

فصل

اول

کاربردهای ترازیابی



تسطیح اراضی

هدف‌های رفتاری

- پس از آموزش و مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود بتواند :
- ۱- نحوه محاسبات مربوط به جدول ترازبایی هندسی را توضیح دهد.
 - ۲- مفهوم و هدف از تهیه مقطع یا پروفیل را بیان کند.
 - ۳- انواع مقطع در نقشه برداری را نام برده و هر یک را توضیح دهد.
 - ۴- مراحل کار تهیه پروفیل، طراحی و پیاده سازی مسیر را بیان کند.
 - ۵- خط پروژه را تعریف کند.
 - ۶- مراحل مختلف تسطیح یک زمین را بیان کند.
 - ۷- نحوه محاسبه حجم عملیات خاکی را توضیح دهد.
 - ۸- منحنی میزان را تعریف کند.
 - ۹- فواصل ارتفاعی را تعریف کرده و رابطه آن با توپوگرافی زمین را بیان کند.
 - ۱۰- نقشه توپوگرافی را تعریف نماید.
 - ۱۱- روش‌های مختلف تهیه و ترسیم منحنی میزان در نقشه‌های توپوگرافی را بیان کند.
 - ۱۲- مراحل تهیه و ترسیم منحنی میزان به روش شبکه بندی را بیان کند.
 - ۱۳- درونیابی یا اترپولاسیون را تعریف کند.

مطالب پیش نیاز

- قبل از مطالعه این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود با مطالب زیر آشنا باشد :
- ۱- آشنایی با فصول ۹ تا ۱۳ کتاب «مساحی»
 - ۲- آشنایی با فصل ۵ کتاب «هندسه (نقشه برداری)» مبحث سیستم مختصات قائم‌الزاویه دوبعدی

کاربرد ترازیابی



مفاهیم کلیدی

- ترازیابی هندسی
- Geometry Levelling
- مقطع
- Section
- مقطع طولی
- Longitudinal Profile
- مقطع عرضی
- Cross Section
- خط پروژه
- Final Ground
- خاکریزی
- Fill
- خاکبرداری
- Cut
- منحنی تراز
- Contour
- فاصله ارتفاعی منحنی تراز
- Contour Interval
- درون یابی
- Interpolation
- تسطیح
- Land levelling & Grading

مقدمه

تغییر در وضعیت پستی و بلندی‌های زمین (توپوگرافی) و مناسب نمودن آن برای اجرای پروژه‌های مختلف عمرانی در اغلب موارد امری الزامی است. در این میان شناخت و آگاهی از وضعیت ارتفاعی زمین در طراحی پروژه‌های خطی (که در امتداد یک خط طراحی و اجرا می‌شوند) از قبیل بزرگراه‌ها، خطوط راه آهن و مترو، خطوط انتقال نیرو و همچنین پروژه‌هایی مثل شهرسازی، کشاورزی، دریاچه‌های ذخیره آب و پرورش ماهی و ... اهمیت اساسی دارد. چرا که بدون آگاهی از وضعیت توپوگرافی منطقه، رعایت اصول مهندسی در طراحی و اجرای پروژه و همچنین به حداقل رساندن هزینه‌ها امکان پذیر نمی‌باشد. در این میان ترازیابی هندسی (مستقیم) به عنوان یکی از روش‌های دقیق و متداول در تعیین و کنترل ارتفاع نقاط کاربرد پیدا می‌کند. در این فصل، بعد از یادآوری کوتاهی از ترازیابی هندسی، برخی از کاربردهای ترازیابی هندسی در طراحی و اجرای پروژه‌های عمرانی را شرح می‌دهیم.

بیشتر بدانیم

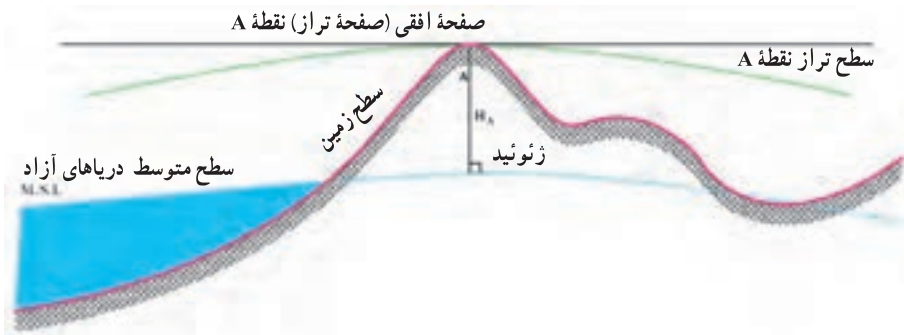


«تراز» در لغت نامه دهخدا: اسبابی است که به وسیله آن سطوح افقی را می‌توان تشخیص داد، برای تعیین اختلاف ارتفاع دو نقطه نیزه کار می‌رود. از اقسام آن تراز آبی، تراز هوایی و تراز بنائی است.

۱-۱- یادآوری

ارتفاع نقطه (Point Elevation)

همان طور که در کتاب مساحی سال قبل آموختید، ارتفاع یک نقطه عبارت است از فاصله قائم نقطه از سطح مبنای ارتفاعات (سطحی که ارتفاع نقاط مختلف را نسبت به آن می‌سنجند). چنانچه سطح مبنا برای تعیین ارتفاع نقطه، ژئوئید (سطح متوسط آب دریاهاى آزاد) باشد، ارتفاع نقطه، مطلق و در صورتی که سطح مبنای دیگری باشد، ارتفاع نقطه، نسبی است.



شکل ۱-۱- ارتفاع نقطه

نقاط بنچ مارک (BenchMark)

برای به دست آوردن ارتفاع مطلق نقاط باید اختلاف ارتفاع آنها را از سطح متوسط آب دریاهاى آزاد (ژئوئید) به دست آورد. از آنجا که این کار عملاً امکان پذیر نیست، توسط سازمان نقشه برداری تعدادی نقطه در سراسر کشور ایجاد شده و موقعیت و یا ارتفاع آنها از ژئوئید به دست آمده است تا در موقع لزوم بتوان با استفاده از این نقاط ارتفاع سایر نقاط اطراف آن را توسط عملیات ترازبایی هندسی تعیین نمود. به این نقاط

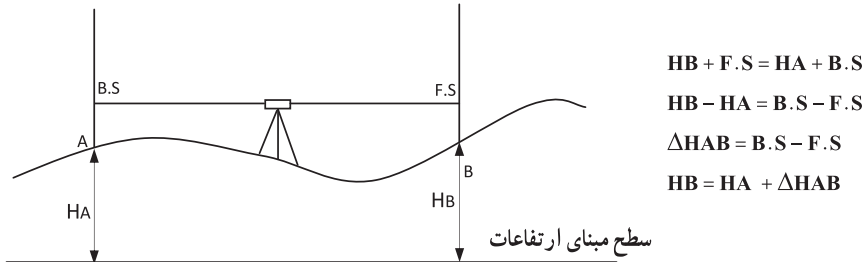


شکل ۱-۲- نقطه (بنچ مارک)

که در نقشه برداری زمینی ارتفاع آنها از قبل معلوم شده فرض می‌شود، در اصطلاح نقاط بنچ مارک می‌گویند. از آنجا که موقعیت این نقاط باید در طول زمان ثابت بمانند، ساختمان آنها مستحکم بوده و بر اساس دستورالعمل‌های خاصی بنا می‌گردند. (شکل ۴-۵ فصل چهارم)

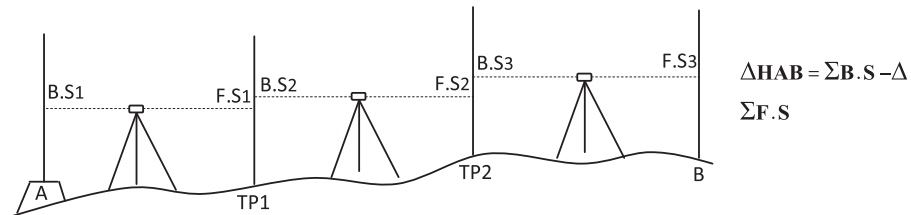
ترازیابی هندسی (Geometric Levelling)

در شکل زیر یک ترازیابی ساده را مشاهده می‌کنید که در آن ارتفاع نقطه A از قبل معلوم می‌باشد و با انجام این ترازیابی ساده و محاسبات آن اختلاف ارتفاع بین دو نقطه و همچنین ارتفاع نقطه B به دست می‌آید.



شکل ۱-۳ - ترازیابی هندسی

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



شکل ۱-۴ - ترازیابی تدریجی

بیشتر بدانیم



ارتفاع ژئودتیک = h
 ارتفاع ژئوئید = N
 ارتفاع ارتومتریک = H

ارتفاع ژئودتیک : حاصل از GPS
 ارتفاع ارتومتریک : حاصل از ترازیابی
 ارتفاع ژئوئید : حاصل از ثقلسنجی

$$N = h - H$$

کنترل ترازیبی : عملیات ترازیبی در صورتی قابل کنترل است که علاوه بر معلوم بودن ارتفاع نقطه اول، ارتفاع نقطه آخر نیز معلوم باشد. به عبارت دیگر، زمانی می توان خطای ترازیبی را محاسبه نمود که ترازیبی بین دو نقطه با ارتفاع معلوم انجام شود. در این حالت خطای بست ترازیبی (e_L) عبارت است از :

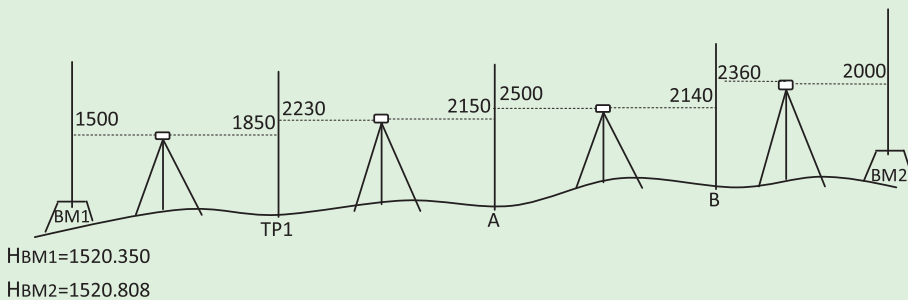
ارتفاع معلوم نقطه آخر - ارتفاع به دست آمده برای نقطه آخر = خطای بست ترازیبی
چنانچه خطای ترازیبی در محدوده مجاز باشد می توان آن را بین دهنه ها سرشکن کرد و در این حالت ترازیبی قابل قبول می باشد. محدوده مجاز خطای ترازیبی درجه ۳ بر حسب میلی متر از رابطه زیر به دست می آید :

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

که در آن k طول مسیر ترازیبی بر حسب کیلومتر می باشد. مقدار تصحیح برای دهنه اول ترازیبی از رابطه $C = \frac{-e_L}{n}$ قابل محاسبه است که در آن n تعداد دهنه ها می باشد.

مثال ۱-۱ : ترازیبی تدریجی

شکل زیر یک ترازیبی تدریجی درجه سه بین دو بنچ مارک را نشان می دهد که به منظور تعیین ارتفاع نقاط A و B انجام گرفته است .
الف) اطلاعات لازم را از روی شکل در یک جدول ترازیبی وارد نموده و ارتفاع نقاط را محاسبه نمایید.
ب) در صورت امکان خطای ترازیبی را محاسبه نموده و ارتفاع تصحیح شده سایر نقاط را به دست آورید. (فاصله ترازیبی ۵۷۰ متر است)



راهکار کلی: ابتدا جدولی مطابق شکل زیر ترسیم نموده و قرائت روی شاخص‌ها را از روی شکل بالا برای نقاط BM۱ تا BM۲ وارد جدول می‌کنیم.

P.N	B.S	F.S	$\Delta H(\text{mm})$	H(m)	C(mm)	Hc(m)
شماره نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده

پس از رابطه اختلاف ارتفاع در ترازایی استفاده کرده و پس از محاسبه اختلاف ارتفاع بین نقاط ستون مربوط به آن را کامل می‌کنیم و پس از آن ارتفاع نقاط را بدست آورده و در ستون ارتفاع وارد می‌کنیم:

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

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

با کمی دقت می‌بینیم که ترازایی از یک بنچ مارک شروع شده و به بنچ مارکی دیگر بسته شده است. پس قابل کنترل بوده و می‌توان خطای بست ترازایی را محاسبه نمود. یعنی داریم:

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

$$e_L = h' - h$$

بعد از محاسبه خطای بست ترازایی، با توجه به اینکه این ترازایی از نوع درجه سه می‌باشد مقدار مجاز خطا را برای آن از رابطه زیر به دست می‌آوریم:

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

و در صورتی که خطای بست ترازایی در محدوده مجاز آن قرار دارد آن را تصحیح می‌کنیم، مقدار تصحیح از رابطه زیر بدست می‌آید:

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

که در نقطه اول صفر بوده و برای نقاط دیگر مطابق روابط صفحه بعد به دست می‌آید:

$$C_1 = 0$$

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

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

.....

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

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

روش حل: الف)

$$\Delta H_{BM1 - TP1} = 1500 - 1850 = -350$$

$$\Delta H_{TP1 - A} = 2230 - 2150 = 80$$

$$\Delta H_{A - B} = 2500 - 2140 = 360$$

$$\Delta H_{B - BM2} = 2360 - 2000 = 360$$

⇒

$$H_{TP1} = 1520.350 + (-0.350) = 1520$$

$$H_A = 1520 + 0.080 = 1520.080$$

$$H_B = 1520.080 + 0.360 = 1520.440$$

$$H_{BM2} = 1520.440 + 0.360 = 1520.800$$

⇓

P.N شماره نقاط	B.S قرائت عقب	F.S قرائت جلو	ΔH (mm) اختلاف ارتفاع	H(m) ارتفاع	C(mm) تصحیح	Hc(m) ارتفاع تصحیح شده
BM ₁	1500			1520.350		1520.350
TP ₁	2230	1850	-350	1520		
A	2500	2150	80	1520.080		
B	2360	2140	360	1520.440		
BM ₂		2000	360	1520.800		1520.808

(ب)

$$e_L = 1520.800 - 1520.808 = -0.008 \text{ m} = -8 \text{ mm}$$

$$c = -(-8) / 4 = 2 \text{ mm}$$

$$c_1 = 0$$

$$c_2 = 2 \times 1 = +2 \text{ mm}$$

$$c_3 = 2 \times 2 = +4 \text{ mm}$$

$$c_4 = 2 \times 3 = +6 \text{ mm}$$

$$c_5 = 2 \times 4 = +8 \text{ mm}$$

↓ محاسبه شده

P.N	B.S	F.S	$\Delta H(\text{mm})$	H(m)	C(mm)	Hc(m)
شماره نقاط	قرائت عقب	قرائت جلو	اختلاف ارتفاع	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
BM ₁	1500			1520.350	0	1520.350
TP ₁	2230	1850	-350	1520	+2	1520.002
A	2500	2150	80	1520.080	+4	1520.084
B	2360	2140	360	1520.440	+6	1520.446
BM ₂		2000	360	1520.800	+8	1520.808
Σ						

بحث و بررسی : در قسمت الف در پایان محاسبات می توان برای کنترل درستی محاسبات مقدار اختلاف ارتفاع کل را از رابطه زیر به دست آورده و با جمع ستون اختلاف ارتفاع مقایسه نمود، یعنی :

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

P.N شماره نقاط	B.S قرائت عقب	F.S قرائت جلو	$\Delta H(\text{mm})$ اختلاف ارتفاع	H(m) ارتفاع	C(mm) تصحیح	Hc(m) ارتفاع تصحیح شده
BM ₁	1500			1520.350	0	1520.350
TP ₁	2230	1850	-350	1520	2	1520.002
A	2500	2150	80	1520.080	4	1520.084
B	2360	2140	360	1520.440	6	1520.446
BM ₂		2000	360	1520.800	8	1520.808
$\Sigma =$	8590	8140	450			

$$\Sigma B.S - \Sigma F.S = 8590 - 8140 = 450$$

۱-۲- پروفیل (Profile)

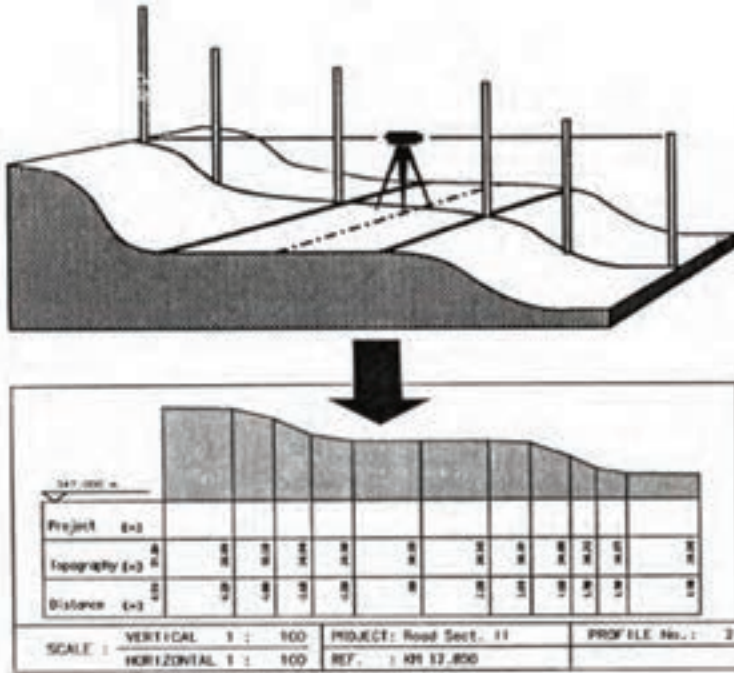
اگر بزرگ امتداد مستقیم مشخص روی زمین، صفحه قائم فرضی عبور داده شود (به عبارت دیگر در امتداد مورد نظر برشی فرضی به زمین داده شود) از برخورد این صفحه فرضی با سطح طبیعی زمین، خطوط شکسته‌ای حاصل می‌شود که چنانچه آن را در مقیاس مشخصی ترسیم نماییم نقشه حاصل را پروفیل (مقطع یا نیمرخ) می‌گویند.

در واقع هدف از تهیه پروفیل، نمایش پستی و بلندی‌ها و برجستگی‌های زمین در طول یک امتداد مانند مسیر یک کانال و یا یک جاده روی نقشه می‌باشد. و منظور از نمایش برجستگی‌ها روی نقشه این است که اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به هم روی نقشه معلوم باشد. به طرق مختلف می‌توان برجستگی‌ها را روی نقشه نمایش داد اما متداول‌ترین و دقیق‌ترین روش نمایش پستی و بلندی‌ها، نشان دادن ارتفاع نقاط است به گونه‌ای که عددی که برای ارتفاع هر نقطه از تراز یابی اندازه‌گیری شده است دقیقاً روی نقشه منتقل و نوشته شود.

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

۱- پروفیل طولی (Longitudinal Profile)

۲- پروفیل عرضی (Cross Section)



شکل ۱-۵- پروفیل

اگر صفحه قائم فرضی را در امتداد طولی یک مسیر بر زمین عبور دهیم به تصویری که بر روی این صفحه از تماس با سطح طبیعی زمین ایجاد می شود پروفیل طولی (مقطع طولی) گویند. توجه شود که در پروفیل طولی مسیر مورد نظر الزاماً مستقیم نبوده و می تواند دارای شکستگی و انحنا باشد. در مقابل اگر در فواصل مشخصی از مسیر مورد نظر، در عرض مسیر اقدام به تهیه پروفیل نمایم به آن پروفیل عرضی گویند. لازم به ذکر است که برای یک مسیر پروفیل های عرضی زیادی وجود دارد که معمولاً برش آنها در راستای مستقیم و در هر نقطه عمود بر مسیر می باشد.

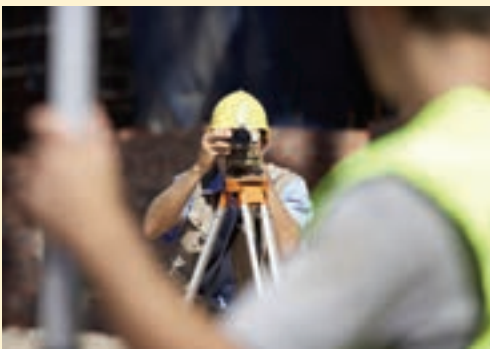
فصل مشترک یک صفحه قائم فرضی با سطح طبیعی زمین در امتداد طول مسیر را پروفیل طولی و در امتداد عمود بر مسیر را پروفیل یا مقطع عرضی می گویند.

پروفیل طولی را به دو روش مستقیم و غیرمستقیم می توان تهیه کرد. در روش مستقیم، پروفیل طولی از اندازه گیری مستقیم زمینی با انجام ترازبایی در طول مسیر مورد نظر تهیه می شود. در روش غیرمستقیم، پروفیل طولی با استفاده از نقشه توپوگرافی تهیه می شود. در ادامه، تهیه پروفیل طولی

به روش مستقیم و طراحی خط پروژه روی آن تشریح می‌گردد. مراحل کار عبارت اند از :

- ۱- طراحی پلان مسیر
- ۲- پیاده‌سازی مسیر
- ۳- تراز یابی مسیر
- ۴- محاسبات پروفیل طولی
- ۵- ترسیم پروفیل طولی
- ۶- طراحی خط پروژه
- ۷- پیاده‌سازی و کنترل.

بیشتر بدانیم



موارد استفاده از تراز یاب‌ها :

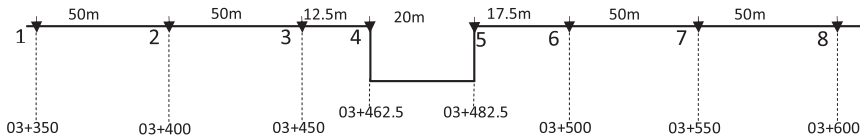
- ۱- اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع (دقت زیاد)
- ۲- اندازه‌گیری فاصله با تراز یاب (دقت کم)
- ۳- اندازه‌گیری زاویه افقی با تراز یاب (دقت کم)

۱- طراحی پلان مسیر : در این مرحله، موقعیت مسطحانی مسیر در چندین مرحله به صورت تقریبی تا کاملاً دقیق روی نقشه‌های پوششی کوچک تا بزرگ مقیاس طراحی می‌شود. در طراحی مسیر جنبه‌های مختلف شامل رعایت اصول مهندسی، ایمنی، هزینه ساخت و ساز، محیط زیست، آمایش زمین و نظایر آن توسط مهندسین مشاور طراح مسیر بررسی می‌گردد که تشریح این موارد خارج از محدوده این کتاب است. برای مطالعه بیشتر می‌توانید به کتب راهسازی مراجعه نمایید.

۲- پیاده‌سازی مسیر : منظور از پیاده‌سازی مسیر یعنی انعکاس فرم هندسی مسیر (شامل قسمت‌های مستقیم، قوس‌ها و دیگر اجزا) روی زمین، طبق مشخصاتی که طراح در نقشه‌ها ارائه نموده است. در این بخش برای تعیین مسیر، روش میخکوبی مسیر (بیکه‌تاژ) تشریح می‌شود که در آن ابتدا نقاط شکستگی مسیر میخکوبی شده و سپس فواصل افقی بین میخ‌ها اندازه‌گیری و جدول

بیکه تاز تنظیم می گردد.

مسیر مورد نظر برای تهیه پروفیل طولی که ممکن است به شکل یک امتداد مستقیم و یا مجموعه ای از خطوط شکسته و یا منحنی باشد، ابتدا باید توسط عمل میخکوبی روی زمین مشخص شود. فاصله میخها از هم به دقت کار و شکل ظاهری زمین بستگی دارد. بنابراین در مناطق مسطح، فواصل بلندتر و در مناطق کوهستانی که تغییر شکل زمین زیاد است، این فواصل باید کوتاه تر انتخاب شوند. علاوه بر میخکوبی نقاط در فواصل ثابت، باید نقاط تغییر شیب در طول مسیر، محل تقاطع و برخورد مسیر با راهها، کانالها، رودخانهها، جویها، نهرها و ... نیز میخکوبی شوند. به این نقاط در اصطلاح نقاط اجباری می گویند.



شکل ۱-۶ - بیکه تاز مسیر

در حالت کلی کیلومتر از هر میخ را با فرم $\frac{\text{متر}}{1000} + \frac{\text{سانتی متر}}{100}$ نمایش می دهند. که دو رقم اول فاصله بر حسب کیلومتر و ارقام بعدی مقدار باقیمانده فاصله بر حسب متر و سانتی متر می باشد. به عنوان مثال عدد $۱۰۳۲۰/۴۷$ متر را به شکل $۳۲۰/۴۷$ نشان می دهند: یعنی ده کیلومتر و سیصد و بیست متر و چهل و هفت سانتی متر.

در حین میخکوبی نقاط مسیر مورد نظر به جهت سادگی در ترسیم پروفیل سادگی در محاسبات و بالا رفتن سرعت کار، فاصله بین میخها را ثابت در نظر گرفته و سعی می شود که کیلومتر از هر میخ مضربی از ده باشد.

فاصله افقی هر نقطه تا مبدأ را کیلومتر از آن نقطه گویند.

به عنوان مثال فرض کنید مطابق شکل (۱-۶) امتداد مستقیم AB را از میخ شماره یک با کیلومتر از $۳۰۳۵/۰۰$ بیکه تاز نموده و پس از کوبیدن دو میخ به فاصله ثابت ۵۰ متر به یک کانال رسیده ایم و میخهای شماره ۴ و ۵ را در لبه های کانال می کویم. پس از کوبیدن میخها در نقاط اجباری لبه کانال، فاصله بین میخ شماره ۳ و ۴ را $۱۲/۵$ متر و بین میخ ۴ و ۵ را ۲۰ متر اندازه گیری می کنیم. بنابراین کیلومتر از نقطه ۵ برابر $۳۰۳۴۸۲/۵۰$ می گردد. از اینجا نتیجه می گیریم که میخ شماره ۶ را

در فاصله‌ای باید کوبید که کیلومتر از آن مضربی از عدد ۱۰ شود یعنی $0.03+50.00$ به عبارتی میخ شماره ۶ را $17/5$ متری از میخ شماره ۵ می‌کوبیم.

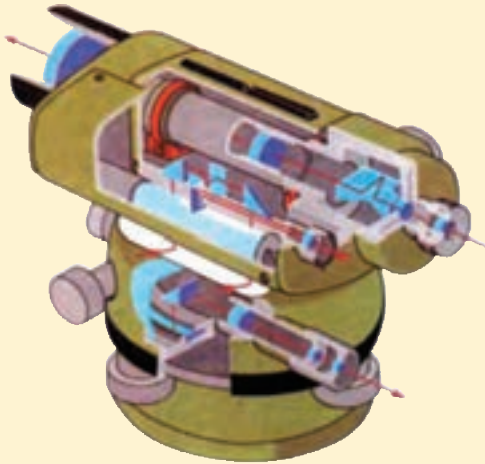
در عمل معمولاً با استفاده از دوربین تئودولیت و متر محل نقاط مسیر مورد نظر را روی زمین پیدا کرده و میخکوبی می‌کنند.

بعد از میخکوبی مسیر، فاصله بین میخ‌ها توسط متر دقیقاً اندازه‌گیری شده و در جدولی مطابق جدول ۱-۱ یادداشت می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود این جدول علاوه بر ستون شماره نقاط و فاصله بین میخ‌ها، شامل فاصله از نقطه شروع (کیلومتر از) و کروکی نیز می‌باشد.

جدول ۱-۱- بیکه‌تاز مسیر

شماره میخ P.N	فاصله بین دو میخ Di	فاصله از مبدأ km	کروکی و یادداشت Note
1		03 + 350.00	
2	50.00	+400.00	
3	50.00	+450.00	
4	12.50	+462.50	
5	20.00	+482.50	
6	17.50	+500.00	
7	50.00	+550.00	
8		03+ 600.00	

قسمت‌های داخلی یک تراز یاب



۳- تراز یابی مسیر (پروفیل برداری): بعد از تعیین موقعیت مسیر بر روی زمین، نوبت به تراز یابی در امتداد آن می‌رسد. در این بخش روش تراز یابی هندسی برای تعیین ارتفاع نقاط مشخص شده در طول مسیر تشریح می‌گردد که به آن پروفیل برداری نیز می‌گویند. ارتفاع کلیه نقاط می‌خکوبی شده با استفاده از تراز یابی مستقیم و به شیوه تدریجی و یا ترکیبی از تدریجی و شعاعی به دست می‌آید. در هر حال تراز یابی باید به صورت رفت و برگشت بین نقاط بنج مارک انجام پذیرد به عبارتی چنانچه در منطقه و یا در نزدیکی آن بنج مارک موجود باشد بهتر است تراز یابی را از این نقطه شروع کرده و به نقطه بنج مارک دیگری بست. در غیر این صورت ارتفاع نقطه شروع را به طور قراردادی تعیین کرده و تراز یابی به صورت رفت و برگشت انجام می‌شود. چنانچه مسیر طولانی باشد معمولاً بعد از هر دو کیلومتر، کار تراز یابی به صورت رفت و برگشت کنترل می‌شود.

✓ به دلیل سختی کار تراز یابی مستقیم در مناطق با شیب زیاد و کوهستانی، برای پروفیل برداری از تراز یابی به روش مثلثاتی هم می‌توان استفاده کرد ولی این روش دقت کمتری نسبت به روش تراز یابی مستقیم (هندسی) دارد.

در صفحه بعد یک نمونه جدول تراز یابی مخصوص برداشت پروفیل نشان داده شده است که در آن ستون‌هایی برای فاصله بین نقاط و کیلومتر اثر نقاط در نظر گرفته شده و به روش ارتفاع دستگاه (ارتفاع خط دید دورین) قابل حل می‌باشد. نحوه محاسبه جدول به روش ارتفاع دستگاه بیشتر در تهیه

و ترسیم پروفیل مورد استفاده قرار می‌گیرد که در قسمت بعد توضیح داده می‌شود.

جدول ۱-۲

شماره نقطه P.N	فاصله بین نقاط Di	فاصله از مبدأ km	قرائت عقب B.S	قرائت میانی I.S	قرائت جلو F.S	ارتفاع دستگاه HI	ارتفاع نقاط H

۴- محاسبات پروفیل طولی : برای تهیه پروفیل طولی باید فاصله و ارتفاع نقاط ترازیابی در طول مسیر را به دست آورد. فاصله نقاط معمولاً از ابتدای مسیر محاسبه می‌شود که تحت عنوان «فاصله از مبدأ» بر حسب کیلومتر (کیلومتر) نشان داده می‌شود. برای تعیین ارتفاع نقاط، در این قسمت محاسبات ترازیابی هندسی به روش ارتفاع دستگاه (Height of Instrument) از طریق حل جدول ترازیابی تشریح می‌گردد.

به طور کلی برای حل جدول ترازیابی از دو روش می‌توان استفاده کرد ، روش اول روشی است که به آن روش اختلاف ارتفاع (فراز و نشیب) می‌گویند که قبلاً آن را در کتاب مساحی آموختید و روش دوم، روش ارتفاع دستگاه (ارتفاع خط دید دوربین) می‌باشد که در این قسمت در قالب یک مثال کاربردی به شرح آن می‌پردازیم.

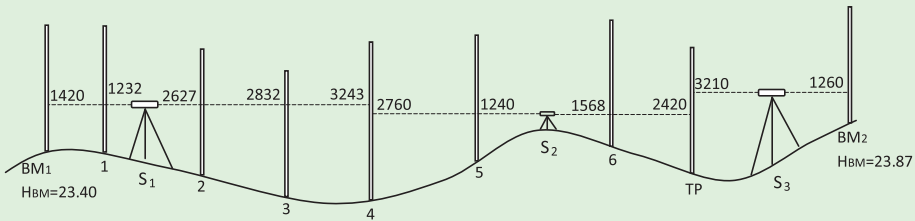
بیشتر بدانیم



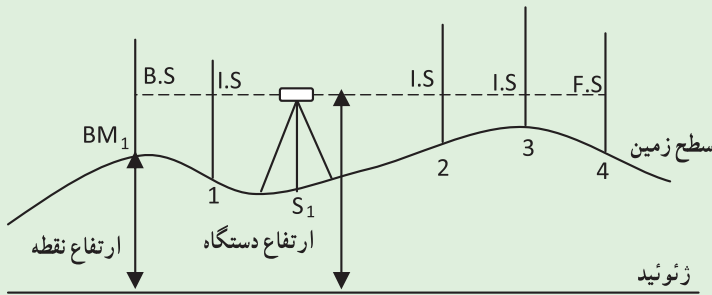
بزرگراه‌های چند طبقه که بر اساس اندازه‌گیری‌های دقیق ترازیابی اجرا و کنترل شده‌اند.

مثال ۱-۲ :

محاسبه جدول ترازیبی حاصل از پروفیل برداری به روش ارتفاع دستگاه
برای تهیه پروفیل طولی از یک مسیر کانال آبرسانی، مطابق شکل زیر عملیات
ترازیابی انجام گرفته است و برای کنترل، ابتدا و انتهای آن به دو نقطه بنچ مارک بسته
شده است. ارتفاع نقاط را به روش ارتفاع دستگاه محاسبه نمایید. (طول مسیر ترازیبی
۶۰۰ متر و ترازیبی درجه ۳ می باشد)



راهکار کلی: در این روش مطابق شکل زیر با اضافه کردن قرائت عقب به
ارتفاع نقطه، ارتفاع خط دید دورین (ارتفاع دستگاه) به دست می آید، سپس از این
ارتفاع (ارتفاع دستگاه)، قرائت جلو کم می گردد و عدد حاصل همان ارتفاع نقطه
می باشد.



$$HI_1 = (\text{ارتفاع دستگاه}) = HBM + B.S.BM$$

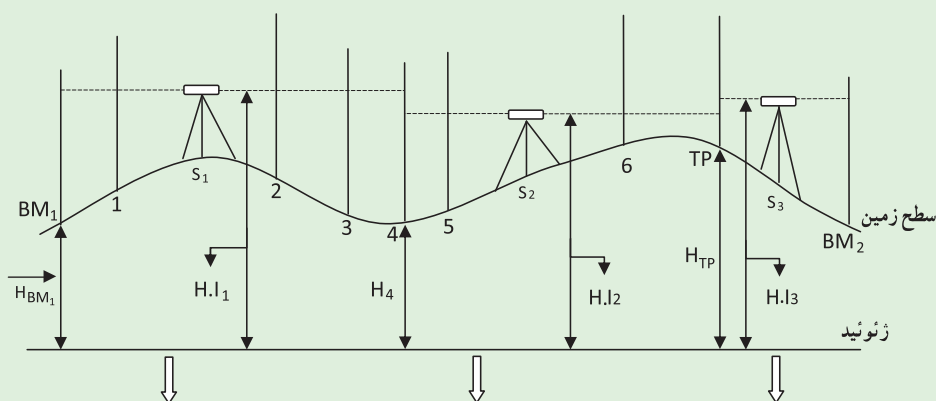
$$H_1 = H.I - I.S_1$$

$$H_2 = H.I - I.S_2$$

$$H_3 = H.I - I.S_3$$

$$H_4 = H.I - F.S_4$$

همان طور که مشاهده می کنید در این روش ارتفاع همه نقاطی که از یک ایستگاه قرائت شده به طور مستقیم از روی ارتفاع دوربین در آن ایستگاه به دست می آید. چنانچه برای ادامه کار تراز یابی، دوربین را جابجا کرده و در ایستگاه دوم (S_2) مستقر شویم، باید در این ایستگاه نیز ارتفاع دوربین را از روی ارتفاع محاسبه شده برای نقطه آخر دهنه قبل و قرائت عقب آن که در اینجا نقطه ۴ است، به دست آورده و ارتفاع سایر نقاط قرائت شده از این ایستگاه را محاسبه کنیم تا به (نقطه آخر دهنه دوم نقطه TP) برسیم و به همین ترتیب برای ایستگاه سوم (S_3) کار را دنبال کنیم:



$$H_{I_1} = (\text{ارتفاع دستگاه}) = H_{BM_1} + B \cdot SBM_1$$

$$H_1 = H.I.1 - I \cdot S_1$$

$$H_2 = H.I.1 - I \cdot S_2$$

$$H_3 = H.I.1 - I \cdot S_3$$

$$H_4 = H.I.1 - F \cdot S_4$$

حال که H_1 را محاسبه کردیم از رابطه زیر ارتفاع دستگاه در ایستگاه دوم ($H.I.2$) را به دست می آوریم:

$$H.I.2 = H_4 + B \cdot S_4$$

و داریم:

$$H_5 = H.I.2 - I \cdot S_5$$

$$H_6 = H.I.2 - I \cdot S_6$$

$$H_{TP} = H.I.2 - F \cdot S_{TP}$$

و به همین ترتیب برای ایستگاه سوم و نقطه آخر یعنی BM_2 داریم:

$$H.I.3 = H_{TP} + B \cdot S_{TP}$$

$$H_{BM_2} = H.I.3 - F \cdot SBM_2$$

روش حل: ابتدا جدولی مطابق شکل صفحه بعد ترسیم نموده و قرائت روی شاخص ها را از روی شکل بالا برای نقاط BM_1 تا BM_2 وارد جدول می کنیم.

P.N	B.S	I.S	F.S	H.I(m)	H(m)	C(mm)	Hc(m)
شماره نقاط	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دستگاه	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
BM ₁	1420			24.820	23.400		23.400
1		1232		24.820	23.588		
2		2627		24.820	22.193		
3		2832		24.820	21.988		
4	2760			24.337	21.577		
5		1240	3243	24.337	23.097		
6		1568		24.337	22.769		
TP	3210		2420	25.127	21.917		
BM ₂			1260	25.127	23.867		23.870

محاسبه ارتفاع نقاط با استفاده از روش ارتفاع دستگاه :

$$H \cdot I_1 = 23.400 + 1.420 = 24.820$$

$$H_1 = 24.820 - 1.232 = 23.588$$

$$H_2 = 24.820 - 2.627 = 22.193$$

$$H_3 = 24.820 - 2.832 = 21.988$$

$$H_4 = 24.820 - 3.243 = 21.577$$

حال H.I₂ را از H₄ محاسبه می کنیم

$$H \cdot I_2 = 21.577 + 2.760 = 24.337$$

$$H_5 = 24.337 - 1.240 = 23.097$$

$$H_6 = 24.337 - 1.568 = 22.769$$

$$HTP = 24.337 - 2.420 = 21.917$$

حال H.I₃ را از HTP محاسبه می کنیم

$$H \cdot I_3 = 21.917 + 3.210 = 25.127$$

$$H_{BM2} = 25.127 - 1.260 = 23.867$$

برای محاسبه خطای تراز یابی داریم (تکراری) :

$$\text{ارتفاع معلوم نقطه آخر} - \text{ارتفاع به دست آمده برای نقطه آخر} = \text{خطای بست تراز یابی}$$

$$\text{یعنی : } e_L = 23.867 - 23.870 = -0.003 \text{ m} = -3\text{mm}$$

و همچنین خطای مجاز تراز یابی درجه ۳ برابر است با :

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

$$e_{\max} = 12\sqrt{0/600} \approx 9\text{mm}$$

پس خطای بست تراز یابی مجاز می باشد و می توان آن را سرشکن کرد.

حال مقدار ثابت تصحیح را به دست می آوریم :

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

$$c = \frac{-(-3)}{3} = +1\text{mm}$$

ارتفاع تصحیح شده نقاط را محاسبه کرده و جدول را کامل می کنیم.

P.N	B.S	I.S	F.S	H.I(m)	H(m)	C(mm)	Hc(m)
شماره نقاط	قرائت عقب	قرائت میانی	قرائت جلو	ارتفاع دستگاه	ارتفاع	تصحیح	ارتفاع تصحیح شده
BM ₁	1420			28.820	23.400	0	23.400
1		1232		28.820	23.588	+1	23.589
2		2627		28.820	22.193	+1	22.194
3		2832		28.820	21.988	+1	21.989
4	2760		3243	24.337	21.577	+1	21.578
5		1240		24.337	23.097	+2	23.099
6		1568		24.337	22.769	+2	22.771
TP	3210		2420	25.127	21.917	+2	21.919
BM ₂			1260	25.127	23.867	+3	23.870

بحث و بررسی: همان طور که در جدول ترازیبی بالا مشاهده می کنید نقاطی که در هر دهنه دارای قرائت میانی (I.S) می باشند، ارتفاع دستگاه برای آنها تغییری نمی کند چرا که همه آنها از یک دوربین با یک ارتفاع قرائت شده اند. همچنین مقدار تصحیح برای این نقاط نیز یکسان می باشد.

● قابل توجه است که در روش ترازیبی شعاعی برای سرشکنی (تعدیل) خطای ترازیبی بهتر است که خطای موجود را (در صورت مجاز بودن) بر روی قرائت های عقب توزیع نمود. یعنی می توان از همان ابتدا قبل از محاسبه ارتفاع نقاط، ابتدا خطای ترازیبی را محاسبه کرده، سپس مقدار ثابت تصحیح را به دست آورد و این مقدار ثابت را به قرائت های عقب اعمال کرد. در این صورت ارتفاع محاسبه شده برای نقاط تصحیح شده می باشد و نیازی به تشکیل ستون تصحیح و ارتفاع تصحیح شده نیست.

۵- ترسیم پروفیل طولی: معمولاً پروفیل را بر روی کاغذ میلی متری رسم می کنند. برای رسم پروفیل طولی بر روی کاغذ میلی متری دو محور عمود بر هم ترسیم کرده و محور افقی را به عنوان محور فاصله نقاط و محور عمودی را به عنوان محور ارتفاع نقاط در نظر می گیریم. به دلیل اینکه تغییرات ارتفاع نقاط بسیار کمتر از تغییرات طولی (فاصله بین دو نقطه) می باشد، معمولاً مقیاس محور ارتفاع را ده برابر مقیاس محور طولی در نظر می گیرند تا اختلاف ارتفاع نقاط به نحو اغراق آمیزی نمایش داده شود. این امر موجب افزایش دقت طراحی خط پروژه در مرحله بعد و نمایش بهتر جزئیات ارتفاعی مسیر می شود.

پس از انتخاب مقیاس طولی و ارتفاعی، به جدول ارتفاعات مراجعه و کمترین عدد ارتفاعی را از داخل جدول استخراج می کنیم. سپس عدد گرد شده ای کمتر از این عدد مشخص کرده و به عنوان ارتفاع مبنا برای محور افقی (محور X) در نظر می گیریم. بنابراین با این کار تمام پروفیل طولی در بالای محور طول ها قرار گرفته و در هیچ نقطه ای این محور را قطع نمی کند. سپس نسبت به سیستم مختصات اختیار شده موقعیت هر نقطه را با داشتن فاصله افقی و ارتفاع آن نقطه از مبدا، روی صفحه مشخص و در پایان کلیه نقاط را به وسیله خط های مستقیم به هم وصل می کنیم. نمودار حاصل، پروفیل طولی است.

مثال ۳-۱: ترسیم پروفیل طولی

جدول زیر حاصل عملیات پروفیل برداری قسمتی از یک جاده می باشد. پروفیل طولی آن را در مقیاس طولی $1:1500$ ترسیم نمایید.

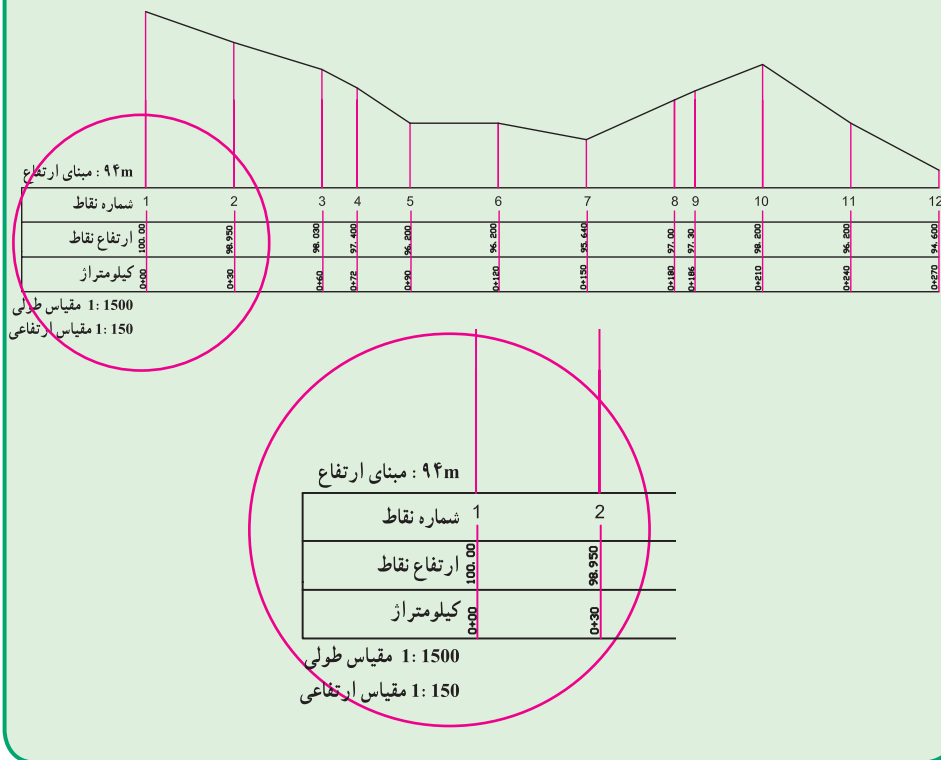
شماره میخ NO.P	فاصله بین دو میخ Di	فاصله از مبدأ km	ارتفاع نقاط H
1	30	00 + 000	100.000
2	30	+030	98.950
3	12	+060	98.030
4	18	+072	97.400
5	30	+090	96.200
6	30	+120	96.200
7	30	+150	95.640
8	7	+180	97.000
9	23	+187	97.300
10	30	+210	98.200
11	30	+240	96.200
12		00 + 270	94.600

راهکار کلی: با توجه به این که مقیاس طولی $1:1500$ است پس باید مقیاس ارتفاعی را $1:150$ در نظر بگیریم. همچنین با توجه به اینکه کمترین ارتفاع در جدول $94/600$ متر می باشد باید مبدأ ارتفاع را عدد گرد شده ای (رُندی) کمتر از آن در نظر گرفت مثلاً ارتفاع ۹۴ متر را می توان به عنوان مبدأ ارتفاعی در نظر گرفت.

با توجه به جدول، محور ارتفاعی را باید برای حداقل اختلاف ارتفاع ۵ متر در مقیاس $1:150$ در نظر بگیرید. و همچنین محور طولی را برای حداقل فاصله 270 متر از مبدأ در مقیاس $1:1500$ ترسیم کنید. سپس فاصله ها را در مقیاس $1:1500$ و ارتفاع نقاط را با توجه به مبدأ ارتفاعی که ۹۴ متر است و در مقیاس $1:150$ روی محورها جدا کنید. برای این کار می توانید از اِثیل (خط کش مقیاس) استفاده کنید. اکنون محل هر نقطه را روی صفحه کاغذ مشخص کرده و آنها را با خطوط مستقیم به هم وصل کنید.

برای استفاده بهتر و بیشتر از نیمرخ‌های طولی اولاً مسیر را در گوشه‌ای از کاغذ ترسیم کرده و ثانیاً در زیر نمودار، جدولی ترسیم می‌کنند که خصوصیات نقاط برداشتی شامل شماره نقطه، کیلومتر از ارتفاع نقاط، شیب زمین و ... را مقابل هر نقطه می‌نویسند.

روش حل و ترسیم :





۶- طراحی خط پروژه : پس از تهیه و ترسیم پروفیل طولی، با توجه به مشخصات فنی و نوع مسیر، خطی روی پروفیل طولی طراحی می‌گردد که اصطلاحاً به آن خطِ پروژه می‌گویند.

شیب سطح تمام شده راه و به عبارتی نیمرخ طولی مسیر پس از پایان ساخت پروژه را خطِ پروژه گویند.

با توجه به محدودیت‌ها و رعایت اصول مهندسی باید شیب خطِ پروژه متناسب با ارتفاع نقطه

شروع طوری طراحی شود که از حد مجاز بیشتر نشده و همچنین حجم خاکبرداری و یا خاکریزی به کمترین مقدار برسد و یا اینکه سعی شود که حجم خاکبرداری و خاکریزی تا اندازه‌ای با هم برابر شود.

می‌دانید چرا؟

معمولاً پروفیل را با رنگ مشکی و خط پروژه را با رنگ قرمز ترسیم می‌کنند. و به آن خط قرمز نیز گفته می‌شود.  

بیشتر بدانیم

۷- پیاده‌سازی و کنترل: پس از طراحی خط پروژه با معلوم بودن شیب درصد خط پروژه و ارتفاع پروژه در نقطه اول می‌توان ارتفاع هر نقطه را روی خط پروژه محاسبه کرده، میزان عمق خاکبرداری و یا خاکریزی را در نقاط امتداد مسیر به دست آورد و در نهایت خط پروژه را روی زمین پیاده نمود.

مثال ۱-۴: ترسیم خط پروژه و محاسبه عمق خاک در نقاط

با توجه به پروفیل ترسیم شده در مثال قبل، در صورتی که شیب خط پروژه ۲ درصد در نظر گرفته شود و ارتفاع پروژه در نقطه اول برابر ارتفاع زمین همان نقطه باشد، پس از ترسیم خط پروژه روی این پروفیل، عمق خاک را در هر یک از میخ‌ها محاسبه کنید. **راهکار کلی:** منظور از شیب بین دو نقطه نسبت اختلاف ارتفاع به فاصله افقی دو نقطه می‌باشد. که آن را با P نمایش می‌دهند و معمولاً آن را بر حسب درصد بیان می‌کنند.

$$P = (\Delta H / D_h) \Rightarrow P\% = (\Delta H / D_h) \times 100$$

همان‌طور که در صورت‌مثال بیان شده شیب خط پروژه ۲ درصد می‌باشد. و همچنین ارتفاع پروژه در نقطه اول معلوم است. پس می‌توان ارتفاع پروژه را در هر نقطه به دست آورد زیرا فاصله بین نقاط نیز معلوم است. به عبارتی داریم:

$$P\% = (\Delta H / D_h) \times 100 \Rightarrow \Delta H = (D_h \times P\%) / 100$$

$$H_{pi} = H_p + \Delta H$$

در این رابطه H_{pi} همان ارتفاع پروژه در نقطه i ام می باشد که برای هر نقطه با توجه به شیب خط پروژه و فاصله اش از مبدأ قابل محاسبه می باشد. حال با استفاده از این رابطه ارتفاع پروژه در میخ آخر را به دست می آوریم و سپس این عدد را در پروفیل برای نقطه آخر روی صفحه پیدا کرده و در نهایت محل نقطه اول خط پروژه را مطابق شکل به این نقطه وصل می کنیم. حال که خط پروژه ترسیم شد، با معلوم بودن فاصله نقاط از نقطه اول و استفاده از رابطه بالا ارتفاع پروژه را برای همه میخ ها به دست می آوریم. ارتفاع زمین نیز برای همه میخ ها از قبل معلوم است پس اختلاف این دو مقدار همان عمق خاک را در محل میخ نشان می دهد.

روش حل :

$\left. \begin{aligned} \text{ارتفاع پروژه در نقطه اول } (H_{p1}) &= 100.000 \text{ m} \\ \text{شیب درصد خط پروژه } (p\%) &= -2\% \\ \text{فاصله میخ اول و آخر } (D_n) &= 270 \text{ m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$	$\begin{aligned} (\text{اختلاف ارتفاع اول و آخر پروژه}) &= (270 \times -2) \div 100 = -5.400 \text{ m} \\ H_p (\text{ارتفاع پروژه در میخ آخر}) &= 100.000 + (-5.400) \Delta H = 94.600 \text{ m} \end{aligned}$
---	---

$$\Delta H_{1-2} = (30 \times -2) / 100 = -0.6 \text{ m}$$

$$H_{p2} = 100 + (-0.6) = 99.400 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-3} = (60 \times -2) / 100 = -1.2 \text{ m}$$

$$H_{p3} = 100 + (-1.2) = 98.800 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-4} = (72 \times -2) / 100 = -1.44 \text{ m}$$

$$H_{p4} = 100 + (-1.44) = 98.560 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-5} = (90 \times -2) / 100 = -1.80 \text{ m}$$

$$H_{p5} = 100 + (-1.80) = 98.200 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-6} = (120 \times -2) / 100 = -2.40 \text{ m}$$

$$H_{p6} = 100 + (-2.40) = 97.600 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-7} = (150 \times -2) / 100 = -3.00 \text{ m}$$

$$H_{p7} = 100 + (-3.00) = 97.000 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-8} = (180 \times -2) / 100 = -3.60 \text{ m}$$

$$H_{p8} = 100 + (-3.60) = 96.400 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-9} = (187 \times -2) / 100 = -3.74 \text{ m}$$

$$H_{p9} = 100 + (-3.74) = 96.260 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-10} = (210 \times -2) / 100 = -4.20 \text{ m}$$

$$H_{p10} = 100 + (-4.20) = 95.800 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-11} = (240 \times -2) / 100 = -4.80 \text{ m}$$

$$H_{p11} = 100 + (-4.80) = 95.00 \text{ m}$$

$$\Delta H_{1-12} = (270 \times -2) / 100 = -5.40 \text{ m}$$

$$H_{p12} = 100 + (-5.40) = 94.600 \text{ m}$$

ارتفاع پروژ - ارتفاع زمین = عمق خاک در هر میخ

$$\text{عمق 1} = 100 - 100 = 0 \text{ m}$$

$$\text{عمق 2} = 98.950 - 99.400 = -0.450 \text{ m}$$

$$\text{عمق 3} = 98.030 - 98.800 = -0.770 \text{ m}$$

$$\text{عمق 4} = 97.400 - 98.560 = -1.160 \text{ m}$$

$$\text{عمق 5} = 96.200 - 98.200 = -2.000 \text{ m}$$

$$\text{عمق 6} = 96.200 - 97.600 = -1.400 \text{ m}$$

$$\text{عمق 7} = 95.640 - 97.000 = -1.360 \text{ m}$$

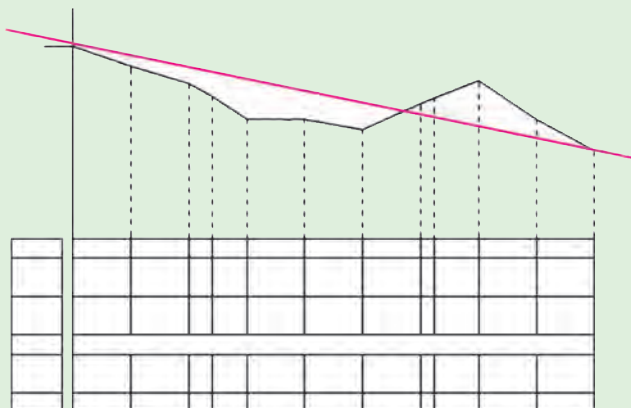
$$\text{عمق 8} = 97.000 - 96.400 = +0.600 \text{ m}$$

$$\text{عمق 9} = 97.300 - 96.260 = +1.040 \text{ m}$$

$$\text{عمق 10} = 98.200 - 95.800 = +2.400 \text{ m}$$

$$\text{عمق 11} = 96.200 - 95.200 = +1 \text{ m}$$

$$\text{عمق 12} = 94.600 - 94.600 = 0 \text{ m}$$



بحث و بررسی: همان طوری که در صفحه قبل مشاهده می کنید عددی که برای عمق خاک به دست آمده در بعضی از نقاط مثبت و در بعضی منفی می باشد، می توان چنین گفت که در نقاطی که ارتفاع خط پروژه بالاتر از زمین قرار دارد این عدد منفی است یا به عبارتی در این نقاط باید خاکریزی کنیم و در نقاطی که عمق خاک مثبت می باشد نشان دهنده این است که باید در آن نقاط خاکبرداری کنیم تا به ارتفاع پروژه برسیم. طبیعتاً عدد صفر برای عمق خاک بدین معنی است که خط پروژه در این نقاط بر خط زمین منطبق می باشد و در این نقاط عملیات خاکی نداریم.

به نظر شما در میخ شماره ۵ خاکبرداری داریم یا خاکریزی، چند متر و چرا؟

۱-۳- تسطیح اراضی (Land leveling & grading)

تغییر در وضعیت پستی و بلندی های زمین (توپوگرافی) و مناسب نمودن آن برای اجرای پروژه های مختلف عمرانی در اغلب موارد امری الزامی است. در کشاورزی - به خصوص در مواردی که آبیاری به روش سطحی انجام می شود - این تغییر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یک زمین با شکل مناسب نه تنها موجب گسترش یکنواخت آب و در نتیجه بالا بردن راندمان آبیاری می گردد، بلکه دیگر فعالیت های زراعی (کاشت، داشت و برداشت) را آسان می سازد.

تسطیح یک اصطلاح کلی است و به تمام عملیات هموار نمودن و شیب دادن زمین اطلاق می شود. به عبارت دیگر تسطیح کردن به عملیاتی گفته می شود که طی آن سطح طبیعی زمین به یک سطح صاف بدون شیب و یا با شیب ثابت تغییر می یابد. اما اغلب تسطیح زمین در کشاورزی به منظور ایجاد سطحی صاف با شیبی متناسب با روش آبیاری انجام می شود.

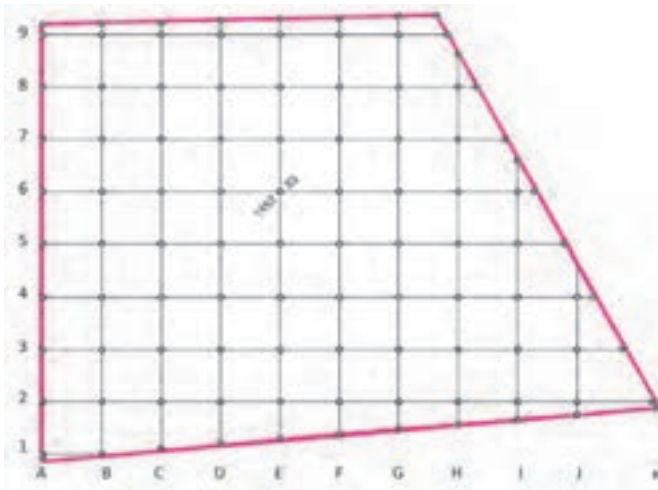
برای تسطیح ابتدا زمین مورد نظر شبکه بندی شده و ارتفاع نقاط شبکه به روش ترازبایی مستقیم و یا روش های دیگر به دست آورده می شود. پس از آن، طرح تسطیح توسط مهندسان مشاور طراحی می شود و سپس ارتفاع تک تک نقاط شبکه روی طرح محاسبه شده و با ارتفاع زمین موجود مقایسه می شود. به عبارتی عمق خاک در نقاط شبکه مشخص می شود و حجم عملیات خاکی (خاکبرداری و خاکریزی) محاسبه و هزینه آن برآورد شده و در پایان، طرح به اجرا در می آید. پس به طور کلی تسطیح را می توان 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. در ادامه به تشریح هر مرحله می پردازیم.

۱- شبکه بندی : در این مرحله ابتدا سطح زمین به صورت اشکال هندسی قابل حل مانند مربع، مستطیل، مثلث و ذوزنقه تقسیم بندی شده و محل تقاطع اضلاع شبکه (نقاط گِرهی) روی زمین علامت گذاری (میخکوبی) می شود. معمولاً اندازه اضلاع شبکه تا حد ممکن نزدیک به هم انتخاب می شود. به طوری که بتوان سطح زمین بین دو خط مجاور در شبکه را به عنوان یک سطح مسطح در نظر گرفت. در عمل اضلاع شبکه را دو سانتی متر در مقیاس نقشه در نظر می گیرند مثلاً اگر مقیاس نقشه شبکه بندی مورد نظر ۱:۵۰۰ باشد باید اضلاع شبکه را ۱۰ متری در نظر گرفت.

۲- تراز یابی و محاسبات : پس از مرحله شبکه بندی انجام تراز یابی مستقیم و به شیوه شعاعی ارتفاع نقاط شبکه محاسبه می شود.

۳- ترسیم شبکه : در ادامه مطابق شکل (۷-۱) شبکه مورد نظر را با توجه به مقیاس مورد نظر روی کاغذ ترسیم کرده و ارتفاع نقاط روی آن نوشته می شود.



شکل ۱-۷- شبکه ارتفاعی نقاط

تسطیح کردن در لغت نامهٔ دهخدا :

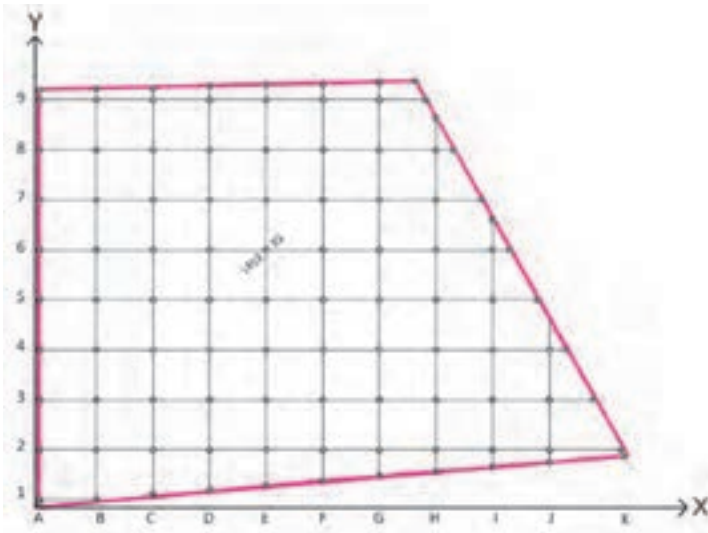
هموار کردن. یکسان کردن. صاف و مسطح کردن زمین و جز آن.
علم تسطیح کره ، دانستن چگونگی نقل کره است به سطح با حفظ خط‌ها و دایره‌ها که بر آن رسم شده است و چگونگی نقل این دایره‌ها از دایره به خط.

می‌توان با اختیار کردن یک سیستم مختصات سه‌بعدی برای قطعه زمین شبکه‌بندی شده، مختصات سه‌بعدی هر نقطه از رئوس این شبکه را در این سیستم مختصات به دست آورد. به این صورت که محور X سیستم را در طول زمین و محور Y آن را در عرض زمین و همچنین محور Z را محور ارتفاعات - که عمود بر سطح زمین است - در نظر می‌گیرند.

به طور مثال در شکل صفحه بعد اگر ابعاد شبکه 10° متری باشد، مختصات نقطه $E6$ برابر است

با :

(40° و 50° و $1452/23$)



شکل ۱ - ۸ - شبکه ارتفاعی نقاط با مختصات

۴- طراحی و محاسبات تسطیح: این مرحله از تسطیح باید توسط مهندسین مجرب که در این زمینه دارای تخصص و تجربه کافی باشند انجام شود. چرا که بر اثر طراحی نامناسب، نه تنها کارایی تسطیح کاهش می‌یابد بلکه مخارج تسطیح - که حتی در شرایط انجام صحیح کار هم بسیار بالاست - به میزان زیادی افزایش پیدا می‌کند.

مهندسان در طراحی تسطیح از نظر کاهش هزینه‌ها دو هدف عمده را دنبال می‌کنند:

۱- تسطیح با حداقل حجم خاکبرداری و خاکریزی انجام شود.

۲- بین حجم‌های خاکبرداری و خاکریزی تعادل وجود داشته باشد.

برای دستیابی به این اهداف و انجام یک طراحی مناسب برای تسطیح زمین روش‌های مختلفی وجود دارد که در دوره‌های بالاتر با آنها آشنا خواهید شد. 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.

در مرحله طراحی تسطیح بعد از آنکه سطح پروژه طراحی شد و به عبارتی ارتفاع و شیب آن مشخص شد با توجه به این طرح و همچنین شبکه ارتفاعی که از زمین موجود است می‌توان حجم عملیات خاکی را برای سطح پروژه مورد نظر محاسبه کرد.

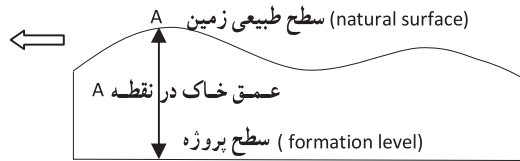
در اینجا حالت ساده‌ای را در نظر می‌گیریم که در آن سطح پروژه طوری طراحی شده که کاملاً افقی (بدون شیب) بوده و فقط خاکبرداری و یا خاکریزی کامل داریم:

بیشتر بدانیم

تسطیح با GPS: راننده در هر لحظه ارتفاع موجود سطح زمین که توسط GPS اندازه‌گیری می‌شود را در کنار ارتفاع طراحی شده مشاهده نموده و در هر نقطه با انجام خاکبرداری و یا خاکریزی این دو را به هم می‌رساند.



ارتفاع پروزه - ارتفاع زمین = عمق خاک
یا
 $h_i = H_i - H_p$



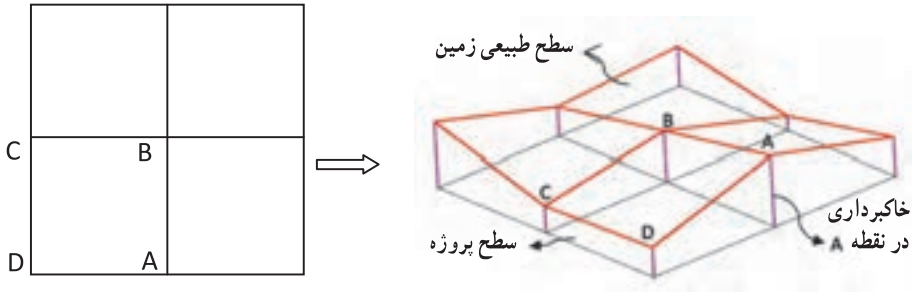
شکل ۱ - ۹

در صورتی که ارتفاع سطح پروزه H_p فرض شود، از تفاضل ارتفاع هر نقطه شبکه نسبت به ارتفاع پروزه، عمق خاک در آن نقطه مشخص می‌شود. بدیهی است، در صورتی که عمق خاک (h_i) مثبت باشد نشانه خاکبرداری و اگر h_i منفی 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 ضربدر میانگین عمق خاک در چهار گوشه مربع به دست می‌آید:

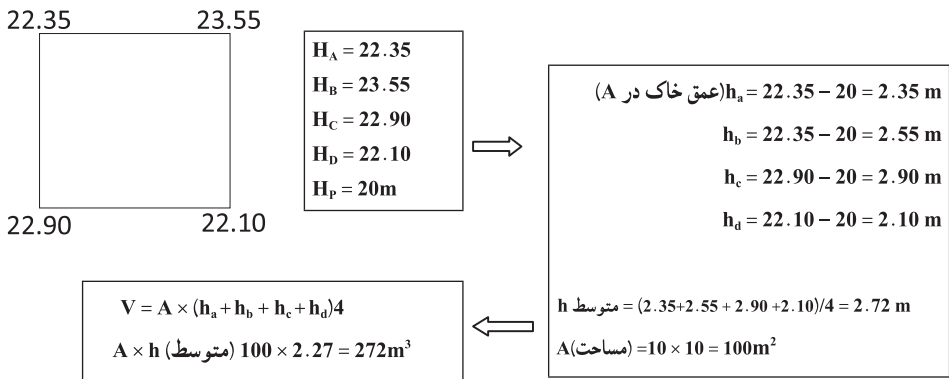
$$V_{abcd} = \frac{A \times (h_a + h_b + h_c + h_d)}{4}$$

(منظور از V همان حجم است)

به طور مثال چنانچه ارتفاع گوشه‌های مربع ABCD به اضلاع 10° متری مطابق شکل صفحه بعد بوده و ارتفاع سطح پروزه از قرار 2° متر باشد، می‌توان حجم عملیات خاکی را محاسبه نمود.



شکل ۱-۱- نمای سه بعدی از شبکه ارتفاعی نقاط



شکل ۱-۱۱

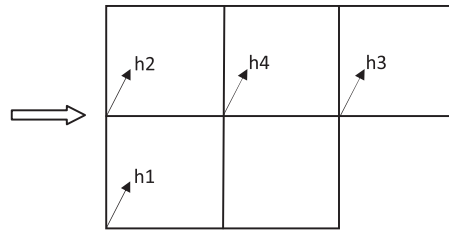
با کمی دقت در شکل بالا ملاحظه می‌شود که هر یک از مربع‌های شبکه یک منشور است که قاعده بالایی آن سطح طبیعی زمین و قاعده پایینی آن سطح پروژّه می‌باشد که این دو سطح با هم موازی نبوده و اختلاف ارتفاع رئوس آن نسبت به سطح پروژّه، ارتفاع‌های چهارگانه منشور را تشکیل می‌دهد که همان عمق خاک در این نقاط می‌باشد. بنابراین برای محاسبه حجم کل می‌توان حجم هر یک از مربع‌های شبکه را جداگانه محاسبه کرده و آنها را با هم جمع کرد. و چنانچه شکل زمین به صورتی باشد که در مرزها قطعات مثلثی و دوزنقه‌ای شکل باقی بماند باید حجم آنها را جداگانه محاسبه کرده و با حجم مربع‌ها جمع نمود.

برای ساده کردن محاسبه و جلوگیری از تکرار محاسبات می‌توان حجم قسمت‌های مربع شکل را از رابطه صفحه بعد به دست آورد:

Surfer نرم‌افزاری است که برای ترسیم سطوح و نقشه‌های سه‌بعدی به کار می‌رود. این نرم‌افزار بسیار سریع داده‌های جغرافیایی را تبدیل به نقشه‌های توپوگرافی و ... می‌کند.



$$V = A \times 1/4 (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4)$$
 Σh_1 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک مربع مشترک اند.
 Σh_2 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو مربع مشترک اند.
 Σh_3 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه مربع مشترک اند.
 Σh_4 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار مربع مشترک اند.



شکل ۱- ۱۲

و در صورتی که شکل زمین شبکه‌بندی شده، علاوه بر مربع‌ها دارای اشکال مثلث و دوزنقه‌ای نیز باشد، باید حجم این قسمت‌ها را جداگانه محاسبه کرده و با حاصل حجم مربع‌ها جمع نمود. به عبارتی حجم کل از رابطه‌ی تعمیم یافته‌ی زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$V = A \times 1/4 (\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4) + \Sigma R$$

Σh_1 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در یک متر مربع مشترک‌اند.

Σh_2 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در دو متر مربع مشترک‌اند.

Σh_3 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه متر مربع مشترک‌اند.

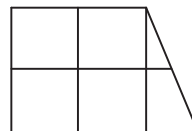
Σh_4 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در چهار متر مربع مشترک‌اند.

ΣR = مجموع حجم‌های اشکال مثلثی و دوزنقه‌ای شکل

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

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

که 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.



شکل ۱-۱۳



شکل ۱-۱۴ - اجرای تسطیح و کنترل حین اجرا

۵- اجرای طرح و کنترل آن : در این

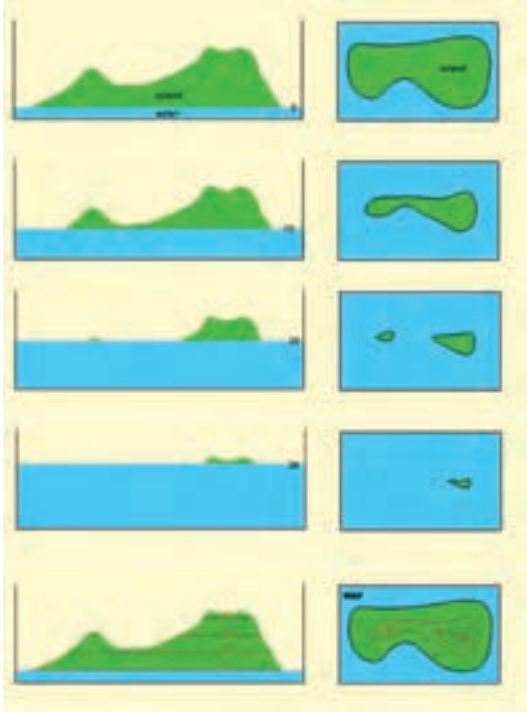
مرحله عمق خاک به دست آمده برای نقاط را تا حد سانتی متر گرد کرده و در کنار هر نقطه در روی نقشه شبکه بندی نقاط می نویسند. سپس با پیدا کردن نقاطی که نه خاکبرداری می شوند و نه خاکریزی، و با وصل کردن آنها به یکدیگر، محدوده خاکبرداری و خاکریزی مشخص می شود. در روی زمین نیز با علامت گذاری روی میخ‌ها، عمق خاکبرداری و خاکریزی مشخص می شود.

در حین اجرای تسطیح و عملیات خاکبرداری و خاکریزی، وظیفه نقشه بردار کنترل ارتفاع منطقه با توجه به سطح پروژه و نقشه اجرایی می باشد. این کار توسط ترازبایی مداوم از محل نقاط شبکه امکان پذیر است. شکل (۱-۱۴)

۱-۴- منحنی میزان

هرگاه تعدادی نقطه با ارتفاع یکسان در روی زمین را به هم وصل کنند، خطوط کم و بیش منحنی شکلی به دست می آید که آن خطوط را منحنی میزان می نامند. معمولاً این کار برای نقاط دارای ارتفاع عدد صحیح (گرد شده یا رُند) انجام می گیرد. به عبارت دیگر مطابق شکل (۱-۱۵)

می‌توان گفت هر منحنی بسته منحنی میزان عبارت‌است از فصل مشترک سطح زمین با یک صفحه افقی دارای ارتفاع مشخص. این منحنی‌ها شکل زمین را از نظر برجستگی و فرورفتگی مجسم می‌سازند.



شکل ۱-۱۵ - مفهوم منحنی میزان

بیشتر بدانیم

خط داغی آب

به نظر شما این خط نشان‌دهنده چیست؟



خطوط منحنی میزان حاصل برخورد صفحات افقی فرضی با سطح زمین است. به فاصله صفحات افقی که زمین را قطع می کنند (که همان فاصله منحنی میزانها نسبت به یکدیگرند) فاصله ارتفاعی می گویند.

هرچه فواصل ارتفاعی این صفحات فرضی کمتر باشد شکل زمین بهتر مجسم می گردد. به همین خاطر هرگاه بخواهند دقت نمایش ناهمواری های زمین را در نقشه ای زیاد کنند فواصل ارتفاعی را تا آنجا که امکان دارد کمتر در نظر می گیرند. تعیین مقدار فواصل ارتفاعی به شکل زمین از لحاظ شدت پستی و بلندی، دقت و روش نقشه برداری ارتفاعی، مقیاس و هدف نقشه مورد درخواست بستگی دارد. هرچه پستی و بلندی یا توپوگرافی زمین شدیدتر باشد به واسطه محدودیت نمایش منحنی میزانها و تراکم و تداخل آنها، فاصله فواصل ارتفاعی را بیشتر در نظر می گیرند. در مناطق مسطح مانند دشت و نقشه های بزرگ مقیاس معمولاً فاصله فواصل ارتفاعی را کوچک انتخاب می کنند. مثلاً در یک نقشه شهری بزرگ مقیاس (مقیاس ۱:۵۰۰، ۱:۱۰۰۰ یا ۱:۲۰۰۰) بسته به دقت ارتفاعی مورد نیاز، معمولاً فواصل ارتفاعی را ۲۵ سانتی متر، ۵٪ متر یا یک متر در نظر می گیرند.

برای سهولت نمایش و قرائت منحنی میزانها، از هر پنج یا ده منحنی، یکی را ضخیم تر ترسیم کرده و عدد ارتفاعی منحنی را در فواصل مشخص (معمولاً ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر روی نقشه) روی آن می نویسند. به این منحنی میزانها، منحنی میزانهای اصلی می گویند. در مناطق مسطح که فاصله افقی منحنی میزانها از هم به شدت افزایش می یابد، برای نمایش دقیق تر توپوگرافی زمین، از منحنی میزانهای کمکی استفاده می کنند که فواصل ارتفاعی آنها نصف فواصل ارتفاعی منحنی میزانهای فرعی است.

توجه شود که فاصله افقی دو منحنی میزان متوالی ربطی به فواصل ارتفاعی ندارد اما این فواصل افقی متغیر نشان دهنده شیب زمین (از هر نقطه و در هر امتداد) می باشد. با نگاه به شکل منحنی میزانها می توان شکل توپوگرافی زمین را تجسم نمود. این امر مهارتی است که به تجربه فرد بستگی دارد و بر مبنای قواعدی مانند زیر صورت می گیرد:

- هرچه منحنی میزانها به هم نزدیک تر باشند، شیب منطقه در آن محل بیشتر است و بالعکس.
- در حد فاصل هر دو خط متوالی شیب زمین ثابت در نظر گرفته می شود.
- اگر خطوط تراز منحنی های تو در تو بسته بوده و رقم آنها از خارج به داخل افزایش پیدا نماید نشان دهنده یک برآمدگی تپه ای شکل است و برعکس اگر کاهش پیدا نماید نشان دهنده یک تورفتگی

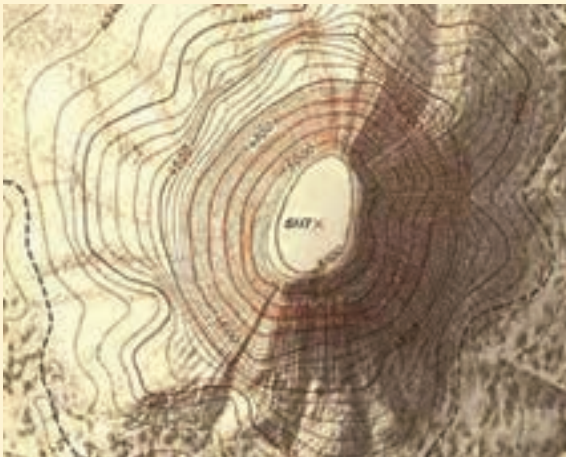
گودالی شکل است.

این قواعد نه تنها ما را برای تعیین شکل توپوگرافی و رفتار شیب زمین یاری می نمایند بلکه در مواردی می توان از آنها برای شناخت ساختار زمین شناسی (ژئومورفولوژی) و در نتیجه جنس زمین بهره جست.



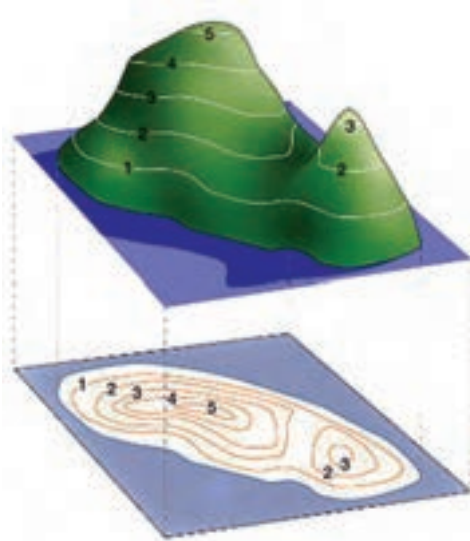
شکل ۱-۱۶- مفهوم منحنی میزان

بیشتر بدانیم



- موارد استفاده از نقشه های دارای منحنی میزان :
- ۱- محاسبه شیب خطوط؛
 - ۲- پیاده کردن یک امتداد با شیب معین؛
 - ۳- رسم پروفیل (نیم رخ) یک امتداد؛

۱-۵- نقشه توپوگرافی



شکل ۱-۱۷- نقشه توپوگرافی

فرض کنید از یک منطقه نقشه مسطحاتی تهیه شده و عوارض روی آن نمایش داده شده‌اند. اگر بخواهیم روی این نقشه توپوگرافی زمین (برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های سطح زمین) را نشان دهیم، به دلیل دو بعدی بودن صفحه نقشه، این کار به صورت سه بعدی امکان‌پذیر نمی‌باشد! به نظر شما چه باید کرد؟

پاسخ: ترسیم منحنی‌های میزان در صفحه دو بعدی نقشه و تفسیر این خطوط هم‌ارتفاع و تجسم سطح زمین به جای نمایش سه بعدی آن است (شکل ۱-۱۷).

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

در اکثر پروژه‌های عمرانی، نقشه‌های مسطحاتی به تنهایی پاسخگوی نیاز آنها نمی‌باشند و به نقشه‌های توپوگرافی نیاز است. مطالعات منابع طبیعی، جغرافیایی، مطالعات اولیه طرح‌های عمرانی، برنامه ریزی‌ها و آمایش منطقه‌ای و ملی و غیره همه نیاز به نقشه‌های توپوگرافی دارند.

دقت ارتفاعی نقشه‌های توپوگرافی بستگی به محل، تراکم و دقت ارتفاعی نقاط در عملیات برداشت دارد. از سوی دیگر هر چه مقیاس نقشه بزرگتر باشد نیاز به منحنی میزان‌های با ارتفاع دقیق‌تر و با فواصل ارتفاعی کمتر است. از این رو در برداشت نقاط برای تهیه نقشه توپوگرافی قواعد زیر را رعایت می‌نمایند:

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

- تراکم نقاط برداشتی حداقل دو سانتی متر در مقیاس نقشه
- 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 نقشه توپوگرافی

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

- ۱- روش مستقیم : در این روش خطوط منحنی میزان مستقیماً روی زمین تعیین شده و بعد روی نقشه منتقل می‌شود که این روش معمول نبوده و خارج از بحث این کتاب است.
- ۲- روش شبکه بندی : در این روش زمین را بر حسب شیب آن به سلول‌های مربع یا مستطیل شکل تقسیم نموده و ارتفاع رئوس آنها را برداشت می‌نماییم. پس از انتقال نقاط روی کاغذ، منحنی میزان‌ها را از طریق درونیابی تعیین و ترسیم می‌کنیم. جزئیات این روش در ادامه این فصل تشریح خواهد شد.
- ۳- روش برداشت نقاط نامنظم : در این روش همزمان با عملیات برداشت سه بعدی عوارض مسطحاتی، نقاطی اضافه برای نمایش توپوگرافی زمین برداشت می‌شود. سپس از طریق کلیه نقاط سه بعدی که برخلاف روش دوم دارای موقعیت نامنظمی هستند منحنی میزان‌ها محاسبه و ترسیم می‌شوند. جزئیات این روش را در فصل ۶ خواهید آموخت.

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

۱- برداشت ارتفاعات

۲- درونیابی

۳- ترسیم منحنی میزان‌ها

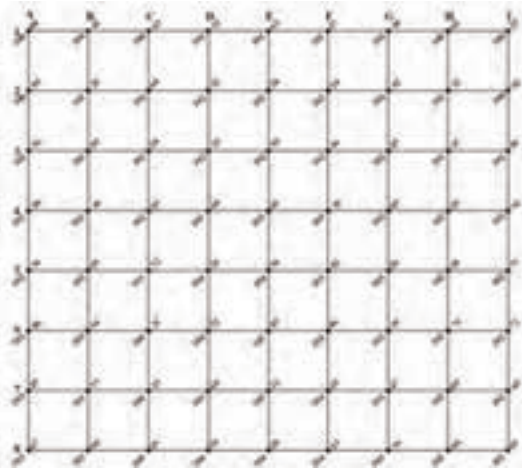
بیشتر بدانیم



آیا می‌دانستید که یکی از نوآوری‌های ابوریحان بیرونی دانشمند نامدار ایرانی این بود که برای نشان دادن ناهمواری‌ها و موقعیت‌های جغرافیائی زمین، جامع تراز پیشینیان خود به استفاده از رنگ‌های گوناگون اشاره کرده‌است.

۱- برداشت ارتفاعات

برای برداشت ارتفاعات ابتدا باید محدوده مورد نظر در روی زمین را شبکه بندی نمود. روش



شکل ۱-۱۸ - برداشت شبکه ارتفاعات

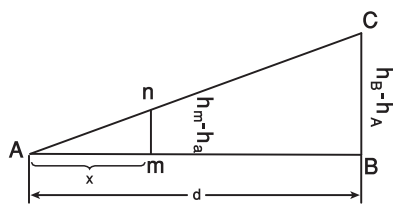
انجام شبکه بندی را در قسمت تسطیح اراضی فرا گرفتیم. در مرحله بعد مطابق با آنچه در این قسمت ذکر شد روی رئوس شبکه، عملیات ترازایی را انجام داده و ارتفاع رئوس شبکه را با محاسبات جداول ترازایی به دست می آوریم. در انتها نقشه ای از شبکه را در مقیاس مناسب ترسیم نموده و ارتفاع نقاط را مطابق شکل (۱-۱۸) در کنار رئوس شبکه ثبت می نماییم.

۲- درون یابی (واسطه یابی یا انتریولاسیون)

درون یابی یا انتریولاسیون عبارت است از محاسبه ارتفاع مجهول نقاط مورد نظر از روی ارتفاع معلوم نقاط همسایه آنها. روش های گرافیکی و محاسباتی دو روش از روش های درون یابی می باشند که در این قسمت به شرح آنها می پردازیم:

درون یابی گرافیکی (تقریبی): پس از ترسیم شبکه با مقیاس مورد نظر بر روی کاغذ و نوشتن ارتفاع رئوس شبکه می توانیم روی هر ضلع به صورت تقریبی محل ارتفاعات گرد شده را ما بین دو ارتفاع رئوس شبکه حدس بزنیم. به این صورت که دو عدد ارتفاع روی دو رأس هر ضلع را در نظر گرفته و اعداد گرد شده یا مضربی از متر را روی این ضلع جدا می کنیم. سپس عددهای هم ارتفاع را روی اضلاع هر سلول مربع شکل به هم وصل کرده تا خطوط منحنی میزان به دست آید.

در هنگام ترسیم باید دقت شود که هیچ منحنی میزانی در متن نقشه بلا تکلیف نماند. به عبارتی دیگر راه عبور منحنی میزان بسته نباشد و حتماً اگر از نقطه ای در متن نقشه شروع شود، یا به همان نقطه برگردد و یا به مسیر خود ادامه داده تا از متن نقشه خارج شده و به نقشه کناری برود. هیچ منحنی میزانی منحنی میزان دیگر را قطع نمی کند. اگر یکی از این موارد رخ داد معلوم می شود عدد ارتفاعی روی رأس آن ضلع یا اشتباه وارد محاسبات شده و یا ارتفاع درون یابی به صورت نادرست محاسبه گردیده است.



شکل ۱-۱۹ - درون یابی محاسباتی

درون یابی محاسباتی: فرض می‌کنیم روی امتداد AB و بین این دو نقطه شیب زمین یکنواخت باشد:

ارتفاع نقاط A و B را به ترتیب h_A و h_B و فاصله بین این دو نقطه را بر روی نقشه d فرض می‌کنیم. (این مقدار همان طول ضلع شبکه موجود روی زمین است.) اگر نقطه‌ای روی خط AB و

واقع بین A و B بوده و ارتفاعش عدد صحیحی باشد مطابق شکل بالا با توجه به تشابه دو مثلث ABC و Amn می‌توانیم بنویسیم:

بیشتر بدانیم



تصویری ماهواره‌ای از پستی و بلندی‌های زمین (رشته‌کوه البرز)

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

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

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

در این رابطه mA فاصله m از A (نقطه‌ای که ارتفاع کمتر دارد) است و می‌توان آن را به کمک

یک ایسل یا خط‌کش با توجه به مقیاس بر روی نقشه اندازه گرفت و همچنین ارتفاعات را نیز می‌توان از روی نقشه استخراج کرد. این کار را می‌توان برای تمام نقاط مجاور تکرار نمود. و نقاطی را که ارتفاعشان مضرب صحیح از فاصله ارتفاعی است به دست آورد.

به طور کلی می‌توان نوشت :

$$\text{(اختلاف ارتفاع دو نقطه)} / \text{(اختلاف ارتفاع نقطه پایین‌تر با ارتفاع منحنی)} \times \text{فاصله دو نقطه} = \text{فاصله منحنی از نقطه ارتفاع پایین‌تر}$$

به عنوان مثال فرض می‌کنیم ارتفاع نقاط A و B (در شکل ۱-۱۶) به ترتیب $90/48^\circ$ و $88/20^\circ$ متر و فاصله بین این دو نقطه در روی زمین 20° متر است اگر بخواهیم نقطه‌ای با ارتفاع 90° متر را در این فاصله بیابیم با روش آنترپوله به صورت زیر عمل می‌کنیم :

$$x = \frac{\Delta h_{Ax} \times d_{AB}}{\Delta h_{AB}}$$

$$\Delta h_{AB} = 90.48 - 88.20 = 2.28$$

$$\Delta h_{Ax} = 90 - 88.20 = 1.8$$

$$d_{AB} = 20\text{m}$$

$$x = \frac{1.8 \times 20}{2.28} \rightarrow x = 15.79\text{m}$$

مقدار به دست آمده برای x، روی زمین است که با توجه به مقیاس نقشه آن طول را تبدیل به مقیاس کرده و بر روی کاغذ بین دو نقطه AB (از نقطه‌ای که ارتفاع کمتری دارد یعنی نقطه A) جدا می‌کنیم.

۳- ترسیم و کارتوگرافی

جزئیات روش ترسیم و کارتوگرافی منحنی میزان را در کتاب کارگاه محاسبه و ترسیم (۲) خواهید آموخت.

خلاصه فصل

● 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 آن را توسط عملیات ترازیابی 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 ترازیابی را در چند دهنه انجام داد که این شیوه را ترازیابی تدریجی می‌نامند.

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

$$e_L = h' - h$$

● مقدار مجاز خطای بست ترازیابی 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 می توان 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 می شود، می توان موارد زیر را نام برد :

۱- محاسبه بهترین شیب برای زمین در جهت های مختلف.

۲- محاسبه ارتفاع نقاط شبکه بعد از تسطیح و همچنین محاسبه عمق های خاکبرداری و خاکریزی.

۳- محاسبه حجم های خاکبرداری و خاکریزی برای بررسی اقتصادی طرح، عقد قرارداد و انتخاب ماشین آلات 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 بدست می آید که آن خطوط را منحنی میزان می نامند.

● به نقشه هایی که علاوه بر شکل و موقعیت عوارض مسطحاتی زمین، وضع ارتفاعی آن را نیز معمولاً بصورت منحنی میزان ها و نقاط ارتفاعی نمایش می دهند، نقشه های توپوگرافی می گویند.

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

۱- برداشت نقاط در محل شکستگی های ارتفاعی مانند نوک قله و کف دره.

۲- برداشت نقاط در بالا، میانه و پایین شیب ها.

۳- برداشت نقاط و تعیین مسیر شکستگی ها (مانند ترانشه)، خط القعرها (مانند محور آبریز) و خط الرأس ها (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 می باشد :

۱- برداشت ارتفاعات ۲- درونیابی ۳- ترسیم منحنی میزان ها

خودآزمایی

سوالات تشریحی

- ۱- نحوه محاسبات مربوط به جدول ترازبایی هندسی را توضیح دهید.
- ۲- مقطع یا پروفیل را بیان کنید.
- ۳- انواع مقطع در نقشه برداری را توضیح دهید.
- ۴- مراحل کار تهیه پروفیل، طراحی و پیاده سازی مسیر را بیان کنید.
- ۵- خط پروژه را تعریف کنید.
- ۶- مراحل مختلف تسطیح یک زمین را بیان کنید.
- ۷- نحوه محاسبه حجم عملیات خاکی را توضیح دهید.
- ۸- منحنی میزان را تعریف کنید.
- ۹- فاصله ارتفاعی را تعریف کنید.
- ۱۰- نقشه توپوگرافی را تعریف نمایید.
- ۱۱- روش های مختلف تهیه و ترسیم منحنی میزان در نقشه های توپوگرافی را بیان کنید.
- ۱۲- مراحل تهیه و ترسیم منحنی میزان به روش شبکه بندی را بیان کنید.
- ۱۳- درونیابی یا اتریولاسیون را تعریف کنید.

سوالات چهارگزینه ای

الف) با توجه به جدول به سوالات ۱۴ تا ۱۸ پاسخ دهید.

شماره نقاط	B.S	I.S	F.S	ΔH	H به واحد متر	C	Hc
A	۳۵۲۲				۱۰۰		
B	۳۳۴۸		۲۰۳۸				؟
C		۰۰۵۴		؟		؟	
D			؟	۳۱۰۸	؟	۲	

۱۴- قرائت جلوی نقطه D کدام گزینه است؟

۲۴۲(۴)

۲۴۱(۳)

۲۴۰(۲)

۲۳۹(۱)

۱۵- اختلاف ارتفاع در نقطه C کدام گزینه است؟

- ۳۲۹۴(۴) ۳۲۹۲(۳) ۳۲۹۰(۲) ۳۲۸۸(۱)

۱۶- ارتفاع نقطه D کدام گزینه است؟

- ۱۰۴/۵۹۸(۴) ۱۰۴/۵۹۶(۳) ۱۰۴/۵۹۴(۲) ۱۰۴/۵۹۲(۱)

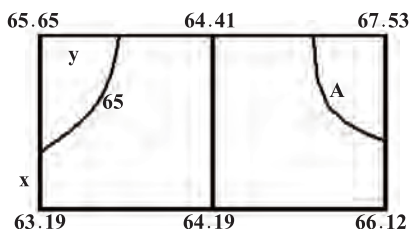
۱۷- میزان تصحیح در نقطه C کدام گزینه است؟ (میلی متر)

- ۴(۴) ۲(۳) ۱(۲) ۰(۱)

۱۸- ارتفاع تصحیح شده نقطه B کدام گزینه است؟

- ۱۰۱/۴۸۶(۴) ۱۰۱/۴۸۵(۳) ۱۰۱/۴۸۲(۲) ۱۰۱/۴۸۴(۱)

ب) باتوجه به شبکه بندی ۵۰ متری زیر به سؤالات ۱۹ تا ۲۱ پاسخ دهید.



۱۹- مقدار x کدام گزینه است؟

- ۱۱/۱۰(۴) ۳۸/۹۰(۳) ۱۳/۲۱(۲) ۳۶/۷۹(۱)

۲۰- مقدار y کدام گزینه است؟

- ۲۵/۷۰(۴) ۲۴/۳۰(۳) ۲۶/۲۱(۲) ۲۳/۷۹(۱)

۲۱- منحنی میزانی که از نقطه A می‌گذرد کدام گزینه است؟

- ۶۷(۴) ۶۶(۳) ۶۵(۲) ۶۴(۱)

۲۳- اگر درصد شیب بین دو منحنی میزان ۱۰ درصد و فاصله بین آنها ۵۰ متر باشد، اختلاف

ارتفاع بین دو منحنی چند متر است؟

- ۰/۲(۴) ۲(۳) ۵(۲) ۰/۵(۱)

سؤال جورکردنی

۲۳- تصاویر سمت راست را با منحنی میزان های سمت چپ جور کنید.

