

PDI - PI

Profa. Flávia Magalhães

PUC Minas

Unidade II - Parte 7 - Relacionamentos básicos entre elementos
e distâncias

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)
- 5 Relacionamentos Básicos entre Elementos de Imagem
 - Vizinhança
 - Conectividade
 - Adjacência
 - Caminho
 - Componentes Conexos
 - Borda e Interior
- 6 Medidas de distância
 - Distância Euclidiana
 - Distância City-Block
 - Distância Tabuleiro de Xadrez

- 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.

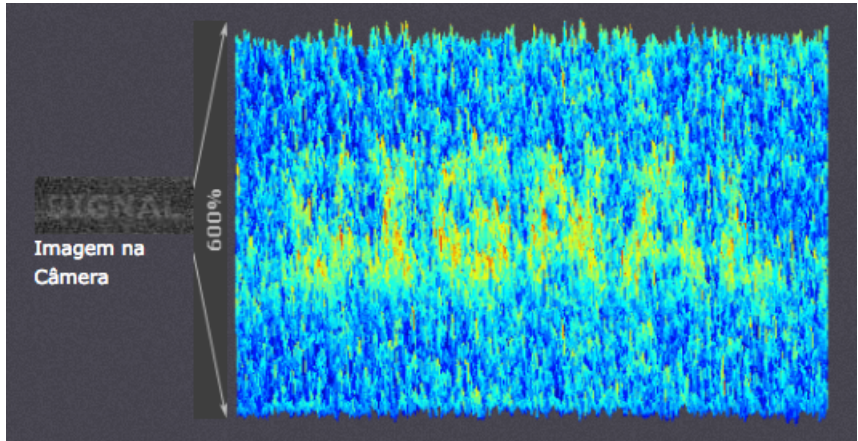


Ruído em imagens - alta SNR



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

Ruído em imagens - baixo SNR

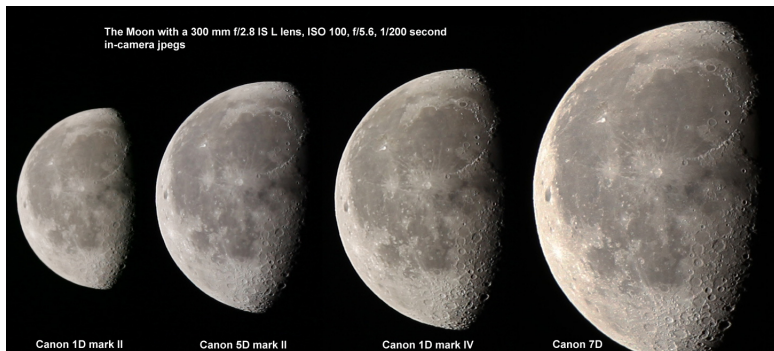


CCD - Dispositivo de Carga Acoplada

- 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.



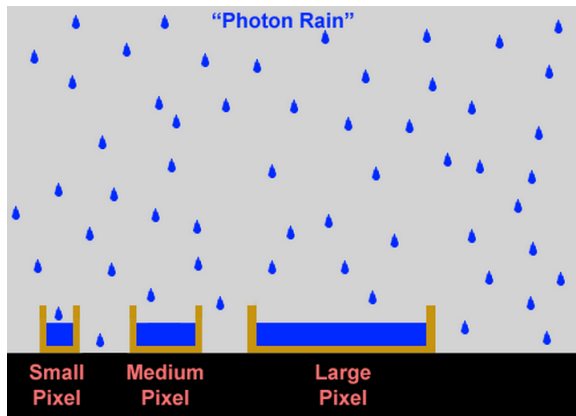
- Ruído de Poisson: contagem de fótons pelo sensor, que depende do tempo de exposição e da condição de iluminação do ambiente
- Ruído térmico
- Ruído de quantização
- Ruído de transmissão / exibição
- Interferências elétricas ou mecânicas

- 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.

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.

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



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



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.

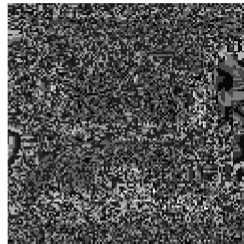
Ruído de quantização



(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.

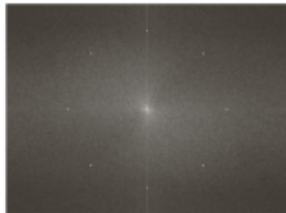


(a) Imagem original; (b) Imagem com ruído tipo "sal e pimenta"

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)

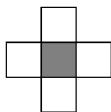
- A geração de ruído sintético em imagens é feita por meio de distribuições de probabilidade conhecidas.
- É muito difícil simular a geração de ruído real em uma imagem, mas, conhecendo-se os passos da aquisição e formação da imagem, é possível obter uma boa aproximação.
- A implementação consiste em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

Relacionamentos Básicos entre Elementos de Imagem

- Um elemento f em uma matriz bidimensional é denotado pelo pixel $f(x, y)$, enquanto em uma matriz tridimensional é denotado pelo voxel $f(x, y, z)$.
- Relacionamentos entre elementos:
 - Vizinhança
 - Conectividade
 - Adjacência
 - Caminho
 - Componentes Conexos
 - Borda e Interior

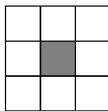
- Vizinhança-4: quatro pixels vizinhos horizontais e verticais do pixel $f(x, y)$, cujas coordenadas são:

$$(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1); (x, y - 1)$$

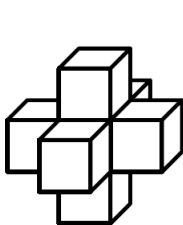


- Vizinhança-8: oito pixels vizinhos horizontal, verticais e diagonais do pixel $f(x, y)$, cujas coordenadas são:

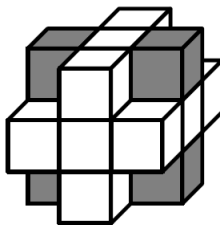
$$(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1), (x - 1, y - 1), \\ (x - 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x + 1, y + 1)$$



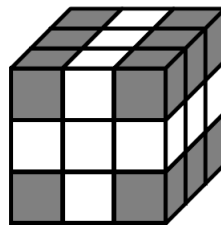
- Extensão do conceito de vizinhança para imagens tridimensionais.
- Vizinhos podem ser definidos de acordo com o número de voxels compartilhando faces, arestas ou vértices em comum.



(a) vizinhança-6



(b) vizinhança-18



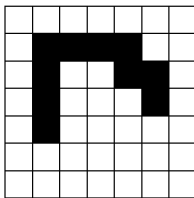
(c) vizinhança-26

- A conectividade entre elementos estabelece limites de objetos e componentes de regiões em uma imagem.
- Dois elementos são conexos quando são vizinhos segundo o tipo de vizinhança adotado e satisfazem determinados critérios de similaridade, tais como intensidade de cinza, cor ou textura.
- Por exemplo, em uma imagem binária, em que os pixels podem assumir os valores 0 ou 1, dois pixels podem ter vizinhança-4, mas somente serão considerados conexos se possuírem o mesmo valor.

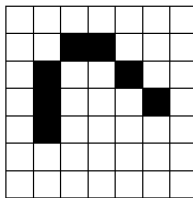
- Um elemento f_1 é adjacente a um elemento f_2 se eles forem conexos de acordo com o tipo de vizinhança adotado.
- Dois subconjuntos de pixels, S_1 e S_2 , são adjacentes se pelo menos um elemento em S_1 for adjacente a algum elemento em S_2 .

Caminho

- Um caminho na imagem do pixel (x_1, y_1) a um pixel (x_n, y_n) é uma sequência de pixels distintos com coordenadas $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots; (x_n, y_n)$, em que n é o comprimento do caminho, (x_i, y_i) e (x_{i+1}, y_{i+1}) são adjacentes, tal que $i = 1, 2, \dots, n - 1$.
- Se a relação de conectividade considerar vizinhança-4, então existe um caminho-4; para vizinhança-8, tem-se um caminho-8.
- Exemplos de caminhos:
 - o caminho-4 possui comprimento 9
 - o caminho-8 possui comprimento 6



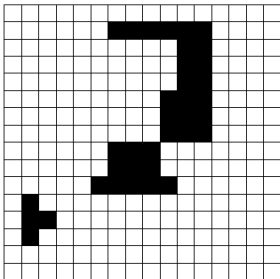
(a) *caminho - 4*



(b) *caminho - 8*

Componentes Conexos

- Um subconjunto de elementos C da imagem que são conexos entre si é chamado de componente conexo.
- Dois elementos f_1 e f_2 são conexos se existir um caminho de f_1 a f_2 contido em C .
- Exemplo de imagem bidimensional contendo:
 - três componentes conexos caso seja considerada a vizinhança-4.
 - dois componentes conexos se considerada a vizinhança-8.



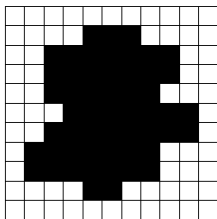
Componentes Conexos - Exercício

- Desenvolva um algoritmo eficiente capaz de contar e rotular os componentes presentes na imagem binária mostrada abaixo, onde os pixels de valor 1 pertencem ao objeto e os pixels de valor 0 pertencem ao fundo. Leve em consideração vizinhança-4 e vizinhança-8.

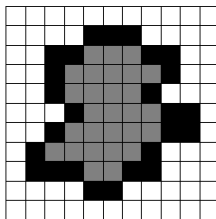
1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	0	1	1
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1

Borda e Interior

- A borda de um componente conexo S em uma imagem bidimensional é o conjunto de pixels pertencentes ao componente e que possuem vizinhança-4 com um ou mais pixels externos a S .
- Intuitivamente, a borda corresponde ao conjunto de pontos no contorno do componente conexo.
- O interior é o conjunto de pixels de S que não estão em sua borda. Exemplo de uma imagem binária com sua borda e interior.



(a) original



(b) borda e interior

- Muitas aplicações requerem o cálculo da distância entre dois pixels ou dois componentes de uma imagem.
- Não há uma única forma para se definir distância em imagens digitais. Dados os pixels P_1 , P_2 e P_3 , com coordenadas (x_1, y_1) , (x_2, y_2) e (x_3, y_3) , respectivamente, qualquer métrica de distância D deve satisfazer todas as seguintes propriedades:
 - $D(P_1, P_2) \geq 0$
 $D(P_1, P_2) = 0$ se, e somente se, $x_1 = x_2$ e $y_1 = y_2$
 - $D(P_1, P_2) = D(P_2, P_1)$
 - $D(P_1, P_3) \leq D(P_1, P_2) + D(P_2, P_3)$

Distância Euclidiana

- A distância Euclidiana entre P_1 e P_2 é definida como

$$D_E(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (1)$$

- Os pixels com uma distância euclidiana menor ou igual a algum valor d , em relação ao pixel $P(x, y)$, formam um disco de raio d centrado em (x, y) .

Distância $D_E \leq 3$ e um ponto central (x, y)

			3			
	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{2}$	
	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
3	2	1	0	1	2	3
	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{2}$	
			3			

- A distância Euclidiana está mais próxima do caso contínuo. Entretanto, requer mais esforço computacional e pode produzir valores fracionários.

Distância City-Block

- A distância City-Block D_4 entre P_1 e P_2 é definida como

$$D_4(P_1, P_2) = |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1| \quad (2)$$

- Os pixels com uma distância D_4 menor ou igual a algum valor d em relação a $P(x, y)$ formam um losango centrado em (x, y) .

Distância $D_4 \leq 3$ e um ponto central (x, y)



Distância Tabuleiro de Xadrez

- A distância Tabuleiro de Xadrez entre P_1 e P_2 é definida como

$$D_8(P_1, P_2) = \max(|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|) \quad (3)$$

- Os pixels com uma distância D_8 menor ou igual a algum valor d em relação $P(x, y)$ formam um quadrado centrado em (x, y) .
- Em particular, os pontos com distância 1 são os pixels com vizinhança-8 do ponto central.

Distância $D_8 \leq 3$ e um ponto central (x, y)

3	3	3	3	3	3	3
3	2	2	2	2	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	1	0	1	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3

- A distância D_4 entre dois pixels f_1 e f_2 é igual ao comprimento do caminho mais curto entre esses pixels, considerando-se a vizinhança-4.
- Do mesmo modo, a distância D_8 corresponde ao caminho-8 mais curto entre esses pontos.