

Suavização Espacial no Ambiente *Khoros*

ARNALDO DE ALBUQUERQUE ARAÚJO
EDUARDO ROBERTO ARECO

DCC—Departamento de Ciência da Computação
UFMG—Universidade Federal de Minas Gerais
Caixa Postal 702
30161-970 Belo Horizonte, MG, Brasil
arnaldo@dcc.ufmg.br, areco@dcc.ufmg.br

Abstract. Spatial-domain noise-smoothing techniques have been widely used in image enhancement tasks. Their application is expected to facilitate further processing and to increase analysis results. This work presents an edge-preserving noise-smoothing algorithms toolbox implementation within the *Khoros* environment.

1 Introdução

A visão é considerada o mais poderoso dos sentidos. Sob a luz da teoria da informação o nosso sistema visual dispõe de uma altíssima capacidade de canal. Um fluxo de dados equivalente a vários milhões de *bits* por segundo percorre normalmente o nervo ótico humano, responsável pela comunicação entre os olhos (sistema sensor natural) e o cérebro (sistema processador natural).

Devido à grande importância do sistema visual humano, o processamento digital de imagens (PDI) é uma promissora área do processamento da informação, tendo motivado a criação de novos processos e tecnologias e suscitado um grande número de aplicações. Com o surgimento dos computadores digitais de alta velocidade, esta área de conhecimento cresceu rapidamente, tomando dimensões que abrangem aplicações científicas, industriais, militares, de segurança, de lazer e artísticas.

O desenvolvimento de máquinas com arquiteturas dedicadas e de sistemas sensores eficientes, baseados em fenômenos óticos, sônicos, eletromagnéticos e radioativos, permite, hoje, a implementação de sofisticadas técnicas de processamento digital de imagens.

Junto com o desenvolvimento das máquinas, algoritmos de PDI têm-se multiplicado e o grande número de pesquisadores envolvido tem gerado uma grande produção literária sobre o assunto. Vários livros textos são disponíveis, fazendo uma abordagem dos fundamentos e aplicações de processamento digital de imagens. Nos últimos quinze anos, uma grande quantidade de artigos de revisão e edições especiais foi publicada enfocando os vários aspectos da área.

Processamento digital de imagens envolve os se-

guintes campos principais [Prat78]: digitalização, realce, restauração, segmentação, descrição e codificação. Técnicas de realce procuram, com base em características do sistema visual humano, destacar informações presentes em imagens degradadas ou não. Realce de imagens está, geralmente, relacionado com expansão de contraste, suavização, realce de bordas e pseudocoloração.

Suavização busca uma homogeneização das regiões das imagens, alterando níveis de cinza decorrelacionados com a vizinhança e que podem representar um ponto ruidoso. No domínio da frequência, suavização é obtida através de filtros passa-baixas, enquanto que no domínio espacial, a técnica respectiva é a integração discreta.

A suavização espacial baseia-se na convolução de máscaras sobre a imagem. Cada *pixel* é transformado levando em conta alguma correlação existente entre os *pixels* pertencentes a uma pequena vizinhança. Estas técnicas, geralmente, incorporam características do ruído, o conhecimento *a priori* sobre bordas e propriedades do sistema visual humano para obter realce.

Este projeto tem como finalidade implementar uma *toolbox* com algoritmos de suavização espacial, no ambiente *Khoros* [Rasu91], com a pretensão de ser bastante completa e atualizada. Segue-se uma descrição sucinta de técnicas de suavização espacial. As próximas seções abordam o ambiente *Khoros*, apresentam uma relação dos algoritmos inicialmente selecionados para implementação e apresentam alguns resultados de filtragem espacial.

2 Suavização Espacial

Técnicas de suavização têm como objetivos principais a remoção de ruído e a uniformização dos níveis

de cinza dos *pixels* nas regiões presentes na imagem. No domínio espacial, as técnicas atuam diretamente nos pixels da imagem, através da convolução de uma máscara, que se desloca sobre toda a imagem efetuando operações lineares ou não-lineares baseadas em informação estatística localizada. O nível de cinza do *pixel* central da janela de imagem definida pela máscara é substituído por um valor que é função do método empregado e dos níveis de cinza da vizinhança formada pelos *pixels* desta janela.

Um procedimento básico consiste no cálculo do valor médio dos níveis de cinza dos *pixels* envolvidos pela máscara, ponderados pelos pesos da mesma. Este é o caso do filtro da média [Prat78], onde os pesos são fixos. O simples cálculo da média apesar de reduzir consideravelmente o ruído em regiões homogêneas, produz o nublamento e a conseqüente perda de informações nos limites entre as regiões. Considerando este problema, vários autores apresentaram outras máscaras que utilizam coeficientes de pesos variáveis e restrições para o cálculo da média, tais como: média com pesos especiais para bordas e linhas; média com os K vizinhos, cujos valores de níveis de cinza são os mais próximos daquele do *pixel* central; média com os cinco vizinhos consecutivos numa janela 3x3; média com pesos, onde o peso dado a um *pixel* vizinho depende de quão próximo é seu valor de nível de cinza daquele do *pixel* central; média com aqueles vizinhos que satisfazem a certos requisitos relacionados com o histograma da janela; média utilizando rotulação (*labeling*) probabilística e média com pesos que decrescem radialmente a partir do *pixel* central. Além disto, foram utilizados operadores e conceitos diversos como: operadores gaussianos otimizados, *fuzzy sets*, probabilidade sigma da distribuição gaussiana, características do sistema visual humano, critérios subjetivos, vizinhanças seletivas, etc., e criadas classes de filtros como: filtros morfológicos, *trimmed-mean filters*, *box-filtering*, *rank-filters*. Para obter referências bibliográficas sobre estes conceitos, consulte [Arau90].

3 O Ambiente *Khoros*

Khoros [Rasu91] é um ambiente para pesquisa desenvolvido na Universidade do Novo México, para sistemas UNIX rodando X11R4 (*X Window System*, versão 11, revisão 4). Utiliza a programação visual como ferramenta para o desenvolvimento de aplicações e visualização científica. Este ambiente é composto de diversos aplicativos, que podem ser classificados como ferramentas para o auxílio no desenvolvimento de sistemas e também aplicações para o usuário final. No sistema *Khoros*, já existem bibliotecas de rotinas que podem ser utilizadas para o

desenvolvimento de novas aplicações, destacando-se rotinas de processamento de sinais e imagens, visualização, sistemas de informação geográfica e funções básicas para a elaboração de programas.

3.1 Linguagem Visual

Como interface para as rotinas do sistema *Khoros*, existe o aplicativo *Cantata*. Neste *software*, existe o conceito de *glyphs*, que são pequenos retângulos semelhantes a ícones, representando o estado de determinada rotina. Em um *glyph*, existem botões para executar o *glyph* e para acessar um painel de parâmetros associados à rotina em questão. Vários *glyphs* podem ser conectados entre si, formando um fluxo de execução de rotinas, para a elaboração de aplicações mais complexas. Um exemplo trivial é uma seqüência de três *glyphs* conectados, onde o primeiro representa um arquivo de imagem, o segundo um algoritmo de suavização e o último uma rotina de visualização de imagens, sendo que a execução do *glyph* intermediário gera uma nova imagem, que pode ser mostrada na tela quando o último *glyph* for executado.

A programação na linguagem visual poderia, então, ser definida como a correta escolha e conexão de *glyphs*, formando um fluxo de execução. A linguagem visual pode ser estendida pela adição de novas rotinas e integração ao aplicativo *Cantata*.

3.2 Ferramentas para Auxílio à Programação

O sistema *Khoros* possui aplicativos para auxiliar no desenvolvimento de rotinas, que facilitam a geração e manutenção dos programas. Para tanto, foram desenvolvidos padrões para a especificação da interface do usuário e para a especificação do próprio programa. O auxílio no desenvolvimento da interface de usuário serve tanto para aplicações com interfaces gráficas (*xvroutines* na terminologia *Khoros*) como para interfaces para linha de comando (para as *voutines*), sendo que nestas últimas são cobertos tanto os aspectos de obtenção de parâmetros da linha de comando quanto a aparência da interface, quando da inclusão da rotina no ambiente *Cantata*.

Utilitários do sistema ajudam na geração dos *Makefiles*, no suporte a múltiplas arquiteturas e na manutenção das rotinas.

3.3 Inclusão de *Toolboxes*

A forma pela qual os usuários do sistema *Khoros* podem incluir suas próprias rotinas é através da criação de *toolboxes*. Uma *toolbox* pode ser vista como um diretório que imita a estrutura do ambiente *Khoros*, onde são colocados todos os arquivos necessários à

execução e manutenção das novas rotinas. A utilização de tal estrutura é aconselhada por motivos de padronização, facilitando a manutenção e utilização por qualquer usuário do ambiente *Khoros*, através das ferramentas citadas no item anterior.

4 Métodos Implementados

Os métodos abaixo relacionados foram selecionados entre aqueles correntemente utilizados em processamento digital de imagens e divulgados na literatura. Algoritmos recentemente desenvolvidos também serão incluídos.

- Filtro da Média [Prat78]
- Filtros da Ordem [Heyg82]
- Filtro da Mediana [Prat78] [Ahma87]
- Filtro da Média com os K Vizinhos Mais Próximos [Davi78]
- Suavização com Vizinhança Seleccionada por Variância [Naga79]
- Suavização com Vizinhança Seleccionada por Soma de Diferenças Absolutas [Arau85]
- Suavização Baseada no Mod. de Facetas [Hara81]
- Filtro Sigma [Lee83]
- Filtro da Ordem Adaptativo [Lee87]
- Suavização Logarítmica [Chan84]
- Filtro Sigma Adaptativo [Jung88]
- Filtro da Mediana Adaptativo [Loup89]

A Figura 1 apresenta a conhecida imagem Lena, sendo a Figura 2 sua versão com 10% de ruído adicionado. As Figuras 3 e 4 mostram os resultados da aplicação dos algoritmos da média e média com os k vizinhos mais próximos, respectivamente, sobre a imagem Lena com ruído.

5 Conclusões

As técnicas de suavização têm-se desenvolvido muito rapidamente nos últimos dez anos. É possível notar pela descrição dos processos envolvidos nos filtros estudados algumas tendências quanto à eficiência e aspectos de implementação. À medida que as técnicas tornam-se adaptativas, levando em conta cada vez mais características da imagem e buscando reduzir o ruído sem provocar distorções, tornam-se mais complexas e comprometem a eficiência computacional.



Figura 1: Imagem original



Figura 2: Imagem após a adição de ruído

Este projeto tem como finalidade implementar uma *toolbox* com algoritmos de suavização espacial, no ambiente *Khoros*, com a pretensão de ser bastante completa e atualizada. Pretende-se oferecer ao pesquisador a escolha de um variado número de algoritmos representativos das diversas classes de técnicas de suavização espacial, com preservação de bordas, existentes na literatura.

Como segunda meta, o projeto visa capacitar o Núcleo de Processamento Digital de Imagens - NPDI, DCC/UFG, em desenvolver aplicativos no ambiente *Khoros*.



Figura 3: Filtro da média numa janela 5x5



Figura 4: Filtro da média com os 17 vizinhos mais próximos numa janela 5x5

6 Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPQ (400190/90-7, 500908/91-5) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais-FAPEMIG (TEC 1113-90) pelo apoio financeiro a este trabalho.

7 REFERÊNCIAS

- [Ahma87] M. O. Ahmad and D. Sundararajan. A fast algorithm for two-dimensional median filtering. *IEEE Trans. on Circuits and Systems*, 34, 1987, 1364-1373.
- [Arau85] A. de A. Araújo. Sum of absolute grey level differences: an edge-preserving smoothing approach. *Electronics Letters*, 21, 1985, 1219-1220.
- [Arau90] A. de A. Araújo e M. A. de Barros. Suavização espacial: uma revisão. *Jornada EPUSP / IEEE em Computação Visual*, 1990, 81-102.
- [Chan84] B. Chanda, B. B. Chanduri, and D. D. Majunder. Some algorithms for image enhancement incorporating human visual response. *Pattern Recognition*, 17, 1984, 423-428.
- [Davi78] L. S. Davis and A. Rosenfeld. Noise cleaning by iterated averaging. *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, 8, 1978, 705-710.
- [Hara81] R. M. Haralick. A facet model for image data. *Computer Graphics and Image Processing*, 15, 1981, 634-647.
- [Heyg82] G. Heygster. Rank filters in digital image processing. *Computer Graphics and Image Processing*, 19, 1982, 148-164.
- [Jung88] S. H. Jung and N. C. Kim. Adaptive image restoration of sigma filter using local statistics and human visual characteristics. *Electronics Letters*, 24, 1988, 201-233.
- [Lee83] J. S. Lee. Digital image smoothing and the sigma filter. *Computer Graphics and Image Processing*, 24, 1983, 255-269.
- [Lee87] Y. H. Lee and A. T. Fam. An edge gradient enhancing adaptive order statistic filter. *IEEE Trans. on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 35, 1987, 680-695.
- [Loup89] T. Loupas, W. N. Mcdicken and P. L. Allan. An adaptive weighted median filter for speckle suppression in medical ultrasonic images. *IEEE Trans. on Circuits and Systems*, 36, 1989, 129-135.
- [Naga79] M. Nagao and T. Matsuyama. Edge preserving smoothing. *Computer Graphics and Image Processing*, 9, 1979, 394-407.
- [Prat78] W. K. Pratt. *Digital Image Processing*. John Wiley & Sons, 1978.
- [Rasu91] J. Rasure and C. Williams. An Integrated Visual Language and Software Development Environment. *Visual Languages and Computing*, 2, 1991, 217-246.