

جزوه فتوگرامتری ۱

به انضمام تمرینات و پاسخ آن ها

دکتر عزیزی

دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی

دانشگاه تهران

نویسنده: سرمد حاک

تهیه شده توسط وبلاگ مهندسی ژئوماتیک دانشگاه تهران

Utgeomatrics.blog.ir

فتوگرامتری: اندازه گیری ابعاد شیء بدون تماس بصری

به کمک فتوگرامتری می توان طرح و ساخت را مقایسه کرد بدین صورت که از ساخت

ساخت

طرح

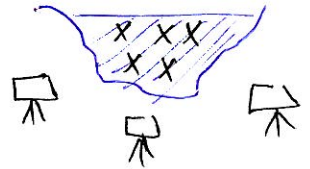
As-built

As-design

عکس های گرفته می شود سپس به کمک آن مدل سه بعدی ساخت را در رایانه بازسازی می کنند و با طرح مقایسه می کنند (کنترل ساخت)

کاربرد دیگر کنترل سه است. در سه مورد نظر خلاصه ای قرار داده می شود و با چند دوربین عکس های از سه تهیه می شود

و یا کنترل بتن



کاربرد های بالا مرتبط با ساختی فتوگرامتری برد کوتاه است (close-range photogrammetry)

کنترل As-built, As-design
کنترل سازه
فتوگرامتری پزشکی

کاربرد های فتوگرامتری برد کوتاه

فتوگرامتری برد کوتاه به شاخه ای گفته می شود که اندازه گیری در عکس های انجام می شود که فاصله دوربین و شیء کمتر از

۱۰۰ تا ۲۰۰ متر باشد

در مورد راهسازی

در فاز اول راهسازی هم می بینیم که در نظر می گیرند و با توجه به شاخص که بهترین مسیر را انتخاب می کنند

مثلاً یکی از مهم ترین کارهای شاخص که اینکه حجم خاکبرداری حداقل باشد یا در نظر گرفتن زمین لغزش و زمین رانش

و یا تخریب محیط زیست. فاز اول راهسازی را نقشه برداری انجام می دهد که یکی از ابزارهای آنان فتوگرامتری می باشد.

فتوگرامتری هوایی Aerial photogrammetry

تفاوت آن با برد کوتاه: دوربین ثابت است و فاصله دوربین و شیء زیاد تر است

در فتوگرامتری با دوربین (sensor) مسکنده (platform) سروکار داریم

در فتوگرامتری برد کوتاه مسکنده به پایه مستقر بر زمین است در هوایی مسکنده هواپیما است و فاصله تا شیء حدود ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ km است

فتوگرامتری فضایی (space photogrammetry).

تمام کاربری انجام شده در گوگل ارث فتوگرامتری فضایی است. ماهیت آن مانند فتوگرامتری هوایی و برپه کوتاه است و تفاوتش با آن که این است که: سنکس ما هواره است و فاصله تا شیء معمولاً ۴۰۰ کیلومتر است. مثال فتوگرامتری پزشکی: مدل سازی از زخم بیمار که توسط دکترا صلیان انجام گرفته است. دستگاه شامل ۳ دوربین که از زخم بیمار عکس برداری می شود و مدل سه بعدی آن با دقت بسیار بالایی در رایانه پیوسته می آید و طی چند روز می توان مدل را مقایسه کرد.

کتاب فتوگرامتری: Elementary to Air survey w kilford

نکته: نقشه برداری هوایی یکی از کاربری های فتوگرامتری است

نکته: نقشه برداری زمینی و فتوگرامتری ممکن یکدیگر دارند.

تفاوت سطحی از راه دور و فتوگرامتری:

در سطحی از راه دور (remote sensing) به سطحی اطلاعات کیفی پرداخته می شود.

در فتوگرامتری به سطحی ابعاد و مختصات هندسی می رسد (اطلاعات کمی پرداخته می شود).

اطلاعات در داخل یک عکس به دو دسته تقسیم می شود:
کیفی (pictorial)
کمی (metric)

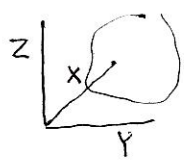
یک موج با برخورد به یک شیء سه اتفاق برای آن می افتد: ۱- جذب (absorption)

۲- انتشار (radiation) ۳- انعکاس (reflection)

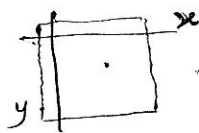
امواج با طول موج بیشتر از ۷ میکرون را امواج مادون قرمز گویند.

نکته: فضای تصویر را با حروف کوچک و فضای شیء را با حروف بزرگ نشان می دهیم.

نکته: با عکس برداری مختصات سه بعدی به دو بعدی تبدیل می شود.



فضای شیء



فضای تقویر

اطلاعات کیفی شیء نیز همان رنگش است

$$g(x, y) = T \{ f(x, y, z) \}$$

بیان ریاضی عکس برداری

$$g = IR[f]$$

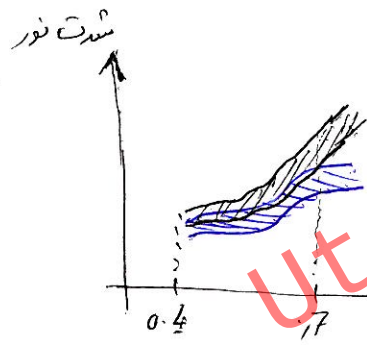
$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \oplus \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

$$f = IR[g] \quad \text{در سنجش از دور می بینیم} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{در فتوگرامتری می بینیم} \\ \text{در فتوگرامتری می بینیم} \end{array} \right.$$

بنابراین در سنجش از دور چیست شیء و در فتوگرامتری مختصات شیء بدست می آید

مثال سنجش از دور:

یکی از مسائل وزارت کشاورزی و جهادری که سلامت گیاهان است که برای این کار عکس های در لایف مادون قرمز گرفته می شود. اگر در لایف مرئی مثلاً از منطقه ای شامل درختان پهن برگ و سوزنی برگ عکس های



تیم شود تفاوت این درختان زیاد مشخص نیست اما در مادون قرمز

پمپ دلیل فتوسنتز

باغ غاب آن که تفاوت دارد (موجود در روی در) زیرا درختان سالم اسواج

فتوسنتز بیشتری دارند

مادون قرمز بیشتری منتشر می کنند در صورتی که درختان بیمار اسواج کمتری

منتشر می کنند چون فتوسنتز باعث انزال آب استار و مولع مادون قرمز می شود

۱- نقشه برداری زمینی

۲- فتوگرامتری

۳- سنجش از راه دور

۴- سیستم های اطلاعات مکانی (GIS)

۵- ژئودزی

مهندسی ژئوماتیک

مثال کاربرد ژئوماتیک در مهندسی محیط زیست: خشک شدن دریاچه ارومیه

۱- مستند سازی یا mapping ← تهیه مرز فعلی ساحل

۲- پایش یا monitoring ← تهیه نقشه خطوط ساحلی به صورت دوره ای

۳- ارزیابی یا evaluation ← چه اتفاقی دریاچه علیتی می افتد

ژئوماتیک در این زمینه ~ مرحله کار انجام می دهد

۱- فتوگرامتری برای تهیه نقشه خطوط ساحلی استفاده می شود و نقشه برداری زمینی به آن کمک می کند.

از سفید از راه دور برای تعیین حجم آب رودخانه ها و تغییر محصولات کشاورزی و استفاده از جاده ها و

تعیین تبخیر دریاچه استفاده می شود

در نهایت از GIS برای جمعآوری این اطلاعات و تعیین درصد مشارکت هر یک از علل استفاده می شود

در مرحله آخر نیز تصمیم گیری انجام می شود که بیشتر توسط مهندسان عمران و مهندسی انجام می گیرد.



نکته: چرخه ژئوماتیک می تواند روند بهبود را اصلاح بخشد.

نکته: دریاچه ارومیه از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۴ شروع به خشک شدن کرده است و فی در سال های

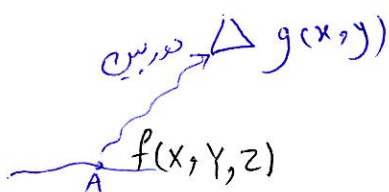
۲۰۰۴ - ۲۰۰۶ افزایش ده درصدی داشته است و نیز کنونی ا رشد پیدا کردن علت آن است.



چرخه ژئوماتیک

مسائل زیست محیطی: گسترش بیابان - گسترش شهر - کاهش جنگل - آلودگی آسمان - گسترش زمین

آلودگی منابع آب - آلودگی و تخریب خاک



اپراتور رادیرمتریک

$$g = IR[f]$$

تکنیک فتوگرامتری: اپراتور هندسی

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = G \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

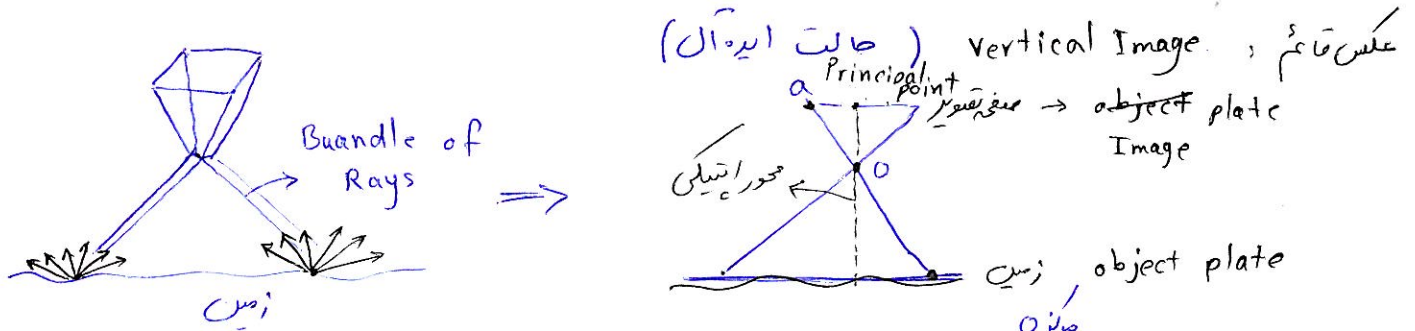
حالت های مختلف مسئله

۲- حالت ایده آل (۳ بعدی)

۱- حالت ایده آل (۲ بعدی)

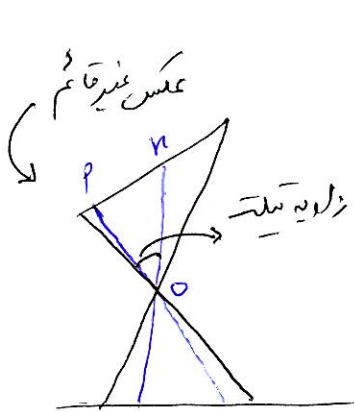
۴- حالت غیر ایده آل (۳ بعدی)

۳- حالت ایده آل (۲ بعدی)



شرط هم خطی، نقطه، عدس و تصویر بر روی یک خط راست باشند

- در حالت عمود آینه آلی ۱- زمین تراز نیست ۲- شرط هم خطی برقرار نیست به دلیل اعوجاج عدس و شکست پرتو در اثر عبور از آینه شیشه ۳- کشیدگی یا فشرده‌گی تصویر تغییر بعد خطی ۴- فاصله کانونی دور بین دقیقاً مشخص نیست



۵- عرضی دور بین در هنگام عکسبرداری

محور اصلی و از مرکز عدس خطی عمود بر صفحه تصویر

امتداد شاقولی از مرکز عدس خطی عمود بر خط تراز صاف شد (زمین)

به عکس قائم شوند که محور اصلی بر امتداد شاقولی منطبق است

زاویه تیلت: زاویه بین محور اصلی و امتداد شاقولی θ

در عکس قائم زاویه تیلت برابر صفر است.

در عکس قائم مقیاس عکسبرداری ثابت است ولی در عکس مایل مقیاس

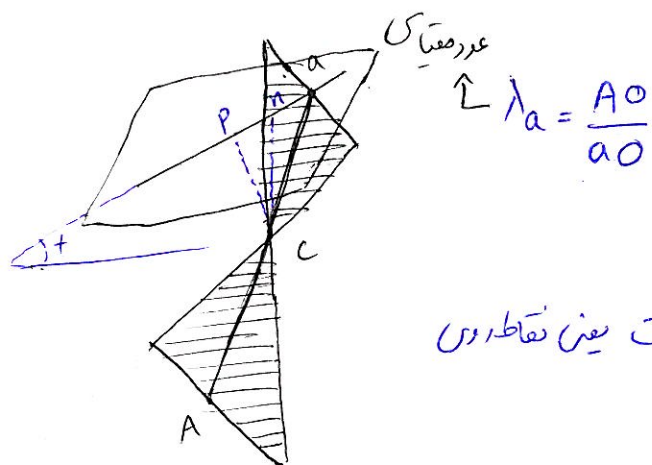
متغیر است زیرا تشابه شدت به هم می خورد

خط بزرگترین شیب، خطی که از نقطه n می گذرد (نقطه n امتداد خط امتداد شاقولی است و نقطه p Principal line)

محل تقاطع محور اصلی و صفحه تصویر است

نکته: زاویه خط بزرگترین شیب با خط افق همان زاویه تیلت است.

خطوط عمود بر خط بزرگترین شیب خطوط $plate\ parallel$ نام دارند.

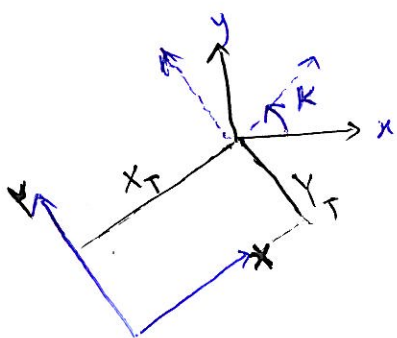


$$\frac{1}{\lambda_a} \rightarrow \text{مقیاس}$$

نکته: مقیاس بر روی یک plate parallel ثابت است یعنی نقاطی آن دارای یک مقیاس هستند.

صفحه اصلی Principal plate: صفحه گذرنده از خط بزرگترین شیب و مرکز عدسی

مسائل فتوگرامتری از دو مرحله تشکیل می شود.



۲- تقاطع intersection

۱- ترفیع

۱، ارتباط بین دو سیستم مختصات

۱، ۲- پارامتر انتقال بین مبدأ مختصات ۳- دوران ۴- مقیاس

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

تبدیل کانفورمال

ground control point

نقاط کنترل زمینی: نقاطی هستند که مختصات زمینی و مختصات عکس آن معلوم است

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & x_1 & 0 & 1 \\ x_2 & -y_2 & 1 & 0 \\ y_2 & x_2 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ x_T \\ y_T \end{pmatrix}$$

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

$$X = A^{-1}F$$

$$k = +g^{-1} \left(\frac{b}{a} \right)$$

نکته: در ترفیع ارتباط بین مختصات عکس و زمینی تعیین می گردد و در تقاطع مختصات عکس به مختصات زمینی تبدیل می شود.

نکته: اگر تعداد مشاهدات بیشتر از تعداد مجهولات باشد هم می توان خطا را پیدا کرد هم می توان دقت را با روش کمترین مربعات افزایش داد.

نکته: در حالتی که تعداد معادلات بیش از مجهولات است بهترین جواب آن جوابی است که مجموع مربعات باقیمانده را کمینه کند.

برای حل معادله به گونه ای که بهترین جواب را بدست آوریم باید طرفین معادله را در توان دوم رسانیم و ضرایب

مربوب کنیم بنا بر این جواب برابر خواهد بود.

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

برای بدست آوردن استیاده آن موردی که V_i آن را بدین V_i تفاوت زیاد دارد استیاده است به طبق تعریف V_i آن از $\sqrt{\frac{\sum V_i^2}{n-1}}$ بیش تر باشد

$$X_1 - [ax_1 - by_1 + x_T] = V_{x_1} \Rightarrow \delta V_x = \pm \sqrt{\frac{\sum V_{x_i}^2}{n-1}}$$

دست نشی

$$Y_1 - [ay_1 + bx_1 + y_T] = V_{y_1} \Rightarrow \delta V_y = \pm \sqrt{\frac{\sum V_{y_i}^2}{n-1}}$$

مراجع فتوگرامتری

مبانی فتوگرامتری ترجمه آقای دکتر هاشم انالسی آن Elements of photogrammetry

P.R. wolf, Dewitt Edition 2000

introduction to Modern photogrammetry Edward Mikhail

photogrammetry karl kraus

کاربرد فتوگرامتری در نقشه برداری هوایی:

حالت ایده آل ۱. عکس کاملاً قائم - زمین کاملاً مسطح و افقی (تراز) در حالت دو بعدی

۲. تغییرات ارتفاعی زمین در حالت سه بعدی

حالت غیر ایده آل ۳. عکس قائم نیست در زمین غیر مسطح است در دو حالت دو بعدی و سه بعدی

خطا ۱. خطای تیلت ۲. خطای انکسار نور در اتمسفر ۳. خطای تغییر بعد فیلم

۴. خطای اعوجاج عدسی

در صورتی که GPS و INS در کنار دوربین در هنگام عکسبرداری هوایی وجود داشته باشد نیازی به ترفیع نیست و به طور مستقیم می توان امان ای ترفیع را اندازه گیری کرد. در غیر این صورت باید با نقشه برداری زمینی مختصات نقاطی را به عنوان نقاط کنترل (GCP) (نقطه) اندازه گیری کنیم. برای اینکار نقشه بردار ابتدا با استریسکوپ و بزرگنمایی عکس نقاط را روی عکس شناسایی می کند سپس همین نقاط را روی زمین شناسایی می کند. بسیار مهم است که حداقل ۳ نقطه از هم دور باشند.

برای حل ترفیع دو معادله در دو نقطه نیاز است. مجهولات مدل ریاضی

برآورد دقت: (تخمین دقت از قبل و به دنبال آن پذیرش) [apriori] آن

از قانون اشتراک خط استفاده می کنیم.

در سه حالت، دو سیستم مختصات موازی و مبدأ آن که منطبق است بنابراین داریم:

$$\lambda = \frac{AB}{ab} \rightarrow \text{مقدار ترفیع} \quad \begin{cases} X = x \cdot \lambda \\ Y = y \cdot \lambda \end{cases} \rightarrow \text{مقدار تقاطع}$$

دقت مختصات عکسی: $6y = 6x = \pm 5\mu$ (میکرون) و دقت مختصات زمینی: $6y = 6x = \pm 10\text{cm}$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{x}{x_0} \Rightarrow \delta \lambda = \left(\frac{\partial \lambda}{\partial x} \right) dx + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial y} \right) dy$$

دقت اندازه گیری یک طول با کمیت برابر است با د: $V_i = a_i - \bar{a}$, $\bar{a} = \frac{\sum a_i}{n}$

$$\sigma_L = \pm \sqrt{\frac{\sum V_i^2}{n-1}}$$

دقت اندازه گیری خطی متوسط

$$\Rightarrow \sigma_\lambda = \pm \sqrt{\left(\frac{\partial \lambda}{\partial x} \right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial \lambda}{\partial y} \right)^2 \sigma_y^2}$$

دقت ترفیع

برای بدست آوردن دقت تقاطع نیز با توجه به فرضی تقاطع و قانون اشتراک خط عمل می کنیم

نکته: دقت نسبی همان دقت apriori است.

در حالتی که حالت ساده نباشد یعنی مبدأ مختصات منطبق نبوده و محور استوار نباشد باید با توجه به قانون

اشتراك خط و مقدار تبدیل کاترورمال دقت را بدست آوریم

در بیان پروژه نیز باید ثابت کنیم به دقت برآورده رسیده ایم. این کار با نقشه برداری زمین چند نقطه

در زمین سپس بدست آوردن مختصات همان نقاط از روی عکس صورت می گیرد.

دقت از بعد یا دقت مطلق یا دقت a posteriori وقتی است که از تقاطع مختصات داده شده با

مختصات بدست آمده به وجود می آید که این دو دقت باید به هم سازگار باشند

روش دوم تخمین دقت نسبی:

هنگامی که معادلات بیش از مجهولات باشد - (در این صورت جوابی وجود ندارد که در همی معادلات برقرار کند)

که در این صورت بهترین جواب را بدست می آورند بدین صورت که مجموع مربعات باقیمانده را مینیمم می کنند

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

در روش کمترین مربعات جواب برابر است با:

$$X_1 - [ax_1 - by_1 + x_T] = v_{x1} \Rightarrow \sigma v_{x1} = \pm \sqrt{\frac{\sum v_{xi}^2}{n-1}}$$

این دو به نوعی دقت نسبی است

$$Y_1 - [ay_1 + bx_1 + y_T] = v_{y1} \Rightarrow \sigma v_{y1} = \pm \sqrt{\frac{\sum v_{yi}^2}{n-1}}$$

و بی apriori نیست

می توان از روش کمترین مربعات استفاده کرد.

در تقریب شماره 1 (در بعضی حالات لازم ندارد)

برای تخمین دقت مطلق یک سری نقاط را وارد معادله می کنیم تا معادلات و مجهولات برابر شوند سپس مقادلات و مجهولات برابر می شوند

check point

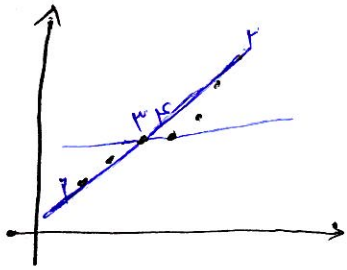
جواب را بدست آورده و در معادله جایگذاری می کنیم تا مختصات نقاطی که در معادله شرکت نداشتند بدست آوریم

نقاطی که در معادله شرکت نمی کنند (نقاط مستقل یا Check point) گویند

اگر نقاط یک بیش از یک عدد باشند باید خطای مربعی میانگین را حساب کنیم یعنی

$$\sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}$$

درونیابی (interpolation) و برون‌یابی (extrapolation)



نمونه‌ای که نقطه‌ها مانند نقاط روی یک خط هستند

تا جایی خط را برای تقریب زدن این نقاط بیاوریم برای این کار اگر دو نقطه ۳ و ۴ را

که خیلی به یکدیگر نزدیک هستند در نظر بگیریم خط حاصل فقط نقاط بین این دو نقطه را با دقت بالایی تقریب

می‌زند و نقاط خارج از این نقاط را با خطی بسیار تقریب می‌زند ^{درونیابی} ^{برونیابی} بهترین نقاط برای این کار

نقاط ۱ و ۲ هستند نه تمام نقاط را با دقت خوبی تقریب می‌زند.

نکته: برای این چهار برون‌یابی نسویم بهتر است نقاط کنترل دور از هم باشند.

مدل‌های ریاضی:

۱- Rigid-body transformation دقت مطلق و نسبی معادل هستند، شکل هندسی جسم تغییر نمی‌کند (انتقال دوران، تغییر مقیاس)

۲- polynomial (curve fitting) برعکس معادله برازش منحنی

High oblique oblique

۱- عکس‌های قائم ۲- عکس‌های نزدیک به قائم ۳- عکس‌های مایل ۴- عکس‌های خیلی مایل

عکس‌های هوایی:

vertical photo

$t=0$

$t \leq 4^\circ$

$t > 4^\circ$

خط افق در آن دیده‌است

دوربین‌های عکسبرداری

فقط به منظور تقسیم‌بندی هواپیماهای غیرمستقیم

metric

دوربین‌های آنالوگ

Principal point

در دوربین‌های متریک فاصله کانونی فایبند و P.P

۱- آنالوگ ۲- دوربین‌های دیجیتال

Analog camera

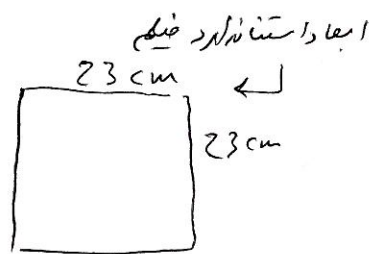
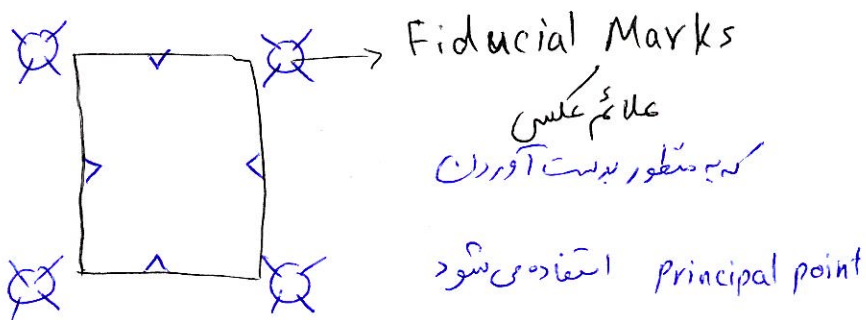
non-metric غیر متریک

فقط برای نقشه برداری

هوایی نیست و در جایی

با دقت کمتری استفاده می‌شود

اما در دوربین‌های غیرمتریک اینگونه نیست.



فاصله کانونی $\frac{1}{H} + \frac{1}{C} = \frac{1}{f}$
 تصویر نامرئی $\frac{1}{H}$ $\frac{1}{C}$ $\frac{1}{f}$
 کانونی $\frac{1}{H} + \frac{1}{C} = \frac{1}{f}$

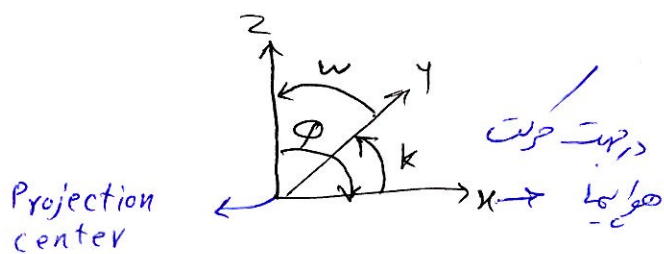
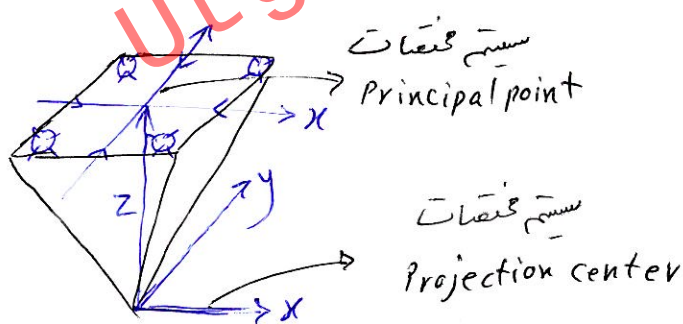
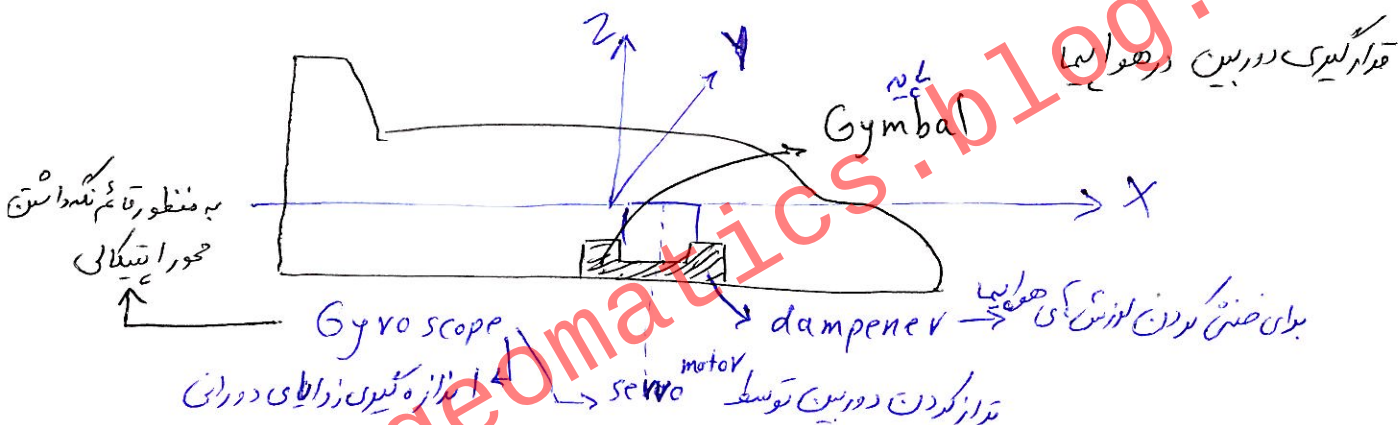
فاصله کانونی (f) :

$\frac{1}{H} + \frac{1}{C} = \frac{1}{f} \Rightarrow C = f$
 H است

این نیز یکی است

در درس فتو ۱ فاصله کانونی را با تقیید ضویری فاصله اصلی در نظر می گیریم زیرا برای عکس کی هواپیما ش در بی

فاصله اصلی : فاصله تصویر تا مرکز عکس را گویند همچنین فاصله اصلی نیز ثابت است



زاویه اولی ϕ (حول z)، k (حول z)، w (حول x) دوران کی دوربین

(roll, yaw, pitch) دوران کی هواپیما

محور عمودی که
 از دماغه و دم عبور
 می کند (درجه ۴)
 مشابه دوران w

محور عمودی که
 که از ناف و سقف
 هواپیما می گذرد
 مشابه دوران k

محور عمودی که از بال کعبه می گذرد
 مشابه با دوران ϕ

کجوه پرواز هواپیما برای انجام پروژه آن نقشه برداری هوایی :

هدف : تهیه نقشه 1:4000 تهران

ابتدا باید مشخص کرد که چه دوربینی باید استفاده شود دوربین آن عکسبرداری هوایی از یک زاویه FOV

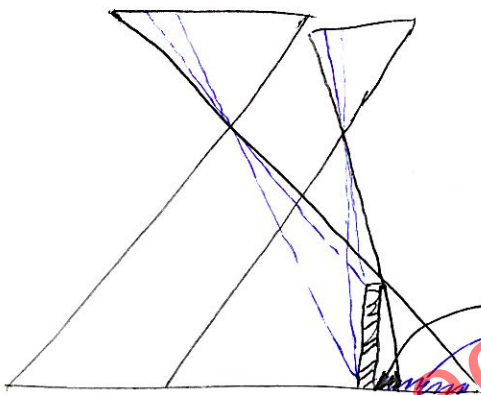
(field of view) به سه دسته تقسیم شوند .
1- ^{Narrow} Normal Angle $\rightarrow f \approx 300mm$

2- wide Angle $f \approx 150mm$ 3- super wide Angle $f \approx 80mm$

نکته : هر چه زاویه FOV بیشتر باشد (فاصله کانونی کمتر باشد) منطقه تحت پوشش در یک ارتفاع یکسان بیشتر است

مسئله : دوربینی super wide Angle : ضلع پنهان کمتر بستری خواهیم داشت ولی در دوربین

Narrow Angle ضلع پنهان کمتری خواهیم داشت



منطقه پنهان
occluded
Area

سپس با توجه به مقیاس و فاصله کانونی

$$\frac{1}{f_{\text{scale}}} = \frac{f}{H}$$

ارتفاع پرواز را تعیین می کنیم

ارتفاع متوسط - ارتفاع سطح = ارتفاع پرواز منطقه

برای طراحی مسیر آن پرواز بهتر است تغییرات ارتفاعی هر نوار پرواز کم باشد تا ارتفاع

پرواز تغییر نکند هم چنین طول نوار پرواز طولانی باشد تا تعداد پهنه های هواپیما کم تر باشد

به طور مثال در تهران پرواز باید شرقی غربی باشد زیرا اولاً شیب زمین در تهران از جنوب به سمت

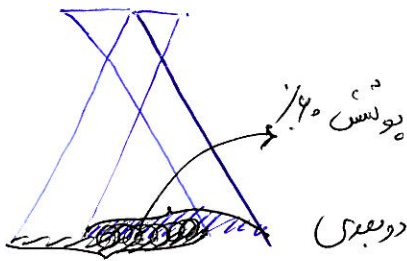
شمال اندازش می یابد ثانیاً در جهت شرقی غربی طول پرواز طولانی تر خواهد بود.

دوربین کی عکسبرداری هوایی : ۱- Analogue ۲- Digital
 نوع دوربین (فاصله اصلی یا کانونی دوربین معلوم است)
 طراح پرواز : دقت ارتفاع پرواز

هرمید پرواز یک run پرواز نام دارد.

برای طراحی مسیر پرواز دو ملاک مهم داریم : ۱- انقباض جبهه تغییرات ارتفاع پرواز کم باشد (H)

۲- انقباض جبهه که هر run پرواز بیشترین طول را داشته باشد.



end lap or overlap
 پوشش طولی

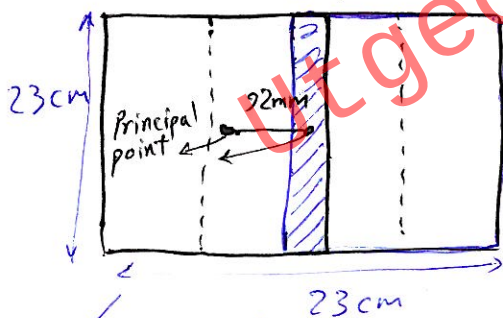
پوشش عکس که در امتداد پرواز برابر ۴٪ است.

هر نقطه زمینی باید حداقل در دو نقطه ظاهر شود (برای اینکه بتوانیم از مختصات دو بعدی)

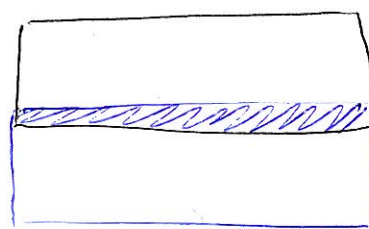
عکس به مختصات سه بعدی زمین برسیم

نکته : حداقل پوشش عکس که در امتداد پرواز ۵٪ در عرض است ولی به دلیل خطای هنگام عکسبرداری مانند تغییر

سرعت هواپیما و تغییر سرعت باد ممکن است نقایص باشد به تعداد ریب عکس هستند
 عکس سوک عکس دوم عکس اول
 20%

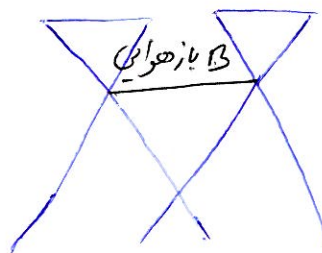
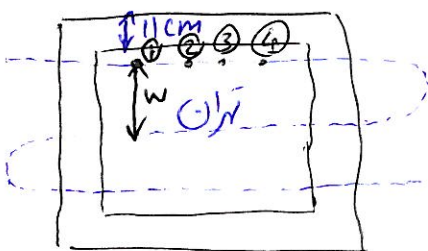


پوشش عکس کی مجاور
 60%
 پوشش بین عکس متلا
 ۱۹۳۳ حدود ۲۰٪



sidelap
 پوشش عرض
 20-30%

نکته : عکسبرداری از یک منطقه همیشه با حاشیه ای اضافی نسبت به منطقه همراه است به اندازه نصف اندازه عکس

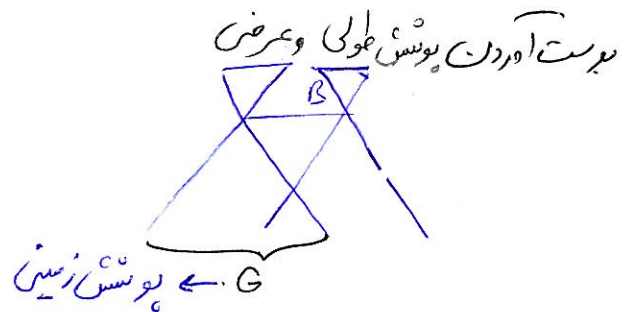


shutter interval
 فاصله بین دو عکسبرداری
 که با توجه به باز هوایی
 تعیین می گردد.

$$\frac{G-B}{G} \times 100 = PE \quad \text{پوشش طولی} \quad \text{عرض}$$

$$G = d \times \lambda \quad \text{اندازه} \quad \text{طول عکس}$$

$$B = b \times \lambda \quad \text{بازه عکس}$$



بازه عکس: فاصله بین دو مرکز عکس هنگامی که آن را

در حالت پوشش تکرار داده باشیم

$$PS\% = \frac{G-w}{G} \times 100 \quad \text{mean sea level}$$

مثال: فرض کنید بازه عکس دو عکس مجاور در یک نوار $B = 1400m$ باشد. اگر ارتفاع پرواز بر بالای سطح مینا برابر 2500

باشد و ارتفاع متوسط منطقه $60m$ باشد و فاصله جانبی در بین $152.4mm$ باشد و اندازه نرمت عکس $23cm$ باشد.

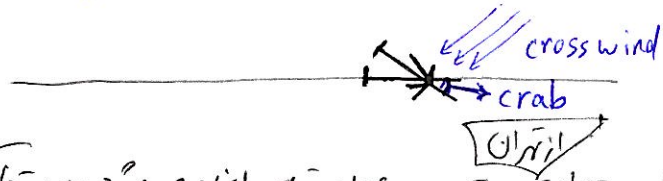
$$\frac{1}{\lambda} = \frac{f}{H'} = \frac{152.4}{(2500-60) \times 1000} \approx \frac{1}{16000} \Rightarrow PE\% = \frac{G-B}{G} = \frac{3680-1400}{3680} \times 100 = 62\%$$

$$G = 23cm \times 16000 = 3680m \quad \Delta t = \text{shutter interval} = \frac{1400}{300000}$$

نکته: در پروازهای عکسبرداری هوایی باید ثابت باشد. (سرعت متوسط معمولاً $300km/h$ است)

نکته: یکی از کارهایی که باید مسئول عکسبرداری در هنگام پرواز انجام دهد توجه به دوران هواپیما توسط بارهای

cross wind است که این کار را توسط دستگاه‌های GPS و INS می‌توان به صورت اتوماتیک انجام داد.

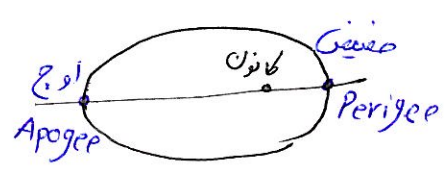


که این زاویه را زاویه crab می‌نامند

تدریس: تعداد عکس‌هایی را که در یک پرواز عکسبرداری هوایی با توجه به سوال قبل انجام می‌شود بدست آورید.

فاصله جانبی در بین $152mm$ ، مقیاس $\frac{1}{16000}$ ، بازه عکس $B = 1400m$ ، ارتفاع متوسط منطقه و مساحت

تهران با توجه نقشه‌ای موجود تعیین گردد. اندازه نرمت عکس $23cm$ ، ارتفاع پرواز بر بالای سطح مینا $2500m$

بدست آوردن shutter interval برای ماهواره: $E = \sqrt{\frac{\mu}{(R+h)^3}} (t - t_0)$
 معادله کلیلر: $\mu = G \cdot k$
 ثابت جاذبه $\rightarrow$ μ
 μ $\rightarrow$ جرم زمین
 E $\rightarrow$ eccentric anomaly
 $t - t_0$ $\rightarrow$ زمان عبور ماهواره از نقطه حضیض $\rightarrow$ t_0
 $R+h$ $\rightarrow$ شعاع مدار بیضی ماهواره را دایره
 در نظریه کیریم


در این صورت معادله کلیلر تبدیل می شود به: $E = \sqrt{\frac{\mu}{(R+h)^3}} (t - t_0)$
 سرعت زاویه ای ماهواره $\rightarrow$ $\Rightarrow$ $w(R+h)$ $\rightarrow$ سرعت خطی ماهواره

تکنیک های عکسبرداری:

نقشه عدس در عکسبرداری از این جهت مهم است که در نتیجه زمان عکسبرداری کاهش می یابد.

دو پارامتر مهم در عکسبرداری زمان نوردهی و مقدار نور است که حاصل ضرب این پارامترها $\rightarrow$ Total Exposure
 shutter speed $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$
 دیاگرام $\rightarrow$ $\frac{\pi d^2}{4}$
 مساحت روزنه یا دیاگرام $\rightarrow$ $\frac{\pi d^2}{4}$
 Lense opening (Aperture) $\rightarrow$ $\frac{\pi d^2}{4}$
 میزبان نوردهی $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$
 به عوامل بستگی دارد: $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$
 ۱- مساحت روزنه یا دیاگرام $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$
 ۲- فاصله تصویر تا عدس $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$
 میزبان روشنایی $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$
 متناسب است با $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$
 چون در تصویر اشیاء فاصله $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$
 عدس تا شش دزد است $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$

brightness factor $= \sqrt{\frac{d^2}{p^2}} = \frac{d}{p}$
 f-stop $= \frac{p}{d}$
 مقدار استاندارد f-stop $\rightarrow$ 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32
 حجم نور وارد شده به دوربین توسط f-stop تعیین می شود. و هر چه f-stop بزرگتر $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$
 قطر روزنه کوچکتر است $\rightarrow$ $\frac{1}{\text{time}}$

نکته: هنگامی که f-stop را یک واحد افزایش می دهیم مثلاً از ۱.۴ به ۲ نسبت روزنه را یک چهارم کاهش داده ایم

به عبارت دیگر قطر به $\sqrt{2}$ تقسیم می شود

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}, A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}, A_2 = \frac{A_1}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{\pi d_1^2}{8} \Rightarrow d_2 = \frac{d_1}{\sqrt{2}}$$

مثلاً با حسابیت
فیلم تنظیم می شود

$$\text{Total Exposure} = A \times \Delta t$$

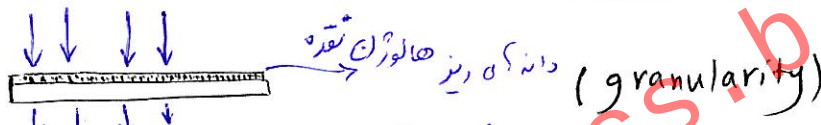
مثال: فرض کنیم برای عملکردی باید دوربین shutter speed = $\frac{1}{500}^s$ f stop = 4 (تنظیم می کنیم) بتواند اسلورر باید ثابت باشد

اگر بخواهیم سرعت شاتر را به $\frac{1}{1000}$ برسیم f stop جدید را می بینیم؟
زمان باز شدن شاتر قطع روزنه

$$A_1 \times t_1 = A_2 \times t_2 \Rightarrow A_2 = \frac{A_1 \times t_1}{t_2} = \frac{\frac{\pi d_1^2}{4} \times \frac{1}{500}}{\frac{1}{1000}} = \frac{\pi d_1^2}{2}$$

$$\frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{\pi d_1^2}{2} \Rightarrow d_2 = \frac{d_1}{\sqrt{2}} = \frac{f}{d_2} = \sqrt{\frac{500 \times 16}{1000}} \approx 2.8$$

تابع ویژگی فیلم، characteristic function



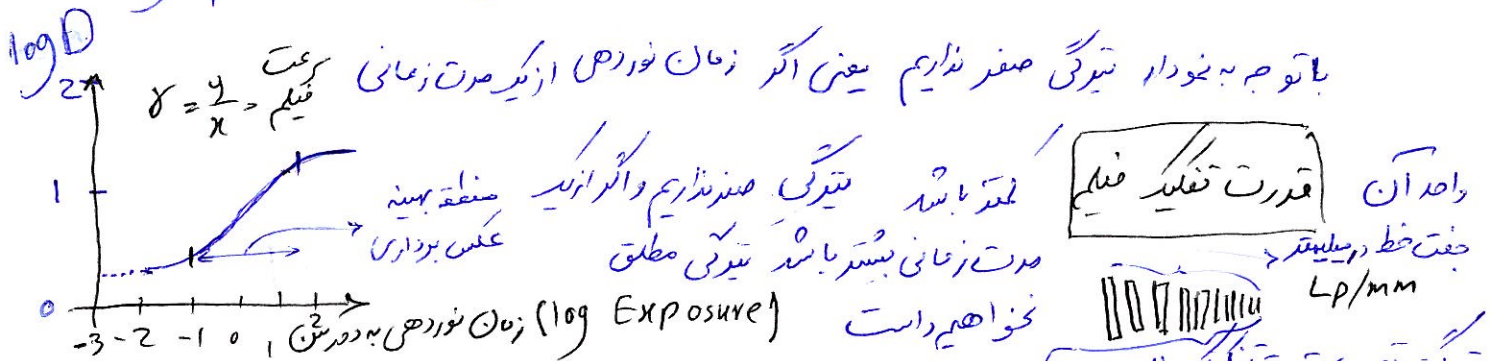
درجه تیرگی Density درجه خاکستری gray level
لایه پاتایش نور تیره می شود

$$D = \log \left(\frac{i}{t} \right)$$

i = incident ray (نور ورودی) t = transmitted ray (نور عبوری)

مثال: نوری با شدت ۱۰۰ از می تا پاتایش و نور با شدت ۱ خارج می شود

$$D = \log \frac{100}{1} = 2$$



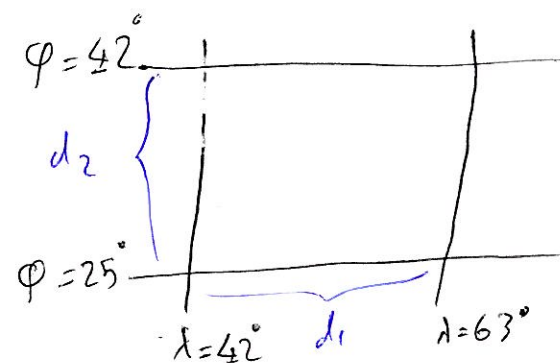
دانه بندی بزرگ قدرت تفکیک فیلم را پایین می آورد مثلاً ۸۰ Lp/mm از ۴۰ Lp/mm قدرت تفکیک بیشتری دارد

هچنین هر چه دانه بند بزرگ تر باشد سرعت فیلم کمتر است

نکته: قدرت تفکیک بالا به معنی جزئیات بیشتر است

دوربین کی با سرعت فیلم زیاد بزرگ عکس برداری در مکان کی کم نور مناسب است

$b = (1 - P_E) d$ باز عکس
 $P_E = \frac{G - B}{G} \times 100$ پوشش عرضی
 $P_S = \frac{G - w}{G} \times 100$ پوشش عرضی
 $\lambda' = \frac{H'}{f}$ عمق میدان منطقه
 $\lambda = \frac{H}{f}$ عمق میدان عکس
 $H = H' + h$ ارتفاع تا سطح زمین
 h ارتفاع تا سطح مینا
 $B = b \lambda'$ باز عکس
 $G = d \lambda'$ ابعاد پوشش روی زمین
 $w = (1 - P_S) d$ فاصله دو نوار روی عکس
 $W = w \lambda'$ فاصله دو نوار در پرده



$i \sim 31m$

$d_2 = 17 \times 3600 \times 31$

$d_1 = 21 \times 3600 \times 31$

نکته: در ماهواره کی زمین آهنگ $R + h = 42000 km$

$V = w(R + h)$ ، $V = \frac{B}{dt}$ نکته: shutter interval در ماهواره
 $w = \sqrt{\frac{GM}{(R + h)^3}}$ ، $V = \sqrt{\frac{GM}{R + h}}$ shutter interval = $B \sqrt{\frac{R + h}{GM}}$

هرچه f-stop افزایش یابد حجم نور کمتری به صفحه حساس می رسد.

total Exposure طوری باید تنظیم شود که زمان نوردهی در بازه ای باشد که خودکار به صورت خطی تغییر می کند

در بین استاندارد های که در فتوگرافری

استفاده می شود قدرت تفکیک

40lp/mm دارد.

مقادیر

focus $\neq$ blur

f-stop، سرعت شاتر با توجه به حساسیت فیلم تنظیم می شود.

حرکت تصویر: image motion ؛ motion blur

25lp/mm : قدرت تفکیک

120lp/mm : قدرت تفکیک

عمق میدان (Dof) Depth of field یا عمق میدان و منوع تصویر

f-stop در عمق میدان نیز کاربرد دارد یعنی با افزایش f-stop باعث می شویم که اشیاء با فاصله های مختلف نسبت به دوربین در عکس واضح ظاهر شوند.

دایره ابهام، circle of confusion

در واقعیت فزوسل $\frac{1}{h} + \frac{1}{c} = \frac{1}{f}$ به صورت تقریبی می شود یعنی تصویر یک نقطه یک نقطه نخواهد بود

بلکه یک دایره خواهد بود که به آن دایره ابهام گویند با افزایش f-stop (کاهش ضماحت دیدن) دایره ابهام

کوچکتر خواهد بود. که به معنی افزایش عمق میدان و منوع تصویر است (واضح تر شدن تمام اشیاء) که در دامنه و منوع تصویر قرار گرفته اند

$$h_N = \frac{h}{1 + (h-f) \frac{c \cdot D}{f^2}}$$

عمق میدان
حد نزدیک

$$h_F = \frac{h}{1 - (h-f) \frac{c \cdot D}{f^2}}$$

f-stop
قطر دایره ابهام
فاصله بین دو دوربین
فاصله کانونی

$$Dof = h_F - h_N$$

با توجه به قدرت تفکیک فیلم تعیین می گردد که اشیایی که در عمق میدان یعنی بین h_N و h_F قرار گیرند واضح می شوند

نکته: f-stop بستید به معنی افزایش زحان نوردهی یا کاهش سرعت شاتر است

قدرت تفکیک نهایی: برآیند قدرت تفکیک عدس، قدرت تفکیک فیلم و motion blur است.

hyper focal Distance

در عکس

در عکس برداری هوایی هم است. فاصله ای که از آن به بعد تمام اشیاء واضحی افتند

$$h_F = \frac{h}{1 - (h-f) \frac{c \cdot D}{f^2}} \quad , \quad h_F \rightarrow \infty \Rightarrow 1 - (h-f) \frac{c \cdot D}{f^2} = 0 \Rightarrow h_{hyp} = \frac{f^2}{c \cdot D} + f$$

اگر در فزوسل حد نزدیک عمق میدان h_{hyp} را مقدار دهیم حد نزدیک بدست آید و عملاً اشیایی که از حد نزدیک

تابی نهایت نسبت به دوربین قرار دارند واضح خواهند بود.

TA

این رابطه زمانی درست است که d ثابت باشد

تدریس شماره 3 :

$$\frac{f_{stop_2}}{f_{stop_1}} = \frac{\sqrt{t_1}}{\sqrt{t_2}} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{t_1}}{\sqrt{t_2}} \Rightarrow$$

$$t_2 = 4t_1$$

سوال 1

$$\frac{f_1}{d_1} = \frac{f_2}{d_2} \cdot \frac{f_2 = \frac{1}{2} f_1}{\frac{1}{2} f_1} \rightarrow d_2 = \frac{1}{2} d_1$$

$$A_1 \Delta t_1 = A_2 \Delta t_2 \Rightarrow d_1^2 \Delta t_1 = \frac{d_1^2}{4} \Delta t_2$$

$$\rightarrow \Delta t_2 = 4 \Delta t_1$$

$$f_{stop_2} = \frac{f_2}{d} = \frac{\frac{1}{2} f_1}{d} = \frac{1}{2} f_{stop_1} = \frac{1}{2}$$

سوال 2

$$\text{قدرت تفکیک شعاعی} = \frac{1460}{f_{stop}} \cos \alpha$$

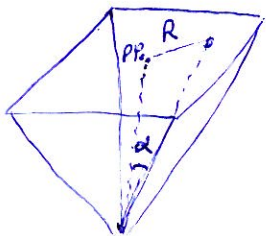
$$\text{قدرت تفکیک شعاعی} = \frac{1460}{f_{stop}} \cos^3 \alpha$$

سوال 3

$$r = 1.22 \lambda f_{stop}$$

$$\left(\frac{1}{r}\right) \rightarrow \text{قدرت تفکیک} \Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{قدرت تفکیک شعاعی} \propto \frac{1}{r} \cos \alpha \\ \text{قدرت تفکیک شعاعی} \propto \frac{1}{r} \cos^3 \alpha \end{array} \right.$$



$$R = \sqrt{x^2 + z^2}$$

$$\alpha = \arcsin \frac{R}{f}$$

که کمتر باشد

که بیشتر باشد

سوال 5 : روزی مدت بیشتری باز باشد. f_{stop} بیشتر باشد

2 صفحه زمان ارائه 1-8 دقیقه

میزبانی : گروه های 4 نفره - Powerpoint

یا ویرجینیت که تا روز دوشنبه

گروه های 5 و 9 : فتوگرامتری فضایی

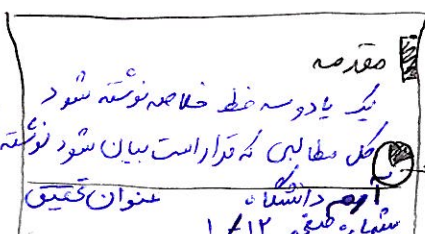
4 راس شود به hamedhesabi@ut.ac.ir

گروه های 2 و 6 و 10 : فتوگرامتری هوایی

گروه های 3 و 7 و 11 : فتوگرامتری آبنی + برد کوتاه

گروه های 4 و 8 : فتوگرامتری هوایی

یا ویرجینیت که خیلی خائنتی نباشد



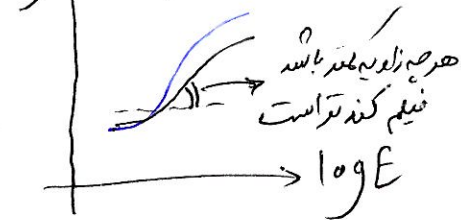
با کمال احترام
این مدت
تکمیل شود

با شماره قسمت بندش شده به عنوان Progressbar
به جای شماره صفحه

قدرت تفکیک مکانی دوربین: (Camera spatial resolution)

حجم جزئیات قابل مشاهده در یک تصویر

به چند عامل بستگی دارد: $\log E$ (Exposure) و $\log \text{Density}$ (Density)



① قدرت تفکیک فیلم { سرعت فیلم }

فیلم سریع قدرت تفکیک پایین، فیلم کند قدرت تفکیک بالا

دانه بندی درشت و زمان کمتر شاتر
دانه بندی ریز و زمان بیشتر شاتر

② f-stop ← محاسبه دامنه و منوع تصویر

③ motion blur ← مرتبه با موارد ① و ② هرچه زمان باز شدن شاتر بیشتر باشد motion blur بیشتر است

④ قدرت تفکیک عدسی

عدس ایردیل aberration free

انواع aberration

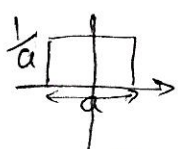
1- spherical ab: خطای ساخت آکنای عدسی که باعث ایجاد دایره ابهام می شود

2- chromatic ab: عدسی مانند منشور عمل کند و نور را تجزیه کند که هر موج با زاویه متفاوتی شکست می یابد

3- coma ab: هر چه به کنار، کمی عکس می رویم بیشتر می شود. پرتو که با زاویه مایل به عدس می تابند و دایره ابهام مانند اشک می شود

4- Astigmatism ab: پرتوایی که با زوایای متفاوتی به عدس می تابند با زوایای متفاوتی شکست می یابند

و در یک نقطه متمرکز نمی شوند و باعث ایجاد دایره ابهام می شود



$$s = a \times \frac{1}{a} = 1 \leftarrow \text{تابع rectangular}$$

قدرت تفکیک عدسی در حالت ایردیل

Dirac Delta function: حدیک تابع rectangular است

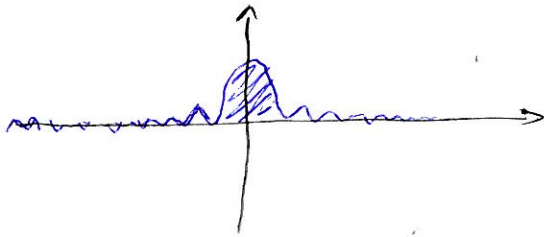
موج با تغییر محیط دچار diffraction می شود

در حالت ایده آل تصویر یک نقطه Dirac باید یک نقطه Dirac باشد ولی به دلیل

پدیده diffraction اینگونه نخواهد بود بلکه به صورت دایره آبی تودرتو است

$$\frac{\sin \pi x}{\pi x}$$

که دایره مرکزی به نور است



$f\text{-stop}$

$$r = 1.22 \lambda \left(\frac{f}{d} \right)$$

به شعاع دایره ابهام
به طول موج نور



لم تصویر نقطه Dirac
برای پدیده diffraction

به صورت دایره ابهام می شود

نکته: جزئیاتی که در عمق میدان بالا مشاهده می شود کمتر است نسبت به جزئیاتی که در عمق میدان

کم مشاهده می شود زیرا با افزایش f-stop عمق میدان بالای رودر می diffraction افزایش

می یابد به عبارت دیگر دایره ابهام افزایش می یابد

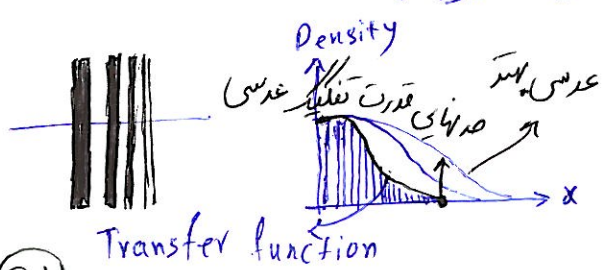
$$\frac{1}{r} = \frac{1}{1.22 \lambda \left(\frac{f}{d} \right)} \text{ (line/mm)} \xrightarrow{\text{مثال}} \lambda = 0.56 \mu\text{m}, f\text{-stop} = 5.6$$

$$\Rightarrow \frac{1460}{f\text{-stop}} \approx 260 \text{ line/mm} \quad \text{قدرت تفکیک عدسی}$$

قدرت تفکیک یک عدس خوب از 260 کمتر است به دلیل aberration و هر چه

aberration کمتر باشد قدرت تفکیک عدس به 260 نزدیک می شود

Transfer function = motion blur + قدرت تفکیک فیلم + قدرت تفکیک عدسی = قدرت تفکیک تصویر



برای تعیین Transfer function نوارهای روشن و تاریک

را به عنوان تارکیت تهیه می کنند بدین صورت که نوارک به تدریج

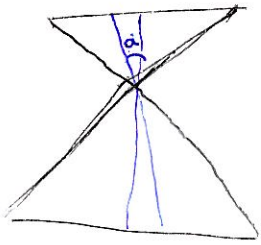
باریک می شوند و در جهات گوناگون این نوارک را قرار می دهند

قدرت تفکیک برای طول موج $0.56 \mu m$ $\frac{1460}{f-stop}$ / برای مرکز است

هرچه به صورت شعاعی از مرکز دوری شویم قدرت تفکیک کاهش می یابد $\frac{1460}{f-stop} \cos \alpha$ = قدرت تفکیک شعاعی

هرچه به صورت مماس از مرکز دوری شویم نیز قدرت تفکیک کاهش می یابد $\frac{1460}{f-stop} \cos^3 \alpha$ = قدرت تفکیک مماس

α = زاویه شعاع نور با محور اپتیک



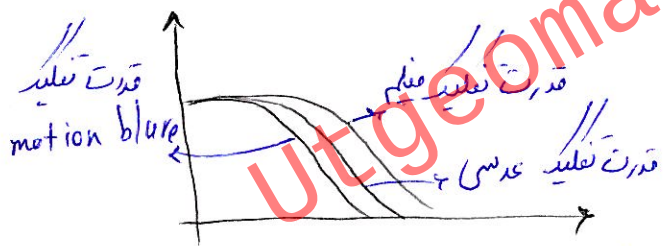
نکته: هرچه فوکس نورانی روشن و باریک تر شود Density کاهش می یابد

یعنی وقتی فوکس به قدری زیاد شود که مثلاً چندین نور در دایره ابرام قرار گیرند Density دایره

ابرام برابر می آید. Density کی نورانی قرار گرفته در دایره ابرام است. پس Density کاهش

می یابد.

نکته: Transfer function نهایی برابر کمترین Transfer function است



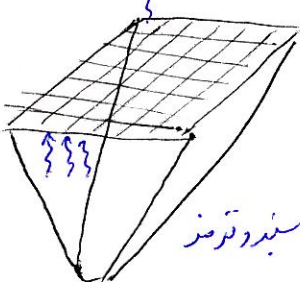
مثلاً Transfer function نهایی برابر $\Rightarrow$ Transfer function motion blur است

نکته: lp/mm همان $line/mm$ است. و قدرت تفکیک همان Transfer function است

نکته: دوربین که ساکن باشد - قدرت تفکیک motion blur صفر می شود زیرا $motion blur$ نداریم

این سنز حرکت

دوربین کی واقعی :

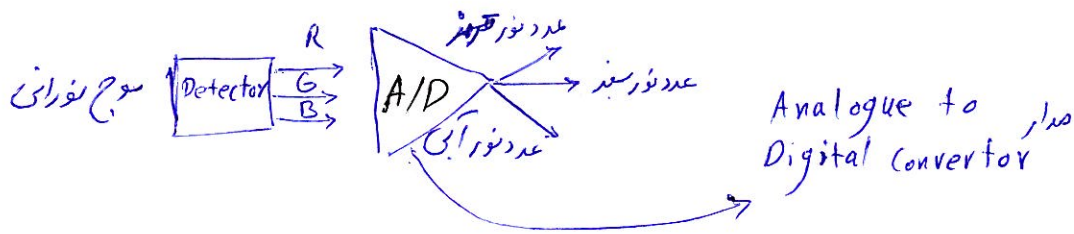


آرایه ی دوبعدی از Detector که به جای فیلم است و اجزای نوری که وارد دوربین

می شود به سه رنگ آبی، سبز و قرمز

که اجزای نوری را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کند

آبی، سبز، سبز سیگنال آن مربوطه را تولید می کند.



عدد هر یک از مؤلفه‌های آبی، سبز و قرمز بین 0 - 255 است
تعداد کل پیکسل‌ها
برای هر مؤلفه ما تریس $m \times n$ داریم
R, G, B
پیکسل
Picture Element
Pixel

مثلاً برای Detector موقعیت او 1 - 255 است
اطلاعات رادیومتریکی

بنابراین اطلاعات رادیومتریکی برای یک نقطه در زمین دارای سه مؤلفه طیفی R G B است
نکته: تمام رنگ‌های موجود در طیف مرئی را می‌توان با سه مؤلفه R G B تولید کرد.

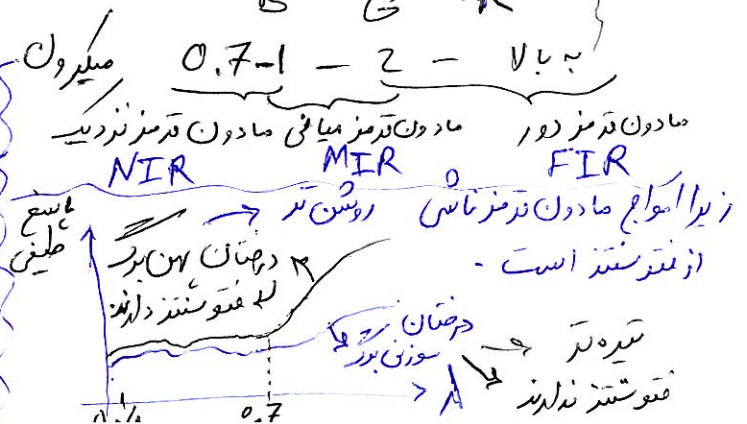
نکته: حداکثر وضاحت هر کدام از مؤلفه‌های آبی، سبز، قرمز را به ترتیب 256 و 0 در نظر می‌گیریم
که به اصطلاح گویند آن مؤلفه را با 8 bit کوانتیزه کرده ایم

هر چه گام کوانتیزه بیشتر باشد دقت اندازه‌گیری رنگ بیشتر است مثلاً هنگامی که مؤلفه را

با 8 bit کوانتیزه کنیم دقت بیشتری خواهیم داشت نسبت به هنگامی که با 4 bit کوانتیزه کنیم
گام 256
گام 64

فضای طیفی: spectral space هر پیکسل 3 برداری در فضای
مادون قرمز 0.4 - 0.6 - 0.6 - 0.7 میکرون طیفی است که مؤلفه‌های آن R G B است.
Infrared

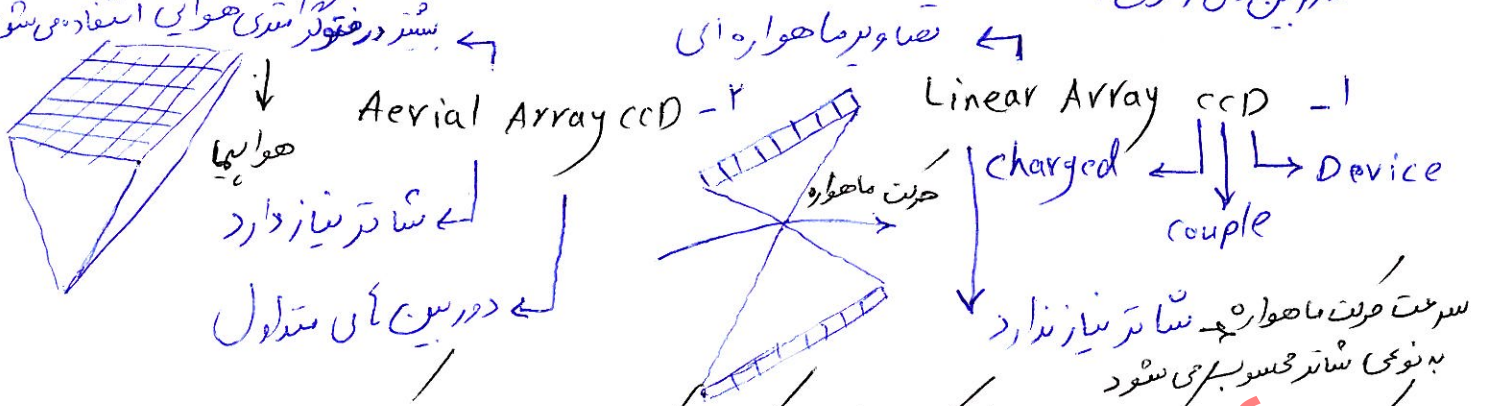
می‌توان هر نور را به مؤلفه‌های نسبت به تجربه کرد مثلاً 120 مؤلفه (باند طیفی)
که به این دوربین‌ها دوربین‌های hyper spectral گویند
آب طیفی (23)



ASA
ISO
تدرت تفکیک فیلم (سرعت)
تدرت تفکیک عدس
f-stop
motion blur

در بین کی آنالوگ

نکته: قدرت تفکیک عدس بسیار بیشتر از قدرت تفکیک فیلم است و قدرت تفکیک نهایی را فیلم تعیین می کند
در بین کی دیجیتال:



نکته: لایه های حساس تولید می کنند بلکه این نقطه تولید می کنند. $R = 10$

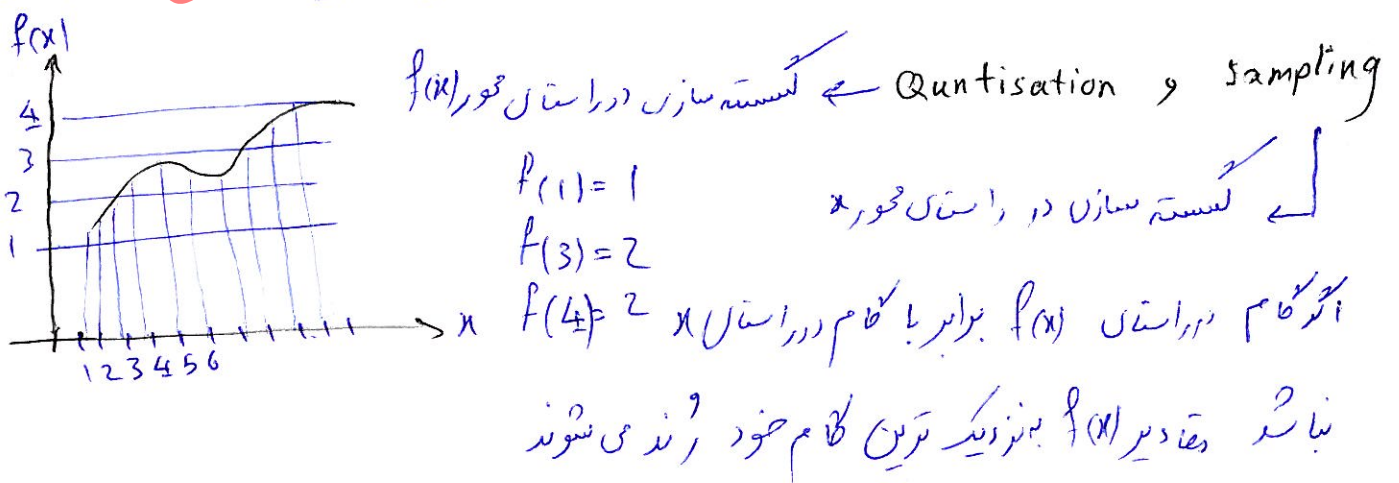
برای تبدیل سیگنال به داده ای دیجیتال از دامنه سیگنال استفاده می شود

زیرا دامنه سیگنال به شدت نور و روشنایی بستگی دارد

بنابراین برای دامنه سیگنال یک حداقل و یک حداکثر در نظر گرفته و آن را مقیاس بندی می کنند

که به آن گام اطلاعات رادیومتری می گویند

باتوجه به سخت افزار رایانه دامنه را به صورت 4 بیت و 16 بیت تقسیم بندی می کنند

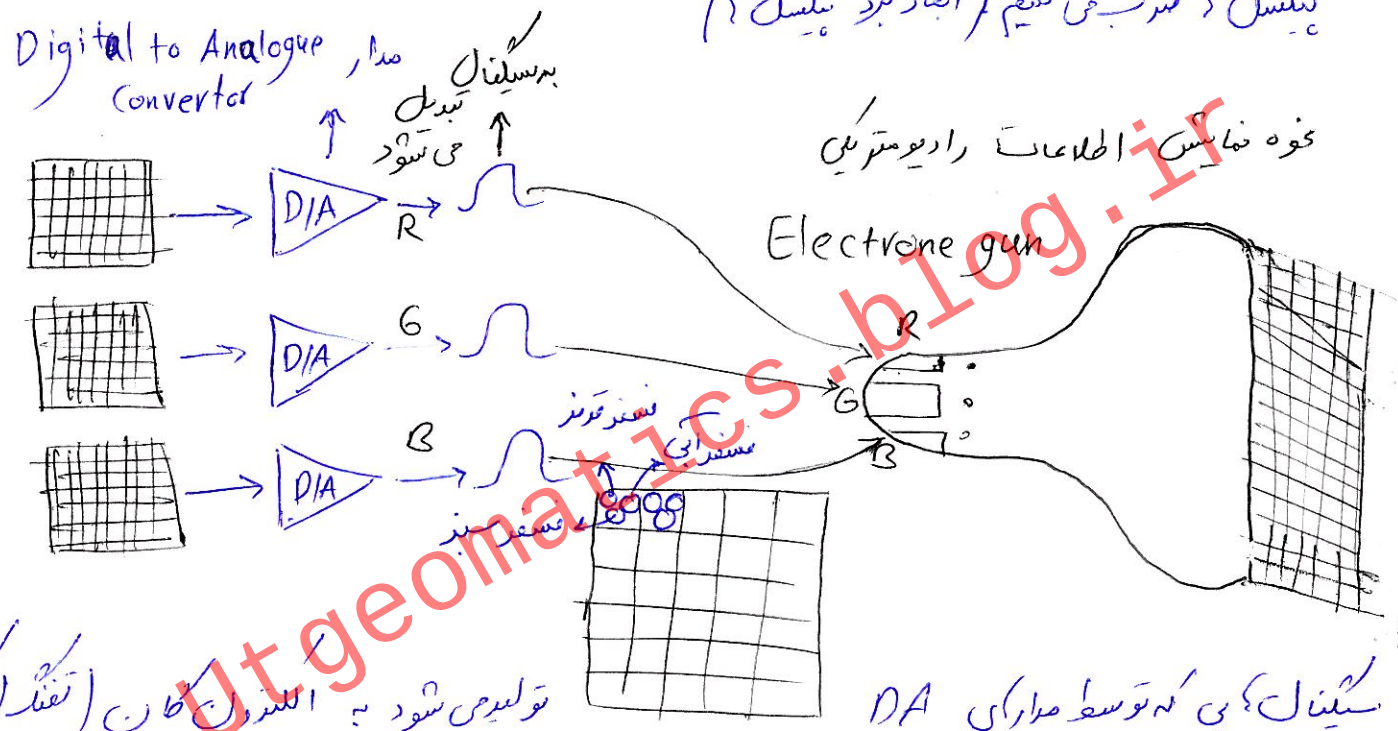


برای تقسیم بندی سیگنال که نیز مانند مثال بالا محلی می شود یعنی محور x محور مکان و محور $f(x)$ دامنه سیگنال است.

نکته: باید توجه داشت که تعداد پیکسل (Detector) باید متناسب با حجم اطلاعات رادار (رادومتر) باشد.

- باید (حجم تقسیم بندی دامنه سیگنال)
- ۱- رادومتر (رادومتر)؛ دامنه سیگنال
 - ۲- هندس (مکانی)؛ شماره سطوح و ستون پیکسل
- هر پیکسل دو نوع اطلاعات با خود به همراه دارد

نکته: برای فنکات پیکسل را به صورت هندیک داشته باشیم شماره سطوح و ستون را در ابعاد قطعی شامل پیکسل که منطبق کنیم (ابعاد برد پیکسل)



سیگنال بی که توسط مدارهای DA تولید می شود به الکترود کان (تفنگ الکترود) منتقل شده و تفنگ الکترود بی را به سمت پیکسل کی مربوط به صفحه نمایش شلیک می کند. در هر پیکسل صفحه نمایش سه مسفر آبی، سبز، و قرمز وجود دارد که الکترود مربوط به آن خورده و نور مورد نظر تولید می شود.

نکته: تعداد پیکسل شده گسترده اند یعنی رنگ کی آبی، سبز، و قرمز جدا هستند ولی چشم انسان آن را (رادیوس) می بیند. نکته: در مانیتورهای جدید هر پیکسل صفحه نمایش یک پیکسل بر حافظه آن درون مانیتور متصل است که به آن حافظه گرافیکی می گویند و سیگنال که به حافظه گرافیکی منتقل می شوند

در تصویر

نکته مهم: هر قدر قدرت تفکیک یعنی بسط باشد تعابیر بین اشیاء با پدیده دقیق تر (بسط) خواهد شد.

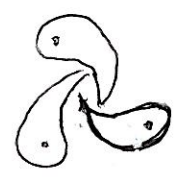
تصاویر رنگی واقعی،

تشکیل شده از سه طیف R, G, B یعنی هر طیف به تفکد الکترونی مربوطه ارسال می شود

تصاویر رنگی کاذب:

تصاویر رنگی به غیر از R, G, B مثلاً R, G, IR یعنی طیف که مرتبط با تفکد الکترونی

نیست مثلاً طیف مادون قرمز به تفکد الکترونی قرمز ارسال می شود.



انواع شاتر:

← برگه

leaf type shutter ۱

تعریف کارایی شاتر: (shutter efficiency)

← تیغه ای

blade type shutter ۲

shutter between the lens ۳

← چرخش

Rotating disk shutter ۴

شاتر در بین عدس که تار دارد

دیسک در حال چرخش هستند

وزعانی که شاتر به برهم منطبق می شوند نور وارد دوربین می شود

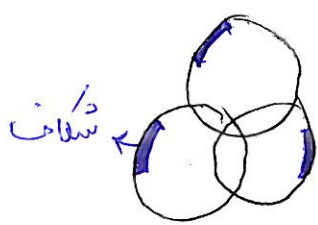
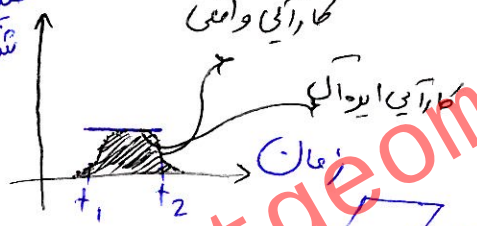
برای دوربین های عکسبرداری هوایی مناسب نیست (کارایی لازم را ندارد)

کارایی واقعی

کارایی ایده آل

زمان

میزان باز شدگی شاتر



← شاتر

دوربین کی رزولیوشن:

قدرت تفکیک مکانی: به تعداد Detector بستگی دارد.

قدرت تفکیک لینی: به تعداد باندهای طیفی بستگی دارد.

قدرت تفکیک رادیومتریک:

قدرت کی تفکیک
resolution



سیگنال نویز دار

$$S + N = S$$

اگر حجم نور کم باشد دامنه سیگنال کم خواهد بود در نتیجه دامنه نویز دامنه سیگنال را می پوشاند

$$\frac{\sigma_s^2}{\sigma_n^2} \gg 1$$

signal to noise ratio

اما اگر حجم نور زیاد باشد دامنه سیگنال به دامنه نویز غلبه می کند

نکته: برای کاهش حساسیت در دوربین کی رزولیوشن تعداد مستطی از Detector که مثلاً هر 4 مستطی

میانگین گیری می کنند. و مقدار آن 4 دقیقتر برابر این میانگین خواهد بود.

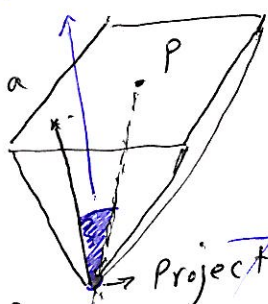
دوربین کی آنالوگ متریک.

به وسیله کارخانه سازنده دوربین کالیبره می شوند (Calibration)

فاصله کانونی کالیبره (Calibrated focal length)

موقعیت نقطه اصلی (Principal Point)

توجه داخلی (inner orientation)



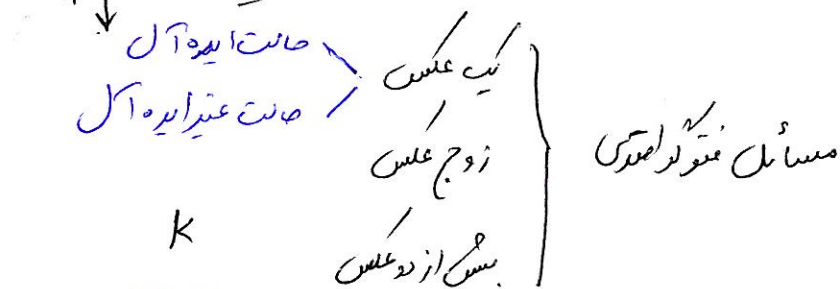
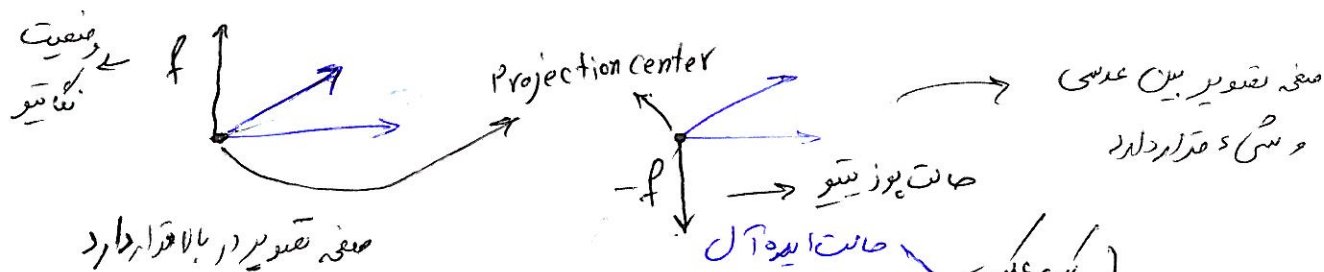
Projection center

Projection center

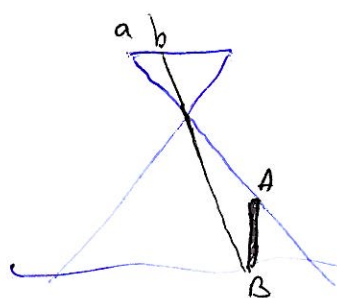
$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ \vdots \\ x_8 \\ y_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x'_1 & -y'_1 & 1 & 0 \\ y'_1 & x'_1 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x'_8 & -y'_8 & 1 & 0 \\ y'_8 & x'_8 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

هرچه اندازه پیکسل (زاویه)
دقیق تر باشد نقشه برداری
دقیق تر خواهد بود.

محور اصلی
سیستم سه بعدی
کاذب
27
سیستم
فضات درونی دوربین

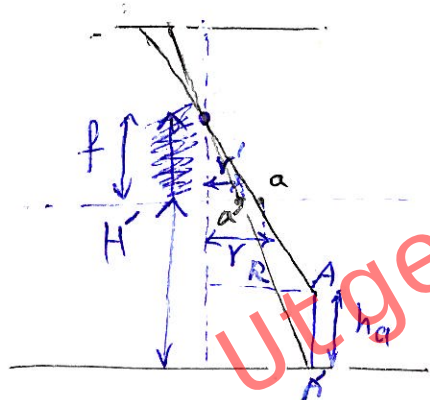


w در دور بین
 φ حول محور x
 $roll$
 k حول محور y
 $pitch$
 k حول محور z
 yaw



relief displacement (جابجایی ارتفاعی) نقطه a به a'

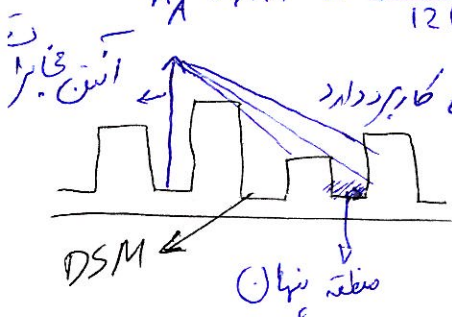
در عکس ثبت دار جابجایی ارتفاعی از نقطه نادرشعاعی است.



$$\begin{aligned}
 d &= r - r' \\
 \frac{r}{R} &= \frac{f}{H - h_A} \\
 \frac{r'}{R} &= \frac{f}{H'} \\
 f \times R &= r(H - h_A) \\
 f \times R &= r'H' \\
 r(H - h_A) &= r'H' \Rightarrow h_A = \frac{(r - r')H}{r} = \frac{dH}{r}
 \end{aligned}$$

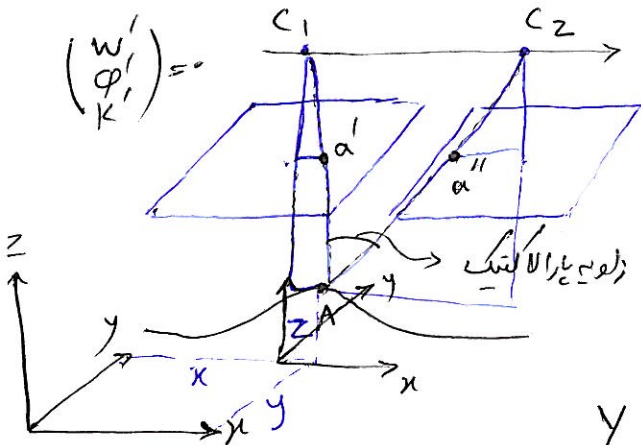
مثال $d = 54.1 \text{ mm}$, $r = 121.7 \text{ mm}$, $H = 535 \text{ m}$, $h_A = 259 \text{ m}$

$h_A = AA' = \frac{(535 - 259) 54.1}{121.7} = 122.7 \text{ m}$



Digital $\xleftarrow{\text{surface}}$ DSM $\xrightarrow{\text{surface}}$ Model

stereo Images تصاویر استرئو



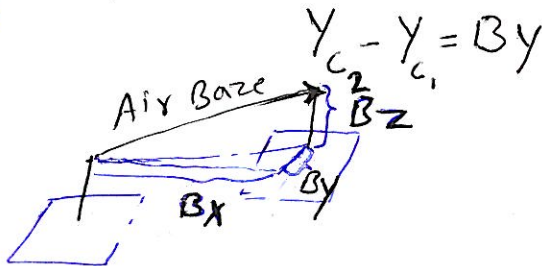
$$\begin{pmatrix} w'' \\ \phi'' \\ k'' \end{pmatrix} = 0$$

$$z_{c1} = z_{c2}$$

$$y_{c1} = y_{c2}$$

$$x_{c2} - x_{c1} = Bx$$

$$z_{c2} - z_{c1} = Bz$$



$$B = \sqrt{Bx^2 + By^2 + Bz^2}$$

مؤلفه های بارانشی

$$\text{صورت ایستاد} \begin{cases} Bx \neq 0 \\ By = 0 \\ Bz = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} w' = w'' = \phi' \\ = \phi'' = k' \\ = k'' = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{a'} & \text{نقطه ا' در عکس چپ} \\ y_{a'} & \text{نقطه ا' در عکس راست} \end{cases} \quad \begin{cases} x_{a''} & \text{نقطه ا'' در عکس چپ} \\ y_{a''} & \text{نقطه ا'' در عکس راست} \end{cases}$$

$$x_{a'} - x_{a''} = p_{xa} \neq 0$$

$$y_{a'} - y_{a''} = p_{ya} = 0 \quad \text{در صورت ایستاد}$$

$$\frac{x_A}{H-h_A} = \frac{x_{a'}}{f}$$

$$\frac{B-x_A}{H-h_A} = \frac{-x_{a''}}{f}$$

$$\frac{y_A}{H-h_A} = \frac{y_{a'}}{f}, \quad \frac{y_A}{H-h_A} = \frac{-y_{a''}}{f}$$

مجموعه
A.O

$$\begin{cases} \textcircled{x_A} = \frac{x_{a'}}{f} (H-h_A) \\ x_A = B + \frac{x_{a''}}{f} (H-h_A) \\ \textcircled{y_A} = \frac{y_{a'}}{f} (H-h_A) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \textcircled{h_A} = H - \frac{B \cdot f}{x_{a'} - x_{a''}} = H - \frac{B \cdot f}{p_{xa}} \\ x_A = \frac{B \cdot x_{a'}}{p_{xa}} \\ y_A = \frac{B y_{a'}}{p_{xa}} \end{cases}$$

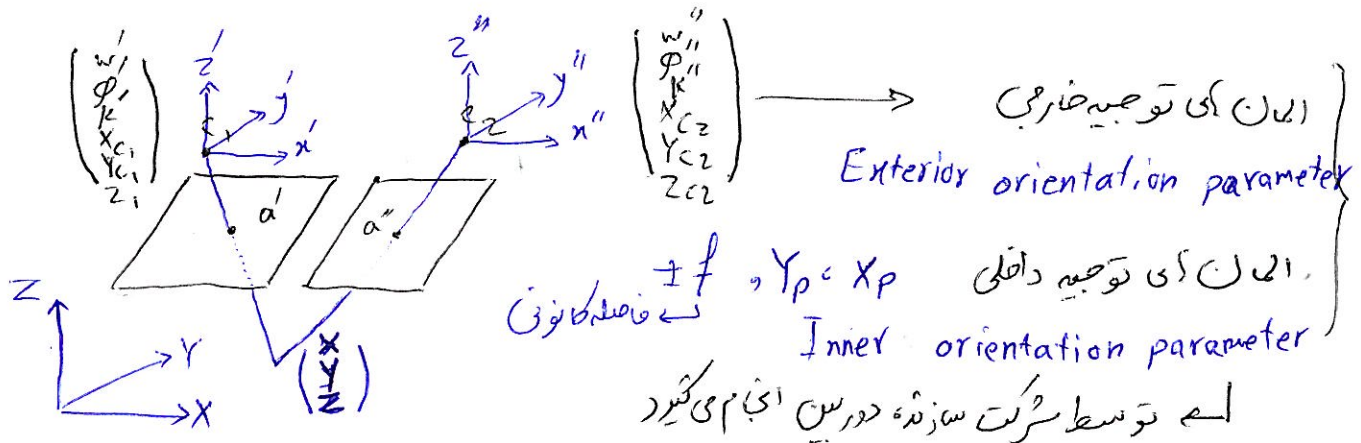
مصادرات تقاطع
Bx و Bz → z_{c2}

در این حالت خاص برای ترمیم دو مجهول B و H را داریم و برای تقاطع سه مجهول

خواهیم داشت $z_A \leftarrow \textcircled{h_A}, y_A, x_A$

زوج عکس ← استریو image

به دلیل پوشش طولی 60٪ امکان استخراج مولفه Z در فضای شیء موجود است.



مجموعات ترفیع فضایی در حالت ایده آل زوج عکس

$$(AB)^2 = (x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 \quad B, H$$

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

$$aH^2 + bH + c = 0 \Rightarrow H = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

حاسب B Air Base

$$\overline{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \Rightarrow \overline{AB} = \sqrt{\left(\frac{Bx_b}{P_b} - \frac{Bx_a}{P_a} \right)^2 + \left(\frac{By_b}{P_b} - \frac{By_a}{P_a} \right)^2}$$

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

مثال: $P_b = 86.3, h_A = 263m, H = 1622m, f = 152.4mm$

مثال نقاط: $y_b' = -46.7, x_b' = 88.2, y_a' = 50.9, x_a' = -38.3, y_a' = 50.8, x_a' = 53.4mm$

$y_b'' = -46.8mm, x_b'' = -7.1mm$

$$P_a = 53.4 - (-38.3) = 91.7 \text{ mm} \quad P_b = 96.0 \text{ mm}$$

$$h_A = H - \frac{B \cdot f}{P_a} = 585 \text{ m}$$

$$h_B = 614 \text{ m MSL} \Rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{طول H} \\ \text{طول B} \end{array} \right] \Rightarrow X_A = \frac{B x'_a}{P_a} = 667 \text{ m}, Y_A = \frac{B y'_a}{P_a} = 216 \text{ m}$$

$$X_B = \dots, Y_B = \dots \quad \text{طول مایل} = \overline{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2}$$

$$\text{طول افقی} = \overline{AB} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$

$$P_a = X'_a - X''_a = P_a, X'_b - X''_b = P_b$$

$$\Delta P_{ab} = P_a - P_b \quad \text{هر دو جهت پرتو داشته باشند} \\ \text{عکس دارای جهت پرتو است}$$

مقادیر اختلاف پاریالکس:

- پاریالکس مثبت
- منفی

$$h_A = H - \frac{B \cdot f}{P_a}, h_B = H - \frac{B \cdot f}{P_b} \Rightarrow P_a - P_b = \frac{f \cdot B (h_A - h_B)}{(H - h_A)(H - h_B)}$$

$$\Rightarrow h_A = h_B + \frac{\Delta P_{ab} (H - h_B)}{P_a} \quad \Delta P = P_a - P_b \rightarrow \text{دقت پرتو}$$

$$\Delta P_{ab} = P_a - P_b \quad b = \frac{B}{\lambda} \rightarrow \text{عدد مقیاس} \Rightarrow h_A = \frac{\Delta P \cdot H}{\Delta P + b} \approx \frac{\Delta P \cdot H}{b}$$

مقادیر تقریبی اختلاف پاریالکس:

$$X_c = 14.3 \text{ mm}, X_c = -78.3 \text{ mm}, h_c = 591 \text{ m} \quad h_A, h_B = ?$$

$$P_c = X_c - X''_c = 92.6 \Rightarrow \Delta P_{ac} = P_a - P_c = -0.9 \text{ mm}$$

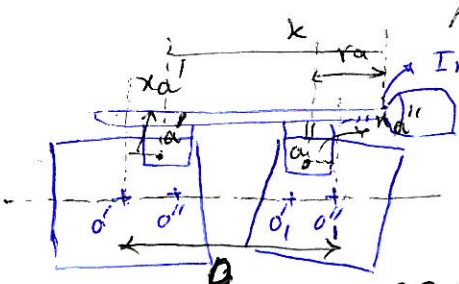
$$h_A = h_c + \frac{\Delta P_{ac} (H - h_c)}{P_a} = 585 \text{ m}, h_B = h_c + \frac{\Delta P_{bc} (H - h_c)}{P_b} = \dots$$

نیاز به گیرنده پاریالکس و مقادیر رقتی

Manual -

Automatic -

Index mark

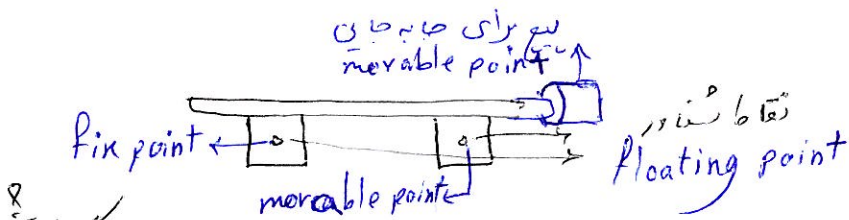


مقدار مقیاسات پاریالکس برای

مقدار مقیاسات X-parallax

$$P_a = (D - k) + r_a \Rightarrow P_a = C + r_a \Rightarrow P_a - r_a = C$$

پارالاکس



دقت آن نسبت به مقدار $P_a = r_a = c$ چگونه است؟

۱- آن در مقدار $h_a = H - \frac{B \cdot f}{P_x} \rightarrow c + r_a$

۲- دقت محاسبات می باشد توسط پارالاکس می باشد.

$h = H - \frac{B \cdot f}{P_x}$

$P_x = x_a' - x_a''$

$\pm 15m \rightarrow \pm 15m$ (صبر دارد)

به میکرون

۳- اگر ارتفاع یک شیء ناظم را میگیریم با یک عکس و یکبار به کمک معادلات پارالاکس در دو عکس از آن عکس میگیریم.

در فتوگرامتری:

$dh \neq 0$ $tilt \neq 0$

یک عکس

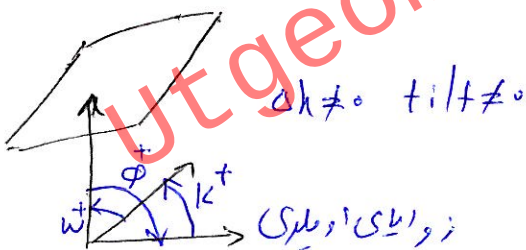
غیر ایده آل

ایده آل $B_y = B_z = 0$

دو عکس

غیر ایده آل

بسیار از دو عکس و فتوگرامتری 4

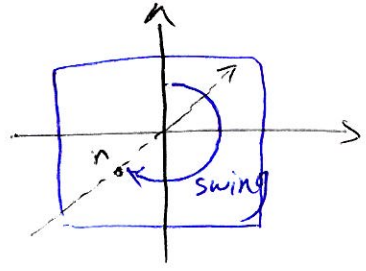
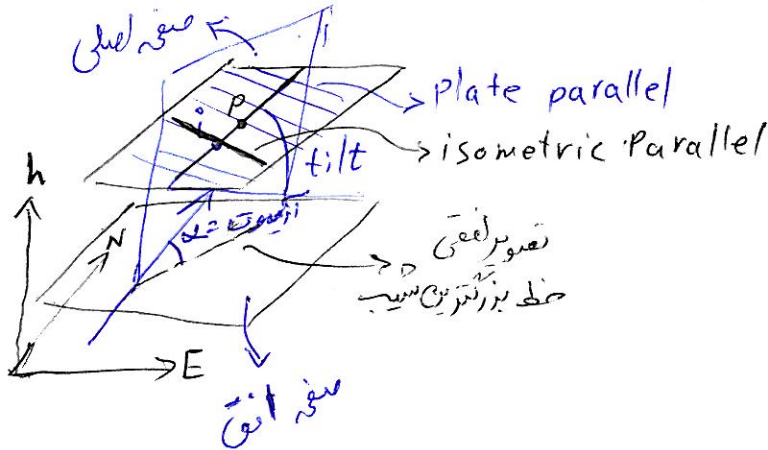


حالت غیر ایده آل در یک عکس

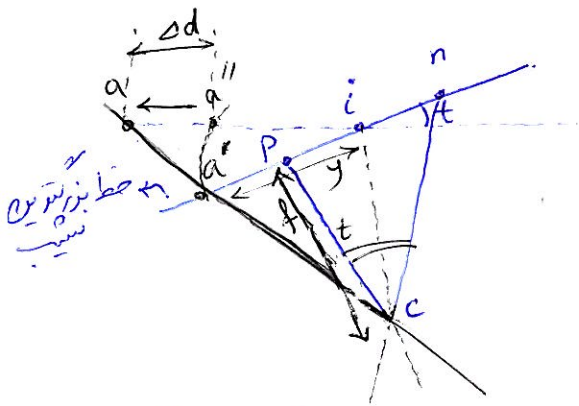
t α s

tilt, Azimuth, swing

تیلت: زاویه خط بزرگترین شیب عکس با افق (خط بزرگترین شیب از مرکز می گذرد)



جایابی ناشی از تیلیت ؟



مستوی السامیه $\triangle ia'a''$

$$ia'' = ia' \Rightarrow \hat{a}'' = \hat{a}' = \frac{\pi}{2} - \frac{t}{2}$$

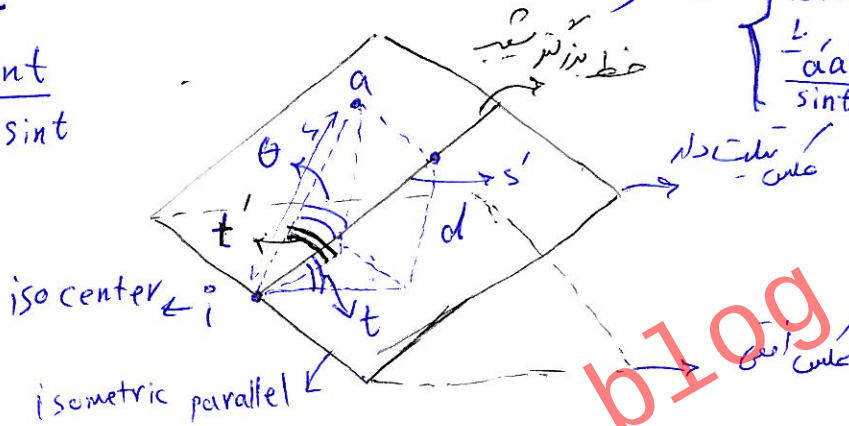
$$\triangle aa'a'' \sim \triangle aic \Rightarrow \frac{aa''}{ai} = \frac{a'a''}{ic}$$

$$ic = \frac{f}{\cos t/2}$$

$$ai = \Delta d + ai = \Delta d + y$$

$$\begin{cases} aa'' = 2y \sin t/2 \\ \frac{aa''}{\sin t} = \frac{ia'}{\cos t/2} \end{cases}$$

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



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

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

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

$$\Rightarrow \sin t' = \sin t \cos \theta$$

$$\Delta d = \frac{y^2 \sin t'}{f - y \sin t'}$$

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

مقادیر طولی برای هر نقطه روی عکس همان است.

$$\tan \hat{wis} = \frac{ws}{is}$$

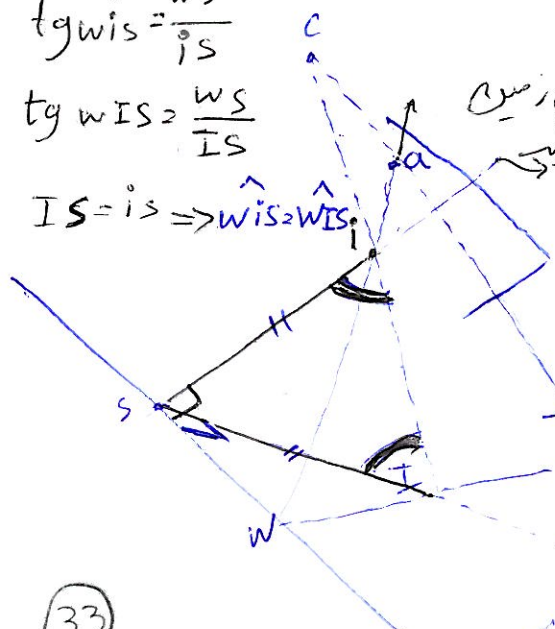
$$\tan wIS = \frac{ws}{IS}$$

$$IS = is \Rightarrow wis = wIS$$

نقطه نقطه روی عکس تیلیت دار
isocenter نقطه تیلیت

محور بر سلیتو : محور حاصل از تقاطع صفحه عکس تیلیت دار با صفحه افقی زمین

خط بزرگترین شیب

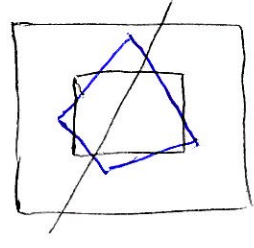
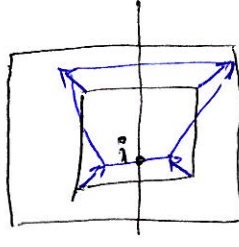
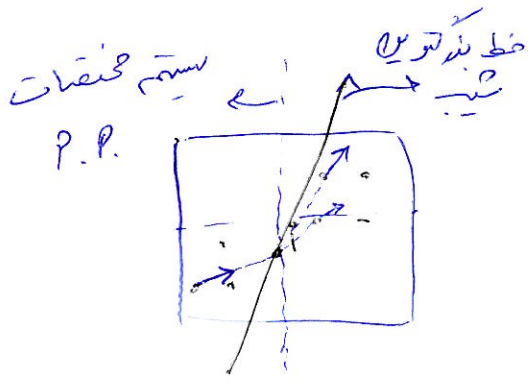


$$\triangle I s I \text{ درشت } \frac{\pi}{2} - \frac{t}{2}$$

جهت بردار جایابی
در راستای اشعاعی
است
یعنی در راستای wI
جایابی شود

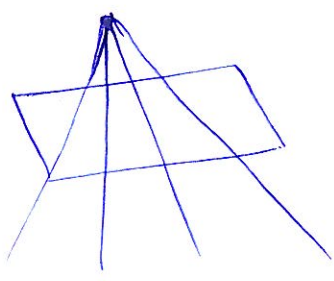
صفحه افقی زمین

$$\triangle CNI \text{ درشت } \frac{\pi}{2} - \frac{t}{2}$$



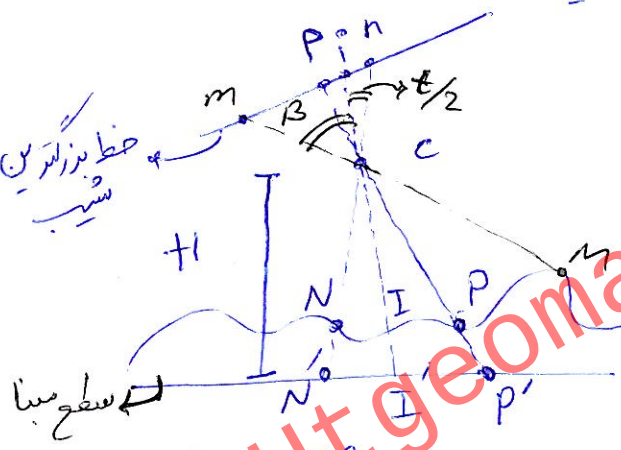
جابجایی ناشی از تیت از نقطه آ شعاعی است

جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع از نقطه n شعاعی است.



هندسه پرسپکتیو

تغییر مقیاس بر روی عکس به علت
تغییرات ارتفاعی (جابجایی ناشی از ارتفاع)
جابجایی ناشی از تیت



$$\lambda_i = \frac{ic}{IC} = \frac{f/\cos t/2}{(H-h_I) \cos t/2} = \frac{f}{H-h_I}$$

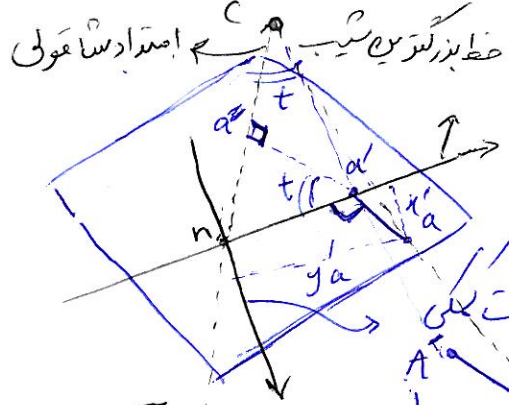
تغییر مقیاس در آ داریم

$$\lambda_n = \frac{nc}{NC} = \frac{f/\cos t}{H-h_N} = \frac{f}{(H-h_N) \cos t}$$

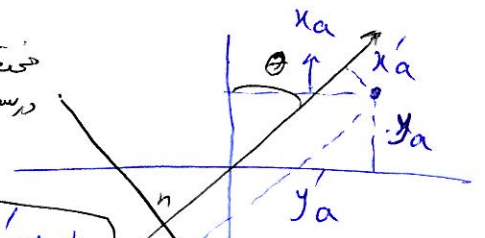
$$\lambda_p = \frac{f}{C_p} = \frac{f}{H-h_p} = \frac{f \cos t}{H-h_p}$$

$$\lambda_m = \frac{mc}{MC}$$

نکته: نقطه ای داریم (m) بر روی تصویر تیت دار که تصویر نقطه M زمین است مقیاس این نقطه را بدست آوریم



Auxiliary coordinate system
مختصات نقطه در سیستم مختصات
نقطه



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

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

$$ca'' = cn - a'n \quad \text{و} \quad cn = \frac{f}{\cos t} \quad \text{و} \quad a'n = y' \sin t$$

$$\begin{pmatrix} x'_a \\ y'_a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Azimuth α

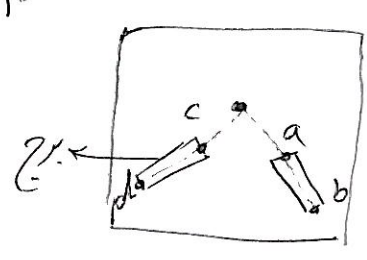
$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}_{\text{اختیاری زمین}} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}_{\text{زمین}} + \begin{pmatrix} x_T \\ y_T \end{pmatrix} \quad \left\{ \begin{array}{l} x'_A = \lambda_a x_a \\ y'_A = \lambda_a \cos t y_a \end{array} \right.$$

مقیاس در راستای خطوط عمود بر خط بزرگترین سب ثابت است

برای استفاده از فرمول کی بیان شده باید α, x_T, y_T, H, h_A را داشته باشیم

تقریباً یک عکس تیت دار داریم

از روش church استفاده می کنیم



همه: اگر مختصات بالا و پایین برج را در سیستم مختصات P.P داشته باشیم سوال امتحانی

آیا با داشتن این می توان زاویه تیت را می سه کنیم؟

عکس کی تیت داره: عکس کی عکس

جایابی ناشی از تیت (از نقطه isocenter شعاعی است)

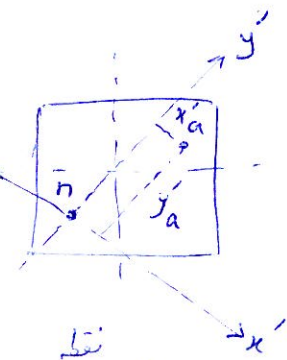
جایابی ارتفاعی از نقطه مادر شعاعی است

اندازه بردار λ_a جایابی ناشی از تیت

نقاط روی خط بزرگترین سب $\lambda_n, \lambda_p, \lambda_z, \lambda_m$

در سیستم مختصات یکی

$$\lambda_a = \frac{f \cos t - y_a \sin t}{H - h_A}$$



$H = \text{معلوم}$, $t = \text{معلوم}$, $s = \text{معلوم}$, $n = \text{معلوم}$

مختصات در سیستم مختصات یکی زمین $\rightarrow$

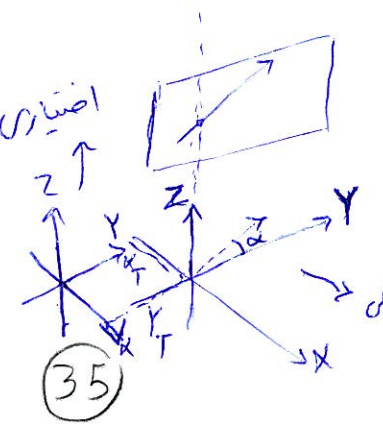
$$X = x'_a \cdot \lambda_a \quad , \quad Y = y'_a \cos t \cdot \lambda_a$$

برای بدست آوردن مختصات در سیستم اختیاری زمین زاویه آزیموت (α) و مختصات انتقال مبدأ را داشته باشیم

مثال $f = 152.4^{\text{mm}}$, $H = 2266\text{m}$, $t = 2.53^\circ$

$s = 218.2^\circ$, $h_a = 437$

اختیاری داشته باشیم



مدل رقومی زمین (DEM) SRTM, ASTER

فاصله شبکه 30m , فاصله شبکه 30m

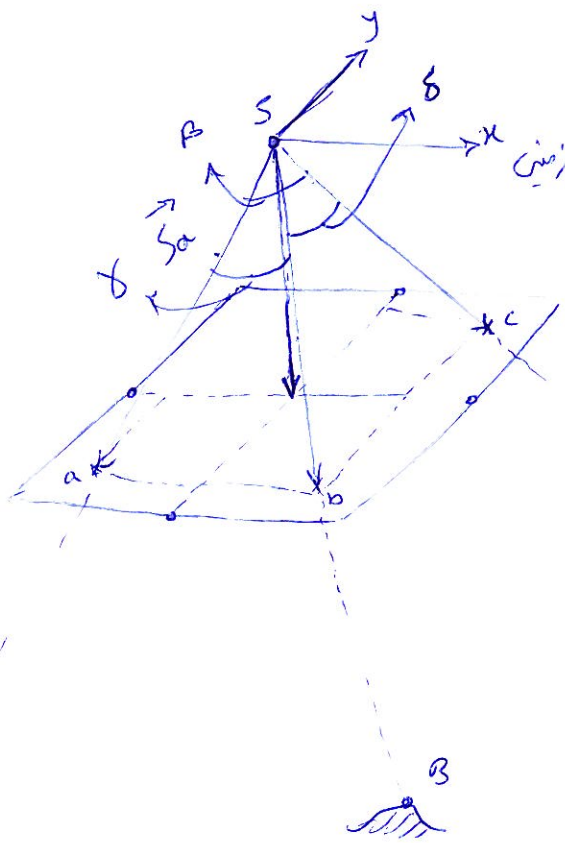
فاصله شبکه 30m

$$\Rightarrow y'_a = 30.4\text{mm} \Rightarrow \lambda_a = \frac{152.4 / (\cos 2.53^\circ - 30.4 / \sin 2.53^\circ)}{2266 - 437} = \frac{1}{12100}$$

(tilt) t
 (swing) s
 (Azimuth) α

} روشن بدست آوردن
 } جهانات توجه خارجی

Z_s
 X_s
 Y_s



GCP

church روشن

$\begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \end{pmatrix}$
 $\begin{pmatrix} x_a \\ y_a \\ -f \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \\ -f \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ -f \end{pmatrix}$

در دوربین متدیک
 $\delta f = \pm 1 \mu m$
 $\delta x, \delta y = 10-15 \mu$
 دقت زیاد = ?

$\cos \delta = \frac{x_a \cdot x_b + y_a y_b + f^2}{(\overline{sa})(\overline{sb})}$
 $\cos \beta = \frac{x_a \cdot x_c + y_a y_c + f^2}{(\overline{sa})(\overline{sc})}$
 $\cos \gamma = \frac{x_b \cdot x_c + y_b y_c + f^2}{(\overline{sb})(\overline{sc})}$

اندازه بردار $\overline{sa}$

$\overline{sa} = \sqrt{x_a^2 + y_a^2 + f^2}$
 $\overline{sb} = \sqrt{x_b^2 + y_b^2 + f^2}$
 $\overline{sc} = \sqrt{x_c^2 + y_c^2 + f^2}$

اکنون با نوشتن روابط بالا برای بردار $\vec{s}$ (زمین) به گونه ای که مختصات نقطه S را وارد آن کنیم
 می توانیم مختصات نقطه S را به دست آوریم
 یعنی سیستم مختصات زمین را سیستم مختصات
 پروژکشن می کنند (Projection center) بنابراین خواهیم داشت:

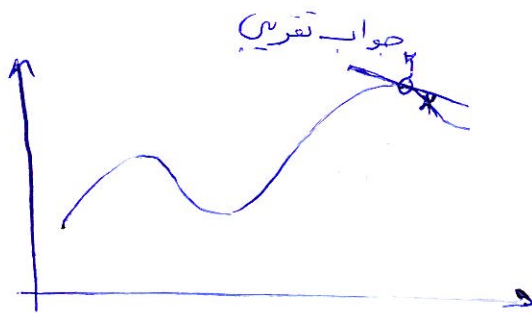
$$\cos \gamma = \frac{(X_s - X_A)(X_s - X_B) + (Y_s - Y_A)(Y_s - Y_B) + (Z_s - Z_A)(Z_s - Z_B)}{(\overline{sa})(\overline{sb})}$$

$$\cos \beta = \frac{(X_s - X_A)(X_s - X_C) + (Y_s - Y_A)(Y_s - Y_C) + (Z_s - Z_A)(Z_s - Z_C)}{(\overline{sa})(\overline{sc})}$$

$$\cos \delta = \frac{(X_s - X_B)(X_s - X_C) + (Y_s - Y_B)(Y_s - Y_C) + (Z_s - Z_B)(Z_s - Z_C)}{(\overline{sb})(\overline{sc})}$$

$$\overline{SA} = \sqrt{(X_S - X_A)^2 + (Y_S - Y_A)^2 + (Z_S - Z_A)^2}, \quad \overline{SB} = \sqrt{(X_S - X_B)^2 + (Y_S - Y_B)^2 + (Z_S - Z_B)^2}$$

$$\overline{SC} = \sqrt{(X_S - X_C)^2 + (Y_S - Y_C)^2 + (Z_S - Z_C)^2}$$



برای حل این معادلات از بسط تیلور استفاده می‌کنیم.
با فرضین و سطحین کردن مؤلفه‌ها داریم:

$$F = (X_S - X_A)(X_S - X_B) + (Y_S - Y_A)(Y_S - Y_B) + (Z_S - Z_A)(Z_S - Z_B) - (\overline{SA})(\overline{SB}) \cos \delta$$

$$G = (X_S - X_A)(X_S - X_C) + (Y_S - Y_A)(Y_S - Y_C) + (Z_S - Z_A)(Z_S - Z_C) - (\overline{SA})(\overline{SC}) \cos \beta$$

$$H = (X_S - X_B)(X_S - X_C) + (Y_S - Y_B)(Y_S - Y_C) + (Z_S - Z_B)(Z_S - Z_C) - (\overline{SB})(\overline{SC}) \cos \delta$$

$$\Rightarrow \begin{cases} F = F_0 + \left(\frac{\partial F}{\partial X_S}\right)_0 dX_S + \left(\frac{\partial F}{\partial Y_S}\right)_0 dY_S + \left(\frac{\partial F}{\partial Z_S}\right)_0 dZ_S \\ G = G_0 + \left(\frac{\partial G}{\partial X_S}\right)_0 dX_S + \left(\frac{\partial G}{\partial Y_S}\right)_0 dY_S + \left(\frac{\partial G}{\partial Z_S}\right)_0 dZ_S \\ H = H_0 + \left(\frac{\partial H}{\partial X_S}\right)_0 dX_S + \left(\frac{\partial H}{\partial Y_S}\right)_0 dY_S + \left(\frac{\partial H}{\partial Z_S}\right)_0 dZ_S \end{cases} \Rightarrow \begin{pmatrix} -F_0 \\ -G_0 \\ -H_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial F}{\partial X_S} & \frac{\partial F}{\partial Y_S} & \frac{\partial F}{\partial Z_S} \\ \frac{\partial G}{\partial X_S} & \frac{\partial G}{\partial Y_S} & \frac{\partial G}{\partial Z_S} \\ \frac{\partial H}{\partial X_S} & \frac{\partial H}{\partial Y_S} & \frac{\partial H}{\partial Z_S} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dX_S \\ dY_S \\ dZ_S \end{pmatrix}$$

$$X = A^{-1}L \Rightarrow \begin{pmatrix} dX_S \\ dY_S \\ dZ_S \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_S^0 \\ Y_S^0 \\ Z_S^0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} dX_S \\ dY_S \\ dZ_S \end{pmatrix}$$

تقدیر مقدار را از اینجا می‌دهیم که
 dX_S, dY_S, dZ_S به قدر کافی

$$\frac{\partial F}{\partial X_S} = (X_S - X_B) + (X_S - X_A) - \left(\frac{SB}{SA}\right) \cos \delta (X_S - X_A) - \left(\frac{SA}{SB}\right) \cos \delta (X_S - X_B)$$

$$\Rightarrow \frac{\partial F}{\partial X_S} = \left[1 - \left(\frac{SB}{SA}\right) \cos \delta\right] (X_S - X_A) + \left[1 - \left(\frac{SA}{SB}\right) \cos \delta\right] (X_S - X_B)$$

و همین طور برای دیگر مشتقات مانند عبارت بالا را خواهیم داشت



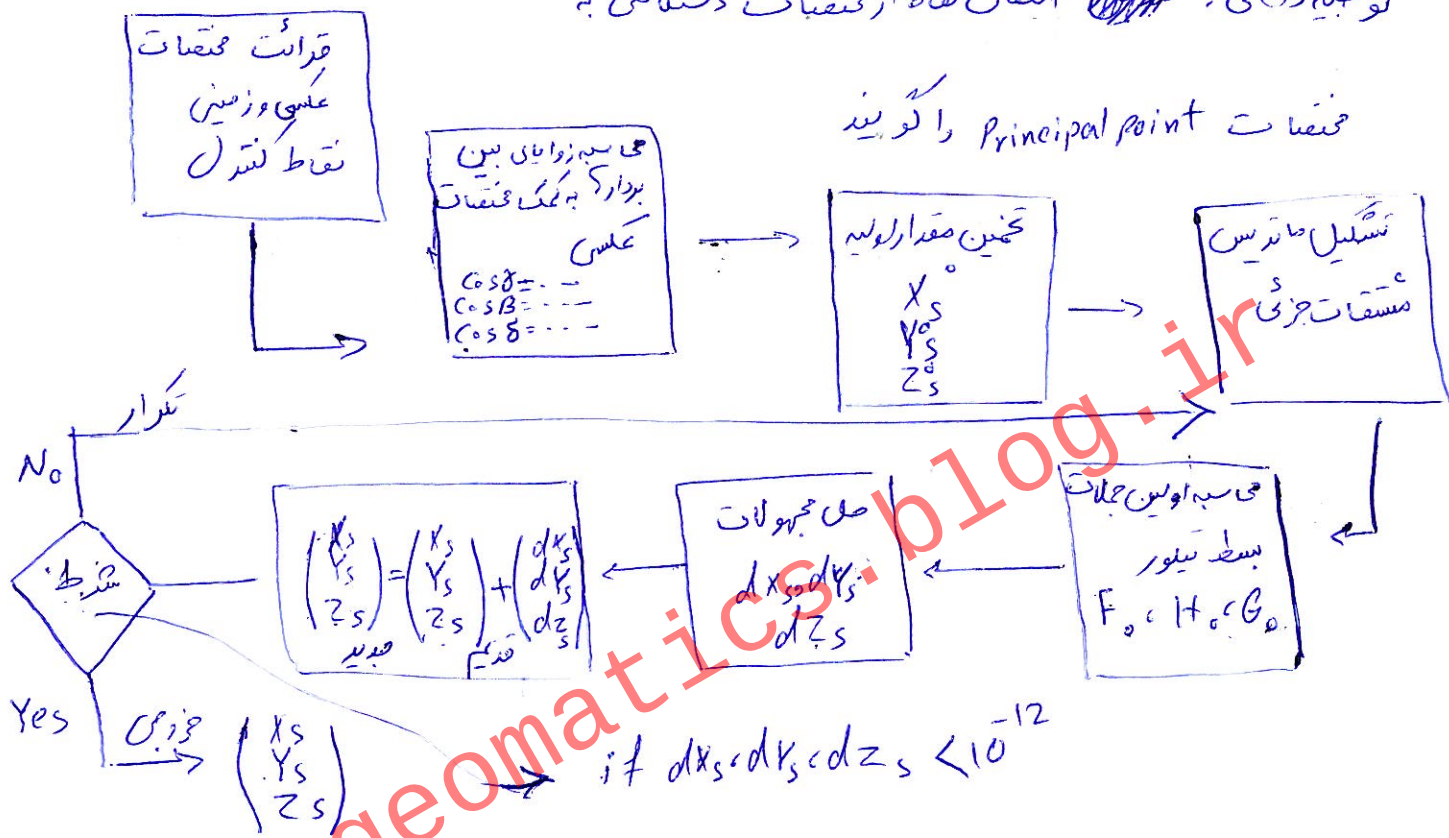
$$\begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ X_B \\ Y_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_a & -y_a & 1 & 0 \\ y_a & x_a & 0 & 1 \\ x_b & -y_b & 1 & 0 \\ y_b & x_b & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ x_s \\ y_s \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} X_S^0 \\ Y_S^0 \\ Z_S^0 \end{pmatrix}$$

$$\lambda = \sqrt{a^2 + b^2} \Rightarrow Z_S^0 = \lambda f + \frac{Z_A + Z_B + Z_C}{3}$$

در صورتی که از چهار نقطه سه نقطه را انتخاب کنیم باید شرایط زیر را در نظر بگیریم:

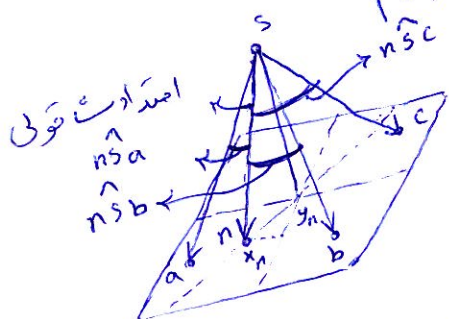
- ۱- سه نقطه دورترین نقاط باشند
 - ۲- سه نقطه نزدیک به یک امتداد نباشند
- زیرا اگر نزدیک به یک امتداد باشند صغری را نزدیک به خط می کنند یعنی صغری را یک خط در نظر می گیرند.

توضیح داخلی: انتقال نقاط از مختصات دستگاهی به



مرحله دوم روش church : نسبت آوردن

ابتدا باید مختصات نقطه nadir را بدست آوریم



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

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

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

$$\cos \hat{n}sa = \frac{Z_s - Z_A}{\bar{SA}} \quad \bar{SA} = \sqrt{(X_s - X_A)^2 + (Y_s - Y_A)^2 + (Z_s - Z_A)^2}$$

$$\cos \hat{n}sb = \frac{Z_s - Z_B}{\bar{SB}} \quad \bar{SB} =$$

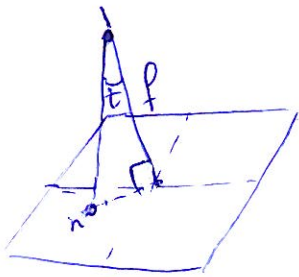
$$\cos \hat{n}sc = \frac{Z_s - Z_C}{\bar{SC}} \quad \bar{SC} =$$

$$\textcircled{1} \Rightarrow S_n = \frac{x_a x_n + y_a y_n + f^2}{(\bar{s}_a) \cos n \hat{s}_a}$$

$$\textcircled{2} S_n = \frac{x_b x_n + y_b y_n + f^2}{(\bar{s}_b) \cos n \hat{s}_b}$$

$$\textcircled{3} S_n = \frac{x_c x_n + y_c y_n + f^2}{(\bar{s}_c) \cos n \hat{s}_c}$$

$$\textcircled{1,2,3} \begin{cases} \left[\frac{x_a}{(\bar{s}_a) \cos n \hat{s}_a} - \frac{x_b}{(\bar{s}_b) \cos n \hat{s}_b} \right] x_n + \left[\frac{y_a}{(\bar{s}_a) \cos n \hat{s}_a} - \frac{y_b}{(\bar{s}_b) \cos n \hat{s}_b} \right] y_n = \frac{f^2}{(\bar{s}_b) \cos n \hat{s}_b} - \frac{f^2}{(\bar{s}_a) \cos n \hat{s}_a} \\ \left[\frac{x_b}{(\bar{s}_b) \cos n \hat{s}_b} - \frac{x_c}{(\bar{s}_c) \cos n \hat{s}_c} \right] x_n + \left[\frac{y_b}{(\bar{s}_b) \cos n \hat{s}_b} - \frac{y_c}{(\bar{s}_c) \cos n \hat{s}_c} \right] y_n = \frac{f^2}{(\bar{s}_c) \cos n \hat{s}_c} - \frac{f^2}{(\bar{s}_b) \cos n \hat{s}_b} \end{cases}$$



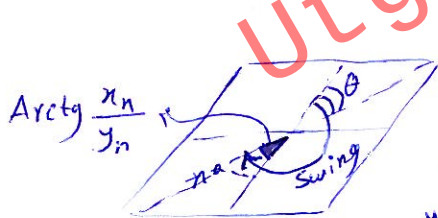
$$\bar{s}_a = \sqrt{x_a^2 + y_a^2 + f^2}$$

$$\bar{s}_b = \sqrt{x_b^2 + y_b^2 + f^2}, \quad \bar{s}_c = \sqrt{x_c^2 + y_c^2 + f^2}$$

$$t = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{x_n^2 + y_n^2}}{f} \right)$$

حاسبه زاویه تپلیت بدون نقاط کنترل:

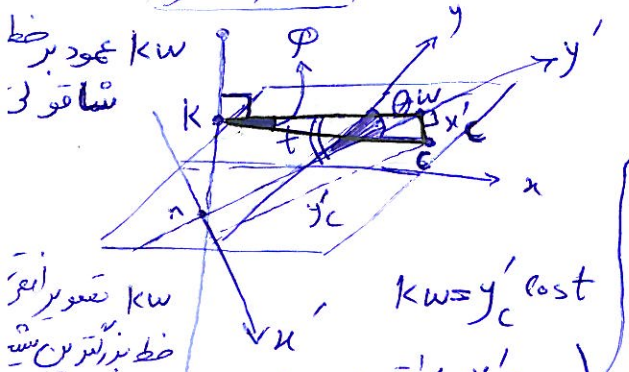
۱- افق ظاهری را در عکس داشته باشیم ۲- مختصات بالا و پایین دو ساختمان را داشته باشیم



مجموع دو زاویه: Swing
زاویه بین محور و سیستم مختصات یکی زمین
و محور و سیستم مختصات اضلاع زمین

$$\Rightarrow \theta = 180 + \tan^{-1} \left(\frac{x_n}{y_n} \right)$$

مجموع سوم: زاویه Azimuth



$$\alpha_{ij} = \frac{\alpha_a + \alpha_b + \alpha_c}{3}$$

$$\begin{pmatrix} x'_a \\ y'_a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix}_{p.p.} + \begin{pmatrix} 0 \\ f \tan \hat{t} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x'_b \\ y'_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix}_{p.p.} + \begin{pmatrix} 0 \\ f \tan \hat{t} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x'_c \\ y'_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \end{pmatrix}_{p.p.} + \begin{pmatrix} 0 \\ f \tan \hat{t} \end{pmatrix}$$

تبدیل متعامد هفت

پارامتری

توجه شود که در تبدیل هلمرتز فضای سه بعدی حقیقی داریم ولی در معادله زیر فضای سه بعدی مجازی داریم زیرا مؤلفه Z هم نقاط برابر است

تبدیل هلمرتز

متغیر w, ϕ, k

$$\begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix} = \lambda_a \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \\ -f \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix}$$

↑ دوران
↓ مقیاس

Helmerts transform

$w, \phi, k, x_c, y_c, z_c$

جهولات

در روش تیلی تأکید بر زوایا بودن در بین را به عنوان تئودولیت در نظری گزینت

با روش قبل می توان بر نامه ای نوشت که نقشه برداری هواپی را ایام دهد حتی بدون داشتن ارتفاع نقاط

که می توان ارتفاع آن ک را از DEM (مدل رقومی زمین) به دست آورد

در صورتی که در تبدیل هلمرتز فضای سه بعدی مجازی داشته باشیم در این صورت اگر ثابت نخواهد بود تغییر می کند

نکته: در راستای خط بزرگترین تغییر مقیاس تغییر می کند ولی در راستای عمود بر آن (plate parallel) مقیاس ثابت است

اگر در این حالت زاویه تیلیت برابر صفر زمین نیز مسطح باشد باز هم اگر ثابت خواهد شد

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$$

$$R_x(x) \cdot R_y(y) \cdot R_w(w)$$

ماتریس متعامد که معکوسش با ترانزپوز برابر است و مجموع مربعات هر سطر یا ستون برابر است

Direction cosine

$$\begin{pmatrix} \cos k & -\sin k & 0 \\ \sin k & \cos k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos w & -\sin w \\ 0 & \sin w & \cos w \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ -f \end{pmatrix}$$

1,2

$$\Rightarrow \lambda_a = \frac{Z_A - Z_C}{r_{31}(x_a) + r_{32}(y_a) + r_{33}(-f)}$$

معادلات شرط هم خطی مستقیم

1,2

$$\Rightarrow (X_A - X_C) = (Z_A - Z_C) \left[\frac{r_{11}(x_a) + r_{12}(y_a) + r_{13}(-f)}{r_{31}(x_a) + r_{32}(y_a) + r_{33}(-f)} \right]$$

$$\textcircled{1} (X_A - X_C) = \lambda_a [r_{11}(x_a) + r_{12}(y_a) + r_{13}(-f)] \quad \textcircled{2} (X_A - Y_C) = \lambda_a [r_{21}(x_a) + r_{22}(y_a) + r_{23}(-f)]$$

$$\textcircled{3} (Z_A - Z_C) = \lambda_a [r_{31}(x_a) + r_{32}(y_a) + r_{33}(-f)]$$

1,2

$$\textcircled{40} \Rightarrow (Y_A - Y_C) = (Z_A - Z_C) \left[\frac{r_{21}(x_a) + r_{22}(y_a) + r_{23}(-f)}{r_{31}(x_a) + r_{32}(y_a) + r_{33}(-f)} \right]$$

زمین غیر مسطح و عکس تپت دارد ۱- یک عکس ۲- پارامتریک PSM ← Parametric

۳- سنجی Rigorous ← RSM
 sensor ← model

در روش پارامتریک کاربری و ویژگی‌های فیزیکی دوربین و صرفاً با استفاده از نقاط کنترل درونی زمین

و مشخصات همان نقاط در عکس یک رابطه ریاضی می‌یابیم

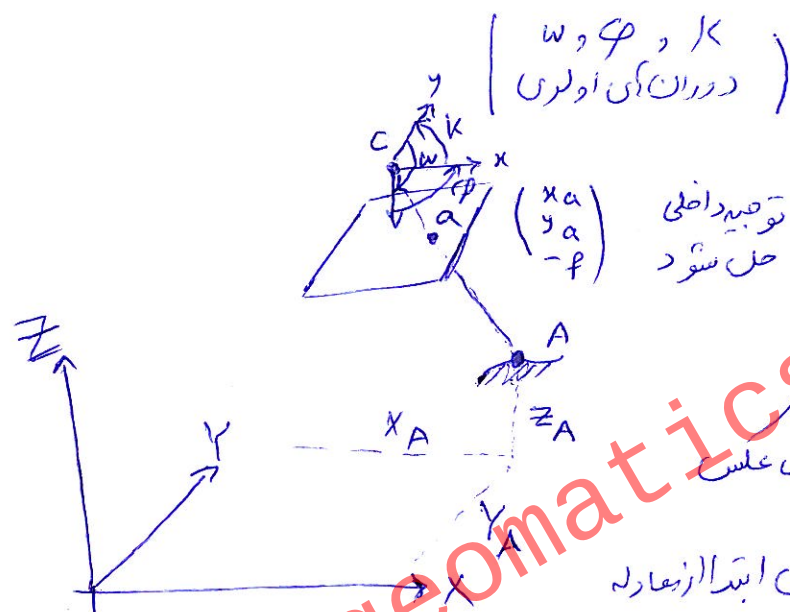
نکته: در روش پارامتریک به تعداد نقاط کنترل بستگی نداریم

روش church

RSM

معادلات شرط هم خطی

collinearity Condition Equation



$$\begin{pmatrix} x_A - x_c \\ y_A - y_c \\ z_A - z_c \end{pmatrix} = \frac{1}{a} R \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \\ -f \end{pmatrix}$$

تبدیل از فضای سه بعدی زمین به فضای دو بعدی عکس

از آن جاییکه ۱ متر اهم است برای هدف آن ابتدا از تعداد

سوم آن را بر حسب رید یا متر به دست می‌آوریم و در حد و معادله رید جایگزین می‌کنیم.
 از یک فرمول استفاده می‌شود

در روش church ترمیم و تقاطع جدا هستند ولی در معادلات شرط هم خطی هر دو با هم انجام می‌شوند

معادلات شرط هم خطی مستقیم forward { inverse → معادلات شرط هم خطی معکوس

مشتقات عکس به عنوان تابعی از مشتقات زمین

مشتقات زمین به عنوان تابعی از مشتقات عکس

در صفحه قبل موجود است

$$\begin{pmatrix} x_a \\ y_a \\ -f \end{pmatrix} = \frac{1}{a} R^T \begin{pmatrix} x_A - x_c \\ y_A - y_c \\ z_A - z_c \end{pmatrix}$$

$$R^T = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix}$$

با استفاده از معادله 4 معادله

و 3 مجهول داریم

بهتر است ترفیع با روش inverse و تقاطع با روش forward انجام شود

$$(1) (X_A - X_{C1}) = (Z_A - Z_{C1}) \left[\frac{r'_{11}(x'_a) + r'_{12}(y'_a) + r'_{13}(-f)}{r'_{31}(x'_a) + r'_{32}(y'_a) + r'_{33}(-f)} \right]$$

$$(2) (Y_A - Y_{C1}) = (Z_A - Z_{C1}) \left[\frac{r'_{21}(x'_a) + r'_{22}(y'_a) + r'_{23}(-f)}{r'_{31}(x'_a) + r'_{32}(y'_a) + r'_{33}(-f)} \right]$$

$$(3) (X_A - X_{C2}) = (Z_A - Z_{C2}) \left[\frac{r''_{11}(x''_a) + r''_{12}(y''_a) + r''_{13}(-f)}{r''_{31}(x''_a) + r''_{32}(y''_a) + r''_{33}(-f)} \right]$$

$$(4) (Y_A - Y_{C2}) = (Z_A - Z_{C2}) \left[\frac{r''_{21}(x''_a) + r''_{22}(y''_a) + r''_{23}(-f)}{r''_{31}(x''_a) + r''_{32}(y''_a) + r''_{33}(-f)} \right]$$

با معادله 1 و معادله 3 داریم:

$$X_A = (Z_A - Z_{C1}) \frac{R'_1 X'}{R'_3 X'} + X_{C1} \quad , \quad X' = \begin{pmatrix} x'_a \\ y'_a \\ -f \end{pmatrix} \quad , \quad R'_1 = \begin{pmatrix} r'_{11} & r'_{12} & r'_{13} \end{pmatrix}$$

$$X_A = (Z_A - Z_{C2}) \frac{R''_1 X''}{R''_3 X''} + X_{C2} \quad ,$$

$$\Rightarrow (Z_A - Z_{C1}) \frac{R'_1 X'}{R'_3 X'} + X_{C1} = (Z_A - Z_{C2}) \frac{R''_1 X''}{R''_3 X''} + X_{C2} \quad \rightarrow \text{به عنوان تغییر } Z_A \text{ استفاده می شود}$$

به کمک بسط سری تیلور خطی شود

$$F = F_0 + \left(\frac{\partial F}{\partial Z_A} \right)_0 dZ_A \quad , \quad dZ_A = \frac{F - F_0}{\left(\frac{\partial F}{\partial Z} \right)_0} \quad , \quad Z_A = Z_A + dZ_A$$

برای بدست آوردن ارتفاع نقطه (Z_A) از مدل ریاضی زمین ابتدای Z تخمین را در معادلات

Forward قرار داده و یک X_A و Y_A بدست می آوریم. سپس ارتفاع این مختصات را از DEM در شبیه می کنیم

سپس ارتفاع جدید بدست آمده را دوباره در معادلات Forward قرار می دهیم و همین روند را تکرار می کنیم

تا به دقت مناسب در Z_A برسیم (یعنی Z_A تقریباً به عدد ثابت برسد)

نکته: در معادله Forward در دو حالت دو عکس و یک عکس فقط تقاطع را بدست آوردیم

الکون می خواهیم از معادله inverse می خواهیم هم تقاطع و هم ترفیع را بدست آوریم.

نکته: هم در معادله Forward و هم در معادله inverse می توان تقاطع و ترفیع را حل کرد.

معادله خطی شده شرط هم خطی inverse

$$F = F_0 + \left(\frac{\partial F}{\partial w}\right)dw + \left(\frac{\partial F}{\partial \phi}\right)d\phi + \left(\frac{\partial F}{\partial k}\right)dk + \left(\frac{\partial F}{\partial x_c}\right)dx_c + \left(\frac{\partial F}{\partial y_c}\right)dy_c + \left(\frac{\partial F}{\partial z_c}\right)dz_c$$

$$G = G_0 + \left(\frac{\partial G}{\partial w}\right)dw + \dots + \left(\frac{\partial G}{\partial z_c}\right)dz_c$$

$$\begin{pmatrix} F - F_0 \\ G - G_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial F}{\partial w} & \frac{\partial F}{\partial \phi} & \frac{\partial F}{\partial k} & \frac{\partial F}{\partial x_c} & \frac{\partial F}{\partial y_c} & \frac{\partial F}{\partial z_c} \\ \frac{\partial G}{\partial w} & \dots & \dots & \dots & \dots & \frac{\partial G}{\partial z_c} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dw \\ d\phi \\ dk \\ dx_c \\ dy_c \\ dz_c \end{pmatrix}$$

صاف به 3 نقطه کنترل برای

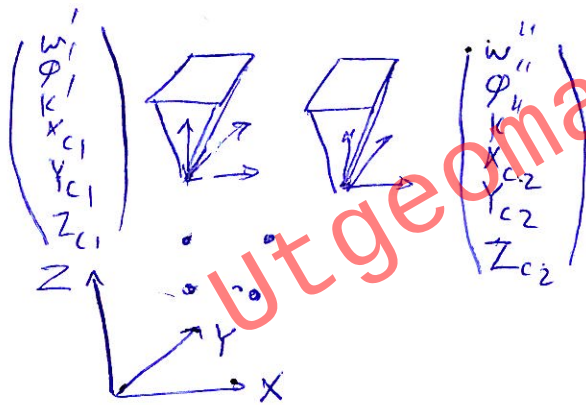
حل این معادله نیاز داریم

که معمولاً در نقشه برداری به مدقق کفایت نمی کنیم و تعداد بیشتری نقاط کنترل مثلاً 4 نقطه در نظر می گیریم

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

این معادله به روش تکرار حل می شود زیرا دیرانسی ها را به دست می آوریم و اینقدر تکرار را انجام می دهیم که دیرانسی که به وقت مورد نظر برسند.

توصیه داخلی (inner orientation) و توصیه نسبی (Relative orientation)



توصیه مطلق (absolute orientation)

در ترفیع 12 مجهول داریم که می توانیم آن

را به صورت (5) + (7) مجهول حل می کنیم

مجهولات توصیه مطلق > < مجهولات توصیه نسبی

عکس اول

نکته: اگر سیستم مختصات زمین را به سیستم Principal point منطبق کنیم آنگاه $w = \phi = k = x_c = y_c = z_c = 0$

نکته: یک سیستم مختصات با صفت پارامتر تعریف می شود

مبدأ: 3 پارامتر جهت در 3 پارامتر مقیاس: 1 پارامتر

هر یک از ابعاد گویا طول برای عکس دوم را می توان به عنوان

مبنای طول برای مقیاس در نظر بگیریم که در این صورت لازمات حذف می شود

و در نتیجه 5 مجهول باقی می ماند

چون تزییع را در سیستم مختصات اختیار می‌کنیم که منطبق بر عکس است حل می‌کنیم بنابراین
 وقتی در تقاطع مختصات زمین نقاط دلخواه را بدست می‌آوریم مدل سه بعدی زمین بدست می‌آید

زمین

زیرا مختصات حاصل از تقاطع نسبی است و در سیستم مختصات نسبی قرار دارد (بدون توضیح نسبی)
 اکنون مختصات را از این سیستم نسبی به سیستم مختصات مورد نظر منتقل می‌کنیم

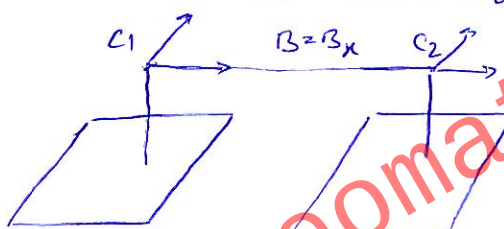
Datum Transfer : $\begin{pmatrix} E \\ N \\ H \end{pmatrix} = \lambda R \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_T \\ y_T \\ z_T \end{pmatrix} \rightarrow$ تبدیل هلمرتز

نکته: $\Omega \Phi K$ دوران سیستم مختصات نسبی (مدل) نسبت به سیستم مختصات زمین است

$\omega \phi \kappa$ دوران سیستم مختصات دوربین نسبت به یکدیگر است.

بنابراین در مسائل با توضیح خارجی همان را بدست می‌آوریم و مسئله حل می‌شود

یا با توضیح نسبی و مطلق مسئله را حل می‌کنیم. (پس از توضیح نسبی مختصات را انتقال می‌دهیم)



به سیستم مختصات زمین

$$B_y = 0 = y_{c2} - y_{c1}$$

$$B_z = 0 = z_{c2} - z_{c1}$$

$$B_x \neq 0 = x_{c2} - x_{c1}$$

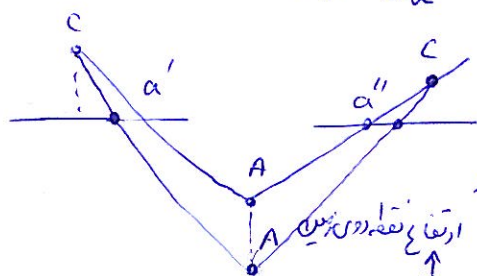
$$\omega' = \omega'' = \phi' = \phi'' = \kappa' = \kappa'' = 0$$

سطح زمین

$$x = \frac{B \cdot x'}{p_x}, \quad y = \frac{B \cdot y'}{p_x}, \quad z = H - \frac{B \cdot f}{p_x}$$

Model deformation : Elevation deformation : تغییر شکل ارتفاعی

$$y'_a - y''_a = (y - \text{Parallax})$$



پارالاکس ناشی از تغییر ارتفاع در روی زمین

هر چه ارتفاع نقطه بیشتر باشد پارالاکس بیشتر می‌شود

نکته: پارالاکس تابع $\omega', \phi', \kappa', \omega'', \phi'', \kappa'', B_2, h$ است.

پارالاکس تابع $\omega', \phi', \kappa', \omega'', \phi'', \kappa'', B_y, B_z$ است.

روش تصحیح خطای ارتفاعی

① حل معادلات تدریج و تقاطع با معادلات شرط هم خطی

② چند جمله‌ای

$$\Delta Z = a_0 + a_1 X + a_2 Y + a_3 XY + a_4 X^2$$

تصحیح اثر B_2 (تصحیح اثر w)
تصحیح اثر K (تصحیح اثر ϕ)
تصحیح اثر B_2 (تصحیح اثر w)

این روش ساده تر است ولی وقت آن پایین تر است و برای این روش باید حداقل 5 نقطه کنترل ارتفاعی

نقاط کنترل ارتفاعی

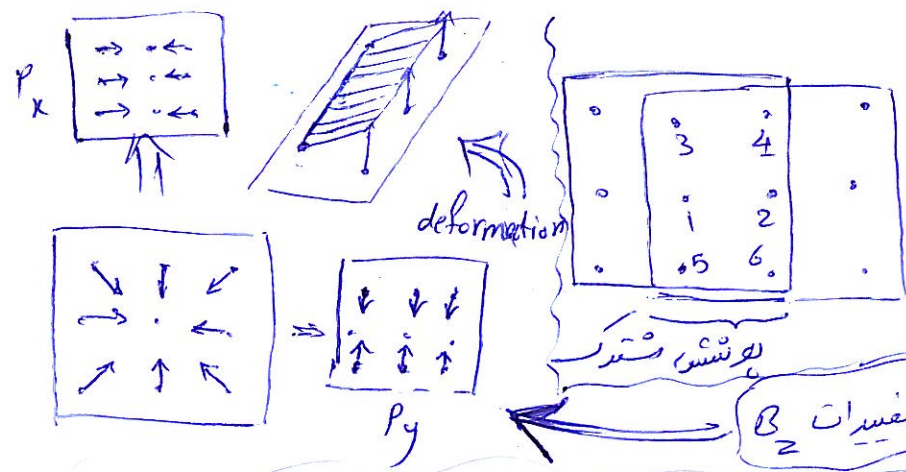
داشته باشیم

$$\begin{pmatrix} \Delta Z_1 \\ \Delta Z_2 \\ \vdots \\ \Delta Z_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & y_1 & x_1 y_1 & x_1^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_5 & y_5 & x_5 y_5 & x_5^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix}$$

از معادله $a_0, a_1, a_2, \dots, a_5$ را بدست می آوریم پس برای نقطه دلخواه می توانیم ΔZ را

حاصل کرده به Z حاصل از فرمول $Z = H - \frac{B.f}{p_x}$ اضافه می کنیم Z تصحیح شده

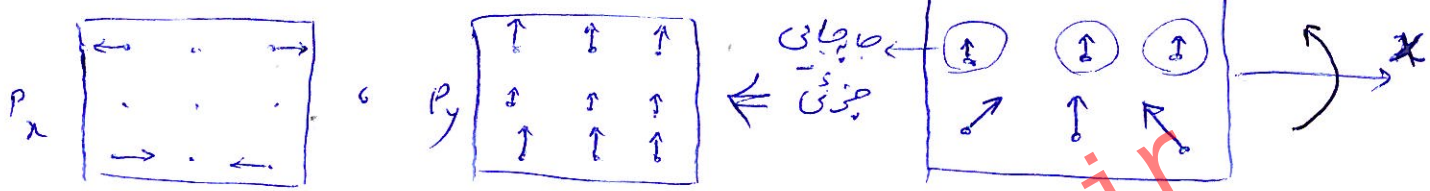
بدست می آید



جانب جایی نقاط تحت تأثیر تغییرات B_2

جانب جایی نقاط تحت تأثیر دوران w :

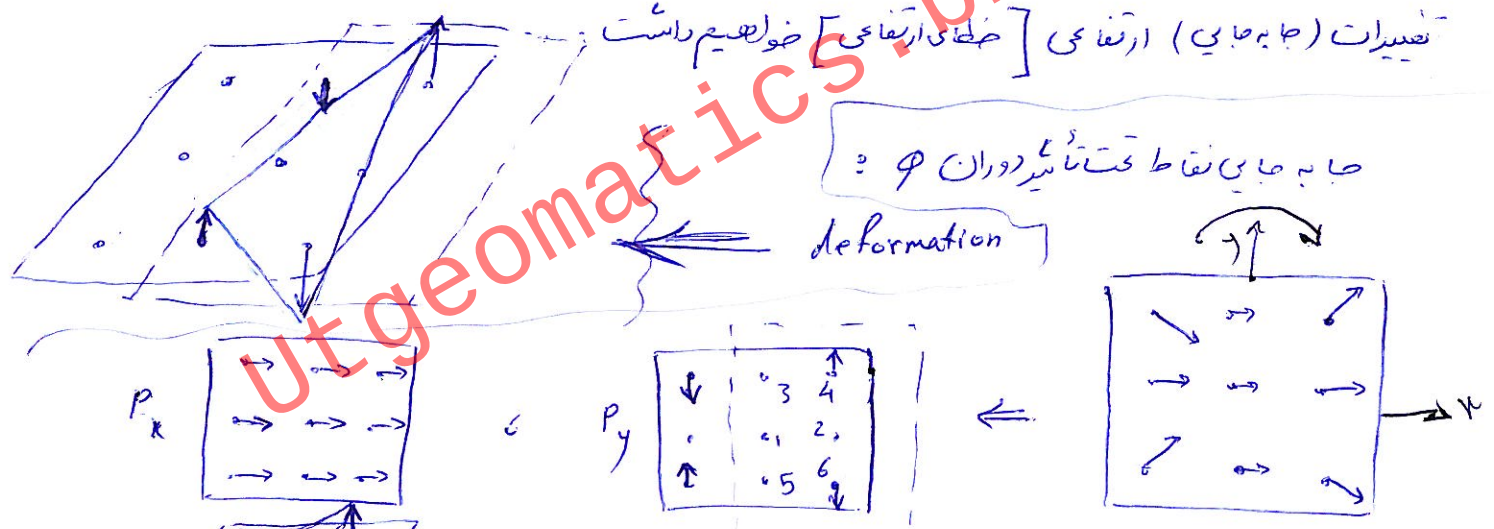
$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ -f \end{pmatrix}_w = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos w & -\sin w \\ 0 & \sin w & \cos w \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ -f \end{pmatrix}$$



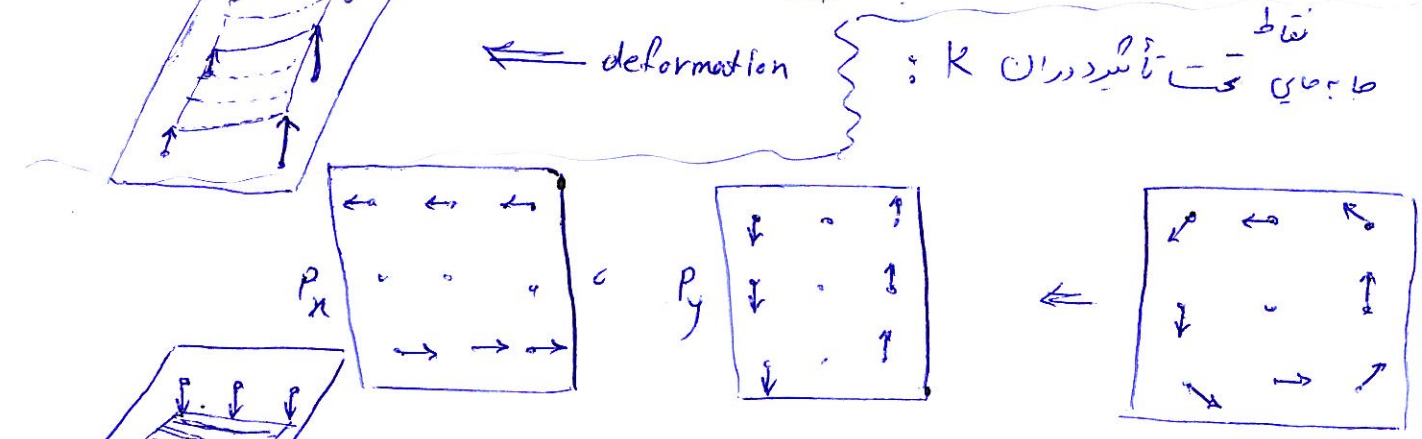
اگر در فرمول $Z = H - \frac{B \cdot f}{P_x}$ به دوران w هم بستگی داشته باشد آن را به درگرفته

تغییرات (جانب جایی) ارتفاعی [خطای ارتفاعی] خواهیم داشت

جانب جایی نقاط تحت تأثیر دوران ϕ :



نقاط تحت تأثیر دوران K :



نقشه B_y خطای ارتفاعی ایجاد نمی کند زیرا x نقاط تغییر نمی کند و پارالاکس آن ثابت می ماند

(45)

تمرین شماره ۱، درس فتوگرامتری ۱، نیمسال ۹۳-۹۴-۱. دانشگاه تهران، گروه مهندسی نقشه برداری.

الف: مختصات زمینی و عکسی چهار نقطه کنترل مسطحانی داده شده است، پارامترهای تبدیل را بدست آورده و پس از حذف اشتباه در مشاهدات، دقت نسبی و مطلق را محاسبه نمایید.
ب: برای نقاط عکسی داده شده مختصات زمینی را بدست آورده و ترسیم نمایید.

مختصات زمینی نقاط کنترل:

شماره نقاط کنترل زمینی	X(m)	Y(m)
E	15125.6	39604.5
F	98157.9	96222.8
G	28683.3	19457.6
H	-28636.9	107345.9

مختصات عکسی نقاط کنترل:

شماره نقاط کنترل زمینی	x(mm)	y(mm)
E	3.000	2.000
F	13.000	1.000
G	14.000	13.000
H	4.000	10.000

مختصات عکسی نقاط برای انجام تبدیل از فضای عکس به زمین:

شماره نقاط عکسی	x(mm)	y(mm)
1a	11.000	2.200
2a	10.000	2.700
3a	9.000	3.100
4a	8.000	3.600
5a	7.000	4.400
6a	6.000	5.100
7a	5.000	6.100
8a	4.300	7.00
9b	11.000	3.300
10b	10.000	3.900
11b	9.000	4.400
12b	8.000	5.000
13b	6.600	6.000
14b	6.000	6.500
15b	5.500	7.000
16b	4.500	8.000

- (۱) در یک پروژه عکسبرداری هوایی، باز هوایی یک stereo-pair چقدر باید باشد اگر بخواهیم پوشش طولی ۶۰٪ داشته باشیم، در صورتی که ارتفاع پرواز بر بالای منطقه عکسبرداری (ارتفاع زمینی پرواز) ۲۴۴۰ متر، فاصله اصلی دوربین ۱۵۲.۵ میلیمتر و ابعاد فرمت دوربین ۲۳*۲۳ سانتیمتر باشد.
- (۲) در مسئله ۱ اگر بخواهیم پوشش عرضی ۲۰٪ باشد، فاصله دو نوار مجاور را محاسبه نمایید.
- (۳) اگر سرعت هواپیما ۳۰۰ کیلومتر در ساعت باشد، shutter interval را برای مشخصات داده شده در مسئله ۱ بدست آورید.
- (۴) (الف): اگر در مسئله ۱ باز هوایی بدست آمده ثابت در نظر گرفته شود، ارتفاع پرواز چقدر باید باشد تا پوشش طولی ۸۰٪ شود. (ب): در این حالت، پوشش عرضی چقدر است در صورتی که فاصله بین دو نوار برابر با مقدار بدست آمده در مسئله ۲ باشد.
- (۵) در مسئله ۲ با ثابت در نظر گرفتن فاصله دو نوار بدست آمده، فاصله اصلی دوربین چقدر باید باشد تا پوشش عرضی ۳۰٪ شود. در این حالت پوشش طولی چقدر است.
- (۶) در مسئله ۱ در صورتی که باز عکسبرداری ۹۲ میلیمتر باشد، پوشش طولی را بدست آورید.
- (۷) در صورتی که در مسئله ۱ باز هوایی ۱۲۵۰ متر باشد پوشش طولی را بدست آورید.
- (۸) یک دوربین Large Format Camera (LFC) در space shuttle از ارتفاع ۲۵۰ کیلومتری از سطح زمین تصویر برداری کرده است، در صورتی که فاصله اصلی این دوربین ۲۰۰ میلیمتر در نظر گرفته شود، (الف): مقدار پوشش زمینی را بدست آورید. (ب): مقدار باز هوایی چقدر است در صورتی که پوشش طولی ۶۰٪ باشد. ابعاد فرمت دوربین ۲۲۹*۴۵۷ میلیمتر است. توجه: طول بزرگتر ابعاد قاب دوربین در جهت پرواز space shuttle در نظر گرفته شده است.
- (۹) shutter interval در مسئله ۸ چقدر است.
- (۱۰) (الف): اگر بخواهیم بوسیله دوربینی که در یک ماهواره زمین آهنگ (geo synchronous) نصب شده است بصورت دائمی از ایران تصاویر هواشناسی تهیه نماییم، در صورتی که ابعاد فرمت دوربین ۴*۴ سانتیمتر و فاصله اصلی دوربین ۳۰۰۰ میلیمتر باشد، ابعاد منطقه پوشش داده شده زمینی را در تصویر بدست آورید. (ب): اگر بخواهیم تصویر گرفته شده، تمام سطح کشور را پوشش دهد مشخصات دوربین را بدست آورید.
- راهنمایی برای حل مسائل ۹ و ۱۰: پریود دوران ماهواره از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}}$$

$G = \text{Gravitational const.}$

$M = \text{Earth Mass}$

$R = \text{Earth radius} \approx 6400 \text{ km}$

$h = \text{Sat. flying height}$

$$GM = (3.98600434) * 10^{14} \text{ m}^3 \text{s}^{-2}$$

$$v = \omega(R+h)$$

$$\frac{2\pi}{P} = \frac{1}{\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}}} * (R+h)$$

$$\sqrt{\frac{B}{R+h}} \sqrt{\frac{GM}{GM}}$$

$$\frac{\text{مساحت تصویر}}{\text{مساحت زمین}} = \left(\frac{f}{H}\right)^2$$

(۱) دوربینی برای $f\text{-stop}=8$ و سرعت شاتر $1/60s$ تنظیم شده است. اگر بخواهیم از یک شیء با بزرگنمایی $1/2$ تصویربرداری نمایم، تغییر سرعت شاتر را محاسبه نمایید.

(۲) در مسئله (۱) اگر بخواهیم سرعت شاتر ثابت باقی بماند، $f\text{-stop}$ چقدر باید باشد؟

(۳) قدرت تفکیک شعاعی و مماسی یک عدسی $\text{diffraction limited}$ با فاصله کانونی $150mm$ برای نقطه‌ای با مختصات $x=94mm$ و $y=83mm$ در سیستم مختصات p.p. و برای $f\text{-stop}=4$ چقدر است؟

(۴) تابع Transfer function چیست و چگونه بدست می‌آید؟

(۵) کلیه پارامترهای مؤثر در افزایش وضوح تصویر را مورد بحث قرار دهید.

(۶) فاصله کانونی عدسی یک دوربین $35mm$ است. دامنه تغییرات $f\text{-stop}$ برای این دوربین: $f/1.4$ تا $f/22$ در نظر گرفته شده است. حداقل و حداکثر قطر aperture در این دوربین چقدر است؟

(۷) دوربینی با فاصله کانونی $f=50mm$ برای $f\text{-stop}=4$ تنظیم شده است. در صورتی که فاصله کانونی دوربین با اضافه کردن عدسیهای اضافی به $100mm$ افزایش داده شود، مقدار جدید $f\text{-stop}$ را بدست آورید.

(۸) زمان نوردهی بهینه در سرعت شاتر $1/250s$ برابر با $1/8$ تعیین گردیده است. اگر سرعت شاتر به $1/500s$ افزایش داده شود، $f\text{-stop}$ برای نوردهی بهینه چقدر باید باشد؟

(۹) فاصله کانونی یک عدسی باریک $f=250mm$ است. یک شیء در فاصله $15m$ از این عدسی قرار داده شده است، تصویر در چه فاصله‌ای و با چه بزرگنمایی تشکیل خواهد شد؟

(۱۰) در مسئله (۹) شیء در چه فاصله‌ای باید قرار داده شود تا تصویری با ابعاد نصف شیء ایجاد شود. تصویر در چه فاصله‌ای تشکیل خواهد شد؟

(۱) سیستم مختصات کمکی را با رسم شکل تعریف کرده و معادله تبدیل از سیستم مختصات p.p. به سیستم مختصات کمکی را بنویسید.

(۲) اگر مقیاس برای نقطه a بر روی یک عکس تیلت دار در سیستم مختصات کمکی با رابطه زیر بیان شود:

$$\lambda_a = \frac{f / \cos t - y' \sin t}{H}$$

نشان دهید مقیاس برای نقاط: اصلی، نادیر و همبار مستقل از سیستم مختصات کمکی است.

(۳) در صورتی که مختصات نقطه a در سیستم مختصات p.p. اندازه گیری شده باشد، برای محاسبه مقیاس در این نقطه، چه تغییراتی به معادله مسئله ۲ باید اعمال شود.

(۴) پارامترهای زیر برای یک عکس هوایی در اختیار است:

$$f = 152.4 \text{ mm}$$

$$H = 2266 \text{ m AMSL}$$

$$x_n = 2.534 \text{ mm}$$

$$y_n = 1.065 \text{ mm}$$

اگر مختصات نقطه a در سیستم p.p. برابر با اعداد زیر باشد:

$$x_a = -72.425 \text{ mm}$$

$$y_a = 87.123 \text{ mm}$$

و نیز در صورتی که ارتفاع نقطه a در روی زمین برابر با: $h_a = 437 \text{ m AMSL}$ اندازه گیری شده باشد، مختصات نقطه a در روی زمین در سیستم مختصاتی که مبدأ آن نقطه نادیر زمینی و محور Y های آن در امتداد شمال شبکه است، چقدر خواهد بود؟

(۵) در صورتی که مبدأ سیستم مختصات نادیرزمینی (در مسئله ۴) نسبت به مبدأ یک سیستم مختصات اختیاری دارای مقادیر انتقالی (shifts) زیر باشد: $X_t = 105844 \text{ m}$, $Y_t = 9564372 \text{ m}$ و نیز زاویه آزیموت برابر با 35.5 degrees در اختیار باشد، مختصات نقطه a (در مسئله ۴) در این سیستم مختصات اختیاری چقدر است.

(۶) یک عکس هوایی از یک برج که ارتفاع پای آن از سطح مبنا برابر با: 259 m AMSL است در اختیار است، در صورتی که ارتفاع پرواز $H = 1535 \text{ m AMSL}$ باشد، و نیز فاصله شعاعی تصویر انتهای برج تا نقطه نادیر و اندازه جابجایی ارتفاعی در روی عکس به ترتیب برابر با: $r = 121.7 \text{ mm}$, $d = 6.1 \text{ mm}$ باشد، ارتفاع برج چقدر است.

(۷) اگر در مسئله (۶) d و r با دقت 200 micrometers اندازه گیری شده باشد و نیز ارتفاع پرواز با دقت 1 m معلوم باشد، دقت محاسبه ارتفاع برج چقدر است.

تمرین شماره ۶، درس فتوگرامتری ۱، نیمسال ۹۴-۹۳. دانشگاه تهران، گروه مهندسی نقشه‌برداری.

(۱) یک عکس نزدیک به قائم بوسیله دوربینی با فاصله اصلی 151.876 mm برداشته شده است. در صورتی که مختصات عکسی و زمینی پنج نقطه کنترل طبق جدول زیر در اختیار باشد، عناصر توجیه خارجی دوربین: $X_s, Y_s, Z_s, t, s, \alpha$ را محاسبه نمایید. توجه: مسئله را با انتخاب سه نقطه کنترل با پراکندگی مناسب حل نمایید.

مختصات عکسی نقاط کنترل			مختصات زمینی نقاط کنترل		
point	x, mm	y, mm	X, m	Y, m	Z, m
A	-53.845	65.230	6934.954	23961.105	160.136
B	104.500	68.324	7860.202	23941.563	152.653
C	4.701	-12.153	7261.078	23491.497	142.208
D	-61.372	-79.559	6836.650	23087.475	137.719
E	93.825	-62.060	7791.556	23166.680	138.827

(۲) حل مسئله ۱ را با استفاده از کلیه نقاط کنترل داده شده با روش کمترین مربعات، تکرار نمایید.

(۳) مسئله ۱ را برای دوربینی با فاصله اصلی 152.401 mm و با داده‌های زیر تکرار کنید.

مختصات عکسی نقاط کنترل			مختصات زمینی نقاط کنترل		
point	x, mm	y, mm	X, m	Y, m	Z, m
A	6.720	5.309	3261.671	4172.201	28.628
B	-75.094	58.105	3176.840	4220.876	26.471
C	99.467	77.810	3349.207	4248.519	25.899
D	-44.627	-69.133	3215.300	4096.584	30.008
E	51.001	-79.411	3309.646	4093.980	27.235

(۴) حل مسئله ۳ را با استفاده از کلیه نقاط کنترل داده شده با روش کمترین مربعات، تکرار نمایید.

(۵) با استفاده از مقادیر عناصر محاسبه شده ترفیع فضایی در مسئله ۱، مختصات تصحیح شده زمینی نقاط عکسی را برای آن دسته از نقاط که در حل عناصر شرکت نداشته‌اند محاسبه کنید و سپس دقت مختصات زمینی بدست آمده را با استفاده از مقادیر معلوم زمینی برآورد نمایید.

(۶) الف: با استفاده از مقادیر عناصر محاسبه شده ترفیع فضایی در مسئله ۳، مختصات تصحیح شده زمینی نقاط عکسی را برای آن دسته از نقاط که در حل عناصر شرکت نداشته‌اند محاسبه کنید و سپس دقت مختصات زمینی بدست آمده را با استفاده از مقادیر معلوم زمینی برآورد نمایید. ب: مقدار خطا در صورت عدم تصحیح خطای ناشی از تیلت چقدر خواهد بود؟

(۷) کلیه مراحل حل مسئله ترفیع فضایی با استفاده از روش Church را همراه با فلوچارت کامپیوتری، توضیح دهید.

(۱) با استفاده از معادلات داده شده، مختصات X_A , Y_A را در روی زمین محاسبه نمایید:

$$\begin{cases} X_A = (Z_A - Z_C) \frac{[r_{11}(x_a) + r_{12}(y_a) + r_{13}(-f)]}{[r_{31}(x_a) + r_{32}(y_a) + r_{33}(-f)]} + X_C \\ Y_A = (Z_A - Z_C) \frac{[r_{21}(x_a) + r_{22}(y_a) + r_{23}(-f)]}{[r_{31}(x_a) + r_{32}(y_a) + r_{33}(-f)]} + Y_C \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos k & \sin k & 0 \\ -\sin k & \cos k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$X_C = 125000. \text{ m}, Y_C = 995423. \text{ m}, Z_C = 1550.2 \text{ m}$$

$$K = 23.5 \text{ degree},$$

$$x_a = 122.23 \text{ mm}, y_a = 45.92 \text{ mm}$$

$$Z_A = 553. \text{ m}$$

utgeomatrics.blog.ir

سؤال ① الف)

$$h_A = 1233 - \frac{390 \times 152.4}{91.7} = 584.843 \text{ m}$$

$$h_B = 1233 - \frac{390 \times 152.4}{96} = 613.875 \text{ m}$$

$$L = \frac{1233 - 600}{152.4 \text{ m}} = \frac{633 \text{ m}}{152.4 \text{ m}} = 4.154 \Rightarrow L_{a'b'} = \sqrt{35.5^2 + 97.5^2} = 103.762 \text{ (ب)}$$

$$L_{AB} = 103.762 \times 4.154 = 431.029$$

$$\sqrt{431.029^2 + (613.875 - 584.843)^2} = 432.003$$

$$h = H - \frac{B \cdot f}{P_k} \Rightarrow \delta h = \sqrt{1 + \left(\frac{f}{P_k}\right)^2 + \left(\frac{B}{P_k}\right)^2 + \left[\frac{Bf}{P_k^2} (\delta x_a^2 + \delta x_b^2)\right]}$$

$$\Rightarrow B = 23 \times 0.4 \times \frac{1567 - 245}{120} = 1013.5 \text{ m}$$

$$\delta h = \sqrt{(\delta H)^2 + \left(\frac{120}{82}\right)^2 \delta B^2 + \frac{Bf}{P_k^2} (\delta x_a^2 + \delta x_b^2)} = \sqrt{\frac{1013 \times 10^6}{922} \times 1.8 \times 10^{-9}} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta h = \sqrt{\frac{Bf}{P_k^2} \times (\delta x_a^2 + \delta x_b^2)} = \sqrt{\frac{0.23 \times 0.4 \times (H - h)}{P_k^2} \times \sqrt{\delta x_a^2 + \delta x_b^2}} \quad \text{سؤال ③}$$

$$\Rightarrow H = 2567 \text{ m} \rightarrow \delta h = 67 \times 10^{-3} \text{ m} \quad H = 3567 \Rightarrow \delta h = 0.008 \text{ m}$$

$$H = 4567 \text{ m} \rightarrow \delta h = 0.0092 \text{ m} \quad H = 5567 \rightarrow \delta h = 0.01 \text{ m}$$

$$h_A = H - \frac{Bf}{P_A} \Rightarrow \Delta h = \left| \frac{Bf}{P_A} - \frac{Bf}{P_C} \right| \Rightarrow \Delta H = \frac{Bf}{\Delta P} \quad \text{سؤال ④} \quad Bf = H \times 23$$

$$\Rightarrow \Delta h_{ac} = \frac{H \times 4f}{b} \Rightarrow \Delta h_{ac} = \frac{H \Delta P}{b} = \frac{(1123 - 591) \times (72.6 \times 91.7)}{22} = 23.726$$

$$h_{ac} = |584.843 - 591| = 6.157 \Rightarrow e = 12.3 \text{ cm} \quad \text{سؤال ⑤}$$

$$h_{bc} = |613.875 - 591| = 22.875 \Rightarrow e = 85.1 \text{ cm}$$

سؤال ④

$$h_{A,c} = h_c + \frac{H + h_c}{P_c \times P_{A,c}} \times \Delta P_{A,c} \Rightarrow \Delta h_{A,c} = \Delta P \times \frac{H - h_c}{P_c + \Delta P} \Rightarrow \Delta h_{A,c} = \frac{1150}{91.3 + 4.7} \times 4.7$$

$$\Rightarrow \Delta h_{A,c} = 56.302 \quad \frac{11.50}{91.3} \times 4.7 = 59.2 \text{ m} \Rightarrow e = 2.898$$

سؤال (۲)

$$x''_a = x'_a - 0.4 \frac{z_3}{z} \Rightarrow p_{x_a} = r_a = 0.95 \text{ cm} = 9.5 \text{ mm}$$

$$h_a = 1 - \frac{B \cdot f}{p_a} \rightarrow \delta h = \frac{\partial h}{\partial p_a} \delta p_a = \frac{B \cdot f}{p_a^2} (3 \times 10^{-5}) = 0.83966 \times 10^{-5} \approx 8.4 \times 10^{-6} \text{ m}$$

حاصل‌غذب $B \cdot f$ همواره ثابت است و اثر یکی تغییر کند دیگری نیز تغییر کند به طور مثال اگر $B = 156 \text{ m}$

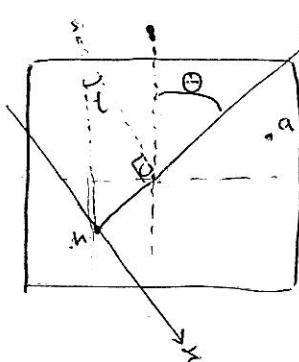
آنگاه فاصله کانونی برابر خواهد بود با: 119.31 mm

سؤال (۷) دقیق: 116.263 m پس $\theta = 4.712 \text{ m}$

سؤال (۸) قبلاً حل شده است (تقریب در کلاس بوده است)

utgeomatics.blog.ir

سوال ۱) برای محاسبه زوایای $\alpha, \delta, \epsilon, t$ یک سیستم مختصات مطلق عکس در نظری گیریم که مبدأ آن نقطه نادیر و محور z آن منطبق بر خط اصلی و از n به o مثبت است محور x را نیز محمود بر آن در نظری گیریم اگر بخواهیم نقطه ای را از سیستم P.P. به سیستم مطلق تبدیل کنیم باید در آن نسبت به نقطه اصلی (P.P.) یعنی θ و مقدار انتقال مبدأ مختصات از o به n را داشته باشیم



$$x_o = f \tan \theta, \quad z = y_a \cos \theta, \quad z' = x_a \sin \theta$$

$$p = x_a \cos \theta, \quad q = y_a \sin \theta$$

مختصات نقطه a بعد از دوران x_a'', y_a'' هست داریم

$$x_a'' = x_a \cos \theta - y_a \sin \theta, \quad y_a'' = x_a \sin \theta + y_a \cos \theta$$

حال مختصات نقطه a در سیستم مطلق را برابر خواندیم و داریم:

$$x_a' = x_a'' = x_a \cos \theta - y_a \sin \theta, \quad y_a' = y_a'' + f \tan \theta$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} x_a' \\ y_a' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix}_{P.P.} + \begin{pmatrix} 0 \\ f \tan \theta \end{pmatrix}$$



$$\lambda_o = \frac{ic}{IC} = \frac{f \cos \theta_2}{\frac{H-h_I}{\cos \theta_2}} = \frac{f}{H-h_I}$$

سوال ۲)

$$\lambda_n = \frac{nc}{Nc} = \frac{f \cos \theta}{H-h_N (H-h_N) \cos \theta}$$

$$\lambda_p = \frac{f}{cp} = \frac{f}{(H-h_p) \cos \theta} = \frac{f \cos \theta}{H-h_p}$$

سوال ۳) اگر مختصات در سیستم P.P. باشد باید ابتدا مولفه z آن را در سیستم مطلق بدست آوریم و خواهیم داشت:

زوایای s و $\theta = s - 180^\circ$ که $y_a' = x_a \sin \theta + y_a \cos \theta + f \tan \theta$ است با چندیاری در معادله داریم:

$$\begin{pmatrix} x_a' \\ y_a' \end{pmatrix}_{\text{مطلق}} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ f \tan \theta \end{pmatrix}$$

سوال ۴) ابتدا با توجه به سوال ۱ مختصات مطلق عکس را پیدا می کنیم و معیاس را برای این نقطه با توجه به رابطه زیر

$$x_a' = \frac{x_a'}{\lambda_a}, \quad y_a' = \frac{y_a'}{\lambda_a}, \quad \lambda_a = \frac{f \cos \theta - y_a' \sin \theta}{H}$$

بدست آوریم:

$$\tan \theta = \frac{y_n}{x_n} \Rightarrow \theta = \tan^{-1} \left(\frac{2.534}{1.065} \right) = 67.2^\circ$$

$$x'_a = x_a \cos \theta - y_a \sin \theta = \frac{-2897}{40} - 80.32 = -108.657 \text{ mm}$$

$$y'_a = x_a \sin \theta + y_a \cos \theta + f_{\text{trans}} = -66.77 + 33.76 + 2.74 = 30.147 \text{ mm}$$

$$t_{ant} + \frac{\sqrt{x_n^2 + y_n^2}}{f} \approx 0.018 \Rightarrow \hat{t} = 1.03^\circ$$

$$\lambda_a = \frac{\frac{f}{\cos t} - y' \sin t}{H - h_a} = 836 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$X'_a = \frac{X'_a}{\lambda_a} = \frac{-108.657}{836 \times 10^{-4}} = -129.653 \text{ m}$$

سوال ۵) برای تبدیل سیستم مختصات مختصری ضوایم دلت د

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_T \\ y_T \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow X_{\text{total}} = X' \cos \alpha - Y' \sin \alpha + X_T = 104995.305 \text{ m}$$

$$Y_{\text{ارتفاع}} = X \sin \alpha + Y \cos \alpha + Y_T = 9563323.757 \text{ m}$$

مسئله ۴) $h = \frac{H \times d}{r} = 63.957 \text{ m}$ و ۷ مایل پای برج تا مرکز زمین

$$\delta_h = \sqrt{\left(\frac{H}{r} \delta_d\right)^2 + \left(\frac{d}{r} \delta_H\right)^2 + \left(\frac{-Hxd}{r^2} \delta_r\right)^2} = 2.1 \text{ m}$$

سو: ٧

سؤال ۵) روش church در مرحله انجام می گیرد و هدف آن پیدا کردن جهولات $t, s, \alpha, \gamma, x_s, y_s, z_s$ است

مرحله اول: در روش church صفت سه نقطه کنند باید دانسته باشیم

بنا بر این دیگر گرام متقابل را خواهیم داشت: زاویه بین sb و sc $\delta \leftarrow sc$

زاویه بین برداری sa و sb $\epsilon \leftarrow sb$ ، زاویه بین برداری sa و sc $\beta \leftarrow sc$

با توجه به دیگر گرام برای زوایای δ, ϵ, β خواهیم داشت

$$\textcircled{1} \cos \delta = \frac{x_a x_b + y_a y_b + f^2}{(\bar{s}_a)(\bar{s}_b)}, \quad \cos \beta = \frac{x_a x_c + y_a y_c + f^2}{(\bar{s}_a)(\bar{s}_c)}$$

$$\textcircled{2} \cos \delta = \frac{x_b x_c + y_b y_c + f^2}{(\bar{s}_b)(\bar{s}_c)}, \quad \cos \epsilon = \frac{(x_s - x_a)(x_s - x_b) + (y_s - y_a)(y_s - y_b) + (z_s - z_a)(z_s - z_b)}{(\bar{s}_a)(\bar{s}_b)}$$

$$\cos \beta = \frac{(x_s - x_a)(x_s - x_c) + (y_s - y_a)(y_s - y_c) + (z_s - z_a)(z_s - z_c)}{(\bar{s}_a)(\bar{s}_c)}, \quad \cos \delta = \frac{(x_s - x_b)(x_s - x_c) + (y_s - y_b)(y_s - y_c) + (z_s - z_b)(z_s - z_c)}{(\bar{s}_b)(\bar{s}_c)}$$

با توجه این سه رابطه $\textcircled{1}, \textcircled{2}, \textcircled{3}$ می توانیم $\cos \delta, \cos \beta, \cos \epsilon$ را پیدا کنیم از سطر تیلور خواهیم داشت:

$$F = (x_s - x_a)(x_s - x_b) + (y_s - y_a)(y_s - y_b) + (z_s - z_a)(z_s - z_b) - (\bar{s}_a)(\bar{s}_b) \cos \delta = 0$$

$$G = (x_s - x_a)(x_s - x_c) + (y_s - y_a)(y_s - y_c) + (z_s - z_a)(z_s - z_c) - (\bar{s}_a)(\bar{s}_c) \cos \beta = 0$$

$$H = (x_s - x_b)(x_s - x_c) + (y_s - y_b)(y_s - y_c) + (z_s - z_b)(z_s - z_c) - (\bar{s}_b)(\bar{s}_c) \cos \delta = 0$$

سطر تیلور $\rightarrow F = F_0 + \frac{\partial F}{\partial x_s} dx_s + \frac{\partial F}{\partial y_s} dy_s + \frac{\partial F}{\partial z_s} dz_s, \quad G = G_0 + \frac{\partial G}{\partial x_s} dx_s + \frac{\partial G}{\partial y_s} dy_s + \frac{\partial G}{\partial z_s} dz_s$

$$H = H_0 + \frac{\partial H}{\partial x_s} dx_s + \frac{\partial H}{\partial y_s} dy_s + \frac{\partial H}{\partial z_s} dz_s \quad F_0, H_0, G_0 \text{ مقادیر اولیه هستند که با محاسبه در آن}$$

در x_s, y_s, z_s و قرار دادن آن در F, G, H بدست می آیند که این در مرحله اولیه راب روش زیر می باشد

فرض می کنیم تیلر نداریم بنابراین خواهیم داشت $\lambda = \sqrt{a^2 + b^2}$

$$\begin{pmatrix} x_A \\ y_A \\ x_B \\ y_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_a y_a & 1 & 0 \\ y_a x_a & 0 & 1 \\ x_b y_b & 1 & 0 \\ y_b x_b & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ x_s \\ y_s \end{pmatrix}$$

بدست می آید $z_s = \lambda f + \frac{z_A + z_B + z_C}{3}$

از آن جا باید F, G, H صفر باشند معادله فوق را خواهیم داشت

دستگاه

از این معادله مقادیر dx_s ، dy_s و dz_s را می‌توانیم
 سپس این مقادیر را به مدلس اولیه x_s و y_s و z_s اضافه کرده
 و دوباره مقادیر A و a را حساب می‌کنیم
 و دوباره باطل این دستگاه معادله مقادیر dx_s ، dy_s و dz_s را می‌توانیم
 تا به وقت مورد نظر برسیم مثلاً 10^{-12}
 dx_s, dy_s, dz_s

مرحله دوم: برای محاسبه زاویه تبدیل به مختصات نقطه نادرین از داریم:

$$\cos \hat{n} s a = \frac{x_a x_n + y_a y_n + f^2}{(s_a)(s_n)} = \frac{z_s - z_a}{s_a}$$

$$\cos \hat{n} s b = \frac{x_b x_n + y_b y_n + f^2}{(s_b)(s_n)} = \frac{z_s - z_b}{s_b} \quad , \quad \cos \hat{n} s c = \frac{x_c x_n + y_c y_n + f^2}{(s_b)(s_n)} = \frac{z_s - z_c}{s_c}$$

از سه معادله بالا دستگاه دو معادله دو مجهول زیر را بدست می‌آوریم و باطل آن به مختصات نقطه نادرین می‌رسیم

$$\begin{cases} \left(\frac{x_a}{s_a \cos \hat{n} s a} - \frac{x_b}{s_b \cos \hat{n} s b} \right) x_n + \left(\frac{y_a}{s_a \cos \hat{n} s a} - \frac{y_b}{s_b \cos \hat{n} s b} \right) y_n = \frac{f^2}{s_b \cos \hat{n} s b} - \frac{f^2}{s_a \cos \hat{n} s a} \\ \left(\frac{x_b}{s_b \cos \hat{n} s b} - \frac{x_c}{s_c \cos \hat{n} s c} \right) x_n + \left(\frac{y_b}{s_b \cos \hat{n} s b} - \frac{y_c}{s_c \cos \hat{n} s c} \right) y_n = \frac{f^2}{s_c \cos \hat{n} s c} - \frac{f^2}{s_b \cos \hat{n} s b} \end{cases}$$

بنابراین برای زاویه تبدیل و swing ضمیمه داریم:

$$t = t_g \frac{\sqrt{x_n^2 + y_n^2}}{f} \quad , \quad s = 180^\circ + t_g \left(\frac{x_n}{y_n} \right) \quad , \quad \theta = t_g \left(\frac{y_n}{x_n} \right)$$

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

برای بدست آوردن زاویه α (ازجهت) داریم:

$$\alpha = t_g^{-1} \left(\frac{x_a - x_s}{y_a - y_s} \right) - t_g^{-1} \left(\frac{x'_a}{y'_a \cos t} \right) \quad \text{برای نقاط طالع نیز همین روابطی نویسیم و در 3 می‌نویسیم} \quad \alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}{3}$$

سوال ۱ تا ۴ نیز به برنامه تبدیل دارند آن توسط امیل ارسال شده است جواب ۱ تا ۴ در زیر می‌آوریم:

$$\begin{cases} x_s = -7355.7 \\ y_s = -2344.6 \\ z_s = +1017.0 \end{cases} \quad \begin{cases} t = 1.5708 \\ s = 180.2194 \\ \alpha = 30.19 \end{cases}$$

سوال ۱) نقاط A، B و D از ابرالذکی جنوبی برخوردار هستند

$$\begin{cases} x_s = -3235.5 \\ y_s = -4211.4 \\ z_s = -992.6114 \end{cases} \quad \begin{cases} t = 1.5708 \\ s = 181.0169 \\ \alpha = 51.1 \end{cases}$$

نقاط E و C از ابرالذکی جنوبی دارند سوال ۳)

$$\begin{cases} x_s = -3235.5 \\ y_s = -4212.4 \\ z_s = -124.1118 \end{cases} \quad \begin{cases} t = 1.5609 \\ s = 180.1812 \\ \alpha = 51.8 \end{cases} \quad \text{سوال ۴)}$$

$$\begin{cases} x_s = -7240.2 \\ y_s = -2350.6 \\ z_s = -992.6114 \end{cases} \quad \begin{cases} t = 1.5629 \\ s = 180.256 \\ \alpha = 33.2 \end{cases} \quad \text{سوال ۲)}$$

$$\begin{cases} x_A = 3101.1 \\ y_A = 4093.1 \\ z_A = 28.001 \end{cases} \quad \begin{cases} x_D = 3217.1 \\ y_D = 4098.9 \\ z_D = 29.122 \end{cases} \quad \text{سوال ۵) } \delta = 1.988$$

$$\begin{cases} x_E = 6852.1 \\ y_E = 2309.5 \\ z_E = 136.19 \end{cases} \quad \begin{cases} x_E = 7780.2 \\ y_E = 2317 \\ z_E = 139.42 \end{cases} \quad \text{سوال ۶) } \delta = 1.432$$

$$r_{11} = \cos 23.5 = 0.9171 \quad , \quad r_{12} = \sin 23.5 = 0.3987 \quad , \quad r_{13} = 0$$

$$r_{21} = -0.3987 \quad , \quad r_{22} = 0.9171 \quad , \quad r_{23} = 0$$

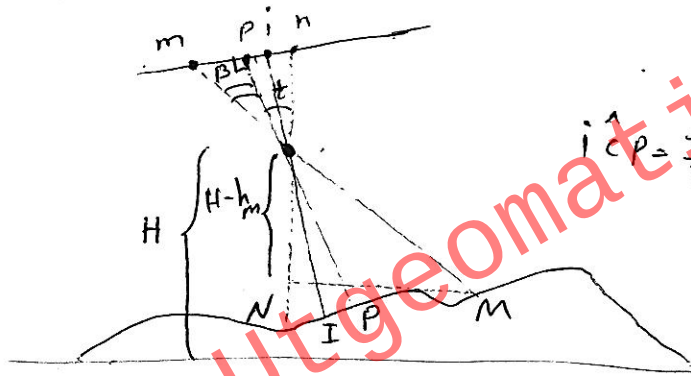
$$r_{31} = 0 \quad , \quad r_{32} = 0 \quad , \quad r_{33} = 1$$

$$f = 152.4 \text{ mm}$$

$$X_A = (553 - 1550.2) \frac{(0.9171(122.23) + 0.3987(45.92) + 0}{0x(122.23) + 0x(45.92) - 152.4} + 125000 = 125853.702$$

$$Y_A = (553 - 1550.2) \frac{-0.3987x122.23 + 0.9171x45.92 + 0}{0 + 0 - 152.4} + 995423 = 995379.684$$

نمبرین استاد: اگر یک نقطه‌ی اعتباری m روی عکس ثبت دارد در روی خط بزرگترین سبب داشته باشیم



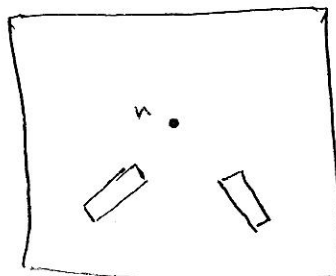
$$i \hat{c} p = \frac{t}{2} \quad , \quad i \hat{c} n = \frac{t}{2} \quad \lambda_m = \frac{cm}{CM} = \frac{\frac{f}{\cos \beta}}{\frac{H-h_m}{\cos(\beta+t)}}$$

$$\Rightarrow \lambda_m = \frac{f}{H-h_m} \cdot \frac{\cos(t+\beta)}{\cos \beta}$$

از یک سو خواهیم داشت $\beta = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{x^2+y^2}}{f} \right)$ که x و y مختصات نقطه m در سیستم مختصات P.P است

$$\Rightarrow \lambda_m = \frac{f}{H-h_m} \cdot \frac{\cos \left(t + \tan^{-1} \frac{\sqrt{x^2+y^2}}{f} \right)}{\cos \left(\tan^{-1} \frac{\sqrt{x^2+y^2}}{f} \right)}$$

نمبرین استاد: یک عکس ثبت داریم که مختصات بالا و پایین در برج معلوم است آیا می توان زاویه ثبت را بدست



آورد پاسخ: بله: از آن جاییکه که جایی ارتفاعی نسبت به نقطه

نادر شعاعی است بنابراین اگر معادله خطوط جایی ارتفاعی را بدست آورده و ملاقی دهیم مختصات نقطه نادر بدست می آید بنابراین خواهیم داشت:

$$y_1 = y_c + \overbrace{\frac{y_d - y_c}{x_d - x_c}}^P (x - x_c)$$

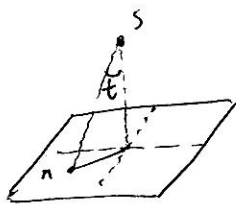
$$y_2 = y_b + \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} (x - x_b)$$

$$\Rightarrow y_c + \frac{y_d - y_c}{x_d - x_c} (x - x_c) = y_b + \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} (x - x_b)$$

$$\Rightarrow y_c + \varphi x - \varphi x_c = y_b + \theta x - \theta x_b \Rightarrow \varphi x - \theta x = y_b - \theta x_b - y_c + \varphi x_c$$

$$\Rightarrow x = \frac{y_b - \theta x_b - y_c + \phi x_c}{\phi - \theta} = \frac{y_b - \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} x_b - y_c + \frac{y_d - y_c}{x_d - x_c} x_c}{\frac{y_d - y_c}{x_d - x_c} - \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a}}$$

با فرض x در $\mathbb{R}^n$ از خطوط $y_1, y_2, \dots, y_n$ مؤلفه i هم بردست می آید بنابراین $n = (x, y_n)$



$$t = \frac{1}{g} \frac{\sqrt{x_n^2 + y_n^2}}{f}$$

برای بدست آمدن زاویه تیلت خواهیم داشت

تدوین استاد: دکتر ارتضیٰ رحمانی قائم رابکار بابی علی و بکار بابت علی و بیک روابط بااراس

حماسه می کشم وقت آن که راسخا سیه کشند.

$$h = \frac{H \cdot d}{\gamma}$$

$$\Rightarrow \delta h = \sqrt{\left(\frac{H}{\gamma} \delta d\right)^2 + \left(\frac{d}{\gamma} \delta H\right)^2 + \left(\frac{-H \cdot d}{\gamma^2} \delta \gamma\right)^2}$$
 بدون داشتن مقدار، امتداد نمی توان داشت
 دوروش را می بیند

$$\text{under } h = H - \frac{B \cdot f}{\rho_x} \Rightarrow \delta h = \sqrt{\left(-\frac{B \cdot f}{\rho_x} \delta H\right)^2 + \left(-\frac{f}{\rho_x} \delta B\right)^2 + \left(-\frac{B \cdot f}{\rho_x^2} \delta \rho_x\right)^2}$$

تبدیل استاندارد: دقت محضات محاسبه شده توسط پارامترهای سبب کسند $\delta P_x = \sqrt{2} \delta x'_a = 15\sqrt{2}/4$

$$\delta x'_a = \delta x_a = 15 \mu, \quad \delta B = 0.5 m, \quad \delta H = 0.5 \Rightarrow \delta h = \sqrt{\left(\frac{-B \cdot f}{P_H} \delta H\right)^2 + \left(\frac{-f}{P_H} \delta B\right)^2 + \left(\frac{-B \cdot f}{P_H^2} \delta P_H\right)^2}$$

$$X_A = \frac{B \cdot \kappa'_a}{P_N} \Rightarrow \delta X_A = \sqrt{\left(\frac{\kappa'_a}{P_N} \delta B\right)^2 + \left(\frac{-B \kappa''_a}{P_N^2} \delta \kappa'_a\right)^2 + \left(\frac{-B \kappa'_a}{P_N^2} \delta \kappa''_a\right)^2}$$

$$Y_A = \frac{B y'_a}{P_u} \Rightarrow \delta Y_A = \sqrt{\left(\frac{y'_a}{P_u} \delta B\right)^2 + \left(\frac{B}{P_u} \delta y'_a\right)^2 + \left(\frac{-B y'_a}{P_u^2} \delta P_u\right)^2}$$

برای محاسبه عددی باید اعداد و مقادیر را مستقیماً وارد شده باشیم