

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

نقشه برداری عمومی

رشته نقشه برداری

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۲۷۸۱

۵۲۶	سعادت سرشت، محمد
۹/	نقشه برداری عمومی/ مؤلفان: محمد سعادت سرشت، فرشاد سیدحسینی، مهدی داورپناه،
ن ۷۲۵ س/	ولی حسام پور رضوی. تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۴.
۱۳۹۴	۲۱۷ ص. : مصور. — (آموزش فنی و حرفه ای؛ شماره درس ۲۷۸۱)
	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.
	۱. 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 دانش آموزان عزیز :

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

tvoccd@medu.ir

پیام نگار (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 کاردانش

نام کتاب : نقشه‌برداری عمومی - ۴۹۳

مؤلفان : محمد سعادت سرشت، فرشاد سید حسینی، مهدی داوریانه و ولی حسام‌پور رضوی

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

رضا یگانه 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

مدیر امور فنی و چاپ : سید احمد حسینی

طراح جلد : مهدی داوریانه

صفحه‌آرا : زهره بهشتی شیرازی

حروفچین : مینا کیوان، افسر مهدی‌زاده اردکان

مصحح : نفیسه عسگریان، مریم مجبی

امور آماده‌سازی خبر : زینت بهشتی شیرازی

امور فنی رایانه‌ای : حمید ثابت کلاچاهی، فاطمه رئیسیان فیروزآباد

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

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

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پنجم ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.



باید باورمان شود که ما می‌توانیم.

امام خمینی (قدس سرّه الشریف)



فصل اول – کاربردهای تراز یابی	۱
فصل دوم – زاویه یابی	۴۹
فصل سوم – فاصله یابی	۷۵
فصل چهارم – تعیین موقعیت و امتداد های مبنا	۹۷
فصل پنجم – تعیین مختصات ایستگاهی	۱۲۳
فصل ششم – برداشت جزئیات	۱۷۰
فصل هفتم – پیاده کردن نقاط	۲۰۵
منابع مورد استفاده	۲۱۷

کتاب حاضر با توجه به نظرهای دریافت شده از هنرستان‌های فنی سراسر کشور توسط سه نفر از هنرآموزان محترم درس نقشه‌برداری عمومی و یک نفر از اساتید دانشگاه تألیف جدید گردیده است و در کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشته نقشه‌برداری تأیید نهایی شده است.

در تألیف این کتاب، توجه به ارائه مناسب‌تر و روان‌تر مطالب با استفاده از ساده نویسی 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 صفحه دوم آمده است.

– صفحه سوم فصل با مقدمه و مفاهیم کلیدی فصل شروع می‌شود. (مفاهیم کلیدی مطالبی هستند که هنرآموز بایستی در پایان هر فصل از فهم کامل آن توسط هنرجویان مطمئن شده و سپس از فصل مورد نظر عبور کند.)

– مطالبی با عنوان بیشتر بدانیم، حاوی اطلاعات جانبی مختلفی می‌باشد که نباید از آنها در آزمون‌های رسمی سؤالی مطرح گردد.

– معادل لاتین اصطلاحات علمی و فنی مطرح شده در درس در کنار واژه فارسی آن قرار گرفته است.

– مطالبی تحت عنوان «نکته‌ها» برای افزایش بینش و بصیرت هنرجویان آورده شده است که نباید از آنها سؤال امتحانی طرح شود.

– در انتهای هر فصل خلاصه فصل، خودآزمایی در انواع تشریحی، جورکردنی و چند گزینه‌ای ارائه شده است.

امید است کتاب حاضر بتواند در جهت نیل به اهداف برنامه درسی رشته 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 رشته نقشه‌برداری

هدف کلی

شناخت مراحل و روش‌های تهیه نقشه و آشنایی با کاربردهای نقشه برداری و نحوه
اجرا و پیاده کردن طرح‌ها

فصل اول

کاربردهای ترازیابی



تسطیح اراضی

هدف‌های رفتاری

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :
- ۱- نحوه محاسبات مربوط به جدول ترازبایی هندسی را توضیح دهد.
 - ۲- مفهوم و هدف از تهیه مقطع یا پروفیل را بیان کند.
 - ۳- انواع مقطع در نقشه‌برداری را نام برده و هریک را توضیح دهد.
 - ۴- مراحل کار تهیه پروفیل، طراحی و پیاده‌سازی مسیر را بیان کند.
 - ۵- خط پروژه را تعریف کند.
 - ۶- مراحل مختلف تسطیح یک زمین را بیان کند.
 - ۷- نحوه محاسبه حجم عملیات خاکی را توضیح دهد.
 - ۸- منحنی میزان را تعریف کند.
 - ۹- فواصل ارتفاعی را تعریف کرده و رابطه آن با توپوگرافی زمین را بیان کند.
 - ۱۰- نقشه توپوگرافی را تعریف نماید.
 - ۱۱- روش‌های مختلف تهیه و ترسیم منحنی میزان در نقشه‌های توپوگرافی را بیان کند.
 - ۱۲- مراحل تهیه و ترسیم منحنی میزان به روش شبکه‌بندی را بیان کند.
 - ۱۳- درونیابی یا انترپولاسیون را تعریف کند.

مطالب پیش نیاز

- قبل از مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :
- ۱- آشنایی با فصول ۹ تا ۱۳ کتاب «مساحی»
 - ۲- آشنایی با فصل ۵ کتاب «هندسه (نقشه‌برداری)» مبحث سیستم مختصات قائم‌الزاویه دوبعدی

کاربرد تراز یابی



مفاهیم کلیدی

ترازیابی هندسی

Geometry Levelling

مقطع

Section

مقطع طولی

Longitudinal Profile

مقطع عرضی

Cross Section

خط پروژه

Final Ground

خاکریزی

Fill

خاکبرداری

Cut

منحنی تراز

Contour

فاصله ارتفاعی منحنی تراز

Contour Interval

درون یابی

Interpolation

تسطیح

Land levelling & Grading

مقدمه

تغییر در وضعیت پستی و بلندی های زمین (توپوگرافی) و مناسب نمودن آن برای اجرای پروژه های مختلف عمرانی در اغلب موارد امری الزامی است. در این میان شناخت و آگاهی از وضعیت ارتفاعی زمین در طراحی پروژه های خطی (که در امتداد یک خط طراحی و اجرا می شوند) از قبیل بزرگراه ها، خطوط راه آهن و مترو، خطوط انتقال نیرو و همچنین پروژه هایی مثل شهرسازی، کشاورزی، دریاچه های ذخیره آب و پرورش ماهی و ... اهمیت اساسی دارد. چراکه بدون آگاهی از وضعیت توپوگرافی منطقه، رعایت اصول مهندسی در طراحی و اجرای پروژه و همچنین به حداقل رساندن هزینه ها امکان پذیر نمی باشد. در این میان تراز یابی هندسی (مستقیم) به عنوان یکی از روش های دقیق و متداول در تعیین و کنترل ارتفاع نقاط کاربرد پیدا می کند. در این فصل، بعد از یادآوری کوتاهی از تراز یابی هندسی، برخی از کاربردهای تراز یابی هندسی در طراحی و اجرای پروژه های عمرانی را شرح می دهیم.

بیشتر بدانیم

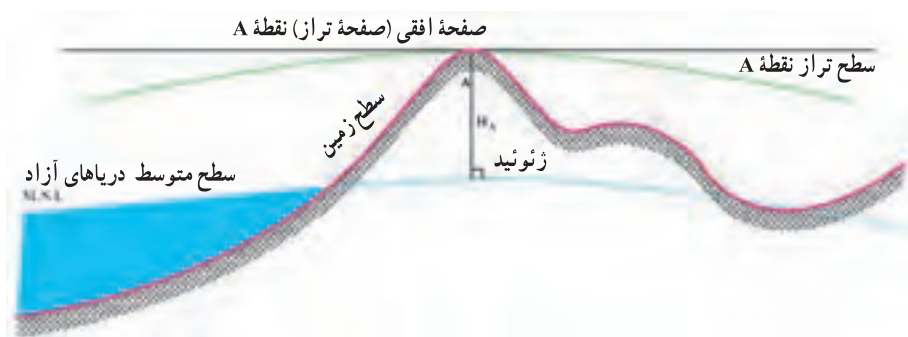


«تراز» در لغت نامه دهخدا : اسبابی است که به وسیله آن سطوح افقی را می توان تشخیص داد، برای تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه نیز به کار می رود. از اقسام آن تراز آبی، تراز هوایی و تراز بنائی است.

۱-۱- یادآوری

ارتفاع نقطه (Point Elevation)

همان‌طور که در کتاب مساحی سال قبل آموختید، ارتفاع یک نقطه عبارت است از فاصله قائم نقطه از سطح مبنای ارتفاعات (سطحی که ارتفاع نقاط مختلف را نسبت به آن می‌سنجند). چنانچه سطح مبنا برای تعیین ارتفاع نقطه، ژئوئید (سطح متوسط آب دریاهاى آزاد) باشد، ارتفاع نقطه، مطلق و در صورتی که سطح مبنای دیگری باشد، ارتفاع نقطه، نسبی است.



شکل ۱-۱- ارتفاع نقطه

نقاط بنچ مارک (BenchMark)



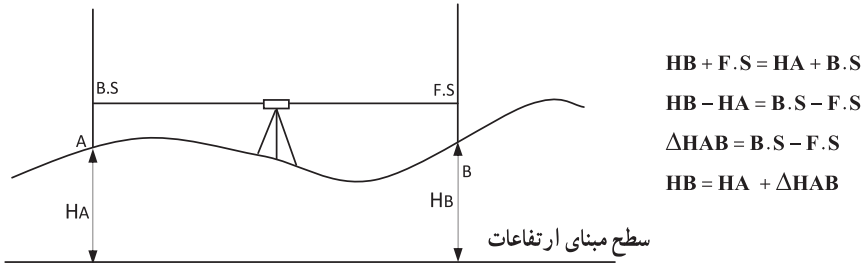
شکل ۱-۲- نقطه (بنچ مارک)

برای به‌دست آوردن ارتفاع مطلق نقاط باید اختلاف ارتفاع آنها را از سطح متوسط آب دریاهاى آزاد (ژئوئید) به‌دست آورد. از آنجا که این کار عملاً امکان‌پذیر نیست، توسط سازمان نقشه‌برداری تعدادی نقطه در سراسر کشور ایجاد شده و موقعیت و یا ارتفاع آنها از ژئوئید به‌دست آمده است تا در موقع لزوم بتوان با استفاده از این نقاط ارتفاع سایر نقاط اطراف آن‌را توسط عملیات ترازبایی هندسی تعیین نمود. به این نقاط

که در نقشه‌برداری زمینی ارتفاع آنها از قبل معلوم شده فرض می‌شود، در اصطلاح نقاط بنچ مارک می‌گویند. از آنجا که موقعیت این نقاط باید در طول زمان ثابت بمانند، ساختمان آنها مستحکم بوده و بر اساس دستورالعمل‌های خاصی بنا می‌گردند. (شکل ۴-۵ فصل چهارم)

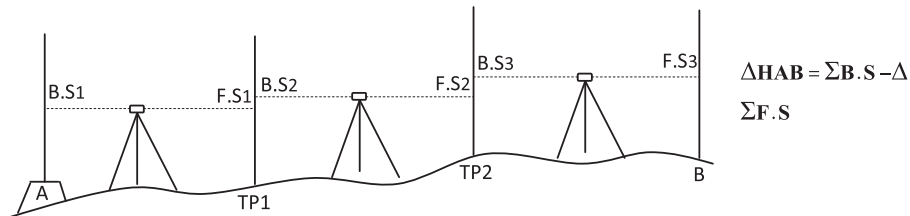
ترازیابی هندسی (Geometric Levelling)

در شکل زیر یک ترازیبی ساده را مشاهده می‌کنید که در آن ارتفاع نقطه A از قبل معلوم می‌باشد و با انجام این ترازیبی ساده و محاسبات آن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه و همچنین ارتفاع نقطه B به دست می‌آید.



شکل ۱-۳ - ترازیبی هندسی

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



شکل ۱-۴ - ترازیبی تدریجی

بیشتر بدانیم



ارتفاع ارتومتریک = H

ارتفاع ژئودتیک = h

ارتفاع ژئوئید = N

ارتفاع ژئودتیک : حاصل از GPS
 ارتفاع ارتومتریک : حاصل از ترازیبی
 ارتفاع ژئوئید : حاصل از ثقل سنجی

$$N = h - H$$

کنترل ترازیبی : عملیات ترازیبی در صورتی قابل کنترل است که علاوه بر معلوم بودن ارتفاع نقطه اول، ارتفاع نقطه آخر نیز معلوم باشد. به عبارت دیگر، زمانی می توان خطای ترازیبی را محاسبه نمود که ترازیبی بین دو نقطه با ارتفاع معلوم انجام شود. در این حالت خطای بست ترازیبی (e_L) عبارت است از :

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست ترازیبی
چنانچه خطای ترازیبی در محدوده مجاز باشد می توان آن را بین دهنه ها سرشکن کرد و در این حالت ترازیبی قابل قبول می باشد. محدوده مجاز خطای ترازیبی درجه ۳ بر حسب میلی متر از رابطه زیر به دست می آید :

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

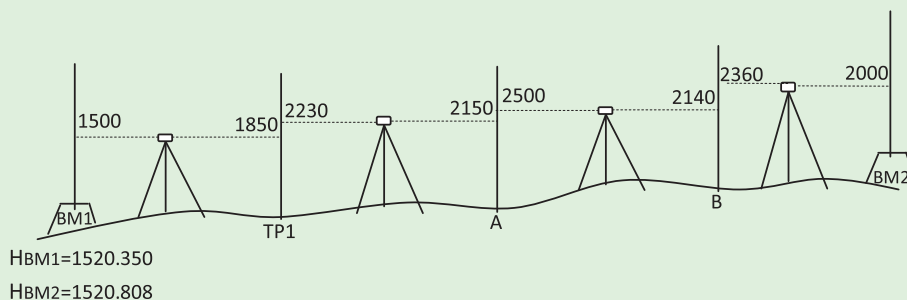
که در آن k طول مسیر ترازیبی بر حسب کیلومتر می باشد. مقدار تصحیح برای دهنه اول ترازیبی از رابطه $C = \frac{-e_L}{n}$ قابل محاسبه است که در آن n تعداد دهنه ها می باشد.

مثال ۱-۱ : ترازیبی تدریجی

شکل زیر یک ترازیبی تدریجی درجه سه بین دو بنچ مارک را نشان می دهد که به منظور تعیین ارتفاع نقاط A و B انجام گرفته است .

الف) اطلاعات لازم را از روی شکل در یک جدول ترازیبی وارد نموده و ارتفاع نقاط را محاسبه نمایید.

ب) در صورت امکان خطای ترازیبی را محاسبه نموده و ارتفاع تصحیح شده سایر نقاط را به دست آورید. (فاصله ترازیبی ۵۷۰ متر است)



راهکار کلی: ابتدا جدولی مطابق شکل زیر ترسیم نموده و قرائت روی شاخص‌ها را از روی شکل بالا برای نقاط BM۱ تا BM۲ وارد جدول می‌کنیم.

P.N	B.S	F.S	$\Delta H(mm)$	H(m)	C(mm)	Hc(m)
شماره نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده

سپس از رابطه اختلاف ارتفاع در ترازیابی استفاده کرده و پس از محاسبه اختلاف ارتفاع بین نقاط ستون مربوط به آن را کامل می‌کنیم و پس از آن ارتفاع نقاط را بدست آورده و در ستون ارتفاع وارد می‌کنیم:

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

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

با کمی دقت می‌بینیم که ترازیابی از یک پنج‌مارک شروع شده و به پنج‌مارکی دیگر بسته شده است. پس قابل کنترل بوده و می‌توان خطای بست ترازیابی را محاسبه نمود. یعنی داریم:

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به‌دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست ترازیابی

$$e_L = h' - h$$

بعد از محاسبه خطای بست ترازیابی، با توجه به اینکه این ترازیابی از نوع درجه سه می‌باشد مقدار مجاز خطا را برای آن از رابطه زیر به‌دست می‌آوریم:

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

و در صورتی که خطای بست ترازیابی در محدوده مجاز آن قرار دارد آن را تصحیح می‌کنیم، مقدار تصحیح از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

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

که در نقطه اول صفر بوده و برای نقاط دیگر مطابق روابط صفحه بعد به‌دست می‌آید:

$$C_1 = 0$$

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

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

.....

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

پس از محاسبه مقدار تصحیح برای همه نقاط، آنها را در ستون مربوط به خود در جدول ترازایی وارد می‌کنیم. و در پایان ارتفاع تصحیح شده نقاط را از رابطه ساده موجود ($H_C = H + C$) به دست آورده و ستون آخر را کامل می‌کنیم.

روش حل : الف)

$$\Delta H_{BM1 - TP1} = 1500 - 1850 = -350$$

$$\Delta H_{TP1 - A} = 2230 - 2150 = 80$$

$$\Delta H_{A - B} = 2500 - 2140 = 360$$

$$\Delta H_{B - BM2} = 2360 - 2000 = 360$$

⇒

$$H_{TP1} = 1520.350 + (-0.350) = 1520$$

$$H_A = 1520 + 0.080 = 1520.080$$

$$H_B = 1520.080 + 0.360 = 1520.440$$

$$H_{BM2} = 1520.440 + 0.360 = 1520.800$$

⇓

P.N شماره نقاط	B.S قرائت عقب	F.S قرائت جلو	$\Delta H(mm)$ اختلاف ارتفاع	H(m) ارتفاع	C(mm) تصحیح	Hc(m) ارتفاع تصحیح شده
BM ₁	1500			1520.350		1520.350
TP ₁	2230	1850	-350	1520		
A	2500	2150	80	1520.080		
B	2360	2140	360	1520.440		
BM ₂		2000	360	1520.800		1520.808

ب)

$$e_L = 1520.800 - 1520.808 = -0.008 \text{ m} = -8\text{mm}$$

$$c = -(-8) / 4 = 2\text{mm}$$

$$c_1 = 0$$

$$c_2 = 2 \times 1 = +2\text{mm}$$

$$c_3 = 2 \times 2 = +4\text{mm}$$

$$c_4 = 2 \times 3 = +6\text{mm}$$

$$c_5 = 2 \times 4 = +8\text{mm}$$



محاسبه شده

P.N	B.S	F.S	$\Delta H(\text{mm})$	H(m)	C(mm)	Hc(m)
شماره نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
BM ₁	1500			1520.350	0	1520.350
TP ₁	2230	1850	-350	1520	+2	1520.002
A	2500	2150	80	1520.080	+4	1520.084
B	2360	2140	360	1520.440	+6	1520.446
BM ₂		2000	360	1520.800	+8	1520.808
Σ						

بحث و بررسی : در قسمت الف در پایان محاسبات می توان برای کنترل درستی محاسبات مقدار اختلاف ارتفاع کل را از رابطه زیر به دست آورده و با جمع ستون اختلاف ارتفاع مقایسه نمود، یعنی :

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

P.N شماره نقاط	B.S قرائت عقب	F.S قرائت جلو	$\Delta H(mm)$ اختلاف ارتفاع	H(m) ارتفاع	C(mm) تصحیح	Hc(m) ارتفاع تصحیح شده
BM _۱	1500			1520.350	0	1520.350
TP _۱	2230	1850	-350	1520	2	1520.002
A	2500	2150	80	1520.080	4	1520.084
B	2360	2140	360	1520.440	6	1520.446
BM _۲		2000	360	1520.800	8	1520.808
$\Sigma =$	8590	8140	450			

$$\Sigma B.S - \Sigma F.S = 8590 - 8140 = 450$$

۱-۲- پروفیل (Profile)

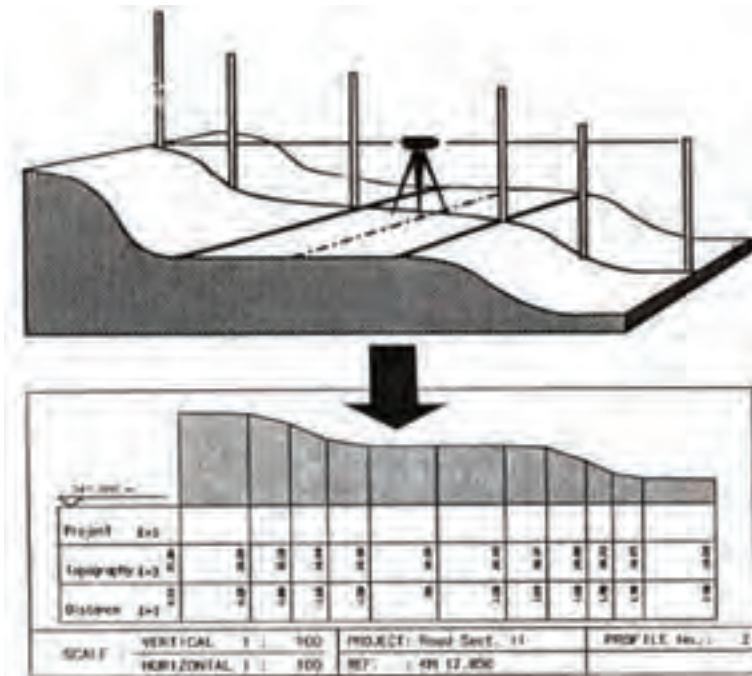
اگر بزرگ امتداد مستقیم مشخص روی زمین، صفحه قائم فرضی عبور داده شود (به عبارت دیگر در امتداد مورد نظر برشی فرضی به زمین داده شود) از برخورد این صفحه فرضی با سطح طبیعی زمین، خطوط شکسته‌ای حاصل می‌شود که چنانچه آن را در مقیاس مشخصی ترسیم نماییم نقشه حاصل را پروفیل (مقطع یا نیمرخ) می‌گویند.

در واقع هدف از تهیه پروفیل، نمایش پستی و بلندی‌ها و برجستگی‌های زمین در طول یک امتداد مانند مسیر یک کانال و یا یک جاده روی نقشه می‌باشد. و منظور از نمایش برجستگی‌ها روی نقشه این است که اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به هم روی نقشه معلوم باشد. به طرق مختلف می‌توان برجستگی‌ها را روی نقشه نمایش داد اما متداول‌ترین و دقیق‌ترین روش نمایش پستی و بلندی‌ها، نشان دادن ارتفاع نقاط است به گونه‌ای که عددی که برای ارتفاع هر نقطه از تراز یابی اندازه‌گیری شده است دقیقاً روی نقشه منتقل و نوشته شود.

به طور کلی در نقشه‌برداری با دو نوع پروفیل سروکار داریم :

۱- پروفیل طولی (Longitudinal Profile)

۲- پروفیل عرضی (Cross Section)



شکل ۱-۵- پروفیل

اگر صفحه قائم فرضی را در امتداد طولی یک مسیر بر زمین عبور دهیم به تصویری که بر روی این صفحه از تماس با سطح طبیعی زمین ایجاد می شود پروفیل طولی (مقطع طولی) گویند. توجه شود که در پروفیل طولی مسیر مورد نظر الزاماً مستقیم نبوده و می تواند دارای شکستگی و انحنا باشد. در مقابل اگر در فواصل مشخصی از مسیر مورد نظر، در عرض مسیر اقدام به تهیه پروفیل نماییم به آن پروفیل عرضی گویند. لازم به ذکر است که برای یک مسیر پروفیل های عرضی زیادی وجود دارد که معمولاً برش آنها در راستای مستقیم و در هر نقطه عمود بر مسیر می باشد.

فصل مشترک یک صفحه قائم فرضی با سطح طبیعی زمین در امتداد طول مسیر را پروفیل طولی و در امتداد عمود بر مسیر را پروفیل یا مقطع عرضی می گویند.

پروفیل طولی را به دو روش مستقیم و غیرمستقیم می توان تهیه کرد. در روش مستقیم، پروفیل طولی از اندازه گیری مستقیم زمینی با انجام ترازایی در طول مسیر مورد نظر تهیه می شود. در روش غیرمستقیم، پروفیل طولی با استفاده از نقشه توپوگرافی تهیه می شود. در ادامه، تهیه پروفیل طولی

به‌روش مستقیم و طراحی خط پروژه روی آن تشریح می‌گردد. مراحل کار عبارت‌اند از :

- ۱- طراحی پلان مسیر
- ۲- پیاده‌سازی مسیر
- ۳- ترازیابی مسیر
- ۴- محاسبات پروفیل طولی
- ۵- ترسیم پروفیل طولی
- ۶- طراحی خط پروژه
- ۷- پیاده‌سازی و کنترل.

بیشتر بدانیم



موارد استفاده از ترازیاها :

- ۱- اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع (دقت زیاد)
- ۲- اندازه‌گیری فاصله با ترازیا (دقت کم)
- ۳- اندازه‌گیری زاویه افقی با ترازیا (دقت کم)

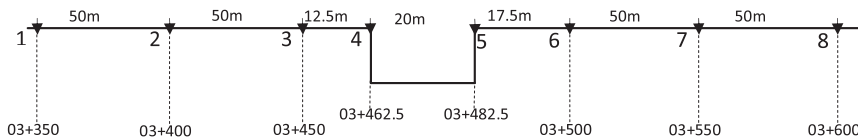
۱- طراحی پلان مسیر : در این مرحله، موقعیت مسطحاتی مسیر در چندین مرحله به‌صورت تقریبی تا کاملاً دقیق روی نقشه‌های پوششی کوچک تا بزرگ مقیاس طراحی می‌شود. در طراحی مسیر جنبه‌های مختلف شامل رعایت اصول مهندسی، ایمنی، هزینه ساخت‌وساز، محیط زیست، آمایش زمین و نظایر آن توسط مهندسین مشاور طراح مسیر بررسی می‌گردد که تشریح این موارد خارج از محدوده این کتاب است. برای مطالعه بیشتر می‌توانید به کتب راهسازی مراجعه نمایید.

۲- پیاده‌سازی مسیر : منظور از پیاده‌سازی مسیر یعنی انعکاس فرم هندسی مسیر (شامل قسمت‌های مستقیم، قوس‌ها و دیگر اجزا) روی زمین، طبق مشخصاتی که طراح در نقشه‌ها ارائه نموده است. در این بخش برای تعیین مسیر، روش میخکوبی مسیر (پیکه‌تاز) تشریح می‌شود که در آن ابتدا نقاط شکستگی مسیر میخکوبی شده و سپس فواصل افقی بین میخ‌ها اندازه‌گیری و جدول

پیکه تاژ تنظیم می گردد.

مسیر مورد نظر برای تهیه پروفیل طولی که ممکن است به شکل یک امتداد مستقیم و یا مجموعه ای از خطوط شکسته و یا منحنی باشد، ابتدا باید توسط عمل میخکوبی روی زمین مشخص شود. فاصله میخ ها از هم به دقت کار و شکل ظاهری زمین بستگی دارد. بنابراین در مناطق مسطح، فواصل بلندتر و در مناطق کوهستانی که تغییر شکل زمین زیاد است، این فواصل باید کوتاه تر انتخاب شوند.

علاوه بر میخکوبی نقاط در فواصل ثابت، باید نقاط تغییر شیب در طول مسیر، محل تقاطع و برخورد مسیر با راه ها، کانال ها، رودخانه ها، جوی ها، نهرها و ... نیز میخکوبی شوند. به این نقاط در اصطلاح نقاط اجباری می گویند.



شکل ۱-۶ - پیکه تاژ مسیر

در حالت کلی کیلومتر اژ هر میخ را با فرم $\frac{\circ\circ}{\circ\circ} + \frac{\circ\circ\circ}{\circ\circ}$ نمایش می دهند. که دو رقم اول فاصله بر حسب کیلومتر و ارقام بعدی مقدار باقیمانده فاصله بر حسب متر و سانتی متر می باشد. به عنوان مثال عدد $\frac{۱۰۳۲}{۴۷}$ متر را به شکل $\frac{۳۲}{۴۷}$ نشان می دهند: یعنی ده کیلومتر و سیصد و بیست متر و چهل و هفت سانتی متر.

در حین میخکوبی نقاط مسیر مورد نظر به جهت سادگی در ترسیم پروفیل سادگی در محاسبات و بالا رفتن سرعت کار، فاصله بین میخ ها را ثابت در نظر گرفته و سعی می شود که کیلومتر اژ هر میخ مضربی از ده باشد.

فاصله افقی هر نقطه تا مبدأ را کیلومتر اژ آن نقطه گویند.

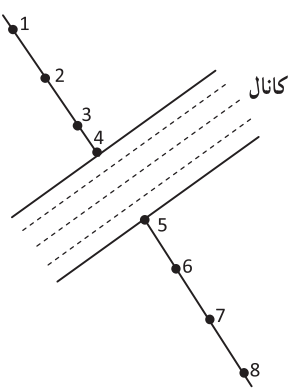
به عنوان مثال فرض کنید مطابق شکل (۱-۶) امتداد مستقیم AB را از میخ شماره یک با کیلومتر اژ $\frac{۳}{۳۵}$ پیکه تاژ نموده و پس از کوبیدن دو میخ به فاصله ثابت ۵۰ متر به یک کانال رسیده ایم و میخ های شماره ۴ و ۵ را در لبه های کانال می کوبیم. پس از کوبیدن میخ ها در نقاط اجباری لبه کانال، فاصله بین میخ شماره ۳ و ۴ را $\frac{۱۲}{۵}$ متر و بین میخ ۴ و ۵ را ۲۰ متر اندازه گیری می کنیم. بنابراین کیلومتر اژ نقطه ۵ برابر $\frac{۴۸۲}{۵} + ۳$ می گردد. از اینجا نتیجه می گیریم که میخ شماره ۶ را

در فاصله‌ای باید کوید که کیلومتر از آن مضربی از عدد ۱۰ شود یعنی ۰۳+۵۰۰/۰۰ . به عبارتی میخ شماره ۶ را ۱۷/۵ متری از میخ شماره ۵ می‌گوییم.

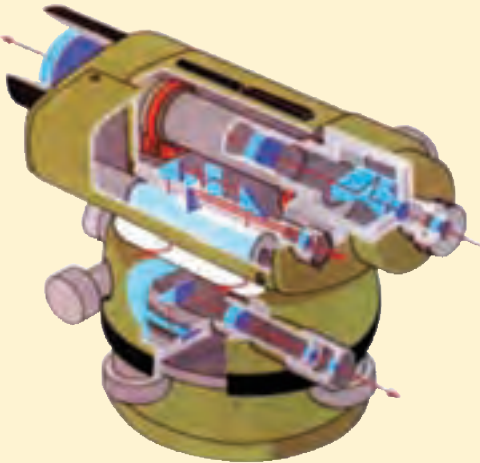
در عمل معمولاً با استفاده از دوربین تئودولیت و متر محل نقاط مسیر مورد نظر را روی زمین پیدا کرده و میخکوبی می‌کنند.

بعد از میخکوبی مسیر، فاصله بین میخ‌ها توسط متر دقیقاً اندازه‌گیری شده و در جدولی مطابق جدول ۱-۱ یادداشت می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود این جدول علاوه بر ستون شماره نقاط و فاصله بین میخ‌ها، شامل فاصله از نقطه شروع (کیلومتر از) و کروکی نیز می‌باشد.

جدول ۱-۱- پیکه‌تاز مسیر

شماره میخ P.N	فاصله بین دو میخ Di	فاصله از مبدأ km	کروکی و یادداشت Note
1		03 + 350.00	
	50.00		
2		+400.00	
	50.00		
3		+450.00	
	12.50		
4		+462.50	
	20.00		
5		+482.50	
	17.50		
6		+500.00	
	50.00		
7		+550.00	
8		03+ 600.00	

قسمت‌های داخلی یک تراز یاب



۳- تراز یابی مسیر (پروفیل برداری): بعد از تعیین موقعیت مسیر بر روی زمین، نوبت به تراز یابی در امتداد آن می‌رسد. در این بخش روش تراز یابی هندسی برای تعیین ارتفاع نقاط مشخص شده در طول مسیر تشریح می‌گردد که به آن پروفیل برداری نیز می‌گویند. ارتفاع کلیه نقاط می‌خکوبی شده با استفاده از تراز یابی مستقیم و به شیوه تدریجی و یا ترکیبی از تدریجی و شعاعی به دست می‌آید. در هر حال تراز یابی باید به صورت رفت و برگشت بین نقاط بنچ مارک انجام پذیرد به عبارتی چنانچه در منطقه و یا در نزدیکی آن بنچ مارک موجود باشد بهتر است تراز یابی را از این نقطه شروع کرده و به نقطه بنچ مارک دیگری بست. در غیر این صورت ارتفاع نقطه شروع را به طور قراردادی تعیین کرده و تراز یابی به صورت رفت و برگشت انجام می‌شود. چنانچه مسیر طولانی باشد معمولاً بعد از هر دو کیلومتر، کار تراز یابی به صورت رفت و برگشت کنترل می‌شود.

✓ به دلیل سختی کار تراز یابی مستقیم در مناطق با شیب زیاد و کوهستانی، برای پروفیل برداری از تراز یابی به روش مثلثاتی هم می‌توان استفاده کرد ولی این روش دقت کمتری نسبت به روش تراز یابی مستقیم (هندسی) دارد.

در صفحه بعد یک نمونه جدول تراز یابی مخصوص برداشت پروفیل نشان داده شده است که در آن ستون‌هایی برای فاصله بین نقاط و کیلومتر اژ نقاط در نظر گرفته شده و به روش ارتفاع دستگاه (ارتفاع خط دید دوربین) قابل حل می‌باشد. نحوه محاسبه جدول به روش ارتفاع دستگاه بیشتر در تهیه

و ترسیم پروفیل مورد استفاده قرار می‌گیرد که در قسمت بعد توضیح داده می‌شود.

جدول ۱-۲

ارتفاع نقاط	ارتفاع دستگاه	قرائت جلو	قرائت میانی	قرائت عقب	فاصله از مبدأ	فاصله بین نقاط	شماره نقطه
H	HI	F.S	I.S	B.S	km	Di	P.N

۴- محاسبات پروفیل طولی : برای تهیه پروفیل طولی باید فاصله و ارتفاع نقاط ترازایی در طول مسیر را به دست آورد. فاصله نقاط معمولاً از ابتدای مسیر محاسبه می‌شود که تحت عنوان «فاصله از مبدأ» بر حسب کیلومتر (کیلومتراژ) نشان داده می‌شود. برای تعیین ارتفاع نقاط، در این قسمت محاسبات ترازایی هندسی به روش ارتفاع دستگاه (Height of Instrument) از طریق حل جدول ترازایی تشریح می‌گردد.

به طور کلی برای حل جدول ترازایی از دو روش می‌توان استفاده کرد، روش اول روشی است که به آن روش اختلاف ارتفاع (فراز و نشیب) می‌گویند که قبلاً آن را در کتاب مساحی آموختید و روش دوم، روش ارتفاع دستگاه (ارتفاع خط دید دوربین) می‌باشد که در این قسمت در قالب یک مثال کاربردی به شرح آن می‌پردازیم.

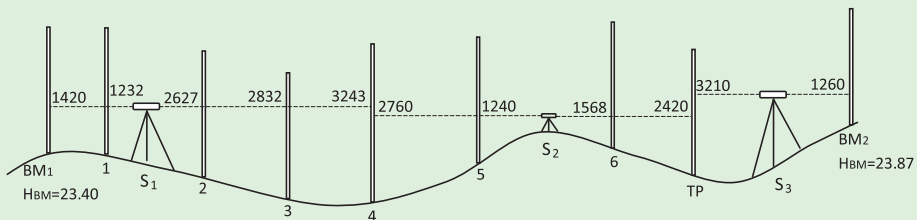
بیشتر بدانیم



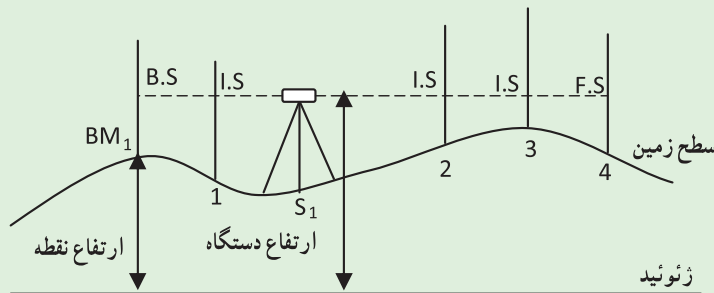
بزرگراه‌های چند طبقه که بر اساس اندازه‌گیری‌های دقیق ترازایی اجرا و کنترل شده‌اند.

مثال ۲-۱ :

محاسبه جدول ترازیبی حاصل از پروفیل برداری به روش ارتفاع دستگاه
برای تهیه پروفیل طولی از یک مسیر کانال آبرسانی، مطابق شکل زیر عملیات
ترازیابی انجام گرفته است و برای کنترل، ابتدا و انتهای آن به دو نقطه بنچ مارک بسته
شده است. ارتفاع نقاط را به روش ارتفاع دستگاه محاسبه نمایید. (طول مسیر ترازیبی
۶۰۰ متر و ترازیبی درجه ۳ می باشد)



راهکار کلی: در این روش مطابق شکل زیر با اضافه کردن قرائت عقب به
ارتفاع نقطه، ارتفاع خط دید دوربین (ارتفاع دستگاه) به دست می آید، سپس از این
ارتفاع (ارتفاع دستگاه)، قرائت جلو کم می گردد و عدد حاصل همان ارتفاع نقطه
می باشد.



$$H I_1 = (\text{ارتفاع دستگاه}) = HBM + B.SBM$$

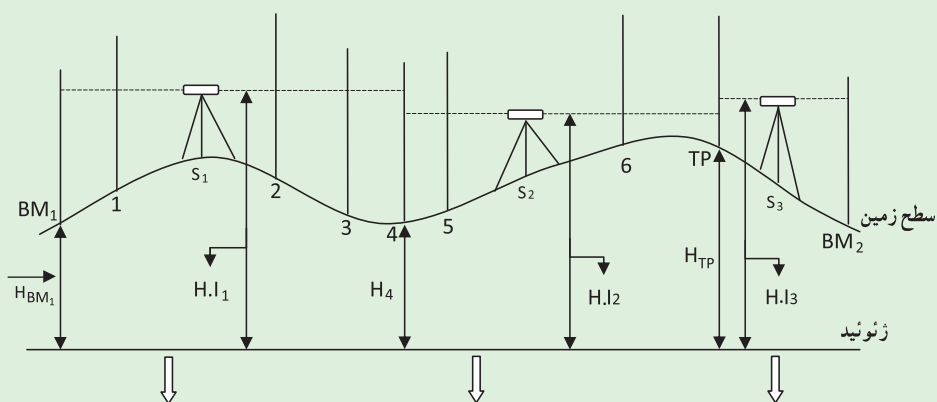
$$H_1 = H.I - I.S_1$$

$$H_2 = H.I - I.S_2$$

$$H_3 = H.I - I.S_3$$

$$H_4 = H.I - F.S_4$$

همان‌طور که مشاهده می‌کنید در این روش ارتفاع همه نقاطی که از یک ایستگاه قرائت شده به طور مستقیم از روی ارتفاع دوربین در آن ایستگاه به دست می‌آید. چنانچه برای ادامه کار تراز یابی، دوربین را جابجا کرده و در ایستگاه دوم (S_2) مستقر شویم، باید در این ایستگاه نیز ارتفاع دوربین را از روی ارتفاع محاسبه شده برای نقطه آخر دهنه قبل و قرائت عقب آن که در اینجا نقطه ۴ است، به دست آورده و ارتفاع سایر نقاط قرائت شده از این ایستگاه را محاسبه کنیم تا به (نقطه آخر دهنه دوم نقطه TP) برسیم و به همین ترتیب برای ایستگاه سوم (S_3) کار را دنبال کنیم :



$$H.I_1 = (ارتفاع\ دستگاه) = HBM_1 + B.SBM_1$$

$$H_1 = H.I_1 - I.S_1$$

$$H_2 = H.I_1 - I.S_2$$

$$H_3 = H.I_1 - I.S_3$$

$$H_4 = H.I_1 - F.S_4$$

حال که H_4 را محاسبه کردیم از رابطه زیر ارتفاع دستگاه در ایستگاه دوم ($H.I_2$) را به دست می‌آوریم :

$$H.I_2 = H_4 + B.S_4$$

و داریم :

$$H_5 = H.I_2 - I.S_5$$

$$H_6 = H.I_2 - I.S_6$$

$$H_{TP} = H.I_2 - F.S_{TP}$$

و به همین ترتیب برای ایستگاه سوم و نقطه آخر یعنی BM_2 داریم :

$$H.I_3 = H_{TP} + B.S_{TP}$$

$$HBM_2 = H.I_3 - F.SBM_2$$

روش حل : ابتدا جدولی مطابق شکل صفحه بعد ترسیم نموده و قرائت روی شاخص‌ها را از روی شکل بالا برای نقاط BM_1 تا BM_2 وارد جدول می‌کنیم.

P.N شماره نقاط	B.S قرائت عقب	I.S قرائت میانی	F.S قرائت جلو	H.I(m) ارتفاع دستگاه	H(m) ارتفاع	C(mm) تصحیح	Hc(m) ارتفاع تصحیح شده
BM ₁	1420			24.820	23.400		23.400
1		1232		24.820	23.588		
2		2627		24.820	22.193		
3		2832		24.820	21.988		
4	2760			24.337	21.577		
5		1240	3243	24.337	23.097		
6		1568		24.337	22.769		
TP	3210		2420	25.127	21.917		
BM ₂			1260	25.127	23.867		23.870

محاسبه ارتفاع نقاط با استفاده از روش ارتفاع دستگاه :

$$H. I_1 = 23.400 + 1.420 = 24.820$$

$$H_1 = 24.820 - 1.232 = 23.588$$

$$H_2 = 24.820 - 2.627 = 22.193$$

$$H_3 = 24.820 - 2.832 = 21.988$$

$$H_4 = 24.820 - 3.243 = 21.577$$

حال $H. I_2$ را از H_4 محاسبه می کنیم

$$H. I_2 = 21.577 + 2.760 = 24.337$$

$$H_5 = 24.337 - 1.240 = 23.097$$

$$H_6 = 24.337 - 1.568 = 22.769$$

$$HTP = 24.337 - 2.420 = 21.917$$

حال $H. I_3$ را از HTP محاسبه می کنیم

$$H. I_3 = 21.917 + 3.210 = 25.127$$

$$H_{BM2} = 25.127 - 1.260 = 23.867$$

برای محاسبه خطای تراز یابی داریم (تکراری) :

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست تراز یابی
یعنی $e_L = 23.867 - 23.870 = -0.003 \text{ m} = -3\text{mm}$

و همچنین خطای مجاز تراز یابی درجه ۳ برابر است با :

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

$$e_{\max} = 12\sqrt{0.6} \approx 9\text{mm}$$

پس خطای بست تراز یابی مجاز می باشد و می توان آن را سر شکن کرد.

حال مقدار ثابت تصحیح را به دست می آوریم :

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

$$c = \frac{-(-3)}{3} = +1\text{mm}$$

ارتفاع تصحیح شده نقاط را محاسبه کرده و جدول را کامل می کنیم.

P.N	B.S	I.S	F.S	H.I(m)	H(m)	C(mm)	Hc(m)
شماره نقاط	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دستگاه	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
BM ₁	1420			28.820	23.400	0	23.400
1		1232		28.820	23.588	+1	23.589
2		2627		28.820	22.193	+1	22.194
3		2832		28.820	21.988	+1	21.989
4	2760		3243	24.337	21.577	+1	21.578
5		1240		24.337	23.097	+2	23.099
6		1568		24.337	22.769	+2	22.771
TP	3210		2420	25.127	21.917	+2	21.919
BM ₂			1260	25.127	23.867	+3	23.870

بحث و بررسی: همان طور که در جدول ترازایی بالا مشاهده می کنید نقاطی که در هر دهنه دارای قرائت میانی (I.S) می باشند، ارتفاع دستگاه برای آنها تغییری نمی کند چرا که همه آنها از یک دوربین با یک ارتفاع قرائت شده اند. همچنین مقدار تصحیح برای این نقاط نیز یکسان می باشد.

● قابل توجه است که در روش ترازایی شعاعی برای سرشکنی (تعدیل) خطای ترازایی بهتر است که خطای موجود را (در صورت مجاز بودن) بر روی قرائت های عقب توزیع نمود. یعنی می توان از همان ابتدا قبل از محاسبه ارتفاع نقاط، ابتدا خطای ترازایی را محاسبه کرده، سپس مقدار ثابت تصحیح را به دست آورد و این مقدار ثابت را به قرائت های عقب اعمال کرد. در این صورت ارتفاع محاسبه شده برای نقاط تصحیح شده می باشد و نیازی به تشکیل ستون تصحیح و ارتفاع تصحیح شده نیست.

۵- ترسیم پروفیل طولی: معمولاً پروفیل را بر روی کاغذ میلی متری رسم می کنند. برای رسم پروفیل طولی بر روی کاغذ میلی متری دو محور عمود بر هم ترسیم کرده و محور افقی را به عنوان محور فاصله نقاط و محور عمودی را به عنوان محور ارتفاع نقاط در نظر می گیریم. به دلیل اینکه تغییرات ارتفاع نقاط بسیار کمتر از تغییرات طولی (فاصله بین دو نقطه) می باشد، معمولاً مقیاس محور ارتفاع را ده برابر مقیاس محور طولی در نظر می گیرند تا اختلاف ارتفاع نقاط به نحو اغراق آمیزی نمایش داده شود. این امر موجب افزایش دقت طراحی خط پروژه در مرحله بعد و نمایش بهتر جزئیات ارتفاعی مسیر می شود.

پس از انتخاب مقیاس طولی و ارتفاعی، به جدول ارتفاعات مراجعه و کمترین عدد ارتفاعی را از داخل جدول استخراج می کنیم. سپس عدد گرد شده ای کمتر از این عدد مشخص کرده و به عنوان ارتفاع مبنا برای محور افقی (محور X) در نظر می گیریم. بنابراین با این کار تمام پروفیل طولی در بالای محور طول ها قرار گرفته و در هیچ نقطه ای این محور را قطع نمی کند. سپس نسبت به سیستم مختصات اختیار شده موقعیت هر نقطه را با داشتن فاصله افقی و ارتفاع آن نقطه از مبدا، روی صفحه مشخص و در پایان کلیه نقاط را به وسیله خط های مستقیم به هم وصل می کنیم. نمودار حاصل، پروفیل طولی است.

مثال ۱-۳: ترسیم پروفیل طولی

جدول زیر حاصل عملیات پروفیل برداری قسمتی از یک جاده می باشد. پروفیل طولی آن را در مقیاس طولی $1:1500$ ترسیم نمایید.

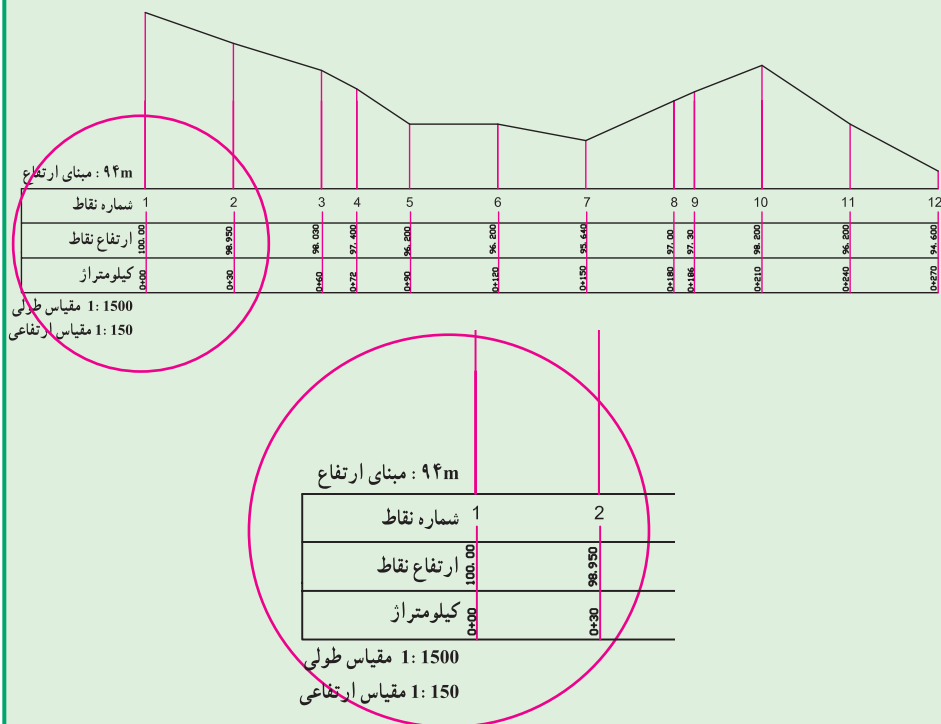
ارتفاع نقاط H	فاصله از مبدأ km	فاصله بین دو میخ Di	شماره میخ NO.P
100.000	00 + 000	30	1
98.950	+030	30	2
98.030	+060	12	3
97.400	+072	18	4
96.200	+090	30	5
96.200	+120	30	6
95.640	+150	30	7
97.000	+180	7	8
97.300	+187	23	9
98.200	+210	30	10
96.200	+240	30	11
94.600	00 + 270		12

راهکار کلی: با توجه به این که مقیاس طولی $1:1500$ است پس باید مقیاس ارتفاعی را $1:150$ در نظر بگیریم. همچنین با توجه به اینکه کمترین ارتفاع در جدول $94/600$ متر می باشد باید مبدأ ارتفاع را عدد گرد شده ای (رُندی) کمتر از آن در نظر گرفت مثلاً ارتفاع ۹۴ متر را می توان به عنوان مبدأ ارتفاعی در نظر گرفت.

با توجه به جدول، محور ارتفاعی را باید برای حداقل اختلاف ارتفاع ۵ متر در مقیاس $1:150$ در نظر بگیرد. و همچنین محور طولی را برای حداقل فاصله 270 متر از مبدأ در مقیاس $1:1500$ ترسیم کنید. سپس فاصله ها را در مقیاس $1:1500$ و ارتفاع نقاط را با توجه به مبدأ ارتفاعی که ۹۴ متر است و در مقیاس $1:150$ روی محورها جدا کنید. برای این کار می توانید از اِشِل (خط کش مقیاس) استفاده کنید. اکنون محل هر نقطه را روی صفحه کاغذ مشخص کرده و آنها را با خطوط مستقیم به هم وصل کنید.

برای استفاده بهتر و بیشتر از نیمرخ‌های طولی اولاً مسیر را در گوشه‌ای از کاغذ ترسیم کرده و ثانیاً در زیر نمودار، جدولی ترسیم می‌کنند که خصوصیات نقاط برداشتی شامل شماره نقطه، کیلومتر، ارتفاع نقاط، شیب زمین و ... را مقابل هر نقطه می‌نویسند.

روش حل و ترسیم :



۶- طراحی خط پروژه : پس از تهیه و ترسیم پروفیل طولی، با توجه به مشخصات فنی و نوع مسیر، خطی روی پروفیل طولی طراحی می‌گردد که اصطلاحاً به آن خط پروژه می‌گویند.

شیب سطح تمام شده راه و به عبارتی نیمرخ طولی مسیر پس از پایان ساخت پروژه را خط پروژه گویند.

با توجه به محدودیت‌ها و رعایت اصول مهندسی باید شیب خط پروژه متناسب با ارتفاع نقطه

شروع طوری طراحی شود که از حد مجاز بیشتر نشده و همچنین حجم خاکبرداری و یا خاکریزی به کمترین مقدار برسد و یا اینکه سعی شود که حجم خاکبرداری و خاکریزی تا اندازه‌ای با هم برابر شود.

می‌دانید چرا؟

معمولاً پروفیل را با رنگ مشکی و خط پروژه را با رنگ قرمز ترسیم می‌کنند. و به آن خط قرمز نیز گفته می‌شود. 

بیشتر بدانیم

۷- پیاده‌سازی و کنترل : پس از طراحی خط پروژه با معلوم بودن شیب درصد خط پروژه و ارتفاع پروژه در نقطه اول می‌توان ارتفاع هر نقطه را روی خط پروژه محاسبه کرده، میزان عمق خاکبرداری و یا خاکریزی را در نقاط امتداد مسیر به دست آورد و در نهایت خط پروژه را روی زمین پیاده نمود.

مثال ۱-۴: ترسیم خط پروژه و محاسبه عمق خاک در نقاط

با توجه به پروفیل ترسیم شده در مثال قبل، در صورتی که شیب خط پروژه ۲ درصد در نظر گرفته شود و ارتفاع پروژه در نقطه اول برابر ارتفاع زمین همان نقطه باشد، پس از ترسیم خط پروژه روی این پروفیل، عمق خاک را در هر یک از میخ‌ها محاسبه کنید. **راهکار کلی:** منظور از شیب بین دو نقطه نسبت اختلاف ارتفاع به فاصله افقی دو نقطه می‌باشد. که آن را با P نمایش می‌دهند و معمولاً آن را برحسب درصد بیان می‌کنند.

$$P = (\Delta H / D_h) \Rightarrow P\% = (\Delta H / D_h) \times 100$$

همان‌طور که در صورت مثال بیان شده شیب خط پروژه ۲ درصد می‌باشد. و همچنین ارتفاع پروژه در نقطه اول معلوم است. پس می‌توان ارتفاع پروژه را در هر نقطه به دست آورد زیرا فاصله بین نقاط نیز معلوم است. به عبارتی داریم :

$$P\% = (\Delta H / D_h) \times 100 \Rightarrow \Delta H = (D_h \times P\%) / 100$$

$$H_{pi} = H_{p1} + \Delta H$$

در این رابطه H_{pi} همان ارتفاع پروژه در نقطه i ام می باشد که برای هر نقطه با توجه به شیب خط پروژه و فاصله اش از مبدأ قابل محاسبه می باشد. حال با استفاده از این رابطه ارتفاع پروژه در میخ آخر را به دست می آوریم و سپس این عدد را در پروفیل برای نقطه آخر روی صفحه پیدا کرده و در نهایت محل نقطه اول خط پروژه را مطابق شکل به این نقطه وصل می کنیم. حال که خط پروژه ترسیم شد، با معلوم بودن فاصله نقاط از نقطه اول و استفاده از رابطه بالا ارتفاع پروژه را برای همه میخ ها به دست می آوریم. ارتفاع زمین نیز برای همه میخ ها از قبل معلوم است پس اختلاف این دو مقدار همان عمق خاک را در محل میخ نشان می دهد.

روش حل :

$$\left. \begin{array}{l} \text{ارتفاع پروژه در نقطه اول } (H_{p1}) = 100.000 \text{ m} \\ \text{شیب درصد خط پروژه } (p\%) = -2\% \\ \text{فاصله میخ اول و آخر } (D_0) = 270 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} (\text{اختلاف ارتفاع اول و آخر پروژه}) &= (270 \times -2) \div 100 = -5.400 \text{ m} \\ H_{p2} &= 100.000 + (-5.400) \Delta H = 94.600 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{1-2} = (30 \times -2) / 100 = -0.6 \text{ m}$$

$$H_{p2} = 100 + (-0.6) = 99.400 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-3} = (60 \times -2) / 100 = -1.2 \text{ m}$$

$$H_{p3} = 100 + (-1.2) = 98.800 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-4} = (72 \times -2) / 100 = -1.44 \text{ m}$$

$$H_{p4} = 100 + (-1.44) = 98.560 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-5} = (90 \times -2) / 100 = -1.80 \text{ m}$$

$$H_{p5} = 100 + (-1.80) = 98.200 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-6} = (120 \times -2) / 100 = -2.40 \text{ m}$$

$$H_{p6} = 100 + (-2.40) = 97.600 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-7} = (150 \times -2) / 100 = -3.00 \text{ m}$$

$$H_{p7} = 100 + (-3.00) = 97.000 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-8} = (180 \times -2) / 100 = -3.60 \text{ m}$$

$$H_{p8} = 100 + (-3.60) = 96.400 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-9} = (187 \times -2) / 100 = -3.74 \text{ m}$$

$$H_{p9} = 100 + (-3.74) = 96.260 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-10} = (210 \times -2) / 100 = -4.20 \text{ m}$$

$$H_{p10} = 100 + (-4.20) = 95.800 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-11} = (240 \times -2) / 100 = -4.80 \text{ m}$$

$$H_{p11} = 100 + (-4.80) = 95.00 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-12} = (270 \times -2) / 100 = -5.40 \text{ m}$$

$$H_{p12} = 100 + (-5.40) = 94.600 \text{ m}$$

ارتفاع پروژه - ارتفاع زمین = عمق خاک در هر میخ

$$\text{عمق 1} = 100 - 100 = 0 \text{ m}$$

$$\text{عمق 2} = 98.950 - 99.400 = -0.450 \text{ m}$$

$$\text{عمق 3} = 98.030 - 98.800 = -0.770 \text{ m}$$

$$\text{عمق 4} = 97.400 - 98.560 = -1.160 \text{ m}$$

$$\text{عمق 5} = 96.200 - 98.200 = -2.000 \text{ m}$$

$$\text{عمق 6} = 96.200 - 97.600 = -1.400 \text{ m}$$

$$\text{عمق 7} = 95.640 - 97.000 = -1.360 \text{ m}$$

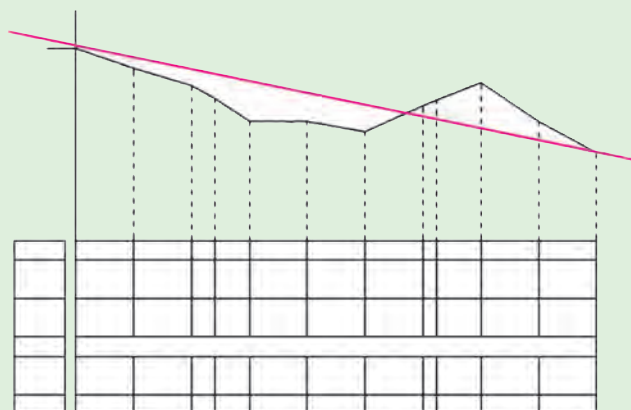
$$\text{عمق 8} = 97.000 - 96.400 = +0.600 \text{ m}$$

$$\text{عمق 9} = 97.300 - 96.260 = +1.040 \text{ m}$$

$$\text{عمق 10} = 98.200 - 95.800 = +2.400 \text{ m}$$

$$\text{عمق 11} = 96.200 - 95.200 = +1 \text{ m}$$

$$\text{عمق 12} = 94.600 - 94.600 = 0 \text{ m}$$



بحث و بررسی: همان طوری که در صفحه قبل مشاهده می کنید عددی که برای عمق خاک به دست آمده در بعضی از نقاط مثبت و در بعضی منفی می باشد، می توان چنین گفت که در نقاطی که ارتفاع خط پروژه بالاتر از زمین قرار دارد این عدد منفی است یا به عبارتی در این نقاط باید خاکریزی کنیم و در نقاطی که عمق خاک مثبت می باشد نشان دهنده این است که باید در آن نقاط خاکبرداری کنیم تا به ارتفاع پروژه برسیم. طبیعتاً عدد صفر برای عمق خاک بدین معنی است که خط پروژه در این نقاط بر خط زمین منطبق می باشد و در این نقاط عملیات خاکی نداریم.

 به نظر شما در میخ شماره ۵ خاکبرداری داریم یا خاکریزی، چند متر و چرا؟

۳-۱- تسطیح اراضی (Land leveling & grading)

تغییر در وضعیت پستی و بلندی های زمین (توپوگرافی) و مناسب نمودن آن برای اجرای پروژه های مختلف عمرانی در اغلب موارد امری الزامی است. در کشاورزی - به خصوص در مواردی که آبیاری به روش سطحی انجام می شود - این تغییر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یک زمین با شکل مناسب نه تنها موجب گسترش یکنواخت آب و در نتیجه بالا بردن راندمان آبیاری می گردد، بلکه دیگر فعالیت های زراعی (کاشت، داشت و برداشت) را آسان می سازد.

تسطیح یک اصطلاح کلی است و به تمام عملیات هموار نمودن و شیب دادن زمین اطلاق می شود. به عبارت دیگر تسطیح کردن به عملیاتی گفته می شود که طی آن سطح طبیعی زمین به یک سطح صاف بدون شیب و یا با شیب ثابت تغییر می یابد. اما اغلب تسطیح زمین در کشاورزی به منظور ایجاد سطحی صاف با شیبی متناسب با روش آبیاری انجام می شود.

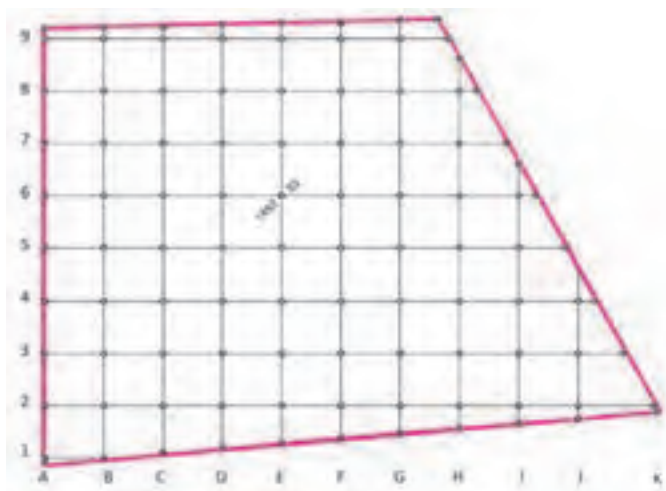
برای تسطیح ابتدا زمین مورد نظر شبکه بندی شده و ارتفاع نقاط شبکه به روش ترازبایی مستقیم و یا روش های دیگر به دست آورده می شود. پس از آن، طرح تسطیح توسط مهندسان مشاور طراحی می شود و سپس ارتفاع تک تک نقاط شبکه روی طرح محاسبه شده و با ارتفاع زمین موجود مقایسه می شود. به عبارتی عمق خاک در نقاط شبکه مشخص می شود و حجم عملیات خاکی (خاکبرداری و خاکریزی) محاسبه و هزینه آن برآورد شده و در پایان، طرح به اجرا در می آید. پس به طور کلی تسطیح را می توان 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. در ادامه به تشریح هر مرحله می پردازیم.

۱- شبکه بندی : در این مرحله ابتدا سطح زمین به صورت اشکال هندسی قابل حل مانند مربع، مستطیل، مثلث و دوزنقه تقسیم بندی شده و محل تقاطع اضلاع شبکه (نقاط گِرهی) روی زمین علامت گذاری (میخکوبی) می شود. معمولاً اندازه اضلاع شبکه تا حد ممکن نزدیک به هم انتخاب می شود. به طوری که بتوان سطح زمین بین دو خط مجاور در شبکه را به عنوان یک سطح مسطح در نظر گرفت. در عمل اضلاع شبکه را دو سانتی متر در مقیاس نقشه در نظر می گیرند مثلاً اگر مقیاس نقشه شبکه بندی مورد نظر ۱:۵۰۰ باشد باید اضلاع شبکه را ۱۰ متری در نظر گرفت.

۲- تراز یابی و محاسبات : پس از مرحله شبکه بندی انجام تراز یابی مستقیم و به شیوه شعاعی ارتفاع نقاط شبکه محاسبه می شود.

۳- ترسیم شبکه : در ادامه مطابق شکل (۱-۷) شبکه مورد نظر را با توجه به مقیاس مورد نظر روی کاغذ ترسیم کرده و ارتفاع نقاط روی آن نوشته می شود.



شکل ۱- ۷- شبکه ارتفاعی نقاط

تسطیح کردن در لغت نامه دهخدا :

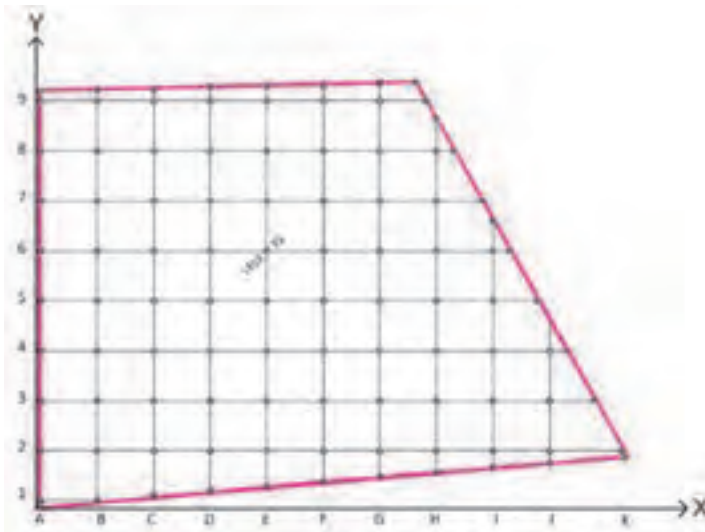
هموار کردن. یکسان کردن. صاف و مسطح کردن زمین و جز آن.
علم تسطیح کره ، دانستن چگونگی نقل کره است به سطح با حفظ خطها و دایره ها که بر آن رسم شده است و چگونگی نقل این دایره ها از دایره به خط.

می توان با اختیار کردن یک سیستم مختصات سه بعدی برای قطعه زمین شبکه بندی شده، مختصات سه بعدی هر نقطه از رئوس این شبکه را در این سیستم مختصات به دست آورد. به این صورت که محور X سیستم را در طول زمین و محور Y آن را در عرض زمین و همچنین محور Z را محور ارتفاعات - که عمود بر سطح زمین است - در نظر می گیرند.

به طور مثال در شکل صفحه بعد اگر ابعاد شبکه ۱۰ متری باشد، مختصات نقطه E برابر است

با :

(۴۰ و ۵۰ و ۱۴۵۲/۲۳)



شکل ۱-۸ - شبکه ارتفاعی نقاط با مختصات

۴- طراحی و محاسبات تسطیح: این مرحله از تسطیح باید توسط مهندسین مجرب که در این زمینه دارای تخصص و تجربه کافی باشند انجام شود. چرا که بر اثر طراحی نامناسب، نه تنها کارایی تسطیح کاهش می‌یابد بلکه مخارج تسطیح - که حتی در شرایط انجام صحیح کار هم بسیار بالاست - به میزان زیادی افزایش پیدا می‌کند.

مهندسان در طراحی تسطیح از نظر کاهش هزینه‌ها دو هدف عمده را دنبال می‌کنند:

۱- تسطیح با حداقل حجم خاکبرداری و خاکریزی انجام شود.

۲- بین حجم‌های خاکبرداری و خاکریزی تعادل وجود داشته باشد.

برای دستیابی به این اهداف و انجام یک طراحی مناسب برای تسطیح زمین روش‌های مختلفی وجود دارد که در دوره‌های بالاتر با آنها آشنا خواهید شد. 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 ماشین آلات مناسب.

۴- تهیه نقشه اجرایی تسطیح.

در مرحله طراحی تسطیح بعد از آنکه سطح پروژه طراحی شد و به عبارتی ارتفاع و شیب آن مشخص شد با توجه به این طرح و همچنین شبکه ارتفاعی که از زمین موجود است می‌توان حجم عملیات خاکی را برای سطح پروژه مورد نظر محاسبه کرد.

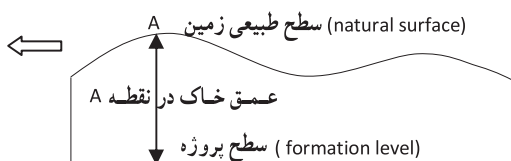
در اینجا حالت ساده‌ای را در نظر می‌گیریم که در آن سطح پروژه طوری طراحی شده که کاملاً افقی (بدون شیب) بوده و فقط خاکبرداری و یا خاکریزی کامل داریم:

بیشتر بدانیم

تسطیح با GPS: راننده در هر لحظه ارتفاع موجود سطح زمین که توسط GPS اندازه‌گیری می‌شود را در کنار ارتفاع طراحی شده مشاهده نموده و در هر نقطه با انجام خاکبرداری و یا خاکریزی این دو را به هم می‌رساند.



ارتفاع پروژه - ارتفاع زمین = عمق خاک یا $h_i = H_i - H_p$



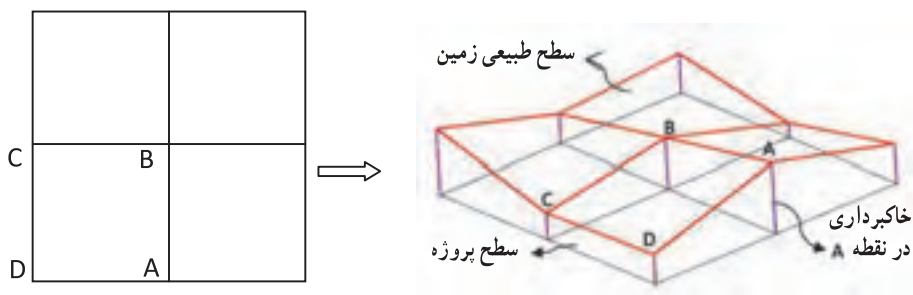
شکل ۱ - ۹

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. بدیهی است، در صورتی که عمق خاک (h_i) مثبت باشد نشانه خاکبرداری و اگر h_i منفی باشد نشانه خاکریزی در آن نقطه است. پس از تعیین عمق خاک در گوشه‌های شبکه، حجم عملیات خاکی برای هر مربع با محاسبه مساحت آن مربع ضربدر میانگین عمق خاک در چهار گوشه مربع به دست می‌آید:

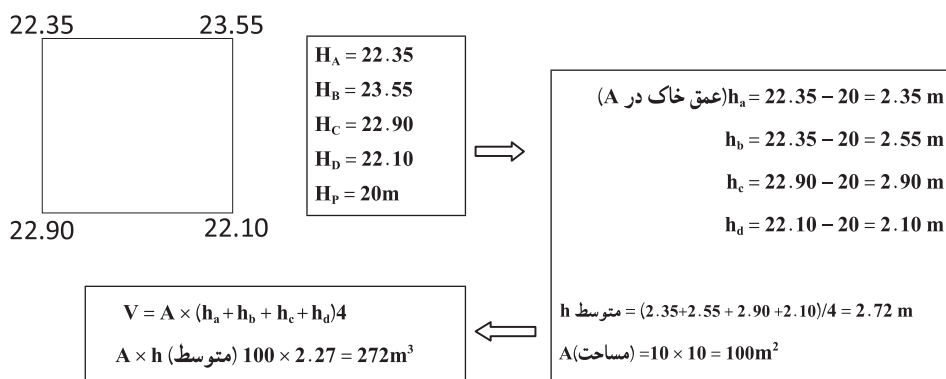
$$V_{abcd} = \frac{A \times (h_a + h_b + h_c + h_d)}{4}$$

(منظور از V همان حجم است)

به طور مثال چنانچه ارتفاع گوشه‌های مربع ABCD به اضلاع 10 متری مطابق شکل صفحه بعد بوده و ارتفاع سطح پروژه از قرار 20 متر باشد، می‌توان حجم عملیات خاکی را محاسبه نمود.



شکل ۱-۱ - نمای سه بعدی از شبکه ارتفاعی نقاط



شکل ۱-۱۱

با کمی دقت در شکل بالا ملاحظه می‌شود که هر یک از مربع‌های شبکه یک منشور است که قاعده بالایی آن سطح طبیعی زمین و قاعده پایینی آن سطح پروژه می‌باشد که این دو سطح با هم موازی نبوده و اختلاف ارتفاع رئوس آن نسبت به سطح پروژه، ارتفاع‌های چهارگانه منشور را تشکیل می‌دهد که همان عمق خاک در این نقاط می‌باشد. بنابراین برای محاسبه حجم کل می‌توان حجم هر یک از مربع‌های شبکه را جداگانه محاسبه کرده و آنها را با هم جمع کرد. و چنانچه شکل زمین به صورتی باشد که در مرزها قطعات مثلثی و دوزنقه‌ای شکل باقی بماند باید حجم آنها را جداگانه محاسبه کرده و با حجم مربع‌ها جمع نمود.

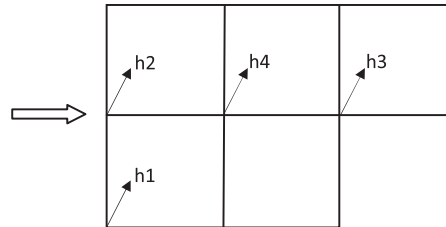
برای ساده کردن محاسبه و جلوگیری از تکرار محاسبات می‌توان حجم قسمت‌های مربع شکل را از رابطه صفحه بعد به دست آورد:

Surfer نرم افزاری است که برای ترسیم سطوح و نقشه های سه بعدی به کار می رود. این نرم افزار بسیار سریع داده های جغرافیایی را تبدیل به نقشه های توپوگرافی و ... می کند.



$$V = A \times 1/4 (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4)$$

Σh_1 = مجموع عمق خاک گوشه هایی که در یک مربع مشترک اند.
 Σh_2 = مجموع عمق خاک گوشه هایی که در دو مربع مشترک اند.
 Σh_3 = مجموع عمق خاک گوشه هایی که در سه مربع مشترک اند.
 Σh_4 = مجموع عمق خاک گوشه هایی که در چهار مربع مشترک اند.



شکل ۱- ۱۲

و در صورتی که شکل زمین شبکه بندی شده ، علاوه بر مربع ها دارای اشکال مثلث و دوزنقه ای نیز باشد، باید حجم این قسمت ها را جداگانه محاسبه کرده و با حاصل حجم مربع ها جمع نمود. به عبارتی حجم کل از رابطه تعمیم یافته زیر قابل محاسبه می باشد :

$$V = A \times 1/4 (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4) + \Sigma R$$

Σh_1 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک متر مربع مشترک اند.

Σh_2 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو متر مربع مشترک اند.

Σh_3 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه متر مربع مشترک اند.

Σh_4 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار متر مربع مشترک اند.

ΣR = مجموع حجم‌های اشکال مثلنی و دوزنقه‌ای شکل

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

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

که 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.



شکل ۱- ۱۳



شکل ۱- ۱۴ اجرای تسطیح و کنترل حین اجرا

۵- اجرای طرح و کنترل آن : در این

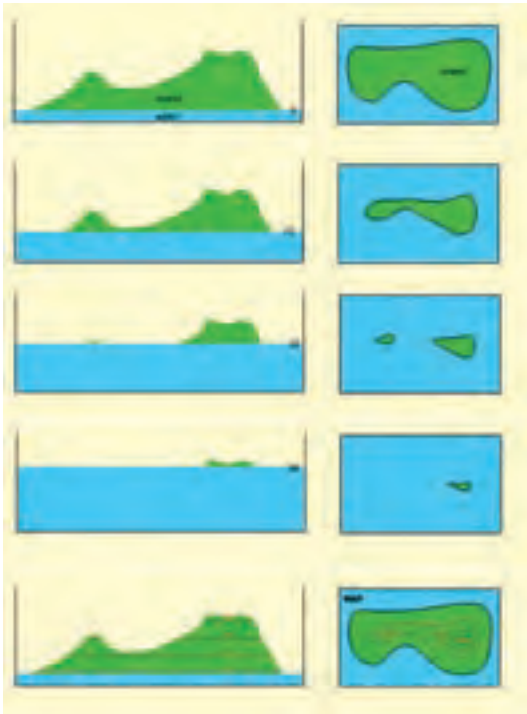
مرحله عمق خاک به دست آمده برای نقاط را تا حد سانتی متر گرد کرده و در کنار هر نقطه در روی نقشه شبکه‌بندی نقاط می‌نویسند. سپس با پیدا کردن نقاطی که نه خاکبرداری می‌شوند و نه خاکریزی، و با وصل کردن آنها به یکدیگر، محدوده خاکبرداری و خاکریزی مشخص می‌شود. در روی زمین نیز با علامت‌گذاری روی میخ‌ها، عمق خاکبرداری و خاکریزی مشخص می‌شود.

در حین اجرای تسطیح و عملیات خاکبرداری و خاکریزی، وظیفه نقشه‌بردار کنترل ارتفاع منطقه با توجه به سطح پروژه و نقشه اجرایی می‌باشد. این کار توسط ترازبایی مداوم از محل نقاط شبکه امکان پذیر است. شکل (۱-۱۴)

۴-۱- منحنی میزان

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. معمولاً این کار برای نقاط دارای ارتفاع عدد صحیح (گرد شده یا رُند) انجام می‌گیرد. به عبارت دیگر مطابق شکل (۱-۱۵)

می‌توان گفت هر منحنی بسته منحنی میزان عبارت‌است از فصل مشترک سطح زمین با یک صفحه افقی دارای ارتفاع مشخص. این منحنی‌ها شکل زمین را از نظر برجستگی و فرو رفتگی مجسم می‌سازند.



شکل ۱- ۱۵- مفهوم منحنی میزان

بیشتر بدانیم

خط داغی آب

به نظر شما این خط نشان‌دهنده چیست؟



خطوط منحنی میزان حاصل برخورد صفحات افقی فرضی با سطح زمین است.
به فاصله صفحات افقی که زمین را قطع می کنند (که همان فاصله منحنی میزان ها نسبت به یکدیگرند) فاصله ارتفاعی می گویند.

هرچه فواصل ارتفاعی این صفحات فرضی کمتر باشد شکل زمین بهتر مجسم می گردد. به همین خاطر هرگاه بخواهند دقت نمایش ناهمواری های زمین را در نقشه ای زیاد کنند فواصل ارتفاعی را تا آنجا که امکان دارد کمتر در نظر می گیرند. تعیین مقدار فواصل ارتفاعی به شکل زمین از لحاظ شدت پستی و بلندی، دقت و روش نقشه برداری ارتفاعی، مقیاس و هدف نقشه مورد درخواست بستگی دارد. هرچه پستی و بلندی یا توپوگرافی زمین شدیدتر باشد به واسطه محدودیت نمایش منحنی میزان ها و تراکم و تداخل آنها، فاصله فواصل ارتفاعی را بیشتر در نظر می گیرند. در مناطق مسطح مانند دشت و نقشه های بزرگ مقیاس معمولاً فاصله فواصل ارتفاعی را کوچک انتخاب می کنند. مثلاً در یک نقشه شهری بزرگ مقیاس (مقیاس ۱:۵۰۰، ۱:۱۰۰۰ یا ۱:۲۰۰۰) بسته به دقت ارتفاعی مورد نیاز، معمولاً فواصل ارتفاعی را ۲۵ سانتی متر، ۵/۰ متر یا یک متر در نظر می گیرند.

برای سهولت نمایش و قرائت منحنی میزان ها، از هر پنج یا ده منحنی، یکی را ضخیم تر ترسیم کرده و عدد ارتفاعی منحنی را در فواصل مشخص (معمولاً ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر روی نقشه) روی آن می نویسند. به این منحنی میزان ها، منحنی میزان های اصلی می گویند. در مناطق مسطح که فاصله افقی منحنی میزان ها از هم به شدت افزایش می یابد، برای نمایش دقیق تر توپوگرافی زمین، از منحنی میزان های کمکی استفاده می کنند که فواصل ارتفاعی آنها نصف فواصل ارتفاعی منحنی میزان های فرعی است.

توجه شود که فاصله افقی دو منحنی میزان متوالی ربطی به فواصل ارتفاعی ندارد اما این فواصل افقی متغیر نشان دهنده شیب زمین (از هر نقطه و در هر امتداد) می باشد. با نگاه به شکل منحنی میزان ها می توان شکل توپوگرافی زمین را تجسم نمود. این امر مهارتی است که به تجربه فرد بستگی دارد و بر مبنای قواعدی مانند زیر صورت می گیرد:

- هرچه منحنی میزان ها به هم نزدیک تر باشند، شیب منطقه در آن محل بیشتر است و بالعکس.
- در حد فاصل هر دو خط متوالی شیب زمین ثابت در نظر گرفته می شود.
- اگر خطوط تراز منحنی های تو در تو بسته بوده و رقم آنها از خارج به داخل افزایش پیدا نماید نشان دهنده یک برآمدگی تپه ای شکل است و برعکس اگر کاهش پیدا نماید نشان دهنده یک تورفتگی

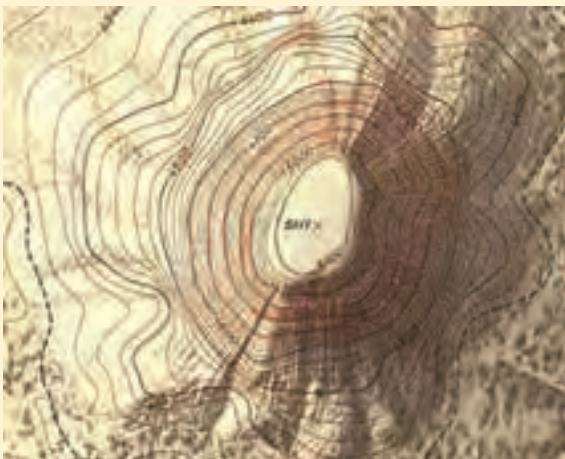
گودالی شکل است.

این قواعد نه تنها ما را برای تعیین شکل توپوگرافی و رفتار شیب زمین یاری می نمایند بلکه در مواردی می توان از آنها برای شناخت ساختار زمین شناسی (ژئومورفولوژی) و در نتیجه جنس زمین بهره جست.



شکل ۱- ۱۶- مفهوم منحنی میزان

بیشتر بدانیم



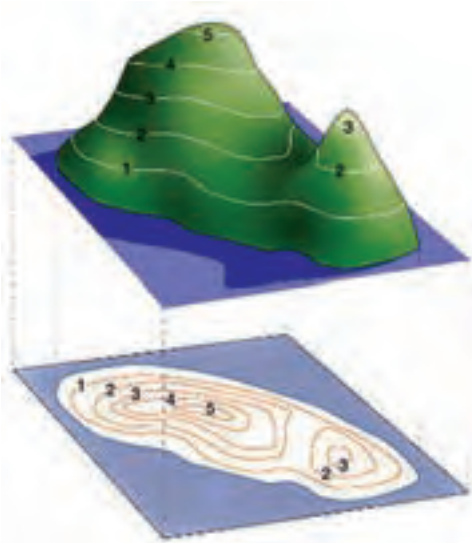
موارد استفاده از نقشه های دارای منحنی میزان :

۱- محاسبه شیب خطوط؛

۲- پیاده کردن یک امتداد با شیب معین؛

۳- رسم پروفیل (نیم رخ) یک امتداد؛

۱-۵- نقشه توپوگرافی



شکل ۱-۱۷- نقشه توپوگرافی

فرض کنید از یک منطقه نقشه مسطحاتی تهیه شده و عوارض روی آن نمایش داده شده‌اند. اگر بخواهیم روی این نقشه توپوگرافی زمین (برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های سطح زمین) را نشان دهیم، به دلیل دو بعدی بودن صفحه نقشه، این کار به صورت سه بعدی امکان‌پذیر نمی‌باشد! به نظر شما چه باید کرد؟

پاسخ: ترسیم منحنی‌های میزان در صفحه دو بعدی نقشه و تفسیر این خطوط هم‌ارتفاع و تجسم سطح زمین به جای نمایش سه بعدی آن است (شکل ۱-۱۷).

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

در اکثر پروژه‌های عمرانی، نقشه‌های مسطحاتی به تنهایی پاسخگوی نیاز آنها نمی‌باشند و به نقشه‌های توپوگرافی نیاز است. مطالعات منابع طبیعی، جغرافیایی، مطالعات اولیه طرح‌های عمرانی، برنامه ریزی‌ها و آمایش منطقه‌ای و ملی و غیره همه نیاز به نقشه‌های توپوگرافی دارند.

دقت ارتفاعی نقشه‌های توپوگرافی بستگی به محل، تراکم و دقت ارتفاعی نقاط در عملیات برداشت دارد. از سوی دیگر هر چه مقیاس نقشه بزرگتر باشد نیاز به منحنی میزان‌های با ارتفاع دقیق‌تر و با فواصل ارتفاعی کمتر است. از این رو در برداشت نقاط برای تهیه نقشه توپوگرافی قواعد زیر را رعایت می‌نمایند:

- برداشت نقاط در محل شکستگی‌های ارتفاعی مانند نوک قله و کف دره
- برداشت نقاط در بالا، میانه و پایین شیب‌ها
- برداشت نقاط و تعیین مسیر شکستگی‌ها (مانند ترانشه)، خط القعرها (مانند محور آبریز) و خط الرأس‌ها (تیغه رشته کوه)

- تراکم نقاط برداشتی حداقل دو سانتی متر در مقیاس نقشه
- 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 نقشه توپوگرافی

تهیه و ترسیم منحنی میزان در نقشه های توپوگرافی به سه روش قابل انجام است :

- ۱- روش مستقیم : در این روش خطوط منحنی میزان مستقیماً روی زمین تعیین شده و بعد روی نقشه منتقل می شود که این روش معمول نبوده و خارج از بحث این کتاب است.
- ۲- روش شبکه بندی : در این روش زمین را بر حسب شیب آن به سلول های مربع یا مستطیل شکل تقسیم نموده و ارتفاع رؤس آنها را برداشت می نماییم. پس از انتقال نقاط روی کاغذ، منحنی میزان ها را از طریق درونیایی تعیین و ترسیم می کنیم. جزئیات این روش در ادامه این فصل تشریح خواهد شد.
- ۳- روش برداشت نقاط نامنظم : در این روش همزمان با عملیات برداشت سه بعدی عوارض مسطحاتی، نقاطی اضافه برای نمایش توپوگرافی زمین برداشت می شود. سپس از طریق کلیه نقاط سه بعدی که برخلاف روش دوم دارای موقعیت نامنظمی هستند منحنی میزان ها محاسبه و ترسیم می شوند. جزئیات این روش را در فصل ۶ خواهید آموخت.

تهیه و ترسیم منحنی میزان به روش شبکه بندی دارای مراحل زیر می باشد :

۱- برداشت ارتفاعات

۲- درونیایی

۳- ترسیم منحنی میزان ها

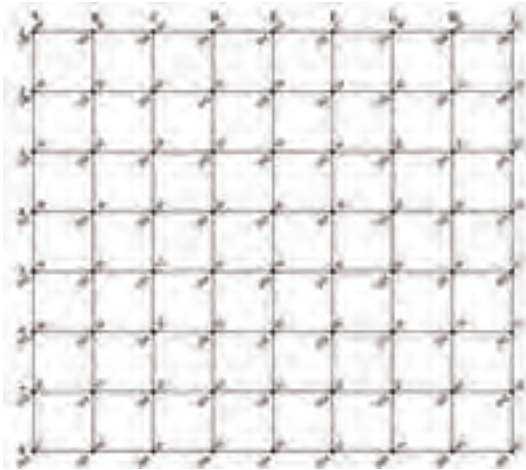
بیشتر بدانیم



آیامی دانستید که یکی از نوآوری های ابوریحان بیرونی دانشمند نامدار ایرانی این بود که برای نشان دادن ناهمواری ها و موقعیت های جغرافیائی زمین، جامع تر از پیشینیان خود به استفاده از رنگ های گوناگون اشاره کرده است.

۱- برداشت ارتفاعات

برای برداشت ارتفاعات ابتدا باید محدوده مورد نظر در روی زمین را شبکه بندی نمود. روش



انجام شبکه بندی را در قسمت تسطیح اراضی فرا گرفتیم. در مرحله بعد مطابق با آنچه در این قسمت ذکر شد روی رئوس شبکه، عملیات تراز یابی را انجام داده و ارتفاع رئوس شبکه را با محاسبات جداول تراز یابی به دست می آوریم. در انتها نقشه ای از شبکه را در مقیاس مناسب ترسیم نموده و ارتفاع نقاط را مطابق شکل (۱-۱۸) در کنار رئوس شبکه ثبت می نماییم.

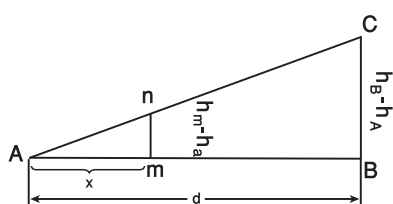
شکل ۱-۱۸ - برداشت شبکه ارتفاعات

۲- درون یابی (واسطه یابی یا انتریولاسیون)

درون یابی یا انتریولاسیون عبارت است از محاسبه ارتفاع مجهول نقاط مورد نظر از روی ارتفاع معلوم نقاط همسایه آنها. روش های گرافیکی و محاسباتی دو روش از روش های درون یابی می باشند که در این قسمت به شرح آنها می پردازیم:

درون یابی گرافیکی (تقریبی): پس از ترسیم شبکه با مقیاس مورد نظر بر روی کاغذ و نوشتن ارتفاع رئوس شبکه می توانیم روی هر ضلع به صورت تقریبی محل ارتفاعات گرد شده را ما بین دو ارتفاع رئوس شبکه حدس بزنیم. به این صورت که دو عدد ارتفاع روی دو رأس هر ضلع را در نظر گرفته و اعداد گرد شده یا مضربی از متر را روی این ضلع جدا می کنیم. سپس عددهای هم ارتفاع را روی اضلاع هر سلول مربع شکل به هم وصل کرده تا خطوط منحنی میزان به دست آید.

در هنگام ترسیم باید دقت شود که هیچ منحنی میزانی در متن نقشه بلا تکلیف ننماید. به عبارتی دیگر راه عبور منحنی میزان بسته نباشد و حتماً اگر از نقطه ای در متن نقشه شروع شود، یا به همان نقطه برگردد و یا به مسیر خود ادامه داده تا از متن نقشه خارج شده و به نقشه کناری برود. هیچ منحنی میزانی منحنی میزان دیگر را قطع نمی کند. اگر یکی از این موارد رخ داد معلوم می شود عدد ارتفاعی روی رأس آن ضلع یا اشتباه وارد محاسبات شده و یا ارتفاع درون یابی به صورت نادرست محاسبه گردیده است.



شکل ۱-۱۹ - درون یابی محاسباتی

درون یابی محاسباتی : فرض می کنیم روی امتداد AB و بین این دو نقطه شیب زمین یکنواخت باشد :

ارتفاع نقاط A و B را به ترتیب h_A و h_B و فاصله بین این دو نقطه را بر روی نقشه d فرض می کنیم. (این مقدار همان طول ضلع شبکه موجود روی زمین است.) اگر نقطه ای روی خط AB و واقع بین A و B بوده و ارتفاعش عدد صحیحی باشد مطابق شکل بالا با توجه به تشابه دو مثلث ABC و Amn می توانیم بنویسیم :

بیشتر بدانیم



تصویری ماهواره ای از پستی و بلندی های زمین (رشته کوه البرز)

$$\frac{mn}{BC} = \frac{m_A}{AB}$$

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

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

در این رابطه m_A فاصله m از A (نقطه ای که ارتفاع کمتر دارد) است و می توان آن را به کمک

یک اِشِل یا خط کش با توجه به مقیاس بر روی نقشه اندازه گرفت و همچنین ارتفاعات را نیز می توان از روی نقشه استخراج کرد. این کار را می توان برای تمام نقاط مجاور تکرار نمود. و نقاطی را که ارتفاعشان مضرب صحیح از فاصله ارتفاعی است به دست آورد.

به طور کلی می توان نوشت :

$$(\text{اختلاف ارتفاع دو نقطه}) / (\text{اختلاف ارتفاع نقطه پایین تر با ارتفاع منحنی}) \times \text{فاصله دو نقطه} = \text{فاصله منحنی از نقطه ارتفاع پایین تر}$$

به عنوان مثال فرض می کنیم ارتفاع نقاط B و A (در شکل ۱-۱۶) به ترتیب ۹۰/۴۸ و ۸۸/۲۰ متر و فاصله بین این دو نقطه در روی زمین ۲۰ متر است اگر بخواهیم نقطه ای با ارتفاع ۹۰ متر را در این فاصله بیابیم با روش آنتریوله به صورت زیر عمل می کنیم :

$$x = \frac{\Delta h_{Ax} \times d_{AB}}{\Delta h_{AB}}$$

$$\Delta h_{AB} = 90.48 - 88.20 = 2.28$$

$$\Delta h_{AX} = 90 - 88.20 = 1.8$$

$$d_{AB} = 20\text{m}$$

$$x = \frac{1.8 \times 20}{2.28} \rightarrow x = 15.79\text{m}$$

مقدار به دست آمده برای x ، روی زمین است که با توجه به مقیاس نقشه آن طول را تبدیل به مقیاس کرده و بر روی کاغذ بین دو نقطه AB (از نقطه ای که ارتفاع کمتری دارد یعنی نقطه A) جدا می کنیم.

۳- ترسیم و کارتوگرافی

جزئیات روش ترسیم و کارتوگرافی منحنی میزان را در کتاب کارگاه محاسبه و ترسیم (۲) خواهید آموخت.

خلاصه فصل

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

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

● اغلب مواقع به علت شیب زیاد بین نقاط و یا فاصله زیاد و یا وجود موانع دید، باید ترازیابی را در چند دهنه انجام داد که این شیوه را ترازیابی تدریجی می‌نامند.
ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به‌دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست ترازیابی

$$e_L = h' - h$$

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

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

● مقدار تصحیح از رابطه زیر به‌دست 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 بُرشی فرضی به زمین داده شود) از برخورد این صفحه فرضی با سطح طبیعی زمین، خطوط شکسته‌ای حاصل می‌شود. چنانچه این خطوط شکسته را در مقیاس مشخصی ترسیم نماییم، نقشه حاصل را پروفیل (مقطع یا نیم‌رخ) می‌گویند.

● به طور کلی در نقشه‌برداری 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 بدست می‌آید که آن خطوط را منحنی میزان می‌نامند.

● به نقشه‌هایی که علاوه بر شکل و موقعیت عوارض مسطحاتی زمین، وضع ارتفاعی آن‌را نیز معمولاً بصورت 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 ترائشه)، خط القعرها (مانند محور آبریز) و خط الرأس‌ها (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 شبکه‌بندی

۳- روش برداشت نقاط نامنظم

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

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

خودآزمایی

سؤالات تشریحی

- ۱- نحوه محاسبات مربوط به جدول ترازبایی هندسی را توضیح دهید.
- ۲- مقطع یا پروفیل را بیان کنید.
- ۳- انواع مقطع در نقشه برداری را توضیح دهید.
- ۴- مراحل کار تهیه پروفیل، طراحی و پیاده سازی مسیر را بیان کنید.
- ۵- خط پروژه را تعریف کنید.
- ۶- مراحل مختلف تسطیح یک زمین را بیان کنید.
- ۷- نحوه محاسبه حجم عملیات خاکی را توضیح دهید.
- ۸- منحنی میزان را تعریف کنید.
- ۹- فاصله ارتفاعی را تعریف کنید.
- ۱۰- نقشه توپوگرافی را تعریف نمایید.
- ۱۱- روش های مختلف تهیه و ترسیم منحنی میزان در نقشه های توپوگرافی را بیان کنید.
- ۱۲- مراحل تهیه و ترسیم منحنی میزان به روش شبکه بندی را بیان کنید.
- ۱۳- درون یابی یا انترپولاسیون را تعریف کنید.

سؤالات چهارگزینه ای

(الف) با توجه به جدول به سؤالات ۱۴ تا ۱۸ پاسخ دهید.

شماره نقاط	B.S	I.S	F.S	ΔH	H به واحد متر	C	Hc
A	۳۵۲۲				۱۰۰		
B	۳۳۴۸		۲۰۳۸				?
C		۰۰۵۴		?		?	
D			?	۳۱۰۸	?	۲	

۱۴- قرائت جلوی نقطه D کدام گزینه است؟

۲۴۲(۴)

۲۴۱(۳)

۲۴۰(۲)

۲۳۹(۱)

۱۵- اختلاف ارتفاع در نقطه C کدام گزینه است؟

- ۳۲۸۸ (۱) ۳۲۹۰ (۲) ۳۲۹۲ (۳) ۳۲۹۴ (۴)

۱۶- ارتفاع نقطه D کدام گزینه است؟

- ۱۰۴/۵۹۲ (۱) ۱۰۴/۵۹۴ (۲) ۱۰۴/۵۹۶ (۳) ۱۰۴/۵۹۸ (۴)

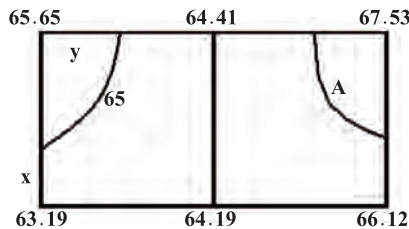
۱۷- میزان تصحیح در نقطه C کدام گزینه است؟ (میلی متر)

- ۰ (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴)

۱۸- ارتفاع تصحیح شده نقطه B کدام گزینه است؟

- ۱۰۱/۴۸۴ (۱) ۱۰۱/۴۸۲ (۲) ۱۰۱/۴۸۵ (۳) ۱۰۱/۴۸۶ (۴)

(ب) باتوجه به شبکه بندی ۵ متری زیر به سؤالات ۱۹ تا ۲۱ پاسخ دهید.



۱۹- مقدار x کدام گزینه است؟

- ۳۶/۷۹ (۱) ۱۳/۲۱ (۲) ۳۸/۹۰ (۳) ۱۱/۱۰ (۴)

۲۰- مقدار y کدام گزینه است؟

- ۲۳/۷۹ (۱) ۲۶/۲۱ (۲) ۲۴/۳۰ (۳) ۲۵/۷۰ (۴)

۲۱- منحنی میزانی که از نقطه A می گذرد کدام گزینه است؟

- ۶۴ (۱) ۶۵ (۲) ۶۶ (۳) ۶۷ (۴)

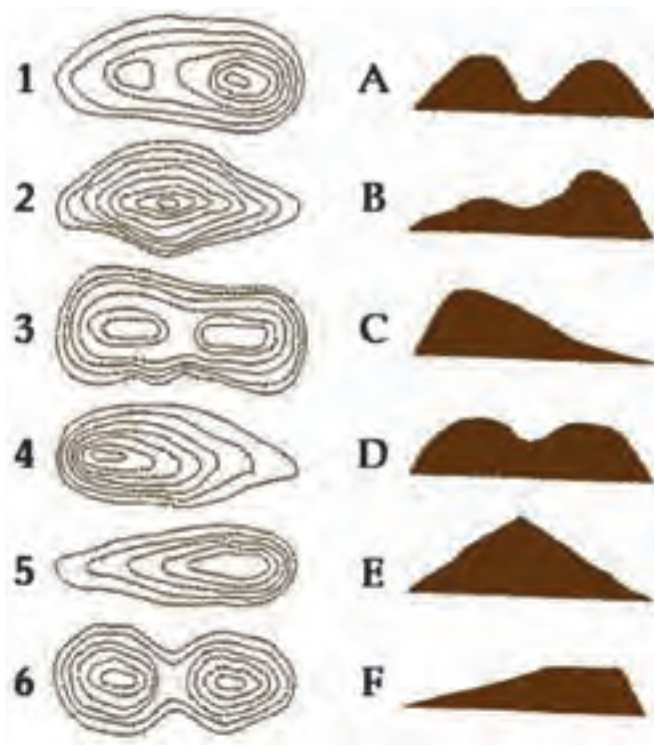
۲۲- اگر درصد شیب بین دو منحنی میزان ۱۰ درصد و فاصله بین آنها ۵ متر باشد، اختلاف

ارتفاع بین دو منحنی چند متر است؟

- ۰/۵ (۱) ۵ (۲) ۲ (۳) ۰/۲ (۴)

سؤال جورکردنی

۲۳- تصاویر سمت راست را با منحنی میزان‌های سمت چپ جور کنید.



فصل

دوم

زاویه یابی



زاویه یابی به روش کوپل

هدف‌های رفتاری

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

- ۱- زاویه افقی را تعریف نماید.
- ۲- زاویه قائم و انواع آن را توضیح دهد.
- ۳- اندازه‌گیری زاویه افقی به روش کوپل را توضیح دهد.
- ۴- اندازه‌گیری زاویه قائم به روش کوپل را توضیح دهد.

مطالب پیش نیاز

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

- ۱- آشنایی با فصل اول کتاب «هندسه (نقشه‌برداری) بخش زاویه
- ۲- آشنایی با فصل ششم کتاب «مساحی»

نکته‌ها :

رسول الله (ص) كُلُّ امْرِئٍ ذِي بَالٍ لَا يُبْدَأُ فِيهِ «بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ»

اطلع

هر کار مهمی که با «بسم الله الرحمن الرحيم» آغاز نشود بی‌فرجام است.

زاویه‌یابی



مفاهیم کلیدی

زاویه
Angle
زاویه افقی
Horizontal Angle
زاویه قائم
Vertical Angle
لمب افقی
Horizontal Limb
لمب قائم
Vertical Limb
قراول روی (شانه روی)
Pointing
دایره به راست
Circle Right
دایره به چپ
Circle Left

مقدمه

زاویه در نقشه برداری زمینی پرسابقه‌ترین مشاهده برای تعیین موقعیت نقاط بوده و تاکنون تلاش‌های گسترده‌ای برای اندازه‌گیری دقیق آن صورت گرفته است. امروزه دوربین زاویه‌یاب (تئودولیت) ابزار متداول و دقیق اندازه‌گیری زاویه است. اندازه‌گیری زاویه با دوربین زاویه‌یاب را در اصطلاح زاویه‌خوانی (زاویه‌یابی) می‌گویند. در نقشه برداری و علوم وابسته به آن، زوایا توسط زاویه‌یاب در دو صفحه افقی و قائم برای تعیین موقعیت نقاط با دقت بالایی اندازه‌گیری می‌شوند. در این فصل ضمن یادآوری مطالبی از کتاب هندسه و مساحی در مورد زاویه و واحدهای آن، با ساختار دوربین زاویه‌یاب آشنا شده و اصول زاویه‌یابی برای زوایای افقی و قائم را فرا می‌گیرید. همچنین پس از آشنایی با کلیاتی از خطاهای زاویه‌یابی، روش قرائت کوپل را برای افزایش دقت زاویه‌یابی یاد می‌گیرید.

بیشتر بدانیم

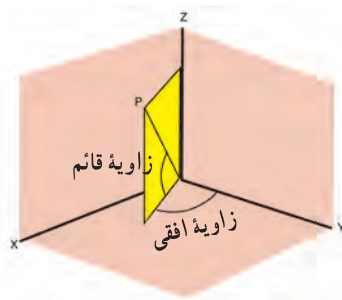


گنجینه نجوم و ساعت: این گنجینه در شهر مقدس مشهد و در موزه آستان قدس رضوی وجود دارد. در این مجموعه تعدادی کره جغرافیایی و سماوی، اسطرلاب، تلسکوپ، دوربین‌های مختلف نقشه برداری، قبله‌نما و ساعت‌های آفتابی از قرن ۱۲ هجری قمری تاکنون به نمایش درآمده است.

۲-۱- یادآوری

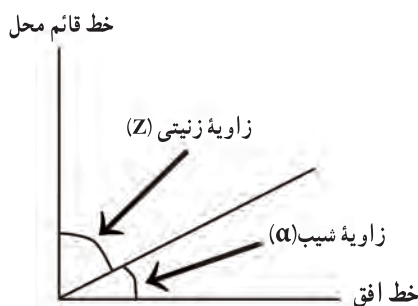
زاویه در نقشه برداری

همانطور که در سال دوم آموختید، زاویه از تقاطع دو خط در یک صفحه ایجاد می‌شود که محل تقاطع را رأس زاویه می‌نامند. در نقشه‌برداری 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 پس از تصویر یک امتداد در صفحه قائم با امتداد قائم محل حاصل می‌شود.



شکل ۲-۱- زاویه افقی و قائم

زاویه قائم به دو صورت شیب و زینتی (سمت الرأس) قابل تعریف می‌باشد. زاویه زینتی زاویه‌ای است که نسبت به امتداد قائم بر محل (سمت الرأس) اندازه‌گیری شده و با Z نمایش داده می‌شود. زاویه شیب، متمم زاویه زینتی بوده و به عبارتی کوچک‌ترین زاویه امتداد مورد نظر با صفحه افقی می‌باشد که با α نمایش می‌دهند.



شکل ۲-۲- زاویه شیب و زینتی

همانطور که قبلاً آموختید بین زاویه شیب و زینتی رابطه زیر برقرار می باشد :

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

به عبارتی با اندازه گیری هر یک از زاویه های شیب و زینتی، می توان زاویه دیگر را محاسبه و یا کنترل کرد.



زاویه یاب آنالوگ



زاویه یاب دیجیتال

شکل ۲-۳- قرائت زاویه با زاویه یاب آنالوگ و دیجیتال

بیشتر بدانیم



کادران : وسیله اندازه گیری زاویه های
قائم در قدیم

مثال ۱-۲: تبدیل زاویه شیب به زینتی

زاویه شیب یک سرازیری در امتداد یک مسیر روی زمین برابر 10° درجه اندازه گیری شده است. زاویه زینتی این سرازیری چقدر است؟

راهکار کلی: از آنجاکه زاویه شیب و زینتی متمم هم هستند، مجموع آنها 90° درجه است. بنابراین $Z = 90^\circ - \alpha$ می باشد. همچنین چون زاویه شیب مربوط به سرازیری است بنابراین یک زاویه منفی است. لذا $\alpha = -10^\circ$.

روش حل:

$$Z = 90^\circ - \alpha = 90 - (-10) = 90 + 10 = 100 \quad \text{درجه}$$

بحث و بررسی: زاویه زینتی نسبت به امتداد قائم سمت الرأسی تعریف شده و مقدار آن بین صفر تا 180° درجه است اما زاویه شیب نسبت به صفحه افق تعریف شده و مقدار آن بین $90^\circ -$ تا $90^\circ +$ درجه است. زاویه شیب را معمولاً بدون علامت ذکر کرده و به جای آن در حالت سرازیری از عبارت «شیب منفی» استفاده می کنند. همچنین باید گفت یک امتداد افقی دارای زاویه شیب صفر و زاویه زینتی 90° درجه می باشد.

کار در کلاس:

جدول زیر را پر کنید:

زاویه شیب	زاویه زینتی
10°	
	120°
-8°	
	8°

کار در کلاس:

با توجه به مقدار یک زاویه یا دو زاویه نسبت به هم می توان تعاریف مختلفی را ارائه نمود. با توجه به آنچه در کتاب سال دوم فرا گرفته اید، برای تعاریف صفحه بعد، زاویه یا زوایای مورد نظر را ترسیم کنید.

زاویه حاده (تند)	زاویه منفرجه (باز)	زاویه قائمه (راست)	زاویه نیم صفحه
زاویه کوژ	زاویه کاو	زاویه متمم	زاویه مکمل

بیشتر بدانیم

در نقشه برداری زاویه را به سه دسته تقسیم بندی می کنند :

۱- زاویه افقی

۲- زاویه قائم

۳- زاویه مایل : زاویه مایل شبه مشاهده جدیدی است که در بعضی مسائل نقشه برداری دقیق (ژئودتیک) از روی زوایای افقی و قائم قابل محاسبه است. بیشترین کاربرد زاویه مایل در نجوم و هیدروگرافی (نقشه برداری دریایی) است.

واحدهای زاویه و اجزای آن

واحدهای متداول و پر کاربرد زاویه در نقشه برداری عبارتند از : درجه، گراد و رادیان، که به طور خلاصه شرح داده می شوند.

الف) درجه : هر گاه محیط دایره ای به 360° قسمت مساوی تقسیم شود، زاویه مرکزی مقابل به هر قسمت را یک درجه می گویند.

حال چنانچه هر درجه را به $60'$ قسمت تقسیم کنیم به زاویه مرکزی مقابل آن یک دقیقه می گویند و به همین ترتیب اگر هر دقیقه را به $60''$ قسمت مساوی تقسیم کنیم به هر قسمت یک ثانیه می گویند. به

عبارتی یک دقیقه برابر $\frac{1}{60}$ درجه و یک ثانیه $\frac{1}{60}$ دقیقه و یا $\frac{1}{3600}$ درجه می باشد.

درجه، دقیقه و ثانیه را با علائم $^{\circ}$ ' ' نمایش می دهند. برای مثال زاویه $10^{\circ}35'18''$ خوانده می شود ده درجه و سی و پنج دقیقه و هیجده ثانیه. به این سیستم تقسیم بندی و نمایش زاویه سیستم شصت قسمتی می گویند. از سوی دیگر گاهی زاویه را به صورت درجه اعشاری ذکر می کنند:

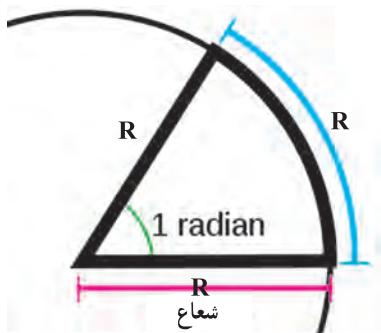
$$10^{\circ}35'18'' = 10 + 35/60 + 18/3600 = 10/10000 + 0/5833 + 0/50 = 10/5883$$

همچنین چگونگی تبدیل زاویه درجه اعشاری به سیستم شصت قسمتی در مثال ۲-۲ ذکر شده است.

(ب) گراد: اگر محیط یک دایره به 400 قسمت مساوی تقسیم شود، زاویه مرکزی مقابل هر قسمت را یک گراد می گویند.

هر گراد را به 100 قسمت مساوی تقسیم کرده و به هر قسمت یک دقیقه گراد (سانتی گراد) می گویند و همچنین هر دقیقه را به 100 قسمت مساوی تقسیم نموده و به هر قسمت یک ثانیه گراد گفته می شود.

به عبارتی یک دقیقه گراد $\frac{1}{100}$ گراد و یک ثانیه گراد نیز $\frac{1}{10000}$ دقیقه گراد و یا $\frac{1}{1000000}$ گراد می باشد. این سیستم واحد را صد قسمتی می گویند.



شکل ۲ - ۴ = مفهوم رادیان.

(ج) رادیان: اگر محیط دایره بر عدد 2π تقسیم شود، هر قسمت آن را یک رادیان می گویند. به عبارتی اگر روی محیط دایره، قوسی به طول شعاع جدا کنیم، زاویه مرکزی روبروی آن قوس، مساوی یک رادیان خواهد شد.

✓ در محاسبات مهندسی برای رسیدن به دقت صدم ثانیه باید عدد پی را تا ده رقم اعشار در محاسبات اعمال نمود. مقدار عددی عدد پی تا ده رقم اعشار برابر 3.1415926535 می باشد.

✓ موقعیت نقاط در روی زمین را معمولاً با مختصات جغرافیایی (زوایای طول و عرض جغرافیایی در واحد درجه شصت قسمتی) نشان می دهند. اگر زمین را کره فرض نماییم، یک ثانیه حدود 3° متر روی زمین است. چرا؟

گرمز قدر پی کنند از تو سؤال پاسخی ده که خردمند تو را آموزد

خرد	و بینش	و آگاهی	دانشمندان	ره	سر منزل	مقصود	بما	آموزد
۳	۱	۴	۱	۵	۹	۲	۶	۵
۳	۱	۴	۱	۵	۹	۲	۶	۵

آیا می‌توانید رابطه‌ای بین بیت دوم و عدد π تا ده رقم اعشار پیدا کنید؟

$$\pi = 3/1415926535$$

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

$$\frac{D}{360} = \frac{G}{400} = \frac{R}{2\pi} \Rightarrow \frac{D}{180} = \frac{G}{200} = \frac{R}{\pi}$$

$$\frac{D}{9} = \frac{G}{10}$$

که در آن D و G و R به ترتیب مقادیر عددی زاویه بر حسب درجه، گراد و رادیان می‌باشد.

مثال ۲-۲: تبدیل واحدهای زاویه

یک رادیان چند درجه و چند گراد است؟

راهکار کلی: رابطه تبدیل واحد را نوشته و عدد معلوم را جایگذاری می‌کنیم، سپس با طرفین وسطین کردن این رابطه عدد مجهول را برای واحد زاویه مورد نظر محاسبه می‌نماییم. در این مثال زاویه بر حسب رادیان معلوم است بنابراین آن را به جای R در رابطه تبدیل واحدها می‌گذاریم:

$$\frac{D}{360} = \frac{G}{400} = \frac{R}{2\pi} \Rightarrow \frac{D}{180} = \frac{G}{200} = \frac{R}{\pi}$$

روش حل:

$$R = 1$$

$$\frac{1}{\pi} = \frac{D}{180} \rightarrow \frac{1}{\pi} = \frac{D}{180} \rightarrow D = \frac{1 \times 180}{\pi} = 57.2958 = 57^\circ 17' 44.9''$$

$$\frac{D}{9} = \frac{G}{10} \rightarrow G = \frac{10}{9} \times 57.2958 = 63.6620$$

بحث و بررسی : همانطور که در بالا مشاهده کردید بعد از محاسبه زاویه برحسب درجه از آنجا که عدد محاسبه شده اعشاری و به عبارتی در سیستم ده دهی می باشد باید آن را به سیستم شصت قسمتی تبدیل کنیم. برای این کار می توان از کلید مربوط به آن در ماشین حساب استفاده نمود. البته اصول تبدیل به این صورت است که قسمت اعشاری عدد که در اینجا $2958/^\circ$ می باشد در عدد 60° ضرب می شود که حاصل آن عدد $17/748^\circ$ می باشد. قسمت صحیح عدد حاصل یعنی ۱۷ را به عنوان دقیقه در نظر گرفته و سپس قسمت اعشاری آن یعنی $748/^\circ$ در عدد 60° ضرب می شود که حاصل آن عدد $44/88$ همان مقدار ثانیه می باشد که در مثال بالا به عدد $44/9$ گرد شده است.

کار در کلاس :

زوایای زیر را محاسبه کنید :

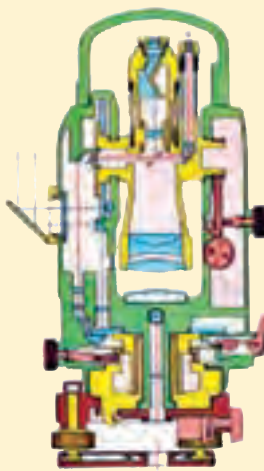
الف) 265° گراد چند درجه است؟

ب) $\frac{3\pi}{8}$ چند گراد و چند درجه است؟

ج) $18'44'' 67^\circ$ چند گراد است؟

د) 27° چند رادیان است؟

بیشتر بدانیم



ساختار داخلی دوربین زاویه یاب

(در مورد قسمت های مختلف آن

تحقیق کنید)

۲-۲- دوربین زاویه یاب (تئودولیت)

زاویه یاب (تئودولیت) دوربینی است که در نقشه برداری برای اندازه گیری زوایای افقی و قائم به کار می رود. تفاوت اصلی زاویه یاب با تراز یاب در این است که زاویه یاب را می توان در یک صفحه عمودی حول یک محور افقی نیز چرخاند، در نتیجه با این وسیله علاوه بر زاویه افقی، زاویه قائم را نیز می توان اندازه گیری کرد.

علاوه بر این زاویه یاب ها طوری طراحی شده اند که با استفاده از آنها بتوان زوایا را با دقت بالا اندازه گیری نمود.

زاویه یاب ها را می توان به دو دسته تقسیم بندی کرد : زاویه یاب های آنالوگ یا اُپتیکی (دارای ساختار اُپتیکی - مکانیکی) و زاویه یاب های رقومی یا دیجیتال (دارای ساختار اُپتیکی - الکترونیکی) که هر دو نوع در دقت های مختلفی ساخته شده اند و قادرند زاویه را در دقت هایی مانند ۱ دقیقه، ۲۰ ثانیه، ۱ ثانیه و حتی ۱/۱۰ ثانیه اندازه گیری نمایند. در زاویه یاب های دیجیتال، مقدار زوایا روی یک صفحه کریستال مایع (LCD) نمایش داده می شود.



شکل ۲-۵- دوربین زاویه یاب آنالوگ و دیجیتال

۳-۲- اندازه‌گیری زاویه با زاویه‌یاب

اگر چه زاویه‌یاب ابزار پیچیده‌ای است ولی اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم با این دستگاه بسیار آسان است. در این قسمت ابتدا اصول زاویه‌یابی با زاویه‌یاب را برای زوایای افقی و قائم تشریح نموده و سپس روش کوپل برای اندازه‌گیری زاویه افقی و قائم تشریح می‌گردد.

اصول اندازه‌گیری زاویه افقی

لمب افقی زاویه‌یاب‌ها شبیه به یک نقاله از صفر تا 360° درجه و یا 400° گراد در جهت حرکت عقربه‌های ساعت درجه‌بندی شده است. بنابراین اندازه‌گیری زاویه افقی بین دو امتداد متقاطع روی زمین شبیه اندازه‌گیری یک زاویه بین دو امتداد متقاطع توسط نقاله روی کاغذ می‌باشد.



شکل ۲-۶- لمب افقی

بیشتر بدانیم

برخی از کاربردهای دوربین زاویه‌یاب :

- ۱- اندازه‌گیری زوایای افقی و قائم
- ۲- تعیین زاویه شیب و شیب درصد
- ۳- اندازه‌گیری فاصله به روش استادیتری
- ۴- مشخص کردن یک امتداد روی زمین

به طور مثال مراحل اندازه‌گیری زاویه افقی B با زاویه‌یاب مطابق شکل (۲-۷) به صورت زیر

می‌باشد :

- ۱- دوربین بر روی نقطه رأس زاویه یعنی نقطه B دقیقاً قرار گرفته کاملاً تراز می‌شود.
- ۲- به نقطه A نشانه روی کرده و عدد لمب افقی 25° درجه مشاهده و یادداشت می‌شود.

۳- سپس دوربین را به سمت نقطه C چرخانده و پس از نشانه روی، عدد لمب افقی ۱۴۵ درجه مشاهده و یادداشت می شود.

۴- اندازه زاویه افقی برابر است با اختلاف این دو عدد
 $\angle B = 145^\circ - 25^\circ = 120^\circ$



شکل ۲-۷- اندازه گیری زاویه افقی

مثال ۲-۳: محاسبه زاویه افقی از روی مشاهدات زاویه یاب

در صورتی که قرائت های لمب افقی در یک زاویه یاب اپتیکی برای نقاط A و B به قرار زیر باشد، زاویه راس S را محاسبه نمایید.

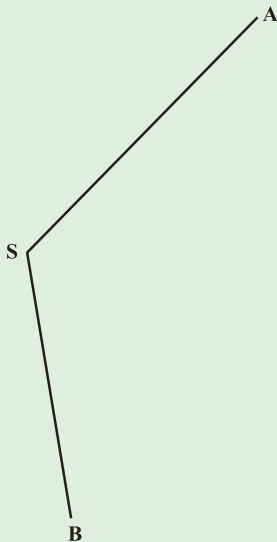
$$L_A = 65.4313 \text{ g}$$

$$L_B = 198.0916 \text{ g}$$

راهکار کلی: از رابطه زیر استفاده کرده و اعداد

داده شده را جایگذاری می کنیم:

$$\angle ASB = \alpha = L_B - L_A$$



روش حل :

$$\angle ASB = \alpha = L_B - L_A \rightarrow \alpha = 198.0916 - 65.4313 = 132.6603 \text{ g}$$

✓ بحث و بررسی : زاویه یاب های اپتیکی از نظر واحد زاویه در دو نوع گرادی و درجه ای ساخته می شوند. که در این مثال همانطور که می بینید دورین از نوع گرادی می باشد. اما در دورین های دیجیتالی این امکان وجود دارد که واحد نمایش دورین را به هر دو حالت درجه ای و یا گرادی تنظیم کنید.

✓ در حالتی که قرائت روی نقطه B یعنی L_B کمتر از L_A باشد مقدار زاویه منفی خواهد شد که در حالتی که واحد زاویه درجه باشد به این مقدار باید 360° درجه و در حالتی که گراد باشد، 400 گراد اضافه شود.

✓ چنانچه نقطه نشانه A یا B از داخل دورین قابل رؤیت نباشد می توان یک ژالن به صورت قائم در نقطه مزبور مستقر کرد. برای کارهای دقیق نیز از یک صفحه نشانه (صفحه تارگت) استفاده می شود که بر روی سه پایه تتودولیت نصب می شود.

اصول اندازه گیری زاویه قائم

همانطور که در ابتدای فصل گفته شد با زاویه یاب، زاویه قائم را نیز می توان اندازه گیری کرد. زاویه قائم به دو صورت شیب و زینتی قابل تعریف است اما در اکثر دورین های آنالوگ صفر لمب قائم روی امتداد سمت الرأس قرار گرفته است بنابراین این نوع زاویه یاب ها قادرند تنها زاویه زینتی (سمت الرأسی) یک امتداد را اندازه گیری نمایند و لذا می بایست زاویه شیب را محاسبه نمود. (نحوه محاسبه زاویه شیب از روی زاویه زینتی در قسمت یادآوری همین فصل گفته شد). اما در زاویه یاب های دیجیتالی این محدودیت وجود ندارد یعنی می توان با تنظیم لمب قائم دورین، صفر لمب قائم را در حالت زاویه سمت الرأس و یا افق قرار داده و زاویه قائم را در حالت زینتی و یا شیب اندازه گیری نمود.

برای اندازه گیری 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 می کنیم، زاویه قرائت شده در این حالت، همان زاویه قائم آن امتداد خواهد بود. توجه به این مطلب اهمیت دارد که اگر زاویه قائم قرائت شده، زینتی (سمت الرأسی) باشد و عدد زاویه کمتر از 90° درجه (100 گراد) باشد، نشان دهنده این مطلب است که شیب این امتداد مثبت بوده و نقطه نشانه روی (هدف) در ارتفاع بالاتری نسبت به نقطه استقرار دورین

قرار دارد. و چنانچه زاویهٔ زینتی بیشتر از 90° درجه (100° گراد) باشد، شیب زمین در این امتداد منفی بوده و نقطهٔ مورد نظر در ارتفاع پایین‌تری از نقطه استقرار دوربین قرار دارد.

مثال ۲-۳: تعیین جهت شیب زمین از روی زاویهٔ قائم

زاویه زینتی امتداد AB با زاویه یاب 103.8890° گراد قرائت شده است. مطلوب

است:

الف) محاسبه زاویه شیب امتداد AB

ب) تعیین جهت شیب زمین روی امتداد AB

راهکار کلی:

الف) از رابطه روبه‌رو استفاده کرده و زاویه شیب را به دست می‌آوریم:

$$\alpha = 100 - Z$$

ب) اگر عدد زاویه زینتی از 100° گراد بیشتر باشد می‌توان نتیجه گرفت که شیب

امتداد مورد نظر منفی است.

روش حل: الف)

$$\alpha = 100 - 103.8890 = -3.8890 \text{ grad}$$

ب) جهت شیب زمین امتداد مورد نظر منفی است چون عدد زاویه زینتی از 100°

گراد بیشتر است.

بحث و بررسی: البته با توجه به علامت زاویه شیب که در اینجا منفی است

می‌توان فهمید که شیب زمین در امتداد مورد نظر منفی یا سرپایین است.

بیشتر بدانیم

گذشته از پیشرفت‌های اخیر در ساخت زاویه‌یاب‌های دقیق، اندازه‌گیری زاویه به روش فوق با انواع خطاهای سیستماتیک و اتفاقی همراه می‌باشد. معمولاً برای کاهش و تعدیل این خطاها از روش‌های زاویه‌یابی مختلفی از قبیل تجدید، تکرار، دور افق و کوپل استفاده می‌شود. این روش‌ها علاوه بر افزایش دقت اندازه‌گیری زاویه، اعتمادپذیری به مقدار زاویهٔ اندازه‌گیری شده را نیز افزایش می‌دهد. در ادامه ابتدا خطاهای زاویه‌یابی

را بررسی کرده و سپس متداول‌ترین روش قرائت زاویه یعنی روش کوپل را تشریح می‌نماییم.

خطاها در زاویه‌یابی : خطاهای زاویه‌یابی 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 تقسیم‌بندی می‌کنند. خطاهای طبیعی ناشی از عوامل محیطی است اما خطاهای دستگاهی معمولاً در اثر عدم کالیبراسیون دستگاه پیش می‌آید و برای کاهش آن دستگاه را کنترل و تنظیم می‌نمایند. همچنین خطاهای انسانی ناشی از عملکرد عامل نقشه‌بردار بوده و کاهش آن به تجربه و مهارت فرد بستگی دارد. جدول زیر انواع خطاها و منابع آن را در زاویه‌یابی نشان می‌دهد.

خطا	لمب	منبع خطا	نوع خطا	تعریف خطا	روش تعدیل یا کاهش خطا
خطای کلیماسیون افقی	لمب افقی	دستگاهی	تدریجی	هرگاه محور دیدگانی بر محور چرخش تلسکوپ عمود نباشد در این صورت زاویه انحراف کوچکی در اندازه‌گیری زوایای افقی با زاویه‌یاب به وجود می‌آید که به آن خطای کلیماسیون افقی گویند.	برای کاهش این خطا، از روش قرائت کوپل زوایای افقی استفاده می‌کنند.
خطای کلیماسیون قائم	لمب قائم	دستگاهی	تدریجی	هرگاه محور دیدگانی بر محور اصلی (قائم) عمود نباشد، در این صورت زاویه انحراف کوچکی در اندازه‌گیری زوایای قائم با زاویه‌یاب به وجود می‌آید که به آن خطای کلیماسیون قائم گویند.	برای کاهش این خطا، از روش قرائت کوپل زوایای قائم استفاده می‌کنند.
خطای تقسیمات لمب	لمب افقی و قائم	دستگاهی	اتفاقی	با اینکه لمب‌های افقی و قائم زاویه‌یاب توسط دستگاه‌های دقیق مدرج می‌شوند ولی باز هم ممکن است تقسیمات لمب یکنواخت نباشد و باعث ایجاد خطاهایی اتفاقی می‌شود.	با تکرار مشاهدات و متوسط‌گیری این خطا را کاهش می‌دهند.

خطا	لمب	منبع خطا	نوع خطا	تعریف خطا	روش تعدیل یا کاهش خطا
خطای خروج از مرکز لمب	لمب افقی و قائم	دستگاهی	تدریجی	اگر محور اصلی (قائم) دوربین از مرکز لمب افقی آن نگذرد، این خطا برای زوایای افقی ایجاد می شود. همچنین اگر محور چرخش تلسکوپ از مرکز لمب قائم نگذرد، این خطا برای زوایای قائم ایجاد می شود.	برای کاهش این خطا از روش قرائت کوپل استفاده می کنند.
خطای ایستگاه گذاری (سانتراژ)	لمب افقی	انسانی	اتفاقی	اگر مرکز لمب افقی در راستای شاقولی منطبق بر مرکز ایستگاه دوربین نباشد، این خطا ایجاد می شود، که به علت عدم توجه کامل در استقرار دوربین یا انحراف شاقول اپتیکی دوربین می باشد.	مقدار این خطا با کاهش طول قراولروی افزایش می یابد. برای کاهش آن، عملیات سانتراژ را تکرار و مشاهدات را تکرار می نمایند.
خطای تراز نبودن دستگاه	لمب قائم	انسانی	اشتباه	عدم انطباق محور اصلی (قائم) بر محور شاقولی محل.	باید دستگاه را مجدداً تراز و سانتراژ نمود و مشاهده را دوباره تکرار کرد
خطای نشانه روی	لمب افقی و قائم	انسانی و دستگاهی	اتفاقی	عدم انطباق تارهای رتیکول تلسکوپ بر محور اپتیکی و نقطه نشانه روی	برای کاهش آن، تارهای رتیکول را کالیبره کرده نشانه روی را مجدداً انجام داده و قرائت ها را تکرار می کنند.
خطای نشانه گذاری	لمب افقی	انسانی	اتفاقی	این خطا معمولاً به علت شاقولی نبودن (قائم نبودن) ژالن روی نقطه نشانه ایجاد می شود.	به کارگیری تراز نبشی ژالن و نحوه صحیح نگهداری ژالن
خطای قرائت	لمب افقی و قائم	انسانی	اتفاقی	عامل ایجاد این خطا زاویه دید چشم و ایجاد پارالاکس هنگام قرائت و تقریبات ذهنی یا دستگاهی اعداد خوانده شده می باشد.	برای کاهش آن، قرائت ها را تکرار می کنند.

خطا	لمب	منبع خطا	نوع خطا	تعریف خطا	روش تعدیل یا کاهش خطا
خطای کرویّت زمین	لمب قائم	طبیعی	تدریجی	این خطا به علت کرویّت زمین به خصوص برای طول‌های بلند در زوایای قائم ایجاد می‌شود.	از روابط مربوطه برای جبران این خطا استفاده می‌کنند.
خطای انکسار	لمب افقی و قائم	طبیعی	تدریجی	این خطا به علت شکست نور در لایه‌های مختلف جو به خصوص در روزهای گرم رخ می‌دهد.	برای کاهش آن زاویه‌یابی را در ساعات غیرآفتابی و با دمای پایین انجام می‌دهند.
خطای دید	لمب افقی و قائم	طبیعی	اتفاقی	خطای ناشی از عدم تشخیص رفلکتور یا عارضه	برای کاهش آن زاویه‌یابی را در ساعات غیرمه‌آلود یا بدون غبار با نور کافی انجام می‌دهند.
خطای پیچش سه‌پایه	لمب افقی و قائم	طبیعی	اتفاقی	خطای ناشی از نشست سه‌پایه که در زمین‌های ناپایدار و ساعات بادی بیشتر رخ داده و باعث خطای ایستگاه‌گذاری و خروج از تراز دستگاه می‌شود.	برای کاهش آن زاویه‌یابی را در ساعات غیربادی انجام داده و از سه‌پایه محکم با استقرار پایدار استفاده می‌کنند.

اندازه‌گیری زاویه افقی به روش کوپل : 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.

حالت دایره به چپ و دایره به راست در زاویه یاب: برای قرائت زاویه، هنگام نشانه‌روی که نقشه‌بردار پشت دوربین قرار می‌گیرد، اگر دایرهٔ لمب قائم دوربین در سمت چپ او باشد، حالت دوربین را دایره به چپ (حالت مستقیم) و چنانچه لمب قائم دوربین در سمت راست او باشد به حالت دوربین، دایره به راست (حالت معکوس) می‌گویند.

همانطور که گفته شد چنانچه زاویه در دو حالت دایره به چپ و دایره به راست اندازه‌گیری شود، به این روش قرائت کوپل می‌گویند. در این روش برای اینکه دوربین از حالت دایره به چپ به حالت دایره به راست تغییر پیدا کند باید تلسکوپ دوربین به اندازه 180° درجه چرخانده شود. طبیعی است برای آنکه چشمی تلسکوپ مقابل چشم نقشه‌بردار قرار بگیرد باید آلیاد دوربین را نیز 180° درجه دوران داد. در نتیجه لمب دوربین از سمت چپ به سمت راست منتقل شده و دوربین حالت دایره به راست می‌شود.

عدد لمب افقی در حالت دایره به راست و دایره به چپ دوربین با هم 180° درجه (200° 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:

$$F_R = F_L \pm 180$$

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

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

که در آن e جمع جبری خطاهای اندازه‌گیری است.

بنابراین می‌توان هنگام زاویه‌یابی اعداد قرائت شده را در دو حالت دایره به راست و دایره به چپ با هم مقایسه کرده و از درستی آنها مطمئن شویم. برای جلوگیری از اشتباه هنگام قرائت زاویه و یادداشت آن، از فرم مخصوص جدول قرائت زاویه به روش کوپل استفاده می‌شود.

مثال ۲-۴: 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
S ^۱	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:

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

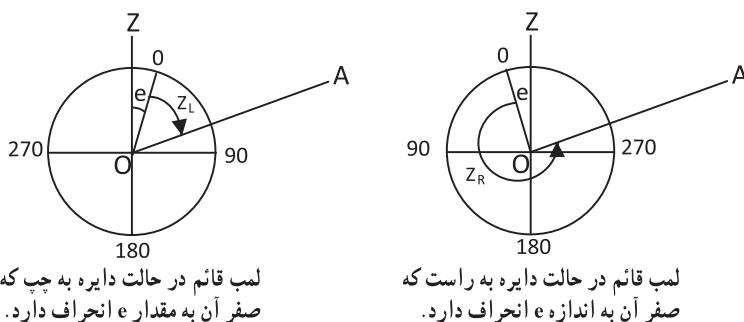
$$\frac{398.2431 + (198.2441 + 200)}{2} = 398.2436$$

$$\angle S = 398.2436 - 245.5847 = 152.6589$$

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 ۲۰۰ گراد با هم اختلاف دارند.

اندازه‌گیری زاویه قائم به روش کویل : همان‌طور که گفته شد برای اندازه‌گیری صحیح زاویه قائم لازم است صفر لمب قائم دقیقاً بر روی خط قائمی باشد که از مرکز این لمب می‌گذرد. این هدف توسط یک تراز اتوماتیک (کمپانساتور) که در ساختمان زاویه‌یاب قرار دارد به صورت خودکار تأمین می‌شود. ولی در بعضی از مواقع تنظیم صفر لمب قائم ممکن است به هم بخورد در این صورت امتداد قائم گذرنده بر لمب قائم به جای صفر بر روی عدد دیگری قرار می‌گیرد این عدد در واقع زاویه قائم امتداد صفر لمب قائم است که اصطلاحاً به آن انحراف صفر لمب قائم یا کلیماسیون لمب قائم می‌گویند. در شکل زیر نیم‌رخ لمب قائم زاویه‌یاب را مشاهده می‌کنید که زاویه قائم را در دو حالت دایره به راست و دایره به چپ برای امتداد OA نشان می‌دهد.



شکل ۲ - ۸ - اندازه‌گیری زاویه قائم به روش کویل

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 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° درجه (400° گراد) می‌شود یعنی :

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

ولی در صورت وجود کلیماسیون در لمب قائم مجموع فوق اندکی با 360° درجه اختلاف خواهد داشت. اگر انحراف صفر لمب قائم را e فرض کنیم با توجه به شکل (بالا) برای امتداد OA خواهیم داشت :

$$\begin{aligned} Z_{OA} &= Z_L + e && \text{(در حالت دایره به چپ)} \\ Z_{OA} &= 360^\circ - (Z_R + e) && \text{(در حالت دایره به راست)} \end{aligned}$$

بنابراین می‌توان با گرفتن میانگین از این دو مقدار زاویه قائم را از رابطه زیر به دست آورد :

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

همانطور که مشاهده می‌شود با قرائت کوپل و میانگین گیری از قرائت‌ها مقدار انحراف کلیماسیون لمب قائم (e) از رابطه بالا حذف می‌شود و مقدار صحیح زاویه قائم به دست می‌آید. البته مقدار e را نیز می‌توان از رابطه زیر به دست آورد :

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

چنانچه دوربین در واحد گراد باشد باید در روابط بالا به جای ۳۶۰ از عدد ۴۰۰ استفاده شود.

مثال ۲-۵ : محاسبه زاویه قائم به روش کوپل

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

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

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

راهکار کلی : بین 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 :

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

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

خلاصه فصل

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

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

- بین واحدهای زاویه رابطه زیر برقرار می باشد که از آن می توان برای تبدیل آنها به یکدیگر استفاده نمود :

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

- زاویه یاب (تودولیت) دوربینی است که در نقشه برداری برای اندازه گیری زوایای افقی و قائم به کار می رود. تفاوت اصلی زاویه یاب با تراز یاب در این است که زاویه یاب را می توان در یک صفحه عمودی حول یک محور افقی، نیز چرخاند.

- دوربین های زاویه یاب از لحاظ ساختار به دو دسته آنالوگ و دیجیتالی تقسیم می شوند.
- لمب افقی زاویه یاب ها شبیه به یک نقاله، از صفر تا 360° درجه و یا 400° گراد در جهت عقربه ساعت درجه بندی شده است. بنابراین اندازه گیری زاویه افقی بین سه نقطه روی زمین، شبیه اندازه گیری یک زاویه بین سه نقطه توسط نقاله روی کاغذ می باشد.
- زاویه خوانی با زاویه یاب اعم از آنالوگ و دیجیتالی شامل چهار مرحله اساسی است که عبارتند از : استقرار، نشانه روی، صفر- صفر کردن و قرائت.

- برای اندازه گیری 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 می کنیم. 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 می کنند.
- 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 کویل (قرائت مضاعف) است.

در این روش علاوه بر کنترل صحت و درستی قرائت‌ها، خطاهایی مانند خطای کلیمسیون 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 دورین با هم 18° درجه (2° 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 :

$$F_R = F_L \pm 18^\circ$$

● 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 :

$$F_R = F_L \pm 18^\circ + e$$

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 صورتیکه خطای کلیمسیون 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 36° درجه (4° گراد) می‌شود یعنی :

$$Z_R + Z_L = 36^\circ$$

خودآزمایی

سؤالات تشریحی

- ۱- زاویه افقی را تعریف نمایید.
- ۲- زاویه قائم و انواع آن را توضیح دهید.
- ۳- مراحل زاویه یابی افقی با زاویه یاب را نام برده و توضیح دهید.
- ۴- اندازه گیری زاویه افقی به روش کوپل را توضیح دهید.
- ۵- اندازه گیری زاویه قائم به روش کوپل را توضیح دهید.

سؤالات چهارگزینه ای

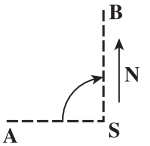
- ۶- زاویه زینتی امتدادی ۱۱۲ گراد می باشد زاویه شیب این امتداد کدام گزینه است؟
 (۱) ۱۰/۸ گراد (۲) ۱۰/۸ - درجه (۳) ۱۲ - درجه (۴) ۱۲ گراد
- ۷- زاویه شیب امتدادی ۳- درجه است، زاویه سمت الراسی این امتداد کدام گزینه است؟
 (۱) ۸۶/۶۶ گراد (۲) ۹۳ گراد (۳) ۱۰۳/۳۳ گراد (۴) ۸۷ درجه
- ۸- برای یافتن زاویه AOB قرائت قراولروی به نقطه A برابر با ۳۹۵/۳۹۵ گراد و برای نقطه B برابر با ۱۲/۱۲۳ گراد می باشد، زاویه چند درجه است؟
 (۱) ۱۶/۷۲۸ (۲) ۱۵/۰۵۵ (۳) ۳۸۳/۲۷۲ (۴) -۳۸۳/۲۷۲

مسائل عددی :

- ۹- با توجه به جدول زیر مقدار زاویه $\hat{BAC}$ چقدر است؟

st	o. b	L	R
A	B	$201^{\circ} 21'$	$21^{\circ} 22'$
	C	$61^{\circ} 16'$	$241^{\circ} 15'$

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

کروکی	ایستگاه	نقاط نشانه	حالت دایره به چپ	حالت دایره به راست	میانگین	زاویه
	S	A	$32^{\circ} 10' 16''$	$14^{\circ} 10' 18''$		
		B	$34^{\circ} 26' 38''$	$214^{\circ} 26' 40''$		

۱۱- نتایج حاصل از قرائت‌های دایره مدرج افقی یک تئودولیت در ایستگاه S و روی نقاط A و B و C به شرح زیر است اندازه هر یک از زوایای ASB و ASC را تعیین کنید.

ایستگاه	هدف	قرائت دایره به چپ	قرائت دایره به راست	متوسط	زاویه افقی
S	A	$34^{\circ} 56' 35''$	$214^{\circ} 56' 55''$		
	B	$89^{\circ} 12' 20''$	$269^{\circ} 12' 30''$		
	C	$153^{\circ} 25' 40''$	$333^{\circ} 26' 00''$		

۱۲- قرائت لمب قائم در دو حالت دایره به چپ و دایره به راست به شرح زیر است. کلیماسیون لمب قائم، زاویه قائم و زاویه شیب کدامند؟

$$Z_L = 83^{\circ} 27' 35''$$

$$Z_R = 276^{\circ} 32' 05''$$

۱۳- زاویه قائمی یک کوپل قرائت شده است در صورتی که از تمامی خطاها به جز خطای صفر لمب صرف نظر کنیم خطای صفر لمب دورین چقدر است؟

$$Z_L = 87^{\circ} 15' 25''$$

$$Z_R = 272^{\circ} 43' 10''$$

فصل

سوم

فاصله یابی



فاصله یابی لیزری (بدون منشور)

هدف‌های رفتاری

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

- ۱- روش استادیتری برای تعیین فاصله افقی را توضیح دهد.
- ۲- رابطه تعیین فاصله از طریق استادیتری را به دست آورد.
- ۳- اندازه‌گیری فاصله از روش پارالاکتیک را توضیح دهد.
- ۴- نحوه کار دستگاه‌های فاصله‌یاب الکترونیکی را توضیح دهد.

مطالب پیش نیاز

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

- ۱- آشنایی با فصول ۲، ۳، ۴ و ۵ کتاب «مساحی»
- ۲- آشنایی با فصل اول کتاب «کارگاه محاسبه و ترسیم ۱»

اندازه‌گیری فاصله



مفاهیم کلیدی

فاصله‌یابی
Distance Measurement
فاصله افقی
Horizontal Distance
استادیمتری
Stadimetry
پارالاکتیک
Parallactic
منشور
Prism

مقدمه

ابداع دستگاه‌های الکترونیکی اندازه‌گیری فاصله و تکامل آنها انقلابی در تمام کارهای نقشه‌برداری به وجود آورد، به طوری که لازم گردید در روش‌ها و معیارهای نقشه‌برداری تجدید نظر شود. با ابداع این دستگاه‌ها نقشه‌برداران توانستند فاصله را نیز مانند زاویه، با دقت و سرعت زیادی اندازه‌گیری کنند. استفاده از دستگاه‌های طول‌یاب الکترونیکی امروزه چنان گسترش پیدا کرده است که حتی تصور نقشه‌برداری بدون آن امکان‌پذیر نیست.

در این فصل ابتدا به یادآوری کلیاتی از روش‌های مستقیم و کلاسیک در اندازه‌گیری فاصله خواهیم پرداخت. سپس اصول اندازه‌گیری فاصله به روش الکترونیکی را فراگرفته و با انواع طول‌یاب‌های الکترونیکی و خطاهای آنها آشنا خواهیم شد.

بیشتر بدانیم

در سال گذشته و در درس «مساحی» با روش‌های ساده اندازه‌گیری فاصله آشنا شدید.
در مورد این روش‌ها تحقیقی انجام داده و در کلاس درس ارائه نمایید.

۳-۱- یادآوری

همانطور که در کتاب مساحی سال قبل خواندید، یکی از روش‌های اندازه‌گیری فاصله، روش مستقیم می‌باشد. این روش از آن جهت مستقیم نام دارد، که فاصله بین نقاط در روی زمین به طور مستقیم اندازه‌گیری می‌شود.

مترکشی: استفاده از نوار اندازه‌گیری (متر) متداول‌ترین روش مستقیم اندازه‌گیری فاصله



شکل ۳-۱- چند نفر در حال مترکشی در زمین شیب‌دار

است. به عمل اندازه‌گیری فاصله با متر اصطلاحاً مترکشی می‌گویند. اما برای رسیدن به صحت و دقت مطلوب در مترکشی، رعایت یک سری اصول عملی الزامی است، که در زیر شرح داده می‌شوند.
اصول مترکشی عبارت‌اند از:

- ۱- از سالم بودن و کامل بودن متر و تجهیزات جانبی اطمینان حاصل کنیم.
- ۲- متر باید به صورت افقی بین دو نقطه کشیده شود. در این حالت متر با ژال‌های قائم مستقر شده در دو سر فاصله، زاویه 90° درجه می‌سازد.
- ۳- نقطه صفر متر در مترهای مختلف متفاوت می‌باشد. دقت شود که صفر متر اشتباه در نظر گرفته نشود.
- ۴- در بعضی از مترها بخصوص مترهای پارچه‌ای و پلاستیکی دو طرف متر درجه‌بندی شده است. به طوری که یک طرف بر حسب واحد متریک و طرف دیگر بر حسب فوت و اینچ می‌باشد. هنگام اندازه‌گیری دقت شود که به جای واحد متریک، اشتباهاً واحد فوت و اینچ قرائت نشود.
- ۵- در هنگام مترکشی متر باید کاملاً کشیده و بدون شینت (شکم دادن متر) و پیچ‌خوردگی باشد.
- ۶- در مترهای پارچه‌ای و پلاستیکی دقت شود که متر بیش از اندازه کشیده نشود تا مقدار واقعی آن، دقیق نمایش داده شود.
- ۷- به منظور حذف اشتباهات و تعدیل خطاهای اتفاقی، اندازه‌گیری‌ها با تکرار و به صورت رفت و برگشت انجام گیرد.
- ۸- دقت شود اعداد، اشتباه قرائت و یا نوشته نشود.

۹- بعضی از مترها تا میلی متر و بعضی تا سانتی متر درجه بندی شده اند. دقت شود اعداد متناسب با دقت متر موجود در نظر گرفته شود.

۱۰- هنگام قرائت متر عدد روی متر از بالا و به صورت کاملاً مستقیم دیده شود.

۱۱- فاصله های بلندتر از متر موجود باید ابتدا به دهنه های کوچک تر از متر تقسیم و امتداد گذاری شوند. سپس هر کدام از این دهنه ها اندازه گیری شده و در نهایت اندازه فاصله بلندتر از متر، از جمع کردن فاصله ها در دهنه های کوچک حاصل می شود.

بیشتر بدانیم

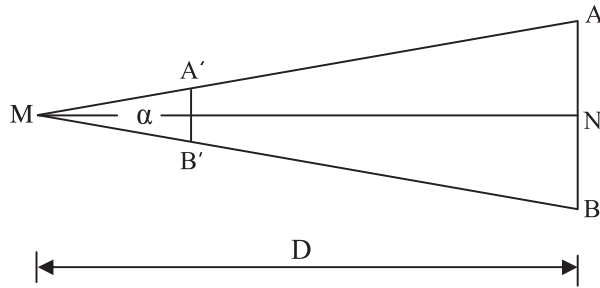
تاریخچه اندازه گیری طول: اندازه گیری طول در جامعه بشری قدمتی بس طولانی دارد و انسان در همه امور زندگی و کار، ناگزیر از اندازه گیری ابعاد، اشیاء و عوارض محیط اطرافش بوده است.

در گذشته های دور، وسایل و ابزار دقیقی برای اندازه گیری طول وجود نداشته و واحدهای اندازه گیری طول نیز به صورت بومی و محلی تعریف می شدند و مورد استفاده قرار می گرفتند.

مثلاً برای اندازه گیری طول های کوچک از «وجب» (اندازه یک پنجه باز دست انسان) یا «گز» (اندازه گام انسان) استفاده می شد و برای مسافت های بلند از واحد «شبانه روز» یا «منزل» (مسافتی که کاروان شتر در یک شبانه روز طی می کرد) استفاده می کردند.

۳-۲- روش های کلاسیک اندازه گیری فاصله

گرچه اندازه گیری فاصله با متر با رعایت اصول مترکشی از دقت کافی برخوردار است ولی به علت وقت گیر بودن و به این علت که برای تهیه نقشه های متوسط و کوچک مقیاس لزومی ندارد که همه طول ها با دقت خیلی زیاد اندازه گیری شوند، بنابراین روش های مختلفی ابداع شد که به کمک آنها می توان به طور غیر مستقیم فاصله بین دو نقطه را با دقتی کمتر از مترکشی ولی به مراتب سریع تر از آن اندازه گیری کرد. از جمله این روش ها که در گذشته کاربرد فراوان داشته اند می توان به روش های اُپتیکی اندازه گیری فاصله اشاره کرد. شکل (۳-۲) اصول روش های اُپتیکی را نشان می دهد. به زاویه α ، زاویه پارالاکتیک می گویند.



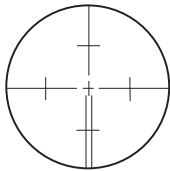
شکل ۲-۳ اصول اندازه‌گیری طول به روش ایتیکی

در این حالت اندازه‌گیری طول D به دو روش امکان پذیر است :

(الف) روش استادیتری (ب) روش پارالاکتیک

(الف) روش استادیتری : در این روش زاویه پارالاکتیک α ثابت

بوده و طول AB روی یک شاخص اندازه‌گیری می‌شود.



شکل ۳-۳ تارهای
استادیا

در روی صفحه رتیکول (صفحه تارهای مویی) دوربین‌های نقشه‌برداری

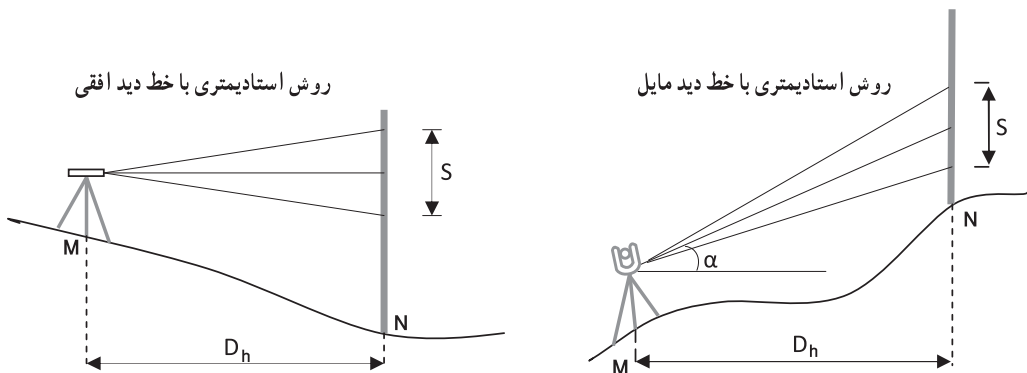
دو خط به موازات قطر افقی دایره رتیکول و به فاصله مساوی از آن به نام

خطوط استادیا و یا تارهای استادیا حک نموده‌اند (شکل ۳-۳). به کمک این

خطوط می‌توان فاصله افقی بین دو نقطه را تعیین کرد.

در مناطق هموار خط دید افقی است، لذا می‌توان از ترازپاب استفاده کرد. ولی در مناطق

شیب‌دار و کوهستانی به اجبار از دوربین زاویه‌یاب استفاده می‌شود.



شکل ۴-۳ روش استادیتری

مطابق شکل (۳-۴) برای اندازه‌گیری طول D_h در این روش دوربین را در نقطه M مستقر کرده و با قرار دادن یک شاخص قائم در نقطه N، پس از نشانه‌روی به شاخص مورد نظر، اعداد منطبق بر تار بالا و پایین استادیا قرائت و یادداشت می‌شود سپس فاصله افقی D_h از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

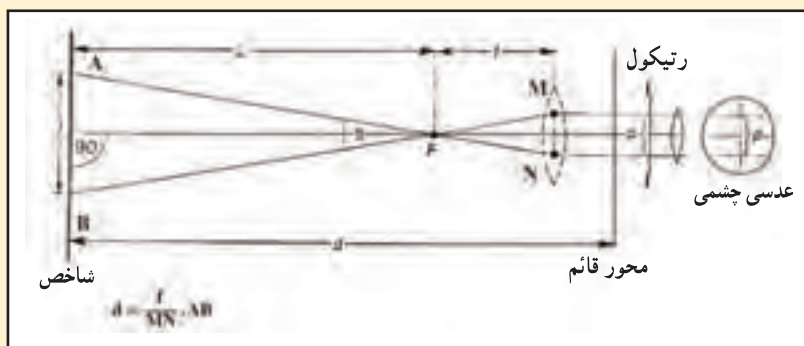
که در این رابطه S همان اختلاف اعداد تارهای بالا و پایین استادیا می‌باشد و عدد 100 ثابت استادیتری است. همچنین α زاویه شیب خط قراولروی می‌باشد. دقت روش استادیتری زیاد نیست (حدود $1:500$ تا $1:1000$) ولی همانطور که گفته شد استفاده از آن سریع و آسان است.

بیشتر بدانیم

آیا می‌توانید اساس کار اندازه‌گیری فاصله به روش استادیتری را توضیح

دهید؟

توضیحات خود را برای همکلاسی‌هایتان در کلاس مطرح کنید.



(ب) روش پارالاکتیک: که در آن طول AB ثابت بوده و زاویه پارالاکتیک α اندازه‌گیری

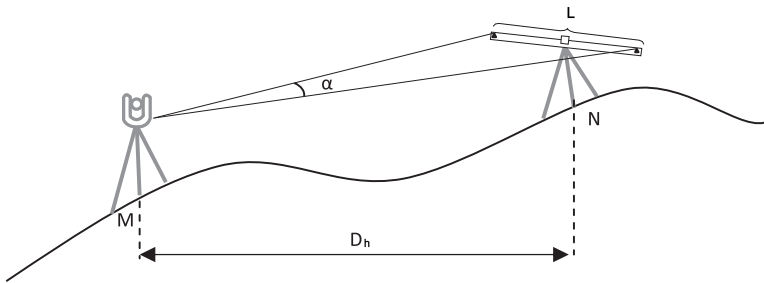
می‌شود.

در این روش طول شاخص (میر) که به صورت یک میله است و افقی نصب می‌شود، ثابت بوده و معمولاً برابر دو متر است و زاویه افقی پارالاکتیک که به وسیله یک زاویه‌یاب دقیق اندازه‌گیری

می‌شود بر حسب فاصله تغییر می‌کند. بنابراین مطابق شکل (۵-۳) فاصله افقی D_h از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$D_h = \frac{L}{\gamma} \cot\left(\frac{\alpha}{\gamma}\right)$$

که در این رابطه L طول شاخص پارالاکتیک است.



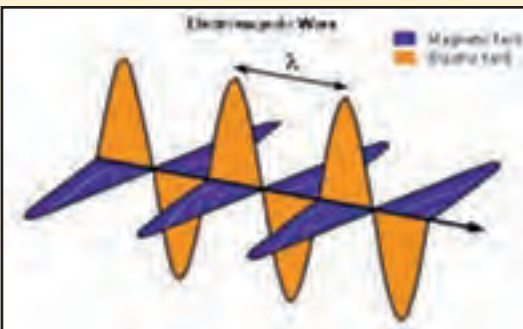
شکل ۵-۳- روش پارالاکتیک و شاخص آن

دقت این روش از روش استادیومتری بیشتر است و فاصله اندازه‌گیری شده در این حالت افقی است.

در هر دو روش، شاخص یا می‌ر می‌تواند به طور افقی و یا قائم قرار گیرد. اما معمولاً در روش استادیومتری، شاخص قائم و در روش پارالاکتیک، شاخص افقی مستقر می‌شود.

مبانی فیزیکی اندازه‌گیری فاصله با طول‌یاب الکترونیکی (EDM):
 اگرچه انواع مختلفی از فاصله‌یاب الکترونیکی ساخته شده است، اساس کار همه آنها مشابه هم می‌باشد. امواج الکترومغناطیسی به وسیله طول‌یاب به سوی یک رفلکتور (منعکس کننده) انتشار می‌یابد. رفلکتور با بازتاب 180° درجه بلافاصله آن را به طرف دستگاه ارسال می‌کند. طول‌یاب موج بازگشتی را دریافت نموده و آن را با موج ارسالی مقایسه می‌کند. از طریق این مقایسه، و با استفاده از مدارهای الکترونیکی، طول‌یاب فاصله مایل بین دو نقطه را محاسبه می‌کند. بطور کلی طول‌یاب‌ها به دو روش اندازه‌گیری مبتنی بر زمان و اندازه‌گیری مبتنی بر فاز، فاصله موردنظر را محاسبه می‌کنند. روش دوم دقیق‌تر از روش اول بوده اما نیاز به مدارات الکترونیکی پیچیده‌تر و گران‌تری دارد. در طول‌یاب‌های نقشه‌برداری زمینی برای کسب دقت‌های بالا معمولاً از روش دوم یعنی روش اندازه‌گیری مبتنی بر فاز استفاده می‌نمایند. در ادامه ابتدا کلیاتی از مفاهیم مطرح در امواج الکترومغناطیس تشریح شده و سپس اصول دو روش فاصله‌یابی مبتنی بر اندازه‌گیری زمان و فاز بیان می‌گردد.

امواج الکترومغناطیس: به هر نوع آشفتگی در محیط که در فضا در طول زمان منتشر می‌شود و اغلب حامل انرژی است موج می‌گویند. اگر این آشفتگی در میدان‌های الکترومغناطیسی باشد، آن را موج الکترومغناطیسی می‌نامند. در امواج الکترومغناطیسی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به طور عمود بر یکدیگر نوسان



شکل نمودار تابع سینوسی و امواج الکترومغناطیس

می‌کنند و امواجی سینوسی شکل با سرعت نور انتشار پیدا می‌کنند. امواج مرئی و امواج رادیویی از این نوع هستند.

از آنجاکه انتشار امواج الکترومغناطیس در

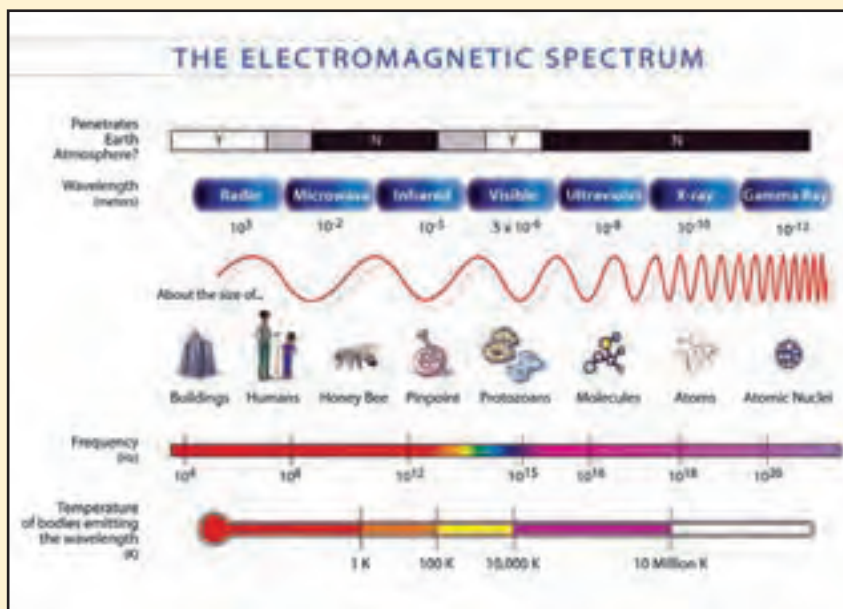
یک محیط را می‌توان به شکل یک تابع سینوسی بیان کرد، هندسه انتشار این امواج چهار مشخصه اصلی دارد:

دامنه: دامنه یا شدت موج با ارتفاع یا بلندی میدان الکتریکی یا مغناطیسی مشخص می‌شود و در موج سینوسی حداکثر ارتفاع موج را از مبدأ نشان می‌دهد و آن را با A نمایش می‌دهند.

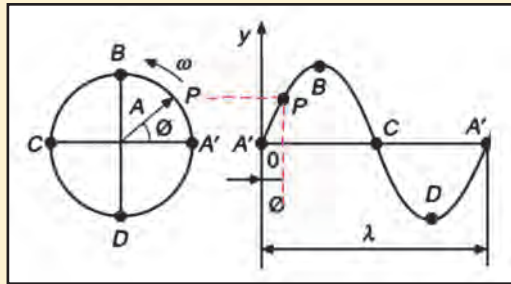
طول موج: فاصله دو نقطه یکسان از موج می‌باشد و با λ نمایش داده می‌شود.

فرکانس: تعداد موج‌های عبورکننده از یک نقطه در یک فاصله زمانی مشخص را فرکانس یا بسامد گویند و با f نمایش می‌دهند. به عبارت دیگر هر چه طول موج λ افزایش یابد فرکانس آن موج (f) کاهش می‌یابد و بالعکس.

سرعت: سرعت موج تعیین‌کننده تندی عبور موج از یک محیط مشخص است. به عنوان مثال سرعت نور و امواج الکترومغناطیس در خلأ تقریباً سیصد هزار کیلومتر در ثانیه می‌باشد. اما این سرعت در محیط‌هایی مثل شیشه یا آب کاهش می‌یابد.

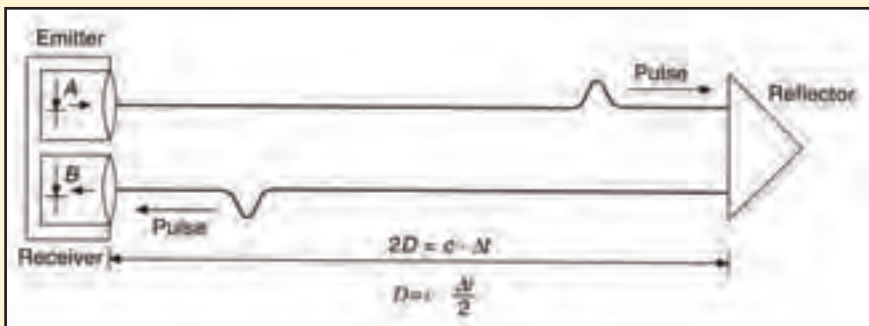


شکل هندسه امواج الکترومغناطیس و گستره آنها بر اساس طول موج



شکل حرکت موجی $y = A \cdot \sin(\Phi)$ و مفهوم آن

روش مبتنی بر اندازه‌گیری زمان: همانطور که گفته شد طول‌یاب الکترونیکی موجی را ارسال می‌کند و پس از بازتاب آن را دریافت می‌کند. در روش مبتنی بر اندازه‌گیری زمان، طول‌یاب، زمان رفت و برگشت موج ارسالی و دریافتی که به آن تأخیر زمانی گویند را اندازه‌گیری می‌نماید. برای این منظور ابتدا از طریق ایجاد پالس روی موج بصورت الکترونیکی، موج ارسالی علامت‌گذاری یا کدگذاری شده و زمان ارسال ثبت می‌گردد. سپس بصورت الکترونیکی موج بازگشتی به‌طور پیوسته مورد بازیابی قرار گرفته تا پالس مربوطه شناسایی و آشکارسازی می‌گردد. در این لحظه زمان بازگشت پالس اندازه‌گیری شده و تأخیر زمانی محاسبه می‌گردد.

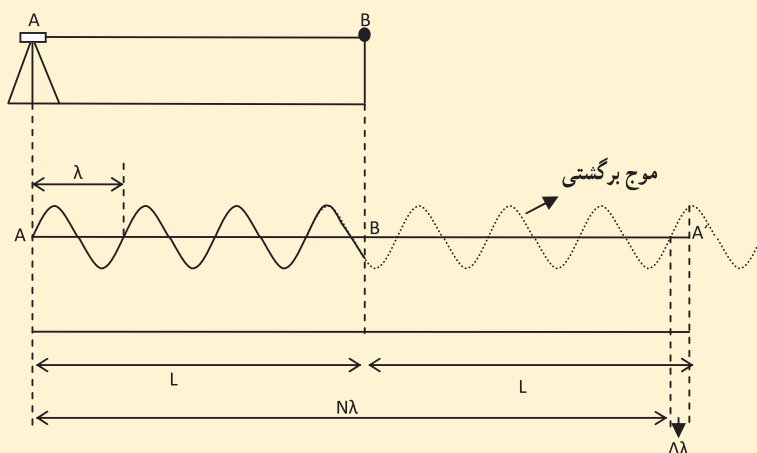


شکل اندازه‌گیری فاصله به روش مبتنی بر «تأخیر زمانی»

روش مبتنی بر اندازه‌گیری فاز: برای اندازه‌گیری دقیق فاصله بدون به‌کارگیری ساعت‌های اتمی، از روش مبتنی بر اندازه‌گیری فاز استفاده می‌شود. در

این روش، توسط یک فاز یاب الکترونیکی که در طول یاب قرار دارد فاز اولیه موج هنگام ارسال و همچنین فاز موج برگشتی به دستگاه به دقت اندازه گیری و با هم مقایسه می شود و $\Delta\lambda$ بدست می آید. اگر تعداد طول موج های کامل را که موج در طول مسیر رفت و برگشت طی می کند بدانیم آنگاه فاصله از رابطه زیر به دست می آید:

$$L = \frac{N\lambda + \Delta\lambda}{2}$$



۳-۳- فاصله یاب های الکترونیکی

فاصله یاب الکترونیکی که اختصاراً به آنها EDM می گویند، یک دستگاه تولید کننده موج الکترومغناطیسی با طول موج های مختلف می باشد. این دستگاه طوری طراحی شده است که قادر است یک موج با طول موج مشخص را به سمت نقطه مورد نظر فرستاده و پس از بازگشت موج از آن نقطه، آن را دریافت کرده و مدت زمان رفت و برگشت آن موج و طول را اندازه گیری کند.



شکل ۳-۶- فاصله یاب های الکترونیکی

دستگاه‌های فاصله‌یاب الکترونیکی بر اساس نوع موج مورد استفاده در آنها به دو قسمت کلی تقسیم می‌شوند :

۱- فاصله‌یاب‌های الکترواپتیکی

۲- فاصله‌یاب‌های مایکروویو

فاصله‌یاب‌های الکترواپتیکی : در ساختمان این نوع دستگاه‌ها از نور مادون قرمز یا نور مرئی (از جمله نور لیزر) استفاده می‌شود.

در فاصله‌یاب‌های مادون قرمز که بیشتر آنها را دیستومات می‌نامند امواج نوری که به وسیله قسمت قراول روی دستگاه فرستاده می‌شود توسط یک بازتابنده که مجموعه‌ای از یک یا چند منشور چند وجهی است دریافت و سپس به سمت واحد قراول روی برمی‌گردد. واحد کنترل دستگاه پس از دریافت موج برگشتی، به روش اختلاف فاز، فاصله بین دو نقطه را محاسبه می‌کند.

مزیت عمده سیستم‌های نوری سهولت حمل و نقل، کم اثر بودن عوامل جوی، امکان ترکیب و ادغام با دستگاه‌های زاویه‌یابی، امکان اندازه‌گیری همزمان فاصله و زاویه و ارتفاع، دقت بالا با انجام اندازه‌گیری‌های تکراری و میانگین‌گیری، و امکان به‌کارگیری نرم‌افزارهای محاسباتی در فاصله‌یاب‌های نقشه برداری است. چون در این سیستم، اندازه‌گیری فقط در یکی از دو انتهای خط صورت می‌گیرد هنگام استفاده فقط به یک دستگاه و یک عامل نیاز است.

بیشتر بدانیم



فاصله‌یاب‌هایی که بر روی تئودولیت مستقر می‌شوند.



شکل ۳-۷- فاصله یاب الکترواپتیکی

فاصله یاب های مایکروویو: این نوع دستگاه ها با استفاده از روش ارسال و دریافت امواج رادیویی (مایکروویو) و اندازه گیری اختلاف فاز بین موج رفت و برگشت، فاصله بین دو نقطه را تعیین می کنند. طول امواج ایجاد شده بین ۳ تا ۳۰ میلی متر است. هر سیستم اندازه گیری از دو دستگاه همانند تشکیل شده که یکی به عنوان دستگاه اصلی یا مَستَر و دیگری به عنوان دستگاه فرعی یا ریموت عمل می کند. در این سیستم امواجی از دستگاه مَستَر تولید و به سمت دستگاه ریموت فرستاده



شکل ۳-۸- فاصله یاب مایکروویو

می‌شود. دستگاه ریموت بلافاصله پس از دریافت این امواج، آنها را منعکس و به سمت دستگاه اول می‌فرستد. دستگاه اصلی پس از دریافت امواج برگشتی اختلاف فاز بین سیگنال‌های رفت و برگشت را تعیین و از روی آنها فاصله بین دو نقطه را تعیین می‌کند.

امتیاز ویژه فاصله‌یاب‌های مایکروویو در مقایسه با انواع الکترواپتیکی آنها در بُرد زیاد دستگاه، امکان اندازه‌گیری در شرایط مختلف جوی و امکان برقراری ارتباط صوتی (تلفن) بین دو ایستگاه است. معایب آن در سنگینی وزن، گرانی قیمت و نیاز به وجود دو دستگاه و دو عامل است. محل استفاده از این دستگاه‌ها نباید در مجاورت خطوط انتقال نیرو یا برج‌های مایکروویو باشد.

بیشتر بدانیم

کارخانه‌های سازنده فاصله‌یاب‌های الکترونیکی، صحت اندازه‌گیری دستگاه‌های شان را به شکل رابطه زیر بیان می‌کنند:

$$e = \pm(a + b \times L)$$

در این رابطه، a بر حسب میلی‌متر و b بر حسب PPM (یک واحد در یک میلیون واحد) و فاصله L بر حسب کیلومتر می‌باشد.

$$\text{یک میلی‌متر در یک کیلومتر} = 10^{-6} \text{ PPM}$$

مثلاً اگر صحت یک فاصله‌یاب $(\pm 2\text{mm} + 3\text{PPM})$ باشد، بزرگی خطای آن در فاصله $4/5$ کیلومتری برابر است با:

$$e = 2 + 3 \times 4 / 5 = 15 / 5 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$$

بیشتر بدانیم

سیر تکاملی فاصله‌یاب‌ها: اولین نسل دستگاه‌های الکترواپتیکی، که در اوایل دهه ۱۹۵۰ در سوئد ساخته شد به نام ژئودیمتر شهرت دارند. حداکثر طول قابل سنجش برای ژئودیمترهای نسل اول ۳ تا ۵ کیلومتر در روز و ۲۵ تا ۳۰ کیلومتر در شب (بر حسب شرایط جوی) می‌باشد. برای این طول‌یاب‌ها مسیر خط دید باید باز باشد به عبارتی از هر ایستگاهی ایستگاه دیگر قابل رؤیت باشد.

طول یاب‌های مایکروویو در اواخر دهه ۱۹۵۰ ساخته شدند. یک نمونه معروف این مسافت یاب‌ها تیلرومتر نام دارد که از دو دستگاه شبیه هم ساخته شده است. دستگاه اصلی که به آن مستر می‌گویند، امواجی را به انتهای خط می‌فرستد. در انتهای خط دستگاه مشابه دیگری که به آن ریموت می‌گویند، امواج را گرفته و بر اساس فرکانس مدولاسیونی که از طریق بی‌سیم به وسیله اُپراتور دستگاه مستربه اپراتور دستگاه ریموت اطلاع داده شده، به دستگاه مستر باز می‌فرستد. در دستگاه مستر، زمان رفت و برگشت امواج اندازه‌گیری و فاصله مشخص می‌شود. بین دو نقطه نباید مانعی باشد، ولی عدم دید یک ایستگاه از ایستگاه دیگر به علت شرایط جوی نظیر مه، مشکلی ایجاد نمی‌کند. در شرایط مناسب طول‌های تا ۸۰ کیلومتر را می‌توان با این دستگاه‌ها اندازه‌گیری کرد.

اولین نسل طول یاب‌های الکترونیکی، گرچه برای فواصل بلند بسیار دقیق بودند، ولی اندازه آنها بزرگ، وزن آنها سنگین و قیمت آنها گران بود، لذا در کارهای روزمره نقشه‌برداری وارد نشدند. مهندسان نقشه‌بردار، به دستگاه‌های سبک کوچک ارزان و دقیق برای سنجش طول‌های کوتاه، از چند متر تا دو الی سه کیلومتر نیاز داشتند.

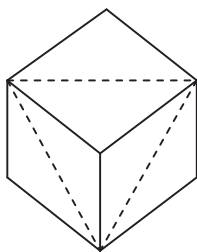
در دهه ۱۹۶۰ پیشرفت علم الکترونیک موجب ساخت نسل دوم طول یاب‌های الکترواپتیکی گردید. مزیت این دستگاه‌ها سبکی، کوچکی، مصرف کم برق و سادگی طرز کار می‌باشد.

در نسل سوم دستگاه‌های الکترواپتیکی از نور لیزر استفاده شده است. مزیت این طول یاب‌ها عبارت است از برد زیاد (حداکثر برد ۱۵ تا ۶۰ کیلومتر)، دقت بالا، سبکی و قابلیت حمل و نقل آسان.

طول یاب‌های مایکروویو نیز با پیشرفت تکنولوژی در زمینه الکترونیک، به تدریج کوچکتر، سبک‌تر و دقیق‌تر گردیده‌اند. طرز کار آنها نیز ساده‌تر شده است.

منشور در فاصله یابی : از آنجایی که امواج مادون قرمز به کار رفته در اکثر سیستم‌های EDM دارای طول موج نزدیک به نور مرئی هستند این امواج را می‌توان به عنوان پرتو نوری در نظر گرفت که به راحتی با استفاده از یک آینه مسطح منعکس می‌شوند. اما این کار نیاز به امتدادگذاری دقیق دارد زیرا پرتوهای فرستاده شده دارای دامنه محدود می‌باشند بنابراین جهت برطرف کردن این

مشکل از یک وسیله که اصطلاحاً منشور یا رفلکتور نامیده می‌شود، استفاده می‌شود که به صورت منشور مکعبی سه گوش می‌باشد.



منشورهای مکعبی سه گوش از مکعب یا بلوک‌های مکعبی ساخته می‌شوند به عبارتی مثل این است که این منشورها را از گوشه یک مکعب شیشه‌ای بریده باشیم و این مکعب‌ها در حالت معمولی پرتو نور را به طور صحیح و موازی با مسیر تابش بر روی طیفی با زاویه تابش حدود ۲۰ درجه از جلوی منشور عبور می‌دهند.



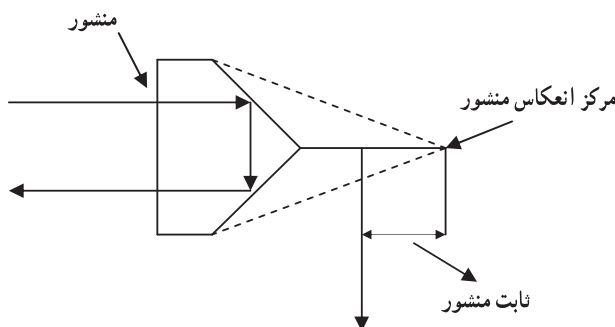
شکل ۳-۹- انواع رفلکتور یک و چند منشوره

بیشتر بدانیم



منشورهای کاغذی
(Sheet Reflector)

فاصله بین مرکز انعکاس امواج و امتداد شاقولی را ثابت منشور می گویند. همانطور که در شکل می بینید اغلب مرکز انعکاس منشور عقب تر از محور شاقولی آن می باشد. ثابت منشور اغلب با عبارت RC (reflector constant) بر روی منشور و یا در داخل دستگاه طول یاب نشان داده می شود. این مقدار در حقیقت یک خطای تدریجی است که با معرفی به دستگاه طول یاب حذف می شود.



شکل ۳-۱- ثابت منشور

بیشتر بدانیم

خطاهای فاصله یابی و تصحیحات مربوطه : خطاهای اندازه گیری طول با طول یاب های الکترونیکی را می توان به سه گروه اصلی می توان تقسیم نمود :

۱- **خطاهای صفر** : به خطاهایی گفته می شود که اندازه آنها مستقل از فاصله مورد سنجش می باشد بنابراین از لحاظ نظری در فاصله صفر هم این خطاها وجود دارند.

۲- **خطاهای تناوبی** : خطاهایی هستند که به طور تناوبی بر حسب فاصله تغییر می کنند.

۳- **خطاهای مقیاس** : خطاهایی هستند که متناسب با فاصله تغییر می کنند. تمامی این خطاها را می توان به نوبه خود به خطاهای دستگاهی و غیر دستگاهی تقسیم کرد. که در این میان می توان به خطاهای زیر اشاره کرد :

- (الف) خطای برهم نهی امواج (فرکانس مدولاسیون)
- (ب) خطای ضریب شکست

ج) خطای اندازه‌گیری زاویه فاز

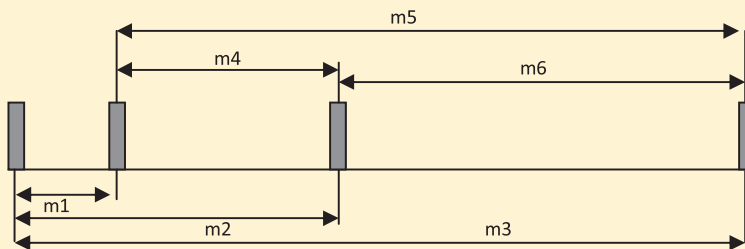
د) ثابت افزودنی k

و) خطای سائتراژ

هـ) خطای مربوط به اندازه‌گیری پارامترهایی که برای تعیین دقیق فاصله لازمند،

نظیر: دما، فشار جو و زاویه قائم

کالیبراسیون فاصله‌یاب و تصحیح فاصله: با توجه به وجود خطای ناشی از عدم انطباق مراکز نوری و الکترونیکی دستگاه (خطای Z_0)، می‌توان با یک روش مناسب دستگاه طول‌یاب را در ایستگاه‌های baseline یا طول باز مطابق شکل زیر کالیبره کرد. در این روش چهار ایستگاه پیلار بتونی در فواصل 150° ، 400° تا 430° و 1000° تا 1400° متر آماده کرده و 12° مشاهده مستقیم و معکوس بین این ایستگاه‌ها انجام می‌شود. بهتر است این فواصل با مضرب 10° برابر طول موج مورد استفاده در طول‌یاب، نسبت داشته باشد. سپس از طریق روابط بین طول‌های اندازه‌گیری شده، می‌توان خطای Z_0 طولیاب مورد آزمایش را به دست آورد تا آن را به مشاهدات آتی طول‌یاب اعمال نمود.



این روش همراه با دستگاه‌های مخصوص شرایط جوی و دستورالعمل‌های استاندارد است که در هر کشوری از سوی سازمان نقشه‌برداری پیشنهاد می‌شود. مثلاً زاویه قائم بین ایستگاه‌های طول باز برای روش کالیبراسیون نباید از 5° درجه بیشتر باشد. چرا؟

خلاصه فصل

- 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.
- استادیومتری و پارالاکتیک از جمله روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری فاصله هستند که با استفاده از آنها، فاصله به طور غیرمستقیم اندازه‌گیری می‌شود.
- در استادیومتری از رابطه زیر برای محاسبه فاصله افقی استفاده می‌شود :

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

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

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

$$D_h = \frac{L}{P} \cot\left(\frac{\alpha}{P}\right)$$

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

خودآزمایی

سؤالات تشریحی

- ۱- روش استادیومتری برای تعیین فاصله افقی را توضیح دهید.
- ۲- اندازه‌گیری فاصله از روش پارالاکتیک را توضیح دهید.
- ۳- در روش پارالاکتیک با شاخص ۴متری زاویه افقی بین دو طرف شاخص ۵درجه و ۱۵ دقیقه قرائت شده. فاصله افقی دوربین تا شاخص چقدر است؟

سؤالات چهارگزینه‌ای

- ۴- برای محاسبه فاصله افقی بین ایستگاه استقرار و نقطه‌ای مشاهدات بدین ترتیب می‌باشد :
تار بالا ۱۷۴° ، تار وسط ۱۶۰° ، ارتفاع دستگاه ۱/۵ متر ، زاویه افقی ۱۲۷° درجه و زاویه قائم ۹۰°

درجه. فاصله افقی کدام گزینه است؟

۱) ۲۸ (۲) ۱۰ (۳) ۱/۴ (۴) اطلاعات مسأله کافی نیست

۵- در روش پارالاکتیک قرائت زاویه افقی به یک طرف شاخص ۲۵ درجه و ۱۲ دقیقه و ۱۰

ثانیه و طرف دیگر ۳۹ درجه و ۱۰ دقیقه و ۱۱ ثانیه می باشد، فاصله افقی چند متر است؟

۱) ۷/۴۵ (۲) ۸/۴۵ (۳) ۷/۱۶ (۴) ۸/۱۶

مسائل عددی

۶- در یک برداشت استادیومتری قرائت ها به شرح زیر است :

$2579^{mm} \rightarrow$ قرائت تار بالا

$2379^{mm} \rightarrow$ قرائت تار وسط

$2179^{mm} \rightarrow$ قرائت تار پایین

در صورتی که قرائت لمب قائم $307/41$ گراد و ارتفاع دستگاه $1/38$ متر باشد، شیب امتداد

AB را بر حسب درصد به دست آورید.

۷- در اندازه گیری یک فاصله به روش استادیومتری از ایستگاه S قرائت ها روی نقاط A و B به

شرح زیر است. هرگاه ارتفاع نقطه A برابر $1547/00$ متر فرض شود، ارتفاع نقطه B چقدر است؟

زاویه شیب	تار بالا	تار وسط	تار پایین	ایستگاه شاخص	ایستگاه دوربین
$-4^{\circ} 10' 20''$	۳/۳۵۸	۲/۷۵۰	۲/۱۴۲	A	S
$+3^{\circ} 8' 15''$	۳/۴۳۵	۳/۱۱۵	۲/۷۹۵	B	

۸- یک دستگاه استادیومتری بین دو نقطه P و Q و در راستای خط واصل بین آنها مستقر شده

و مشاهدات زیر روی یک شاخص قائم انجام شده است.

قرائت تار وسط	فاصله استادیومتری	زاویه شیب خط قراولروی	ایستگاه شاخص
۲/۱۰۵	$2/250^{\circ}$	$9^{\circ} 30'$	P
۱/۸۷۵	$2/055$	$6^{\circ} 00'$	Q

طول PQ و ارتفاع نقطه Q را تعیین کنید. ارتفاع نقطه P $35^\circ/5^\circ$ متر است.

۹- فاصله افقی دوربین تا کثومتري برابر 15° متر و زاویه قائم امتداد شبانه روزی 10° گراد

است. ارتفاع دوربین 15° میلی متر و ارتفاع نقطه نشانه روی $2/5$ متر است.

اختلاف ارتفاع محل مسیر نسبت به محل دوربین کدام است؟

۱۰- یک دستگاه تا کثومتري در ایستگاه A مستقر شده و با آن به شاخص قائمی که در نقطه B

قرار دارد، نشانه روی شده است. اگر شیب خط AB برابر 8% و زاویه شیب قراولروی 5° ، قرائت تار

وسط $1/91$ متر و ارتفاع دستگاه $1/51$ متر باشد، فاصله افقی خط AB چقدر است؟

۱۱- در یک عملیات استادیومتري، از یک تئودولیت مستقر در ایستگاه A به شاخص مدرجی

که در نقطه B به طور قائم نگه داشته شده است، نشانه روی شده است و قرائت های زیر انجام گرفته

است. در صورتی که ارتفاع دوربین در نقطه A برابر $1/52$ متر باشد اختلاف قرائت تارهای رتیکول

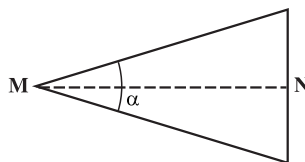
بالا و پایین روی شاخص چقدر خواهد بود؟

اختلاف ارتفاع	زاویه قائم	تار پایین	تار وسط	تار بالا	نشانه روی
$-4/00$	$95^\circ 30'$	؟	2120	؟	B

۱۲- جهت محاسبه فاصله افقی MN به روش پارالاکتیک زاویه یاب را بر روی نقطه M مستقر

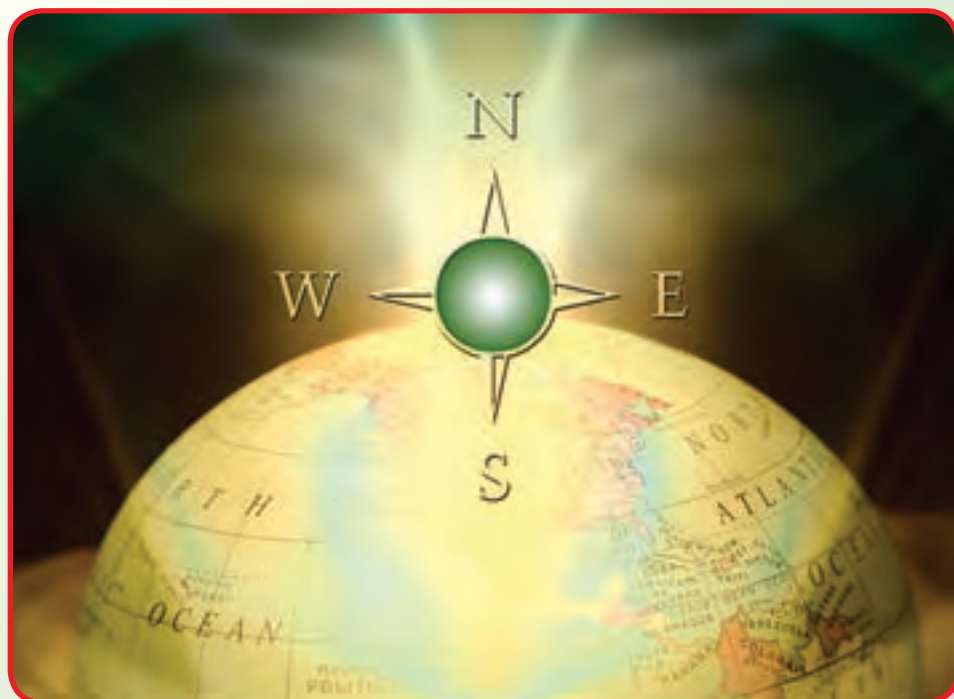
کرده و شاخص مخصوص که طول آن ۲ متر است را به صورت افقی روی نقطه N قرار می دهیم. زاویه

$\alpha = 2^\circ 19' 20''$ قرائت شده است فاصله MN را بر حسب متر به دست آورید.



فصل
چهارم

تعیین موقعیت و امتدادهای مبنا



هدف‌های رفتاری

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

- ۱- سطوح مبنایی زمین را نام برده، تفاوت آنها را بیان کند.
- ۲- تعیین موقعیت جهانی را تعریف کند.
- ۳- نقاط کنترل و شبکه نقاط کنترل را تعریف کند.
- ۴- انواع امتدادهای مبنا در نقشه‌برداری را نام برده، تفاوت آنها را بیان نماید.
- ۵- ژیزمان یک امتداد را تعریف نموده، رابطه آن با ژیزمان معکوس را بنویسد.
- ۶- زاویه حامل یک امتداد را تعریف نماید.
- ۷- ژیزمان یک امتداد را که مختصات دو سر آن معلوم است، محاسبه نماید.
- ۸- با معلوم بودن ژیزمان یک ضلع چند ضلعی با زوایای معلوم، ژیزمان بقیه اضلاع را محاسبه نماید.

مطالب پیش نیاز

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

- ۱- آشنایی با فصول ۱، ۲ و ۳ کتاب «روش‌های تعیین موقعیت»
- ۲- آشنایی با فصل پنجم کتاب «هندسه»
- ۳- آشنایی با دایره مثلثاتی و ربع‌های آن در کتاب «ریاضی ۲ و ۳»

تعیین موقعیت



مفاهیم کلیدی

امتداد مبنا
Refrence Line
سطح مبنا
Datum
تعیین موقعیت
Positioning
تعیین موقعیت محلی
Local Positioning
تعیین موقعیت جهانی
Global Positioing
سیستم مختصات
Coordinate System
ژیزمان
Gisement
آزیموت
Azimuth
زاویه حامل
Bearing

مقدمه

همه ما در زندگی روزمره برای نشان دادن موقعیت یک نقطه، از مطالب ریاضی استفاده می‌کنیم. به عنوان مثال بر دیوارهای کلاس هنرستانی که در آن هستید، اجسامی نصب یا آویخته شده‌اند که هر کدام در موقعیت مخصوص قرار دارند و هنگام نصب آنها به این موقعیت‌ها توجه شده است. به فرض در نصب تخته سیاه کلاس فاصله کناره‌ها با کف یا سقف و دیوارهای جانبی و قرار داشتن در جلوی کلاس و مقدار فاصله آن تا نیمکت‌ها اندازه‌گیری شده تا در موقعیت مناسب نصب گردد.

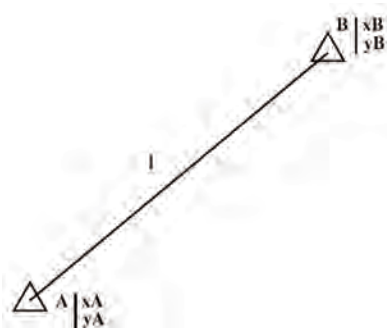
البته ممکن است قبلاً وضعیت نصب یا آویختن اجسام را بر روی کاغذ نشان دهیم که این کار مستلزم اندازه‌گیری و ترسیم ابعاد دیوار بر روی کاغذ است. بنابراین برای تعیین موقعیت هر جسم و یا یک محیط مشخص کافی است با تعریف یک سری نقاط مختصات دار در یک سیستم مختصات معین آنها را تعیین مکان و مشخص کنیم.

بیشتر بدانیم

Surveying can be defined as the acquiring and/or accumulation of qualitative information and quantitative data by observing, counting, classifying, and recording to need

نقشه برداری یعنی: به دست آوردن و جمع‌آوری داده‌های کمی و کیفی از طریق اندازه‌گیری، برآورد، طبقه‌بندی و ثبت مختصات مورد نیاز.

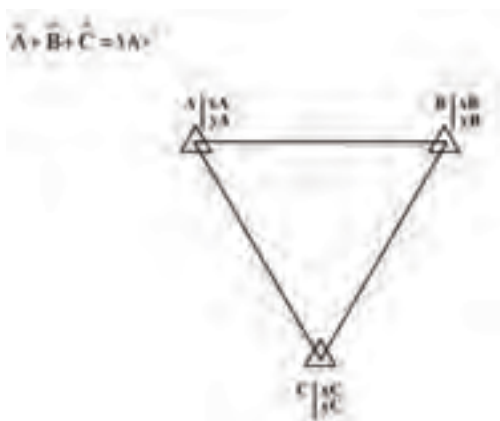
سطوح مبنای زمین: از نظر ریاضی هر تابع، فرمول و مدل ریاضی مکانی در یک فضای مناسب تعریف می‌شود که به آن سطح مبنای (دیتوم datum) می‌گویند. به عنوان مثال فاصله بین دو



نقطه مختصات دار از معادله زیر محاسبه می شود. این رابطه به عنوان یک مدل ریاضی فقط برای نقاط موجود در یک صفحه صادق است بنابراین در اینجا صفحه، سطح مبنای محاسباتی معادله فاصله نقاط می باشد :

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

شکل ۴-۱- مدل ریاضی طول بین دو نقطه



شکل ۴-۲- مدل ریاضی مجموع زوایای داخلی یک مثلث

یا در حالتی که می گوئیم جمع زوایای داخلی یک مثلث برابر 180° درجه $(\hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ)$ است. این رابطه نیز یک مدل ریاضی است که فقط روی یک صفحه افقی صادق است. زیرا بر روی سطوح منحنی شکل (مثل سطوح کروی و بیضوی) می توان مثلی در نظر گرفت که جمع زوایای آن کمتر و یا بیشتر از 180° درجه و یا حتی 270° درجه باشد. بنابراین قبل از تعریف هر رابطه یا فرمول ریاضی بایستی سطح مبنا یا دیتوم آن مشخص گردد.

در نقشه برداری تمام اندازه گیری ها و مشاهدات در روی سطح طبیعی زمین (و یا نزدیک آن) انجام می گیرد اما سطح زمین یک صفحه افقی نیست و حتی به شکل یک کره هم نیست، به عبارتی دارای شکل هندسی خاصی نیست و فرمول ریاضی ندارد. بنابراین قبل از انجام هرگونه محاسبه ای بر روی مشاهدات و اندازه گیری های حاصل از نقشه برداری باید برای زمین سطح مبنایی را مشخص کرد، به طوری که روابط و فرمول هایی که برای محاسبات به کار می بریم در این سطح مبنا صدق کند.

برای زمین سطوح مبنای مختلفی تعریف شده است. از جمله سطوح مبنایی زمین و مهم ترین آنها می توان به سطح مستوی (صفحه) افقی، سطح ژئوئید و سطح بیضوی اشاره کرد. که سطح مستوی



شکل ۴-۳- شکل طبیعی سطح زمین (چپ)، سطح متوسط آبهای آزاد یا ژئوئید به عنوان سطح مبنای ارتفاعی (وسط)، و بیضوی دورانی به عنوان سطح مبنای مسطحاتی (راست)

و سطح بیضوی را سطح مبنای مسطحاتی و ژئوئید را سطح مبنای ارتفاعی در نظر گرفته اند، مثلاً در نقشه برداری در زمین های کم وسعت می توان سطح زمین را یک سطح افقی در نظر گرفت و در نتیجه موقعیت مسطحاتی نقاط را با توجه به روابط ریاضی و هندسی حاکم بر یک صفحه افقی محاسبه نمود. اما در حالت کلی تر و در نقشه برداری از زمین های وسیع تر، دیگر نمی توان از این سطح مبنا برای محاسبه موقعیت مسطحاتی نقاط استفاده کرد، سطح مبنایی که در این حالت در نظر گرفته می شود یک بیضوی است که با ابعاد مشخص برای منطقه مورد نظر تعریف می شود و از آن جایی که بیضوی نیز دارای روابط ریاضی مشخص است می توان با استفاده از آن، روابط موقعیت مسطحاتی نقاط را تعیین کرد.

بیشتر بدانیم

بر اساس همایش نقشه برداری و سیستم تصویر انجمن نقشه برداری در سال ۱۹۸۴، نقشه برداری این گونه تعریف شده است :
به دست آوردن و جمع آوری اطلاعات کیفی و داده های کمی از طریق اندازه گیری، برآورد، طبقه بندی و ثبت مختصات مورد نیاز.
این تعریف دارای دو فعالیت اساسی است. یکی اندازه گیری داده های بین عوارض موجود (مثل اندازه گیری طول و زاویه در پیمایش) و دیگری پیاده کردن عوارض روی زمین (مثل پیاده کردن مسیر محور اصلی یک بزرگراه و یا پیاده کردن پلان یک ساختمان)

تعیین موقعیت جهانی : منظور از تعیین موقعیت جهانی (Global positioning) در نقشه برداری عبارت است از مشخص کردن مختصات هر نقطه دلخواه روی زمین 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.

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

— مبدأ سیستم کجاست؟

— محورهاى سیستم نسبت به هم چگونه اند؟

— محورهاى 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؟

با پاسخ دادن به سؤالات فوق سیستم مختصات تعریف می شود و با توجه به هدفی که از مختصات دنبال می شود، سیستم مورد نظر تعریف می شود. مثلاً چنانچه هدف تعیین مختصات جهانی نقاط باشد باید سیستم مختصات را طوری تعریف کرد که برای تمام نقاط واقع در سطح کره زمین بتوان مختصات نقاط را در این سیستم مشخص نمود. به عبارتی منظور از تعیین موقعیت جهانی این است که مختصات همه نقاط واقع در سطح زمین را در یک سیستم مختصات واحد تعیین کنیم که مبدأ این سیستم را معمولاً در مرکز زمین در نظر می گیرند.

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

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 بالاخره اگر طول، عرض و ارتفاع (x, y, z) هر سه معلوم شده باشد به آن شبکه سه بعدی می گویند. البته معمولاً شبکه های ارتفاعی منطبق بر شبکه نقاط کنترل مسطحاتی است ولی در برخی پروژه ها که صرفاً تعیین موقعیت ارتفاعی نقاط مورد نظر است تنها شبکه ارتفاعی را طراحی می کنند.

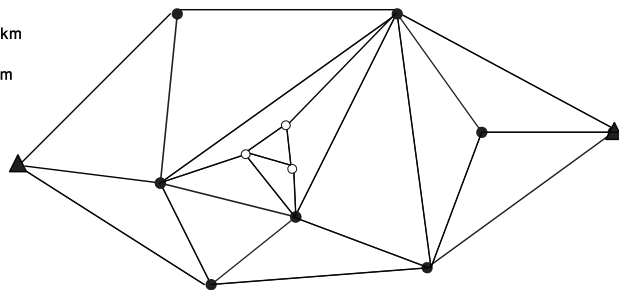
بر حسب وسعت منطقه شبکه هایی با درجات متفاوت در زمین احداث می کنند. اولین شبکه که

اصطلاحاً شبکه درجه یک نامیده می‌شود کل کشور را پوشش می‌دهد. درون شبکه‌های درجه یک، شبکه‌های فرعی کوچکتری به نام شبکه‌های درجه دو و سه ایجاد می‌کنند. شبکه‌های درجه دو متکی به نقاط شبکه درجه یک و شبکه درجه سه متکی به نقاط درجه یک و دو می‌باشد. شکل (۴-۴)

▲ شبکه درجه یک 250km

● شبکه درجه دو 50km

○ شبکه درجه سه 5km



شکل ۴-۴- شبکه

همانطور که در کتاب مساحی خواندید، برای تعیین دقیق موقعیت ارتفاعی نقاط در زمین‌های نسبتاً هموار از ترازبایی هندسی و در زمین‌های ناهموار با شیب زیاد از ترازبایی مثلثاتی استفاده می‌گردد. همچنین برای تعیین دقیق موقعیت دو بعدی نقاط یک شبکه از روش‌های مختلفی از قبیل پیمایش، مثلث بندی، تقاطع، ترفیع و نقشه برداری ماهواره‌ای استفاده می‌شود که با روش پیمایش و نقشه برداری ماهواره‌ای در فصل بعدی آشنا خواهید شد.

بیشتر بدانیم

نقشه برداری و کمی خنده!!!

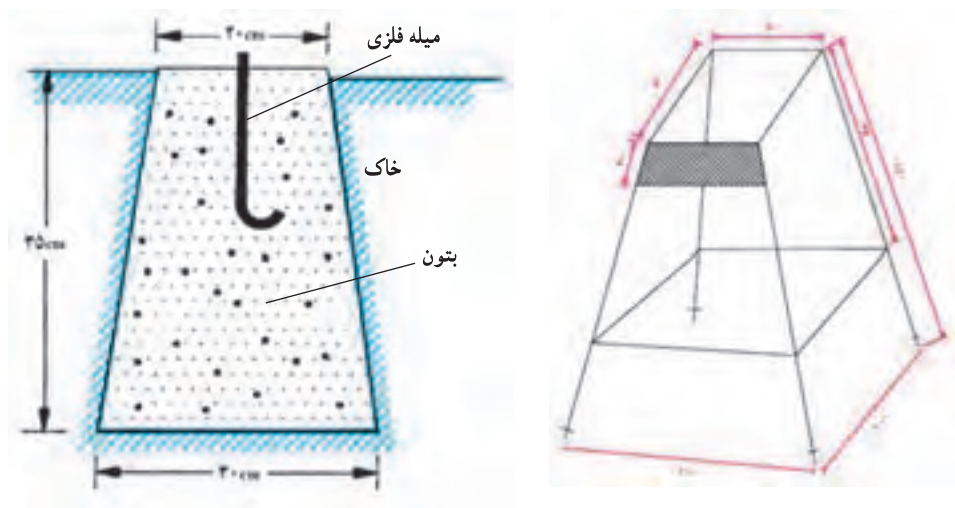


ساختمان شبکه نقاط کنترل: چون این نقاط نقش کنترل کننده را دارند باید طوری انتخاب شوند که:

– با روش های مناسب بتوان مختصات آنها را تعیین کرد؛

– برای مدت طولانی تثبیت و حفظ گردند؛

به منظور تثبیت نقاط کنترل و جلوگیری از جابه جایی محل این نقاط در روی زمین و همچنین دوام و ماندگاری آنها در طول پروژه، نقاط کنترل را در روی زمین معمولاً توسط یک سکوی بتنی مشخص می کنند و برای تعیین محل دقیق نقطه از یک میله آهنی که در وسط این سکوی بتنی کار گذاشته می شود استفاده می کنند. مطابق استاندارد تعریف شده این سکوی بتنی باید ساختمانی مشخص و محکم داشته باشد. علاوه بر آن ایستگاه های کنترل بایستی به ترتیبی مناسب شماره گذاری گردند تا در صورت خرابی و از بین رفتن، امکان شناسایی و بازسازی آنها وجود داشته باشد.



شکل ۴-۵- نمونه ای از استاندارد ساختمان نقاط BM

۴-۱- امتدادهای مبنا در نقشه برداری

به منظور توجیه نقشه در منطقه و یا برای مشخص نمودن موقعیت یک امتداد هنگام نقشه برداری در منطقه لازم است که زاویه بین امتدادهای زمینی را با یک امتداد مبنا (Refrence line) به دست آورد. از امتدادهایی که در نقشه برداری به عنوان امتداد مبنا (مقایسه) در نظر گرفته می شوند، می توان امتداد نصف النهار جغرافیایی محل، امتداد نصف النهار مغناطیسی محل و امتداد

شمال شبکه یا محور Yها در صفحه نقشه را نام برد.

انواع امتداد مبنا :

در نقشه برداری معمولاً با سه نوع امتداد مبنا سروکار داریم : شمال حقیقی، شمال مغناطیسی و شمال شبکه. در زیر با تعاریف و کاربرد هر یک آشنا می شویم.



شکل ۴-۶ کره زمین به همراه
نصف النهارات و جهت شمال حقیقی

الف) شمال حقیقی (جغرافیایی) : هرگاه هر یک از نقاط روی سطح زمین را به سوی مرکز قطب شمال کره زمین امتداد دهیم، سمتی پدید می آید که به آن شمال حقیقی یا جغرافیایی می گویند. به عبارت دیگر شمال جغرافیایی هر نقطه روی سطح زمین امتداد نصف النهار گذرنده از آن نقطه به سمت قطب شمال می باشد. شمال جغرافیایی را معمولاً روی نقشه با (True North) TN مشخص می سازند.

بیشتر بدانیم



تعیین قبله مسجد جامع اصفهان یکی از کارهای
شیخ بهایی مهندس ایرانی قرن یازدهم هجری قمری
است.

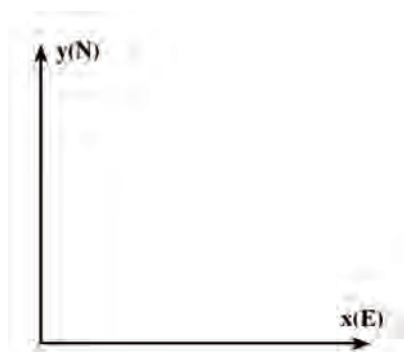
می توانید توضیح دهید که او چگونه جهت قبله
را تعیین کرده است؟

ب) شمال مغناطیسی : جهتی را که عقربه قطب نما در یک نقطه نشان می دهد جهت شمال مغناطیسی گویند. به عبارت دقیق تر زمین به دلیل حرکت دورانی دائم به دور محورش یک میدان مغناطیسی ایجاد می کند که باعث انحراف عقربه قطب نما به سمت شمال - جنوب می شود. دلیل این امر

آن است که در آهن ربا قطب‌های غیر همنام یکدیگر را جذب می‌کنند. شمال مغناطیسی را با علامت (MN) (Magnetic North) نشان می‌دهند.



شکل ۴-۷- قطب‌نما



شکل ۴-۸- شمال شبکه

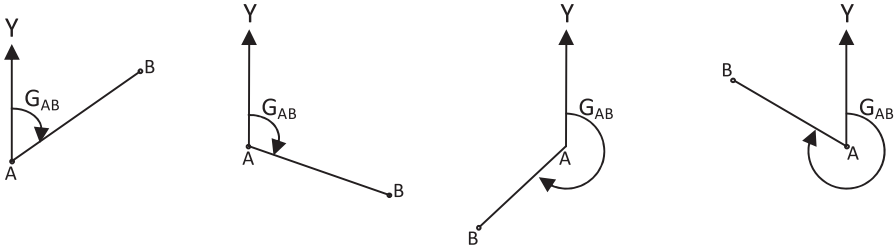
ج) شمال شبکه: جهت مثبت محور Y ها را در نقشه شمال شبکه گویند. به عبارت دیگر امتداد شمالی شبکه متعامد روی نقشه را شمال شبکه می‌نامند. در روی نقشه شمال شبکه را با علامت (GN) (Grid North) نشان می‌دهند.

۴-۲- ژیزمان

همانطور که گفتیم برای تعیین جهت (سمت) یک امتداد در روی زمین باید زاویه بین این امتداد و یک امتداد مبنا را اندازه‌گیری کرد. چنانچه امتداد مبنا را شمال شبکه در نظر گرفته و زاویه بین شمال شبکه و امتداد زمینی را در جهت عقربه‌های ساعت اندازه‌گیری کنیم به زاویه حاصل ژیزمان

(Gisement) گویند. بنابراین :

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



۴-۹- ژیزمان امتداد AB را در چهار وضعیت مشاهده می‌کنید

بنابراین در تعریف ژیزمان سه نکته اساسی را باید در نظر گرفت :

- ۱- ژیزمان یک زاویه افقی بین یک امتداد مبنا و امتداد مورد نظر است؛
- ۲- مبدأ اندازه‌گیری (امتداد مبنا) ژیزمان همواره شمال شبکه (محور Y نقشه) است؛
- ۳- ژیزمان در جهت حرکت عقربه‌های ساعت اندازه‌گیری می‌شود.

بیشتر بدانیم

اسطرلاب : این دستگاه به معنی آینهٔ نجوم است و ستاره‌یاب نام دارد.

از اسطرلاب برای مطالعات و محاسبات کارهای نجومی و نقشه‌برداری از قبیل :

۱- پیدا کردن ارتفاع و زاویهٔ خورشید

۲- تعیین محل ستارگان و سیارات

۳- به‌دست آوردن طول و عرض جغرافیایی محل

۴- به‌دست آوردن ارتفاع کوه‌ها و پهنای رودخانه‌ها

و ...

۵- تعیین ساعت طلوع و غروب ستارگان و تعیین

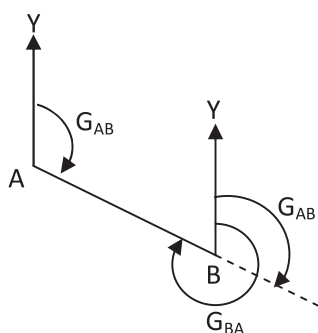
ساعات نماز استفاده می‌شده است.



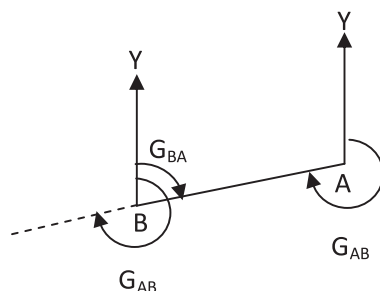
ژیزمان معکوس : در صورتی که ژیزمان امتدادی چون AB معلوم فرض شود (G_{AB}) ژیزمان معکوس آن را به صورت ژیزمان BA خوانده و به شکل G_{BA} نشان می‌دهیم که مقدار آن از رابطه زیر قابل محاسبه است :

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

که در این رابطه چنانچه G_{AB} کوچکتر از 180° باشد از علامت + و در صورتیکه G_{AB} مساوی و یا بزرگتر از 180° باشد از علامت - استفاده می‌شود.



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



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

شکل ۴-۱- ژیزمان معکوس

مثال ۴-۱ : محاسبه ژیزمان معکوس یک امتداد با معلوم بودن ژیزمان امتداد

ژیزمان امتداد AB برابر $187^\circ 25' 30''$ می‌باشد، ژیزمان معکوس امتداد AB چند

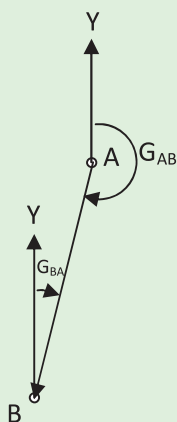
درجه است؟

راهکار کلی : از رابطه گفته شده در بالا استفاده کرده و

با توجه به اینکه ژیزمان امتداد AB از 180° درجه بیشتر است از

علامت منفی در این رابطه استفاده می‌شود.

روش حل :



$$G_{AB} > 180^\circ \rightarrow$$

$$G_{BA} = G_{AB} - 180^\circ \rightarrow$$

$$G_{BA} = 187^\circ - 25' 30'' - 180^\circ = 7^\circ 25' 30'' \rightarrow$$

بحث و بررسی : در مثال بالا چنانچه زاویه بر حسب گراد باشد باید در رابطه به جای 18° از 200 استفاده نمود به عبارتی در حالت گرادی داریم :

$$G_{BA} = G_{AB} \pm 200$$

بیشتر بدانیم

نکات مهم کاربرد اسطرلاب :

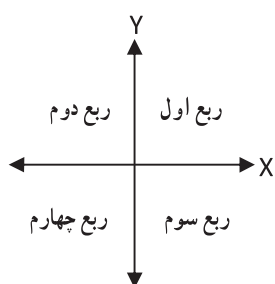
۱- از مزایای این دستگاه این است که در هنگام استفاده از آن هیچ احتیاجی به دانستن فرمول‌های ریاضی نیست.

۲- تعیین حدود اراضی و نقشه‌برداری و پیاده‌کردن مسیر راه قنات‌ها و حفر معادن و تعیین مسیر درونی آنها از جمله کارهایی است که اسطرلاب را برای آن می‌ساختند.

۳- اسطرلاب راهنمای بسیار مفید و با ارزشی در عمل مسیریابی در بیابان‌ها بوده و مخصوصاً برای جهت‌یابی در دریانوردی به کار می‌رفته است.

محاسبه ژیزمان از مختصات مسطحاتی : تا اینجا با مفهوم ژیزمان و ژیزمان معکوس یک امتداد آشنا شدید، در این قسمت محاسبه مقدار ژیزمان یک امتداد از مختصات مسطحاتی دو نقطه - که روی این امتداد قرار دارند - شرح داده می‌شود.

ابتدا مطالبی پیش نیاز که برای فهم مطلب نیاز است بیان می‌شود :



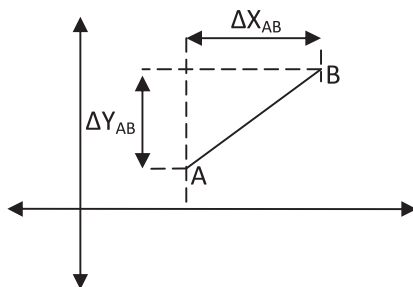
همانطور که در شکل مشاهده می‌کنید محورهای مختصات

فضای صفحه را به چهار قسمت تقسیم می‌کنند که در نقشه‌برداری به نام ربع یک تا چهار نام‌گذاری می‌شود. بنابراین هر امتداد با توجه به مختصات نقاط ابتدا و انتهای آن در یک ناحیه قرار می‌گیرد :

مطابق شکل فرض کنید مختصات دکارتی (کارتزین) دو

بعدی دو نقطه A و B معلوم باشد و آنها را با (X_A, Y_A) و (X_B, Y_B)

نمایش دهیم. بنابراین می‌توان نوشت :



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

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

بنابراین می‌توان چهار حالت زیر را در نظر گرفت :

(الف) چنانچه $\Delta x > 0, \Delta y > 0$ ، امتداد در ربع اول قرار دارد.

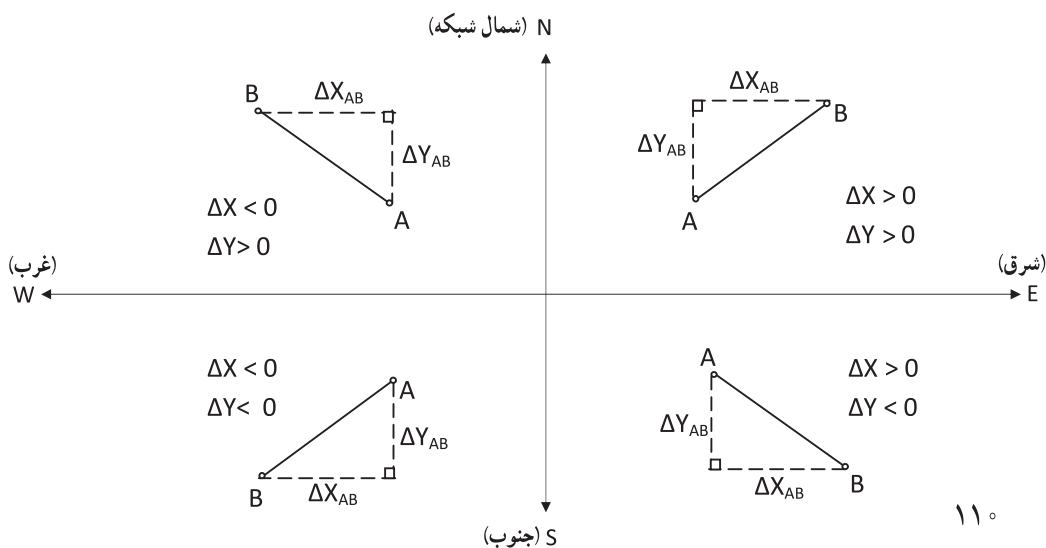
(ب) چنانچه $\Delta x > 0, \Delta y < 0$ ، امتداد در ربع دوم قرار دارد.

(ج) چنانچه $\Delta x < 0, \Delta y < 0$ ، امتداد در ربع سوم قرار دارد.

(د) چنانچه $\Delta x < 0, \Delta y > 0$ ، امتداد در ربع چهارم قرار دارد.

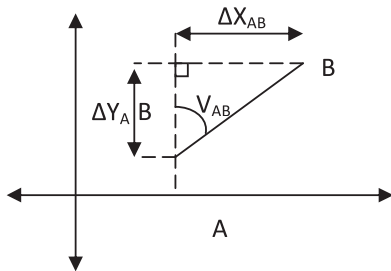
و یا به طور خلاصه :

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



تعیین جهت شمال با ساعتِ مچی (در روز): ساعتِ مچی معمولی (آنالوگ، عقربه‌ای) را به حالت افقی طوری در کف دست نگه می‌داریم که عقربهٔ ساعت‌شمار به سمت خورشید اشاره کند. در این حالت، نیمسازِ زاویه‌ای که عقربهٔ ساعت‌شمار با عدد ۱۲ ساعت می‌سازد (زاویهٔ کوچکتر، نه بزرگتر)، جهت جنوب را نشان می‌دهد. یعنی مثلاً اگر چوب‌کبریتی را [به طور افقی] در نیمهٔ راه میان عقربهٔ ساعت‌شمار و عدد ۱۲ ساعت قرار دهید، به طور شمالی - جنوبی قرار گرفته‌است.

ابتدا کوچکترین زاویه‌ای را که یک امتداد با محور Y ها می‌سازد محاسبه می‌کنیم به این زاویه اصطلاحاً زاویه حامل (Bearing) می‌گویند و آن را با V نمایش می‌دهند. برای محاسبه زاویه حامل بدون در نظر گرفتن علامت ΔX_{AB} و ΔY_{AB} مقادیر آنها را در رابطه زیر قرار داده و زاویه حامل امتداد را محاسبه می‌کنیم:



با توجه به شکل مقابل داریم:

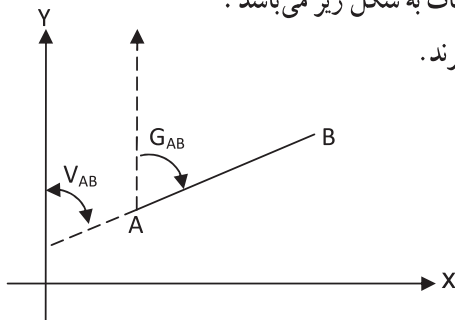
$$\tan V_{AB} = \left| \frac{\Delta X_{AB}}{\Delta Y_{AB}} \right| \rightarrow$$

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

سپس با توجه به اینکه امتداد مورد نظر در چه ربعی واقع شده (با توجه به علامت Δx و Δy) و با در نظر گرفتن رابطه زاویه حامل و ژیزمان در آن ربع، می‌توان ژیزمان امتداد را مطابق موارد زیر به‌دست آورد:

رابطه ژیزمان و زاویه حامل در چهار ربع مختصات به شکل زیر می‌باشد:

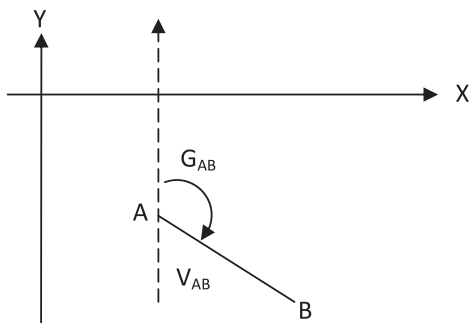
۱- در ربع اول ژیزمان و زاویه حامل با هم برابرند.



$$\left. \begin{array}{l} \Delta X_{AB} > 0 \\ \Delta Y_{AB} > 0 \end{array} \right\} \text{ امتداد در ربع اول قرار دارد}$$

$$G_{AB} = V_{AB}$$

۲- اگر امتدادی در ربع دوم باشد، بین ژیزمان و زاویه حامل رابطه زیر برقرار است :

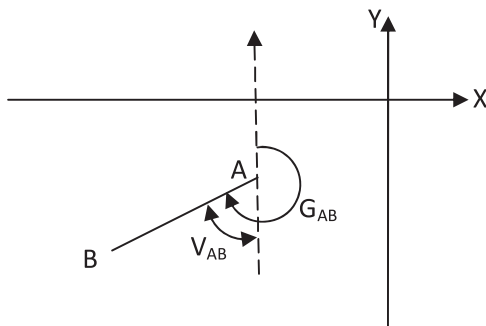


$$\left. \begin{array}{l} \Delta X_{AB} > 0 \\ \Delta Y_{AB} < 0 \end{array} \right\} \text{ امتداد در ربع دوم قرار دارد}$$

$$G_{AB} = 180^\circ - V_{AB}$$

۳- اگر امتدادی در ربع سوم باشد، بین ژیزمان و زاویه حامل در این حالت رابطه زیر برقرار

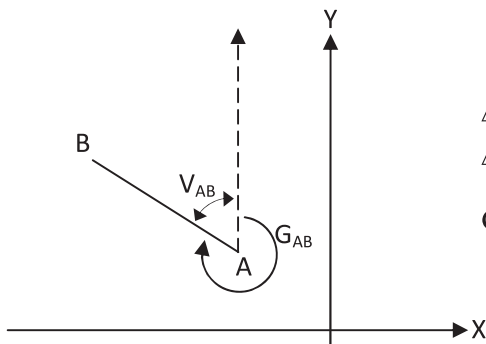
است :



$$\left. \begin{array}{l} \Delta X_{AB} < 0 \\ \Delta Y_{AB} < 0 \end{array} \right\} \text{ امتداد در ربع سوم قرار دارد}$$

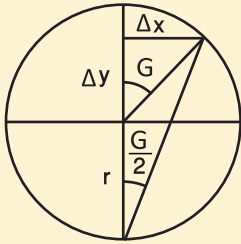
$$G_{AB} = 180^\circ + V_{AB}$$

۴- اگر امتدادی در ربع چهارم باشد، بین ژیزمان و زاویه حامل رابطه زیر برقرار است :



$$\left. \begin{array}{l} \Delta X_{AB} < 0 \\ \Delta Y_{AB} > 0 \end{array} \right\} \text{ امتداد در ربع چهارم قرار دارد}$$

$$G_{AB} = 360^\circ - V_{AB}$$



تعیین جهت شمال با ستاره قطبی (در شب) :
یک راه دیگر محاسبه ژیزمان بدون نیاز به روش
زاویه حامل، رابطه زیر می باشد.

$$G = \tau \tan^{-1} \left(\frac{\Delta x}{\Delta y + r} \right)$$

$$r = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

مثال ۴-۲ : محاسبه ژیزمان یک امتداد از روی مختصات

دو نقطه $A (1000, 1000)$ و $B (1500, 2000)$ در روی امتدادی قرار دارند،
مطلوب است محاسبه

الف) ناحیه (ربعی) که امتداد گذرنده از AB در آن قرار دارد

ب) زاویه حامل امتداد AB

ج) ژیزمان امتداد AB

راهکار کلی : همانطور که گفتیم برای تعیین ناحیه (ربعی) که یک امتداد در آن
قرار دارد کافی است به علامت های ΔX و ΔY توجه کنید.

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

زاویه حامل را از رابطه زیر می توان بدست آورد :

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

پس از محاسبه که زاویه حامل و همچنین ربعی که امتداد در آن قرار دارد را مشخص کردید می توان به راحتی ژیزمان را مطابق جدول زیر به دست آورد.

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

روش حل :

(الف)

$$\left. \begin{array}{l} \Delta X_{AB} = X_B - X_A = 1500 - 1000 = 500 \\ \Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A = 200 - 1000 = -800 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta X > 0 \text{ امتداد در ربع دوم} \\ \Delta Y < 0 \text{ مختصات قرار دارد} \end{array}$$

(ب)

$$V_{AB} = \tan^{-1} |(XB-XA)/(YB-YA)|$$

$$V_{AB} = \tan^{-1} |(1500-1000)/(200-1000)| =$$

$$\tan^{-1} |500/-800| = 32^{\circ} 00' 19.38''$$

(ج) همانطور که دیدید امتداد در ربع دوم قرار دارد پس داریم :

$$G_{AB} = 180^{\circ} - V_{AB} =$$

$$180^{\circ} - 32^{\circ} 00' 19.38'' = 147^{\circ} 59' 40.62''$$

بحث و بررسی : برای محاسبه زاویه حامل و ژیزمان بر حسب گراد کافی است

قبل از محاسبات، ماشین حساب خود را در حالت گراد قرار داده و سپس محاسبات

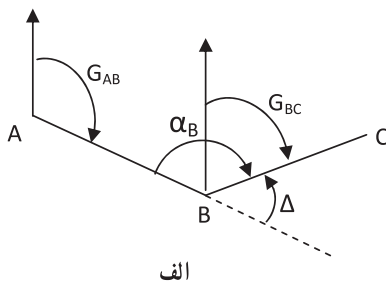
را انجام دهید، البته لازم است که به جای عدد 180° از 200° و به جای عدد 360° از 400° در رابطه ژیزمان استفاده کنید.



مسلمان‌ها برای خواندن نمازهای روزانه خود، نیازمند یافتن قبله‌اند. خانه کعبه، در شهر مکه و در کشور عربستان است به همین دلیل مسلمان‌های تمام کشورهای دنیا می‌بایست جهت قبله را بیابند. روش‌های مختلفی برای یافتن این جهت وجود دارد؛ مثل استفاده از نور آفتاب و قبله‌نما. قبله‌نما دستگاهی است که جهت قبله را نشان می‌دهد.

معمولاً قبله‌نما بر اساس قطب‌نما ساخته می‌شود. با این تفاوت که به گونه‌ای درجه‌بندی و تنظیم شده است که علاوه بر نشان دادن جهت شمال، جهت قبله را هم نشان می‌دهد. باید گفت که یافتن قبله توسط قبله‌نما به سادگی یافتن شمال و جنوب جغرافیایی نیست. برای قبله، علاوه بر داشتن یک قبله‌نما، به یک جدول هم نیاز داریم که دارای مشخصات شهری باشد که ما در آن هستیم، چون جهت قبله نسبت به جهت شمال، در نقطه‌های مختلف کره زمین، زاویه یکسانی نمی‌سازد.

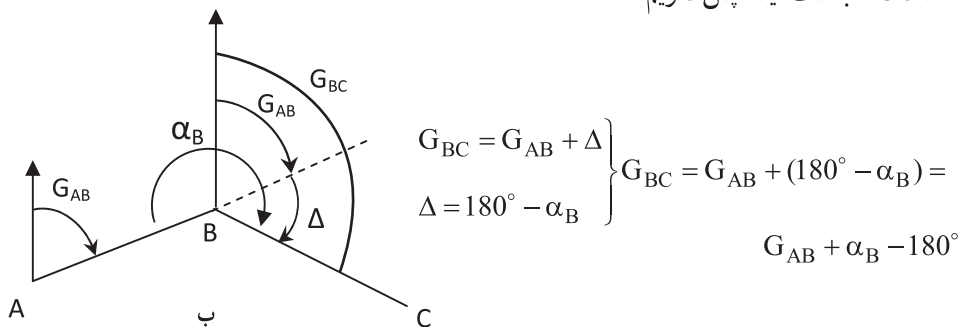
انتقال ژیزمان : دو امتداد AB و BC را مطابق شکل (الف) در نظر بگیرید در صورتی که ژیزمان امتداد AB و همچنین زاویه رأس B یعنی α_B معلوم باشد ژیزمان امتداد BC به راحتی محاسبه می‌گردد. همانطور که در شکل مشاهده می‌کنید امتداد AB که با خط چین مشخص شده است از نقطه B به اندازه زاویه انحراف Δ و در خلاف جهت عقربه‌های ساعت از جهت خود منحرف شده تا به امتداد BC تبدیل شود بنابراین کافی است که زاویه Δ را از ژیزمان AB کم کنیم تا ژیزمان امتداد BC به دست آید. زاویه انحراف Δ به راحتی از روی زاویه رأس B قابل محاسبه است به عبارتی می‌توان نوشت :



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

الف

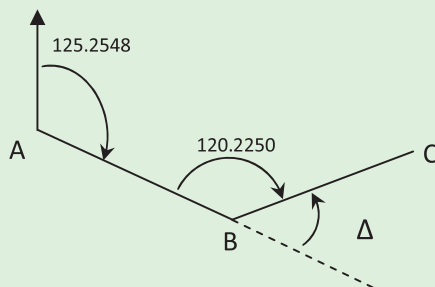
حال به شکل (ب) دقت کنید در این حالت امتداد AB که با خط چین مشخص شده است در نقطه B به اندازه زاویه Δ و در جهت عقربه‌های ساعت از جهت اولیه خود منحرف شده است تا امتداد BC حاصل شود. پس در این حالت کافی است که زاویه Δ را با ژیزمان امتداد AB جمع کنیم تا ژیزمان امتداد BC بدست آید. پس داریم :



همانطور که دیدید در هر حالت به سادگی می‌توان ژیزمان امتداد BC را از امتداد معلوم AB به دست آورد. کافی است زاویه انحراف Δ و همچنین جهت انحراف (ساعتگرد یا پادساعتگرد) را مشخص کنید.

مثال ۳-۴: تعیین ژیزمان امتداد BC با معلوم بودن ژیزمان امتداد AB :

چنانچه G_{AB} برابر $125/2548$ گراد و زاویه رأس B راستگرد و برابر $120/2250$ گراد باشد مطلوب است محاسبه ژیزمان امتداد BC. (تذکر: منظور از زاویه راستگرد یعنی اینکه هنگام مشاهده زاویه B با تتودولیت پس از صفر صفر کردن به نقطه A، در جهت عقربه‌های ساعت زاویه اندازه‌گیری شده است)



راهکار کلی : ابتدا یک کروکی برای این مثال رسم می‌کنیم و با توجه به آن
 ژیزمان را محاسبه می‌کنیم
 همانطور که ملاحظه می‌کنید این مثال شبیه حالت (الف) است
 که در آن زاویه انحراف Δ در جهت خلاف عقربه‌ها می‌باشد
 پس می‌توان نوشت :

$$G_{BC} = G_{AB} - \Delta$$

زاویه Δ هم که به راحتی از روی زاویه رأس B قابل محاسبه است، از آنجا که
 واحد زاویه گراد است داریم :

$$\Delta = 200 - \alpha_B$$

روش حل :

$$\Delta = 200 - \alpha_B = 200 - 120.2250 = 79.7750 \text{ grad}$$

$$G_{BC} = G_{AB} - \Delta = 125.2548 - 79.7750 = 45.4798 \text{ grad}$$

$$\rightarrow G_{BC} = 45.4798 \text{ grad}$$

بحث و بررسی : آیا می‌دانید می‌توان یک رابطه کلی برای محاسبه ژیزمان یک امتداد
 از روی ژیزمان امتداد قبل آن بدست آورد ؟
 در این مورد نظرات خود را ارائه دهید.

خلاصه فصل

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

● برای زمین، سطوح مبنای مختلفی تعریف شده است. از جمله سطوح مبنایی زمین و مهم ترین آنها 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 یا منحنی الخط؟

— پارامترهای تعیین موقعیت هر نقطه در این سیستم کدامند؟

— سیستم مختصات، راستگرد است یا چپ گرد؟

● منظور از نقاط کنترل در نقشه برداری، نقاطی است که مختصات مسطحاتی و یا ارتفاعی آنها و یا مختصات سه بعدی (مسطحاتی و ارتفاعی) آنها نسبت به یک سیستم مختصات مشخص دقیقاً معلوم باشد. به 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 بالاخره 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

می‌سازد و آن را با G نمایش می‌دهند.

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

- ژیزمان، یک زاویه 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 صورتیکه 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 رابطه زیر قابل محاسبه است :

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

که در این رابطه، چنانچه G_{AB} کوچکتر از 180° باشد، از علامت $+$ و در صورتی که G_{AB} مساوی و یا بزرگتر از 180° باشد، از علامت $-$ استفاده می‌شود.

● به کوچکترین زاویه‌ای که هر امتداد با محور Y ها می‌سازد، زاویه حامل آن امتداد می‌گویند که

با V نمایش داده می‌شود. برای محاسبه زاویه حامل از رابطه 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 زاویه

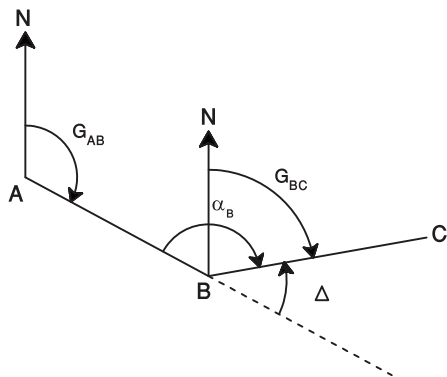
حامل امتداد را مشخص کرده و سپس با توجه به اینکه امتداد در کدام ربع مختصات قرار دارد، ژیزمان را بدست می‌آوریم.

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

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

● 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 Δ را محاسبه کرده و سپس از رابطه زیر مقدار ژیزمان امتداد را مشخص کرد.



$$G_{AB} = \text{معلوم}$$

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

خودآزمایی

سوالات تشریحی

- ۱- سطوح مبنایی زمین را نام برده، تفاوت آنها را بیان کنید.
- ۲- تعیین موقعیت جهانی را تعریف کنید.
- ۳- نقاط کنترل و شبکه نقاط کنترل را تعریف کنید.
- ۴- انواع امتدادهای مبنا در نقشه برداری را نام برده، تفاوت آنها را بیان نمایید.
- ۵- ژیزمان یک امتداد را تعریف نموده، رابطه آن با ژیزمان معکوس را بنویسید.
- ۶- زاویه حامل یک امتداد را تعریف نمایید.
- ۷- نحوه محاسبه ژیزمان یک امتداد را که مختصات دو سر آن معلوم است، شرح دهید.
- ۸- با معلوم بودن ژیزمان یک ضلع چندضلعی با زوایای معلوم، نحوه محاسبه ژیزمان بقیه اضلاع را شرح دهید.

سوالات چهارگزینه‌ای

- ۹- زاویه حامل امتداد CD برابر با $S^{\circ}4 \text{ grad} W$ می‌باشد، ژیزمان DC کدام گزینه است؟
(توضیح: $S^{\circ}4 \text{ grad} W$ یعنی زاویه حامل 40° گرادی در ربعی که شامل S (جنوب) و W (غرب) می‌باشد یعنی ربع سوم)

(۱) 240° گراد (۲) 220° درجه

(۳) 40° گراد (۴) 20° درجه

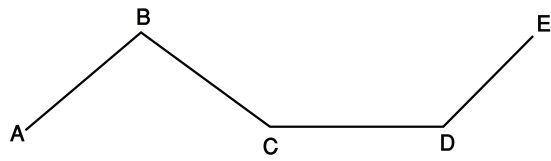
۱۰- اگر $A (1800, 1200)$ و $B (2900, 800)$ ، ژیزمان AB چند گراد است؟

(۱) $277/8$ (۲) $122/2$

(۳) $322/2$ (۴) $222/2$

مسأله عددی

- ۱۱- در شکل صفحه بعد زوایای B و C و ژیزمان‌های AB و DE داده شده‌اند. زاویه $\hat{CDE}$ چند گراد است؟



$$\hat{CBA} = 84.283\text{g}$$

$$\hat{BCD} = 141.208\text{g}$$

$$G_{AB} = 54.365\text{g}$$

$$G_{DE} = 58.641\text{g}$$

فصل

پنجم

تعیین مختصات ایستگاهی



هدف‌های رفتاری

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :
- ۱- روش تقاطع را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف نماید.
 - ۲- روش ترفیع را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف و کاربرد آن را ذکر نماید.
 - ۳- مثلث‌بندی و روش‌های آن را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف نماید.
 - ۴- روش شبکه را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف نماید.
 - ۵- پیمایش را تعریف کند.
 - ۶- تفاوت پیمایش‌های باز و بسته را بیان کند.
 - ۷- مراحل مختلف انجام عمل پیمایش را شرح دهد.
 - ۸- محاسبات پیمایش را انجام دهد.
 - ۹- جدول محاسبات پیمایش را تنظیم نماید.
 - ۱۰- خطای بست زاویه‌ای را محاسبه نماید.
 - ۱۱- حداکثر خطای مجاز بست زاویه‌ای را محاسبه کند.
 - ۱۲- خطاهای پیمایش را سرشکن کند.
 - ۱۳- مختصات تصحیح شده رؤس پیمایش را محاسبه کند.
 - ۱۴- اطلاعات بدست آمده در جدول پیمایش را کنترل کند.
 - ۱۵- روش تعیین موقعیت ماهواره‌ای را شرح دهد.

مطالب پیش نیاز

- قبل از مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :
- ۱- آشنایی با فصل ۵ کتاب «مساحی»

مقدمه



مفاهیم کلیدی

مختصات
Coordinates
ایستگاه
Station
تقاطع
Intersection
ترفیغ
Resection
مثلث بندی
Triangulation
شبکه
Network
پیمایش
Traverse
تعیین موقعیت جهانی
Global Positioning

اصولاً برای تهیه نقشه یا تصویر قائم از یک منطقه مجبور خواهیم بود تعدادی نقطه کنترل زمینی را در آن منطقه مشخص کنیم تا بتوانیم به کمک آنها عوارض مورد نیاز را از روی زمین برداشت و سپس به نقشه انتقال دهیم. به کمک این نقاط می توان نقاط مربوط به طراحی های رسم شده در روی نقشه را نیز به روی زمین منتقل نمود. این نقاط می توانند به صورت عارضه های طبیعی باشند اما با توجه به اهمیت و لزوم ماندگاری آنها، معمولاً در قالب سازه های مصنوعی و با علایم مشخصی روی زمین طبق استاندارد ساخته و تثبیت می شوند. این نقاط را شبکه نقاط کانا می نامند و برای استقرار و توجیه دستگاه های نقشه برداری از آنها استفاده می شود. در مورد این نقاط در فصل چهارم بطور مفصل صحبت شد. چنانچه با خط های فرضی این نقاط تعیین شده را به هم متصل کنیم کثیرالاضلاعی خواهیم داشت که به آن پلیگون می گویند.

با انجام مشاهدات طول و زاویه در امتداد یک پلیگون، می توان مختصات مسطحاتی نقاط کنترل را به دست آورد. همچنین با انجام ترازایی می توان مختصات ارتفاعی نقاط را به دست آورد. در نقشه برداری به این امر پیمایش گویند. پیمایش زیربنای اکثر کارهای نقشه برداری به خصوص نقشه برداری منطقه ای، کارهای ساختمانی، راه سازی، نقشه برداری کارهای کشاورزی و بالاخره نقشه برداری برای تهیه نقشه های موضوعی جهت برنامه های توسعه و عمران می باشد.

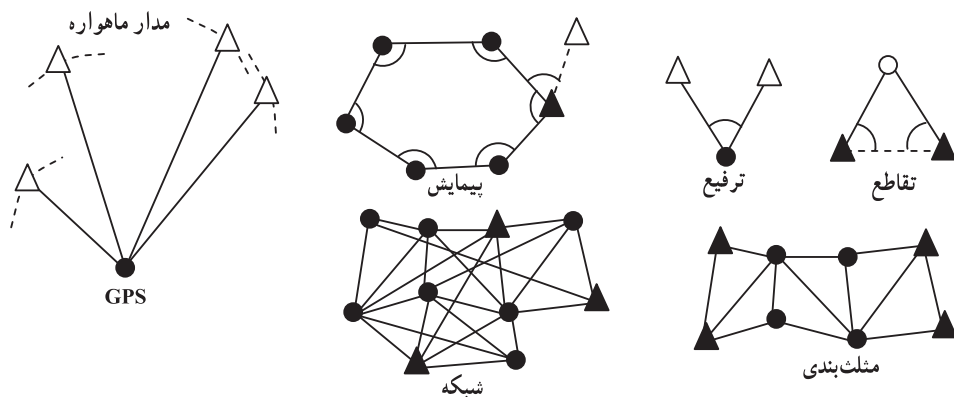
امروزه با پیشرفت فناوری تعیین موقعیت ماهواره ای، مختصات ایستگاه ها توسط سیستم GPS به صورت سه بعدی تعیین موقعیت جهانی می گردد. برای این منظور کافی است آنتن گیرنده GPS را روی نقطه مستقر کرده و مشاهدات آن را در مدت کوتاهی (بسته به دقت مورد نیاز بین چند دقیقه تا چند ساعت) جمع آوری و در نرم افزارهای مربوطه پردازش نمود. البته روی عدد ارتفاع حاصل از GPS باید تصحیحاتی اعمال نمود و برای انجام این کار هنوز نیاز به ترازایی می باشد.

در این فصل راجع به روش های تعیین مختصات ایستگاهی و به خصوص پیمایش و GPS بحث و بررسی خواهد شد.

۱-۵- روش‌های تعیین مختصات ایستگاهی

مختصات نقاط کنترل باید چند برابر دقیق‌تر از خطای مجاز نقشه مورد نظر تهیه شود، زیرا که برداشت جزئیات مورد نظر روی زمین متکی به آنها بوده و از روی این نقاط انجام می‌گیرد. چنانچه دقت کافی در مورد تعیین مختصات یک یا چند نقطه کنترل به عمل نیاید کلیه مشاهدات برداشتی در آن نقاط، خطا دار شده و در نتیجه نقشه حاصله از صحت کافی برخوردار نخواهد بود.

برای تعیین مختصات نقاط کنترل مطابق شکل ۱-۵ از اصول هندسی ساده‌ای که روش‌های معمول در نقشه‌برداری بر پایه آنها استوار شده‌اند استفاده می‌شود. در ادامه برخی از روش‌های تعیین مختصات نقاط کانونا ارائه شده‌اند که عبارت‌اند از: تقاطع، ترفیع، پیمایش، مثلث‌بندی و شبکه.



شکل ۱-۵- روش‌های تعیین مختصات نقاط ایستگاهی در نقشه‌برداری (دوایر نقاط کنترل مجهول، مثلث‌ها نقاط کنترل معلوم، دوایر و مثلث‌های توپر نقاط ایستگاه‌گذاری)

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

ترفیع: ترفیع عکس عمل تقاطع است. در این روش ایستگاه‌گذاری روی نقطه مجهول انجام شده و به نقاط با مختصات معلوم نشانه‌روی می‌کنند و مختصات نقطه مجهول را تعیین می‌نمایند.

از ترفیع معمولاً هنگامی استفاده می‌شود که موقعیت مسطحانی تعدادی از نقاط دور از دسترس معلوم است و ما بخواهیم به کمک آنها مختصات نقطه‌ای که دسترسی پذیرند را در منطقه معلوم کنیم. کاربرد عملی این روش موقعی است که هویت تمام نقاط مختصات‌دار دسترسی‌پذیر در منطقه از بین

رفته و لازم باشد تا موقعیت این نقاط را از نو تعیین و یا نقاط جدیدی را از نو شناسایی و تعیین موقعیت کنیم.

مثلث بندی: منظور از مثلث بندی تعیین مختصات مسطحاتی تعدادی از نقاط کانوای نقشه برداری است. این نقاط مجموعاً تعدادی مثلث متصل به هم را تشکیل می دهند که با اندازه گیری طول یک یا دو ضلع از این مجموعه مثلث و نیز اندازه گیری کلیه زوایا می توان مختصات رأس مثلث ها را تعیین کرد.

معمولاً مثلث بندی به سه روش سه ضلع بندی، سه زاویه بندی یا تلفیقی انجام می شود. در گذشته به دلیل بالا بودن دقت قرائت زوایا توسط دستگاه های نقشه برداری و نبود دقت کافی در اندازه گیری طول ها از روش سه زاویه بندی استفاده می شد اما امروزه با داشتن دوربین های پیشرفته نقشه برداری و دارا بودن دقت بالا در اندازه گیری طول ها، عمل مثلث بندی به روش تلفیقی یا سه ضلع بندی انجام می شود.

هنگامی که منطقه عملیات به قدری بزرگ باشد که افزایش تعداد نقاط شبکه باعث ازدیاد خطا و در نتیجه کم شدن دقت شود و یا هنگامی که تعیین نقاط کنترل برای انجام پروژه های بزرگ در مناطق وسیع لازم باشد، روش مثلث بندی نسبت به روش های دیگر مانند پیمایش ارجحیت دارد.

بیشتر بدانیم



نمایی از یک ایستگاه تعیین موقعیت دائمی با GPS

شبکه: در صورتی که برای انجام مشاهدات طول و زاویه مانند روش مثلث‌بندی، تشکیل مثلث‌های متصل به هم الزامی نباشد و بتوان طول بین هر دو نقطه دلخواه و زاویه بین هر سه نقطه دلخواه را مشاهده نمود، به آن روش شبکه گویند. تعداد مشاهدات و پیچیدگی محاسبات در روش شبکه بیشتر از روش مثلث‌بندی بوده و معمولاً در پروژه‌های حساس مانند تعیین موقعیت و جابجایی سنجی پل‌ها، تونل‌ها و سدها که به پروژه‌های میکروژئودزی معروف است و به دقت‌های بسیار بالایی نیاز است از این روش استفاده می‌کنند. لازم به ذکر است که اصولاً هزینه انجام مثلث‌بندی و شبکه بیش از پیمایش است و به علاوه در اراضی جنگلی به دلیل محدودیت دید این روش کارایی ندارد. بنابراین در غیر موارد فوق می‌توان از پیمایش به عنوان یک روش کارساز و مؤثر استفاده کرد.

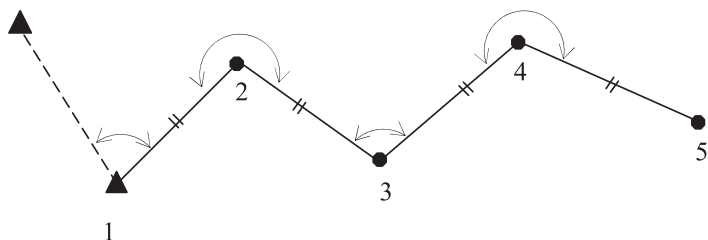
۵-۲- پیمایش (Traverse)

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 به هم وصل کنید، در این حالت یک چند ضلعی روی زمین ایجاد می‌شود. حال اگر با استفاده از روش‌های دقیق نقشه‌برداری، طول اضلاع این چند ضلعی و همچنین همه زوایای رئوس آن اندازه‌گیری شود، به این عمل پیمایش گویند و به نقاط ایجاد شده ایستگاه پیمایش (Traverse station) گویند. در واقع پیمایش یکی از روش‌های تعیین مختصات دو بعدی نقاط (x, y) می‌باشد که در آن با استفاده از نقاط معلوم و انجام مشاهدات زمینی بین نقاط مجهول (اندازه‌گیری طول و زاویه) و در نهایت انجام یک سری محاسبات، می‌توان مختصات نقاط مجهول را در سیستم مختصات نقاط معلوم، به دست آورد.

در پیمایش برای اینکه بتوان ابتدا سیستم مختصات دو بعدی مورد نظر را مشخص نمود به حداقل دو نقطه با مختصات معلوم (یک نقطه با مختصات معلوم و یک امتداد معلوم) در آن سیستم مختصات نیاز می‌باشد. با این معلومات می‌توان مبدأ سیستم و جهت محورهای آن را مشخص کرد. البته در مواقعی این سیستم مختصات را می‌توان کاملاً فرضی اختیار کرد یعنی مختصات نقطه اول و همچنین ریزمان ضلع 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.

شروع و به نقطه‌ای با مختصات مجهول (نامعلوم) پایان یابد، به آن پیمایش باز می‌گویند.



شکل ۵-۳- پیمایش باز

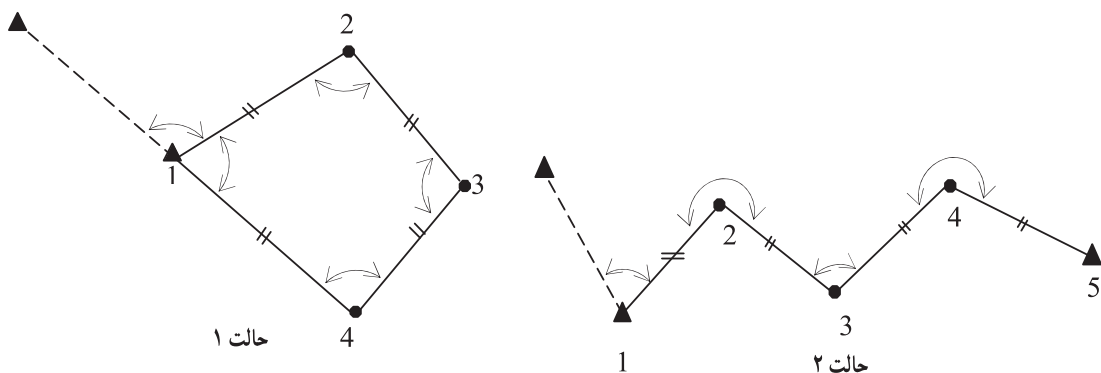
به دلیل نبودن رابطه ریاضی از قبل معلومی بین اجزای پیمایش باز، کنترل درستی اندازه‌گیری‌ها بدون تکرار اندازه‌گیری‌ها امکان‌پذیر نیست، بنابراین از آن در کارهایی که نیاز به دقت بالایی دارند استفاده نمی‌شود.

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

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 می‌شود پلیگون (Polygon) می‌گویند. (شکل ۵-۴ حالت ۱)

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) می‌گویند. بهترین حالت برای پیمایش اتصالی زمانی است که دو نقطه با مختصات معلوم در ابتدا و همچنین دو نقطه با مختصات معلوم در انتهای پیمایش موجود باشد. زیرا در این حالت پیمایش هم از لحاظ سمت (آزیموت) و هم از لحاظ موقعیت



شکل ۵-۴- پیمایش بسته

قابل کنترل است. در صورت امکان نقاط معلوم از شبکه‌ای با درجه بالاتر انتخاب می‌شود. (شکل ۴-۵ حالت ۲)

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

بیشتر بدانیم



نقشه‌برداری و کمی خنده!!!

۴-۵- مراحل پیمایش

پیمایش را می‌توان به سه مرحله کلی زیر تقسیم بندی کرد :

الف) شناسایی

ب) اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات پیمایش

ج) محاسبات

الف) شناسایی :

در این مرحله گروه شناسایی با مراجعه مستقیم به محلی که قرار است پیمایش انجام شود، منطقه را شناسایی کرده و محل ایستگاه‌های پیمایش را انتخاب و علامت گذاری کرده و مستحکم می‌کنند و

در نهایت از موقعیت نقاط موجود یک کروکی تهیه می کنند.

محل ایستگاههای پیمایش بنا به هدفی که از پیمایش دنبال می شود انتخاب می شوند به عنوان مثال چنانچه هدف، برداشت توپوگرافی منطقه و تهیه نقشه باشد ایستگاههای پیمایش را طوری در نظر می گیرند که از آنها بتوان بیشترین جزئیات محدوده مورد نظر را برداشت کرد و چنانچه هدف از پیمایش پیاده کردن نقشه یک مسیر باشد محل ایستگاهها را طوری در نظر می گیرند که از آنها بتوان اجزای مسیر مورد نظر (محور مستقیم راه و نقاط ابتدا و رأس و انتهای قوس) را با دقت بالایی پیاده کرد. اما در هر حال رعایت موارد زیر برای انتخاب محل ایستگاههای پیمایش ضروری است :

۱- از هر 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 می شود باید مستحکم و پایدار باشد بنابراین زمینهای نرم و سست و کنار رودخانهها و نهرها جای مناسبی برای ایستگاه پیمایش 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 از بوته و علفهای وحشی مکان مناسبی برای آنها نیست.

۴- برای کاهش خطای سائتراژ (دوربین و منشور) در اندازه گیری زاویه، تا حد امکان طول اضلاع پیمایش بلند در نظر گرفته شود.

در مناطق کوچک و پیمایشهایی که از آنها برای اهداف کوتاه مدت استفاده می شود می توان از میخهای چوبی و یا فولادی حدود ۲۰-۲۵ سانتی متری برای نشانه گذاری و تثبیت ایستگاههای پیمایش استفاده کرد ولی زمانی که پیمایش برای پروژههای بلند مدت و زمان بر از قبیل ایجاد بزرگراهها و سدها استفاده می شود باید ایستگاهها را طوری مستحکم کرد که برای مدت طولانی محل آنها ثابت بوده و تخریب نشوند.

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 رأسهای پیمایش مورد نظر را اندازه گیری کرده و در فرمهای موجود ثبت می کنند. همچنین لازم است که ریزمان یکی از اضلاع پیمایش (که معمولاً ضلع اول می باشد) نیز اندازه گیری شود.

طولها با استفاده از یک طولیاب و به صورت رفت و برگشت و زوایا هم به وسیله یک زاویه یاب

ثانیه‌ای و در چند کوپل (معمولاً در دو کوپل) اندازه‌گیری می‌شوند. در صورت استفاده از توتال استیشن، اندازه‌گیری زاویه‌ها و طول‌ها به طور همزمان انجام می‌شود. در کارهای دقیق مثل نقشه‌برداری تونل و مترو برای محاسبهٔ آزیموت ضلع اول از وسیله‌ای به نام ژیروسکوپ استفاده می‌شود. این دستگاه قادر است آزیموت حقیقی یک امتداد را با دقت ۲۰ ثانیه اندازه‌گیری نماید. اما در کارهای معمولی و زمین‌های محدود می‌توان آزیموت مغناطیسی ضلع اول را با ژیرمان آن یکی در نظر گرفته و با استفاده از یک تئودولیت مغناطیسی (مثل T_0) آن را با دقت چند دقیقه اندازه‌گیری کرد.

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 حرکت عقربه‌های ساعت (جهت راست) می‌سازد.

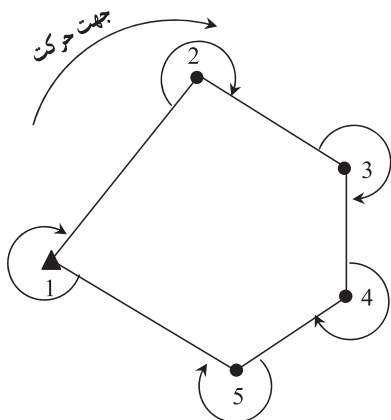
بنابراین برای آنکه امتداد قبل مشخص باشد باید هنگام مشاهدات زاویه یک جهت برای حرکت و پیمایش روی ایستگاه‌ها در نظر گرفته شود.

بیشتر بدانیم

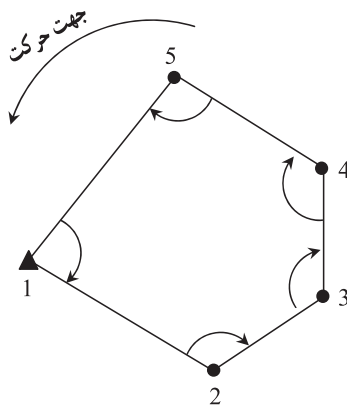
نقطه‌ای با دید خوب برای کارهای نقشه‌برداری



فرض کنید پیمایش به صورت یک چند ضلعی بسته باشد، چنانچه جهت حرکت پیمایش مطابق شکل ۵-۵ سمت چپ در جهت عقربه های ساعت انتخاب شود زاویه به راست، زاویه های خارجی چند ضلعی بسته خواهد بود و در حالتی که جهت حرکت در خلاف عقربه های ساعت انتخاب شود در این حالت زاویه به راست، زوایای داخلی چند ضلعی بسته خواهد بود. (شکل ۵-۵ سمت راست)



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



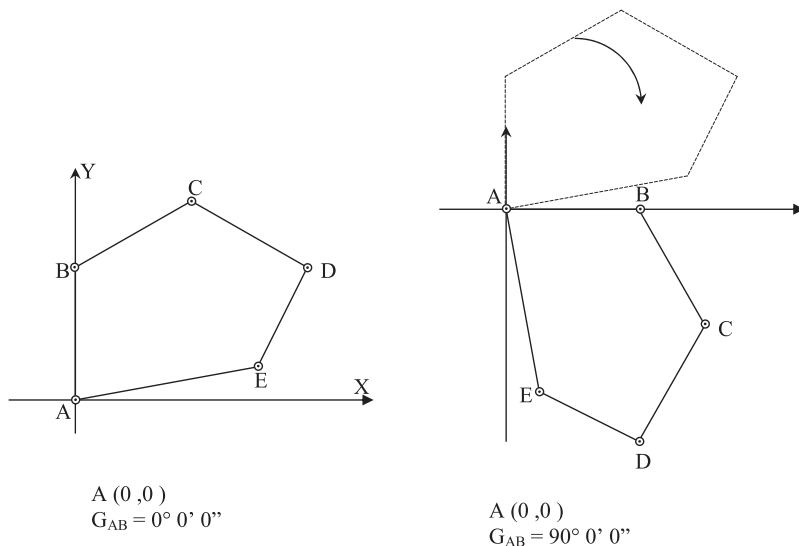
جهت پیمایش خلاف جهت عقربه های ساعت و زاویه به راست در این حالت زاویه داخلی است

شکل ۵-۵ زاویه به راست در پیمایش

هنگام محاسبه ژیزمان اضلاع پیمایش و انتقال ژیزمان، زاویه به راست رهوس همواره مثبت در نظر گرفته می شود.

ج) محاسبات پیمایش

برای شروع محاسبات لازم است مختصات یکی از ایستگاه های پیمایش (معمولاً نقطه اول) و همچنین ژیزمان یکی از اضلاع پیمایش (معمولاً ضلع اول) معلوم باشد. در صورتی که این معلومات در دسترس نباشد یک روش متداول و ساده این است که مختصات نقطه اول و همچنین ژیزمان ضلع اول را اختیاری در نظر گرفت. در این حالت مختصات نقاط در یک سیستم محلی و کاملاً اختیاری و نسبت به فرض هایی که گرفته می شود، به دست می آیند. به شکل (۵-۶) دقت کنید، مختصات نقطه A در هر دو حالت (°, °) در نظر گرفته شده ولی ژیزمان ضلع AB در حالت دوم به اندازه ۹۰ درجه تغییر کرده است، همان طور که می بینید با این کار مانند این است که کل پیمایش را به اندازه ۹۰ درجه



شکل ۵-۶- تغییر در ژیزمان

در جهت عقربه‌های ساعت حول نقطه A دوران داده‌ایم که این خود باعث تغییر مختصات سایر نقاط می‌گردد.

در این قسمت محاسبات پیمایش را در دو حالت پیمایش باز و پیمایش چند ضلعی بسته شرح می‌دهیم.

الف) 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 اندازه‌گیری‌ها می‌توان درجه اطمینان را بالا برد. 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 رئوس

پیمایش

۲- محاسبه ΔX و ΔY کلیه اضلاع پیمایش

۳- محاسبه مختصات نقاط ایستگاه‌های پیمایش

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

انواع خطا در پیمایش : به طور کلی خطاها را در پیمایش می توان به سه دسته

تقسیم بندی کرد :

۱- خطای اندازه گیری زاویه

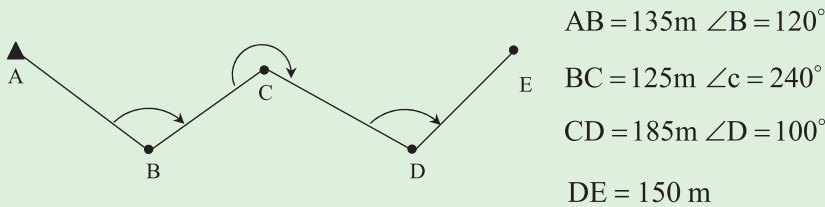
۲- خطای اندازه گیری طول

۳- خطای ساتراژ دوربین ورفلکتور

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.



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

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 رؤس، ژیزمان امتداد بعدی را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

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

به عبارتی می توان نوشت:

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

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

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

زوایای α_B و α_C و α_D در روابط فوق همان زاویه به راست در رأس های B و C و D می باشند که در رابطه ی ژیزمان همواره مثبت در نظر گرفته می شوند.

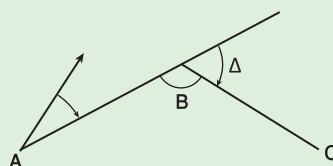
نکته: اثبات رابطه بالا:

$$G_n = G_{n-1} \pm \Delta$$

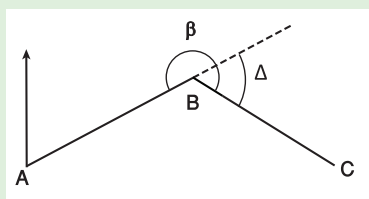
$$\Delta = 180^\circ - \beta$$

در این حالت

$$\Rightarrow G_{BC} = G_{AB} + \Delta = G_{AB} - \beta + 180$$



یا حالت دیگر



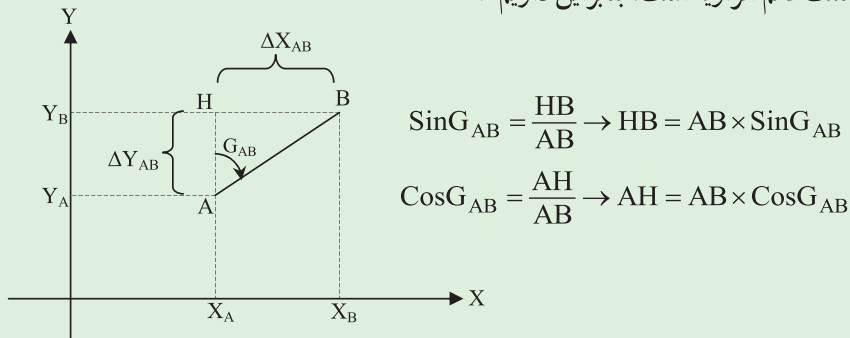
$$\Delta = \beta - 180$$

$$\Rightarrow G_{BC} = G_{AB} + \Delta = G_{AB} + \beta - 180$$

مرحله دوم: در این مرحله ΔX و ΔY کلیه اضلاع پیمایش محاسبه می شود به عبارتی ستون های پنجم و ششم در این مرحله تکمیل می شوند.

برای محاسبه ΔX و ΔY می‌توان یک رابطه کلی بدست 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 :



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 ΔX و ΔY اضلاع

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

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

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

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

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

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

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

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

ایستگاه	زاویه	ژیزمان	طول (m)	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	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

$$X_B = 100 + 86.776 = 186.776$$

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

$$X_D = 309.887 + 118.916 = 428.793$$

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

$$X_C = 186.776 + 123.101 = 309.877$$

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

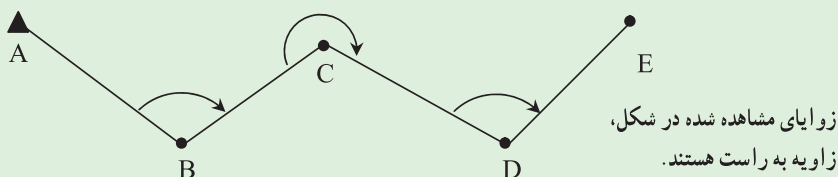
$$X_E = 428.793 + 129.904 = 558.697$$

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

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						558.697	-48.428

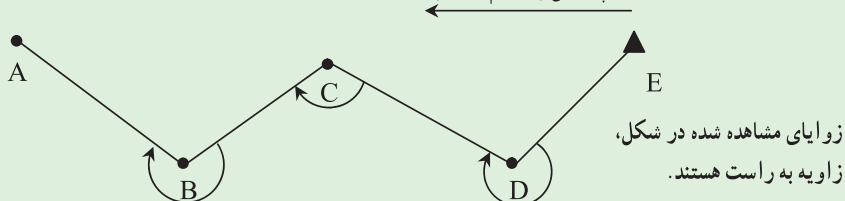
بحث و بررسی : در محاسبه ژیزمان اضلاع برای پیمایش باز، همانند حالتی که در پیمایش بسته گفته شد از روی جهت حرکت پیمایش و همچنین جهت محاسبات می توان زاویه به راست را تعیین کرد. در این مثال حرکت از چپ به راست است، بنابراین زوایای بالایی، زاویه به راست هستند که در محاسبات ژیزمان هم با علامت مثبت قرار داده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

جهت پیمایش و انجام محاسبات



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 قرارداده شوند.

جهت پیمایش و انجام محاسبات



ب) محاسبات پیمایش چند ضلعی بسته : همانطور که گفته شد پیمایش بسته از یک نقطه شروع شده و به همان نقطه ختم می شود. در این حالت یک چند ضلعی بسته روی زمین ایجاد می شود که به آن پلیگون می گویند. بر خلاف پیمایش باز که کنترلی در محاسبات آن وجود ندارد پیمایش بسته را می توان از نظر خطاهای طول و زاویه کنترل کرده و صحت و دقت آن را بررسی نمود. در این قسمت محاسبات پیمایش چند ضلعی بسته مورد بررسی قرار می گیرد و محاسبات پیمایش بسته اتصالی را در دوره های بالاتر فراخواهید گرفت.

محاسبات پیمایش بسته را می توان در سه مرحله زیر تقسیم بندی کرد :

الف) مرحله تعدیل و سرشکنی خطای بست زاویه ای :

● محاسبه خطای بست زاویه ای و محاسبه مقدار مجاز خطای بست زاویه ای و مقایسه آنها با هم

● محاسبه مقدار تصحیح زاویه برای هر رأس و اعمال آن بر روی هر رأس و به دست آمدن زوایای تعدیل شده برای پیمایش

ب) مرحله محاسبه ΔX و ΔY کلیه اضلاع:

● محاسبه ژیزمان کلیه اضلاع پیمایش با استفاده از زوایای تعدیل شده و ژیزمان معلوم ضلع

اول

● محاسبه مقادیر ΔX و ΔY برای کلیه اضلاع پیمایش

ج) مرحله تعدیل و سرشکنی خطای بست طولی و محاسبه مختصات صحیح نقاط:

● محاسبه خطای بست طولی پیمایش و محاسبه دقت پیمایش و ارزیابی آن

● محاسبه مقدار تصحیح ΔX و ΔY کلیه اضلاع پیمایش در صورت مجاز بودن خطای بست

طول و همچنین محاسبه کلیه ΔX ها و ΔY های تعدیل شده برای کلیه اضلاع

محاسبه X و Y نقاط مجهول

● با حل یک مثال کلیه مراحل بالا را شرح می دهیم:

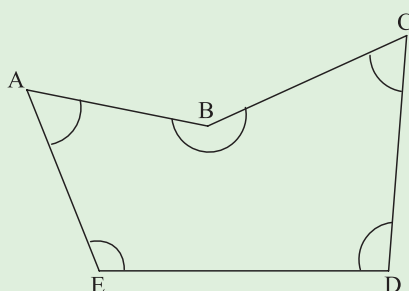
مثال ۵-۲: پیمایش بسته

مطابق شکل زیر یک عمل پیمایش بسته انجام گرفته است. با فرض اینکه

مختصات نقطه A برابر $(X=100/000$ و $Y=908/980$) و $G_{AB}=106^{\circ}23'45''$ باشد، مختصات نقاط دیگر (E, D, C, B) را محاسبه کنید. دقت زاویه ای دوربین را

10° ثانیه در نظر بگیرید.

طول	زاویه
AB = 690 . 880	A=64°53'00"
BC = 616 . 050	B=206°34'45"
CD = 677 . 970	C=64°20'45"
DE = 970 . 260	D=107°33'45"
EA = 783 . 320	E=96°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 بدست 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 بدست آورد، بنابراین :

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

$\sum \alpha_i$ مجموع زوایای پلیگون

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

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

از رابطه $(n-2) \times 180^\circ$ 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_α 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 بدست آورد.

برای بدست 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 بدست می‌آید :

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

e_{α} خطای بست زاویه‌ای

n تعداد زوایا

در نتیجه برای هر زاویه خواهیم داشت :

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

روش حل :

الف) مرحله 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.

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

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

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

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

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

$$\Sigma\alpha_i=540^{\circ}00'00''$$

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

نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	ژیزمان	طول	ΔX	C_x	ΔX_c	ΔY	C_y	ΔY_c	X	Y
A											
B											
C											
D											
E											

ب) مرحله محاسبه ΔX و ΔY کلیه اضلاع :

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

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

امتداد قبلی امتداد بعدی

به عبارتی می توان نوشت :

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

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

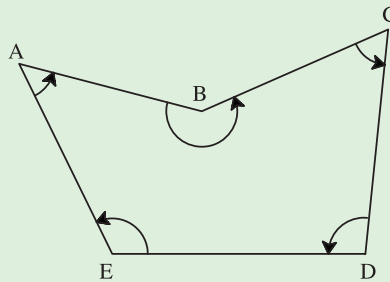
$$G_{DE} = (G_{CD} + \alpha_D) \pm 180^\circ$$

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

✓ نکته ای که باید به آن توجه داشت این است که زاویه رؤس α 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 ژیزمان ها، با استفاده از رابطه زیر، ΔX و ΔY اضلاع را محاسبه می کنیم :

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

L_i : طول ضلع i ام :

G_i : ژیزمان ضلع i ام :

روش حل :

ب) مرحله محاسبه ΔX و ΔY 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 می کنیم :

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

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

همانطور که مشاهده می کنید، همان مقدار برای ژیزمان AB بدست آمد که خود نشان دهنده درستی محاسبات ژیزمان می باشد. در اینجا ستون های دوم و سوم جدول پیمایش مطابق شکل زیر تکمیل می شوند :

نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	ژیزمان
A	$64^\circ 52' 54''$	$106^\circ 23' 45''$
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		
B	$\Sigma \alpha_i = 540^\circ$	$106^\circ 23' 45''$

حال با استفاده از طول های اضلاع و ژیزمان محاسبه شده برای هر ضلع می توان ΔX و ΔY اضلاع را بدست آورد :

$$\begin{cases} \Delta X_{AB} = 690.880 \times \sin 106^\circ 23' 45'' = +662.785 \\ \Delta Y_{AB} = 690.880 \times \cos 106^\circ 23' 45'' = -195.016 \end{cases}$$

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

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

$$\begin{cases} \Delta X_{DE} = 970.260 \times \sin 267^\circ 54' 48'' = -969.617 \\ \Delta Y_{DE} = 970.260 \times \cos 267^\circ 54' 48'' = -35.328 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta X_{EA} = 783.320 \times \sin 351^\circ 16' 39'' = -188.790 \\ \Delta Y_{EA} = 783.320 \times \cos 351^\circ 16' 39'' = +774.260 \end{cases}$$

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

می‌شوند :

نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	رئیزمان	طول	ΔX	ΔY
A	$64^\circ 52' 54''$	$106^\circ 23' 45''$	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					
B	$\Sigma \alpha_i = 540^\circ$	$106^\circ 23' 45''$			

ج) مرحله تعدیل و سرشکنی خطای بست طولی :

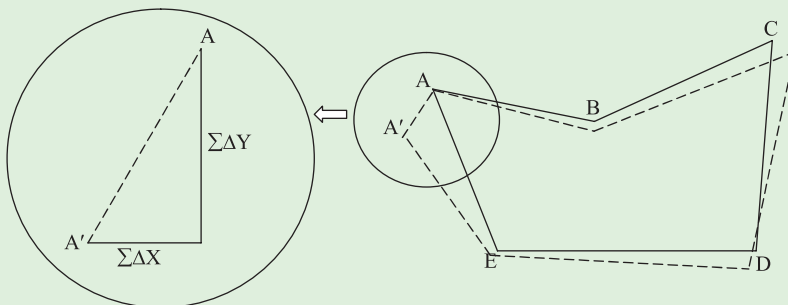
راهکار کلی: همانطور که مشاهده کردید، خطای زاویه‌ای موجود در پیمایش چنانچه در حد مجاز باشد، بین رأس‌های پیمایش تعدیل می‌شود ولی این بدین معنی نیست که این خطا حذف می‌شود بلکه سرشکنی این خطا فقط به رابطه هندسی حاکم بر شکل تحقق بخشیده است. به عبارتی این خطا هنوز در پیمایش وجود دارد. همچنین طول‌های اندازه‌گیری شده در پیمایش نیز مانند زوایای اندازه‌گیری شده دارای مقداری خطا می‌باشند که در محاسبه ΔX و ΔY خطایی ایجاد می‌کنند که به آن خطای بست موضعی (خطای بست طولی) می‌گویند.

از آنجا که پیمایش به صورت یک چند ضلعی بسته است یعنی از یک نقطه شروع شده و به همان نقطه ختم می‌گردد، پس باید جمع جبری اختلاف مختصات نقاط متوالی پیمایش یعنی مقادیر $\sum \Delta x_i$ و $\sum \Delta y_i$ مساوی صفر شوند. اما به دلیل آنکه طول‌ها و زوایا دارای مقداری خطا هستند که این خود خطایی در محاسبه ΔX و ΔY 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 جابجا شده‌اند. بنابراین خطای بست موضعی در پیمایش بسته پلیگون، از رابطه 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 آن که از رابطه بالا بدست 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) بدست 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 بدست می آید:

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

مجموع طول های پیمایش بسته: $\sum L$

که با مقادیر ΔX و ΔY جمع شده و مقادیر تعدیل شده آنها بدست 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 بدست آورد.

روش حل :

ج) مرحله تعدیل و سرشکنی خطای بست طولی :

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

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

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

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

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

$$e_{X_1Y} = \sqrt{(-0.158)^2 + (-0.579)^2} = 0.6002\text{m} = 60.02\text{cm}$$

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

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

دقت بالایی محسوب می شود.

حال مقدار تصحیح ΔX و ΔY را برای هر ضلع پیمایش را به صورت صفحه بعد

محاسبه می کنیم :

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

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

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

$$\begin{cases} CX_{DE} = \frac{-970.260}{3738.480} \times -0.158 = 0.041\text{m} \\ CY_{DE} = \frac{-970.260}{3738.480} \times -0.579 = 0.150\text{m} \end{cases}$$

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

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

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 ΔX و ΔY جمع جبری می کنیم تا ستون های نهم و دهم یعنی ΔX_C و ΔY_C تکمیل شوند:

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

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

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

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

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

نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	رُیزمان G_i	طول L_i	ΔX	ΔY	C_X	C_Y	ΔX_C	ΔY_C
A	64°52'54"	106°23'45"	690.880	662.785	-195.016	0.029	0.107	662.814	-194.909
B	206°34'39"	79°49'06"	616.050	606.349	108.899	0.026	0.096	606.375	108.995
C	64°20'39"	195°28'27"	677.970	-180.885	-653.394	0.029	0.105	-180.856	-653.289
D	107°33'39"	267°54'48"	970.260	-969.617	-35.328	0.041	0.150	-969.576	-35.178
E	96°38'09"	351°16'39"	783.320	-118.790	774.260	0.033	0.121	-118.757	774.381
A	64°52'54"	106°23'45"							
B									
جمع	$\Sigma\alpha_i = 540^\circ$			$\Sigma = -0.158$	$\Sigma = -0.579$	$\Sigma = +0.158$	$\Sigma = +0.579$	$\Sigma = 0$	$\Sigma = 0$

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

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

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

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

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

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

نقاط ایستگاه	زاویه تعدیل شده	زیرمان G_i	طول L_i	ΔX	ΔY	C_x	C_y	ΔX_c	ΔY_c	X	Y
A	$64^{\circ}52'54''$	$106^{\circ}23'45''$	690.880	662.785	-195.016	0.029	0.107	662.814	-194.909	100.000	908.980
B	$206^{\circ}34'39''$	$79^{\circ}49'06''$	616.050	606.349	108.899	0.026	0.096	606.375	108.995	762.814	714.071
C	$64^{\circ}20'39''$	$195^{\circ}28'27''$	677.970	-180.885	-653.394	0.029	0.105	-180.856	-653.289	1369.189	823.066
D	$107^{\circ}33'39''$	$267^{\circ}54'48''$	970.260	-969.617	-35.328	0.041	0.150	-969.576	-35.178	1188.333	169.777
E	$96^{\circ}38'09''$	$351^{\circ}16'39''$	783.320	-118.790	774.260	0.033	0.121	-118.757	774.381	218.757	134.599
A	$64^{\circ}52'54''$										

۵-۵- تعیین موقعیت ماهواره‌ای

از زمان‌های قدیم، مردم سعی می‌کردند روش قابل اطمینانی پیدا کنند که به آنها بگوید کجا هستند و حتی آنها را به جایی که می‌روند راهنمایی کرده و سپس به خانه بازگرداند. مردمان غارنشین وقتی که برای تهیه غذا به شکار می‌رفتند، احتمالاً از سنگ‌ها و شاخه‌های کوچک برای علامت‌گذاری مسیر خود استفاده می‌کردند. ملوانان نیز ابتدا سواحل را به دقت دنبال می‌کردند تا از گم شدنشان جلوگیری کنند. وقتی دریا نوردان اولیه در اقیانوس‌ها کشتیرانی کردند، دریافتند که می‌توانند مسیر خود را با دنبال کردن ستاره‌ها ردیابی کنند. این روش تنها در شب‌های صاف که ستاره‌ها قابل رؤیت بودند قابل به کارگیری بود. پیشرفت مهم بعدی در امر ناوبری کشف قطب‌نمای مغناطیسی و دستگاه زاویه‌یاب (sextant) بود. عقربه قطب‌نما همیشه نقطه شمال را نمایش می‌داد، بنابراین همیشه جهت مسیر حرکت را نسبت به شمال تعیین می‌نمود.

امروزه توسعه ارتباطات جهانی و لزوم تعیین موقعیت و ناوبری دقیق افراد و اشیاء متحرک، اصولاً زمینه استفاده از این گونه روش‌ها را تا حد زیادی منتفی کرده است. به هر صورت در شرایط فعلی، با گسترش فناوری‌های گوناگون، این امر توسط سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای انجام می‌پذیرد. در حقیقت دنیای امروز، دنیایی است که هیچ فردی در آن گم نخواهد شد و همه چیز بر روی تمام نقاط زمین قابل شناسایی است و این قدرت دستیابی به سیستم‌های شناسایی را ماهواره‌ها و کامپیوترها در اختیار بشر قرار داده‌اند.

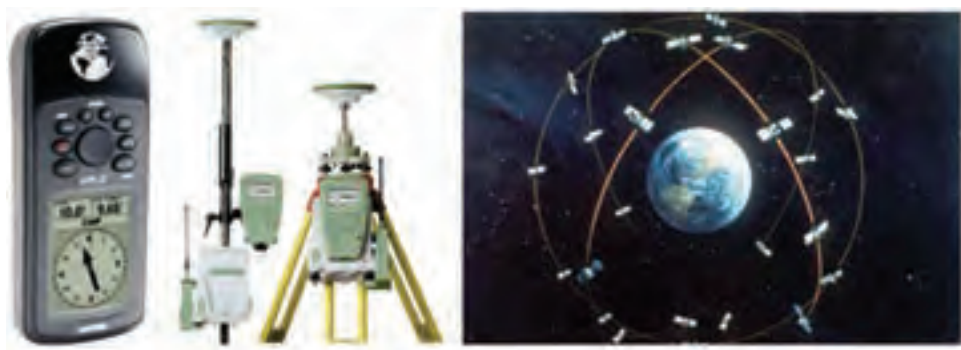
بیشتر بدانیم

تعیین موقعیت ماهواره‌ای در قطب شمال



در حال حاضر مطرح‌ترین سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای شامل سیستم ماهواره‌ای ناوبری جهانی گلوناس (Glonass) مربوط به شوروی سابق، سیستم تعیین موقعیت جهانی جی پی اس (GPS-Global Positioning System) مربوط به آمریکا، و سیستم ماهواره‌ای ناوبری جهانی گالیله (Galileo) مربوط به اتحادیه اروپا می‌باشد. امروزه این سیستم‌های ماهواره‌ای، شبکه ایستگاه‌های مشاهداتی زمینی که اطلاعات پردازش شده خود را به‌صورت آنی در اطراف مخابره می‌نمایند (WAAS-Wide Area Augmentation System)، امکان تعیین موقعیت و ناوبری اجسام متحرک در سطح کشورها را بصورت گسترده، آنی، دقیق و پایدار فراهم نموده است.

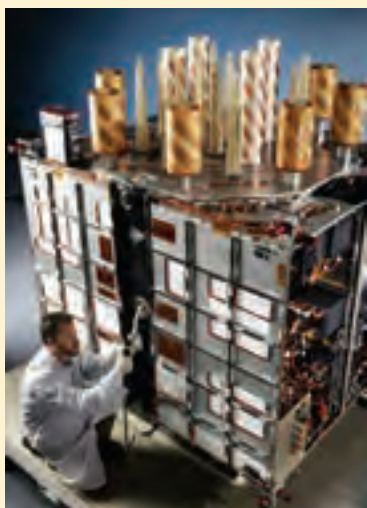
آشنایی با GPS : GPS یک سیستم تعیین موقعیت جهانی بر مبنای فناوری ماهواره‌ای است که توسط آن موقعیت متحرک در هر زمان، هر مکان و در هر شرایط آب و هوایی به‌صورت کاملاً رایگان تنها با فشار یک دکمه قابل تعیین است. هر چند تعیین موقعیت و ناوبری با GPS بسیار فراگیر شده است اما اصول عملکرد آن بسیار پیچیده بوده و متخصصان علوم نظیر الکترونیک، مکانیک مداری، هوا فضا، هواشناسی، زمین شناسی، فیزیک، ریاضیات و نرم افزار در طراحی، ساخت و توسعه آن مشارکت داشته‌اند. GPS شامل ۲۸ ماهواره است که به‌تدریج از سال ۱۹۷۰ میلادی پیش تاکنون ساخته و در مدار قرار داده شده‌اند. این ماهواره‌ها که کل سطح کره زمین را به‌طور همزمان پوشش می‌دهند، در ۶ مدار بیضی شکل با زاویه ۵۵ میل درجه نسبت به صفحه استوای زمین، روزی دو بار به دور زمین می‌چرخند و در ارتفاع ۲۰۸۰۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارند. هر ماهواره حدوداً ۱۰ سال فعال می‌ماند و جایگزینی ماهواره‌ها به‌موقع انجام گشته و ماهواره‌های جایگزین به فضا پرتاب می‌گردند. این سیستم در ابتدا برای کاربردهای نظامی تهیه شد ولی از سال ۱۹۸۰ استفاده عمومی آن آزاد گردید.



شکل ۵-۷- شبکه ماهواره‌ای جی پی اس گیرنده نقشه برداری، گیرنده دستی

GPS دارای کاربردهای متنوعی در زمین، دریا، هوا و فضا می باشد. اساساً GPS هر جایی قابل استفاده است مگر در نقاطی که امکان وصول امواج ماهواره در آنها نباشد مانند داخل ساختمان، درون غار و نقاط زیرزمینی و یا در زیر دریا. از GPS برای ناوبری آبی هواپیماها، کشتی ها و اتومبیل ها استفاده می شود. استفاده های زمینی GPS بسیار گسترده تر می باشد. مراکز علمی از GPS برای استفاده از قابلیت و دقت زمان سنجی اش و اطلاعات مکانی اش استفاده می کنند. نقشه برداران از GPS برای توسعه منطقه کاری خود بهره می گیرند. گیرنده های GPS گران قیمت نقشه برداری دقت هایی تا یک میلی متر را فراهم می آورند. استفاده های تفریحی از GPS نیز به تعداد تمام ورزش های تفریحی متنوع است. به عنوان مثال برای شکارچیان، برف نوردان، کوهنوردان و سیاحان. در نهایت باید گفت هرکسی که می خواهد بداند که در کجا قرار دارد، راهش به چه سمتی است، و یا با چه سرعتی در حرکت است می تواند از یک GPS استفاده کند. در خودروها نیز وجود GPS به امری عادی بدل خواهد شد. سیستم هایی در حال تهیه است تا در کنار هر جاده ای با فشار دادن یک کلید، موقعیت به یک مرکز اورژانس انتقال یابد (به وسیله انتقال موقعیت فعلی به یک مرکز توزیع) و سیستم های پیچیده دیگری موقعیت هر خودرو را در یک خیابان ترسیم کنند. این سیستم ها به راننده بهترین مسیر برای رسیدن به یک هدف خاص را پیشنهاد می کنند. در کشورهای توسعه یافته از این سیستم جهت کمک به راهبری خودرو، کشتی و انواع وسایل نقلیه بهره گیری می شود.

بیشتر بدانیم



بخشی از دستگاه های نصب شده در داخل یک ماهواره GPS

هر چه نقشه‌های منطقه‌ای که در حافظه گیرنده GPS بارگذاری می‌شود دقیق‌تر باشد، سرویس‌هایی که از آن می‌توان دریافت داشت نیز ارتقا می‌یابد. برای مثال، می‌توان از گیرنده GPS مسیر نزدیک‌ترین پمپ‌بنزین، تعمیرگاه و یا ایستگاه قطار را سؤال نمود و مسیر پیشنهادی را دنبال کرد. دقت مکان‌یابی این سیستم در حد چند متر می‌باشد، که بسته به کیفیت گیرنده تغییر می‌کند. پیش‌بینی زلزله از دیگر کاربردهای GPS است. (در حال حاضر برای پیش‌بینی زلزله بیش از ۱۲۰۰ عدد GPS در ژاپن نصب شده و همچنین فقط در اطراف شهر لس‌آنجلس آمریکا، به تعداد ۲۵۰ GPS در حال اندازه‌گیری و فعالیت ۲۴ ساعته هستند.) از دیگر کاربردهای این سیستم به طور فهرست‌وار می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: کاداستر، کنترل امور مربوط به حمل و نقل و ترافیک، کنترل حرکات تکنیکی زمین، کنترل جابه‌جایی سدها و برج‌های بلند، پیش‌بینی وضع هوا (از طریق اندازه‌گیری میزان انرژی موج فرستاده شده از سوی GPS پس از عبور از لایه‌های جو و ابرهای موجود در منطقه مورد نظر)، هیدروگرافی (آبنگاری)، تعیین موقعیت سکوها در یابی نفتی، تعیین موقعیت جزیره‌های مرجانی، مین‌یابی، اسکن کردن دریا، بروزرسانی سیستم‌های تعیین موقعیت، استفاده جهت کنترل ماهواره‌های سنجنش از دور و کاربردهای وسیع نظامی.

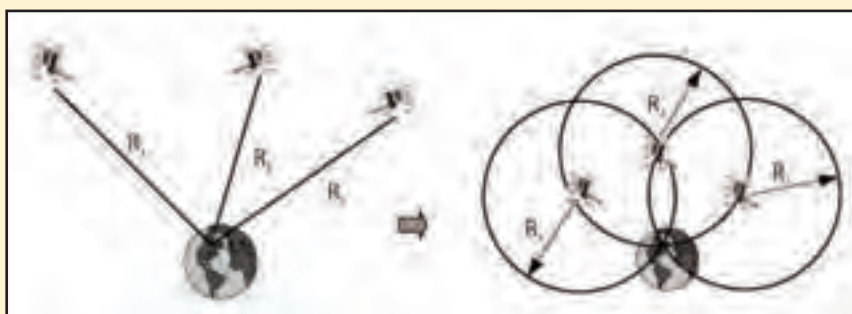


مثال‌هایی از کاربردهای GPS

در نهایت این نکته قابل ذکر است که با توجه به نزول شدید بهای گیرنده‌های این سیستم، و افزایش امکانات آنها، این تکنولوژی در آینده نزدیک بیش از پیش در اختیار همگان قرار خواهد گرفت.

بیشتر بدانیم

اصول تعیین موقعیت با GPS : در این سیستم فاصله بین گیرنده و تعدادی از ماهواره‌ها به صورت همزمان اندازه‌گیری می‌شود. در صورتی که موقعیت ماهواره‌ها در فضا معلوم باشد (این کار توسط پنج ایستگاه زمینی مشابه عمل تقاطع در نقشه برداری انجام می‌پذیرد)، از طریق این مشاهدات می‌توان محل گیرنده را تعیین موقعیت نمود. این امر مشابه عمل ترفیع در نقشه برداری می‌باشد.



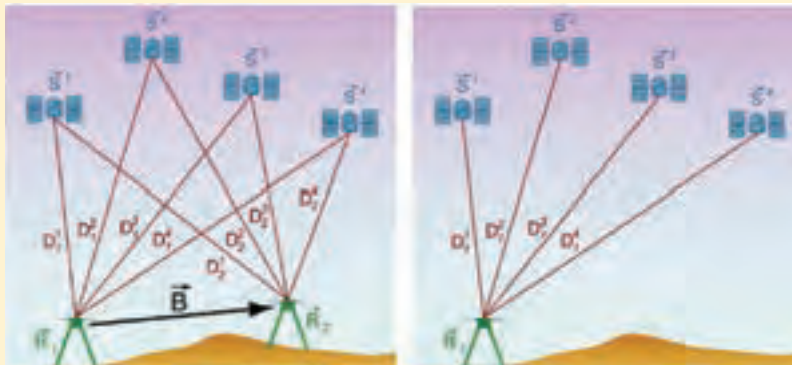
اصول تعیین موقعیت با GPS

در واقع هر ماهواره پیامی را به سوی گیرنده ارسال می‌کند که به‌طور ساده می‌گوید: من ماهواره شماره X هستم، موقعیت فعلی من Y است، و این پیام در زمان Z ارسال شده است. حال برای تعیین موقعیت، گیرنده GPS زمان‌های دریافت شده را با زمان خود مقایسه می‌کند. حاصلضرب تفاوت این دو زمان در سرعت نور، مشخص‌کننده فاصله گیرنده GPS از ماهواره مزبور می‌باشد. این عملی است که دقیقاً یک گیرنده GPS انجام می‌دهد. با استفاده از حداقل چهار ماهواره یا بیشتر، می‌توان طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع گیرنده را تعیین موقعیت نمود. با انجام متوالی این محاسبات، می‌توان سرعت و جهت حرکت گیرنده را نیز به دقت تعیین نمود. هر چه تعداد ماهواره‌های قابل

مشاهده بیشتر شود، زمان لازم برای تعیین موقعیت یک نقطه کاهش یافته و دقت تعیین موقعیت نیز افزایش خواهد یافت. امروزه در بعضی مکان‌های ایران قادر به دریافت اطلاعات تا ۱۰ ماهواره می‌باشیم و حداقل به ۴ تا ۵ ماهواره در هر زمان از شبانه روز و در هر مکان دسترسی داریم.

نکته مهمی که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد، این است که ارتفاعی که GPS اندازه‌گیری می‌کند نسبت به بیضوی مبنای مسطحاتی جهانی به نام WGS۸۴ است. اما ارتفاعی که توسط عملیات ترازبایی اندازه‌گیری شده و در نقشه‌ها نمایش می‌یابد، نسبت به سطح مبنای ارتفاعی بنام ژئوئید می‌باشد. اختلاف این دو ارتفاع در مناطق مختلف متفاوت بوده و حداکثر تا ۱۰۰ متر می‌رسد.

توسط GPS می‌توان هم تعیین موقعیت مطلق (مختصات جغرافیایی یک نقطه) و هم تعیین موقعیت نسبی (اختلاف مختصات جغرافیایی دو نقطه) نمود. برای تعیین موقعیت مطلق و نسبی می‌توان از روش‌های در حال سکون یا استاتیک (Static) و در حال حرکت یا کینماتیک (Kinematics) استفاده کرد.



تعیین موقعیت مطلق با یک گیرنده و حداقل چهار ماهواره و تعیین موقعیت نسبی با حداقل دو گیرنده و چهار ماهواره

در روش تعیین موقعیت نسبی، معمولاً موقعیت نسبی یک نقطه مجهول نسبت به یک نقطه مختصات دار معلوم به دست می‌آید. روش تعیین موقعیت نسبی به علت حذف خطاهای سیستماتیک موجود در اندازه‌گیری‌های GPS از اهمیت خاصی

برخوردار است و برای انجام آن نیاز به دو گیرنده GPS می باشد که بطور همزمان ماهواره های مشترک را مشاهده و اندازه گیری نمایند. از روش تعیین موقعیت نسبی با GPS اکثراً در کارهای نقشه برداری و گسترش شبکه های ژئودزی استفاده می شود. دقت تعیین مختصات مطلق با سیستم GPS در حال حاضر در بهترین حالت ± 3 متر است در حالی که دقت تعیین مختصات نسبی با این سیستم در حد میلی متر می باشد.

خطاهای تعیین موقعیت با GPS : عوامل مختلفی روی دقت تعیین موقعیت با GPS تأثیر دارد که عبارتند از :

۱- نوع گیرنده (گیرنده تک فرکانسه و دو فرکانسه) و مشاهدات جمع آوری شده و نحوه پردازش آنها (تعیین موقعیت مطلق و نسبی)

۲- **تعداد ماهواره های قابل رویت :** هر چه تعداد ماهواره ها بیشتر باشد، تعداد مشاهدات بیشتر شده و در اکثر حالات دقت هم بیشتر می شود. امروزه با وجود ماهواره های تعیین موقعیت آمریکایی، روسی و اروپایی گیرنده های با بیش از ۲۰۰ کانال هم تولید و به کارگیری می شود.

۳- استحکام هندسی شبکه ماهواره ها (DOP (Dilution of precision که همان تعداد و موقعیت نسبی ماهواره ها نسبت به هم و نسبت به ایستگاه های زمینی می باشد :



استحکام هندسی یا DOP بد (راست) و خوب (چپ) ماهواره ها

۴- **مدت زمان و نرخ جمع آوری مشاهدات :** هر چه زمان و نرخ بالاتر باشد تعداد مشاهدات بیشتر شده و دقت هم بیشتر می شود.

۵- **خطای چند مسیری (Multipath) :** چنانچه در اطراف گیرنده ها سطوح



صیقلی وجود داشته باشد، سیگنال‌های GPS به آنها برخورد کرده و به آنتن‌های گیرنده می‌رسد که باعث افزایش طول اندازه‌گیری شده بین گیرنده و ماهواره می‌شود.

۶- خطای ساعت ماهواره که

حاصل‌ضرب آن در سرعت نور باعث ایجاد خطای اندازه‌گیری فاصله می‌شود. معمولاً این خطا با اعمال یک سری ضرایب تا حد بسیار زیادی کاهش می‌یابد.

۷- خطاهای مداری که موجب خطای موقعیت ماهواره‌ها در فضا می‌شود. بخشی از این خطاها به عمد توسط سازنده سیستم ایجاد می‌شود اما امروزه موقعیت دقیق ماهواره‌ها به خاطر ملاحظات امنیتی پس از یک تاخیر دو هفته‌ای از طریق اینترنت در اختیار کلیه کاربران GPS برای مقاصد تعیین موقعیت دقیق قرار می‌گیرد.

۸- سیگنال‌هایی که از ماهواره ساطع می‌شود و به گیرنده می‌رسد از لایه‌هایی چون یونوسفر و تروپوسفر عبور می‌کنند که باعث کاهش سرعت امواج ماهواره و کوتاه شدن طول مشاهداتی بین ماهواره تا گیرنده می‌شود.

۹- **خطاهای مربوط به آنتن‌گیرنده:** معمولاً نقطه اندازه‌گیری که همان مرکز دریافت امواج در آنتن (بنام مرکز فاز آنتن) است با نقطه ایستگاه یکی نبوده و مشابه خطای سانتراژ باعث کاهش دقت اندازه‌گیری ایستگاه می‌شود.

۱۰- آگاهی و تجربه کاربران GPS در انتخاب ایستگاه، زمان و چگونگی انجام مشاهدات و پردازش‌های مربوطه در محاسبات نیز روی دقت تعیین موقعیت نقاط مؤثر است.

خطای تعیین موقعیت ارتفاعی در حدود ۲ الی ۳ برابر بیشتر از خطای تعیین موقعیت مسطحاتی است. بهترین حالت هنگامی است که ماهواره‌ها پوشش کاملی در دور تا دور افق و در ارتفاع‌های مختلف نسبت به نقطه اندازه‌گیری داشته باشند. برای رسیدن به حداکثر کارایی و دقت تعیین موقعیت با GPS، باید از گیرنده‌های دو

فرکانسه استفاده کرد.

روش های تعیین موقعیت با GPS : تعیین موقعیت با GPS به دو روش کلی استاتیک (در حال سکون) و کینماتیک (در حال حرکت) قابل انجام است. در ادامه هر یک از این روش ها را توضیح مختصری می دهیم :

روش / استاتیک : در این روش گیرنده ها روی ایستگاه های ثابت استقرار یافته و پس از جمع آوری مشاهدات، محاسبات صورت گرفته و مختصات نقاط ایستگاهی با دقت بالا به دست می آیند. برای مثال یک گیرنده روی نقطه معلوم و گیرنده دیگر روی نقطه دوم قرار می گیرد. هر دو گیرنده مشاهدات یکسانی را همزمان با ماهواره به دست می دهند. مدت زمان مشاهده در این روش ۱۵ تا ۶۰ دقیقه است و برای طول های بلند ۱ تا ۲۰ کیلومتر و دقت های بالا از چند سانتی متر تا چند میلی متر به کار می رود. از دیگر کاربردهای این روش می توان ردیابی حرکات پویسته زمین در سطح کشوری و قاره ای را نام برد. از مزایای این روش می توان صرفه اقتصادی، صرفه جویی در زمان و دقت بالا را ذکر نمود.

روش کینماتیک : در این روش گیرنده روی متحرک نصب شده و مدت زمان کوتاهی مشاهدات در حالت سکون انجام می گیرد. سپس متحرک شروع به حرکت نموده و تعیین موقعیت (به صورت آنی تا توقف چند دقیقه) با دقت مناسب (در حد چند سانتی متر) صورت می گیرد. این روش با سه راهکار کینماتیک پیوسته، شبه کینماتیک و ایست - رو قابل انجام است. در راهکار کینماتیک پیوسته، گیرنده متحرک (Rover)، حرکت پیوسته دارد و ممکن است در هواپیما یا ماشین و یا قطار مستقر شده باشد. در راهکار شبه کینماتیک، یک گیرنده به طور ثابت در روی نقطه معلوم مستقر می شود و گیرنده دیگر روی نقاط دیگر شروع به حرکت می کند. روی هر ایستگاه ۵ تا ۱۰ دقیقه دقیقه مشاهده انجام می شود و یک ساعت بعد دوباره همان ایستگاه ها به مدت ۱۰ دقیقه مورد مشاهده قرار می گیرند. یعنی هر ایستگاه حداقل دوبار در فاصله زمانی یک ساعت مشاهده می شوند. نکته مهم این است که گیرنده در هنگام حرکت بین دو ایستگاه خاموش می شود. در راهکار ایست - رو (Stop - Go)، گیرنده روی نقطه معلوم قرار می گیرد و روی نقاط دیگر حرکت می کند و با سرعت بالا طی زمان یک دقیقه موقعیت ها را با دقت سانتی متر جمع آوری می کند.

خلاصه فصل

- **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 این که 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 اندازه گیری 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 رئوس پیمایش.

۲- محاسبه ΔX و ΔY کلیه اضلاع پیمایش.

۳- محاسبه مختصات نقاط ایستگاه‌های پیمایش.

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

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

G = (G + زاویه به راست رأس)
امتداد بعدی امتداد قبلی

● با استفاده از رابطه زیر می‌توان ΔX و ΔY 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 ΔX و ΔY ها با استفاده از روابط کلی زیر مختصات نقاط رئوس 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 :

$$e_{\alpha} = \sum \alpha_i - (n \pm 2) \times 18^{\circ}$$

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

$$e_{\max} \pm 2 / 5 \times d_a \times \sqrt{\frac{n}{m}}$$

● مقدار تصحیح برای زوایا از رابطه زیر به دست می‌آید :

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

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

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

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

● 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 ΔX و ΔY 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 به دست آورد.

خودآزمایی

سؤالات تشریحی

- ۱- روش تقاطع را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف نمایید.
- ۲- روش ترفیع را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف و کاربرد آن را ذکر نمایید.
- ۳- مثلث بندی و روش های آن را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف نمایید.
- ۴- روش شبکه را برای تعیین مختصات نقاط کنترل تعریف نمایید.
- ۵- پیمایش را تعریف کنید.
- ۶- تفاوت پیمایش های باز و بسته را بیان کنید.
- ۷- مراحل مختلف انجام عمل پیمایش را شرح دهید.
- ۸- روش تعیین موقعیت ماهواره ای را شرح دهید.

سؤالات چهارگزینه ای

- ۹- زاویه حامل امتداد AB برابر با $S32^\circ W$ و طول امتداد ۵۰ متر و $(200^\circ, 100^\circ)$ A می باشد، مختصات B کدام گزینه است؟
- (۱) $(157/60^\circ \text{ و } 73/50^\circ)$
 - (۲) $(172/77^\circ \text{ و } 58/07^\circ)$
 - (۳) $(143/11^\circ \text{ و } 41/22^\circ)$
 - (۴) $(42/22^\circ \text{ و } 143/11^\circ)$

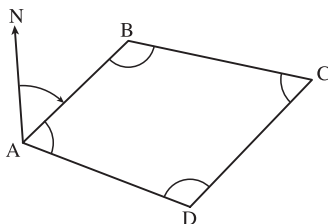
- ۱۰- برای رسیدن به دقت زاویه ای 2° ثانیه در یک پیمایش ۸ ضلعی زاویه ها را با یک تتودولیت با دقت زاویه ۵ ثانیه چند مرتبه باید اندازه گیری کرد؟

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)



- ۱۱- در یک پیمایش بسته (چهارضلعی) زوایا تصحیح شده و طول ها طبق جدول صفحه بعد اندازه گیری شده است. با توجه به مجاز بودن خطای بست پیمایش، جدول پیمایش را کامل کنید.

ایستگاه	زوایای تصحیح شده (gr)	ژیرمان (gr)	طول (m)	تغییرات طول و عرض (m)		تغییرات تصحیح شده (m)		مختصات (m)	
S	A	G	l	Δx	Δy	Δx_c	Δy_c	X	y
A	101/6858	77/9815	107/86	101/473	36/566	101/478	36/554	1000	1000
B	111/2407	166/7408	92/51	461/162	-80/170	46/166	-80/181	1101/478	1036/554
C	97/4216	؟	128/17	-113/572	؟	؟	؟	1147/644	956/373
D	89/6519	؟	108/55	؟	103/060	؟	؟	؟	؟
A								1000	1000
جمع			$\Sigma L = 437/09$	$\Sigma \Delta x = ?$	$\Sigma \Delta y = ?$	$\Sigma \Delta x_c = 0$	$\Sigma \Delta y_c = 0$		

برداشت جزئیات



لیزر اسکنر زمینی و ابر نقاط

هدف‌های رفتاری

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :
- ۱- انواع عوارض مسطحاتی و نحوه برداشت آنها را بیان کند.
 - ۲- عوارض ارتفاعی را تعریف نماید.
 - ۳- مراحل کلی برداشت عوارض را نام ببرد.
 - ۴- مراحل برداشت جزئیات به روش زمینی را بیان نماید.
 - ۵- روش تاکنومتری برای برداشت عوارض را تعریف نماید.
 - ۶- مراحل عمل در روش تاکنومتری با دستگاه‌های اپتیکی را شرح دهد.
 - ۷- با در اختیار داشتن اطلاعات لازم، جدول تاکنومتری را تنظیم نماید.
 - ۸- محاسبات مربوط به تعیین فاصله افقی و اختلاف ارتفاع و ارتفاع را در جدول تاکنومتری انجام دهد.
 - ۹- مراحل عمل در برداشت با توتال استیشن را شرح دهد.
 - ۱۰- برداشت با GPS را شرح دهد.
 - ۱۱- برداشت با دستگاه‌های لیزر اسکنر زمینی را شرح دهد و کاربرد این روش را بیان نماید.

مطالب پیش نیاز

- قبل از مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :
- ۱- آشنایی با فصل ۷ کتاب «مساحی»
 - ۲- آشنایی با فصل چهاردهم کتاب «کارگاه محاسبه و ترسیم ۱»

برداشت عوارض در نقشه برداری زمینی



مفاهیم کلیدی

برداشت جزئیات
Detail Survey
عوارض
Features
عوارض طبیعی
Natural Features
عوارض مسطحانی
Planimetric Features
تاکنومتری
Tacheometry
توتال استیشن
Total Station

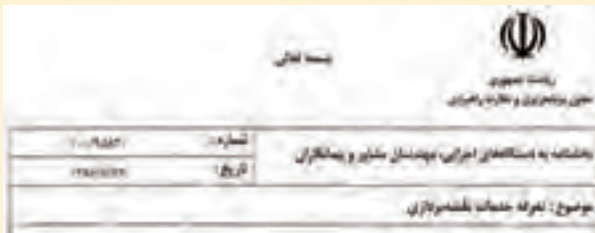
مقدمه

پس از ایجاد شبکه نقاط کنترل می‌توان روی آنها ایستگاه‌گذاری نمود و با اتکا به این نقاط، کار برداشت عوارض و جزئیات آنها را آغاز کرد. البته در مناطق وسیع، برداشت جزئیات با این روش به صرفه نبوده و زمان و هزینه زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. در این شرایط، معمولاً از روش عکسبرداری هوایی و به کمک دستگاه‌های فتوگرامتری جزئیات برداشت می‌شود. ولی هنگامی که تهیه نقشه از منطقه‌ای با وسعت نسبتاً کم، مورد نظر باشد یا امکان عکسبرداری هوایی وجود نداشته باشد، روش‌های نقشه‌برداری زمینی کاربرد پیدا می‌کند. مطلب قابل توجه این است که از آنجا که در برداشت

جزئیات، با حجم زیادی از نقاط برداشتی مواجه هستیم، به‌کارگیری روش‌های خیلی دقیق برای اندازه‌گیری مناسب نیست چون باعث کندی کار و بالا رفتن هزینه عملیات زمینی می‌شود. از نظر کلی روش‌های زمینی که برای برداشت نقاط به کار برده می‌شود در سه گروه اندازه‌گیری فقط طول، اندازه‌گیری فقط زاویه و اندازه‌گیری طول و زاویه خلاصه می‌شود. ولی متداول‌ترین روش برداشت، روش طول و زاویه است چون که از روش اندازه‌گیری فقط طول در زمین‌های کم وسعت می‌توان استفاده کرد و روش اندازه‌گیری فقط زاویه به علت کندی کار و هزینه زیاد فقط در موارد ضروری نظیر اندازه‌گیری نقاط بسیار مرتفع و یا غیر قابل دسترس کاربرد پیدا می‌کند.

بیشتر بدانیم

سازمان نقشه‌برداری کشور که زیر مجموعه معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی نهاد



ریاست جمهوری فعالیت می‌کند، هر ساله تعرفه‌های خدمات نقشه‌برداری را ابلاغ می‌کند تا در قراردادها طبق آن عمل شود.

۶-۱- انواع عوارض در تهیه نقشه



شکل ۶-۱ - چند نمونه عوارض ارتفاعی و مسطحاتی

در نقشه برداری عوارض به

دو دسته کلی عوارض مسطحاتی

(پلانیمتری) و عوارض ارتفاعی

(آلتیمتری) تقسیم بندی می شوند.

عوارض ارتفاعی معمولاً محل

تغییر شیب ها و شکستگی های

زمین بوده و ارتفاع آنها برای

بازسازی شکل توپوگرافی یا

ناهمواری های طبیعی سطح زمین

اهمیت دارد. هنگام برداشت

این عوارض علاوه بر موقعیت

مسطحاتی باید ارتفاع آنها را نیز

برداشت نمود. عوارضی از قبیل

کف گودال، نوک قله، خط القعر،

خط الرأس، آبرو، ترانشه و نظایر

آن جزو عوارض ارتفاعی محسوب

می شوند. ولی عوارض مسطحاتی

عوارضی هستند که معمولاً هم

سطح زمین بوده و می توان حدود

آنها را در روی نقشه مشخص

کرد. عوارضی از قبیل ساختمان، جاده، درخت، چاه آب و مانند آن جزو عوارض مسطحاتی هستند.

برای برداشت این عوارض کافی است موقعیت مسطحاتی آنها برداشت شود اما اگر این عوارض بالاتر

از سطح زمین باشند موقعیت ارتفاعی آنها نیز برداشت می شود.

عوارض مسطحاتی و ارتفاعی زمین را می توان به عوارض نقطه ای مانند تک درخت یا نقطه

ارتفاعی، عوارض خطی مانند جوی آب یا ترانشه و عوارض سطحی مانند محدوده املاک یا باغچه

تقسیم بندی نمود. همچنین عوارض مسطحاتی و ارتفاعی زمین را می توان به عوارض طبیعی مانند

درخت، رودخانه یا حد مرتع و به عوارض مصنوعی مانند باجه تلفن، جاده یا استخر تقسیم بندی نمود.

۶-۲- اصول برداشت عوارض

بسته به هدف از تهیه نقشه و سفارش دهنده آن، نوع و تعریف عوارض برداشتی و جزئیات مورد نیاز آنها متفاوت می باشد اما نقشه برداران به صورت پیش فرض، عوارض را بر مبنای استانداردهای موجود شناسایی و انتخاب کرده و بسته به مقیاس نقشه، تراکم و جزئیات مورد نیاز، آنها را برداشت می کنند. فهرست این عوارض در استاندارد برای نقشه های شهری و غیرشهری متفاوت بوده و معمولاً در دسته بندی های مشخص ارائه شده اند. البته اگر عوارض خاصی مدنظر سفارش دهنده تهیه نقشه باشد که در استاندارد موجود نباشد، این عوارض نیز با تعریف مشخص شناسایی و برداشت می گردد که به آنها اصطلاحاً عوارض غنی سازی (Value Added) نقشه می گویند.

در ادامه ابتدا اصول کلی برداشت عوارض مسطحاتی و ارتفاعی و استانداردهای مربوطه تشریح شده و سپس مراحل کار در برداشت عوارض بیان می گردد.

بیشتر بدانیم

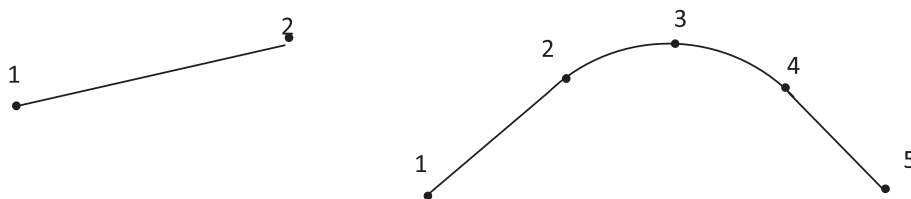
نمونه ای از تعرفه های خدمات نقشه برداری — سال ۱۳۸۶

۷۲۰۲۰۲۱۱	تهیه نقشه ۱/۲۰۰۰ به روش مستقیم زمینی با منحنی تراز ۱ متر	دشت	هکتار	۹۶۵۰۰
۷۲۰۲۰۲۱۲		تپه ماهور	هکتار	۱۱۱۰۰۰
۷۲۰۲۰۲۱۳		کوهستان	هکتار	۱۵۰۳۰۰
۷۲۰۲۰۲۱۴		کوهستان سخت	هکتار	۱۹۳۱۰۰
۷۲۰۲۰۲۱۵		کوهستان خیلی سخت	هکتار	۲۵۲۵۰۰
۷۲۰۲۰۲۲۱	تهیه نقشه ۱/۲۰۰۰ به روش مستقیم زمینی با شبکه بندی قائم الزاویه ۴۰ متر و منحنی تراز ۵/۵ متر	دشت	هکتار	۱۲۷۸۰۰
۷۲۰۲۰۲۲۲		تپه ماهور	هکتار	۱۵۱۸۰۰
۷۲۰۲۰۲۲۳		کوهستان	هکتار	۱۹۲۹۰۰
۷۲۰۲۰۲۳۱	تهیه نقشه ۱/۲۰۰۰ به روش مستقیم زمینی با منحنی تراز ۲ متر به عرض ۵۰۰ متر	دشت	کیلومتر	۴۹۵۴۱۰۰
۷۲۰۲۰۲۳۲		تپه ماهور	کیلومتر	۵۶۹۸۶۰۰
۷۲۰۲۰۲۳۳		کوهستان	کیلومتر	۷۶۸۸۴۰۰
۷۲۰۲۰۲۳۴		کوهستان سخت	کیلومتر	۹۸۷۷۴۰۰
۷۲۰۲۰۲۳۵		کوهستان خیلی سخت	کیلومتر	۱۲۸۷۷۲۰۰

برداشت عوارض مسطحاتی : از آنجا که معمولاً مرز عوارض مسطحاتی روی زمین مشخص است می توان با انتخاب تعداد مشخصی نقطه در روی این مرزها این عوارض را برداشت کرد. به طور کلی این عوارض به سه دسته عوارض : نقطه ای، خطی و سطحی تقسیم می شوند.

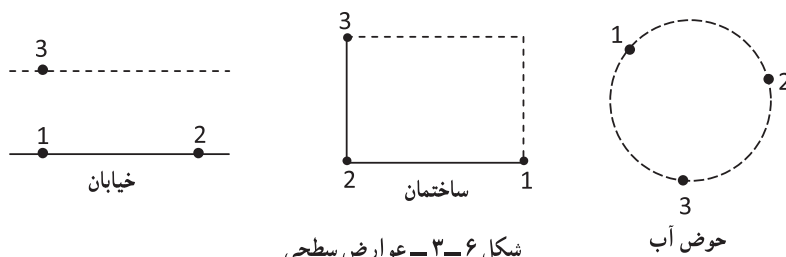
(الف) عوارض نقطه ای : ساده ترین عوارض مسطحاتی از لحاظ برداشت، عوارض نقطه ای می باشد. تیرهای برق، درخت ها، چاه ها و ... از نوع عوارض نقطه ای هستند. هنگام برداشت این عوارض، آنها را یک نقطه در نظر می گیریم زیرا تصویر قائم این نقاط بر روی نقشه یک نقطه است.

(ب) عوارض خطی : خطوط انتقال نیرو، جاده و خیابان و ... از این نوع هستند. برداشت این عوارض به سادگی عوارض نقطه ای نمی باشند. در برداشت این نوع عوارض در صورتی که عارضه به صورت یک خط مستقیم باشد برداشت دو نقطه از آن کافی است ولی در حالتی که عارضه مورد نظر به شکل منحنی باشد باید حداقل سه نقطه از آن را برداشت نمود.



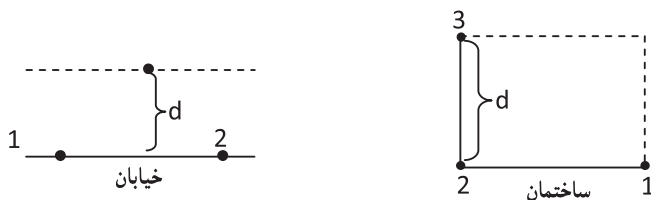
شکل ۶-۲- عوارض خطی

(ج) عوارض سطحی : تصویر عوارض سطحی مانند ساختمان ها و خیابان ها و میدان ها بر روی صفحه افقی نقشه اکثراً اشکال هندسی هستند که به راحتی با معلوم بودن موقعیت تعداد محدودی نقطه از محدوده آنها قابل ترسیم هستند، به عنوان مثال محدوده یک ساختمان یا خیابان که به ترتیب با یک مستطیل و یا دو خط موازی نشان داده می شود با معلوم بودن سه نقطه مطابق شکل قابل ترسیم است. همچنین یک دایره با برداشت سه نقطه روی محیط آن قابل ترسیم است.



شکل ۶-۳- عوارض سطحی

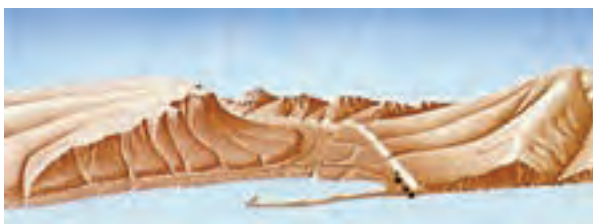
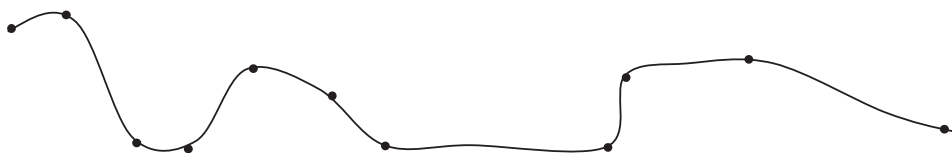
و چنانچه از سه نقطه فوق یک نقطه نیز قابل برداشت نباشد با اندازه گیری فاصله و معلوم بودن موقعیت دو نقطه، عارضه مورد نظر قابل ترسیم است.



شکل ۴-۶ - عوارض سطحی و مترکشی

بنابراین هنگام برداشت عوارض سطحی از این قبیل کافی است که طبق استاندارد به تعداد مورد نیاز از نقاط را برداشت کنیم.

برداشت عوارض ارتفاعی: شناسایی و برداشت این عوارض معمولاً از عوارض مسطحاتی دشوارتر بوده و به تجربه بیشتری نیاز دارد زیرا همانطور که گفته شد مرز این عوارض در روی زمین کاملاً مشخص نبوده و نقاط آن هم نسبت به هم حالت خاصی ندارند. ولی با رعایت یکسری اصول و همچنین کسب تجربه می توان این عوارض را به سادگی عوارض مسطحاتی برداشت کرد. مثلاً نقاط برداشتی علاوه بر اینکه در تغییر شیب های ناگهانی و خط الرأس ها و خط القعرها انتخاب می شوند باید به فاصله مشخص در اطراف هر ایستگاه در نظر گرفته شوند.



شکل ۴-۵ - برداشت عوارض ارتفاعی

نحوه تقسیم بندی ناهمواری مناطق مختلف از سطح زمین

ردیف	نوع منطقه	حداکثر شیب منطقه
۱	دشت	کمتر از ۳ درصد
۲	تپه ماهور	بیش از ۳ تا ۷ درصد
۳	کوهستان	بیش از ۷ تا ۲۰ درصد
۴	کوهستان سخت	بیش از ۲۰ تا ۶۰ درصد
۵	کوهستان خیلی سخت	بیش از ۶۰ درصد

استاندارد کیفیت برداشت عوارض : کیفیت برداشت عوارض مسطحاتی و ارتفاعی باید طبق استاندارد دارای تراکم و دقت مشخصی باشد تا بتوان به نقشه قابل قبولی دست پیدا کرد. تراکم و دقت برداشت عوارض مسطحاتی به مقیاس نقشه بستگی دارد. هرچه نقشه مقیاس بزرگتری داشته باشد، به برداشت دقیق تر و با جزئیات بالاتری نیاز است. طبق استاندارد در برداشت عوارض مسطحاتی نیازی به برداشت جزئیات کمتر از ۵/۰ میلیمتر در مقیاس نقشه نمی باشد. همچنین 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 باشد. برای مثال در تهیه نقشه ۱:۲۰۰۰ خطای متوسط برداشت عوارض مسطحاتی موردنظر باید در حد ۴۰ سانتیمتر بوده و جزئیات هندسی در حد یک متر را باید برداشت نمود.

همچنین تراکم و دقت برداشت عوارض ارتفاعی علاوه بر مقیاس نقشه به فاصله منحنی میزان درخواستی بستگی دارد. هرچه فاصله منحنی میزان درخواستی کمتر باشد به دقت و تراکم بالاتر نقاط ارتفاعی نیاز است. طبق استاندارد، نقاط ارتفاعی نباید تراکمی کمتر از دو سانتیمتر در مقیاس نقشه داشته باشند. همچنین خطای متوسط نقاط ارتفاعی نباید از یک سوم فاصله منحنی میزان درخواستی بیشتر باشد. برای مثال در تهیه نقشه ۱:۲۰۰۰ با منحنی میزان یک متر، فاصله نقاط ارتفاعی باید از ۴۰ متر روی زمین کمتر نباشد و علاوه بر آن نقاط تغییر شیب و شکست زمین نیز با خطای متوسط ۳۰ سانتیمتر برداشت شود.

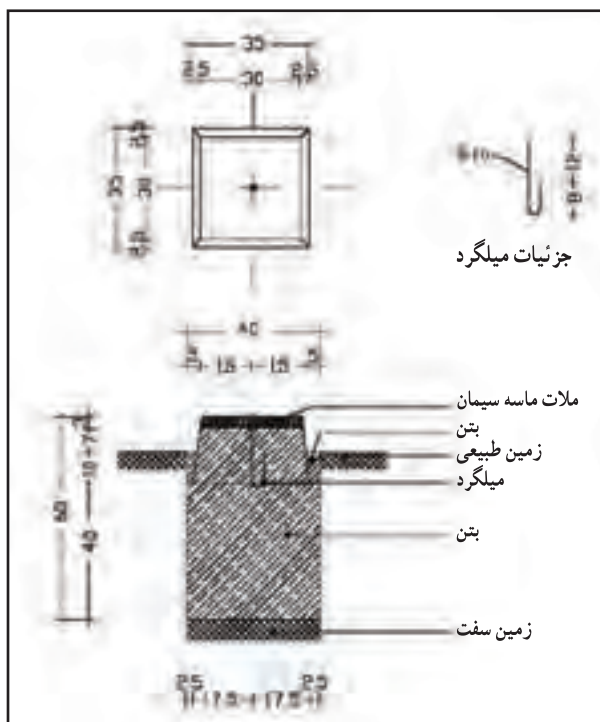
مراحل کلی برداشت عوارض : برداشت در حالت کلی شامل هشت مرحله است :

۱- شناسایی منطقه

- ۲- طراحی نقاط ایستگاهی
- ۳- ساختمان نقاط پنج 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
- ۱- **شناسایی منطقه**: برای برداشت یک منطقه از زمین لازم است که آن منطقه مورد شناسایی قرار گرفته و حد کار روی زمین و یک نقشه کوچک مقیاس موجود تعیین گردد.
- ۲- **طراحی نقاط ایستگاهی**: با توجه به دقت برداشت مورد نظر و قابلیت دید عوارض، فاصله متوسط ایستگاه‌ها از هم تعیین شده و بر مبنای آن محل ایستگاه‌های اصلی روی زمین مشخص می‌شود. البته ممکن است در هنگام عملیات زمینی نیز تعدادی ایستگاه کمکی به آنها اضافه شود.

۳- ساختمان نقاط

پنج مارک BM: در صورتی که ماندگاری نقاط ایستگاهی برای کارفرما اهمیت داشته باشد، طبق استاندارد تعدادی از این نقاط به صورت پنج مارک‌های مستحکم و پایدار روی سازه بتنی بنا می‌شود (شکل ۶-۶). بسته به ماندگاری و حفظ دقت موقعیت این نقاط، ابعاد BM و میزان مصالح مصرفی متفاوت است.



شکل ۶-۶ - جزئیات ساختمان یک BM

رعایت مسایل ایمنی در نقشه برداری شهری



۴- **تعیین موقعیت ایستگاه‌ها:** در این مرحله موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی ایستگاه‌ها اندازه‌گیری می‌شود. برای تعیین موقعیت مسطحاتی معمولاً روش پیمایش یا GPS و برای تعیین موقعیت ارتفاعی از روش ترازبایی استفاده می‌شود.

۵- **تهیه کروکی و گویاسازی:** در قبل و حین عملیات برداشت جزئیات، یکی از افراد از گروه نقشه برداری تحت عنوان میرچین، بر اساس مقیاس نقشه موردنظر و بر طبق دستورالعمل، نوع و تراکم عوارض مورد نیاز را در منطقه تعیین نموده و نقاط مورد نظر را بر روی یک کروکی از منطقه ترسیم می‌کنند. سپس میرچین فرد یا افراد نگهدارنده شاخص‌ها یا رفلکتورهای نقشه برداری را به نقاط موردنظر هدایت نموده و پس از اندازه‌گیری مختصات هر نقطه توسط دوربین نقشه برداری، در کنار آن نقطه روی کروکی شماره و/ یا کد نقطه را یادداشت می‌کنند. در همین مرحله بهتر است نام عوارض مهم مانند نام خیابان‌ها نیز در روی کروکی یادداشت شود تا بعداً به منظور گویاسازی نقشه مورد استفاده قرار گیرد.

در تهیه کروکی چندین نکته اهمیت اساسی دارد:

- نیازی به ترسیم دقیق موقعیت هندسی نقاط در کروکی نمی‌باشد، اما وضعیت نسبی نقاط باید درست باشد مثلاً نقاط گوشه حوض درون نقاط حیاط باشد، نقاط یک عارضه خطی با ترتیب درست به هم وصل شده باشد و عوارض بسته نیز در کروکی بصورت چندضلعی بسته ترسیم شوند.

● گاهی اوقات تراکم عوارض در یک منطقه کوچک به حدی است که کروکی شلوغ و ناخوانا می‌شود. در این حالات بهتر است محل کروکی را با یک کد مشخص کرده و در محل دیگری جزئیات کروکی را ترسیم و کد مربوطه را بالای آن ذکر کنیم.

● گاهی جهت حرکت آب در رودخانه و نهر یا یکطرفه یا دوطرفه بودن جاده و جهت آن نیز باید در کروکی ترسیم شود.

● برای گویاسازی می‌توان از نقشه‌های موجود استفاده کرد و در صورت نیاز از افراد محلی درخصوص نام عوارض مهم پرسش نمود.

● بهتر است برای خوانایی بیشتر، ترسیم کروکی با خودکار چهار رنگ انجام شود: ترسیم عوارض با رنگ مشکی، ترسیم شماره نقاط با رنگ آبی، ترسیم کد نقاط با رنگ قرمز و ترسیم اسامی گویاسازی با رنگ سبز.

کروکی نباید با مداد ترسیم شود. چرا؟

۶- برداشت جزئیات: برداشت جزئیات به روش‌های زمینی در حالت کلی شامل چهار مرحله است:

الف) استقرار دستگاه روی نقطه با مختصات معلوم

ب) توجیه دستگاه به یک امتداد معلوم و یا یک نقطه با مختصات معلوم. برای دقت بالاتر بهتر است توجیه دستگاه به صورت کوپل قرائت شود.

ج) نشانه‌روی به نقاط موردنظر و اندازه‌گیری و ثبت مشاهدات لازم برای تعیین موقعیت این نقاط از قبیل طول، زاویه افقی و زاویه قائم

د) ثبت محل تقریبی و شماره و/یا کد نقاط در روی کروکی.

انتخاب نقاط عوارض در عملیات برداشت جزئیات اهمیت اساسی دارد. برای مثال یک عارضه مانند تیر برق را درنظر بگیرید. اینکه چه نقاطی از این عارضه باید برداشت شود بستگی به مقیاس موردنظر برای تهیه نقشه دارد. مثلاً برای تهیه نقشه ۱:۲۰۰۰ تنها یک نقطه از آن در میانه پای تیر کافی است (عارضه نقطه‌ای) اما در تهیه نقشه ۱:۵۰۰ باید سه گوشه آن برداشت شود (عارضه سطحی). همانطور که ذکر شد انتخاب این نقاط وظیفه میرچین بوده که بر اساس دستورالعمل تهیه نقشه با مقیاس موردنظر، تعداد و تراکم نقاط برای عوارض انتخابی را تعیین و در روی زمین مشخص می‌کند.



در قدیم از تخته سه پایه برای برداشت استفاده می کردند.
با تحقیقی در این مورد، طرز کار آن را توضیح دهید.

از این رو همه افراد گروه نقشه برداری (عامل دوربین و افراد نگهدارنده شاخص ها) باید زیر نظر میرچین کار کنند. در واقع کیفیت و سرعت تهیه نقشه در مرحله اول بستگی به تجربه و عملکرد میرچین دارد. از آنجا که میرچین معمولاً همراه با افراد نگهدارنده شاخص ها حرکت می کند، این افراد با دستور وی روی نقاط مورد نظر قرار گرفته و به نقاط دیگر تغییر محل می دهند. اما عامل دوربین باید با انجام علائم دستی یا از طریق بی سیم با میرچین هماهنگ بوده و نقاط برداشتی و شماره یا کد آنها را چک نماید تا شماره نقاط در کروکی و دوربین مشابه باشد.

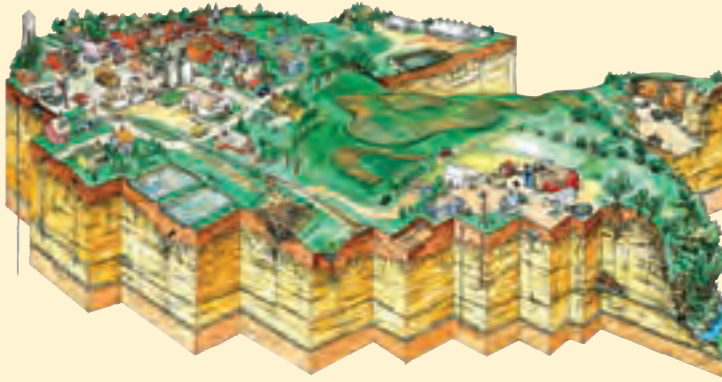
۷- ترسیم اولیه و شناسایی مشکلات برداشت: بعد از عملیات زمینی در انتهای هر روز بایستی میرچین به همراه فرد کار توگراف (نقشه کش)، مشاهدات نقشه برداری را در رایانه تخلیه نموده و وضعیت نقاط را با کروکی بررسی نموده و در صورت امکان نقاط را با توجه به شماره و کد آنها به هم وصل نموده و نمادهای مربوطه را در لایه مورد نظر ترسیم اولیه نمایند. این امر اهمیت زیادی در اجرا و پیشبرد درست عملیات زمینی در روز بعد داشته و در صورت بروز مشکل، با توجه به حضور ذهن، افراد به سرعت و در محل آن را رفع می نمایند. اگر بلافاصله ترسیم اولیه انجام نشود و ترسیم کل مشاهدات و کروکی های پروژه یک جا به زمان و مکان دیگری موکول شود، معمولاً مشکلات زیادی در حین ترسیم رخ خواهد داد. زیرا به علت وقوع فاصله زمانی بین

عملیات برداشت و ترسیم، افراد معمولاً حضور ذهن نداشته و موجب ابهام در کروکی و ترسیم نقشه می‌شود. همچنین اگر عملیات برداشت با مشکلاتی همراه بوده باشد و/ یا بعضی نقاط برداشت نشده باشند، علاوه بر کاهش کیفیت ترسیم نقشه و بروز اشتباهات، ممکن است نیاز به حضور در محل پیدا شود که هزینه و زمان انجام کار را به شدت افزایش خواهد داد. علاوه بر این اکیداً توصیه می‌شود که در هنگام ترسیم نقشه، شخص تهیه کننده کروکی نیز حضور داشته باشد تا موارد ابهام را به درستی و به سرعت رفع نماید.

✓ از اشتباهات معمول هنگام برداشت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: مثلاً
صفر- صفر توجیه دوربین روی نقطه اشتباه یا با شماره ایستگاه اشتباه انجام شده باشد، که منجر به دَوران اشتباه کلیه نقاط برداشتی حول ایستگاه نقشه برداری می‌شود.
ارتفاع دوربین، اندازه گیری نشده باشد یا به درستی ثبت نشده باشد که منجر به جابه جایی اشتباه ارتفاعی کلیه نقاط برداشتی می‌شود.
شماره ایستگاه به درستی معرفی و ثبت نشده باشد که منجر به جابه جایی اشتباه مسطحاتی و ارتفاعی کل نقاط می‌شود.

۱- کنترل و تکمیل زمینی: بعد از ترسیم کل منطقه، برای اطمینان از نقشه تهیه شده و بهبود کیفیت آن، حتی در صورت عدم مشاهده هرگونه مشکلی توصیه می‌شود به منطقه مراجعه نمود و به طور مستقیم نقشه را با عوارض منطقه مقایسه کرد تا در صورت وجود هر نوع ناسازگاری، تغییرات یا جا افتادگی، با انجام اندازه گیری‌های لازم، نقشه را کنترل و تکمیل زمینی نمود. در این مرحله معمولاً به دوربین نقشه برداری نیازی نبوده و با روش‌های ساده مساحی مانند مترکشی می‌توان مشاهدات مورد نیاز را با دقت کافی به انجام رسانید.

۳-۶ - روش‌های برداشت عوارض: روش‌های زمینی مختلفی برای برداشت مختصات سه بعدی عوارض وجود دارد که با توجه به دقت مورد نیاز و وسعت منطقه و همچنین وسایل موجود انتخاب می‌شوند. در این رابطه می‌توان روش‌های ساده برداشت (مساحی) و تاکنومتری (اندازه گیری سریع به وسیله زاویه یاب‌ها) و برداشت اتوماتیک به وسیله سیستم‌های پیشرفته تر از قبیل توتال استیشن، GPS و لیزر اسکنر زمینی و روش‌های ترکیبی را نام برد. در کتاب مساحی با روش‌های ساده برداشت آشنا شدید. در این قسمت به شرح بقیه روش‌ها می‌پردازیم:



شبیه سازی سه بعدی عوارض رو و زیر سطح زمین که براساس مشاهدات نقشه برداری ایجاد شده است.

تاکتومتری: ریشه لغوی تاکتومتری یونانی و به معنی اندازه گیری سریع می باشد. و در اصطلاح به روشی که در آن به طور همزمان موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی نقاط برداشت می شود، تاکتومتری گویند. به عبارتی در این روش موقعیت سه بعدی نقاط (X, Y, Z) را همزمان برداشت می کنیم.

برای برداشت جزئیات به روش تاکتومتری مراحل زیر به ترتیب انجام می شود :

الف) استقرار دستگاه بر روی نقطه ایستگاهی و ثبت این نقطه به عنوان نقطه استقرار در فرم

برداشت

ب) صفر : صفر دستگاه به نقطه قرائت عقب و ثبت این نقطه به عنوان نقطه قرائت عقب در فرم

برداشت که بهتر است به صورت کوپل انجام شود.

ج) استقرار شاخص بر روی نقاط عوارض مختلف با توجه به کروکی و انجام اندازه گیری های

لازم برای برداشت نقاط

از آنجا که تعداد نقاط برداشتی زیاد است معمولاً از جداول و فرم های استاندارد استفاده

می شود که در صفحه بعد یک نمونه از آن را می بینید.

برگ قرائت‌های تاکنومتری									
نام ایستگاه :					عامل :				
ارتفاع دستگاه :					منطقه و نوع عملیات :				
صفر صفر به :					نوع و شماره دستگاه :				
					تاریخ :				
کروکی و ملاحظات					ارتفاع	اختلاف ارتفاع	فاصله افقی	زاویه قائم	زاویه افقی
					تارهای استادیتری	نقاط			
					تار بالا	تار وسط	تار پایین		

شکل ۶-۷ - جدول قرائت‌های تاکنومتری

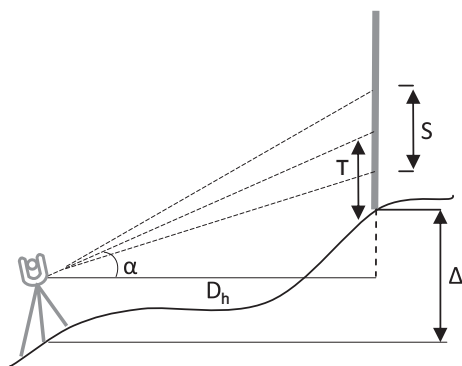
محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع در روش تاکنومتری : از آنجا که این روش به کمک زاویه یاب و شاخص انجام می‌شود اصول مورد استفاده در آن همان اصول استادیتری است که در فصل ۳ (فاصله یابی) با آن آشنا شدید. در این روش پس از قرائت اعداد تار بالا، وسط و پایین روی شاخص و همچنین زاویه شیب امتداد موردنظر، می‌توان فاصله افقی D_h و اختلاف ارتفاع Δh نقطه مورد نظر از ایستگاه استقرار زاویه یاب را از رابطه زیر به دست آورد :

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

که در آن S همان فاصله تارهای بالا و پایین استادی می‌باشد و α هم زاویه شیب است. همچنین می‌توان اختلاف ارتفاع را از رابطه زیر به دست آورد :

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

که در آن h_i ارتفاع دوربین از سطح زمین و T عدد تار وسط است که روی شاخص قرائت شده است.



شکل ۶-۸ - قرائت‌های تاکنومتری

در عمل معمولاً تار وسط رتیکول روی عدد ارتفاع دستگاه (h_i) قرار داده می‌شود. بنابراین در این حالت مقدار h_i و T با هم ساده شده و رابطه اختلاف ارتفاع به شکل ساده زیر تبدیل می‌شود.

$$\Delta h = 100 \cdot S \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha = 50 \cdot \sin(2\alpha)$$



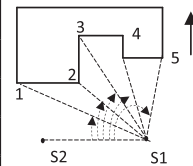
تهیه نقشه از سطح کره ماه

مثال ۱-۶: محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع و تکمیل جدول تاکنومتری

در شکل زیر کروکی و جدول تاکنومتری مربوط به برداشت قسمتی از یک ساختمان را مشاهده می کنید. مطلوب است محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع برای این نقاط و تکمیل این جدول.

نام ایستگاه: S1(1000/1000)			برگ قرائت تاکنومتری		نوع و شماره تئودولیت	
۱۶-T ویلد						
ارتفاع دستگاه:			1500		عامل:	
نویسنده:			تاریخ:			

صفر صفر به:				اختلاف ارتفاع	فاصله افقی	زاویه قائم	زاویه افقی	تارهای استادیومتری			نقاط
S2(850/1000)								تار بالا	تار وسط	تار پایین	



راهکار کلی : برای محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع از دو رابطه زیر استفاده کنید :

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

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

البته همانطور که مشاهده می کنید در این مثال زاویه قائم قرائت شده زاویه زینتی (سمت الرأسی) می باشد. اما در روابط بالا α زاویه شیب است. برای حل دو راهکار وجود دارد :

۱- زاویه شیب همه نقاط ۱ تا ۵ جدول فوق را از رابطه $\alpha = 90^\circ - Z$ بدست آورده و در روابط فوق جایگذاری کنید.

۲- همانطور که می دانید زاویه شیب و زینتی متمم اند ($\alpha + Z = 90^\circ$) بنابراین داریم :

$$\sin z = \cos\alpha$$

به عبارتی در حالتی که در جدول تاکئومتری به جای زاویه شیب (α) زاویه زینتی (z) موجود باشد می توان با یک تغییر جزئی در روابط فوق به راحتی فاصله افقی و اختلاف ارتفاع را محاسبه کرد. یعنی در این حالت داریم :

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

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

روش حل :

$$D_{h1} = 100 \times (1630 - 1370) \times (\sin 86^\circ 40')^2 = 25912 \text{ mm} = 25.912 \text{ m}$$

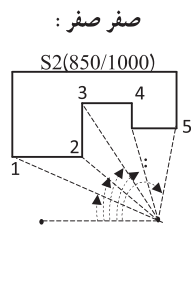
$$D_{h2} = 100 \times (1562 - 1435) \times (\sin 98^\circ 31')^2 = 12421 \text{ mm} = 12.421 \text{ m}$$

و به همین ترتیب برای سایر نقاط

$$\Delta h_1 = 100 \times (1630 - 1370) \times (\sin 86^\circ 40') \times (\cos 86^\circ 40') + 1500 - 1500 = 1509 \text{ mm} = 1.51 \text{ m}$$

$$\Delta h_2 = 100 \times (1562 - 1435) \times (\sin 98^\circ 31') \times (\cos 98^\circ 31') + 1500 - 1500 = -1860 \text{ mm} = -1.86 \text{ m}$$

نام ایستگاه: S1(1000/1000) برگ قرائت تاکنومتری نوع و شماره تئودولیت:							
ارتفاع دستگاه: ۱۶-T و بلد 1500 تاریخ: عامل:							
نویسنده:							
نقاط		تارهای استادیومتری			زاویه	فاصله	اختلاف
		تار بالا	تار وسط	تار پایین	افقی	افقی (m)	ارتفاع (m)
1	1370	1500	1630		27° 44'	25.91	1.51
2	1435	1500	1562		67° 13'	12.42	-1.86
3	1345	1500	1655		70° 48'	30.90	-1.78
4	1485	1500	1715		79° 28'	23.00	0.00
5	1460	1500	1740		127° 06'	28.00	0.00



✓ **بحث و بررسی:** هنگام محاسبات جدول تاکنومتری 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 میلیمتر است. پس چنانچه آنها را در روابط فوق قرار دهید فاصله و اختلاف ارتفاع هم بر حسب میلیمتر محاسبه می‌شوند. که باید آنها را به متر تبدیل کنید.

(نکته ۱): البته اگر این اعداد را به متر تبدیل کرده و در فرمول قرار دهید، محاسبات مستقیماً بر حسب متر به دست می‌آید.)

سؤال: با یک نگاه می‌توان فهمید که در روش تاکنومتری رابطه اختلاف ارتفاع در اصل همان رابطه $\Delta h = D_h \times \tan \alpha$ می‌باشد که قبلاً در کتاب مساحی با آن آشنا شدید. می‌دانید چطور؟

برداشت با توتال استیشن:

یک توتال استیشن تشکیل شده است از یک تئودولیت الکترونیکی و یک دستگاه اندازه‌گیری فاصله (EDM) که به صورت یکپارچه طوری ساخته شده که قسمت اُپتیکی (تلسکوپ) و فاصله‌یاب آن هم محور باشند. مهمترین مزیت توتال استیشن نسبت به زاویه‌یاب‌ها این است که این دستگاه علاوه

بر اندازه‌گیری زاویه افقی و قائم، قادر به اندازه‌گیری فاصله و همچنین محاسبه و ذخیره اتوماتیک مختصات نقاط برداشتی می‌باشد. که با اتصال این دستگاه به کامپیوتر به راحتی می‌توان اطلاعات ذخیره شده را به کامپیوتر منتقل کرد.

در توتال استیشن‌ها توابع و برنامه‌هایی برای انجام تعدادی از کارهای متداول نقشه‌برداری قرار داده شده است از جمله برنامه برداشت که کاربرد فراوانی در بین برنامه‌های توتال استیشن دارد. این برنامه معمولاً با نام‌های STN یا OCC یا Survey در منوی برنامه‌های توتال استیشن یافت می‌شود و از آن می‌توان در برداشت دکارتی و یا قطبی نقاط استفاده کرد. مراحل برداشت با توتال استیشن به قرار زیر است :

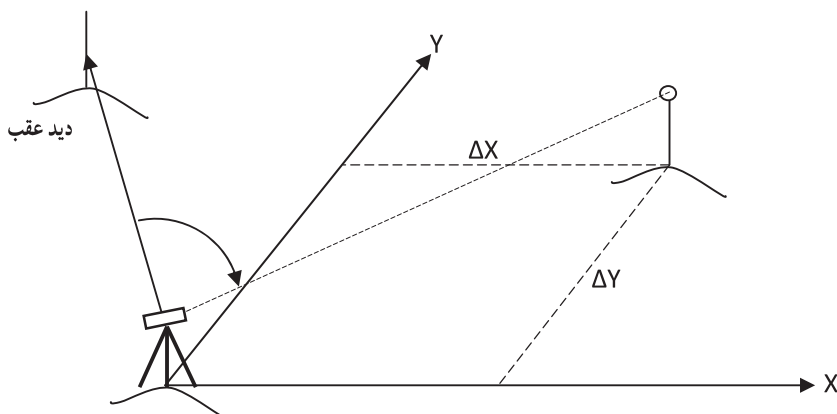
۱- استقرار دستگاه : در این مرحله دستگاه را روی یک نقطه ایستگاهی مستقر می‌کنیم، استقرار دستگاه توتال استیشن کاملاً شبیه دستگاه زاویه‌یاب است که در فصل زاویه‌یابی با آن آشنا شدید با این تفاوت که توتال استیشن‌ها معمولاً دارای کمپانسانور بوده که تراز دقیق را به‌طور اتوماتیک انجام داده و آن را حفظ می‌کند.

۲- توجیه دستگاه : توجیه در واقع معرفی یک سیستم مختصات به دستگاه می‌باشد. این سیستم مختصات در واقع همان سیستم مختصاتی است که مختصات نقاط استقرار و توجیه در آن معلوم است. بنابراین با انجام این عمل مختصات نقاط برداشتی هم در این سیستم مختصات محاسبه شده و به‌دست می‌آیند. در توتال استیشن توجیه معمولاً به دو صورت قابل انجام است :

(الف) توجیه قطبی : در این روش بعد از معرفی مختصات ایستگاه استقرار به توتال، به یکی از نقاط ایستگاهی نشانه روی کرده و ژیزمان این امتداد معلوم را به دستگاه معرفی می‌کنیم.

(ب) توجیه مختصاتی : در توجیه به روش مختصاتی بعد از معرفی مختصات ایستگاه استقرار و نشانه‌روی به یکی از نقاط ایستگاهی، مختصات این نقطه را به دستگاه معرفی می‌کنیم.

۳- برداشت جزئیات : پس از استقرار و توجیه دستگاه، برای برداشت کافی است به رفلکتور مستقر در نقاط نشانه روی کرده و با فشار دکمه برداشت در توتال استیشن، نقاط مورد نظر را برداشت کرد. در توتال استیشن‌های با قابلیت Reflectorless دیگر نیازی به رفلکتور نبوده و می‌توان عوارض موردنظر را مستقیماً با لیزر نشانه روی و برداشت نمود. توتال استیشن‌های مدرن‌تر امکان مشاهده هندسه نقاط برداشتی را بطور همزمان میسر می‌سازند که عملاً نیاز به ترسیم کروکی مرتفع شده و به علاوه کیفیت نقشه برداشتی از لحاظ سازگاری و کامل بودن نقاط بهبود می‌یابد.



شکل ۶-۹ - برداشت با توتال استیشن

بیشتر بدانیم



نقشه برداری و کمی خنده!!!

اولین توتال استیشن تمام اتوماتیک

برداشت با GPS : امروزه به کارگیری GPS در امور نقشه برداری کاربردهای زیادی پیدا نموده است. یکی از متداول ترین این کاربردها تعیین موقعیت ایستگاه های نقشه برداری است که به صورت اندازه گیری در موقعیت ثابت در یک فاصله زمانی مشخص انجام می شود و به آن حالت استاتیک گویند. امروزه توتال استیشن هایی بنام (Totalstation GPS) با قابلیت نصب GPS روی آنها به بازار آمده اند که هر نقطه دلخواه را می توان به عنوان ایستگاه نقشه برداری با آنها به سرعت تعیین مختصات نمود.



شکل ۶-۱۰- TPS

در کاربردهای ناوبری اندازه‌گیری بصورت پویا یا کینماتیک انجام می‌شود. در این حالت آنتن GPS روی متحرک نصب شده و در حین حرکت و به‌صورت آنی تعیین موقعیت لحظه‌ای می‌نماید. امروزه به‌کارگیری روش RTK (real time kinematic) یا کینماتیک GPS در عملیات برداشت جزئیات در حال توسعه می‌باشد. برای این منظور آنتن GPS روی شاخص نصب شده و نقشه‌بردار شاخص را در حد چند ثانیه تا حداکثر چند دقیقه روی نقطه مورد نظر قرار داده و دکمه ثبت مختصات را می‌زند.

مختصات نقطه بلافاصله ذخیره شده و در صفحه نمایشگر نمایش می‌یابد. به این ترتیب عملیات نقشه‌برداری توسط یک نفر به‌طور همزمان انجام می‌گیرد.

نکته اساسی در اندازه‌گیری مختصات ایستگاهی یا برداشت جزئیات با GPS این است که برای دستیابی به دقت‌های مورد نیاز در نقشه‌برداری، مشاهدات GPS باید به‌طور همزمان با مشاهدات یک ایستگاه ثابت معلوم دیگر در منطقه در شعاع چند کیلومتر به انجام برسد. بنابراین در نقشه‌برداری نیاز به دو گیرنده GPS داریم که یکی به عنوان گیرنده ثابت روی نقطه معلوم قرار می‌گیرد (به نام Master) و دیگری به عنوان گیرنده متحرک مورد استفاده در عملیات نقشه‌برداری روی توتال استیشن یا شاخص نصب می‌گردد (به نام Remote). معمولاً روی گیرنده متحرک چراغی وجود دارد که سه وضعیت قرمز، زرد و سبز دارد. در وضعیت قرمز، گیرنده هنوز توجیه نشده و امکان تعیین موقعیت با آن وجود ندارد. در این حالت ممکن است تعداد ماهواره‌ها کافی نباشد یا خطاهای

محیطی روی سیگنال‌های GPS بسیار زیاد باشد یا اینکه ارتباط گیرنده با ایستگاه مرجع قطع شده باشد. معمولاً برای خروج از این وضعیت باید گیرنده را در موقعیت معلوم قبلی قرار داد و مشاهده را تکرار نمود. در وضعیت زرد، گیرنده موقعیت نقطه را به دست آورده اما هنوز به دقت کافی نرسیده است و نیاز به حضور در محل و ثبت مشاهدات بیشتر دارد. در وضعیت سبز، گیرنده موقعیت نقطه را با دقت کافی بدست آورده و آماده برای حرکت به سمت نقطه بعدی است.

بیشتر بدانیم



تهیه نقشه با GPS به روش RTK

برداشت با لیزر اسکنر زمینی: یکی از تجهیزات نوینی که در یک دهه اخیر در نقشه برداری زمینی مطرح و به کار گرفته شده است، دستگاه‌های لیزر اسکنر زمینی می‌باشد. کاربرد لیزر اسکنرهای زمینی در برداشت اشیاء و بناهای میراث فرهنگی، برداشت سازه‌های بزرگ مانند تونل و سد، برداشت سایت‌های با عوارض متراکم و پیچیده مانند سایت‌های پالایشگاه نفت و گاز و انجام عملیات توپوگرافی به خصوص در مناطق صعب العبور کوهستانی است. البته امروزه نوع خاصی از لیزر اسکنرهای زمینی بُرد کوتاه با دقت اندازه‌گیری بسیار بالا در حد چند ده میکرون نیز معرفی شده‌اند که کاربردهای صنعتی و پزشکی دارند.

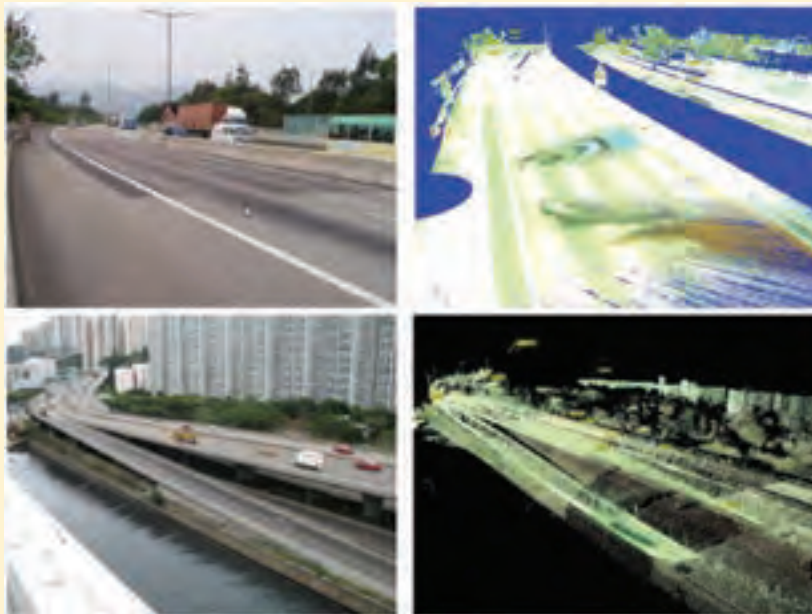


شکل ۶-۱۱- لیزر اسکنر زمینی

بیشتر بدانیم

مشاهدات لیزر اسکنر به صورت موقعیت XYZ، شدت لیزر ثبت شده I و رنگ نقطه RGB (در صورت بکارگیری دوربین عکاسی) برای انبوه نقاط نامنظم بنام ابر نقاط (Point cloud) می باشد. این مشاهدات گاهی در قالب تصویری به نام تصویر بُرد (range image) ارائه می شود که در آن مقدار هر پیکسل تصویر مبین فاصله لیزر اسکنر تا عارضه می باشد. در مقابل می توان تصویر شدت (Intensity image) را داشت که در آن مقدار هر پیکسل تصویر مبین شدت لیزر ثبت شده از عارضه می باشد. همچنین در صورت بکارگیری دوربین عکاسی در لیزر اسکنر (بنام فتولیزر اسکنر)،

می‌توان تصویر سوومی را از عوارض ایجاد نمود (Brightness image) که گاهی به آن تصاویر پانورا ما نیز می‌گویند.



تصویر

ابر نقاط

شکل ابر نقاط

ساختار لیزر اسکنرها از سه بخش تشکیل شده‌اند :

- طول‌یاب (range finder) که وظیفه اندازه‌گیری طول توسط لیزر با سرعت بالا (چند ده هزار نقطه در ثانیه) در یک امتداد مشخص را دارد. روش اندازه‌گیری طول همانند توتال استیشن و GPS روش شبه فاصله بوده و دقت آن در حد سانتی‌متر می‌باشد.

- اسکنر که وظیفه آن هدایت لیزر با سرعت و دقت بالا در امتدادهای مختلف می‌باشد. اسکنر معمولاً توسط یک آینه دوار پرتو لیزر را در راستای قائم جاروب می‌کند. پس از هر جاروب قائم، لیزر اسکنر حول محور قائم دستگاه چرخشی کوچک کرده و مجدداً عملیات فوق تکرار می‌شود تا محدوده تعریف شده افقی و قائم را به‌طور کامل جاروب نماید.



● نرم افزار پردازشی که عملیات کالیبراسیون، پیش پردازش و مدیریت مشاهدات لیزر اسکنر را انجام می‌دهد. پیش‌پردازش انجام عملیاتی مانند یکپارچه سازی ابر نقاط، کاهش نویز، سبک سازی داده‌ها، و تلفیق با مشاهدات تصویری است.

به این ترتیب ساختار لیزر اسکنرها همانند توتال استیشن است با این تفاوت که قراول روی به نقاط به صورت اتوماتیک، با سرعت بالا در حد چند دقیقه و به صورت گسسته با تراکم مشخص انجام می‌شود. از این رو امروزه توتال استیشن‌هایی با قابلیت عملکرد لیزر اسکنر (یعنی Reflectorless و دارای سرموتور) به بازار عرضه شده‌اند که تنها ضعف آنها سرعت پایین و برد کم‌شان می‌باشد.

برای استقرار لیزر اسکنر حتماً نیاز به تراز کردن دستگاه نمی‌باشد. در عوض باید تعدادی تارگت در منطقه در فواصل و ارتفاع‌های مختلف قرار داد و در هر ایستگاه، مختصات این تارگت‌ها را با دقت بالایی توسط لیزر اسکنر اندازه‌گیری نمود. از این تارگت‌ها برای یکپارچه سازی ابر نقاط ایستگاه‌های مختلف با هم استفاده می‌شود. تعدادی از این تارگت‌ها (حداقل سه تارگت) نیز باید مختصات جهانی داشته باشند، تا بتوان مختصات ابر نقاط یکپارچه سازی شده را نسبت به سیستم مختصات جهانی توجیه نمود. 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. این امر پردازش ابر نقاط را با محدودیت‌هایی مواجه می‌سازد.

به‌طور کلی امروزه لیزر اسکنرها هزینه و وزن بالایی در حد چند ده کیلو داشته معمولاً آنها را باید به باتری خارجی (حتی موتور برق) و یک کامپیوتر صنعتی برای

کنترل دستگاه متصل نمود. از این رو به کارگیری آنها نیاز به تجربه و تیم کاری خاص خود را دارد. به هر حال در آینده این تجهیزات نوین سبک تر شده و در قالب تجهیزات استاندارد نقشه برداری با قیمت پایین تر و کارایی بالاتر عرضه خواهند شد.

برداشت با روش های ترکیبی : امروزه تعدد تجهیزات نقشه برداری موجب شده است که در کاربردهای مختلف، تلفیقی از روش ها و تجهیزات در عمل به کار گرفته شود. برای مثال برای برداشت محدوده املاک در سطح شهر، کافی است که در ابتدای هر کوچه مختصات یک ایستگاه زمینی با GPS به روش استاتیک اندازه گیری شود. سپس توتال استیشن روی این ایستگاه ها مستقر شده و مختصات نقاط شکست هر بلوک را اندازه گیری نماید. در مرحله سوم به روش مترکشی می توان با دقتی در حد چند سانتیمتر محدوده املاک مجاور در هر بلوک را از هم تفکیک نمود. به این روش بلوک گردشی نیز می گویند.

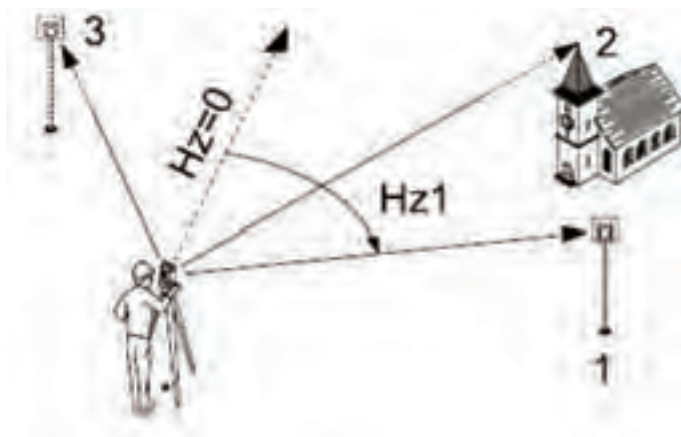
مثال دیگر تهیه نقشه از سایت های باستانی می باشد که در آن از GPS برای تعیین مختصات تعدادی ایستگاه BM استفاده می نمایند. در مرحله بعد بناهای تاریخی تارگت گذاری شده و با استقرار توتال استیشن روی BM های با مختصات معلوم، مختصات سه بعدی این تارگت ها را اندازه گیری می کنند. در مرحله بعد لیزر اسکنر را در محل های مناسبی قرار داده و سطح بناها و عوارض مجاور آنها و سطح زمین را اسکن کرده و از طریق تارگت ها ابر نقاط یکپارچه را به دست می آورند. نواحی غیر قابل دید و دسترس برای لیزر اسکنر را نیز با استفاده از روش های تکمیلی نقشه برداری مانند به کارگیری توتال استیشن یا انجام مترکشی تکمیل می نمایند.

مطالعه آزاد : برنامه های محاسباتی در توتال استیشن

به طور کلی یک توتال استیشن توابع محاسبه زاویه و فاصله را دارد، همچنین ریزپردازنده آن به گونه ای طراحی شده است که محاسبات مختصات و دیگر محاسبات را نیز انجام دهد. در این قسمت برخی از برنامه ها که در اکثر توتال استیشن ها کاربرد دارد، توضیح داده می شود.

۱- برنامه تصحیح طول مایل و محاسبه ارتفاع : یک توتال استیشن با استفاده از مشاهدات زمینی (فاصله مایل، زاویه قائم و زاویه افقی) فاصله افقی و فاصله قائم را محاسبه می‌کند. اگر ارتفاع نقطه استقرار و دستگاه و منشور را به توتال استیشن وارد کنید، ارتفاع نقطه برداشت شده بدست خواهد آمد. البته این برنامه حداقل امکاناتی است که اغلب توتال استیشن‌ها دارند.

۲- برنامه توجیه لمب افقی : توجیه لمب افقی را می‌توان با وارد کردن مختصات نقاط و یا با معرفی ژیزمان امتداد مبدأ مشخص نمود. برای این کار مختصات ایستگاه استقرار و ایستگاه مرجع را به دستگاه معرفی کرده و پس از نشانه‌روی به ایستگاه مرجع، دستگاه آزیموت یا ژیزمان امتداد را محاسبه کرده و به لمب افقی می‌بندند و بعد از آن دستگاه آماده برداشت مختصات نقاط و یا پیاده‌سازی نقاط خواهد بود.



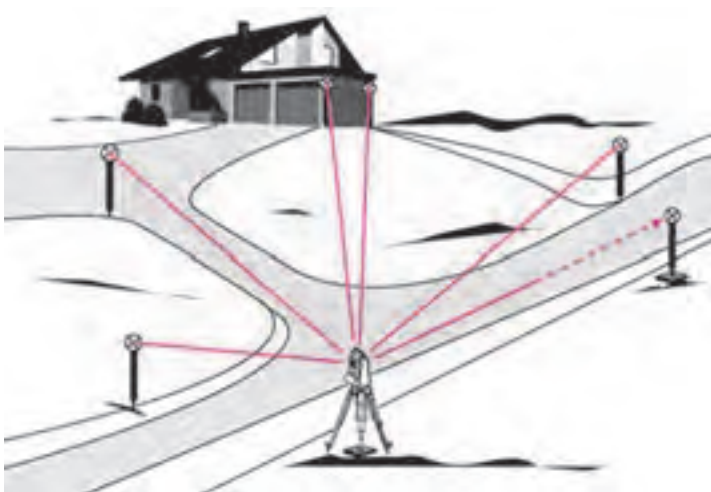
در اکثر توتال‌ها توجیه لمب افقی را می‌توان به دو روش انجام داد :
الف) توجیه از طریق معرفی مختصات ایستگاه استقرار (OC) و ایستگاه مرجع (BS)

ب) توجیه از طریق معرفی آزیموت و یا ژیزمان امتداد صفر صفر.

۳- برنامه برداشت دکارتی (مختصات) و قطبی نقاط (SURVEY/OCC/STN) :
بعد از توجیه لمب افقی، یک دستگاه توتال استیشن به راحتی می‌تواند مختصات دیگر

نقاط برداشتی را بدست آورد. به عبارتی اگر برای یک نقطه جدید زاویه لمب افقی و فاصله قرائت شود، مختصات نقطه محاسبه شده و در روی صفحه نمایش به عنوان مختصات این نقطه نمایش داده می شود.

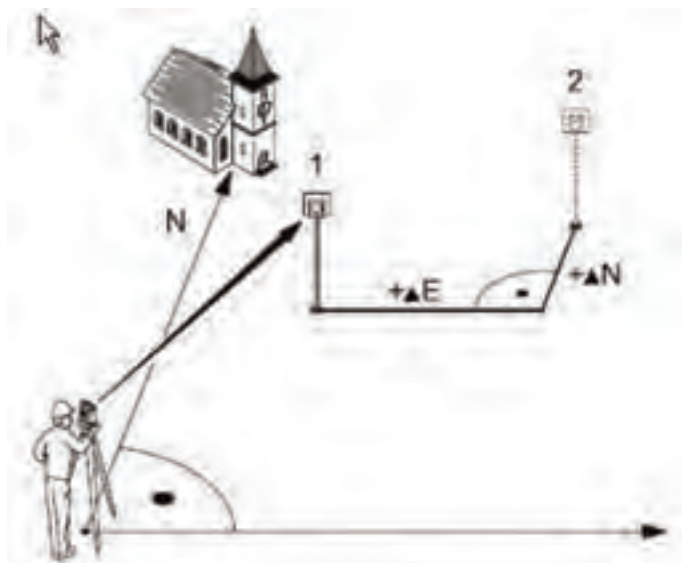
همچنین اگر ارتفاع تصحیح شده نقطه استقرار و ارتفاع دستگاه و منشور را به دستگاه معرفی کنید، ارتفاع تصحیح شده نقطه جدید نیز محاسبه شده و نمایش داده می شود.



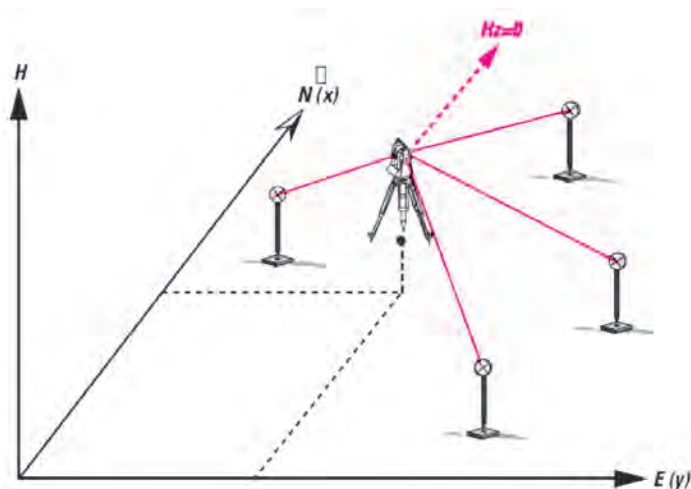
۴- پیاده کردن دکارتی و قطبی نقاط (Setting out/Layout): مختصات

نقاطی که باید پیاده شوند تحت یک فایل مختصاتی به حافظه توتال وارد کرده و پس از استقرار دستگاه و توجیه آن، برنامه پیاده کردن (S.O) فراخوانی شده و شماره نقاط طرح که قرار است پیاده شوند به دستگاه معرفی می شود. زمانی که این برنامه اجرا می شود دستگاه میزان اختلاف بین ژیزمان مشاهده شده و ژیزمان محاسبه شده را در صفحه نمایش نشان می دهد، در این حالت دوربین توسط عامل در جهتی دوران داده می شود که این اختلاف به صفر برسد، سپس رفلکتور در جهت امتداد دوربین هدایت می شود به عبارتی با این عمل رفلکتور در روی امتداد صحیح قرار می گیرد، سپس فاصله افقی رفلکتور تا دوربین اندازه گیری شده و اختلاف فاصله صحیح و مشاهده شده موجود در صفحه نمایش توتال استیشن نشان داده می شود، با حرکت دادن رفلکتور در امتداد دوربین و به سمت جلو و یا

عقب و اندازه گیری مجدد این مقدار صفر می شود. در این حالت محل نقطه برای میخکوبی معلوم است.

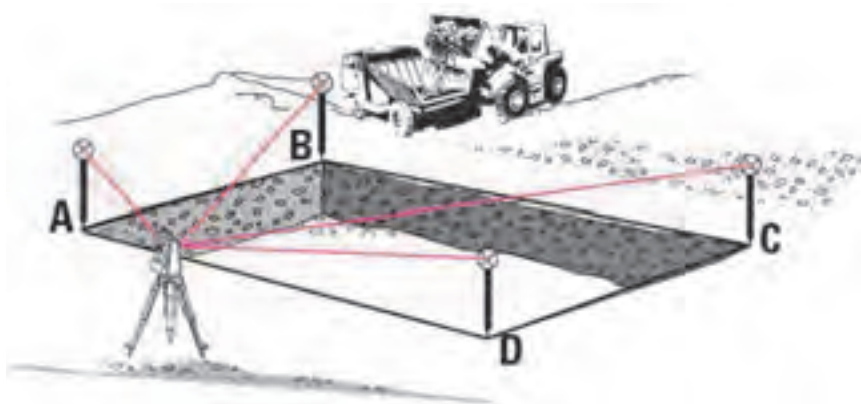


۵- ترفیع (Resection/Free station) : در ترفیع مختصات نقطه استقرار مجهول است و با نشانه روی به نقاط با مختصات معلوم و مشاهده زوایا (طول) و انجام یکسری محاسبات، مختصات نقطه مجهول بدست می آید.



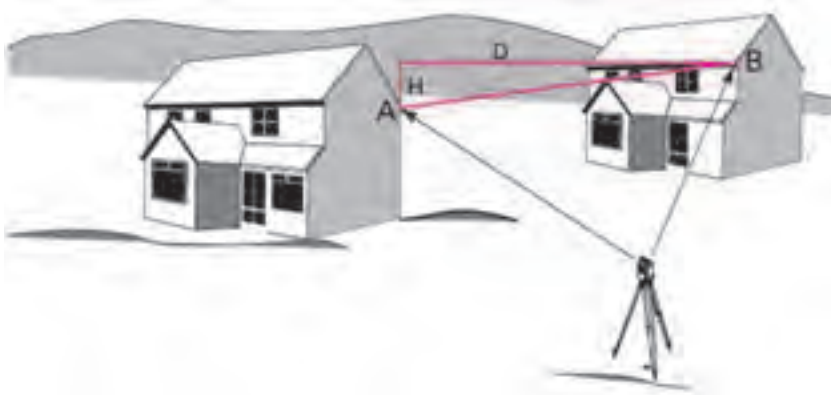
در برنامه ترفیع که در اکثر توتال استیشن‌ها وجود دارد، با اندازه‌گیری طول‌ها و با زوایا از یک نقطه مجهول به نقاط معلوم مختصات آن نقطه محاسبه می‌شود. به عبارتی در این برنامه زاویه و طول مشاهده شده برای نقاط معلوم - که حداقل دو نقطه می‌باشد در یک فایل ذخیره شده و از آن برای اندازه‌گیری و محاسبه مختصات ایستگاه استقرار استفاده می‌شود. هنگام استفاده از این برنامه بعد از مشاهده نقاط معلوم، خطای باقیمانده در فاصله افقی و ارتفاعی در روی صفحه نمایش نشان داده می‌شود. یک گزینه نیز برای ثبت ایستگاه استقرار جدید وجود دارد.

۶- برنامه مساحت (Area): همانطور که از نام این برنامه پیداست برای محاسبه مساحت یک چند ضلعی بسته (پلیگون) به کار برده می‌شود. پس از وارد شدن به منوی این برنامه، به منشور مستقر در نقاط گوشه زمین مورد نظر نشانه روی کرده و دکمه ثبت را فشار دهید، پس از برداشت حداقل سه نقطه دستگاه از این به بعد مساحت زمین برای این نقاط را روی صفحه نمایش نشان می‌دهد تا زمانی که تمام نقاط رئوس زمین مورد نظر را به طور کامل برداشت کنید.

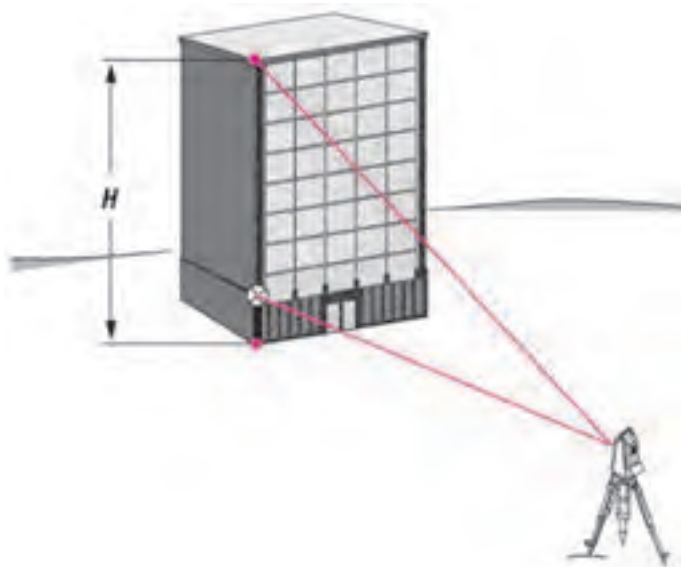


۷- اندازه‌گیری فاصله بین دو نقطه و اختلاف ارتفاع (RDM/MLM):

این برنامه به توتال استیشن امکان تعیین فاصله افقی و اختلاف ارتفاع بین دو یا چند نقطه را می‌دهد. برنامه MLM فاصله افقی و اختلاف ارتفاع بین نقاط برداشتی را از یک ایستگاه خارجی محاسبه می‌کند بنابراین از این برنامه بیشتر برای اندازه‌گیری محیط یک چند ضلعی و یا برداشت پروفیل طولی و عرضی استفاده می‌شود.



۸- اندازه‌گیری ارتفاع نقاط غیر قابل دسترس (REM/RH) : این برنامه امکان تعیین ارتفاع نقاط غیر قابل دسترس را که امکان استقرار رفلکتور روی آنها وجود ندارد، می‌سازد. البته این نکته قابل ذکر است که اندازه‌گیری‌ها نسبت به امتداد شاغولی گذرنده از مرکز منشور انجام می‌شود، به عبارتی رفلکتور باید دقیقاً در امتداد شاغولی گذرنده از نقطه غیر قابل دسترس قرار داده شود تا ارتفاع نقطه موردنظر به طور صحیح اندازه‌گیری شود.



خلاصه فصل

- هنگامی که تهیه نقشه از منطقه‌ای با وسعت نسبتاً کم مورد نظر باشد یا امکان عکس برداری 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 تقسیم‌بندی 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 به‌طور 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 بنچ 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 سیستم‌های پیشرفته‌تر از قبیل توتال استیشن، GPS و لیزراسکتر زمینی و روش‌های ترکیبی

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

● 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 اندازه‌گیری‌های لازم برای برداشت نقاط.

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

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

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

● توتال استیشن از یک تئودولیت الکترونیکی و یک دستگاه اندازه‌گیری فاصله (EDM) به صورت یکپارچه ساخته شده به طوری که قسمت اپتیکی (تلسکوپ) و فاصله‌یاب آن هم محور می‌باشند.

● مهم‌ترین مزیت توتال استیشن نسبت به زاویه‌یاب‌ها این است که این دستگاه قادر به اندازه‌گیری فاصله و همچنین محاسبه و ذخیره اتوماتیک مختصات نقاط برداشتی می‌باشد و با اتصال به کامپیوتر به راحتی می‌توان 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 متداول‌ترین کاربردهای GPS تعیین موقعیت ایستگاه‌های نقشه‌برداری است که به آن حالت استاتیک گویند.

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

حالت آنتن 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 نقشه‌برداری، مشاهدات GPS باید به‌طور همزمان با مشاهدات یک ایستگاه ثابت معلوم دیگر در منطقه در شعاع چند کیلومتری به انجام برسد.

● در نقشه‌برداری نیاز به دو گیرنده GPS داریم، یکی به عنوان گیرنده ثابت روی نقطه معلوم (Master) و دیگری به عنوان گیرنده متحرک مورد استفاده در عملیات نقشه‌برداری روی توتال استیشن یا شاخص (Remote).

● کاربرد لیزراسکنرهای زمینی در برداشت اشیا و بناهای میراث فرهنگی، برداشت سازه‌های بزرگ مانند تونل و سد، برداشت سایت‌های با عوارض متراکم و پیچیده مانند سایت‌های پالایشگاه نفت و گاز و انجام عملیات توپوگرافی به‌خصوص در مناطق صعب‌العبور کوهستانی می‌باشد.

خودآزمایی

سوالات تشریحی

- ۱- انواع عوارض مسطحانی و نحوه برداشت آنها را بیان کنید.
- ۲- عوارض ارتفاعی را تعریف نمایید.
- ۳- مراحل کلی برداشت عوارض را نام ببرید.
- ۴- مراحل برداشت جزئیات به روش زمینی را بیان نمایید.
- ۵- روش تاکنومتری برای برداشت عوارض را تعریف نمایید.
- ۶- مراحل عمل در روش تاکنومتری با دستگاه‌های اپتیکی را شرح دهید.
- ۷- مراحل عمل در برداشت با توتال استیشن را شرح دهید.
- ۸- برداشت با GPS را شرح دهید.
- ۹- برداشت با دستگاه‌های لیزر اسکنر زمینی را شرح دهید و کاربرد این روش را بیان نمایید.

سوالات چهارگزینه‌ای

- ۱۰- برای محاسبه فاصله افقی و اختلاف ارتفاع بین ایستگاه استقرار و نقطه‌ای مشاهدات بدین ترتیب می‌باشد: تار بالا 174° ، تار وسط 160° ، ارتفاع دستگاه $1/5$ متر، زاویه افقی 127° درجه و زاویه قائم 90° درجه. اختلاف ارتفاع کدام گزینه است؟
(۱) 10° (۲) $10^{\circ}/1$ (۳) $10^{\circ}/1 -$ (۴) اطلاعات مسأله کافی نیست
- ۱۱- در عملیات تاکنومتری اگر ارتفاع دستگاه و قرائت تار وسط با هم برابر باشند، شیب امتداد بین ایستگاه و نقطه مشاهده شده کدام گزینه است؟
(۱) سینوس زاویه شیب (۲) کسینوس زاویه شیب
(۳) تانژانت زاویه شیب (۴) کتانژانت زاویه شیب
- ۱۲- در یک تاکنومتری اختلاف دو تار بالا و پایین 251° میلی متر و زاویه قائم 2° درجه و 1 دقیقه و زاویه افقی 121° درجه می‌باشد با فرض برابری تار وسط با ارتفاع دستگاه شیب امتداد ایستگاه تا نقطه چند درصد است؟
(۱) $41/4^{\circ}$ (۲) $52/3^{\circ}$ (۳) $41/3^{\circ}$ (۴) $95/3^{\circ}$

فصل

هفتم

پیاده کردن نقاط



کنترل و پیاده کردن قطعات صنعتی در نقشه برداری

هدف‌های رفتاری

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

- ۱- پیاده کردن را تعریف نماید.
- ۲- چگونگی پیاده کردن مسطحاتی و ارتفاعی طرح‌ها روی زمین را شرح دهد.
- ۳- روش‌های پیاده کردن طرح را نام برده و به اختصار توضیح دهد.
- ۴- پیاده کردن طرح به وسیله نقشه برداری تک نفره با RPU را شرح دهد.
- ۵- پیاده کردن طرح به وسیله توتال لیزری بدون رفلکتور را شرح دهد.
- ۶- پیاده کردن طرح به وسیله تراز یاب چرخنده را شرح دهد.
- ۷- پیاده کردن طرح به وسیله نقشه برداری با GPS و PDA را شرح دهد.

مطالب پیش نیاز

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

آشنایی با فصل هشتم کتاب «مساحی»

نکته‌ها :

حضرت محمد (ص) :

«هیچکس حقیقت ایمان را کامل نمی‌کند مگر اینکه جدال لفظی را رها کند،

هرچند حق با او باشد.»

بحار الانوار ج ۲، ص ۱۲۸

پیاده کردن نقاط روی زمین



مفاهیم کلیدی

پیاده کردن
Stake Out

مقدمه

طرح‌های مهندسی و عمرانی به واسطه دقت و یا وسعت کار به نقشه‌برداری احتیاج دارند. بدون عملیات نقشه‌برداری نمی‌توان طرح‌ها را به درستی روی زمین پیاده کرد و یا از میزان صحت عملیات اجرایی آنها مطمئن شد. دامنه کاربرد نقشه‌برداری در اجرای طرح‌ها و کنترل سازه‌های عمرانی بسیار وسیع است. از نصب علائم راهنمایی گرفته تا پیاده‌سازی ساختمان کارخانجات بزرگ، پل، تونل، سد، فرودگاه، شهرسازی، محوطه‌سازی فضاها و پیاده‌کردن بستر زمین از نظر آبیاری و کشاورزی، همه زمینه‌هایی از کاربرد نقشه‌برداری را تشکیل می‌دهند. باید به مطالب بالا نقشه‌برداری صنعتی را نیز اضافه نمود که در پیاده‌کردن و نصب ماشین‌آلات بزرگ صنعتی و خط تولید صنایعی مثل کشتی‌سازی و هواپیماسازی به کار می‌رود.

بیشتر بدانیم



پیاده‌کردن زمپ و لوب‌های
تقاطع بزرگراه‌های شهید
حکیم و یادگار امام (ره)
در شهر تهران

۷-۱- اهمیت پیاده کردن صحیح طرح

بخش اعظم فعالیت مهندسان در شاخه‌های مختلف مهندسی شامل طراحی، محاسبه و اجرای پروژه‌های مختلف عمرانی است. مراحل سه‌گانه طراحی، محاسبه و اجرا در پروژه‌های عمرانی نیازمند نقشه‌برداری هستند. چرا که اولاً نقشه یا پلانی که از یک منطقه از زمین تهیه می‌شود علاوه بر شناساندن زمین به جهت متمرکز و مترکم بودن نقاط عوارض منطقه در آن به طراح این امکان را می‌دهد که با تسلط کافی و پس از کسب اطلاعات لازم وضعیت طرح خود را بررسی نماید و نهایتاً آن را ارائه نماید. ثانیاً به دنبال آماده شدن طرح پلان‌های فنی و اجرایی مربوطه تهیه و پس از انجام محاسبات، کنترل و تعیین حجم عملیات و برآورد هزینه‌های طرح، اجرا می‌شود. قدم اول اجرا، انتقال پلان‌های مذکور از روی کاغذ بر سطح زمین قبل از عملیات عمرانی است که اصطلاحاً به این مرحله پیاده کردن می‌گویند.

به انتقال نقاط و خطوط یک طرح از روی نقشه به روی زمین با حفظ تناسب و شکل و موقعیت آن پیاده کردن گفته می‌شود.

پلان‌های اجرایی که باید قبل از شروع عملیات عمرانی بر روی زمین پیاده شوند همیشه پلان‌های ساده‌ای نیستند. گاه در پلان‌ها پیچیدگی‌های بسیاری هست که پیاده کردن آن مستلزم توجه دقیق به روش‌های کار در نقشه‌برداری و مهارت در استفاده از وسایل و دستگاه‌هاست. با توجه به مطالب گفته شده، اهمیت نقشه‌برداری در پیاده کردن صحیح یک طرح چه از نظر موقعیت مسطحانی و چه از نظر موقعیت ارتفاعی حائز اهمیت می‌باشد.

۷-۲- اصول روش‌های پیاده کردن طرح

بر اساس روش تهیه طرح‌های عمرانی و نوع وسایلی که مورد استفاده قرار می‌گیرد، همچنین وضعیت و وسعت منطقه و دقت کار، روش پیاده کردن آنها را انتخاب می‌کنند که هر کدام با دیگری متفاوت است. به طور کلی می‌توان موضوع پیاده کردن یک طرح را از دو دیدگاه بررسی نمود:

الف) پیاده کردن مسطحانی و ارتفاعی طرح‌ها

ب) روش‌های پیاده کردن طرح‌ها (مختصاتی، شبکه‌بندی و مشاهداتی)

پیاده کردن مسطحانی و ارتفاعی طرح‌ها: برای تعیین محل پروژه‌های عمرانی و طرح‌ها از نظر مسطحانی با حداقل یک امتداد مبنا در منطقه کار شروع می‌شود. اگر موقع تهیه نقشه علائم

و نشانه‌هایی در زمین نصب و موقعیت این علائم و نشانه‌ها روی نقشه هم مشخص شده باشد مانند ایستگاه‌های نقشه‌برداری، از آنها استفاده می‌شود، در غیر این صورت با توجه به عوارض اطراف منطقه مورد نظر، ابتدا یک امتداد را به عنوان مبنا در نظر می‌گیریم مثلاً برای ساختمان‌ها این امتداد مبنا می‌تواند مرز ساختمان یا لبه جاده‌ای که در نزدیکی ساختمان واقع است باشد و یا برای یک منطقه صنعتی ممکن است این امتداد را امتداد حصار یا نرده اطراف آن در نظر بگیریم.

بعد از مشخص کردن امتداد فوق بررسی روش برداشت که برای تهیه طرح به کار رفته، در انتخاب روش پیاده کردن بسیار مفید است. چرا که انتخاب همان روش با تغییر ترتیب مراحل کار برای پیاده کردن طرح مناسب‌تر می‌باشد. سپس اندازه طول‌ها و زوایا را که برای پیاده کردن قسمت‌های مختلف طرح لازم داریم تعیین کرده، و با توجه به دقت کار و وسایل مورد استفاده، آنها را بر روی زمین پیاده می‌کنیم.

کنترل ارتفاع عوارض اطراف طرح‌های عمرانی مانند خیابان‌ها، شیب مجاری آب و فاضلاب و یا قائم بودن ستون‌ها و ساختمان‌ها، شیب زمین‌های کشاورزی جهت آبیاری مزارع و غیره نیز از ضروریاتی است که در اجرای پروژه‌های عمرانی مطرح می‌گردد. به طور کلی ارتفاع بخش‌های فوق به وسیله مهندسان طراح روی نقشه‌های اجرایی قید می‌شود و نحوه انتقال کنترل ارتفاعی آنها با عملیات ترازبایی انجام می‌گردد.

بیشتر بدانیم



پیاده کردن یک مسیر عجیب!
آیا واقعاً جاده به این صورت است
یا این که اشتباهی در پیاده‌سازی
رخ داده است؟

نکته مهم در این خصوص آن است که تعیین ارتفاعات به وسیله طراح با توجه به یک سطح مبنای ارتفاعی معلوم مثل نقاط پنج مارک موجود در منطقه در نظر گرفته می شود و هماهنگ با ارتفاع های دیگر مناطق اطراف مشخص می گردد. در اینجا نیز عوامل اجرایی موظف به پیاده کردن صحیح ارتفاعات از روی نقشه بر روی زمین هستند.

ذکر این نکته نیز ضروری است که کلیه اعمال پیاده کردن باید مرحله به مرحله کنترل شود زیرا رفع اشتباهاتی که بعد از شروع اجرای طرح متوجه آنها می شویم بسیار گران و پرهزینه تمام می شود. روش های پیاده کردن طرح ها: به طور کلی روش های پیاده کردن طرح ها به سه صورت مختصاتی، شبکه بندی و مشاهداتی می باشد. در ادامه در مورد هر روش توضیح مختصری داده می شود:

الف) پیاده کردن طرح به روش مختصاتی: در این روش مختصات نقاط تشکیل دهنده طرح از روی نقشه طراحی شده استخراج شده و سپس این مختصات به دستگاه توتال استیشن انتقال داده می شود. پس از استقرار دستگاه و توجیه آن در منطقه مورد نظر با فراخوانی مختصات های معلوم تک تک نقاط طرح به وسیله توتال استیشن به روی زمین منتقل می شود.

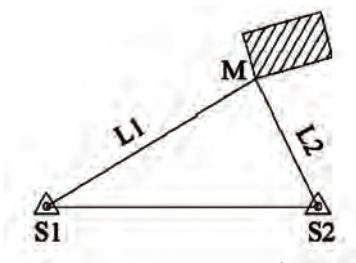
ب) پیاده کردن طرح به روش شبکه بندی: در این روش زمین مورد نظر با توجه به نقشه از پیش طراحی شده، شبکه بندی شده و نقاط مختلف طرح در هر سلول شبکه با توجه به مقیاس، به صورت موضعی از نقشه بر روی زمین منتقل می شود.

ج) پیاده کردن طرح به روش مشاهده/تی: در این روش کاربر برای هر نقطه از طرح، مشاهدات طول، امتداد، زاویه و/ یا اختلاف ارتفاع را نسبت به یک یا چند نقطه یا امتداد مبنا را به صورت محاسباتی از روی نقشه استخراج می نماید. این مشاهدات ساختگی توسط وسایل ساده نقشه برداری مانند متر، شیب سنج، گونیا و نظایر آن یا توسط وسایل پیشرفته تر مانند زاویه یاب و تراز یاب روی زمین ایجاد می شود. به این ترتیب مثلاً از تقاطع دو طول یا دو زاویه از دو ایستگاه معلوم، موقعیت مسطحاتی نقطه طرح، قابل پیاده سازی می باشد.

۳-۷- تجهیزات خاص نقشه برداری در پیاده کردن طرح

هر طرح از یک سری نقاط و خطوط تشکیل شده است. برای پیاده کردن این نقاط و خطوط بسته به نوع منطقه و دقت کار از دستگاه های مختلف نقشه برداری شامل وسایل ساده مساحی تا دوربین های توتال استیشن در کنار تجهیزات ارتباطی مانند بی سیم تک نفره استفاده می شود. در این قسمت شرح مختصری در مورد برخی از این وسایل داده شده است:

وسایل ساده مساحی : چنانچه برای پیاده کردن یک طرح به دقت زیاد نیاز نباشد و همچنین ابعاد طرح، بزرگ نباشد می توان برای پیاده کردن آن، از وسایل ساده مساحی از قبیل متر و گونیای مساحی استفاده نمود. در این قسمت به دو روش متداول پیاده کردن طرح با وسایل ساده مساحی که در کتاب مساحی سال گذشته آموختید اشاره می شود :



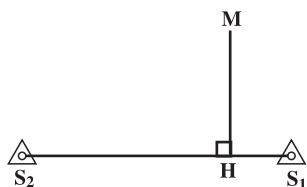
شکل ۷-۱ - تقاطع دو طول

روش اول - تقاطع دو طول : در این روش با استفاده از اندازه گیری دو طول از دو نقطه مبنا، می توان نقطه مجهول M را که محل تقاطع این دو طول بر روی زمین است یافت. روش کار را سال گذشته آموختید.

بیشتر بدانیم



پیاده سازی و اجرای همزمان یک طرح



شکل ۷-۲ - اخراج عمود

روش دوم - اخراج عمود (Offset) : در این روش مطابق شکل روبرو به وسیله گونیا از نقطه M بر روی نقشه، عمودی بر امتداد معلوم S_1S_2 رسم می کنیم تا نقطه H (پای عمود) مشخص شود. روش انجام این کار را نیز سال گذشته آموختید.

پیاده کردن تک نفره با RPU: 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. RPU تمام اجزای دستگاه توتال استیشن، صفحه کلید و ریزپردازنده مربوطه را دارد. دستگاه اصلی و RPU از طریق یک سیستم ارتباط دور با هم کار می‌کنند. توتال استیشن، وسایل سنجش زاویه و فاصله را دارد در حالی که RPU دارای رفلکتور است. دستگاه توتال استیشن می‌تواند رفلکتور را که نقشه‌بردار از نقطه‌ای به نقطه دیگر منتقل می‌کند، ردیابی نماید و در امتداد آن قرار گیرد. تمام داده‌هایی را که توتال استیشن نشان می‌دهد را می‌توان در RPU نیز دید.

بعد از آنکه توتال استیشن روی یک نقطه نصب و توجیه شد، نقشه‌بردار با RPU به نقطه‌ای که تعیین موقعیت آن موردنظر است می‌رود. توتال استیشن با سیستم ردیابی اتوماتیک خود، رفلکتور را جستجو کرده در امتداد آن قرار می‌گیرد و با فرمان نقشه‌بردار از طریق صفحه کلید RPU، شروع به اندازه‌گیری‌های لازم برای تعیین موقعیت نقطه‌ای که RPU در آن قرار داده شده می‌کند، نتایج را می‌توان در RPU مشاهده و ذخیره کرد.

سیستم یک نفره‌ای که در بالا شرح داده شد، برای پیاده کردن یک نقطه در جهت و فاصله معین از نقطه کنترلی که توتال استیشن در آن نصب شده به کار می‌رود. نقشه‌بردار دائماً صفحه نمایش RPU را که موقعیت او را نشان می‌دهد قرائت می‌کند. لذا آن قدر تغییر مکان می‌دهد تا در جهت و فاصله



شکل ۷-۳ پیاده کردن تک نفره با RPU

از قبل محاسبه شده قرار گیرد. این امر آنگاه اتفاق می افتد که قرائت صفحه نمایش RPU، صفر را نشان دهد.

توتال لیزری بدون رفلکتور : در برخی از توتال استیشن ها، که تحت عنوان Puls total station نامیده می شوند، علاوه بر اندازه گیری با استفاده از رفلکتور، می توان بدون رفلکتور نیز فاصله را اندازه گیری کرد. در این نوع توتال استیشن ها، از فن آوری Puls laser استفاده شده است. حداکثر طول قابل اندازه گیری، تابع بافت سطح مورد نشانه روی است. مثلاً در بعضی از دستگاه ها برای دیوار سفید در حدود ۱۰۰ متر می باشد. از این نوع دستگاه ها می توان برای برداشت یا پیاده سازی نقاطی که در دسترس نیست مانند دیواره داخلی گنبدها یا نقاط کنترلی روی دیواره سدها استفاده کرد. مزیت این فناوری در این است که نقطه مورد نظر برای پیاده سازی با لکه لیزر مشخص شده و در فاصله مناسب می توان آن را روی زمین یا سطح سازه مشخص نمود.



شکل ۷-۴ توتال لیزری بدون رفلکتور

ترازیاب چرخنده : این ترازیاب پس از استقرار و تراز شدن، یک صفحه افقی را با لیزر مشخص نموده و شاخص بارکددار آن، بسته به این که در چه نقطه ای از سطح زمین در دورتادور این ترازیاب قرار داده شود، به صورت آنی ارتفاع نقطه را روی صفحه نمایشگر خود نمایش می دهد. به این ترتیب می توان در پروژه های زیرسازی مسیرها و سایت های خاص مانند باند فرودگاه و کنترل های ارتفاعی پی بناها از این تجهیزات استفاده نمود.



شکل ۷-۵ - تراز یاب چرخنده

پیاده کردن نقاط با GPS و PDA : همانند نقشه برداری تک نفره با RPU در اینجا به جای به کارگیری توتال استیشن برای تعیین موقعیت شاخص، از یک GPS استفاده می شود. برای این منظور آنتن GPS روی شاخص نصب شده و توسط کاربر در نقاط مورد نظر قرار داده می شود. GPS به صورت آنی نقاط را تعیین موقعیت نموده و نتیجه را روی صفحه کامپیوتر نمایشگر که روی شاخص نصب شده است به نام PDA (Personal Data Assistant) در کنار نقشه طرح نمایش می دهد. کاربر با نگاه به طرح آن قدر جابه جا می شود تا روی نقطه مورد نظر قرار گیرد. البته برای افزایش دقت در این روش، نیاز به دو گیرنده GPS می باشد که توضیح آن در فصل ششم ارائه شده است.



شکل ۷-۶ - پیاده کردن نقاط با GPS و PDA

خلاصه فصل

- به طور کلی می‌توان موضوع پیاده‌سازی یک طرح را از دو دیدگاه بررسی نمود :
الف) پیاده کردن مسطحانی و ارتفاعی طرح‌ها
ب) روش‌های پیاده کردن طرح‌ها (مختصاتی، شبکه‌بندی، مشاهداتی)
- برای تعیین محل پروژه‌های عمرانی و طرح‌ها از نظر مسطحانی با حداقل یک امتداد مبنا (دو نقطه کنترل) در منطقه کار شروع می‌شود.
- بطور 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.

خودآزمایی

سؤالات تشریحی

- ۱- پیاده کردن را تعریف نمایید.
- ۲- چگونگی پیاده کردن مسطحاتی و ارتفاعی طرح ها روی زمین را شرح دهید.
- ۳- روش های پیاده کردن طرح را نام برده و به اختصار توضیح دهید.
- ۴- پیاده کردن طرح به وسیله نقشه برداری تک نفره با RPU را شرح دهید.
- ۵- پیاده کردن طرح به وسیله توتال لیزری بدون رفلکتور را شرح دهید.
- ۶- پیاده کردن طرح به وسیله تراز یاب چرخنده را شرح دهید.
- ۷- پیاده کردن طرح به وسیله نقشه برداری با GPS و PDA را شرح دهید.

سؤالات چهارگزینه ای

- ۸- در هنگام پیاده کردن طرح با RPU به چند نفر احتیاج است؟
۱(۱) ۲(۲) ۳(۳) ۴(۴)
- ۹- به کدام روش می توان یک طرح را پیاده کرد؟
۱) مختصاتی ۲) شبکه بندی ۳) مشاهداتی ۴) همه موارد



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 و زیرزمینی (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 عملیات نقشه برداری سال سوم هنرستان رشته نقشه برداری (یزدی مقدم، مقرب نیا)
 - ۱۳- کتاب نقشه برداری عمومی سال سوم هنرستان رشته نقشه برداری (مقرب نیا)
 - ۱۴- کتاب نقشه برداری سال سوم هنرستان رشته نقشه کشی معماری (نوبخت - مهرپویان)
 - ۱۵- کتاب فرهنگ لغات ژئوماتیک رنجبر
 - ۱۶- دستورالعمل های همسان نقشه برداری جلد اول (سازمان نقشه برداری)
 - ۱۷- Engineering Surveying – six edition (w.schofield and m.brech)
- وسایط های مختلف نقشه برداری و ژئوماتیک

