

Extensão do Algoritmo CCV Aplicado à Recuperação de Imagens com Base no Conteúdo Visual

Rodrigo Silva Oliveira¹, Thatyene Louise Alves de Souza Ramos¹,
Ana Paula Brandão Lopes (Co-orientadora)^{1,2}, Camillo Jorge Santos Oliveira (Co-orientador)^{1,3},
Arnaldo de Albuquerque Araújo (Orientador)¹

¹Departamento de Ciência da Computação - Universidade Federal de Minas Gerais

²Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas - Universidade Estadual de Santa Cruz

³Departamento de Informática - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

{rsilva, thatyene, paula, camillo, arnaldo}@dcc.ufmg.br

Resumo

Este trabalho propõe a implementação de uma extensão do algoritmo do Color Coherence Vectors (CCV) que incorpora mais informações ao atributo cor das imagens, denominando-se Extended CCV. O ECCV leva em consideração a localização dos componentes conectados na imagem, bem como a sua aplicação (utilização) online. Aplicou-se o ECCV à base de imagens da Pesquisa Guignard, como ferramenta de Recuperação de Informação com Base no Conteúdo (RIBC).

1. Introdução

Neste trabalho, objetiva-se descrever a implementação de uma ferramenta de recuperação de imagens com base no conteúdo visual aplicado à Pesquisa Guignard. A Pesquisa Guignard¹ é um projeto multidisciplinar iniciado em 2002 na escola de Belas Artes da UFMG com a intenção de organizar um amplo acervo sobre Alberto da Veiga Guignard (1896 - 1962), renomado pintor da moderna arte brasileira, assim como realizar aprofundado estudo de sua obra.

Segundo Del Bimbo [2], recuperação de informação visual é um assunto amplamente pesquisado na tecnologia de informação. O propósito geral das aplicações dessa área é recuperar, de um banco de dados, imagens ou seqüências de imagens que são relevantes para uma consulta. É, portanto, uma extensão da recuperação de informação tradicional, projetada para incluir mídias visuais.

Muitos métodos foram propostos para possibilitar a recuperação de imagens por meio de atributos de cor. Um desses métodos é o *Color Coherence Vectors* (CCV), proposto por Pass [3], que consiste em agregar informação espacial ao tradicional histograma de cores. Apesar de ser uma técnica simples, ela apresenta bons resultados e grande eficiência em termos de custo computacional, sendo possível utilizá-la em sistemas interativos de recuperação de informação visual na Internet.

Um problema observado no algoritmo CCV original é que a proposta não leva em consideração a localização dos conjuntos de pixels que formam os componentes conectados da imagem. A Figura 1 mostra esse problema:



Figura 1. No CCV original, as duas figuras acima são representadas da mesma maneira.

Uma imagem composta de uma cor na metade esquerda e outra cor na metade direita tem o mesmo CCV de uma imagem com as mesmas cores dispostas em lados contrários, como mostrado na figura anterior. O algoritmo CCV classificaria as duas imagens como sendo idênticas. Entretanto, essas duas imagens são diferentes para um observador, devido à localização das cores.

Este artigo apresenta o sistema RIBC desenvolvido e aplicado à Pesquisa Guignard, além de propor uma extensão para a técnica do CCV, denominada ECCV (*Extended Color*

¹ Site da pesquisa: <http://www.pesquisaguignard.eba.ufmg.br>

Coherence Vectors), onde é considerada a localização dos componentes conectados na imagem. Além disso, é discutida a utilização da técnica em uma ferramenta *online* de recuperação de imagens aplicada à base de obras da Pesquisa Guignard.

2. O sistema RIBC

Neste projeto, foi desenvolvida uma interface *WEB* onde o usuário pode escolher uma obra como imagem-consulta e acionar uma pesquisa por obras semelhantes, onde é utilizado o algoritmo ECCV para comparação das obras e ordenação do resultado. O diagrama da Figura 2 mostra o funcionamento do sistema:

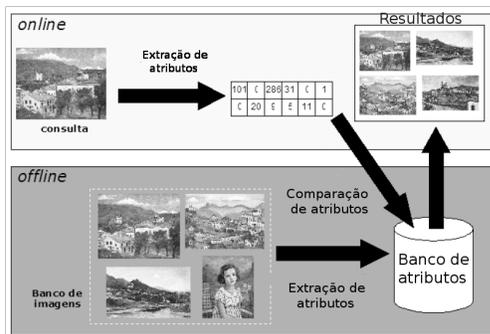


Figura 2. Funcionamento da ferramenta de recuperação de imagens.

Em uma etapa *offline*, todas as imagens da base são processadas e têm seus atributos extraídos e armazenados em uma base de dados. Na etapa *online*, o usuário seleciona uma imagem, seus atributos são extraídos e comparados com os atributos de todas as obras que compõem a base. O resultado é dado em termos da exibição das imagens em ordem decrescente de similaridade com a imagem de consulta.

A Figura 3 apresenta a tela com o resultado de uma consulta.

3. Extended CCV (ECCV)

No CCV, é realizada a quantização das cores presentes na imagem e, a partir do cálculo de componentes conectados, são criados dois vetores. O vetor de pixels coerentes, que armazena o percentual de pixels da mesma cor que encontram-se agrupados em componentes com um número de pixels acima de um determinado limiar. E o vetor de pixels incoerentes, que armazena o percentual de pixels da mesma cor que encontram-se agrupados em compo-



Figura 3. Interface WEB para o sistema RIBC.

nentes com um número de pixels abaixo desse limiar. Esses dois vetores são usados como vetores de características para indexação das imagens.

O ECCV estende o CCV para adicionar alguma informação sobre a localização dos pixels. O processo de extração do ECCV é dividido em quatro etapas, detalhadas a seguir.

3.1. Quantização de cores

A primeira etapa da extração de atributos é feita quantizando-se as cores presentes na imagem. Essa etapa é necessária para reduzir o tamanho dos vetores de atributos a serem extraídos. Neste trabalho, as cores das imagens são convertidas para o espaço de cores IHS, que representa melhor a percepção de cores dos seres humanos. Apenas o componente H (*hue* ou matiz) é utilizado no processo de quantização. Testes empíricos mostraram que 16 faixas de quantização são suficientes para obter-se bons resultados na recuperação.

3.2. Cálculo de componentes conectados

A rotulação de componentes conectados consiste na varredura da imagem e agrupamento de pixels da mesma cor que sejam vizinhos uns dos outros em uma mesma região. As informações armazenadas para cada região são a cor dos pixels e o número de pixels que compõem essa região.

3.3. Cálculo do ECCV

No ECCV, a imagem é dividida em partes de mesmo tamanho (como pode ser visto na Figura 4) e, para cada parte, o vetor de assinatura CCV é calculado da seguinte maneira:

Cada conjunto de pixels de uma determinada cor do histograma é particionado em dois tipos: coerente, se pertence

a uma região grande (contendo pelo menos 1% dos pixels da parte da imagem) e uniformemente colorida, e incoerente, se não pertence a nenhuma dessas regiões. Assim, se α_i denota os *pixels* coerentes da i -ésima cor das 16 utilizadas e β_i os *pixels* incoerentes, então o vetor $\langle(\alpha_1, \beta_1), (\alpha_2, \beta_2), (\alpha_3, \beta_3), \dots, (\alpha_N, \beta_N)\rangle$ corresponde à assinatura da parte da imagem.

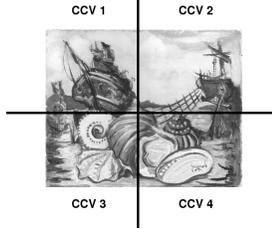


Figura 4. Divisão da imagem em partes e cálculo do CCV para cada uma dessas partes.

3.4. Comparação de imagens usando ECCV

A comparação das imagens é feita *online*.

As imagens são comparadas por intermédio da Equação 1.

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_i}{4} \quad (1)$$

onde δ_i é calculado com relação às partes da imagem na mesma posição por intermédio da Equação 2.

$$\delta_i = \sum_{j=1}^n \left| (\alpha_j - \hat{\alpha}_j) + (\beta_j - \hat{\beta}_j) \right|, \quad i \in \{1, 2, 3, 4\} \quad (2)$$

que é a soma da distância L_1 (soma dos valores absolutos das diferenças) entre os vetores coerentes e incoerentes das duas imagens sendo comparadas, segundo Pass [3].

Dessa forma, quanto maior o valor de Δ , menos similaridade existe entre as imagens.

Na situação em que a imagem-exemplo tenha o mesmo valor de similaridade para duas ou mais imagens diferentes, o desvio padrão σ (Equação 3) das distâncias dos quadrantes é utilizado como critério de desempate. Nesse caso, quanto menor o valor de σ , maior a similaridade entre as imagens.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 (\delta_i - \Delta)^2} \quad (3)$$

4. Resultados e discussões

Para a realização dos experimentos, foram utilizadas 132 imagens, com resolução de 100 dpi e dimensões variáveis de no máximo 800 x 800 pixels, selecionadas da base da Pesquisa Guignard. Os processos de extração dos atributos e recuperação de imagens foram realizados em uma máquina com processador de 3.0 GHz e 1 GB de memória RAM.

A primeira parte dos experimentos consistiu em avaliar o tempo gasto para cálculo do ECCV variando-se o número de cores utilizadas na quantização (2, 4, 8, ..., 256), mantendo-se o número de partes contante e igual a 1 (imagem sem ser dividida). O tempo de extração dos atributos variou entre 2 e 2,5 segundos para cada imagem. Em um segundo experimento, variou-se o número de divisões feitas na imagem (1, 2, 3, ..., 10) e observou-se o impacto das mesmas no tempo gasto para a extração dos atributos. Mais uma vez o tempo gasto para cada imagem ficou entre 2 e 2,5 segundos. Como a extração dos atributos é realizado em uma fase *offline*, o tempo observado não traz problemas ao sistema.

O gráfico da figura 5 ilustra o resultado obtido na apuração do tempo médio gasto pelo algoritmo para fazer a comparação entre duas imagens quando se varia o número de cores utilizadas na quantização. Apesar de o tempo de resposta crescer linearmente com o aumento do número de cores, observa-se que os valores são baixos, não chegando a 0,04 segundos quando se utiliza 256 cores. Para uma consulta na ferramenta implementada e utilizando a base de 132 imagens, o tempo de resposta não chega a 4 segundos, o que seria aceitável para o propósito da ferramenta. Entretanto, decidiu-se utilizar 16 cores na quantização, já que a recuperação não parece ser afetada significativamente enquanto que o tempo total de resposta passa a ser de aproximadamente 3 segundos.

Já o gráfico da figura 6 mostra a relação entre a divisão da imagem para o cálculo do CCV de cada parte e o tempo médio gasto para a comparação entre duas imagens. É possível observar nesse gráfico que a divisão da imagem faz com que o tempo médio para comparação aumente consideravelmente, chegando a aproximadamente 0,43 segundos para a divisão em 10 partes. Tal fato impõe uma limitação clara no número de partes utilizadas. Para a utilização de 10 partes, o sistema gasta em torno de 56 segundos para exibir a resposta, o que é intolerável para uma ferramenta interativa na *WEB*. Para equilibrar o compromisso entre a qualidade da resposta e o tempo gasto para gerá-la, o algoritmo está parametrizado para dividir as imagens em 4 partes, gastando em média 10 segundos para gerar a resposta.

Vale ressaltar que os tempos foram obtidos em uma máquina *desktop* comum, e podem ser bem menores em um servidor com mais recursos.

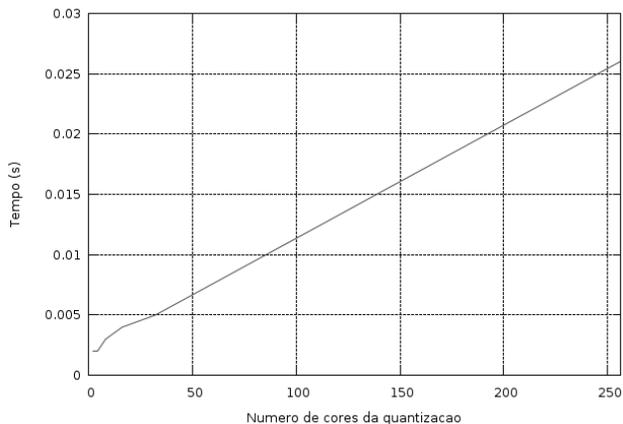


Figura 5. Teste para comparação de atributos variando-se o número de cores da quantização.

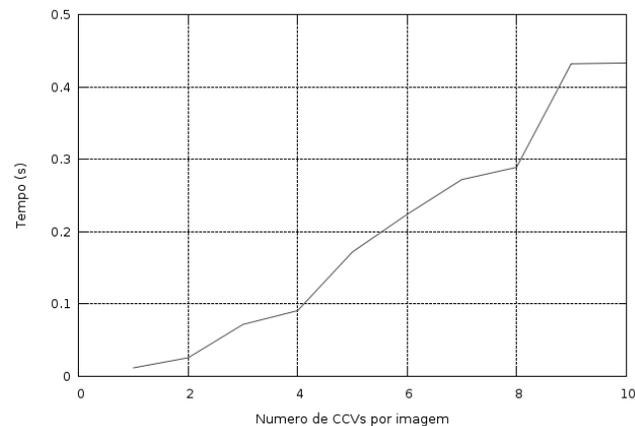


Figura 6. Teste para comparação de atributos variando-se o número de partes da imagem.

A Figura 7 mostra o resultado de quatro consultas. A primeira imagem de cada linha é a imagem pesquisada e as subsequentes são as cinco primeiras retornadas pelo sistema em ordem decrescente de similaridade.

5. Conclusões e trabalhos futuros

Este trabalho foi motivado pela necessidade de implementar um sistema de busca de imagens que oferecesse maior flexibilidade do que os sistemas de busca baseados em informações textuais. Os resultados apresentados pelo sistema são satisfatórios, tanto em ter-



Figura 7. Resultado de algumas consultas efetuadas no sistema RIBC desenvolvido.

mos do tempo de resposta para uma consulta quanto em termos da qualidade da resposta. O sistema está sendo utilizado experimentalmente por meio do endereço <http://www.pesquisaguignard.eba.ufmg.br/SearchByExample>.

Como trabalhos futuros, pretende-se agregar outros algoritmos de recuperação de imagens com base no conteúdo ao sistema RIBC implementado, oferecendo aos usuários uma ferramenta flexível e rápida para a realização de consultas de obras de Guignard.

Os autores são gratos à CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo suporte financeiro.

Referências

- [1] M. C. R. Barbosa. Protótipo para recuperação de imagens com base no conteúdo aplicado à pesquisa guignard. Projeto Orientado de Computação II - DCC/UFMG.
- [2] A. Del Bimbo. *Visual Information Retrieval*. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA - USA, 1999.
- [3] G. Pass, R. Zabih, and J. Miller. Comparing images using color coherence vectors. In *Proceedings of the fourth ACM international conference on Multimedia*, pages 65–73, 1997.
- [4] A. W. M. Smeulders, M. Worring, S. Santini, A. Gupta, and R. Jain. Content-based image retrieval at the end of the early years. *IEEE transactions Pattern Analysis Machine Intelligence*, 22 - 12:1349 – 1380, 2000.