

فصل اول

کاربردهای ترازیابی



هدف‌های رفتاری

- 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 را 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 بنچ‌مارک 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

$$e_L = h' - h$$

● 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 بُرش 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)، خط‌القعرها (مانند محور آبریز) و خط‌الرأس‌ها (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 نقطهٔ BM۱ با ارتفاع معلوم $۱۶۷^{\circ}۰/۴۲^{\circ}$ شروع شده و مجدد به همان نقطه بازگشته است. اگر طول مسیر تراز یابی ۱۸۵° متر باشد مطلوب است:

الف) محاسبه خطای مجاز تراز یابی.

ب) در صورت مجاز بودن خطا محاسبه مقدار تصحیح.

ج) محاسبه ارتفاع تصحیح شدهٔ 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 شاخص‌ها را از روی جدول بالا وارد آن می‌کنیم:

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

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

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

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

با کمی دقت مشاهده می کنید که ترازبایی 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 ترازبایی را محاسبه نمود. یعنی داریم :

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

$$e_L = h' - h$$

بعد از محاسبه خطای بست ترازبایی، با توجه به این که این ترازبایی 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 ترازبایی 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 ترازبایی 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 _c) 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 شده (H_c)
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 :

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

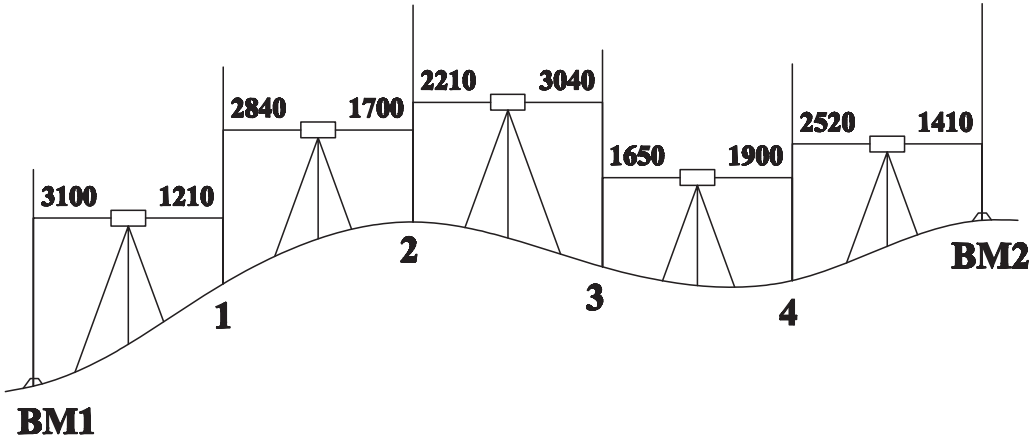
ولی زمانی که نقطه اول و آخر ترازایی مانند این مثال یکی باشد رابطه بالا مقدار خطای ترازایی را نشان می دهد. بنابراین مقدار e_L را از این رابطه نیز می توان محاسبه کرد :

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

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 (ΔH)	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.

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

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.

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 Km
A	۱۰۳		۰+۰۰۰
۱	۱۰۲		۰+۰۳۰
۲	۱۰۰/۵		۰+۰۵۰
۳	۱۰۱		۰+۰۷۰
۴	۱۰۳	۳۰	۰+۰۹۵
۵	۱۰۲/۵	۲۰	۰+۱۱۰
۶	۱۰۱	۲۰	۰+۱۳۰
۷	۱۰۳	۲۵	۰+۱۴۵
B	۹۹/۶	۱۵	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 ۹۹/۶ 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 می توانید از اشل (خط کش مقیاس) استفاده نمایید. اکنون محل هر نقطه را روی صفحه کاغذ مشخص کرده و آن ها را با خطوط مستقیم به هم وصل کنید. در واقع شما عمل نقطه یابی را با داشتن x و y نقاط انجام می دهید.

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 به صورتی 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 میلی متری استفاده می‌شود. همان‌طور که گفته شد روی این نوار دو محور متعامد OX و OY 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).

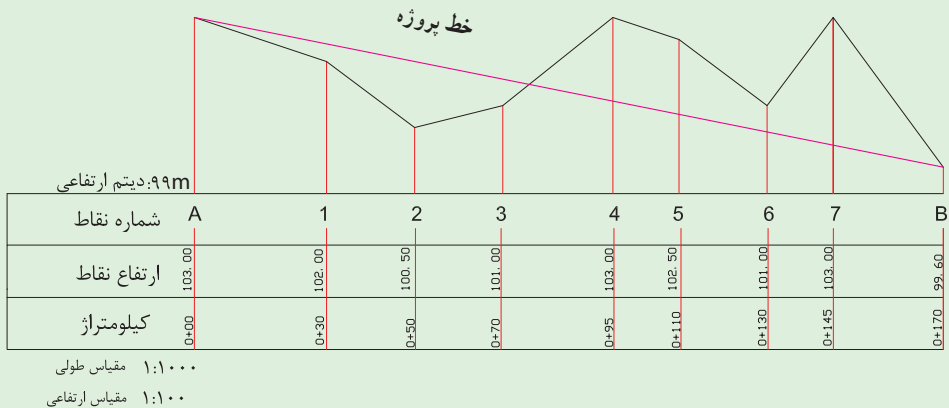
چون اختلاف ارتفاعات نسبت به فواصل طولی بسیار کم است، برای بهتر نشان دادن وضعیت ارتفاعی نقاط مختلف مسیر معمولاً مقیاس ارتفاعی را ده مرتبه بزرگتر از مقیاس طولی تعیین می‌کنند. مثلاً اگر مقیاس محور طولی ۱:۱۰۰۰ باشد، مقیاس محور ارتفاعی را ۱:۱۰۰ در نظر می‌گیرند. هر نقطه در روی زمین را با استفاده از مختصات دوگانه‌اش روی این دو محور مختصات پیدا کرده و سپس نقاط به دست 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 ۱ و ۲ و ۳ عملیات خاک‌ریزی و در سایر نقاط عملیات خاک برداری 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 کیلومتر از 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).

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

۲- در یک ترازبایی 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 BM۱ - BM۲ 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 Km
----------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	---------------

BM۱	۹۸		۰+۰۰۰
۱	۹۹/۵۰		۰+۰۳۰
۲	۹۷		۰+۰۵۰
۳	۹۸	۳۰	۰+۰۸۰
۴	۱۰۰/۵۰	۲۰	۰+۱۰۵
۵	۱۰۱/۵۰	۳۰	۰+۱۳۵
BM۲	۱۰۰	۲۵	۰+۱۵۰

۳۰

۳- با توجه به جدول زیر پر ۱۵ لی مسیر بین A و B را ترسیم نمایید. (مقیاس ارتفاعی برابر ۱:۱۰۰ می باشد.)

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

۱۴

مثال ۱-۳: تسطیح ار. ۲

شبکه ارتفاعی قطعه زمینی با ابعاد هر شبکه (۲۰×۲۰ متر) مطابق شکل زیر برداشت شده است.

مطلوب است :

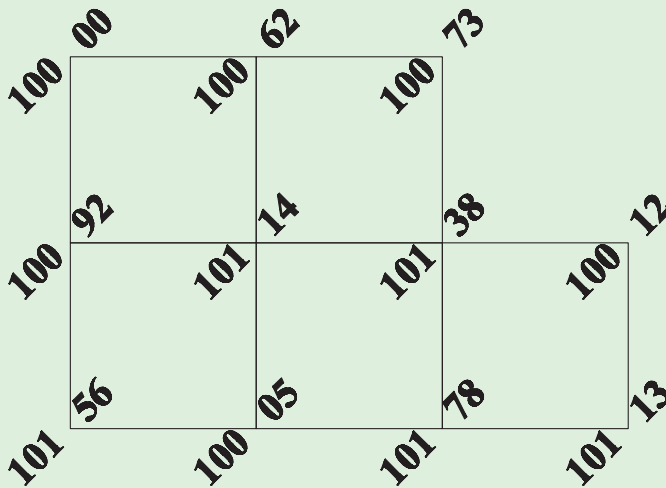
الف) رسم شبکه با مقیاس ۱:۱۰۰۰؛

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 موردنظر را انتخاب کنید. کافی است طول ضلع شبکه را به مقیاس برده و به

کمک خط‌کش یا اشل و با استفاده از گونیا (برای عمود رسم کردن)، شبکه را بر روی کاغذ ترسیم

کنید. بعد از آن ارتفاع‌های محاسبه شده از ترازبایی 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 گوشه‌ها 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 می شود :

عمق خاک = ارتفاع زمین - ارتفاع پروژه

$$h_i = H_i - H_p$$

سطح طبیعی زمین (natural surface) در صورتی که عمق خاک (h_i) مثبت باشد، نشانه خاک برداری و اگر (h_i) منفی بدیهی است، در صورتی که عمق خاک (h_i) مثبت باشد، نشانه خاک ریزی در آن نقطه است. عمق خاکین در این سطح زمین عملیات خاکریزی برای هر مربع با محاسبه مساحت آن مربع ضرب در میانگین عمق خاک در چهار گوشه مربع به دست می آید.

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

روابط بالا برای یکی از مربع های شبکه در نظر گرفته می شود. اما زمانی که تعداد شبکه ها افزایش می یابد، برای ساده کردن و جلوگیری از تکرار محاسبات می توان حجم قسمت های 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 گوشه هایی که در یک مربع مشترکند.

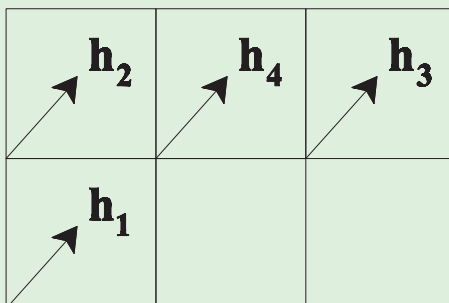
$\Sigma h_2 =$ مجموع عمق خاک گوشه هایی که در دو مربع مشترکند.

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

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

روش حل قسمت الف :

برای ترسیم شبکه با توجه به مقیاس داده شده که برابر ۱:۱۰۰۰ است باید طول ها 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 4×6 سانتی‌متری ترسیم کرده و هر کدام از اضلاع را به طول‌های ۲ سانتی‌متری تقسیم می‌کنیم. به این ترتیب ۶ مربع 2×2 سانتی‌متری 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

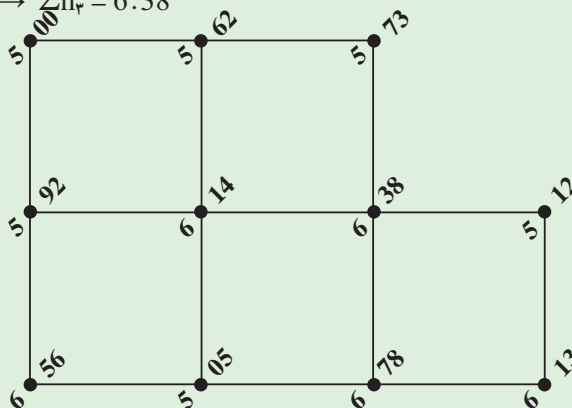
$$H_{10} = 101.78 - 95 = +6.78$$

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

$$h_v = 5, 5.73, 5.12, 6.13, 6.56 \rightarrow \sum h_v = 28.54$$

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

$$h_r = 6.38 \rightarrow \sum h_r = 6.38$$




$$h_f = 6.14 \rightarrow \sum h_f = 6.14$$

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

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

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

بحث و بررسی: 

گاهی ممکن است زمین مورد نظر کاملاً مربع شکل یا مستطیل شکل نباشند و پس از شبکه بندی مقدراری از گوشه‌های آن باقی بماند. این قسمت‌ها را می‌توان به اشکال مختلف هندسی مانند مثلث یا دوزنقه تقسیم کرده و حجم هر یک را جداگانه محاسبه و با حاصل حجم کل مربع‌ها جمع کنیم. به این ترتیب حجم عملیات خاکی برای کل زمین محاسبه می‌شود. برای این منظور می‌توان از رابطهٔ تعمیم یافته زیر استفاده کرد:

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

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

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

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

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

$\sum R$ = مجموع حجم‌های اشکال مثلثی و دوزنقه‌ای 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.

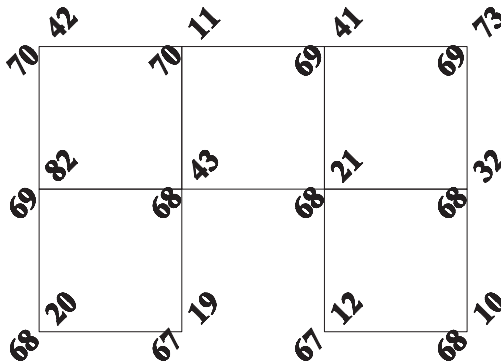
تمرین‌های کلاسی مثال ۱-۳

۱- بر روی شبکهٔ ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه (۱۵ × ۱۵) متر مطلوب است:

الف) رسم شبکه با مقیاس ۱/۵۰۰

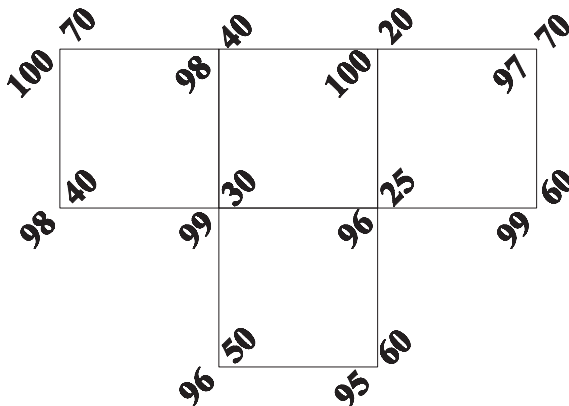
ب) محاسبه حجم عملیات خاکی (خاک برداری) با توجه به این که سطح پروژه ۶۵ متر می باشد.
 ۲- شبکه ارتفاعی قطعه زمینی با ابعاد هر شبکه (۱۵ × ۱۵) متر مطابق شکل زیر برداشت گردیده است. جهت مسطح نمودن این قطعه زمین در ارتفاع ۹۳ متر نیاز به چند متر مکعب خاک برداری می باشد؟

۳- با استفاده از شبکه ارتفاعی زیر مطلوب است حجم عملیات خاکی مربوط به سطح پروژه

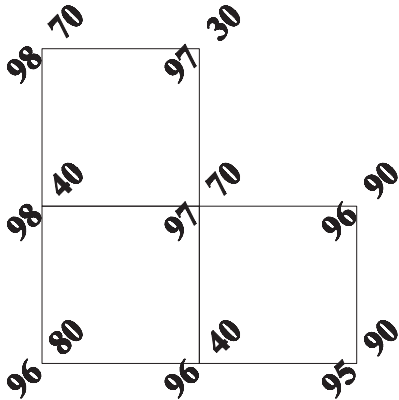


۱۰۰ متر. (ابعاد شبکه بیست متری است)

۴- در شبکه ارتفاعی زیر، ابعاد هر یک از شبکه ها (۶ × ۶) متر می باشد. در صورتی که مبدأ مختصات را گوشه پایین سمت چپ شبکه در نظر بگیریم، مختصات سه بعدی کلیه نقاط رئوس شبکه



را استخراج و در جدول زیر یادداشت کنید. سپس حجم عملیات خاکی کل شبکه را محاسبه کنید. (سطح پروژه ۶۰ متر است).



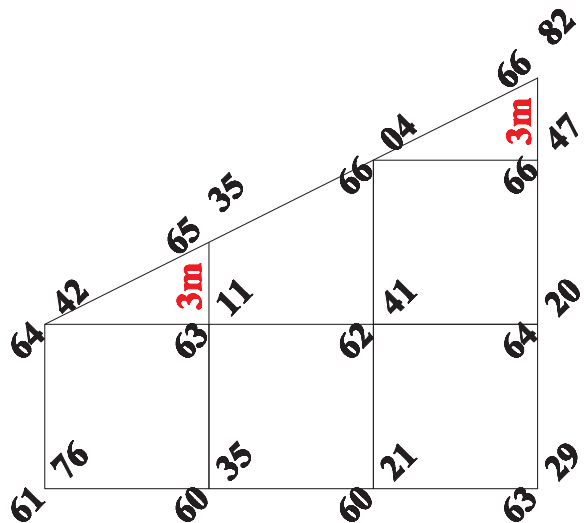
۵- در پلان شبکه ارتفاعی زیر با توجه به اندازه‌های داده شده در شبکه بندی مطلوب است :

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

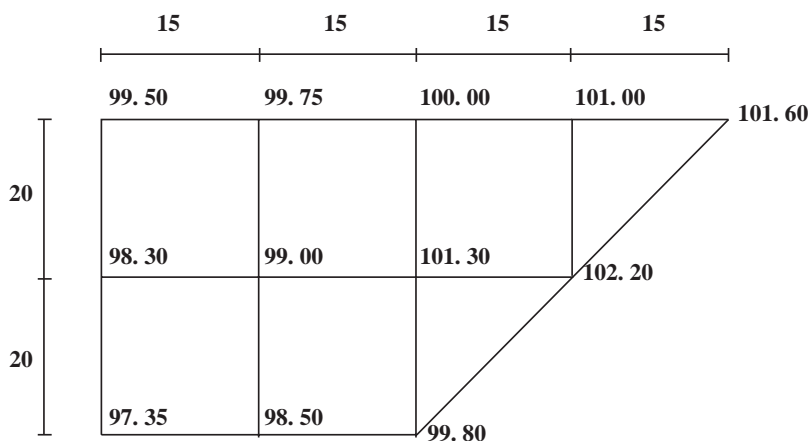
ب) ترسیم منحنی تراز ۱۰۰ متر به روش واسطه یابی.

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

No	X	Y	Z
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
۶			
۷			
۸			
۹			
۱۰			
۱۱			
۱۲			

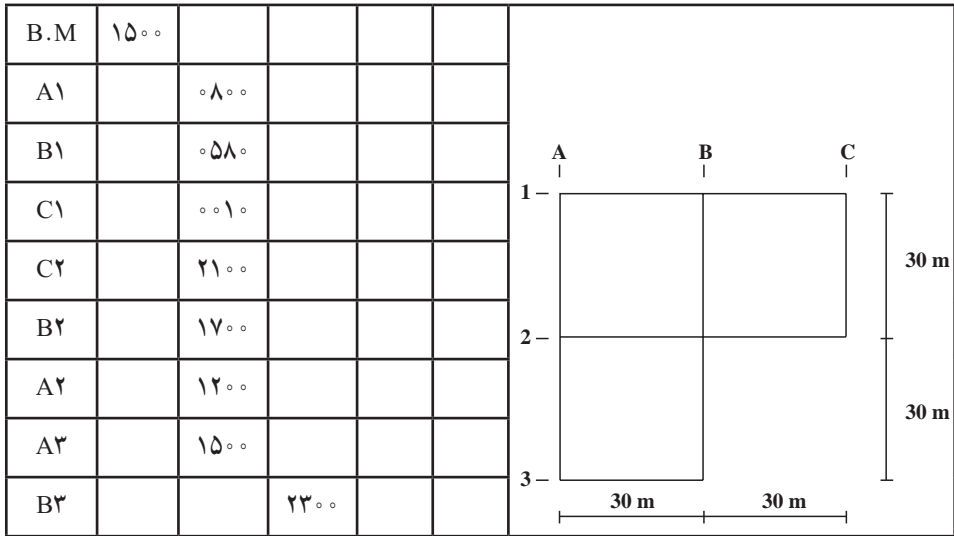


۶- دستگاه تراز یاب جهت محاسبه حجم عملیات خاکی بر روی B.M به ارتفاع ۲۰ متر مطابق کروکی زیر مستقر شده و اطلاعات جدول تراز یابی زیر برداشت شده است. در صورتی که ارتفاع دوربین از سطح زمین ۱۵۰۰ میلی متر باشد مطلوب است :
الف) محاسبه ارتفاع رئوس شبکه.



ب) محاسبه حجم عملیات خاکی مربوط به سطح پروژه ۱۹ متر.

نقاط	B.S (mm)	M.S (mm)	F.S (mm)	HI (mm)	H (mm)	کروکی
------	-------------	-------------	-------------	------------	-----------	-------



مثال ۱-۴: منحنی میزان B.M.

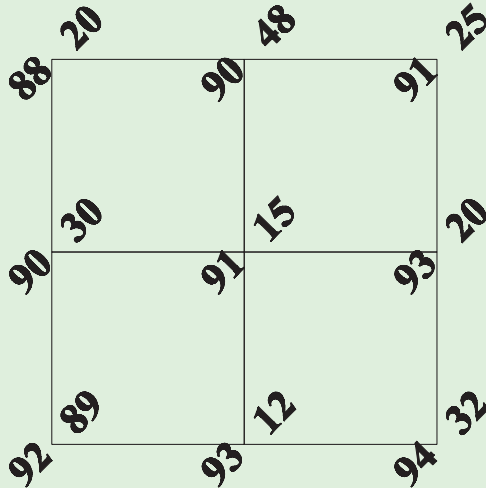
در شبکه ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه (۲۰ × ۳۰) متر مطلوب است:

الف) رسم شبکه با مقیاس $1/1000$.

ب) رسم منحنی تراز ۸۹ متری از طریق انتریوله (واسطه یابی).

راهکار کلی قسمت الف :

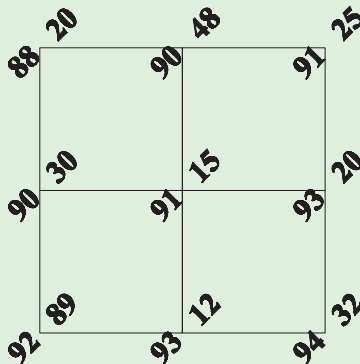
برای رسم هر شبکه، ابتدا طول آن را به مقیاس خواسته شده می‌برید. در این مسئله هر ضلع



برابر 2° متر روی زمین است. با توجه به مقیاس $1:1000$ ، روی نقشه این طول برابر 2° میلی‌متر یا ۲ سانتی‌متر می‌شود. سپس با استفاده از خط‌کش یا اشل و به کمک گونیا مربع‌های ۲ در ۲ سانتی‌متری را رسم کرده و ارتفاعات را با توجه به کروکی روی آن یادداشت کنید.

راهکار کلی قسمت ب :

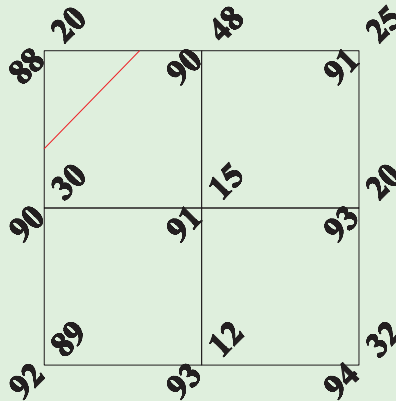
ابتدا روی هر یک از ضلع‌های مربع‌ها، به صورت تقریبی ارتفاع خواسته شده را مشخص



ترسیم مربع‌های
۲ در ۲ سانتی‌متری

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 اتربیوله یا واسطه‌یابی عمل می‌کنیم. به این صورت که فاصله‌ی بین اضلاع روی زمین



معلوم است. ارتفاع رئوس شبکه نیز به وسیله‌ی عملیات ترازبایی 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.

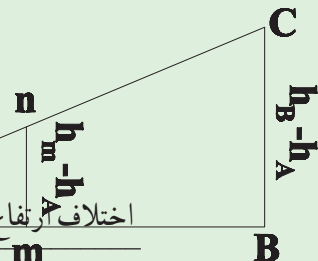
$$\frac{mn}{BC} = \frac{mA}{AB}, mA = d$$

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

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

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

اختلاف ارتفاع منحنی با نقطه پایین تر \times فاصله دو نقطه =



اختلاف ارتفاع دو نقطه

فاصله منحنی از

نقطه ارتفاع پایین تر

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 وسیله 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 حتی الامکان باید موازی با محور افقی کادر نقشه و در جهت مطالعه 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 مطالعه 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 آسان تر 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 حتی الامکان 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 نشان دهنده 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 بیچ 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 2, 3

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

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

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

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



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

نقطه 3, 4


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

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

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

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

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

بحث و بررسی: 

هیچ منحنی‌میزانی در متن نقشه بلا تکلیف نمی‌ماند. به عبارتی دیگر راه عبورش بسته نیست و

حتما اگر از نقطه‌ای در متن نقشه شروع شود، یا به همان نقطه برمی‌گردد و یا به مسیر خود ادامه داده تا از متن نقشه خارج شده و به نقشه کناری برود.

هیچ منحنی میزانی، منحنی میزان‌های دیگر را قطع نمی‌کند. مگر این‌که شیب در قسمتی از نقشه آن قدر زیاد باشد که تقریباً منحنی میزان‌ها روی هم بیفتند. (مانند یک دیواره قائم). در چنین حالت‌هایی قبل از برخورد با عارضه، منحنی میزان‌ها قطع و به جای آن‌ها علامت قراردادی ترانسه (به معنی دیواره قائم) گذاشته می‌شود.

روی همه منحنی میزان‌ها به دلیل شلوغ شدن نقشه، مقدار ارتفاع‌ها نوشته نمی‌شود. 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 می‌نویسیم. (سمت نوشتن ارتفاع منحنی‌ها باید در جهت بزرگترین شیب منطقه باشد.)

با استفاده از بیستوله منحنی میزان‌ها را نرم کرده و با قراردادن یک شیت شفاف بر روی نقشه و کپی کردن خطوط منحنی میزان بر روی آن می‌توانیم نقشه نهائی توپوگرافی منطقه را داشته باشیم.

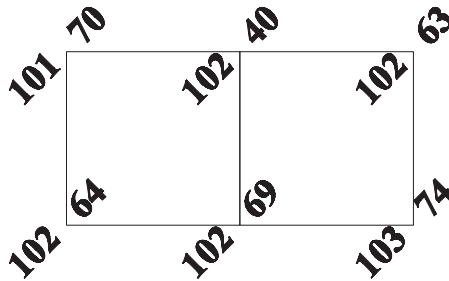
تمرین‌های کلاسی مثال ۱-۴

۱- در شکل زیر ابعاد شبکه‌ها 30×30 متر می‌باشد مطلوب است :

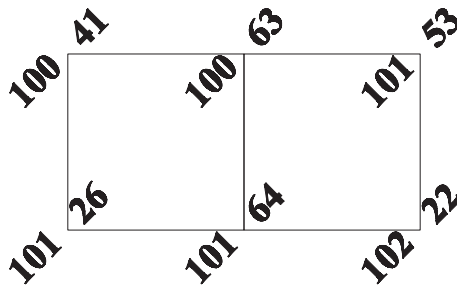
الف) رسم شبکه با مقیاس ۱:۱۰۰۰.

ب) ترسیم منحنی‌های تراز ۱۰۲ و ۱۰۳ متری به روش واسطه‌یابی.

۲- با استفاده از انتریوله‌کردن (واسطه‌یابی) منحنی تراز مربوط به ارتفاع ۱۰۱ متری را بر روی شبکه ارتفاعی شکل زیر ترسیم نمایید. ابعاد شبکه قائم‌الزاویه ۴۰ متر و اعداد ارتفاع بر حسب متر می‌باشند.

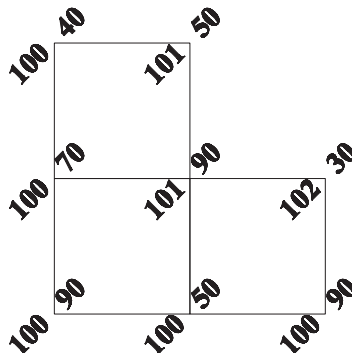


۳- پلان رقوم دار شکل زیر را با مقیاس ۱/۵۰۰ رسم کرده و منحنی تراز ۱۰۱ متر را با استفاده از واسطه‌یابی ترسیم کنید. (ابعاد شبکه ۱۵ متری است).



۴- در شبکه ارتفاعی شکل زیر با ابعاد هر شبکه ۱۵×۱۵ متر مطلوب است:

الف) رسم شبکه با مقیاس ۱/۵۰۰.



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

۵- پس از ترسیم شبکه بندی زیر به ابعاد ۲۰ متر، در مقیاس $\frac{1}{1000}$ منحنی میزان ها با فاصله ارتفاعی یک متر را ترسیم کنید.

