



UFPB

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

Luiz Eduardo Correia

Thiago Bonfim

Tassany Onofre

Trabalho prático - Introdução ao Processamento Digital de Imagens

**João Pessoa, PB
2023**

1 Introdução

O processamento digital de imagens é uma técnica que consiste na manipulação de imagens digitais com o objetivo de melhorar sua qualidade, extrair informações ou transformá-las de alguma forma. Virtualmente, todo ramo de ciência possui subdisciplinas que usam sensores ou dispositivos para coletar informações visuais do universo ao nosso redor. Algumas dessas áreas podem ser observadas na Figura 1.

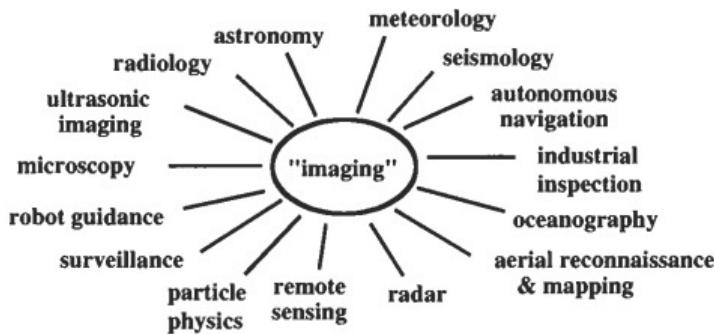


Figura 1: Áreas de utilização de imagens.

Esse estudo envolve o uso de algoritmos matemáticos e computacionais para realizar diversas operações nas imagens digitais, como filtros, correção de cores, remoção de ruído, realce de bordas, segmentação, entre outras. O objetivo dessas operações é extrair informações úteis das imagens ou melhorar a sua qualidade para facilitar a visualização ou a análise.

As imagens digitais são formadas por pixels, que são pequenos pontos que compõem a imagem. Cada pixel é representado por uma intensidade de cor ou nível de cinza, que pode ser manipulado pelo processamento digital de imagens. O processamento digital de imagens pode ser realizado manualmente, utilizando softwares específicos de edição de imagens, ou automaticamente, utilizando algoritmos desenvolvidos para realizar determinadas operações de forma automatizada.

O objetivo desse trabalho é desenvolver as técnicas de processamento digital de imagens lencionadas em sala de aula a partir de algoritmos computacionais.

2 Materiais e Métodos

Para o projeto utilizamos a linguagem de programação Python, juntamente com as bibliotecas Pillow, Numpy e Time. Como foi pedido pelo professor, as bibliotecas apenas facilitaram a manipulação dos pixéis lendo e transformando a imagem em uma matriz de valores RGB, o desenvolvimento dos processamentos de imagem foram feitos manualmente.

Todos os testes foram efetuados na mesma imagem chamada de "DancingInWater", mostrada na Figura 2, para melhor visualização dos resultados. Ela possui um total de 3000 por 2000 pixels e está no formato JPEG.



Figura 2: Imagem DancingInWater

2.1 Conversão RGB-YIQ-RGB

A conversão de uma imagem RGB para YIQ envolve a transformação de cada pixel da imagem RGB para um valor correspondente em YIQ. A fórmula para a conversão é a seguinte:

$$Y = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$$

$$I = 0.596 \times R - 0.274 \times G - 0.322 \times B$$

$$Q = 0.211 \times R - 0.523 \times G + 0.312 \times B$$

Onde R, G e B são os valores dos componentes vermelho, verde e azul, respectivamente, de um pixel na imagem RGB, e Y, I e Q são os valores dos componentes de luminância, crominância em fase e crominância em quadratura, respectivamente, na imagem YIQ resultante.

Para fazer o sentido oposto de conversão, ou seja de YIQ para RGB, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$R = 1.00 \times Y + 0.956 \times I + 0.621 \times B$$

$$G = 1.00 \times Y - 0.272 \times I - 0.647 \times B$$

$$B = 1.00 \times Y - 1.106 \times I + 1.703 \times B$$

2.2 Negativo em imagens

Em RGB, um negativo é uma imagem em que as cores são invertidas. Por exemplo, se um pixel na imagem original tem o valor de RGB (255, 0, 0), que representa a cor vermelha, no negativo, esse mesmo pixel seria alterado para (0, 255, 255), que representa a cor ciano.

O negativo de uma imagem com níveis de intensidade na faixa [0, L - 1] é obtido utilizando a transformação de negativo é dada pela expressão:

$$s = L - 1 - r$$

Onde r e s são, respectivamente, os valores do pixel antes e depois.

2.3 Utilização de filtros

Uma máscara correlacional, também conhecida como filtro ou kernel, é uma matriz utilizada para aplicar um efeito específico na imagem. Ela é uma matriz de números que representa o comportamento do filtro, que pode ser de vários tipos, como de suavização, de realce de bordas ou de detecção de características.

Ao aplicar uma máscara correlacional em uma imagem, a matriz é deslocada pixel a pixel sobre a imagem e, em cada posição, é realizada uma operação matemática chamada correlação. Nessa operação é realizado o produto interno de Frobenius em cada ponto (i,j) entre h (o filtro) e v (a vizinhança), atribui-se o resultado ao ponto nas mesmas coordenadas na imagem resultante.

Além disso, no projeto foi utilizado em conjunto com a correlação a extensão por zero. A extensão por zero é a técnica utilizada para ampliar uma imagem antes de aplicar o filtro. Isso é feito para evitar que os pixels nas bordas da imagem sejam ignorados durante a correlação.

2.4 Expansão de histograma

A expansão de histograma é uma técnica que melhora o contraste em uma imagem. O objetivo da expansão de histograma é redistribuir os valores de pixel de uma imagem para que eles ocupem todo o intervalo dinâmico disponível de intensidade de pixel, de forma a maximizar o contraste e melhorar a visualização da imagem.

A expansão de histograma pode ser especialmente útil em imagens com poucos níveis de cinza ou com valores de pixel concentrados em uma faixa estreita de intensidade. Além disso, a técnica é frequentemente usada em conjunto com outras técnicas de processamento de imagens, como segmentação e detecção de bordas, para melhorar a qualidade e a precisão do resultado final. Sua equação pode ser vista abaixo:

$$s = \text{round}((r - \min) * ((L - 1) / (\max - \min)))$$

3 Resultados e discussão

3.1 Primeira questão

A questão consiste em transformar a imagem do sistema RGB em YIQ e novamente em RGB. Foi necessário converter a imagem em um array de floats, manipular os pixels com as equações vistas no tópico ”Conversão RGB-YIQ-RGB” e salvar a nova imagem em um arquivo no formato JPG. Como a imagem, mostrado na Figura 3, permanece a mesma após a conversão, ou seja, suas propriedades de brilho e cores não se alteram, o processamento foi um sucesso.



Figura 3: Imagem DancingInWater após sofrer conversão de YIQ e RGB.

3.2 Segunda questão

Nessa questão foi pedido a aplicação do negativo em RGB e na banda Y. O resultados conseguem ser vistos na Figura 4, o negativo do RGB consegue ser notado pela troca de cores do vestido que antes estava apresentando o espectro verde e passou a ser vermelho.

Enquanto que a inversão apenas do Y no sistema YIQ, na Figura 5, é modificado apenas os valores de luminância, ou seja, os pixels claros se tornaram escuro e os escuros se tornaram claros, permanecendo os valores de crominancia.

3.3 Terceira questão

3.3.1 Filtro soma

Nesse filtro é aplicado um valor Offset inteiro que é somado ponto a ponto na matriz original, isso resulta em uma imagem com valores maiores de brilho.



Figura 4: Negativo em RGB.



Figura 5: Negativo em Y.

Esse efeito pode ser percebido na Figura 6 que foi aplicado um valor de Offset igual a 50. Foi necessário garantir a faixa de 0 até 255 para RGB.

3.3.2 Filtro box

O filtro box, também conhecido como filtro de média móvel ou filtro de caixa, tem o objetivo de suavizar dados ruidosos. Ele funciona calculando a média de um conjunto de valores adjacentes e usando esse valor médio como a estimativa



Figura 6: Filtro soma na imagem.

para o ponto de dados atual. O tamanho da janela do filtro box determina quantos pontos adjacentes são usados no cálculo da média.

Ao aplicar a biblioteca Time para verificar o tempo de execução da função foi percebido que dois filtros 1X1 e em seguida 1X11 teve valor igual a 40.733 segundos. Enquanto que aplicar um filtro box 11x11 teve resultado de 159.3311 segundos de execução, quase o quadruplo do valor. Seu resultado pode ser observado na Figura 7.



Figura 7: Filtro box 11x11.

3.3.3 Sobel e expansão de histograma

O filtro Sobel usa duas máscaras (também chamadas de kernels), uma para a detecção de bordas horizontais e outra para a detecção de bordas verticais. Essas máscaras são aplicadas à imagem original para calcular a magnitude do gradiente da imagem em cada ponto. A magnitude do gradiente representa a intensidade da mudança de intensidade de pixel na direção horizontal ou vertical.

A máscara de detecção de bordas horizontais é:

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A máscara de detecção de bordas verticais é:

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

A aplicação dessas máscaras resulta em duas imagens gradientes: uma para as bordas horizontais e outra para as bordas verticais. A imagem resultante da detecção de bordas é então calculada combinando as duas imagens gradientes usando a fórmula:

$$magnitude = \sqrt{radiente - horizontal^2 + gradiente - vertical^2}$$

Seu resultado pode ser visto na Figura 8 que mostra claramente os destaque das bordas da imagem original.

A expansão do histograma com mínimo igual a 0 e máximo igual a 255 não teve mudanças significativas.

3.3.4 Filtro Emboss

O filtro Emboss cria um efeito de relevo ou gravura em uma imagem. Ele funciona criando uma imagem com aparência tridimensional, que destaca as bordas e contornos dos objetos na imagem. Quando o filtro Emboss é aplicado, a matriz do filtro é convoluída com a mesma área quadrada na imagem original. Isso envolve uma grande quantidade de cálculos quando o tamanho da imagem ou a dimensão da máscara do filtro Emboss são grandes. O filtro Emboss repete o cálculo codificado na matriz do filtro para cada pixel da imagem; o procedimento compara os pixels vizinhos na imagem, deixando uma marca onde uma mudança acentuada no valor do pixel é detectada. Dessa forma, as marcas formam uma linha seguindo o contorno de um objeto. O processo produz uma imagem em relevo com bordas destacadas.

Seu resultado sem e com offset podem ser observados, respectivamente nas Figuras 9 e 10.



Figura 8: Filtro Sobel.



Figura 9: Filtro Emboss sem offset.

3.4 Quarta questão

O filtro mediana, como o filtro box, também é usado na suavização de imagens e retirada de ruídos. Seu resultado pode ser visto na seguinte Figura 11, com seu efeito desfocado.



Figura 10: Filtro Emboss com offset.



Figura 11: Filtro mediana na imagem.

4 Conclusão

Em suma, o processamento digital de imagens é uma área de estudo fundamental para diversas áreas da ciência que necessitam da análise de informações visuais. Este relatório apresentou algumas técnicas utilizadas no processamento digital de imagens, como a conversão entre os espaços de cores RGB e YIQ, a aplicação de máscaras correlacionais e a expansão de histograma. Além disso, o projeto desenvolvido utilizou a linguagem de programação Python sem a neces-

sidade de ferramentas já prontas. É importante ressaltar que existem diversas outras técnicas de processamento digital de imagens que podem ser utilizadas, e que o aprendizado contínuo e a aplicação prática dessas técnicas são fundamentais para avanços em áreas de pesquisa e aplicações práticas.