



دانشگاه آزاد اسلامی زنجان
گروه مهندسی نقشه برداری

جزوه درس نقشه برداری ۲

تألیف، ترجمه و گرد آوری شده توسط:

دکتر فرید اسماعیلی

درس نقشه برداری ۲

فرید اسماعیلی

Fraid_63@yahoo.com

www.faridesm.ir

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

نقشه برداری ۲

۳۱:۳۱

تعداد واحد: ۳
 نوع واحد: نظری و عملی
 پیش نیاز: نقشه برداری ۱
 همبند: الکترونیک - فاصله باب



هدف: آموزش نحوه تهیه نقشه با استفاده از روشها و وسایل نقشه برداری

سرفصلهای درس:

الف- نظری (۲۴ ساعت)

- ۱- مقدمه: اصطلاحات و مفاهیم پایه، سیستمهای مختصات در نقشه برداری، موقعیت نقطه و طول پایه.
 - ۲- بررسی خطاها در زاویه یابی، تصحیح خطاها در سیستماتیک، روشهای مختلف اندازه گیری زاویه، زاویه یابی خارج از ایستگاه، خطای سانتیتران.
 - ۳- تعیین امتداد: یسمت، گرا، و روشهای تعیین آنها، توجیه
 - ۴- تعیین مختصات نقاط کنترل:
 - روش شعاعی و بررسی خطاها.
 - روش پیمایش، کنترل اندازه گیری، محاسبه و سرشکنی خطاها، اشتباهات
 - مثلث بندی، طول پایه و تقویت آن، شکلهای ساده، حل مثلث بندی.
 - تقاطع و ترفیع
 - ۵- تهیه نقشه توپوگرافی
 - برداشت و نمایش جزئیات (تاکنومتری، کار با آلیاد و تخت سه پایه)، روشهای مختلف برداشت خطوط تراز و اشاره به DTM
 - ۶- مساحت، افراز و تفکیک زمین.
 - ۷- آشنایی با نرم افزارهای نقشه برداری.
- ب- عملی (۶۸ ساعت)
- ۱- روشهای مختلف اندازه گیری زاویه (با رعایت خطاها)
 - ۲- عملیات تعیین امتداد و توجیه
 - ۳- اجرای پیمایش و تاکنومتری و استفاده از تخت سه پایه و آلیاد جهت تهیه نقشه توپوگرافی.
 - ۴- تعیین مختصات نقاط کنترل از طریق مثلث بندی (شکلهای ساده) تقاطع و ترفیع
 - ۵- پیاده کردن قسمتی از یک نقشه، محاسبه مساحت و نمونه ای از افراز زمین

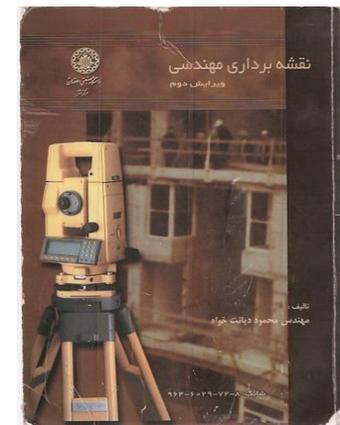
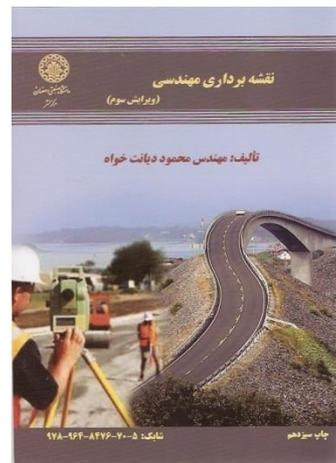
به طور کلی در درس نقشه برداری ۲ انتظار می رود که دانشجو با مباحث کلی زیر آشنا شود :

- نظریه خطاها
- سیستم های مختصات و تعیین مختصات نقاط کنترل با روش های مختلف از جمله بستن پیمایش
- تهیه نقشه های توپوگرافی با جزئیات و نکات
- تفکیک و تسطیح

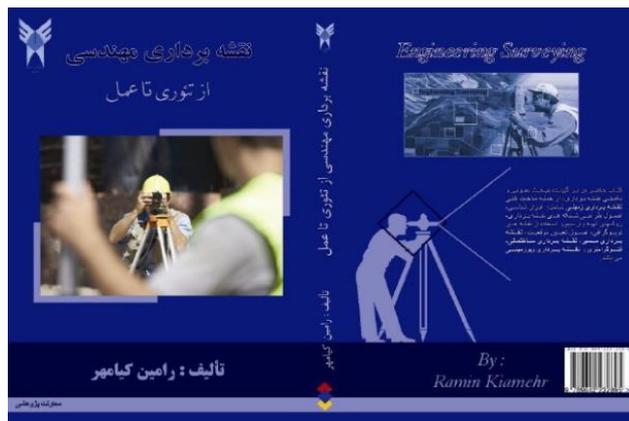
ارزشیابی :

- ۶نمره امتحان میان ترم
- ۲ نمره حل تمرین و فعالیت کلاسی (و البته حضور در کلاس)
- ۱۲ نمره امتحان پایان ترم

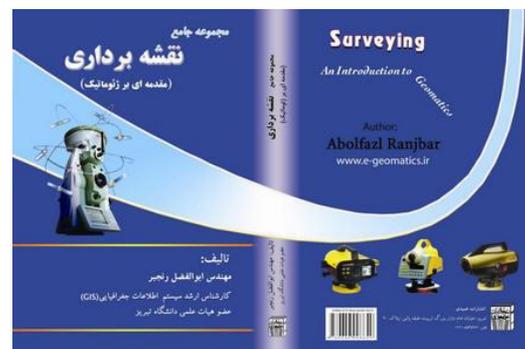
کتاب نقشه برداری مهندسی ، تألیف مهندس محمود دیانتخواه،
انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان



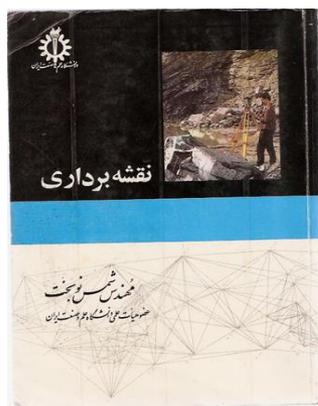
کتاب نقشه برداری مهندسی از تئوری تا عمل، تألیف دکتر رامین
کیامهر، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان



مجموعه جامع نقشه برداری (مقدمه ای بر ژئوماتیک)
تألیف مهندس ابو الفضل رنجبر، انتشارات عمیدی



نقشه برداری، تألیف مهندس شمس نوبخت ، انتشارات دانشگاه علم
و صنعت ایران



مروری بر برخی از مباحث مهم پیش نیاز از درس نقشه برداری ۱ که در درس نقشه برداری ۲ به طور مستقیم به آنها نیاز خواهیم داشت

مجموعه عملیاتی را که برای تعیین و یا نمایش موقعیت نسبی نمودها و عوارض واقع بر سطح زمین یا نزدیک به سطح زمین، اعم از مصنوعی یا طبیعی، با اندازه گیری فاصله، ارتفاع، زوایا و امتداد تعدادی نقطه نسبت به هم یا نسبت به نقاط دیگر، موسوم به نقاط کنترل انجام می گیرد و در اغلب موارد به تهیه نقشه برای استفاده های مختلف می انجامد ((نقشه برداری)) گویند.

طبق تعریف بالا یک نقشه بردار دارای ۲ فعالیت اساسی است:

* **اندازه گیری** داده های بین عوارض موجود (مثل اندازه گیری طول و زاویه در پیمایش) جهت تهیه نقشه در اصطلاح هر اندازه گیری ای که برای تعیین موقعیت عوارض انجام می گیرد یک "برداشت" نام دارد.

* **پیاده کردن** عوارض روی زمین (مثل پیاده کردن مسیر محور اصلی یک بزرگراه و یا پیاده کردن پلان یک ساختمان)

نسبتی که بین ابعاد روی نقشه و اندازه های نظیرشان بر روی زمین وجود دارد، مقیاس گویند. در واقع مقیاس ضریب کوچک کردن واقعیت می باشد که معرف دقت نقشه نیز می باشد.

فاصله دو نقطه روی نقشه

$$\text{مقیاس} = \frac{\text{فاصله افقی همان دو نقطه روی زمین}}{\text{فاصله دو نقطه روی نقشه}}$$

فاصله افقی همان دو نقطه روی زمین

مثال مقیاس نقشه ای $1/2500$ است. اگر فاصله دو نقطه A و B روی نقشه 45mm باشد فاصله دو نقطه روی زمین چه قدر است؟

$$\frac{1}{2500} = \frac{1}{2.5 \times 1000} = \frac{45}{x} \quad \Rightarrow \quad x = 2.5 \times 45 = 112.5$$

این مقیاس را به صورت $\frac{1}{n \times 1000}$ نشان می دهند که در آن هر میلی متر روی نقشه معادل n متر بر روی زمین می باشد.

مثال ۱: 3cm در نقشه ای با مقیاس $\frac{1}{50000}$ معادل چند متر بر روی زمین می باشد؟

$$\begin{array}{l} 1^{cm} \quad 500^m \\ 3^{cm} \quad x^m \end{array} \Rightarrow x = 1500m$$

مثال ۲: در نقشه ای با مقیاس $\frac{1}{25000}$ ، 200m روی زمین معادل چند میلی متر روی نقشه است؟

$$\begin{array}{l} 1^{mm} \quad 25^m \\ x^{mm} \quad 200^m \end{array} \Rightarrow x = 8mm$$

با توجه به انتقال طولها به روی نقشه و از روی نقشه به روی زمین می توان رابطه مساحت روی نقشه را به مساحت روی زمین را با توجه به مقیاس به صورت زیر نوشت:

$$(\text{مقیاس})^2 = \frac{\text{مساحت روی نقشه}}{\text{مساحت روی زمین}}$$

مثال ۴: مساحت زمینی از روی نقشه با مقیاس $\frac{1}{30000}$ برابر ۶ سانتی متر مربع می باشد. در روی زمین، مساحت واقعی آن چند متر مربع است؟

(مسابقات علمی کارشناسی ناپیوسته عمران - اردیبهشت ۱۳۸۰)

۱۲۰۰۰۰ (۴)

۲۴۰۰ (۳)

۱۲۰۰ (۳)

۲۴ (۱)

پاسخ گزینه ۳

مثال ۵: فاصله دو نقطه B و A بر روی زمین شیبدار با شیب ۵۸ درصد برابر ۳۰۰ متر می باشد. اگر فاصله این دو نقطه روی نقشه برابر $\frac{25}{9}$ سانتی متر ترسیم شده باشد، مقیاس نقشه کدام است؟

$\frac{1}{100000}$ (۴)

$\frac{1}{10000}$ (۳)

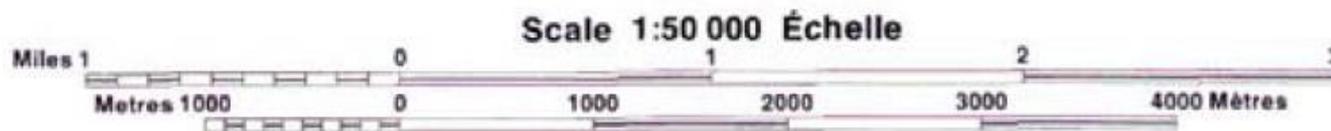
$\frac{1}{100}$ (۳)

$\frac{1}{10}$ (۱)

پاسخ گزینه ۳

مقیاس خطی یا ترسیمی:

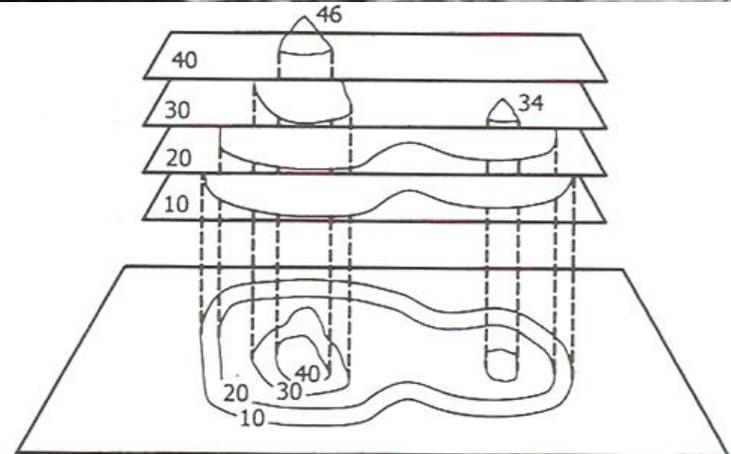
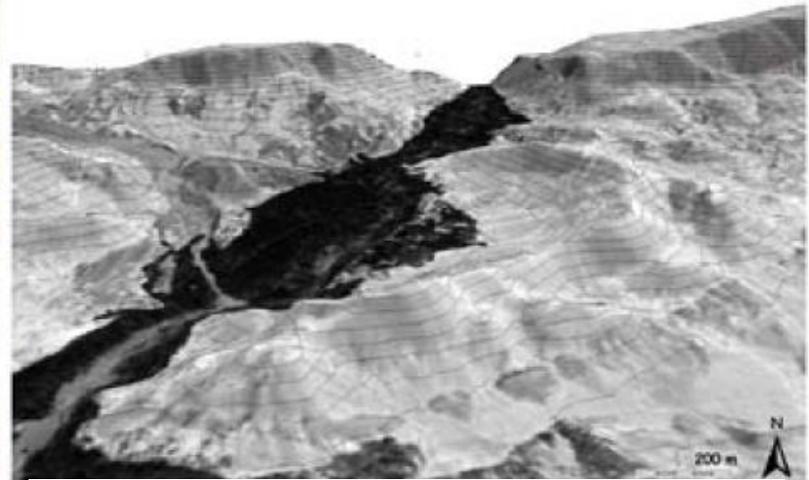
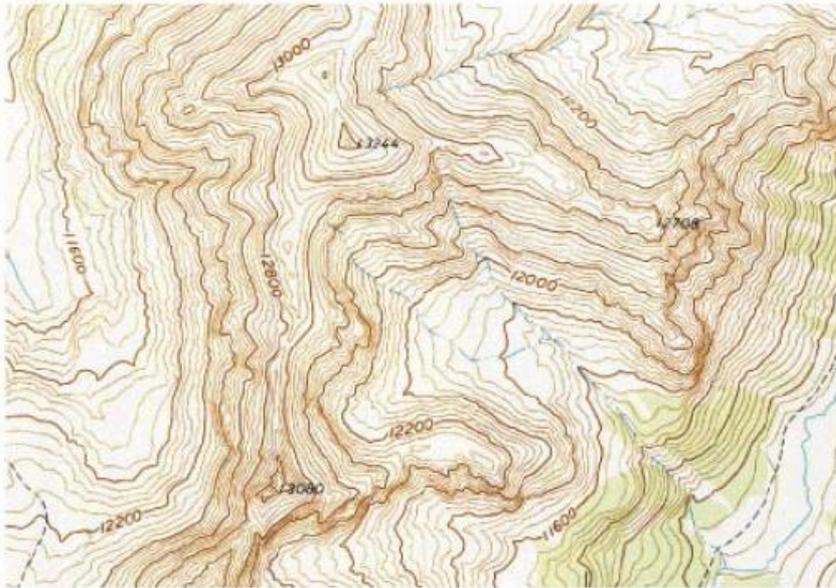
چون در اثر رطوبت یا تغییر دما امکان تغییر ابعاد نقشه و تاثیر آن روی اندازه ها وجود دارد علاوه بر مقیاس عددی ، مقیاس خطی نیز روی نقشه رسم می شود که در صورت تغییر ابعاد کاغذ اندازه به تناسب تغییر کند. به کمک مقیاس خطی زمینی را روی نقشه می توان پیاده کرد. این عمل با پرگار معمولی انجام می شود. برای مثال نقشه ای با مقیاس دارای مقیاس ترسیمی به صورت شکل زیر است.

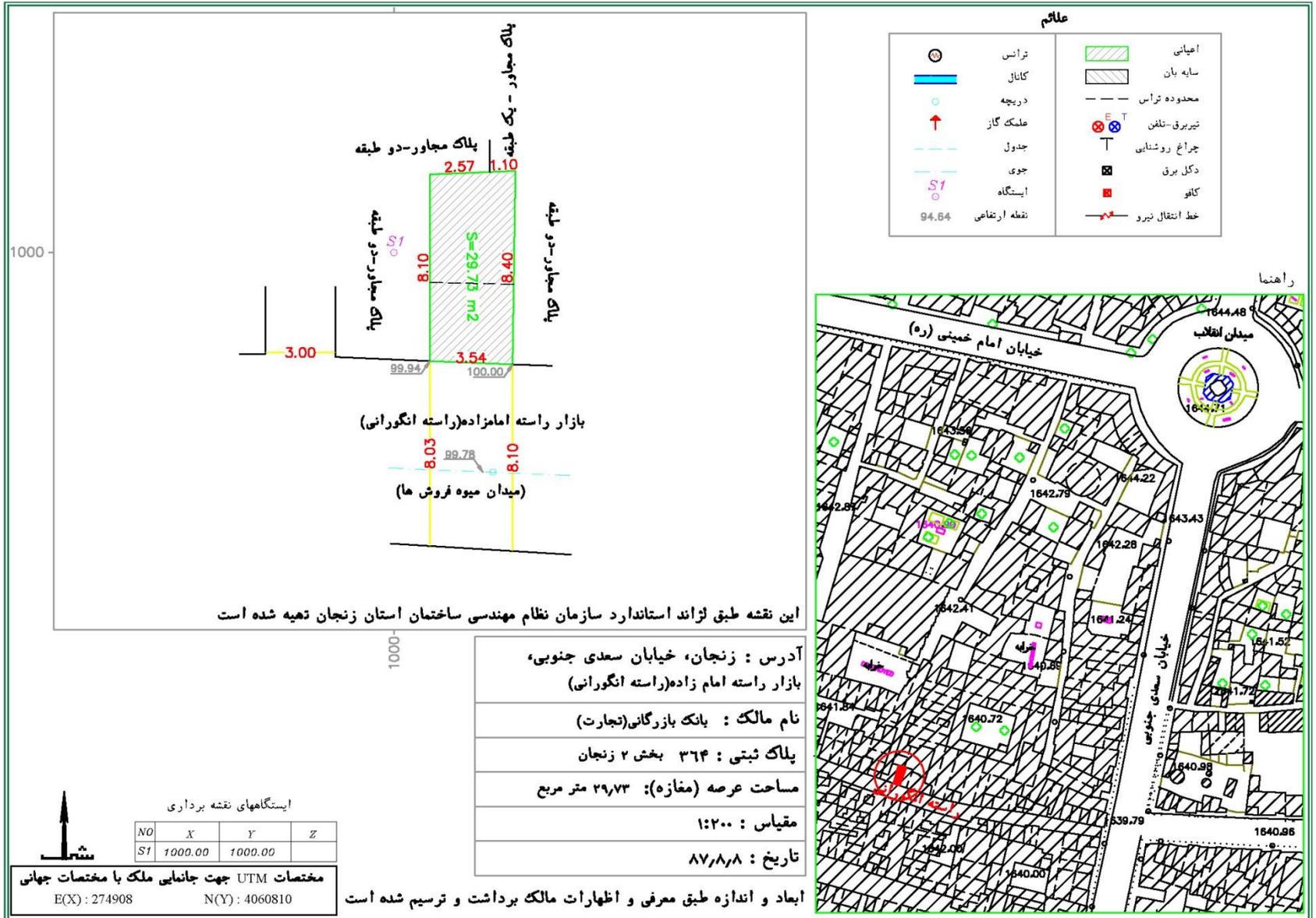


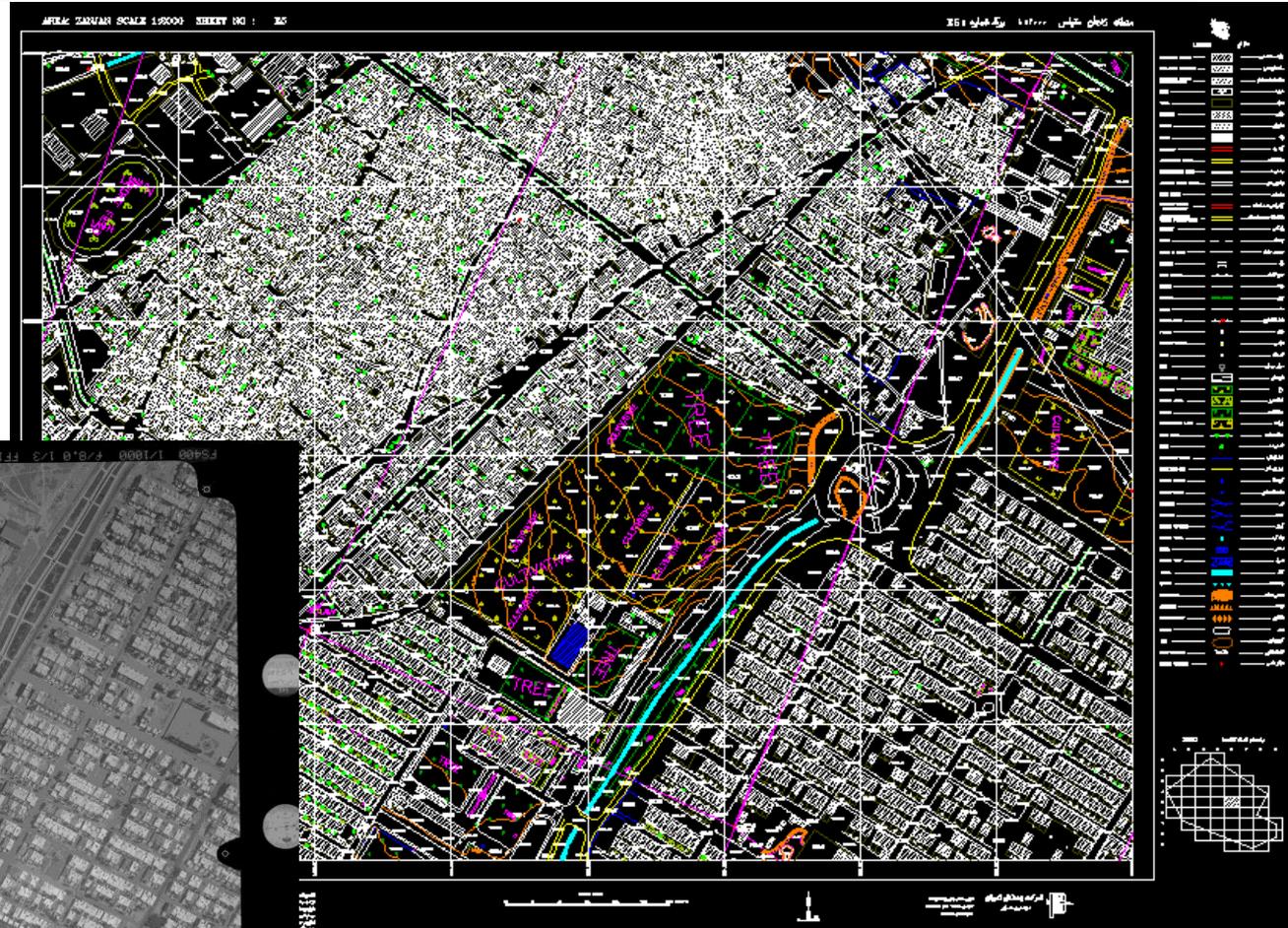
- نقشه برداری مسطحه
- نقشه برداری ارتفاعی
- توپوگرافی
- نقشه برداری زیرزمینی
- نقشه برداری هوایی
- نقشه برداری مسیر
- آبنگاری (هیدروگرافی)
- نقشه برداری نظامی
- نقشه برداری مشتقه (نقشه برداری موضوعی)
- نقشه برداری ثبتی املاکی
- نقشه برداری ژئودزی
- کارتوگرافی

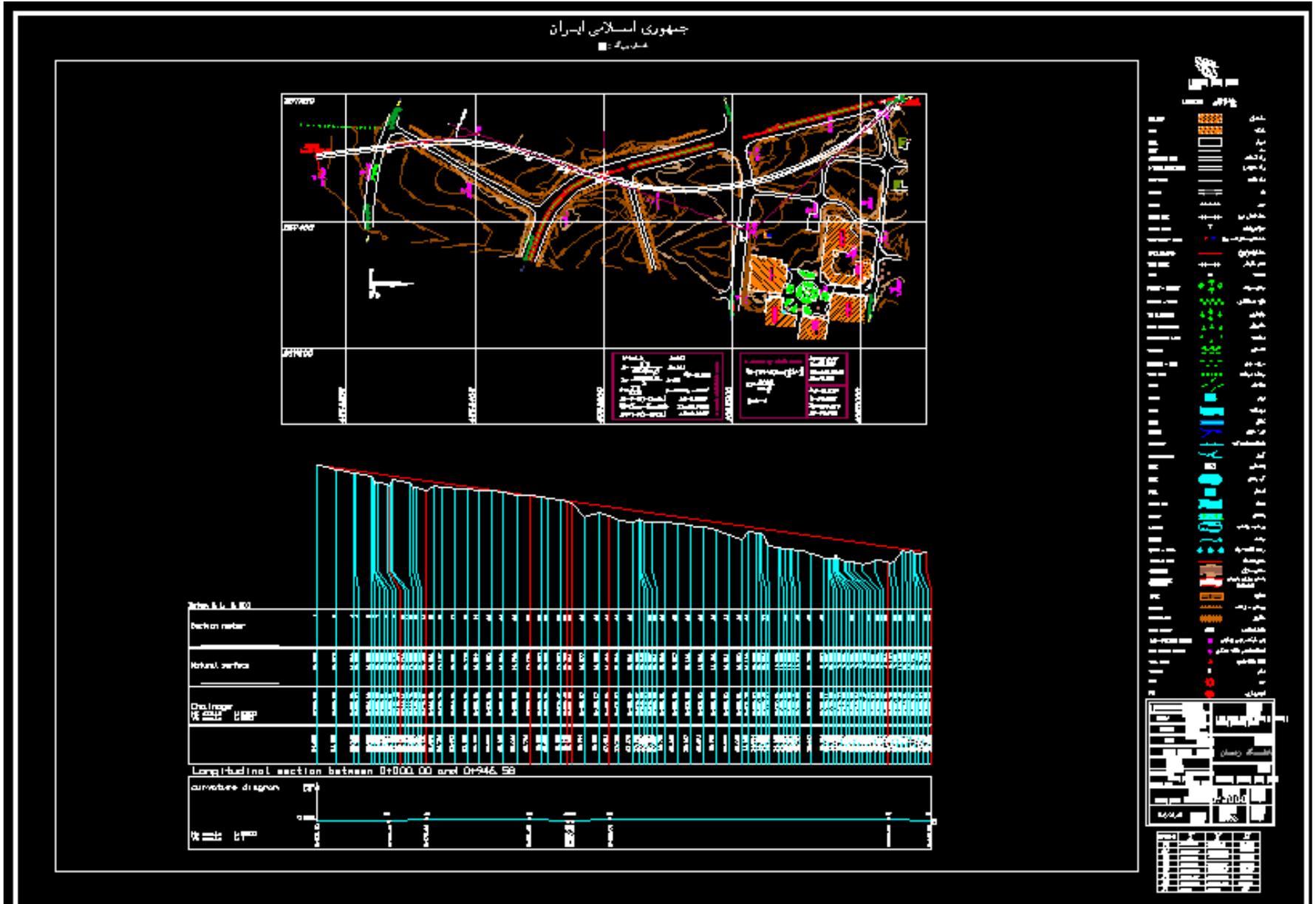
• تفاوت نقشه برداری ژئودزی و مستوی

- نقشه توپوگرافی: در این نقشه ها علاوه بر وضعیت مسطحاتی زمین، وضعیت ارتفاعی نیز توسط خطوط تراز یا منحنی میزان ها مشخص می شود که خطوط تراز مقطع سطح خارجی زمین با صفحات افقی متساوی و موازی هستند. بنابراین هر خط تراز مکان نقاط هم ارتفاع است.









سه مشاهده عمده که در نقشه برداری برای برقراری ارتباط بین طبیعت فیزیکی و ریاضی اندازه گیری می شوند:

- طول
- اختلاف ارتفاع
- زاویه

روش های تعیین فاصله

- ۱- روش تقریبی
- ۲- روش محاسبه ای
- ۳- روش مستقیم
- ۴- روش اپتیکی
- ۵- روش الکترونیکی

روش های اندازه گیری فاصله به روش مستقیم :

در این روش ها فاصله مستقیماً از روی زمین اندازه گیری می شود

- چرخ غلطان
- زنجیر مساحی
- متر

روش های اندازه گیری فاصله به روش غیر مستقیم :

در این روش ها فاصله با استفاده از روابط هندسی و مثلثاتی و سرعت انتشار نور بدست می آید.

- سرعت ثابت
- استادیمتری
- پارالاکتیک
- مثلثاتی

• روش های مدرن نظیر GPS

• اندازه گیری فاصله با استفاده از دستگاه های الکترونیکی

- تراز یابی مستقیم یا هندسی
- تراز یابی غیر مستقیم یا مثلثاتی
- تراز یابی بارومتریک (ترازیابی به کمک فشار سنج)

• تراز یابی مستقیم یا هندسی

- روش پیمایشی یا خطی
- روش شعاعی
- روش ترکیبی

• روش های کنترل در عملیات تراز یابی

- تغییر ارتفاع خط نشانه روی
- استفاده از شاخص های دو رو
- استفاده از شاخص های مضاعف
- قرائت هر سه تار رتیکول
- روش رفت و برگشت
- تراز یابی بین ۲ نقطه معلوم
- روش تراز یابی بسته

و یا تراز یابی پیمایشی ممکن است از یک نقطه معلوم شروع و به همان نقطه ختم شود در این حالت مجموع اختلاف ارتفاع های نقاط باید برابر صفر باشد. ($\sum \Delta H = 0$) اما با توجه به وجود خطاها، خطای بست تراز یابی برابر صفر نبوده و از رابطه زیر مقدار خطای بست تراز یابی محاسبه می شود:

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

همچنین مقدار مجاز خطای بست تراز یابی از رابطه ذیل تعیین می شود:

$$e_{\max}^{mm} = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}}$$

K: مقدار آن بر حسب نوع درجه تراز یابی از جدول ۳-۴ استخراج می شود. [11]

L: طول مسیر پیمایش بر حسب کیلومتر

e: مقدار خطای مجاز در تراز یابی بر حسب mm

جدول ۳-۴

درجه تراز یابی	1	2	3	4
K^{mm}	4	8	12	20

ترازیابی پیمایشی معمولاً از یک نقطه معلوم^{۲۴} شروع و به یک نقطه معلوم دیگر ختم می شود. جهت کنترل ترازیبی ارتفاع بدست آمده برای نقطه آخر با ارتفاع واقعی مقایسه می شود که اختلاف این دو مقدار را خطای بست ترازیبی (e) گویند.

$$e = (h_B - h_A) - (\sum B.S. - \sum F.S.)$$

اختلاف ارتفاع ترازیبی شده - اختلاف ارتفاع معلوم =

در صورت مجاز بودن خطای بست ترازیبی آنرا طبق رابطه زیر سرشکن می کنند:

$$s = \frac{-e}{n}$$

که در آن n: تعداد ایستگاههای که باید ارتفاع آنها تصحیح شود، e: مقدار خطای ترازیبی و s: مقدار خطای سهم هر ایستگاه می باشد.

طبق جدول زیر ارتفاع تصحیح شده نقاط را بدست آورید؟ (با فرض اینکه طول مسیر

ترازیابی شده 4 کیلومتر، $K=20$ و ارتفاع نقطه A برابر 1000 متر باشد)

شماره	قرائت عقب (mm)	قرائت جلو (mm)	اختلاف ارتفاع (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1192					
1	1425	1582				
2	1449	1545				
3	1447	1670				
4	1593	1525				
5	0858	0305				
6	1668	2000				
7	1735	1379				
8	1658	1675				
A		1380				

شماره	قرائت عقب (mm)	قرائت جلو (mm)	اختلاف ارتفاع (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1192		-390	1000		
1	1425	1582	-120	999.610		
2	1449	1545	-221	999.490		
3	1447	1670	-78	999.269		
4	1593	1525	1228	999.191		
5	0858	0305	-1142	1000.479		
6	1668	2000	289	999.337		
7	1735	1379	60	999.626		
8	1658	1675	278	999.686		
A		1380		999.964		

(ارتفاع واقعی) $-h_E$ (از ترازیبی بدست آورده ایم) $e = h_E$ خطای بست ترازیبی

$$= 999.964 - 1000 = -0.036m = -36mm$$

حال مقدار مجاز خطای بست ترازیبی را محاسبه می کنیم:

$$e_{\max} = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}} \Rightarrow e = \pm 20^{mm} \sqrt{4^{km}} \cong \pm 40mm$$

چون مقدار خطای بست ترازیبی از خطای مجاز کمتر می باشد لذا می توان خطا را سرشکن کرد. مقدار تصحیح هر نقطه ترازیبی از رابطه زیر بدست می آید:

$$c_i = -\frac{e \times p}{n}$$

که در آن c_i : تصحیح نقطه i ام، p : شماره نقطه، e : خطای کل ترازیبی و n : تعداد کل نقاط می باشد. لذا مقدار تصحیح نقطه اول به صورت زیر محاسبه می شود:

$$c_1 = -\frac{-36^{mm} \times 1}{9} = +4mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه دوم:

$$c_2 = -\frac{-36^{mm} \times 2}{9} = +8mm$$

و به همین ترتیب مقدار تصحیح برای بقیه نقاط محاسبه می شود.

شماره	قرائت عقب (mm)	قرائت جلو (mm)	اختلاف ارتفاع (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1192		-390	1000	0	1000.000
1	1425	1582	-120	999.610	+4	999.614
2	1449	1545	-221	999.490	+8	999.498
3	1447	1670	-78	999.269	+12	999.281
4	1593	1525	1228	999.191	+16	999.207
5	0858	0305	-1142	1000.479	+20	1000.499
6	1668	2000	289	999.337	+24	999.361
7	1735	1379	60	999.626	+28	999.654
8	1658	1675	278	999.686	+32	999.718
A		1380		999.964	+36	1000.000

مثال ۵: مطابق جدول زیر ترازیبی هندسی (مستقیم) در مسیر ABCDE انجام شده است. اگر ارتفاع نقطه A برابر 1215.691m متر و ارتفاع نقطه E برابر 1216.255m باشد، در صورت مجاز بودن خطای ترازیبی ارتفاعات تصحیح شده نقاط را بدست آورید. (در صورتیکه طول مسیر ترازیبی شده 500m و $K=12\text{mm}$ باشد).

شماره نقاط	B.S. (mm)	F.S. (mm)	ΔH (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1316					
B	0981	2145				
C	3200	1819				
D	3819	3057				
E		1735				

ابتدا اختلاف ارتفاع و سپس ارتفاع هر نقطه را بدست می آوریم.

$$h_B = h_A + \Delta H_{AB} = 1215.691 + (-0.829) = 1214.862m$$

$$h_C = h_B + \Delta H_{BC} = 1214.862 + (-0.838) = 1214.024m$$

$$h_D = h_C + \Delta H_{CD} = 1214.024 + 0.143 = 1214.167m$$

$$h_E = h_D + \Delta H_{DE} = 1214.167 + 2.084 = 1216.251m$$

شماره نقاط	B.S. (mm)	F.S. (mm)	ΔH (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1316		-0829	1215.691		
B	0981	2145	-0838	1214.862		
C	3200	1819	+0143	1214.024		
D	3819	3057	+2084	1214.167		
E		1735		1216.251		

چون ارتفاع واقعی نقطه E برابر 1216.255m و ارتفاع بدست آمده از ترازیابی برابر 1216.251m می باشد. در نتیجه مقدار خطای بست ترازیابی از رابطه زیر بدست می آید:

(ارتفاع واقعی) $-h_E$ (از ترازیابی بدست آورده ایم) $e = h_E$ خطای بست ترازیابی

$$= 1216.251 - 1216.255 = -0.004m = -4mm$$

حال مقدار مجاز خطای بست ترازیابی را محاسبه می کنیم:

$$e_{\max} = \pm K^{mm} \sqrt{L^{km}} \Rightarrow e = \pm 12^{mm} \sqrt{0.5^{km}} \cong \pm 8.5mm$$

چون مقدار خطای بست ترازیابی از خطای مجاز کمتر می باشد لذا می توان خطا را سرشکن کرد. مقدار تصحیح هر نقطه ترازیابی از رابطه زیر بدست می آید:

$$c_i = -\frac{e \times p}{n}$$

که در آن c_i : تصحیح نقطه i ام، p : شماره نقطه، e : خطای کل ترازیابی و n : تعداد کل نقاط می باشد. لذا مقدار تصحیح نقطه اول به صورت زیر محاسبه می شود:

$$c_1 = -\frac{-4^{mm} \times 1}{4} = +1mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه دوم:

$$c_2 = -\frac{-4^{mm} \times 2}{4} = +2mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه سوم:

$$c_3 = -\frac{-4^{mm} \times 3}{4} = +3mm$$

مقدار تصحیح برای ایستگاه چهارم:

$$c_4 = -\frac{-4^{mm} \times 4}{4} = +4mm$$

حال نوبت به محاسبه ارتفاعات سرشکن شده می‌رسد.

$$h'_A = h_A + 0 = 1215.691 + 0.000 = 1215.691m$$

$$h'_B = h_B + c_1 = 1214.862 + 0.001 = 1214.863m$$

$$h'_C = h_C + c_2 = 1214.024 + 0.002 = 1214.026m$$

$$h'_D = h_D + c_3 = 1214.167 + 0.003 = 1214.170m$$

$$h'_E = h_E + c_4 = 1216.251 + 0.004 = 1216.255m$$

مقدار تصحیح و ارتفاعات سرشکن شده نقاط را به جدول زیر منتقل می‌کنیم.

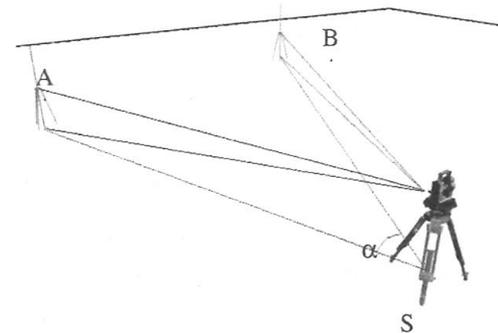
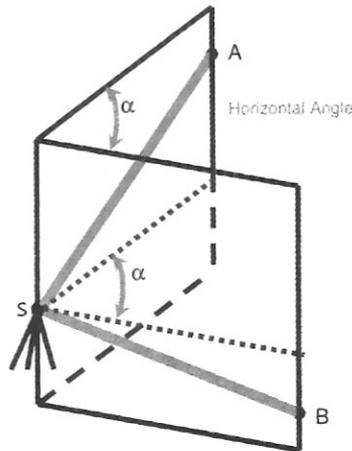
شماره نقاط	B.S. (mm)	F.S. (mm)	ΔH (mm)	ارتفاع هر نقطه (m)	مقدار تصحیح (mm)	ارتفاع تصحیح شده (m)
A	1316		-0829	1215.691	0	1215.691
B	0981	2145	-0838	1214.862	+1	1214.863
C	3200	1819	+0143	1214.024	+2	1214.026
D	3819	3057	+2084	1214.167	+3	1214.170
E		1735		1216.251	+4	1216.255

یکی از مهمترین کمیت هایی که در نقشه برداری اندازه گیری می شود، زاویه بین دو امتداد می باشد و عموماً توسط تئودولیت ها (زاویه یاب ها) اندازه گیری می شود.

انواع زوایا

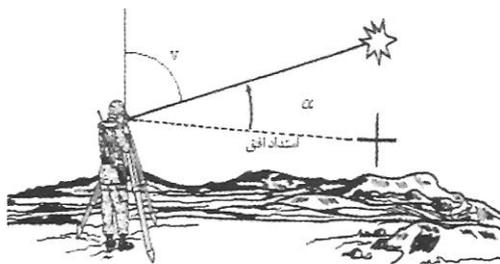
• زاویه افقی

زاویه افقی بین دو امتداد عبارت است از زاویه تصاویر آن دو امتداد در صفحه افق



• زاویه قائم یا زاویه زینیتی

زاویه بین امتداد قائم ایستگاه با امتداد نشانه روی را زاویه قائم یا زاویه سمت الراسی آن امتداد گویند.



• زاویه شیب یا زاویه ارتفاعی

متمم زاویه قائم یعنی زاویه بین امتداد مورد نظر و تصویرش بر صفحه افق را زاویه شیب گویند.

روش کوپل یا قرائت مضاعف

ایستگاه استقرار	نقطه قراولروی	حالت دستگاه	قرائت زاویه	نیم کوپل	یک کوپل
A	B	L	0 0 0	90 0 15	85 0 17
		R	180 0 30		
	C	L	85 0 20	175 0 32	
		R	265 0 44		

روش تکرار

اندازه زاویه افقی	قرائت لمب افقی	نقطه نشانه	دور نشانه روی	ایستگاه
$b_1 - a_1$	a_1	A	۱	O
	b_1	B		
$b_r - b_1$	$a_r = b_1$	A	۲	
	b_r	B		
...	...	A	...	
	...	B		
...	...	A	...	
	...	B		
...	...	A	...	
	...	B		
$b_n - b_{n-1}$	$a_n = b_{n-1}$	A	n	
	b_n	B		

$$\alpha = \frac{\sum \alpha_i}{n} = \frac{b_n - a_1 + 360^\circ k}{n}$$

مثال از روش تکرار

مثال زاویه ای را با پنج مرتبه تکرار اندازه گرفتیم. نتایج زیر به دست آمد. اندازه این زاویه را تعیین کنید.

ایستگاه	دور	نقطه نشانه	قرائت لمب افقی
	۱	A	۱۲۳°، ۲۳'، ۳۰"
O	۱	B	۱۷۵°، ۲۶'، ۵۰"
	۵	B	۲۴°، ۲۹'، ۴۰"

حل: از تفاضل قرائت ها در دور اول مقدار تقریبی زاویه به دست می آید.

$$\alpha = 175^{\circ}, 26', 50'' - 123^{\circ}, 23', 30'' = 52^{\circ}, 13', 20''$$

مقدار این زاویه پس از ۵ مرتبه تکرار می شود.

$$5\alpha = 261^{\circ}, 06', 40''$$

و چون این مقدار را با قرائت A در دور اول جمع کنیم قرائت B در دور پنجم به دست می آید.

$$5\alpha + R_A = 284^{\circ}, 20', 10''$$

چون درجه بندی لمب بیش از ۳۶۰ درجه نیست می توان دریافت که اندکس قرائت، یک بار از صفر رد شده است. یعنی $k=1$ و در این صورت:

$$\alpha_m = \frac{b_5 - a_1 + 360^{\circ}}{5} = \frac{24^{\circ}, 29', 40'' - 123^{\circ}, 23', 30'' + 360^{\circ}}{5} = 52^{\circ}, 13', 14''$$

روش تجدید

$$\text{تعداد تجدید } n: \quad \text{پریمود مبداءهای لازم در روش تجدید} = \frac{360}{n}$$

$$0 \Rightarrow 30^{\circ}0'10'' \quad \alpha_1 = 30^{\circ}0'10''$$

$$90 \Rightarrow 120^{\circ}0'15'' \quad \alpha_2 = 30^{\circ}0'15''$$

$$180 \Rightarrow 210^{\circ}0'8'' \quad \alpha_3 = 30^{\circ}0'8''$$

$$270 \Rightarrow 300^{\circ}0'11'' \quad \alpha_4 = 30^{\circ}0'11''$$

$$\alpha = \frac{\sum \alpha_i}{n} = \frac{30^{\circ}0'10'' + 30^{\circ}0'15'' + 30^{\circ}0'8'' + 30^{\circ}0'11''}{4} = 30^{\circ}0'11''$$

پایان جلسه

درس نقشه برداری ۲

انواع شمال، زاویه حامل، ژیزمان، انتقال ژیزمان، تعیین مختصات

فرید اسماعیلی

Farid_63@yahoo.com

www.faridesm.ir

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

شمال شبکه

جهت مثبت امتداد محور Y ها را شمال شبکه گویند. به عبارت دیگر امتداد شمالی محورهای متعامد روی نقشه را شمال شبکه یا شمال شبکه قائم الزاویه می نامند یعنی اگر خطوط افقی شبکه قائم الزاویه را محور X ها و خطوط قائم آن را محور Y ها بنامیم، امتداد محور Y در واقع همان شمال شبکه است. در روی شبکه، شمال شبکه را با حروف GN نمایش می دهند.

شمال حقیقی (جغرافیایی)

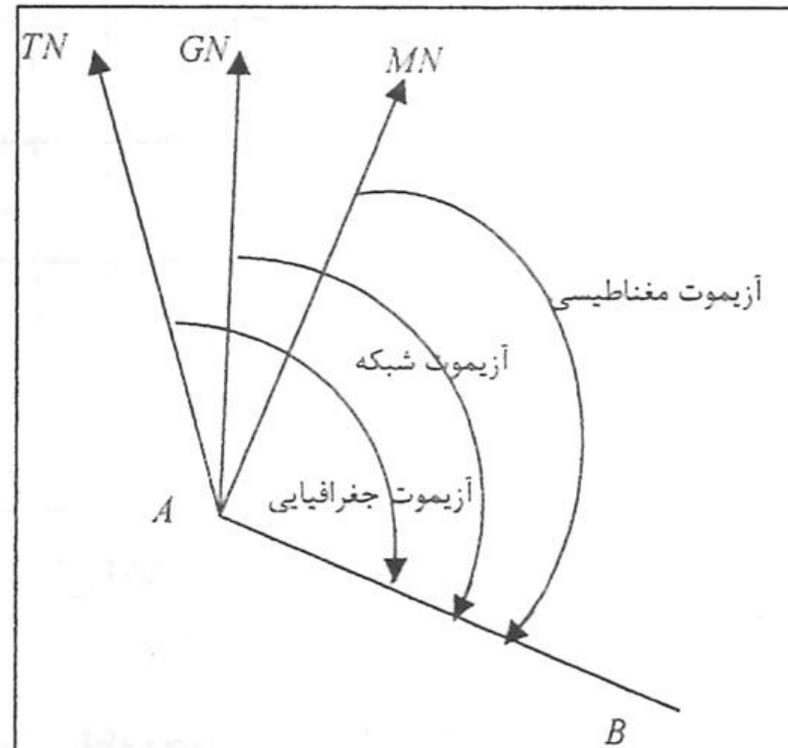
هرگاه هر یک از نقاط سطح زمین را بسوی قطب شمال امتداد دهیم سمتی پدید می آید که به آن شمال جغرافیائی یا شمال حقیقی می گویند، به عبارت دیگر، شمال جغرافیائی هر یک از نقاط سطح زمین امتداد نصف النهار همان نقطه رو به سمت قطب شمال است. شمال جغرافیایی را روی نقشه ها معمولاً با علامت TN (شمال حقیقی) مشخص می سازند.

شمال مغناطیسی

جهتی را که عقربه قطب نما نشان می دهد را شمال مغناطیسی آن نقطه گویند. به عبارت دقیقتر زمین به دلیل حرکت دورانی دائم خود به دور محورش یک میدان مغناطیسی ایجاد می کند که باعث انحراف عقربه مغناطیسی قطب نما می شود. در نتیجه این انحراف، سمت جنوبی عقربه مغناطیسی به طرف شمال زمین قرار می گیرد. (دلیل این امر آنست که در آهن ربا قطبهای غیر همنام یکدیگر را جذب می کنند.) به این ترتیب امتدادی را که نوک جنوبی عقربه مغناطیسی نشان می دهد شمال مغناطیسی گویند. این شمال را در نقشه ها معمولا با حروف MN (شمال مغناطیسی) نمایش می دهند. [3]

۵-۲۲- آزمون حقیقی یا جغرافیایی

آزمون حقیقی (Az_T) هر امتداد زاویه ای است که بین امتداد شمال حقیقی (جغرافیایی) با امتداد مفروض در جهت ساعتگرد تشکیل می شود.



شکل ۵-۵۰

۵-۲۳- آزمون مغناطیسی

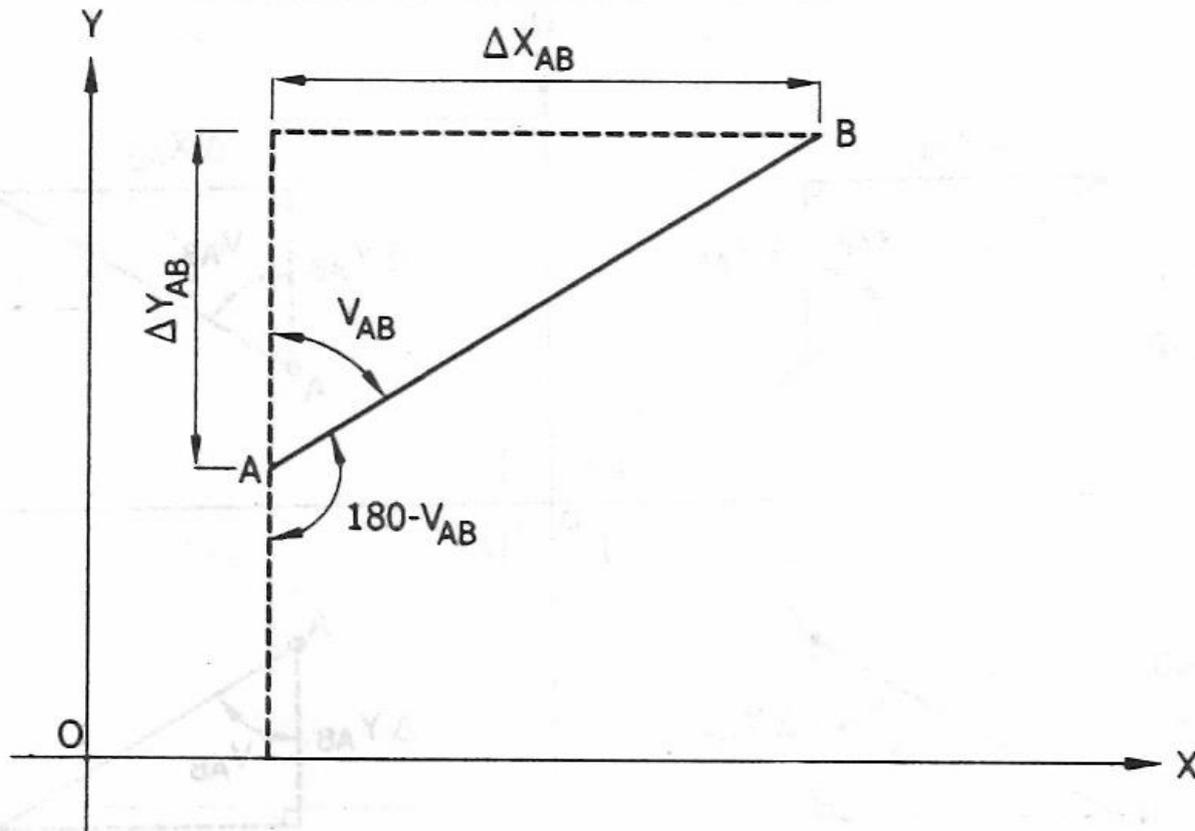
آزمون مغناطیسی (Az_M) هر امتداد زاویه ای است که بین امتداد شمال مغناطیسی با امتداد مفروض در جهت ساعتگرد تشکیل می شود.

۵-۲۴- انحراف مغناطیسی

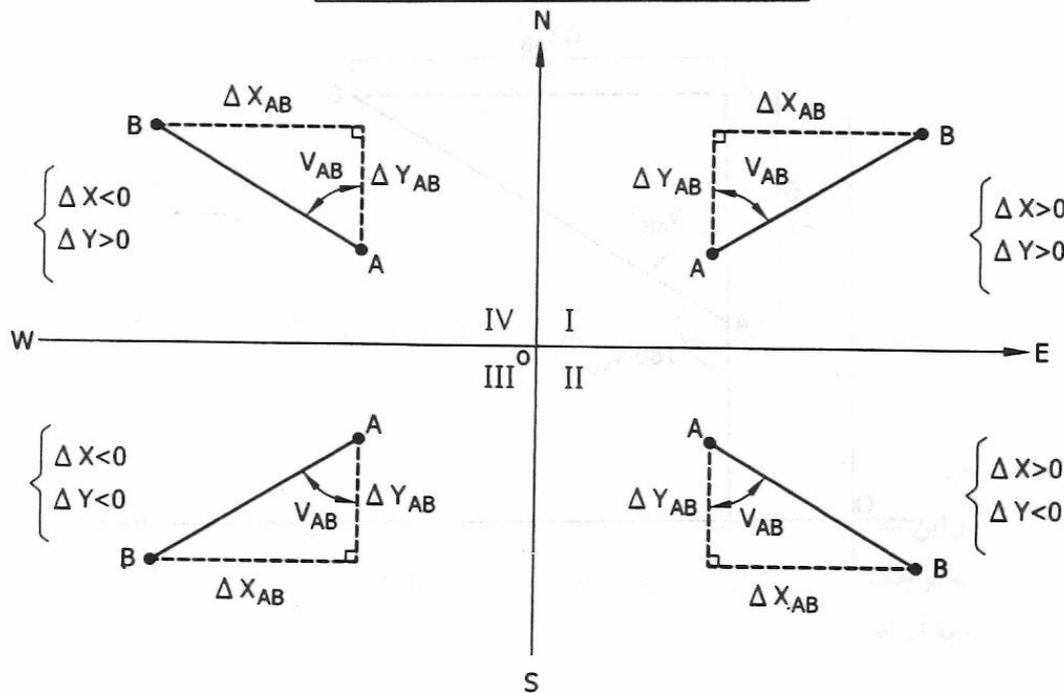
غیر از حرکت وضعی زمین عوامل دیگری از قبیل موقعیت جغرافیایی نقطه، جاذبه های محلی، شتاب ثقل، وضعیت فصلی و عوامل دیگر در انحراف عقربه مغناطیسی دخالت دارند. روی این اصل امتدادی را که این عقربه نشان می دهد همواره بیان کننده شمال حقیقی نمی باشد بلکه شمال حقیقی با شمال مغناطیسی با هم زاویه ای تشکیل می دهند که به آن انحراف مغناطیسی (δ) گویند. [3]

$$Az_T = Az_M \pm \delta$$

کوچکترین زاویه‌ای که یک امتداد با محور Y می‌سازد را زاویه حامل آن امتداد می‌گویند.
در شکل زیر زاویه حامل امتداد AB با V_{AB} نشان داده شده است.



ربع مختصات	علامت Δx	علامت Δy
I	+	+
II	+	-
III	-	-
IV	-	+



موقعی که مختصات قائم دونقطه مانند A و B در دسترس باشد با داشتن Δx و Δy امتداد مورد نظر (AB) چهار وضعیت می توان برای آن در نظر گرفت:

موقعی که $\Delta x > 0$ و $\Delta y > 0$ باشند امتداد AB در ربع اول مختصات قرار می گیرد.

موقعی که $\Delta x > 0$ و $\Delta y < 0$ باشند امتداد AB در ربع دوم مختصات قرار می گیرد.

موقعی که $\Delta x < 0$ و $\Delta y < 0$ باشند امتداد AB در ربع سوم مختصات قرار می گیرد.

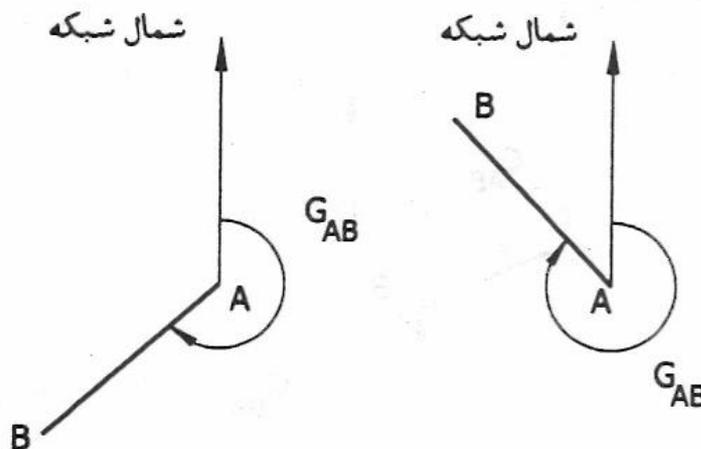
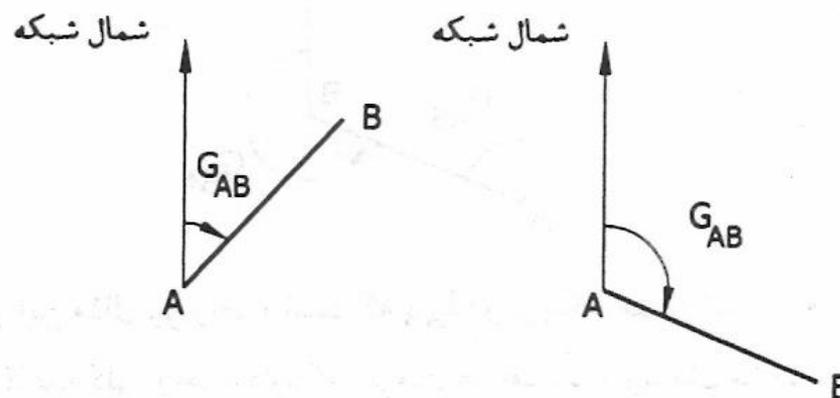
موقعی که $\Delta x < 0$ و $\Delta y > 0$ باشند امتداد AB در ربع چهارم مختصات قرار می گیرد.

$$A \begin{vmatrix} x_A \\ y_A \end{vmatrix}, B \begin{vmatrix} x_B \\ y_B \end{vmatrix}$$

$$\begin{cases} \Delta x_{AB} = x_B - x_A \\ \Delta y_{AB} = y_B - y_A \end{cases}$$

ژیزمان

زاویه هر امتداد با شمال شبکه در جهت حرکت عقربه‌های ساعت را ژیزمان آن امتداد گویند. در شکل زیر، ژیزمان امتدادی مانند AB بر روی نقشه در چهار وضعیت نشان داده شده است.



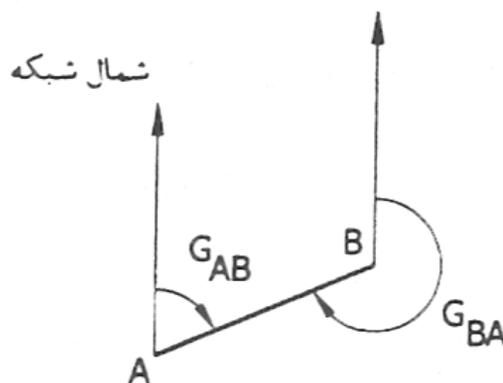
در صورتی که ژیزمان امتدادی مانند AB مشخص باشد (G_{AB})، ژیزمان معکوس آن بصورت BA خوانده و به شکل (G_{BA}) نشان داده می شود.

ژیزمان هر امتداد با ژیزمان معکوس خود همیشه ۱۸۰° یا ۲۰۰° تفاوت دارد. برای محاسبه ژیزمان و ژیزمان معکوس هر امتداد از روابط زیر استفاده می شود.

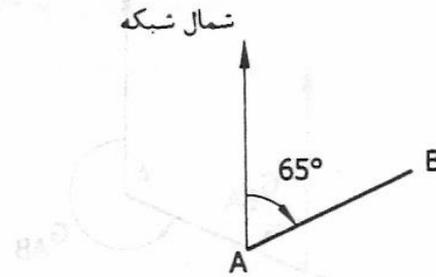
اگر $\begin{cases} G_{AB} < ۱۸۰^\circ \rightarrow G_{BA} = G_{AB} + ۱۸۰^\circ \\ G_{AB} < ۲۰۰^\circ \rightarrow G_{BA} = G_{AB} + ۲۰۰^\circ \end{cases}$

اگر $\begin{cases} G_{AB} > ۱۸۰^\circ \rightarrow G_{BA} = G_{AB} - ۱۸۰^\circ \\ G_{AB} > ۲۰۰^\circ \rightarrow G_{BA} = G_{AB} - ۲۰۰^\circ \end{cases}$

در شکل زیر ژیزمان امتداد AB و ژیزمان معکوس آن نشان داده شده است. در این شکل مشخص است که G_{BA} و G_{AB} به اندازه ۱۸۰° یا ۲۰۰° با هم تفاوت دارند.



مثال ۱: ژیزمان امتدادی برابر 65° می‌باشد، ژیزمان معکوس آن برابر چند درجه است؟

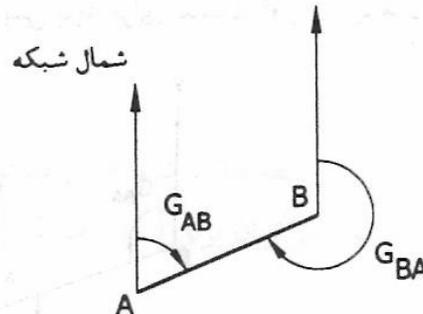


پاسخ:

$$\text{اگر } \begin{cases} G_{AB} < 180^\circ \rightarrow G_{BA} = G_{AB} + 180^\circ \\ G_{AB} < 200^g \rightarrow G_{BA} = G_{AB} + 200^g \end{cases}$$

$$\text{اگر } \begin{cases} G_{AB} > 180^\circ \rightarrow G_{BA} = G_{AB} - 180^\circ \\ G_{AB} > 200^g \rightarrow G_{BA} = G_{AB} - 200^g \end{cases}$$

در این مثال، ژیزمان امتداد داده شده برابر 65° درجه می‌باشد ($G_{AB}=65$) بدلیل این که کوچکتر از 180° می‌باشد پس باید برای بدست آوردن ژیزمان معکوس به اندازه 180° به آن اضافه نماییم.



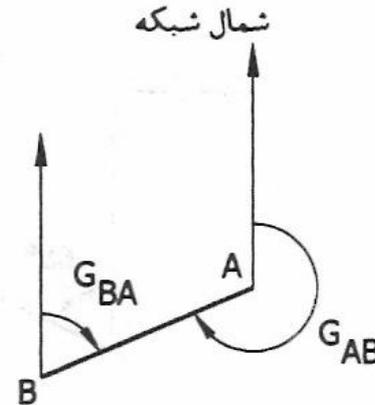
$$G_{AB} = 65^\circ < 180^\circ$$

$$G_{BA} = G_{AB} + 180^\circ \rightarrow G_{BA} = 65^\circ + 180^\circ = 245^\circ$$

مثال ۲: ژیزمان امتدادی برابر ۲۲۰ درجه می باشد، ژیزمان معکوس آن برابر چند درجه است؟

پاسخ:

بدلیل این که ژیزمان امتداد AB ($G_{AB} = 220^\circ$) بیشتر از 180° درجه می باشد، پس باید برای بدست آوردن ژیزمان معکوس آن، 180° درجه از آن کم کنیم.



$$G_{AB} = 220^\circ > 180^\circ$$

$$G_{BA} = G_{AB} - 180^\circ$$

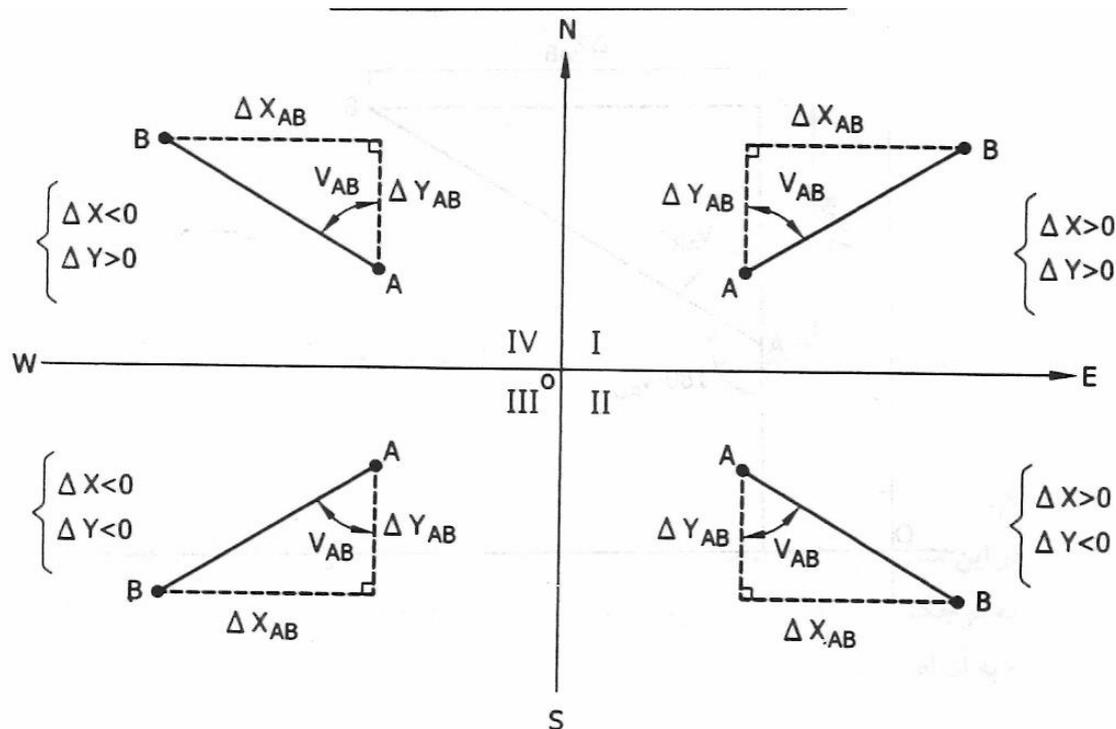
$$G_{BA} = 220^\circ - 180^\circ = 40^\circ$$

تمرین چنانچه ژیزمان معکوس یک امتداد برابر 120° درجه باشد، ژیزمان آن امتداد برابر چند

درجه است؟

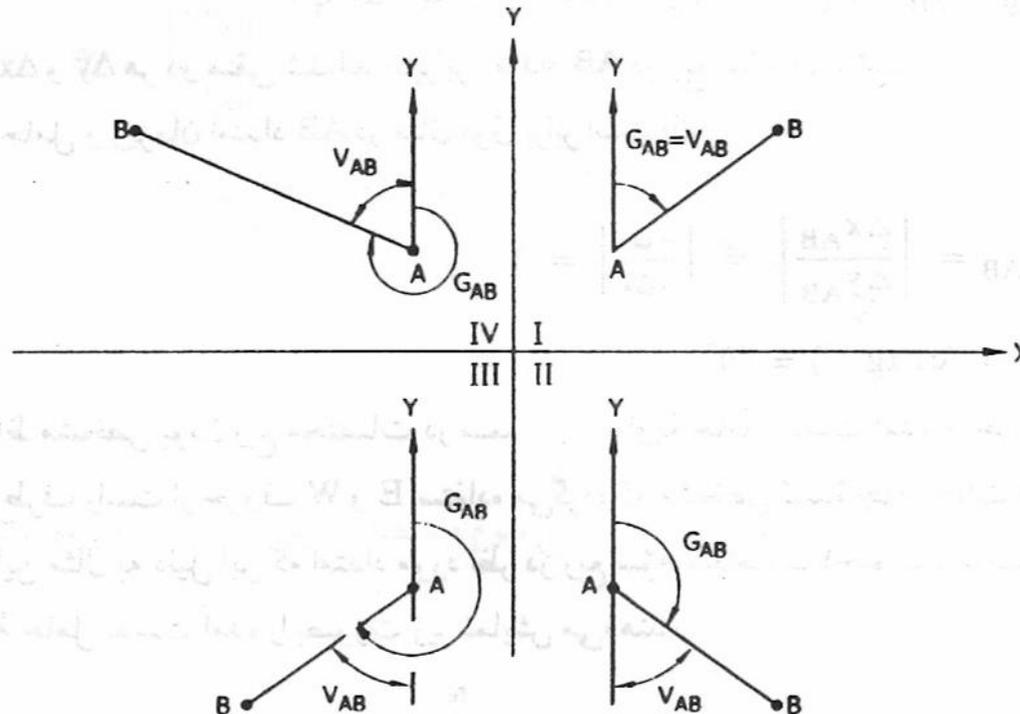
چنانچه یک امتداد مانند AB را در نظر بگیریم که مختصات دو نقطه واقع بر آن $A \begin{vmatrix} x_A \\ y_A \end{vmatrix}$ و $B \begin{vmatrix} x_B \\ y_B \end{vmatrix}$ باشد با توجه به جدول و شکل زیر، رابطه زیر را می توان نوشت:

$$\operatorname{tg} V_{AB} = \left| \frac{\Delta x_{AB}}{\Delta y_{AB}} \right| = \left| \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A} \right| \quad \text{یا} \quad V_{AB} = \operatorname{Arctg} \left| \frac{x_B - x_A}{y_B - y_A} \right|$$



جدول تعیین علامت برای زاویه حامل

	ربع اوّل	ربع دوّم	ربع سوّم	ربع چهارم
Δx	+	+	-	-
Δy	+	-	-	+
$G_{AB} = V_{AB}$		$G_{AB} = 200^\circ - V_{AB}$ یا $G_{AB} = 180^\circ - V_{AB}$	$G_{AB} = 200^\circ + V_{AB}$ یا $G_{AB} = 180^\circ + V_{AB}$	$G_{AB} = 400^\circ - V_{AB}$ یا $G_{AB} = 260^\circ - V_{AB}$



بنابراین با مشخص بودن $A \begin{vmatrix} x_A \\ y_A \end{vmatrix}$ و $B \begin{vmatrix} x_B \\ y_B \end{vmatrix}$ می توان ژیزمان امتداد AB ، (G_{AB}) را به روش زیر محاسبه نمود:

$$\begin{cases} \Delta x_{AB} = x_B - x_A \\ \Delta y_{AB} = y_B - y_A \end{cases} \quad (1) \text{ مقادیر } \Delta x \text{ و } \Delta y \text{ را بدست می آوریم.}$$

(2). با توجه به مقادیر Δx_{AB} و Δy_{AB} ، زاویه حامل امتداد AB را بدست می آوریم.

(3). با توجه به علایم Δx و Δy ربع مختصاتی را که امتداد AB در آن قرار دارد مشخص می کنیم.

(4). توسط روابط چهارگانه میان ژیزمان و زاویه حامل، مقدار ژیزمان امتداد AB را محاسبه می کنیم.

مثال: دو نقطه $A \begin{cases} ۱۰۰ \\ ۲۰۰ \end{cases}$ و $B \begin{cases} ۵۰ \\ ۱۵۰ \end{cases}$ معلوم می‌باشند. ربع مختصات که AB در آن واقع شده است را مشخص نمایید.

پاسخ:

$$\Delta x_{AB} = x_B - x_A \rightarrow \Delta x_{AB} = ۵۰ - ۱۰۰ = -۵۰ < ۰$$

$$\Delta y_{AB} = y_B - y_A \rightarrow \Delta y_{AB} = ۱۵۰ - ۲۰۰ = -۵۰ < ۰$$

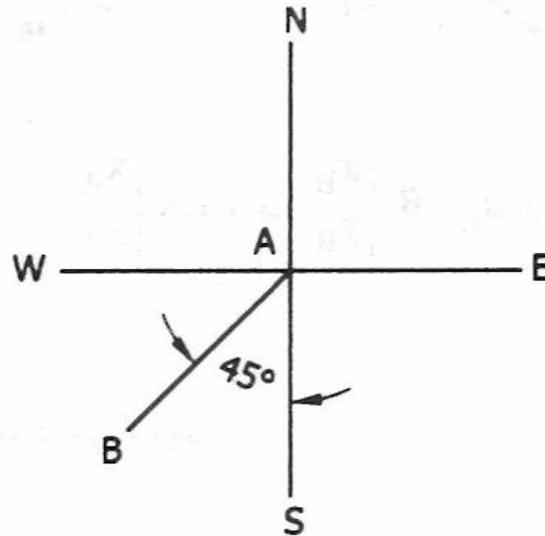
چون Δx و Δy هر دو منفی شده‌اند بنابراین امتداد AB در ربع سوم می‌باشد.
زاویه حامل و ژیزمان امتداد AB در مثال فوق برابر است با:

$$\operatorname{tg} V_{AB} = \left| \frac{\Delta x_{AB}}{\Delta y_{AB}} \right| = \left| \frac{-۵۰}{-۵۰} \right| = ۱$$

$$V_{AB} = \operatorname{Arc} \operatorname{tg} (۱) = ۴۵^\circ$$

به لحاظ مشخص بودن ربع مختصات در سمت چپ زاویه حامل بدست آمده از حروف S و N و در طرف راست از حروف W و E استفاده می‌گردد که مشخص‌کننده چهار حالت اصلی است. در این مثال به دلیل این که امتداد مورد نظر در ربع سوم مختصات (جنوب - غرب) قرار دارد، زاویه حامل بدست آمده را بصورت زیر نمایش می‌دهند:

$$V_{AB} = S 45^{\circ} W$$



با توجه به این که امتداد مورد نظر (AB) در ربع سوم مختصات قرار دارد، با داشتن زاویه حامل، ژیزمان ربع سوم مختصاتی از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$G_{AB} = 180^{\circ} + V_{AB}$$

$$G_{AB} = 180^{\circ} + 45^{\circ} = 225^{\circ}$$

مثال ۲۷: اگر مختصات نقطه B و A به شرح زیر باشد مطلوبست محاسبه ژیزمان G_{AB} و G_{BA} بر حسب درجه؟

$$A \begin{vmatrix} 111.71m \\ 99.98m \end{vmatrix}, \quad B \begin{vmatrix} 119.08m \\ 96.51m \end{vmatrix}$$

$$V = \text{Arctg} \left| \frac{\Delta x}{\Delta y} \right| = \left| \frac{7.37}{-3.47} \right| = 64^\circ 47' 16''$$

$$\Delta x_{AB} = 119.08 - 111.71 = 7.37m$$

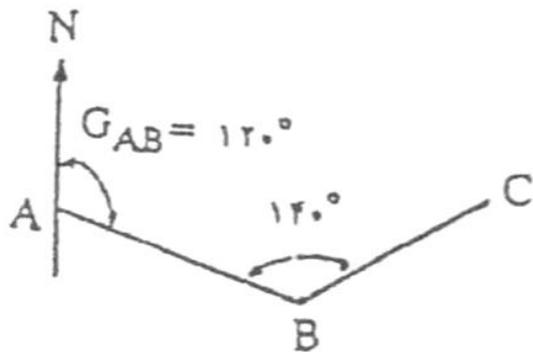
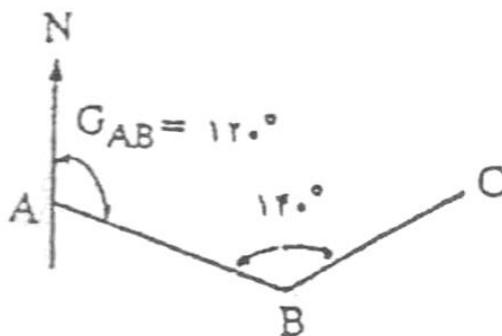
$$\Delta y_{AB} = 96.51 - 99.98 = -3.47m$$

با توجه به اینکه امتداد AB در ناحیه دوم ($\Delta x_{AB} > 0, \Delta y_{AB} < 0$) قرار دارد، می توان ژیزمان را بر حسب زاویه حامل پیدا نمود.

$$G_{AB} = 180^\circ - 64^\circ 47' 16'' = 115^\circ 12' 44''$$

$$G_{AB} < 180^\circ \Rightarrow G_{BA} = G_{AB} + 180^\circ \mapsto G_{BA} = 115^\circ 12' 44'' + 180^\circ = 295^\circ 12' 44''$$

سوال ۱۶: ژیزمان امتداد AB برابر 120 درجه و زاویه راس B برابر 140 درجه است. ژیزمان معکوس امتداد BC چند درجه است؟

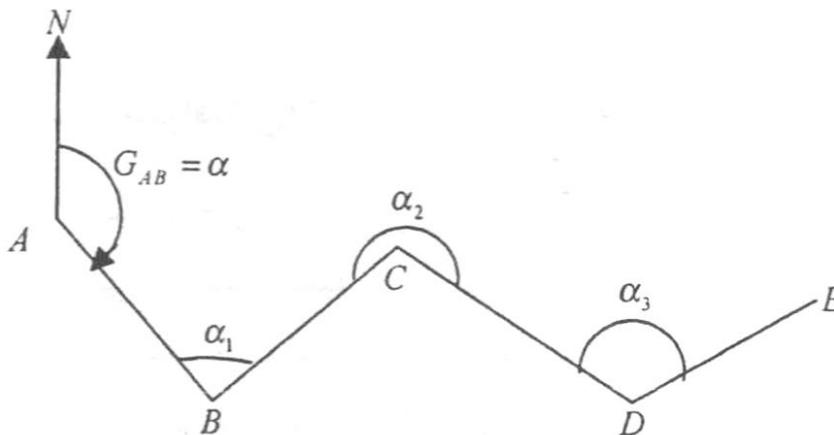


$$G_{BA} = G_{AB} + 180^\circ = 120^\circ + 180^\circ = 300^\circ$$

$$G_{BC} = 300^\circ + 140^\circ = 440^\circ = 440^\circ - 360^\circ = 80^\circ$$

$$G_{CB} = G_{BC} + 180^\circ = 80^\circ + 180^\circ = 260^\circ$$

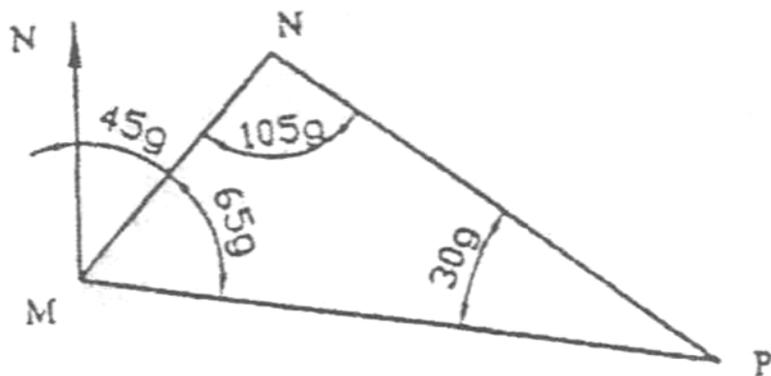
مثال ۲۸: اگر ژیزمان امتداد AB در شکل ذیل برابر 120° باشد. مطلوبست محاسبه ژیزمان امتداد DE در صورتیکه $\alpha_1 = 80^\circ, \alpha_2 = 290^\circ, \alpha_3 = 100^\circ$ ؟



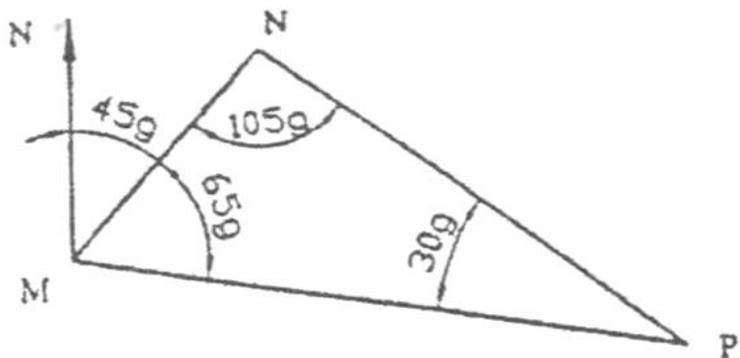
شکل ۵-۴۸

$$\begin{cases} G_{BA} = G_{AB} + 180^\circ = 120^\circ + 180^\circ = 300^\circ \\ G_{BC} = G_{BA} + \alpha_1 = 300^\circ + 80^\circ = 380^\circ = 380^\circ - 360^\circ = 20^\circ \\ G_{CB} = G_{BC} + 180^\circ = 20^\circ + 180^\circ = 200^\circ \\ G_{CD} = G_{CB} + \alpha_2 = 200^\circ + 290^\circ = 490^\circ = 490^\circ - 360^\circ = 130^\circ \\ G_{DC} = G_{CD} + 180^\circ = 130^\circ + 180^\circ = 310^\circ \\ G_{DE} = G_{DC} + \alpha_3 = 310^\circ + 100^\circ = 410^\circ = 410^\circ - 360^\circ = 50^\circ \end{cases}$$

سوال ۱۸: با توجه به شکل روبرو ژیزمان امتداد PN چند گراد است؟



سوال ۱۸:

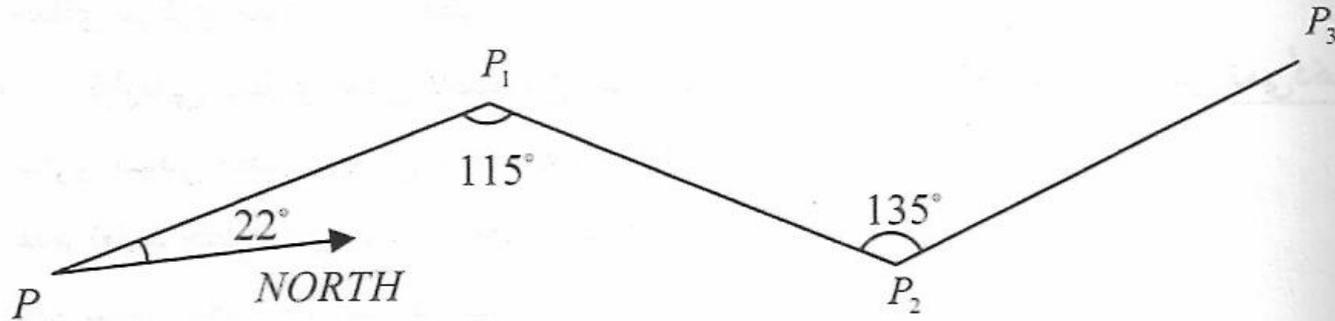


$$G_{MP} = 45 g + 65 g = 110 \text{ grad}$$

$$G_{PM} = 110 g + 200 g = 310 \text{ grad}$$

$$G_{PN} = G_{PM} + 30 g \Rightarrow G_{PN} = 310 + 30 = 340 \text{ grad}$$

۹۸- با توجه به شکل ژیزمان امتداد p_3p_2 کدامند؟



ارشد ۸۵ جواب ۱۷۸ درجه

$$G_{PP_1} = 360^\circ - 22^\circ = 338^\circ$$

$$G_{P_1P} = 338^\circ - 180^\circ = 158^\circ$$

$$G_{P_1P_2} = 158^\circ - 115^\circ = 43^\circ$$

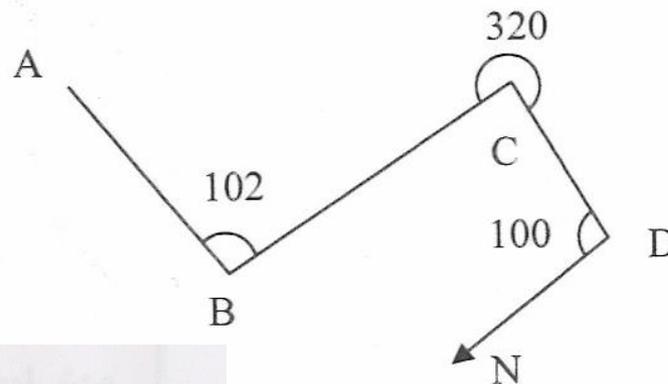
$$G_{P_2P_1} = 43^\circ + 180^\circ = 223^\circ$$

$$G_{P_2P_3} = 223^\circ + 135^\circ = 358^\circ$$

$$G_{P_3P_2} = 358^\circ - 180^\circ = 178^\circ$$

محاسبه ژیزمان از روی زاویه حامل و انتقال ژیزمان (مثال)

۹۶- با توجه به شکل داده شده و اطلاعات در روی آن ژیزمان امتداد AB چند درجه است؟
(زویایا بر حسب درجه است.)

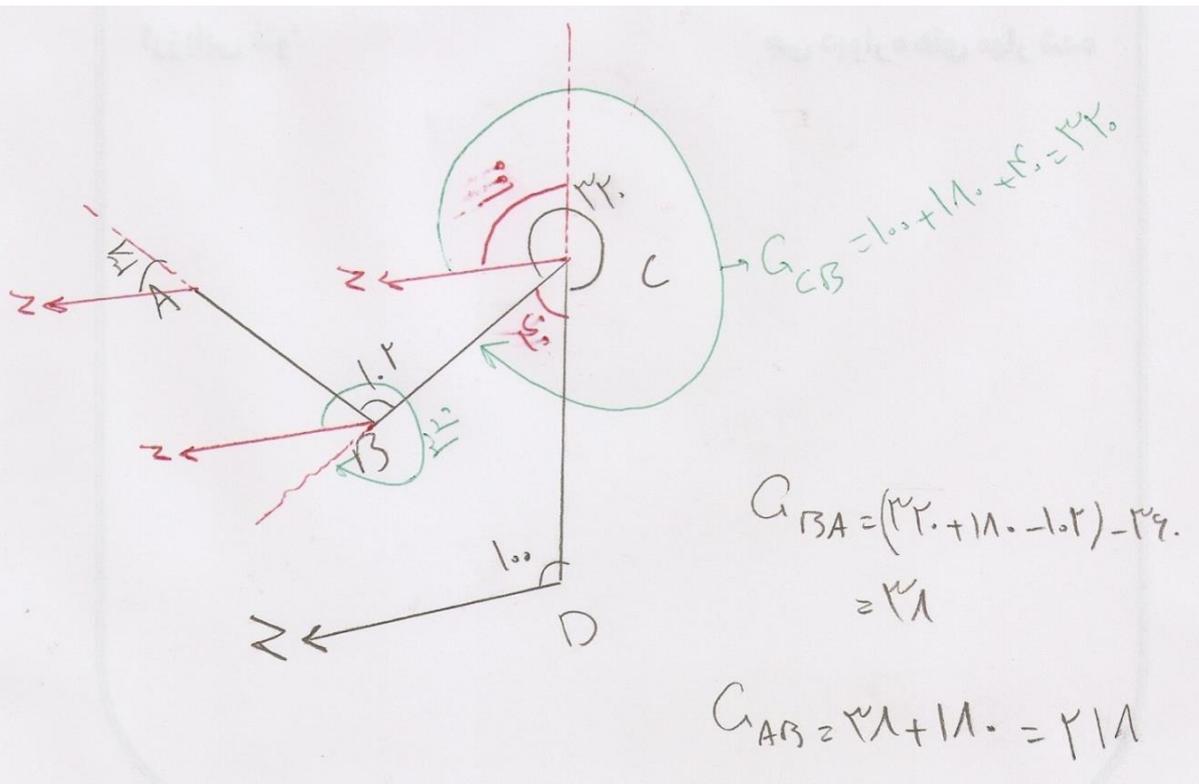


۱۱۸ (۲)

۲۹۸ (۴)

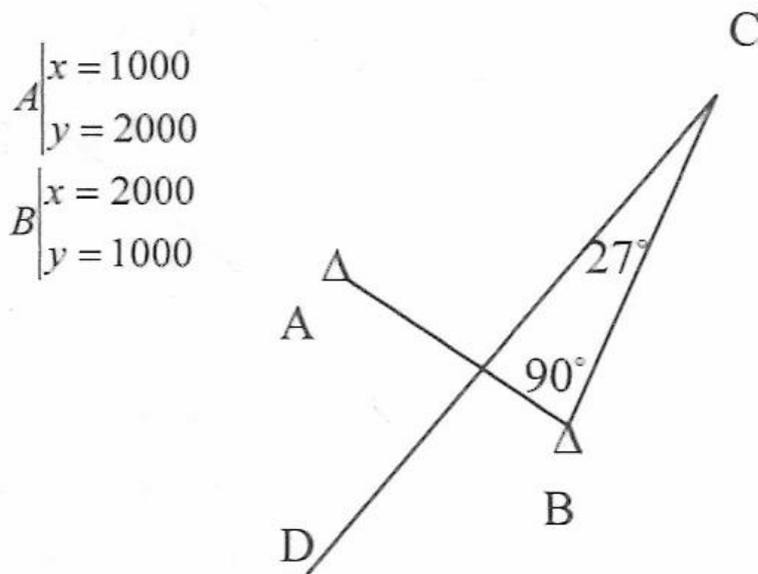
۳۸ (۱)

۲۱۸ (۳)



ارشد ۸۶ جواب گزینه ۳

۹۷- با توجه به شکل مطلوب است ژیزمان امتداد DC به گراد. (زوایا به درجه قرائت شده است)



۸۰ (۲)

۷۵ (۱)

۲۷۲ (۴)

۲۵۲ (۳)

ارشد ۸۷ جواب گزینه ۲

$$A \begin{cases} m = 1000 \\ y = 2000 \end{cases}$$

$$B \begin{cases} m = 2000 \\ y = 1000 \end{cases}$$

$$\angle_{A,B} = \text{Arctan} \left| \frac{m_B - m_A}{y_B - y_A} \right| \Rightarrow \angle_{A,B} = \text{Arctan} \left| \frac{2000 - 1000}{1000 - 2000} \right| \Rightarrow \angle_{AB} = 45^\circ$$

$$Dm > 0 \rightarrow G_{AB} = 11.0 - 45 = 135^\circ$$

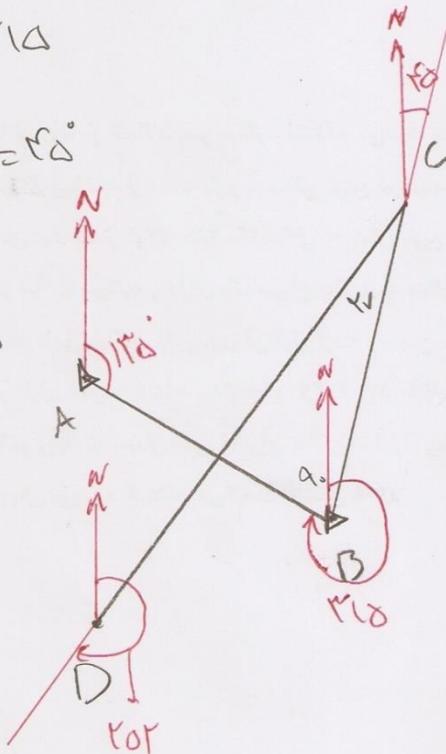
$$G_{BA} = 135^\circ + 11.0 = 146^\circ$$

$$G_{BC} = 146^\circ + 9.0 - 14.0 = 141^\circ$$

$$G_{CD} = 141^\circ + 11.0 + 14.0 = 166^\circ$$

$$G_{DC} = 166^\circ - 11.0 = 155^\circ$$

$$\frac{VF}{11.0} = \frac{G}{2.0} \rightarrow 1.0 \text{ در } 11.0$$



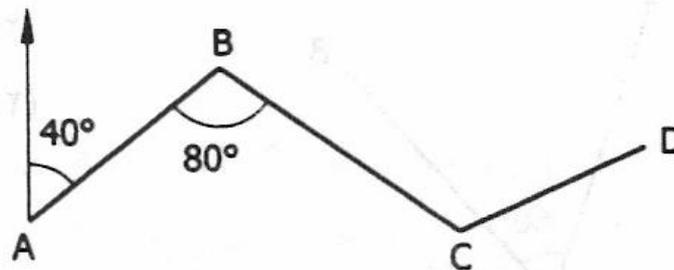
۲۲. در صورتی که نقاط A (۱۰۰۰m و ۲۰۰۰m) و B (۵۰۰m و ۲۵۰۰m) معلوم باشند،
 ژیزمان امتداد AB چند درجه است؟
 (کاردانی پیوسته نقشه برداری - آزاد ۱۳۷۹)

- (۱) ۴۵
- (۲) ۱۳۵
- (۳) ۲۲۵
- (۴) ۳۱۵ ✓

۲۳. در شکل روبرو اگر ژیزمان امتداد AB برابر ۴۰ درجه باشد، ژیزمان امتداد BC چند درجه
 است؟
 (کاردانی پیوسته نقشه برداری - آزاد ۱۳۷۹)

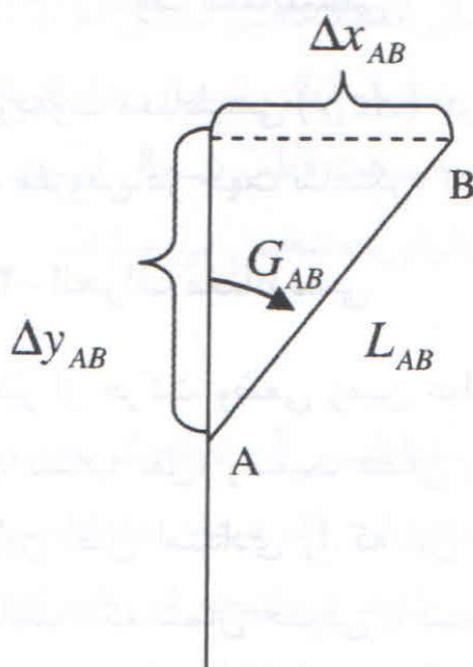
- (۱) ۱۲۰
- (۲) ۲۰۰
- (۳) ۱۴۰ ✓
- (۴) ۳۰۰

شمال شبکه



محاسبه مختصات نقطه مجهول $[x_B, y_B]$ با معلوم بودن معلومات $(G_{AB}$ و L_{AB} ، $A = [x_A, y_A]$)

هدف محاسبه مختصات نقطه B با فرض اینکه معلومات زیر موجود باشند:



معلومات

$$\left\{ \begin{array}{l} A = [x_A, y_A] \\ L_{AB} : \text{طول امتداد AB} \\ G_{AB} : \text{ژیزمان امتداد AB} \end{array} \right.$$

طبق شکل بالا برای رسیدن به مختصات نقطه B می توان نوشت:

$$\sin G_{AB} = \frac{\Delta x_{AB}}{L_{AB}} \Rightarrow \Delta x_{AB} = L_{AB} \sin G_{AB} \Rightarrow x_B = x_A + L_{AB} \sin G_{AB}$$

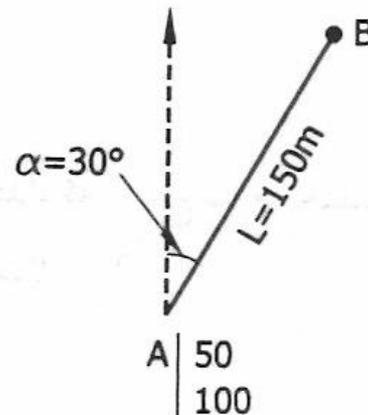
$$\cos G_{AB} = \frac{\Delta y_{AB}}{L_{AB}} \Rightarrow \Delta y_{AB} = L_{AB} \cos G_{AB} \Rightarrow y_B = y_A + L_{AB} \cos G_{AB}$$

مثال ۳۱: اگر $G_{AB} = 36.9160^\circ$ و $L_{AB} = 139.01m$ و $A = [1012.18m, 938.69m]$ باشد مختصات نقطه B را به دست آورید؟

$$x_B = x_A + l_{AB} \times \sin G_{AB} = 1012.18 + 139.01 \times \sin(36.9160^\circ) = 1095.675m$$

$$y_B = y_A + l_{AB} \times \cos G_{AB} = 938.69 + 139.01 \times \cos(36.9160^\circ) = 1049.831m$$

مثال ۱: اگر مختصات نقطه A برابر (۱۰۰ و ۵۰) و طول AB برابر ۱۵۰ متر و زاویه α برابر ۳۰ درجه باشد. مختصات نقطه B برابر کدام است؟



پاسخ:

$$x_B = x_A + L \cdot \sin \alpha$$

$$x_B = 50 + 150 \cdot \sin 30^\circ = 125 \text{ m}$$

$$y_B = y_A + L \cdot \cos \alpha$$

$$y_B = 100 + 150 \cdot \cos 30^\circ = 230 \text{ m}$$

۲۱۵- زاویه حامل و طول افقی دو امتداد AM به ترتیب $S35^{\circ},00'E$ ، ۱۲۰ متر و AN به ترتیب $S55^{\circ},00'W$ و ۱۳۰ متر هستند. فاصله MN بر حسب متر کدام است؟

(۲) ۴۴/۱۵

(۱) ۴۴/۵۱

(۴) ۱۷۶/۹۲

(۳) ۱۶۷/۹۲

ارشد ۷۶ جواب گزینه ۴

$$G_{AM} = 180^{\circ} - 35^{\circ} = 145^{\circ}$$

$$G_{AN} = 180^{\circ} + 55^{\circ} = 235^{\circ}$$

چون زاویه بین دو امتداد ۹۰ درجه است

$$d = \hat{M}AN = G_{AN} - G_{AM} = 90^{\circ}$$

$$MN = \sqrt{AM^2 + AN^2} = 176.92$$

۲- ژیزمان و زاویه حامل طول افقی اندازه گیری شده دو امتداد PM,PN در جدول داده شده است. مقدار Δy_{MN} بر حسب متر کدام است؟

امتداد	ژیزمان یا زاویه حامل	طول به متر
PM	$N30^{\circ}25'E$	۲۵۰
PN	$S45^{\circ}30'W$	۲۰۰

(ب) $-۳۴۷/۷۰$

(د) $-۵۳۵/۷۷$

(الف) $-۷۵/۴۰$

(ج) $-۳۵۵/۷۷$

ارشد ۷۹ جواب گزینه ۳

$$y_m = PM \cos 30^{\circ} 25' = 215.592$$

$$y_n = -PN \cos 45^{\circ} 30' = -140.182$$

$$\Delta y_{mn} = y_n - y_m = -355.774$$

۱۷- زاویه حامل امتداد AB که در ربع دوم قرار گرفته، $75/36$ گراد می باشد. در صورتی که طول افقی AB برابر $256/85$ متر و مختصات نقطه A برابر $(750m, 1100m)$ باشند، مختصات قائم الزاویه نقطه B کدام است؟

ب) $B(653.05m, 1337.85m)$

د) $B(987.85m, 103.05m)$

الف) $B(961.32m, 954.00m)$

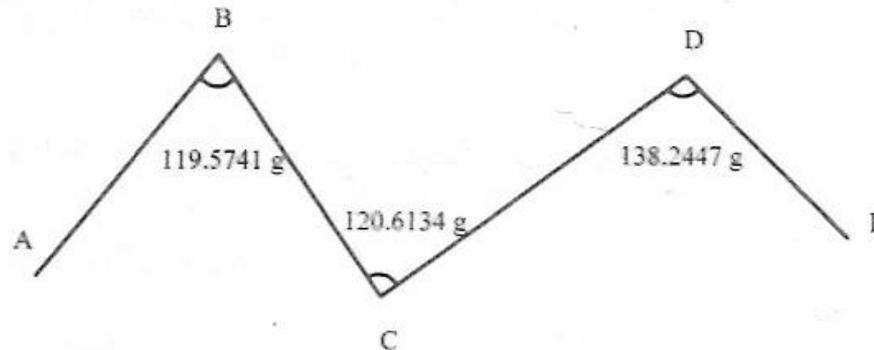
ج) $B(512.15m, 1003.05m)$

ارشد ۸۳، جواب گزینه ۴

$$G_{AB} = 124.64 \text{ grad}$$

$$\begin{cases} x_B = x_A + L_{AB} \sin G_{AB} = 987.85m \\ y_B = y_A + L_{AB} \cos G_{AB} = 1003.05m \end{cases}$$

۱۷- در شکل زیر ژیزمان AE را محاسبه کنید.



$$\overline{AB} = 164.258, \overline{BC} = 93.024m$$

$$\overline{CD} = 124.461m, \overline{DE} = 95.493m, G_{CD} = 73.5506gr$$

$$G_{AE} = 90 \text{ grad (ب)}$$

$$G_{AE} = 100 \text{ grad (د)}$$

$$G_{AE} = 73.5506 \text{ grad (الف)}$$

$$G_{AE} = 85.7817 \text{ grad (ج)}$$

ارشد ۸۲ ، جواب گزینه ۴ (راه حل در اسلاید بعدی)

با فرض اینکه مختصات نقطه $C(1000,1000)$ باشد در اینصورت داریم:

$$G_{DC} = 273.5506 \text{ grad}$$

$$G_{DE} = 135.3059 \text{ grad}$$

$$G_{CB} = 352.9372 \text{ grad}$$

$$G_{BC} = 152.9372 \text{ grad}$$

$$G_{BA} = 272.5113 \text{ grad}$$

حال می توان به نقاط پیمایش مختصات داد.

$$\begin{cases} x_D = 1113.87 \\ y_D = 1050.23 \end{cases}, \begin{cases} x_E = 1195.05 \\ y_E = 999.94 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_B = 937.33 \\ y_B = 1068.74 \end{cases}, \begin{cases} x_A = 788.15 \\ y_A = 1000 \end{cases}$$

در نتیجه ژیزمان AE با در دست بودن مختصات نقاط A و E قابل محاسبه می باشد.

$$\Rightarrow G_{AE} \cong 100 \text{ grad}$$

پایان جلسه

درس نقشه برداری ۲

پیمایش

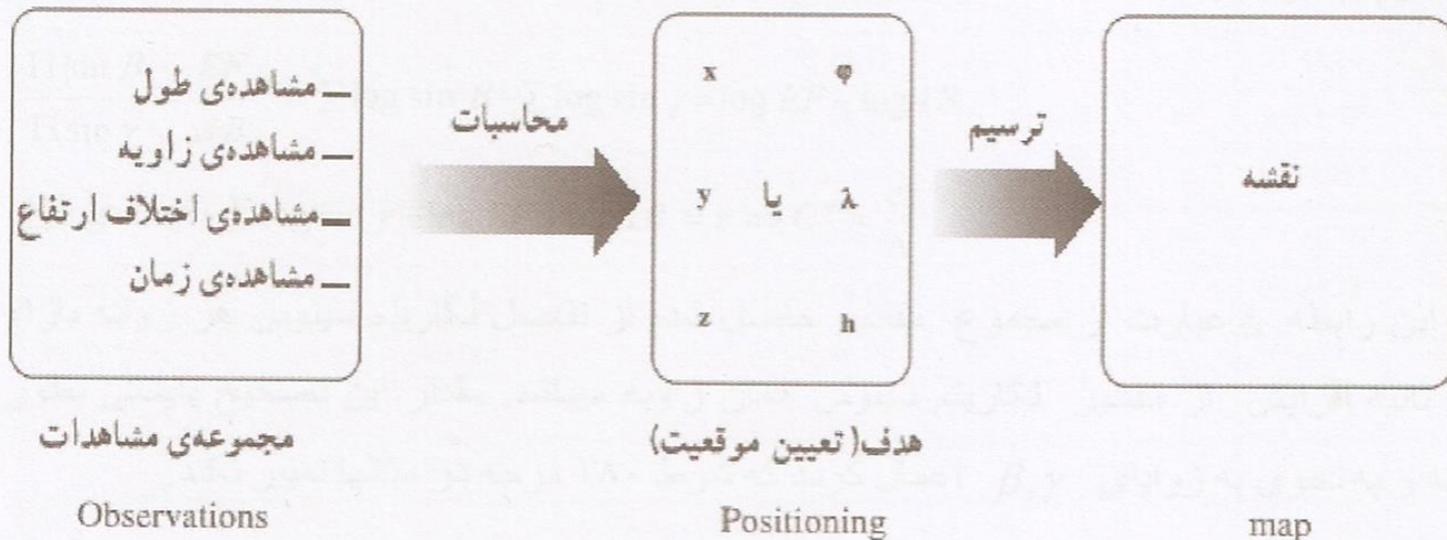
فرید اسماعیلی

Farid_63@yahoo.com

www.faridesm.ir

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

به مجموعه روشها و مشاهدات مربوط به جمع آوری اطلاعات از عوارض طبیعی و مصنوعی زمین که به منظور تهیه نقشه انجام میگیرد، عملیات برداشت گویند. منظور از برداشت اطلاعات کسب اطلاعات در مورد موقعیت عوارض (x, y, z) ، نوع عوارض و وضعیت نسبی آنهاست که در نهایت منجر به تهیه نقشه از یک منطقه میگردد. در واقع هدف اصلی از بیان روشهای اندازه گیری طول و زاویه و اختلاف ارتفاع و روشهای تعیین موقعیت که در فصلهای قبل اشاره گردید نهایتاً تهیه نقشه میباشد. در عمل پس از ساختمان نقاط پیمایش و انجام اندازه گیری طولها و زاویه ای و ترازیبی، نهایتاً مختصات نقاط پیمایش محاسبه میگردد. در مرحله بعد با استفاده از تکنیکی بنام تاکنومتری، با استقرار روی این نقاط اقدام به برداشت جزئیات از منطقه میکنند.

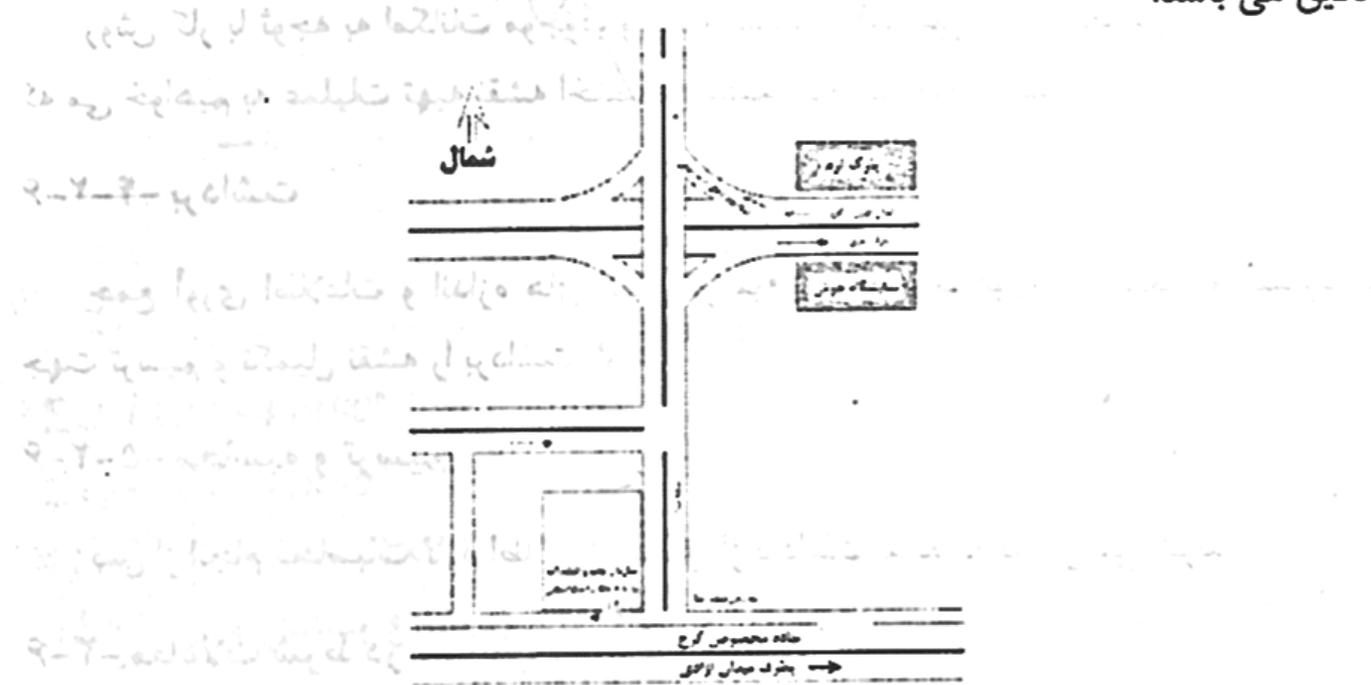


۶-۲- اصول کلی عملیات برای تهیه نقشه

۶-۲-۱- شناسایی منطقه و تهیه کروکی

گروه شناسایی قبل از اعزام به منطقه نقشه‌ها و عکسهایی موجود را بررسی کرده و اطلاعات مقدماتی از موقعیت جغرافیایی منطقه، عوارض موجود، راههای دسترسی و غیره را کسب می‌کنند.

تعریف کروکی: نمایش ترسیمی موقعیت تقریبی عوارض یک منطقه که فاقد اندازه گیری دقیق می باشد.



وظایف گروه شناسایی عبارتند از:

الف) تهیه کروکی از منطقه و مشخص کردن محدوده کار و بررسی عوارض طبیعی و مصنوعی و مرزها و پیاده کردن تقریبی آنها روی کروکی.

ب) مشخص نمودن نقاطی به عنوان رئوس برداشت و انتقال آنها روی کروکی. در انتخاب رئوس برداشت باید به نکات زیر توجه نمود:

- ◀ این نقاط باید در نقاط مستحکم، پایدار و مشخصی انتخاب شوند.
- ◀ حد الامکان نقاط رئوس پیمایش فواصل مساوی از هم داشته باشد.
- ◀ ایستگاههای پیمایش از فاصله دور به خوبی دیده شده و پیدا کردن آنها ساده باشد.
- ◀ نقاط را طوری روی زمین قرار می دهیم که بتوان از هر ایستگاه بخشی از زمین را برداشت نموده و در کل از همه ایستگاهها باید بتوان کل زمین را برداشت کرد.
- ◀ نحوه پراکندگی ایستگاهها باید به گونه ای باشد که تمام عوارض موجود در منطقه به نوعی حداقل از یکی از رئوس قابل دید باشد.
- ◀ حداقل نقاط انتخابی به نقاط قبل و بعد خود دید داشته باشند.
- ◀ بعد از مشخص شدن محل ایستگاهها روی زمین محل نقاط را علامت گذاری می کنیم و برای آنکه محل آن ایستگاهها فراموش نشود اطراف آنرا سنگ قرار می دهیم و روی سنگ نام ایستگاه را می نویسیم.

۶-۲-۲- علامت گذاری و ساختمان نقاط رئوس

۶-۲-۳- انتخاب روش کار

روش کار با توجه به امکانات موجود، وسعت منطقه، دقت مورد نظر، مقیاس نقشه و زمانی که می خواهیم به عملیات تهیه نقشه اختصاص دهیم، انتخاب خواهد شد.

۶-۲-۴- برداشت

جمع آوری اطلاعات و اندازه های دقیق از موقعیت و ابعاد عوارض طبیعی و مصنوعی، جهت ترسیم و تکمیل نقشه را برداشت گویند.

۶-۲-۵- محاسبه و ترسیم

پس از انجام محاسبات لازم اطلاعات حاصل از برداشت به نقشه تبدیل می شوند.

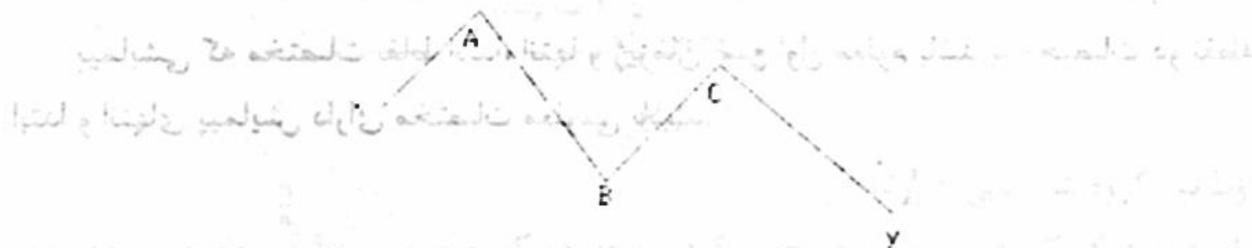
۶- پیمایش^۱

برای تهیه نمودن نقشه یک منطقه ابتدا باید یک سری نقاط دنبال هم در آن منطقه مشخص نموده و موقعیت آنها را تعیین کنیم. در حقیقت این نقاط اسکلت نقشه را تشکیل خواهند داد. برای مشخص نمودن موقعیت مسطحاتی نقاط ذکر شده، باید عملیاتی انجام شود که به مجموعه آنها پیمایش گفته می شود. به عبارت دیگر به عملیات اندازه گیری طول و زاویه های چند نقطه متوالی که تشکیل خطوط شکسته ای را بدهند، پیمایش می گویند. در حقیقت پیمایش یکی از روش های تعیین موقعیت و مختصات نقاط می باشد که به اشکال باز، بسته و اتصالی قابل اجرا است.

۱-۶- انواع پیمایش

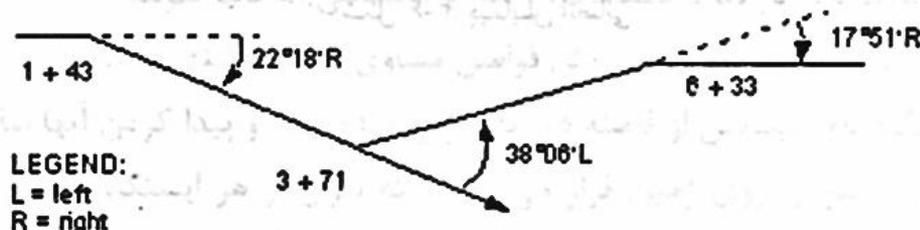
۱-۱-۶- پیمایش باز^۲

پیمایشی که نقاط شروع و پایان آن بر هم منطبق نبوده و یا به نقاط مختصات دار متکی نباشند. در این نوع پیمایش نمی‌توان برای بررسی دقت و خطاهای صورت گرفته کنترلی انجام داد اما با بکار بردن وسایل اندازه‌گیری دقیق و هم چنین تکرار اندازه‌گیریها می‌توان دقت عملیات را افزایش داده و از بوجود آمدن اشتباه تا حد امکان جلوگیری نمود. شکل ۱-۶-۱



شکل ۱-۶: پیمایش باز

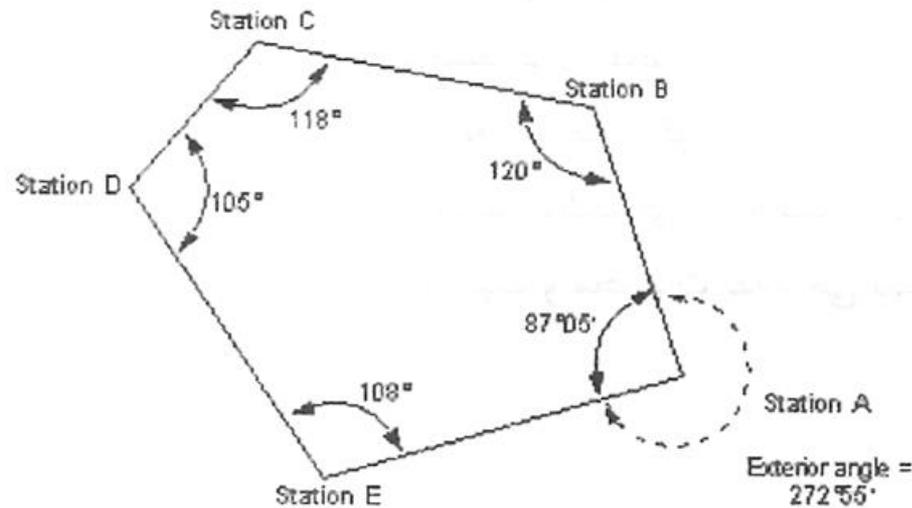
کاربرد این نوع پیمایش عموماً در کارهای حفر تونل که شرایط فیزیکی تونل مانع بستن پیمایش می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد و یا مواقعی که طول منطقه مورد نظر نسبت به عرض آن بزرگتر باشد.



شکل ۲-۶: پیمایش باز

۶-۱-۲- پیمایش بسته^۲

پیمایشی که از یک نقطه شروع و به همان نقطه منتهی شود. پیمایش بسته پیمایشی است که قابل کنترل بوده و در آن می توان دقت عملیات را بدست آورد.



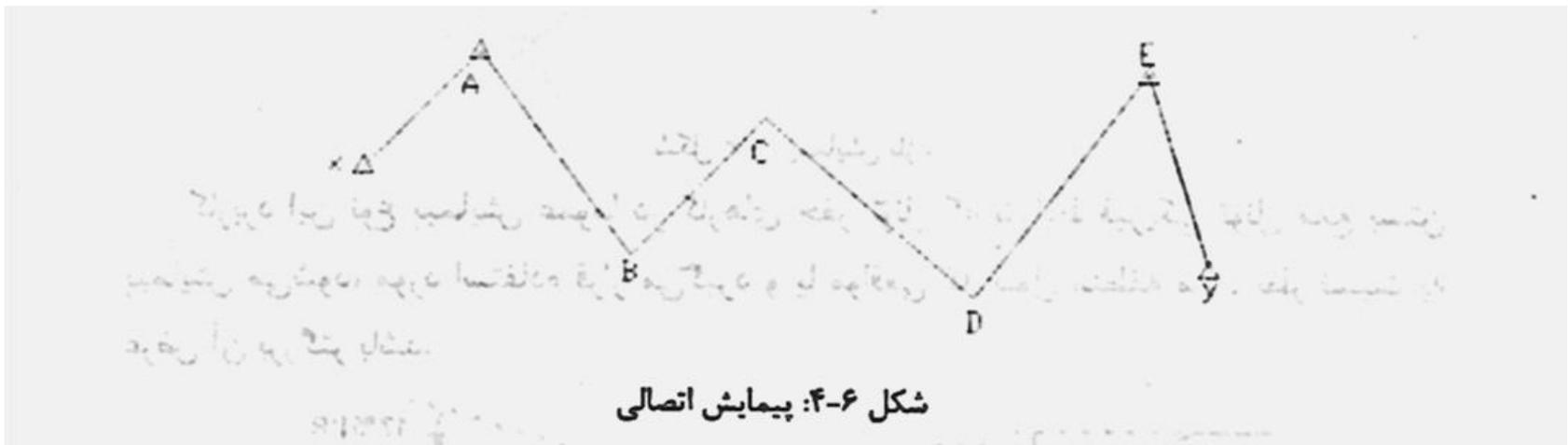
شکل ۶-۳: پیمایش بسته

کاربرد این پیمایش در مناطقی است که دارای خصوصیات زیر باشند:

- ◀ طول و عرض منطقه به هم نزدیکتر باشد.
- ◀ نقاط ثابت مختصات دار در منطقه در دسترس نباشد.

۶-۱-۳- پیمایش اتصالی^۴ (آنتنی بسته)

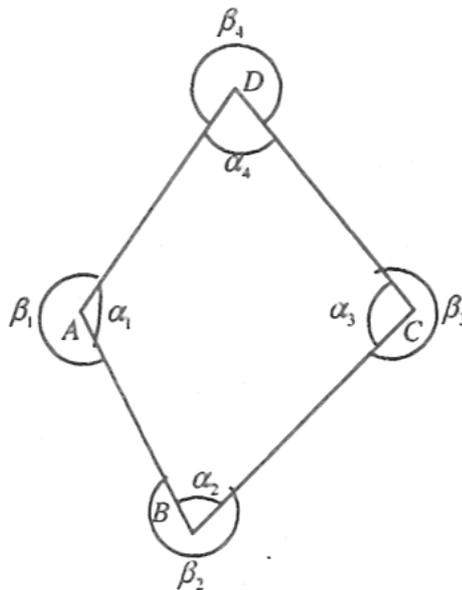
پیمایشی که مختصات نقاط ابتدا، انتها و ژیزمان ضلع اول معلوم باشد یا مختصات دو نقطه ابتدا و انتهای پیمایش دارای مختصات معلومی باشند.



شکل ۶-۴: پیمایش اتصالی

۶-۳-۱-۱- شرط زاویه ای در پیمایش بسته

یک پیمایش بسته چهارضلعی ABCD شکل ۶-۶ را در نظر بگیرید.



شکل ۶-۶

$$\sum \alpha_i = (2n - 4) \times 90^\circ$$

$$\sum \beta_i = (2n + 4) \times 90^\circ$$

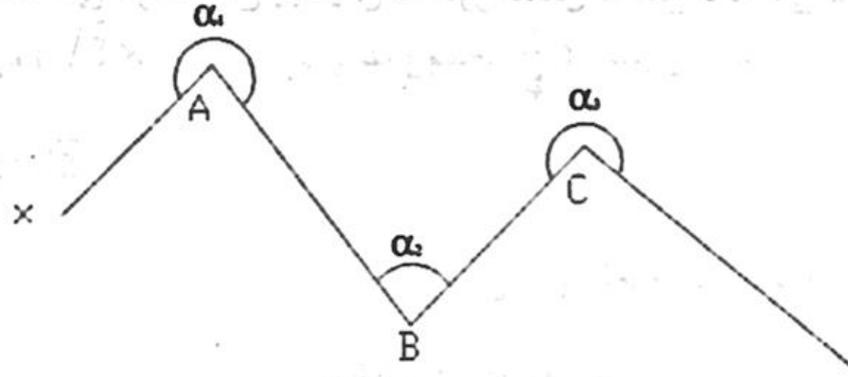
$$e_\alpha = \sum \alpha_i - (2n - 4) \times 90^\circ = \sum \beta_i - (2n + 4) \times 90^\circ$$

که در آن α_i : زوایای داخلی، β_i : زوایای خارجی، n تعداد اضلاع پیمایش و e_α : خطای بست زاویه ای می باشد.

۶-۳-۱-۲- شرط زاویه ای در پیمایش باز

۶-۳-۱-۳- شرط زاویه ای در پیمایش اتصالی

اگر ژیزمان ضلع اول و آخر پیمایش باز معلوم باشد می توان شرط زاویه ای را در این نوع پیمایش به شرح زیر بدست آورد:



$$G_{AB} = G_{xA} + 180^\circ + \alpha_1$$

$$G_{BC} = G_{AB} + 180^\circ + \alpha_2$$

$$G_{CY} = G_{BC} + 180^\circ + \alpha_3$$

اگر n تعداد اضلاع پیمایش باشد.

$$G_{CY} = G_{xA} + \sum \alpha_i + 180^\circ \times n$$

اصولا باید رابطه بالا برقرار باشد ولی به دلیل وجود خطاها رابطه بالا همواره برقرار نبوده و خطای بست زاویه ای از رابطه زیر بدست می آید:

$$e_\alpha = G_{xA} + \sum \alpha_i + 180^\circ (n-1) - G_{CY} - 360^\circ (n)$$

حداکثر خطای مجاز بست زاویه ای

$$e_{max} = \pm 2.5 d_{\alpha} \sqrt{\frac{n}{m}}$$

که در آن n : تعداد اضلاع پیمایش، m : تعداد دفعات اندازه گیری هر زاویه و d_{α} : دقت زاویه ای دستگاه تئودولیت می باشد. [۱۱]
لازم به یادآوری می باشد که اگر خطای بست زاویه ای از حداکثر خطای مجاز بست زاویه ای تجاوز نکند و خطای بدست آمده را تعدیل می کنیم.

(خطا قابل قبول $\Rightarrow e_{\alpha} \leq e_{Max}$ if)

روش تعدیل بد صورت زیر می باشد:

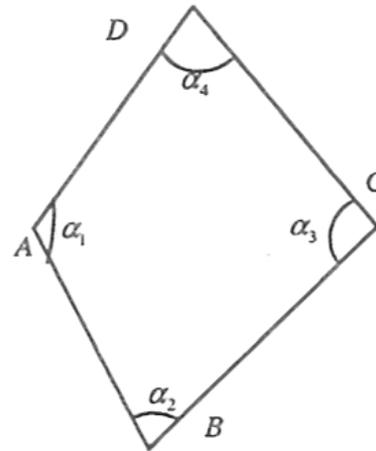
$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{e_{\alpha}}{n}$$

$$\alpha'_i = \alpha_i + \varepsilon_{\alpha}$$

که در آن e_{α} : خطای بست زاویه ای، n : تعداد زوایای اندازه گیری شده. ε_{α} : مقدار تصحیح برای هر زاویه و α'_i : زوایای تصحیح شده می باشد.

۶-۳-۲-۱- شرط ضلعی در پیمایش بسته

به عنوان مثال اگر پیمایش را چهار ضلعی در نظر بگیریم، در این حالت داریم:



شکل ۶-۸

$$\begin{cases} \Delta x_{AB} = x_B - x_A \\ \Delta x_{BC} = x_C - x_B \\ \Delta x_{CD} = x_D - x_C \\ \Delta x_{DA} = x_A - x_D \end{cases} \Rightarrow \sum \Delta x = 0 \quad \text{و} \quad \begin{cases} \Delta y_{AB} = y_B - y_A \\ \Delta y_{BC} = y_C - y_B \\ \Delta y_{CD} = y_D - y_C \\ \Delta y_{DA} = y_A - y_D \end{cases} \Rightarrow \sum \Delta y = 0$$

در نتیجه شرط ضلعی در پیمایش بسته عبارتست از: $(\sum \Delta x = 0 \text{ و } \sum \Delta y = 0)$

اما به دلیل وجود خطاها عملاً $\sum \Delta x$ و $\sum \Delta y$ برابر صفر نمی شوند. در نتیجه خطاهای

بست زاویه ای در پیمایش بسته به صورت زیر تعریف می شوند:

$$e_x = \sum \Delta x = \sum l_i \sin G_i \quad \text{خطای بست } x \text{ ها:}$$

$$e_y = \sum \Delta y = \sum l_i \cos G_i \quad \text{خطای بست } y \text{ ها:}$$

$$e_{x,y} = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \quad \text{خطای بست موضعی:}$$

حداکثر خطای مجاز بست موضعی در پیمایش بسته

$$e_{x,y} \leq 2.5 \overline{AB} d_{\alpha} \sqrt{\frac{n}{2}}$$

که در آن n : تعداد زوایای اندازه گیری شده، d_{α} : دقت زاویه ای دستگاه تئودولیت و

\overline{AB} : بزرگترین قطر پیمایش بسته ($\frac{1}{4}$ مجموع طولهای پیمایش $\times \sqrt{2}$) می باشد. [۱۱]

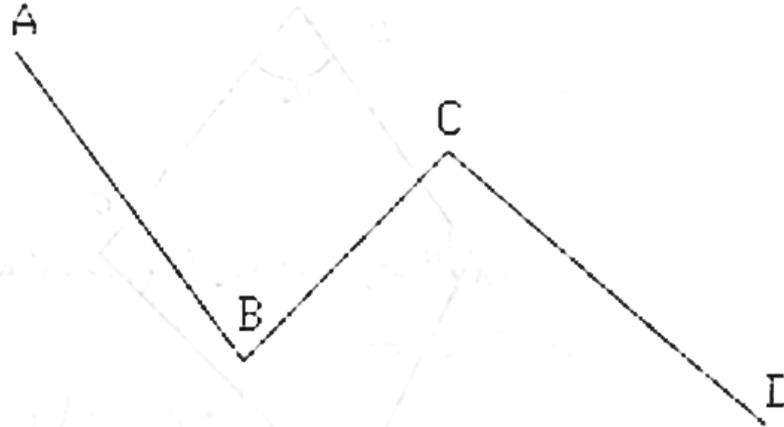
$$\overline{AB} = \frac{1}{4} \sum L_i \times \sqrt{2}$$

۶-۳-۱-۲- شرط ضلعی در پیمایش باز

کنترلی بر روی اضلاع در پیمایش باز نخواهیم داشت.

۶-۳-۲-۳- شرط ضلعی در پیمایش اتصالی

پیمایش اتصالی سه ضلعی زیر را در نظر می گیریم، در این حالت می توان نوشت:



شکل ۶-۹

$$\begin{cases} \Delta x_{AB} = x_B - x_A \\ \Delta x_{BC} = x_C - x_B \\ \Delta x_{CD} = x_D - x_C \end{cases} \Rightarrow \sum \Delta x = x_D - x_A$$

$$\begin{cases} \Delta y_{AB} = y_B - y_A \\ \Delta y_{BC} = y_C - y_B \\ \Delta y_{CD} = y_D - y_C \end{cases} \Rightarrow \sum \Delta y = y_D - y_A$$

در نتیجه شرط ضلعی در پیمایش اتصالی عبارتست از:

$$(\sum \Delta x = x_D - x_A \text{ و } \sum \Delta y = y_D - y_A)$$

در نتیجه شرط فعلی در پیمایش اتصالی عبارتست از:

$$(\sum \Delta x = x_D - x_A \text{ و } \sum \Delta y = y_D - y_A)$$

اما بدلیل وجود خطاها عملاً روابط بالا برقرار نمی شوند. در نتیجه خطاهای بست زاویه ای

در پیمایش اتصالی به صورت زیر تعریف می شوند:

$$e_x = x_D - x_A - \sum \Delta x \quad \text{خطای بست } x \text{ ها:}$$

$$e_y = y_D - y_A - \sum \Delta y \quad \text{خطای بست } y \text{ ها:}$$

$$e_{x,y} = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \quad \text{خطای بست موضعی:}$$

حداکثر خطای مجاز بست موضعی در پیمایش اتصالی

$$e_{x,y} \leq 2.5L d_\alpha \sqrt{\frac{n}{3}}$$

که در آن L : مجموع طولهای پیمایش، n : تعداد زوایای اندازه گیری شده و d_α : دقت

زاویه ای دستگاه تئودولیت می باشد. [۱۱]

۶-۳-۳- روش تعدیل خطای بست موضعی

خطای بست موضعی را به دو طریق ذیل می توان روی مختصات سرشکن کرد.

◀ متناسب با طول هر یک از اضلاع پیمایش (روش بودیج)

$$C_{x_i} = \frac{e_x}{\sum L_i} \times L_i \quad \text{و} \quad C_{y_i} = \frac{e_y}{\sum L_i} \times L_i$$

◀ متناسب با طول هر یک از مختصات نسبی Δx , Δy (روش ترانزیت)

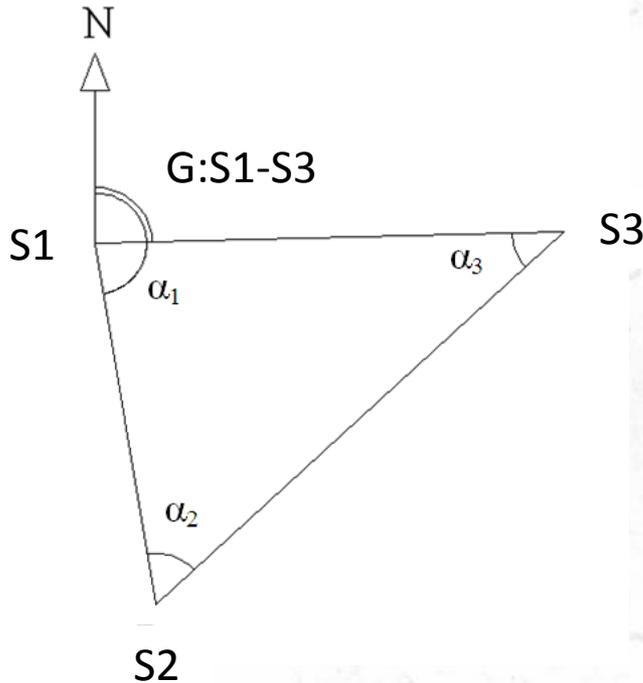
$$C_{x_i} = \frac{e_x}{\sum |\Delta x|} \times |\Delta x_i| \quad \text{و} \quad C_{y_i} = \frac{e_y}{\sum |\Delta y|} \times |\Delta y_i|$$

۶-۳-۴- دقت پیمایش

اگر خطای بست موضعی پیمایش را بر کل طول پیمایش تقسیم کنیم دقت پیمایش بدست می آید.

$$\text{دقت پیمایش} = \frac{e_{x,y}}{\sum L_i} = \frac{\sqrt{e_x^2 + e_y^2}}{\sum L_i}$$

مثال ۱: معلومات مساله عبارتند از: $G_{S1S3} = 88^\circ 30' 18''$ ، $s_1 \Big|_{1000}^{1000}$ ، $d_a = 20$ ثانیه درجه ای باشد. مطلوبست حل پیمایش سه ضلعی زیر در صورتی که مشاهدات طولی و زاویه ای به صورت زیر باشند. روش سرشکنی ضلعی پیمایش، روش ترانزیت انتخاب شود.



مشاهدات طولی:

مشاهدات طولی پیمایش	
S1-S2	72.86
S2-S3	109.07
S3-S1	91.77

مشاهدات زاویه ای:

مشاهدات زاویه ای پیمایش
$\alpha_1 = 82^\circ 7' 26''$
$\alpha_2 = 56^\circ 28' 35''$
$\alpha_3 = 41^\circ 24' 37''$

راه حل:

الف- شرط زاویه ای در پیمایش بسته:

$$\sum \alpha_i = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 180^\circ 00' 38''$$

$$e_\alpha = \sum \alpha_i - (2n-4) \times 90^\circ = 0^\circ 00' 38''$$

$$e_{MAX} = 2.5 \times d \alpha \sqrt{\frac{n}{m}} = 2.5 \times 20'' \times \sqrt{\frac{3}{1}} = 87''$$

$$e_\alpha < e_{max} \Rightarrow \varepsilon_\alpha = \frac{e_\alpha}{n} = \frac{38''}{3} = 12.66'' \Rightarrow 13'' 13'' 12''$$

$$\alpha'_1 = \alpha_1 - 13'' \Rightarrow \alpha'_1 = 82^\circ 07' 13''$$

$$\alpha'_2 = \alpha_2 - 13'' \Rightarrow \alpha'_2 = 56^\circ 28' 22''$$

$$\alpha'_3 = \alpha_3 - 12'' \Rightarrow \alpha'_3 = 41^\circ 24' 25''$$

ب- محاسبه ژیزمانها

$$G_{s_1s_3} = 88^{\circ}30'18''$$

$$G_{s_1s_2} = G_{s_1s_3} + \alpha'_1 = 88^{\circ}30'18'' + 82^{\circ}07'13'' = 170^{\circ}37'31''$$

$$G_{s_2s_1} = G_{s_1s_2} + 180^{\circ} = 170^{\circ}37'31'' + 180^{\circ} = 350^{\circ}37'31''$$

$$G_{s_2s_3} = G_{s_2s_1} + \alpha'_2 = 350^{\circ}37'31'' + 56^{\circ}28'22'' = 47^{\circ}05'53''$$

$$G_{s_3s_2} = G_{s_2s_3} + 180^{\circ} = 47^{\circ}05'53'' + 180^{\circ} = 227^{\circ}05'53''$$

$$G_{s_3s_1} = G_{s_3s_2} + \alpha'_3 = 227^{\circ}05'53'' + 41^{\circ}24'25'' = 268^{\circ}30'18''$$

پ- شرط ضلعی در پیمایش بسته

$\Delta x_1 = L_1 \sin G_{s_1 s_2} = 11.868$
$\Delta x_2 = L_2 \sin G_{s_2 s_3} = 79.896$
$\Delta x_3 = L_3 \sin G_{s_3 s_1} = -91.739$
$e_x = \sum \Delta x = 0.025 \quad \sum \Delta x = 183.503$

و یا

$$x_{s2} = x_{s1} + l_{s1_s2} * \sin G_{s1_s2} = 1000 + 72.86 * \sin 170 37 31 = 1011.868$$

$$x_{s3} = x_{s2} + l_{s2_s3} * \sin G_{s2_s3} = 1011.868 + 109.07 * \sin 47 5 53 = 1091.764$$

$$x'_{s1} = x_{s3} + l_{s3_s1} * \sin G_{s3_s1} = 1091.764 + 91.77 * \sin 268 30 18 = 1000.025$$

$$x_{s1} = 1000$$

$$e_x = x'_{s1} - x_{s1} = 1000.025 - 1000 = 0.025$$

$\Delta y_1 = L_1 \cos G_{s_1 s_2} = -71.887$
$\Delta y_2 = L_2 \cos G_{s_2 s_3} = 74.249$
$\Delta y_3 = L_3 \cos G_{s_3 s_1} = -2.394$
$e_y = \sum \Delta y = -0.032 \quad \sum \Delta y = 148.530$

$$y_{s2} = y_{s1} + l_{s1_s2} * \cos G_{s1_s2} = 1000 + 72.86 * \cos 170\ 37\ 31 = 928.113$$

$$y_{s3} = y_{s2} + l_{s2_s3} * \cos G_{s2_s3} = 928.113 + 109.07 * \cos 47\ 5\ 53 = 1002.362$$

$$y'_{s1} = y_{s3} + l_{s3_s1} * \cos G_{s3_s1} = 1002.362 + 91.77 * \cos 268\ 30\ 18 = 999.967$$

$$y_{s1} = 1000$$

$$e_y = y'_{s1} - y_{s1} = 999.967 - 1000 = -0.032$$

روش سرشکنی ترانزیت به صورت زیر محاسبه و اعمال می گردد.

$C_{xi} = \frac{-e_x}{\sum \Delta x } \times \Delta x_i $	$x_{i+1} = x_i + \Delta x_i + C_{xi}$ تصحیح شده
$C_{x1} = 0.002$	$x_1 = 1000.000$
$C_{x2} = 0.011$	$x_2 = x_1 + \Delta x_1 + C_{x1} = 1011.866$
$C_{x3} = 0.012$	$x_3 = x_2 + \Delta x_2 + C_{x2} = 1091.751$
\Rightarrow کنترل محاسبات	$x_1 = x_3 + \Delta x_3 + C_{x3} = 1000.000$

$C_{yi} = \frac{-e_y}{\sum \Delta y } \times \Delta y_i $	$y_{i+1} = y_i + \Delta y_i + C_{yi}$ تصحیح شده
$C_{y1} = +0.015$	$y_1 = 1000.000$
$C_{y2} = +0.016$	$y_2 = y_1 + \Delta y_1 + C_{y1} = 928.128$
$C_{y3} = +0.001$	$y_3 = y_2 + \Delta y_2 + C_{y2} = 1002.393$
\Rightarrow کنترل محاسبات	$y_1 = y_3 + \Delta y_3 + C_{y3} = 1000.000$

حداکثر خطای مجاز پیمایش:

$$e_{max} = 2.5 * l * d\alpha * \sqrt{\frac{n}{3}}$$

$$e_{max} = 2.5 * 273.7 * 9.6 * 10^{-5} * \sqrt{\frac{3}{3}} = 0.066$$

خطای بست پیمایش:

$$e_{x,y} = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} = 0.04$$

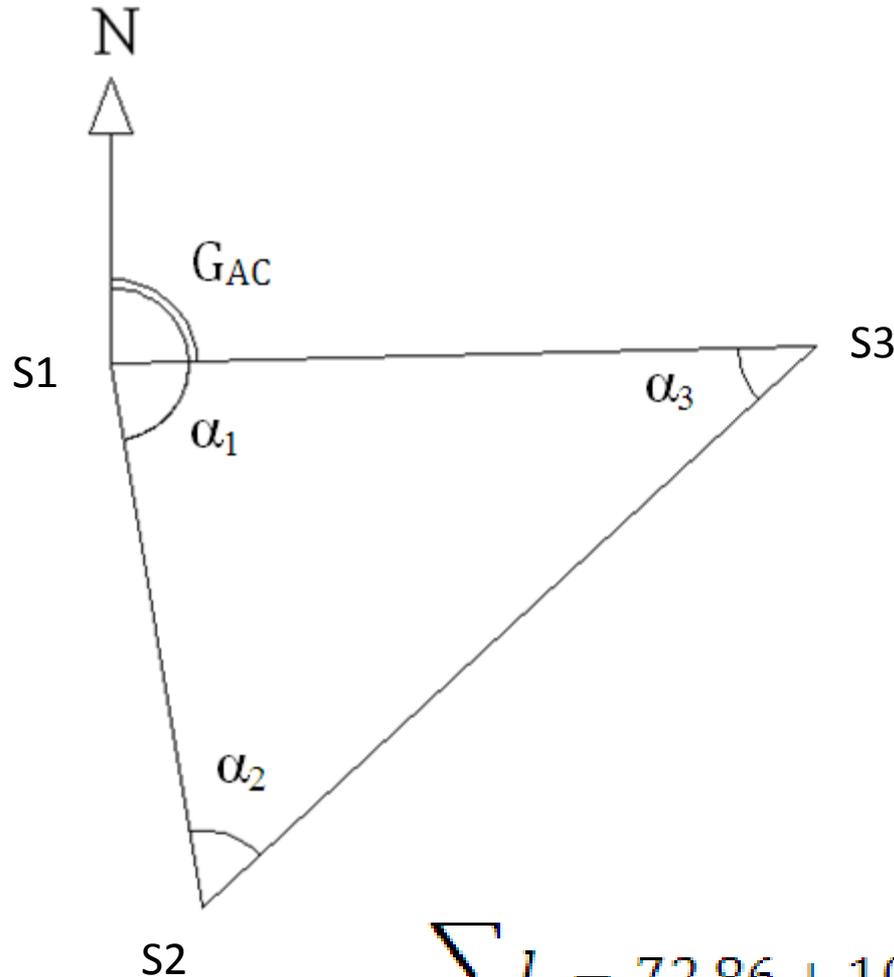
$$0.066 > 0.04$$

نتایج محاسبات بالا در جدول زیر آورده شده است.

جدول کلی پیمایش بسته 3 ضلعی

ایستگاه	امتداد	فاصله (m)	زیرمان (Degree)	Δx (m)	تصحیح Δx (m)	X (m)	Δy (m)	تصحیح Δy (m)	Y (m)
S1						1000.000			1000.000
	S1-S2	72.86	$170^{\circ} 37' 31''$	11.868	-0.002		-71.887	+0.015	
S2						1011.866			928.128
	S2-S3	109.07	$47^{\circ} 05' 53''$	79.896	-0.011		74.249	+0.016	
S3						1091.751			1002.393
	S3-S1	91.77	$268^{\circ} 30' 18''$	-91.739	-0.012		-2.394	+0.001	
S1						1000.000			1000.000
						$\sum \Delta x = 183.503$	$\sum \Delta y = 148.530$		
						$\sum \Delta x = 0.025$	$\sum \Delta y = -0.032$		

با معلومات داده شده زیر مطلوب است حل پیمایش ۳ ضلعی زیر در صورتی که مشاهدات طولی و زاویه ای به صورت زیر باشد. روش سر شکنی ضلعی پیمایش بودیچ انتخاب شود.



$$G_{AC} = 88^{\circ} 30' 18''$$

$$A: X=1000 \text{ m}, Y=1000 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = 82^{\circ} 07' 26''$$

$$\alpha_2 = 56^{\circ} 28' 35''$$

$$\alpha_3 = 41^{\circ} 24' 37''$$

$$S1-S2 = 72.86 \text{ m}$$

$$S2-S3 = 109.07 \text{ m}$$

$$S3-S1 = 91.77 \text{ m}$$

$$\sum l_i = 72.86 + 109.07 + 91.77 = 273.7$$

راه حل:

الف- شرط زاویه ای در پیمایش بسته:

$$\sum \alpha_i = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 180^\circ 00' 38''$$

$$e_\alpha = \sum \alpha_i - (2n-4) \times 90^\circ = 0^\circ 00' 38''$$

$$e_{MAX} = 2.5 \times d \alpha \sqrt{\frac{n}{m}} = 2.5 \times 20'' \times \sqrt{\frac{3}{1}} = 87''$$

$$e_\alpha < e_{max} \Rightarrow \varepsilon_\alpha = \frac{e_\alpha}{n} = \frac{38''}{3} = 12.66'' \Rightarrow 13'' 13'' 12''$$

$$\alpha'_1 = \alpha_1 - 13'' \Rightarrow \alpha'_1 = 82^\circ 07' 13''$$

$$\alpha'_2 = \alpha_2 - 13'' \Rightarrow \alpha'_2 = 56^\circ 28' 22''$$

$$\alpha'_3 = \alpha_3 - 12'' \Rightarrow \alpha'_3 = 41^\circ 24' 25''$$

ب- محاسبه ژیزمانها

$G_{S_1S_3} = 88^{\circ}30'18''$
$G_{S_1S_2} = G_{S_1S_3} + \alpha'_1 = 88^{\circ}30'18'' + 82^{\circ}07'13'' = 170^{\circ}37'31''$
$G_{S_2S_1} = G_{S_1S_2} + 180^{\circ} = 170^{\circ}37'31'' + 180^{\circ} = 350^{\circ}37'31''$
$G_{S_2S_3} = G_{S_2S_1} + \alpha'_2 = 350^{\circ}37'31'' + 56^{\circ}28'22'' = 47^{\circ}05'53''$
$G_{S_3S_2} = G_{S_2S_3} + 180^{\circ} = 47^{\circ}05'53'' + 180^{\circ} = 227^{\circ}05'53''$
$G_{S_3S_1} = G_{S_3S_2} + \alpha'_3 = 227^{\circ}05'53'' + 41^{\circ}24'25'' = 268^{\circ}30'18''$

پ- شرط ضلعی در پیمایش بسته

$\Delta x_1 = L_1 \sin G_{s_1 s_2} = 11.868$
$\Delta x_2 = L_2 \sin G_{s_2 s_3} = 79.896$
$\Delta x_3 = L_3 \sin G_{s_3 s_1} = -91.739$
$e_x = \sum \Delta x = 0.025 \quad \sum \Delta x = 183.503$

و یا

$$x_{s2} = x_{s1} + l_{s1_s2} * \sin G_{s1_s2} = 1000 + 72.86 * \sin 170.3731 = 1011.868$$

$$x_{s3} = x_{s2} + l_{s2_s3} * \sin G_{s2_s3} = 1011.868 + 109.07 * \sin 47.553 = 1091.764$$

$$x'_{s1} = x_{s3} + l_{s3_s1} * \sin G_{s3_s1} = 1091.764 + 91.77 * \sin 268.3018 = 1000.025$$

$$x_{s1} = 1000$$

$$e_x = x'_{s1} - x_{s1} = 1000.025 - 1000 = 0.025$$

$\Delta y_1 = L_1 \cos G_{s_1 s_2} = -71.887$
$\Delta y_2 = L_2 \cos G_{s_2 s_3} = 74.249$
$\Delta y_3 = L_3 \cos G_{s_3 s_1} = -2.394$
$e_y = \sum \Delta y = -0.032 \quad \sum \Delta y = 148.530$

$$y_{s2} = y_{s1} + l_{s1_s2} * \cos G_{s1_s2} = 1000 + 72.86 * \cos 170\ 37\ 31 = 928.113$$

$$y_{s3} = y_{s2} + l_{s2_s3} * \cos G_{s2_s3} = 928.113 + 109.07 * \cos 47\ 5\ 53 = 1002.362$$

$$y'_{s1} = y_{s3} + l_{s3_s1} * \cos G_{s3_s1} = 1002.362 + 91.77 * \cos 268\ 30\ 18 = 999.967$$

$$y_{s1} = 1000$$

$$e_y = y'_{s1} - y_{s1} = 999.967 - 1000 = -0.032$$

$$c_{xi} = -\frac{e_x}{\sum l_i} * l_i$$

$$c_{x s2} = -\frac{0.025}{273.7} * 72.86 = -0.007$$

$$c_{x s3} = -\frac{0.025}{273.7} * 109.07 = -0.01$$

$$c_{x s1} = -\frac{0.025}{273.7} * 91.77 = -0.008$$

$$c_{yi} = -\frac{e_y}{\sum l_i} * l_i$$

$$c_{y s2} = -\frac{-0.032}{273.7} * 72.86 = 0.0085$$

$$c_{y s3} = -\frac{-0.032}{273.7} * 109.07 = 0.013$$

$$c_{y s1} = -\frac{-0.032}{273.7} * 91.77 = 0.011$$

$$\begin{aligned}
 x_{s2} &= x_{s1} + l_{s1s2} * \sin G_{s1s2} + c_{x s2} = \\
 &1000 + 72.86 * \sin 170\ 37\ 31 - 0.007 = 1011.861 \\
 x_{s3} &= x_{s2} + l_{s2s3} * \sin G_{s2s3} + c_{x s3} = \\
 &1011.861 + 109.07 * \sin 47\ 5\ 53 - 0.01 = 1091.747 \\
 x'_{s1} &= x_{s3} + l_{s3s1} * \sin G_{s3s1} + c_{x s1} = \\
 &1091.747 + 91.77 * \sin 268\ 30\ 18 - 0.008 = 1000.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_{s2} &= y_{s1} + l_{s1s2} * \cos G_{s1s2} + c_{y s2} = \\
 &1000 + 72.86 * \cos 170\ 37\ 31 + 0.0085 = 928.122 \\
 y_{s3} &= y_{s2} + l_{s2s3} * \cos G_{s2s3} + c_{y s3} = \\
 &928.122 + 109.07 * \cos 47\ 5\ 53 + 0.013 = 1002.383 \\
 y'_{s1} &= y_{s3} + l_{s3s1} * \cos G_{s3s1} + c_{y s1} = \\
 &1002.383 + 91.77 * \cos 268\ 30\ 18 + 0.011 = 1000.000
 \end{aligned}$$

حداکثر خطای مجاز پیمایش:

$$e_{max} = 2.5 * l * d\alpha * \sqrt{\frac{n}{3}}$$

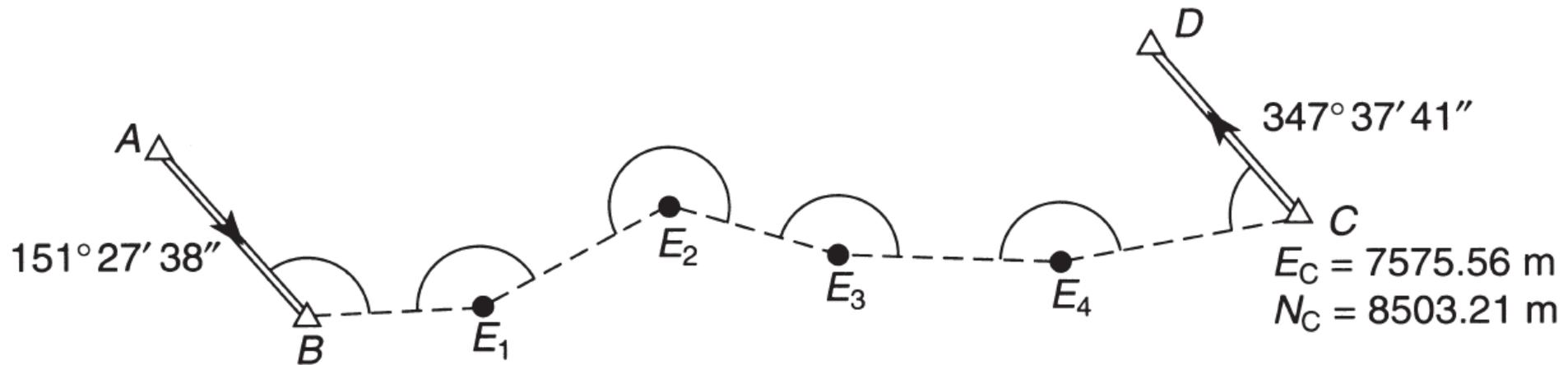
$$e_{max} = 2.5 * 273.7 * 9.6 * 10^{-5} * \sqrt{\frac{3}{3}} = 0.066$$

خطای بست پیمایش:

$$e_{x,y} = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} = 0.04$$

$$0.066 > 0.04$$

مختصات سرشکن شده نقاط E1 تا E4 را در پیمایش آنتنی بسته زیر بدست آورید.



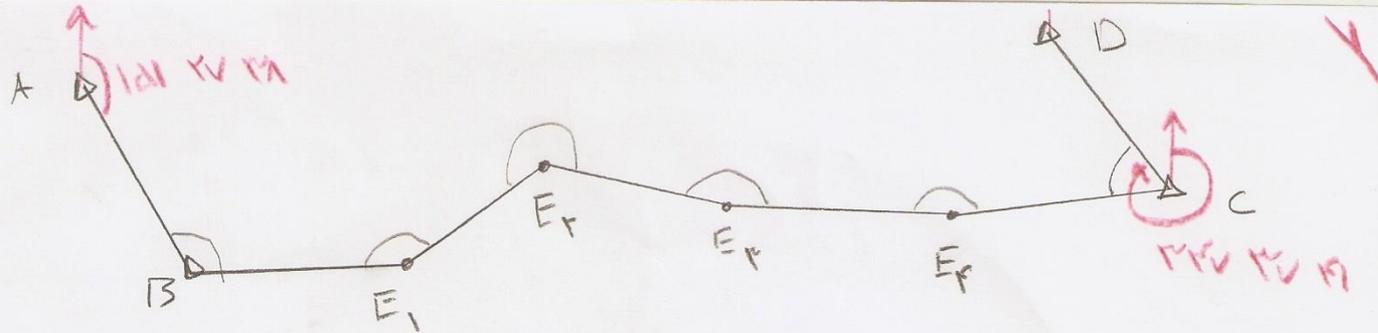
$$E_B = 3854.28 \text{ m}$$

$$N_B = 9372.98 \text{ m}$$

$$E_C = 7575.56 \text{ m}$$

$$N_C = 8503.21 \text{ m}$$

A			
B	143	54	47
E ₁	149	08	11
E ₂	224	07	32
E ₃	157	21	53
E ₄	167	05	15
C	74	32	48
D			



$$B: \begin{vmatrix} 21.02, 21 \\ 92.72, 91 \end{vmatrix}$$

$$C: \begin{vmatrix} 52.50, 29 \\ 12.32, 11 \end{vmatrix}$$

$$\hat{B}: 122 \quad 22 \quad 22$$

$$B-E_1 = 92.1, 19$$

$$E_1: 129 \quad 0.1 \quad 11$$

$$E_1-E_2 = 170, 92$$

$$E_2: 222 \quad 0.7 \quad 22$$

$$E_2-E_3 = 222, 0.1$$

$$E_3: 125 \quad 21 \quad 22$$

$$E_3-E_4 = 110.7, 29$$

$$E_4: 195 \quad 0.2 \quad 12$$

$$E_4-C = 592, 92$$

$$C: 52 \quad 22 \quad 21$$

$$\sum L_i = 2929, 12$$

$$\xi_i = \frac{-Ca}{n} = \frac{r_r}{g} = -1.17 \mu$$

$$B'_1 = 1.47 \Delta r \mu V - r'' = 1.47 \Delta r \mu V$$

$$E'_1 = 1.49 \cdot 1 \parallel - r'' = 1.49 \cdot 1 \cdot V$$

$$E'_r = 2.22 \cdot V \mu r - r'' = 2.22 \cdot V \mu r$$

$$E'_\mu = 1.2V \mu r \Delta r - r'' = 1.2V \mu r \Delta r$$

$$E'_f = 1.9V \cdot \Delta \cdot 1.0 - r'' = 1.9V \cdot \Delta \cdot 1.0$$

$$C' = 0.7V \mu r \mu r - r'' = 0.7V \mu r \mu r$$

$$G_{BE_1}' = 1.21 \mu V \mu r + 1.0 + 1.47 \Delta r \mu r - r'' = 1.0 \mu r \mu r$$

$$G_{E_1 E_r}' = 1.0 \mu r \mu r + 1.0 + 1.49 \cdot 1 \cdot V - r'' = 1.49 \mu r \mu r$$

$$G_{E_r E_\mu}' = 1.49 \mu r \mu r + 1.0 + 2.22 \cdot V \mu r - r'' = 1.49 \mu V \Delta r$$

$$G_{E_r E_f}' = 1.49 \mu V \Delta r + 1.0 + 1.2V \mu r \Delta r - r'' = 1.0 \Delta r \mu r$$

$$G_{E_f C}' = 1.0 \Delta r \mu r + 1.0 + 1.9V \cdot \Delta \cdot 1.0 - r'' = 1.9 \mu r \Delta r$$

$$G_{CD}' = 1.9 \mu r \Delta r + 1.0 + 0.7V \mu r \mu r = 1.9V \mu r \mu r$$

$$n_{E_1} = 3 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta + 9 \Delta \Delta \Delta \times \sin 11 \Delta \quad \Delta \Delta \Delta = \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta$$

$$n_{E_2} = \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta + 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta \times \sin 1 \Delta \quad \Delta \Delta = \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta$$

$$n_{E_3} = \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta + \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta \times \sin 1 \Delta \quad \Delta \Delta \Delta \Delta = \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta$$

$$n_{E_4} = \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta + 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta \times \sin 1 \Delta \quad \Delta \Delta \Delta \Delta = \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta$$

$$n_c = \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta + \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta \times \sin 9 \Delta \quad \Delta \Delta \Delta \Delta = \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta$$

$$e_n = \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta - \Delta \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta = -\Delta \Delta \quad \bar{\Delta}$$

$$y_{E_1} = 9 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta + 9 \Delta \Delta \Delta \times \cos 11 \Delta \quad \Delta \Delta \Delta = 9 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta$$

$$y_{E_2} = 9 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta + 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta \times \cos 1 \Delta \quad \Delta \Delta \Delta = 9 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta$$

$$y_{E_3} = 9 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta + \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta \times \cos 1 \Delta \quad \Delta \Delta \Delta \Delta = 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta$$

$$y_{E_4} = 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta + 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta \times \cos 1 \Delta \quad \Delta \Delta \Delta \Delta = 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta$$

$$y_c = 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta + \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta \times \cos 9 \Delta \quad \Delta \Delta \Delta \Delta = 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta$$

$$e_y = 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta - 1 \Delta \Delta \Delta, \Delta \Delta = +\Delta \Delta \quad \bar{\Delta}$$

$$C_{M_i} = -\frac{e_{M_i}}{\sum L_i} \times L_i$$

$$C_{Y_i} = \frac{e_{Y_i}}{\sum L_i} \times L_i$$

$$C_{M_{E_1}} = -\frac{-0,21}{3949,10} \times 941,19 = 0,05$$

$$C_{Y_{E_1}} = -\frac{0,21}{3949,10} \times 941,19 = -0,05$$

$$C_{M_{E_2}} = -\frac{-0,21}{3949,10} \times 11.92 + C_{M_{E_1}} = 0,07$$

$$C_{Y_{E_2}} = -\frac{0,21}{3949,10} \times 11.92 + C_{Y_{E_1}} = -0,07$$

$$C_{M_{E_3}} = -\frac{-0,21}{3949,10} \times 222,1 + C_{M_{E_2}} = 0,11$$

$$C_{Y_{E_3}} = -\frac{0,21}{3949,10} \times 222,1 + C_{Y_{E_2}} = -0,11$$

$$C_{M_{E_4}} = -\frac{-0,21}{3949,10} \times 11.92 + C_{M_{E_3}} = 0,14$$

$$C_{Y_{E_4}} = -\frac{0,21}{3949,10} \times 11.92 + C_{Y_{E_3}} = -0,14$$

$$C_{M_C} = -\frac{-0,21}{3949,10} \times 1949,93 + C_{M_{E_4}} = 0,21$$

$$C_{Y_C} = -\frac{0,21}{3949,10} \times 1949,93 + C_{Y_{E_4}} = -0,21$$

$$w'_{E_1} = 4442,93 + 0,03 = 4442,96$$

$$w'_{E_2} = 23,9,22 + 0,1 = 23,9,32$$

$$w'_{E_3} = 2114,31 + 0,11 = 2114,42$$

$$w'_{E_4} = 9111,11 + 0,11 = 9111,22$$

$$w'_C = 2020,22 + 0,21 = 2020,43$$

$$y'_{E_1} = 9,93,99 - 0,02 = 9,93,97$$

$$y'_{E_2} = 9111,31 - 0,11 = 9111,20$$

$$y'_{E_3} = 1111,31 - 0,18 = 1111,13$$

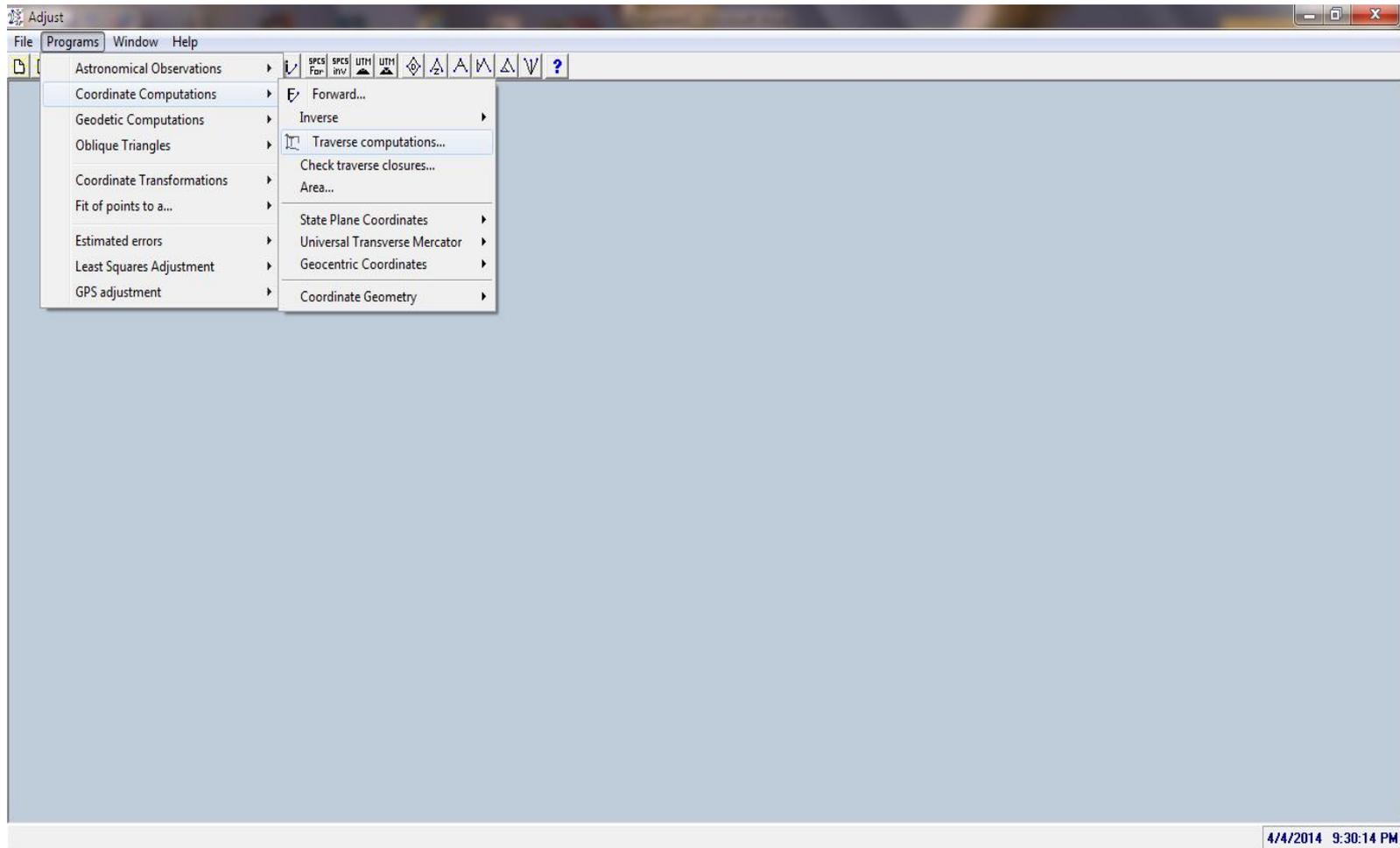
$$y'_{E_4} = 1111,22 - 0,22 = 1111,00$$

$$y'_C = 11,22,99 - 0,21 = 11,22,78$$

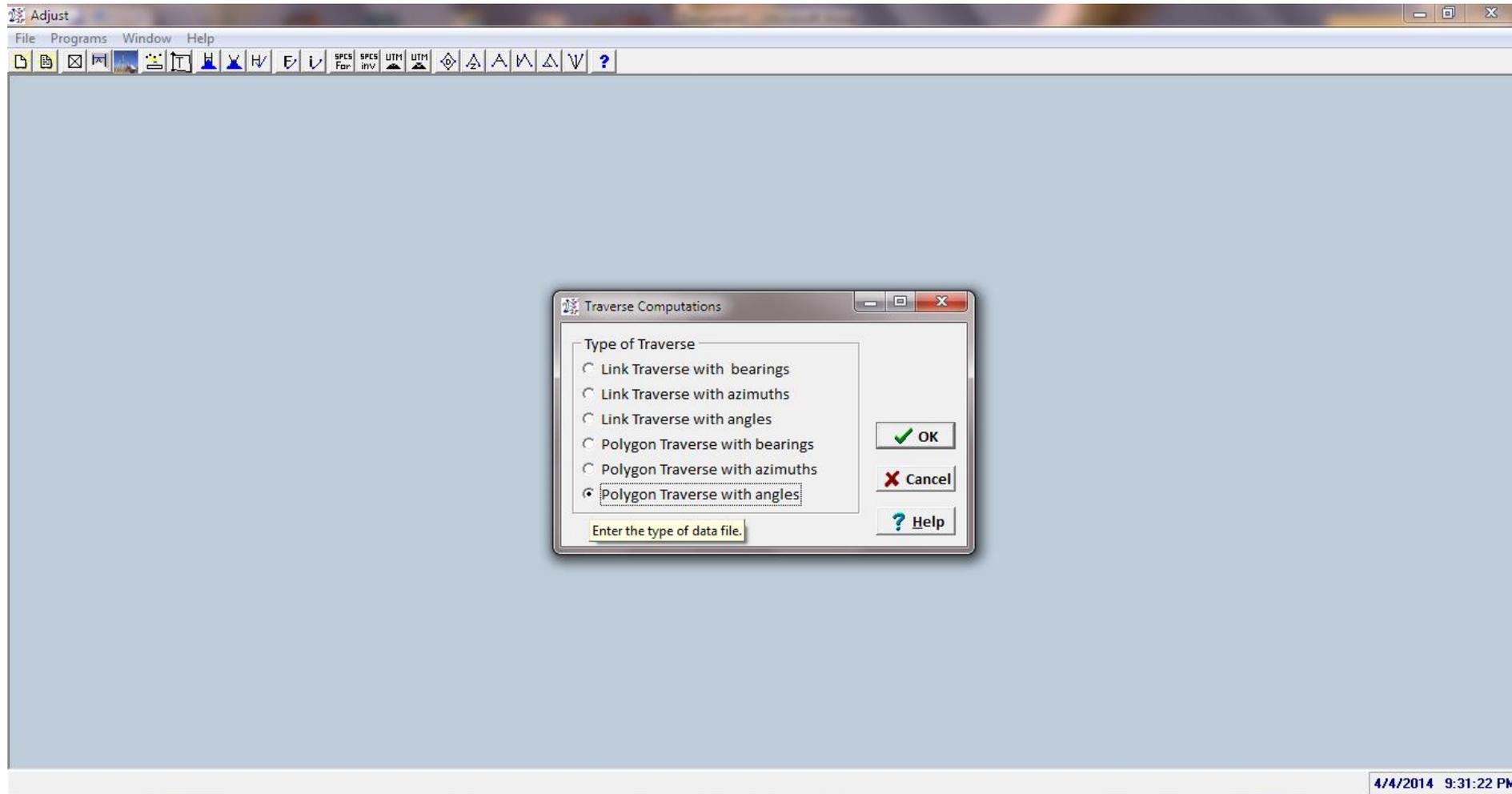
Table 6.2 Bowditch adjustment of a link traverse

Stns	Observed angles			Line	WCB			Corrn	Adjusted WCB			Dist (m)	Unadjusted		Corrn		Adjusted		Stn
	o	l	ll		o	l	ll		o	l	ll		E	N	δE	δN	E	N	
A				A-B	151	27	38		151	27	38		3854.28	9372.98			3854.28	9372.98	B
B	143	54	47	B-E ₁	115	22	25	-4	115	22	21	651.16	4442.63	9093.96	+0.03	-0.05	4442.66	9093.91	E ₁
E ₁	149	08	11	E ₁ -E ₂	84	30	36	-8	84	30	28	870.92	5309.55	9177.31	+0.08	-0.11	5309.63	9711.20	E ₂
E ₂	224	07	32	E ₂ -E ₃	128	38	08	-12	128	37	56	522.08	5171.38	8851.36	+0.11	-0.15	5171.49	8851.21	E ₃
E ₃	157	21	53	E ₃ -E ₄	106	00	01	-16	105	59	45	1107.36	6781.87	8546.23	+0.17	-0.22	6782.04	8546.01	E ₄
E ₄	167	05	15	E ₄ -C	93	05	16	-20	93	04	56	794.35	7575.35	8503.49	+0.21	-0.28	7575.56	8503.21	C
C	74	32	48	C-D	347	38	04	-23	347	37	41								
D				C-D	347	37	41		Sum =			3945.87	7575.56	8503.21					
Sum Initial bearing	916	10	26	Δ =			+23		Δ'E, Δ'N			-0.21	+0.28						
	151	27	38																
Total -6 × 180°	1067	38	04																
	1080	00	00																
CD (comp)	-12	21	56						$\text{Error vector} = (0.21^2 + 0.28^2)^{\frac{1}{2}} = 0.35$										
	+360	00	00						$\text{Proportional error} = \frac{0.35}{3946} = 1/11\ 300$										
CD (known)	347	38	04						Check										
	347	37	41																
Δ =									+23										

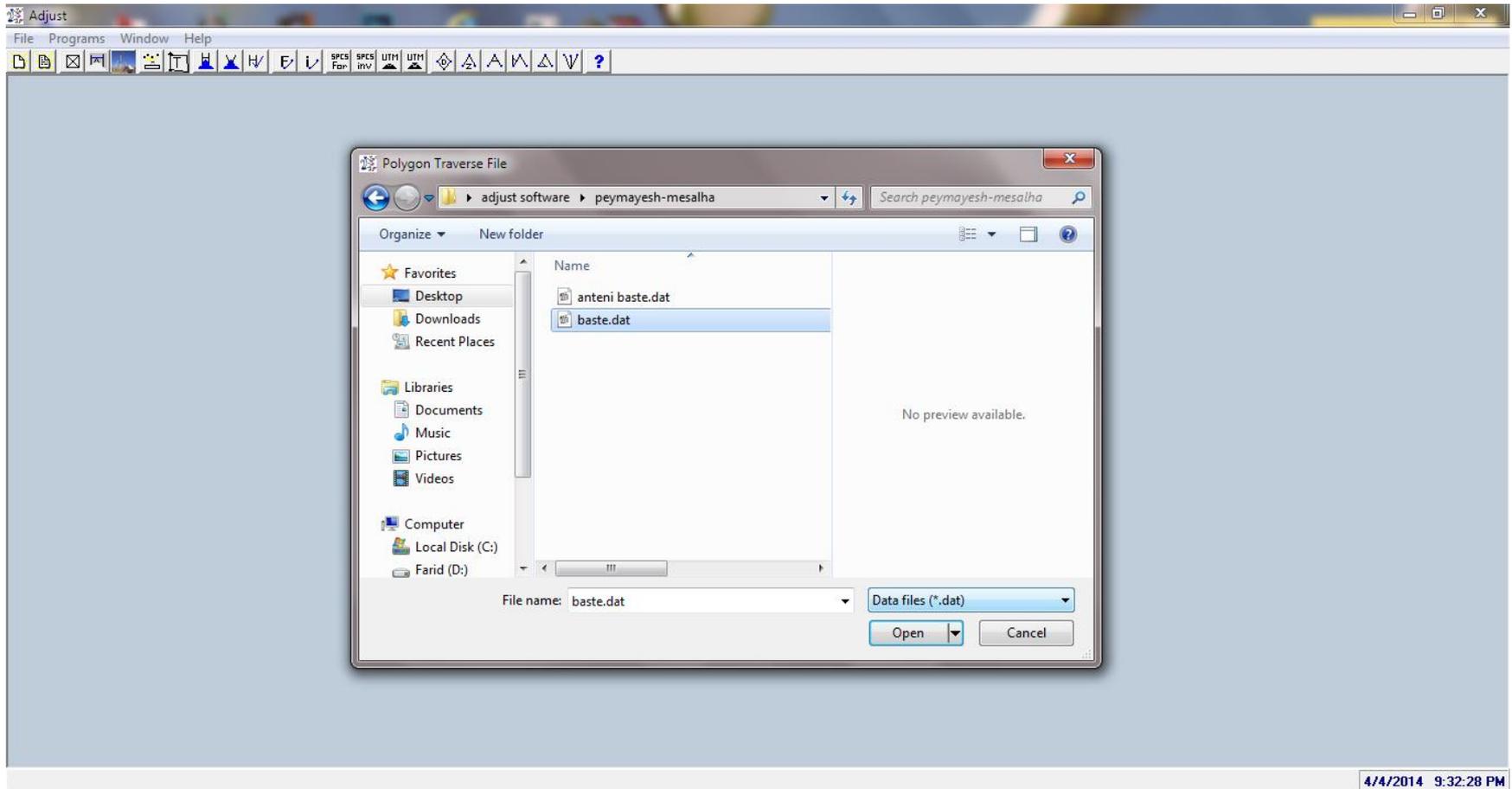
پس از باز شدن نرم افزار گزینه زیر را انتخاب میکنیم:



برای پیمایش بسته گزینه زیر را انتخاب میکنیم:



فایل حاوی داده های پیمایش بسته را معرفی میکنیم، تغییر فرمت فایل های ورودی به فرمت مناسب فراموش نشود.



نتایج سرشکنی پیمایش مشاهده می شود:

```

c:\users\farid\desktop\adjust software\peymayesh-mesalha\baste.out
----- Traverse Computation -----
Title: POLYGON TRAVERSE USING CLOCKWISE ANGLES AND COMPUTATIONS  Type: Polygon traverse

Angle Summary
Station  Unadj. Angle  Adj. Angle
-----
1      82° 7'26.0"    82°07'13.3"
2      56°28'35.0"    56°28'22.3"
3      41°24'37.0"    41°24'24.3"

Angular misclosure (sec): 38"

Course   Length   Azimuth      Unbalanced
-----
1-2      72.86    170°37'31.0"  11.868   -71.887
2-3      109.07   47°05'53.3"   79.896    74.249
3-1      91.77    268°30'17.7" -91.739   -2.394
-----
Sum =    273.70                0.026    -0.032

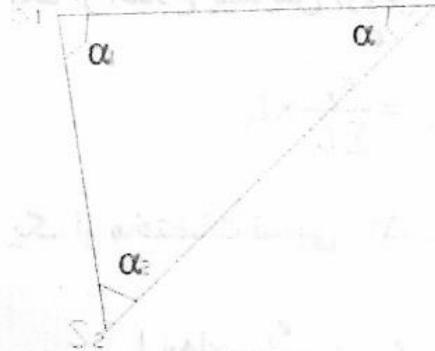
Balanced          Coordinates
Dep   Lat   Point   X       Y
-----
11.861  -71.878  1       1,000.00  1,000.00
79.886   74.262  2       1,011.86  928.12
-91.747  -2.384  3       1,091.75  1,002.38

Linear misclosure = 0.041
Relative Precision = 1 in 6,600

Area: 3,300 sq. ft.
      0.076 acres {if distance units are feet}

Adjusted Observations
-----
Course   Distance  Azimuth      Point   Angle
-----
1-2      72.85    170°37'46"    1      82°07'03"
2-3      109.07   47°05'22"    2      56°27'36"
3-4      91.78    268°30'43"    3      41°25'20"
    
```

مثال ۱: معلومات مساله عبارتند از: $G_{S1S3} = 88^\circ 30' 18''$ ، $s_1|_{1000} = 20$ ثانیه درجه ای باشد. مطلوبست حل پیمایش سه ضلعی زیر در صورتی که مشاهدات طولی و زاویه ای به صورت زیر باشند. روش سرشکنی ضلعی پیمایش، روش ترانزیت انتخاب شود.



مشاهدات طولی:

مشاهدات طولی پیمایش	
S1-S2	72.86
S2-S3	109.07
S3-S1	91.77

مشاهدات زاویه ای:

مشاهدات زاویه ای پیمایش
$\alpha_1 = 82^\circ 7' 26''$
$\alpha_2 = 56^\circ 28' 35''$
$\alpha_3 = 41^\circ 24' 37''$

POLYGON TRAVERSE USING CLOCKWISE ANGLES AND COMPUTATIONS

3 1

170 37 31

72.86, 82 07 26

109.07, 56 28 35

91.77, 41 24 37

1000.00, 1000.00

نحوه ورود اطلاعات به فایل :

```

baste.dat - Notepad
File Edit Format View Help
POLYGON TRAVERSE USING CLOCKWISE ANGLES AND COMPUTATIONS
3 1
170 37 31
72.86, 82 07 26
109.07, 56 28 35
91.77, 41 24 37
1000.00, 1000.00
    
```

- خط اول ثابت میماند
- خط دوم ابتدا تعداد اضلاع پیمایش و سپس اگر ساعتگرد بود عدد ۱- و اگر پاد ساعتگرد بود عدد ۱ را وارد می کنیم
- خط سوم ژیرمان ضلع اول وارد می شود. (مطابق نمونه)
- خط چهارم ابتدا طول ضلع اول و سپس زاویه بین ضلع اول و ضلع دوم با فرمت نمونه وارد می شود.
- خط پنجم به بعد تا تعداد اضلاع پیمایش ابتدا طول ضلع بعدی و سپس زاویه با ضلع بعدی در یک سطر وارد می شود.
- در نهایت مختصات نقطه ابتدای پیمایش مطابق فرمت نمونه وارد می شود.

خروجی نرم افزار برای پیمایش بسته فوق:

~~~~~ Traverse Computation ~~~~~

Title: POLYGON TRAVERSE USING CLOCKWISE ANGLES AND COMPUTATIONS Type: Polygon traverse

### Angle Summary

| Station | Unadj. Angle | Adj. Angle |
|---------|--------------|------------|
|---------|--------------|------------|

|   |             |             |
|---|-------------|-------------|
| 1 | 82° 7'26.0" | 82°07'13.3" |
| 2 | 56°28'35.0" | 56°28'22.3" |
| 3 | 41°24'37.0" | 41°24'24.3" |

Angular misclosure (sec): 38"

### Unbalanced

| Course | Length | Azimuth      | Dep     | Lat     |
|--------|--------|--------------|---------|---------|
| 1-2    | 72.86  | 170°37'31.0" | 11.868  | -71.887 |
| 2-3    | 109.07 | 47°05'53.3"  | 79.896  | 74.249  |
| 3-1    | 91.77  | 268°30'17.7" | -91.739 | -2.394  |

Sum = 273.70                      0.026   -0.032

Balanced                      Coordinates

| Dep     | Lat     | Point | X        | Y        |
|---------|---------|-------|----------|----------|
| 11.861  | -71.878 | 1     | 1,000.00 | 1,000.00 |
| 79.886  | 74.262  | 2     | 1,011.86 | 928.12   |
| -91.747 | -2.384  | 3     | 1,091.75 | 1,002.38 |

Linear misclosure = 0.041

Relative Precision = 1 in 6,600

Area: 3,300 sq. ft.

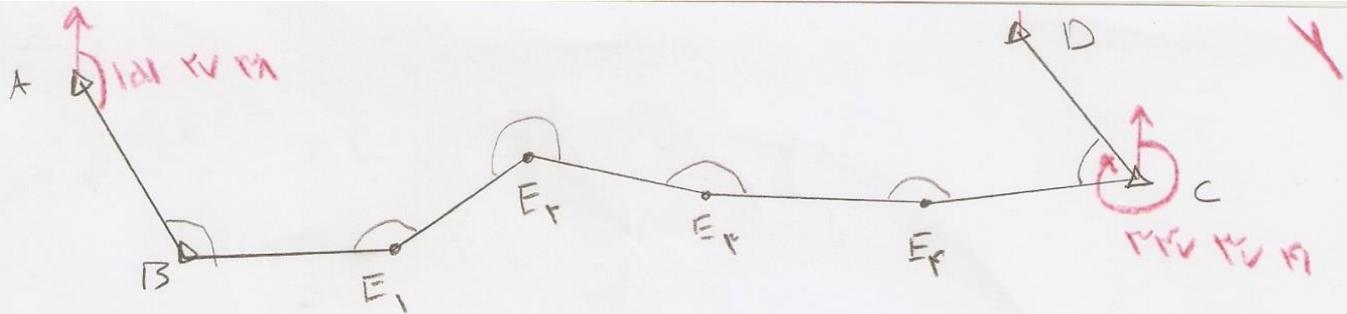
0.076 acres {if distance units are feet}

### Adjusted Observations

~~~~~

Course	Distance	Azimuth	Point	Angle
--------	----------	---------	-------	-------

1-2	72.85	170°37'46"	1	82°07'03"
2-3	109.07	47°05'22"	2	56°27'36"
3-4	91.78	268°30'43"	3	41°25'20"



$$B: \begin{vmatrix} 31.52, 21 \\ 92.72, 91 \end{vmatrix}$$

$$C: \begin{vmatrix} 55.5, 29 \\ 15.2, 21 \end{vmatrix}$$

$$\hat{B}: 142 \quad 22 \quad 20$$

$$E_1: 149 \quad 0.1 \quad 11$$

$$E_2: 222 \quad 0.5 \quad 22$$

$$E_3: 157 \quad 21 \quad 23$$

$$E_4: 147 \quad 0.2 \quad 15$$

$$C: 52 \quad 22 \quad 21$$

$$B-E_1 = 9.51, 19$$

$$E_1-E_2 = 17.0, 92$$

$$E_2-E_3 = 222, 1$$

$$E_3-E_4 = 11.0, 29$$

$$E_4-C = 592, 92$$

$$\sum L_i = 2949, 15$$

TEST LINK TRAVERSE WITH ANGLES

5 1

331 27 38, 143 54 47, 347 37 41

651.16, 149 08 11

870.92, 224 07 32

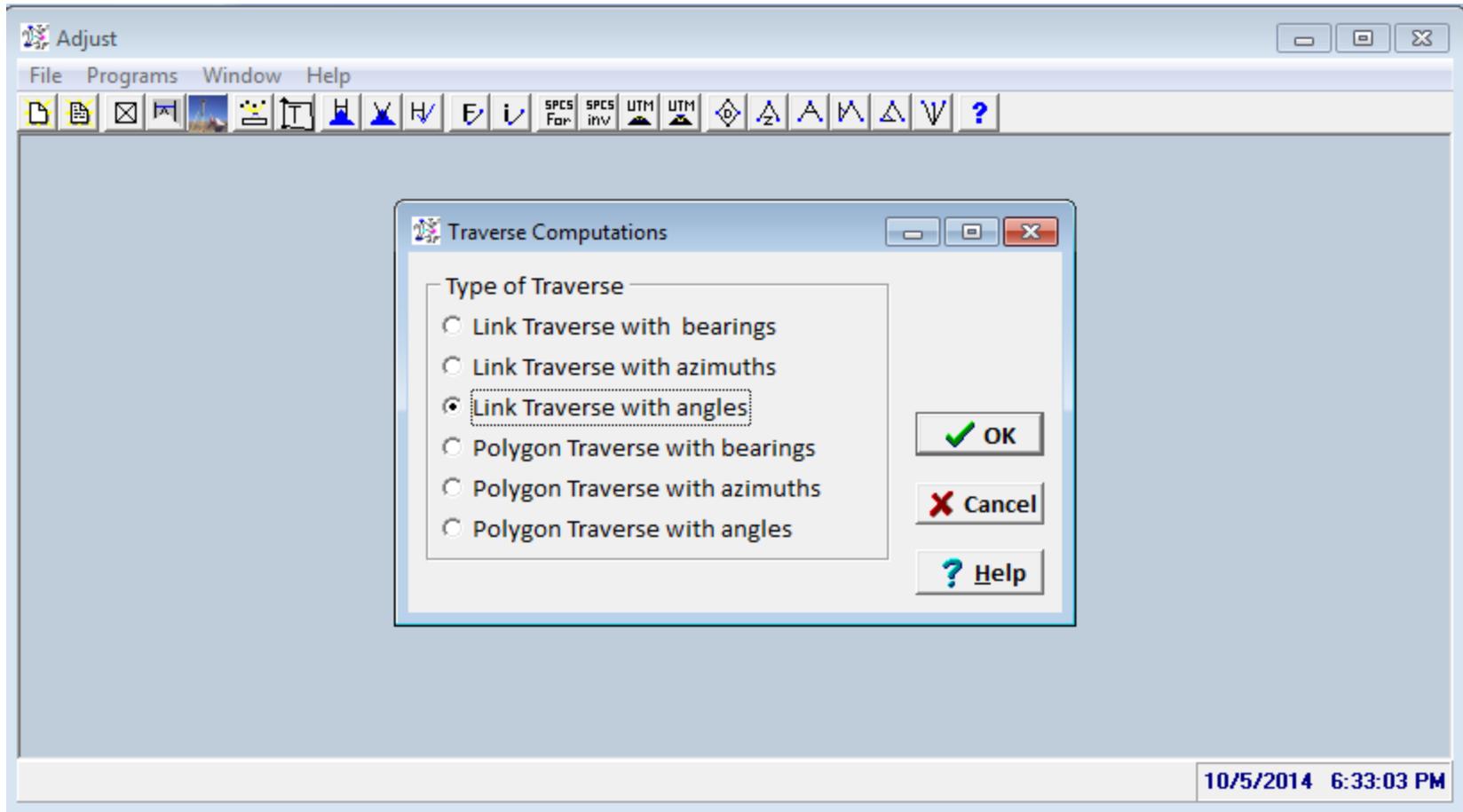
522.08, 157 21 53

1107.36, 167 05 15

794.63, 74 32 48

3854.28 9372.98

7575.56 8503.21



~~~~~ Traverse Computation ~~~~~

Title: TEST LINK TRAVERSE WITH ANGLES Type: Link traverse

Angle Summary

| Station | Unadj. Angle | Adj. Angle   |
|---------|--------------|--------------|
| 1       | 143°54'47.0" | 143°54'43.2" |
| 2       | 149° 8'11.0" | 149°08'07.2" |
| 3       | 224° 7'32.0" | 224°07'28.2" |
| 4       | 157°21'53.0" | 157°21'49.2" |
| 5       | 167° 5'15.0" | 167°05'11.2" |
| 6       | 74°32'48.0"  | 74°32'44.2"  |

Angular misclosure (sec): 23"

Unbalanced

| Course                    | Length   | Azimuth      | Dep                     | Lat      |
|---------------------------|----------|--------------|-------------------------|----------|
| 1-2                       | 651.16   | 115°22'21.2" | 588.350                 | -279.024 |
| 2-3                       | 870.92   | 84°30'28.3"  | 866.922                 | 83.355   |
| 3-4                       | 522.08   | 128°37'56.5" | 407.832                 | -325.945 |
| 4-5                       | 1,107.36 | 105°59'45.7" | 1064.484                | -305.156 |
| 5-6                       | 794.63   | 93°04'56.8"  | 793.480                 | -42.730  |
| Sum =                     | 3,946.15 |              | 3721.068                | -869.500 |
| Misclosure in Departure = |          |              | 3,721.068 - 3,721.280 = | -0.212   |
| Misclosure in Latitude =  |          |              | -869.500 - -869.770 =   | 0.270    |

Balanced Coordinates

| Dep      | Lat      | Point | X        | Y        |
|----------|----------|-------|----------|----------|
| 588.385  | -279.068 | 1     | 3,854.28 | 9,372.98 |
| 866.969  | 83.295   | 2     | 4,442.66 | 9,093.91 |
| 407.860  | -325.981 | 3     | 5,309.63 | 9,177.21 |
| 1064.543 | -305.232 | 4     | 5,717.49 | 8,851.23 |
| 793.523  | -42.784  | 5     | 6,782.04 | 8,545.99 |
|          |          | 6     | 7,575.56 | 8,503.21 |

Linear misclosure = 0.344

Relative Precision = 1 in 11,500

Adjusted Observations

| Course | Distance | Azimuth    | Point | Angle      |
|--------|----------|------------|-------|------------|
| 1-2    | 651.21   | 115°22'29" | 1     | 143°54'51" |
| 2-3    | 870.96   | 84°30'43"  | 2     | 149°08'14" |
| 3-4    | 522.12   | 128°38'01" | 3     | 224°07'17" |
| 4-5    | 1107.44  | 105°59'56" | 4     | 157°21'56" |
| 5-6    | 794.68   | 93°05'10"  | 5     | 167°05'14" |
|        |          |            | 6     | 74°32'44"  |

پیمایش زیر را به صورت دستی و همچنین با کمک نرم افزار Adjust حل کنید:

پیمایش بسته ای با مشاهدات زیر انجام شده است. با فرض مجاز بودن خطاهای پیمایش، زوایا، ژیزمان ها و مختصات های سرشکن شده را بدست آورید.

| رأس | اندازه زاویه       | فاصله (متر)   | سایر مفروضات                      |
|-----|--------------------|---------------|-----------------------------------|
| A   | $66^{\circ}, 06'$  | $AB = 27, 24$ | $E_A = 10000, 00$                 |
| B   | $111^{\circ}, 42'$ | $BC = 58, 68$ | $N_A = 10000, 00$                 |
| C   | $135^{\circ}, 29'$ | $CD = 31, 18$ | $G_{AB} = 180^{\circ}, 00', 00''$ |
| D   | $46^{\circ}, 45'$  | $DA = 91, 08$ |                                   |

---

**پایان جلسه**

## درس نقشه برداری ۲

### برداشت

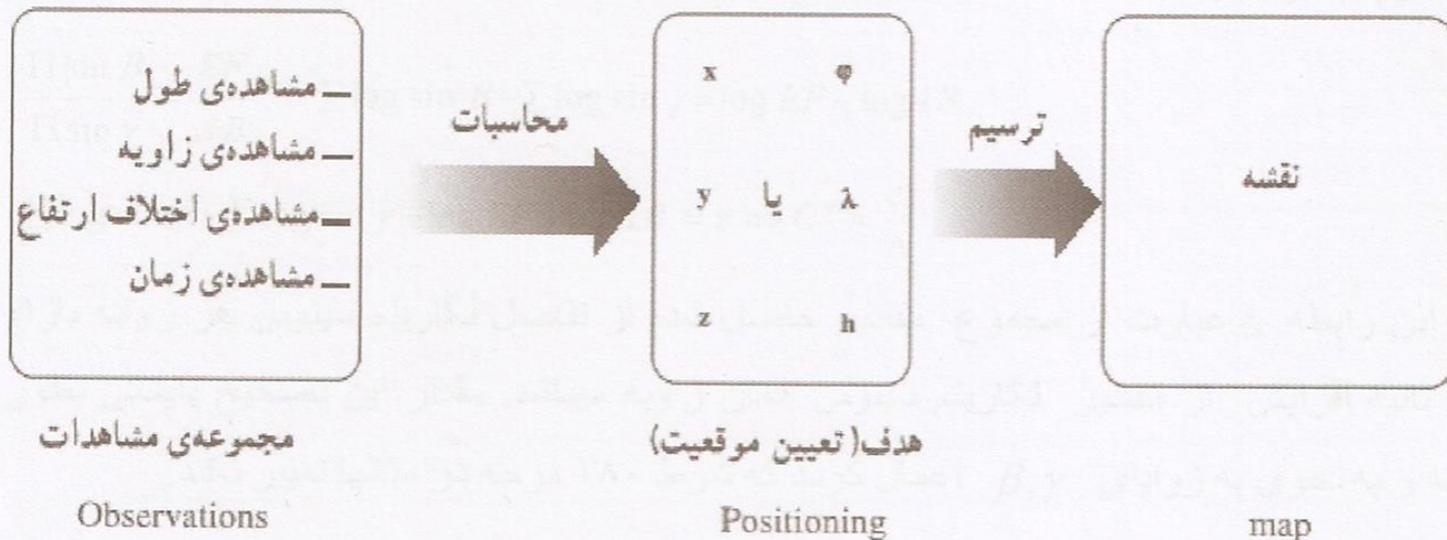
فرید اسماعیلی

[Farid\\_63@yahoo.com](mailto:Farid_63@yahoo.com)

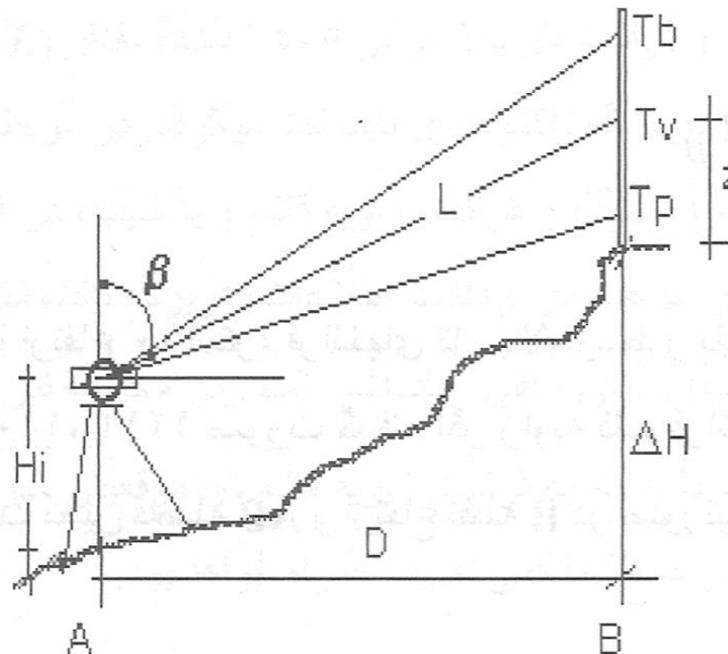
[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

به مجموعه روشها و مشاهدات مربوط به جمع آوری اطلاعات از عوارض طبیعی و مصنوعی زمین که به منظور تهیه نقشه انجام میگیرد، عملیات برداشت گویند. منظور از برداشت اطلاعات کسب اطلاعات در مورد موقعیت عوارض  $(x, y, z)$ ، نوع عوارض و وضعیت نسبی آنهاست که در نهایت منجر به تهیه نقشه از یک منطقه میگردد. در واقع هدف اصلی از بیان روشهای اندازه گیری طول و زاویه و اختلاف ارتفاع و روشهای تعیین موقعیت که در فصلهای قبل اشاره گردید نهایتاً تهیه نقشه میباشد. در عمل پس از ساختمان نقاط پیمایش و انجام اندازه گیری طولها و زاویه ای و ترازیبی، نهایتاً مختصات نقاط پیمایش محاسبه میگردد. در مرحله بعد با استفاده از تکنیکی بنام تاکنومتری، با استقرار روی این نقاط اقدام به برداشت جزئیات از منطقه میکنند.



به عملیات مربوط به اندازه گیری هم زمان طول و اختلاف ارتفاع توسط زاویه یاب (تئودولیت) و میر تاکنومتری گویند. عملیات تاکنومتری با استفاده از تئودولیت‌های مکانیکی یا دیجیتالی در حد **T16** (با قرائت دقیقه) و با استفاده از میر، ژالون و تراز نبشی صورت می‌گیرد. شکل ذیل اساس کار و روابط مورد استفاده در تاکنومتری را بیان میکند.



$$D_h = 100 \times L \times \cos^2 \alpha$$

$$D_h = 100 \times L \times \sin^2 \beta$$

L = قرائت تار پایین - قرائت تار بالا

در رابطه بالا  $D_h$  فاصله افقی بین ایستگاه دوربین تا شاخص، زاویه  $\alpha$  زاویه شیب یا ارتفاعی، زاویه  $\beta$  زاویه زینتی یا قائم، عدد ۱۰۰ ضریب ثابت استادیومتری، L اختلاف تار بالا و پایین رتیکول

$$\Delta H = 100 \times L \times \sin \alpha \times \cos \alpha + h_i - h_s$$

$$\Delta H = D_h \times \tan \alpha + h_i - h_s$$

$$\Delta H = \frac{100 \times L}{2} \times \sin 2\beta + h_i - h_s$$

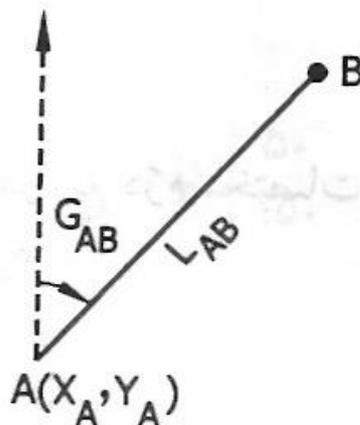
هر سه این روابط مشابه  
یکدیگر بوده و با روابط  
مثلثاتی قابل تبدیل به یکدیگر  
می باشند

در رابطه بالا زاویه  $\alpha$  زاویه شیب یا ارتفاعی، زاویه  $\beta$  زاویه زینتی یا قائم، عدد ۱۰۰ ضریب ثابت استادیومتری، L اختلاف تار بالا و پایین رتیکول  $h_i$  ارتفاع دستگاه،  $h_s$  ارتفاع تار وسط و  $\Delta H$  اختلاف ارتفاع بین دو نقطه استقرار دوربین و نقطه استقرار شاخص است.

## محاسبه مختصات رئوس یک امتداد (AB)

با داشتن ژیزمان امتدادی، طول امتداد و مختصات یک نقطه، می توان مختصات نقطه بعدی

را محاسبه نمود.



$$\begin{cases} x_B = x_A + L \cdot \sin \alpha \\ y_B = y_A + L \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

مثال ۱- از ایستگاه A با ارتفاع ۱۰۰ متر، قرائتهای تار بالا، وسط و پایین در روی میر نقطه B بترتیب برابر ۳۴۱۲، ۱۱۰۰، ۱۲۱۲ صورت گرفته اگر زاویه قائم قرائت شده برابر ۸۵ درجه و ۱۲ دقیقه باشد مطلوب است تعیین فاصله AB و ارتفاع نقطه B در صورتیکه ارتفاع دستگاه در نقطه A برابر ۱/۴۵ متر باشد .

$$D = 100 \times (3412 - 1212) \times \sin^2(85^\circ 12') = 218459.5641 \text{ mm} = 218.459 \text{ m}$$

$$\Delta H = 100 \times \frac{(3412 - 1212)}{2} \times \sin(2 \times 85^\circ 12') + 1450 - 1100 = 18694.562 \text{ mm} = 18.694 \text{ m}$$

$$H_B = H_A + \Delta H = 100 + 18.694 = 118.694 \text{ m}$$

مثال ۲: دوربین تئودولیت در روی ایستگاه  $S_1$  به ارتفاع  $1256/16$  متر مستقر می‌باشد. پس از قراول روی به نقطه  $A$ ، قرائت تارها به ترتیب  $1260$  و  $1520$  و  $1780$  قرائت شده است. در صورتیکه زاویه قائم  $85^\circ 45'$  و زاویه افقی  $18' 56''$  قرائت شود. ارتفاع نقطه  $A$  چقدر است؟ (ارتفاع دوربین  $1/52$  متر و ضریب دوربین  $100$ )

کارشناسی ناپیوسته عمران

$$1258/48 \quad (1) \quad 1260 \quad (2) \quad 1260/02 \quad (3) \quad 1264/29 \quad (4)$$

گزینه ۲ زاویه شیب  $15' 40'' = 45'$ ،  $90^\circ - 85^\circ = 45'$

$$\Delta H = 100 \cdot L \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + h_1 - Z$$

$$\Delta H = 100 \cdot \left( \frac{1780 - 1260}{1000} \right) \cdot \sin 45' \cdot \cos 45' + 1/52 - 1/52$$

$$\Delta H = 3/84 \text{ m}$$

$h_1$ : ارتفاع دستگاه

$Z$ : تار وسط دوربین

$$H_A = H_{S_1} + \Delta H$$

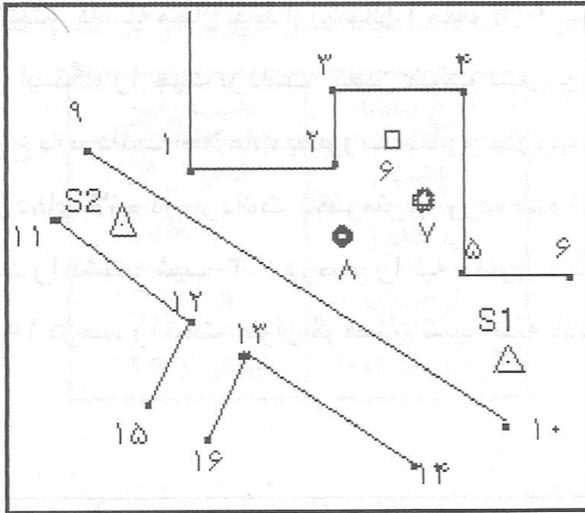
$$H_A = 1256/16 + 3/84 = 1260 \text{ m} \quad \text{ارتفاع نقطه } A$$

\* در این مسئله، زاویه افقی دوربین هیچ نقشی در محاسبات ندارد.

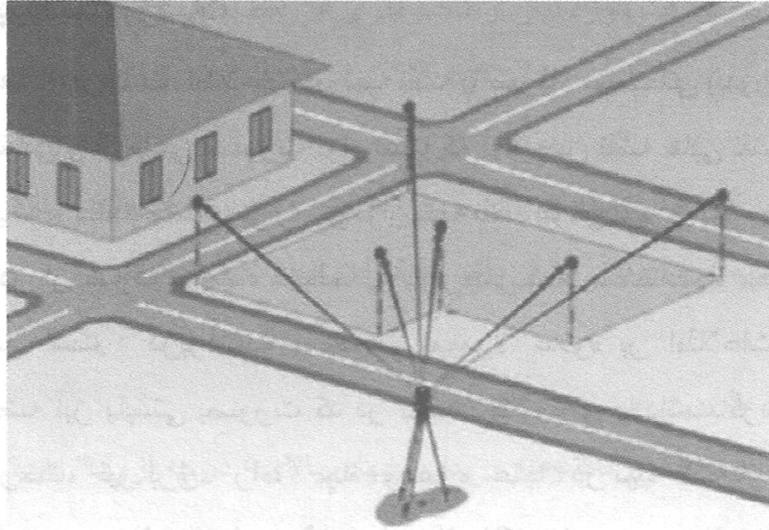
اصولا هدف از برداشت اطلاعات در تهیه نقشه یا صرفاً "مسطحاتی (بدون اطلاعات ارتفاعی) است و یا مسطحاتی و ارتفاعی بصورت توام است که به چنین نقشه هایی نقشه های توپوگرافی میگویند. نمونه یک برداشت مسطحاتی را می توان تهیه نقشه بلوکی شهری یا روستایی یا تهیه کروکی عنوان کرد که در آن صرفاً موقعیت مسطحاتی عوارضی شامل ساختمانها، معابر، تیرهای برق و غیره مورد نظر است. در برداشت مسطحاتی معمولاً علاوه بر اطلاعات تاکئومتری نقاط، مشخصات عارضه نیز بایستی بصورت کد در برگه تاکئومتری یادداشت گردد بعنوان مثال درج عنوان خانه، درخت، تیر برق، راه، چاه و غیره. غالباً در تهیه نقشه از عوارض مسطحاتی نیازی به تعیین ارتفاع نمیباشد، در این حالت بجای واژه تاکئومتری در برداشت از لغت استادیامتری استفاده میگردد.

در نقشه های توپوگرافی علاوه بر موقعیت مسطحاتی عوارض، وضعیت ارتفاعی آنها نیز بایستی با ارائه رقوم ارتفاعی یا به صورت منحنی های میزان (در فصل آینده به تفصیل بحث خواهد شد) ارائه گردد. در برداشت از مناطق طبیعی نظیر تپه و ... جز در موارد خاص (نظیر محل آبریزها) نیازی به نوشتن کد نقطه نیست. عملیات برداشت عموماً از طریق ایستگاههای پیمایش انجام میگردد بنحویکه با توجه به دید هر ایستگاه از اطراف آن، اطلاعات منطقه برداشت میگردد. در این حال از هر ایستگاه بسته به مقیاس نقشه، مجاز به برداشت اطلاعات در فاصله محدودی میباشیم لذا بایستی برنامه ریزی لازم بنحوی صورت گیرد که از هر ایستگاه حد اکثر استفاده لازم با توجه به فاصله مجاز فوق صورت پذیرد.

# برداشت جزئیات به روش تاکنومتری برای ترسیم نقشه توپوگرافی



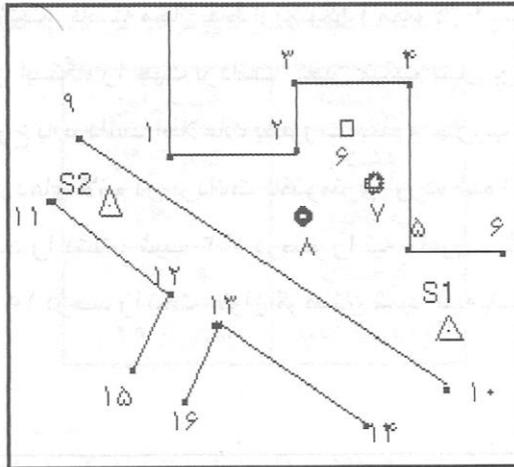
کروکی اولیه



(شکل ۵-۷) - اصول برداشت بروش تاکنومتری

قبل از شروع عملیات برداشت بایستی ابتدا از عوارض مشخص و قابل رؤیت از هر ایستگاه (از اطلاعات برنامه ریزی شده جهت برداشت) کروکی با دست تهیه کرد. کروکی فوق مشخص میکند که از آن ایستگاه چه اطلاعاتی و با چه ترتیبی بایستی توسط عامل برداشت گردد ضمناً موقعیت تقریبی ایستگاه اصلی و ایستگاه فرعی و تمام اطلاعات عینی در آن مشخص میشود. تهیه کروکی دقیق از منطقه نقش موثری را در کاهش زمان برداشت اطلاعات و خصوصاً ترسیم نقشه خواهد داشت. برای شروع عملیات برداشت عامل روی ایستگاه مورد نظر زاویه یاب را مستقر کرده و با توجه به کروکی فوق، به ترتیب اقدام به برداشت عوارض مورد نظر با ذکر کد یا شماره نقطه عیناً مشابه شماره های قید شده در کروکی و درج آن در برگه تاکنومتری میکند.

# برداشت جزئیات به روش تاکنومتری برای ترسیم نقشه توپوگرافی



کروکی اولیه

مطابق شکل فوق، عامل ابتدا موظف به برداشت تاکنومتری از مناطق مسکونی (شماره ۱-۵) با کد (خانه) یا (خ) در برکه تاکنومتری است، عارضه شماره ۶ نشانگر تیربرق، عارضه شماره ۷ نشانگر درخت تکی و عارضه شماره ۸ نشانگر چاه است. عوارض شماره های ۹-۱۶ نشانگر راه بوده و با کد راه در برکه تاکنومتری بایستی مشخص شوند.

در مورد برداشت نقاط ارتفاعی بایستی دقت کرد که عمل برداشت نقاط به صورت جاروب و به فرم شطرنجی در منطقه صورت گیرد و مناطق برداشت شده در هر ایستگاه به منظور جلوگیری از تکرار برداشت از ایستگاههای دیگر (وجلوگیری از گپ)، دقیقاً نشانه گذاری و سنگ چینی گردند. فاصله نقاط برداشت شده در مقیاس  $1/500$  از یکدیگر نبایستی بیشتر از ۱۵ متر باشد. این مقدار در مقیاس های  $1/1000$  تا  $1/2000$  تا ۳۰ متر نیز میتواند برسد. ضمناً در تمام جاهائیکه به نحوی زمین دچار تغییرشیب محسوس می گردد بایستی نقطه کافی برداشت گردد. در مورد مناطق با شیب بسیار زیاد مانند ترانشه ها (پرتگاهها) بایستی هم در بالا و هم در پایین آنها، نقاط تاکنومتری کافی برداشت شود. این مسئله بایستی در برداشت نقاط دو طرف راهها و آبریزها (بریک لاین) نیز مورد توجه قرار گیرد.



نکته مهم در برداشت نقاط پر کردن صحیح و کامل اطلاعات برداشت شده در سر برگ تاکنومتری است. در مورد عوارض نامشخص نظیر برداشت ناهمواری و توپوگرافی زمین، با توجه به مقادیر ارائه شده در جداول برداشت، فاصله مجاز نقاط از یکدیگر (معمولاً ۲ سانتیمتر در مقیاس نقشه) و حداکثر شعاع عمل از هر ایستگاه را جهت برداشت تعیین میکنیم سپس بر این اساس از هر ایستگاه در محدوده تعیین شده شروع به برداشت اطلاعات بصورت منظم و جاروب خطی مینمائیم. در جداول (۷-۱) تعدادی از استانداردهای لازم در برداشت تاکنومتری آورده شده است. در جداول ذیل زمین های با شیب تا ۳ درصد را دشت، شیب ۳-۷ درصد را تپه ماهور، شیب بین ۷-۱۵ درصد را کوهستان و شیب بیش از ۱۵ درصد را تحت عنوان کوهستان شدید طبقه بندی میکنند.

# برداشت جزئیات به روش تاکئومتری برای ترسیم نقشه توپوگرافی

جدول ۱-۷-الف- طبقه بندی توپوگرافی بر حسب شیب

| شیب زمین     | نوع منطقه    |
|--------------|--------------|
| کمتر از ۳٪   | دشت          |
| ۳-۷٪         | تپه ماهور    |
| ۷-۱۵٪        | کوهستان      |
| بیشتر از ۱۵٪ | کوهستان شدید |

۱-۷-ج - حداقل تراکم نقاط برداشتی در واحد هکتار

| منطقه / مقیاس | ۱/۵۰۰ | ۱/۱۰۰۰ | ۱/۲۰۰۰ | ۱/۵۰۰۰ |
|---------------|-------|--------|--------|--------|
| دشت           | ۲۵    | ۱۰     | ۵      | ۱      |
| تپه ماهور     | ۲۵    | ۱۰     | ۵      | ۱      |
| کوهستان       | ۱۰۰   | ۵۰     | ۲۰     | ۵      |

۱-۷-ب - حداکثر فاصله نقاط برداشت شده از یکدیگر ( واحد به متر)

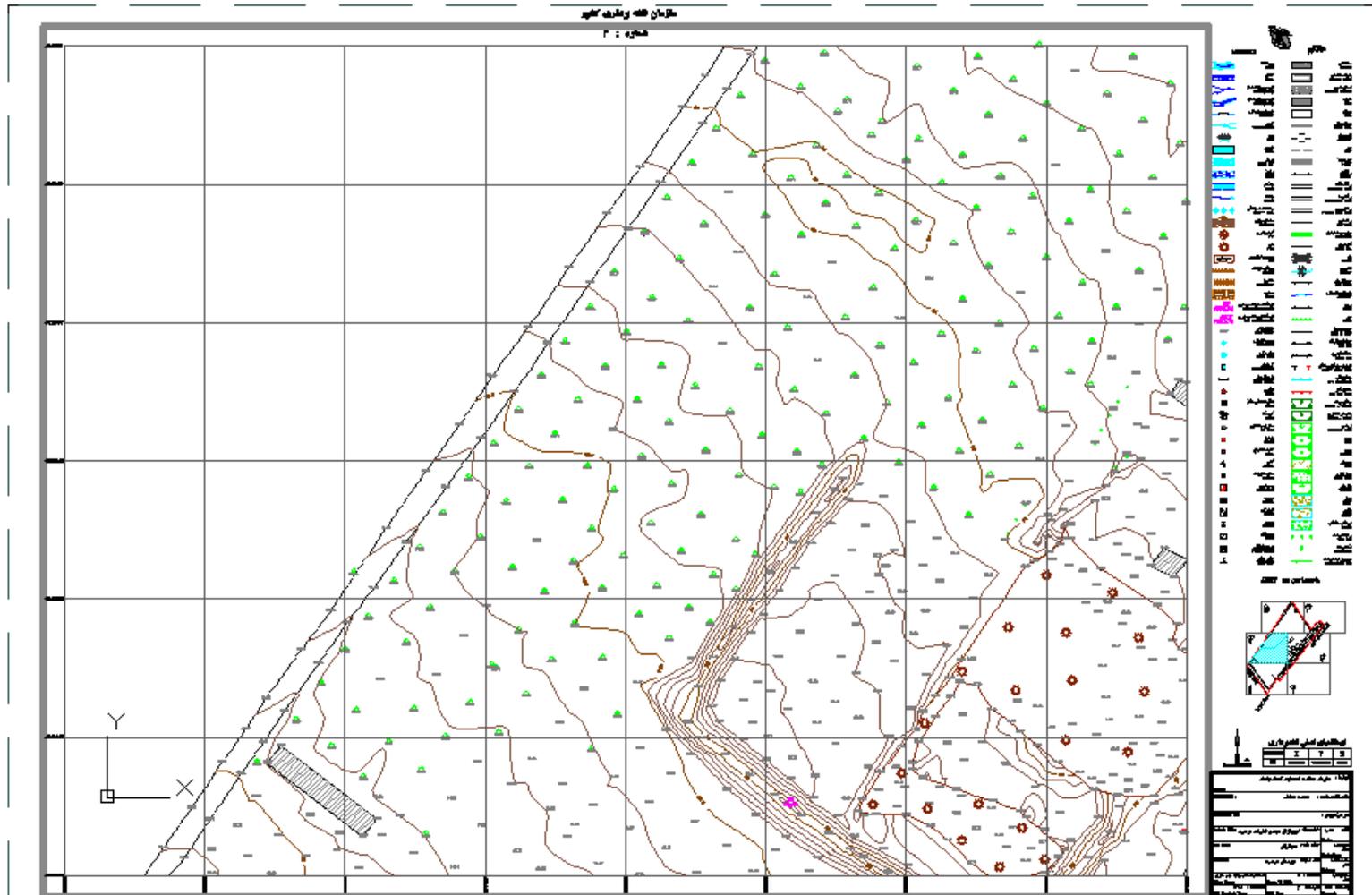
| منطقه / مقیاس | ۱/۵۰۰ | ۱/۱۰۰۰ | ۱/۲۰۰۰ | ۱/۵۰۰۰ |
|---------------|-------|--------|--------|--------|
| دشت           | ۱۲,۵  | ۲۵     | ۵۰     | ۱۲۵    |
| تپه ماهور     | ۱۰    | ۲۰     | ۴۰     | ۱۰۰    |
| کوهستان       | ۱۰    | ۲۰     | ۴۰     | ۱۰۰    |
| کوهستان شدید  | ۷,۵   | ۱۵     | ۳۰     | ۷۵     |

۱-۷-پ - حداکثر فاصله مجاز برداشت اطلاعات از هر ایستگاه - واحد به متر

| منطقه / مقیاس | ۱/۵۰۰ | ۱/۱۰۰۰ | ۱/۲۰۰۰ | ۱/۵۰۰۰ |
|---------------|-------|--------|--------|--------|
| دشت           | ۱۰۰   | ۱۳۰    | ۱۷۰    | ۲۰۰    |
| تپه ماهور     | ۱۰۰   | ۱۳۰    | ۱۷۰    | ۲۰۰    |
| کوهستان       | ۸۰    | ۱۱۰    | ۱۴۰    | ۱۵۰    |

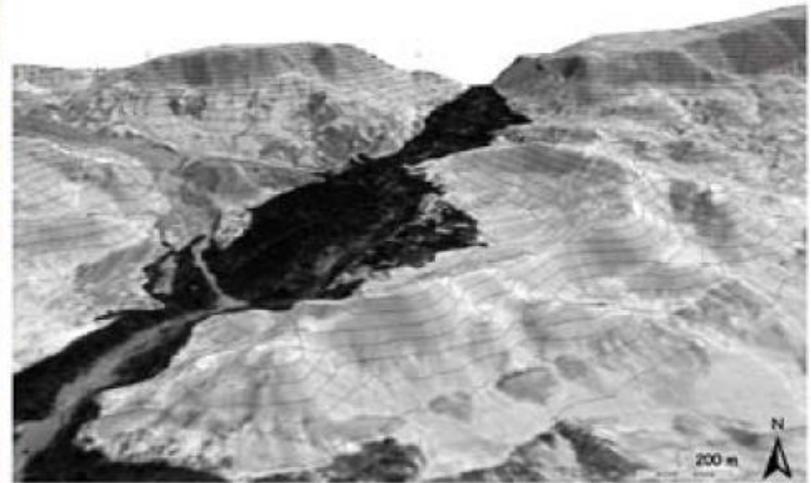
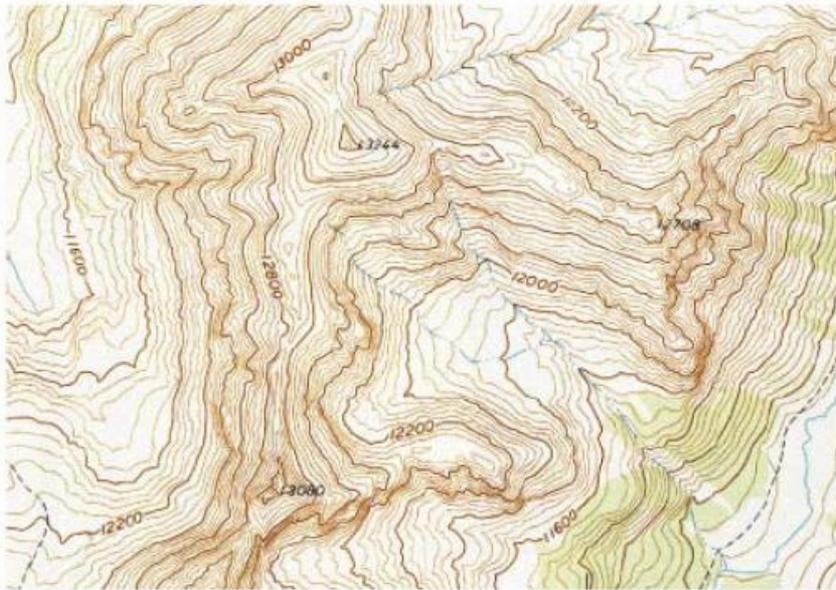
# برداشت جزئیات به روش تاکنومتری برای ترسیم نقشه توپوگرافی

پس از انجام عملیات برداشت نقاط به عنوان نماینده از عوارض طبیعی و مصنوعی به روش تاکنومتری، از طریق روابط تاکنومتری سه مؤلفه  $X, Y, Z$  برای نقاط بدست می آید. با در نظر گرفتن کروکی برداشت نقاط و این مختصات می توان نقشه توپوگرافی منطقه را ترسیم نمود.



## - تعریف منحنی میزان،

در نقشه برداری به مکان هندسی نقاطی که دارای ارتفاع یکسان می باشند، منحنی میزان یا کانتورن‌ی‌لا میگویند بعبارت دیگر از به هم پیوستن نقاطی که دارای ارتفاع یکسان در یک منطقه می باشند منحنی های میزان آن منطقه حاصل می گردد. نمونه طبیعی منحنی های میزان را میتوان در دیواره های ساحلی دریاچه سدها مشاهده کرد. هرکدام از پله های ایجاد شده در دیواره های مخزن سد نشانگر یک منحنی میزان با ارتفاع خاص میباشد.

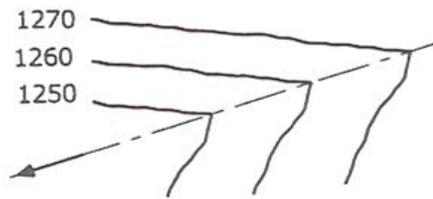


# مفهوم منحنی میزان برای نمایش انواع تغییرات ارتفاعی بر روی نقشه های توپوگرافی

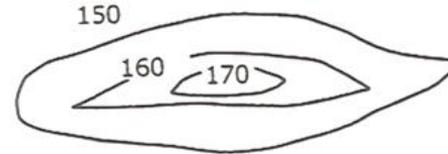


معرف گودال

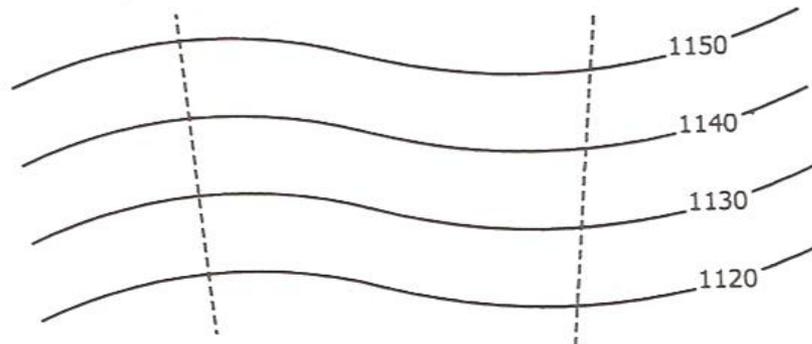
معرف دامنه و تغییر شیب



معرف دره و خط القعر



معرف تپه



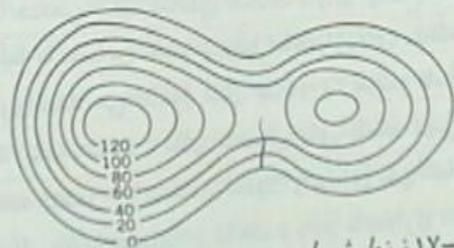
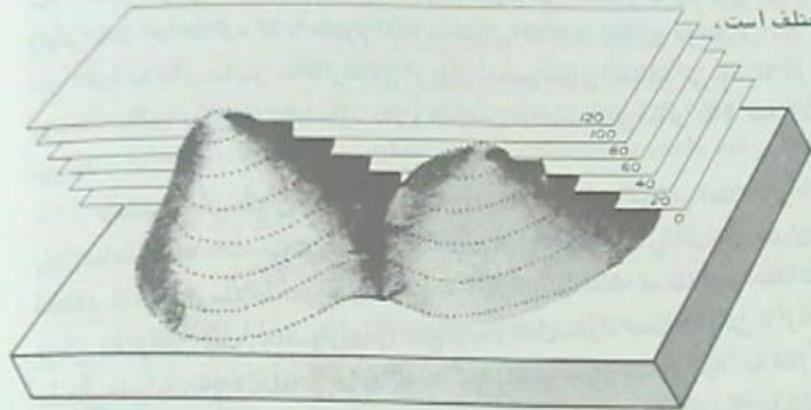
خط القعر

خط الرأس

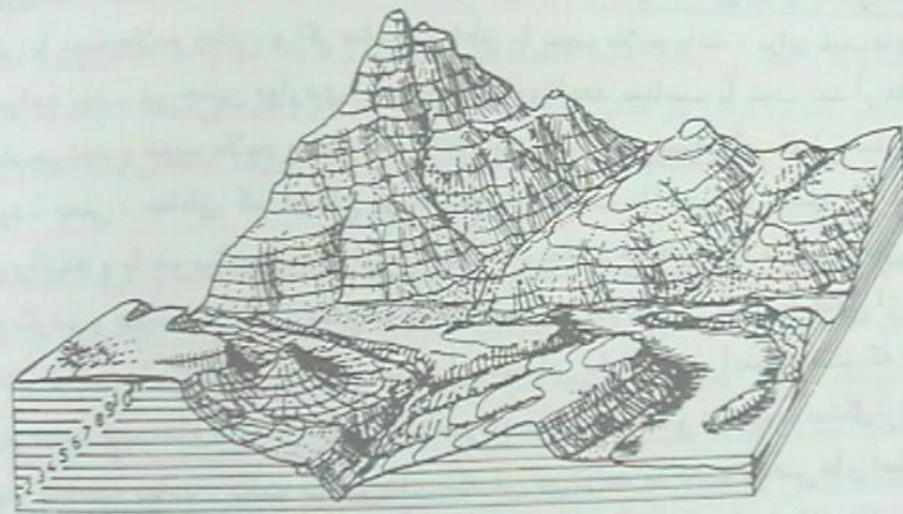
با مسیر جریان آبهای سطحی

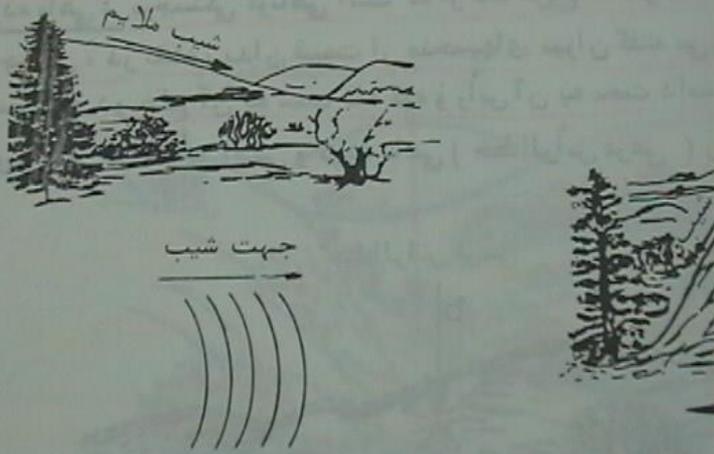
با خط تقسیم آب

جدول شماره ۶-۱ نمونه و مثالی برای تعیین فاصله منحنی میزان در مقیاسهای مختلف است.

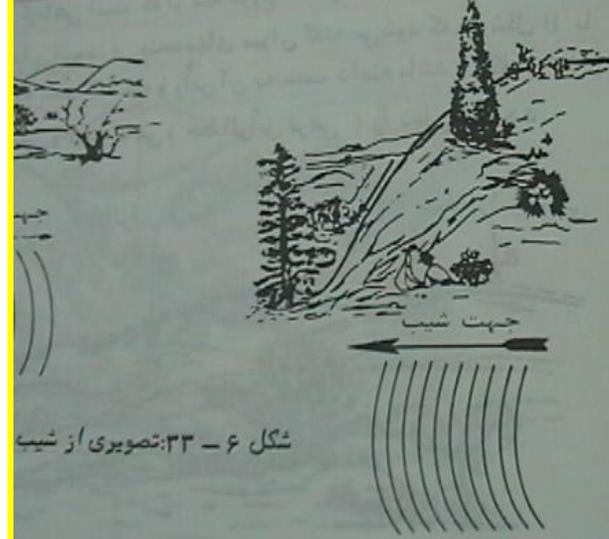


شکل ۶-۱۷: نمایشی از منحنی میزانهای متساوی الیعد

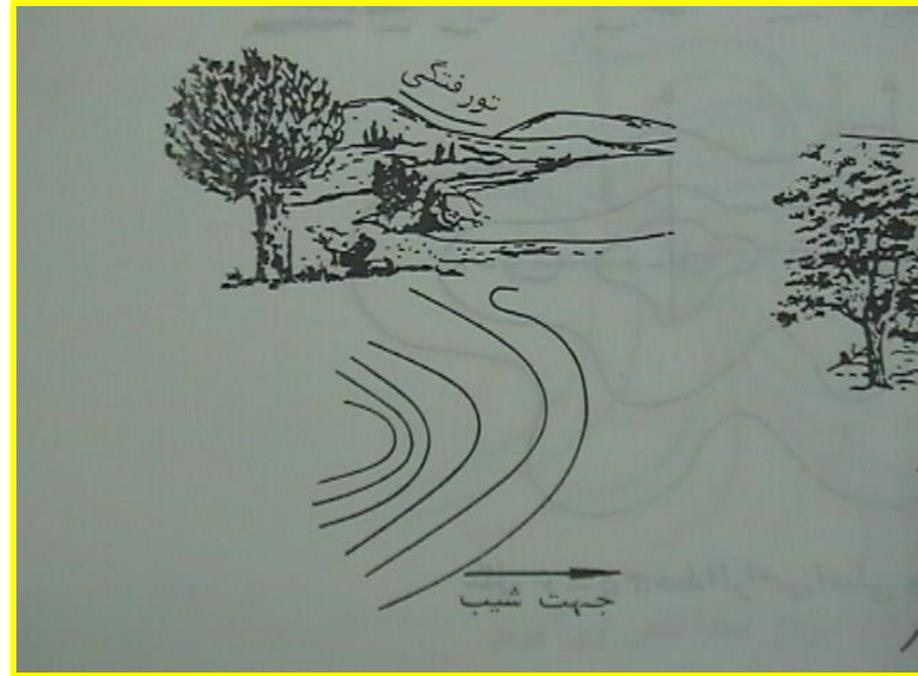
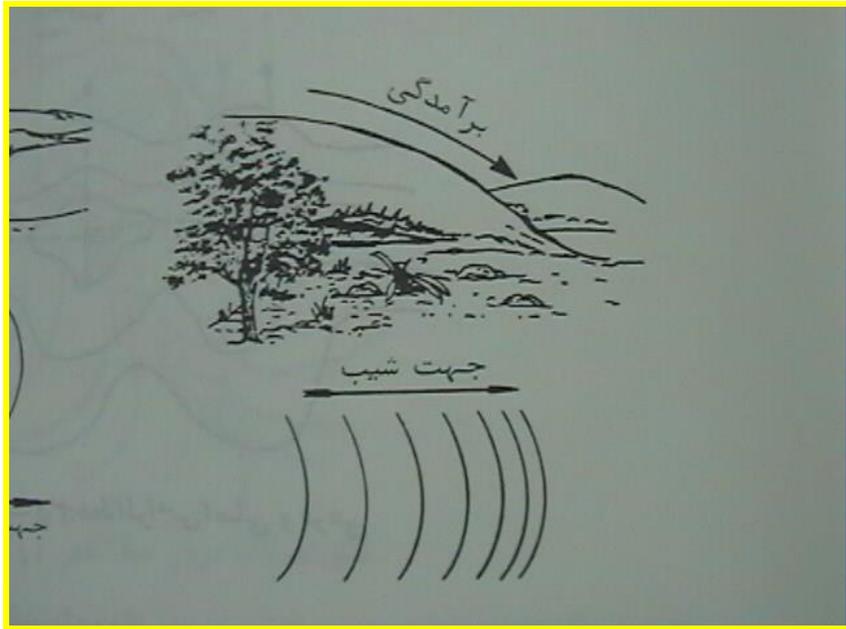




شکل ۶ - ۳۳: تصویری از شیب تند و شیب ملایم دامنه

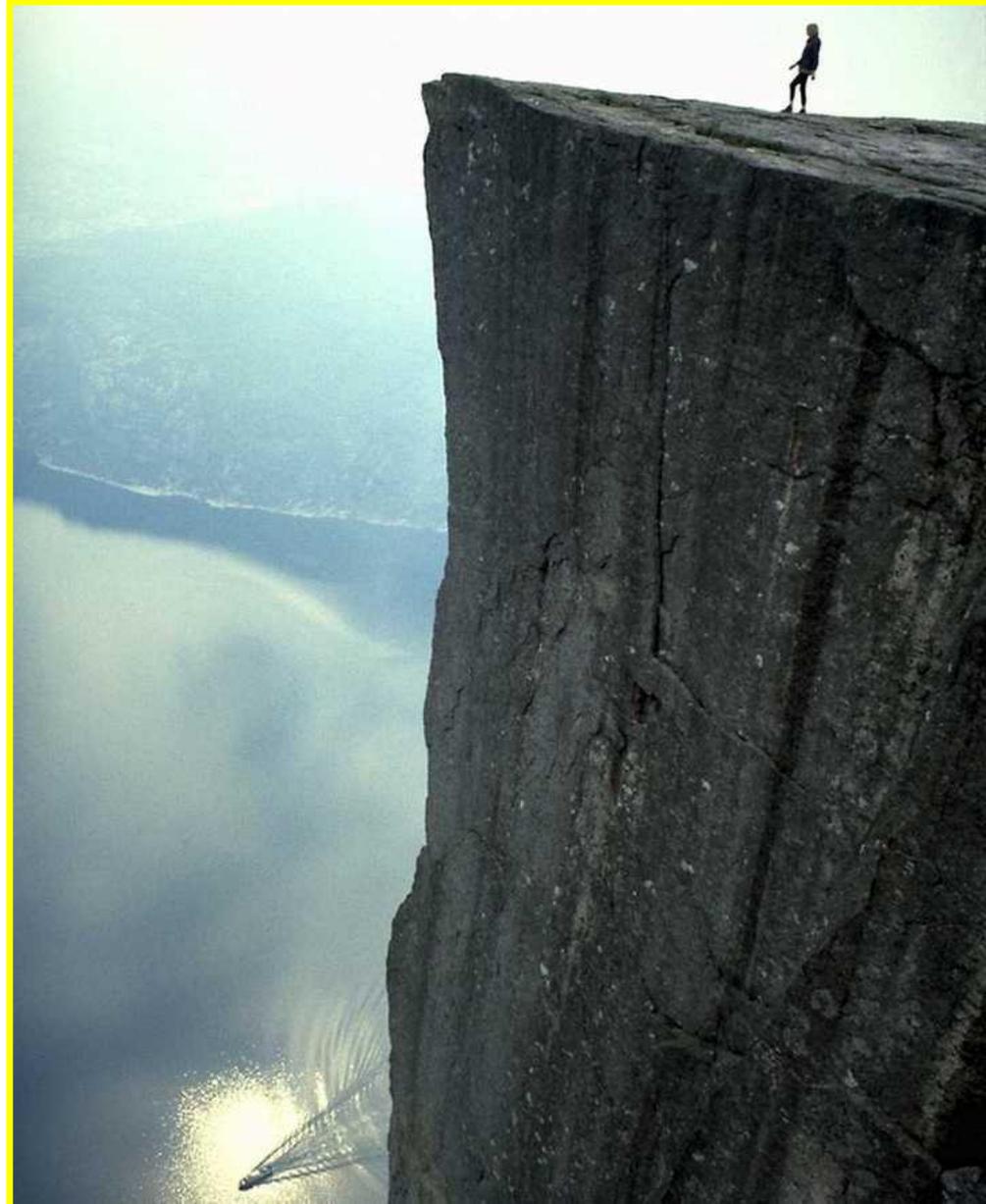


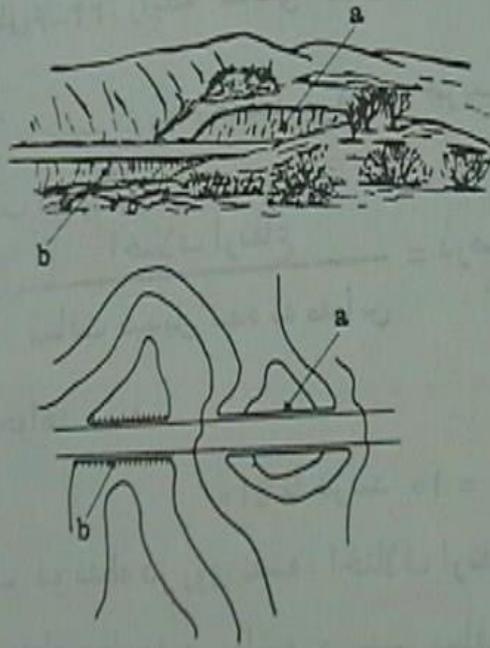
شکل ۶ - ۳۳: تصویری از شیب





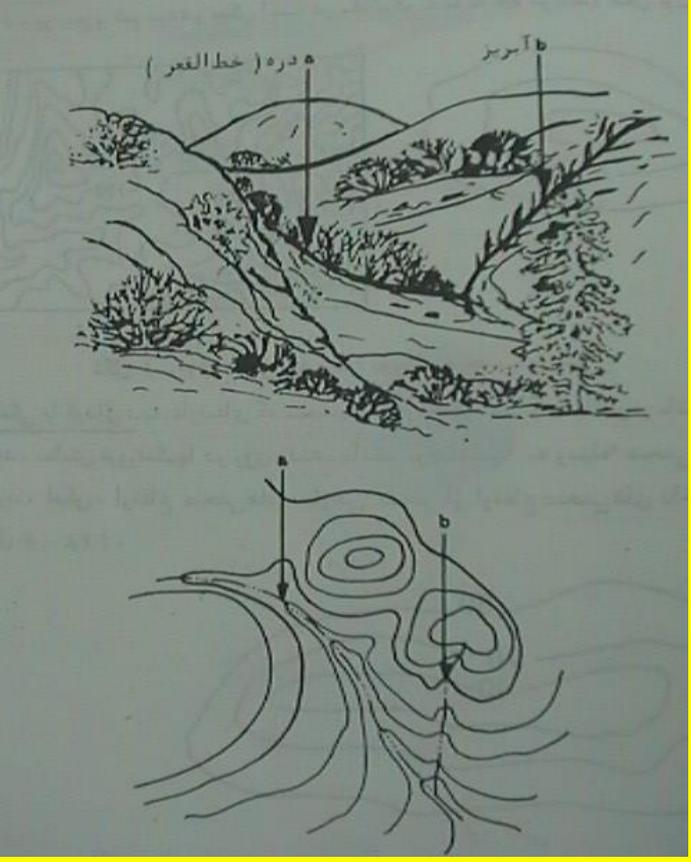
شکل ۶ - ۴۰: پرتگاه

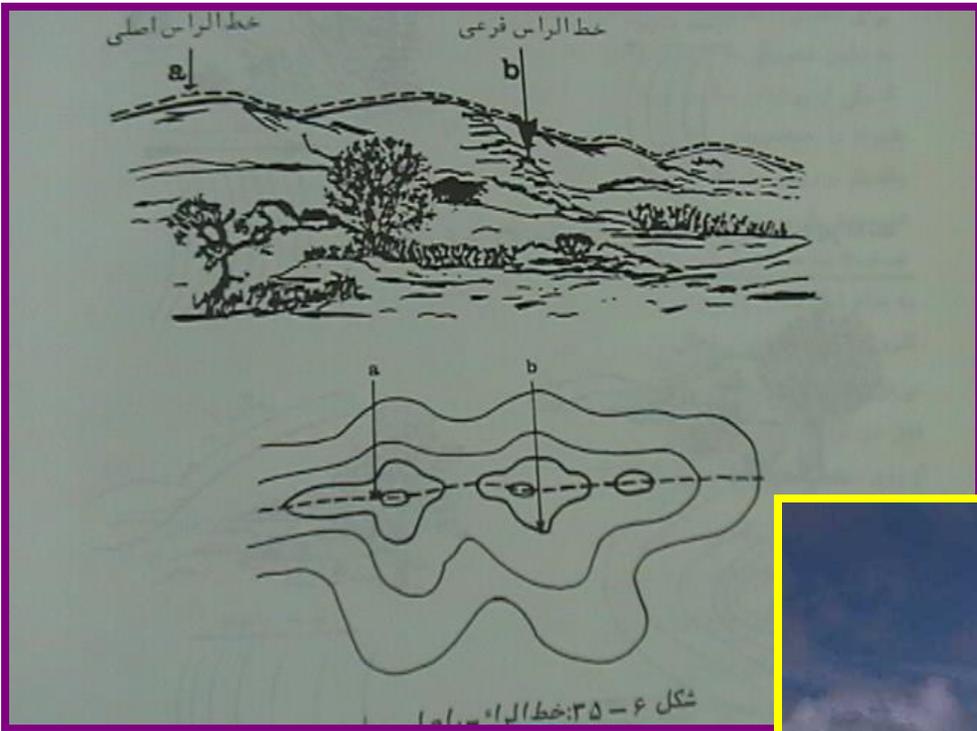


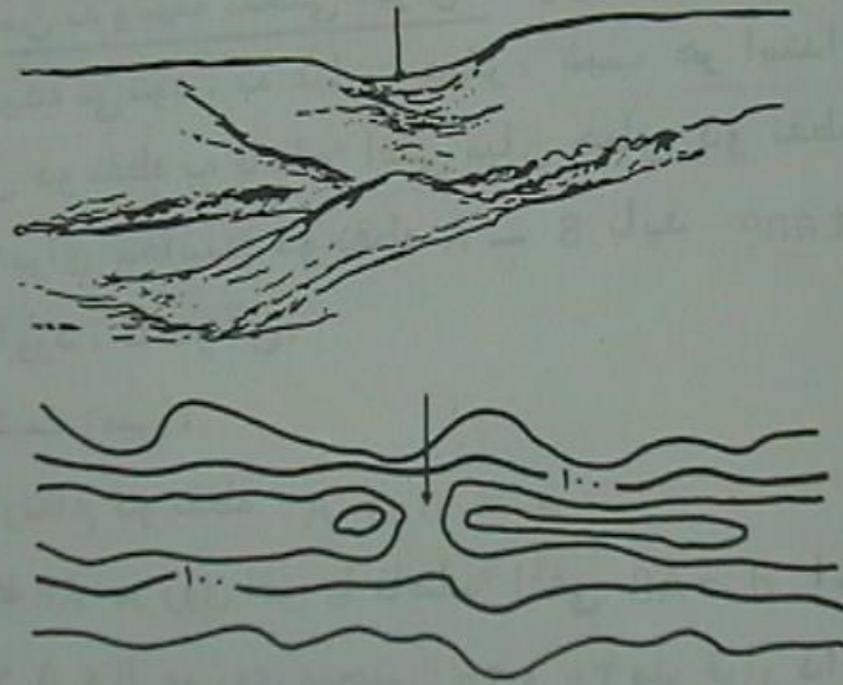


شکل ۶ - ۴۱: بریدگی یا برش



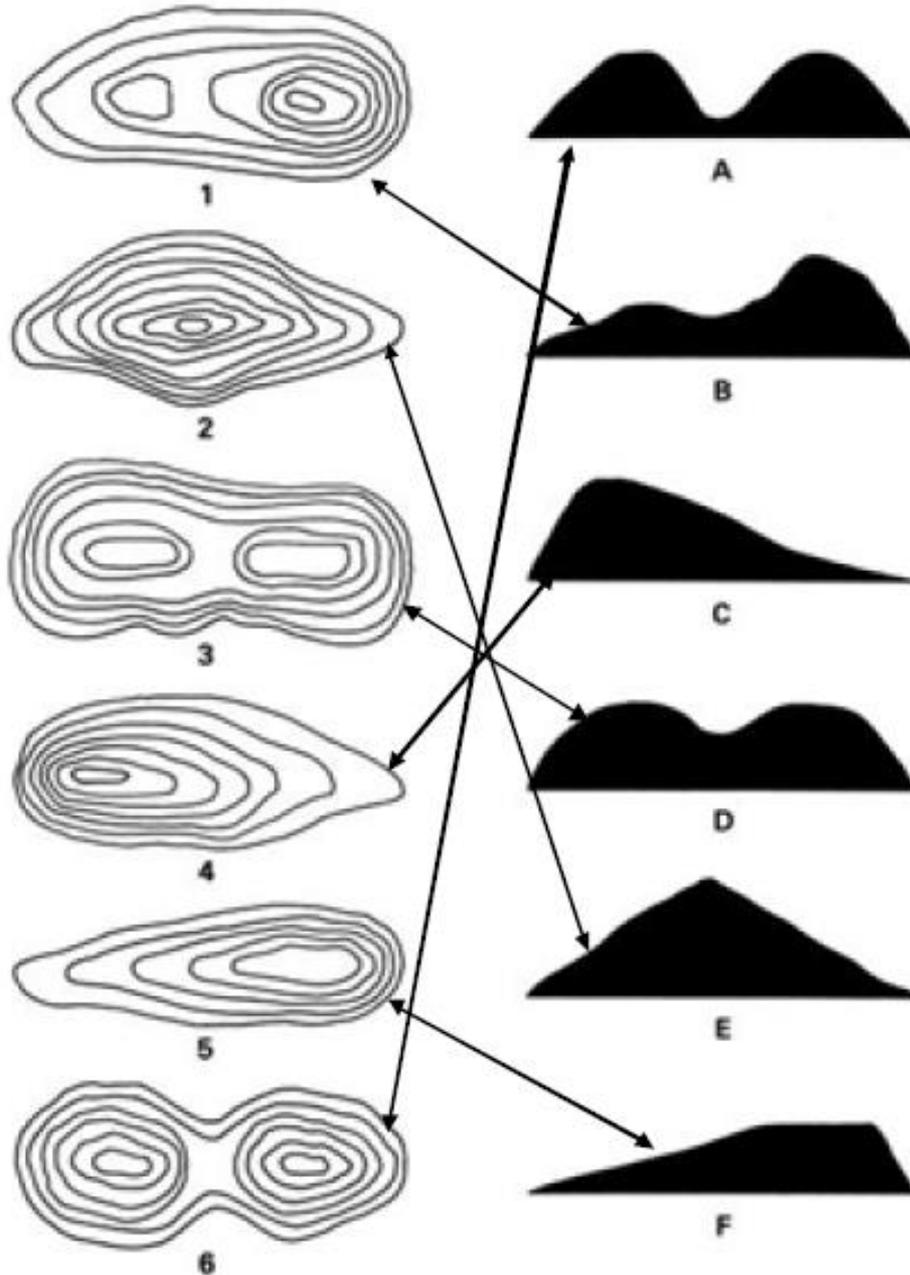






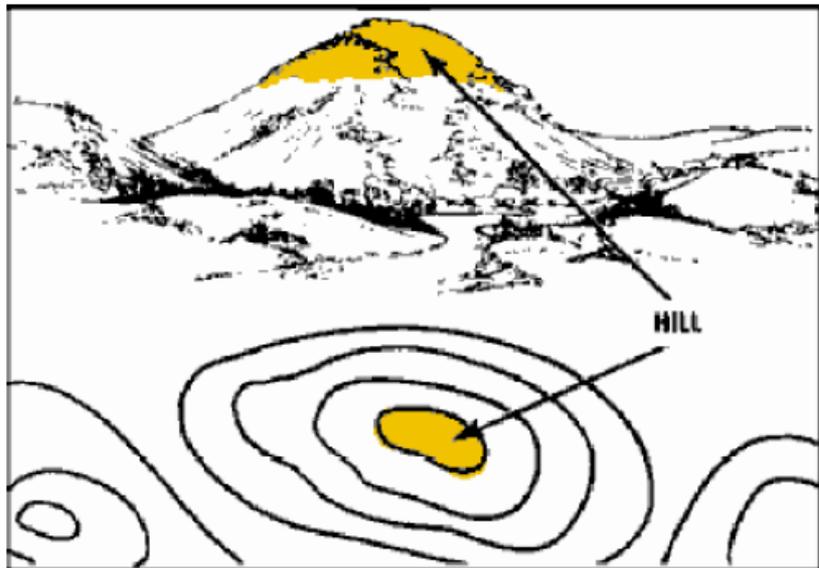
شکل ۶ - ۳۹: گردنه

# مفهوم منحنی میزان برای نمایش انواع تغییرات ارتفاعی بر روی نقشه های توپوگرافی



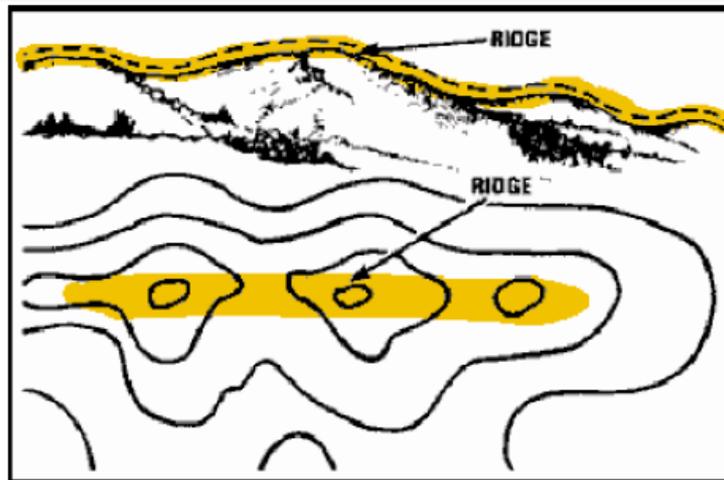
• ساختار منحنی میزان هر شکل،  
متناظر با کدام ساختار  
توپوگرافی بر روی زمین است؟

# مفهوم منحنی میزان برای نمایش انواع تغییرات ارتفاعی بر روی نقشه های توپوگرافی



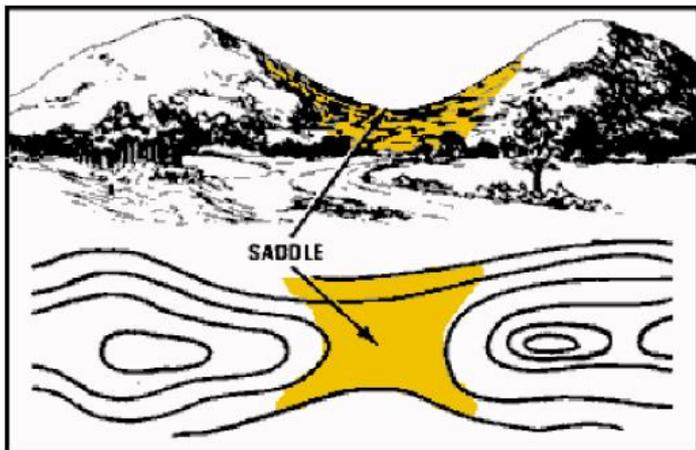
## تپه

- ❖ منحنی های بسته همراه با کاهش اندازه منحنی ها
- ❖ در خصوص تپه، منحنی های داخلی با افزایش ارتفاع همراه هستند
- ❖ قله در داخل کوچکترین منحنی قرار دارد



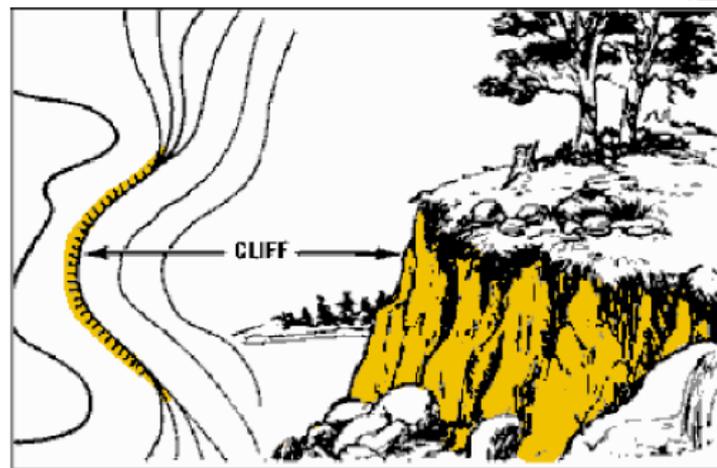
## خط الراس

- ❖ یک خط شیبدار در مناطق با ارتفاع بالا نسبت به مناطق مجاور
- ❖ در هر نقطه خط الراس، ارتفاع در سه جهت کمتر از آن نقطه خواهد بود.
- ❖ منحنی میزان در محل خط الراس به شکل حرف V یا عدد ۷ در نقشه نمایان می شود.
- ❖ نزدیک شدن انتهای منحنی میزان به یکدیگر (V) به مفهوم نقاط پایین دستی یا نقاط با ارتفاع کمتر است.



## گردنه

- ❖ یک محل فرورفتگی میان دو تپه
- ❖ در محل گردنه، در ۲ امتداد مقابل هم زمین در ارتفاع بیشتر از شما و در ۲ امتداد مقابل دیگر در ارتفاع کمتر از شما قرار دارد.



## دیواره، پرتگاه، صخره

- ❖ تغییرات شدید در ارتفاع در یک فاصله افقی ناچیز
- ❖ فاصله منحنی میزانها بسیار کم و گاهی "به هم چسبیده می باشند.
- ❖ خطوطی به سمت ارتفاع کمتر بر روی آن ترسیم می شود.

## ۱-۸- مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

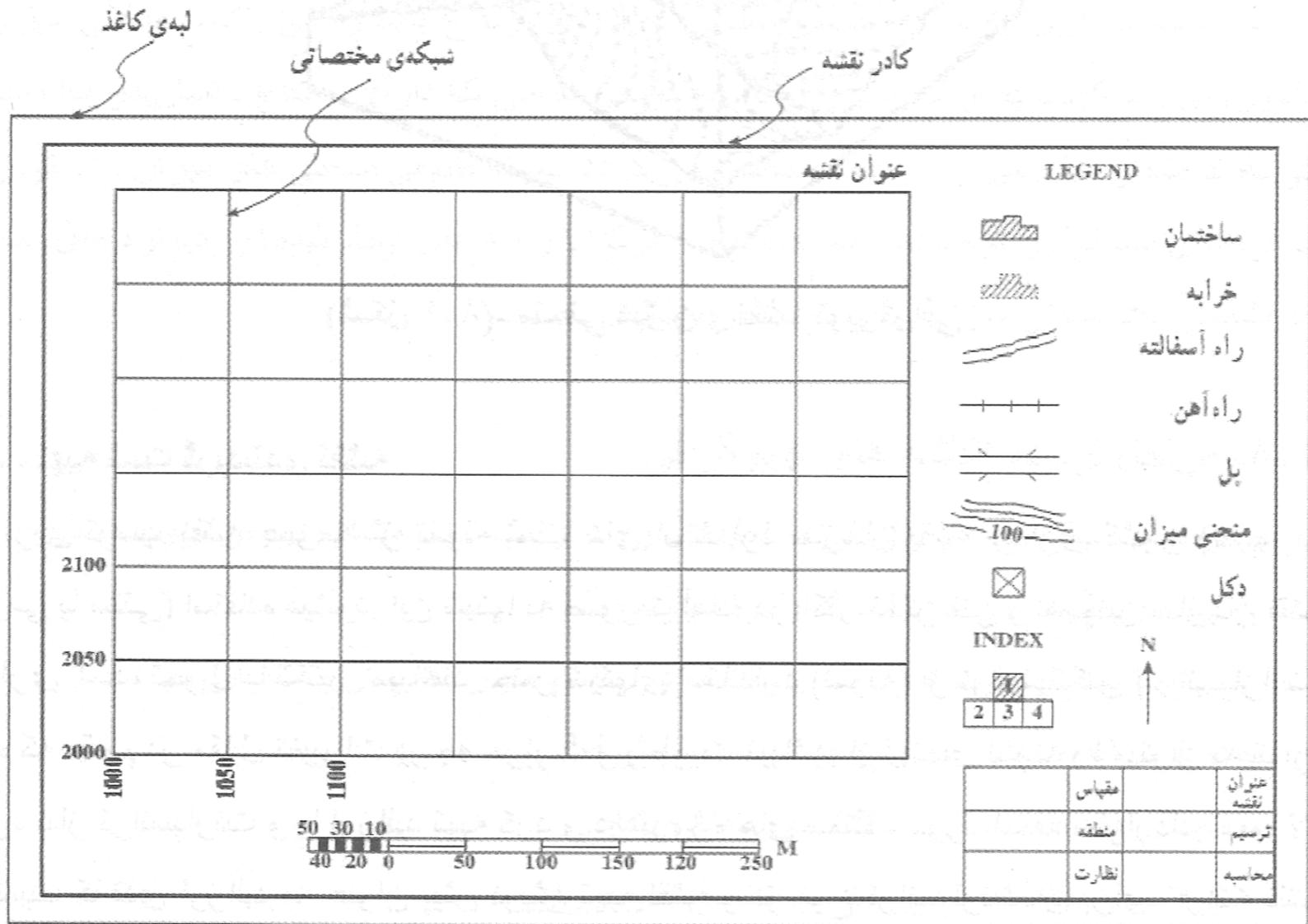
برای ترسیم نقشه های توپوگرافی مراحل ذیل را به ترتیب انجام میدهیم (روش ترسیم دستی):

- الف - تهیه شیت گریدبندی شده کالک یا ترانسپارت.
- ب - دادن مختصات به گریدهای نقشه و پیاده کردن نقاط پیمایش به روش مختصاتی در شیت.
- ج - پیاده کردن نقاط تاکنومتری روی شیت به روش قطبی.
- پ - اتصال نقاط مسطحاتی و مثلث بندی نقاط ارتفاعی.
- ث - انترپلاسیون نقاط ارتفاعی و ترسیم منحنی های میزان.
- د- درج علائم اختصاری و اطلاعات حاشیه ای نقشه و کنترل نهایی.

### الف - تهیه شیت گزیدبندی نقشه

برای ترسیم نقشه عموماً از نمونه شیت های استاندارد سازمان نقشه برداری کشور (بصورت رقومی یا سنتی) استفاده میشود. این شیتها به صورت آماده در اکثر دفاتر فنی و همچنین سازمان نقشه برداری آماده تحویل یا تکثیر میباشند. جنس شیت های استاندارد (نمونه) از نوع تپاتکس (ترانسپارانت) بوده که مقاوم در مقابل تغییرات درجه حرارت و رطوبت میباشد. از شیت های نمونه را میتوان به اندازه مورد نیاز ترانسپارانت و یا اوزالید تهیه کرد و در پروژه های مختلف مورد استفاده قرار داد. معمولاً از شیت کاغذی اوزالید به عنوان پیش نویس تهیه نقشه و از نوع ترانسپارانت آن برای ارائه نقشه نهایی استفاده مینمایند.

کادر داخلی و اصلی مورد کاربرد جهت تهیه نقشه عموماً در ابعاد  $80 \times 60$  سانتیمتر میباشد که معمولاً به صورت دقیق در ابعاد  $10 \times 10$  سانتیمتر شبکه بندی (گرید بندی) شده است. ابعاد خارجی هر برگ نقشه با توجه به کادر دور نقشه و لژاند  $100 \times 75$  سانتیمتر میباشد. حاشیه نقشه با نوار باریک  $1,5$  سانتیمتر و با قلم  $0,6$  تا  $1$  میلیمتر محدود شده و فاصله لبه کاغذ با کادر اصلی از بالا  $3$  سانتیمتر، سمت چپ  $4$  سانتیمتر و از قسمت پایین  $9$  سانتیمتر و در سمت راست  $10$  سانتیمتر میباشد. حاشیه سمت راست برای ترسیم لژاندر، اندکس و سایر اطلاعات حاشیه ای نظیر نام منطقه، مقیاس، تاریخ تهیه، شماره نقشه، ارگان نظارت کننده و عنوان کارفرما اختصاص آورده شده است. در وسط حاشیه پایینی نقشه مقیاس خطی و علامت شمال نقشه ترسیم شده و در سمت چپ آن نام تهیه کننده، سفارش دهنده و تاریخ تهیه آن قید میگردد. آرم کشور معمولاً در وسط بخش فوقانی نقشه ترسیم میشود. در این بخش نام منطقه و مقیاس نقشه به فارسی در سمت راست و به لاتین در سمت چپ قید میگردد.



(شکل ۲-۸) - نمونه اطلاعات حاشیه ای کادر نقشه

ب - انتساب مختصات به گزیدها و پیاده کردن نقاط پیمایش

عموماً با توجه به حداقل  $x, y$  محاسبه شده برای نقاط پیمایش و شعاع برداشت اطلاعات از هر ایستگاه، عددی روند حتی الامکان از مضارب ۵ و ۱۰ به عنوان مبنای شروع  $x, y$  شبکه مختصاتی (گزیدها) انتخاب میکنند، به نحوی که نقاط شبکه پیمایش پس از پیاده کردن در محدوده شیت قرار گیرند. با توجه به مقیاس نقشه هر ۱۰ سانتیمتر از گزید دارای ارزش خاص طولی می گردد. بطور مثال در مقیاس ۱/۱۰۰۰ هر یک سانتیمتر معادل ۱۰ متر میباشد، پس هر ۱۰ سانتیمتر گزید شیت معادل ۱۰۰ متر ارزش خواهد داشت. در صورتیکه وسعت منطقه زیاد باشد به نحوی که امکان ترسیم نقشه در یک شیت میسر نباشد بایستی از چند شیت برای ترسیم نقشه استفاده کرد.

پس از دادن مختصات در جهات  $x, y$  به شبکه نقشه ، حال نوبت پیاده کردن نقاط پیمایش از طریق مختصات معلوم آنها می رسد در این حال باتوجه به گرید مختصاتی،  $x, y$  هر نقطه را در هر محور با خط کش بصورت دکارتی دقیقاً جدا کرده و تقاطع آنها را در دو محور به عنوان مکان نقطه با علامت خاص (عموماً  $\Delta$ ) بر روی شیت نمایش می دهیم. پس از پیاده کردن تمام نقاط پیمایش، آنها را با خطی کمرنگ و نازک با مداد به هم وصل کرده و شکل چند ضلعی شبکه پیمایش را روی شیت نقشه احیاء میکنیم. عموماً در بالای علامت فوق، نام ایستگاه و در زیر آن ارتفاع نقاط را یادداشت می کنیم. در این حال مرکز مثلث مکان دقیق نقطه را نشان میدهد. روش دیگر نمایش ارتفاع نقطه روی نقشه، نوشتن ارتفاع نقطه به نحوی است که ممیز ارتفاع دقیقاً روی نقطه مشخصه مکان نقطه پیمایش (نقطه وسط علامت  $\Delta$ ) قرار گیرد.

### ج - پیاده کردن نقاط مسطحاتی و ارتفاعی (نقاط تاکنومتری) روی شیت نقشه

در این مرحله با استفاده از جداول برداشت زمینی (تاکنومتری) ، که زوایه افقی، طول افقی و ارتفاع تمام نقاط آن تعیین گردیده و به کمک نقاط پیمایش پیاده شده و با توجه به ایستگاه اصلی برداشت نقاط و ایستگاه صفر صفر شده حالت عکس برداشت زمینی را بشرح ذیل دنبال میکنیم:

ابتدا با قرار دادن مرکز نقاله کاغذی یا طلقی در ایستگاه اصلی (زیر کالک یا کاغذ پوستی)، صفر نقاله را به سمت ایستگاه صفر صفر شده مطابق با برگه تاکنومتری متمایل کرده و نقاله را با چسب محکم میکنیم سپس با استفاده از خط کش یا اشل و در مقیاس نقشه به ترتیب ابتدا " زاویه افقی نقطه را از روی نقاله جدا کرده و سپس طول افقی نقطه را با اشل در جهت جدا شده توسط نقاله علامت میزنیم و جای نقطه را با علامت ( . ) مشخص میکنیم . چنانچه نقطه مورد نظر مسطحاتی باشد بایستی شماره نقطه را از مطابق کروکی ترسیم شده در برگه تاکنومتری استخراج و روی آن یادداشت کنیم در غیر اینصورت در مورد نقاط ارتفاعی، ارتفاع نقطه را در محل علامت ممیز ( . ) ایستگاه یادداشت میگردد. این کار را برای تمام نقاط و از تمام ایستگاهها به تدریج ادامه میدهیم تا کلیه نقاط برداشت شده به روش قطبی (طول و زاویه) در روی شیت نقشه پیاده گردند.

**پیاده کردن نقاط برداشتی با استفاده از مختصات دکارتی آنها و گرید بندی نقشه نیز صورت می گیرد**

### پ - اتصال نقاط مسطحاتی و مثلث بندی نقاط ارتفاعی

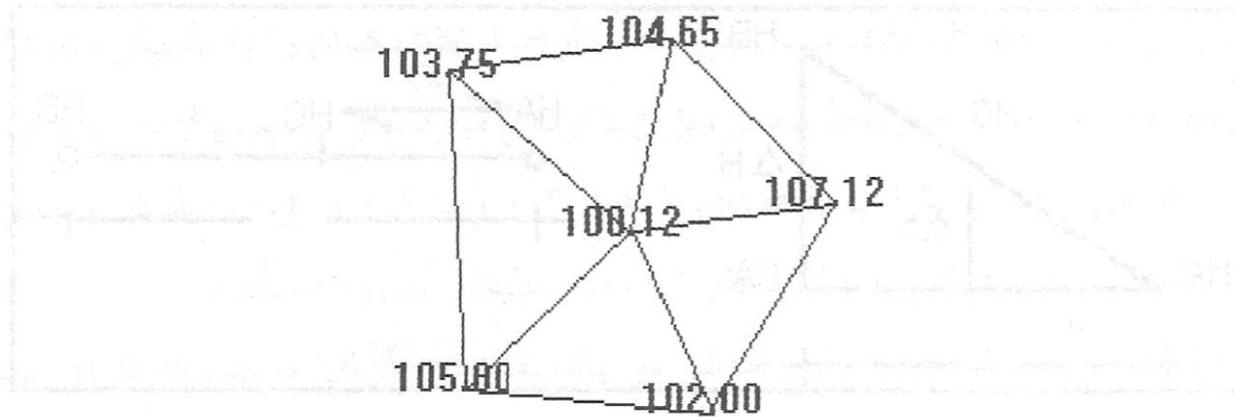
پس از پیاده کردن نقاط برداشتی، مرحله بعدی ترسیم بخش مربوط به عوارض مسطحاتی و اتصال نقاط ارتفاعی به صورت مثلث بندی است. در این مرحله با استفاده از کروکی و شماره نقاط برداشت شده به تدریج نقاط مورد نظر را به یکدیگر متصل نموده و از دنبال کردن آنها راهها، ساختمانها، تیرهای برق، بلوکهای شهری و روستایی و ... به تدریج به صورت اصلی آنها و در مقیاس نقشه بر روی کاغذ احیا میگردند. در این مرحله بایستی توجه کافی را به علائم و سمبلهای استاندارد هر عارضه معطوف داشت و عوارض را با همان علامت خاص خویش روی نقشه مشخص کرد.

در مورد عوارض ارتفاعی (عوارضی که نشانگر عارضه نقطه ای خاص نیستند نظیر تپه ها و تغییرات ناهمواری طبیعی زمین) به منظور نشان دادن محسوس این تغییرات به شکل صحیح و پیوسته، بجز در مناطقی که تغییرات ارتفاعی محسوسی ندارند (نظیر دشتهای)، تمامی نقاط ارتفاعی را با استفاده از اشکال مثلثی (TIN) و با شرایط ذیل به هم وصل می کنیم:

۱- مثلثهای ترسیم شده، شامل نزدیکترین نقاط ممکن به هم باشند.

۲- مثلثهای ترسیم شده با نقاط حتی الامکان شکل متساوی الاضلاع را ایجاد نماید.

۳- اضلاع مثلثها به هیچوجه یکدیگر را قطع نکنند. مثال:

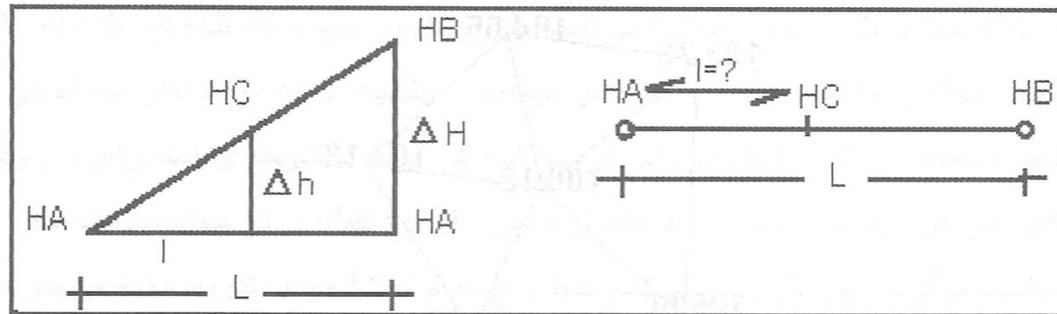


(شکل ۳-۸)

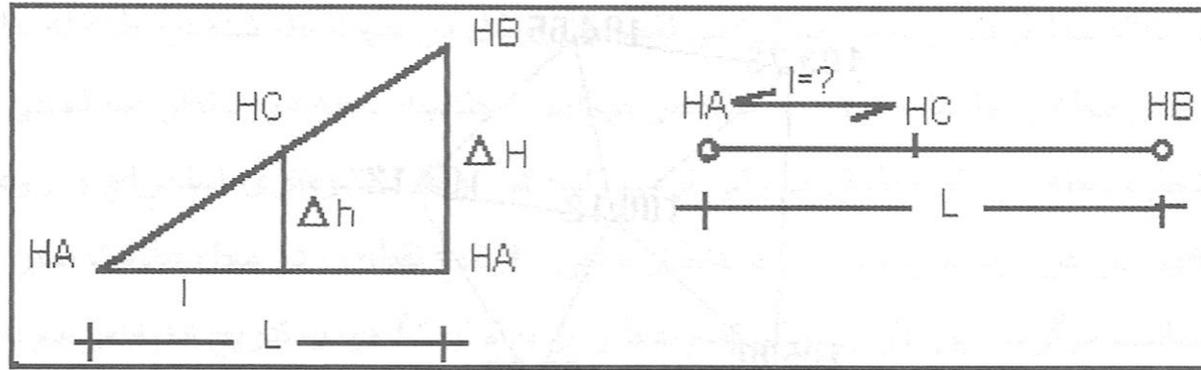
بدیهی است اگر در مناطقی نقاط ارتفاعی به حد کافی برداشت نشده باشد یا تغییرات ارتفاعی در حد رقوم مورد نظر برای ترسیم منحنی میزان نباشد بایستی مثلث بندی صورت پذیرد. مناطقی که تراکم نقاط پیاده شده در آنها کم می باشد به عنوان مناطق گپ اطلاق گردیده و بایستی با اعزام دوباره اکیپ، در این مناطق نقاط اضافی جدیدی برداشت شده و به نقشه اضافه گردند. در مورد مناطق با شیب بسیار زیاد مانند ترانشه ها (پرتگاهها) بایستی نقاط برداشت شده در بالا و پایین ترانشه بصورت مستقل از هم مثلث بندی گردند تا نتایج حاصله دچار اشتباه نگردد. این مسئله بایستی در مثلث بندی نقاط دو طرف راهها و آبریزها (بریک لاینها) نیز مورد توجه قرار گیرد.

## ث - انترپلاسیون نقاط ارتفاعی و ترسیم نقشه

مفهوم ریاضی انترپلاسیون یعنی میانه یابی یا واسطه یابی خطی بین دو نقطه با مختصات معلوم. چون در ترسیم منحنی های میزان نقاط دارای ارتفاعات یکسان و دارای ارتفاع با مضارب روند (نیم متری، یک متری یا دومتری و...) به یکدیگر متصل می گردند. به منظور استخراج نقاط دارای ارتفاع روند بین دو نقطه با ارتفاع مختلف و اعشاری عموماً از روش انترپلاسیون استفاده می گردد. در این روش سوال این است که، با داشتن دو نقطه  $A, B$  به فاصله  $L$  از یکدیگر با ارتفاعات  $HA, HB$  به چه نحوی می توان محل نقطه دیگری را با ارتفاع  $HC$  تعیین کرد بنحویکه دارای ارتفاع مشخص باشد. مطابق شکل ذیل میتوان نوشت:

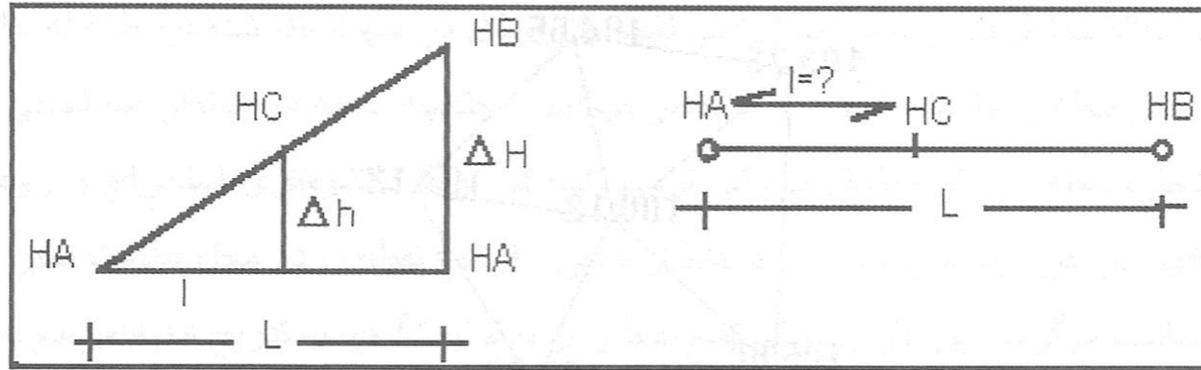


$$\frac{l}{L} = \frac{\Delta h}{\Delta H} \Rightarrow l = \frac{L \times \Delta h}{\Delta H} = \frac{L \cdot (HC - HA)}{(HB - HA)}$$



$$\frac{l}{L} = \frac{\Delta h}{\Delta H} \Rightarrow l = \frac{L \times \Delta h}{\Delta H} = \frac{L \cdot (HC - HA)}{(HB - HA)}$$

در رابطه فوق مقادیر  $HA$ ,  $HB$ ,  $L$  از نقشه مثلث بندی شده بروش فوق و با مقیاس مربوطه قابل استخراج و اندازه گیری است. ترسیم کننده با معرفی ارتفاع  $HC$  روند مورد نظر، بین دو نقطه  $A, B$  مقدار  $l$  (فاصله نقطه  $C$  تا نقطه با ارتفاع پایین) را محاسبه کرده و سپس با استفاده از خط کش یا اشل مقدار آن روی خط  $AB$  جدا میکند و نهایتاً ارتفاع  $HC$  را روی آن یادداشت می کند.



مثال ۱- در شکل بالا اگر  $HA=101.72$  ,  $HB=104.16$  مترو فاصله بین نقاط  $\Delta h$  سانتیمتر باشد،  
نقطه ارتفاعی  $103$  متر در چه فاصله ای از نقطه A قرار میگیرد؟

$$l_{103} = \frac{5cm \times (103 - 101.72)}{(104.16 - 101.72)} = 2.62cm$$

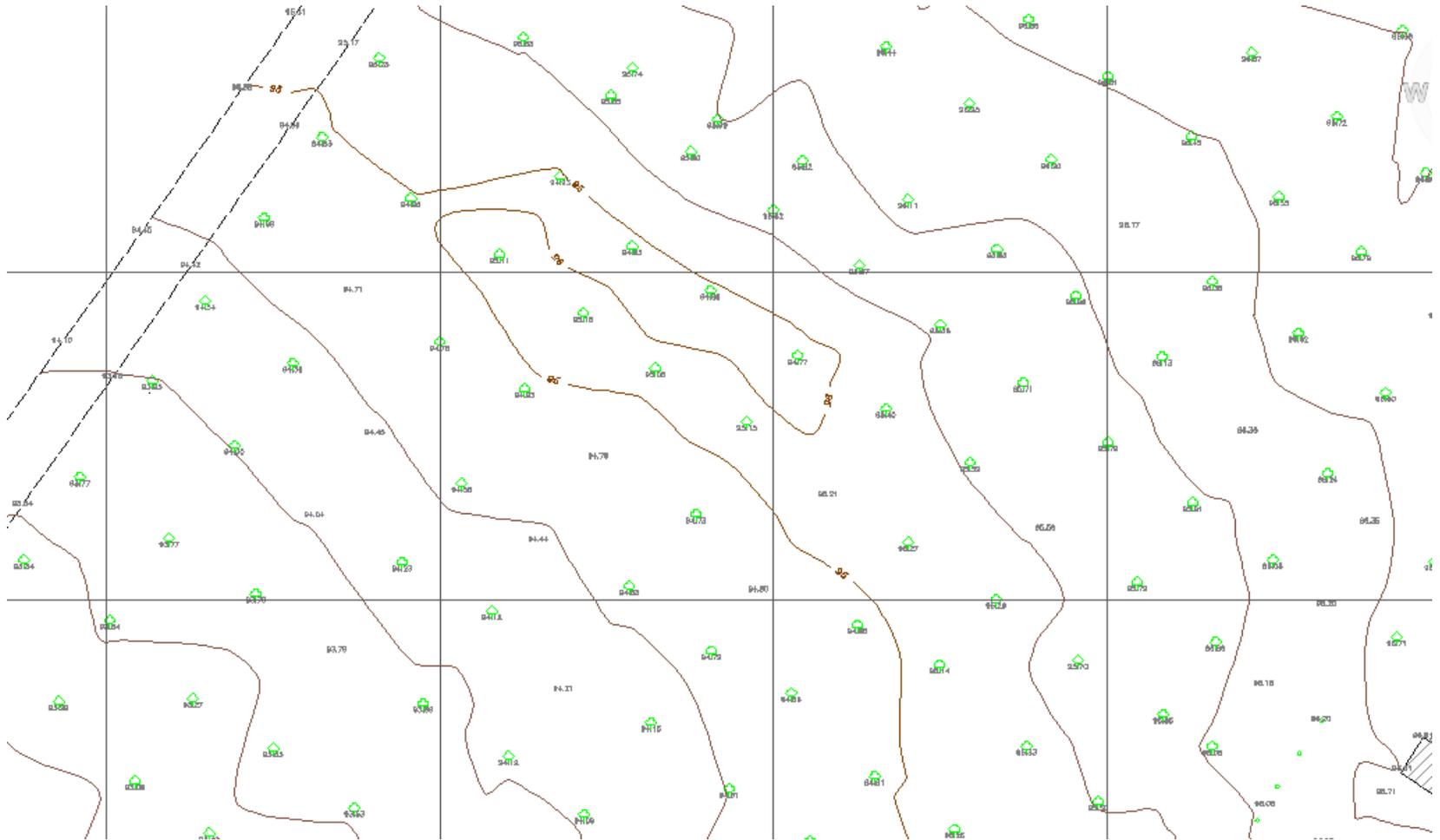
بدین ترتیب نقطه ای به فاصله  $2,62$  سانتیمتر از نقطه اول دارای ارتفاع  $103$  می باشد.

منظور تعیین محل ارتفاعات مورد نظر برای بقیه نقاط میتوان به روش مشابه عمل کرده و محل نقاط را با ارتفاعات روند روی کلیه اضلاع مثلثهای ترسیم شده، نشانه گذاری کرده و یادداشت نمائیم. پس از این مرحله کلیه نقاط میانه یابی شده و دارای ارتفاع یکسان را به یکدیگر متصل میکند و بدین ترتیب با ادامه اتصال این نقاط منحنی میزان با ارتفاع مورد نظر ترسیم میگردد. ترسیم منحنی های میزان فرعی و اصلی بترتیب با قلمهای ۰,۱ و ۰,۳ (یا ۰,۲ و ۰,۴) میلیمتر و عوارض مسطحاتی نقشه های توپوگرافی معمولاً با قلم ۰,۲-۰,۳ میلیمتر صورت میگیرد.

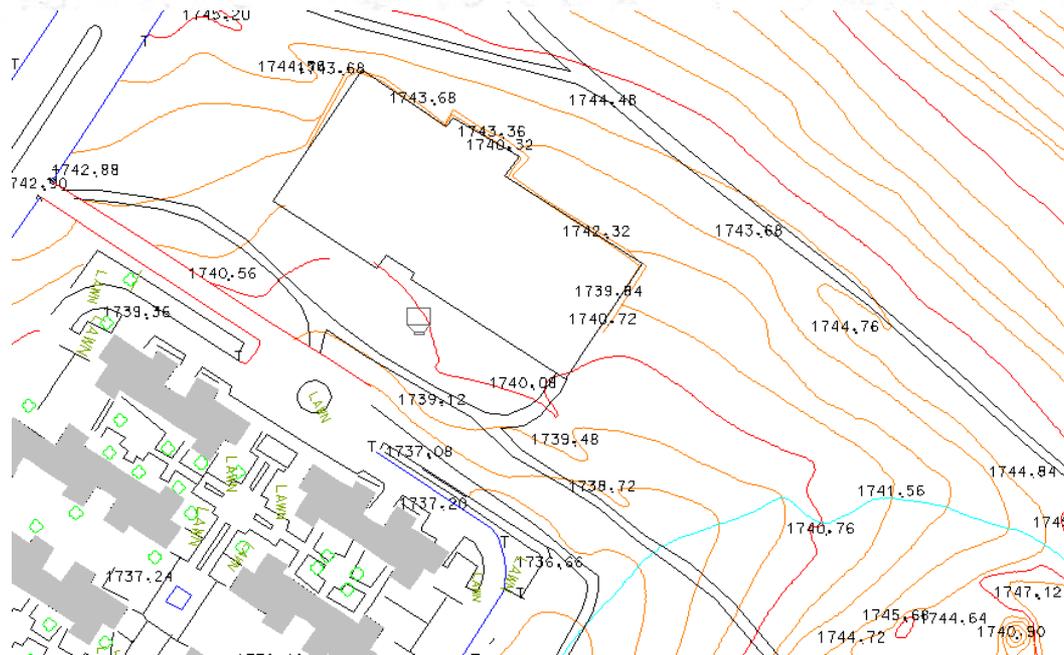
معمولاً از هر پنج منحنی با رقوم متوالی در یک نقشه توپوگرافی منحنی که دارای مضارب صحیحی از پنج باشد به عنوان منحنی اصلی (متروس) انتخاب کرده و با قلم ضخیم تری ترسیم می کنند. ضمناً رقوم ارتفاعی منحنی های میزان را صرفاً روی منحنی اصلی و با فواصل مناسب و در جهت مناسب برای قرائت استفاده کننده یادداشت می کنند لذا در منحنی های فرعی نیازی به قید رقوم ارتفاعی نیست.

## خواص منحنی میزان:

- ۱- خطوط استاندارد بسته می باشند و محدود نمی شوند مگر اینکه ابعاد کاغذ محدود باشد.
  - ۲- هیچ گاه یکدیگر را قطع نمی کنند.
  - ۳- فاصله منحنی میزانها نشاندهنده شیب منطقه است. هرچه این فاصله کمتر باشد، شیب منطقه بیشتر است.
  - ۴- برای نمایش سطح طبیعی زمین استفاده می شود.
- منحنی میزانها به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم می شوند. بعد از چهار منحنی میزان فرعی یک منحنی اصلی قرار میگیرد که از نظر قطر و رنگ متفاوت است و تنها روی این منحنی ارتفاع نوشته می شود.



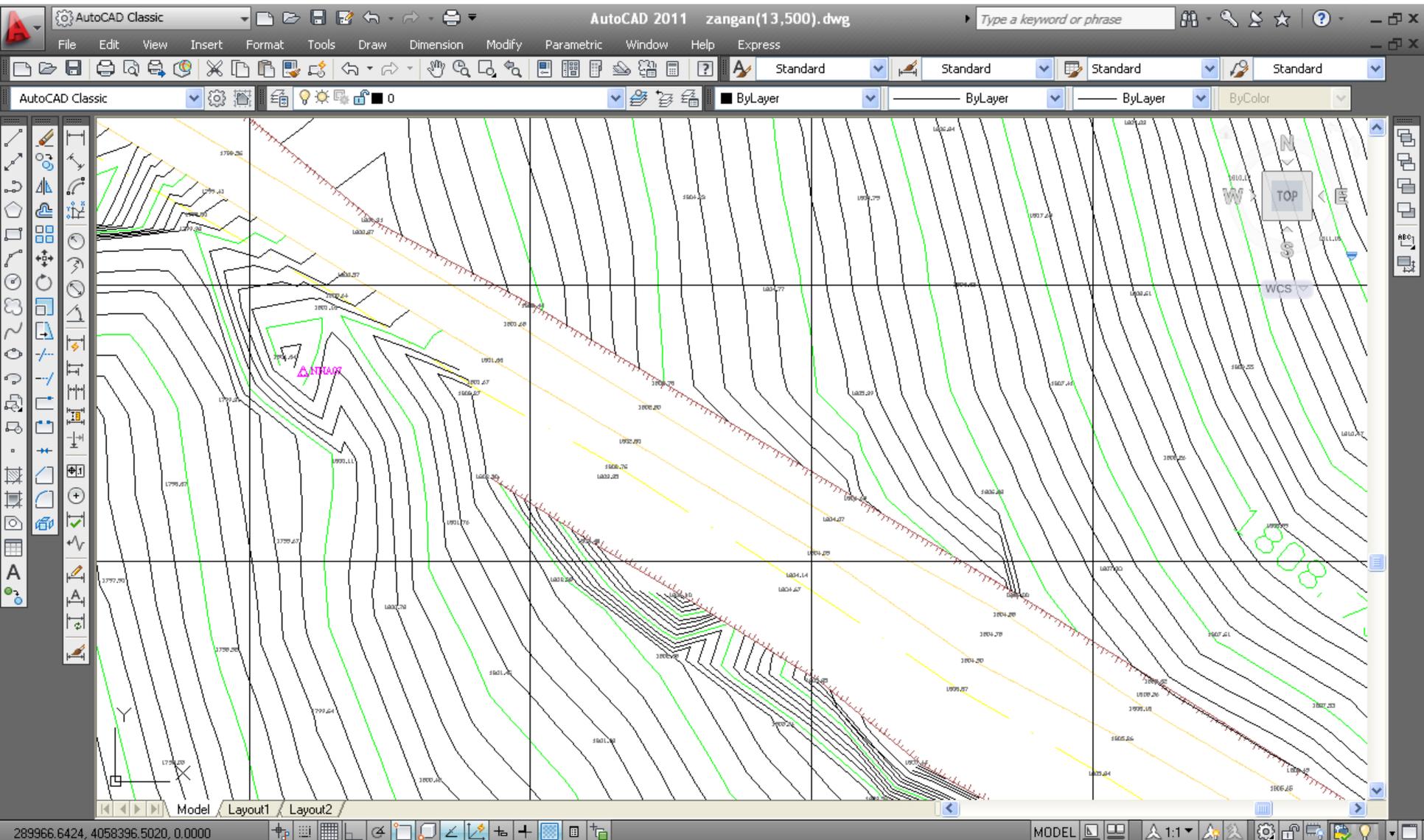
معمولاً جهت امکان بهره برداری بهتر از نقشه، لازم است تعدادی از کدهای ارتفاعی بکار رفته در ترسیم منحنی میزان را انتخاب مستقیماً بر روی نقشه با شابلن انتقال داد به چنین نقشه های، نقشه پلان کد اطلاق میکنند. این تعداد برای دشت ۱۰۰٪، برای تپه ماهور ۵۰٪ و برای کوهستان ۳۰٪ از نقاط میباشد. کلیه رقوم ارتفاعی نقشه در جهت شمال و با قلم ۰,۲ میلیمتر بایستی با شابلن نوشته شوند. در مناطقی که تغییرات توپوگرافی زمین محسوس نباشد ( نظیر دشتها) عموماً به خاطر اختلاف ارتفاع ناچیز منطقه امکان ترسیم منحنی میزان میسر نبوده و در این حال برداشت نقاط از طریق شبکه بندی و ترسیم نقشه بدون منحنی میزان و صرفاً با درج کدهای ارتفاعی برداشت شده خواهد بود.



منحنی میزان از روی عوارض مسطحاتی نظیر ساختمان و راه و... رد نمیشود و هیچوقت یکدیگر را قطع نمیکنند و لذا شاخه شاخه نمیشوند. منحنی های میزان دارای لبه های تیز نیستند و یکدیگر را قطع نمیکنند. منحنی های میزان در نهایت منحنی های بسته ای را تشکیل می دهند البته احتمال دارد که در تهیه نقشه در یک منطقه کوچک منحنی های بازی نیز وجود داشته باشد لکن در کل منطقه و نهایتاً خارج از نقشه منحنی ها بسته میشوند. ضمناً در یک نقشه ممکن است چند منحنی با ارتفاع یکسان در مناطق مختلف نقشه وجود داشته باشند بدون اینکه به یکدیگر متصل شوند، به عبارت دیگر در یک نقشه طبیعی است که نقاطی با ارتفاع یکسان در مناطق مختلف وجود داشته باشند. در مناطق خاص نظیر پرتگاه ها و ترانشه ها که نقاط بالا و پایین فاصله افقی کم و اختلاف ارتفاع زیاد دارند عملاً امکان ترسیم منحنی میزان ارتفاعات بین این دو نقطه میسر نمیگردد چون فشردگی منحنی های میزان به نحوی است که خطوط منحنی ها تقریباً بر هم مماس می گردند، در این حال مطابق شکل ذیل از علامت خاص ترانشه به جای زدن منحنی میزان بین دو نقطه استفاده میگردد.

|        |        |        |
|--------|--------|--------|
| ۹۷,++  | ۹۸,++  | ۹۹,++  |
| -----  |        |        |
| ۱۱۰,++ | ۱۱۲,++ | ۱۱۱,++ |

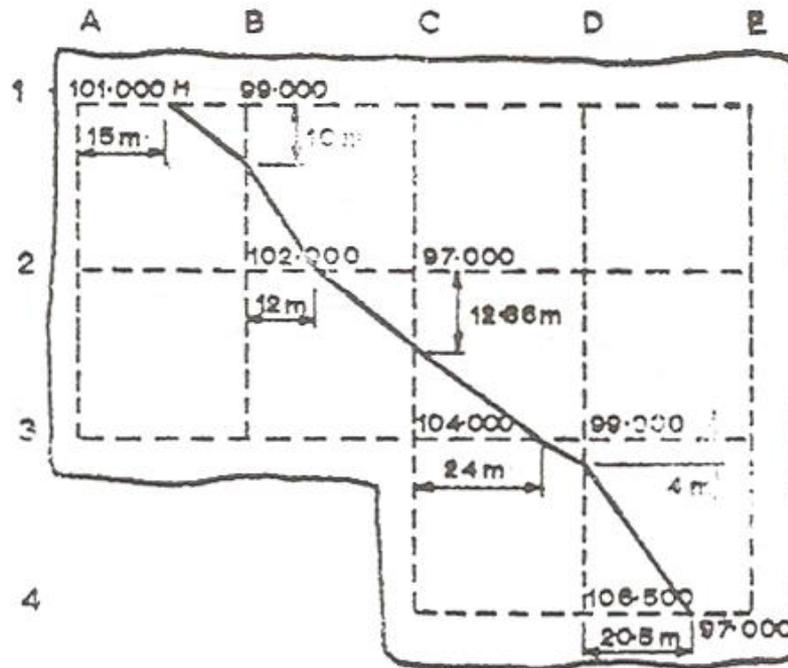
# مراحل ترسیم نقشه های توپوگرافی

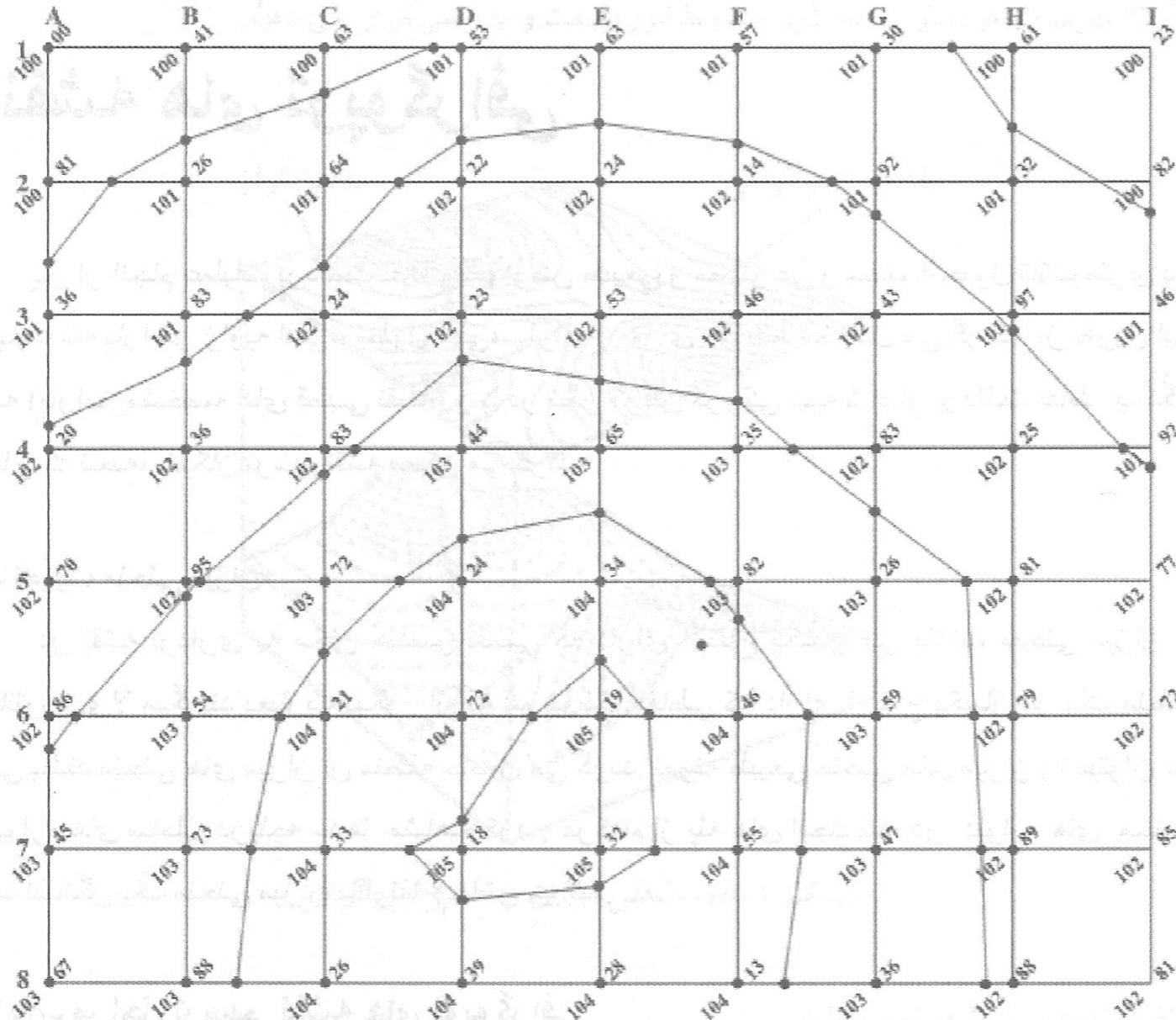


یکی از روش های تعیین وضعیت ارتفاعی یک منطقه و ترسیم نقشه توپوگرافی از آن، شبکه بندی می باشد.

در این روش اولین قدم ایجاد یک شبکه قائم الزاویه بفواصل مساوی در منطقه از طریق تنودولیت و مترکشی (یا طولیاب) و میخکوبی (یا بتون گذاری) نقاط تقاطع شبکه فوق میباشد. در این صورت عملاً "امکان تعریف سیستم مختصات دکارتی برای تمام نقاط شبکه میسر میشود. به منظور تعیین ارتفاع نقاط این شبکه معمولاً" از روش ترازیابی هندسی بطور مستقل و با دقت میلیمتر استفاده میشود و تمام نقاط نسبت به نقطه مشخص یا دلخواه با ارتفاع معلوم ترازیابی شده و در نتیجه دارای ارتفاع میگردند. بدیهی است دقت ارتفاعی و مسطحاتی این روش به مراتب بهتر از روشهای دیگر خواهد بود.

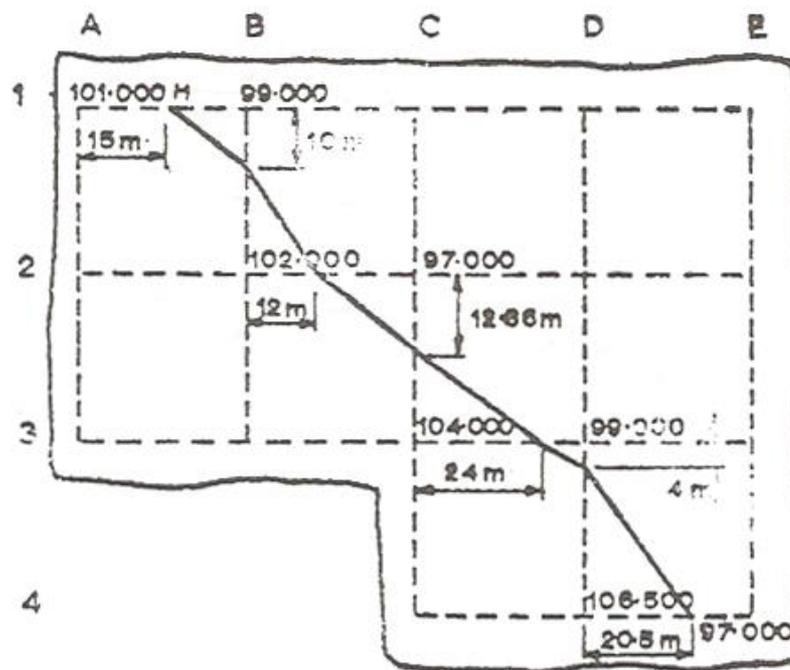
برای ترسیم نقشه ابتدا شبکه قائم الزاویه برداشت شده را ترسیم نموده و سپس ارتفاعات نقاط شبکه را بترتیب در نقاط تقاطع آنها یادداشت میکنیم. برای نام گذاری نقاط شبکه ابتدا " یک شماره گذاری حرفی (لاتین) در جهت طولی و یک شماره گذاری عددی در جهت عرضی انجام میگیرد بدین ترتیب هر نقطه از شبکه با یک حرف و عدد مشخص میشود. بطور مثال نقطه ای با شماره **B3** نشانگر موقعیت نقطه ای در ردیف سوم و ستون دوم شبکه میباشد. از این روش امکان تهیه نقشه های با مقیاس  $1/200$  و منحنی تراز تا  $0,25$  سانتیمتر میسر میباشد.





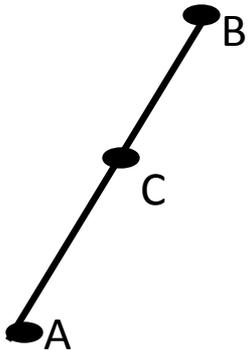
# فواصل نقاط شبکه بندی نسبت به مقیاس و فاصله ارتفاعی منحنی میزان ها

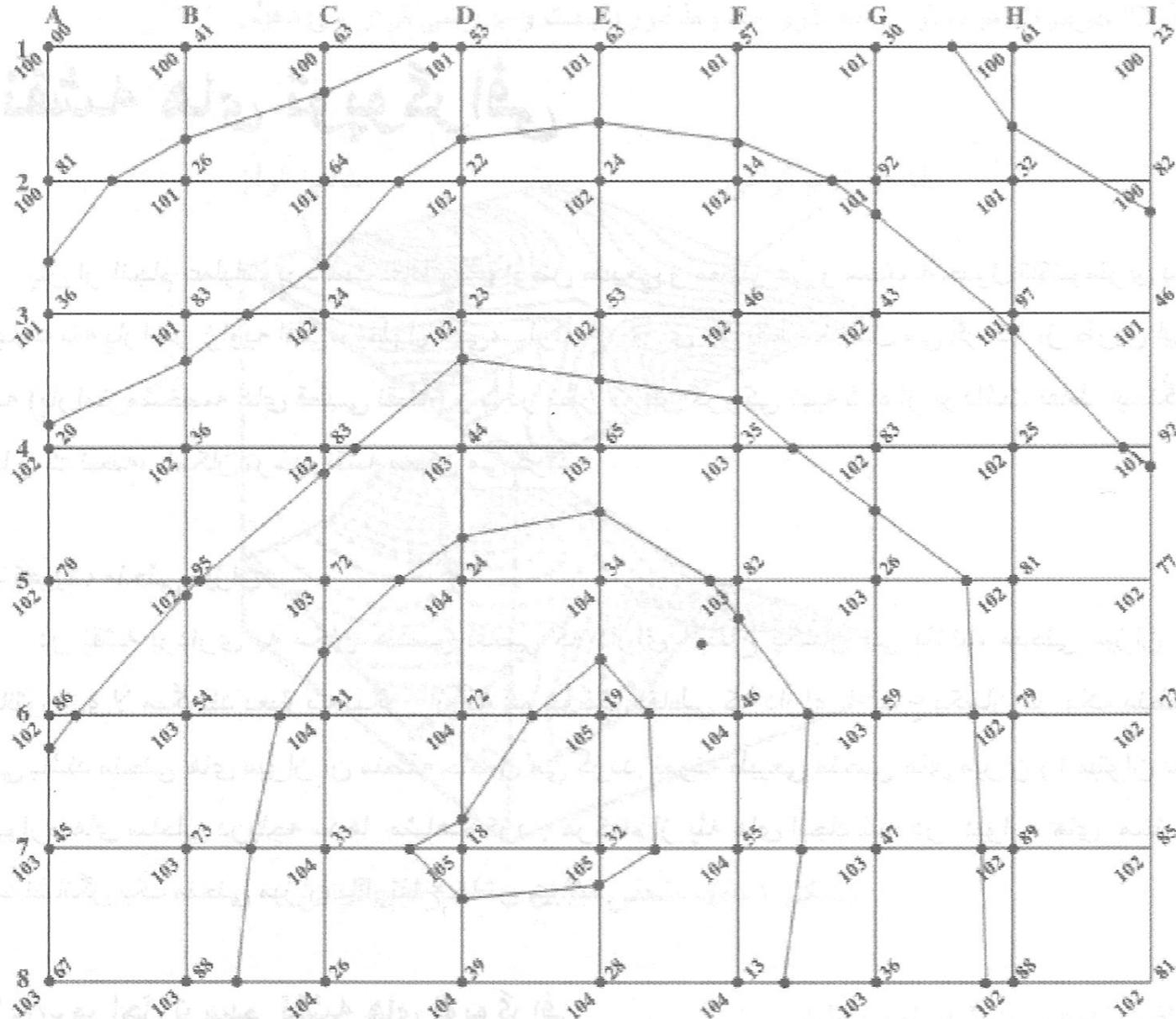
| مقیاس  | ۱:۱ | ۱:۲۰ | ۱:۵۰ | ۱:۱۰۰ | ۱:۲۰۰ | ۱:۵۰۰ |
|--------|-----|------|------|-------|-------|-------|
| ۱:۵۰۰  |     |      |      | ۱,۰   | ۱,۲۵  |       |
| ۱:۱۰۰۰ |     | ۱,۰  |      | ۱,۲۵  |       |       |
| ۱:۲۰۰۰ | ۱   | ۱,۰  |      |       |       |       |
| ۱:۵۰۰۰ | ۱   | ۱,۰  |      |       |       |       |



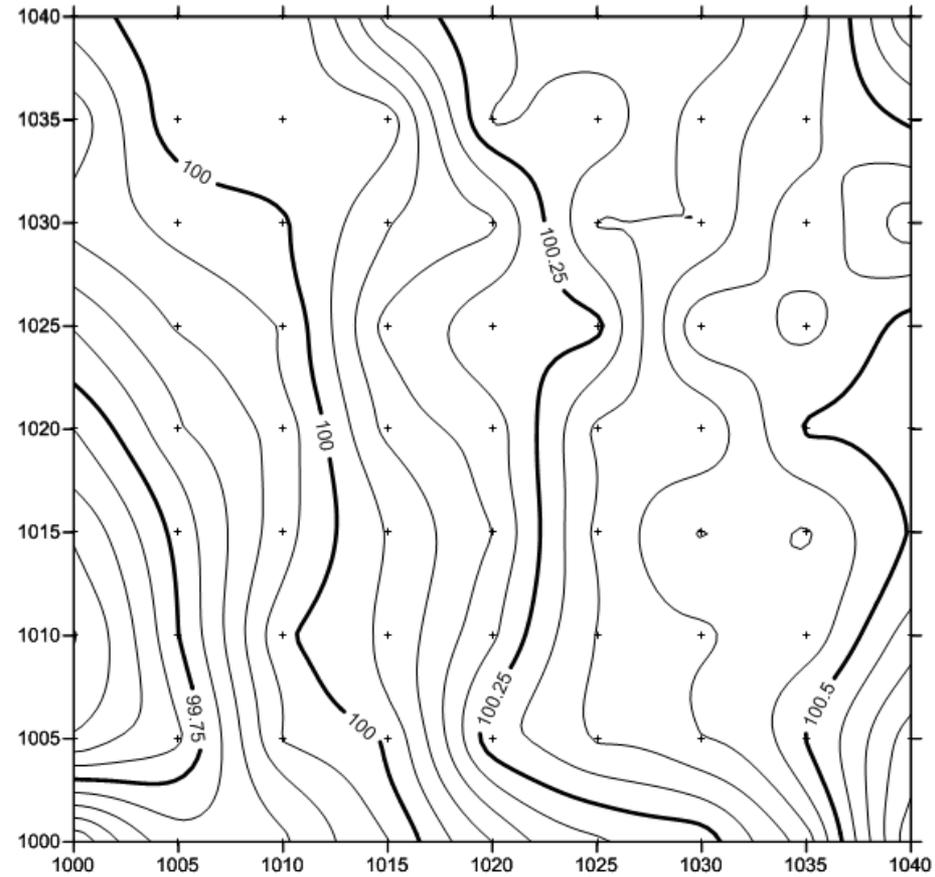
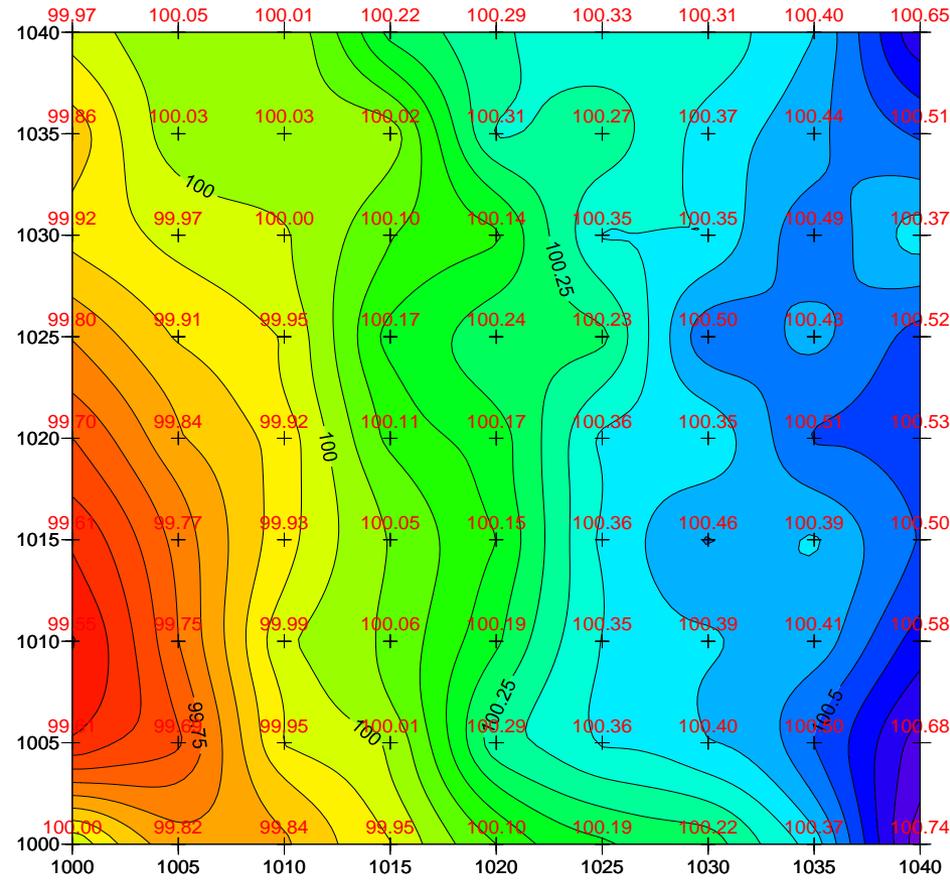
- ترسیم منحنی میزان:
- ۱- پیاده سازی نقاط
  - ۲- محاسبات درون یابی:
  - ۳- اتصال نقاط هم ارتفاع
  - ۴- هموار نمودن منحنی ها
  - ۵- درج عدد ارتفاعی منحنی ها (منحنی های اصلی)
- ایجاد مثلث بین هر ۳ نقطه ی مجاور
- محاسبه ی فرمول صفحه های ۳ بعدی

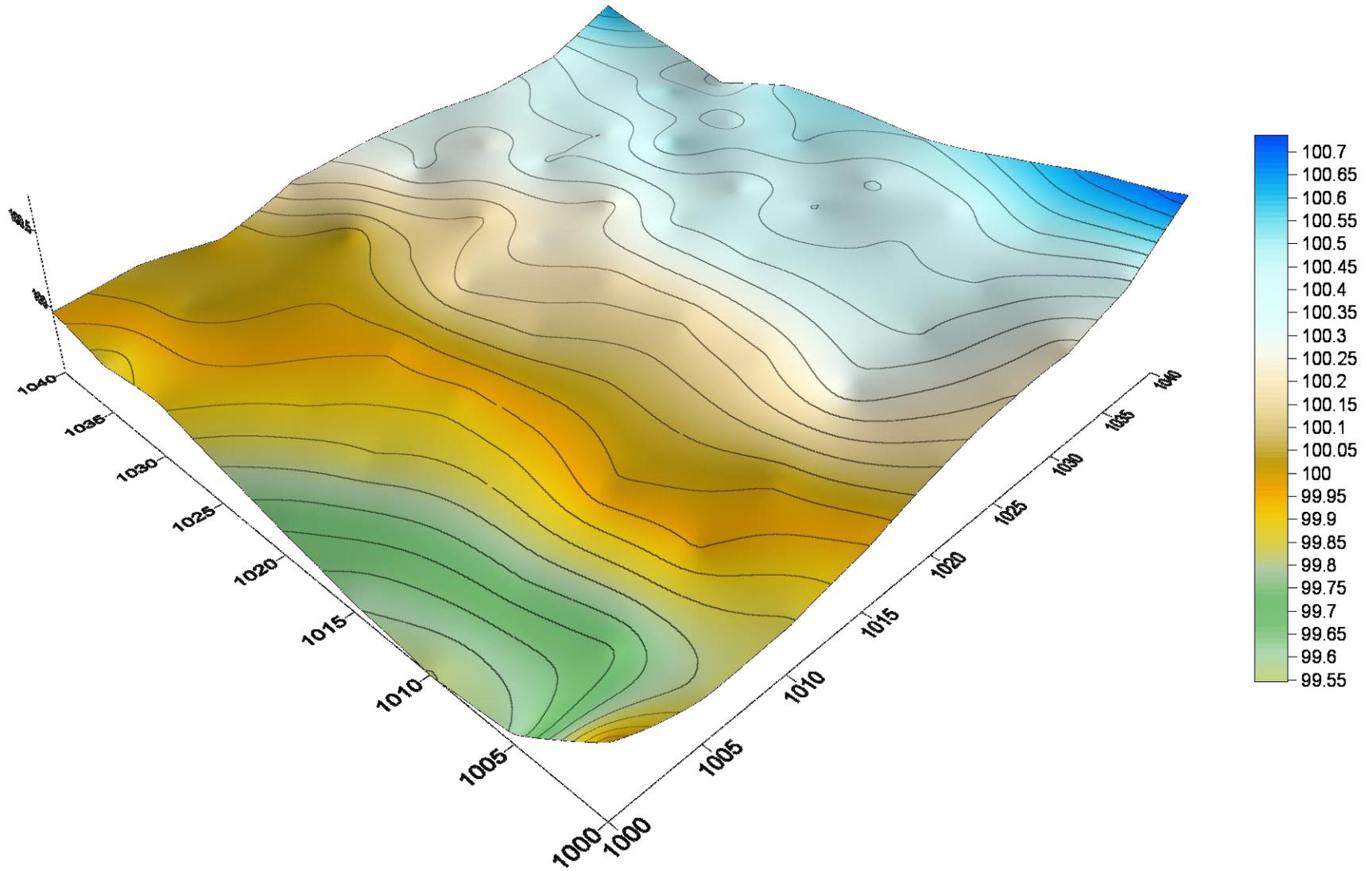
درون یابی: اگر نقطه ای که ارتفاع آن را قرار است مشخص کنیم بین نقاط معلوم A و B باشد.





# روش شبکه بندی برای تهیه نقشه توپوگرافی



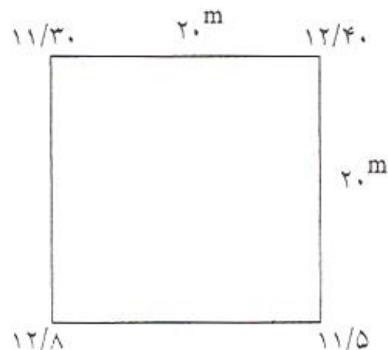


در صورت تعریف یک سطح پروژه با ارتفاع معلوم میتوان با کسر ارتفاع تمام نقاط شبکه از ارتفاع فوق، اختلاف ارتفاع هر نقطه را تعیین کرده و در نتیجه مقدار خاکبرداری یا خاکریزی هر نقطه را بدقت تعیین کرد. در این حال با محاسبه و یادداشت اختلاف ارتفاع میانگین هر بلوک در داخل آن و نهایتاً تعیین میانگین کل اختلاف ارتفاع بلوکها میتوان نسبت به تعیین حجم عملیات خاکی از طریق روابط ذیل در کل شبکه اقدام کرد. در رابطه ذیل  $A$  نشانگر سطح مقطع یک بلوک از شبکه بر حسب مترمربع و  $V$  حجم تقریبی کل عملیات خاکی را مشخص میکند.

$$V = \bar{h} \times A$$

در رابطه بالا  $h$  میانگین اختلاف ارتفاعات رئوس هر بلوک با ارتفاع تسطیح و  $A$  مساحت هر بلوک می باشد. نهایتاً با جمع حجم عملیات خاکی بلوک ها با یکدیگر، حجم عملیات خاکی کل منطقه شبکه بندی شده بدست می آید.

مثال ۱: قطعه زمینی به شکل مربع  $20 \times 20$  متر، مطابق شکل زیر بایستی تسطیح شود. حجم خاکبرداری تا سطح ۱۱ متری چند متر مکعب است؟



۳۵۰ (۱)

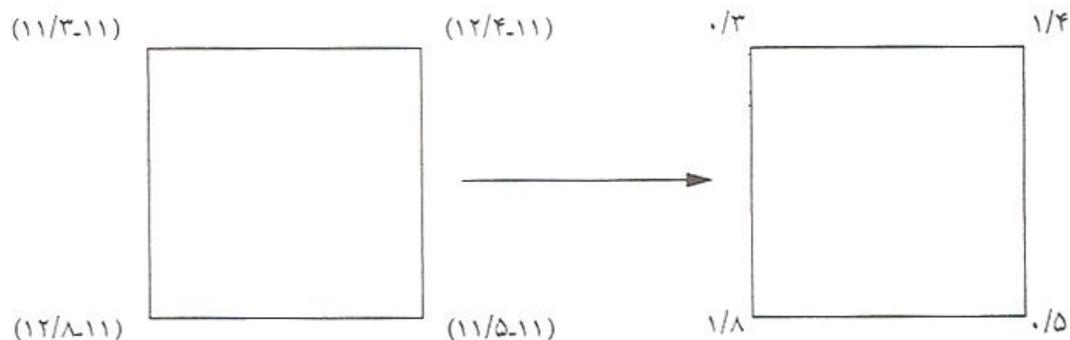
۴۰۰ (۲)

۴۳۲ (۳)

۴۸۰ (۴)

پاسخ:

گزینه ۲



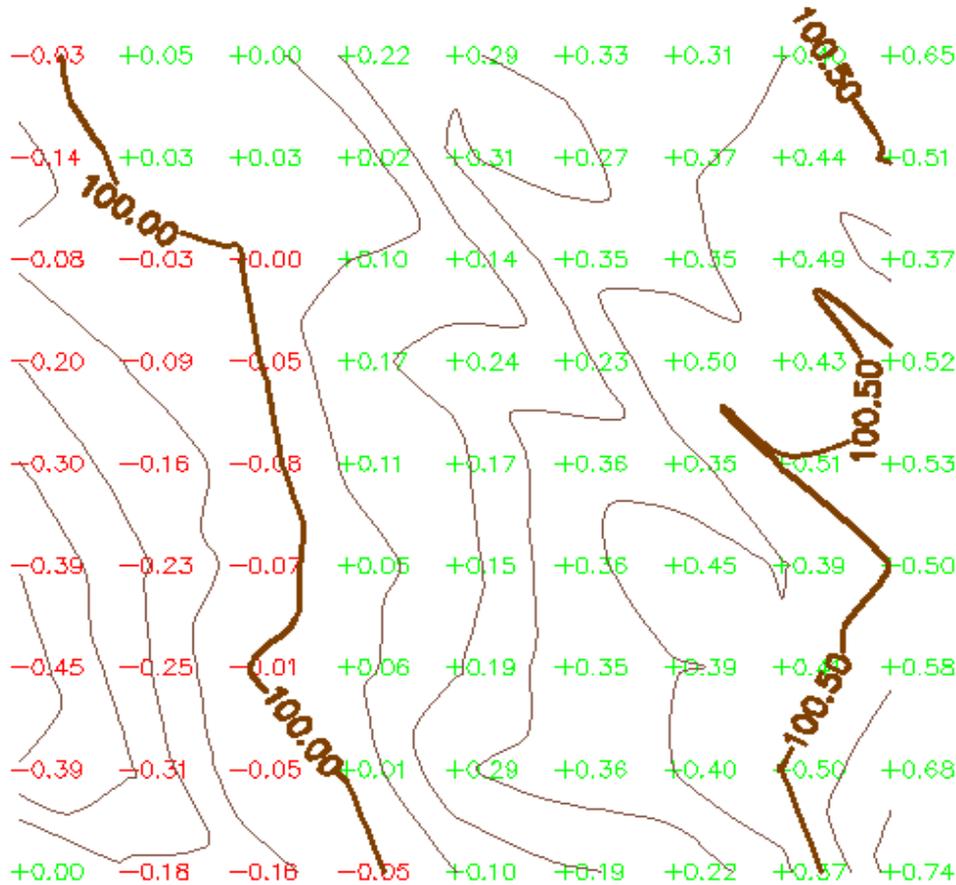
$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}$$

$$\bar{h} = \frac{0/3 + 1/4 + 0/5 + 1/8}{4} = 1\text{m}$$

$$V = A \cdot \bar{h}$$

$$V = (20 \times 20) \times 1 = 400 \text{ m}^3$$

تصور کنید کارفرما از شما خواسته است زمین مورد نظر را در ارتفاع مثلاً ۱۰۰ متر (مطابق شکل زیر) تسطیح کنید. باید ارتفاع خاکبرداری یا خاکریزی را بر روی تک تک میخهای محاسبه کرده و مطابق شکل زیر بر روی آنها در روی زمین و روی نقشه یاد داشت کنید.



## برداشت نقشه به وسیله دستگاه های دوربین توتال استیشن

واژه توتال استیشن به مجموعه سیستم الکترونیکی اطلاق میگردد که بدون نیاز به ملحقات جانبی بتواند عملیات اندازه گیری توام فاصله، اختلاف ارتفاع و زاویه را با دقت مناسب (در حد چند میلیمتر در کیلومتر طول) انجام داده و قابلیت اخذ اطلاعات ایستگاه نظیر ارتفاع ایستگاه، ارتفاع دستگاه، مختصات ایستگاه، دما و فشار هوا و... داشته و تصحیح درجه حرارت و فشار را بصورت اتوماتیک روی نتایج اعمال میکند. ضمناً تبدیل سیستم قطبی به دکارتی و بالعکس بر راحتی میسر میباشد. این سیستم با توجه به حافظه داخلی قابلیت ذخیره اطلاعات تا چندین هزار نقطه را در خود داشته و بر راحتی میتواند از طریق یک رابط ارتباط با کامپیوتر اطلاعات را جهت استفاده در نرم افزارهای مهندسی یا ترسیم نقشه تخلیه نماید.



۱. واحد اندازه گیری طول
۲. واحد اندازه گیری زاویه افقی و قائم
۳. واحد پردازنده
۴. بازتابنده های یک یا چند منشوری
۵. باتری
۶. کارتها یا دیسکتهای مخصوص برای ذخیره اطلاعات
۷. نرم افزار مختلف برای اجرای عملیات نقشه برداری
۸. کامپیوترهای صحرایی (برای ضبط اطلاعات و انجام محاسبات در صحرا)

# برداشت نقشه به وسیله دستگاه های دوربین توتال استیشن

اندازه گیری فاصله با ابداع و ساخت دستگاه های الکترونیکی دستخوش دگرگونی سریعی شده است، به ویژه امروزه که دقت، سرعت و کارایی این گونه دستگاهها بر کلیه روشهای دیگر پیشی گرفته و روز به روز بر وسعت، تولید، تنوع و کارایی آنها افزوده می شود.

## اصول کلی

از نظر کلی فاصله یاب الکترونیکی یک دستگاه مولد موج الکترومغناطیس (معمولاً از نوع مایکروویو - مادون قرمز و یا لیزر) با طول موجی بین ۱۰ سانتیمتر تا ۰/۶ میکرون است و از نظر اساس کار، اندازه گیری زمان رفت و برگشت موجی است که در یکی از دو انتهای خط، ایجاد و به سمت نقطه دیگر فرستاده می شود و در نقطه دوم منعکس شده به سمت نقطه اول بر می گردد.

با توجه به ثابت بودن سرعت انتشار امواج الکترومغناطیس در یک شرایط جوی معین فاصله بین دو نقطه از معادله زیر به دست می آید.

$$x = \frac{1}{2} V \cdot t$$

در این رابطه  $t$  زمان رفت و برگشت موج و  $V$  سرعت انتشار آن است. سرعت  $V$  برای هر موج در شرایط جوی مختلف (فشار - دما و رطوبت نسبی) متفاوت است. این سرعت طبق رابطه

$$V = \frac{c}{n}$$

به دست می آید که در آن  $n$  ضریب شکست هوا و  $c$  سرعت موج در خلأ است.



توتال استیشن ها مقادیر طول افقی، طول مایل، زاویه شیب، زاویه افقی،  $x$ ،  $y$  مختصات ایستگاهی که رصد می شود و اختلاف ارتفاع نقطه استقرار و نقطه نشانه روی را مستقیماً اندازه گیری کرده یا محاسبه می کنند. مقادیر اندازه گیری و محاسبه شده یا روی دیسکت مغناطیسی ضبط شده و یا در حافظه دستگاه ثبت می شود. بدین ترتیب نوشتن اطلاعات به هنگام عملیات زمینی ضروری نمی باشد و در نتیجه خطاهای قرائت، نوشتن و وارد کردن عملاً حذف می شود. اطلاعات ضبط شده در حافظه دستگاه مستقیماً به کامپیوتر تخلیه شده و با استفاده از نرم افزارهای موجود، محاسبات لازم انجام و ترسیمات به طور تمام اتوماتیک انجام می گیرد و بدین ترتیب اندازه گیری های زمینی تبدیل به نقشه های دیجیتالی می شود.

در دستگاه توتال استیشن هدف ارائه مختصات نقاط مورد نشانه روی می باشد به نحوی که براساس مدل ریاضی زیر، اگر مختصات نقاط استقرار را  $(X_A, Y_A)$  و مختصات نقطه نشانه روی را  $(X_B, Y_B)$  در نظر بگیریم در این صورت می توان نوشت:

$$\begin{cases} X_B = X_A + L_{AB} \sin G_{AB} \\ Y_B = Y_A + L_{AB} \cos G_{AB} \end{cases}$$

لیکن در این رابطه همانگونه که گفته شد طول  $AB$  از طریق طول یاب الکترونیکی بدست

## LEICA TPS800 Performance Series ...

### Three classes of accuracy

TPS800 total stations are available in angular accuracies of 2" (0.6mgon); 3" (1mgon) and 5" (1.5mgon). All models feature a minimum reading of 1".

### Fast start-up

Start your work quickly by setting a predefined start-up sequence, screen display and instrument settings.

### 10 000 measurements

The reliable internal memory of the TPS800 total stations can store 10 000 data blocks.

### The difference lies in the little button

Thanks to the trigger key mounted on the side of the instrument you do not lose sight of the target while measuring; this is particularly important when a lot of points need to be measured.

### Endless drives

Faster operation with no more awkward clamping and loosening due to the sliding clutch and endless loop drive.

### Laser plummet

Easy to centre over a set up point thanks to the laser plummet. The intensity of the laser point can be adjusted step-by-step to maintain visibility, even in critical lightning conditions. Eliminates the time consuming task of centering with an optical plummet.

### Electronic Guide Light

Practical alignment aids to speed up staking out. Helps the rodman to line up the reflector quickly and exactly on the line of sight.

### Dual distance measuring technologies

With the TCR range of instruments you can select between two measuring modes. Choose from visible laser for aiming and measuring to all surfaces, or infrared laser for precise measuring to prisms and tapes at the press of a button.

### Everything at a glance

The large high resolution display keeps you informed about all important aspects at a glance. With the alphanumeric keyboard you can enter numbers, letters and special characters as quickly and as easily as you are used to with your mobile phone.



# powerful

سوال ۲: با یک تئودولیت آنالاکتیک مستقر در ایستگاه A به شاخص مدرجی که در نقطه B بطور قائم نگهداشته شده است، نشانه روی شده است و قرائت‌های زیر انجام گرفته است. در صورتی که ارتفاع دوربین در نقطه A برابر 1.52 متر باشد، اختلاف قرائت تارهای رتیکول بالا و پایین روی شاخص چقدر خواهد بود؟ ( $K = 100$ )

| اختلاف ارتفاع | زاویه قائم      | تار پایین | تار وسط | تار بالا | نشانه روی |
|---------------|-----------------|-----------|---------|----------|-----------|
| -4.00         | $95^{\circ}30'$ | ؟         | 2120    | ؟        | B         |

سوال ۳: در روی یک نقشه توپوگرافی، منحنی‌های تراز به فاصله 2.5 متری ترسیم شده اند. حداقل فاصله افقی بین دو منحنی تراز متوالی برای تامین شیب هفت درصد چند متر است؟

سوال ۴: فاصله افقی دوربین تا کثومتر برابر  $150\text{ m}$  و زاویه قائم امتداد نشانه روی  $100$  گراد است. ارتفاع دوربین  $1500\text{ mm}$  و ارتفاع نقطه نشانه روی  $2.5\text{ m}$  می باشد. اختلاف ارتفاع محل میر نسبت به محل دوربین کدام است؟

سوال ۵: مسیری از منحنی میزان 110 به 120 متری منتهی می شود، در صورتی که طول مسیر روی نقشه با مقیاس  $\frac{1}{2000}$  برابر شصت میلی متر باشد شیب درصد آن چقدر است؟

سوال ۶: در یک عملیات تاکئومتری بین ایستگاه A و نقطه B به اختلاف ارتفاع 12.20 متر، اگر قرائت تار پایین روی میر 0452 میلیمتر و زاویه شیب  $10^{\circ}30'$  باشد، قرائت تار بالا و فاصله افقی بین دو نقطه برحسب متر کدام است؟ (تار وسط روی ارتفاع دستگاه قرار دارد)

سوال ۷: در روش استادیومتری از تئودولیت آنالاکتیکی استفاده نموده ایم. اگر قرائت تار وسط، زاویه قائم و ارتفاع دستگاه برای امتداد AB (استقرار تئودولیت در A و شاخص در B) به ترتیب 2050 میلیمتر،  $84^{\circ}15'$  و 1.56 متر و نیز اختلاف ارتفاع این دو نقطه 14.30 متر باشند فاصله افقی AB برحسب متر کدامند؟ ( $K=100$ )

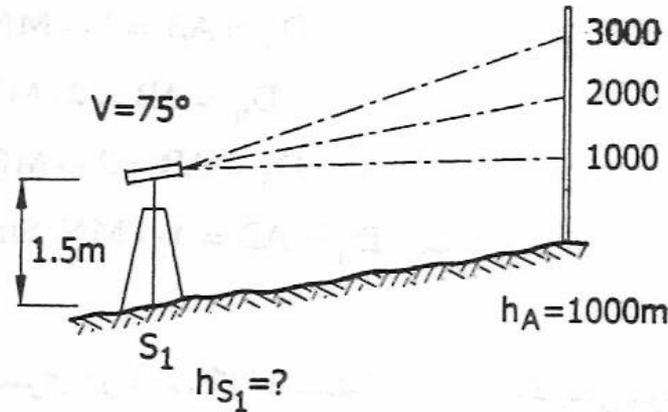
۱۳-۲ زمینی را طبق شکل ۱۳-۱۴ شبکه بندی و تراز یابی کردیم و ارتفاع هر یک از رئوس شبکه را به دست آوردیم. با روش درونیابی محل عبور خطوط تراز را به دست آورید و با روش مناسب به هم وصل کنید. ابعاد زمین  $120 \times 80$  متر، فواصل خطوط شبکه ۴۰ متر و مقیاس نقشه ۱/۱۰۰۰ است. فاصله تراز را یک متر انتخاب کنید.

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ۵۴/۵ | ۵۵/۳ | ۵۳/۵ | ۵۱/۷ |
| ۲۳/۸ | ۵۴/۶ | ۵۲/۸ | ۵۰/۵ |
| ۵۱/۷ | ۵۲/۹ | ۵۱/۴ | ۵۰/۰ |

شکل ۱۳-۱۴

۱۳. ارتفاع  $S_1$  در شکل مقابل چند متر است؟

(مسابقات علمی کارشناسی ناپیوسته عمران - تیرماه ۱۳۷۷)



۵۰/۵۰ (۱)

۴۹/۵۰ (۲)

۹۴۹/۵۰ (۳)

۹۵۰/۵۰ (۴)

۷. در شکل مقابل ارتفاع نقطه A برابر است با: (کارشناسی ناپیوسته مهندسی آبیاری - آزاد ۱۳۷۹)



۱۳۰۱ (۱)

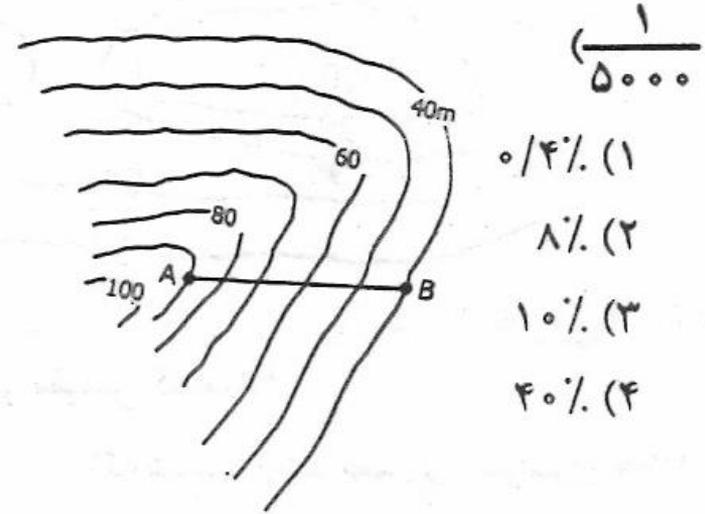
۱۳۰۰/۵ (۲)

۱۳۰۱/۲۵ (۳)

۱۳۰۲ (۴)

۸. در نقشه مقابل اگر  $AB = 2/5 \text{ cm}$  باشد، شیب متوسط  $AB$  چند درصد است؟ (مقیاس

(کارشناسی ناپیوسته مهندسی آبیاری - سراسری ۱۳۸۰)



۳۴. در نقشه توپوگرافی با مقیاس  $\frac{1}{5000}$  اگر متساوی البعد نقشه ۵ متر باشد و فاصله دو

منحنی میزان متوالی ۱ سانتیمتر باشد، شیب زمین چند درصد است؟

(مسابقات علمی کارشناسی ناپیوسته عمران - اردیبهشت ۱۳۸۰)

۱۰ (۴)

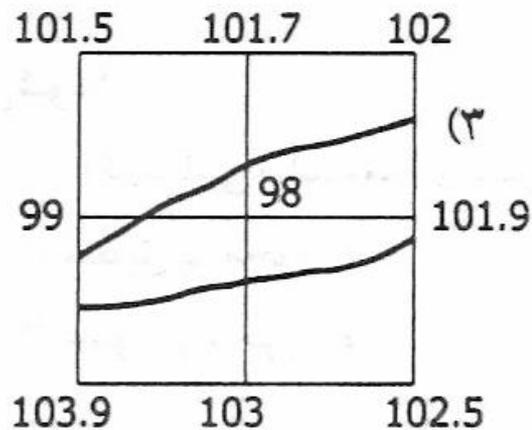
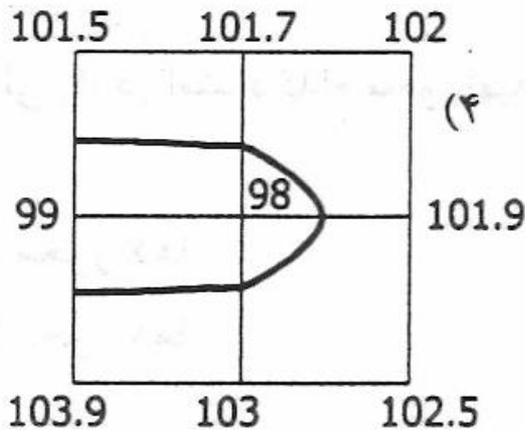
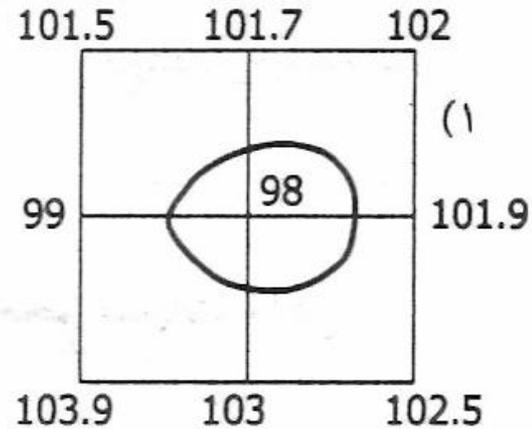
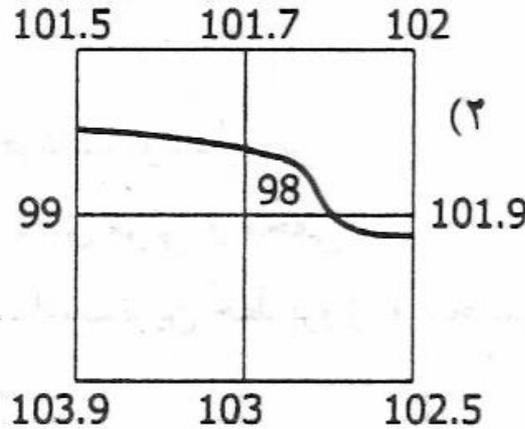
۵ (۳)

۲ (۲)

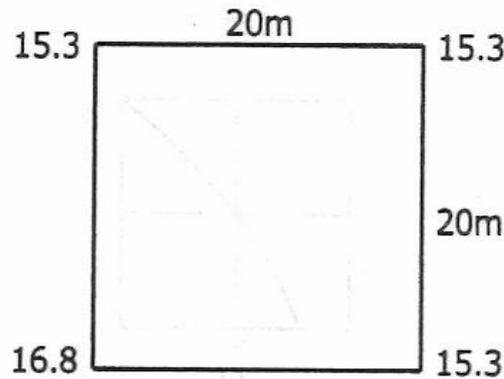
۱ (۱)

۹. منحنی تراز یکصد متری روی کدام شکل صحیح رسم شده است؟

(مسابقات علمی کارشناسی ناپیوسته عمران - اردیبهشت ۱۳۷۱)



۳۶. می خواهیم زمینی به شکل مربع را با ابعاد  $20 \times 20$  متر تسطیح نماییم. ارتفاع گوشه های زمین داده شده است. حجم خاکبرداری تا سطح  $15/3$  متری چند متر مکعب است؟  
(کارشناسی ناپیوسته مهندسی آبیاری - سراسری ۱۳۷۸)



- ۱۵۰ (۱)
- ۳۰۰ (۲)
- ۴۰۰ (۳)
- ۶۰۰ (۴)

۳۷. چهار نقطه با ارتفاع ۱۰۰ و ۹۵ و ۹۰ و ۹۱ متر رئوس مربعی به ضلع افقی ۱۰ متر روی زمین می باشند. می خواهیم داخل این زمین پس از خاکبرداری ارتفاع یکسان ۸۵ متری پیدا کند. حجم خاکبرداری چند متر مکعب است؟

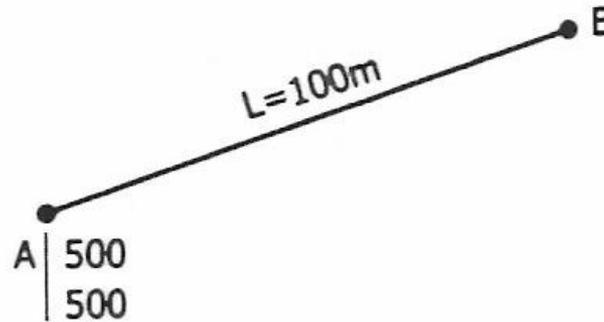
(کارشناسی ارشد عمران - سراسری ۱۳۷۶)

(کاردانی پیوسته نقشه برداری - سراسری ۱۳۷۸)

- ۹۰۰ (۱)
- ۹۹۰ (۲)
- ۱۰۰۰ (۳)
- ۱۹۰۰ (۴)

۳۰. در شکل روبرو اگر ژیزمان امتداد AB، ۳۰ درجه باشد مختصات نقطه B چقدر است؟

(کاردانی پیوسته نقشه برداری - آزاد ۱۳۷۹)



(۱)  $x = 575$  و  $y = 525$

(۲)  $x = 525$  و  $y = 575$

(۳)  $x = 586/5$  و  $y = 550$

(۴)  $x = 550$  و  $y = 586/6$

---

# پایان جلسه

## درس نقشه برداری ۲

### مثلث بندی

فرید اسماعیلی

Farid\_63@yahoo.com

[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

**سرفصلهای درس :**

الف- نثری (۲۲ ساعت)

۱- مقدمه: اصطلاحات و مفاهیم پایه، سیستم‌های مختصات در نقشه برداری، موقعیت نقطه و طول پایه.

۲- بررسی خطاها در زاویه‌یابی، تصحیح خطای سیستماتیک، روشهای مختلف اندازه‌گیری زاویه، زاویه‌یابی خارج از ایستگاه، خطای سانتراز.

۳- تعیین امتداد: پیمت، گرا، و روشهای تعیین آنها، توجیه

۴- تعیین مختصات نقاط کنترل:

- روش شعاعی و بررسی خطاها.
- روش پیمایش، کنترل اندازه‌گیری، محاسبه و سرشکنی خطاها، اشتباهات.
- مثلث‌بندی، طول پایه و تقویت آن، شکل‌های ساده، حل مثلث‌بندی.
- تقاطع و ترفیع

۵- تهیه نقشه توپوگرافی

- برداشت و نمایش جزئیات (تاکنومتری، کار با آلیاد و تخت سه‌پایه)، روشهای مختلف برداشت خطوط تراز و
- اشاره به DTM
- مساحت، افراز و تفکیک زمین.
- آشنایی با نرم‌افزارهای نقشه‌برداری.

ب- عملی (۶۸ ساعت)

۱- روشهای مختلف اندازه‌گیری زاویه (با رعایت خطاها)

۲- عملیات تعیین امتداد و توجیه

۳- اجرای پیمایش و تاکنومتری و استفاده از تخت سه‌پایه و آلیاد جهت تهیه نقشه توپوگرافی.

۴- تعیین مختصات نقاط کنترل از طریق مثلث‌بندی (شکل‌های ساده) تقاطع و ترفیع

۵- پاده کردن قسمت از یک نقشه، محاسبه مساحت و شونهای از افراز زمین

۳۱:۰۴

نقشه برداری ۲

تعداد واحد: ۳  
 نوع واحد: نظری و عملی  
 پیش‌نیاز: نقشه برداری ۱  
 هم‌نیاز: اتکرونیگ - لاسه‌یاب

هدف: آموزش نحوه تهیه نقشه با استفاده از روشها و وسایل نقشه برداری

سرفصلهای درس:

الف- نثری (۲۲ ساعت)

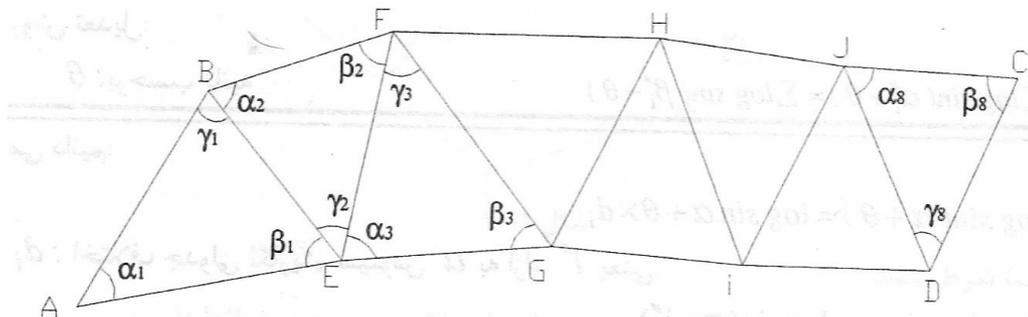
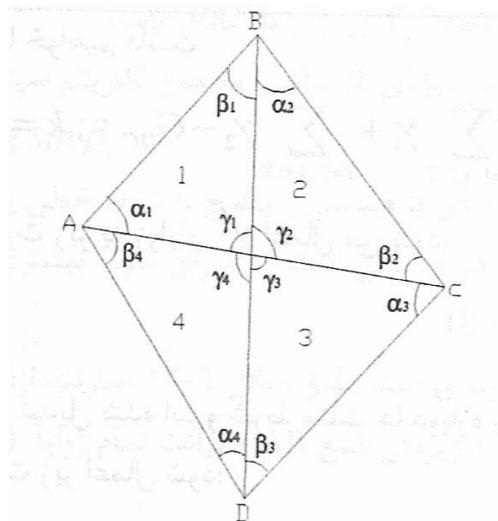
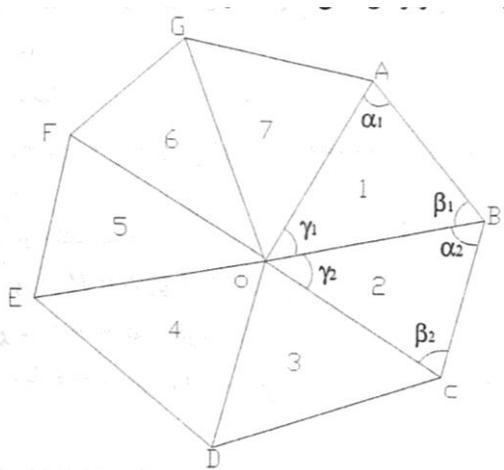
- ۱- مقدمه: اصطلاحات و مفاهیم پایه، سیستم‌های مختصات در نقشه برداری، موقعیت نقطه و طول پایه.
- ۲- بررسی خطاها در زاویه‌یابی، تصحیح خطای سیستماتیک، روشهای مختلف اندازه‌گیری زاویه، زاویه‌یابی خارج از ایستگاه، خطای سانتراز.
- ۳- تعیین امتداد: پیمت، گرا، و روشهای تعیین آنها، توجیه
- ۴- تعیین مختصات نقاط کنترل:
- روش شعاعی و بررسی خطاها.
  - روش پیمایش، کنترل اندازه‌گیری، محاسبه و سرشکنی خطاها، اشتباهات.
  - مثلث‌بندی، طول پایه و تقویت آن، شکل‌های ساده، حل مثلث‌بندی.
  - تقاطع و ترفیع
- ۵- تهیه نقشه توپوگرافی
- برداشت و نمایش جزئیات (تاکنومتری، کار با آلیاد و تخت سه‌پایه)، روشهای مختلف برداشت خطوط تراز و
  - اشاره به DTM
  - مساحت، افراز و تفکیک زمین.
  - آشنایی با نرم‌افزارهای نقشه‌برداری.

ب- عملی (۶۸ ساعت)

- ۱- روشهای مختلف اندازه‌گیری زاویه (با رعایت خطاها)
- ۲- عملیات تعیین امتداد و توجیه
- ۳- اجرای پیمایش و تاکنومتری و استفاده از تخت سه‌پایه و آلیاد جهت تهیه نقشه توپوگرافی.
- ۴- تعیین مختصات نقاط کنترل از طریق مثلث‌بندی (شکل‌های ساده) تقاطع و ترفیع
- ۵- پاده کردن قسمت از یک نقشه، محاسبه مساحت و شونهای از افراز زمین

مثلث بندی روش دیگری جهت تعیین مختصات مسطحاتی نقاط کانوای نقشه برداری می باشد. با توجه به کنترلی که روی زوایا هر مثلث، شرط شکل (ژیزمان) و شرط ضلعی مثلث بندی می توان داشت، در نتیجه می توان گفت دقت مثلث بندی بیشتر از دقت پیمایش می باشد. مثلث بندی به طرق زیر قابل انجام است:

- چند ضلعی با نقطه مرکزی
- چهار ضلعی با دو قطر
- مثلث بندی زنجیره ای



- (۱) در مواردی که به دلیل ناهمواری منطقه کار و یا دور بودن نقاط، اندازه‌گیری فاصله‌ها مشکل است و در ضمن مسافت‌یاب الکترونیکی هم در اختیار نیست.
  - (۲) هنگامی که منطقه عملیات به قدری بزرگ باشد که افزایش تعداد نقاط شبکه پیمایش باعث ازدیاد خطا و در نتیجه کم شدن دقت کار شود.
  - (۳) وقتی که نیاز به تعیین و استفاده دائمی از نقاط کنترل برای انجام پروژه‌های بزرگ و حساس مثل ساختمان پل، تونل، سد، بزرگ‌راه و مانند آن ضروری باشد.
- لازم به یادآوری است که اصولاً هزینه انجام مثلث‌بندی بیش از پیمایش است و به‌علاوه در اراضی جنگلی به دلیل محدودیت دید، این روش کارایی ندارد. بنابراین در غیر موارد سه‌گانه فوق می‌توان به عنوان یک روش کارساز و مؤثر از پیمایش استفاده کرد.

الف- شناسایی و ساختمان نقاط (در نقاط مرتفع انتخاب شده و زوایای مثلث ها بین  $30^\circ < x < 150^\circ$  باشد)

ب- اندازه گیری طول مبنا

پ- اندازه گیری آزیموت یکی از اضلاع (یا در صورت معلوم بودن مختصات A, B ژیزمان توسط مختصات محاسبه شود)

ت- اندازه گیری زوایا در مثلث بندی

◀ درجه یک: زوایا  $16 \approx 8$  کوپل قرائت شود.

◀ درجه دو: زوایا  $8 \approx 4$  کوپل قرائت شود.

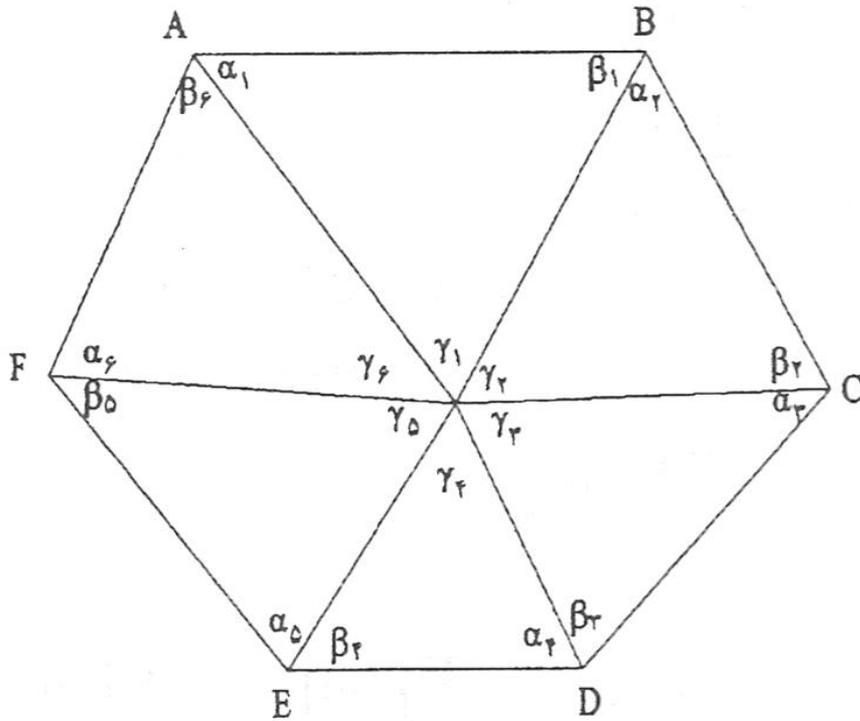
◀ درجه سه: زوایا  $4 \approx 2$  کوپل قرائت شود.

ث- محاسبات

◀ شرط مجموع زاویه ها در هر مثلث

◀ شرط شکل (ژیزمان)

◀ شرط ضلعی



(۱) شرط مجموع زاویه‌ها در هر مثلث

در هر مثلث جمع زاویه‌ها باید  $180^\circ$  درجه باشد. یعنی:

$$\alpha_i + \beta_i + \gamma_i = 180^\circ \quad (1-16)$$

(۲) شرط شکل

جمع زاویه‌های حول نقطه مرکزی باید  $360^\circ$  درجه باشد. یعنی:

$$\sum \gamma_i = 360^\circ \quad (2-16)$$

شرط دور افق

(۳) شرط ضلعی

اگر AB را ضلع مبنا فرض کنیم با توجه به شکل ۱۶-۲ می‌توانیم بنویسیم.

$$\frac{OA}{\sin \beta_1} = \frac{OB}{\sin \alpha_1}$$

$$\frac{OB}{\sin \beta_2} = \frac{OC}{\sin \alpha_2}$$

$$\frac{OC}{\sin \beta_3} = \frac{OD}{\sin \alpha_3}$$

$$\frac{OD}{\sin \beta_4} = \frac{OE}{\sin \alpha_4}$$

$$\frac{OE}{\sin \beta_5} = \frac{OF}{\sin \alpha_5}$$

$$\frac{OF}{\sin \beta_6} = \frac{OA}{\sin \alpha_6}$$

(۳-۱۶)

اگر تمام عوامل هر یک از دو طرف روابط ۱۶-۳ را در هم ضرب و عوامل مساوی را از دو طرف حذف کنیم، خواهیم داشت.

$$\prod_{i=1}^n \sin \beta_i = \prod_{i=1}^n \sin \alpha_i \Rightarrow \sum_{i=1}^n \log \sin \beta_i = \sum_{i=1}^n \log \sin \alpha_i$$

$$\frac{\sin \alpha_1 \times \sin \alpha_2 \times \sin \alpha_3 \times \dots \times \sin \alpha_n}{\sin \beta_1 \times \sin \beta_2 \times \sin \beta_3 \times \dots \times \sin \beta_n} = 1$$

الف) سرشکنی خطای بست در هر مثلث

فرض می کنیم:

$$\alpha_i + \beta_i + \gamma_i = 180^\circ + d_i \quad (16-6)$$

$d_i$  را خطای بست مثلث  $i$  می نامیم. اگر این خطا از حد مجاز، جدول ۱۶-۴ بیشتر نباشد، به هر یک از زاویه ها تعدیلی برابر  $1/3$  خطای بست وارد می شود.

جدول ۱۶-۱

| درجه ۴ | درجه ۳ | درجه ۲ | درجه ۱ | درجه مثلث بندی             |
|--------|--------|--------|--------|----------------------------|
| ۴۵     | ۳۰     | ۱۵     | ۷      | خطای بست (ثانیه صد قسمتی)  |
| ۱۵     | ۱۰     | ۵      | ۲      | خطای بست (ثانیه شصت قسمتی) |

$$\alpha'_i = \alpha_i - \frac{d_i}{3}$$

$$\beta'_i = \beta_i - \frac{d_i}{3}$$

$$\gamma'_i = \gamma_i - \frac{d_i}{3}$$

(ب) سرشکنی خطای بست دور افق

پس از این اینکه زاویه‌های هر مثلث  $180^\circ$  درجه شد، سرشکنی زاویه‌های دور افق انجام می‌شود. یعنی جمع زاویه‌های حول نقطه مرکزی را بررسی می‌کنیم. در این حالت فرض می‌شود:

$$\sum \gamma_i = 360^\circ + e \quad (8-16)$$

$e$  را خطای بست دور افق می‌نامیم. برای سرشکنی در این مرحله لازم است که این خطا به صورت مساوی و با علامت مخالف بین زاویه‌ها تقسیم شود.

$$\gamma_i'' = \gamma_i' - \frac{e}{n} \quad (9-16)$$

و برای آنکه این سرشکنی شرط اولی یعنی  $180^\circ$  درجه بودن جمع زوایای مثلث‌ها را به هم نزند نصف مقدار سرشکنی را به هریک از زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  با علامت مخالف وارد می‌کنیم.

$$\beta_i'' = \beta_i' + \frac{e}{2n} \quad (10-16)$$

$$\alpha_i'' = \alpha_i' + \frac{e}{2n} \quad (11-16)$$

ج) شرط ضلعی

اگر بعد از وارد شدن سرشکنی مراحل الف و ب داشته باشیم.

$$\sum \log \sin \beta_i'' - \sum \log \sin \alpha_i'' = \delta \quad (12-16)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{OA}{\sin \beta_1''} = \frac{OB}{\sin \alpha_1''} \\ \frac{OB}{\sin \beta_2''} = \frac{OC}{\sin \alpha_2''} \\ \vdots \\ \frac{OG}{\sin \beta_7''} = \frac{OA}{\sin \alpha_7''} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \frac{\sin \alpha_1'' \sin \alpha_2'' \dots \sin \alpha_7''}{\sin \beta_1'' \sin \beta_2'' \dots \sin \beta_7''} = 1 \Rightarrow \sum \log \sin \alpha_i'' = \sum \log \sin \beta_i'' \\ \frac{\sin \alpha_1'' \sin \alpha_2'' \dots \sin \alpha_7''}{\sin \beta_1'' \sin \beta_2'' \dots \sin \beta_7''} \neq 1 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} > 1 \Rightarrow \frac{\sin(\alpha_1'' - \theta) \times \sin(\alpha_2'' - \theta) \times \dots \times \sin(\alpha_7'' - \theta)}{\sin(\beta_1'' + \theta) \times \sin(\beta_2'' + \theta) \times \dots \times \sin(\beta_7'' + \theta)} = 1 \\ < 1 \Rightarrow \frac{\sin(\alpha_1'' + \theta) \times \sin(\alpha_2'' + \theta) \times \dots \times \sin(\alpha_7'' + \theta)}{\sin(\beta_1'' - \theta) \times \sin(\beta_2'' - \theta) \times \dots \times \sin(\beta_7'' - \theta)} = 1 \end{array} \right.$$

$$\theta'' = \frac{\sum \log \sin \beta_i'' - \sum \log \sin \alpha_i''}{\sum d_{i\beta} + \sum d_{i\alpha}} = \frac{\delta}{D}$$

$$d_{i\alpha} = \log \sin \alpha_i'' - \log \sin(\alpha_i'' - \theta'')$$

$$d_{i\beta} = \log \sin \beta_i'' - \log \sin(\beta_i'' - \theta'')$$

پس از محاسبه  $\theta''$ ، زوایای سرشکن شده نهایی با افزودن مقدار  $\theta''$  به زوایای  $\alpha$  و کم کردن آن از زوایای  $\beta''$  به دست می آید.

$$\alpha_i''' = \alpha_i'' + \theta'' \quad (16-20)$$

$$\beta_i''' = \beta_i'' - \theta'' \quad (16-21)$$

### ۱۶-۳-۲ محاسبه طول و ژیزمان اضلاع

چنان که OA را طول مبنا فرض کنیم سایر اضلاع مثلث AOB با دخالت زوایای سرشکن شده و به کمک فرمول سینوس ها محاسبه می شود.

$$OB = \frac{OA}{\sin \beta_i'''} \cdot \sin \alpha_i'''$$

$$AB = \frac{OA}{\sin \beta_i'''} \cdot \sin \gamma_i'''$$

برای اضلاع دیگر نیز به همین ترتیب عمل می شود.

اگر ژیزمان یکی از شعاع ها معلوم باشد ژیزمان سایر شعاع ها با دخالت زوایای سرشکن شده دور افق محاسبه می شود. ژیزمان اضلاع نیز با وارد ساختن زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  محاسبه می شوند و در صورتی که ژیزمان یک ضلع معلوم باشد ژیزمان اضلاع دیگر به روش پیمایش تعیین می شود.

مثال ۱۶-۱: شش ضلعی ABCDEF با نقطه داخلی O و زوایای قرائت شده به شرح زیر موجود است، شکل ۱۶-۲.

$$\begin{array}{lll}
 \gamma_1 = 49^\circ, 16', 00'' & \beta_1 = 71^\circ, 12', 30'' & \alpha_1 = 59^\circ, 31', 10'' \\
 \gamma_2 = 66^\circ, 09', 40'' & \beta_2 = 65^\circ, 30', 20'' & \alpha_2 = 48^\circ, 19', 45'' \\
 \gamma_3 = 36^\circ, 03', 10'' & \beta_3 = 74^\circ, 43', 20'' & \alpha_3 = 69^\circ, 13', 45'' \\
 \gamma_4 = 48^\circ, 41', 45'' & \beta_4 = 67^\circ, 48', 45'' & \alpha_4 = 63^\circ, 29', 40'' \\
 \gamma_5 = 53^\circ, 06', 50'' & \beta_5 = 54^\circ, 37', 20'' & \alpha_5 = 72^\circ, 16', 10'' \\
 \gamma_6 = 106^\circ, 42', 20'' & \beta_6 = 32^\circ, 22', 40'' & \alpha_6 = 40^\circ, 54', 10''
 \end{array}$$

مختصات نقطه A، ژیزمان و فاصله AB نیز معلوم است. زاویه‌های تعدیل شده و مختصات سایر نقاط را به دست آورید.

$$E_A = 1257/35$$

$$d_{AB} = 379/45$$

$$N_A = 32479/41$$

$$G_{AB} = 45^\circ, 00', 00''$$

حل : ابتدا زاویه‌های هر مثلث را جداگانه سرشکن می‌کنیم، ستون سوم جدول ۱۶-۲. پس از وارد کردن این تعدیل باید زوایای حول نقطه مرکزی را سرشکن کرد. جمع این زوایا ۱۳ ثانیه از ۳۶۰ درجه بیشتر است. به هر زاویه مرکزی ۲ ثانیه و به زاویه آخری ۳ ثانیه تعدیل وارد می‌شود. این تعدیل با علامت مخالف به زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  (در مجموع) وارد می‌شود. زوایای تعدیل شده در این مرحله درستون ششم جدول نوشته شده است. مقادیر  $\delta$  و  $\Sigma d_i$  را حساب می‌کنیم:

$$\delta = \sum \log \sin \beta_i - \sum \log \sin \alpha_i = 572 \times 10^{-7}$$

$$\theta = \frac{571}{159} = 3,59''$$

چون مقدار تعدیل شده در این مرحله رقمی نزدیک ۳/۵ است نصف زوایا را با تعدیل ۳ و نیم دیگر را با تعدیل ۴ در نظر می‌گیریم

مثلث بندی به روش چند ضلعی با نقطه مرکزی (مثال)

جدول ۱۶-۲ سرشکنی زوایا در مثلث بندی چند ضلعی با نقطه داخلی

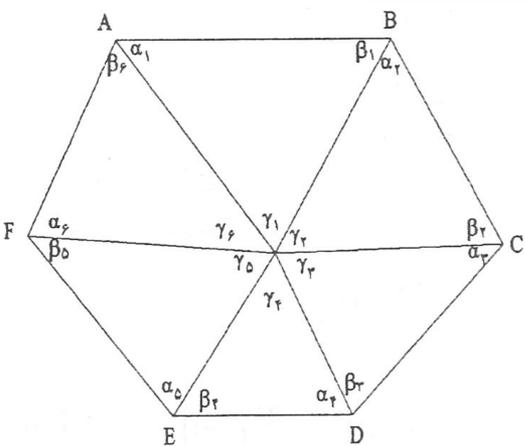
| شماره<br>زوایا | زوایای قرانت<br>شده | تصحیح به<br>۱۸۰° | زوایای مرکزی   | تصحیح<br>به ۳۶۰° | زوایای تصحیح<br>شده | Log sin α                     | Log sin β    | اختلاف جدولی         | تصحیح شرط<br>ضلعی | زاویه تصحیح شده<br>نهانی |
|----------------|---------------------|------------------|----------------|------------------|---------------------|-------------------------------|--------------|----------------------|-------------------|--------------------------|
| α <sub>۱</sub> | ۵۹°، ۳۱'، ۱۰"       | +۶"              |                | +۱"              | ۵۹°، ۳۱'، ۱۷"       | -۰٫۰۶۴۵۸۴۱۵                   | -۰٫۰۶۴۵۸۴۱۵  | ۱۲×۱۰ <sup>-۷</sup>  | +۴"               | ۵۹°، ۳۱'، ۲۱"            |
| β <sub>۱</sub> | ۷۱°، ۱۲'، ۳۰"       | +۷"              |                | +۱"              | ۷۱°، ۱۲'، ۳۸"       | -۰٫۰۲۳۷۸۳۶۷                   | -۰٫۰۲۳۷۸۳۶۷  | ۷×۱۰ <sup>-۷</sup>   | -۴"               | ۷۱°، ۱۲'، ۳۴"            |
| γ <sub>۱</sub> | ۴۹°، ۱۶'، ۰۰"       | +۷"              | ۴۹°، ۱۶'، ۰۷"  | -۲"              | ۴۹°، ۱۶'، ۰۵"       |                               |              |                      | .                 | ۴۹°، ۱۶'، ۰۵"            |
| جمع            | ۱۷۹°، ۵۹'، ۴۰"      | +۲۰"             |                | .                | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"      |                               |              |                      |                   | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"           |
| α <sub>۲</sub> | ۴۸°، ۱۹'، ۴۵"       | +۵"              |                | +۱"              | ۴۸°، ۱۹'، ۵۱"       | -۰٫۱۲۶۶۸۱۶۹                   | -۰٫۱۲۶۶۸۱۶۹  | ۱۱×۱۰ <sup>-۷</sup>  | +۴"               | ۴۸°، ۱۹'، ۵۵"            |
| β <sub>۲</sub> | ۶۵°، ۳۰'، ۲۰"       | +۵"              |                | +۱"              | ۶۵°، ۳۰'، ۲۶"       | -۰٫۰۴۰۹۵۲۱۵                   | -۰٫۰۴۰۹۵۲۱۵  | ۱۰×۱۰ <sup>-۷</sup>  | -۴"               | ۶۵°، ۳۰'، ۲۲"            |
| γ <sub>۲</sub> | ۶۶°، ۰۹'، ۴۰"       | +۵"              | ۶۶°، ۰۹'، ۴۵"  | -۲"              | ۶۶°، ۰۹'، ۴۳"       |                               |              |                      | .                 | ۶۶°، ۰۹'، ۴۳"            |
| جمع            | ۱۷۹°، ۵۹'، ۴۵"      | +۱۵"             |                |                  | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"      |                               |              |                      |                   | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"           |
| α <sub>۳</sub> | ۶۹°، ۱۳'، ۴۵"       | -۵"              |                | +۱"              | ۶۹°، ۱۳'، ۴۱"       | -۰٫۰۲۹۱۸۸۶۵                   | -۰٫۰۲۹۱۸۸۶۵  | ۸×۱۰ <sup>-۷</sup>   | +۴"               | ۶۹°، ۱۳'، ۴۵"            |
| β <sub>۳</sub> | ۷۴°، ۲۳'، ۲۰"       | -۵"              |                | +۱"              | ۷۴°، ۲۳'، ۱۶"       | -۰٫۰۱۵۶۲۸۱۷                   | -۰٫۰۱۵۶۲۸۱۷  | ۶×۱۰ <sup>-۷</sup>   | -۴"               | ۷۴°، ۲۳'، ۱۲"            |
| γ <sub>۳</sub> | ۳۶°، ۰۳'، ۱۰"       | -۵"              | ۳۶°، ۰۳'، ۰۵"  | -۲"              | ۳۶°، ۰۳'، ۰۳"       |                               |              |                      | .                 | ۳۶°، ۰۳'، ۰۳"            |
| جمع            | ۱۸۰°، ۰۰'، ۱۵"      | -۱۵"             |                |                  | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"      |                               |              |                      |                   | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"           |
| α <sub>۴</sub> | ۶۳°، ۲۹'، ۴۰"       | -۳"              |                | +۱"              | ۶۳°، ۲۹'، ۳۸"       | -۰٫۰۴۸۲۳۱۹۱                   | -۰٫۰۴۸۲۳۱۹۱  | ۱۰×۱۰ <sup>-۷</sup>  | +۳"               | ۶۳°، ۲۹'، ۴۱"            |
| β <sub>۴</sub> | ۶۷°، ۴۸'، ۴۵"       | -۴"              |                | +۱"              | ۶۷°، ۴۸'، ۴۲"       | -۰٫۰۳۳۴۱۳۶۴                   | -۰٫۰۳۳۴۱۳۶۴  | ۸×۱۰ <sup>-۷</sup>   | -۳"               | ۶۷°، ۴۸'، ۴۹"            |
| γ <sub>۴</sub> | ۴۸°، ۴۱'، ۴۵"       | -۳"              | ۴۸°، ۴۱'، ۴۲"  | -۲"              | ۴۸°، ۴۱'، ۴۰"       |                               |              |                      | .                 | ۴۸°، ۴۱'، ۴۰"            |
| جمع            | ۱۸۰°، ۰۰'، ۱۰"      | -۱۰"             |                |                  | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"      |                               |              |                      |                   | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"           |
| α <sub>۵</sub> | ۷۲°، ۱۶'، ۱۰"       | -۷"              |                | +۱"              | ۷۲°، ۱۶'، ۰۴"       | -۰٫۰۲۱۱۳۹۴۲                   | -۰٫۰۲۱۱۳۹۴۲  | ۷×۱۰ <sup>-۷</sup>   | +۳"               | ۷۲°، ۱۶'، ۰۷"            |
| β <sub>۵</sub> | ۵۴°، ۳۷'، ۲۰"       | -۷"              |                | +۱"              | ۵۴°، ۳۷'، ۱۴"       | -۰٫۰۸۸۶۳۶۱                    | -۰٫۰۸۸۶۳۶۱   | ۱۵×۱۰ <sup>-۷</sup>  | -۳"               | ۵۴°، ۳۷'، ۱۱"            |
| γ <sub>۵</sub> | ۵۳°، ۰۶'، ۵۰"       | -۶"              | ۵۳°، ۰۶'، ۴۴"  | -۲"              | ۵۳°، ۰۶'، ۴۲"       |                               |              |                      | .                 | ۵۳°، ۰۶'، ۴۲"            |
| جمع            | ۱۸۰°، ۰۰'، ۲۰"      | -۲۰"             |                |                  | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"      |                               |              |                      |                   | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"           |
| α <sub>۶</sub> | ۴۰°، ۵۴'، ۱۰"       | +۱۰"             |                | +۲"              | ۴۰°، ۵۴'، ۲۲"       | -۰٫۱۸۳۸۷۷۱۲                   | -۰٫۱۸۳۸۷۷۱۲  | ۲۴×۱۰ <sup>-۷</sup>  | +۳"               | ۴۰°، ۵۴'، ۲۵"            |
| β <sub>۶</sub> | ۳۲°، ۲۲'، ۴۰"       | +۱۰"             |                | +۱"              | ۳۲°، ۲۲'، ۵۱"       | -۰٫۰۲۷۱۲۰۴۵۸                  | -۰٫۰۲۷۱۲۰۴۵۸ | ۳۳×۱۰ <sup>-۷</sup>  | -۳"               | ۳۲°، ۲۲'، ۴۸"            |
| γ <sub>۶</sub> | ۱۰۶°، ۴۲'، ۴۰"      | +۱۰"             | ۱۰۶°، ۴۲'، ۵۰" | -۳"              | ۱۰۶°، ۴۲'، ۴۷"      |                               |              |                      | .                 | ۱۰۶°، ۴۲'، ۴۷"           |
| جمع            | ۱۷۹°، ۵۹'، ۳۰"      | +۳۰"             | ۳۶°، ۰۰'، ۱۳"  | .                | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"      | -۰٫۴۷۳۷۰۲۹۴                   | -۰٫۴۷۳۷۰۲۹۴  | ۱۵۹×۱۰ <sup>-۷</sup> |                   | ۱۸۰°، ۰۰'، ۰۰"           |
|                |                     |                  |                |                  |                     | $\delta = ۵,۷ \times 10^{-۵}$ |              |                      |                   | $\theta = ۳,۵۹"$         |

$\delta > 0$  در نتیجه  $\theta > 0$ . پس با علامت مثبت به زوایای  $\alpha$  و با علامت منفی به زوایای  $\beta$  وارد می شود. بالاخره زوایای سرشکن شده نهایی در ستون آخر جدول ۱۶-۲ وارد می شود.

محاسبه ژیزمان ها

ژیزمان اضلاع      ژیزمان شعاع ها

$$\begin{aligned}
 G_{AO} &= G_{AB} + \alpha_1 = 104^\circ, 31', 21'' & G_{AF} &= G_{AB} + (\alpha_1 + \beta_6) = 136^\circ, 54', 09'' \\
 G_{OB} &= G_{OA} + \gamma_1 = 222^\circ, 47', 26'' & G_{FE} &= G_{AF} + (\alpha_6 + \beta_5) - 180^\circ = 052^\circ, 25', 45'' \\
 G_{OC} &= G_{OB} + \gamma_2 = 029^\circ, 57', 09'' & G_{ED} &= G_{FE} + (\alpha_5 + \beta_4) - 180^\circ = 012^\circ, 30', 31'' \\
 G_{OD} &= G_{OC} + \gamma_3 = 076^\circ, 00', 12'' & G_{DC} &= G_{ED} + (\alpha_4 + \beta_3) - 180^\circ = 320^\circ, 43', 23'' \\
 G_{OE} &= G_{OD} + \gamma_4 = 124^\circ, 41', 52'' & G_{CB} &= G_{DC} + (\alpha_3 + \beta_2) - 180^\circ = 285^\circ, 27', 31'' \\
 G_{OF} &= G_{OE} + \gamma_5 = 177^\circ, 48', 34'' & G_{BA} &= G_{CB} + (\alpha_2 + \beta_1) - 180^\circ = 225^\circ, 00', 00'' \\
 G_{OA} &= G_{OF} + \gamma_6 = 284^\circ, 31', 21'' & & \leftarrow \uparrow \text{برای کنترل}
 \end{aligned}$$



محاسبه اضلاع مثلث‌ها

$$\frac{OB}{\sin \alpha_1} = \frac{OA}{\sin \beta_1} = \frac{AB}{\sin \gamma_1}$$

$$OA = 474,06$$

$$OB = 431,56$$

$$\frac{OC}{\sin \alpha_2} = \frac{OB}{\sin \beta_2} = \frac{BC}{\sin \gamma_2}$$

$$BC = 432,78$$

$$OC = 354,26$$

$$\frac{OD}{\sin \alpha_3} = \frac{OC}{\sin \beta_3} = \frac{CD}{\sin \gamma_3}$$

$$CD = 216,12$$

$$OD = 243,27$$

$$\frac{OE}{\sin \alpha_4} = \frac{OD}{\sin \beta_4} = \frac{DE}{\sin \gamma_4}$$

$$DE = 278,57$$

$$OE = 331,86$$

$$\frac{OF}{\sin \alpha_5} = \frac{OE}{\sin \beta_5} = \frac{EF}{\sin \gamma_5}$$

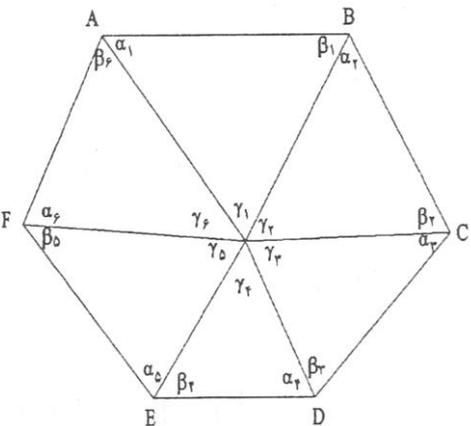
$$EF = 325,54$$

$$OF = 387,69$$

$$\frac{OA}{\sin \alpha_6} = \frac{OF}{\sin \beta_6} = \frac{FA}{\sin \gamma_6}$$

$$FA = 693,35$$

$$OA = 474,06 \text{ کنترل}$$



محاسبه مختصات

$$E_O = E_A + AO \cdot \sin G_{AO} = 1716,26$$

$$N_O = N_A + AO \cdot \cos G_{AO} = 22260,54$$

$$E_B = E_O + OB \cdot \sin G_{OB} = 1525,66$$

$$N_O = N_O + OB \cdot \cos G_{OB} = 22747,72$$

به طریق مشابه

$$E_C = 1943,75 \quad N_C = 22632,11$$

$$E_D = 2049,44 \quad N_D = 22443,59$$

$$E_E = 1989,10 \quad N_E = 22171,62$$

$$E_F = 1731,08 \quad N_F = 21973,12$$

جهت کنترل می توانیم مختصات نقطه F را هم از طریق نقطه A و هم از طریق نقطه E و با روش پیمایش محاسبه کنیم.

از طریق E:

$$E_F - E_E = EF \cdot \sin G_{EF} = -258,02$$

$$E_F = 1731,08$$

$$N_F - N_E = EF \cdot \cos G_{EF} = -198,50$$

$$N_F = 21973,12$$

و از طریق A:

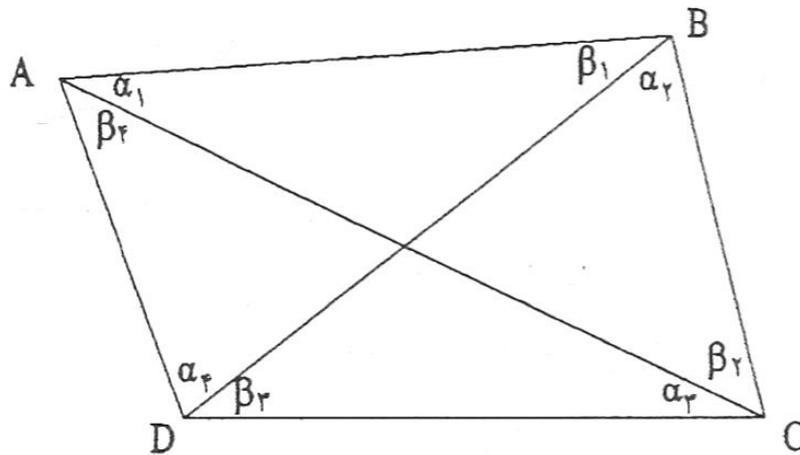
$$E_F - E_A = AF \cdot \sin G_{AF} = 473,72$$

$$E_F = 1731,08$$

$$N_F - N_A = AF \cdot \cos G_{AF} = -506,28$$

$$N_F = 21973,12$$

این روش معمولاً در مناطقی استفاده می‌شود که عرض منطقه در مقایسه با طول آن کوتاه باشد. در این روش در چهار نقطه  $A$ ،  $B$ ،  $C$  و  $D$  که رئوس یک چهار ضلعی را تشکیل می‌دهند ایستگاه‌گذاری می‌شود. در هر ایستگاه به سه نقطه دیگر نشانه‌روی و جمعاً هشت زاویه اندازه‌گیری می‌شود، شکل ۱۶-۳.



شکل ۱۶-۳

$$\alpha_1 + \beta_1 + \alpha_2 + \beta_2 + \alpha_3 + \beta_3 + \alpha_4 + \beta_4 = 360^\circ \quad \text{مجموع زوایای چهارضلعی (۱۶-۲۶)}$$

$$\alpha_1 + \beta_1 = \alpha_2 + \beta_2 \quad \text{مجموع زوایای مقابل (۱۶-۲۷)}$$

$$\alpha_2 + \beta_2 = \alpha_3 + \beta_3 \quad \text{مجموع زوایای مقابل (۱۶-۲۸)}$$

غالباً به دلیل دخالت خطاهای عملیاتی تساوی های فوق برقرار نیست. اگر این خطاها از حد مجاز تجاوز نکنند زوایای اندازه گیری شده به نحو زیر سرشکن می شود.

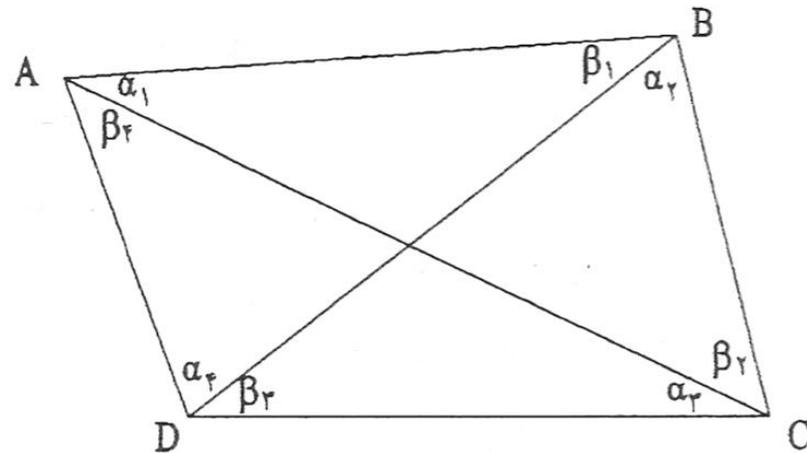
فرض می کنیم:

$$\sum \alpha_i + \sum \beta_i = 360^\circ + d \quad \text{(۱۶-۲۹)}$$

در این صورت می نویسیم:

$$\alpha'_i = \alpha_i - \frac{d}{n} \quad \text{(۱۶-۳۰)}$$

$$\beta'_i = \beta_i - \frac{d}{n} \quad \text{(۱۶-۳۱)}$$



بعد از این سرشکنی به بررسی روابط ۱۶-۲۷ و ۱۶-۲۸ می پردازیم و فرض می کنیم:

$$\alpha'_1 + \beta'_1 = \alpha'_r + \beta'_r + e \quad (۳۲-۱۶)$$

$$\alpha'_r + \beta'_r = \alpha'_f + \beta'_f + f \quad (۳۳-۱۶)$$

اگر بخواهیم برای تحقق شرطهای اخیر زوایا را مجدداً سرشکن کنیم بدون آنکه در رابطه مجموع زوایا (۳۶۰ درجه) تأثیر بگذارد ۱/۴ اختلاف حاصل را به زوایای طرف راست اضافه و همین مقدار را از زوایای طرف چپ کم می کنیم. در این صورت سرشکنی دوم به شکل زیر انجام می شود.

$$\alpha''_1 = \alpha'_1 - \frac{e}{4}$$

$$\alpha''_r = \alpha'_r + \frac{e}{4}$$

$$\beta''_1 = \beta'_1 - \frac{e}{4}$$

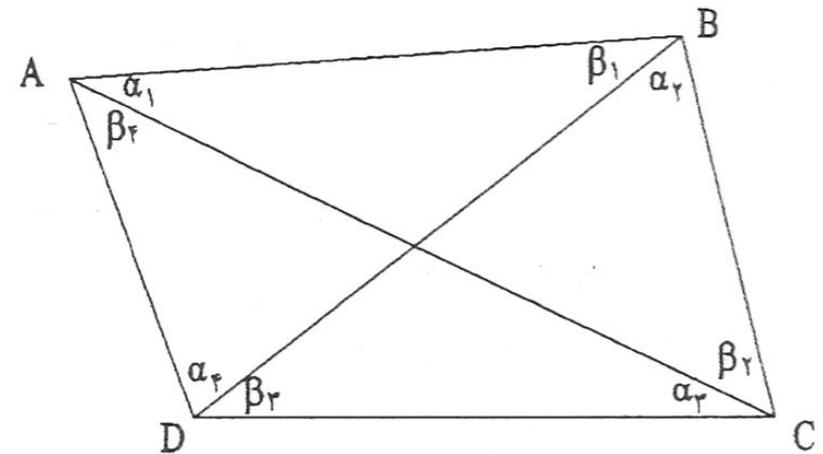
$$\beta''_r = \beta'_r + \frac{e}{4}$$

$$\alpha''_r = \alpha'_r - \frac{f}{4}$$

$$\alpha''_f = \alpha'_f + \frac{f}{4}$$

$$\beta''_r = \beta'_r - \frac{f}{4}$$

$$\beta''_f = \beta'_f + \frac{f}{4}$$



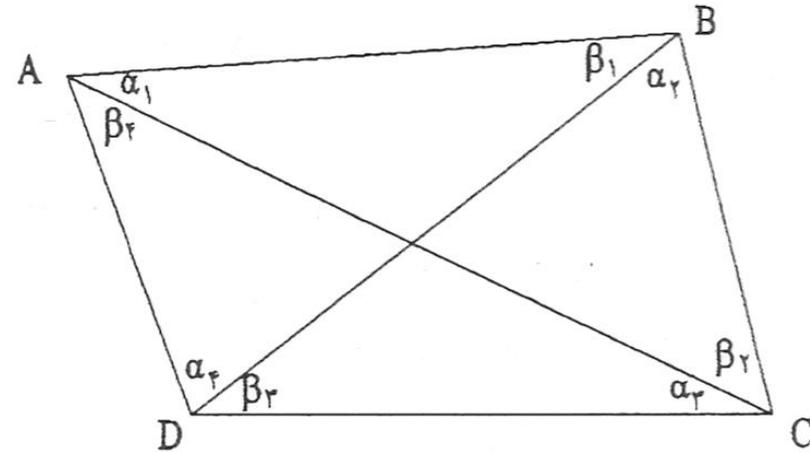
شرط ضلعی با استدلالی مشابه روش پیشین برای مثلث های ABC و BCD و CDA و DAB

می توان نتیجه گرفت.

$$\prod \sin \alpha_i'' = \prod \sin \beta_i''$$

$$\sum \log \sin \alpha_i'' = \sum \log \sin \beta_i''$$

$$\frac{\sin \alpha_1 \times \sin \alpha_2 \times \sin \alpha_3 \times \dots \times \sin \alpha_n}{\sin \beta_1 \times \sin \beta_2 \times \sin \beta_3 \times \dots \times \sin \beta_n} = 1$$



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\sin \alpha_1'' \sin \alpha_2'' \sin \alpha_3'' \sin \alpha_4''}{\sin \beta_1'' \sin \beta_2'' \sin \beta_3'' \sin \beta_4''} = 1 \Rightarrow \sum \log \sin \alpha_i'' = \sum \log \sin \beta_i'' \\ \frac{\sin \alpha_1'' \sin \alpha_2'' \sin \alpha_3'' \sin \alpha_4''}{\sin \beta_1'' \sin \beta_2'' \sin \beta_3'' \sin \beta_4''} \neq 1 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} > 1 \Rightarrow \frac{\sin(\alpha_1'' - \theta) \times \sin(\alpha_2'' - \theta) \times \sin(\alpha_3'' - \theta) \times \sin(\alpha_4'' - \theta)}{\sin(\beta_1'' + \theta) \times \sin(\beta_2'' + \theta) \times \sin(\beta_3'' + \theta) \times \sin(\beta_4'' + \theta)} = 1 \\ < 1 \Rightarrow \frac{\sin(\alpha_1'' + \theta) \times \sin(\alpha_2'' + \theta) \times \sin(\alpha_3'' + \theta) \times \sin(\alpha_4'' + \theta)}{\sin(\beta_1'' - \theta) \times \sin(\beta_2'' - \theta) \times \sin(\beta_3'' - \theta) \times \sin(\beta_4'' - \theta)} = 1 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\prod_{i=1}^4 \sin \alpha_i'' = \prod_{i=1}^4 \sin \beta_i''$$

$$\sum_{i=1}^4 \log \sin \alpha_i'' = \sum_{i=1}^4 \log \sin \beta_i''$$

در اینجا نیز به دلیل دخالت خطاهای اندازه گیری بین نتایج حاصل از مشاهدات و نتایج حاصل از روابط تئوری اختلافی وجود دارد که با دخالت  $\theta''$  برطرف می شود. فرض می کنیم:

$$\sum \log \sin \beta_i'' - \sum \log \sin \alpha_i'' = \delta$$

در این صورت

$$\theta'' = \frac{\sum \log \sin \beta_i'' - \sum \log \sin \alpha_i''}{\sum d_{i\beta} + \sum d_{i\alpha}} = \frac{\delta}{D}$$

$$d_{i\alpha} = \log \sin \alpha_i'' - \log \sin(\alpha_i'' - \theta'')$$

$$d_{i\beta} = \log \sin \beta_i'' - \log \sin(\beta_i'' - \theta'')$$

$$\theta'' = \frac{\delta}{\sum d_{i\alpha} + \sum d_{i\beta}}$$

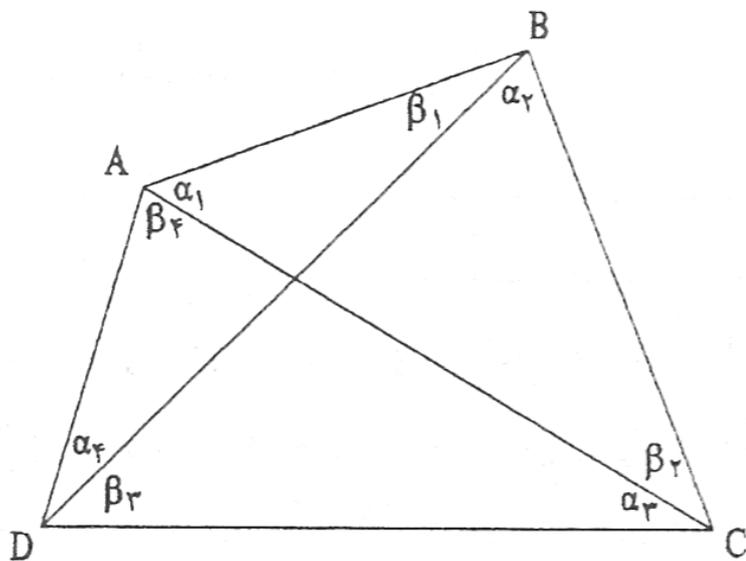
و زاویه های سرشکن شده نهایی چنین خواهند بود:

$$\alpha_i''' = \alpha_i'' + \theta''$$

$$\beta_i''' = \beta_i'' - \theta''$$

محاسبه طول سایر اضلاع، ریزمان اضلاع و بالاخره محاسبه مختصات رئوس مثلث ها، مشابه روش چند ضلعی با نقطه مرکزی است.

مثال ۱۶-۲: چهار ضلعی با دو قطر ABCD، شکل ۱۶-۴ با زوایای اندازه گیری شده زیر در دست است. زوایای سرشکن شده چهار ضلعی را به دست آورید و با استفاده از مختصات نقطه A و طول و ژیزمان ضلع AB، مختصات سه رأس دیگر چهار ضلعی را تعیین کنید.



شکل ۱۶-۴

$$d_{AB} = 293,33m$$

$$E_A = 1000$$

$$N_A = 1000$$

$$G_{AB} = 61,13'$$

مثلث بندی به روش چهار ضلعی با دو قطر (مثال)

جدول ۱۶-۳ سرشکنی زوایا در مثلث بندی چهار ضلعی با دو قطر

| شماره زوایا | زوایای قرائت شده         | تصحیح به $۳۶۰^{\circ}$ | زوایای تصحیح شده ۱       | جمع زوایای مقابل                               | تصحیح زوایای مقابل | زوایای تصحیح شده ۲      | Log sin $\alpha$ | Log sin $\beta$                | اختلاف جدولی $1''$   | تصحیح شرط ضلعی | زاویه تصحیح شده نهایی                    |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|----------------------|----------------|------------------------------------------|
| $\alpha_1$  | $۱۷^{\circ}, ۴۲', ۵۵''$  | $-۵''$                 | $۱۷^{\circ}, ۴۲', ۵۰''$  | $۹۴^{\circ}, ۱۵', ۱۹''$                        | $-۱۹''$            | $۱۷^{\circ}, ۴۲', ۳۱''$ | $-۰,۵۱۶۸۷۴۷۲$    |                                | $۶۶ \times 10^{-۷}$  | $+۱''$         | $۱۷^{\circ}, ۴۲', ۳۲''$                  |
| $\beta_1$   | $۷۶^{\circ}, ۳۲', ۳۵''$  | $-۶''$                 | $۷۶^{\circ}, ۳۲', ۲۹''$  |                                                | $-۱۹''$            | $۷۶^{\circ}, ۳۲', ۱۰''$ | $-۰,۰۱۲۱۰۲۸۶$    |                                | $۵ \times 10^{-۷}$   | $-۱''$         | $۷۶^{\circ}, ۳۲', ۰۹''$                  |
| $\alpha_2$  | $۷۳^{\circ}, ۵۵', ۲۵''$  | $-۶''$                 | $۷۳^{\circ}, ۵۵', ۱۹''$  | $۸۵^{\circ}, ۴۵', ۱۴''$                        | $+۳''$             | $۷۳^{\circ}, ۵۵', ۲۲''$ | $-۰,۰۱۷۳۲۶۶۲$    |                                | $۶ \times 10^{-۷}$   | $+۱''$         | $۷۳^{\circ}, ۵۵', ۲۳''$                  |
| $\beta_2$   | $۱۱^{\circ}, ۵۰', ۰۰''$  | $-۵''$                 | $۱۱^{\circ}, ۴۹', ۵۵''$  |                                                | $+۲''$             | $۱۱^{\circ}, ۴۹', ۵۷''$ | $-۰,۶۸۸۱۳۷۵۵$    |                                | $۱۰۰ \times 10^{-۷}$ | $-۱''$         | $۱۱^{\circ}, ۴۹', ۵۶''$                  |
| $\alpha_3$  | $۳۴^{\circ}, ۴۳', ۵۵''$  | $-۵''$                 | $۳۴^{\circ}, ۴۳', ۵۰''$  | $۹۴^{\circ}, ۱۴', ۰۴''$                        | $+۱۹''$            | $۳۴^{\circ}, ۴۳', ۰۹''$ | $-۰,۲۴۴۲۸۲۴۲$    |                                | $۳۰ \times 10^{-۷}$  | $+۱''$         | $۳۴^{\circ}, ۴۴', ۱۰''$                  |
| $\beta_3$   | $۵۹^{\circ}, ۳۰', ۲۰''$  | $-۶''$                 | $۵۹^{\circ}, ۳۰', ۱۴''$  |                                                | $+۱۸''$            | $۵۹^{\circ}, ۳۰', ۳۲''$ | $-۰,۰۶۴۴۳۹۹۳$    |                                | $۱۲ \times 10^{-۷}$  | $-۱''$         | $۵۹^{\circ}, ۳۰', ۳۱''$                  |
| $\alpha_4$  | $۴۳^{\circ}, ۴۲', ۴۰''$  | $-۶''$                 | $۴۳^{\circ}, ۴۲', ۳۴''$  | $۸۵^{\circ}, ۴۵', ۲۳''$                        | $-۲''$             | $۴۳^{\circ}, ۴۲', ۳۲''$ | $-۰,۱۶۰۵۲۵۲۷$    |                                | $۲۲ \times 10^{-۷}$  | $+۱''$         | $۴۳^{\circ}, ۴۲', ۳۳''$                  |
| $\beta_4$   | $۴۲^{\circ}, ۰۲', ۵۵''$  | $-۶''$                 | $۴۲^{\circ}, ۰۲', ۴۹''$  |                                                | $-۲''$             | $۴۲^{\circ}, ۰۲', ۴۷''$ | $۰,۱۷۴۰۹۸۹۱$     |                                | $۲۳ \times 10^{-۷}$  | $-۱''$         | $۴۲^{\circ}, ۰۲', ۴۶''$                  |
| جمع         | $۳۶۰^{\circ}, ۰۰', ۰۰''$ | $-۲۵''$                | $۳۶۰^{\circ}, ۰۰', ۰۰''$ |                                                |                    |                         | $-۰,۹۳۹۰۰۹۱۶$    | $-۰,۹۳۸۹۷۹۲۵$                  | $۲۶۴ \times 10^{-۷}$ |                | $۳۶۰^{\circ}, ۰۰', ۰۰''$                 |
|             |                          |                        |                          | $\alpha'_r + \beta'_r = ۸۵^{\circ}, ۴۵', ۱۴''$ |                    |                         |                  | $\delta = ۲,۹۹ \times 10^{-۵}$ |                      |                |                                          |
|             |                          |                        |                          | $\alpha'_r + \beta'_r = ۸۵^{\circ}, ۴۵', ۲۳''$ |                    |                         |                  |                                |                      |                | $\theta = \frac{\delta}{\sum d_i} = ۱''$ |
|             |                          |                        |                          | $f = ۰,۹''$                                    |                    |                         |                  |                                |                      |                |                                          |
|             |                          |                        |                          | $f/f = ۲,۲۵'' \cong ۲''$                       |                    |                         |                  |                                |                      |                |                                          |
|             |                          |                        |                          |                                                |                    |                         |                  |                                |                      |                | $e = ۱', ۱۵'' = ۷۵''$                    |
|             |                          |                        |                          |                                                |                    |                         |                  |                                |                      |                | $e/f = ۱۸,۷۵'' \cong ۱۹''$               |

برای محاسبه مختصات رئوس می نویسیم:

$$BC = \frac{AB}{\sin \beta_r} \cdot \sin \alpha_1 = 435,15$$

$$AC = \frac{AB}{\sin \beta_r} \cdot \sin(\beta_1 + \alpha_r) = 705,33$$

$$CD = \frac{BC}{\sin \beta_r} \cdot \sin \alpha_r = 485,24$$

$$BD = \frac{BC}{\sin \beta_r} \cdot \sin(\beta_r + \alpha_r) = 366,72$$

$$DA = \frac{CD}{\sin \beta_f} \cdot \sin \alpha_f = 412,84$$

$$CA = \frac{CD}{\sin \beta_f} \cdot \sin(\beta_r + \alpha_f) = 705,34$$

$$AB = \frac{DA}{\sin \beta_1} \cdot \sin \alpha_f = 293,33$$

$$DB = \frac{DA}{\sin \beta_1} \cdot \sin(\beta_f + \alpha_1) = 366,72$$

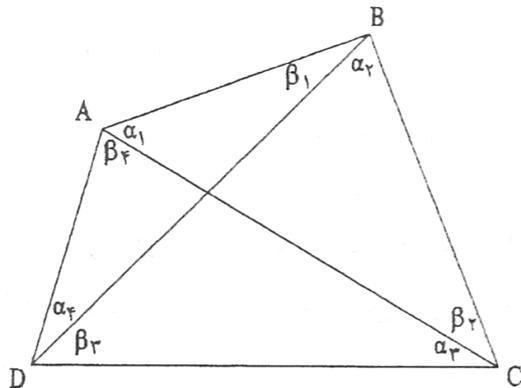
$$G_{AB} = 61^\circ, 13'$$

$$G_{AD} = G_{AB} + (\alpha_1 + \beta_f) = 120^\circ, 58', 18''$$

$$G_{DC} = 44^\circ, 11', 23''$$

$$G_{CB} = 27^\circ, 45', 27''$$

$$G_{BA} = 241^\circ, 13', 00''$$



محاسبه مختصات

$$E_B - E_A = AB \cdot \sin G_{AB} = 257,09$$

$$N_B - N_A = AB \cdot \cos G_{AB} = 141,24$$

$$E_C - E_B = BC \cdot \sin G_{BC} = 435,11$$

$$N_C - N_B = BC \cdot \cos G_{BC} = -5,75$$

$$E_D - E_C = CD \cdot \sin G_{CD} = -238,23$$

$$N_D - N_C = CD \cdot \cos G_{CD} = -247,93$$

$$E_A - E_D = DA \cdot \sin G_{DA} = -253,98$$

$$N_A - N_D = DA \cdot \cos G_{DA} = 212,45$$

$$E_B = 1257,09$$

$$N_B = 1141,24$$

$$E_C = 1692,20$$

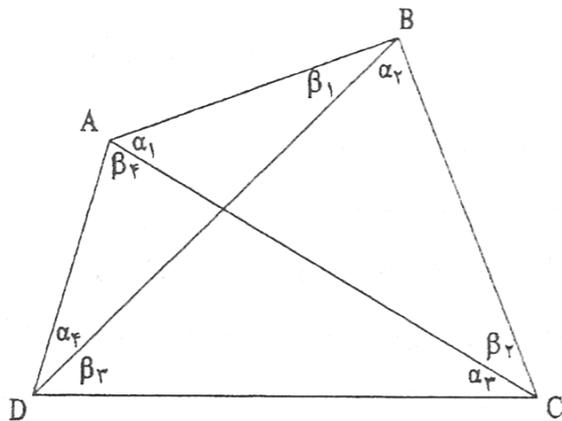
$$N_C = 1135,49$$

$$E_D = 1253,97$$

$$N_D = 787,56$$

$$E_A = 999,99 \text{ برای کنترل}$$

$$N_A = 1000,01 \text{ برای کنترل}$$



---

## پایان جلسه

## درس نقشه برداری ۲

تقاطع و ترفیع، ارتفاع غیر قابل دسترس، ارتفاع برج

فرید اسماعیلی

Farid\_63@yahoo.com

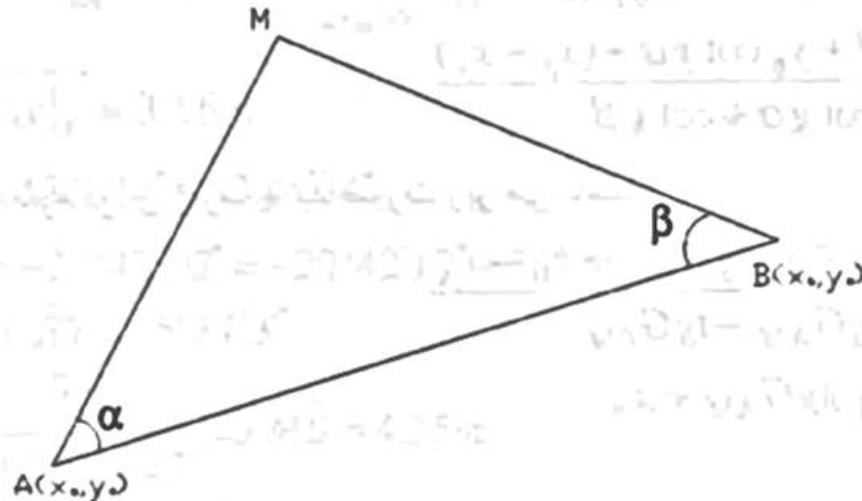
[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

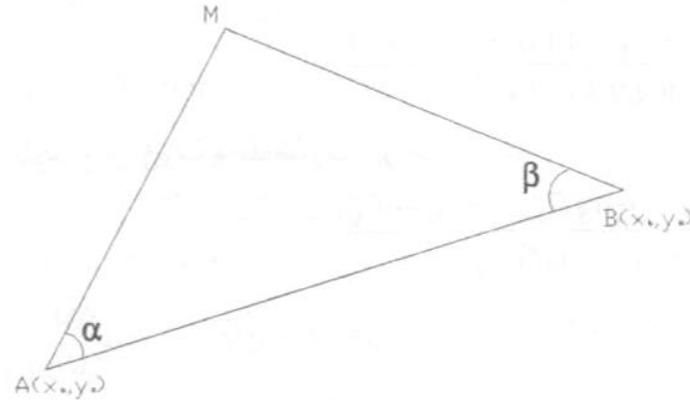
تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

## ۹-۱- تقاطع

هنگامی از روش تقاطع استفاده می‌شود که مختصات نقاط را نتوان به دلیل دسترس ناپذیربودنشان مثل نقاط بالای برجها، با روشهای معمولی مثل پیمایش یا اخراج اشعه تعیین کرد. در حقیقت در این روش، ایستگاه‌گذاری در نقاط معلوم (نقاط  $A, B$ ) و نشانه روی به نقطه مجهول ( $M$ ) انجام می‌پذیرد. (با استقرار دستگاه در نقاط  $A, B$  زوایای  $\alpha, \beta$  طبق شکل ۹-۱ قرائت می‌شوند)

در واقع اگر مختصات نقاط  $A, B$  معلوم باشند و بخواهیم مختصات نقطه  $M$  را تعیین کنیم از روش تقاطع استفاده می‌شود.





شکل ۱-۹

روش تعیین مختصات نقطه مجهول (M) در روش تقاطع، به صورت زیر می باشد:

$$tg \nu_{AB} = \left| \frac{\Delta x_{AB}}{\Delta y_{AB}} \right|$$

لذا  $G_{AB}$  قابل محاسبه می باشد. حال  $G_{AM}$  را طبق شکل ۱-۹ به صورت زیر بدست می آوریم:

$$G_{AM} = G_{AB} - \hat{\alpha}$$

$$L_{AB} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$$

$$\hat{M} = 180^\circ - (\hat{\alpha} + \hat{\beta})$$

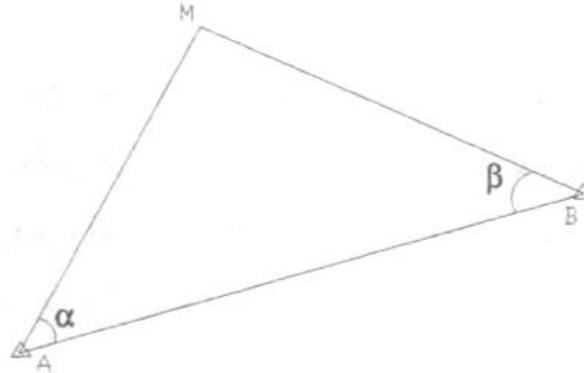
طول AM را محاسبه می کنیم:

$$\Delta MAB : \frac{L_{AB}}{\sin M} = \frac{L_{AM}}{\sin \beta} \Rightarrow L_{AM} = \frac{L_{AB}}{\sin M} \times \sin \beta$$

در نتیجه با استفاده از رابطه زیر می توان مختصات نقطه M را بدست آورد:

$$\begin{cases} x_M = x_A + L_{AM} \sin G_{AM} \\ y_M = y_A + L_{AM} \cos G_{AM} \end{cases}$$

فرمول تقاطع با معلوم بودن زاویه ها به صورت زیر می باشد:



شکل ۹-۲

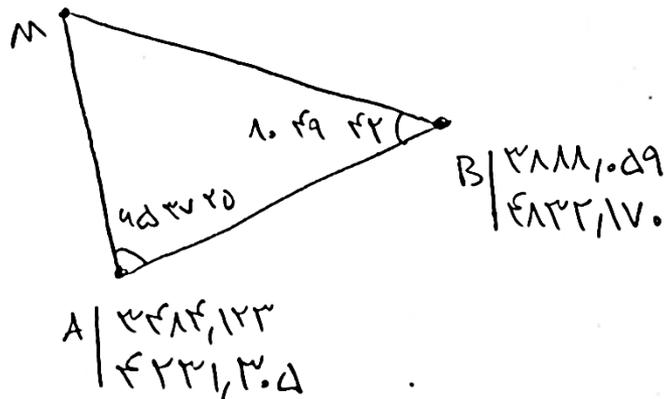
$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A \cot g \beta + x_B \cot g \alpha - (y_B - y_A)}{\cot g \alpha + \cot g \beta} \\ y_M = \frac{y_A \cot g \beta + y_B \cot g \alpha + (x_B - x_A)}{\cot g \alpha + \cot g \beta} \end{cases}$$

فرمول تقاطع با معلوم بودن ژیزمانها به صورت زیر می باشد:

$$\begin{cases} y_M = \frac{y_A \operatorname{tg} G_{AM} - y_B \operatorname{tg} G_{BM} + x_B - x_A}{\operatorname{tg} G_{AM} - \operatorname{tg} G_{BM}} \\ x_M = (y_M - y_A) \operatorname{tg} G_{AM} + x_A \end{cases}$$

یا

$$\begin{cases} x_M = \frac{x_A \cot g G_{AM} - x_B \cot g G_{BM} + y_B - y_A}{\cot g G_{AM} - \cot g G_{BM}} \\ y_M = (x_M - x_A) \cot g G_{AM} + y_A \end{cases}$$



$$\text{Arctan} \left| \frac{D_{AB}^M}{D_{AB}} \right| = \angle_{AB} = \text{Arctan} \left| \frac{۳۸۸۱,۵۹ - ۳۴۸۴,۱۳۳}{۴۸۳۲,۱۷. - ۴۳۳۱,۳۰۵} \right| = ۳۳ \Delta ۳' ۳۱'' = \angle_{AB}$$

$$AB = \sqrt{(D_{AB}^M)^2 + (D_{AB})^2} = ۷۲۴,۰۹$$

$$\hat{M} = 11. - (\hat{A} + \hat{B}) = ۳۳ \quad ۳۲' \quad ۵۳''$$

$$\frac{(\hat{AM})}{\sin B} = \frac{AB}{\sin M} \Rightarrow AM = ۱۴۹۳,۳۹۹$$

$$x_M = x_A + L_{AM} \times \sin C_{AM} = ۳۴۸۴,۱۳۳ + ۱۴۹۳,۳۹۹ \times \sin ۳۳ \quad ۱۷ \quad ۱۹ = ۳۱.۰۴۲۵۹$$

$$y_M = y_A + L_{AM} \times \cos C_{AM} = ۴۳۳۱,۳۰۵ + ۱۴۹۳,۳۹۹ \times \cos ۳۳ \quad ۱۷ \quad ۱۹ = ۵۳۳۱,۵۷۳$$

$$\angle_{AM} = \angle_{AB} + ۳۹. - \hat{A} = ۳۳ \quad ۱۷' \quad ۱۹''$$

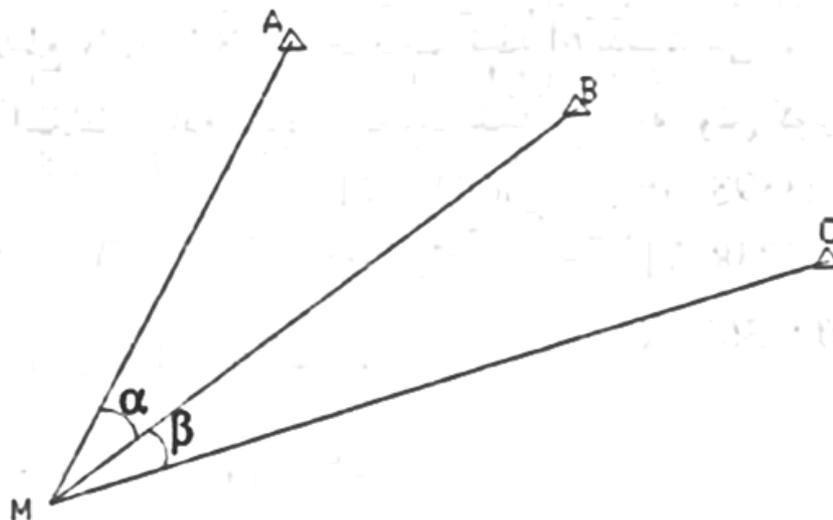
$$m_M = \frac{K_{11} K_{12} / K_{22} \times \cot 10^\circ \cdot K_9 \cdot K_7 + K_{11} K_{10} \Delta \times \cot 90^\circ \cdot K_5 \cdot K_4 - (K_{12} K_{10} / K_{22} - K_{22} / K_{10})}{\cot 90^\circ \cdot K_5 \cdot K_4 + \cot 10^\circ \cdot K_9 \cdot K_7}$$

$$= K_{10} K_7 / K_{22} \Delta$$

$$y_M = \frac{K_{22} / K_{10} \Delta \times \cot 10^\circ \cdot K_9 \cdot K_7 + K_{12} K_{10} / K_{22} \times \cot 90^\circ \cdot K_5 \cdot K_4 + (K_{11} K_{10} \Delta - K_{12} K_{10} / K_{22})}{\cot 90^\circ \cdot K_5 \cdot K_4 + \cot 10^\circ \cdot K_9 \cdot K_7} = \Delta K_{22} / K_{10} \Delta$$

## ۲-۹- ترفیع

ترفیع عکس تقاطع می باشد. در حقیقت جهت تعیین مختصات نقطه مجهول در ترفیع، ایستگاه گذاری در نقطه مجهول و نشانه روی به نقاط با مختصات معلوم طبق شکل ۴-۹ انجام شده و زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  قرائت می شوند. لذا جهت قرائت زوایای  $\alpha$  و  $\beta$  باید به هر سه نقطه A, B و C دید داشته باشیم.

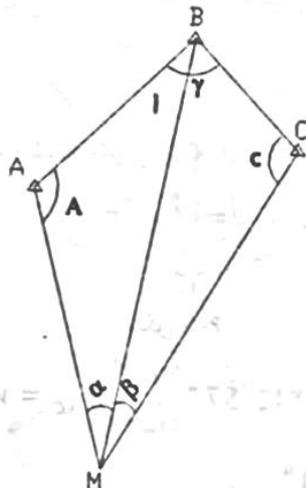


شکل ۴-۹

انجام ترفیع یکی از نیازهای برداشت جزئیات نقاط می باشد به عنوان مثال برای ایجاد نقطه فرعی جهت برداشت جزئیات می توان به رئوس پیمایش نشانه روی نموده و به روش ترفیع مختصات نقطه استقرار دلخواه دوربین را بدست آورد.

۹-۲-۲- روش گوس

اگر دو زاویه A, C در شکل ۷-۹ پیدا شوند، با توجه به معلوم بودن ژیزمان AB, CB می توان ژیزمان های امتداد AM, CM را پیدا نموده و مساله را به حالت تقاطع تبدیل نمود.



شکل ۷-۹

زاویه  $\gamma$  با معلوم بودن  $G_{BA}$  و  $G_{BC}$  قابل محاسبه بوده و لذا می توان نوشت:

$$\gamma = G_{BA} - G_{BC}$$

می دانیم مجموع زوایای داخلی یک چهار ضلعی برابر ۳۶۰ درجه می باشد، لذا می توان

نوشت:

$$\hat{A} + \hat{C} + \hat{\alpha} + \hat{\beta} + \hat{\gamma} = 360^\circ \Rightarrow \hat{A} + \hat{C} = 360^\circ - (\alpha + \beta + \gamma)$$

معلوم  $\Delta = 360^\circ - (\alpha + \beta + \gamma)$

$$\Rightarrow \hat{A} + \hat{C} = \Delta \quad (1)$$

طریقین (تقسیم بر هم کرده)

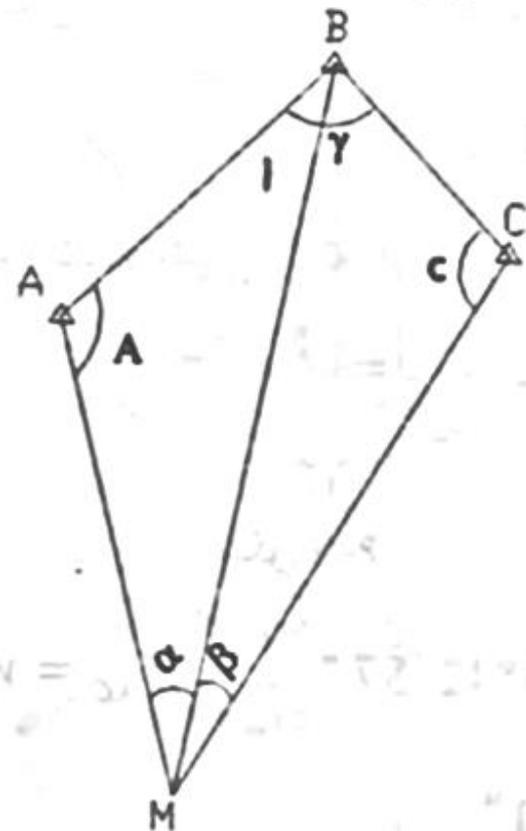
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\sin A}{MB} = \frac{\sin \alpha}{AB} \\ \frac{\sin C}{MB} = \frac{\sin \beta}{BC} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{\sin A}{\sin C} = \frac{BC \sin \alpha}{AB \sin \beta} = k \quad (2)$$

معلوم  $\frac{BC \sin \alpha}{AB \sin \beta} = k$

از روابط (۱) و (۲) می توان مقادیر A, C را پیدا نمود.

$$\begin{aligned} \sin A &= K \sin C = K \sin(\Delta - A) \Rightarrow \sin A = K \sin \Delta \cos A - K \cos \Delta \sin A \\ (1 + K \cos \Delta) \sin A &= K \sin \Delta \cos A \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} A = \frac{k \sin \Delta}{1 + k \cos \Delta} \Rightarrow A = \operatorname{tg}^{-1} \left( \frac{k \sin \Delta}{1 + k \cos \Delta} \right)$$



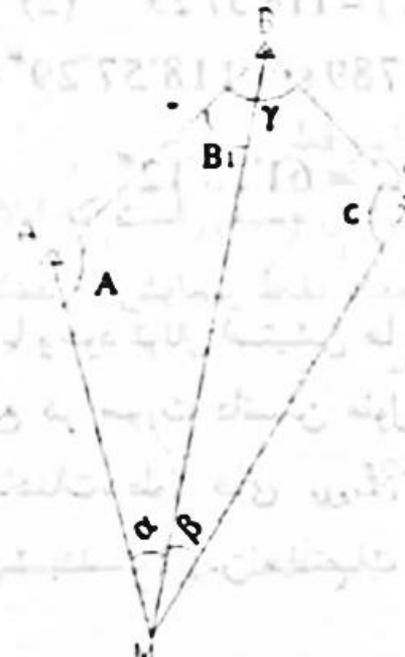
$$\alpha + A + \beta_1 = 180^\circ \rightarrow \beta_1 = ?$$

$$\hat{C} = \Delta - \hat{A}$$

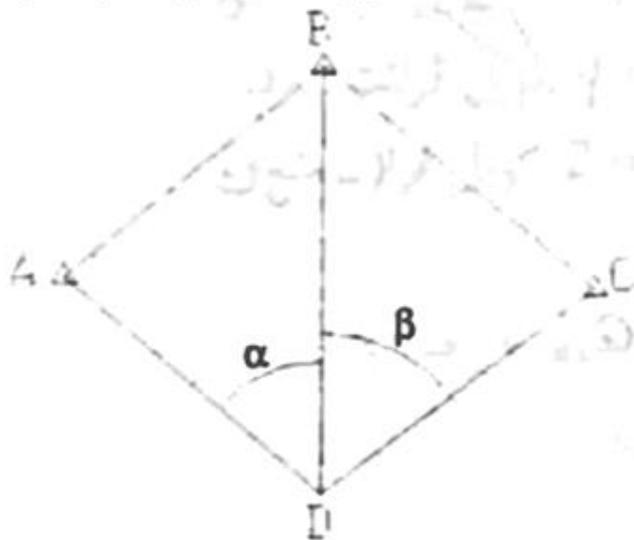
$$G_{AM} = G_{AB} + \hat{A}$$

$$\frac{\sin \alpha}{L_{AB}} = \frac{\sin \beta_1}{L_{AM}} \Rightarrow L_{AM} = \frac{L_{AB}}{\sin \alpha} \times \sin \beta_1$$

$$\begin{cases} x_M = x_A + L_{AM} \sin G_{AM} \\ y_M = y_A + L_{AM} \cos G_{AM} \end{cases}$$



مثال ۳: مطابق شکل زیر به منظور تعیین موقعیت نقطه D از آنجا که امکان استقرار تئودولیت بر روی نقاط معلوم A, B, C وجود نداشته، زوایای  $\alpha = 53^\circ 31' 54''$  و  $\beta = 61^\circ 39' 39''$  اندازه گیری شده و فواصل  $AB = 855.27$  و  $BC = 904.04$  متر و زاویه  $ABC = 125^\circ 50' 58''$  محاسبه شده اند زوایای A و C چقدر می باشد؟



شکل ۹-۹

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\sin A}{MB} = \frac{\sin \alpha}{AB} \\ \frac{\sin C}{MB} = \frac{\sin \beta}{BC} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{\sin A}{\sin C} = \left( \frac{BC}{AB} \right) \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \Rightarrow \sin A = 0.965789 \sin C \quad (1)$$

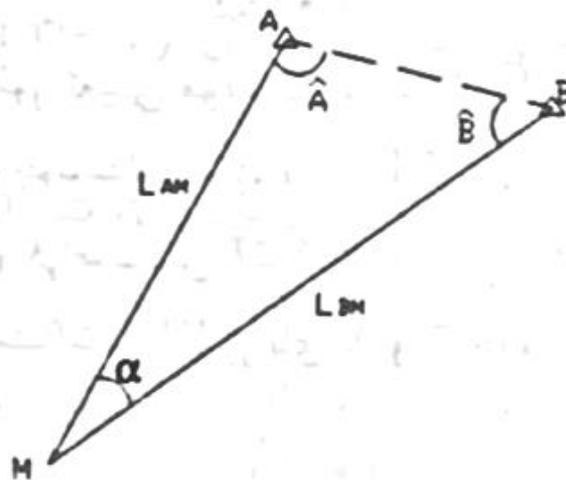
$$\left( \frac{BC}{AB} \right) \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 0.965789$$

$$\hat{C} + \hat{A} = 360 - (\alpha + \beta + \hat{A}\hat{B}\hat{C}) = 118^\circ 57' 29'' \quad (2)$$

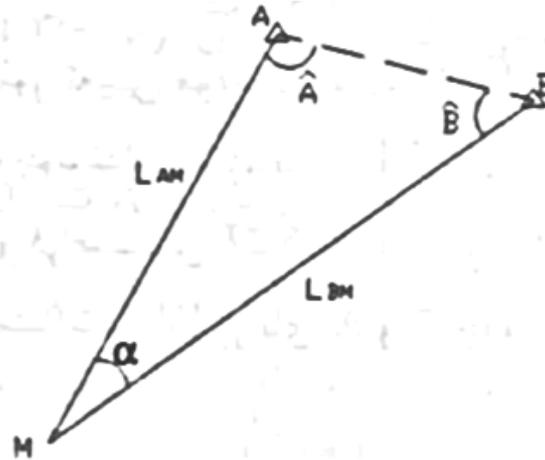
$$(1), (2) \Rightarrow \sin A = 0.965789 \sin(118^\circ 57' 29'' - A) \Rightarrow \hat{A} = 57^\circ 47' 17''$$

$$\Rightarrow \sin C = \frac{\sin A}{0.965789} \Rightarrow \hat{C} = 61^\circ 10' 12''$$

لازم به ذکر می باشد امروزه با وجود توتال استیشن ها می توان به راحتی طول بین نقاط را پیدا نمود. لذا محاسبات ترفیع در صورت دانستن طول و زوایه به صورت زیر ساده تر می شود. یعنی اگر در ترفیع مشاهدات، طول های  $L_{AM}$ ،  $L_{BM}$  و زاویه  $\alpha$  را مطابق شکل ۹-۱۰ داشته باشیم محاسبات جهت بدست آوردن مختصات نقطه M به صورت ساده تر خواهد بود:



شکل ۹-۱۰



شكل ١٠-٩

$$tg v_{AB} = \left| \frac{\Delta x_{AB}}{\Delta y_{AB}} \right| \Rightarrow v_{AB}, G_{AB}$$

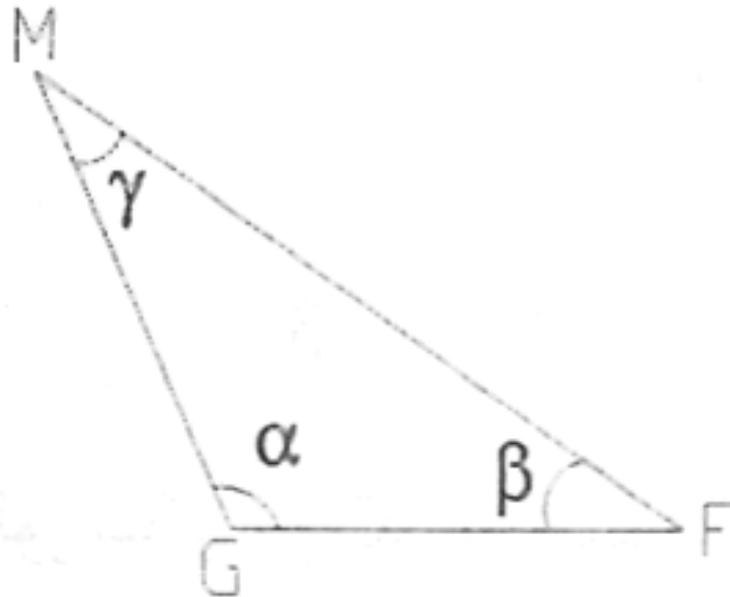
$$L_{AB} = \sqrt{\Delta x_{AB}^2 + \Delta y_{AB}^2}$$

$$\frac{\sin \alpha}{L_{AB}} = \frac{\sin A}{L_{BM}} \Rightarrow \hat{A}$$

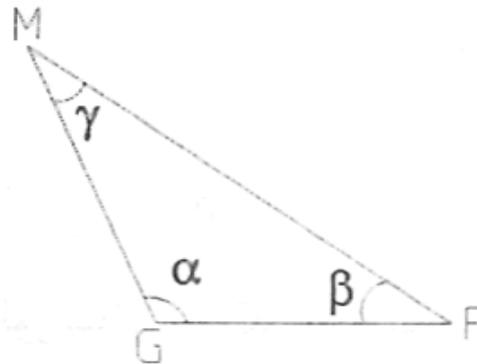
$$G_{AB} = G_{AM} - \hat{A}$$

$$\begin{cases} x_M = x_A + L_{AM} \sin G_{AM} \\ y_M = y_A + L_{AM} \cos G_{AM} \end{cases}$$

سوال ۳: به منظور تعیین موقعیت نقطه M دستگاه تئودولیت را بر روی نقاط معلوم G (950,180) و F (980,180) مستقر نموده ایم و زوایای  $MGF = 115.633 \text{ grad}$  و  $MFG = 74.72 \text{ grad}$  اندازه گیری شده اند. مختصات M چقدر می باشد؟



سوال ۳:



$$\alpha = 115.633 \text{ grad} , \beta = 74.72 \text{ grad}$$

$$\gamma = 200 - (115.633 + 74.72) = 9.647 \text{ grad}$$

$$L_{GF} = 30 \text{ m}$$

$$\frac{GF}{\sin \gamma} = \frac{GM}{\sin \beta} \Rightarrow GM = \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} GF \Rightarrow GM = 183.27 \text{ m}$$

$$G_{GF} = 100 \text{ grad} , G_{GM} = 100 - 115.633 + 400 = 384.367 \text{ grad}$$

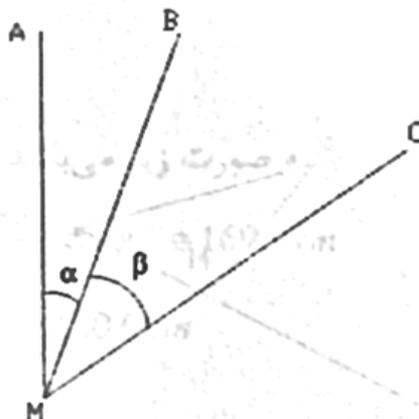
$$\begin{cases} x_M = x_G + L_{GM} \sin G_{GM} = 905.447 \text{ m} \\ y_M = y_G + L_{GM} \cos G_{GM} = 357.772 \text{ m} \end{cases}$$

سوال ۵: با استفاده از اطلاعات داده شده مختصات نقطه M را به روش گوس تعیین کنید؟

$$A \begin{vmatrix} 10000 \\ 20000 \end{vmatrix}, \quad B \begin{vmatrix} 16672.50 \\ 20000 \end{vmatrix}, \quad C \begin{vmatrix} 27732.76 \\ 14215.24 \end{vmatrix}, \quad \alpha = \hat{A}MB = 20^\circ 5' 53''$$

$$\beta = \hat{B}MC = 35^\circ 6' 8''$$

سوال ۵:



$$\operatorname{tg} v_{AB} = \left| \frac{\Delta x_{AB}}{\Delta y_{AB}} \right| \Rightarrow v_{AB} = 90^\circ \begin{matrix} \Delta x_{AB} > 0 \\ \Delta y_{AB} > 0 \end{matrix} \Rightarrow G_{AB} = v_{AB} = 90^\circ$$

$$\operatorname{tg} v_{BC} = \left| \frac{\Delta x_{BC}}{\Delta y_{BC}} \right| \Rightarrow v_{BC} = 62^\circ 23' 22'' \begin{matrix} \Delta x_{BC} > 0 \\ \Delta y_{BC} < 0 \end{matrix} \Rightarrow G_{BC} = 180^\circ - v_{BC} = 117^\circ 36' 38''$$

$$\gamma = G_{BA} - G_{BC} = 152^\circ 23' 22''$$

$$L_{BC} = \sqrt{\Delta x_{BC}^2 + \Delta y_{BC}^2} = 12481.70m$$

$$L_{AB} = \sqrt{\Delta x_{AB}^2 + \Delta y_{AB}^2} = 6672.50m$$

$$\Delta = 360^\circ - (\alpha + \beta + \gamma) = 152^\circ 24' 37''$$

$$k = \frac{BC \sin \alpha}{AB \sin \beta} = 1.117834998$$

$$\operatorname{tg} A = \frac{k \sin \Delta}{1 + k \cos \Delta} = 55.80138678 \Rightarrow \hat{A} = 88^\circ 58' 24''$$

$$G_{AM} = G_{AM} + \hat{A} \Rightarrow G_{AM} = 178^\circ 58' 24'' \Rightarrow G_{MA} = 358^\circ 58' 24''$$

$$G_{MB} = G_{MA} + \alpha = 379^\circ 4' 17'' = 379^\circ 4' 17'' - 360^\circ = 19^\circ 4' 17''$$

$$\Rightarrow G_{BM} = 199^\circ 4' 17''$$

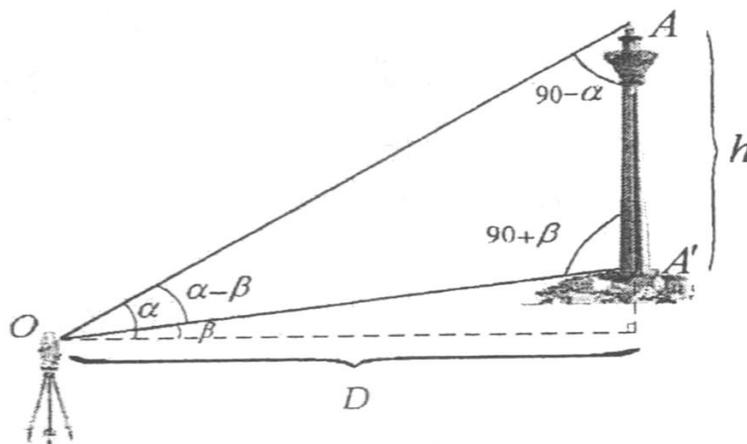
$$\frac{\sin \alpha}{L_{AB}} = \frac{\sin A}{L_{BM}} \Rightarrow L_{BM} = 19414.693m$$

$$\begin{cases} x_M = x_B + L_{BM} \sin G_{BM} = 10328.827m \\ y_M = y_B + L_{BM} \cos G_{BM} = 1650.937m \end{cases}$$

۵-۲۶- نحوه تعیین ارتفاع یک برج به کمک تئودولیت

فرض کنید بخواهیم ارتفاع برج (AA') شکل زیر را تعیین کنیم. برای این منظور ابتدا تئودولیت را در موقعیت مناسب مستقر و به نقاط A و A' (بالا و پایین برج) نشانه روی کرده و زوایای شیب  $\alpha$  و  $\beta$  را پیدا می‌کنیم. اگر ارتفاع برج را  $h$ ، فاصله افقی دوربین تا برج را  $D$  فرض کنیم. در اینصورت می‌توان نوشت:

روش اول:



شکل ۵-۲۶

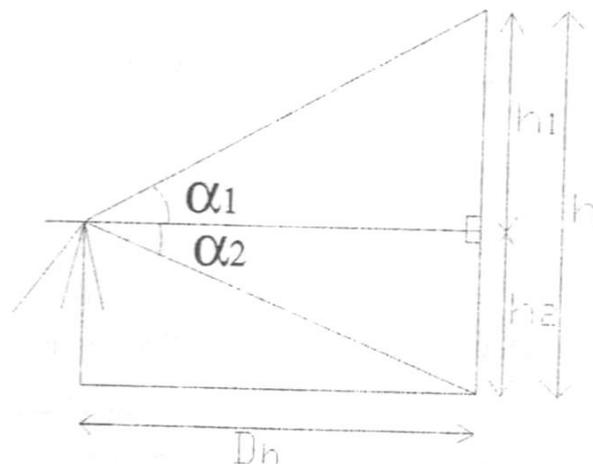
$$\frac{h}{\sin(\alpha - \beta)} = \frac{OA}{\sin(90 + \beta)} = \frac{OA'}{\sin(90 - \alpha)}$$

$$\Rightarrow h = \frac{OA}{\cos \beta} \times \sin(\alpha - \beta) = \frac{OA'}{\cos \alpha} \times \sin(\alpha - \beta) \quad (1)$$

$$OA' = \frac{D}{\cos \beta}, \quad OA = \frac{D}{\cos \alpha} \quad (2)$$

$$\stackrel{(1,2)}{\Rightarrow} h = \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos \alpha \times \cos \beta} \times D$$

روش دوم:



شکل ۵-۵۴

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\alpha_1 = \frac{h_1}{D_H} \Rightarrow h_1 = D_H \times \operatorname{tg}\alpha_1 \\ -\operatorname{tg}\alpha_2 = \frac{h_2}{D_H} \Rightarrow h_2 = -D_H \times \operatorname{tg}\alpha_2 \end{cases} \quad \begin{matrix} h=h_1+h_2 \\ \rightarrow h = h_1 + h_2 = D_H(\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg}\alpha_2) \end{matrix}$$

مثال ۳۲: مطلوب است محاسبه ارتفاع یک برج در صورتیکه فاصله افقی تئودولیت تا پای برج  $85.61 \text{ m}$  و زوایای قائم قرائت شده نوک برج و پای برج به ترتیب عبارتند از: نوک برج  $v = 33^\circ 7'$  و پای برج  $v = 137^\circ 31'$  ؟

زوایای شیب نوک برج برابر  $\alpha = 56^\circ 53'$  و پای برج برابر  $\alpha = -47^\circ 31'$  می باشند.

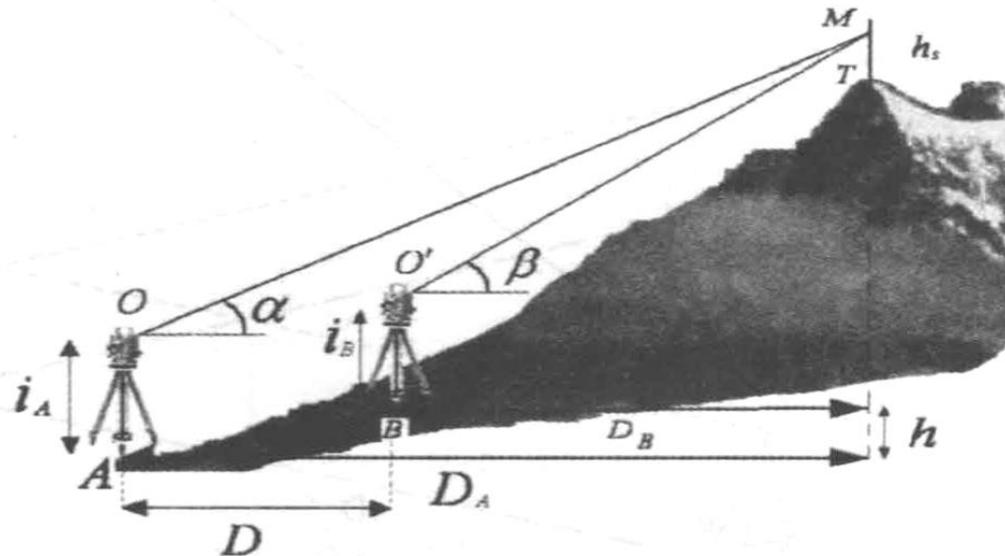
$$h = D_H(\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg}\alpha_2)$$

$$h = 85.61 \times (\operatorname{tg}56^\circ 53' - \operatorname{tg}(-47^\circ 31')) = 224.72 \text{ m}$$

### ۵-۲۷- تعیین ارتفاع نقطه ای که پای قائم آن در دسترس نیست

برای تعیین ارتفاع نقطه ای که پای قائم آن در دسترس نیست، در سه حالت زیر بررسی می شود:

برای تعیین ارتفاع قله کوهی که پای قائم آن در دسترس نیست بدین صورت عمل می کنیم. نقاط  $A$  و  $B$  را در یک طرف نقطه  $M$  انتخاب کرده بطوری که هر سه نقطه در یک صفحه قائم باشند. با استقرار تئودولیت در نقاط  $A$  و  $B$  و نشانه روی به نقطه  $M$ ، زوایای شیب  $\alpha$  و  $\beta$  را طبق شکل زیر اندازه می گیریم.



براساس فرمول تعیین اختلاف ارتفاع برای هر یک از نقاط A و B می توان نوشت:

$$\begin{cases} H_T - H_A = D_A \times \operatorname{tg} \alpha + i_A - h_s \\ H_T - H_B = D_B \times \operatorname{tg} \beta + i_B - h_s \end{cases} \Rightarrow H_B - H_A = D_A \times \operatorname{tg} \alpha - D_B \times \operatorname{tg} \beta + i_A - i_B$$

و اگر فرض کنیم که  $H_B - H_A = h$  باشد، در نتیجه می توان نوشت:

$$h = D_A \times \operatorname{tg} \alpha - D_B \times \operatorname{tg} \beta + i_A - i_B \quad (1)$$

همچنین می دانیم که:

$$D_A - D_B = D \quad (2)$$

از حل معادلات (1) و (2) می توان به جوابهای زیر رسید:

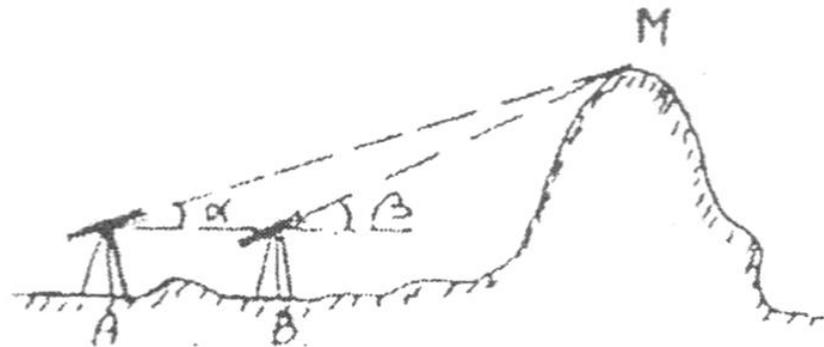
$$D_A = \frac{D \times \tan \beta - (h - i_A + i_B)}{\tan \beta - \tan \alpha}, \quad D_B = \frac{D \times \tan \alpha - (h - i_A + i_B)}{\tan \beta - \tan \alpha}$$

با جایگذاری اعداد بدست آمده برای  $D_A$  و  $D_B$  در معادله (1) می توان اختلاف ارتفاع دو

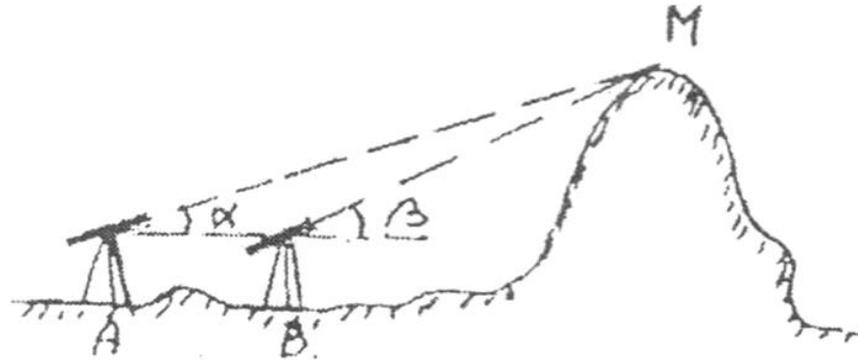
$$\text{نقطه A و B را بدست آورد. همچنین از رابطه} \quad \begin{cases} H_T - H_A = D_A \times \operatorname{tg} \alpha + i_A - h_s \\ \text{or} \\ H_T - H_B = D_B \times \operatorname{tg} \beta + i_B - h_s \end{cases} \text{ می توان ارتفاع}$$

نقطه مجهول M را بدست آورد.

سوال ۲۵: پس از ایستگاه گذاری روی نقاط A و B به فاصله 50 متر زاویه های  $\alpha$  و  $\beta$  خوانده شد، با توجه به آنکه ارتفاع نقاط A و B صفر و ارتفاع دستگاه در هر دو حالت 1.57 متر در نظر گرفته شده ارتفاع M چند متر است؟ ( $\alpha = 10^\circ 12'$ ,  $\beta = 10^\circ 13'$ )



$x$ : اختلاف ارتفاع نقطه  $M$  و دستگاه و  $y$ : فاصله افقی دستگاه  $B$  تا نقطه  $M$  است.



$$\begin{cases} \operatorname{tg}\alpha = \frac{x}{50+y} \\ \operatorname{tg}\beta = \frac{x}{y} \Rightarrow y = \frac{x}{\operatorname{tg}\beta} \end{cases} \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \frac{x}{50 + \frac{x}{\operatorname{tg}\beta}} \Rightarrow x\left(1 - \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\beta}\right) = 50\operatorname{tg}\alpha \Rightarrow x = 5398.93m$$

$$h_M = x + 1.57 = 5400.50m$$

---

**پایان جلسه**

## درس نقشه برداری ۲

زاویه یابی خارج از ایستگاه، روش های تعیین مساحت

فرید اسماعیلی

Farid\_63@yahoo.com

[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

**سرفصلهای درس :**

الف- نثری (۲۲ ساعت)

۱- مقدمه: اصطلاحات و مفاهیم پایه، سیستم‌های مختصات در نقشه برداری، موقعیت نقطه و طول پایه.

۲- بررسی خطاها در زاویه‌یابی، تصحیح خطای سیستماتیک، روشهای مختلف اندازه‌گیری زاویه، زاویه‌یابی خارج از ایستگاه، خطای سانتراز.

۳- تعیین امتداد: پیمت، گرا، و روشهای تعیین آنها، توجیه

۴- تعیین مختصات نقاط کنترل:

- روش شعاعی و بررسی خطاها.
- روش پیمایش، کنترل اندازه‌گیری، محاسبه و سرشکنی خطاها، اشتباهات.
- مثلث‌بندی، طول پایه و تقویت آن، شکل‌های ساده، حل مثلث‌بندی.
- تقاطع و ترفیع

۵- تهیه نقشه توپوگرافی

- برداشت و نمایش جزئیات (تاکنومتری، کار با آلیاد و تخت سه‌پایه)، روشهای مختلف برداشت خطوط تراز و
- اشاره به DTM
- مساحت، افراز و تفکیک زمین.
- آشنایی با نرم‌افزارهای نقشه‌برداری.

ب- عملی (۶۸ ساعت)

۱- روشهای مختلف اندازه‌گیری زاویه (با رعایت خطاها)

۲- عملیات تعیین امتداد و توجیه

۳- اجرای پیمایش و تاکنومتری و استفاده از تخت سه‌پایه و آلیاد جهت تهیه نقشه توپوگرافی.

۴- تعیین مختصات نقاط کنترل از طریق مثلث‌بندی (شکل‌های ساده) تقاطع و ترفیع

۵- پیماده کردن قسمتی از یک نقشه، محاسبه مساحت و نمونه‌ای از افراز زمین

۳۱:۵۴

نقشه برداری ۲

تعداد واحد: ۳  
 نوع واحد: نظری و عملی  
 پیش‌نیاز: نقشه برداری ۱  
 هم‌نیاز: اتکروپتیک - لاسه‌یاب

هدف: آموزش نحوه تهیه نقشه با استفاده از روشها و وسایل نقشه برداری

سرفصلهای درس:

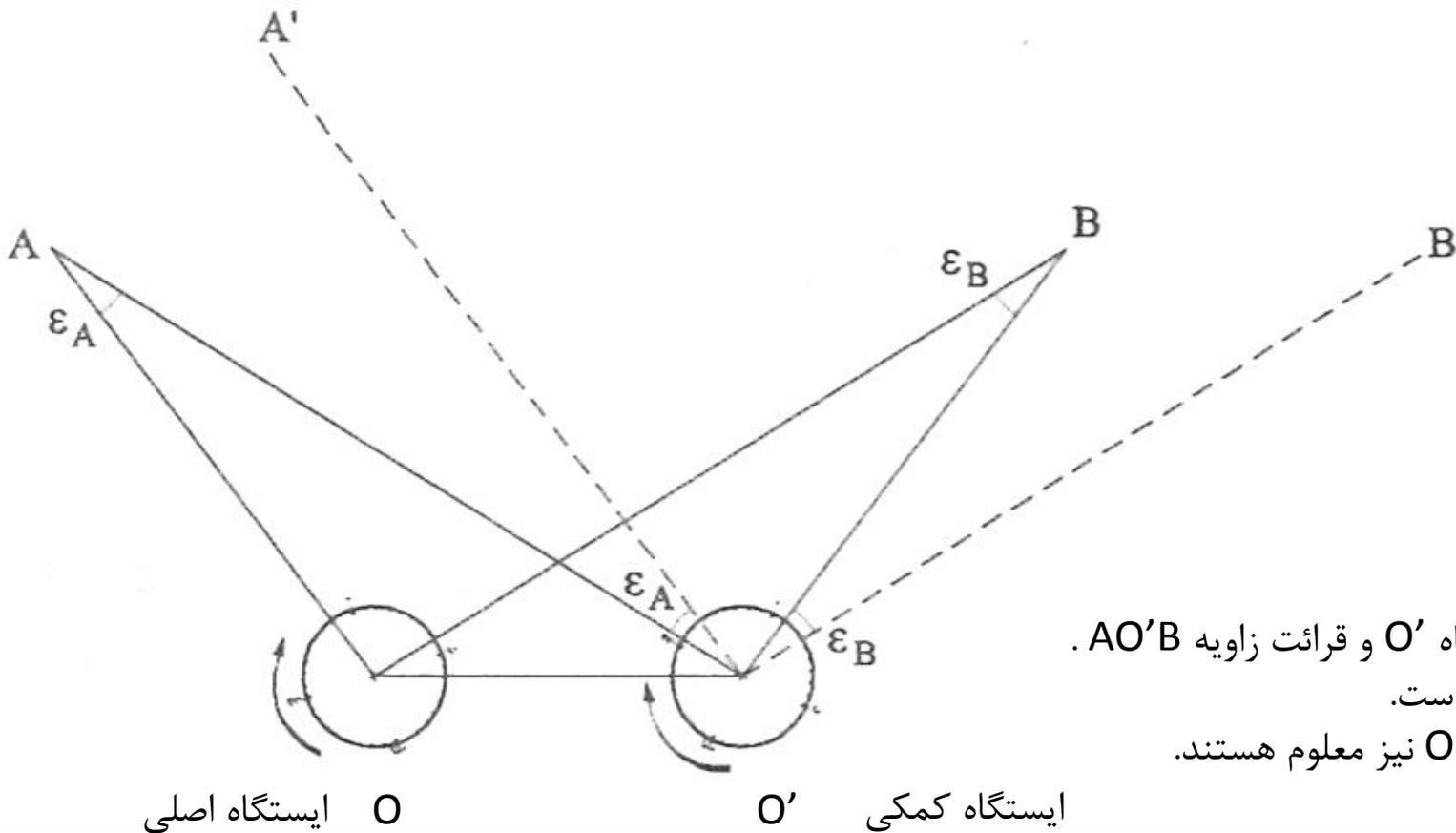
الف- نثری (۲۲ ساعت)

- ۱- مقدمه: اصطلاحات و مفاهیم پایه، سیستم‌های مختصات در نقشه برداری، موقعیت نقطه و طول پایه.
- ۲- بررسی خطاها در زاویه‌یابی، تصحیح خطای سیستماتیک، روشهای مختلف اندازه‌گیری زاویه، زاویه‌یابی خارج از ایستگاه، خطای سانتراز.
- ۳- تعیین امتداد: پیمت، گرا، و روشهای تعیین آنها، توجیه
- ۴- تعیین مختصات نقاط کنترل:
- روش شعاعی و بررسی خطاها.
  - روش پیمایش، کنترل اندازه‌گیری، محاسبه و سرشکنی خطاها، اشتباهات.
  - مثلث‌بندی، طول پایه و تقویت آن، شکل‌های ساده، حل مثلث‌بندی.
  - تقاطع و ترفیع
- ۵- تهیه نقشه توپوگرافی
- برداشت و نمایش جزئیات (تاکنومتری، کار با آلیاد و تخت سه‌پایه)، روشهای مختلف برداشت خطوط تراز و
  - اشاره به DTM
  - مساحت، افراز و تفکیک زمین.
  - آشنایی با نرم‌افزارهای نقشه‌برداری.

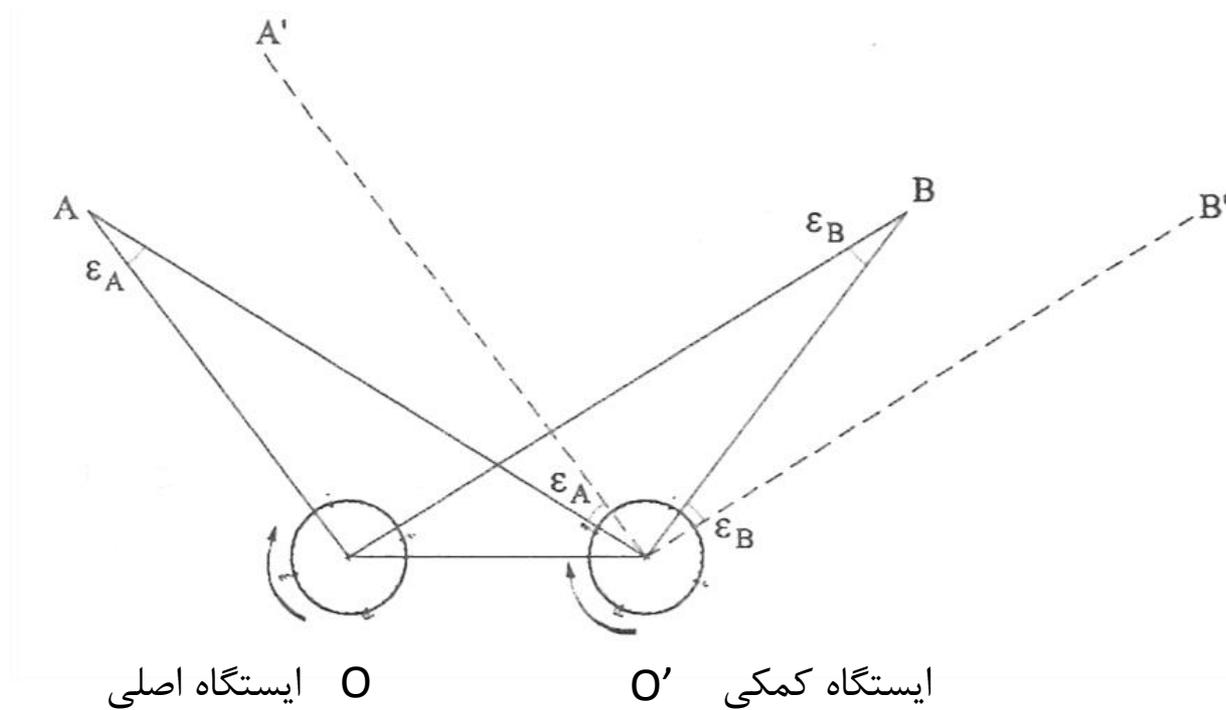
ب- عملی (۶۸ ساعت)

- ۱- روشهای مختلف اندازه‌گیری زاویه (با رعایت خطاها)
- ۲- عملیات تعیین امتداد و توجیه
- ۳- اجرای پیمایش و تاکنومتری و استفاده از تخت سه‌پایه و آلیاد جهت تهیه نقشه توپوگرافی.
- ۴- تعیین مختصات نقاط کنترل از طریق مثلث‌بندی (شکل‌های ساده) تقاطع و ترفیع
- ۵- پیماده کردن قسمتی از یک نقشه، محاسبه مساحت و نمونه‌ای از افراز زمین

در عملیات زاویه یابی ممکن است وجود موانعی، امکان استقرار در خود ایستگاه (رأس زاویه) را ناممکن سازد یا آنکه یکی از هدف‌ها (یا هر دوی آنها) از این ایستگاه رؤیت پذیر نباشد. در این صورت از ایستگاه کمکی استفاده می‌شود.



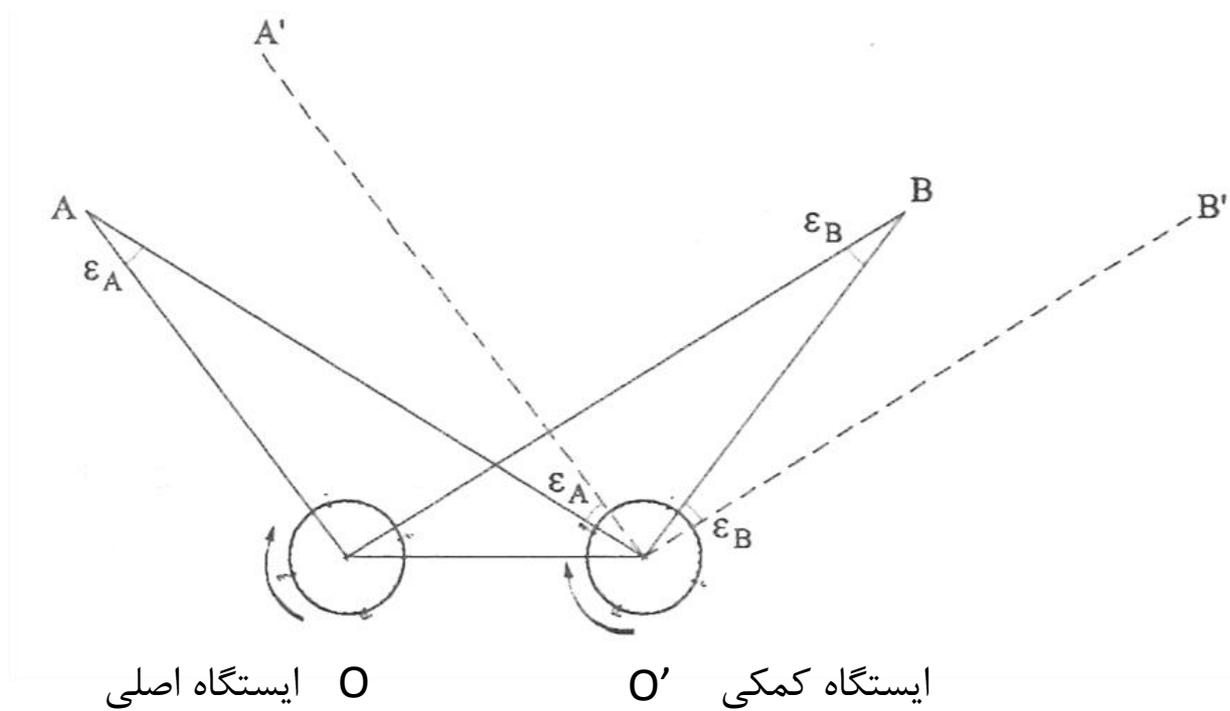
- استقرار روی ایستگاه  $O'$  و قرائت زاویه  $AO'B$ .
- طول  $OO'$  معلوم است.
- طول‌های  $OA$  و  $OB$  نیز معلوم هستند.



فرض می‌کنیم هدف، تعیین زاویه  $AOB$ ، باشد که به دلیل وجود مانع نتوان دستگاه تئودولیت را در نقطه  $O$  مستقر کرد. نقطه‌ای مثل  $O'$  را در نزدیکی  $O$  انتخاب می‌کنیم و با استقرار تئودولیت در این نقطه زاویه  $AO'B$  را اندازه می‌گیریم و کوشش می‌کنیم اختلاف این زاویه را با مقدار زاویه مطلوب یعنی  $AOB$  تعیین کنیم.

برای تعیین این اختلاف، بر روی شکل از نقطه  $O'$  خطوط  $O'A'$  و  $O'B'$  را به ترتیب به موازات  $OA$  و  $OB$  رسم می‌کنیم. در این صورت خواهیم داشت.

$$\hat{AOB} = \hat{A'O'B'}$$



$$A'\hat{O}'B' = R_{B'} - R_{A'}$$

$$R_{A'} = R_A + \varepsilon_A$$

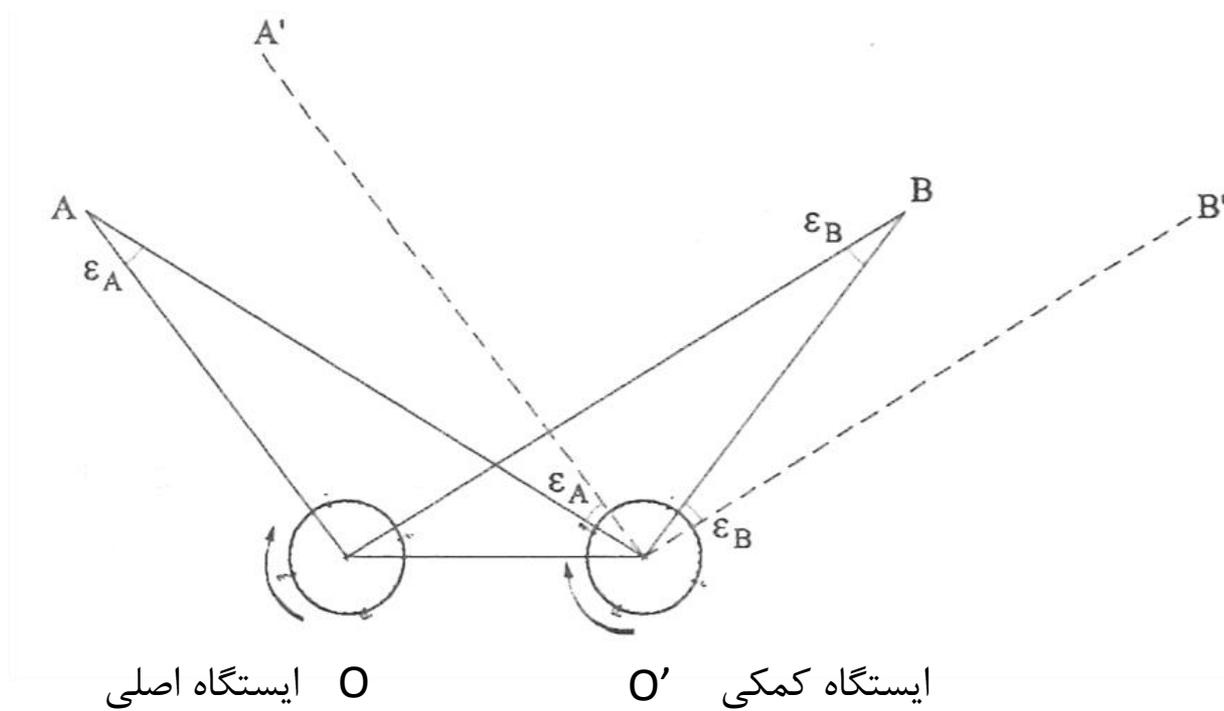
$$R_{B'} = R_B + \varepsilon_B$$

$$A\hat{O}B = A'\hat{O}'B' = (R_B + \varepsilon_B) - (R_A + \varepsilon_A)$$

$$A\hat{O}B = (R_B - R_A) + (\varepsilon_B - \varepsilon_A) = A\hat{O}'B + (\varepsilon_B - \varepsilon_A)$$

}

?



$$\frac{\sin \hat{O}'AO}{OO'} = \frac{\sin \hat{OO}'A}{OA}$$

$$\hat{OO}'A = R_A - R_O$$

$$\hat{O}'AO = \varepsilon_A$$

$$\sin \varepsilon_A = \frac{OO'}{OA} \sin(R_A - R_O)$$

$$\hat{AOB} = (R_B - R_A) + (\varepsilon_B - \varepsilon_A) = \hat{AO'B} + (\varepsilon_B - \varepsilon_A)$$

$$\sin \varepsilon_B = \frac{OO'}{OB} \sin(R_B - R_O)$$

برای اندازه‌گیری زاویه  $\hat{AOB}$  به جای نقطه  $O$ ، تئودولیت در نقطه  $O'$  که در فاصله ۱۲ متری  $O$  قرار دارد مستقر شده است. قرائت لمب افقی روی نقاط  $A$ ،  $B$  و  $O$  و فاصله نقاط از  $O$  به این شرح است. اندازه زاویه  $\hat{AOB}$  را به دست آورید.

$$R_A = 74,2345g$$

$$R_B = 193,2270g$$

$$R_O = 120,7630g$$

$$OA = 120m$$

$$OB = 89m$$

حل:

$$\hat{AO'B} = R_B - R_A = 118,9925g$$

$$\sin \varepsilon_A = \frac{12}{120} \sin(74,2345 - 120,7630) = 0,1 \times \sin(-46,5285) = -0,066625$$

$$\varepsilon_A = -4,2452g$$

با روش مشابه

$$\sin \varepsilon_B = 0,122414$$

$$\varepsilon_B = 7,0127g$$

$$\hat{AOB} = \hat{AO'B} + \varepsilon_B - \varepsilon_A = 120,9504g$$

برای تعیین زاویه  $MOC$  به جای نقطه  $O$  ایستگاه گذاری در نقطه  $O'$  انجام شده است که در  $10$  متری  $O$  و روی خط  $OC$  (بین  $O$  و  $C$ ) قرار دارد. قرائت لمب افقی روی نقاط  $M$  و  $C$  به شرح زیر است. اندازه زاویه  $MOC$  را تعیین کنید، شکل ۸-۲۶.

$$R_M = 00^\circ, 00', 00''$$

$$R_C = 103^\circ, 27', 26''$$

$$OC = 150\text{m}$$

$$OM = 100\text{m}$$

حل :

$$\hat{M}O'C = 103^\circ, 27', 26''$$

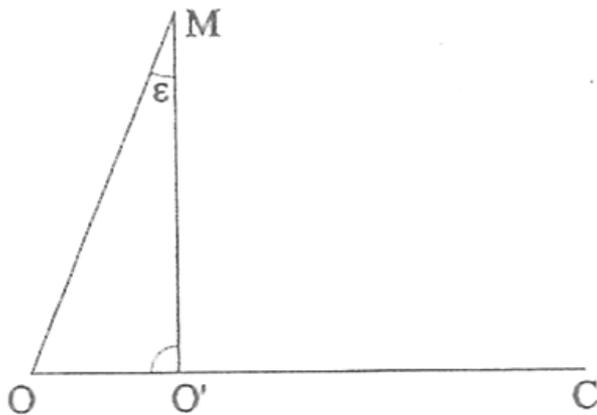
در مثلث  $MOO'$  روابط سینوس ها را می نویسیم و  $\varepsilon$  را محاسبه می کنیم.

$$\frac{\sin \varepsilon}{OO'} = \frac{\sin \hat{O}'}{OM}$$

$$\sin \varepsilon_A = 0,097252$$

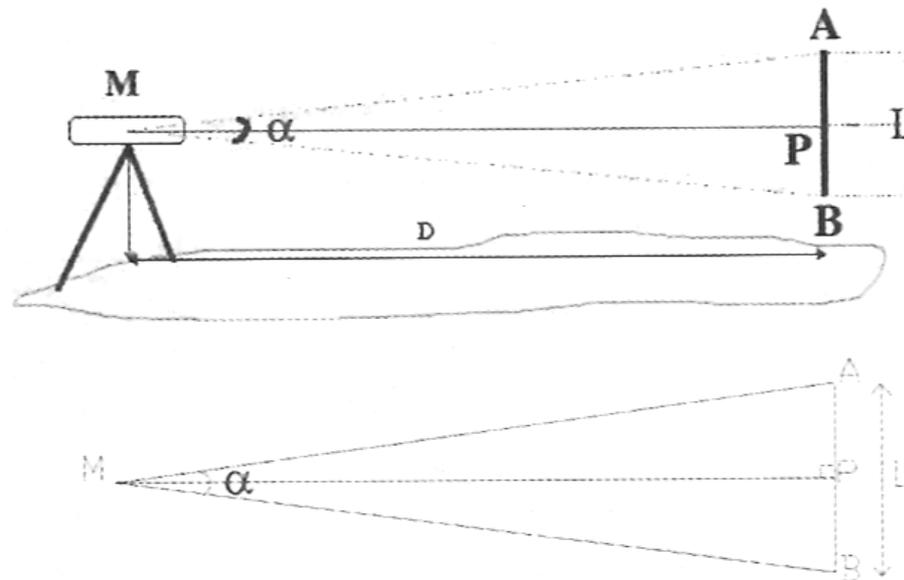
$$\varepsilon = 5^\circ, 24', 52''$$

$$\hat{M}OC = \hat{M}O'C - \varepsilon = 97^\circ, 52', 44''$$



روش پارالاکتیک یک روش مثلثاتی است به این صورت که اصول کلی در این روش تعیین ارتفاع وارد بر قاعده یک مثلث متساوی الساقین با طول قاعده ثابت و معلوم ( $L$ ) است که با اندازه گیری زاویه راس مثلث ( $\alpha$ )، فاصله مورد نظر طبق شکل بدست می آید:

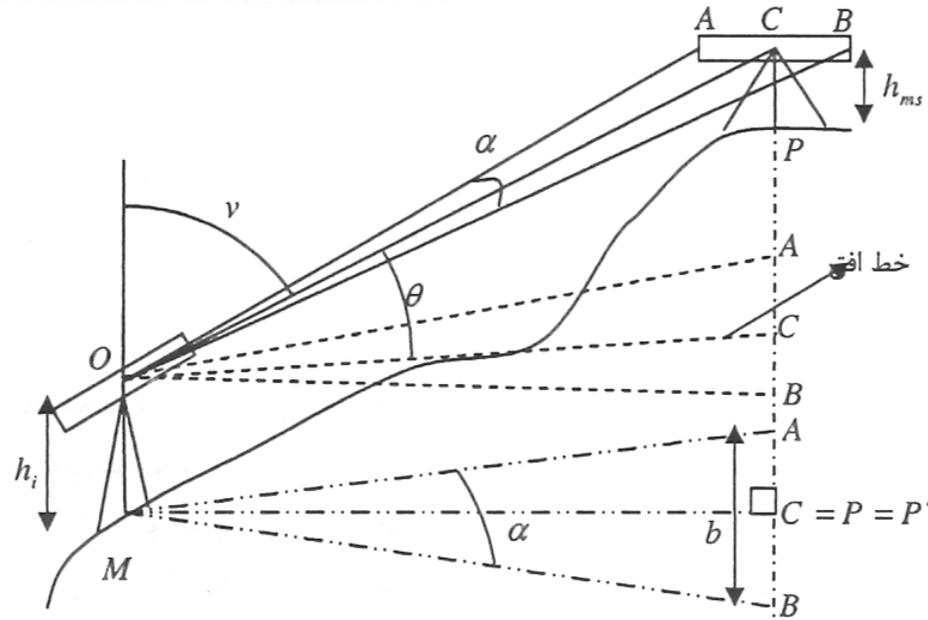
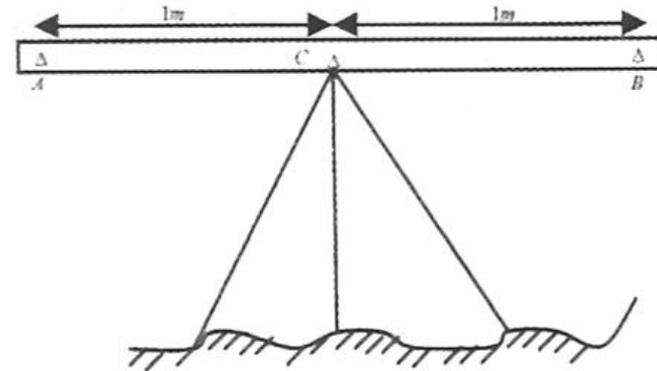
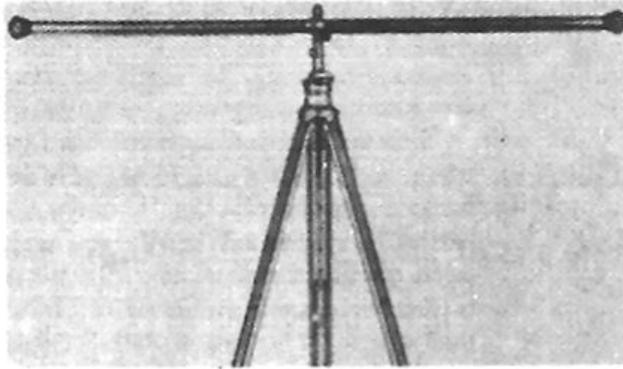
$$\cot g \frac{\alpha}{2} = \frac{MP}{\frac{L}{2}} \Rightarrow MP = \frac{L}{2} \cot g \frac{\alpha}{2}$$



روش پارالاکتیک

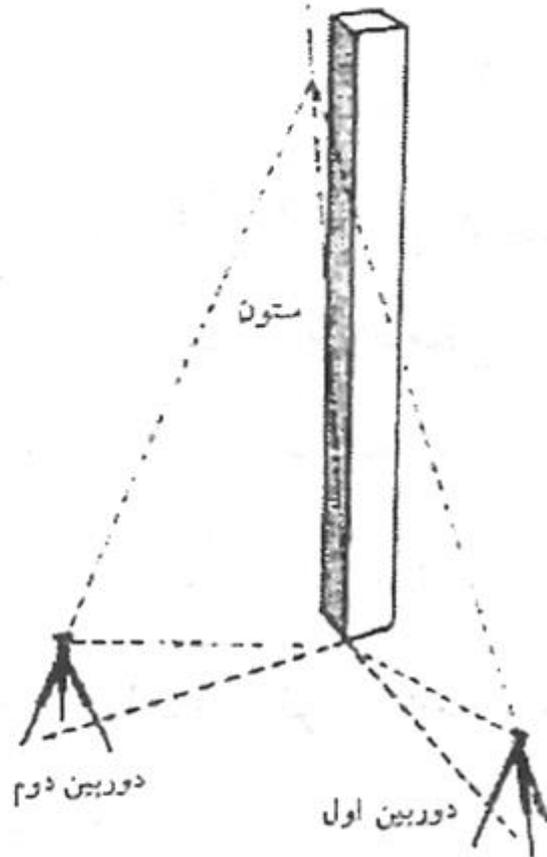
فاصله به دست آمده در این روش فاصله افقی می باشد چرا که زاویه  $\alpha$  به صورت افقی اندازه گیری می شود و لذا شیب خط قراولروی هیچ گونه تاثیری در تعیین این مسافت ندارد.  $\alpha$  را زاویه پارالاکتیک و طول ثابت  $L$  را طول پایه گویند.

در این روش از یک تئودولیت و یک شاخص افقی (میر پارالاکتیک) استفاده می شود. میر پارالاکتیک عموماً 2 متر طول داشته و جنس آن از انوار (آلیاژ ترکیبی از نیکل و فولاد) بوده که تغییر انبساط و انقباض آن در شرایط جوی متفاوت بسیار کم است. میر پارالاکتیک در شکل به صورت شماتیک نشان داده شده است.

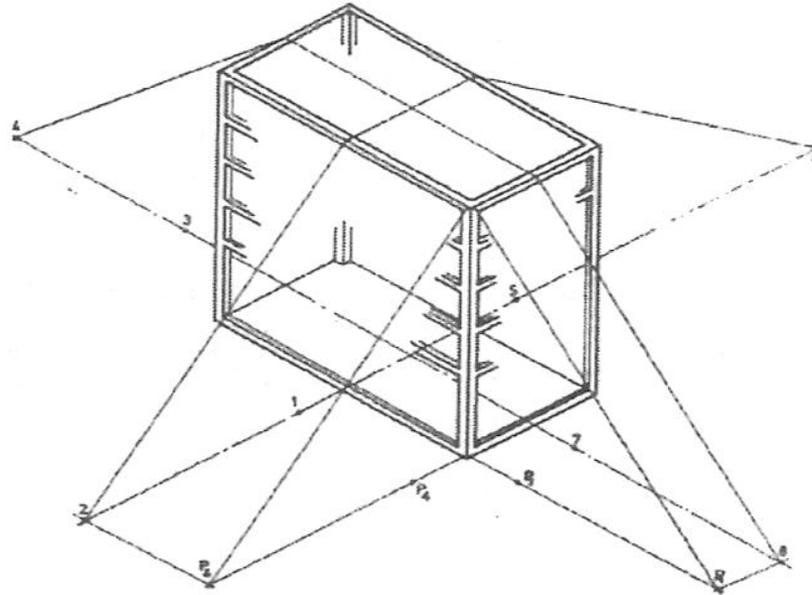


مثال ۴: در یک فاصله یابی پارالاکتیک زاویه اندازه گیری شده  $2^{\circ}40'36''$  است. فاصله افقی چقدر می باشد؟ (در صورتیکه طول پایه  $2m$  می باشد)

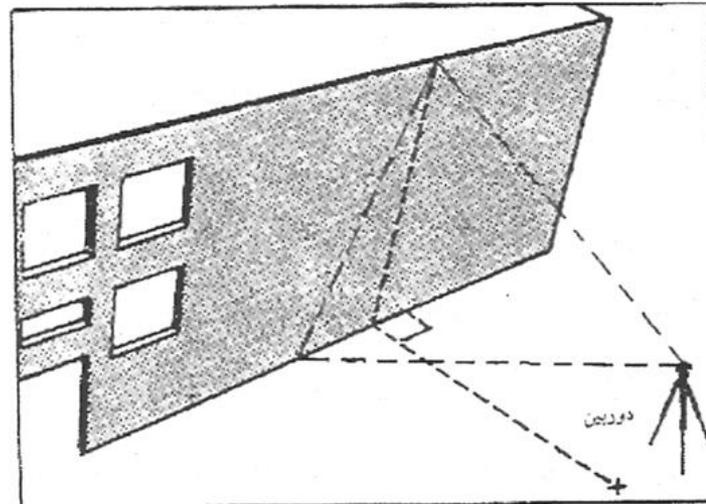
$$D = \frac{L}{2} \cot g \frac{\alpha}{2} = \frac{2}{2} \cot g 1^{\circ}20'18'' = 42.80 m$$



برای این منظور باید تئودولیت را بر روی دو خط که با زاویه ۹۰ درجه در یک گوشه از ستون در هر پایه همدیگر را قطع می کنند، مستقر کرد. بهتر است این خطوط به موازات خطوط مبنا و منطبق بر دو وجه ستون‌ها باشند. با تئودولیت باید طوری قراول رفت که تصویر کف کناری ستون با خط عمودی تار رتیکول مماس شود و سر تلکسوپ در یک صفحه عمودی تا بالای ستون حرکت داده شود. اگر ستون بر روی پیچ و مهره قرار بگیرد، وضعیت آنرا می توان به این ترتیب که تصویر لبه بالایی ستون، با خط عمودی تار رتیکول بر روی هم منطبق شوند تنظیم کرد. شکل شاقولی کردن یک ستون چند طبقه را با استفاده از یک دستگاه تئودولیت با قراولروی به خط کناری ستون نشان می دهد.



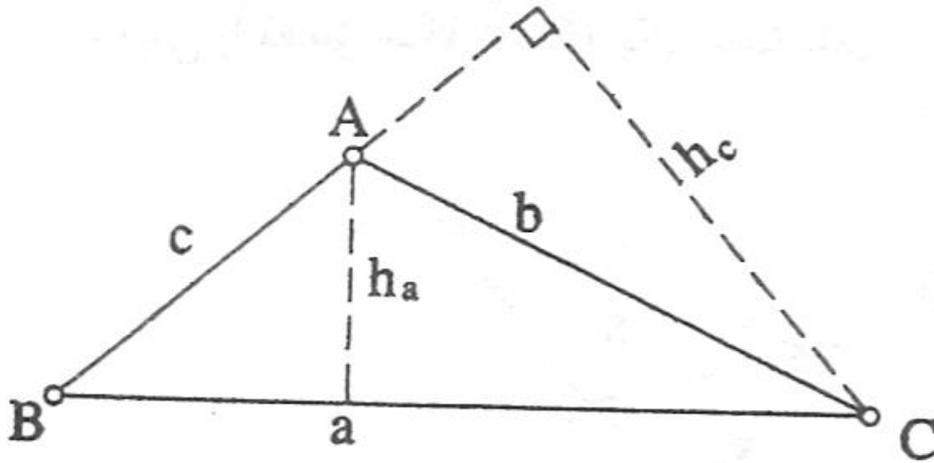
پیاده کردن ارتفاعات و شاقولی کردن اجزاء ساختمان



اشتباه در انتقال نقطه

## محاسبه مساحت یک مثلث ساده

در شکل زیر یک مثلث ساده به اضلاع  $a$ ،  $b$  و  $c$  مشاهده می گردد. در صورتیکه مقادیر اضلاع مثلث معلوم باشد روابط زیر برای تعیین مساحت برقرار است.



$P =$  نصف محیط

$S =$  مساحت مثلث

$$P = \frac{a+b+c}{2}$$

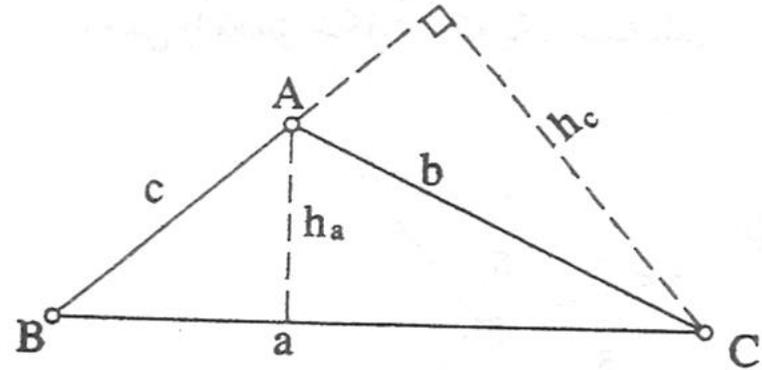
$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

در صورتیکه یک ضلع مثلث و ارتفاع وارد بر آن مشخص باشد خواهیم داشت:

$$S = \frac{1}{2} a h_a$$

$$= \frac{1}{2} b h_b$$

$$= \frac{1}{2} c h_c$$

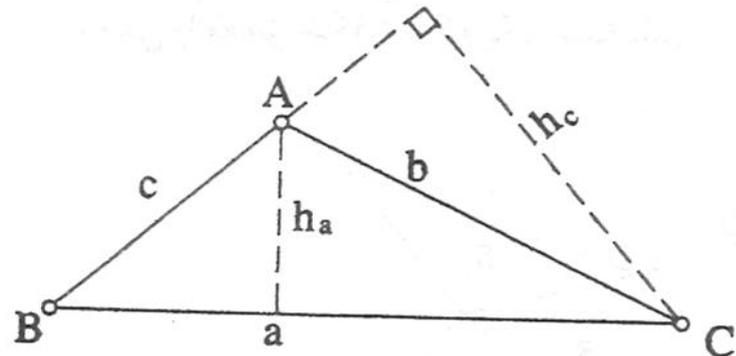


چنانچه دو ضلع یک مثلث و زاویه رأس بین آن دو مشخص باشد مساحت مثلث برابر است با:

$$S = \frac{1}{2} ab \sin C$$

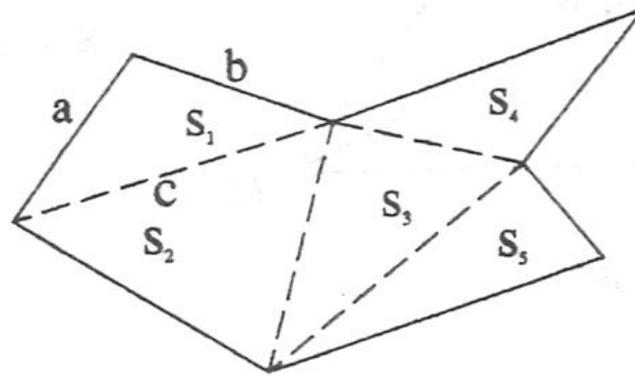
$$= \frac{1}{2} ac \sin B$$

$$= \frac{1}{2} bc \sin A$$



## محاسبه مساحت یک قطعه زمین با تقسیم به اشکال منظم هندسی

محاسبه مساحت با تقسیم زمین به یک سری مثلث زمینی را مطابق شکل زیر که یک چندضلعی ساده می باشد در نظر می گیریم.



مساحت کل زمین برابر است با:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$$

بنابراین با بدست آوردن مساحت هر مثلث از رابطه زیر، مساحت کل زمین بدست می آید.

$$S_i = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

$$P = \frac{a+b+c}{2}$$

## محاسبه مساحت زمین با تقسیم زمین به چند مثلث و دوزنقه

مطابق شکل زمین را به وسیله یک خط مبنا<sup>(1)</sup> (خط هادی) مانند AB به یک سری مثلث و دوزنقه تقسیم کرده ایم.

$$S_1 = \frac{h_1}{2} \cdot a$$

$$S_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} b$$

$$S_3 = \frac{h_2 + h_3}{2} c$$

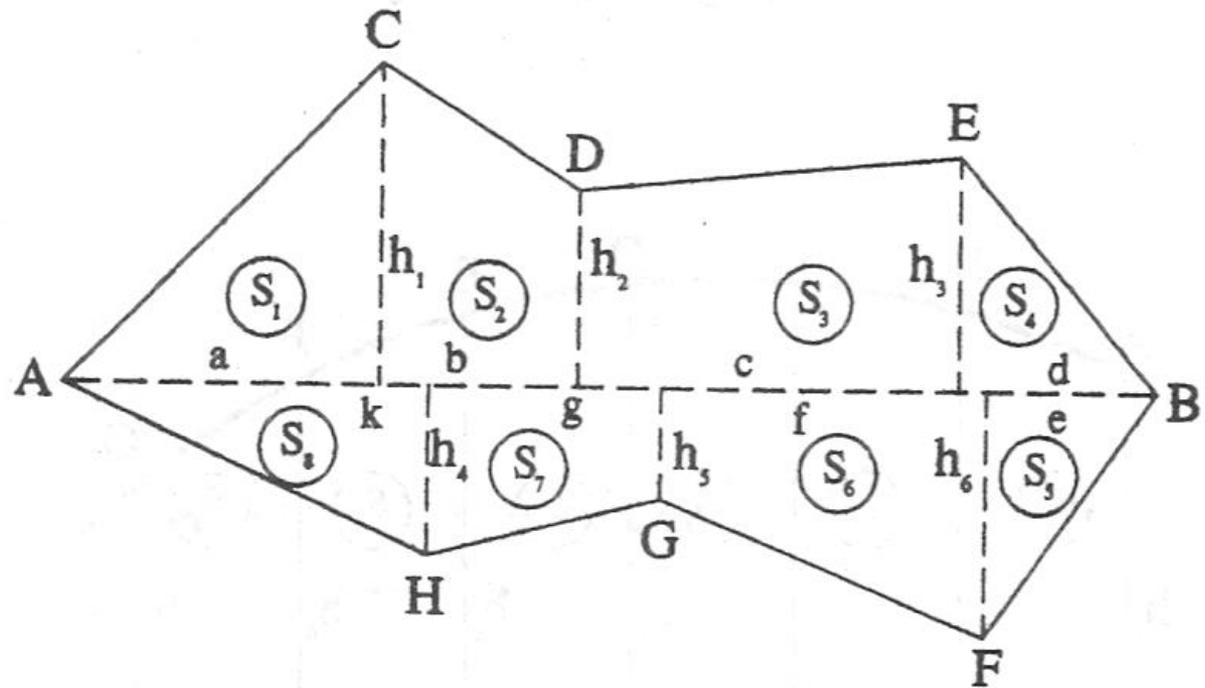
$$S_4 = \frac{h_3}{2} d$$

$$S_5 = \frac{h_6}{2} e$$

$$S_6 = \frac{h_5 + h_6}{2} f$$

$$S_7 = \frac{h_4 + h_5}{2} g$$

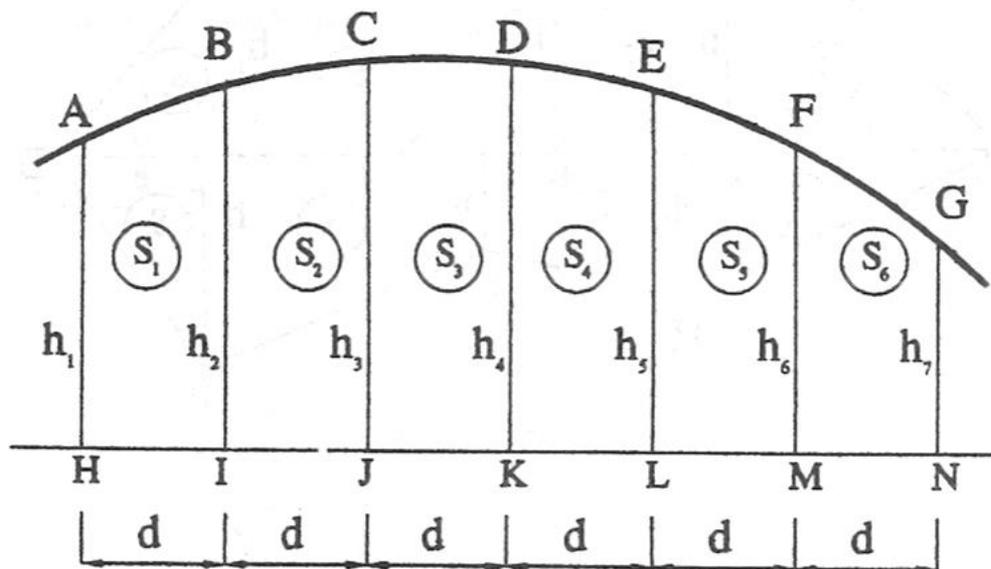
$$S_8 = \frac{h_4}{2} k$$



مساحت کل زمین برابر می شود با:

$$S = \sum S_i = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_7 + S_8$$

محاسبه مساحت با تقسیم زمین به چند ذوزنقه با ارتفاعات مساوی  
 بعضی اوقات ممکن است بتوان زمین را به چند ذوزنقه تبدیل نمود که ارتفاع آنها  
 برابر باشد به عنوان مثال شکل زیر را در نظر می گیریم.



مساحت کل زمین یعنی قطعه AGNHA برابر است با:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6$$

$$S_1 = \frac{h_1 + h_2}{2} d$$

$$S_2 = \frac{h_2 + h_3}{2} d$$

⋮

$$S_6 = \frac{h_6 + h_7}{2} d$$

و در حالت کلی:

$$S_n = \frac{h_{(n-1)} + h_n}{2} d$$

در نتیجه مساحت کل شکل برابر می شود با:

$$S = d \left( \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{h_2 + h_3}{2} + \dots + \frac{h_6 + h_7}{2} \right)$$

$$S = d \left( \frac{h_1 + h_7}{2} + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 \right)$$

و یا در حالت کلی:

$$S = d \left( \frac{h_1 + h_n}{2} + h_2 + h_3 + \dots + h_{n-1} \right)$$

## محاسبه مساحت با تقسیم زمین به چند ذوزنقه و دو مثلث

در صورتیکه اولین و آخرین قطعه زمین به شکل مثلث باشد شکل زیر را خواهیم

داشت:

$$S = S_1 + S_2 + \dots + S_{n+1}$$

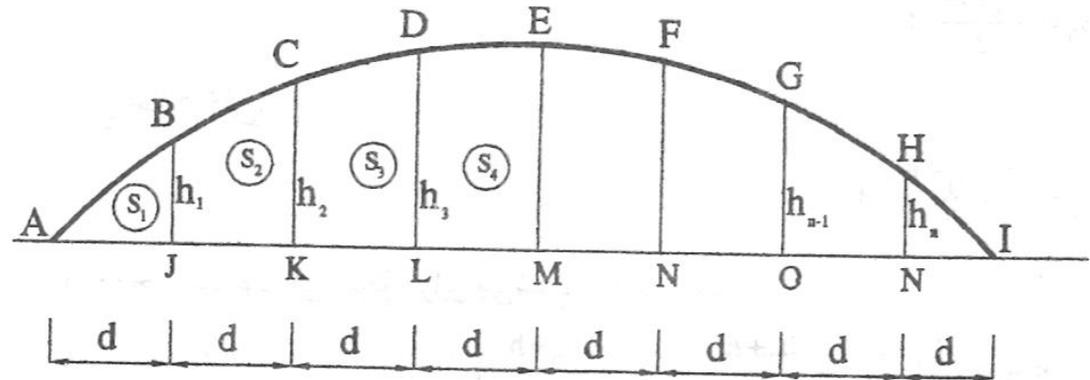
$$S_1 = \frac{h_1}{2} d$$

$$S_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} d$$

$$S_3 = \frac{h_2 + h_3}{2} d$$

⋮

$$S_{n+1} = \frac{h_n}{2} d$$

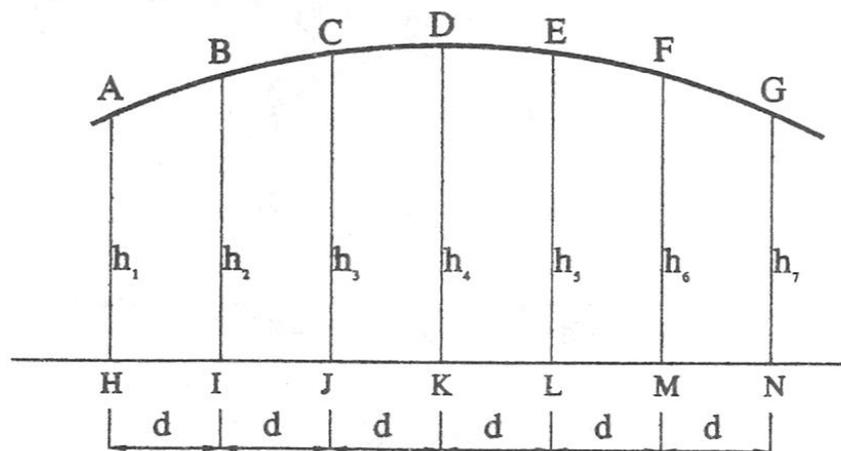


$$S = d (h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n)$$

$$= d \sum h_i$$

### محاسبه مساحت به روش سیمپسون

در صورتیکه یک سطح بین یک خط مستقیم و یک منحنی محصور (شکل زیر)، و از طرفی سطح را با رسم عمودهایی (به فواصل  $d$ ) از خط مستقیم تا منحنی تقسیم کرده باشیم، با انتخاب سه عمود متوالی می توان سطح محصور بین آن سه عمود را به روش سیمپسون محاسبه نمود و این عمل را برای هر سه عمود انتخابی تکرار نمود.



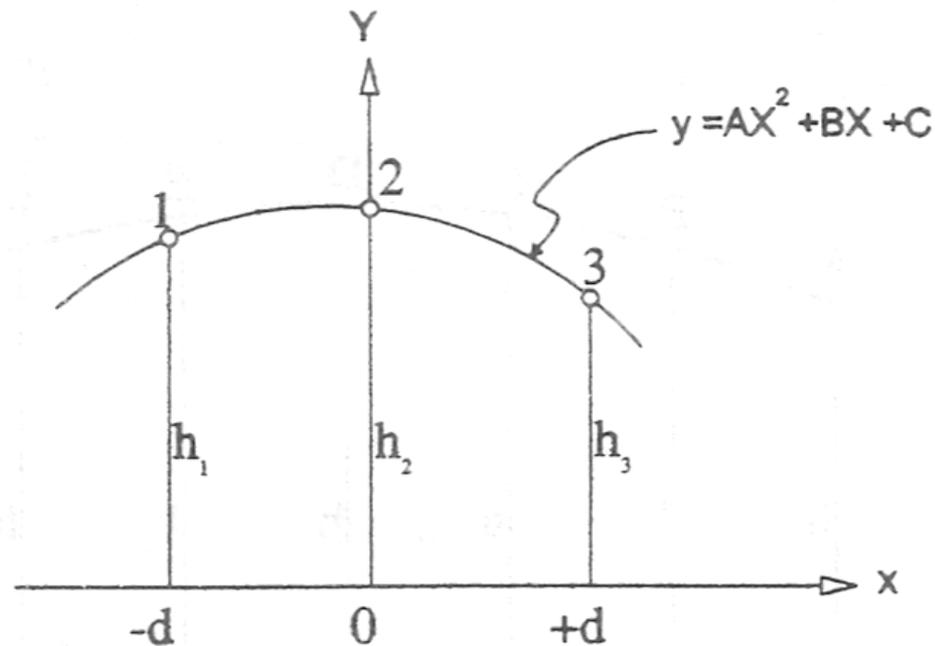
فرمول کلی سیمپسون برای تعیین مساحت زمینی به شکل فوق از قرار زیر می باشد.

$$S = \frac{d}{3} [h_1 + h_n + 2 (\text{مجموع ارتفاع های فرد}) + 4 (\text{مجموع ارتفاع های زوج})]$$

یا به عبارتی:

$$S = \frac{d}{3} (h_1 + h_n + 2 \sum h_i \text{ فرد} + 4 \sum h_i \text{ زوج})$$

برای اثبات فرمول به شکل زیر عمل می کنیم.  
 منحنی 1-2-3 را که با سه عمود  $h_1$ ،  $h_2$  و  $h_3$  که به فواصل  $d$  از یکدیگر قرار گرفته اند، مطابق شکل زیر در نظر می گیریم و فرض می کنیم منحنی عبور کرده از سه نقطه متوالی 1، 2 و 3 سهمی درجه دو باشد. بنابراین با توجه به انتخاب دو محور  $X$  و  $Y$  مطابق شکل خواهیم داشت:



مطابق شکل داریم:

$$X_1 = -d \quad \longrightarrow \quad Y_1 = h_1$$

$$X_2 = 0 \quad \longrightarrow \quad Y_2 = h_2$$

$$X_3 = +d \quad \longrightarrow \quad Y_3 = h_3$$

با قرار دادن مختصات های فوق بترتیب در معادله کلی سهمی درجه ۲ خواهیم داشت:

$$X_1 = -d$$

$$h_1 = A(-d)^2 + B(-d) + C = Ad^2 - Bd + C$$

$$X_2 = 0$$

$$h_2 = A(0)^2 + B(0) + C = C$$

$$X_3 = +d$$

$$h_3 = A(+d)^2 + B(+d) + C = Ad^2 + Bd + C$$

حال مساحت محصور بین سهمی و محور X ها را در حد فاصل  $-d$  تا  $+d$  تعیین می کنیم.

$$\begin{aligned} \text{مساحت} &= \int_{-d}^{+d} (AX^2 + BX + C) dX = \left[ \frac{AX^3}{3} + \frac{BX^2}{2} + CX \right]_{-d}^{+d} \\ &= \left( \frac{Ad^3}{3} + \frac{Bd^2}{2} + Cd \right) - \left( \frac{-Ad^3}{3} + \frac{Bd^2}{2} - Cd \right) \\ &= \frac{2}{3} Ad^3 + 2Cd \\ &= \frac{d}{3} (2Ad^2 + 6c) \end{aligned}$$

از طرفی چنانچه نتایج بدست آمده برای  $h_1$ ،  $h_2$  و  $h_3$  در معادلات اسلاید قبل را به شکل زیر ترکیب کنیم خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} h_1 + 4h_2 + h_3 &= (Ad^2 - Bd + C) + 4(c) + (Ad^2 + Bd + C) \\ &= 2Ad^2 + 6C \end{aligned}$$

نتیجه می گیریم که:

بنابراین از نتایج بالا

$$\text{مساحت زیر منحنی} = \int_{-d}^{+d} (AX^2 + BX + C) dX = \frac{d}{3} (h_1 + 4h_2 + h_3)$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

$$= \frac{d}{3} [h_1 + h_7 + 2(h_3 + h_5) + 4(h_2 + h_4 + h_6)]$$

و یا در حالت کلی تعیین مساحت به روش سیمپسون برابر می شود با:

$$S = \frac{d}{3} [h_1 + h_n + 2(h_3 + h_5 + \dots + h_{n-2}) + 4(h_4 + h_6 + \dots + h_{n-1})]$$

که در آن  $n$  تعداد ارتفاعات بوده و همواره می بایست تعداد آن فرد و یا به عبارتی تعداد فواصل  $d$  می بایست زوج باشد.

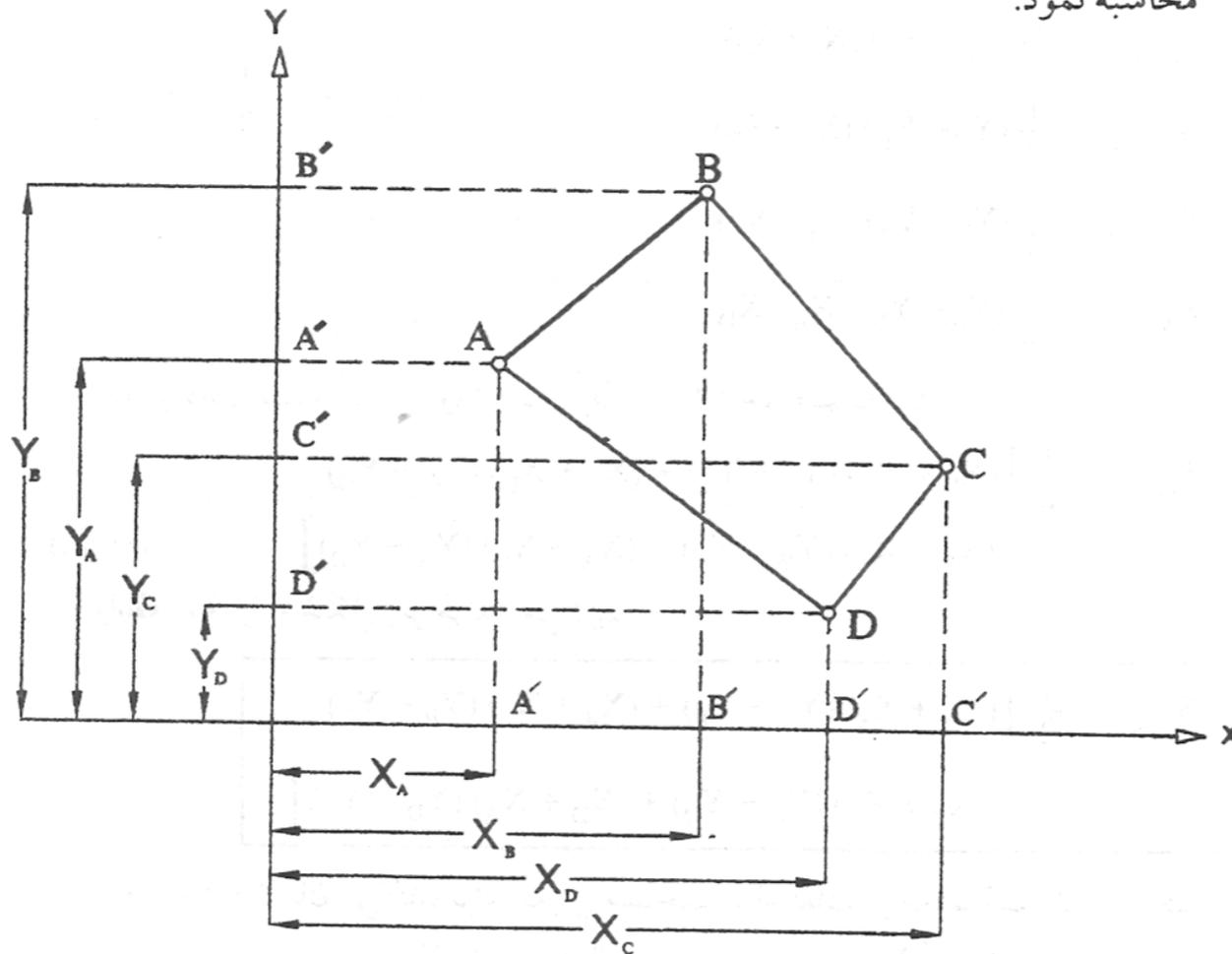
رابطه بالا را به شکل زیر نیز می توان نشان داد:

$$S = \frac{d}{3} (h_1 + h_n + 2 \sum h_i \text{ فرد} + 4 \sum h_i \text{ زوج})$$

با آنچه که توضیح داده شد می توان نتیجه گرفت که برای تعیین مساحت زیر یک منحنی در نقشه برداری که غالباً دارای معادله دقیق نبوده و نمی توان از روش انتگرال گیری استفاده نمود، می توان از فرمول سیمپسون استفاده کرد. البته دقت روش سیمپسون بستگی به فاصله انتخابی  $d$  دارد به عبارتی هر چقدر فاصله نقاط را روی منحنی کمتر اختیار کنیم دقت محاسبات بیشتر می گردد.

### محاسبه مساحت به روش مختصات رئوس

چنانچه زمین موردنظر دارای اضلاع مستقیم و مختصات رئوس زمین مشابه شکل زیر معلوم باشد، با استفاده از مختصات رئوس می توان مساحت دقیق زمین را محاسبه نمود.



مختصات رئوس زمین از قرار زیر معلوم می باشد.

$$A \begin{array}{|l} X_A \\ Y_A \end{array} \quad B \begin{array}{|l} X_B \\ Y_B \end{array} \quad C \begin{array}{|l} X_C \\ Y_C \end{array} \quad D \begin{array}{|l} X_D \\ Y_D \end{array}$$

$$\frac{Y_A}{X_A} \quad \frac{Y_B}{X_B} \quad \frac{Y_C}{X_C} \quad \frac{Y_D}{X_D} \quad \frac{Y_A}{X_A}$$

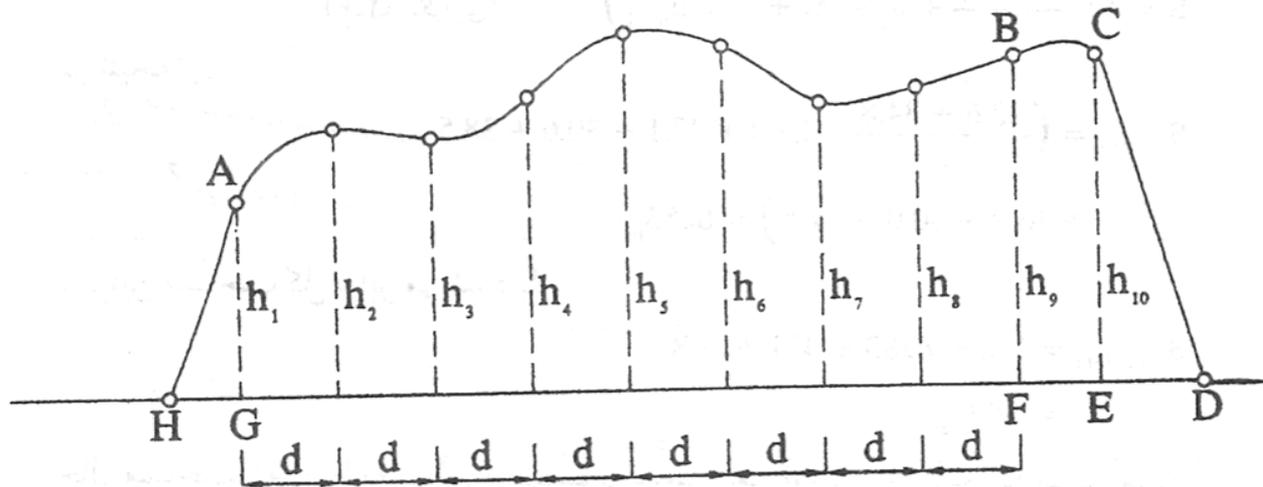
با توجه به آرایش صورت گرفته، مساحت به سهولت بدست می آید.

$$\text{مساحت} = \frac{1}{2} \left[ (\text{مجموع حاصل ضرب خطوط منقطع}) - (\text{مجموع حاصل ضرب خطوط ممتد}) \right]$$

یعنی:

$$S = \frac{1}{2} \left[ (Y_A X_B + Y_B X_C + Y_C X_D + Y_D X_A) - (Y_B X_A + Y_C X_B + Y_D X_C + Y_A X_D) \right]$$

مساحت زمین ABCDH را با توجه به معلومات داده شده، به روش تقسیم زمین به چند ذوزنقه و همچنین به روش سیمپسون بدست آورید.



|               |                |                   |
|---------------|----------------|-------------------|
| $d = 25.0_m$  | $h_1 = 22.6_m$ | $h_6 = 36.9_m$    |
| $HG = 14.0_m$ | $h_2 = 28.0_m$ | $h_7 = 30.0_m$    |
| $FE = 13.5_m$ | $h_3 = 27.1_m$ | $h_8 = 31.5_m$    |
| $ED = 21.0_m$ | $h_4 = 30.6_m$ | $h_9 = 34.8_m$    |
|               | $h_5 = 38.5_m$ | $h_{10} = 35.0_m$ |

ابتدا مساحت زمین را به روش تقسیم زمین به چند ذوزنقه و مثلث بدست می آوریم و برای این منظور مطابق شکل خواهیم داشت:

$$S_{ABCDH} = S_{AGH} + S_{ABFG} + S_{BCEF} + S_{CDE}$$

$$S_{AGH} = \frac{1}{2} (14 \times 22.6) = 158_{m^2}$$

$$S_{BCEF} = \frac{1}{2} \times 13.5 \times (34.8 + 35.0) = 471_{m^2}$$

$$S_{CDE} = \frac{1}{2} (21.0 \times 35.0) = 368_{m^2}$$

مساحت قسمت ABFG را که از چند ذوزنقه با ارتفاعات مساوی تشکیل شده است را به کمک رابطه زیر بدست می آوریم.

$$S = d \left( \frac{h_1 + h_n}{2} + h_2 + h_3 + \dots + h_{n-1} \right)$$

در نتیجه:

$$S_{ABFG} = \left( \frac{22.6 + 34.8}{2} + 28.0 + 27.1 + 30.6 + 38.5 + 36.9 + 30.0 + 31.5 \right) = 6283_{m^2}$$

بنابراین مساحت کل برابر می شود با:

$$\begin{aligned} S_{ABCDH} &= 158 + 6283 + 471 + 368 \\ &= 7280_{m^2} \end{aligned}$$

حال مساحت زمین را به روش سیمپسون بدست می آوریم. از نتایج بدست آمده برای مساحت های AGH، BCEF و CDE داشتیم:

$$S_{AGH} = 158_{m^2}$$

$$S_{BCEF} = 471_{m^2}$$

$$S_{CDE} = 368_{m^2}$$

از طرفی برای تعیین مساحت ABFG چون تعداد فواصل  $d$  زوج می باشد به روش سیمپسون می توان نوشت:

$$S = \frac{d}{3} (h_1 + h_n + 2 \sum h_i \text{ فرد} + 4 \sum h_i \text{ زوج})$$

در نتیجه:

$$S_{ABFG} = \frac{25}{3} \left[ 22.6 + 34.8 + 2(27.1 + 38.5 + 30) + 4(28 + 30.6 + 36.9 + 31.5) \right]$$

$$= 6305_{m^2}$$

مساحت کل زمین برابر می شود با:

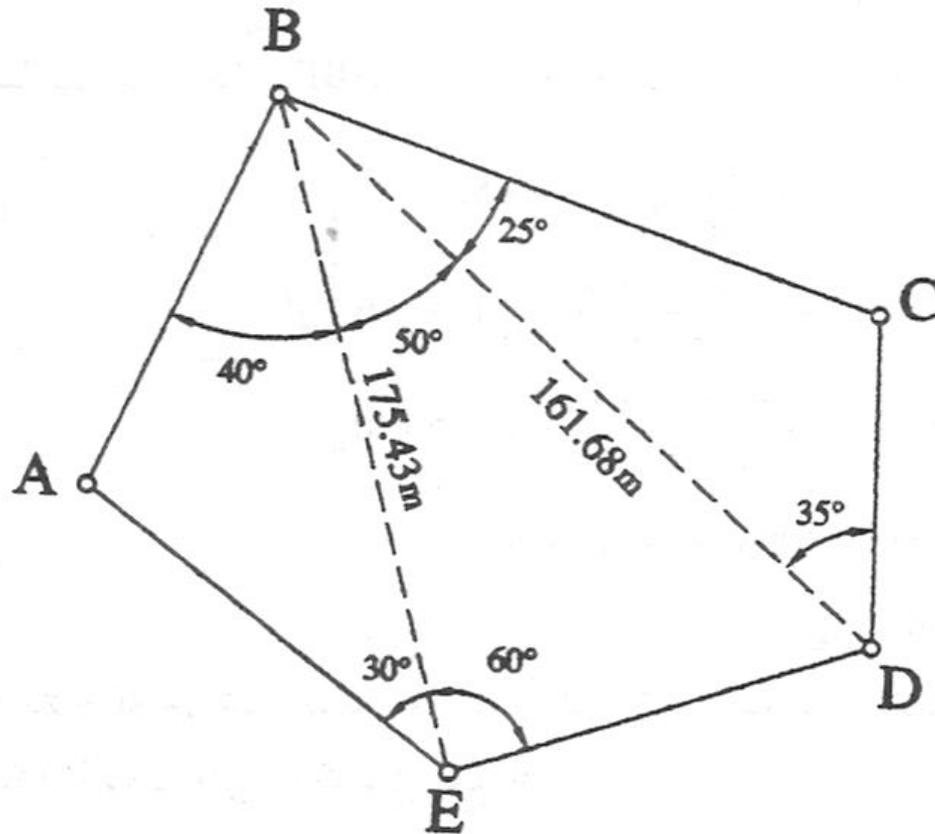
$$S_{ABCDH} = 158 + 6305 + 471 + 368$$

$$= 7302_{m^2}$$

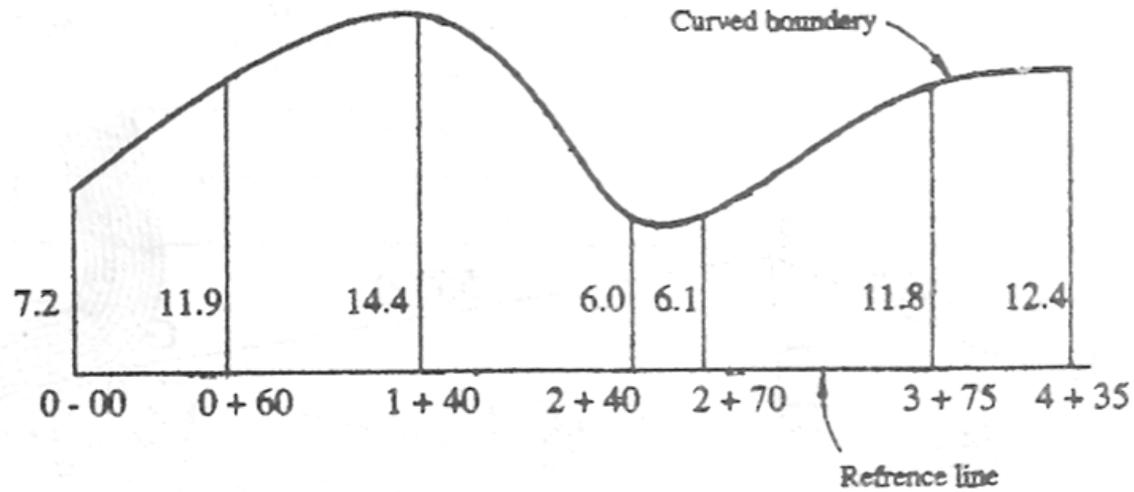
مقادیر نشان داده شده در

برای تعیین مساحت زمین ABCDE

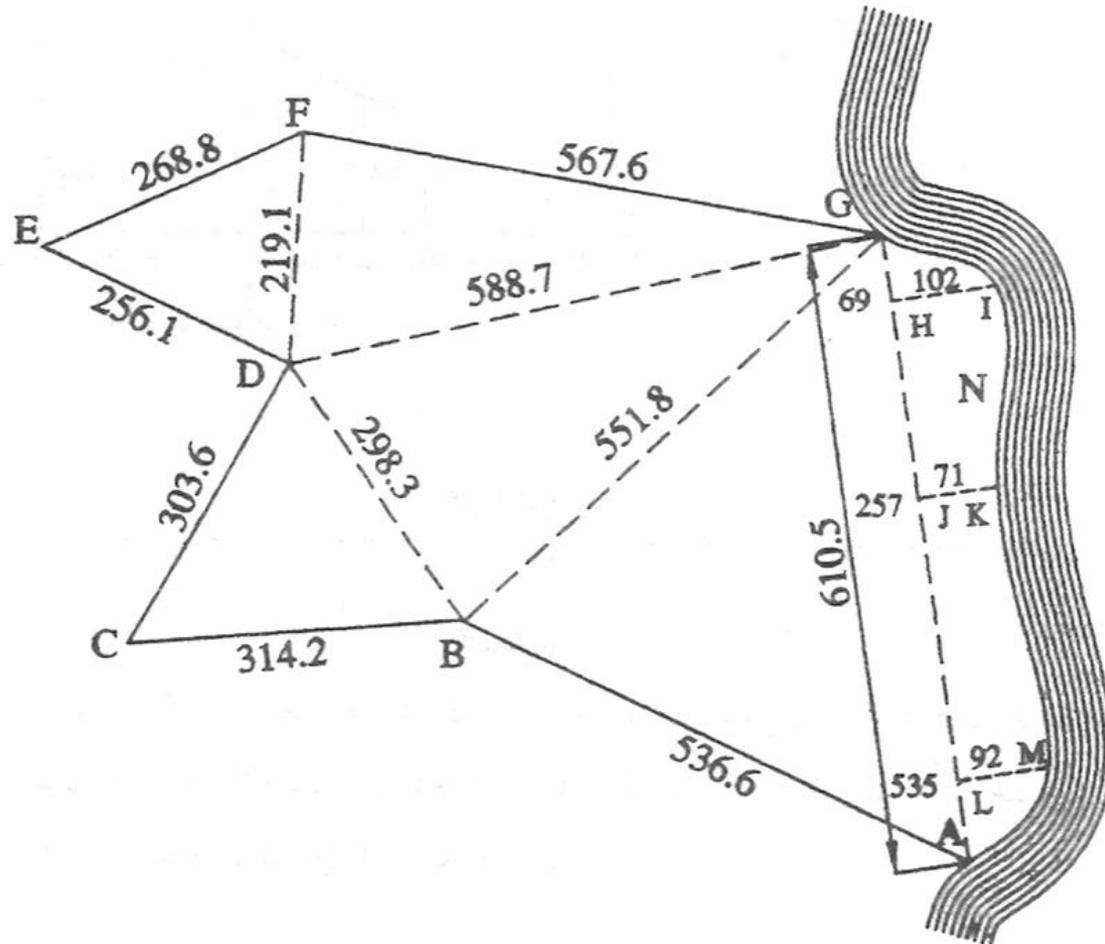
شکل زیر اندازه گیری شده است. مساحت زمین را بدست آورید.



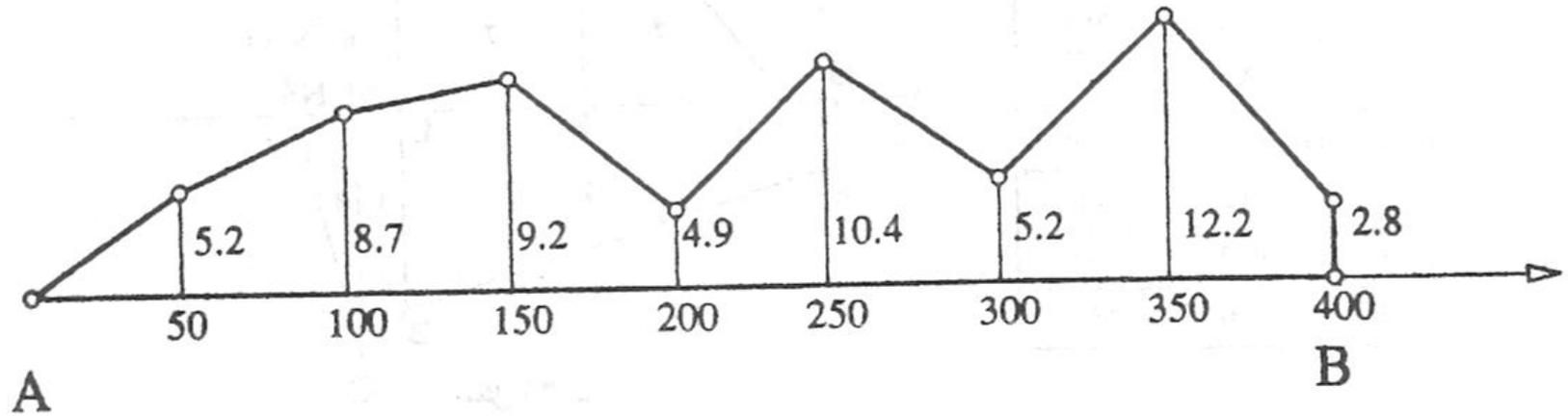
مساحت قطعه زمینی مطابق شکل زیر را معین کنید.



جهت تعیین مساحت قطعه زمینی به شکل زیر که از یک طرف توسط قسمتی از کناره یک رودخانه و از طرفی دیگر توسط اضلاع AB، BC، CD، DE، EF و FG محصور شده است، آن را به اشکال هندسی مختلفی تقسیم و ابعاد لازم را اندازه گیری و به واحد متر ثبت نموده ایم.

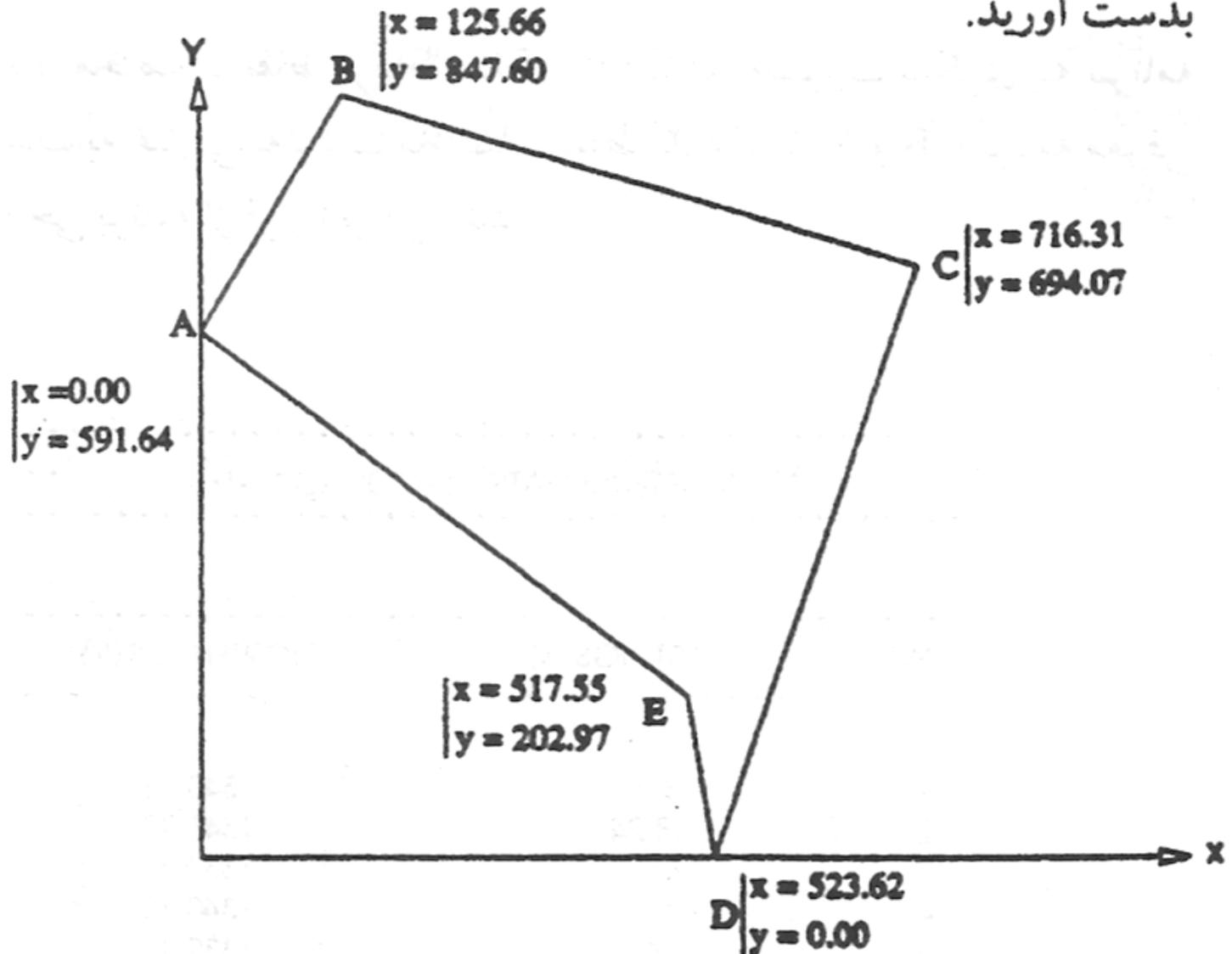


مساحت زمین نشان داده شده در شکل زیر را معین کنید.



مختصات رئوس زمینی در شکل زیر قابل ملاحظه می باشد. مساحت زمین را

بدست آورید.



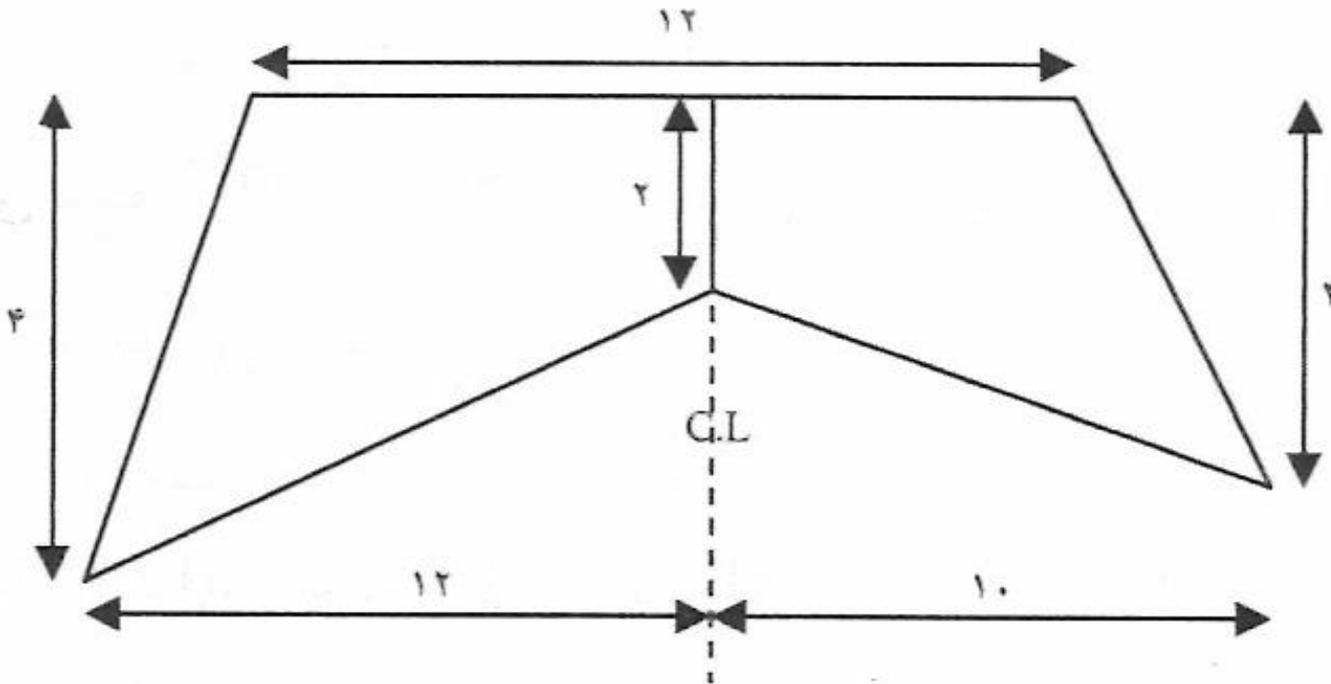
۹- مساحت مقطع روبرو بر حسب متر مربع کدام است؟

(د) ۵۱

(ج) ۴۵

(ب) ۴۳

(الف) ۴۱



---

## پایان جلسه

## درس نقشه برداری ۲

خطاهای سیستماتیک مهم در متر کشی و تراز یابی و زاویه یابی

فرید اسماعیلی

Farid\_63@yahoo.com

[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

هدف اندازه گیری ها تعیین مقدار واقعی یک کمیت است. اما عموماً نتیجه اندازه گیری ها با مقدار واقعی آن کمیت اختلاف دارد.

اختلاف بین کمیت اندازه گیری شده با مقدار واقعی آن کمیت را **خطا** می گویند.

عوامل مهم این اختلاف را در سه دسته زیر می توان بیان نمود:

- **عوامل طبیعی** : شامل کرویت زمین، شکست نور، وزش باد، تشعشع آفتاب، و تغییرات دمای هوا
- **عوامل دستگاهی** : شامل نقص دستگاه ها، تنظیم نبودن و یا پایین بودن ارزش تقسیمات آنها
- **عوامل انسانی** : شامل نارسایی حواس انسانی، کم دقتی، نداشتن تجربه و تسلط در کار

### انواع خطاها

درست نبودن یک اندازه گیری ممکن است نتیجه یکی از علل زیر باشد:

#### - اشتباه

- اشتباه یا خطای بسیار بزرگ از فراموشی یا عدم مهارت عامل ناشی می شود. در این حالت عموماً اختلاف بین نتیجه اندازه گیری و مقدار واقعی کمیت معمولاً زیاد است. (مثل عدم تراز کردن، اشتباه در قرائت)

#### - خطای سیستماتیک

- خطای تدریجی یا سیستماتیک به مجموعه خطاهایی گفته می شود که علت، جهت و مقدار هر یک از آنها مشخص است؛ همگی علامت یکسان داشته و با هم جمع می شوند. (اکثر این خطاها ناشی از نقص وسایل اندازه گیری است، مثلاً افزایش طول یک متر فلزی در اثر گرم شدن)

#### - خطاهای اتفاقی یا تصادفی

خطاهای تصادفی غالباً از نارسایی حواس انسانی و یا پایین بودن دقت دستگاه های اندازه گیری حادث می شود. هر چند که عوامل دیگری نیز از قبیل نقص دستگاه ها و عوامل جوی سبب پیدایش آنها می گردند. این خطاها گاه با علامت مثبت و گاه با علامت منفی و غالباً به مقدار کم در اندازه گیری ها داخل می شوند.

## روش های کنترل مشاهدات جهت حذف اشتباهات

الف) تکرار اندازه گیری ها  
مثل تکرار اندازه گیری یک طول به صورت رفت و برگشت

ب) کنترل با یک مدل ریاضی  
مثل کنترل مجموع زوایای اندازه گیری شده برای یک مثلث با ۱۸۰ درجه

## روش های مقابله با خطاهای تدریجی

به دلیل آنکه علت، علامت و مقدار مشخصی دارند، در هر اندازه گیری قابل شناسایی هستند. برای مقابله با این نوع خطاها در صورت امکان باید عوامل ایجاد خطا حذف شوند و در صورت عدم امکان، مقدار دخالت خطا محاسبه و نتایج تصحیح شوند. (مثل استفاده از چتر در مشاهدات میکروژئودزی و اعمال تأثیر خطای کلیماسیون در نتایج ترازیبی)

## روش های مقابله با خطاهای تصادفی

به دلیل ماهیت اتفاقی بودنشان از قواعد آمار و احتمالات و مخصوصاً قانون توزیع نرمال پیروی می کنند. تعیین مقدار و علامت این نوع خطاها به راحتی امکان پذیر نیست.

- تکرار مشاهدات و پذیرفتن میانگین نتایج به عنوان برآورد اندازه واقعی
- کنترل روابط بین اندازه ها با استفاده از معلومات اضافی (سرشکنی)

این خطا موقعی رخ می دهد که متر مورد استفاده در دمائی غیر از دمای کالیبره شده، مورد استفاده قرار گیرد. مقدار خطای مربوط به اندازه گیری طول ناشی از درجه حرارت محیط اندازه گیری و کالیبره شده از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta L = L_0 \times \alpha(t - t_s)$$

که در آن  $L_0$ : طول اندازه گیری شده در دمای  $t_s$  (درجه حرارت استاندارد)،  $t$ : درجه حرارت محیط اندازه گیری و  $\alpha$ : ضریب انبساط طولی جسم جامد (عبارتست از میزان افزایش طول یک متر از آن جسم وقتی که دمای آن  $1^\circ\text{C}$  افزایش می یابد) می باشد.

ضریب انبساط طولی فولاد برابر  $\alpha = 112 \times 10^{-7}$  و ضریب انبساط طولی انوار برابر  $\alpha = 6.3 \times 10^{-7}$  به ازای یک درجه سانتی گراد می باشد.

◀ اگر  $t > t_s$  باشد، آنگاه طول واقعی نوار بیشتر از طول اسمی متر می باشد.

◀ اگر  $t < t_s$  باشد، آنگاه طول واقعی نوار کمتر از طول اسمی متر می باشد.

مثال ۴-۱۱ یک نوار فولادی ۳۰ متری در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد استاندارد شده است. اگر دمای هوا در موقع اندازه گیری ۳۸ درجه سانتی گراد باشد طول نوار در این زمان چقدر است؟  
حل: طبق رابطه ۴-۲۵

$$l_t = 30 \times [1 + 11,2 \times 10^{-6} (38 - 20)] = 30,006 \text{ m}$$

این خطا موقعی رخ می دهد که متر مورد استفاده با نیروی متفاوت از نیروی کالیبره شده متر، مورد استفاده قرار گیرد. مقدار این خطا از رابطه زیر بدست می آید: [3]

$$\Delta L = \frac{L_0 \times (T - T_s)}{S \times E}$$

که در آن  $L_0$ : طول اندازه گیری شده ( $m$ )،  $T_s$ : کشش استاندارد ( $N$ )،  $T$ : کششی که موقع اندازه گیری به متر وارد می شود. ( $N$ )،  $S$ : سطح مقطع نوار ( $cm^2$ ) و  $E$ : ضریب کشسانی ( $\frac{N}{cm^2}$ ) می باشد.

مثال ۳: متر فولادی 50 متری با سطح مقطع 0.04 سانتی متر مربع برای نیروی کشش 50 نیوتن استاندارد شده است اگر در هنگام اندازه گیری فاصله، نیروی کشش 60 نیوتن به متر وارد شود. مطلوب است محاسبه خطای این اندازه گیری در صورتیکه  $E = 2.1 \times 10^6 \frac{N}{cm^2}$  باشد.

$$\Delta L = \frac{L_0 \times (T - T_s)}{S \times E}$$

$$\Delta L = \frac{50(60 - 50)}{2.1 \times 10^6 \times 4 \times 10^{-2}} = 0.006m$$

$$\text{طول تصحیح شده} = 50 + 0.006 = 50.006m$$

## تمرین ۶:

۲۰۲- طول حقیقی نواری فولادی در دمای 20 درجه سانتی گراد و با نیروی کشش 50 نیوتن 49.995 متر است. عرض این نوار ۱ سانتی متر، ضخامت آن ۰/۴۵ میلی متر و ضریب یانگ  $2 \times 10^5$  نیوتن بر میلی متر مربع و ضریب انبساط طولی  $11.6 \times 10^{-6}$  برای یک درجه سانتیگراد است. نیروی کشش لازم برای آن که طول این نوار در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد ۵۰ متر شود چند نیوتن است.

الف) 35.6      ب) 46.6

ج) 64.4      د) 140

ارشد ۷۷ جواب گزینه ۱

$$\Delta L = L_0 \times \alpha \times (\pm - t_s)$$

$$\Delta L = 49,99 \Delta \times 11,7 \times 10^{-6} \times L_0 = 0,00058$$

$$\Delta L + \Delta L' = 0 - 49,99 \Delta$$

$$\Rightarrow 0,00058 + \Delta L' = 0,0005 \Rightarrow \Delta L' = -0,00008$$

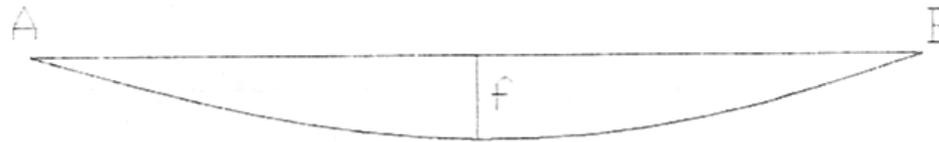
$$\Delta L' = \frac{L_0 \times (T - T_5)}{S \times E}$$

$$-0,00008 = \frac{49,99 \Delta \times (20 - T_5)}{0,2 \Delta \times 10 \times 2 \times 10^8} \Rightarrow 20 - T_5 = 11,2$$

$$\Rightarrow T_5 = 8,8$$

این خطا در اثر وزن نوار ایجاد می شود. [3]

$$\Delta L = \frac{8f^2}{3L} = \frac{m^2 g^2 L^3}{24T^2}$$



که در آن  $f$ : خطای که به علت قوسی شدن متر در وسط طول  $AB$  طبق شکل ۳-۲۸ رخ می دهد. (چون که خطا در آن نقطه ماکزیمم است)،  $L$ : طول اندازه گیری شده،  $m$ : جرم واحد طول نوار (یعنی جرم یک متر نوار)  $(\frac{kg}{m})$ ،  $g$ : شتاب ثقل و  $T$ : نیروی کشش می باشد.

مثال ۴: یک متر ۵۰ متری که جرم هر متر از آن ۰.۰۲۳۵ کیلوگرم است به حالت تخت استاندارد شده است. اگر این متر را بصورت کمانی و با نیروی کشش ۱۰۰ نیوتن بکار ببریم طول آن چقدر می شود؟

$$\Delta L = \frac{m^2 g^2 L^3}{24T^2} = \frac{(0.0235)^2 \times 10^2 \times 50^3}{24 \times 100^2} = 0.029m$$

$$L = 50 - 0.029 = 49.971m$$

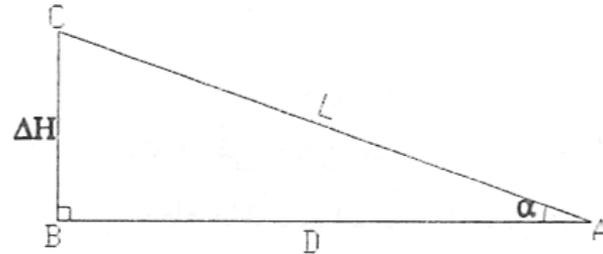
اگر طول اسمی متری  $N$  و طول واقعی آن  $F$  باشد و با این متر طولی به اندازه  $L$  را اندازه گیری کرده باشیم. در اینصورت مقدار واقعی طول از رابطه زیر بدست می آید:

$$\frac{N}{L} \quad \frac{F}{x} \Rightarrow x = \frac{L \times F}{N}$$

مثال ۵: طول اسمی یک متر پارچه ای ۵۰ متر و طول واقعی آن ۵۰.۰۵ متر می باشد. اگر از این متر جهت اندازه گیری فاصله بین دو نقطه ثابت  $A$  و  $B$  در روی زمین استفاده شده و نتیجه برابر ۳۸۵.۱۶ متر بدست آمده باشد. مطلوب است محاسبه طول حقیقی  $AB$ ؟

$$\frac{50}{385.16} \quad \frac{50.05}{x} \Rightarrow x = \frac{385.16 \times 50.05}{50} = 385.545m$$

خطای تبدیل به افق یا تصحیح شیب از رابطه زیر بدست می آید:



$$e \cong \frac{\Delta H^2}{2L}$$

مثال ۶: فاصله دو نقطه روی سطح شیب دار در روی زمین 250 متر و اختلاف ارتفاع دو نقطه 8 متر می باشد. مطلوب است محاسبه فاصله افقی بین دو نقطه؟

راه حل اول:

$$e \cong \frac{\Delta H^2}{2L} = \frac{8^2}{2 \times 250} = 0.128m \cong 0.13m$$

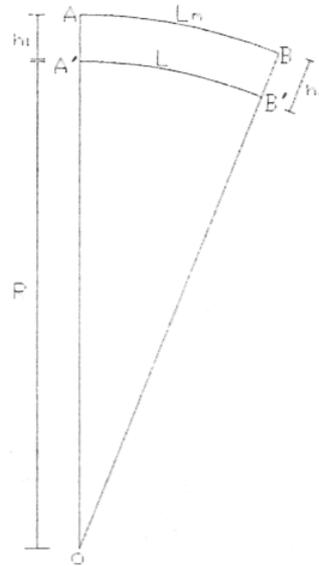
$$D = L - e = 249.87m \text{ فاصله افقی}$$

راه حل دوم:

$$L^2 = \Delta H^2 + D^2 \Rightarrow D = \sqrt{250^2 - 8^2} = 249.87m$$

در مواردی که کار نقشه برداری در وسعت زیادی انجام می گیرد باید علاوه بر تصحیحات

فوق تصحیح تبدیل به سطح متوسط دریا (MSL) نیز وارد شود. [35]



شکل ۳-۳۳

طبق شکل ۳-۳۳ اگر  $L_m$ : طول اندازه گیری شده روی زمین،  $L$ : طول تصویر  $L_m$  بر سطح متوسط دریا،  $h$ : ارتفاع متوسط در نقاط A و B نسبت به ژئوئید (سطح متوسط دریاها) و  $R$ : شعاع متوسط زمین باشد؛ در اینصورت جهت تبدیل طول اندازه گیری شده روی زمین بر سطح متوسط دریا رابطه زیر را می توان نوشت:

$$\frac{L}{L_m} = \frac{R}{R+h} \Rightarrow \boxed{L = L_m \frac{R}{R+h}}$$

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} \text{ ارتفاع متوسط در نقاط } 1, 2$$

مقدار خطای تبدیل به سطح متوسط دریا از رابطه زیر بدست می آید:

$$e = L_m - L = L_m - L_m \frac{R}{R+h} = L_m \left(1 - \frac{R}{R+h}\right) \Rightarrow \boxed{e = L_m \left(\frac{h}{R+h}\right)}$$

مثال ۱۰: مطلوب است محاسبه فاصله تبدیل به سطح متوسط دریا برای دو نقطه ای که ارتفاعات آنها ۱۶۰۰ و ۱۷۰۰ متر از سطح دریا بوده و فاصله بین آن دو نقطه ۲۵۰۰ متر باشد؟  
( $R = 6400\text{km}$  شعاع کره زمین)

$$L_m = 2500m \quad , \quad h = \frac{1600+1700}{2} = 1650m$$

$$L = 2500 \times \frac{6400 \times 10^3}{6400 \times 10^3 + 1650} \cong 2499.36m$$

۹۹- برای تبدیل یک طول از سطح زمین به سطح مقایسه در صورتی که ارتفاع متوسطه منطقه ۶۴۰ متر از سطح مقایسه باشد تصحیح طول تقریباً چند ppm خواهد بود؟

(۱) -۱۰۰

(۲) -۱۰۰۰

(۴) ۱۰۰۰

(۳) -۱۰

ارشاد ۸۷ جواب گزینه ۱ (شعاع زمین را ۶۴۰۰ کیلومتر بگیرید؛ دقت کنید که منظورش چند میلیمتر در یک کیلومتر هستش - یادم بندازید که ppm رو براتون توضیح بدم)

## حل تمرین ۱۰:

$$e = L_m \left( \frac{h}{R+h} \right)$$

$$e = 1000 \times \frac{640}{6400 + 640} = 0.09999 \text{ m} \approx 100 \text{ mm}$$

### ۳-۸- اشتباهات و خطاها در مترکشی

#### ۳-۸-۱- اشتباهات در مترکشی

اشتباهات در مترکشی عبارتند از:

- اشتباه در قرائت،
- اشتباه در نوشتن،
- اشتباه در محاسبه،
- از قلم انداختن یک یا چند دهنه طول در مترکشی و غیره.

#### ۳-۸-۲- خطاهای مترکشی

#### ۳-۸-۲-۱- خطاهای سیستماتیک

خطاهای سیستماتیک در مترکشی عبارتند از:

- افقی نگرفتن متر،
- انحراف در ژالن گذاری،
- اختلاف درجه حرارت محیط نسبت به درجه حرارت استاندارد،
- اختلاف نیروی کشش وارده نسبت به کشش استاندارد،
- برابر نبودن طول واقعی متر با طول اسمی آن و غیره.

#### ۳-۸-۲-۲- خطاهای اتفاقی

خطاهای اتفاقی در مترکشی عبارتند از:

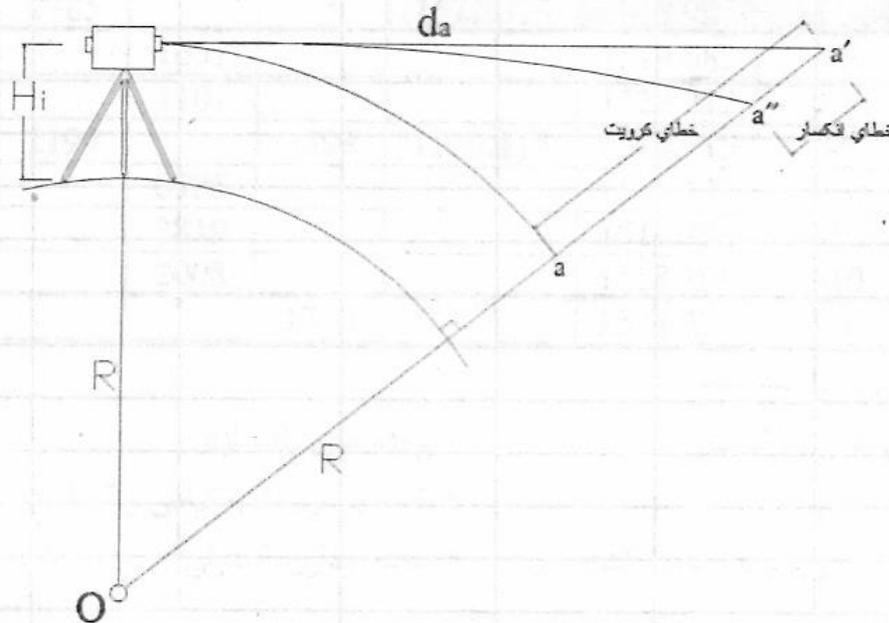
- خطای قرائت متر،
- خطای عمود نگرفتن ژالن،
- اثر باد که قائم بودن ژالن را تغییر می دهد،
- خطای تطبیق درجات نوار با نقاط ابتدا و انتها و غیره.

اگر  $d_a$ : فاصله شاخص تا دوربین،  $H_i$ : ارتفاع دستگاه،  $R$ : شعاع کره زمین و  $e_a$ : خطای ناشی از کرویت روی شاخص باشد طبق شکل ۴-۳۹ می توان نوشت:

$$e_a \cong \frac{d_a^2}{2(R + H_i)} \cong \frac{d_a^2}{2R}$$

با توجه به شکل ۴-۳۹ خطای کرویت مثبت و تصحیح آن منفی می باشد.  
 مثال ۸: اگر فاصله شاخص تا دستگاه ترازیاب ۱۲۰ متر باشد مقدار خطای کرویت را بدست آورید. ( $R = 6370 \text{ km}$ )

$$e_a \cong \frac{d_a^2}{2R} = \frac{120^2}{2 \times 6370000} \cong 0.001 \text{ m} \cong 1 \text{ mm}$$



هنگامی که یک شعاع نوری از میان طبقات مختلف جو عبور می کند به علت تغییرات چگالی زمین امتدادش مرتبا شکسته می شود و خط دید توسط شکست نور به طرف زمین کشیده می شود در نتیجه این تغییر، شی مورد مشاهده نسبت به موقعیت واقعی خود پایین تر به نظر می رسد. [3] در شرایط جوی معمولی مقدار عددی تصحیح انکسار در حدود  $\frac{1}{7}$  تصحیح کرویت در جهت مخالف آن می باشد. بنابراین مقدار عددی تصحیح اثر انکسار نور عبارتست از:

$$e_e = -\frac{1}{7}e_a = -\frac{d_a^2}{14R}$$

با توجه به شکل ۴-۳۹ خطای انکسار منفی و تصحیح آن مثبت می باشد.  
مثال ۹: اگر فاصله شاخص تا دستگاه تراز یاب ۱۲۰ متر باشد مقدار خطای انکسار نور را بدست آورید؟ ( $R = 6370 \text{ km}$ )

$$\text{خطای کرویت } e_e = \frac{1}{7}e_a \text{ خطای انکسار}$$

$$e_a = \frac{d_a^2}{2R} = \frac{120^2}{2 \times 6370000} = 0.00113 \text{ m} \cong 1 \text{ mm}$$

$$e_e = \frac{1 \text{ mm}}{7} \cong 0.16 \text{ mm}$$

$$e = e_a \quad \text{خطای کرویت} \quad -e_e \quad \text{خطای انکسار نور} \Rightarrow e = \frac{d_a^2}{2R} - \frac{d_a^2}{14R} = \frac{3 d_a^2}{7 R}$$

بر آیند دو خطای کرویت و انکسار مثبت و تصحیح آنها منفی می باشد.

مثال ۱۰: چنانچه ترازیبی در فاصله ۲۰۰۰ متری صورت گرفته باشد و قرائت شاخص برابر ۳۶۸۵ باشد. مقدار صحیح قرائت روی شاخص را بدست آورید؟

$$e = \frac{3 d_a^2}{7 R} = \frac{3}{7} \times \frac{(2000)^2}{6370000} = 0.269m = 269mm$$

$$\text{مقدار تصحیح} + \text{مقدار قرائت شده} = \text{مقدار صحیح قرائت شاخص} \\ = 3685 + (-269) = 3416mm$$

## تمرین ۱۱: ارشد ۸۸.

۹۳- اثر خطای کرویت و انکسار در یک مسیر ترازیبی به طول  $d$  ..... است. ( $R$  شعاع کره زمین)

$$(۲) \text{ کوچکتر از } \frac{d^2}{2R}$$

$$(۱) \text{ مساوی } \frac{d^2}{2R}$$

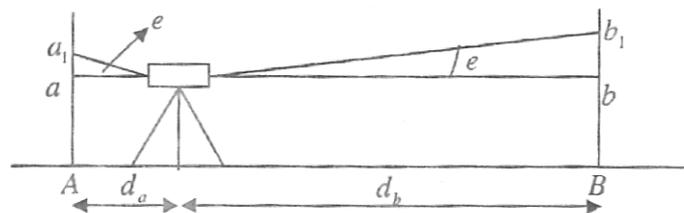
$$(۴) \text{ کوچکتر از } \frac{d}{2R}$$

$$(۳) \text{ مساوی } \frac{d}{2R + d}$$

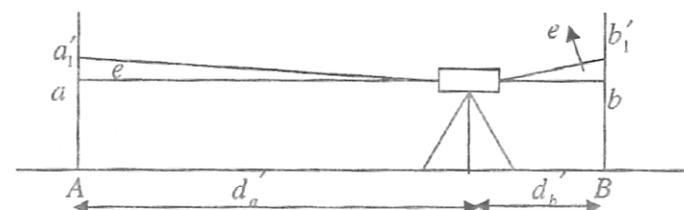
## حل تمرین ۱۱:

گزینه ۲

هرگاه محور نوری دوربین با خط مماس بر تراز موازی نباشد در چنین حالتی محور نوری دوربین با افق زاویه ای مثل  $e$  می سازد که به آن زاویه کلیماسیون دستگاه می گویند. با قرار گرفتن دوربین در میان دو شاخص، خطاهای کرویت، انکسار و کلیماسیون به طور عملی حذف می گردند.



شکل الف) استقرار در نزدیکی نقطه A



شکل ب) استقرار در نزدیکی نقطه B

$$e^{rad} = \frac{\text{(مجموع قرائتهای نزدیک - مجموع قرائتهای دور)}}{\text{(جمع فواصل نزدیک - جمع فواصل دور)}}$$

مثال ۱۱: برای کنترل محور نشانه روی یک دستگاه تراز یاب از دو ایستگاه استقرار  $S_1$  و  $S_2$  شاخص های قائم نقاط A و B خوانده شده و نتایج در جدول درج گردیده، مقدار خطای کلیماسیون برای یک متر طول چند میلی متر است؟

| ایستگاه | نقاط استقرار شاخص | فاصله (m) | قرائت شاخص (mm) |
|---------|-------------------|-----------|-----------------|
| $S_1$   | A                 | 18        | 1794            |
|         | B                 | 42        | 927             |
| $S_2$   | A                 | 8         | 1913            |
|         | B                 | 52        | 2984            |

$$e^{rad} = \frac{\text{(مجموع قرائتهای نزدیک - مجموع قرائتهای دور)}}{\text{(جمع فواصل نزدیک - جمع فواصل دور)}}$$

$$e = \frac{(2.984 + 0.927) - (1.794 + 1.913)}{(52 + 42) - (18 + 8)} = 3 \text{ mm}$$

مان  $\tan e$  ...

## تمرین ۹:

۱۳- خطای کلیماسیون در تئودولیت عبارتست از ... .

(الف) میل محور تئودولیت

(ب) عمود نبودن محور اصلی بر محور ثانوی

(ج) در امتداد مستقیم نبودن محور دیدگانی

(د) عمود نبودن محور دیدگانی بر محور اصلی

ارشد ۷۹، جوابش را شما تعیین کنید.

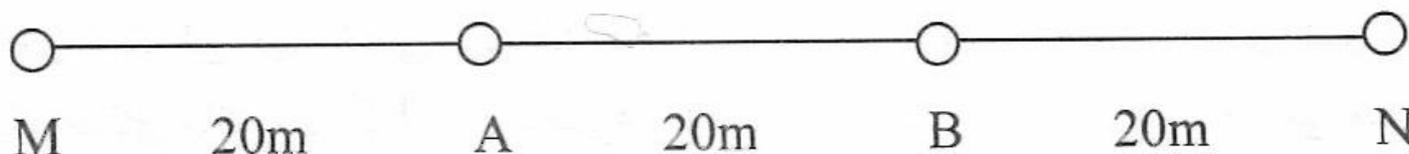
## حل تمرین ۹:

جواب گزینه د

## تمرین ۷:

۱۴- مطابق شکل زیر یک دستگاه ترازیاب که محور دید آن افقی نیست را یکبار در روی نقطه M مستقر نموده و بر روی شاخص های قائم مستقر در نقاط A, B به ترتیب اعداد ۳۲۴۵ و ۳۹۸۹ میلی متر و بار دیگر آن را بر روی نقطه N مستقر نموده و بر روی نقاط A, B به ترتیب اعداد ۱۰۱۸ و ۱۹۶۰ میلی متر را خوانده ایم. مقدار تصحیح کلیماسیون برای فاصله ۲۰ متر چند میلی متر است؟

ارشد ۷۸ جواب گزینه ۴



۹۹ (د)

۱۹ (ج)

۷۹ (ب)

۶۹ (الف)

## حل تمرین ۷:

$$e^{rad} = \frac{(\text{مجموع قرائتهای نزدیک} - \text{مجموع قرائتهای دور})}{(\text{جمع فواصل نزدیک} - \text{جمع فواصل دور})}$$

$$e = \frac{((3989 + 1018) - (3245 + 1960))}{((40 + 40) - (20 + 20))} = -4.95 \text{ rad}$$

با توجه به تقریب زاویه به ازای ۱ متر -4.95 میلیمتر خطای کلیماسیون داریم. پس به ازای ۲۰ متر ۹۹ میلیمتر خواهد بود.

$$e = 20 * -4.95 = 99 \text{ mm}$$

## تمرین ۱۴:

اختلاف ارتفاع واقعی دو نقطه A و B که نسبت به هم ۱۰۰ متر فاصله دارند ۱/۵ متر می باشد. دستگاه تراز یاب را روی نقطه A مستقر و نسبت به شاخصی که روی نقطه B قرار گرفته قراول روی نموده و عدد ۲۷۵۵ قرائت شده است. اگر ارتفاع دستگاه ۱/۲ متر باشد خطای کلیماسیون چقدر است و به کدام طرف بوده است؟ (کارشناسی ارشد ۹۰) جواب: گزینه الف

الف)  $5/5 * 10^{-4} \text{RAD}$  و به طرف بالا

ب)  $9/5 * 10^{-6} \text{RAD}$  و به طرف بالا

ج)  $5/5 * 10^{-4} \text{RAD}$  و به طرف پائین

د)  $9/5 * 10^{-6} \text{RAD}$  و به طرف پائین

## حل تمرین ۱۴:

$$\Sigma = ۲,۷۵۵ - ۱,۲ - ۱,۵$$

$$= ۰,۰۵۵$$

۱۰۰

۰,۰۵۵

۱

n

$$n = ۵,۵ \times ۱. - ۴$$

## تمرین ۸:

۲۱۲- با یک دستگاه نیوو (ترازیاب) که دارای خطای کلیماسیون بوده است به صورت زیر عمل شده :

الف- انتخاب طول AB برابر ۶۳ متر و استقرار دستگاه در وسط و قرائت های میر A و B به ترتیب ۱۶۵۵ و ۱۸۶۵ میلیمتر

ب- استقرار دستگاه در فاصله ۳ متری از A و ۶۰ متری از B و قرائت های روی مسیر A و B به ترتیب ۱۸۸۱ و ۲۰۳۳ میلیمتر قرائت های تصحیح شده میرهای A و B کدامند ؟

(۱) ۱۸۸۰ و ۲۰۹۰ (۲) ۱۸۸۲ و ۲۰۹۲

(۳) ۱۸۸۴ و ۲۰۹۴ (۴) ۱۸۸۶ و ۲۰۹۶

ارشد ۷۵ جواب گزینه ۳

وقتی دستگاه در وسط است اختلاف ارتفاع صحیح به دست می آید.  
 اختلاف ارتفاع صحیح :

$$\Delta H = H_B - H_A = R_A - R_B = -0.210$$

از طرفی :

$$BS = R_A - d_{A^i} \quad FS = RB - d_{B^i}$$

$$\Rightarrow \Delta H = BS - FS = (1.881 - 3i) - (2.033 - 60i) = -0.210$$

$$57i = -0.058 \quad i \cong -0.0010175 \text{ rad} \Rightarrow$$

$$FS = 2.094 \text{ m} \quad (\text{قرائت تصحیح شده B})$$

$$BS = 1.884 \text{ m} \quad (\text{قرائت تصحیح شده A})$$

طبقه بندی خطاهای تراز یابی مستقیم براساس عوامل طبیعی، دستگاهی و انسانی به صورت زیر می باشد:

الف- عوامل طبیعی

از عوامل طبیعی می توان به کرویت زمین، شکست نور، باد و غیره اشاره نمود.

ب- عوامل دستگاهی

از عوامل دستگاهی می توان به میزان نبودن تراز، ناپایدار بودن سه پایه، خطای کلیماسیون، صحیح نبودن طول شاخص ها و غیره اشاره نمود.

پ- عوامل انسانی

از عوامل انسانی که ناشی از بی توجهی خود شخص می باشد می توان به تراز نکردن کامل دستگاه، عدم پایداری تکیه گاه شاخص، قائم نگرفتن شاخص، خطا در قرائت و نوشتن، از بین نبردن کامل پارالاکس و غیره اشاره نمود.

#### ۴-۱۰-۱- نحوه مقابله با خطاها

برای مقابله با خطاها می توان موارد زیر را در نظر گرفت:

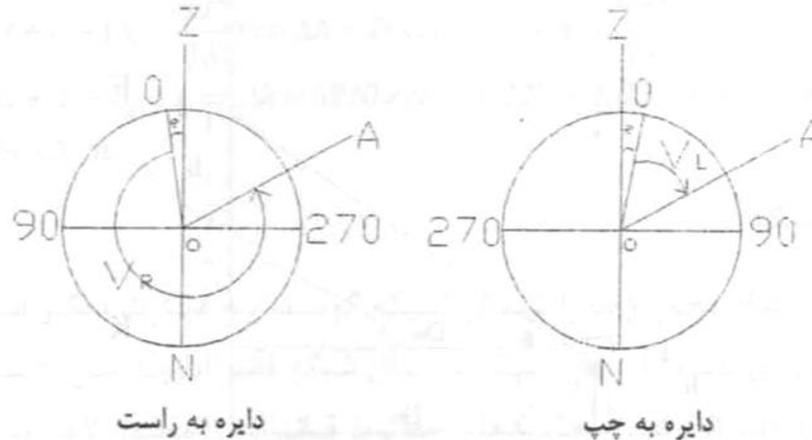
الف- باید در زمان مناسب، عملیات را انجام داد تا اثرات تغییرات دما و تشعشع خورشید در آن دخالت کمتری داشته باشد. در موقع وزیدن باد نیز نباید تراز یابی مستقیم انجام داد. لازم به ذکر است که اثرات کرویت زمین و انکسار نور و کلیماسیون باعث به وجود آمدن خطای سیستماتیک می شوند و باید اثرات آنها را با مساوی گرفتن فاصله دو شاخص تا تراز یاب بطور عملی حذف نمود.

ب- دستگاهها باید تا حد ممکن آزمایش و تنظیم شوند. (به فصل تعمیر و نگهداری وسایل نقشه برداری مراجعه شود).

پ- عملیات تراز یابی باید کنترل شوند (مثلا تراز یابی به صورت رفت و برگشت انجام شود یا تراز یابی بین دو نقطه با ارتفاع معلوم انجام شود یا سه تار افقی رتیکول در هنگام تراز یابی قرائت شود) تا از بوجود آمدن اشتباهات احتمالی جلوگیری شود.

۵-۱۴-۱- کلیماسیون لمب قائم (انحراف لمب قائم)

اگر امتداد قائم گذرنده بر مرکز لمب به جای صفر بر روی عدد دیگری قرار گرفته باشد در اینصورت این عدد زاویه قائم، امتداد صفر لمب قائم است که به آن اصطلاحاً کلیماسیون لمب قائم گویند. [3]



شکل ۵-۴۰

در حالت دایره به چپ می توان نوشت:

$$V_{OA} = V_L + e \quad (1)$$

در حالت دایره به راست می توان نوشت:

$$V_{OA} = 360^\circ - (V_R + e) \quad (2)$$

در نتیجه با ترکیب دو رابطه (1) و (2) می توان مقدار زاویه قائم امتداد  $V_{OA}$  را به صورت

زیر بدست آورد:

$$V_{OA} = \frac{V_L + 360^\circ - V_R}{2}$$

همچنین از دو رابطه (1) و (2) می توان مقدار خطای کلیماسیون قائم دستگاه تئودولیت را بدست آورد:

$$e = \frac{360^\circ - (V_L + V_R)}{2}$$

مثال ۲۱: قرائت لمب قائم در دو حالت دایره به چپ و دایره به راست امتدادی به صورت زیر می باشد. مطلوبست محاسبه زاویه قائم، زاویه شیب امتداد مورد نظر و خطای کلیماسیون لمب قائم دستگاه؟ ( $V_L = 85^\circ 47' 25''$ ,  $V_R = 274^\circ 12' 15''$ )

$$V_{OA} = \frac{V_L + 360^\circ - V_R}{2} = 85^\circ 47' 35''$$

$$\alpha = 90^\circ - 85^\circ 47' 35'' = 4^\circ 12' 25''$$

$$e = \frac{360^\circ - (V_L + V_R)}{2} = 0^\circ 0' 10''$$

## تمرین ۱۵ :

لمب قائم تئودولیتی در حالت دایره به چپ ( $V_L$ ) و دایره به سمت راست ( $V_R$ ) برای یک امتداد مشخص قرائت کرده ایم. خطای کلیماسیون لمب قائم تئودولیت کدام حالت است؟ (کارشناسی ارشد ۸۹)

$$e = (V_L - V_R) + 360 \text{ (ب)} \quad e = 360 - (V_L - V_R) / 2 \text{ (الف)}$$

$$e = 360 - (V_L + V_R) / 2 \text{ (د)} \quad e = 360 - (V_L + V_R) \text{ (ج)}$$

جوابش را شما تعیین کنید.

## حل تمرین ۱۵ :

جواب گزینه ۴

---

# پایان جلسه

## منابع

کتاب نقشه برداری مهندسی از تئوری تا عمل، تألیف دکتر رامین کیامهر، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی زنجان

کتاب نقشه برداری مهندسی، تألیف مهندس محمود دیانتخواه، انتشارات دانشگاه اصفهان

کتاب نقشه برداری مسیر و قوسها در راهسازی، جلد های ۱ و ۲ و ۳، تألیف مهندس علیرضا سلیمانی، انتشارات آذرخش

کتاب مجموعه جامع نقشه برداری، تألیف مهندس ابوالفضل رنجبر، انتشارات عمیدی

کتاب مروری بر مسائل نقشه برداری، تهیه و تدوین مهندس مهدی پرنا، انتشارات آزاده

آموزش نرم افزار Surfer، انتشارات دیباگران

کتاب تحلیل مسائل نقشه برداری، تألیف مهندس علیرضا انتظاری، انتشارات شیخ صفی الدین

دستور العمل های همسان نقشه برداری، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (نشریات ۱۱۹)

((تنها کسانی خطا نمی کنند که کاری نمی کنند))

---

پایان