

Trabalho 2 - MO443 - Introdução ao Processamento de Imagem Digital

Aluno: Gabriel Bianchin de Oliveira RA: 230217

Maio 2019

1 Introdução

O objetivo desse trabalho é implementar as técnicas de pontilhado visando reduzir a quantidade de cores e manter uma boa aparência para o usuário.

As alteração de cores são feitas por meio de técnicas de pontilhado (*half-toning*) ordenado e com difusão de erro. Para a alteração de imagens utilizando o pontilhado ordenado, foram utilizadas duas técnicas, as matrizes 3x3 e a matriz de pontilhado ordenado de Bayer. Para a alteração de imagens utilizando o pontilhado por difusão de erro, foi utilizada a técnica de Floyd-Steinberg.

2 Código

O código foi implementado em Python 3.6.7, com as bibliotecas OpenCV 4.0.0 e NumPy 1.13.3.

2.1 Como Executar

Para a execução do código, deve-se executar o script `codigo.py`. O script recebe como argumento uma imagem de entrada no formato PGM, a técnica escolhida e o nome da imagem de saída no formato PBM. Um exemplo de execução é mostrado a seguir:

```
python3 codigo.py imagens/peppers.pgm fs peppers.pbm
```

As opções de técnicas utilizadas como parâmetro são:

- **3x3**: aplica a técnica de pontilhado ordenado da matriz 3x3.
- **bayer**: aplica a técnica de pontilhado ordenado de Bayer.
- **fs**: aplica a técnica de pontilhado por difusão de erro de Floyd-Steinberg. Durante a execução, será necessário informar via terminal qual será a varredura da imagem.

Caso nenhuma das opções válidas for informada, será enviado uma mensagem, via terminal, informando que não foi possível realizar a aplicação da técnica.

2.2 Entrada

A entrada de dados consiste em uma imagem no formato PGM e uma opção de técnica de pontilhado. As imagens utilizadas para testes estão na pasta imagens, que foram obtidas pelo diretório <http://www.ic.unicamp.br/~helio/imagenspgm/>

2.3 Saída

A saída de dados consiste em uma imagem resultante da aplicação da técnica de pontilhado escolhida na imagem informada como entrada. A imagem será salva na pasta saída.

3 Técnicas de Pontilhado

3.1 Pontilhado Ordenado na Matriz 3x3

A Figura 1 mostra a matriz 3x3. A técnica consiste em normalizar o valor do pixel inicial, que varia de 0 até 255, para 0 até 9 e verificar se o pixel resultante é menor que o número da célula da matriz 3x3. Caso o valor do pixel normalizado seja menor, ele será substituído pelo valor preto, caso contrário será substituído pelo valor branco.

$$M_{3 \times 3} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 6 & 8 & 4 \\ \hline 1 & 0 & 3 \\ \hline 5 & 2 & 7 \\ \hline \end{array}$$

Figura 1: Matriz 3x3

Ao todo, existem dez padrões que representam a matriz 3x3, como mostra a Figura 2.

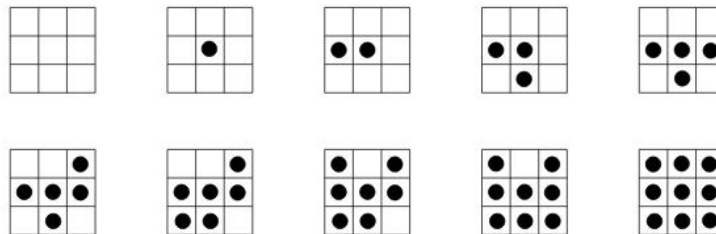


Figura 2: Conjunto de dez padrões da matriz 3x3

3.2 Pontilhado Ordenado de Bayer

A Figura 3 mostra a matriz de pontilhado ordenado de Bayer. Semelhante à matriz 3x3, essa técnica normaliza os valores dos pixel de 0 até 255 para 0 até 16. Se um pixel normalizado for menor que o valor da célula da matriz, ele será substituído pelo valor preto, caso contrário será substituído pelo valor branco.

$$M_{4 \times 4} =$$

0	12	3	15
8	4	11	7
2	14	1	13
10	6	9	5

Figura 3: Matriz da técnica de pontilhado ordenado de Bayer

3.3 Pontilhado por Difusão de Erro de Floyd-Steinberg

A aplicação da técnica de pontilhado por difusão de erro de Floyd-Steinberg leva em consideração os valores ao redor de cada pixel. Para cada pixel percorrido, se o seu valor for maior que 128, deve ser trocado para 255 (branco), caso contrário para 0 (preto) e a diferença entre o valor do pixel real e do aproximado deve ser distribuído para os pixels vizinhos.

Caso a imagem esteja sendo percorrida da esquerda para a direita, a distribuição do erro deve ser feita conforme mostra a Figura 4. O pixel $f(x,y)$ é o pixel atual. 7/16 da diferença é adicionado ao pixel localizado à direita, 3/16 da diferença é adicionado ao pixel localizado abaixo e à esquerda, 5/16 da diferença é adicionado ao pixel localizado abaixo e 1/16 da diferença é adicionado ao pixel localizado abaixo e à direita.

	$f(x,y)$	7/16
3/16	5/16	1/16

Figura 4: Distribuição da diferença ao percorrer da esquerda para a direita

Caso a imagem esteja sendo percorrida da direita para a esquerda, a distribuição do erro deve ser feita conforme mostra a Figura 5. O pixel $f(x,y)$ é o pixel atual. 7/16 da diferença é adicionado ao pixel localizado à esquerda, 3/16 da diferença é adicionado ao pixel localizado abaixo e à direita, 5/16 da diferença

é adicionado ao pixel localizado abaixo e $1/16$ da diferença é adicionado ao pixel localizado abaixo e à esquerda.

$7/16$	$f(x,y)$	
$1/16$	$5/16$	$3/16$

Figura 5: Distribuição da diferença ao percorrer da direita para a esquerda

A varredura da imagem foi realizada de quatro maneiras diferentes nesse trabalho, sendo elas:

- varredura somente da esquerda para a direita.
- varredura somente da direita para a esquerda.
- varredura alternada iniciando da esquerda para a direita.
- varredura alternada iniciando da direita para a esquerda.

4 Resultados

4.1 Leitura de dados e escolha da técnica

A leitura da imagem de entrada é feita pela função **cv2.imread**, da biblioteca OpenCV¹, que carrega a imagem em níveis de cinza e transforma em uma matriz de dimensões m e n , onde m representa as linhas e n representa as colunas da matriz. Em seguida, é realizada a aplicação da técnica de pontilhado escolhida. A aplicação de cada uma das técnicas é mostrada a seguir. Para exemplificar a aplicação da técnica, foi utilizada a imagem peppers.pgm. A imagem original é mostrada na Figura 6.

4.2 Aplicação da Técnica de Pontilhado Ordenado da Matriz 3x3

A Figura 7 mostra a aplicação da técnica de pontilhado ordenado da matriz 3x3 na imagem original (Figura 6).

A normalização dos valores dos pixels para 0 até 9 é feita com a função **np.interp**, seguida da função **np.floor**, que faz um arredondamento dos valores. Ambas as funções são da biblioteca NumPy².

¹<https://docs.opencv.org/3.0-beta/index.html>

²<https://www.numpy.org/>



Figura 6: Imagem original

Como cada pixel é comparado com a matriz 3x3, mostrada na Figura 1, a imagem resultante será três vezes maior na altura e na largura em relação à imagem original.



Figura 7: Imagem após a aplicação da matriz 3x3

4.3 Aplicação da Técnica de Pontilhado Ordenado de Bayer

A Figura 8 mostra a aplicação da técnica de pontilhado ordenado de Bayer na imagem original (Figura 6).

A normalização dos valores dos pixels para 0 até 16 é feita com a função **np.interp**, seguida da função **np.floor**, que faz um arredondamento dos valores. Ambas as funções são da biblioteca NumPy.

Como cada pixel é comparado com a matriz 4x4, mostrada na Figura 3, a imagem resultante será quarto vezes maior na altura e na largura em relação à imagem original.

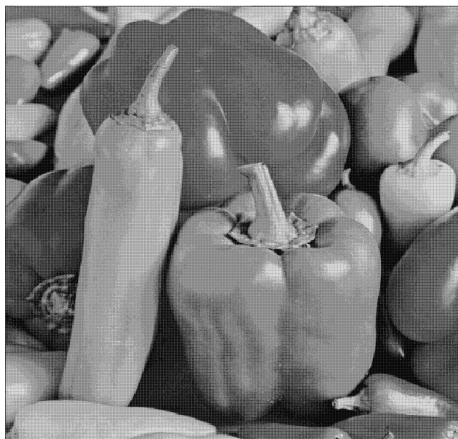


Figura 8: Imagem após a aplicação da técnica de pontilhado ordenado de Bayer

4.4 Aplicação da Técnica de Pontilhado por Difusão de Erro de Floyd-Steinberg

Para a aplicação da técnica de pontilhado por difusão de erro de Floyd-Steinberg, foram utilizados quatro métodos: varredura apenas da esquerda para a direita, varredura apenas da direita para a esquerda, varredura alternada iniciada da esquerda para a direita e varredura alternada iniciada da direita para a esquerda. A Figura 9 mostra as varreduras apenas da esquerda para a direita e apenas da direita para a esquerda e a Figura 10 mostra as varreduras alternadas iniciada da esquerda para direita e iniciada da direita para a esquerda.

Quando a varredura segue da esquerda para a direita, a distribuição da diferença é feita conforme mostra a Figura 4, enquanto quando a varredura segue da direita para a esquerda, a distribuição é feita conforme mostra a Figura 5.

5 Conclusão

A técnica de pontilhados produz uma redução na quantidade de cores de uma imagem e procura manter uma boa aparência para o usuário. Nesse trabalho, foram realizados experimentos com técnicas de pontilhado ordenado e pontilhado com difusão de erro.

Após a realização dos experimentos, notou-se que o tamanho da matriz na técnica de pontilhado ordenado influencia a qualidade das imagens, onde a matriz com maior tamanho deixa a imagem com mais nitidez do que uma matriz

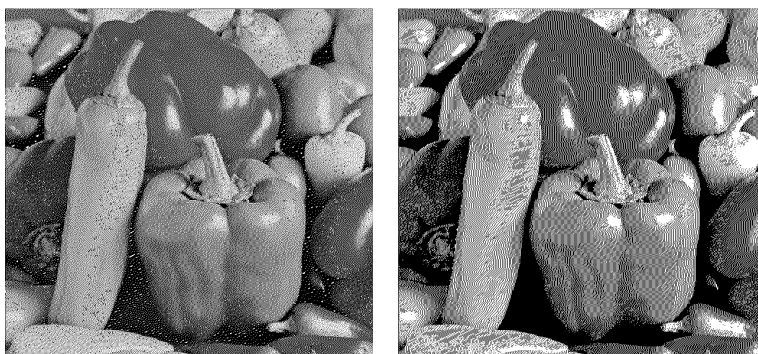


Figura 9: Imagens após a aplicação da técnica de pontilhado por difusão de erro de Floyd-Steinberg. A imagem à direita mostra a varredura apenas da esquerda para a direita e a imagem à esquerda mostra a varredura apenas da direita para esquerda

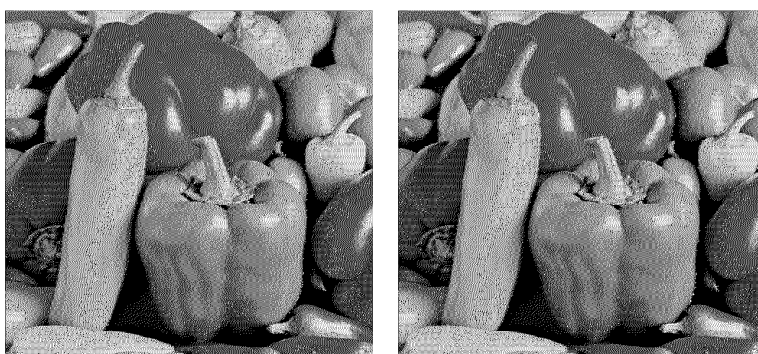


Figura 10: Imagens após a aplicação da técnica de pontilhado por difusão de erro de Floyd-Steinberg. A imagem à direita mostra a varredura alternada iniciada da esquerda para a direita e a imagem à esquerda mostra a varredura alternada iniciada da direita para esquerda

com tamanho menor. Portanto, a técnica de pontilhado de Bayer apresenta melhores resultados em relação à matriz 3×3 .

Durante a realização da técnica de pontilhado por difusão de erro de Floyd-Steinberg, observou-se que o modo que a imagem é percorrida produz diferentes resultados. A varredura seguindo somente uma direção pode gerar padrões indesejados ou uma certa direcionalidade na imagem. Portanto, ao alternar a direção da varredura, será produzido resultados melhores.