

Reconhecimento de Esboços de Formas Geométricas Contidas em Fluxogramas¹

Ricardo Belloti dos Santos
Instituto de Informática
Universidade Federal de Goiás
Campus II – IMF 1.
CEP:74001-970 Goiânia - Goiás.
+ 55 (62) 3521-1258
rbelloti@hotmail.com

Ana Paula L. Ambrósio
Instituto de Informática
Universidade Federal de Goiás
Campus II – IMF 1.
CEP:74001-970 Goiânia - Goiás.
+ 55 (62) 3521-1258
apaula@inf.ufg.br

ABSTRACT

Many systems have been developed to allow indexing, extraction of characteristics, processing and recovery of images based on their "content". This work presents a content-based image retrieval method, using sketches drawn by the user using digital ink, to recognize geometric shapes in flowcharts.

RESUMO

Muitos sistemas têm sido desenvolvidos para indexação, extração de características, processamento e recuperação de imagens baseados em seu conteúdo. Este trabalho apresenta um método para recuperação de imagens por conteúdo utilizando esboços desenhados pelo usuário, com tinta digital, para o reconhecimento de formas geométricas contidas em fluxogramas.

Categories and Subject Descriptors

H.3.3 [INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL]
Information Search and Retrieval - *Information filtering, Query formulation, Relevance feedback, Selection process*

General Terms

Management, Measurement, Human Factors.

Keywords

Content Based Image Retrieval, Sketches, Digital Ink.

1. Introdução

Enquanto aplicações para o reconhecimento de imagens vêm sendo desenvolvidas para vários domínios, até hoje os sistemas para o reconhecimento de esboços ainda não são acessíveis para educadores que necessitam de sistemas específicos para atingir os objetivos de suas aulas.

Sistemas para o reconhecimento de esboços podem ter um efeito pedagógico profundo e facilitar o processo de ensino [6].

Para o reconhecimento de esboços feitos pelo usuário, o foco do reconhecimento é dado na forma do desenho. Informações como

cor e textura não são relevantes durante o processo de reconhecimento.

Este artigo tem como objetivo apresentar um método para reconhecimento de imagens baseado na sua forma. Sua aplicabilidade será testada com o reconhecimento de formas geométricas contidas em fluxogramas (ver Figura 1). A interação entre o usuário e o sistema é feita de forma natural, com a utilização de tinta digital, um dispositivo que permite o usuário interagir com o computador sem a utilização de mouse e teclado.

Este trabalho é um ponto de partida para o desenvolvimento de um sistema de geração de código automático a partir de esboços de fluxogramas. Neste sistema, o fluxograma desenhado pelo usuário poderá ser interpretado, animado e convertido para código de máquina para, então, ser execução.

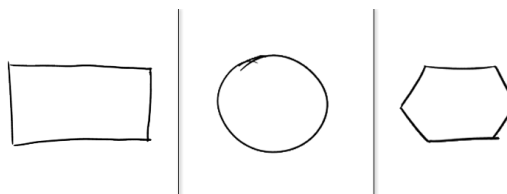


Figura 1 – Exemplos de esboços desenhados pelo usuário

2. Trabalhos Relacionados

Em [6] os criadores do LADDER, apresentam o GUILD, um sistema para gerar automaticamente as interfaces de usuário a partir de descrições LADDER. Seu objetivo é permitir que professores criem sistemas de reconhecimento de formas para serem utilizados em sala de aula.

Outro sistema que trata do reconhecimento de esboços é o PaleoSketch [8]. Neste sistema praticamente não existem restrições sobre a maneira como o usuário faz seu esboço. Cada traço (conjunto de pontos entre os eventos *pendown-penup*) feito pelo usuário é classificado em uma das primitivas: linha, múltiplas linhas, círculo, elipse, arco, curva, espiral e hélice.

Em [9] é apresentado um reconhecedor de símbolos, desenhados pelo usuário, para ser utilizado em interfaces baseadas em esboços. É um método que utiliza treinamento (*trainable system*), onde cada símbolo é ajustado aos esboços dos usuários. Cada um dos símbolos desenhados é armazenado internamente como modelos binários. Para superar o problema da invariância à rotação, os modelos binários, armazenados como coordenadas cartesianas, são transformados para uma representação em coordenadas polares.

¹ Recognition of Geometric Shapes Sketched in Flowcharts

Outros que nortearam este trabalho e devem ser mencionados, são: [1], [2], [3], [4], [5], [7], [13] e [14].

3. O Método

Construir um sistema para o reconhecimento de esboços não é uma tarefa simples. De acordo com [6], algumas questões podem ser utilizadas como guia nesta tarefa:

- Quais as formas existentes neste domínio?
- Como cada forma é reconhecida?
- O que deve acontecer quando a forma é reconhecida?
- Como a forma pode ser editada?

O método proposto é dividido em quatro etapas: Pré-processamento da imagem (extração e identificação dos pixels), Análise da imagem (registro do caminho seguido pelo contorno do objeto), Aprimoramento da Cadeia de Contorno e Extração de Características.

Como resultado do processo de reconhecimento é exibido ao usuário uma forma “melhorada” da forma que ele desenhou. Este processo é conhecido como *beautifcation* (embelezamento ou melhoramento) e tem como função alertar o usuário que o sistema reconheceu a forma e verificar se esta é a mesma forma que o usuário tentou esboçar.

3.1 Pré-processamento do esboço

Nesta etapa inicial o esboço desenhado pelo usuário passa por uma série de transformações para facilitar a extração das suas características e seu processamento.

Inicialmente o esboço é convertido para uma imagem binária, distinguindo os pixels que compõem a imagem e os pixels de fundo. Os pixels desenhados pelo usuário são da cor preta e os demais são brancos. Esta imagem binária é sobreposta sobre uma grade com células de tamanho fixo.

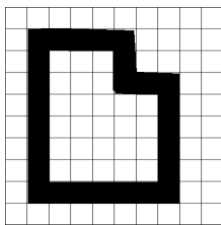


Figura 2 – Binarização

Esta grade então é convertida em uma matriz de pixels da seguinte forma: cada célula da grade corresponde a uma posição da matriz, cada célula na cor preta é marcada na matriz e as demais posições são marcadas como vazias (Figura 2).

Dentro dessa matriz identificam-se os pixels que compõem o contorno do objeto desenhado. Eles são identificados e diferenciados dos pixels vazios e dos pixels que pertencem ao interior da forma. Em seguida aplica-se o processo conhecido como *Projeção de Contorno (Contour Projection)* [10], para preencher a forma do objeto. Este processo é utilizado para preencher a forma do esboço e preencher algumas lacunas entre os traços desenhados pelo usuário. Desta forma temos: pixels de borda, pixels do interior da imagem e os pixels que não fazem parte da imagem (pixels vazios).

O resultado final desta etapa é uma matriz contendo uma representação fiel do objeto esboçado pelo usuário. A imagem “bruta” contém todas as imperfeições provenientes do desenho

feito, bem como aquelas originadas durante o processo de binarização.

3.2 Análise da Imagem

Nesta etapa, a matriz de pixels contendo o objeto completo é inicialmente percorrida para identificar os pixels de borda, ou seja, os pixels que ficam nas extremidades do objeto. Durante este processo percorre-se todo o contorno da imagem armazenando o trajeto percorrido. Ou seja, percorrem-se os pixels que compõem a borda do esboço, registrando todas as transições deste trajeto. Esta seqüência de passos forma uma cadeia de caracteres conhecida como *Chain Code*[2]. A imagem é percorrida no sentido horário, iniciando-se do pixel mais à esquerda e mais alto da matriz. A cada transição, identifica-se o caminho a partir da posição anterior. A figura 3 exemplifica esse processo: na parte (A) temos as identificações para cada direção, na parte (B) temos um exemplo que como é aplicada sobre o esboço, e o código gerado a partir deste contorno.

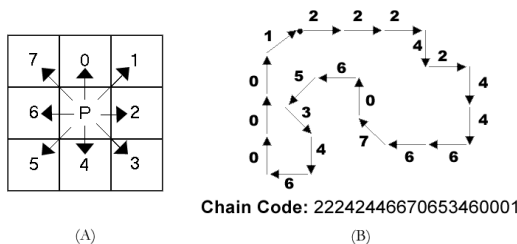


Figura 3 - Exemplo da utilização do Chain Code

O resultado final desta etapa é uma seqüência de caracteres, também chamado de código do contorno (figura 3-B), que identifica o caminho percorrido através do contorno do objeto. A partir desta seqüência de caracteres/transições é que será feito o reconhecimento do objeto desenhado pelo usuário.

3.3 Aprimoramento

Antes de iniciar o reconhecimento da forma desenhada, algumas simplificações podem ser feitas sobre o código do contorno extraído. Essas simplificações têm como objetivo reduzir a quantidade de informações a ser processada, reduzir ruídos presentes no esboço, eliminar transições com baixo ou nenhum valor semântico e agilizar o processo de reconhecimento.

A primeira etapa deste processo é o agrupamento de transições iguais. Cada seqüência de dois ou mais caracteres idênticos é agrupada em uma única seqüência. A figura 4 exhibe alguns exemplos:

Código original	Código agrupado
22222	2 ⁵
2233335	2 ² 3 ⁴ 5
666717777777700	6 ³ 7 ¹ 7 ⁹ 0 ²

Figura 4 - Agrupamento de transições

Na segunda etapa, removem-se transições isoladas entre cadeias de transições do mesmo tipo (Figura 5):

Código Original	Remoção	Código Alterado
2 ⁴ 32 ²	2 ⁴ 3 2 ²	2 ⁴ 2 ²
3 ⁴ 56 ³ 16 ² 76 ⁵	3 ⁴ 56 ³ 1 6 ² 7 6 ⁵	3 ⁴ 56 ³ 6 ² 6 ⁵
1 ³ 4 ¹ 5 ² 6 ⁵ 26 ¹⁰	1 ³ 4 1 ⁴ 5 ² 6 5 ² 6 ¹⁰	1 ³ 1 ⁴ 5 ² 5 ² 6 ¹⁰

Figura 5 - Remoção de transições isoladas – 1

Na terceira etapa removem-se transições isoladas entre uma cadeia e uma transição do mesmo tipo da cadeia (ver Figura 6):

Código Original	Remoção	Código Alterado
01 ³ 012 ³	01 ³ 0 12 ³	01 ³ 12 ³
01 ³ 0101 ⁴	01 ³ 0 101 ⁴	01 ³ 11 ⁴
2 ⁵ 3243 ⁵ 736 ⁴ 16	2 ⁵ 3 243 ⁵ 7 36 ⁴ 1 6	2 ⁵ 243 ⁵ 36 ⁴ 6

Figura 6 - Remoção de transições isoladas – 2

Na quarta etapa removem-se transições isoladas entre cadeias de transições distintas (Figura 7):

Código Original	Remoção	Código Alterado
6 ³ 01 ³	6 ³ 0 1 ³	6 ³ 1 ³
2 ⁴ 34 ⁶ 25 ⁶	2 ⁴ 3 4 ⁶ 25 ⁶	2 ⁴ 4 ⁶ 5 ⁶
1 ⁴ 76 ³ 75 ⁹ 24 ⁴	1 ⁴ 7 6 ³ 7 5 ⁹ 24 ⁴	1 ⁴ 6 ³ 5 ⁹ 4 ⁴

Figura 7 - Remoção de transições isoladas – 3

No final de cada uma dessas etapas, realiza-se um novo agrupamento de transições. Transições singulares, ou cadeias de transições, que são vizinhas às cadeias de transições de mesmo tipo devem ser agrupadas. A figura 8 apresenta alguns exemplos:

Código Original	Código Agrupado
6 ³ 61 ³	6 ⁴ 1 ³
2 ⁴ 25 ⁶ 51	2 ⁵ 5 ⁷ 1
1 ⁴ 1 ³ 77 ³ 5 ⁹ 4 ⁴	1 ⁷ 7 ⁴ 5 ⁹ 4 ⁵

Figura 8 - Re-agrupamento

Na quinta etapa realizam-se simplificações entre transições. Algumas combinações de transições podem ser simplificadas para reduzir as imprecisões nos esboços, oriundas de erros de desenho ou erros introduzidos durante a binarização da imagem. A figura 9 exemplifica todas as simplificações diretas feitas entre cadeias de tamanho 2 (dois), ou seja, que envolvem apenas duas transições.

Transições	Esquema	Simplificação
02 ou 20		1
06 ou 60		7
13 ou 31		2
17 ou 71		0
24 ou 42		3
35 ou 53		4
46 ou 64		5
57 ou 75		6

Figura 9 - Simplificações para cadeias de tamanho 2

Este processo é repetido enquanto houverem transições a serem agrupadas, simplificadas ou removidas da cadeia.

3.4 Extração das Características

Com a cadeia simplificada e reduzida, o passo seguinte é a extração das características presentes no esboço que permitam reconhecer a forma desenhada pelo usuário. As características utilizadas são:

- Altura do objeto,
- Largura do objeto,
- O número de “retas” (transições) que compõem o objeto,
- Os ângulos internos entre cada uma das transições.

Os ângulos entre cada uma das transições são dados de acordo com a Figura 10:

Transições	0	1	2	3	4	5	6	7
0	180°	135°	90°	45°	X	315°	270°	225°
1	225°	180°	135°	90°	45°	X	315°	270°
2	270°	225°	180°	135°	90°	45°	X	315°
3	315°	270°	225°	180°	135°	90°	45°	X
4	X	315°	270°	225°	180°	135°	90°	45°
5	45°	X	315°	270°	225°	180°	135°	90°
6	90°	45°	X	315°	270°	225°	180°	135°
7	135°	90°	45°	X	315°	270°	225°	180°

Figura 10 - Ângulos entre cada par de transições

Cada forma presente em um fluxograma possui um conjunto exclusivo e único deste conjunto de características. Utilizando este conjunto de características, quadrados, triângulos, círculos, elipses, retângulos, trapézios, entre outras formas, podem ser identificados unicamente. Por exemplo, um quadrado possui altura e largura iguais, é composto por quatro retas e possui quatro ângulos de 90°. Já um triângulo possui altura e largura variáveis, é composto por três retas e possui a soma de seus ângulos internos igual a 180°.

Com este conjunto de características cada uma das formas pode ser identificada e reconhecida permitindo que outras ações possam ser tomadas após sua identificação. Estas ações podem ir deste o um simples aviso de reconhecimento até a geração automática de código ou a criação de uma animação a partir da forma reconhecida.

4. RESULTADOS

A área de reconhecimentos de esboços carece de um conjunto único de dados que possa ser utilizado para comparar os algoritmos existentes com os novos algoritmos [10].

Para avaliar o método desenvolvido, dois conjuntos de formas foram gerados. O primeiro foi formado por 787 esboços desenhados por um grupo de usuários. A cada usuário foi solicitado que desenhasse alguns exemplos de cada uma das formas: quadrado, retângulo, triângulo (equilátero e isósceles), círculo, elipse, trapézio (retângulo e isósceles), losango, hexágono e linha. Este primeiro conjunto foi utilizado para ajustar o método e verificar o índice de reconhecimentos bem sucedidos.

O segundo conjunto foi formado a partir do primeiro para testar a invariância do método quanto às transformações de rotação, escala e espelhamento da formas. Para isto, os esboços coletados no primeiro conjunto de formas foram, então, rotacionadas três vezes consecutivas com intervalos de 90° (90°, 180° e 270°,

respectivamente) e também rotacionados em torno dos eixos X e Y (espelhamento), totalizando mais de 4.700 (quatro mil setecentas) formas.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos durante a avaliação do método proposto.

Tabela 1. Resultados obtidos

Forma	Quantidade	% de Reconhecimentos corretos
Círculo	551	91,47%
Elipse	498	82,12%
Hexágono	498	83,93%
Linha	364	98,35%
Losango	390	92,39%
Quadrado	648	90,12%
Retângulo	514	88,15%
Trapézio	427	91,80%
Triângulo	822	84,67%

Deve-se mencionar a possibilidade de se adicionar novas formas. Se uma dada forma puder ser definida, unicamente, com o conjunto de características apresentadas na seção 3.4, então ela pode ser adicionada à base de formas do sistema. Aumentando, assim, o número de formas reconhecíveis

5. CONCLUSÃO

A idéia por trás da recuperação baseado em esboços é permitir ao usuário desenhar o contorno, ou rascunho da imagem a ser buscada. A utilização de tinta digital em aplicações de desenho, assim como em aplicações de anotação, permite uma interação mais natural do usuário com o sistema tornando sua utilização mais atrativa [14].

Este trabalho apresenta um método para reconhecer formas geométricas desenhadas pelo usuário. Ele utiliza como características: o número de retas, os ângulos entre cada uma das retas e a relação entre as dimensões do esboço. É um método de representação e reconhecimento de formas geométricas baseado na representação *Chain Code* [2], [12] e é invariante a transformações de escala, rotação (90°, 180° e 270°), espelhamento e translação, assim como é independente do ponto inicial.

Os resultados obtidos mostraram que o método obteve bons resultados de reconhecimento, sem impor muitas restrições aos desenhos dos usuários.

O trabalho proposto é parte de um trabalho maior, que busca construir uma ferramenta, com fins educacionais e didático-pedagógicos, para ser utilizada em cursos iniciais de Algoritmos e Programação de Computadores. Nela o aluno poderá esboçar fluxogramas utilizando tinta digital e o mesmo será convertido para código fonte, que poderá ser testado e avaliado, validando o raciocínio e o aprendizado do aluno.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Balan, André G. R.; Traina, Agma J. M.; Marques, Paulo M. Azevedo; Traina, Caetano. *Integrando Textura e Forma para a Recuperação de Imagens por Conteúdo*. Universidade de São Paulo (USP) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC) – Brasil.
- [2] CRUZ, H. S.; BRIBIESCA, E.; DAGNINO, R. M. R. *Efficiency of chain codes to represent binary objects*. *Pattern Recognition*, 1(40):1600–1674, 2007.
- [3] Costa, Yandre M. B. da; Gonçalves, Diego B.; Silva, Gabriel C.; Bruscaim, Marcelo; Santin Herek F. *Recuperação de Imagens por Combinação dos Aspectos Cromático e Estrutural*. II Jornada do Conhecimento e da Tecnologia – UNIVEM – Marília – SP – Brasil
- [4] Moreno, Ramon A.; Furuie, Sérgio S. *BIRAM: Sistema para Recuperação de Imagens por Conteúdo*. Divisão de Informática, Instituto do Coração (InCor), Hospital das Clínicas – USP – Brasil.
- [5] Fonseca, Manuel João Caneira Monteiro da. *Sketch-Based Retrieval in Large Sets of Drawings*. Dissertação de PhD em Sistemas de Informação e Engenharia da Computação. Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico – Lisboa – Portugal. Julho de 2004.
- [6] HAMMOND, T. *Enabling instructors to develop sketch recognition applications for the classroom*. 37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2007.
- [7] JACOBSON, R. E.; KASTER, B. L.; HAMMOND, D. T. *Sousa: The sketch-based online user study application*, 2008.
- [8] PAULSON, B.; HAMMOND, T. *Paleosketch: accurate primitive sketch recognition and beautification*. In: IUI '08: Proceedings of the 13th international conference on Intelligent user interfaces, p. 1–10, New York, NY, USA, 2008. ACM
- [9] KARA, L. B. *An image-based trainable symbol recognizer for sketch-based interfaces*. In: in AAI Fall Symposium Series 2004: Making Pen-Based Interaction Intelligent and Natural, p. 99–105. AAI Press, 2004.
- [10] RODRIGUES, R. J.; SILVA, E.; THOMÉ, A. C. G. *Feature extraction using contour projection*. 5th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics - SCI 2001, Orlando, Florida, 13(1):561–566, 2001.
- [11] GONDIN, H. W. A. S.; AMBROSIO, A. P. *Esboço de fluxogramas no ensino de algoritmos*. preprint, 2008.
- [12] FREEMAN, H. *Computer processing of line drawing images*. *ACM Computing Surveys*, 6(1):57–97, 1974.
- [13] FONSECA, M. J. C. M. *Sketch-based Retrieval in Large sets of Drawings*. PhD thesis, Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, Lisboa - Portugal, 2004.
- [14] Goularte, R.; Camacho-Guerrero, J. A.; Inácio Jr; Cattelan, R. G.; Pimentel, M. G. C. *M4Note: A Multimodal Tool for Multimedia Annotations*. Joint Conference Brazilian Symposium on Multimedia and the Web & Latin America - Los Alamitos, CA, USA, 142-149. IEEE Computer Society, 2004.