scc0251/5830— Prof. Moacir Ponti

PAE/monitores: Fernando Pereira dos Santos

Trabalho 1

v3 (atualizada 15/03/2018)

Desenvolva seu código sem olhar o de colegas. Plágio não será tolerado.

Gerador de imagens

Nesse trabalho você deverá implementar um gerador de imagens por meio de funções. Você deverá implementar usando `python` com as bibliotecas `numpy` e `random`.

Leia com calma as instruções de cada etapa.

Seu programa deverá permitir ao usuário fornecer parâmetros para a geração automática de imagens. Para isso, o programa deverá:

1. **Receber os parâmetros**:
   a) nome do arquivo com a imagem referência,
   b) tamanho lateral da imagem da cena C (a imagem da cena será quadrada portanto terá tamanho $C \times C$),
   c) tipo de função a ser utilizada f (1, 2, 3, 4 ou 5);
   d) parâmetro Q;
   e) tamanho lateral da imagem digital N (a imagem digital será quadrada portanto terá tamanho $N \times N$), sendo $N \leq C$;
   f) número de bits por pixel B a considerar na etapa de quantização, sendo que $1 \leq B \leq 8$;
   g) semente S a ser usada nas funções aleatórias.
2. **Gerar a imagem da cena**, f, conforme a escolha do tipo de função e parâmetros;
3. **Gerar a imagem digital**, g, com amostragem definida por N e quantização definida por B;
4. **Comparar** a imagem gerada com a imagem referência;
5. **Exibir** na tela a raiz do erro médio quadrático entre as duas imagens.

Imagem cena, imagem digital

Imagem cena : as funções a serem usadas para geração da imagem na cena f são

1. $f(x, y) = (x + y)$;
2. $f(x, y) = |\sin(x/Q) + \sin(y/Q)|$;
3. $f(x, y) = \left[(x/Q) - \sqrt{y/Q}\right]$;
4. $f(x, y) = \text{rand}(0, 1, \text{S})$:

   A função aleatória deve ser uniforme entre 0 e 1, e usa uma semente S inicializada uma única vez antes de sortear o primeiro número.

5. $f(x, y) = \text{randomwalk}(\text{S})$,

   A semente S é inicializada uma única vez antes de sortear o primeiro número. Então, considere que $f(x, y) = 0$ para todo x, y. A função de passo aleatório inicia atribuindo o valor 1 à posição $(x = 0, y = 0)$, ou seja $f(0, 0) = 1$. A seguir, são dados passos aleatórios, primeiramente em x, sorteando um número inteiro dx entre -1 e 1, e atribuindo $x = [(x + dx) \bmod C]$, bem como $f(x, y) = 1$. Em seguida realiza passo em y, sorteando dy entre -1 e 1 e atribuindo $y = [(y + dy) \bmod C]$ e então $f(x, y) = 1$. Note que é importante empregar o módulo para evitar sair dos limites da matriz.

   O número total de passos deverá ser $1 + (C \cdot C)/2$

Usar o pacote `random` para o sorteio dos valores; A imagem de cena f deve ser computada usando valores do tipo `float`. **Após computar a imagem f usando um dos métodos anteriormente descritos, normalizar os valores de forma que o mínimo seja igual a 0 e o máximo igual a** $2^16 - 1 = 65535$

Amostragem e quantização : a seguir, a imagem da cena deverá ser "digitalizada", gerando uma matriz g com elementos inteiros de 8 bits. Essa matriz deverá ter dimensão lateral de forma que $N \leq C$. Além disso, deverá ser calculada de forma a considerar diferentes valores de bits por pixel, aceitando valores de bit por pixel entre 1 e 8. Como a resolução de g pode ser menor do que a de f você deverá calcular g utilizando a operação de máximo local. Exemplo, considere uma matriz com $C = 4$:

$$\begin{bmatrix} 5 & 15 & 36 & 0 \\ 18 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 100 & 154 & 0 \\ 0 & 99 & 159 & 100 \end{bmatrix}$$

Para $N = 2$, teríamos:

$$\begin{bmatrix} 18 & 36 \\ 100 & 159 \end{bmatrix}$$

Essa operação pode também ser descrita por: $g(i,j) = \max[f(x,y)]$ para $x, y = (i \cdot d), \ldots, (i \cdot d) + d - 1$.

Onde d é uma variável que define quantos pixels na direção vertical e horizontal serão considerados para realizar a operação de máximo. Por exemplo, para saber, no exemplo anterior o valor do pixel $(1,0)$ (linha 1, coluna 0) da imagem digital, teríamos

$g(1,0) = \max[f(x,y)]$ para $x = (1 \cdot d), \ldots, (1 \cdot d) + d - 1$ e $y = (0 \cdot d), \ldots, (0 \cdot d) + d - 1$.

A variável d pode ser calculada como a quantidade relativa de pixels nas direções vertical e horizontal entre a imagem cena e a imagem digital. Assim podemos fazer: $d = C/N = 2$, e:

$g(1,0) = \max[f(x,y)]$ para $x = (1 \cdot 2), \ldots, (1 \cdot 2) + 2 - 1$ e $y = (0 \cdot 2), \ldots, (0 \cdot 2) + 2 - 1$.

Resolvendo para $i = 1$ e $j = 0$: $g(1,0) = \max[f(2:3, 0:1)]$, o que quer dizer obter o máximo na submatriz relativo as linhas de 2 a 3 e nas colunas de 0 a 1:

$$\max\left(\begin{bmatrix} 0 & 100 \\ 0 & 99 \end{bmatrix}\right) = 100.$$

Além disso, note que f pode conter valores muito maiores do que 2^8. Assim, você deverá quantizar a imagem realizando uma operação de deslocamento de bit. Para isso, primeiro converta os valores de f para um inteiro de 8 bits de forma que o valor máximo em f passe a ser $(2^8) - 1 = 255$ e o restante dos valores sejam escalados da mesma maneira. Então realize deslocamento dos bits de forma que sejam úteis apenas os B bits menos significativos por pixel, sendo o restante preenchido por zeros.

Veja exemplos de figuras geradas pelas 5 diferentes funções (OBS: imagens com menos do que 8 bits/pixel foram normalizadas para 0-255 para melhor visualização)

Comparação

Você deverá carregar uma imagem de referência R para comparar com a imagem g gerada pelo seu programa. A comparação será feita seguindo a equação raiz do erro médio quadrático (RMSE). O erro deverá ser impresso na tela, com arredondamento para 4 casas decimais.

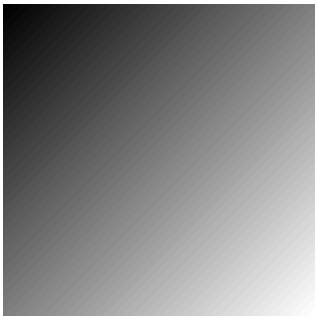
$$RMSE = \sqrt{\sum_i \sum_j (g(i,j) - R(i,j))^2}$$

A imagem de referência R está armazenada no formato de matriz `numpy`. Você deverá carregar e converter para o formato `uint8` para garantir a comparação. Por exemplo:

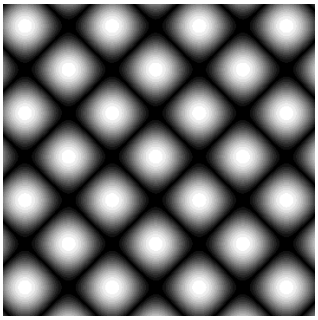
```
import numpy as np

filename = str(input()).rstrip()
R = np.load(filename)
```

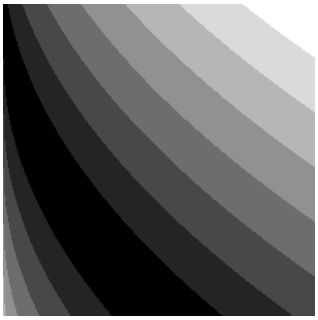
Será aceito um erro (RMSE) de até 5.0000 em relação a imagem referência e a imagem gerada.



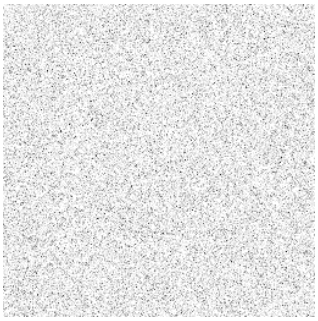
1



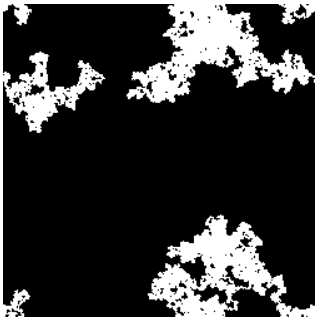
2 ($Q = 32$, $B = 6$)



3 ($Q = 1001$, $B = 3$)



4 ($S = 13$, $B = 3$)



5 ($S = 666$, $B = 8$)

Entrada e saída

Exemplo de entrada: imagem de referência contida no arquivo `ex1.npy`, $C = 1024$, função 1, $Q = 2$, $N = 720$, $B = 6$, $S = 1$

```
ex1.npy
1024
1
2
720
6
1
```

Note que a função 1 não utiliza os parâmetros Q e S. Ainda assim, todos devem ser lidos via teclado, mesmo que não sejam utilizados.

Exemplos de saída: apenas o valor do RMSE em formato `float`

Exemplo 1:

```
7468.7864
```

No caso acima, o RMSE foi alto, então é provavel que sua imagem gerada esteja diferente da esperada, e o resultado estará incorreto.

Exemplo 2:

```
3.0000
```

No caso acima, o RMSE foi baixo, então o seu resultado estará correto.

Submissão e instruções

No sistema Run.Codes deve incluir apenas o arquivo `.py`

1. **É obrigatório comentar seu código**. Como cabeçalho insira seu nome, número USP, código da disciplina, ano/semestre e o título do trabalho. Haverá desconto na nota caso esse cabeçalho esteja faltando, além de descontos para falta de comentários.
2. **É obrigatório organizar seu código em funções**. Utilize uma função para cada tipo de imagem diferente a ser gerada (1,2,3,4,5).