

# فصل دهم

## روش‌های مختلف ترازیابی



عکس ماهواره‌ای از بین‌الحرمین

به نظر شما چگونه می‌توان با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، اختلاف ارتفاع بین نقاط را به دست آورد؟

## هدف های رفتاری :

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می رود بتواند:
- ۱- راهکار کلی اندازه گیری اختلاف ارتفاع به وسیله ی شیلنگ تراز را شرح دهد.
  - ۲- محاسبات مربوط به اندازه گیری اختلاف ارتفاع به وسیله ی شیلنگ تراز را انجام دهد.
  - ۳- محاسبات مربوط به اندازه گیری اختلاف ارتفاع به وسیله ی شیلنگ تراز را با ماشین حساب کاسیو ۴۵۰۰ انجام دهد.
  - ۴- بحث و بررسی مربوط به اندازه گیری اختلاف ارتفاع به وسیله ی شیلنگ تراز را شرح دهد.
  - ۵- راهکار کلی اندازه گیری اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله ی مایل و زاویه ی شیب (ترازیابی مثلثاتی) را شرح دهد.
  - ۶- محاسبات مربوط به اندازه گیری اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله ی مایل و زاویه ی شیب (ترازیابی مثلثاتی) را انجام دهد.
  - ۷- محاسبات مربوط به اندازه گیری اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله ی مایل و زاویه ی شیب (ترازیابی مثلثاتی) را با ماشین حساب کاسیو ۴۵۰۰ انجام دهد.
  - ۸- بحث و بررسی مربوط به اندازه گیری اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله ی مایل و زاویه ی شیب (ترازیابی مثلثاتی) را شرح دهد.

قبل از مطالعه ی این فصل از فراگیرنده انتظار می رود با مطالب زیر آشنا باشد:

- ۱- آشنایی با فصل های نهم و دهم کتاب «مساحی»

: مطالب پیش نیاز

• مهم ترین روش های تراز یابی عبارت اند از:

- ۱- تراز یابی به کمک وسایل ساده (تراز شاقولی - شمشه تراز)
- ۲- تراز یابی هیدرواستاتیکی (روش استفاده از شیلنگ تراز)
- ۳- تراز یابی هندسی (تراز یابی مستقیم)
- ۴- تراز یابی مثلثاتی (تراز یابی غیرمستقیم)
- ۵- تراز یابی به کمک تراز یاب های الکترونیکی
- ۶- تراز یابی به کمک انواع تنودولیت های اُپتیکی و الکترونیکی
- ۷- تراز یابی فشارسنجی
- ۸- تراز یابی به کمک عکس های هوایی
- ۹- تراز یابی به کمک سیستم تعیین موقعیت ماهواره ای

محاسبه ی اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله ی مایل و زاویه ی شیب :

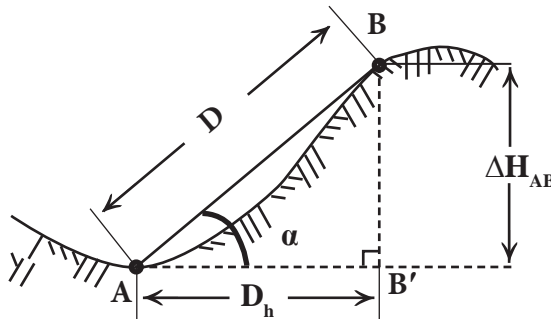
$$\Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha$$

( رابطه ی ۱۰ - ۱ )

محاسبه ی اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله ی افقی و زاویه ی شیب :

$$\Delta H_{AB} = D_h \times \tan \alpha$$

( رابطه ی ۱۰ - ۲ )

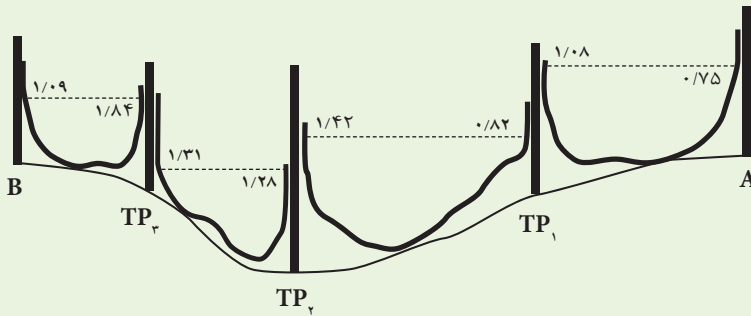


تراز یابی مثلثاتی (تراز یابی غیرمستقیم)



اندازه گیری اختلاف ارتفاع با شیلنگ تراز

مطابق شکل بین دو نقطه‌ی A و B به وسیله‌ی شیلنگ تراز اندازه‌گیری‌های زیر انجام گرفته است:



اگر ارتفاع نقطه‌ی A برابر  $102/18$  متر باشد، ارتفاع نقطه‌ی B چند متر است؟  
راهکار کلی: برای به دست آوردن ارتفاع به وسیله‌ی شیلنگ تراز در هر دهنه دو قرائت روی ژالن‌ها انجام می‌شود به این صورت که با علامت زدن خط‌آب روی ژالن و مترکشی آن تا زمین عدد ارتفاع را یادداشت می‌کنیم. باید توجه داشت که در هر دهنه اولین قرائت - که همان قرائت روی نقطه‌ی معلوم است - را قرائت عقب و دومین قرائت را قرائت جلو می‌نامیم.

برای مرتب نوشتن اعدادی که خوانده می‌شوند، جدول ساده‌ی زیر را ترسیم کرده و در هر دهنه قرائت‌های عقب و جلوی خوانده شده را در آن یادداشت می‌کنیم:

| نقاط | قرائت عقب | قرائت جلو |
|------|-----------|-----------|
|      |           |           |

برای محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع در هر دهنه کافی است قرائت عقب را منهای قرائت جلو کرده و جواب را با ارتفاع نقطه‌ی معلوم قبلی جمع جبری نماییم. این اختلاف ارتفاع‌ها را در یک ستون جدید ( $\Delta H$ ) یادداشت می‌کنیم:

قرائت جلو - قرائت عقب =  $\Delta H$

| نقاط | قرائت عقب | قرائت جلو | اختلاف ارتفاع ( $\Delta H$ ) |
|------|-----------|-----------|------------------------------|
|      |           |           |                              |

می‌توان به جای محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع‌ها در هر دهنه، حاصل جمع قرائت‌های جلو را از حاصل جمع قرائت‌های عقب کم کرده تا اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی A و B به دست آید. سپس این مقدار را با ارتفاع معلوم نقطه‌ی A جمع جبری کرده تا ارتفاع نقطه‌ی B به دست آید:

$$\Delta H_{AB} = \sum B.S. - \sum F.S.$$

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB}$$

روش حل:

| نقاط            | قرائت عقب (میلی متر) | قرائت جلو (میلی متر) |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| A               | ۷۵۰                  |                      |
| TP <sub>۱</sub> | ۸۲۰                  | ۱۰۸۰                 |
| TP <sub>۲</sub> | ۱۲۸۰                 | ۱۴۲۰                 |
| TP <sub>۳</sub> | ۱۸۴۰                 | ۱۳۱۰                 |
| B               |                      | ۱۰۹۰                 |

$$\sum B.S. = ۴۶۹۰ \quad \sum F.S. = ۴۹۰۰$$

$$\Delta H_{AB} = \sum B.S. - \sum F.S. = ۴۶۹۰ - ۴۹۰۰ = -۲۱۰ \text{ mm} = -۰/۲۱ \text{ m}$$

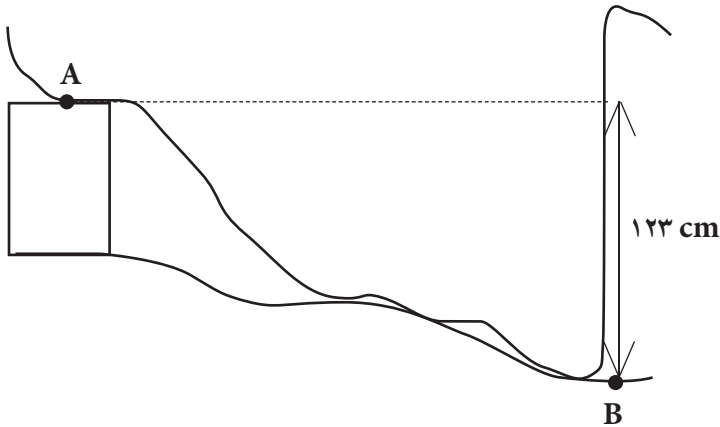
$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} = ۱۰۲/۱۸ + (-۰/۲۱) = ۱۰۱/۹۷$$

بحث و بررسی: اعداد داخل جدول به واحد میلی متر نوشته شده است بنابراین در هنگام جمع زدن این اعداد با ارتفاع نقطه‌ی معلوم - که به واحد متر ذکر شده است - به تبدیل واحدها توجه کنید.



تمرین کلاسی مثال ۱۰-۱:

۱- به منظور پیاده کردن نقطه‌ای هم ارتفاع با نقطه‌ی A در نقطه‌ی B از شیلنگ تراز استفاده شده است. چنانچه ارتفاع نقطه‌ی A برابر با ۱۰۰ متر و ارتفاع آب داخل شیلنگ در نقطه‌ی B برابر ۱۲۳ سانتی‌متر باشد، ارتفاع زمینی نقطه‌ی B چند متر است؟



مثال ۱۰-۲

اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع با استفاده از فاصله‌ی مایل و زاویه‌ی شیب (ترازیابی مثلثاتی)

با توجه به شکل مقابل اختلاف ارتفاع A تا B ( $\Delta H_{AB}$ ) چند متر است؟

اگر ارتفاع A برابر ۱۰۰ متر باشد ارتفاع B چند متر است؟ ( $D = ۱۲ \text{ m}$  و  $\alpha = ۳۰^\circ$ )

راهکار کلی: مشاهده می شود که مثلث  $ABB'$  یک مثلث قائم الزاویه است. هم چنین ارتفاع  $A$  و  $B'$  برابرند زیرا این دو نقطه بر روی یک سطح افقی قرار دارند. بنابراین، با پیدا کردن ضلع  $BB'$  در این مثلث در حقیقت اختلاف ارتفاع بین دو نقطه  $A$  و  $B$  را به دست آورده ایم.

به دلیل معلوم بودن زاویه شیب و طول مایل از رابطه‌ی «سینوس» در مثلث فوق استفاده می کنیم:

$$\sin \alpha = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{BB'}{AB} = \frac{\Delta H_{AB}}{D}$$

$$\sin \alpha = \frac{\Delta H_{AB}}{D} \Rightarrow \Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha$$

پس از به دست آوردن مقدار  $\Delta H_{AB}$  کافی است آن را با ارتفاع معلوم  $A$  جمع جبری

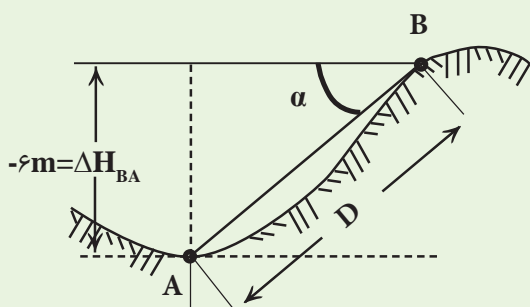
$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} \quad \text{نمائیم:}$$

روش حل:

$$\left. \begin{array}{l} D = 12\text{m} \\ \alpha = 30^\circ \\ H_A = 10.0\text{m} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta H_{AB} = D \times \sin \alpha = 12 \times \sin 30^\circ = 6\text{m} \\ H_B = H_A + \Delta H_{AB} = 10.0 + 6 = 10.6\text{m} \end{array}$$

بحث و بررسی: در مثال بالا مشاهده می شود که اختلاف ارتفاع بین نقاط  $A$  تا  $B$

$(\Delta H_{AB})$  برابر  $+6\text{m}$  و معنی آن این است که نقطه‌ی  $B$  به اندازه‌ی  $6$  متر از نقطه‌ی  $A$  در سطح بالاتری قرار دارد.  $(\Delta H_{AB} = +6\text{m})$ . حال اگر بخواهیم اختلاف ارتفاع بین  $A$  تا



$(\Delta H_{BA})$  را به دست آوریم

مطابق شکل، مقدار آن  $-6$  متر خواهد شد. یعنی نقطه‌ی  $A$  به اندازه‌ی  $6$  متر پایین تر از نقطه‌ی  $B$  قرار می گیرد. در این حالت چون امتداد  $BA$  پایین خط افق  $BB'$  قرار گرفته است، پس زاویه‌ی شیب  $-30^\circ$  درجه خواهد شد.

$$\left. \begin{array}{l} D = 12\text{m} \\ \alpha = -30^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \Delta H_{BA} = D \times \sin \alpha \\ \Delta H_{BA} = 12 \times \sin(-30^\circ) = -6\text{m} \end{array}$$

تمرین کلاسی مثال ۱۰-۲:

با توجه به شکل زیر اختلاف ارتفاع A تا B

( $\Delta H_{AB}$ ) چند متر است؟

اگر ارتفاع A برابر ۱۲۳/۱۱۰ متر باشد ارتفاع B

چند متر است؟ ( $\alpha = 40^\circ$  و  $D = 22 \text{ m}$ )

