

ترازیابی

هدف‌های رفتاری : از دانش آموز انتظار می‌رود در پایان این فصل :

- ۱- ترازیابی را تعریف کند.
- ۲- هدف از ترازیابی را بیان کند.
- ۳- اصطلاحات : امتداد قائم، سطح تراز، سطح تراز مبنا، صفحه‌ی افق، خط افق، صفحه‌ی قائم و ارتفاع نقطه را تعریف کند.
- ۴- بنچمارک را تعریف نموده انواع آن را توضیح دهد.
- ۵- انواع ترازیابی را بیان کند.
- ۶- ترازیابی با ژالون و تراز دستی را تشریح کند.
- ۷- قسمت‌های مختلف دستگاه ترازیاب را روی تصویر آن توضیح دهد.
- ۸- طبقه‌بندی دوربین‌های ترازیاب و خصوصیات آن‌ها را توضیح دهد.
- ۹- سه پایه دوربین و قسمت‌های مختلف آن را توضیح دهد.
- ۱۰- میر و انواع آن و تکیه‌گاه میر را توضیح دهد.
- ۱۱- تعاریف و اصطلاحات «حساسیت تراز، محور لوله‌ی تراز، محور قائم یا محور اصلی دستگاه» را بیان کند.
- ۱۲- انواع تراز در دستگاه‌های نقشه‌برداری را توضیح دهد.
- ۱۳- نحوه‌ی تنظیم ترازهای دستگاه را شرح دهد.
- ۱۴- ترازیاب را بر روی یک نقطه به روش‌های مختلف مستقر کند.
- ۱۵- قرائت روی میر را انجام دهد.
- ۱۶- اصول ترازیابی مستقیم را شرح دهد.
- ۱۷- ترازیابی تدریجی را شرح دهد.
- ۱۸- انواع ارتفاع را تعریف کرده روش محاسبه ارتفاع را در ترازیابی تدریجی بیان کند.
- ۱۹- ارتفاع نقاط در جدول را به روش فراز و نشیب محاسبه کند.
- ۲۰- ارتفاع نقاط را به روش «ارتفاع دستگاه» محاسبه کند.
- ۲۱- دو روش فراز و نشیب و ارتفاع دستگاه را به‌طور اجمالی مقایسه کند.
- ۲۲- کاربرد ترازیابی را در ساختمان بیان کند.

۸-۱- تعریف تراز یابی

۴- یافتن شکل مقاطع قائم^۱ (پروفیل ها) برای محاسبه حجم

عملیات خاکی.

ترازیابی عبارتست از تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت

به هم.

۸-۳- اصطلاحات مهم در تراز یابی

به تراز یابی لولینگ (Levelling) یا نیولمان (Nivellement)

نیز می گویند.

۱-۳-۸- امتداد قائم یک نقطه : امتداد شاقولی

(ثقل) گذرنده از یک نقطه را «امتداد قائم آن نقطه» می گویند.

۲-۳-۸- سطح تراز : سطحی را که بر امتدادهای

شاقولی عمود باشد «سطح تراز^۲» می گویند.

۳-۳-۸- سطح تراز مبنا : سطح آب دریاهاى آزاد

و اقیانوس ها یک سطح تراز است که دانشمندان آن را به نام

سطح صفر یا سطح مبنای ارتفاعات انتخاب نموده اند. از ادامه

دادن این سطح در زیر خشکی ها سطحی به وجود می آید که به این

سطح «ژئوید^۳» می گویند. ژئوید سطح مبنای ارتفاعات است

(شکل ۸-۱).

۸-۲- هدف از تراز یابی

عمل تراز یابی در پروژه های عمرانی، تسطیح، آبرسانی و

کشاورزی و سایر رشته ها کاربرد فراوانی دارد و به منظورهای

متفاوتی انجام می شود. از آن جمله :

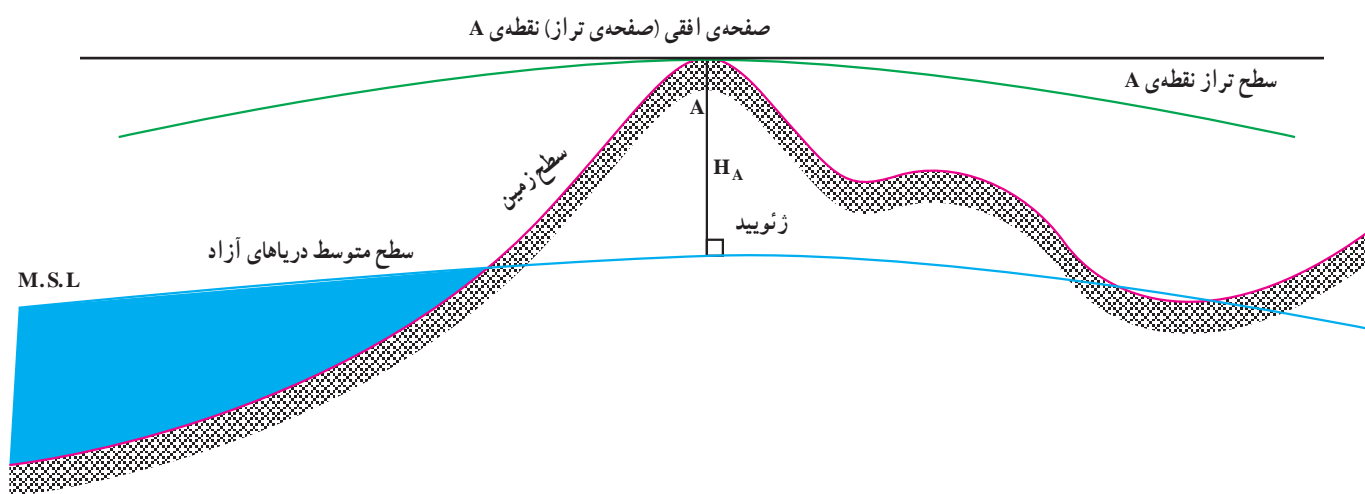
۱- یافتن شکل طبیعی یک قطعه زمین از نظر پستی و

بلندی؛

۲- یافتن شیب یک امتداد یا یک سطح و یا پیاده کردن یک

شیب معین در طول یک مسیر یا روی یک سطح؛

۳- ایجاد سطوح افقی یا کنترل افقی بودن سطوح؛



شکل ۸-۱

۴-۳-۸- صفحه ای افقی یک نقطه : صفحه ای را که افقی دارد.

۵-۳-۸- خط افقی : کلبه ی خطوط واقع بر صفحه ای افقی

را خط افقی می نامند. از هر نقطه بی نهایت خط افقی می گذرد.

از یک نقطه بگذرد و بر سطح تراز آن نقطه مماس باشد «صفحه ای

افقی آن نقطه» می گویند (شکل ۸-۱). هر نقطه فقط یک صفحه ای

۱- برشهای قائم از زمین را پروفیل می گویند.

۲- از آن جا که امتدادهای شاقولی با هم موازی نیستند، از این رو سطح تراز نیز یک سطح صاف و هموار نیست.

انجام می‌گیرد.

۱- تراز یابی بارومتریک (ترازیابی به کمک فشارسنج)؛

۲- تراز یابی غیرمستقیم (مثلاثی)؛

۳- تراز یابی مستقیم (هندسی).

۸-۵- تراز یابی بارومتریک (ترازیابی فشارسنجی)

با توجه به این که تغییرات فشار هوا رابطه‌ی عکس با تغییرات ارتفاع دارد، با اندازه‌گیری تغییر فشار هوا می‌توان اختلاف ارتفاع را محاسبه نمود. این نوع تراز یابی را تراز یابی بارومتریک (Barometric) می‌گویند.

از این روش زمانی استفاده می‌شود که سرعت عمل زیاد و دقت کم مورد نظر باشد. در این روش معمولاً از دستگاه‌های ارتفاع سنج که براساس تأثیر فشار هوا کار می‌کنند استفاده می‌شود. این دستگاه را در دو نوع بزرگ و جیبی می‌سازند که دقت انواع دستگاه‌های جیبی حدود $\pm 1^\circ$ متر و دقت دستگاه‌های بزرگ حدود ± 2 متر است. در شکل ۸-۲ دو نوع بارومتر جیبی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۸-۲- دستگاه بارومتر

۶-۳-۸- صفحه‌ی قائم : صفحه‌ی گذرنده بر امتداد

شاقولی را صفحه‌ی قائم می‌گویند. هر امتداد شاقولی بی‌نهایت صفحه‌ی قائم دارد.

۷-۳-۸- ارتفاع نقطه : فاصله‌ی قائم یک نقطه از

سطح مبنا را ارتفاع آن نقطه می‌گویند (شکل ۸-۱). به این ارتفاع، «ارتفاع مطلق» نقطه نیز گفته می‌شود.

۸-۳-۸- بنچمارک^۱ : برای به دست آوردن ارتفاع

مطلق نقاط باید اختلاف ارتفاع آن‌ها را با سطح تراز دریاها یا آزاد (سطح مبنا) به دست آوریم از آن‌جا که انتقال ارتفاع از سطح دریاها یا آزاد تا محل کار نقشه‌برداری کاری بسیار مشکل، پرهزینه و وقت گیر است، از این رو سازمان‌های مسئول نقشه‌برداری در هر کشور تعدادی نقطه را به صورت نقاط مبنا در سراسر کشور انتخاب و ارتفاع آن‌ها را از سطح مبنا، به دست می‌آورند تا مورد استفاده‌ی نقشه‌برداران قرار بگیرد به این نقاط «بنچمارک» (Bench mark) که به اختصار با B.M نمایش می‌دهند) می‌گویند.

۸-۴- انواع تراز یابی

با توجه به دقت خواسته شده معمولاً تراز یابی به سه صورت

۸-۶- ترازیابی غیرمستقیم (مثلثاتی)

روش ترازیابی با متروشیب سنج: برای اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی A و B فاصله‌ی مایل بین آن‌ها و زاویه‌ی شیب امتداد AB را اندازه‌گیری می‌کنیم (شکل ۸-۳). در مثلث قائم‌الزاویه‌ی ABC داریم:

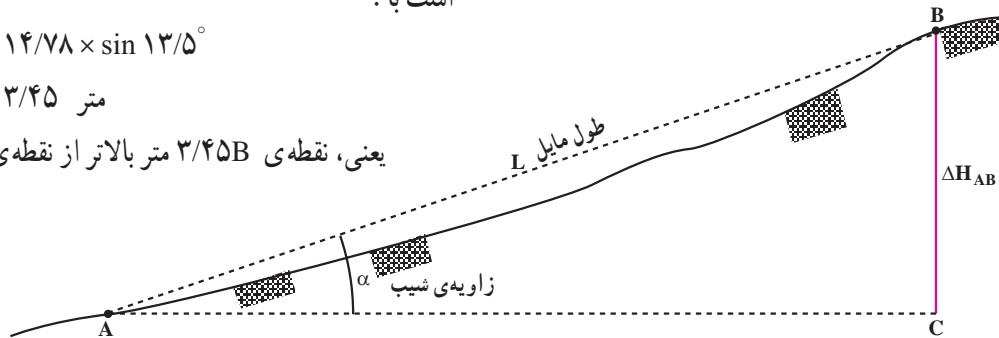
$$\Delta h_{AB} = L \cdot \sin \alpha$$

مثال: اگر طول مایل بین دو نقطه $L = ۱۴/۷۸ \text{ m}$ و زاویه‌ی شیب $\alpha = ۱۳/۵^\circ$ باشد، اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B برابر است با:

$$\Delta h_{AB} = ۱۴/۷۸ \times \sin ۱۳/۵^\circ$$

$$\Delta h_{AB} = ۳/۴۵ \text{ متر}$$

یعنی، نقطه‌ی B $۳/۴۵$ متر بالاتر از نقطه‌ی A قرار دارد.



شکل ۸-۳- ترازیابی غیرمستقیم

۸-۷- ترازیابی مستقیم یا هندسی

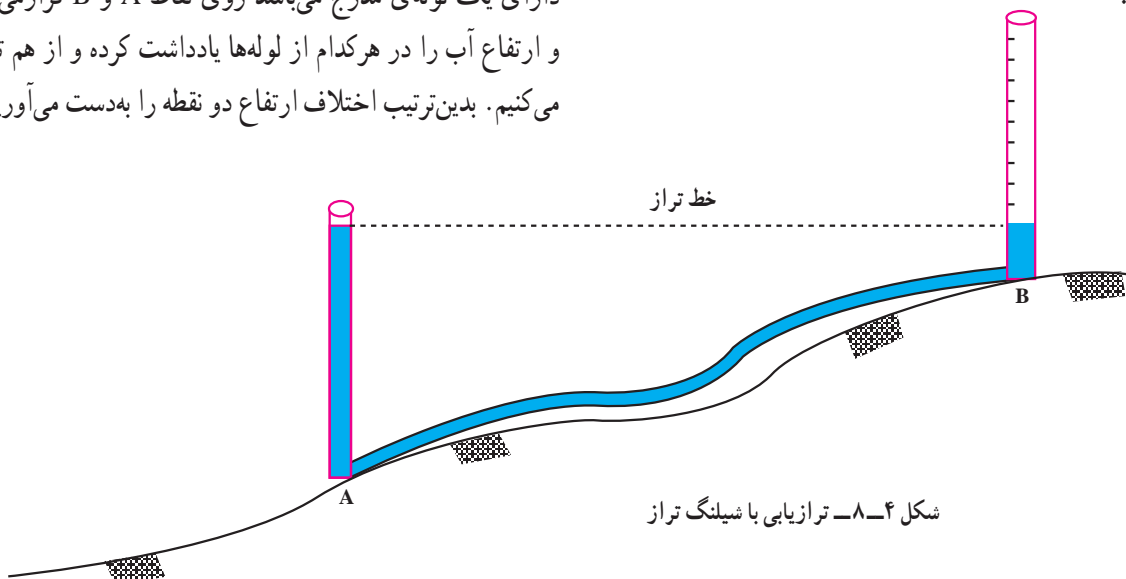
۸-۷-۱- ترازیابی با شیلنگ تراز: در بسیاری از کارهای ساختمانی کوچک که نیاز به هم ارتفاع کردن یا اندازه‌گرفتن اختلاف ارتفاع داشته باشیم، از یک شیلنگ پلاستیکی شفاف مدرج استفاده می‌کنیم که به آن «شیلنگ تراز» می‌گویند.

روش کار: برای پیدا کردن اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B (شکل ۸-۴) ابتدا شیلنگ را پر از آب کرده، دقت می‌کنیم که حباب هوا در داخل شیلنگ نباشد، سپس دو سر شیلنگ تراز را که هر کدام دارای یک لوله‌ی مدرج می‌باشد روی نقاط A و B قرار می‌دهیم و ارتفاع آب را در هر کدام از لوله‌ها یادداشت کرده و از هم تفریق می‌کنیم. بدین ترتیب اختلاف ارتفاع دو نقطه را به دست می‌آوریم.

ترازیابی مستقیم یا هندسی از دیرباز، با وسایل ساده و ابتدایی انجام می‌شده است و امروزه نیز بعضاً از این وسایل ابتدایی در کارهای کم دقت یا معمولی ساختمانی استفاده می‌شود. البته برای کارهای دقیق مهندسی و پروژه‌های عظیم ساختمانی دوربین‌های بسیار دقیق ترازیابی (نیو) به کار گرفته می‌شود.

در این جا تعدادی از روش‌های ترازیابی مستقیم را معرفی

می‌کنیم:

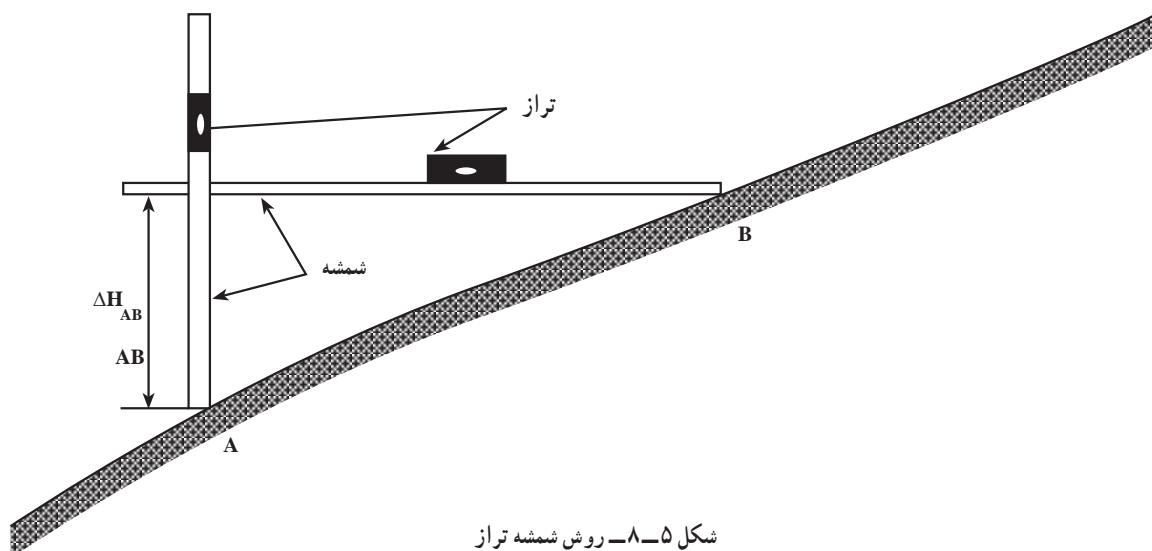


شکل ۸-۴- ترازیابی با شیلنگ تراز

۸-۷-۲- تراز یابی با شمشه و تراز بنایی : این روش

به «شمشه تراز» معروف است و در نقشه برداری برای برداشت مقطع قائم (پروفیل) بدون دوربین تراز یاب، از آن استفاده می شود. البته نقشه برداران از دو شاخص مدرج (میر) استفاده می کنند که یکی را به صورت قائم و دیگری را به طور افقی مورد استفاده قرار

می دهند. در کارهای ساده و کوچک ساختمانی نیز این روش با کمک دو عدد شمشه و دو عدد تراز بنایی انجام پذیر است (شکل ۸-۵).



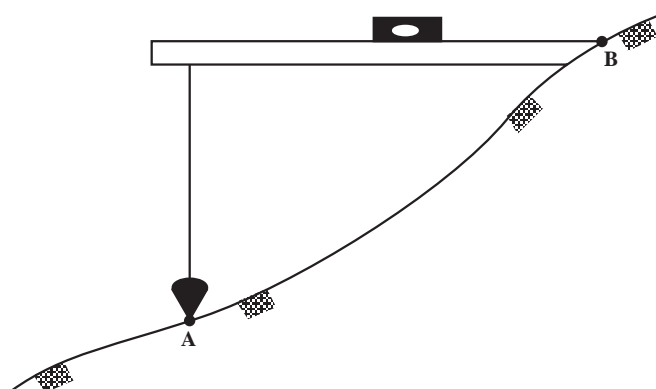
شکل ۸-۵- روش شمشه تراز

روش کار: یک شمشه را در نقطه ی A به طور قائم

۸-۷-۳- تراز یابی با شمشه و شاقول بنایی :

مانند روش قبل یک شمشه و تراز به کار برده به جای شمشه ی قائم نیز می توانیم از یک شاقول بنایی استفاده کنیم. این روش را در شکل ۸-۶ مشاهده می نمایید.

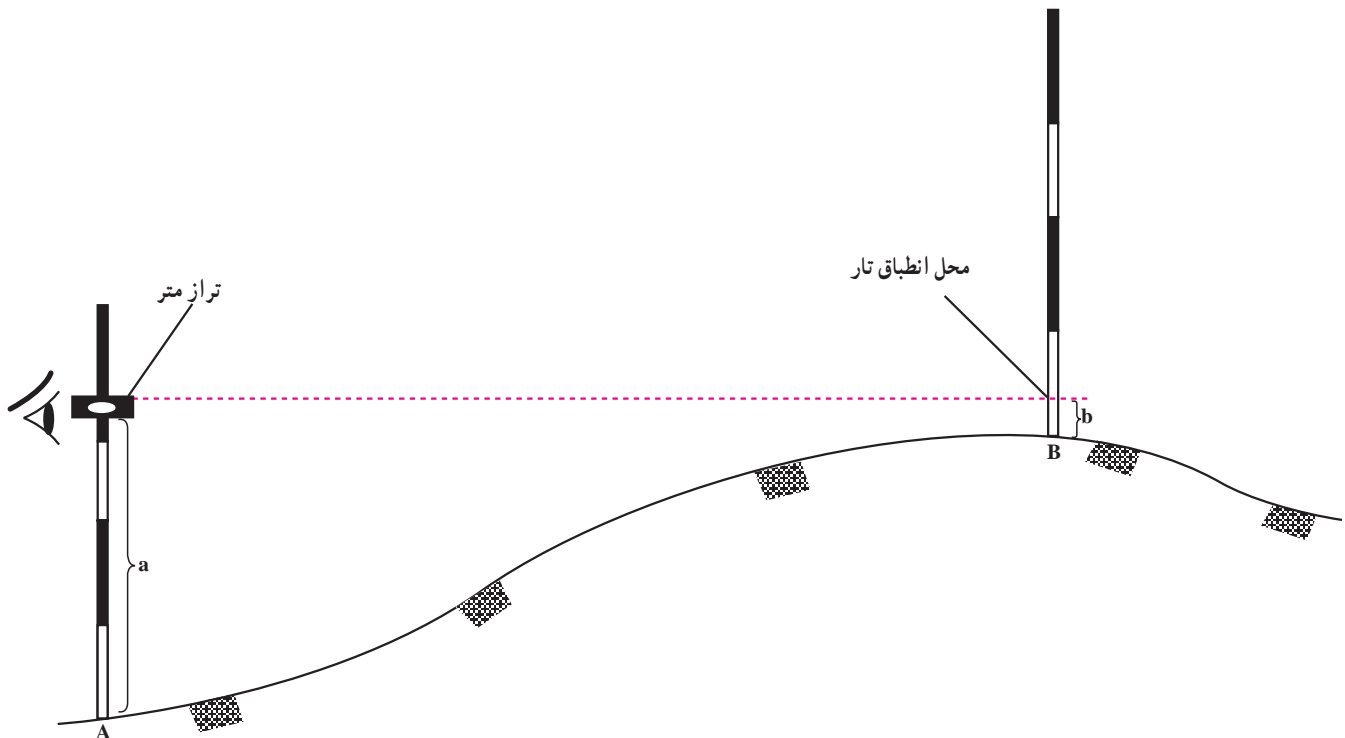
(شاقولی) مستقر می کنیم. سپس شمشه دیگر را به طور افقی چنان نگه می داریم که یک سر آن روی نقطه ی B و سر دیگر آن در کنار شمشه ی A قرار بگیرد و به وسیله ی یک تراز بنایی آن را کاملاً افقی می کنیم. اکنون از محل تماس شمشه ی افقی با شمشه ی قائم، تا روی نقطه ی A را با متر اندازه گیری می کنیم. این فاصله



شکل ۸-۶- تراز یابی با شمشه و شاقول

۴-۷-۸- تراز یابی با ژالون و تراز متر (ترازدستی):

این روش تراز یابی بیشتر در عملیات نقشه برداری مربوط به پروژه های ساختمانی مورد استفاده قرار می گیرد. وسایل این تراز یابی دو عدد ژالون، یک عدد تراز متر و یک عدد متر می باشد. مطابق شکل ۸-۷ برای تراز یابی بین دو نقطه ی A و B. ابتدا یک ژالون در A و ژالون دیگری در B مستقر می کنیم. سپس تراز متر را در کنار یک ژالون - مثلاً ژالون A - قرار داده در حالی که آنرا افقی نگاه داشته ایم به ژالون دیگر - B - قراول



شکل ۸-۷- تراز یابی با تراز دستی

می رویم و محل تار افقی تراز دستی را که روی ژالون B منطبق شده به کمک افراد گروه علامت می زنیم اکنون به وسیله یک متر فاصله ی تراز دستی تا نقطه ی A را اندازه گیری کرده و «a» می نامیم و سپس فاصله ی محل انطباق تار روی ژالون B را تا نقطه ی B اندازه گرفته و «b» می نامیم. برای اندازه گیری اختلاف ارتفاع دو نقطه ی A و B کافی است این دو مقدار را از هم کم کنیم.

$$\Delta h_{AB} = a - b$$

اگر دو نقطه ی A و B که می خواهیم اختلاف ارتفاع آن ها را پیدا کنیم در فاصله ی دوری از هم قرار گرفته باشند و یا شیب بین دو نقطه زیاد باشد، ابتدا باید چندین نقطه ی کمکی بین دو نقطه تعیین کنیم و سپس بین تمام نقاط تراز یابی کرده اختلاف ارتفاع دو نقطه ی A و B را از روی آن ها محاسبه نماییم. این نوع تراز یابی را تراز یابی تدریجی می نامند. شکل (۸-۸)، یک نمونه از تراز یابی تدریجی بین دو نقطه ی A و B را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می کنید بین دو نقطه A و B شیب زیاد می باشد و با گرفتن نقاط کمکی P_۱ و P_۲ اختلاف ارتفاع ΔH_1 ، ΔH_2 و ΔH_3

را به دست می آوریم.

اختلاف ارتفاع دو نقطه ی A و B عبارتست از:

$$\Delta H_{AB} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

و می دانیم:

$$\Delta H_1 = a_1 - b_1 \text{ و } \Delta H_2 = a_2 - b_2 \text{ و}$$

$$\Delta H_3 = a_3 - b_3$$

با جای گذاری در ΔH_{AB} داریم:

$$\Delta H_{AB} = a_1 - b_1 + a_2 - b_2 + a_3 - b_3$$

و پس از ساده کردن داریم:

با جای گذاری در فرمول داریم :

$$\Delta H_{AB} = (163 + 158 + 152) -$$

$$(14 + 17 + 24)$$

اختلاف ارتفاع A و B:

$$\Delta H_{AB} = 473 - 55 = 418 \text{ cm} = 4/18 \text{ m}$$

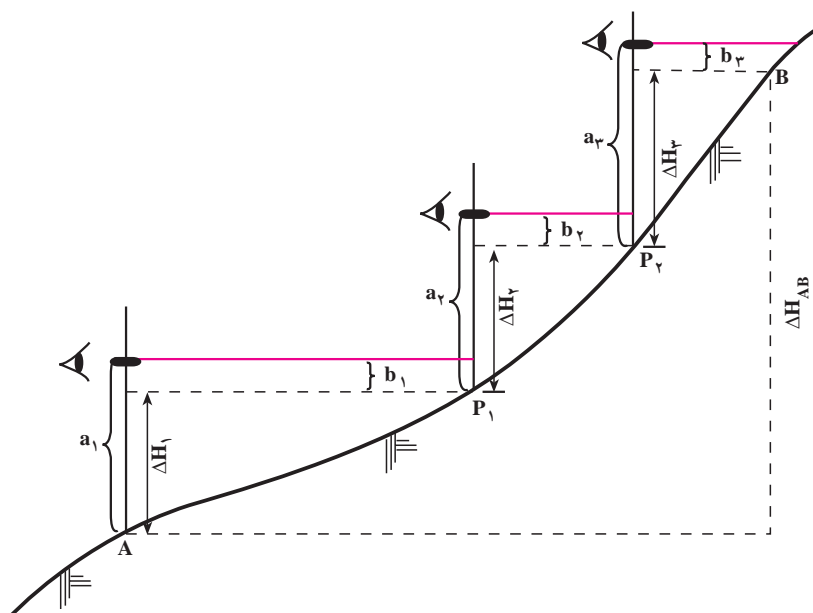
$$\Delta H_{AB} = (a_1 + a_r + a_p) - (b_1 + b_r + b_p)$$

مثلاً اگر در شکل ۸-۸، مقادیر زیر را اندازه گیری کرده

باشیم :

$$a_1 = 163 \text{ cm} \quad a_r = 158 \text{ cm} \quad a_p = 152 \text{ cm}$$

$$b_1 = 14 \text{ cm} \quad b_r = 17 \text{ cm} \quad b_p = 24 \text{ cm}$$



شکل ۸-۸- تراز یابی تدریجی با تراز دستی

۸-۸- تراز یابی با دوربین

افقی قرار بگیرد و عدسی هایی در آن به کار رفته که امکان دوربینی را فراهم می کند. برای قرائت و اندازه گیری اختلاف ارتفاع نیز از یک وسیله ی مخصوص که به آن میر (شاخص) می گویند استفاده می شود که مدرج است و کار ژالون و متر را به تنهایی انجام می دهد. اکنون به معرفی وسایل تراز یابی می پردازیم.

۱-۸-۸- وسایل تراز یابی با دوربین :

۱- دوربین تراز یاب : دوربین های تراز یاب از سه قسمت

تشکیل شده اند :

(الف) قسمت فوقانی : این قسمت شامل تلسکوپ و وسایل

قراولروی است.

(ب) قسمت میانی : این قسمت شامل تراز کروی، قسمتی از بدنه

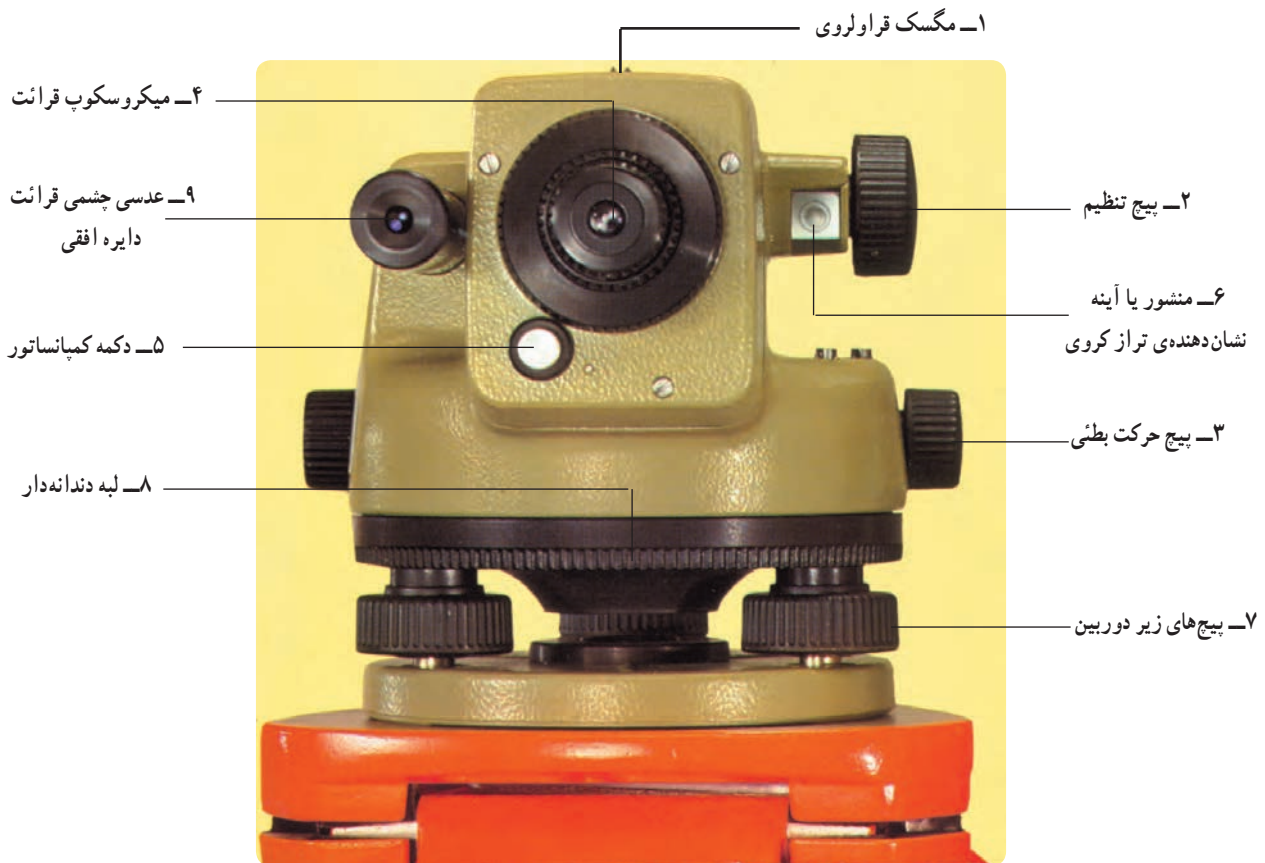
و در بعضی از انواع تراز یاب ها شامل یک صفحه مدرج (نقاله) برای

اندازه گیری زاویه ی افقی است که به آن «لمب افقی» می گویند.

ترازیابی با تراز متر و ژالون یک روش نسبتاً مناسب برای تراز یابی در روی زمین می باشد اما این روش دارای مشکلات و معایبی است که از سرعت و دقت عمل آن می کاهد به عنوان مثال نگاه داشتن تراز دستی در کنار ژالون در یک نقطه ی معین و یا قراولروی با آن و انطباق تار افقی آن روی ژالون مقابل، همچنین هدایت فردی که باید محل انطباق تار را روی ژالون علامت بزند، همگی دارای خطاهای انسانی قابل توجهی می باشند. به همین دلیل برای آن که عمل تراز یابی با سرعت لازم، به راحتی و با دقت مطلوب انجام شود، وسایل و دستگاه های مخصوصی ساخته شده است. به عبارت دیگر به جای تراز دستی یک دستگاه تراز یاب ساخته شده است که بر روی یک سه پایه استوار و ثابت مستقر می گردد، تراز های دقیقی روی آن نصب شده تا کاملاً در حالت

ج) قسمت تحتانی : این قسمت شامل پیچ‌های ترازکننده و صفحه‌ی اتصال دستگاه به سه‌پایه است. دوربین تراز یاب دارای جعبه‌ی مخصوصی می‌باشد که آن را در مقابل ضربات حفظ می‌کند و هنگام حمل تراز یاب باید تراز یاب

را به دقت در داخل آن قرار داد. در شکل ۸-۹ قسمت‌های مختلف ظاهری یک دستگاه تراز یاب را مشاهده می‌نمایید.



شکل ۸-۹- قسمت‌های ظاهری یک تراز یاب

۱- مگسک قراولروی (Open sight) : برای آن که با دوربین به سمت یک نقطه قراول برویم (نشان‌روی کنیم) ابتدا با کمک مگسک به سمت نقطه قراول می‌رویم در این حالت نقطه مورد نظر از داخل دوربین قابل رؤیت خواهد بود.

۲- پیچ تنظیم تصویر (وضوح تصویر)- (Rapid/finefocusing knob) : پس از قراولروی به یک نقطه، برای آن که تصویر آن را به‌طور وضوح مشاهده کنیم از این پیچ استفاده می‌کنیم. این پیچ به سرعت و خیلی خوب تصویر را واضح می‌کند.

۳- پیچ حرکت بطئی (کند) (Endless horizontal drive) : این پیچ که در دوطرف دوربین نیز قرار دارد، برای حرکت دادن آهسته‌ی دوربین به کار می‌رود تا بتوانیم دوربین را به دقت به یک نقطه، قراول برویم.

۴- میکروسکوپ قرائت (Reading microscope) : با پیچاندن این میکروسکوپ می‌توانید تصویر تارهای رتیکول را واضح و روشن ببینید.

۵- دکمه‌ی کمپانساتور- (Push button for compensator control) : این دکمه در دوربین‌های اتوماتیک که دارای اتوماتیک می‌باشند



شکل ۱۰-۸- یک تراز یاب ساختمانی

در شکل ۱۰-۸ یک نوع تراز یاب ساختمانی و قسمت های داخلی آن را مشاهده می کنید.

ترازیاب های مهندسی : این تراز یاب ها از تراز یاب های ساختمانی دقیق تر و حساس تر می باشند و علاوه بر کارهای ساختمانی در نقشه برداری های دقیق تر نیز به کار می روند و در بعضی از انواع تراز یاب های مهندسی با اضافه کردن یک میکرومتر بر روی عدسی شیئی می توان به عنوان تراز یاب های دقیق نیز از آنها استفاده نمود. از تراز یاب های مهندسی در طرح و اجرای بیشتر پروژه های مهندسی مثل راه، راه آهن، ایجاد کارخانه، ساختمان پل و تونل و... استفاده می شود. این تراز یاب ها معمولاً دارای یک دایره ی مدرج افقی می باشند که دقیق تر از دایره ی افقی تراز یاب های ساختمانی می باشد و با یک میکروسکوپ قرائت می شود.

مشخصات تراز یاب های مهندسی عبارتند از :

– دقت ۲ تا ۴ میلیمتر بر کیلومتر

– درشت نمایی حدود ۲۰ تا ۳۵ برابر

– حساسیت تراز حدود ۳۰ ثانیه

۱– تراز یاب های دقیق : این تراز یاب ها که دقیق ترین

قرار دارد که قبل از هر قرائت دکمه ی آن را می فشاریم.

۶– منشور یا آینه نشان دهنده ی تراز کروی –

(Pentaprism for viewing circular level): این به شما امکان می دهد که به راحتی تراز کروی را مشاهده نمایید.

۷– پیچ های زیردوربین (پیچ تراز) (Footscrew) : این پیچ ها که سه عدد می باشند در زیر دوربین تعبیه شده اند که به کمک آنها می توانیم حباب تراز کروی را تنظیم نماییم.

۸– لبه ی دندانه دار – (Milled rim for setting horizontal circle) :

این لبه ی دندانه دار جهت تنظیم دایره ی افقی (نقاله ی افقی) به کار می رود.

۹– عدسی چشمی قرائت دایره افقی –

(Horizontal circle reading eyepiece) : از این دوربین چشمی برای قرائت لمب افقی دوربین استفاده می شود و به وسیله آن می توانیم زوایای افقی بین امتدادها را قرائت کنیم.

موارد ذکر شده در بند ۸ و ۹ در برخی از دوربین های

ترازیاب وجود دارد.

طبقه بندی دوربین های تراز یابی : دوربین های تراز یاب

را از نظر کاربرد به سه دسته تقسیم می کنند که عبارتند از :

– تراز یاب های ساختمانی (Dumpy levels)

– تراز یاب های مهندسی (Engineer's levels)

– تراز یاب های دقیق (Precision levels)

ترازیاب های ساختمانی : این نوع تراز یاب ها نسبت به

ترازیاب های مهندسی از دقت کمتری برخوردارند و حساسیت تراز و درشت نمایی آنها کم می باشد، در عوض از نظر دستگاهی، ساده و محکم بوده و طرز کار با آن آسان و سریع می باشد و بیشتر در کارهای ساختمانی، زمین های نسبتاً مسطح، پیاده کردن طرح های ساختمانی، تهیه ی نیمرخ ها و تعیین حجم عملیات خاکی و مواردی از این قبیل به کار می رود و به همین جهت اغلب دارای یک دایره ی مدرج افقی می باشد.

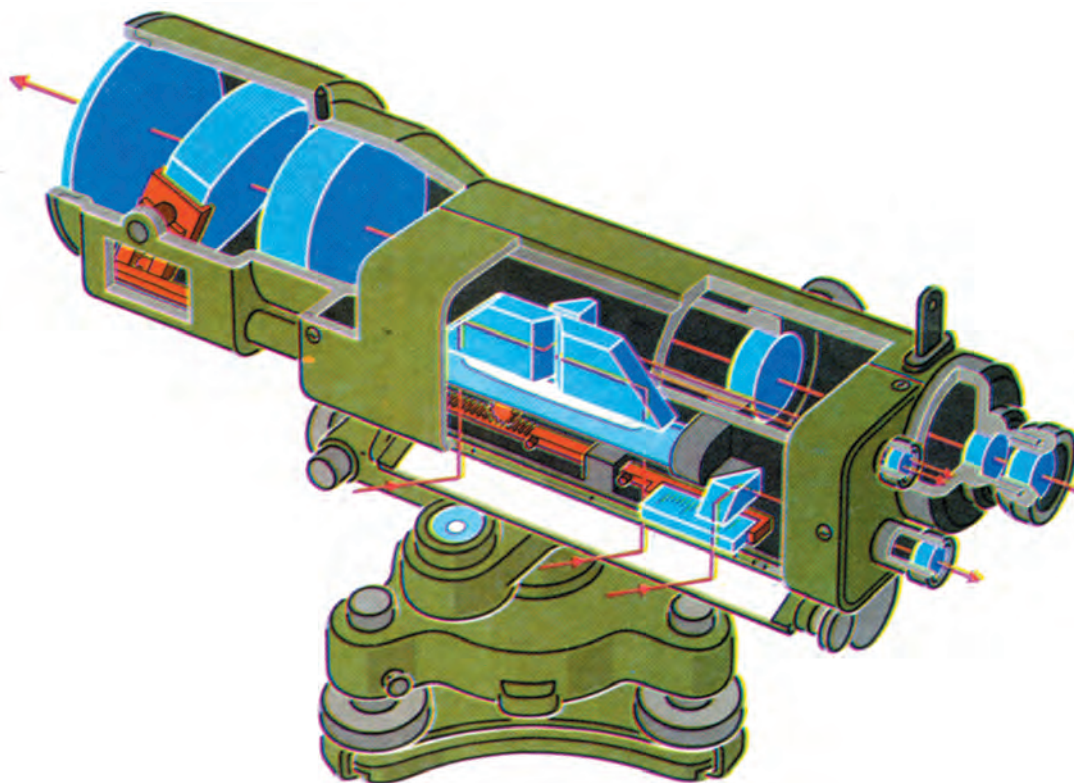
مشخصات مهم تراز یاب های ساختمانی عبارتند از :

– دقت ۵ تا ۱۵ میلیمتر بر کیلومتر

– درشت نمایی حدود ۱۰ تا ۲۵ برابر

– حساسیت تراز حدود ۶۰ ثانیه

و... بهره‌برداری می‌شود. به همین دلیل درشت‌نمایی دوربین در این ترازیاها بیشتر از سایر انواع ترازیاها می‌باشد و همچنین حساسیت تراز و دقت این دوربین‌ها بسیار زیاد می‌باشد و دارای ساختمانی پیچیده می‌باشند و روش کار با آن‌ها نیز متفاوت بوده و در آن‌ها میرهای مخصوصی نیز بکار می‌رود (شکل ۸-۱۱).



شکل ۸-۱۱- ترازیا دقیق

نوع ترازیاها می‌باشند برای کارهای معمولی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. بلکه از آن‌ها برای کارهای دقیق مثل تشکیل شبکه‌ی نقاط کنترل ارتفاعی در ژئودزی، ساخت کارخانه‌هایی که دقت ارتفاعی زیادی در آن‌ها مورد توجه است و نصب دستگاه‌های آن‌ها، کنترل نشست زمین و تغییر شکل بناهایی مانند: پل، سد

محکم ببندیم (شکل b-۸-۱۲). به این پیچ می‌توانیم یک شاقول آویزان نماییم تا محل استقرار سه‌پایه را دقیقاً مشخص نماید یک پوشش پلاستیکی از این صفحه محافظت می‌کند تا هنگام جابه‌جایی سه‌پایه صفحه و پیچ متصل به آن ضربه نخورد (شکل c-۸-۱۲). روی هرپایه در قسمت انتهایی یک برجستگی (رکاب فلزی) وجود دارد که هنگام استقرار دوربین باید با پا روی آن‌ها فشار وارد کنیم تا نوک تیز پایه کاملاً در زمین فرو رفته از جابه‌جایی سه‌پایه جلوگیری شود شکل (d-۸-۱۲) را مشاهده نمایید. سه‌پایه‌های مخصوص دوربین‌های ترازیا معمولاً سبک‌تر از سایر سه‌پایه‌ها می‌باشند.

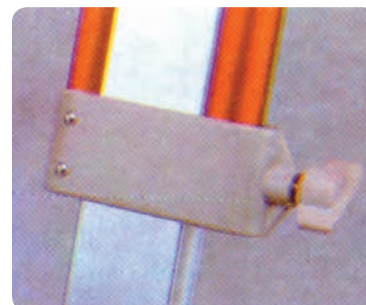
مشخصات ترازیاها دقیق عبارتند از:

- دقت حدود 2° میلی‌متر بر کیلومتر
- درشت‌نمایی حدود 5° برابر
- حساسیت تراز حدود 10° ثانیه

۲- سه‌پایه دوربین: برای آن‌که بتوانیم دوربین را تراز نموده مورد استفاده قرار دهیم، هم‌چنین برای استقرار دوربین ترازیا بر روی یک نقطه‌ی معین معمولاً آن را روی یک سه‌پایه (tripods) قرار می‌دهیم شکل (۸-۱۲) روی هرپایه پیچی تعبیه شده که طول پایه با آن کوتاه یا بلند می‌شود (شکل a-۸-۱۲). در قسمت فوقانی، یک صفحه‌ی مسطح قرار دارد که پیچی در وسط آن تعبیه شده تا به وسیله‌ی آن دوربین ترازیا را به سه‌پایه



شکل c-۸-۱۲- نوک پایه



شکل a-۸-۱۲- پیچ روی پایه



شکل d-۸-۱۲- محافظ پیچ سه پایه



شکل b-۸-۱۲- پیچ روی سه پایه

شکل ۸-۱۲- چند نمونه سه پایه تراز یاب

می گویند. معمولاً طول آن چهار متر است و از چهار قطعه ۱ متری که به یکدیگر لولا شده اند ساخته شده است (شکل ۸-۱۳).

۳- میر Mire (شاخص): برای قرائت اختلاف ارتفاع نقاط، شاخص مدرجی ساخته شده است که به آن میر یا استاف Staff



الف



ب

شکل ۸-۱۳- میر معمولی تراز یابی



ج

روی نقطه‌ی مورد نظر قرار بگیرد. برای قائم نگه داشتن میر از یک تراز کروی استفاده می‌شود که در بعضی از انواع میرها در پشت میر نصب می‌شود و میر نگهدار^۱ به راحتی می‌تواند ضمن نگه داشتن میر با کمک تراز کروی میر را پیوسته قائم نگه دارد. در صورت منصوب نبودن تراز روی میر می‌توانیم از تراز نبشی استفاده کنیم و آن را در لبه‌ی پستی (طرف میر نگهدار) قرار می‌دهیم تا مانع دید عامل نباشد. ضمناً میر نگهدار باید میر را درست رویه دوربین نگه دارد تا عامل به خوبی آن را ببیند (شکل ۱۴-۸).

روی میر با دو رنگ متضاد (سفید و قرمز یا سفید و مشکی) درجه بندی شده و معمولاً سانتیمترها را در آن درجه بندی کرده‌اند و دسیمترها را با عدد روی آن نوشته‌اند. میرها را به صورت کشویی نیز می‌سازند که در داخل هم فرو رفته و جمع می‌شوند و یا به صورت قطعات جداشونده می‌سازند. از این نوع میرها در محل‌های کم ارتفاع مانند تونل‌ها نیز می‌توان استفاده نمود.

— طرز نگه داشتن میر : میر در ترازایی باید به صورت قائم



شکل ۱۴-۸ — طریقه‌ی نگاه داشتن میر



شکل ۱۵-۸ — کاربرد میر با اندازه‌های مختلف

۱- اصطلاحاً به شخصی که میر را نگه می‌دارد می‌گویند.

۸-۹- کنترل سالم بودن دوربین تراز یاب

۸-۹-۱- کنترل سالم بودن قسمت های ظاهری :

هنگام تحویل گرفتن دوربین تراز یاب به نکات زیر توجه کنید :

- ۱- جعبه ی دوربین سالم باشد، یعنی دارای شکستگی و ترک خوردگی نباشد و چفت آن نیز سالم و محکم باشد یعنی هرز نباشد که با اندک فشاری باز شود. بند جعبه ی دوربین نیز پارگی و زدگی نداشته باشد، زیرا هنگام حمل، امکان پاره شدن آن و افتادن دوربین وجود دارد.

۲- درپوش عدسی دوربین در روی آن بوده و تمیز و سالم باشد.

۳- عدسی شیئی تمیز و سالم باشد.

۴- عدسی چشمی تمیز بوده پیچ روی آن که برای تنظیم وضوح تصویر تارهای رتیکول به کار می رود، سالم باشد. این پیچ را چرخانده از سلامت آن اطمینان حاصل کنید.

۵- پیچ تنظیم تصویر را بچرخانید تا در روی یک نقطه، تصویر واضحی را مشاهده کنید. به این ترتیب سلامت این پیچ مشخص می شود.

۶- سه پیچ زیر دوربین را بچرخانید تا مطمئن شوید که قفل نیستند و یا هرز نشده اند.

۷- مگسک قراولروی را کنترل کنید که دارای شکستگی یا انحراف نباشد.

۸- کنترل حباب تراز از نظر این که شکسته یا لق نبوده و حباب آن بزرگتر نشده یا به حباب های ریزتر تقسیم نشده باشد.

۹- کنترل جهت افقی و درجات آن از نظر این که درجات آن پاک نشده باشد.

۸-۹-۲- کنترل سالم بودن عملکرد :

۱- کنترل صحت کار تراز : اولین و مهم ترین بخش یک دوربین تراز یاب، تراز آن است که باید از عملکرد صحیح آن مطمئن شوید. دوربین را پس از آن که تراز کردید ۱۸۰ درجه بچرخانید تا درستی عملکرد تراز آن معلوم شود. در صورتی که تراز دوربین سالم باشد در این حالت نیز وضعیت تراز خود را حفظ خواهد کرد.

۲- کنترل تارهای رتیکول : پیچ تنظیم عدسی چشمی را بچرخانید تا تارهای رتیکول را بطور واضح ببینید. برای دید بهتر

می توانید یک صفحه سفید را در جلو عدسی شیئی بگیرید تا تارهای رتیکول را بهتر ببینید. پس از این که تارها را واضح و روشن دیدید مطمئن می شوید که پیچ تنظیم تصویر تارها خوب کار می کند. اکنون باید یک خط شاقولی پیدا کنید که به شاقولی بودن آن اطمینان دارید، دوربین را پس از تراز کردن بچرخانید و به آن خط شاقولی قراول بروید در صورتی که تار قائم کاملاً در روی این خط شاقولی قرار گرفت معلوم می شود که تار قائم سالم می باشد.

برای کنترل تار افقی می توانید یک نقطه در روی دیوار بر روی کاغذ یا دیوار مقابل (با خودکار یا مداد) در محل مرکز تلاقی تارهای افقی و قائم قرار دهید سپس با پیچ حرکت بطئی دوربین را به سمت چپ و راست بچرخانید اگر نقطه ی مورد نظر همواره بر روی تار افقی باقی ماند، معلوم می شود که تار رتیکول و تراز دوربین هر دو سالم هستند.

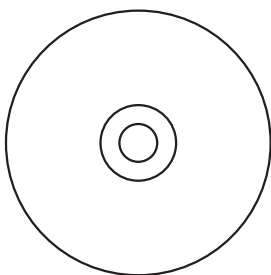
۳- کنترل محور کلیماسیون : محور دیدگانی دوربین که از مرکز عدسی شیئی و مرکز عدسی چشمی می گذرد محور کلیماسیون نام دارد وقتی دوربین را تراز کرده اید محور کلیماسیون باید همان خط تراز باشد که از مرکز دوربین تراز یاب می گذرد به عبارت دیگر محور کلیماسیون باید بر خط تراز منطبق باشد، در این صورت می گوئیم که این دوربین خطای کلیماسیون ندارد. البته همه ی دوربین ها خطای کلیماسیون دارند و در صورتی که مقدار این خطا زیاد نباشد، اشکال زیادی ایجاد نمی کند. البته با انتخاب روش های مناسب تراز یابی می توانیم از دوربینی که خطای کلیماسیون قابل توجهی دارد نیز استفاده کنیم. بنابراین نیازی به کنترل محور کلیماسیون در کارهای معمولی نیست.

۳-۸-۹-۳- طریقه ی حفاظت، نگهداری و بهره برداری صحیح از دوربین تراز یاب :

۱- برای حمل دوربین حتماً آن را در جعبه ی مخصوص خود بگذارید.

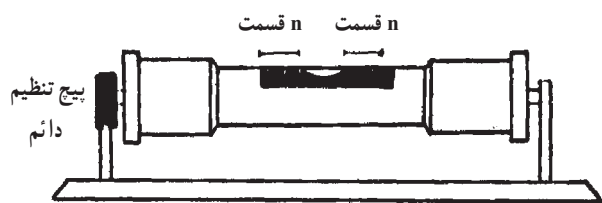
۲- هنگام قرار دادن دوربین در جعبه دقت کنید که آن را در جهت درست داخل جعبه قرار دهید و اگر بطور صحیح در جای خود قرار نگرفته و در جعبه به خوبی بسته نمی شود، سعی نکنید که با فشار زیاد آن را ببندید بلکه ابتدا دوربین را به طور صحیح در جای خود بگذارید و سپس جعبه را بسته و از صحت چفت آن اطمینان حاصل کنید.

در مرکز شیشه‌ی تراز دایره‌ی کوچکی موجود است که برای تراز نمودن دستگاه باید حباب را درست در مرکز آن قرار داد.



شکل ۱۷-۸- تراز کروی در حالت تراز

۲- تراز استوانه‌ای: این تراز از یک لوله (استوانه) تشکیل شده که در وسط آن یک شیشه‌ی مدرج تعبیه شده است و فقط در امتداد یک خط (محور لوله‌ی تراز) عمل تراز کردن را انجام می‌دهد و معمولاً دقت آن از تراز کروی بیشتر است. برای تراز نمودن آن باید حباب را در وسط خطوط مدرج قرار داد. حباب این تراز به صورت یک بیضی گون است.



شکل ۱۸-۸- تراز استوانه‌ای (لوله‌ای)

۳- تراز لویبایی: عبارت است از یک تراز استوانه‌ای که در بالای آن یک سیستم منشوری قرار دارد. این سیستم تصویر حباب تراز را - که به شکل لویبا است - به صورت دایره‌ی لویبا نشان می‌دهد و وقتی دستگاه کاملاً تراز باشد، این دایره برهم منطبق شده حباب تراز به صورت یک بیضی کامل دیده می‌شود (شکل الف-۱۹-۸)، اما به محض به هم خوردن تراز، حباب لویبایی شکل از وسط نصف شده دایره‌ی لویبا به موازات محور لوله‌ی تراز از هم جدا می‌شوند (شکل ب-۱۹-۸).

دقت تراز لویبایی از تراز استوانه‌ای بیشتر است و در دوربین‌های دقیق از آن استفاده می‌شود.

۳- هنگام بستن دوربین بر روی سه پایه، پیچ زیر سه پایه را درست ببندید تا رزوه‌های آن هرز نشود و مطمئن شوید که آن‌را محکم بسته‌اید.

۴- پایه‌های سه پایه را به اندازه مناسب باز کرده از محکم بودن محل استقرار پایه‌ها اطمینان حاصل کنید و پیچ‌های پایه‌ها را محکم ببندید تا در اثر شل شدن پایه‌ها و جابه‌جایی آن‌ها دوربین بر روی زمین سقوط نکند.

۵- هنگام تراز کردن دوربین، پیچ‌های تراز را بیش از اندازه باز نکنید که از جای خودشان دربیایند و نیز آن قدر سفت نکنید که پیچ‌ها قفل شوند.

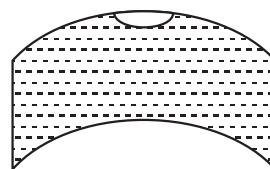
۶- هرگز عدسی چشمی و به خصوص عدسی شیئی را با دست یا پارچه‌ی خشک و زبر تمیز نکنید بلکه از پارچه‌ی مخصوص که در داخل جعبه دوربین قرار دارد برای تمیز کردن عدسی‌ها استفاده نمایید.

۷- به پیچ‌های تنظیم عدسی چشمی، تار تیکول، مگسک قراولروی و هرگونه تنظیمات دوربین دست نزنید و یا با استفاده از آچار مخصوص آن‌ها را باز و بسته نکنید.

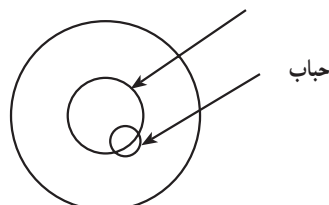
۸- از تابش شدید و مداوم آفتاب بر روی دوربین جلوگیری کنید. هم چنین دوربین را از گرد و غبار شدید و باران حفظ کنید.

۴-۹-۸- انواع تراز: در دستگاه‌های نقشه برداری معمولاً چهار نوع تراز به کار می‌رود.

۱- تراز کروی: این تراز که به صورت یک قطعه‌ی کروی است، در همه‌ی جهات تراز بودن را نشان می‌دهد. حباب این تراز به صورت کروی است که از بالا به صورت یک دایره دیده می‌شود.

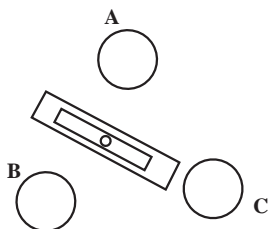


خط نشانه که باید حباب در وسط آن قرار گیرد



شکل ۱۶-۸

۳- دوباره به حالت اول برمی گردیم؛ یعنی لوله دوربین را در امتداد دویچ (B و A) قرار می دهیم. در این حالت، دوربین تراز نخواهد بود، زیرا با حرکت پیچ سوم (C) تراز دوربین به هم خورده است؛ بنابراین، یک بار دیگر به وسیله دویچ (A و B) حباب را به وسط لوله ی تراز می بریم و باز به حالت قبلی (لوله ی تراز در امتداد دویچ) برگشته، تراز را کنترل می کنیم. این رفت و برگشت را آن قدر تکرار می کنیم تا دیگر نیازی به چرخاندن پیچ ها نباشد (شکل ۸-۲۲).

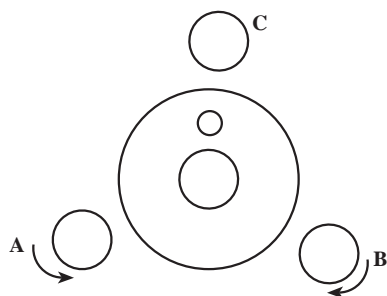


شکل ۸-۲۲- تراز استوانه ای تنظیم شده

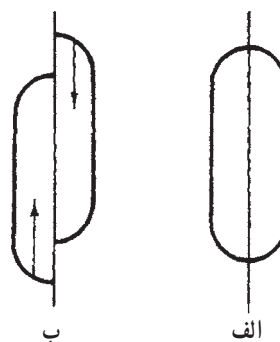
ب- تنظیم تراز کروی: تنظیم تراز کروی راحت تر و سریع تر انجام می گیرد. در این حالت نیز سه پیچ تنظیم تراز مورد استفاده قرار می گیرد. شایان ذکر است که عامل باید مقداری با پیچ های تراز کار کرده باشد تا مهارت کافی به دست آورده و بتواند به وسیله پیچ ها حباب را کنترل کرده به سمت دلخواه آن را حرکت دهد.

بهتر است روشی مناسب برای حرکت دادن حباب به وسط تراز مورد استفاده قرار بگیرد. در این جا روشی که نقشه برداران از آن استفاده می کنند، ارائه می شود:

اگر امتداد گذرنده از دویچ A و B را محور x ها و عمود منصف AB را که از پیچ سوم می گذرد محور y ها فرض کنید (شکل ۸-۲۳)، برای آن که حباب را در وسط تراز قرار دهید به این طریق عمل کنید:



شکل ۸-۲۳- تراز کروی



شکل ۸-۱۹- حباب تراز لویایی

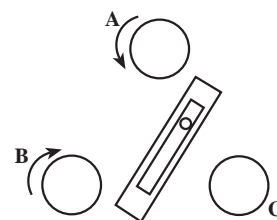
۵-۹-۸- نحوه ی تراز کردن دستگاه: دوربین های

نقشه برداری معمولاً سه پیچ در قسمت تحتانی دارند که به صفحه ی زیر دوربین در جهت های مختلف شیب می دهند به این ترتیب، می توان دوربین را به وسیله ی آن ها تراز نمود؛ یعنی محور اصلی دوربین را در امتداد «خط شاقولی» قرار داد.

سه پیچ تنظیم تراز، یک مثلث متساوی الاضلاع تشکیل می دهند که با پیچاندن آن ها می توان حباب تراز را تنظیم نمود.

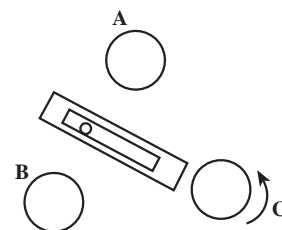
الف- تنظیم تراز استوانه ای:

۱- لوله ی تراز را در امتداد دویچ (B و A) قرار داده با چرخاندن دویچ مذکور باهم به طرف داخل یا خارج (در خلاف جهت هم) حباب تراز را به وسط لوله ی تراز می بریم (شکل ۸-۲۰).

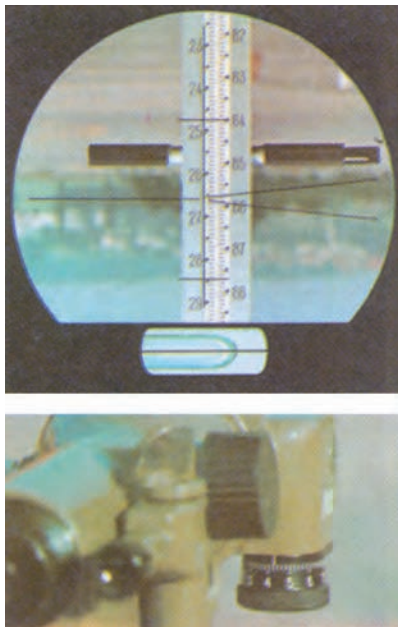


شکل ۸-۲۰- تنظیم تراز استوانه ای

۲- لوله ی دوربین را در جهت پیچ سوم قرار می دهیم (دوربین را 90° می چرخانیم) و به وسیله پیچ سوم (C) حباب را به وسط لوله ی تراز می بریم (شکل ۸-۲۱).



شکل ۸-۲۱- تنظیم تراز استوانه ای



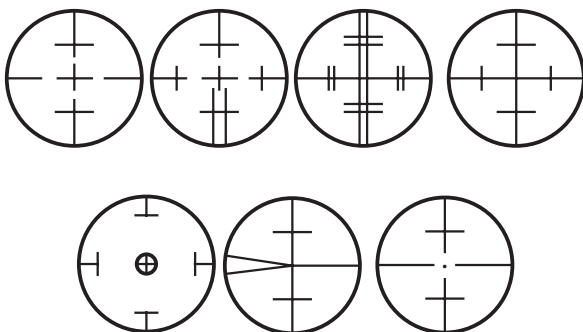
شکل ۸-۲۶- تراز لویبایی

د- تنظیم تراز اتوماتیک: تراز اتوماتیک نیز مانند

تراز لویبایی برای برطرف کردن خطای جزئی تراز به کار می‌رود زیرا هنگام تراز کردن دوربین به وسیله‌ی تراز استوانه‌ای یا کروی، هر قدر هم که دقیق باشیم باز هم مقداری خطای جزئی در تراز باقی می‌ماند که حساسیت تراز دوربین آن را تشخیص نمی‌دهد. و لازم است قبل از هر قرائت دکمه‌ی مربوط به آن را فشرده چند ثانیه صبر کنیم تا تراز اتوماتیک کار خودش را انجام دهد.

۶-۹-۸- قرائت میر: جهت قرائت و اندازه‌گیری

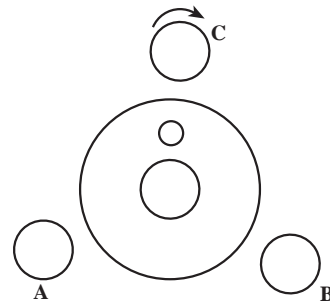
روی میر علائم و نشانه‌های مخصوصی در داخل دوربین تعبیه شده که به صورت خطوط مستقیم و منحنی می‌باشد در شکل ۸-۲۷ چند نمونه از آن‌ها را ملاحظه می‌کنید. به این علائم تارهای رتیکول (Reticule) می‌گویند.



شکل ۸-۲۷- انواع تارهای رتیکول

۱- دو پیچ A و B را با هم و در خلاف جهت هم بچرخانید

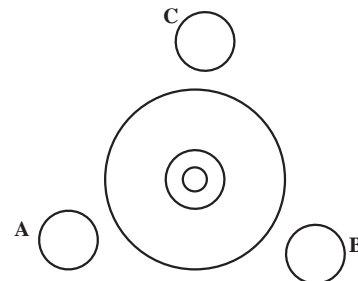
تا حباب در هر قسمت از صفحه‌ی تراز که قرار دارد در امتداد موازی محور x حرکت نموده و روی نقطه‌ای از محور y قرار بگیرد (شکل ۸-۲۴).



شکل ۸-۲۴- تنظیم تراز کروی

۲- پیچ سوم (C) را در جهت مناسب بچرخانید تا حباب

روی محور y حرکت نموده در مرکز دایره‌ی تراز قرار بگیرد. اگر حباب هنگام حرکت از روی محور y خارج شد با پیچ‌های A و B آن را روی محور y برمی‌گردانیم (شکل ۸-۲۵).



شکل ۸-۲۵- تنظیم تراز کروی

ج- تنظیم تراز لویبایی: پس از تراز کردن تقریبی

دستگاه توسط تراز استوانه‌ای یا کروی، با استفاده از تراز لویبایی که تراز دقیق‌تری است در آخرین مرحله آن را تنظیم می‌کنیم. معمولاً فقط دارای یک پیچ است که با چرخاندن آن می‌توانیم دو تکه‌ی حباب را که از هم جدا شده‌اند نزدیک هم آورده لبه‌های آن دو را برهم منطبق نماییم تا به یک حباب کامل (شکل دانه‌ی لوبیا) تبدیل شود.

تراز لویبایی به وسیله یک چشمی مخصوص در کنار

تلسکوپ دوربین رؤیت می‌شود و در بعضی از انواع تراز یاب از داخل تلسکوپ، ضمن دیدن شاخص، می‌توانیم در زیر آن همزمان تراز لویبایی را نیز ببینیم (شکل ۸-۲۶).

بینند. این کار بسیار ضروری می‌باشد زیرا در غیر این صورت هنگام مشاهده‌ی میر تصویر تارها «دوگانه» دیده خواهد شد و عمل اندازه‌گیری با اشکال و خطا انجام خواهد گرفت.

پس از استقرار دوربین و قبل از شروع قرائت عامل یک صفحه‌ی سفید (مثلاً یک برگ کاغذ) جلوی دوربین نگاه می‌دارد و «تارهای رتیکول» را به کمک پیچی که روی عدسی چشمی قرار دارد برای چشم خود کاملاً تنظیم می‌کند تا آن‌ها را به طور واضح



شکل ۲۸-۸- سانترآژ اپتیکی



ج- سانترآژ با شاقول میله‌ای در یک کار ژئودزی



ب- سانترآژ با میله



الف

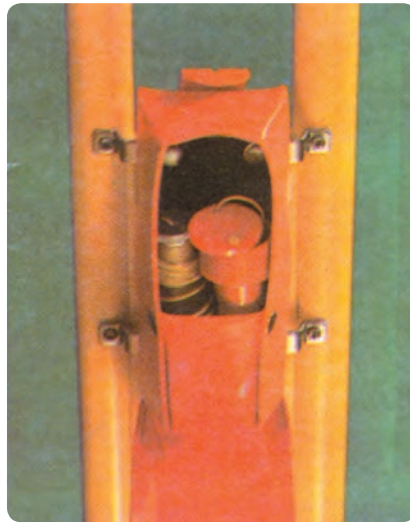
شکل ۲۹-۸



شکل ۳۰-۸- دوربین ترازباب، سانترآژ با شاقول

تذکر: هنگام استقرار سه‌پایه باید دقت شود که صفحه روی آن تقریباً افقی باشد.

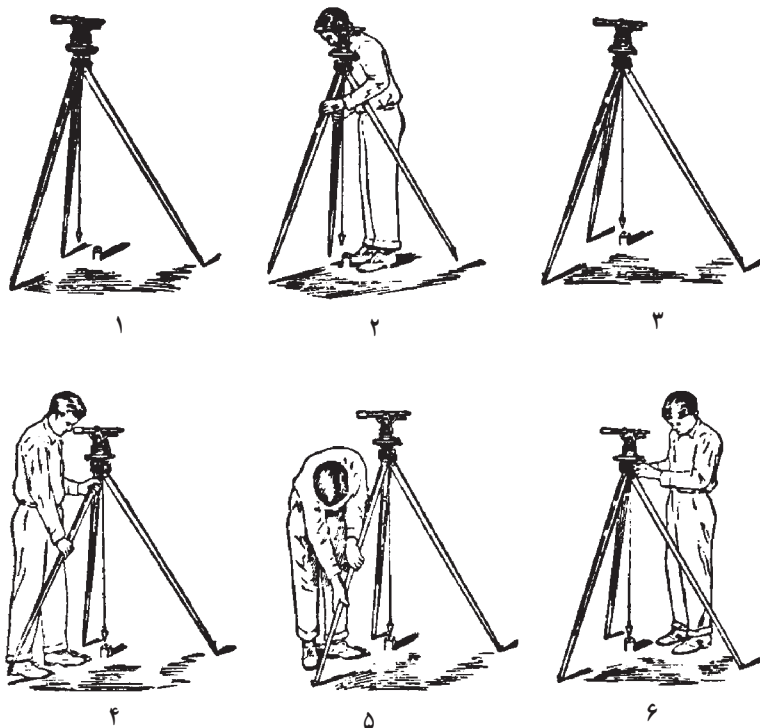
اکنون باید دوربین را با دقت تراز کنیم تا استقرار آن روی نقطه‌ی مورد نظر کامل شود. هرگاه دوربین بر روی یک نقطه سانترآژ شده و ترازهای آن (کروی و استوانه‌ای) تنظیم باشند اصطلاحاً می‌گوییم دوربین در آن نقطه مستقر شده است. در شکل ۳۰-۸ یک ترازباب را روی سه‌پایه‌ای که دارای قلاب مخصوص شاقول است ملاحظه می‌کنید.



شکل ۳۱-۸- شاقول مخصوص نقشه برداری

پس از تراز کردن دوربین تراز یاب توسط پیچ‌های تنظیم تراز تصویر تارهای رتیکول عامل به سمت میر مورد نظر قراول می‌رود. برای این کار ابتدا از مگسک بالای دوربین نگاه کرده و با دودست تراز یاب را می‌چرخاند تا در جهت میر قرار بگیرد. در این حالت میر در میدان دید دوربین قرار دارد و عامل می‌تواند به کمک پیچ تنظیم تصویر «Focusing» میر را واضح ببیند. اکنون تصویر میر

و تارهای رتیکول هردو واضح هستند و عامل باید تارهای رتیکول را بر میر منطبق کند به نحوی که تار بلند قائم درست در امتداد میر و در وسط آن قرار بگیرد. برای این کار عامل باید از پیچ حرکت بطئی استفاده کند تا بتواند به آرامی و به دقت دوربین را اندکی چرخانده و تار قائم را بر وسط میر منطبق کند.



شکل ۳۲-۸- استقرار تراز یاب توسط شاقول

شده است و عامل به این ترتیب قرائت می‌کند: ابتدا می‌گوید ۰۹ (صفر، نه). بعد خطوط سانتیمتر را می‌شمارد، ۸ خط، می‌شود ۸۰ میلیمتر و خورده‌های سانتیمتر نهم را به صورت میلیمتر حدس می‌زند، ۵ میلیمتر، بنابراین می‌خواند ۸۵ (هشتاد و پنج)، و نویسنده که در کنار عامل قرار دارد یادداشت می‌کند ۰۹۸۵، ملاحظه می‌کنید که قرائت روی میر با دقت میلیمتر انجام می‌شود و باید همیشه به صورت چهار رقمی و برحسب میلی‌متر نوشته شود.

پس از انطباق تار قائم بروسط میر نوبت قرائت اندازه‌ی روی میر فرا می‌رسد. برای این کار از تار بلند افقی (تار میانی) استفاده می‌شود. بدین صورت که باید محل انطباق تار افقی روی میر، قرائت شود در شکل ۸-۳۳، یک نمونه را ملاحظه می‌نمایید. همان‌طور که در شکل می‌بینید عددی روی میر نوشته شده است. این اعداد مقدار دسیمتر را روی میر نشان می‌دهند و هر دسیمتر با ده سانتیمتر نشان داده شده که از خطوط سفید و سیاه یا سفید و قرمز تشکیل



شکل ۸-۳۳- قرائت روی میر

B مستقر شده‌اند قراول می‌رویم. مثلاً ابتدا به میر A قراول رفته و مقدار a را قرائت می‌کنیم. سپس دوربین را به طرف نقطه‌ی B چرخانده و روی میر B مقدار b را قرائت می‌کنیم. اصل کلی ترازایی می‌گوید:

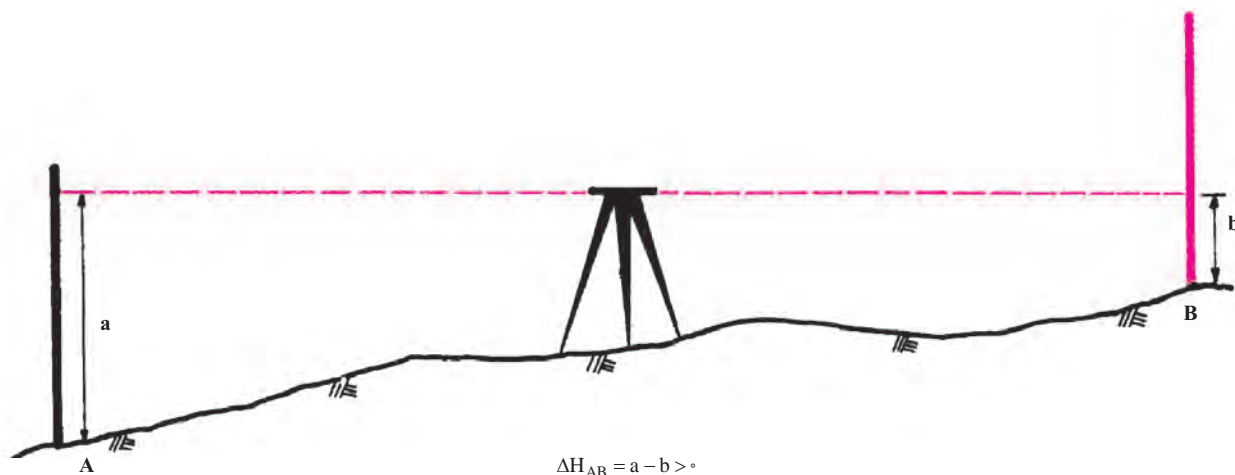
اختلاف ارتفاع دو نقطه عبارت است از اختلاف قرائت روی میرهای مستقر در دو نقطه یعنی:

۷-۹-۸- اصول ترازایی مستقیم: همان‌گونه که

گفته شده عمل ترازایی عبارت است از یافتن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه. برای پیدا کردن این اختلاف ارتفاع به کمک دوربین ترازایی می‌توانیم به یکی از سه حالت زیر عمل کنیم:

الف- ساده‌ترین و بهترین حالت ترازایی بین دو نقطه به این ترتیب است که دوربین را بین دو نقطه تقریباً در وسط آن‌ها مستقر می‌کنیم مانند شکل ۸-۳۴ و سپس به میرهایی که در نقاط A و

قرائت روی میر B - قرائت روی میر A = اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B



$$\Delta H_{AB} = a - b > 0$$

شکل ۸-۳۴ - ترازیابی مستقیم (حالت فراز)

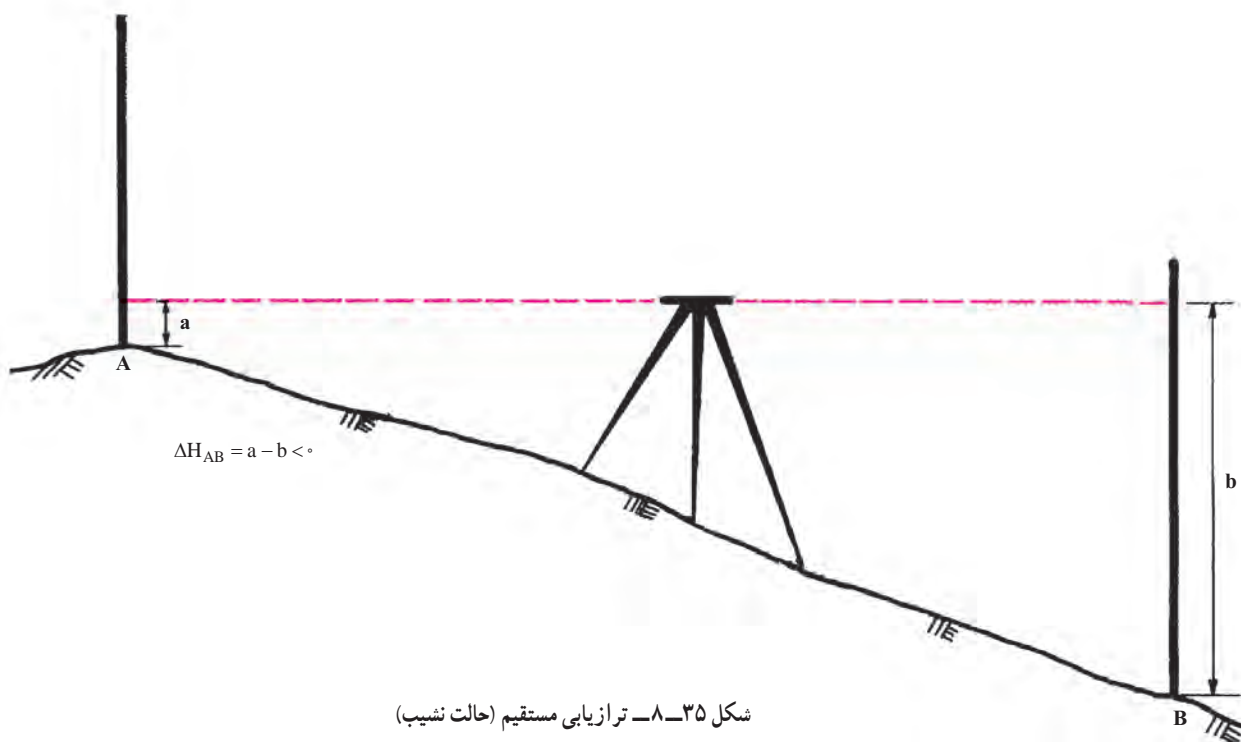
گرفته پس قرائت عقب برابر است با a و چون قرائت دوم روی نقطه‌ی B انجام شده در نتیجه قرائت جلو عبارت است از b و اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی A و B به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta H_{AB} = a - b$$

در شکل (۸-۳۵)، به قرائت اول اصطلاحاً «قرائت عقب» (Back Sight) و به قرائت دوم «قرائت جلو» (Front Sight) می‌گویند و در فرم ترازیابی قرائت عقب را به اختصار «B.S» و قرائت جلو را «F.S» می‌نویسند. بنابراین داریم:

قرائت جلو - قرائت عقب = اختلاف ارتفاع

در شکل ۸-۳۵ چون قرائت اول روی نقطه‌ی A صورت



$$\Delta H_{AB} = a - b < 0$$

شکل ۸-۳۵ - ترازیابی مستقیم (حالت نشیب)

$$\Delta H_{AB} = a - b = 0.451 - 3.819 = -3.368 < 0$$

یعنی نقطه‌ی B به اندازه‌ی ۳ متر و ۳۶ سانتیمتر و ۸ میلی‌متر پایین‌تر از نقطه‌ی A قرار دارد.

تذکر: قرائت‌های روی میر به میلی‌متر قرائت می‌شود اما اختلاف ارتفاع با واحد متر ذکر می‌گردد.

ب- حالت دوم، در این حالت، شکل ۸-۳۷ برای یافتن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه، دوربین را بر روی یکی از نقاط (A) و میر را بر روی نقطه‌ی دیگر (B) مستقر می‌کنیم.

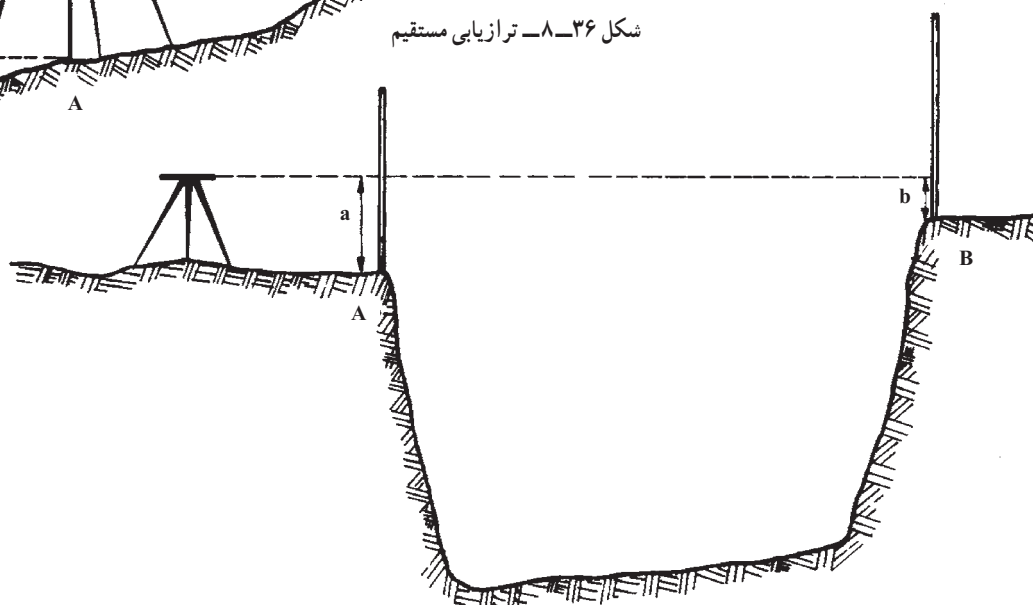
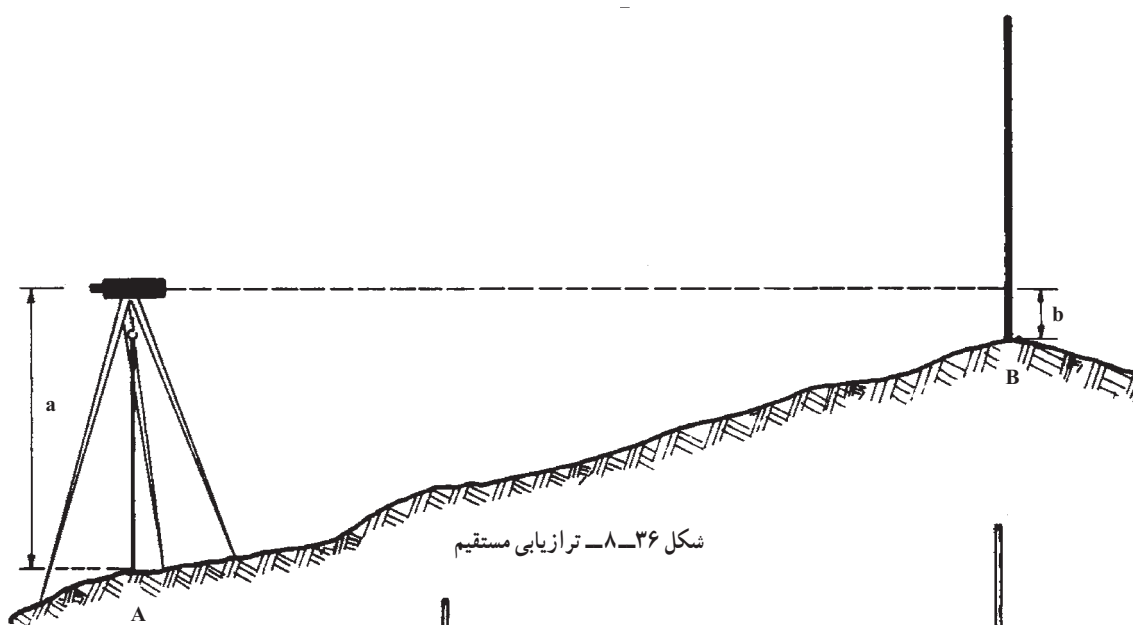
همان‌طور که در شکل ۸-۳۶ ملاحظه می‌کنید ارتفاع دوربین (a) عبارت است از فاصله‌ی عدسی چشمی ترازباب تا سطح نقطه‌ی A، این فاصله را می‌توانیم با متر اندازه‌گیری کنیم و

اگر ΔH_{AB} مثبت باشد مفهوم آن این است که نقطه‌ی A پایین‌تر از نقطه‌ی B قرار دارد. در این حالت می‌گویند شیب از A به B مثبت است. یعنی زمین از A به B حالت فراز (سربالایی) دارد. در شکل ۸-۳۶ اگر قرائت عقب $a = 3.645$ و قرائت جلو $b = 1.236$ باشد، داریم:

$$\Delta H_{AB} = a - b = 3.645 - 1.236 = 2.409 > 0$$

اگر بین دو نقطه‌ی A و B زمین به صورت شکل ۸-۳۵ باشد، اصطلاحاً می‌گویند:

شیب از A به B منفی است در این صورت $\Delta H_{AB} < 0$ است و زمین از A به B حالت نشیب (سرازیر) دارد. مثلاً اگر قرائت عقب $a = 0.451$ و قرائت جلو $b = 3.819$ باشد داریم:



شکل ۸-۳۷ - ترازبایی مستقیم

به میرهای مستقر در A و B دید داشته باشد. اکنون اگر روی میر A عدد a و روی میر B عدد b را قرائت کرده باشیم اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B عبارت است از :

$$\Delta H_{AB} = a - b$$

مثلاً اگر روی میر A قرائت $a = ۲۵۱۹$ و روی میر B قرائت $b = ۱۰۲۹$ انجام داده باشیم داریم :

$$\Delta H_{AB} = a - b = ۲۵۱۹ - ۱۰۲۹ = ۱۴۹۰ \text{ mm}$$

یعنی نقطه‌ی B به اندازه ۱ متر و ۴۹ سانتیمتر بالاتر از نقطه‌ی A قرار دارد.

به طور خلاصه، برای یافتن اختلاف ارتفاع دو نقطه مانند A و B کافی است؛ در هر کدام از این نقاط یک میر مستقر کنیم و سپس دوربین ترازیب را در نقطه‌ای که به هر دو میر دید داشته باشد مستقر کرده قرائت‌های به دست آمده را از هم کم کنیم. توجه داشته باشید که از نظر اصول ترازیبی مستقیم، محل قرار گرفتن ترازیب و همچنین ارتفاع آن نقشی در محاسبه اختلاف ارتفاع دو نقطه A و B ندارد. اما این نکته قابل اثبات است که اگر دوربین در وسط دو نقطه‌ی A و B قرار بگیرد بسیاری از خطاهای طبیعی و دستگاهی حذف خواهند شد و بهترین نتیجه در این حالت به دست خواهد آمد.

۸-۹-۸- ترازیبی تدریجی : هرگاه فاصله دو نقطه

که می‌خواهیم بین آن‌ها ترازیبی کنیم یا شیب بین آن دو چنان زیاد

در صورت نبودن متر می‌توانیم از میر استفاده نماییم و با استفاده از درجات میر ارتفاع دوربین را اندازه‌گیری کنیم. ارتفاع دوربین را به عنوان قرائت عقب منظور می‌نماییم و قرائت روی میر B (b) را به عنوان قرائت جلو ثبت می‌کنیم.

سپس با استفاده از روشی که قبلاً توضیح دادیم داریم :

قرائت جلو - قرائت عقب (ارتفاع دوربین) = اختلاف ارتفاع

$$\Delta H_{AB} = a - b$$

یا :

مثلاً اگر ارتفاع دوربین $a = ۱۵۶$ m و قرائت روی میر

$b = ۰.۸۵۳$ باشد داریم :

$$\Delta H = a - b = ۱۵۶ - ۰.۸۵۳ = ۰.۷۰۷ \text{ mm}$$

$$= ۷۰.۷ \text{ mm}$$

یعنی نقطه‌ی B به اندازه ۷۰ سانتیمتر و ۷ میلیمتر، بالاتر از نقطه‌ی A قرار دارد.

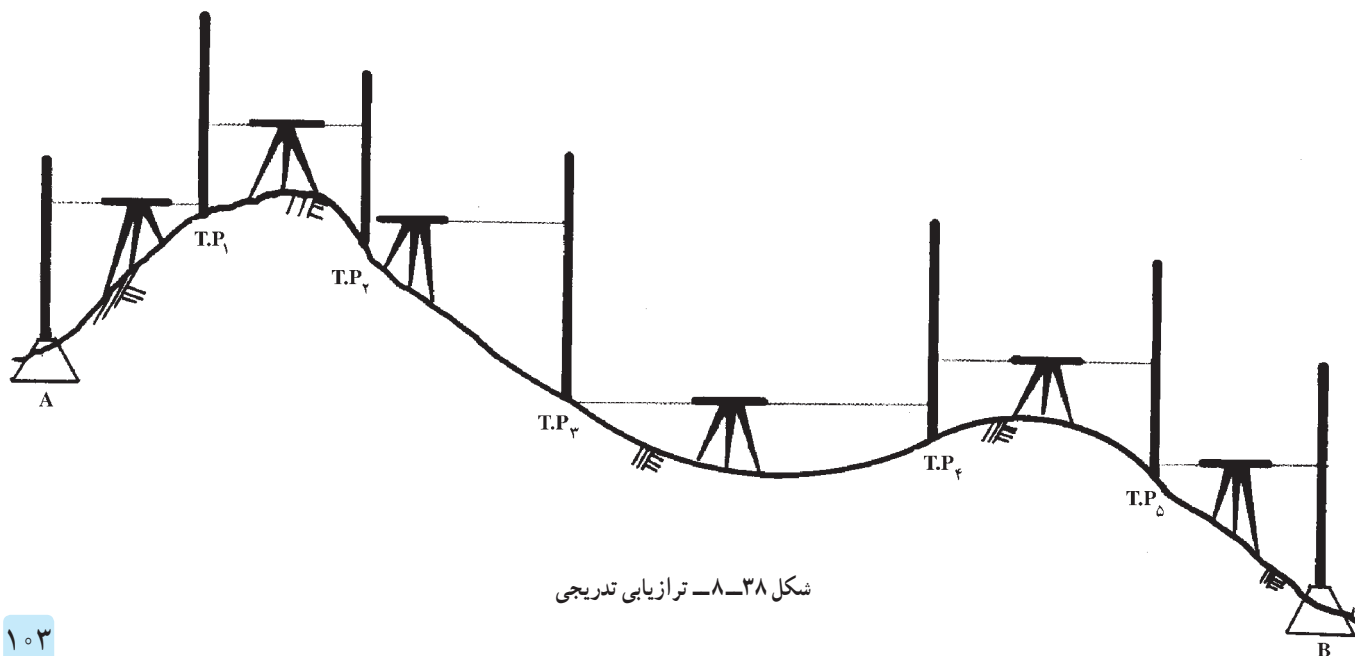
ج- حالت سوم، این حالت وقتی به کار می‌رود که ترازیبی

به دو حالت فوق‌الذکر امکان پذیر نباشد. یعنی به دلایلی مانند وجود آب، باتلاق یا یک دره‌ی عمیق و پرشیب یا... امکان استقرار دوربین بین دو نقطه یا روی یکی از نقاط امکان پذیر نباشد مانند شکل ۸-۳۷.

همان‌طور که در شکل ۸-۳۷ ملاحظه می‌کنید امکان

استقرار دوربین بین دو نقطه یا روی هر کدام از نقاط وجود ندارد.

به‌ناچار ترازیب را در پشت نقطه‌ی A به نحوی مستقر می‌کنیم که



شکل ۸-۳۸- ترازیبی تدریجی

A را ببینیم. (با توجه به شیب موجود ممکن است دوربین را آن قدر بالا قرار داده باشیم که پس از تراز کردن دوربین نتوانیم میر مستقر در A را ببینیم. فراموش نکنید که با دوربین ترازباب فقط در یک خط افقی می‌توانید نگاه کنید.)

۲- نقطه‌ی $T.P_1$ را در محلی انتخاب می‌کنیم که میر مستقر در این نقطه در دیدرس ترازباب باشد.

۳- روی میر A قرائت عقب $a_1 = 2241$ و روی میر $T.P_1$ قرائت جلو $b_1 = 543$ انجام می‌دهیم.

۴- میر مستقر در A را به نقطه‌ی $T.P_2$ منتقل کرده و دوربین را بین دو نقطه‌ی $T.P_1$ و $T.P_2$ قرار می‌دهیم.

۵- میر مستقر در $T.P_1$ را در جای خود می‌چرخانیم تا رو به دوربین قرار بگیرد (باید دقت کنیم که میر $T.P_1$ فقط در جای خود بچرخد و به بالا یا پایین نلغزد. به همین دلیل معمولاً میر را بر روی سِکُل یا میخ‌های چوبی که در زمین کوبیده‌اند قرار می‌دهند.) اکنون روی میر $T.P_1$ قرائت عقب $a_2 = 3296$ و روی میر $T.P_2$ قرائت جلو $b_2 = 3841$ انجام می‌دهیم.

۶- میر مستقر در $T.P_1$ را به نقطه‌ی B منتقل کرده و دوربین را نیز حرکت داده در محلی بین دو نقطه‌ی $T.P_2$ و B مستقر می‌کنیم.

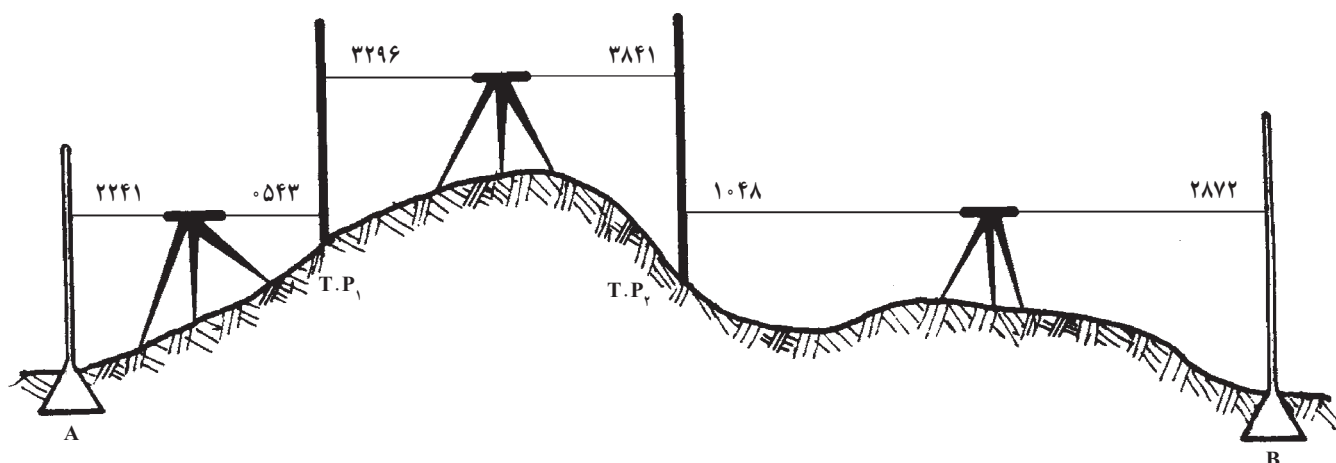
۷- میر $T.P_2$ را در جای خود می‌چرخانیم تا رو به دوربین قرار بگیرد و روی آن قرائت عقب $a_3 = 1048$ انجام می‌دهیم و روی میر مستقر در B قرائت جلو $b_3 = 2872$ انجام می‌دهیم.

باشد که با یک بار استقرار در بین دو نقطه نتوانیم هردومیر را مشاهده نموده، قرائت کنیم یا مانع دید بین دو نقطه وجود داشته باشد. به‌ناچار باید بین آن دو نقطه چند نقطه‌ی کمکی انتخاب کرده دوربین را بین این نقاط قرار داده ترازبایی کنیم تا به تدریج از یک نقطه به نقطه بعد برسیم، به این روش «ترازبایی تدریجی» می‌گویند. در شکل ۸-۳۸ یک نمونه ترازبایی تدریجی بین دو نقطه A و B را ملاحظه می‌نمایید که به دلیل فاصله‌ی زیاد دو نقطه‌ی A و B و نیز شیب زیاد و وجود مانع دید، از چند نقطه‌ی کمکی استفاده شده است. از آن‌جا که این نقاط کمکی موقت می‌باشند، به‌آن‌ها نقاط موقت (Temporary Point) نیز می‌گویند و به اختصار با $T.P$ نمایش می‌دهند. ضمناً علامت $T.P$ می‌تواند مخفف (Turning Ponit) نیز باشد که مفهوم آن نقطه‌ی چرخش است زیرا هر $T.P$ دوبار قرائت می‌شود به این صورت که پس از این که یک $T.P$ را به عنوان قرائت جلو قرائت کردیم دوربین را حرکت داده و در جلو همان $T.P$ قرار می‌دهیم و میر مستقر در $T.P$ چرخانده می‌شود تا رو به دوربین قرار بگیرد و روی آن قرائت عقب انجام شود. (اصطلاح قرائت عقب به این دلیل به کار می‌رود که این بار نقطه‌ی $T.P$ نسبت به جهت جابه‌جایی دوربین در عقب قرار گرفته است).

روش انجام ترازبایی تدریجی

به عنوان مثال روش ترازبایی بین دو نقطه‌ی A و B شکل ۸-۳۹ را توضیح می‌دهیم:

۱- دوربین را در نقطه‌ای قرار می‌دهیم که میر مستقر در



شکل ۸-۳۹- ترازبایی تدریجی

مورد نظر ترازیبی تدریجی انجام گیرد. در این حالت اختلاف ارتفاع نقطه از سطح مبنا همان ارتفاع مطلق نقطه می باشد. از آنجا که این کار بسیار مشکلی است در هر کشور توسط دولت یا سازمان های ذیربط تعدادی نقاط در سراسر کشور ایجاد شده اند و ارتفاع مطلق آنها توسط ترازیبی دقیق به دست آمده است. این نقاط بنچمارک های ارتفاعی هستند که با علامت اختصاری B.M مشخص شده اند. در انجام پروژه های بزرگ و دقیق به نزدیکترین B.M مراجعه می شود و از آن B.M تا یکی از نقاط پروژه ترازیبی تدریجی انجام می دهند تا ارتفاع مطلق آن نقطه از پروژه به دست آید و با استفاده از آن، ارتفاع سایر نقاط پروژه را تعیین کنند.

— ارتفاع نسبی: معمولاً در پروژه های کوچک نیاز به ارتفاع مطلق وجود ندارد و کافی است یک نقطه ثابت و محکم در محلی که محفوظ باشد ایجاد کنیم و ارتفاع دلخواهی را برای آن در نظر بگیریم (مثلاً ۱۰۰ یا ۱۰۰۰ یا ...). و ارتفاع سایر نقاط را نسبت به این نقطه به دست آوریم. در این صورت به نقطه ی ثابتی که مبنای ارتفاعات شده بنچمارک اختیاری می گویند و ارتفاع نقاط پروژه که نسبت به این بنچمارک به دست آمده ارتفاع نسبی نامیده می شود.

به طور کلی اگر ارتفاع نقطه ی A معلوم باشد و اختلاف ارتفاع آن با نقطه ی B ($\Delta H_{A,B}$) نیز در دست باشد می توانیم ارتفاع نقطه ی B را از رابطه ی زیر محاسبه نماییم:

$$H_B = H_A + \Delta H_{A,B}$$

محاسبه ی ارتفاع نقاط به روش فراز و نشیب

در ترازیبی تدریجی شکل (۸-۳۹)، هرگاه ارتفاع نقاط موقت ($H_{T,P}$) نیز مهم باشد می توانیم ارتفاع آنها را نیز محاسبه نماییم. بدین منظور جدول محاسبه ای را که برای آن رسم کرده بودیم توسعه می دهیم و ارتفاع نقطه ی A را به دلخواه ۱۰۰ متر فرض می کنیم تا بتوانیم ارتفاع نقاط موقت و نقطه ی B را محاسبه نماییم. بنابراین یک ستون ارتفاع (H) نیز به آن اضافه می کنیم (شکل ۸-۴۱).

روش محاسبه به این ترتیب است که ابتدا ΔH بین هر دو نقطه را محاسبه می کنیم. برای نقاط A و T.P_۱ داریم:

محاسبه ی اختلاف ارتفاع در ترازیبی تدریجی:

در این روش بین دو نقطه به جای یک قرائت عقب و یک قرائت جلو، چند قرائت عقب و چند قرائت جلو انجام می شود و داریم:

— مجموع قرائت های عقب = اختلاف ارتفاع دو نقطه مجموع قرائت های جلو

بهتر است قرائت های انجام شده را در جدولی بنویسیم و روی آن محاسبات لازم را انجام دهیم. به عنوان مثال با توجه به شکل ۸-۳۹ جدول زیر را ترسیم کرده و اسامی نقاط و اندازه ها را به آن منتقل کرده ایم. باید کنترل کنیم که آیا مشاهدات درست انجام گرفته یا نه؟ برای این کار تعداد قرائت های عقب و جلو را می شماریم باید با هم مساوی باشند که در جدول زیر این شرط برقرار است.

شکل ۸-۴۰ — جدول ترازیبی

اختلاف ارتفاع	قرائت جلو F.S	قرائت عقب B.S	نام نقطه
		۲۲۴۱	A
	۰۵۴۳	۳۲۹۶	T.P _۱
	۳۸۴۱	۱۰۴۸	T.P _۲
	۲۸۷۲		B
-۰۶۷۱	۷۲۵۶	۶۵۸۵	جمع

برای محاسبه ی اختلاف ارتفاع داریم:

$$\Delta H_{A,B} = (a_1 + a_2 + a_3) - (b_1 + b_2 + b_3) \\ = ۶۵۸۵ - ۷۲۵۶ = -۰۶۷۱$$

یعنی نقطه ی B به اندازه ی ۶۷ سانتیمتر و یک میلیمتر، پایین تر از نقطه ی A قرار دارد.

تعیین ارتفاع نقاط: در بسیاری از کارهای ترازیبی فقط به اختلاف ارتفاع نقاط نیازمندیم، اما در مواردی علاوه بر اختلاف ارتفاع می خواهیم ارتفاع نقاط را نیز تعیین کنیم. ارتفاع نقاط به دو صورت تعریف می شوند:

— **ارتفاع مطلق:** ارتفاع یک نقطه از سطح مبنا (سطح متوسط دریاها ی آزاد M.S.L) را ارتفاع مطلق آن نقطه می نامند و برای محاسبه آن باید از سطح متوسط دریاها ی آزاد تا نقطه ی

شکل ۴۱-۸- جدول ترازیبی

ارتفاع H	اختلاف ارتفاع + -	قرائت جلو F.S	قرائت عقب B.S	نام نقطه N
۱۰۰۰۰۰			۲۲۴۱	A
۱۰۱۶۹۸	۱۶۹۸	۰۵۴۳	۳۲۹۶	T.P _۱
۱۰۱۱۵۳	۰۵۴۵	۳۸۴۱	۱۰۴۸	T.P _۲
۹۹۳۲۹	۱۸۲۴	۲۸۷۲		B
	۰۶۷۱	۷۲۵۶	۶۵۸۵	مجموع

محاسبه می‌شوند. در صورتی که نیازی به محاسبه‌ی ارتفاع نقاط T.P بین دو نقطه A و B نباشد و یا قصد کنترل محاسبات را داشته باشیم. (که این کار در محاسبات مختلف کارهای نقشه برداری صددرد ضروری و الزامی است) مجموع قرائت‌های عقب و مجموع قرائت‌های جلو را به‌دست آورده و در زیر هر ستون می‌نویسیم سپس اختلاف آن‌ها را محاسبه کرده به ارتفاع نقطه‌ی A اعمال می‌کنیم داریم:

$$H_B = H_A + \Delta H_{A,B} = ۱۰۰۰۰۰ +$$

$$(۶۵۸۵ - ۷۲۵۶) = ۹۹۳۲۹$$

به این روش محاسبه، روش «محاسبه از مبنا» نیز می‌گویند همان‌طور که ملاحظه می‌کنید ارتفاع به‌دست آمده برای نقطه B از هر دو روش برابر ۹۹۳۲۹ می‌باشد و این نشان می‌دهد که هر دو روش محاسبه صحیح انجام شده است.

کنترل عملیات ترازیبی

در فصل سوم (اشتباه و خطا) ملاحظه کردید که هر اندازه‌گیری در نقشه برداری اگر فاقد کنترل باشد کاملاً بی‌ارزش است و به هیچ وجه قابل استفاده نمی‌باشد. برای کنترل عملیات نقشه برداری روش‌های مختلفی وجود دارد. اصلی‌ترین و ساده‌ترین روش کنترل تکرار اندازه‌گیری‌ها است. در ترازیبی نیز از این روش استفاده می‌شود و مسیر ترازیبی بین دو نقطه دو بار طی می‌شود که اصطلاحاً به ترازیبی بار اول رفت و به ترازیبی بار دوم برگشت می‌گویند. یک عملیات رفت و برگشت بین دو نقطه به این صورت

$$\Delta H_{A.T.P_1} = ۲۲۴۱ - ۰۵۴۳ = +۱۶۹۸$$

چون این مقدار مثبت است در ستون اول ΔH آن را می‌نویسیم. برای نقاط T.P_۱ و T.P_۲ داریم:

$$\Delta H_{T.P_1 T.P_2} = ۳۲۹۶ - ۳۸۴۱ = -۰۵۴۵$$

چون این مقدار منفی است آن را در ستون دوم ΔH می‌نویسیم. برای نقاط B, T.P_۲ داریم:

$$\Delta H_{T.P_2 B} = ۱۰۴۸ - ۲۸۷۲ = -۱۸۲۴$$

این مقدار نیز منفی است و در ستون دوم ΔH نوشته می‌شود.

برای محاسبه‌ی ارتفاع نقاط از اختلاف ارتفاع‌های به‌دست آمده استفاده می‌کنیم.

برای T.P_۱ داریم:

$$H_{T.P_1} = H_A + \Delta H_{A.T.P_1} \\ = ۱۰۰۰۰۰ + ۱۶۹۸ = ۱۰۱۶۹۸ \text{ mm}$$

برای T.P_۲ داریم:

$$H_{T.P_2} = H_{T.P_1} + \Delta H_{T.P_1 T.P_2} \\ = ۱۰۱۶۹۸ + (-۰۵۴۵) = ۱۰۱۱۵۳ \text{ mm}$$

برای B داریم:

$$H_B = H_{T.P_2} + \Delta H_{T.P_2 B} \text{ و } B = ۱۰۱۱۵۳ + \\ (-۱۸۲۴) = ۹۹۳۲۹ \text{ mm}$$

این روش محاسبه جدول که در آن از ΔH ‌های مثبت (فراز) و ΔH ‌های منفی (نشیب) استفاده می‌شود اصطلاحاً روش فراز و نشیب نامیده می‌شود و معمولاً جداول ترازیبی به این صورت

باید صفر باشد اما از آن جا که همیشه خطاهایی در عمل وجود دارد معمولاً این مجموع صفر نمی شود. در مثال فوق برای مسیر رفت داشتیم $\Sigma\Delta H = -0.671$ و برای مسیر برگشت $\Sigma\Delta H = +0.667$ که جمع جبری آن ها می شود :

$$0.667 - 0.671 = -4 \text{ mm}$$

این مقدار خطا را با خطای مجاز ترازیابی $e = 2/\sqrt{kL}$ طول متر ترازیابی و k بستگی به نوع ترازیابی دارد که برای کارهای معمولی $k=25$ در نظر گرفته می شود، مقایسه می کنیم و در صورتی که این خطا قابل قبول باشد می توانیم ارتفاع نقاط را در مسیر برگشت نیز محاسبه نموده، از میانگین اندازه های رفت و برگشت ارتفاع مطلوب نقاط را به دست آوریم. توجه داشته باشید که نقطه ی ثابت، A می باشد و باید از پایین جدول به سمت بالا ارتفاع نقاط را محاسبه کنید پس باید اختلاف ارتفاعات را با علامت معکوس اعمال نمایید یعنی داریم :

$$H_{T.P_1} = H_A + \Delta H_{A \text{ و } T.P_1}$$

$$= H_A - \Delta H_{T.P_1 \text{ و } A}$$

انجام می گیرد که از یک نقطه ترازیابی را شروع کرده و تا آخرین نقطه ترازیابی می کنند سپس از آخرین نقطه به سمت اولین نقطه ترازیابی می کنند، در مثال ذکر شده شکل ۸-۴۰، ترازیابی به صورت رفت انجام گرفته پس از آخرین قرائت (قرائت جلو روی نقطه ی B)، میرها در جای خود (روی نقطه B و $T.P_2$) باقی می مانند و دوربین را از جای خود برداشته و کمی آن طرف تر مجدداً بین دو نقطه ی B و $T.P_2$ مستقر کرده مسیر برگشت را آغاز می کنیم. برای این کار ابتدا روی میر B قرائت عقب و روی $T.P_2$ قرائت جلو انجام می دهیم. سپس میر نقطه ی B را در نقطه ی $T.P_1$ مستقر کرده و دوربین را بین دو نقطه ی $T.P_1$ و $T.P_2$ قرار داده روی میر $T.P_2$ قرائت عقب و روی میر $T.P_1$ قرائت جلو انجام می دهیم...

در جدول زیر اندازه های به دست آمده در مسیر برگشت را ثبت کرده و محاسبات لازم را به روش فراز و نشیب و محاسبه از مبنا به دست آورده ایم :

برای کنترل عملیات ترازیابی مجموع اختلاف ارتفاعات را در مسیر رفت و برگشت با هم مقایسه می کنیم. بدون در نظر گرفتن خطاها مجموع کل اختلاف ارتفاع ها در مسیر رفت و برگشت

شکل ۸-۴۲- جدول ترازیابی

ارتفاع H	اختلاف ارتفاع ΔH + -	قرائت جلو F.S	قرائت عقب B.S	نام نقطه N
۹۹۳۳۳			۲۹۶۸	B
۱۰۱۱۵۹	۱۸۲۶	۱۱۴۲	۳۷۳۶	$T.P_2$
۱۰۱۷۰۱	۰۵۴۲	۳۱۹۴	۰۶۰۱	$T.P_1$
۱۰۰۰۰۰	۱۷۰۱	۲۳۰۲		A
	$\Sigma\Delta H = +0.667$	$\Sigma F.S = 6638$	$\Sigma B.S = 7305$	مجموع

به اندازه ی ۱۷۱ میلی متر اضافه کنیم تا به ارتفاع نقطه ی $T.P_1$ برسیم :

برای سایر نقاط نیز به همین ترتیب عمل می کنیم :

$$H_{T.P_1} = 101701 - 0542 = 101159 \text{ mm}$$

$$H_B = 101159 - 1826 = 99333 \text{ mm}$$

اکنون میانگین ارتفاعات به دست آمده را محاسبه می کنیم

پس :

$$H_{T.P_1} = 100000 - (-1701) = 101799 \text{ mm}$$

در جدول ملاحظه می کنید که $\Delta H_{T.P_1 \text{ و } A} = -171$ یعنی

نقطه ی A به اندازه ی ۱۷۱ میلی متر پایین تر از نقطه ی $T.P_1$ می باشد به طور معکوس می توانیم بگوییم که نقطه ی $T.P_1$ به اندازه ۱۷۱ میلی متر بالاتر از نقطه ی A می باشد یعنی باید به ارتفاع A

مثلاً برای نقطه‌ی B داریم :

$$H_B = \frac{99329 + 99333}{2} = 99311 \text{ mm}$$

می‌توانستیم بدون محاسبه‌ی ارتفاع نقاط در مسیر رفت ابتدا میانگین اختلاف ارتفاع‌ها را در رفت و برگشت محاسبه کرده و از روی آن ارتفاع نقاط را محاسبه نماییم مثلاً برای نقطه‌ی B داریم :

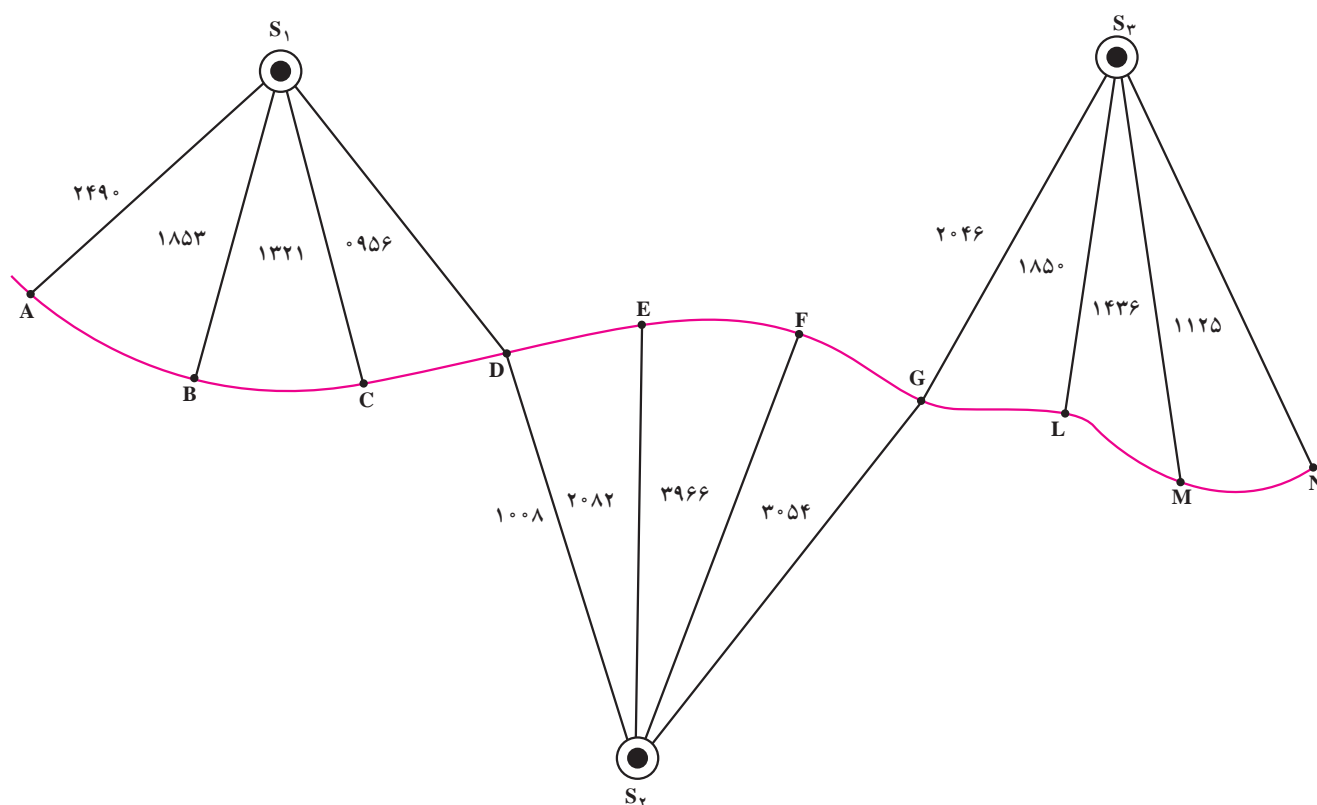
$$\Delta H_{A,B} = \frac{-0.671 + (-0.667)}{2} = -0.669$$

$$H_B = H_A + \Delta H_{A,B} = 100000 - 0.669 = 99311 \text{ mm}$$

توضیح این نکته ضروری است که برای عملیات نقشه‌برداری جداولی از پیش تعیین شده که به آن‌ها فرم می‌گویند. مثل فرم مترکشی - فرم زاویه خوانی و... برای کار ترازایی نیز از فرم مخصوصی به نام «فرم ترازایی» استفاده می‌کنند مانند شکل ۸-۴۴. در این فرم قرائت‌ها و اندازه‌های به‌دست آمده را

ثبت می‌کنند در شکل ۸-۴۳ عملیات ترازایی از مسیر یک کانال آبرسانی نشان داده شده است. ارتفاع نقطه‌ی A معلوم است ($H_A = 100 \text{ m}$) می‌خواهیم ارتفاع سایر نقاط را به‌دست آوریم. دوربین را در نقاط S_1 و S_2 مستقر کرده‌ایم و مقدار قرائت‌ها را روی امتدادها نوشته‌ایم :

همان‌طور که در شکل ۸-۴۳ ملاحظه می‌کنید در ایستگاه S_1 دوربین ترازیب پس از استقرار چهار قرائت انجام داده است. اولین قرائت را روی میر مستقر در A انجام داده است که به آن قرائت عقب می‌گوییم و آخرین قرائت را در ایستگاه S_1 روی نقطه‌ی D انجام داده و به آن قرائت جلو می‌گوییم. به قرائت‌های انجام شده بین این دو قرائت، اصطلاحاً قرائت وسط می‌گوییم، یعنی روی نقطه‌ی B و نقطه‌ی C قرائت وسط انجام داده است. همچنین در ایستگاه S_2 بر روی نقاط E و F و در ایستگاه S_2 بر روی نقاط M و L قرائت وسط انجام داده است.



شکل ۸-۴۳ - ترازایی مسیر یک کانال

در جدول زیر اندازه‌ها را ثبت کرده و به روش فراز و نشیب ارتفاع نقاط را محاسبه کرده‌ایم:

در این جا محاسبات انجام شده را به اختصار نوشته‌ایم تا نحوه تکمیل کردن جدول مشخص شود. برای محاسبه‌ی اختلاف ارتفاع هر دو نقطه کافی است قرائت های انجام شده روی آن‌ها را از هم کم کنیم:

$$\Delta H_{AB} = A \text{ قرائت روی } B - \text{قرائت روی } A = 2490 - 1853 = 0637$$

$$\Delta H_{BC} = B \text{ قرائت روی } C - \text{قرائت روی } B = 1853 - 1321 = 0532$$

$$\Delta H_{CD} = C \text{ قرائت روی } D - \text{قرائت روی } C = 1321 - 0956 = 0365$$

$$\Delta H_{DE} = D \text{ قرائت روی } E - \text{قرائت روی } D = 1008 - 2082 = -1074$$

$$\Delta H_{EF} = E \text{ قرائت روی } F - \text{قرائت روی } E = 2082 - 3966 = -1884$$

$$\Delta H_{FG} = F \text{ قرائت روی } G - \text{قرائت روی } F = 3966 - 3054 = 0912$$

$$= 3966 - 3054 = 0912$$

$$\Delta H_{GL} = L \text{ قرائت روی } G - \text{قرائت روی } L = 2046 - 1850 = 0196$$

$$\Delta H_{LM} = M \text{ قرائت روی } L - \text{قرائت روی } M = 1850 - 1436 = 0414$$

$$\Delta H_{MN} = N \text{ قرائت روی } M - \text{قرائت روی } N = 1436 - 1125 = 0311$$

برای محاسبه‌ی ارتفاع هر نقطه ارتفاع نقطه‌ی قبلی را با اختلاف ارتفاع دو نقطه جمع می‌کنیم مثلاً:

$$H_B = H_A + \Delta H_{AB} = 100000 + 0637 = 100637m$$

$$H_C = H_B + \Delta H_{BC} = 100637 + 0532 = 101169m$$

$$H_N = H_M + \Delta H_{MN} = 100098 + 0311 = 100409$$

برای کنترل محاسبات جدول یک بار دیگر ارتفاع نقطه‌ی N را از روش «محاسبه از مبنا» به دست می‌آوریم:

شکل ۴۴-۸- فرم ترازیابی

نام نقطه NO	قرائت عقب B.S	قرائت وسط M.S	قرائت جلو F.S	اختلاف ارتفاع ΔH		ارتفاع H
				+	-	
A	2490					100000
B		1853		0637		100637
C		1321		0532		101169
D	1008		0956	0365		101534
E		2082			1074	100460
F		3966			1884	98576
G	2046		3054	0912		99488
L		1850		0196		99684
M		1436		0414		100098
N			1125	0311		100409

محاسبه‌ی جدول، «محاسبه به روش ارتفاع دستگاه» می‌گویند.

محاسبه‌ی جدول ترازیبی به روش «ارتفاع دستگاه»

در این روش ابتدا ارتفاع دستگاه را به کمک قرائت روی

نقطه‌ی معلوم محاسبه می‌کنیم:

قرائت روی نقطه‌ی معلوم + ارتفاع نقطه‌ی معلوم = ارتفاع دستگاه

اکنون با این دستگاه که ارتفاع آن معلوم است با قرائت

روی هر نقطه‌ی مجهول می‌توانیم ارتفاع آن را از رابطه‌ی زیر

به دست آوریم:

قرائت روی نقطه‌ی مجهول - ارتفاع دستگاه = ارتفاع نقطه‌ی مجهول

در شکل ۸-۴۵ ارتفاع نقطه‌ی A معلوم است:

$$H_A = 1000 \text{ m}$$

می‌خواهیم ارتفاع نقطه‌ی B را که مجهول است پیدا

کنیم. بنابراین در بین دو نقطه‌ی معلوم و مجهول دوربین ترازیب

را مستقر کرده و روی نقطه معلوم قرائت ۳۶۵۱ و روی نقطه‌ی

مجهول قرائت ۱۲۱۶ انجام داده‌ایم.

$$H_N = H_A + (\text{مجموع قرائت‌های عقب} -$$

مجموع قرائت‌های جلو)

$$H_N = 100000 + [(2490 + 1008 + 2046) -$$

$$(0956 + 3054 + 1125)]$$

$$H_N = 100000 + 5544 - 5135 = 100409$$

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید جواب این روش با روش فراز

و نشیب یکی است و این نشان می‌دهد که در محاسبات جدول

دچار اشتباه نشده‌ایم.

به‌طور کلی جدول فراز و نشیب دارای این مزیت است

که شکل زمین بین دو نقطه را از نظر سربالا بودن یا سرازیر بودن

نشان می‌دهد. اما از آن‌جا که ارتفاع هر نقطه را از روی نقطه‌ی

قبلی محاسبه می‌کنیم در نتیجه اگر روی محاسبه‌ی یک نقطه دچار

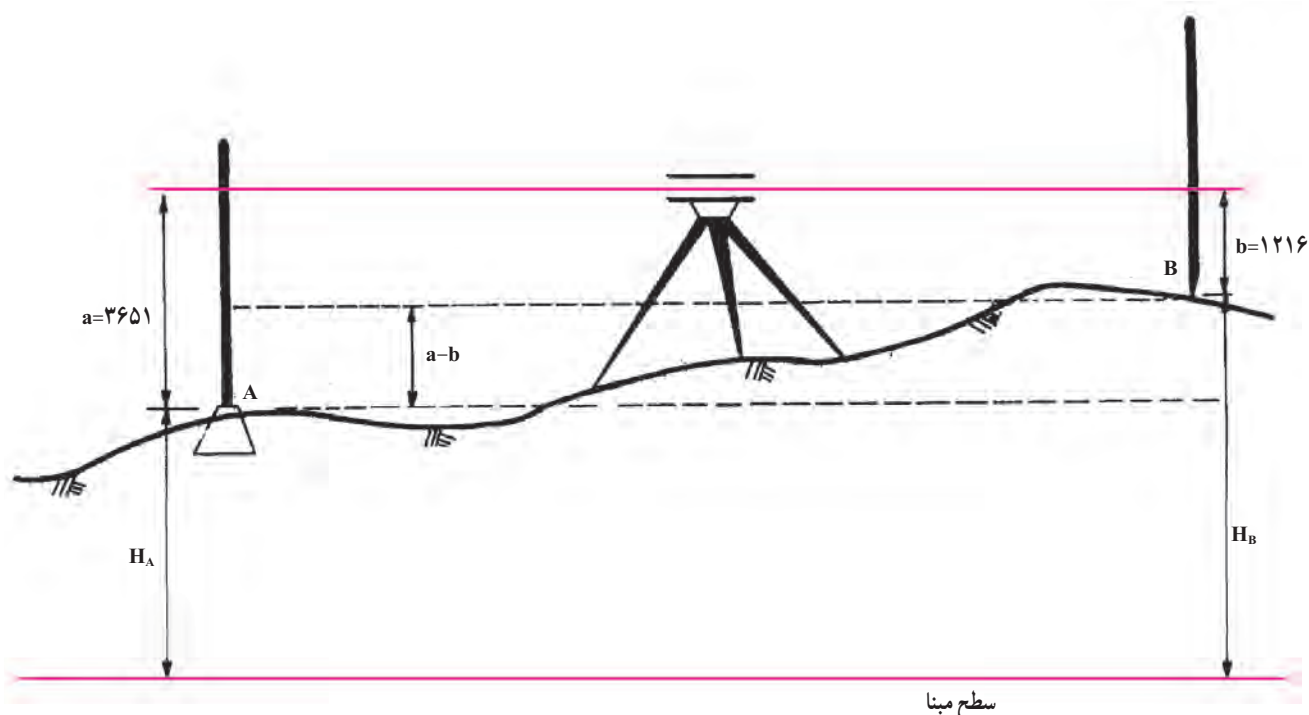
اشتباه شویم، این اشتباه روی همه‌ی نقاط بعدی تأثیر خواهد گذاشت

به همین دلیل معمولاً از روش دیگری جهت محاسبه‌ی ارتفاعات

استفاده می‌شود که در آن بدون محاسبه‌ی اختلاف ارتفاعات، به

طور مستقیم ارتفاع نقاط را محاسبه می‌کنیم. برای این کار از

ارتفاع خط دید ترازیب استفاده می‌کنیم، که اصطلاحاً به این روش



شکل ۸-۴۵ - ترازیبی مستقیم

ارتفاع دستگاه را با HI نشان می‌دهیم و داریم:

$$HI = H_A + a = 1000 + 3651 = 1003651$$

و ارتفاع نقطه‌ی مجهول B، برابر است با:

$$H_B = HI - b = 1003651 - 1216 = 1002435$$

برای تمرین بیشتر و مقایسه‌ی این روش با روش فراز و نشیب عملیات ترازایی ارائه شده در شکل ۸-۴۳ را یک بار دیگر با روش ارتفاع دستگاه محاسبه می‌کنیم:

برای انجام محاسبات ابتدا باید اعداد مربوط به مشاهدات ترازایی (شکل ۸-۴۳) را در جدول ترازایی وارد کنیم (شکل ۸-۴۶) سپس محاسبات را با استفاده از جدول به صورت زیر ادامه می‌دهیم:

ابتدا ارتفاع دستگاه را در S_1 محاسبه می‌کنیم:

$$HI_{S_1} = H_A + a_A = 100000 + 2490 = 102490$$

ارتفاع B:

$$H_B = HI_{S_1} - b_B = 102490 - 1853$$

ارتفاع E:

$$H_E = HI_{S_1} - b_E = 102490 - 2082 = 100408$$

ارتفاع F:

$$H_F = HI_{S_1} - b_F = 102490 - 3966 = 98524$$

شکل ۸-۴۶- جدول ترازایی به روش ارتفاع دستگاه

ارتفاع	ارتفاع دستگاه	قرائت جلو	قرائت وسط	قرائت عقب	نام نقطه
H	HI	F.S	M.S	B.S	NO
100000	102490			2490	A
100637			1853		B
101169			1321		C
101534	102542	0956		1008	D
100408			2082		E
98524			3966		F
99488	101534	3054		2046	G
99684			1850		L
100098			1436		M
100409		1125			N

ارتفاع G:

$$H_G = HI_{.S_p} - b_G = 102542 - 3054 \\ = 99488$$

اکنون ارتفاع دستگاه را در نقطه‌ی S_p محاسبه می‌کنیم:

$$HI_{.S_p} = H_G + a_G = 99488 + 2046 \\ = 101534$$

ارتفاع L:

$$H_L = HI_{.S_p} - b_L = 101534 - 1850 \\ = 99684$$

ارتفاع M:

$$H_M = HI_{.S_p} - b_M = 101534 - 1436 \\ = 100098$$

ارتفاع N:

$$H_N = HI_{.S_p} - b_N = 101534 - 1125 \\ = 100409$$

ملاحظه می‌کنید که نتایج حاصل از این روش با روش فراز و نشیب کاملاً برابر است ولی این روش سریع‌تر و ساده‌تر از روش فراز و نشیب می‌باشد. البته این روش نیز وقتی مناسب است که تعداد قرائت‌های وسط زیاد باشد در غیر این صورت مقدار محاسبات در این روش نیز افزایش یافته و مزیت سریع بودن خود را از دست خواهد داد.

۹-۸- حذف خطاهای سیستماتیک: خطاهای

سیستماتیک به خطاهایی می‌گویند که دارای اندازه و جهت معین باشد. مثلاً خطاهای تقسیمات روی میر ترازایی به این ترتیب که درجات روی آن به‌جای آن که یک سانتی‌متر باشد به فرض ۹ میلی‌متر است. یعنی اندازه‌ی این خطای دستگاهی ۱ میلی‌متر در ۱ سانتی‌متر و جهت آن رو به پایین است، مثال دیگر از خطای سیستماتیک خطای انسانی است مانند خطای قرائت. یعنی در قرائت میر در حدس زدن میلی‌متر قرائت طبق عادت یا ذهنیات یک شخصی ممکن است همواره یک میلی‌متر کمتر و یا شخصی دیگر همواره هنگام قرائت یک یا دو میلی‌متر بیشتر قرائت می‌کند. خطای سیستماتیک دیگر می‌تواند خطای کلیماسیون باشد. خطای کلیماسیون عبارت است از خطای محور دیدگانی دوربین. یعنی

وقتی دوربین را تراز کرده‌ایم محور دیدگانی دوربین افقی نیست. یک روش مناسب و ساده برای رفع خطاهای سیستماتیک در ترازایی قرار دادن دوربین ترازباب در وسط فاصله‌ای است که می‌خواهیم اختلاف ارتفاع دو سر آن را پیدا کنیم. به این ترتیب، خطای سیستماتیک موجود در قرائت عقب به همان اندازه و جهت در قرائت جلو هم وارد می‌شود. لذا با عمل تفریق برای یافتن اختلاف ارتفاع این خطا نیز حذف می‌گردد. به‌عنوان مثال در یافتن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی A و B اگر خطای سیستماتیک به اندازه es روی هر قرائت داشته باشیم، درنهایت داریم:

$$- (es_A + \text{قرائت روی میر A}) = \text{اختلاف ارتفاع A و B}$$

$$(es_B + \text{قرائت روی میر B})$$

$$= (es_A - es_B) + (\text{قرائت روی میر B} - \text{قرائت روی میر A})$$

$$= \text{قرائت روی میر B} - \text{قرائت روی میر A}$$

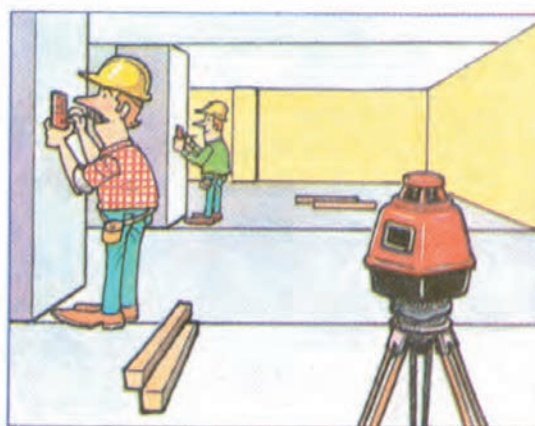
بنابراین، اگر دوربین ترازباب در وسط فاصله بین دو میر A و B باشد آن‌گاه مقادیر es_A و es_B تقریباً مساوی خواهد شد و در نتیجه خواهیم داشت:

$$es_A - es_B = \text{خطای سیستماتیک}$$

یعنی خطای سیستماتیک حذف خواهد شد.

۱۰-۹-۸ کاربرد ترازایی در ساختمان: در طرح‌ها

و پروژه‌های ساختمانی خط تراز و سطوح افقی، از ابتدای کار تا مراحل پایانی آن در مقاطع مختلف بنا مورد نیاز می‌باشد. مثلاً برای ساختن یک ساختمان در صورتی که زمین دارای شیب یا پستی و بلندی باشد ابتدا باید آن را تسطیح نمود که در این مرحله با داشتن یک کد ارتفاعی معین به کمک یک دوربین ترازباب و یک عدد میر می‌توانیم دوربین را در محل مناسبی مستقر کرده میر را ابتدا روی ارتفاع مورد نظر (مثلاً خیابان یا هر عارضه‌ی مبنای دیگر) قرارداده تار وسط را قرائت و یادداشت کنیم. اکنون میر را در نقاط مختلف زمین مستقر کرده و اختلاف ارتفاع نقاط را به دست می‌آوریم و بر اساس این ارقام میزان خاکبرداری و خاکریزی هر نقطه معین می‌شود. پس از تسطیح زمین برای پیاده کردن پلان و گودبرداری فونداسیون، ریختن بتون مگر، افقی کردن شناژها، کنترل ارتفاع آن‌ها و همچنین نصب صفحات زیر ستون‌ها (بیس‌پلیت) و هم سطح کردن آن‌ها از ترازایی استفاده می‌کنیم. شکل ۴۷-۸ را ملاحظه نمایید.



شکل ۴۸-۸ کاربرد تراز یابی «خط تراز در ساختمان»

به این پرسش‌ها پاسخ دهید

- ۱- ترازایی را تعریف کنید.
- ۲- هدف از ترازایی را بیان کنید.
- ۳- اصطلاحات: امتداد قائم، سطح تراز، سطح تراز مبنا، صفحه‌ی افقی، خط افق، صفحه‌ی قائم و ارتفاع نقطه را تعریف کنید.
- ۴- بنچمارک را تعریف نموده انواع آن را توضیح دهید.
- ۵- انواع ترازایی را توضیح دهید.
- ۶- ترازایی با ژالون و تراز متر را شرح دهید.
- ۷- طبقه بندی دوربین‌های ترازاب را توضیح دهید.
- ۸- سه پایه، میر و تکیه گاه میر را توضیح دهید.
- ۹- تعاریف و اصطلاحات «حساسیت تراز» محور لوله‌ی تراز و محور قائم (محور اصلی دستگاه) را بیان کنید.
- ۱۰- انواع تراز در دستگاه‌های نقشه برداری را توضیح دهید.
- ۱۱- روشهای مختلف استقرار دستگاه بر روی یک نقطه را توضیح دهید.
- ۱۲- اصول ترازایی مستقیم را شرح دهید.
- ۱۳- ترازایی تدریجی را شرح دهید.
- ۱۴- انواع ارتفاع را بیان کنید.
- ۱۵- محاسبه‌ی جدول به روش فراز و نشیب را توضیح دهید.
- ۱۶- محاسبه‌ی جدول به روش ارتفاع دستگاه را توضیح دهید.

کار عملی

- ۱- بین رؤوس چند ضلعی مدرسه به طور رفت و برگشت ترازایی نمایید.
- ۲- قرائت‌ها را در جدولی ثبت کرده اختلاف ارتفاعات را به روش فراز و نشیب به دست آورید.
- ۳- به یکی از رؤوس چند ضلعی ارتفاع دلخواهی داده ارتفاع سایر نقاط را در جدول محاسبه و ثبت نمایید.
- ۴- روی یکی از اضلاع چند ضلعی با ژالون و تراز متر ترازایی نموده نتیجه را با ترازایی انجام شده با دوربین مقایسه نمایید.
- ۵- روی یکی از اضلاع چندضلعی به کمک شیب سنج دستی، اندازه گیری زاویه‌ی شیب را انجام داده، با معلوم بودن طول مایل یا افقی، ترازایی مثلثاتی انجام دهید و نتیجه را با دو روش قبلی مقایسه کنید.