

# MO443 - Introdução ao Processamento de Imagem Digital - Trabalho 3

Mauro Roberto Costa da Silva - 192800  
maurorcsc@gmail.com

## I. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é detectar objetos em imagens digitais e obter algumas medidas desses objetos, como centroide, área, perímetro, excentricidade e solidez.

## II. EXECUÇÃO DO CÓDIGO

Além deste relatório, foi entregue o código fonte e os demais arquivos citados no texto. O programa foi desenvolvido em *Python* 3.6.9, utilizando as bibliotecas *numpy* 1.19.5, *OpenCV* 3.2.0 e *Matplotlib* 3.3.4, e pode ser executado através do arquivo *trabalho3.py*.

### A. Parâmetros

Para a execução do programa, é necessário a utilização dos seguintes parâmetros:

- -i: imagem de entrada;
- -o: arquivo de saída (opcional);

Após o nome do arquivo *python* (*trabalho3.py*), é necessário inserir o nome do arquivo da imagem de entrada através do parâmetro **-i**. É possível inserir também um parâmetro **-o** que indica o nome do arquivo de saída, por padrão esse nome é *./output.png*.

Durante a execução do programa, todas as operações são executadas. Isto é, todas as propriedades dos objetos são calculadas e as imagens do contorno, regiões rotuladas, histograma e versão binária da imagem de entrada são geradas. Cada imagem gerada possui o nome formado pelo valor passado no parâmetro **-o** concatenado ao nome da operação aplicada.

Segue um exemplo de como executar o programa:

```
python3 trabalho2.py -i ./imagens/objetos3.png -o objetos3.png
```

Nesse exemplo, o programa recebe como imagem de entrada o arquivo *./imagens/objetos3.png* e calcula todas as propriedades dos objetos. Imagens PNG para os contornos, regiões rotuladas, histograma e versão binária da imagem de entrada são geradas e salvas com o nome *objetos3* concatenado ao nome da operação. A entrada de dados foi testada com imagens cedidas pelo professor. Todas as imagens testadas estão no diretório *./imagens*.

## III. PROCESSO DA IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção, serão descritas as decisões que levaram à implementação final do programa.

A imagem de entrada é lida através do método **imread** da biblioteca *OpenCV* e armazenada em uma matriz do tipo *numpy.array*. Os arquivos de saída são gerados utilizando também a biblioteca *OpenCV*, com o método **imwrite**.

### A. Transformação de Cores

Na leitura da imagem, usando **cv2.imread**, é passado o parâmetro *cv2.IMREAD\_GRAYSCALE* que indica que a imagem deve ser lida em tons de cinza. Em seguida, a imagem é convertida para preto e branco usando o método **cv2.threshold** e passando como parâmetro o limiar 230, que indica que toda *pixel* com tom abaixo desse valor será convertido para preto e os demais *pixels* para branco. Foi escolhido um limiar alto para que objetos claros também fossem destacados do fundo da imagem.

### B. Contornos dos Objetos

Para a obtenção dos contornos, primeiramente é criado um mapa de bordas da imagem. Em uma primeira versão do código, esse mapa foi criado usando o método **cv2.Canny**. Esse método não obteve bons resultados em todas as imagens, resultando em descontinuidade nos cantos de alguns objetos. Por esse motivo, na versão final foi utilizado um operador Laplaciano para a detecção de bordas, implementado usando **cv2.Laplacian** e tamanho de *kernel* 3. Esse operador obteve bons resultados nas figuras testadas, detectando todas as bordas e cantos.

A partir do mapa de bordas da imagem, é possível obter os contornos dos objetos com o método **cv2.findContours**. Foi usado o modo *cv2.RETR\_EXTERNAL* para que fossem devolvidos apenas os contornos externos dos objetos e a implementação utilizada foi a *cv2.CHAIN\_APPROX\_NONE*, que devolve todos os pontos de bordas dos elementos. Ter todos os pontos de borda é importante para a criação de elipses ao redor dos elementos no cálculo de excentricidade.

Com a lista de contornos, é possível criar uma imagem com os contornos dos objetos. Essa imagem é inicializada com valor (255, 255, 255) (branco) e cada contorno é desenhado da cor vermelha (255, 0, 0) usando o método **cv2.drawContours**.

### C. Extração de Propriedades dos Objetos

As propriedades dos objetos são calculadas a partir dos contornos extraídos, como mostra a Seção III-B. A área de um objetivo é calculada usando o método **cv2.contourArea** e o perímetro é calculado usando o método **cv2.arcLength**.

Para obtenção do centroide dos objetos, foram utilizados momentos. O centroide pode ser obtido pelas fórmulas

$$c_x = \frac{M_{10}}{M_{00}} \quad \text{e} \quad c_y = \frac{M_{01}}{M_{00}},$$

em que  $M$  é o momento. O momento é obtido usando **cv2.moments** e  $c_x$  e  $c_y$  são calculados como  $c_x = \text{int}(M['m10']/M['m00'])$  e  $c_y = \text{int}(M['m01']/M['m00'])$ .

A solidez de um objeto pode ser definida como a razão entre sua área e a do seu fecho convexo:

$$\text{solidez} = \frac{\text{area}}{\text{area fecho convexo}}.$$

O fecho convexo do objeto é obtido usando o método **cv2.convexHull** e a sua área obtida usando **cv2.contourArea**. A solidez é obtida pela razão da área do objeto pela do fecho convexo.

Foi utilizada excentricidade de elipse para calcular a excentricidade dos objetos das imagens. Sejam  $A$  e  $B$ , respectivamente, os eixos maior e menor de uma elipse e sejam  $a = A/2$  e  $b = B/2$ , respectivamente, os semieixos maior e menor da mesma elipse, a excentricidade dessa elipse corresponde a:

$$\text{excentricidade} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{2b}{2a}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{B}{A}\right)^2}. \quad (1)$$

Quanto mais próximo de 1 é a excentricidade, mais *achatada* é a elipse e quanto mais próximo de 0, mais parecida com um círculo.

Como os objetos das imagens não necessariamente são elipses, foi usado o método **cv2.fitEllipse** para encontrar a menor elipse que contenha todo o objeto. A partir dessa elipse, são obtidos o menor e maior eixos e é calculada a excentricidade aproximada do objeto, de acordo com a equação (1).

Em seguida, é criada uma imagem com os objetos rotulados. Essa imagem é inicializada com a cor branca e, em seguida, cada objeto é desenhado na imagem a partir do seu contorno, usando o método **cv2.fillPoly**. Os rótulos são adicionados usando o método **cv2.putText** e posicionados de acordo com o centroide de cada objeto. É subtraído 5 *pixels* do eixo  $x$  para cada caractere do texto e adicionado 5 *pixels* no eixo  $y$  do centroide no posicionamento dos textos. Isso é feito para tentar compensar o tamanho da fonte, já que a posição passada para o método **cv2.fillPoly** corresponde ao início do texto, não ao centro.

#### D. Histograma de Área dos Objetos

O vetor de área dos objetos calculados na Seção III-C é utilizado para classificar os objetos em pequenos, médios e grandes, seguindo os critérios:

- objeto pequeno: Área < 1500 *pixels*
- objeto médio:  $1500 \leq \text{Área} < 3000$  *pixels*
- objeto grande: Área > 3000 *pixels*

O histograma é obtido usando a função **hist** da biblioteca **matplotlib**, passando  $\text{bins} = [p, 1500, 3000, q]$ , em que  $p = \min(\min(\text{areas}), 0)$ ,  $q = \max(\max(\text{areas}), 4000)$  e  $\text{areas}$  é o vetor das áreas dos objetos. A saída dessa função também é usada para imprimir a quantidade de objetos de cada tamanho e o histograma é exportado para imagem usando o método **savefig**.

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a apresentação dos resultados, será utilizada a imagem *objetos3.png* (Figura 1), disponibilizada pelo professor. Em seguida, serão apresentados os resultados e o que foi observado.



Figure 1: Imagem de objetos utilizada

A Figura 2 apresenta a imagem de entrada após a alteração de cores para preto e branco, a Figura 3 apresenta o mapa de bordas da imagem obtido pelo operador Laplaciano e a Figura 4 apresenta os contornos dos objetos detectados a partir do mapa de bordas, como descrito na Seção III-B.



Figure 2: Imagem preto e branca

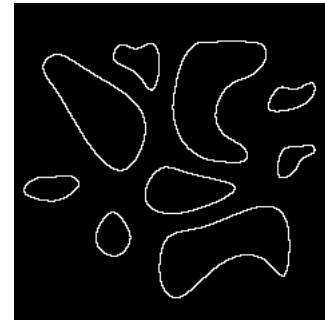


Figure 3: Mapa de Bordas (Laplaciano)

A Saída 1 apresenta a saída do código com a área, perímetro, excentricidade e solidez de cada região da imagem.

Saída 1: Saída padrão do código com as propriedades calculadas para cada região

```
número de regiões: 9
```

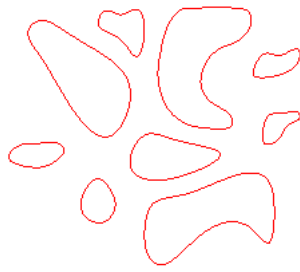


Figure 4: Contorno dos objetos

```
região 0: área: 634 perímetro: 96.325901 excentricidade:
0.626273 solidez: 0.977623
região 1: área: 3801 perímetro: 305.421354 excentricidade:
0.869955 solidez: 0.768888
região 2: área: 596 perímetro: 103.012193 excentricidade:
0.896554 solidez: 0.968293
região 3: área: 1606 perímetro: 174.124890 excentricidade:
0.873071 solidez: 0.969231
região 4: área: 398 perímetro: 88.769552 excentricidade:
0.845295 solidez: 0.905575
região 5: área: 496 perímetro: 99.254833 excentricidade:
0.890438 solidez: 0.900181
região 6: área: 3478 perímetro: 259.462984 excentricidade:
0.902872 solidez: 0.976963
região 7: área: 738 perímetro: 119.982755 excentricidade:
0.689399 solidez: 0.890295
região 8: área: 3831 perímetro: 313.764500 excentricidade:
0.668248 solidez: 0.739718
```

Na Figura 5, as regiões foram redesenhadas a partir dos seus contornos, preenchidas com cores aleatórias e rotuladas com a sua numeração correspondente.



Figure 5: Objetos rotulados

Saída 2: Saída padrão do código com a quantidade de objetos de cada tamanho

```
número de regiões pequenas: 5
número de regiões médias: 1
número de regiões grandes: 3
```

A Figura 6 mostra o histograma das regiões divididas por área, como descrito na Seção III-D e a Saída 2 apresenta a saída do código com a quantidade de regiões de cada tamanho.

## V. CONCLUSÃO

Pudemos aplicar técnicas de detecção de regiões em imagens e calcular algumas de suas propriedades. Os resultados foram satisfatórios, já que nas imagens testadas todas as

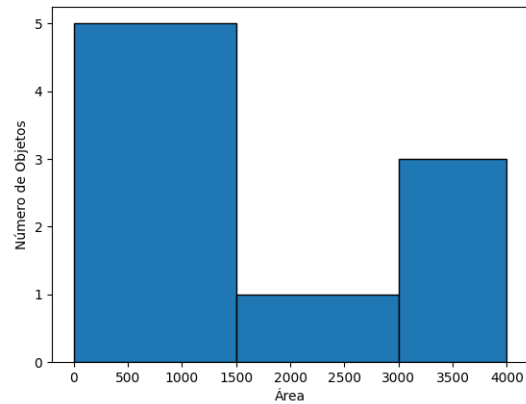


Figure 6: Histograma das áreas das regiões

regiões foram detectadas e os valores das propriedades calculadas tiveram pequenas diferenças em relação aos descritos no enunciado do trabalho e aos obtidos pelo método **regionprops** da biblioteca *Scikit-Image*.

Esses resultados poderiam ser melhorados utilizando operadores morfológicos para a criação do mapa de bordas, resultando em contornos mais precisos.