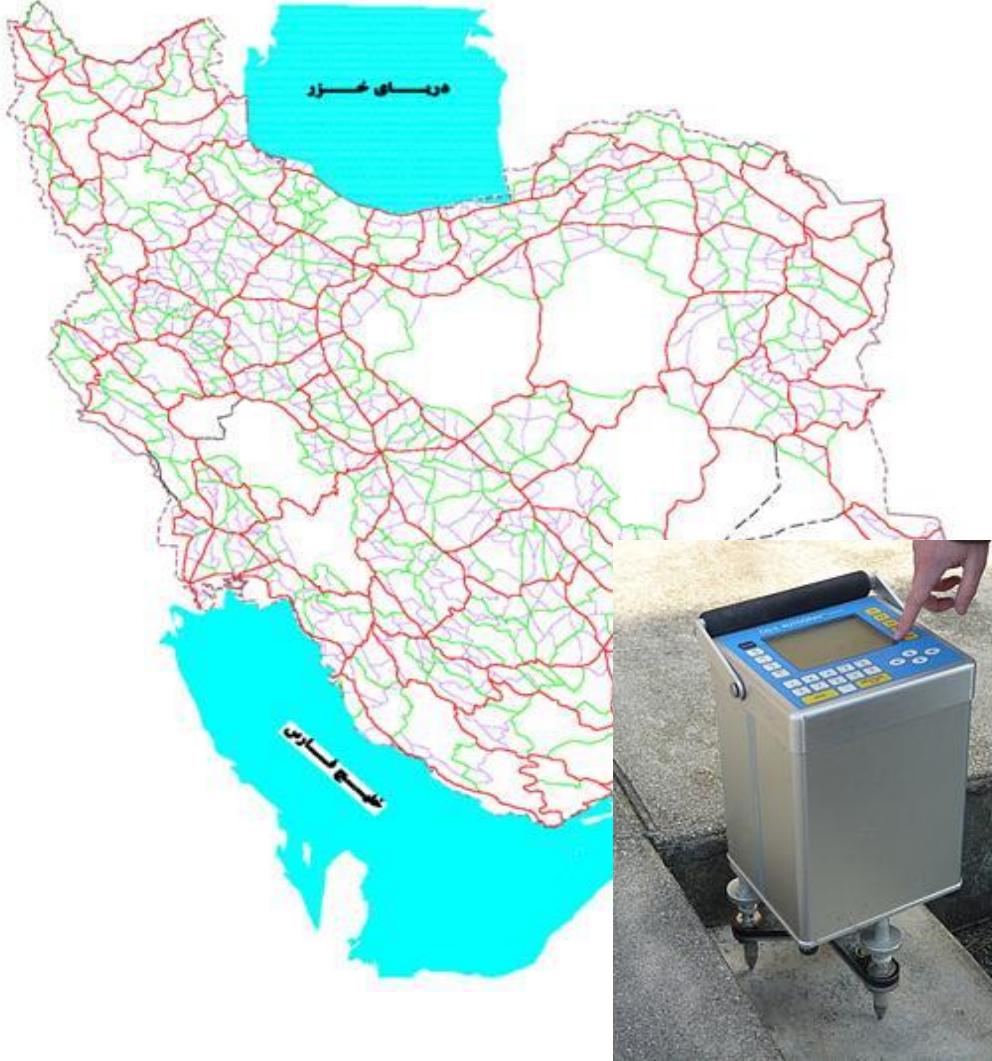




اردوی کارورزی

ترازیابی دقیق

تابستان ۹۴



فهرست مطالب

بخش اول - تعیین ارتفاع

بخش دوم - عملیات ترازیابی

بخش سوم - آشنایی با دستگاه

بخش چهارم - تعریف پروژه

بخش اول

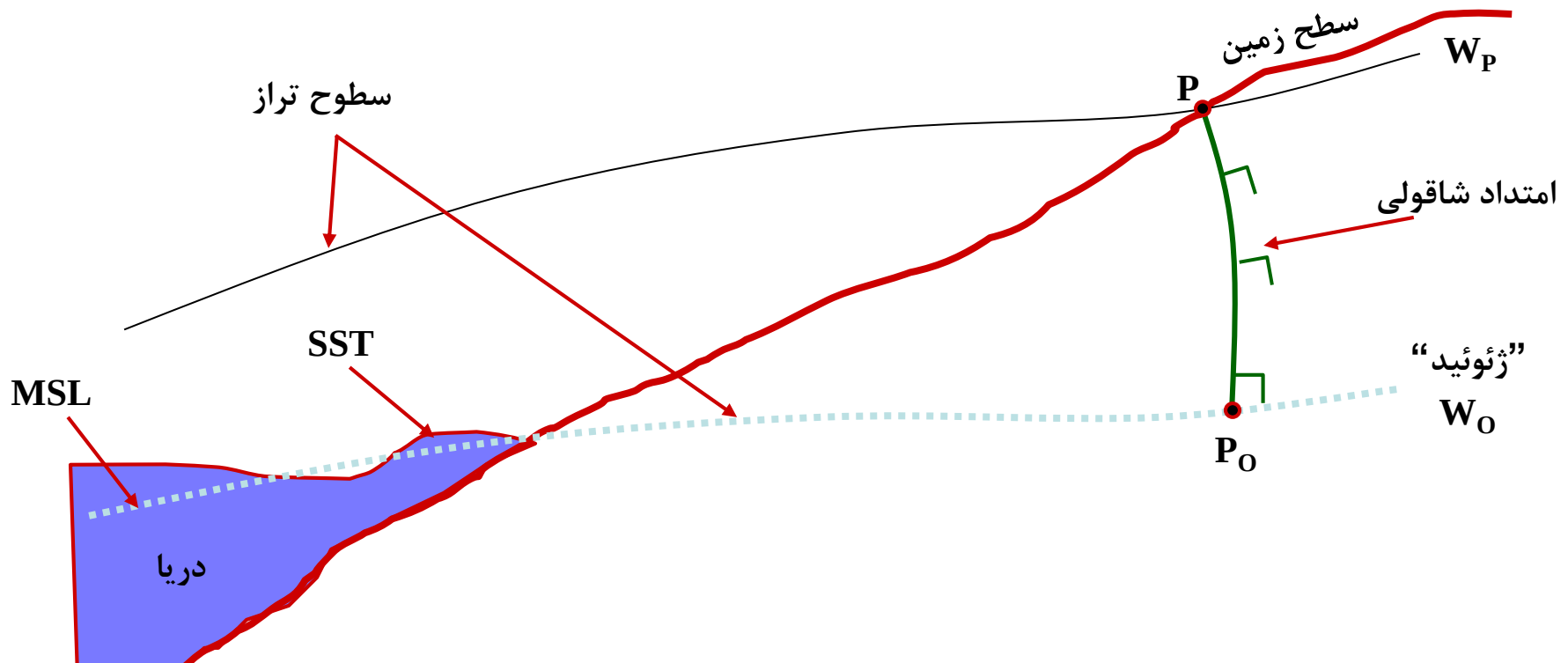
تعیین ارتفاع

2005/01/01

مفهوم ارتفاع

یکی از مباحث اصلی در ژئودزی و نقشه برداری، تعیین موقعیت ارتفاعی نقاط از سطح مبنا (آبهای آزاد - ژئوئید) است.

این ارتفاع می‌تواند دارای مفهوم هندسی یعنی فاصله هندسی نقطه در امتداد خط شاقولی تا سطح مبنا بوده و یا مفهوم فیزیکی و هیدرودینامیکی (متناسب با سطح هم‌پتانسیل - سطح تراز) داشته باشد.



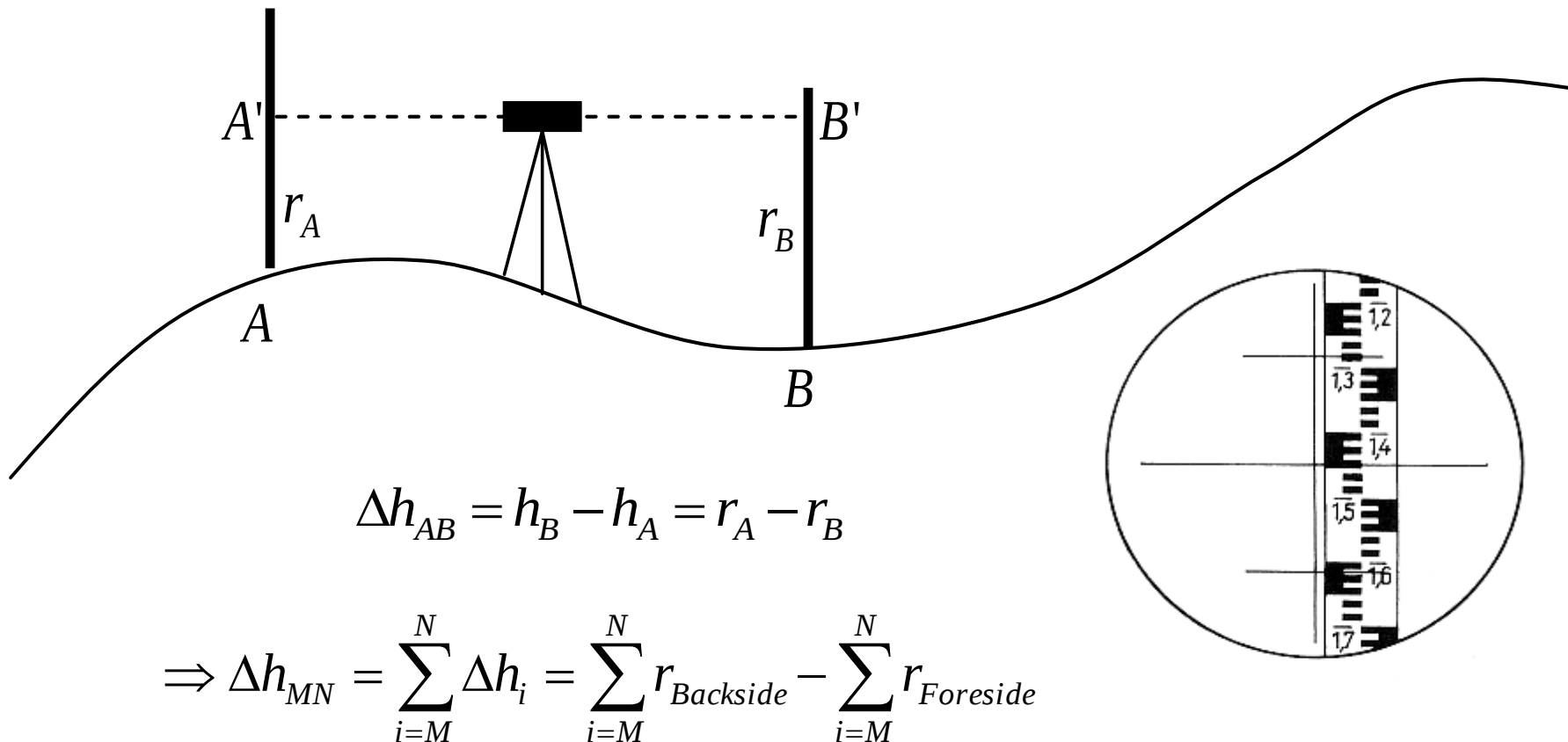
از آنجا که مشاهدات و اندازه‌گیری‌ها در نقشه برداری در فضای فیزیکی انجام می‌شوند، بنابراین لازم است سیستم ارتفاعی مورد استفاده نیز با ماهیت فیزیکی زمین سازگار باشد.

تراز کردن تجهیزات نقشه برداری = عمود کردن بر سطح همپتانسیل

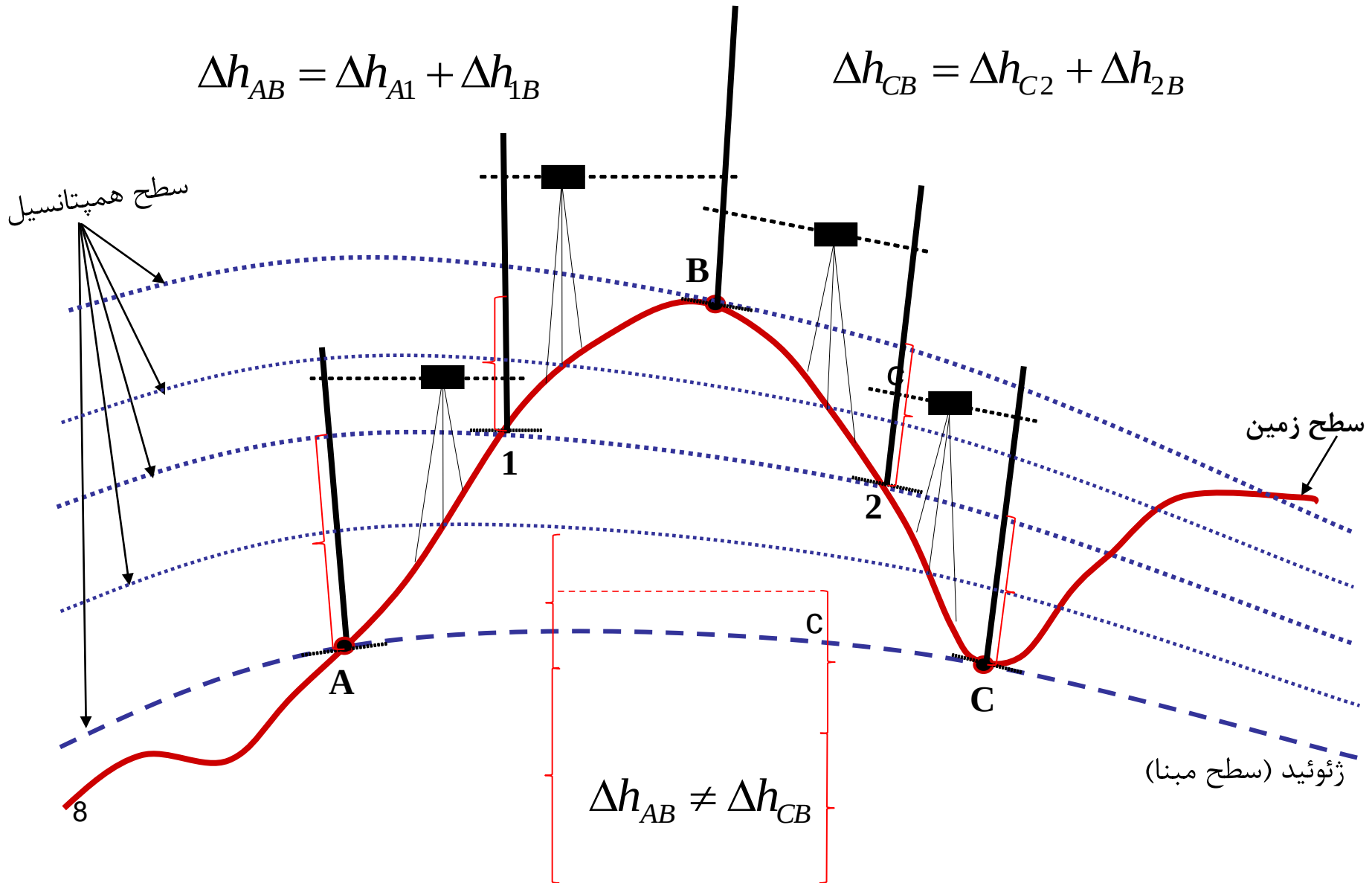
یکی از روشهای متداول تعیین ارتفاع نقاط، عملیات ترازیابی است.

ترازیابی (Leveling)

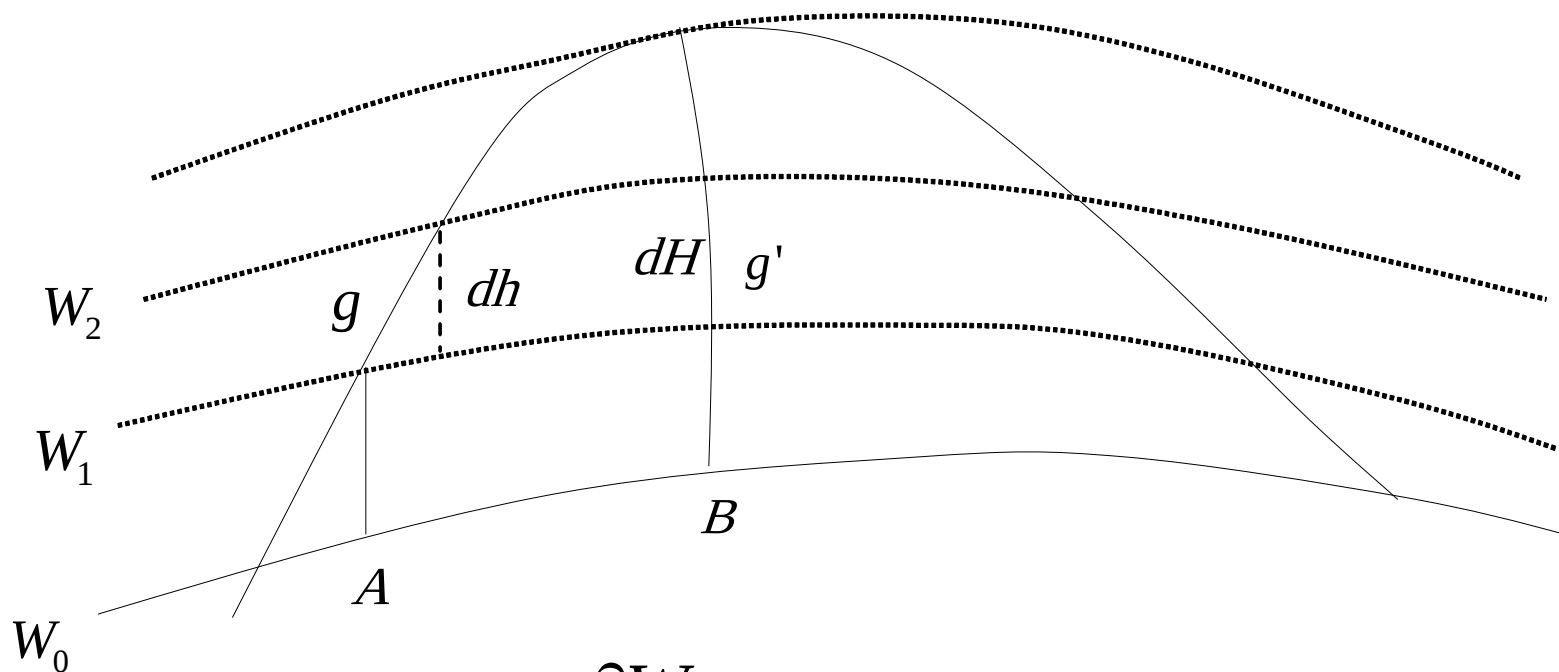
ترازیابی در واقع عملیاتی برای تعیین اختلاف ارتفاع نقاط نسبت به هم و یا نسبت به یک سطح مبنا می باشد.



بعلت عدم توازی سطوح همپتانسیل با ترازایی در مسیرهای مختلف، نتایج متفاوتی برای ارتفاع یک نقطه بدست خواهد آمد.



بنابراین تنها کمیتی که بین دو سطح هم‌پتانسیل از نقطه‌ای به نقطه دیگر تغییر نمی‌کند، اختلاف پتانسیل بین آنها است.



$$g = -\frac{\partial W}{\partial h} \rightarrow dW = -g dh$$

$$\Rightarrow dW_{12} = -g_{12} dh_{12} = -g'_{12} dH_{12}$$

پس تغییرات پتانسیل dW در امتداد مسیر ترازیبی برابر است با:

$$dW = -gdh = -g' dH$$

$$\rightarrow \Delta W_{AB} = W_B - W_A \approx -\sum_{i=A}^B g_i \Delta h_i \approx -\sum_{i=H_A}^{H_B} g'_i \Delta H_i$$

که در این رابطه g مقدار گرانی (شتاب ثقل) اندازه‌گیری شده در مسیر ترازیبی و g' مقدار گرانی در امتداد خط شاقولی است. که از آنجا؛

$$dH = \frac{g}{g'} dh \neq dh$$

بنابراین رابطه ریاضی مستقیمی بین اختلاف ارتفاع ترازیبی و ارتفاع در راستای خط شاقولی وجود نداشته و این رابطه، صرفاً یک رابطه فیزیکی می‌باشد.

در نتیجه با انجام عملیات ترازیابی و گرانی سنجی در امتداد مسیر ترازیابی، اختلاف پتانسیل بین دو نقطه تعیین می‌گردد:

$$\Delta W_{AB} = W_B - W_A \approx - \sum_{i=A}^B g_i \Delta h_i \approx - \sum_{i=H_A}^{H_B} g'_i \Delta H_i$$

می‌توان این رابطه را بصورت انتگرالی زیر نیز بیان نمود:

$$W_B - W_A = - \int_A^B g \, dh$$

که این انتگرال مستقل از مسیر انتگرال‌گیری است و اگر عملیات ترازیابی در یک لوپ بسته انجام شود، در این صورت نتیجه انتگرال برابر صفر خواهد بود. به چنین توابعی، تابع هولونومیک گفته می‌شود.

تئوری ارتفاعات

عدد ژئوپتانسیل:

اگر W_0 پتانسیل نقطه‌ای در نزدیکی ساحل آبهای آزاد و تقریباً منطبق بر ژئوئید و W_A پتانسیل نقطه‌ای بر روی سطح زمین باشد. اختلاف پتانسیل بین این دو نقطه تحت عنوان عدد ژئوپتانسیل نقطه A (C_A) شناخته می‌شود:

$$C_A = W_0 - W_A \quad (m^2 / s^2)$$

بنابراین؛

$$C_A = W_0 - W_A \quad , \quad C_B = W_0 - W_B$$

$$\rightarrow \Delta C_{AB} = C_B - C_A = -(W_B - W_A) = \int_{H_A}^{H_B} g' \, dH$$

$$\Delta C_{AB} = \int_A^B g \, dh \approx \sum_{i=A}^B g_i \Delta h_i$$

عملیات گرانی سنجی ؟

ارتفاع دینامیک:

از آنجا که عدد ژئوپتانسیل با واحد طول بیان نمی‌گردد، برای درک بهتر مفهوم اختلاف ارتفاع نقاط، نیاز به کمیتی است که در واحد طول تعریف شود. در نتیجه از ارتفاع دینامیک که ماهیت طولی دارد، بعنوان یک سیستم ارتفاعی استفاده شد. بر اساس تعریف ارتفاع دینامیک برابر است با :

$$H_A^D = \frac{C_A}{\gamma_0}$$

فرمول شتاب گرانی نرمال بر اساس مدل *GRS80* بر روی بیضوی برابر است با :

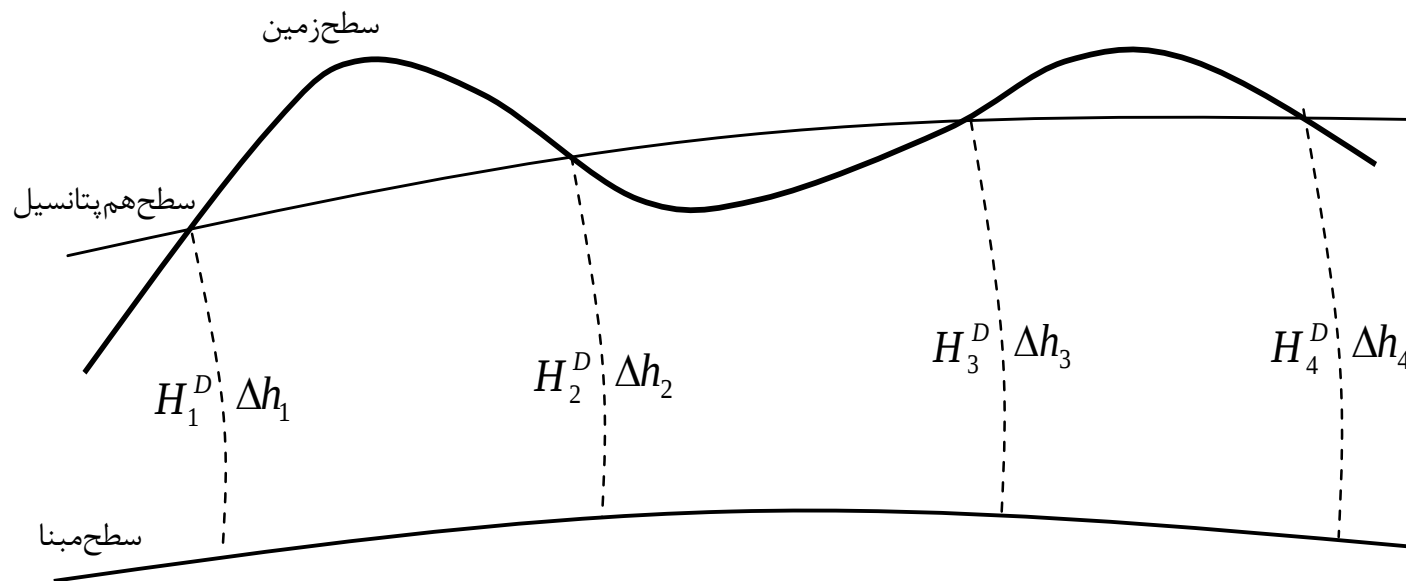
$$\gamma_0 \approx 978.0327(1 + 0.0052790414 \sin^2 \varphi + 0.0000232718 \sin^4 \varphi + 0.0000001262 \sin^6 \varphi) \text{ Gal}$$

$$\gamma_{033} = 979.5662 \text{ Gal} = 979566.2376 \text{ mGal}$$

واضح است که اختلاف بین ارتفاع دینامیک و عدد ژئوپتانسیل فقط در مقیاس و واحد اندازه‌گیری است.

عملیات گرانی سنجی ؟

ارتفاع دینامیک مفهوم هندسی ندارد زیرا یک کمیت منحصرأ وابسته به فیزیک زمین است. بدین معنا که نقاط دارای ارتفاع دینامیک یکسان همه بر روی یک سطح هم پتانسیل قراردارند. به عبارت دیگر سطوح هم پتانسیل در سیستم ارتفاعی دینامیک با هم موازی هستند (بر خلاف خواص هندسی واقعی سطوح هم پتانسیل). در نتیجه سیستم ارتفاعی دینامیک تنها برای مقاصد و مطالعات هیدرودینامیکی و پروژه‌های انتقال آب مناسب می‌باشد.

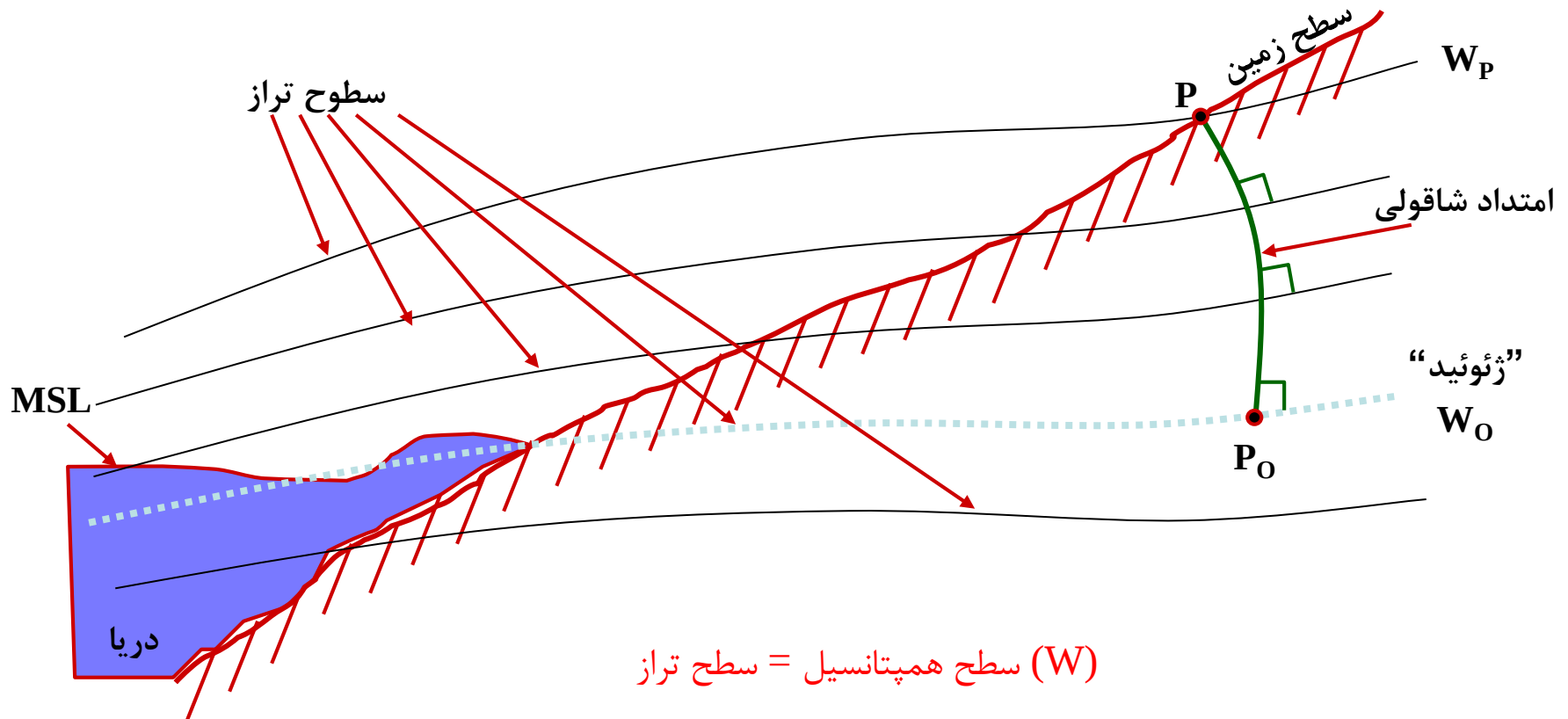


$$\Delta h_1 \neq \Delta h_2 \neq \dots \neq \Delta h_i$$

$$H_1^D = H_2^D = \dots = H_i^D$$

ارتفاع ارتومتریك

ارتفاع ارتومتریك فاصله یک نقطه از سطح زمین تا ژئوئید در امتداد خط شاقولی واقعی است.



(W) سطح همپتانسیل = سطح تراز

$$(C_P) = W_O - W_P \text{ عدد ژئوپتانسیل}$$

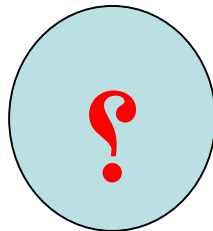
$$H \text{ (ارتفاع ارتومتریك)} = \text{فاصله در امتداد خط شاقولی (} P_O \text{ to } P \text{)}$$

عدد ژئوپتانسیل نقطه P برابر است با:

$$C_p = \int_0^{H_p^o} g' dH = H_p^o \cdot \frac{1}{H_p^o} \int_0^{H_p^o} g' dH = H_p^o \cdot \overline{g_p'}$$

در نتیجه ارتفاع ارتومتریک برابر است با:

$$H_p^o = \frac{C_p}{\overline{g_p'}}$$



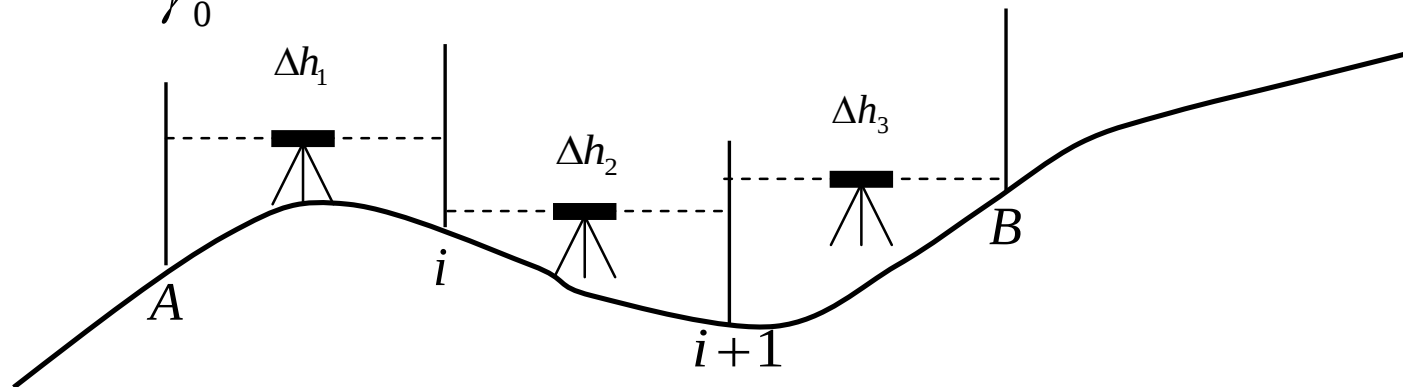
که در این رابطه $\overline{g_p'}$ مقدار گرانی متوسط در امتداد خط شاقولی است.

عملیات گرانی سنجی ؟

ترکیب مشاهدات ترازیبی و داده های گرانی سنجی

تصحیح دینامیک:

$$H_A^D = \frac{C_A}{\gamma_0}$$



$$\Delta H_{AB}^D = H_B^D - H_A^D = \frac{1}{\gamma_0} (C_B - C_A) = -\frac{1}{\gamma_0} (W_B - W_A) \approx \frac{1}{\gamma_0} \sum_{i=A}^B g_i^* \Delta h_i$$

مقدار شتاب گرانی اندازه گیری شده در سطح زمین

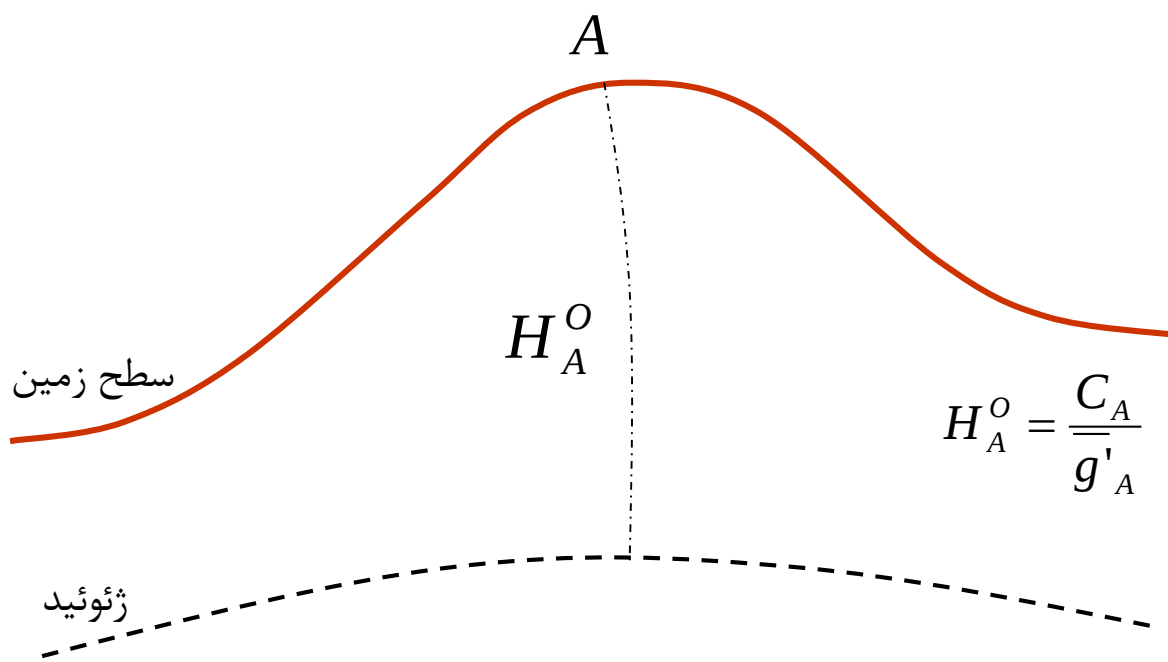
$$g_i^* = \frac{g_{i+1} + g_i}{2}$$

اختلاف ارتفاع ترازیبی $\Delta h_i = h_{i+1} - h_i$

$$\Delta H_{AB}^D = \frac{1}{\gamma_0} \sum_{i=A}^B (g_i^* - \gamma_0 + \gamma_0) \Delta h_i = \sum_{i=A}^B \left(\frac{g_i^* - \gamma_0}{\gamma_0} \right) \Delta h_i + \sum_{i=A}^B \Delta h_i$$

$$\Rightarrow DC_{AB} = \int_A^B \left(\frac{g - \gamma_0}{\gamma_0} \right) dh \approx \sum_{i=A}^B \left(\frac{g_i^* - \gamma_0}{\gamma_0} \right) \Delta h_i$$

تصحیح اُرتومتريک:



$$H_A^D = \frac{C_A}{\gamma_0} \rightarrow H_A^O \bar{g}'_A = H_A^D \gamma_0 \rightarrow H_A^O = \frac{\gamma_0}{\bar{g}'_A} H_A^D$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{AB}^O &= H_B^O - H_A^O = H_B^O - H_A^O + H_B^D - H_B^D + H_A^D - H_A^D \\ &= \frac{\gamma_0}{\bar{g}'_B} H_B^D - \frac{\gamma_0}{\bar{g}'_A} H_A^D - H_B^D + H_A^D + \Delta H_{AB}^D \\ &= \Delta H_{AB}^D + \left(\frac{\bar{g}'_A - \gamma_0}{\bar{g}'_A} \right) H_A^D - \left(\frac{\bar{g}'_B - \gamma_0}{\bar{g}'_B} \right) H_B^D \end{aligned}$$

$$\Delta H_{AB}^O = \Delta H_{AB}^D + \left(\frac{\overline{g'_A} - \gamma_0}{\overline{g'_A}} \right) H_A^D - \left(\frac{\overline{g'_B} - \gamma_0}{\overline{g'_B}} \right) H_B^D$$

$$= \sum_{i=A}^B \Delta h_i + \sum_{i=A}^B \left(\frac{g_i^* - \gamma_0}{\gamma_0} \right) \Delta h_i + \left(\frac{\overline{g'_A} - \gamma_0}{\overline{g'_A}} \right) H_A^D - \left(\frac{\overline{g'_B} - \gamma_0}{\overline{g'_B}} \right) H_B^D$$

تصحیح اُرتومتریک

$$\Delta H_{AB}^O = \Delta h_{AB} + \text{OC}_{AB}$$

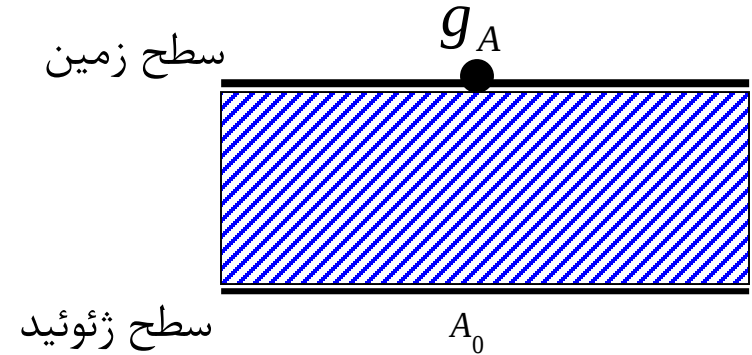
اختلاف ارتفاع ترازیبی

مقدار گرانی اندازه گیری شده در سطح زمین

$$\text{OC}_{AB} = \sum_{i=A}^B \frac{g_i^* - \gamma_0}{\gamma_0} \Delta h_i + \frac{\overline{g'_A} - \gamma_0}{\gamma_0} H_A^O - \frac{\overline{g'_B} - \gamma_0}{\gamma_0} H_B^O$$

مقدار گرانی متوسط در امتداد خط شاقولی

مقدار گرانی متوسط در امتداد خط شاقولی (روش هلمرت):



$$\overline{g'}_A = \frac{g_A + g_{A_0}}{2}$$

۱- حذف اثر پلایت بوگه

$$g_{A'} = g_A - 2\pi G \rho_0 H_A^O = g_A - 0.1119 H_A^O$$

۲- استفاده از آنامولی هوای آزاد برای انتقال رو به پایین

$$g_{A_0} = g_A - 2\pi G \rho_0 H_A^O + \frac{\partial \gamma}{\partial H} H_A^O = g_A + (-0.1119 + 0.3086) H_A^O$$

۳- برگرداندن اثر پلایت بوگه

$$g_{A_0} = g_A - 2\pi G \rho_0 H_A^O - \frac{\partial \gamma}{\partial H} H_A - 2\pi G \rho_0 H_A^O$$

$$0.3086 \text{ mGal / m}$$

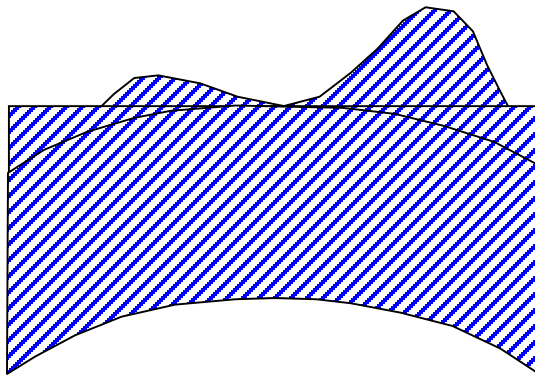
$$\rightarrow \overline{g'}_A = g_A - \frac{1}{2} \frac{\partial \gamma}{\partial H} H_A - 2\pi G \rho_0 H_A^O = g_A + 0.0424 H_A^O$$

$$\rho = 2.67 \text{ gr / cm}^3$$

بنابراین ارتفاع آرتومتریک *Helmert*:

$$H_A^O = \frac{C_A}{g_A + 0.0424H_A^O}$$

□ فرضیات:



- ✓ استفاده از پلیت بوگه بجای پوسته کروی
- ✓ در نظر گرفتن دانسیته ثابت $\rho_0 = 2.67 \text{ gr / cm}^3$ برای تمام پوسته
- ✓ استفاده از گرادیان ارتفاعی هوای آزاد در میدان ثقل نرمال
- ✓ نادیده گرفتن اثر ناهمواری های توپوگرافی

□ ویژگی های روش:

- ✓ سادگی روابط
- ✓ سرعت محاسبات

تعیین شتاب گرانی با استفاده از مدل های ژئوپتانسیلی

پتانسیل گرانی زمین:

پتانسیل گرانی زمین از مجموع پتانسیل جاذبه (W_g) و پتانسیل گریز از مرکز (W_c) بدست می آید:

$$W(\vec{r}_P) = W_g(\vec{r}_P) + W_c(\vec{r}_P) = G \iiint \frac{\sigma(\vec{r})}{|\vec{r} - \vec{r}_P|} dB + \frac{1}{2} \rho_P^2 \omega^2$$

پتانسیل جاذبه W_g در خارج از زمین (بدون در نظر گرفتن جرم اتمسفر) یک تابع هارمونیک می‌باشد. بنابراین با بسط پتانسیل برحسب ضرایب توابع هارمونیک داریم:

$$W_g(r_p, \theta, \lambda) = \frac{GM_e}{r_p} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{a}{r_p}\right)^n \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \bar{P}_{nm}(\cos \theta)$$

که در آن a شعاع کره برلیان، M_e جرم زمین، $\bar{C}_{nm}$ و $\bar{S}_{nm}$ ضرایب نرمالیزه شده هارمونیک‌های کروی وابسته به توزیع جرم زمین و $\bar{P}_{nm}(\cos \theta)$ تابع لژاندر نوع اول نرمالیزه شده است.

همچنین پتانسیل گریز از مرکز برابر است با:

$$W_c(r_p, \theta, \lambda) = \frac{1}{2} r_p^2 \sin^2 \theta \omega^2$$

توابع لژاندر نوع اول نرمالیزه شده را می توان از روابط بازگشتی زیر محاسبه نمود:

$$\bar{P}_{nn}(\cos \theta) = \frac{\sqrt{2n+1}}{\sqrt{2n}} \sin \theta \bar{P}_{n-1,n-1}(\cos \theta) \quad \forall n \in [3, \infty) \quad \forall m \in [0, n-2]$$

$$\bar{P}_{n,n-1}(\cos \theta) = \frac{\sqrt{2n+1}}{\sqrt{2(n-1)}} \sin \theta \bar{P}_{n-1,n-2}(\cos \theta)$$

$$\bar{P}_{nm}(\cos \theta) = \frac{\sqrt{4n^2-1}}{\sqrt{n^2-m^2}} \cos \theta \bar{P}_{n-1,m}(\cos \theta) - \frac{\sqrt{(2n+1)(n+m-1)(n-m-1)}}{\sqrt{(n^2-m^2)(2n-3)}} \bar{P}_{n-2,m}(\cos \theta)$$

با مقادیر اولیه:

$$\bar{P}_{00}(\cos \theta) = 1$$

$$\bar{P}_{10}(\cos \theta) = \sqrt{3} \cos \theta$$

$$\bar{P}_{11}(\cos \theta) = \sqrt{3} \sin \theta$$

$$\bar{P}_{20}(\cos \theta) = \frac{\sqrt{5}}{2} (3 \cos^2 \theta - 1)$$

$$\bar{P}_{21}(\cos \theta) = \sqrt{15} \cos \theta \sin \theta$$

$$\bar{P}_{22}(\cos \theta) = \frac{\sqrt{15}}{2} \sin^2 \theta$$

استفاده از مدل ژئوپتانسیلی زمین:

اگر از یک مدل ژئوپتانسیلی برای تعیین پتانسیل جاذبه زمین استفاده نماییم، در این صورت داریم:

$$W_g(r_p, \theta, \lambda) = \frac{GM_m}{r_p} \sum_{n=0}^{N_{\max}} \left(\frac{a}{r_p}\right)^n \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \bar{P}_{nm}(\cos \theta)$$

که در آن M_m جرم مدل ژئوپتانسیلی استفاده شده برای زمین و $N_{\max}$ ماکزیمم درجه استفاده شده از مدل می باشد. همچنین $\bar{C}_{nm}$ و $\bar{S}_{nm}$ ضرایب هارمونیک های کروی مربوط به مدل موردنظر هستند.

تبدیل مختصات از سیستم ژئودتیک به ژئوسنتریک:

از آنجا که مختصات نقاط در سیستم ژئودتیک (φ, λ, h) است، بنابراین برای انجام محاسبات موردنظر به سیستم ژئوسنتریک منتقل گردد.

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}$$

$$\begin{cases} X = (N + h) \cos \varphi \cos \lambda \\ Y = (N + h) \cos \varphi \sin \lambda \\ Z = (N(1 - e^2) + h) \sin \varphi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r^{Geo} = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \\ \theta^{Geo} = \cos^{-1} \left(\frac{Z}{r} \right) \\ \lambda^{Geo} = \tan^{-1} \left(\frac{Y}{X} \right) \end{cases}$$

تعیین مقدار گرانی:

رابطه بین پتانسیل و مقدار گرانی ربای هر نقطه از رابطه زیر تعیین می گردد:

$$g_P = \sqrt{W_r^2 + W_\theta^2 + W_\lambda^2}$$

در این رابطه داریم:

$$W_\theta = \frac{1}{r} \frac{\partial W}{\partial \theta} = \frac{GM_e}{r_p^2} \sum_{n=0}^{N_{\max}} \left(\frac{a}{r_p}\right)^n \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \frac{\bar{P}_{nm}(\cos \theta)}{\partial \theta} + \omega^2 r \sin \theta \cos \theta$$

$$W_\lambda = \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial W}{\partial \lambda} = \frac{-1}{\sin \theta} \frac{GM_e}{r_p^2} \sum_{n=0}^{N_{\max}} \left(\frac{a}{r_p}\right)^n \sum_{m=0}^n m (\bar{C}_{nm} \sin m\lambda - \bar{S}_{nm} \cos m\lambda) \bar{P}_{nm}(\cos \theta)$$

$$W_r = \frac{\partial W}{\partial r} = -\frac{GM_e}{r_p^2} \sum_{n=0}^{N_{\max}} (n+1) \left(\frac{a}{r_p}\right)^n \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \bar{P}_{nm}(\cos \theta) + \omega^2 r \sin^2 \theta$$

در رابطه قبل مشتق توابع لژاندر برابر است با:

$$\frac{\partial \bar{P}_{0,0}(\cos \theta)}{\partial \theta} = 0$$

$$\frac{\partial \bar{P}_{n,0}(\cos \theta)}{\partial \theta} = -\sqrt{\frac{n(n+1)}{2}} \bar{P}_{n,1}(\cos \theta) \quad \forall n \geq 1$$

$$\frac{\partial \bar{P}_{1,1}(\cos \theta)}{\partial \theta} = \bar{P}_{1,0}(\cos \theta) = \sqrt{3} \cos \theta$$

$$\frac{\partial \bar{P}_{n,n}(\cos \theta)}{\partial \theta} = \frac{\sqrt{n(n+1) - n(n-1)}}{2} \bar{P}_{n,n-1}(\cos \theta) \quad \forall n \geq 2$$

$$\frac{\partial \bar{P}_{n,1}(\cos \theta)}{\partial \theta} = \sqrt{\frac{n(n+1)}{2}} \bar{P}_{n,0}(\cos \theta) - \frac{\sqrt{n(n+1) - 2}}{2} \bar{P}_{n,2}(\cos \theta)$$

$$\forall n \geq 3, m \geq 2, m \leq n-1$$

$$\frac{\partial \bar{P}_{n,m}(\cos \theta)}{\partial \theta} = \frac{\sqrt{n(n+1) - m(m-1)}}{2} \bar{P}_{n,m-1}(\cos \theta) - \frac{\sqrt{n(n+1) - m(m-1)}}{2} \bar{P}_{n,m+1}(\cos \theta)$$

بخش دوم

عملیات ترازیابی



مفاهیم اولیه

ترازیابی : به مجموعه عملیاتی گفته می‌شود که منجر به تعیین ارتفاع نقاط نسبت به یک سطح مبناء می‌شود. ارتفاع از طریق اندازه‌گیری اختلاف ارتفاع بین دو شاخص و اعمال تصحیحات لازم و سرشکنی، تعیین می‌گردد.

- **نقطه گرهی :** به نقطه‌ای اطلاق می‌گردد که چند مسیر ترازیابی از آن منشعب می‌شود.
- **رپر :** اصطلاحاً به ایستگاه‌هایی که ساختمان آنها بتنی می‌باشد، اطلاق می‌گردد.
- **دهنه (Setup) :** اندازه‌گیری کامل بین دو شاخص انوار.
- **قطعه (Section) :** اندازه‌گیری رفت و برگشت بین دو ایستگاه متوالی ترازیابی.
- **مسیر (Line) :** شامل تعدادی ایستگاه متوالی بین دو نقطه گرهی (مرز مشترک دو لوپ).
- **لوپ (Loop) :** شکل بسته شامل چند مسیر ترازیابی.

استاندارد شبکه‌های ارتفاعی

تجهیزات اصلی			متوسط فاصله نقاط به کیلومتر	معیار دقت	درجه ترازیابی
بزرگنمایی ترازیاب	نوع میر	دقت ترازیاب			
دقت ترازیاب $0.2^{mm} - 0.3^{mm}$ در یک کیلومتر ترازیابی رفت و برگشت و بزرگنمایی $32X - 40X$ شاخص انوار دولبه و دماسنج تفاضلی با دقت $0.1^{\circ}C$ و فشار سنج با دقت $1mmHg$			۲	$3^{mm}\sqrt{k}$	۱
دقت ترازیاب 0.7^{mm} در یک کیلومتر ترازیابی رفت و برگشت و بزرگنمایی $32X - 40X$ شاخص انوار دولبه و دماسنج با دقت $0.5^{\circ}C$			۳	$8^{mm}\sqrt{k}$	۲
دقت ترازیاب $0.7^{mm} - 1.5^{mm}$ در یک کیلومتر ترازیابی رفت و برگشت و حداقل بزرگنمایی $32X$ شاخص یک لبه مهندسی			۴	$12^{mm}\sqrt{k}$	۳

k متوسط طول رفت و برگشت مسیر ترازیابی بر حسب کیلومتر است.

شبکه ارتفاعی ایران



نحوه اندازه گیری

- **تعیین محل شاخص ها و تراز یاب :** حداکثر فاصله مجاز بین دستگاه و شاخص ۳۵ متر می باشد که البته تحت شرایط جوی و جغرافیایی نامناسب کوتاهتر خواهد شد. اختلاف فاصله بین تراز یاب با شاخص جلو نباید بیش از حد مجاز باشد. برای رسیدن به این هدف با مترکشی تقریبی (بوسیله طناب) محل دوربین و میرها مشخص می گردد.
- **استقرار شاخص ها روی سکل ها :** ابتدا سکل را بصورت افقی در محل تعیین شده قرار داده و با ضربات چکش محکم نموده بطوریکه روی برجستگی مخصوص استقرار شاخص ضربه ای وارد نگردد و سپس بوسیله عامل مورد اعتماد، شاخص روی سکل قرار گیرد و با محکم کردن پایه های شاخص در زمین، شاخص تراز می گردد.
- **استقرار تراز یاب :** قبل از تراز تراز یاب ، پایه های آن با فشار دادن پدال های مربوطه در زمین محکم شود. تنظیم وضوح دید (Focusing) تراز یاب بمنظور برقراری دید خوب الزامی است. تارهای رتیکول و تصویر شاخص باید کاملا واضح و روشن باشد در غیر این صورت دستگاه پیام خطا داده و قرائت صورت نمی گیرد. تار رتیکول قائم باید روی خط تقارن طولی شاخص قرار گیرد.
- **توجه :** سیستم نوری دستگاه براساس چشم سالم تنظیم شده است لذا افرادی که فاقد دید کامل هستند باید برای تنظیم وضوح دید و تار رتیکول از عینک استفاده کنند.

- **روش قرائت :** در هر استقرار ۴ مشاهده بر روی شاخص ها صورت می گیرد. ترتیب مشاهدات در دهنه های فرد و زوج متفاوت می باشد. مشاهدات دهنه های فرد به صورت عقب- جلو- جلو- عقب (BFFB) و مشاهدات دهنه های زوج به صورت جلو-عقب-عقب-جلو (FBBF) خواهند بود. این شیوه مشاهده با نماد aBFFB نمایش داده می شود. در هر دهنه لازم است علاوه بر قرائت میرها، فشار محیط ثبت و دما در فواصل قائم ۰/۵ و ۱/۵ و ۲/۵ متر اندازه گیری شود.
- **آنالیز داده ها در هر ایستگاه :** قبل از تغییر ایستگاه ضروری است به پیام های دستگاه در صفحه نمایش توجه شود.
- **الف- چنانچه خطای مشاهدات از خطای تعریف شده بیشتر شود باید به سوال دستگاه که تکرار مجدد آن مشاهده می باشد پاسخ مثبت داده شود.**
- **ب- مقایسه فاصله دستگاه تراز یاب از شاخص عقب و جلو بطوریکه اختلاف آنها از مقدار مدنظر بیشتر نباشد.** در صورتیکه با تکرارهای متعدد دقت بند الف- حاصل نگردد باید فواصل میرها را کم کرد و یا عملیات را به کلی متوقف نمود.
- **پایان کار روزانه :** کار روزانه باید از رپر ثابت شروع و به رپر ثابت وصل شود و چنانچه به عللی در یک روز امکان رسیدن به رپر ثابت نباشد باید سه میخ پایان کار را با گذاشتن کلاhek استوانه ای مخصوص، در جاهای محکم و محفوظ در زمین کوبید بطوریکه فاصله هر دو میخ متوالی بین ۳۰ تا ۴۰ متر باشد. کار روزانه به این سه میخ بسته شود. روز بعد اختلاف ارتفاع سه میخ با روز قبل کنترل و چنانچه اختلاف، در حد خطای مجاز قرائت یک ایستگاه باشد عملیات ادامه یابد. در صورتی که فقط یک میخ حرکتی کرده باشد دو میخ دیگر برای ادامه عملیات کافی می باشد. 34



2 12:05 PM



دقت های لازم و نکات ضروری

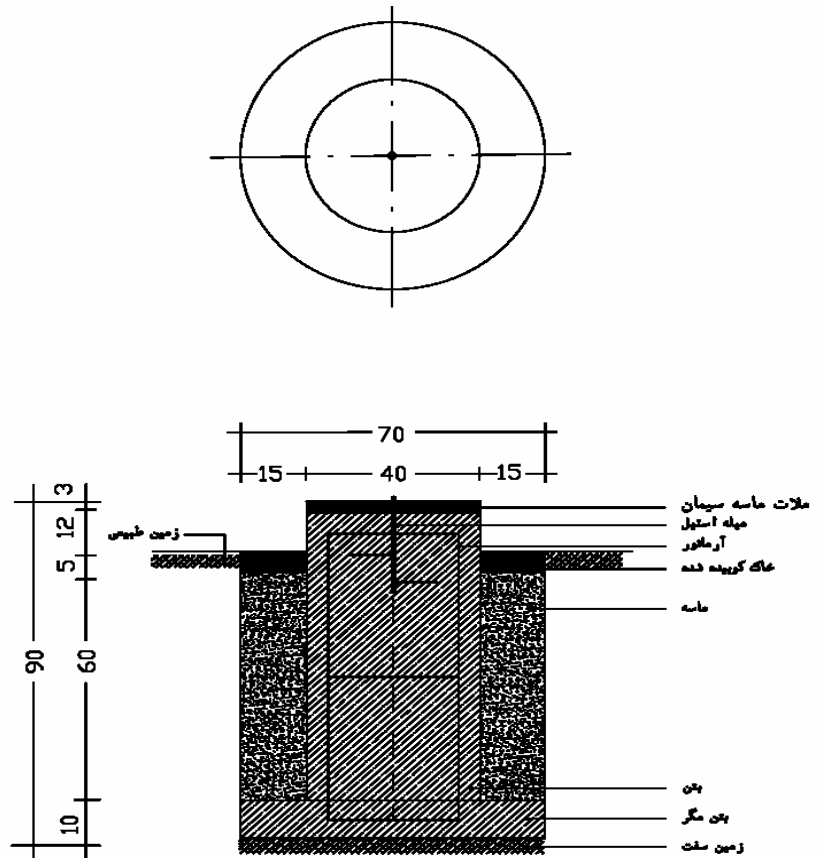
- در هر دهنه، میزان خطای مجاز برای اختلاف ارتفاع حاصل از اندازه گیریهای دوگانه روی شاخصهای عقب و جلو، بر اساس فاصله کمتر ترازیب و شاخص ها در نظر گرفته می شود. بدین صورت که برای فواصل کمتر از ۲۰ متر خطای مجاز دهنه حداکثر ۰/۲ میلیمتر بوده و برای فواصل بین ۲۰ تا ۳۵ متر خطای مجاز دهنه حداکثر ۰/۲۵ میلیمتر خواهد بود.
- اختلاف ارتفاع حاصل از رفت و برگشت در هر بخش (Section) نباید از $3\sqrt{k}$ میلیمتر تجاوز نماید که k متوسط فاصله رفت و برگشت بین دو رپر متوالی به کیلومتر است.
- اختلاف فاصله عقب و جلو در هر ایستگاه نباید از ۵ درصد فاصله بیشتر باشد (برای ۳۵ متر حداکثر اختلاف فاصله ۱/۷ متر است).
- در یک Section مجموع فواصل عقب و جلو نباید بیش از ۵ متر اختلاف داشته باشد.
- تعداد دهنه های در هر Section باید زوج باشد.
- حتی المقدور، اختلاف تعداد دهنه ها در رفت و برگشت نباید بیش از ۵ درصد تعداد دهنه ها باشد.
- تعداد تکرار هر مشاهده روی شاخص ها، عدد ۲ باشد.
- خطای مجاز بین BM و RM در هر ایستگاه از $2\sqrt{k}$ میلیمتر تجاوز نکند.

- هر Section باید بطور رفت و برگشت ترازیبی شود ، البته توسط افراد مختلف و بوسیله دستگاه های مختلف در زمان های متفاوت.
- در هر رفت و برگشت (در هر Section) از یک جفت شاخص معین ترازیبی انجام گیرد.
- از تابش نور مستقیم خورشید روی ترازیب باید اجتناب شود. حتی در زمان جابجایی دستگاه از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر باید سایه چتر روی ترازیب باشد.
- حتی المقدور از آنتنی شدن مسیر ترازیبی اجتناب گردد.
- اطلاعات مربوط به وضع هوا و تاریخ روز و ساعت انجام عملیات ترازیبی و جنس خاک و شدت باد و مسیر نور آفتاب از نمودار مربوطه با کمک دفترچه راهنمای دوربین در حافظه ترازیب ذخیره گردد.
- در هر ایستگاه در صورت ضرورت تکرار قرائت ، ترازیب جابجا شده و قرائت جدید انجام گیرد.
- سعی شود در زمان هایی که تشعشع حداکثر است از انجام کار خوداری گردد.
- در هوای بارانی و یا مه آلود و شرجی که رطوبت محیط زیاد است ، از انجام مشاهدات خوداری گردد.
- چنانچه عبور و مرور وسایط نقلیه و سایر عوامل باعث لرزش دوربین و میرها گردد ، تا رفع این وضعیت مشاهدات صورت نگیرد.

- تراز یاب باید همه روزه قبل از شروع عملیات مدتی در هوای آزاد مستقر شده تا همه اجزای آن با دمای محیط سازگار شود. مدت زمان لازم برای این کار بدین نحو تعیین می گردد که اختلاف دمای محیط استقرار و محیط نگهداری دوربین (جعبه محافظ) ضربدر عدد ۲ گشته و نتیجه حاصل زمان لازم بر حسب دقیقه را بدست می دهد. وجود یک دماسنج در داخل جعبه محافظ دوربین الزامی است.
- چنانچه تنظیم Focusing دستگاه کامل و بدرستی صورت نگرفته باشد مشاهدات با تاخیر صورت گرفته و همراه با خطا خواهد بود.

انتخاب محل ایستگاه‌ها

- محل ایستگاه خارج از حریم راه، راه آهن و تا حد امکان جهت جلوگیری از تخریب آن‌ها دور از دسترس مردم باشد.
- ایستگاه در مکان‌هایی که استخراج وجود دارد، انتخاب نشود.
- ایستگاه در مکان‌هایی (نظیر باغ، چمن، خاکریز و ...) که احتمال نشست هست انتخاب نشود.
- ایستگاه‌ها در مکان‌هایی انتخاب شوند که دسترسی به آن‌ها برای کاربران آسان باشد.
- پایه بتنی پل‌های بزرگ و یا ساختمان‌های مشخص و مطمئن که امکان نصب دیسک و میله استیل مخصوص در آن‌ها وجود دارد می‌تواند برای نقاط ترازبایی مورد استفاده قرار گیرد.
- تعیین ایستگاه در نقاط گرهی مسیرها اجباری است. تا حد امکان محل ایستگاه نقطه گرهی، در تقاطع راه‌ها و با حفظ فاصله مناسب با رعایت بندهای قبلی انتخاب شود.
- محل BM و RM برای هر ایستگاه حتی‌المقدور نزدیک دو عارضه مجزا انتخاب شود
- در مناطق کم عارضه و بیابانی، محل تغییر مسیر، انشعاب و یا تقاطع مسیرهای انتقال نیرو و تلگراف با جاده و حتی یک پیچ جاده آدرس خوبی برای ایستگاه می‌باشد.
- ایستگاه‌ها بیش از حد به تیرهای برق یا تلگراف نزدیک نباشد
- حداقل یکی از نقاط BM و RM زیر دکل گرفته نشود (حداقل به فاصله ۲۰۰ متر از خط انتقال نیرو).





2010/05/05

شناسنامه ایستگاه تراز یابی
LEVELING STATION DESCRIPTION

طول جغرافیایی Longitude 55° 11' 7"	شماره نقشه Sheet No. 7063 III	یک	درجه Order	نام ایستگاه Station B A B B 1 0 4 2	
عرض جغرافیایی Latitude 36° 41' 6"	مقیاس نقشه Scale 1:50,000	سمنان	استان Province		
مقدار جاذبه Gravity	شماره نقشه و طرح Project & Photo No.	راه آزادشهر - شاهرود	نام قدیم ایستگاه Old Name		
تاریخ اندازه گیری جاذبه Date	مقیاس عکس Photo Scale	نزدیکترین شهر Nearest Town	نوع ایستگاه Type of Station	متمم	

تاریخ اندازه گیری Obs. Date	تاریخ محاسبه Cal. Date	نقطه Datum	Elevation H.M.	ارتفاع H.M.	ارتفاع اورتومتری Orth. Elevation	ملاحظات Remarks
1369	1370	N.C.C.	1603.026	1601.978		G.B.M. — RM. = 240
	1377	DNG. 1001	1603.4658	1602.4172		
	1379	DNG. 1001	1603.4530	1602.4045		

توضیحات ایستگاه
Description

ایستگاه با لاترین نقطه سطح کروی شکل میله فلزی بقطر 2 و ارتفاع 25 سانتیمتر میباشد. این میله داخل بتون استوانه ای شکل بقطر 40 و ارتفاع 70 سانتیمتر کار گذاشته شده است. بطوریکه سطح کروی میله با اندازه 5 میلیمتر از سطح بتون با لاتریم میباشد. نشانه راهنما (R.M.) میله ایست مشابه ایستگاه در داخل بتون سی ب شکل هرم ناقص با سطح فوقانی 25 x 25 و ارتفاع 50 سانتیمتر.

موقعیت ایستگاه
St. Positioning

BM بقاصله 0.85 و 0.8 متر بترتیب از دیوارهای شرقی و جنوبی قرار دارد و تا گوشه شرق ساختمان راهدارخانه نیز 34.3 متر فاصله دارد. RM بقاصله 66.3 متر از BM و 10.4 و 13.5 و 0.6 متر بترتیب از پایه درب ورودی و گوشه جنوبی و دیوار نرده ای واقع شده است. فاصله این ایستگاه از BABB. 1041 و BABB. 1043 بترتیب 2.0 و 2.6 کیلومتر است.

نشانی ایستگاه
Address

پس از طی 30.4 کیلومتر از راهدارخانه خوش بیلاق (آبادی خوش بیلاق) درجه آزادشهر - شاهرود بسمت شاهرود به محل ایستگاه میرسیم که تا سه راهی آزادشهر، شاهرود، مشهد 35.5 کیلومتر فاصله دارد.

نقشه
Sketch

آبادی گورخان

نمونه شناسنامه ایستگاه
شبکه تراز یابی درجه ۱ کشور

وسایل مورد نیاز برای عملیات ترازیابی دقیق

- - دوربین ترازیاب دقیق به همراه سه پایه مربوطه (غیر تاشو) و با شاخص های مخصوص (بارکدی یا دولبه)
- - پایه شاخص (سکل مخصوص)
- - پتک
- - چتر صحرایی
- - میخ مخصوص به منظور اتمام کار قبل از رسیدن به رپر ثابت
- - طناب معمولی به طول تقریبی ۳۵ متر برای مترکشی
- - کامپیوتر
- - رابط مخصوص جهت تخلیه اطلاعات از ترازیاب به کامپیوتر
- - شارژر باطری ترازیاب
- - دماسنج با دقت 0/1 کلوین
- - فشارسنج

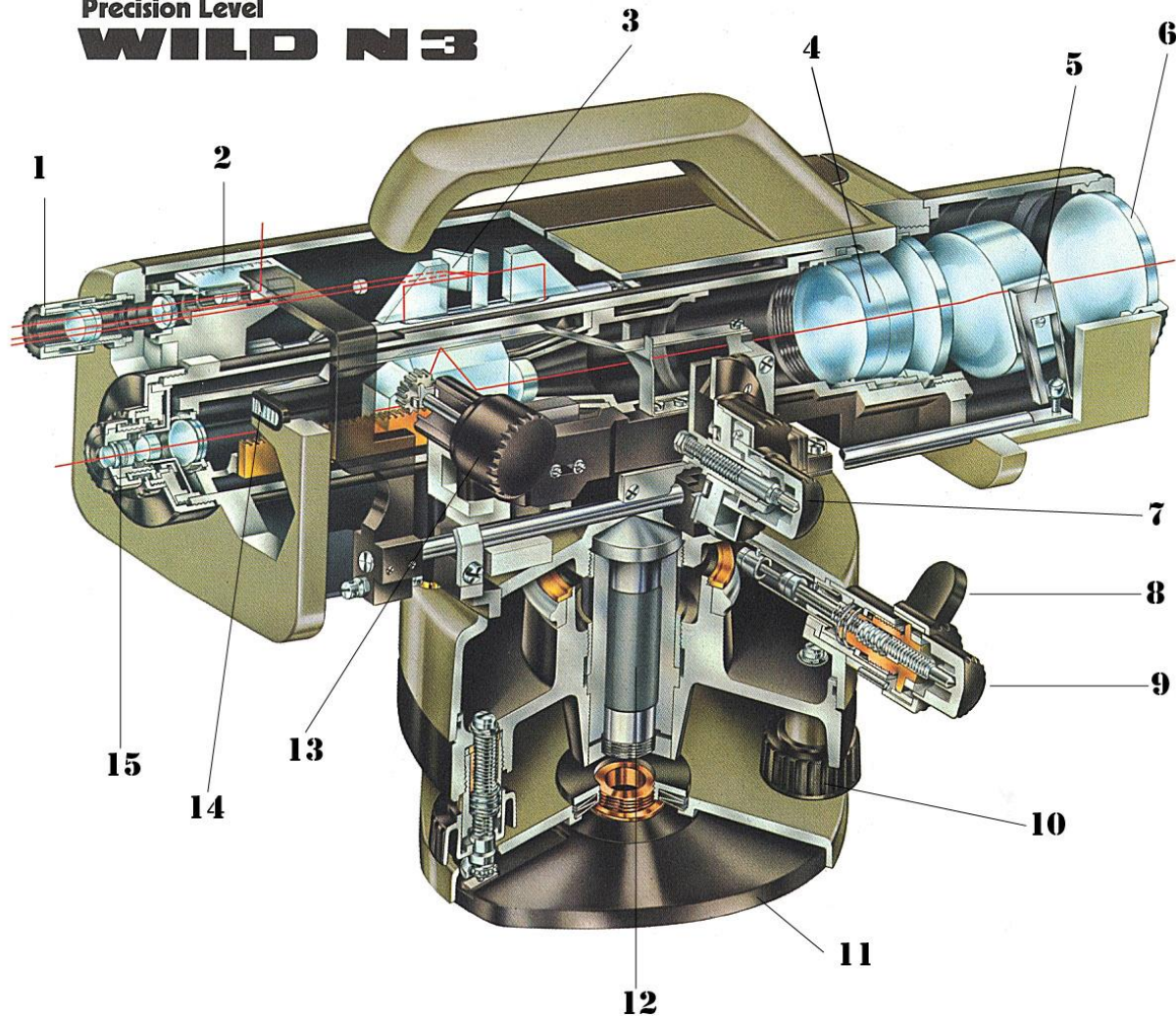
انواع دوربین های تراز یاب



- دوربین های اپتیکی
- دوربین های رقومی



Precision Level
WILD N3



- 1. چشمي قرائت تراز لوبيايي و ميكرومتر 2. صفحه ميكرومتر 3. مجموعه منشورها براي نمايش تراز لوبيايي
- 4. عدسي شيئي 5. پارالل پليت 6. پوشش شيشه اي (براي تنظيم خطاي كليماسيون) 7. پيچ هاي تنظيم
- ميكرومتر و نشانه روي به مير 8. قفل حركت دوربين در صفحه افق 9. پيچ حركت دوربين در صفحه افق
- 10. پيچ هاي تنظيم تراز 11. صفحه اصلي 12. محور اصلي 13. پيچ وضوح تصوير 14. نشان دهنده تيلت دوربين
- از محور شاغولي 15. عدسي چشمي



• صفحه کلید دوربین DiNi12

نمونه فایل خروجی تراز یاب دیجیتالی

UltraEdit-32 - [E:\bank1\final\FINAL2-1.DIN\TEHRAN-4\AY41.84\FORWARD\20012002.FOR]

File Edit Search Project View Format Column Macro Advanced Window Help

20012002.FOR

```

1 20012002.DAT
2 Measuring unit      m
3 Adjustment          c_      -0.00058
4 19.09.2005   08:25:35
5 Curva  ON/Refract  ON
6 Value inputted      rk      0.130
7 Value inputted      Of      0.00000
8 .1384.7.5
9 ..BM.2001..1RM.2002
10 ...HTHX..AY41
11 ....1..0..5..1
12 .....13875..13880
13 .....320122
14 Start-Line        aBFFB  AY41
15   2001   BM              AY41              Z   0.00000
16   2001   BM 07:18:532AY41 Rb   0.61823 HD   33.032
17     1    BM 07:19:212AY41 Rf   1.39369 HD   33.315
18     1    BM 07:19:302AY41 Rf   1.39374 HD   33.333
19   2001   BM 07:19:452AY41 Rb   0.61822 HD   33.037
20     1    BM 07:19:45  AY41              Z  -0.77549
21     2    BM 07:21:572AY41 Rf   1.67805 HD   33.828
22     1    BM 07:22:192AY41 Rb   1.63760 HD   33.320
23     1    BM 07:22:252AY41 Rb   1.63758 HD   33.311
24     2    BM 07:22:402AY41 Rf   1.67811 HD   33.826
25     2    BM 07:22:40  AY41              Z  -0.81598
26     2    BM 07:24:042AY41 Rb   1.38717 HD   33.251
27     3    BM 07:24:342AY41 Rf   1.67032 HD   33.261
28     3    BM 07:24:412AY41 Rf   1.67018 HD   33.273
29     2    BM 07:24:532AY41 Rb   1.38721 HD   33.239
30     3    BM 07:24:54  AY41              Z  -1.09904
31     4    BM 07:26:542AY41 Rf   1.72499 HD   33.653
32     3    BM 07:27:092AY41 Rb   1.34967 HD   33.191
33     3    BM 07:27:152AY41 Rb   1.34971 HD   33.200
34     4    BM 07:27:302AY41 Rf   1.72482 HD   33.675
35     4    BM 07:27:30  AY41              Z  -1.47425
36     4    BM 07:29:222AY41 Rb   1.54549 HD   33.396

```

For Help, press F1

Ln 1, Col. 1, C0

DOS

Mod: 2005/11/16 ۵.۱۱:۱۳:۲۶ File Size: 6494

INS

start

MALEKI (J:)

PROJECT

Total Commander 6...

UltraEdit-32 - [E:\ba...

EN

09:23 ۵.۱۱

تنظیمات دستگاه

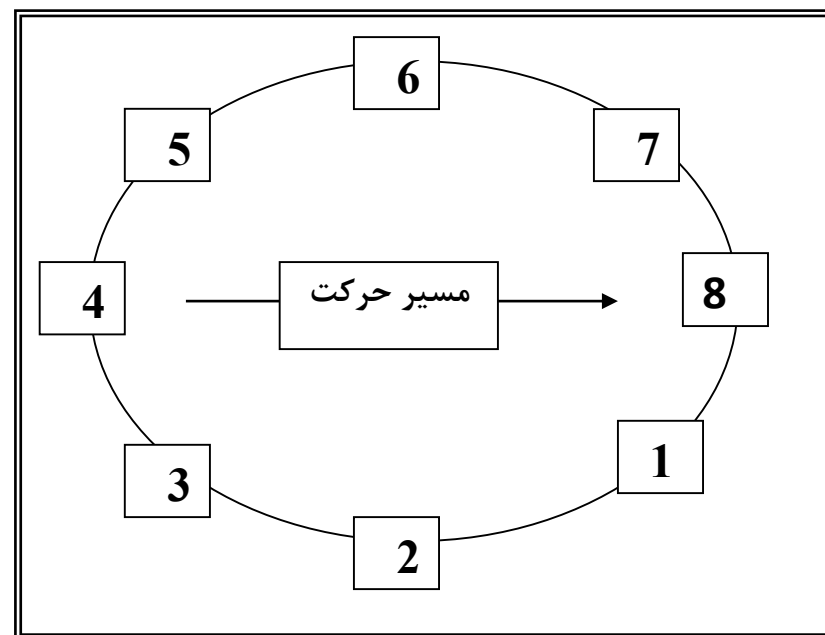
جنس زمین

کد	جنس زمین
۱	آسفالت سرد یا شانه جاده
۲	آسفالت طبیعی
۳	آسفالت طبیعی که اطراف آن درختکاری باشد
۴	شن یا ماسه
۵	شن و ماسه که اطراف آن درختکاری باشد
۶	خط راه آهن
۷	جاده خاکی
۸	چمن زار

وضعیت جوی

کد	وضعیت جوی
۱	آفتابی - صاف
۲	ابری
۳	نیمه ابری
۴	سایه
۵	صبحگاهی

وضعیت خورشید

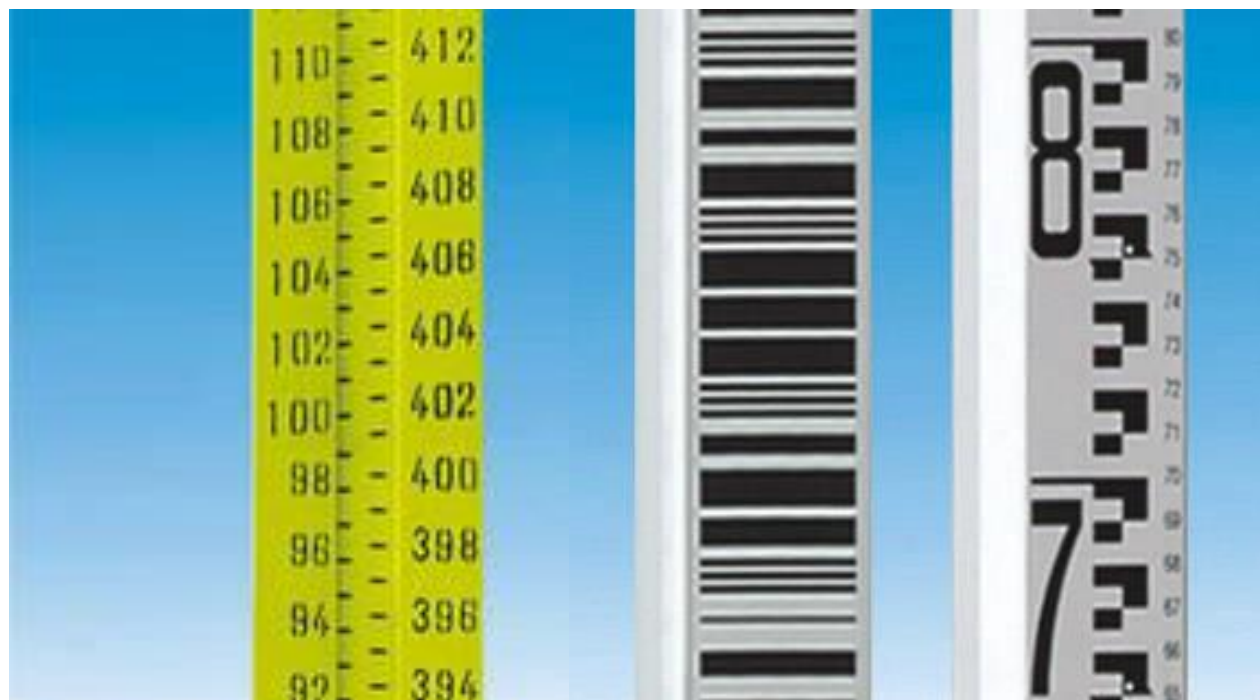


انواع شاخص



- شاخص معمولی
- شاخص دولبه (مستقیم و معکوس)
- شاخص بارکدی

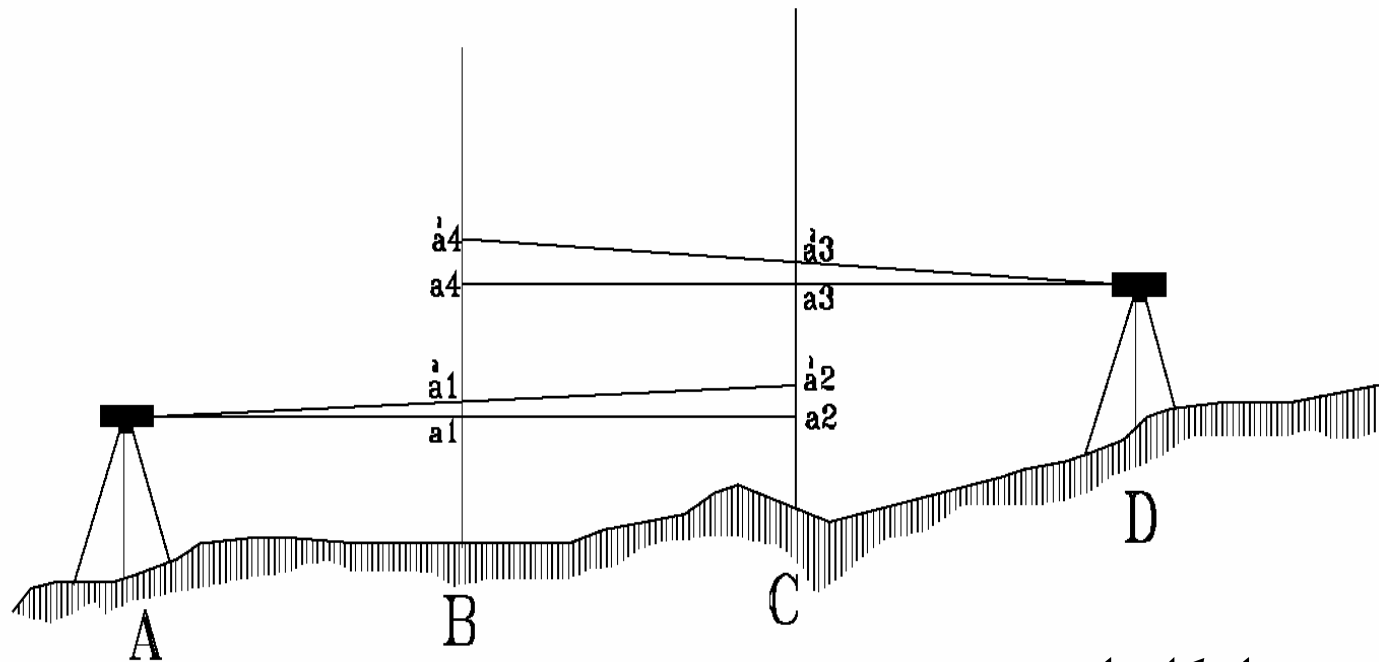
اختلاف دو لبه 301550



خطاهای تراز یابی

- خطای کرویت
- خطای انکسار
- خطای کلیماسیون
- خطای نشست شاخص و دوربین
- خطای عدم تراز شاخص و دوربین
- خطای قائم نبودن شاخص (دارای انحنای باشد)
- خطای تغییر طول شاخص
- خطای تنظیم نبودن تراز کروی شاخص و دوربین
- خطای درجه بندی شاخص
- خطای قرائت
- ...

خطای کلیماسیون (محور دیدگانی - روش Nähbauer):



حداکثر مقادیر مجاز کلیماسیون :

الف- حداکثر مقدار مطلق مجاز کلیماسیون در هر نوبت اندازه گیری می تواند ۲۰- + ثانیه است.

ب- حداکثر اختلاف بین ۲ کلیماسیون گیری در ۲ روز پشت سر هم ، باید ۵- + ثانیه باشد.

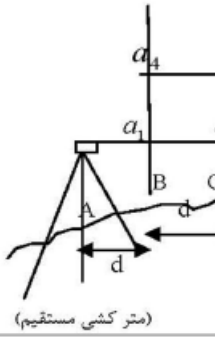
برای این منظور میتوان درحین اندازه گیری به مقدار گزارش شده توجه کرد. در صورت بر آورده نشدن هر یک از بندهای الف و ب دستگاه برای تنظیم دقیق باید به آزمایشگاه فرستاده شود.

نمونه فرم مشاهدات ترازیبی درجه یک و دو

کنترل تراز یاب N^۳ یا میر دو لبه (انوار)

تاریخ: _____ ساعت: _____		شماره: _____ دستگاه: _____	منطقه: _____ عامل: _____
-----------------------------	--	-------------------------------	-----------------------------

ایستگاه دوربین		تار وسط		اختلاف ارتفاع	
		نزدیک	دور	سر بالا	سر پائین
A	L	a _۱	a _r		
	R				
		a _r	a _r		
D	L				
	R				



d = ۱۵^m
(متر کشی مستقیم)

$$a_r, a_1 = a_r - a_r \longrightarrow a_r = \underbrace{a_r + a_1}_{(۱)} - \underbrace{a_r}_{(۲)}$$

$$a_r = (۱) - (۲)$$

(L) محاسبه قرائت‌های سمت چپ	(R) محاسبه قرائت‌های سمت راست
$(۱) = a_1 + \dots$ $a_r = \dots$ $(۱) = \dots$ $-(۲) = \dots$ محاسبه شده $a_r = \dots$ قرائت شده $a_r = \dots$ $\delta_L = \dots$	$(۲) = a_1 + a_r = \dots$ $(۱) = \dots$ $-(۲) = \dots$ محاسبه شده $a_r = \dots$ قرائت شده $-a_r = \dots$ $\delta_R = \dots$

$$\overline{\delta} = \left| \frac{\delta_L + \delta_R}{2} \right| =$$

برای تراز یابی درجه I مقدار $\overline{\delta}$ که به طریق فوق به دست می‌آید نباید از ۰.۳۰ میلی‌متر تجاوز کند.

برای تراز یابی درجه II مقدار $\overline{\delta}$ که به طریق فوق به دست می‌آید نباید از ۱.۰۰ میلی‌متر تجاوز کند.

معایب دوربین را در این قسمت یادداشت نمایید.

[illegible]

بخش سوم

آشنایی با دستگاه

آشنایی با دستگاه

- کار با دستگاه
- تعیین خطای کلیماسیون

بخش چهارم

تعریف پروژه

پروژه

- ترازیابی دقیق بین دو ایستگاه بصورت رفت و برگشت
- تعیین اختلاف ارتفاع بین دو ایستگاه مدنظر و محاسبه ارتفاعهای ارتومتریکی، دینامیک و نرمال برای دهنه ها
- جمع بندی و محاسبات مربوطه



B2 گروه رفت

B3 گروه برگشت

B1 گروه رفت و برگشت

دانشگاه تفرش

Tafresh Road

58

432 m

© 2014 Google

Image © 2014 CNES / Astrium

© 2008

Google

Imagery Date: May 9, 2014

lat 34.679449° lon 50.051614° elev 2041 m

Eye alt 3.53 km

پایان
؟

