

# PDI - PI

Profa. Flávia Magalhães

PUC Minas

Unidade II - Parte 6 - Ruídos em imagens

# Agenda

- 1 Ruído em imagens
- 2 CCD - Dispositivo de Carga Acoplada
- 3 Fontes de Ruído
- 4 Geração de ruído sintético em imagens (para simulação de filtros)

- Em Processamento de Imagem *ruído* refere-se a qualquer informação **não interessante** ao propósito principal da análise da imagem.
- Normalmente assumimos que o ruído de uma imagem é aditivo e aleatório. Então, podemos descrever uma imagem  $f_r(x, y)$  como sendo a soma de uma imagem ideal  $f(x, y)$  com um sinal de ruído  $r(x, y)$ .

$$f_r(x, y) = f(x, y) + r(x, y)$$

# Ruído em imagens

- Imagens reais frequentemente sofrem degradações durante seu processo de aquisição, transmissão ou processamento.
- Essa degradação é normalmente chamada de ruído.

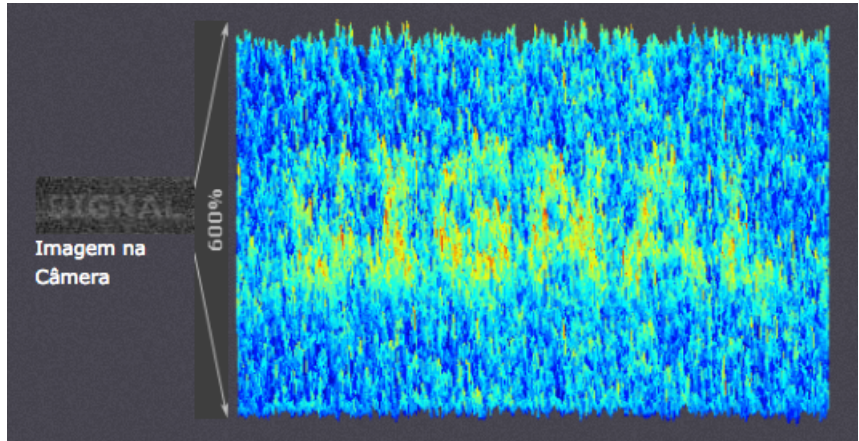


# Ruído em imagens - alta SNR



SNR: Signal to Noise Ratio (Razão Sinal/Ruído)

# Ruído em imagens - baixo SNR

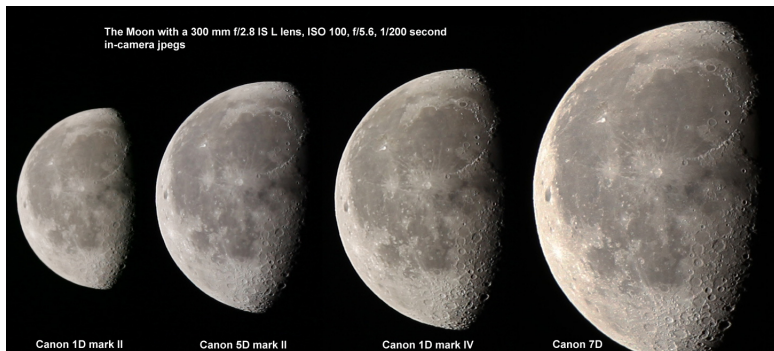


# CCD - Dispositivo de Carga Acoplada

- Dispositivo de carga acoplada ou CCD (charge-coupled device) é um sensor semiconductor para captação de imagens, formado por um circuito integrado que contém uma matriz de capacitores acoplados.
- Os CCDs são usados em fotografia digital, imagens de satélites, equipamentos médico-hospitalares (como por exemplo os endoscópios) e na astronomia.
- A capacidade de resolução ou detalhe da imagem depende do tamanho e do número de células fotoelétricas (pixels) do CCD. Quanto maior o número de pixels, maior a área que pode ser imageada; quanto menor o tamanho dos pixels, maior a resolução da imagem.
- Atualmente as câmeras fotográficas digitais incorporam CCDs com capacidades de até 160 milhões de pixels, o equivalente a 160 megapixels.

# Tamanho dos sensores (pixels)

- Por essa razão, duas câmeras com a mesma quantidade de pixels, porém com sensores de tamanho diferentes, resultam em imagens com qualidade diferente.
- As imagens abaixo foram fotografadas com a mesma lente, abertura e tempo de exposição, mas com tamanhos de pixels diferentes. A maior resolução é entregue pelo sensor com os menores pixels.

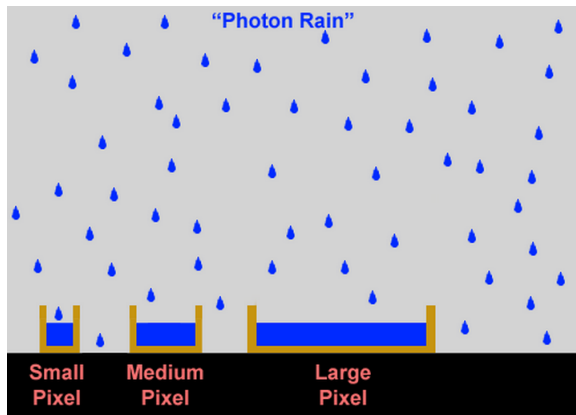




- Ruído de Poisson: contagem de fótons pelo sensor, que depende do tempo de exposição e da condição de iluminação do ambiente
- Ruído térmico
- Ruído de quantização
- Ruído de transmissão / exibição
- Interferências elétricas ou mecânicas

- Em geral a fonte de ruído define a característica do ruído. A maioria das imagens tem um ruído acumulado por diversas etapas da aquisição.
- Desempenho dos dispositivos pode ser afetado por condições ambientais, temperatura, etc. Ex.: Câmera CCD - iluminação insuficiente e temperatura elevada provocam ruído em circuitos eletrônicos e ruídos nos sensores de imagem.

# Tamanho dos sensores (Fontes de ruído de Poisson - Contagem de fótons)



Photons	Noise
9	3
100	10
900	30
10000	100
40000	200

# Ruído de Poisson - Contagem de fótons

- Contagem de fótons: a detecção de fótons (luz) por um sensor é um processo estatístico.
- A precisão do sinal medido é proporcional à média do sinal (quantidade de fótons).
- Em imagens com maior tempo de exposição e em ambientes com boa iluminação, o ruído gerado na etapa de contagem de fótons é comumente baixo e portanto ignorado.
- Em imagens obtidas com baixo tempo de exposição, ou em ambientes pouco iluminados, o ruído é bem modelado por uma distribuição de Poisson. Exemplos:
  - Imagens de astronomia
  - Imagens de microscopia
- A distribuição de Poisson tem a interessante propriedade de que a média é igual à variância:  $\mu = \sigma^2$ . Logo, se detectamos  $N$  fótons, o desvio padrão é  $\sigma = \sqrt{N}$ , ou seja, o ruído no sinal é a raiz quadrada do número médio de fótons.



**Presença de ruído Poisson.**

- Elétrons são gerados a partir da absorção dos fótons e dependem da temperatura do sensor CCD.
- Um dos modelos comumente usados para esse ruído é o Gaussiano aditivo.
- Um método para lidar com o ruído térmico é capturar um *dark frame*, ou seja, uma imagem com a lente coberta. Essa imagem contém um mapa de ruído térmico, que pode variar com a temperatura, mas tende a permanecer estável por um bom período. O *dark frame* posteriormente é subtraído da imagem capturada.



(a) Imagem sem ruído ; (b) Imagem com ruído térmico (gaussiano)

- O ruído de quantização é o erro causado pela quantização dos pixels (de valores contínuos para valores discretos).
- Inicialmente, a tensão produzida por cada célula do sensor é contínua e tem que ser convertida para uma escala discreta, usualmente de inteiros entre 0 e 255.



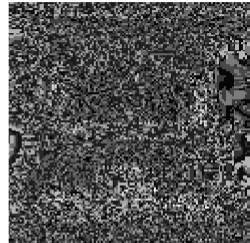
# Ruído de quantização



(a)



(b)



(c)

(a) imagem quantizada usando 256 níveis de cinza, (b) imagem quantizada usando 64 níveis de cinza, (c) ruído resultante da quantização em 64 níveis

# Ruídos de transmissão/exibição

- A transmissão e a exibição de imagens podem gerar erros em bits ou a perda de determinados bits.
- O ruído resultante é um ruído impulsivo, geralmente conhecido como **sal e pimenta**.
- Apenas alguns pixels são ruidosos, no entanto, esses são muito ruidosos, porque a corrupção gerada pelo ruído impulsivo normalmente é grande em comparação com a intensidade da imagem, "saturando" a imagem e sendo digitalizada com valor 0 ou 255, para imagens de 8 bits.
- O nome vem do efeito de se espalhar pontos brancos e pretos (sal e pimenta) numa imagem.

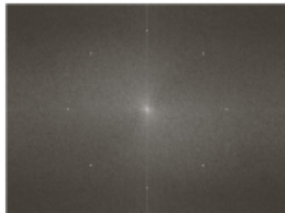


(a) Imagem original; (b) Imagem com ruído tipo "sal e pimenta"

# Ruído por interferências elétricas e eletromecânicas - Ruído periódico

- Ruído espacialmente dependente.
- Geralmente resulta de interferência elétrica ou eletromecânica durante a aquisição.
- Pode ser reduzido por meio de filtragem no domínio da frequência.
- Um ruído senoidal no domínio espacial corresponde a um par de impulsos conjugados no domínio da frequência, localizados nas frequências conjugadas da onda senoidal.

# Ruído por interferências elétricas e eletromecânicas



a

b

## FIGURE 5.5

(a) Image corrupted by sinusoidal noise.

(b) Spectrum (each pair of conjugate impulses corresponds to one sine wave). (Original image courtesy of NASA.)

# Geração de ruído sintético em imagens (para simulação de filtros)

- A geração de ruído sintético em imagens é feita por meio de distribuições de probabilidade conhecidas.
- É muito difícil simular a geração de ruído real em uma imagem, mas, conhecendo-se os passos da aquisição e formação da imagem, é possível obter uma boa aproximação.
- A implementação consiste em gerar números aleatórios com uma determinada distribuição de probabilidade.