



Jundi Shapur

University of Technology-Dezful

فتوگرامتری تحلیلی

فصل اول: مقدمه

Nurollah Tatar
Analytical Photogrammetry
2022

نحوه ارزشیابی

1. پروژه های محاسباتی و برنامه نویسی ۶ نمره
 2. پایان ترم و میان ترم جمua ۱۴ نمره
 3. فعالیت در مباحث کلاسی ۱ نمره (نمره اضافی)
- تجربه نشان داده است کسانی که پروژه های محاسباتی و برنامه نویسی را به طور کامل انجام می دهند بالاترین نمرات کلاس را کسب خواهند کرد.

منابع



- J. Chris McGlone & et al. 2013. Manual of photogrammetry, ASPRS
- امینی، "کتاب فتوگرامتری تحلیلی". انتشارات دانشگاه تهران
- عزیزی، "جزوه کلاسی فتوگرامتری ۳". دانشگاه تهران
- کیانی، "جزوه کلاسی فتوگرامتری تحلیلی". دانشگاه نوشیروانی
- جزوای و مقالات سایر پژوهشگران فتوگرامتری دانشگاههای ایران، آلمان،
The Ohio State University و New Brunswick ETH Zurich

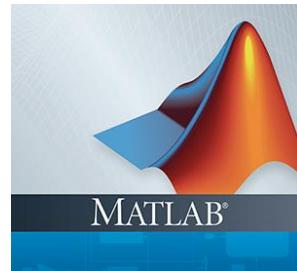
پیش نیازها

- اندکی جبر خطی
- دانش سرشناسی
- تمرکز
- مطالعه منابع
- برنامه نویسی
- انگلیزه

برنامه نویسی

- دانشجو می تواند پروژه های برنامه نویسی را در یکی از زبان های

زیر ارائه دهد:



C++ •

Matlab •

Python •



فهرست مطالب

- تعریف فتوگرامتری
- فتوگرامتری تحلیلی
- چرا فتوگرامتری
- کاربردهای فتوگرامتری
- سخت افزارها و نرم افزارها
- عکس و تصویر
- دوربین‌های هوایی
- مروری بر برخی اصطلاحات

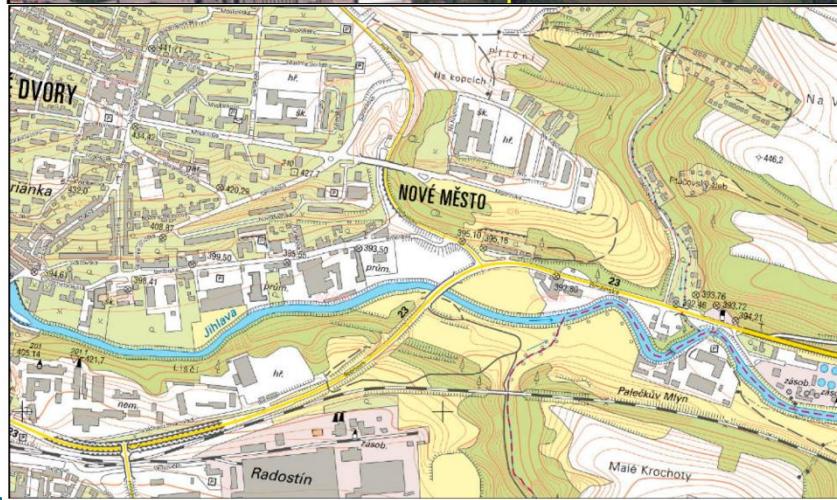
تعريف فتوگرامتری

- هندسه، علم و فن اندازه‌گیری از روی عکس (خواه عکس آنالوگ باشد یا تصویر رقومی) به منظور تهیه اطلاعات مکانی (به طور عام نقشه‌های مهندسی) که قابلیت اندازه‌گیری متریک داشته باشند را فتوگرامتری می‌گویند.

Photo + Gramma + Metric

اندازه‌گیری متریک بر روی عکس

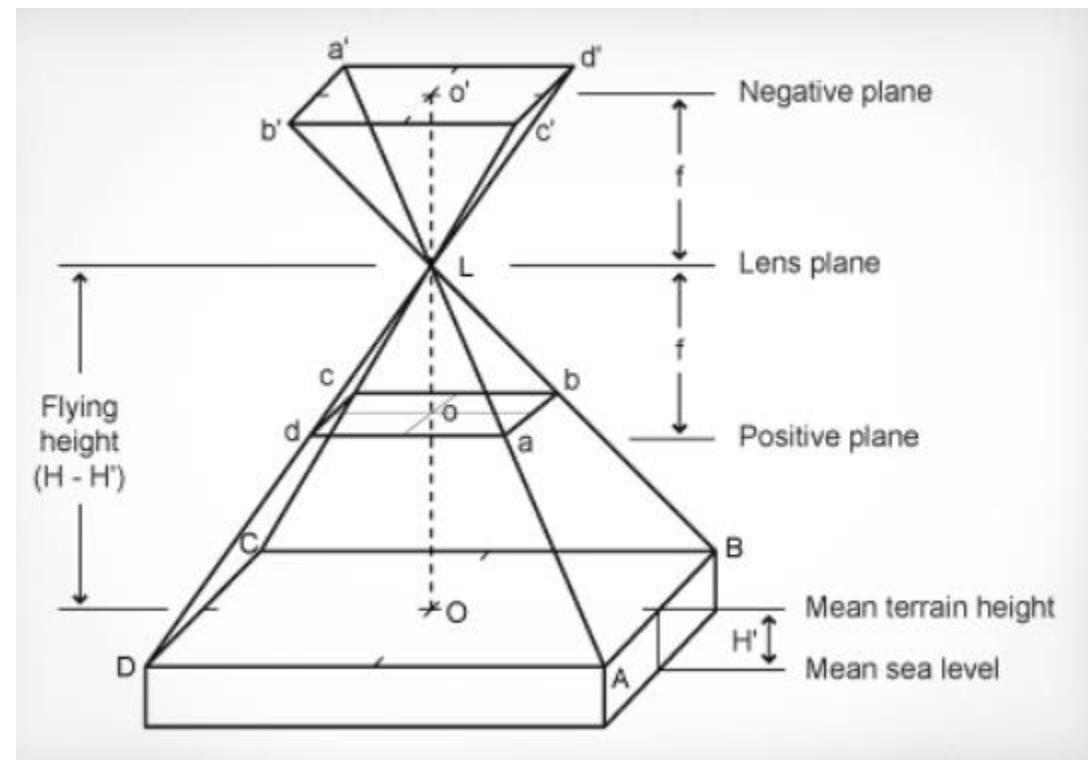
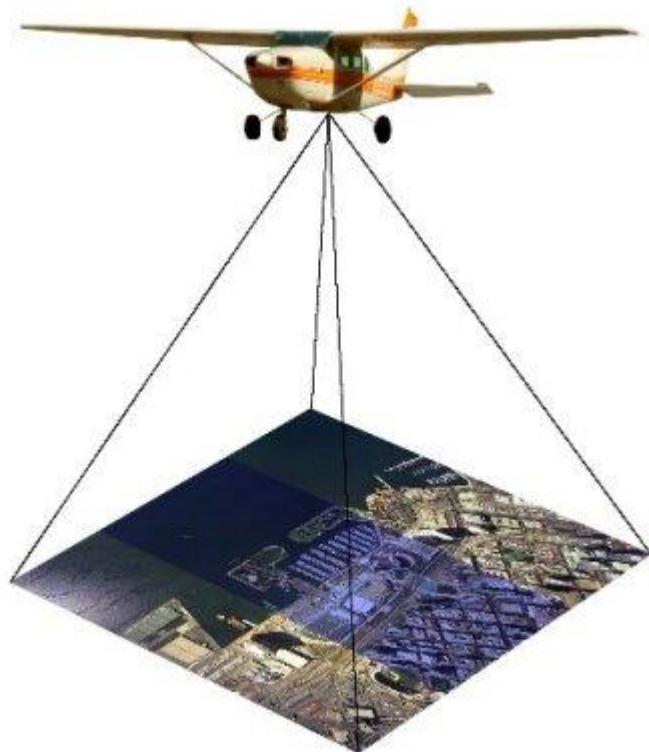
تعريف فتوگرامتری



- در پردازش و تحلیل تصاویر هوایی یا ماهواره‌ای با دو حیطه فتوگرامتری تفسیری و فتوگرامتری متريک روبرو هستیم.
- هدف اصلی فتوگرامتری متريک اندازه‌گیری و تهییه نقشه از روی تصاویر است.

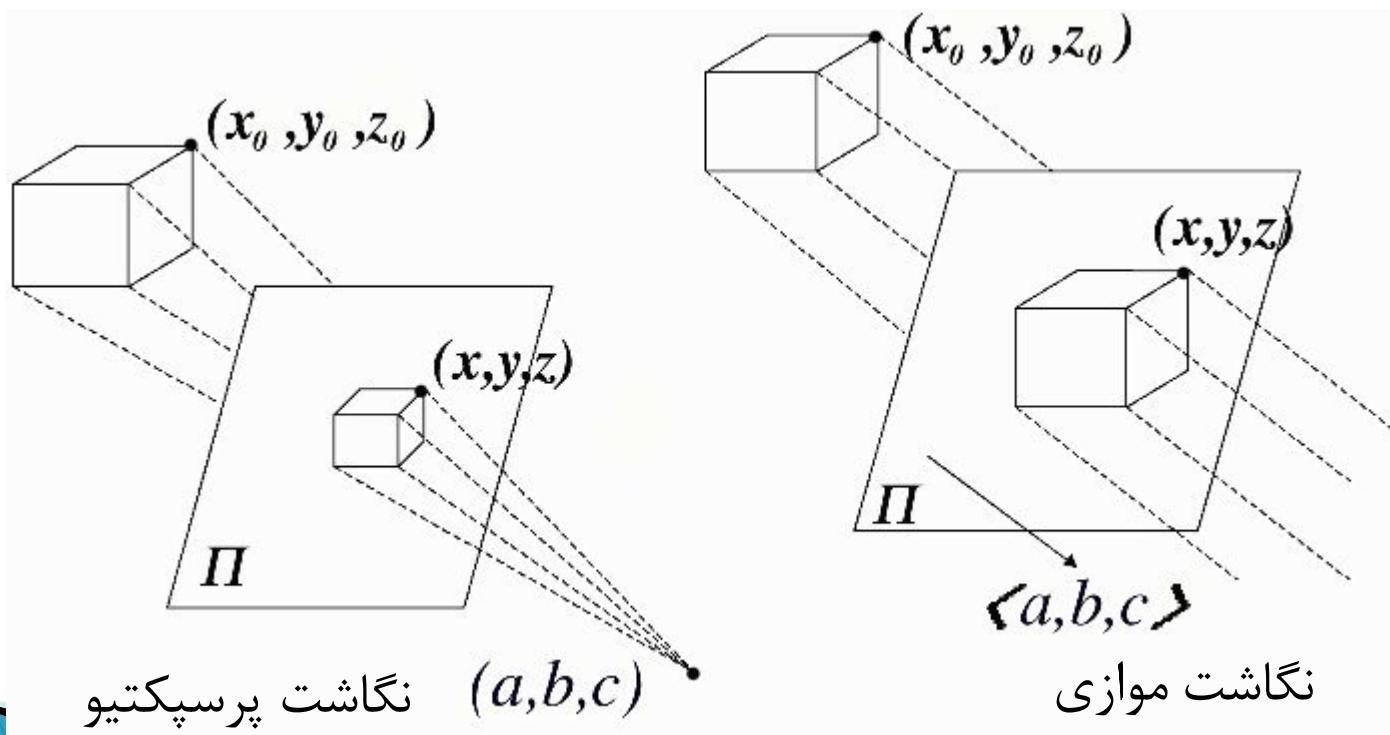
تعريف فتوگرامتری

- عکسبرداری



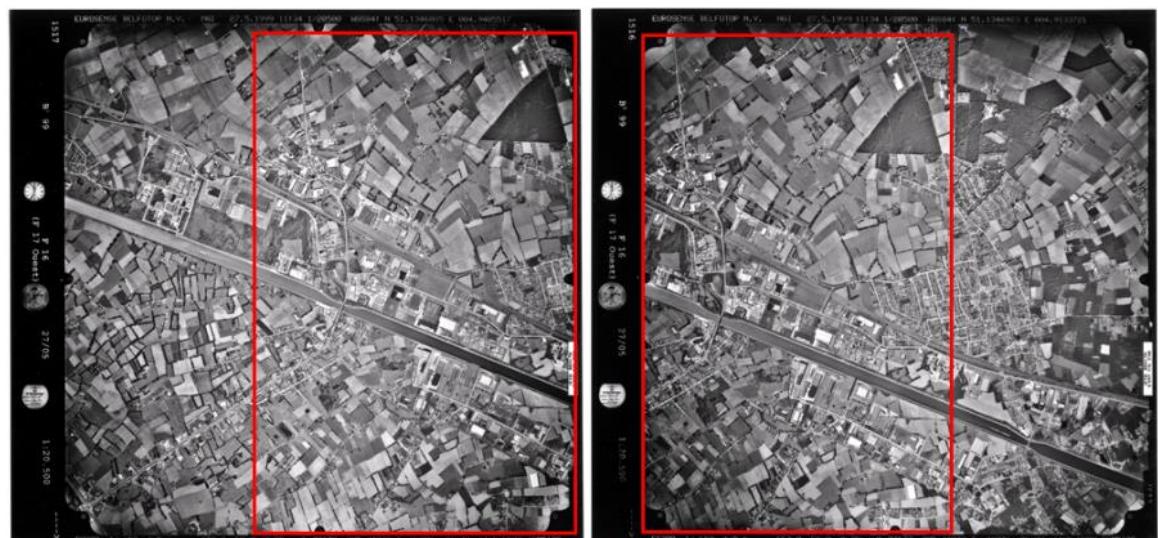
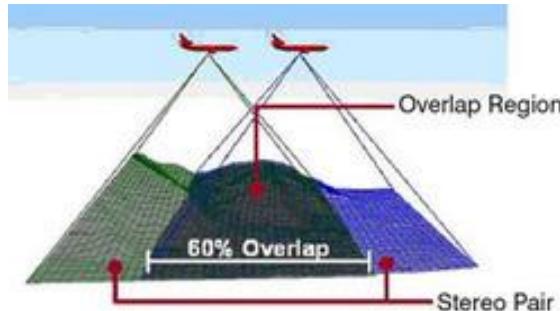
تعريف فتوگرامetri

- تفاوت عکس و نقشه در این است که عکس یک نگاشت پرسپکتیو ولی نقشه یک نگاشت موازی است.

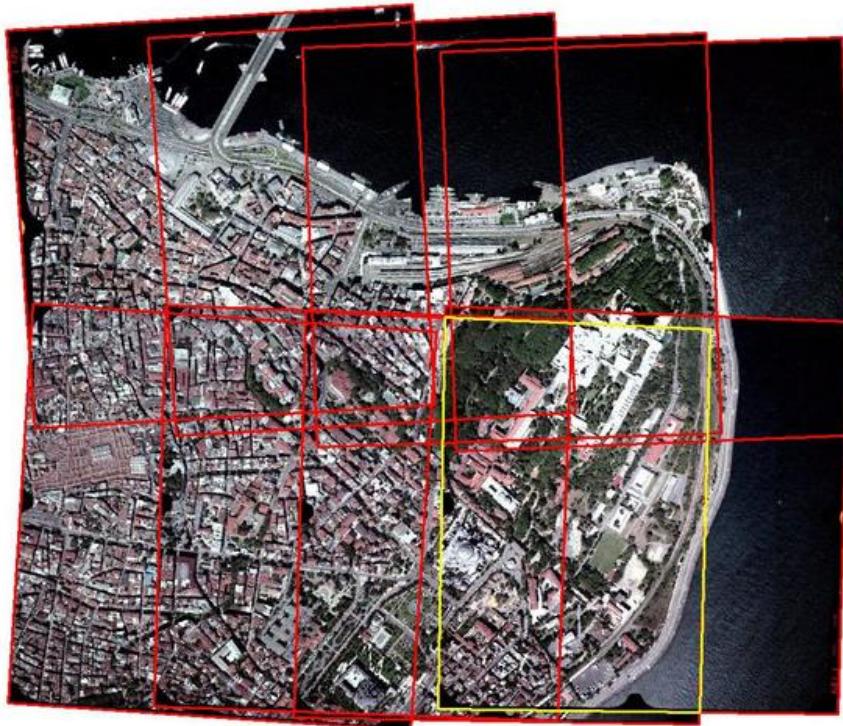


تعريف فتوگرامتری

- زوج عکس فتوگرامتری:
- برای اندازه گیری متریک و حذف اثرات پرسپکتیو در تهییه نقشه، معمولا تصاویر فتوگرامتری با پوشش طولی بیش از 60° درصد اخذ می‌شوند.



تعريف فتوگرامتری

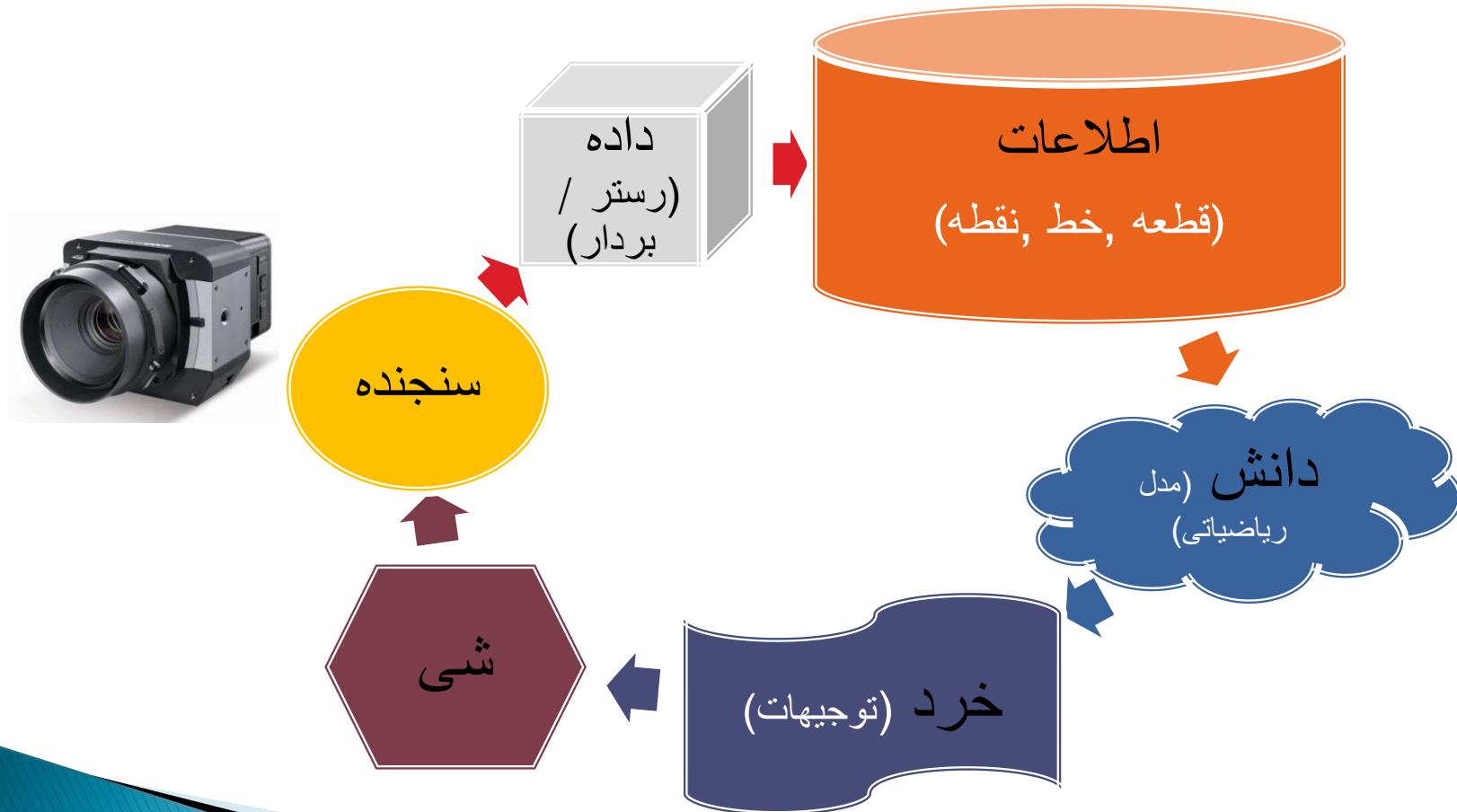


- بلوک فتوگرامتری:
- به طور معمول در تهیه نقشه به روش فتوگرامتری با یک بلوک فتوگرامتری که مجموعه‌ای از زوج عکس‌های هوایی است روبرو هستیم. در بلوک فتوگرامتری علاوه بر پوشش طولی به پوشش عرضی حدود ۳۰ تا ۲۰ درصد نیز نیازمندیم.

فتوگرامتری تحلیلی

- فتوگرامتری تحلیلی مجموعه‌ای از مدل‌ها و روش‌های ریاضیاتی است که به بیان جبری هندسه تصاویر هوایی و ماهواره‌ای می‌پردازد. این مباحث عبارتند از:
 - توجیه داخلی
 - توجیه خارجی
 - ترفیع و تقاطع
 - توجیه نسبی و مطلق
 - ... و ...

چرخه فتوگرامتری

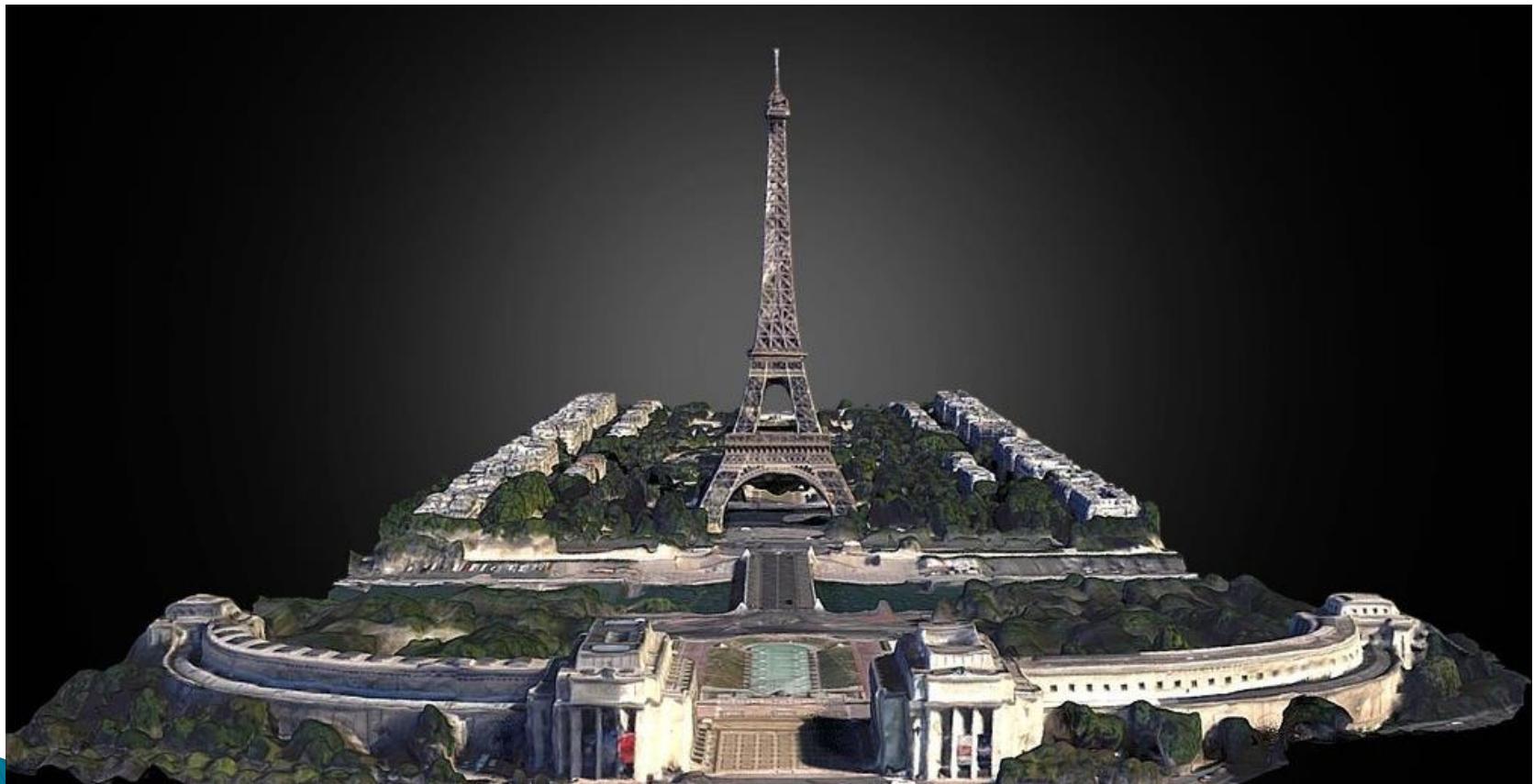


چرخه فتوگرامتری



چرا فتوگرامتری؟

- تهیه اطلاعات سه بعدی و نقشه‌ها بدون تماس مستقیم



چرا فتوگرامتری؟

- تهییه مدل سه بعدی از اشیا حساس بدون تماس مستقیم



چرا فتوگرامتری؟

- اندازه‌گیری بدون تماس فیزیکی



چرا فتوگرامتری؟

- هزینه پایین
- به طور تقریبی، هزینه تهیه نقشه با فتوگرامتری هوایی یک سوم هزینه تهیه نقشه با ابر نقاط لایدار است.
- در ابعاد بزرگ، هزینه تهیه نقشه با فتوگرامتری هوایی نیز تقریباً یک هشتم هزینه تهیه نقشه با نقشه برداری مستقیم زمینی است.
- منظور از هزینه پایین این است که هم از نظر زمان، دقیق و هزینه‌های مالی روش به کار گرفته شده از سایر روش‌ها بهتر است.

چرا فتوگرامتری؟

- درک مفهومی بهتر از داده
- ارتوفتو یا نقشه؟



کاربردهای فتوگرامتری



- ▶ From one stereo pair to a 3D head model



[Frederic Deverney, INRIA]

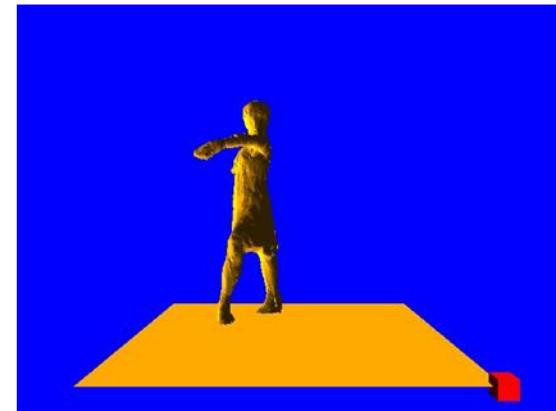
کاربردهای فتوگرامتری



Virtual Reality

[Takeo Kanade *et al.*, CMU]

- collect video from 50+ stream
- reconstruct 3D model sequences



- steerable version used for SuperBowl XXV “[eye vision](#)”

<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/VirtualizedR/www/VirtualizedR.html>

کاربردهای فتوگرامتری

View Interpolation

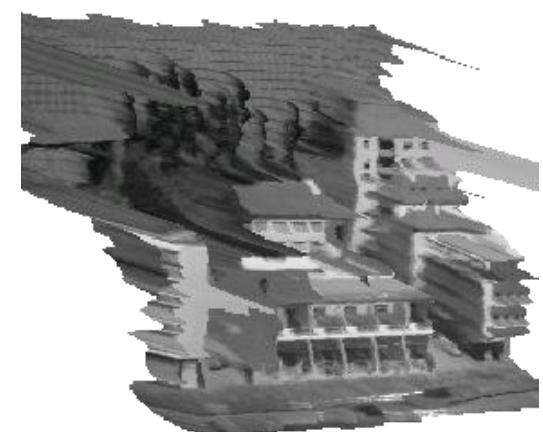
- Given two images with correspondences, *morph* (warp and cross-dissolve) between them [Chen & Williams, SIGGRAPH'93]



input



depth image

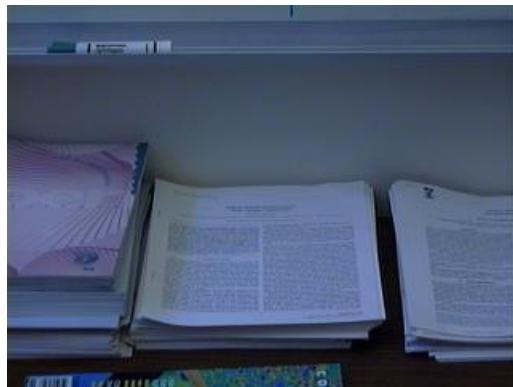


novel view

کاربردهای فتوگرامتری

More view interpolation

- ▶ Spline-based depth map



input



depth image

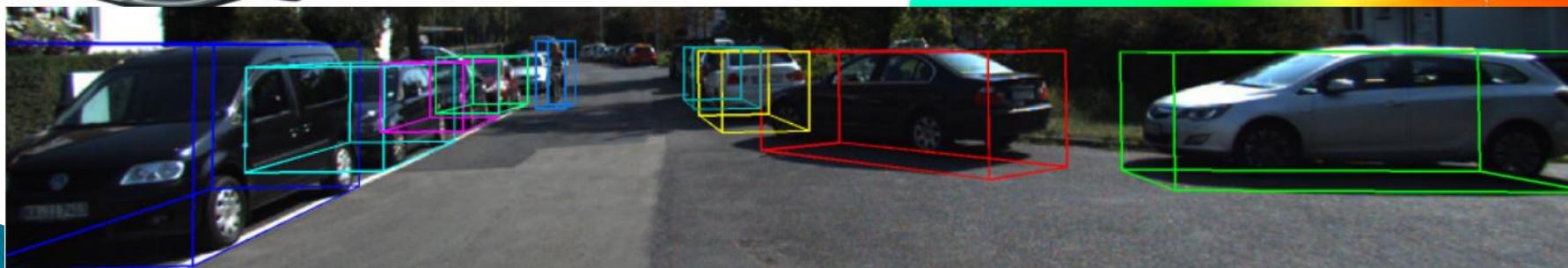
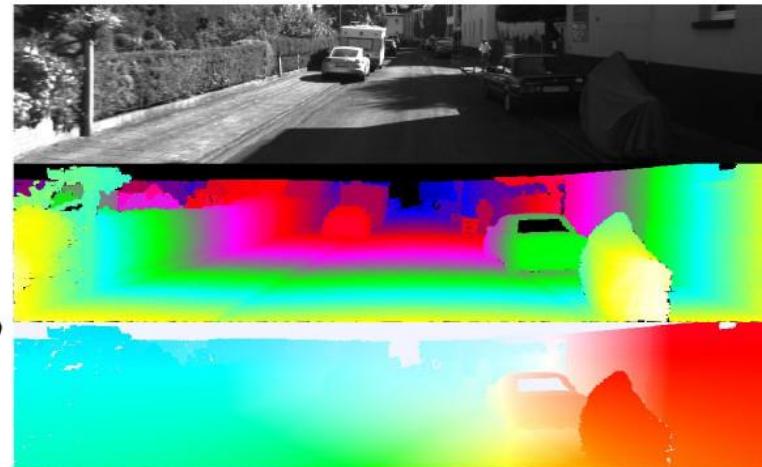
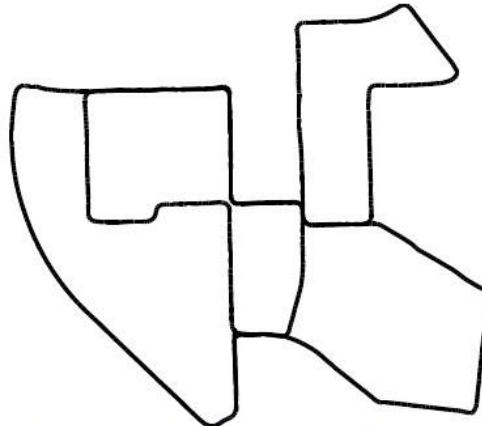


novel view

کاربردهای فتوگرامتری

Real time photogrammetry, navigation and **Automatic Driving**

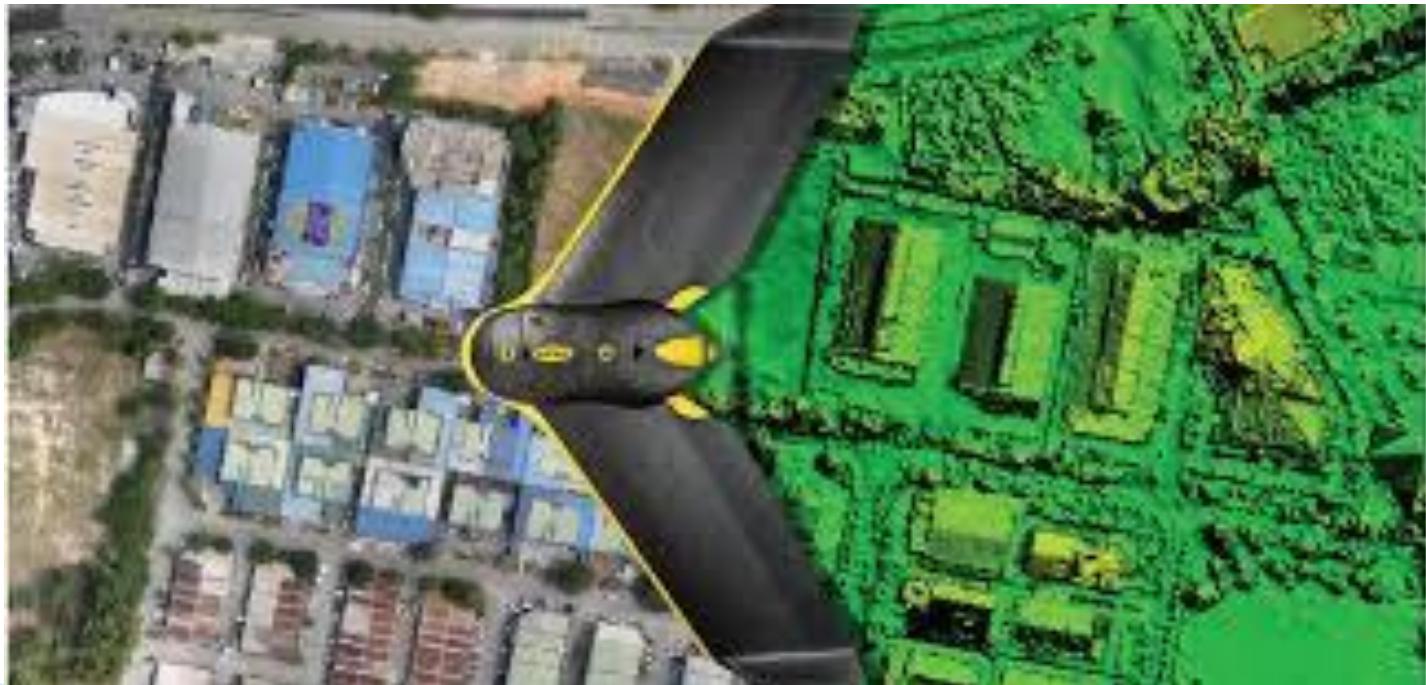
360° Velodyne Laserscanner
Stereo Camera Rig



کاربردهای فتوگرامتری

Digital Surface Model

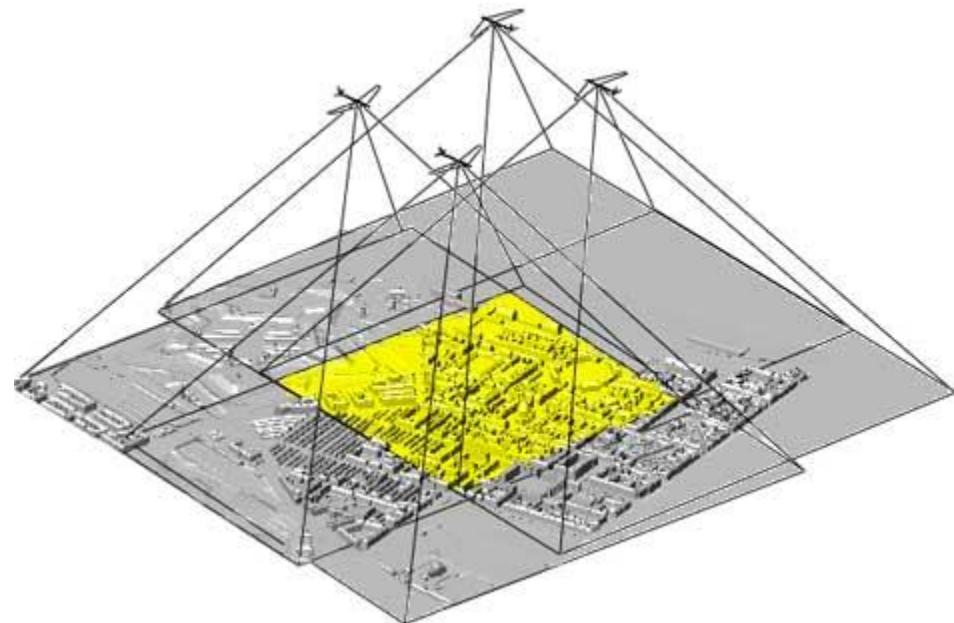
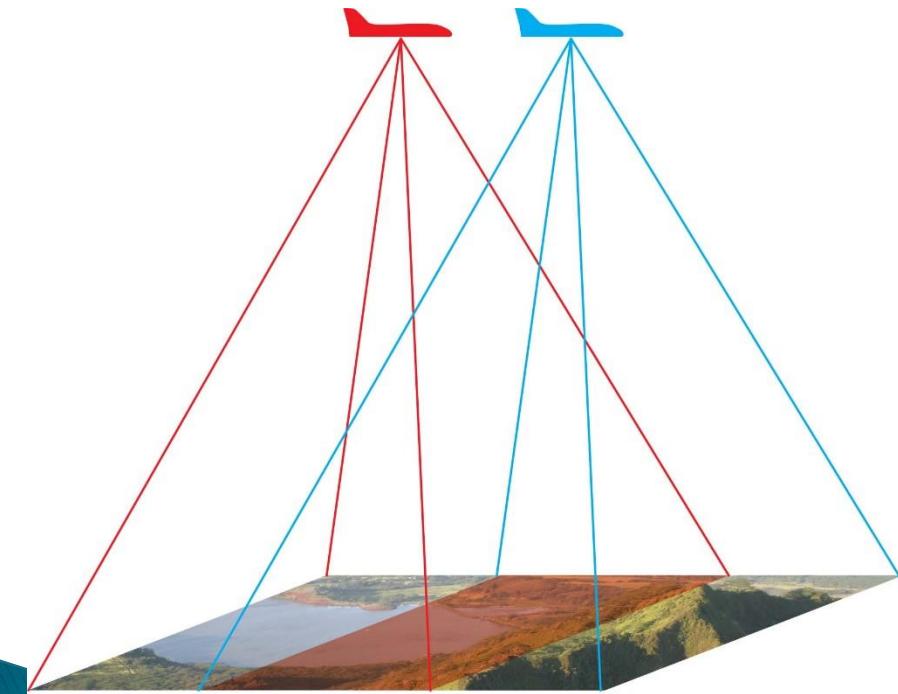
- UAV Photogrammetry



کاربردهای فتوگرامتری

Digital Surface Model

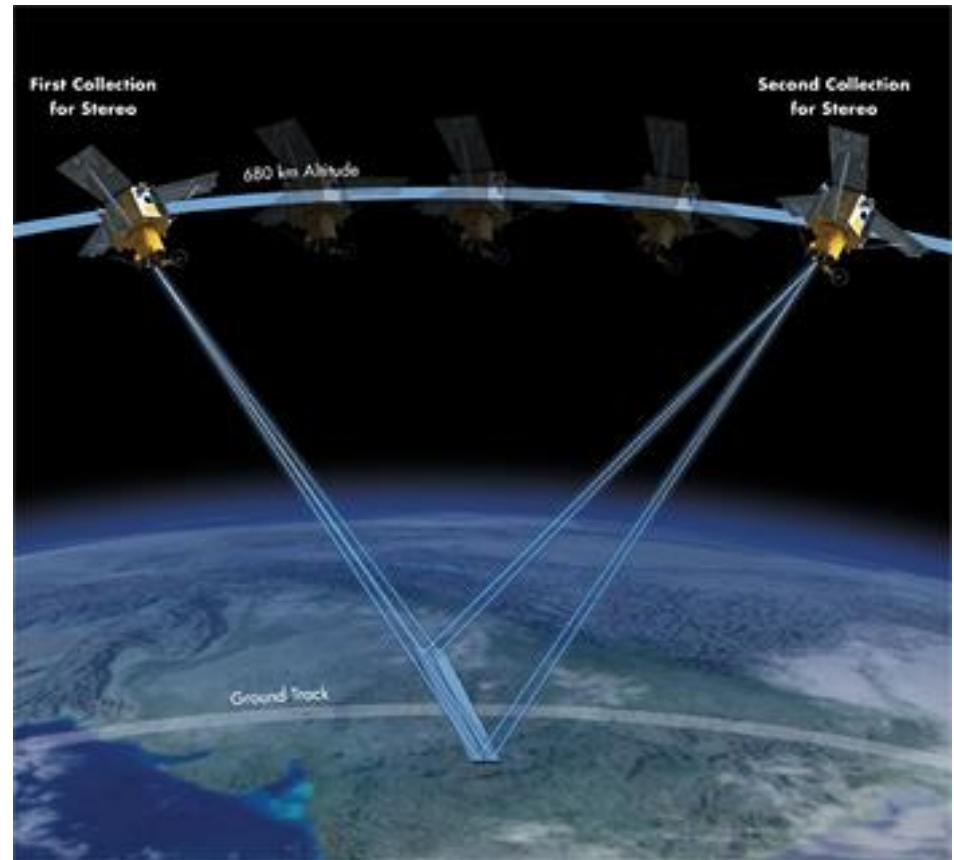
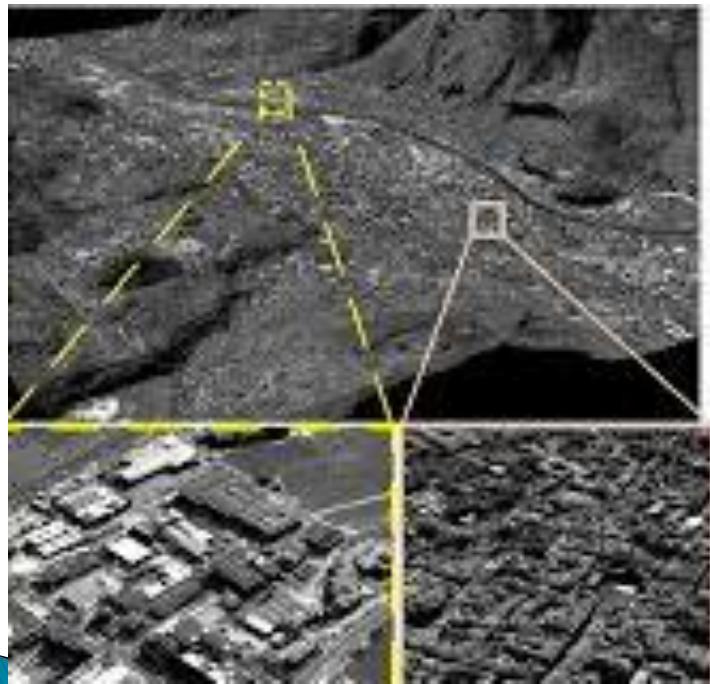
- Aerial Photogrammetry



کاربردهای فتوگرامتری

Digital Surface Model

- Optical Satellite photogrammetry



سخت افزارها و نرم افزارها

- سیستم‌های تبدیل عکس به نقشه

خروجی	پردازش	ورودی	سیستم تبدیل
سخت (نقشه کاغذی)	سخت (دستگاههای مکانیکی)	سخت (عکس)	آنالوگ
نرم (نقشه رقومی)	نرم (نرم افزار کامپیوتری)	سخت (عکس)	تحلیلی
نرم (نقشه رقومی)	سخت (دستگاههای مکانیکی)	سخت (عکس)	نیمه تحلیلی
نرم (نقشه رقومی)	نرم (نرم افزار کامپیوتری)	نرم (تصویر رقومی)	رقومی

سخت افزارها و نرم افزارها

- سیستم های تبدیل عکس به نقشه



دستگاه مکانیکی: A7

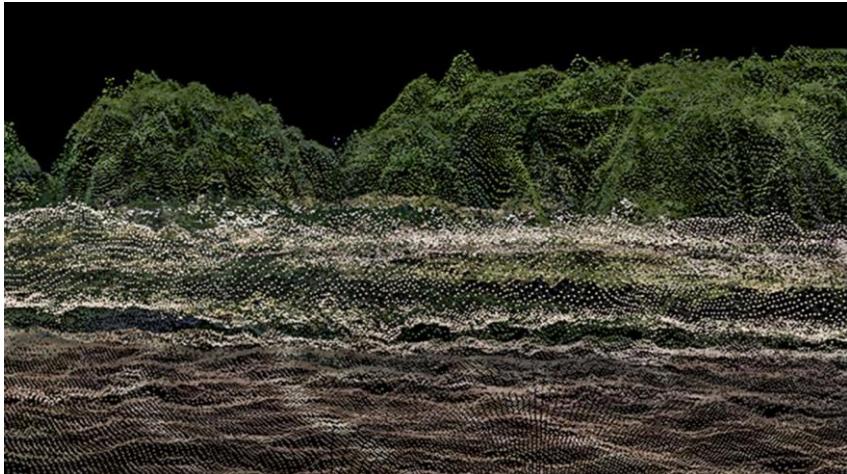


دستگاه رقومی: پارادایز

سخت افزارها و نرم افزارها

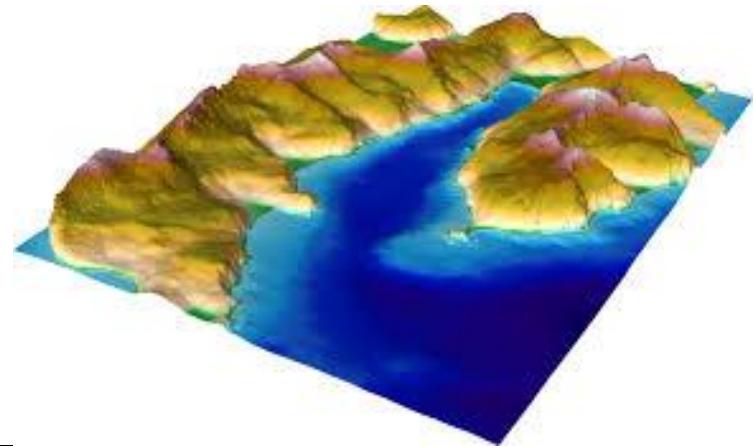
- نرم افزار (روسیه) Agisoft Photoscan
- نرم افزار (کانادا) PCI Geomatica
- نرم افزار (روسیه) PHOTOMOD
- نرم افزار (آمریکا-آلمان) Trimble INPHO
- نرم افزار (سوئیس) Leica LPS
- نرم افزار (ایران) ParadEyes
- نرم افزار (سوئیس-آلمان) Pix4D
- نرم افزار (فرانسه) MicMac

سخت افزارها و نرم افزارها

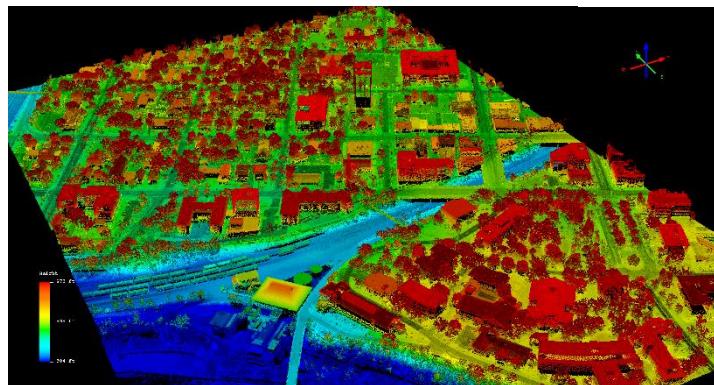


ابر نقاط

- تولیدات فتوگرامتری



مدل ارتفاعی زمین (DEM)

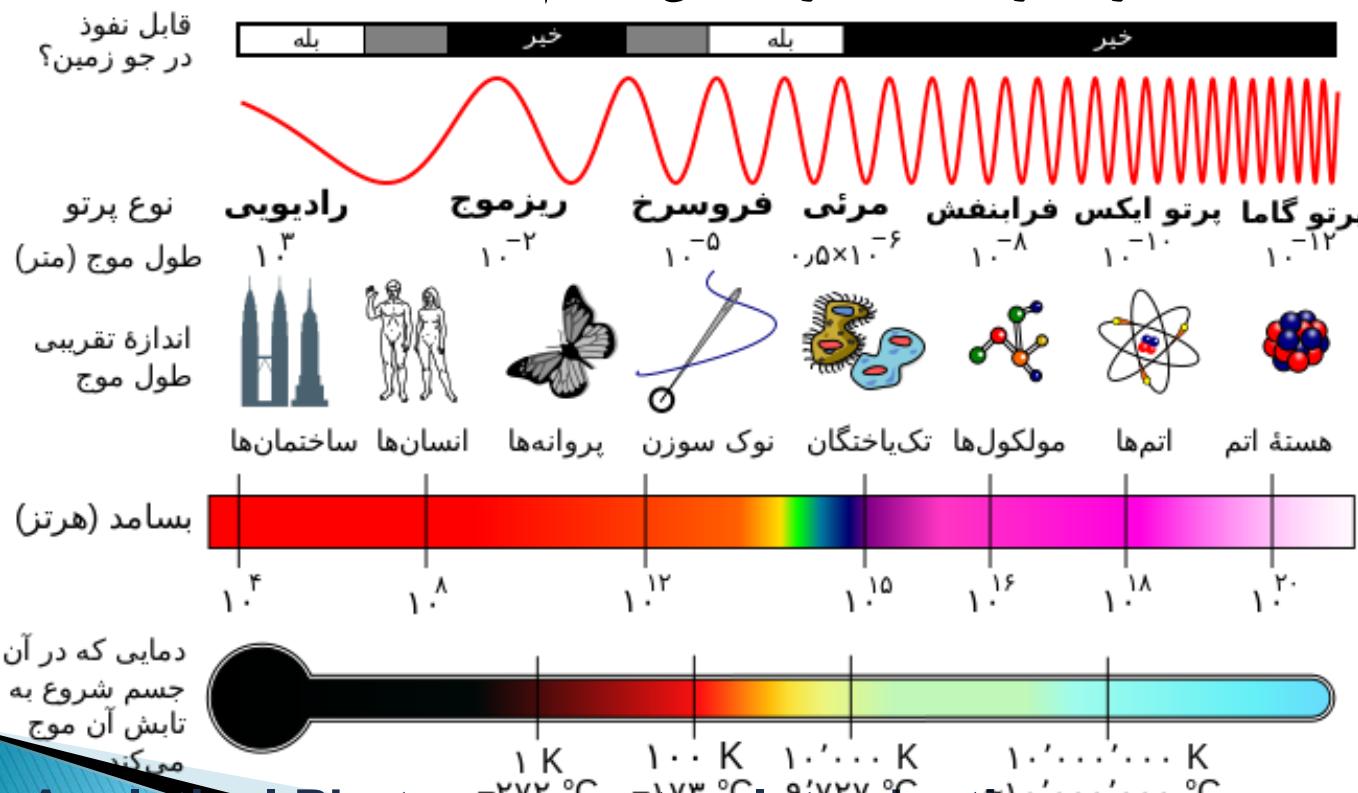


- ارتوфتو
- موزاییک عکسی
- نقشه
- و بسیاری دیگر ...

عکس، تصویر و دوربین

طیف الکترومغناطیس

- طیف الکترومغناطیسی هر جسم، نشانه پخش پرتوهای الکترومغناطیسی است.



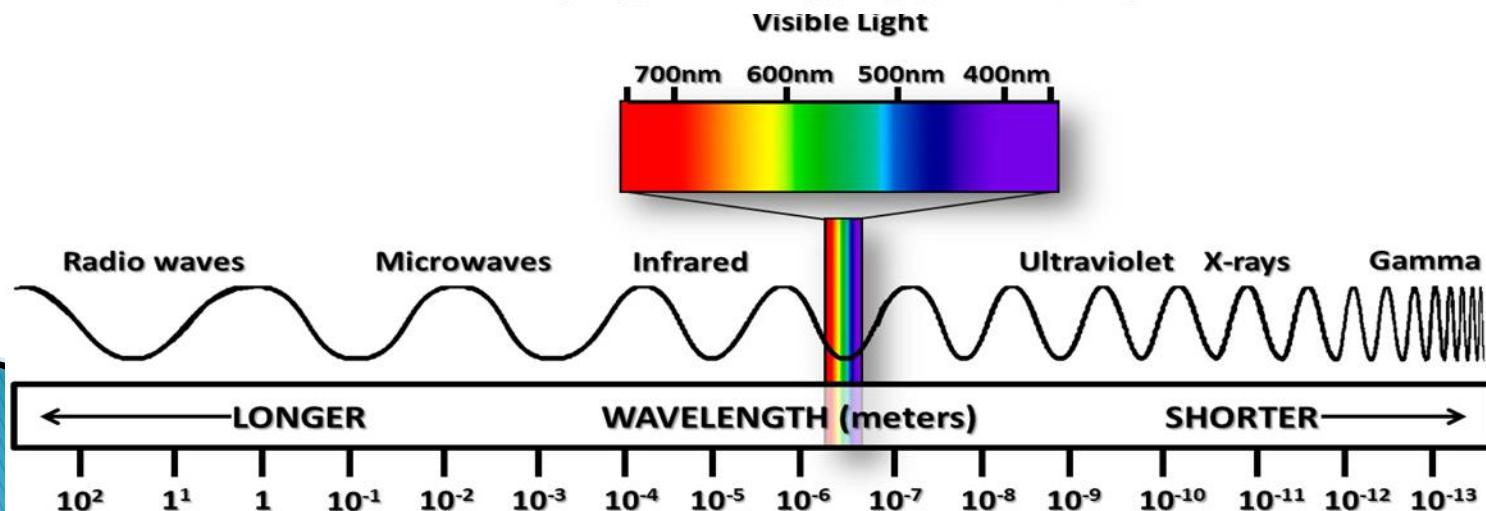
طیف الکترومغناطیس

بخش مرئی (Visible): قسمت کوچکی از طیف الکترومغناطیس حدود ۰.۴ - ۰.۷ میکرون. این بخش به وسیله چشم قابل تشخیص است و با نام رنگها شناخته می شوند و معمولاً به این بخش نور (Light) گویند.

بخش مادون قرمز (Infra Red): این بخش قابل دیدن نیست و محدوده ۰.۷۲ - ۰.۷۲ میکرون تا ۱ میلیمتر را در بر می گیرد. مادون قرمز به بخش‌های متفاوتی تقسیم می شود:

۰.۷۲ - ۳.۰ μm	: (NIR)
۳.۰ - ۳۰ μm	: (MIR)
۳۰ μm- ۱ mm	: (FIR)
۱ - ۲.۵ mm	: (SWIR)
۸ - ۱۴ mm	: (TIR)

بخش مایکرو ویو (Microwave): محدوده از ۳۰۰ - ۳۰ میلیمتر را پوشش می دهد که در سنجنده های راداری استفاده می شود.



تعريف عکس

- عکس نوعی تصویر است که بر اثر تابش نور بر یک سطح حساس به نور (معمولًاً فیلم عکاسی یا یک تصویرساز الکترونیک) به دست می‌آید.
- بیشتر عکسها با استفاده از دوربین آنالوگ گرفته می‌شوند.
- دوربین آنالوگ از لنز برای واضح‌سازی طول موج‌های مرئی نور در باز تولیدی که برای چشمان انسان رؤیت‌پذیر باشد استفاده می‌کند.



تصویر رقومی

- تصویر در واقع عبارت است از بازنمایش اطلاعات مکانی و طیفی یک محدوده به صورت همزمان.
- تصویر رقومی از تعدادی مربع کوچک، مشهور به پیکسل تشکیل شده است. هر پیکسل دارای یک عدد است که بیان‌گر مقدار روشنایی آن پیکسل است. تصویر را می‌توان یک سیگنال چند بعدی نیز در نظر گرفت.



Image



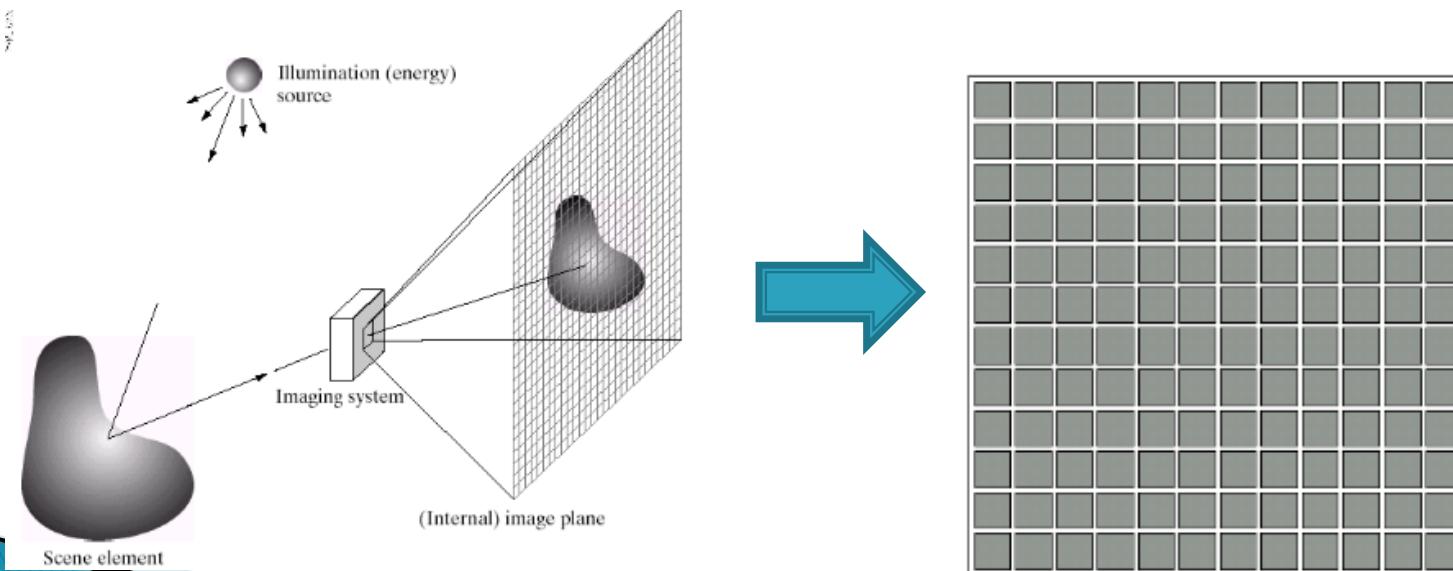
Photo



Picture

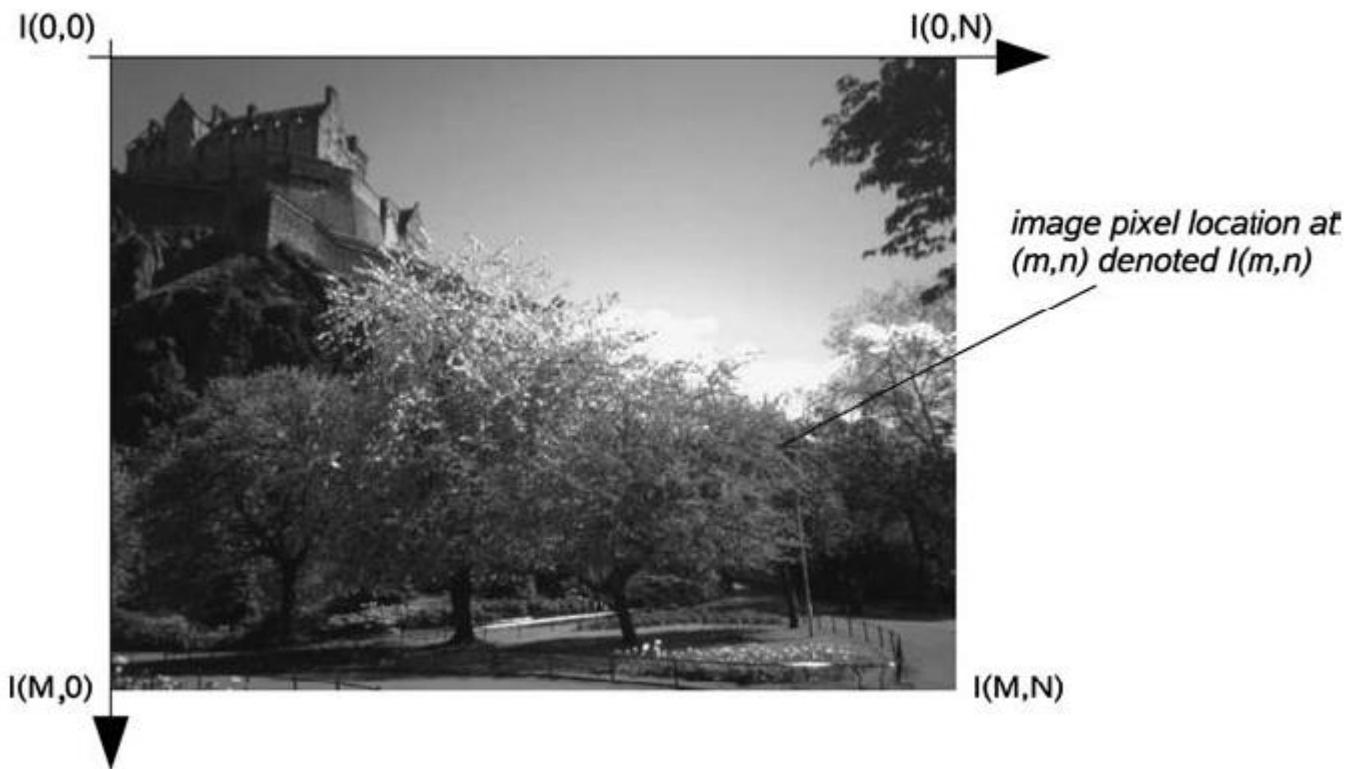
تعريف تصویر

- همچنین یک "تصویر رقومی" در واقع تبدیل یک عکس که دارای سیگнал پیوسته است به حالت گستته و الکترونیکی است که اجزاء تشکیل دهنده آن واحد های کوچکی به نام پیکسل می باشند.



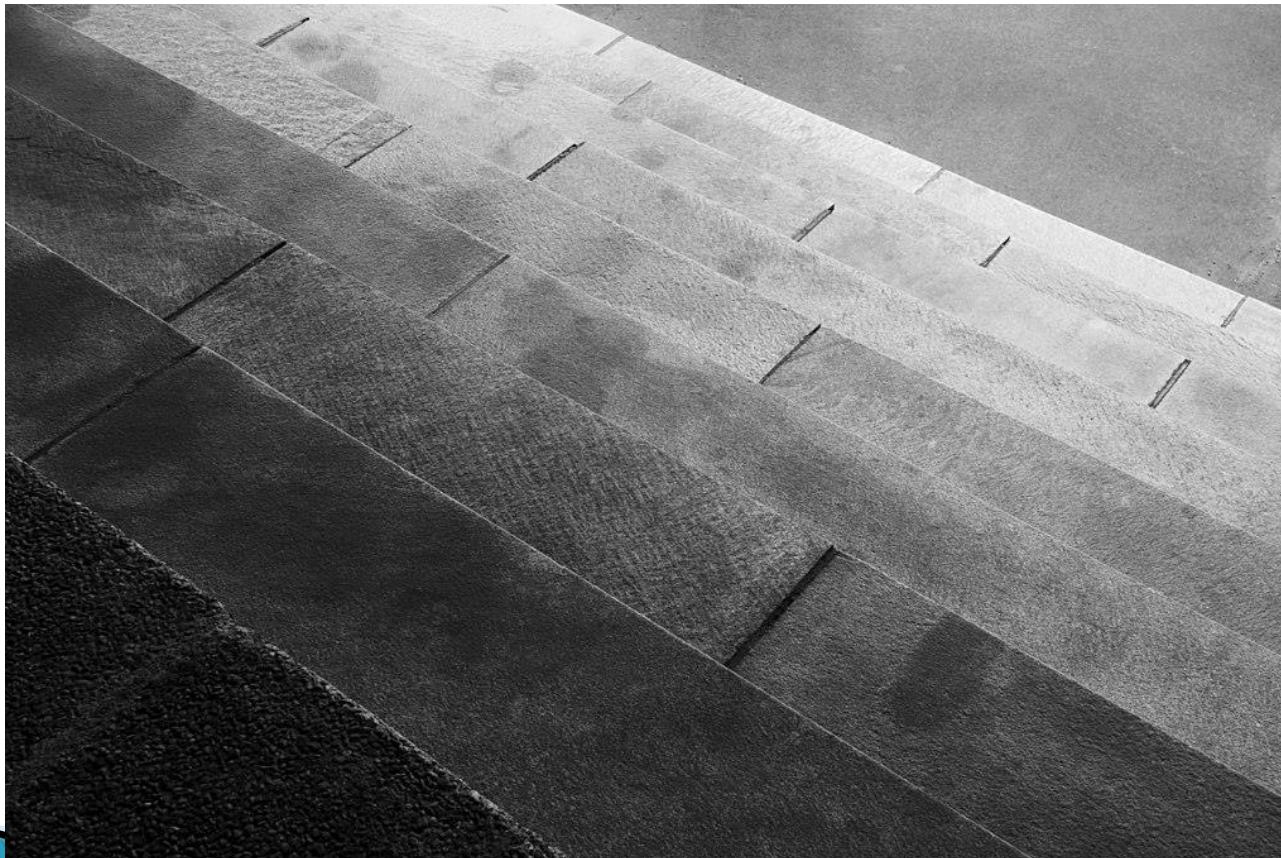
تصویر رقومی

- تصویر رقومی ماتریسی است به ابعاد N سطر و M ستون



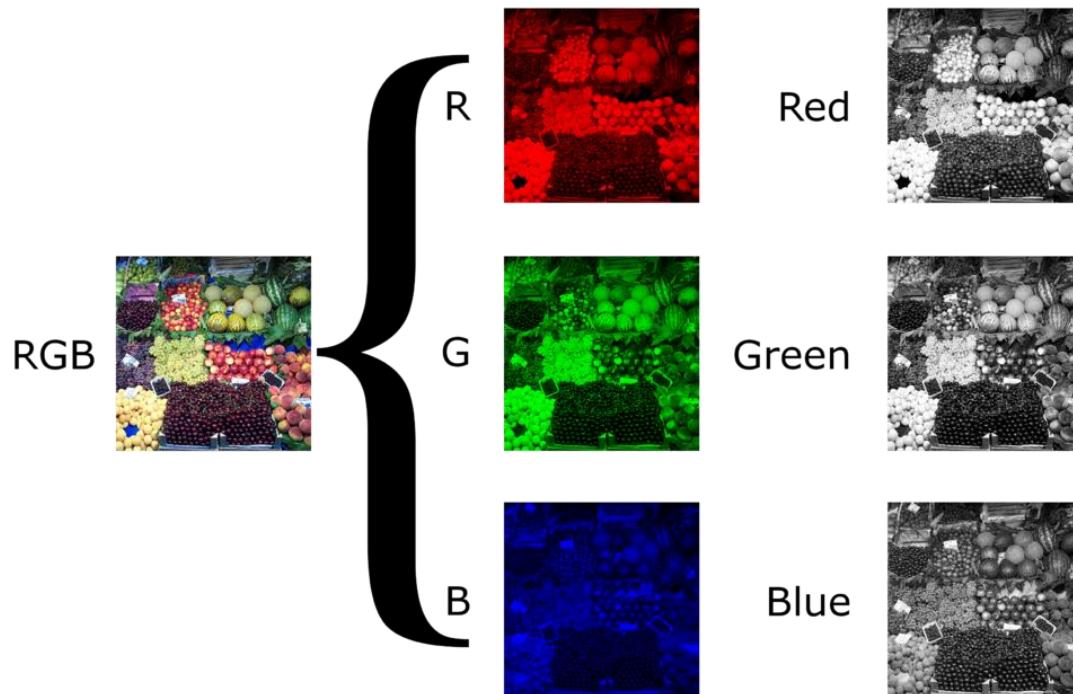
تصویر خاکستری

- هر پیکسل در تصاویر خاکستری تنها شدت را بازنمایش می‌دهد



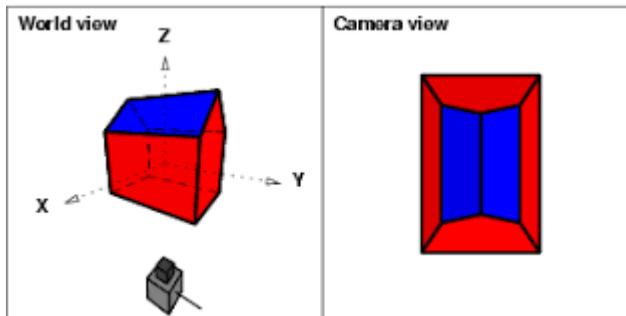
تصویر رنگی

- هر پیکسل در تصاویر رنگی حداقل شامل سه مقدار برای نمایش باندهای قرمز، سبز و آبی است.



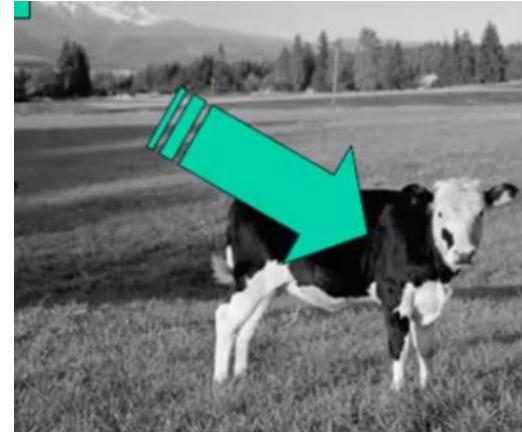
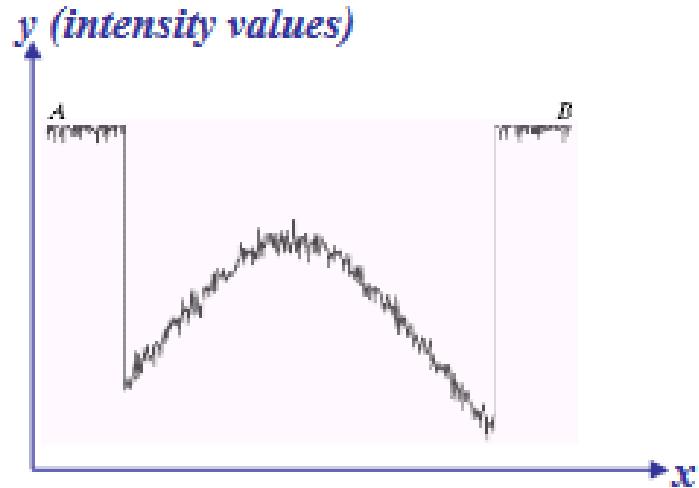
تفاوت عکس و تصویر رقومی

- عکس به صورت پیوسته می باشد، در حالی که تصویر رقومی به صورت گسته می باشد.
- عکس به صورت چاپ شده بر روی کاغذ یا هر صفحه دیگری می باشد، در حالی که تصویر رقومی یک فایل الکترونیکی است.
- در حالت کلی هم عکس و هم تصویر رقومی نوعی تصویر (نگاشت) به حساب می آیند.

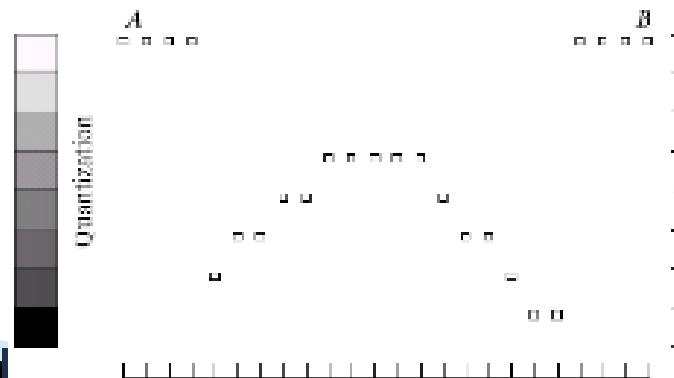


تفاوت عکس و تصویر

یک مقطع از
درجات خاکستری
یک عکس آنالوگ



یک مقطع از
درجات خاکستری
یک تصویر رقومی



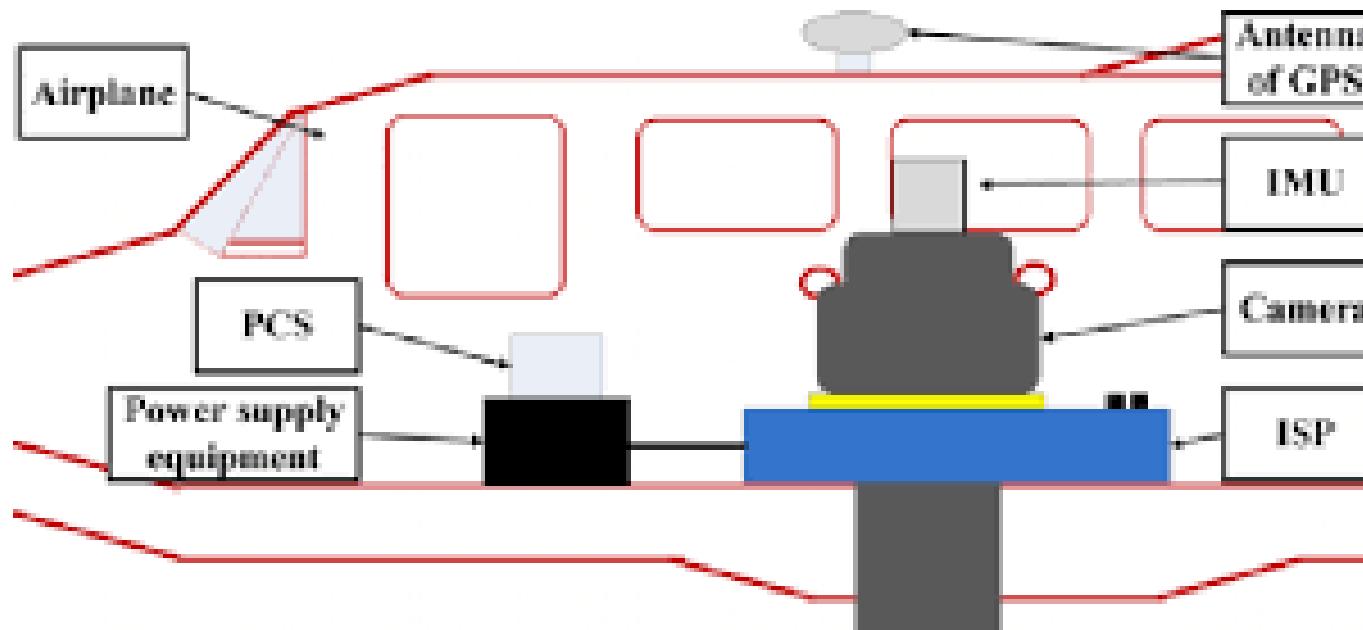
Putdata: /home/camps/cowgray.jpg

File

146	161	165	159	165	177	166	142	143	141
149	154	152	149	158	171	164	147	144	141
147	146	145	148	157	160	151	139	140	138
147	149	157	167	167	155	139	129	133	132
148	154	167	176	169	150	135	131	131	131
139	144	152	155	149	139	133	133	133	134
131	132	132	131	132	133	131	127	130	132
133	132	129	127	134	141	134	122	125	127
129	127	126	128	131	132	130	127	129	127
129	127	126	128	131	132	130	128	130	129

دوربینهای هوایی

- نحوه قرار گیری یک دوربین هوایی بر روی یک هواپیما



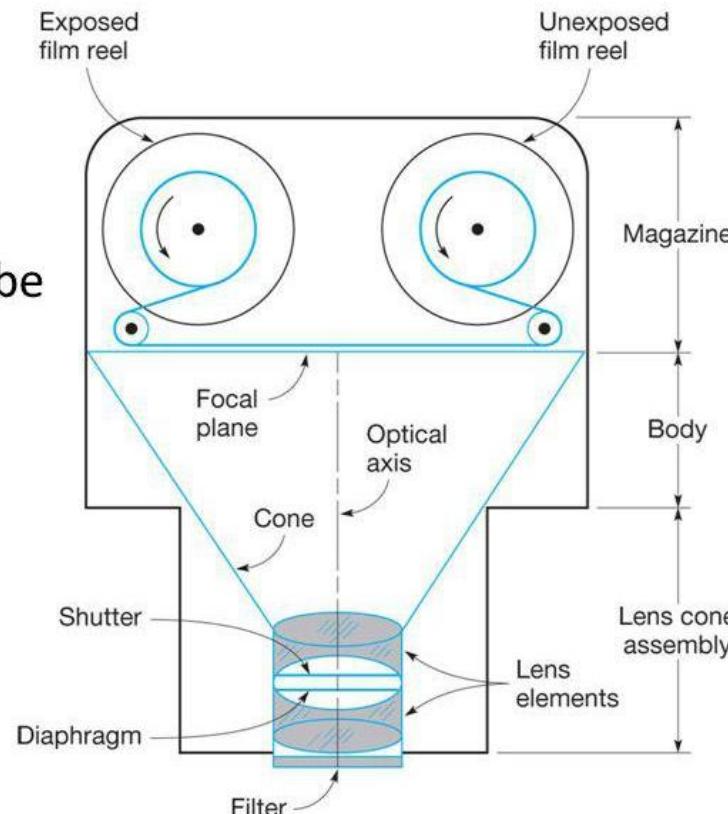
دوربینهای آنالوگ هواپی

- اجزاء کلی از یک دوربین آنالوگ

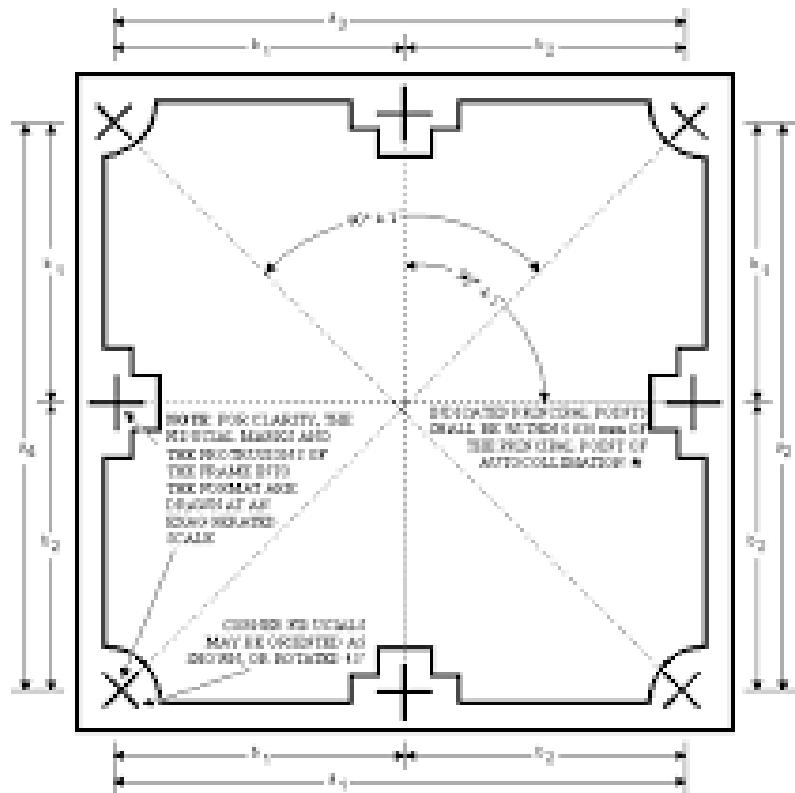
Three main parts:

1. Magazine
2. Body
3. Lens cone assembly

Components and notes to be discussed din lecture



دوربینهای آنالوگ هواپی



- صفحه فیلم یک دوربین آنالوگ متریک
- محل فیدوشل مارک ها
- از فیدوشل مارکها برای کالibrاسیون و تشکیل هندسه داخلی سیستم تصویربرداری استفاده می شود.

دوربینهای آنالوگ هواپی

- برخی از دوربین های هواپی آنالوگ متریک



RC20 Aerial camera



RC30 Aerial camera

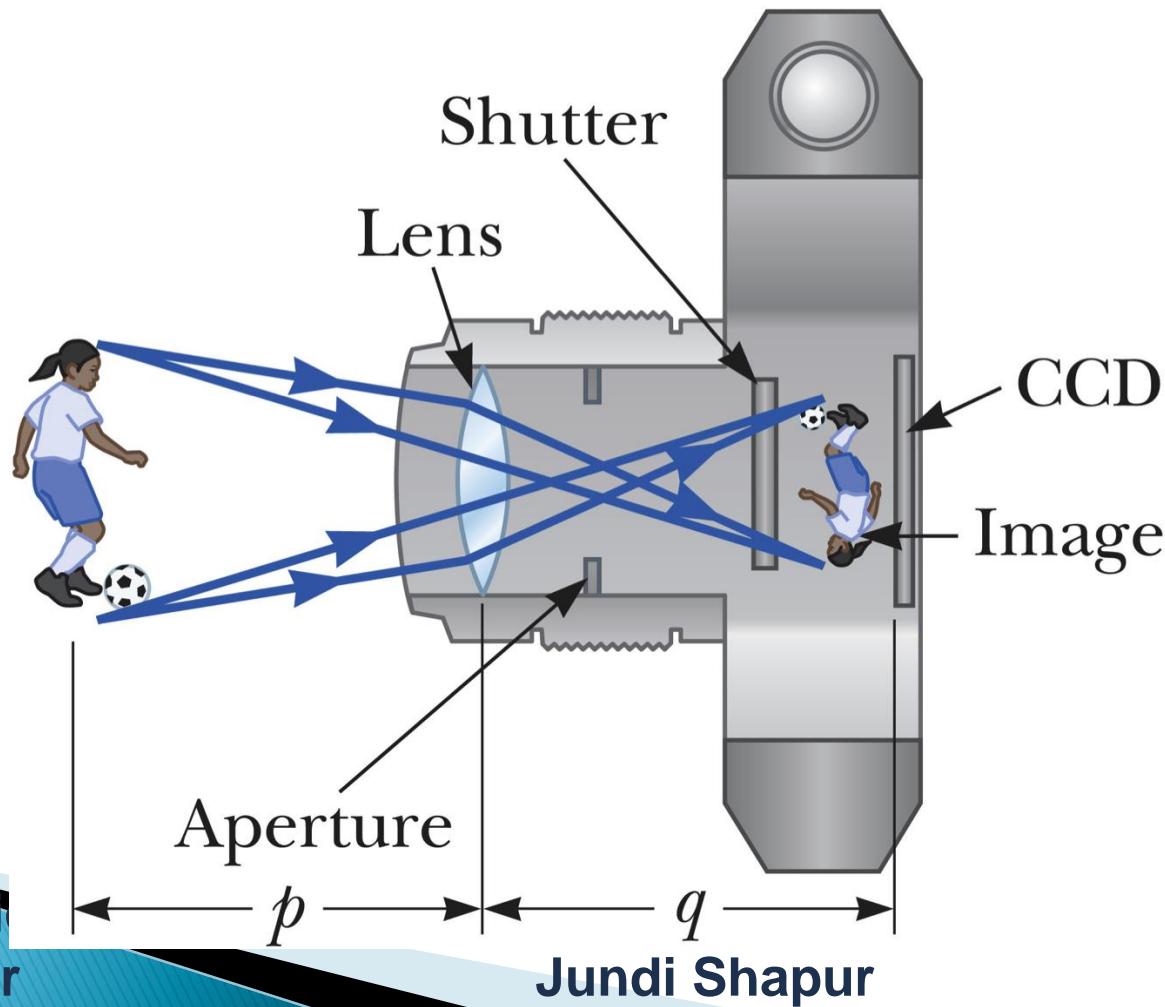
دوربینهای آنالوگ هواپی



- نمونه ای از یک عکس آنالوگ هواپی

دوربینهای رقومی

- دیاگرام ساده یک دوربین رقومی

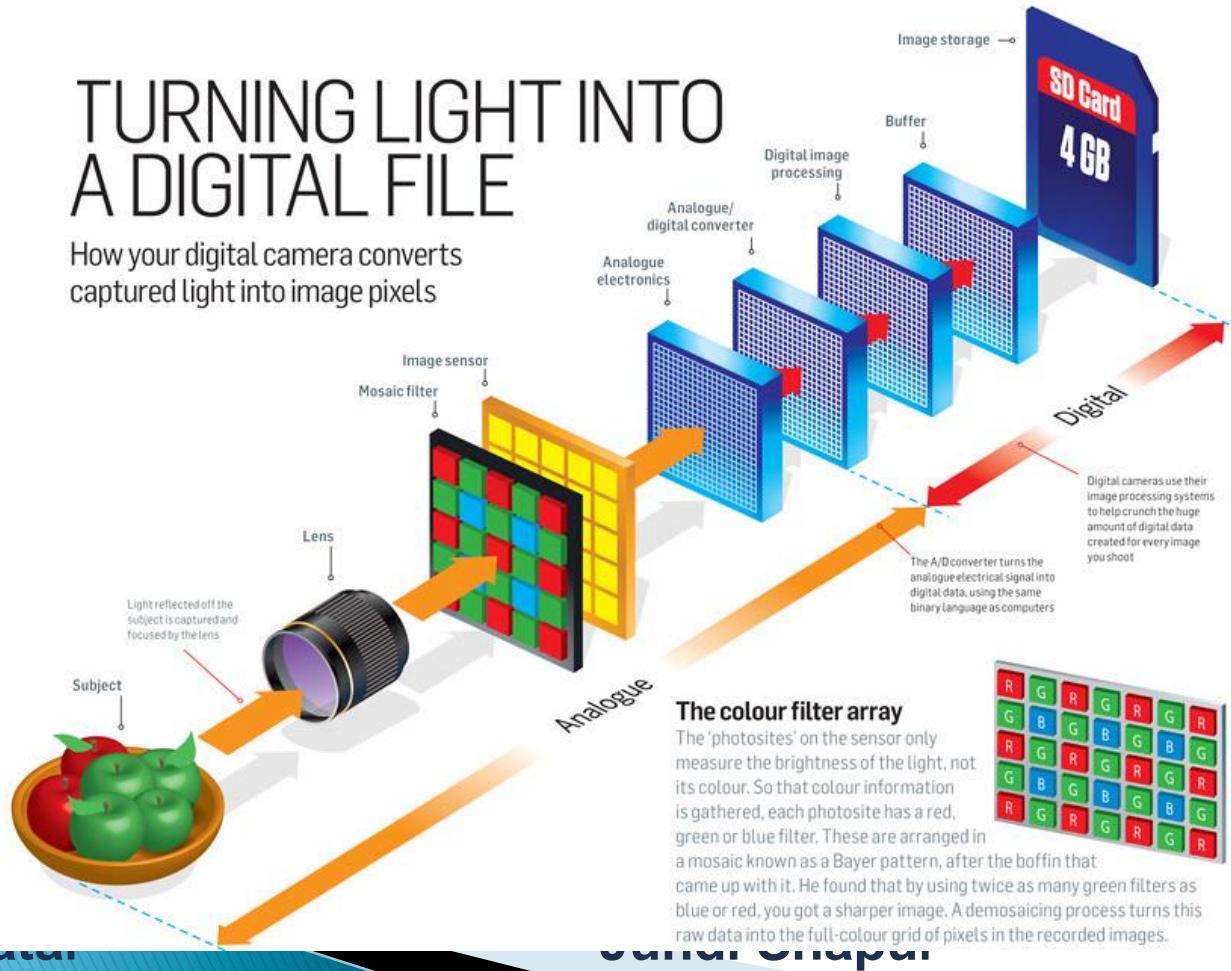


دوربینهای رقومی

- فرآیند تصویربرداری رنگی در برخی از دوربین ها

TURNING LIGHT INTO A DIGITAL FILE

How your digital camera converts captured light into image pixels



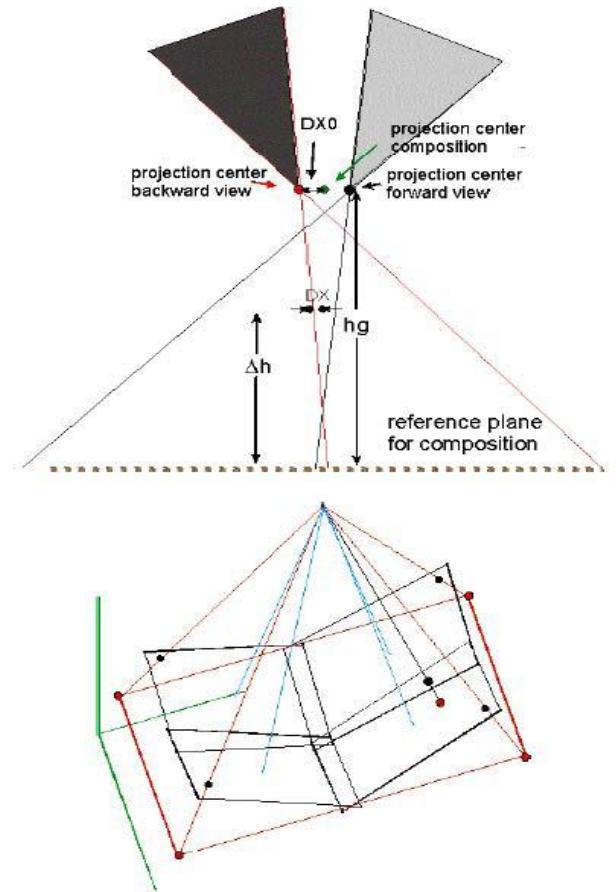
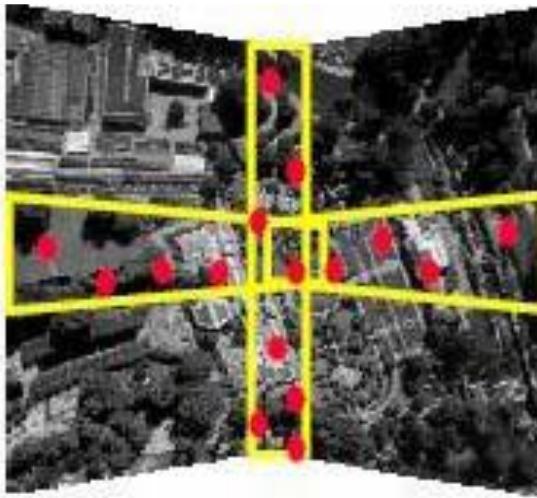
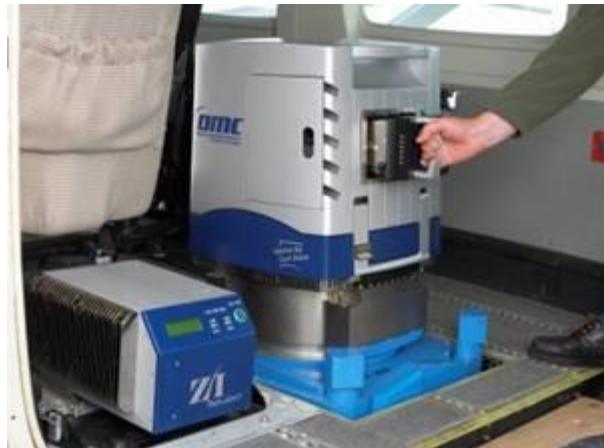
دوربینهای رقومی هوایی

- مهمترین ضعف دوربین های رقومی در این است که ابعاد تصویر آنها از ابعاد عکس آنالوگ کمتر است.
- برای حل مشکل ابعاد تصاویر رقومی روش ها و تکنیک های مختلف توسعه داده شده است که در ادامه به آنها اشاره می شود:
 1. تصویربرداری با زوایای دید مختلف و موزاییک آن ها
 2. تصویربرداری در موقعیت های یکسان با دوربین های مختلف
 3. اسکنرهای خطی هوایی

دوربینهای رقومی هوایی

- تصویربرداری با زوایای دید مختلف و موزاییک آن ها

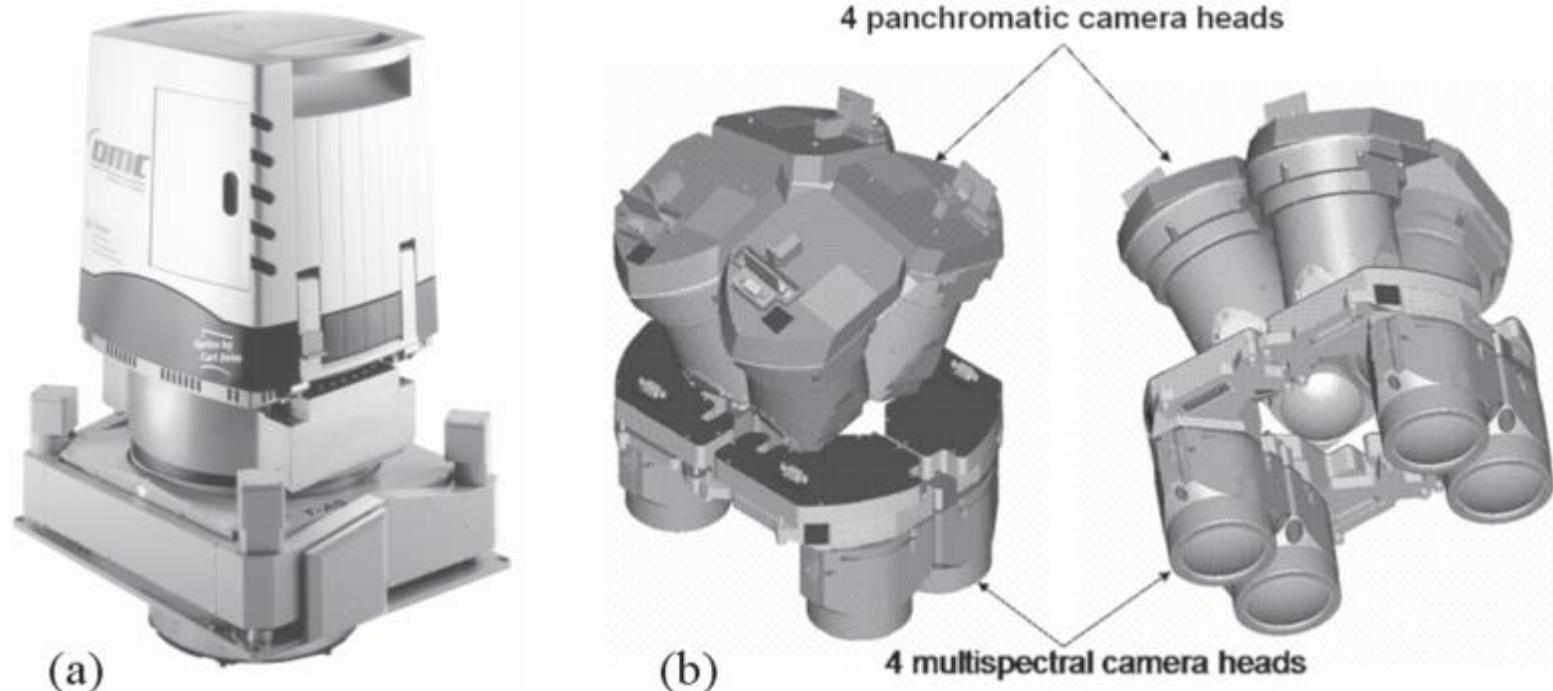
Intergraph DMC



دوربینهای رقومی هوایی

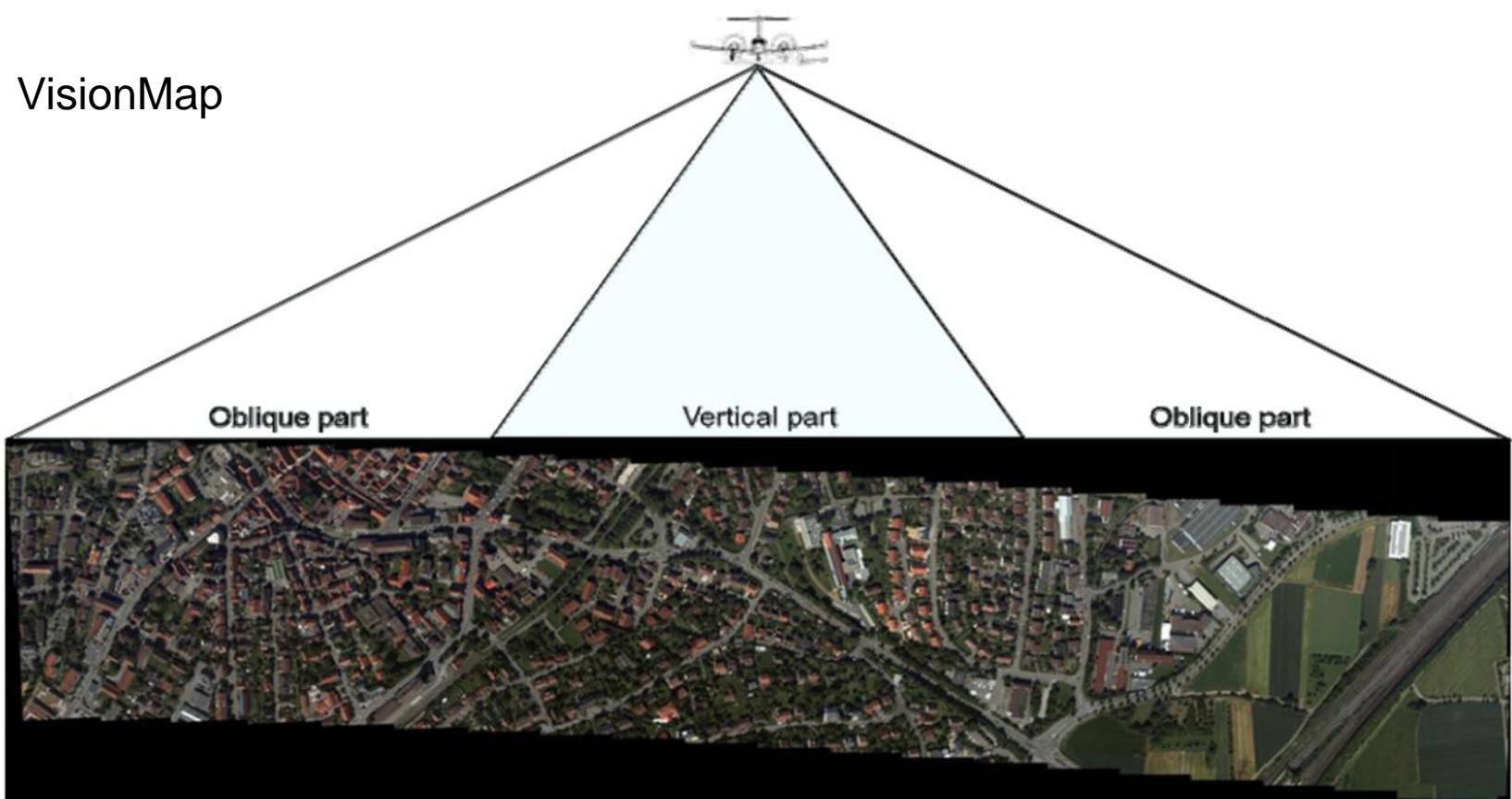
- تصویربرداری با زوایای دید مختلف و موزاییک آن ها

Intergraph DMC



دوربینهای رقومی هوایی

- تصویربرداری با زوایای دید مختلف و موزاییک آن ها

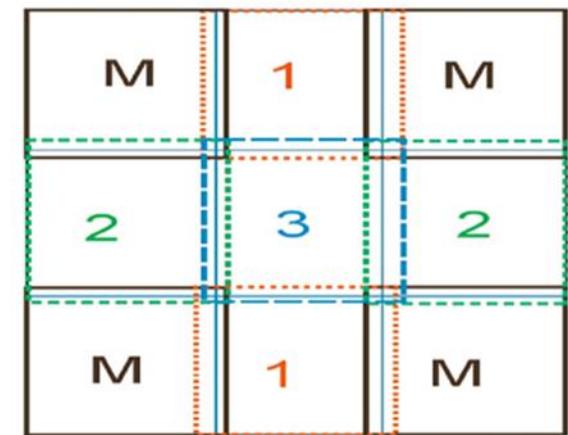
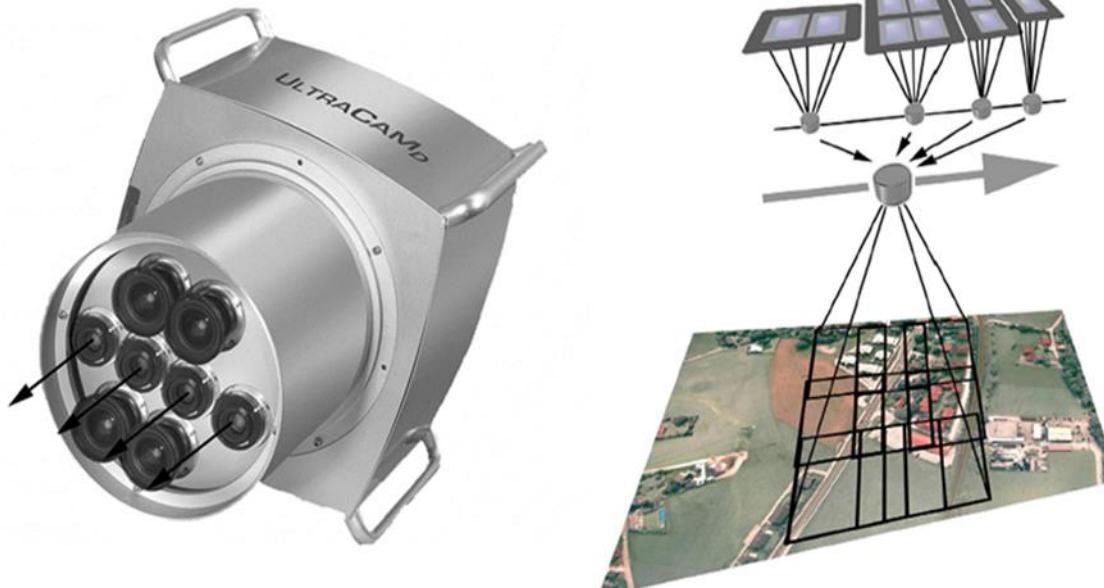


دوربینهای رقومی هوایی

- تصویربرداری در موقعیت های یکسان با دوربین های مختلف و موزاییک

UltraCam

آن ها



دوربینهای رقومی هوایی

- تصویربرداری با اسکنرهای خطی هوایی

Leica ADS40



دوربینهای رقومی هوایی

- نمونه ای از تصاویر اسکنرهای خطی (قبل از ترمیم)



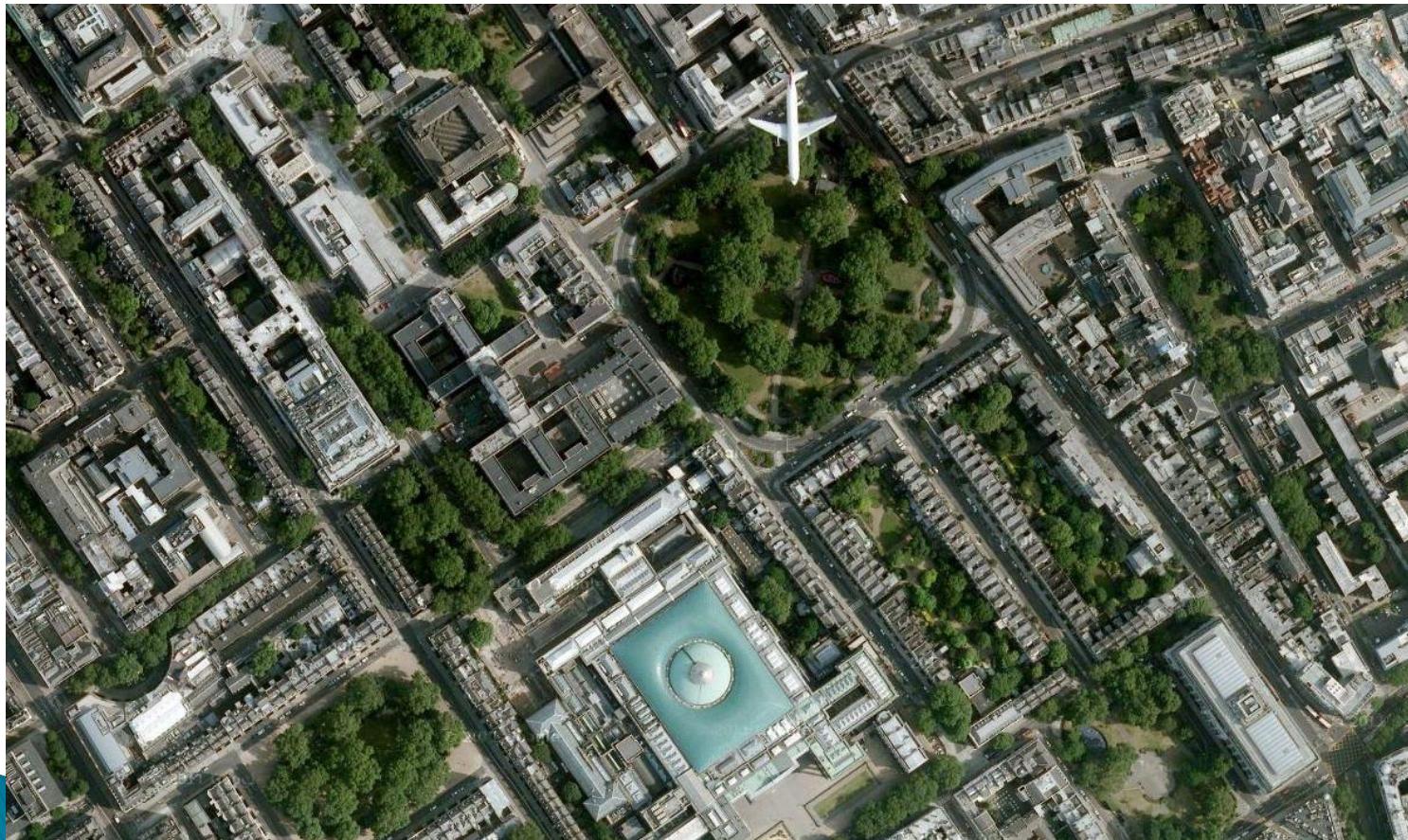
دوربینهای رقومی هوایی

- نمونه ای از تصاویر اسکنرهای خطی هوایی (بعد از ترمیم)



دوربینهای رقومی هوایی

- نمونه ای از تصاویر هوایی



مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

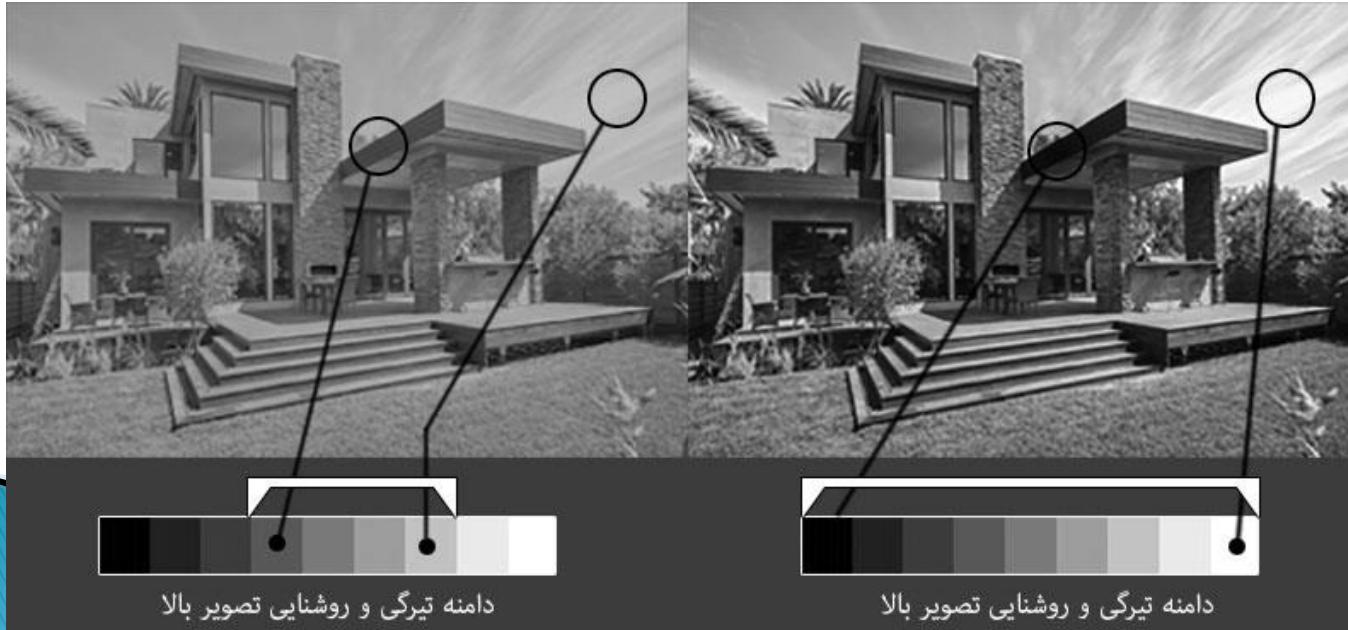
- نور ورودی و کیفیت تصویر
- مقدار نور ورودی به صفحه حساس فیلم/ سنسور در کیفیت تصویر اخذ شده از اهمیت فراوان برعوردار است.
- در فیلم‌های آنالوگ ورود بیش از اندازه نور به سمت صفحه حساس به نور باعث سوختگی فیلم می‌شد، همچنین ورود اندک نور نیز باعث می‌شود تا تصویری با وضوح بالا ثبت نگردد.

مرواری بر پارامترهای 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.

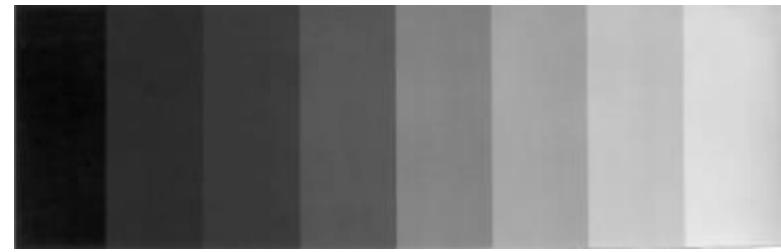
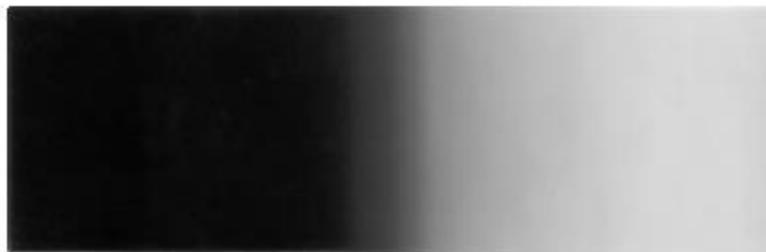
مروری بر پارامترهای عکسبرداری

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



مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

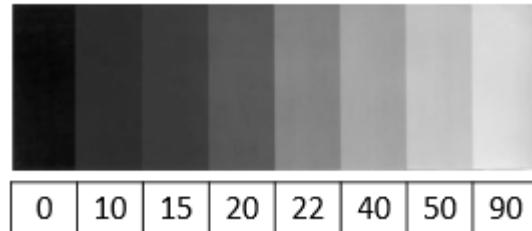
- کنتراست
- در تصاویر آنالوگ وجود یک پیوستگی در تصویر باعث می‌گردد تا یکدفعه با تغییرات بسیار شدید مواجه نشویم. اما در مورد تصاویر دیجیتال (سنسورهای دیجیتال) به دلیل اخذ مستقل و عوامل الکترونیکی امکان تغییرات بسیار شدید و کنتراست بالا در تصاویر وجود خواهد داشت.



مرواری بر پارامترهای 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.



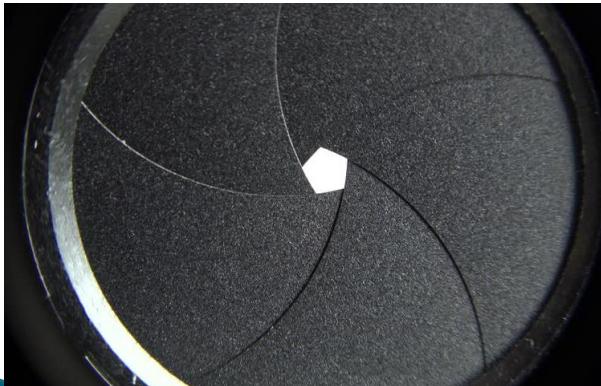
مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

- 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 نیز 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 پارامترهای عکسبرداری

- دیافراگم

- برای مدلسازی بهتر دیافراگم از پارامتر $fstop$ (که براساس قطر این دریچه تعریف می‌شود)، استفاده می‌کنند.
- با تغییر $fstop$ میزان نور وارد شده به نسبت مجدور عکس تغییر می‌کند.



Large Aperture

$f/2$



Medium Aperture

$f/8$



Small Aperture

$f/22$

مرواری بر پارامترهای 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 پارامترهای 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؟

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

$$fstop_{t_1} = 4$$

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

مروری بر پارامترهای عکسبرداری

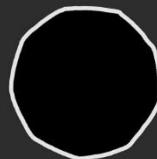
- دیافراگم



مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

• دیافراگم

Capturing different amounts of light



مرواری بر پارامترهای 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

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

مروری بر پارامترهای 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 پارامترهای 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

}

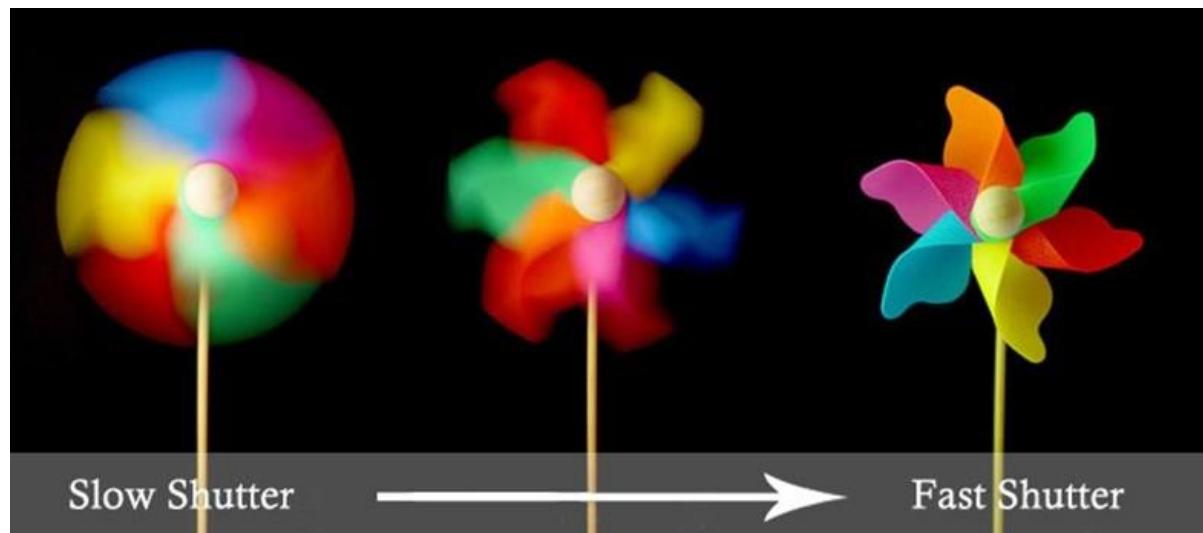
Moderate Speeds
Handholding Generally Ok

}

Slow Speeds
Use a Tripod

}

Very Slow Speeds
For Creating Blur or Trails



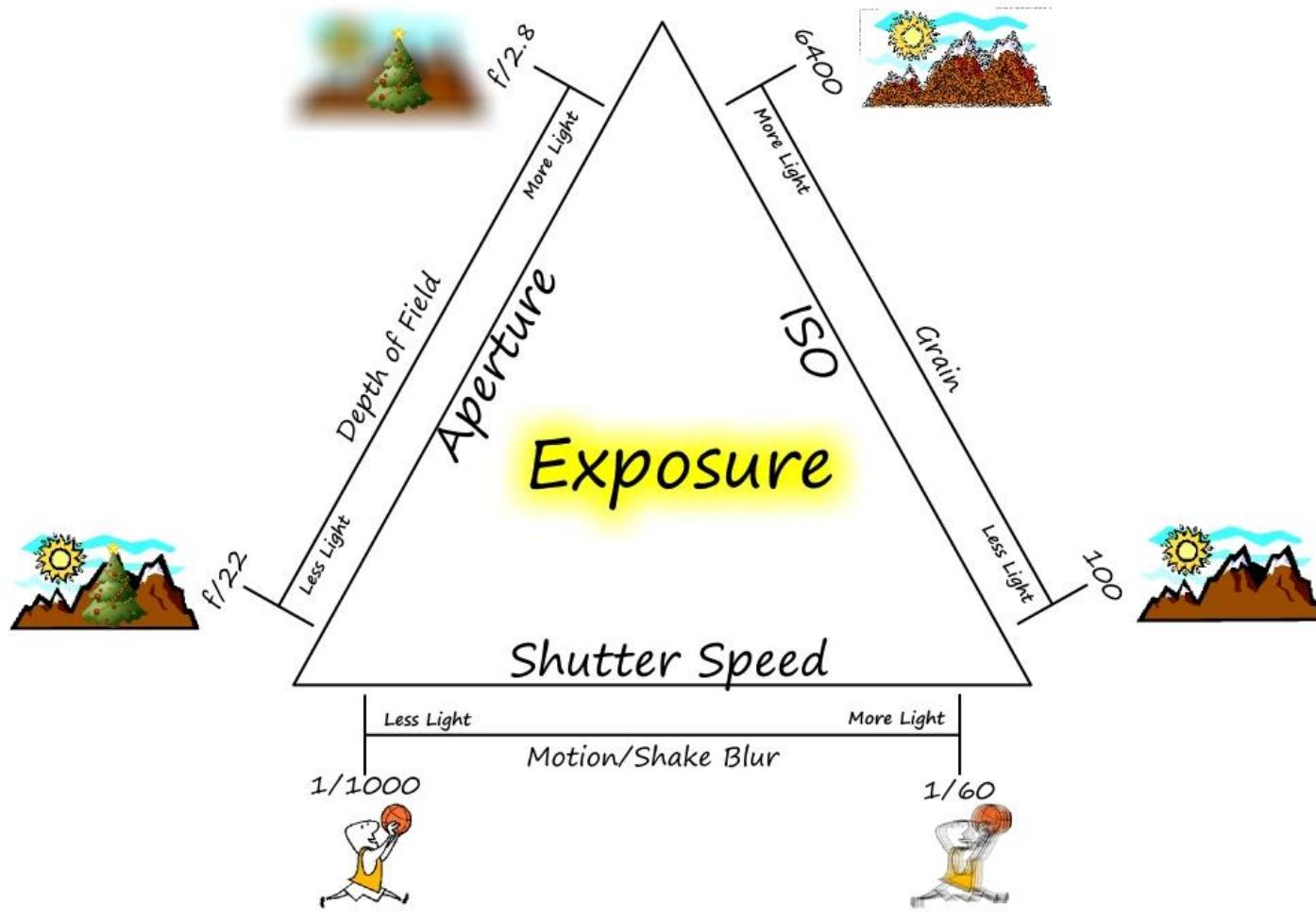
مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

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 می‌کند 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.

مروری بر پارامترهای عکسبرداری

- رابطه شاتر، دیافراگم و ایزو



مرواری بر پارامترهای 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 پارامترهای عکسبرداری

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



مرواری بر پaramترهای عکسبرداری



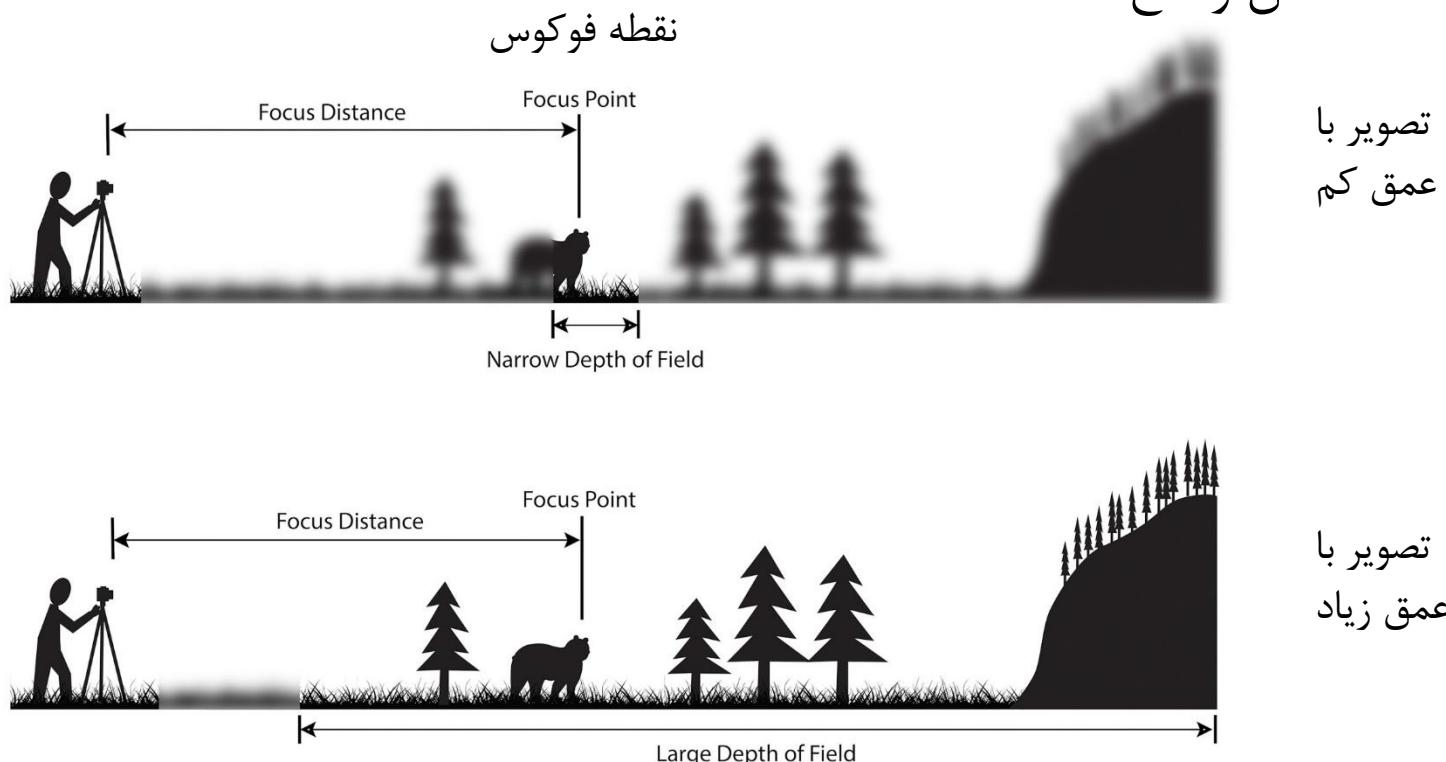
• فوکوس:



مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

• عمق میدان (Depth of Field)

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



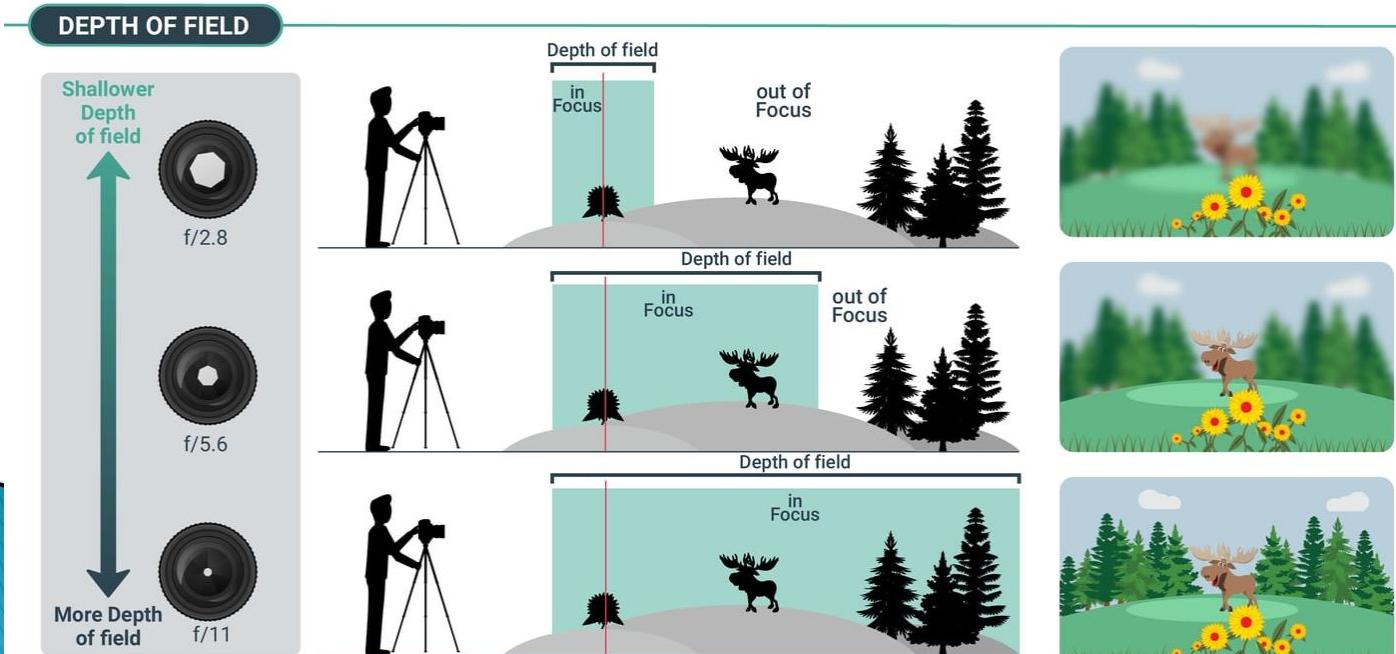
مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

- 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.

مروری بر پارامترهای عکسبرداری

• عمق میدان:

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



مرواری بر پارامترهای 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 پارامترهای 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 $\alpha > 100^\circ$

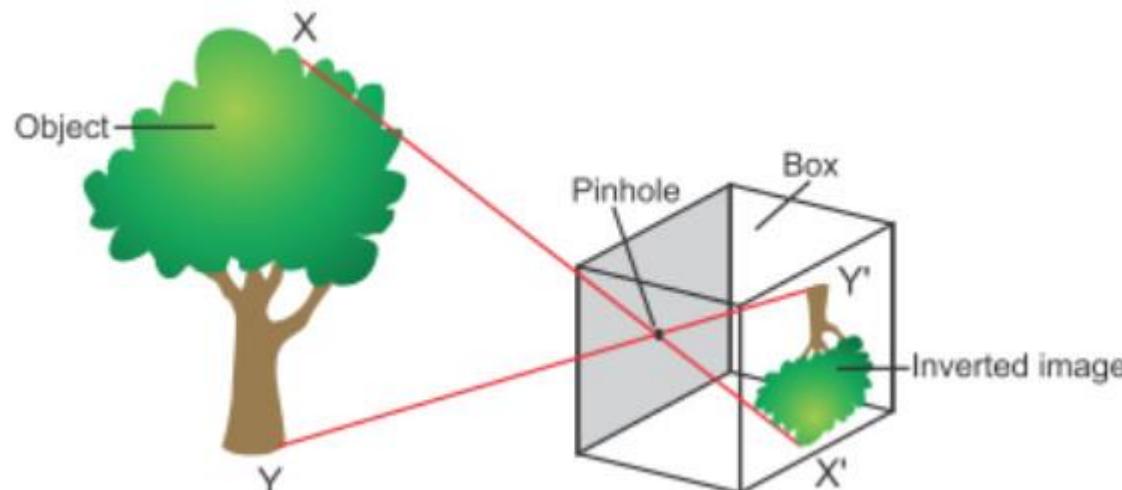
جهت تهیه نقشه از مناطق نسبتاً مسطح با برجستگی کم بکار می‌رود.

مرواری بر پارامترهای 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 پارامترهای 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 پارامترهای 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 جزئی 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 پارامترهای عکسبرداری

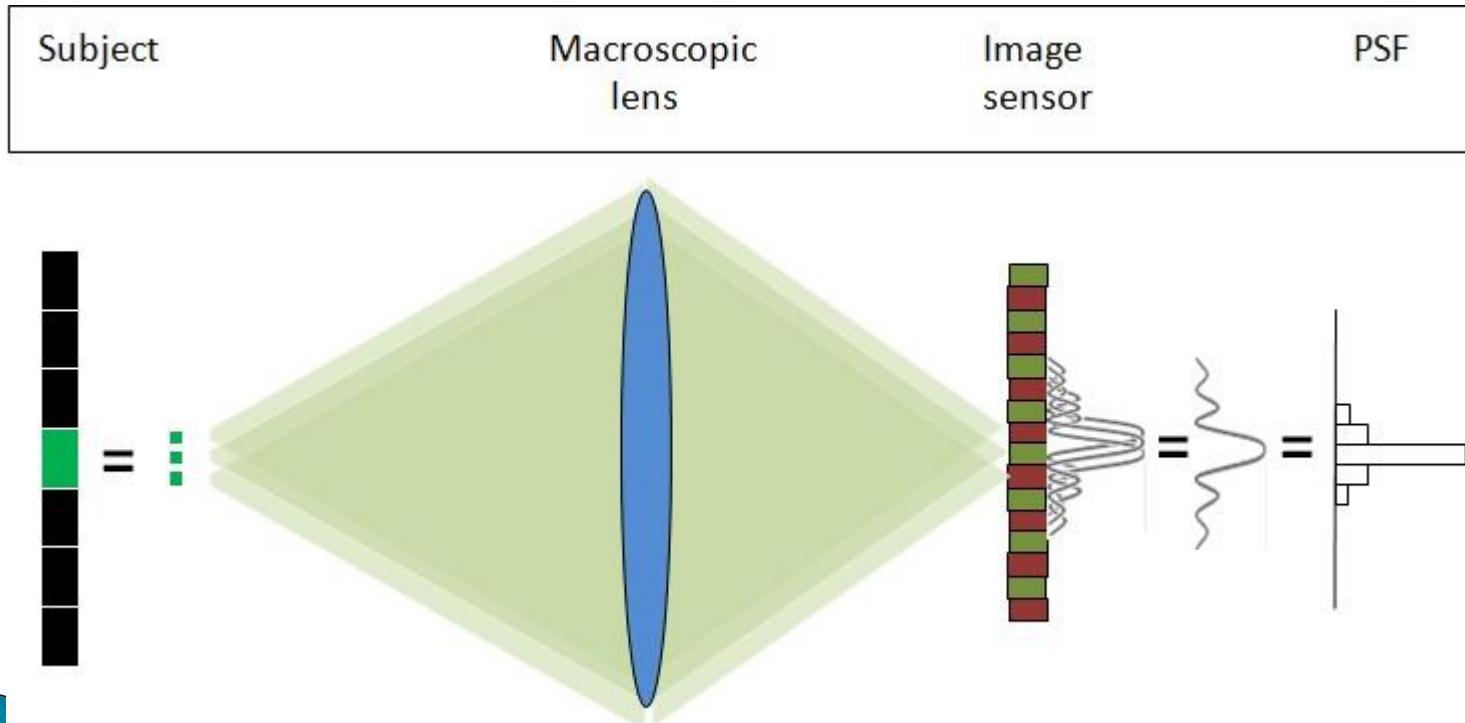
- دوربین‌های سوراخ ریز (pinhole camera):
- اما از آنجا که ریز بودن سوراخ جعبه باعث می‌شد نور کمتری وارد جعبه دوربین بشود؛ خروجی این سیستم عکسبرداری یک عکس با کنترast پایین بود.
- برای حل این مشکل استفاده از لنز با دریچه بزرگتر پیشنهاد شد. به عبارتی با یک سوراخ بزرگتر نور بیشتری وارد جعبه می‌کردند و برای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

مرواری بر پارامترهای 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 متأثر از حجمی از پرتوها در زوایای مختلف و حتی پرتوهای همسایه است! البته اگر PSF دوربین نقطه‌ای باشد، پرتوهای همسایه بر پرتو اصلی متأثر نخواهند بود.
- هرچقدر عدسی کیفیت بالایی داشته باشد، اثر پرتوهای همسایه را بر پیکسل‌های منحصر بفرد کاهش می‌دهد.

مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

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



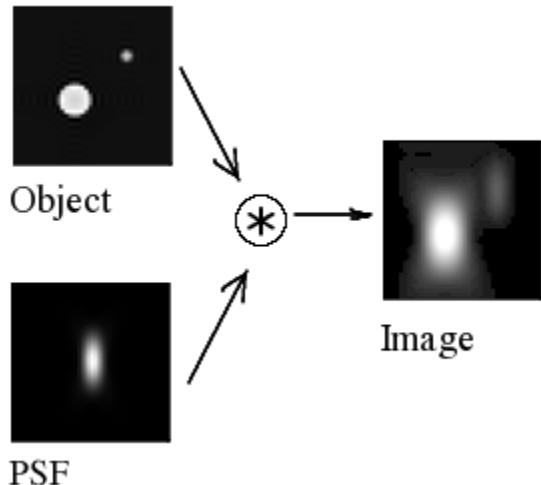
مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

• : (Point Spread Function) PSF

- PSF یا تابع تاری نقطه: تابعی است که تعیین می‌کند مساحت پرتوهای متتمرکز 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 پارامترهای 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 پارامترهای 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 پارامترهای عکسبرداری

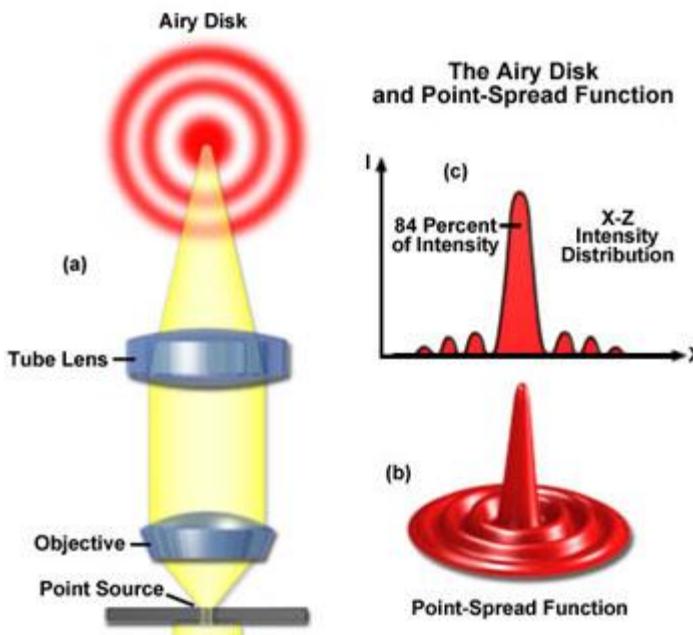
:PSF •

- تابع توزیع گوسی در حالت دو

بعدی:

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

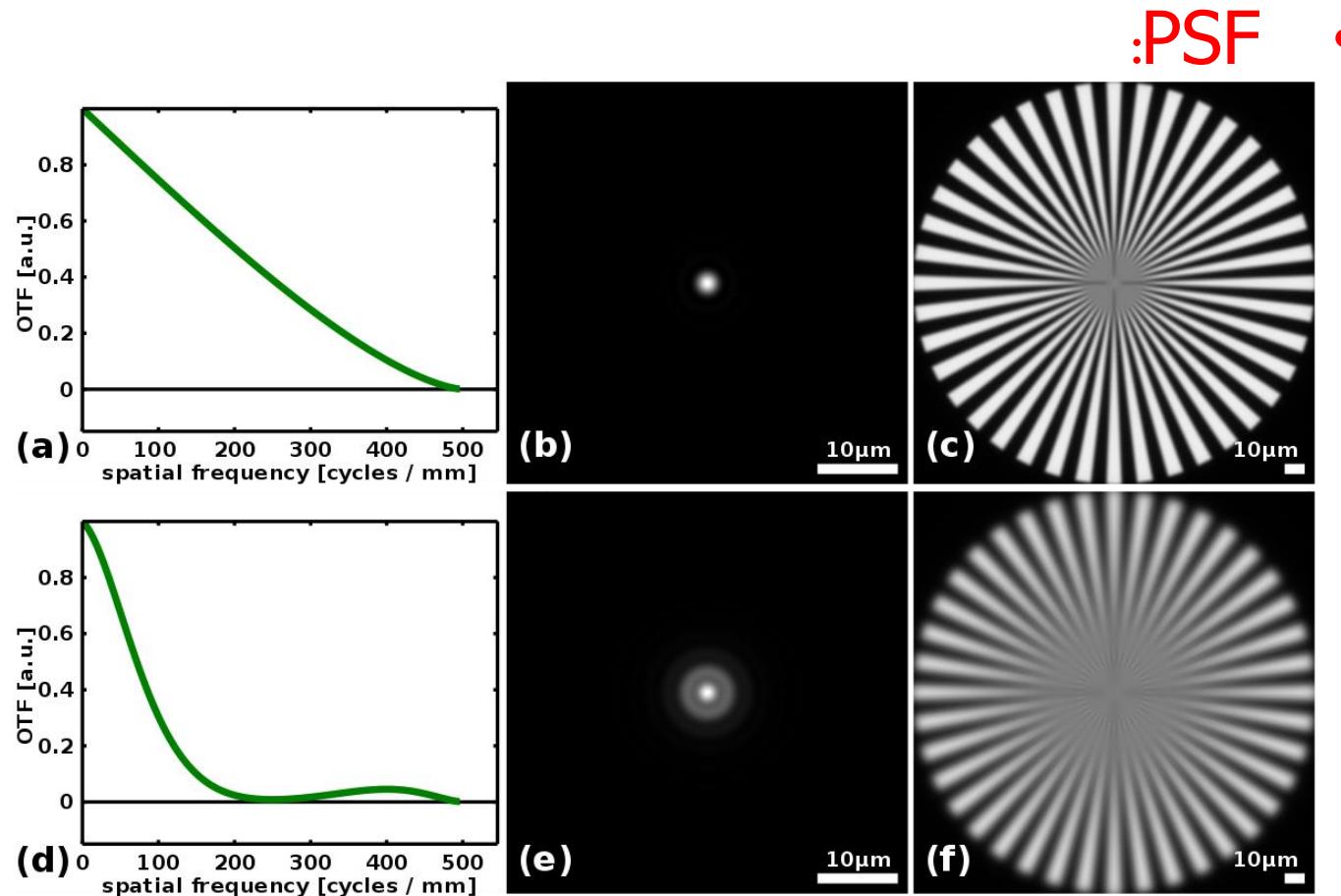
- که در آن σ انحراف معیار و مبدأ (یا میانگین) آن صفر فرض شده است.



مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

- 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 ابهام است.
- در تصویر خروجی از این صفحات هر چقدر قطر دایره کوچکتر میزان تاری کمتر خواهد بود.

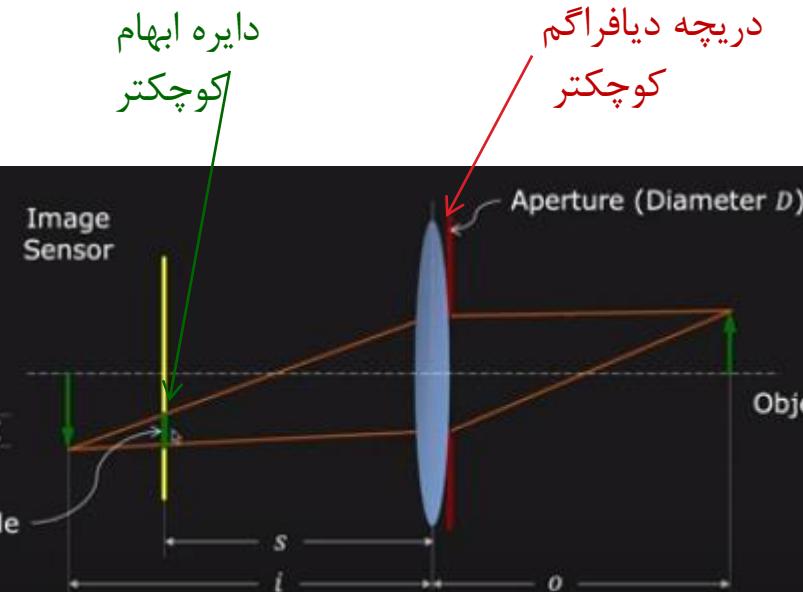
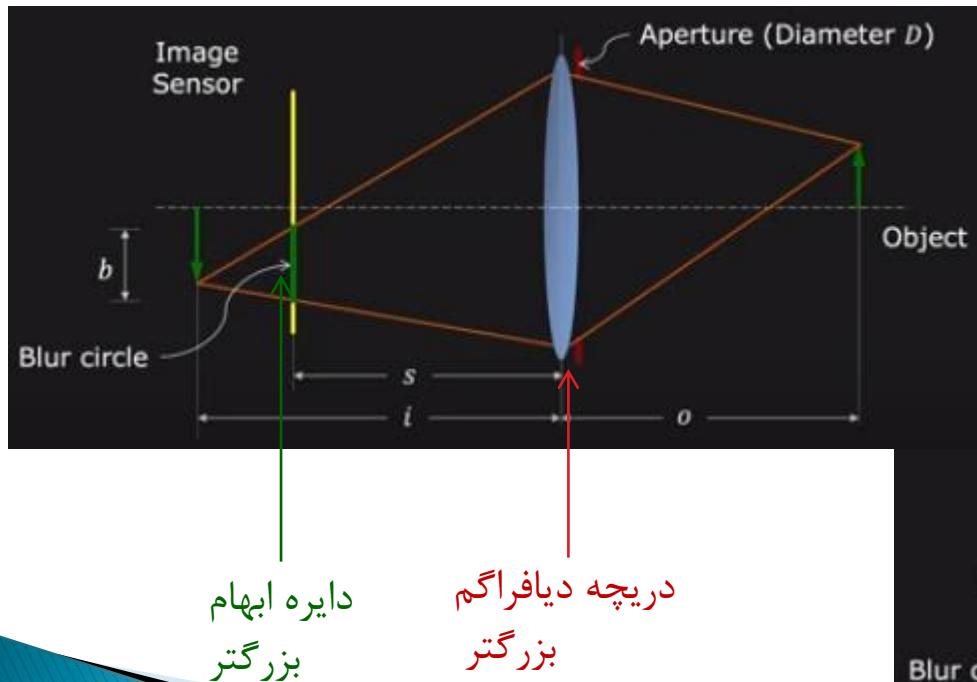
مرواری بر پارامترهای عکسبرداری



مرواری بر پارامترهای عکسبرداری

- چند نکته در مورد PSF:

- با کاهش قطر دریچه دیافراگم قطر دایره PSF کاهش خواهد یافت.



مرواری بر پارامترهای 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 پارامترهای 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 با توجه به عمق میزان تاری آن دوربین را کاهش داد و یک تصویر با لبه‌های بارزتر تولید کرد.

- همان کاری که اپل ۱۲ پرموکس و بعضی شرکت‌های دیگر در دوربین‌های موبایل‌شان انجام دادند.



مرواری بر پارامترهای 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 تشكیل و مشاهده تصویر در بی‌نهایت

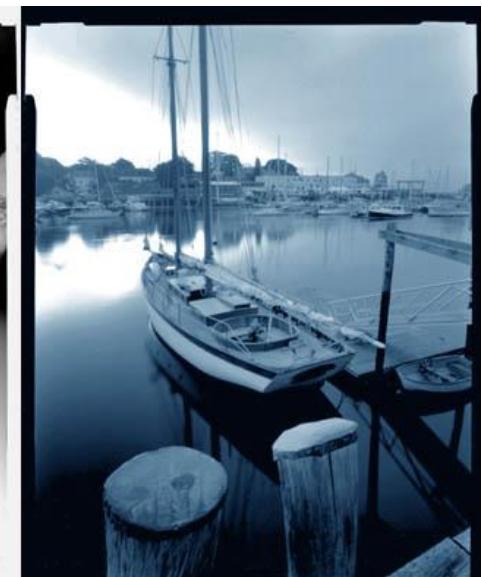
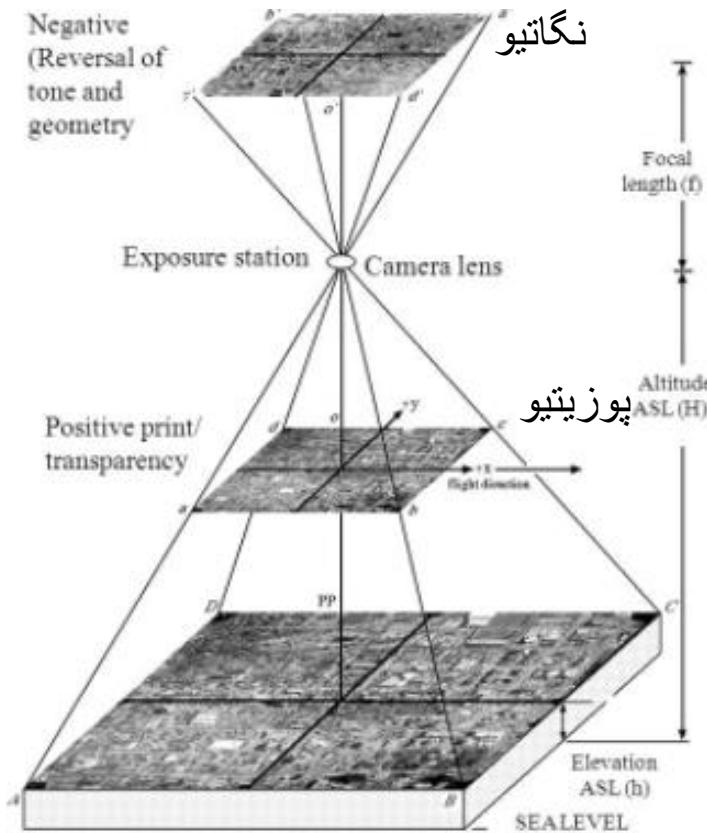
گزینه سوم صحیح است

مروری بر اصطلاحات

اصطلاحات

- نگاتیو:
 - تصویر مرکزی عوارض روی سطح زمین یا اشیاء بر روی یک صفحه مسطح حساس به تابش انرژی الکترومغناطیس را نگاتیو گویند.
 - در نگاتیو صفحه تصویر و سطح شی در طرفین مرکز تصویر قرار دارند.
- پوزیتیو:
 - تصویر چاپ شده نگاتیو بر روی یک صفحه شفاف را پوزیتیو گویند. برخلاف نگاتیو در حالت پوزیتیو صفحه تصویر و سطح شی در یک طرف مرکز تصویر قرار دارند.

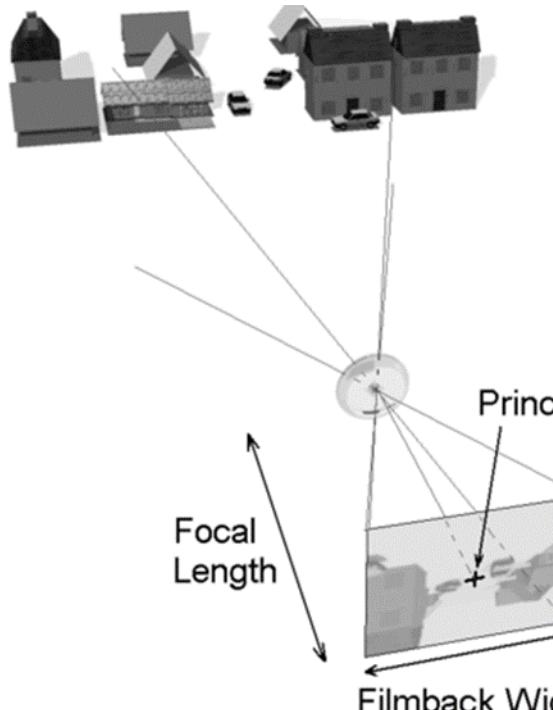
اصطلاحات



اصطلاحات

مرکز عدسی دوربین:

نقطه ای که تمام اشعه ها از آن عبور کرده و به صفحه تصویر می رسند.



محور اپتیکی / نوری دوربین:

اگر از مرکز عدسی دوربین خطی را عمود بر صفحه تصویر رسم کنیم، به آن محور اپتیکی یا نوری دوربین گفته می شود.

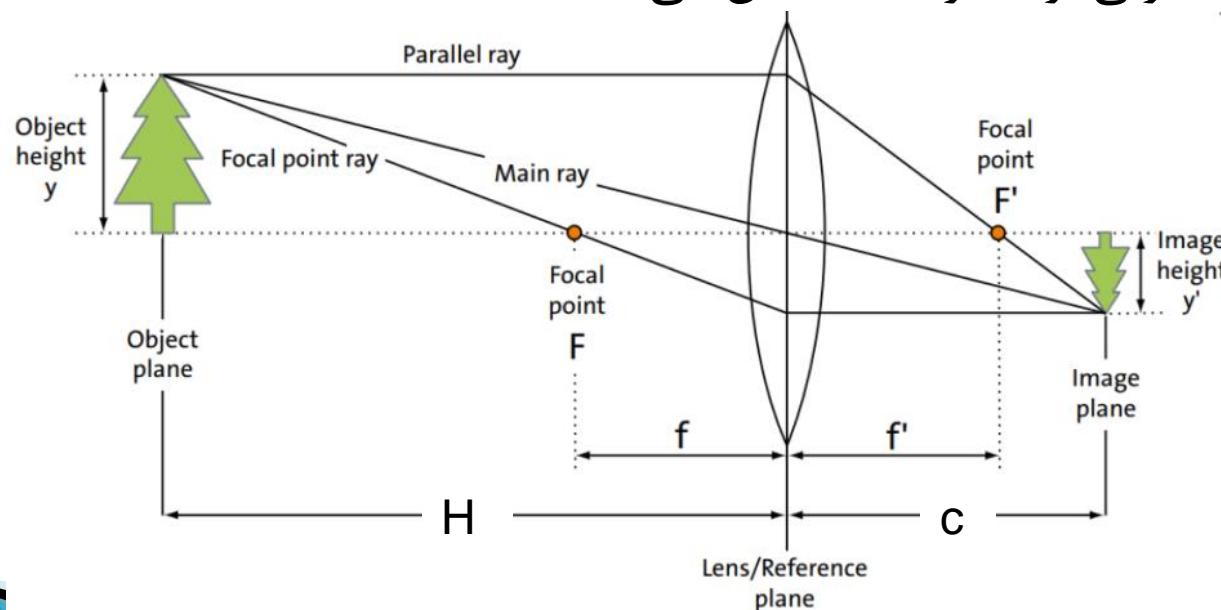
نقطه اصلی عکسی (P.P):

محور اپتیکی، عکس را در نقطه ای قطع می کند که به آن نقطه اصلی (Principal point) می گویند.

اصطلاحات

فاصله اصلی: فاصله مرکز عدسی دوربین تا سطح پوزیتیو را فاصله اصلی گویند و با C نمایش می‌دهند.

فاصله کانونی: فاصله مرکز عدسی دوربین (مرکز تصویر) تا صفحه فیلم را فاصله کانونی گویند و با f نمایش می‌دهند.

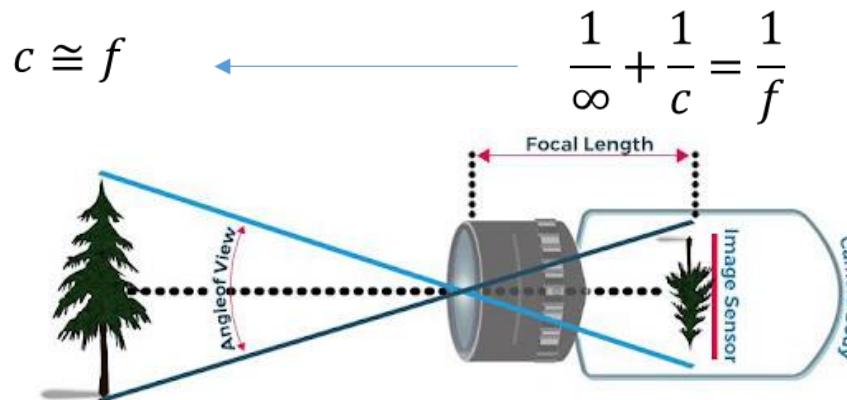


اصطلاحات

- اگر فاصله شی از عدسی را H و فاصله نگاتیو از عدسی را C و فاصله کانونی را f فرض کنیم، فرمول عدسی بصورت زیر خواهد بود:

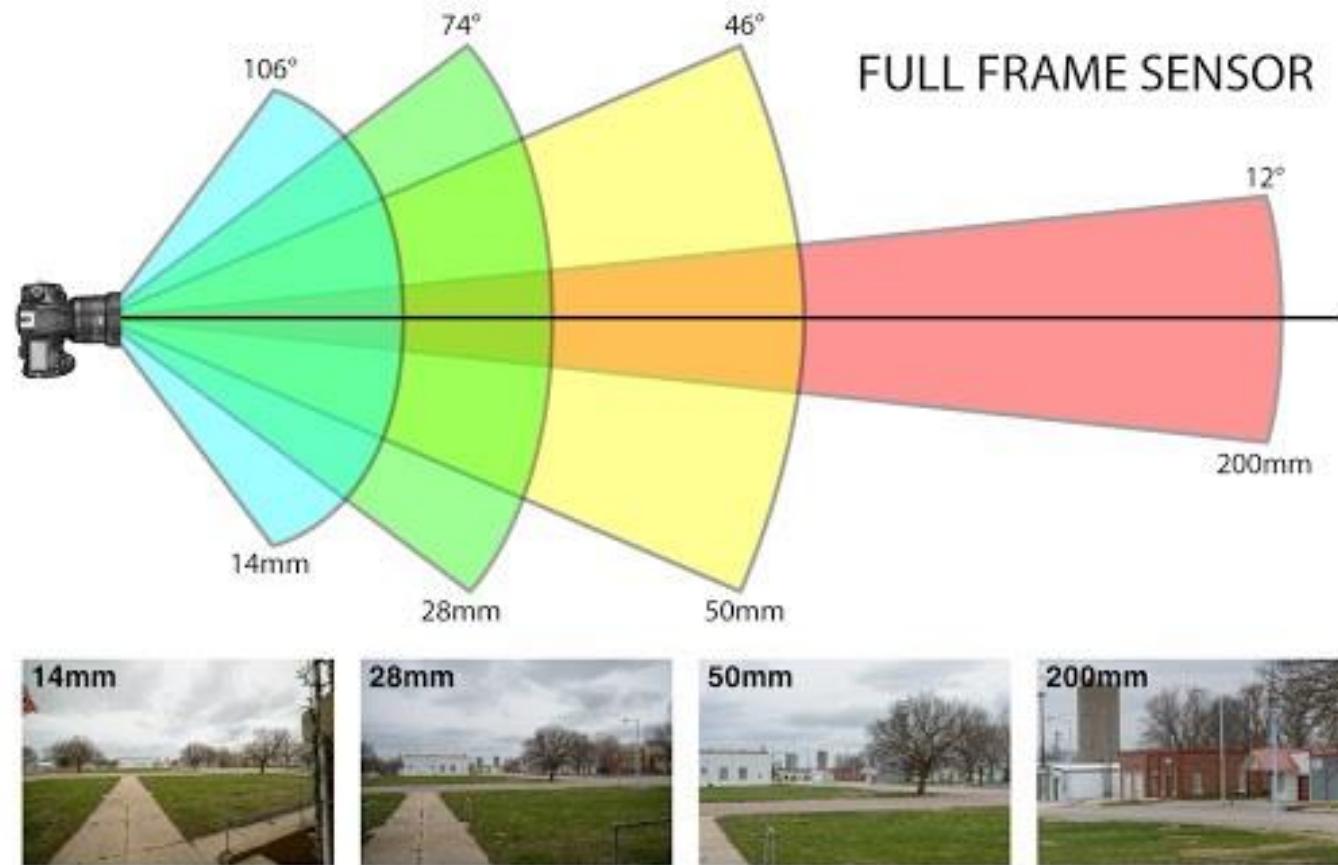
$$\frac{1}{H} + \frac{1}{c} = \frac{1}{f}$$

- در فتوگرامتری H عددی بسیار بزرگ (تقریباً ∞) در مقایسه با C و f می‌باشد



اصطلاحات

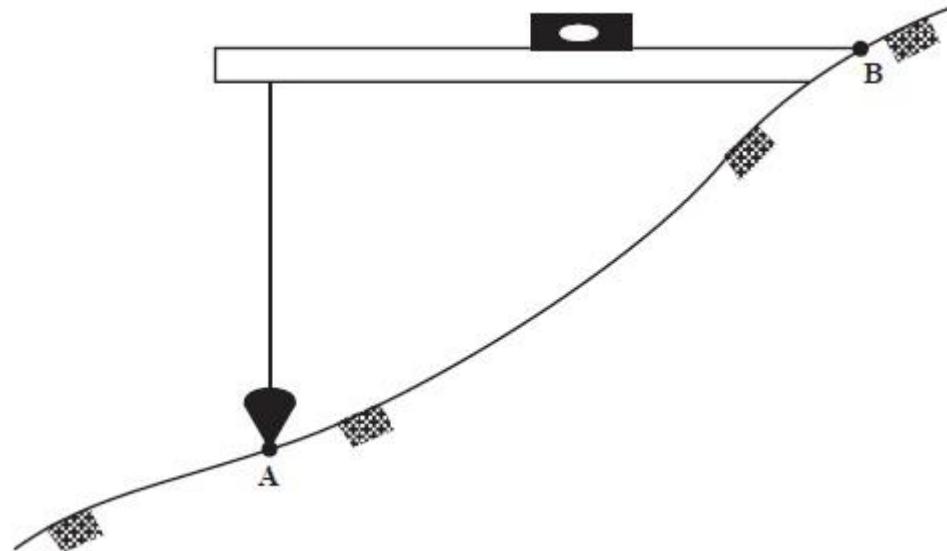
فاسله کانونی:



اصطلاحات

شاغول:

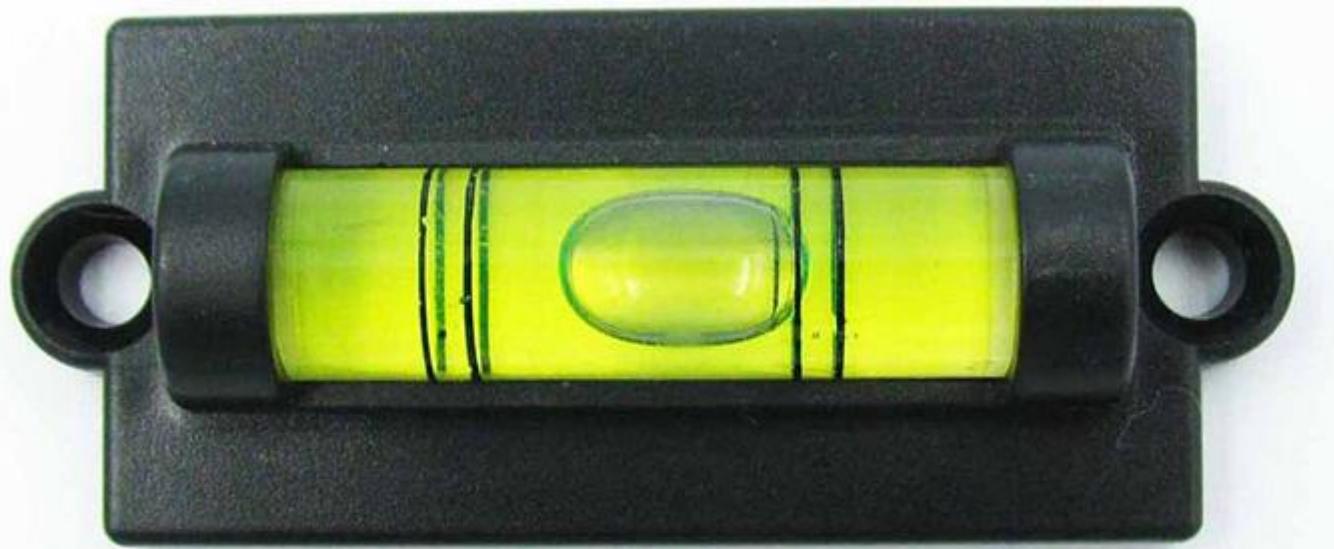
شاغول وسیله‌ای است که طنابش عمود بر زمین هموار است. (عمود بر سطح تراز است)



اصطلاحات

تراز بنایی:

تراز بنایی وسیله‌ای است که هموار بودن سطح زمین با آن تعیین می‌شود.

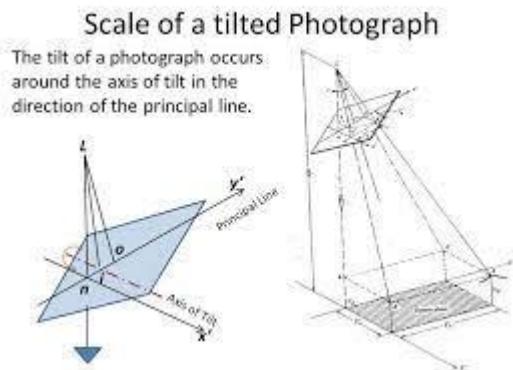


اصطلاحات

محور شاغولی:

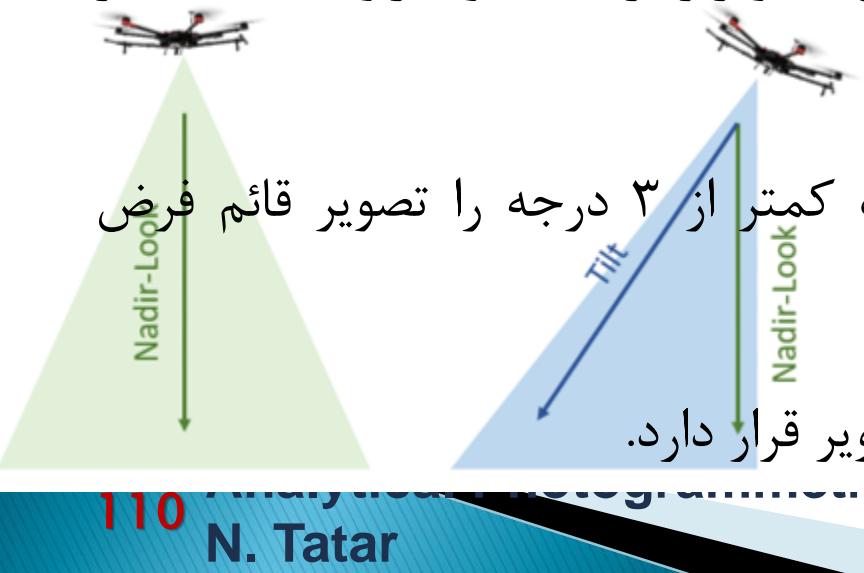
اگر از مرکز تصویر خطی در امتداد شاغولی رسم شود، تصویر را در نقطه ای به نام نقطه نادیر (n) قطع خواهد کرد، که به آن محور شاغولی گفته می‌شود.

تصویر این نقطه را روی سطح زمین نقطه شاغولی زمینی (N) گویند.



اصطلاحات

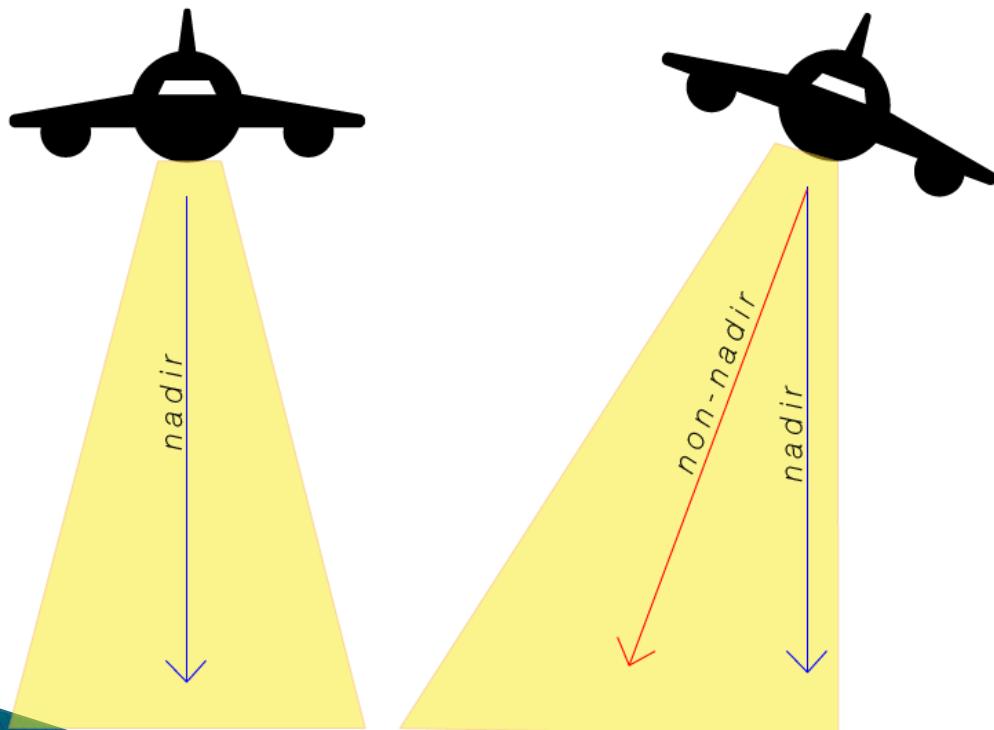
- زاویه تیلت:
- زاویه بین محور شاغولی و محور اپتیکی را گویند. در صورتی که این دو برهم منطبق باشند، تصویر ما قائم است. در غیر این صورت تصویر مایل / خیلی مایل را خواهیم داشت.
- به دلیل تکان‌های پرنده در زمان تصویربرداری معمولاً زاویه تیلت صفر نیست.
- تصاویر گرفته شده با زاویه تیلت کمتر از ۳ درجه را تصویر قائم فرض می‌کنند.
- راس زاویه تیلت بر روی مرکز تصویر قرار دارد.



اصطلاحات



زاویه تیلت:



تصویر بدون تیلت

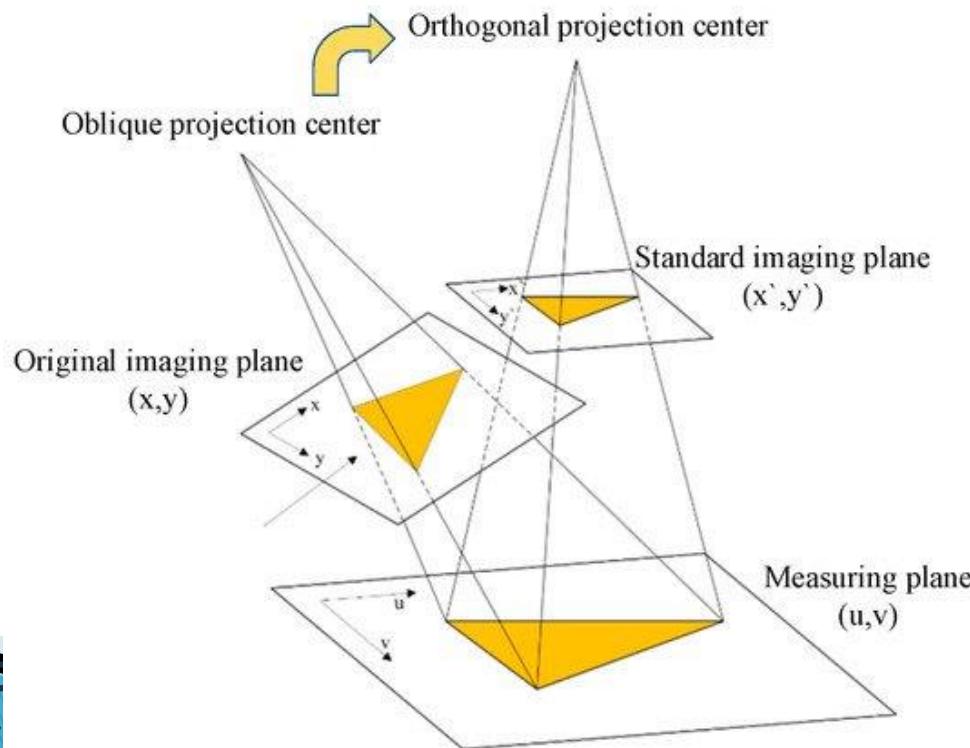


تصویر تیلت دار

اصطلاحات

مرکز عدسی / مرکز تصویر:

(Projection Center) محل برخورد محور اپتیکی و شاغولی را مرکز تصویر (Projection Center) می‌گویند. معمولاً آن را به صورت P.C نمایش می‌دهند.



اصطلاحات

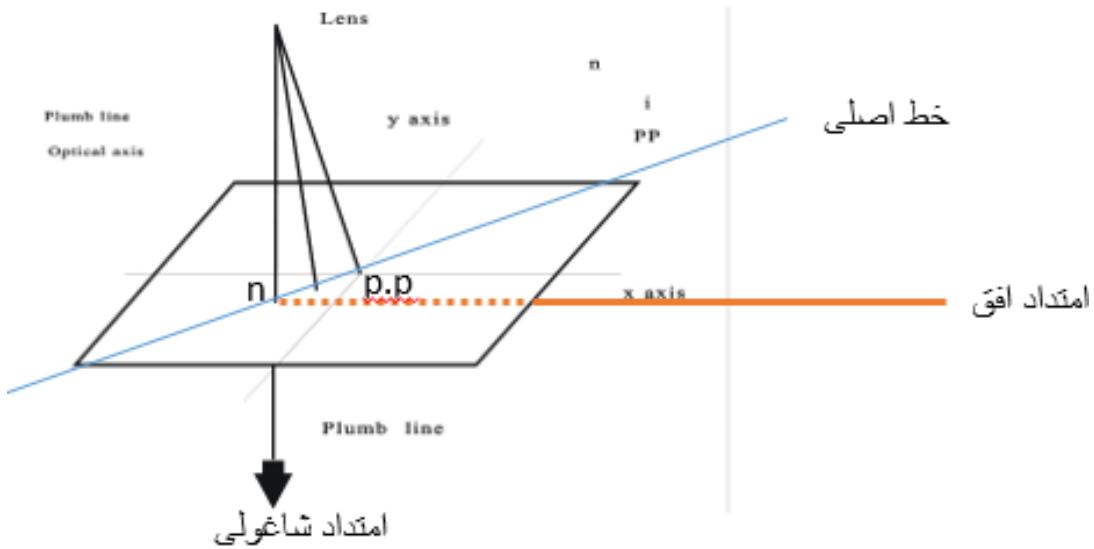
محور ایزوستر:

اگر از مرکز تصویر نمیساز زاویه تیلت را رسم کنیم، صفحه تصویر را در نقطه ایزوستر / همبار / هم مرکز عکسی (i) قطع می‌کند. همچنین این امتداد از مرکز تصویر تا نقطه همبار را محور ایزوستر می‌نامند. سه نقطه $p.p$, $n.n$ و $i.i$ در فتوگرامتری از اهمیت زیادی برخوردار هستند.

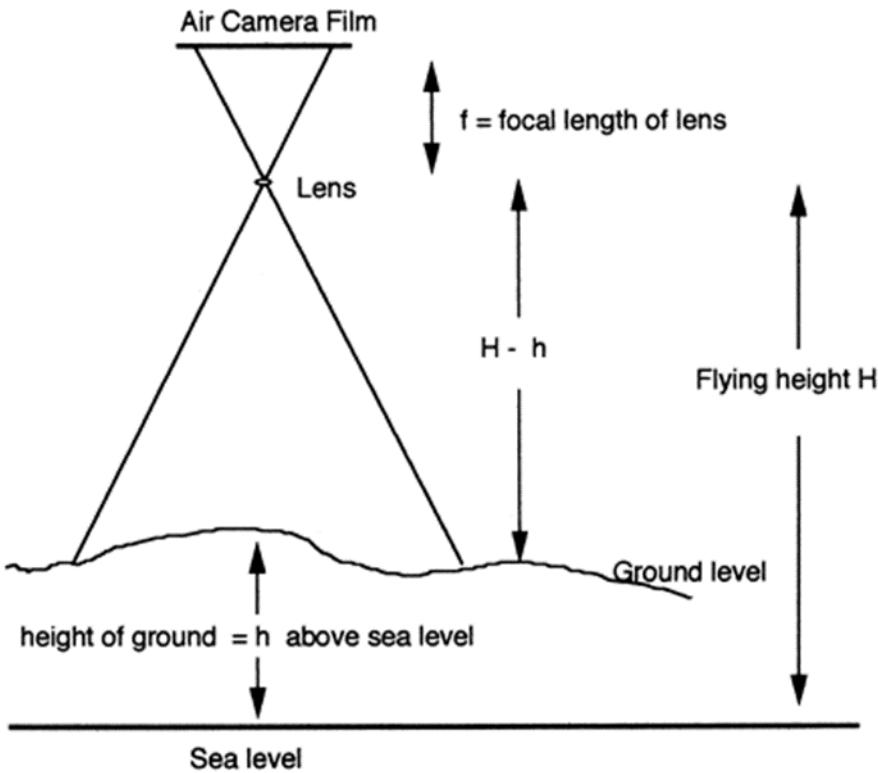
اصطلاحات

خط اصلی:

اگر در صفحه عکس (یا تصویر) دو نقطه $p.p$ و n را به همدیگر وصل کنیم به آن خط اصلی گفته می شود. جهت ماکزیمم تیلت روی تصویر را نشان می دهد.



اصطلاحات



صفحه اصلی:

صفحه ای که از خط اصلی و مرکز تصویر میگذرد.

ارتفاع پرواز:

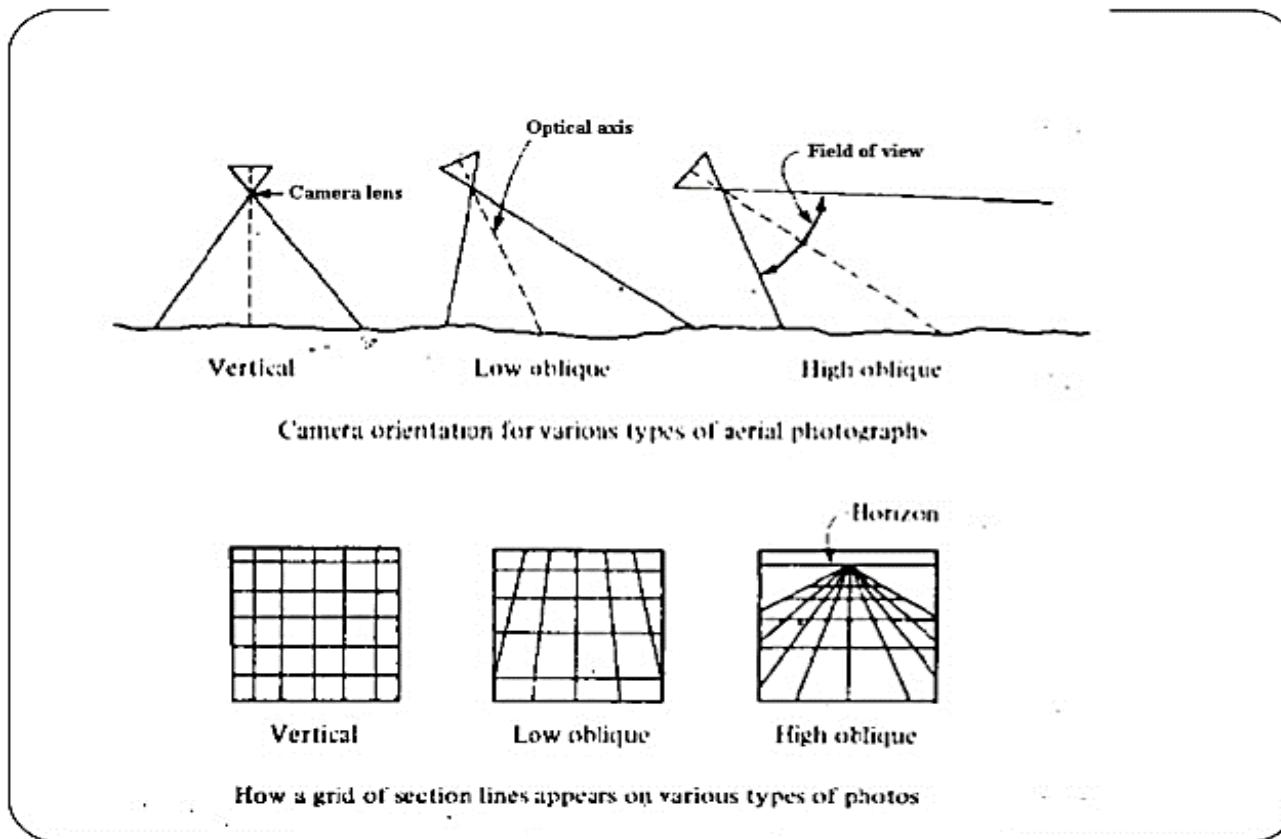
فاصله مرکز تصویر تا صفحه افقی مبنای ارتفاعات را گویند.

نکته:

"ارتفاع پرواز از منطقه" از تفاضل ارتفاع پرواز از ارتفاع متوسط منطقه تصویر برداری بدست می آید.

اصطلاحات

انواع عکس از نظر زاویه تیلت:



اصطلاحات

انواع عکس از نظر زاویه تیلت:



عکس قائم کمترین اختلاف را با نقشه داشته و کمترین پوشش زمینی را دارد.



عکس مایل

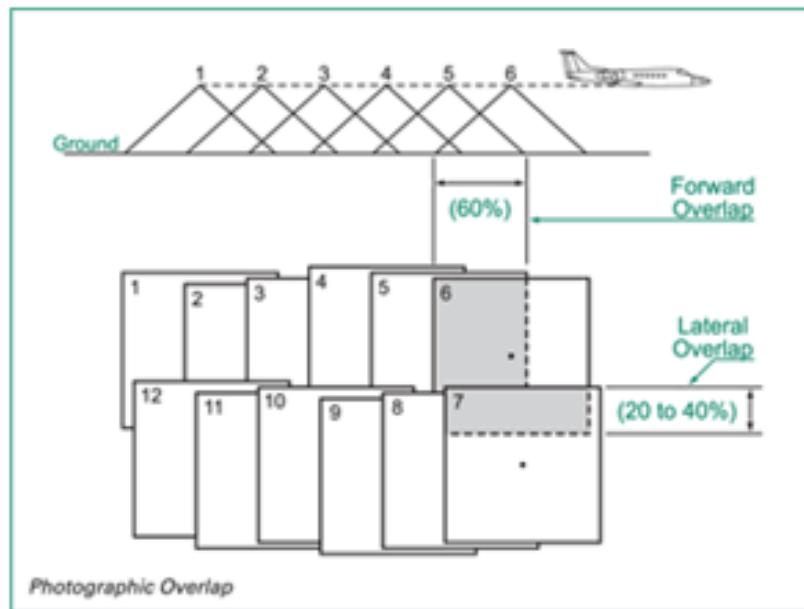


عکس خیلی مایل بیشترین اختلاف را با نقشه داشته و بیشترین پوشش زمینی را دارد.

اصطلاحات

خط / رن / باند پرواز

مسیری تقریباً مستقیم (گاها غیر مستقیم) که هواپیما در امتداد آن حرکت نموده و اقدام به اخذ تصویر به صورت پی در پی می‌شود.



بلوک فتوگرامتری:

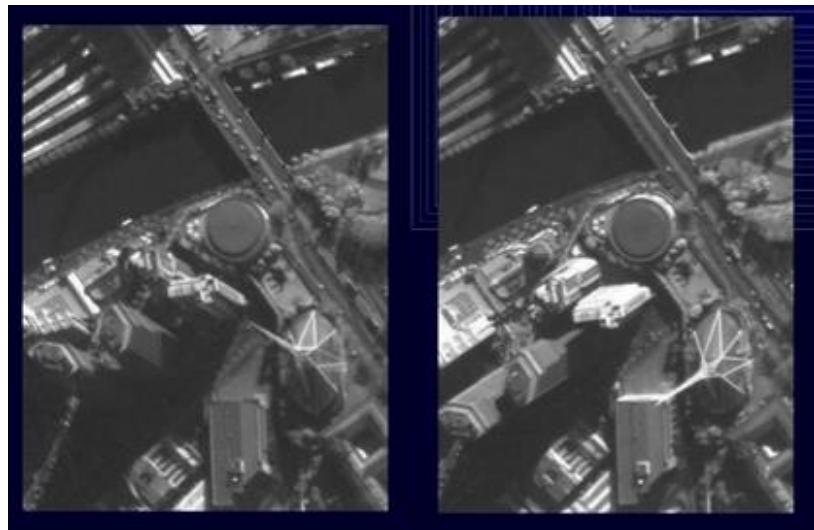
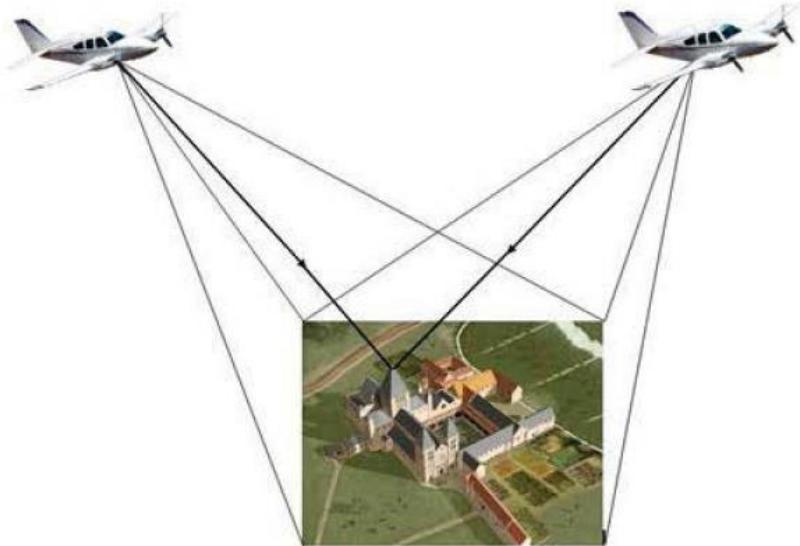
مجموعه چندین تصویر فتوگرامتری حاصل از باندهای مختلف پرواز را گویند.

اصطلاحات

زوج تصویر (عکس):

دو تصویر متوالی در یک باند پرواز را زوج عکس هوایی گوییم

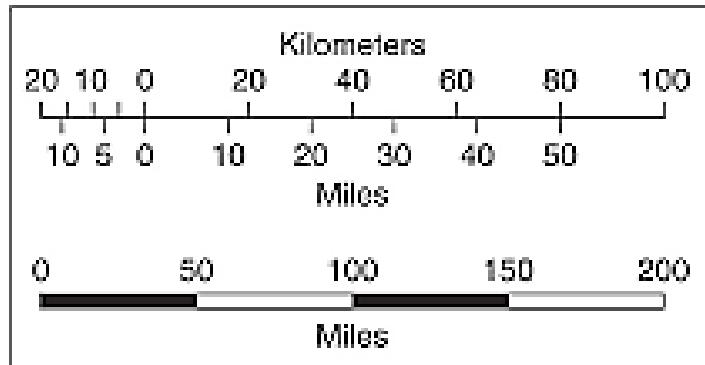
مدل: قسمت مشترک زوج عکس هوایی را که می توان به صورت سه بعدی دید را مدل زوج عکس گویند



اصطلاحات

مقیاس تصویر:

نسبت یک طول بر روی تصویر به معادل دقیق همان طول بر روی زمین را مقیاس تصویر گویند.



(b)

$\frac{1}{62,500}$ 1:62,500

نکته: برای یک تصویر مقیاس معمولاً ثابت نیست.

نکته: عوامل تغییر دهنده مقیاس تیلت و جابجایی ناشی از اختلاف می باشند.

مقیاس نقطه i از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$S_a = \frac{f}{H - h_a}$$

که در آن f فاصله کانونی و H ارتفاع پرواز و h_a ارتفاع نقطه a

اصطلاحات



Fiducial Marks in Metric Camera



Analytical Photogrammetry- Introduction
Jundi Shapur

• علائم کناری (فیدوشال مارک ها):

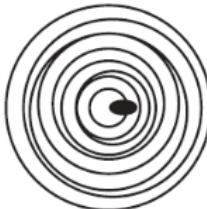
- در کناره های عکسی علائمی به شکل دایره با یک نقطه مرکزی و یا دایره با علامت + موجود است که به آنها فیدوشال مارک گفته می شود.
- معمولاً به تعداد ۴ - ۸ تا از آنها در تصاویر هوایی موجود هستند که برای موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

 - ۱- تعیین مرکز عکس
 - ۲- انجام توجیه داخلی
 - ۳- برای پالایش عکس
 - (حذف خطاهای سیستماتیک)

اصطلاحات

حباب تراز:

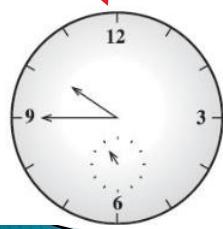
وضعیت افقی بودن دوربین عکس برداری را در لحظه اخذ تصویر نشان می دهد. در صورتی که حباب در مرکز دایره قرار نگیرد، عکس تیلت دار خواهد بود.



اصطلاحات

• ساعت:

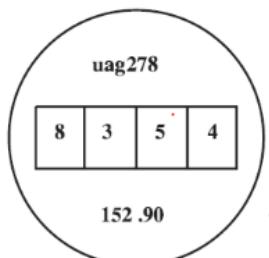
- معمولاً در کنار عکس ساعتی وجود دارد که نشان دهنده زمان اخذ تصویر است. از آن در تحلیل سایه‌ها استفاده می‌شود. مثلاً یک تیر برق از بالا به صورت یک نقطه در تصویر ظاهر می‌شود که تنها از طریق سایه قابل تشخیص خواهد بود.



اصطلاحات

اطلاعات دوربین:

اطلاعاتی که به صورت خودکار در کنار عکس برای استفاده های آینده ثبت می شود: ارتفاع پرواز، فاصله کانونی، شماره عکس، شماره طرح، شماره سریال دوربین، اسم دوربین، فاصله کانونی دوربین و برخی اطلاعات دیگر.



مشخصات دوربین
شماره کنتور فیلم
فاصله کانونی

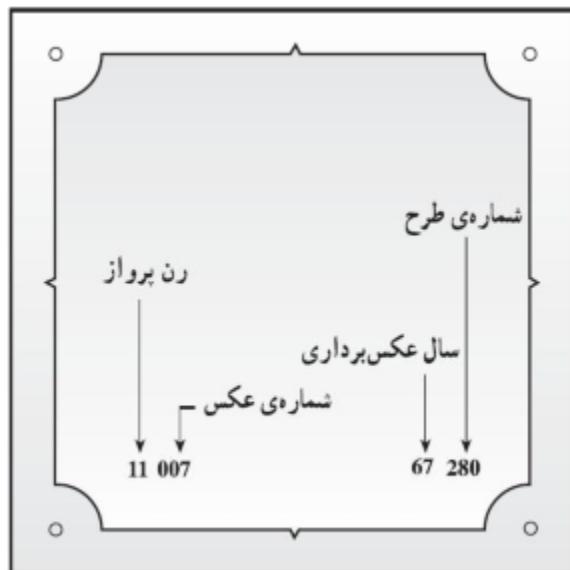
C313200 شماره سریال
RC20 اسم دوربین
152.4 فاصله کانونی دوربین

اصطلاحات

اعداد و ارقام بر روی عکس:

معمولًا چهار عدد بر روی عکس ثبت می‌شود که از اهمیت زیادی برخوردار هستند:

- الف) شماره طرح
- ب) سال عکسبرداری
- ج) شماره عکس
- د) شماره رن پرواز



این اطلاعات برای ساخت موزاییک عکسی، اندکس عکس و . . . مورد استفاده خواهند بود.

اصطلاحات

ایستگاه عکسبرداری:

محل اخذ تصویر را ایستگاه عکسبرداری گویند و زمانی را که دریچه دوربین باز شده و تصویر برداری انجام می گیرد، لحظه عکسبرداری گویند.

انواع باز:

باز عکسی: فاصله بین مرکز عکس دو تصویر متوالی بر روی یک عکس را شامل می شود

باز چشمی: فاصله بین دو مردمک چشم را گویند.

باز هوایی: فاصله بین دو ایستگاه عکسبرداری در حین پرواز
 باز دستگاهی / مدلی: فاصله بین دو مرکز تصویر در دستگاه تبدیل را باز مدل گویند.

اصطلاحات

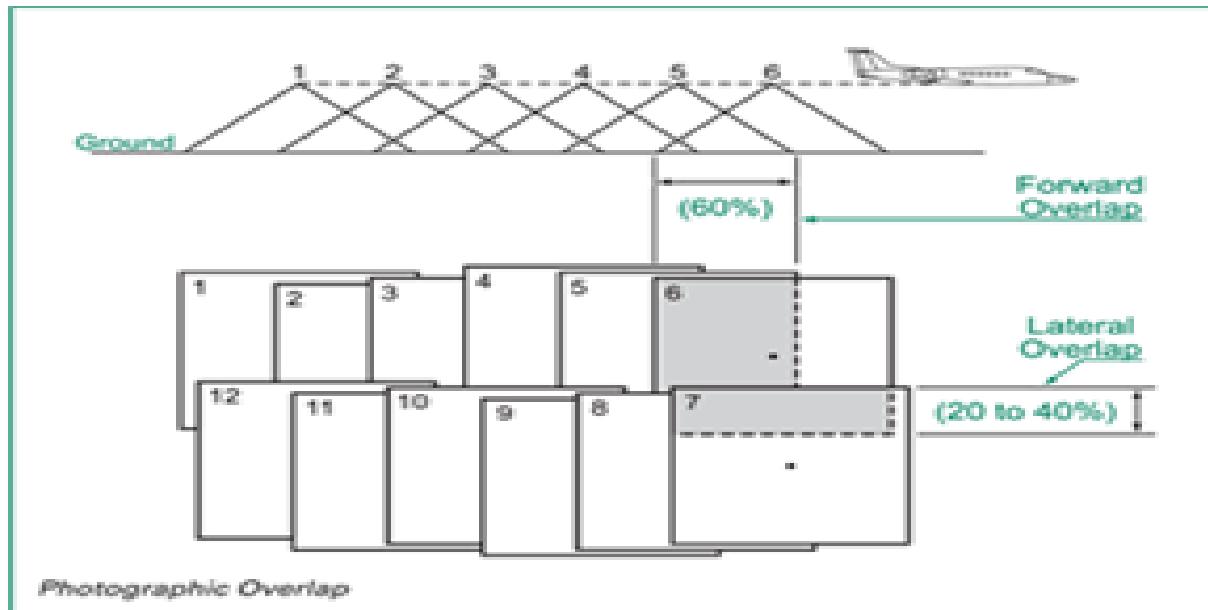
پوشش طولی و عرضی:

- در موقع عکسبرداری هوایی، تصاویر به گونه ای اخذ می شوند که در مسیر عکسبرداری هر عکس با عکس قبلی خود حدود ۶۰ درصد پوشش داشته باشد که به آن پوشش طولی ($L\%$) گویند.
- در عکسبرداری هوایی پوششی حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد بین نوارهای پرواز وجود دارد که به آن پوشش عرضی ($Q\%$) گفته می شود.
- معمولا از پوشش طولی برای امکان اندازه گیری ارتفاع از زوج تصویر استفاده می شود.

اصطلاحات

پوشش طولی و عرضی:

- پوشش عرضی برای اطمینان از عکسبرداری کل منطقه و نبود گپ بین باندهای پرواز و همچنین در مثلث بندی هوایی کاربرد خواهد داشت.



تمرین شماره ۱

- تحقیق کنید در فتوگرامتری پهپاد میزان پوشش طولی و عرضی معمولاً چند درصد در نظر گرفته می شود؟ چرا؟
- نتیجه را به صورت خلاصه تا هفته آینده به آدرس noorollah.tatar@gmail.com با موضوع "تمرین شماره ۱ درس فتوگرامتری تحلیلی" ایمیل کنید.

سوال؟