

Trabalho 02 : melhorias em imagens

Desenvolva o trabalho sem olhar o de colegas. Plágio não é tolerado.
Se precisar de ajuda, estamos aqui para isso.

1 Introdução

1.1 Objetivo

Levar os alunos a implementarem seus primeiros métodos de realce com o método de correção gamma, métodos baseados em histograma e a transformação geométrica de rotação. Além disso, apresentar o conceito de superresolução pela primeira vez.

1.2 Tarefa

Neste trabalho você deve implementar 3 métodos distintos de realce de imagem, assim como um método de superresolução baseado em múltiplas “visões” da mesma imagem em baixa resolução. Após a aplicação da superresolução você aplicará uma transformação geométrica de rotação. É requerido o uso de `python 3` e as bibliotecas `numpy` e `imageio`.

Siga o passo-a-passo:

1. Encontre e carregue todas as imagens de baixa resolução $l_i \in L$ que condizem com o nome base `imglow`, ou seja, todos as imagens cujo nome de arquivo comecem com `imglow`
2. Aplique o método de realce F para todas as imagens de baixa resolução, usando o parâmetro γ quando for apropriado
3. Combine as imagens de baixa resolução em uma versão de alta resolução \hat{H} usando o método proposto
4. Aplique uma transformação geométrica de rotação com ângulo θ em radianos. Use interpolação bilinear para amostragem após a interpolação. A rotação será anti-horária.
5. Compare \hat{H} com a imagem de referência H usando a média do erro quadrático (Root Mean Squared Error ,RMSE)

1.3 Parâmetros

Os seguintes parâmetros serão apresentados como entrada ao seu programa na seguinte ordem através da `stdin`, como é usual no `run.codes`:

1. Nome base `imglow` das imagens de baixa resolução $l_i \in L$. O nome base é o início do nome do arquivo de 4 imagens de baixa resolução l_1, l_2, l_3, l_4 ¹,
2. Nome do arquivo `imghigh` para a imagem de alta resolução H
3. Identificador da função de realce F (0, 1, 2 ou 3)
4. Parâmetro γ que deve ser usado na função de realce $F = 3$
5. Parâmetro θ para ângulo de rotação da transformação geométrica (em radianos).

2 Realce de Imagem

Você deve implementar três alternativas para realce de imagem, com a opção 0 indicando que nenhum realce deve ser feito:

Opção 0: Sem Realce : Não aplique nenhuma técnica de realce na imagem e pule diretamente para superresolução.

As opções 1 e 2 são métodos de realce baseados em histograma enquanto a opção 3 deve implementar a correção Gamma, um método pixel-a-pixel.

2.1 Realce Baseado em Histograma

Você deve implementar os dois métodos de equalização de histograma; o método selecionado deve ser aplicado para todas as imagens de baixa resolução L . Para a opção 1 você deve usar o Histograma Cumulativo de cada imagem como a função de transformação da imagem, como apresentado em aula. Para a opção 2, o Histograma Cumulativo deve ser computado com base em todas as imagens no conjunto L *juntas* (como se elas fossem uma única imagem), e depois usa-lo como a função de transformação.

Opção 1: Histograma Cumulativo Individual : Compute o Histograma Cumulativo $hc(l_i)$ para cada imagem $l_i \in L$ e o use como função de transformação para equalizar o histograma de cada imagem.

Opção 2: Histograma Cumulativo Conjunto : Compute um único histograma cumulativo $hc(L)$ sobre todas as imagens em L e o use como função de transformação em todas as imagens $l_i \in L$.

¹Elas são todas arquivos do tipo `.png` e seguem o padrão `[imglow]1.png`, `[imglow]2.png`, `[imglow]3.png` e `[imglow]4.png`

2.2 Correção Gamma

Opção 3: Função de Correção Gamma : Implemente a função de realce pixel-a-pixel chamada Correção Gamma, usando a fórmula:

$$\hat{L}_i(x, y) = \left\lfloor 255 \cdot \left((L_i(x, y) / 255.0)^{1/\gamma} \right) \right\rfloor,$$

Onde \hat{L}_i é a imagem resultante e γ é um dos parâmetros de entrada, descritos na seção 1.3.

3 Superresolução

Assumindo que cada uma das imagens de baixa resolução é uma “visão” diferente da mesma cena, podemos usar estas imagens (após realce) para compor uma versão de alta resolução \hat{H} (para simplificar nossa tarefa, essa versão terá sempre o dobro da resolução das originais). Propomos um método de composição bem simples, como descrito abaixo:

$$l_1 = \begin{bmatrix} 100 & 101 \\ 110 & 111 \end{bmatrix}, l_2 = \begin{bmatrix} 200 & 201 \\ 210 & 211 \end{bmatrix}, l_3 = \begin{bmatrix} 300 & 301 \\ 310 & 311 \end{bmatrix}, l_4 = \begin{bmatrix} 400 & 401 \\ 410 & 411 \end{bmatrix}$$

$$\hat{H} = \begin{bmatrix} 100 & 200 & 101 & 201 \\ 300 & 400 & 301 & 401 \\ 110 & 210 & 111 & 211 \\ 310 & 410 & 311 & 411 \end{bmatrix}$$

Mesmo sendo um método simples ele ainda pode gerar resultados impressionantes em algumas imagens. Você pode assumir que a resolução da imagem de referência H (e sua versão \hat{H}) será o dobro da resolução das imagens L .

4 Transformação geométrica de rotação

Para fazer a computação de endereços backwards, precisamos de M^{-1} . Mas podemos evitar a computação da inversa da matriz final se usarmos as inversas das matrizes de transformação:

$$M = R_1 T_1 S_1 \\ M^{-1} = S_1^{-1} T_1^{-1} R_1^{-1}$$

Como estamos tratando de imagens digitais, este é o momento que deixamos de usar x, y como durante a explicação em aula e passamos a usar os índices matriciais ‘i, j’.

Estas são as matrizes originais para ‘i, j’:

$$R^{-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} s_i & 0 & 0 \\ 0 & s_j & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & t_i \\ 0 & 1 & t_j \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

E suas respectivas inversas:

$$R = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 1/s_i & 0 & 0 \\ 0 & 1/s_j & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -t_i \\ 0 & 1 & -t_j \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Lembre-se de que durante a aplicação de uma transformação geométrica é preciso re-amostrar a imagem. Neste trabalho faça uso de uma função de interpolação bilinear. Caso os vizinhos mais próximos do endereço encontrado estejam fora da imagem original, não tente calcular a interpolação e retorne 0.

5 Comparando com a Referência

Seu programa precisa comparar a imagem gerada com a imagem de referência r . Essa comparação deve usar a média da raiz do erro quadrático (RMSE). Imprima esse erro na tela, arredondando para 4 pontos decimais:

$$\mathcal{L}_{RMSE}(H, \hat{H}) = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_j (H(i, j) - \hat{H}(i, j))^2}{N \cdot N}}$$

onde $N \times N$ é a resolução das imagens H e \hat{H} .

Métodos Melhorados de Superresolução

Sua avaliação levará em consideração os resultados esperados pelo método de superresolução sugeridos nesse documento; esse método porém é bem simples, então você pode, para aprender mais e por diversão, procurar por métodos que melhorem o resultado e gerem RMSE's menores.

6 Entrada e Saída

Exemplo de Entrada 01: Imagens de baixa resolução L `boat1.png`, `boat2.png`, `boat3.png`, `boat4.png`; Referência de alta resolução H `boathigh.png`; Método de realce $F = 2$ (Histograma Cumulativo Conjunto); Parâmetro γ que é ignorado quando $F = 2$:

```
boat
boathigh.png
2
1
```

Exemplo de Saída 01: Apenas o erro RMSE:

```
10.1864
```

7 Submissão

Envie seu código fonte para o `run.codes` (apenas o arquivo `.py`).

1. **Comente seu código.** Use um header com os nomes, números USP, código do curso, ano/semestre e o título do trabalho. Uma penalidade na nota será aplicada se seu código estiver faltando o header e outros comentários.
2. **Organize seu código em funções.** Use uma função por tipo de realce e uma função separada para superresolução.