# فصل نهم

# کاربردهای ترازیابی در معماری

**هدف‌های رفتاری** : از دانش‌آموز انتظار می‌رود در پایان این فصل :

۱ــ استادیمتری را تعریف کرده، وسایل لازم برای استادیمتری را نام ببرد.

۲ــ اصول استادیمتری را با رسم شکل توضیح دهد.

۳ــ روش استادیمتری را مرحله به مرحله شرح دهد.

۴ــ توپوگرافی را تعریف کرده، کاربردهای آن‌را بیان کند.

۵ ــ روش شبکه‌بندی برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی را مرحله به مرحله شرح دهد.

۶ ــ عملیات خاکی را تعریف کرده، حجم عملیات خاکی را توضیح دهد.

۷ــ روش شبکه‌بندی برای محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی را شرح دهد.

۸ ــ کاربرد ترازیابی در عملیات گودبرداری و تسطیح را شرح دهد.

۹ــ کاربرد ترازیابی در کنترل سطح بتن مگر را شرح دهد.

۱۰ــ کاربرد ترازیابی در کنترل سطح صفحات بیس‌پلیت را شرح دهد.

۱۱ــ روش ایجاد و انتقال خط تراز در ساختمان را شرح دهد.

## ۱ــ ۹ــ استادیمتری

**الف ــ تعریف استادیمتری** : اندازه‌گیری فاصله افقی با استفاده از استادیا (شاخص یا میر) را استادیمتری می‌گویند.

**ب ــ وسایل استادیمتری** : استادیمتری به‌وسیله‌ی یک دستگاه ترازیاب (نیو)، یک عدد شاخص (استادیا) به‌همراه ترازنبشی انجام می‌گیرد. (البته به کمک دستگاه زاویه‌یاب نیز می‌توان استادیمتری را انجام داد ولی در این‌جا استفاده از ترازیاب ذکر می‌شود.

**ج ــ اصول استادیمتری** : در شکل ۱ــ۹ دستگاه ترازیاب و امتداد نورهای گذرنده از عدسی‌های آن را به صورت ساده مشاهده می‌نمایید.

در شکل ۱ــ۹ دو مثلث OPQ و OMN متشابه‌اند، بنابراین هر نسبتی که بین اضلاع و ارتفاع مثلث OPQ وجود داشته باشد همان نسبت‌ها بین اضلاع و ارتفاع مثلث OMN وجود دارد. یعنی :

$$\frac{\text{ارتفاع مثلث OMN}}{\text{MN}} = \frac{\text{ارتفاع مثلث OPQ}}{\text{PQ}}$$

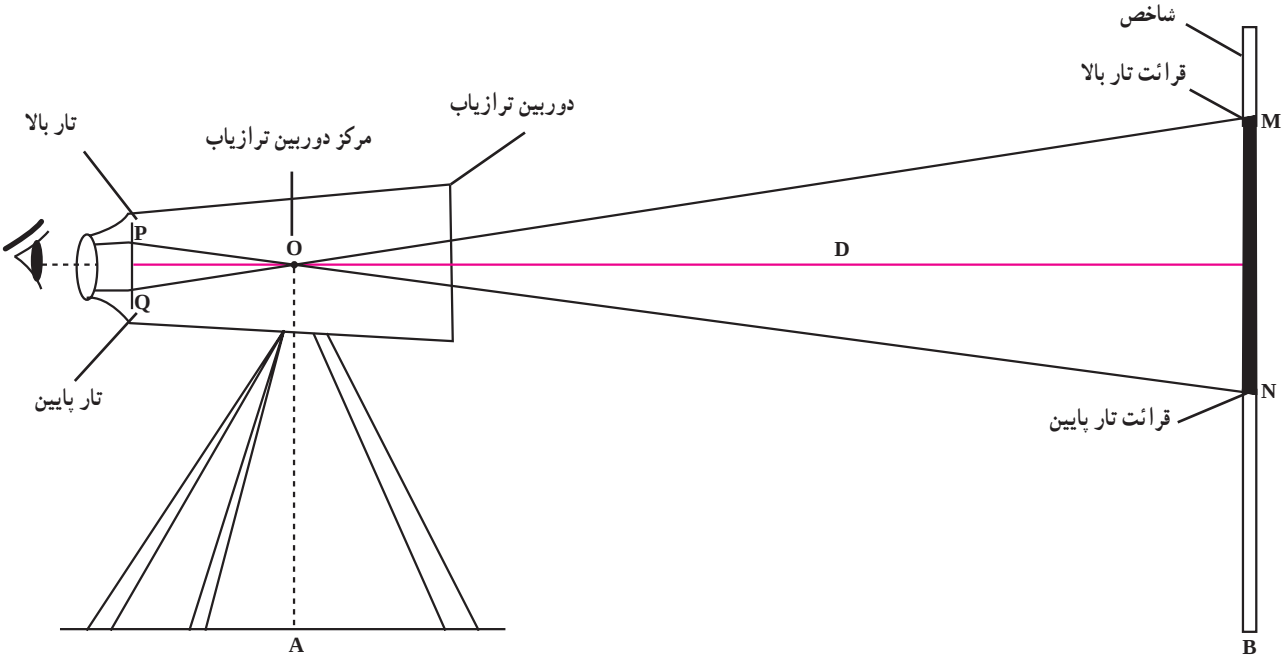
از آنجا که دوربین ترازیاب طوری ساخته شده که نسبت ارتفاع مثلث OPQ به PQ همواره ثابت بوده و برابر ۱۰۰ است، بنابراین، داریم :

$$\text{ارتفاع مثلث OPQ} = 100\ \text{PQ}$$

به همان دلیل ارتفاع مثلث OMN برابر است با :

$$\text{ارتفاع مثلث OMN} = 100\ \text{MN}$$

همانطور که در شکل ۱ــ۹ می‌بینید ارتفاع مثلث OMN




شکل ۱ــ۹ــ استادیمتری

همان فاصله افقی بین محل استقرار دوربین و محل استقرار شاخص است. بنابراین، فاصله افقی D بین دو نقطه‌ی B و A برابر است با :

$$D = ۱۰۰\ MN$$

نقطه‌ی M محل انطباق تار بالای دوربین روی شاخص و نقطه‌ی N محل انطباق تار پایین روی شاخص است، بنابراین، MN عبارت است از اختلاف تار بالا و پایین، پس داریم :

$$MN = \text{قرائت تار بالا} - \text{قرائت تار پایین}$$

بطور خلاصه می‌توان گفت که فاصله‌ی افقی به روش استادیمتری برابر است با :

$$\text{فاصله‌ی افقی} = ۱۰۰ \times (\text{قرائت تار بالا} - \text{قرائت تار پایین})$$

**د ــ روش استادیمتری** : برای اندازه‌گیری فاصله افقی بین دو نقطه A و B به روش استادیمتری باید مراحل زیر را به‌ترتیب انجام داد :

۱ــ استقرار دوربین ترازیاب بر روی یکی از نقاط (مثلاً نقطه‌ی A) : همانطور که می‌دانید منظور از استقرار دوربین ترازیاب بر روی یک نقطه عبارت است از سانتراژ کردن و ترازکردن دوربین بر روی آن برای سانتراژ کردن دوربین ترازیاب شاقول مخصوص ترازیاب را در وسط سه پایه (زیر دوربین) آویزان و پایه‌ها را چنان جابه‌جا کنید که نوک شاقول در روی نقطه‌ی A قرار بگیرد. سپس با کمک پیچ‌هایی، ترازیاب را در حالت افقی قرار دهید. در این حالت دوربین بر روی نقطه‌ی A مستقر شده است.

۲ــ استقرار شاخص بر روی نقطه‌ی B : شاخص را در روی نقطه‌ی B قرار داده، با کمک یک تراز نبشی، که در کنار آن قرار می‌دهید، شاخص را در حالت قائم نگاه دارید.

۳ــ قراولروی به شاخص و قرائت تار بالا و پایین دوربین نیو در روی شاخص : در پشت دوربین مستقر در نقطه‌ی A قرار گرفته به شاخص مستقر در نقطه‌ی B قراولروی کنید. سعی کنید با کمک پیچ تنظیم تصویر، شاخص را به‌صورت واضح ببینید و با چرخاندن عدسی چشمی تصویر تارهای رتیکول را نیز کاملاً واضح کنید تا تارها را به‌صورت یک خط باریک و معین ببینید. توجه داشته باشید که اگر تصویر میر و تارهای رتیکول واضح نباشد قرائت شما خطا خواهد داشت و چون در عمل استادیمتری عدد قرائت شده درعدد ۱۰۰ضرب می‌شود در واقع خطای شما ۱۰۰ برابر خواهد شد.

۴ــ قرائت تار بالا و پایین : اعداد مربوط به تار بالا و تار پایین را در روی میر قرائت کنید. این قرائت ها را به‌صورت چهار

رقمی بنویسید (برحسب میلی‌متر).

۵ ــ محاسبه‌ی اختلاف تار بالا و تار پایین (این اختلاف را معمولاً با L نمایش می‌دهند) :

قرائت تار پایین – قرائت تار بالا = L

۶ ــ محاسبه‌ی فاصله‌ی افقی (فاصله‌ی افقی را با حرف D نمایش می‌دهند) :

$D = ۱۰۰ L$

**مثال ۱** : در یک عمل استادیمتری بین دو نقطه‌ی A و B تار بالا ۳۸۲۵ و تار پایین ۱۴۳۵ قرائت شده است فاصله‌ی افقی AB را محاسبه نمایید.

**حل** : رابطه‌ی استادیمتری عبارت است از :

$D_{AB} = ۱۰۰ L$

قرائت تار پایین – قرائت تار بالا = L

$L = ۳۸۲۵ - ۱۴۳۵ = ۲۳۹۰ mm$

$D_{AB} = ۱۰۰ L = ۱۰۰ \times ۲۳۹۰ = ۲۳۹۰۰۰ mm$

$D_{AB} = ۲۳۹ m$

**مثال ۲** : در شکل ۲ــ۹ قرائت روی میر را مشاهده می‌نمایید مطلوب است فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی موردنظر به روش استادیمتری.

**حل** : همان‌طور که در شکل ۲ــ۹ ملاحظه می‌نمایید قرائت تار بالا ۱۰۷۳ و قرائت تار پایین ۰۸۹۵ می‌باشد، بنابراین، ابتدا اختلاف تار بالا و پایین را محاسبه می‌کنیم :

قرائت تار پایین – قرائت تار بالا = L

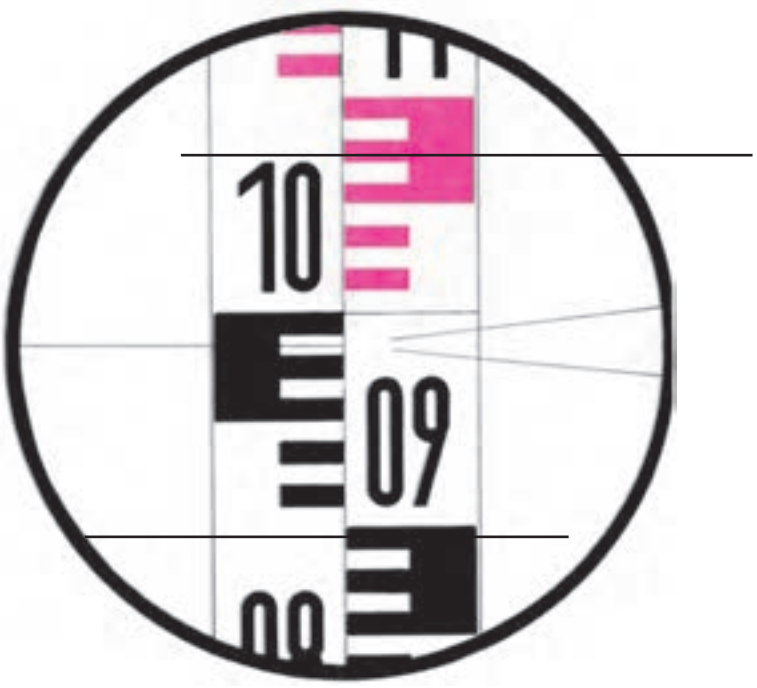
$L = ۱۷۸$

سپس از رابطه‌ی استادیمتری فاصله را محاسبه می‌کنیم :

$D = ۱۰۰ L$

$D = ۱۰۰ \times ۱۷۸ = ۱۷۸۰۰ mm = ۱۷/۸ m$

یعنی فاصله‌ی افقی دو نقطه‌ی موردنظر ۱۷/۸ متر می‌باشد.

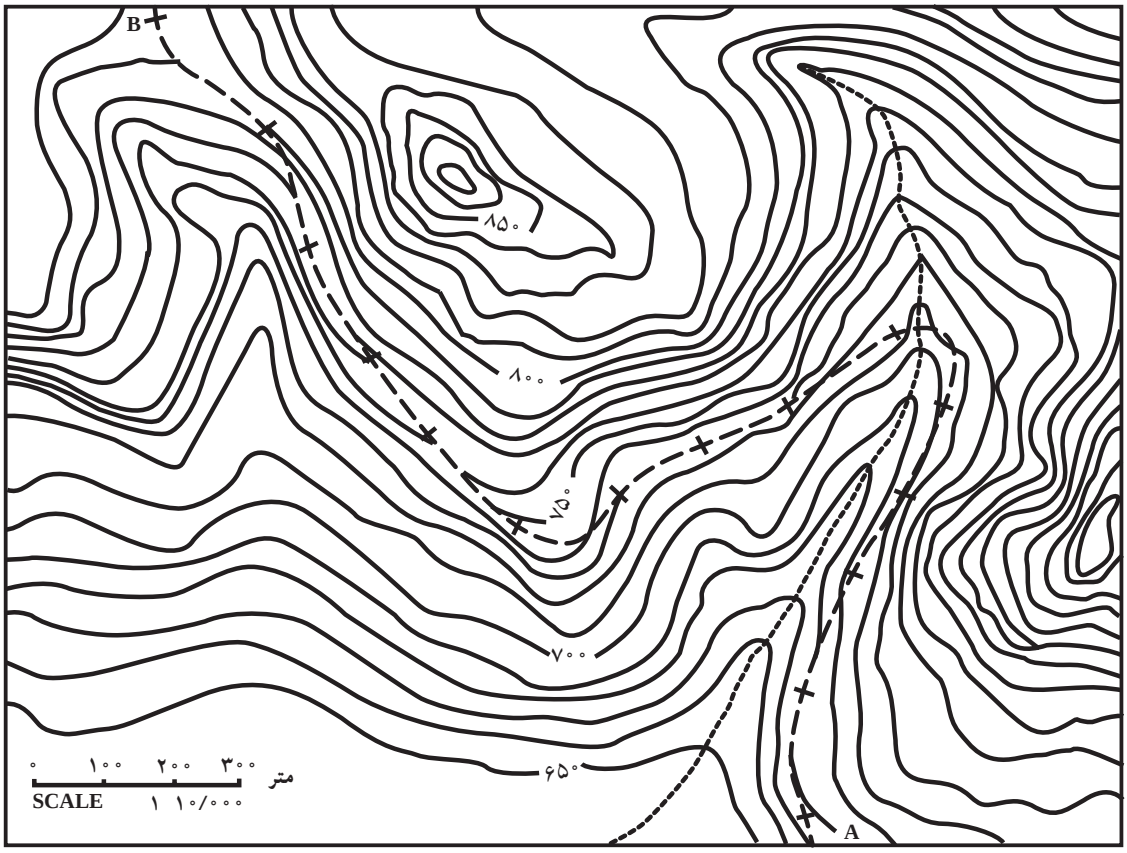



شکل ۲ــ۹

## ۲ــ۹ــ تهیه نقشه‌ی توپوگرافی به روش شبکه‌بندی

**تعریف توپوگرافی** : توپوگرافی عبارت است از نمایش پستی‌ها و بلندی‌های یک قطعه زمین با استفاده از خطوط منحنی میزان در روی صفحه‌ی نقشه.

**کاربرد نقشه‌های توپوگرافی :** نقشه‌های توپوگرافی برای مطالعات اولیه پروژه‌های عمرانی، انتخاب بهترین محل برای پیاده کردن طرح‌ها، تهیه برش از مناطق موردنظر، محاسبه حجم عملیات خاکی، تسطیح و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد.




شکل ۳ــ۹ــ طرح یک مسیر برروی نقشه توپوگرافی

## روش شبکه‌بندی برای تهیه نقشه‌ی توپوگرافی

روش‌های متفاوتی برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی وجود دارد که روش شبکه‌بندی یکی از ساده‌ترین این روش‌ها است، در این روش ابتدا منطقه را شناسایی کرده، کروکی آن‌را ترسیم می‌کنیم و نقاط مبنا را انتخاب کرده بر روی زمین منتقل می‌کنیم و با استفاده از امتدادهای عمود بر هم منطقه را شبکه‌بندی می‌کنیم، سپس در روی تمام نقاط این شبکه ترازیابی انجام می‌دهیم. اعداد حاصل از ترازیابی را در جداول مربوطه نوشته ارتفاع تمام نقاط شبکه را محاسبه کرده این اندازه‌ها را بر روی شیت شبکه‌بندی شده منتقل می‌کنیم. سپس بین نقاط مجاور از طریق درون‌یابی (اینترپولاسیون) ارتفاعات معین را در روی اضلاع شبکه پیدا می‌کنیم و با توجه به شکل منطقه (در کروکی شناسایی ترسیم شده است) نقاط هم‌ارتفاع را با خطوط راست به هم متصل می‌کنیم. در نقاط شکستگی منحنی‌های مناسبی که به خوبی دو خط شکسته را تقریب کند ترسیم می‌کنیم. در روی منحنی‌ها در یک مسیر معینی در جهت افزایش ارتفاع هر منحنی را در روی آن می‌نویسیم. خطوط منحنی میزان را مرکبی کرده در محل نوشتن اعداد، جای خالی می‌گذاریم تا اعداد مربوط به ارتفاعات منحنی‌ها را بنویسیم. بنابراین مراحل تهیه نقشه‌ی توپوگرافی به روش شیت‌بندی عبارت‌اند از :

**۱ــ شناسایی منطقه :** اولین مرحله‌ی کار تهیه نقشه شناسایی منطقه‌ی موردنظر است. که حدود منطقه و عوارض طبیعی و مصنوعی موجود در آن و حدود منطقه تعیین شده در روی برگه‌ی شناسایی، کروکی منطقه ترسیم می‌شود و عوارض طبیعی و مصنوعی نیز به روی کروکی منتقل می‌شود و در مورد شناسایی

برای تهیه نقشه‌ی توپوگرافی شکل منطقه نیز بسیار مهم است و باید خط‌القعرها و خط‌الرأس‌ها نیز در آن ترسیم شوند، زیرا این کروکی بهترین راهنما برای ترسیم منحنی‌های میزان خواهد بود و برای کنترل محاسبات و انجام ترسیمات که در دفترکار انجام می‌شود و شاید افرادی که نقشه را ترسیم می‌کنند به منطقه‌ی موردنظر نرفته و کار عملیات زمینی نکرده باشند و در نتیجه کروکی ترسیم شده در مرحله‌ی شناسایی بهترین راهنما برای آنان خواهد بود.

**۲ــ انتخاب خط مبنا :** برای شبکه‌بندی منطقه‌ی موردنظر ابتدا باید یک خط مبنا در روی زمین تعیین شود. این خط باید دارای خصوصیات زیر باشد :

ــ در امتداد بلندترین طول منطقه باشد.

ــ بین ابتدا و انتهای آن دید وجود داشته باشد.

ــ این امتداد به کل منطقه مشرف باشد.

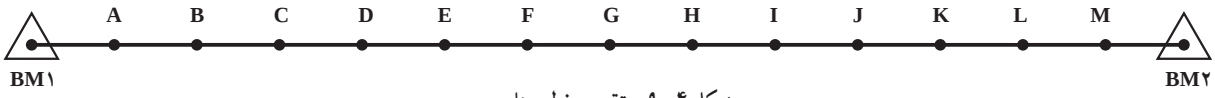
ــ در صورت امکان شیب آن یا پستی بلندی‌های روی آن حداقل باشد.

ــ در صورتی که منطقه خیلی وسیع باشد می‌توانیم این امتداد را به‌جای آن‌که در یکی از کنارهای منطقه انتخاب کنیم در میان منطقه طوری انتخاب نماییم که به دو طرف خود مشرف باشد.

خط مبنا را در روی زمین تثبیت کرده بر روی کروکی نیز موقعیت آن‌را مشخص و نام‌گذاری می‌نماییم.

**۳ــ پیاده کردن امتداد مبنا در روی زمین :** امتداد مبنا در روی زمین باید دیده شود تا بتوانیم سایر امتدادها را از روی آن اخراج کرده، منطقه را شبکه‌بندی کنیم. بنابراین، با مستقر کردن دوربین ترازیاب در ابتدای خط مبنا و استقرار یک شاخص یا ژالون در انتهای آن در روی این امتداد میخ‌کوبی کرده با بستن نخ بر روی میخ‌ها امتداد مبنا را در روی زمین مشخص می‌کنیم. معمولاً برای آن‌که این خط به‌راحتی دیده شود با پودر گچ یا رنگ (بسته به جنس زمین) این خط را در روی زمین تثبیت می‌کنند.

**۴ــ مترکشی و تقسیم خط مبنا :** خط مبنا را به دقت به‌صورت رفت و برگشت مترکشی کرده طول آن را محاسبه می‌کنیم. سپس با توجه به نوع منطقه (از نظر پستی بلندی) و دقتی که در ترسیم منحنی میزان‌ها خواسته شده فواصل تعیین شده برای نقاط شبکه را در روی خط مبنا جدا می‌کنیم. مثلاً، اگر قرار است که شبکه با فواصل ده متری ایجاد شود. در روی خط مبنا مترکشی نموده در هر ۱۰ متر یک میخ می‌کوبیم و با گچ یا رنگ نام هر نقطه را در کنار آن می‌نویسیم (شکل ۴ــ۹).




شکل ۴ــ۹ــ تقسیم خط مبنا

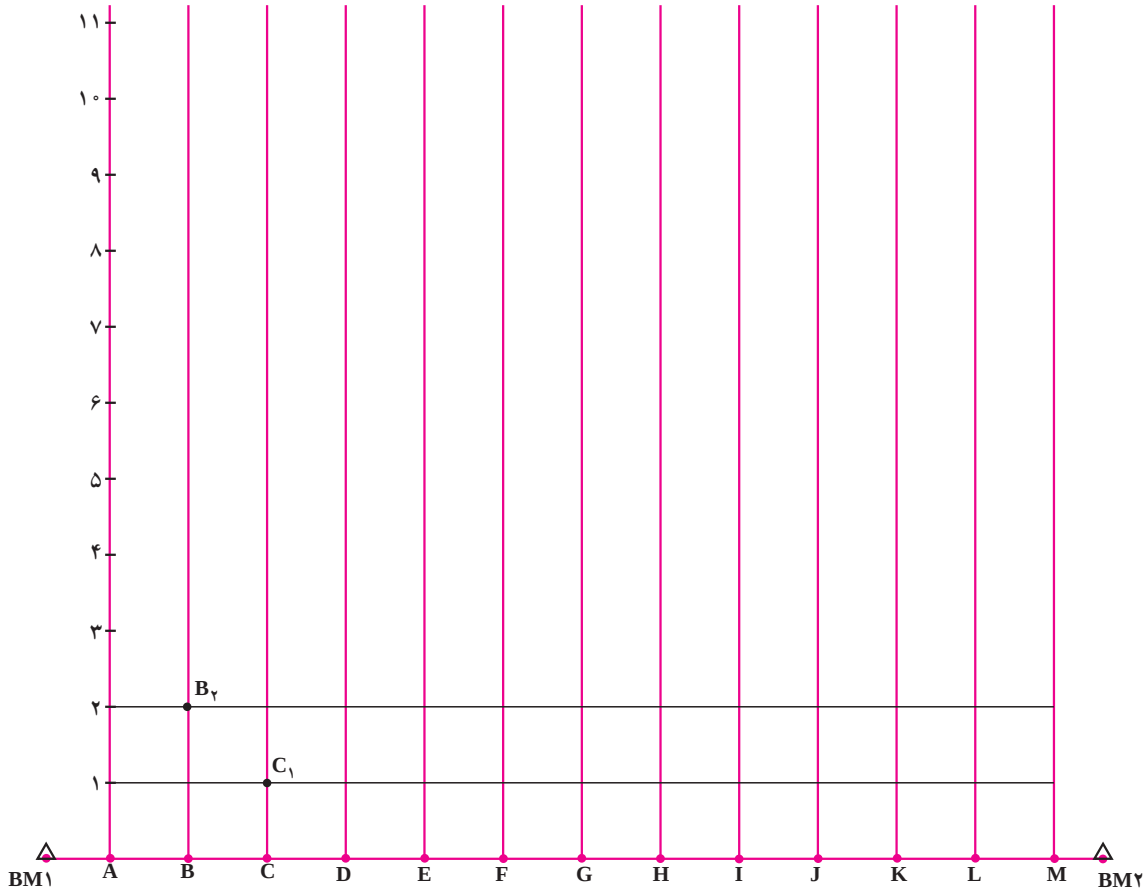
نقطه‌ی ابتدای خط مبنا را BM۱ و نقطه‌ی انتهای آن‌را BM۲ می‌نامیم.

**۵ ــ اخراج امتدادهای قائم از روی نقاط خط مبنا :** دوربین ترازیاب را در روی هر کدام از نقاط خط مبنا مستقر کرده صفر نقاله‌ی افقی را در امتداد یکی از نقاط مبنا (هر کدام که نزدیکتر باشد) قرار داده دوربین ترازیاب را ۹۰ درجه چرخانده و امتداد قائمی را اخراج و در روی زمین آن‌را نیز همانند خط مبنا به فواصل تعیین شده تقسیم کرده نقاط حاصل را میخکوبی و تثبیت می‌کنیم. به این ترتیب کلیه نقاط شبکه را در روی زمین پیاده می‌کنیم (شکل ۵ ــ۹).

نقاط به‌دست آمده روی خطوط عمود بر خط مبنا را با اعداد شماره‌گذاری می‌کنیم. به این ترتیب، کلیه نقاط شبکه در روی زمین تعیین شده نام‌گذاری نیز می‌شوند.

**۶ ــ ترازیابی بر روی خط مبنا :** از نقطه‌ی BM۱ تا نقطه‌ی BM۲ بر روی تمام نقاط خط مبنا به‌صورت رفت و برگشت ترازیابی انجام می‌دهیم. سپس با دادن یک کد ارتفاعی اختیاری به‌نقطه‌ی BM۱ ارتفاع کلیه‌ی نقاط خط مبنا را محاسبه می‌کنیم.

**۷ــ ترازیابی سایر نقاط شبکه :** پس از ترازیابی خط مبنا و تعیین ارتفاع هر یک از نقاط A و B و ... اکنون بر روی نقاط شبکه که بر امتدادهای عمود بر خط مبنا قرار دارند به هر روش مناسب ترازیابی کرده و با استفاده از ارتفاع نقاط خط مبنا




شکل ۵ــ۹ــ شبکه‌بندی

ارتفاع کلیه نقاط شبکه را محاسبه می‌نماییم.

**۸ــ ترسیم شبکه بر روی شیت نقشه** : با توجه به مقیاس خواسته شده ابتدا خط مبنا را در روی شیت نقشه پیاده کرده نقاط روی آن‌را نیز جدا کرده، نامگذاری می‌کنیم. سپس خطوط عمود بر خط مبنا را ترسیم، آن‌ها را نیز به قطعات مساوی همانند خط مبنا تقسیم می‌کنیم. از اتصال نقاط A۱ و B۱ و C۱ و ... به همدیگر خط موازی خط مبنا را ترسیم می‌کنیم و همین عمل را برای نقاط A۲ و B۲ و C۲ ... و سایر نقاط تکرار می‌کنیم تا شبکه ترازیابی ترسیم گردد.

**۹ــ ثبت ارتفاع نقاط شبکه** : از روی فرم‌ها و جداول محاسباتی ارتفاع نقاط شبکه را استخراج کرده و در کنار هر نقطه می‌نویسیم.

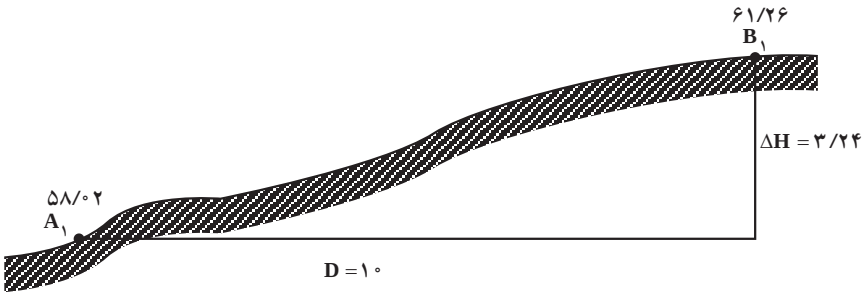
**۱۰ــ واسطه‌یابی (درون‌یابی یا اینترپولاسیون) برای یافتن نقاط روی منحنی‌های میزان** : در شکل ۵ــ۹، دو نقطه‌ی A۱ و B۱ را در نظر بگیرید و فرض کنید ارتفاع A۱ برابر ۵۸/۰۲ و ارتفاع $B_1$ برابر ۶۱/۲۶ باشد مطابق شکل ۶ ــ ۹ داریم :

اگر این دو نقطه را در روی زمین و به‌صورت واقعی نمایش دهیم به‌صورت شکل ۷ــ۹ دیده خواهد شد :

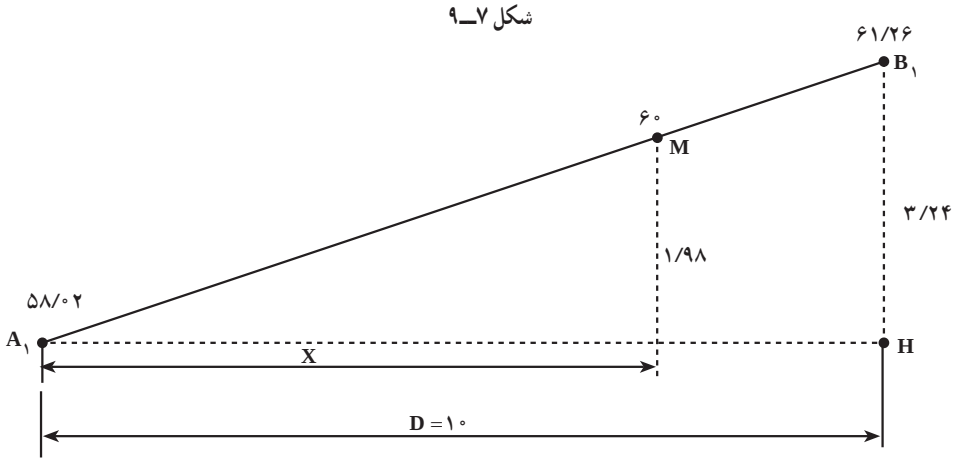
در صورتی که قرار باشد منحنی میزان‌های ۲ متری برای منطقه‌ی موردنظر ترسیم کنیم با توجه به شکل ۷ــ۹ می‌بینید که بین ۵۸/۰۲ و ۶۱/۲۶ باید نقطه‌ای را بیابیم که ارتفاع آن ۶۰ متر باشد، یعنی می‌خواهیم بین دو نقطه A۱ و B۱ نقطه‌ی M را چنان بیابیم که ارتفاع نقطه‌ی M برابر ۶۰ متر باشد. اکنون اگر اختلاف ارتفاع دو نقطه‌ی B۱ و A۱ و اختلاف ارتفاع دو نقطه M و A۱ را بیابیم شکل فرضی زیر حاصل خواهد شد.

سؤال این است که اگر از نقطه‌ی A۱ ده متر جلوتر برویم

شکل ۶ــ۹




شکل ۷ــ۹




شکل ۸ــ۹

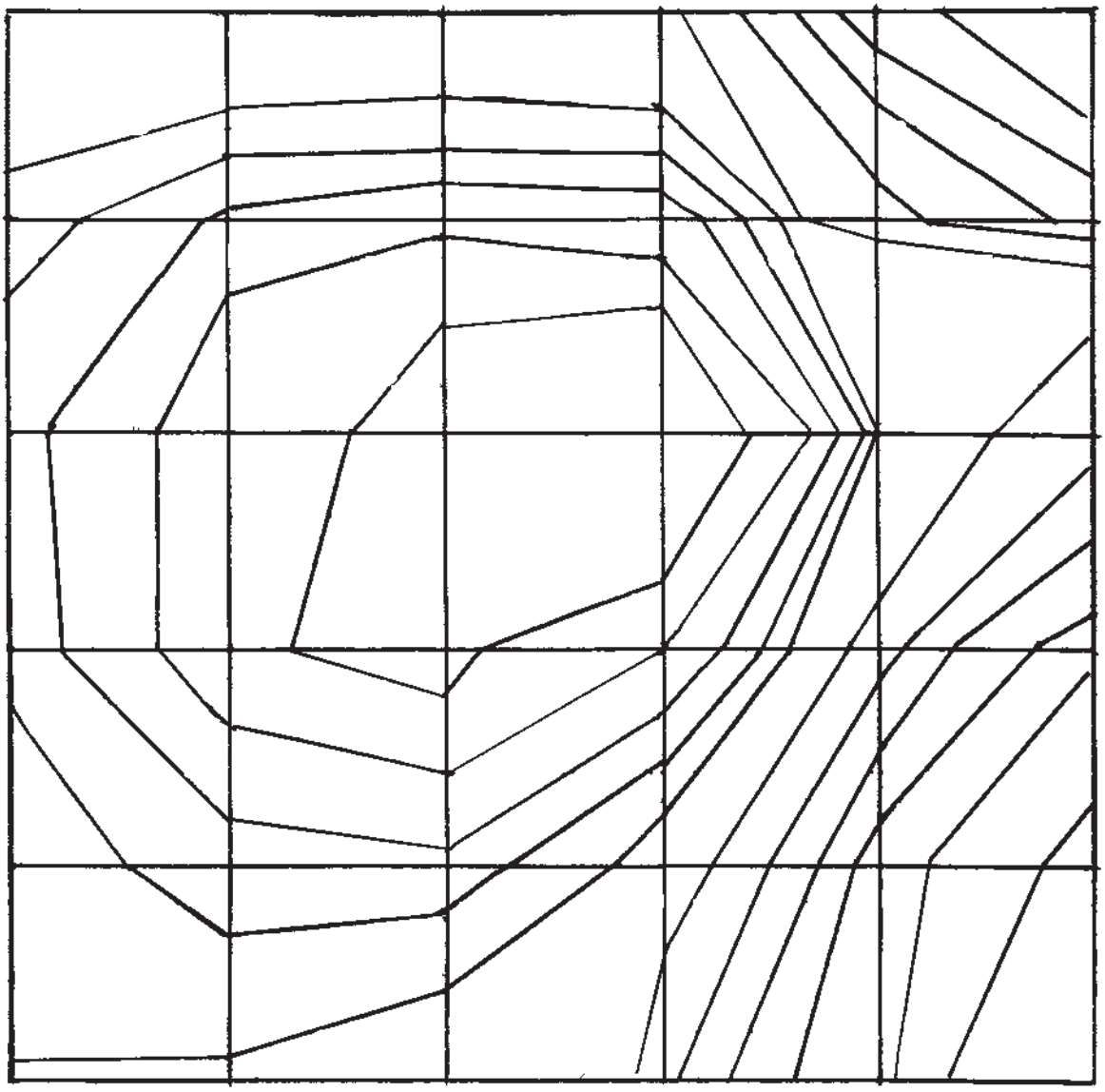
تا به نقطه‌ی B۱ برسیم اختلاف ارتفاع ۳/۲۴ متر، ایجاد می‌شود، حالا از نقطه‌ی A۱ چقدر باید جلوتربرویم تا اختلاف ارتفاع ۱/۹۸ متر، ایجاد شود؟ جواب سؤال فوق با توجه به شکل ۸ــ۹ از روی نسبت تشابه مثلث‌ها به‌دست خواهد آمد؛

$$\frac{۳/۲۴}{۱۰}=\frac{۱/۹۸}{x}\Rightarrow x=\frac{۱۰\times ۱/۹۸}{۳/۲۴}=۶/۱۱$$

بنابراین، کافی است بر روی ضلع A۱B۱ از شبکه به‌اندازه‌ی ۶/۱۱ با توجه به مقیاس از طرف نقطه‌ی A۱ جدا کنیم تا به نقطه‌ی M برسیم که ارتفاع آن برابر ۶۰ متر می‌باشد.

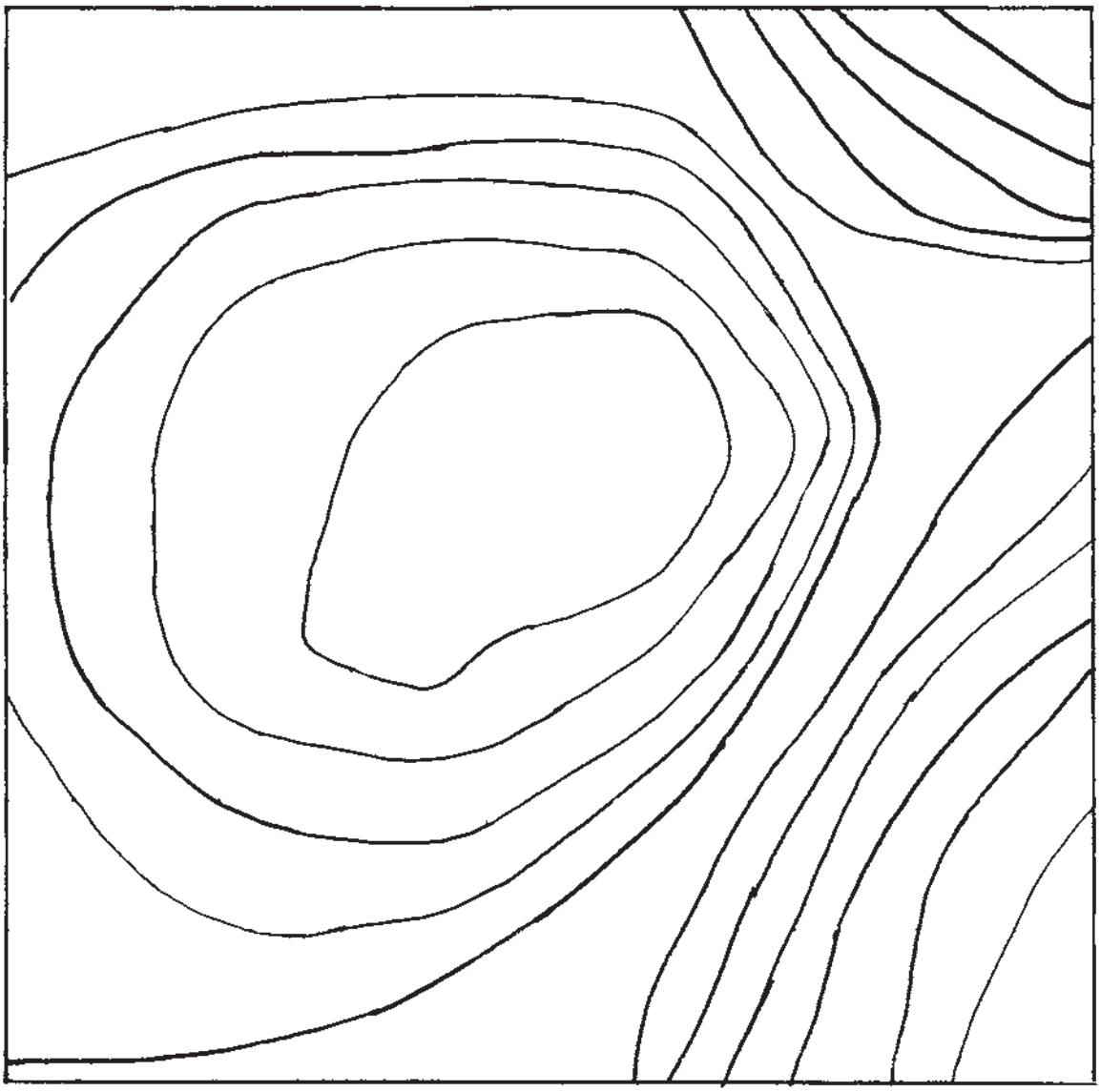
اگر همین عمل را بر روی کلیه اضلاع شبکه انجام دهیم نقاط با ارتفاع ... ۶۲، ۶۰، ۵۸، ۵۶، ۵۴، ۵۲ و ... در روی اضلاع شبکه پیدا می‌شوند.

**۱۱ــ اتصال نقاط هم ارتفاع به یکدیگر** : اکنون باید نقاط هم ارتفاع به‌دست آمده را با توجه به کروکی منطقه با خطوط راست به یکدیگر متصل نماییم در شکل ۹ــ۹ بخشی از یک شبکه را ملاحظه می‌نمایید که در آن نقاط هم ارتفاع با خطوط راست به‌یکدیگر متصل شده‌اند :



شکل ۹ــ۹ــ خطوط شکسته‌ی میزان

**۱۲ــ ترسیم خطوط منحنی میزان** : اگر در نقاط شکستگی خطوط شکسته‌ی هم ارتفاع منحنی‌های مناسبی را مماس کنیم خطوط شکسته‌ی میزان تبدیل به منحنی‌های میزان خواهند شد (شکل ۱۰ــ۹).



شکل ۱۰ــ۹ــ خطوط منحنی میزان

**۱۳ــ ترسیم نقشه‌ی توپوگرافی** : با مرکبی کردن خطوط منحنی میزان به کمک قلم راپید و پاک کردن خطوط شبکه و خطوط شکسته یا با قرار دادن یک شیت شفاف در روی نقشه‌ی مدادی و کپی کردن خطوط منحنی میزان با قلم راپید برروی آن، می‌توانیم نقشه‌ی توپوگرافی منطقه‌ی موردنظر را ترسیم کنیم. امروزه اکثراً منحنی میزان‌ها توسط نرم‌افزارهای خاص ترسیم می‌گردد و البته نقشه‌ی توپوگرافی وقتی تکمیل می‌شود که ارتفاع خطوط منحنی میزان را نیز در روی آن‌ها در مسیرهای معینی در جهت افزایش ارتفاع بنویسیم. هم‌چنین عوارض مهم و نقاط ارتفاعی مانند قله‌ی تپه‌ها و قعردره‌ها را با علامت × در روی نقشه مشخص کرده جدول راهنمای حاشیه‌ی نقشه و شناسنامه نقشه و سایراطلاعات قراردادی را نیز به آن اضافه نماییم.

## ۳ــ۹ــ محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی به روش شبکه‌بندی

**الف ــ تعریف عملیات خاکی :** منظور از عملیات خاکی دو عمل خاکبرداری و خاکریزی است که نسبت به سطح پروژه انجام می‌گیرد.

پس از تعیین ارتفاع صفر پروژه ممکن است در محل اجرای پروژه بخش‌هایی از زمین بالاتر از سطح صفر پروژه و در بخش‌های دیگر سطح زمین پایین‌تر از سطح صفر پروژه باشد، بنابراین از محل‌های بلندتر از سطح پروژه باید خاکبرداری و در محل‌های پایین‌تر از سطح پروژه باید خاکریزی شود تا سطح زمین در زیر پروژه آماده‌سازی گردد. به مجموع عملیات خاکبرداری و خاکریزی عملیات خاکی می‌گویند و حجم خاکی را که در این عملیات جابجا می‌شود، حجم عملیات خاکی پروژه می‌گویند.

**ب ــ روش شبکه‌بندی برای محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی :** در روش شبکه‌بندی کل منطقه‌ی موردنظر به قطعات مساوی تقسیم شده و هر گوشه‌ی این قطعات دارای ارتفاع می‌باشد. در شکل ۱۱ــ۹ یکی از قطعات یک شبکه را مشاهده می‌نمایید :

همانطور که ملاحظه می‌نمایید حجم خاکی که در بالای سطح پروژه قرار دارد باید برداشته شود تا به سطح پروژه برسیم. برای محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی باید حجم منشوری از خاک را محاسبه کنیم که سطح بالایی آن حالت مشخصی ندارد بنابراین، باید از روش‌های تقریبی برای این محاسبه استفاده کنیم. روش ساده‌ای که در اینجا پیشنهاد می‌شود، روش میانگین‌گیری است.

همان‌طور که می‌دانید حجم منشور عبارت است از مساحت قاعده ضربدر ارتفاع در شکل ۱۱ــ۹ می‌بینید که منشور ناقص ما دارای چهار ارتفاع متفاوت می‌باشد که بهترین تقریب گرفتن ارتفاع میانگین است بنابراین میانگین چهار ارتفاع را محاسبه کرده حجم منشور شکل ۱۱ــ۹ را از طریق زیر محاسبه می‌کنیم :

ارتفاع میانگین × مساحت قاعده = حجم تقریبی منشور ناقص

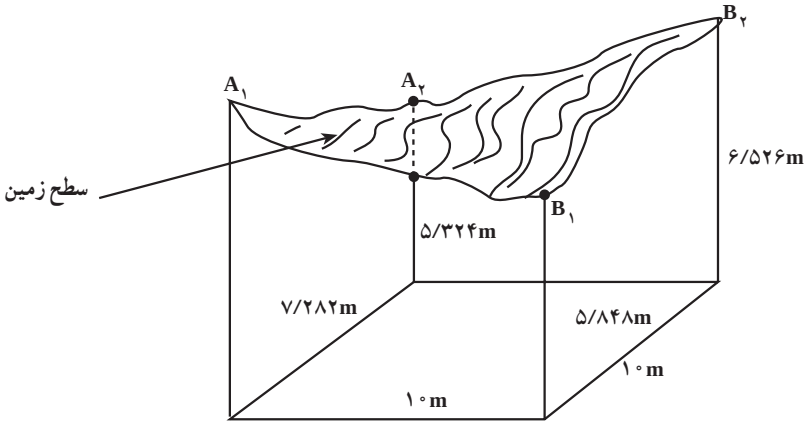
برای محاسبه حجم خاکبرداری یک بخش از شبکه با توجه به شکل ۱۱ــ۹ داریم :

ارتفاع میانگین × مساحت قاعده = v

$$v = (۱۰ \times ۱۰) \times \frac{۷/۲۸۲ + ۵/۳۲۴ + ۵/۸۴۸ + ۶/۵۲۶}{۴}$$

$$v = (۱۰۰) \times ۶۲/۴۵ = ۶۲۴۵\ m^{۳}$$

بنابراین، حجم عملیات خاکبرداری در یک سلول از مجموعه‌ی شبکه‌بندی شده به این ترتیب به‌دست می‌آید و با محاسبه‌ی همه‌ی سلول‌های شبکه و جمع جبری آن‌ها می‌توانیم حجم عملیات خاکی را برای تسطیح یک منطقه و رسیدن به سطح پروژه محاسبه نماییم.




شکل ۱۱ــ۹

## ۴ــ۹ــ کاربرد ترازیابی درعملیات گودبرداری و تسطیح

برای کنترل و هدایت عملیات گودبرداری و تسطیح یک قطعه زمین و رسیدن به سطح صفر یک پروژه می‌توانیم از یک دستگاه ترازیاب (نیو) و یک عدد شاخص (میر) استفاده نماییم مراحل کار به شرح زیر است :

**۱ــ ایجاد یک نقطه‌ی مبنای ارتفاعی (بنچمارک) :** در کنار منطقه‌ی عملیاتی در محلی که در اثر عملیات خاکبرداری یا خاکریزی تخریب نشود نقطه‌ای را انتخاب می‌کنیم که به راحتی قابل دسترس و به منطقه‌ی عملیاتی دید داشته باشد. سپس محل موردنظر را اندکی گود کرده مقداری بتن در آن می‌ریزیم و یک میلگرد را که به شکل L درآورده‌ایم در درون آن قرار می‌دهیم به‌نحوی که حدود ۲ سانتی‌متر نوک میلگرد بیرون از سطح بتن قرار گیرد البته می‌توانیم این علامت بتنی را قبلاً در کارگاه با استفاده از یک قالب ساخته و به محل موردنظر آورده در نقطه‌ای که گود کرده‌ایم، جای‌گذاری نماییم.

**۲ــ تعیین اختلاف ارتفاع نقطه‌ی مبنای موقت با سطح مبنای معین :** اگر قرار باشد پروژه‌ی موردنظر در سطح معینی از نظر ارتفاع نسبت به یک سطح قراردادی مثل سطح خیابان یا سطح یک نقطه‌ی مبنای دیگر در اطراف منطقه‌ی عملیاتی قرار بگیرد، ابتدا باید اختلاف ارتفاع نقطه‌ی مبنای موقتی که ساخته‌ایم را با آن سطح معین ارتفاع به‌دست آوریم. مثلاً اگر سطح خیابانی که از نزدیکی منطقه موردنظر می‌گذرد، به‌عنوان سطح مبنا تعیین شده باشد، ابتدا باید با انجام یک عمل ترازیابی تدریجی از نقطه‌ی مبنایی موقت که ساخته‌ایم تا سطح آن خیابان انجام دهیم و اختلاف ارتفاع نقطه‌ی مبنای موقتی را که ساخته‌ایم با آن سطح مبنا محاسبه می‌کنیم. البته اگر سطح مبنای موردنظر مثلاً سطح خیابان کاملاً مجاور منطقه‌ی عملیاتی باشد و به‌راحتی بتوانیم از آن استفاده کنیم دیگر نیازی به ساختن یک نقطه‌ی مبنا و اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع آن نیست.

**۳ــ تعیین اختلاف ارتفاع سطح پروژه با نقطه‌ی مبنای موقت :** فرض کنید سطح صفر پروژه موردنظر ۳ متر پایین‌تر از سطح مبنا (مثلاً سطح خیابان) باشد. در صورتی که اختلاف ارتفاع نقطه‌ی مبنایی که برای کنترل پروژه ساخته‌ایم با این سطح مبنا ۲- باشد، سطح پروژه باید یک متر پایین‌تر ازنقطه‌ی مبنای موقت قرار بگیرد.

**۴ــ استقرار دستگاه ترازیاب و کنترل ارتفاع سطح پروژه :** در این مرحله دوربین ترازیاب را در محلی مناسب، چنان مستقر می‌کنیم که هم به نقطه‌ی مبنای موقت و هم به منطقه‌ی عملیاتی دید داشته باشد سپس با قرار دادن یک شاخص در روی نقطه‌ی مبنا تار بلند افقی را در روی آن قرائت می‌کنیم و فرض کنید عدد ۲۴۵۸ را به‌دست می‌آوریم. از آنجا که در مثال ما سطح پروژه باید یک متر پایین‌تر از سطح مبنای موقت باشد، بنابراین، در منطقه‌ی عملیاتی آن‌قدر خاکبرداری یا خاکریزی می‌نماییم که در هر نقطه ازمنطقه زمانی که به شاخص قراول می‌رویم عدد ۳۴۵۸ را قرائت کنیم.

## ۵ــ۹ــ کنترل سطح بتن مگر

همانطور که می‌دانید سطح بتن مگر باید دارای دو ویژگی باشد :

۱ــ کاملاً افقی باشد.

۲ــ ارتفاع معینی داشته باشد.

برای کنترل دو ویژگی فوق کافی است ابتدا اختلاف ارتفاع سطح بتن مگر تا یک سطح مبنای معین یا موقت را در نظر بگیریم که از روی پلان‌های ترسیم شده برای پروژه، این اختلاف ارتفاع قابل محاسبه است. فرض کنید که اختلاف (ارتفاع) ارتفاع سطح بتن مگر با سطح یک نقطه‌ی مبنای موقت ۲/۵۱۴ – متر باشد، دوربین ترازیاب را در محل مناسبی مستقر کرده به شاخصی که در روی آن نقطه‌ی مبنای موقت قرارداده‌ایم قراول می‌رویم فرض کنید عدد ۱۲۱۷ را قرائت می‌کنیم. بنابراین در روی میز مستقر بر روی بتن مگر باید عدد ۳۷۳۱ = ۱۲۱۷ + ۲۵۱۴ را قرائت نماییم.

## ۶ــ۹ــ کنترل سطح صفحات بیس‌پلیت

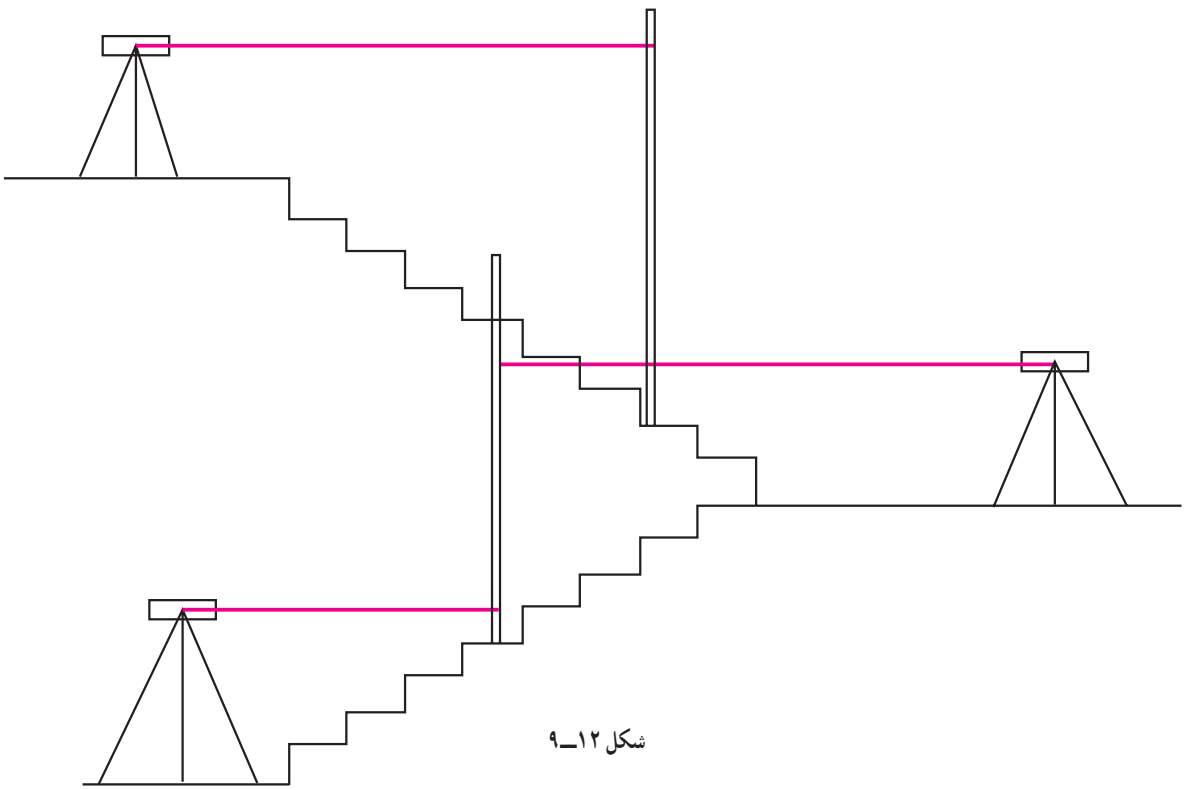
برای کنترل افقی بودن سطح صفحات بیس‌پلیت و کنترل هم سطح بودن بیس‌پلیت‌ها می‌توانیم از دستگاه ترازیاب و یک عدد شاخص استفاده کنیم.

برای کنترل افقی بودن سطح یک بیس‌پلیت کافی است دوربین ترازیاب را در محل مناسبی مستقر کنیم و سپس به شاخصی که در روی بیس‌پلیت قرار داده‌ایم قراول برویم. سطح بیس پلیت در صورتی افقی خواهد بود که وقتی شاخصی را در هرکدام از چهار گوشه‌ی بیس پلیت قرار می‌دهیم عدد معینی را قرائت کنیم. مثلاً اگر در یک گوشه‌ی بیس پلیت عدد ۳۲۱۸ را قرائت می‌کنیم در سه گوشه‌ی دیگر بیس‌پلیت نیز همین عدد را قرائت کنیم. البته، برای افقی کردن سطح بیس‌پلیت می‌توانیم از تراز بنایی نیز به‌راحتی استفاده نماییم. اما برای کنترل هم سطح بودن بیس‌پلیت‌ها استفاده از دوربین ترازیاب الزامی است. برای این کار با قرار دادن شاخص بر روی هر کدام از بیس‌پلیت‌ها باید عدد یکسانی را روی شاخص قرائت نماییم، مثلاً اگر روی یک بیس‌پلیت عدد ۱۸۴۹ را قرائت می‌کنیم باید روی همه‌ی بیس‌پلیت‌های دیگر نیز همین عدد را قرائت کنیم.

در صورتی که بخواهیم ارتفاع بیس‌پلیت‌ها را نیز کنترل کنیم ابتدا باید از روی پلانهای پروژه موردنظر ارتفاع بیس‌پلیت‌ها را پیدا کنیم سپس با قراردادن شاخصی در روی نقطه‌ی مبنا و اضافه کردن اختلاف ارتفاع سطح بیس‌پلیت با نقطه‌ی مبنا به روی قرائت شاخصی در نقطه‌ی مبنا، ارتفاع سطح بیس‌پلیت‌ها را با قرار دادن شاخصی بر روی آن‌ها کنترل می‌کنیم. مثلاً اگر اختلاف سطح بیس‌پلیت‌ها با نقطه یا سطح مبنا باید ۲- متر باشد، یعنی سطح بیس‌پلیت‌ها باید ۲ متر پایین‌تر از سطح مبنا باشد، با قرار دادن شاخصی بر روی نقطه‌ی مبنا و قرائت تار وسط مثلاً عدد ۱۱۲۵ را به‌دست می‌آوریم. با جمع کردن این عدد با عدد ۲ متر اختلاف ارتفاع عدد ۳۱۲۵ را به‌دست می‌آوریم. پس باید در روی همه‌ی بیس‌پلیت‌ها عدد ۳۱۲۵ را در روی شاخص بخوانیم.

## ۷ــ۹ــ خط تراز در ساختمان

هنگام ساخت نعل درگاه‌ها، نصب کف پنجره‌ها، قرنیزها و رسم خطوط پل‌ها در یک طبقه یا انتقال کد ارتفاعی به طبقات بالاتر ساختمان و کارهای نظیر این‌ها به خط تراز و یا کد ارتفاعی نیاز داریم، که با استفاده از یک دستگاه ترازیاب و یک عدد شاخصی می‌توانیم این کار را انجام دهیم. در شکل ۱۲ــ۹ یک نمونه از انتقال که ارتفاعی را بین طبقات از طریق ترازیابی تدریجی مشاهده می‌کنیم.



شکل ۱۲ــ۹

## به این پرسش‌ها پاسخ دهید

۱ــ استادیمتری را تعریف کرده وسایل لازم برای آن را نام ببرید.
۲ــ اصول استادیمتری را با رسم شکل توضیح دهید.
۳ــ روش استادیمتری را مرحله به مرحله شرح دهید.
۴ــ توپوگرافی را تعریف کرده، کاربردهای آن‌را بیان کنید.
۵ ــ روش شبکه‌بندی برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی را مرحله به مرحله شرح دهید.
۶ ــ عملیات خاکی را تعریف کرده، حجم عملیات خاکی را توضیح دهید.
۷ــ روش شبکه‌بندی برای محاسبه‌ی حجم عملیات خاکی را توضیح دهید.
۸ ــ کاربرد ترازیابی در عملیات گودبرداری و تسطیح را شرح دهید.
۹ــ کاربرد ترازیابی در کنترل سطح بتن مگر را شرح دهید.
۱۰ــ کاربرد ترازیابی در کنترل سطح صفحات بیس‌پلیت را شرح دهید.
۱۱ــ روش ایجاد و انتقال خط تراز در ساختمان را شرح دهید.

## کار عملی

۱ــ استادیمتری کنید.

اضلاع شبکه نقشه‌برداری هنرستان خود را به روش استادیمتری اندازه‌گیری نمایید. این عمل را به‌صورت رفت و برگشت انجام داده و میانگین آن‌ها را با طول اضلاع شبکه که از طریق مترکشی به‌دست آورده‌اید، مقایسه و گزارش نمایید.

۲ــ از یک منطقه‌ی محدود به روش شبکه‌بندی نقشه توپوگرافی تهیه کنید. در زمینی که دارای پستی و بلندی‌های قابل توجهی باشد (تپه ماهور بهتر است) در زمینی به وسعت تقریبی یک هکتار شبکه‌های ۱۰ متر یا ۵ متری ایجاد کرده سپس از ترازیابی نقاط شبکه و دادن یک ارتفاع دلخواه به خط مبنا ارتفاع نقاط شبکه را محاسبه نموده و با ترسیم خطوط منحنی میزان نقشه‌ی توپوگرافی منطقه موردنظر را تهیه نمایید.

## فهرست منابع


۱ــ نشریه‌ی علمی و فنی سازمان نقشه‌برداری کشور شماره‌ی ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۷.

۲ــ نشریه‌ی پیام یونسکو تیرماه ۱۳۷۰.

۳ــ نوبخت، شمس (۱۳۶۶) نقشه‌برداری (چاپ دوم) تهران چاپخانه‌ی ساحل.

۴ــ دانشور، هوشنگ کارتوگرافی، سازمان جغرافیایی کشور.

۵ــ اکبرلو، احمد و آبادی، میرکاظم ــ طرح‌های متنوع ساختمانی چاپخانه‌ی چهر تبریز.

۶ــ ذوالفقاری، محمود، نقشه‌برداری تهران، چاپ چاپخانه‌ی آرین.

۷ــ نوری، علی، ژئودزی (جلد اول)، چاپ و صحافی چاپ سایه.

۸ــ هندسه‌ی سال اول آموزش متوسطه عمومی ــ علوم تجربی و ریاضی.

۹ــ مثلثات سال سوم ریاضی فیزیک.

۱۰ــ نقشه‌برداری، سال چهارم هنرستان رشته‌ی ساختمان.

۱۱ــ مساحی، سال دوم رشته‌ی نقشه‌برداری.