

Processamento de Imagem

Prof. Eng. Ranyeri do Lago Rocha
e-mail ranyeri.rocha@inatel.br

Agenda

- Processamento de Imagem

Todo o conteúdo deste documento está relacionado a direito autoral e é de circulação restrita, porquanto de propriedade exclusiva da Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações (CNPJ 24.492.886/0001-04), protegido por força das disposições da Lei n.º 9.610/1998. A utilização deste material sem prévia e expressa autorização da proprietária constituirá infração à lei, com repercussões tanto na esfera civil quanto criminal.

Processamento de Imagem

Processamento de Imagem

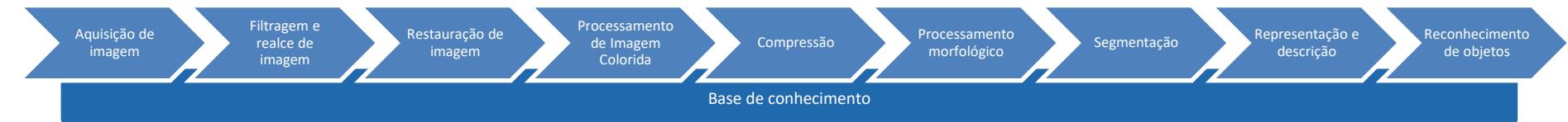
- Introdução ao Processamento de Imagem
- Transformações
- Filtragens
- Segmentação
- Representação

Introdução ao Processamento de Imagem

O tópico anterior nos apresentou os principais conceitos sobre Imagem Digital.

Uma vez adquirida, a imagem digital pode sofrer uma série de [alterações](#), gerando [novas imagens digitais](#), ou, podem ser utilizadas como [suporte](#) para [extração de informação/atributos](#).

Vamos adicionar mais elementos ao fluxo que foi apresentado no início do material...



Introdução ao Processamento de Imagem

Aquisição de Imagem

- Processo de **conversão** da **cena física** para um arquivo **digital**. Este processo pode envolver uma etapa de pré-processamento, como uma etapa de redimensionamento.

Realce de Imagem

- Manipular uma imagem para que esteja **adequada para uma aplicação específica**. Parece uma frase ampla e sem sentido, mas, dependendo do processo de aquisição e da aplicação, a manipulação da imagem se torna extremamente específica. O observador é o juiz final.

Introdução ao Processamento de Imagem

Restauração de imagem

- Também lida com a melhora visual da imagem. Diferente do realce, em que a definição de imagem “boa” é subjetiva, a restauração de imagem tende a se basear em modelos matemáticos, sendo mais objetiva.

Processamento de imagem colorida

- Tem ganhado relevância frente ao grande aumento de imagens coloridas e digitais na internet. Os conceitos de padronização de cores, como processar não apenas uma matriz mas várias que compõem o padrão, etc.

Introdução ao Processamento de Imagem

Compressão

- Lida com técnicas de redução do armazenamento ou transferência das imagens. As compressões são conhecidas dos usuários comuns de computação por conta das extensões das imagens, como JPEG (.jpg)

Processamento morfológico

- Extração de componentes de imagens úteis na representação e descrição da forma, como fronteiras, esqueletos, etc. Neste tema tem-se a transição de imagem → imagem para imagem → atributos.

Introdução ao Processamento de Imagem

Segmentação

- Divide uma imagem em partes ou em objetos que constituem a imagem. É talvez a parte mais difícil do processamento de imagem. Para identificação de objetos individuais é uma tarefa primordial. Na mesma linha, uma segmentação mal feita levará a falha no reconhecimento.

Representação e descrição

- Geralmente é a sequência da etapa de segmentação. A representação pode ser feita por fronteira ou por região completa (região segmentada). Fronteiras para interesse na característica externa da forma e, região, para interesse nas propriedades internas do objeto. A descrição é a etapa de seleção de características, a extração de atributos que resultam em alguma informação quantitativa.

Introdução ao Processamento de Imagem

Reconhecimento

- Processo em que um rótulo é associado ao objeto com base nos descritos definidos na etapa anterior.

Processamento de Imagem

- Introdução ao Processamento de Imagem
- Transformações
- Filtragens
- Segmentação
- Representação

Transformações

Antes de entrar nas transformações é importante pontuar que estas podem ser feitas em dois (2) domínios distintos:

1. **Espacial**

Manipulação direta de pixels, no próprio plano da imagem

2. **Transformada**

Transformar uma imagem (frequência), manipular, fazer a transformada inversa da imagem

A transformação espacial está diretamente relacionada a [transformações de intensidade](#), com operações para [manipulação de contraste](#) e [limiarização da imagem](#), e [filtragem espacial](#), trabalhando com [realces de imagem](#).

Transformações

É comum, antes de qualquer manipulação no plano da imagem, fazer algumas transformações a respeito do formato da imagem.

1. Redimensionamento
2. Aspect Ratio
3. Rotação, espelhamento
4. Translação
5. Recorte



Transformações

As transformações de intensidade

Serão manipulados os valores de pixel. Portanto, as manipulações se darão diretamente no elementos das imagens, seja usando funções matemática ou funções prontas das bibliotecas.

1. Negativo de imagem

$$pixel_{tr} = L - 1 - pixel_{or}$$

Veja que $L - 1$ é o valor máximo da faixa de intensidade do pixel.

* Adequado para realçar detalhes brancos ou cinza incorporados a regiões escuras de uma imagem, principalmente se a área escura for dominante na imagem.



Transformações

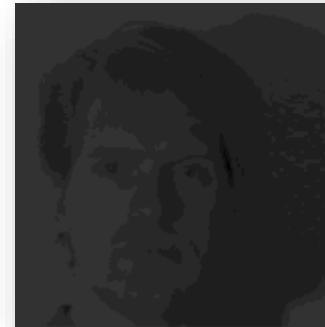
As transformações de intensidade

2. Transformações logarítmicas

$$pixel_{tr} = c \log(1 + pixel_{or})$$

Onde c é uma constante e considera-se $pixel_{or} \geq 0$.

A transformação logarítmica mapeia uma faixa estreita de baixos valores de intensidade de entrada em uma faixa mais ampla de níveis de saída (log). Transformar pixels escuros que estão em uma faixa estreita em uma faixa maior, assim como o inverso.



Transformações

As transformações de intensidade

3. Transformações de Potência (gama)

$$pixel_{tr} = c * r^\gamma$$

Onde c e γ são constantes positivas.

Assim como na transformação logarítmica, valores de γ menores que 1 vão mapear uma faixa estreita de valores escuros de entrada em uma faixa mais ampla de valores de saída. Para valores de γ maiores que 1, o efeito inverso é obtido. Aqui, é mais utilizado para correção de imagem para exibição em diferentes monitores. O valor de γ é dependente do dispositivo. Sendo assim, conhecendo o valor, é possível corrigir a imagem.

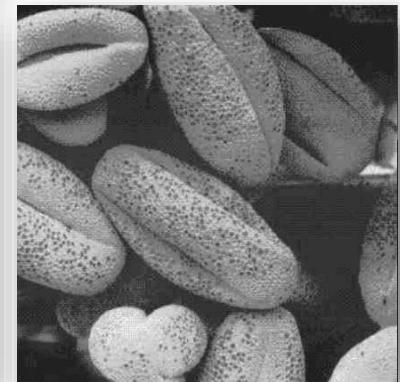
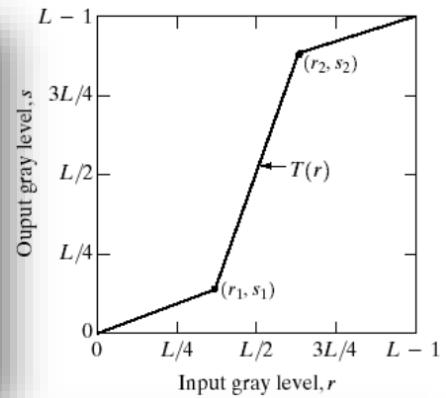
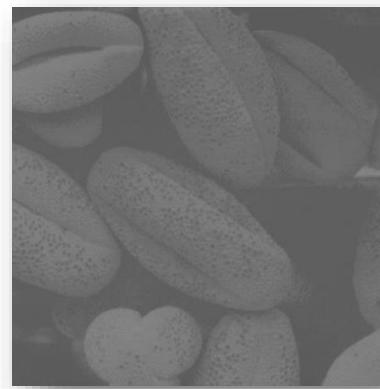


Transformações

As transformações de intensidade

4. Transformação linear definida por parte – Alargamento de Contraste

É um processo que expande a faixa de níveis de intensidade de uma imagem de modo a incluir todo o intervalo de intensidades. O exemplo abaixo, a imagem possui uma faixa de intensidade de pixel que vai de 84 a 254. Usando o alargamento de contraste, transformamos a imagem para ter intensidade na faixa de 0 a 255.



Transformações

Processamento por Histograma

1. Equalização de histograma

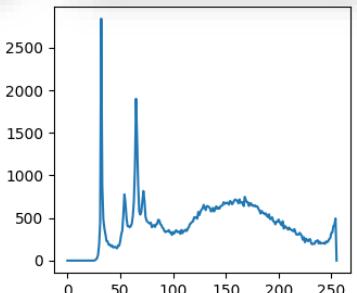
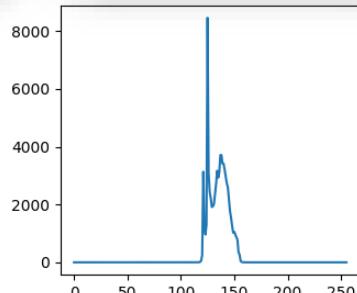
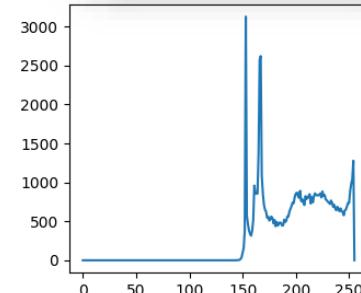
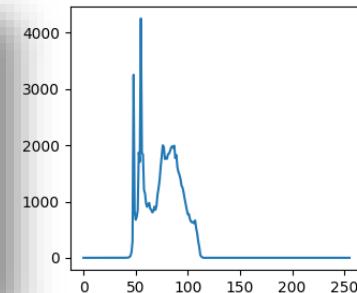
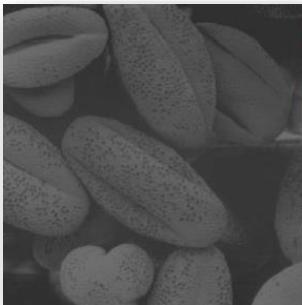
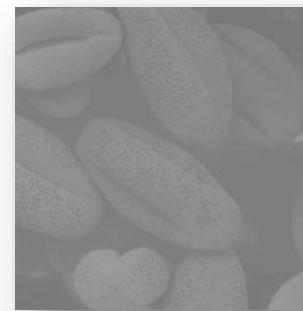
Histogramas são base para várias técnicas de processamento espacial de imagem. Para o realce, foco deste tópico, também pode ser utilizado. A equalização do histograma leva em conta apenas as informações disponíveis no histograma da imagem de entrada e, automaticamente, pode distribuir melhor as intensidades, melhorando o realce da imagem. Ao final queremos um histograma que tenha valores contínuos para intensidade (idealmente).

Vejamos uma exemplo a seguir...

Transformações

Processamento por Histograma

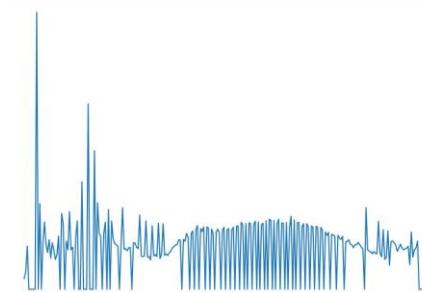
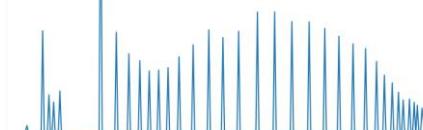
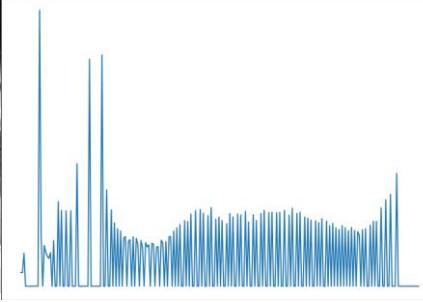
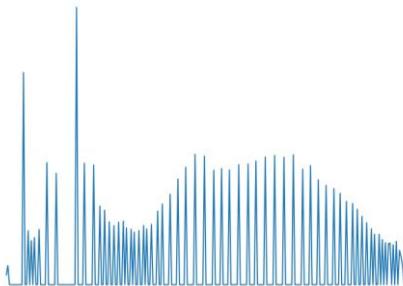
1. Equalização de histograma



Transformações

Processamento por Histograma

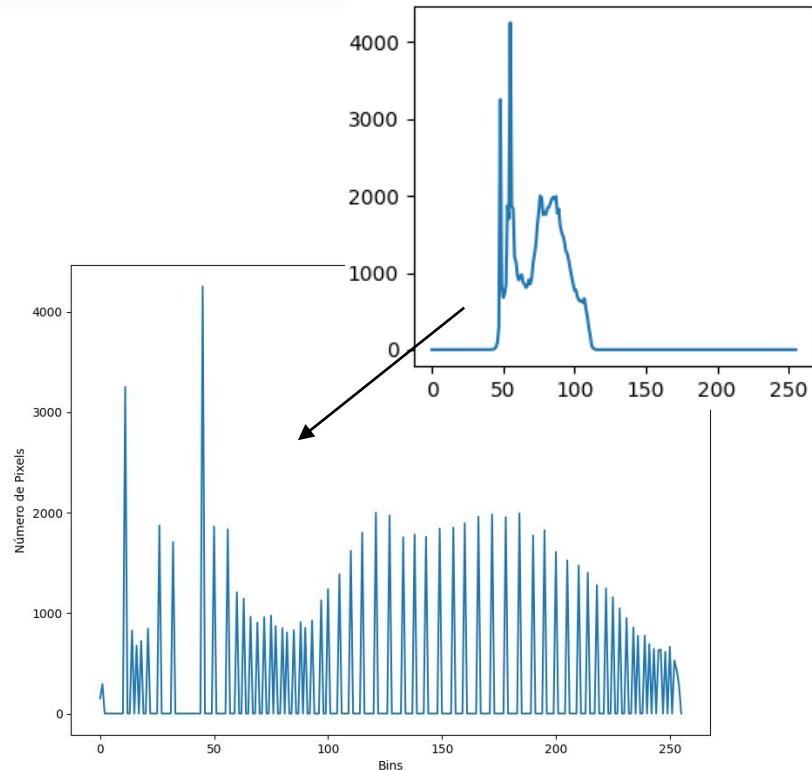
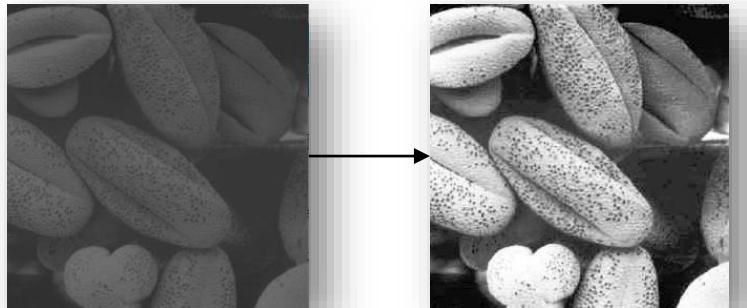
1. Equalização de histograma



Transformações

Processamento por Histograma

1. Equalização de histograma



Atividade: Trocar as imagens fonte e analisar o resultado.

Transformações

Processamento por vizinhança

Todos os métodos que vimos até aqui trataram pixel a pixel, ou seja, as transformações foram feitas ponto a ponto. A partir de agora, as técnicas apresentadas levam em conta não apenas o pixel de interesse, mas sim, a sua vizinhança.

Serão apresentados:

1. *Convolução e correlação espacial*
2. *Definição e utilização de filtros*

A filtragem, ou processamento por vizinhança, gera um novo pixel baseado na região (vizinhança) e em uma operação definida (filtro). Na sequências, alguns conceitos importantes são apresentados.

Transformações

Processamento por vizinhança

“Uma imagem processada (filtrada) é gerada à medida que o centro do filtro percorre cada pixel na imagem de entrada.”

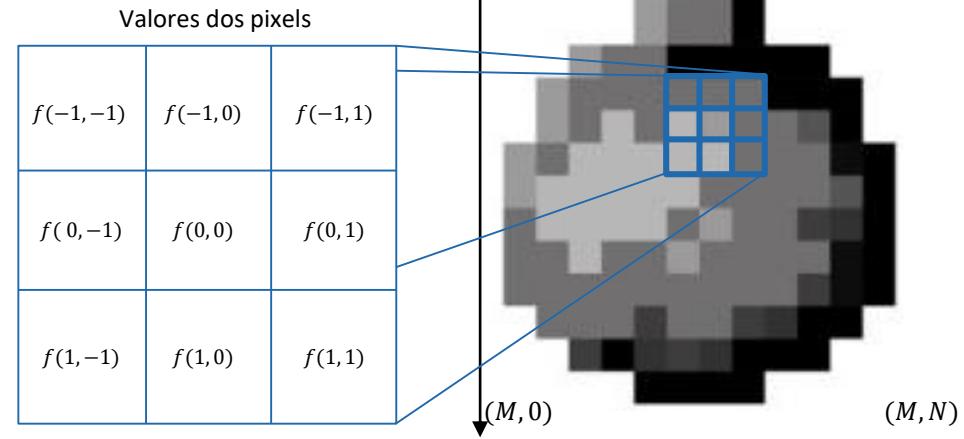
Se a operação realizada sobre os pixels da imagem for linear, o filtro é chamado de **filtro espacial linear**. Caso contrário, o filtro é não linear.

Transformações

Processamento por vizinhança

“Uma imagem processada (filtrada) é gerada à medida que o centro do filtro percorre cada pixel na imagem de entrada.”

Coeficientes do filtro		
$w(-1, -1)$	$w(-1, 0)$	$w(-1, 1)$
$w(0, -1)$	$w(0, 0)$	$w(0, 1)$
$w(1, -1)$	$w(1, 0)$	$w(1, 1)$

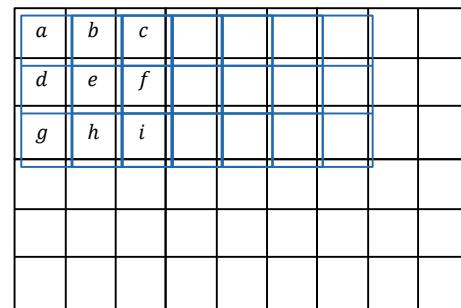


Transformações

Processamento por vizinhança

Template		
$k = 3 \times 3 = 9$		
w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

Imagem



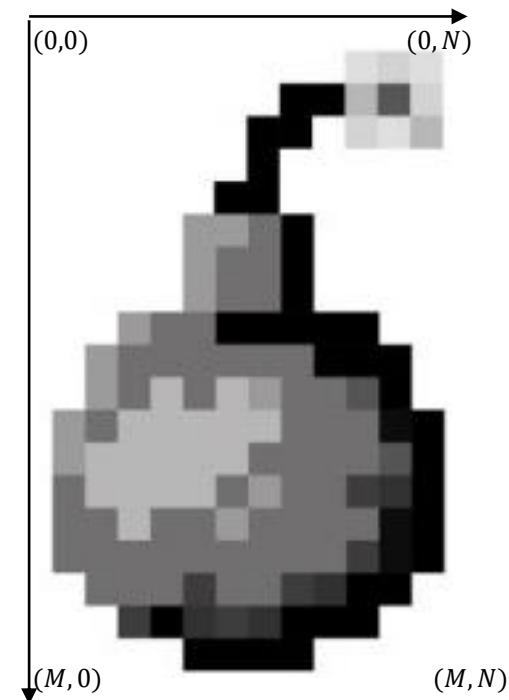
Onde,

$a, b, c, d, e, f, g, h, i$ são valores de intensidade dos pixels (vizinhança de e)
 w_1 a w_9 são os pesos, ou coeficientes do template

$$g(x, y) = w_1a + w_2b + w_3c + w_4d + w_5e + w_6f + w_7g + w_8h + w_9i$$

Onde o valor $g(x, y)$ irá aparecer na imagem?

$$g(x, y) = \sum_{i=1}^k w_i f(x, y)$$



Transformações

Processamento por vizinhança

Importante:

Para um tamanho de **máscara** (template/kernel) $m \times n$, consideramos $m = 2a + 1$ e $n = 2b + 1$, com a e b , números inteiros e positivos. O foco, neste caso, são **filtros com máscara de tamanho ímpar** e com menor tamanho 3×3 .

Convolução x Correlação

O processo exemplificado no slide anterior é o que chamamos de correlação. A multiplicação direta dos pixels da máscara com os pixels da imagem. Para convolução, a máscara é rotacionada em 180 graus e, depois, a somatória acontece como descrito no slide anterior.

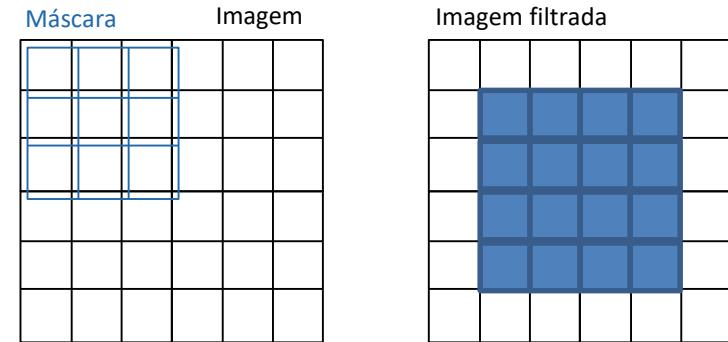
Transformações

Processamento por vizinhança

Independente de correlação ou convolução, deve-se atentar com os seguintes itens:

1. Pixels “não calculáveis” terão seu valor atribuído na imagem filtrada como 0.

Neste caso, é formada uma borda (1 pixel) na imagem filtrada, com valor 0 (preto).



Transformações

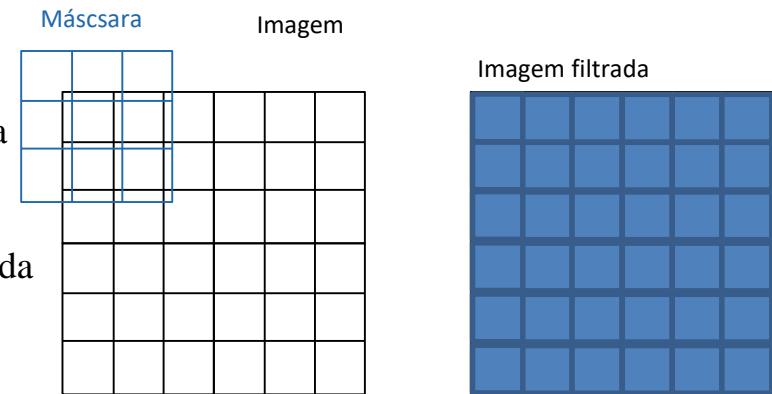
Processamento por vizinhança

Independente de correlação ou convolução, deve-se atentar com os seguintes itens:

2. Padding com zeros (0s)

O template precisa ser centrado no primeiro pixel da imagem. Neste cenário, não perde-se a primeira e última linha e coluna na filtragem.

Para este processo é preciso considerar o [valor 0](#), como uma borda inserida na imagem original, antes da filtragem.



Transformações

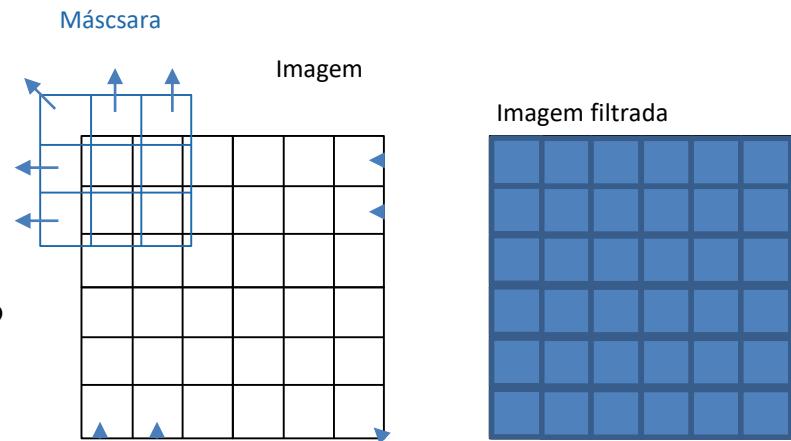
Processamento por vizinhança

Independente de correlação ou convolução, deve-se atentar com os seguintes itens:

3. Convolução periódica

O template precisa ser centrado no primeiro pixel da imagem. Neste cenário, não perde-se a primeira e última linha e coluna na filtragem.

Diferente do Padding, para este processo é preciso considerar o valor da borda oposta onde não existe valor de pixel.



Transformações

Processamento por vizinhança

A forma com será processada a borda, principalmente, varia bastante com a aplicação e com a ferramenta utilizada/linguagem utilizada. Dependendo da ferramenta utilizada para a filtragem, as formas de consideração das bordas podem ser diferentes.

A partir de agora, veremos algumas operações comuns utilizando os filtros. Serão apresentadas algumas máscaras comuns e qual o efeito esperado em cada situação.

Transformações

Processamento por vizinhança – Filtros Espaciais de Suavização

A forma com será processada a borda, principalmente, varia bastante com a aplicação e com a ferramenta utilizada/linguagem utilizada. Dependendo da ferramenta utilizada para a filtragem, as formas de consideração das bordas podem ser diferentes.

A partir de agora, veremos algumas operações comuns utilizando os filtros. Serão apresentadas algumas máscaras comuns e qual o efeito esperado em cada situação. Espera-se que ao utilizar as filtragens seja possível remover ruídos comuns em imagens, como:

- Ruído *Salt and Peper*: ocorrências aleatórias de pixels brancos ou pretos.
- Ruído impulso: ocorrências aleatórias de pixels brancos
- Ruído gaussiano: a variação da intensidade do ruído segue uma distribuição normal Guassiana

Transformações

Processamento por vizinhança - **Filtros Espaciais de Suavização**

1. Filtro de Média

Define-se uma máscara de tamanho $k \times k$ pixels. A varredura da imagem é feita sempre da esquerda para direita e de cima para baixo.

Principal: o **ponto central** da máscara de tamanho $k \times k$ é substituído pela **média de todos os pixels** no entorno deste ponto central.

O tamanho da máscara vai influenciar diretamente no borrão gerado.

Máscaras menores vão influenciar elementos menores na imagem, e o contrário é válido.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

1/9 *

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

1/25 *

Transformações

Processamento por vizinhança - **Filtros Espaciais de Suavização**

2. Filtro de Mediana

Define-se uma máscara de tamanho $k \times k$ pixels. A varredura da imagem é feita sempre da esquerda para direita e de cima para baixo.

Principal: o **ponto central** da máscara de tamanho $k \times k$ é substituído pela **mediana dos valores dos pixels** dentro da máscara.

Como o pixel central será substituído por um valor existente na imagem, reduz-se drasticamente os elementos de ruído *Salt and Peper*, com efeito de borramento um pouco menor.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

a	b	c	d	e
f	g	h	i	j
k	l	m	n	o
p	q	r	s	t
u	v	x	y	z

Transformações

Processamento por vizinhança - **Filtros Espaciais de Suavização**

3. Filtro Gaussiano

Define-se uma máscara de tamanho $k \times k$ pixels. Mas, para definição do formato de “boca de sino” da função gaussiana, é preciso definir valores para a abertura da função, os desvios padrões para os eixos x e y .

Principal: este filtro gera efeitos de borramentos mais “naturais” que os filtros de média ou de mediana. São geralmente preferíveis, mesmo que, dependendo do tamanho do filtro a comparação na prática é quase imperceptível.

$$\begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix} \quad \frac{1}{16} *$$

$$\begin{matrix} 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 7 & 26 & 41 & 26 & 7 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \end{matrix} \quad \frac{1}{273} *$$

Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

Por aguçamento entendemos como “salientar transições de intensidade para o aumento da nitidez de uma imagem.”

Neste caso, este processamento realça as bordas e outras descontinuidades (como ruído) e atenua as áreas com intensidades de variação mais suave. Os filtros de aguçamento são baseados em derivadas de primeira e segunda ordem.

1. Primeira ordem – O gradiente: filtros Sobel

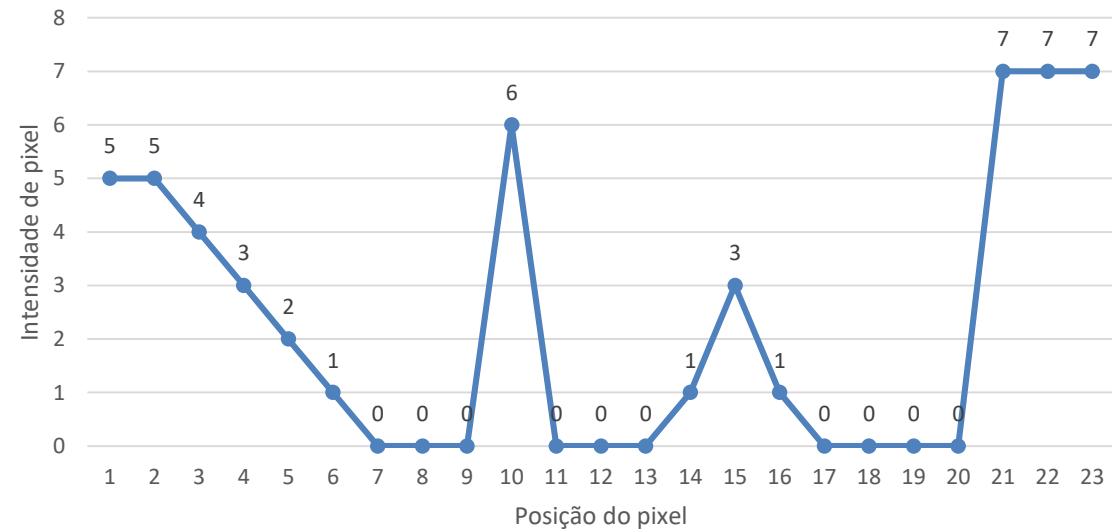
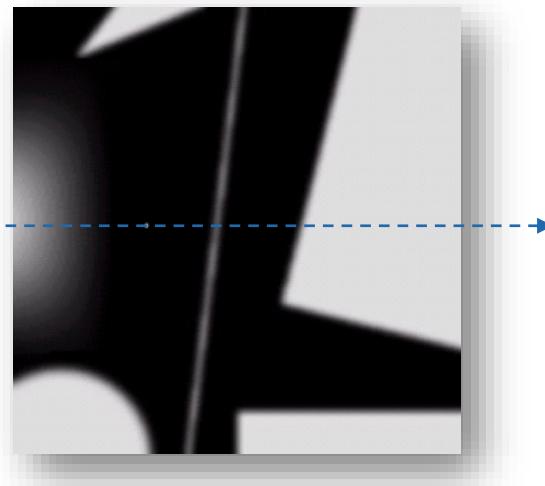
- Definição clássica para função unidirecional: $\frac{\partial f}{\partial x} = f(x + 1) - f(x)$

2. Segunda ordem – O laplaciano

- Definição clássica para função unidirecional: $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x)$

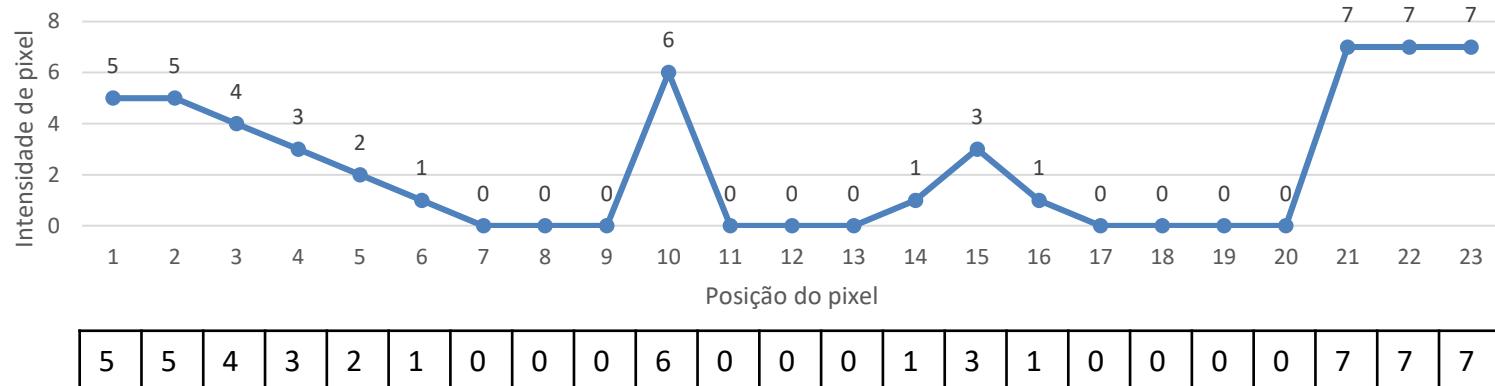
Transformações

Processamento por vizinhança – Filtros Espaciais de Aguçamento



Transformações

Processamento por vizinhança – Filtros Espaciais de Aguçamento



$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$

$$-1 \quad -1 \quad -1 \quad -1 \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad 6 \quad -6 \quad -12 \quad 6 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 2 \quad -2 \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 7 \quad 0$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

$$-1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 6 \quad -6 \quad -12 \quad 6 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad -4 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 7 \quad -7 \quad 0 \quad 0$$

Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

1. Primeira Ordem – O gradiente

Para uma função $f(x, y)$ é definido o gradiente de f . Por definição, gradiente aponta para na direção de maior taxa de variação de f na posição (x, y) . Como os componentes do gradiente são derivadas (taxa de variação), eles são operadores lineares.

As máscaras podem ser definidas tanto em 2x2 e 3x3. Como a implementação das máscaras de tamanho 2x2 são mais difíceis por não ter um centro de simetria, **nosso interesse está na máscara 3x3**.

Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

1. Primeira Ordem – O gradiente

As aproximações para g_x e g_y , com centro em z_5
Exemplo da máscara (a) e (b)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

a

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

b

$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$$

A diferença entre a terceira e a primeira linha, implementada pela máscara (a) na imagem, aproxima a derivada na direção x . A mesma análise para a máscara (b), olhando para as colunas, na direção y .

Transformações

Processamento por vizinhança – Filtros Espaciais de Aguçamento

1. Primeira Ordem – O gradiente

As máscaras apresentadas no slide anterior são chamadas de **Operadores de Sobel**.

O principal objetivo é o realce das bordas e, o valor 2 no coeficiente central das linhas ou colunas das máscaras visa uma suavização, dando mais importância ao ponto central.

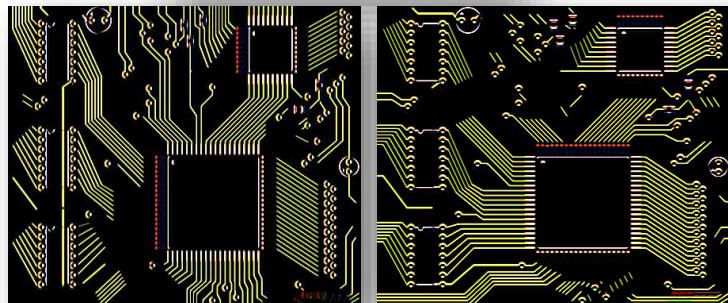
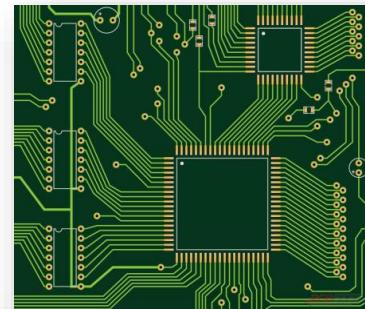
Além, este valor 2 faz com que estas máscaras sejam preferíveis pois tratam melhor a supressão de ruído na imagem processada.

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -2 & -1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

a

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -2 & 0 & 2 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

b



Transformações

Processamento por vizinhança – Filtros Espaciais de Aguçamento

1. Primeira Ordem – O gradiente

As máscaras apresentadas neste slide são chamadas de **Operadores de Prewitt**.

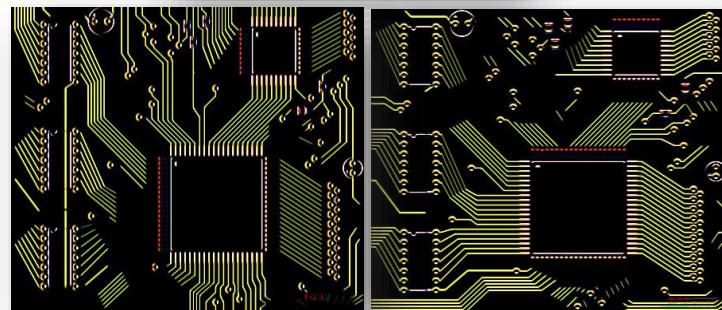
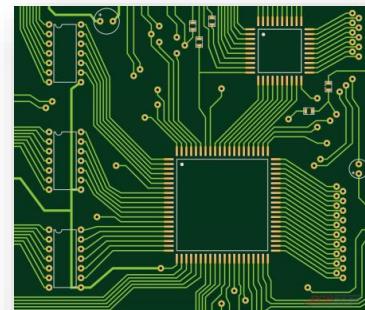
O efeito principal com estas máscaras também é realce de borda, mas, sem o valor 2 nos coeficientes centrais das linhas e colunas da máscara. Como já mencionado, os operados de Sobel em geral tem um melhor resultado e, por isso, o operador Prewitt é menos “difundido”.

$$\begin{array}{ccc} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$$

a

$$\begin{array}{ccc} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{array}$$

b



Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

1. Primeira Ordem – O gradiente

Análise:

As máscaras apresentadas nos slides anteriores são:

a	<table border="1"><tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr></table>	-1	-2	-1	0	0	0	1	2	1	b	<table border="1"><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-2</td><td>0</td><td>2</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	-1	0	1	-2	0	2	-1	0	1	c	<table border="1"><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	-1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	d	<table border="1"><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1
-1	-2	-1																																									
0	0	0																																									
1	2	1																																									
-1	0	1																																									
-2	0	2																																									
-1	0	1																																									
-1	-1	-1																																									
0	0	0																																									
1	1	1																																									
-1	0	1																																									
-1	0	1																																									
-1	0	1																																									

Existe alguma diferença, na prática, usar as máscaras como mostrado abaixo?

a1	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr></table>	1	2	1	0	0	0	-1	-2	-1	b1	<table border="1"><tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td><td>-2</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr></table>	1	0	-1	2	0	-2	1	0	-1	c1	<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr></table>	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	d1	<table border="1"><tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>-1</td></tr></table>	1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1
1	2	1																																									
0	0	0																																									
-1	-2	-1																																									
1	0	-1																																									
2	0	-2																																									
1	0	-1																																									
1	1	1																																									
0	0	0																																									
-1	-1	-1																																									
1	0	-1																																									
1	0	-1																																									
1	0	-1																																									

Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

1. Primeira Ordem – O gradiente

Seria possível um operador que detectasse bordas em diagonal?

As máscaras Sobel e Prewitt que vimos até agora são exclusivamente horizontais e verticais.

0	-1	-2
1	0	-1
2	1	0

0	1	2
-1	0	1
-2	-1	0

2	1	0
-1	0	1
0	-1	2

-2	-1	0
-1	0	1
0	1	2

Sobel

0	-1	-1
1	0	-1
1	1	0

0	1	1
-1	0	1
-1	-1	0

1	1	0
1	0	-1
0	-1	-1

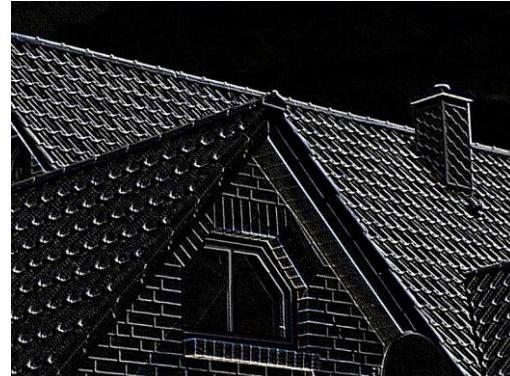
-1	-1	0
-1	0	1
0	1	1

Prewitt

Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

1. Primeira Ordem – O gradiente



Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

1. Segunda ordem – O Laplaciano

Continuaremos com a utilização de derivadas bidirecionais (x e y) para aguçamento de imagens. Entretanto, aqui utilizaremos uma **derivada de segunda ordem** (discreta) e constituir uma máscara com base nesta formulação.

Os filtros que estamos interessados são os **isotrópicos**, ou seja, não dependem da direção da descontinuidade na imagem. São **invariantes em rotação**.

Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

1. Segunda ordem – O Laplaciano

Continuaremos com a utilização de derivadas bidirecionais (x e y) para aguçamento de imagens. Entretanto, aqui utilizaremos uma **derivada de segunda ordem** (discreta) e constituir uma máscara com base nesta formulação.

Os filtros que estamos interessados são os **isotrópicos**, ou seja, não dependem da direção da descontinuidade na imagem. São **invariantes em rotação**.

Transformações

Processamento por vizinhança – Filtros Espaciais de Aguçamento

1. Segunda ordem – O Laplaciano

Da análise unidirecional apresentado no início do tópico podemos definir:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Implementação
do Laplaciano

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

Implementação
do Laplaciano
(variação)

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Transformações

Processamento por vizinhança – Filtros Espaciais de Aguçamento

1. Segunda ordem – O Laplaciano

Implementação
do Laplaciano

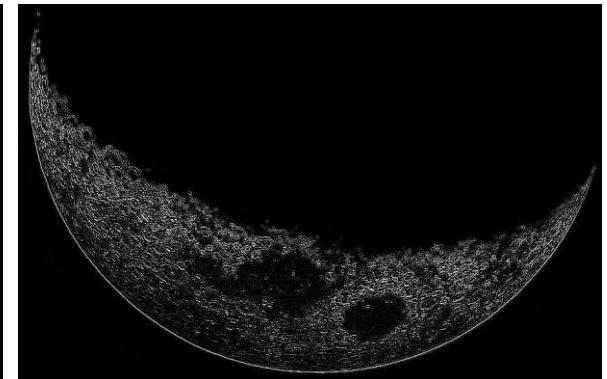
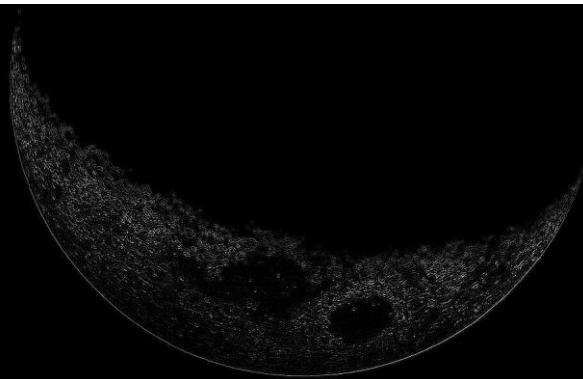
0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

Implementação
do Laplaciano
(variação)

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1



Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

Conclusões:

1. **Primeira ordem:** produzem bordas mais grossas (geralmente)
2. **Segunda ordem:** tem resposta mais forte a detalhes finos (linhas, pontos e ruído)
3. **Segunda ordem:** produzem borda dupla nas transições (reveja os exemplos)
4. **Segunda ordem:** o sinal pode ser usado para determinar se uma transição é de claro para escuro ou o contrário.

Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

Algumas aplicações importantes, que vamos voltar a falar na seção de segmentação, são relacionadas com o uso do Laplaciano. São elas:

1. Detecção de pontos isolados em uma imagem
2. Detecção de linhas (mais ou menos espessas)
3. Detecção de linhas em direções específicas

Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

Para todos os cenários a limiarização da imagem transformada pode ser utilizada.

Dada uma **máscara**, faz-se a convolução/correlação com a **imagem de interesse** e, após, escolhe-se um limiar T . Todos os pixels com intensidade menor que o limiar são zerados e os demais, levados à máxima intensidade (255).

Pontos isolados, linhas de interesse e com inclinação (dada a máscara) podem ser “separadas” com esta técnica.

Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

Extra – Além do Laplaciano e Gradiente

Um outro método para detecção de bordas muito utilizado, e muitas vezes preferido, é o detector de bordas de Canny. Embora mais complexo, o desempenho geralmente é melhor.

São três objetivos para a abordagem:

1. Baixa taxa de erro
2. Os pontos de borda devem estar bem localizados
3. Resposta de um único ponto de borda

Transformações

Processamento por vizinhança – **Filtros Espaciais de Aguçamento**

Extra – Além do Laplaciano e Gradiente

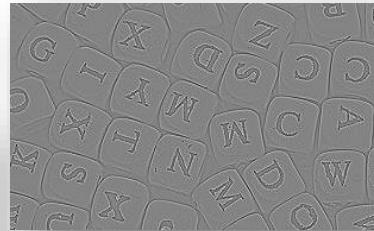
Além, são as seguintes etapas que resumem o algoritmo:

1. Suavizar a imagem de entrada com um filtro gaussiano
2. Calcular a magnitude do gradiente e os ângulos das imagens
3. Aplicar a supressão não máxima na imagem da magnitude do gradiente
4. Usar a dupla limiarização e a análise de conectividade para detectar e conectar as bordas
 - “Qualquer valor de gradiente maior que um limiar máximo é considerado uma borda. Qualquer valor menor que um limiar mínimo não é considerado uma borda. Qualquer valor entre estes limiares são considerados de acordo com a sua variação de intensidade.

Transformações

Processamento por vizinhança – Filtros Espaciais de Aguçamento

Extra – Além do Laplaciano e Gradiente - Canny



Processamento de Imagem

- Introdução ao Processamento de Imagem
- Transformações
- Filtragens
- Segmentação
- Representação

Filtragens

Este tópico está aqui para uma análise!

Existe alguma relação entre **filtragem** (filtros passa alta e filtros passa baixa) com as máscaras e o métodos que vimos no tópico anterior de **transformações**?



Filtragens

Veja:

Filtros Passa Baixa

- A suavização é uma operação de Filtragem Passa Baixa. Vimos que esta operação pode ser atingida com templates/máscaras que realizam a média da vizinhança.
- Uma máscara de média é tal que seus pesos são positivos e a soma é igual a 1.

$$\frac{1}{5} \begin{matrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{matrix}$$

$$\frac{1}{9} \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

$$\frac{1}{32} \begin{matrix} 1 & 3 & 1 \\ 3 & 16 & 3 \\ 1 & 3 & 1 \end{matrix}$$

$$\frac{1}{8} \begin{matrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{matrix}$$

Filtragens

Veja:

Filtros Passa Alta

- Utilizada para detectar na imagem detalhes finos e mudanças drásticas em níveis de intensidade na imagem.
- Diferente da máscara do filtro passa baixa, a máscara do filtro passa alta deve ter pesos que somados resultam em zero (0).

$$\frac{1}{5} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & -1 & 0 \\ \hline -1 & 4 & -1 \\ \hline 0 & -1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{1}{9} \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline -1 & 8 & -1 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

Processamento de Imagem

- Introdução ao Processamento de Imagem
- Transformações
- Filtragens
- Segmentação
- Representação

Segmentação

Entramos em uma etapa do processamento de imagem em que:

- **Entrada:** imagens
- **Saída:** atributos extraídos das imagens

A segmentação visa encontrar regiões em uma imagem ou objetos de interesse.

Por ser uma etapa mais complexa, a segmentação deve ser finalizada quando o nível de detalhe necessário para solução do problema for encontrada.

“A precisão da segmentação determina o resultado final das análises automáticas (computadorizadas)”.

Segmentação

Geralmente, a segmentação está baseada em duas propriedades:

1. Descontinuidade:

Dividir uma imagem com base na mudança brusca de intensidade, como as bordas. O que já foi visto, como detector de bordas, linhas ou pontos isolados, filtros laplacianos ou gradientes podem ser utilizados para esta abordagem

2. Similaridade:

Semelhanças baseadas em algum critério. Entre as técnicas, limiarização, o crescimento de região e a fusão de regiões são exemplos.

Segmentação

Alguma formalidades:

A segmentação é um processo que partitiona R em n sub-regiões, R_1, R_2, \dots, R_n de tal forma que:

a) $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$

A segmentação deve ser completa, ou seja, cada pixel deve estar contido em uma região.

b) R_i é um conjunto conectado, $i = 1, 2, \dots, n$

Todos os pontos em uma região estejam conectados de alguma forma predefinida (4 ou 8-conectados)

Segmentação

Alguma formalidades:

A segmentação é um processo que partitiona R em n sub-regiões, R_1, R_2, \dots, R_n de tal forma que:

- c) $R_i \cap R_j = \emptyset$, para todo i e j , $i \neq j$

As regiões devem estar separadas

- d) $Q(R_i) = VERDADEIRA$ para $i = 1, 2, \dots, n$

$Q(R)$ é uma propriedade lógica sobre os pontos no conjunto. A propriedade deve ser cumprida pelos pixels em uma região segmentada. Exemplo: todos os pixels em R_i possuem o mesmo nível de intensidade, $Q(R_i) = VERDADEIRA$

Segmentação

Alguma formalidades:

A segmentação é um processo que partitiona R em n sub-regiões, R_1, R_2, \dots, R_n de tal forma que:

e) $Q(R_i \cup R_j) = \text{FALSA}$ para quaisquer regiões adjacentes R_i e R_j

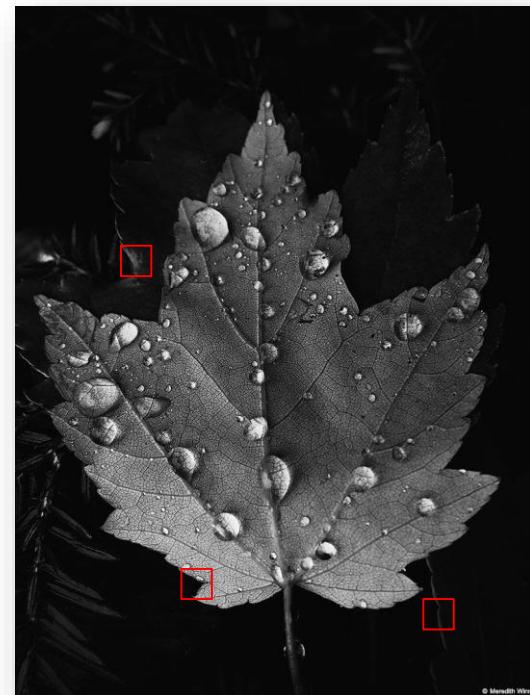
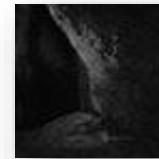
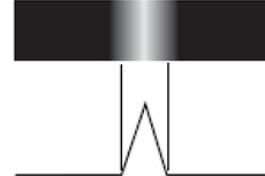
Duas regiões adjacentes devem ser diferentes no sentido da propriedade Q

O problema, ao final, é fazer a divisão da imagem satisfazendo estas condições.

Segmentação

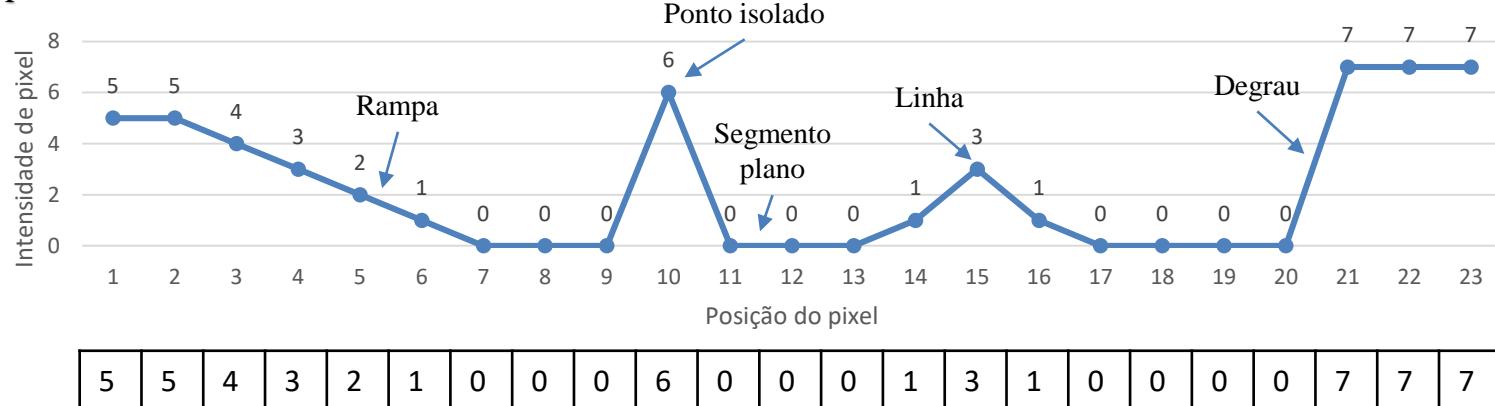
Segmentação por Descontinuidade

Lembrando que, por descontinuidade, temos:
pontos isolados, borda em rampa, borda em forma de talhado,
borda em degrau, bordas em geral...



Segmentação

Segmentação por Descontinuidade



$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$

$$-1 \quad -1 \quad -1 \quad -1 \quad -1 \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad 6 \quad -6 \quad -12 \quad 6 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 2 \quad -2 \quad -1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 7 \quad 0 \quad 7 \quad 0 \quad 0$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

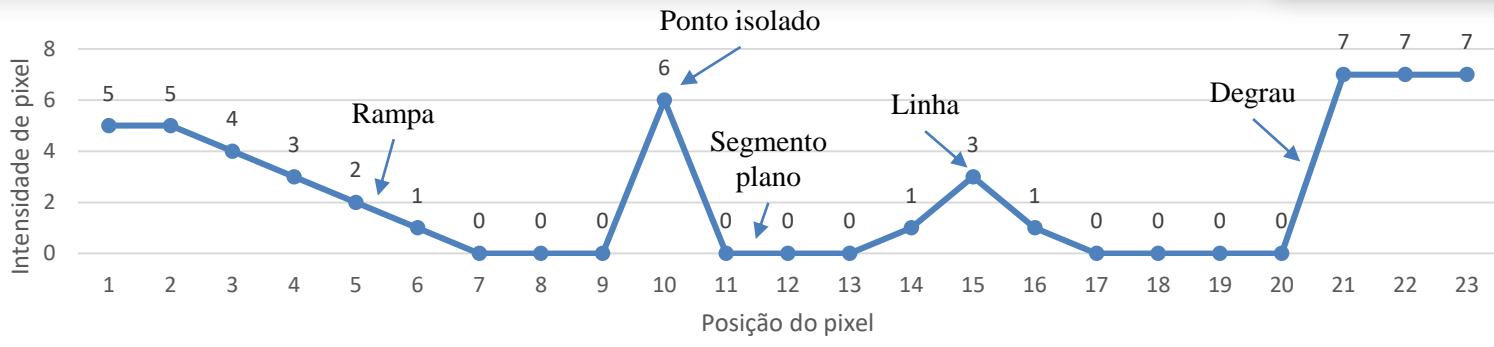
$$-1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 6 \quad -6 \quad -12 \quad 6 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad -4 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 7 \quad -7 \quad 0 \quad 0 \quad 0$$

Segmentação

Segmentação por Descontinuidade

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$



Rampa:

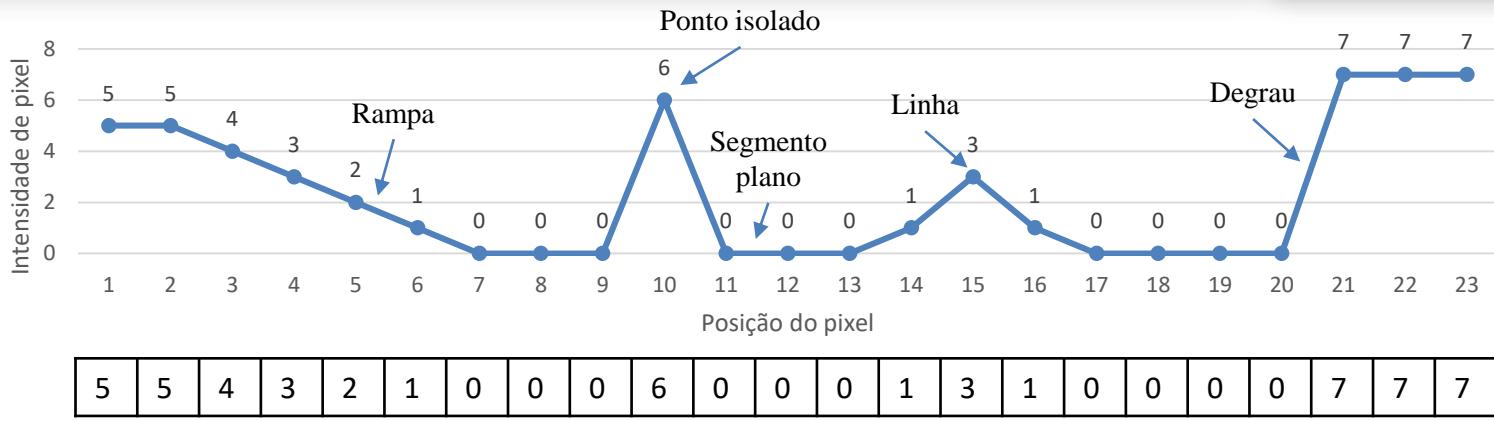
- Bordas mais grossas para filtros de primeira derivada
- 1ª derivada – Diferente de 0 em toda a rampa
- 2ª derivada – Diferente de 0 apenas no início e final da rampa

Segmentação

Segmentação por Descontinuidade

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$



Pontos Isolados e Borda em forma de telhado:

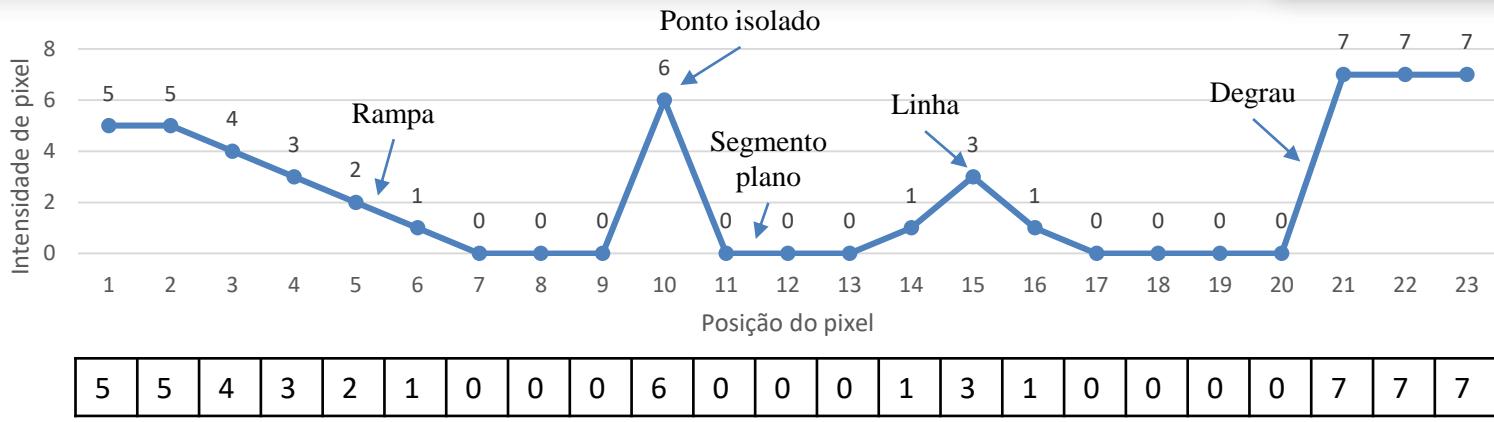
- Magnitude da resposta é maior para filtros de 2^a derivada

Segmentação

Segmentação por Descontinuidade

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$



Degrau

- Bordas duplas
- 2ª derivada – Sinais opostos conforme “entra” ou “sai” da borda
- Sinal para detectar transição – claro para escuro ou vice-versa
- Rampa

Segmentação

Segmentação por Descontinuidade

No tópico de transformações, alguns itens foram apresentados:

1. Detecção de pontos isolados

Utiliza-se um filtro passa alta (máscaras com soma zero). Um ponto será detectado na posição da máscara se a imagem de saída satisfizer a seguinte condição:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{se } \left| R(x, y) = \sum_{k=1}^9 w_k z_k \right| \geq T \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Com T um limiar não negativo.

Segmentação

Segmentação por Descontinuidade

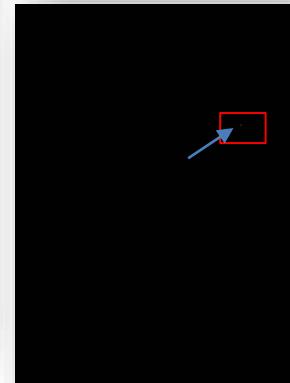
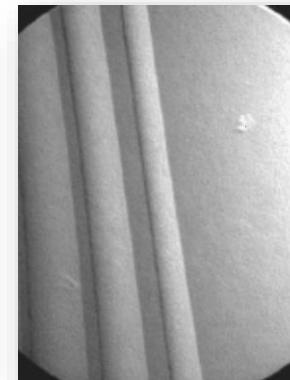
No tópico de transformações, alguns itens foram apresentados:

1. Detecção de pontos isolados

No exemplo, a imagem original contém apenas um único pixel preto. Para inspeção, a utilização de filtros passa alta são importante.

Após a convolução/correlação da máscara com a imagem, usa-se um limiar para binarizar a imagem. Não existe uma regra para definição do limiar T , mas, neste caso, usou-se o valor máximo da imagem como referência.

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline -1 & 8 & -1 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

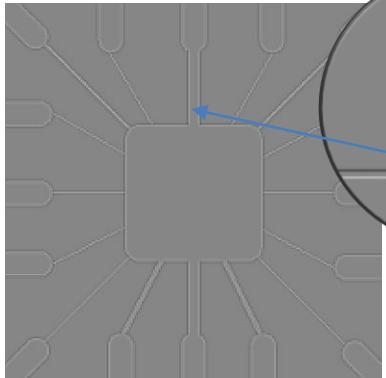


Segmentação

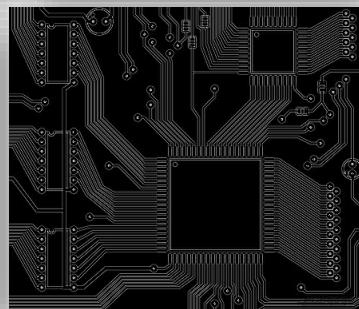
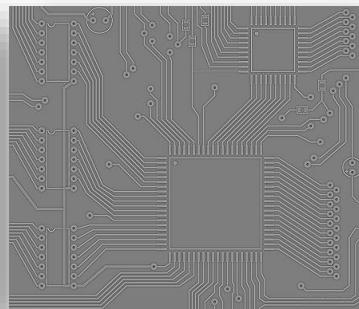
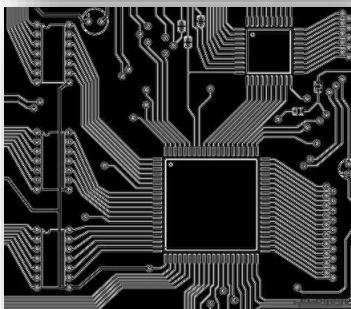
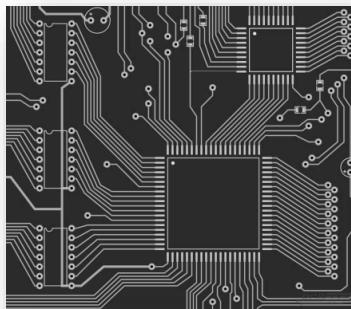
Segmentação por Descontinuidade

No tópico de transformações, alguns itens foram apresentados:

2. Detecção linhas



a | b
c | d



c - valor absoluto (duplica a linha)
d – apenas valores positivos (linhas mais finas)

Segmentação

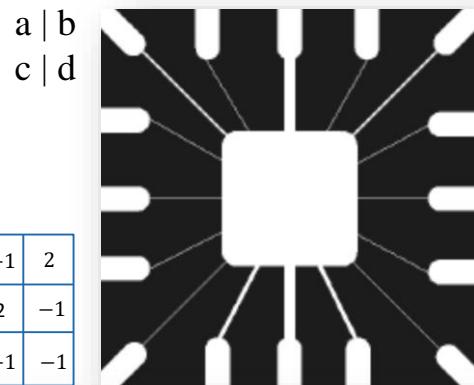
Segmentação por Descontinuidade

No tópico de transformações, alguns itens foram apresentados:

3. Detecção linhas em direções específicas

Para detecção de linhas em direções, pode-se utilizar máscaras diagonais, assim como as Sobel e Prewitt já definidas.

Em (a), a máscara utilizada para bordas -45° , em (c) a imagem resultante do processamento com a máscara e, em (d), utilizando um limiar T , é possível separar as linhas em -45° de interesse.



Segmentação

Segmentação por Similaridade

Quando na definição, similaridade estava relacionado a agregar regiões por algum critério. O método de **binarização ou limiarização** usando um valor T é uma das formas de atingir o resultado.

Por binarização, entende-se o [processo de conversão](#) de uma imagem em [escala de cinza](#) em uma [binária](#) (somente valores 0s e 1s, ou seja, preto e branco).

O objetivo centro do método é encontrar o valor do limiar T . A regra para processamento da imagem é a mesma que foi utilizada em outros cenários: valor do pixel maior que T , é definido 255. Caso contrário é definido 0.

Segmentação

Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização

A limiarização tem um papel importante na segmentação de imagens. A ideia é dividir a imagem diretamente em regiões com base nos valores de intensidade e/ou propriedades desses valores.

É preciso determinar o valor do limiar e o valor de intensidade para acima ou abaixo do limiar.

- a) Inspeção visual do histograma - definição do T manual
- b) Limiarização utilizando valores dinâmicos de T
- c) Limiarização multi-nível, com vários valores de T

Segmentação

Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização

Inspeção visual do histograma - definição do T manual

Sendo um histograma correspondente a uma imagem $f(x, y)$, composta por objetos claros sobre um fundo escuro. Neste cenário objetiva-se agrupar os pixels que tenham valores de intensidade em uma faixa específica.

O histograma precisa de um ou mais vales e dois ou mais modos (agrupamento de pixels por intensidade).

“O sucesso da segmentação depende da largura e da profundidade do valor que separa as duas classes”

Segmentação

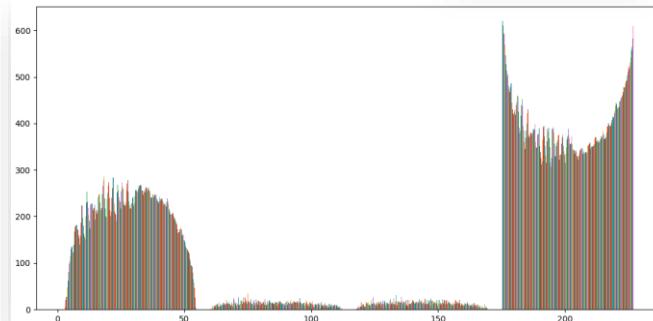
Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{se } f(x, y) > T \\ 0, & \text{se } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

Onde, apesar de intensidade 0 e 1, os dois valores podem ser definidos por arbitrariedade.

Problema: o limiar precisa ser conhecido. Aqui, por inspeção ao histograma, encontrar o vale ou calcular, caso o vale não seja tão visível, através de um método o valor do limiar T .



Segmentação

Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{se } f(x, y) > T \\ 0, & \text{se } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

Gonzales e Woods apresentam um método para encontrar o valor de T , caso o valor não seja tão definido. O método visa encontrar o valor médio entre as médias das intensidades nos grupos criados.

- a. Selecionar uma estimativa inicial para o limiar global
- b. Segmentar a imagem com base em T
- c. Calcular os valores de intensidade média de m_1 e m_2 para os pixels em cada grupo.
- d. Calcular o novo valor de limiar, via $T = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)$
- e. Repetir as etapas até ΔT tem um valor menor que o estipulado

Segmentação

Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{se } f(x, y) > T \\ 0, & \text{se } f(x, y) \leq T \end{cases}$$

A **Limiarização Global Simples**, como mostrado até aqui, é muito eficiente. Mas, como é necessária a definição do limiar por inspeção do histograma, é impraticável para casos onde a repetição para várias imagens seja necessário. Desta forma, um método bem conhecido é o método de Otsu, que maximiza a variância entre as classes.

Segmentação

Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização

O método [Otsu](#) é conhecido como uma alternativa atraente (às soluções que usam Gaussina) que [maximiza a variância entre classes](#). Classes com limiares bem estabelecidos devem ser distintas em relação aos valores de intensidade de seus pixels e, inversamente, que um limiar que oferece a melhor separação entre as classes em termos de valores de intensidade seria o melhor limiar (ótimo). O cálculo é todo feito no histograma da imagem!

“O algoritmo escolhe o primeiro valor de T ($T = 1$) e calcula a variância. Em seguida, vai incrementando o valor de T e calculando a variância para todos os casos. O valor de T escolhido é o que produz variância máxima.”

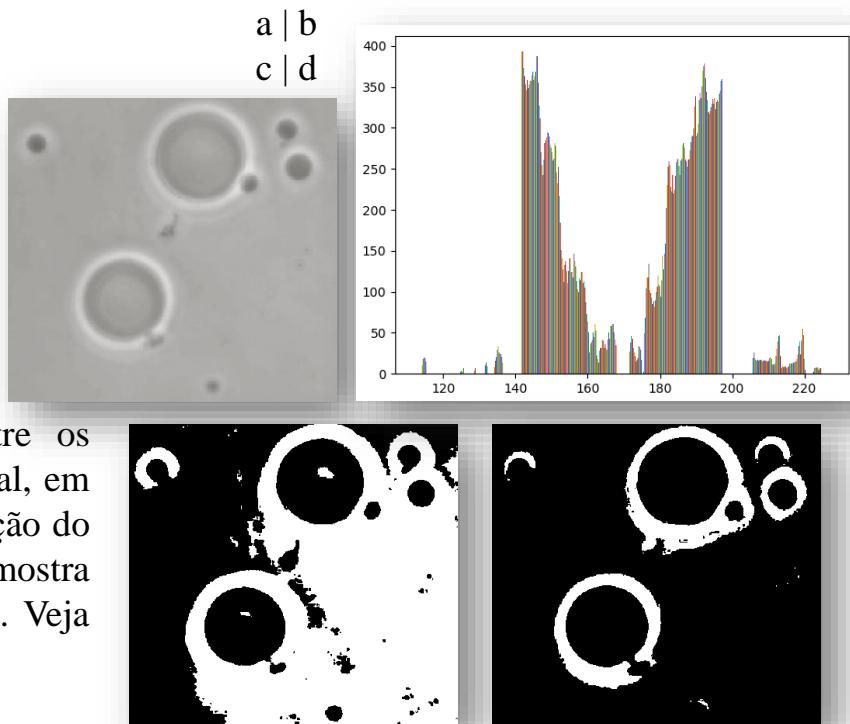
Segmentação

Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização

Método Otsu

As imagens ao lado apresentam um comparativo entre os métodos que foram apresentados. Em (a) a imagem original, em (b) o histograma associado à imagem. Veja que, por inspeção do histograma, o vale bem definido é em 170. A imagem (c) mostra o resultado. O método Otsu definiu o limiar em $T = 179$. Veja que o resultado é diferente e muito mais assertivo, em (d).



Segmentação

Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização – Com Ruído

Processar imagens limpas e com segmentos bem definidos nem sempre é o que encontra-se na prática.

Os ruídos encontrados nas imagens geralmente são produzidos na fonte ou no processo de digitalização. Se na fonte, há a possibilidade de redução deste ruído. Independentemente de onde o ruído foi gerado, se não for possível a sua eliminação será preciso tratar a imagem com ruído e usar algum processo para não deixar o ruído interferir no resultado.

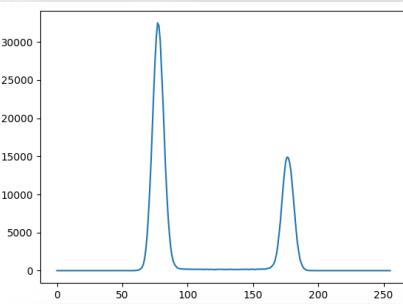
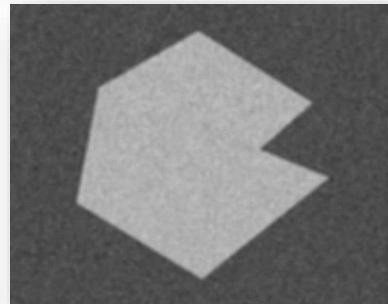
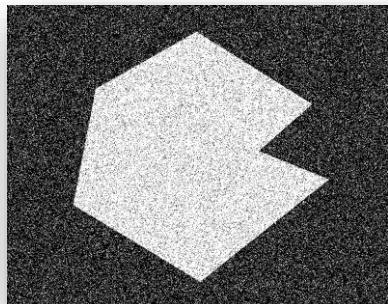
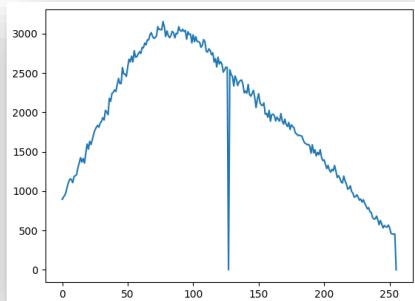
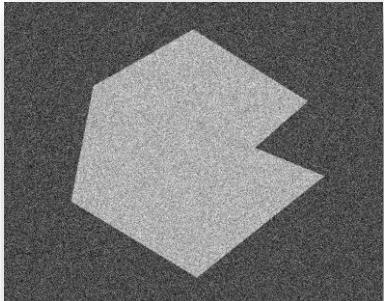
Para limiarização, uma solução geralmente utilizada é:

1. Suavizar a imagem com filtro gaussiano ou da média
2. Realizar a limiarização

Segmentação

Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização - Com Ruído



Segmentação

Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização Utilizando informação das bordas

Em situações em que a composição de ruído e imagem produzem uma imagem que não tenha solução com a suavização mostrada no exemplo anterior, será necessário buscar outras técnicas que tenham mais chance de sucesso.

Uma abordagem é considerar somente os pixels que estão dentro ou perto das bordas entre os objetos e o fundo. O que aconteceria com o histograma de uma imagem fosse composta por um objeto pequeno em um fundo com uma grande área? E se fosse o contrário? A limiarização teria sucesso?

Segmentação

Segmentação por Similaridade

1. Segmentação por limiarização/binarização Utilizando informação das bordas

Diante da pergunta e da discussão feita, buscamos uma forma de tornar o histograma menos dependente do tamanho dos objetos e do fundo.

Neste sentido, na prática, são utilizadas imagens gradiente ou laplacianas por serem detectores de borda, mais atenção às laplacianas por serem isotrópicas.

Na sequência, um resumo do procedimento...

Segmentação

Segmentação por Similaridade

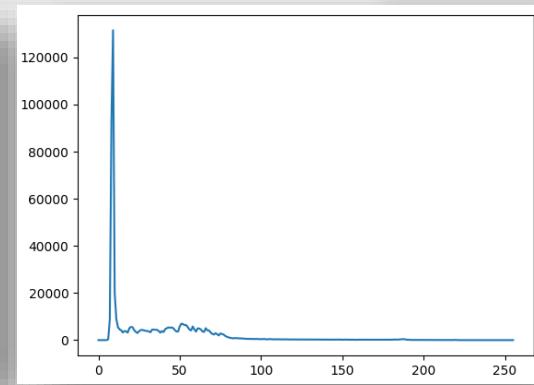
1. Segmentação por limiarização/binarização Utilizando informação das bordas

- a. Calcular uma imagem de borda utilizando qualquer um dos métodos já conhecidos
- b. Especificar um valor de limiar T (por inspeção ou via Otsu, por exemplo)
- c. Limiarizar a imagem para produzir uma imagem binária com os pixels “fortes” da borda
- d. Calcular um histograma utilizando apenas os pixels avaliados com o número 1 (idealmente, somente borda)
- e. Use o histograma da etapa (d) e o limiar encontrado para segmentar a imagem original

Segmentação

Segmentação por Similaridade

**1. Segmentação por limiarização/binarização
Utilizando informação das bordas**

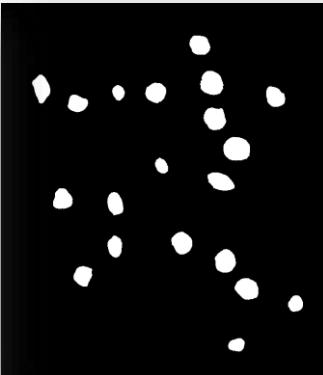
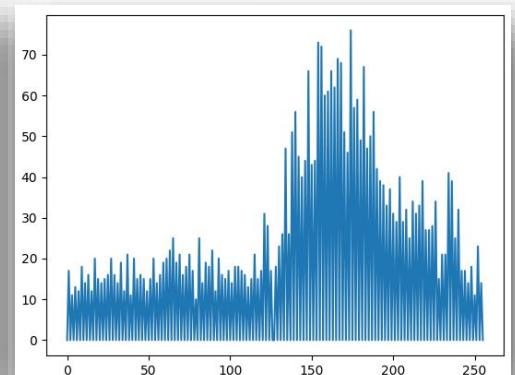
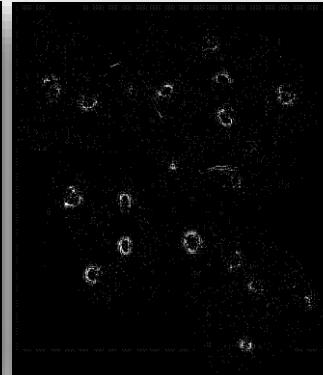


a

b, c

d

e



Processamento de Imagem

- Introdução ao Processamento de Imagem
- Transformações
- Filtragens
- Segmentação
- Representação

Representação

Os processos de detecção ou reconhecimento de objetos ou elementos em imagem é geralmente o passo final da etapa completa. Para tal é preciso apresentar, para os métodos de detecção e reconhecimento, **um** ou **vários valores** que **representem** os **elementos/objetos da imagem**.

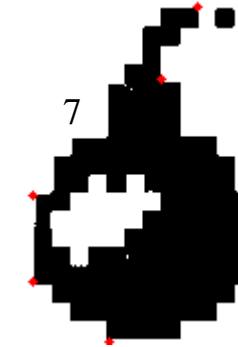
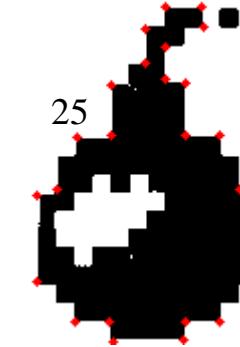
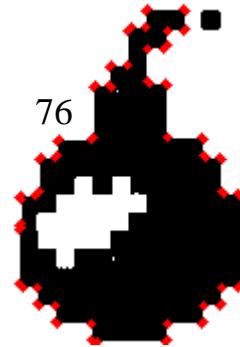
Este é o conceito de representação. E, temos basicamente duas opções:

1. Representação em termos de características externas (fronteiras)
2. Representação em termos de características internas (os pixels contidos nas regiões)
 - i. Foco no nível de cinza ou na cor do objeto
 - ii. Foco no padrão formado pela região, textura.

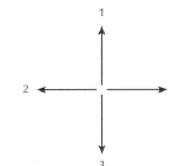
Representação

Representação de Fronteiras

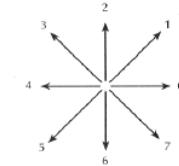
Os algoritmos são usados para representar uma fronteira por uma sequência conectada de pontos (ou segmentos). Existem formas de representar esta fronteira, como, uma [sequência de coordenadas dos elementos da imagem](#) ou [sequência de números direcionais](#), chamados de código de cadeia de Freeman.



4 direções:



8 direções:



Representação

Representação de Fronteiras

Sequência de coordenadas dos elementos

$$[(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_{25}, y_{25})]$$

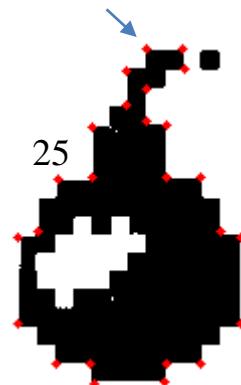
Sequência de números direcionais (código da cadeia)

- 4 direções

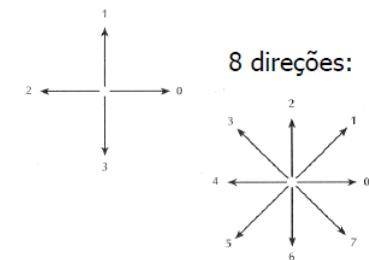
0323233033003030333232322322212212121112112211212112

- 8 direções

065566066007706665546466446444244322201102211221



4 direções:



Representação

Descritores de Fronteiras

O **comprimento de uma fronteira** é um dos seus descritores mais simples. Por exemplo, o número de pixels ao longo de uma fronteira.

- Componentes verticais + componentes horizontais + $\sqrt{2}$ componentes diagonais

O **diâmetro de uma fronteira** também é um descritor interessante. Pode ser definido por:

$$Dia = \max_{i,j} |D(p_i, p_j)|$$

Sendo, p_i e p_j dois pontos da fronteira.

Representação

Descritores de Fronteiras

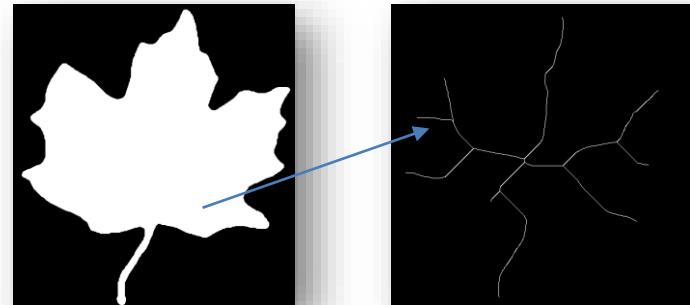
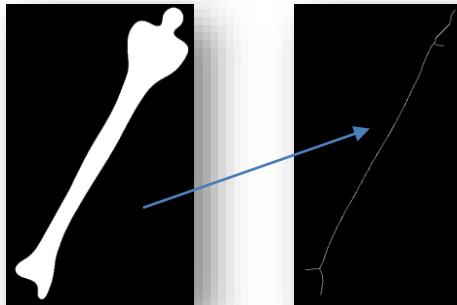
Outros elementos que podem compor um descritor:

- **Tamanho do eixo maior**
 - a. Eixo maior: diferença dos pontos extremos
 - b. Eixo maior: comprimento maior de um retângulo rotacionado
- **Tamanho do eixo menor**
 - Eixo perpendicular ao eixo maior
- **Ângulo de rotação**
- **Excentricidade**
 - Razão entre eixo maior e eixo menor

Representação

Representação por Região

Uma abordagem importante para representar o formato estrutural de uma região plana é reduzi-la a um grafo. A redução no formato geralmente é feito por meio de um algoritmo de afinamento, também chamado de esqueletização. É particularmente útil para reconhecimento de padrões em que o objeto tenha uma forma reta ou curva, ou composto de retas ou curvas. Objetos com uma área muito significativa não são bem representadas por esqueletos.



Representação

Descritores de Textura

Textura não é simples de definir. Não existe um consenso nem uma formalização para definição. Existe, entretanto, algumas abordagens que levam em conta as informações dos [pixels da imagem](#) e das [vizinhanças](#) para extrair algumas características, que podem ser associadas à textura.

Uma abordagem, estatística, produz uma caracterização das texturas:

- a. Suave
- b. Rugosa
- c. Granulada
- d. Etc...

Para cada caracterização, um conjunto de valores pode ser associado.

Representação

Descritores de Textura

Momentos estatísticos do histograma

É uma abordagem estatística e bem simples para descrever uma textura de uma imagem ou de uma região. Dado o histograma de intensidades de uma imagem, momentos como:

- Variância: medida de contraste de intensidade que pode ser usada para descrição de suavidade relativa
- Assimetria do histograma
- Quão plano é o histograma
- Outros momentos de ordem maior não estão associados diretamente ao formato do histograma

Representação

Descritores de Textura

Matriz de co-ocorrência em nível de cinza (GLCM)

Medidas de texturas calculadas apenas a partir do histograma não possuem qualquer informação sobre a posição relativa dos pixels. É importante não apenas analisar a intensidade, mas sim, as posições relativas dos pixels em uma imagem.

GLCM é a distribuição de valores de pixels que ocorrem simultaneamente dentro de uma informação de distância e direção para os pixels adjacentes. É sempre calculado na imagem escala de cinza. GLCM calcula quantas vezes o valor pixel i coexiste tanto na horizontal, vertical ou diagonal com um valor pixel j .

Representação

Descritores de Textura

Matriz de co-ocorrência em nível de cinza (GLCM)

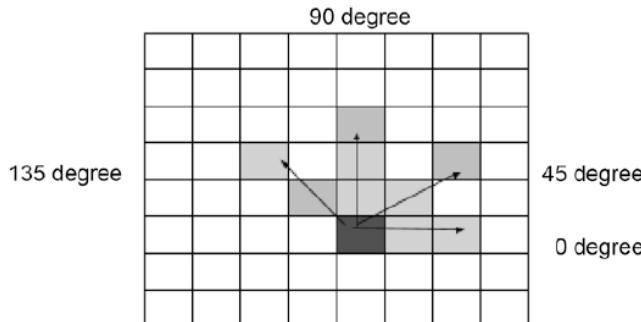
Importante 1: prover informações de relacionamento espacial sobre a imagem. O histograma não fornece estas informações, sobre tamanho da imagem, localização do pixel e seus relacionamentos.

Importante 2: a matriz não é utilizada diretamente como *feature* em aprendizado de máquina. É preciso calcular algumas estatísticas associadas.

Representação

Descritores de Textura

Matriz de co-ocorrência em nível de cinza (GLCM)



8 níveis

1	1	7	5	3	2
5	1	6	1	2	5
8	8	6	8	1	2
4	3	4	5	5	1
8	7	8	7	6	2
7	8	6	2	6	2

Image, f

8 x 8

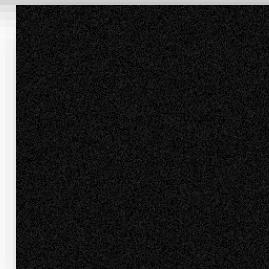
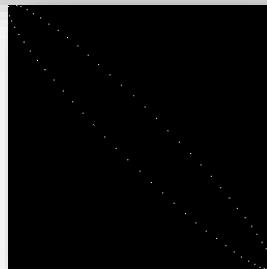
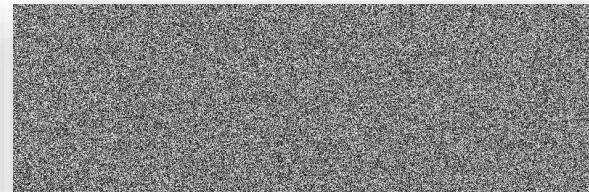
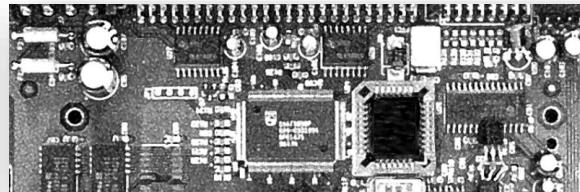
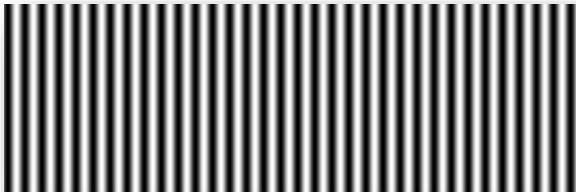
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	0	0	0	0	1	1	0	0
3	0	1	0	1	0	0	0	0
4	0	0	1	0	1	0	0	0
5	2	0	1	0	1	0	0	0
6	1	3	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	1	1	0	2
8	1	0	0	0	0	2	2	1

GLCM, \mathbf{G}

Representação

Descritores de Textura

Matriz de co-ocorrência em nível de cinza (GLCM)



Representação

Descriptores de Textura

Matriz de co-ocorrência em nível de cinza (GLCM)

Como mencionado, as imagens da matriz de correlação não são muito informativas, como *features*. Assim, algumas propriedades são calculadas baseada na matriz. Considerar a matriz de dimensões $K \times K$ e p_{ij} é o ij -ésimo termo de \mathbf{G} dividido pela soma dos elementos de \mathbf{G}

1. Contraste

Uma medida do contraste de intensidade entre um pixel e seu vizinho em toda a imagem. O intervalo de valores é 0 (quando \mathbf{G} é constante) a $(K - 1)^2$

$$\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K (i - j)^2 p_{ij}$$

$$p_{ij} = \frac{g_{ij}}{n}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	0	0	0	1	1	0
2	0	0	0	0	1	1	0	0
3	0	1	0	1	0	0	0	0
4	0	0	1	0	1	0	0	0
5	2	0	1	0	1	0	0	0
6	1	3	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	1	0	2	
8	1	0	0	0	0	2	2	1

Image, f

GLCM, \mathbf{G}

Representação

Descritores de Textura

Matriz de co-ocorrência em nível de cinza (GLCM)

2. Uniformidade, Energia, ASM

Uma medida de uniformidade no intervalo [0,1]. A uniformidade é 1 para uma imagem constante.

$$\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K p_{ij}^2$$

Representação

Descritores de Textura

Matriz de co-ocorrência em nível de cinza (GLCM)

3. Correlação

Uma medida do quanto correlacionado está um pixel com seu vizinho na imagem inteira. O intervalo de valores é de 1 a -1, correspondendo à correlação perfeita positiva e perfeita negativa. Esta medida não está definida se algum dos desvios padrão for zero.

$$\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K \frac{(i - m_r)(j - m_c)p_{ij}}{\sigma_r \sigma_c}$$

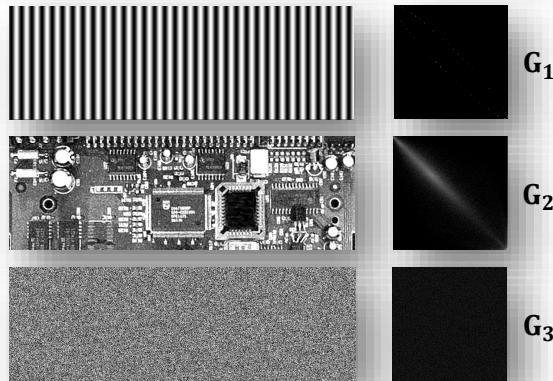
$$m_r = \sum_{i=1}^K i \sum_{j=1}^K p_{ij} \quad \sigma_r^2 = \sum_{i=1}^K (i - m_r)^2 \sum_{j=1}^K p_{ij}$$

$$m_c = \sum_{j=1}^K j \sum_{i=1}^K p_{ij} \quad \sigma_c^2 = \sum_{j=1}^K (j - m_c)^2 \sum_{i=1}^K p_{ij}$$

Representação

Descritores de Textura

Matriz de co-ocorrência em nível de cinza (GLCM)



Matriz de co-ocorrência normalizada	Probabilidade máxima	Correlação	Contraste	ASM, Uniformidade
G_1/n_1	0.01501	0.9649	569.87	0.01230
G_2/n_2	0.00723	0.9042	1044.07	0.00359
G_3/n_3	0.00077	-0.0004	10838.31	0.00002

Representação

Descritores de Textura

Histograma de Gradientes Orientadas (HOG)

HOGs são importantes descritores de características para detecção de objetos. Descreve o formato estrutural e a aparência de um objeto na imagem.

HOG computa as ocorrências de gradiente em uma parte específica da imagem.

- a. Normalização global da imagem: opcional para redução da influência do efeito da iluminação
- b. Cálculo do gradiente da imagem em x e y: capturar contorno, silhueta ou informação de textura
- c. Cálculo dos histogramas do gradiente
- d. Normalização entre blocos: resultado é o HOG (descritores)
- e. Converter em um vetor de características

Representação

Descritores de Textura

Histograma de Gradientes Orientadas (HOG)

Alguns definições precisam ser feitas para o cálculo.

1. Pixels por célula (X, Y)
2. Células por bloco (X, Y)
3. Normalização - $L_1, L_1\text{-sqrt}, L_2, L_2\text{-hys}$

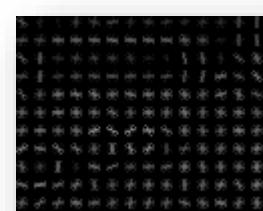


Imagen
reescalada



Imagen
original

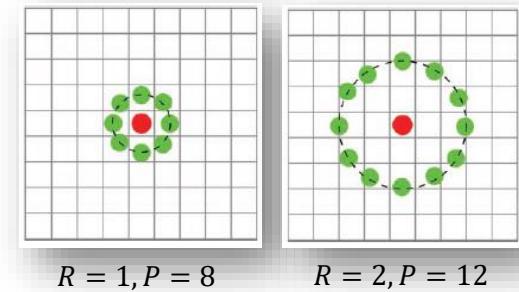
Representação

Descritores de Textura

Local Binary Patterns (LBP)

A abordagem considerada permite tamanhos de vizinhança variável. Assim:

- P é definido como o número de pontos em uma vizinhança simétrica e circular
- R é definido como o raio do círculo, permitindo diferentes tamanhos de vizinhança



Importante: Quanto menor o raio, são capturadas mais texturas finas. Aumentando o raio permite-se classificar texturas de escalas variáveis.

Representação

Descriptores de Textura

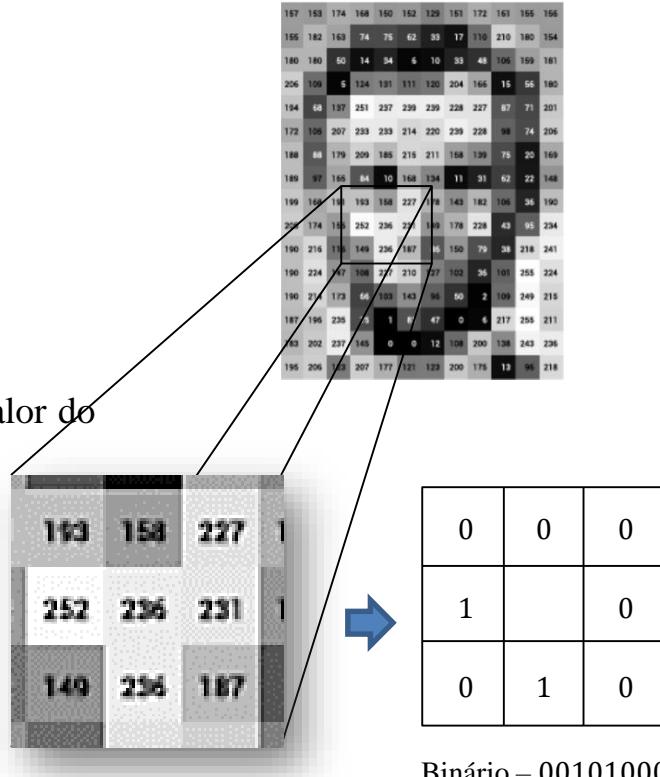
Local Binary Patterns (LBP)

Tendo definido P e R o procedimento é:

1. Se o valor do pixel na vizinhança é menor que o valor do pixel central, substitua o valor por 0. Caso contrário, por 1.

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c)2^P$$

$$s(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x > 0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$



Representação

Descritores de Textura

Local Binary Patterns (LBP)

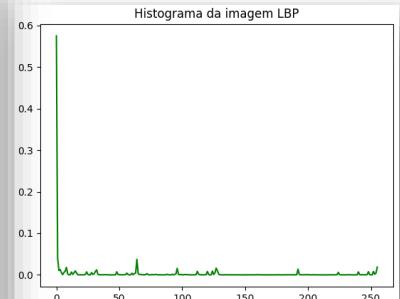
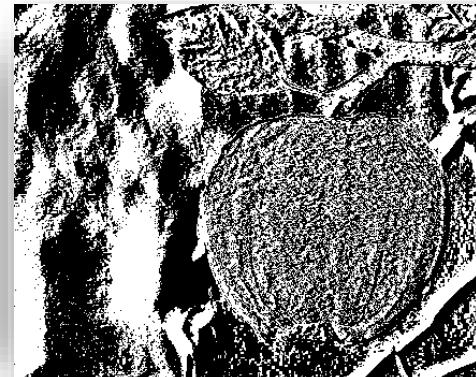
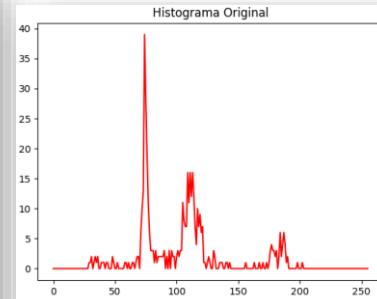
Algumas considerações:

1. A sequência LBP com até 2 transições ($0 \rightarrow 1$ ou $1 \rightarrow 0$) são relativas a regiões uniformes. Acima de 2 transições são associadas a regiões não uniformes.
2. O vetor associado ao histograma da imagem LBP é usado como *feature*

Representação

Descritores de Textura

Local Binary Patterns (LBP)





inatel



inatelooficial



ascominatel



inatel.tecnologias



company/inatel

Inatel

Inatel

Inatel - Instituto Nacional de Telecomunicações
Campus em Santa Rita do Sapucaí - MG - Brasil
Av. João de Camargo, 510 - Centro - 37540-000
+55 (35) 3471 9200

Escritório em São Paulo - SP - Brasil
WTC Tower, 18º andar - Conjunto 1811/1812
Av. das Nações Unidas, 12.551 - Brooklin Novo - 04578-903
+55 (11) 3043 6015