فصل دوم

# زاویه‌یابی

## هدف‌های رفتاری

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## مطالب پیش نیاز

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

۱ــ آشنایی با فصل دوم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

۲ــ آشنایی با فصل ششم کتاب «مساحی»

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

مضاعف) است.

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

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

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

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

$$F_R \quad F_L \pm 180^\circ \quad e$$

که در آن e جمع جبری خطاهای اندازه‌گیری است.

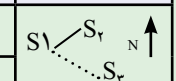
● برای تعیین مقدار انحراف و مقدار صحیح زاویهٔ قائم، لمب قائم در دو وضعیتِ دایره به چپ و دایره به راست قرائت می‌شود.

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

$$Z_R \quad Z_L \quad 360^\circ$$

## مثال ۲ــ۱ : محاسبه زاویهٔ افقی از روی مشاهدات زاویه‌یاب

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

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



**راهکار کلی :**

با توجه به کروکی و همچنین حالت دوربین که دایره به چپ است، برای حل کافی است که عدد امتداد اول ($S_1$ $S_2$) را از عدد امتداد دوم کم کنید. به عبارتی داریم :

$$\angle S_1\ LS_3\ LS_2$$

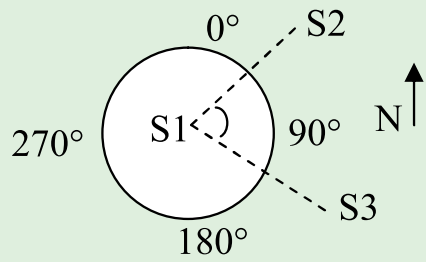
**روش حل :**

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

$47'21''$

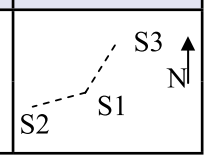
**بحث و بررسی :**

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



## تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۲ ــ ۱

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

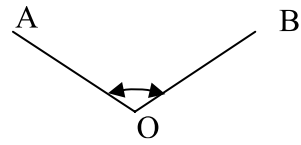
| ایستگاه | نقاط نشانه روی | عدد لمب افقی | زاویه | کروکی |
|---|---|---|---|---|
| $S_1$ | $S_2$ | ۲۴۵°۵۵′۴۴″ | |  |
| | $S_3$ | ۲۴°۳۲′۱۵″ | | |



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

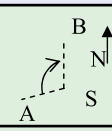
$R_A$ ۳۴۸/۲۵۵۲ grad

$R_B$ ۲۵/۲۴۲۶ grad



## مثال ۲ــ۲ : محاسبهٔ زاویهٔ افقی به روش کوپل

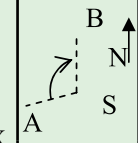
مطابق جدول زیر مشاهدات زاویهٔ افقی یک نقطه توسط زاویه‌یاب به روش کوپل داده شده است. زاویهٔ افقی این رأس را محاسبه و جدول را کامل کنید.

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



### راهکار کلی :

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

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

**روش حل :**

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

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

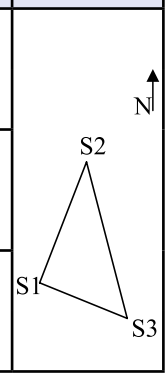
$$\angle S \quad 398.2436 \quad 245.5845 \quad 152.6589$$

**بحث و بررسی :**

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

## تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۲ ــ ۲

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

| ایستگاه | نقاط نشانه روی | حالت دایره‌به‌چپ | حالت دایره‌به‌راست | میانگین | زاویه | کروکی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_1$ | $S_2$ | / | ۲ / ۱۵ | | |  |
| | $S_3$ | ۱ ۲/ ۵ | ۳ ۲/ ۴ | | | |
| $S_2$ | $S_3$ | / | ۱۹۹/۹۹۹ | | | |
| | $S_1$ | ۴۵/۲۵۵ | ۲۴۵/۲۵۳۵ | | | |
| $S_3$ | $S_1$ | / | ۲ / ۵ | | | |
| | $S_2$ | ۵۲/۷۴۱ | ۲۵۲/۷۴ | | | |



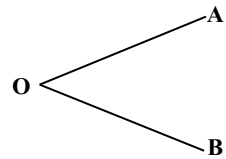
۲ــ نتایج حاصل از عملیات اندازه‌گیری زاویهٔ افقی AOB ∠ به روش کوپل بر روی شکل نشان داده شده است. با توجه به آن جدول اندازه‌گیری زاویه به روش کوپل را ترسیم نموده و مقدار زاویهٔ AOB ∠ را محاسبه کنید.

$L_{OA}$ 45° 15′ 42″

$R_{OA}$ 225° 15′ 30″

$L_{OB}$ 100° 00′ 58″

$R_{OB}$ 280° 00′ 14″




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

| ایستگاه | نقاط | حالت دوربین | قرائت امتداد |
|---|---|---|---|
| O | | L | ۵۲°۱ ′۱۴″ |
| | | R | ۲۳۲°۱ ′۲ ″ |
| | B | L | ۱۴ °۲۵′۳ ″ |
| | | R | ۳۲ °۲۵′۳۴″ |

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

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

### راهکار کلی :

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

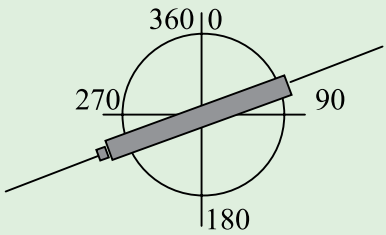
$$Z \quad \alpha \quad 100g \quad \text{یا} \quad Z \quad \alpha \quad 90^\circ$$

### روش حل :

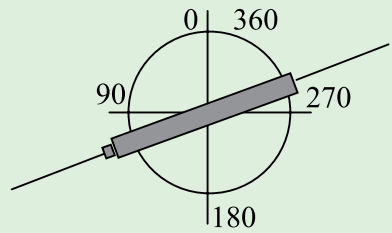
$$\alpha \quad Z \quad 90^\circ$$

$$\rightarrow \alpha \quad 90^\circ \quad Z \quad 90^\circ \quad 103^\circ 45' 25'' \qquad 13^\circ 45' 25''$$

### بحث و بررسی :




قرائت لمب قائم درحالت دایره به چپ




قرائت لمب قائم درحالت دایره به راست

زمانی که شیب مثبت است

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

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

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

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

**راهکار کلی :**

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

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

**روش حل :**

$$Z \quad \alpha \quad 300 \text{ grad} \rightarrow \alpha \, Z \quad 300 \quad 306.1755 \quad 300 \quad 6.1755 \quad \text{grad}$$

**بحث و بررسی :**

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

## تمرین کلاسی مربوط به مثال ۲ ــ ۳و۲ ــ ۴

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

### مثال ۲ــ۵ : محاسبهٔ زاویهٔ قائم به روش کوپل

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

$$Z \quad 87^\circ\ 15'\ 10''$$

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

**راهکار کلی :**

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

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

**روش حل :**

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

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

## تمرین کلاسی مربوط به مثال ۲ ــ ۵

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

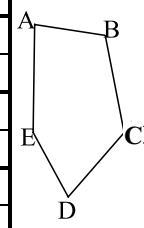
$$V \quad 95.2523\ \text{grad}$$

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

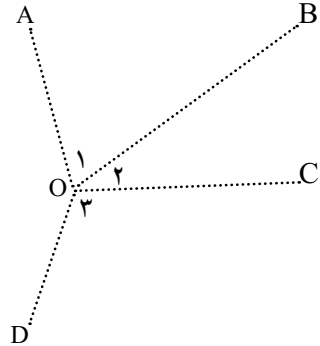
## تمرین‌های کلی فصل دوم

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

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




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




$H_L$ 350° 30′ 50″
$H_R$ 170° 30′ 35″
$V_L$ 110° 55′ 10″
$V_R$ 249° 04′ 40″

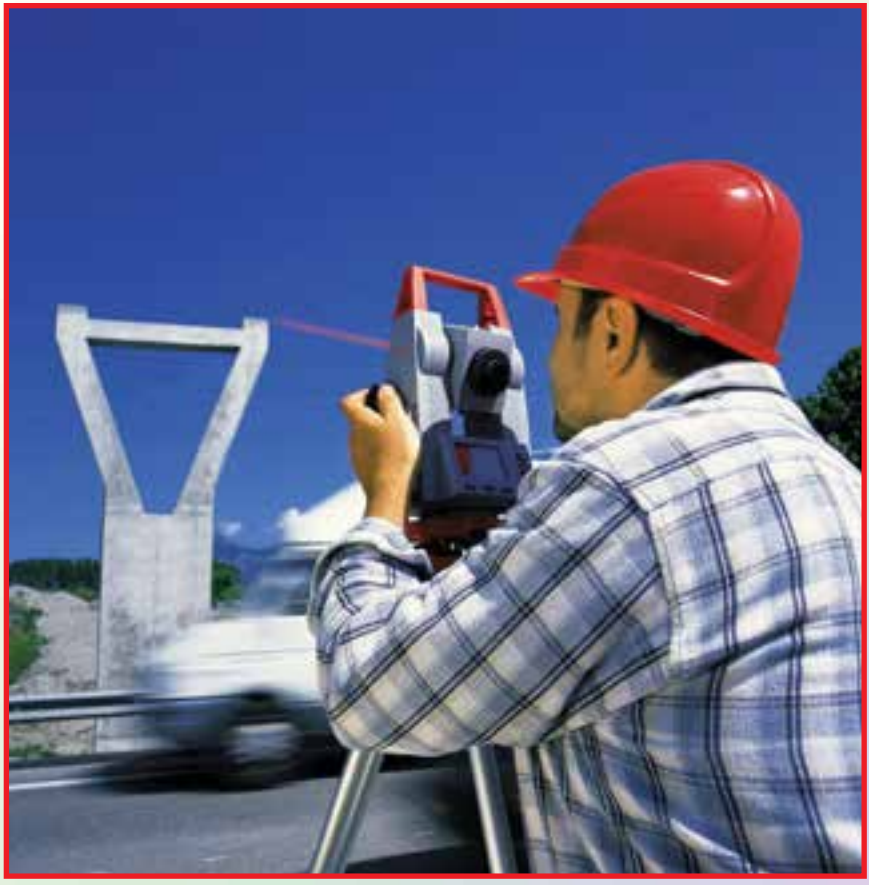
$H_L$ 50° 50′ 40″
$H_R$ 230° 50′ 55″
$V_L$ 85°45′ 42″
$V_R$ 274° 14′30″

$H_L$ 271° 25′ 40″
$H_R$ 91° 25′ 55″
$V_L$ 110° 05′ 02″
$V_R$ 249° 54′ 50″

$H_L$ 87° 33′ 52″
$H_R$ 267° 33′ 35″
$V_L$ 95°25′ 52″
$V_R$ 264° 33′ 50″

فصل
سوم

# فاصله یابی



## هدف‌های رفتاری

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

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

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

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

۴ــ راهکار کلی مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید مایل ($\alpha \neq 0$) را شرح دهد.

۵ــ محاسبات مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید مایل ($\alpha \neq 0$) را انجام دهد.

۶ــ بحث و بررسی مربوط به تعیین فاصلهٔ افقی به روش استادیمتری با خط دید مایل ($\alpha \neq 0$) را شرح دهد.

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

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

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

## مطالب پیش نیاز

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

۱ــ آشنایی با فصل سوم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

۲ــ آشنایی با فصل دوم کتاب «مساحی»

۳ــ آشنایی با فصل سوم کتاب «مساحی»

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

## مروری بر فصل سوم کتاب «نقشه‌برداری عمومی»

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

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

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

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

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

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

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

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

**راهکار کلی :**

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

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

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

$$D = 100.S$$

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

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

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

**روش حل :**

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

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

**بحث و بررسی :**

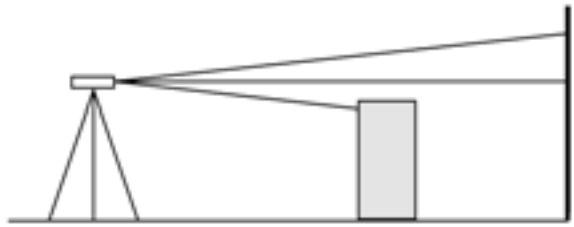
همان‌طور که دیدید، در این مثال از دوربین نیوو برای اندازه‌گیری فاصلهٔ افقی استفاده شده است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که خطِ دیدِ دوربین در حالت افقی قرار داشته و به عبارتی زاویهٔ شیبِ آن برابر صفر درجه بوده است. در نتیجه از رابطهٔ اول برای به‌دست آوردن طول افقی استفاده شده است.

## تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳ ــ ۱

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

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

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



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

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

**راهکار کلی :**

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

$$D \quad 100.S.\cos^{2}\alpha$$

**روش حل :**

$$D \quad 100.S.\cos^{2}\alpha$$

$$D \quad 100.(1850 \quad 1520).(\cos 30.4528)^{2} \quad 2600mm \quad 26m$$

**بحث و بررسی :**

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

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

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

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

## تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳ ــ ۲

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

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

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

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

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

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

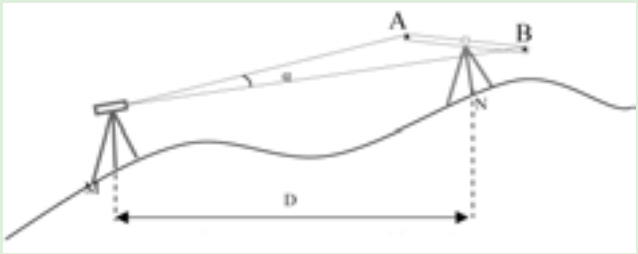
مطلوب است محاسبهٔ فواصل فوق از ایستگاه.

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

| شمارهٔ نقاط | تارهای استادیمتری | | | زاویهٔ افقی (گراد) | زاویهٔ زنیتی (گراد) | فاصلهٔ خط قراولری | فاصلهٔ افقی | ملاحظات و کروکی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | تار بالا | تار وسط | تار پایین | | | | | |
| 1 | 1425 | 1120 | 0815 | 39 47 | 98 96 | | | |
| 2 | 2612 | 2518 | 2424 | 69 11 | 98 25 | | | |
| 3 | 3418 | 3256 | 3094 | 0 77 | 99 36 | | | |
| 4 | 1829 | 1828 | 1827 | 320 84 | 100 06 | | | |
| 5 | 1486 | 1221 | 0956 | 306 09 | 100 10 | | | |
| 6 | 1792 | 1428 | 1064 | 306 43 | 99 96 | | | |
| 7 | 2850 | 1568 | 0286 | 305 22 | 99 79 | | | |
| 8 | 1654 | 1414 | 1174 | 297 48 | 100 19 | | | |
| 9 | 2880 | 2680 | 2480 | 305 83 | 99 92 | | | |
| 10 | 2540 | 2137 | 1734 | 294 55 | 100 11 | | | |

## مثال ۳ــ۳ : محاسبهٔ فاصلهٔ افقی به روش پارالاکتیک

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




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

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

$L \quad 2m$

### راهکار کلی :

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

### روش حل :

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

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

### بحث و بررسی :

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

## تمرین‌های کلاسی مربوط به مثال ۳ ــ ۳

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

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

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

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

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

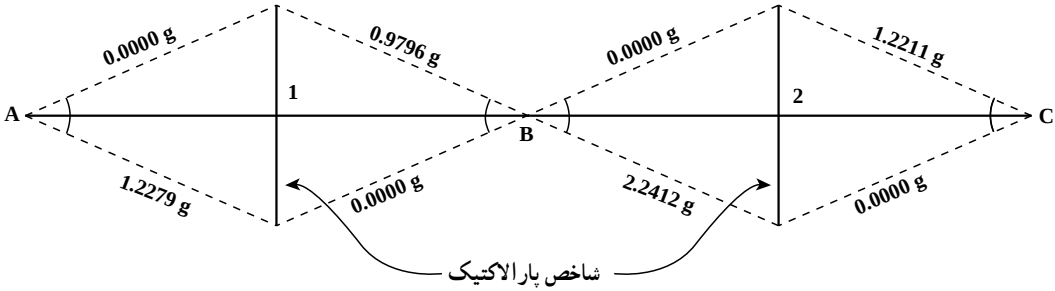
۴ــ برای اندازه‌گیری فاصلهٔ بین دو نقطه A و B به روش پارالاکتیک، یک زاویه‌یاب را بر روی نقطهٔ A مستقر کرده و شاخص ۲ متری را بر روی نقطه B قرار داده‌ایم. قرائت نشانه‌های طرفین شاخص ($20^{\circ}35'00''$) و ($1^{\circ}35'39''$) بوده است.

الف) فاصله افقی AB چند متر است؟

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

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

۶ــ در شکل زیر طول AC به روش پارالاکتیک اندازه‌گیری شده و همچنین زاویهٔ $B\hat{C}A$ در




۲ کوپل قرائت شده است. طول AB را به‌دست آورید.

| ایستگاه | نقاط نشانه‌روی | دایره به چپ | دایره به راست |
|---|---|---|---|
| C | B | 0 0000 | 199/9982 |
| | A | 68 2410 | 268 2390 |