

Matrizes de co-ocorrência no MathLab

O reconhecimento de texturas em imagens é uma atividade importante, que faz parte de uma vasta gama de aplicações em diversas áreas. Dentre elas podemos citar o diagnóstico médico, a automação industrial, o reconhecimento biométrico, sensores remotos e outras.

A idéia inicial do reconhecimento de texturas, assim como outras atividades da área de análise de imagens, consiste em extrair da imagem algumas características que permitam realizar posteriormente um discernimento, uma tomada de decisão ou uma classificação.

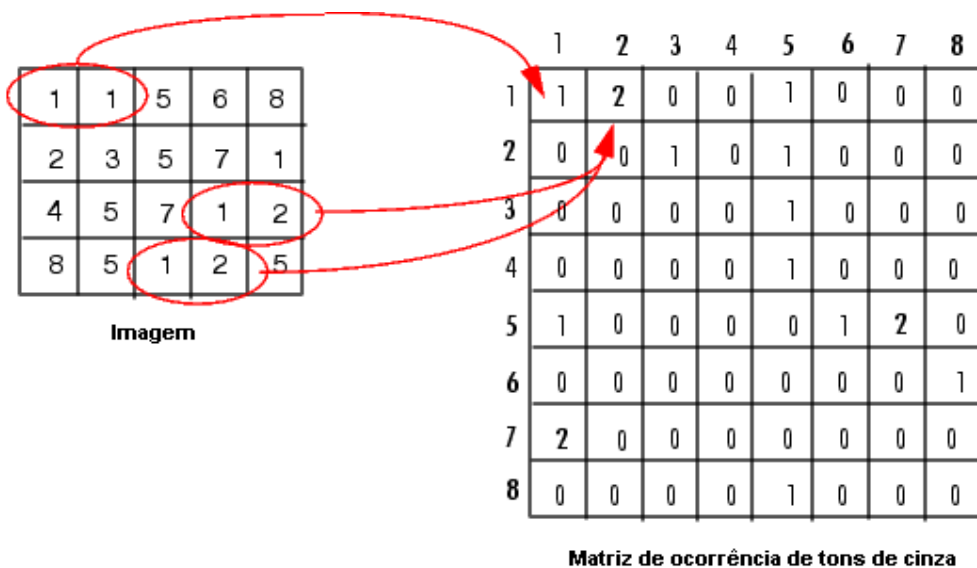
Vetor de características

Para reconhecimento de texturas (em uma classificação eficiente das texturas) se faz necessário a extração de algumas características importantes da imagem original, de forma a possibilitar a correta distinção e classificação das texturas.

Matriz de co-ocorrência de tons de cinza

É uma matriz bidimensional, gerada a partir da contagem das ocorrências das combinações entre os tons de cinza do pixel analisado de um pixel vizinho.

Para cada uma das combinações possíveis entre o pixel e o pixel vizinho (normalmente o pixel à direita, por default), será criado um elemento na matriz de co-ocorrência de tons de cinza, de forma que o tamanho da matriz de co-ocorrência será de $t \times t$, onde t é o número de tons presentes na imagem original. A figura abaixo exemplifica melhor como ocorre o processo de construção da matriz de co-ocorrência de tons de cinza:



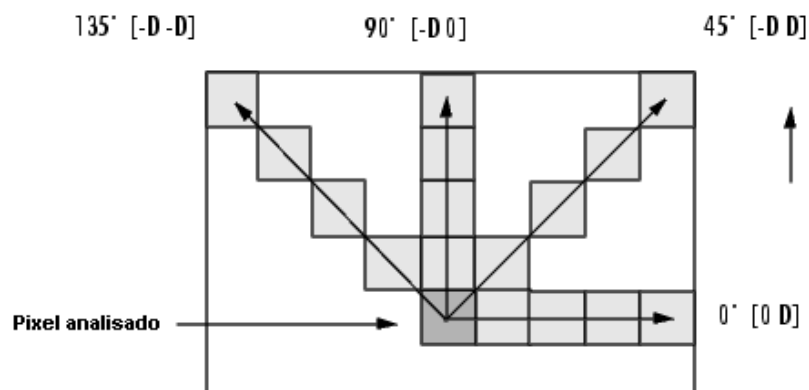
Repare que ao elemento (1,1) da matriz de co-ocorrência de tons de cinza foi associado um valor 1. Este valor 1 está representando a quantidade de ocorrências da combinação [1 1] existentes na imagem original. Como essa combinação [1 1] ocorre apenas uma única vez em toda a imagem, fica armazenado no elemento (1,1) o valor 1. Já para o elemento (1,2), foi colocado o valor 2, que simboliza a existência de 2 ocorrências da combinação [1 2] na imagem original.

A partir da matriz de co-ocorrência de tons de cinza, algumas características interessantes podem ser obtidas. São elas:

Característica	Descrição	Fórmula Matemática
Contraste	Retorna uma medida do contraste entre as intensidades de um pixel analisado e do pixel vizinho. A comparação é realizada em todos os pixels da imagem. Para uma imagem constante (mesmo tom de cinza em toda a extensão), o contraste é 0 (zero).	$\sum_{i,j} i - j ^2 p(i, j)$
Correlação	Retorna uma medida de quão correlacionado está um pixel com o seu vizinho. A comparação é realizada em todos os pixels da imagem. Faixa de valores possíveis: -1 a 1 A correlação é 1 para uma imagem totalmente correlacionada ou -1 para uma completamente descorrelacionada.	$\sum_{i,j} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j) p(i, j)}{\sigma_i \sigma_j}$
Energia	Retorna a soma dos elementos elevados ao quadrado dentro da matriz de co-ocorrência de tons de cinza.	

	<p>Faixa de valores possíveis: 0 a 1</p> <p>A energia possui valor 1 para uma imagem constante (mesmo tom de cinza em toda a sua extensão).</p>	$\sum_{i,j} p(i,j)^2$
Homogeneidade	<p>Retorna um valor que representa a proximidade da distribuição dos elementos em relação à diagonal da matriz de co-ocorrência dos tons de cinza.</p> <p>Faixa de valores possíveis: 0 a 1</p> <p>Um valor de Homogeneidade 1 representa uma matriz diagonal de co-ocorrência de tons de cinza.</p>	$\sum_{i,j} \frac{p(i,j)}{1+ i-j }$

O pixel vizinho a ser comparado com o pixel analisado, normalmente é o pixel a direita (default), mas podemos utilizar qualquer pixel vizinho, inclusive alguns pixels com distância de vizinhança maior que 1. Também podemos trabalhar com mais de um pixel vizinho, criando uma matriz de vizinhança. A figura abaixo explicará melhor como essa matriz de vizinhança pode ser construída.



Com base na figura acima, poderíamos então, gerar a seguinte matriz de vizinhança:

```
matriz_vizinhanca = [ 0 1; 0 2; 0 3; 0 4;...
                    -1 1; -2 2; -3 3; -4 4;...
                    -1 0; -2 0; -3 0; -4 0;...
                    -1 -1; -2 -2; -3 -3; -4 -4];
```

A título de exemplo, podemos produzir no Matlab um gráfico que cruza a característica de correlação com a vizinhança de pixels para a imagem abaixo:



Imagem a ser analisada

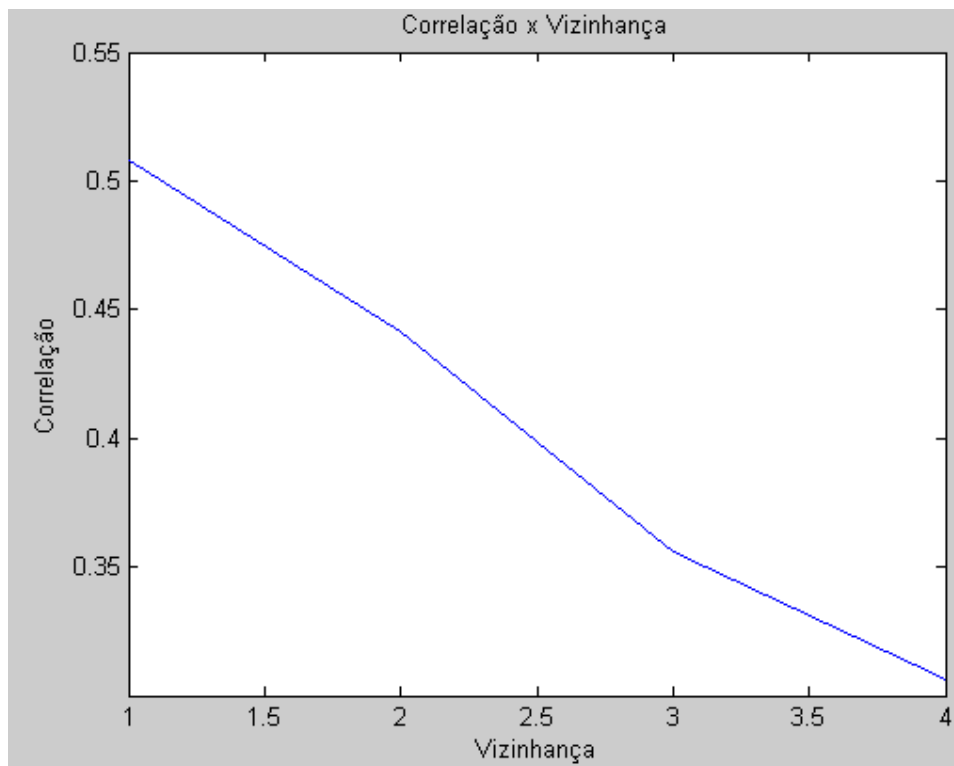


Gráfico de correlação x vizinhaça gerado no Matlab

Para a geração do gráfico acima, foi utilizada a matriz de vizinhaça $[0 \ 1; 0 \ 2; 0 \ 3; 0 \ 4]$, que corresponde a uma vizinhaça de variando entre 1 e 4 pixels à direita (eixo horizontal). Repare que para uma vizinhaça de apenas 1 pixel, podemos visualizar um valor de correlação em torno de 0,5. Este valor vai decaindo à medida em que a distância entre o pixel e o seu vizinho aumenta, resultando num valor próximo de zero quando a distância entre o pixel

analisado e o pixel vizinho é de 4 pixels. O gráfico mostra então que há uma certa correlação entre os pixels mais próximos da imagem, mas que a imagem como um todo não é homogênea (vizinhanças mais distantes possuem correlação próxima de zero).

Para gerar o gráfico no Matlab, foram necessários os seguintes comandos:

```
I = imread('c:\matriz.gif');

vizinhanca = [0 1; 0 2; 0 3; 0 4];

GLCM = graycomatrix(I, 'Offset', vizinhanca);
stats = graycoprops(GLCM, 'Correlation');
figure, plot([stats.Correlation]);
title('Correlação x Vizinhança');
ylabel('Correlação');
xlabel('Vizinhança');
```

Referências:

- <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/> (tutorial com tudo sobre análise de imagens)
- <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/enhanc15.html#33707> (matriz de co-ocorrência de níveis de cinza)
- <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/graycoprops.html> (características derivadas da matriz de co-ocorrência de níveis de cinza)