

Apêndice A

Caixa de ferramentas MMach

Sob um ponto de vista prático, os operadores da Morfologia Matemática são ferramentas para extrair informações de imagens.

Usualmente, um objetivo é quebrado em subobjetivos, que são atingidos por operadores. A composição correta de operadores produz o operador que atinge o objetivo desejado. Por exemplo, a fim de reduzir o efeito de listras em imagens do satélite SPOT, Banon e Barrera localizaram os pixels que representavam as listras e, então, interpolaram novos valores apenas para estes pixels [BanBar89]. Da mesma forma, a fim de segmentar imagens microscópicas de células, Barrera conseguiu um marcador para cada célula e regiões contendo grupos de células, antes de chegar a segmentação da imagem [Barrer91].

Assim, um bom sistema para aplicações da Morfologia Matemática deve ter duas características principais: algoritmos rápidos para os operadores elementares e uma interface adequada para a prototipagem de novos operadores.

O sistema KHOROS é um ambiente portátil para Análise de Imagens que tem se tornado muito popular. Ele roda sobre padrões existentes, tem uma linguagem de programação visual para interface com o usuário, e fornece ferramentas para a implementação e instalação de novos programas. Um conjunto de novos programas pode ser organizado como um subsistema, chamado “toolbox” ou caixa de ferramentas.

Uma vez que o conjunto original de operadores morfológicos disponíveis no KHOROS não era satisfatório, decidimos implementar uma “toolbox” dedicada a Análise de Imagens por Morfologia Matemática [BaBaLo94].

Todos os exemplos de transformação de imagens reais apresentados neste livro foram gerados usando os recursos do KHOROS e da caixa de ferramentas MMach.

A.1 Sistema KHOROS

KHOROS [RaArSa90] é um ambiente projetado para a pesquisa em Análise de Imagens. Ele foi criado no “Department of Electrical and Computer Engineering” da “University of New Mexico”, Albuquerque,

USA. e tornou-se muito popular. De acordo com uma estatística recente do grupo do KHOROS, ele tem cerca de 10.000 usuários ao redor do mundo, que recebem suporte e trocam informação por uma lista eletrônica muito ativa.

Uma vez que a Análise de Imagens abrange um amplo espectro de aplicações, ele foi projetado a partir de uma ampla perspectiva. Por exemplo, ele inclui mecanismos para computação distribuída, visualização interativa de muitos tipos de dados, e interfaces de usuários adequadas.

Uma das características mais poderosas do KHOROS é a CANTATA, a sua interface de alto nível de abstração. CANTATA é uma linguagem gráfica baseada em fluxo de dados que provê um ambiente de programação visual para o sistema. Fluxo de dados é uma abordagem na qual o programa é descrito como um grafo orientado, onde cada nó representa uma operação (ou função) e cada arco orientado representa um caminho sobre o qual os dados fluem. Um programa da CANTATA é também chamado um “workspace”. A Figura 8.15 é um exemplo de um workspace.

KHOROS foi projetado para ser portátil e extensível. Ele roda sobre padrões existentes (X Windows e UNIX), incorpora ferramentas para desenvolvimento de software e manutenção (uma especificação de interface de usuário de alto nível e um conjunto de geradores de código), um formato flexível de representação de dados, ferramentas para exportar e importar formatos de dados padrões, e uma biblioteca de algoritmos.

Existem dois tipos de programas no sistema KHOROS: as *vrotinas* e as *xvrotinas*. A principal característica das *xvrotinas* é que elas tem as suas próprias interfaces gráficas, enquanto as *vrotinas* não têm.

Os programas dos usuários (*vrotinas* e *xvrotinas*) podem ser organizados como subsistemas independentes, chamados *toolboxes*, que podem ser facilmente integrados ao sistema. Usualmente, uma “toolbox” de um usuário é depositada em uma área pública de um computador da “University of New Mexico” e pode ser acessada pela comunidade de usuários do KHOROS, via ftp anônimo.

A.2 Arquitetura da caixa de ferramentas MMach

Implementamos a Caixa de Ferramentas de Morfologia Matemática para imagens binárias e em níveis de cinza como uma “toolbox” do sistema KHOROS, onde cada família de operadores morfológicos é apresentada como um submenu do menu principal da “toolbox”.

Seguindo a teoria da Morfologia Matemática, todos os operadores são construídos pela composição dos operadores elementares e operações sobre reticulados completos.

As dilatações e erosões são ainda decompostas, respectivamente, em termos de dilatações e erosões primitivas.

Como os operadores elementares para imagens binárias têm propriedades adicionais do que os correspondentes operadores para imagens em níveis de cinza, algoritmos diferentes foram escolhidos para cada caso.

A fim de simplificar o seu uso, o sistema foi projetado para ser orientado pelo tipo do dado (imagem em níveis de cinza ou binária), isto é, ele escolhe automaticamente o algoritmo mais eficiente para o dado de entrada corrente.

Todos os programas principais implementados são *vrotinas* do KHOROS. Operadores complexos podem ser construídos como programas na linguagem CANTATA ou C., que usam, respectivamente, *vrotinas* ou *subrotinas* das primitivas disponíveis.

A.3 Conteúdo da caixa de ferramentas MMach

Esta “toolbox” é composta por cinco grupos de programas: operadores e operações do nível básico; operadores do primeiro, segundo e terceiro níveis; outras ferramentas (Tabela A.1).

Tabela A.1 – CONTEÚDO DA CAIXA DE FERRAMENTAS MMACH.

Nome inglês	Routine	Definição
Basic image operations and transformations		
infimum	vinf	2.3
supremum	vsup	2.2
inversion	vinv	2.4
subtraction	vsubm	2.5
threshold	vthreshad	–
toggle	vtoggle	–
dilation	vdil	4.11
erosion	vero	4.11
First level image transformations		
anti-dilation	vadil	7.16
anti-erosion	vaero	7.16
gradient	vgradm	9.1
cond. dilation	vcdil	7.9
cond.erosion	vcero	7.9
opening	vopen	6.7
closing	vclose	6.7
sup-generating	vsupgen	7.17
inf-generating	vinfgen	7.17
thinning	vthin	9.2
thickning	vthick	9.2
cond. thinning	vcthin	9.3
cond. thickning	vcthick	9.3
Second level image transformations		
<i>n</i> -dilation	vndil	9.4
<i>n</i> -erosion	vnero	9.4

Nome inglês	Routine	Definição
<i>n</i> -cond. dilation	vncdil	7.10
<i>n</i> -cond. erosion	vncero	7.10
<i>n</i> -opening	vnopen	9.5
<i>n</i> -closing	vnclose	9.5
<i>n</i> -open/close	vnocfilt	9.6
<i>n</i> -close/open	vncofilt	9.6
<i>n</i> -op./cl./op.	vnocofilt	9.7
<i>n</i> -cl./op./cl.	vncocfilt	9.7
<i>n</i> -thinning	vnthin	9.9
<i>n</i> -thickening	vnthick	9.9
<i>n</i> -canonical	vncanon	9.8
<i>n</i> -can. dual	vncanond	9.8
center primitive	vcenterp	–
Third level image transformations		
open. by rec.	vopenrec	7.11
clos. by rec.	vclosrec	7.11
center filter	vcenter	9.10
skel. by thin.	vskelthin	9.11
exoskel. by thick.	vskelthick	9.11
cond. skel. by thin.	vcskelthin	9.12
cond. exoskel. by thick.	vcskelthick	9.12
morph. skel.	vskel	9.15
last erosion	vlastero	9.13
cond. bisector	vbisset	9.14

As outras ferramentas são: uma interface para a definição de elementos estruturantes, rotação de elementos estruturantes, comparação entre duas imagens, desenho das fronteiras das imagens (linhas e colunas extremas).

Os subconjuntos que são parâmetros dos operadores morfológicos implementados são elementos estruturantes primitivos.

Para cada programa da “toolbox”, existe um “help” ativo associado, que descreve o operador e sugere um conjunto de parâmetros bem conhecidos que levam a extração de informações interessantes de imagens.

A.4 Avaliação de desempenho dos algoritmos

Os operadores primitivos de dilatação e erosão foram implementados para o caso de imagens em níveis de cinza e para o caso de imagens binárias, respectivamente, por algoritmos que examinam a vizinhança local e por algoritmos baseados em translações de imagens compactadas em palavras de 32 bits.

A Tabela A.2 mostra a avaliação de algumas dilatações e erosões, no caso de imagens em níveis de cinza e binárias.

O tempo gasto por cada operador, dado em milissegundos (ms), foi calculado a partir do tempo gasto por uma sequência de mil chamadas do operador. A máquina usada foi uma SUN SPARCstation-2 e os dados de entrada foram 256x256x1 (imagem binária) e 256x256x8 (imagem em níveis de cinza).

O ganho por executar uma dilatação ou erosão por um algoritmo dedicado é aproximadamente entre 10 e 12 vezes.

O desempenho destes algoritmos são equivalentes a aqueles dos algoritmos rodando em hardwares especializadas construídos com a tecnologia de 1986, isto é, 6ms e 70ms, respectivamente, para imagens binárias e em níveis de cinza [Bilode86].

Tabela A.2 – DESEMPENHO DAS DILATAÇÕES E EROSÕES.

Elemento estruturante	Image binária (ms)	Imagem em níveis de cinza (ms)	Ganho
<pre> 111 111 111 </pre>	6.0	69.7	11.6
<pre> 010 111 010 </pre>	6.0	62.5	10.4
<pre> 000 111 000 </pre>	4.5	44.7	9.9