

Programação orientada a objetos

Histograma de imagens

Conceitos importantes

- **Imagens PGM**

PGM (do inglês, *Portable Gray Map*) é um tipo de arquivo de texto que armazena imagens em tons de cinza em duas dimensões. Cada *pixel* assume um valor de intensidade que é representado por números inteiros no intervalo [0, 255], em que 0 representa o preto (ausência de intensidade), e 255 representa o branco (intensidade máxima). A composição do arquivo é simples e explicada a seguir.

- **Linha 1:** número mágico que identifica o tipo de arquivo (usualmente, P2 ou P5). Se o arquivo começa com P2, os níveis de cinza são codificados por números ASCII, enquanto P5 significa que esses níveis são códigos de byte. Neste projeto, serão utilizados apenas arquivos P2;
- **Linha 2:** espaço em branco (espaços, tabs etc) ou comentário (iniciado pelo caracter #) com os detalhes da imagem ou do *software* que a gerou;
- **Linha 3:** dimensões da imagem, seguindo o formato "*width height*" (separados por qualquer número de espaços em branco, tabs etc);
- **Linha 4:** *maxval*, que representa o maior valor de intensidade contido na imagem, especificamente, dentro do intervalo [0, 255];
- **Demais linhas:** valores no intervalo [0, *maxval*], que representam as intensidades dos *pixels* que compõem a imagem; pode aparecer um valor por linha, todos os valores em uma única linha (separados por espaço) ou, ainda, *height* linhas com *width* valores em cada uma delas.

- **Exemplo**

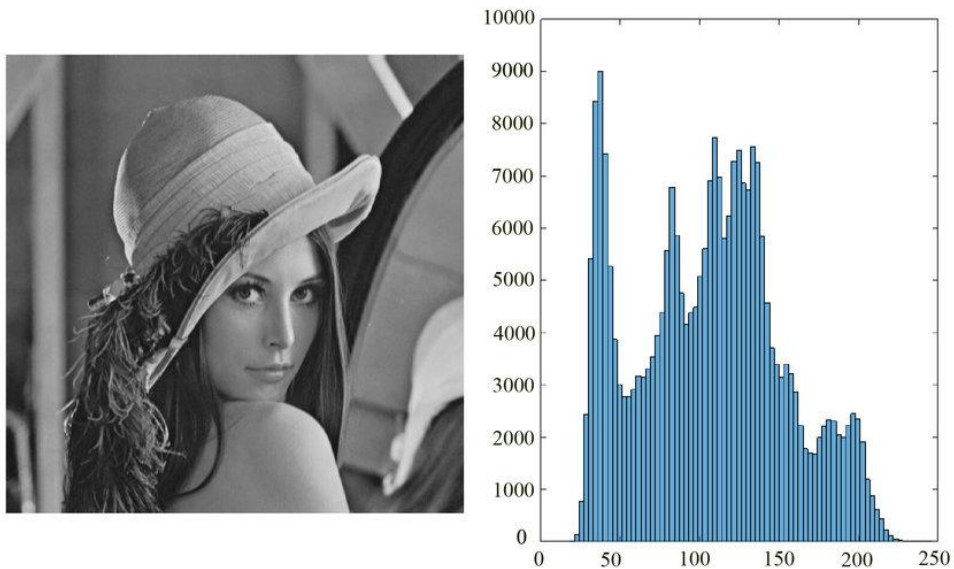
```
P2
# feep.pgm
24 7
15
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 3 3 3 3 0 0 7 7 7 7 0 0 11 11 11 11 0 0 15 15 15 15 0
0 3 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 15 0 0 15 0
0 3 3 3 0 0 0 7 7 7 0 0 0 11 11 11 0 0 0 15 15 15 15 0
0 3 0 0 0 0 0 7 0 0 0 0 0 11 0 0 0 0 0 15 0 0 0 0
0 3 0 0 0 0 0 7 7 7 7 0 0 11 11 11 11 0 0 15 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

- **Histogramas**

Um histograma é uma representação gráfica do agrupamento de dados em intervalos iguais, usualmente apresentados em barras. Cada barra corresponde a um *bin*, que agrupa intervalos de valores. O eixo x representa os *bins*, e o eixo y, a frequência de valores naquele *bin*. Na área de Processamento Digital de Imagens (PDI), geralmente são usados 256 *bins*, em que cada um representa um dos valores de intensidade no intervalo $[0, 255]$. No entanto, outros *bins* podem ser utilizados. Quando um histograma é normalizado, pode ser interpretado como uma função de distribuição de probabilidade.

Na área de PDI, o histograma de uma imagem representa uma ferramenta bastante útil para diferentes propósitos, como compreender a distribuição de tons de cinza na imagem, melhorar o contraste, segmentar objetos, entre outros.

- **Exemplo**



Tarefas

Seu programa deve receber, como entrada na linha de comando, o nome de um arquivo de imagem *.pgm* e um valor inteiro, *N*, que representa o número de *bins* no qual será dividido o intervalo $[0, maxval]$. Você deve, então, definir os limites de cada *bin*, e apresentar a frequência de *pixels* da imagem que assumem valores em seus respectivos intervalos. Neste projeto, serão utilizados valores decimais para a definição dos intervalos dos *bins*, e todos os intervalos devem ser fechados à esquerda e abertos à direita.

Como exemplo, considere uma imagem composta pelos seguintes *pixels*:

$\{25, 0, 238, 238, 28, 2, 125, 124, 126\}$

Considere, ainda, $N = 3$. Assim, considerando o intervalo $[0, maxval]$, temos $[0, 238]$. Dividindo o número de intensidades contidas no intervalo em N bins, temos:

$$239 / 3 = 79.67$$

Portanto, os intervalos definidos devem ser:

$$[0.00, 79.67) ; [79.67, 159.33) ; [159.33, 239.00)$$

Agora, definimos quantos *pixels* da imagem correspondem a cada um dos intervalos criados, bem como suas respectivas distribuições de probabilidade:

- $[0.00, 79.67)$: *pixels* 0, 2, 25 e 28, que totaliza 4 *pixels*, e com distribuição de probabilidade de $4/9 = 0,444$;
- $[79.67, 159.33)$: *pixels* 124, 125 e 126, que totaliza 3 *pixels*, e com distribuição de probabilidade de $3/9 = 0,333$;
- $[159.33, 239.00)$: *pixels* 238, que totaliza 2 *pixels*, e com distribuição de probabilidade de $2/9 = 0,222$

Assim, seu programa deve exibir, como saída:

```
[0.00, 79.67) 4 0.444444
[79.67, 159.33) 3 0.333333
[159.33, 239.00) 2 0.222222
```

Atente-se ao caso em que o valor de N passado seja maior que *maxval*. Neste caso, seu programa deve exibir uma mensagem de erro (especificada na seção Saída) e terminar imediatamente.

Entrada

A passagem dos parâmetros de entrada do programa deve ser feita por linha de comando, seguindo o padrão especificado abaixo:

```
python <nome_programa>.py <caminho_imagem> <valor_N>
```

Portanto, se o programa foi implementado no arquivo *main.py* e deseja-se utilizar a imagem *dog.pgm*, dividindo o histograma em sete *bins*, a linha de comando deve ser:

```
python main.py dog.pgm 7
```

Saída

Seu programa deve exibir a saída **exatamente** no padrão especificado nesta seção, seguindo, inclusive, a precisão dos valores. Nada além do especificado deve ser exibido na tela. A seguir é apresentado o formato de impressão de cada linha da saída, a qual representa um *bin*.

[limite_inferior, limite_superior) numero_pixels frquencia_pixels

A precisão dos valores que definem o intervalo de cada *bin* deve ser de duas casas decimais, o número de *pixels* em cada *bin* deve ser um valor inteiro e, por fim, a precisão do valor de frequência deve ser de cinco casas decimais.

Considerando o exemplo da seção Tarefas, seu programa deve exibir exatamente a saída a seguir, respeitando, inclusive, os espaços entre valores, que deve ser unitário, e o número de linhas.

```
[0.00, 79.67) 4 0.44444
[79.67, 159.33) 3 0.33333
[159.33, 239.00) 2 0.22222
```

Caso o valor de N passado seja superior ao *maxval*, não é possível gerar os *bins* e, portanto, seu programa deve terminar imediatamente após exibir a mensagem de erro a seguir:

Erro: número de bins pedido X, mas Y é o valor máximo de intensidade na imagem.

X e Y são valores inteiros e devem ser substituídos pelos seus respectivos valores.

Caso o valor de N passado seja zero ou negativo, seu programa deve exibir a mensagem de erro a seguir e terminar imediatamente.

Erro: não é possível gerar X bins.

X é o valor passado pelo usuário.

Observações

- O código deve estar num arquivo Python simples (não notebook);
- você deve tratar as restrições de entrada, não permitindo, por exemplo, que o valor de N seja superior ao valor de *maxval*;
- só é permitida a utilização do pacote *sys*; qualquer outro pacote não poderá ser utilizado;
- lembre-se de organizar o seu código de forma apropriada, levando em conta as boas práticas de programação.

Material auxiliar

1. Explicação de arquivos PGM, bem como imagens no formato para baixar como exemplo: <https://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/data/pgma/pgma.html>
2. Mais informações sobre o formato PGM
<https://www.cs.cmu.edu/~eugene/teach/algs00a/progs/forms.html>
3. Histogramas: <https://en.wikipedia.org/wiki/Histogram>