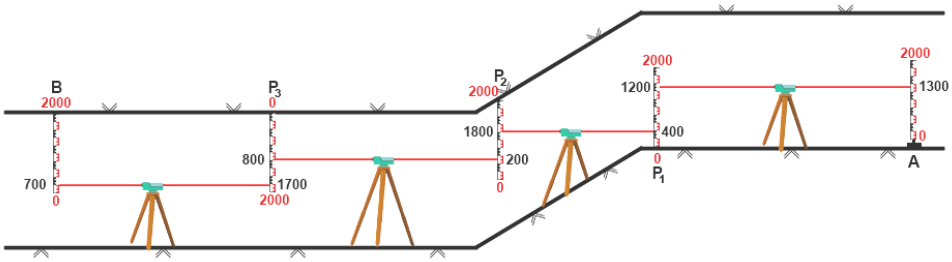
بسم الله الرحمن الرحیم

جزوه نقشه‌برداری زیرزمینی

Underground surveying



مهندس ابراهیم راستگو

کتابخانه مهندسی نقشه برداری
Telegram @ SurveyingLibrary
SurveyingLibrary@Gmail.com

فصل ۵

F) انتقال ارتفاع از سطح زمین به زیر زمین

تا این مرحله به نحوه انتقال مختصات مسطحاتی (x,y) و جهت (آزیموت) به زیر زمین پرداخته‌ایم حال برای رفع نقص شبکه های سه بعدی زیرزمینی (نقص دیتوم) باید پارامتر ارتفاع را نیز به زیر زمین انتقال دهیم این امر در حالت کلی به سه روش امکان پذیر است.

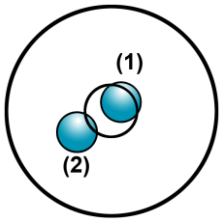
۱) انجام ترازیابی ۲) استفاده از متر یا سیم‌بکسل مدرج آویزان ۳) روش پاندولی

۱) انجام ترازیابی: حالت اول خود به دو دسته تقسیم می‌شوند: الف) ترازیابی مستقیم (ترازیابی هندسی)

ب) ترازیابی غیر مستقیم (ترازیابی مثلثاتی)

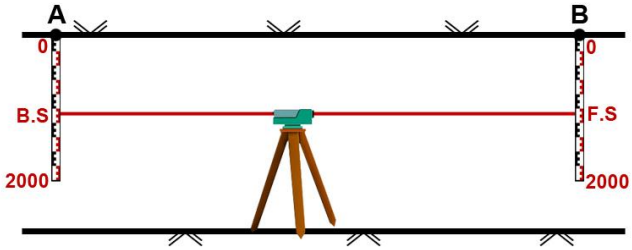
الف) ترازیابی مستقیم:

این نوع ترازیابی همان ترازیابی هندسی در سطح زمین است با این تفاوت که نوع شاخص مورد استفاده در ترازیابی زیرزمینی به علت شرایط کار، متفاوت بوده و برای تعیین ارتفاع نقاط روی سقف معمولاً از شاخص‌های معکوس استفاده می‌شود این شاخص‌ها به علت شرایط معمولاً ۲ متری یا کشویی هستند و جنس آن‌ها از آلومینیوم می‌باشد که رطوبت اثر کمتری بر روی آن‌ها داشته باشد و همچنین قابلیت آویزان شدن از سقف را دارند و در برخی از آن‌ها برای سهولت قرائت، تجهیزات نوری وجود دارد.



تراز بودن دستگاه: زمانی که از دستگاه‌هایی استفاده می‌کنید که دارای تراز خودکار (کمپانساتور) هستند اگر بیش از $\frac{1}{2}$ سطح حباب تراز درون دایره مرکزی تراز قرار داشته باشد (حالت (۱)) دستگاه تراز خواهد شد ولی اگر بیش از $\frac{1}{2}$ سطح حباب تراز خارج از دایره مرکزی تراز قرار داشته باشد (حالت (۲)) دستگاه تراز نخواهد شد به علت شرایط ترازیابی زیرزمینی، سه حالت زیر در امر ترازیابی هندسی ممکن است رخ دهد که آن‌ها را بررسی می‌کنیم.

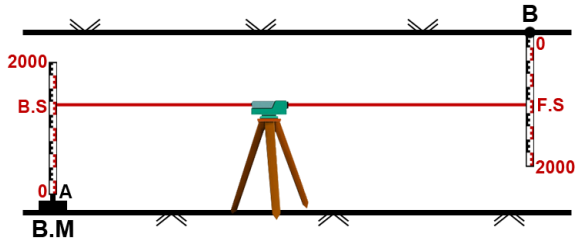
حالت اول: هر دو شاخص معکوس



$$\Delta H_{AB} = -(B.S - F.S) = F.S - B.S$$

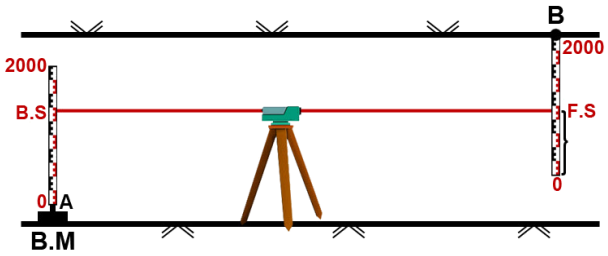
www.GeoGIS.ir
کتابخانه مهندسی نقشه برداری
@surveyingLibrary
surveyingLibrary@gmail.com

حالت دوم: یک شاخص معکوس و یک شاخص مستقیم



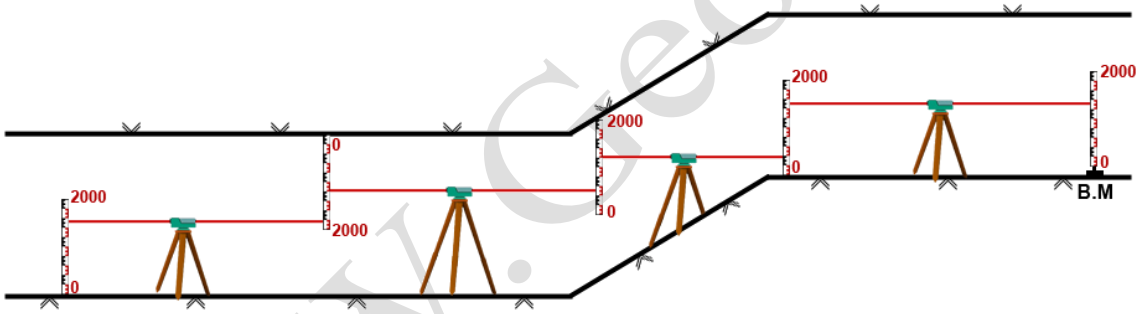
$$\Delta H_{AB} = B.S - (-F.S) = B.S + F.S$$

حالت سوم: هر دو شاخص مستقیم

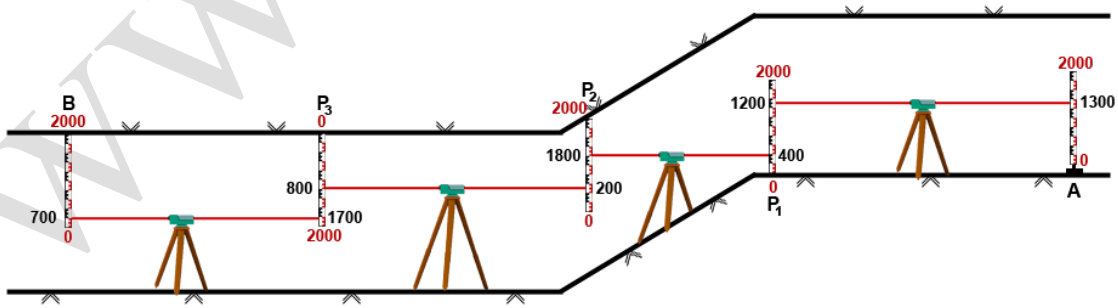


$$\Delta H_{AB} = B.S + (2000 - F.S)$$

زمانی از روش ترازیابی هندسی می‌توان استفاده نمود که شیب تونل کم باشد و قابل ایستگاه گذاری و قرائت باشد. در یک ترازیابی زیرزمینی ممکن است مانند شکل زیر ترکیبی از حالت‌های فوق رخ دهد.



مثال: با توجه به مشاهدات ترازیابی انجام شده بین نقاط B و a، ارتفاع نقطه B را بدست آورید.



$$\Delta H_{AP1} = 1300 - 1200 = 100^{mm}$$

$$\Delta H_{P1P2} = 400 + (2000 - 1800) = 600^{mm}$$

$$\Delta H_{P2P3} = 800 - (2000 - 200) = -1000^{mm}$$

www.GeoGIS.ir

$$\Delta H_{P3B} = -1700 - (2000 - 700) = -400^{mm}$$

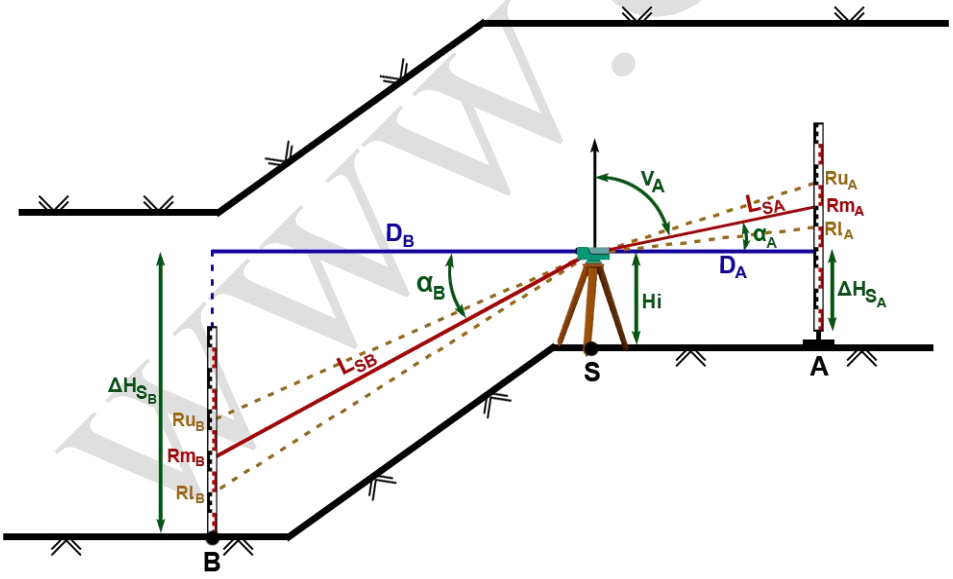
در محاسبه $H\Delta_{P2P3}$ باید به این نکته توجه کرد که ترازیابی در سقف انجام شده و اختلاف ارتفاع مثبت در اصل اختلاف ارتفاع منفی می‌باشد.

نقاط	B.S	F.S	نوع شاخص	ΔH_i	H
A	1300		مستقیم		
P_1	400	1200	مستقیم	+0.10	
P_2	200	1800	مستقیم	+0.60	
P_3	1700	800	معکوس	-1.00	
B		700	مستقیم	-0.40	99.30

ب) ترازیابی غیر مستقیم (مثلثاتی)

این روش نسبت به روش مستقیم از دقت کمتری برخوردار است ولی در زمان‌هایی که شیب زیاد است این روش خیلی کاربردی‌تر نسبت به روش ترازیابی مستقیم می‌باشد. ولی باید به این نکته توجه کرد که هر چه زاویه شیب بیشتر شود احتمال وقوع خطا در محاسبه فاصله به روش استادیمتری بیشتر خواهد بود پس زمانی این روش در تونل‌هایی با شیب زیاد نسبت به روش مستقیم برتری دارد که از طولیاب جهت بدست آوردن فاصله بین دو نقطه استفاده شود. پس این روش را در دو حالت استفاده از طولیاب و فاصله یابی استادیمتری بررسی می‌کنیم.

۱)ترازیابی مثلثاتی با فاصله یابی به روش استادیمتری



V: زاویه زنیتی یا زاویه قائم

α: زاویه شیب

R_U: قرائت تار بالا

R_M: قرائت تار میانی

R_L: قرائت تار پایین

$$H_B = H_A + \Delta H_{SA} + \Delta H_{SB}$$

$$\Delta H_{SA} = R_{MA} - L_{SA} \times Sin\alpha_A$$

یـــا

$$\Delta H_{SA} = R_{MA} - L_{SA} \times CosV_A$$

$$L_{SA} = 100 \times \left(\frac{R_{UA} - R_{LA}}{1000} \right) \times Cos\alpha_A$$

یا

$$L_{SA} = 100 \times \left(\frac{R_{UA} - R_{LA}}{1000} \right) \times SinV_A$$

$$\Delta H_{SB} = R_{MB} - L_{SB} \times Sin\alpha_B$$

www.GeoGIS.ir
کتابخانه مهندسی نقشه برداری
@surveyingLibrary
surveyingLibrary@gmail.com

$$D_A = 100 \times \left(\frac{R_{UA} - R_{LA}}{1000} \right) \times Cos^2 \alpha_A \qquad \text{یا} \qquad D_A = 100 \times \left(\frac{R_{UA} - R_{LA}}{1000} \right) \times Sin^2 V_A$$

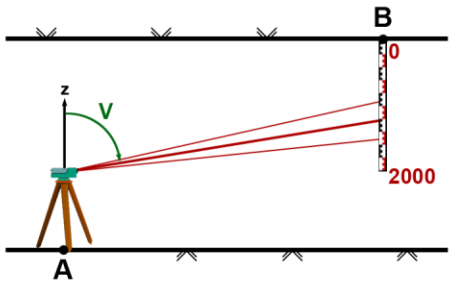
$$\Delta H_{SA} = 100 \times \left(\frac{R_{UA} - R_{LA}}{1000} \right) \times Sin\alpha_A . Cos\alpha_A + HI_S - R_{MA}$$

$$\Delta H_{SB} = 100 \times \left(\frac{R_{UB} - R_{LB}}{1000} \right) \times Sin\alpha_B . Cos\alpha_B + HI_S - R_{MB}$$

$$D_B = 100 \times \left(\frac{R_{UB} - R_{LB}}{1000} \right) \times Cos^2 \alpha_B$$

$$Sin\alpha . Cos\alpha = \frac{1}{2} Sin^2 \alpha$$

مثال: برای تعیین ارتفاع نقطه B واقع در سقف تونل از روش ترازیابی مثلثاتی کمک گرفته‌ایم و مشاهدات زیر را انجام داده‌ایم. ارتفاع نقطه B را بدست آورید.



$$\nu = 86^\circ \qquad R_L = 1800^{mm} \qquad R_M = 1650^{mm} \qquad R_U = 1500^{mm}$$

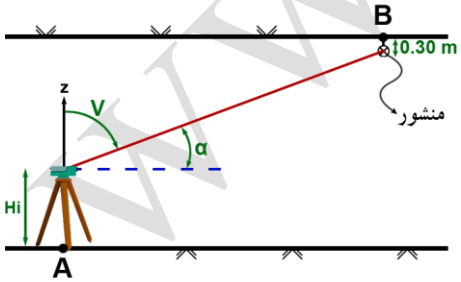
$$HI = 1500^{mm} \qquad HA = 130^m$$

$$L = \left(\frac{R_U - R_L}{1000} \right) = 0.30^m$$

$$\Rightarrow H_B = 130 + 1.50 + (0.30 \times Sin(90^\circ - 86^\circ) \times Cos(90^\circ - 86^\circ)) + 1.65 = 133.171^m$$

۲) ترازیابی مثلثاتی با استفاده از فاصله یاب

این روش فرق چندانی با روش قبل ندارد و تنها تفاوتشان در این است که در این روش طول مایل میان دوربین و تارگت مشخص است البته در روش قبل نیز شما می‌توانستید این طول را محاسبه کنید. در این حالت داریم:



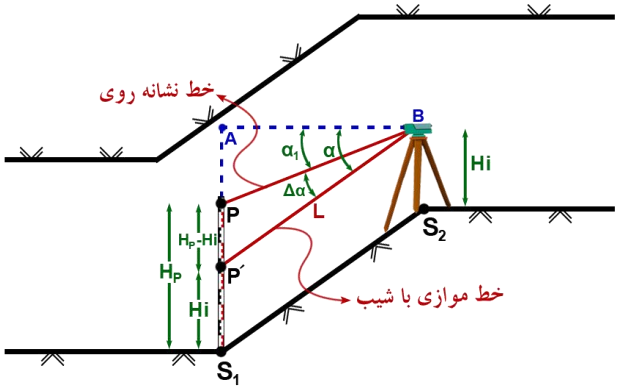
حالت اول:

$$HB = HA + HI + L \times Cos\nu + \Delta H_B$$

$$HB = HA + HI + L \times Sin\nu + \Delta H_B$$

www.GeoGIS.ir

حالت دوم:



$$\alpha = \alpha_1 + \Delta\alpha \Rightarrow v - \Delta\alpha = \alpha_1$$

$$Cos\alpha = \frac{AB}{L} \Rightarrow AB = L.Cos\alpha$$

$$Sin\alpha = \frac{\Delta H}{L} \Rightarrow \Delta H_{S1S2} = L \times Sin\alpha$$

$$AS_1 = HP + AP = HP + AB \times \tan\alpha_1$$

$$\Rightarrow AS_1 = HP + L \times Cos\alpha \times \tan\alpha_1 \quad (1)$$

$$AS_1 = HI + HP' = HI + L.Sin\alpha \quad (2)$$

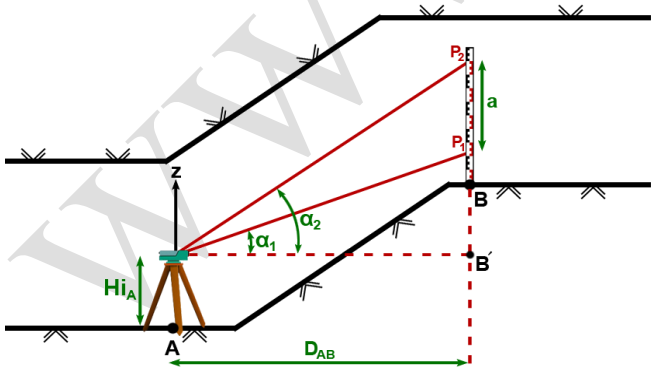
$$\Rightarrow HP + L \times Cos\alpha \times \tan\alpha_1 = HI + L \times Sin\alpha$$

$$\Rightarrow -L \times Cos \times \frac{Sin\alpha_1}{Cos\alpha_1} + L \times Sin\alpha = HP - HI \Rightarrow L \times \left(\frac{\overbrace{Sin\alpha.Cos\alpha_1 - Sin\alpha_1.Cos\alpha}^{\sin(\alpha-\alpha_1)}}{Cos\nu_1} \right) = HP - HI$$

$$\Rightarrow Sin\Delta\alpha = \frac{(HP - HI) \times Cos\alpha}{2} \Rightarrow \Delta\alpha = Sin^{-1}\left(\frac{(HP - HI) \times Cos}{L} \right)$$

$$\Rightarrow \Delta H_{S1S2} = L \times Sin(\alpha_1 + \Delta\alpha)$$

حالت سوم: قرائت دو عدد و دو زاویه قائم از یک ایستگاه بر روی شاخص



$$H_B = H_A + HI + D_{AB} \times \tan\alpha_1 - p_1$$

در این رابطه D_{AB} مجهول است که اگر آن را بدست آوریم با مشاهدات انجام شده به ارتفاع نقطه B خواهیم رسید. داریم:

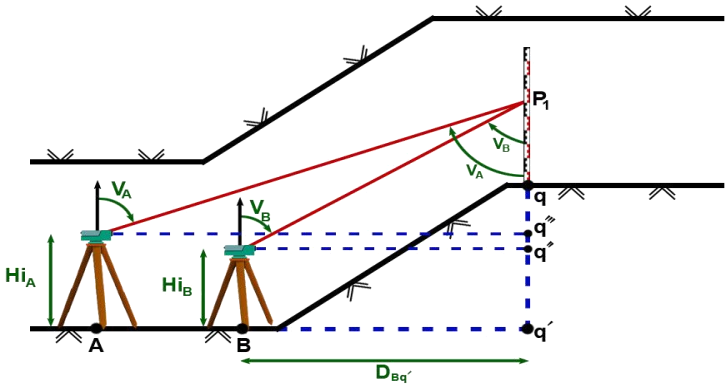
$$\tan\alpha_1 = \frac{P_1B'}{D_{AB}} \Rightarrow P_1B' = D_{AB} \times \tan\alpha_1 \quad (1)$$

$$\tan\alpha_2 = \frac{P_2B'}{D_{AB}} \Rightarrow P_2B' = D_{AB} \times \tan\alpha_2 \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(2)-(1)} \overbrace{P_2B' - P_1B'}^{a} = D_{AB}(\tan\alpha_2 - \tan\alpha_1) \Rightarrow D_{AB} = \frac{a}{\tan\alpha_1 - \tan\alpha_2}$$

WWW.GeoGIS.ir

حالت چهارم: قرائت یک نقطه از شاخص از دو ایستگاه



$$H_q = H_B + HI_B + \frac{D_{Bq'}}{\tan V_B} - P_1$$

$$\tan V_A = \frac{\overline{AB} + D_{Bq'}}{P_1 q'''} \Rightarrow P_1 q''' = \frac{\overline{AB} + D_{Bq'}}{\tan V_A} (1)$$

$$\tan V_B = \frac{D_{Bq'}}{P_1 q''} \Rightarrow P_1 q'' = \frac{D_{Bq'}}{\tan V_B} (2)$$

$$\xrightarrow{(2)-(1)} P_1 q'' - P_1 q''' = \frac{D_{Bq'}}{\tan V_B} - \frac{\overline{AB} + D_{Bq'}}{\tan V_A} = HI_A - HI_B = \frac{D_{Bq'} \tan V_A - D_{Bq'} \tan V_B}{\tan V_B \times \tan V_A} - \frac{\overline{AB}}{\tan V_A}$$

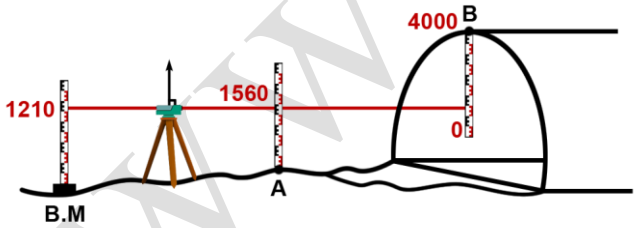
$$\Rightarrow \frac{D_{Bq'}(\tan V_A - \tan V_B)}{\tan V_A \times \tan V_B} = \left(HI_A - HI_B + \frac{\overline{AB}}{\tan V_A} \right) \frac{(\tan V_A \tan V_B)}{\tan V_A \tan V_B}$$

$$\Rightarrow D_{Bq'} \left(\frac{1}{\tan V_B} - \frac{1}{\tan V_A} \right) = \left(HI_A - HI_B + \frac{\overline{AB}}{\tan V_A} \right)$$

$$D_{Bq'} = \left(\frac{HI_A - HI_B + \overline{AB} Cot V_A}{Cot V_B - Cot V_A} \right)$$

$$\Rightarrow H_q = H_B + HI_B + \left(\frac{HI_A - HI_B + \overline{AB} Cot V_A}{Cot V_B - Cot V_A} \right) Cot V_B - P_1$$

مثال: با توجه به مشاهدات زیر ارتفاع نقاط A,B را بدست آورید



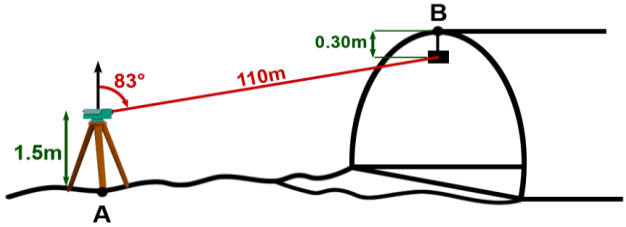
$$BM = 100^m$$

$$H_A = 100 + 1.21 - 1.56 = 99.65$$

$$H_B = 100 + 1.21 + (4000 - 90) = 105.12^m$$

یا $H_B = 99.65 + 1.56 + (4000 - 90) = 105.12^m$

مثال: ارتفاع نقطه B را بدست آورید.

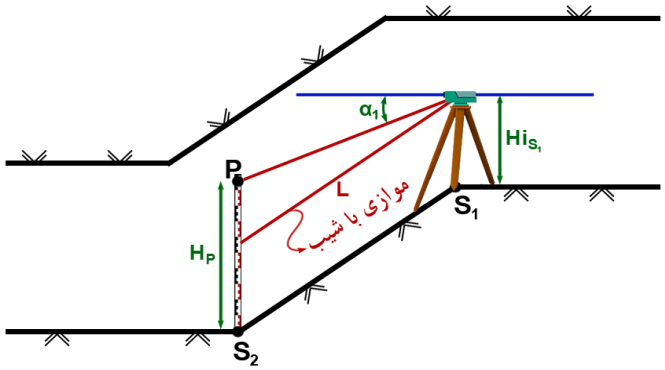


$$H_A = 160^m$$

$$H_B = 160 + 1.5 + 0.3 + 110 \times Cos 83^\circ = 175.2056$$

www.GeoGIS.ir
کتابخانه مهندسی نقشه برداری
@surveyingLibrary
surveyingLibrary@gmail.com

مثال: ارتفاع نقطه S_2 را بدست آورید

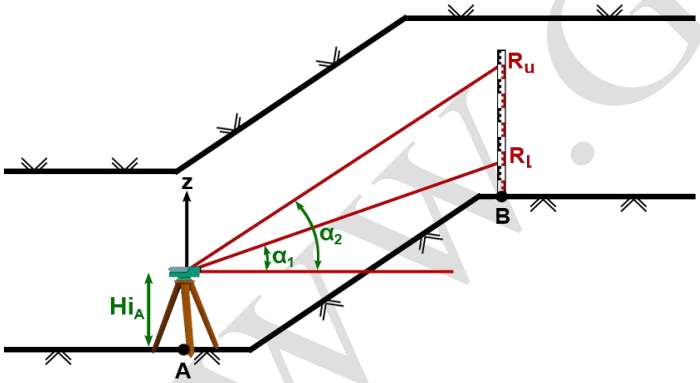


$$H_{S1}=140^{m} \qquad HI_{S1}=1.55$$
$$\alpha_1=48^{\circ}11'51'' \qquad Hp=3451^{mm}$$

$$\Rightarrow \Delta\alpha=Sin^{-1}\left(\frac{(3.451-1.55)\times Cos48^{\circ}11'51''}{40}\right)=1^{\circ}48'55.25''$$

$$\Rightarrow H_{S2}=140+40\times Sin\left(48^{\circ}11'51''+1^{\circ}48'55.25''\right)=170.65^{m}$$

مثال: ارتفاع نقطه B را بدست آورید.



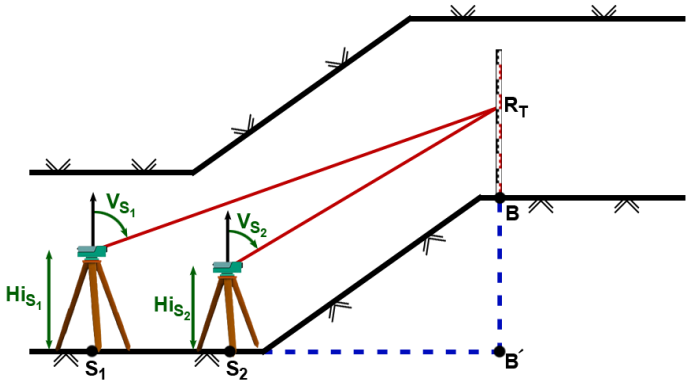
$$H_A=210^{m} \qquad HI_A=1.6^{m}$$
$$R_L=700^{mm} \qquad \alpha_1=40^{\circ}15'12''$$
$$\alpha_2=44^{\circ}13'50'' \qquad R_u=1800^{mm}$$

$$D_{AB}=\frac{1.8-0.70}{\tan(44^{\circ}13'50'')-\tan(40^{\circ}15'12'')}=8.673$$

$$H_B=210+1.6+8.673\times\tan(40^{\circ}15'12'')-0.7=218.243^{m}$$

www.GeoGIS.ir

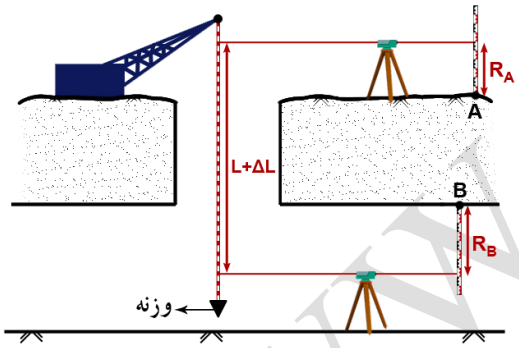
مثال: ارتفاع نقطه B را بدست آورید.



$$H_{S2}=150^{m} \qquad HI_{S1}=1.75^{m}$$
$$HI_{S2}=1.50^{m} \qquad V_{S1}=41^{\circ}21'17''$$
$$V_{S2}=35^{\circ}34'46'' \qquad R_T=1750^{mm}$$
$$\overline{S_1S_2}=5.34^{m}$$

$$D_{S_{2B'}}=\left(\frac{1.75-1.5+5.34\dfrac{1}{\tan 41^{\circ}21'17''}}{\dfrac{1}{\tan 35^{\circ}34'46''}-\dfrac{1}{\tan 41^{\circ}21'17''}}\right)=24.132^{m}$$

$$H_B=150+1.50+24.132\times\frac{1}{\tan 35^{\circ}34'46''}-1.75=183.438^{m}$$



ج) استفاده از متر یا سیم‌بکسل مدرج آویزان

در این روش مطابق شکل عمل می‌کنیم و یک متر یا سیم‌بکسل مدرج را از یک چاه آویزان کرده و بر روی شاخص‌ها و سیم مدرج قرائت‌ها انجام می‌شود و از رابطه زیر به ارتفاع نقطه B دست خواهیم یافت.

$$H_B=H_A+R_A-(L+\Delta L)+R_B$$

به دلیل وزن سیم مدرج و وزنه آویزان به آن مقداری تغییر طول در طول سیم (ΔL) خواهیم داشت که باید محاسبه و اعمال شود.

مقدار تصحیح طول بر اثر وزن وزنه از رابطه زیر بدست خواهد آمد

$$\Delta L_1=\frac{P_1\times L}{S\times E}$$

E: ضریب یانگ (کیلوگرم بر میلیمتر مربع) S : سطح مقطع متر با سیم‌بکسل

L: طول سیم‌بکسل مابین قرائت بالا و پایین P_1 : وزن وزنه

مقدار تصحیح طول بر اثر وزن خود سیم نیز با انتگرال گیری از رابطه فوق نسبت به المان طول برای وزن سیم بدست می‌آید.

www.GeoGIS.ir

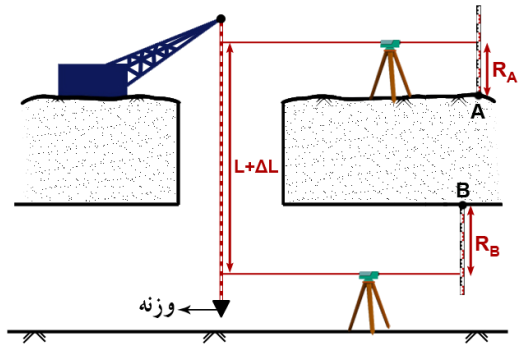
$$\Delta L_2 = \int \frac{P_2 \times L}{S \times E} d_L = \frac{P_2 \times L^2}{2 \times S \times E}\Big|_0^L \Rightarrow \Delta L_2 = \frac{P_2 \times L^2}{2 \times S \times E}$$

P_2 : وزن واحد طول (وزن یک متر از سیم)

حال مقدار تصحیح کلی برابر است با

$$\Delta L = \Delta L_1 + \Delta L_2 = \frac{P_1 \times L}{S \times E} + \frac{P_2 \times L^2}{2 \times S \times E} = \frac{L}{S \times E}\left(P_1 + \frac{P_2 L}{2}\right)$$

مثال: در یک پروژه زیرزمینی جهت انتقال ارتفاع از سطح زمین به زیر زمین مطابق شکل از روش سیم مدرج آویزان استفاده کرده‌ایم و مشاهدات زیر را بدست آورده‌ایم، مطلوب است تعیین ارتفاع نقطه B . (در نقطه B از شاخص معکوس استفاده شد)



$H_A = 256.35^m \quad R_A = 1.317^m \quad R_B = 1.211^m$

$L = 138.12^m \quad E = 5 \times 10^2 \quad S = 200^{mm^2}$

$P_1 = 15^{Kg} \quad P_2 = 0.85^{Kg}$

$$\Delta L = \frac{138.12}{5 \times 10^2 \times 200} \times \left(15 + \frac{0.85 \times 138.12}{2}\right) = 0.10179^m$$

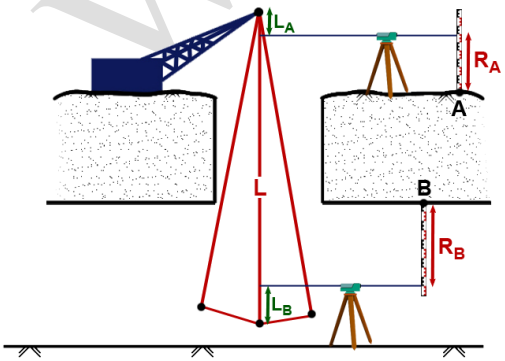
$$H_B = 256.35 + 1.317 - (138.12 + 0.1018) + 1.211 = 120.656^m$$

در این روش برای جلوگیری از نوسان سیم وزنه‌ای که به سیم آویزان است را در مخزن روغنی قرار می‌دهند همان‌طور که گفته شد در این روش دو نیرو به سیم وارد می‌شود

۱) نیروی وزنه آویزان به سیم ۲) نیروی وزن خود سیم

د) روش پاندولی

در این روش پاندولی درون چاه قائم آویزان می‌گردد مانند شکل و با شمارش تعداد نوسانات پاندول در یک بازه زمانی می‌توان به طول پاندول دست یافت؛ و از رابطه زیر به ارتفاع نقطه B رسید:



$$H_B = H_A + R_A - (L - L_A - L_B) + R_B$$

L : طول سیم پاندولی L_A : اختلاف ارتفاع شروع سیم پاندول تا خط تراز بر روی سطح زمین

L_B : اختلاف ارتفاع پایان سیم پاندول تا خط تراز زیر سطح زمین

مقادیر موارد نیاز در فرمول فوق همگی مشاهده می‌شوند جز

www.GeoGIS.ir

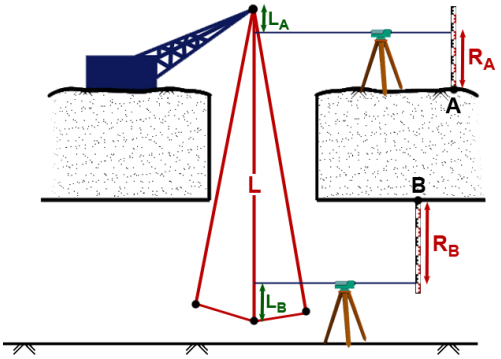
L که از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow \frac{T}{2\pi} = \sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow \frac{L}{g} = \frac{T^2}{4\pi^2} \Rightarrow L = \frac{T^2 g}{4\pi^2}$$

و $T = \frac{t}{N}$

t : مدت زمان نوسانات N : تعداد نوسانات T : مدت زمان یک نوسان کامل L : طـــــول پاندول g : شتاب ثقل $9.81_{m/S^2}$

مثال: جهت انتقال ارتفاع از سطح زمین به زیر زمین در یک پروژه زیرزمینـی از روش پانـدول اسـتفاده شده و مشاهدات زیر انجام شده است. مطلوب است ارتفاع نقطه B . مدت زمان نوسانات پاندول ۴۰ S و تعداد نوسـانات در ایـن مدت زمان ۴ نوسان بوده.



$H_A = 256.35^m$ $R_A = 1.317^m$ $L_A = 2.251^m$

$L_B = 0.573^m$ $R_B = 1.211^m$

$T = \frac{40}{4} = 10^s$ $L = \frac{10^2 \times 9.81}{4 \times \pi^2} = 24.849^m$

$$H_B = 256.35 + 1.317 - (24.849 - 2.251 - 0.573) + 1.211 = 236.853^m$$

در این روش از وزنه و سیم که باعث افزایش طول سیم می‌شود صرفه نظر شده و از دقت خیلـی خـوبی برخوردار نیست و می‌توان از رابطه‌ی زیر بهره برد و موارد فوق را در نظر گرفت.

$$L = \frac{T^2 \times g}{4 \times \pi^2 \times \left(1 - \frac{1}{6}\left(\frac{m_1}{m_2}\right) + \frac{1}{12}\left(\frac{m_1}{m_2}\right)^2\right)}$$

M_1=جرم سیم پاندول

M_2=جرم وزنه پاندول

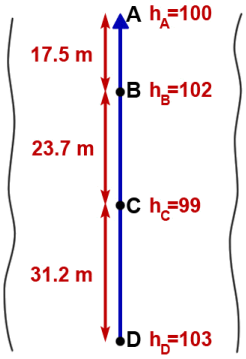
www.GeoGIS.ir

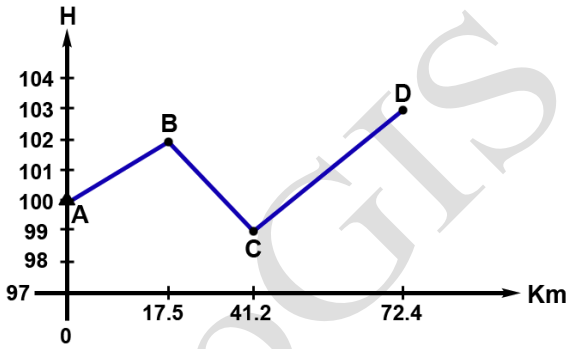
کتابخانه مهندسی نقشه برداری
@surveyingLibrary
surveyingLibrary@gmail.com

فصل ٦

G)برداشت مقطع تونل

در تونل‌ها جهت کنترل کردن شکل و موقعیت تونل نیاز به برداشت مقاطعی به صورت طولی و عرضی می‌باشد جهت برداشت و ترسیم مقطع طولی در راستای تونل بر روی تونل یا کف آن نقاطی که تغییر شیب وجود دارد فواصل و اختلاف ارتفاع از نقاط قبلی اندازه‌گیری می‌شود مانند شکل و جهت ترسیم آن محور تونل در راستای محور x ها و ارتفاعات در راستای محور y ها ترسیم می‌شود مطابق شکل





برداشت مقطع عرضی از جمله عملیات‌هایی است که به صورت مکرر در یک عملیات زیرزمینی انجام می‌شود. جهت کنترل شکل یا همان تیپ عرضی تونل یا همان بررسی کسری یا اضافه حفاری جهت برداشت مقطع عرضی می‌توان از روش‌های زیر بهره برد:

A) روش افست (روش مختصات کارتزین)

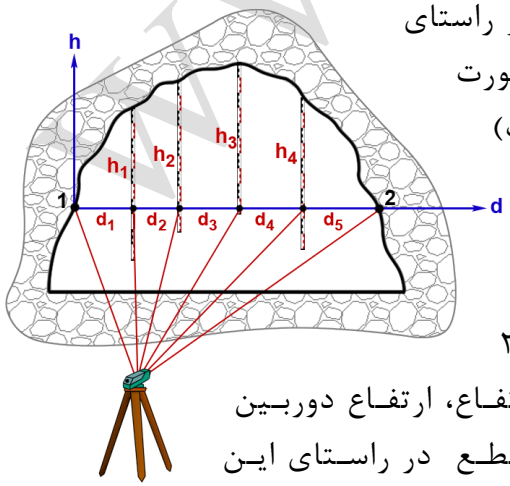
B) روش قطبی

C) روش لیزری

D) روش فتوگرامتری برد کوتاه

A)روش افست

اساس کار در این روش تعریف یک سیستم مختصات کارتزین در راستای مقطع عرضی می‌باشد به نحوی که محور x ها این سیستم به صورت افقی مقطع عرضی و محور y ها به صورت قائم (در امتداد زنیت) در راستای مقطع عرضی قرار گیرد. مانند شکل



مراحل کار:

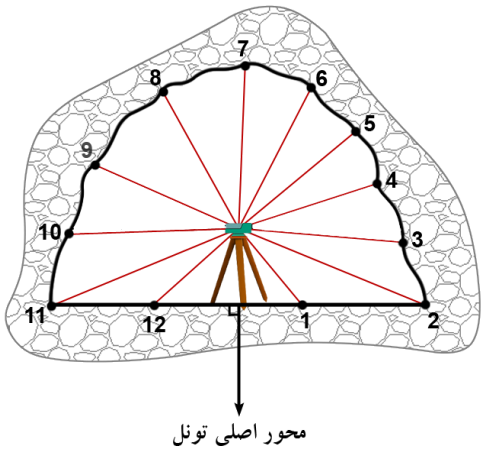
۱-دوربین تراز یاب را در نقطه‌ای نزدیک محل مقطع مستقر کرده و ارتفاع دستگاه را بدست می‌آوریم .۲- دو نقطه‌ی ۱ و ۲ در دیواره‌ی تونل را علامت گزاری کنید. این دو نقطه هم ارتفاع، ارتفاع دوربین می‌باشد.۳-ریسمانی بین نقطه ۱ و ۲ وصل کنید و با شاخص مقطع در راستای این

www.GeoGIS.ir

دو نقطه را ترازیابی کنید (h)هم زمان فاصله‌ی بین برداشت‌ها را نیز بر روی ریسمان با متر اندازه‌گیری و ثبت کنید (d) .۴- بدهی است هرچه فواصل بین نقاط برداشت کوچک‌تر باشد شکل نهایی به شکل مقطع واقعی نزدیکتر است. ۵- با داشتن مختصات قائم‌الزاویه هر نقطه واقع در سقف و جدایی‌های آن‌ها می‌توان مقطع عرضی تونل را بر روی نقشه با مقیاس مناسب ترسیم کرد.

B) روش قطبی

این روش خود به روش‌های مختلف قابل اجرا می‌باشد.



B.1) استقرار زاویه‌یاب در محل مقطع و برداشت طول و زاویه (به روش گل آفتابگردان[1])

در این روش مشاهدات نقاط نمونه‌برداری در جداره و کف تونل به صورت طول و زاویه می‌باشد.

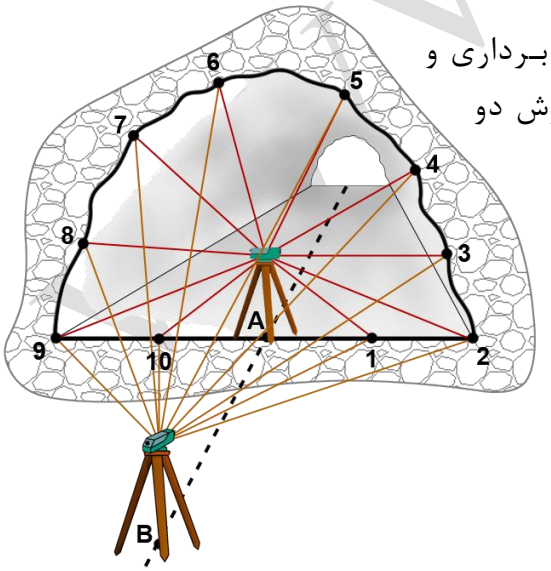
مراحل کار:

۱- ایستگاه گزاری در محل ایجاد مقطع عرضی واقع بر محور اصلی تونل

۲- توجیه به امتداد عمود بر محور اصلی تونل

۳- قفل کردن لمب افقی دوربین و قرائت هم زمان زوایای قائم با اختلاف ارتفاع ثابت یا دلخواه (مطابق شکل)و اندازه‌گیری فاصله نقاط نشانه روی (نقاط نمونه‌برداری)تا مرکز تلسکوپ دوربین (بر روی آلیداد دوربین با یک علامت + مشخص می‌باشد)

B.2) روش دو قطبی (استفاده از دو زاویه‌یاب)



اگر به هر دلیلی در روش قطبی نتوان طول بین نقاط نمونه‌برداری و دوربین را به صورت مستقیم اندازه‌گیری کرد می‌توان از روش دو قطبی و با قرائت زوایا مقدار طول‌ها را بدست آورد.

مراحل کار:

۱- ایستگاه گذاری دو زاویه‌یاب در نقطه‌ی B و A واقع بر محور اصلی تونل مانند شکل به نحوی که دوربین واقع در نقطه A در محل ایجاد مقطع واقع شود.

۲- صفر صفر کردن امتداد افقی ایستگاه B نسبت به ایستگاه A

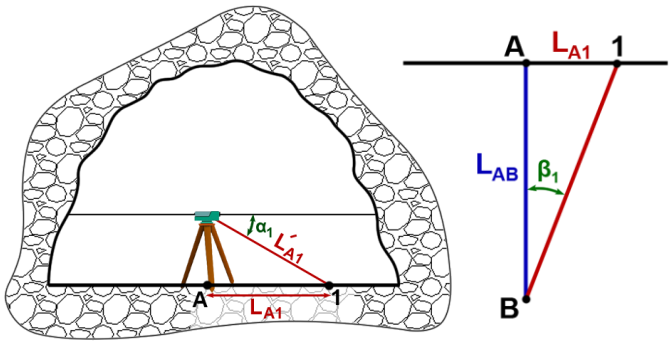
۳- اندازه‌گیری فاصله افقی بین دو ایستگاه (L_{AB})

[1] Sun Flower

www.GeoGIS.ir

۴- اندازه‌گیری همزمان زاویه قائم نقاط نمونه از ایستگاه Aو زوایای افقی همان نقاط از ایستگاه B

۵- بدست آوردن طول نقاط نمونه تا دوربین واقع در نقطه‌ی Aاز روابط زیر



$$L_{A1} = L_{AB} \times \tan \beta_1$$

L_{A1}:فاصله‌ی نقطه‌ی نمونه ۱ تا دوربین A

$$L'_{A1} = \frac{L_{A1}}{\cos \alpha_1} \Rightarrow L'_{A1} = \frac{L_{AB} \times \tan \beta_1}{\cos \alpha_1}$$

نکته: در محاسبات باید به صفر لمب افقی و زاویه شیب توجه شود.

۶- با داشتن طول و زاویه به راحتی مانند روش قبل می‌توان مقطع را ترسیم نمود.

C)روش لیزری:

در این روش با استفاده از طول یابهای لیزری می‌توان به راحتی مقادیر مختصات Xو Yو Zمقطع را برداشت کرد و زوایا را برداشت نمود. این روش یکی از پرکاربردترین روش‌های مقطع برداری می‌باشد. به دلیل دقت بالا و سرعت بالا و نیاز به نیروی انسانی کم و تجهیزات کم قابلیت دید محل برداشت نقاط نمونه در تونل‌های تاریک و...

D) روش فتوگرامتری برد کوتاه

این روش یکی از دقیق‌ترین و سریع‌ترین روش‌ها می‌باشد. در این روش از دستگاهی به نام فتوتئودلیت جهت تهیه عکس از مقطع استفاده می‌شود. دستگاه فتوتئودلیت را باید طوری قرارداد که کل مقطع در عکس تصویر شود.

(مقداری عقب‌تر از مقطع)

مراحل کار :

۱- استقرار لامپ لیزری در محل مقطع عرضی به صورت عمود بر راستای محور اصلی تونل به صورتی

www.GeoGIS.ir

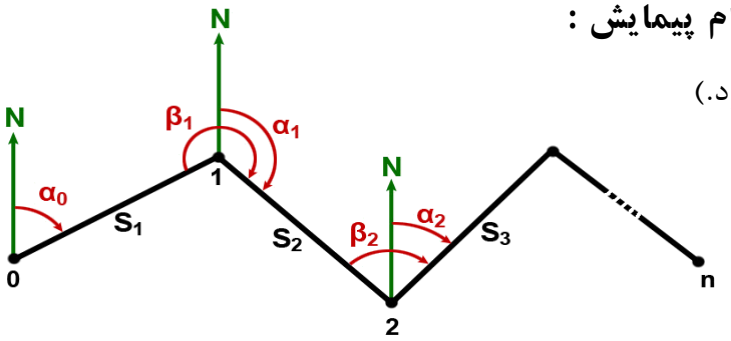
که لیزر بتواند محل مقطع را روی سقف و جداره معلوم کند.

۲- استقرار دستگاه فتوتئودلیت در نقطه‌ای واقع بر محور اصلی تونل با فاصله معلوم از محل مقطع (این فاصله و فاصله کانونی دوربین معیار تعیین مقیاس عکس می‌باشد) و گرفتن عکس.

از مزیت‌های مهم این روش تهیه چندین مقطع عرضی در فواصل معین به صورت همزمان می‌باشد و بدیهی است که مقیاس‌های آن‌ها با هم متفاوت می‌باشد.

تعیین دقت مختصات دو بعدی ایستگاه n ام پیمایش :

(این مبحث در درس ژئودتیک بیشتر باز می‌شود.)



$$\text{معلومات}\begin{cases}X_0\\Y_0\\\alpha_0\end{cases}\quad \text{مجهولات}\begin{cases}\sigma_{xn}=?\\\sigma_{yn}=?\end{cases}$$

$$X_1 = X_0 + S_1 Sin\alpha_0$$
$$Y_1 = Y_0 + S_1 Cos\alpha_0$$
$$X_2 = X_0 + S_1 Sin\alpha_0 + S_2 Sin\alpha_1$$
$$Y_2 = Y_0 + S_1 Cos\alpha_0 + S_2 Cos\alpha_1$$
$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$$
$$X_n = X_0 + S_1 Sin\alpha_0 + S_2 Sin\alpha_1 + \ldots\ldots + S_n Sin\alpha_{n-1}$$
$$Y_n = Y_0 + S_1 Cos\alpha_0 + S_2 Cos\alpha_1 + \ldots\ldots + SnCos\alpha_{n-1}$$

اندازه. σ_s و طولها نیز با دقت σ_β فرض می‌کنیم زوایا با دقت

$$\sigma_{S_1} = \sigma_{S_2} = \ldots\ldots = \sigma_{S_i} = \sigma_{S_n} = \sigma_S$$
$$\sigma_{\beta_1} = \sigma_{\beta_2} = \ldots\ldots = \sigma_{\beta_i} = \sigma_{\beta_n} = \sigma_\beta$$

حال طبق قانون انتشار خطا خواهیم داشت

$$\sigma_{X_1}^2 = (\sin\alpha_0)^2\sigma_S^2 + (S_1\times\cos\alpha_0)^2\sigma_\beta^2 \quad ,$$
$$\sigma_{X_1}^2 = \left(\frac{X_1 - X_0}{S_1}\right)^2\sigma_S^2 + \left(S_1\times\frac{y_1 - y_0}{S_1}\right)^2\sigma_\beta^2 \quad ,$$
$$\Rightarrow \sigma_{X_2}^2 = \left(\frac{X_2 - X_1}{S_2}\right)^2\sigma_S^2 + (Y_2 - Y_1)^2\sigma_\beta^2 \quad ,$$

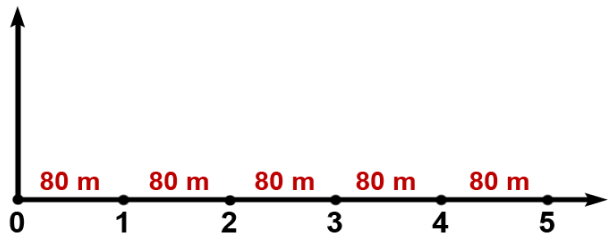
$$\sigma_{y_1}^2 = (\cos\alpha_0)^2\sigma_S^2 + (S_1\times(-\sin\alpha_0))^2\sigma_\beta^2$$
$$\sigma_{y_1}^2 = \left(\frac{y_1 - y_0}{S_1}\right)^2\sigma_S^2 + \left(S_1\times\frac{X_0 - X_1}{S_1}\right)\sigma_\beta^2 \quad ,$$
$$\Rightarrow \sigma_{Y_2}^2 = \left(\frac{Y_2 - Y_1}{S_2}\right)^2\sigma_S^2 + (X_1 - X_2)^2\sigma_\beta^2 \quad ,$$

www.GeoGIS.ir
کتابخانه مهندسی نقشه برداری
@surveyingLibrary
surveyingLibrary@gmail.com

$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma_{X_n}^2 = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{X_i - X_{i-1}}{S_i}\right)^2 \sigma_S^2 + \sum_{i=1}^{n}\left(Y_i - Y_{i-1}\right)^2 \sigma_\beta^2 \\ \sigma_{Y_n}^2 = \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Y_i - Y_{i-1}}{S_i}\right)^2 \sigma_S^2 + \sum_{i=1}^{n}\left(X_i - X_{i-1}\right)^2 \sigma_\beta^2 \end{cases}$$

مثال: فرض کنید در یک تونل پیمایشی به شکل زیر انجام داده‌ایم و در این پیمایش از طولیابی با دقت $3+4^{ppm}$ و زاویه یابی که دقت قرائت هر زاویه در آن 10° بوده استفاده کرده‌ایم. مطلوب است محاسبه دقت مختصات نقطه شماره ۵ در این پیمایش.

$\sigma_{y_5} = ?$ $\sigma_{X_5} = ?$



$$\begin{vmatrix} 0.00 \\ 0.00 \end{vmatrix} \quad 1\begin{vmatrix} 80.00 \\ 0.00 \end{vmatrix} \quad 2\begin{vmatrix} 160.00 \\ 0.00 \end{vmatrix}$$

$$3\begin{vmatrix} 240.00 \\ 0.00 \end{vmatrix} \quad 4\begin{vmatrix} 320.00 \\ 0.00 \end{vmatrix} \quad 5\begin{vmatrix} 400.00 \\ 0.00 \end{vmatrix}$$

$$\sigma_{X_5}^2 = \left(\frac{80-1}{80}\right)^2 \times \sigma_{S_{01}}^2 + \ldots + \left(\frac{400-320}{80}\right)^2 \times \sigma_{S_{45}}^2 = 5\sigma_S^2$$

$$\frac{4}{1000000} = \frac{\sigma_L}{80000} \Rightarrow \sigma_L = \frac{32}{100} = 0.32^{mm} \Rightarrow \sigma_S = 3 + 0.32 = 3.32^{mm}$$

$$\Rightarrow \sigma_{X_5}^2 = 5 \times 3.32 = 16.6 \Rightarrow \sigma_{X_5} = \pm 4.1^{mm}$$

$$\sigma_{Y_5}^2 = (80-0)^2 \sigma_\beta^2 + (160-80)^2 \sigma_\beta^2 + \ldots + (400-320)^2 \sigma_\beta^2 = 80^2 \times \left(5\sigma_\beta^2\right)$$

$$1^{rad} = 206265'' \Rightarrow \frac{1}{\sigma_\beta} = \frac{20265''}{10''}$$

$$\sigma_\beta = \frac{10}{206265} = 4.85 \times 10^{-5}$$

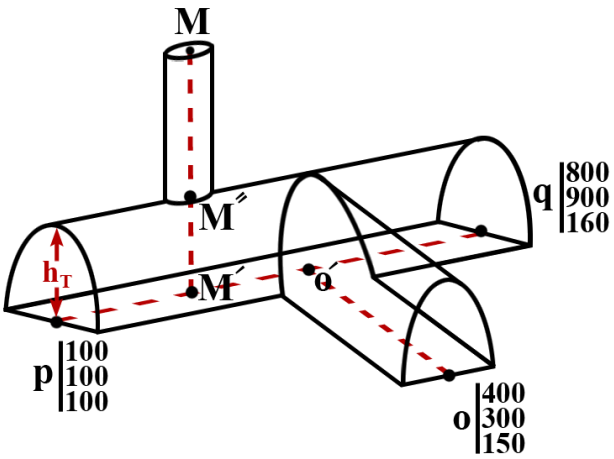
$$\sigma_{Y_5}^2 = 80^2 \times 5 \times \left(4.85^{-5}\right)^2 = 7.52 \Rightarrow \sigma_{Y_5} = 8.673^{mm}$$

همان طور که در این مثال نیز مشخص است به علت زاویه باز در پیمایش‌های زیرزمینی میزان خطا در جهت عمود بر محور اصلی تونل (در این مثال محور Y ها) همیشه بیشتر از محوری است که در راستای تونل قرار دارد.

مثال: تونل qP با مشخصات زیر جهت اجرا داده شده است

www.GeoGIS.ir

الف) می‌خواهیم از نقطه O یک تونل دسترسی عمود بر تونل qP اجرا کنیم. مطلوب است شیب این تونل



ب) اگر از نقطه M با ارتفاع ^{m}۱۵۰ به چاه عمودی به عمق ^{m}۲۰ حفر کنیم مطلوب است موقعیت این چاه بر راستای تونل qP ارتفاع سقف تونل از کف تونل (Th) ۶ متر می‌باشد

$$h_M = 150^m$$

$$MM'' = 20^m$$

$$\overline{Po} = \sqrt{(400-100)^2 + (300-100)^2} = 360.556^m$$

$$V_{\overline{Po}} = \tan^{-1}\left|\frac{400-100}{300-100}\right| = 56^\circ 18' 55.76'' \Rightarrow G_{\overline{Po}} = 56^\circ 18' 55.76''$$

$$\overline{pq} = \sqrt{(800-100)^2 + (900-100)^2}\,1063.01^m$$

$$V_{\overline{pq}} = \tan^{-1}\left|\frac{800-100}{900-100}\right| = 41^\circ 11' 9.33'' \Rightarrow G_{\overline{Pq}} = 41^\circ 11' 9.33''$$

$$\Delta h_{pq} = 160.100 = 60^m$$

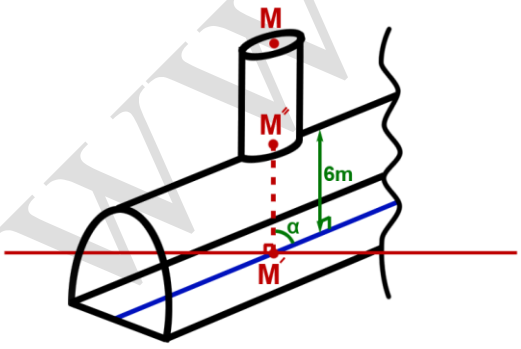
$$qpo = G_{\overline{Po}} - G_{\overline{Pq}} = 56^\circ 18' 55.76'' - 41^\circ 11' 9.33'' = 15^\circ 07' 26.43''$$

$$\overline{Po'} = \overline{Po} \times Cos(qpo) = 360.556 \times Cos\left(15^\circ 07' 26.43''\right) = 348.067^m$$

$$pq_{SLope} = \frac{\Delta h_{pq}}{\overline{pq}} = \frac{60}{1063.01} = 0.0564 = 5.64\%$$

$$ho' = hp + pq_{SLope} \times po' = 100 + 0.0564 \times 348.067 = 119.646^m$$

$$\overline{oo'} = \overline{po} \times Sin(qpo) = 360.556 \times Sin 15^\circ 07' 26.43'' = 94.072^m$$



$$\Delta h_{oo'} = 119.646 - 150 = -30.354^m$$

$$oo'_{SLope} = \frac{-30.354}{94.072} = -0.323 = -32.27\%$$

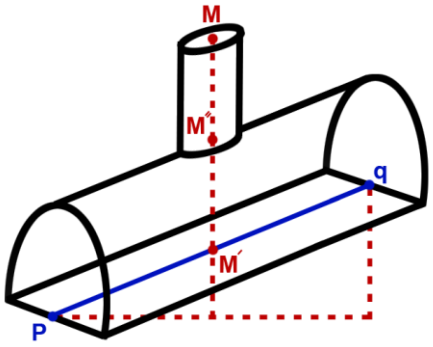
ب)

$$\Rightarrow \alpha = 90 - \tan^{-1}(0.05644) = 86^\circ 46' 10.08''$$

$$\Rightarrow \overline{M''M'} = \frac{6}{Sin(86^\circ 46' 10.08'')} = 6.0095 \cong 6.01^m$$

www.GeoGIS.ir

کتابخانه مهندسی نقشه برداری
@surveyingLibrary
surveyingLibrary@gmail.com



$$\Rightarrow hm' = hm - MM'' - M''M' = 150 - 20 - 6.01 = 123.99^{m}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta h_{pq}}{\overline{pq}} = \frac{\Delta h_{pm'}}{\overline{PM'}} = \frac{60}{1063.01} = \frac{23.99}{\overline{PM'}} \Rightarrow \overline{PM'} = 425.029^{m}$$

$$\Rightarrow X_{M'} = Xp + \overline{PM'} \times SinG_{\overline{pq}} = 100 + 425.029 \times Sin(41^{\circ}11'9.33'') = 379.88$$

$$\Rightarrow Y_{M'} = Yp + \overline{PM'} \times CosG_{\overline{pq}} = 100 + 425.029 \times Cos(41^{\circ}11'9.33'') = 419.87$$

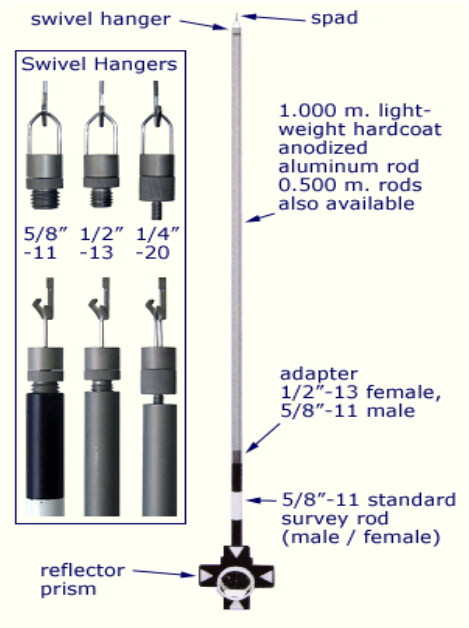
خصوصیات وسایل و تجهیزات نقشه‌برداری زیر زمین:

این وسایل باید سبک، کم حجم، دقیق، دارای نور داخلی، امکان سانتراژ از ایستگاه سقفی، ساده و مقاوم در برابر رطوبت، تغییرات‌ها، گرد و غبار و ضربه باشند.

تارگتها در زیر زمین:

از مهمترین تارگتها در زیر زمین شاقول‌ها هستند که کاربردهای بسیار زیادی داشته و به انواع زیر تقسیم می‌شوند:

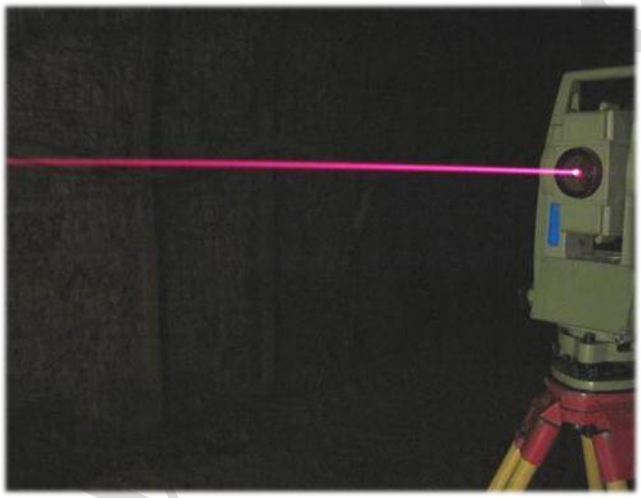
شاقول ساده، شاقول زنجیره ای، شاقول چاه، شاقول اپتیکی و لیزری.

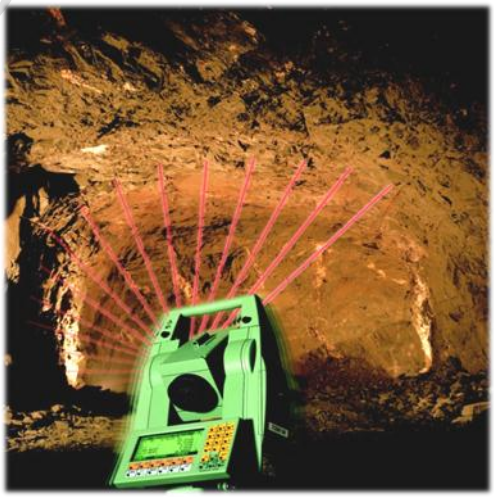


www.GeoGIS.ir

وسایل طول یابی در زیر زمین:

۱. قرمای معمولی که مرغوب‌ترین آن‌ها تر و ایشتباخ آلمانی می‌باشند
۲. مفتول‌های مدرج آویزان و (تراز یاب با تئودولیت) و شاقول‌های چاه
۳. طولیابهای الکترونیکی (EDM) و وسایل جانبی مخصوص آن‌ها برای کار در زیر زمین





وسایل اندازه‌گیری زاویه در زیرزمین:

۱. تئودولیت معمولی
۲. تئودولیتهای آویزان
۳. تئودولیتهای لیزری

GeoGis.ir

۴. ژیروتئودولیتها

وسایل تراز یابی در زیرزمین:

تفاوت دوربین‌های ترازیاب در زیر زمین در این است که این دوربین‌ها در برابر سرما، گرما، گرد و غبار، ضربه و.... مقاوم بوده و از دقت بیشتری برخوردارند. این دوربین‌ها در فواصل کوتاه نیز می‌توانند اندازه‌گیری کنند.

ترازیاب لیزری

خصوصیات شاخص در زیر زمین:

۱. کوتاه باشد در حد یک و نیم تا سه متر که به صورت کشوئی ارتفاع آن تغییر می‌کند.
۲. سطح آن روشن باشد تا بتوان در تاریکی از آن استفاده کرد.
۳. تقسیم بندی آن طوری باشد که بتوان سریع و راحت قرائت کرد.

انواع شاخص در زیر زمین:

۱. شاخص‌های منعکس کننده
۲. شاخص‌های شفاف یا شیشه‌ای
۳. شاخص‌های قابل آویزان

www.GeoGIS.ir

انواع اسکنرهای لیزری :

اسکنرهای سه بعدی لیزری، روشی نوین برای مشاهده نقاط دور و غیر قابل دسترسی می‌باشند که در دهه گذشته توسعه زیادی یافته است و می‌تواند صدها نقطه از مناطق پرتراکم را بر اساس اطلاعات سه بعدی از اشیاء نشان دهد. برای برداشت نقاط تونل، محیط‌های بسته، کارهای معماری از این دستگاه استفاده می‌شود که قابلیت فتوگرامتری نیز دارند. به طور متوسط قابلیت برداشت ۱۲۰۰۰ نقطه در ثانیه را دارا می‌باشند.

Z420i

مدل Z420i

توان اندازه گیری ۱۱۰۰۰ نقطه در ثانیه

دقت : ۸ میلی متر

برد : ۱۰۰۰ متر

دارای بدنه ضد گرد غبار و مقاوم در برابر دمای ۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد، وزن ۱۶ کیلو

LPM321

مدل LPM321

توان اندازه گیری ۱۰۰۰ نقطه در ثانیه

دقت : ۲.۵ میلی متر

برد : ۶۰۰۰ متر

دارای بدنه ضد گرد غبار و مقاوم در برابر دمای ۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد و محدوده کاری ۱۵۰×۳۶۰ درجه

VZ400

مدل VZ400

توان اندازه گیری ۱۲۲۰۰۰ نقطه در ثانیه

دقت : ۳ میلی متر

برد : ۱۴۰۰ متر

دارای GPS , بی‌سیم، شیب سنج، حافظه داخلی، وزن ۹.۸ کیلو

www.GeoGIS.ir
کتابخانه مهندسی نقشه برداری
@surveyingLibrary
surveyingLibrary@gmail.com