پودمان ۲

تعیین موقعیت

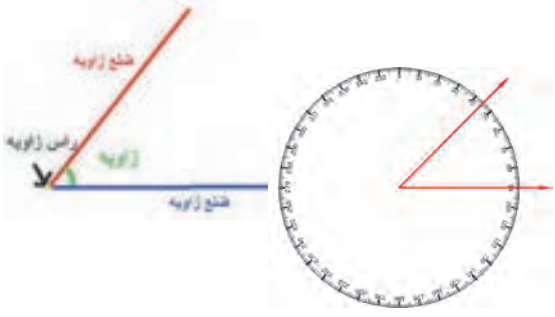
مقدمه

زاویه در نقشه‌برداری زمینی پرسابقه‌ترین مشاهده برای تعیین موقعیت نقاط بوده و تاکنون تلاش‌های گسترده‌ای برای اندازه‌گیری دقیق آن صورت گرفته است. امروزه دوربین زاویه‌یاب یا همان تئودلیت ابزار متداول و دقیق اندازه‌گیری زاویه است. اندازه‌گیری زاویه با دوربین زاویه‌یاب را در اصطلاح زاویه‌خوانی (زاویه‌یابی) می‌گویند. در نقشه‌برداری و علوم وابسته به آن زاویه توسط زاویه‌یاب در دو صفحه افقی و قائم برای تعیین موقعیت نقاط با دقت بالایی اندازه‌گیری می‌شود. در این فصل علاوه بر معرفی واحدهای اندازه‌گیری زاویه در نقشه‌برداری با ساختار دوربین زاویه‌یاب، اصول اندازه‌گیری زاویه افقی و قائم و همچنین اندازه‌گیری فاصله، اختلاف ارتفاع و تعیین مختصات نقاط به روش پیمایش با روش افزایش دقت اندازه‌گیری زاویه یاد می‌گیرید.

استاندارد عملکرد

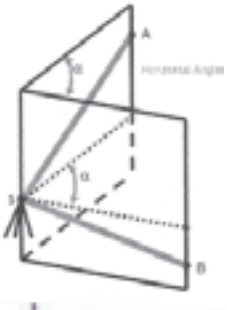
انجام عملیات زاویه‌یابی، فاصله‌یابی و تعیین مختصات با استفاده از دوربین زاویه‌یاب، دوربین توتال‌استیشن، سه‌پایه دوربین، شاخص (میر)، منشور، ژالن، ترازنبشی و متر مطابق دستورالعمل شمارهٔ ۱۱۹ سازمان نقشه‌برداری کشور

زاویه

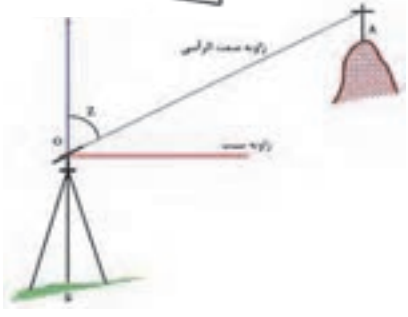


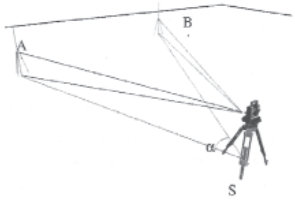
یکی از مهم‌ترین کمیت‌هایی که در نقشه‌برداری اندازه‌گیری می‌شود، زاویه بین دو امتداد می‌باشد و عموماً توسط زاویه‌یاب اندازه‌گیری می‌شود.

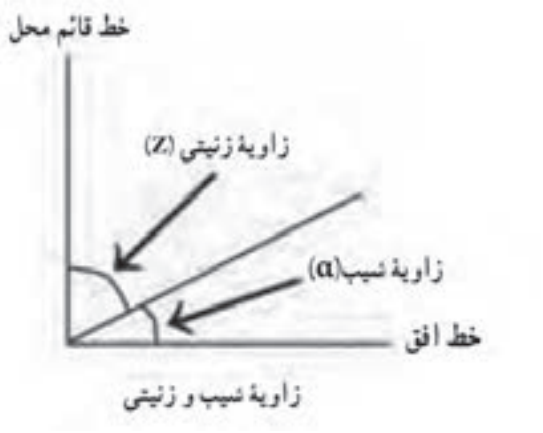
زاویه بین دوضلع ناحیه‌ای بین دو ضلع در یک صفحه می‌باشد به‌طوری‌که دو ضلع دارای یک نقطه مشترک به نام رأس یا گوشه می‌باشند.



در نقشه‌برداری از دو زاویه افقی و قائم استفاده می‌گردد. زاویهٔ افقی عبارت است از زاویه‌ای که از تصویر افقی دو امتداد در صفحه افقی حاصل می‌شود و زاویهٔ قائم عبارت است از زاویه‌ای که پس از تصویر یک امتداد در صفحه قائم با امتدادقائم محل حاصل می شود.







زاویهٔ قائم به دو صورت شیب و زنیتی (سمت الرأسی) قابل تعریف می‌باشد. زاویهٔ زنیتی زاویه‌ای است بین یک امتداد و امتداد قائم بر محل (سمت الرأس) و با حرف Z نمایش داده می‌شود.
زاویهٔ شیب، متمم زاویهٔ زنیتی بوده و به عبارتی کوچک‌ترین زاویه یک امتداد با صفحهٔ افق می‌باشد که با α نمایش داده می‌شود.
به عبارتی با اندازه‌گیری هریک از زاویه‌های شیب و زنیتی، می‌توان زاویه دیگر را محاسبه یا کنترل کرد.

$\alpha + Z =$ ۹۰ درجه (۱۰۰ گراد)

مثال ۱

زاویهٔ شیب امتداد AB ، ۱۰ درجه و زاویهٔ زنیتی امتداد CD، ۹۶ درجه اندازه‌گیری شده است. اندازهٔ زاویه زنیتی و شیب امتداد AB و CD را محاسبه کنید؟

حل:

الف) با توجه به اینکه زاویهٔ شیب و زنیتی متمم یکدیگر هستند و مجموع آنها برابر ۹۰ درجه می‌باشد، بنابراین:

$$Z_{AB} = ۹۰^\circ - \alpha_{AB} = ۹۰^\circ - ۱۰^\circ = ۸۰^\circ$$

ب) همچنین به موارد گفته شده در قسمت الف زاویه شیب امتداد CD برابر است با

$$\alpha_{CD} = ۹۰^\circ - Z_{CD} = ۹۰^\circ - ۹۶^\circ = -۶^\circ$$

نکته

زاویهٔ زنیتی نسبت به امتداد قائم سمت الرأسی تعریف می‌شود و مقدار آن بین ۰ تا ۱۸۰ درجه می‌باشد درحالی‌که زاویهٔ شیب نسبت به صفحه افق تعریف می‌شود و مقدار آن بین ۹۰- تا ۹۰+ درجه می‌باشد. علامت منفی زاویه شیب نشان‌دهنده سرازیری است که معمولاً در عمل به‌جای استفاده علامت منفی از عبارت سرازیری استفاده می‌شود.

فعالیت کلاسی ۱

جدول زیر را کامل کنید.

زاویه شیب	زاویه زنیتی
۱۰ درجه	
	۱۲۰ درجه
۸۰- درجه	
	۸۰ درجه

واحدهای زاویه و اجزای آن

واحدهـای متـداول و پرکاربـرد در نقشـه‌برداری عبارت‌انـد از: درجـه و گـراد کـه بطـور خلاصـه شـرح داده می‌شـود:

الـف) درجـه: هـرگاه محیط دایره به ۳۶۰ قسـمت مسـاوی تقسـیم شـود زاویهٔ مرکـزی مقابل به هـر جزء آن را یـک درجـه می‌گوینـد. چنانچـه هـر درجـه را به ۶۰ قسـمت مسـاوی تقسـیم کنیم زاویـهٔ مرکـزی مقابل به هـر جـزء را یـک دقیقـه می‌گوینـد و بـه همیـن ترتیـب اگر هـر دقیقه را به ۶۰ قسـمت مسـاوی تقسـیم کنیم زاویـهٔ مرکـزی مقابـل به هـر جزء را یـک ثانیـه می‌گویند.

بـه عبارتـی هـر درجـه ۶۰ دقیقه و هـر دقیقه ۶۰ ثانیـه و هر درجه ۳۶۰۰ ثانیه می‌باشـد. درجـه پرکاربردترین واحـد اندازه‌گیـری زاویـه می‌باشـد که به آن سیسـتم شصت‌قسـمتی می‌گویند.

درجـه، دقیقـه و ثانیـه بـا علائـم °، ′ و ″ نمایـش می‌دهنـد. بـرای مثـال زاویـه ″۴۰°۱۲′۲۶ خوانـده می‌شـود چهـل درجـه و دوازده دقیقـه و بیسـت و شـش ثانیه.

نکته

گاهی زاویه را به‌صورت درجه اعشاری ذکر می‌کنند:

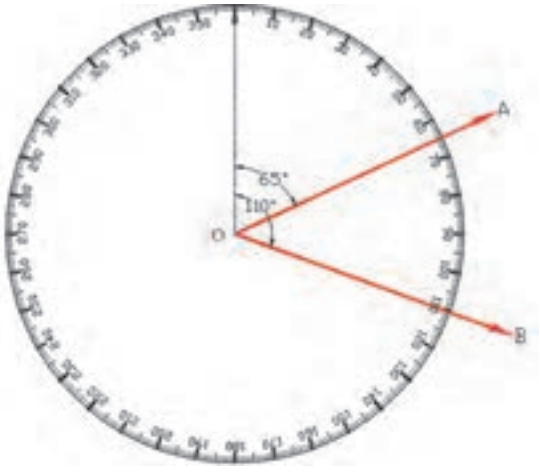
$$۴۰°۱۲'۲۶'' = ۴۰ + \frac{۱۲}{۶۰} + \frac{۲۶}{۳۶۰۰} = ۴۰/۲۰۷۲$$

فعالیت کلاسی ۲

شـکل مقابـل یـک دایـره بـه ۳۶۰ قسـمت تقسـیم شـده و اندازه‌گیـری در جهـت عقربه‌هـای سـاعت روی آن درج گردیـده اسـت.

زاویـه امتـداد OA نسـبت بـه امتـداد صفـر برابر ۶۵ درجـه و زاویـه امتـداد OB نسـبت بـه امتـداد صفـر برابـر ۱۱۰ درجـه می‌باشـد.

زاویه امتداد OB نسبت به OA چند درجه است؟



ب) گـراد: هـرگاه محیـط دایره به ۴۰۰ قسـمت مسـاوی تقسـیم شـود زاویهٔ مرکـزی مقابل به هر جـزء آن را یـک گـراد می‌گوینـد. چنانچـه هـر گـراد را به ۱۰۰ قسـمت مسـاوی تقسـیم کنیم زاویـهٔ مرکزی مقابـل به هر جـزء را یـک دقیقـهٔ گـرادی می‌گوینـد و بـه همیـن ترتیـب اگر هـر دقیقه گـرادی را به ۱۰۰ قسـمت مسـاوی تقسـیم کنیـم زاویـهٔ مرکـزی مقابل بـه هر جـزء را یک ثانیـهٔ گـرادی می‌گویند.

بـه عبارتـی هـر گـراد ۱۰۰ دقیقـهٔ گـرادی و هـر دقیقهٔ گـرادی ۱۰۰ ثانیهٔ گـرادی و هـر گـراد ۱۰۰۰۰ ثانیهٔ گـرادی می‌باشـد. ایـن سیسـتم واحـد را صدقسـمتی می‌گوینـد.

تبدیل واحدها

بین واحدهای زاویه رابطهٔ زیر برقرار می‌باشد که از آن می‌توان برای تبدیل آنها به هم استفاده نمود.

$$\frac{D}{۳۶۰}=\frac{G}{۴۰۰}$$

که در این رابطه D و G به ترتیب مقدار عددی بر حسب درجه و گراد می‌باشد.

فعالیت کلاسی ۳

زوایای زیر را محاسبه کنید:
الف) ۲۶۵ گراد چند درجه است؟
ب) ″۱۶۰°۳۹′۴۳ چند گراد است؟
ج) اگر زاویه زنیتی یک امتداد ۱۳۵/۴۵۹۸ گراد باشد زاویه شیب این امتداد چند درجه است؟

دوربین زاویه‌یاب (تئودلیت)

زاویه‌یاب (تئودلیت) دوربینی است که در نقشه‌برداری برای اندازه‌گیری زاویهٔ افقی و قائم به‌کار می‌رود. تفاوت اصلی زاویه‌یاب با ترازیاب در این است که زاویه‌یاب را می‌توان در یک صفحه عمودی حول یک محور افقی نیز چرخاند با این وسیله علاوه بر زاویهٔ افقی، زاویهٔ قائم را نیز می‌توان اندازه‌گیری کرد.
زاویه‌یاب‌ها به‌صورت آنالوگ یا اپتیکی (دارای ساختار اُپتیکی - مکانیکی) و رقومی یا دیجیتال (دارای ساختار اُپتیکی - الکترونیکی) با دقت‌های مختلفی در حد دقیقه یا ثانیه و حتی ۰/۱ ثانیه مورد استفاده قرار می‌گیرد که در زاویه‌یاب‌های دیجیتال، مقدار زاویه بر روی یک صفحه نمایش قابل دیدن می‌باشد.
در شکل زیر نمونه‌ای از دوربین آنالوگ و دیجیتال را مشاهده می‌کنید.

اجزای تشکیل‌دهنده زاویه‌یاب

تئودلیت از هفت قسمت عمدهٔ زیر تشکیل شده است:

۱- تلسکوپ: لوله‌ای است استوانه‌ای شکل به طول ۲۵-۲۰ سانتی‌متر که داخل آن عدسی چشمی و شیئی، عدسی میزان، صفحه رتیکول و پیچ فوکوس (تنظیم تصویر) قرار دارد.

۲- آلیداد: یک قطعه فلزی U شکل که حامل محور چرخش تلسکوپ است و تلسکوپ می‌تواند حول این محور دوران نماید ضمناً خود آلیداد می‌تواند حول محور قائم دستگاه دوران کند.

۳- لمب‌ها: دو صفحه شیشه‌ای مدرج هستند که یکی به طور افقی و دیگری به طور قائم قرار گرفته‌اند.

۴- ترازها: برای اینکه بتوانیم امتداد قائم که از مرکز تلسکوپ می‌گذرد را بر امتداد شاقولی منطبق کنیم علاوه بر تراز کروی بین دو شاخه آلیداد یک تراز استوانه‌ای نیز کار گذاشته شده است. در دوربین‌های جدید به جای تراز استوانه‌ای از وسیله‌ای به نام کمپانساتور در داخل دوربین استفاده می‌شود.

۵- صفحه ترابراک: صفحه‌ای است برای استقرار دوربین روی سه‌پایه و تنظیم تراز آن.

۶- پیچ‌های کنترل حرکت: برای این‌که حرکت تلسکوپ و آلیداد و لمب افقی قابل کنترل باشد از دو نوع پیچ، یکی نوع برای حرکت‌های کلی و نوع دیگر برای حرکت‌های جزیی استفاده می‌گردد.

۷- آینه: در کنار دستگاه آینه‌ای تعبیه شده است که نور را برای مشاهده زوایا از روی لمب به داخل دستگاه هدایت می‌کند. در دوربین‌های جدید الکترونیکی برای مشاهده زاویه از آینه استفاده نمی‌شود بلکه زوایا بر روی صفحه نمایش قابل مشاهده می باشد.

در شکل زیر دیگر اجزای تشکیل دهنده دوربین تئودلیت آنالوگ و دیجیتال نمایش داده شده است:

استقرار دوربین زاویه‌یاب بر روی یک نقطه (سانتراژ)

برای استقرار دوربین زاویه‌یاب بر روی یک نقطه، مراحل زیر را انجام دهید:

۱- دوربین زاویه‌یاب را بر روی سه پایه قرار داده و توسط پیچ اتصال، آن را محکم به سه پایه ببندید.

۲- سه‌پایه را متناسب با قد خود به طور تقریبی در روی نقطه مورد نظر قرار دهید به نحوی که:

الف) سطح صفحه سه‌پایه که دوربین روی آن نصب است، تقریباً افقی باشد.

ب) دوربین زاویه‌یاب تقریباً در بالای نقطه مورد نظر قرار بگیرد.

ج) نوک پایه‌ها در روی زمین تقریباً یک مثلث متساوی‌الاضلاع تشکیل بدهد.

۳- پدال یکی از پایه‌ها را با پا فشار دهید تا در زمین فرو رفته و محکم شود.

۴- در ادامه پایه دوم را با دست راست و پایه سوم را با دست چپ گرفته، و درحالی‌که نوک پای خود را در کنار نقطه ایستگاهی قرار داده و از درون چشمی شاقول اپتیکی نگاه می‌کنیم، این دو پایه را طوری حرکت می‌دهیم که مرکز تار رتیکول شاقول اپتیکی دقیقاً بر روی نقطه مورد نظر قرار بگیرد. سپس پدال دو پایه دیگر را در زمین می‌فشاریم تا سه‌پایه، کاملاً در زمین محکم شود. با این کار مرحله سانتراژ انجام می شود.

۵- با استفاده از پیچ‌های سه‌پایه، با بلند و کوتاه‌کردن پایه‌ها، تراز کروی را تنظیم کنید.

دقت کنید هنگام بلند و کوتاه‌کردن پایه‌ها، پای خود را بر روی پدال پایه قرار دهید تا از زمین کنده نشود.

۶- آلیداد را در جهت موازی دو تا از پیچ‌های ترابراک قرار داده، سپس دو پیچ مورد نظر را همزمان و در خلاف جهت هم (به سمت داخل و یا خارج) بچرخانید تا تراز استوانه‌ای روی آلیداد تنظیم شود. سپس آلیداد را ۹۰ درجه چرخانده تا یکی از شاخه‌های آن بر روی پیچ سوم ترابراک قرار گیرد. با چرخاندن این پیچ مجدداً تراز استوانه‌ای را تنظیم کنید.

توجه کنید در این مرحله نباید به پیچ‌های قبلی دست بزنید و تراز استوانه‌ای را فقط با پیچ سوم تنظیم کنید.

۷- پس از آن آلیداد را مجدداً در همان جهت قبلی ۹۰ درجه بچرخانید. اگر تراز استوانه‌ای از تنظیم خارج نشود کار تراز دوربین تمام شده است و دوربین تراز است. در غیر این صورت باید دوباره مراحل ۵ تا ۷ را تکرار کنید.

چنانچه پس از چند بار تکرار این مراحل دوربین تراز نشد، نشان‌دهنده این مطلب است که تنظیم تراز آن به هم خورده و باید توسط افراد مجرب تنظیم گردد.

۸- آخرین کاری که باید انجام دهید کنترل سانتراژ است. از چشمی شاغول اپتیکی نحوه سانتراژ دوربین را کنترل نمایید. اگر که به میزان اندکی از روی نقطه مورد نظر خارج شده است، می‌توانید با شل‌کردن پیچ اتصال دوربین به سه‌پایه و حرکت‌دادن دوربین روی سه‌پایه، آن‌را دقیقاً روی نقطه مورد نظر قرار دهید.

دقت کنید این کار را به آهستگی و با دقت انجام دهید، همچنین پیچ اتصال دوربین را به همان مقدار اول سفت کنید تا دوربین از تراز خارج نشود.

اگر سانتراژ به میزان زیادی به‌هم خورده است باید مراحل استقرار را از اول انجام دهید.

اندازه گیری زاویه با زاویه‌یاب

اگرچه زاویه‌یاب ابزار پیچیده‌ای است ولی اندازه‌گیری زاویه افقی و قائم با این دستگاه بسیار آسان است. در این قسمت ابتدا اصول زاویه‌یابی با زاویه‌یاب و سپس روش کوپل برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری تشریح می‌گردد.

اصول اندازه‌گیری زاویه افقی به روش ساده

لمب افقی زاویه‌یاب شبیه به یک نقاله از صفر تا ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد که معمولاً در جهت حرکت عقربه‌های ساعت درجه‌بندی شده است. بنابراین اندازه‌گیری زاویه افقی بین دو امتداد متقاطع روی زمین مشابه اندازه‌گیری یک زاویه بین دو امتداد متقاطع توسط نقاله بر روی کاغذ می‌باشد.

به‌طور کلی مراحل اندازه‌گیری زاویه افقی بین دو امتداد OA و OB (زاویه AOB) با زاویه‌یاب به‌صورت زیر می‌باشد:

دوربین باید بر روی نقطه O یعنی رأس زاویه دقیقاً تراز باشد، به نحوی که امتداد قائم که از مرکز تلسکوپ می‌گذرد بر امتدادشاغولی نقطه O منطبق باشد که به این مرحله سانتراژکردن دوربین زاویه یاب می‌گویند.

دوربین را در حالت دایره به چپ به سمت نقطهٔ A نشانه‌روی می‌کنیم و عدد لمب افق را به عنوان قرائت اول مشاهده و یادداشت می‌کنیم (R_A). (حالت دایره به چپ دوربین حالتی است که لمب قائم دوربین در سمت چپ نقشه‌بردار و حالت دایره به راست دوربین حالتی است که لمب قائم دوربین در سمت راست نقشه‌بردار قرار گرفته باشد)

دوربین را در حالت دایره به چپ به سمت نقطهٔ B نشانه‌روی می‌کنیم و عدد لمب افق را به عنوان قرائت دوم مشاهده و یادداشت می‌کنیم (R_B).

با تفاضل زاویه افقی قرائت دوم از اول زاویه بین دو امتداد محاسبه می گردد.

$$AOB = R_B - R_A$$

لازم به ذکر است بین دو امتداد OA و OB دو زاویه وجود دارد؛ یک زاویه AOB و دیگری زاویه BOA که مجموع این دو زاویه ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد می‌باشد و مطابق با تعریف زاویه بین دو امتداد در جهت عقربه‌های ساعت از امتداد اول به امتداد دوم محاسبه می‌گردد.

چنانچه حین حرکت دوربین از نشانه‌روی به سمت نقطهٔ A تا رسیدن به نقطهٔ B از درجه صفر دستگاه گذشته باشد در این صورت R_A بزرگ‌تر از R_B می‌گردد و تفاضل دو قرائت منفی می‌گردد که در این حالت جواب محاسبه شده را با ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد جمع می‌کنیم تا زاویه مورد نظر مثبت شود.

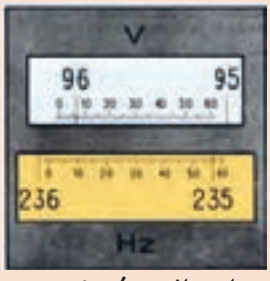
نتیجه:

چنانچه $R_B > R_A$ $\quad AOB = R_B - R_A$

چنانچه $R_B < R_A$ $\quad AOB = R_B - R_A + ۳۶۰^\circ \ (۴۰۰ \text{ gr})$

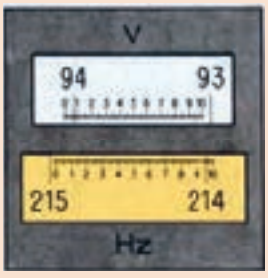
بیشتر بدانیم

تصاویری که در ادامه می‌آید نمونه‌هایی از قرائت زوایای افقی و قائم می‌باشد که معمولاً در دوربین‌های زاویه‌یاب به ترتیب با H_Z و V نمایش داده می‌شوند



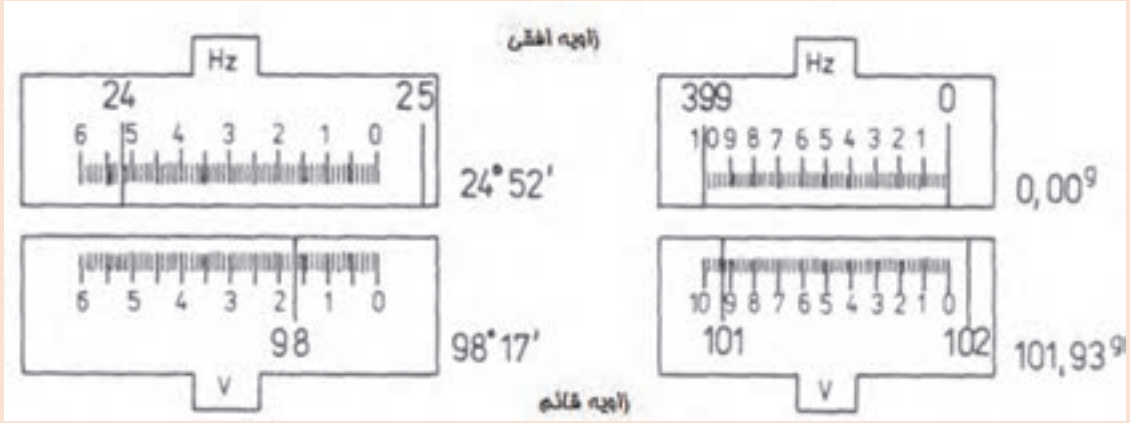
زاویه افقی ۲۳۵°۵۷′

زاویه قائم ۹۶°۰۷′



زاویه افقی ۲۱۴/۹۶ گراد

زاویه قائم ۹۴/۰۶ گراد



مثال ۲

برای اندازه‌گیری دو زاویه AOB و MON به کمک دوربین زاویه‌یاب بر روی نقطهٔ O سانتراژ کرده و به‌سمت نقاط M,N,A,B نشانه‌روی گردیده است. اگر قرائت امتدادهای افقی مطابق با جدول زیر باشد زوایای AOB و MON چند درجه است؟

زاویه	قرائت اول		قرائت دوم	
AOB	R_A	۴۰°۱۲′۲۶″	R_B	۶۸°۲۹′۵۸″
MON	R_M	۲۸۴°۳۳′۰۲″	R_N	۲۰°۱۵′۱۰″

حل:

چون $R_B > R_A$

$$AOB = R_B - R_A$$

$$AOB = ۶۸^\circ۲۹'۵۸'' - ۴۰^\circ۱۲'۲۶'' = ۲۸^\circ۱۷'۳۲''$$

چون $R_N < R_M$

$$MON = R_N - R_M + ۳۶۰^\circ$$

$$MON = ۲۰^\circ۱۵'۱۰'' - ۲۸۴^\circ۳۳'۰۲'' + ۳۶۰^\circ = ۹۵^\circ۴۲'۰۸''$$

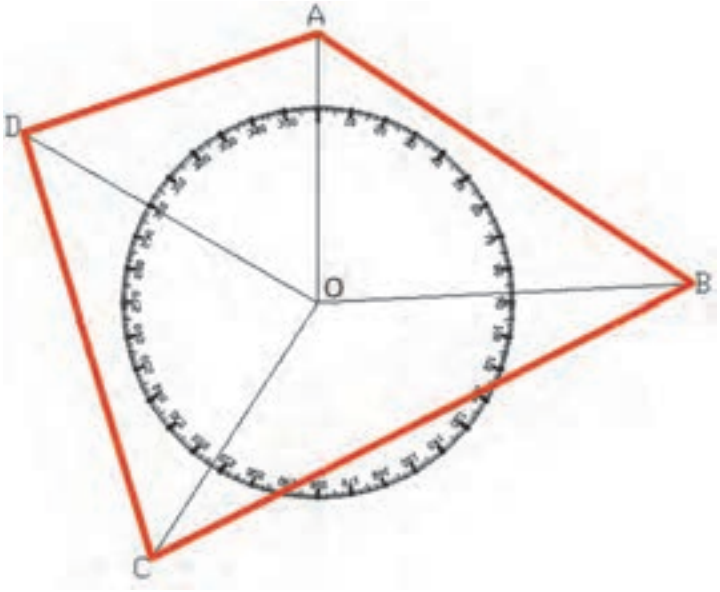
صفرصفر کردن لمب افقی دوربین تئودلیت

در نقشه‌برداری معمول است که لمب افقی را درموقع نشانه‌روی به امتداد اول صفرصفر کنند که این کار توسط قفل لمب افقی انجام می‌گیرد. (اصطلاحاً قرائت زاویه افقی بر روی امتداد OA صفرصفر می‌شود) در این‌صورت

$$AOB = R_B - R_A = R_B - ۰ = R_B$$

فعالیت کلاسی ۴

در چندضلعی ABCD شکل زیر زوایای AOB و BOC و COD و DOA را به‌دست آورید.



زاویه‌یابی در نرم‌افزار Excel

همان‌طور که در درس دانش فنی پایه دهم خواندیم با نرم افزار Excel می‌توان محاسبات مختلف را انجام داد.

محاسبه زاویه در نرم افزار Excel

در نقشه‌برداری زوایای افقی و قائم اندازه‌گیری می‌شود و به خاطر دقت بیشتر و حذف خطاها، این زوایا به روش کوپل (در قسمت بعد توضیح داده خواهد شد)، اندازه‌گیری می‌گردند. در این قسمت جهت جلوگیری از خطای محاسباتی و سرعت در محاسبه زاویه افقی از نرم افزار Excel استفاده می‌کنیم .
فرم های قرائت زاویه افقی به شکل‌های مختلفی می باشد و یکی از این فرم‌ها به شکل زیر است.

زاویه	قرائت امتداد دوم	قرائت امتداد اول	ایستگاه

وارد کردن اطلاعات:

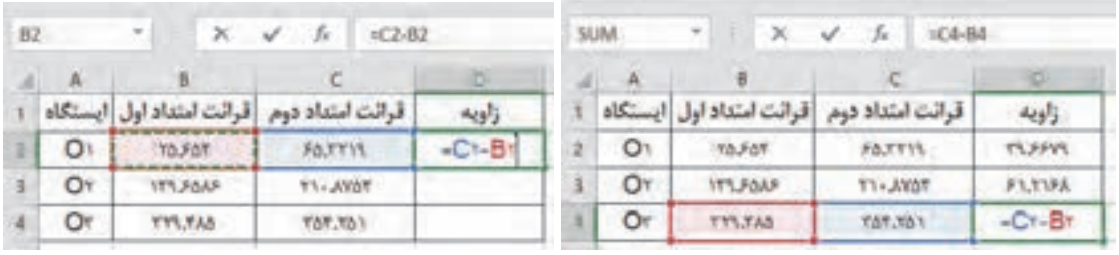
برای محاسبه ابتدا باید فرم را در نرم افزار Excel ایجاد نموده و سپس قرائت‌ها را در ستو ن‌های مربوطه تایپ نماییم. در ادامه تفریق قرائت دوم از قرائت اول زاویه را محاسبه می کنیم.

مثال ۳

به‌عنوان مثال از ایستگاه‌های O۱ و O۲ و O۳ به دو نقطهٔ اول و دوم نشانه‌روی می کنیم و زاویهٔ افقی این امتداد به شرح زیر می‌باشد:

ایستگاه	قرائت امتداد اول	قرائت امتداد دوم	زاویه
O۱	۲۵/۶۵۴۰	۶۵/۳۲۱۹	
O۲	۱۴۹/۶۵۸۶	۲۱۰/۸۷۵۴	
O۳	۳۲۹/۴۸۵۰	۳۵۴/۲۵۱۰	

پس از تهیه فرم محاسبه زاویه در نرم افزار Excel مطابق شکل زیر در ستون مربوط به زاویه، اختلاف دو قرائت را با مشخص نمودن آدرس خانه محاسبه می کنیم. با مشخص نمودن و نوشتن فرمول برای زاویه اول می‌توان برای زاویه‌های دیگر کپی نمود.



فعالیت عملی ۱

سانتراژ و قرائت زاویه با زاویه‌یاب

- ابتدا یک نقطه به عنوان ایستگاه در محوطه هنرستان مشخص کنید و دوربین زاویه‌یاب را بر روی آن سانتراژ کنید.
- پس از استقرار دوربین بر روی نقطه‌ای مشخص در محوطه هنرستان، روی چند نقطه دلخواه و در فاصله‌های متفاوت از دوربین، ژالن را مستقر کنید. سپس به این امتدادها نشانه‌روی کرده و عدد لمب افقی را برای هر امتداد قرائت و یادداشت نمایید.
- گزارش کاملی با رعایت اصول گزارش‌نویسی از فعالیت انجام شده به صورت کتبی به هنرآموز خود ارائه کنید.

راهنمایی

۱- دوربین را در حالت دایره به چپ (مستقیم) قرار دهید.

۲- با استفاده از پیچ تنظیم چشمی تلسکوپ (پیچ فوکوس) تصویر و صفحه تارهای رتیکول را برای چشم خود واضح کنید و به نقطه مورد نظر، نشانه‌روی کنید. برای این کار پیچ حرکت سریع آلیداد و تلسکوپ را باز کرده و دوربین را به سمت نقطه هدف بچرخانید و به محض دیدن ژالن از چشمی‌دوربین، پیچ حرکت سریع آلیداد و تلسکوپ را ببندید.

۳- با استفاده از پیچ حرکت کند، تار قائم رتیکول را دقیقاً روی ژالن مستقر در روی نقطه هدف قرار دهید. برای بالا بردن دقت نشانه‌روی و حذف خطای نشانه‌روی، سعی کنید به نوک ژالن نشانه‌روی نمایید.

فعالیت عملی ۲

اندازه‌گیری زاویهٔ افقی با زاویه‌یاب

- سه نقطـهٔ رأس یک مثلث نامشخص را به اضلاع حداقل ۵۰ متـر توسـط میـخ فلـزی در محوطه هنرستان مشخص کنید. سپس با استفاده از زاویه‌یاب، زوایای رئوس این مثلث را اندازه‌گیری کرده و در یک جدول یادداشت نمایید.
- گزارشی با رعایت اصول گزارش‌نویسی به هنرآموز خود تحویل دهید.

راهنمایی

۱- دوربین را بر روی نقطهٔ رأس اول از مثلث مستقر نمایید و بر دیگر رئوس، ژالنی را توسط سه‌پایه‌ژالن در حالت کاملاً قائم قرار دهید.

۲- دوربین را دایره به چپ کنید. (در حالت مستقیم قرار دهید)

۳- برای اندازه‌گیری زاویه این رأس ابتدا به ضلع سمت چپ زاویه (دست چپ خودتان) نشانه‌روی کرده و لمب افقی دوربین را قرائت و یادداشت نمایید.

۴- سپس به ضلع سمت راست نشانه‌روی کرده و برای آن نیز عدد لمب را قرائت و یادداشت کنید.

۵- بـرای محاسـبه زاویه، کافی است قرائت سمت چپ را از قرائت سمت راست کم کنید تا زاویـهٔ ایـن رأس محاسـبه شود.

۶- مراحل ۱ الی ۵ را برای دیگر رئوس مثلث نیز انجام دهید.

۷- نتیجه را در قالب جدولی مطابق فرم زیر به هنرآموز خود تحویل دهید.

کروکی	زاویه	عدد لمب افقی	نشانه‌روی	ایستگاه

۸- بـا اسـتفاده ازنـرم افـزار Excel زوایـای ۳ رأس مثلـث را محاسـبه کنیـد و چـاپ آنـرا بـه همـراه گزارش تحویـل هنرآمـوز دهید.

اندازه‌گیری زاویه افقی به روش کوپل

بـرای جلوگیـری از اشـتباه، کسـب دقـت بیشـتر و کاهـش و تعدیـل خطاهـای دسـتگاهی و انسـانی، روش‌های مختلفـی در اندازه‌گیـری زاویـه وجـود دارد. یکـی از ایـن روش‌هـا، روش قرائـت کوپـل (قراعت مضاعف) اسـت. در ایـن روش عـلاوه بـر کنتـرل صحت و درسـتی قرائت‌هـا، خطاهایی مانند خطـای کلیماسـیون و خطای عدم مرکزیـت لمـب افقـی بـه صـورت عملـی کاهـش می‌یابـد. بـرای اندازه‌گیـری زاویـه در ایـن روش، زاویـه در دو حالـت دایره‌به‌چـپ و دایره‌به‌راسـت اندازه‌گیـری می‌شـود کـه بـه ایـن روش قرائـت کوپـل می‌گوینـد.

در ایـن روش بـرای اینکـه دوربیـن از حالـت دایره‌به‌چـپ بـه حالـت دایره‌به‌راسـت تغییـر پیـدا کنـد بایـد تلسـکوپ ۱۸۰ درجه چرخانده شـود. طبیعی اسـت برای آنکه چشـمی تلسـکوپ مقابل چشـم نقشـه‌بردار قرار بگیـرد بایـد آلیـداد دوربیـن را ۱۸۰ درجـه دوران داد. در نتیجـه لمـب دوربین از سـمت چپ به سـمت راسـت منتقـل شـده و دوربیـن حالـت دایره‌به‌راسـت می‌شـود.

عـدد لمـب افقـی در حالـت دایره‌به‌راسـت و دایره‌به‌چـپ دوربیـن بـا هـم ۱۸۰ درجـه (۲۰۰گـراد) اختـلاف دارنـد. در این‌صـورت اگـر قرائـت لمـب افقـی در حالـت دایره‌به‌چـپ L و در حالـت دایره‌به‌راسـت R بنامیـم، خواهیم داشـت:

$$R = L \pm 180^\circ$$

ولـی در عمـل بـه خاطـر وارد شـدن خطاهـای دسـتگاهی و در برخـی مـوارد خطاهـای انسـانی در عملیـات زاویه‌یابـی رابطـه فـوق کمتـر حالـت واقعـی پیـدا می‌کنـد و بیـن ایـن دو قرائـت رابطـهٔ زیـر برقـرار اسـت:

$$R = L \pm 180^\circ + e$$

که در آن e جمع جبری خطاهای اندازه‌گیری است.

بنابرایـن می‌تـوان هنـگام زاویه‌یابـی اعـداد قرائـت شـده را در دو حالـت دایره‌به‌راسـت و دایره‌به‌چـپ بـا هـم مقایسـه کـرده و از درسـتی آنهـا مطمئن شـویم.

بـرای جلوگیـری از اشـتباه هنـگام قرائـت زاویـه و یادداشـت آن، از فـرم مخصوص جـدول قرائت زاویـه به روش کوپل اسـتفاده می‌شـود.

در ایـن روش ابتـدا میانگیـن قرائـت زاویـه در دو حالت دایره‌به‌چـپ و دایره‌به‌راسـت برای هر دو امتـداد مطابق بـا رابطه زیر محاسـبه می‌شـود و سـپس اختـلاف دو میانگین بـه عنوان زاویـه دو امتداد محاسـبه می‌گردد.

$$\text{میانگین قرائت امتداد} = \frac{L + R - 180^\circ\ (200\text{gr})}{2}$$

اگر $L < R$ باشد از علامت - در رابطه میانگین استفاده می‌شود.

اگر $L > R$ باشد به قرائت دایره به‌راست 360° یا ۴۰۰ گراد اضافه می‌کنیم.

مثال ۴

بـرای اندازه‌گیـری زاویـه AOB بـر روی نقطه O مسـتقر شـده و امتدادهـای A و B را در حالت دایره‌به‌چپ L_A = ۳۴۲/۱۲۰۰ gr و L_B = ۲۶/۸۱۰۰ gr و در حالـت دایره‌به‌راسـت R_A = ۱۴۲/۱۸۰۰ gr و R_B = ۲۲۶/۷۱۰۰gr قرائـت شـده اسـت. مطلـوب اسـت زاویـه AOB.

حل: برای جلوگیری از اشتباه و همچنین برای محاسبات از جدول کوپل زیر استفاده می‌شود:

ایستگاه	نقاط نشانه‌روی	قرائت دایره به چپ (L)	قرائت دایره به راست (R)	میانگین	زاویه	کروکی
O	A	۳۴۲/۱۲۱۲	۱۴۲/۱۲۲۴+۴۰۰	۳۴۲/۱۲۱۸	۸۴/۶۹۰۷	A B O
	B	۲۶/۸۱۳۲	۲۲۶/۸۱۱۶	۲۶/۸۱۲۵		

$$\text{میانگین قرائت امتداد OA} = \frac{L + R \pm 200\text{gr}}{2} = \frac{342/1212 + 542/1224 - 200}{2} = 342/1218\ \text{gr}$$

$$\text{میانگین قرائت امتداد OB} = \frac{L + R \pm 200\text{gr}}{2} = \frac{26/8132 + 226/8118 - 200}{2} = 26/8125\ \text{gr}$$

$$AOB = R_B - R_A + 400\ \text{gr} = 26/8125 - 342/1218 + 400 = 84/6907\ \text{gr}$$

فعالیت کلاسی ۵

برای اندازه‌گیری یک زاویه به روش کوپل قرائت‌های لازم مطابق جدول زیر داده شده است. مطلوب است محاسبه زاویه داده شده.

کروکی	زاویه	میانگین	قرائت دایره به راست (R)	قرائت دایره به چپ (L)	نقاط نشانه‌روی	ایستگاه
			۱۸۰°۰′۱۴″	۰°۰′۰″	A	S
			۲۵۲°۱۴′۱۱″	۷۲°۱۴′۲۶″	B	

محاسبه زاویه افقی به روش کوپل در نرم افزار Excel

در ادامه مباحث محاسبات زاویه در نرم افزار Excel، محاسبه زاویهٔ افقی با توجه به فرمول‌ها و فرم‌های قرائت زاویهٔ افقی کوپل ارائه می‌گردد. فرم‌های قرائت زاویهٔ افقی کوپل به شکل‌های مختلفی می‌باشد و یکی از این فرم‌ها به شکل زیر است.

کروکی	زاویه	میانگین	قرائت دایره به راست (R)	قرائت دایره به چپ (L)	نقاط نشانه‌روی	ایستگاه

وارد کردن اطلاعات:

برای محاسبه ابتدا باید فرم را در نرم افزار Excel ایجاد نماییم، درفرم بالا برای خانه‌های نام ایستگاه و زاویه چند خانه را در هم ادغام کنیم (با دستور Merge&Center) سپس قرائت‌ها را در ستون‌های مربوطه تایپ می‌نماییم. و سپس با نوشتن فرمول با استفاده از آدرس خانه برای خانه اول نوشته و برای دیگر خانه‌های مشابه کپی می‌کنیم.

نکته

پس از درج قرائت‌ها باید توجه داشت مقدار دایره به راست باید حدود ۱۸۰ درجه یا ۲۰۰ گراد بیشتر از مقدار دایره به چپ باشد. در غیر این صورت باید ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد به آن اضافه نماییم.

مثال ۵

از ایستگاه O_1 ، O_2 و O_3 مشاهدات کوپل مطابق با جدول زیر انجام گرفته است:

ایستگاه	نقاط نشانه‌روی	قرائت دایره به چپ (L)	قرائت دایره به راست (R)	میانگین	زاویه	کروکی
O_1	A	۲۵/۶۵۴۰	۲۲۵/۶۵۴۴			
	B	۶۵/۳۲۱۹	۲۶۵/۳۲۳۷			
O_2	C	۱۴۹/۶۵۸۶	۳۴۹/۶۵۸۸			
	D	۲۱۰/۸۷۵۴	۱۰/۸۷۵۶			
O_3	M	۳۲۹/۴۸۵۰	۱۲۹/۴۸۵۶			
	V	۳۵۴/۲۵۱۰	۱۵۴/۲۵۱۰			

در این جدول پس از تهیه جدول در نرم‌افزار Excel ابتدا برای یکسان‌سازی محاسبات ابتدا قرائت‌های دایره به راست امتدادهای D و M و V را که از مقدار دایره به چپ کمتر است با ۴۰۰ گراد جمع می‌کنیم.

	A	B	C	D	E	F
1	ایستگاه	نقطه نشانه روی	قرائت دایره به چپ	قرائت دایره به راست	میانگین	زاویه
2	O1	A	۲۵.۶۵۴	۲۲۵.۶۵۴۴		
3		B	۶۵.۳۲۱۹	۲۶۵.۳۲۳۷		
4	O2	C	۱۴۹.۶۵۸۶	۳۴۹.۶۵۸۸		
5		D	۲۱۰.۸۷۵۴	۴۱۰.۸۷۵۶		
6	O3	M	۳۲۹.۴۸۵	۵۲۹.۴۸۵۶		
7		V	۳۵۴.۲۵۱	۵۵۴.۲۵۱		

محاسبه ستون میانگین: میانگین قرائت‌های کوپل هر امتداد از رابطهٔ $\frac{L+R-180^\circ\ (200gr)}{2}$ محاسبه می‌شود. در جدول بالا چون واحد زوایا گراد است از رابطه ۲۰۰ گراد استفاده می‌گردد. درخانه E۳ می‌نویسیم $=(C2+D2-200)/2$ سپس آنرا برای خانه‌های ستون میانگین کپی می‌کنیم.

	A	B	C	D	E	F
1	ایستگاه	نقطه نشانه روی	قرائت دایره به چپ	قرائت دایره به راست	میانگین	زاویه
2	O1	A	۲۵.۶۵۴	۲۲۵.۶۵۴۴	۲۵.۶۵۴۲	
3		B	۶۵.۳۲۱۹	۲۶۵.۳۲۳۷	۶۵.۳۲۲۳	
4	O2	C	۱۴۹.۶۵۸۶	۳۴۹.۶۵۸۸	۱۴۹.۶۵۸۷	
5		D	۲۱۰.۸۷۵۴	۴۱۰.۸۷۵۶	۲۱۰.۸۷۵۵	
6	O3	M	۳۲۹.۴۸۵	۵۲۹.۴۸۵۶	۳۲۹.۴۸۵۳	
7		V	۳۵۴.۲۵۱	۵۵۴.۲۵۱	۳۵۴.۲۵۱	

محاسبه ستون زاویه:

در ایـن سـتون بـرای محاسـبه زاویـه بایـد میانگیـن امتـداد دوم از میانگیـن امتداد اول کسـر گـردد پس در خانـه E۲ می‌نویسـیم =E۳-E۲ و آنـگاه آن‌را بـرای سـتون‌های آن خانـه کپـی می‌کنیـم:

	A	B	C	D	E	F
1	ایستگاه	نقطه نشانه روی	قرائت دایره به چپ	قرائت دایره به راست	میانگین	زاویه
2	O۱	A	۲۵.۶۵۴	۲۲۵.۶۵۴۴	۲۵.۶۵۴۲	۳۹.۶۶۸۱
3		B	۶۵.۳۲۱۹	۲۶۵.۳۲۲۷	۶۵.۳۲۲۳	
4	O۲	C	۱۴۹.۶۵۸۶	۳۴۹.۶۵۸۸	۱۴۹.۶۵۸۷	۶۱.۲۱۶۸
5		D	۲۱۰.۸۷۵۴	۴۱۰.۸۷۵۶	۲۱۰.۸۷۵۵	
6	O3	M	۳۲۹.۴۸۵	۵۲۹.۴۸۵۶	۳۲۹.۴۸۵۳	۲۴.۷۶۵۷
7		V	۳۵۴.۲۵۱	۵۵۴.۲۵۱	۳۵۴.۲۵۱	

نکته

در نـرم افـزار Excel چـون به‌صـورت پیش‌فرض شـکل عددنویسـی درجه، دقیقـه، ثانیه را نـدارد زوایایی را کـه بـا دوربین‌هـای درجـه‌ای قرائت شـده‌اند را ابتـدا به درجه‌ای اعشـاری تبدیل کرده و سـپس محاسـبات را انجـام می‌دهیـم. بـرای تبدیـل مقـدار دقیقـه را بـه ۶۰ و مقـدار ثانیه را بـه ۳۶۰۰ تقسـیم می‌کنیم تا به درجـه تبدیـل شـود و آنـگاه بـا مقدار درجـه جمع می‌نماییـم. برای مثـال اگـر بخواهیم زاویـه ۲۵ درجه ۳۶ دقیقـه ۴۲ ثانیـه را بـه اعشـاری تبدیـل کنیم، مانند شـکل زیر عمـل می‌کنیم:

SUM | =A2+B2/60+C2/3600

	A	B	C	D	E	F
1	درجه	دقیقه	ثانیه	درجه اعشاری		
2	25	36	42	=A2+B2/60+C2/3600		
3						
4						

	A	B	C	D
1	درجه	دقیقه	ثانیه	درجه اعشاری
2	25	36	42	25.61166667
3				

اندازه‌گیری زوایای چند ضلعی بسته و بررسی خطاها و سرشکنی آن

یکـی از مهم‌تریـن کارهایـی کـه در اجـرای تمـام پروژه‌هـای نقشـه‌برداری قبـل از شـروع عملیات بسـیار مورد توجـه اسـت، ایجـاد نقـاط در محیـط کار و منطقه اسـت. که با انجـام مشـاهدات و جمع‌آوری اطلاعـات طول و زاویـه مربـوط بـه هـر امتداد و بررسـی خطـای رخ داده در هر امتداد با اسـتفاده از روش‌های سرشـکنی، خطای موجـود را سرشـکن کنیـم و مختصـات صحیصـح مربـوط به هر نقطـه را به‌دسـت می‌آوریم.

عملیـات برداشـت، محاسـبه و سرشـکنی خطـای زاویـه چندضلعـی بسـته را می‌تـوان به سـه مرحلـه کلی زیر تقسـیم‌بندی کرد:

الف) شناسایی
ب) مشاهدات (اندازه‌گیری‌ها)
ج) محاسبات

الف) شناسایی

در این مرحله با مراجعه مستقیم به محل نقشه‌برداری منطقه را شناسایی کرده و محل ایستگاه‌ها را انتخاب، علامت‌گذاری و مستحکم می‌کنیم و در نهایت از موقعیت نقاط موجود یک کروکی تهیه می‌نماییم.
موقعیت ایستگاه‌ها بنا به هدفی که داریم انتخاب می‌شود به عنوان مثال چنانچه هدف برداشت و تهیه نقشه توپوگرافی باشد ایستگاه‌ها به گونه‌ای انتخاب می‌گردد که به حداکثر جزئیات محدوده مورد نظر دید داشته باشد و چنانچه هدف عملیات راهسازی باشد نقاط به گونه‌ای انتخاب می‌گردد که اولاً خارج از محدوده عملیاتی باشد و بتوان از آنها اجزای مسیر (محور مستقیم و نقاط ابتدا، رأس و انتهای قوس) را با دقت بالا پیاده یا کنترل نماییم. اما در هر حال رعایت موارد زیر برای انتخاب ضروری است:

- از هر ایستگاه به ایستگاه قبلی و بعدی دید برقرار باشد.
- نقاط ایستگاه باید مستحکم و پایدار باشد بنابراین زمین‌های سست و نرم، زراعی و باتلاقی و کنار رودخانه‌ها جایی مناسب برای ایستگاه‌گذاری نمی‌باشد.
- نقاط ایستگاه باید از دور به‌خوبی دیده شوند.

ب) مشاهدات (اندازه‌گیری‌ها)

پس از ایجاد و استحکام نقاط ایستگاهی با توجه به کروکی زاویه افقی همه رأس ها برداشت می‌گردد. جهت بالا بردن دقت زاویه‌ها از زاویه‌یاب‌هایی با دقت ثانیه‌ای و در چند کوپل استفاده می‌شود و در جدول مشاهدات کوپل یادداشت می‌گردد.

ج) محاسبات

معمولاً تمام مشاهدات ازجمله مشاهده زاویه در نقشه‌برداری با خطا همراه است که این خطا می‌تواند ناشی از خطای دستگاهی، خطای انسانی و خطای طبیعی باشد که با روش‌های خاصی همانند روش کوپل این خطا کاهش می‌یابد. در یک چندضلعی بسته با محاسبه مجموع زاویه رئوس، از مشاهدات و مقایسه آن با مجموع مقدار واقعی زاویه چندضلعی خطای زاویه چندضلعی محاسبه می‌گردد که به آن خطای بست زاویه‌ای می‌گویند:

مجموع زاویه‌های داخلی یک n ضلعی: $(n-۲)\times ۱۸۰^\circ$

مجموع زاویه‌های مشاهده شده چند ضلعی: $\sum \alpha_i$

خطای بست زاویه‌ای: $e_\alpha = \sum \alpha_i - \left[(n-۲)\times ۱۸۰^\circ\right]$

در صورت قابل‌قبول‌بودن میزان خطای زاویه‌ای، برای به‌دست آوردن مقدار صحیح هر زاویه، کافی است خطای بست را بر تعداد زوایای موجود با علامت مخالف تقسیم کنیم و سپس این مقدار تصحیح را با مقدار هر زاویه جمع کنیم. تا خطای موجود به اندازه مساوی بر روی زاویه‌ها سرشکن گردد:

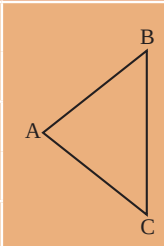
مقدار تصحیح برای هر زاویه: $C = \frac{-e_\alpha}{n}$

زاویه تصحیح شده: $e'_\alpha = e_\alpha + C$

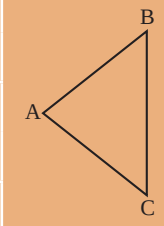
جهت کنترل محاسبات مجموع زاویه‌های تصحیح شده باید با مجموع زاویه‌های داخلی nضلعی برابر باشد.

مثال ۶

جهت محاسبه زاویه‌های یک سه‌ضلعی هر کدام از زاویه‌ها در یک کوپل مشاهده گردیده است با فرض قابل قبول بودن خطا میزان خطای بست زاویه‌ای، زاویه تصحیح شده هر یک از زاویه‌ها را محاسبه کنید.

کروکی	زاویه	میانگین	قرائت دایره به راست (R)	قرائت دایره به چپ (L)	نقاط نشانه‌روی	ایستگاه
			۲۰۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰	B	A
			۲۸۵/۳۲۳۶	۸۵/۳۲۱۴	C	
			۱۹۹/۹۹۸۶	۰/۰۰۰۰	C	B
			۲۵۴/۸۷۳۵	۵۴/۸۷۲۱	A	
			۲۰۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۰۰	A	C
			۲۵۹/۸۱۰۶	۵۹/۸۰۸۶	B	

در ابتدا به کمک فرمول کوپل با توجه به قرائت‌های انجام شده زاویه هر یک از رئوس چند ضلعی را محاسبه می‌کنیم:

کروکی	زاویه	میانگین	قرائت دایره به راست (R)	قرائت دایره به چپ (L)	نقاط نشانه‌روی	ایستگاه
	۸۵/۳۲۱۶	۰/۰۰۰۹	۲۰۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰	B	A
		۸۵/۳۲۲۵	۲۸۵/۳۲۳۶	۸۵/۳۲۱۴	C	
	۵۴/۸۷۳۵	-۰/۰۰۰۷	۱۹۹/۹۹۸۶	۰/۰۰۰۰	C	B
		۵۴/۸۷۲۸	۲۵۴/۸۷۳۵	۵۴/۸۷۲۱	A	
	۵۹/۸۰۷۶	۰/۰۰۲۰	۲۰۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۰۰	A	C
		۵۹/۸۰۹۶	۲۵۹/۸۱۰۶	۵۹/۸۰۸۶	B	
	۲۰۰/۰۰۲۷	مجموع زوایای داخلی سه‌ضلعی				

مجموع زوایای داخلی یک سه‌ضلعی با توجه به رابطه $(n-2)\times 200\ gr$ برابر ۲۰۰ گراد و مجموع زوایای داخلی سه‌ضلعی ناشی از مشاهدات کوپل مطابق با جدول فوق ۲۰۰/۰۰۲۷ گراد بوده که با توجه به مقایسه این دو، خطای بست زاویه ۰/۰۰۲۷ گراد محاسبه می‌گردد.

$$e_\alpha = \sum \alpha_i - [(n-2)\times 200\ gr]$$

$$e_\alpha = 200/0027 - 200 = /0027\ gr$$

با فرض قابل قبول بودن مقدار خطا میزان تصحیح هر زاویه برابر ۰/۰۲- گراد می‌باشد.

$$C = \frac{-e_\alpha}{n} = \frac{-0/0027}{3} = -0/0009\ gr$$

جهت محاسبه زاویه سرشکن شده و تعدیل شده مقدار تصحیح را با هریک از زاویه‌ها جمع می‌کنیم:

زاویهٔ تصحیح‌شده	تصحیح	زاویه	میانگین	قرائت دایره به راست (R)	قرائت دایره به چپ (L)	نقاط نشانه‌روی	ایستگاه
۸۵/۳۲۰۷	-۰/۰۰۰۹	۸۵/۳۲۱۶	۰/۰۰۰۹	۲۰۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰	B	A
			۸۵/۳۲۲۵	۲۸۵/۳۲۳۶	۸۵/۳۲۱۴	C	
۵۴/۸۷۲۶	-۰/۰۰۰۹	۵۴/۸۷۳۵	-۰/۰۰۰۷	۱۹۹/۹۹۸۶	۰/۰۰۰۰	C	B
			۵۴/۸۷۲۸	۲۵۴/۸۷۳۵	۵۴/۸۷۲۱	A	
۵۹/۸۰۶۷	-۰/۰۰۰۹	۵۹/۸۰۷۶	۰/۰۰۲۰	۲۰۰/۰۰۳۹	۰/۰۰۰۰	A	C
			۵۹/۸۰۹۶	۲۵۹/۸۱۰۶	۵۹/۸۰۸۶	B	
۲۰۰/۰۰۰۰	-۰/۰۰۲۷	۲۰۰/۰۰۲۷	مجموع				

فعالیت عملی ۳

اندازه‌گیری زاویهٔ افقی با زاویه‌یاب به روش کوپل

- زوایای افقی مثلث گفته شده در فعالیت قبل را، این بار با روش کوپل اندازه‌گیری کرده و نتایج را در یک جدول یادداشت نمایید. سپس نتایج حاصل را با جدول فعالیت عملی قبل مقایسه نمایید.
- محاسبات کوپل را با نرم افزار Excel تکمیل کنید.
- گزارش کاملی با رعایت اصول گزارش‌نویسی از فعالیت انجام شده به صورت کتبی به معلم خود ارائه کنید.

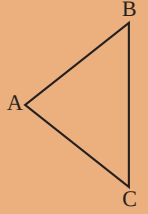
راهنمایی

۱- دوربین را بر روی نقطه رأس اول مثلث مستقر نمایید و بر دیگر رئوس، ژالن‌هایی را توسط سه‌پایه‌ژالن در حالت کاملاً قائم قرار دهید.

۲- دوربین را دایره به چپ کنید. (در حالت مستقیم قرار دهید)

۳- برای اندازه‌گیری زاویه این رأس، ابتدا به ضلع سمت چپ زاویه نشانه‌روی کرده و لمب افقی دوربین را قرائت و یادداشت نمایید.

۴- سپس به ضلع سمت راست نشانه‌روی کرده و برای آن نیز عدد لمب را قرائت و در فرم قرائت زاویه به روش کوپل مطابق جدول زیر یادداشت کنید.

کروکی	زاویه	میانگین	قرائت دایره به راست (R)	قرائت دایره به چپ (L)	نقاط نشانه‌روی	ایستگاه
					B	A
					C	
					C	B
					A	
					A	C
					B	

۵- دوربین را دایره‌به‌راست کرده و بر روی همین امتداد (امتداد دوم) عدد لمب افقی را در حالت دایره‌به‌راست قرائت کرده و در محل مربوطه در فرم زاویه یادداشت کنید.
۶- سپس در همان حالت دایره‌به‌راست مجدداً بـه امتداد اول نشانه‌روی کرده و عدد لمب افقی را قرائت و در فرم قرائت زاویه، یادداشت کنید.
۷- با راهنمایی معلم خود زاویهٔ هر رأس را محاسبه و در فرم قرائت زاویه یادداشت نمایید.

فعالیت عملی ۴

بررسی خطاها و سرشکنی خطای زاویه‌ای

- نتایج نهایی محاسبه زاویه مثلث فعالیت قبل را در جدول سرشکنی و خطای زاویه‌ای یاداشت کنید.
- خطای زاویه‌ای و میزان تصحیح هر زاویه و زاویه تصحیح شده را محاسبه کنید.
- گزارش کاملی با رعایت اصول گزارش‌نویسی از فعالیت انجام شده به صورت کتبی و با اسـتفاده از نرم افزار Excel به معلم خود ارائه کنید.

اندازه‌گیری طول به کمک زاویه‌یاب

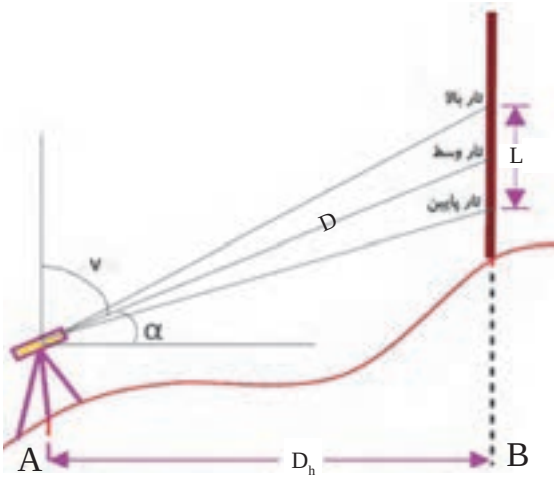
یکـی از روش‌هـای اندازه‌گیـری طـول، روش مسـتقیم اسـت کـه در ایـن روش فاصله بیـن نقـاط در روی زمین به‌طـور مسـتقیم اندازه‌گیـری می‌شـود کـه یکـی از متداول‌تریـن ایـن روش‌هـا اسـتفاده از نـوار اندازه‌گیـری (متـر) مـی باشـد کـه بـه آن بـه اصطلاح مترکشـی می‌گویند کـه با رعایـت اصـول آن و اسـتفاده از روش تکرار می‌تـوان بـه صحـت و دقت مناسـبی در مترکشـی رسـید.

اصول مترکشی عبارت‌اند از:

۱- از سالم‌بودن و کامل‌بودن متر و تجهیزات جانبی اطمینان حاصل کنیم.
۲- متر باید بصورت افقی در بین دو نقطه کشیده شود.
۳- نقطـهٔ صفـرِ متـر متناسـب با سـلیقه و نظـر کارخانه سـازنده متفاوت اسـت. دقت شـود که صفرِ متر اشـتباه در نظر گرفته نشـود.
۴- بعضـی از مترهـا مخصوصـاً مترهـای پارچـه‌ای و پلاسـتیکی یـک طرف برحسـب متـر و سـانتی‌متر و طرف دیگـر بـر حسـب فـوت و اینـچ تقسـیم‌بندی شـده اسـت. در هنـگام اندازه‌گیـری دقـت شـود کـه به‌جـای متر اشـتباهاً فـوت و اینـچ اندازه‌گیـری ولـی متـر ثبت نشـود.
۵- در هنـگام مترکشـی، نـوار اندازه‌گیـری بایـد بدون پیچ خوردگی و کاملاً کشـیده و بدون شـنِت (شـکم‌دادن متر) باشـد.
۶- در مترهای پارچه‌ای دقت شود متر بیش از اندازه کشیده نشود تا مقدار واقعی، دقیق نمایش داده شود.
۷- در هنگام قرائت متر و همچنین حین نوشتن آن، دقت شود اعداد، اشتباه قرائت و نوشته نشود.
۸- بـرای بـالا بـردن دقـت لازم اسـت اندازه‌گیـری در یـک رفت‌وبرگشـت انجـام گیـرد و سـپس از آن میانگین گرفته شـود.
۹- همیشه تعداد رقم اعشاری فاصله را به تناسب اندازهٔ دقت در نظر بگیرید.
۱۰- عـدد روی متـر را از بـالا به‌صـورت کامـلاً مسـتقیم بخوانیـد چون اگـر به‌صورت کـج و با زاویه بـه آن نگاه کنیـد، عـددی غیـر از مقـدار واقعـی را خواهیـد دید. (چنـد میلی‌متر کمتر یا بیشـتر)
۱۱- برای یک دهنه، از متری استفاده شود که طول آن از طول دهنه بیشتر باشد.

گرچه اندازه‌گیری فاصله با متر با رعایت اصول مترکشی از دقت کافی برخوردار است ولی به علت وقت‌گیربودن و به این علت که برای تهیه نقشه‌های متوسط و کوچک‌مقیاس لزوم ندارد که همه طول‌ها با دقت خیلی زیاد اندازه‌گیری شوند، بنابراین روش‌های مختلفی ابداع شده که به کمک آنها می‌توان به‌طور غیرمستقیم فاصله بین نقاط را به مراتب سریعتر از مترکشی اندازه‌گیری کرد که یکی از این روش‌ها روش استادیمتری می‌باشد.

روش استادیمتری



در این روش به کمک زاویه‌یاب و شاخص فاصله به‌دست می‌آید. فرض کنید می‌خواهیم فاصلهٔ افقی بین دو نقطه A و B را اندازه‌گیری کنیم. همانند شکل زیر دوربین را در ایستگاه A سانتراژ و در نقطهٔ B شاخص را به‌طور عمود قائم نگه میداریم و سپس به شاخص نشانه‌روی کرده و تار بالا و تار پایین رتیکول را قرائت می‌کنیم چنانچه زاویه شیب امتداد AB برابر α باشد با توجه به شکل خواهیم داشت:

اختلاف تار بالا و پایین: تارپایین-تاربالا $L=$

طول مایل AB: $D = K \times L \times \cos \alpha$

طول افقی AB: $D_h = (K \times L \times \cos \alpha) \times \cos \alpha = K \times L \times \cos^2 \alpha$

که عدد ثابت K معمولاً برای اکثر دوربین‌ها برابر ۱۰۰ است که آن‌را ضریب استادیمتری می‌نامند. بنابراین داریم:

$$D_h = ۱۰۰ \times L \times \cos^2 \alpha$$

نکته

در اندازه‌گیری فاصله چنانچه امتداد شاخص بر امتداد نشانه‌روی عمود باشد و به عبارتی امتداد خط دید و نشانه‌روی افقی باشد، در این‌صورت زاویه شیب برابر صفر است. (در ترازیاب‌ها این حالت به طور طبیعی وجود دارد) و در این‌صورت:

$$D_h = ۱۰۰ \times L \times \cos^2 ۰ = ۱۰۰ \times L$$

نکته

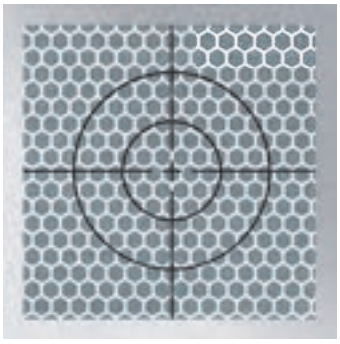
در صورتی‌که دوربین زاویه‌یاب به جای نمایش زاویهٔ شیب α زاویهٔ زنیتی V را نمایش دهد فرمول طول افقی به‌صورت زیر خواهد بود:

$$D_h = ۱۰۰ \times L \times \sin^2 V$$

اندازه‌گیری فاصله به کمک فاصله‌یاب الکترونیکی

در روش اندازه‌گیری فاصله به صورت الکترونیکی دستگاه فاصله‌یاب به دو صورت مبتنی بر ۱- اندازه‌گیری زمان رفت‌وبرگشت موج و ۲- اندازه‌گیری اختلاف فاز موج ارسالی و برگشتی، فاصله بین دستگاه و نقطه مورد نظر را به‌دست می‌آورد.

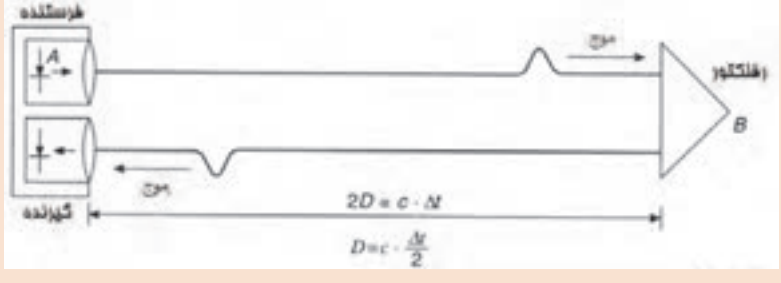
در این روش جهت محاسبه طول AB دستگاه طولیاب که قابلیت ارسال و دریافت موج را دارد بر روی نقطهٔ A و وسیلهٔ منعکس‌کننده موج بر روی نقطهٔ B مستقر می‌شود. منعکس‌کننده موج وسیله‌ای است متشکل از چند منشور چندوجهی که موج ارسالی را در همان مسیر دقیقاً به‌سمت فرستنده موج برمی‌گرداند و به آن منشور یا رِفلکتور می‌گویند. در زیر نمونه‌هایی از منشورهای تکی، سه‌تایی برای فاصله‌های زیاد و صفحه‌ای برای کارهای ساختمانی مشاهده می‌کنید:



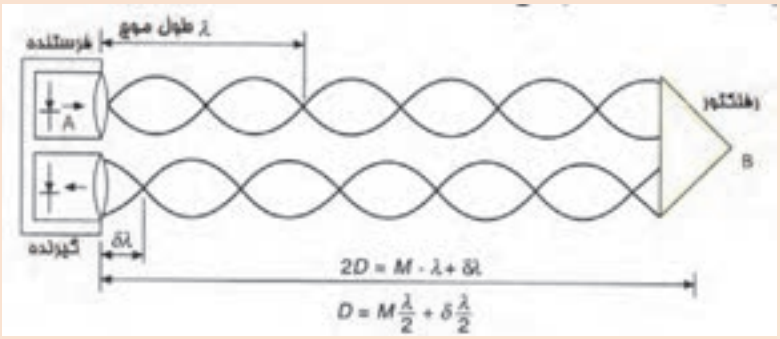
اخیراً، فاصله‌یاب‌های لیزری ساخته شده که نیازی به رفلکتور ندارد و امواج لیزر پس از برخورد به هدف منعکس می‌شود. این قابلیت در دوربین‌های توتال‌استیشن دسترسی به نقاط سخت و غیرممکن را امکان‌پذیر می‌سازد و مهم‌تر از همه اینکه نیروی انسانی اضافه برای برخی اندازه‌گیری‌ها مورد نیاز نیست.

بیشتر بدانیم

در روش اندازه‌گیری الکترونیکی فاصله مبتنی بر زمان، موج مشخصی به سمت رفلکتور توسط فرستنده دستگاه ارسال شده و پس از برخورد موج به رفلکتور، موج ارسالی به سمت دستگاه برمی‌گردد و توسط گیرنده دستگاه دریافت می‌شود. در این حالت زمان رفت‌وبرگشت اندازه‌گیری شده و با توجه به سرعت موج ارسالی فاصله محاسبه می‌شود. شکل زیر ساختار این نوع دستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



روش اختلاف فاز، فاز موج ارسالی و فاز موج دریافتی حاصل توسط یک فازیاب داخل دستگاه طولیاب مقایسه می‌شوند. شکل زیر ساختار دستگاه‌های طولیاب مبتنی بر اختلاف فاز را جهت اندازه‌گیری فاصله نشان می‌دهد:



مطابق شکل فوق در روش مبتنی بر اختلاف فاز، توسط دستگاه، تعداد امواج کامل شمارش شده و اختلاف فاز نیز اندازه‌گیری می‌شود. در فرمول فوق، λ طول موج، M تعداد موج کامل و $\delta\lambda$ طول موج ناقص می‌باشد.

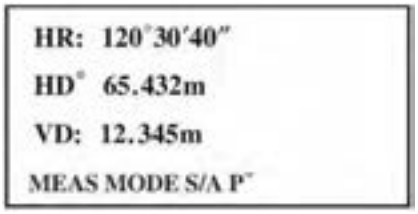
دقت اندازه‌گیری طول در طولیاب‌ها به‌صورت $m+n$ ppm بیان می‌شود که در آن m مقدار ثابت بر حسب میلی‌متر و n بیان‌کننده، n میلی‌متر خطا در یک کیلومتر است. به عبارت دیگر اندازه‌گیری طول با این طولیاب دارای خطای ثابت m میلی‌متر بوده و در هر کیلومتر اندازه‌گیری فاصله، n میلی‌متر خطا وجود دارد.

به‌عنوان مثال اگر دقت اندازه‌گیری طول با یک طولیاب برابر ۳+۲ ppm باشد. دقت اندازه‌گیری یک طول ۴/۵ کیلومتری با این نوع طولیاب چند میلی‌متر است.

$$e = ۳ + ۲ \times ۴/۵ = ۱۲ \text{ mm}$$

دوربین توتال‌استیشن

دوربین توتال‌استیشن ترکیبی از زاویه‌یاب الکترونیکی و طولیاب الکترونیکی به همراه برنامه‌های نرم‌افزاری جهت محاسبه طول افقی، مایل، اختلاف ارتفاع، مختصات و سایر امور کاربردی نقشه‌برداری می‌باشد. امروزه استفاده از این نوع دوربین‌ها برای انجام امور نقشه‌برداری زمینی گسترش زیادی یافته است. آسان بودن کار با این نوع دوربین ها و سرعت بالاتر نسبت به روش‌های سنتی و حافظه ذخیره‌سازی اطلاعات از مزایای دوربین‌های توتال‌استیشن می‌باشد. به‌طورکلی توتال‌استیشن مجموعه‌ای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است که مشاهدات زاویه افقی و قائم و فاصله را اندازه‌گیری و با پردازش آنها طول‌ها و مختصات نقاط مشاهده شده را محاسبه می‌نماید. معمولاً در صفحه اصلی و اولیه دوربین‌های توتال استیشن زوایای افقی، قائم و طول‌های افقی، مایل به همراه اختلاف ارتفاع با کلید دکمه اندازه‌گیری نمایش داده می‌شود که نمونه‌ای از آن در تصویر روبه‌رو مشخص می‌باشد. (در پودمان سوم به‌طور مفصل دوربین توتال‌استیشن شرح داده می‌شود).



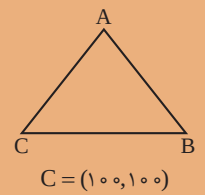
کلید جهت اندازه‌گیری طول می‌باشد که نتیجهٔ اندازه‌گیری به‌صورت مقابل نمایش داده می‌شود که سطر اول مربوط به زاویهٔ افقی، سطردوم فاصلهٔ افقی وسطر سوم اختلاف ارتفاع می‌باشد.

نکته

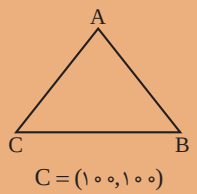
برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری فاصله معمولاً طول‌ها را در چند نوبت و در حالت‌های دایره‌به‌چپ و دایره‌به‌راست و به‌صورت رفت‌وبرگشت اندازه‌گیری می‌کنند و سپس از طول‌های اندازه‌گیری شده میانگین گیری می‌کنند.

مثال ۷

جهت محاسبه طول‌های یک سه‌ضلعی دوربین توتال‌استیشن را بر روی سه رأس مثلث سانتراژ کرده و طول‌ها را در حالت‌های دایره‌به‌چپ و دایره‌به‌راست اندازه‌گیری و در جدول ذیل یادداشت نموده‌ایم با توجه به مشاهدات زیر بهترین جواب مربوط به طول‌های سه‌ضلعی را محاسبه کنید و به کمک نرم‌افزار AutoCAD با مشخص بودن مختصات C و افقی بودن خط CB آن‌را ترسیم نمایید.

کروکی	قرائت طول در حالت		نقاط	ایستگاه
	دایره به راست (R)	دایره به چپ (L)	نشانه‌روی	
	۱۲۴/۲۳۸	۱۲۴/۲۴۲	B	A
	۱۲۶/۹۹۷	۱۲۷/۰۰۱	C	
	۱۳۱/۵۹۴	۱۳۱/۶۰۹	C	B
	۱۲۴/۲۳۷	۱۲۴/۲۲۷	A	
	۱۲۷/۰۱۲	۱۲۷/۹۹۸	A	C
	۱۳۱/۵۹۶	۱۳۱/۵۹۴	B	

حل: ابتدا از طول‌ها که به‌صورت دایره‌به‌چپ و دایره‌به‌راست اندازه‌گیری شده است میانگین گیری می‌کنیم:

کروکی	میانگین	قرائت طول در حالت		نقاط	ایستگاه
		دایره به راست (R)	دایره به چپ (L)	نشانه‌روی	
	۱۲۴/۲۴۰	۱۲۴/۲۳۸	۱۲۴/۲۴۲	B	A
	۱۲۶/۹۹۹	۱۲۶/۹۹۷	۱۲۷/۰۰۱	C	
	۱۳۱/۶۰۲	۱۳۱/۵۹۴	۱۳۱/۶۰۹	C	B
	۱۲۴/۲۳۲	۱۲۴/۲۳۷	۱۲۴/۲۲۷	A	
	۱۲۷/۰۰۵	۱۲۷/۰۱۲	۱۲۷/۹۹۸	A	C
	۱۳۱/۵۹۵	۱۳۱/۵۹۶	۱۳۱/۵۹۴	B	

سپس از طول‌هایی که به‌صورت رفت‌وبرگشت محاسبه گردیده است به عنوان طول نهایی مجدداً میانگین‌گیری می‌کنیم:

طول	رفت	برگشت	میانگین
AB	۱۲۴/۲۴۰	۱۲۴/۲۳۲	۱۲۴/۲۳۶
BC	۱۳۱/۶۰۲	۱۳۱/۵۹۵	۱۳۱/۵۹۵
CA	۱۲۷/۰۰۵	۱۲۶/۹۹۹	۱۲۶/۹۹۹

البته در همان مرحله اول می‌توان از تمامی طول‌ها یک ضلع که به‌صورت رفت‌وبرگشت و به‌صورت دایره‌به‌چپ و دایره‌به‌راست اندازه‌گیری شده است میانگین‌گیری نمود.

ترسیم در نرم‌افزار AutoCAD

با مشخص نمودن سه طول مثلث و معلوم بودن مختصات نقطهٔ C و امتداد CB ترسیم مثلث ABC در نرم‌افزار AutoCAD به شرح ذیل می‌باشد:

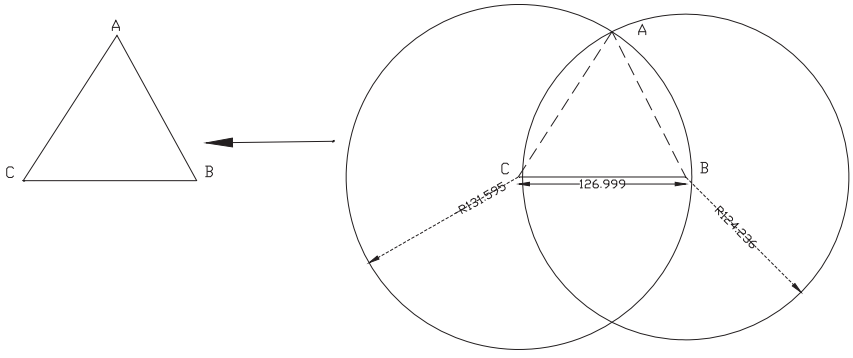
۱- ترسیم خط افقی با دستور Line و دکمه تابعی F۸ به مختصات اولیه (۱۰۰,۱۰۰) C و طول CB=۱۲۶/۹۹۹ متر

Command: LINE

Specify first point: <Ortho on> (۱۰۰,۱۰۰)

Specify next point or [Undo]: ۱۲۶/۹۹۹

۲- ترسیم دو دایره (با دستور Circle) به مرکز نقطهٔ C و شعاع ۱۳۱/۵۹۵ متر و مرکز B و شعاع ۱۲۴/۲۳۶ متر و مشخص شدن محل تلاقی دو دایره به عنوان نقطهٔ A و ترسیم سه‌ضلعی ABC:



۳- جهت کنترل ترسیمات می‌توان از تب Home پنل Annotation یا تب Annotate پنل Dimension، گزینه کشویی اندازه‌گذاری رو باز کنید و گزینه Aligned به عنوان خط اندازه مورب را انتخاب کرد و با کلیک بر روی ابتدا و انتهای خط اندازه آن‌را روی نقشه مشخص کرد:

نکته

(جهت مشاهده مختصات نقاط می‌توان از دستور ID و کلیک بر روی نقطه مورد نظر مختصات نقاط را در خط فرمان مشاهده نمود همچنین با استفاده از دستور LIST و کلیک بر روی خطوط اطلاعات خط مانند مختصات ابتدا و انتها، طول و ... مشخص می‌گردد)

پس از ترسیم نقاط و امتدادهای برداشتی در نرم‌افزار AutoCAD می‌توان زاویهٔ بین امتدادها را به‌کمک آنچه در قسمت ۳ مثال قبل گفته شد و انتخاب گزینه Angular و کلیک بر روی دو امتداد مورد نظر مشخص نمود:

فعالیت عملی ۵

فاصله‌یابی به روش استادیمتری

به کمک روش استادیمتری اضلاع مثلث فعالیت عملی گذشته را اندازه‌گیری نمایید.

محاسبات لازم جهت محاسبه طول افقی در جدول استادیمتری به همراه محاسبات آن در نرم‌افزار Excel انجام دهید.

گزارش کاملی با رعایت اصول گزارش‌نویسی از فعالیت انجام شده به صورت کتبی به معلم خود ارائه کنید.

راهنمایی

۱- ابتدا تئودلیت را در روی نقطه اول مستقر نمایید. سپس شاخصی را به طور کاملاً قائم در نقطه انتهای فاصله قرار دهید.

۲- پس از نشانه‌روی به شاخص مورد نظر، تصویر دوربین را توسط پیچ فوکوس کاملاً واضح کرده همچنین تصویر تارهای رتیکول را برای چشم خود تنظیم و واضح کنید.

۳- اکنون پیچ حرکت تند دوربین و آلیداد را قفل کرده و اعداد تار بالا و پایین روی شاخص را قرائت و یادداشت نمایید.

۴- زاویه شیب و یا سمت الرأسی را هم در این حالت مشاهده و یادداشت نمایید. برای این کار از معلم خود کمک بگیرید.

۵- این بار دوربین را به نقطهٔ آخر منتقل کرده و مراحل قبل را تکرار کنید.

۶- با این کار عملیات به پایان می‌رسد، فاصله افقی مورد نظر را برای دو حالت رفت‌وبرگشت محاسبه نموده و از آن میانگین بگیرید.

فعالیت عملی ۶

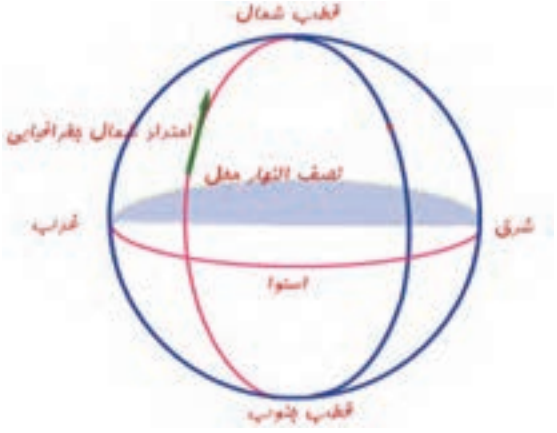
فاصله‌یابی با استفاده از دوربین توتال‌استیشن

- فاصله افقی گفته شده در فعالیت قبل را با استفاده از یک توتال‌استیشن با راهنمایی هنرآموز از دو طرف اندازه‌گیری کرده و نتایج را در جدولی یادداشت نموده و سپس آنها را با هم مقایسه کنید.
- گزارش کاملی با رعایت اصول گزارش‌نویسی از فعالیت انجام شده به صورت کتبی به معلم خود ارائه کنید.

امتدادهای مبنا در نقشه‌برداری

به منظور توجیه نقشه در منطقه و یا برای مشخص نمودن موقعیت یک امتداد هنگام نقشه‌برداری در منطقه لازم است که زاویه امتدادهای زمینی را با یک امتداد مبنا (Refrence line) به‌دست آورد. از امتدادهایی که در نقشه‌برداری به عنوان امتداد مبنا یا مقایسه در نظر گرفته می‌شوند، می‌توان نصف‌النهار جغرافیایی محل، امتداد نصف‌النهار مغناطیسی و امتداد شمال شبکه یا محور Yها در صفحه نقشه نام برد.

در نقشه‌برداری امتداد مبنا، معمولاً به صورت یکی از سه حالت زیر می‌تواند تعریف شود:



الف- شمال جغرافیایی: اگر از محل استقرار دوربین، خطی به قطب شمال وصل شود، این امتداد، امتداد شمال جغرافیایی نامیده می‌شود.

به عبارت دیگر امتداد نصف‌النهار محل استقرار دوربین به سمت قطب شمال، جهت شمال جغرافیایی نامیده می‌شود. شمال جغرافیایی، شمال واقعی نیز نامیده شده و آن‌را با TN(True North) نشان می‌دهند. با تعریف امتداد شمال جغرافیایی می‌توان سایر جهت‌های جغرافیایی مانند شرق، غرب و جنوب را نیز تعریف نمود. شکل روبه‌رو شمال جغرافیایی و جهت‌های جغرافیایی را نشان می‌دهد.

ب) شمال مغناطیسی: با توجه به میدان مغناطیسی زمین - ناشی از حرکت دورانی زمین - و ساختار قطب نما - که مانند یک آهن ربا عمل می‌کند و قطب‌های همنام همدیگر را جذب می‌نمایند - که تمایل به قرارگیری در جهت میدان مغناطیسی زمین دارد. جهتی را که عقربه قطب‌نما نشان می‌دهد، امتداد شمال مغناطیسی نامیده می‌شود و آن‌را با MN(MagneticNorth) نشان می‌دهند.

شکل روبه‌رو یک قطب‌نما را نشان می‌دهد. در قطب‌نماهای نقشه‌برداری فلش N جهت شمال و فلش S جهت جنوب را نشان می‌دهد.

نکته

در نقشه‌برداری ژیزمان امتداد اول معمولاً با استفاده از جهت قطب‌نما مشخص می‌گردد.

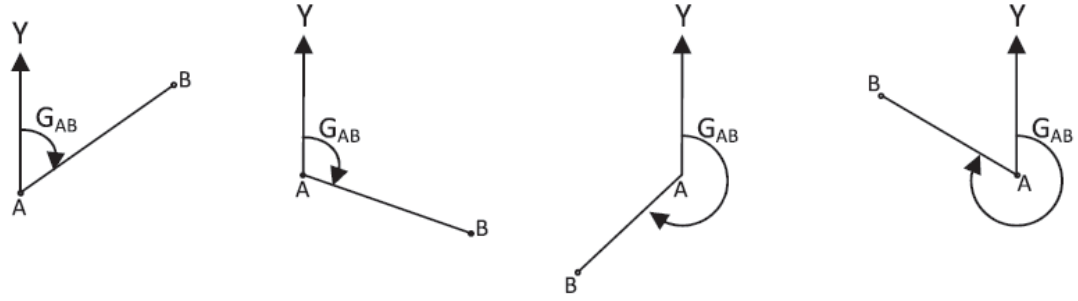
ج) شـمال شبکه: جهت مثبت محور yها در نقشـه را اصطلاحاً شمال شبکه می‌نامند و با GN(GridNorth) نشان می‌دهند.

شـمال مغناطیسـی و شـمال جغرافیایـی بـر هـم منطبـق نبـوده و بـا هـم اختـلاف دارنـد، ایـن اختـلاف زاویه انحـراف مغناطیسـی نامیـده می‌شـود. معمولاً شـمال شـبکه را منطبق بر شـمال مغناطیسـی و مقـدار اولیه آن را به‌کمـک قطب‌نمـا مشـاهده می‌نماینـد.

ژیزمان

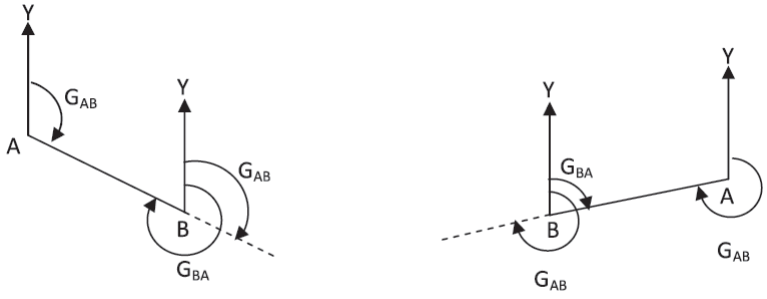
بـرای تعییـن جهـت یـک امتـداد در روی زمیـن بایـد زاویه ایـن امتداد و یـک امتداد مبنـا را اندازه‌گیـری کرد. چنانچـه امتـداد مبنـا را شـمال شـبکه در نظرگرفتـه و زاویـه بیـن شـمال شـبکه و امتـداد زمینـی را در جهت عقربه‌هـای سـاعت اندازه‌گیـری کنیـم، بـه زاویـه حاصـل ژیزمـان می‌گوینـد. بنابراین:

ژیزمـان عبارت‌اسـت از زاویـه‌ای افقـی از شـمال شـبکه بـا هـر امتـداد در جهـت عقربه‌هـای سـاعت کـه بـا G نمایـش داده می‌شـود. و مقـدار آن بیـن صفـر تـا ۳۶۰ درجـه می‌باشـد.



ژیزمان امتداد AB در چهار وضعیت

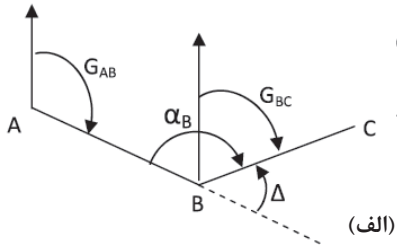
درصورتی‌کـه ژیزمـان امتـداد AB معلوم باشـد و خواسـته شـود ژیزمان امتداد BA محاسـبه شـود، اصطلاحاً ژیزمـان امتـداد BA را ژیزمـان معکـوس امتـداد AB می‌نامنـد. ژیزمـان معکـوس یـک امتـداد بـا ژیزمـان آن ۱۸۰درجـه یـا ۲۰۰ گـراد اختـلاف دارد. اگـر ژیزمـان یـک امتـداد کوچک‌تـر از ۱۸۰درجـه باشـد، ژیزمـان معکـوس آن بـا ۱۸۰ درجـه جمـع می‌شـود و در صورتی‌که ژیزمـان یـک امتـداد بزرگ‌تـر از ۱۸۰باشـد، ژیزمـان معکوس آن از ۱۸۰درجـه کم می‌شـود.



ژیزمان و ژیزمان معکوس امتداد AB

انتقال ژیزمان

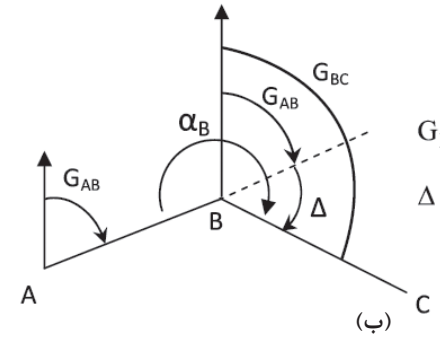
دو امتداد AB و BC را مطابق شکل الف در نظر بگیرید در صورتی که ژیزمان امتداد AB و همچنین زاویه رأس B یعنی αB معلوم باشد ژیزمان امتداد BC به‌راحتی محاسبه می‌گردد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌کنید امتداد AB که با خط‌چین مشخص شده است از نقطهٔ B به اندازه زاویه انحراف Δ در خلاف عقربه‌های ساعت از جهت خود منحرف شده است تا به امتداد BC تبدیل شود بنابراین کافی است زاویه انحراف Δ را از ژیزمان امتداد AB کم کنیم تا ژیزمان امتداد BC به‌دست آید. زاویه انحراف Δ به راحتی از روی زاویه رأس B قابل محاسبه است به‌عبارتی می‌توان نوشت:



(الف)

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

حال به شکل ب دقت کنید در این حالت امتداد AB که با خط‌چین مشخص شده است در نقطهٔ B به اندازه زاویهٔ Δ در جهت عقربه‌های ساعت از جهت اولیه خود منحرف شده است تا امتداد BC حاصل شود. پس در این حالت کافی است که زاویهٔ Δ را با ژیزمان امتداد AB جمع کنیم تا ژیزمان BC به‌دست آید. بنابراین داریم:



(ب)

$$\left.\begin{aligned} G_{BC} &= G_{AB} + \Delta \\ \Delta &= 180^\circ - \alpha_B \end{aligned}\right\} G_{BC} = G_{AB} + (180^\circ - \alpha_B) = G_{AB} + \alpha_B - 180^\circ$$

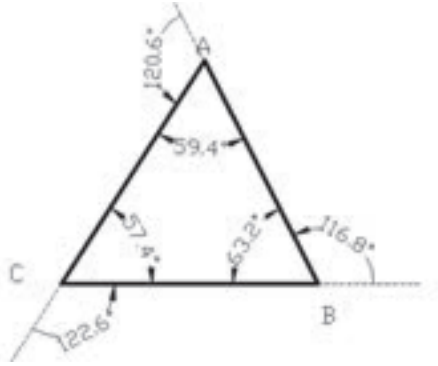
همان‌طور که دیدید در هر حالت به‌سادگی می‌توان ژیزمان امتداد BC را از امتداد معلوم AB به‌دست آورد. کافی‌است زاویه رأس αB مشاهده و زاویه انحراف Δ به‌همراه جهت انحراف مشخص گردد.

نکته

اگر ژیزمان امتدادی بیشتر از ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد محاسبه گردید، مقدار ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد از ژیزمان کسر می‌گردد و همچنین اگر ژیزمان امتدادی منفی محاسبه گردید، عدد ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد به ژیزمان اضافه می‌گردد تا همیشه مقدار ژیزمان بین عدد ۰ تا ۳۶۰ درجه یا ۴۰۰ گراد قرار گیرد.

مثال ۸

در مثال قبل اگر ژیزمان امتداد CB برابر ۹۰ درجه باشد ژیزمان امتدادهای BA و AC چند درجه است؟



حل: ابتدا با توجه به کروکی میزان زاویه انحراف به همراه جهت آنها مشخص می‌نماییم:

زاویه انحراف B خلاف عقربه ساعت:

$$\Delta_B = ۱۸۰^\circ - \alpha B = ۱۸۰^\circ - ۶۳/۲^\circ = ۱۱۶/۸^\circ$$

زاویه انحراف A خلاف عقربه ساعت:

$$\Delta_A = ۱۸۰^\circ - \alpha A = ۱۸۰^\circ - ۵۹/۴^\circ = ۱۲۰/۶^\circ$$

زاویه انحراف C خلاف عقربه ساعت:

$$\Delta_C = ۱۸۰^\circ - \alpha C = ۱۸۰^\circ - ۵۷/۴^\circ = ۱۲۲/۶^\circ$$

پس از محاسبه زاویه انحراف با معلوم‌بودن ژیزمان امتداد اولیه ژیزمان دیگر امتدادها از روابط ذکر شده محاسبه می‌گردد:

$$G_{CB} = ۹۰^\circ$$

$$G_{BA} = G_{CB} - \Delta_B = ۹۰^\circ - ۱۱۶/۸^\circ = -۲۶/۸^\circ + ۳۶۰^\circ = ۳۳۳/۲^\circ$$

$$G_{AC} = G_{BA} - \Delta_A = ۳۳۳/۲^\circ - ۱۲۰/۶^\circ = ۲۱۲/۶^\circ$$

جهت کنترل عملیات محاسبات می‌توان به کمک زاویهٔ C و ژیزمان امتداد AC، ژیزمان اولیه CB را محاسبه کرده و با مقدار اولیه آن مقایسه نمود:

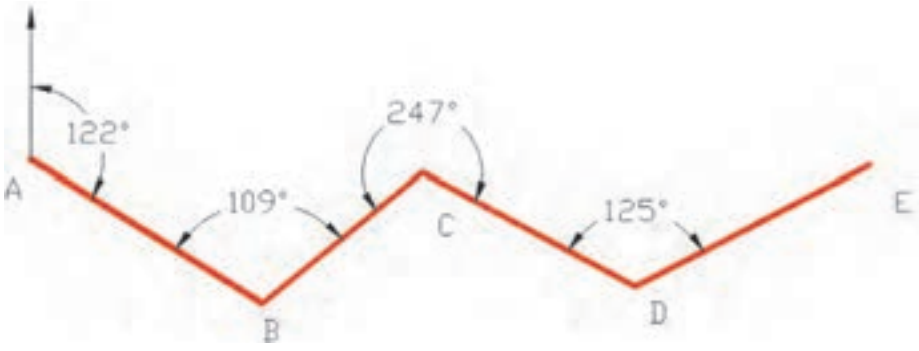
$$G_{CB} = G_{AC} - \Delta_C = ۲۱۲/۶^\circ - ۱۲۲/۶^\circ = ۹۰^\circ$$

انتقال ژیزمان در نرم‌افزار Excel

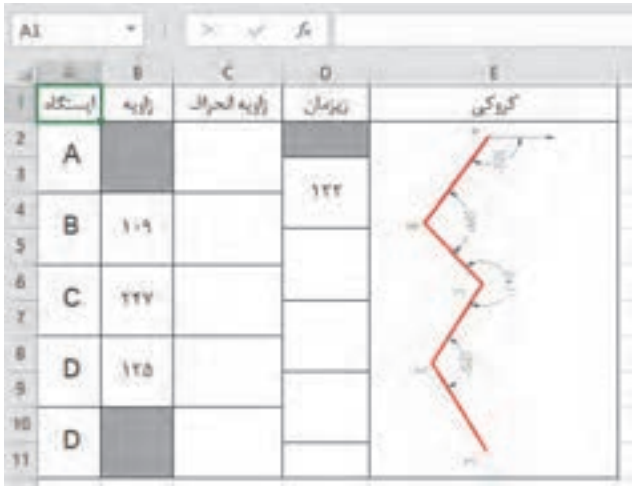
محاسبات انتقال ژیزمان به کمک برداشت زاویه شامل مراحل زیر می‌باشد که با ذکر مثال موارد شرح داده می‌شود.

مثال ۹

با توجه به شکل زیر، محاسبات انتقال ژیزمان را در نرم‌افزار Excel و طی چند مرحله انجام می‌دهیم.



۱- در ابتدا می‌بایستی به‌کمک جدول کوپل که قبلاً توضیح داده شد زاویه هریک از رأس‌ها را محاسبه کرد و بر روی کروکی و جدول مربوطه یادداشت نمود و موارد را در فرم نرم‌افزار Excel وارد کرد.



ایستگاه	زاویه	زاویه انحراف	زیزمان	کروکی
A			۱۲۲	
B	۱۰۹			
C	۲۲۷			
D	۱۲۵			
D				

۲- درخانهٔ C۴ زاویه انحراف زاویهٔ B را می‌نویسیم:

=۱۸۰-B۴

سپس آن‌را برای خانه‌های ستون زاویه انحراف کپی می‌کنیم.

ایستگاه	زاویه	زاویه انحراف	زیزمان	کروکی
A			۱۲۲	
B	۱۰۹	۷۱		
C	۲۲۷	۶۷		
D	۱۲۵	۵۵		
D				

۳- درخانهٔ D۵ با استفاده از ژیزمان امتداد قبل می‌نویسیم:

=D۳-C۴

سپس آن‌را برای خانه‌های ستون زیزمان کپی می‌کنیم.

ایستگاه	زاویه	زاویه انحراف	زیزمان	کروکی
A			۱۲۲	
B	۱۰۹	۷۱	۵۱	
C	۲۲۷	۶۷	۱۱۸	
D	۱۲۵	۵۵	۶۳	
D				

فعالیت عملی ۷

انتقال ژیزمان

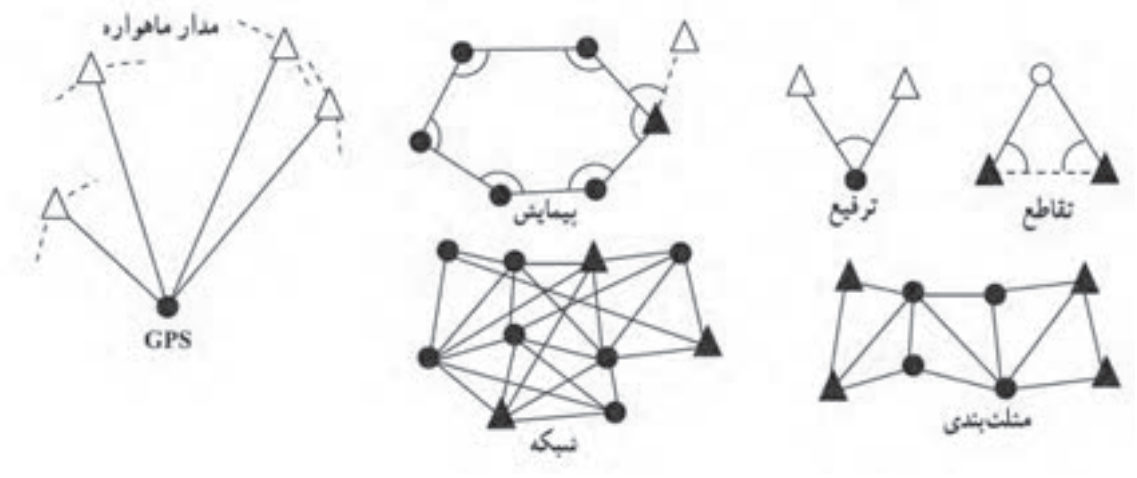
- در محوطه هنرستان چهار نقطه که تشکیل یک چهارضلعی باز را می‌دهند به گونه‌ای انتخاب کنید که از هر نقطه، نقطهٔ قبل و بعد آن قابل دید باشد.
- آزیموت مغناطیسی امتداد اول را به‌کمک قطب نما اندازه‌گیری نموده و آن‌را به‌عنوان ژیزمان امتداد اول در نظر بگیرید.
- با اندازه‌گیری زاویه بین امتدادها به روش کوپل ژیزمان سه امتداد دیگر را محاسبه کنید.
- محاسبات انتقال ژیزمان را با نرم افزار Excel نیز محاسبه کنید و نتایج کار را به همراه گزارش عملیات تحویل هنرآموز دهید.

روش‌های تعیین مختصات ایستگاهی

برای تهیه نقشه از یک منطقه، نیاز است تعدادی نقطه کنترل زمینی (ایستگاه) در آن منطقه ایجاد کرد تا بتوان به کمک آنها عوارض مورد نیاز را از زمین برداشت و به نقشه انتقال داد. ایستگاه‌ها با توجه به اهمیت و لزوم ماندگاری، معمولاً در قالب سازه‌های مصنوعی و با علایم مشخصی روی زمین طبق استاندارد ساخته و تثبیت می‌شوند. از این نقاط کنترل برای استقرار و توجیه دستگاه‌های نقشه‌برداری استفاده می‌شود.

مختصات نقاط کنترل باید چند برابر دقیق‌تر از خطای مجاز نقشه موردنظر تهیه شود، زیرا برداشت جزئیات روی زمین متکی به آنها بوده و از روی این نقاط انجام می‌گیرد. چنانچه دقت کافی در مورد تعیین مختصات نقاط کنترل به عمل نیاید کلیه مشاهدات برداشتی، خطادار بوده و نقشه حاصله از صحت کافی برخوردار نخواهد بود.

روش‌های مختلفی برای تعیین مختصات ایستگاه‌ها وجود دارد. تقاطع، ترفیع، پیمایش، مثلث‌بندی، شبکه و GPS از جمله این روش‌ها می‌باشد.



تفکر

منظور از دوایر و مثلث‌های توپر و توخالی در شکل بالا (روش‌های تعیین موقعیت ایستگاهی) چیست؟

تقاطع: در این روش روی نقاط معلوم قرار گرفته و به نقطه مجهول نشانه‌روی می‌کنیم. هنگامی که مختصات نقاط را نتوان به دلیل بُعد مسافت یا دسترس‌ناپذیر بودنشان (مانند نقطه بالای گنبد) با روش‌های معمول تعیین کرد از روش تقاطع استفاده می‌شود.

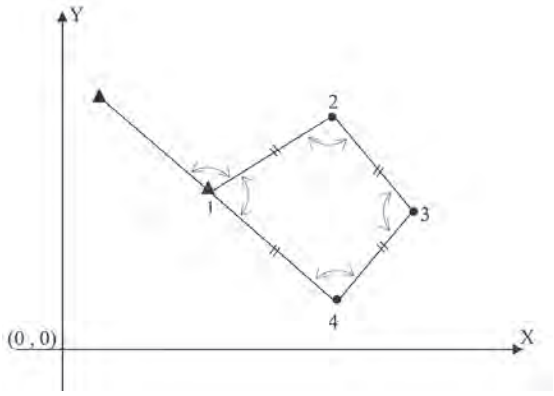
ترفیع: در این روش عکس عمل تقاطع، ایستگاه‌گذاری روی نقطه مجهول انجام شده و به نقاط معلوم نشانه‌روی و مختصات نقطه مجهول تعیین می‌نماییم. کاربرد این روش موقعی است که هویت نقاط مختصات‌دار منطقه از بین رفته و برای یافتن مختصات ایستگاه‌های منطقه، از مشاهدات تعدادی از نقاط معلوم دور از دسترس استفاده می‌کنیم.

مثلث‌بندی: نقاط کنترل مجموعاً تعدادی مثلث متصل به‌هم تشکیل داده که با اندازه‌گیری طول یک یا دو ضلع از این مجموعه مثلث و نیز اندازه‌گیری همه زوایا می‌توان مختصات رأس مثلث‌ها را تعیین کرد. کاربرد این روش در مناطق خیلی وسیع می‌باشد.

شبکه: در صورتی‌که برای انجام مشاهدات طول و زاویه مانند روش مثلث‌بندی، تشکیل مثلث‌های متصل به‌هم الزامی نباشد و بتوان طول و زاویه بین نقاط را مشاهده نمود، به آن روش شبکه می‌گویند. معمولاً در پروژه‌های حساس مانند تعیین موقعیت و جابجایی‌سنجی پل‌ها و سدها که به پروژه‌های میکروژئودزی معروف است از این روش استفاده می‌شود.

تعیین موقعیت ماهواره‌ای GPS: سیستم GPS یک سیستم تعیین موقعیت جهانی بر مبنای فناوری ماهواره‌ای است. هر چند تعیین موقعیت با GPS بسیار فراگیر شده اما اصول عملکرد آن بسیار پیچیده بوده و متخصصان علومی نظیر الکترونیک، مکانیک مداری، هوافضا، هواشناسی، زمین‌شناسی، فیزیک، ریاضیات و نرم‌افزار در طراحی، ساخت و توسعه آن مشارکت داشته اند. GPS دارای کاربردهای متنوعی می‌باشد اساساً GPS هر جایی قابل استفاده است مگر در نقاطی که امکان وصول امواج ماهواره در آنها نباشد. این فناوری روز به روز گسترش می‌یابد.

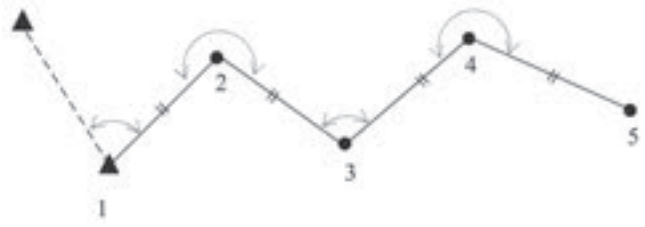
پیمایش: معمول‌ترین و متداول‌ترین روش در تعیین مختصات نقاط نقشه‌برداری، پیمایش می‌باشد.
چنانچه تعدادی نقطه روی زمین ایجاد کرده و توسط خطوط فرضی این نقاط را به ترتیب به‌هم وصل کنیم، در این حالت یک چندضلعی روی زمین ایجاد می‌شود.
حال اگر با استفاده از روش‌های دقیق نقشه‌برداری اضلاع این چند ضلعی و همچنین همه زوایای رئوس آن اندازه‌گیری شود به این عمل پیمایش می‌گویند.
در واقع پیمایش یکی از روش‌های تعیین مختصات دوبعدی نقاط می‌باشد که در آن با استفاده از نقاط معلوم و انجام مشاهدات زمینی بین نقاط مجهول اندازه‌گیری طول و زاویه و در نهایت انجام یک‌سری محاسبات می‌توان مختصات نقاط مجهول را در سیستم مختصات نقاط معلوم به‌دست آورد.
در پیمایش برای اینکه بتوان ابتدا سیستم مختصات دو بعدی مورد نظر را مشخص نمود به حداقل دو نقطه با مختصات معلوم یا یک نقطه با مختصات معلوم و یک امتداد معلوم در آن سیستم مختصات نیاز می‌باشد.



با این معلومات می‌توان مبدإ سیستم و جهت محورهای آن‌را مشخص کرد. البته در مواقعی این سیستم مختصات را می‌توان کاملاً فلزی اختیار کرد یعنی مختصات نقطه اول و همچنین زمان اول را فرضی در نظر گرفت.

مختصات نقاطی که با مثلث مشخص شده‌اند معلوم است و نقاط ۲ تا ۴ نقاط مجهول‌اند که به روش پیمایش، مختصات آنها در این سیستم مختصات مشخص می‌شود.

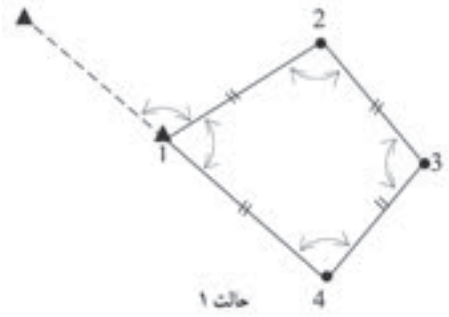
انواع پیمایش



پیمایش معمولاً به دو حالت باز و بسته تقسیم‌بندی می‌شود:

پیمایش باز: اگر پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم و یا مفروض شروع و به نقطه با مختصات مجهول نامعلوم پایان یابد به آن پیمایش باز می‌گویند.

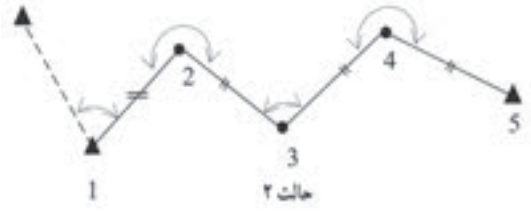
به دلیل نبودن رابطه ریاضی از قبل معلومی بین اجزای پیمایش باز، کنترل درستی اندازه‌گیری‌ها بدون تکرار اندازه‌گیری‌ها امکان‌پذیر نیست بنابراین از آن در کارهایی که نیاز به دقت بالایی دارند استفاده نمی‌شود.



پیمایش بسته: در دو حالت زیر پیمایش را بسته می‌گویند:

پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم مفروض شروع شود و به همان نقطه ختم گردد. به چندضلعی بسته که در این حالت ایجاد می‌شود پلیگون می‌گویند.

پیمایش از یک نقطه با مختصات معلوم شروع شود و به نقطه دیگری با مختصات معلوم برسد. به این حالت پیمایش اتصالی می‌گویند.



از پیمایش بسته پلیگون معمولاً در مناطقی که طول و عرض منطقه تقریباً مساوی است استفاده می‌شود.

بیشتر بدانیم

انواع خطا در پیمایش

به طور کلی خطاها را در پیمایش می‌توان به سه دسته تقسیم‌بندی کرد

خطای اندازه‌گیری زاویه

خطای اندازه‌گیری طول

خطای سانتراژ دوربین و رفلکتور

که صحبت در مورد آنها در دوره‌های بالاتر در رشتهٔ نقشه‌برداری انجام خواهد گرفت.

مراحل پیمایش

مراحل پیمایش را می‌توان به سه مرحله کلی زیر تقسیم‌بندی کرد:

الف) شناسایی

ب) اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات پیمایش

ج) محاسبات پیمایش

الف) شناسایی:

در این مرحله گروه شناسایی با مراجعه مستقیم به محلی که قرار است پیمایش انجام شود منطقه را شناسایی کرده و محل ایستگاه‌های پیمایش را انتخاب و علامت‌گذاری کرده و مستحکم می‌کنند و در نهایت از موقعیت نقاط موجود یک کروکی تهیه می‌کنند.

محل ایستگاه‌های پیمایش بنا به هدفی که از پیمایش دنبال می‌شود انتخاب می‌شوند. به عنوان مثال چنانچه هدف برداشت توپوگرافی منطقه و تهیه نقشه باشد ایستگاه‌های پیمایش را طوری در نظر می‌گیرند که از آنها بتوان بیشترین جزئیات محدوده مورد نظر را برداشت کرد و چنانچه هدف از پیمایش پیاده‌کردن نقشه یک مسیر باشد محل ایستگاه‌ها را طوری در نظر می‌گیرند که از آنها بتوان اجزای مسیر مورد نظر را با دقت بالا پیاده کرد. اما در هر حال رعایت موارد زیر برای انتخاب محل ایستگاه‌های پیمایش ضروری است:

۱- ازهر ایستگاه به ایستگاه قبلی و بعدی باید حتماً دید برقرار باشد ولی نیازی نیست که از یک نقطه به همه نقاط پیمایش دید برقرار باشد.

۲- زمینی که در آن ایستگاه پیمایش ساخته می‌شود باید محکم و پایدار باشد. بنابراین زمین‌های نرم و صاف و کنار رودخانه‌ها و نهرها جایگاه مناسبی برای نمایش نیست.

۳- ایستگاه‌های پیمایش باید از دور به خوبی دیده شوند بنابراین زمین‌های مسطح و مرتفع مکان مناسبی برای نقاط پیمایش بوده و زمین‌های پوشیده است و علف‌های وحشی مکان مناسبی برای آنها نیست.

۴- برای کاهش خطای سانتراژ دوربین و منشور در اندازه‌گیری زاویه تا حد امکان طول اضلاع پیمایش بلند در نظر گرفته شود.

نکته

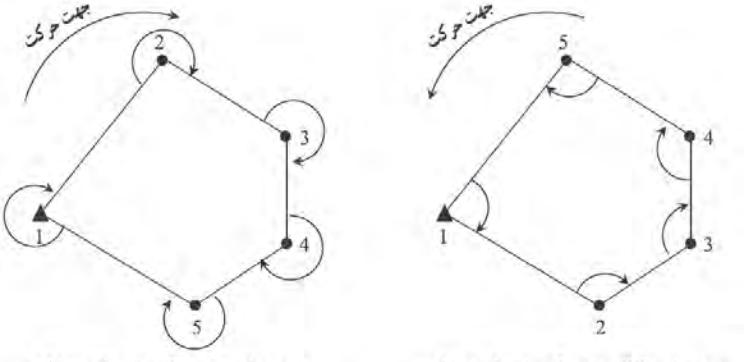
در مناطق کوچک و پیمایش‌هایی که از آنها برای اهداف کوتاه مدت استفاده می‌شود می توان از میخ‌های چوبی و یا فولادی برای نشانه‌گذاری و تثبیت ایستگاه‌های پیمایش استفاده کرد ولی زمانی که پیمایش برای پروژه‌های بلند مدت و زمان بر از قبیل ایجاد بزرگراه و سد استفاده می‌شود باید ایستگاه‌ها را طوری مستحکم کرد که برای مدت طولانی محل آنها ثابت بوده و تخریب نشوند.

فعالیت عملی ۸

با راهنمایی هنرآموز خود، عملیات شناسایی برای تهیه نقشه هنرستان را انجام داده و محل ایستگاه‌های پیمایش را روی زمین مشخص نمایید.
در ادامه گزارش کاملی با رعایت اصول گزارش‌نویسی از فعالیت انجام شده به صورت کتبی همراه با ترسیم کروکی به هنرآموز تحویل دهید.

ب) اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات پیمایش

پس از ایجاد و استحکام نقاط پیمایش گروه نقشه‌بردار به محل مراجعه کرده و با توجه به کروکی و نام نقاط، طول افقی همه اضلاع و همچنین زاویه افقی همه رأس‌های پیمایش مورد نظر را اندازه‌گیری کرده و در فرم‌های موجود ثبت می‌کنند. همچنین لازم است که ژیزمان یکی از امتدادهای پیمایش که معمولاً اول می‌باشد نیز اندازه‌گیری شود.
طول‌ها با استفاده از یک طولیاب و به‌صورت رفت‌وبرگشت و زوایا هم به‌وسیله یک زاویه‌یاب ثانیه‌ای و در چند کوپل معمولاً در دو کوپل اندازه‌گیری می‌شوند. در صورت استفاده از توتال‌استیشن اندازه‌گیری زاویه‌ها و طول‌ها به‌طور همزمان انجام می‌شود. (برداشت طول باید در دو حالت دایره‌به‌چپ و راست صورت پذیرد.) در کارهای دقیق مثل نقشه‌برداری تونل و مترو برای محاسبه آزیموت امتداد اول از وسیله‌ای به نام ژیروسکوپ استفاده می‌شود، اما در کارهای معمولی و زمین‌های محدود می‌توان آزیموت مغناطیسی امتداد اول را با ژیزمان آن یکی در نظر گرفته و با استفاده از قطب‌نما اندازه‌گیری کرد.
زاویه‌هایی که در پیمایش اندازه‌گیری می‌شوند معمولاً زاویه‌به‌راست هستند. زاویه‌به‌راست در محاسبات پیمایش همواره مثبت در نظر گرفته می‌شود. منظور از زاویه‌به‌راست زاویه‌ای است که یک امتداد نسبت به امتداد قبل و در جهت حرکت عقربه‌های ساعت می‌سازد.
بنابراین برای آن‌که امتداد قبل مشخص باشد باید هنگام مشاهدات زاویه یک جهت برای حرکت و پیمایش روی ایستگاه‌ها در نظر گرفته شود.
فرض کنید پیمایش به صورت یک چندضلعی بسته باشد چنانچه جهت حرکت پیمایش در جهت عقربه‌های ساعت انتخاب شود زاویه‌به‌راست زاویه خارجی چندضلعی بسته خواهد بود و در حالتی‌که جهت حرکت در خلاف عقربه‌های ساعت انتخاب شود در این حالت زاویه‌به‌راست زوایای داخلی چندضلعی بسته خواهد بود:



جهت پیمایش خلاف جهت عقربه‌های ساعت و زاویه به راست در این حالت زاویه داخلی است

جهت پیمایش جهت عقربه‌های ساعت و زاویه به راست در این حالت زاویه خارجی است

نکته

هنگام محاسبه ژیزمان اضلاع پیمایش و انتقال ژیزمان، زاویه به راست رئوس همواره مثبت در نظر گرفته می‌شود.

فعالیت عملی ۹

با استفاده از اطلاعات فعالیت کارگاهی قبل، اندازه‌گیری و مشاهدات لازم پیمایش را انجام دهید.
تذکر ۱: طول‌ها را در مرحله اندازه‌گیری نمایید.
تذکر ۲: زوایا را دو کوپل برداشت کنید.
تذکر ۳: آزیموت امتداد اول را با قطب‌نما اندازه‌گیری نمایید.

ج) محاسبات پیمایش

برای شروع محاسبات لازم است مختصات ایستگاه اول پیمایش و همچنین ژیزمان امتداد اول معلوم (یا مختصات دو ایستگاه اول) باشد.

محاسبات پیمایش باز

در این پیمایش همان‌طور که گفته شد هیچ کنترلی برای صحت و دقت پیمایش وجود ندارد و فقط با استفاده از وسایل دقیق‌تر و تکرار اندازه گیری‌ها می‌توان درجه اطمینان را بالا برد. محاسبه مختصات در پیمایش باز را می‌توان در قالب مراحل زیر خلاصه کرد:

گام ۱- تشکیل جدول و وارد کردن مشاهدات (برای راحتی کار و جلوگیری از اشتباه در محاسبات):

ایستگاه	زاویه	طول	ژیزمان	تغییرات طولی	تغییرات عرضی	مختصات	
S	A	L	G	Δx	Δy		

گام ۲- محاسبه ژیزمان امتدادها (که توضیح داده شد)

گام ۳- محاسبه Δx , Δy همه اضلاع:

از ضرب طول در سینوس ژیزمان، Δx و از ضرب طول در کسینوس ژیزمان، Δy محاسبه می‌شود.

$$\Delta x = L \times \sin G$$
$$\Delta y = L \times \cos G$$

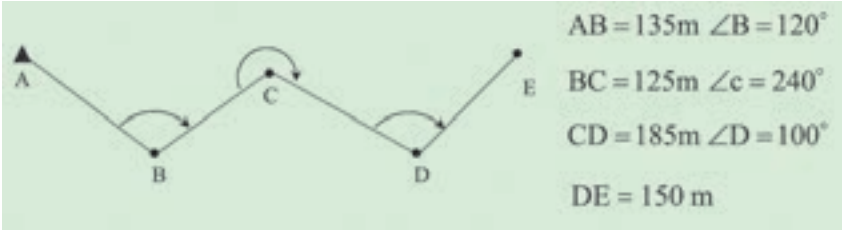
گام ۴- محاسبه مختصات نقاط ایستگاهی:

$$X_n = X_{n-1} + \Delta x$$
$$Y_n = Y_{n-1} + \Delta y$$

اکنون در قالب یک مثال مراحل محاسبه پیمایش باز به‌طور کامل شرح داده می‌شود.

مثال ۱۰

مطابق شکل به منظور ایجاد تعدادی نقطه کنترل، یک پیمایش باز انجام شده است. مختصات نقطهٔ A برابر ($X=۱۰۰۰, Y=۲۰۰۰$) و $G_{AB}=۱۴۰^\circ$ درجه می‌باشد. مطلوب است محاسبه مختصات نقاط مجهول در این پیمایش.



گام ۱- برای راحتی کار و جلوگیری از اشتباه در محاسبات، ابتدا معلومات مسئله را در جدولی مطابق زیر وارد می‌کنیم:

ایستگاه	زاویه	طول	ژیزمان	تغییرات طولی	تغییرات عرضی	مختصات	
S	A	L	G	Δx	Δy	X	Y
A		۱۳۵	۱۴۰			۱۰۰۰	۲۰۰۰
B	۱۲۰	۱۲۵					
C	۲۴۰	۱۸۵					
D	۱۰۰	۱۵۰					
E							

گام ۲- پس از محاسبه زاویه انحراف با معلوم بودن ژیزمان امتداد اولیه، ژیزمان دیگر امتدادها را مطابق آنچه در مبحث انتقال ژیزمان آورده شد، محاسبه و در جدول ثبت می‌کنیم.

$$G_{BC} = G_{AB} - \Delta = ۱۴۰^\circ - ۶۰^\circ = ۸۰^\circ$$

$$G_{CD} = G_{BC} + \Delta = ۸۰^\circ + ۶۰^\circ = ۱۴۰^\circ$$

$$G_{DE} = G_{CD} - \Delta = ۱۴۰^\circ - ۸۰^\circ = ۶۰^\circ$$

ایستگاه	زاویه	طول	ژیزمان	تغییرات طولی	تغییرات عرضی	مختصات	
S	A	L	G	Δx	Δy	X	Y
A		۱۳۵	۱۴۰			۱۰۰۰	۲۰۰۰
B	۱۲۰	۱۲۵	۸۰				
C	۲۴۰	۱۸۵	۱۴۰				
D	۱۰۰	۱۵۰	۶۰				
E							

گام ۳- محاسبه Δx , Δy همه اضلاع:

$$\Delta x = L \times \sin G$$

$$\Delta x_{AB} = L_{AB} \times \sin G_{AB} = ۱۳۵ \times \sin ۱۴۰^{\circ} = ۸۶/۷۷۶ \text{ m}$$

$$\Delta x_{BC} = L_{BC} \times \sin G_{BC} = ۱۲۵ \times \sin ۸۰^{\circ} = ۱۲۳/۱۰۱ \text{ m}$$

$$\Delta x_{CD} = L_{CD} \times \sin G_{CD} = ۱۸۵ \times \sin ۱۴۰^{\circ} = ۱۱۸/۹۱۶ \text{ m}$$

$$\Delta x_{DE} = L_{DE} \times \sin G_{DE} = ۱۵۰ \times \sin ۶۰^{\circ} = ۱۲۹/۹۰۴ \text{ m}$$

$$\Delta y = L \times \cos G$$

$$\Delta y_{AB} = L_{AB} \times \cos G_{AB} = ۱۳۵ \times \cos ۱۴۰^{\circ} = -۱۰۳/۴۱۶ \text{ m}$$

$$\Delta y_{BC} = L_{BC} \times \cos G_{BC} = ۱۲۵ \times \cos ۸۰^{\circ} = ۲۱/۷۰۶ \text{ m}$$

$$\Delta y_{CD} = L_{CD} \times \cos G_{CD} = ۱۸۵ \times \cos ۱۴۰^{\circ} = -۱۴۱/۷۱۸ \text{ m}$$

$$\Delta y_{DE} = L_{DE} \times \cos G_{DE} = ۱۵۰ \times \cos ۶۰^{\circ} = ۷۵/۰۰۰ \text{ m}$$

ایستگاه	زاویه	طول	ژیزمان	تغییرات طولی	تغییرات عرضی	مختصات	
S	A	L	G	Δx	Δy	X	Y
A		۱۳۵	۱۴۰	۸۶/۷۷۶	-۱۰۳/۴۱۶	۱۰۰۰	۲۰۰۰
B	۱۲۰	۱۲۵	۸۰	۱۲۳/۱۰۱	۲۱/۷۰۶		
C	۲۴۰	۱۸۵	۱۴۰	۱۱۸/۹۱۶	-۱۴۱/۷۱۸		
D	۱۰۰	۱۵۰	۶۰	۱۲۹/۹۰۴	۷۵/۰۰۰		
E							

گام ۴- محاسبه مختصات نقاط ایستگاهی و درج در جدول:

$$X_n = X_{n-۱} + \Delta x$$

$$X_B = X_A + \Delta x_{AB} = ۱۰۰۰ + ۸۶/۷۷۶ = ۱۰۸۶/۷۷۶ \text{ m}$$

$$X_C = X_B + \Delta x_{BC} = ۱۰۸۶/۷۷۶ + ۱۲۳/۱۰۱ = ۱۲۰۹/۸۷۷ \text{ m}$$

$$X_D = X_C + \Delta x_{CD} = ۱۲۰۹/۸۷۷ + ۱۱۸/۹۱۶ = ۱۳۲۸/۷۹۳ \text{ m}$$

$$X_E = X_D + \Delta x_{DE} = ۱۳۲۸/۷۹۳ + ۱۲۹/۹۰۴ = ۱۴۵۸/۶۹۷ \text{ m}$$

$$Y_n = Y_{n-۱} + \Delta y$$

$$Y_B = Y_A + \Delta y_{AB} = ۲۰۰۰ + (-۱۰۳/۴۱۶) = ۱۸۹۶/۵۸۴ \text{ m}$$

$$Y_C = Y_B + \Delta y_{BC} = ۱۸۹۶/۵۸۴ + ۲۱/۷۰۶ = ۱۹۱۸/۲۹۰ \text{ m}$$

$$Y_D = Y_C + \Delta y_{CD} = ۱۹۱۸/۲۹۰ + (-۱۴۱/۷۱۸) = ۱۷۷۶/۵۷۲ \text{ m}$$

$$Y_E = Y_D + \Delta y_{DE} = ۱۷۷۶/۵۷۲ + ۷۵/۰۰۰ = ۱۸۵۱/۵۷۲ \text{ m}$$

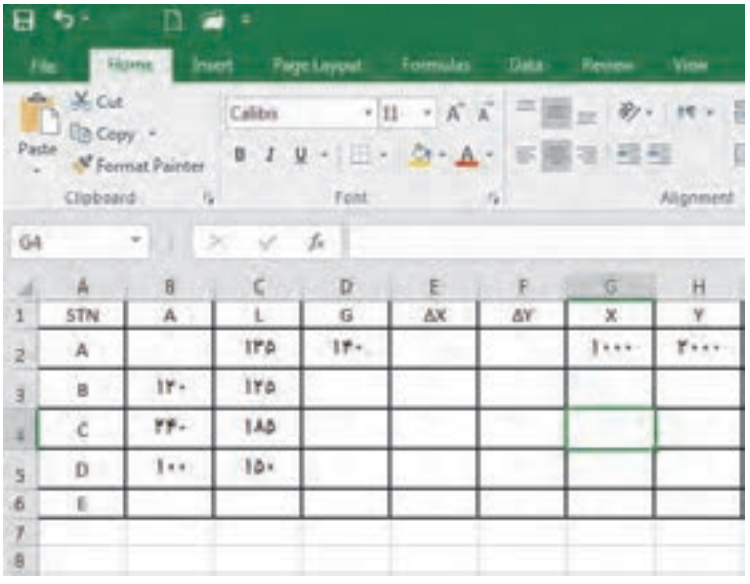
ایستگاه	زاویه	طول	ژیزمان	تغییرات طولی	تغییرات عرضی	مختصات	
S	A	L	G	Δx	Δy	X	Y
A		۱۳۵	۱۴۰	۸۶/۷۷۶	-۱۰۳/۴۱۶	۱۰۰۰	۲۰۰۰
B	۱۲۰	۱۲۵	۸۰	۱۲۳/۱۰۱	۲۱/۷۰۶	۱۰۸۶/۷۷۶	۱۸۹۶/۵۸۴
C	۲۴۰	۱۸۵	۱۴۰	۱۱۸/۹۱۶	-۱۴۱/۷۱۸	۱۲۰۹/۸۷۷	۱۹۱۸/۲۹۰
D	۱۰۰	۱۵۰	۶۰	۱۲۹/۹۰۴	۷۵/۰۰۰	۱۳۲۸/۷۹۳	۱۷۷۶/۵۷۲
E						۱۴۵۸/۶۹۷	۱۸۵۱/۵۷۲

فعالیت عملی ۱۰

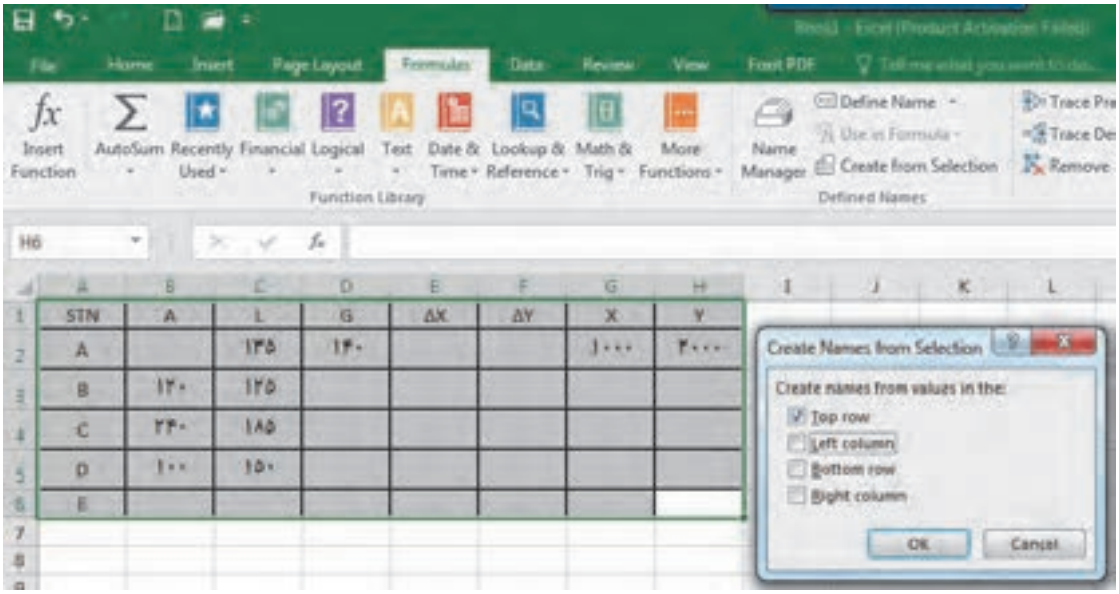
با استفاده از اطلاعات فعالیت کارگاهی قبل، محاسبات پیمایش را به صورت دفتری (دفتر و ماشین‌حساب) انجام دهید.

محاسبات پیمایش باز با نرم افزار Excel

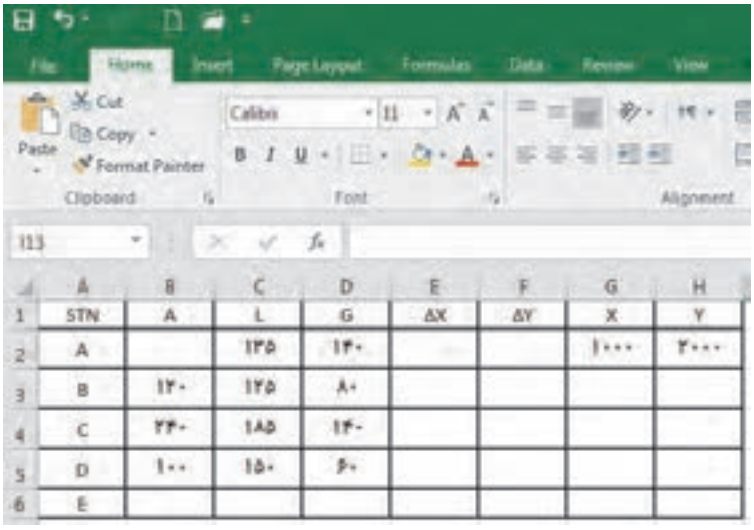
برای انجام پیمایش باز در این نرم افزار،ابتدا جدول پیمایش را مطابق روش دفتری تشکیل داده و اطلاعات (مثال قبل) را وارد می‌کنیم.



برای استفاده مناسب‌تر از قابلیت‌های نرم‌افزار، در نرم‌افزار Excel چنانچه در فرمول یک خانه، از متغیرهای خانه‌های همان ردیف استفاده شود می‌توان فرمول را به جای نوشتن نشانی خانه، به‌صورت پارامتری با پارامترهای عنوان ستون نوشت. برای این کار ابتدا باید قسمتی از جدول را که می‌خواهیم با نام عنوان ستون مشخص شود، انتخاب گردد. سپس از روبان Formulas گزینه Create from selection را کلیک می‌کنیم آنگاه در پنجره ایجاد شده قسمت Top row را انتخاب و دکمه Ok زده می‌شود.



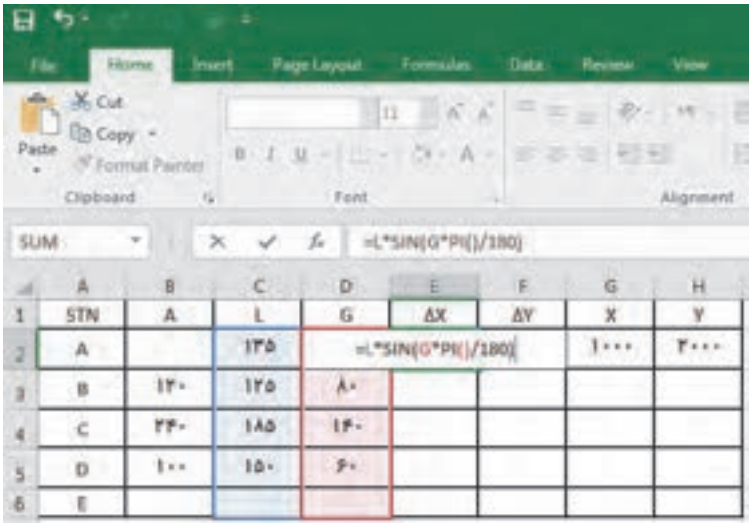
سپس در گام بعد ژیزمان امتدادها را مطابق روش دفتری محاسبه می‌کنیم.



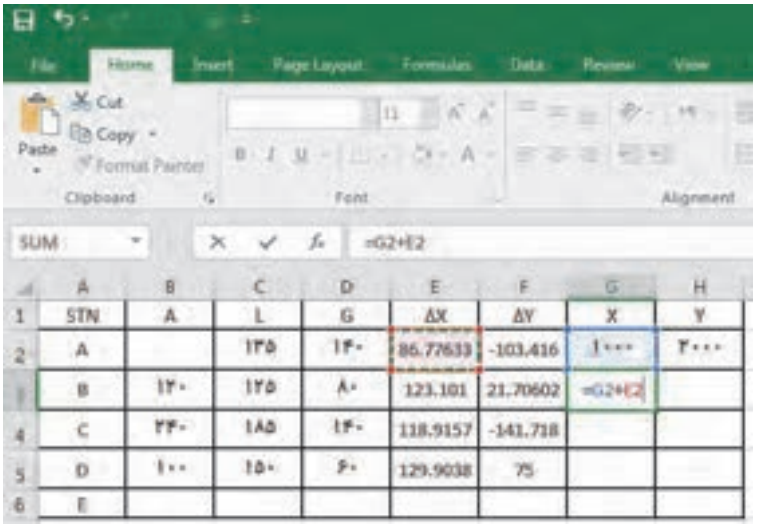
در مرحله بعد ستون‌های Δx , Δy محاسبه می‌شوند.

در محاسبه با ماشین‌حساب باید به واحد زاویه که درجه‌ای یا گرادی است، توجه کرد و حالت ماشین‌حساب را روی آن تنظیم نمود. ولی در نرم‌افزار Excel زوایا برحسب رادیان محاسبه می‌شود و باید زوایا تبدیل به رادیان شوند و همان‌طور که می‌دانید برای تبدیل درجه به رادیان، آن‌را در $\frac{\pi}{۱۸۰}$ و برای تبدیل گراد به رادیان، آن‌را در $\frac{\pi}{۲۰۰}$ ضرب می‌کنیم. در نرم‌افزار Excel عدد π به صورت تابع PI() تعریف می‌شود.

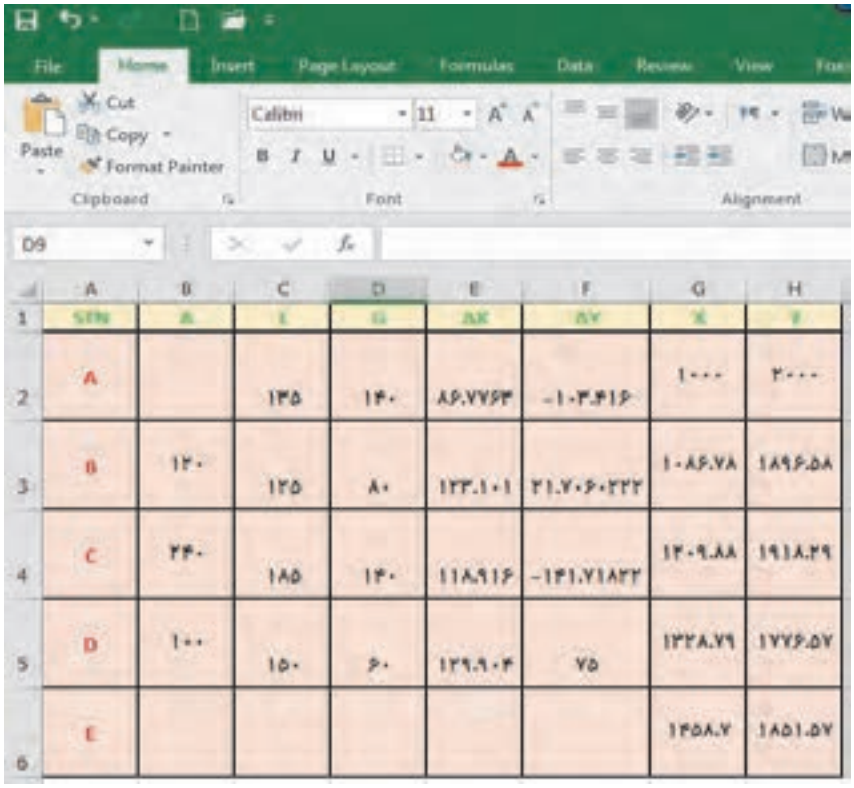
$\Delta x = L * \sin(A * PI()/۱۸۰)$ $\Delta y = L * \cos(A * PI()/۱۸۰)$



فرمول را در سایر خانه‌های ستون مربوطه کپی می‌کنیم.
در انتها X و Y از رابطه $X_n = X_{n-۱} + \Delta x$ و $Y_n = Y_{n-۱} + \Delta y$ محاسبه می‌شوند.

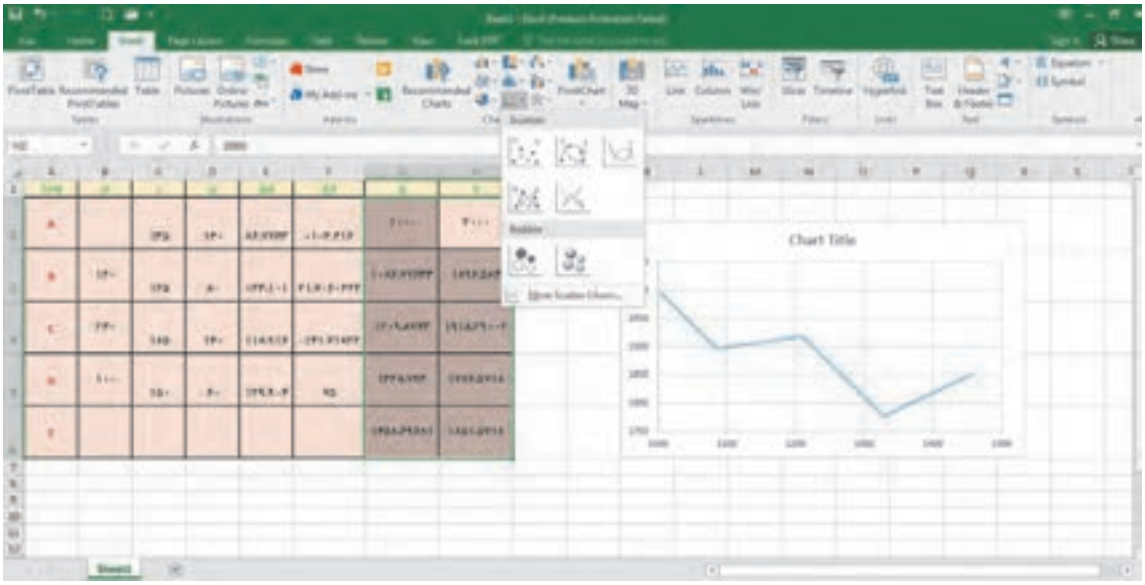


پس از حل جدول پیمایش، برای چاپ آن خط‌کشی و رنگ‌آمیزی مناسب را انجام می‌دهیم.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	SEN	A	L	G	ΔX	ΔY	X	Y
2	A		۱۳۵	۱۴۰	۸۶.۷۷۶۳	-۱۰۳.۴۱۶	۱۰۰۰	۲۰۰۰
3	B	۱۲۰	۱۲۵	۸۰	۱۲۳.۱۰۱	۲۱.۷۰۶.۲۲۲	۱۰۸۶.۷۸	۱۸۹۶.۵۸
4	C	۲۴۰	۱۸۵	۱۴۰	۱۱۸.۹۱۶	-۱۴۱.۷۱۸۲۲	۱۴۰۹.۸۸	۱۹۱۸.۲۹
5	D	۱۰۰	۱۵۰	۶۰	۱۲۹.۹۰۴	۷۵	۱۲۲۸.۷۹	۱۷۷۶.۵۷
6	E						۱۴۵۸.۷	۱۸۵۱.۵۷

شکل پیمایش، پس از انتخاب مختصات، از روبان Insert، پنل chart، قسمت scatter قابل مشاهده است.



فعالیت عملی ۱۱

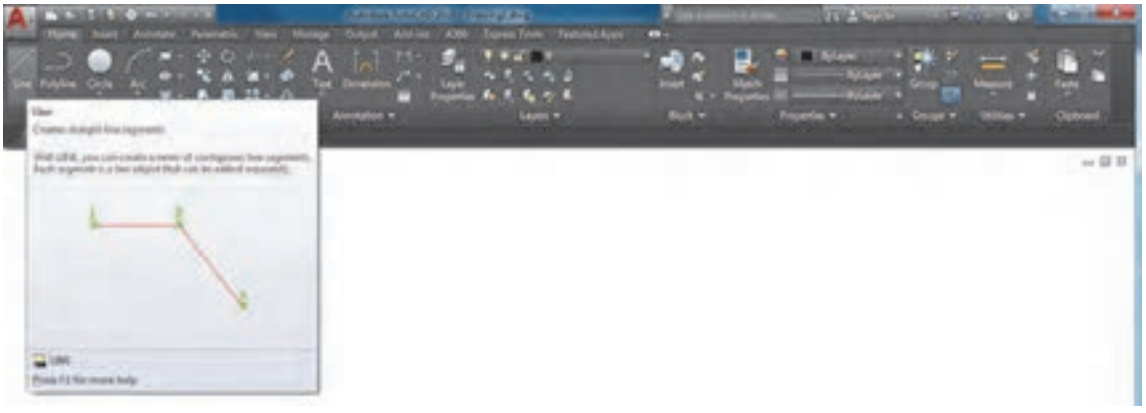
با استفاده از اطلاعات فعالیت کارگاهی قبل، محاسبات پیمایش را با نرم‌افزار Excel انجام دهید.

ترسیم نقشه پیمایش در نرم افزار AutoCAD

همان‌طور که در درس نقشه‌کشی فنی رایانه‌ای پایه دهم خواندید، با داشتن مختصات نقشه در اتوکد قابل ترسیم است. درنرم‌افزار اتوکد می‌توان مختصات را به دو روش مطلق و نسبی وارد نمود. اگر مبدأ مختصات ثابت باشد آن‌را مطلق و چنانچه مبدأ مختصات نقطه قبلی در نظر گرفته شود آن‌را نسبی می‌نامند. اگر در ابتدای وارد کردن مختصات علامت @ (اتساین) افزوده شود مختصات وارد شده نسبی وچنانچه بدون علامت @ باشد مطلق خواهد بود. مختصات اولین نقطه، مثلاً برای ترسیم پاره‌خط مطلق است.

چنانچه تنظیمات Dynamic Input به صورت پیش‌فرض تنظیم شده باشد، برای مختصات نسبی نیازی به استفاده از علامت @ نیست اما برای مختصات مطلق باید از علامت # (نامبرساین) استفاده کرد. اگر Dynamic Input غیرفعال باشد و یا روی مطلق تنظیم شده باشد، برای مختصات مطلق نیازی به استفاده از علامت # نیست اما برای مختصات نسبی باید از علامت @ استفاده کرد.

با توجه به مطلق بودن مختصات در پیمایش، Dynamic Input را غیرفعال می‌کنیم و از روبان Home، پنل Draw روی دستور line کلیک می‌کنیم. بعد از اجرای دستور مختصات نقاط را وارد و اینتر می‌نماییم.



فعالیت عملی ۱۲

با استفاده از اطلاعات فعالیت کارگاهی قبل، پیمایش را با نرم افزار AutoCAD ترسیم کنید.

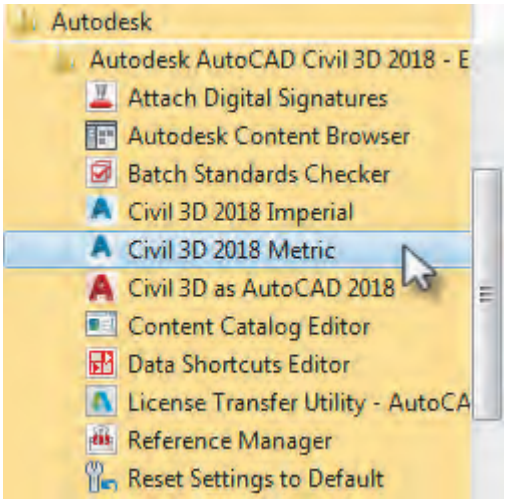
آشنایی با نرم‌افزار AutoCAD Civil 3D

بی‌تردید نرم‌افزار AutoCAD یکی از معروف‌ترین و قوی‌ترین نرم‌افزارهای طراحی و نقشه‌کشی است، زیرا دارای امکانات وسیع طراحی و ویرایشی می‌باشد. به همین جهت نقشه‌بردارانی که از نرم‌افزارهای مختلف برای محاسبه و ترسیم نقشه‌های خود بهره می‌گیرند، ترسیم نهایی نقشهٔ خود را به این نرم‌افزار منتقل کرده و پس از اعمال تغییرات و ویرایش‌های مطلوب از آن پلات تهیه می‌نمایند .

امروزه نرم‌افزار Civil 3D که از محیط AutoCAD بهره می‌گیرد بیشترین مخاطب را در بین نقشه‌برداران دارند.

نصب نرم‌افزار AutoCAD Civil 3D:

پس از تهیه لوح فشرده (DVD) نرم‌افزار با توجه به راهنمای ارائه شده آن ابتدا نصب و سپس فعال نمایید .



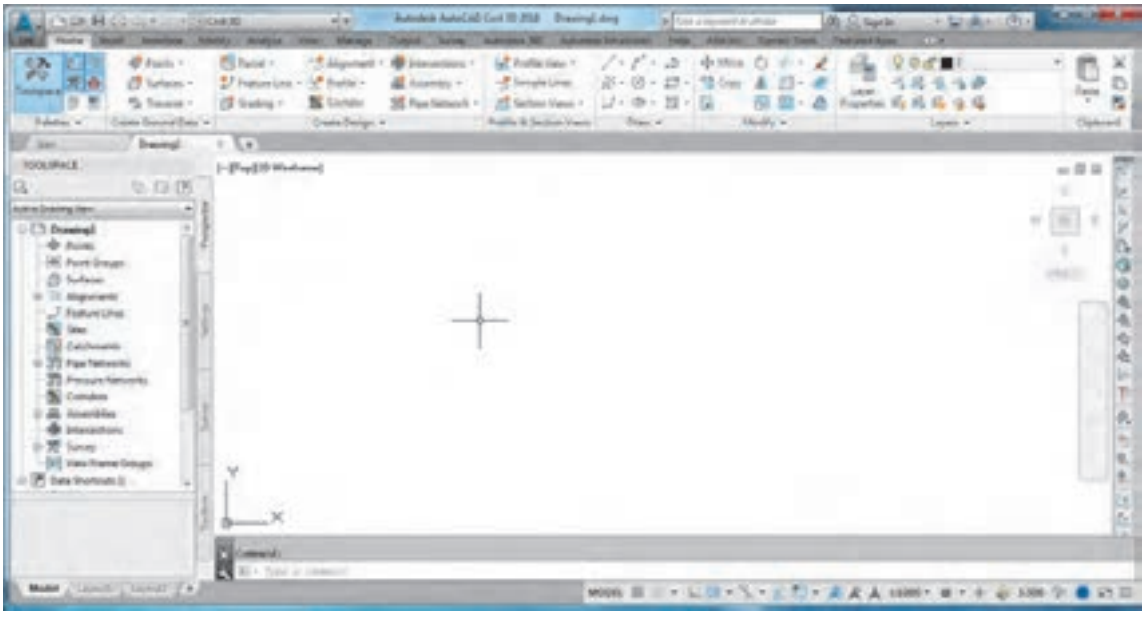
برای ورود به نرم‌افزار AutoCAD Civil 3D از مسیر شکل روبه‌رو وارد شوید.

دو گزینه Imperial و Metric وجود دارد. در Imperial تنظیمات واحدها غیر متریک است، مانند اینچ و فوت.

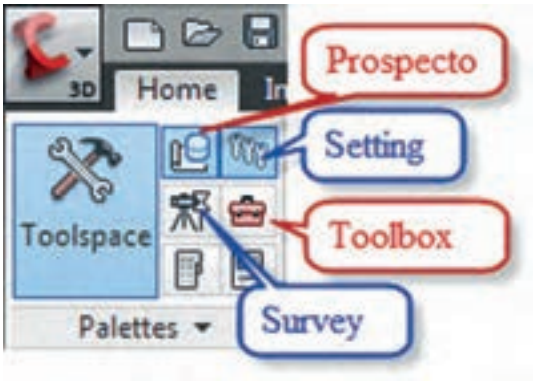
در Metric تنظیمات واحدها متریک است، مانند متر وسانتی‌متر.

در ایران از واحدهای متریک استفاده می‌شود.

تفاوت محیط کاری این نرم‌افزار با نرم‌افزار AutoCAD در منوها و روبان‌های آن است هرچند که از امکانات آن نرم‌افزار نیز استفاده می‌کند.



تنظیمات اولیه در نرم‌افزار AutoCAD Civil 3D

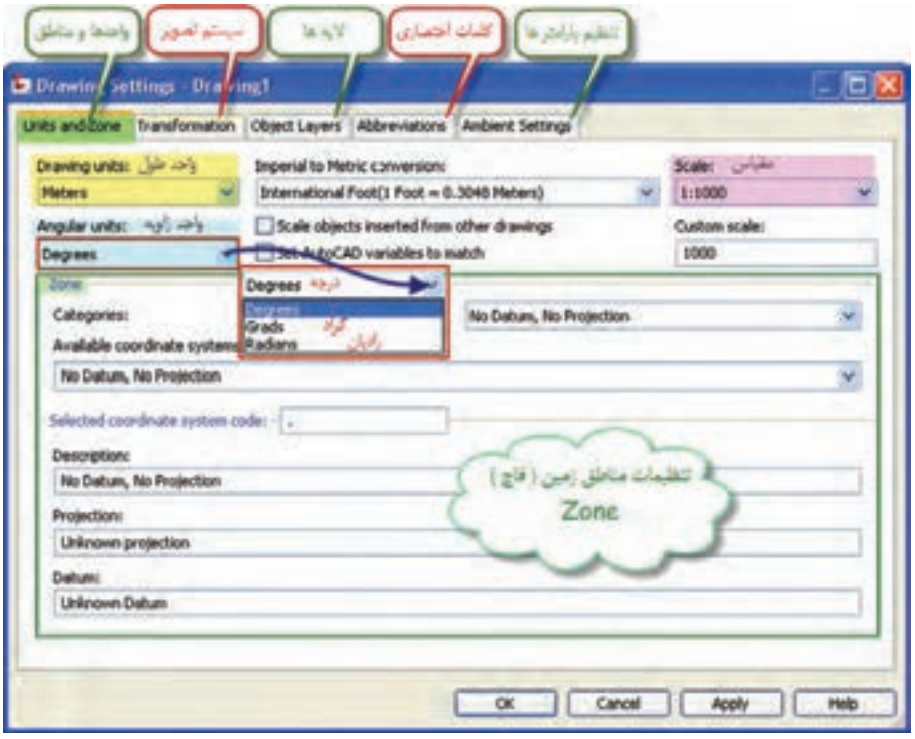


این پنجره شامل چهار سربرگ با نام‌های Prospector برای ایجاد و ویرایش فعالیت‌های نقشه‌برداری و Settings برای تنظیمات اجرای پروژه و Survey برای اجرا و محاسبات نقشه‌برداری و Toolbox برای تهیه گزارش از فعالیت‌های انجام شده می‌باشد.

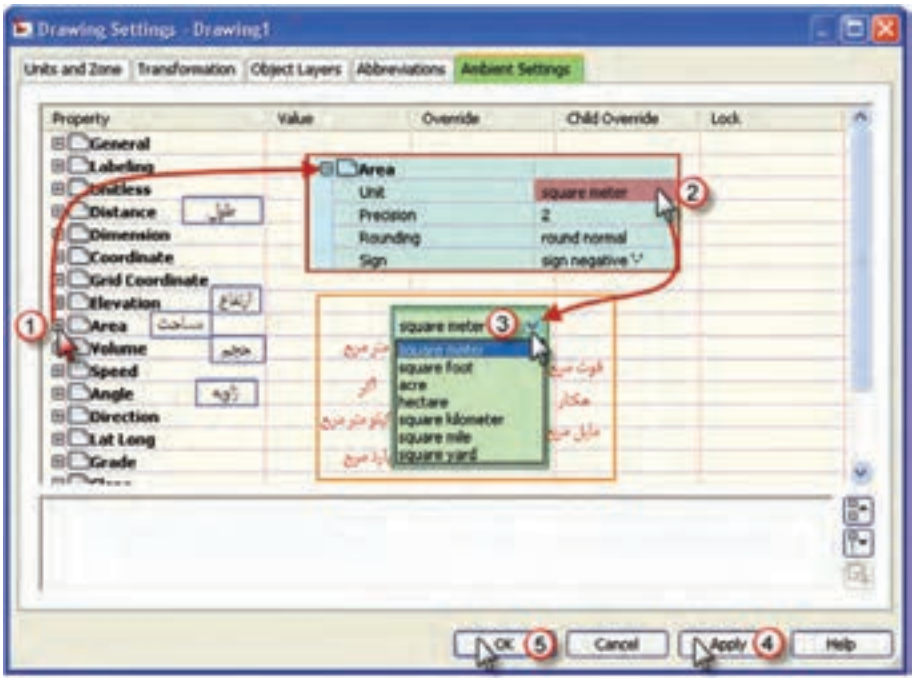
با کلیک روی آیکن هر سربرگ می‌توان سربرگ آنرا در پنجره Toolspace ایجاد و یا حذف کرد.

برای تنظیمات اولیه ابتدا از سربرگ Settings پنجره Toolspace روی قسمت Drawing۱ راست‌کلیک کرده سپس گزینه Edit Drawing Settings را انتخاب می‌نماییم تا پنجره تنظیمات باز شود.

پنجره تنظیمات دارای پنج سربرگ است در صفحه تنظیم واحدها و مناطق Unit and Zone مطابق شکل واحدهای طول و زاویه و نیز مقیاس را تنظیم کرده و در قسمت مناطق (قاچ‌های زمین) چون برای نقشه‌برداری مناطق محدود با مختصات محلی می‌خواهیم استفاده نماییم بدون انتخاب قاچ، مانند شکل صفحهٔ بعد تنظیم می‌نماییم.



برای تنظیم دیگر واحدها و پارامترها در صفحه تنظیم پارامترها Ambinet Settings مانند شکل، برای مثال تنظیم واحد مساحت اقدام می‌نماییم.



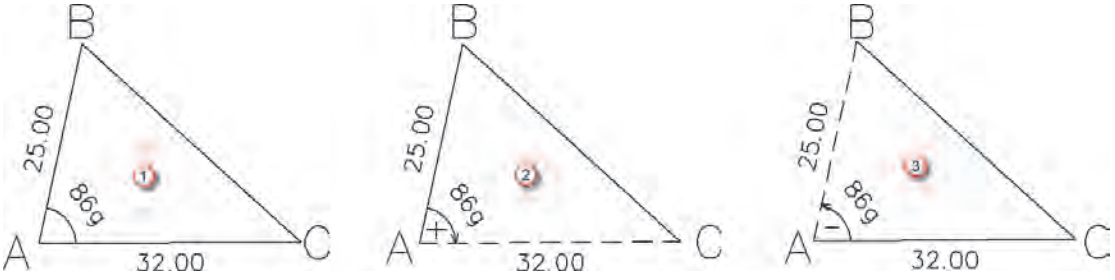
ترسیمات ساده در نرم‌افزار AutoCAD Civil 3D

۱- ترسیم مثلث با معلوم‌بودن دو ضلع و زاویهٔ بین:

مطابق مثال زیر عمل می‌کنیم.

مثال ۱۱

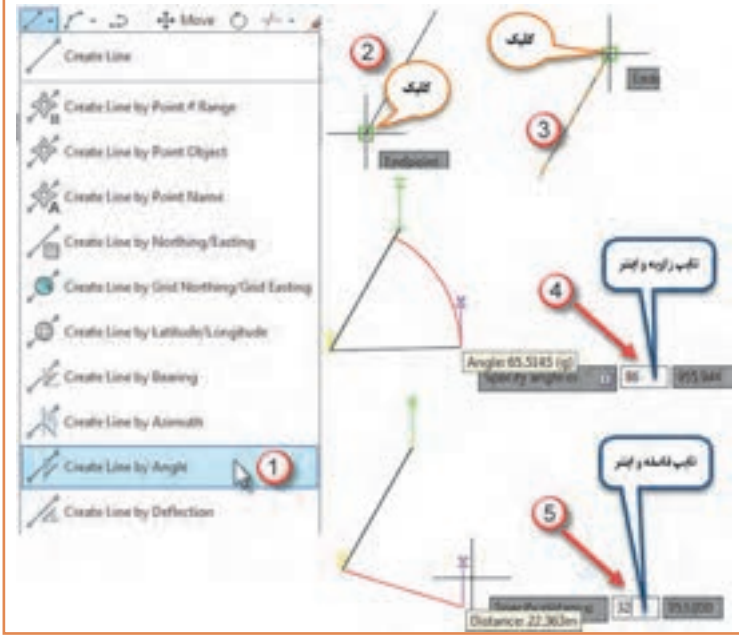
دوضلع و زاویه مثلثی ۲۵ و ۳۲ متر و ۸۶ گراد است، آنرا ترسیم نمایید.



برای ترسیم شکل (۱) به دو روش می‌توان اقدام کرد. یکی اینکه ابتدا ضلع AB را ترسیم نمود سپس زاویه A را معرفی کرد و بعد ضلع AC را ترسیم کنیم مانند شکل (۲) که در این‌صورت چرخش AC نسبت به AB در جهت عقربه‌های ساعت است و آن زاویه چرخش را مثبت در نظر می‌گیریم. ولی اگر ابتدا ضلع AC را ترسیم کردیم چرخش AB نسبت به آن به اندازه ۸۶ گراد خلاف جهت ساعت است و باید زاویه منفی در نظر گرفته شود.

برای ترسیم شکل ابتدا مانند ترسیم در نرم‌افزار AutoCAD از یک نقطه دلخواه پاره‌خط AB را به طول ۲۵ متر ترسیم می‌نماییم.

برای ترسیم خط در نرم‌افزار AutoCAD Civil 3D گزینه‌های بسیاری وجود دارد، که برای ترسیم اولین خط از گزینه اول استفاده می‌نماییم.



برای ترسیم ضلع دوم از آیکن خط گزینه Create line by Angle یعنی ترسیم خط به کمک زاویه را انتخاب سپس روی نقاط A و بعد B کلیک کرده ابتدا مقدار زاویه (۸۶گراد) را می‌نویسیم و اینتر می‌نماییم و پس از آن مقدار طول ضلع AC را نوشته و آن را نیز اینتر می‌کنیم. زاویه ترسیم می‌شود و در انتها با رسم خط ساده نقاط B و C را به‌هم وصل می‌نماییم.

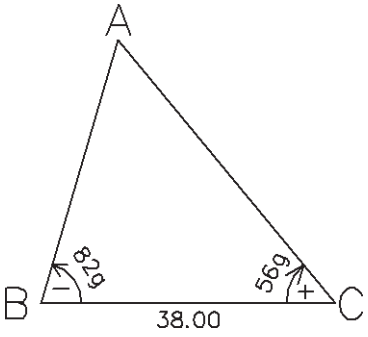
- در صورتی که ابتدا ضلع AC را ترسیم کرده باشیم مقدار زاویه را با علامت منفی وارد می‌کنیم.

۲- ترسیم مثلث با معلوم بودن دو زاویه و ضلع بین:

مطابق مثال زیر عمل می‌کنیم.

مثال ۱۲

دو زاویه و ضلع بین مثلثی ۸۲ و ۵۶ گراد و ۳۸ متر است، آنرا ترسیم نمایید.



ابتدا چون واحد زوایا گراد است در تنظیمات اولیه واحد زاویه را گراد انتخاب کنید.

ابتدا پاره‌خط BC را به طول ۳۸ متر ترسیم می‌کنیم. سپس برای ترسیم امتداد BC به کمک گزینه Create line by Angle از آیکن Line ابتدا روی B بعد روی C کلیک کرده و زاویه منهای ۸۲ گراد را تایپ کرده اینتر نموده و بعد یک طول دلخواه نیز تایپ و اینتر می کنیم.

مجدداً گزینهٔ Create line by Angle را انتخاب کرده ابتدا روی C بعد روی B کلیک کرده و زاویه ۵۶ گراد و یک طول دلخواه به آن معرفی کرده و اینتر می‌نماییم.

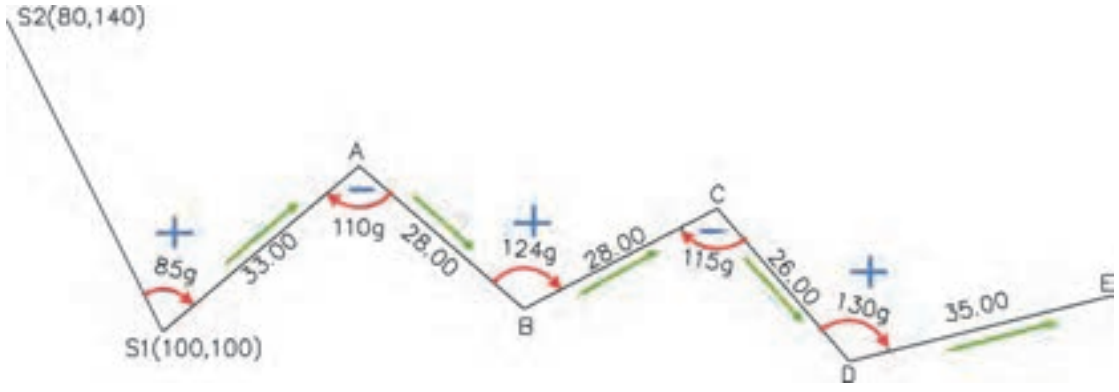
اگر دو امتداد BA و BC یکدیگر را قطع کرده بودند با Trim اضافی آنرا حذف می کنیم و اگر یکدیگر را قطع نکرده باشند با Extend یا Fillet آنها را به‌هم می‌رسانیم.

۳- ترسیم پیمایش:

برای ترسیم پیمایش مطابق مثال زیر عمل می‌کنیم.

مثال ۱۳

پیمایش شکل زیر را ترسیم نمایید.

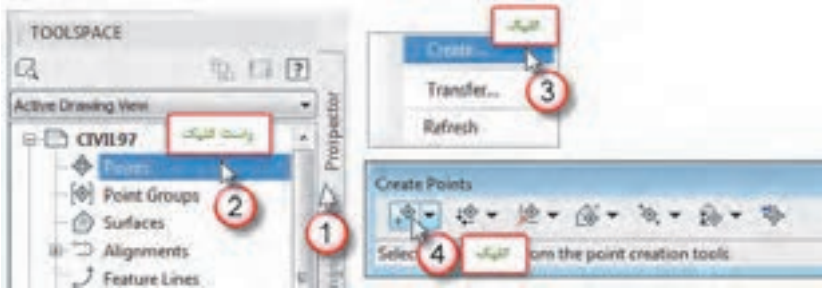


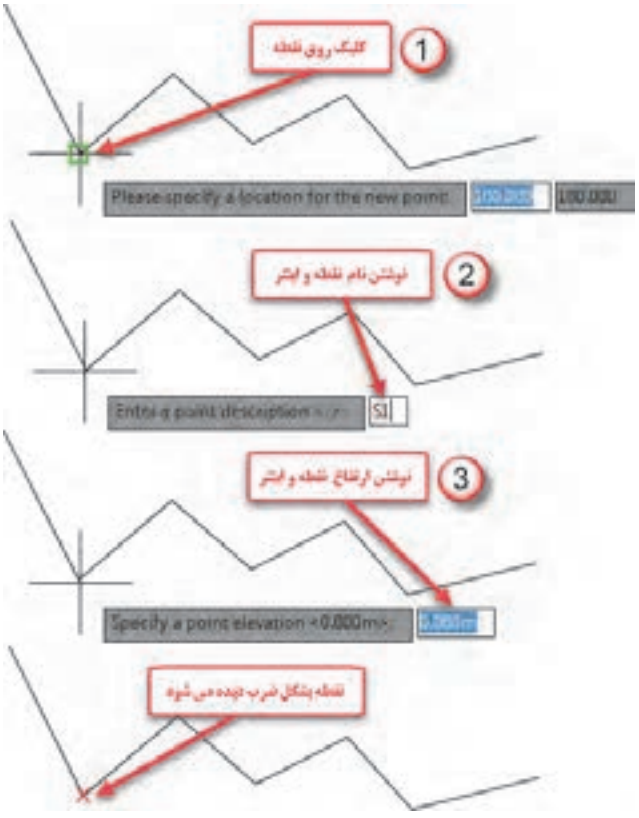
برای ترسیم پیمایش مهم‌ترین نکته تشخیص مثبت یا منفی بودن زوایا می‌باشد، در یک روش تشخیص، زوایا را در جهت عقربه‌های ساعت علامت می‌زنیم اگر جهت زاویه هم جهت پیمایش باشد آنرا مثبت و در غیراین‌صورت منفی در نظر می‌گیریم، مانند شکل زوایای S۱ ، B و D که هم‌جهت پیمایش‌اند مثبت، و زوایای A و C که خلاف جهت پیمایش می‌باشند منفی، در نظر گرفته می‌شوند.

در ایـن ترسـیم، ابتـدا ماننـد آنچـه کـه در AutoCAD آموختهایـم پارهخـط S۱ بـه S۲ را بـا توجـه بـه مختصـات دو نقطـه ترسـیم می‌نماییـم، آنـگاه ماننـد مثال‌هـای قبـل، گزینـهٔ Create line by Angle از آیکـن Line را انتخـاب کـرده و ابتـدا روی S۱ و بعـد روی S۲ کلیـک کرده سـپس بـه ترتیب و متوالـی ابتـدا زاویـه (بـا در نظـر گرفتـن علامت آنها) و سـپس طول ضلع را تایـپ کرده و اینتـر می‌نماییم.

استخراج نقاط پیمایش:

بـرای اسـتخراج نقـاط پیمایـش مطابـق شـکل زیـر از پنجـره Toolspace، سـربرگ Prospector روی گزینـهٔ Point راسـت‌کلیک کـرده و گزینـهٔ Create را کلیـک کـرده و در پنجـره ایجـاد شـده (Create Points) اولیـن آیکـن آنـرا انتخـاب می‌نماییـم.



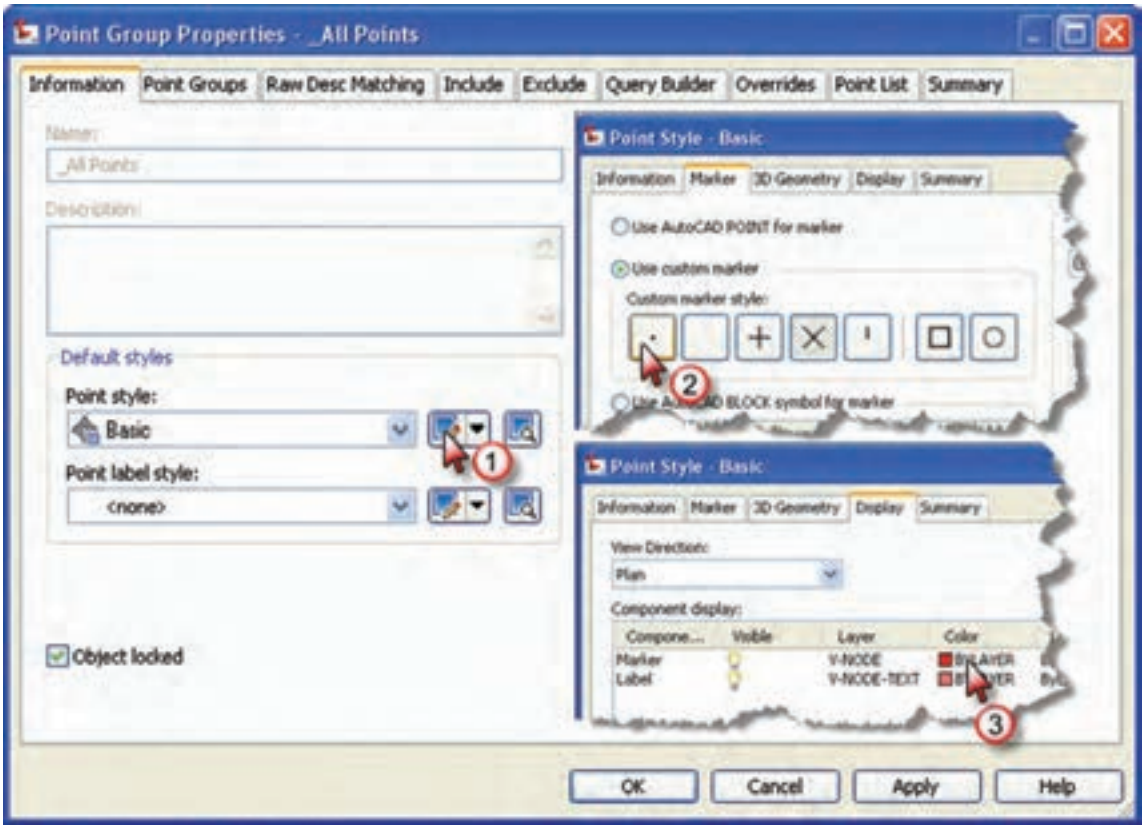


سـپس روی نقـاط پیمایـش بـه ترتیـب کلیـک کـرده ابتـدا کـد یـا توضیحـات نقطه را می‌پرسـد کـه می‌تـوان نـام نقطـه را وارد کـرد و اینتـر نمـود و پس از آن ارتفاع نقطه پرسـیده می‌شـود کـه در صـورت وجـود، آنـرا وارد کرده و اینتـر می‌نماییـم. (چنانچه نیاز بـه وارد کرده کـد و ارتفـاع نباشـد می‌تـوان بـا دوبـار اینتر از آن عبـور کـرد)

تنظیمات نقاط در نرم‌افزار AutoCAD Civil 3D

پس از ورود نقاط، تنظیمات نقاط را باید انجام داد. برای این کار مطابق شکل روی گزینه All Points از سربرگ Prospector راست‌کلیک کرده و گزینهٔ Properties را انتخاب می‌نماییم.

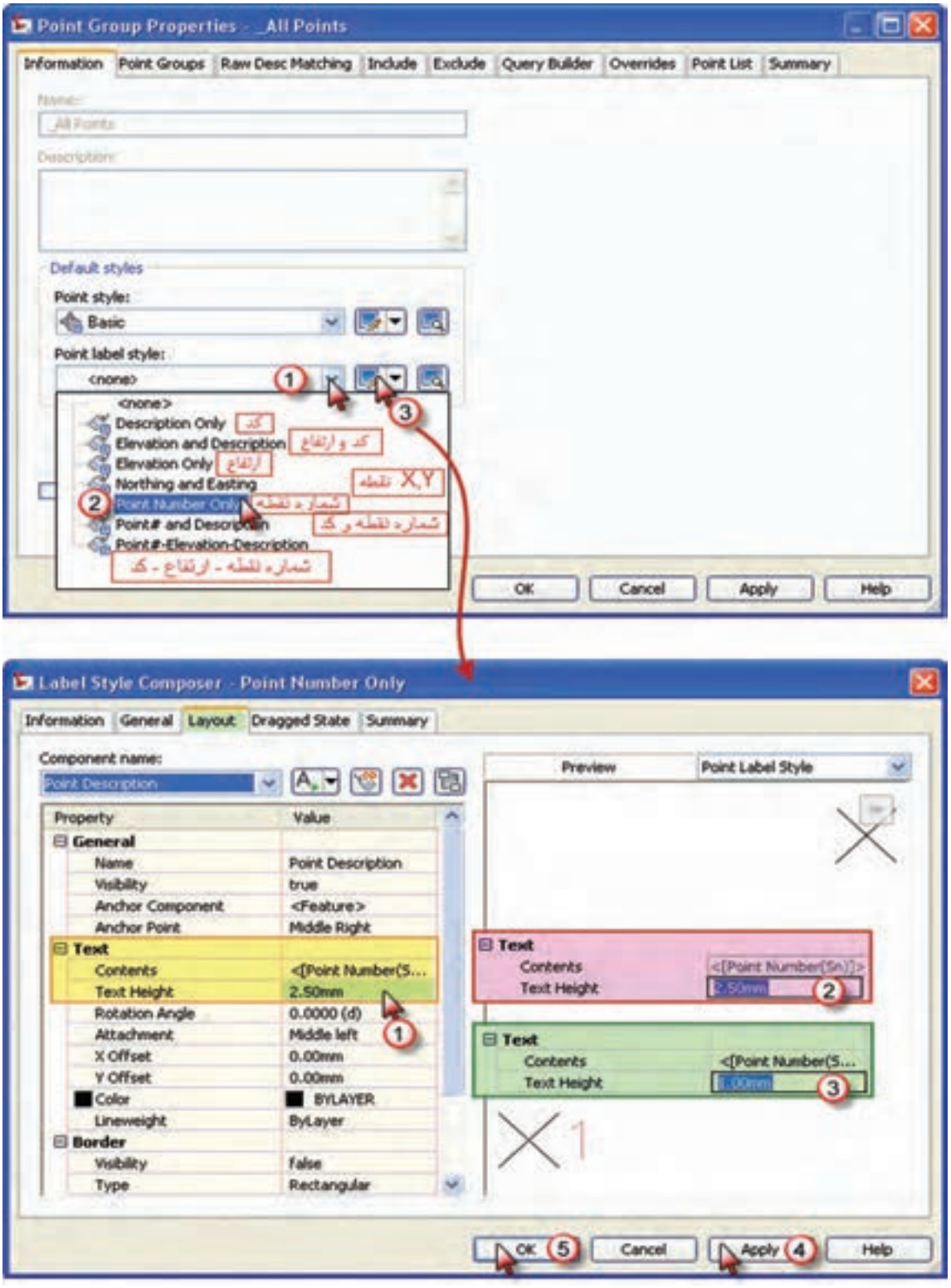
پنجرهٔ زیر باز می‌شود. مطابق شکل در قسمت style Point کلیک کرده تا پنجره آن باز شود در این پنجره در صفحه Marker شکل نمایش نقطه را انتخاب می‌نماییم و در صفحه Display رنگ آنرا انتخاب کرده و دکمه‌های Apply و ok را کلیک می‌کنیم.



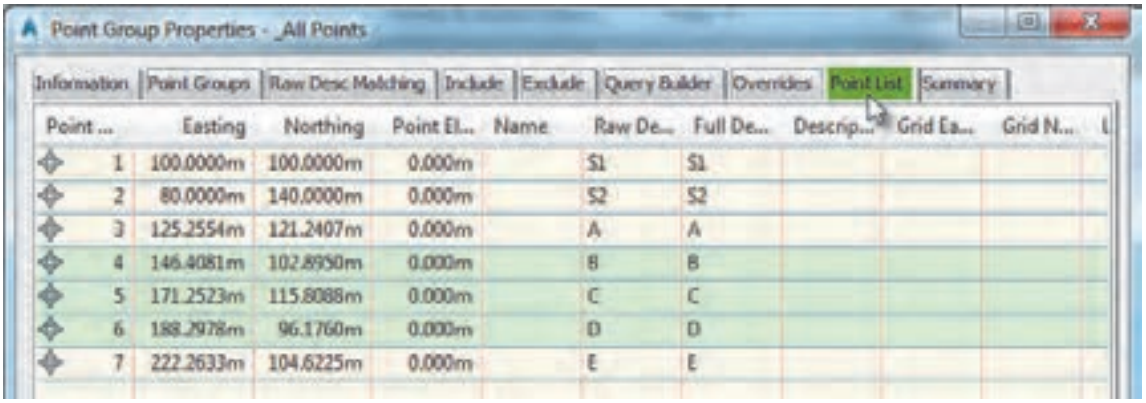
سپس قسمت شکل برچسب (نوشته) نقطه Point label style را مانند شکل صفحه بعد تنظیم می‌نماییم.

از آنجا که برای ترسیم نقشه فقط به شماره نقطه نیاز است گزینهٔ شمارهٔ نقطه را انتخاب می‌نماییم. در پنجره بعدی دیگر تنظیمات از جمله ارتفاع نوشته تنظیم می‌گردد.

پس از انجام تنظیمات، دکمه‌های Apply و ok را کلیک می‌کنیم تا تغییرات انجام شده مشاهده گردد.



برای مشاهده مختصات نقاط می‌توان سربرگ Point List را انتخاب کرد.



Point ...	Easting	Northing	Point El...	Name	Raw De...	Full De...	Descrip...	Grid Ea...	Grid N...
1	100.0000m	100.0000m	0.000m		S1	S1			
2	80.0000m	140.0000m	0.000m		S2	S2			
3	125.2554m	121.2407m	0.000m		A	A			
4	146.4081m	102.8950m	0.000m		B	B			
5	171.2523m	115.8088m	0.000m		C	C			
6	188.2978m	96.1760m	0.000m		D	D			
7	222.2633m	104.6225m	0.000m		E	E			

ارزشیابی شایستگی تعیین موقعیت

شرح کار:
با استفاده از وسایل عملیات زاویه‌یابی و فاصله‌یابی، زاویه و فاصلهٔ افقی بین نقاط را اندازه‌گیری نموده و مختصات نقاط ایستگاهی را محاسبه و تعیین نماید.

استاندارد عملکرد:
انجام عملیات زاویه‌یابی، فاصله‌یابی و تعیین مختصات با استفاده از دوربین زاویه‌یاب، دوربین توتال‌استیشن، سه‌پایه دوربین، شاخص (میر)، منشور، ژالن، ترازنبشی و متر مطابق دستورالعمل شمارهٔ ۱۱۹ سازمان نقشه‌برداری کشور

شاخص‌ها:
اندازه‌گیری رفت و برگشت - دقت زاویه و طول مطابق استاندارد - بررسی خطاها و تصحیح آن - حذف اشتباه - کنترل محاسبات و عملیات - انجام محاسبات با نرم‌افزار Excel - ترسیم با نرم‌افزارهای AutoCAD و AutoCAD CIVIL3D - تایپ و چاپ گزارش - ارائهٔ حضوری کار به هنرآموز در مدت زمان ۶ ساعت.

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: انجام عملیات زاویه‌یابی، فاصله‌یابی و تعیین مختصات ایستگاهی در فضای طبیعی زمین به کمک دو کارگر - انجام محاسبات و ترسیم با نرم‌افزار در سایت رایانه.

ابزار و تجهیزات:
- دوربین توتال‌استیشن - دوربین زاویه‌یاب - سه‌پایه دوربین - شاخص (میر) - منشور - ژالن - ترازنبشی - متر
- وسایل محاسباتی شامل ماشین‌حساب علمی
- وسایل تحریر اداری - رایانه به همراه چاپگر.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی و تثبیت ایستگاه‌ها	۲	
۲	انجام عملیات زاویه‌یابی و بررسی خطا و کنترل و تصحیح	۲	
۳	انجام عملیات فاصله‌یابی و بررسی خطا و کنترل و تصحیح	۲	
۴	انجام محاسبات پیمایش	۲	
۵	انجام محاسبات پیمایش با نرم‌افزار Excel و ترسیم پیمایش در نرم‌افزارهای AutoCAD و AutoCAD CIVIL3D	۲	
۶	ارائهٔ گزارش	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: رعایت ایمنی و بهداشت محیط کار، لباس‌کار مناسب، کفش، کلاه، دستکش، دقت اجرا، جمع‌آوری نخاله و ملات اضافی، مدیریت کیفیت، مسئولیت‌پذیری، تصمیم‌گیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.