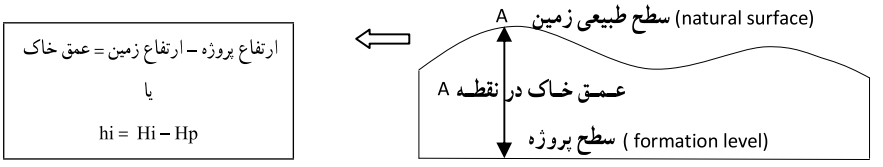


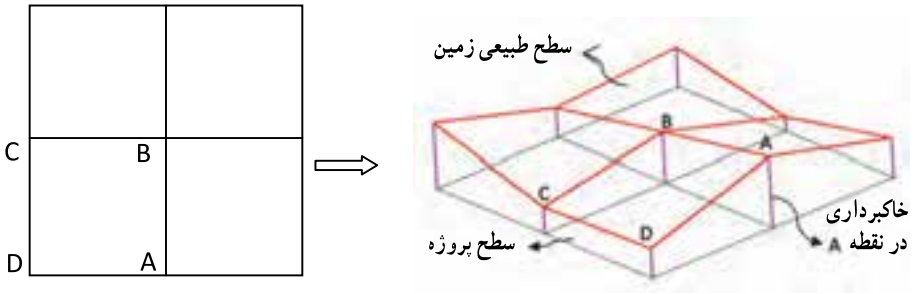
شکل ۱ ــ ۹

در صورتی‌که ارتفاع سطح پروژه H_p فرض شود، از تفاضل ارتفاع هر نقطه شبکه نسبت به ارتفاع پروژه، 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 گوشهٔ مربع‌های شبکه، حجم عملیات خاکی برای هر مربع با محاسبه مساحت آن مربع ضربدر میانگین عمق خاک در چهار گوشهٔ مربع به‌دست می‌آید :

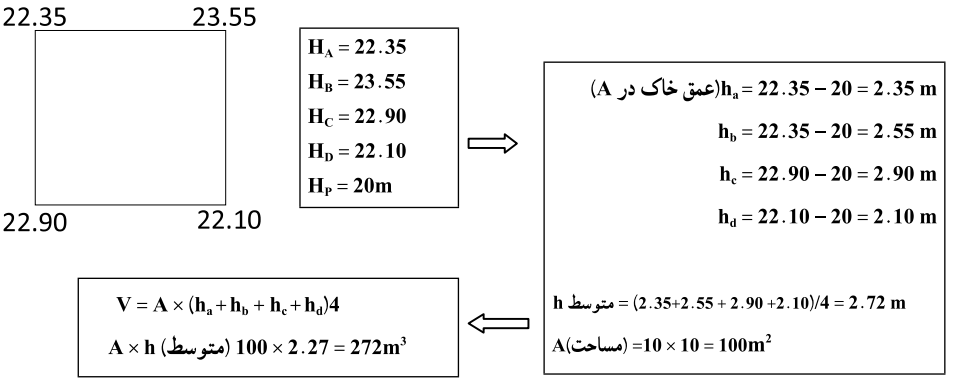
$$V_{abcd} = \frac{A \times (h_a + h_b + h_c + h_d)}{۴}$$

(منظور از V همان حجم است)

به طور مثال چنانچه ارتفاع گوشه‌های مربع ABCD به اضلاع ۱۰ متری مطابق شکل صفحه بعد بوده و ارتفاع سطح پروژه از قرار ۲۰ متر باشد، می‌توان حجم عملیات خاکی را محاسبه نمود.



شکل ۱ ــ ۱۰ ــ نمای سه بعدی از شبکه ارتفاعی نقاط



شکل ۱ ــ 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 پروژه می‌باشد که این دو سطح با هم موازی نبوده و اختلاف ارتفاع رئوس آن نسبت به سطح پروژه، 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 ذوزنقه‌ای شکل باقی بماند باید حجم آنها را جداگانه محاسبه کرده و با حجم مربع‌ها جمع نمود.

برای ساده‌کردن محاسبه و جلوگیری از تکرار محاسبات می‌توان حجم قسمت‌های مربع شکل را از رابطهٔ صفحهٔ بعد به‌دست آورد :

بیشتر بدانیم

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

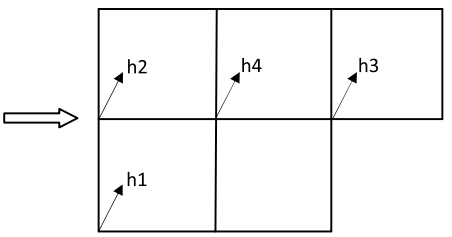
$$V = A \times 1/4 \left(\Sigma h_1 + 2\Sigma h_2 + 3\Sigma h_3 + 4\Sigma h_4 \right)$$

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

Σh_2 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که دردو مربع مشترک‌اند.

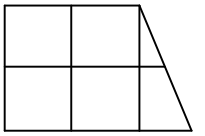
Σh_3 = مجموع عمق خاک گوشه‌هایی که در سه مربع مشترک‌اند.

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



شکل ۱ ــ ۱۲

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



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

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

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

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

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 ذوزنقه‌ای شکل

شکل ۱ ــ ۱۳

۵ــ اجرای طرح و کنترل آن: در این مرحله عمق خاک به‌دست آمده برای نقاط را تا حد سانتی‌متر گرد کرده و در کنار هر نقطه در روی نقشه شبکه‌بندی نقاط می‌نویسند. سپس با پیدا کردن نقاطی که نه خاکبرداری می‌شوند و نه خاکریزی، و با وصل کردن آنها به یکدیگر، محدودهٔ خاکبرداری و خاکریزی مشخص می‌شود. در روی زمین نیز با علامت‌گذاری روی میخ‌ها، عمق خاکبرداری و خاکریزی مشخص می‌شود.

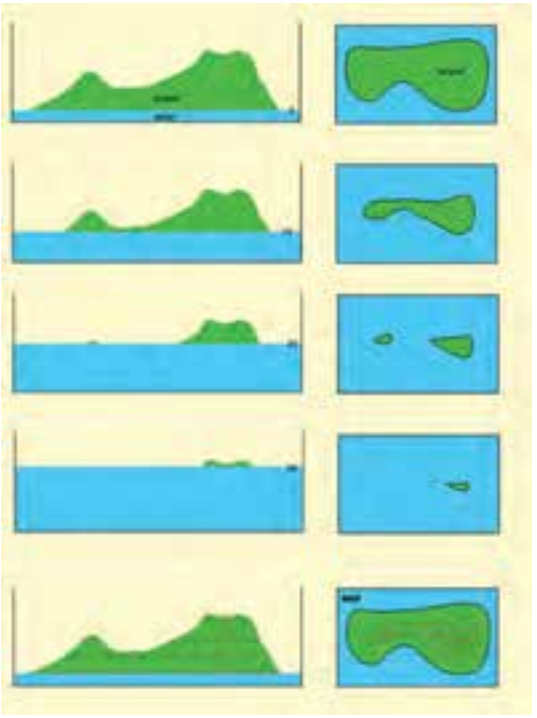
شکل ۱ ــ ۱۴ ــ اجرای تسطیح و کنترل حین اجرا

در حین اجرای تسطیح و عملیات خاکبرداری و خاکریزی، وظیفهٔ نقشه‌بردار کنترل ارتفاع منطقه با توجه به سطح پروژه و نقشهٔ اجرایی می‌باشد. این کار توسط ترازیابی مداوم از محل نقاط شبکه امکان پذیر است. شکل (۱ــ۱۴)

۱ــ۴ــ منحنی میزان

هرگاه تعدادی نقطه با ارتفاع یکسان در روی زمین را به هم وصل کنند، خطوط کم و بیش منحنی شکلی به‌دست می‌آید که آن خطوط را منحنی میزان می‌نامند. معمولاً این‌کار برای نقاط دارای ارتفاعِ عددِ صحیح (گرد شده یا رُند) انجام می‌گیرد. به عبارت دیگر مطابق شکل (۱ــ۱۵)

می‌توان گفت هر منحنی بستهٔ منحنی میزان عبارت‌است از فصل مشترکِ سطح زمین با یک صفحهٔ افقی دارای ارتفاعِ مشخص. این منحنی‌ها شکل زمین را ازنظر برجستگی و فرورفتگی مجسم می‌سازند.



شکل ۱ ــ ۱۵ ــ مفهوم منحنی میزان

بیشتر بدانیم

خط داغی آب

به نظر شما این خط نشان‌دهندهٔ چیست؟

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

هرچه فواصل ارتفاعی این صفحات فرضی کمتر باشد شکل زمین بهتر مجسم می‌گردد. به همین خاطر هرگاه بخواهند دقت نمایش ناهمواری‌های زمین را در نقشه‌ای زیاد کنند فواصلِ ارتفاعی را تا آنجا که امکان دارد کمتر درنظر می‌گیرند. تعیین مقدار فواصلِ ارتفاعی به شکل زمین از لحاظ شدت پستی و بلندی، دقت و روش نقشه‌برداری ارتفاعی، مقیاس و هدف نقشه مورد درخواست بستگی دارد. هرچه پستی و بلندی یا توپوگرافی زمین شدیدتر باشد به‌واسطهٔ محدودیت نمایش منحنی میزان‌ها و تراکم و تداخل آنها، فاصله فواصلِ ارتفاعی را بیشتر درنظر می‌گیرند. در مناطق مسطح مانند دشت و نقشه‌های بزرگ مقیاس معمولاً فاصلهٔ فواصلِ ارتفاعی را کوچک انتخاب می‌کنند. مثلاً در یک نقشه شهری بزرگ مقیاس (مقیاس ۱:۵۰۰ ، ۱:۱۰۰۰ یا ۱:۲۰۰۰) بسته به دقت ارتفاعی موردنیاز، معمولاً فواصلِ ارتفاعی را ۲۵ سانتی‌متر، ۰/۵ متر یا یک متر درنظر می‌گیرند.

برای سهولت نمایش و قرائت منحنی میزان‌ها، از هر پنج یا ده منحنی، یکی را ضخیم‌تر ترسیم کرده و عدد ارتفاعی منحنی را در فواصل مشخص (معمولاً ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر روی‌نقشه) روی آن می‌نویسند. به این منحنی میزان‌ها، منحنی میزان‌های اصلی می‌گویند. در مناطق مسطح که فاصلهٔ افقی منحنی میزان‌ها از هم به‌شدت افزایش می‌یابد، برای نمایش دقیق‌ترِ توپوگرافی زمین، از منحنی میزان‌های کمکی استفاده می‌کنند که فواصلِ ارتفاعی آنها نصف فواصلِ ارتفاعی منحنی میزان‌های فرعی است.

توجه شود که فاصلهٔ افقی دو منحنی‌میزان متوالی ربطی به فواصلِ ارتفاعی ندارد اما این فواصلِ افقی متغیر نشان‌دهندهٔ شیب زمین (از هر نقطه و در هر امتداد) می‌باشد. با نگاه به شکل منحنی میزان‌ها می‌توان شکل توپوگرافی زمین را تجسم نمود. این امر مهارتی است که به تجربه فرد بستگی دارد و بر مبنای قواعدی مانند زیر صورت می‌گیرد :

- هرچه منحنی‌میزان‌ها به هم نزدیک‌تر باشند، شیب منطقه در آن محل بیشتر است و بالعکس.
- در حد فاصل هر دو خط متوالی شیب زمین ثابت درنظر گرفته می‌شود.
- اگر خطوط تراز منحنی‌های تو در تو بسته بوده و رقم آنها از خارج به داخل افزایش پیدا نماید نشان‌دهندهٔ یک برآمدگی تپه‌ای شکل است و برعکس اگر کاهش پیدا نماید نشان‌دهندهٔ یک تورفتگی

گودالی شکل است.

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

شکل ۱ ــ ۱۶ــ مفهوم منحنی میزان

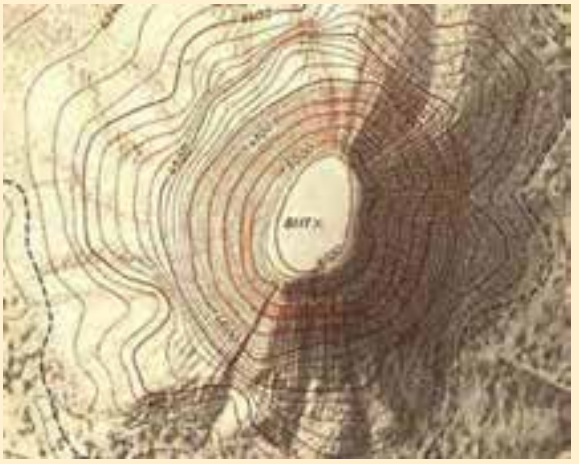
بیشتر بدانیم

موارد استفاده از نقشه‌های دارای منحنی میزان :

۱ــ محاسبه شیب خطوط؛

۲ــ پیاده کردن یک امتداد با شیب معین؛

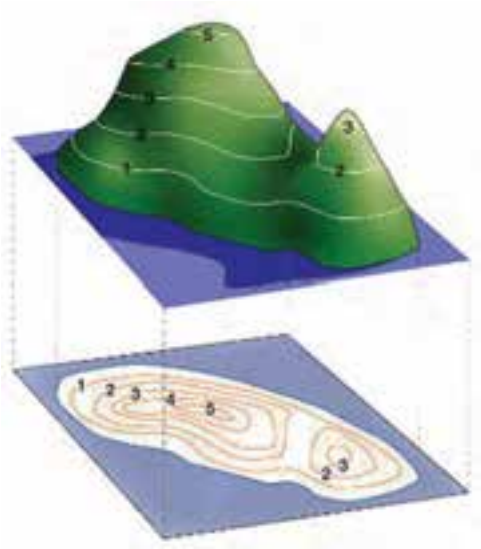
۳ــ رسم پروفیل (نیم رخ) یک امتداد؛



۱ــ ۵ ــ نقشهٔ توپوگرافی

فرض کنید از یک منطقه نقشهٔ مسطحاتی تهیه شده و عوارض روی آن نمایش داده شده‌اند. اگر بخواهیم روی این نقشهٔ توپوگرافی زمین (برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌های سطح زمین) را نشان دهیم، به دلیل دو بعدی بودن صفحهٔ نقشه، این کار به‌صورت 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 سطحِ زمین به جای نمایش سه بعدی آن است شکل (۱ــ۱۷).



شکل ۱ ــ ۱۷ــ نقشه توپوگرافی

به نقشه‌هایی که علاوه بر شکل و موقعیت عوارض مسطحاتی زمین، وضع ارتفاعی آن را نیز معمولاً به‌صورت 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 منحنی‌میزان‌های با ارتفاع دقیق‌تر و با فواصلِ ارتفاعی کمتر است. از این‌رو در برداشت نقاط برای تهیهٔ نقشهٔ 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 سانتی‌متر 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 منحنی‌میزان در نقشهٔ توپوگرافی

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

۱ــ 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.

۲ــ 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 ادامهٔ این فصل تشریح خواهد شد.

۳ــ 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 کلیهٔ نقاط سه‌بعدی 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 :

۱ــ برداشت ارتفاعات

۲ــ درونیابی

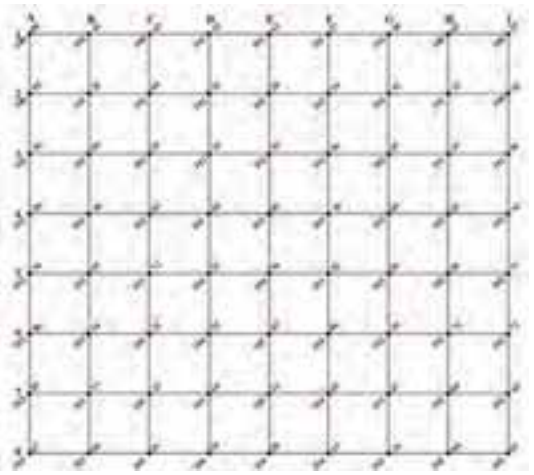
۳ــ ترسیم منحنی میزان‌ها

بیشتر بدانیم

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

۱ــ برداشت ارتفاعات

برای برداشت ارتفاعات ابتدا باید محدودهٔ موردنظر در روی زمین را شبکه‌بندی نمود. روش انجام شبکه‌بندی را در قسمت تسطیح اراضی فرا گرفتیم. در مرحلهٔ بعد مطابق با آن‌چه در این قسمت ذکر شد روی رئوس شبکه، عملیات ترازیابی را انجام داده و ارتفاع رئوس شبکه را با محاسبات جداول ترازیابی به‌دست می‌آوریم. در انتها نقشه‌ای از شبکه را در مقیاس مناسب ترسیم نموده و ارتفاع نقاط را مطابق شکل (۱ــ۱۸) در کنار رئوس شبکه ثبت می‌نماییم.



شکل ۱ ــ ۱۸ ــ برداشت شبکه ارتفاعات

۲ــ درون‌یابی (واسطهٔ یابی یا انترپولاسیون)

درون‌یابی یا انترپولاسیون عبارت‌است از محاسبهٔ ارتفاع مجهولِ نقاطِ مورد نظر از روی ارتفاع معلومِ نقاطِ همسایهٔ آنها. روش‌های گرافیکی و محاسباتی دو روش از روش‌های درون‌یابی می‌باشند که در این قسمت به شرح آنها می‌پردازیم :

درون‌یابی گرافیکی (تقریبی) : پس از ترسیم شبکه با مقیاس مورد نظر بر روی کاغذ و نوشتن ارتفاع رئوس شبکه می‌توانیم 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 گردشده یا مضربی از متر را روی این ضلع جدا می‌کنیم. سپس عددهای هم ارتفاع را روی اضلاع هر سلول مربع شکل به هم وصل کرده تا خطوط منحنی میزان به‌دست آید .

در هنگام ترسیم باید دقت شود که هیچ منحنی میزانی در متن نقشه بلاتکلیف نماند. به عبارتی دیگر راه عبور منحنی میزان بسته نباشد و حتماً اگر از نقطه‌ای در متنِ نقشه شروع شود، یا به همان نقطه برگردد و یا به مسیر خود ادامه داده تا از متن نقشه خارج شده و به نقشهٔ کناری برود. هیچ منحنی میزانی منحنی میزان دیگر را قطع نمی‌کند. اگر یکی از این موارد رخ داد معلوم می‌شود عدد ارتفاعی روی رأس آن ضلع یا اشتباه وارد محاسبات شده و یا ارتفاع درون‌یابی به‌صورت نادرست محاسبه گردیده است.