۱۰/۷۸۸۵ گراد اندازه‌گیری شده‌اند. مطلوب است ترسیم کروکی این مثال و محاسبهٔ ژیزمان امتداد BC و CD.

(**راهنمایی** : منظور از زاویهٔ راست‌گرد یعنی هنگامی که دوربین در نقطهٔ B مستقر است به نقطهٔ A صفر صفر کند. زاویهٔ B و زاویهٔ C به‌صورت ساعتگرد اندازه‌گیری شده‌اند.)

۲ــ با توجه به شکل زیر ژیزمان کلیهٔ امتدادها را مشخص کنید.



A(100, 100) B(325, 55)

$\angle A = 105.2369$

$\angle B = 95.2356$

$\angle C = 135.5448$

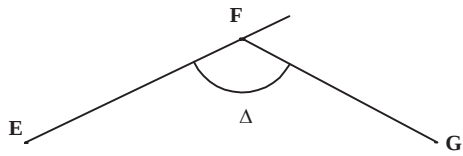
$\angle D = 120.2350$

$\angle E = 143.7477$

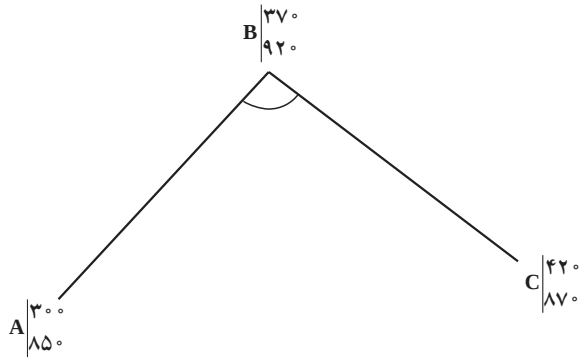
۳ــ در پیمایش بسته ABCD اطلاعات به‌دست آمده در جدول خلاصه شده است. زاویهٔ حامل و طول DA و ژیزمان کلیه امتدادها را محاسبه نمایید.

امتداد	فاصله	زاویه حامل	ژیزمان
AB	۷۵۱	N ۱°۱۰′ W	?
BC	۳۹۲	N ۶۳°۴۳′ E	?
CD	۵۶۱	S ۱۰°۵۰′ E	?
DA	?	?	?

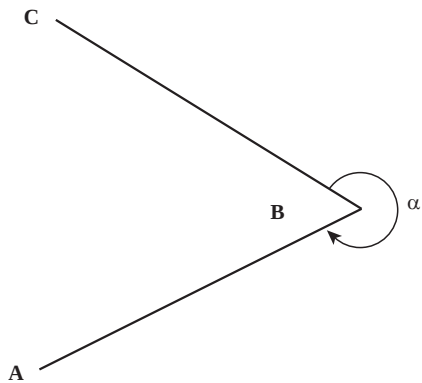
۴ــ ژیزمان امتداد EF مساوی ۵۵/۲۲ و ژیزمان امتداد FG مساوی ۱۵۰ گراد است. زاویهٔ Δ بین این دو امتداد چند گراد است؟



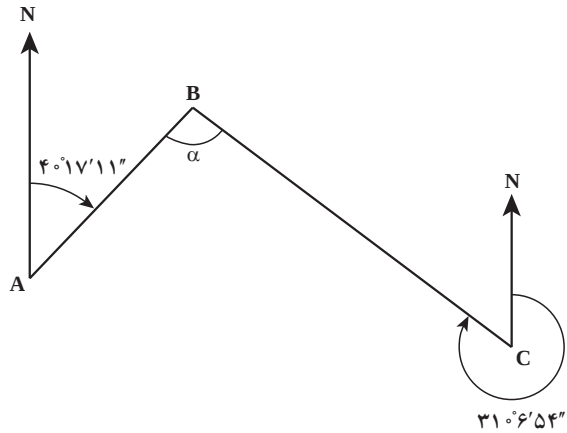
۵ــ با توجه به مختصات‌های داده شده زاویه $\hat{B}$ را محاسبه کرده و شکل مربوطه را با مقیاس ۱/۲۰۰۰ ترسیم نمایید.



۶ــ در شکل زیر اگر : (۱۰۰و۵۰) A ، (۱۸۰و۱۲۰) B و (۲۵۰و۷۰) C بر حسب متر باشند، جهت پیاده کردن نقطهٔ A مطلوب است محاسبهٔ مقدار زاویهٔ α.



۷ــ مطلوب‌است مقدار زاویه α به گراد.



۸ــ نشان دهید که می‌توان ژیزمان را در حالت کلی از رابطهٔ زیر به‌دست آورد.

$$G_n = G_{n-1} \pm \alpha_n \pm 180^\circ$$

α_n زاویه رأس است.

(**راهنمایی** : از روش Δ استفاده شده و مقادیر Δ جای‌گذاری شود.)

فصل پنجم

تعیین مختصات ایستگاهی

هدف‌های رفتاری

پس از آموزش و مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ راهکار کلی مربوط به مراحل محاسبهٔ یک پیمایش باز را شرح دهد.

۲ــ مراحل محاسبات مربوط به یک پیمایش باز را به‌درستی انجام دهد.

۳ــ بحث و بررسی مربوط به مراحل محاسبهٔ یک پیمایش باز را شرح دهد.

۴ــ راهکار کلی مربوط به مراحل محاسبهٔ یک پیمایش بسته را شرح دهد.

۵ــ مراحل محاسبات مربوط به یک پیمایش بسته را به‌درستی انجام دهد.

۶ــ بحث و بررسی مربوط به مراحل محاسبهٔ یک پیمایش بسته را شرح دهد.

مطالب پیش نیاز

قبل از مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :

۱ــ آشنایی با فصل چهارم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

۲ــ آشنایی با فصل پنجم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

● **پیمایش** : مجموعهٔ عملیاتی که برای تعیین موقعیت مسطحاتی یک سری نقاط دنبال هم (نقاط ایستگاهی) در یک منطقه از زمین انجام می‌گیرد، پیمایش گفته می‌شود.

● در پیمایش برای اینکه بتوان ابتدا سیستم مختصات دو بعدی مورد نظر را مشخص نمود، به حداقل دو نقطه با مختصات معلوم (یک نقطه با مختصات معلوم و یک امتداد معلوم) در آن سیستم مختصات نیاز می‌باشد.

● پیمایش معمولاً به دو حالت باز و بسته تقسیم بندی می‌شود.

● **پیمایش باز** : اگر پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم و یا مفروض شروع و به نقطه‌ای با مختصات مجهول (نامعلوم) پایان یابد، به آن پیمایش باز می‌گویند.

● **پیمایش بسته (Closed traverse)** : در دو حالت زیر پیمایش را بسته می‌گویند :

۱ــ پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم (مفروض) شروع شود و به‌همان نقطه ختم گردد. به چند ضلعی بسته که در این حالت ایجاد می‌شود پلیگون (Polygon) می‌گویند.

۲ــ پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم شروع شود و به نقطهٔ دیگری با مختصات معلوم برسد. به این حالت پیمایش اتصالی (Link traverse) می‌گویند.

● از پیمایش بسته (پلیگون) معمولاً در مناطقی که طول و عرض منطقه تقریباً مساوی است استفاده می‌شود. همچنین در مناطقی که نقاط با مختصات معلوم در دسترس نیست می‌توان با فرضی گرفتن مختصات نقطهٔ اول از این نوع پیمایش استفاده کرد. البته این‌حالت فقط برای نقشه‌برداری مناطق کوچک کاربرد دارد.

● مراحل کلی پیمایش عبارتند از :

الف) شناسایی ب) اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات پیمایش ج) محاسبات

● **الف) شناسایی** : در این مرحله گروه شناسایی با مراجعه مستقیم به محلی که قرار است پیمایش انجام شود، منطقه را شناسایی کرده و در نهایت از موقعیت نقاط موجود یک کروکی تهیه می‌کنند.

● **ب) اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات پیمایش** : پس از ایجاد و استحکام نقاط پیمایش، گروه نقشه‌بردار به محل مراجعه کرده و با توجه به کروکی و نام نقاط، طول افقی همه اضلاع و همچنین زاویه افقی همه رئوس پیمایش و ژیزمان یکی از اضلاع موردنظر (که معمولاً ضلع اول می‌باشد) نیز اندازه‌گیری می‌شود.

● زاویه‌هایی که در پیمایش اندازه‌گیری می‌شوند معمولاً زاویه به راست (Clockwise angle) هستند. زاویه به راست در محاسبات پیمایش همواره مثبت در نظر گرفته می‌شود.

● منظور از زاویه به راست، زاویه‌ای است که یک امتداد نسبت به امتداد قبل و در جهت عقربه ساعت (جهت راست) می‌سازد.

● **ج) محاسبات پیمایش :** برای شروع محاسبات لازم است مختصات یکی از ایستگاه‌های پیمایش (معمولاً نقطهٔ اول) و همچنین ژیزمان یکی از اضلاع پیمایش (معمولاً ضلع اول) معلوم باشد.

● محاسبهٔ مختصات در پیمایش باز را می‌توان در سه مرحله خلاصه کرد :

۱ــ محاسبهٔ ژیزمان کلیهٔ اضلاع پیمایش با استفاده از ژیزمان ضلع اول و زاویه به راست رئوس پیمایش.

۲ــ محاسبه ΔX و ΔY کلیهٔ اضلاع پیمایش.

۳ــ محاسبه مختصات نقاط ایستگاه‌های پیمایش.

● ژیزمان یک امتداد را می‌توان از رابطه زیر به‌دست آورد :

$$G_{\text{امتداد بعدی}} = (G_{\text{امتداد قبلی}} + \text{زاویه به راست رأس}) \pm 180^\circ$$

● با استفاده از رابطهٔ زیر می‌توان ΔX و ΔY کلیهٔ امتدادها را محاسبه کرد :

$$\begin{cases} \Delta X_i = L_i \times \text{Sin}G_i \\ \Delta Y_i = L_i \times \text{Cos}G_i \end{cases}$$

● پس از محاسبهٔ ΔX و ΔYها با استفاده از روابط کلی زیر مختصات نقاط رئوس پیمایش را محاسبه می‌کنیم. به عنوان مثال برای نقطهٔ B داریم :

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB}$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB}$$

● در محاسبهٔ ژیزمان اضلاع در پیمایش باز، از روی جهت حرکت پیمایش و همچنین جهت محاسبات می‌توان زاویه به‌راست را تعیین کرد.

● مجموع زوایای یک چند ضلعی در فضای ایده‌آل و بدون خطای ریاضی از رابطه زیر به‌دست می‌آید :

$$\text{جمع زوایای داخلی} = (n-2) \times 180^\circ$$

$$\text{جمع زوایای خارجی} = (n+2) \times 180^\circ$$

- مقدار خطای بست زاویه‌ای در یک پیمایش بسته از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود :

$$e_\alpha = \Sigma\alpha_i - (n \pm 2) \times 180^\circ$$

- مقدار مجاز خطای بست زاویه‌ای در یک پیمایش بسته از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود :

$$e_{max} = \pm 2.5 \times d_\alpha \times \sqrt{\frac{n}{m}}$$

- مقدار تصحیح برای زوایا از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :

$$C = \frac{-e_\alpha}{n}$$

- پس از تصحیح زوایا، با معلوم بودن ژیزمان امتداد اول، سایر ژیزمان‌ها را محاسبه می‌کنیم.
- طول‌های اندازه‌گیری شده در پیمایش مانند زوایای اندازه‌گیری شده دارای مقادیری خطا می‌باشند که در محاسبه ΔX و ΔY خطایی ایجاد می‌کنند که به آن خطای بست موضعی (خطای بست طولی) می‌گویند.
- خطای بست موضعی(خطای بست طولی) از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$e_{X,Y} = \sqrt{(\Sigma\Delta X_i^{\,2} + \Sigma\Delta Y_i^{\,2})}$$

- خطای نسبی بست (دقت پیمایش) از رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$e_s = \frac{e_{X,Y}}{\Sigma L_i}$$

- تعدیل برای هر ضلع در دو جهت X و Y اعمال می‌شود و مقدارآن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$\begin{cases} C_X = \dfrac{-L_i}{\Sigma L} \times \Sigma\Delta X \\ C_Y = \dfrac{-L_i}{\Sigma L} \times \Sigma\Delta Y \end{cases}$$

که با مقادیر ΔX و ΔY جمع شده و مقادیرتعدیل شدهٔ آنها به‌دست می‌آیند :

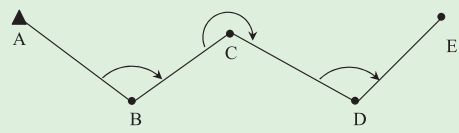
ΔX تصحیح شده = ΔX تصحیح نشده + C_X

ΔY تصحیح شده = ΔY تصحیح نشده + C_Y

و در پایان X و Y را به راحتی می‌توان از روی این مقادیر بدست آورد.

مثال ۵ــ۱ : پیمایش باز

مطابق شکل زیر به منظور ایجاد تعدادی نقطهٔ کنترل، یک پیمایش باز انجام شده است. مختصات نقطهٔ A برابر (۱۰۰ , ۱۰۰) و $G_{AB} = 140^\circ$ می‌باشد. مطلوب است محاسبه مختصات نقاط مجهول در این پیمایش.



$AB = 135m$ $\quad \angle B = 120^\circ$

$BC = 125m$ $\quad \angle C = 240^\circ$

$CD = 185m$ $\quad \angle D = 100^\circ$

$DE = 150m$

راهکار کلی :

برای راحتی کار و جلوگیری از اشتباه در محاسبات، ابتدا معلومات مسئله را در جدولی مطابق زیر وارد می‌کنیم :

ایستگاه	زاویه	ژیزمان	طول	ΔX	ΔY	X	Y
A		140°	135.000			100.000	100.000
B	120°		125.000				
C	240°		185.000				
D	100°		150.000				
E							

مرحلهٔ اول :

مرحلهٔ اول، محاسبهٔ ژیزمان کلیهٔ اضلاع پیمایش می‌باشد. یعنی ابتدا ستون سوم از جدول بالا را تکمیل می‌کنیم.

در فصل پیش با روش محاسبهٔ ژیزمان یک امتداد از روی امتداد قبلی آن آشنا شدید. همانطور که گفته شد با معلوم بودن ژیزمان امتداد قبلی و زاویه به راست رئوس، ژیزمان امتداد بعدی را می‌توان از رابطهٔ صفحهٔ بعد محاسبه کرد :

$$G_{\text{امتداد بعدی}} = (G_{\text{امتداد قبلی}} + \text{زاویه به راست رأس}) \pm 180^\circ$$

به عبارتی می‌توان نوشت :

$$G_{BC} = (G_{AB} + \alpha_B) \pm 180^\circ$$

$$G_{CD} = (G_{BC} + \alpha_C) \pm 180^\circ$$

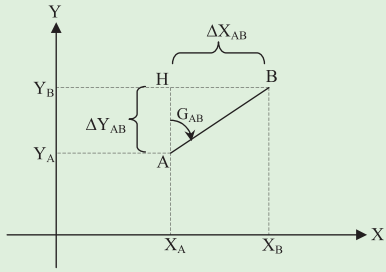
$$G_{DE} = (G_{CD} + \alpha_D) \pm 180^\circ$$

زوایای α_B و α_C و α_D در روابط فوق همان زاویه به راست در رأس‌های B و C و D می‌باشند که در رابطهٔ ژیزمان همواره مثبت در نظر گرفته می‌شوند.

مرحلهٔ دوم :

در این مرحله ΔX و ΔY کلیهٔ اضلاع پیمایش محاسبه می‌شود به عبارتی ستون‌های پنجم و ششم در این مرحله تکمیل می‌شوند.

برای محاسبه ΔX و ΔY می‌توان یک رابطهٔ کلی به‌دست آورد. به شکل زیر دقت کنید : فرض کنید AB یکی از اضلاع پیمایش باشد، مطابق شکل مثلث AHB یک مثلث قائم الزاویه است، بنابراین داریم :



$$\sin G_{AB} = \frac{HB}{AB} \rightarrow HB = AB \times \sin G_{AB}$$

$$\cos G_{AB} = \frac{AH}{AB} \rightarrow AH = AB \times \cos G_{AB}$$

امّا همانطور که در شکل مشاهده می‌کنید، HB همان ΔX_{AB} و AH همان ΔY_{AB} می‌باشد. پس می‌توان نوشت :

$$\Delta X_{AB} = AB \times \sin G_{AB}$$

$$\Delta Y_{AB} = AB \times \cos G_{AB}$$

این روابط کلی هستند، بنابراین برای سایر اضلاع نیز می‌توان این روابط را نوشت :

$$\Delta X_{BC} = BC \times \sin G_{BC}$$

$$\Delta Y_{BC} = BC \times \cos G_{BC}$$

$$\Delta X_{CD} = CD \times \sin G_{CD}$$

$$\Delta Y_{CD} = CD \times \cos G_{CD}$$

$$\Delta X_{DE} = DE \times \sin G_{DE}$$

$$\Delta Y_{DE} = DE \times \cos G_{DE}$$

مرحلهٔ سوم :

در این مرحله به راحتی می‌توان مختصات نقاط مجهول را با استفاده از روابط بدیهی زیر بدست آورد :

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB}$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB}$$

$$X_C = X_B + \Delta X_{BC}$$

$$Y_C = Y_B + \Delta Y_{BC}$$

$$X_D = X_C + \Delta X_{CD}$$

$$Y_D = Y_C + \Delta Y_{CD}$$

$$X_E = X_D + \Delta X_{DE}$$

$$X_E = X_D + \Delta X_{DE}$$

روش حل :

مرحلهٔ اول : محاسبهٔ ژیزمان اضلاع

$G_{BC} = (140^\circ + 120^\circ) - 180^\circ = 80^\circ$

$G_{CD} = (80^\circ + 240^\circ) - 180^\circ = 140^\circ$

$G_{DE} = (140^\circ + 100^\circ) - 180^\circ = 60^\circ$

ایستگاه	زاویه	ژیزمان	طول(m)	ΔX(m)	ΔY(m)	X(m)	Y(m)
A						100.000	100.000
		140°	135.000				
B	120°						
		80°	125.000				
C	240°						
		140°	185.000				
D	100°						
		60°	150.000				
E							

مرحلهٔ دوم : محاسبه ΔX و ΔY اضلاع

$\Delta X_{AB} = 135 \times \sin 140^\circ = 86.776$

$\Delta Y_{AB} = 135 \times \cos 140^\circ = -103.416$

$\Delta X_{CD} = 185 \times \sin 140^\circ = 118.916$

$\Delta Y_{CD} = 185 \times \cos 140^\circ = -141.718$

$\Delta X_{BC} = 125 \times \sin 80^\circ = 123.101$

$\Delta Y_{BC} = 125 \times \cos 80^\circ = 21.706$

$\Delta X_{DE} = 150 \times \sin 60^\circ = 129.904$

$\Delta Y_{DE} = 150 \times \cos 60^\circ = 75.000$

ایستگاه	زاویه	ژیزمان	طول(m)	ΔX(m)	ΔY(m)	X(m)	Y(m)
A						100.000	100.000
		140°	135.000	86.776	103.416		
B	120°						
		80°	125.000	123.101	21.706		
C	240°						
		140°	185.000	118.916	−141.718		
D	100°						
		60°	150.000	129.904	75.000		
E							

$X_B = 100 + 86.776 = 186.776$

$Y_B = 100 + (-103.416) = -3.416$

$X_D = 309.877 + 118.916 = 428.803$

$Y_D = 18.290 + (-141.718) = -123.428$

$X_C = 186.776 + 123.101 = 309.887$

$Y_C = -3.416 + 21.706 = 18.290$

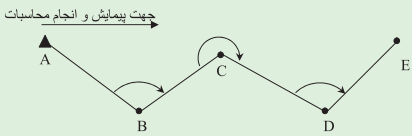
$X_E = 428.803 + 129.904 = 558.707$

$Y_E = -123.428 + 75.000 = -48.428$

ایستگاه	زاویه	ژیزمان	طول(m)	ΔX(m)	ΔY(m)	X(m)	Y(m)
A						100.000	100.000
		140°	135.000	86.776	103.416		
B	120°					186.776	-3.416
		80°	125.000	123.101	21.706		
C	240°					309.877	18.290
		140°	185.000	118.916	-141.718		
D	100°					428.803	-123.428
		60°	150.000	129.904	75.000		
E						558.707	-48.428

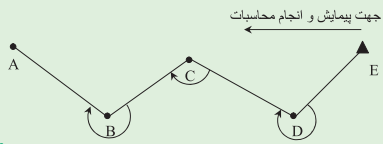
بحث و بررسی :

در محاسبهٔ ژیزمان اضلاع برای پیمایش باز، همانند حالتی که در پیمایش بسته گفته شد از روی جهت حرکت پیمایش و همچنین جهت محاسبات می‌توان زاویه به راست را تعیین کرد. در این مثال حرکت از چپ به راست است، بنابراین زوایای بالایی، زاویه به‌راست هستند که در محاسبات ژیزمان هم با علامت مثبت قرار داده می‌شوند.



زوایای مشاهده شده درشکل،
زاویه به راست هستند.

اما چنانچه جهت پیمایش و محاسبات از راست به چپ باشد، در این حالت زوایای پایینی زاویه به راست هستند و در رابطهٔ ژیزمان، باید با علامت مثبت قرارداده شوند.



زوایای مشاهده شده درشکل،
زاویه به راست هستند.

تمرین‌های کلاسی مثال ۵ ــ ۱

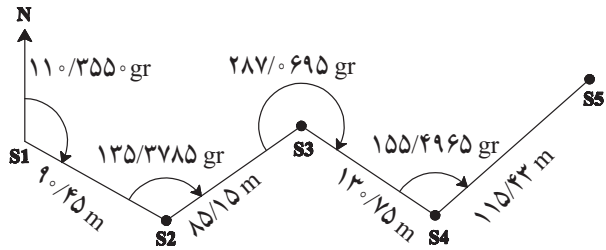
۱ــ اطلاعات طول و زاویهٔ مربوط به یک پیمایش باز مطابق جدول زیر مشاهده شده است، مختصات نقاط مجهول را محاسبه کنید. (همهٔ زوایا در حالت زاویه به راست هستند. (A (۱۵۰ ,۱۲۰ , $G_{AB} = ۱۲۰^\circ ۲۵' ۵۰''$)

AB = 235.452 m	$\angle B = 240^\circ 25' 35''$
BC =125.800 m	$\angle C = 120^\circ 45' 50''$
CD = 385.215 m	$\angle D = 200^\circ 25' 26''$
DE = 150.215 m	

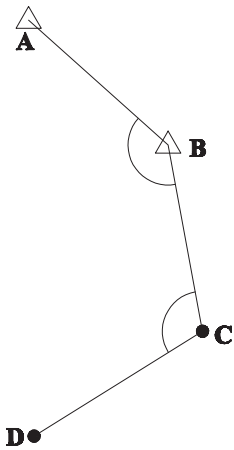
۲ــ یک عملیات پیمایش باز مطابق شکل زیر انجام گرفته. هرگاه مختصات ایستگاه شروع (S_1(۱۵۰۰و ۱۵۰۰) متر باشد، مطلوب است :

الف) تنظیم جدول پیمایش باز

ب) محاسبهٔ مختصات ایستگاه‌های S_2 و S_3 و S_4 و S_5 (زوایا بر حسب گراد و طول‌ها بر حسب متر هستند.)



۳ــ در پیمایشی که مطابق شکل روبرو صورت گرفته است، مختصات (۱۰۰۰ ،۱۰۰۰)A و مختصات (۹۵۰ ، ۱۱۵۰) B می‌باشد. مختصات نقاط C و D را به‌دست آورید.



$\alpha_1 = 140.2738$

$\alpha_2 = 112.3893$

$L_{BC} = 179\ m$

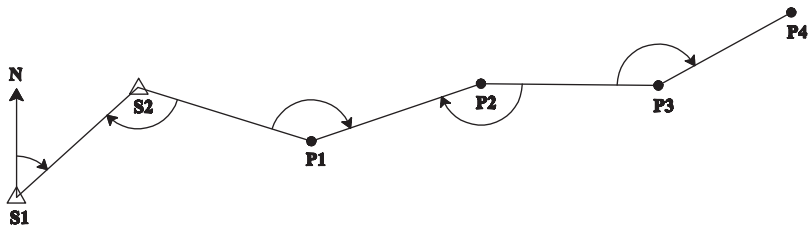
$L_{CD} = 210\ m$

۴ــ در پیمایش باز شکل زیر با توجه به مختصات معلوم نقاط S_1 و S_2 مختصات نقاط مجهول P_1 و P_2 و P_3 و P_4 را بر حسب متر محاسبه کنید.

$S_1 = (1000, 1000)$ $S_2 = (2000, 2000)$

$S_2 = 128.6659\angle$ $\angle P_1 = 152.8713$ $\angle P_2 = 161.3517$ $\angle P_3 = 151.5844$

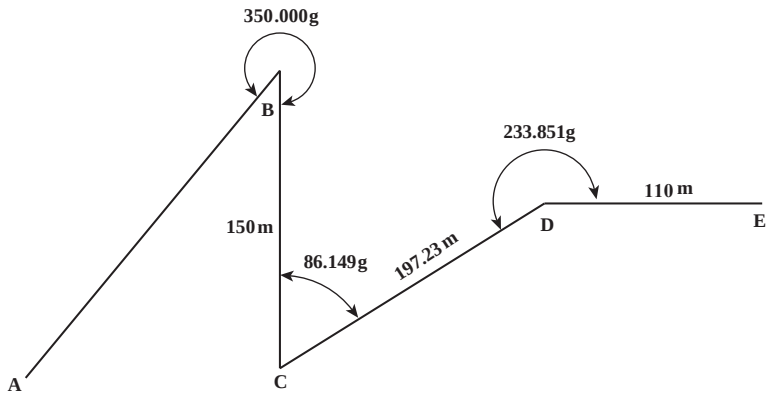
$L_{P_3P_4} = 766.463$ $L_{S_2P_1} = 1422.98$ $L_{S_2P_1} = 1021.39$ $L_{P_2P_3} = 1443.893$



۵ــ در پیمایش باز زیر مختصات نقاط A و B به ترتیب برابر (۱۰۰,۱۰۰) و (۲۵۰, ۲۵۰) متر می‌باشد، با توجه به زاویه‌های مشخص شده در کروکی زیر مختصات سایر نقاط را محاسبه کنید.

$\hat{B} = ۳۵۰\text{g}$, $\hat{C} = ۶۶/۱۴۹\text{g}$, $\hat{D} = ۲۳۳/۸۵۱\text{g}$

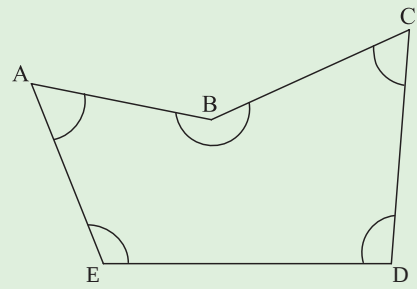
$L_{BC} = ۱۵۰\text{m}$, $L_{CD} = ۱۹۷/۲۳\text{m}$, $L_{DE} = ۱۱۰\text{m}$



مثال ۵ــ۲ : پیمایش بسته

مطابق شکل زیر یک عمل پیمایش بسته انجام گرفته است. با فرض اینکه مختصات نقطه A برابر (Y=۹۰۸/۹۸۰ و X=۱۰۰/۰۰۰) و G_{AB}=۱۰۶°۲۳′۴۵″ باشد، مختصات نقاط دیگر(E , D ,C , B) را محاسبه کنید. دقت زاویه‌ای دوربین را ۱۰ ثانیه درنظر بگیرید.

زاویه	طول
A = 64°53′ 00″	AB = 690.880
B = 206°34′ 45″	BC = 616.050
C = 64°20′ 45″	CD = 677.970
D = 107°33′ 45″	DE =970.260
E = 96°38′ 15″	EA = 783.320



راهکار کلی :

الف) مرحله تعدیل و سرشکنی خطای بست زاویه‌ای :

مجموع زوایای یک چند ضلعی در فضای ایده‌آل و بدون خطای ریاضی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$\text{جمع زوایای داخلی} = (n-2)\times 180^{\circ}$$

$$\text{جمع زوایای خارجی} = (n+2)\times 180^{\circ}$$

که در آن n تعداد اضلاع چند ضلعی است.

بنابراین برای هر پیمایش چند ضلعی می‌توان این مقدار را معیاری برای درستی زوایای اندازه‌گیری شده در نظر گرفت. به عبارتی با مقایسه این مقدار با جمع زوایای مشاهده شده، می‌توان خطای بست زاویه‌ای را به‌دست آورد، بنابراین :

$$\text{خطای بست زاویه‌ای :}\quad e_{\alpha} = \Sigma\alpha_i - (n\pm 2)\times 180^{\circ}$$

$\Sigma\alpha_i$ مجموع زوایای پلیگون

$(n\pm 2)\times 180^{\circ}$ مجموع زوایای پلیگون بدون خطا

نکته : از رابطه $(n+2)\times 180^\circ$ زمانی که زاویهٔ پلیگون، زاویهٔ خارجی است استفاده می‌شود.
از رابطه $(n-2)\times 180^\circ$ زمانی که زاویهٔ پلیگون، زاویهٔ داخلی است استفاده می‌شود.

بعد از محاسبهٔ خطای بست زاویه‌ای باید مقدار آن‌را مورد ارزیابی قرار داده و با مقدار مجاز آن مقایسه کنید.

در صورتی می‌توان این خطا را پذیرفت که مقدار آن کوچکتر و یا مساوی مقدار مجاز باشد.

مقدار مجاز خطای بست زاویه‌ای از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :

مقدار مجاز خطای بست زاویه‌ای	$e_{max} = \pm 2.5 \times d_\alpha \times \sqrt{\frac{n}{m}}$

d_α	دقت زاویه‌ای دوربین
n	تعداد اضلاع چند ضلعی
m	دفعات قرائت زاویه هر رأس

درصورتی که خطای بست زاویه‌ای قابل قبول باشد باید آن را بین زوایای پلیگون سرشکن کرده و زوایای تعدیل شده را به‌دست آورد.

برای به‌دست آوردن مقدار تصحیح برای هر زاویه، کافی است خطای بست را بر تعداد زوایای موجود با علامت مخالف تقسیم کنیم. سپس این مقدار تصحیح را با مقدار هر زاویه جمع می‌کنیم.

به عبارتی با این کار به هر رأس، سهم مساوی از تصحیح را اعمال می‌کنیم. بنابراین مقدار تصحیح برای زوایا از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

مقدار تصحیح برای زوایا	$C = \frac{-e_\alpha}{n}$

e_α	خطای بست زاویه‌ای
n	تعداد زوایا

در نتیجه برای هر زاویه خواهیم داشت :

$$\alpha_i' = \alpha_i + (C)$$

روش حل :

الف) مرحلهٔ تعدیل و سرشکنی خطای بست زاویه‌ای :

$$\Sigma\alpha_i = 64^\circ 53' 00'' + 206^\circ 34' 45'' + 64^\circ 20' 45'' + 107^\circ 33' 45'' + 96^\circ 38' 15''$$

$$\Sigma\alpha_i = 540^\circ 00' 30''$$

$$e_\alpha = 540^\circ 00' 30'' - (5-2)\times 180^\circ = +00^\circ 00' 30''$$

$$e_{max} = \pm 2.5\times 10\times\sqrt{\frac{5}{1}} \approx \pm 56'' \rightarrow e_\alpha < e_{MAX}$$

$$C = -\frac{+30''}{5} = -6''$$

حالا مقدار تصحیح را با تک‌تک زوایا جمع می‌کنیم تا زوایای تعدیل شده محاسبه شود. جهت کنترل، بعد از اعمال مقدار تصحیح به زوایا، یک‌بار دیگر آنها را جمع می‌کنیم. درصورتی‌که مقدار حاصل جمع زوایای جدید با مقدار واقعی آن برابر بود، این اعداد را به عنوان مقدار درست برای هر زاویه درنظر می‌گیریم.

$$64^\circ 53' 00'' + (-6'') = 64^\circ 52' 54''$$
$$206^\circ 34' 45'' + (-6'') = 206^\circ 34' 39''$$
$$64^\circ 20' 45'' + (-6'') = 64^\circ 20' 39''$$
$$107^\circ 33' 45'' + (-6'') = 107^\circ 33' 39''$$
$$96^\circ 38' 15'' + (-6'') = 96^\circ 38' 09''$$
$$\Sigma\alpha_i = \overline{540^\circ 00' 00''}$$

از این پس اطلاعات موجود را در جدولی مطابق زیر وارد کرده و محاسبات را ادامه می‌دهیم.

(در ادامهٔ حل مسأله جابه‌جایی‌هایی در سرستون‌ها دیده می‌شود که هر دوشکل ارائه شده صحیح می‌باشد.)

نقاط ایستگاه	زاویهٔ تعدیل شده	ژیزمان	طول	ΔX	C_x	ΔX_C	ΔY	C_Y	ΔY_C	X	Y
A											
B											
C											
D											
E											

ب) مرحلهٔ محاسبه ΔX و ΔY کلیه اضلاع:

راهکار کلی:

برای محاسبهٔ ΔX و ΔY اضلاع پیمایش، ابتدا باید ژیزمان کلیه اضلاع را از روی ژیزمان معلوم ضلع اول و زوایای تعدیل شده در مرحله قبل محاسبه کنیم. روش محاسبه ژیزمان اضلاع را در فصل ۴ کتاب «نقشه‌برداری عمومی» آموختید. همانطور که گفته شد، ژیزمان اضلاع را از رابطه زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$G_{\text{امتداد بعدی}} = (G_{\text{امتداد قبلی}} + \text{زاویه به راست رأس}) \pm 180^\circ$$

به عبارتی می‌توان نوشت:

$$G_{BC} = (G_{AB} + \alpha_B) \pm 180^\circ$$

$$G_{CD} = (G_{BC} + \alpha_C) \pm 180^\circ$$

$$G_{DE} = (G_{CD} + \alpha_D) \pm 180^\circ$$

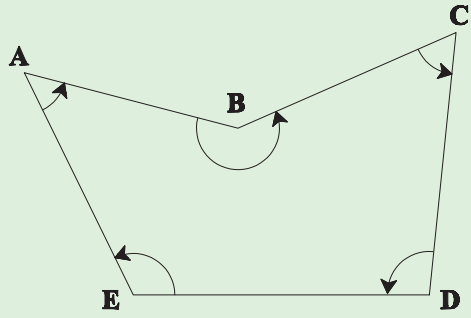
$$G_{EA} = (G_{DE} + \alpha_E) \pm 180^\circ$$

نکته‌ای که باید به آن توجه داشت این است که زاویهٔ رئوس α در این رابطه، زاویه به راست درنظر گرفته شده‌اند و چنانچه زاویه‌های پیمایش، زاویه به راست نباشند، در این رابطه منفی می‌شوند.

به عبارتی رابطهٔ بالا به صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$G_{\text{امتداد بعدی}} = (G_{\text{امتداد قبلی}} + \text{زاویه به راست رأس}) \pm 180^\circ$$

در این مثال مطابق شکل زیر، جهت حرکت و محاسبات پیمایش در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت است، بنابراین زوایای داخلی قرائت شده برای پیمایش زاویه به راست نیستند. درنتیجه زوایا در رابطه ژیزمان، منفی در نظر گرفته می‌شوند.



پس از محاسبه ژیزمان‌ها، با استفاده از رابطه زیر، ΔX و ΔY اضلاع را محاسبه می‌کنیم :

$$\begin{cases}\Delta X_i = L_i \times \text{Sin}G_i \\ \Delta Y_i = L_i \times \text{Cos}G_i\end{cases}$$

G_i : ژیزمان ضلع i ام L_i : **طول ضلع i ام**

روش حل :

ب) مرحلهٔ محاسبه ΔX و ΔY کلیهٔ اضلاع پیمایش :

$$G_{BC} = (106^\circ 23' 45'' - 206^\circ 34' 39'') + 180^\circ = 79^\circ 49' 06''$$

$$G_{CD} = (79^\circ 49' 06'' - 64^\circ 20' 39'') + 180^\circ = 195^\circ 28' 27''$$

$$G_{DE} = (195^\circ 28' 27'' - 107^\circ 33' 39'') + 180^\circ = 267^\circ 54' 48''$$

$$G_{EA} = (267^\circ 54' 48'' - 96^\circ 38' 09'') + 180^\circ = 351^\circ 16' 39''$$

نکته : برای اطمینان از درستی محاسبات، ژیزمان AB را مجدداً محاسبه کرده و با مقدار معلوم آن مقایسه می‌کنیم :

$$G_{AB} = G_{EA} + \alpha_A \pm 180^\circ$$

$$G_{AB} = 351^\circ 16' 39'' - 64^\circ 52' 54'' - 180^\circ = 106^\circ 23' 45''$$

همانطور که مشاهده می‌کنید، همان مقدار برای ژیزمان AB به‌دست آمد که خود نشان دهنده درستی محاسبات ژیزمان می‌باشد. در اینجا ستون‌های دوم و سوم جدول پیمایش مطابق شکل زیر تکمیل می‌شوند :

نقاط ایستگاه	زاویهٔ تعدیل شده	ژیزمان
A		$106^\circ 23' 45''$
B	$206^\circ 34' 39''$	$79^\circ 49' 06''$
C	$64^\circ 20' 39''$	$195^\circ 28' 27''$
D	$107^\circ 33' 39''$	$267^\circ 54' 48''$
E	$96^\circ 38' 09''$	$351^\circ 16' 39''$
A	$64^\circ 52' 54''$	$106^\circ 23' 45''$
B		
جمع	$\Sigma a_i = 540^\circ$	

حال با استفاده از طول‌های اضلاع و ژیزمان محاسبه شده برای هر ضلع می‌توان ΔX و ΔY اضلاع را به‌دست آورد :

$$\begin{cases}\Delta X_{AB} = 690.880 \times \text{Sin}106°23'45'' = +662.785\\ \Delta Y_{AB} = 690.880 \times \text{Cos}106°23'45'' = -194.767\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{BC} = 616.050 \times \text{Sin}79°49'06'' = +606.349\\ \Delta Y_{BC} = 616.050 \times \text{Cos}79°49'06'' = -108.899\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{CD} = 677.970 \times \text{Sin}195°28'27'' = -180.885\\ \Delta Y_{CD} = 677.970 \times \text{Cos}195°28'27'' = -653.394\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{DE} = 971.260 \times \text{Sin}267°54'48'' = -970.616\\ \Delta Y_{DE} = 971.260 \times \text{Cos}267°54'48'' = -35.365\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{EA} = 783.320 \times \text{Sin}351°16'39'' = -118.790\\ \Delta Y_{EA} = 783.320 \times \text{Cos}351°16'39'' = +774.260\end{cases}$$

در اینجا ستون‌های پنجم و ششم جدول پیمایش مطابق شکل زیر تکمیل می‌شوند :

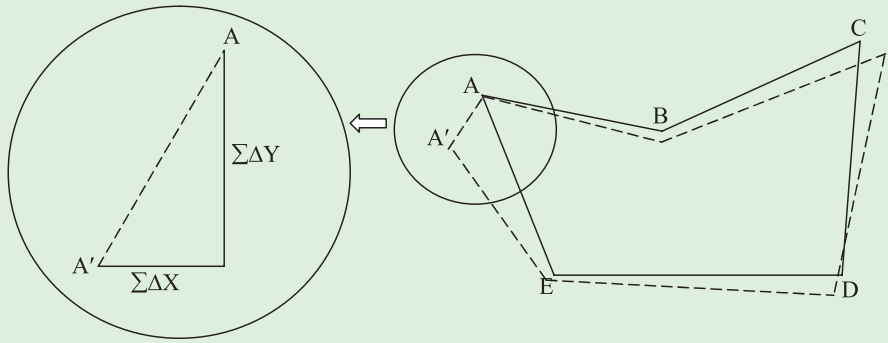
نقاط ایستگاه	زاویهٔ تعدیل شده	ژیزمان	طول	ΔX	ΔY
A		106°23′45″	690.880	662.785	−195.016
B	206°34′39″	79°49′06″	616.050	606.349	108.899
C	64°20′39″	195°28′27″	677.970	−180.885	−653.394
D	107°33′39″	267°54′48″	970.260	−969.617	−35.328
E	96°38′09″	351°16′39″	783.320	−118.790	774.260
A	64°52′54″	106°23′45″			
B					
جمع	$\Sigma a_i = 540°$				

ج) مرحلهٔ تعدیل و سرشکنی خطای بست طولی:

همانطور که مشاهده کردید، خطای زاویه‌ای موجود در پیمایش چنانچه در حد مجاز باشد، بین رأس‌های پیمایش تعدیل می‌شود ولی این بدین معنی نیست که این خطا حذف می‌شود بلکه سرشکنی این خطا فقط به رابطهٔ هندسی حاکم بر شکل تحقق بخشیده است. به عبارتی این خطا هنوز در پیمایش وجود دارد. همچنین طول‌های اندازه‌گیری شده در پیمایش نیز مانند زوایای اندازه‌گیری شده دارای مقادیری خطا می‌باشند که در محاسبه ΔX و ΔY خطایی ایجاد می‌کنند که به آن خطای بست موضعی(خطای بست طولی) می‌گویند. از آنجا که پیمایش به صورت یک چند ضلعی بسته است یعنی از یک نقطه شروع شده و به همان نقطه ختم می‌گردد، پس باید جمع جبری اختلاف مختصات نقاط متوالی پیمایش یعنی مقادیر $\Sigma\Delta x_i$ و $\Sigma\Delta y_i$ مساوی صفر شوند. اما به دلیل آنکه طول‌ها و زوایا دارای مقادیری خطا هستند که این خود خطایی در محاسبهٔ ΔX و ΔY ایجاد می‌کند، در نتیجه این شرط برقرار نمی‌شود. بنابراین $\Sigma\Delta x_i$ و $\Sigma\Delta y_i$ بیانگر مقادیر خطا در جهت محور x و y می‌باشند. به عبارتی نشان می‌دهند که نقاط پیمایش چه‌مقدار در اثر خطای طول و زاویه جابه‌جا شده‌اند. بنابراین خطای بست موضعی در پیمایش بسته پلیگون، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$e_{X,Y} = \sqrt{(\Sigma\Delta X_i^{\,2} + \Sigma\Delta Y_i^{\,2})}$$

شکل زیر که در آن خطاهای طول و زاویه با اغراق ترسیم شده‌اند، به وضوح، مطالب گفته شده در بالا را نشان می‌دهد:



همانطور که در شکل صفحهٔ قبل مشاهده می‌کنید، به دلیل وجود خطاهای موجود در پیمایش، نقطهٔ A و A' بر هم منطبق نمی‌شوند، به ضلع AA' ضلع خطا می‌گویند و طول آنکه از رابطه بالا به‌دست می‌آید، همان خطای بست موضعی پیمایش می‌باشد.

از تقسیم طول ضلع خطا (خطای بست طولی) بر مجموع اضلاع پیمایش، خطای نسبی بست (دقت پیمایش) به‌دست می‌آید که خود معیاری است برای ارزیابی دقت کار و مجاز بودن خطای بست. در اکثر کارهای عمرانی خطای نسبی بست طولی ۱/۵۰۰۰ یا کمتر، خطای قابل قبول تلقی می‌شود. در صورتی که این مقدار در حد مجاز باشد، می‌توان آن را سرشکن کرد.

$$e_s = \frac{e_{X,Y}}{\Sigma L_i}$$

روش‌های مختلفی برای تعدیل خطای بست طولی وجود دارد که در این کتاب یکی از آنها را شرح می‌دهیم.

این روش که به روش قطب‌نما (compass) معروف است خطای بست را به نسبت طول اضلاع پیمایش بین اضلاع سرشکن می‌کند. به عبارتی در این روش، فرض بر آن است که تأثیر خطاهای اندازه‌گیری زاویه و طول با هم برابرند. امروزه وسایل دقیق اندازه‌گیری طول به تحقق این فرض کمک کرده است. تعدیل برای هر ضلع در دو جهت X و Y اعمال می‌شود و مقدارآن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$\begin{cases} C_x = \frac{-L_i}{\Sigma L} \times \Sigma \Delta X \\ C_Y = \frac{-L_i}{\Sigma L} \times \Sigma \Delta Y \end{cases}$$

ΣL : مجموع طول‌های پیمایش بسته

که با مقادیر ΔX و ΔY جمع شده و مقادیرتعدیل شده آنها به‌دست می‌آیند :

ΔX تصحیح شده = ΔX تصحیح نشده $+C_x$

ΔY تصحیح شده = ΔY تصحیح نشده $+C_Y$

و در پایان X و Y را به راحتی می‌توان از روی این مقادیر به‌دست آورد.

روش حل :

ج) مرحله تعدیل و سرشکنی خطای بست طولی :

نقاط ایستگاه	زاویهٔ تعدیل شده	ژیزمان	طول	ΔX	ΔY
A					
		$106^\circ 23' 45''$	690.880	662.785	−195.016
B	$206^\circ 34' 39''$				
		$79^\circ 49' 06''$	616.050	606.349	108.899
C	$64^\circ 20' 39''$				
		$195^\circ 28' 27''$	677.970	−180.885	−653.394
D	$107^\circ 33' 39''$				
		$267^\circ 54' 48''$	970.260	−969.617	−35.328
E	$96^\circ 38' 09''$				
		$351^\circ 16' 39''$	783.320	−118.790	774.260
A	$64^\circ 52' 54''$				
		$106^\circ 23' 45''$			
B					
جمع	$\Sigma a_i = 540^\circ$			$\Sigma\Delta X = -0.158$	$\Sigma\Delta Y = -0.579$

$$\Sigma\Delta X = 662.785 + 606.349 + (-180.885) + (-969.617) + (-118.790)$$

$$\Sigma\Delta X = -0.158$$

$$\Sigma\Delta Y = (-195.016) + 108.899 + (-653.394) + (-35.328) + (774.260)$$

$$\Sigma\Delta Y = -0.579$$

$$e_{X,Y} = \sqrt{(-0.158)^2 + (-0.579)^2} = 0.6002\text{m} = 60.02\text{cm}$$

$$e_s = \frac{0.600}{3738.480} \approx \frac{1}{6230}$$

همانطور که مشاهده می‌کنید خطای نسبی (دقت) این پیمایش ۱ : ۶۲۳۰ است که دقت بالایی محسوب می‌شود.

حال مقدار تصحیح ΔX و ΔY را برای هر ضلع پیمایش را به‌صورت زیر محاسبه می‌کنیم :

$$\begin{cases} CX_{AB} = \dfrac{-690.880}{3738.480} \times -0.158 = 0.029\text{m} \\ CY_{AB} = \dfrac{-690.880}{3738.480} \times -0.579 = 0.107\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} CX_{BC} = \dfrac{-616.050}{3738.480} \times -0.158 = 0.026\text{m} \\ CY_{BC} = \dfrac{-616.050}{3738.480} \times -0.579 = 0.096\text{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} CX_{CD} = \dfrac{-677.970}{3738.480} \times -0.158 = 0.029m \\ CY_{CD} = \dfrac{-677.970}{3738.480} \times -0.579 = 0.105m \end{cases}$$

$$\begin{cases} CX_{DE} = \dfrac{-670.260}{3738.480} \times -0.158 = 0.041m \\ CY_{DE} = \dfrac{-670.260}{3738.480} \times -0.579 = 0.150m \end{cases}$$

$$\begin{cases} CX_{EA} = \dfrac{-783.320}{3738.480} \times -0.158 = 0.033m \\ CY_{EA} = \dfrac{-783.320}{3738.480} \times -0.579 = 0.121m \end{cases}$$

نقاط ایستگاه	زاویهٔ تعدیل شده	ژیزمان G_i	طول L_i	ΔX	ΔY	C_x	C_Y
A							
		106°23′45″	690.880	662.785	−195.016	0.029	0.107
B	206°34′39″						
		79°49′06″	616.050	606.349	108.899	0.026	0.096
C	64°20′39″						
		195°28′27″	677.970	−180.885	−653.394	0.029	0.105
D	107°33′39″						
		267°54′48″	970.260	−969.617	−35.328	0.041	0.150
E	96°38′09″						
		351°16′39″	783.320	−118.790	774.260	0.033	0.121
A	64°52′54″						
		106°23′45″					
B							
جمع	$\Sigma a_i = 540°$			$\Sigma = -0.158$	$\Sigma = -0.579$	$\Sigma = 0.158$	$\Sigma = 0.579$

نکته : برای کنترل محاسبات اگر C_Xها و C_Yها را با هم جمع کنید، باید به ترتیب با مقدار $\Sigma\Delta X$ ــ و $\Sigma\Delta Y$ ــ برابر شود.

اکنون مقادیر تصحیح C_X و C_Y را با مقادیر ΔX و ΔY جمع جبری می‌کنیم تا ستون‌های نهم و دهم یعنی ΔX_C و ΔY_C تکمیل شوند :

$$\begin{cases} \Delta X_{C\ AB} = 662.785 + 0.029 = 662.814 \\ \Delta Y_{C\ AB} = -195.016 + 0.107 = -194.909 \end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{C\ BC}=606.349+0.026=606.375\\ \Delta Y_{C\ BC}=108.899+0.096=108.995\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{C\ CD}=-180.885+0.029=-180.856\\ \Delta Y_{C\ CD}=-653.394+0.105=-653.289\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{C\ DE}=-969.617+0.041=-969.576\\ \Delta Y_{C\ DE}=-35.328+0.150=-35.178\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta X_{C\ EA}=-118.790+0.033=-118.757\\ \Delta Y_{C\ EA}=-774.260+0.121=774.381\end{cases}$$

نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	ژیزمان G_i	طول L_i	ΔX	ΔY	C_x	C_Y	ΔX_C	ΔY_C
A									
		106°23′45″	690.880	662.785	−195.016	0.029	0.107	662.814	−194.909
B	206°34′39″								
		79°49′06″	616.050	606.349	108.899	0.026	0.096	606.375	108.995
C	64°20′39″								
		195°28′27″	677.970	−180.885	−653.394	0.029	0.105	−180.856	−653.289
D	107°33′39″								
		267°54′48″	970.260	−969.617	−35.328	0.041	0.150	−969.576	−35.178
E	96°38′09″								
		351°16′39″	783.320	−118.790	774.260	0.033	0.121	−118.575	774.381
A	64°52′54″								
		106°23′45″							
B									
جمع	$\Sigma a_i = 540°$			$\Sigma = -0.158$	$\Sigma = -0.579$	$\Sigma = +0.158$	$\Sigma = +0.579$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$

نکته : برای کنترل محاسبات، چنانچه ستون‌های ΔX_C و ΔY_C را جمع ببندید حاصل برابر صفر می‌گردد.

در پایان با معلوم بودن مختصات نقطهٔ اول (A) و ستون‌های ΔX_C و ΔY_C، مختصات سایر نقاط را محاسبه کرده و ستون‌های یازدهم و دوازدهم جدول را تکمیل می‌کنیم :

$$\begin{cases}X_B=X_A+\Delta X_{C\ AB}=100.000+662.814=762.814\\ Y_B=Y_A+\Delta Y_{C\ AB}=-194.909+908.980=714.071\end{cases}$$

$$\begin{cases}X_C=X_B+\Delta X_{C\ BC}=762.814+606.375=1369.189\\ Y_C=Y_B+\Delta Y_{C\ BC}=714.071+108.995=823.066\end{cases}$$

$$\begin{cases}X_D=X_C+\Delta X_{C\ CD}=1369.189-180.856=1188.333\\ Y_D=Y_C+\Delta Y_{C\ CD}=823.066-653.289=169.777\end{cases}$$

$$\begin{cases}X_E=X_D+\Delta X_{C\ DE}=1188.333-969.576=218.757\\ Y_E=Y_D+\Delta Y_{C\ DE}=169.777-35.178=134.599\end{cases}$$

نقاط ایستگاه	زاویهٔ تعدیل شده	ژیزمان G_i	طول L_i	ΔX	ΔY	C_x	C_Y	ΔX_C	ΔY_C	X	Y
A		106°23′45″	690.880	662.785	−195.016	0.029	0.107	662.814	−194.909	100.000	908.980
B	206°34′39″	79°49′06″	616.050	606.349	108.899	0.026	0.096	606.375	108.995	762.814	714.071
C	64°20′39″	195°28′27″	677.970	−180.885	−653.394	0.029	0.105	−180.856	−653.289	1369.189	823.066
D	107°33′39″	267°54′48″	970.260	−969.617	−35.328	0.041	0.150	−969.576	−35.178	1188.333	169.777
E	96°38′09″	351°16′39″	783.320	−118.790	774.260	0.033	0.121	−118.757	774.381	218.757	134.599
A	64°52′54″									100.000	908.980
B											
جمع											

تمرین‌های کلاسی مثال ۵ ــ ۲

۱ــ در یک پیمایش بسته (چهار ضلعی) زوایا تصحیح شده و طول‌ها طبق جدول ذیل اندازه‌گیری شده است. با توجه به این که زوایا با دستگاه تئودلیتی با مقدار خطای زاویه‌ای اندازه‌گیری شده $d\alpha = \circ\circ' 40''$ و ژیزمان امتداد AB برابر $70^\circ 11'$ و مختصات نقطهٔ A برابر (۵۰۰ و ۵۰۰) متر باشد، مطلوب است :

الف) محاسبه و کنترل خطای بست پیمایش. ب) تکمیل جدول پیمایش.

ایستگاه	زوایای تعدیل شده	ژیزمان	طول
A		$70^\circ 11'$	۱۰۷/۸۶
B	$100^\circ 07' 00''$		۹۲/۵۱
C	$87^\circ 40' 46''$		۱۲۸/۱۷
D	$80^\circ 41' 12''$		۱۰۸/۵۵
A	$91^\circ 31' 2''$		

۲ــ یک عملیات پیمایش بسته مطابق شکل زیر انجام شده است. درصورتی‌که نقطهٔ A به مختصات (۱۰۰۰ و ۱۰۰۰) متر و ژیزمان AB برابر ۴۵ درجه باشد، مطلوب است تنظیم جدول پیمایش و محاسبهٔ سایر ایستگاه‌ها.

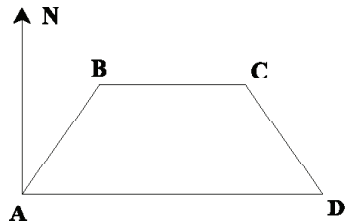
$\angle A = 45^\circ$ $\angle B = 135^\circ$ $\angle C = 135^\circ$ $\angle D = 45^\circ$

AB = 35.36 m

BC = 50 m

CD = 35.36 m

DA = 100 m



۳ــ در یک عملیات پیمایش بسته پس از انجام محاسبات جدول پیمایش مقادیر ΔXها و ΔYها برابر زیر شده است :

$\Delta X_1 = 79.589\ ,\ \Delta X_2 = 19.780\ ,\ \Delta X_3 = -104.725\ ,\ \Delta X_4 = 5.326$

$\Delta Y_1 = 9.547\ ,\ \Delta Y_2 = 69.812\ ,\ \Delta Y_3 = 34.304\ ,\ \Delta Y_4 = -113.675$

مطلوب است :

الف)محاسبهٔ خطای بست موضعی پیمایش

ب) در صورت قابل قبول بودن خطای بست موضعی پیمایش، مقادیر تصحیح ΔXها و ΔYها را محاسبه کنید.

۴ــ در یک پیمایش بسته به طول ۴۴۵/۲۷۷ متر مقادیر ΔX وΔYها به‌ترتیب زیر می‌باشد :

$\Delta X_{DA} = -۱۰۴/۳۶$ و $\Delta X_{CD} = -۶۲/۴۴$ و $\Delta X_{BC} = ۱۱۵/۳۴$ و $\Delta X_{AB} = ۵۱/۴۹$

$\Delta Y_{DA} = +۴۶/۳۳$ $\Delta Y_{CD} = -۹۴/۴۵$ $\Delta Y_{BC} = -۳۴/۶۶$ $\Delta Y_{AB} = ۸۲/۷۲$

مطلوب است :

الف) محاسبهٔ خطای بست موضعی پیمایش

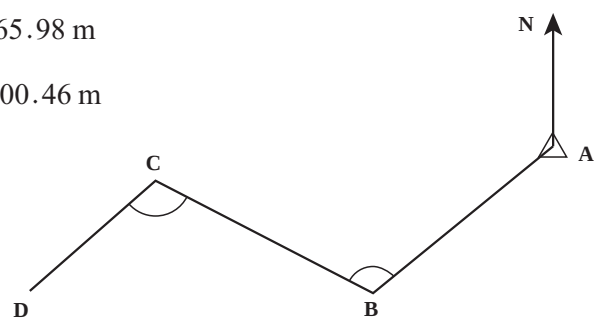
ب) دقت پیمایش (خطای نسبی) را محاسبه کنید، آیا مجاز به سرشکنی خطای بست موضعی پیمایش می‌باشیم؟

۵ــ در پیمایش باز داده شدهٔ زیر اگر مختصات نقطه A برابر (1000 , 1500)A متر باشد با توجه به طول‌ها و زوایای برداشت شده مختصات نقاط B، C، D را در جدول پیمایش تنظیم و محاسبه نمایید.

$G_{AB} = 200^{\circ}$ $L_{AB} = 150.25\ m$

$\hat{B} = 120^{\circ}10'40''$ $L_{BC} = 165.98\ m$

$\hat{C} = 145^{\circ}40'25''$ $L_{CD} = 100.46\ m$



۶ــ در پیمایش بسته ABCDEA زوایای داخلی هر رأس را محاسبه و پس از کنترل زوایا، خطای بست موضعی پیمایش و دقت پیمایش را محاسبه کنید.

امتداد	فاصله	ژیزمان
AB	۵۲۰	۹۲°
BC	۶۳۴	۱۷۴°
CD	۵۸۰	۲۲۰°
DE	۱۲۳۲	۲۷۹°
EA	۱۳۴۸	۴۸°

۷ــ جدول داده شده، مختصات رئوس پیمایش یک پنج ضلعی بسته می‌باشد. این پلیگون بسته را با مقیاس $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ ترسیم نمایید.

نقاط P	X	Y
A	1000	1000
B	1050.50	1040.30
C	1110.60	995.80
D	1070.20	950.40
E	1000	955.70

۸ــ جدول داده شده مختصات رئوس یک پیمایش چهارضلعی بسته را نشان می‌دهد درصورتی‌که مبدأ مختصات (۹۳۰ و ۹۸۰) متر باشد پیمایش را با مقیاس $\frac{۱}{۲۰۰۰}$ ترسیم نمایید.

نقاط	X(m)	Y(m)
A	۱۰۰۰	۱۰۰۰
B	۱۰۸۰/۳۰	۱۱۲۰/۷۲
C	۱۲۵۰	۱۰۶۰/۳۰
D	۱۱۳۰/۶۰	۹۶۰/۴۵

۹ــ زاویه‌های داخلی یک پیمایش هفت ضلعی بسته را با دوربینی با دقت زاویه‌ای ۱۵ثانیه اندازه‌گیری نموده‌ایم و جمع زاویه‌های اندازه‌گیری شده ″۴۲′ ۰° ۹۰۰ به‌دست آمده است. اگر هر زاویه را ۳ مرتبه اندازه‌گیری نموده باشیم مطلوب‌است :

الف) آیا خطای زاویه‌ای پیمایش در حد مجاز می‌باشد؟

ب) مقدار تصحیح برای هر زاویه را محاسبه کنید.

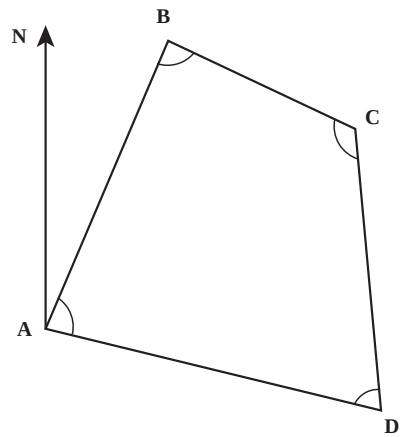
۱۰ــ مشاهدات یک پیمایش بسته با کروکی زیر به‌صورت جدول زیر می‌باشد، مطلوب‌است :

الف) محاسبه خطای بست موضعی و خطای نسبی پیمایش

ب) محاسبه مختصات تصحیح شدهٔ نقاط

ج) رسم پلیگون با مقیاس $\frac{۱}{۱۰۰۰}$

نقاط	طول (m)	زاویه‌های تعدیل شده (داخلی)	ژیزمان(درجه)	ΔX	ΔY	C_x	C_Y	x	Y
A	۴۰/۵۹	۸۶° ۵۸′	۳۰°					۱۰۰m	۱۰۰m
B	۳۱/۹۵	۸۵° ۸′							
C	۴۰	۱۲۳° ۱۲′							
D	۵۰/۹	۶۴° ۴۲′							
A									



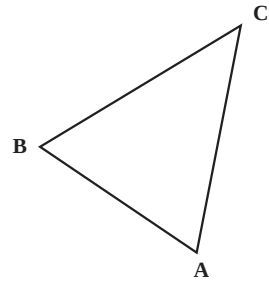
۱۱ــ زوایای یک سه ضلعی به‌وسیلهٔ زاویه‌یاب به روش کوپل طبق جدول زیر برداشت شده است مطلوب‌است :

الف) محاسبهٔ مقدار زوایای سه ضلعی

ب) اگر دقت زاویه‌ای $da = 1'$ دقیقه گرادی باشد خطای بست زاویه‌ای را محاسبه کنید.

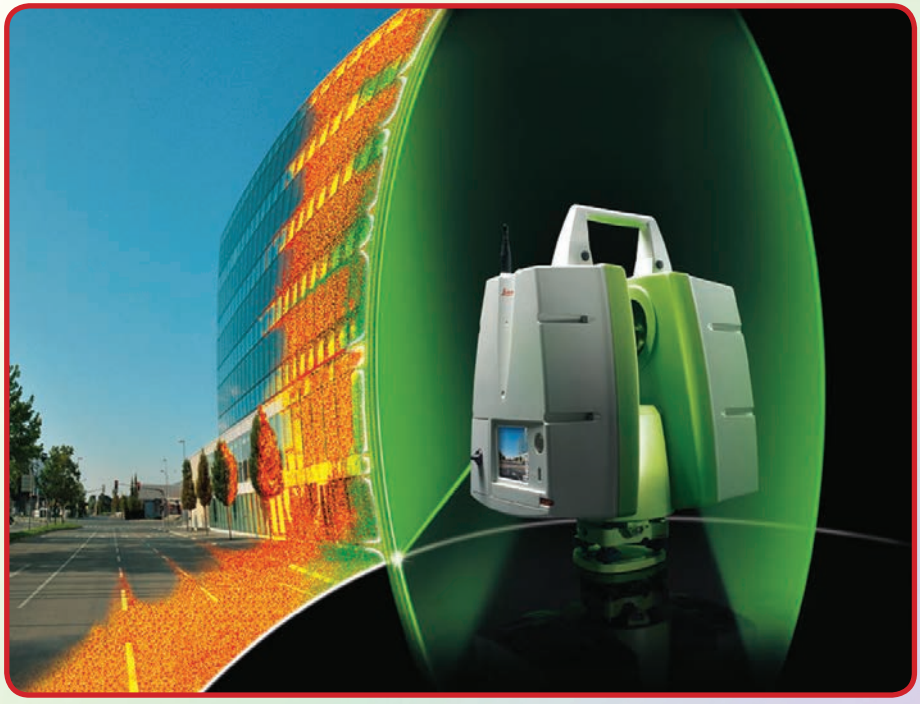
ج) در صورت قابل قبول بودن خطای زاویه‌ای آن‌را سرشکن و زوایای تصحیح شده رامحاسبه نمایید.

ایستگاه S	نقاط P	دایره به چپ L	دایره به راست R	میانگین	مقدار زاویه α	مقدار تصحیح	زاویه تصحیح شده
A	B	20	220.002				
	C	90.405	290.409				
B	C	120	319.996				
	A	210.584	10.582				
C	A	220	20.004				
	B	259.014	59.020				



فصل ششم

برداشت جزئیات



هدف‌های رفتاری

پس از آموزش و مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ راهکار کلی مربوط به مراحل محاسبهٔ فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاط به روش تاکئومتری را بیان نماید.

۲ــ محاسبات مربوط به فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاط به روش تاکئومتری را به‌درستی انجام دهد.

۳ــ بحث و بررسی مربوط به محاسبهٔ فاصلهٔ افقی و اختلاف ارتفاع نقاط به روش تاکئومتری را شرح دهد.

۴ــ راهکار کلی مربوط به ترسیم نقشه با استفاده از اطلاعات جدول تاکئومتری را بیان نماید.

۵ــ محاسبات مربوط به ترسیم نقشه با استفاده از اطلاعات جدول تاکئومتری را به‌درستی انجام دهد.

۶ــ بحث و بررسی مربوط به ترسیم نقشه با استفاده از اطلاعات جدول تاکئومتری را شرح دهد.

مطالب پیش نیاز

قبل از مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :

۱ــ آشنایی با فصل ششم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

۲ــ آشنایی با فصل چهاردهم کتاب «کارگاه محاسبه و ترسیم ۱»

مروری بر فصل ششم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

● هنگامی که تهیه نقشه از منطقه‌ای با وسعت نسبتاً کم موردنظر باشد یا امکان عکسبرداری هوایی وجود نداشته باشد، روش‌های نقشه‌برداری زمینی کاربرد پیدا می‌کند.

● در مناطق وسیع، برداشت جزئیات به روش زمینی به صرفه نبوده و زمان و هزینه زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. در این شرایط، معمولاً از روش عکس‌برداری هوایی و به کمک دستگاه‌های فتوگرامتری جزئیات برداشت می‌شود.

● از نظر کلی روش‌های زمینی برداشت عبارتند از : ۱ــ اندازه‌گیری فقط طول ۲ــ اندازه‌گیری فقط زاویه ۳ــ اندازه‌گیری طول و زاویه.

● متداول‌ترین روش برداشت، روش طول و زاویه است.

● در نقشه‌برداری عوارض به دو دستهٔ کلی تقسیم‌بندی می‌شوند :

۱ــ عوارض مسطحاتی (پلانیمتری)

۲ــ عوارض ارتفاعی (آلتیمتری)

● عوارض مسطحاتی و ارتفاعی زمین را می‌توان به عوارض نقطه‌ای، عوارض خطی و عوارض سطحی تقسیم بندی کرد.

● عوارض مسطحاتی و ارتفاعی زمین را می‌توان به عوارض طبیعی و یا به عوارض مصنوعی نیز تقسیم بندی کرد.

● هرچه مقیاس نقشه بزرگتر باشد، به برداشت دقیق‌تر با جزئیات بالاتری نیاز است.

● طبق استاندارد در برداشت عوارض مسطحاتی نیازی به برداشت جزئیات کمتر از ۰/۵ میلی‌متر در مقیاس نقشه نمی باشد.

● خطای برداشت نقاط بطور متوسط باید در حد ۰/۲ میلی‌متر در مقیاس نقشه باشد و این خطا نباید از ۰/۵ میلی‌متر در مقیاس نقشه بیشتر شود.

● مراحل کلی برداشت عوارض عبارتند از :

۱ــ شناسایی منطقه ۲ــ طراحی نقاط ایستگاهی ۳ــ ساختمان نقاط بنچ مارک BM ۴ــ تعیین موقعیت ایستگاه‌ها ۵ــ تهیهٔ کروکی و گویاسازی ۶ــ برداشت جزئیات عوارض ۷ــ ترسیم اولیه و شناسایی مشکلات برداشت ۸ــ کنترل و تکمیل زمینی

● روش‌های برداشت عوارض عبارتند از :

روش‌های ساده برداشت (مساحی)، تاکئومتری (اندازه‌گیری سریع بوسیله زاویه‌یاب‌ها)،

برداشت اتوماتیک به‌وسیله سیستم‌های پیشرفته‌تر از قبیل توتال‌استیشن، GPS و لیزر اسکنر زمینی و روش‌های ترکیبی

● روشی که در آن به‌طور همزمان، موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی نقاط برداشت می‌شود، تاکئومتری نامیده می‌شود.

● مراحل برداشت جزئیات به روش تاکئومتری عبارتند از :

الف) استقرار دستگاه بر روی نقطهٔ ایستگاهی و ثبت در فرم برداشت.

ب) صفر صفر دستگاه به نقطه قرائت عقب و ثبت در فرم برداشت.

ج) استقرار شاخص بر روی نقاط عوارض با توجه به کروکی و انجام اندازه‌گیری‌های لازم برای برداشت نقاط.

● در روش تاکئومتری فاصلهٔ افقی و اختلاف ارتفاع از روابط زیر محاسبه می‌شوند :

$$D_h = 100.S.(Cos\alpha)^2$$

$$\Delta h = 100.S.Sin\alpha.Cos\alpha + h_i - T \quad (\Delta h = D_h.tan\alpha + h_i - T)$$

● توتال‌استیشن از یک تئودولیت الکترونیکی و یک دستگاه اندازه‌گیری فاصله (EDM) به صورت یکپارچه ساخته شده به‌طوری که قسمت اپتیکی (تلسکوپ) و فاصله‌یاب آن هم‌محور می‌باشند.

● مهمترین مزیت توتال‌استیشن نسبت به زاویه‌یاب‌ها این است که این دستگاه قادر به اندازه‌گیری فاصله و همچنین محاسبه و ذخیرهٔ اتوماتیک مختصات نقاط برداشتی می‌باشد و با اتصال به کامپیوتر به راحتی می‌توان اطلاعات ذخیره شده را به کامپیوتر منتقل کرد.

● مراحل برداشت با توتال‌استیشن عبارت است از :

۱ــ استقرار دستگاه

۲ــ توجیه دستگاه (الف ــ توجیه قطبی ب ــ توجیه مختصاتی)

۳ــ برداشت جزئیات

● یکی از متداول‌ترین کاربردهای GPS تعیین موقعیت ایستگاه‌های نقشه برداری است که به آن حالت استاتیک گویند.

● در کاربردهای ناوبری، اندازه‌گیری به‌صورت پویا یا کینماتیک انجام می‌شود. در این

حالت آنتن GPS روی متحرک نصب شده و در حین حرکت و به‌صورت آنی تعیین موقعیت لحظه‌ای می‌نماید.

- در اندازه‌گیری مختصات ایستگاهی یا برداشت جزئیات با GPS برای دستیابی به دقت‌های موردنیاز در نقشه‌برداری، مشاهدات GPS باید به‌طور همزمان با مشاهدات یک ایستگاه ثابت معلوم دیگر در منطقه در شعاع چند کیلومتری به انجام برسد.
- در نقشه‌برداری نیاز به دو گیرنده GPS داریم، یکی به عنوان گیرنده ثابت روی نقطهٔ معلوم (Master) و دیگری به عنوان گیرنده متحرک مورد استفاده در عملیات نقشه برداری روی توتال استیشن یا شاخص (Remote).
- کاربرد لیزر اسکنرهای زمینی در برداشت اشیاء و بناهای میراث فرهنگی، برداشت سازه‌های بزرگ مانند تونل و سد، برداشت سایت‌های با عوارض متراکم و پیچیده مانند سایت‌های پالایشگاه نفت و گاز و انجام عملیات توپوگرافی بخصوص در مناطق صعب‌العبور کوهستانی می‌باشد.
- بزرگترین مشکل کار با لیزر اسکنرها، وجود موانع و نواحی پنهان می‌باشد که نیاز به ایستگاه‌های متعدد را اجتناب ناپذیر ساخته و حجم مشاهدات به شدت افزایش می‌یابد.

مثال ۶ــ۱ : برداشت به روش تاکئومتری

در جدول زیر داده‌های برداشت قسمتی از زمین به روش تاکئومتری آورده شده است. محاسبات لازم برای تعیین فاصلهٔ افقی و اختلاف ارتفاع نقاط را انجام داده و جدول را کامل کنید.

برگ قرائت تاکئومتری

نام ایستگاه : (۱۰۰ ، ۱۰۰۰ ، ۱۰۰۰)S_1 **نوع و شماره تئودولیت :** ۱۶ــT ویلد

ارتفاع دستگاه : ۱۶۰ cm **تاریخ :** **عامل :** **نویسنده :**

کروکی	ارتفاع	اختلاف ارتفاع	فاصله افقی	زاویه قائم	زاویه افقی	تارهای استادیمتری			نقاط
						تار پایین	تار وسط	تار بالا	
زاویه قائم در حالت زنیتی قرائت شده است.				۹۸/۹۶	۳۹/۴۷	۸۱۵	۱۱۲۰	۱۴۲۵	۱
				۹۸/۲۵	۶۹/۱۱	۲۴۲۴	۲۵۱۸	۲۶۱۲	۲
				۹۹/۳۶	۰/۷۷	۳۰۹۵	۳۲۵۶	۳۴۱۸	۳
				۱۰۰/۰۶	۳۲۰/۸۴	۱۸۲۷	۱۸۲۸	۱۸۲۹	۴
				۱۰۰/۱۰	۳۰۶/۰۹	۰۹۵۶	۱۲۲۱	۱۴۸۶	۵
				۹۹/۹۶	۳۰۶/۴۳	۱۰۶۴	۱۴۲۸	۱۷۹۲	۶
				۹۹/۷۶	۳۰۵/۲۲	۰۲۸۶	۱۵۶۸	۲۸۵۰	۷
				۱۰۰/۱۹	۲۹۷/۴۸	۱۱۷۴	۱۴۱۴	۱۶۵۴	۸
				۹۹/۹۲	۳۰۵/۸۳	۲۴۸۰	۲۶۸۰	۲۸۸۰	۹
				۱۰۰/۱۱	۲۹۴/۵۵	۱۷۳۴	۲۱۳۷	۲۵۴۰	۱۰

راهکار کلی :

برای محاسبهٔ فاصلهٔ افقی و اختلاف ارتفاع از دو رابطه زیر استفاده می‌شود :

اختلاف تارهای بالا و پایین :S

زاویهٔ شیب : α

ارتفاع دستگاه : h_i

عدد تار وسط : T

$$D_h = 100.S.\cos^2\alpha$$

$$\Delta h = 100.S.\sin\alpha.\cos\alpha + h_i - T$$

البته همانطور که در توضیحات جدول صفحه قبل مشاهده می‌کنید، هنگام قرائت زاویهٔ قائم، دوربین در حالت زاویه زنیتی (سمت‌الرأسی) می‌باشد. امّا در روابط بالا α زاویهٔ شیب است. برای حل دو راهکار وجود دارد :

۱ــ زاویهٔ شیب همهٔ نقاط جدول فوق را از رابطه $\alpha = ۹۰^\circ - Z$ به‌دست آورده و در روابط فوق جایگذاری کنید.

۲ــ همانطور که می‌دانید زاویهٔ شیب و زنیتی متمم هستند ($Z + \alpha = ۹۰^\circ$). بنابراین داریم :

$$\cos\alpha = \sin Z$$

به عبارتی در حالتی که در جدول تاکئومتری به جای زاویه شیب (α) زاویه زنیتی (z) قرائت شده باشد، می‌توان با یک تغییر جزئی در روابط فوق به راحتی فاصلهٔ افقی و اختلاف ارتفاع را محاسبه کرد. یعنی در این حالت داریم :

$$D_h = 100.S.(\sin Z)^2$$

$$\Delta h = 100.S.\sin Z.\cos Z + h_i - T$$

نکته : همانطور که می‌دانید اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به ارتفاع نقطهٔ ایستگاه محاسبه شده است. بنابراین برای محاسبهٔ ارتفاع نقاط برداشتی و تکمیل ستون مربوط به آن، کافی است که اختلاف ارتفاع محاسبه شده برای این نقاط را با ارتفاع نقطهٔ ایستگاه جمع کنید.

به عبارتی داریم :

$$H_i = H_S + \Delta h_i$$

روش حل :

$$D_1 = 100 \times (1425 - 815) \times (\sin 98.96)^2 = 60983mm = 60.983m$$

$$D_2 = 100 \times (2612 - 2424) \times (\sin 98.25)^2 = 18786mm = 18.786m$$

.
.
.

$$D_{10} = 100 \times (2450 - 1734) \times (\sin 100.11)^2 = 80600mm = 80.600m$$

$$\Delta h_1 = 100 . (1425 - 815) . (\sin 98.96).(\cos 98.96) + 1600 - 1120 = 1.476m$$

$$\Delta h_2 = 100 . (2612 - 2424) . (\sin 98.25).(\cos 98.25) + 1600 - 2518 = -0.401m$$

...

$\Delta h_{10} = 100.(2540 - 1734).(\sin 100.11).(\cos 100.11) + 1600 - 2137 = -0.676m$

$H_1 = HS_1 + \Delta h_1 = 100 + 1.476 = 101.476m$

$H_2 = HS_1 + \Delta h_2 = 100 + (-0.401) = 99.599m$

...

$H_{10} = HS_1 + \Delta h_{10} = 100 + (-0.676) = 99.324m$

کروکی	ارتفاع	اختلاف ارتفاع	فاصلهٔ افقی	زاویهٔ قائم	زاویهٔ افقی	تارهای استادیمتری			نقاط
						تار پایین	تار وسط	تار بالا	
زاویهٔ قائم در حالت زنیتی قرائت شده است.	۱۰۱/۴۸	۱/۴۸	۶۰/۹۸	۹۸/۹۶	۳۹/۴۷	۸۱۵	۱۱۲۰	۱۴۲۵	۱
	۹۹/۶۰	-۰/۴۰	۱۸/۷۹	۹۸/۲۵	۶۹/۱۱	۲۴۲۴	۲۵۱۸	۲۶۱۲	۲
	۹۸/۶۷	-۱/۳۳	۳۲/۳۰	۹۹/۳۶	۰/۷۷	۳۰۹۵	۳۲۵۶	۳۴۱۸	۳
	۹۹/۷۷	-۰/۲۳	۰/۲۰	۱۰۰/۰۶	۳۲۰/۸۴	۱۸۲۷	۱۸۲۸	۱۸۲۹	۴
	۱۰۰/۳۰	۰/۳۰	۵۳/۰۰	۱۰۰/۱۰	۳۰۶/۰۹	۰۹۵۶	۱۲۲۱	۱۴۸۶	۵
	۱۰۰/۲۲	۰/۲۲	۷۲/۸۰	۹۹/۹۶	۳۰۶/۴۳	۱۰۶۴	۱۴۲۸	۱۷۹۲	۶
	۱۰۱/۰۰	۱/۰۰	۲۵۶/۴۰	۹۹/۷۶	۳۰۵/۲۲	۰۲۸۶	۱۵۶۸	۲۸۵۰	۷
	۱۰۰/۰۴	۰/۰۴	۴۸/۰۰	۱۰۰/۱۹	۲۹۷/۴۸	۱۱۷۴	۱۴۱۴	۱۶۵۴	۸
	۹۸/۹۷	-۱/۰۳	۴۰/۰۰	۹۹/۹۲	۳۰۵/۸۳	۲۴۸۰	۲۶۸۰	۲۸۸۰	۹
	۹۹/۳۲	-۰/۶۸	۸۰/۶۰	۱۰۰/۱۱	۲۹۴/۵۵	۱۷۳۴	۲۱۳۷	۲۵۴۰	۱۰

بحث و بررسی :

هنگام محاسبات جدول تاکئومتری به نکات زیر توجه کنید :

۱ــ واحد ماشین حساب خود را قبل از شروع محاسبات در واحدی که زوایا مشاهده شده قرار دهید.

۲ــ توجه کنید که اعداد روی شاخص بر حسب میلی‌متر است. پس چنانچه آنها را در روابط فوق قرار دهید، فاصله و اختلاف ارتفاع هم بر حسب میلی‌متر محاسبه می‌شوند که باید آنها را به متر تبدیل کنید.

نکته : البته اگر اعداد قرائت شدهٔ روی شاخص را به متر تبدیل کرده و در فرمول تاکئومتری قرار دهید، محاسبات مستقیماً بر حسب متر به‌دست می‌آید.

تمرین‌های کلاسی مثال ۶ــ۱

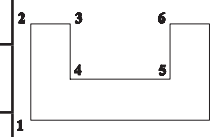
۱ــ در جدول زیر داده‌های برداشت قسمتی از زمین به روش تاکئومتری آورده شده است. محاسبات لازم برای محاسبه فاصلهٔ افقی و اختلاف‌ارتفاع نقاط را انجام داده و جدول را کامل کنید.

برگ قرائت تاکئومتری

نام ایستگاه : (O_1)(۱۰۰۰ ، ۱۰۰۰ ، ۱۷۲۰)　　نوع و شمارهٔ تئودلیت :T_۱۶ ویلد

ارتفاع دستگاه : ۱۵۲ cm　　تاریخ :　　عامل :　　نویسنده :

کروکی	H	Δh	Dh	زاویهٔ قائم	زاویهٔ افقی	تارهای استادیمتری			نقاط
						تار پایین	تار وسط	تار بالا	
زاویه قائم درحالت شیب قرائت شده است. مختصات نقطهٔ توجیه : (O_2)(۱۰۴۷/۰۰و۱۰۴۵/۵۰				۰°۲۷′	۵۲°۱۰′	۱۷۲۰	۱۵۲۰	۱۳۱۸	۱
				۰°۲۰′	۱۷°۱۰′	۱۷۶۳	۱۵۲۰	۱۲۷۵	۲
				۰°۱۸′	۲۲°۵۵′	۱۸۰۵	۱۵۲۰	۱۲۳۲	۳
				۰°۲۱′	۴۳°۰۵′	۱۷۷۳	۱۵۲۰	۱۲۶۷	۴
				۰°۱۴′	۴۵°۳۹′	۱۸۷۲	۱۵۲۰	۱۱۶۸	۵
				۰°۱۳′	۳۰°۲۲′	۱۸۹۶	۱۵۲۰	۱۱۴۴	۶
				۰°۱۲′	۳۲°۵۳′	۱۹۴۴	۱۵۲۰	۱۰۹۷	۷
				۰°۱۱′	۵۲°۱۰′	۱۹۲۰	۱۵۲۰	۱۱۲۰	۸



۲ــ از ایستگاه S_1 به ارتفاع ۱۰۵/۵۷۶ متر جدول تاکئومتری زیر برداشت شده است. درصورتی‌که ارتفاع دستگاه تئودلیت ۱/۶۵ متر باشد مطلوب است تکمیل جدول.

ارتفاع	اختلاف ارتفاع	فاصلهٔ افقی	زاویهٔ قائم	زاویهٔ افقی	تارهای استادیمتری			نقاط
					تار پایین	تار وسط	تار بالا	
			۹۶/۱۲	۶۴/۹۸۱	۱۶۰۰		۱۲۰۰	A
			۱۰۲/۳۰	۱۰۲/۷۲	۱۸۵۰		۰۹۵۰	B

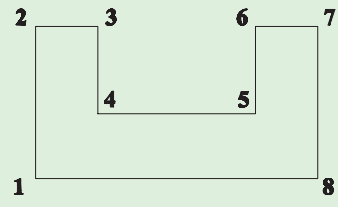
۳ــ در یک عملیات تاکئومتری داده‌های برداشتی تعدادی از نقاط به‌صورت جدول زیر داده شده است. محاسبات لازم را جهت به‌دست آوردن فاصلهٔ افقی و اختلاف ارتفاع انجام دهید. (ارتفاع دستگاه ۱/۵۶ متر می‌باشد و نوشتن فرمول‌های مورد نیاز الزامی است.)

اختلاف ارتفاع	فاصله افقی	زاویهٔ شیب (درجه)	زاویهٔ افقی (درجه)	تار پایین (mm)	تار وسط (mm)	تار بالا (mm)	نقاط
		۱°۳۴′	۲۵°۱۴′	۱۹۰۸	۲۰۱۲	۲۱۱۶	۱
		-۲°۴۳′	۶۳°۴۷′	۱۷۷۲	۱۸۴۵	۱۹۱۸	۲
		۲۰°۲۴′	۸۲°۲۲′	۱۰۸۹	۱۲۹۱	۱۴۹۳	۳

مثال ۶ــ۲ : ترسیم نقشه با استفاده از اطلاعات جدول تاکئومتری

فاصله و زاویهٔ افقی گوشه که به روش تاکئومتری برداشت شده‌اند در جدول زیر آمده است. نقشهٔ مسطحاتی آن‌را در مقیاس ۱:۵۰۰ ترسیم نمایید.

نقاط	زاویهٔ افقی	فاصلهٔ افقی	کروکی و توضیحات
۱	۵۲°۱۰′	۴۰/۱۹۸	ایستگاه استقرار : O_1(۱۰۰۰و۱۰۰۰)
۲	۱۷°۱۰′	۴۸/۷۹۸	
۳	۲۲°۵۵′	۵۷/۲۹۸	ایستگاه توجیه : O_2(۱۰۴۷/۰۰و۱۰۴۵/۵۰)
۴	۴۳°۰۵′	۵۰/۵۹۸	
۵	۴۵°۳۹′	۷۰/۳۹۹	
۶	۳۰°۲۲′	۷۵/۱۹۹	
۷	۳۲°۵۳′	۸۴/۶۹۹	
۸	۵۲°۱۰′	۷۹/۹۹۹	



راهکار کلی :

همانطور که می‌دانید، پس از برداشت نقاط و انجام محاسبات لازم، نوبت به ترسیم نقشه می‌رسد. برای ترسیم نقشه باید ابتدا نقاط پیمایش را بر روی کاغذ نقشه (شیت) ترسیم کرده و سپس با استفاده از آنها و جدول نتایج حاصل از تاکئومتری، موقعیت سایر نقاط برداشتی را با توجه به مقیاس نقشه، نسبت به نقاط (ایستگاه و صفرصفر) روی کاغذ نقشه پیدا کرده و مطابق کروکی به هم وصل کنید تا نقشه ترسیم گردد.

- **وسایل مورد نیاز** : نقالهٔ طلقی ۳۶۰ درجه‌ای و خط‌کش یا اشل، مداد اتود و پاک‌کن.
- برای ترسیم مراحل زیر را انجام دهید :

۱ــ ابتدا برگهٔ نیمه شفافی را که نقاط پیمایش قبلاً روی آن ترسیم شده است، به‌وسیلهٔ چسب کاغذی روی میزِ ترسیم می‌چسبانیم. سپس نقالهٔ طلقی را با توجه به اطلاعات بالای جدول تاکئومتری (شامل نام ایستگاه و نام نقطهٔ صفرصفر) در زیر کاغذ نقشه طوری قرار می‌دهیم که مرکز نقاله روی نقطهٔ استقرار دوربین و صفر نقاله، روی نقطه‌ای که دوربین به آن صفرصفر شده، قرار گیرد.

۲ــ با توجه به اطلاعات جدول تاکئومتری در ستون‌های فاصلهٔ افقی و زاویهٔ افقی، ابتدا صفر خط‌کش یا اشل را روی مرکز نقاله یعنی ایستگاه استقرار قرار دهید، به‌طوری که امتداد خط‌کش روی زاویهٔ افقی قرائت شده برای نقطهٔ اول قرار گیرد، در این‌حالت فاصلهٔ افقی را که به مقیاس نقشه تبدیل نموده‌اید، در امتداد خط‌کش علامت بزنید. با این کار موقعیت نقطهٔ اول برداشتی روی کاغذ مشخص می‌شود، برای سایر نقاط این عمل را تکرار کنید تا محل آنها نیز روی کاغذ مشخص شود.

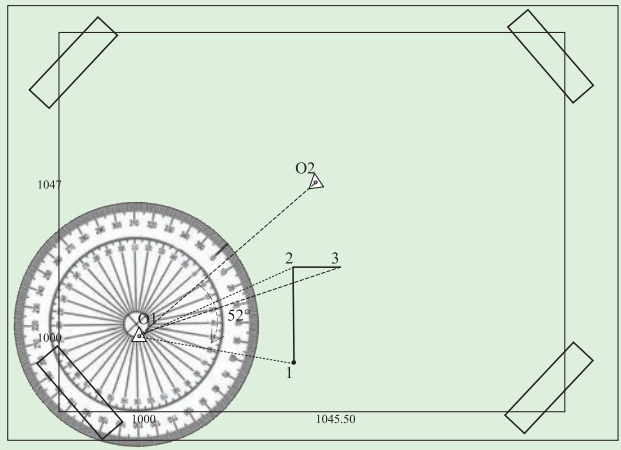
حال با کمک کروکی، نقاط را به یکدیگر وصل کنید تا نقشه ترسیم شود.

به طور مثال برای نقطهٔ شمارهٔ ۱ داریم :

$Dh = 40.198\ m$ فاصلهٔ افقی روی زمین

$$40.198m \times 1000 = 40198mm \rightarrow d = \frac{40198}{500} = 80.396mm$$

$d = 8\ cm$ فاصلهٔ روی نقشه $\alpha = 52^\circ 10'$



بحث و بررسی :

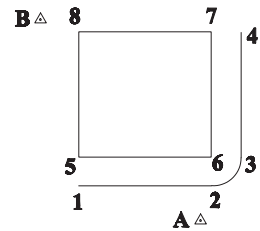
دقت نقاله‌های ترسیم معمولاً نیم درجه (′۳۰) است، بنابراین هنگام ترسیم دستی، زوایا را به درجه گرد می‌کنند. مثلاً در اینجا زاویهٔ ′۱۰°۵۲ را هنگام ترسیم °۵۲ درنظر می‌گیرند.

● **نکته** : خط‌چین‌ها برای راهنمایی ترسیم شده و نیازی به رسم آنها نمی‌باشد.

● **نکته** : از آنجا که در هر ایستگاه، تعداد زیادی نقطه برداشت می‌شود، بهتر است پس از پیاده کردن تعداد محدودی نقطه، بلافاصله خطوط مربوط به آنها را از روی کروکی ترسیم نمایید. زیرا اگر همهٔ نقاط را ابتدا پیاده نموده و سپس ترسیم کنید، امکان اشتباه و تداخل نقاط در یکدیگر بسیار زیاد خواهد بود و موجب اتلاف وقت می‌گردد.

تمرین‌های کلاسی مثال ۶ ــ ۲

۱ــ فاصله افقی و زاویه افقی تعدادی نقطه که به روش تاکئومتری برداشت شده، در جدول زیر آمده است. با توجه به کروکی زیر نقشه مسطحاتی آن‌را در مقیاس ۱۰۰۰ : ۱ ترسیم نمایید.

نقاط	زاویهٔ افقی	فاصلهٔ افقی	کروکی و توضیحات
۱	۱۵°	۳۸/۰۰	ایستگاه استقرار : A_1(۱۰۰۰و۱۰۰۰) ایستگاه توجیه : B_2(۹۵۰و۱۰۸۰) 
۲	۵۶°	۳۸/۰۰	
۳	۶۱°	۴۶/۵	
۴	۵۰°	۷۷/۵	
۵	۱۴°	۴۴	
۶	۵۴°	۴۳/۵	
۷	۴۷°	۷۵/۵	
۸	۲۲°	۷۸	

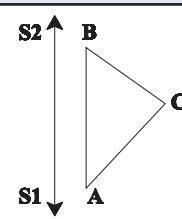
۲ــ در شکل زیر تئودلیت بر روی S_1 به ارتفاع ۱۰۰ متر مستقر شده و به ایستگاه S_2 صفرصفر شده است. با توجه به جدول تاکئومتری زیر :

الف) جدول را کامل کنید.

ب) شکل مورد نظر را با مقیاس ۱/۱۰۰۰ ترسیم نمایید

برگ قرائت تاکئومتری

ایستگاه S_1 ← صفرصفر به S_2 HS_1=۱۰۰ h_i=۱۶۰ cm L_{S1S2}=۵۰ متر

نقاط	تارهای استادیمتری			زاویه افقی	زاویه قائم	D	Δh	H	کروکی
	تار بالا	تار وسط	تار پایین						
A	۲۱۰۰	۲۰۲۵	۱۹۵۰	۸۰°	۲°۱۰′۲۰″				
B	۱۸۵۰	۱۶۰۰	۱۳۵۰	۷۵°	ــ۴°۳′۵۷″				
C	۳۱۲۰	۲۹۴۰	۲۷۶۰	۳۸°	۱۰°۱۴′۳۲″				

۳ــ در یک عملیات برداشت به روش تاکئومتری جهت محاسبهٔ حجم عملیات خاکی از ایستگاه A به B به فاصلهٔ افقی ۱۰۰ متر صفرصفر شده و اطلاعات نقاط شبکه در جدول ذیل تنظیم شده‌اند. مطلوب است :

الف) ترسیم نقاط با مقیاس ۱/۱۰۰۰ و درج ارتفاع آنها.

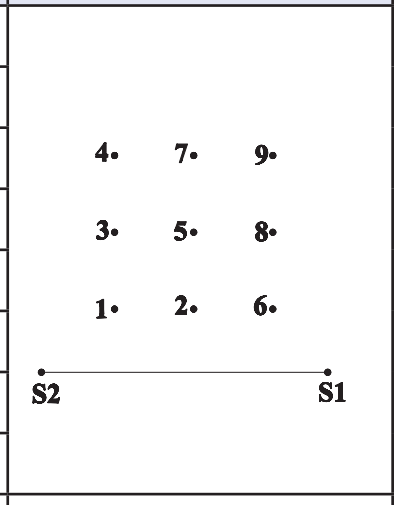
ب) محاسبهٔ حجم عملیات خاکی با توجه به این که سطح پروژه ۱۰۰ متر باشد.

نقاط	زاویهٔ افقی	فاصلهٔ افقی	ارتفاع (متر)	کروکی
۱	۴۵°	۵۶/۵۷	۱۰۲/۳	
۲	۵۶°۱۸′	۷۲/۱۱	۱۰۳	
۳	۶۳°۲۶′	۸۹/۴۴	۱۰۵/۱	
۴	۵۳°۸′	۱۰۰	۱۰۴	
۵	۴۵°	۸۴/۸۵	۱۰۲/۶	
۶	۳۳°۴۱′	۷۲/۱۱	۱۰۰/۷۵	
۷	۳۶°۵۲′	۱۰۰	۱۰۰/۴	
۸	۴۵°	۱۱۳/۱۴	۱۰۳/۵	

۴ــ در یک عملیات برداشت به‌روش تاکئومتری جهت تهیه نقشه توپوگرافی از ایستگاه S_1 به ایستگاه S_2 به فاصله افقی ۶۵ متر صفرصفر شده و اطلاعات آن مطابق جدول ذیل تنظیم گردیده است مطلوب است :

الف) ترسیم نقاط با مقیاس ۱/۵۰۰ با درج ارتفاع آنها.

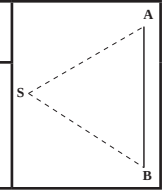
ب) ترسیم منحنی میزان به ارتفاع ۹۹ متر به روش واسطه‌یابی (فاصله بین نقاط از روی نقشه ترسیم شده است برداشت شود.)

نقاط	زاویهٔ افقی	فاصلهٔ افقی	ارتفاع	کروکی
۱	۱۵°۳۰′	۲۴	۹۷/۵۰	
۲	۲۵°	۱۳/۸۰	۹۶/۹۰	
۳	۳۶°۲۰′	۲۷	۹۸/۷۰	
۴	۴۹°۳۰′	۳۳/۶۰	۱۰۰/۶۰	
۵	۵۲°۱۰′	۱۹/۸۰	۹۹/۲۰	
۶	۶۴°۲۰′	۶/۲۰	۹۵/۶۰	
۷	۶۴°۲۰′	۲۸	۹۸/۹۰	
۸	۸۰°۳۰′	۱۵/۸۰	۹۶/۴۵	
۹	۸۴°	۲۵/۴۰	۹۹/۵۰	

۵ــ عملیات برداشت به روش تاکئومتری مطابق جدول زیر انجام شده است. اگر ارتفاع ایستگاه از سطح مبنا H_S =100 متر و ارتفاع دستگاه تئودولیت h_i = 1.72 متر باشد، مطلوب است :

الف) تکمیل جدول تاکئومتری داده شده

ب) محاسبهٔ فاصلهٔ A تا B

نقاط P	تارهای استادیمتری			زاویهٔ افقی HZ	زاویهٔ قائم V	فاصلهٔ افقی D_H	اختلاف ارتفاع Δh	ارتفاع H	کروکی
	بالا	وسط	پایین						
A	3640	3375	3110	۳۴۵°۱۰′۴۰″	۹۹°۵′۴۰″				
B	1150	0920	0690	۳۰°۴۰′۵۰″	۲۷۶°۲۰′۳۰″				

فصل
هفتم

پیاده کردن نقاط

هدف‌های رفتاری

پس از آموزش و مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :

۱ــ راهکار کلی محاسبات مربوط به پیاده کردن نقاط یک طرح را به روش طول و زاویه شرح دهد.

۲ــ محاسبات مربوط به پیاده کردن نقاط به روش طول و زاویه را به درستی انجام دهد.

۳ــ بحث و بررسی مربوط به محاسبات پیاده کردن نقاط طرح به روش قطبی را بیان کند.

۴ــ راهکار کلی محاسبات مربوط به پیاده کردن نقاط یک طرح را به روش تقاطع شرح دهد.

۵ــ محاسبات مربوط به پیاده کردن نقاط به روش تقاطع را به درستی انجام دهد.

۶ــ بحث و بررسی مربوط به محاسبات پیاده کردن نقاط طرح را به روش تقاطع بیان کند.

مطالب پیش نیاز

قبل از مطالعهٔ این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :

۱ــ آشنایی با فصل هفتم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

۲ــ آشنایی با فصل هشتم کتاب «مساحی»

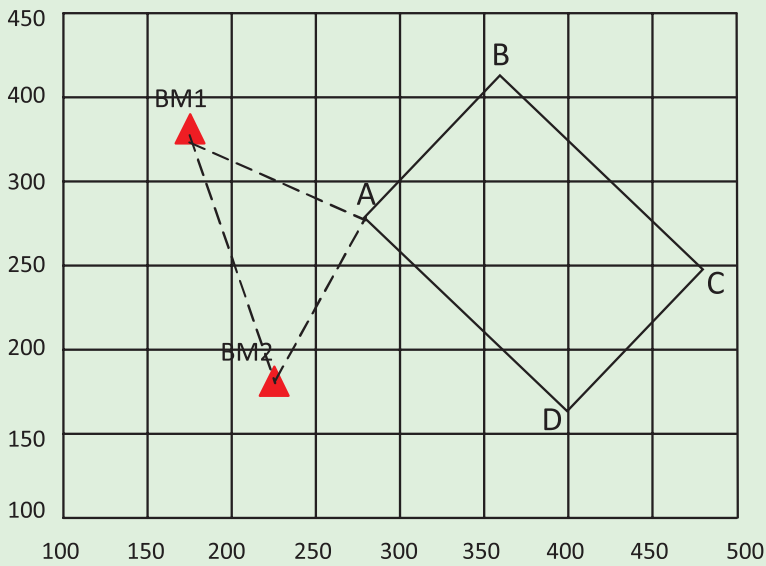
مروری بر فصل هفتم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

- به طور کلی می‌توان موضوع پیاده‌سازی یک طرح را از دو دیدگاه بررسی نمود :
  الف) پیاده کردن مسطحاتی و ارتفاعی طرح‌ها
  ب) روش‌های پیاده کردن طرح‌ها (مختصاتی، شبکه‌بندی، مشاهداتی)
- برای تعیین محل پروژه‌های عمرانی و طرح‌ها از نظر مسطحاتی با حداقل یک امتداد مبنا (دو نقطهٔ کنترل) در منطقه کار شروع می‌شود.
- به‌طور کلی روش‌های پیاده کردن طرح‌ها به سه صورت مختصاتی، شبکه‌بندی و مشاهداتی می‌باشد.
- نوعی از توتال‌استیشن‌ها به ترتیبی ساخته شده‌اند که کار با آن، تنها نیاز به یک نفر دارد. در این نوع علاوه بر دستگاه اصلی، از دستگاه دیگری به نام واحد تعیین موقعیت از راه دور (RPU) استفاده می‌شود.
- در برخی از توتال‌استیشن‌ها، که تحت عنوان Puls total station نامیده می‌شوند، علاوه بر اندازه‌گیری با استفاده از رفلکتور، می‌توان بدون رفلکتور نیز فاصله را اندازه‌گیری کرد. در این نوع توتال‌استیشن‌ها، از فن آوری Puls laser استفاده شده است.

مثال ۷ــ۱ : محاسبات طول و زاویه از روی مختصات نقاط

مطابق شکل زیر نقطهٔ A با مختصات معلوم، یکی از گوشه‌های یک بلوک ساختمانی در یک شهرک می‌باشد. ایستگاه‌های BM_1 و BM_2 نقاط کنترل با مختصات معلوم هستند. محاسبات لازم برای پیاده کردن نقطهٔ A به روش قطبی و دو قطبی (تقاطع) با استفاده از زاویه‌یاب و متر را انجام داده و طول‌ها و زوایای مورد نیاز برای پیاده کردن این نقطه از ایستگاه‌های موجود را محاسبه کنید.

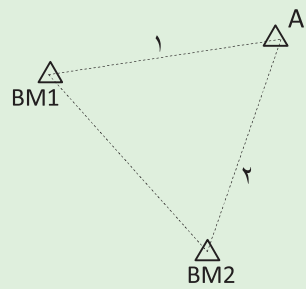
BM_2(۲۲۰ و ۱۷۵°) ــ BM_1(۱۶۰ و ۳۳۵°) ــ A(۲۷۰ و ۲۷۵°)



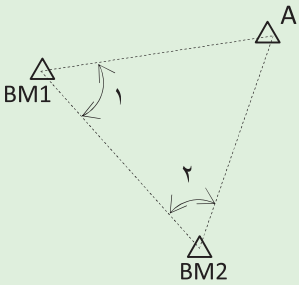
راهکار کلی :

در محاسبات پیمایش با داشتن یک امتداد معلوم و همچنین اندازه‌گیری طول و زوایای افقی بین نقاط می‌توان مختصات آنها را به‌دست آورد.

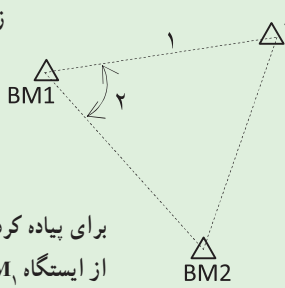
اما در پیاده کردن مختصات نقاط موضوع کاملاً برعکس است. یعنی مختصات نقاط طرح موردنظر، در یک سیستم مختصات تعریف شده، معلوم است و باید طول‌ها و زوایای بین نقاط کنترل و نقاط طرح را محاسبه کرد.



برای پیاده کردن نقطهٔ A به روش تقاطع دو طول، باید طول‌های ۱ و ۲ محاسبه شوند.



برای پیاده کردن نقطهٔ A به روش تقاطع دو زاویه، باید زوایای ۱ و ۲ محاسبه شوند.



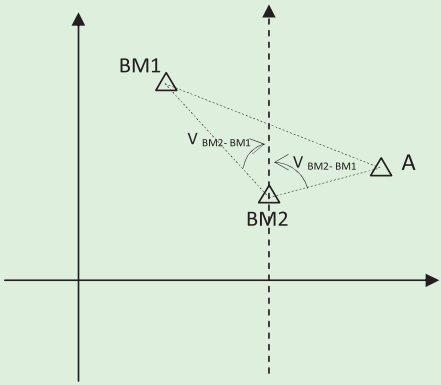
برای پیاده کردن نقطه A به روش قطبی (طول و زاویه) از ایستگاه BM_1 باید طول ۱ و زاویه ۲ محاسبه شوند.

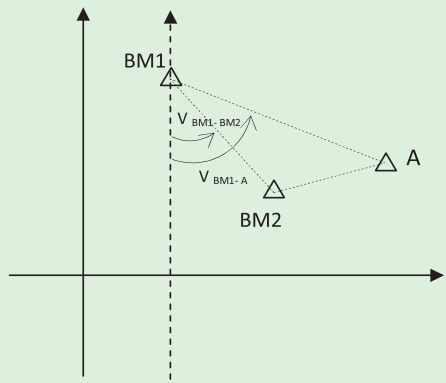
مطابق شکل بالا، زاویه رأس BM_1 و BM_2 از رابطهٔ زیر به سادگی قابل محاسبه‌اند :

$$\angle BM_1 = V_{BM_1,A} - V_{BM_1,BM_2}$$

$$\angle BM_2 = V_{BM_2,BM_1} - V_{BM_2,A}$$

V: زاویهٔ حامل امتداد





زوایا را می‌توان با استفاده از زاویه حامل امتدادها به‌دست آورد.

برای محاسبه طول‌ها هم می‌توان از رابطهٔ ساده زیر استفاده کرد :

$$L_{BM_1,A} = \sqrt{(X_{BM_1} - X_A)^2 + (Y_{BM_1} - Y_A)^2}$$

$$L_{BM_2,A} = \sqrt{(X_{BM_2} - X_A)^2 + (Y_{BM_2} - Y_A)^2}$$

روش حل :

برای محاسبه زاویه در واحد گراد، ماشین حساب خود را در حالت گراد قرار داده و مراحل زیر را انجام دهید :

$$V_{BM_1,A} = \tan^{-1}\left|\frac{(270-160)}{(272-335)}\right| = 68.2106\text{grad}$$

$$V_{BM_1,BM_2} = \tan^{-1}\left|\frac{(220-160)}{(175-335)}\right| = 22.8400\text{grad}$$

$$\angle BM_1 = V_{BM_1,A} - V_{BM_1,BM_2} = 68.2106 - 22.8400 = 45.3706 \text{ grad}$$

$V_{BM_2,BM_1} = V_{BM_1,BM_2} = 22.8400\text{grad}$ چرا؟

$$V_{BM_2,A} = \tan^{-1}\left|\frac{(270-220)}{(275-175)}\right| = 29.5167\text{grad}$$

$$\angle BM_2 = V_{BM_2,BM_1} - V_{BM_2,A} = 22.8400 + 29.5167 = 52.3567 \text{ grad}$$

$$L_{BM_1,A} = \sqrt{(160-270)^2 + (335-275)^2} = 135.300\text{m}$$

بحث و بررسی :

پس از محاسبهٔ زوایا و طول‌های مورد نیاز برای پیاده کردن نقاط طرح، جدولی مطابق شکل زیر ترسیم کرده و طول‌ها و زوایای موردنظر را به همراه نام ایستگاه استقرار و همچنین ایستگاه صفرصفر یادداشت نمایید.

جدول اطلاعات پیاده‌سازی نقاط طرح					
نقاط طرح	ایستگاه استقرار	نقطه صفرصفر	طول افقی(m)	زاویه افقی که به زاویه‌یاب بسته می‌شود	کروکی و ملاحظات
A	BM_1	BM_2	۱۳۵/۳۰۰	۴۰۰ ـ ۴۳/۳۷۰۶	
A	BM_2	BM_1	۱۱۱/۸۰۳	۵۲/۳۵۶۷	

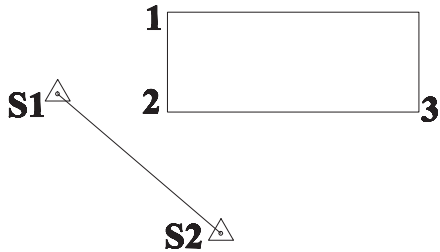
از این جدول می‌توانید برای پیاده کردن نقطهٔ A به هر دو روش قطبی و تقاطع (دو زاویه و دو طول) استفاده کنید.

نکته : زوایا را باید مطابق کروکی در جهت صحیح به دوربین ببندید. همانطور که در جدول بالا مشاهده می‌کنید زاویهٔ رأس BM_1 یک زاویه پادساعت‌گرد است. به عبارتی زمانی که می خواهید این زاویه را به دوربین ببندید باید زاویه($400 - BM_2$) را به دوربین ببندید.

در جدول باید مقدار این زاویه را قرار دهید در غیر این‌صورت نقطهٔ A در محل صحیح خود بر روی زمین پیاده نخواهد شد.

تمرین‌های کلاسی مثال ۷ ــ ۱

۱ــ سه گوشه از یک ساختمان مستطیل شکل با استفاده از دو ایستگاه مختصات‌دار S_1 و S_2 برداشت شده و پس از ترسیم مختصات آنها از روی نقشه استخراج شده است. محاسبات لازم برای پیاده کردن گوشه‌های این ساختمان به روش قطبی و دو قطبی (تقاطع) با استفاده از زاویه‌یاب و متر را انجام داده و طول‌ها و زوایای مورد نیاز برای پیاده کردن این نقاط از ایستگاه‌های موجود را محاسبه کنید.



S_1 (628.52 , 1190.54)

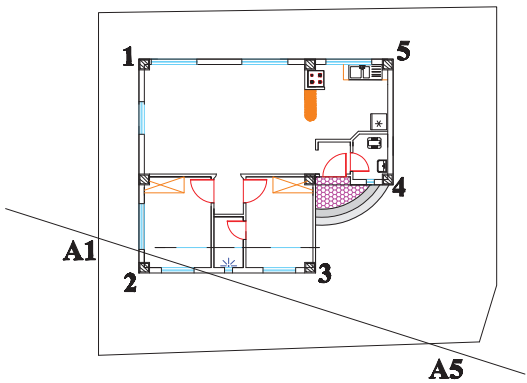
S_2 (647.53 , 1174.30)

1 (641.32 , 1200.05)

2 (641.32 , 1188.42)

3 (670.59 , 1188.42)

۲ــ گوشه‌های یک زمین توسط تئودلیت از دو ایستگاه A_1 و A_5 با مختصات‌های معلوم برداشت شده و سپس ترسیم گردیده است. طرح یک ساختمان داخل نقشه این زمین طراحی شده و مختصات گوشه‌های آن از نقشه استخراج شده‌است. محاسبات لازم برای پیاده کردن گوشه‌های این ساختمان به روش قطبی و دو قطبی (تقاطع) با استفاده از زاویه‌یاب و متر را انجام داده و طول‌ها و زوایای مورد نیاز برای پیاده کردن این نقاط از ایستگاه‌های موجود را محاسبه کنید.



A_1 (1106.55 , 116.74)

A_5 (1125.96 , 1110.55)

1 (1111.53, 1122.33)

2 (1111.53 , 1114.33)

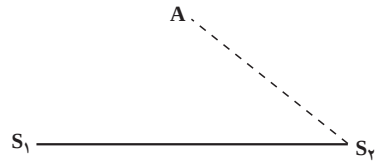
3 (1118.13 , 1114.33)

4 (1121.03 , 1117.63)

5 (1121.03 , 1122.33)

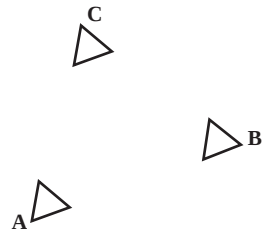
۳ــ با توجه به کروکی زیر و مختصات نقاط S_1 و S_2 و A محاسبات لازم جهت پیاده کردن نقطهٔ A به روش قطبی را انجام دهید. (واحد مختصات نقاط برحسب متر می‌باشد)

$S_1(۱۰۰, ۱۵۵)$ $S_2(۲۰۰, ۱۵۰)$ $A(۱۰۰, ۲۰۰)$



۴ــ جهت پیاده کردن نقطهٔ C از دو نقطه معلوم A و B مختصات زیر در دسترس می‌باشد، محاسبات لازم را جهت پیاده کردن نقطهٔ C به روش قطبی از نقطهٔ A انجام داده و این نقاط را با مقیاس $\frac{1}{500}$ ترسیم نمایید.

A (۱۰۰ , ۱۰۰) , B (۱۵۰ , ۱۱۰) , C (۱۲۵ , ۱۲۵)



منابع مورد استفاده

۱ــ کتاب نقشه‌برداری (ذوالفقاری)
۲ــ کتاب نقشه‌برداری مهندسی (دیانت‌خواه)
۳ــ کتاب نقشه‌برداری (نوبخت)
۴ــ کتاب نقشه‌برداری مهندسی (ابن‌جلال)
۵ــ کتاب نقشه‌برداری کارگاهی (امامی ــ رستمی)
۶ــ روش‌های نوین نقشه‌برداری (ابن‌جلال)
۷ــ ژئودزی و کارتوگرافی ریاضی (امامی)
۸ ــ دستگاه‌های پیشرفته نقشه‌برداری(جزییان)
۹ــ کتاب مساحی سال دوم هنرستان رشتهٔ نقشه‌برداری(متینی ــ سیّدحسینی ــ داورپناه)
۱۰ــ کتاب عملیات مساحی سال دوم هنرستان رشتهٔ نقشه‌برداری(متینی ــ سیّدحسینی ــ داورپناه)
۱۱ــ کتاب نقشه‌برداری ساختمان سال دوم هنرستان رشتهٔ ساختمان (مقرب نیا)
۱۲ــ کتاب کارگاه محاسبه و ترسیم (۲)سال سوم هنرستان رشتهٔ نقشه‌برداری (سلیم‌آبادی)
۱۳ــ دستورالعمل‌های همسان نقشه‌برداری جلد اول (سازمان نقشه‌برداری)
۱۴ــ سؤالات امتحانات نهایی هنرستان فنی و حرفه‌ای رشتهٔ نقشه‌برداری (۱۳۸۱ ــ ۱۳۹۰)