



**Jundi Shapur**

**University of Technology-Dezful**

**مبانی فتوگرامتری**  
**فصل هفتم: توان تفکیک و دقت**

**Nurollah Tatar**  
**Fundamental of Photogrammetry**  
**Semester 2021**

# فهرست مطالب



- پیکسل چیست؟
- ابعاد پیکسل
- توان تفکیک
- انواع توان تفکیک
- دقت
- کیفیت تصویر

PIXEL

# پیکسل چیست؟

- از نظر تعریف تحت اللفظی، کلمه پیکسل مخفف جزئی تصویر (picture element) است.
- در تعریف معنایی، به کوچک‌ترین جزء ساختاری یک تصویر دیجیتال پیکسل می‌گویند.
- موقعیت هر پیکسل با شماره سطر و ستون ( $X, Y$ ) و مقدار آن به درجه کوانتیزاسیون وابسته است.

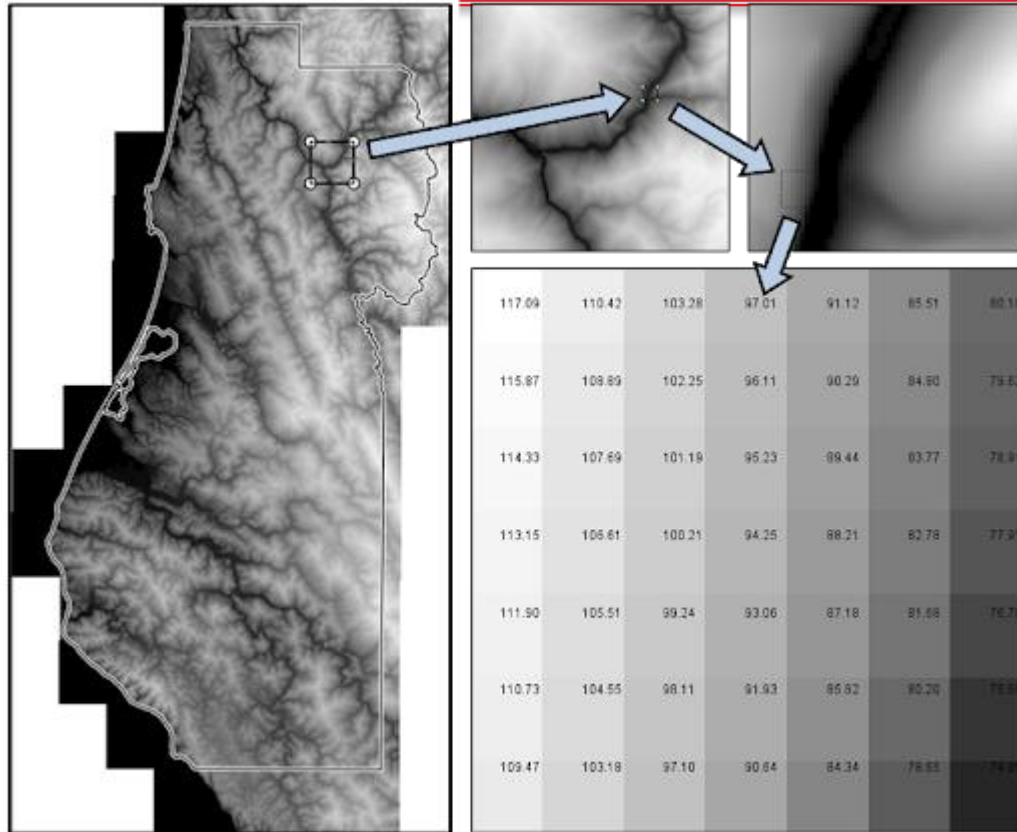
# پیکسل چیست؟

- مقادیر هر پیکسل لزوما شامل اطلاعات مرئی نیستند.
- بسته به نوع تصویر، مقادیر هر پیکسل متفاوتند.

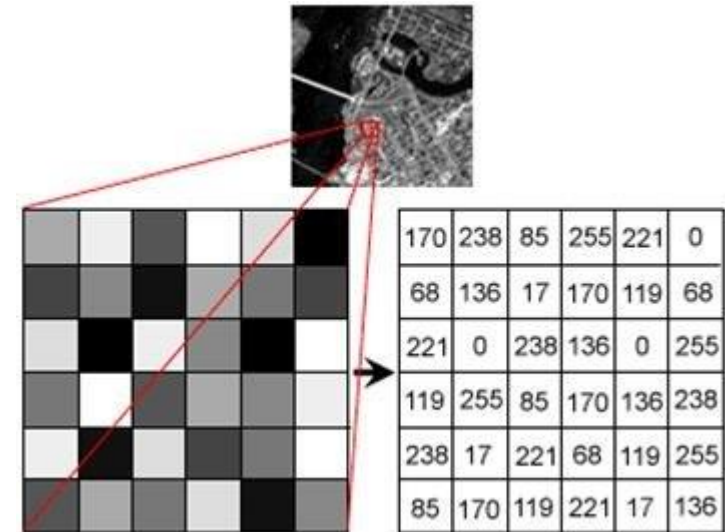
## تصویر      نوع داده

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| • مرئی / طیفی   | • عدد صحیح      |
| • ارتفاعی / عمق | • شناور اعشاری  |
| • راداری / صوتی | • شناور / مختلط |
| • ماسک          | • عدد منطقی     |

# پیکسل چیست؟



- عدد شناور اعشاری  
(قسمت از یک مدل رقومی ارتفاعی)



- عدد صحیح مثبت  
(قسمتی از یک تصویر)

# ابعاد پیکسل



- در فتوگرامتری منظور از ابعاد پیکسل، یا ابعاد فیزیکی هر پیکسل بر روی صفحه اصلی است یا معادل آن بر روی زمین.
- به ابعاد پیکسل بر روی زمین GSD (Ground Sample Distance) می گویند.
- ابعاد پیکسل بر روی صفحه اصلی در حد چند میکرون است. به طور مثال  $6 \times 6$  میکرون برای هر پیکسل
- اما GSD بسته به مقیاس تصویربرداری مقداری متفاوت دارد.

# ابعاد پیکسل



- به طور تقریبی GSD از روی عدد مقیاس و ابعاد پیکسل بر روی صفحه اصلی از رابطه زیر به دست می آید.

$$GSD = N \times g$$

- که در آن N عدد مقیاس و g ابعاد پیکسلی خواهند بود.
- به طور مثال اگر با دوربینی با فاصله کانونی ۱۵۰ میلیمتر (با ابعاد پیکسلی ۶ میکرون) و در ارتفاع ۱۵۰۰ متری تصویر

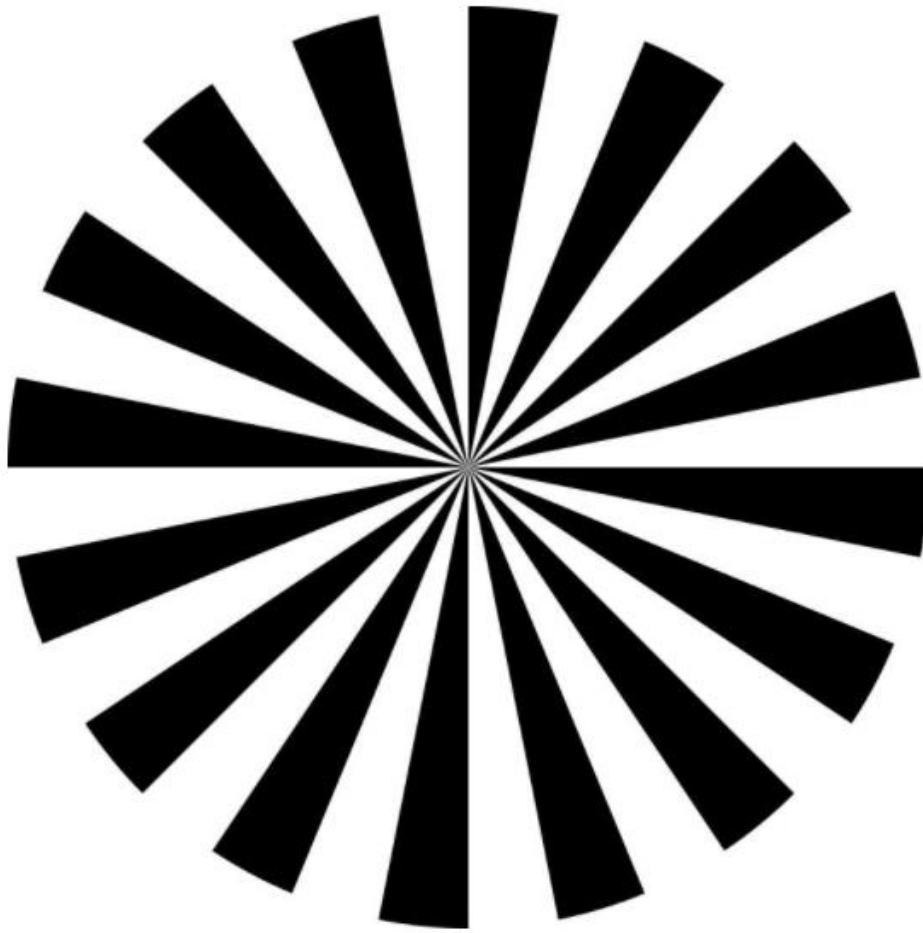
$$GSD = \frac{1500}{0.152} \times 0.000006 = 0.06m \text{ برابر است با:}$$



# ابعاد پیکسل

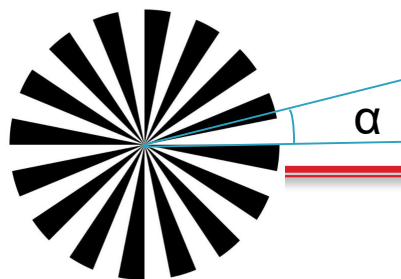


- به مقدار GSD بدست آمده از حاصلضرب عدد مقیاس در ابعاد پیکسل؛ GSD اسمی هم می گویند.
- تحقیقات نشان داده است بسته به شرایط نوری، سرعت پرواز و مواردی از این قبیل بایستی GSD را از روی پارامتر دیگری به نام GRD (Ground Resolved Distance) بدست آورد.
- GRD در واقع بیانگر وضوح تصویر یا قدرت تفکیک واقعی است. حداقل فاصله برای اینکه دو خط، دو خط دیده شود.



- برای محاسبه GRD از یک تارگت دایره‌ای شکل به نام تارگت زیمنس که در اینجا نیز نمایش داده شده است، استفاده می‌شود.

# ابعاد پیکسل



• نحوه محاسبه GRD:

1. تارگت فوق را روی یک بئر ۱ یا ۲ متری (بسته به ارتفاع)

چاپ کرده و بر روی زمین پهن کنید.

2. با پهباد یا هر وسیله‌ی هوایی که دارید از آن عکس بگیرید.

3. مقداری از این تارگت در تصاویر تار دیده می‌شود. شعاع آن

دایره را (R) بر حسب متر اندازه بگیرید.

$$\alpha = \frac{\pi}{n}$$

4. شعاع دایره را در سینوس  $\alpha$  ضرب کنید

• n تعداد قاچ‌های سیاه رنگ است. مثلاً n در تصویر قبل ۱۶ بود.

# ابعاد پیکسل



- مثال: با یک پهپاد از تارگت زیمنس با ابعاد ۲ متر در ۲ متر تصویر برداری شده است. با توجه به GSD ۱۰ سانتی متر این تصویر و نسبت بین شعاع دایره ابهام و ابعاد تارگت، مقدار شعاع دایره ابهام ۶۰ سانتی متر تشخیص داده شد. از آنجا که تعداد قاچ های این تارگت ۲۴ عدد بودند مطلوبست محاسبه

$$\alpha = \frac{\pi}{24} = 15^\circ$$

GRD برای این سنجنده؟

$$GRD = 0.6 \sin 15 \cong 15 \text{ cm}$$

- چند نکته در مورد GSD و GRD:
- در دوربینهای متریک مانند التراکم مقدار GSD تقریبا با مقدار GRD تقریبا برابر است.
- در دوربینهای غیر متریک مثل دوربینهایی که در بسیاری از پهپادها استفاده می شود، GSD از GRD کمتر است!
- برای تهیه نقشه با فتوگرامتری پهپاد مطابق با دستورالعمل سازمان نقشه برداری باید GRD را مبنای کار قرار داد.

# ابعاد پیکسل



- چند نکته در مورد GSD و GRD:
- با افزایش ارتفاع، مقدار GRD و GSD نیز افزایش می‌یابد.
- در تهیه نقشه نبایستی از دوربینی استفاده کرد که GRD آن بیش از دو برابر GSD باشد!
- به طور مثال برای تهیه نقشه ۱:۵۰۰ بایستی از دوربینی (یا به طور عام از پهپادی) استفاده کرد که GRD آن بین ۳ تا ۵ سانتی متر باشد.

# ابعاد پیکسل



- عوارض تا چه ابعادی (برحسب پیکسل) را میتوان تشخیص داد؟
- برای تشخیص عوارض از یک ضریب استفاده می شود که به آن ضریب کل می گویند.
- مثلاً عوارض کوچکتر از ۲.۸ پیکسل در عمل در تصویر قابل تشخیص و شناسایی نیستند.
- البته سطوح مختلف تشخیص داریم که ضریب کل برای آخرین سطح کاربرد دارد.

# ابعاد پیکسل

- ضریب کل وابسته به عوامل مختلفی است:

1. نسبت GRD به GSD یا افت توان تفکیک تصویر (به عنوان مثال کشیدگی یا بزرگ بودن قطر PSF دوربین)
2. کنتراست عارضه با زمینه
3. برجسته بینی معمولا باعث تغییر این ضریب می شود (گاهی کاهش ۳۰٪ این ضریب یعنی ۲.۸ به ۲ پیکسل).
4. آشنایی ذهنی و قبلی مشاهده کننده با عارضه



# Resolution

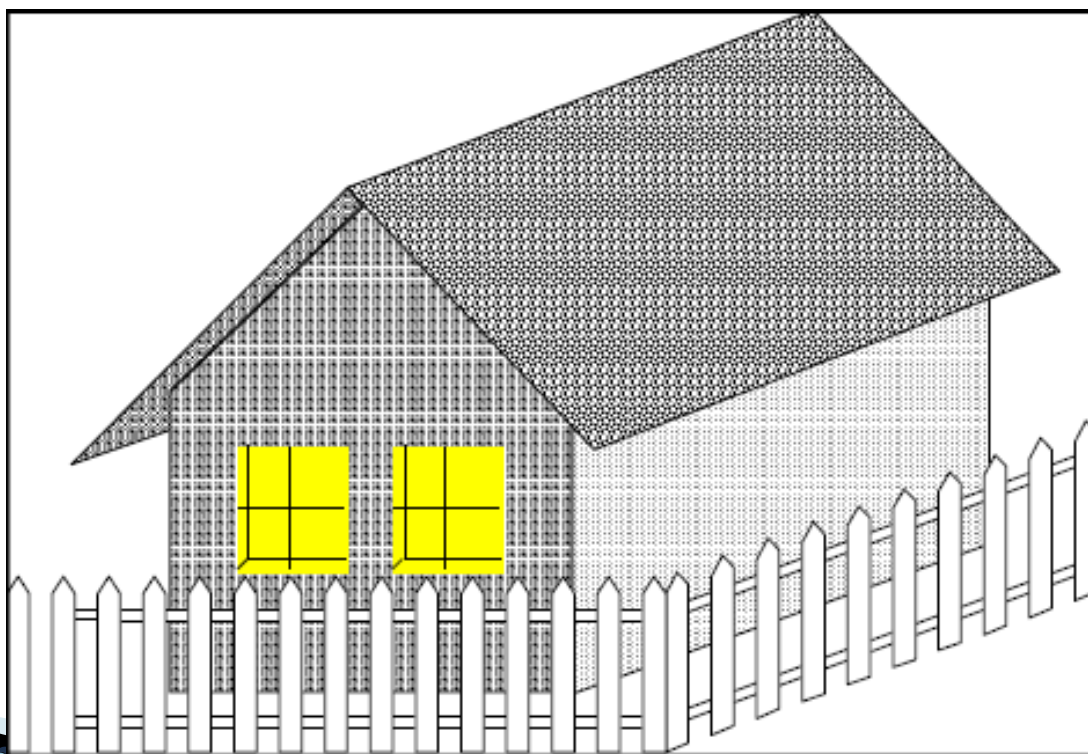
توان تفکیک

# توان تفکیک

- توان تفکیک عبارت است از کوچکترین واحد اندازه گیری.
- به طور مثال چنانچه کوچکترین واحد اندازه گیری یک خط کش یک میلیمتر باشد، توان تفکیک آن خط کش یک میلیمتر است.
- هدف اصلی این بحث: توان تفکیک را نباید با دقت اشتباه گرفت.
- در پردازش تصویر به توان تفکیک‌های مکانی، رادیومتریکی، طیفی و زمانی خواهیم پرداخت.

# توان تفکیک مکانی

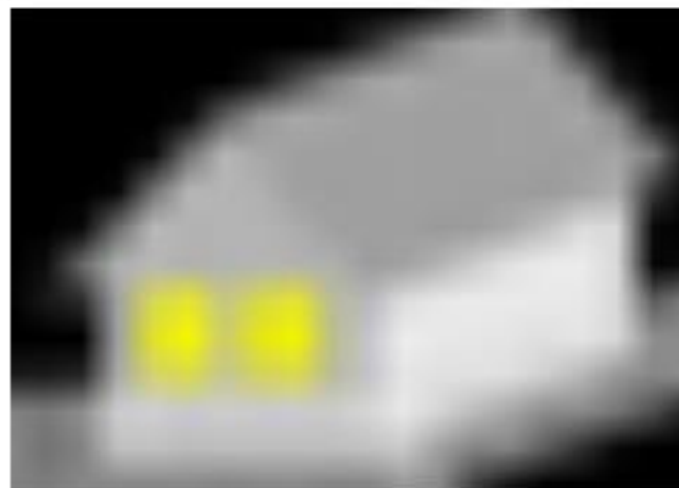
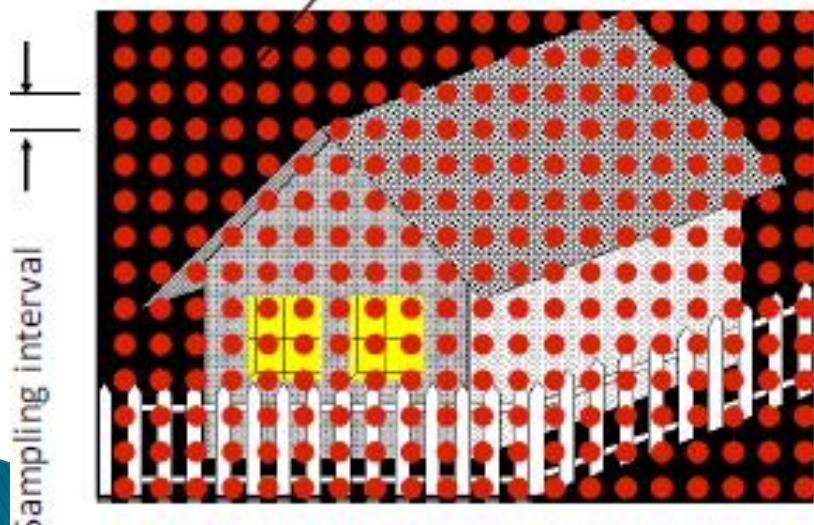
- برای درک بهتر توان تفکیک مکانی، تصویر زیر را براساس یک گرید خیلی متراکم تقسیم کنید.



# توان تفکیک مکانی

- چنانچه تصویر اسلاید ماقبل را در موقعیت‌های قرمز رنگ بازنمونه برداری کنیم یک تصویر با توان تفکیک مکانی پایین خواهیم داشت.

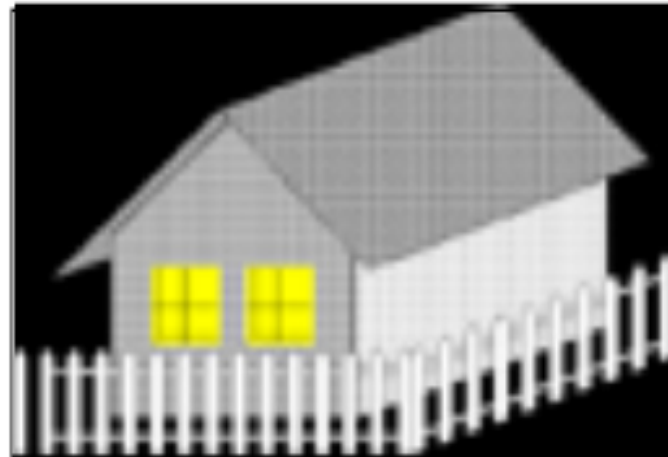
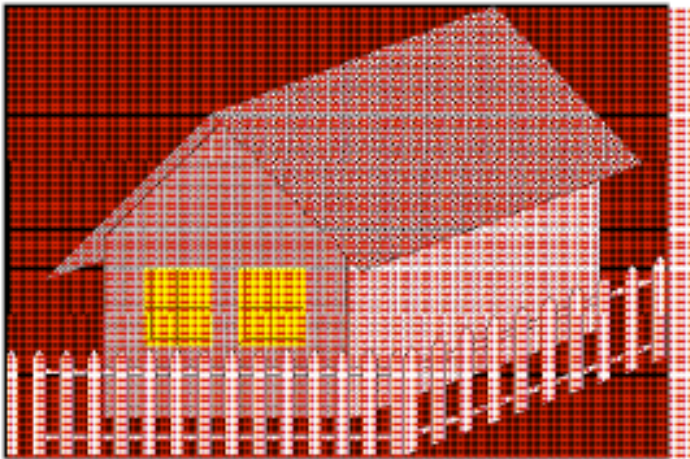
Sample picture at each red point



# توان تفکیک مکانی

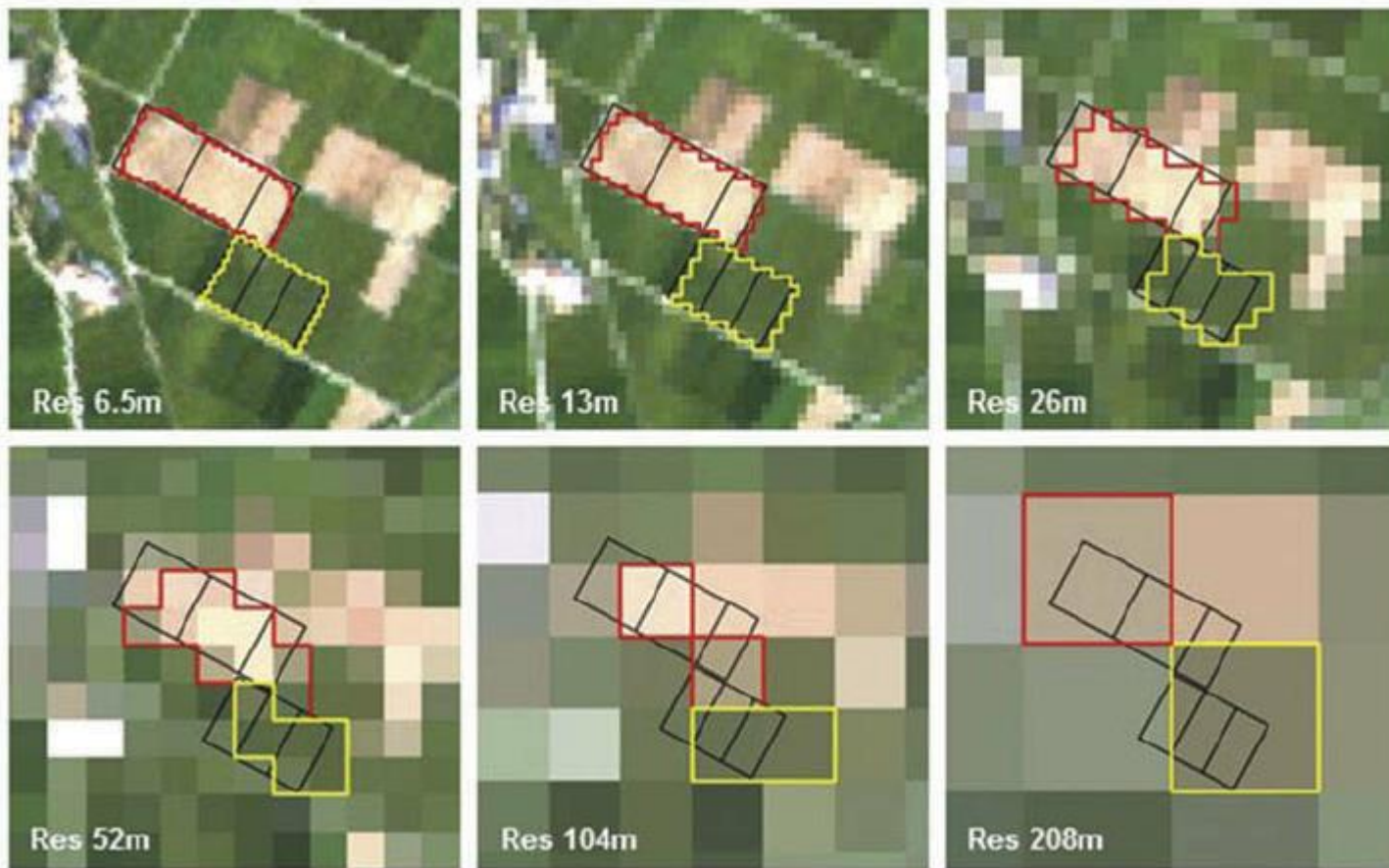
- چنانچه تصویر ماقبل الذکر را در موقعیت‌های بیشتری بازنمونه برداری کنیم یک تصویر با توان تفکیک مکانی بالاتر خواهیم داشت.

Coarse Sampling: 20 points per row by 14 rows



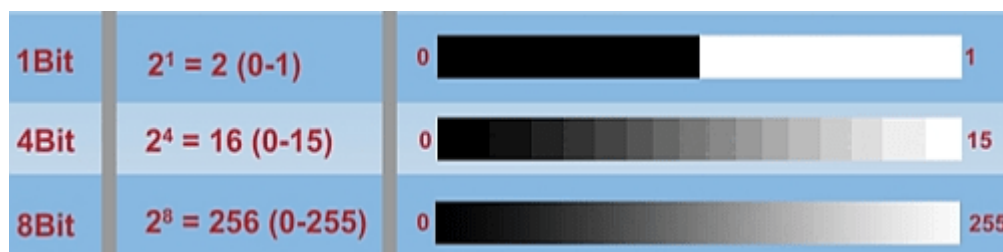


# توان تفکیک مکانی



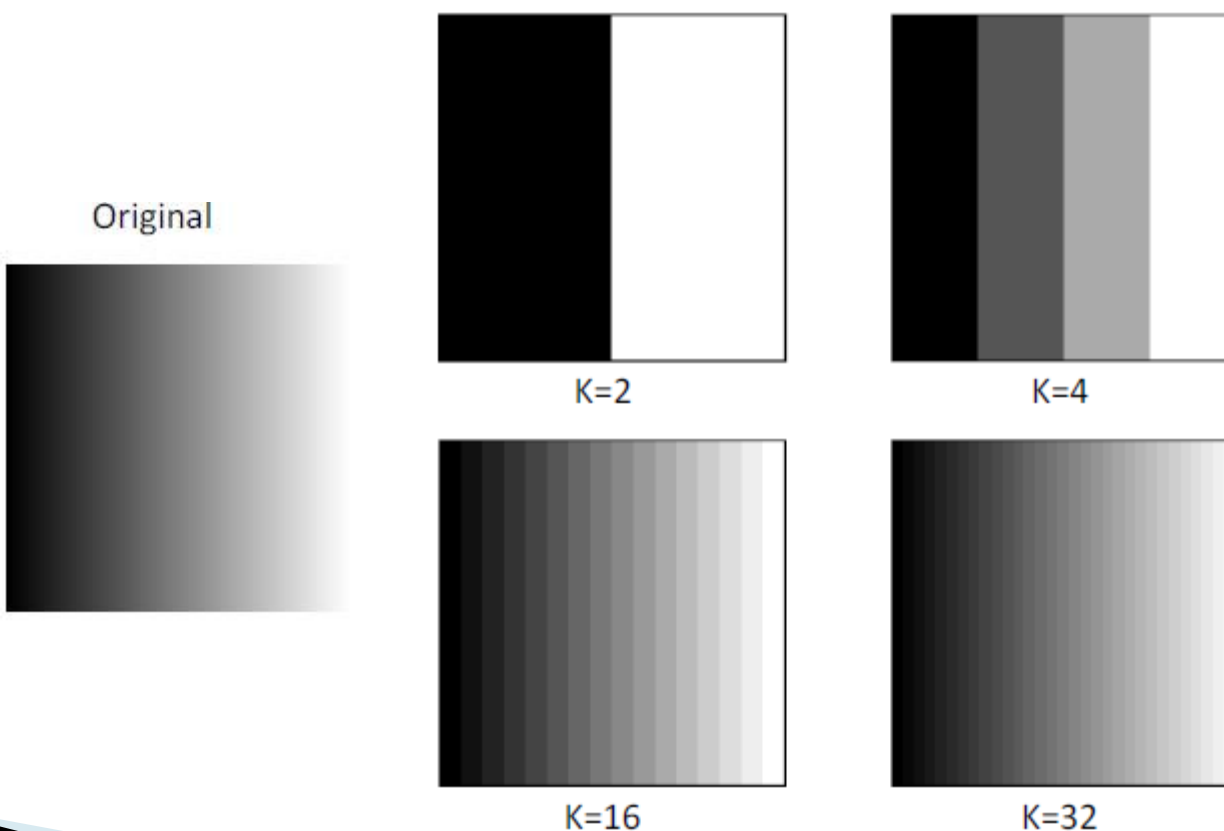
# توان تفکیک رادیومتریکی

- توان تفکیک رادیومتریکی در واقع همان درجه کوانتیزاسیون است.
- توان تفکیک رادیومتریکی بیانگر این است که مقادیر درجات خاکستری در چه محدوده ای قرار دارند.



# توان تفکیک رادیومتریکی

- در شکل زیر  $K$  بیانگر درجات کوانتیزاسیون است.





# توان تفکیک رادیومتریکی

(A) 8 bits (256 levels)



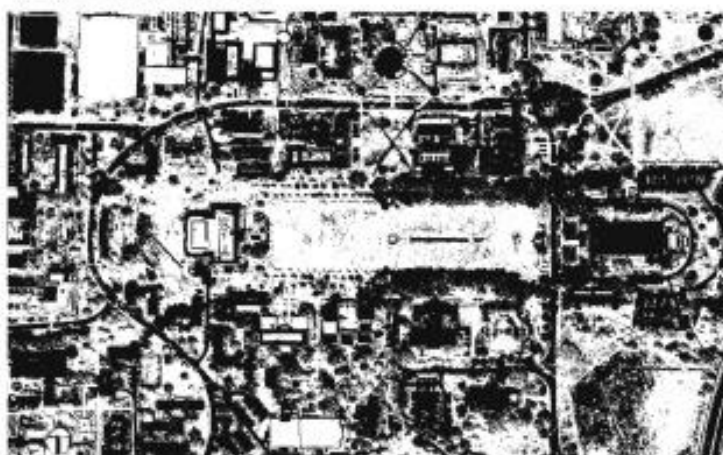
(B) 4 bits (16 levels)



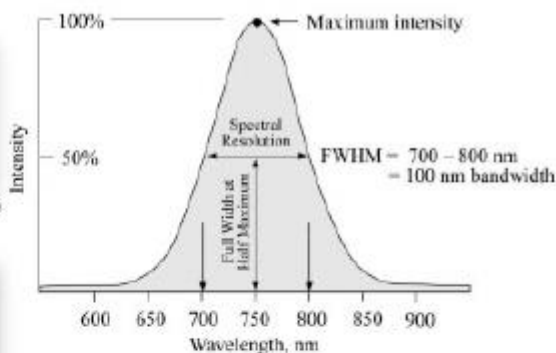
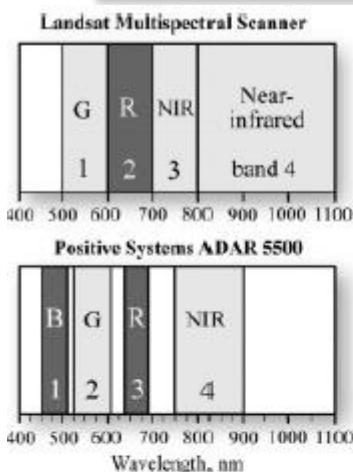
(C) 2 bits (4 levels)



(D) 1 bit (2 levels)

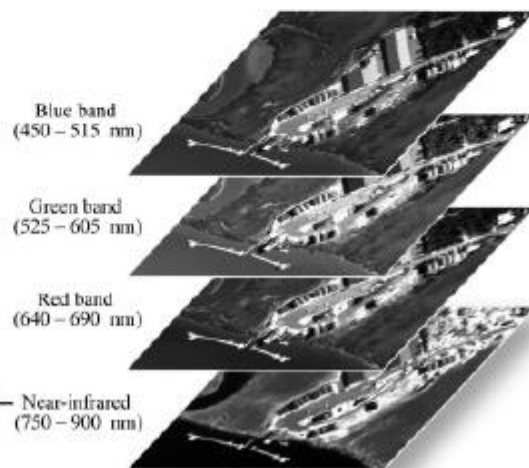


# توان تفکیک طیفی



b. Precise bandpass measurement of a detector based on Full Width at Half Maximum criteria.

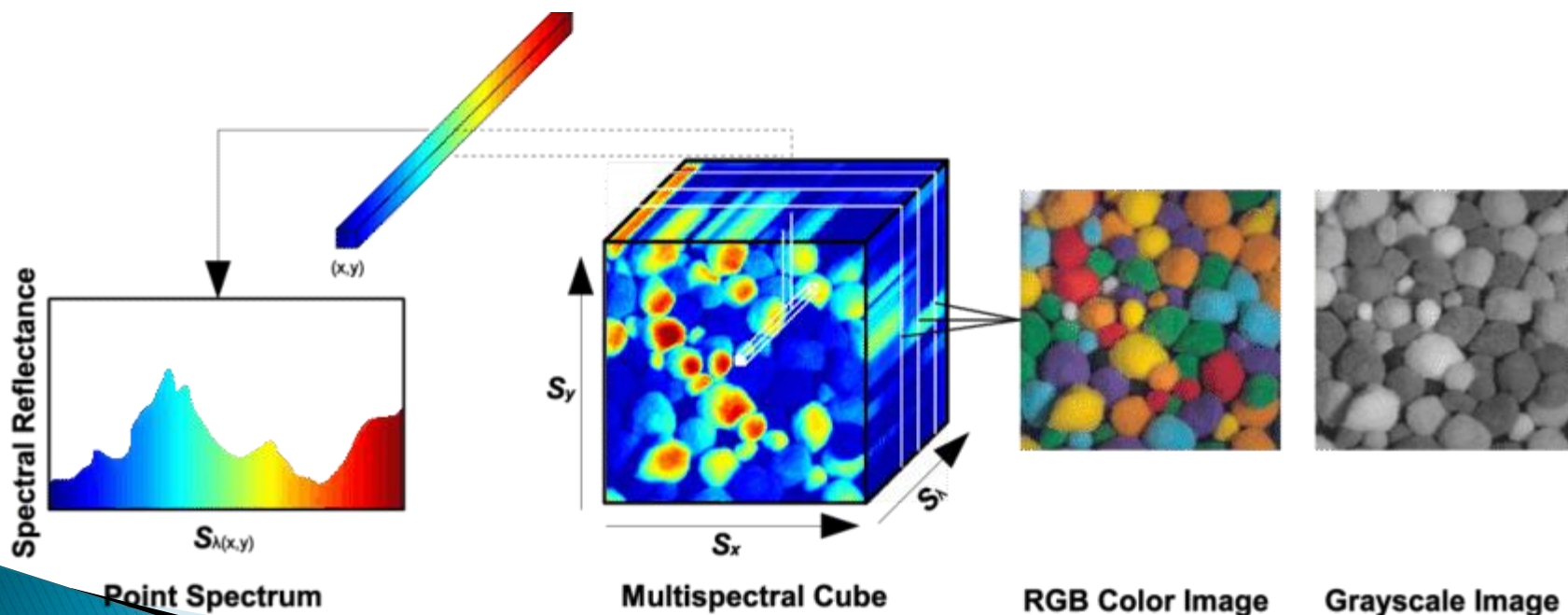
a. Nominal spectral resolution of the Landsat Multispectral Scanner and Positive Systems ADAR 5500 digital frame camera.



- به طور عام، توان تفکیک طیفی عبارت است از تعداد باندهای طیفی که توسط سنجنده اخذ می شوند.
- این توان تفکیک در صورتی که تصویر دارای باندهای طیفی باشد، تعریف می شود

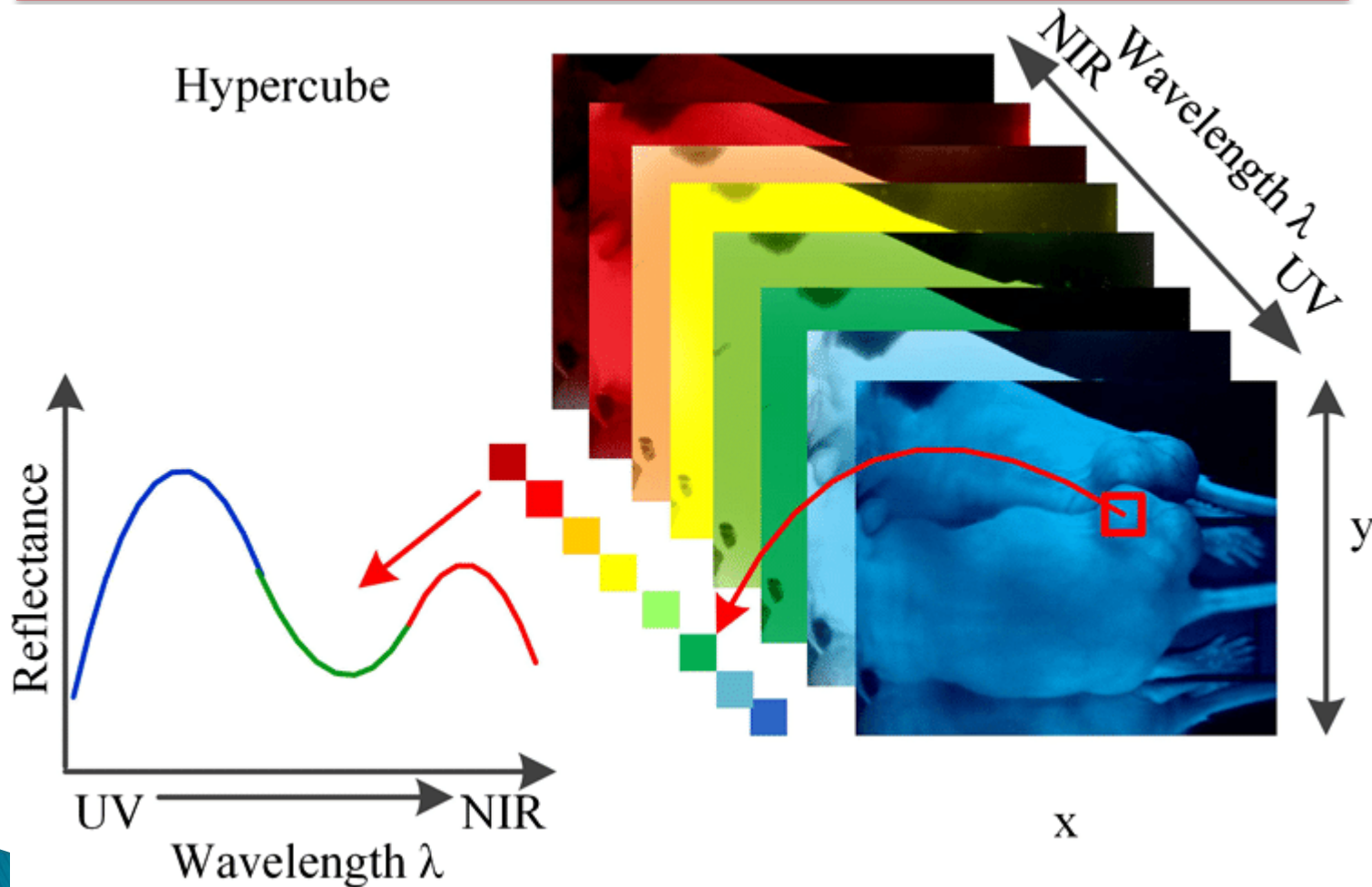
# توان تفکیک طیفی

- به طور کلی و در حال حاضر تصاویر سیاه و سفید پایین ترین و تصاویر فراطیفی بالاترین توان طیفی را دارند.





# توان تفکیک طیفی



# توان تفکیک طیفی

- تصاویر هایپراسپکترال نمونه‌ای از تصاویر با توان تفکیک طیفی



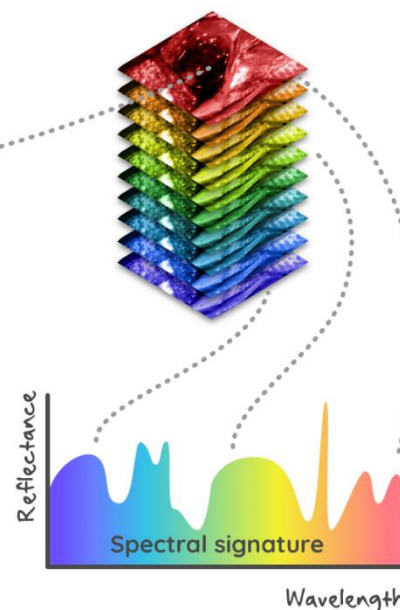
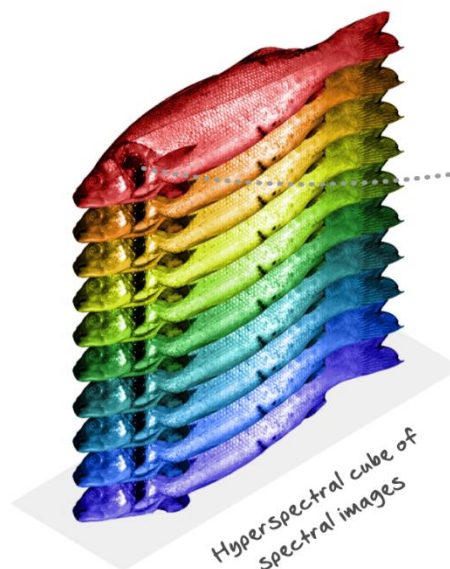
Human eye



Hyperspectral camera



بالا هستند.  
Hyperspectral image



# توان تفکیک زمانی

- توان تفکیک زمانی به کمترین فاصله زمانی در اخذ تصاویر از یک صحنه گفته می شود.





# توان تفکیک زمانی

- توان تفکیک زمانی در ویدیو عبارتست از نرخ فریم.
- در ویدیوهای معمولاً شاهد نرخ ۲۵ فریم در ثانیه هستیم.

توان تفکیک  
زمانی پایین



توان تفکیک  
زمانی بالا



# Precision

دقت



## دقت

- دقت پارامتری آماریست که برای هر اندازه‌گیری برآورد می‌شود.
- یک مهندس نقشه‌بردار بایستی علاوه بر اندازه‌گیری یک کمیت مقدار دقت آن را نیز برآورد کند.
- مثال: وقتی گفته می‌شود فاصله بین A و B ۱۲ متر و دقت آن  $\pm 2 \text{ cm}$  است، یعنی هر کسی که برود این کمیت را چندین بار اندازه بگیرد؛ به طور میانگین مقداری بین ۱۱.۹۸ الی ۱۲.۰۲ متر مشاهده خواهد کرد.

- تمامی روابط و تعاریفی که در این بخش ارائه می‌شوند؛ تقریبی از واقعیت آن‌ها هستند. با این حال محاسبه آن و استفاده از آن‌ها برای کارهای معمول فتوگرامتری کافی است.
- برای برآورد دقت یک کمیت اندازه‌گیری شده می‌توان سراغ انحراف معیار آن رفت. به طور مثال اگر انحراف معیار یک فاصله اندازه‌گیری شده ۲ سانتی متر است، بگوییم دقت این فاصله ۲ سانتی متر است.

- انحراف معیار شاخص پراکندگی مجموعه ای از اندازه گیری های یک کمیت است؛ که نشان می دهد به طور میانگین داده ها چه مقدار از مقدار متوسط فاصله دارند.
- اگر میانگین مجموعه از اندازه گیری های  $X$  برابر با  $\mu$  باشد، آنگاه انحراف معیار ( $\sigma$ ) برابر است با:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \mu)^2 + (x_2 - \mu)^2 + \dots + (x_N - \mu)^2}{N}}$$
$$\mu = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$$

- مثال: اگر فاصله بین دو نقطه A و B توسط چند گروه مختلف برابر با ۱۲.۰۲، ۱۲.۰، ۱۱.۹۸، ۱۱.۹۷ و ۱۲.۰۳ متر اندازه‌گیری شده باشد، مطلوبست مقدار طول و انحراف معیار آن؟

$$\mu = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} = \frac{12.02 + 12 + 11.98 + 11.97 + 12.03}{5} = 12.0m$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \mu)^2 + \dots + (x_N - \mu)^2}{N}} \Rightarrow$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(12.02 - 12)^2 + (12 - 12)^2 + (11.98 - 12)^2 + (11.97 - 12)^2 + (12.03 - 12)^2}{5}}$$

$$\sigma = 0.023m \quad \text{or} \quad \sigma = 2.3cm$$

## دقت

- روش ارائه شده در اسلایدهای قبل مربوط به زمانی است که یک کمیت به صورت مستقیم اندازه‌گیری شده باشد (مثل طول).
- حال چنانچه یک کمیت از روی چند کمیت اندازه‌گیری شده به دست بیاید، دقت آن چگونه برآورد می‌شود؟
- به طور مثال فرض کنید دقت یک طول و آزیموت را داریم، اگر بخواهیم دقت مختصات که با این طول و آزیموت بدست آمده

$$x = x_0 + l \sin Az$$

$$y = y_0 + l \cos Az$$

را محاسبه کنیم، چه کار باید کرد؟

- قانون انتشار خطاها:

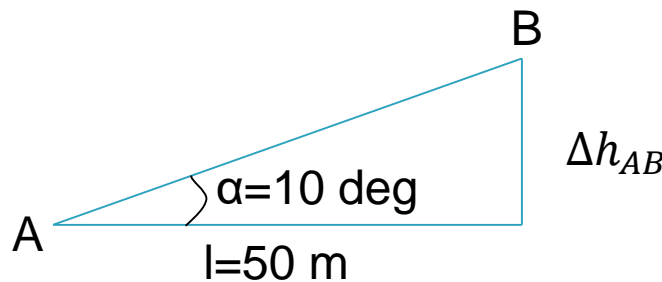
- طبق قانون انتشار خطاها اگر مشاهدات مستقل باشند، آنگاه دقت مجهولاتی که براساس یکسری مشاهده (با دقت معلوم) محاسبه شده‌اند از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\sigma_x^2 = \left( \frac{\partial x}{\partial l_1} \right) \sigma_{l_1}^2 + \left( \frac{\partial x}{\partial l_2} \right) \sigma_{l_2}^2 + \dots + \left( \frac{\partial x}{\partial l_n} \right) \sigma_{l_n}^2$$

- که در آن  $l$  مشاهدات و  $\sigma_l$  دقت مشاهدات هستند.

# دقت

- **مثال:** با توجه به شکل زیر، برای تعیین ارتفاع نقطه B با دستگاه زاویه یاب زاویه ارتفاعی آن ۱۰ درجه قرائت شده است. همچنین فاصله افقی بین نقطه A و B ۵۰ متر می باشد. چنانچه دقت زاویه ارتفاعی ۱۰ ثانیه و دقت فاصله ۱ سانتی متر باشد، با فرض براینکه روش تعیین ارتفاع مثلثاتی است، دقت ارتفاعی نقطه B را محاسبه کنید؟



# دقت

## • حل مثال قبل

- فرمول محاسبه اختلاف ارتفاع از روی زاویه ارتفاعی (مثلثاتی)

$$h_B = h_A + L_{AB} \tan \alpha_{AB} \quad \text{برابر است با:}$$

- طبق قانون انتشار خطاها، دقت ارتفاعی نقطه B برابر است با:

$$\sigma_l = 1\text{cm} = 0.01\text{m} \quad \sigma_\alpha = 10'' = \frac{10}{3600} \times \frac{\pi}{180} = 4.8 \times 10^{-5} \text{rad}$$

$$\frac{\partial h}{\partial l} = \tan \alpha_{AB} \quad \frac{\partial h}{\partial \alpha} = \frac{L_{AB}}{\cos^2 \alpha_{AB}}$$

$$\sigma_{h_B}^2 = \left( \frac{\partial h}{\partial l} \right)^2 \sigma_l^2 + \left( \frac{\partial h}{\partial \alpha} \right)^2 \sigma_\alpha^2 \Rightarrow \sigma_{h_B}^2 = (\tan 10^\circ)^2 \times 0.01^2 + \left( \frac{50}{\cos^2 10^\circ} \right)^2 \times (4.8 \times 10^{-5})^2 \Rightarrow$$

$$\sigma_{h_B}^2 = 9.4 \times 10^{-6} \quad \sigma_{h_B} = 0.0031\text{m} = 3.1\text{mm}$$



# دقت مسطحاتی در فتوگرامتری

- طبق روابط اولیه، مختصات مسطحاتی هر نقطه از روابط زیر

$$X = \frac{B}{P_x} x \quad \text{بدست می آید:}$$

$$Y = \frac{B}{P_x} y$$

- لذا طبق قانون انتشار خطا، دقت مسطحاتی برابر است با:

$$\sigma_X = \sqrt{\left(\frac{x}{P_x}\right)^2 \sigma_B^2 + \left(\frac{B}{P_x^2} x\right)^2 \sigma_{P_x}^2 + \left(\frac{B}{P_x}\right)^2 \sigma_x^2}$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\left(\frac{y}{P_x}\right)^2 \sigma_B^2 + \left(\frac{B}{P_x^2} y\right)^2 \sigma_{P_x}^2 + \left(\frac{B}{P_x}\right)^2 \sigma_y^2}$$

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2} \quad \text{دقت مسطحاتی}$$

# دقت مسطحاتی در فتوگرامتری

- **مثال:** نقطه ای به مختصات (30, 45) میلیمتر با دقت ۱۰ میکرون در جهت X و Y بر روی عکس هوایی اندازه گیری شده است. همچنین پارالاکس این نقطه ۹۲ میلیمتر و باز هوایی بین زوج عکس هوای ۹۰۰ متر بوده است. در صورتی که دقت پارالاکس ۱۲ میکرون و دقت باز هوایی ۰.۵ متر باشد، مطلوبست دقت مسطحاتی این نقطه بر روی زمین را محاسبه کنید.

# دقت مسطحاتی در فتوگرامتری

$$P_x = 92mm = 0.092m \quad \sigma_{P_x} = 12micron = 0.000012m$$

$$x = 30mm = 0.03m \quad \sigma_x = 10micron = 0.00001m$$

$$y = 45mm = 0.045m \quad \sigma_y = 10micron = 0.00001m$$

$$B = 900m \quad \sigma_B = 0.5m$$

• حل مثال:

$$\sigma_X = \sqrt{\left(\frac{x}{P_x}\right)^2 \sigma_B^2 + \left(\frac{B}{P_x^2} x\right)^2 \sigma_{P_x}^2 + \left(\frac{B}{P_x}\right)^2 \sigma_x^2} \Rightarrow$$

$$\sigma_X = \sqrt{\left(\frac{0.03}{0.092}\right)^2 \times 0.5^2 + \left(\frac{900 \times 0.03}{0.092^2}\right)^2 \times (12 \times 10^{-6})^2 + \left(\frac{900}{0.092}\right)^2 \times (10^{-5})^2} = 0.19m$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\left(\frac{y}{P_x}\right)^2 \sigma_B^2 + \left(\frac{B}{P_x^2} y\right)^2 \sigma_{P_x}^2 + \left(\frac{B}{P_x}\right)^2 \sigma_y^2} \Rightarrow$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\left(\frac{0.045}{0.092}\right)^2 \times 0.5^2 + \left(\frac{900 \times 0.045}{0.092^2}\right)^2 \times (12 \times 10^{-6})^2 + \left(\frac{900}{0.092}\right)^2 \times (10^{-5})^2} = 0.27m$$

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \Rightarrow \sigma_P = \sqrt{0.19^2 + 0.27^2} = 0.33m$$

# دقت ارتفاعی در فتوگرامتری

• طبق روابط اولیه عکسهای قائم، اختلاف ارتفاع هر نقطه از رابطه

زیر بدست می آید:

$$h_A \approx h_B + \frac{\Delta P_{a,b} \cdot (H - h_B)}{P_a} \xrightarrow{\text{if } h_B=0} h_A \approx \frac{\Delta P_{a,b} \cdot H}{P_a}$$

$$\Delta P_{a,b} = P_a - P_b \xrightarrow{\text{if } h_B=0} P_b = b \Rightarrow P_a = \Delta P_{a,b} + b$$

$$h_A \approx \frac{\Delta P_{a,b} \cdot H}{\Delta P_{a,b} + b} \xrightarrow{b \gg \Delta P_{a,b}} h_A \approx \frac{\Delta P_{a,b} \cdot H}{b}$$

$$b = \frac{B}{N} \Rightarrow h_A \approx N \frac{\Delta P_{a,b} \cdot H}{B} \Rightarrow h_A \approx N \frac{\Delta P_{a,b}}{B/H}$$

• از طرفی

$$\sigma_{N \cdot \Delta P_{a,b}} \approx GSD \cdot \sigma_{Px}$$

# دقت ارتفاعی در فتوگرامتری

- با توجه به تقریبات اسلاید قبل و براساس قانون انتشار خطاها،

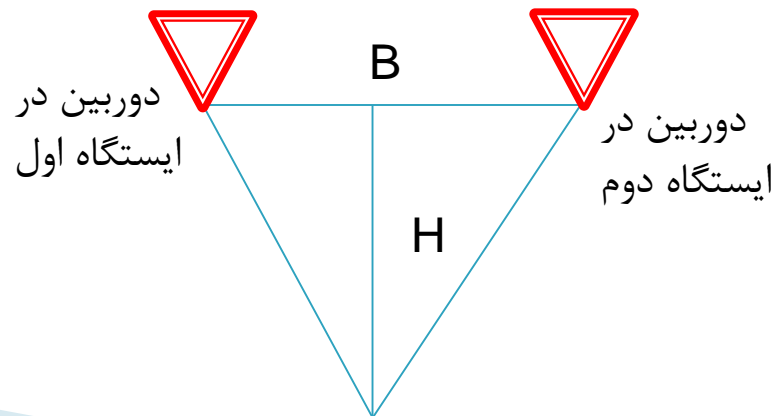
$$\sigma_{N \cdot \Delta P_{a,b}} \approx GSD \cdot \sigma_{Px}$$

دقت ارتفاعی برابر است با:

$$\sigma_h \approx \frac{\sigma_{N \cdot \Delta P_{a,b}}}{B/H} \Rightarrow \sigma_h \approx \frac{GSD \cdot \sigma_{Px}}{B/H}$$

فرمول دقت ارتفاعی

- همانطور که مشاهده می‌شود، دقت ارتفاعی به نسبت B به H



بستگی دارد.

# دقت ارتفاعی در فتوگرامتری

- مثال : اگر ابعاد زمینی پیکسل یک سنجنده ماهواره ای ۴۰ سانتیمتر و نسبت باز به ارتفاع تصاویر استریو آن ۰.۶ باشد مطلوبست محاسبه دقت ارتفاعی برای نقاط متناظر با دقت یک پیکسل.

$$GSD = 40cm = 0.4m \quad B/H = 0.6$$

$$\sigma_{Px} = 1pix$$

$$\sigma_h \approx \frac{GSD \cdot \sigma_{Px}}{B/H} = \frac{0.4 \times 1}{0.6} = 0.67m = 67cm$$

# دقت ارتفاعی در فتوگرامتری

- نسبت باز به ارتفاع با نسبت ابعاد تصویر به فاصله کانونی

$$\frac{B}{H} = \frac{b}{f} = \frac{d(1-L\%)}{f} \Rightarrow \frac{B}{H} \propto \frac{d}{f} \quad \text{متناسب است.}$$

- که در آن  $B$  باز هوایی،  $b$  باز مدلی،  $d$  ابعاد عکس،  $f$  فاصله کانونی و  $L$  درصد پوشش طولی است.

- رابطه فوق می‌گوید با افزایش فاصله کانونی نسبت باز به ارتفاع کوچک می‌شود. به عبارتی دقت ارتفاعی در دوربین‌های زاویه باریک کمتر از دوربین‌های زاویه باز است.



# دقت ارتفاعی در فتوگرامتری

- هر چقدر نسبت باز به ارتفاع به مقدار ۱ نزدیکتر باشد، دقت ارتفاعی زوج عکس هوایی بالاتر است. اما این مسئله در تصاویر چند عکسی صحیح نیست. چرا؟
- به دلیل پوشش طولی بیش از ۶۰ درصد امکان تحقق نسبت باز به ارتفاع ۱ وجود ندارد.

# دقت ارتفاعی در فتوگرامتری

---



• به

# Image Quality

کیفیت تصویر

# کیفیت تصویر



- توان تشخیص عوارض به کیفیت تصویر وابسته است. عوامل مختلفی بر کیفیت تصویر تاثیر دارند که به ۵ گروه کلی قابل دسته بندی هستند:

1. نویز
2. کنتراست
3. روشنایی
4. وضوح
5. اعوجاجات

# کیفیت تصویر

- نویز:
- نورپردازی کم و حساسیت بالا سنجنده موجب نویز بالا تصویر می شود و تصویر برفکی می شود.
- نویزها معمولا دارای تابع توزیع گوسی و جمع شونده است اما نویزهای ضربی مانند اسپکل هم می تواند در برخورد با سطوح براق رخ دهد.







# کیفیت تصویر

- کنتراست:

- هرچه شباهت درجات روشنایی به هم زیاد باشد قابلیت تشخیص و تفکیک عوارض پایین می آید.
- عوامل ایجاد کنتراست پایین نور کم محیط، خطاهای اتمسفری و حساسیت پایین سنجنده می باشد.
- در کنتراست پایین تعداد درجات روشنایی کمتری بکار گرفته می شود و خطاهای تناظریابی افزایش می یابد.

# کیفیت تصویر



• کنتراست:



کنتراست پایین



کنتراست مناسب

# کیفیت تصویر



- روشنایی:

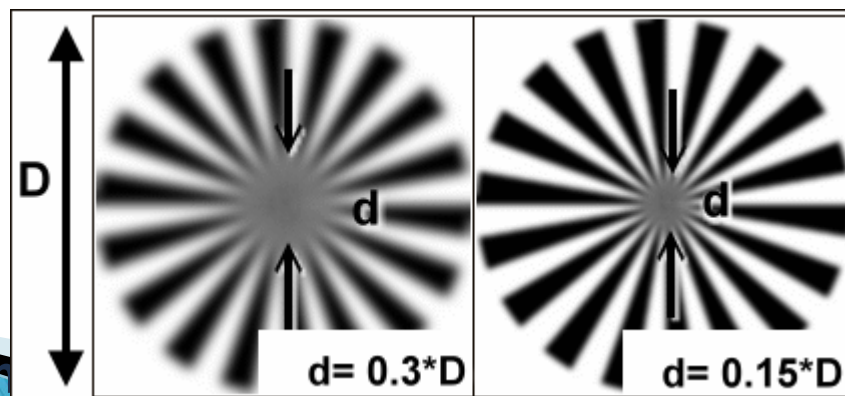
- تصویر خیلی روشن یا خیلی تیره قابلیت تشخیص عوارض پایینی دارد. نور محیط ، روشنایی عارضه، سایه، تنظیمات دوربین روی آن موثر است.



# کیفیت تصویر

• وضوح:

- میزان تاری تصویر که در اصل نسبت GRD به GSD است و دلایل آن پدیده تفرق نور، لرزش، کشیدگی تصویری، تاری ناشی از عدسی و اتمسفر می باشد.
- عدم وضوح دو پیکسل معادل عکسبرداری از ارتفاع دو برابر



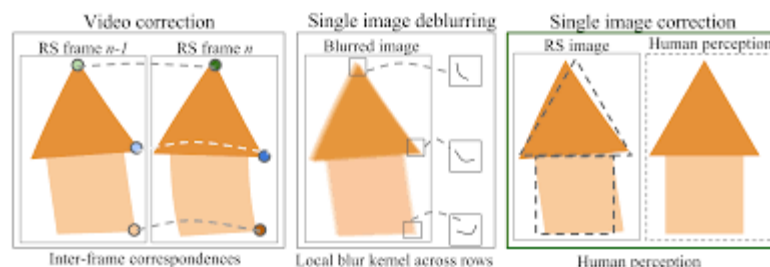
بالاتر است!

# کیفیت تصویر

## • اعوجاجات:

- میزان انحراف درجات روشنایی از مقادیر واقعی شدت روشنایی روی سطح است که به عوامل زیر بستگی دارد.
- BRDF، خطاهای اتمسفری، کیفیت عدسی، وجود فیلترها، عملکرد سنجنده و پردازشگر رقومی آن و نحوه چندینه سازی

سیگنال



سوال؟