TUTORIAIS ON-LINE DE ANÁLISE DE TEXTURA COM FOCO EM PROBLEMAS DE IMAGENS MÉDICAS

Rômulo dos Anjos, Mariana Leite, Letícia Rittner, Roberto Lotufo

Departamento de Engenharia de Computação e Automação Industrial, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil
e-mail: romulo.gustavo10@gmail.com

Resumo: Uma das principais áreas do processamento de imagens é a representação das imagens através de características relevantes e discriminantes, também chamadas de atributos. Existem três grupos de atributos que descrevem uma imagem: cor, forma e textura. Nesse contexto, muitos trabalhos relacionados ao processamento e análise de imagens médicas se utilizam da análise de textura para estudar e/ou caracterizar anormalidades, ou ainda para segmentar estruturas ou tecidos de interesse. Este trabalho tem por objetivo criar um conjunto de tutoriais de análise de textura para facilitar o entendimento desta técnica e sua aplicação em imagens médicas.
Palavras-chave: Descritores de Textura, Imagens Médicas, Análise de Imagem

Abstract: *Image representation through relevant and discriminant descriptors, also called attributes, is one of the most important topics in the image processing field. There are three types of attributes that describe an image: color, shape and texture. In this context, many works related with image processing and analysis use texture analysis in order to study and/or characterize abnormalities, or to segment structures or tissues. This work aims to create a set of tutorials on texture analysis to facilitate its understanding and to improve its usage on medical images applications.*
Keywords: *Texture Descriptors, Medical Images, Image Analysis*

Introdução

A área de reconhecimento de padrões em imagens apresenta várias aplicações nas mais diversas áreas e tem se tornado um tema recorrente na pesquisa científica. Umas das etapas mais importantes nesse tipo de aplicação é a extração de descritores que representem a imagem, dentre os quais pode-se ressaltar: descritores de forma, cor e textura.

A análise de textura é uma área de processamento de imagens que tenta extrair características relevantes das imagens através do estudo dos padrões de textura existentes [1]. A análise de textura tem sido utilizada em várias áreas de estudo, dentre as quais podemos destacar a área de processamento de imagens médicas.

A análise de textura normalmente faz parte de ferramentas CAD (*Computer-Aided Diagnosis*), que são procedimentos computacionais que auxiliam médicos na interpretação das imagens médicas. O uso de ferramentas CAD em imagens digitais de ressonância magnética do cérebro, podem ter, por exemplo, o objetivo de auxiliar um especialista na detecção de anormalidades (como lesões e tumores), assim como segmentação de tecidos. A análise de textura também pode ser aplicada em estudos longitudinais nos quais o paciente é acompanhado ao longo do tempo.

Trabalhos que utilizam a análise de textura em aplicações médicas são frequentemente encontrados na literatura [2], como o diagnóstico e o acompanhamento da doença de Alzheimer [3] e a caracterização de tecidos no cérebro [4]. Outro trabalho apresentado em [5] realiza a análise de textura em imagem de ressonância magnética do cérebro e demonstra que os atributos de textura podem ser utilizados como uma ferramenta eficiente em diversas aplicações, como classificação de tecidos cerebrais e segmentação de lesões em imagens de difusão. Baseado nesse artigo, foi proposto um método de segmentação de lesões na substância branca do cérebro em imagens de difusão, através da análise de textura [6].

Uma vez que o uso de análise de textura em imagens médicas vem crescendo ao longo dos últimos anos, este trabalho tem como objetivo desenvolver demonstrações (ou tutoriais) que facilitem o entendimento das ferramentas de extração de atributos de textura, utilizando exemplos em imagens médicas, em um ambiente *web* e com a utilização de código aberto. Tal projeto tem como finalidade facilitar o entendimento dos descritores de textura, sua correta utilização e interpretação dos resultados obtidos da análise de textura, através da ampliação do número de exemplos e tutoriais de análise de textura disponíveis na internet em língua portuguesa. Espera-se que esses tutoriais sejam utilizados como uma ferramenta de pesquisa e aprendizado para pessoas interessadas em entender e/ou fazer uso da análise de textura em diversos contextos, principalmente no contexto de aplicações médicas.

Materiais e métodos

Utilizamos os seguintes materiais nos tutoriais:

Imagens utilizadas – Em cada tutorial, foram utilizadas entre 3 a 6 imagens para demonstrar cada uma

das ferramentas, dentre as quais imagens sintéticas, produzidas a partir de matrizes criadas na página; imagens sintéticas aleatórias; e 4 cortes coronais bidimensionais de uma imagem de ressonância magnética (Figura 1), cedidos pela Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

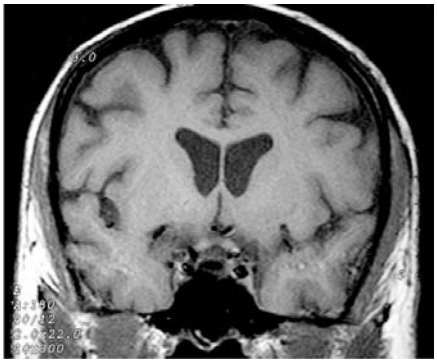

Figura 1: Exemplo de imagem de ressonância magnética usada nos tutoriais.

Plataforma de programação Adessowiki – O Adessowiki é uma plataforma colaborativa para programação científica e escrita de documentos. O Adessowiki foi inicialmente dedicado para processamento de imagens e suporte para programação em Python/C/C++. O projeto é uma colaboração entre a Universidade de Campinas (UNICAMP) e Centro de Informação Renato Archer (CTI) [7].

Linguagem de Programação Python – Utilizamos a linguagem de programação Python para a implementação dos nossos tutoriais. Python é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, imperativa, orientada a objetos, funcional, de tipagem dinâmica e forte. Atualmente, possui um modelo de desenvolvimento comunitário, aberto e gerenciado pela organização sem fins lucrativos Python Software Foundation[8]**.** Além do Python, utilizamos um pacote de ferramentas voltado para cálculo matricial chamado Numpy (*Numerical Python*) [9].

Foram feitas as demonstrações dos seguintes métodos de extração de atributos de textura das imagens:

Abordagem estatística de primeira ordem baseada no histograma – O cálculo do histograma considera a frequência na qual determinado nível de cinza ocorre na imagem analisada. Através da análise estatística do histograma gerado, é possível extrair medidas que caracterizem a distribuição dos níveis de cinza da imagem, gerando atributos de textura.

Matriz de comprimento de corrida – A amostragem de regiões colineares que compõem uma imagem permite que sejam encontradas corridas. Essas corridas são compostas de pixels consecutivos que apresentam os mesmos valores de intensidade de cinza. Com o objetivo de sintetizar as informações obtidas a partir dessas corridas, foi proposta a criação de matrizes cujos elementos contêm o número de corridas com um dado tamanho para um determinado nível de cinza. A partir dessas matrizes, denominadas matrizes de comprimento de corridas, podem ser obtidas informações relevantes sobre as características da textura que está sendo analisada.

Em texturas ásperas, espera-se que corridas relativamente longas sejam frequentes. Por outro lado, corridas mais curtas ocorrem em texturas mais finas, em virtude da presença de bordas. As bordas são responsáveis por variações rápidas e acentuadas nos níveis de cinza dos pixels da imagem, acarretando em interrupções frequentes das respectivas corridas[10].

Abordagem estatística de primeira ordem baseada no gradiente – O gradiente de uma imagem descreve mudanças direcionais na intensidade dos níveis de cinza, de forma que o gradiente pode ser utilizado para extrair informações relevantes da imagem [11]. O gradiente é largamente utilizado na literatura como um método de detecção de bordas. O desafio da detecção de bordas é indicar uma mudança súbita do nível de cinza entre duas regiões relativamente homogêneas. Como resultado de sua aplicação, obtém-se uma imagem com altos valores de nível de cinza, em regiões de contrastes bem definidos e valores baixos em regiões de pouco contraste, sendo 0 para regiões de nível de cinza constante [12].

LBP (*Local Binary Pattern)* – Padrão Binário Local é um simples, mas muito eficiente operador de textura. Através do uso do LBP é possível rotular os pixels de uma imagem através da comparação da vizinhança de cada pixel e considerando o resultado como um número binário. Devido a sua simplicidade computacional, tal operador tem sido muito utilizado em várias aplicações, principalmente na área de reconhecimento de padrões de imagens.

O LBP é considerado uma aproximação, na qual é proposta a unificação dos modelos estatísticos e estruturais, que são tradicionalmente divergentes na análise de textura. Os descritores extraídos do LBP tem como característica a invariância a iluminação presente na imagem que está sendo analisada. O Padrão Binário Local é um simples, mas muito eficiente operador de textura, no qual é possível rotular os pixels de uma imagem através da comparação da vizinhança de cada pixel e considerando o resultado como um número binário. Os descritores extraídos do LBP tem como característica a invariância a iluminação presente na imagem que está sendo analisada.

Resultados

Foram criados quatro tutoriais, um para cada método descrito na seção anterior e cada tutorial segue a estrutura acima e todos contém:

Definição e Implementação – São os primeiros itens presentes em todas as páginas. No item definição é apresentado o descritor e uma breve explicação do mesmo. No item implementação há um código em Numpy que executa o método desejado. Os descritores de textura foram desenvolvidos para imagens

bidimensionais, e podem ser computados na imagem inteira, ou apenas em uma região de interesse.

Descritores e Exemplos de Aplicações – Neste item são demonstradas as características mais importantes de cada um dos descritores de textura através de exemplos numéricos e de imagens (Figura 2).

```
entrada = [[1 2 2 3]
 [3 3 3 2]
 [2 1 1 1]
 [4 4 5 5]]
curtose do exemplo numérico = -0.935476016557
```

Usando a seguinte imagem de ressonância magnética do cerébro:

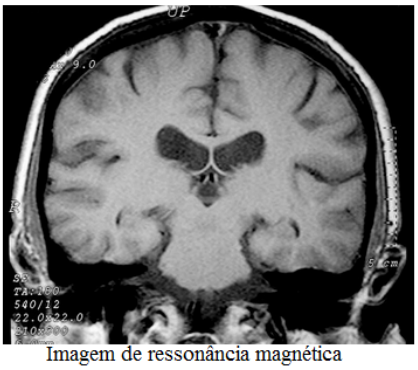

Imagem de ressonância magnética

Calculando a curtose para essa imagem temos:

```
curtose do exemplo em imagem = -1.45587648662
```

Figura 2: Exemplo de explicação dos descritores de textura.

Neste item também apresentamos as equações matemáticas do descritor de textura que está sendo explicado.

No fim de cada página há a citação das fontes de pesquisa que foram utilizadas na criação da página.

Singularidades de cada tutorial – Apesar dos 4 tutoriais já desenvolvidos seguirem uma estrutura bastante parecida, cada um deles apresenta algumas particularidades devido à natureza distinta dos descritores.

No tutorial do histograma foram explorados os conceitos presentes na representação de imagens por histogramas através de exemplos numéricos e em imagens. Nesses exemplos pode-se visualizar os histogramas de imagens médicas.

Além disso, existe um conjunto de métricas que podem ser extraídos a partir de um histograma: medida de escala de cinza, variância, assimetria, curtose, entropia, moda e percentil. Tais medidas são explicadas, desde as equações até seu significado físico ao longo dos tutoriais.

No tutorial do comprimento de corrida foi implementado um código em Numpy, que calcula os comprimentos de corrida vertical e horizontal. Utilizando esses dados é possível calcular a matriz comprimento de corrida (Figura 3).

```
matriz comprimento de corrida
[[ 2273.  1216.   353. ...,     0.     0.    17.]
 [ 2576.   497.   148. ...,     0.     0.     0.]
 [ 1916.   237.    24. ...,     0.     0.     0.]
 ...,
 [ 1362.   155.    24. ...,     0.     0.     0.]
 [ 1644.   370.    95. ...,     0.     0.     0.]
 [ 1969.   963.   301. ...,     0.     0.     0.]]
```

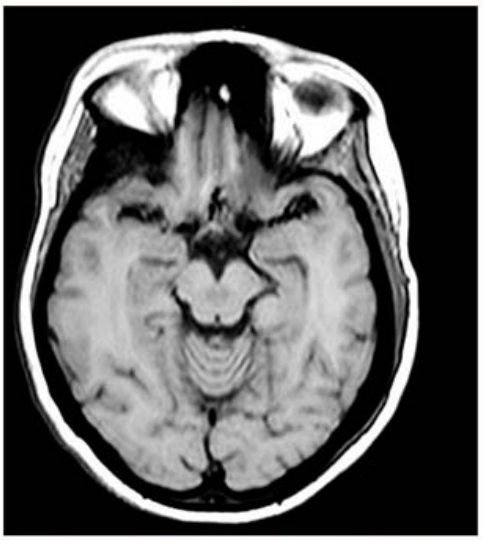

imagem de ressonância magnética do cérebro corte axial

Figura 3: Imagem e sua respectiva matriz de comprimento de corrida.

A partir da matriz de comprimento de corrida é possível extrair alguns descritores de textura: ênfases de corridas curtas e longas (SRE e LRE), não-uniformidades de tom de cinza e de comprimento de corrida, fracionamento da imagem por corridas e coeficiente C para cálculo dos momentos inversos do SRE e LRE. Essas métricas foram descritas através de equações e aplicadas em imagens médicas.

No tutorial do gradiente foi analisado o uso do gradiente como detector de bordas em imagens. Há a implementação de uma função em Python que calcula o gradiente e as métricas do mesmo (métricas parecidas com as usadas na abordagem do histograma). Também foram feitas demonstrações utilizando diferentes filtros para o cálculo do gradiente. Para cada um desses filtros foi obtido um resultado diferente. O filtro Sobel, por exemplo, permite a visualização de bordas verticais ou horizontais separadamente (Figura 4).

No tutorial do LBP foi discutido a principal característica desse descritor: apresentar que imagens com condições de iluminação variante possuem o mesmo LBP (Figura 5).

Esta é uma característica muito importante para a detecção de anomalias no cérebro, uma vez que as imagens normalmente apresentam diferenças na iluminação de acordo com os ajustes que são feitos nos dispositivos de aquisição.

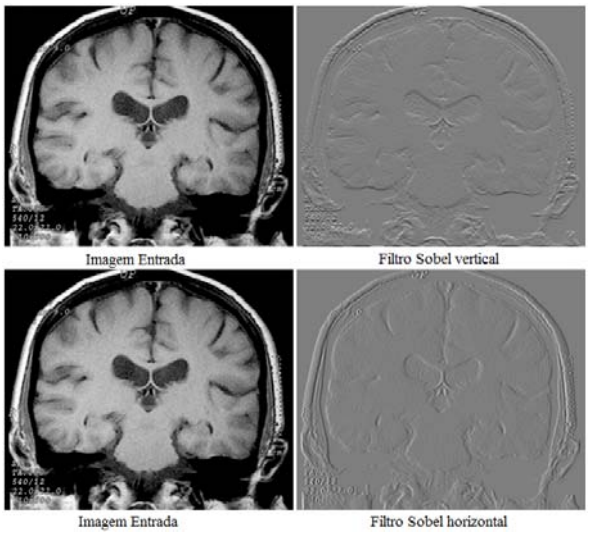

Figura 4: Comparação da utilização de diferentes filtros para extração das bordas das imagens.

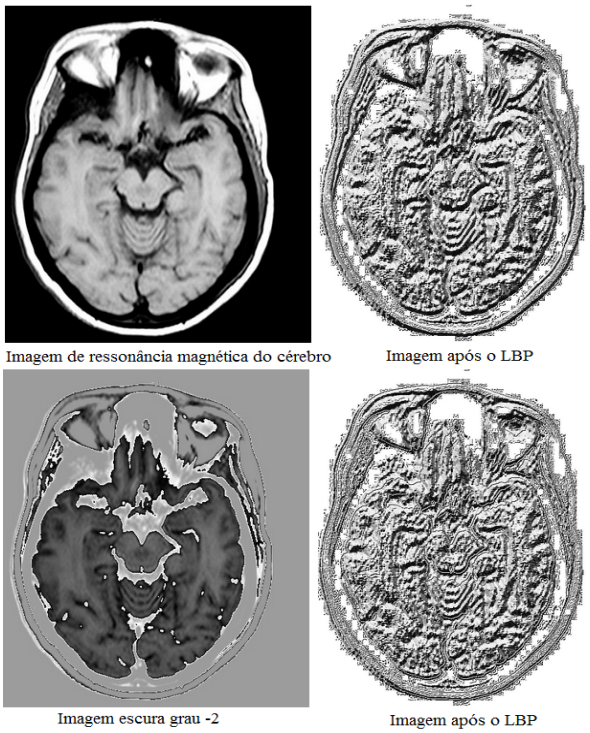

Figura 5: Demonstração da invariância à iluminação do filtro LBP.

Conclusão

O desenvolvimento de demonstrações de análise de textura em imagens médicas facilita o seu entendimento, motiva a utilização em diversas aplicações, e amplia a disponibilidade de material com esse conteúdo na internet, em língua portuguesa. Foram desenvolvidos tutoriais do histograma, comprimento de corrida, gradiente e LBP contendo a descrição dos métodos, equações, exemplos numéricos e em imagens, e referências relevantes. A partir da experiência positiva deste trabalho inicial já estamos iniciando o desenvolvimento de novos tutoriais de análise de textura como, por exemplo, a explicação do conceito da matriz de co-ocorrência, que é um método que descreve a frequência com que ocorrem as transições de nível de cinza entre pares de pixels em uma imagem. Além de adicionar outras técnicas de análise de textura, também planejamos ampliar os tutoriais já desenvolvidos com aplicações em imagens tridimensionais.

Referências

[1] Haralick RM, Shanmugam K, Dinstein I. Textural features for image classification. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 3(6):610-621, 1973.

[2] Castellano G, Bonilha L, and Cendes F. Texture analysis of medical images. Clinical Radiology, 59(12):1061-1069, 2004.

[3] Freeborough PA, Fox NC. MR image texture analysis applied to the diagnosis and tracking of Alzheimer's disease. IEEE Transactions on Medical Imaging, 11(6):873-887,1998.

[4] Lerski RA, Straughan K, Schad LR, Boyce D, Bluml S, Zuna I. Mr image texture analysis - an approach to tissue characterization. Magnetic Resonance Imaging, 11(6): 873-887, 1993.

[5] Kovalev VA, Kruggel F, Gertz HJ, Cramon DY. 3d texture analysis of MRI brain datasets. IEEE Transactions Medical Imaging, 20(5):424-433, 2001.

[6] Kruggel F, Paul JS, Gertz HJ. Texture-based segmentation of diffuse lesions of the brain's white matter. NeuroImage, 39(3): 987-996, 2008.

[7] Lotufo RA, Machado RC, Korbes A, Ramos RG. Adessowiki: on-line collaborative scientific programming platform. In: Proceedings of the 2009 International Symposium on Wikis, 2009, Orlando, Florida, USA, October 25-27, 2009

[8] Python - Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em : <http://pt.wikipedia.org/wiki/Python>. Acesso em: 28/07/2014.

[9] Numpy - Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/NumPy>. Acesso em: 28/07/2014.

[10] Pedrini H, Schwartz WR. Análise de Imagens Digitais - Princípios, algoritmos e aplicações. Thomson Learning, 2008.

[11] Woods R, Gonzalez RC. Processamento de Imagens Digitais. Edgard Blucher, 2000.

[12] Processamento de imagens – UFRJ. Disponível em: <http://equipe.nce.ufrj.br/thome/p_grad/nn_img/transp/c4_filtros.pdf>. Acesso em: 02/09/2014.