

# فصل اول

## کاربردهای ترازیابی



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

- ۱- راهکار کلی مربوط به محاسبات یک جدول تراز یابی رفت و برگشت از نوع تدریجی را شرح دهد.
- ۲- محاسبات مربوط به یک جدول تراز یابی رفت و برگشت از نوع تدریجی را انجام دهد.
- ۳- بحث و بررسی مربوط به یک جدول تراز یابی رفت و برگشت از نوع تدریجی را شرح دهد.
- ۴- راهکار کلی مربوط به محاسبه و ترسیم پروفیل طولی به روش مستقیم را شرح دهد.
- ۵- محاسبات مربوط به پروفیل طولی به روش مستقیم را انجام دهد.
- ۶- بحث و بررسی مربوط به محاسبه و ترسیم پروفیل طولی به روش مستقیم را شرح دهد.
- ۷- راهکار کلی مربوط به ترسیم و محاسبه حجم عملیات خاکی یک شبکه ارتفاعی را شرح دهد.
- ۸- محاسبات مربوط به حجم عملیات خاکی یک شبکه ارتفاعی را انجام دهد.
- ۹- بحث و بررسی مربوط به ترسیم و محاسبه حجم عملیات خاکی یک شبکه ارتفاعی را شرح دهد.
- ۱۰- راهکار کلی مربوط به محاسبه و ترسیم منحنی تراز یک شبکه ارتفاعی به روش درونیابی را شرح دهد.
- ۱۱- محاسبات و ترسیم منحنی تراز یک شبکه ارتفاعی را انجام دهد.
- ۱۲- بحث و بررسی مربوط به محاسبه و ترسیم منحنی تراز یک شبکه ارتفاعی به روش درونیابی را شرح دهد.

## مطالب پیش نیاز

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

- ۱- آشنایی با فصل اول کتاب «نقشه برداری عمومی»
- ۲- آشنایی با فصل یازدهم، دوازدهم و سیزدهم کتاب «مساحی»

● ارتفاع یک نقطه عبارت است از فاصله قائم نقطه از سطح مبنای ارتفاعات (سطحی که ارتفاع نقاط مختلف را نسبت به آن می‌سنجند).

● توسط سازمان نقشه برداری تعدادی نقطه در سراسر کشور ایجاد شده و ارتفاع آن‌ها از ژئوئید به دست آمده است تا در موقع لزوم بتوان با استفاده از این نقاط ارتفاع سایر نقاط اطراف آن‌ها توسط عملیات ترازبایی هندسی تعیین نمود. به این نقاط که در نقشه برداری زمینی فرض می‌شود ارتفاع آن‌ها از قبل معلوم است، در اصطلاح نقاط پنج‌مارک می‌گویند.

● اغلب مواقع به علت شیب زیاد بین نقاط و یا فاصله زیاد و یا وجود موانع دید، باید ترازبایی را در چند دهانه انجام داد که این شیوه را ترازبایی تدریجی می‌نامند.

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست ترازبایی

$$e_L = h_{\square} - h$$

● مقدار مجاز خطای بست ترازبایی از رابطه زیر به دست می‌آید :

$$e_{\max} = \pm 12\sqrt{k}$$

● مقدار تصحیح از رابطه زیر به دست می‌آید :

$$C = \frac{-e_L}{n}$$

● اگر بر یک امتداد مستقیم مشخص روی زمین، صفحه قائم فرضی عبور داده شود (به عبارت دیگر در امتداد مورد نظر بُرشی فرضی به زمین داده شود) از برخورد این صفحه فرضی با سطح طبیعی زمین، خطوط شکسته‌ای حاصل می‌شود. چنانچه این خطوط شکسته را در مقیاس مشخصی ترسیم نماییم، نقشه حاصل را پروفیل (مقطع یا نیمرخ) می‌گویند.

● به طور کلی در نقشه برداری با دو نوع پروفیل سروکار داریم :

۱. پروفیل طولی (Longitudinal Profile)

۲. پروفیل عرضی (Cross Section)

● مراحل تهیه پروفیل طولی به روش مستقیم و طراحی خط پروژه عبارتند از : ۱- طراحی پلان

مسیر ۲- پیاده سازی مسیر ۳- ترازبایی مسیر ۴- محاسبات پروفیل طولی ۵- ترسیم پروفیل طولی ۶- طراحی خط پروژه ۷- پیاده سازی و کنترل.

● به طور کلی تسطیح را می‌توان در چند مرحله زیر خلاصه کرد :

- ۱- شبکه بندی ۲- ترازبایی و محاسبات ۳- ترسیم شبکه ۴- طراحی و محاسبات تسطیح
- ۵- اجرای طرح و کنترل آن.

● از جمله کارهایی که در مرحله طراحی تسطیح انجام می‌شود، می‌توان موارد زیر را نام برد :

- ۱- محاسبه بهترین شیب برای زمین در جهت‌های مختلف.
- ۲- محاسبه ارتفاع نقاط شبکه بعد از تسطیح و همچنین محاسبه عمق‌های خاکبرداری و خاکریزی.
- ۳- محاسبه حجم‌های خاکبرداری و خاکریزی برای بررسی اقتصادی طرح، عقد قرارداد و انتخاب ماشین‌آلات مناسب.
- ۴- تهیه نقشه اجرایی تسطیح.

● هرگاه تعدادی نقطه با ارتفاع یکسان در روی زمین را به هم وصل کنند، خطوط کم و بیش منحنی شکلی به دست می‌آید که آن خطوط را منحنی میزان می‌نامند.

● به نقشه‌هایی که علاوه بر شکل و موقعیت عوارض مسطحاتی زمین، وضع ارتفاعی آن‌را نیز معمولاً به صورت منحنی میزان‌ها و نقاط ارتفاعی نمایش می‌دهند، نقشه‌های توپوگرافی می‌گویند.

● در برداشت نقاط برای تهیه نقشه توپوگرافی قواعد زیر را رعایت می‌نمایند :

- ۱- برداشت نقاط در محل شکستگی‌های ارتفاعی مانند نوک قله و کف دره.
- ۲- برداشت نقاط در بالا، میانه و پایین شیب‌ها.
- ۳- برداشت نقاط و تعیین مسیر شکستگی‌ها (مانند ترانشه)، خط القعرها (مانند محور آبریز) و خط الرأس‌ها (تیغه رشته کوه).

۴- تراکم نقاط برداشتی حداقل دو سانتی متر در مقیاس نقشه.

۵- رعایت حد مجاز خطای ارتفاعی برای نقاط برداشت شده که براساس آن حداکثر خطای ارتفاعی نقاط برداشت شده نباید از نصف فاصله ارتفاعی منحنی میزان بیشتر شود.

● تهیه و ترسیم منحنی میزان در نقشه‌های توپوگرافی به سه روش قابل انجام است :

- ۱- روش مستقیم
- ۲- روش شبکه بندی
- ۳- روش برداشت نقاط نامنظم

● تهیه و ترسیم منحنی میزان به روش شبکه بندی دارای مراحل زیر می‌باشد :

- ۱- برداشت ارتفاعات ۲- درون‌یابی ۳- ترسیم منحنی میزان‌ها

## مثال ۱-۱ : کنترل تراز یابی

یک تراز یابی تدریجی درجه سه از نقطه BM۱ با ارتفاع معلوم  $۱۶۷^{\circ}۴۲'$  شروع شده و مجدد به همان نقطه بازگشته است. اگر طول مسیر تراز یابی  $۱۸۵^{\circ}$  متر باشد مطلوب است :

(الف) محاسبه خطای مجاز تراز یابی.

(ب) در صورت مجاز بودن خطا محاسبه مقدار تصحیح.

(ج) محاسبه ارتفاع تصحیح شده نقاط.

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)
BM۱	۲۶۹۷	
۱	۳۱۷۶	۱۵۷۴
۲	۲۹۴۵	۲۹۶۸
TP۱	۰۷۳۲	۳۷۴۲
۳	۱۸۴۰	۲۵۹۲
۴	۳۲۹۰	۱۷۵۷
TP۲	۲۰۶۳	۲۸۶۸
۵	۱۱۵۹	۱۳۷۷
BM۱		۱۰۴۰

### راهکار کلی :

ابتدا جدولی مطابق شکل زیر ترسیم نموده و قرائت روی شاخص ها را از روی جدول بالا وارد آن می کنیم :

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع ( $\Delta H$ )	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح ( $H_c$ ) شده

با استفاده از رابطه اختلاف ارتفاع بین نقاط در ترازایی تدریجی ستون مربوط به آن را کامل کرده و سپس ارتفاع نقاط را محاسبه و در ستون ارتفاع وارد می کنیم :

$$\Delta H = B.S - F.S$$

$$\Delta H + \text{نقطه قبل} = H \text{ نقطه بعد}$$

با کمی دقت مشاهده می کنید که ترازایی از یک بنچ مارک شروع شده و مجدد به همان بنچ مارک بسته شده است، در نتیجه قابل کنترل می باشد و می توان خطای بست ترازایی را محاسبه نمود. یعنی داریم :

ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست ترازایی

$$e_L = h_{\square} - h$$

بعد از محاسبه خطای بست ترازایی، با توجه به این که این ترازایی از نوع درجه ۳ می باشد، مقدار مجاز خطا را برای آن از رابطه زیر بدست می آوریم :

$$e_{\max} = \pm 12\sqrt{k}$$

و در صورتی که خطای بست ترازایی در محدوده مجاز آن قرار داشته باشد، آن را تصحیح می کنیم. مقدار تصحیح از رابطه زیر بدست می آید :

$$C = \frac{-e_L}{n}$$

مقدار تصحیح در نقطه اول صفر بوده و برای نقاط دیگر مطابق روابط زیر بدست می آید :

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = \left(\frac{-e_L}{n}\right) \times 1$$

$$C_3 = \left(\frac{-e_L}{n}\right) \times 2$$

....

$$C_i = \left(\frac{-e_L}{n}\right) \times (i - 1)$$

پس از محاسبه مقدار تصحیح برای همه نقاط، آن ها را در ستون مربوط به خود در جدول ترازایی وارد می کنیم. در پایان ارتفاع تصحیح شده نقاط را از رابطه ساده موجود ( $H_C = H + C$ ) بدست آورده و ستون آخر را کامل می کنیم.

روش حل :

$$H_{BM1} = 1670.4$$

$$\Delta H_{BM1-1} = 2697 - 1574 = 1123$$

$$H_1 = 1671.543$$

$$\Delta H_{1-2} = 3176 - 2968 = 0208$$

$$H_2 = 1671.751$$

$$\Delta H_{2-TP1} = 2945 - 3742 = -0797$$

$$H_{TP1} = 1670.954$$

$$\Delta H_{TP1-3} = 0732 - 2592 = -1860$$

$$H_3 = 1669.094$$

$$\Delta H_{3-4} = 1840 - 1757 = 0083 \quad \rightarrow$$

$$H_4 = 1669.177$$

$$\Delta H_{4-TP2} = 2390 - 2868 = 0422$$

$$H_{TP2} = 1669.599$$

$$\Delta H_{TP2-5} = 2063 - 1377 = 0686$$

$$H_5 = 1670.285$$

$$\Delta H_{5-BM1} = 1159 - 0040 = 0$$

$$H_{BM1} = 1670.404$$

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح (H <sub>C</sub> ) شده
BM1	۲۶۹۷			۱۶۷۰/۴۲۰		
۱	۳۱۷۶	۱۵۷۴	۱۱۲۳	۱۶۷۱/۵۴۳		
۲	۲۹۴۵	۲۹۶۸	۰۲۰۸	۱۶۷۱/۷۵۱		
TP1	۰۷۳۲	۳۷۴۲	۰۷۹۷-	۱۶۷۰/۹۵۴		
۳	۱۸۴۰	۲۵۹۲	۱۸۶۰-	۱۶۶۹/۰۹۴		
۴	۳۲۹۰	۱۷۵۷	۰۰۸۳	۱۶۶۹/۱۷۷		
TP2	۲۰۶۳	۲۸۶۸	۰۴۲۲	۱۶۶۹/۵۹۹		
۵	۱۱۵۹	۱۳۷۷	۰۶۸۶	۱۶۷۰/۲۸۵		
BM1		۱۰۴۰	۰۱۱۹	۱۶۷۰/۴۰۴		

$$e_L = 1670.404 - 1670.420 = -16\text{mm}$$

$$e_{\max} = \pm 12\sqrt{1.850} = 16.32$$

$$e_L \leq e_{\max}$$

$$C = \frac{-(-16)}{8} = 2\text{mm}$$

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع (ΔH)	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح (H <sub>c</sub> ) شده
BM۱	۲۶۹۷			۱۶۷۰/۴۲۰	۰	۱۶۷۰/۴۲۰
۱	۳۱۷۶	۱۵۷۴	۱۱۲۳	۱۶۷۱/۵۴۳	۲mm	۱۶۷۱/۵۴۵
۲	۲۹۴۵	۲۹۶۸	۰۲۰۸	۱۶۷۱/۷۵۱	۴mm	۱۶۷۱/۷۵۵
TP۱	۰۷۳۲	۳۷۴۲	۰۷۹۷-	۱۶۷۰/۹۵۴	۶mm	۱۶۷۰/۹۶۰
۳	۱۸۴۰	۲۵۹۲	۱۸۶۰-	۱۶۶۹/۰۹۴	۸mm	۱۶۶۹/۱۰۲
۴	۳۲۹۰	۱۷۵۷	۰۰۸۳	۱۶۶۹/۱۷۷	۱۰mm	۱۶۶۹/۱۸۷
TP۲	۲۰۶۳	۲۸۶۸	۰۴۲۲	۱۶۶۹/۵۹۹	۱۲mm	۱۶۶۹/۶۱۱
۵	۱۱۵۹	۱۳۷۷	۰۶۸۶	۱۶۷۰/۲۸۵	۱۴mm	۱۶۷۰/۲۹۹
BM۱		۱۰۴۰	۰۱۱۹	۱۶۷۰/۴۰۴	۱۶mm	۱۶۷۰/۴۲۰

✓ **بحث و بررسی :**

زمانی که ترازایی از یک نقطه شروع و به نقطه دیگری ختم می شود، رابطه زیر اختلاف ارتفاع دو نقطه را مشخص می کند :

$$\sum B.S - \sum F.S$$

ولی زمانی که نقطه اول و آخر ترازایی مانند این مثال یکی باشد رابطه بالا مقدار خطای ترازایی را نشان می دهد. بنابراین مقدار  $e_L$  را از این رابطه نیز می توان محاسبه کرد :

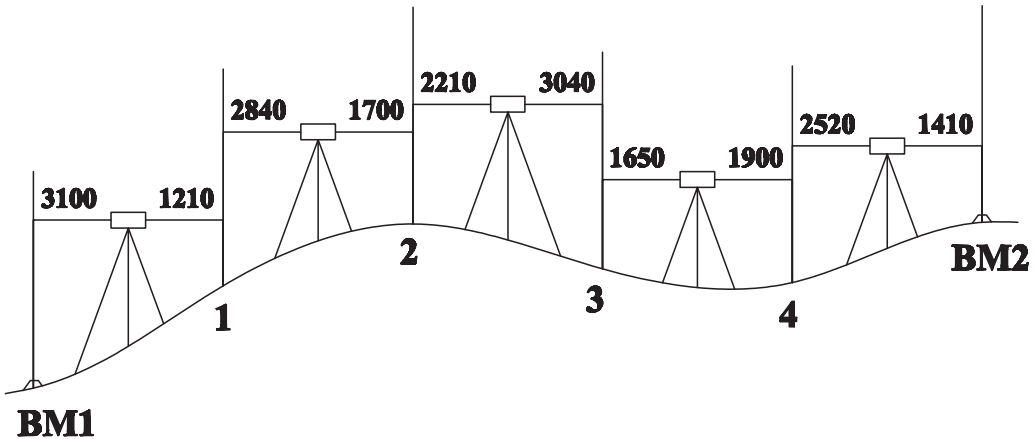
$$e_L = \sum B.S - \sum F.S$$

قابل توجه است که در روش ترازایی شعاعی مطلوب ترین روش برای تصحیح خطا، توزیع خطای ترازایی بر روی قرائت های عقب است و در این روش نیازی به تشکیل ستون ارتفاع تصحیح شده نمی باشد.



## تمرین های کلاسی مثال ۱-۱

۱- شکل زیر مربوط به عملیات ترازیبی از BM۱ به ارتفاع ۱۰۰ متر تا BM۲ به ارتفاع ۱۰۳/۵۰ متر می باشد. اگر طول مسیر ترازیبی ۲۵ متر و خطای کیلومتری ۲۵ میلی متر باشد، جدول ترازیبی را تنظیم و ارتفاع سرشکن شده (تصحیح شده) نقاط را محاسبه کنید.



۲- جدول زیر مشاهدات یک ترازیبی بسته درجه سه به طول یک کیلومتر می باشد. مطلوب

است :

الف) تعیین اختلاف ارتفاع نقاط. ب) محاسبه خطای بست ترازیبی.

ج) در صورت مجاز بودن، تصحیح ارتفاع نقاط.

شماره نقاط	قرائت عقب (B.S)	قرائت جلو (F.S)	اختلاف ارتفاع ( $\Delta H$ )	ارتفاع (H)	تصحیح (C)	ارتفاع تصحیح شده ( $H_c$ )
A	۱۴۱۰			۱۰۰۰۰۰		
۱	۱۶۲۰	۱۵۳۰				
۲	۱۲۹۰	۱۵۷۰				
۳	۱۷۲۰	۱۱۸۰				
۴	۱۶۳۰	۱۷۴۰				
A		۱۶۶۰				

۳- از نقطه BM۱ به ارتفاع ۱۵۰/۳۲۰ متر ترازیبی را شروع کرده و تا نقطه BM۲ به ارتفاع ۱۵۴/۸۹۴ متر ادامه داده ایم. در صورتی که فاصله ترازیبی ۷۰۰ متر و خطای کیلومتری ترازیبی ۲۵ mm در نظر گرفته شود مطلوب است :

الف) محاسبه خطای بست ترازیبی.

ب) محاسبه خطای ماکزیمم.

ج) محاسبه ارتفاع سرشکن شده نقاط در صورت قابل قبول بودن خطای عملیات.

ارتفاع تصحیح شده ( $H_c$ )	تصحیح (C)	ارتفاع (H)	اختلاف ارتفاع ( $\Delta H$ )	قرائت جلو (F.S)	قرائت عقب (B.S)	شماره نقاط
					۱۴۲۰	BM۱
				۱۷۰۸	۲۰۹۰	۱
				۰۹۵۰	۲۱۵۰	۲
				۱۱۲۰	۱۸۴۰	۳
				۱۰۰۰	۳۱۵۰	۴
				۲۱۰۰	۱۷۱۰	۵
				۰۹۲۰		BM۲

۴- جدول صفحه بعد مربوط به عملیات ترازیبی بسته به طول ۷۰۰ متر و با خطای کیلومتری ۲۵mm می باشد با توجه به این که ارتفاع تصحیح نشده نقاط محاسبه شده است مطلوب است :

الف) محاسبه خطای بست ترازیبی و کنترل آن با خطای مجاز ترازیبی

ب) در صورت قابل قبول بودن خطای بست ترازیبی ارتفاع تصحیح شده نقاط را محاسبه کنید.

نقاط	قرائت عقب (m)	قرائت جلو (m)	ارتفاع دستگاه (m)	ارتفاع تصحیح نشده (m)	مقدار تصحیح (m)	ارتفاع تصحیح شده (m)
BM	۱/۷۵۶	—	۵۱/۷۵۶	۵۰/۰۰۰	؟	؟
۱	۱/۵۹۵	۲/۹۵۱	۵۰/۴۰۰	۴۸/۸۰۵	؟	؟
۲	۲/۳۵۲	۱/۸۳۳	۵۰/۹۱۹	۴۸/۵۶۷	؟	؟
۳	۱/۴۳۴	۱/۲۵۱	۵۱/۱۰۲	۴۹/۶۶۸	؟	؟
۴	۱/۵۵۲	۰/۹۸۳	۵۱/۶۷۱	۵۰/۱۱۹	؟	؟
۵	۱/۸۹۱	۲/۴۴۲	۵۱/۱۲۰	۴۹/۲۲۹	؟	؟
BM	—	۱/۱۰۲	—	۵۰/۰۱۸	؟	؟

## مثال ۱-۲: پروفیل طولی و طراحی خط پروژه

با توجه به جدول زیر مطلوب است :

الف) ترسیم پروفیل طولی مسیر بین نقاط A و B.

ب) تنظیم جدول مشخصات پروفیل طولی شامل : (نقاط مسیر، فاصله بین نقاط، فاصله نقاط از مبدأ، ارتفاع نقاط). (مقیاس طولی را ۱:۱۰۰۰ انتخاب نمایید).

ج) خط پروژه را ترسیم کرده و نقاط خاک برداری و خاک ریزی را مشخص کنید.

نقاط میخ کوبی شده	ارتفاع نقاط (H) به واحد متر	فاصله بین نقاط (L) به واحد متر	کیلومتر از Km
A	۱۰۳	۳۰	۰+۰۰۰
۱	۱۰۲	۲۰	۰+۰۳۰
۲	۱۰۰/۵	۲۰	۰+۰۵۰
۳	۱۰۱	۲۵	۰+۰۷۰
۴	۱۰۳	۱۵	۰+۰۹۵
۵	۱۰۲/۵	۲۰	۰+۱۱۰
۶	۱۰۱	۱۵	۰+۱۳۰
۷	۱۰۳	۲۵	۰+۱۴۵
B	۹۹/۶		۰+۱۷۰

### راهکار کلی :

با توجه به این که مقیاس طولی ۱:۱۰۰۰ است پس باید مقیاس ارتفاعی را ۱:۱۰۰ در نظر بگیرید.

و چون کمترین ارتفاع در جدول ۹۹/۶۰ متر می باشد باید مبدأ ارتفاع را عدد صحیحی کمتر از آن در نظر گرفت. مثلاً ارتفاع ۹۹ متر را می توان به عنوان مبدأ ارتفاعی در نظر بگیرید.

لازم است محورهای ارتفاعی برای حداقل اختلاف ارتفاع ۱ متر در مقیاس ۱:۱۰۰ در نظر گرفته شود. هم چنین محور طولی را برای حداقل فاصله ۱۷۰ متر از مبدأ در مقیاس ۱:۱۰۰۰ ترسیم کنید.

سپس فاصله ها را در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و ارتفاع نقاط را با توجه به مبدأ ارتفاعی که ۹۹ متر است در مقیاس ۱:۱۰۰ روی محورها جدا کنید.

برای این کار می‌توانید از اشل (خط کش مقیاس) استفاده نمایید. اکنون محل هر نقطه را روی صفحه کاغذ مشخص کرده و آن‌ها را با خطوط مستقیم به هم وصل کنید. در واقع شما عمل نقطه‌یابی را با داشتن  $x$  و  $y$  نقاط انجام می‌دهید.

**نحوه استفاده از خط‌کش مقیاس:** فواصل روی محورهای فاصله و ارتفاع در پروفیل طولی باید در مقیاس صحیح ترسیم شوند. برای این کار می‌توانید از خط‌کش مقیاس (اشل) استفاده کنید. اشل به‌صورتی درجه‌بندی شده است که اعداد روی آن فاصله واقعی را روی زمین نشان می‌دهند. بنابراین برای ترسیم با اشل، ابتدا مقیاس مورد نظر را روی اشل پیدا کرده سپس با توجه به درجه‌بندی اعداد روی آن عدد مورد نظر را پیدا می‌کنیم.

### روش حل

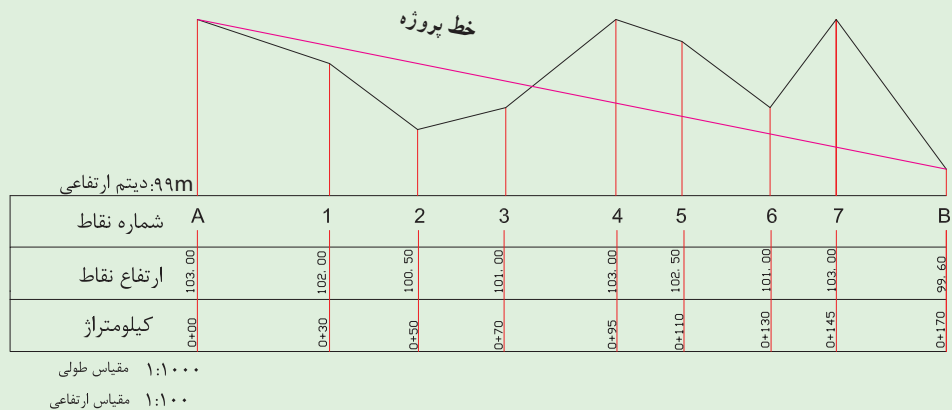
برای نشان دادن وضعیت ارتفاعی نقاط برداشتی از نواری با جنس کالک یا کاغذ میلی‌متری استفاده می‌شود. همان‌طور که گفته شد روی این نوار دو محور متعامد  $OY$  و  $OX$  رسم می‌شود. محور  $OX$  در راستای طول نوار و برای فواصل طولی و محور  $OY$  برای فواصل ارتفاعی در نظر گرفته می‌شود. نقطه‌ای در نزدیکی حاشیه چپ پایین به عنوان مبدأ مختصات انتخاب می‌گردد.  $X$  هر نقطه عبارت از فاصله آن نقطه تا مبدأ مسیر و  $Y$  آن نقطه اختلاف ارتفاع آن نقطه نسبت به یک مبدأ ارتفاعی فرضی است (این مبدأ معمولاً کمترین ارتفاع مسیر است که با رقم صحیحی از متر یا مضرری از متر گرد شده است).

چون اختلاف ارتفاعات نسبت به فواصل طولی بسیار کم است، برای بهتر نشان دادن وضعیت ارتفاعی نقاط مختلف مسیر معمولاً مقیاس ارتفاعی را ده مرتبه بزرگتر از مقیاس طولی تعیین می‌کنند. مثلاً اگر مقیاس محور طولی  $1:1000$  باشد، مقیاس محور ارتفاعی را  $1:100$  در نظر می‌گیرند. هر نقطه در روی زمین را با استفاده از مختصات دوگانه‌اش روی این دو محور مختصات پیدا کرده و سپس نقاط به‌دست آمده را به ترتیب به یکدیگر متصل می‌کنیم تا پروفیل طولی مسیر ترسیم شود. پس از ترسیم پروفیل طولی با تعیین ارتفاع خط پروژه در ابتدا و انتهای مسیر این دو نقطه را به یکدیگر متصل کرده تا خط پروژه حاصل شود.

معمولاً پروفیل طولی با رنگ مشکی و خط پروژه با رنگ قرمز ترسیم می‌گردد. با ترسیم خط پروژه مشخص می‌شود در نقاط  $A$  و  $1$  و  $2$  و  $3$  عملیات خاک‌ریزی و در سایر نقاط عملیات خاک‌برداری انجام می‌شود.

برای استفاده بهتر و بیشتر از پروفیل‌های طولی، اولاً کروکی نمای افقی (پلان) مسیر را در گوشه‌ای از کاغذ ترسیم می‌کنند و ثانیاً در زیر نمودار جدولی ترسیم کرده و خصوصیات نقاط برداشتی را در زیر هر نقطه یادداشت می‌کنند. برخی از این خصوصیات عبارتند از:

- ۱- شماره نقطه یا میخ ۲- فاصله بین نقاط ۳- ارتفاع نقاط و کیلومتراژ ۴- شیب پروژه ۵- ارتفاع پروژه ۶- عمق خاک و غیره



**✓ بحث و بررسی:** با ترسیم خط پروژه، نقاطی که ارتفاع آن‌ها بیشتر از ارتفاع خط پروژه است و در بالای آن قرار می‌گیرند با علامت مثبت نشان داده شده و به عبارتی در این نقاط باید خاک برداری انجام شود. ولی نقاطی که ارتفاع آن‌ها کمتر از ارتفاع خط پروژه است و در زیر آن قرار می‌گیرند با علامت منفی نشان داده شده و به عبارتی در این نقاط باید خاک‌ریزی انجام شود.

## تمرین‌های کلاسی مثال ۱-۲

- ۱- با توجه به اطلاعاتی که در جدول زیر مشاهده می‌کنید مطلوب است :
- الف) ترسیم پروفیل طولی با مقیاس ۱/۱۰۰۰.
- ب) رسم جدول مشخصات (شماره نقطه، ارتفاع نقطه و کیلومتر).

کیلومتر Km	ارتفاع نقاط (H) به واحد متر	نقاط میخ‌کوبی شده
۰+۰۰۰	۱۰۰/۰	A
۰+۰۲۵	۱۰۱/۴	۱
۰+۰۴۵	۱۰۳/۱	۲
۰+۰۵۵	۱۰۲/۷	۳
۰+۰۷۰	۱۰۱/۲	۴
۰+۰۹۰	۱۰۲/۹	۵
۰+۱۱۰	۱۰۳/۴	B

- ۲- در یک ترازایی بین نقاط BM۱ و BM۲ برای تهیه پروفیل طولی نتایج مطابق جدول صفحه بعد به دست آمده است. مطلوب است :
- الف) ترسیم پروفیل طولی مسیر BM۲ - BM۱ با مقیاس طولی ۱: ۱۰۰۰.
- ب) تنظیم جدول مشخصات پروفیل شامل : (نقاط مسیر، فاصله بین نقاط، فاصله نقاط از مبدأ، ارتفاع نقاط).

نقاط میخ‌کوبی شده	ارتفاع نقاط (H) به واحد متر	فاصله بین نقاط (L) به واحد متر	کیلومتر اژ Km
BM۱	۹۸	۳۰	۰+۰۰۰
۱	۹۹/۵۰	۲۰	۰+۰۳۰
۲	۹۷	۳۰	۰+۰۵۰
۳	۹۸	۲۵	۰+۰۸۰
۴	۱۰۰/۵۰	۳۰	۰+۱۰۵
۵	۱۰۱/۵۰	۱۵	۰+۱۳۵
BM۲	۱۰۰		۰+۱۵۰

۳- با توجه به جدول زیر پروفیل طولی مسیر بین A و B را ترسیم نمایید. (مقیاس ارتفاعی برابر ۱:۱۰۰ می‌باشد.)

نقاط میخ‌کوبی شده	ارتفاع نقاط (H) به واحد متر	فاصله بین نقاط (L) به واحد متر	کیلومتر اژ Km
A	۱۰۰/۰۰	۲۴	۰+۰۰۰
۱	۱۰۰/۹۰	۲۰	۰+۰۲۴
۲	۱۰۲/۷۰	۵۰	۰+۰۴۴
۳	۱۰۰/۷۰	۱۰	۰+۰۹۴
۴	۹۹/۳۰	۱۴	۰+۱۰۴
۵	۱۰۰/۴۰	۲۰	۰+۱۱۸
B	۱۰۱/۰۰		۰+۱۳۸



### مثال ۱-۳: تسطیح اراضی

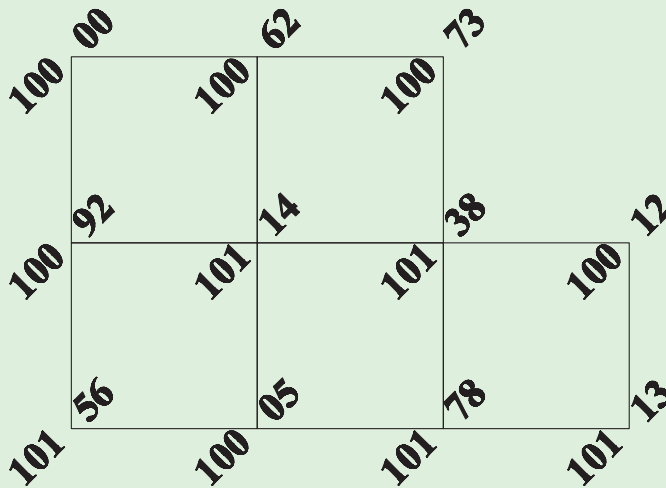
شبکه ارتفاعی قطعه زمینی با ابعاد هر شبکه  $(20 \times 20)$  متر مطابق شکل زیر برداشت شده است.

مطلوب است:

الف) رسم شبکه با مقیاس  $1:1000$ ؛

ب) جهت مسطح نمودن این قطعه زمین در ارتفاع ۹۵ متر نیاز به چند متر مکعب خاک برداری

می باشد؟



#### راهکار کلی قسمت الف:

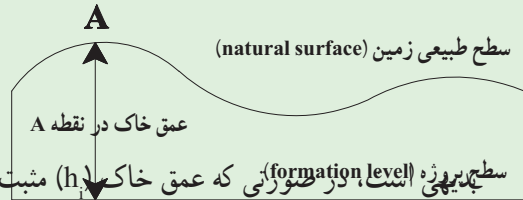
برای ترسیم شبکه با مقیاس خواسته شده ابتدا طول و عرض کل زمین را در نظر گرفته و سپس با توجه به مقیاس، کاغذ مورد نظر را انتخاب کنید. کافی است طول ضلع شبکه را به مقیاس برده و به کمک خط کش یا اشل و با استفاده از گونیا (برای عمود رسم کردن)، شبکه را بر روی کاغذ ترسیم کنید. بعد از آن ارتفاع های محاسبه شده از تراز یابی را با توجه به کروکی در هر رأس یادداشت نمایید. نحوه نوشتن ارتفاعات روی شبکه به این صورت است که نقطه ارتفاعی را طوری در گوشه هر شبکه یادداشت می کنید که به جای ممیز عدد، رأس گوشه شبکه قرار گیرد. ضمناً اعداد ارتفاعی با زاویه ۴۵ درجه در گوشه ها یادداشت می شوند.

#### راهکار کلی قسمت ب:

در صورتی که ارتفاع سطح پروژه  $H_p$  فرض شود، از تفاضل ارتفاع هر نقطه شبکه نسبت به ارتفاع پروژه، عمق خاک در آن نقطه مشخص می‌شود :

عمق خاک = ارتفاع زمین - ارتفاع پروژه

$$h_i = H_i - H_p$$



باشد، نشانه خاک‌ریزی در آن نقطه است. پس از تعیین عمق خاک در گوشه مربع‌های شبکه، حجم عملیات خاکی برای هر مربع با محاسبه مساحت آن مربع ضرب در میانگین عمق خاک در چهار گوشه مربع به دست می‌آید.

$$V_{abcd} = \frac{A}{4} \times (h_a + h_b + h_c + h_d)$$

روابط بالا برای یکی از مربع‌های شبکه در نظر گرفته می‌شود. اما زمانی که تعداد شبکه‌ها افزایش می‌یابد، برای ساده کردن و جلوگیری از تکرار محاسبات می‌توان حجم قسمت‌های مربع شکل را از رابطه زیر بدست آورد :

$$V_{abcd} = \frac{A}{4} \times (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4)$$

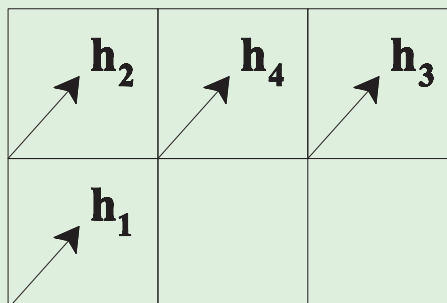
$\Sigma h_1$  = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک مربع مشترکند.

$\Sigma h_2$  = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو مربع مشترکند.

$\Sigma h_3$  = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه مربع مشترکند.

$\Sigma h_4$  = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار مربع مشترکند.

روش حل قسمت الف :



برای ترسیم شبکه با توجه به مقیاس داده شده که برابر  $1:1000$  است باید طول‌ها را جداگانه به مقیاس برده و بر روی کاغذ ترسیم کنیم. در این جا هر یک متر روی زمین برابر یک سانتی متر روی نقشه می‌باشد. بنابراین با کمک خط‌کش و گونیا یک مستطیل  $4 \times 6$  سانتی متری ترسیم کرده و هر کدام از اضلاع را به طول‌های ۲ سانتی متری تقسیم می‌کنیم. به این ترتیب ۶ مربع  $2 \times 2$  سانتی متری ترسیم می‌شود. سپس مربع بالا سمت راست را پاک کرده تا شبکه مورد نظر حاصل شود. باید توجه داشت برای نوشتن اعداد ارتفاع روی شبکه پس از محاسبه هر یک از اعداد ارتفاع از روی جدول با توجه به کروکی که سر زمین تهیه کرده‌ایم آن‌ها را در جای خود به نحوی که گفته شد یادداشت می‌کنیم:

### روش حل قسمت ب:

$$H_1 = 100.00 - 95 = +5$$

$$H_2 = 100.62 - 95 = +5.62$$

$$H_3 = 100.73 - 95 = +5.73$$

$$H_4 = 100.12 - 95 = +5.12$$

$$H_5 = 101.38 - 95 = +6.38$$

$$H_6 = 101.14 - 95 = +6.14$$

$$H_7 = 100.92 - 95 = +5.92$$

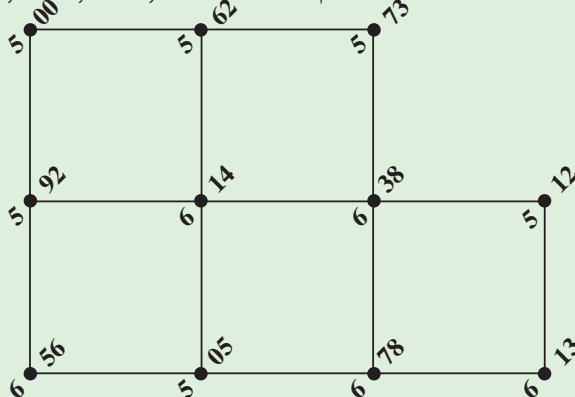
$$H_8 = 101.56 - 95 = +6.56$$

$$H_9 = 100.50 - 95 = +5.50$$

$$H_{10} = 101.78 - 95 = +6.78$$

$$H_{11} = 101.13 - 95 = +6.13$$

$$h_1 = 5, 5.73, 5.12, 6.13, 6.56 \rightarrow \Sigma h_1 = 28.54$$



$$h_r = 5.62, 6.78, 5.50, 5.92 \rightarrow \Sigma h_r = 23.82$$

$$h_r = 6.38 \rightarrow \Sigma h_r = 6.38$$

$$h_r = 6.14 \rightarrow \Sigma h_r = 6.14$$

$$A = a \times a \rightarrow A = 20m \times 20m = 400m^2$$

$$V = \frac{A}{4} \times (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4)$$

$$V = \frac{400}{4} \times (28.54 + 23.82 + 6.38 + 6.14) \rightarrow V = 6488m^3$$

**بحث و بررسی:** 

گاهی ممکن است زمین مورد نظر کاملاً مربع شکل یا مستطیل شکل نباشند و پس از شبکه بندی مقداری از گوشه های آن باقی بماند. این قسمت ها را می توان به اشکال مختلف هندسی مانند مثلث یا دوزنقه تقسیم کرده و حجم هر یک را جداگانه محاسبه و با حاصل حجم کل مربع ها جمع کنیم. به این ترتیب حجم عملیات خاکی برای کل زمین محاسبه می شود. برای این منظور می توان از رابطه تعمیم یافته زیر استفاده کرد:

$$V_{abcd} = A \times \frac{1}{4} (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4) + \Sigma R$$

$\Sigma h_1$  = مجموع عمق خاک گوشه هایی که در یک مربع مشترکند.

$\Sigma h_2$  = مجموع عمق خاک گوشه هایی که در دو مربع مشترکند.

$\Sigma h_3$  = مجموع عمق خاک گوشه هایی که در سه مربع مشترکند.

$\Sigma h_4$  = مجموع عمق خاک گوشه هایی که در چهار مربع مشترکند.

$\Sigma R$  = مجموع حجم های اشکال مثلثی و دوزنقه ای شکل.

$$V_{\text{مثلث}} = A \times \frac{(h_1 + h_2 + h_3)}{3}$$

$$V_{\text{دوزنقه}} = A \times \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}$$

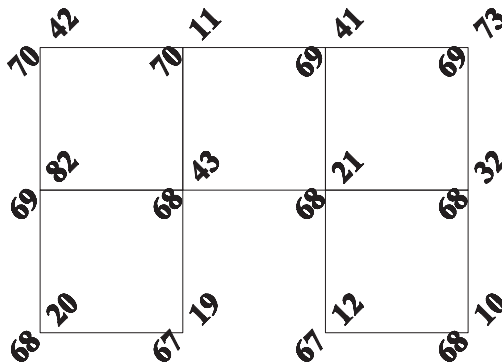
در این حالت باید ابتدا مساحت (A) هر مثلث و یا دوزنقه را از روی اضلاع زمینی دقیقاً محاسبه نموده و در روابط بالا قرار داد.

## تمرین‌های کلاسی مثال ۱-۳

۱- بر روی شبکه ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه  $(15 \times 15)$  متر مطلوب است :

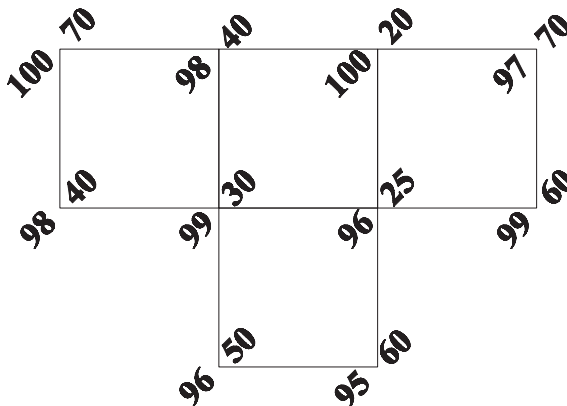
الف) رسم شبکه با مقیاس  $1/500$

ب) محاسبه حجم عملیات خاکی (خاک برداری) با توجه به این که سطح پروژه ۶۵ متر می باشد.

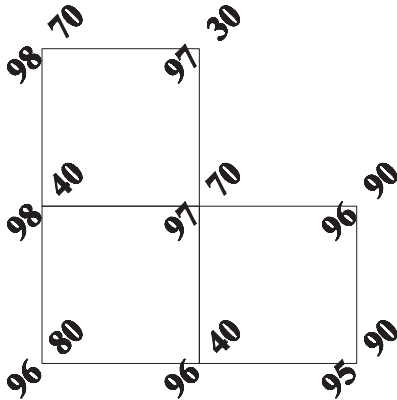


۲- شبکه ارتفاعی قطعه زمینی با ابعاد هر شبکه  $(15 \times 15)$  متر مطابق شکل زیر برداشت گردیده

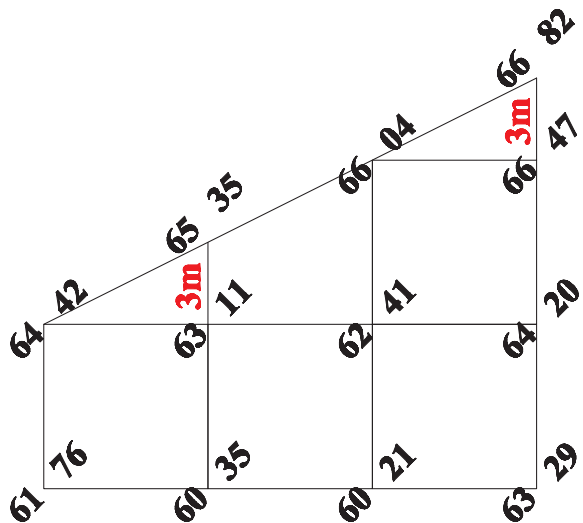
است. جهت مسطح نمودن این قطعه زمین در ارتفاع ۹۳ متر نیاز به چند متر مکعب خاک برداری می باشد؟



است حجم عملیات خاکی مربوط به سطح پروژه ۱۰۰ متر. (ابعاد شبکه بیست متری است)



No	X	Y	Z
၁			
၂			
၃			
၄			
၅			
၆			
၇			
၈			
၉			
၁၀			
၁၁			
၁၂			

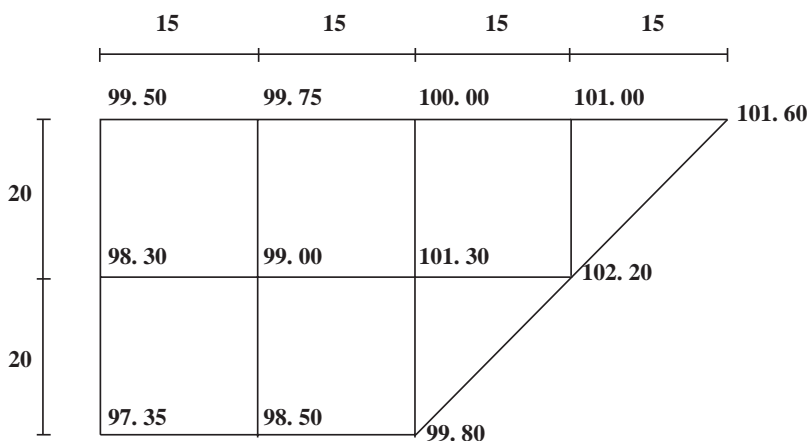


۵- در پلان شبکه ارتفاعی زیر با توجه به اندازه‌های داده شده در شبکه‌بندی مطلوب است :

الف) رسم شبکه‌بندی با مقیاس  $\frac{1}{500}$

ب) ترسیم منحنی تراز  $100^\circ$  متر به روش واسطه‌یابی.

(ارتفاع نقاط و ابعاد شبکه روی پلان رقوم‌دار بر حسب متر است.)



۶- دستگاه تراز یاب جهت محاسبه حجم عملیات خاکی بر روی B.M به ارتفاع  $20^\circ$  متر مطابق

کروکی زیر مستقر شده و اطلاعات جدول تراز یابی زیر برداشت شده است. در صورتی که ارتفاع

دوربین از سطح زمین  $150^\circ$  میلی متر باشد مطلوب است :

الف) محاسبه ارتفاع رؤس شبکه.

ب) محاسبه حجم عملیات خاکی مربوط به سطح پروژه  $19^\circ$  متر.

نقاط	B.S (mm)	M.S (mm)	F.S (mm)	HI (mm)	H (mm)	کروکی
B.M	۱۵۰۰					<p>. B. M</p>
A۱		۰۸۰۰				
B۱		۰۵۸۰				
C۱		۰۰۱۰				
C۲		۲۱۰۰				
B۲		۱۷۰۰				
A۲		۱۲۰۰				
A۳		۱۵۰۰				
B۳			۲۳۰۰			

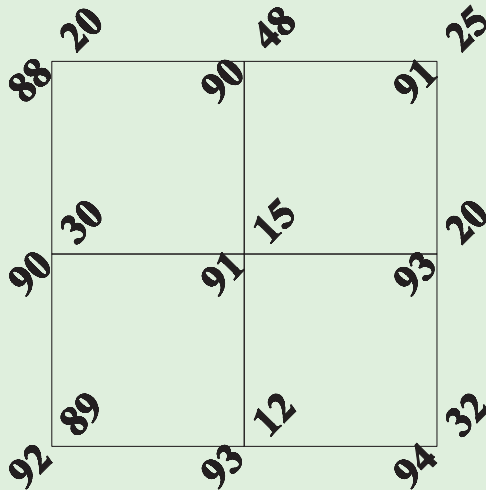


### مثال ۱-۴: منحنی میزان

در شبکه ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه  $(20 \times 20)$  متر مطلوب است :

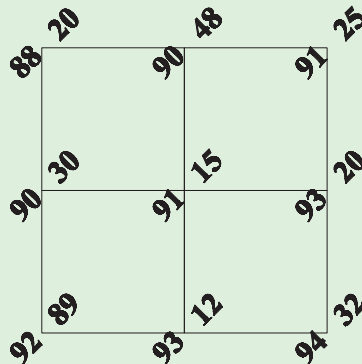
الف) رسم شبکه با مقیاس  $1/1000$ .

ب) رسم منحنی تراز  $89$  متری از طریق انترپوله (واسطه یابی).



#### راهکار کلی قسمت الف :

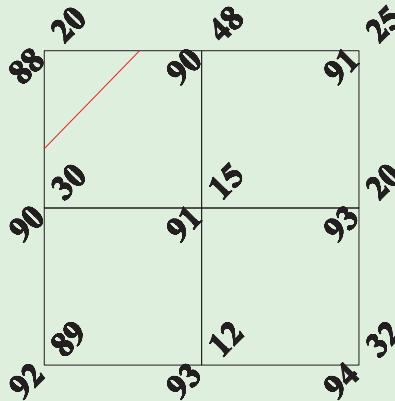
برای رسم هر شبکه، ابتدا طول آن را به مقیاس خواسته شده می برید. در این مسئله هر ضلع برابر  $20$  متر روی زمین است. با توجه به مقیاس  $1:1000$ ، روی نقشه این طول برابر  $20$  میلی متر یا  $2$  سانتی متر می شود. سپس با استفاده از خط کش یا اشل و به کمک گونیا مربع های  $2$  در  $2$  سانتی متری را رسم کرده و ارتفاعات را با توجه به کروکی روی آن یادداشت کنید.



ترسیم مربع های  
۲ در ۲ سانتی متری

### راهکار کلی قسمت ب :

ابتدا روی هر یک از ضلع‌های مربع‌ها، به صورت تقریبی ارتفاع خواسته شده را مشخص می‌کنیم تا مشخص شود عملیات واسطه‌یابی باید بر روی کدام یک از اضلاع انجام بگیرد. این کار باعث می‌شود محاسبات اضافی انجام نگیرد و از اتلاف وقت جلوگیری شود.



حال با معلوم شدن اضلاعی که نقاط مورد نظر در آن موجود است، برای محاسبه‌ی جای دقیق نقطه، به روش انتریوله یا واسطه‌یابی عمل می‌کنیم. به این صورت که فاصله‌ی بین اضلاع روی زمین معلوم است. ارتفاع رئوس شبکه نیز به وسیله‌ی عملیات ترازایی محاسبه شده و مطابق کروکی در جای خود نوشته شده است. حال با داشتن اختلاف ارتفاع دو رأس شبکه و اختلاف ارتفاع نقطه مورد نظر تا یکی از رأس‌ها (معمولاً ارتفاع کمتر) و هم چنین طول ضلع شبکه با یک تناسب ساده، فاصله مجهول مورد نظر محاسبه می‌شود.

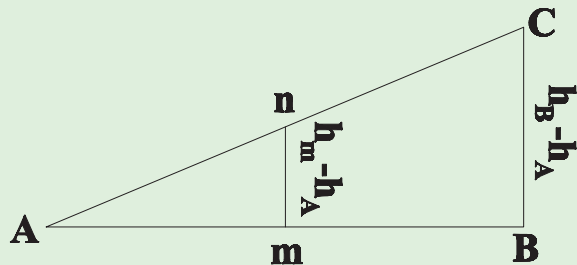
سپس طول محاسبه شده را به مقیاس خواسته شده تبدیل کرده و با کمک اشل و خط کش روی کاغذی که از قبل روی آن شبکه را ترسیم کرده‌اید با توجه به کروکی رسم کنید.

$$\frac{mn}{BC} = \frac{mA}{AB}, mA = d$$

$$mn = h_m - h_A, BC = h_B - h_A$$

$$\frac{h_m - h_A}{h_B - h_A} = \frac{mA}{AB}$$

$$\rightarrow mA = \frac{(h_m - h_A) \times AB}{h_B - h_A}$$



$$\text{اختلاف ارتفاع منحنی با نقطهٔ پایین تر} \times \frac{\text{فاصله دو نقطه}}{\text{فاصله منحنی از نقطهٔ ارتفاع پایین تر}} = \text{اختلاف ارتفاع دو نقطه}$$

### روش حل و ترسیم:

منحنی‌هایی که با انجام عملیات فوق (واسطه‌یابی) و با اتصال نقاط هم ارتفاع به دست می‌آیند، شبیه خطوط شکسته می‌باشند و باید آن‌ها را به اصطلاح نرم نموده و به منحنی تبدیل کرد. در جایی که دو خط شکسته به هم وصل می‌شوند، به وسیلهٔ مداد و پیستوله و با ایجاد خمیدگی‌های ملایم، خط شکسته را به صورت منحنی پیوسته درمی‌آورند.

برای سهولت قرائت منحنی‌های تراز، از هر پنج یا ده منحنی تراز یکی را ضخیم ترسیم می‌کنند که به نام منحنی تراز اصلی خوانده می‌شود. میان منحنی تراز اصلی، منحنی‌های تراز فرعی با ضخامت کمتر رسم می‌شوند. رقم ارتفاعات معمولاً روی منحنی‌های تراز اصلی نوشته می‌شود.

برای نوشتن صحیح رقم ارتفاعات بر روی نقشه رعایت موارد زیر الزامی است:

● اعداد روی نقشه حتی‌الامکان باید موازی با محور افقی کادر نقشه و در جهت مطالعهٔ نقشه باشد و عدم رعایت آن می‌تواند موجب بروز مشکلاتی شود.

● در نقشه‌های بزرگ مقیاس و نقشه‌های مهندسی ممکن است عددگذاری منحنی‌میزان‌ها همیشه در جهت مطالعهٔ نقشه نباشد که علت آن غالباً منطبق نبودن کادر قائم نقشه با شمال جغرافیایی است. از آنجایی که نقشه‌های بزرگ مقیاس در روی منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرند و انطباق جهت نقشه و زمین ضرورت پیدا می‌کند، لذا نوشتن اعداد ارتفاعی به صورت مورب و عمود بر جهت شمال — نه عمود بر کادر قائم نقشه — انطباق نقشه با زمین را آسان‌تر می‌نماید. جهت افزایش ارتفاع در روی نقشه با افزایش اعداد همراه است و جهت عکس آن یعنی جهت شیب با اعدادی که به تدریج از مقدارشان کاسته می‌گردد نشان داده می‌شود. به این ترتیب استفاده کننده به راحتی می‌تواند پس از توجیه، جهت ارتفاعات و جهت شیب‌ها را از هم تشخیص دهد.

● در نقشه‌های کوچک مقیاس سعی می‌شود که اعداد حتی‌الامکان موازی با کادر نقشه و بدون توجه به جهت واقعی شیب در جهت مطالعه نقشه قرار گیرند. از این رو برای یافتن ارتفاع منحنی‌میزان‌ها باید امتداد خطوط را دنبال کرده تا اعداد نشان‌دهنده ارتفاع را پیدا کرد.

● در منحنی‌میزان‌های نزدیک به هم، اعداد معمولاً در یک امتداد و به صورت منظم نوشته شده

و ارتفاع منحنی‌ها در قسمت صاف و کم پیچ و خم خطوط قید می‌شود.

- عدد نویسی روی منحنی‌های میزان به این صورت است که قسمتی از منحنی که کمی بیشتر از طول عدد مورد نظر است، پاک شده و رقم ارتفاعی در آن محل قرار داده می‌شود.
- در هنگام ترسیم خطوط منحنی میزان باید دقت کنیم منحنی‌ها در هنگام برخورد با عوارض مسطحاتی مانند جاده، ساختمان، پل و غیره قطع می‌شوند.

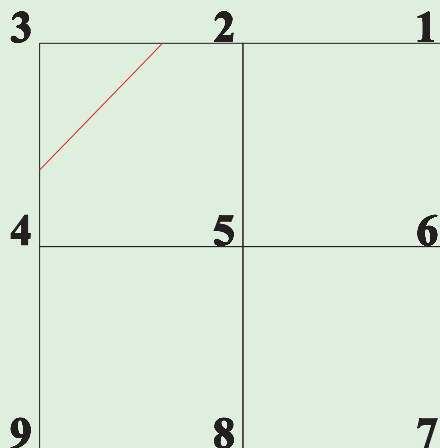
نقطه 3, 2

$$x = \frac{\Delta h_{3,89} \times d}{\Delta h_{2,3}}$$

$$\Delta h_{2,3} = 90.48 - 88.20 = 2.28\text{m}$$

$$\Delta h_{3,89} = 89 - 88.20 = 0.8\text{m}$$

$$x = \frac{0.8 \times 20}{2.28} \rightarrow x = 7.02\text{m} \rightarrow x = 7\text{mm}$$



با توجه به مقیاس، ۷ میلی‌متر از نقطه شماره ۳ به سمت نقطه شماره ۲ جدا می‌کنیم.

نقطه 4, 3

$$x = \frac{\Delta h_{3,89} \times d}{\Delta h_{3,4}}$$

$$\Delta h_{3,4} = 90.30 - 88.20 = 2.10\text{m}$$

$$\Delta h_{3,89} = 89 - 88.20 = 0.8\text{m}$$

$$x = \frac{0.8 \times 20}{2.10} \rightarrow x = 7.62\text{m} \rightarrow x = 7.5\text{mm}$$

با توجه به مقیاس ۷/۵ میلی‌متر از نقطه شماره ۳ به سمت نقطه شماره ۴ جدا می‌کنیم.

## ✓ بحث و بررسی :

هیچ منحنی میزانی در متن نقشه بلا تکلیف نمی ماند. به عبارتی دیگر راه عبورش بسته نیست و حتماً اگر از نقطه ای در متن نقشه شروع شود، یا به همان نقطه برمی گردد و یا به مسیر خود ادامه داده تا از متن نقشه خارج شده و به نقشه کناری برود.

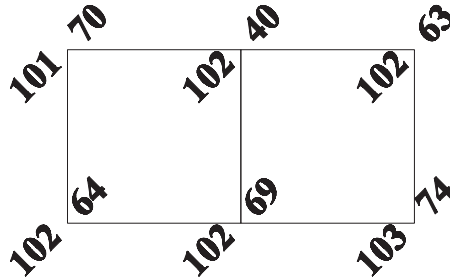
هیچ منحنی میزانی، منحنی میزان های دیگر را قطع نمی کند. مگر این که شیب در قسمتی از نقشه آن قدر زیاد باشد که تقریباً منحنی میزان ها روی هم بیفتند. (مانند یک دیواره قائم). در چنین حالت هایی قبل از برخورد با عارضه، منحنی میزان ها قطع و به جای آن ها علامت قراردادی ترانسه (به معنی دیواره قائم) گذاشته می شود.

روی همه منحنی میزان ها به دلیل شلوغ شدن نقشه، مقدار ارتفاع ها نوشته نمی شود. بلکه از هر ۵ منحنی یکی را ضخیم تر کشیده (منحنی میزان اصلی یا مترس)، قسمتی از منحنی را در محل معینی برش داده و ارتفاع منحنی را در قسمت برش داده شده می نویسیم. (سمت نوشتن ارتفاع منحنی ها باید در جهت بزرگترین شیب منطقه باشد).

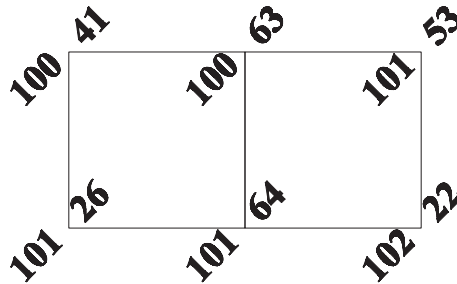
با استفاده از پیستوله منحنی میزان ها را نرم کرده و با قراردادن یک شیت شفاف بر روی نقشه و کپی کردن خطوط منحنی میزان بر روی آن می توانیم نقشه نهائی توپوگرافی منطقه را داشته باشیم.

## تمرین های کلاسی مثال ۱-۴

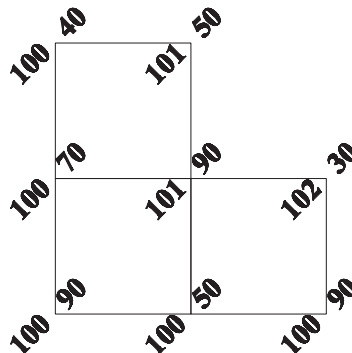
- ۱- در شکل زیر ابعاد شبکه ها  $30 \times 30$  متر می باشد مطلوب است :
- الف) رسم شبکه با مقیاس  $1:1000$  .
- ب) ترسیم منحنی های تراز  $102$  و  $103$  متری به روش واسطه یابی.



- ۲- با استفاده از انترپوله کردن (واسطه یابی) منحنی تراز مربوط به ارتفاع  $101$  متری را بر روی شبکه ارتفاعی شکل زیر ترسیم نمایید. ابعاد شبکه قائم الزاویه  $40$  متر و اعداد ارتفاع بر حسب متر می باشند.

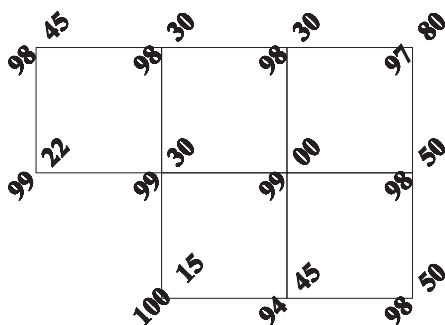


- ۳- پلان رقوم دار شکل زیر را با مقیاس  $1/500$  رسم کرده و منحنی تراز  $101$  متر را با استفاده از واسطه یابی ترسیم کنید. (ابعاد شبکه  $15$  متری است).



۴- در شبکه ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه  $15 \times 15$  متر مطلوب است :  
الف) رسم شبکه با مقیاس  $1/500$ .

ب) رسم منحنی تراز ۹۹ متر از طریق انترپوله (واسطه یابی).



۵- پس از ترسیم شبکه بندی زیر به ابعاد  $20$  متر، در مقیاس  $1/1000$  منحنی میزان ها با فاصله ارتفاعی یک متر را ترسیم کنید.

