[illegible]

۲۸

دکتر عزیزی

کتاب ۱۳۶

جزوات ۴۳

۲۹/۱۲۵

s.a.m

حاجی زاده

فتوگرامتری I — دکتر عزیزی

بسم الله الرحمن الرحیم

جلسه‌ی اول - ۳ - مهر - ۸۴

R.S. photo

فتوگرامتری: تکنولوژی کسب اطلاعات قابل اعتماد از اشیاء و محیط از طریق ثبت، اندازه‌گیری و تفسیر امواج الکترومغناطیسی

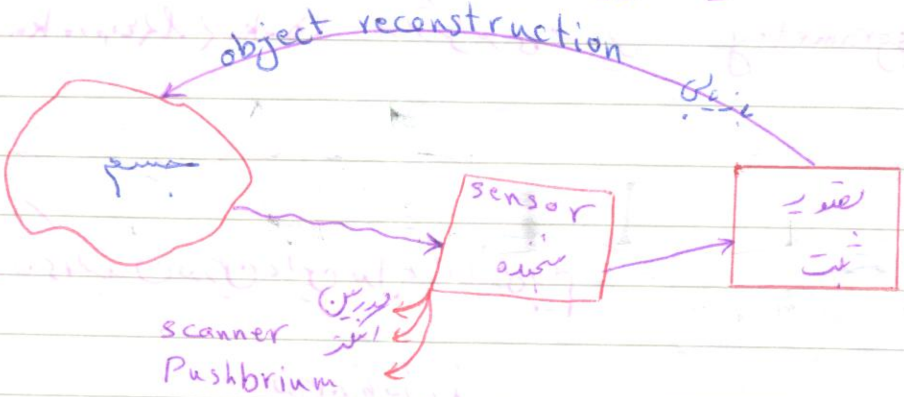
بدون تماس مستقیم با شیء

← امواج الکترومغناطیسی قابل استفاده در فتوگرامتری:
- مادون قرمز — infrared
- رادیویی — radio wave
- حرارتی — thermal wave
- مرئی

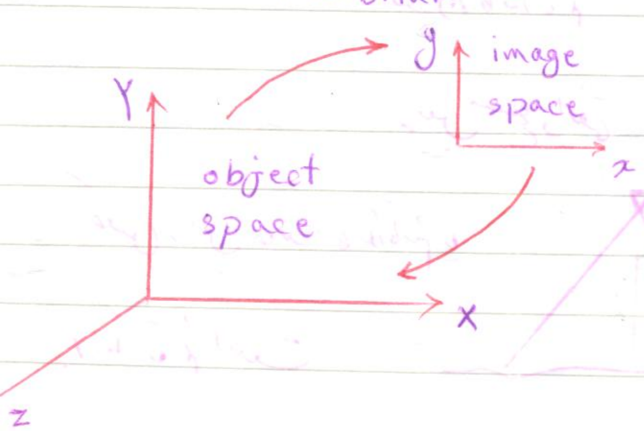
← اطلاعات کسب شده از یک عکس:
- کمی — metric(geometric)
- کیفی — pictorial(radiometric) ← تن رنگ، درجه‌ی خاکستری، نقاط روشن و تاریک ← تشخیص شیء

* انتشار — radiation — طیف نامرئی

* انعکاس — reflection — طیف مرئی



چرخه‌ی فوتوگرامتری
زنجیره‌ی فوتوگرامتری
photogrametric chain



← فتوگرامتری روابط تبدیل از فضای شیء به فضای تصویر و از فضای تصویر به فضای شیء است.

ماهواره — Platform

s.a.m

سکو: جایی که دوربین را روی آن قرار می‌دهیم و عکس می‌گیریم.

← فتوگرامتری را از لحاظ platform می‌توانیم به چند گروه تقسیم کنیم:

l: فاصله بین دوربین و شیء

I $l<۳۰۰m$ فتوگرامتری برد کوتاه close-range photogrametry

الف) کاربرد صنعتی، فتوگرامتری صنعتی industrial photogrametry

که در واقع مقایسه‌ای بین as-built / as-designed می‌باشد و در بعضی مواقع به [illegible]

برق تلاش می‌کند، vision metrology گفته می‌شود.

ب) در بررسی بدن انسان medical photogrametry

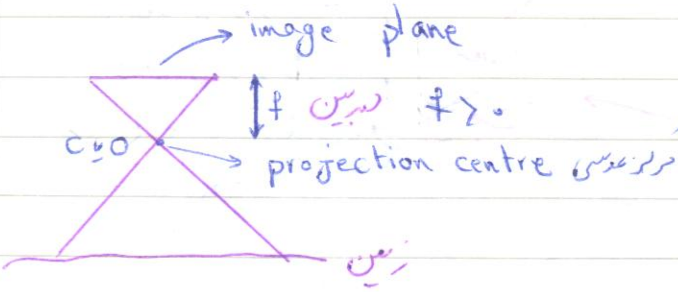
II $۳۰۰m<l<۱۵۰۰۰m$ فتوگرامتری هوایی aerial photogrametry

عکس برداری به وسیله‌ی هواپیما یا بالن کوچکتر است، در رنج معمول: $۸۰۰m<l<۴۵۸۰m$

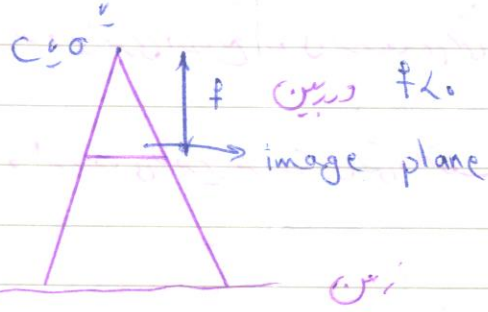
III $۲۵۰km<l<۴۱۰۰۰km$ فتوگرامتری فضایی space photogrametry

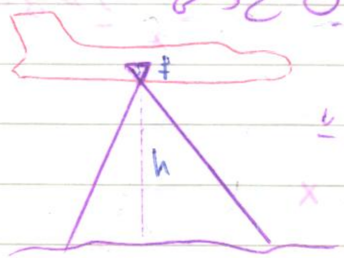
بررسی ساده‌ترین حالت

به جای کشیدن دوربین، این مدل را ارائه می‌دهیم



دوربین کاملاً قائم
زمین مسطح و افقی
خصوصیات این حالت





← عکس در این حالت کاملاً قائم یا تقریباً قائم است.

L_1 طول روی زمین ، l_1 طول در عکس

$\lambda = \frac{H}{f}$ مقیاس

$L_1 = \lambda' l_1$

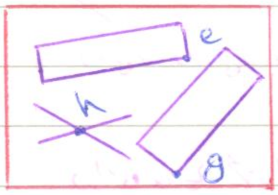
$L_2 = \lambda' l_2$

⋮

← محور اپتیکی: محوری است که به صفحه‌ی عدسی عمود است.

بررسی حالت بعدی

در این حالت خود من باید ارتفاع پرواز را حساب کنیم، همچنین دقت آن پایین است.



روش: استفاده از نقاط کنترل زمینی: ground control points

E, G, H

نقاط کنترل زمینی: نقاطی که مختصات زمینی‌شان معلوم است و مختصات آنها در عکس نیز اندازه‌گیری می‌شود.

مختصات زمینی (m) اختیاری		مختصات عکسی (mm) اختیاری	
X_E	Y_E	x_e	y_e
X_G	Y_G	x_g	y_g
X_H	Y_H	x_h	y_h

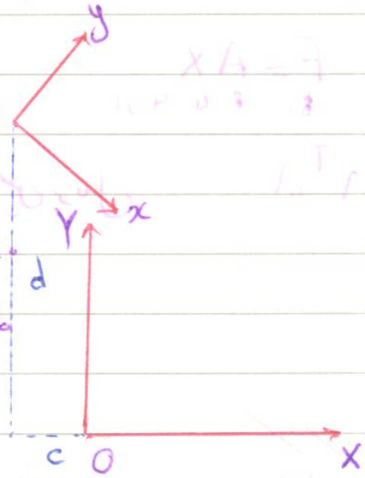
مجهول o

λ

$c = x_0$

$d = y_0$

k



تبدیل متشابه دو بعدی

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \lambda \begin{pmatrix} \cos k & -\sin k \\ \sin k & \cos k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$$

2d conformal transformation

تغییر شکل ایجاد نمی‌کند

← حداقل دو نقطه برای یافتن مجهولات کافی است.

$$a = \lambda \cos k \ , \ b = \lambda \sin k$$

$$\begin{pmatrix} X_E \\ Y_E \\ X_G \\ Y_G \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_e & -y_e & 1 & 0 \\ y_e & x_e & 0 & 1 \\ x_g & -y_g & 1 & 0 \\ y_g & x_g & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

$$\lambda = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$k = tg^{-1}(b/a)$$

s.a.m

جلسه‌ی دوم - ۱۰ - مهر - ۸٤

- ارزیابی دقت
  - دقت نسبی
    - از طریق قانون انتشار خطا (I)
    - دقت برازش مدل ریاضی
      - دقت اندازه‌گیری نقاط در هر دو فضا
      - مدل ریاضی
  - دقت مطلق (II)

(I) در واقع دیفرانسیل گرفتن است

(II) دقتی که با بررسی نقاط چک پوینت (check point) به دست می‌آید.

← در اینجا ما ٤ مجهول و مثلاً ۶ معادله داریم. به دنبال روش مناسب برای حل مسئله می‌گردیم. در واقع برای این مسئله جواب دقیقی وجود نخواهد داشت، بلکه سعی می‌کنیم جوابی را که از همه نزدیک‌تر است را بیابیم. به خاطر اینکه جوابها تقریبی است، بردار خطایی خواهیم داشت که به residual معروف است.

$$\underbrace{\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ \vdots \\ X_4 \\ Y_4 \end{pmatrix}}_{F} = \underbrace{\begin{pmatrix} x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & x_1 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_4 & -y_4 & 1 & 0 \\ y_4 & x_4 & 0 & 1 \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}}_{X}$$

$F = AX$

8,1 8,4 4,1

$A^T A$ ماتریس نرمال

F بردار ثابت‌ها

X بردار مجهولات

در تئوری خطاها ثابت می‌شود که اگر مسئله به طریق ذیل حل شود، مجموع مربعات مینیمم می‌شود:

$$F = AX \Rightarrow A^T F = A^T A X \Rightarrow X = (A^T A)^{-1} A^T F$$

حال اگر بخواهیم از طریق مجهولات به دست آمده $X_1, \dots, Y_4$ را محاسبه کنیم و آنها را X'_1 تا Y'_4 بنامیم، می‌توان

$$\begin{pmatrix} Vx_1 \\ Vy_1 \\ \vdots \\ Vx_4 \\ Vy_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ \vdots \\ x_4 \\ y_4 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_1' \\ y_1' \\ \vdots \\ x_4' \\ y_4' \end{pmatrix}$$

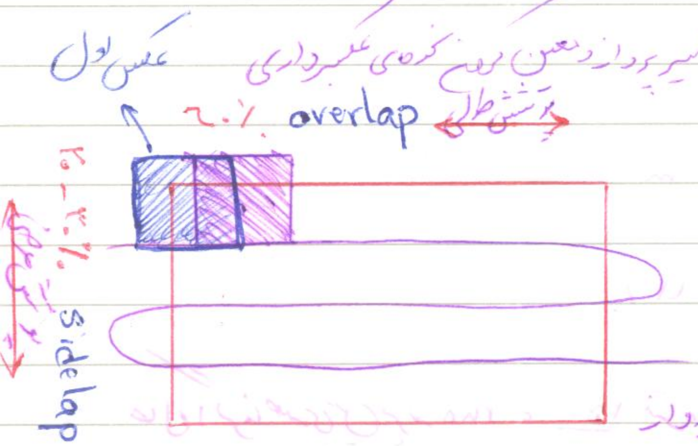
بردار residual ها را یافت به طریق ذیل:

← بعد از تعدیل دقیق residual ها می توانیم بفهمیم که آیا اشتباه داشته ایم یا نه.

جلسه ی سوم - ۱۷ - مهر - ۸۴

از یک منطقه ی بزرگ می خواهیم نقشه برداری کنیم. مثلاً ۱۰×۱۵ km

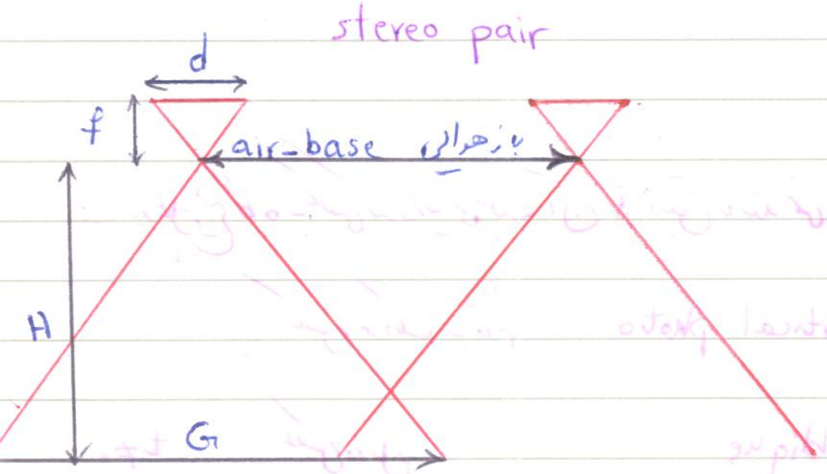
۱- تهیه ی نقشه ی کوچک مقیاس: $\frac{1}{50,000}$ ، برای یافتن مسیر پرواز و عکس برداری، کروکی عکسبرداری



یک قاعده ی کلی: هر نقطه باید در دو عکس دیده شود.

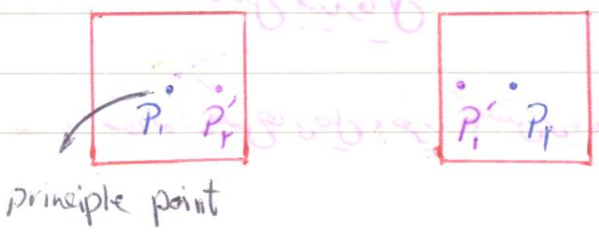
بعد می توانیم با برنامه ریزی عرض و z را بیابیم.

۲- با استفاده از رابطه ی $S=\frac{f}{H-h}$ ، می توانیم ارتفاع پرواز را بیابیم.



باز عکس برداری: $P_1P_2' = P_1'P_2$
photo-base

P_1' , P_2' تصاویر نقاط P_1 , P_2 در عکس های مجاور هستند:



$$\frac{f}{H} = s \longrightarrow d \times s = G$$

پوشش طولی $P_E = \frac{G - B}{G} \times 100 \longrightarrow$ air-base

پوشش عرضی $P_S = \frac{G - W}{G} \times 100 \longrightarrow$ فاصله بین دو run عکسبرداری

مثال: با بیس هوایی یک stereo pair برابر با ۱۴۰۰ m است. اگر ارتفاع پرواز بالای زمین عکسبرداری ۲۴۴۰ m و f = 152.4 mm باشد، مقدار پوشش طولی چقدر است؟ (ابعاد عکس ۲۳x۲۳ است.)

$$S = \frac{f}{H_{avg}} = \frac{152.4}{2440 \times 1000} = \frac{1}{16000} \Rightarrow$$

$$G = \text{ground coverage} = 23 \times 16000 = 3680\ m$$

$$\Rightarrow P_E = \frac{G - B}{G} = \frac{3680 - 1400}{3680} \times 100 = 62\%$$

حال اگر فاصله‌ی بین دو run ، ۲۵۰۰ متر باشد، پوشش عرضی را محاسبه کنید:

$$P_S = \frac{G - W}{G} = \frac{3680 - 2500}{3680} = 0.32 \Rightarrow 32\%$$

یک حالت دیگر

* در عمل هیچ‌گاه به عکسی که زاویه‌ی تیلت آن صفر دقیق باشد نمی‌رسیم.

عکس نزدیک به قائم	near vertical photo	تیلت تا حدود ۲-۳
عکس مایل	low oblique	افق ظاهری در آن معلوم نیست
عکس بسیار مایل	high oblique	افق ظاهری در آن معلوم است

$t \neq 0$

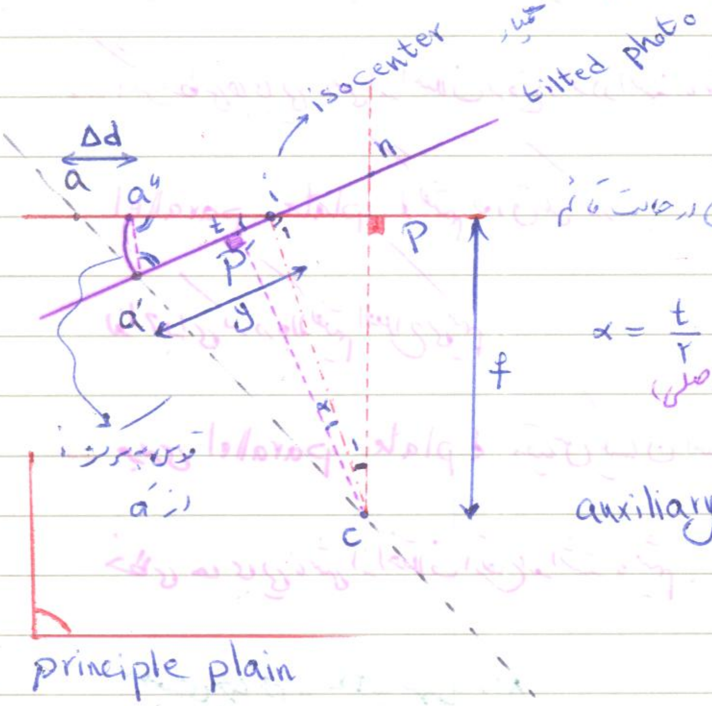
* با استفاده از عکس‌های مایل، هزینه کاهش می‌یابد، ولی دقت کار نیز پایین می‌آید.

$$\begin{cases} x_A = \lambda . x_a \\ y_A = \lambda y_a \end{cases}$$ ∗ در عکس مایل روابط زیر صدق نمی‌کند:

زیرا λ برای هر نقطه متفاوت است.

خطای جابجایی ناشی از تیلت در بزرگترین شیب tilt displacement

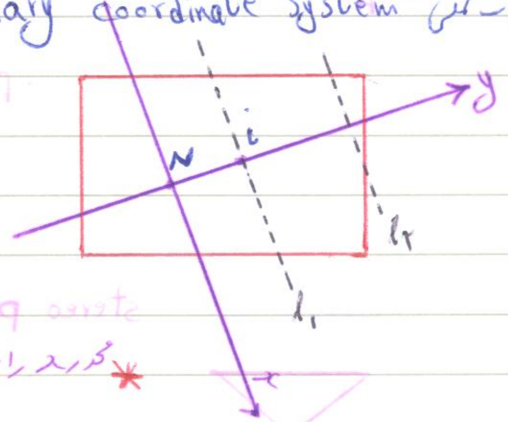
∗ مقیاس نقطه‌ای هیلر: $s = \frac{f}{H}$



$\alpha = \frac{t}{2}$

P_1 = خط بزرگترین شیب principle line (خط اصلی)

auxiliary coordinate system سیستم مختصات کمکی



∗ محور y را می‌توان از a نیز رسم نمود

$ia'' = ia'$

$\hat{a}'' = \hat{a}' = \pi/2 - t/2 \Rightarrow aa'' \parallel ic$

$c_1 = \frac{t}{2} , p = \frac{\pi}{2} \Rightarrow i_1 = \frac{\pi}{2} - \frac{t}{2}$

isometric parallel: l_1 ، خط بزرگترین شیب

∗ کلیه‌ی بردارهای جابجایی نسبت به i شعاعی هستند.

$$\overset{\Delta}{aa''a'} \simeq \overset{\Delta}{aic} \Rightarrow \frac{aa''}{ai} = \frac{a'a''}{ic}$$

∗ مقیاس بر روی isometric parallel مساوی

$$ic = \frac{f}{\cos t/2} , \quad ai = y + \Delta d , \quad a'a'' = 2y \sin t/2$$

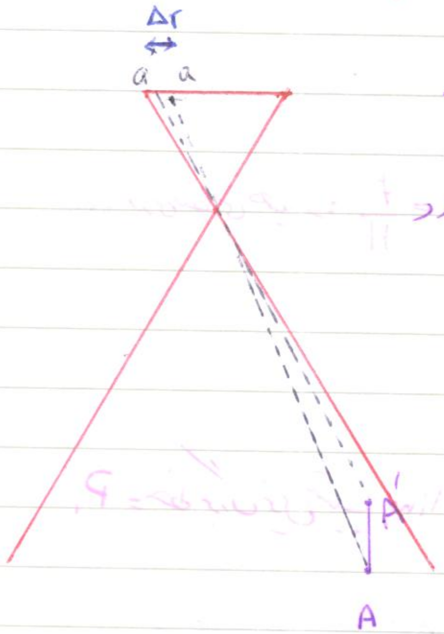
مقیاس در عکس قائم است. $t=0$

$$\frac{\Delta d}{y + \Delta d} = \frac{2y \sin t/2}{\frac{f}{\cos t/2}} \Rightarrow \Delta d = \frac{y^2 \sin t}{f - y \sin t}$$

∗ خصوصیت plate parallel این است که t در آن مقدار ثابتی است و تغییر نمی‌کند.

یعنی در این صفحات شیب وجود ندارد، لذا مقیاس روی plate parallel نقطه یک عدد است.

خطای جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع relief displacement



* این خطا به خاطر این است که در دوربین از سیستم پرسپکتیو استفاده می‌شود.

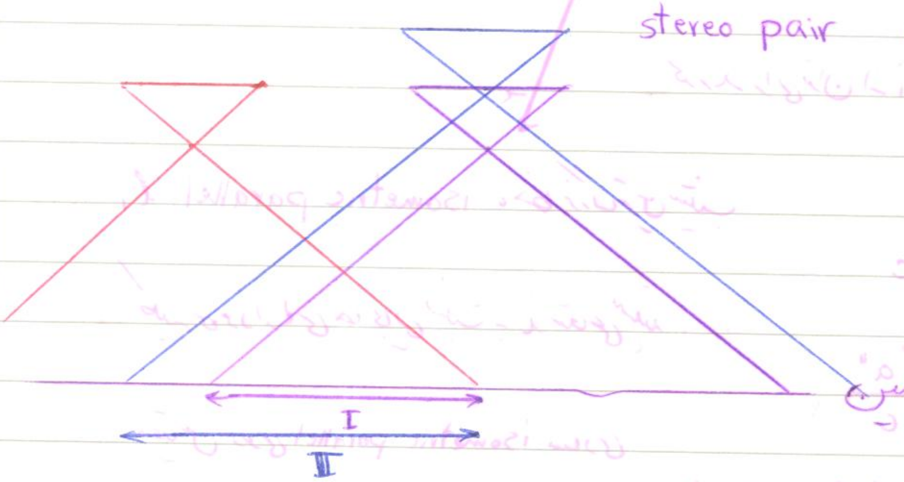
* اگر خطای جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع وجود داشته باشد، دیگر قانونی که در مورد plate parallel گفتیم صدق نمی‌کند.

لذا جمله‌ای که در بالا گفتیم اصلاح می‌کنیم:

← مقیاس plate parallel یکسان است، به شرطی که خطای جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع نداشته باشیم.

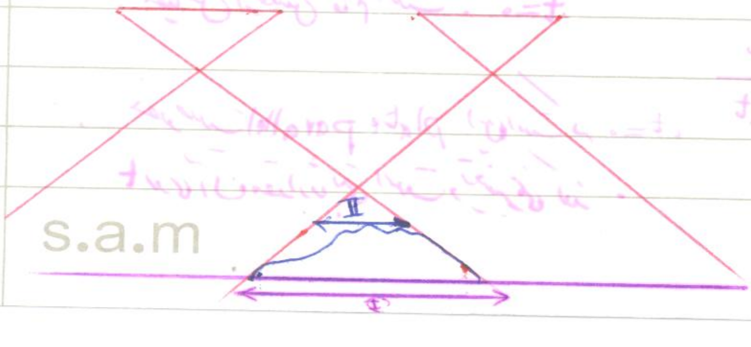
جلسه‌ی چهارم - ۲۴ مهر ۸۴

عوامل مؤثر در تغییر پوشش طولی یک stereo pair



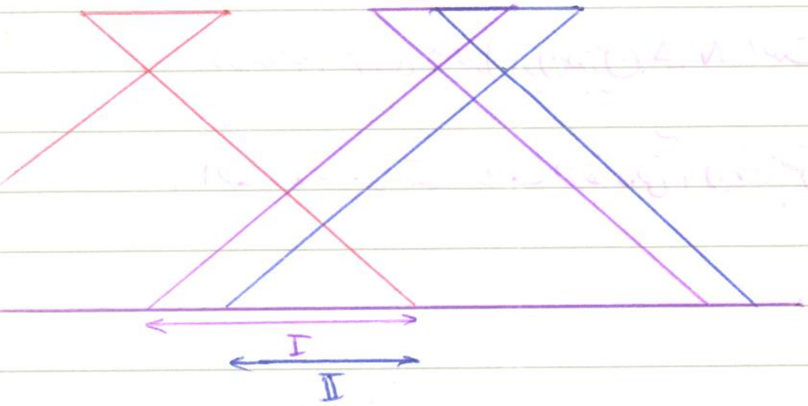
I) تغییر ارتفاع پرواز

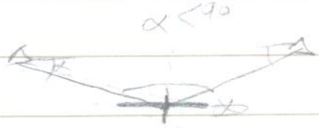
II) تغییر ارتفاع سطح زمین



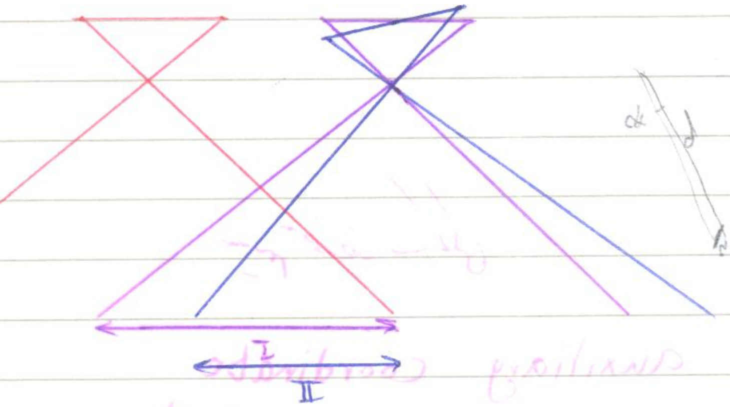
s.a.m

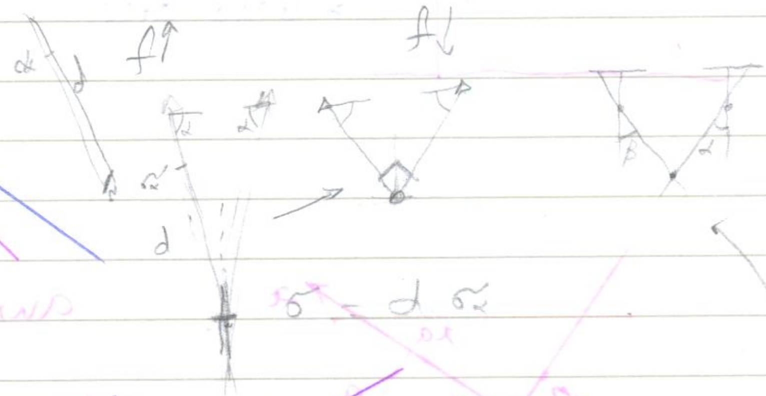
III) زمان باز شدن شاتر دوربین





IV) دوران دوربین در لحظه‌ی عکسبرداری





V) f و d در خود دوربین جزء عوامل داخلی محسوب می‌شوند.

FOV = field of view

این زاویه توسط قطر frame حساب می‌شود

$S = \frac{f}{H}$

N.A.	f = ۳۰۰ mm	Normal Angel	انواع دوربین
W.A.	f = ۱۵۰ mm	Wide Angel	
S.W.A.	f = ۸۰ mm	Super Wide Angel	

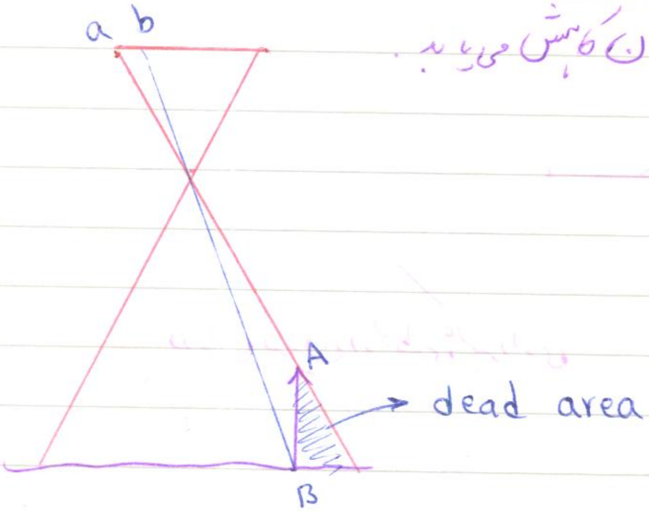
← متداول‌ترین دوربین W.A. است چون زاویه FOV اش بیشینه است.

← وقتی که دقت ارتفاعی بیشتری لازم باشد از S.W.A استفاده می‌شود.

s.a.m

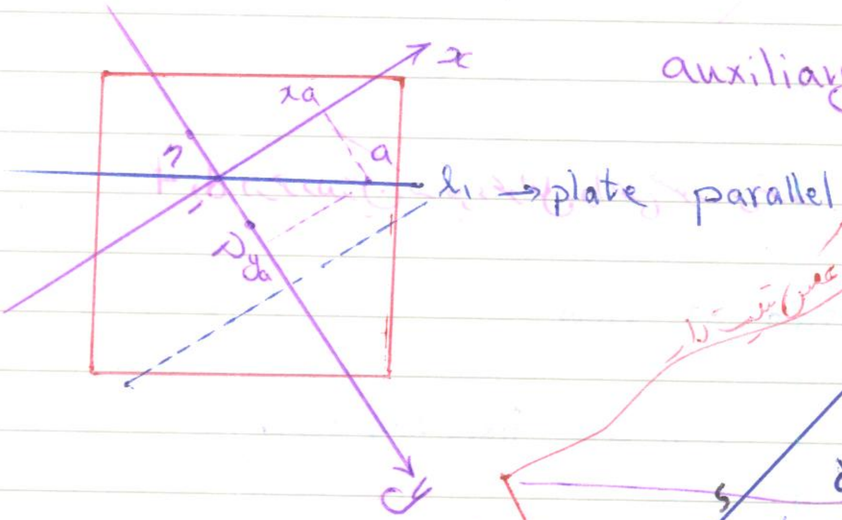
← در مناطق شهری معمول‌ترین دوربین N.A است. زیرا خطای dead area آن کم است.

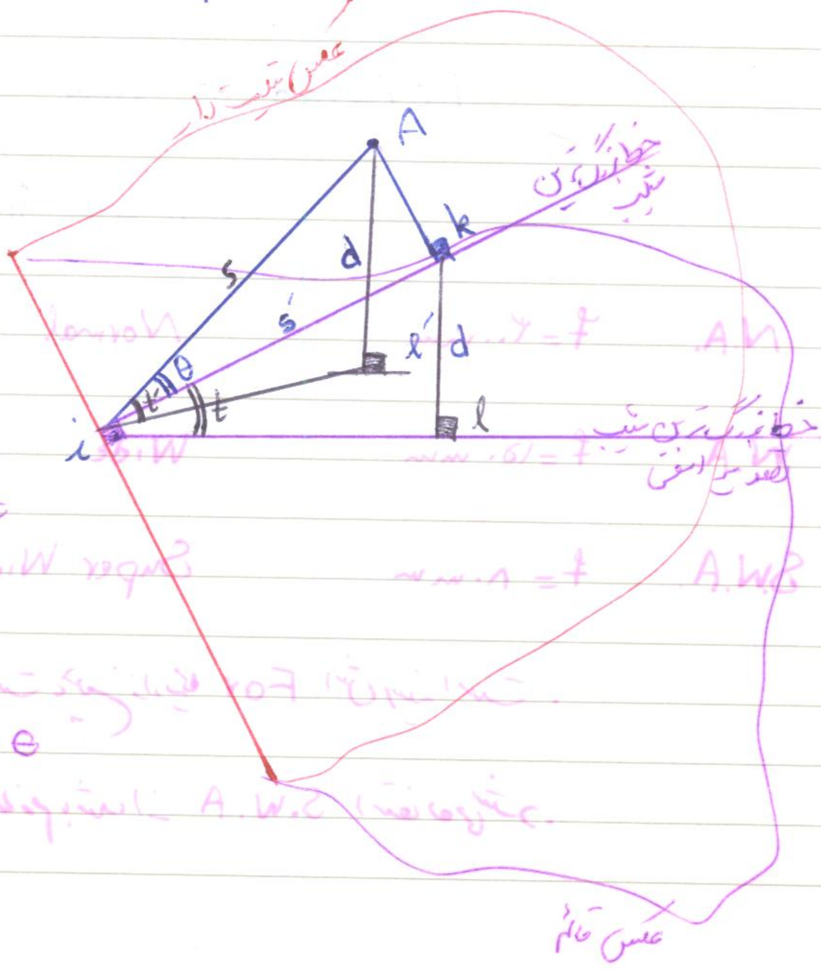
البته باید توجه داشت در دقت ارتفاعاتی آن کاهش می‌یابد.



سیستم مختصات کلی

auxiliary coordinate system





عکس تیلت دار

$\hat{lik} = t$, $\hat{liA} = t'$, $0 < t' < t$

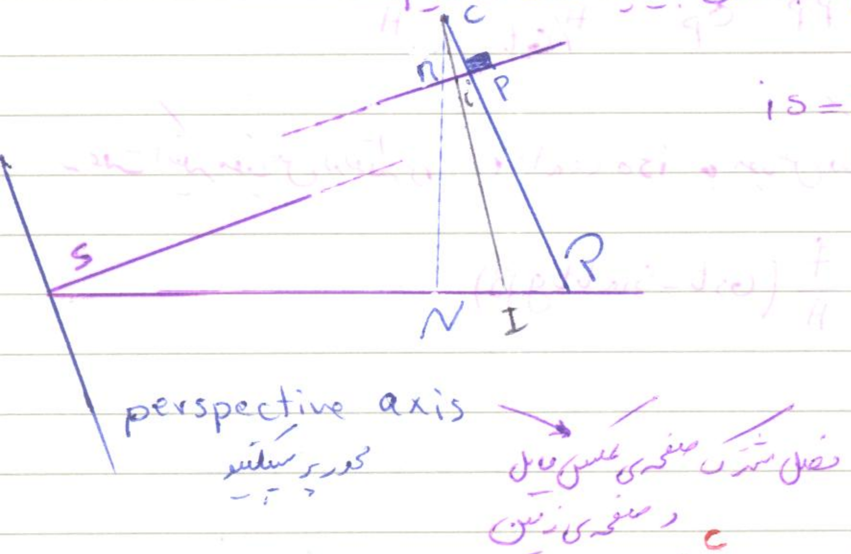
$\sin t = \frac{d}{s'}$, $\cos\theta = \frac{s'}{s}$

$\sin t' = \frac{d}{s} = \frac{d}{s'}\cos\theta = \sin t\cos\theta$

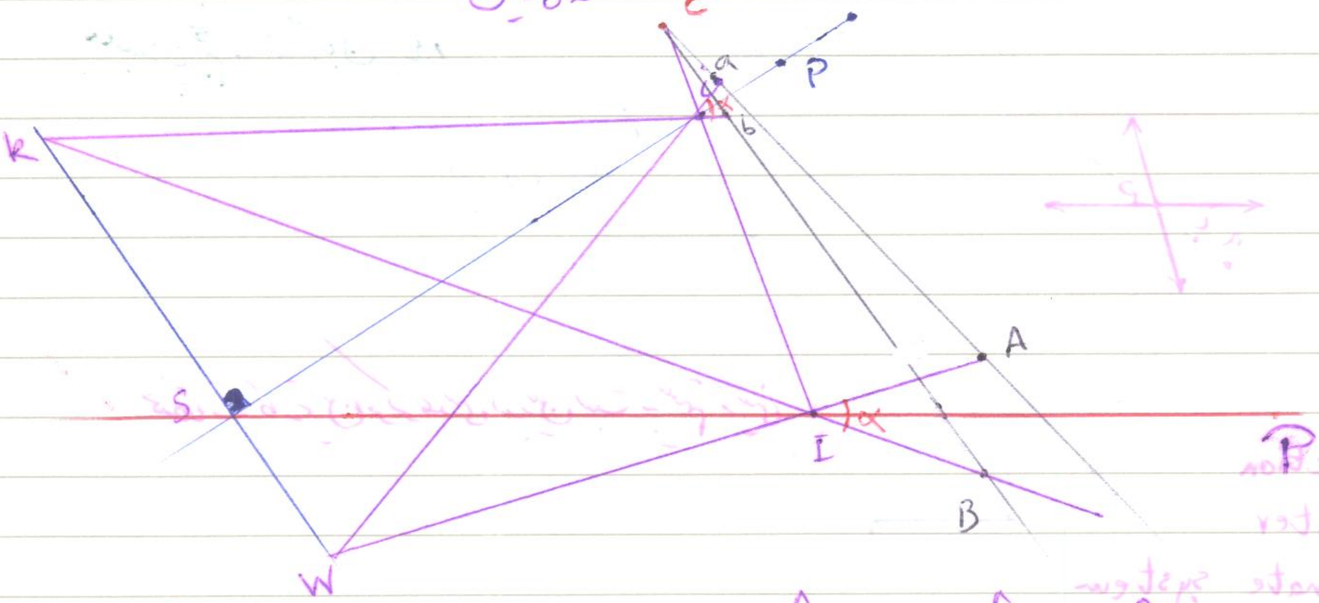
$\Rightarrow \Delta d = \frac{y^2 \sin t\cos\theta}{f - y\sin t\cos\theta}$

در این رابطه همان رابطه ی قبلی است، با این تفاوت که به جای $\sin t$، $\sin t'$ قرار می دهیم که برابر است با $\sin t' = \sin t \cos\theta$. (این رابطه وقتی استفاده می شود که از نقطه z وصل کنیم)

حال در صدد یافتن جهت بردار Δd هستیم. قبل از آن به یک نکته را اشاره کنیم:



$iS = IS$ به راحتی اثبات می شود



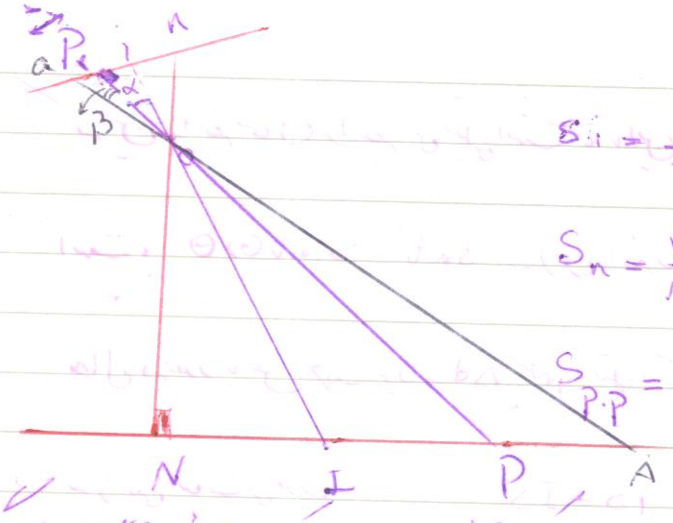
$$tg\,\hat{pia} = tg\,\hat{wis} = \frac{ws}{iS} = \frac{ws}{IS} = tg\,\hat{SIW} \Rightarrow \hat{SIW} = \hat{PIA}$$

$$\Rightarrow \hat{pia} = \hat{PIA}$$

یعنی نقطه زوایایی که رأس آنها i باشد، بدون تغییر می مانند.

$$\hat{PIA} + \hat{PID} = \hat{pia} + \hat{pib} \Rightarrow \hat{AIB} = \hat{aib}$$

که این یعنی جابجایی ناشی از شیب نقطه نسبت به i شعاعی است.



$$S_i = \frac{io}{IO} = \frac{f/\cos\alpha}{H/\cos\alpha} = \frac{f}{H}$$

$$S_n = \frac{no}{NO} = \frac{f/\cos t}{H} = \frac{f}{H\cos t}$$

$$S_{P.P} = \frac{f}{OP} = \frac{f}{H/\cos t} = \frac{f\cos t}{H}$$

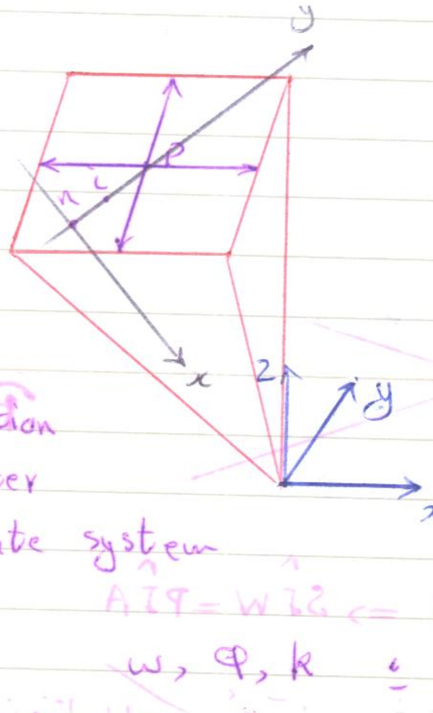
به علت اینکه مقیاس در نقطه‌ی isocenter با مقیاس در عکس قائم برابر است، عکس قائم شده از ... می‌گذرد.

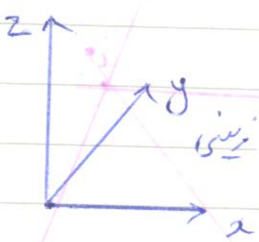
$$S_a = \frac{ao}{A.O} = \frac{f/\cos\beta}{H/\cos(t+\beta)} = \frac{f}{H}(\cos t - \sin t \, tg\beta)$$

$$= \frac{f}{H}\cos t\left(1 \pm \frac{r}{f} tg t\right)$$

نسبت به ... جلوتر باشد یا عقب‌تر

جلسه‌ی پنجم - ۱ آبان - ۸۴



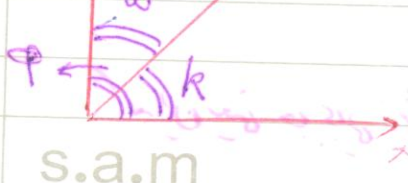


انحرافات کاربردی مرکز عدسی دوربین نسبت به سیستم زمینی

projection isocenter coordinate system

با راهکاری تبدیل به انتقال x_s, y_s, z_s و دوران ω, φ, k به t, s, α

از بعد انحرافات به جهت ثبت کننده نگاه می‌کنیم، چرخش در جهت عقربه‌ی ساعت مثبت است.



α: aziment

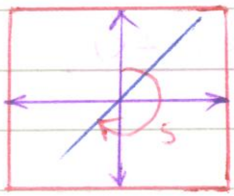
t: tilt

s: swing

s.a.m

$\begin{pmatrix}\omega\\ \varphi\\ k\end{pmatrix}, \begin{pmatrix}x_s\\ y_s\\ z_s\end{pmatrix} \rightarrow$ exterior orientation parrameters المان‌های توجیه خارجی

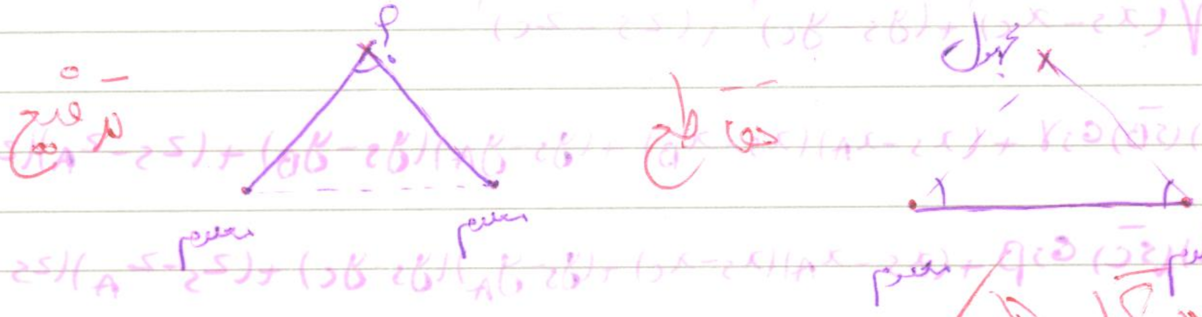
space resection parrameters المان‌های ترفیع فضایی



* اگر فقط ω داشته باشیم، خط بزرگ‌ترین شیب منطبق است بر محور y
و
اگر فقط φ داشته باشیم، خط بزرگ‌ترین شیب منطبق است بر محور x

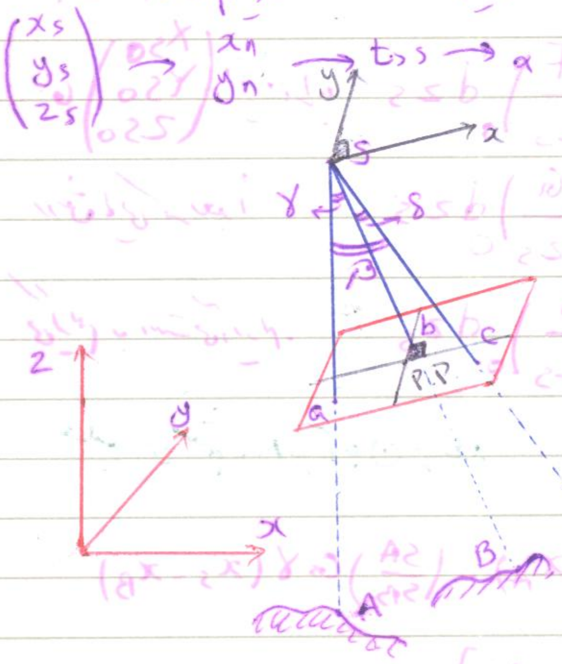
زاویه‌ی s سوینگ در فتوگرامتری: زاویه‌ی بین تصویر افقی خط بزرگ‌ترین شیب با محور y زمینی

* ارتباط دو فضای سه‌بعدی همیشه با ۶ المان است که ۳ تای آن انتقال و ۳ تای آن دوران است.



فتوگرامتری هیچ نیست، مگر تقاطع و ترفیع

حال می‌خواهیم المان‌های توجیه خارجی را به روش CHURCH حساب کنیم:



$$\cos\gamma = \frac{x_a x_b + y_a y_b + f^2}{(\overline{Sa})(\overline{Sb})}$$

$$\cos\beta = \frac{x_a x_c + y_a y_c + f^2}{(\overline{Sa})(\overline{Sc})}$$

$$\cos\alpha = \frac{x_b x_c + y_b y_c + f^2}{(\overline{Sb})(\overline{Sc})}$$

$$S_a = \sqrt{x_a^2 + y_a^2 + f^2}$$

$$S_b = \sqrt{x_b^2 + y_b^2 + f^2}$$

$$S_c = \sqrt{x_c^2 + y_c^2 + f^2}$$

$$\cos\gamma = \frac{(x_s - x_A)(x_s - x_B) + (y_s - y_A)(y_s - y_B) + (z_s - z_A)(z_s - z_B)}{(\overline{SA})(\overline{SB})}$$

$$\cos\beta = \frac{(x_s - x_A)(x_s - x_C) + (y_s - y_A)(y_s - y_C) + (z_s - z_A)(z_s - z_C)}{(\overline{SA})(\overline{SC})}$$

$$\cos\sigma = \frac{(x_s - x_B)(x_s - x_C) + (y_s - y_B)(y_s - y_C) + (z_s - z_B)(z_s - z_C)}{(\overline{SB})(\overline{SC})}$$

$$SA = \sqrt{(x_s - x_A)^2 + (y_s - y_A)^2 + (z_s - z_A)^2}$$

$$SB = \sqrt{(x_s - x_B)^2 + (y_s - y_B)^2 + (z_s - z_B)^2}$$

$$SC = \sqrt{(x_s - x_C)^2 + (y_s - y_C)^2 + (z_s - z_C)^2}$$

$$F = -(\overline{SA})(\overline{SB})\cos\gamma + (x_s - x_A)(x_s - x_B) + (y_s - y_A)(y_s - y_B) + (z_s - z_A)(z_s - z_B) = 0$$

$$G = -(\overline{SA})(\overline{SC})\cos\beta + (x_s - x_A)(x_s - x_C) + (y_s - y_A)(y_s - y_C) + (z_s - z_A)(z_s - z_C) = 0$$

$$H = -(\overline{SB})(\overline{SC})\cos\sigma + (x_s - x_B)(x_s - x_C) + (y_s - y_B)(y_s - y_C) + (z_s - z_B)(z_s - z_C) = 0$$

طبق بسط تیلور:

$$F = F_0 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_s}\right)_0 dx_s + \left(\frac{\partial F}{\partial y_s}\right)_0 dy_s + \left(\frac{\partial F}{\partial z_s}\right)_0 dz_s$$

تقریبی را با $\begin{pmatrix} X_{s0} \\ Y_{s0} \\ Z_{s0} \end{pmatrix}$ ۰

$$G = G_0 + \left(\frac{\partial G}{\partial x_s}\right)_0 dx_s + \left(\frac{\partial G}{\partial y_s}\right)_0 dy_s + \left(\frac{\partial G}{\partial z_s}\right)_0 dz_s$$

روش های تکرار بعداً

$$H = H_0 + \left(\frac{\partial H}{\partial x_s}\right)_0 dx_s + \left(\frac{\partial H}{\partial y_s}\right)_0 dy_s + \left(\frac{\partial H}{\partial z_s}\right)_0 dz_s$$

می‌گیریم به دست می‌آوریم.

جلسه‌ی ششم - ۸ - آبان - ۸٤

$$\frac{\partial F}{\partial x_s} = (x_s - x_B) + (x_s - x_A) - \left(\frac{SB}{SA}\right)\cos\gamma\,(x_s - x_A) - \left(\frac{SA}{SB}\right)\cos\gamma\,(x_s - x_B)$$

$$= \left[1 - \left(\frac{SB}{SA}\right)\cos\gamma\right]_0 (x_s - x_A)_0 + \left[1 - \left(\frac{SA}{SB}\right)\cos\gamma\right]_0 (x_s - x_B)_0 \quad (a_{11})$$

$$\frac{\partial F}{\partial y_s}=\left[1-\left(\frac{SB}{SA}\right)\cos\gamma\right]_0(y_s-y_A)_0+\left[1-\left(\frac{SA}{SB}\right)\cos\gamma\right]_0(y_s-y_B)_0 \quad (a_{12})$$

$$\frac{\partial F}{\partial z_s}=\left[1-\left(\frac{SB}{SA}\right)\cos\gamma\right]_0(z_s-z_A)_0+\left[1-\left(\frac{SA}{SB}\right)\cos\gamma\right]_0(z_s-z_B)_0 \quad (a_{13})$$

$$\frac{\partial G}{\partial x_s}=\left[1-\left(\frac{SC}{SA}\right)\cos\beta\right]_0(x_s-x_A)_0+\left[1-\left(\frac{SA}{SC}\right)\cos\beta\right]_0(x_s-x_C)_0 \quad (a_{21})$$

$$\frac{\partial G}{\partial y_s}=\left[1-\left(\frac{SC}{SA}\right)\cos\beta\right]_0(y_s-y_A)_0+\left[1-\left(\frac{SA}{SC}\right)\cos\beta\right]_0(y_s-y_C)_0 \quad (a_{22})$$

$$\frac{\partial G}{\partial z_s}=\left[1-\left(\frac{SC}{SA}\right)\cos\beta\right]_0(z_s-z_A)_0+\left[1-\left(\frac{SA}{SC}\right)\cos\beta\right]_0(z_s-z_C)_0 \quad (a_{23})$$

$$\frac{\partial H}{\partial x_s}=\left[1-\left(\frac{SC}{SB}\right)\cos\alpha\right]_0(x_s-x_B)_0+\left[1-\left(\frac{SB}{SC}\right)\cos\alpha\right]_0(x_s-x_C)_0 \quad (a_{31})$$

$$\frac{\partial H}{\partial y_s}=\left[1-\left(\frac{SC}{SB}\right)\cos\alpha\right]_0(y_s-y_B)_0+\left[1-\left(\frac{SB}{SC}\right)\cos\alpha\right]_0(y_s-y_C)_0 \quad (a_{32})$$

$$\frac{\partial H}{\partial z_s}=\left[1-\left(\frac{SC}{SB}\right)\cos\alpha\right]_0(z_s-z_B)_0+\left[1-\left(\frac{SB}{SC}\right)\cos\alpha\right]_0(z_s-z_C)_0 \quad (a_{33})$$

$$\begin{pmatrix}k_1\\k_2\\k_3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}a_{11}&a_{12}&a_{13}\\a_{21}&a_{22}&a_{23}\\a_{31}&a_{32}&a_{33}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}dx_s\\dy_s\\dz_s\end{pmatrix}$$

تصحیحات مقادیر اولیه

$$k_1=-F_0=\left\{(\overline{SA})(\overline{SB})\cos\gamma-(x_s-x_A)(x_s-x_B)-(y_s-y_A)(y_s-y_B)-(z_s-z_A)(z_s-z_B)\right\}_0$$

$$k_2=-G_0=\left\{(\overline{SA})(\overline{SC})\cos\beta-(x_s-x_A)(x_s-x_C)-(y_s-y_A)(y_s-y_C)-(z_s-z_A)(z_s-z_C)\right\}_0$$

$$k_3=-H_0=\left\{(\overline{SB})(\overline{SC})\cos\alpha-(x_s-x_B)(x_s-x_C)-(y_s-y_B)(y_s-y_C)-(z_s-z_B)(z_s-z_C)\right\}_0$$

نوشتن برنامه برای محاسبه ی dx_s و dy_s و dz_s

۱- قرائت مختصات عکسی در سیستم نقاط کنترل با هم چنین نقاط مرکزی دوربین [ترجیحاً از طریق نمایش]

۲- محاسبه ی $\cos\gamma$ ، $\cos\beta$ ، $\cos\alpha$

۳-

$$\begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ X_B \\ Y_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_a & -y_a & 1 & 0 \\ y_a & x_a & 0 & 1 \\ x_b & -y_b & 1 & 0 \\ y_b & x_b & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix} \begin{matrix} \\ \\ \simeq x_s \\ \simeq y_s \end{matrix}$$

$Z_s = \lambda f + \Delta h$

ارتفاع متوسط زمین از سطح مبنا

می‌توان از نقطهٔ سوم هم استفاده کرد.

۴- محاسبهٔ $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{33}$

۵- محاسبهٔ k_1, k_2, k_3

$$\begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ds_x \\ ds_y \\ ds_z \end{pmatrix}$$

۶- تشکیل دستگاه معادلات و حل آن

* البته می‌توان این معادله را به روشی که می‌دانیم با بیش از سه معادله حل کرد.

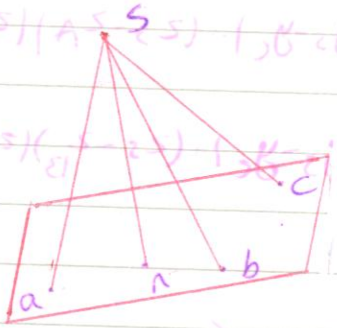
۷- به دست آوردن x_s، y_s و z_s جدید

۸- شرط برای تکرار و توقف < بستگی به مقدار dx_s، dy_s و dz_s دارد / تا ۱۲ بار هم تکرار، مثلاً ۱۰ بار

* نقاط را باید با پراکندگی حداکثر انتخاب کرد.

interpolation نقاطی که بین دو نقطهٔ معلوم استفاده می‌شود، دقت برابر به همان نقاط دارند، ولی نقاط خارج

extropolation آن به‌ تدریج دقتشان کم می‌شود.

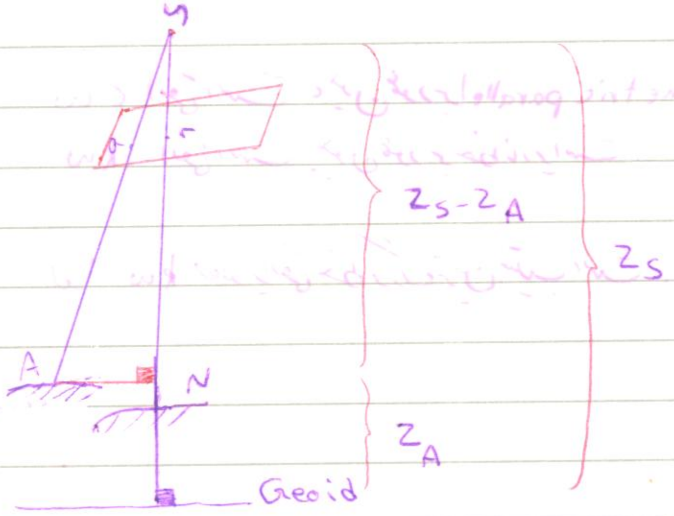


برای پیدا کردن t، s و α معادل باید نقطهٔ نادیر را داشته باشیم.

$$\cos \widehat{nSa} = \frac{x_a x_n + y_a y_n + f^2}{(Sa)(Sn)}$$

$$\cos \widehat{nSb} = \frac{x_b x_n + y_b y_n + f^2}{(Sb)(Sn)}$$

$$(Sn) = \sqrt{x_n^2 + y_n^2 + f^2} \qquad \cos \widehat{nSc} = \frac{x_c x_n + y_c y_n + f^2}{(Sc)(Sn)}$$



$$\cos \widehat{nsa} = \frac{Z_S - Z_A}{(\overline{SA})}$$

$$\cos \widehat{nsb} = \frac{Z_S - Z_B}{(\overline{SB})}$$

$$\cos \widehat{nsc} = \frac{Z_S - Z_C}{(\overline{SC})}$$

$$(\overline{Sn}) = \frac{x_a x_n + y_a y_n + f^2}{(\overline{Sa}) \cos \widehat{nsa}}$$

$$(\overline{Sn}) = \frac{x_b x_n + y_b y_n + f^2}{(\overline{Sb}) \cos \widehat{nsb}}$$

$$(\overline{Sn}) = \frac{x_c x_n + y_c y_n + f^2}{(\overline{Sc}) \cos \widehat{nsc}}$$

یکبار دو معادله‌ی اول را مساوی قرار می‌دهیم

و یکبار معادله‌ی سوم را مساوی دومین معادله

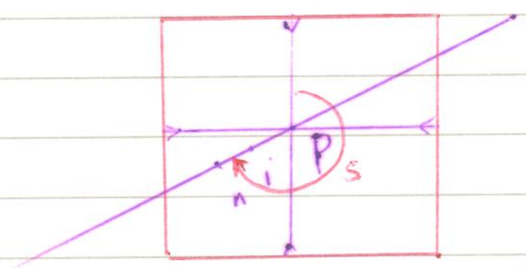
دو مجهول به دست آمده را حل می‌کنیم:

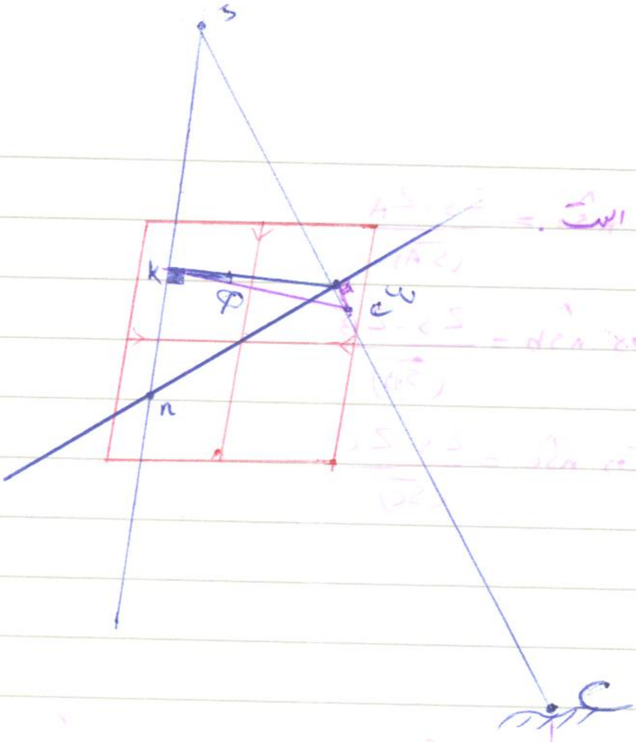
$$\mathrm{I})\quad \left[\frac{x_a}{(\overline{Sa}) \cos \widehat{nsa}} - \frac{x_b}{(\overline{Sb}) \cos \widehat{nsb}}\right] x_n + \left[\frac{y_a}{(\overline{Sa}) \cos \widehat{nsa}} - \frac{y_b}{(\overline{Sb}) \cos \widehat{nsb}}\right] y_n = \frac{f^2}{(\overline{Sb}) \cos \widehat{nsb}} - \frac{f^2}{(\overline{Sa}) \cos \widehat{nsa}}$$

$$\mathrm{II})\quad \left[\frac{x_b}{(\overline{Sb}) \cos \widehat{nsb}} - \frac{x_c}{(\overline{Sc}) \cos \widehat{nsc}}\right] x_n + \left[\frac{y_b}{(\overline{Sb}) \cos \widehat{nsb}} - \frac{y_c}{(\overline{Sc}) \cos \widehat{nsc}}\right] y_n = \frac{f^2}{(\overline{Sc}) \cos \widehat{nsc}} - \frac{f^2}{(\overline{Sb}) \cos \widehat{nsb}}$$

$$t = tg^{-1}\left[\frac{\sqrt{x_n^2 + y_n^2}}{f}\right]$$

$$s = 180^\circ + tg^{-1} \frac{x_n}{y_n}$$

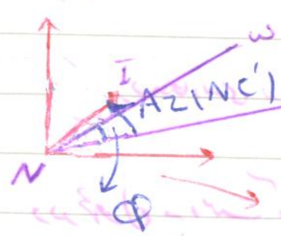




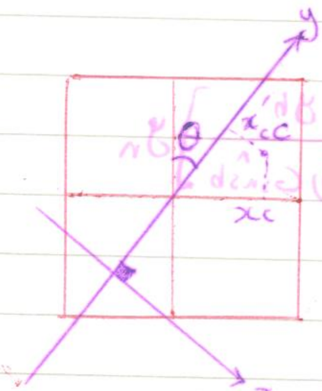
cw افقی است، چون عمود بر isometric parallel است.

kw افقی است. چون عمود بر خط نادیر است.

لذا kw مقدار افقی خط بزرگترین شیب است.



نتیجه می‌شود که NI مقدار افقی بزرگترین شیب است



$$\begin{pmatrix}x'_c\\ y'_c\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\cos\theta & -\sin\theta\\ \sin\theta & \cos\theta\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x_c\\ y_c\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}0\\ f\,tg\,t\end{pmatrix}$$

$$\varphi = tg^{-1}\left(\frac{x'_c}{kw}\right) = tg^{-1}\left(\frac{x'_c}{y'_c \cos t}\right)$$

$$\alpha = Az(Nc') - \varphi$$

$$Az(Nc') = tg^{-1}\left(\frac{x_c - x_s}{y_c - y_s}\right)$$

$$\alpha = \frac{\alpha_a + \alpha_b + \alpha_c}{۳}$$

با سه نقطه‌ی کنترل α را محاسبه می‌کنیم و میانگین می‌گیریم.

جلسه‌ی هفتم - ۱۵ آبان ۸٤

جلسه‌ی هشتم - ۲۲ آبان ۸٤

relief displacement

جابجایی ارتفاعی در عکس قائم

s.a.m

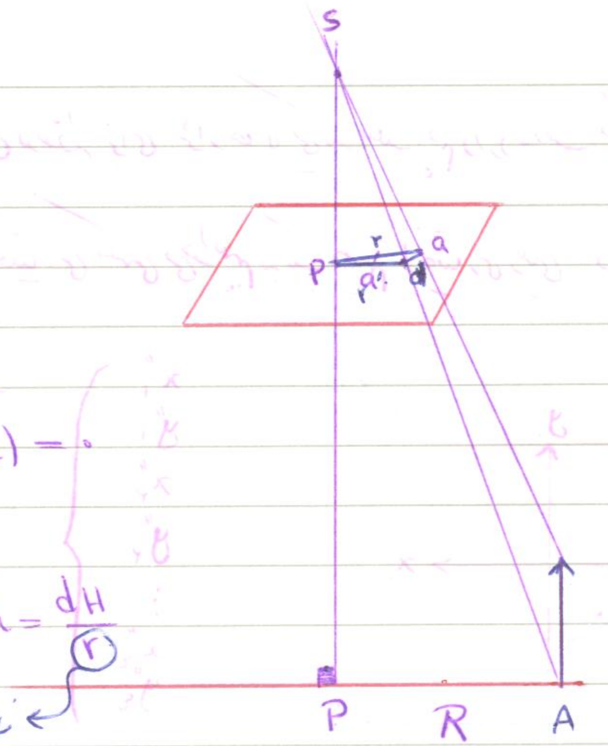
$$\lambda = f(H, f, \text{tilt}, h_A) \Rightarrow \lambda_{a'} \neq \lambda_a$$

$$\lambda_{a'} = \frac{f}{H}, \quad \lambda_a = \frac{f}{H - h_A}$$

$$\begin{cases} \dfrac{r}{R} = \dfrac{f}{H - h_A} \\ \dfrac{r'}{R} = \dfrac{f}{H} \end{cases} \Rightarrow r'H - r(H - h_A) = 0$$

$$\Rightarrow H(\overbrace{r - r'}^{d}) = r h_A \Rightarrow d = r\frac{h}{H} \quad \text{و} \quad h = \frac{dH}{r}$$

radial distance ← فاصله شعاعی r



تمرین: دقت اندازه‌گیری جابجایی ارتفاعی با استفاده از روش فوق چقدر است، اگر مختصات نقاط با دقت ۰/۱۵ mm و ارتفاع پرواز با دقت ۲ m و تیلت عکس ۲° باشد. $H = 1500$ m

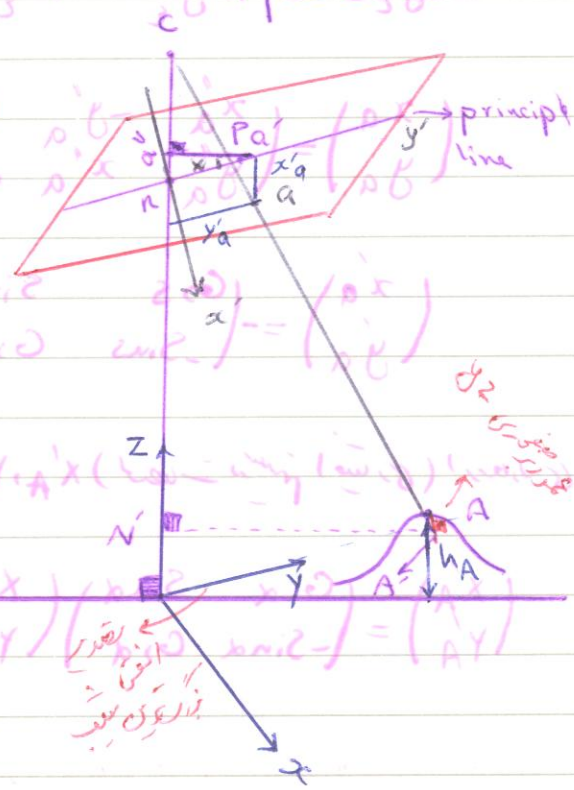
tilted photo – non-flat terrain حالت دوم:

$$\lambda_a = \frac{aa'}{AA'} = \frac{ca'}{CA'} = \frac{ca''}{CN'}$$

$$\left.\begin{aligned} ca'' &= cn - a''n \\ \cos t &= \frac{f}{cn} \end{aligned}\right\} \Rightarrow cn = \frac{f}{\cos t}$$

$$\sin t = \frac{a''n}{y'_a} \Rightarrow a''n = \sin t \, y'_a$$

$$CN' = H - h_a \Rightarrow \lambda_a = \frac{\dfrac{f}{\cos t} - y \sin t}{H - h_a}$$



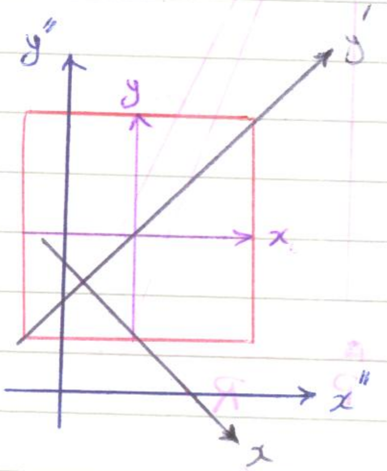
* جابجایی ارتفاعی از نقطه نادیر شعاعی است.

* جابجایی ارتفاعی را با استفاده از این رابطه هم می‌توان حساب کرد، یکبار h را صفر گذاشته و بار دیگر مقدار واقعی را.

s.a.m

سپس ۸ L را محاسبه کرده و بدین ترتیب اختلاف طول دو نقطه برای تراز جاهایی که به ثبت هم دارد به دست می‌آید.

* حال می‌خواهیم شبکه را در حالتی حل کنیم که از یک سیستم اختیاری عکسی می‌خواهیم به یک سیستم اختیاری زمینی ببریم.



در مختصات P.P به دستگاه کارخانه سازنده دوربین: $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots, x_4, y_4$

مختصات عکسی به سیستم مختصات اختیاری: $x''_1, y''_1, x''_2, y''_2, \dots, x''_4, y''_4$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ y_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x''_1 & -y''_1 & 1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y''_4 & x''_4 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

a ، b ، c و d را داریم

بعد:

$$\begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x''_a & -y''_a & 1 & 0 \\ y''_a & x''_a & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

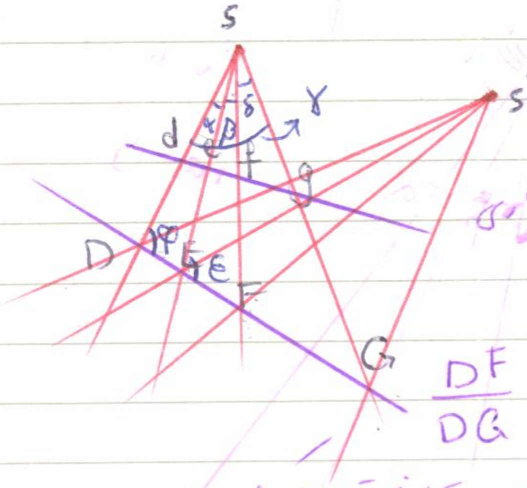
$$\begin{pmatrix} x'_a \\ y'_a \end{pmatrix} = -\begin{pmatrix} \cos s & \sin s \\ -\sin s & \cos s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ f\,tg\,t \end{pmatrix}$$

با استفاده از معادله‌ی بعد X_A, Y_A را هم می‌توانیم به دست آوریم: X'_A, Y'_A (مختصات در سیستم اختیاری) از معادله‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

$$\begin{pmatrix} X'_A \\ Y'_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha \\ -\sin\alpha & \cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_t \\ y_t \end{pmatrix}$$

$\alpha =$ آزیموت (لبه‌ای)

روش دیگر برای تبدیل مختصات عکسی دکوله به مختصات زمینی دکوله [با فرض عدم وجود جابجایی ارتفاعی]



قطب: نقطه‌ای که شعاع‌ها در آن متقاطع‌اند

یک ترکیب احتمالی: $\frac{df}{dg} \times \frac{eg}{ef}$ → cross ratio
نسبت توافقی

این نسبت توافقی روی هر خط مستقیم برابر است: $\frac{DF}{DG} \times \frac{EG}{EF}$

عکس قضیه هم صادق است. یعنی اگر قطب را عوض کنیم، باز هم نسبت‌های توافقی تغییر نمی‌کند.

$$\frac{df}{dg} \times \frac{eg}{ef} = \frac{DF}{DG} \times \frac{EG}{EF} = r$$

خاصیت هندسهٔ پروژکتیو

1.D invariant

$$\frac{DF}{\sin\alpha} = \frac{sF}{\sin\varphi} \Rightarrow DF = sF\,\frac{\sin\alpha}{\sin\varphi}$$

همین طور: $DG = sG\,\frac{\sin\gamma}{\sin\varphi}$

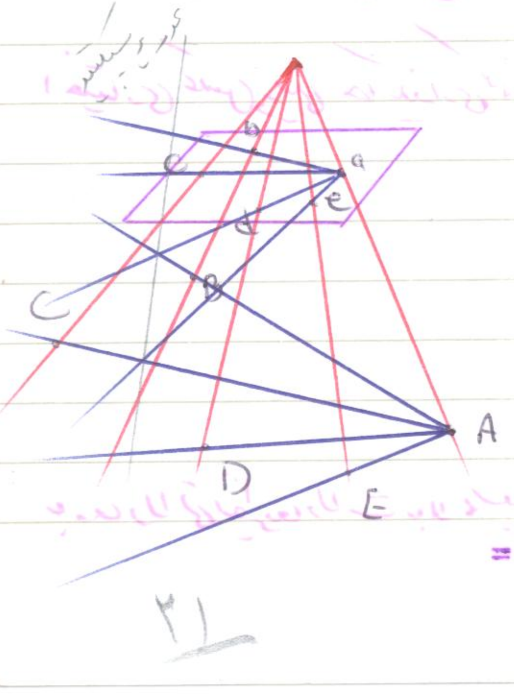
: $EG = sG\,\frac{\sin\delta}{\sin\varepsilon}$

: $EF = sF\,\frac{\sin\beta}{\sin\varepsilon}$

$$\Rightarrow \frac{sF\sin\alpha}{sG\sin\gamma} \times \frac{sG\sin\delta}{sF\sin\beta} = \frac{\sin\alpha\sin\delta}{\sin\gamma\sin\beta}$$

که هم مستقل از طول است.

این نسبت روی چهار شعاع ثابت است.



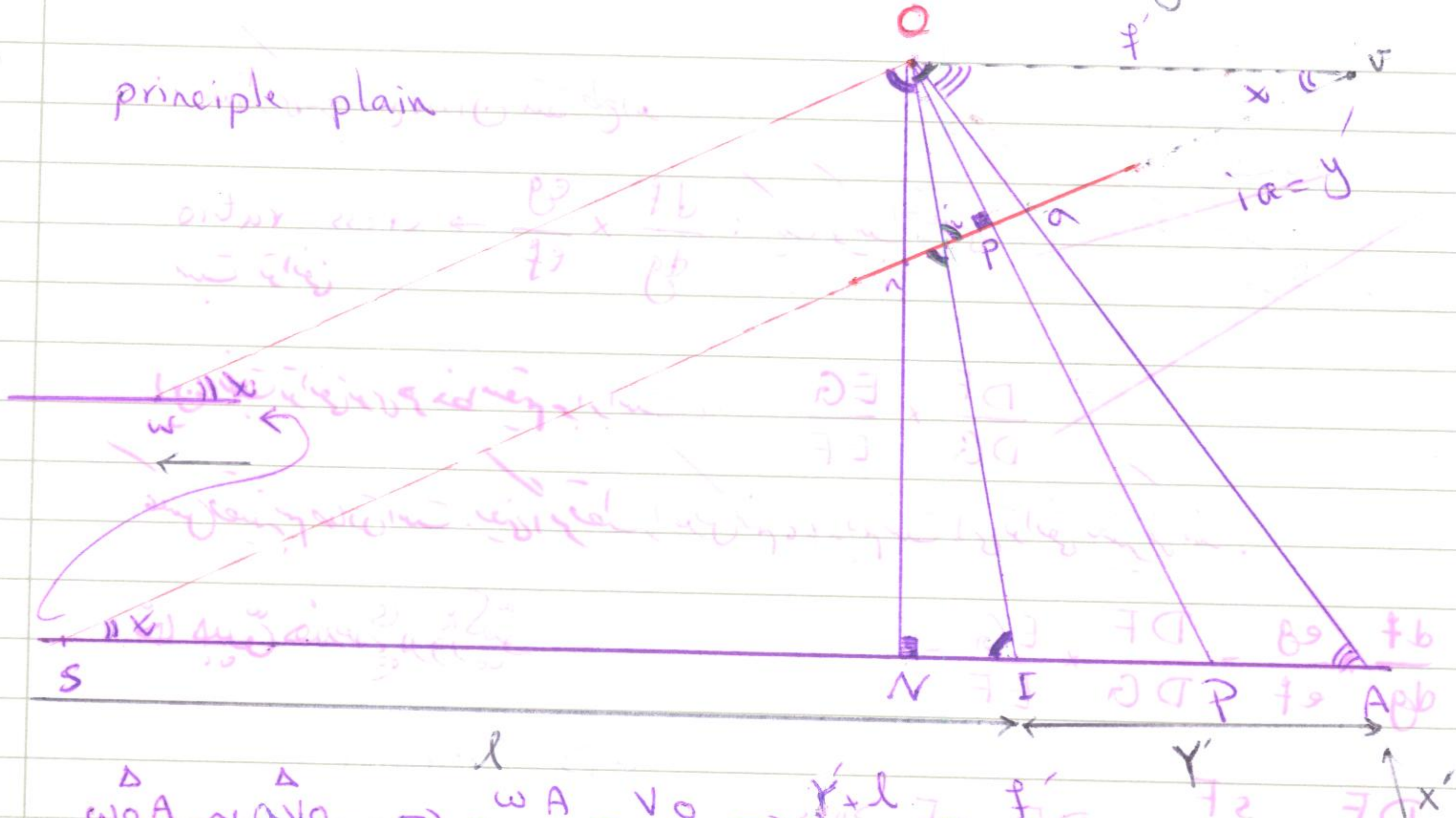
2.D invariant

$$\frac{\begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} X_1 & X_2 & X_3 \\ Y_1 & Y_2 & Y_3 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}} \times \frac{\begin{vmatrix} x_1 & x_4 & x_k \\ y_1 & y_4 & y_k \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} X_1 & X_4 & X_k \\ Y_1 & Y_4 & Y_k \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}}$$

$$= \frac{\begin{vmatrix} X_1 & X_2 & X_3 \\ Y_1 & Y_2 & Y_3 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} X_1 & X_2 & X_4 \\ Y_1 & Y_2 & Y_4 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}} \times \frac{\begin{vmatrix} X_1 & X_4 & X_k \\ Y_1 & Y_4 & Y_k \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} X_1 & X_3 & X_k \\ Y_1 & Y_3 & Y_k \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}}$$

s.a.m

نقطه ی گریز vanishing point



$$\overset{\triangle}{woA} \sim \overset{\triangle}{aVo} \Rightarrow \frac{wA}{wo} = \frac{Vo}{Va} \Rightarrow \frac{Y'+l}{l} = \frac{f'}{f'-y'}$$

$$\Rightarrow Y' = \frac{ly'}{f'-y'} \Rightarrow Y' = \frac{ly'}{f'-y'} \quad (\mathrm{I})$$

$$\frac{X'}{x'} = \frac{oA}{oa} = \frac{wo}{Va} = \frac{l}{f'-y'} \Rightarrow X' = \frac{lx'}{f'-y'} \quad (\mathrm{II})$$

جلسه ی نهم - ۲۹ - آبان - ۸۴

اگر در معادلات (I) و (II) بالا، به جای y، Y، x، X با توجه به معادلات زیر مختصات نقطه را بدهیم

اختیاری عکس زمینی جا بگذاری کنیم به معادلات 2-D invariant می رسیم:

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} \cos s & \sin s \\ -\sin s & \cos s \end{pmatrix}}_{\text{دوران}} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \underbrace{\begin{pmatrix} x_c \\ y_c \end{pmatrix}}_{\text{انتقال}}$$

مختصات در سیستم کلی

مختصات در سیستم ج.م

به معادلات فوق معادلات بالا، سیستم اختیاری عکس را به x' و y' معادلات (I) و (II) مربوط کرده است.

معادله‌ای شبیه معادله‌ی بالا در دو سیستم اختیاری زمینی را به 'x و y معادله‌ی (I) و (II) مربوط می‌کنیم و با جا بگذاری در (I) و (II) به معادلات زیر می‌رسیم:

$$X = \frac{a_1x + b_1y + c_1}{a_3x + b_3y + 1} \quad , \quad Y = \frac{a_2x + b_2y + c_2}{a_3x + b_3y + 1}$$

در این دو معادله x و y و X و Y مختصات نقاط در سیستم اختیاری عکسی و زمینی هستند. این معادلات، معادلات 2-D invariant نامیده می‌شوند. با این روش بدون استفاده از روش Church، مختصات عکسی و زمینی را در سیستم‌های اختیاری به هم مربوط کرده‌ایم. مزیت این روش این است که نیازی به داشتن سیستم مختصات عکسی و G.C.P نداریم.

* باید توجه داشت که در این روش جابجایی ارتفاعی لحاظ نمی‌شود یعنی این روش فقط برای زمین‌های مسطح قابل استفاده است.

درضمن در این روش تبدیل از فضای دو بعدی به فضای دو بعدی است. اما در روش Church تبدیل از فضای ۲ بعدی به فضای ۳ بعدی انجام می‌شود.

حال معادلات فوق را به صورت ماتریسی می‌نویسیم: (معادلات 2-D invariance)

$$\underbrace{\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ \vdots \\ X_n \\ Y_n \end{pmatrix}}_{F} = \underbrace{\begin{pmatrix} x_1 & 0 & -x_1X_1 & y_1 & 0 & -y_1X_1 & 1 & 0 \\ 0 & x_1 & -x_1Y_1 & 0 & y_1 & -y_1Y_1 & 0 & 1 \\ \vdots & & & & & & & \vdots \\ x_n & 0 & -x_nX_n & y_n & 0 & -y_nX_n & 1 & 0 \\ 0 & x_n & -x_nY_n & 0 & y_n & -y_nY_n & 0 & 1 \end{pmatrix}}_{A} \underbrace{\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ c_1 \\ c_2 \end{pmatrix}}_{\text{8-parameter projection}}$$

سیستم مختصات اختیاری زمینی

الگوریتم ۶ معتبرتری برای حل معادلات 2-D invariance

۱- قرائت مختصات عکسی نقاط نسبت به یک سیستم اختیاری

توضیح

۲- قرائت مختصات زمینی (GCP) همین نقاط در یک سیستم اختیاری زمینی

۳- تشکیل ماتریس A و F

۴- تشکیل معادلات نرمال $A^TAX = A^TF$

۵- حل معادله‌ی نرمال $X = (A^TA)^{-1}A^TF$

۶- ذخیره‌ی ضرایب پرژکتیو n پارامتری

قطع

۷- قرائت ضرایب از فایل مربوط

۸- قرائت مختصات عکسی هر نقطه‌ی اختیاری

۹- محاسبه‌ی مختصات اختیاری زمینی

* ضرایب پرژکتیو حسب پارامترهای church

$$a_1 = \frac{-l\cos(s-\alpha) + X_t \sin s}{f' - y_t}, \quad a_2 = \frac{l\sin(s-\alpha) + X_t \sin s}{f' - y_t}$$

$$b_1 = \frac{l\sin(s-\alpha) + Y_t \cos s}{f' - y_t}, \quad b_2 = \frac{-l\cos(s-\alpha) + Y_t \cos s}{f' - y_t}$$

$$c_1 = \frac{l[x_t \cos\alpha + y_t \sin\alpha]}{f' - y_t} + X, \quad c_2 = \frac{-l[x_t \sin\alpha - y_t \cos\alpha]}{f' - y_t} + Y$$

$$a_3 = \frac{\sin s}{f' - y_t} \qquad b_3 = \frac{\cos s}{f' - y_t} \qquad tg\, s = \frac{a_3}{b_3}$$

$$f' - y_t = +(a_3^2 + b_3^2)^{-1/2}$$

$$X_T = \frac{a_2(a_1 - b_2) + b_2(a_2 + b_1)}{a_3^2 + b_3^2}$$

$$Y_T = \frac{a_2(a_2+b_1) - b_2(a_1 - b_2)}{a_2^2 + b_2^2}$$

$$tg(s-\alpha) = \frac{a_2(a_2 b_1 - b_2 a_1) + b_2(a_2 b_2 - b_2 a_2)}{a_2(-a_2 b_2 + b_2 a_2) + b_2(a_2 b_1 - b_2 a_1)}$$

$$l = (f' - y_t)^2 \left[\frac{a_2(a_2 b_1 - b_2 a_1) + b_2(a_2 b_2 - b_2 a_2)}{\sin(s-\alpha)} \right]$$

$$x_t = \frac{f' - y_t}{l} \left[(C_1 - X_T)\cos\alpha - (C_2 - Y_T)\sin\alpha \right]$$

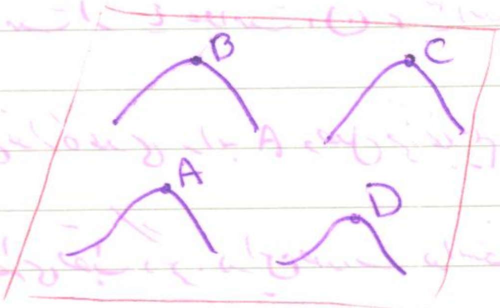
$$y_t = \frac{f' - y_t}{l} \left[(C_1 - X_T)\sin\alpha + (C_2 - Y_T)\cos\alpha \right]$$

$$\sin t = \frac{f}{f'}$$

تمرین: چهار نقطه‌ی کنترل زمینی داریم که دارای ارتفاع‌های متفاوت هستند ولی زمین مسطح است. از این منطقه عکس برداشته ایم و مختصات عکسی این چهار نقطه را اندازه گیری کرده ایم. چگونه می‌توانیم این جابجایی ارتفاعی بین نقاط کنترل را تصحیح کرده تا از معادلات پروژکتیو برای به دست آوردن پارامترها استفاده کنیم.

$$A\begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix}, \quad B\begin{pmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{pmatrix}, \quad C\begin{pmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \end{pmatrix}, \quad D\begin{pmatrix} X_D \\ Y_D \\ Z_D \end{pmatrix}$$

درضمن صفحه را به طور تقریبی منطبق بر P می‌گیریم :



ترمیم راستی rectification

روش نوار کاغذی: در این قسمت می‌خواهیم با پیش فرض اینکه جابجایی ارتفاعی نداریم ، یعنی زمین مسطح است.