[illegible]

۲۸

دکتر عزیزی

کلاس ۱۳۶

جرسا ۴۳

۱۹۱۲۵

s.a.m

حاجی زاده

فتوگرامتری I دکتر عزیزی

بسم الله الرحمن الرحیم

جلسه‌ی اول - ۳ مهر ۸۴

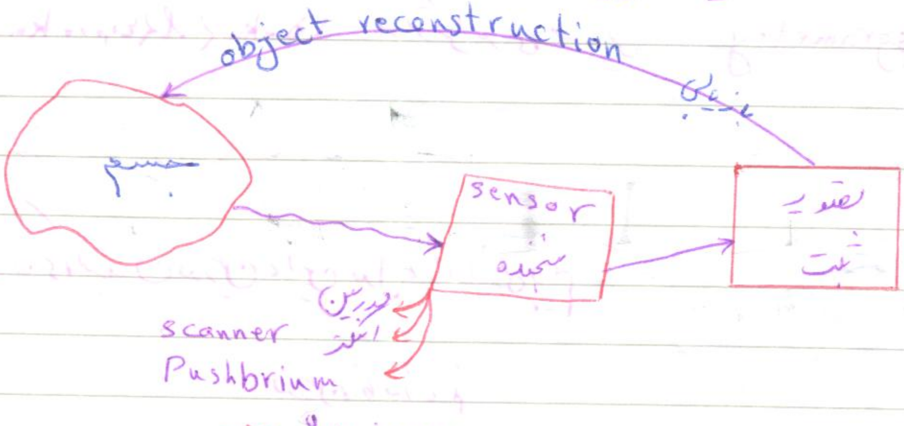
R.S. photo

فوتوگرامتری: تکنولوژی کسب اطلاعات قابل اعتماد از اشیاء و محیط از طریق ثبت، اندازه‌گیری و تفسیر امواج الکترومغناطیسی بدون تماس مستقیم با شیء.

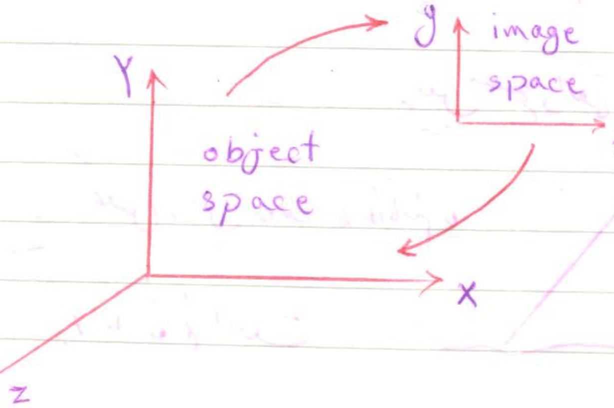
← امواج الکترومغناطیسی قابل استفاده در فوتوگرامتری:
- مادون قرمز infrared
- راداری radio wave
- گرمایی thermal wave
- مرئی

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

* انتشار radiation طیف نامرئی
* انعکاس reflection طیف مرئی



چرخه‌ی فوتوگرامتری
زنجیره‌ی فوتوگرامتری
photogrametric chain



← فوتوگرامتری دو تابع تبدیل از فضای شیء به فضای تصویر و از فضای تصویر به فضای شیء است.

سکو Platform

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

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

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

الف) کاربرد صنعتی، فتوگرامتری صنعتی industrial photogrametry

که در واقع مقایسه بین {as-built, as-designed} می‌باشد و در بعضی مواقع به [illegible] برق [illegible] می‌کند، vision metrology گفته می‌شود.

ب) در بررسی بدن انسان medical photogrametry

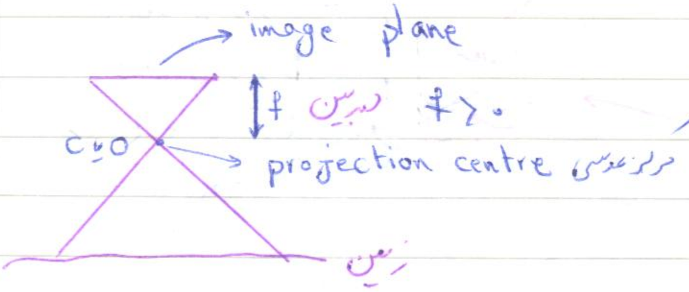
l: فاصله بین دوربین و شیء

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

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

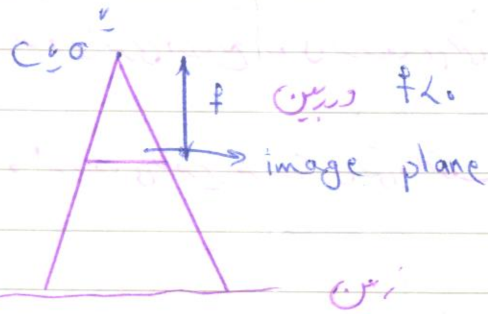
III $۲۵۰km < l < ۴۱,۰۰۰km$ فتوگرامتری فضایی space photogrametry

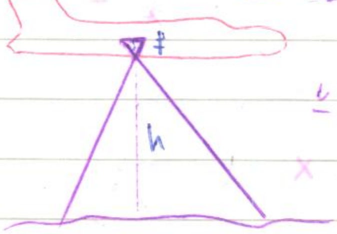
بررسی ساده‌ترین حالت



به جای کشیدن دوربین، این مدل را ارائه می‌دهیم

خصوصیات این حالت:
دوربین کاملاً قائم
زمین مسطح و افقی





← عکس در این حالت کاملاً قائم یا

تقریباً قائم است.

L_1 طول روی زمین ، l_1 طول در عکس

مقیاس $\lambda = \dfrac{H}{f}$

$L_1 = \lambda' l_1$

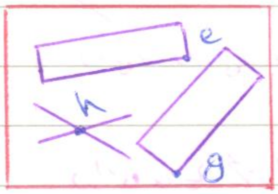
$L_2 = \lambda' l_2$

$\vdots \quad \vdots$

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

بررسی حالت بعدی

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

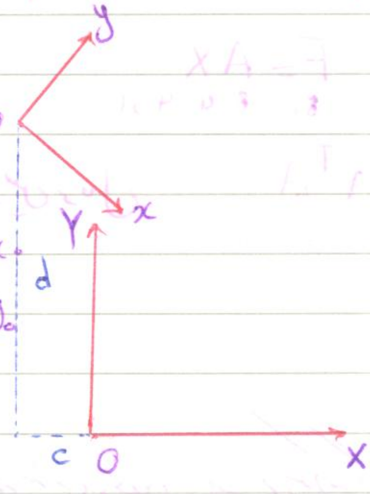


روش: استفاده از نقاط کنترل زمینی: ground control points

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



مجهولات:
λ
$c = x_0$
$d = y_0$
k

تبدیل مختصات 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 این جا ٤ مجهول و مثلاً ۶ معادله داریم. به دنبال روش مناسب برای حل مسئله می‌گردیم. در واقع برای این مسئله الزاماً جوابی وجود نخواهد داشت، بلکه سعی می‌کنیم جوابی را که از همه نزدیک‌تر است را بیابیم. به خاطر اینکه جواب‌ها تقریبی است، یک 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: بردار ثابت‌ها — A — X: بردار مجهولات

$F = AX$

8,1 8,4 4,1

A^TA ماتریس نرمال

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

$$F = AX \Rightarrow A^TF = A^TAX \Rightarrow X = (A^TA)^{-1}A^TF$$

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

$$\begin{pmatrix} V_{x_1} \\ V_{y_1} \\ \vdots \\ V_{x_4} \\ V_{y_4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ \vdots \\ x_4 \\ y_4 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_1' \\ y_1' \\ \vdots \\ x_4' \\ y_4' \end{pmatrix}$$

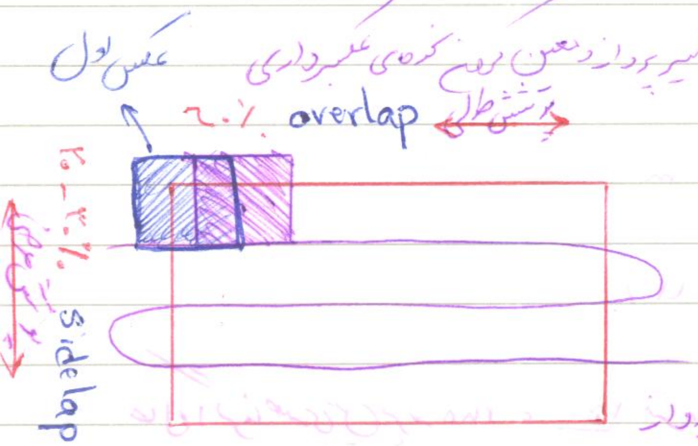
بردار residual ها را یافت به طریق ذیل:

← با محاسبه‌ی دقیق residual ها می‌توانیم بفهمیم که آیا اشتباه داشته‌ایم یا نه.

جلسه‌ی سوم - ۱۷ - مهر - ۸۴

از یک منطقه‌ی بزرگ می‌خواهیم نقشه برداری کنیم مثلاً ۱۰×۱۵ km

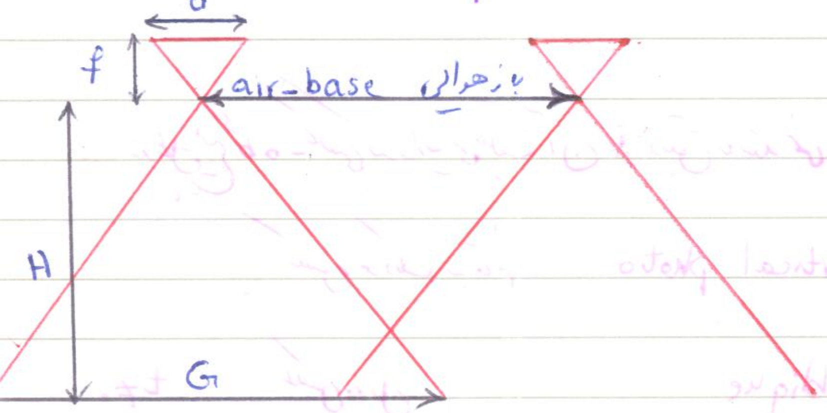
۱- تهیه‌ی نقشه‌ی کوچک مقیاس: $\frac{1}{50,000}$ ، برای یافتن مسیر پرواز و تعیین نوع کره‌ی عکسبرداری



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

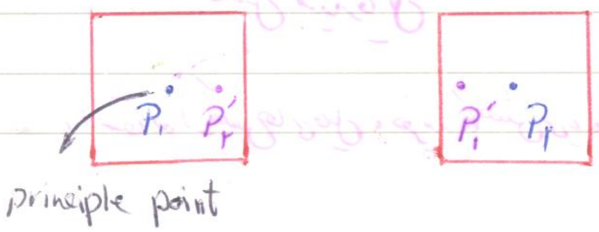
زیرا می‌توانیم با دو معادله x و y، z را بیابیم.

۲- با استفاده از رابطه‌ی $S = \frac{f}{H-h}$ ، می‌توانیم ارتفاع پرواز را بیابیم.



بازعکس برداری: $P_1 P_2' = P_1' P_2$
photo-base

P_1' , P_2' تصاویر نقاط P_1 , P_2 در عکس‌های بعدی می‌باشند:



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

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

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

مثال: باز هوایی یک stereo pair برابر با ۱۴۰۰ m است. اگر ارتفاع پرواز هواپیما بالای زمین عکسبرداری ۲۴۴۰ m و f = ۱۵۲٫۴ 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 = 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، <u>۲۵۰۰</u> متر باشد، پوشش عرضی را حساب کنید:

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

<u>یک حالت دیگر</u>

* در عمل هیچ گاه به عکسی که زاویه‌ی تیلت آن ۰ دقیق باشد نمی‌رسیم.

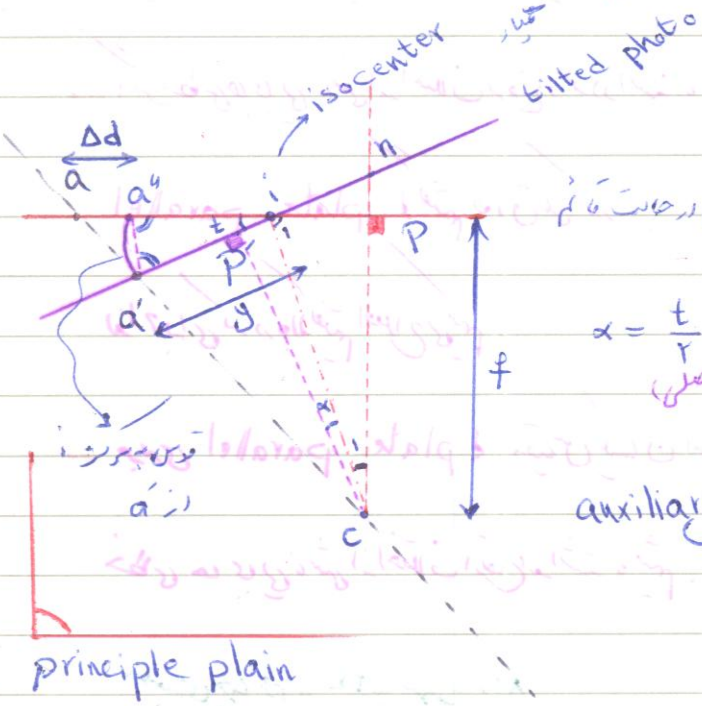
تیلت تا حدود ۳-۴	near vertical photo	عکس نزدیک به قائم
افق ظاهری در آن معلوم نیست	low oblique	عکس مایل
افق ظاهری در آن معلوم است	high oblique	عکس بسیار مایل

$t \neq 0$

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

* در عکس مایل روابط زیر صدق نمی‌کند:
$$\begin{cases} x_A = \lambda . x_a \\ y_A = \lambda y_a \end{cases}$$
زیرا λ برای هر نقطه متفاوت است.

خطای جابجایی ناشی از تیلت (در بزرگترین شیب) tilt displacement

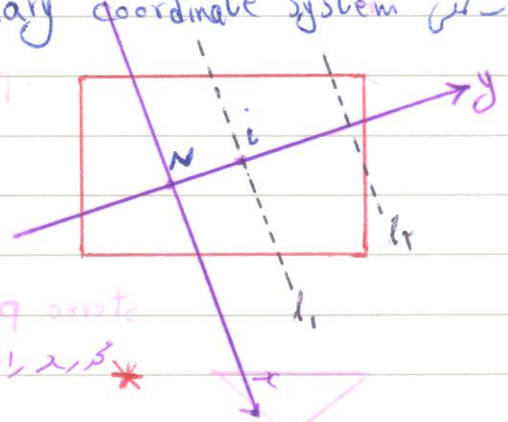


* مقیاس نقطه‌ی همپاد: $s = \frac{f}{H}$

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

P_1 = خط بزرگترین شیب (خط اصلی) principle line

سیستم مختصات کمکی auxiliary coordinate system



* محور y را می‌توان از i نیز رسم نمود

$ia'' = ia'$

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

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

isometric parallel: l_1 ، خط بزرگترین شیب

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

* کلیه‌ی بردارهای جابجایی نسبت به i شعاعی هستند.

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

* مقیاس بر روی isometric parallel مساوی

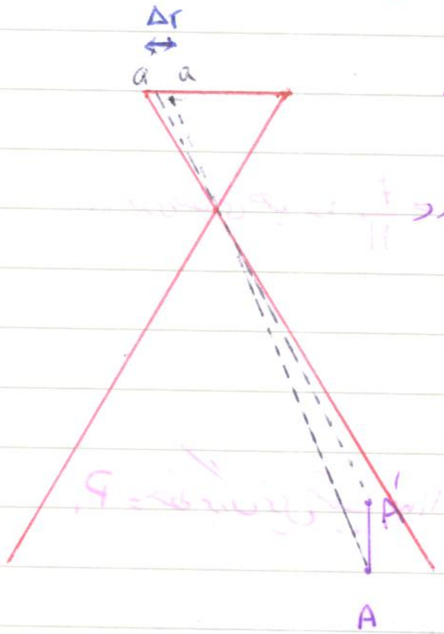
مقیاس در عکس قائم است. $t=0$

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

* خصوصیت plate parallel این است که اندازه‌ی آن مقدار ثابتی است و تغییر نمی‌کند t

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

خطای جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع relief displacement



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

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

لذا جمله‌ای که در بالا گفتیم اصلاح می‌کنیم:

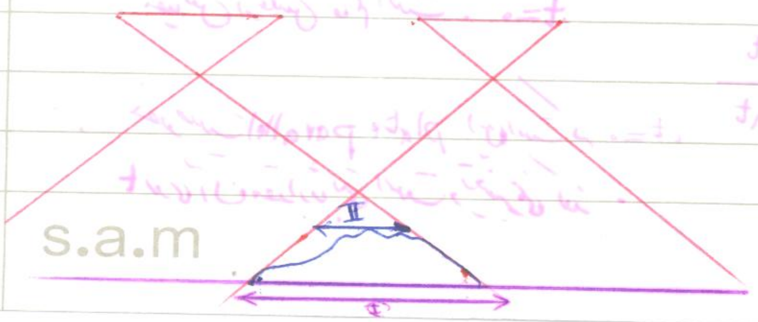
← برای plate parallel مقیاس یکسان است، به شرطی که خطای جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع نداشته باشیم.

جلسه‌ی چهارم - ۲۴ مهر ۸۴

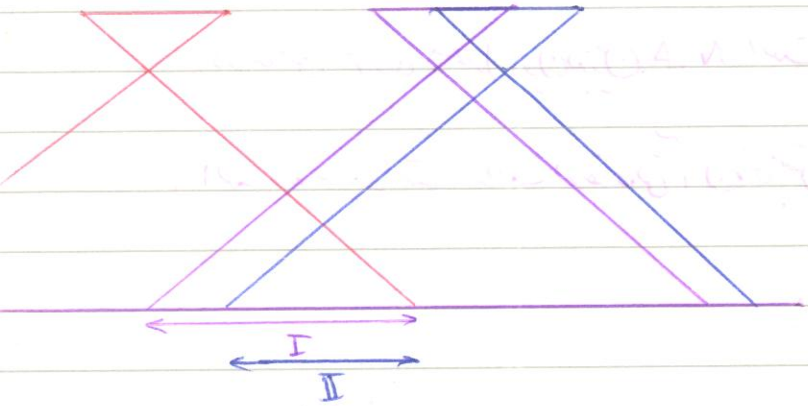
عوامل مؤثر در تغییر پوشش طولی یک stereo pair

I) تغییر ارتفاع پرواز

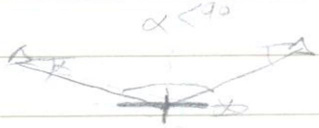
II) تغییر ارتفاع سطح زمین

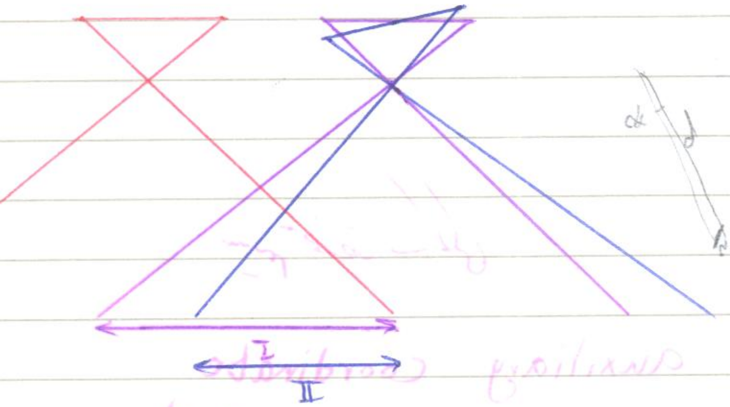


s.a.m



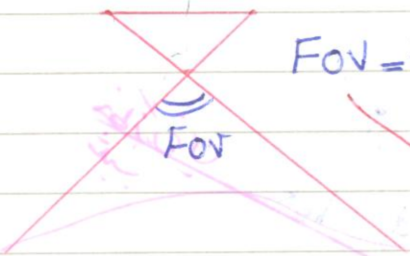
III) زمان باز شدن شاتر دوربین





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
W.A.	f = ۱۵۰ mm	Wide Angel
S.W.A.	f = ۸۰ mm	Super Wide Angel

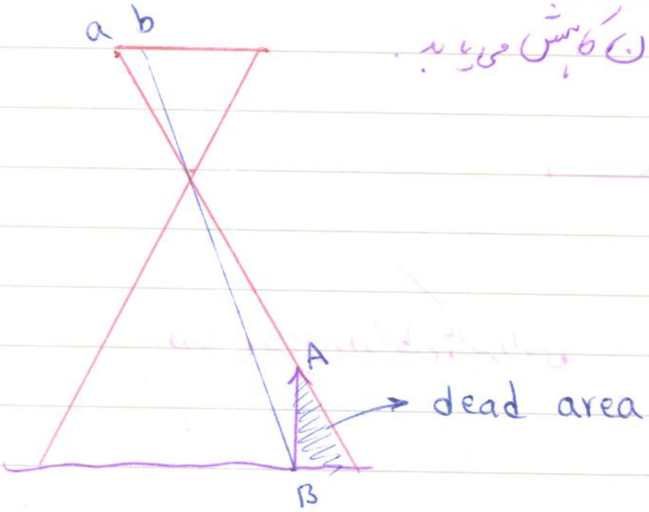
انواع دوربین

متداول‌ترین دوربین W.A. است چون زاویه FOV اش بهینه است.

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

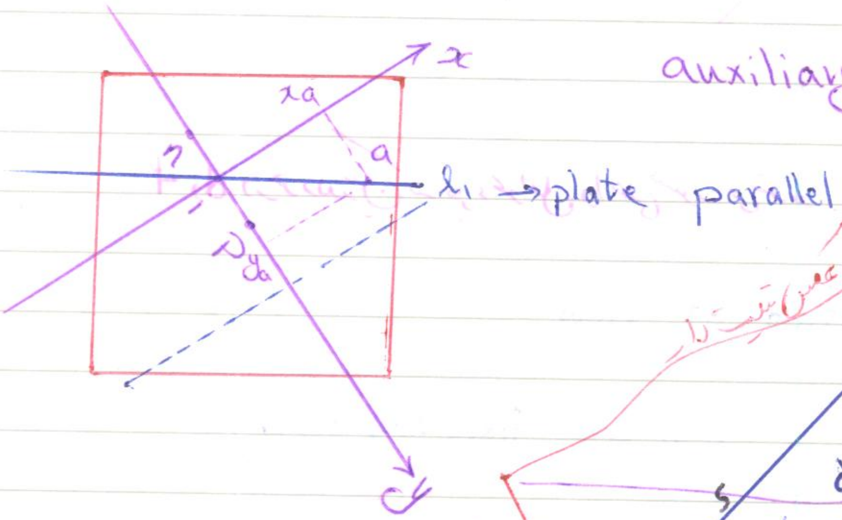
← در مناطق شهری معمول‌ترین دوربین N.A است. زیرا خطای dead area آن کم است.

البته باید توجه داشت که دقت ارتفاعی آن کاهش می‌یابد.

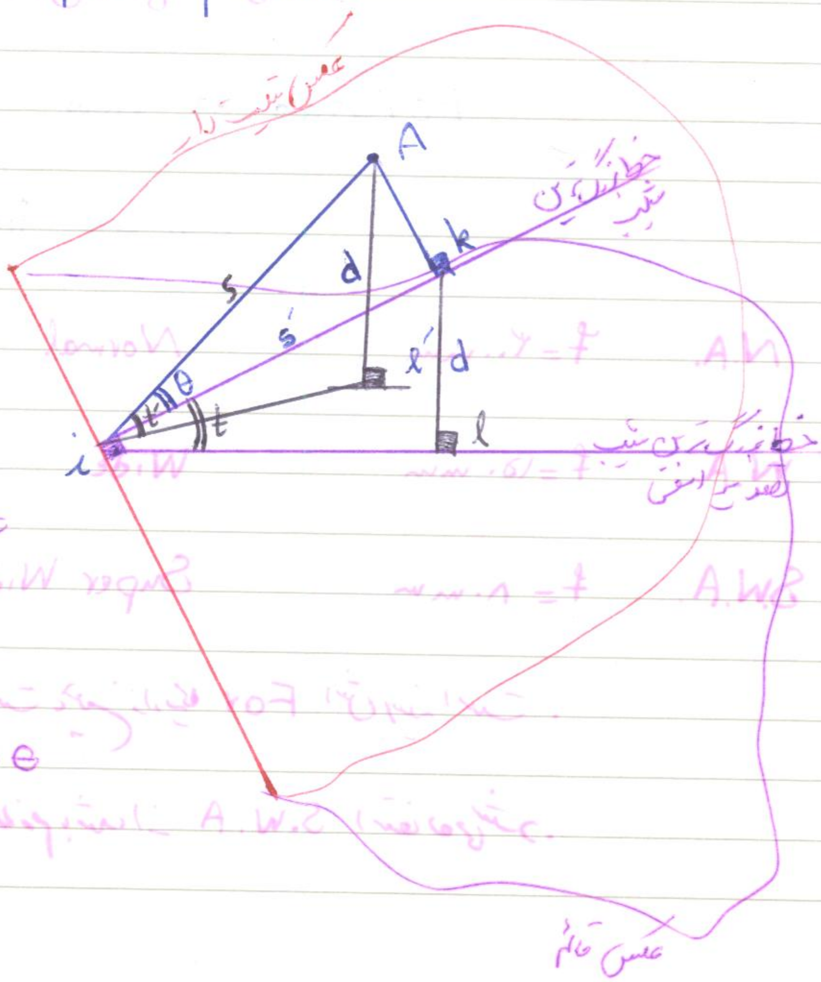


سیستم مختصات کلی

auxiliary coordinate system



عکس تیلت دار



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

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

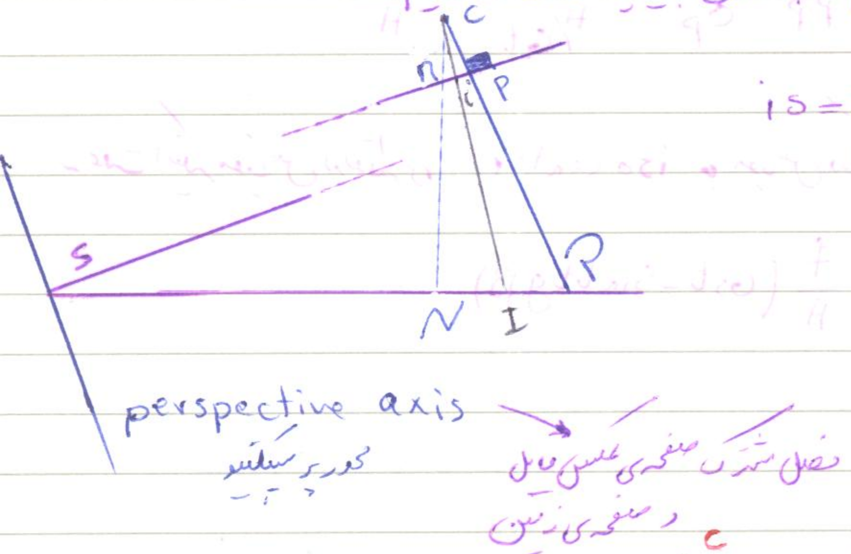
$\sin t' = \dfrac{d}{s} = \dfrac{d}{s'}\cos\theta = \sin t \cos\theta$

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

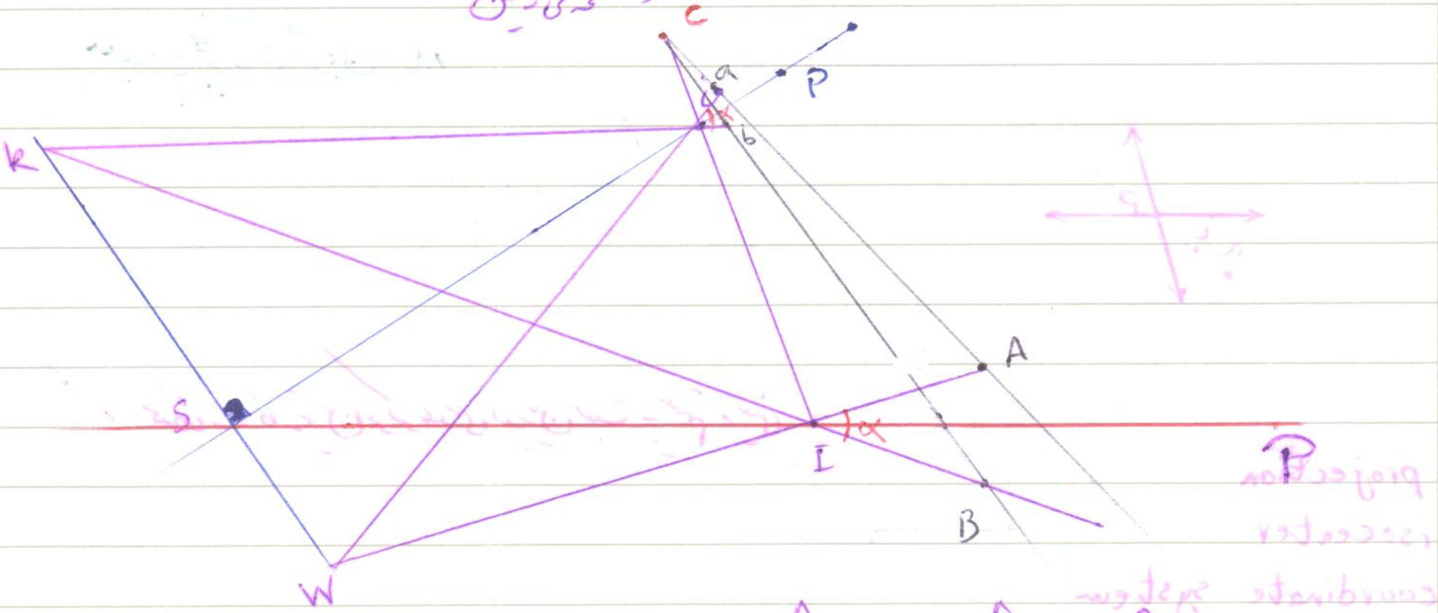
در این رابطه همان رابطه ی قبلی است ، با این تفاوت که به جای $\sin t$ ، $\sin t'$ قرار می دهیم که برابر

است با $\sin t' = \sin t \cos\theta$. (این رابطه وقتی استفاده می شود که از نقطه ... وصل کنیم)

حال در صدد یافتن جهت بردار Δd هستیم . قبل از آن باید یک نکته را متذکر شویم:



به راحتی اثبات می شود $iS = IS$



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

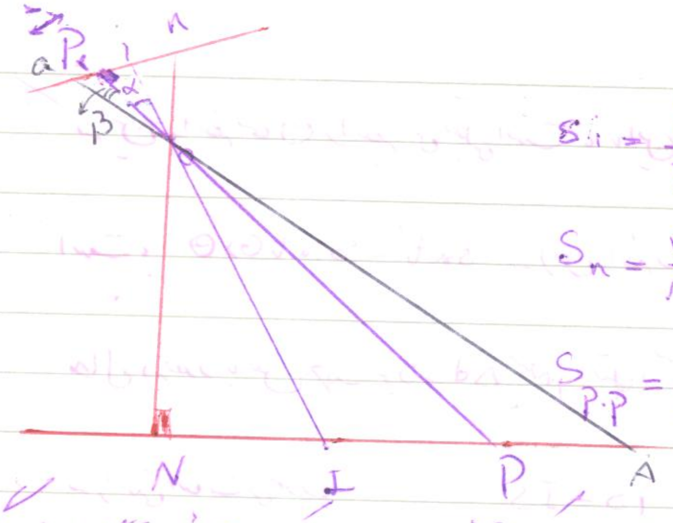
$$\Rightarrow \hat{pia} = \hat{PIA}$$

یعنی نقطه زاویه ای که رأس آنها ... باشد، بدون تغییر می مانند.

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

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

s.a.m



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

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

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

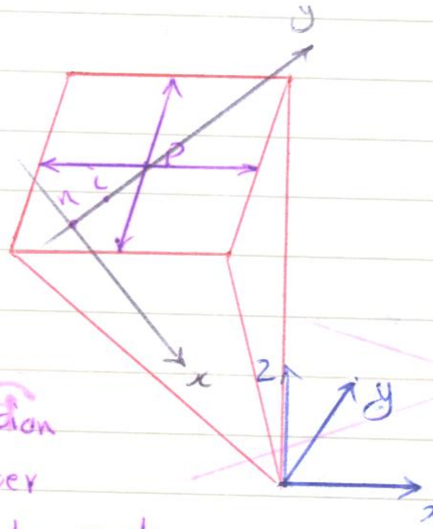
به علت اینکه مقیاس در نقطه‌ی isocenter با مقیاس در عکس قائم برابر است، عکس قائم تنها از ... می‌گذرد.

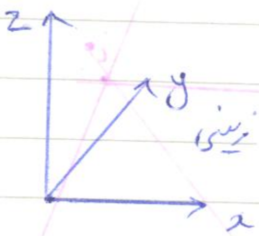
$$S_a = \frac{ao}{A.O} = \frac{f/\cos\beta}{H/\cos(t+\beta)} = \frac{f}{H}(\cos t - \sin t\,tg\beta)$$

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

نسبت به r بزرگ‌تر باشد یا کوچک‌تر

جلسه‌ی پنجم - ۱ آبان - ۸۴



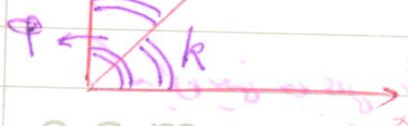


مختصات ۳ بعدی مرکز عدسی دوربین نسبت به سیستم زمینی

projection isocenter coordinate system

با پارامترهای تبدیل: انتقال x_s, y_s, z_s
دوران ω, φ, k یا t, s, α

از بعد مختصات به جهت ثبت کردن نگاه می‌کنیم و چرخش در جهت عقربه‌های ساعت است.



α : aziment

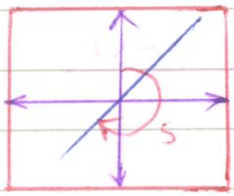
t : tilt

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



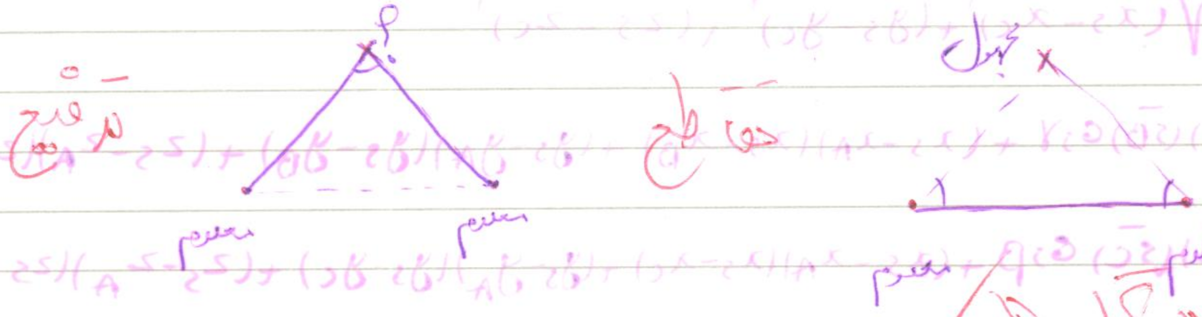
* اگر فقط ω داشته باشیم، خط بزرگ‌ترین شیب منطبق است بر محور y

و

اگر فقط φ داشته باشیم، خط بزرگ‌ترین شیب منطبق است بر محور x

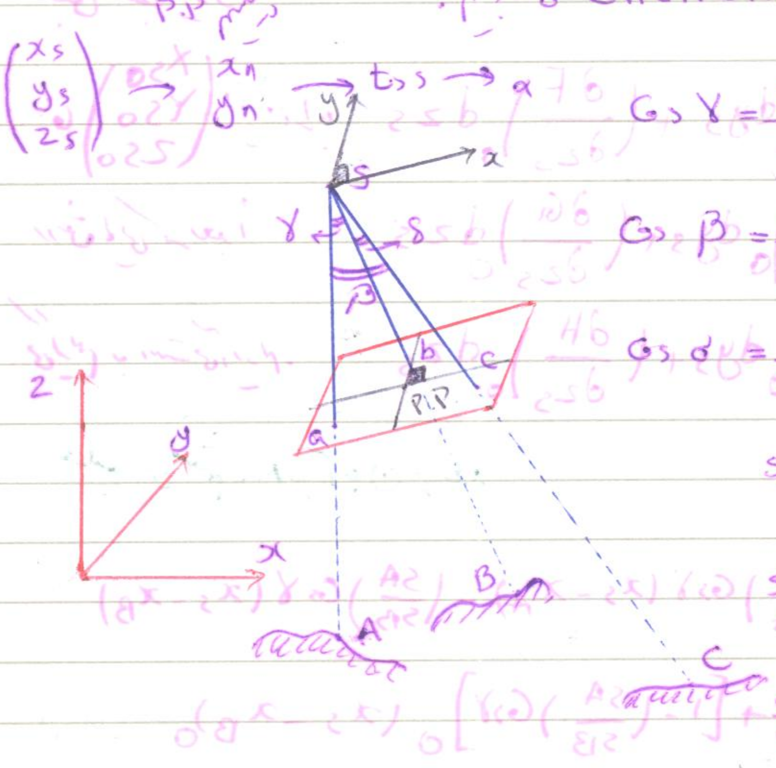
زاویه‌ی آزیموت در فتوگرامتری: زاویه‌ی بین تصویر افقی خط بزرگ‌ترین شیب با محور y زمینی

* 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:



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

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

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

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

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

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

s.a.m

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$H=H_0+\left(\frac{\partial H}{\partial x_s}\right)_0 dx_s+\left(\frac{\partial H}{\partial y_s}\right)_0 dy_s+\left(\frac{\partial H}{\partial z_s}\right)_0 dz_s$$ می گیریم به دست می آوریم.

جلسه ی ششم - ۸ - آبان - ۸٤

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

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

s.a.m

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

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

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

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

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

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

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

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

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

تصحیحات مقادیر اولیه

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

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

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

نوشتن برنامه برای محاسبه ی dx_s و dy_s و dz_s

۱- قرائت مختصات عکسی در بینی نقطه کنترل و بهم [illegible] [بر مبنای [illegible]]

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

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 نقطه‌ی سوم هم استفاده کرد.

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

۵- محاسبه‌ی 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

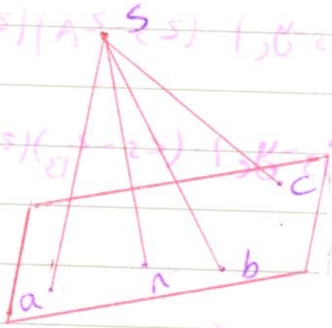
* البته می‌توان این معادله را به روشی که می‌دانیم با بیش از سه معادله حل کرد.

۷- به دست آوردن x_s، y_s و z_s جدید

۸- شرط برای تکرار و توقف
۱) بستگی به مقدار dx_s، dy_s و dz_s دارد
۲) ماکزیمم تکرار، مثلاً ۱۰ بار

* نقاط را باید با پراکندگی حداکثر انتخاب کرد.

interpolation: نقاطی که بین دو نقطه معلوم استفاده می‌شود، دقت برابر با همان نقاط دارند، ولی نقاط خارج آن به زودی دقتشان به تدریج کم می‌شود.
extropolation



برای پیدا کردن t، s و κ حداقل باید سه نقطه‌ی ناظر را داشته باشیم.

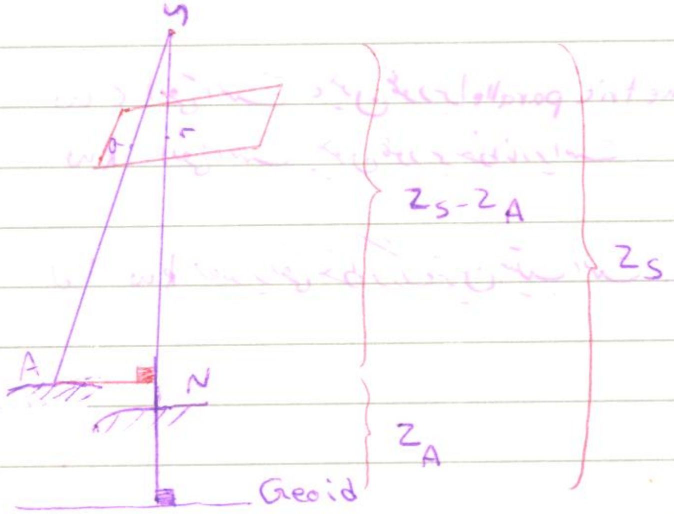
$$\cos \hat{nsa} = \frac{x_a x_n + y_a y_n + f^2}{(\overline{sa})(\overline{sn})}$$

$$\cos \hat{nsb} = \frac{x_b x_n + y_b y_n + f^2}{(\overline{sb})(\overline{sn})}$$

$$\cos \hat{nsc} = \frac{x_c x_n + y_c y_n + f^2}{(\overline{sc})(\overline{sn})}$$

$$(\overline{sn}) = \sqrt{x_n^2 + y_n^2 + f^2}$$

s.a.m



$$\cos \hat{nsa} = \frac{Z_s - Z_A}{(\bar{SA})}$$

$$\cos \hat{nsb} = \frac{Z_s - Z_B}{(\bar{SB})}$$

$$\cos \hat{nsc} = \frac{Z_s - Z_c}{(\bar{Sc})}$$

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

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

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

یکبار دو معادله‌ی اول را اساس قرار می‌دهیم

دیگر بار دو معادله‌ی دوم و سوم را، پس دو معادله

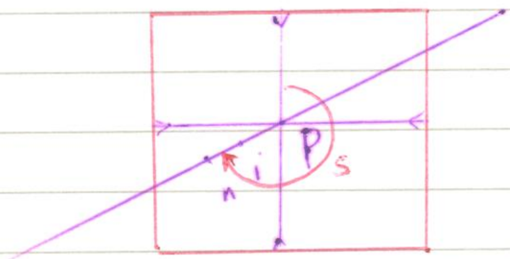
و دو مجهول به دست آمده را حل می‌کنیم:

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

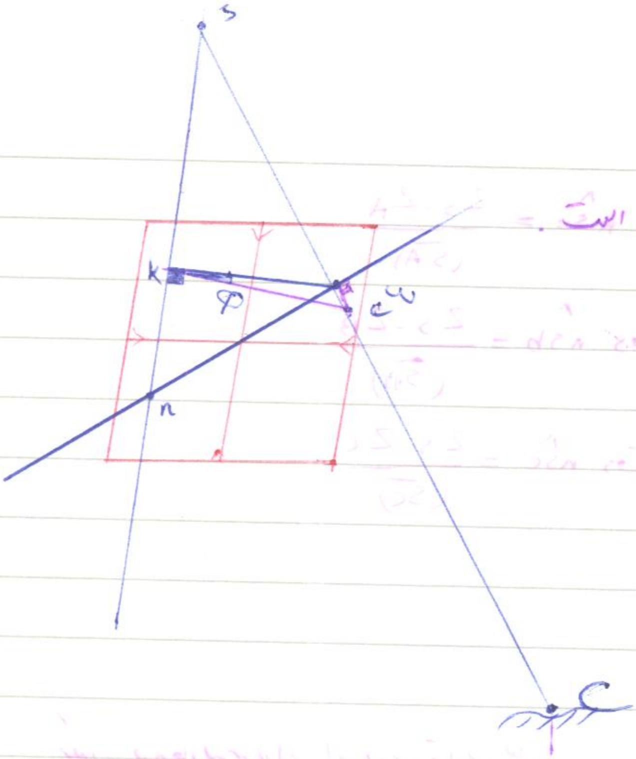
$$\mathrm{II)}\ \left[\frac{x_b}{(\bar{Sb})\cos \hat{nsb}} - \frac{x_c}{(\bar{Sc})\cos \hat{nsc}}\right] x_n + \left[\frac{y_b}{(\bar{Sb})\cos \hat{nsb}} - \frac{y_c}{(\bar{Sc})\cos \hat{nsc}}\right] y_n = \frac{f^2}{(\bar{Sc})\cos \hat{nsc}} - \frac{f^2}{(\bar{Sb})\cos \hat{nsb}}$$

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

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



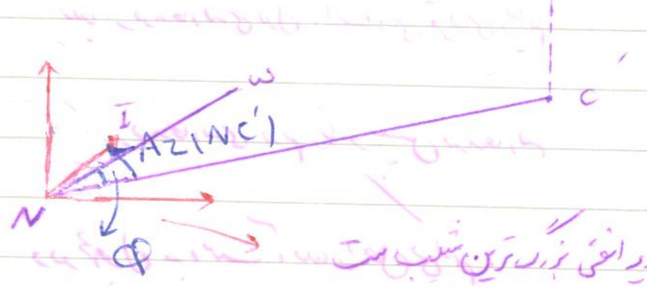
s.a.m



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.



ثابت می‌شود که NI مقدار افقی بزرگترین شیب است

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

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

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

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

$$\alpha = \frac{\alpha_a + \alpha_b + \alpha_c}{3}$$

با سه نقطه‌ی کنترل α را محاسبه می‌کنیم.

جلسه‌ی هفتم - ۱۵ - آبان - ۸٤

جلسه‌ی هشتم - ۲۲ - آبان - ۸٤

relief displacement

جابجایی ارتفاعی در عکس قائم

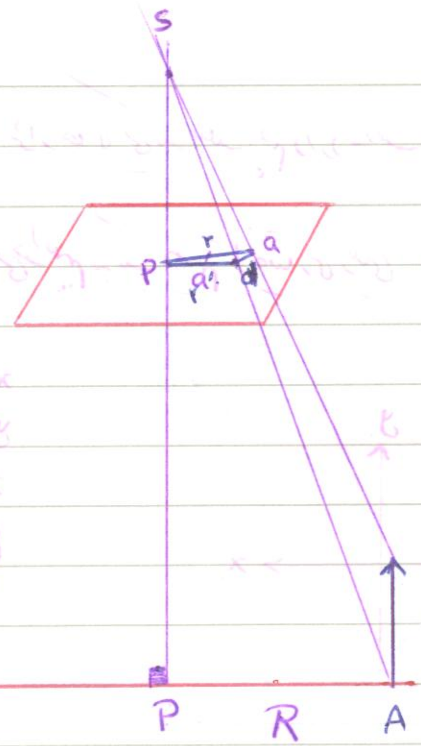
s.a.m

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

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

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

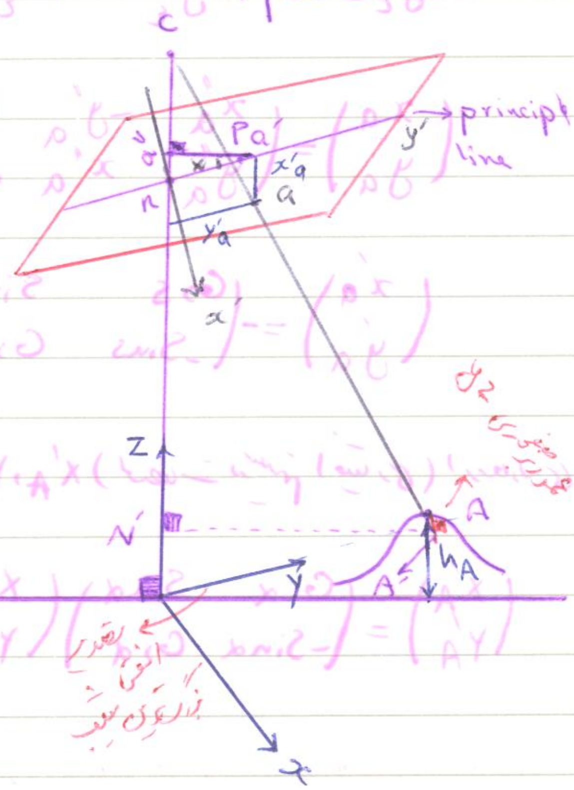
$$\Rightarrow H\overbrace{(r-r')}^{d} = rh_A \Rightarrow d = r\frac{h}{H} \text{ یا } h = \frac{dH}{r}$$



radial distance ناصری شعاعی

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

tilted photo – non-flat terrain حالت دوم:



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

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

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

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

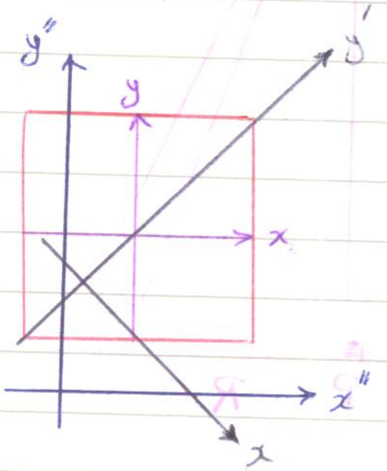
* جابجایی ارتفاعی از نقطه n در جهت شعاعی است.

* جابجایی ارتفاعی را با استفاده از این رابطه هم می‌توان محاسبه کرد، یعنی r ها را صفر نداشته و بار دیگر مقدار واقعی را.

s.a.m

سپس λ ۸ را حساب کرده و بدین ترتیب اختلاف طول دو نقطه برای ترازهایی که به یکدیگر هم دارد به دست می‌آید.

* حال می‌خواهیم شیب 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، d را داریم

بعد:

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

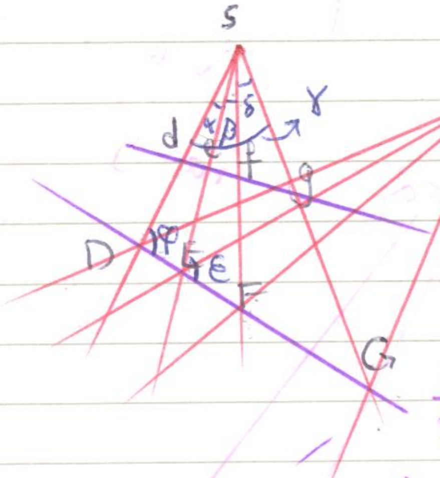
$$\begin{pmatrix} x'_a \\ y'_a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos s & \sin s \\ -\sin s & \cos s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ f\,tg\,t \end{pmatrix}$$

با استفاده از معادله‌ی بالا X_A, Y_A را هم داریم، بعد: X'_A, Y'_A (مختصات در سیستم اختیاری) از معادله‌ی

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

زیر را استفاده می‌کنیم: $\alpha =$ آزیموت (سوان)

روش دیگر برای تبدیل مختصات عکسی دو نقطه به مختصات زمینی دو نقطه [با فرض عدم وجود خطای اختلاف ارتفاع]



قطب: نقطه‌ای که شعاع‌ها در آن متقاطع اند

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

نسبت توافقی

این نسبت توافقی برای 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 هندسه‌ی پروژکتیو

1.D invariant

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

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

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

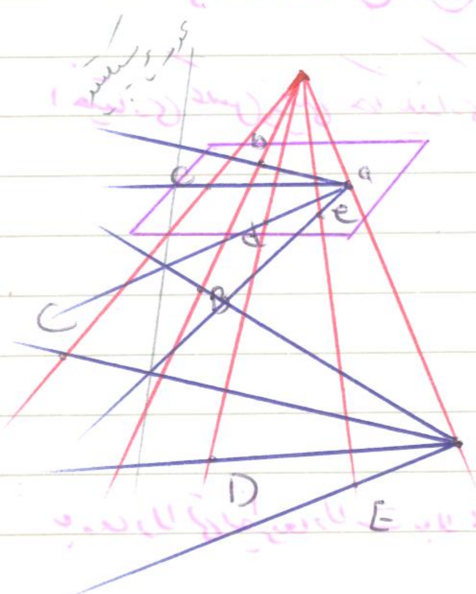
$$EF = sF\,\frac{\sin\beta}{\sin\varepsilon}$$

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

که می‌بینیم مستقل از طول‌ها است.

این نسبت برای چهار شعاع ثابت است.

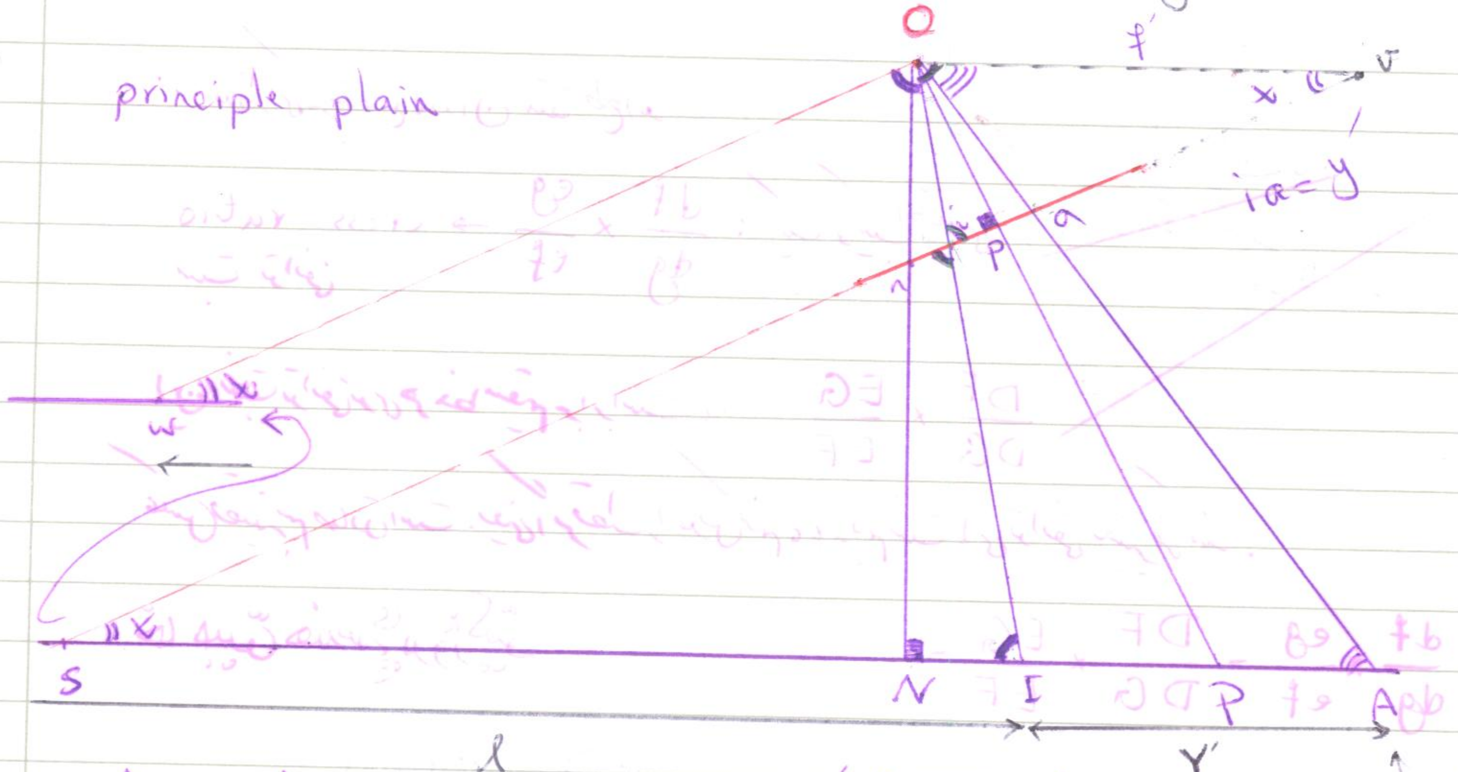
2.D invariant



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

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

نقطه‌ی گریز vanishing point



$$\overset{\Delta}{WoA} \sim \overset{\Delta}{aVo} \Rightarrow \frac{WA}{Wo} = \frac{Vo}{Va} \Rightarrow \frac{Y'+l}{l} = \frac{f'}{f'-y'}$$

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

$$\frac{X'}{x'} = \frac{OA}{Oa} = \frac{Wo}{Va} = \frac{l}{f'-y'} \Rightarrow X' = \frac{l x'}{f'-y'} \quad \text{(II)}$$

جلسه‌ی 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 جابجا کنیم به معادلات 2-D invariant می‌رسیم:

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos s & \sin s \\ -\sin s & \cos s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \end{pmatrix}$$

مختصات در سیستم کلی — دوران — مختصات در سیستم ج.م — انتقال

به معادلات تبدیل معادلات بالا، سیستم اختیاری عکس را به x و y معادلات (I) و (II) مربوط کرده‌ایم.

s.a.m

معادله‌ای شبیه معادله‌ی بالا در دو سیستم اختیاری زمینی را به X و Y معادله‌ی I و II مربوط می‌کنیم و با جایگذاری 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 کلی 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 دوبعدی به فضای دوبعدی 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)

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

سیستم مختصات اختیاری زمینی

8-parameter projection

الگوریتم 6 معروف‌ترین برای حل معادلات 2-D invariance

s.a.m

۱- قرائت مختصات عکسی نقاط نسبت به یک سیستم اختیاری

توضیح

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

۳- تشکیل ماتریس A و F

۴- تشکیل معادلات نرمال $A^TAX = A^TF$

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

۶- ذخیره‌ی ضرایب پروژکتیو n پارامتری

مطالع

۷- قرائت ضرایب از فایل مربوط

۸- قرائت مختصات عکسی هر نقطه‌ی اختیاری

۹- محاسبه‌ی مختصات اختیاری زمینی

* ضرایب پروژکتیو حسب پارامترهای church

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

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

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

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

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

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

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

$$tg(s-\alpha) = \frac{a_2(a_2b_1 - b_2a_1) + b_2(a_2b_2 - b_2a_2)}{a_2(-a_2b_2 + b_2a_2) + b_2(a_2b_1 - b_2a_1)}$$

$$l = (f' - y_t)^2 \left[\frac{a_2(a_2b_1 - b_2a_1) + b_2(a_2b_2 - b_2a_2)}{\sin(s-\alpha)} \right]$$

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

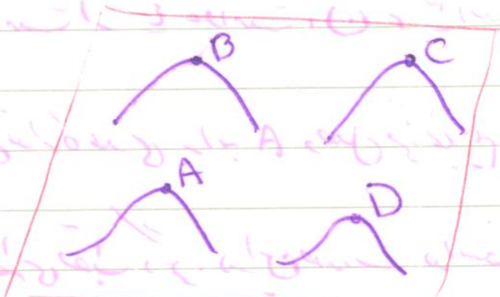
$$y_t = \frac{f' - y_t}{l} \left[(C_1 - X_T)\sin\alpha + (C_2 - Y_T)\cos\alpha \right]$$

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

تمرین: چهار نقطه‌ی کنترل زمینی داریم که دارای ارتفاع‌های متفاوت هستند ولی زمین مسطح است. از این منطقه عکس برداشته‌ایم و مختصات عکسی این چهار نقطه را اندازه‌گیری کرده‌ایم. 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 n را به طور تقریبی منطبق بر P می‌گیریم :



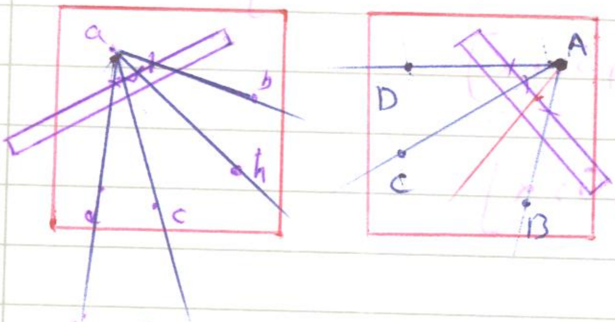
ترمیم راستی rectification

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

از یک عکس با مقیاس $\frac{1}{10,000}$ نقشه ای با مقیاس $\frac{1}{5000}$ به خطای شیب حذف شده تهیه کنیم. باید

داساس این روش بند بندی پرسپکتیو (1-D invariance) می باشد.

شرح: در این روش به ٤ نقطه ی کنترل نیاز داریم. چهار نقطه ی کنترل A و B و C و D که مختصاتشان



روی نقشه معلوم است داریم

می خواهیم متناظر نقطه ی h را در نقشه به دست آوریم.

یک نقطه روی صفحه ی عکس از بین نقاط a و b و c و d

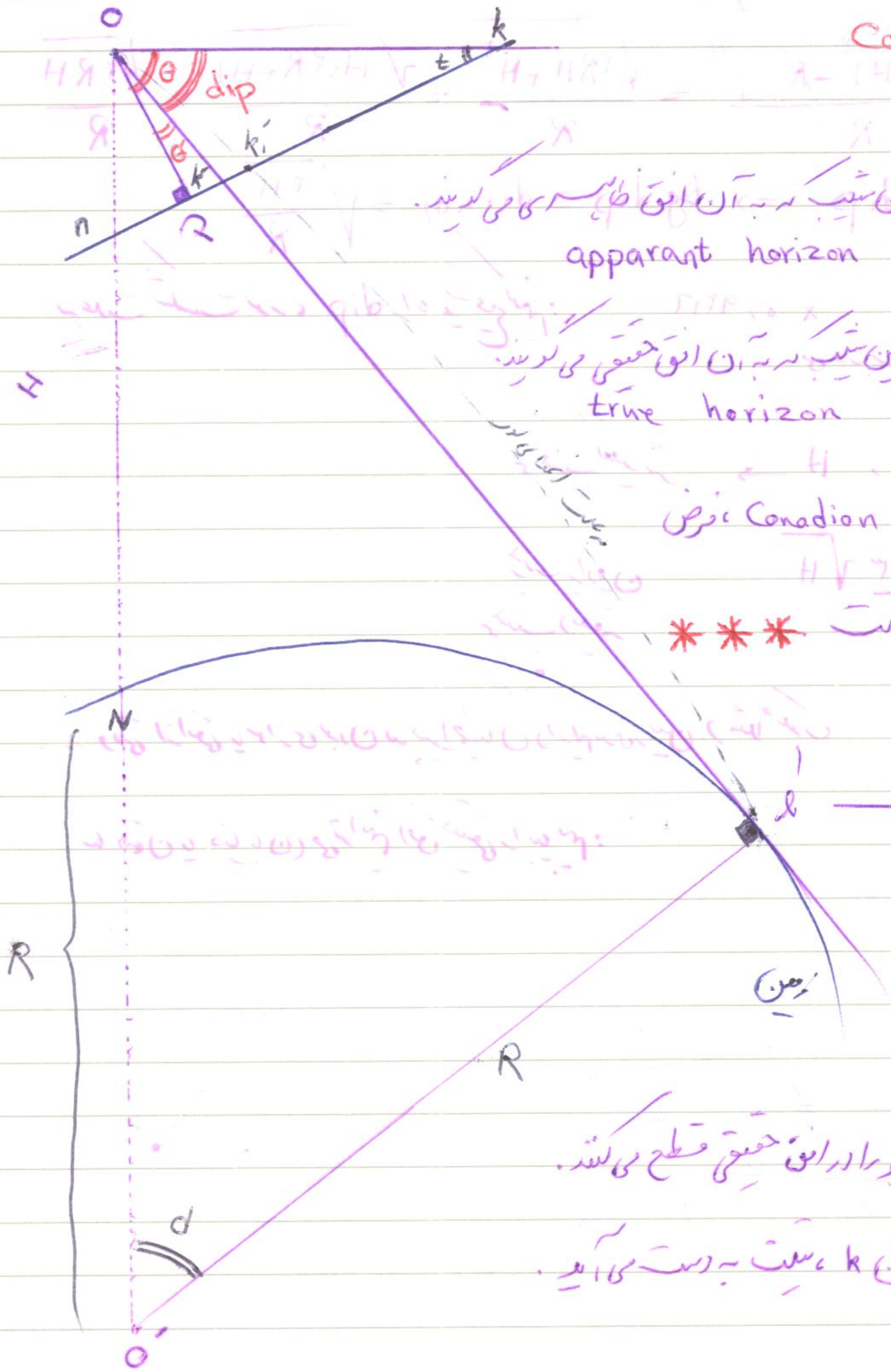
(نقاط کنترل) به عنوان قطب انتخاب نموده به نقاط دیگر وصل می نماییم. برای نمونه a را به عنوان قطب انتخاب نموده به b و c و d و h وصل می نماییم. چون a را در عکس به عنوان قطب انتخاب نمودیم، در نقشه نیز نقطه ی متناظرش یعنی A را به عنوان قطب انتخاب نموده به نقاط کنترل دیگر وصل می نماییم. یک نوار کاغذی برمی داریم روی عکس قرار می دهیم. (به صورت دلخواه) محل تقاطع اشعه ها را با نوار کاغذی علامت می زنیم. نوار کاغذی علامت خورده را از روی عکس برداشته روی نقشه قرار می دهیم. نوار کاغذی را آنقدر روی نقشه جابجا می کنیم تا سه علامت از ٤ علامت آن بر ٣ اشعه ی خارج شده از A منطبق گردد. بعد از انطباق نقطه ی چهارم روی نوار کاغذی را به A وصل می نماییم و امتداد می دهیم. همین مراحل را دوباره تکرار می کنیم، منتها با انتخاب نقطه ی قطب دیگر. در این صورت دو اشعه متناظر نقطه ی h روی نقشه همدیگر را در یک نقطه قطع می کنند. این نقطه همان نقطه متناظر h روی عکس است. بدین صورت با روش بیان شده می توان تمامی نقاط روی عکس را به نقشه برد.

جلسه‌ی دهم - ۱۳ - آذر - ۸۴

(Canadian grid method)

تصحیح خطای های ناشی از شیب
- عکس های نزدیک به قائم
- عکس های مایل

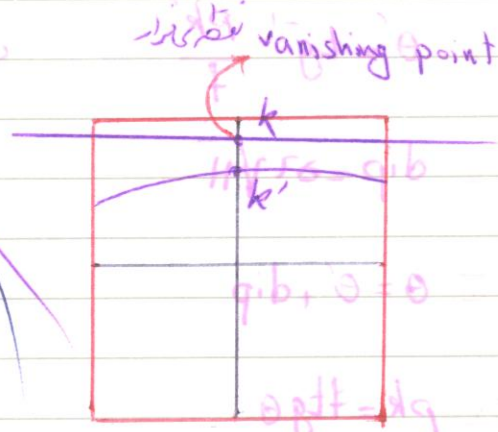
Canadian Grid METHOD



k' : خطی است عمود بر بزرگترین شیب که به آن افق ظاهری می گویند.
apparant horizon

k : خطی است عمود بر بزرگترین شیب که به آن افق حقیقی می گویند.
true horizon

*** در روش Canadian Grid فرض بر این است که زمین مسطح است ***



** تمام خطوط موازی یکدیگر را در افق حقیقی قطع می کنند.

در مثلث opk ، با داشتن k ، شیب به دست می آید.

دو زاویه که از فعلا مستان حجم محدود است، مساوی‌اند

$d = dip$ مقدار به dip را از روی زمین اندازه می‌گیریم:

$$\theta = \theta' + dip \Rightarrow \theta = \theta' + d$$

θ = true depression angle

θ' = apparant depression angle

$$tg\,d = \frac{ol'}{R} = \frac{\left[(R+H)^{2}-R^{2}\right]^{1/2}}{R} = \frac{\sqrt{2RH+H^{2}}}{R} = \frac{\sqrt{H(2R+H)}}{R} \simeq \frac{\sqrt{2RH}}{R}$$

$$= \sqrt{\frac{2H}{R}} = tg\,dip \Rightarrow tg\,dip \simeq d(rad) = \sqrt{\frac{2H}{R}}$$

به علت شکست نور، dip را باید تصحیح کنیم:

$$\underset{\text{تصحیح شده برای انکسار نور}}{dip} = \underset{\text{ی سنجیده}}{dip} \times 0{,}9216$$

اگر $R = 6370\,km$ ، $H \rightarrow$ برحسب متر

$$\begin{cases} d = 0{,}01633\sqrt{H} & \text{برحسب رادیان} \\ d = 56\sqrt{H} & \text{برحسب ثانیه} \end{cases}$$

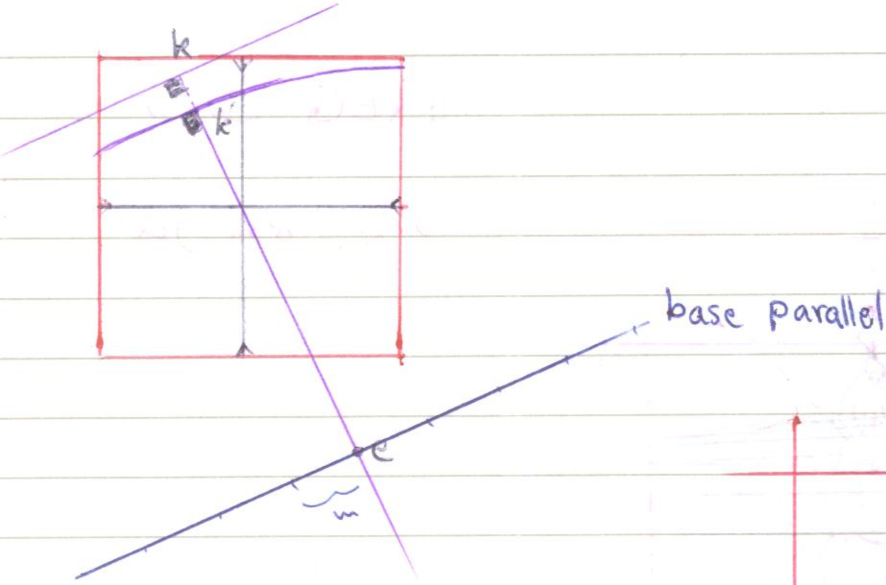
I) $\theta' = tg^{-1}\dfrac{pk'}{f}$ ← وقتی از افقی یا موازی بودن دو خط اطمینان داریم روی زمین (مثلاً عکس

II) $dip = 56\sqrt{H}$ ساختمان یا خیابان) می‌توانیم افق حقیقی را بیابیم:

III) $\theta = \theta' + dip$

IV) $pk = f\,tg\,\theta$

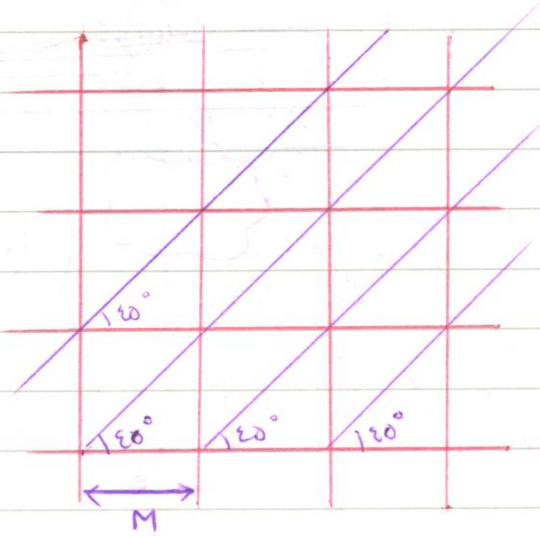
s.a.m



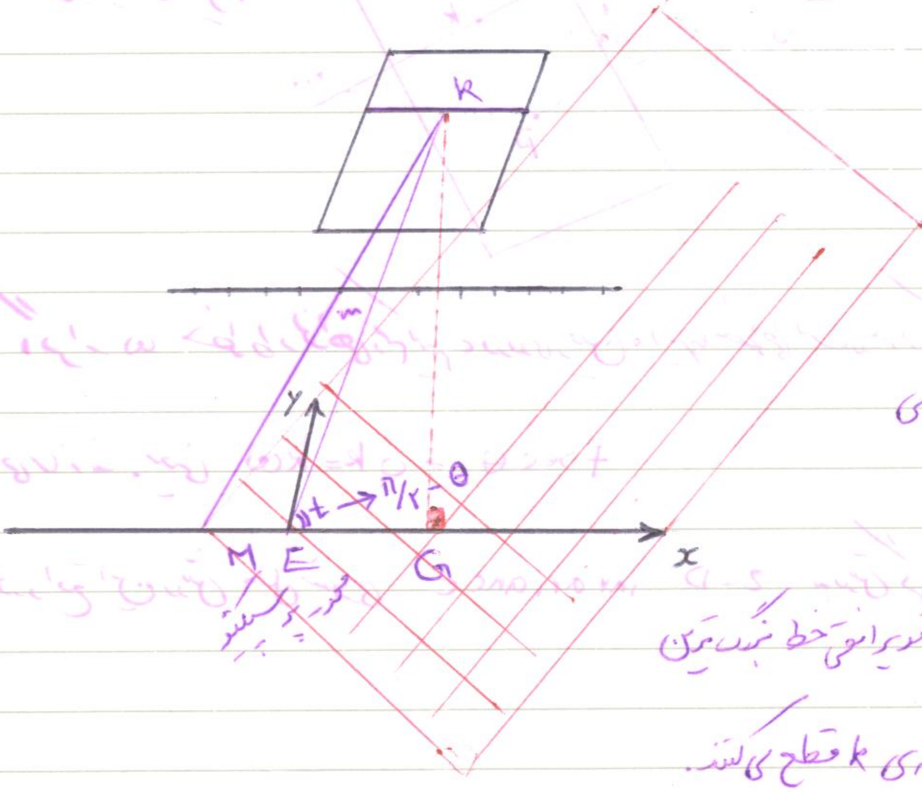
e: یک نقطه ی دلخواه

مقدار m را باید بیابیم.

مقیاس $\frac{1}{50{,}000}$



از اینجا مقدار m محاسبه می شود.



* تمام خطوط موازی همدیگر را روی افق حقیقی قطع می کنند.

* کلیه ی خطوط موازی که موازی تصویر افقی خط بیشترین شیب باشند، یکدیگر را روی نقطه ی k قطع می کنند.

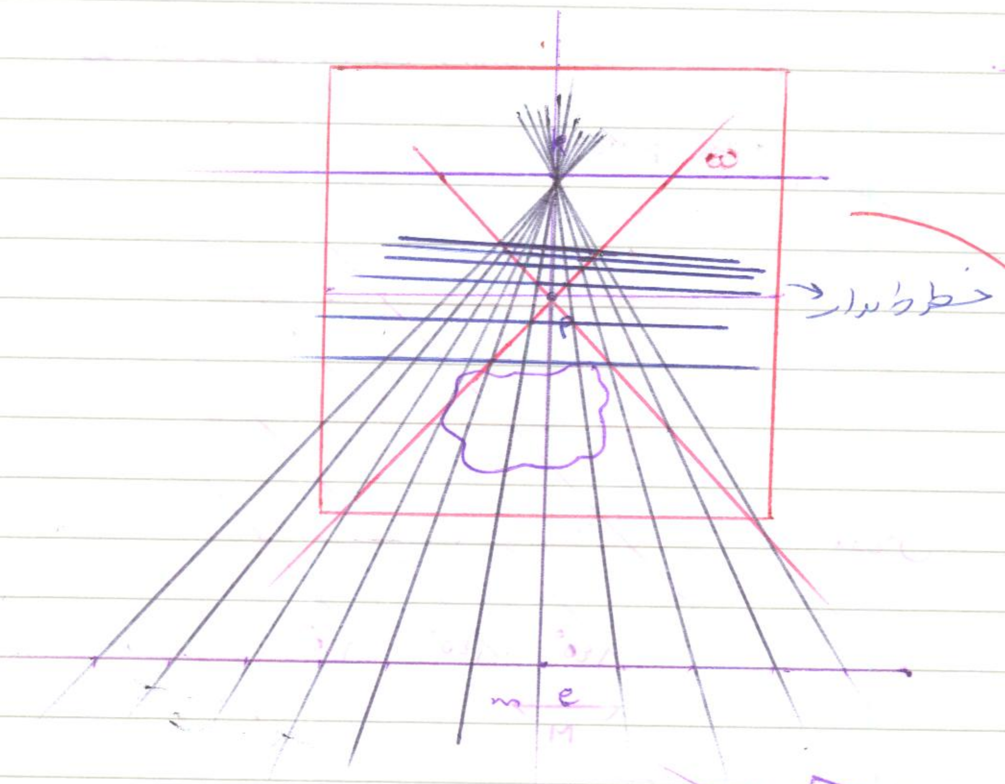
این خطوط را رسم می کنیم:

$$\frac{m}{ke} = \frac{M}{KE} \Rightarrow m = \frac{ke\,M}{KE}$$

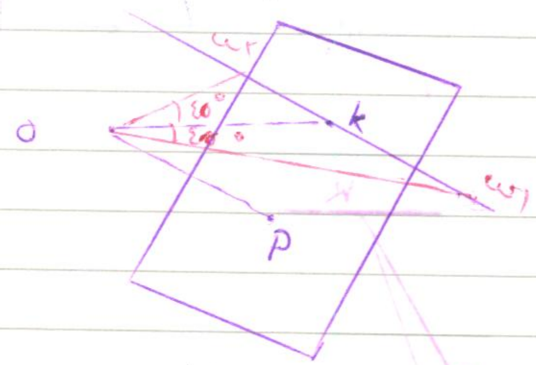
$kE = H\sec\theta$

در مثلث kEG :

حال m محاسبه می شود



از زاویه ای دیگر :



اگر از ω خطوطی رسم کنیم در روی زمین ، اینها خطوطی هستند موازی که با مدارات زمینی زاویه ی 45°

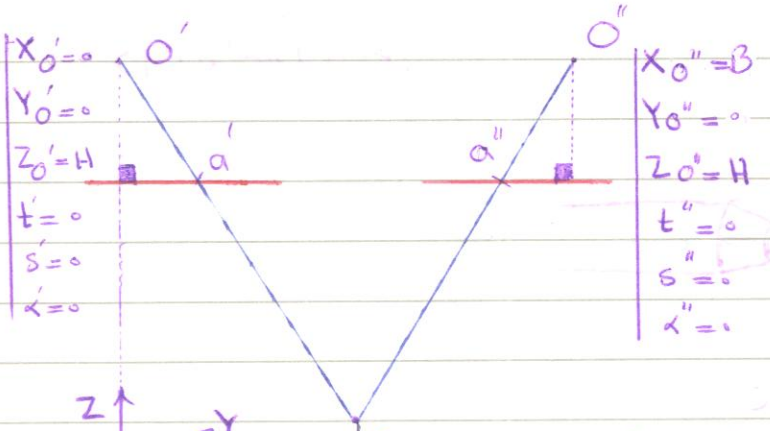
می سازند یعنی $ok = k\omega = f\sec\theta$

در واقع این روش حل شده ی 2-D invariance به روش گرافیکی است .

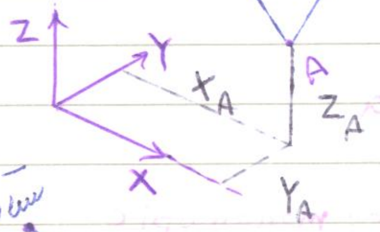
Stereoscopy   کار با دو عکس

فرض می کنیم ترسیم فضایی برای هر دو عکس حل شده باشد .

s.a.m



* شرط اینکه بشود ارتفاعی برای نقطه‌ای کسب کرد به کمک عکس هوایی، این است که پارالاکس نقطه اندازه‌گیری شود.

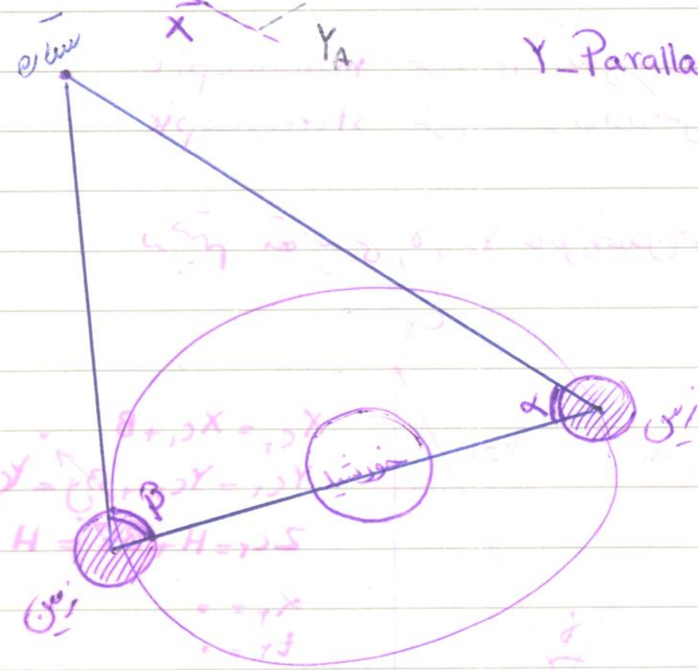


$X\_Parallax = x_{a'} - x_{a''}$: X

$Y\_Parallax = y_{a'} - y_{a''}$: Y

پارالاکس

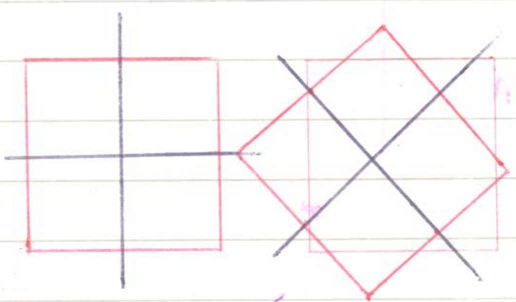
اختلاف منظر



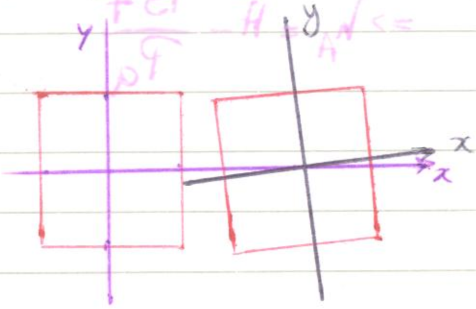
با اندازه‌گیری α و β می‌توان مختصات ستاره را کسب کرد.

جلسه‌ی یازدهم - ۲۰ - آذر - ۸۴

حال مسئله را کمی پیچیده‌تر می‌کنیم:

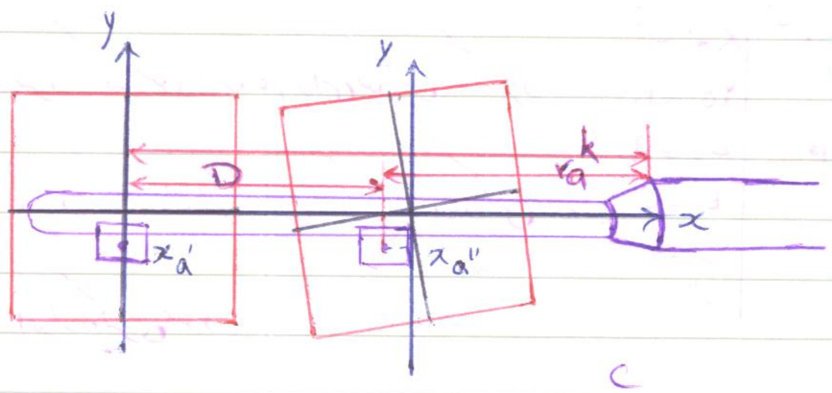


یه متن خط پرداز: متناظر o' را در عکس راست، متناظر o'' را در عکس چپ می‌یابیم. در این حالت اگر سیستم مختصات را عوض کنیم، دیگر P_y نداریم و P_x را به پارالاکس x اندازه می‌گیریم.



سیستم مختصات پارالاکس x

D : فاصله بین دو عکس



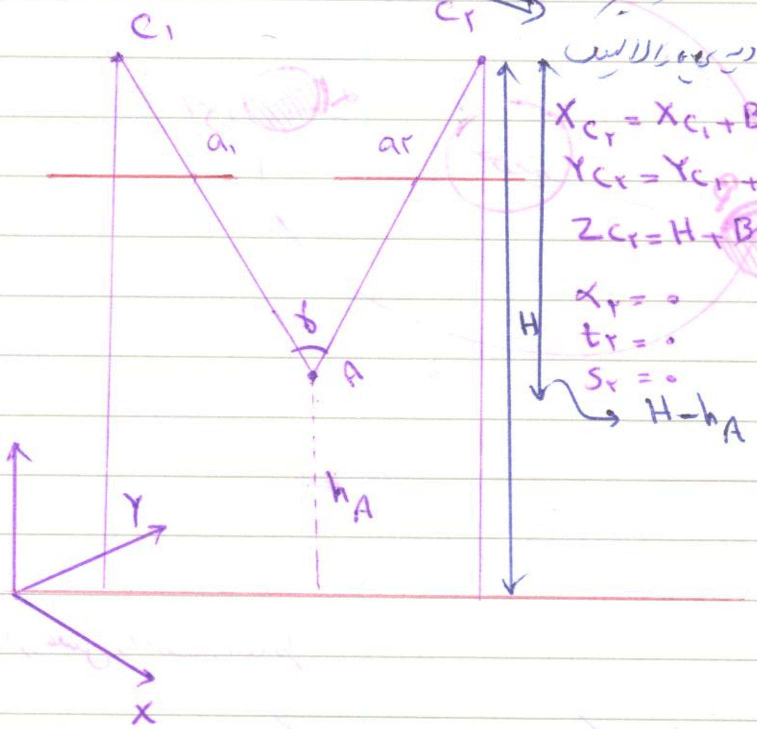
$$P_a = x_a' - x_a'' = D - (k - r_a) = \overbrace{(D-k)}^{C} + r_a = C + r_a$$

monoscopic : اول دیدن یک عکس و بعد دیدن عکس دیگر

stereoscopic : دیدن همزمان هر دو عکس

* در چشم مقایسه ی γ_1 , γ_2 عامل تعیین عمق است.

X_{C_1}
Y_{C_1}
Z_{C_1}
$\alpha_1 = 0$
$t_1 = 0$
$S_1 = 0$



$X_{C_2} = X_{C_1} + B$
$Y_{C_2} = Y_{C_1} + \cancel{B_y} = Y_{C_1}$
$Z_{C_2} = H + \cancel{B_Z} = H$
$\alpha_2 = 0$
$t_2 = 0$
$S_2 = 0$

$H - h_A$

$$\frac{X_A}{H-h_A} = \frac{x_{a_1}}{f} \qquad X_A = \frac{x_{a_1}}{f}(H-h_A)$$

$$\frac{B-X_A}{H-h_A} = \frac{-x_{a_2}}{f} \qquad X_A = B + \frac{x_{a_2}}{f}(H-h_A) \qquad \Rightarrow h_A = H - \frac{Bf}{P_a}$$

$$\frac{Y_A}{H-h_A} = \frac{y_{a_1}}{f}$$

$$\begin{cases} X_A = B\dfrac{x_{a_1}}{P_a} \\ Y_A = B\dfrac{y_{a_1}}{P_a} \end{cases}$$

$$\gamma = 2tg^{-1}\left\{\frac{d(1-overlap)}{2f}\,Cos\left(\frac{L\,Fov}{2}\right)\right\} \rightarrow 2tg^{-1}\left(\frac{x_{a_1}}{f}\right)$$

حال روش دیگری ارائه می شود.

$$\sigma_{h_A} = \sqrt{2}\,\sigma_x\,\frac{(H-h_A)^2}{2H.f.tg(\frac{\gamma}{2})}$$

تمرین:

$x_{a_1} = 53.4\ mm$ $\quad x_{b_1} = 88.9\ mm$ $\quad B = 390\ m$

$y_{a_1} = 50.8\ mm$ $\quad y_{b_1} = -46.2\ mm$ $\quad f = 152.4\ mm$

$x_{a_2} = -38.2\ mm$ $\quad x_{b_2} = -2.1\ mm$ $\quad H = 1232\ m$ AMSL

$y_{a_2} = 50.8\ mm$ $\quad y_{b_2} = -47.2\ mm$

$X_A, Y_A, h_A, X_B, Y_B, h_B = ?$

$P_a = 53.4-(-38.2) = 91.2\ mm$

$P_b = 92\ mm$

$h_A = H - \dfrac{Bf}{P_a} = 585\ m$ AMSL

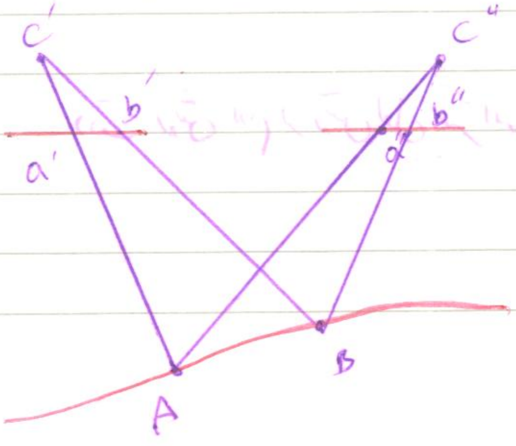
$h_B = 614\ m$ AMSL

$X_A = B\dfrac{x_{a_1}}{f} = 227\ m \quad , \quad X_B = 361\ m$

$Y_A = 216\ m \quad\quad Y_B = -190\ m$

$$\text{طول افقی} = \sqrt{(x_B-x_A)^2+(y_B-y_A)^2} = 422.5\ m$$

$$\text{طول مایل} = \sqrt{(422.5)^2+\Delta H^2} = 428.5\ m$$



معادلات پارالاکس را برای ۴ عکس تعمیم دهید

$$h_A = H - \frac{B.f}{P_a} \quad , \quad h_B = H - \frac{Bf}{P_b}$$

$$P_a = \frac{B.f}{H - h_A} \quad ; \quad P_b = \frac{Bf}{H - h_B}$$

$$P_a - P_b = \Delta P_{ab} = \frac{f.B(h_A - h_B)}{(H - h_A)(H - h_B)}$$

$$h_A = h_B + \frac{\Delta P(H - h_B)}{P_a}$$ B معلوم است

$$h_A = \underbrace{h_B}_{0} + \frac{\Delta P(H - h_B)}{P_a} \Rightarrow h_A = \Delta P \frac{H}{P_a} = \frac{\Delta P.H}{b + \Delta P} \simeq \frac{\Delta P.H}{b}$$

$$\Delta P = P_a - \underbrace{P_b}_{b} \Rightarrow P_a = b + \Delta P$$

جلسه‌ی دوازدهم - ۲۷ - آذر - ۸۴

در ادامه‌ی بحث قبلی می‌خواهیم ارتفاع پرواز در بازه عکسبرداری را محاسبه کنیم

ارتفاع پرواز

روش اول:

$$(AB)^2 = (X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2$$

$$= \left(\frac{x_b}{f}(H - h_B) - \frac{x_a}{f}(H - h_A)\right)^2 + \left(\frac{y_b}{f}(H - h_B) - \frac{y_a}{f}(H - h_A)\right)^2$$

$$aH^2 + bH + c = 0$$

در y هم بسط P.P.

$$h_A = H - \frac{B.f}{P_a}$$

روش دوم:

* دقت روش دوم از روش اول بیشتر است.

[illegible]

روش اول:

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

$$=\sqrt{\left(\frac{Bx_b}{P_b}-\frac{Bx_a}{P_a}\right)^2+\left(\frac{By_b}{P_b}-\frac{By_a}{P_a}\right)^2}$$

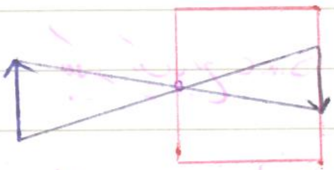
$$\Rightarrow B=\frac{AB}{\sqrt{\left(\frac{x_b}{P_b}-\frac{x_a}{P_a}\right)^2+\left(\frac{y_b}{P_b}-\frac{y_a}{P_a}\right)^2}}$$

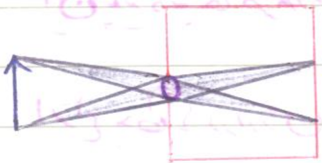
روش دوم:

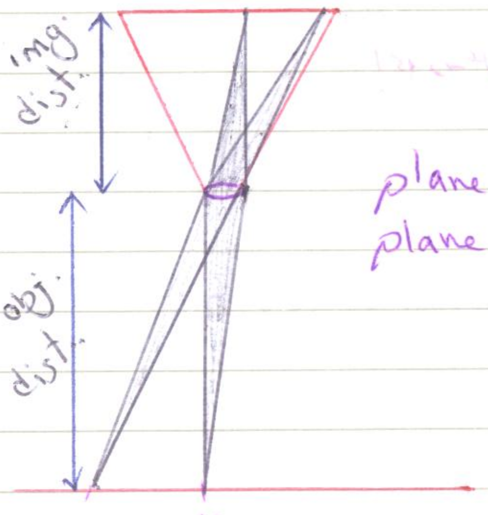
$$B=(H-h)\frac{P}{f}$$

بررسی ساختار دوربین‌ها

تمام مسائلی که تا کنون داشته‌ایم در آن دوربین Pin hole بوده است. ولی در واقعیت Pin hole camera نداریم، به علت پدیده‌ی diffraction و دیگری اینکه فیلمی اینقدر حساس نداریم بتواند یک نور تک را مشهود کند. پس باید از عدسی استفاده کنیم که به جای ray، a bundle of ray وارد دوربین می‌شود. حال که از عدسی استفاده می‌کنیم، شکل جدیدی ایجاد می‌شود و آن است که موقعیت صفحه‌ی تصویر کجا باید باشد.







بهترین صفحه‌ی تصویر: plane of best focus یا plane of optimum focus می‌گوییم و از رابطه‌ی زیر تبعیت می‌کند:

$$\frac{1}{h}+\frac{1}{P}=\frac{1}{f}\rightarrow \text{فاصله‌ی کانونی عدسی}$$

h: فاصله‌ی شی تا عدسی

P: فاصله‌ی صفحه‌ی تصویر تا عدسی

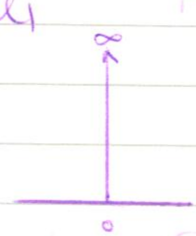
اگر عکس خیلی دور باشد، راجع به f نگرانی نداریم چون: $h \to \infty \Rightarrow p = f$

focal plane: صفحه‌ای که به فاصله‌اش از عدسی برابر f باشد.

یعنی در عکس برداری: (f) فاصله اصلی = فاصله کانونی

اطلاعات در عکس:
- هندسی metric
- نوری radiometric (pictural)

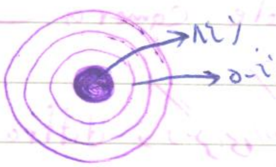
نقطه‌ی کامل: $\delta(x)$ Dirac delta function →



diffraction

* اگر یک عدسی کامل داشته باشیم، $\delta(x)$ را از آن عبور بدهیم، تصویر آن $\delta(x)$ نخواهد بود. به خاطر خطای

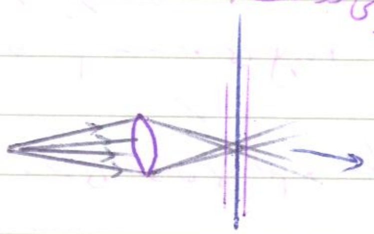
بلکه یک تابع sinc می‌شود: $\frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$ اگر از بالا نگاه کنیم:



این پدیده به خاطر خاصیت ماهیت فیزیکی نور است.

انواع خطا در دوربین:

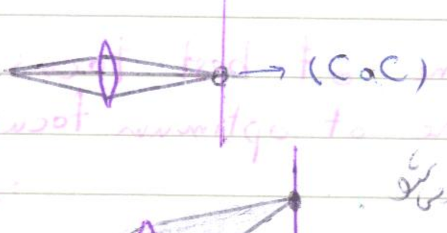
1) chromatic ab.



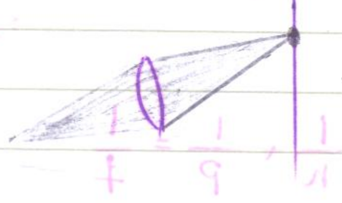
دایره‌ی ابهام
Circle of confusion (CoC)

این به علت اختلاف طول موج است.

2) spherical ab.

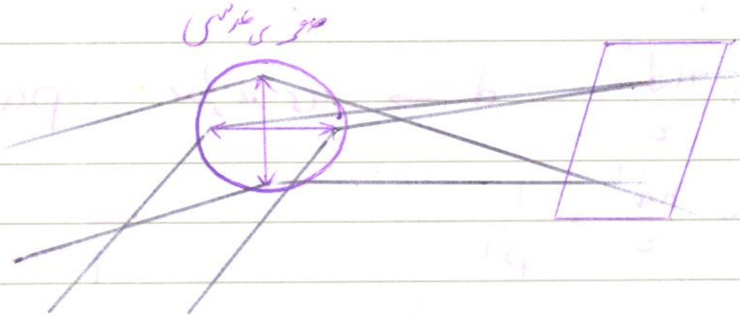


3) coma ab.



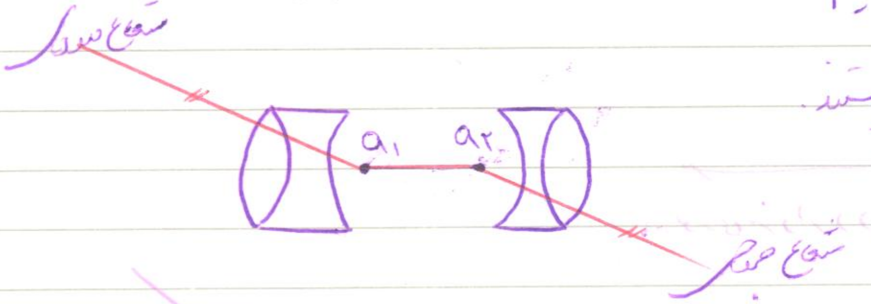
مثل ستاره‌های دنباله‌دار می‌شود

۴) astigmatism ab.



خطاهای عدسی
- aberration — ایجاد خطای هندسی به طور غیر مستقیم
- distortion — ایجاد خطای هندسی به طور مستقیم

شعاع ورودی و خروجی با هم موازی هستند.

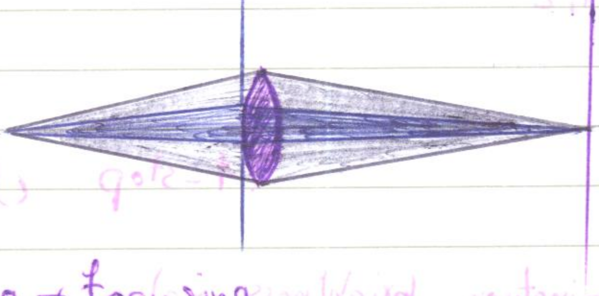


emerging ray

distortion
- tangential distortion — اعوجاج مماسی
- radial distortion — اعوجاج شعاعی

shutter & diaphragm ← بحث دیگری که در این مبحث حائز اهمیت است ،

می باشد . هر چه زاویه ی تابش نور (α) کم تر باشد ، دایره ی ابهام کم تر می شود.

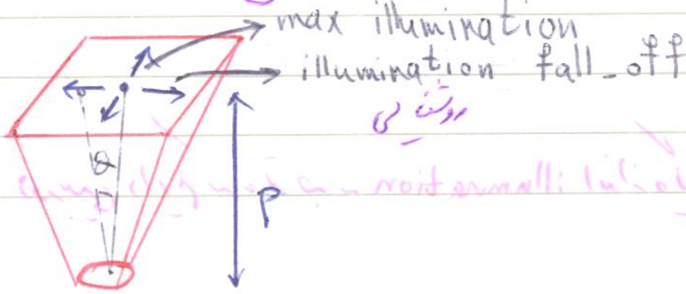


دایره ی ابهام به علت خطا در صفحه ی ایمیج

فوکوس مورد نظر از جنبه ی شیمی هم ایجاد می شود.

blurring ≠ focusing

blurring نسبت مستقیم با دایره ی ابهام دارد



جلسه ی سیزدهم - ۳ - دی - ۸۴

مساحت صفحه عدسی : $\frac{\pi d^2}{4}$, $d \rightarrow$ قطر عدسی , aparture

illumination $\sim \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{p^2} \Rightarrow \frac{1}{f^2}$ در بی نهایت

نقطه ای

مقدار روشنایی در هر صفحه ی تصویر : $E\varphi = E_0 \cos^4 \varphi$ $\quad E_0$ روشنایی در مرکز تصویر

brightness value, factor $= \sqrt{\frac{d^2}{f^2}} = \frac{d}{f}$

$f\_stop = \frac{1}{B.V.} = \frac{f}{d}$

$f\_stop \sim \frac{1}{\text{نوری که وارد دوربین می شود}}$

shutter speed , Δt مدت زمانی که نور اجازه ی ورود به دوربین دارد.

$(f\_stop)_1 \Rightarrow \frac{f}{d_1} = 1$ $\quad d_1 \quad S_1 = S$

اعداد معمول f_stop

$(f\_stop)_2 \Rightarrow \frac{f}{d_2} = 1,4$ $\quad d_2 \quad S_2 = \frac{1}{2} S_1$

$S_1 = \frac{\pi (d_1)^2}{4} \Rightarrow S_2 = \frac{\pi (d_2)^2}{4} \Rightarrow d_2 = \frac{d_1}{\sqrt{2}}$

$(f\_stop)_2 = \frac{f}{\frac{d_1}{\sqrt{2}}} = \frac{f}{d_1}\sqrt{2} = 1,4$

1, 1.4, 2.8, 5.6, 11, 16, 22 : f-stop اعداد متداول

total exposure $\longrightarrow$ total illumination brightness value

total exposure $= S \times t$ $\;\; S \rightarrow$ مساحت $\;\; t \rightarrow$ زمان

اندازه گیری از طریق دستگاهی بنام نور سنج

مثلا : دوربینی داریم که با توجه به illumination اندازه گیری شده ، می خواهیم ثبت s و t را بیابیم .

s.a.m

f_stop = ۴
shutter speed = $\frac{1}{500}$ s

shutter speed = $\frac{1}{1000}$ s
f_stop = ?

[total exposure]$_1$ = [total exposure]$_2$

$S_1 \times t_1 = S_2 \times t_2 \Rightarrow S_2 = S_1 \frac{t_1}{t_2}$ (I)

$S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$, $S_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$

f_stop = ۴ , $d_1 = \frac{f}{f\_stop} = \frac{f}{4}$

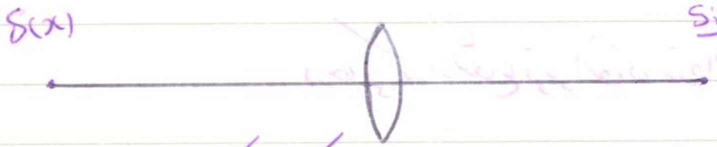
در (I) جایگزین می‌کنیم : $\frac{\pi (d_2)^2}{4} = \frac{\pi (d_1)^2}{4} \times \frac{\frac{1}{500}}{\frac{1}{1000}} \Rightarrow \frac{f}{d_2} = 2.8 = (f\_stop)_2$

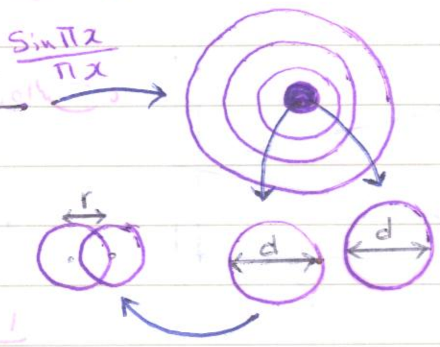
Camera Resolution قدرت تفکیک دوربین

- ① عدسی
- ② فیلم
- ③ image motion (مهم‌ترین عامل)
- ④ f_stop → عمق میدان

به علت diffraction

① عدسی





r = فاصله حدی ، فاصله‌ای است که دیگر دو نقطه را نمی‌توان از هم تشخیص داد.

قدرت تفکیک برای ab. free diff. limitted (تحلیلی) ، $\frac{1}{r} = \frac{1}{1.22\,\lambda\,(\frac{f}{d})}$: قدرت تفکیک

λ ← طول موج نور

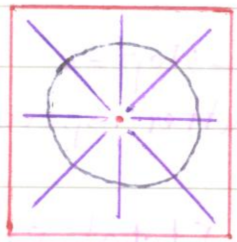
$\lambda = 0.56 \times 10^{-6}\,m$ (نور مرئی) $\longrightarrow \frac{1}{r} = \frac{1460}{f\text{-}stop}$

یعنی در هر میلی‌متر، $\frac{1}{r}$ خط روشن و تاریک قابل تشخیص است.

s.a.m

$$\text{radial resolution fall-off} = \frac{۱۴۶۰}{\text{f-stop}} \times \cos\varphi$$

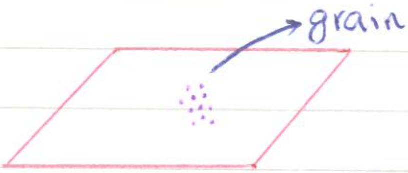
$$\text{tangential resolution fall-off} = \frac{۱۴۶۰}{\text{f-stop}} \cos^{۳}\varphi$$



* هرچه به گوشه‌ی تصویر نزدیک‌تر شویم، قدرت تفکیک کاهش می‌یابد. ۲

t

③ فیلم



granularity دانه‌بندی

slow films دانه‌بندی ریز

fast films دانه‌بندی درشت

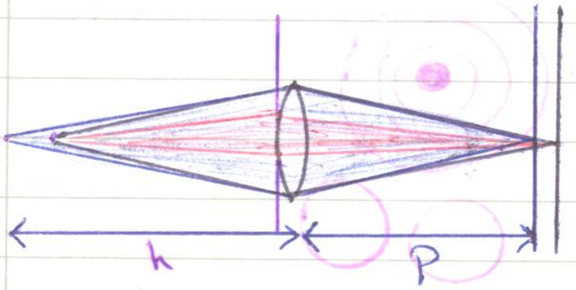
قدرت تفکیک عکس که به طور معمول: $\frac{1}{۱۸۰}$ ، $\frac{1}{۴۰}$ ، $\frac{1}{۲۰}$

$\frac{1}{۱۸۰} \to$ slow films $\to \Delta t \uparrow \to$ image motion $\uparrow$

③ حرکت تصویر

حرکت تصویر در مدت زمانی که دریچه باز است. برای خنثی کردن: image motion compensation

در واقع موتوری است که عکس را جابجا کند تا حرکت تصویر حداقل شود.



④ f-stop

* در حالتی که از شعاع تر فراتر استفاده شده است،

قطر دایره‌ی ابهام کاهش می‌یابد.

$$\frac{1}{P} + \frac{1}{h} = \frac{1}{f}$$

بازه‌ای که می‌توان در آن بازه به وضوح تصویر گرفت:

$$h_N = \frac{h}{1 + (h-f)\frac{C \cdot D}{f^{۲}}}$$ حد نزدیک عمق میدان

C: قطر دایره‌ی ابهام

D: f-stop

s.a.m

حد دور عمق میدان $h_F = \dfrac{h}{1-(h-f)\dfrac{C.D}{f^2}}$

$\Delta h = h_F - h_N$ DoF : depth of field یا عمق میدان

$D\uparrow \rightarrow DoF\uparrow$

* در مقابل عمق میدان، مبحث دیگری وجود دارد به نام عمق تصویر: depth of focus

مثال:

$h = 5m$

$f = 75mm$

$c = 0.05 mm$

$f\_stop = 5.6$

$h_N = \dfrac{5000}{1+(5000-75)\dfrac{0.050 \times 5.6}{(75)^2}} = 4.016m$

$h_F = 6.644$ m

$\Rightarrow DoF = h_F - h_N = 2.658$ m

* hypertocal distance

جلسه‌ی چهاردهم - ٤ دی ٨٤

مسئله: دوربینی برای f_8 و سرعت شاتر $\frac{1}{60}$ s تنظیم شده است. برای شیء‌ای که در بی نهایت قرار گرفته است. اگر بخواهیم از شیء‌ای به بزرگنمایی $\frac{1}{10}$ تصویربرداری کنیم، تغییرات سرعت شاتر را حساب کنید.

بزرگنمایی = مقیاس، $M = \dfrac{P}{h} = \dfrac{1}{10}$ سرعت شاتر $\dfrac{60}{(1.1)^2} \simeq 50 \rightarrow \Delta t = \dfrac{1}{50}$ s

$\dfrac{1}{10P} + \dfrac{1}{P} = \dfrac{1}{f} \Rightarrow P = \dfrac{11}{10} f$

$\dfrac{f}{d} = 8$

مسئله: اگر بخواهیم در مسئله‌ی بالا سرعت شاتر ثابت بماند، f_stop را به دست آورید.

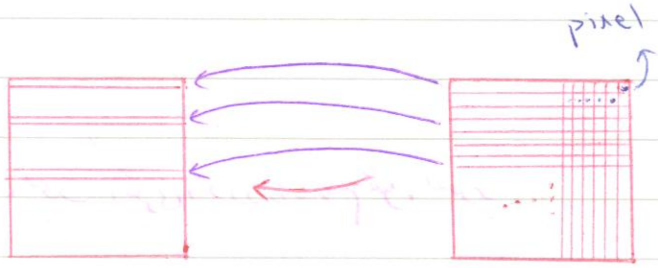
$\dfrac{f}{1.1d} = \dfrac{8}{1.1} = 7.27$

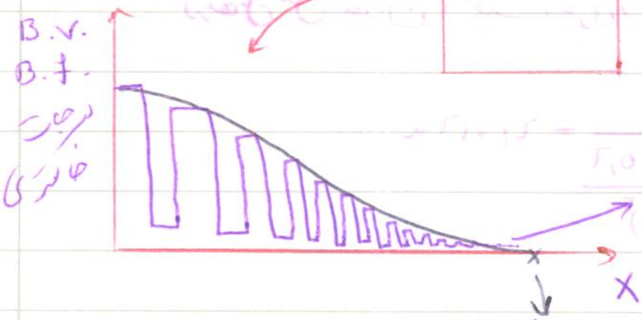
s.a.m

برای یافتن resoloution دوربین به صورت عملی:

اسکن کردن

تهیه‌ی عکس دیجیتال
digital image

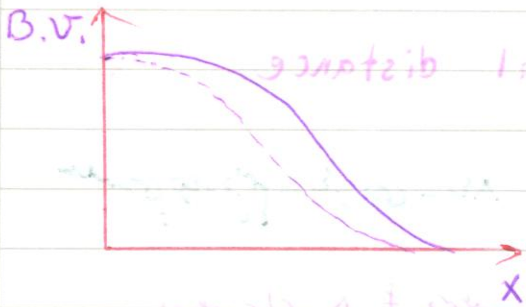




- جایی که دیگر تاریک و روشن را نمی‌توان تشخیص داد.

ν_0 → cut off frequency

B.V.: brightness value
B.f.: brightness factor



اگر image motion را هم در نظر بگیریم:

قدرت تفکیک: $\frac{1}{2\nu_0}$ → یعنی ... جفت خط در هر میلی‌متر قابل تشخیص است.

$= \frac{1}{2\times 40} = \frac{1}{80} = 12.5\mu$ → $40 \; lp/mm$ (l → line, p → pare)

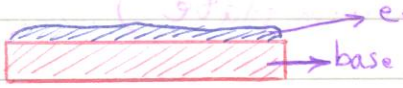
$\frac{1}{10000}$ → روی زمین 12.5 cm

برای افزایش دقت { کم کردن ارتفاع پرواز / افزایش فاصله‌ی کانونی } ← پوشش کم، تعداد عکس‌ها زیاد و هزینه زیاد

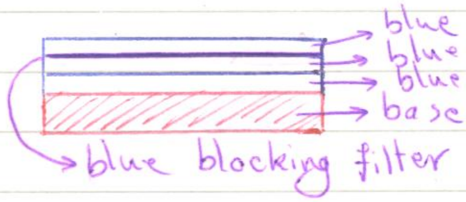
* پس قدرت تفکیک به مقیاس عکسبرداری هم مرتبط است.

ground sampling distance → GCD → ۱۲٫۵ cm فاصله نمونه برداری روی زمین

فیلم های عکسبرداری

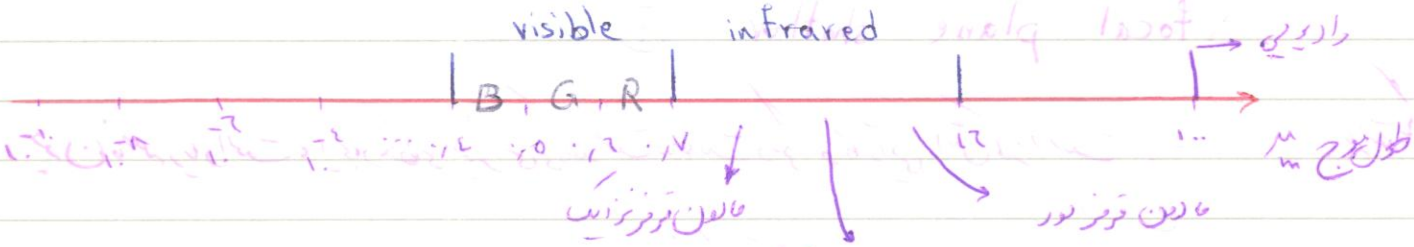


از ترکیبات نقره — فیلم سیاه و سفید



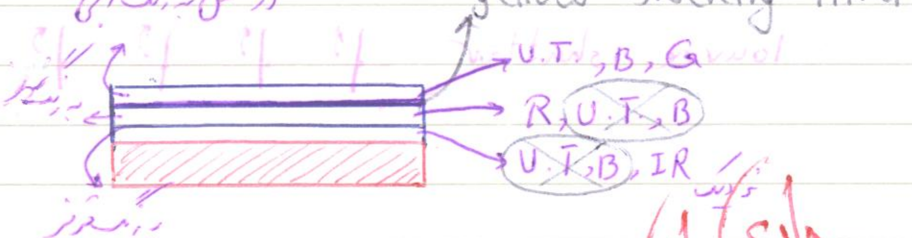
فیلم رنگی حقیقی

مولفه های اصلی رنگ:
- B آبی
- G سبز
- R قرمز



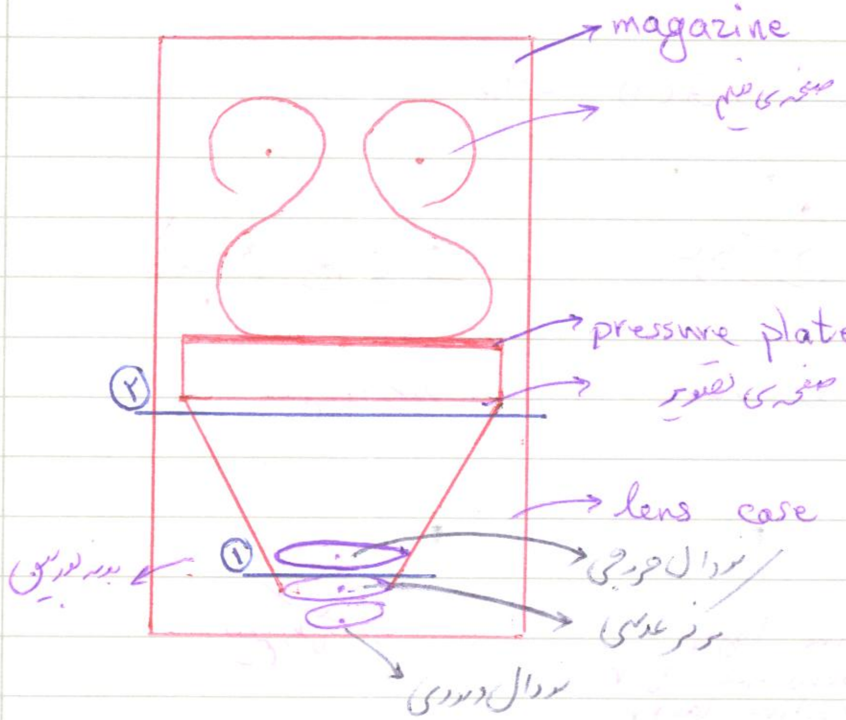
فیلم رنگی:
- رنگی حقیقی — true color — ثبت طیف مرئی
- رنگی کاذب — false color — ثبت طیف مرئی + مادون قرمز

* برای مثال فیلم رنگی کاذب برای تشخیص گیاهان بسیار مفید است چون گیاهان مقدار زیادی امواج مادون قرمز ساطع می کنند



دوربین های عکسبرداری هوایی

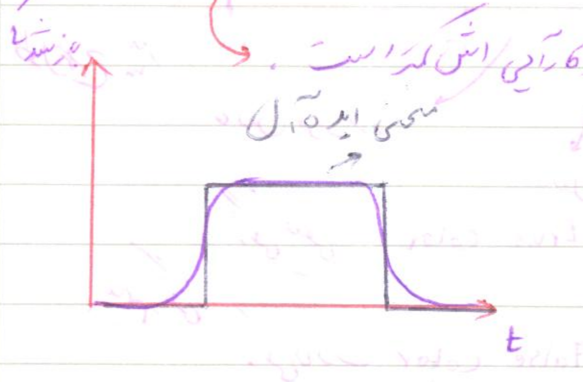
s.a.m



در بعضی دوربین‌ها برای جلوگیری از اعوجاج صفحه‌ی فیلم به آن فشار می‌کنند.
در بعضی دیگر با استفاده از خلاء مکش ایجاد می‌کنند. (Vacuum plate)

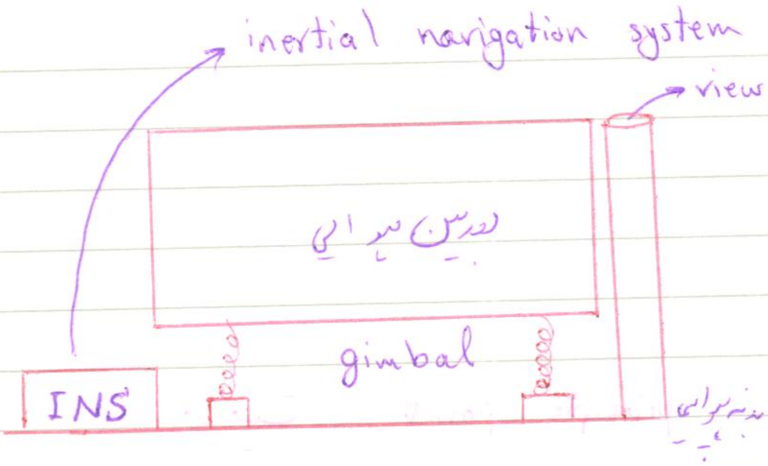
- shutter
  - between the lens shutter ۱
  - focal plane shutter ۲

چون فاصله زیاد است، ایجاد خطای بیشتری می‌کند نسبت به حالت دیگر و کارایی‌اش کمتر است.



- between the lens shutter
  - blade shutter
  - rotating disc shutter
  - louvre shutter

ش



این فریم به دوربین اجازه می‌دهد در حالت تراز قرار بگیرد.

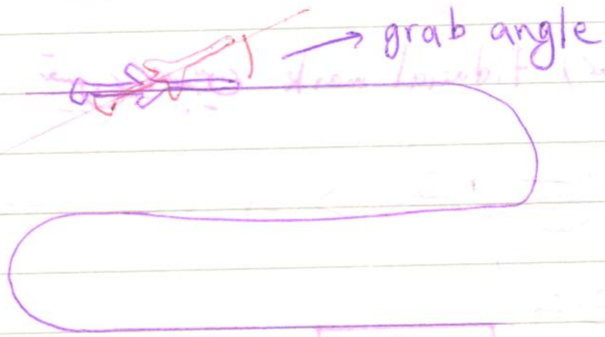
دوران‌های هواپیما:

ω ~ roll — دوران حول محور اصلی هواپیما

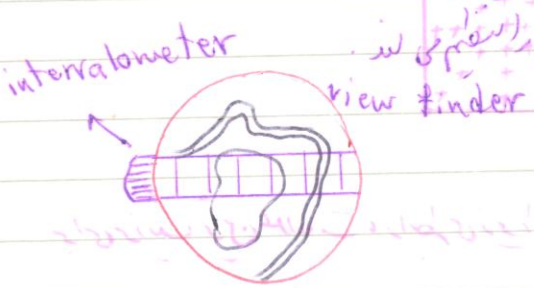
k ~ yaw — تغییر در جهت حرکت

φ ~ pitch — بالا و پایین رفتن دماغه

تفاوت بین زاویه‌ی دوربین و هواپیما را boresight angles می‌نامند.



هواپیما می‌تواند با تغییر جهت سر هواپیما تغییر کرده، به مسیر مستقیمش ادامه دهد. ولی اپراتور باید دقت کند که پوشش عکس‌ها از حد معمول بیشتر یا کمتر نشود.



دستگاهی به نام interralometer با توجه به پوشش زمان عکسبرداری را تنظیم می‌کند.

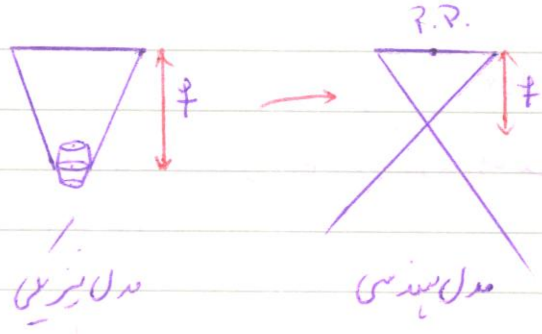
اپراتور باید سرعت هواپیما را با interralometer تنظیم کند.

جلسه‌ی پانزدهم - ۱۱ دی ۸۴

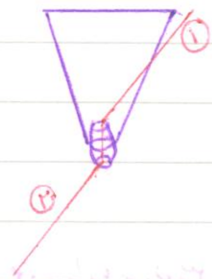
camera caliberation parameters — پارامترهای کالیبراسیون دوربین

۱) caliberated focal length — فاصله‌ی کانونی کالیبره شده

فاصله‌ی نودال میانی تا صفحه‌ی تصویر



۳) موقعیت principle point ← استفاده از fiducial mark



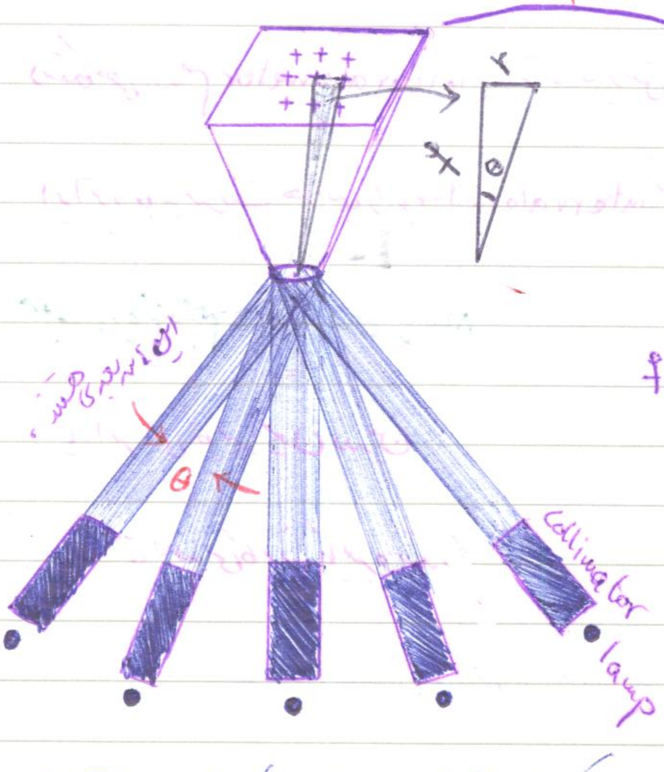
۴) تعیین مقادیر اعوجاج عدسی

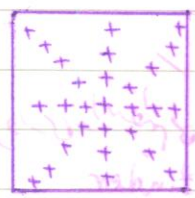
باید ① با ② موازی باشد.

۴) تعیین انحنای صفحه‌ی

۵) تعیین مختصات fiducial mark (مختصات Δ fiducial mark)

محاسبه مقادیر اعوجاج عدسی و فاصله‌ی کانونی





برای نزدیک ترین علامات، رابطه‌ی زیر را داریم:

$$f_1 = \frac{x_1}{tg\theta} \quad , \quad f_2 = \frac{x_2}{tg\theta} \quad , \quad \dots$$

* خطای اعوجاج عدسی کمینه است.

یک علامت به علاوه سر جمعی طول کلیماتورها هست

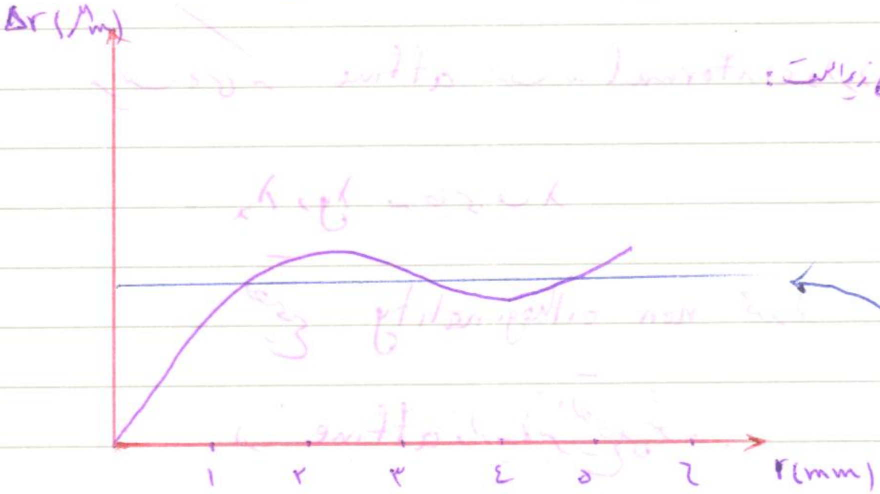
equivalant focal length (E.F.L.)   فاصله کانونی معادل

$$E.F.L. = \frac{f_1+f_2+\dots+f_n}{n}$$

حال با استفاده از E.F.L. و θ ، برای بقیه ی r ها ، r′ را حساب می کنیم:

$r' = E.F.L.\ tg\, m\theta$ $\Rightarrow$ اعوجاج عدسی : $\Delta r = r' - r$

برای یک امتداد روی عکس ، نمودار به شکل زیر است:



فاصله ی کانونی مناسب : ماکزیمم مقدار Δr و می نیمم ، قدر مطلق برابر دارند.

$$\overset{\text{ماکس}}{r'_i} - C.F.L.\ tg\, i\theta + (\overset{\text{مین}}{r'_j} - C.F.L.\ tg\, j\theta) = 0 \longrightarrow$$ C.F.L. محاسبه می شود.

caliberated focal length

حال دوباره C.F.L. ، Δr ها را حساب می کنند.

film deformation   خطای تغییر بعد فیلم

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ \vdots \\ X_n \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'_1 & -Y'_1 & 1 & 0 \\ Y'_1 & X'_1 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Y'_n & X'_n & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$ conformal

مختصات کالیبره شده ی fiducial mark

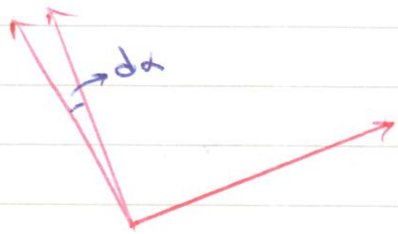
مختصات اندازه گیری شده در سیستم دستگاهی fiducial mark

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ \vdots \\ X_n \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'_1 & Y'_1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ Y'_1 & X'_1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \vdots & & & & & \\ Y'_1 & X'_1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{pmatrix}$$

affine

$e, f \rightarrow$ انتقال

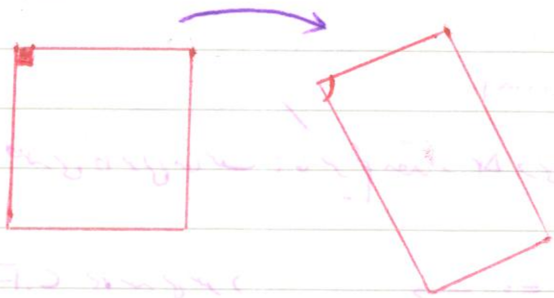
مزیت‌هایی که affine نسبت به conformal دارد:

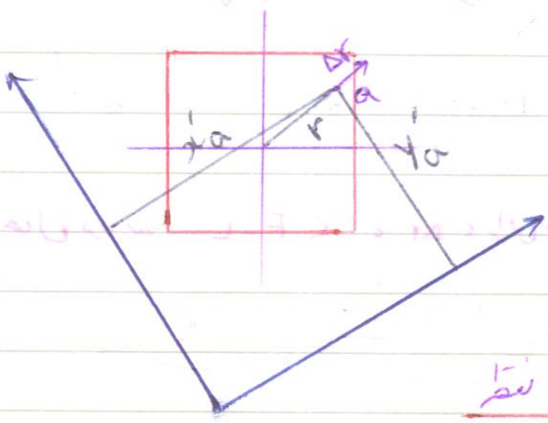


I) λ_1, λ_2 دو λ به جای یک λ

II) تصحیح non orthogonality محورها

III) در affine زاویه‌ها نیز تصحیح می‌شوند.





* خطای اعوجاج عدسی از P.P. شعاعی است.

$$\Delta r = c_1 r + c_2 r^3 + c_3 r^5 + c_4 r^7 + \dots$$

C_i: ضرایب transformation

نقطه	$\Delta r\,(\mu m)$	$r\,(mm)$
۱	۲	۳
۲	۴	۷
۳	۳	۱۱
⋮	⋮	⋮

$$\Delta r_a = c_1 r_a + c_2 r_a^3 + c_3 r_a^5 + c_4 r_a^7$$

با این داده‌ها، ضرایب c_i را می‌یابیم. بعد برای هر نقطه می‌توان Δr را محاسبه کرد:

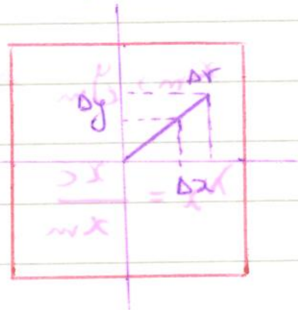
$$\begin{pmatrix} \Delta r_1 \\ \Delta r_2 \\ \vdots \\ \Delta r_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 & r_1^3 & r_1^5 & r_1^7 \\ r_2 & r_2^3 & r_2^5 & r_2^7 \\ \vdots & & & \\ r_n & r_n^3 & r_n^5 & r_n^7 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{pmatrix}$$

تعداد مجهولات ۴ تاست.

حال می‌خواهیم از مختصات عکسی استفاده کنیم.

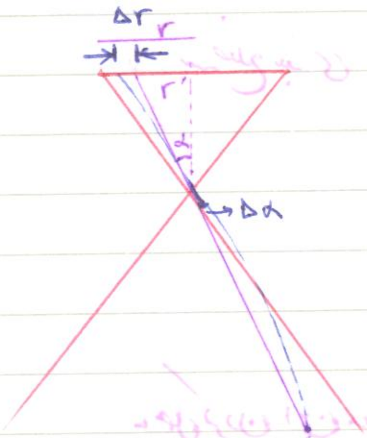
$$x = x' - \Delta x = x'\left(1 - \frac{\Delta x}{x}\right) = x'\left(1 - \frac{\Delta r}{r}\right)$$

$$y = y' - \Delta y = y'\left(1 - \frac{\Delta y}{y}\right) = y'\left(1 - \frac{\Delta r}{r}\right)$$



$$\Delta r = c_1 r + c_2 r^3 + c_3 r^5 + c_4 r^7$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = x'(1 - c_1 - c_2 r^2 - c_3 r^4 - c_4 r^6) \\ y = y'(1 - c_1 - c_2 r^2 - c_3 r^4 - c_4 r^6) \end{cases}$$



* خطای جابجایی تصویر به علت انکسار نور در اتمسفر فقط به جهت شعاعی عکس است.

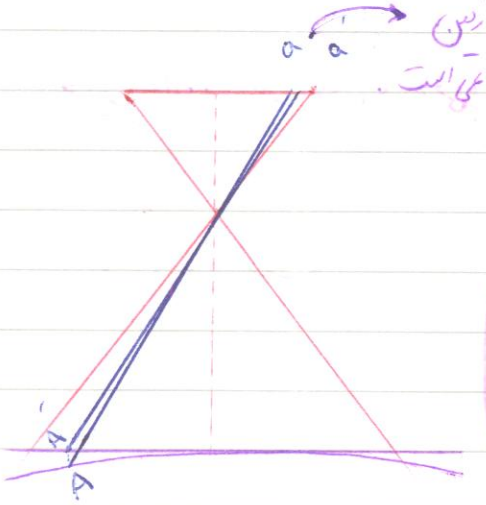
$$\Delta\alpha = k \operatorname{tg}\alpha$$
$$r' = f \operatorname{tg}(\alpha - \Delta\alpha)$$
$$\alpha = \operatorname{tg}^{-1}\frac{r}{f}$$

$$k = (7.7 \times 10^{-6})(H - h_A)\left[1 - 0.02(2H - h)\right] \quad (H, h_A: \text{km})$$

کرویت زمین

به این علت اتفاق می‌افتد که سیستم مختصات زمینی روی یک صفحه است.

s.a.m



خطای ناشی از کرویت زمین نسبت به pp شعاعی است.

$$\Delta r = \frac{H r^3}{2 R f^2}$$

شعاع متوسط زمین: ۶۴۰۰ km

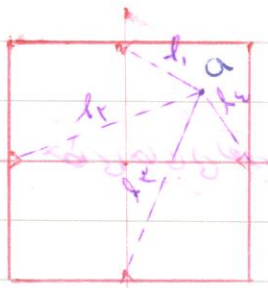
کارخانه‌ی سازنده، طول و عرض را درج می‌کند: $x_c , y_c \to$ calibrated

و ما خودمان هم اندازه می‌گیریم: $x_m , y_m \to$ measured

حال این λ را می‌توان به مختصات نقاط اعمال کرد: $\lambda_x = \frac{x_c}{x_m} , \lambda_y = \frac{y_c}{y_m}$

اندازه‌گیری نقاط روی عکس

I) استفاده از کمپاراتور



II) سه ضلع بندی trilateration

مختصات کالیبره شده‌ی علائم عکسی

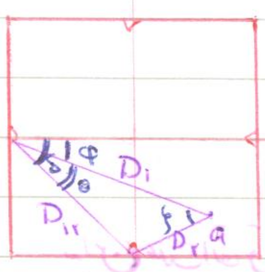
$$l_1^2 = (x_a - \bar{\bar{x}}_1)^2 + (y_a - \bar{\bar{y}}_1)^2$$

$$\vdots$$

$$l_4^2 = (x_a - \bar{\bar{x}}_4)^2 + (y_a - \bar{\bar{y}}_4)^2$$

با حل کردن این معادلات به روش کمترین مربعات، x_a , y_a محاسبه می‌شود.

III)



$$\cos\theta = \frac{D_1^2 + D_{12}^2 - D_2^2}{2 D_1 D_{12}}$$

$$\delta = tg^{-1}\left(\frac{y_2}{x_1}\right) , \quad \varphi = \delta - \theta$$

* حال برای نقطه‌ی a ، از کدام دو [illegible] شکل مارک استفاده می‌کنیم ،
از آن دوری که φ به ۹۰° نزدیک‌تر باشد.

$$\begin{cases} x_a = D_1 \cos\varphi + x_1 \\ y_a = -D_1 \sin\varphi + y_1 \end{cases}$$