

فصل دوم

زاویه یابی



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

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

مطالب پیش نیاز

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

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

- 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:

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

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

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

- 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.

- 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، روش های مختلفی در اندازه گیری زاویه وجود دارد. یکی از این روش ها، روش قرائت کوپل (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 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 :

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

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

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

که در آن e جمع جبری خطاهای اندازه‌گیری است.

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

در صورتی که خطای 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 360° درجه (400° گراد) می‌شود یعنی :

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

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

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

ایستگاه	نقاط نشانه روی	عدد لمب افقی	زاویه	کروکی
S ₁	S ₂	۴۵°۲۵'۳۴"		
	S ₃	۱۲۴°۱۲'۵۵"		

راهکار کلی:

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

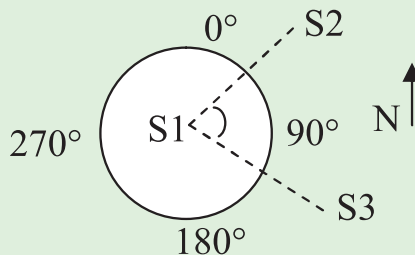
$$\angle S_1 = LS_3 - LS_2$$

روش حل:

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

بحث و بررسی:

در وضعیتی که دوربین در حالت دایره به چپ قرار دارد، مقدار زاویه مطابق شکل زیر در جهت عقربه های ساعت افزایش پیدا می کند. پس معمولاً در حالت دایره به چپ ابتدا ضلع سمت چپ و سپس ضلع سمت راست زاویه مورد نظر قرائت می شود.



تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۲-۱

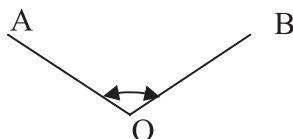
۱- مشاهدات رأس یک زاویه توسط زاویه‌یاب در حالت دایره به چپ مطابق جدول زیر می‌باشد. مقدار زاویه را بدست آورید.

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

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

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

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



مثال ۲-۲: محاسبه زاویه افقی به روش کوپل

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

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

راهکار کلی:

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


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

روش حل :

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

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

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

بحث و بررسی : 

همان طور که مشاهده می کنید واحد قرائت زاویه گراد است. زیرا در حالت دایره به راست و دایره به چپ
زوایا یا حدود 20° گراد با هم اختلاف دارند.

تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۲-۲

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

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

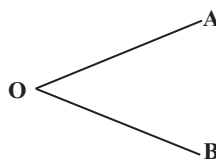
۲- نتایج حاصل از عملیات اندازه‌گیری زاویه افقی $\angle AOB$ به روش کوپل بر روی شکل نشان داده شده است. با توجه به آن جدول اندازه‌گیری زاویه به روش کوپل را ترسیم نموده و مقدار زاویه $\angle AOB$ را محاسبه کنید.

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

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

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

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



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

ایستگاه	نقاط	حالت دوربین	قرائت امتداد
O		L	$52^\circ 10' 14''$
		R	$232^\circ 10' 20''$
	B	L	$140^\circ 25' 30''$
		R	$320^\circ 25' 34''$

مثال ۲-۳: محاسبه زاویه شیب از روی زاویه زینتی در حالت دایره به چپ

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

چند درجه است؟

راهکار کلی:

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

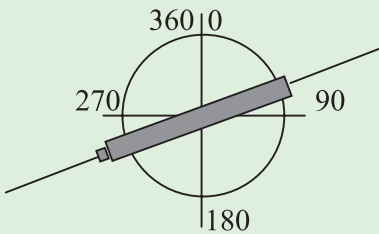
$$Z + \alpha = 100g \quad \text{یا} \quad Z + \alpha = 90^{\circ}$$

روش حل:

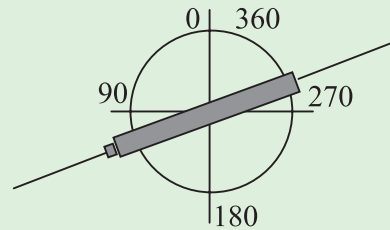
$$\alpha + Z = 90^{\circ}$$

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

بحث و بررسی:



قرائت لمب قائم در حالت دایره به چپ



قرائت لمب قائم در حالت دایره به راست

زمانی که شیب مثبت است

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

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

مثال ۲-۴: محاسبه زاویه شیب از روی زاویه زینتی در حالت دایره به راست.
اگر زاویه زینتی یک امتداد با زاویه یاب 306.1755° اندازه گیری شده باشد، زاویه شیب این امتداد چند درجه است؟

راهکار کلی:

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

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

روش حل:

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

بحث و بررسی:



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

تمرین کلاسی مربوط به مثال ۲-۲۳-۴

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

مثال ۲-۵: محاسبه زاویه قائم به روش 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:

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

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

تمرین کلاسی مربوط به مثال ۲-۵

۱- زاویه قائم امتدادی توسط دوربین زاویه یابی به روش کوپل اندازه گیری شده و اعداد زیر به دست آمده است. زاویه زینتی این امتداد را محاسبه کنید.

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

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

تمرین‌های کلی فصل دوم

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

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

۲- مطابق کروکی زیر به منظور اندازه‌گیری زوایای افقی O_1 , O_2 , O_3 و همچنین زوایای شیب نقاط A, B, C, D توسط یک دوربین زاویه‌یاب، اعداد روی لمب افقی و لمب قائم دوربین در دو حالت دایره به چپ و دایره به راست قرائت شده است. (زوایای افقی با H و زوایای قائم با V نشان داده شده است). مطلوب است تعیین زوایای افقی و شیب آن‌ها.

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

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

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

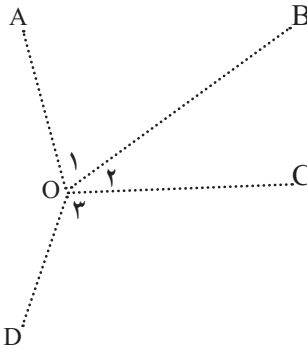
$$V_R = 249^\circ 04' 40''$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

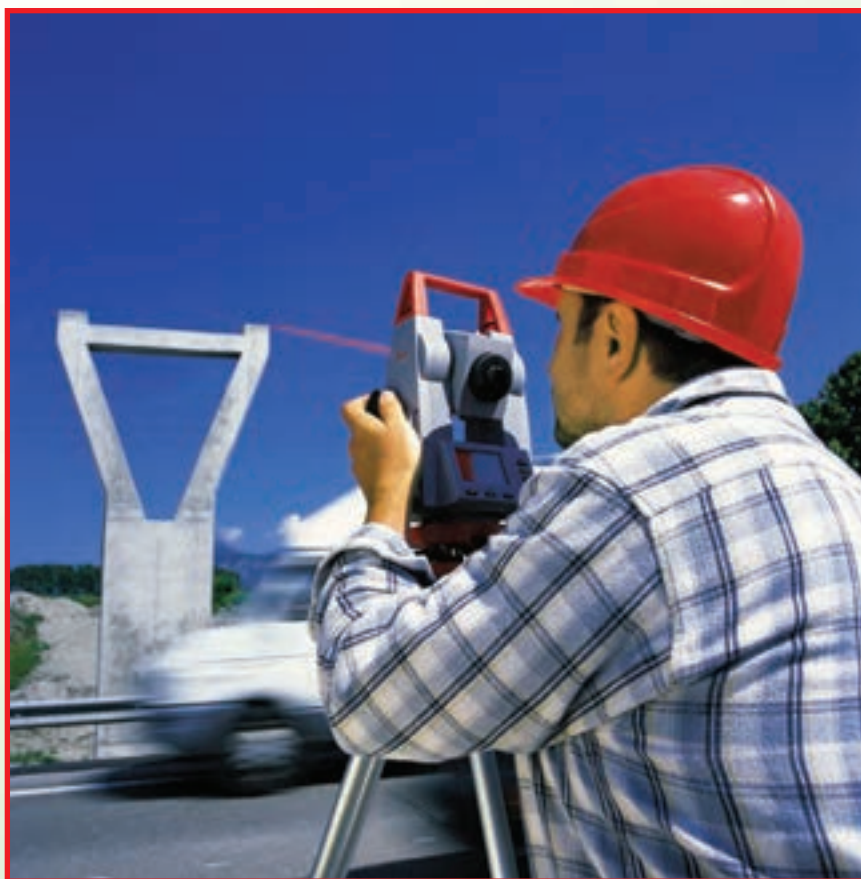
$$H_R = 267^\circ 33' 35''$$

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

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

فصل سوم

فاصله یابی



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

- ۱- راهکار کلی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید افقی ($\alpha=0$) را شرح دهد.
- ۲- محاسبات مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید افقی ($\alpha=0$) را انجام دهد.
- ۳- بحث و بررسی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید افقی ($\alpha=0$) را شرح دهد.
- ۴- راهکار کلی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید مایل ($\alpha \neq 0$) را شرح دهد.
- ۵- محاسبات مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید مایل ($\alpha \neq 0$) را انجام دهد.
- ۶- بحث و بررسی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش استادیتری با خط دید مایل ($\alpha \neq 0$) را شرح دهد.
- ۷- راهکار کلی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش پارالاکتیک را شرح دهد.
- ۸- محاسبات مربوط به تعیین فاصله افقی به روش پارالاکتیک را انجام دهد.
- ۹- بحث و بررسی مربوط به تعیین فاصله افقی به روش پارالاکتیک را شرح دهد.

مطالب پیش نیاز

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

- ۱- آشنایی با فصل سوم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»
- ۲- آشنایی با فصل دوم کتاب «مساحی»
- ۳- آشنایی با فصل سوم کتاب «مساحی»
- ۴- آشنایی با فصل اول کتاب «کارگاه محاسبه و ترسیم ۱»

- روش های اندازه گیری فاصله به طور کلی به دو دسته روش مستقیم و روش غیر مستقیم تقسیم می شوند که از روش های مستقیم می توان مترکشی را نام برد.
- استادیتری و پارالاکتیک از جمله روش های غیرمستقیم اندازه گیری فاصله هستند که با استفاده از آن ها، فاصله به طور غیرمستقیم اندازه گیری می شود.
- در استادیتری از رابطه زیر برای محاسبه فاصله افقی استفاده می شود :

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

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

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

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

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

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

به منظور اندازه گیری فاصله افقی بین دو نقطه A و B، دوربین نیوو را با استفاده از یک شاقول روی نقطه A مستقر کرده و سپس روی شاخص مستقر در نقطه B که به صورت کاملاً قائم قرار گرفته اعداد 1320 و 1875 را به ترتیب روی تارهای پایین و بالا مشاهده و یادداشت می کنیم. مطلوب است محاسبه طول افقی بین دو نقطه A و B.

راهکار کلی:

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

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

در زمین های هموار انجام می شود.

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

$$D = 100 \cdot S$$

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

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

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

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

روش حل:

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

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

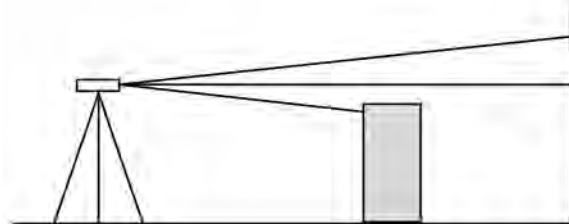
✓ بحث و بررسی :

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

تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳-۱

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

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



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

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

راهکار کلی :

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

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

روش حل :

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

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

بحث و بررسی :

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

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

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

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

تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳-۲

- ۱- در روش استادیتری برای اندازه‌گیری طول افقی بین دو نقطه، اعداد روی شاخص برای تارهای پایین و بالا به ترتیب $۰^{\circ}۸۵'$ و $۰^{\circ}۹۵'$ مشاهده و ثبت شده است. چنانچه زاویهٔ زینتی امتداد نشانه روی دوربین برابر $۳۶'۲۵''۱۰$ باشد، مطلوب است محاسبهٔ طول افقی بین دو نقطه.
- ۲- نشان دهید که می‌توان اختلاف ارتفاع بین دو نقطه را از رابطهٔ زیر به دست آورد. (ارتفاع دوربین و تار وسط مساوی فرض شده است).

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

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

الف) تار بالا و پایین بر روی شاخص در نقطهٔ F: $۱۴۳۶'$ و $۱۲۲۴'$ میلی‌متر و زاویهٔ قائم $۸۸^{\circ}۴۵'$

ب) تار بالا و پایین بر روی شاخص در نقطهٔ E: $۱۵۲۴'$ و $۱۱۰۸'$ میلی‌متر و زاویهٔ قائم $۸۶^{\circ}۲۳'$

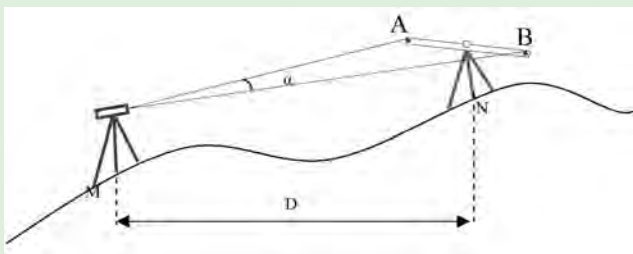
مطلوب است محاسبهٔ فواصل فوق از ایستگاه.

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

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

مثال ۳-۳: محاسبه فاصله افقی به روش پارالاکتیک

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



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

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

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

راهکار کلی:

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

روش حل:

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

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

بحث و بررسی:

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

تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳-۳

- ۱- در صورتی که اعداد دو سر شاخص ۲ متری پارالاکتیک را به ترتیب $45/25^{\circ}$ و $45/25^{\circ}85$ گراد مشاهده و ثبت کرده باشیم، مطلوب است محاسبه طول افقی بین دو نقطه.
- ۲- در اندازه‌گیری فاصله افقی بین دو نقطه به روش پارالاکتیک و به منظور بالا بردن دقت، زاویه افقی به روش کوبل بر حسب گراد قرائت شده و در جدولی مطابق زیر ثبت شده است. در صورتی که طول شاخص پارالاکتیک برابر $2/0\text{ m}$ باشد، مطلوب است محاسبه طول افقی بین دو نقطه. به نظر شما فاصله مورد نظر نسبت به حالتی که طول شاخص پارالاکتیک دقیقاً ۲ متر باشد، چند سانتی متر دچار خطا شده است؟

دامتداد	دايره به چپ	دايره به راست
OA	۰/۰۰۰۰	۲۰۰/۰۰۲۵
OB	۱/۲۵۰۰	۲۰۱/۲۴۸۵

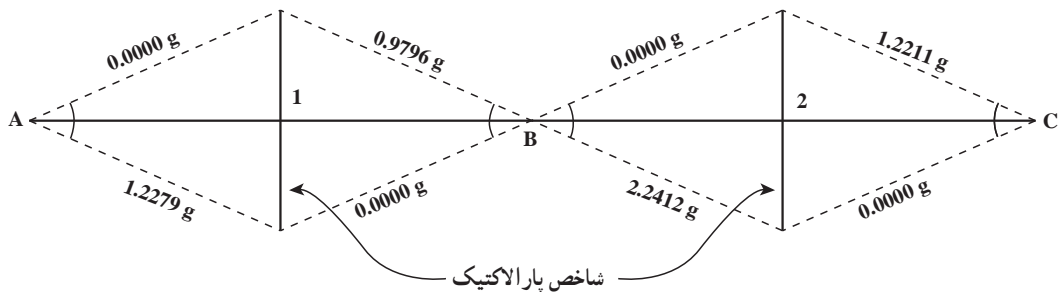
- ۳- در اندازه‌گیری طول به روش پارالاکتیک با شاخص $2/0^{\circ}3$ متری، زاویه افقی بین دو نشانه دو طرف شاخص، $2^{\circ}24'$ قرائت شده است. فاصله افقی دوربین تا شاخص را به دست آورید. (توضیح: طول شاخص در اثر شرایط محیطی از $2/0^{\circ}$ متر به $2/0^{\circ}3$ متر تغییر پیدا کرده است.)

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

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

دارد؟

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



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

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

