



Jundi Shapur

University of Technology-Dezful

مبانی فتوگرامتری

فصل ششم: عکس و پالایش آن

Nurollah Tatar
Fundamentals of Photogrammetry
Semester 2021

فهرست مطالب

- مروری بر عکس و عکسبرداری
 - شاتر، دیافراگم و ...
- جابجایی ها
 - تیلت، تغییرات ارتفاعی
- اعوجاجات
 - انکسار، کرویت زمین، مماسی، شعاعی و ...
- بخشی از این فصل از جزوه آقای محمدهادی عقیلی، مهرداد اسلامی و دکتر زرین پنجه اقتباس شده است.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

دوربینهای آنالوگ

لایه حساس (امولسیون)
مواد سلولوئیدی
مواد ضد هاله

- ساختار فیلم عکاسی:
 - فیلم عکاسی از دو قسمت تشکیل شده است:
 - ۱ - لایه حساس (امولسیون)
 - ۲ - صفحه حامل
 - لایه حساس از جنس هالید نقره بوده و نسبت به امواج الکترومغناطیس حساس می باشد.
 - نور هنگام برخورد با لایه حساس موجب تجزیه آن و تشکیل پیوندهای ضعیف نقره هالید می شود، در این صورت یک تصویر نهان بر روی فیلم نقش می بندد.
- 3 Fundamentals of Photogrammetry- Refinement
N. Tatar Jundi Shapur

مرواری بر عکس و عکسبرداری

• دوربینهای آنالوگ

- در هنگام ظهرور فیلم محلهایی که به آن نور رسیده است سیاهتر دیده می‌شوند و قسمت‌هایی که به آن‌ها نور نرسیده روشن‌تر دیده می‌شوند (به عبارتی مقدار سیاهی تابعی از مقدار نوردهی در حین عکسبرداری می‌باشد).
- اگر صفحه حامل سفید رنگ نباشد (شیشه یا فیلم پلاستیکی) قسمت‌های نور ندیده شفاف باقی می‌مانند.
- مواد ضد هاله بدین منظور به کار می‌روند تا نورهای اضافی از پشت فیلم وارد نشوند تا عکس مبهم به نظر نرسد.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

• دوربینهای آنالوگ

- با توجه به لایه حساس فیلم‌های عکاسی، آنها را می‌توان در چهار دسته تقسیم‌بندی کرد.
 - ۱- پانکروماتیک (سیاه و سفید)
 - ۲- رنگی معمولی
 - ۳- پانکروماتیک و مادون قرمز
 - ۴- رنگی و مادون قرمز

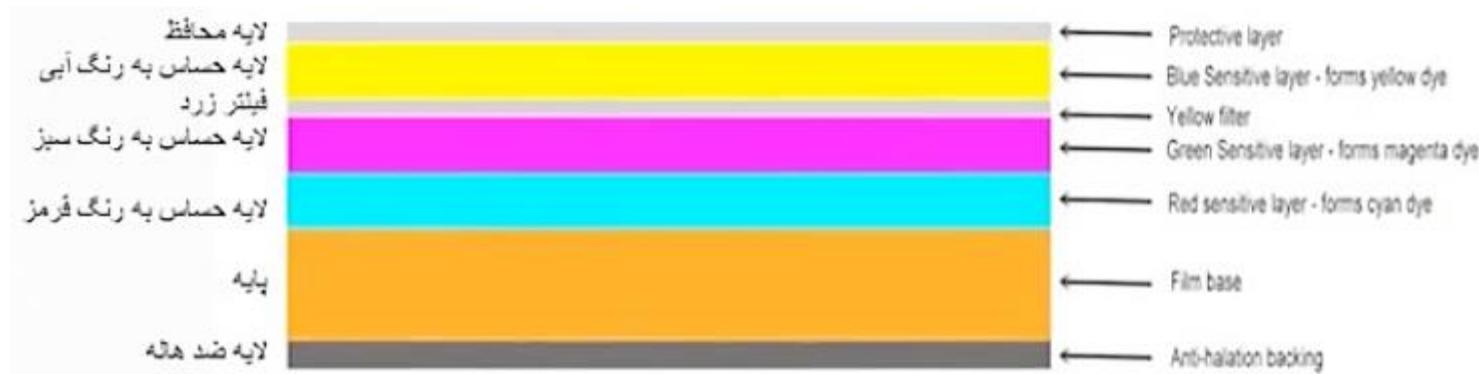
مرواری بر عکس و عکسبرداری

- فیلم‌های پانکروماتیک
- لایه حساس فیلم‌های پانکروماتیک از برمور نقره تشکیل شده است که معمولاً برای تهیه نقشه و عکس‌های تفسیری به کار گرفته می‌شوند.



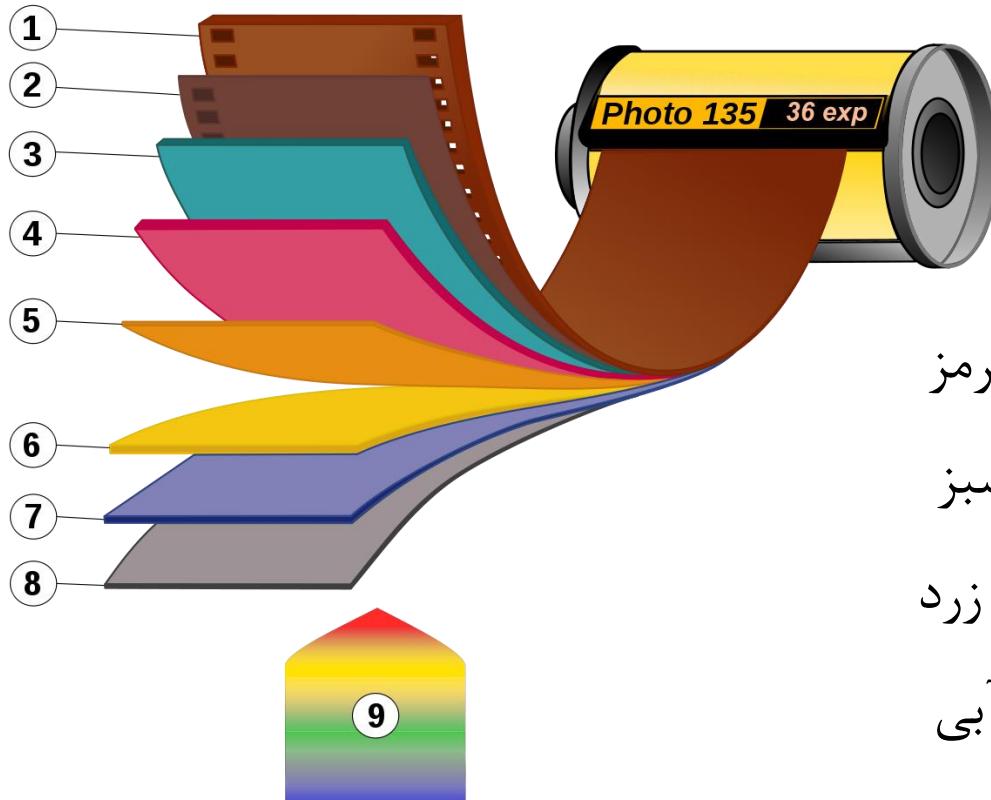
مرواری بر عکس و عکسبرداری

- فیلم‌های رنگی
- عکس‌های با لایه حساس رنگی نیز نوع دیگری از فیلم‌های عکاسی آنالوگ اند که برای تفسیر و یا تهیه نقشه در وسعت محدود به کار گرفته می‌شوند.



ساختمن فیلم‌های رنگی در عکاسی

مرواری بر عکس و عکسبرداری



فیلم‌های رنگی

- ۱- پایه فیلم
- ۲- لایه زیرین
- ۳- لایه حساس به نور قرمز
- ۴- لایه حساس به نور سبز
- ۵- لایه حساس به نور زرد
- ۶- لایه حساس به نور آبی
- ۷- فیلتر ماوراء بنفسج
- ۸- لایه حفاظتی
- ۹- نور مهی

مرواری بر عکس و عکسبرداری

دوربینهای آنالوگ

- ۳- فیلمهای با لایه حساس پانکروماتیک و حساس به اشعه مادون قرمز نوع دیگری از فیلمهای آنالوگ هستند که بیشتر برای اهداف نظامی و شناسایی اهداف خاصی به کار می‌روند.
- ۴- فیلمهای رنگی حساس به اشعه مادون قرمز بیشتر برای کاربردهای کشاورزی و محیط زیستی به کار می‌روند. زیرا عوارض گیاهی و درختی در طول موج مادون قرمز رفتار کاملاً متفاوتی از خود نشان می‌دهند.

فیلتر زرد
لایه حساس به نور سبز
لایه حساس به نور قرمز
لایه حساس به مادون قرمز
پایه فیلم

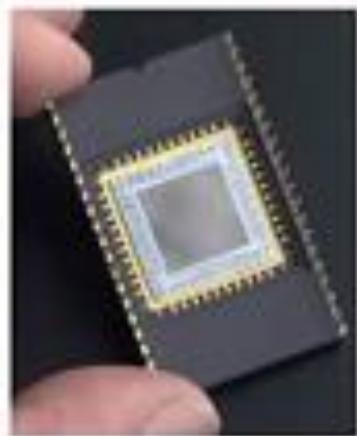
مرواری بر عکس و عکسبرداری

- دوربینهای آنالوگ
- انواع فیلم‌های عکاسی:
 - ۱- فیلم تند
 - ۲- فیلم کند
- فیلم‌های کند به زمان بیشتری برای نوردهی احتیاج دارند و فیلم‌های تند به زمان کمتری برای نوردهی نیازمندند.
- فیلم‌های تند دارای دانه‌بندی درشتی هستند و فیلم‌های کند دانه‌بندی ریزی دارند.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

• دوربینهای دیجیتال

- در دوربین های امروزی به جای فیلم های آنالوگ قدیمی که مشکلات فراوانی داشتند، از سنسورهای حساس به نور استفاده می گردد.
- این سنسورها از اجزاء ریزی به نام پیکسل تشکیل گردیده است که به صورت منظمی در کنار یکدیگر قرار گرفته اند.

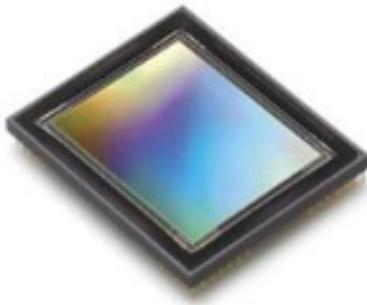


این سنسورهای حساس از CMOS یا CCD یا استفاده می کنند.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

• دوربینهای دیجیتال

- سنجنده های رقومی عموماً برای اخذ تصاویر از CCD ها (Charge Coupled Device) و یا CMOS ها (complementary metal-oxide semiconductor) استفاده می کنند.



- عنصر پایه این سنجنده ها را نیمه رسانا ها تشکیل می دهند که معمولاً از سیلیکون ساخته می شوند.

- انرژی الکترو مغناطیس به سطح حساس سنجنده بخورد کرده و فتوна ها توسط آشکار ساز جذب می گردند. در صورت بخورد تعداد کافی فتون پس از یک سری فعل و افعالات یک ولتاژ الکتریکی تولید می شود.

- با توجه به مقدار و CCD مربوطه برای انرژی ثبت شده، تصویر تشکیل می گردد.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

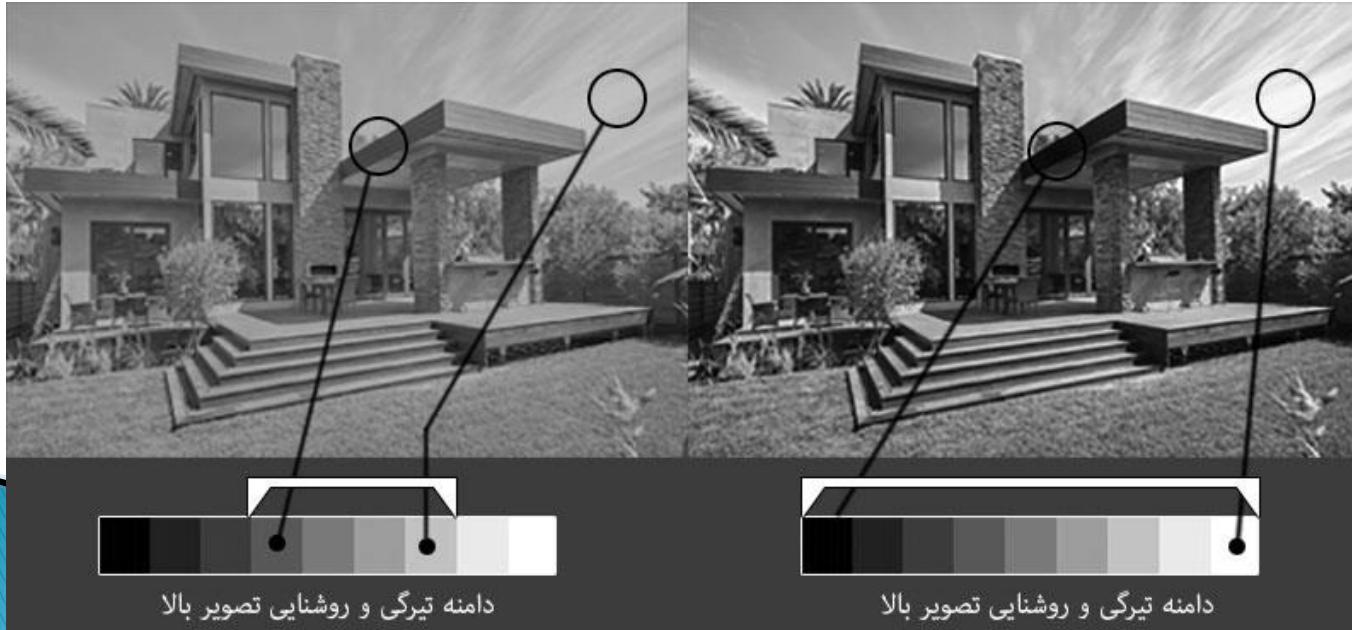
- نور ورودی و کیفیت تصویر
- مقدار نور ورودی به صفحه حساس فیلم / سنسور در کیفیت تصویر اخذ شده از اهمیت فراوان برخوردار است.
- در فیلم‌های آنالوگ ورود بیش از اندازه نور به سمت صفحه حساس به نور باعث سوختگی فیلم می‌شد، همچنین ورود اندک نور نیز باعث می‌شود تا تصویری با وضوح بالا ثبت نگردد.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- نور ورودی و کیفیت تصویر
- این حساسیت فیلم‌ها و نیز کیفیت تصویر اخذ گردیده را می‌توان با پارامترهایی مورد سنجش قرار داد.
- دیافراگم قطعه بسیار با اهمیتی می‌باشد که در مقابل لنز قرار گرفته و میزان نور ورودی به سنسور را کنترل می‌نماید. لذا برای تنظیم مقدار نور ورودی به صفحه حساس فیلم، از این قطعه استفاده می‌گردد.

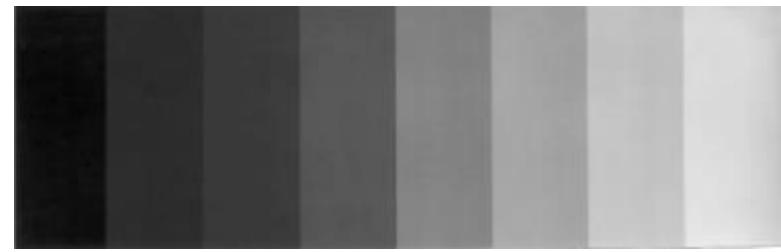
مرواری بر عکس و عکسبرداری

- کنترast
- بیان کننده میزان اختلاف در درجات خاکستری (اعداد روی پیکسل) تصویر در همسایگی‌های می‌باشد.
- هر مقدار تصویری داری اختلافات شدید درجات خاکستری در همسایگی‌های نزدیک باشد، آن تصویر دارای کنترast بالایی هست.



مرواری بر عکس و عکسبرداری

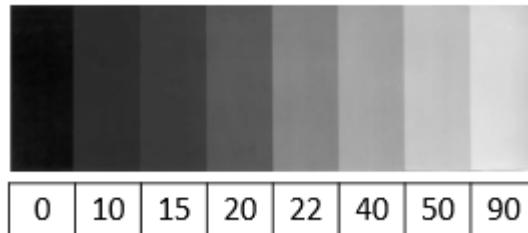
- کنتراست
- در تصاویر آنالوگ وجود یک پیوستگی در تصویر باعث می‌گردد تا یکدفعه با تغییرات بسیار شدید مواجه نشویم. اما در مورد تصاویر دیجیتال (سنسورهای دیجیتال) به دلیل اخذ مستقل و عوامل الکترونیکی امکان تغییرات بسیار شدید و کنتراست بالا در تصاویر وجود خواهد داشت.



مرواری بر عکس و عکسبرداری

Dynamic Range •

- در اخذ تصویر دیجیتال میزان انرژی / تعداد فوتون های رسیده به یک پیکسل تصویری مشخص کننده عدد درجه خاکستری و میزان سیاه یا سفید شدگی تصویر می باشد.
- به صورت کلی اگر انرژی کمتری به سنسور برسد، عدد کوچکی به عنوان درجه خاکستری بر روی آن ذخیره می شود.



مرواری بر عکس و عکسبرداری

- دیافراگم
- دیافراگم در دوربین عکاسی به تیغه‌هایی گفته می‌شود که درون لنز قرار گرفته‌اند و با گشاد و تنگ شدن، میزان عبور نور را از روزنه میانی آن‌ها که به آن اپرچر گفته می‌شود، کنترل می‌کنند.
- میزان نور ورودی را دیافراگم تعیین و کنترل می‌کند. لذا یکی از مهمترین و موثرترین پارامترهای قابل تنظیم در اکثر دوربین هاست.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

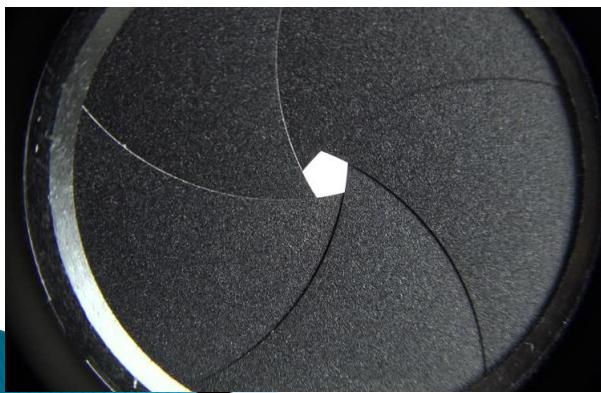
• دیافراگم

- برای مدلسازی بهتر دیافراگم از پارامتر $fstop$ (که براساس قطر این

$$fstop = \frac{f}{d}$$

دریچه تعريف می شود)، استفاده می کنند.

- با تغيير $fstop$ ميزان نور وارد شده به نسبت مخذلور عکس تغيير می کند.



Large Aperture

$f/2$



Medium Aperture

$f/8$



Small Aperture

$f/22$

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- دیافراگم

- رابطه fstop با قطر دریچه دیافراگم و فاصله کانونی برابر است با:

$$fstop = \frac{f}{d}$$

- که در آن d قطر دریچه دیافراگم و f فاصله کانونی است.
- رابطه بین fstop با زمان شاتر در دو زمان مختلف برابر است با:

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{fstop_{t_1}}{fstop_{t_2}} \right)^2$$

- که در آن t_1 و t_2 به ترتیب زمان باز و بسته شدن در حالت اول و

دوم هستند.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- دیافراگم

- مثال:

مثال: اگر سرعت شاتر یک دوربین عکسبرداری هوایی برابر $\frac{1}{500}$ ثانیه و $f-stop = 4$ تنظیم شده باشد

در صورتی که بخواهیم سرعت شاتر را به $\frac{1}{1000}$ ثانیه افزایش دهیم مقدار $f-stop$ چقدر باید باشد؟

$$t_1 = \frac{1}{500} s \quad t_2 = \frac{1}{1000} s$$

$$fstop_{t_1} = 4$$

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{fstop_{t_1}}{fstop_{t_2}} \right)^2 \Rightarrow \frac{\frac{1}{500}}{\frac{1}{1000}} = \frac{4^2}{fstop_{t_2}^2} \Rightarrow fstop_{t_2}^2 = 8 \Rightarrow fstop_{t_2} = 2.8$$

مروري بر اجزاء عکسبرداری

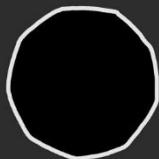
- دیافراگم



مرواری بر اجزاء عکسبرداری

• دیافراگم

Capturing different amounts of light



Large aperture

Medium aperture

Small aperture

مرواری بر عکس و عکسبرداری

• لنز

- لنز استوانه‌ای حاوی مجموعه‌ای از عدسیها است که نور را از خود عبور داده و به درون دوربین هدایت می‌کند و باعث می‌شود که تصویر به صورت واضح بر روی فیلم عکاسی یا گیرنده تصویر منعکس شود.
- لنزها معمولاً با فاصله کانونی آن‌ها شناخته می‌شوند.



• فرمول عدسی‌ها

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q}$$

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- شاتر
- مقدار زمان (فاصله زمانی) نوردهی به دوربین را مشخص می کند.
- شاتر برای دوربین های آنالوگ و قدیمی به صورت مکانیکی می باشد و به صورت رفت و آمد، بالا-پایین عمل می کند.
- اما برای دوربین های دیجیتال با قطع و وصل ولتاژ ورودی به سنسور این کار را می کند.



مرواری بر عکس و عکسبرداری

• شاتر

Range of Shutter Speeds

(and their uses)

1/8000 second
1/4000 second
1/2000 second
1/1000 second
1/500 second
1/250 second
1/125 second
1/60 second
1/30 second
1/15 second
1/8 second
1/4 second
1/2 second
1 second
2 seconds
4 seconds
8 seconds
15 seconds
30 seconds

}

Fast Speeds
For stopping action

}

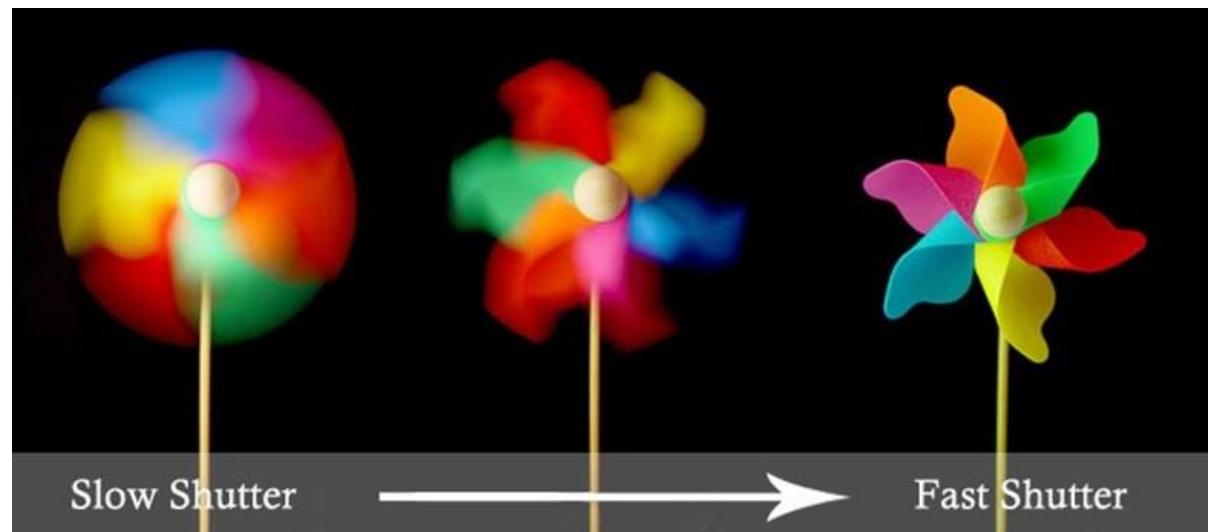
Moderate Speeds
Handholding Generally Ok

}

Slow Speeds
Use a Tripod

}

Very Slow Speeds
For Creating Blur or Trails



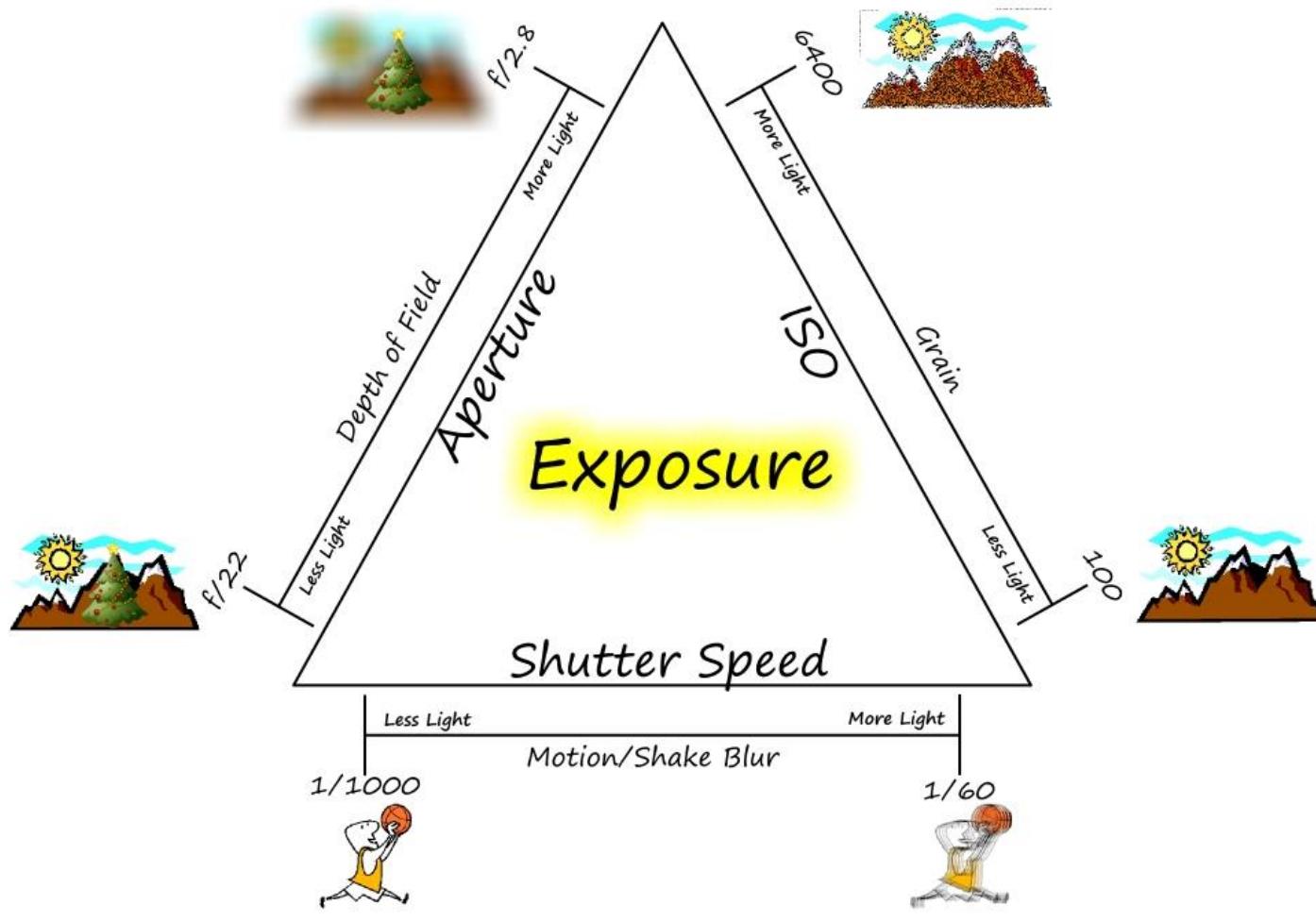
مرواری بر عکس و عکسبرداری

ISO •

- میزان حساسیت فیلم به روشنایی را بیان می‌کند. هرچه ایزو بالاتر باشد حساسیت فیلم یا سنجنده به امواج الکترو مغناطیس بالا می‌رود.
- به طور معمول در جاهایی که نور کم است از فیلم یا تنظیمات ایزو بالاتر استفاده می‌کنند و جاهایی که نور به اندازه کافی است از ایزو متوسط استفاده می‌شود.
- اگر در محیط با نور کافی با ایزو بالا تصویربرداری انجام گیرد، تصویر نویزی خواهد شد.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- رابطه شاتر، دیافراگم و ایزو



مرواری بر عکس و عکسبرداری



• زوم

- با تغییر فاصله کانونی، بزرگنمایی محقق می‌شود.
- برای بازسازی سه بعدی از طریق فتوگرامتری نباید از زوم استفاده کرد.
- زیرا فاصله کانونی بایستی در یک فرآیند عکسبرداری کاملاً ثابت باشد و با زمان تغییر نکند.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- فوکوس:
- تغییر فاصله اصلی به گونه ای که معادله عدسی ها برای یک شی صدق کند.



مرواری بر عکس و عکسبرداری



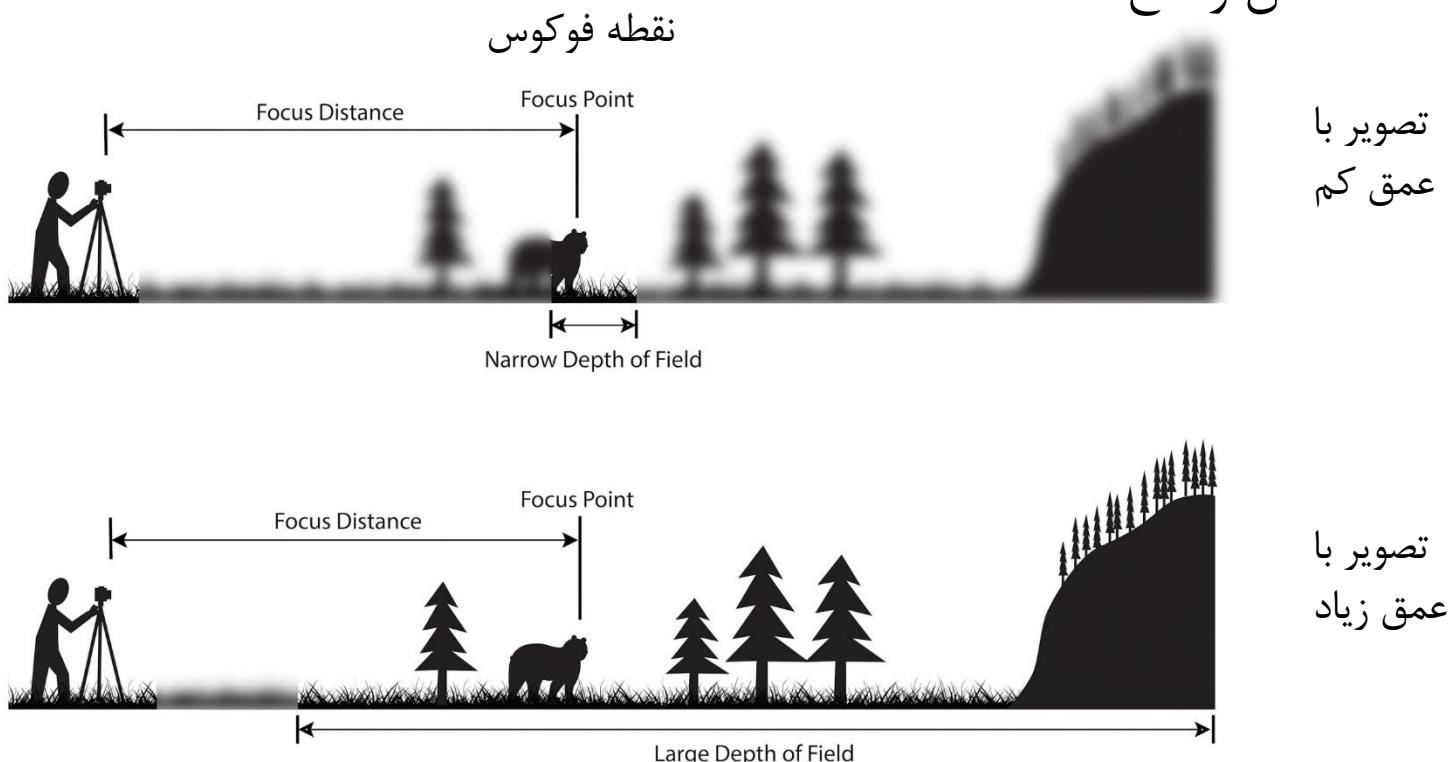
- فوکوس:



مرواری بر عکس و عکسبرداری

• عمق میدان (Depth of Field)

- عمق میدان ناحیه‌ای از تصویر است که تمام عوارض روی آن ناحیه در عکس واضح هستند.



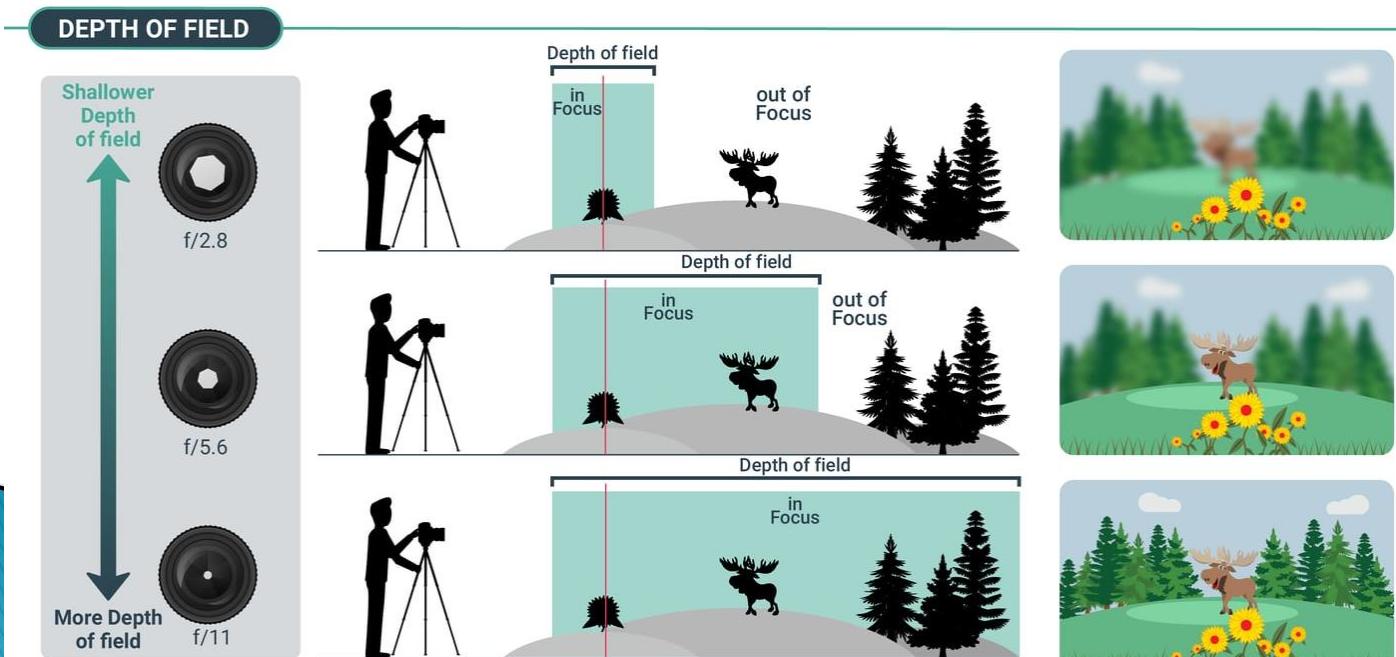
مرواری بر عکس و عکسبرداری

- عمق میدان:
- هر چقدر عمق میدان بیشتر باشد، ناحیه واضح در اطراف نقطه فوکوس بیشتر می‌شود.
- عمق میدان به فاصله کانونی، قطر دیافراگم و فاصله فوکوس وابسته است.
- هر چقدر $fstop$ کوچکتر شود (افزایش قطر دریچه دیافراگم)، عمق میدان کوچکتر می‌یابد.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

• عمق میدان:

- هر چقدر دریچه دیافراگم افزایش یابد، عمق میدان کمتر می‌شود.



مرواری بر عکس و عکسبرداری

• عمق میدان:

- هر چقدر فاصله کانونی افزایش یابد عمق میدان کاهش می‌یابد.



لنز با فاصله کانونی بزرگ

لنز با فاصله کانونی متوسط

عمق میدان کم

عمق میدان متوسط

عمق میدان زیاد

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- انواع دوربینهای فتوگرامتری از نظر زاویه دید

دوربینهای هوایی با توجه به زاویه میدان عکسبرداری به چهار دسته تقسیم می‌شوند.

۱- زاویه باریک (Narrow Angle): $305\text{mm} \pm 3\text{mm} = 12''$ و $\alpha < 50^\circ$

در تولید عکس‌های کوچک مقیاس، شناسایی، تفسیر کلی منطقه و تهیه موزائیک عکسی بکار می‌رود.

۲- زاویه معمولی (Normal Angle): $210\text{mm} \pm 3\text{mm} = 8.25''$ و $50^\circ < \alpha < 75^\circ$

برای تفسیر عکس، تهیه نقشه از مناطق کوهستانی، عکسبرداری رنگی و تهیه موزائیک عکسی بکار می‌رود.

۳- زاویه باز (Wide Angle): $152\text{mm} \pm 3\text{mm} = 6''$ و $75^\circ < \alpha < 100^\circ$

این نوع دوربین متداول‌ترین نوع دوربین عکسبرداری جهت تهیه نقشه توپوگرافی از عکس هوایی می‌باشد.

۴- زاویه خیلی باز (Super Wide Angle): $88.5\text{mm} \pm 3\text{mm} = 3.5''$ و $\alpha > 100^\circ$

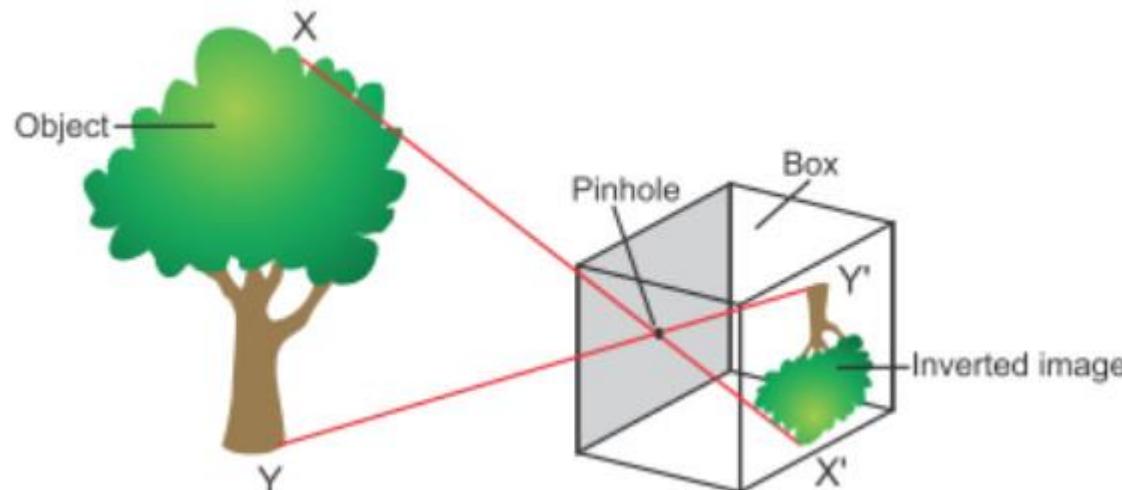
جهت تهیه نقشه از مناطق نسبتاً مسطح با برجستگی کم بکار می‌رود.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- دوربین‌های با زاویه باریک در حالت زوج عکس دقت ارتفاعی کمتری نسبت به دوربین‌های زاویه باز دارند.
- عکس‌های اخذ شده با دوربین‌های زاویه باریک نواحی پنهان کمتری نسبت به دوربین‌های زاویه باز دارند.
- مهمترین دلیل استفاده از دوربین‌های زاویه باز در فتوگرامتری هوایی محدوده پوششی وسیع تر و تعداد عکس کمتر آنهاست.
- دوربین‌های زاویه باز نقطه کنترل کمتر و حجم محاسباتی کمتری در مرحله تولید محصولات فتوگرامتری خواهند داشت.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- دوربین‌های سوراخ ریز (pinhole camera):
- دوربین‌های عکسبرداری اولیه از لنز استفاده نمی‌کردند. در این سیستم عکسبرداری یک سوراخ ریز بر روی جعبه دوربین ایجاد می‌شد که به آن pinhole می‌گویند.



مرواری بر عکس و عکسبرداری

- دوربین‌های سوراخ ریز (pinhole camera):
- قطر سوراخ جعبه دوربین در این وسیله آنقدر ریز بود که بین هر نقطه در فضای بیرون با متناظرش روی کوچکترین جزء فیلم یک رابطه یک به یک برقرار می‌شد.
- به عبارتی برای هر نقطه تنها یک پرتو وارد می‌شد و اثر پرتوهای همسایه بر آن نقطه از فیلم بسیار کم بود.
- در این سیستم مشکلات ناشی از به کارگیری لنزها بر عکس‌ها وجود نداشت.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- دوربین‌های سوراخ ریز (pinhole camera):
- اما از آنجا که ریز بودن سوراخ جعبه باعث می‌شد نور کمتری وارد جعبه دوربین بشود؛ خروجی این سیستم عکسبرداری یک عکس با کنترast پایین بود.
- برای حل این مشکل استفاده از لنز با دریچه بزرگتر پیشنهاد شد. به عبارتی با یک سوراخ بزرگتر نور بیشتری وارد جعبه می‌کردند و برای کنترل پرتوهای همسایه آنها را با عدسی‌ها متمرکز می‌کردند.

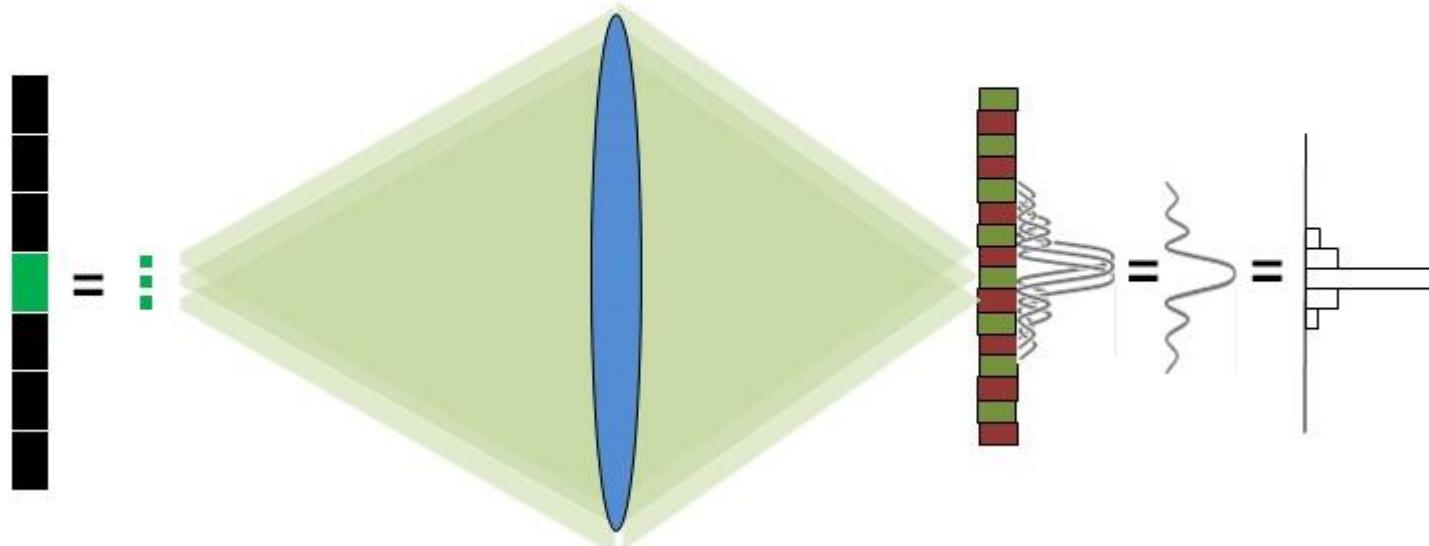
مرواری بر عکس و عکسبرداری

- دوربین‌های لنزدار:
- در دوربین‌هایی که از لنز استفاده می‌کنند اگرچه هر پیکسل با یک موقعیت در فضای واقعی متناظر است. اما حقیقت این است که آن پیکسل متاثر از حجمی از پرتوها در زوایای مختلف و حتی پرتوهای همسایه است! البته اگر PSF دوربین نقطه‌ای باشد، پرتوهای همسایه بر پرتو اصلی متاثر نخواهند بود.
- هرچقدر عدسی کیفیت بالایی داشته باشد، اثر پرتوهای همسایه را بر پیکسل‌های منحصر بفرد کاهش می‌دهد.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- دوربین‌های لنزدار:
- برای درک بهتر توضیحات قبل به عکس زیر توجه کنید.

Subject	Macroscopic lens	Image sensor	PSF
---------	------------------	--------------	-----



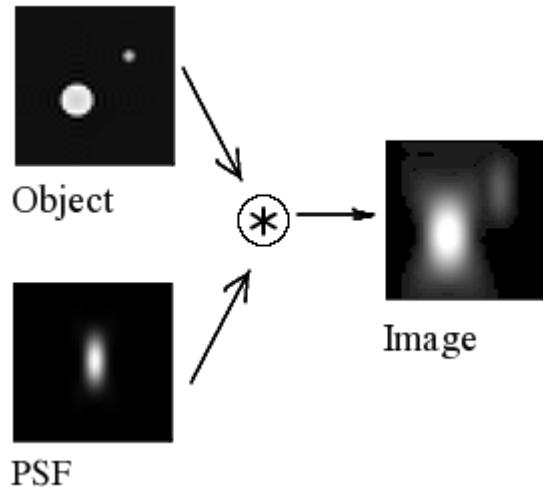
مرواری بر عکس و عکسبرداری

• : (Point Spread Function) PSF

- PSF یا تابع تاری نقطه: تابعی است که تعیین می‌کند مساحت پرتوهای مرکز یک نقطه از فضای بیرون بر صفحه فیلم چقدر است.
اگر محدوده ایجاد شده بر روی صفحه فیلم از یک پیکسل بیشتر باشد، PSF از یک بیشتر خواهد بود.
- PSF به فاصله جسم تا دوربین، قطر دریچه دیافراگم، کیفیت لنز و ابعاد پیکسل سایز بستگی دارد.
- در دوربین‌های pinhole این مسئله وجود نداشت.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

• :PSF



- این تابع در واقع بیانگر میزان کانولوشن پرتوهای مختلف سیستم اپتیکی است.

- هرچقدر ابعاد تابع PSF کوچکتر باشد، کیفیت تصویر بالاتر بوده و بارز بودن لبه عوارض بهتر دیده می‌شود.

همانطور که در شکل بالا می‌بینید میزان تاری اجسام در تصویر خروجی به مساحت PSF سیستم اپتیکی وابسته است.

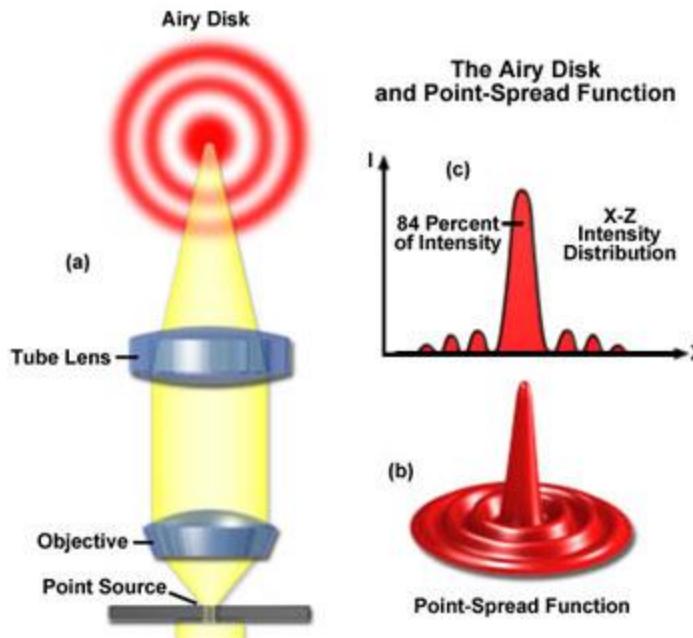
مرواری بر عکس و عکسبرداری

• :PSF •

- در سیستم‌های اپتیکی هر سیگنال ورودی با یک تابع ضربه‌ای کانولو می‌شود و یک پاسخ می‌دهد.
- پاسخ سیستم اپتیکی یک عدد است که به طور معمول با درجه خاکستری شناخته می‌شود.
- شکل تابع PSF در سیستم‌های اپتیکی تقریباً شبیه تابع گوسی دو بعدی است. از این رو در پردازش تصویر سعی می‌کنند با تابع گوسی تصویر را پالایش کرده تا آن را به واقعیت نزدیکتر کنند.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

:PSF •



- تابع توزیع گوسی در حالت

دو بعدی:

$$PSF(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

- که در آن σ انحراف معيار

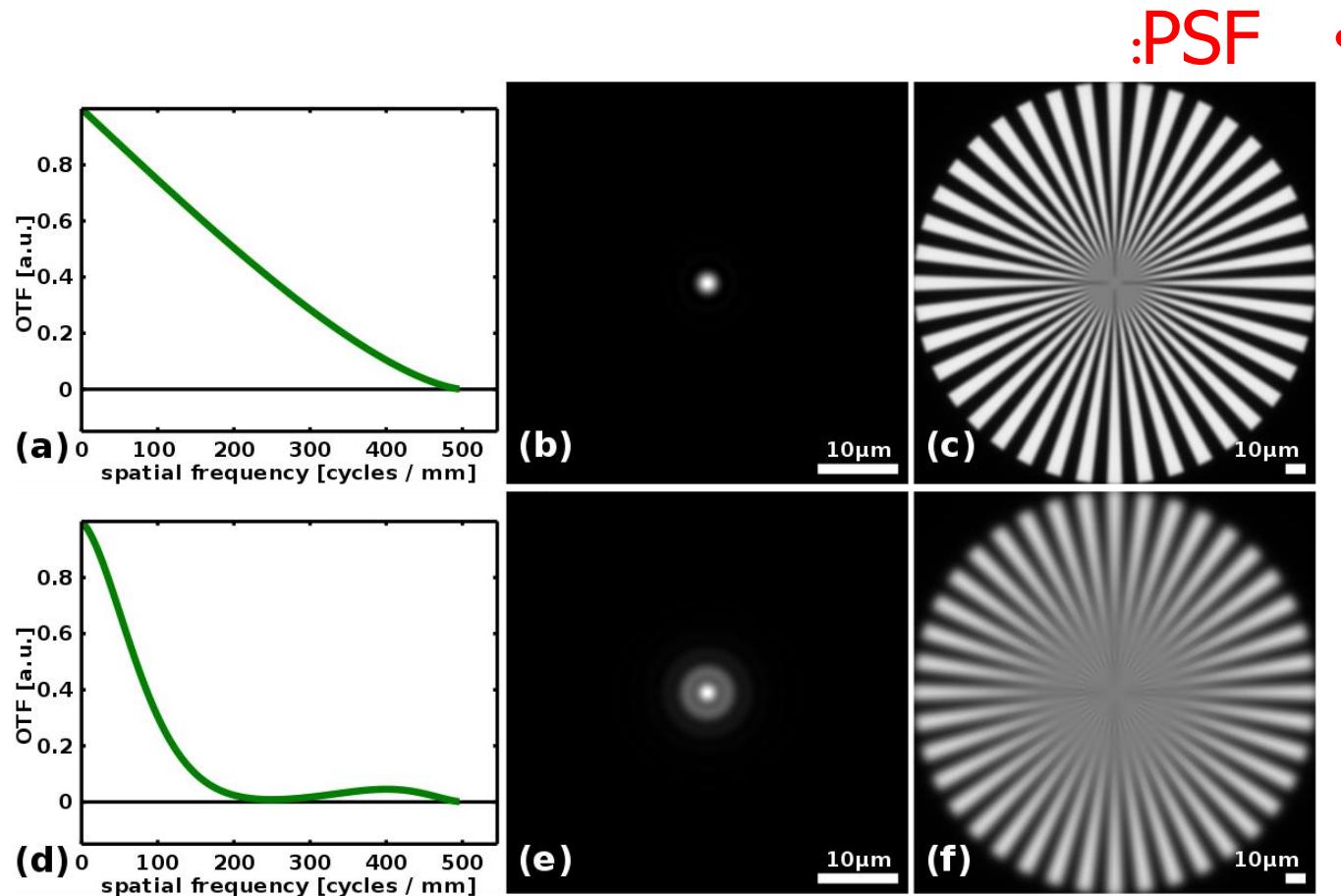
و مبدا (یا میانگین) آن

صفر فرض شده است.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- :PSF
- برای تخمین PSF می‌توان از صفحات کالیبراسیون مربوطه که دارای نوارهای تیره و روشن هستند، استفاده نمود.
- σ (انحراف معیار) تابع گوسی (یا همان PSF) تقریباً برابر با نصف قطر دایره ابهاست.
- در تصویر خروجی از این صفحات هر چقدر قطر دایره کوچکتر میزان تاری کمتر خواهد بود.

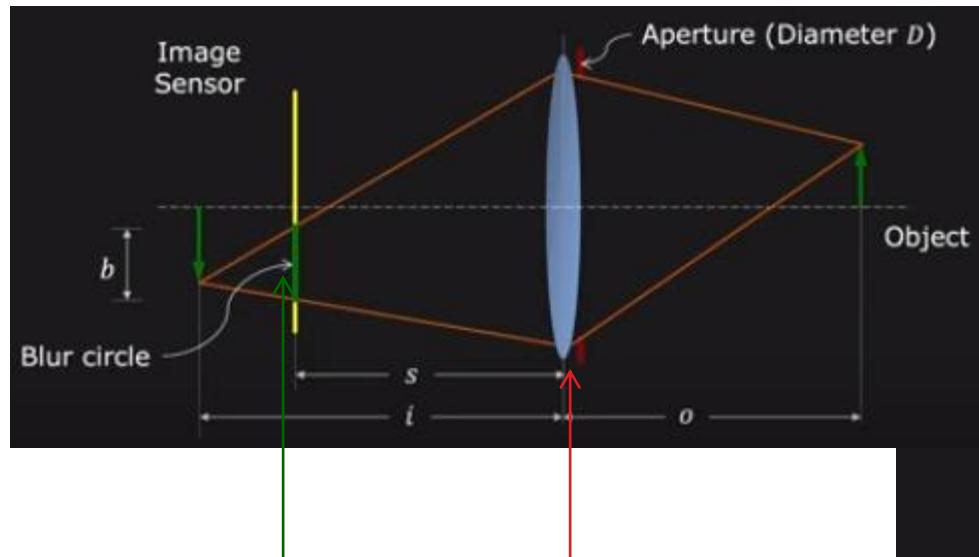
مرواری بر عکس و عکسبرداری



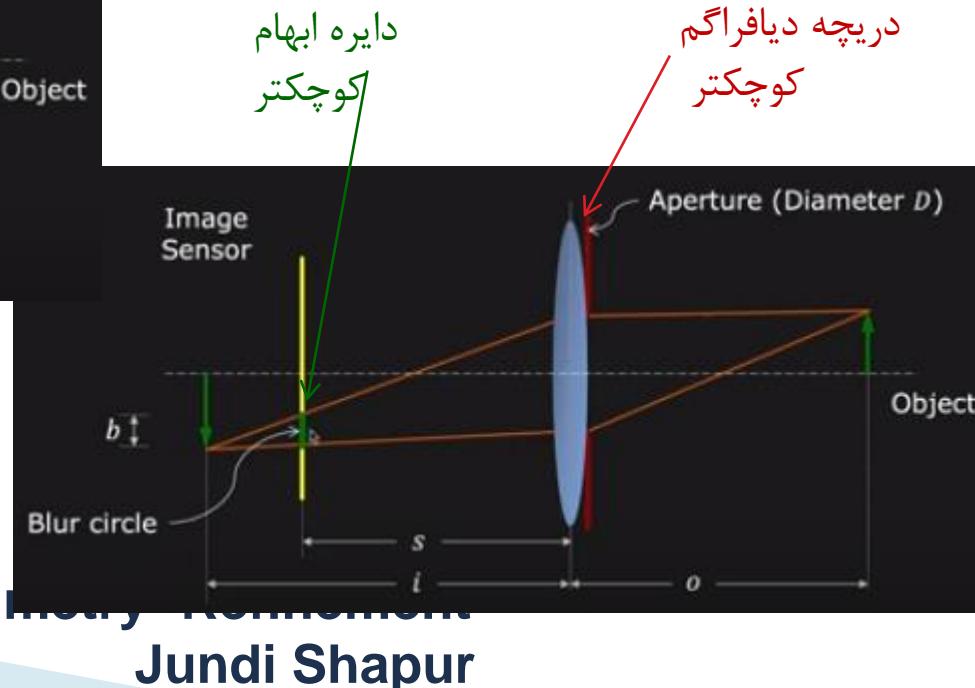
مرواری بر عکس و عکسبرداری

• چند نکته در مورد PSF :

- با کاهش قطر دریچه دیافراگم قطر دایره PSF کاهش خواهد



دایره ابهام
کوچکتر



مرواری بر عکس و عکسبرداری

- چند نکته در مورد PSF:
- با توجه با فاصله اجسام مختلف تا دوربین، مقدار تابع PSF برای هر کدام از آن اجسام بر روی تصویر مقدار متفاوتی خواهد بود.
- به عبارتی PSF در هر موقعیت مقداری متفاوت دارد، اما می‌توان با تقریباتی آن را در همه جا یکسان فرض کرد.
- صرفاً جهت اطلاع: این موضوع نوید بخش تخمین عمق (فاصله از دوربین) از روی میزان تاری PSF دوربین است.

مرواری بر عکس و عکسبرداری

- چند نکته در مورد PSF:
 - برای کاهش اثر تاری PSF در همه جای تصویر چنانچه در کنار دوربین یک سنجنده عمق وجود داشته باشد می‌توان باتوجه به عمق میزان تاری آن دوربین را کاهش داد و یک تصویر بالبهای بارزتر تولید کرد.
 - همان کاری که اپل ۱۲ پرموکس و بعضی شرکت‌های دیگر در دوربین‌های موبایل‌شان انجام دادند.



مرواری بر عکس و عکسبرداری

۵۴ مثال: کنکور سال ۸۸ سوال ۰

- ۵۴ - مهم‌ترین علت بکارگیری عدسی در دوربین‌های عکسبرداری در مقایسه با Pin hole Camera چیست؟
- ۱) قابلیت بزرگنمایی و امکان تنظیم آن
 - ۲) امکان مشاهده تصاویر شفاف از اشیاء مستقر در فاصله دور
 - ۳) عدم کاهش کیفیت تصویر با افزایش روزنه دید برای نوردهی بیشتر به فیلم
 - ۴) عدم خستگی چشم بواسطه تشکیل و مشاهده تصویر در بی‌نهایت

گزینه سوم صحیح است

پالايش تصوير



پالایش تصویر

- هدف از پالایش تصویر حذف خطاهای سیستماتیک از روی مختصات عکسی می‌باشد.
- خطای را سیستماتیک گویند که بتوان آن را با فرمول ریاضی یا فیزیکی بیان نمود.
- این خطاهای در دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:
 1. جابجایی‌ها (Displacement)
 2. اعوجاجات (Distortions)

پالائیش تصویر

تغییرات موقعیت

اعوجاجات

جابجایی

انکسار

کرویت
زمین

تغییر
بعد فیلم

کشیدگی
تصویر

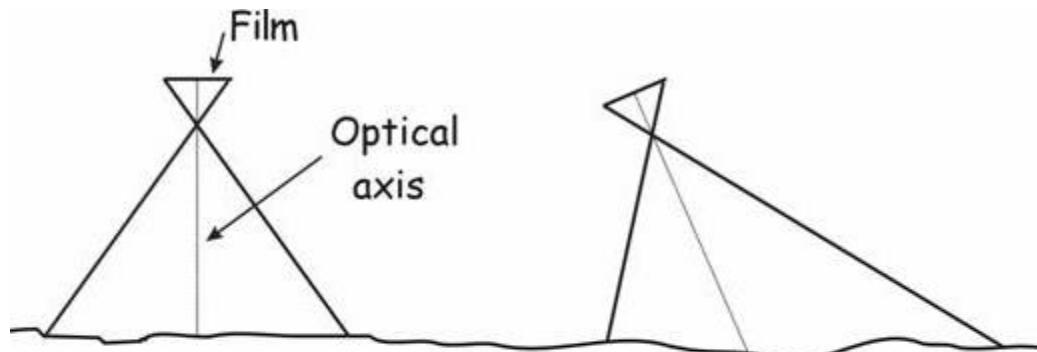
اعوجاج
عدسی

تیلت

اختلاف
ارتفاع

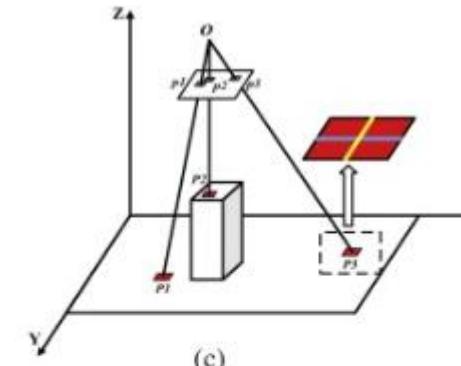
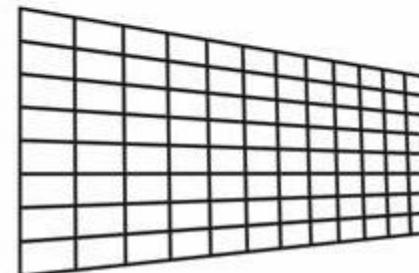
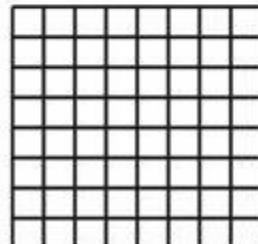
پالايش جابجايی های تصویر

- جابجایی ناشی از تیلت:
- در صورتی که تصویر برداری نسبت به امتداد شاغولی دارای زاویه ای بیشتر از ۳ درجه باشد؛ آنگاه تصویر تولیدی را تصویر تیلت دار گویند.

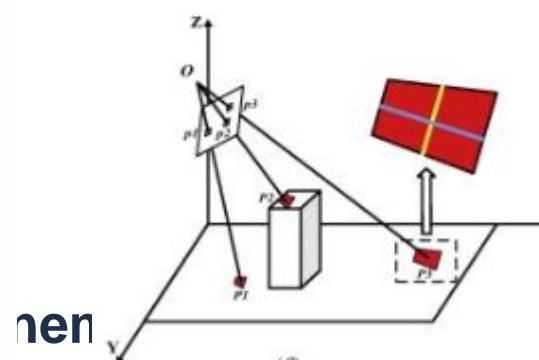


Vertical

Tilted



(c)



پالایش جابجایی‌های تصویر

- جابجایی ناشی از تیلت:

• جابجایی ناشی از تیلت نسبت به نقطه ایزوستر (همبار) شعاعی است.

- میزان جابجایی ناشی از تیلت:

$$dr = \frac{r^2 \sin t \cos \lambda}{f - r \sin t \cos \lambda}$$

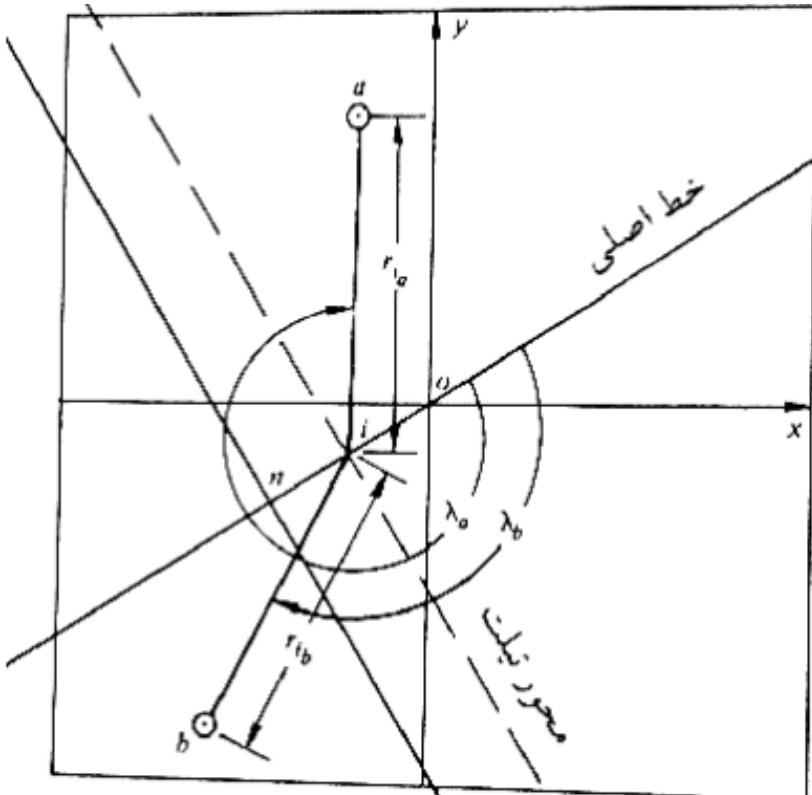
dr : جابجایی در اثر تیلت

r : فاصله شعاعی از نقطه ایزوستر

f : فاصله کانونی

t : زاویه تیلت

λ : زاویه بین خط اصلی و خط واصل
بین نقطه ایزوستر و نقطه مورد نظر

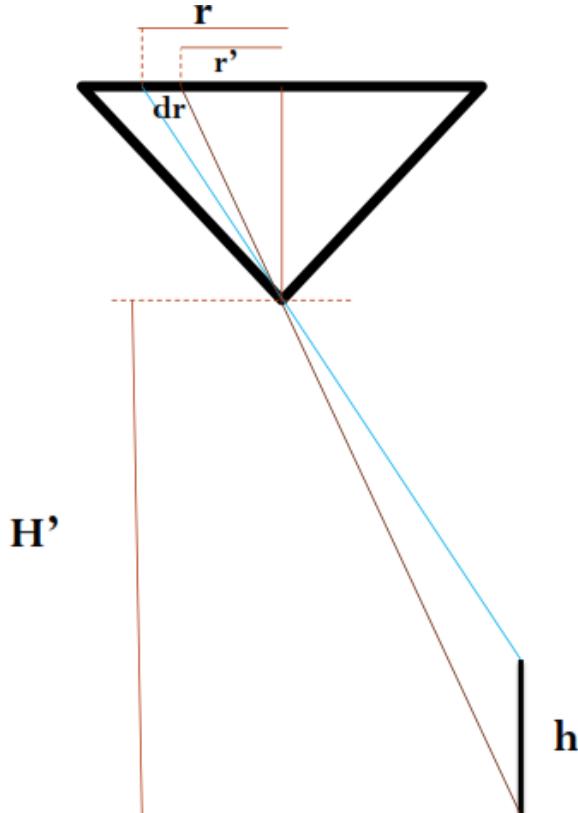


پالایش جابجایی‌های تصویر

• جابجایی ناشی از ارتفاع:

- موجودیت‌های ارتفاعی مانند ساختمان‌ها (پل‌ها، و . . .) باید از نظر مسطحاتی موقعیت سقف (بالا) و پای دیوارهای این عوارض یکسان باشند، اما در عمل با توجه به شکل روبرو چنین نیست.
- فرایندی که در آن میزان خطا در موقعیت چنین عوارض اصلاح می‌گردد را ortho-rectification گویند. تصویری که خطای جابجایی ناشی از ارتفاع از آن حذف شده باشد را نیز ارتوفتو گویند.
- جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع نسبت به نقطه **نادیر** شعاعی است.

پالایش جابجایی‌های تصویر



- جابجایی ناشی از ارتفاع:

• جابجایی ناشی از ارتفاع (dr):

$$dr = r - r'$$

$$dr = \frac{r \cdot h}{H'} = \frac{r' \cdot h}{H' - h}$$

- فاصله از نقطه نadir

- نحوه تصحیح این خطأ بر روی مختصات

عکسی طبق رابطه زیر است:

$$x_{new} = x_{old} \left(1 - \frac{dr}{r}\right)$$

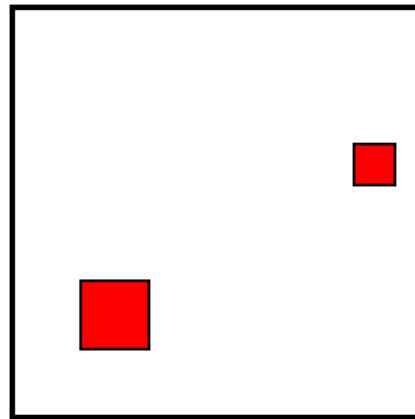
$$y_{new} = y_{old} \left(1 - \frac{dr}{r}\right)$$

پالایش جابجایی‌های تصویر

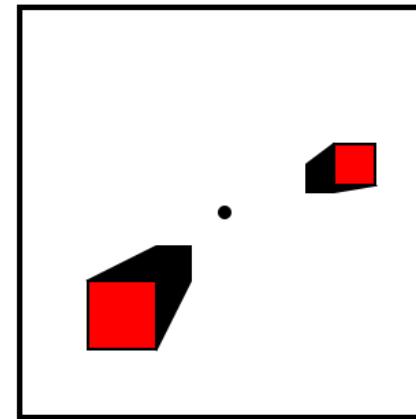


- جابجایی ناشی از ارتفاع:

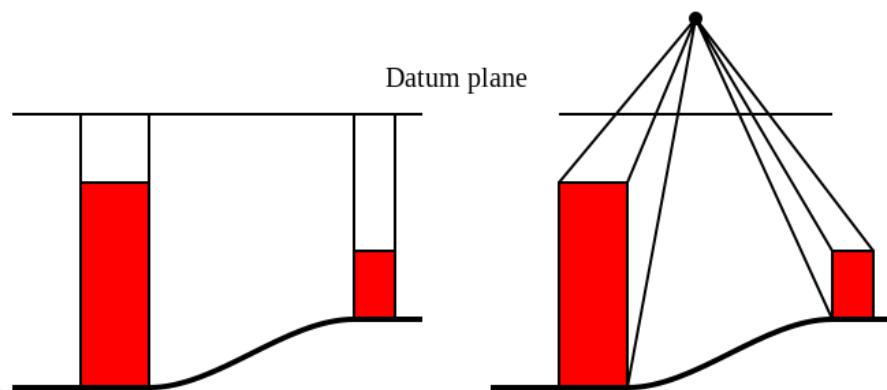
Orthographic view



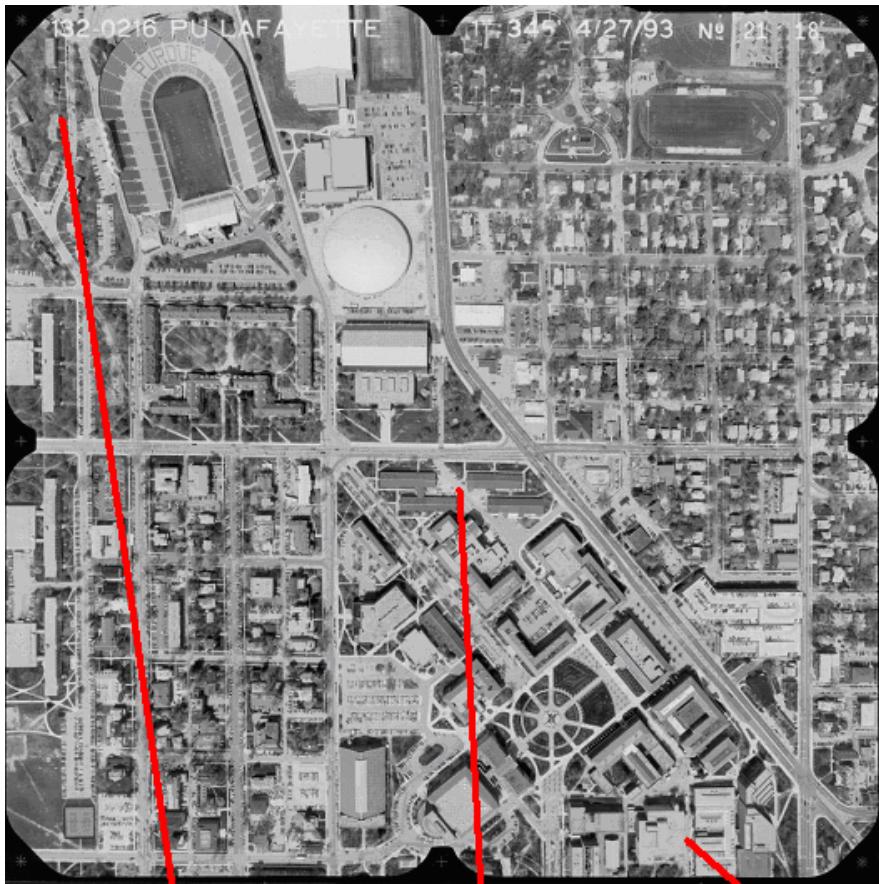
Perspective view



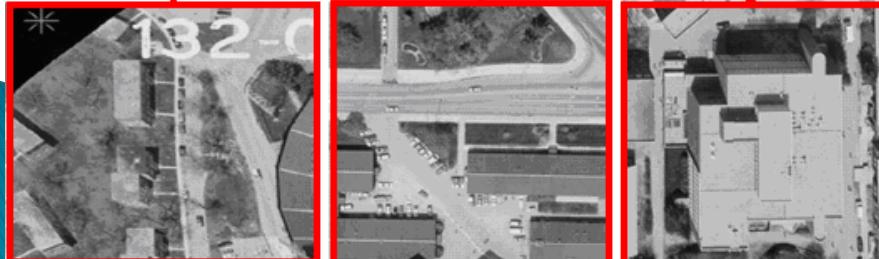
Datum plane



پالایش جابجایی‌های تصویر



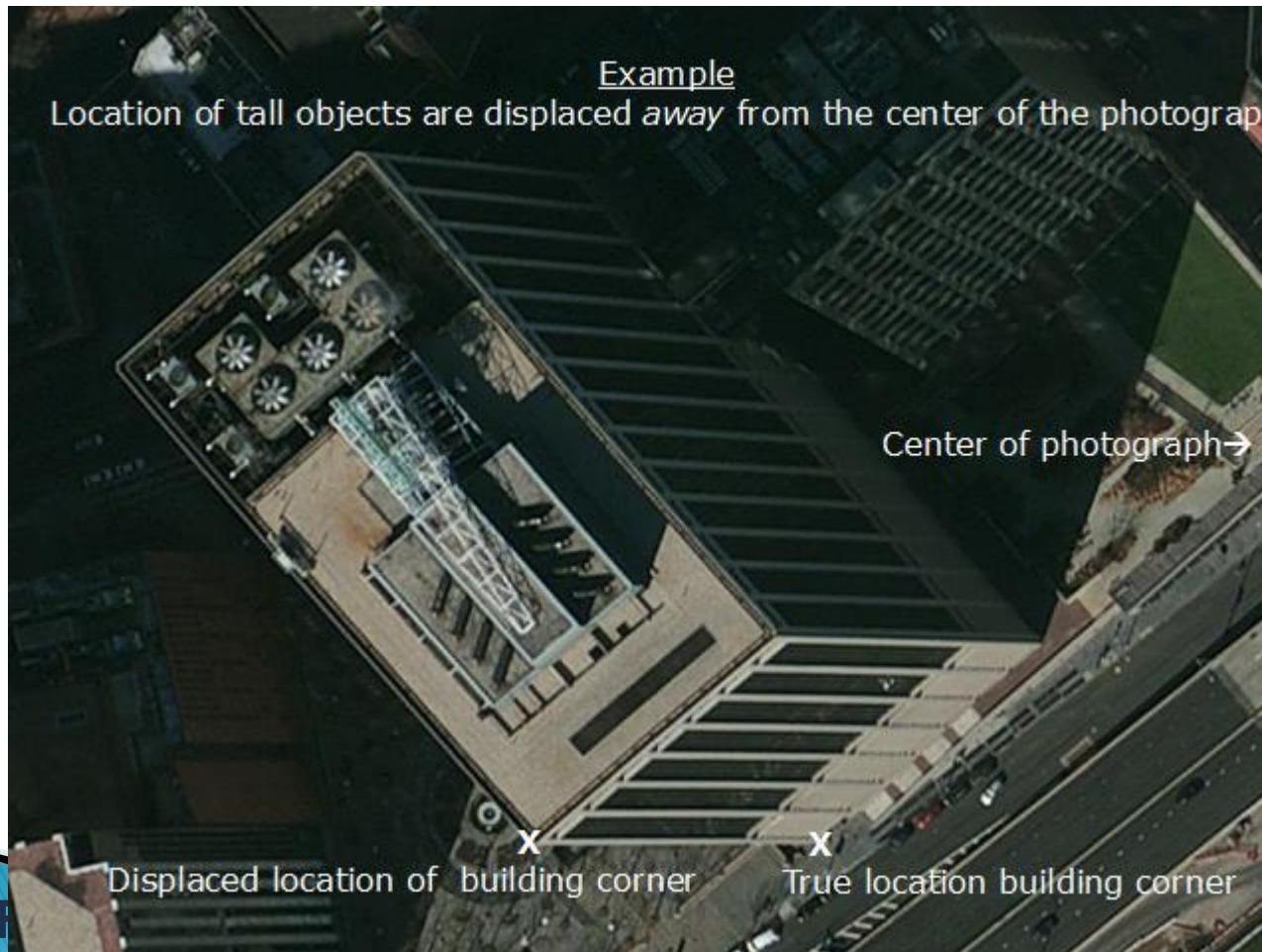
- جابجایی ناشی از ارتفاع:



Geometric Refinement
Jundi Shapur

پالایش جابجایی‌های تصویر

- جابجایی ناشی از ارتفاع:



پالایش جابجایی‌های تصویر

۴۴ سوال ۸۵: کنکور

- ۴۴ فاصله تصویر بام یک برج تا مرکز عکس هوایی قائم mm ۶۰ و فاصله بام تا پای برج روی عکس mm ۱۱۰ است. اگر ارتفاع پرواز از سطح زمین m ۶۰ باشد ارتفاع برج چقدر است؟

(۲) ۱۰۰ متر

(۱) ۶۰ متر

(۳) ۲۰۰ متر

۴) برای محاسبه ارتفاع برج به فاصله کانونی دوربین نیاز است.

$$dr = 10\text{mm} = 0.01m$$

$$r = 60\text{mm} = 0.06m$$

$$H' = 600m$$

$$dr = \frac{rh}{H'} \Rightarrow h = \frac{dr \cdot H'}{r} = \frac{0.01 \times 600}{0.06} = 100m$$

حل:

در عکس قائم نقطه نadir و اصلی یکی هستند
جواب گزینه ۲ صحیح است.

پالایش جابجایی‌های تصویر

• مثال: کنکور ۸۷ سوال ۵۴

-۵۴- فاصله عکسی رأس دو دکل هم ارتفاع مستقر در منطقه‌ای مسطح از مرکز یک عکس هوایی قائم برابر 80 و 64 سانتی‌متر است. اگر طول دکل اول در عکس برابر 5 میلی‌متر باشد طول دکل دوم در عکس چند میلی‌متر است؟

(۱) $4/0$

(۲) $4/2$

(۳) $5/0$

(۴) $6/2$

$$dr_1 = 5\text{mm} = 0.005\text{m}$$

$$r_1 = 80\text{cm} = 0.8\text{m}$$

$$r_2 = 64\text{cm} = 0.64\text{m}$$

$$dr_2 = ?$$

$$\text{Assume} \rightarrow \frac{h_1}{H'} = \frac{h_2}{H'}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{dr_1}{r_1} = \frac{h_1}{H'} \\ \frac{dr_2}{r_2} = \frac{h_2}{H'} \end{array} \right\} \frac{dr_1}{r_1} = \frac{dr_2}{r_2} \Rightarrow dr_2 = r_2 \cdot \frac{dr_1}{r_1} = 0.64 \times \frac{0.005}{0.8} = 0.004\text{m} = 4\text{mm}$$

- حل:
- گزینه یک صحیح است

تمرین شماره هفت - قسمت یک

- در صورت که با دوربینی به فاصله کانونی ۱۵۲ میلیمتر عکس غیر قائمی با زوایه تیلت ۵ درجه اخذ گردیده باشد، اگر فاصله شعاعی نقطه ایزوسنتر تا تصویر نقطه A برابر با ۱۱۰ میلیمتر باشد. زوایه بین خط اصلی و خط واصل نقطه ایزوسنتر تا نقطه مطلوب برابر با ۳۰ درجه باشد.
آنگاه خطای جابجایی ناشی از تیلت را حساب نمایید؟
- همچنین اگر ارتفاع این نقطه در بالای ساختمان ۵ طبقه به ارتفاع ۱۵ متر و فاصله آن تا نقطه نادیر برابر با ۱۰۰ میلیمتر باشد. اگر هواپیما در ارتفاع ۸۰۰ متری از منطقه پرواز کرده باشد؛ در آن صورت میزان جابجایی ناشی از ارتفاع را برای این نقطه حساب نمایید؟

پالایش جابجایی‌های تصویر

- چند نکته در مورد جابجایی‌ها:
 - فاصله کانونی بر جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع تاثیر گذار نیست. اما تغییرات فاصله کانونی بر آن موثر است! زیرا با تغییر فاصله کانونی (f) شعاع (l) تغییر خواهد کرد.
 - زاویه تیلت بر جابجایی‌های ناشی از اختلاف ارتفاع تاثیر گذار نیست؛ اما تغییرات تیلت بر آن موثر است؛ زیرا تغییرات تیلت باعث تغییر نقطه نادیر و به تبع آن تغییر شعاع می‌شود.
 - ارتفاع بر جابجایی ناشی از تیلت موثر نیست.

پالایش اعوجاجات تصویر

- کشیدگی:
- بعلت حرکت هواپیما، دوران و لرزش دوربین در لحظه باز و بسته شدن شاتر، کشیدگی در تصویر خواهیم داشت که باعث تار و مات شدگی تصویر و در نتیجه جابجایی نقاط تصویری می‌شود.
- در دوربین های فتوگرامتری برای حل چنین مسئله ای از سیستمی به نام FMC بهره گرفته می‌شود.
- FMC فیلم را در لحظه عکسبرداری به مقدار خطای ایجاد شده و در جهت خلاف آن حرکت می‌دهد.

پالایش اعوجاجات تصویر

- کشیدگی:

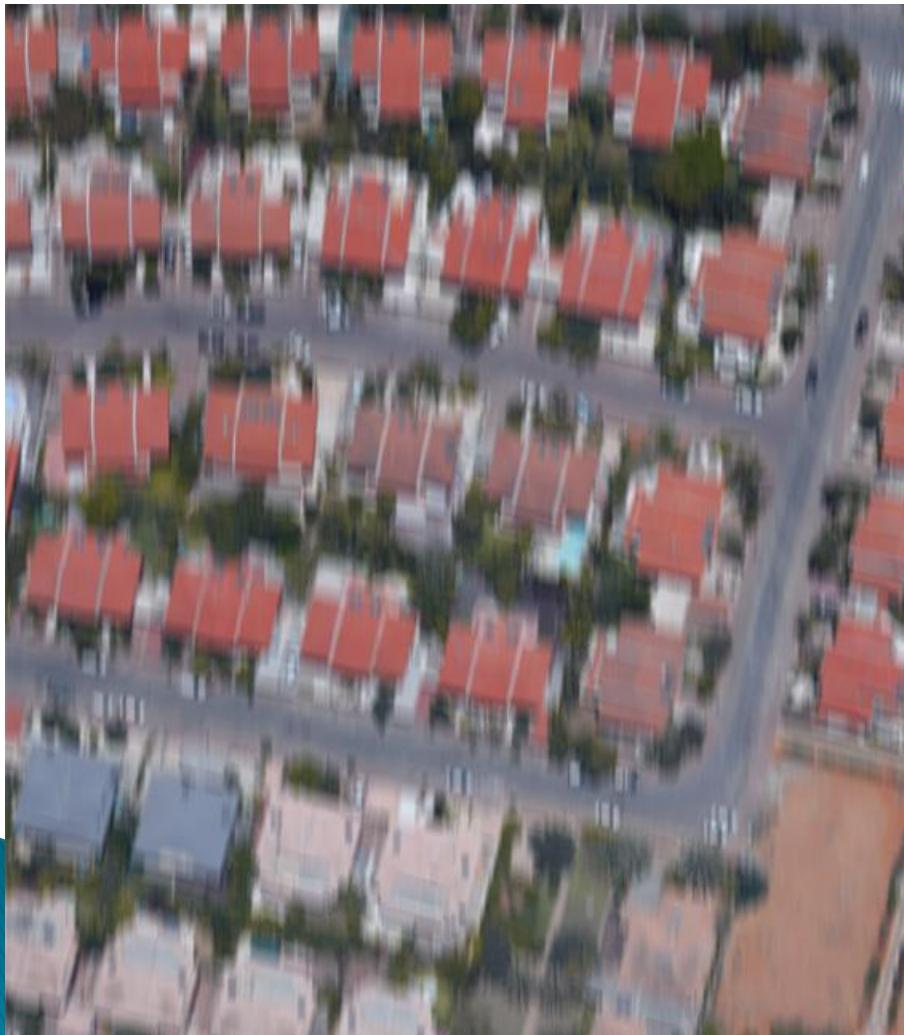
- مقدار خطای ناشی از کشیدگی تصویر از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\Delta r = V \cdot t \cdot \frac{f}{H - h_a}$$

- طبق دستورالعمل سازمان نقشهبرداری میزان کشیدگی تصویر بایستی کمتر از یک سوم مقدار GSD باشد.
- در فتوگرامتری پهپاد برای جلوگیری از ایجاد خطای کشیدگی، سرعت شاتر را افزایش می‌دهند.
- خطای کشیدگی نسبت به هیچ نقطه‌ای شعاعی نیست!

پالایش اعوجاجات تصویر

• کشیدگی:



پالایش اعوجاجات تصویر

• مثال : کنکور ۸۳ سوال ۶۷

در یک دوربین عکسبرداری تغذیل گتنده خطای کشیدگی تصویر در آن حرکت هواییما (IMC) در لحظه عکسبرداری به اندازه ۲۸ میکرون فیلم را حرکت می‌دهد
در صورتی که قطعه‌ای به ارتفاع ۳۰۰۰ متر از سطح مبدأ فرار گرفته باشد و زمان نوردهی $\frac{1}{100}$ ثانیه، سرعت هواییما $800 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ، ارتفاع پرواز ۱۲ کیلومتر و
فاصله کانونی دوربین ۱۵۲ میلیمتر باشد، باقیمانده کشیدگی تصویر نقطه روی عکس چقدر است؟

(۱) ۹ میکرون (۲) ۲۸ میکرون (۳) ۳۷ میکرون (۴) ۶۵ میکرون

- ورودی:
- ارتفاع ۳۰۰۰ متر است.

پالایش اعوجاجات تصویر

$$H = 12km = 12000m$$

$$t = \frac{1}{100} s$$

$$h_a = 3000m$$

$$f = 152mm = 0.152m$$

$$V = 800 \frac{km}{h} \Rightarrow V = 800 \times \frac{1000}{3600} \times \frac{m}{s} = 222.22 \frac{m}{s}$$

$$\Delta r = V.t \cdot \frac{f}{H - h_a} = 222.22 \times \frac{1}{100} \times \frac{0.152}{12000 - 3000} = 0.000037m = 37micron$$

$$37 - 28 = 9micron$$

پالایش اعوجاجات تصویر

• مثال : کنکور ۸۷ سوال ۵۵

- ۵۵ در صورتی که فاصله کانونی $f=180\text{ mm}$ و هواپیما با سرعت 500 km/h در ارتفاع 1000 m تری از سطح زمین عکسبرداری کند. اگر زمان باز شدن شاتر دوربین $\frac{1}{500}\text{ ثانیه}$ باشد فیلم چقدر باید حرکت کند تا اثر ماتی روی تصویر ایجاد نگردد؟
- (۱) ۵ میکرون (۲) 25 میکرون (۳) 40 میکرون (۴) 50 میکرون

$$H = 1000\text{ m}$$

$$t = \frac{1}{500} \text{ s}$$

$$h_a = 0\text{ m}$$

$$f = 180\text{ mm} = 0.18\text{ m}$$

$$V = 500 \frac{\text{km}}{\text{h}} \Rightarrow V = 500 \times \frac{1000}{3600} \times \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta r = V \cdot t \cdot \frac{f}{H - h_a} = 500 \times \frac{1000}{3600} \times \frac{1}{500} \times \frac{0.18}{1000} = 0.00005\text{ m} = 50\text{ micron}$$

• جواب

• گزینه چهارم صحیح است

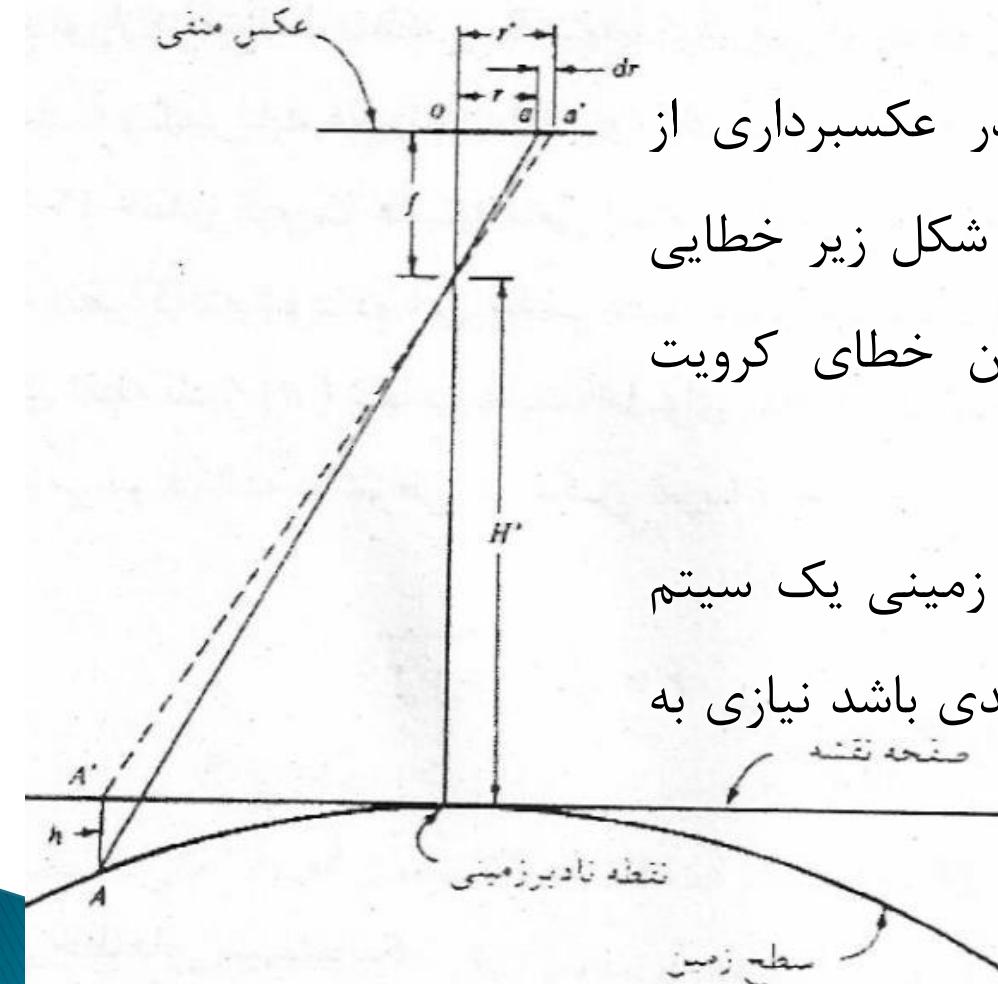
تمرین شماره هفت - قسمت دوم

- در صورتی که فاصله کانونی دوربین فتوگرامتری برابر با ۱۸۰ میلیمتر و هواپیمای ویژه فتوگرامتری سازمان نقشه برداری کشور با سرعت ۸۰۰ کیلومتر بر ساعت در ارتفاع ۲ کیلومتری از سطح زمین پرواز نماید. در صورتی که سرعت باز و بسته شدن شاتر دوربین برابر با $1/500$ ثانیه تنظیم گردیده باشد، میزان خطای کشیدگی تصویر چند **میکرون** است؟

پالایش اعوجاجات تصویر

خطای کرویت زمین:

- به دلیل کرویت زمین در عکسبرداری از ارتفاع خیلی زیاد، مطابق شکل زیر خطای بوجود می آید که به آن خطای کرویت می گویند.
- چنانچه سیستم مختصات زمینی یک سیتم مختصات اورتوگونال سه بعدی باشد نیازی به تصحیح این خطا نیست.



پالایش اعوجاجات تصویر

- خطای کرویت زمین:

- مقدار این خطا از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\Delta r = \frac{Hr^3}{2Rf^2}$$

H ارتفاع پرواز از سطح منطقه
f فاصله کانونی دوربین
R شعاع زمین و مقداری برابر با تقریبا ۶۳۷۲۳۰۰ متر
r فاصله از نقطه **نadir**

$$x_{new} = x_{old} \left(1 - \frac{\Delta r}{r}\right)$$

$$y_{new} = y_{old} \left(1 - \frac{\Delta r}{r}\right)$$

و نحوه تصحیح آن بر روی مختصات به صورت روبرو اعمال می‌گردد.

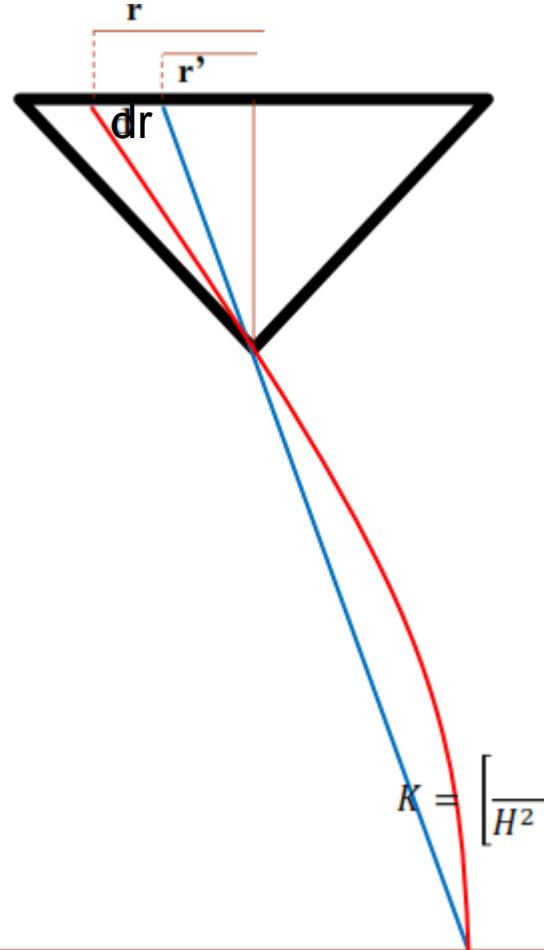
پالایش اعوجاجات تصویر

- خطای کرویت زمین:
- در صورتی که سیستم مختصات زمینی (که برای تهیه نقشه مورد استفاده قرار می‌گیرد) یک سیستم مختصات جهانی (مانند WGS84) یا ارتوگونال سه بعدی باشد، لزومی به حذف این خطا نیست.
- این خطا در خط تولیدهای فتوگرامتری سنتی که زمین را بر یک صفحه دو بعدی نگاشت می‌دادند، وجود داشت.
- به عبارتی اگر صفحه تصویر مسطح باشد، خطا وجود دارد؛ اما اگر صفحه تصویر کروی باشد نیازی به حذف آن نیست.
- افزایش ارتفاع پرواز یا کاهش فاصله کانونی باعث افزایش خطا می‌شوند.

تمرین شماره هفت - قسمت سوم

- در صورتی که فاصله کانونی دوربین فتوگرامتری برابر با ۱۸۰ میلیمتر باشد. مقدار تصحیح خطای کرویت زمین برای نقطه واقع بر فاصله ۶۰ میلیمتری از نقطه نadir عکس که دارای مختصات (۴۵, ۰, ۰) بوده است را حساب نمایید.
- هواپیما در ارتفاع ۱۵۰۰ متری از سطح زمین پرواز کرده است.

پالایش اعوجاجات تصویر



- خطای انکسار اتمسفر:

- به دلیل شرایط اتمسفری متفاوت نور به صورت خط مستقیم از سطح جسم تا صفحه تصویر حرکت نمی‌کند. این مهم باعث ایجاد جابجایی در تصویر به اندازه dr می‌شود.
- به دلیل تغییر اتمسفر در جاهای مختلف فرمول صریحی برای محاسبه خطای انکسار وجود ندارد.

پالایش اعوجاجات تصویر

- خطای انکسار اتمسفر:

- مقدار این خطأ از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$dr = r - r'$$

$$K = \left[\frac{2410}{H^2 + 6h - 250} + \frac{2410}{h^2 + 6h - 250} \left(\frac{h}{H} \right) \right] \times 10^{-6}$$

h: ارتفاع منطقه
H: ارتفاع پرواز از سطح مبدأ
r: فاصله از نقطه نadir

$$dr = K \left(r + \frac{r^3}{f^2} \right)$$

- این خطأ نسبت به نقطه نadir شعاعی است و به صورت زیر تصحیح می‌شود:

$$x_{new} = x_{old} \left(1 - \frac{dr}{r} \right)$$

$$y_{new} = y_{old} \left(1 - \frac{dr}{r} \right)$$

پالایش اعوجاجات تصویر

• خطای انکسار اتمسفر:

• مثال: کنکور سال ۸۴ سوال ۵۹

- ۵۹ مختصات نقطه‌ای در سیستم نقطه اصلی (Principal Point) برابر است با: $x = ۷۰, ۱۴۸ \text{ mm}$ و $y = -۹۸, ۱۲۱ \text{ mm}$ در صورتی که خطای انکسار نور در آتمسفر برای این نقطه برابر با $۹ \mu\text{m}$ محاسبه شده باشد. مختصات تصحیح شده این نقطه برای خطای انکسار چند میلی‌متر است؟

$$x = ۷۰, ۱۴۶, \quad y = -۹۸, ۱۱۶ \quad (۲)$$

$$x = ۷۰, ۱۴۷, \quad y = -۹۸, ۱۱۲ \quad (۴)$$

$$x = ۷۰, ۱۴۵, \quad y = -۹۸, ۱۱۷ \quad (۱)$$

$$x = ۷۰, ۱۴۳, \quad y = -۹۸, ۱۱۴ \quad (۳)$$

پالایش اعوجاجات تصویر

جواب :

گزینه سوم صحیح است.

$$x_{old} = 70.148 \quad y_{old} = -98.121$$

$$r = \sqrt{(x_{old})^2 + (y_{old})^2} = \sqrt{70.148^2 + 98.121^2} = 120.617 \text{ mm}$$

$$dr = 9 \mu\text{m} = 0.009 \text{ mm}$$

$$x_{new} = x_{old} \left(1 - \frac{dr}{r}\right) \Rightarrow x_{new} = 70.148 \left(1 - \frac{0.009}{120.617}\right) = 70.143 \text{ mm}$$

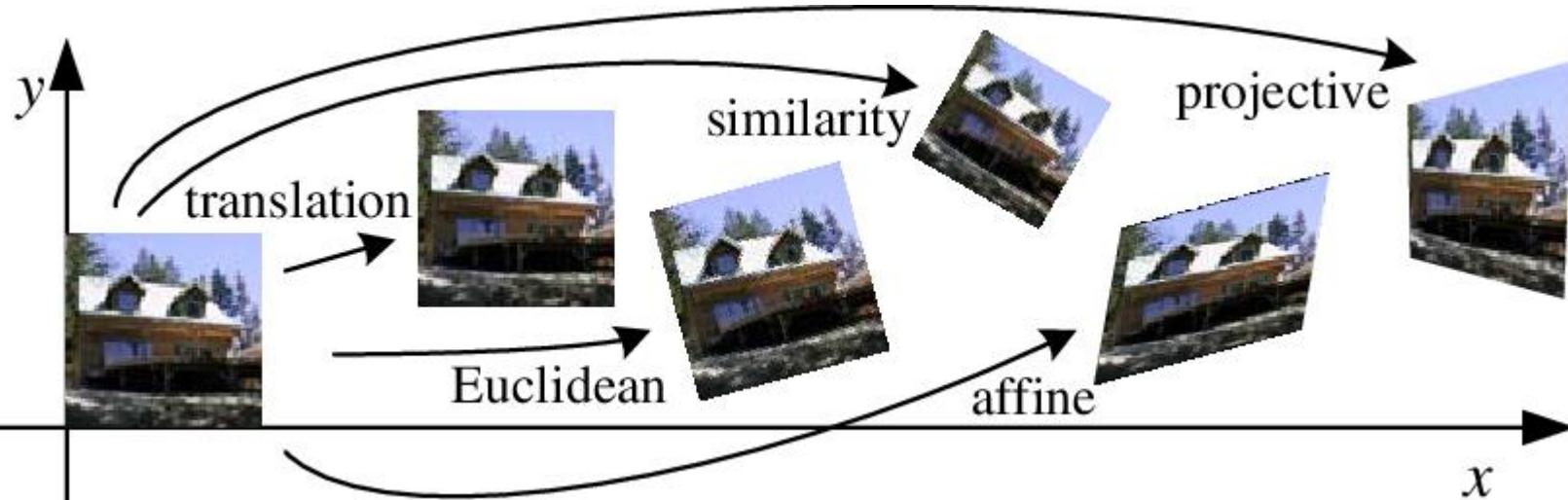
$$y_{new} = y_{old} \left(1 - \frac{dr}{r}\right) \Rightarrow y_{new} = -98.121 \left(1 - \frac{0.009}{120.617}\right) = -98.114 \text{ mm}$$

پالایش اعوجاجات تصویر

- تغییر بعد فیلم:
- در فتوگرامتری سنتی به دلیل ماهیت فیزیکی عکس همواره با قرار گرفتن عکس در محیط های با شرایط متفاوت از نظر فشار، دما و . . . مقداری کشیدگی یا جمع شدگی در آن ها ایجاد می شود. چنین تغییری در ابعاد فیلم را خطای تغییر بعد فیلم گویند.
- برگه های شیشه ای و کاغذی (حامل مواد حساس نگاتیو) به ترتیب کمترین و بیشترین تغییر بعد را دارند.

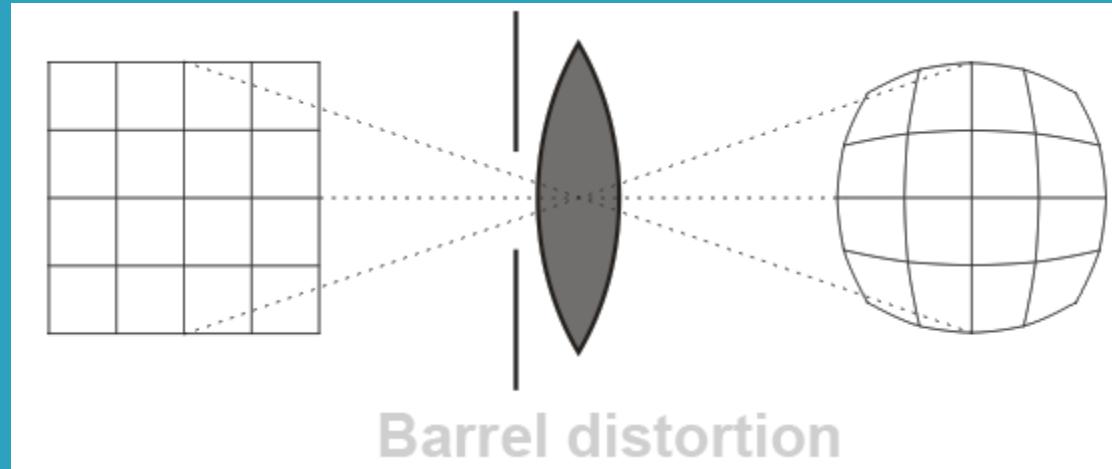
پالایش اعوجاجات تصویر

- تغییر بعد فیلم:
- برای تصحیح این خطا مختصات نقاط فیدوشل مارک را از برگ کالیبراسیون داریم، در حالت تغییر بعد یافته نیز می‌توان مختصات همان نقاط را اندازه گرفت.

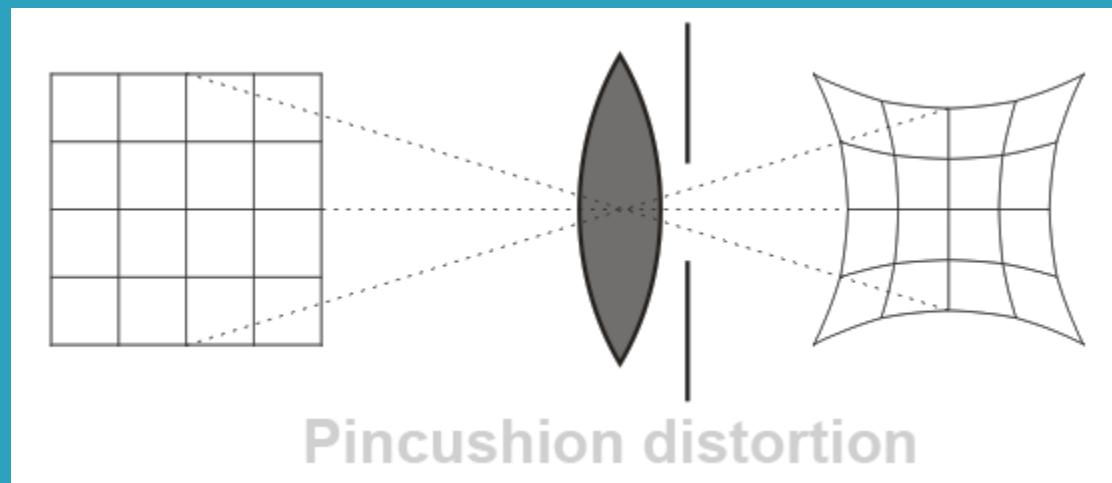


پالایش اعوجاجات تصویر

- تغییر بعد فیلم:
- با اندازه‌گیری فیدوشل مارک‌ها در دو سیستم مختصات مختلف می‌توان انتقال بین دو سیستم را با روش‌های انتقال کانفرمال، افاین و پروژکتیو انجام داده و برای تمامی نقاط عکسی این خطأ را حذف نمود.
- نکته: امروزه با توجه به نوع رایانه‌ای ذخیره سازی داده‌های فتوگرامتری چنین مواردی کمتر وجود دارد.
- معمولاً در ابتدا خطای تغییر بعد فیلم برداشته می‌شود.
- در مرحله بعد اثر اعوجاجات عدسی‌ها برداشته می‌شود.



Lens Distortions



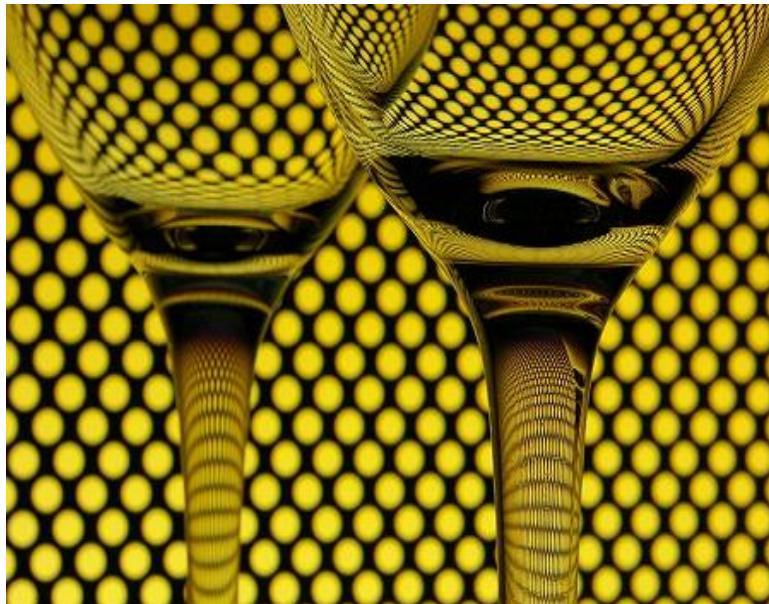
پالایش اعوجاجات تصویر

- اعوجاجات عدسی:
- خط ا در موقعیت و وضعیت یک نقطه تصویری (نقطه a متناظر تصویری نقطه A است) به دلیل کامل نبودن لنز/ عدسی دوربین را گویند.
- اعوجاج عدسی به دو صورت کلی زیر خواهد بود:
 1. اعوجاج هندسی: باعث تغییر موقعیت تصویری نقطه دلخواه a از (x, y) به موقعیت (x', y') می شود.
 2. اعوجاج رادیومتریکی: باعث تغییر در مقادیر درجات خاکستری (DN) از عددی به عدد دیگر می شود.

پالایش اعوجاجات تصویر

• اعوجاجات عدسی:

- از نظر تعریف، اعوجاج به عمل خارج شده از تصویر سازی حالت مستقیم گفته می شود.
- این بدان معناست که خطوط مستقیم در تصویر به صورت مستقیم باقی نمی مانند.
- به بیان عامیانه در تصویر نوعی خطای دید اتفاق می افتد



خطای دید اتفاق می افتد

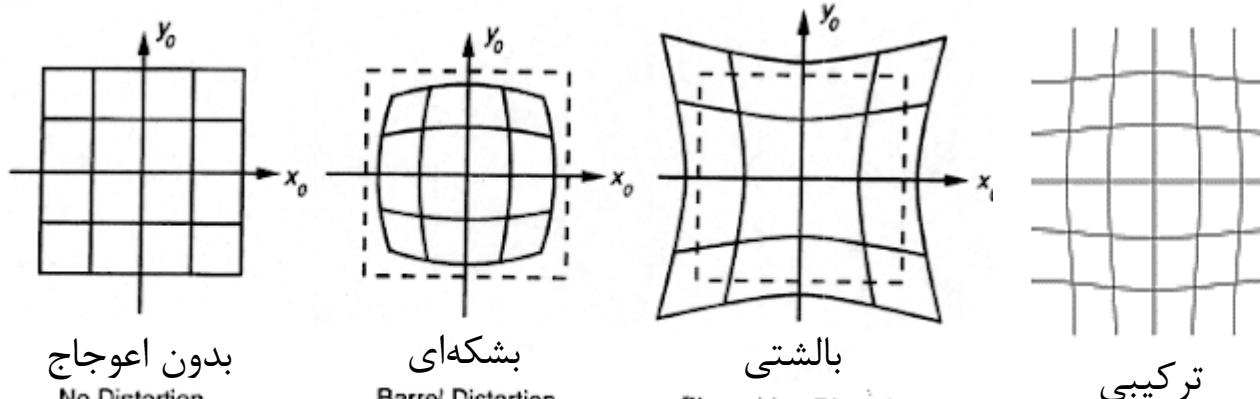
پالایش اعوجاجات تصویر

- اعوجاجات عدسی:
- انواع اعوجاجات هندسی در عدسی:
 1. اعوجاج شعاعی قرینه (Symmetric Radial Distortion)
 2. اعوجاج شعاعی غیر قرینه (Asymmetric Radial Distortion)
 3. اعوجاج مماسی (Tangential Distortion)
- در حال حاضر معمولاً با دو نوع اعوجاج شعاعی قرینه و مماسی روبرو هستیم. لذا اعوجاج غیرقرینه مورد بررسی قرار نمی‌گیرد.

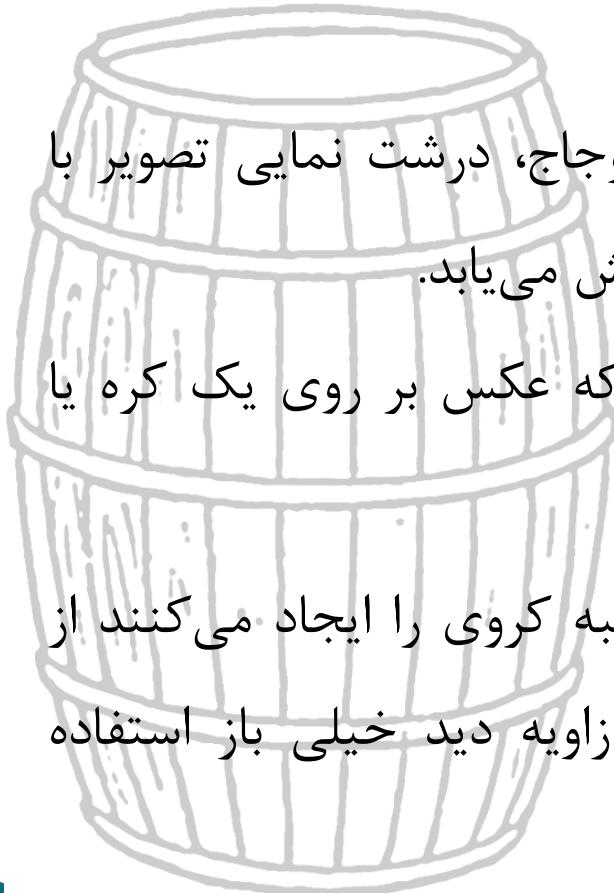
پالایش اعوجاجات تصویر

• اعوجاج شعاعی قرینه عدسی:

- در مجموع بیشترین نوع اعوجاجات عدسی و لنز از نوع شعاعی می-باشند. معمولاً اعوجاجات شعاعی به سه نوع اعوجاج بشکه‌ای (Barrel)، بالشتی (barrel distortion) و اعوجاج شعاعی ترکیبی (سبیل مانند pincushion) و اعوجاج شعاعی قرینه عدسی (mustache) تقسیم‌بندی می‌شوند.



پالایش اعوجاجات تصویر



- اعوجاج شعاعی عدسی:
- اعوجاج شعاعی بشکه‌ای: در این نوع از اعوجاج، درشت نمایی تصویر با حرکت از مرکز تصویر به سمت کناره‌ها کاهش می‌یابد.
- در این نوع از اعوجاجات به نظر می‌رسد که عکس بر روی یک کره یا بشکه تصویر شده است.
- لنزهای چشم ماهی (fisheye) که دید شبیه کروی را ایجاد می‌کنند از این نوع تصویرسازی برای اخذ تصاویر با زاویه دید خیلی باز استفاده می‌کنند.

پالایش اعوجاجات تصویر

• اعوجاج شعاعی عدسی:

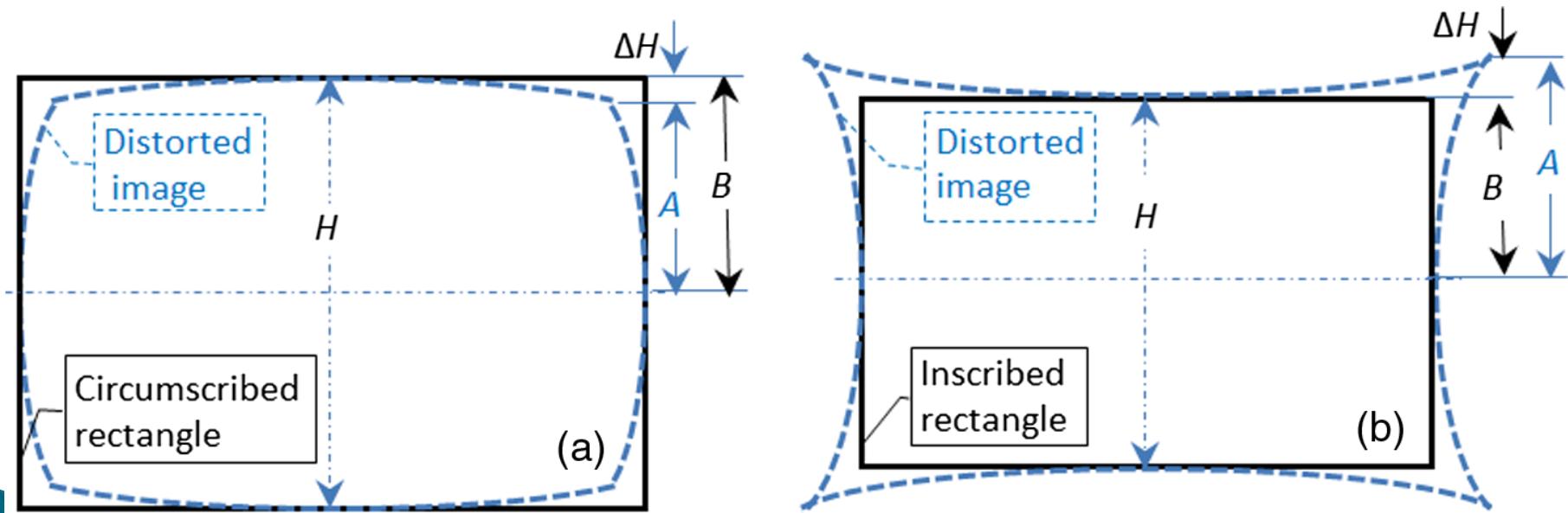
• اعوجاج شعاعی بالشتی: در این نوع از اعوجاجات درشت نمایی تصویر با حرکت از مرکز تصویر به سمت کناره ها افزایش می یابد. نتیجه چنین اعوجاجی بدین صورت به نظر می رسد که خطوط راست به سمت مرکز تصویر تمایل یافته اند.

• اعوجاج شعاعی ترکیبی: این نوع از اعوجاجات ناشی از ترکیب هر دو اعوجاج بالا می باشد. این نوع از اعوجاج به صورت معمول بسیار به ندرت در عدسی اتفاق می افتد، اما به صورت محض نمی توان گفت وجود ندارد.

پالایش اعوجاجات تصویر



- اعوجاج شعاعی عدسی:
- اعوجاج شعاعی عدسی هم می‌تواند به سمت داخل باشد و هم به سمت خارج. ($\mp \Delta r$)



پالایش اعوجاجات تصویر

- اعوجاج شعاعی عدسی:
 - نحوه مدلسازی این خطأ به این صورت است که از طریق برگ کالیبراسیون دوربین ضرایب C_1, C_2, \dots (معمولا سه ضریب کافیست) در اختیار کاربر قرار گرفته و میزان خطأ از رابطه زیر حساب می شود:
- $$\Delta r = k_1 r + k_2 r^3 + k_3 r^5 + k_4 r^7 + \dots$$
- اعوجاج شعاعی نسبت به نقطه **اصلی** شعاعی است و به صورت زیر تصحیح می شود.

$$x_{new} = x_{old} \left(1 - \frac{\Delta r}{r}\right)$$

$$y_{new} = y_{old} \left(1 - \frac{\Delta r}{r}\right)$$

پالایش اعوجاجات تصویر

• اعوجاج شعاعی عدسی:

- به دلیل عدم اطلاع دقیق از پارامترها و عوامل موثر بر انحراف پرتوها از یک چند جمله‌ای استفاده می‌شود.
- اگر یک عدسی ایده آل وجود می‌داشت یا اینکه عوامل موثر بر مسیر نور قابل فرموله‌سازی می‌بودند، از آن فرمول‌ها استفاده می‌شد. با این حال چند جمله‌ای‌ها دقیق برای مدل‌سازی اعوجاجات را دارند.
- فرمول چند جمله‌ای فوق با فرض بر اینکه فوکوس در بی‌نهایت است، توسعه داده شده است.

پالایش جابجایی‌های تصویر

۴۹ سوال کنکور ۸۳ مثال:

- ۴۹ برای نقطه‌ای به مختصات $(25, 31)$ میلیمتر نسبت به محل تقاطع علامت کناری که دارای خطای اعوجاج شعاعی عدسی به معادله $\Delta r = 0/21 - 20r^2$ (۱) بر حسب متر و Δr به میلیمتر) می‌باشد، در صورتی که مختصات مرکز تصویر نسبت به محل تقاطع علامت کناری $(10, -8/0)$ میلیمتر باشد، مختصات عکسی تصحیح شده برای این نقطه چقدر است؟

$$x = 25/14 \text{ mm}, y = 30/18 \text{ mm} \quad (2)$$

$$x = 18/15 \text{ mm}, y = 11/81 \text{ mm} \quad (f)$$

$$x = 24/91 \text{ mm}, y = 31 \text{ mm} \quad (1)$$

$$x = 21/18 \text{ mm}, y = 26/27 \text{ mm} \quad (3)$$

پالایش جابجایی‌های تصویر

- پاسخ:
- نزدیکترین گزینه به پاسخ صحیح، گزینه ۱ می‌باشد.

$$x_{p.p} = 0.08 \quad y_{p.p} = -0.1$$

$$x_{old} = 25 - 0.08 = 24.92\text{mm}$$

مختصات و شعاع باید نسبت به نقطه اصلی باشند!

$$y_{old} = 31 - (-0.1) = 31.1\text{mm}$$

$$r = \sqrt{(x_{old})^2 + (y_{old})^2} = \sqrt{24.92^2 + 31.1^2} = 39.852\text{mm} = 0.039852\text{m}$$

$$\Delta r = 0.2r - 30r^3 = 0.2 \times 0.039852 - 30 \times (0.039852)^3 = 0.00607\text{mm}$$

در اینجا ۲ بر حسب متر باشد

$$x_{new} = x_{old} \left(1 - \frac{\Delta r}{r}\right) \Rightarrow x_{new} = 24.92 \left(1 - \frac{0.00607}{39.852}\right) = 24.916\text{mm}$$

در اینجا ۲ بر حسب میلیمتر باشد

$$y_{new} = y_{old} \left(1 - \frac{\Delta r}{r}\right) \Rightarrow y_{new} = 31.1 \left(1 - \frac{0.00607}{39.852}\right) = 31.095\text{mm}$$

در اینجا ۲ بر حسب میلیمتر باشد

تمرین شماره هفت - قسمت چهارم

یک گزارش کالیبراسیون دوربین اظهار می‌دارد که فاصله کانونی کالیبره شده برابر با $f = 152/206$ میلیمتر و مختصات نقطه اصلی برابر است با میلیمتر $x_p = 0/008$ و $y_p = 0/001$.

$$k_1 = 0/2296 \quad , \quad k_2 = 1018$$

$$k_3 = -35/89 \quad , \quad k_4 = 12/100$$

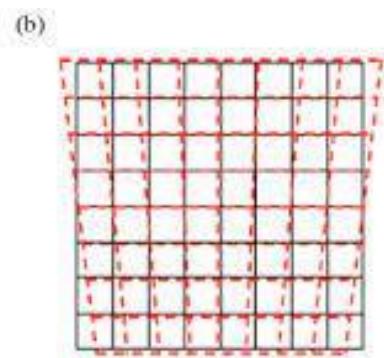
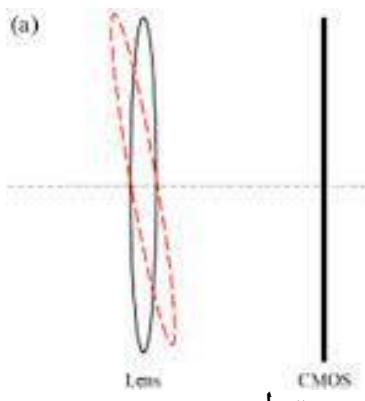
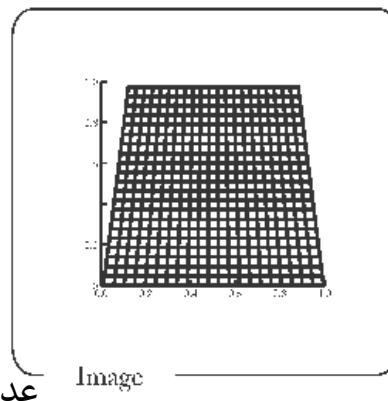
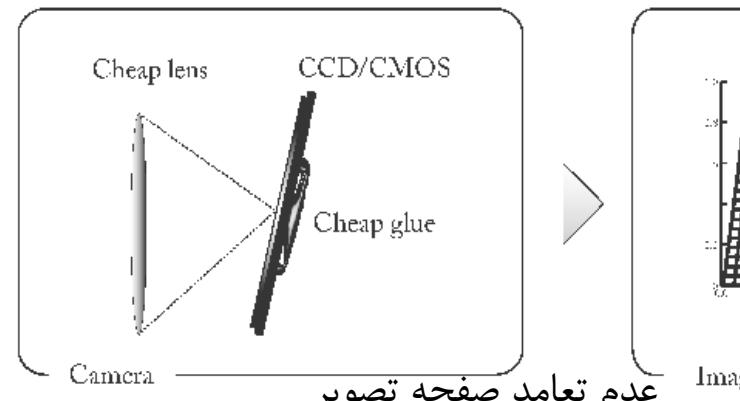
با بهره‌گیری از این مقادیر کالیبره شده، مختصات تصویر شده نقطه تصویر به مختصات میلیمتر $x = 62/579$ و $y = 80/916$ را نسبت به محورهای فیدوشال محاسبه نمایید.

نکته: فاصله کانونی کالیبره عبارتست از فاصله کانونی که بر حسب آن توزیع متوسطی از اعوجاجات شعاعی در تمام سطح عکس خواهیم داشت.

پالایش اعوجاجات تصویر

اعوجاج مماسی عدسی:

- عدم تعامد صفحه تصویر با محور اصلی باعث بوجود آمدن نوع دیگری از اعوجاجت می‌شود که به آن اعوجاج مماسی می‌گویند.
- اعوجاج مماسی می‌تواند به دلیل عدم قرارگیری صحیح عدسی بر روی محور اصلی نیز اتفاق بیفت.



خروج از محوریت لنز

پالایش اعوجاجات تصویر

- اعوجاج مماسی عدسی:

- فرمول اصلی این خطاب به صورت زیر است :

$$\Delta r = r^2 \sqrt{P_1^2 + P_2^2}$$

- اما با تقریب به صورت زیر نیز مدلسازی می‌شود:

خطاب در جهت x $\Delta r_x = 2P_1xy + P_2(r^2 + 2x^2)$

خطاب در جهت y $\Delta r_y = 2P_2xy + P_1(r^2 + 2y^2)$

فاصله از نقطه اصلی $r = \sqrt{x^2 + y^2}$

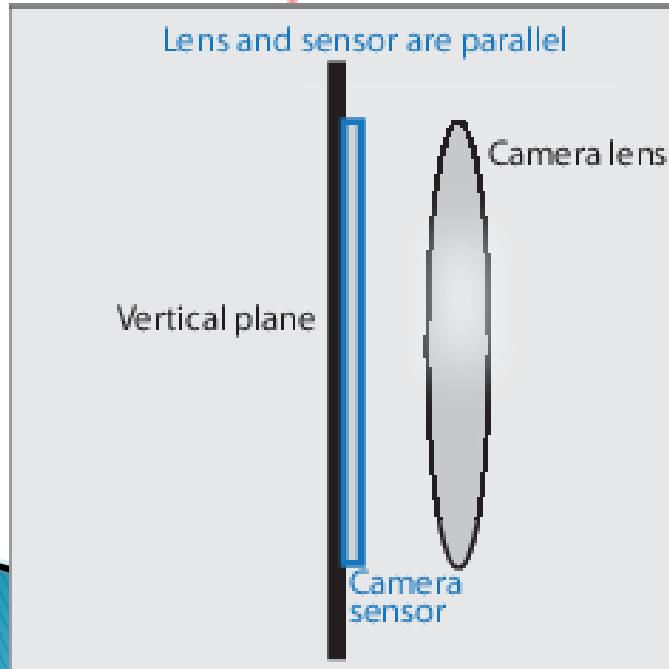
- بزرگی اعوجاج مماسی نیز نسبت به نقطه اصلی شعاعی است. اما جهت این خطاب عمود بر شعاع است. اعوجاج مماسی معمولاً مقداری بسیار ناچیز در مقایسه با اعوجاج شعاعی دارد

پالایش اعوجاجات تصویر

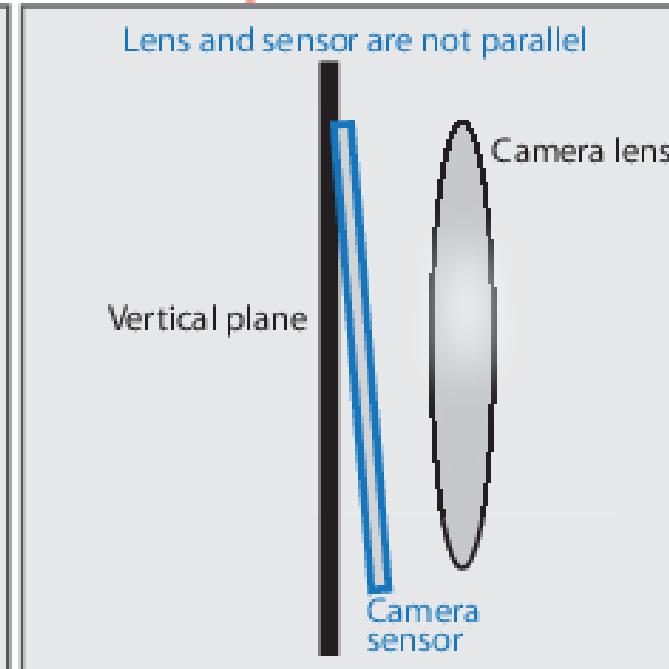
- اعوجاج مماسی عدسی:

- این اعوجاج بیشتر در دوربین های غیرمتريک، لنزهای با عدسی مرکب و فتوگرامتری برد کوتاه وجود دارد.

Zero Tangential Distortion



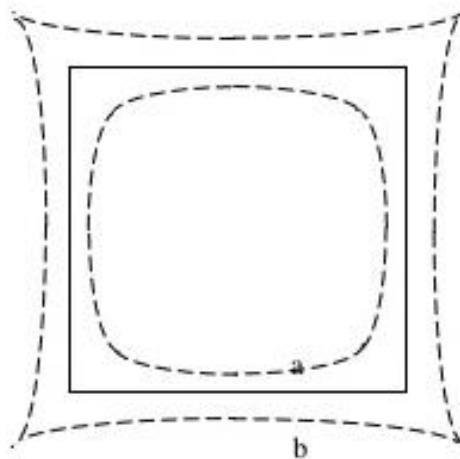
Tangential Distortion



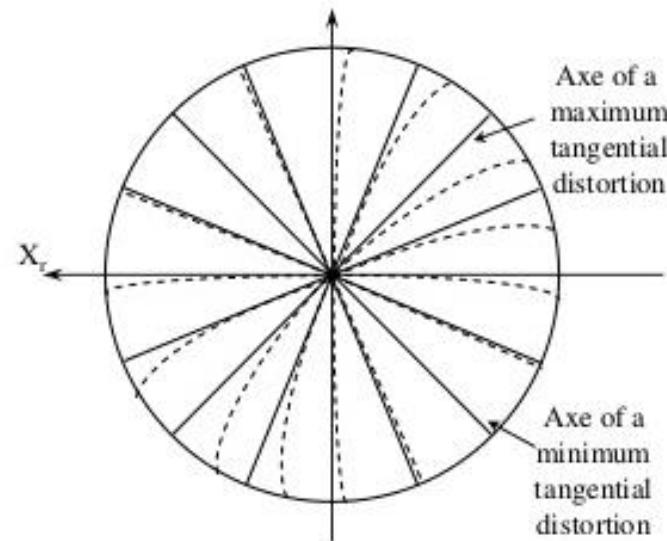
پالایش اعوجاجات تصویر

- اعوجاج مماسی و شعاعی عدسی:

Radial distortion effect



Tangential distortion effect



Radial distortion is the most important and usually the only considered in calibration.

پالایش اعوجاجات تصویر

- اعوجاج مماسی عدسی:

- هر دو اعوجاج مماسی و شعاعی نسبت به نقطه اصلی به صورت شعاعی تغییر می‌کنند (به عبارتی شعاعی‌اند). جهت اعوجاج شعاعی در راستای شعاع و جهت اعوجاج مماسی عمود بر شعاع می‌باشد.

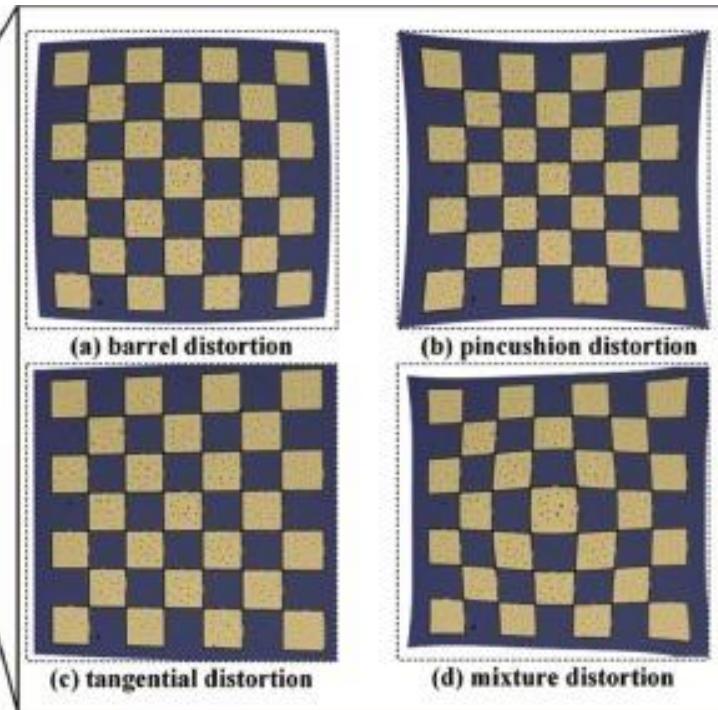
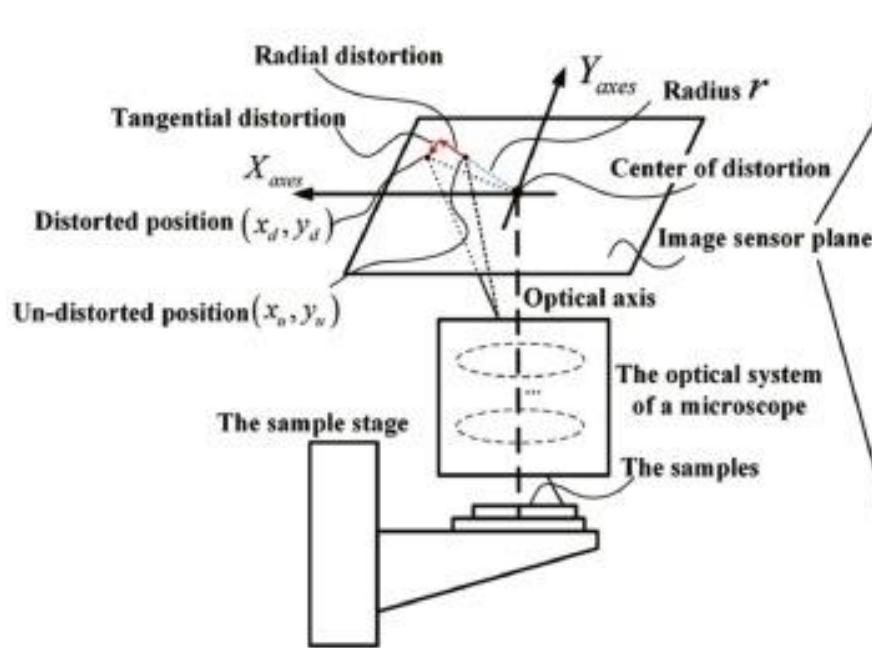
- از طریق رابطه زیر می‌توان به صورت همزمان میزان خطای اعوجاج شعاعی و مماسی عدسی را محاسبه کرد:

$$x' = x(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) + 2p_1 xy + p_2(r^2 + 2x^2)$$

$$y' = y(1 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) + p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2 xy$$

پالایش اعوجاجات تصویر

- اعوجاج شعاعی و مماسی عدسی در یک نگاه:



اعوجاج مماسی

اعوجاج شعاعی
ترکیبی (سبیل)

پالایش اعوجاجات تصویر

- کالیبراسیون دوربین:
- کالیبراسیون عبارتست از برآورد موقعیت نقطه اصلی (x_0, y_0), ضرایب چندجمله‌ای مدل شعاعی (\dots, k_1, k_2) و ضرایب اعوجاج مماسی (P_1, P_2).
- به طور کلی برای برآورد پارامترهای کالیبراسیون دوربین روش‌های زیر وجود دارند:
 - الف) روش‌های آزمایشگاهی
 - ب) روش‌های صحراوی

پالایش اعوجاجات تصویر

• کالیبراسیون دوربین:

• روش‌های کالیبراسیون دوربین:

1. روش آزمایشگاهی Laboratory Calibration

2. کالیبراسیون توام با پروژه On-The-Job Calibration

3. سلف کالیبراسیون Self-Calibration

4. کالیبراسیون با اجزاء محدود Finite Element

5. کالیبراسیون با خطوط شاقولی Plumb-Line Calibration

6. کالیبراسیون نجومی Stellar Calibration

مثال

• مثال کنکور سال ۸۵ سوال ۴۱

۴۱- کدام یک از خطاهای ذیل به ترتیب نسبت به نقاط نادیر، همباز و اصلی شعاعی می‌باشد؟

- (۱) تیلت، کرویت زمین، اعوجاج شعاعی عدنسی
- (۲) کرویت زمین، تیلت، جابجایی ناشی از اختلاف ارتفاع.
- (۳) انکسار، تیلت، اعوجاج شعاعی عدنسی

• با توجه موارد گفته شده در این فصل گزینه سوم صحیح است.



سوال؟