

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# کارگاه محاسبه و ترسیم (۲)

رشته نقشه برداری

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۲۷۸۲

داورپناه، مهدی	۵۲۶
کارگاه محاسبه و ترسیم (۲) / مؤلفان: مهدی داورپناه، فرشاد سید حسینی، محمد سعادت سرشت.	۹۰۲۸ /
تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۴.	ک ۵۳۴ / د
۱۲۲ص. : مصور. — (آموزش فنی و حرفه ای؛ شماره درس ۲۷۸۲)	۱۳۹۴
متون درسی رشته نقشه برداری، زمینه صنعت.	
برنامه ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه ریزی و تألیف کتاب های درسی رشته نقشه برداری دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش وزارت آموزش و پرورش.	
نقشه برداری. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه ریزی و تألیف کتاب های درسی رشته نقشه برداری دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش. ب. عنوان.	
ج. فروست.	

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی  
و حرفه‌ای و کار دانش، ارسال فرمایند.

tvoccd@medu.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.medu.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش

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

مؤلفان : مهدی داورپناه، محمد سعادت سرشت و فرشاد سیدحسینی

اعضای کمیسیون تخصصی : محمد سعادت سرشت، محمد سلیم آبادی، ابوالقاسم رافع، محمدعلی فرزانه،

رضایگانه عزیزی، امیر حسین متینی و مالک مختاری

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹.

وب‌سایت : [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

مدیر امور فنی و چاپ : سید احمد حسینی

رسام : فاطمه رئیسیان فیروزآباد

طراح جلد : مهدی داورپناه

صفحه‌آرا : خدیجه محمدی

حروفچین : افسر مهدی‌زاده اردکان

مصحح : لیلا نوری، مژگان و فانی نیا

امور آماده‌سازی خبر : زینت بهشتی شیرازی

امور فنی رایانه‌ای : حمید ثابت کلاچاهی، پیمان حبیب‌پور

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه : فارسی

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پنجم ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.



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

امام خمینی (قدس سره الشریف)



- فصل اول – کاربردهای ترازیبی ..... ۱
- فصل دوم – زاویه‌یابی ..... ۳۲
- فصل سوم – فاصله‌یابی ..... ۴۵
- فصل چهارم – تعیین موقعیت و امتدادهای مبنا ..... ۵۵
- فصل پنجم – تعیین مختصات ایستگاهی ..... ۶۹
- فصل ششم – برداشت جزئیات ..... ۹۸
- فصل هفتم – پیاده کردن نقاط ..... ۱۱۳
- منابع مورد استفاده ..... ۱۲۲

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 فنی و حرفه‌ای با ساختاری به شرح زیر اقدام شده است:

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

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

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

– 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 به کار گرفته شود.

با آرزوی موفقیت،

کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ نقشه‌برداری

## هدف کلی

ایجاد توانایی در محاسبه مشاهدات و ترسیم نقشه توپوگرافی یک منطقه.

# فصل اول

## کاربردهای ترازیابی



## هدف‌های رفتاری

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :
- ۱- راهکار کلی مربوط به محاسبات یک جدول تراز یابی رفت و برگشت از نوع تدریجی را شرح دهد.
  - ۲- محاسبات مربوط به یک جدول تراز یابی رفت و برگشت از نوع تدریجی را انجام دهد.
  - ۳- بحث و بررسی مربوط به یک جدول تراز یابی رفت و برگشت از نوع تدریجی را شرح دهد.
  - ۴- راهکار کلی مربوط به محاسبه و ترسیم پروفیل طولی به روش مستقیم را شرح دهد.
  - ۵- محاسبات مربوط به پروفیل طولی به روش مستقیم را انجام دهد.
  - ۶- بحث و بررسی مربوط به محاسبه و ترسیم پروفیل طولی به روش مستقیم را شرح دهد.
  - ۷- راهکار کلی مربوط به ترسیم و محاسبه حجم عملیات خاکی یک شبکه ارتفاعی را شرح دهد.
  - ۸- محاسبات مربوط به حجم عملیات خاکی یک شبکه ارتفاعی را انجام دهد.
  - ۹- بحث و بررسی مربوط به ترسیم و محاسبه حجم عملیات خاکی یک شبکه ارتفاعی را شرح دهد.
  - ۱۰- راهکار کلی مربوط به محاسبه و ترسیم منحنی تراز یک شبکه ارتفاعی به روش درونیابی را شرح دهد.
  - ۱۱- محاسبات و ترسیم منحنی تراز یک شبکه ارتفاعی را انجام دهد.
  - ۱۲- بحث و بررسی مربوط به محاسبه و ترسیم منحنی تراز یک شبکه ارتفاعی به روش درونیابی را شرح دهد.

## مطالب پیش نیاز

- قبل از مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :
- ۱- آشنایی با فصل اول کتاب «نقشه برداری عمومی»
  - ۲- 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 نقشه برداری تعدادی نقطه در سراسر کشور ایجاد شده و ارتفاع آن‌ها از ژئوئید به دست آمده است تا در موقع لزوم بتوان با استفاده از این نقاط ارتفاع سایر نقاط اطراف آن‌ها را توسط عملیات ترازبایی هندسی تعیین نمود. به این نقاط که در نقشه برداری زمینی فرض می‌شود ارتفاع آن‌ها از قبل معلوم است، در اصطلاح نقاط بنچ‌مارک می‌گویند.

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

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست ترازبایی

$$e_L = h_{\square} - h$$

● مقدار مجاز خطای بست ترازبایی از رابطه زیر به دست می‌آید :

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

● مقدار تصحیح از رابطه زیر به دست می‌آید :

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

● اگر بر یک امتداد مستقیم مشخص روی زمین، صفحه قائم فرضی عبور داده شود (به عبارت دیگر در امتداد مورد نظر بُرش 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 ۲- پیاده سازی مسیر ۳- ترازبایی مسیر ۴- محاسبات پروفیل طولی ۵- ترسیم پروفیل طولی ۶- طراحی خط پروژه ۷- پیاده سازی و کنترل.

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

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

● از جمله کارهایی که در مرحله طراحی تسطیح انجام می‌شود، می‌توان موارد زیر را نام برد :

۱- محاسبه بهترین شیب برای زمین در جهت‌های مختلف.  
۲- محاسبه ارتفاع نقاط شبکه بعد از تسطیح و همچنین محاسبه عمق‌های خاکبرداری و خاکریزی.  
۳- محاسبه حجم‌های خاکبرداری و خاکریزی برای بررسی اقتصادی طرح، عقد قرارداد و انتخاب ماشین‌آلات مناسب.

۴- تهیه نقشه اجرایی تسطیح.

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

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

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

۱- برداشت نقاط در محل شکستگی‌های ارتفاعی مانند نوک قله و کف دره.  
۲- برداشت نقاط در بالا، میانه و پایین شیب‌ها.  
۳- برداشت نقاط و تعیین مسیر شکستگی‌ها (مانند ترانشه)، خط‌القعرها (مانند محور آبریز) و خط‌الرأس‌ها (تیغه رشته کوه).

۴- تراکم نقاط برداشتی حداقل دو سانتی متر در مقیاس نقشه.

۵- 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 منحنی میزان در نقشه‌های توپوگرافی به سه روش قابل انجام است :

۱- روش مستقیم

۲- روش شبکه بندی

۳- روش برداشت نقاط نامنظم

● تهیه و ترسیم منحنی میزان به روش شبکه بندی دارای مراحل زیر می‌باشد :

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

## مثال ۱-۱: کنترل تراز یابی

یک تراز یابی تدریجی درجه سه از نقطهٔ BM۱ با ارتفاع معلوم  $۱۶۷^{\circ}۰/۴۲^{\circ}$  شروع شده و مجدد به همان نقطه بازگشته است. اگر طول مسیر تراز یابی  $۱۸۵^{\circ}$  متر باشد مطلوب است:

الف) محاسبه خطای مجاز تراز یابی.

ب) در صورت مجاز بودن خطا محاسبه 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 می‌کنیم:

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع ( $\Delta H$ )	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح شده ( $H_c$ )

با استفاده از رابطه اختلاف ارتفاع بین نقاط در ترازایی تدریجی ستون مربوط به آن را کامل کرده و سپس ارتفاع نقاط را محاسبه و در ستون ارتفاع وارد می کنیم :

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

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

با کمی دقت مشاهده می کنید که ترازایی از یک بنچ مارک شروع شده و مجدد به همان بنچ مارک بسته شده است، در نتیجه قابل کنترل می باشد و می توان خطای بست ترازایی را محاسبه نمود. یعنی داریم :

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست ترازایی

$$e_L = h_{\square} - h$$

بعد از محاسبه خطای بست ترازایی، با توجه به این که این ترازایی از نوع درجه ۳ می باشد، مقدار مجاز خطا را برای آن از رابطه زیر بدست می آوریم :

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

و در صورتی که خطای بست ترازایی در محدوده مجاز آن قرار داشته باشد، آن را تصحیح می کنیم. مقدار تصحیح از رابطه زیر بدست می آید :

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

مقدار تصحیح در نقطه اول صفر بوده و برای نقاط دیگر مطابق روابط زیر بدست می آید :

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = \left(\frac{-e_L}{n}\right) \times 1$$

$$C_3 = \left(\frac{-e_L}{n}\right) \times 2$$

....

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

پس از محاسبه مقدار تصحیح برای همه نقاط، آن ها را در ستون مربوط به خود در جدول ترازایی وارد می کنیم. در پایان ارتفاع تصحیح شده نقاط را از رابطه ساده موجود ( $H_c = H + C$ ) بدست آورده و ستون آخر را کامل می کنیم.

روش حل :

$$H_{BM1} = 1670.4$$

$$\Delta H_{BM1-1} = 2697 - 1574 = 1123$$

$$H_1 = 1671.543$$

$$\Delta H_{1-2} = 3176 - 2968 = 0208$$

$$H_2 = 1671.751$$

$$\Delta H_{2-TP1} = 2945 - 3742 = -0797$$

$$H_{TP1} = 1670.954$$

$$\Delta H_{TP1-3} = 0732 - 2592 = -1860$$

$$H_3 = 1669.094$$

$$\Delta H_{3-4} = 1840 - 1757 = 0083 \quad \rightarrow$$

$$H_4 = 1669.177$$

$$\Delta H_{4-TP2} = 2390 - 2868 = 0422$$

$$H_{TP2} = 1669.599$$

$$\Delta H_{TP2-5} = 2063 - 1377 = 0686$$

$$H_5 = 1670.285$$

$$\Delta H_{5-BM1} = 1159 - 0040 = 0$$

$$H_{BM1} = 1670.404$$

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع ( $\Delta H$ )	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح شده ( $H_c$ )
BM1	۲۶۹۷			۱۶۷۰/۴۲۰		
۱	۳۱۷۶	۱۵۷۴	۱۱۲۳	۱۶۷۱/۵۴۳		
۲	۲۹۴۵	۲۹۶۸	۰۲۰۸	۱۶۷۱/۷۵۱		
TP1	۰۷۳۲	۳۷۴۲	۰۷۹۷-	۱۶۷۰/۹۵۴		
۳	۱۸۴۰	۲۵۹۲	۱۸۶۰-	۱۶۶۹/۰۹۴		
۴	۳۲۹۰	۱۷۵۷	۰۰۸۳	۱۶۶۹/۱۷۷		
TP2	۲۰۶۳	۲۸۶۸	۰۴۲۲	۱۶۶۹/۵۹۹		
۵	۱۱۵۹	۱۳۷۷	۰۶۸۶	۱۶۷۰/۲۸۵		
BM1		۱۰۴۰	۰۱۱۹	۱۶۷۰/۴۰۴		

$$e_L = 1670.404 - 1670.420 = -16\text{mm}$$

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

$$e_L \leq e_{\max}$$

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

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع ( $\Delta H$ )	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح شده ( $H_c$ )
BM1	۲۶۹۷			۱۶۷۰/۴۲۰	۰	۱۶۷۰/۴۲۰
۱	۳۱۷۶	۱۵۷۴	۱۱۲۳	۱۶۷۱/۵۴۳	۲mm	۱۶۷۱/۵۴۵
۲	۲۹۴۵	۲۹۶۸	۰۲۰۸	۱۶۷۱/۷۵۱	۴mm	۱۶۷۱/۷۵۵
TP1	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
TP2	۲۰۶۳	۲۸۶۸	۰۴۲۲	۱۶۶۹/۵۹۹	۱۲mm	۱۶۶۹/۶۱۱
۵	۱۱۵۹	۱۳۷۷	۰۶۸۶	۱۶۷۰/۲۸۵	۱۴mm	۱۶۷۰/۲۹۹
BM1		۱۰۴۰	۰۱۱۹	۱۶۷۰/۴۰۴	۱۶mm	۱۶۷۰/۴۲۰

✓ **بحث و بررسی :**

زمانی که ترازایی از یک نقطه شروع و به نقطه دیگری ختم می شود، رابطه زیر اختلاف ارتفاع دو نقطه را مشخص می کند :

$$\sum B.S - \sum F.S$$

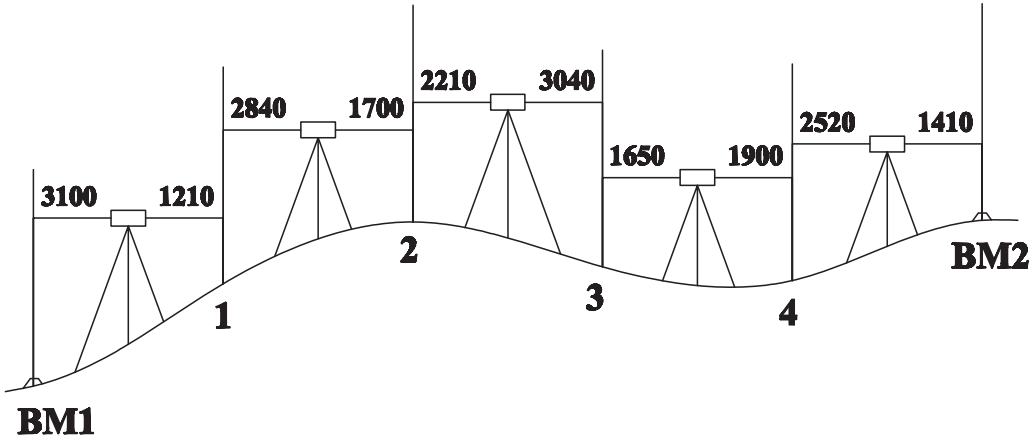
ولی زمانی که نقطه اول و آخر ترازایی مانند این مثال یکی باشد رابطه بالا مقدار خطای ترازایی را نشان می دهد. بنابراین مقدار  $e_L$  را از این رابطه نیز می توان محاسبه کرد :

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

قابل توجه است که در روش ترازایی شعاعی مطلوب ترین روش برای تصحیح خطا، توزیع خطای ترازایی بر روی قرائت های عقب است و در این روش نیازی به تشکیل ستون ارتفاع تصحیح شده نمی باشد.

## تمرین های کلاسی مثال ۱-۱

۱- شکل زیر مربوط به عملیات ترازیبی از BM۱ به ارتفاع ۱۰۰ متر تا BM۲ به ارتفاع ۱۰۳/۵۰ متر می باشد. اگر طول مسیر ترازیبی ۲۵ متر و خطای کیلومتری ۲۵ میلی متر باشد، جدول ترازیبی را تنظیم و ارتفاع سرشکن شده (تصحیح شده) نقاط را محاسبه کنید.



۲- جدول زیر مشاهدات یک ترازیبی بسته درجه سه به طول یک کیلومتر می باشد. مطلوب

است:

الف) تعیین اختلاف ارتفاع نقاط. ب) محاسبه خطای بست ترازیبی.

ج) در صورت مجاز بودن، تصحیح ارتفاع نقاط.

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع ( $\Delta H$ )	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				

۳- از نقطه BM۱ به ارتفاع ۱۵۰/۳۲۰ متر ترازیبی را شروع کرده و تا نقطه BM۲ به ارتفاع ۱۵۴/۸۹۴ متر ادامه داده ایم. در صورتی که فاصله ترازیبی ۷۰۰ متر و خطای کیلومتری ترازیبی ۲۵ mm در نظر گرفته شود مطلوب است :

الف) محاسبه خطای بست ترازیبی.

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 ( $\Delta H$ )	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				

۴- جدول صفحه بعد مربوط به عملیات ترازیبی بسته به طول ۷۰۰ متر و با خطای کیلومتری ۲۵mm می باشد با توجه به این که ارتفاع تصحیح نشده نقاط محاسبه شده است مطلوب است :

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

ب) در صورت قابل قبول بودن خطای بست ترازیبی 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 ۱-۲: 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 ۱:۱۰۰۰ انتخاب نمایید).

ج) خط پروژه را ترسیم کرده و نقاط خاک برداری و خاک ریزی را مشخص کنید.

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

### راهکار کلی:

با توجه به این که مقیاس طولی ۱:۱۰۰۰ است پس باید مقیاس ارتفاعی را ۱:۱۰۰ در نظر بگیرید.

و چون کمترین ارتفاع در جدول ۹۹/۶ متر می باشد باید مبدأ ارتفاع را عدد صحیحی کمتر از آن در نظر گرفت. مثلاً ارتفاع ۹۹ متر را می توان به عنوان مبدأ ارتفاعی در نظر بگیرید.

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

سپس فاصله ها را در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و ارتفاع نقاط را با توجه به مبدأ ارتفاعی که ۹۹ متر است در مقیاس ۱:۱۰۰ 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 به صورتی 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

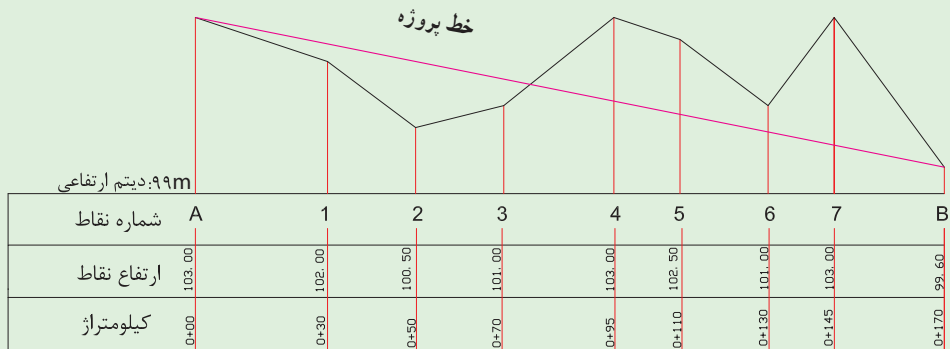
برای نشان دادن وضعیت ارتفاعی نقاط برداشتی از نواری با جنس کالک یا کاغذ میلی‌متری استفاده می‌شود. همان‌طور که گفته شد روی این نوار دو محور متعامد  $OY$  و  $OX$  رسم می‌شود. محور  $OX$  در راستای طول نوار و برای فواصل طولی و محور  $OY$  برای فواصل ارتفاعی در نظر گرفته می‌شود. نقطه‌ای در نزدیکی حاشیه چپ 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  $1:1000$  باشد، مقیاس محور ارتفاعی را  $1:100$  در نظر می‌گیرند. هر نقطه در روی زمین را با استفاده از مختصات دوگانه‌اش روی این دو محور مختصات پیدا کرده و سپس نقاط به دست 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  $A$  و  $1$  و  $2$  و  $3$  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:

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



مقیاس طولی ۱:۱۰۰۰

مقیاس ارتفاعی ۱:۱۰۰

**✓ 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 خاک برداری 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 ۱-۲

- ۱- با توجه به اطلاعاتی که در جدول زیر مشاهده می‌کنید مطلوب است :
- الف) ترسیم پروفیل طولی با مقیاس  $1/1000$ .
- ب) رسم جدول مشخصات (شماره نقطه، ارتفاع نقطه و کیلومتر).

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

- ۲- در یک ترازایی بین نقاط  $BM1$  و  $BM2$  برای تهیه پروفیل طولی نتایج مطابق جدول صفحه بعد به دست آمده است. مطلوب است :
- الف) ترسیم پروفیل طولی مسیر  $BM2 - BM1$  با مقیاس طولی  $1:1000$ .
- ب) تنظیم جدول مشخصات پروفیل شامل : (نقاط مسیر، فاصله بین نقاط، فاصله نقاط از مبدأ، ارتفاع نقاط).

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

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

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

### مثال ۱-۳: تسطیح اراضی

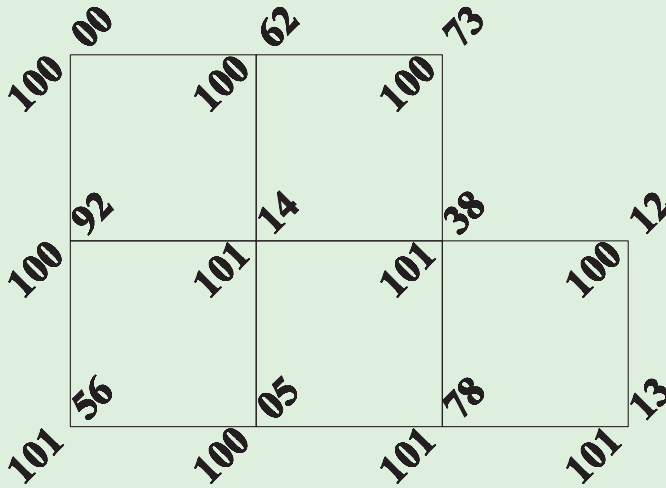
شبکه ارتفاعی قطعه زمینی با ابعاد هر شبکه (۲۰ × ۲۰ متر) مطابق شکل زیر برداشت شده است.

مطلوب است:

الف) رسم شبکه با مقیاس ۱:۱۰۰۰؛

ب) جهت مسطح نمودن این قطعه زمین در ارتفاع ۹۵ متر نیاز به چند متر مکعب خاک برداری

می‌باشد؟



#### راهکار کلی قسمت الف:

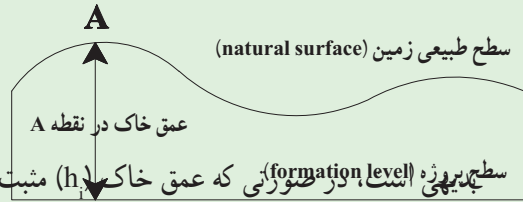
برای ترسیم شبکه با مقیاس خواسته شده ابتدا طول و عرض کل زمین را در نظر گرفته و سپس با توجه به مقیاس، کاغذ مورد نظر را انتخاب کنید. کافی است طول ضلع شبکه را به مقیاس برده و به کمک خط‌کش یا اشل و با استفاده از گونیا (برای عمود رسم کردن)، شبکه را بر روی کاغذ ترسیم کنید. بعد از آن ارتفاع‌های محاسبه شده از ترازایی را با توجه به کروکی در هر رأس یادداشت نمایید. نحوه نوشتن ارتفاعات روی شبکه به این صورت است که نقطه ارتفاعی را طوری در گوشه هر شبکه یادداشت می‌کنید که به جای ممیز عدد، رأس گوشه شبکه قرار گیرد. ضمناً اعداد ارتفاعی با زاویه ۴۵ درجه در گوشه‌ها یادداشت می‌شوند.

#### راهکار کلی قسمت ب:

در صورتی که ارتفاع سطح پروژه  $H_p$  فرض شود، از تفاضل ارتفاع هر نقطه شبکه نسبت به ارتفاع پروژه، عمق خاک در آن نقطه مشخص می‌شود:

عمق خاک = ارتفاع زمین - ارتفاع پروژه

$$h_i = H_i - H_p$$



سطح پروژه (نقطه) در صورتی که عمق خاک  $(h_i)$  مثبت باشد، نشانه خاک برداری و اگر  $(h_i)$  منفی باشد، نشانه خاک ریزی در آن نقطه است. پس از تعیین عمق خاک در گوشه مربع‌های شبکه، حجم عملیات خاکی برای هر مربع با محاسبه مساحت آن مربع ضرب در میانگین عمق خاک در چهار گوشه مربع به دست 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 رابطه زیر بدست آورد:

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

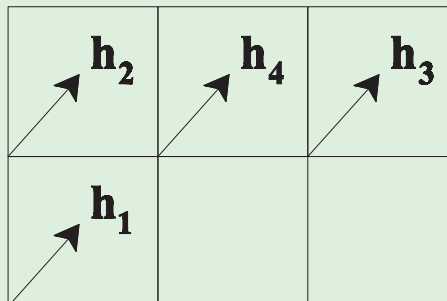
$\Sigma h_1$  = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک مربع مشترکند.

$\Sigma h_2$  = 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.

روش حل قسمت الف:





برای ترسیم شبکه با توجه به مقیاس داده شده که برابر ۱:۱۰۰۰ است باید طول‌ها را جداگانه به مقیاس برده و بر روی کاغذ ترسیم کنیم. در این جا هر یک متر روی زمین برابر یک سانتی متر روی نقشه می‌باشد. بنابراین با کمک خط‌کش و گونیا یک مستطیل  $۶ \times ۴$  سانتی متری ترسیم کرده و هر کدام از اضلاع را به طول‌های ۲ سانتی متری تقسیم می‌کنیم. به این ترتیب ۶ مربع  $۲ \times ۲$  سانتی متری 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:

$$H_1 = 100.00 - 95 = +5$$

$$H_2 = 100.62 - 95 = +5.62$$

$$H_3 = 100.73 - 95 = +5.73$$

$$H_4 = 100.12 - 95 = +5.12$$

$$H_5 = 101.38 - 95 = +6.38$$

$$H_6 = 101.14 - 95 = +6.14$$

$$H_7 = 100.92 - 95 = +5.92$$

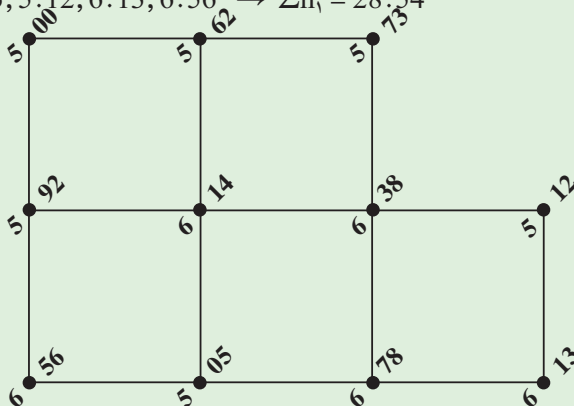
$$H_8 = 101.56 - 95 = +6.56$$

$$H_9 = 100.50 - 95 = +5.50$$

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

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

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



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


$$h_r = 6.38 \rightarrow \Sigma h_r = 6.38$$

$$h_r = 6.14 \rightarrow \Sigma h_r = 6.14$$

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

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

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

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 دوزنقه 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 دوزنقه‌ای شکل.

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

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

در این حالت باید ابتدا مساحت (A) هر مثلث و یا دوزنقه را از روی اضلاع زمینی دقیقاً

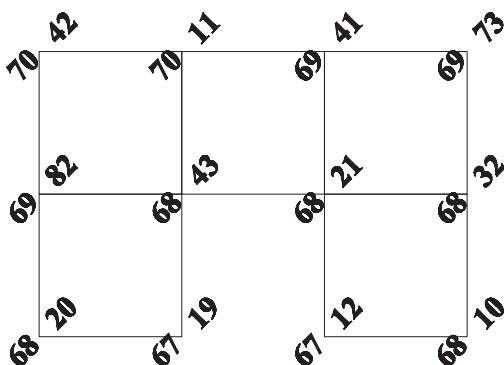
محاسبه نموده و در روابط بالا قرار داد.

## تمرین‌های کلاسی مثال ۱-۳

۱- بر روی شبکه ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه  $(15 \times 15)$  متر مطلوب است :

الف) رسم شبکه با مقیاس  $1/500$

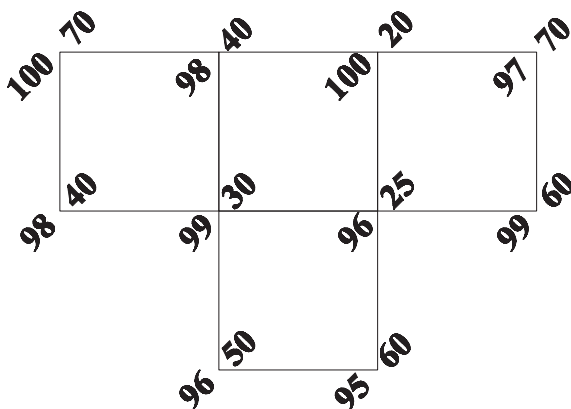
ب) محاسبه حجم عملیات خاکی (خاک برداری) با توجه به این که سطح پروژه ۶۵ متر می‌باشد.



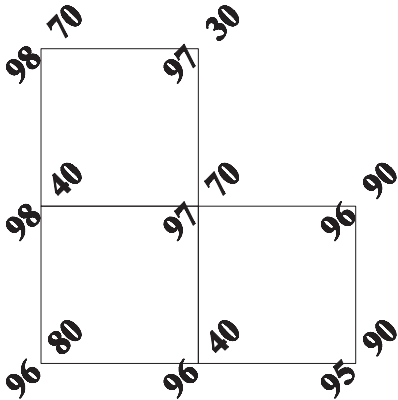
۲- شبکه ارتفاعی قطعه زمینی با ابعاد هر شبکه  $(15 \times 15)$  متر مطابق شکل زیر برداشت گردیده

است. جهت مسطح نمودن این قطعه زمین در ارتفاع ۹۳ متر نیاز به چند متر مکعب خاک برداری

می‌باشد؟

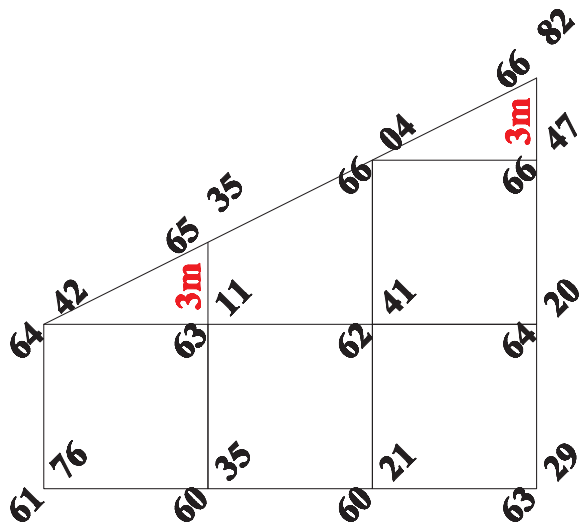


۳- با استفاده از شبکه ارتفاعی زیر مطلوب است حجم عملیات خاکی مربوط به سطح پروژه ۱۰۰ متر. (ابعاد شبکه بیست متری است)



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

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

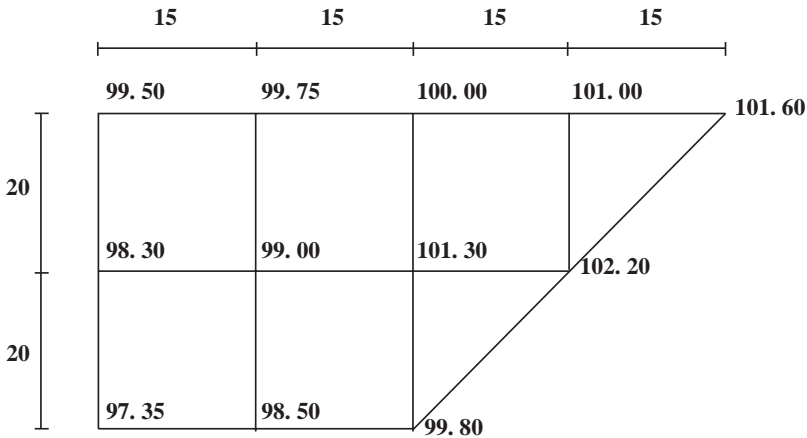


۵- در پلان شبکه ارتفاعی زیر با توجه به اندازه‌های داده شده در شبکه‌بندی مطلوب است :

الف) رسم شبکه‌بندی با مقیاس  $\frac{1}{500}$

ب) ترسیم منحنی تراز  $1^\circ$  متر به روش واسطه‌یابی.

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



۶- دستگاه تراز یاب جهت محاسبه حجم عملیات خاکی بر روی B.M به ارتفاع  $2^\circ$  متر مطابق

کروکی زیر مستقر شده و اطلاعات جدول تراز یابی زیر برداشت شده است. در صورتی که ارتفاع

دوربین از سطح زمین  $15^\circ$  میلی متر باشد مطلوب است :

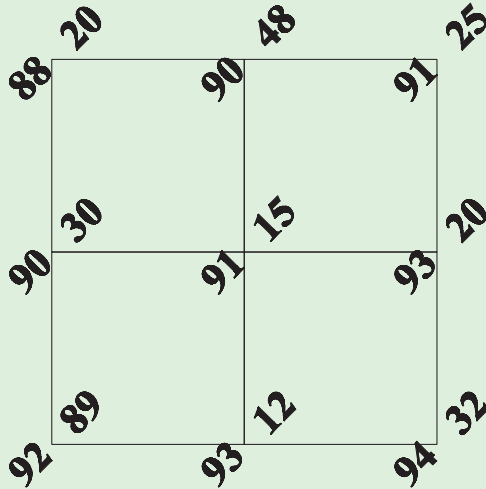
الف) محاسبه ارتفاع رئوس شبکه.

ب) محاسبه حجم عملیات خاکی مربوط به سطح پروژه  $19$  متر.

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

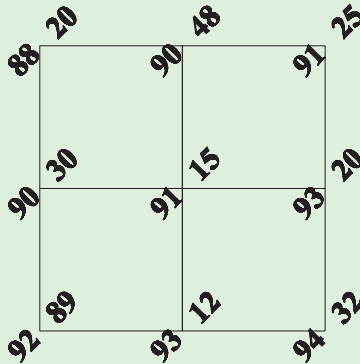
### مثال ۱-۴: منحنی میزان

در شبکه ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه  $(20 \times 20)$  متر مطلوب است:  
 الف) رسم شبکه با مقیاس  $1/1000$ .  
 ب) رسم منحنی تراز  $89$  متری از طریق انترپوله (واسطه‌یابی).



#### راهکار کلی قسمت الف:

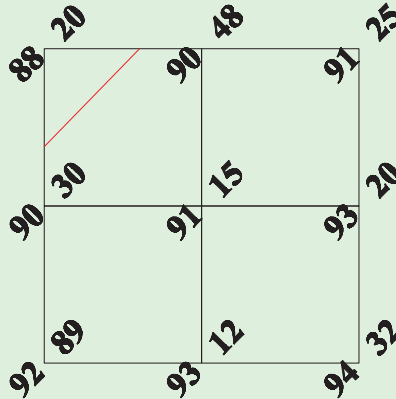
برای رسم هر شبکه، ابتدا طول آن را به مقیاس خواسته شده می‌برید. در این مسئله هر ضلع برابر  $20$  متر روی زمین است. با توجه به مقیاس  $1:1000$ ، روی نقشه این طول برابر  $20$  میلی‌متر یا  $2$  سانتی‌متر می‌شود. سپس با استفاده از خط‌کش یا اشکل و به کمک گونیا مربع‌های  $2$  در  $2$  سانتی‌متری را رسم کرده و ارتفاعات را با توجه به کروکی روی آن یادداشت کنید.



ترسیم مربع‌های  
 $2$  در  $2$  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 محاسبه‌ی جای دقیق نقطه، به روش اتریپوله یا واسطه‌یابی عمل می‌کنیم. به این صورت که فاصله‌ی بین اضلاع روی زمین معلوم است. ارتفاع رئوس شبکه نیز به وسیله‌ی عملیات ترازایی محاسبه شده و مطابق کروکی در جای خود نوشته شده است. حال با داشتن اختلاف ارتفاع دو رأس شبکه و اختلاف ارتفاع نقطه مورد نظر تا یکی از رأس‌ها (معمولاً ارتفاع کمتر) و هم چنین طول ضلع شبکه با یک تناسب ساده، فاصله‌ی مجهول مورد نظر محاسبه می‌شود.

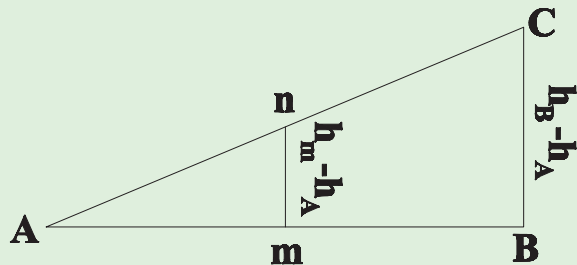
سپس طول محاسبه شده را به مقیاس خواسته شده تبدیل کرده و با کمک اشل و خط کش روی کاغذی که از قبل روی آن شبکه را ترسیم کرده‌اید با توجه به کروکی رسم کنید.

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

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

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

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





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

### روش حل و ترسیم:

منحنی‌هایی که با انجام عملیات فوق (واسطه‌یابی) و با اتصال نقاط هم ارتفاع به دست 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، خط 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 منحنی تراز اصلی خوانده می‌شود. میان منحنی تراز 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 حتی الامکان 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 منحنی میزان‌ها 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 – نه عمود بر کادر قائم نقشه – 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 حتی الامکان موازی با کادر نقشه و بدون توجه به جهت واقعی شیب در جهت مطالعه نقشه قرار گیرند. از این رو برای یافتن ارتفاع منحنی میزان‌ها باید امتداد خطوط را دنبال کرده تا اعداد نشان دهنده ارتفاع را پیدا کرد.

- در منحنی میزان‌های 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 منحنی میزان باید دقت کنیم منحنی‌ها در هنگام برخورد با عوارض مسطحاتی مانند جاده، ساختمان، پل و غیره قطع می‌شوند.

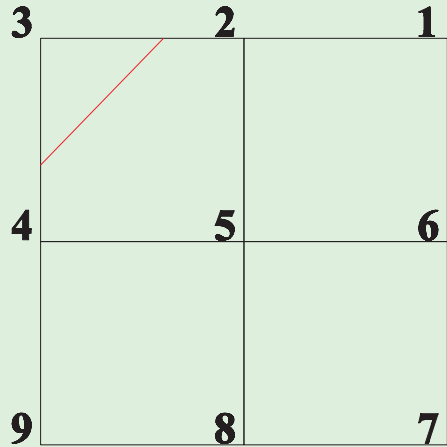
نقطه 2, 3

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

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

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

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



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

نقطه 3, 4

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

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

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

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

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

## ✓ بحث و بررسی :

هیچ منحنی میزانی در متن نقشه بلا تکلیف نمی ماند. به عبارتی دیگر راه عبورش بسته نیست و حتماً اگر از نقطه ای در متن نقشه شروع شود، یا به همان نقطه برمی گردد و یا به مسیر خود ادامه داده تا از متن نقشه خارج شده و به نقشه کناری برود.

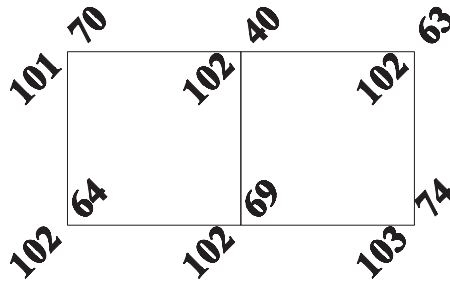
هیچ منحنی میزانی، منحنی میزان های دیگر را قطع نمی کند. مگر این که شیب در قسمتی از نقشه آن قدر زیاد باشد که تقریباً منحنی میزان ها روی هم بیفتند. (مانند یک دیواره قائم). در چنین حالت هایی قبل از برخورد با عارضه، منحنی میزان ها قطع و به جای آن ها علامت قراردادی ترانسه (به معنی دیواره قائم) گذاشته می شود.

روی همه منحنی میزان ها به دلیل شلوغ شدن نقشه، مقدار ارتفاع ها نوشته نمی شود. بلکه از هر ۵ منحنی یکی را ضخیم تر کشیده (منحنی میزان اصلی یا مترس)، قسمتی از منحنی را در محل معینی برش داده و ارتفاع منحنی را در قسمت برش داده شده می نویسیم. (سمت نوشتن ارتفاع منحنی ها باید در جهت بزرگترین شیب منطقه باشد).

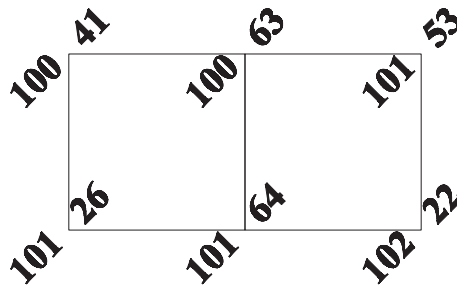
با استفاده از بیستوله منحنی میزان ها را نرم کرده و با قراردادن یک شیت شفاف بر روی نقشه و کپی کردن خطوط منحنی میزان بر روی آن می توانیم نقشه نهائی توپوگرافی منطقه را داشته باشیم.

## تمرین های کلاسی مثال ۱-۴

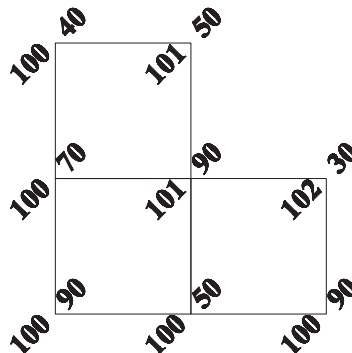
- ۱- در شکل زیر ابعاد شبکه ها  $30 \times 30$  متر می باشد مطلوب است :  
 الف) رسم شبکه با مقیاس  $1:1000$  .  
 ب) ترسیم منحنی های تراز  $102$  و  $103$  متری به روش واسطه یابی.



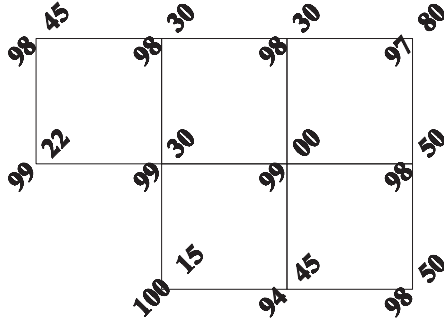
- ۲- با استفاده از انترپوله کردن (واسطه یابی) منحنی تراز مربوط به ارتفاع  $101$  متری را بر روی شبکه ارتفاعی شکل زیر ترسیم نمایید. ابعاد شبکه قائم الزاویه  $40^\circ$  متر و اعداد ارتفاع بر حسب متر می باشند.



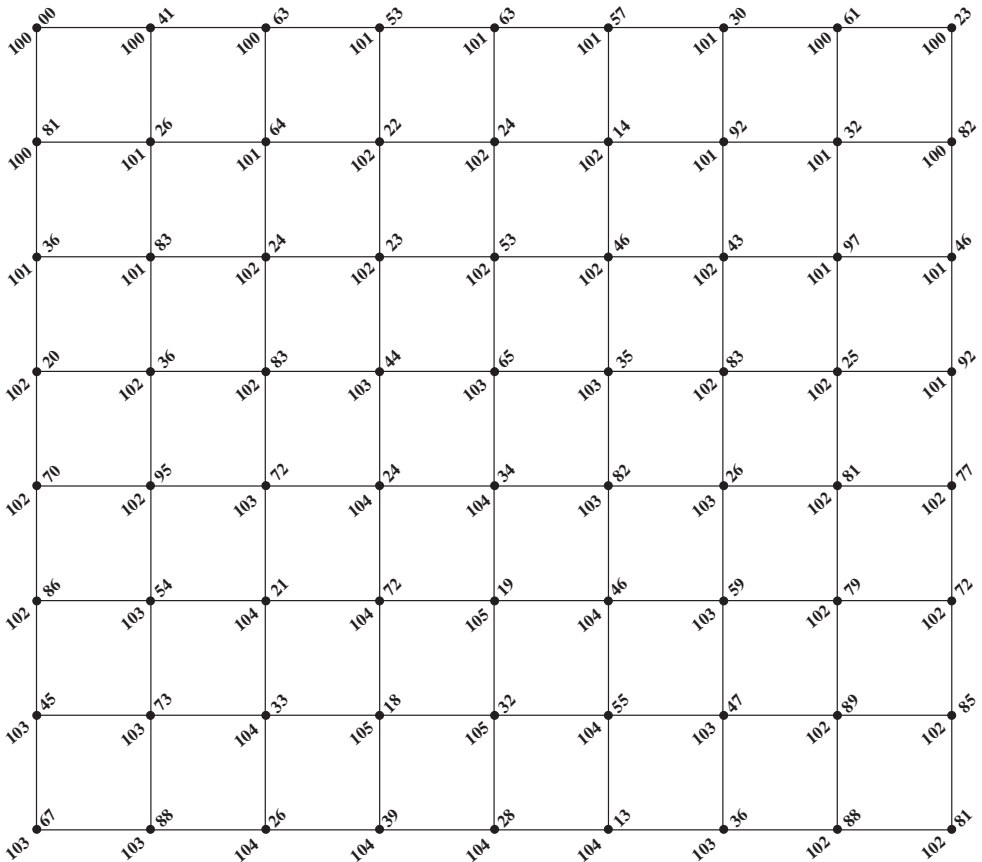
- ۳- پلان رقوم دار شکل زیر را با مقیاس  $1/500$  رسم کرده و منحنی تراز  $101$  متر را با استفاده از واسطه یابی ترسیم کنید. (ابعاد شبکه  $15$  متری است.)



۴- در شبکه ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه  $15 \times 15$  متر مطلوب است :  
 الف) رسم شبکه با مقیاس  $1/500$ .  
 ب) رسم منحنی تراز ۹۹ متر از طریق انترپوله (واسطه یابی).



۵- پس از ترسیم شبکه بندی زیر به ابعاد  $20$  متر، در مقیاس  $1/1000$  منحنی میزانها با فاصله ارتفاعی یک متر را ترسیم کنید.



فصل

دوم

# زاویه یابی



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

- ۱- راهکار کلی مربوط به محاسبه زاویه افقی به روش ساده را شرح دهد.
- ۲- محاسبات مربوط به زاویه افقی از روی مشاهدات زاویه‌یاب به روش ساده را انجام دهد.
- ۳- بحث و بررسی مربوط به اندازه‌گیری زاویه افقی به روش ساده را شرح دهد.
- ۴- راهکار کلی مربوط به محاسبه زاویه افقی به روش کوپل را شرح دهد.
- ۵- محاسبات مربوط به زاویه افقی از روی مشاهدات زاویه‌یاب به روش کوپل را انجام دهد.
- ۶- بحث و بررسی مربوط به اندازه‌گیری زاویه افقی به روش کوپل را شرح دهد.
- ۷- راهکار کلی مربوط به محاسبه زاویه شیب از روی زاویه زینتی در حالت دایره به چپ و دایره به راست را شرح دهد.
- ۸- محاسبات مربوط به تعیین زاویه شیب از روی زاویه زینتی در حالت دایره به چپ و دایره به راست را انجام دهد.
- ۹- بحث و بررسی مربوط به تعیین زاویه شیب از روی زاویه زینتی در حالت دایره به چپ و دایره به راست را شرح دهد.
- ۱۰- راهکار کلی مربوط به محاسبه زاویه قائم به روش کوپل را شرح دهد.
- ۱۱- محاسبات مربوط به تعیین زاویه قائم به روش کوپل را انجام دهد.
- ۱۲- بحث و بررسی مربوط به تعیین زاویه قائم به روش کوپل را شرح دهد.

## مطالب پیش نیاز

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

- ۱- آشنایی با فصل دوم کتاب «نقشه برداری عمومی»
- ۲- آشنایی با فصل ششم کتاب «مساحی»
- ۳- آشنایی با فصل اول کتاب «هندسه نقشه برداری» - بخش زاویه

- در نقشه برداری، زاویه به دو نوع افقی و قائم تقسیم می‌شود. زاویه افقی عبارت است از زاویه‌ای که از تصویر افقی بین دو امتداد در صفحه افقی حاصل می‌شود و زاویه قائم عبارت است از زاویه‌ای که بین تصویر یک امتداد در صفحه قائم با امتداد قائم محل حاصل می‌شود.
- همانطور که قبلاً آموختید بین زاویه شیب و زینتی در حالت دایره به چپ زاویه یاب، رابطه زیر برقرار می‌باشد:

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

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

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

- زاویه یاب (تئودولیت) دوربینی است که در نقشه برداری برای اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم به کار می‌رود. تفاوت اصلی زاویه یاب با تراز یاب در این است که زاویه یاب را می‌توان در یک صفحه عمودی حول یک محور افقی، نیز چرخاند.

- دوربین‌های زاویه یاب از لحاظ ساختار به دو دسته آنالوگ و دیجیتالی تقسیم می‌شوند.
- لمب افقی زاویه یاب‌ها شبیه به یک نقاله، از صفر تا  $360^\circ$  درجه و یا  $400$  گراد در جهت عقربه ساعت درجه بندی شده است. بنابراین اندازه‌گیری زاویه افقی بین سه نقطه روی زمین، شبیه اندازه‌گیری یک زاویه بین سه نقطه توسط نقاله روی کاغذ می‌باشد.
- زاویه خوانی با زاویه یاب اعم از آنالوگ و دیجیتالی شامل چهار مرحله اساسی است که عبارتند از: استقرار، نشانه‌روی، صفر-صفر کردن و قرائت.

- برای اندازه‌گیری زاویه قائم یک امتداد با زاویه یاب، ابتدا به نقطه مورد نظر نشانه روی کرده و عدد مربوط به لمب قائم را قرائت و یادداشت می‌کنیم. زاویه قرائت شده در این حالت همان زاویه قائم آن امتداد خواهد بود.

- خطاهای زاویه یابی را بر اساس منابع خطا به سه دسته خطاهای دستگاهی، انسانی و طبیعی و بر اساس نوع آن به سه دسته 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  $180^\circ$  درجه ( $200^\circ$  گراد) اختلاف دارند. در این صورت 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، رابطه فوق کمتر حالت واقعی پیدا می‌کند و بین این دو قرائت رابطه 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 زاویه قائم، لمب قائم در دو وضعیت دایره به چپ و دایره به راست قرائت می‌شود.

در صورتی که 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  $360^\circ$  درجه ( $400^\circ$  گراد) می‌شود یعنی:

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

## مثال ۱-۲: محاسبه زاویه افقی از روی مشاهدات زاویه یاب

مطابق جدول زیر زاویه افقی یک رأس از یک چند ضلعی با زاویه یاب در حالت دایره به چپ اندازه گیری شده است. مقدار زاویه را محاسبه کنید.

ایستگاه	نقاط نشانه روی	عدد لمب افقی	زاویه	کروکی
S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	۴۵° ۲۵' ۳۴"		
	S <sub>3</sub>	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<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>) را از عدد امتداد دوم کم کنید. به عبارتی داریم:

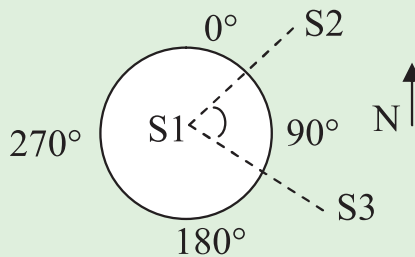
$$\angle S_1 = LS_3 - LS_2$$

### 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 زاویه مورد نظر قرائت می‌شود.



## تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۲ - ۱

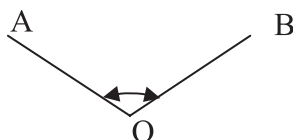
۱- مشاهدات رأس یک زاویه توسط زاویه‌یاب در حالت دایره به چپ مطابق جدول زیر می‌باشد. مقدار زاویه را بدست آورید.

ایستگاه	نقاط نشانه روی	عدد لمب افقی	زاویه	کروکی
$S_1$	$S_2$	$245^{\circ}55'44''$		
	$S_3$	$24^{\circ}32'15''$		

۲- 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، زاویه افقی رأس  $O$  را محاسبه کنید.

$$R_A = 348/2552 \text{ grad}$$

$$R_B = 25/2426 \text{ grad}$$



## مثال ۲-۲ : محاسبه زاویه افقی به روش کوپل

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

ایستگاه	نقاط نشانه روی	حالت دایره به چپ	حالت دایره به راست	میانگین	زاویه	کروکی
S1	A	۲۴۵/۵۸۵۲	۴۵/۵۸۴۲			
	B	۳۹۸/۲۴۳۱	۱۹۸/۲۴۴۱			

### راهکار کلی :

برای محاسبه و تکمیل جدول، باید میانگین قرائت هر امتداد را در دو حالت دایره به راست و دایره به چپ به دست بیاوریم. سپس برای محاسبه زاویه افقی  $\angle ASB$  مطابق جدول زیر میانگین محاسبه شده برای امتداد دوم یعنی SB را از امتداد اول کم می کنیم :


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

### 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 : 

همان طور که مشاهده می کنید واحد قرائت زاویه گراد است. زیرا در حالت دایره به راست و دایره به چپ زوایا حدود  $200^\circ$  گراد با هم اختلاف دارند.

## تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۲ - ۲

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

ایستگاه	نقاط نشانه روی	حالت دایره به چپ	حالت دایره به راست	میانگین	زاویه	کروکی
S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	۰/۰۰۰۰	۲۰۰/۰۰۱۵			
	S <sub>3</sub>	۱۰۲/۰۰۵۰	۳۰۲/۰۰۴۰			
S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	۰/۰۰۰۰	۱۹۹/۹۹۹۰			
	S <sub>1</sub>	۴۵/۲۵۵۰	۲۴۵/۲۵۳۵			
S <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	۰/۰۰۰۰	۲۰۰/۰۰۰۰۵			
	S <sub>2</sub>	۵۲/۷۴۱۰	۲۵۲/۷۴۰۰			

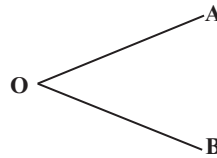
۲- نتایج حاصل از عملیات اندازه‌گیری زاویه افقی  $\angle AOB$  به روش کوپل بر روی شکل نشان داده شده است. با توجه به آن جدول اندازه‌گیری زاویه به روش کوپل را ترسیم نموده و مقدار زاویه  $\angle AOB$  را محاسبه کنید.

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

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

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

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



۳- نتایج عملیات اندازه‌گیری زاویه افقی O به روش کوپل مطابق جدول زیر است. جدول اندازه‌گیری زاویه را ترسیم نموده و مقدار زاویه 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 ۲-۳: محاسبه زاویه شیب از روی زاویه زینتی در حالت دایره به چپ

اگر زاویه زینتی یک امتداد با زاویه یاب  $103^{\circ}45'25''$  اندازه گیری شده باشد، زاویه شیب این امتداد

چند درجه است؟

راهکار کلی:

رابطه بین زاویه زینتی و زاویه شیب در حالتی که دوربین دایره به چپ است از قرار زیر است:

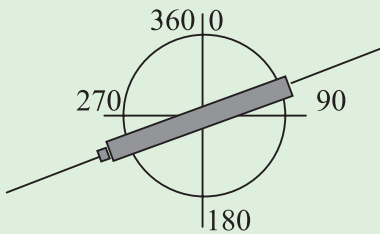
$$Z + \alpha = 100g \quad \text{یا} \quad Z + \alpha = 90^{\circ}$$

روش حل:

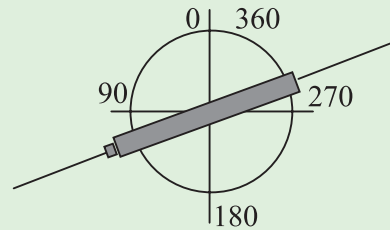
$$\alpha + Z = 90^{\circ}$$

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

بحث و بررسی:



قرائت لمب قائم در حالت دایره به چپ



قرائت لمب قائم در حالت دایره به راست

زمانی که شیب مثبت است

مقدار زاویه قائم در حالت دایره به چپ دوربین، بین  $0^{\circ}$  تا  $180^{\circ}$  درجه یا  $200^{\circ}$  گراد می تواند باشد، و زمانی که دوربین دایره به راست است بین  $180^{\circ}$  تا  $360^{\circ}$  درجه یا  $400^{\circ}$  گراد تغییر می کند. بنابراین می توان از روی مقدار زاویه زینتی در مسئله، حالت دوربین (دایره به راست یا دایره به چپ) را تشخیص داده و از رابطه مناسب استفاده کرد. بنابراین بین زاویه زینتی و زاویه شیب در حالت دایره به راست دوربین رابطه زیر برقرار است:

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

مثال ۲-۴: محاسبه زاویه شیب از روی زاویه زینتی در حالت دایره به راست.  
 اگر زاویه زینتی یک امتداد با زاویه یاب  $306.1755^\circ$  اندازه گیری شده باشد، زاویه 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 رابطه مربوط به آن استفاده می کنیم. رابطه بین زاویه زینتی و زاویه شیب در حالتی که دوربین  
 دایره به راست است از قرار زیر می باشد:

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

روش حل:

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

بحث و بررسی:



هنگام محاسبه زاویه شیب از روی زاویه زینتی و یا برعکس باید به حالت دوربین که دایره به چپ  
 است و یا دایره به راست توجه شود.

## تمرین کلاسی مربوط به مثال ۲-۲۳-۴

۱- زاویه شیب امتدادی با یک تثودولیت دیجیتالی برابر  $23/455^\circ$  - گراد اندازه گیری شده  
 است. زاویه زینتی آن را در حالت دایره به چپ و دایره به راست محاسبه کنید.



## مثال ۲-۵: محاسبه زاویه قائم به روش کویل

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

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

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

### راهکار کلی:

بین زاویه قائم در حالت دایره به چپ و دایره به راست زاویه یاب، رابطه 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 ۲-۵

۱- زاویه قائم امتدادی توسط دوربین زاویه یابی به روش کویل اندازه گیری شده و اعداد زیر

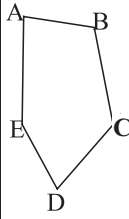
به دست آمده است. زاویه زینتی این امتداد را محاسبه کنید.

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

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

## تمرین‌های کلی فصل دوم

۱- 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 محاسبه میانگین زوایا و همچنین اضلاع، آن را 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		

۲- مطابق کروکی زیر به منظور اندازه‌گیری زوایای افقی  $O_1, O_2, O_3$  و همچنین زوایای شیب 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 و زوایای قائم با V نشان داده شده است). مطلوب است تعیین زوایای افقی و شیب آن‌ها.

$$H_L = 350^\circ 30' 50''$$

$$H_R = 170^\circ 30' 35''$$

$$V_L = 110^\circ 55' 10''$$

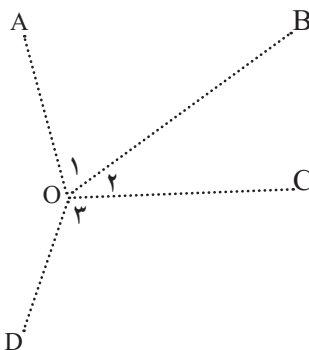
$$V_R = 249^\circ 04' 40''$$

$$H_L = 271^\circ 25' 40''$$

$$H_R = 91^\circ 25' 55''$$

$$V_L = 110^\circ 05' 02''$$

$$V_R = 249^\circ 54' 50''$$



$$H_L = 50^\circ 50' 40''$$

$$H_R = 230^\circ 50' 55''$$

$$V_L = 85^\circ 45' 42''$$

$$V_R = 274^\circ 14' 30''$$

$$H_L = 87^\circ 33' 52''$$

$$H_R = 267^\circ 33' 35''$$

$$V_L = 95^\circ 25' 52''$$

$$V_R = 264^\circ 33' 50''$$

فصل سوم

# فاصله یابی



- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :
- ۱- راهکار کلی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید افقی ( $\alpha=0$ ) را شرح دهد.
  - ۲- محاسبات مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید افقی ( $\alpha=0$ ) را انجام دهد.
  - ۳- بحث و بررسی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید افقی ( $\alpha=0$ ) را شرح دهد.
  - ۴- راهکار کلی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید مایل ( $\alpha \neq 0$ ) را شرح دهد.
  - ۵- محاسبات مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید مایل ( $\alpha \neq 0$ ) را انجام دهد.
  - ۶- بحث و بررسی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید مایل ( $\alpha \neq 0$ ) را شرح دهد.
  - ۷- راهکار کلی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش پارالاکتیک را شرح دهد.
  - ۸- محاسبات مربوط به تعیین فاصله افقی به روش پارالاکتیک را انجام دهد.
  - ۹- بحث و بررسی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش پارالاکتیک را شرح دهد.

## مطالب پیش نیاز

- قبل از مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :
- ۱- آشنایی با فصل سوم کتاب «نقشه برداری عمومی»
  - ۲- آشنایی با فصل دوم کتاب «مساحی»
  - ۳- آشنایی با فصل سوم کتاب «مساحی»
  - ۴- آشنایی با فصل اول کتاب «کارگاه محاسبه و ترسیم ۱»

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

$$D = 100 \cdot S \cdot \text{Cos}^2 \alpha$$

که در آن، S همان اختلاف بین اعداد تار بالا و تار پایین می‌باشد و  $\alpha$  زاویه شیب امتداد خط نشانه روی دوربین است.

- در روش پارالاکتیک از رابطه زیر فاصله افقی را می‌توان محاسبه کرد:

$$D = \frac{L}{2} \cdot \text{cotg} \frac{\alpha}{2}$$

که در آن، L طول شاخص پارالاکتیک و  $\alpha$  زاویه افقی دو سر شاخص پارالاکتیک می‌باشد.

### مثال ۳-۱: محاسبه فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید افقی ( $\alpha=0$ )

به منظور اندازه گیری فاصله افقی بین دو نقطه A و B، دوربین نیوو را با استفاده از یک شاقول روی نقطه A مستقر کرده و سپس روی شاخص مستقر در نقطه B که به صورت کاملاً قائم قرار گرفته اعداد ۱۳۲۰ و ۱۸۷۵ را به ترتیب روی تارهای پایین و بالا مشاهده و یادداشت می کنیم. مطلوب است محاسبه طول افقی بین دو نقطه A و B.

#### راهکار کلی:

همان طور که گفته شد استادیتری در دو حالت زیر انجام می گیرد:

۱- با استفاده از دوربین نیوو: در این حالت خط دید دوربین کاملاً افقی است و معمولاً

در زمین های هموار انجام می شود.

در این حالت از آنجا که زاویه شیب خط دید دوربین برابر صفر است، بنابراین در رابطه استادیتری جمله  $\cos^2 \alpha$  برابر عدد یک شده و نیازی به نوشتن آن نمی باشد. به عبارتی در این حالت، فاصله از رابطه زیر به دست می آید:

$$D = 100 \cdot S$$

۲- با استفاده از دوربین زاویه یاب: در زمین های ناصاف و شیب دار می توان از دوربین

زاویه یاب استفاده کرده و محدودیت دید دوربین نیوو را در این شرایط حذف کرد.

در این حالت علاوه بر اعداد تارهای بالا و پایین، هم زمان زاویه شیب خط دید دوربین را نیز مشاهده و یادداشت کرده و فاصله افقی را از رابطه زیر محاسبه می کنیم:

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

#### روش حل:

$$\left. \begin{array}{l} S_1 = 1875 \\ S_2 = 1320 \end{array} \right\} S = S_1 - S_2 = 1875 - 1320 = 555 \text{ mm} \quad \text{S، اختلاف دو تار بالا و پایین}$$

$$D = 100 \times 555 = 55500 \text{ mm} = 55.50 \text{ m}$$

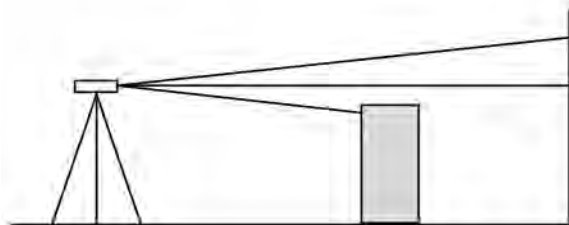
## ✓ بحث و بررسی :

همان‌طور که دیدید، در این مثال از دوربین نیوو برای اندازه‌گیری فاصله افقی استفاده شده است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که خط دید دوربین در حالت افقی قرار داشته و به عبارتی زاویه شیب آن برابر صفر درجه بوده است. در نتیجه از رابطه اول برای به دست آوردن طول افقی استفاده شده است.

## تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳ - ۱

۱- برای محاسبه فاصله افقی به روش استادیتری، بین دو نقطه که در مکانی مسطح قرار دارند، دوربین ترازبایی را بر روی یکی از نقاط قرار داده و به شاخص مستقر در روی نقطه دیگر، نشانه روی کرده و اعداد  $20^{\circ}52'$  و  $3285$  را به ترتیب برای تارهای پایین و بالا قرائت می‌کنیم. فاصله افقی بین دو نقطه را محاسبه نمایید.

۲- مطابق شکل زیر هنگام اندازه‌گیری فاصله به روش استادیتری به علت وجود یک مانع دید بین دو نقطه، تار پایین دوربین قابل رؤیت نمی‌باشد. چنانچه تار بالا را  $258^{\circ}$  و تار وسط را  $158^{\circ}$  قرائت کرده باشیم، فاصله افقی بین دو نقطه را محاسبه کنید.  
(راهنمایی: فاصله بین تارهای بالا و وسط برابر فاصله بین تار وسط و پایین می‌باشد.)



• مثال ۲-۳ : محاسبه فاصله افقی به روش استادیومتری با خط دید مایل ( $\alpha \neq 0$ )

برای اندازه گیری فاصله بین دو نقطه M و N دوربین زاویه یاب را در نقطه M مستقر کرده و به شاخص مستقر در نقطه N نشانه روی شده است. چنانچه زاویه شیب امتداد نشانه روی برابر  $30^\circ/4528$  گراد و تار بالا و پایین به ترتیب  $185^\circ$  و  $152^\circ$  مشاهده و ثبت شده باشد، فاصله افقی MN چند متر است؟

راهکار کلی:


رابطه کلی در این حالت به صورت زیر است که در آن زاویه شیب امتداد نشانه روی (خط دید دوربین) می باشد :

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

روش حل:

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

$$D = 100 \cdot (1850 - 1520) \cdot (\cos 30 \cdot 4528)^2 = 2600 \text{mm} = 26 \text{m}$$

 بحث و بررسی:

همان طور که می دانید اعداد روی شاخص بر حسب میلی متر قرائت می شوند. بنابراین در رابطه استادیومتری چنانچه این اعداد را بر حسب میلی متر قرار دهیم، فاصله افقی هم بر حسب میلی متر به دست می آید که باید واحد آن را به متر تبدیل کرد. ولی می توان از همان ابتدا واحد این اعداد را به متر تبدیل نموده و به این ترتیب عدد فاصله افقی را مستقیماً بر حسب متر به دست آورد.

نکته: یادآوری می شود که قبل از محاسبه، واحد ماشین حساب خود را با توجه به واحد زاویه ای که در تمرین داده شده است تنظیم کنید. در این مثال واحد زاویه، گراد است.

برای آن که هنگام محاسبه با ماشین حساب دچار اشتباه نشوید لازم است که  $\cos \alpha$  را جداگانه در یک پراتز قرار دهید یعنی رابطه استادیومتری را به شکل زیر در ماشین حساب وارد کنید :

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



## تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳ - ۲

- ۱- در روش استادیتری برای اندازه‌گیری طول افقی بین دو نقطه، اعداد روی شاخص برای تارهای پایین و بالا به ترتیب  $0^{\circ}85'$  و  $0^{\circ}95'$  مشاهده و ثبت شده است. چنانچه زاویه زینتی امتداد نشانه روی دوربین برابر  $36^{\circ}25'10''$  باشد، مطلوب است محاسبه طول افقی بین دو نقطه.
- ۲- نشان دهید که می‌توان اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را از رابطه زیر به دست آورد. (ارتفاع دوربین و تار وسط مساوی فرض شده است).

$$\Delta H = 100 \cdot S \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha$$

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

الف) تاربالا و پایین بر روی شاخص در نقطه F:  $1436$  و  $1224$  میلی‌متر و زاویه قائم  $45^{\circ}98'$

ب) تاربالا و پایین بر روی شاخص در نقطه E:  $1524$  و  $1108$  میلی‌متر و زاویه قائم  $23^{\circ}86'$

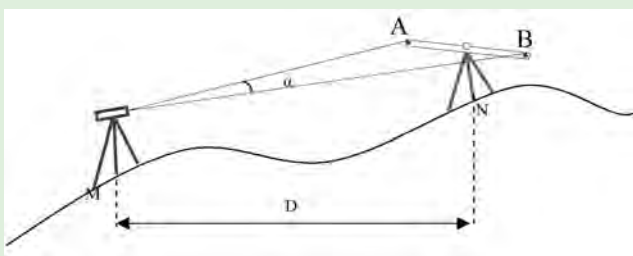
مطلوب است محاسبه فواصل فوق از ایستگاه.

- ۴- در جدول استادیتری زیر که با تئودولیت برداشت شده است، فاصله خط قراولروی (فاصله مایل) و فاصله افقی را به دست آورید.

شماره نقاط	تارهای استادیتری			زاویه افقی (گراد)	زاویه زینتی (گراد)	فاصله خط قراولروی	فاصله 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 ۳-۳: محاسبه فاصله افقی به روش پارالاکتیک

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



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

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

$$L = 2\text{m}$$

#### راهکار کلی:

همان طور که گفتیم فاصله افقی در این روش از رابطه  $D = \frac{L}{2} \cdot \cotg \frac{\alpha}{2}$  قابل محاسبه است، که در آن  $\alpha$  همان زاویه افقی و  $L$  طول شاخص افقی است. در این مثال زاویه افقی را از روی مشاهدات لمب افقی دوربین به دست آورده و در رابطه فوق جایگذاری می کنیم.

#### روش حل:

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

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

#### بحث و بررسی:

همانطور که می بینید در این روش، با زیاد شدن فاصله افقی بین نقاط زاویه پارالاکتیک کوچک می شود و اندازه گیری آن را مشکل تر می کند. بنابراین برای فاصله های بلند باید با روش امتدادگذاری آن را به قسمت های کوچک تر تقسیم نموده و هر قسمت را جداگانه اندازه گیری کرد.

### تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳-۳

- ۱- در صورتی که اعداد دو سر شاخص ۲ متری پارالاکتیک را به ترتیب  $45/2500$  و  $45/2585$  گراد مشاهده و ثبت کرده باشیم، مطلوب است محاسبه طول افقی بین دو نقطه.
- ۲- در اندازه‌گیری فاصله افقی بین دو نقطه به روش پارالاکتیک و به منظور بالا بردن دقت، زاویه افقی به روش کویل بر حسب گراد قرائت شده و در جدولی مطابق زیر ثبت شده است. در صورتی که طول شاخص پارالاکتیک برابر  $2/02 \text{ m}$  باشد، مطلوب است محاسبه طول افقی بین دو نقطه. به نظر شما فاصله مورد نظر نسبت به حالتی که طول شاخص پارالاکتیک دقیقاً ۲ متر باشد، چند سانتی متر دچار خطا شده است؟

دامتداد	دايره به چپ	دايره به راست
OA	0/0000	200/0025
OB	1/2500	201/2485

- ۳- در اندازه‌گیری طول به روش پارالاکتیک با شاخص  $2/03$  متری، زاویه افقی بین دو نشانه دو طرف شاخص،  $2^{\circ}24'$  قرائت شده است. فاصله افقی دوربین تا شاخص را به دست آورید. (توضیح: طول شاخص در اثر شرایط محیطی از  $2/00$  متر به  $2/03$  متر تغییر پیدا کرده است.)

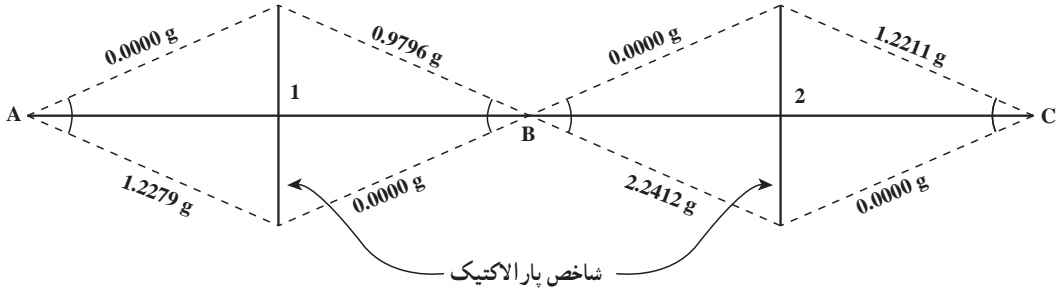
- ۴- برای اندازه‌گیری فاصله بین دو نقطه A و B به روش پارالاکتیک، یک زاویه یاب را بر روی نقطه A مستقر کرده و شاخص ۲ متری را بر روی نقطه B قرار داده‌ایم. قرائت نشانه‌های طرفین شاخص ( $1^{\circ}35'39''$ ) و ( $00^{\circ}20'35''$ ) بوده است.

الف) فاصله افقی AB چند متر است؟

- ب) اگر طول شاخص را به اشتباه ۳ متر در نظر بگیریم، طول AB چند متر می‌شود؟ چه قدر خطا

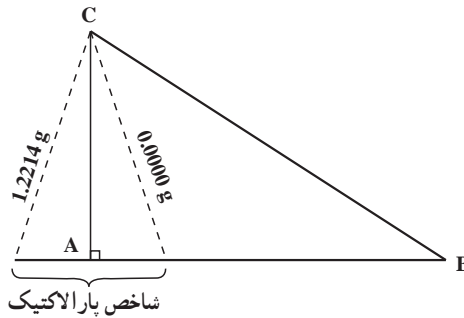
دارد؟

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



۶- در شکل زیر طول AC به روش پارالاکتیک اندازه گیری شده و همچنین زاویه  $\hat{BCA}$  در ۲ کویل قرائت شده است. طول AB را به دست آورید.

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



فصل

چهارم

# تعیین موقعیت و امتدادهای مبنا



- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :
- ۱- راهکار کلی مربوط به ترسیم یک امتداد در یک سیستم مختصات دو بعدی و اندازه‌گیری ژیزمان و زاویه حامل آن با استفاده از نقاله را شرح دهد.
  - ۲- محاسبات مربوط به یک طول و ژیزمان امتداد در یک سیستم مختصات دو بعدی را انجام دهد.
  - ۳- بحث و بررسی مربوط به ترسیم یک امتداد در یک سیستم مختصات دو بعدی و اندازه‌گیری ژیزمان و زاویه حامل آن با استفاده از نقاله را شرح دهد.
  - ۴- راهکار کلی مربوط به تعیین ربع مختصاتی، زاویه حامل و ژیزمان یک امتداد را با معلوم بودن مختصات دو نقطه روی این امتداد شرح دهد.
  - ۵- محاسبات مربوط به تعیین ربع مختصاتی، زاویه حامل و ژیزمان یک امتداد را با معلوم بودن مختصات دو نقطه روی این امتداد انجام دهد.
  - ۶- بحث و بررسی مربوط به تعیین ربع مختصاتی، زاویه حامل و ژیزمان یک امتداد را با معلوم بودن مختصات دو نقطه روی این امتداد شرح دهد.
  - ۷- راهکار کلی مربوط به محاسبه و انتقال ژیزمان اضلاع یک چند ضلعی را با داشتن ژیزمان امتداد اول شرح دهد.
  - ۸- محاسبات مربوط به انتقال ژیزمان اضلاع یک چند ضلعی را با داشتن ژیزمان امتداد اول انجام دهد.
  - ۹- 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 مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :
- ۱- آشنایی با فصل چهارم کتاب «نقشه برداری عمومی»
  - ۲- آشنایی با فصل پنجم کتاب «هندسه»
  - ۳- آشنایی با دایره مثلثاتی و ربع‌های آن در کتاب «ریاضی ۲ و ۳»

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

● برای زمین، سطوح مبنای مختلفی تعریف شده است. از جمله سطوح مبنایی زمین و مهمترین آن ها می توان به سطح مستوی (سطح افقی و صاف)، سطح ژئوئید و سطح بیضوی اشاره کرد که سطح مستوی و سطح بیضوی را سطح مبنای مسطحاتی و ژئوئید را سطح مبنای ارتفاعی در نظر گرفته اند.

● منظور از تعیین موقعیت در نقشه برداری عبارت است از مشخص کردن مختصات نقاط در یک سیستم مختصات معلوم، اما 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:

– مبدأ سیستم کجاست؟

– محورهای سیستم نسبت به هم چگونه اند؟

– محورهای سیستم، مستقیم الخط هستند و یا منحنی الخط؟

– پارامترهای تعیین موقعیت هر نقطه در این سیستم کدامند؟

– سیستم مختصات، راست گرد است و یا چپ گرد؟

● منظور از نقاط کنترل در نقشه برداری، نقاطی است که مختصات مسطحاتی و یا ارتفاعی آن ها و یا مختصات سه بعدی (مسطحاتی و ارتفاعی) آن ها نسبت به یک سیستم مختصات مشخص دقیقاً معلوم باشد. به مجموعه ای از این نقاط که تشکیل خطوط و زوایایی را می دهند، شبکه نقاط کنترل می گویند. شبکه نقاط کنترل در واقع اسکلت اصلی یک پروژه نقشه برداری می باشد.

● چنانچه در یک شبکه، فقط  $x$  و  $y$  نقاط تعیین شده باشد، به آن شبکه کنترل افقی و یا شبکه کنترل دو بعدی می گویند. اگر فقط ارتفاع نقاط تعیین شده باشد به آن شبکه کنترل ارتفاعی یا شبکه ترازبایی و بالآخره اگر طول، عرض و ارتفاع  $(x, y, z)$  هر سه معلوم شده باشد، به آن شبکه سه بعدی می گویند.

● از انواع امتدادهای مبنا در نقشه برداری می توان شمال حقیقی، شمال مغناطیسی و شمال شبکه را نام برد.

● ژیزمان عبارت است از زاویه ای که هر امتداد با امتداد شمال شبکه و در جهت عقربه ساعت می سازد و آن را با  $G$  نمایش می دهند.

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

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

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

– ژیزمان در جهت حرکت عقربه‌های ساعت اندازه‌گیری می‌شود.

● در صورتی که ژیزمان امتدادی چون AB معلوم فرض شود ( $G_{AB}$ ) ژیزمان معکوس آن را

به صورت ژیزمان BA خوانده و به شکل ( $G_{BA}$ ) نشان می‌دهیم که مقدار آن از رابطهٔ زیر قابل محاسبه

است :

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

که در این رابطه، چنانچه  $G_{AB}$  کوچکتر از  $180^\circ$  باشد، از علامت + و در صورتی که  $G_{AB}$

مساوی و یا بزرگتر از  $180^\circ$  باشد، از علامت - استفاده می‌شود.

● به کوچکترین زاویه‌ای که هر امتداد با محور Y 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 به دست می‌آوریم.

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

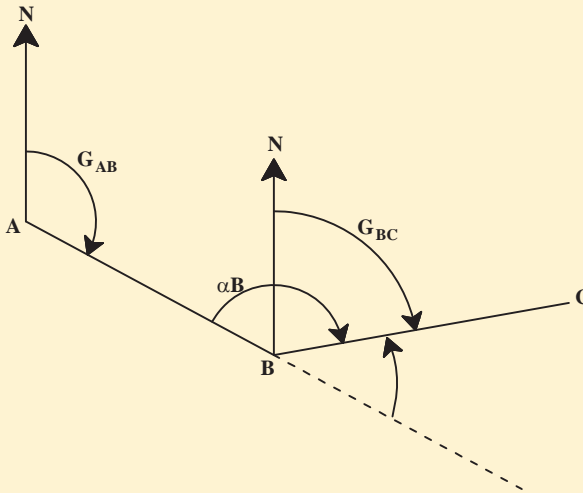
رابطهٔ ژیزمان و زاویهٔ حامل	ربع مختصات
$G_{AB} = V_{AB}$	ربع اول
$G_{AB} = 180^\circ - V_{AB}$	ربع دوم
$G_{AB} = 180^\circ + V_{AB}$	ربع سوم
$G_{AB} = 360^\circ - V_{AB}$	ربع چهارم



● برای انتقال ژیزمان و به عبارتی برای محاسبه ژیزمان یک امتداد از روی ژیزمان امتداد قبل، مطابق شکل زیر کافی است که ابتدا زاویه انحراف  $\Delta$  را محاسبه کرده و سپس از رابطه زیر مقدار ژیزمان امتداد را مشخص کرد.

$$G_{AB} = \text{معلوم}$$

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



مثال ۴-۱: ترسیم یک امتداد در یک سیستم مختصات دکارتی دوبعدی و

اندازه‌گیری ژیزمان و زاویه حامل آن با استفاده از مقاله

مختصات دو نقطه  $A(1000, 1000)$  و  $B(1050, 1070)$  معلوم می‌باشند، مطلوب است ترسیم

امتداد AB در یک سیستم مختصات دکارتی (قائم الزاویه) با مقیاس ۱:۱۰۰۰

راهکار کلی:

۱- محاسبه 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.

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

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

۲- 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

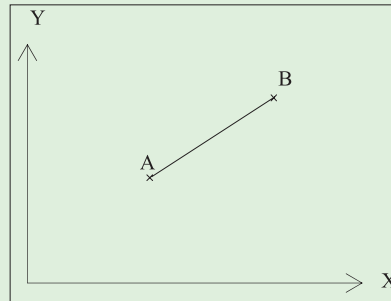
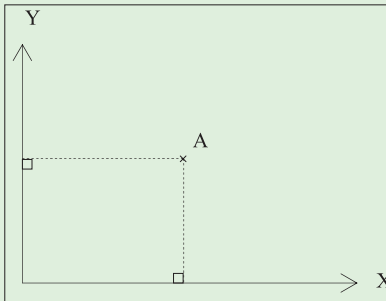
بگیرید.

۳- تعیین محل دقیق نقاط در سیستم و ترسیم امتداد: حال با استفاده از اشل

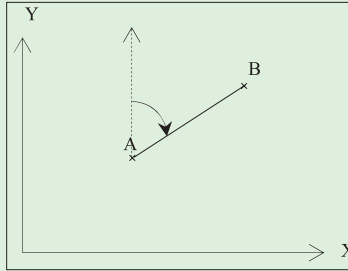
(خط‌کش مقیاس) مختصات‌های X و Y هر کدام از نقاط را با توجه به مبدأیی که انتخاب کردید، روی

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.



۴- برای اندازه‌گیری زاویه حامل و ژیزمان از نقاله استفاده کنید. برای این کار از نقطه A موازی محور Y خطی ترسیم نمایید. حال با توجه به تعریف ژیزمان و زاویه حامل به راحتی می‌توان زوایای مربوطه را با نقاله اندازه‌گیری کنید.



روش حل :

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

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

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

**بحث و بررسی**

بنابراین طول خط AB روی کاغذ تقریباً برابر ۹ سانتی‌متر است. حال می‌توان کاغذی در نظر گرفت که این امتداد به راحتی در آن ترسیم گردد. برای این مثال می‌توان کاغذ A<sub>۴</sub> 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 نقطه A از مختصات X نقطه B کمتر است. هم‌چنین مختصات Y نیز برای نقطه A کمتر از مختصات Y نقطه 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 طوری که تمام طول خط AB را بتوان در کاغذ ترسیم نمود. به عنوان مثال در اینجا می‌توان مختصات مبدأ را (۹۵°, ۹۵) در نظر گرفت.

## تمرین کلاسی مثال ۴ - ۱

۱- مختصات دو نقطه F(۸۵۴, ۱۴۳۲) و E(۹۸°, ۱۲°۵) معلوم می‌باشند، مطلوب است ترسیم

امتداد EF در یک سیستم مختصات دکارتی (قائم الزاویه) با مقیاس ۱: ۷۵

مثال ۴-۲: تعیین ربع مختصاتی یک امتداد و زاویه حامل و ژیزمان یک

امتداد با معلوم بودن مختصات دو نقطه روی امتداد

مختصات دو نقطه  $A(1000, 1000)$  و  $B(1050, 1070)$  معلوم می‌باشند، مطلوب است:

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

ب) زاویه حامل امتداد  $AB$  را محاسبه کنید.

ج) ژیزمان امتداد  $AB$  را محاسبه کنید.

**راهکار کلی:**

منظور از تعیین ربع مختصاتی یک امتداد، یعنی این که این مختصات در کدام ربع قرار دارد.

بنابراین کافی است که ابتدا  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  امتداد  $AB$  را به دست آورید و با توجه به علامت آن‌ها و جدول

زیر ربع مختصاتی را مشخص کنید.

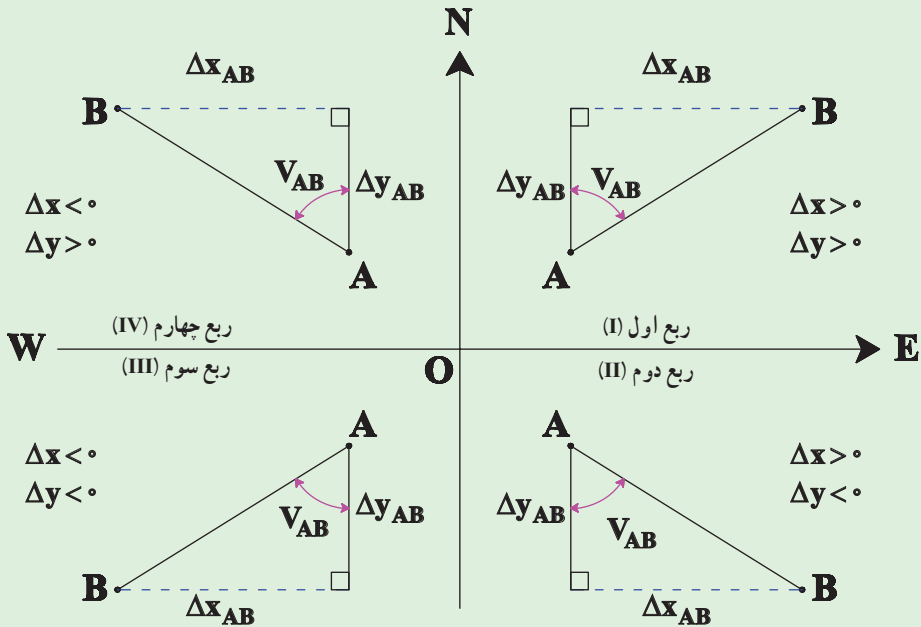
علامت $\Delta Y$	علامت $\Delta X$	ربع مختصات
+	+	اول
-	+	دوم
-	-	سوم
+	-	چهارم

زاویه حامل را از رابطه 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 زاویه حامل که از رابطه بالا آن را

محاسبه کردید می‌توانید مقدار ژیزمان را به دست آورید. با توجه به جدول و شکل صفحه بعد داریم:




روش حل :

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_{AB} &= X_B - X_A = 1050 - 1000 = +50\text{m} \\ \Delta Y_{AB} &= Y_B - Y_A = 1070 - 1000 = +70\text{m} \end{aligned} \right\} \text{ ربع اول}$$

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

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

بحث و بررسی : 

ژیزمان و زاویه حامل محاسبه شده در این مثال را با مقادیری که با مقاله در مثال قبل اندازه گیری کردید مقایسه کنید. آیا اختلافی مشاهده می کنید؟ 

## تمرین‌های کلاسی مثال ۴ - ۲

۱- دو نقطه کنترل  $(۱۲۵۰/۲۳)$  و  $(۱۵۲۰/۲۰)$  و  $(۴۵۲/۱۲)$  و  $(۸۵۲/۳۲)$  را در نظر بگیرید.

مطلوب است :

الف) تعیین ربع مختصاتی امتداد  $AB$ .

ب) محاسبه زاویه حامل امتداد  $AB$ .

ج) محاسبه ژیزمان امتداد  $AB$ .

۲- سه نقطه کنترل  $(۱۰۰, ۱۰۰)$  و  $(۱۵۰, ۲۰۰)$  و  $(۳۰۰, ۱۰۰)$  تشکیل یک مثلث

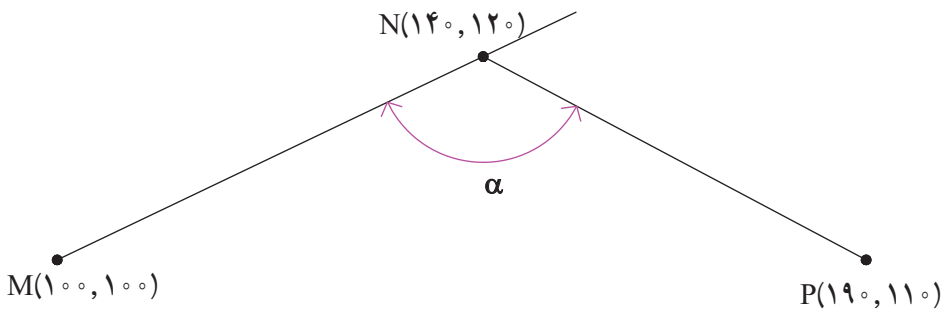
می‌دهند. مطلوب است :

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

ب) محاسبه ژیزمان اضلاع  $AB$  و  $BC$  و  $CA$

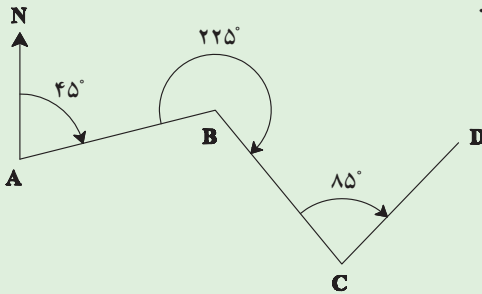
ج) محاسبه زوایای داخلی مثلث  $ABC$  و کنترل محاسبات.

۳- در شکل زیر زاویه  $\alpha$  چند درجه است؟



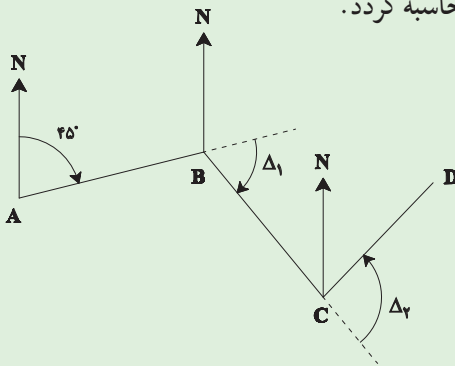
### مثال ۳-۴ : انتقال ژیزمان

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



#### راهکار کلی :

همانطور که در کتاب نقشه برداری عمومی خواندید، برای انتقال ژیزمان و محاسبه ژیزمان ضلع بعدی باید مقدار زاویه انحراف  $\Delta$  را ابتدا محاسبه کرده و جهت آن را تعیین کنید، دیدید که زمانی که زاویه انحراف ساعت گرد بود، آن را مثبت در نظر گرفته و با ژیزمان ضلع قبل که معلوم است جمع می کنیم و در حالتی که زاویه انحراف  $\Delta$  خلاف حرکت ساعت باشد، آن را منفی در نظر گرفته و از ژیزمان ضلع قبل کم می کنیم تا ژیزمان ضلع بعد محاسبه گردد.



$$G_{BC} = G_{AB} + \Delta_1$$

$$G_{CD} = G_{BC} - \Delta_2$$

زوایای انحراف  $\Delta_1$  و  $\Delta_2$  به راحتی از روی زوایای رئوس B و C محاسبه می شوند.

#### روش حل :

$$\Delta_1 = \angle B - 180^\circ = 225^\circ - 180^\circ = 45^\circ$$

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

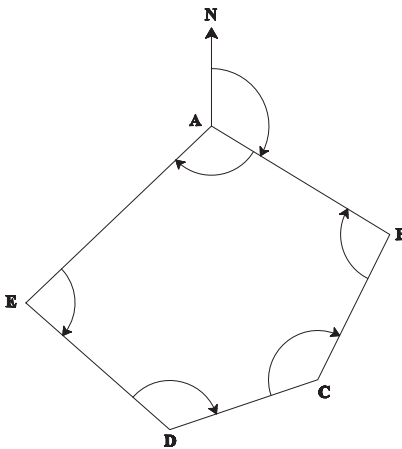
$$G_{BC} = 45^\circ + 85^\circ = 130^\circ$$

$$G_{CD} = 130^\circ - 85^\circ = 45^\circ$$

## تمرین‌های کلاسی مثال ۴ - ۳

- ۱- ژیزمان امتداد AB برابر  $245/253^\circ$  گراد و زاویه رئوس B و C راست گرد و به ترتیب برابر  $245/2452$  و  $11^\circ/7885$  گراد اندازه‌گیری شده‌اند. مطلوب است ترسیم کروکی این مثال و محاسبه ژیزمان امتداد BC و CD.
- (راهنمایی: منظور از زاویه راست گرد یعنی هنگامی که دوربین در نقطه B مستقر است به نقطه A صفر صفر کند. زاویه B و زاویه C به صورت ساعتگرد اندازه‌گیری شده‌اند.)

۲- با توجه به شکل زیر ژیزمان کلیه امتدادها را مشخص کنید.



$$A(100, 100) \quad B(325, 55)$$

$$\angle A = 105.2369$$

$$\angle B = 95.2356$$

$$\angle C = 135.5448$$

$$\angle D = 120.2350$$

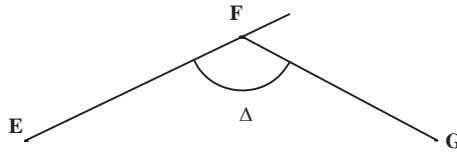
$$\angle E = 143.7477$$

- ۳- در پیمایش بسته ABCD اطلاعات به دست آمده در جدول خلاصه شده است. زاویه حامل و طول DA و ژیزمان کلیه امتدادها را محاسبه نمایید.

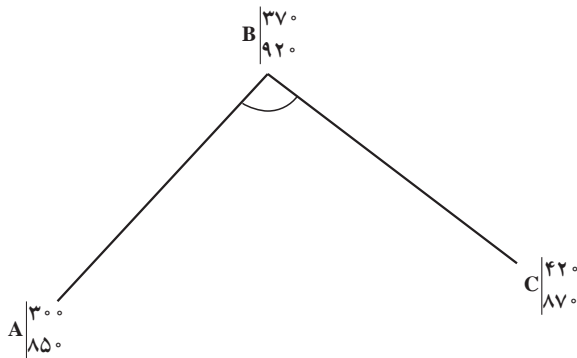
ژیزمان	زاویه حامل	فاصله	امتداد
?	N $11^\circ 10'$ W	۷۵۱	AB
?	N $63^\circ 43'$ E	۳۹۲	BC
?	S $10^\circ 50'$ E	۵۶۱	CD
?	?	?	DA



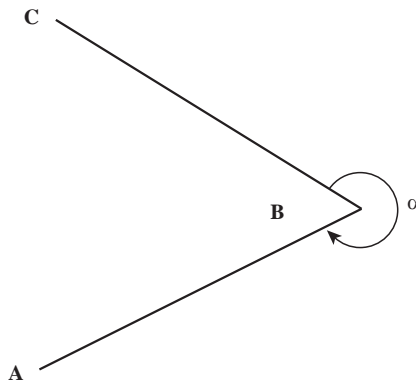
۴- ژیزمان امتداد EF مساوی ۵۵/۲۲ و ژیزمان امتداد FG مساوی ۱۵۰ گراد است. زاویه  $\Delta$  بین این دو امتداد چند گراد است؟



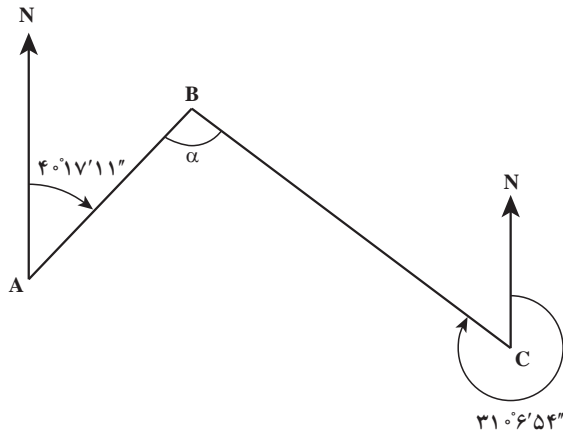
۵- با توجه به مختصات‌های داده شده زاویه  $\hat{B}$  را محاسبه کرده و شکل مربوطه را با مقیاس  $\frac{1}{2000}$  ترسیم نمایید.



۶- در شکل زیر اگر:  $A (5^\circ \text{ و } 100^\circ)$ ،  $B (12^\circ \text{ و } 118^\circ)$  و  $C (7^\circ \text{ و } 25^\circ)$  بر حسب متر باشند، جهت پیاده کردن نقطه A مطلوب است محاسبه مقدار زاویه  $\alpha$ .



۷- مطلوب است مقدار زاویه  $\alpha$  به گراد.



۸- نشان دهید که می توان ژیزمان را در حالت کلی از رابطه زیر به دست آورد.

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

$\alpha_n$  زاویه رأس است.

(راهنمایی: از روش  $\Delta$  استفاده شده و مقادیر  $\Delta$  جای گذاری شود.)

فصل پنجم

# تعیین مختصات ایستگاهی



## هدف‌های رفتاری

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :
- ۱- راهکار کلی مربوط به مراحل محاسبه یک پیمایش باز را شرح دهد.
  - ۲- مراحل محاسبات مربوط به یک پیمایش باز را به درستی انجام دهد.
  - ۳- بحث و بررسی مربوط به مراحل محاسبه یک پیمایش باز را شرح دهد.
  - ۴- راهکار کلی مربوط به مراحل محاسبه یک پیمایش بسته را شرح دهد.
  - ۵- مراحل محاسبات مربوط به یک پیمایش بسته را به درستی انجام دهد.
  - ۶- بحث و بررسی مربوط به مراحل محاسبه یک پیمایش بسته را شرح دهد.

## مطالب پیش نیاز

- قبل از مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :
- ۱- آشنایی با فصل چهارم کتاب «نقشه برداری عمومی»
  - ۲- آشنایی با فصل پنجم کتاب «نقشه برداری عمومی»

- پیمایش : مجموعه عملیاتی که برای تعیین موقعیت مسطحاتی یک سری نقاط دنبال هم (نقاط ایستگاهی) در یک منطقه از زمین انجام می گیرد، پیمایش گفته می شود.
- 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 می باشد.
- پیمایش معمولاً به دو حالت باز و بسته تقسیم بندی می شود.
- پیمایش باز : اگر پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم و یا مفروض شروع و به نقطه ای با مختصات مجهول (نامعلوم) پایان یابد، به آن پیمایش باز می گویند.
- پیمایش بسته (Closed traverse) : در دو حالت زیر پیمایش را بسته می گویند :
  - ۱- پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم (مفروض) شروع شود و به همان نقطه ختم گردد. به چند ضلعی بسته که در این حالت ایجاد می شود پلیگون (Polygon) می گویند.
  - ۲- پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم شروع شود و به نقطه دیگری با مختصات معلوم برسد. به این حالت پیمایش اتصالی (Link traverse) می گویند.
- از پیمایش بسته (پلیگون) معمولاً در مناطقی که طول و عرض منطقه تقریباً مساوی است استفاده می شود. همچنین در مناطقی که نقاط با مختصات معلوم در دسترس نیست می توان با فرضی گرفتن مختصات نقطه اول از این نوع پیمایش استفاده کرد. البته این حالت فقط برای نقشه برداری مناطق کوچک کاربرد دارد.
- مراحل کلی پیمایش عبارتند از :
  - الف) شناسایی (ب) اندازه گیری ها 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 می کنند.
  - ب) اندازه گیری ها و مشاهدات پیمایش : پس از ایجاد و استحکام نقاط پیمایش، گروه نقشه بردار به محل مراجعه کرده و با توجه به کروکی و نام نقاط، طول افقی همه اضلاع و همچنین زاویه افقی همه رئوس پیمایش و ریزمان یکی از اضلاع مورد نظر (که معمولاً ضلع اول می باشد) نیز اندازه گیری می شود.

● 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 نقطه اول) و همچنین ژیزمان یکی از اضلاع پیمایش (معمولاً ضلع اول) معلوم باشد.

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

۱- محاسبه ژیزمان کلیه اضلاع پیمایش با استفاده از ژیزمان ضلع اول و زاویه به راست رؤس پیمایش.

۲- محاسبه  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  کلیه اضلاع پیمایش.

۳- محاسبه مختصات نقاط ایستگاه‌های پیمایش.

● ژیزمان یک امتداد را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

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

● با استفاده از رابطه زیر می‌توان  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  کلیه امتدادها را محاسبه کرد:

$$\begin{cases} \Delta X_i = L_i \times \sin G_i \\ \Delta Y_i = L_i \times \cos G_i \end{cases}$$

● پس از محاسبه  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  ها با استفاده از روابط کلی زیر مختصات نقاط رؤس پیمایش را

محاسبه می‌کنیم. به عنوان مثال برای نقطه B داریم:

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

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

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

● مجموع زوایای یک چند ضلعی در فضای ایده‌آل و بدون خطای ریاضی از رابطه زیر به دست

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 رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

● مقدار مجاز خطای بست زاویه‌ای در یک پیمایش بسته از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

● مقدار تصحیح برای زوایا از رابطه 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  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  خطایی ایجاد می‌کنند که به آن خطای بست موضعی (خطای بست طولی) می‌گویند.

● خطای بست موضعی (خطای بست طولی) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

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

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

● تعدیل برای هر ضلع در دو جهت  $X$  و  $Y$  اعمال می‌شود و مقدار آن از رابطه زیر به دست

می‌آید:

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

که با مقادیر  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  جمع شده و مقادیر تعدیل شده آنها به دست می‌آیند:

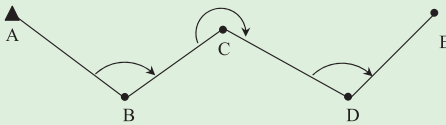
$$\Delta X_{\text{تصحیح نشده}} + C_x = \Delta X_{\text{تصحیح شده}}$$

$$\Delta Y_{\text{تصحیح نشده}} + C_y = \Delta Y_{\text{تصحیح شده}}$$

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

### مثال ۵-۱: پیمایش باز

مطابق شکل زیر به منظور ایجاد تعدادی نقطه کنترل، یک پیمایش باز انجام شده است. مختصات نقطه A برابر  $(100, 100)$  و  $G_{AB} = 140^\circ$  می باشد. 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 می کنیم:

ایستگاه	زاویه	ژیزمان	طول	$\Delta X$	$\Delta Y$	X	Y
A		$140^\circ$	135.000			100.000	100.000
B	$120^\circ$		125.000				
C	$240^\circ$		185.000				
D	$100^\circ$		150.000				
E							

مرحله اول:

مرحله اول، محاسبه ژیزمان کلیه اضلاع پیمایش می باشد. یعنی ابتدا ستون سوم از جدول بالا را تکمیل می کنیم.

در فصل پیش با روش محاسبه 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 می توان از رابطه صفحه بعد محاسبه کرد:



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

امتداد بعدی

به عبارتی می توان نوشت :

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

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

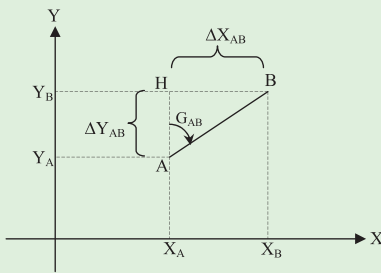
$$G_{DE} = (G_{CD} + \alpha_D) \pm 180^\circ$$

زوایای  $\alpha_B$  و  $\alpha_C$  و  $\alpha_D$  در روابط فوق همان زاویه به راست در رأس های B و C و D می باشند که در رابطه ژیزمان همواره مثبت در نظر گرفته می شوند.

### مرحله دوم:

در این مرحله  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  کلیه اضلاع پیمایش محاسبه می شود به عبارتی ستون های پنجم و ششم در این مرحله تکمیل می شوند.

برای محاسبه  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  می توان یک رابطه کلی به دست 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:



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

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

اما همانطور که در شکل مشاهده می کنید، HB همان  $\Delta X_{AB}$  و AH همان  $\Delta Y_{AB}$  می باشد. پس می توان 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 :

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

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

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

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

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

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

مرحله سوم:

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

آورد:

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

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

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

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

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

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

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

$$Y_E = Y_D + \Delta Y_{DE}$$

روش حل :

مرحله اول : محاسبه 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)	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	X(m)	Y(m)
A		140°	135.000			100.000	100.000
B	120°	80°	125.000				
C	240°	140°	185.000				
D	100°	60°	150.000				
E							

مرحله دوم : محاسبه  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  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)	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	X(m)	Y(m)
A		140°	135.000	86.776	-103.416	100.000	100.000
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							

## مرحله سوم : محاسبه مختصات نقاط

$$X_B = 100 + 86.776 = 186.776$$

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

$$X_D = 309.877 + 118.916 = 428.803$$

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

$$X_C = 186.776 + 123.101 = 309.887$$

$$Y_C = -3.416 + 21.706 = 18.290$$

$$X_E = 428.803 + 129.904 = 558.707$$

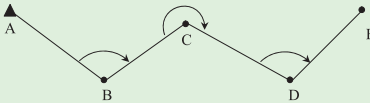
$$Y_E = -123.428 + 75.000 = -48.428$$

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

### بحث و بررسی:

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

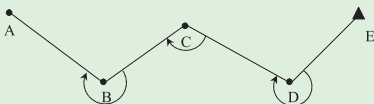
جهت پیمایش و انجام محاسبات



زوایای مشاهده شده در شکل، 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 رابطه ژیزمان، باید با علامت مثبت قرار داده شوند.

جهت پیمایش و انجام محاسبات



زوایای مشاهده شده در شکل، زاویه به راست هستند.

## تمرین‌های کلاسی مثال ۵ - ۱

۱- 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).  $A(15^\circ, 12^\circ)$ ,  $G_{AB} = 120^\circ 25' 50''$

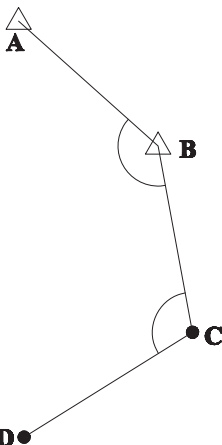
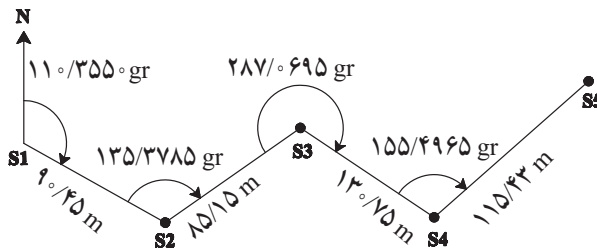
$AB = 235.452 \text{ m}$	$\angle B = 240^\circ 25' 35''$
$BC = 125.800 \text{ m}$	$\angle C = 120^\circ 45' 50''$
$CD = 385.215 \text{ m}$	$\angle D = 200^\circ 25' 26''$
$DE = 150.215 \text{ m}$	

۲- یک عملیات پیمایش باز مطابق شکل زیر انجام گرفته. هرگاه مختصات ایستگاه شروع  $S_1(1500, 1500)$  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).



۳- در پیمایشی که مطابق شکل روبرو صورت گرفته

است، مختصات  $A(1000, 1000)$  و مختصات  $(115^\circ, 95^\circ)$

$B$  می‌باشد. مختصات نقاط  $C$  و  $D$  را به دست آورید.

$$\alpha_1 = 140.2738$$

$$\alpha_2 = 112.3893$$

$$L_{BC} = 179 \text{ m}$$

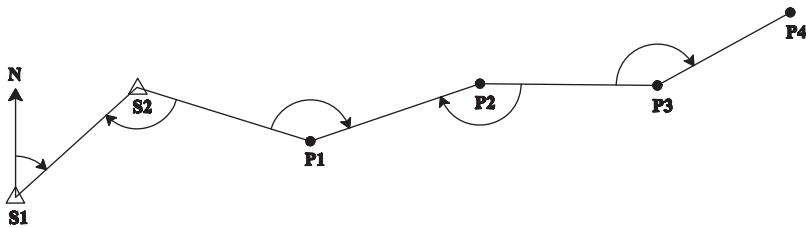
$$L_{CD} = 210 \text{ m}$$

۴- 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.

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

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

$$\angle L_{P_3P_4} = 766.463 \quad L_{S_2P_1} = 1422.98 \quad L_{S_2P_1} = 1021.39 \quad L_{P_2P_3}$$

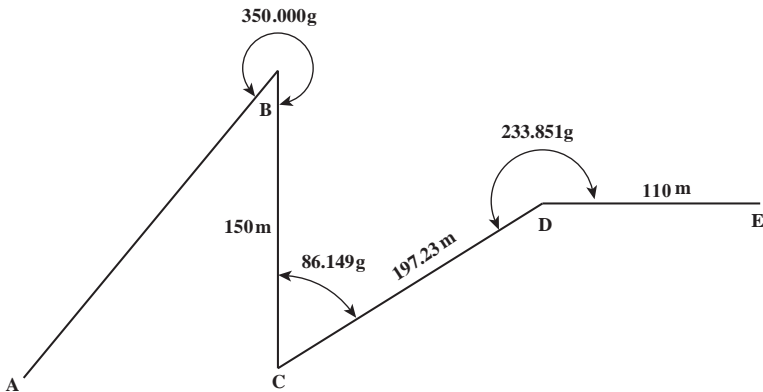


$$= 1443.893$$

۵- در پیمایش باز زیر مختصات نقاط A و B به ترتیب برابر  $(100, 100)$  و  $(250, 250)$  متر می باشد، با توجه به زاویه های مشخص شده در کروکی زیر مختصات سایر نقاط را محاسبه کنید.

$$\hat{B} = 35^\circ, \hat{C} = 66/149g, \hat{D} = 233/851g$$

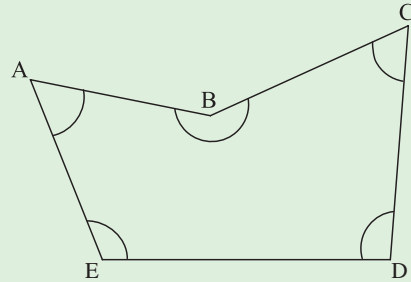
$$L_{BC} = 150m, L_{CD} = 197/23m, L_{DE} = 110m$$



## مثال ۵-۲: پیمایش بسته

مطابق شکل زیر یک عمل پیمایش بسته انجام گرفته است. با فرض اینکه مختصات نقطه A برابر  $(E, D, C, B)$  و  $(X=1000000, Y=908980)$  و  $G_{AB}=106^{\circ}23'45''$  باشد، مختصات نقاط دیگر  $(E, D, C, B)$  را محاسبه کنید. دقت زاویه‌ای دوربین را  $10''$  ثانیه در نظر بگیرید.

طول	زاویه
AB = 690.880	A = $64^{\circ}53'00''$
BC = 616.050	B = $206^{\circ}34'45''$
CD = 677.970	C = $64^{\circ}20'45''$
DE = 970.260	D = $107^{\circ}33'45''$
EA = 783.320	E = $96^{\circ}38'15''$



### راهکار کلی:

الف) مرحله تعدیل و سرشکنی خطای بست زاویه‌ای:

مجموع زوایای یک چند ضلعی در فضای ایده‌آل و بدون خطای ریاضی از رابطه زیر به دست

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 به دست آورد، بنابراین:

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

$\sum \alpha_i$

مجموع زوایای پلیگون

$$(n \pm 2) \times 180^{\circ}$$

مجموع زوایای پلیگون بدون خطا

✓ نکته: از رابطه  $(n+2) \times 18^\circ$  زمانی که زاویه پلیگون، زاویه خارجی است استفاده می‌شود.  
از رابطه  $(n-2) \times 18^\circ$  زمانی که زاویه پلیگون، زاویه داخلی است استفاده می‌شود.

بعد از محاسبه خطای بست زاویه‌ای باید مقدار آن را 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 رابطه زیر بدست می‌آید:

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

$d_\alpha$  دقت زاویه‌ای دوربین

$n$  تعداد اضلاع چند ضلعی

$m$  دفعات قرائت زاویه هر رأس

در صورتی که خطای بست زاویه‌ای قابل قبول باشد باید آن را بین زوایای پلیگون سرشکن کرده و زوایای تعدیل شده را به دست آورد.

برای به دست 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 رابطه زیر به دست می‌آید:

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

$e_\alpha$  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 :

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

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

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

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

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

حالا مقدار تصحیح را با تک تک زوایا جمع می‌کنیم تا زوایای تعدیل شده محاسبه شود. جهت کنترل، بعد از اعمال مقدار تصحیح به زوایا، یک بار دیگر آنها را جمع می‌کنیم. در صورتی که مقدار حاصل جمع زوایای جدید با مقدار واقعی آن برابر بود، این اعداد را به عنوان مقدار درست برای هر زاویه در نظر می‌گیریم.

$$64^\circ 53' 00'' + (-6'') = 64^\circ 52' 54''$$

$$206^\circ 34' 45'' + (-6'') = 206^\circ 34' 39''$$

$$64^\circ 20' 45'' + (-6'') = 64^\circ 20' 39''$$

$$107^\circ 33' 45'' + (-6'') = 107^\circ 33' 39''$$

$$96^\circ 38' 15'' + (-6'') = 96^\circ 38' 09''$$

$$\sum \alpha_i = 540^\circ 00' 00''$$

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 دو شکل ارائه شده صحیح می‌باشند.)

نقاط ایستگاه	زاویهٔ تعدیل شده	زیرمان	طول	$\Delta X$	$C_x$	$\Delta X_c$	$\Delta Y$	$C_y$	$\Delta Y_c$	X	Y
A											
B											
C											
D											
E											

ب) مرحله محاسبه  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  کلیه اضلاع:  
 راهکار کلی:

برای محاسبه  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  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 «نقشه برداری عمومی» آموختید. همانطور که گفته شد، ژیزمان اضلاع را از رابطه زیر می توان محاسبه کرد:

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

به عبارتی می توان نوشت:

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

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

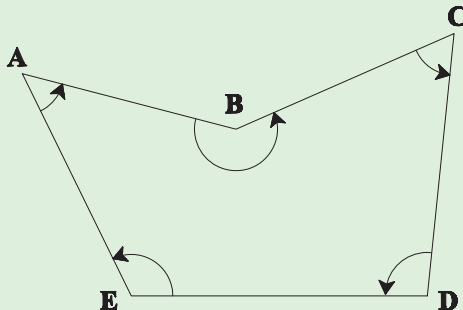
$$G_{DE} = (G_{CD} + \alpha_D) \pm 180^\circ$$

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

نکته ای که باید به آن توجه داشت این است که زاویه رأس  $\alpha$  در این رابطه، زاویه به راست در نظر گرفته شده اند و چنانچه زاویه های پیمایش، زاویه به راست نباشند، در این رابطه منفی می شوند. به عبارتی رابطه بالا به صورت زیر تبدیل می شود:

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

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



پس از محاسبه ژیزمان‌ها، با استفاده از رابطه زیر،  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  اضلاع را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \Delta X_i = L_i \times \sin G_i \\ \Delta Y_i = L_i \times \cos G_i \end{cases}$$

طول ضلع  $i$  ام:  $L_i$

ژیزمان ضلع  $i$  ام:  $G_i$

روش حل:


(ب) مرحله محاسبه  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  کلیه 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 به دست آمد که خود نشان دهنده

درستی محاسبات ژیزمان می‌باشد. در اینجا ستون‌های دوم و سوم جدول پیمایش مطابق شکل زیر

تکمیل می‌شوند:

نقاط ایستگاه	زاویه 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	$\sum a_i = 540^\circ$	

حال با استفاده از طول‌های اضلاع و ژیزمان محاسبه شده برای هر ضلع می‌توان  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  اضلاع را به دست آورد:

$$\begin{cases} \Delta X_{AB} = 690.880 \times \sin 106^\circ 23' 45'' = +662.785 \\ \Delta Y_{AB} = 690.880 \times \cos 106^\circ 23' 45'' = -194.767 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_{BC} = 616.050 \times \sin 79^\circ 49' 06'' = +606.349 \\ \Delta Y_{BC} = 616.050 \times \cos 79^\circ 49' 06'' = -108.899 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_{CD} = 677.970 \times \sin 195^\circ 28' 27'' = -180.885 \\ \Delta Y_{CD} = 677.970 \times \cos 195^\circ 28' 27'' = -653.394 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_{DE} = 971.260 \times \sin 267^\circ 54' 48'' = -970.616 \\ \Delta Y_{DE} = 971.260 \times \cos 267^\circ 54' 48'' = -35.365 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_{EA} = 783.320 \times \sin 351^\circ 16' 39'' = -118.790 \\ \Delta Y_{EA} = 783.320 \times \cos 351^\circ 16' 39'' = +774.260 \end{cases}$$

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

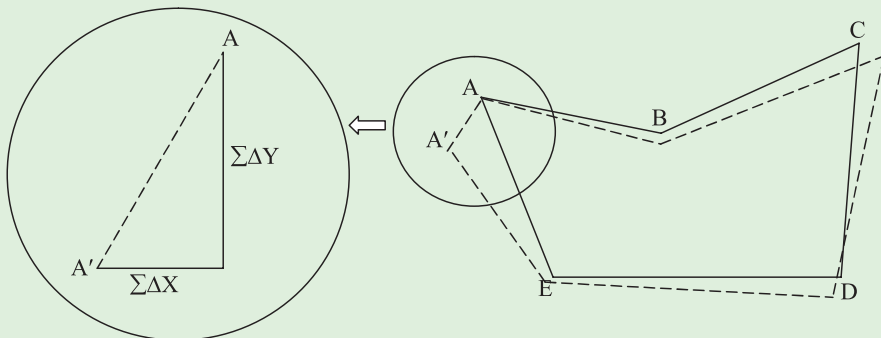
نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	ژیزمان	طول	$\Delta X$	$\Delta Y$
A		$106^\circ 23' 45''$	690.880	662.785	-195.016
B	$206^\circ 34' 39''$	$79^\circ 49' 06''$	616.050	606.349	108.899
C	$64^\circ 20' 39''$	$195^\circ 28' 27''$	677.970	-180.885	-653.394
D	$107^\circ 33' 39''$	$267^\circ 54' 48''$	970.260	-969.617	-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	$\Sigma a_i = 540^\circ$				

### 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 مقداری خطا می‌باشند که در محاسبه  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  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  $\sum \Delta x_i$  و  $\sum \Delta y_i$  مساوی صفر شوند. اما به دلیل آنکه طول‌ها و زوایا دارای مقداری خطا هستند که این خود خطایی در محاسبهٔ  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  ایجاد می‌کند، در نتیجه این شرط برقرار نمی‌شود. بنابراین  $\sum \Delta x_i$  و  $\sum \Delta y_i$  بیانگر مقادیر خطا در جهت محور  $x$  و  $y$  می‌باشند. به عبارتی نشان می‌دهند که نقاط پیمایش چه مقدار در اثر خطای طول و زاویه جابه‌جا شده‌اند. بنابراین خطای بست موضعی در پیمایش بسته پلیگون، از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

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

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 صفحه قبل مشاهده می کنید، به دلیل وجود خطاهای موجود در پیمایش، نقطه  $A$  و  $A'$  بر هم منطبق نمی شوند، به ضلع  $AA'$  ضلع خطا می گویند و طول آنکه از رابطه بالا به دست می آید، همان خطای بست موضعی پیمایش می باشد.

از تقسیم طول ضلع خطا (خطای بست طولی) بر مجموع اضلاع پیمایش، خطای نسبی بست (دقت پیمایش) به دست می آید که خود معیاری است برای ارزیابی دقت کار و مجاز بودن خطای بست. در اکثر کارهای عمرانی خطای نسبی بست طولی  $1/5000$  یا کمتر، خطای قابل قبول تلقی می شود. در صورتی که این مقدار در حد مجاز باشد، می توان آن را سرشکن کرد.

$$e_s = \frac{e_{x,y}}{\sum L_i}$$

روش های مختلفی برای تعدیل خطای بست طولی وجود دارد که در این کتاب یکی از آنها را شرح می دهیم.

این روش که به روش قطب نما (compass) معروف است خطای بست را به نسبت طول اضلاع پیمایش بین اضلاع سرشکن می کند. به عبارتی در این روش، فرض بر آن است که تأثیر خطاهای اندازه گیری زاویه و طول با هم برابرند. امروزه وسایل دقیق اندازه گیری طول به تحقق این فرض کمک کرده است. تعدیل برای هر ضلع در دو جهت  $X$  و  $Y$  اعمال می شود و مقدار آن از رابطه زیر به دست می آید:

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

$\sum L$ : مجموع طول های پیمایش بسته

که با مقادیر  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  جمع شده و مقادیر تعدیل شده آنها به دست می آیند:

$$C_x + \text{تصحیح نشده } \Delta X = \text{تصحیح شده } \Delta X$$

$$C_y + \text{تصحیح نشده } \Delta Y = \text{تصحیح شده } \Delta Y$$

و در پایان  $X$  و  $Y$  را به راحتی می توان از روی این مقادیر به دست آورد.

روش حل :

ج) مرحله تعدیل و سرشکنی خطای بست طولی :

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

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

$$\sum \Delta X = -0.158$$

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

$$\sum \Delta Y = -0.579$$

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

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

همانطور که مشاهده می کنید خطای نسبی (دقت) این پیمایش ۱:۶۲۳۰ است که دقت بالایی

محسوب می شود.

حال مقدار تصحیح  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  را برای هر ضلع پیمایش را به صورت زیر محاسبه می کنیم :

$$\left\{ \begin{array}{l} CX_{AB} = \frac{-690.880}{3738.480} \times -0.158 = 0.029\text{m} \\ CY_{AB} = \frac{-690.880}{3738.480} \times -0.579 = 0.107\text{m} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} CX_{BC} = \frac{-616.050}{3738.480} \times -0.158 = 0.026\text{m} \\ CY_{BC} = \frac{-616.050}{3738.480} \times -0.579 = 0.096\text{m} \end{array} \right.$$

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

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

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

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

نکته: برای کنترل محاسبات اگر  $C_x$  ها و  $C_y$  ها را با هم جمع کنید، باید به ترتیب با مقدار  $\Sigma \Delta X$  و  $\Sigma \Delta Y$  برابر شود. ✓

اکنون مقادیر تصحیح  $C_x$  و  $C_y$  را با مقادیر  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  جمع جبری می کنیم تا ستون های نهم و دهم یعنی  $\Delta X_c$  و  $\Delta Y_c$  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	زیمان $G_i$	طول $L_i$	$\Delta X$	$\Delta Y$	$C_x$	$C_y$	$\Delta X_c$	$\Delta Y_c$
A		$106^\circ 23' 45''$	690.880	662.785	-195.016	0.029	0.107	662.814	-194.909
B	$206^\circ 34' 39''$	$79^\circ 49' 06''$	616.050	606.349	108.899	0.026	0.096	606.375	108.995
C	$64^\circ 20' 39''$	$195^\circ 28' 27''$	677.970	-180.885	-653.394	0.029	0.105	-180.856	-653.289
D	$107^\circ 33' 39''$	$267^\circ 54' 48''$	970.260	-969.617	-35.328	0.041	0.150	-969.576	-35.178
E	$96^\circ 38' 09''$	$351^\circ 16' 39''$	783.320	-118.790	774.260	0.033	0.121	-118.757	774.381
A	$64^\circ 52' 54''$	$106^\circ 23' 45''$							
B									
جمع	$\Sigma a_i = 540^\circ$			$\Sigma = -0.158$	$\Sigma = -0.579$	$\Sigma = +0.158$	$\Sigma = +0.579$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$

**نکته:** برای کنترل محاسبات، چنانچه ستون‌های  $\Delta X_c$  و  $\Delta Y_c$  را جمع ببندید حاصل برابر صفر می‌گردد. 

در پایان با معلوم بودن مختصات نقطه اول (A) و ستون‌های  $\Delta X_c$  و  $\Delta Y_c$ ، مختصات سایر نقاط را محاسبه کرده و ستون‌های یازدهم و دوازدهم جدول را تکمیل می‌کنیم:

$$\begin{cases} X_B = X_A + \Delta X_{C AB} = 100.000 + 662.814 = 762.814 \\ Y_B = Y_A + \Delta Y_{C AB} = -194.909 + 908.980 = 714.071 \\ X_C = X_B + \Delta X_{C BC} = 762.814 + 606.375 = 1369.189 \\ Y_C = Y_B + \Delta Y_{C BC} = 714.071 + 108.995 = 823.066 \\ X_D = X_C + \Delta X_{C CD} = 1369.189 - 180.856 = 1188.333 \\ Y_D = Y_C + \Delta Y_{C CD} = 823.066 - 653.289 = 169.777 \\ X_E = X_D + \Delta X_{C DE} = 1188.333 - 969.576 = 218.757 \\ Y_E = Y_D + \Delta Y_{C DE} = 169.777 - 35.178 = 134.599 \end{cases}$$



## تمرین‌های کلاسی مثال ۵ - ۲

۱- 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 تنودلیتی با مقدار خطای زاویه‌ای اندازه‌گیری شده  $d\alpha = 0^{\circ} 0' 40''$  و ژیزمان امتداد AB برابر  $7^{\circ} 11'$  و مختصات نقطه A برابر  $(500, 500)$  متر باشد، مطلوب است:

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

طول	ژیزمان	زوایای تعدیل شده	ایستگاه
۱۰۷/۸۶	$7^{\circ} 11'$		A
۹۲/۵۱		$100^{\circ} 07' 00''$	B
۱۲۸/۱۷		$87^{\circ} 40' 46''$	C
۱۰۸/۵۵		$80^{\circ} 41' 12''$	D
		$91^{\circ} 31' 2''$	A

۲- یک عملیات پیمایش بسته مطابق شکل زیر انجام شده است. در صورتی که نقطه A به مختصات  $(1000, 1000)$  متر و ژیزمان AB برابر  $45^{\circ}$  درجه باشد، مطلوب است تنظیم جدول پیمایش و محاسبه سایر ایستگاه‌ها.

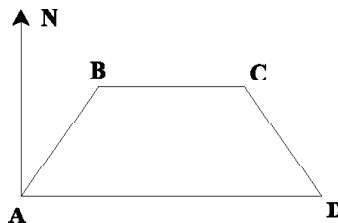
$$\angle A = 45^{\circ} \quad \angle B = 135^{\circ} \quad \angle C = 135^{\circ} \quad \angle D = 45^{\circ}$$

$$AB = 35.36 \text{ m}$$

$$BC = 50 \text{ m}$$

$$CD = 35.36 \text{ m}$$

$$DA = 100 \text{ m}$$





۶- 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°

۷- جدول داده شده، مختصات رئوس پیمایش یک پنج ضلعی بسته می‌باشد. این پلیگون بسته

را با مقیاس  $\frac{1}{۱۰۰۰}$  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

۸- جدول داده شده مختصات رئوس یک پیمایش چهارضلعی بسته را نشان می‌دهد

در صورتی که مبدأ مختصات ( $۹۳۰^\circ$  و  $۹۸۰^\circ$ ) متر باشد پیمایش را با مقیاس  $\frac{1}{۳۰۰۰}$  ترسیم نمایید.

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

۹- زاویه‌های داخلی یک پیمایش هفت ضلعی بسته را با دوربینی با دقت زاویه‌ای ۱۵ ثانیه اندازه‌گیری نموده‌ایم و جمع زاویه‌های اندازه‌گیری شده "۴۲' ۰۰° ۰۰°" به دست آمده است. اگر هر زاویه را ۳ مرتبه اندازه‌گیری نموده باشیم مطلوب است:

(الف) آیا خطای زاویه‌ای پیمایش در حد مجاز می‌باشد؟

(ب) مقدار تصحیح برای هر زاویه را محاسبه کنید.

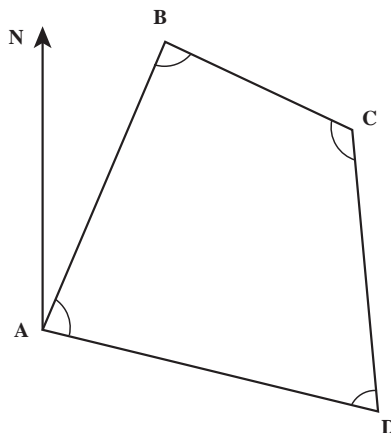
۱۰- مشاهدات یک پیمایش بسته با کروکی زیر به صورت جدول زیر می‌باشد، مطلوب است:

(الف) محاسبه خطای بست موضعی و خطای نسبی پیمایش

(ب) محاسبه مختصات تصحیح شده نقاط

(ج) رسم پلیگون با مقیاس  $\frac{1}{1000}$

نقاط	طول (m)	زاویه‌های تعدیل شده (داخلی)	ژیزمان (درجه)	$\Delta X$	$\Delta Y$	$C_x$	$C_y$	x	y
A	۴۰/۵۹	۸۶° ۵۸'	۳° ۰۰'					۱۰۰m	۱۰۰m
B	۳۱/۹۵	۸۵° ۸'							
C	۴۰	۱۲۳° ۱۲'							
D	۵۰/۹	۶۴° ۴۲'							
A									



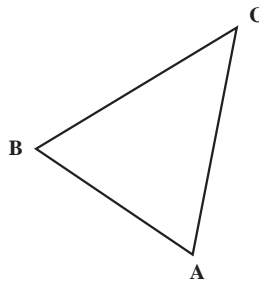
۱۱- زوایای یک سه ضلعی به وسیله زاویه یاب به روش کوپل طبق جدول زیر برداشت شده است مطلوب است :

الف) محاسبه مقدار زوایای سه ضلعی

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

ج) در صورت قابل قبول بودن خطای زاویه ای آنرا سرشکن و زوایای تصحیح شده را محاسبه نمایید.

ایستگاه S	نقاط P	دایره به چپ L	دایره به راست R	میانگین	مقدار زاویه $\alpha$	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 مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :

- ۱- راهکار کلی مربوط به مراحل محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاط به روش تاکنومتری را بیان نماید.
- ۲- محاسبات مربوط به فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاط به روش تاکنومتری را به درستی انجام دهد.
- ۳- بحث و بررسی مربوط به محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاط به روش تاکنومتری را شرح دهد.
- ۴- راهکار کلی مربوط به ترسیم نقشه با استفاده از اطلاعات جدول تاکنومتری را بیان نماید.
- ۵- محاسبات مربوط به ترسیم نقشه با استفاده از اطلاعات جدول تاکنومتری را به درستی انجام دهد.
- ۶- بحث و بررسی مربوط به ترسیم نقشه با استفاده از اطلاعات جدول تاکنومتری را شرح دهد.

## مطالب پیش نیاز

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

- ۱- آشنایی با فصل ششم کتاب «نقشه برداری عمومی»
- ۲- آشنایی با فصل چهاردهم کتاب «کارگاه محاسبه و ترسیم ۱»

- هنگامی که تهیه نقشه از منطقه‌ای با وسعت نسبتاً کم مورد نظر باشد یا امکان عکسبرداری هوایی وجود نداشته باشد، روش‌های نقشه برداری 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 عکس برداری هوایی و به کمک دستگاه‌های فتوگرامتری جزئیات برداشت می‌شود.
- از نظر کلی روش‌های زمینی برداشت عبارتند از: ۱- اندازه‌گیری فقط طول ۲- اندازه‌گیری فقط زاویه ۳- اندازه‌گیری طول و زاویه.
- متداول‌ترین روش برداشت، روش طول و زاویه است.
- در نقشه برداری عوارض به دو دسته کلی تقسیم بندی می‌شوند:
  - ۱- عوارض مسطحاتی (پلانیمتری)
  - ۲- 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 ۵/۰ میلی‌متر در مقیاس نقشه نمی‌باشد.
- خطای برداشت نقاط بطور متوسط باید در حد ۲/۰ میلی‌متر در مقیاس نقشه باشد و این خطا نباید از ۵/۰ میلی‌متر در مقیاس نقشه بیشتر شود.
- مراحل کلی برداشت عوارض عبارتند از:
  - ۱- شناسایی منطقه ۲- طراحی نقاط ایستگاهی ۳- ساختمان نقاط بنج مارک BM ۴- تعیین موقعیت ایستگاه‌ها ۵- تهیه کروکی و گویاسازی ۶- برداشت جزئیات عوارض ۷- ترسیم اولیه و شناسایی مشکلات برداشت ۸- کنترل و تکمیل زمینی
- روش‌های برداشت عوارض عبارتند از:
  - روش‌های ساده برداشت (مساحی)، تاکنومتری (اندازه‌گیری سریع بوسیله زاویه‌یاب‌ها)،

برداشت اتوماتیک به وسیله سیستم های پیشرفته تر از قبیل توتال استیشن، GPS و لیزر اسکنر زمینی و روش های ترکیبی

● روشی که در آن به طور همزمان، موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی نقاط برداشت می شود، تاکنومتری نامیده می شود.

● مراحل برداشت جزئیات به روش تاکنومتری عبارتند از:

الف) استقرار دستگاه بر روی نقطه 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 اندازه گیری های لازم برای برداشت نقاط.

● در روش تاکنومتری فاصله افقی و اختلاف ارتفاع از روابط زیر محاسبه می شوند:

$$D_h = 100 \cdot S \cdot (\cos \alpha)^2$$

$$\Delta h = 100 \cdot S \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + h_i - T \quad (\Delta h = D_h \cdot \tan \alpha + h_i - T)$$

● توتال استیشن از یک تئودولیت الکترونیکی و یک دستگاه اندازه گیری فاصله (EDM) به صورت یکپارچه ساخته شده به طوری که قسمت اپتیکی (تلسکوپ) و فاصله یاب آن هم محور می باشند.

● مهمترین مزیت توتال استیشن نسبت به زاویه یاب ها این است که این دستگاه قادر به اندازه گیری فاصله و همچنین محاسبه و ذخیره اتوماتیک مختصات نقاط برداشتی می باشد و با اتصال به کامپیوتر به راحتی می توان اطلاعات ذخیره شده را به کامپیوتر منتقل کرد.

● مراحل برداشت با توتال استیشن عبارت است از:

۱- استقرار دستگاه

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

۳- برداشت جزئیات

● یکی از متداول ترین کاربردهای GPS تعیین موقعیت ایستگاه های نقشه برداری است که به آن حالت استاتیک گویند.

● در کاربردهای ناوبری، اندازه گیری به صورت پویا یا کینماتیک انجام می شود. در این

حالت آتن GPS روی متحرک نصب شده و در حین حرکت و به صورت آنی تعیین موقعیت لحظه‌ای می‌نماید.

● در اندازه‌گیری مختصات ایستگاهی یا برداشت جزئیات با GPS برای دستیابی به دقت‌های موردنیاز در نقشه برداری، مشاهدات GPS باید به‌طور همزمان با مشاهدات یک ایستگاه ثابت معلوم دیگر در منطقه در شعاع چند کیلومتری به انجام برسد.

● در نقشه برداری نیاز به دو گیرنده GPS داریم، یکی به عنوان گیرنده ثابت روی نقطه 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 مترکم 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 ۶-۱: برداشت به روش تاکنومتری

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

برگ قرائت تاکنومتری									
نام ایستگاه: S <sub>1</sub> (۱۰۰۰، ۱۰۰۰، ۱۰۰)									
نوع و شماره تئودولیت: T-۱۶ و یلد									
ارتفاع دستگاه: ۱۶۰ cm تاریخ: عامل: نویسنده:									
نقاط	تارهای استادیومتری			زاویه افقی	زاویه قائم	فاصله افقی	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	کروکی زاویه قائم در حالت زینتی قرائت شده است.
	تار بالا	تار وسط	تار پایین						
۱	۱۴۲۵	۱۱۲۰	۸۱۵	۳۹/۴۷	۹۸/۹۶				
۲	۲۶۱۲	۲۵۱۸	۲۴۲۴	۶۹/۱۱	۹۸/۲۵				
۳	۳۴۱۸	۳۲۵۶	۳۰۹۵	۰/۷۷	۹۹/۳۶				
۴	۱۸۲۹	۱۸۲۸	۱۸۲۷	۳۲۰/۸۴	۱۰۰/۰۶				
۵	۱۴۸۶	۱۲۲۱	۰۹۵۶	۳۰۶/۰۹	۱۰۰/۱۰				
۶	۱۷۹۲	۱۴۲۸	۱۰۶۴	۳۰۶/۴۳	۹۹/۹۶				
۷	۲۸۵۰	۱۵۶۸	۰۲۸۶	۳۰۵/۲۲	۹۹/۷۶				
۸	۱۶۵۴	۱۴۱۴	۱۱۷۴	۲۹۷/۴۸	۱۰۰/۱۹				
۹	۲۸۸۰	۲۶۸۰	۲۴۸۰	۳۰۵/۸۳	۹۹/۹۲				
۱۰	۲۵۴۰	۲۱۳۷	۱۷۳۴	۲۹۴/۵۵	۱۰۰/۱۱				

### راهکار کلی:

برای محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع از دو رابطه زیر استفاده می‌شود:

اختلاف تارهای بالا و پایین S:

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

زاویه شیب  $\alpha$ :

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

ارتفاع دستگاه:  $h_i$

عدد تار وسط: T

البته همانطور که در توضیحات جدول صفحه قبل مشاهده می‌کنید، هنگام قرائت زاویه قائم، دوربین در حالت زاویه زینتی (سمت الرأسی) می‌باشد. اما در روابط بالا  $\alpha$  زاویه شیب است. برای حل دو راهکار وجود دارد:

۱- زاویه شیب همه نقاط جدول فوق را از رابطه  $Z - \alpha = 90^\circ$  به دست آورده و در روابط فوق جایگذاری کنید.


۲- همانطور که می‌دانید زاویه شیب و زینتی متمم هستند ( $Z + \alpha = 90^\circ$ ). بنابراین داریم:

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

به عبارتی در حالتی که در جدول تاکنومتری به جای زاویه شیب ( $\alpha$ ) زاویه زینتی ( $Z$ ) قرائت شده باشد، می‌توان با یک تغییر جزئی در روابط فوق به راحتی فاصله افقی و اختلاف ارتفاع را محاسبه کرد. یعنی در این حالت داریم:

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

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

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

$$H_i = H_s + \Delta h_i$$

روش حل:

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

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

...

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

$$\Delta h_1 = 100 \cdot (1425 - 815) \cdot (\sin 98.96) \cdot (\cos 98.96) + 1600 - 1120 = 1.476 \text{m}$$

$$\Delta h_2 = 100 \cdot (2612 - 2424) \cdot (\sin 98.25) \cdot (\cos 98.25) + 1600 - 2518 = -0.401 \text{m}$$

...

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

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

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

...

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

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

✓ بحث و بررسی :

هنگام محاسبات جدول تاکتومتري به نکات زیر توجه کنید :

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

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

✓ نکته : البته اگر اعداد قرائت شده روی شاخص را به متر تبدیل کرده و در فرمول تاکتومتري قرار دهید، محاسبات مستقیماً بر حسب متر به دست می آید.

## تمرین‌های کلاسی مثال ۶-۱

۱- در جدول زیر داده‌های برداشت قسمتی از زمین به روش تاکنومتری آورده شده است. محاسبات لازم برای محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع نقاط را انجام داده و جدول را کامل کنید.

برگ قرائت تاکنومتری			
نام ایستگاه: $O_1(1000, 1000, 1720)$		نوع و شماره تئودولیت: T-۱۶ و یلد	
ارتفاع دستگاه: ۱۵۲ cm		تاریخ: عامل: نویسنده:	

نقاط	تارهای استادیومتری			زاویه افقی	زاویه قائم	Dh	$\Delta h$	H	کروکی
	تار بالا	تار وسط	تار پایین						
۱	۱۳۱۸	۱۵۲۰	۱۷۲۰	$52^{\circ}10'$	$0^{\circ}27'$				زاویه قائم در حالت شیب قرائت شده است. مختصات نقطه توجیه: $O_1(1045/50, 1047/00)$
۲	۱۲۷۵	۱۵۲۰	۱۷۶۳	$17^{\circ}10'$	$0^{\circ}20'$				
۳	۱۲۳۲	۱۵۲۰	۱۸۰۵	$22^{\circ}55'$	$0^{\circ}18'$				
۴	۱۲۶۷	۱۵۲۰	۱۷۷۳	$43^{\circ}05'$	$0^{\circ}21'$				
۵	۱۱۶۸	۱۵۲۰	۱۸۷۲	$45^{\circ}39'$	$0^{\circ}14'$				
۶	۱۱۴۴	۱۵۲۰	۱۸۹۶	$30^{\circ}22'$	$0^{\circ}13'$				
۷	۱۰۹۷	۱۵۲۰	۱۹۴۴	$32^{\circ}53'$	$0^{\circ}12'$				
۸	۱۱۲۰	۱۵۲۰	۱۹۲۰	$52^{\circ}10'$	$0^{\circ}11'$				



۲- از ایستگاه S<sub>۱</sub> به ارتفاع ۱۰۵/۵۷۶ متر جدول تاکتومتری زیر برداشت شده است.  
در صورتی که ارتفاع دستگاه تعدلیت ۱/۶۵ متر باشد مطلوب است تکمیل جدول.

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

۳- در یک عملیات تاکتومتری داده‌های برداشتی تعدادی از نقاط به صورت جدول زیر داده شده است. محاسبات لازم را جهت به دست آوردن فاصله افقی و اختلاف ارتفاع انجام دهید. (ارتفاع دستگاه ۱/۵۶ متر می‌باشد و نوشتن فرمول‌های مورد نیاز الزامی است.)

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

## مثال ۶-۲: ترسیم نقشه با استفاده از اطلاعات جدول تاکنومتری

فاصله و زاویه افقی گوشه که به روش تاکنومتری برداشت شده‌اند در جدول زیر آمده است. نقشه مسطحاتی آن را در مقیاس ۱:۵۰۰ ترسیم نمایید.

نقاط	زاویه افقی	فاصله افقی	کروکی و توضیحات
۱	۵۲°۱۰'	۴۰/۱۹۸	ایستگاه استقرار: $O_1(۱۰۰۰/۱۰۰۰)$
۲	۱۷°۱۰'	۴۸/۷۹۸	
۳	۲۲°۵۵'	۵۷/۲۹۸	ایستگاه توجیه: $O_2(۱۰۴۵/۵۰۰/۱۰۴۷/۰۰)$
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 تاکنومتری، 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: نقاله طلقی ۳۶° درجه‌ای و خط‌کش یا اشل، مداد اتود و پاک‌کن.

● برای ترسیم مراحل زیر را انجام دهید:

۱- ابتدا برگه نیمه شفاف را که نقاط پیمایش قبلاً روی آن ترسیم شده است، به وسیله چسب کاغذی روی میز ترسیم می‌چسبانیم. سپس نقاله طلقی را با توجه به اطلاعات بالای جدول تاکنومتری (شامل نام ایستگاه و نام نقطه صفرصفر) در زیر کاغذ نقشه طوری قرار می‌دهیم که مرکز نقاله روی نقطه استقرار دوربین و صفر نقاله، روی نقطه‌ای که دوربین به آن صفرصفر شده، قرار گیرد.

۲- با توجه به اطلاعات جدول تاکتومتری در ستون‌های فاصله افقی و زاویه افقی، ابتدا صفر خط‌کش یا اشل را روی مرکز نقاله یعنی ایستگاه استقرار قرار دهید، به طوری که امتداد خط‌کش روی زاویه افقی قرائت شده برای نقطه اول قرار گیرد، در این حالت فاصله افقی را که به مقیاس نقشه تبدیل نموده‌اید، در امتداد خط‌کش علامت بزنید. با این کار موقعیت نقطه 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.

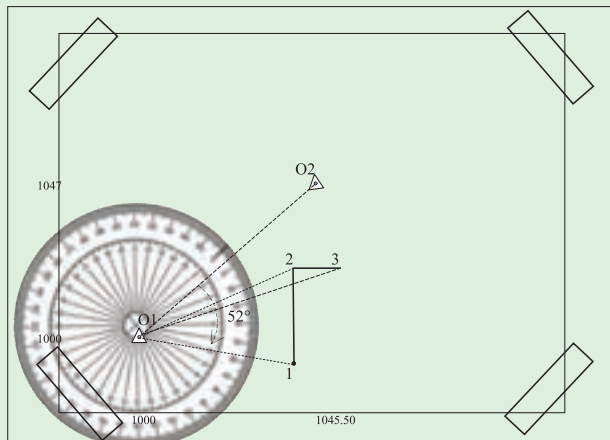
به طور مثال برای نقطه شماره ۱ داریم:

$D_h = 40.198 \text{ m}$  فاصله افقی روی زمین

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

$d = 8 \text{ cm}$  فاصله روی نقشه

$$\alpha = 52^\circ 10'$$



### ✓ بحث و بررسی:

- دقت نقاله‌های ترسیم معمولاً نیم درجه ( $30'$ ) است، بنابراین هنگام ترسیم دستی، زوایا را به درجه گرد می‌کنند. مثلاً در اینجا زاویه  $52^\circ 10'$  را هنگام ترسیم  $52^\circ$  در نظر 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 همه 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 ۶-۲

۱- فاصله افقی و زاویه افقی تعدادی نقطه که به روش تاکنومتری برداشت شده، در جدول زیر آمده است. با توجه به کروکی زیر نقشه مسطحانی آن را در مقیاس ۱:۱۰۰۰ ترسیم نمایید.

نقاط	زاویه افقی	فاصله افقی	کروکی و توضیحات
۱	۱۵°	۳۸/۰۰	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>ایستگاه استقرار:</p> <p><math>A_1(1000, 1000)</math></p> <p>ایستگاه توجیه:</p> <p><math>B_1(950, 1080)</math></p> </div> </div>
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	

۲- در شکل زیر نتودلیت بر روی  $S_1$  به ارتفاع ۱۰۰ متر مستقر شده و به ایستگاه  $S_2$  صرف نظر شده است. با توجه به جدول تاکنومتری زیر:

الف) جدول را کامل کنید.

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

برگ قرائت تاکنومتری										
ایستگاه $S_1 \leftarrow$ صرف نظر به $S_2$ $HS_1 = 100$ $h_i = 160 \text{ cm}$ متر $L_{S1S2} = 50$										
نقاط	تارهای استادیومتری			زاویه افقی	زاویه قائم	D	$\Delta h$	H	کروکی	
	تار بالا	تار وسط	تار پایین							
A	۲۱۰۰	۲۰۲۵	۱۹۵۰	۸۰°	۲°۱۰'۲۰"					
B	۱۸۵۰	۱۶۰۰	۱۳۵۰	۷۵°	-۴°۳'۵۷"					
C	۳۱۲۰	۲۹۴۰	۲۷۶۰	۳۸°	۱۰°۱۴'۳۲"					

۳- در یک عملیات برداشت به روش تاکنومتری جهت محاسبه حجم عملیات خاکی از ایستگاه A به B به فاصله افقی ۱۰۰ متر صرفصفر شده و اطلاعات نقاط شبکه در جدول ذیل تنظیم شده‌اند. مطلوب است:

الف) ترسیم نقاط با مقیاس ۱/۱۰۰۰ و درج ارتفاع آنها.  
 ب) محاسبه حجم عملیات خاکی با توجه به این که سطح پروژه ۱۰۰ متر باشد.

نقاط	زاویه افقی	فاصله 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	

۴- در یک عملیات برداشت به روش تاکنومتری جهت تهیه نقشه توپوگرافی از ایستگاه S<sub>۱</sub> به ایستگاه S<sub>۲</sub> به فاصله افقی ۶۵ متر صرفصفر 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	زاویه افقی	فاصله 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	

۵- عملیات برداشت به روش تاکتومتری 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 تاکتومتری داده شده

(ب) محاسبه فاصله A تا B

نقاط P	تارهای استادیومتری			زاویه افقی HZ	زاویه قائم V	فاصله افقی $D_H$	اختلاف ارتفاع $\Delta h$	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



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

- ۱- راهکار کلی محاسبات مربوط به پیاده کردن نقاط یک طرح را به روش طول و زاویه شرح دهد.
- ۲- محاسبات مربوط به پیاده کردن نقاط به روش طول و زاویه را به درستی انجام دهد.
- ۳- بحث و بررسی مربوط به محاسبات پیاده کردن نقاط طرح به روش قطبی را بیان کند.
- ۴- راهکار کلی محاسبات مربوط به پیاده کردن نقاط یک طرح را به روش تقاطع شرح دهد.
- ۵- محاسبات مربوط به پیاده کردن نقاط به روش تقاطع را به درستی انجام دهد.
- ۶- بحث و بررسی مربوط به محاسبات پیاده کردن نقاط طرح را به روش تقاطع بیان کند.

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

- ۱- آشنایی با فصل هفتم کتاب «نقشه برداری عمومی»
- ۲- آشنایی با فصل هشتم کتاب «مساحی»

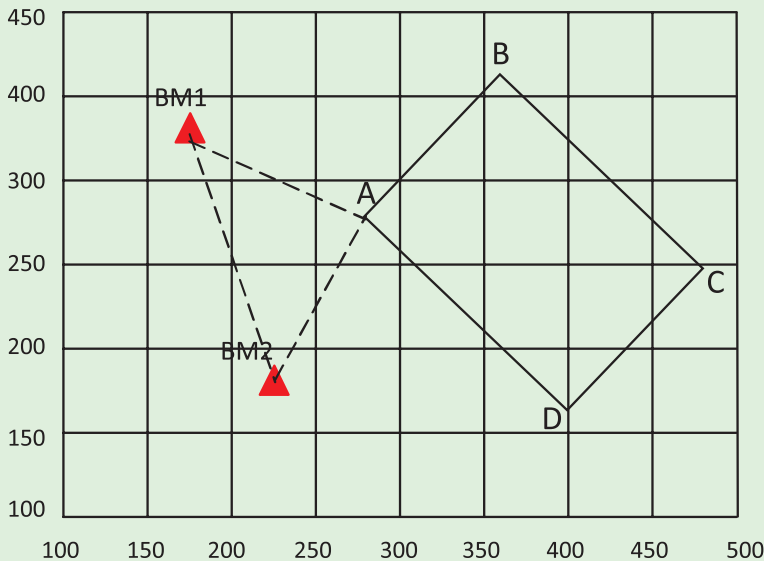


- به طور کلی می‌توان موضوع پیاده‌سازی یک طرح را از دو دیدگاه بررسی نمود:
  - الف) پیاده کردن مسطحاتی و ارتفاعی طرح‌ها
  - ب) روش‌های پیاده کردن طرح‌ها (مختصاتی، شبکه‌بندی، مشاهداتی)
- برای تعیین محل پروژه‌های عمرانی و طرح‌ها از نظر مسطحاتی با حداقل یک امتداد مبنا (دو نقطه کنترل) در منطقه کار شروع می‌شود.
- به طور کلی روش‌های پیاده کردن طرح‌ها به سه صورت مختصاتی، شبکه‌بندی و مشاهداتی می‌باشد.
- نوعی از توتال استیشن‌ها 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 توتال استیشن‌ها، 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 توتال استیشن‌ها، از فن آوری Puls laser استفاده شده است.

### مثال ۷-۱: محاسبات طول و زاویه از روی مختصات نقاط

مطابق شکل زیر نقطه 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 نقطه A به روش قطبی و دو قطبی (تقاطع) با استفاده از زاویه یاب و متر را انجام داده و طول‌ها و زوایای مورد نیاز برای پیاده کردن این نقطه از ایستگاه‌های موجود را محاسبه کنید.

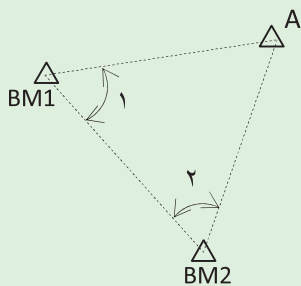
$$BM_2(۲۲۰ و ۱۷۵) - BM_1(۱۶۰ و ۳۳۵) - A(۲۷۰ و ۲۷۵)$$



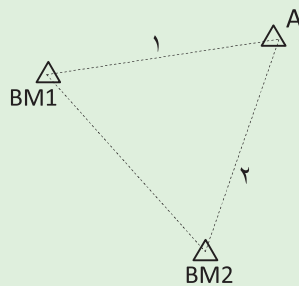
#### راهکار کلی:

در محاسبات پیمایش با داشتن یک امتداد معلوم و همچنین اندازه‌گیری طول و زوایای افقی بین نقاط می‌توان مختصات آنها را به دست آورد.

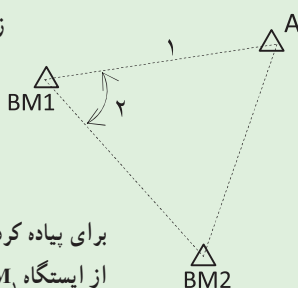
اما در پیاده کردن مختصات نقاط موضوع کاملاً برعکس است. یعنی مختصات نقاط طرح مورد نظر، در یک سیستم مختصات تعریف شده، معلوم است و باید طول‌ها و زوایای بین نقاط کنترل و نقاط طرح را محاسبه کرد.



برای پیاده کردن نقطه A به روش تقاطع دو زاویه، باید زوایای ۱ و ۲ محاسبه شوند.



برای پیاده کردن نقطه A به روش تقاطع دو طول، باید طول‌های ۱ و ۲ محاسبه شوند.



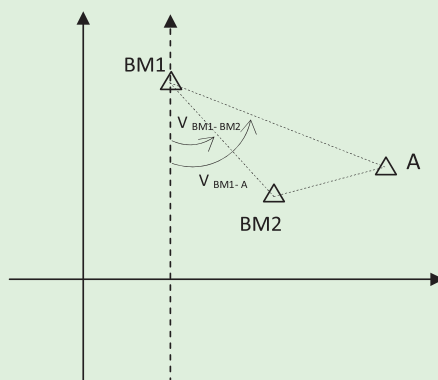
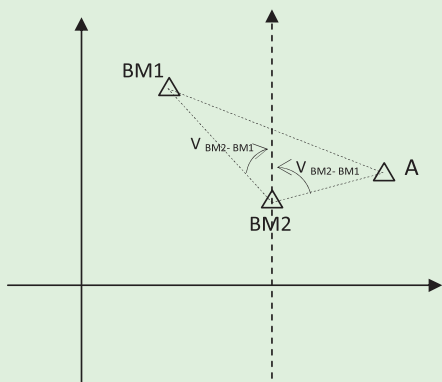
برای پیاده کردن نقطه A به روش قطبی (طول و زاویه) از ایستگاه BM<sub>۱</sub> باید طول ۱ و زاویه ۲ محاسبه شوند.

مطابق شکل بالا، زاویه رأس BM<sub>۱</sub> و BM<sub>۲</sub> از رابطه زیر به سادگی قابل محاسبه اند:

$$\angle BM_1 = V_{BM_1, A} - V_{BM_1, BM_2}$$

$$\angle BM_2 = V_{BM_2, BM_1} - V_{BM_2, A}$$

زاویه حامل امتداد: V



زویا را می‌توان با استفاده از زاویه حامل امتدادها به دست آورد.

برای محاسبه طول‌ها هم می‌توان از رابطه 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 :

$$V_{BM_1,A} = \tan^{-1} \left| \frac{(270-160)}{(272-335)} \right| = 68.2106\text{grad}$$

$$V_{BM_1,BM_2} = \tan^{-1} \left| \frac{(220-160)}{(175-335)} \right| = 22.8400\text{grad}$$

$$\angle BM_1 = V_{BM_1,A} - V_{BM_1,BM_2} = 68.2106 - 22.8400 = 45.3706 \text{ grad}$$

$$V_{BM_2,BM_1} = V_{BM_1,BM_2} = 22.8400\text{grad} \quad \text{چرا؟}$$

$$V_{BM_2,A} = \tan^{-1} \left| \frac{(270-220)}{(275-175)} \right| = 29.5167\text{grad}$$

$$\angle BM_2 = V_{BM_2,BM_1} - V_{BM_2,A} = 22.8400 + 29.5167 = 52.3567 \text{ grad}$$

$$L_{BM_1,A} = \sqrt{(160-270)^2 + (335-275)^2} = 135.300\text{m}$$

## ✓ 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 مورد نظر را به همراه نام ایستگاه استقرار و همچنین ایستگاه صفر صفر یادداشت نمایید.

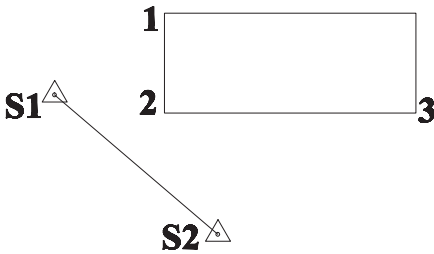
جدول اطلاعات پیاده‌سازی نقاط طرح					
نقاط طرح	ایستگاه استقرار	نقطه صفر صفر	طول افقی (m)	زاویه افقی که به زاویه یاب بسته می‌شود	کروکی و ملاحظات
A	BM <sub>۱</sub>	BM <sub>۲</sub>	۱۳۵/۳۰۰	۴۰۰ - ۴۳/۳۷۰۶	
A	BM <sub>۲</sub>	BM <sub>۱</sub>	۱۱۱/۸۰۳	۵۲/۳۵۶۷	

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 دور بین ببینید. همانطور که در جدول بالا مشاهده می‌کنید زاویهٔ رأس BM<sub>۱</sub> یک زاویه پادساعت‌گرد است. به عبارتی زمانی که می‌خواهید این زاویه را به دور بین ببینید باید زاویه (BM<sub>۲</sub> - ۴۰۰) را به دور بین ببینید. در جدول باید مقدار این زاویه را قرار دهید در غیر این صورت نقطهٔ A در محل صحیح خود بر روی زمین پیاده نخواهد شد.

## تمرین‌های کلاسی مثال ۲ - ۱

۱- سه گوشه از یک ساختمان مستطیل شکل با استفاده از دو ایستگاه مختصات دار  $S_1$  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 زاویه یاب 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)

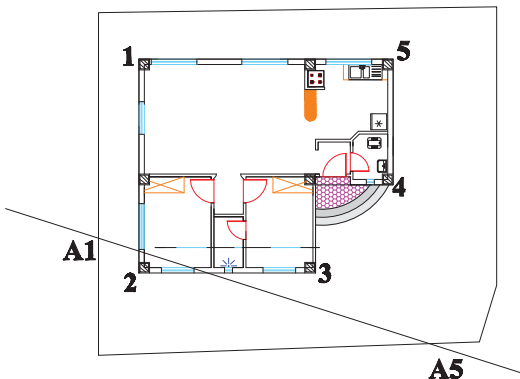
$S_2$  (647.53 , 1174.30)

1 (641.32 , 1200.05)

2 (641.32 , 1188.42)

3 (670.59 , 1188.42)

۲- 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 شده است. محاسبات لازم برای پیاده کردن گوشه‌های این ساختمان به روش قطبی و دو قطبی (تقاطع) با استفاده از زاویه یاب 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 , 1116.74)

$A_5$  (1125.96 , 1110.55)

1 (1111.53 , 1122.33)

2 (1111.53 , 1114.33)

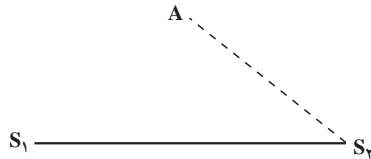
3 (1118.13 , 1114.33)

4 (1121.03 , 1117.63)

5 (1121.03 , 1122.33)

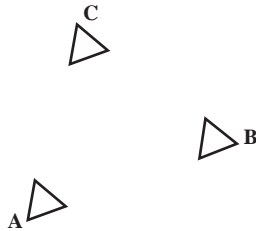
۳- با توجه به کروکی زیر و مختصات نقاط  $S_1$  و  $S_2$  و  $A$  محاسبات لازم جهت پیاده کردن نقطه  $A$  به روش قطبی را انجام دهید. (واحد مختصات نقاط بر حسب متر می باشد)

$$S_1(100, 155) \quad S_2(200, 150) \quad A(100, 200)$$



۴- جهت پیاده کردن نقطه  $C$  از دو نقطه معلوم  $A$  و  $B$  مختصات زیر در دسترس می باشد، محاسبات لازم را جهت پیاده کردن نقطه  $C$  به روش قطبی از نقطه  $A$  انجام داده و این نقاط را با مقیاس  $\frac{1}{500}$  ترسیم نمایید.

$$A(100, 100), B(150, 110), C(125, 125)$$



## منابع مورد استفاده

- ۱- کتاب نقشه برداری (ذوالفقاری)
- ۲- کتاب نقشه برداری مهندسی (دیانت خواه)
- ۳- کتاب نقشه برداری (نوبخت)
- ۴- کتاب نقشه برداری مهندسی (ابن جلال)
- ۵- کتاب نقشه برداری کارگاهی (امامی - رستمی)
- ۶- روش های نوین نقشه برداری (ابن جلال)
- ۷- ژئودزی و کارتوگرافی ریاضی (امامی)
- ۸- دستگاه های پیشرفته نقشه برداری (جزیریان)
- ۹- کتاب مساحی سال دوم هنرستان رشته نقشه برداری (متینی - سیدحسینی - داورپناه)
- ۱۰- کتاب عملیات مساحی سال دوم هنرستان رشته نقشه برداری (متینی - سیدحسینی - داورپناه)
- ۱۱- کتاب نقشه برداری ساختمان سال دوم هنرستان رشته ساختمان (مقرب نیا)
- ۱۲- کتاب کارگاه محاسبه و ترسیم (۲) سال سوم هنرستان رشته نقشه برداری (سلیم آبادی)
- ۱۳- دستورالعمل های همسان نقشه برداری جلد اول (سازمان نقشه برداری)
- ۱۴- سؤالات امتحانات نهایی هنرستان فنی و حرفه ای رشته نقشه برداری (۱۳۸۱ - ۱۳۹۰)

