

PIM - Granulometria

Lucas Litter Mentz¹, Marcelo Nunes Paolillo¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

Resumo. Este trabalho visa abordar o problema de contagem de moedas, constituído na granulometria, com o uso de técnicas de processamento de imagem. A técnica utilizada é baseada principalmente no conceito de morfologia matemática e suas operações, como dilatação e erosão.

1. Introdução

Processos de reconhecimento de elementos em imagens são muito desejados na indústria e no comércio. Uma aplicação de reconhecimento de conteúdo em imagem é para contagem de moedas. Neste trabalho apresentamos o processo de granulometria aplicado ao reconhecimento de moedas em imagens.

2. Granulometria

Granulometria é uma técnica de processamento de imagens que usa morfologia matemática para reconhecimento e contagem de objetos de diversos tamanhos e formatos. Morfologia matemática, por sua vez, é um conjunto de regras e operadores que podem ser aplicados a imagens monocromáticas ou binárias (preto-e-branco) para transformar a imagem. Em imagens binárias os principais operadores – erosão e dilatação – servem para, entre outras coisas, “filtrar” uma imagem de origem de acordo com um elemento estruturante, no sentido de que elementos maiores do que o estruturante são mantidos na figura resultante de certa forma.

A morfologia matemática tem os seguintes principais operadores:

- Dilatação: Dado uma imagem A são dilatados seguindo o elemento estruturante B . Cada pixel de forma da imagem A é substituído pelo elemento estruturante B .
- Erosão: os elementos da forma na imagem A são erodidos seguindo o elemento estruturante B . Os conjuntos de pixels da imagem cuja forma respeita a forma do estruturante são reduzidos ao seu pixel central na imagem de saída.
- Fechamento: dilatação seguido de erosão da imagem A pelo estruturante B .
- Abertura: erosão seguido de dilatação da imagem A pelo estruturante B .

A figura 1 descreve visualmente os resultados das operações de dilatação (c) e erosão (d), na imagem A (a) pelo elemento estruturante B (b).

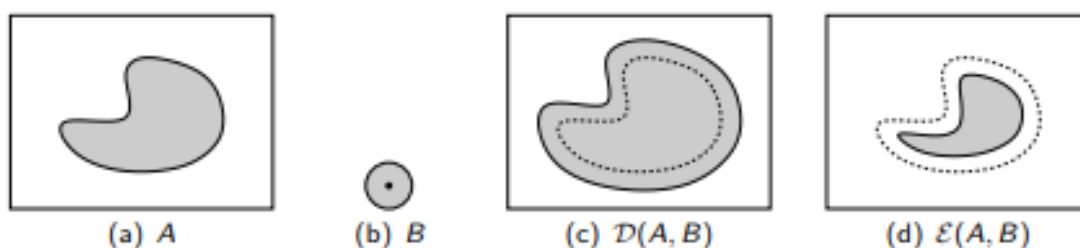


Figura 1. Representação dos operações de dilatação e erosão. [Pedrini and Schwartz 2008]



Figura 2. Figura usada como teste de cálculo de valor total das moedas. Próprios autores (2018).

3. Procedimento

O programa desenvolvido para a aplicação de reconhecimento de moedas em uma imagem foi feito na linguagem de programação *Python3*, com uso de bibliotecas *OpenCV*, *Scikit-Image* e *Numpy* para facilitar a manipulação de imagens e para execução dos procedimentos dos operadores morfológicos com maior rapidez. Partindo de uma imagem com o conjunto completo de moedas diversas a serem contadas, e imagens individuais com moedas isoladas extraídas da mesma. O programa se divide em três partes básicas:

1. Limiarização e tratamento na imagem completa com as moedas;
2. Limiarização, tratamento e geração de elementos estruturantes a partir de imagens das moedas isoladas;
3. Aplicação de operações morfológicas para filtragem das moedas na figura completa para separar a quantidade de moedas de cada tipo, e contagem.

A etapa de limiarização (tornar uma imagem tons-de-cinza em preto-e-branco) é feita através do uso do método de limiarização de Otsu, que faz a seleção de um limiar baseado no histograma da imagem em escala de cinza. Isso é feito para obter com maior facilidade a diferença do que é fundo e o que é forma (as moedas) na imagem original.

No tratamento, são realizados procedimentos para preencher os “buracos” gerados pelos reflexos de alto brilho nas moedas. Os procedimentos são: fechamento por um estruturante circular de raio 3; e uma operação de preenchimento de buracos (*scikit.morphology.remove_small_holes()*) para as moedas cujo brilho era muito intenso, pois

estas ficam com buracos internos grandes demais para serem fechados na operação de fechamento sem comprometer o restante da figura (causava conexão das bordas das moedas mais próximas umas das outras).



Figura 3. Imagens base para elementos estruturantes. Próprios autores (2018).

A geração dos elementos estruturantes é feita de maneira similar à limiarização e preparação da imagem completa, com exceção de uma erosão com estruturante cruz de tamanho 3×3 para permitir que moedas de tamanho ligeiramente menor na imagem sejam reconhecidos corretamente.

Para filtrar as moedas são realizadas várias operações de erosão da figura original por estruturantes das moedas, começando na moeda maior e terminando na de menor diâmetro. O resultado de cada etapa é uma figura com pequenos pontos brancos que representam as áreas da figura original que continham moedas do mesmo ou maior tamanho que o estruturante. Para contagem destas áreas utilizamos um algoritmo de identificação de componentes conexos em imagens.

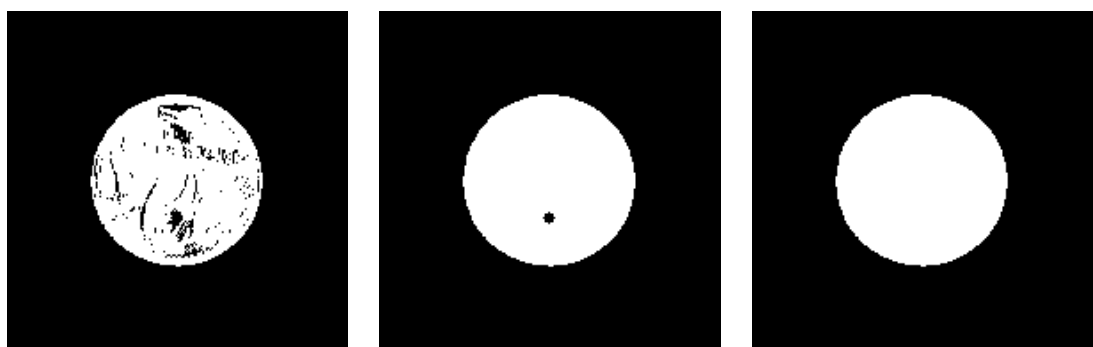
Finalizando a contagem, faz-se a diferença das moedas reconhecidas nas etapas das moedas maiores para as moedas menores a fim de remover das moedas menores as que são maiores do que o tamanho desejado. Exemplo: a filtragem de moedas de 25 centavos (segunda maior moeda) mostra 8 moedas – sendo 6 de 25 centavos e duas de um real (a maior moeda).

4. Experimentos

Para testar o programa desenvolvido utilizamos a figura 2. Desta figura extraímos oito imagens menores isolando cada uma das moedas (figura 3) para gerar os estruturantes.

A figura 4(a) apresenta o resultado da limiarização de uma das moedas, ilustrando o problema de regiões brilhosas no interior da moeda. Seguindo, a figura 4(b) apresenta a mesma imagem após o fechamento por um estruturante circular de raio 3 pixels. Ainda

percebemos região reconhecida como fundo (preto) no interior da imagem. Se usássemos um elemento estruturante maior do que raio 3 teríamos problemas com moedas adjacentes sendo conectadas. O resultado final após o processo *remove_small_holes()* é exibido na figura 4(c).



(a) Moeda R\$0,10 (bronze) após limiarização (b) Figura 4(a) após fechamento (c) Figura 4(b) finalizada (estruturante), após processo *remove_small_holes()*

Figura 4. Exemplo do processo de limiarização e tratamento para filtragem e geração de elemento estruturante. Próprios autores (2018).

Com os estruturantes definidos, foram realizadas as 8 etapas de erosão da imagem original limiarizada e tratada para fechar os buracos internos às moedas, fazendo a contagem dos elementos resultantes em cada etapa e removendo as moedas maiores da contagem.

No final da contagem o resultado obtido foi relativamente satisfatório. A contagem é apresentada na tabela 1.

Tipo de moeda	Quantidade real	Quantidade medida
R\$ 0,05 (bronze)	5	3
R\$ 0,05 (prata)	2	2
R\$ 0,10 (bronze)	7	7
R\$ 0,10 (prata)	2	5
R\$ 0,25 (bronze)	6	6
R\$ 0,25 (prata)	4	4
R\$ 0,50	3	3
R\$ 1,00	2	2
Total	R\$ 7,25	R\$ 7,40

Tabela 1. Resultados obtidos comparados ao real. Próprios autores (2018).

Observamos que o programa teve dificuldade em diferenciar as moedas de 5 centavos bronze das moedas de 10 centavos prata. Isso se deve pela característica física dos dois tipos, que compartilham de um diâmetro bem próximo entre si. Levando em conta a alta acurácia nas demais moedas, consideramos a implementação um sucesso para o desafio proposto.

5. Conclusões

Neste trabalho, foi realizado um experimento de granulometria para moedas. Para isso foi extraída uma imagem com um conjunto de moedas de tamanhos diferentes. Com o uso de algumas técnicas de processamento de imagem como conceitos de morfologia matemática, limiarização e segmentação foi possível isolar, de maneira geral, cada tipo de moeda tomando como base o respectivo elemento estruturante gerado.

Vimos a real viabilidade de usar esta técnica para reconhecimento de padrões baseados em formato porém com problemas em casos de similaridade nos casos de formato próximo entre objetos diferentes. Para estudos futuros sugerimos o uso de uma solução que considere também a luminosidade das moedas, ou a cor delas, para melhor diferenciar estes casos onde a granulometria falha.

Referências

Pedrini, H. and Schwartz, W. R. (2008). *Análise de imagens digitais: princípios, algoritmos e aplicações*. Thomson Learning.