

Trabalho Substitutivo - Processamento Digital de Imagens

O trabalho abaixo está organizado em Seções com Tarefas bem definidas. Você usará conceitos estudados/aprendidos e desenvolverá outros com leitura e estudo. Leia com atenção as instruções abaixo e faça exatamente como instruído. Os livros texto utilizados são o Gonzalez (português) para as três primeiras partes e o Burger (2016, em inglês) para a última parte. Não use outras edições! Veja Bibliografia no Plano de Ensino. Após 5 dias corridos para executarem, teremos um dia de apresentações obrigatórias (sorteio) no dia 4/11. Quem atrasar ou faltar ao sorteio ficará com zero. Cada Seção concluída e devidamente formatada vale 25 pontos.

Seção 1: Transformação Linear Definida por Partes e Fatiamento de Níveis de Intensidade

Leitura: Seção 3.2.4 do Gonzalez.

Objetivo: Entender e aplicar a transformação linear definida por partes e o fatiamento de níveis de intensidade.

Tarefas:

1. Obtenha os mesmos resultados da Figura 3.10. Discuta os resultados.
2. Realize o fatiamento de níveis de intensidade do Exemplo 3.3 usando a imagem da Figura 3.12a (Angiograma da Aorta, Michigan Univ.). Utilize as transformações propostas na Figura 3.11 (Gonzalez, pág. 76, a e b). Discuta os resultados.
3. Submeta seu Notebook conforme instruções abaixo ao final desse roteiro*

Seção 2: Especificação e Equalização de Histogramas na Prática:

Leitura: Seção 3.3 do Gonzalez.

Objetivo: Aplicar a técnica de especificação de histograma para simular cenários reais onde imagens precisam se alinhar a um histograma de referência. Exemplos comuns incluem padronizar condições de iluminação em sistemas de segurança e alinhar imagens médicas a uma referência “padrão” para garantir a consistência e qualidade.

Teoria e Contexto

Especificação de Histograma (Gonzalez 3.3.2, pag. 85) difere da Equalização de Histograma, que apenas expande o histograma de uma imagem para melhorar o contraste. Na especificação (ou correspondência) de histogramas, a transformação busca ajustar o histograma de uma imagem para que ele se aproxime de um histograma-alvo pré-definido. Aplicações práticas:

Sistemas de Segurança: Em ambientes de segurança, as condições de iluminação variam, o que pode dificultar a identificação de anomalias ou comparações precisas entre imagens. A correspondência de histogramas permite calibrar as imagens para que se ajustem a um perfil padrão de iluminação, facilitando a análise.

Imagens Médicas: Em diagnósticos médicos, é comum utilizar uma imagem de referência ou “padrão de ouro” para garantir que as novas imagens tenham a mesma qualidade de contraste e brilho. Isso permite que exames realizados em diferentes momentos ou equipamentos possam ser comparados com mais precisão.

Tarefa:

2.1. Leia e compreenda o Exemplo 3.9 do Gonzalez (pag. 88 em diante). Se precisar faça o exemplo 3.8 mais simples, manualmente, antes de prosseguir. O objetivo principal aqui é comparar os resultados visuais e a eficácia da **equalização de histograma** e da **especificação de histograma** para realçar detalhes em uma imagem de baixa luminosidade, como a imagem da lua de Marte, Fobos.

A intenção é verificar se a equalização de histograma, que redistribui a intensidade dos pixels para melhorar o contraste, é suficiente para revelar detalhes em áreas escuras, ou se uma abordagem personalizada, usando a especificação de histograma, oferece resultados superiores.

2.2. Implementação: primeiramente, aplica-se a função de equalização de histograma na imagem original, como indicado pela transformação na Figura 3.24(a). Esta transformação redistribui as intensidades de pixels. Em seguida, aplica-se a especificação de histograma como uma tentativa de obter um realce mais controlado. Uma função de transformação personalizada é criada (Figura 3.25(a)) para manter a estrutura básica do histograma original, mas suavizando a transição para os níveis escuros. Tente implementar e obter resultados similares, explicando o que acontece na prática.

2.2. Análise: Esse exemplo demonstra que, em certos casos, a equalização de histograma não é ideal para melhorar a visibilidade de detalhes em áreas escuras, podendo desbotar a imagem. A especificação de histograma, que permite ajustes manuais no histograma, se mostra uma solução eficaz. Mostre e discuta isso em seu Notebook conforme instruções abaixo ao final desse roteiro*.

Seção 3: Aplicação Prática de Especificação de Histograma em PDI com Imagem Própria

Objetivo: Utilizar uma imagem capturada pelo aluno para aplicar e comparar a equalização de histograma e a especificação de histograma em um cenário real. Esta prática reforça a aplicação da especificação de histograma e permite observar como a técnica se comporta em uma imagem capturada sem os ajustes automáticos que podem interferir no histograma.

Pré-requisito: Ter estudado e implementado o exemplo do livro na Seção 2, utilizando a imagem e os parâmetros fornecidos pelo texto, para entender as diferenças entre equalização e especificação de histograma em um ambiente controlado.

Orientações para Captura da Imagem

Para garantir que a imagem capturada com o celular tenha um histograma fiel à cena real, siga as orientações abaixo:

1. **Escolha do Cenário:** Capture uma imagem com variações naturais de luz e sombra, como uma parede iluminada de um lado e com sombra do outro, ou um objeto em uma mesa com iluminação difusa. A intenção é que haja um contraste natural entre áreas claras e escuras.

2. **Evitar Processamento Automático:**

• **Desative o HDR (High Dynamic Range):** O HDR ajusta automaticamente as áreas claras e escuras, o que pode alterar o histograma da imagem.

• **Modo de Captura Padrão:** Evite o uso de modos como “Retrato” ou “Noturno”, pois esses modos aplicam processamento que modifica a distribuição de intensidade.

• **Desative Filtros e Efeitos:** Garanta que nenhum filtro ou efeito seja aplicado à imagem durante a captura, mantendo-a o mais fiel possível ao ambiente.

3. **Brilho e Contraste Manuais:** Ajuste o brilho e o contraste no celular de forma mínima e apenas o necessário para visualizar a cena. Evite realces exagerados que possam interferir no contraste natural da imagem.

4. **Controle de Iluminação:** Utilize uma luz indireta e suave, de preferência natural, para evitar sombras fortes e refletir melhor a iluminação real da cena.

5. Cuide que a imagem ao ser transformada para tons de cinza em seu Notebook, não sofra modificações no histograma (vide tarefas práticas anteriores). Filtros do celular podem introduzir modificações no histograma, confira que isso não aconteça.

Tarefas

3.1. Implementação da Equalização de Histograma

1. Aplique a equalização de histograma na imagem capturada.

2. Observe como a equalização altera a distribuição dos tons de cinza, destacando áreas escuras e claras.

3. Salve a imagem resultante e nomeie-a como Imagem Equalizada. Observe se as áreas de sombra se tornaram mais visíveis, mas possivelmente com um aspecto desbotado, como ocorre no exemplo da Seção 2.

3.2. Implementação da Especificação de Histograma

1. Aplique a especificação de histograma para criar uma transição mais controlada entre áreas claras e escuras.

2. Tente preservar a estrutura do histograma original da imagem, suavizando apenas as áreas escuras para realçar detalhes sem perda de contraste nas áreas claras.

3. Salve essa versão como Imagem Especificada e observe o efeito mais equilibrado, sem o desbotamento visual da equalização.

3.3 Análise Comparativa

1. **Impacto no Contraste:**

Compare o contraste entre a Imagem Equalizada e a Imagem Especificada. A equalização deve tornar as áreas escuras mais visíveis, mas com potencial de clareamento excessivo. Já a especificação tende a melhorar o contraste de forma mais sutil e controlada.

2. **Detalhes e Transição de Tons:**

Observe como cada técnica afeta os detalhes nas áreas escuras e claras. Avalie se a especificação preserva melhor a transição de tons e evita perda de informações em áreas de sombra.

3. **Conclusão:**

Mostre e discuta tudo em seu Notebook conforme instruções abaixo ao final desse roteiro*. Escreva uma breve conclusão sobre as diferenças entre as duas técnicas e a eficácia de cada uma para capturas naturais, como aquelas realizadas pelo celular. Indique em quais situações a especificação pode ser preferível, especialmente em contextos com iluminação desafiadora, onde se deseja preservar detalhes.

Seção 4: Filtro de Tamanho Arbitrário

Leitura: Seção 5.2.6 do Burger.

Objetivo: Implementar filtros $n \times n$ de tamanho arbitrário em Python, usando diferentes tipos de padding. O aluno deve explorar como filtros com diferentes funções (gaussianos para suavização, laplacianos para aguçamento etc.) afetam a imagem e como o tipo de padding influencia os resultados.

Tarefas

4.1. Implementação do Filtro com Tamanho Arbitrário:

Implemente um filtro conforme o exemplo da página 97 do Burger, que permite definir o tamanho $n \times n$ e aplicar diferentes funções de filtro, usando o Python e a biblioteca OpenCV apenas para entrada e saída.

4.2. Experimentos com Diferentes Tipos de Filtros e Padding:

Realize experimentos aplicando filtros com diferentes funções e tipos de padding (por exemplo, zero padding, replicate, reflect), e observe como o padding modifica as bordas da imagem filtrada. Experimente filtros como:

• **Filtro Gaussiano:** Suavização com amostragem de uma curva gaussiana 2D.

• **Filtro Laplaciano:** Aguçamento com amostragem de uma curva laplaciana 2D.

• **Outros Filtros:** Explore filtros medianos, de média, entre outros, para observar as diferenças em suavização e aguçamento em diferentes imagens com diferentes ruídos (veja no livro texto imagens com ruídos diferentes: Figura 2.26 do Gonzalez, etc).

4.3. Análise e Discussão dos Resultados:

Compare o efeito dos diferentes filtros, especialmente em relação ao tipo de ruído presente na imagem (ex.: ruído gaussiano para filtros gaussianos e ruído impulsivo para filtros medianos).

Discuta como o tipo de padding influencia o tratamento das bordas da imagem.

4.4. Exemplos de Código para Filtros Específicos

Abaixo, estão exemplos de código para criar um filtro gaussiano $n \times n$ usando amostragem de curvas contínuas em 2D. Estude sobre a equação (ela é apresentada nos slides de aula).

```
import cv2
import numpy as np
# Função para criar um filtro gaussiano de tamanho arbitrário
def gaussian_kernel(size, sigma):
    kernel = np.fromfunction(
        lambda x, y: (1/(2*np.pi*sigma**2)) * np.exp(
            -((x - (size - 1) / 2)**2 + (y - (size - 1) / 2)**2) / (2 * sigma**2)),
        (size, size))
    return kernel / np.sum(kernel)
```

*Entregáveis para cada Seção X acima:

- Notebook Colab:** Submeter o notebook Colab (SecaoX.ipynb) com o código, histogramas e comparações de imagens para cada tarefa.

- Apresentação:** Preparar um PowerPoint (SeçãoX.pptx) cobrindo a teoria, aplicações práticas, resultados e insights obtidos nos experimentos. Se seu Colab Notebook estiver apresentável e elegante, não precisa entregar o PowerPoint, fica a seu critério decidir como fará sua apresentação.

•Instruções Gerais:

- É obrigatório usar Python para todas as implementações no contexto de um Notebook Colab para efeitos de padronização.

- Prepare-se para apresentar conforme seu método preferido acima.

- Submeta notebooks em formato .zip se o tamanho for grande devido às imagens, caso contrário, preferencialmente em formato .ipynb.

- Não utilize a biblioteca OpenCV para as implementações, exceto para leitura e exibição de imagens.

- Estrutura Mínima Sugerida para as Apresentações se usar PowerPoint e o mesmo no Notebook. Você pode usar mais, capriche!**

1. Slide 1: Título e Objetivo da Tarefa
2. Slide 2: Metodologia e Implementação
3. Slide 3: Resultados Obtidos
4. Slide 4: Análise e Conclusões
5. Slide 5: Perguntas e Discussão

•Avaliação:

1.Implementação do Código (40%)

Corretude e Funcionamento

Organização e Clareza do Código EM PORTUGUÊS

2.Análise dos Resultados (16%)

Interpretação dos Resultados: Análise crítica dos resultados obtidos, com observações sobre como cada técnica impacta a imagem. O aluno deve explicar o que foi alcançado e apontar pontos de sucesso e limitações.

3.Documentação e Formatação do Notebook (32%)

Formatação e Estrutura: O notebook deve estar organizado, com seções claras para cada etapa (implementação, análise, conclusões) e uma formatação adequada que facilite a leitura.

Explicação dos Conceitos: Explicação básica dos conceitos por trás de cada técnica. Por exemplo, para equalização de histograma, uma breve introdução sobre como a técnica redistribui os níveis de intensidade.

4.Apresentação dos Resultados (Slide ou Notebook) (12%)

Clareza e Objetividade: Os resultados e conclusões devem ser apresentados de forma clara e objetiva, seja em slides ou diretamente no notebook, com ênfase nos pontos principais.

Visualização e Ilustrações: O uso de imagens, gráficos e histogramas para ilustrar os resultados obtidos e facilitar a compreensão das diferenças entre as técnicas aplicadas.

Bom trabalho!