



**INSTITUTO
FEDERAL**
Ceará

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE TELEMÁTICA

RELATÓRIO DE ATIVIDADE 2024.1

IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DE MORFOLOGIA MATEMÁTICA E SEGMENTAÇÃO EM PROCESSAMENTO DE IMAGENS

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA E EFICIÊNCIA DAS MORFOLOGIAS E SEGMENTAÇÕES DESENVOLVIDAS

Relatório da Atividade para disciplina de Visão Computacional sob orientação do Professor Dr. Reboucas Filho Pedro Pedrosa.

Marcelo de Araújo
Campus Fortaleza

Maio / 2024

RESUMO

Este relatório apresenta a implementação de diversas técnicas de processamento de imagens utilizando as bibliotecas OpenCV, NumPy, Collections e Random em Python. Foram desenvolvidos filtragem de frequência, técnica amplamente utilizada no processamento de imagens para realçar ou suprimir determinadas características espaciais em uma imagem, operações morfológicas, técnicas fundamentais no processamento de imagens que permitem a manipulação de formas e estruturas em uma imagem, limiarização, técnica utilizada no processamento de imagens para segmentar uma imagem em regiões claras e escuras com base na comparação dos valores de intensidade dos píxeis com a média local da intensidade na vizinhança de cada píxel, crescimento de região, técnica de segmentação de imagens utilizada para agrupar píxeis que compartilham características semelhantes em uma região ou componente conectada, algoritmo de Watershed, ou bacia hidrográfica, técnica avançada de segmentação de imagens que se baseia na analogia de uma paisagem topográfica, onde as intensidades de pixel são tratadas como alturas e transformada de Hough, técnica fundamental no processamento de imagens utilizada para detectar formas e padrões específicos, principalmente linhas retas, círculos e outras formas geométricas, mesmo que estejam parcialmente obscurecidas ou interrompidas por ruído.

Cada uma dessas técnicas desempenha um papel crucial no processamento de imagens, permitindo desde realces e supressões de características espaciais até a detecção de formas e padrões específicos, mesmo sob condições adversas, como presença de ruído ou obstruções. O relatório aborda os conceitos fundamentais da segmentação de imagens e da morfologia matemática, explorando suas aplicações e importância nesse campo de estudo, fornecendo uma visão abrangente das práticas contemporâneas no processamento de imagens.

1 INTRODUÇÃO

Dentro da área de visão computacional, a segmentação refere-se ao processo de decomposição de uma imagem digital em vários segmentos (regiões) que a formam (JAIN, 1989). Como observado por (SOILLE, 1999), a morfologia matemática fornece uma base sólida para a análise de imagens e é amplamente utilizada em aplicações de processamento de imagem. Os operadores morfológicos, como erosão e dilatação, desempenham um papel fundamental na morfologia matemática, permitindo a remoção de ruído, segmentação de objetos e extração de características em imagens.

Neste relatório, exploro as diversas técnicas de processamento de imagens, incluindo filtragem de frequência, operações morfológicas, limiarização adaptativa, crescimento de região e a transformada de Hough. Além disso, apresentamos implementações de algoritmos clássicos, como o algoritmo de Canny para detecção de bordas, desfoque gaussiano, técnica de suavização de imagens que reduz o ruído e os detalhes desnecessários, resultando em uma imagem mais suave e menos granulada, supressão, etapa importante no algoritmo de detecção de bordas

de Canny, onde os píxeis que não correspondem a máximos locais na direção do gradiente são suprimidos, rotulação de regiões, técnica utilizada para identificar e segmentar regiões de interesse em uma imagem, convolução, operação fundamental em processamento de imagens que envolve a aplicação de um filtro ou kernel a uma imagem para realizar operações como suavização, detecção de bordas ou realce de características e o mapeamento de cores, técnica que associa cada rótulo de região a uma cor única, permitindo a visualização e distinção das diferentes regiões em uma imagem rotulada.

O relatório apresenta uma visão abrangente das técnicas de processamento de imagens abordadas, destacando sua importância e aplicações em diversas áreas. Ao fornecer implementações práticas e exemplos de uso dessas técnicas, esperamos contribuir para uma compreensão mais profunda do processamento de imagens e seu potencial para resolver problemas do mundo real.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo é fornecer uma ferramenta abrangente para processamento de imagens utilizando técnicas de processamento digital de imagens (PDI) e visão computacional. O trabalho é projetado para implementar uma variedade de algoritmos comuns usados em PDI e visão computacional, incluindo filtragem de frequência, operações morfológicas, limiarização, segmentação de regiões, detecção de bordas, transformada de Hough para detecção de linhas, entre outros.

Através deste relatório, explico a aplicação de uma série de operações de pré-processamento e análise de imagens em suas imagens de entrada de forma eficiente e fácil. Este conjunto de funcionalidades aborda uma ampla gama de tarefas comuns em processamento de imagens, desde aprimoramento de imagens até detecção e reconhecimento de objetos, fornecendo uma base sólida para aplicações mais avançadas em PDI e visão computacional. Com esse estudo, espera-se oferecer uma ferramenta flexível e de fácil utilização para pesquisadores e profissionais que trabalham com análise de imagens digitais. Tal estudo aborda essa necessidade, oferecendo uma biblioteca de funções que podem ser facilmente utilizadas para realizar tarefas como filtragem de imagens no domínio da frequência, operações morfológicas como erosão e dilatação, limiarização adaptativa e segmentação de regiões. Além disso, a abordagem inclui algoritmos para detecção de bordas, como o operador de Sobel e a técnica de Canny, permitindo a identificação precisa de transições de intensidade nas imagens.

Uma característica essencial deste trabalho é sua capacidade de realizar transformações geométricas, como descrito por (GONZALEZ; WOODS; EDDINS, 2008), que são operações fundamentais em processamento de imagens. Tais transformações permitem a manipulação e o ajuste de imagens em diferentes perspectivas, escalas e rotações, além de possibilitar a detecção de características específicas, como linhas e círculos, através da transformada de Hough. Essas

funcionalidades são cruciais para uma variedade de aplicações, incluindo detecção de objetos, rastreamento de movimento e reconhecimento de formas. Além disso, o script foi desenvolvido para ser flexível e de fácil utilização, permitindo que os usuários ajustem os parâmetros dos algoritmos conforme as características específicas de suas imagens e aplicações. Essa flexibilidade visa atender às diversas necessidades de pesquisadores, profissionais e entusiastas que trabalham com análise de imagens digitais.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A proposta deste trabalho é implementar segmentações, transformadas e operações matemática de morfologia em processamento de imagem utilizando as bibliotecas **OpenCV** para leitura e a conversão dos resultados em imagens; **Numpy** com finalidade realizar operações matriciais e matemáticas através de estrutura de dados do tipo vetor. O trabalho oferece o desenvolvimento de algoritmos funcionais para aplicar **filtro pelo domínio da frequência**, operações morfológicas de **erosão e dilatação**, a técnica de **crescimento de região** e as segmentações de **watershed e transformada de hough**

Descrição das Funcionalidades:

- Filtro pelo Domínio da Frequência: Aplica uma técnica que envolve a transformada de Fourier para realizar filtragem de imagens no domínio da frequência..
- Erosão: Realiza uma operação morfológica que consiste na remoção de pixels da fronteira dos objetos em uma imagem binária.
- Dilatação: Implementa uma operação morfológica que consiste na adição de pixels à fronteira dos objetos em uma imagem binária.
- Crescimento de Região: Implementa uma técnica de segmentação de imagem que expande gradualmente regiões de pixels semelhantes, com base em critérios predefinidos, a partir de pixels de semente.
- Watershed: Abordagem morfológica de segmentação de imagem que interpreta a imagem como uma representação de relevo topográfico.
- Transformada de Hough: Implementa técnica fundamental em processamento de imagem e visão computacional, utilizada para detecção de formas geométricas como linhas retas, círculos ou elipses em uma imagem.

Este trabalho oferece uma implementação prática e eficiente de técnicas fundamentais de processamento de imagem, contribuindo para a pesquisa e desenvolvimento em diversas áreas científicas e tecnológicas. A implementação de tais filtros clássicos e operadores são amplamente utilizados na literatura sendo frequentemente citados em artigos científicos e são fundamentais

em diversas aplicações de processamento de imagem e na visão computacional.

4 METODOLOGIA

4.1 Filtro pelo domínio da frequência

Neste trabalho, apresento uma metodologia detalhada para implementar diferentes tipos de filtros em frequência, como passa-baixa, passa-alta, passa-banda e rejeita-banda, utilizando a transformada de Fourier.

A transformada de Fourier é uma ferramenta poderosa para analisar o conteúdo de frequência de sinais e imagens. Para uma imagem bidimensional $f(x, y)$, a transformada de Fourier é dada por:

$$F(u, v) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-j2\pi(ux+vy)} dx dy \quad (1)$$

Para realizar a filtragem em frequência, primeiro calculamos a transformada de Fourier da imagem de entrada $f(x, y)$, representada por $F(u, v)$. Em seguida, deslocamos a origem da frequência para o centro da imagem.

Um filtro passa-baixa é utilizado para atenuar as frequências altas na imagem. O filtro é definido como:

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{para } (u, v) \text{ dentro do círculo de raio } D_0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

onde D_0 é o raio do círculo que define a frequência de corte.

Um filtro passa-alta é utilizado para atenuar as frequências baixas na imagem. O filtro é definido como o complemento do filtro passa-baixa:

$$H(u, v) = 1 - H_{\text{passa-baixa}}(u, v) \quad (3)$$

Um filtro passa-banda permite apenas a passagem de frequências dentro de uma faixa específica e atenua as frequências fora dessa faixa. O filtro é definido como:

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{para } (u, v) \text{ dentro da faixa de frequência} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4)$$

Um filtro rejeita-banda atenua as frequências dentro de uma faixa específica e permite a passagem das frequências fora dessa faixa. O filtro é o complemento do filtro passa-banda:

$$H(u, v) = 1 - H_{\text{passa-banda}}(u, v) \quad (5)$$

Para filtrar a imagem em frequência, multiplicamos a transformada de Fourier da imagem de entrada pelo filtro em frequência $H(u, v)$. Em seguida, aplicamos a inversa da transformada de Fourier para obter a imagem filtrada. A tecnica de filtragem por frequência permite uma variedade de aplicações no processamento de imagens.

4.2 Erosão

A erosão é uma operação morfológica que reduz o tamanho dos objetos na imagem. Ela é realizada escaneando-se a imagem com um elemento estruturante e verificando se todos os pixels do elemento estruturante coincidem com os pixels da imagem sob a janela do elemento. Se sim, o pixel central da janela é mantido na imagem de saída, caso contrário, é eliminado. O elemento estruturante é uma matriz binária que define a forma e o tamanho da operação de erosão. Pode ser uma matriz quadrada de tamanho $m \times n$, onde m e n são ímpares para garantir um ponto central. O elemento estruturante pode ser fornecido pelo usuário ou uma matriz de uns do mesmo tamanho pode ser criada automaticamente se apenas um valor inteiro for fornecido como entrada.

A operação de erosão é aplicada escaneando-se a imagem com o elemento estruturante. Para cada posição na imagem, o pixel central do elemento estruturante é comparado com os pixels correspondentes na imagem. Se todos os pixels sob o elemento estruturante forem iguais a 1, o pixel central é mantido na imagem de saída. Caso contrário, é definido como o valor mínimo encontrado na vizinhança definida pelo elemento estruturante.

A operação de erosão pode ser expressa matematicamente como:

$$\text{saída}(i, j) = \min_{(k,l) \in E} \{\text{imagem}(i + k, j + l)\} \quad (6)$$

Onde:

- $\text{saída}(i, j)$ é o pixel de saída na posição (i, j) , E é o elemento estruturante.
- $\text{imagem}(i + k, j + l)$ são os pixels da imagem sob a janela do elemento estruturante.

A operação de erosão é aplicada escaneando-se a imagem com o elemento estruturante. Para cada posição na imagem, o pixel central do elemento estruturante é comparado com os pixels correspondentes na imagem. Se todos os pixels sob o elemento estruturante forem iguais a 1, o pixel central é mantido na imagem de saída. Caso contrário, é definido como o valor mínimo encontrado na vizinhança definida pelo elemento estruturante.

4.3 Dilatação

A dilatação constitui uma operação morfológica empregada para expandir as dimensões dos objetos presentes numa imagem. O procedimento envolve a varredura da imagem por meio

de um elemento estruturante, seguido da verificação da coincidência entre pelo menos um dos pixels do elemento estruturante e os pixels da imagem dentro da janela do elemento. Caso ocorra tal coincidência, o pixel central da janela é retido na imagem resultante. O elemento estruturante é uma matriz binária que delimita tanto a forma quanto o tamanho da dilatação a ser executada. Geralmente, esta matriz é quadrada, possuindo dimensões $m \times n$ onde tanto m quanto n são ímpares, assegurando assim a presença de um ponto central. Ademais, o elemento estruturante pode ser especificado pelo usuário, permitindo um controle preciso sobre a operação de dilatação. Alternativamente, caso seja fornecido apenas um valor inteiro como entrada, é possível gerar automaticamente uma matriz de uns com as mesmas dimensões, simplificando assim o processo para o usuário quando detalhes específicos do elemento estruturante não são essenciais.

A operação de dilatação pode ser expressa matematicamente como:

$$\text{saída}(i, j) = \max_{(k,l) \in E} \{\text{imagem}(i + k, j + l)\} \quad (7)$$

Onde:

- $\text{saída}(i, j)$ é o pixel de saída na posição (i, j) , E é o elemento estruturante.
- $\text{imagem}(i + k, j + l)$ são os pixels da imagem sob a janela do elemento estruturante.

A operação de dilatação é aplicada escaneando-se a imagem com o elemento estruturante. Para cada posição na imagem, o pixel central do elemento estruturante é comparado com os pixels correspondentes na imagem. Se pelo menos um dos pixels sob o elemento estruturante for igual a 1, o pixel central é mantido na imagem de saída.

4.4 Limiarização por Média Móvel

Neste estudo, a implementação da técnica de limiarização por média móvel em imagens digitais, tal abordagem implica o cálculo da média dos valores dos pixels em uma janela móvel e a subsequente utilização desse valor médio como limiar para a binarização da imagem. A limiarização por média móvel é uma técnica que se baseia na média dos valores dos pixels em uma vizinhança móvel para realizar a segmentação de objetos na imagem. O procedimento é conduzido da seguinte forma:

Para cada pixel na imagem, uma janela móvel de tamanho $N \times N$ é definida ao redor do pixel. O tamanho da janela é determinado pelo parâmetro N , fornecido pelo usuário. Para cada pixel na imagem, calcula-se a média dos valores dos pixels dentro da janela móvel. O valor do pixel é comparado com a média calculada. Se o valor do pixel for maior que a média, ele é definido como branco (255); caso contrário, é definido como preto (0).

A operação de limiarização por média móvel pode ser expressa matematicamente como:

$$\text{saída}(i, j) = \begin{cases} 255 & \text{se } \text{imagem}(i, j) > \text{média} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (8)$$

Onde:

- saída(i, j) é o valor do pixel na posição (i, j) , imagem(i, j) é o valor do pixel na posição (i, j) na imagem original
- média é a média dos valores dos pixels na janela móvel centrada em (i, j) .

O desenvolvimento da limiarização por média móvel nesse estudo é realizada da seguinte maneira: Para cada pixel na imagem, uma janela móvel de tamanho $N \times N$ é definida. O valor médio dos pixels dentro dessa janela é calculado, então, o valor do pixel é comparado com a média calculada. Se o valor do pixel for maior que a média, ele é definido como branco (255); caso contrário, é definido como preto (0). O resultado da limiarização por média móvel é uma imagem binarizada, onde os pixels são divididos em dois grupos com base na comparação com a média calculada.

4.5 Crescimento de Região

Neste estudo, é evidenciado que o crescimento de uma região é uma técnica de destaque na identificação de áreas homogêneas em uma imagem, utilizando uma ou mais sementes como ponto de partida. O procedimento é conduzido de maneira sistemática, envolvendo as seguintes etapas: inicialmente, são definidas as sementes, as quais podem ser selecionadas manual ou automaticamente com base em critérios específicos, tais como a intensidade do pixel. Posteriormente, a região é expandida iterativamente a partir das sementes, incorporando pixels vizinhos que atendam a critérios predefinidos de homogeneidade. Este processo de expansão é executado por meio de uma busca em largura ou profundidade na vizinhança dos pixels pertencentes à região em crescimento. Ao final, o crescimento de região revela-se como uma ferramenta robusta e eficaz na análise e segmentação de regiões de interesse em imagens digitais.

O processo de crescimento de região pode ser matematicamente definido como:

Seja $I(x, y)$ a intensidade do pixel na posição (x, y) da imagem. Se R é a região em crescimento e S é o conjunto de sementes, então a região R cresce iterativamente adicionando pixels (x', y') que atendam ao critério:

$$|I(x', y') - I(x, y)| < \text{limite} \quad (9)$$

onde (x, y) é uma semente em S e limite é um valor predefinido que determina a homogeneidade da região.

A implementação do crescimento de região nesse estudo é realizada da seguinte maneira: A imagem é inicializada com uma máscara de região e uma fila de pixels a serem processados. A região cresce iterativamente a partir das sementes. Para cada pixel na fila de processamento, são verificados os pixels vizinhos de acordo com uma janela definida pelo usuário. Para adicionar um pixel à região, é verificada a diferença de intensidade entre o pixel atual e a semente. Se essa diferença estiver dentro do limite predefinido, o pixel é adicionado à região e à fila de processamento. O resultado do crescimento de região é uma máscara binária que indica a região segmentada na imagem original.

4.6 Watershed

Neste estudo, apresentamos a implementação detalhada para o algoritmo Watershed em imagens digitais, que envolve limiarização, convolução e crescimento de região. Na computação da segmentação é utilizado a abertura morfológica, operação de processamento de imagem que suaviza os contornos dos objetos e remove pequenos ruídos. A aplicação de abertura manual envolve a execução da operação de erosão seguida pela operação de dilatação em uma imagem, utilizando um elemento estruturante específico para cada operação.

4.6.1 Limiarização

A limiarização é o processo de transformar uma imagem em uma imagem binária, onde os pixels com intensidade acima de um certo limiar são definidos como brancos (255) e os pixels com intensidade abaixo do limiar são definidos como pretos (0). A limiarização é realizada pela seguinte função:

$$\text{imagem_limiarizada}(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{se } \text{imagem}(x, y) > \text{limiar} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (10)$$

4.6.2 Convolução

A convolução é uma operação fundamental em processamento de imagens que envolve a aplicação de um kernel sobre uma imagem para calcular a resposta de um sistema a um impulso. Para uma imagem I e um kernel K , a convolução é definida como:

$$\text{saída}(i, j) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} I(i - m, j - n) \cdot K(m, n) \quad (11)$$

4.6.3 Crescimento de Região

O crescimento de região é uma técnica de segmentação que identifica regiões conectadas em uma imagem a partir de sementes iniciais. Para cada pixel na fila de sementes, o algoritmo

verifica os pixels vizinhos e os adiciona à região se eles atenderem a determinados critérios de homogeneidade. O processo de crescimento de região é definido pelas seguintes etapas:

1. Inicialização da fila de sementes com a semente inicial.
2. Enquanto houver sementes na fila:
 - a) Retire uma semente da fila.
 - b) Verifique os pixels vizinhos e os adicione à região se atenderem ao critério de homogeneidade.
 - c) Adicione os pixels verificados à fila de sementes.

4.6.4 Rotulagem de Regiões

A rotulagem de regiões é o processo de atribuir um rótulo único a cada região conectada em uma imagem segmentada. Cada região é identificada durante o processo de crescimento de região e recebe um rótulo único para distinguir suas fronteiras.

4.6.5 Watershed

O algoritmo Watershed é formalmente definido como a transformação de um grafo em um grafo segmentado, onde cada pixel da imagem é representado por um vértice e a similaridade entre pixels é representada pelas arestas. A segmentação é obtida encontrando o conjunto de arestas que atravessam o limite de intensidade e dividem o grafo em componentes conexos.

Seja:

- $G = (V, E)$ um grafo representando a imagem, onde V é o conjunto de vértices e E é o conjunto de arestas.
- $I(u)$ a intensidade do pixel na posição u na imagem.
- $\Gamma(u, v)$ uma função de similaridade entre os pixels u e v , definida pela intensidade ou gradientes.
- M o conjunto de marcadores iniciais.

O algoritmo Watershed identifica os conjuntos de arestas $E' \subset E$ que atravessam o limite de intensidade e dividem o grafo em componentes conexos $C = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$, onde cada componente conexo corresponde a uma região segmentada.

O processo de implementação da segmentação Watershed nesse estudo é realizado pelas seguintes etapas:

1. Aplicação de abertura morfológica para eliminar ruídos e suavizar bordas.

2. Cálculo dos gradientes da imagem utilizando operadores Sobel.
3. Limiarização dos gradientes para obter marcadores iniciais.
4. Rotulagem das regiões conectadas a partir dos marcadores iniciais.
5. Coloração dos marcadores para distinguir as diferentes regiões segmentadas.

O algoritmo Watershed é formalmente definido como a transformação de um grafo em um grafo segmentado, onde cada pixel da imagem é representado por um vértice e a similaridade entre pixels é representada pelas arestas. A segmentação é obtida encontrando o conjunto de arestas que atravessam o limite de intensidade e dividem o grafo em componentes conexos.

4.7 Transformada de Hough

Neste trabalho, apresentamos a implementação da Transformada de Hough para detecção de linhas em imagens digitais para realizar com eficiência é necessário o uso de desfoco gaussiano, cálculo de gradiente, supressão de não máximos, limiar de Otsu e Canny. A ideia central da Transformada de Hough é representar cada forma geométrica desejada por meio de uma equação matemática paramétrica, onde, cada ponto na imagem é mapeado para um espaço de parâmetros (chamado de espaço de Hough).

4.7.1 Desfoque Gaussiano

O desfoco gaussiano é uma técnica comum de suavização de imagens que reduz o ruído e as transições bruscas de intensidade. Ele é realizado aplicando um filtro gaussiano à imagem, cujo kernel é dado pela equação:

$$\text{kernel}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (12)$$

onde σ é o desvio padrão do filtro gaussiano.

4.7.2 Gradiente

O cálculo do gradiente em uma imagem é usado para detectar mudanças de intensidade, que geralmente correspondem a bordas ou contornos. O gradiente é calculado usando operadores de derivadas de primeira ordem. Nesse estudo foi utilizado Sobel para tais cálculos. Os gradientes nas direções x e y são obtidos aplicando os seguintes kernels:

$$\text{kernel}_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{kernel}_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

O gradiente da imagem é então calculado como:

$$\text{gradiente}(x, y) = \sqrt{\text{gradiente}_x^2 + \text{gradiente}_y^2} \quad (13)$$

4.7.3 Supressão

A supressão de não máximos é uma etapa importante na detecção de bordas, onde apenas os pixels que têm uma intensidade máxima em sua vizinhança na direção do gradiente são mantidos no estudo utilizando a técnica mencionada para refinar essas detecções, preservando apenas os pontos de máxima intensidade ou resposta ao longo das bordas ou características. Matematicamente a supressão é expressa como:

$$\text{suprimida}(x, y) = \begin{cases} \text{magnitude}(x, y) & \text{se magnitude}(x, y) \geq \text{magnitude na direção do gradiente} \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (14)$$

4.7.4 Limiar de Otsu

O limiar de Otsu é um método de limiarização automática que encontra o limiar ótimo para separar os pixels de uma imagem em duas classes, maximizando a variância entre as classes. Ele é calculado minimizando a variância intra-classe, definida como:

$$\sigma^2 = w_0 \cdot w_1 \cdot (u_0 - u_1)^2 \quad (15)$$

onde w_0 e w_1 são as probabilidades das duas classes e u_0 e u_1 são as médias das intensidades das duas classes.

4.7.5 Canny

O algoritmo de Canny é um método popular para detecção de bordas em imagens, nesse estudo a implementação foi realizada usando:

1. Aplicação do desfoque gaussiano para reduzir o ruído e suavizar a imagem.
2. Cálculo dos gradientes da imagem para detectar mudanças de intensidade.
3. Supressão de não máximos para obter bordas finas.

4. Limiarização de Otsu para detectar bordas significativas.

Como resultado foi produzido bordas finas e bem localizadas na imagem.

4.7.6 Transformada de Hough para Linhas

A Transformada de Hough para detecção de linhas e círculos é realizada com o calculo de canny aplicado na imagem junto com as seguintes expressões:

$$\rho = x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \quad (16)$$

Onde:

- ρ é a distância do ponto de origem (0,0) até a reta perpendicular ao ponto (x, y) .
- x e y são as coordenadas do ponto na imagem.
- θ é o ângulo da reta em relação ao eixo horizontal.

No estudo utilizei essa equação para calcular o valor de ρ para cada par de coordenadas (x, y) na imagem, para cada θ em um intervalo predefinido. Os valores de ρ e θ são então usados para preencher o acumulador da Transformada de Hough, que é posteriormente analisado em busca de linhas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, apresento os resultados e discussões da aplicação de diferentes operações morfológicas e técnicas de segmentação no processamento de imagens utilizando a imagem selecionada abaixo. A imagem utilizada nos experimentos foi uma imagem colorida que é convertida em tons de cinza, carregada usando a biblioteca OpenCV. A interface do trabalho foi implementada em Python, utilizando o módulo argparse para o processamento de argumentos da linha de comando. A imagem utilizada é a seguinte:

5.1 Filtro pelo domínio da frequência

A filtragem de frequência implementado neste trabalho demonstra a aplicação de diferentes tipos de filtros no domínio da frequência para processamento de imagens. Os filtros implementados incluem passa-baixa, passa-alta, passa-banda e rejeita-banda. Inicialmente, a imagem de entrada é transformada para o domínio da frequência utilizando a Transformada de Fourier. Em seguida, o filtro correspondente é aplicado na região desejada do espectro de frequência, de acordo com o tipo de filtro selecionado e os parâmetros fornecidos. No estudo o filtro passa-baixa, define uma região circular centrada na frequência zero, permitindo apenas a passagem das frequências mais baixas. Isso resulta em uma suavização da imagem, reduzindo

Trabalho 2

- Tópicos:
 1. Filtragem (espacial ou na frequência)
 2. Morfologia Matemática (Erosão e dilatação)
 3. Limiarização por média móvel
 4. Crescimento de regiões
 5. Watershed
 6. Transformada de Hough
- Descrição do que entregar em cada Tópico:
 - Nos tópicos 1 e 2, escolham imagens que desejem explorar as características do método que deseja abordar (escolha 1 entre as filtragens espacial ou na frequência, bem como discuta o uso da erosão e dilatação).
 - Nos métodos de segmentação, o objetivo é segmentar objetos simples, podem até ser objetos feitos no paint inicialmente, e que consigam segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (tópicos 3 a 6).
 - No relatório deve-se apresentar as dificuldades encontradas no uso do método, bem como discutir um pouco sobre cada método, suas características e aplicações.
 - Do método de crescimento de regiões podem usar a regra de adesão e inicialização que acharem mais adequadas.
 - No método de Hough é interessante detectar linhas ou círculos.
 - Mostrar o passo a passo dos métodos em fotos no relatório é interessante.

Entrega: 14/05/2024

O que entregar?

- 1.Implementação
- 2.Breve relatório descritivo da técnica e dos resultados obtidos.



pedrosarf@ifce.edu.br IFCE - PDI - Visão Computacional

1

Figura 1 – Imagem usada.

detalhes de alta frequência, já o filtro passa-alta, a região central é zerada, permitindo apenas as frequências mais altas, destacando bordas e detalhes de alta frequência na imagem, para o filtro passa-banda retém as frequências dentro de uma banda específica do espectro, realçando características contidas nessa faixa e atenuando as demais e por fim o filtro rejeita-banda elimina as frequências dentro de uma banda específica, mantendo as demais, útil para remover interferências ou artefatos de uma determinada faixa de frequência. A implementação é otimizada para desempenho, utilizando operações vetorizadas e algoritmos eficientes para manipulação de matrizes. Isso permite processar imagens de forma rápida e eficiente, mesmo para tamanhos de imagem grandes.

A filtragem de frequência oferece uma variedade de opções para manipulação de imagens no domínio da frequência, permitindo o controle preciso sobre as características visuais das imagens processadas, isso é garantido com a normalização da intensidade dos pixels da imagem resultante para o intervalo [0, 255]. Isso garante que a imagem final esteja corretamente calibrada e pronta para visualização ou processamento posterior.

5.2 Erosão e Dilatação

5.2.1 Erosão

O algoritmo de erosão é uma operação morfológica fundamental em processamento de imagem, utilizado para diminuir o tamanho dos objetos na imagem, eliminar ruídos e separar objetos que estão conectados. Na implementação do estudo, foi utilizado um kernel de tamanho variável para realizar a erosão, permitindo assim uma maior flexibilidade na aplicação da operação morfológica. A implementação recebe uma imagem de entrada, um kernel de erosão

Trabalho 2

- Tópicos:**
 - Filtragem (espacial ou na frequência)
 - Morfologia Matemática (Erosão e dilatação)
 - Limiarização por média móvel
 - Crescimento de regiões
 - Watershed
 - Transformada de Hough
- Descrição do que entregar em cada Tópico:**
 - Nos tópicos 1 e 2, escolham imagens que desejam explorar as características do método que deseja abordar (escolha 1 entre as filtragens espacial ou na frequência, bem como discuta o uso da erosão e dilatação).
 - Nos métodos de segmentação, o objetivo é segmentar objetos simples, podem até ser objetos feitos no painet inicialmente, e que consigam segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (tópicos 3 a 6).
 - No relatório deve-se apresentar as dificuldades encontradas no uso do método, bem como discutir um pouco sobre cada método, suas características e aplicações.
 - Do método de crescimento de regiões podem usar a regra de adesão e inicialização que acharem mais adequadas.
 - No método de Hough é interessante detectar linhas ou círculos.
 - Mostrar o passo a passo dos métodos em fotos no relatório é interessante.

Entrega: 14/05/2024
O que entregar?
1.Implementação
2.Breve relatório descritivo da técnica e dos resultados obtidos.

pedrosarf@ifce.edu.br IFCE - PDI - Visão Computacional

Figura 2 – Aplicação passa-alta.

Trabalho 2

- Tópicos:**
 - Filtragem (espacial ou na frequência)
 - Morfologia Matemática (Erosão e dilatação)
 - Limiarização por média móvel
 - Crescimento de regiões
 - Watershed
 - Transformada de Hough
- Descrição do que entregar em cada Tópico:**
 - Nos tópicos 1 e 2, escolham imagens que desejam explorar as características do método que deseja abordar (escolha 1 entre as filtragens espacial ou na frequência, bem como discuta o uso da erosão e dilatação).
 - Nos métodos de segmentação, o objetivo é segmentar objetos simples, podem até ser objetos feitos no painet inicialmente, e que consigam segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (tópicos 3 a 6).
 - No relatório deve-se apresentar as dificuldades encontradas no uso do método, bem como discutir um pouco sobre cada método, suas características e aplicações.
 - Do método de crescimento de regiões podem usar a regra de adesão e inicialização que acharem mais adequadas.
 - No método de Hough é interessante detectar linhas ou círculos.
 - Mostrar o passo a passo dos métodos em fotos no relatório é interessante.

Entrega: 14/05/2024
O que entregar?
1.Implementação
2.Breve relatório descritivo da técnica e dos resultados obtidos.

pedrosarf@ifce.edu.br IFCE - PDI - Visão Computacional

Figura 3 – Aplicação passa-baixa.

Trabalho 2

- Tópicos:**
 - Filtragem (espacial ou na frequência)
 - Morfologia Matemática (Erosão e dilatação)
 - Limiarização por média móvel
 - Crescimento de regiões
 - Watershed
 - Transformada de Hough
- Descrição do que entregar em cada Tópico:**
 - Nos tópicos 1 e 2, escolham imagens que desejam explorar as características do método que deseja abordar (escolha 1 entre as filtragens espacial ou na frequência, bem como discuta o uso da erosão e dilatação).
 - Nos métodos de segmentação, o objetivo é segmentar objetos simples, podem até ser objetos feitos no painet inicialmente, e que consigam segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (tópicos 3 a 6).
 - No relatório deve-se apresentar as dificuldades encontradas no uso do método, bem como discutir um pouco sobre cada método, suas características e aplicações.
 - Do método de crescimento de regiões podem usar a regra de adesão e inicialização que acharem mais adequadas.
 - No método de Hough é interessante detectar linhas ou círculos.
 - Mostrar o passo a passo dos métodos em fotos no relatório é interessante.

Entrega: 14/05/2024
O que entregar?
1.Implementação
2.Breve relatório descritivo da técnica e dos resultados obtidos.

pedrosarf@ifce.edu.br IFCE - PDI - Visão Computacional

Figura 4 – Aplicação passa-banda.

Trabalho 2

- Tópicos:**
 - Filtragem (espacial ou na frequência)
 - Morfologia Matemática (Erosão e dilatação)
 - Limiarização por média móvel
 - Crescimento de regiões
 - Watershed
 - Transformada de Hough
- Descrição do que entregar em cada Tópico:**
 - Nos tópicos 1 e 2, escolham imagens que desejam explorar as características do método que deseja abordar (escolha 1 entre as filtragens espacial ou na frequência, bem como discuta o uso da erosão e dilatação).
 - Nos métodos de segmentação, o objetivo é segmentar objetos simples, podem até ser objetos feitos no painet inicialmente, e que consigam segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (tópicos 3 a 6).
 - No relatório deve-se apresentar as dificuldades encontradas no uso do método, bem como discutir um pouco sobre cada método, suas características e aplicações.
 - Do método de crescimento de regiões podem usar a regra de adesão e inicialização que acharem mais adequadas.
 - No método de Hough é interessante detectar linhas ou círculos.
 - Mostrar o passo a passo dos métodos em fotos no relatório é interessante.

Entrega: 14/05/2024
O que entregar?
1.Implementação
2.Breve relatório descritivo da técnica e dos resultados obtidos.

pedrosarf@ifce.edu.br IFCE - PDI - Visão Computacional

Figura 5 – Aplicação rejeita-banda.

e um parâmetro adicional para determinar se a imagem resultante será salva em um arquivo ou não. O kernel é aplicado de forma iterativa a cada pixel da imagem, substituindo o valor do pixel pela intensidade mínima encontrada na vizinhança determinada pelo tamanho do kernel. Este processo é realizado para cada pixel da imagem, resultando em uma nova imagem que representa a erosão da imagem original.

Uma das vantagens dessa implementação é sua simplicidade e eficiência computacional. O algoritmo percorre a imagem apenas uma vez e, para cada pixel, realiza uma comparação com os valores da vizinhança definida pelo kernel. Isso torna a operação de erosão rápida e eficiente, mesmo para imagens de grandes dimensões.

5.2.2 Dilatação

A operação de dilatação é outra operação morfológica amplamente utilizada em processamento de imagem, geralmente aplicada após a operação de erosão. Enquanto a erosão tende a diminuir o tamanho dos objetos na imagem, a dilatação tem o efeito oposto, aumentando o tamanho dos objetos e preenchendo lacunas entre eles. Na implementação proposta no

Trabalho 2

- Tópicos:

1. Filtragem (espacial ou na frequência)
2. Morfologia Matemática (Erosão e dilatação)
3. Limiarização por média móvel
4. Crescimento de regiões
5. Watershed
6. Transformada de Hough

- Descrição do que entregar em cada Tópico:

- Nos tópicos 1 e 2, escolham imagens que desejem explorar as características do método que deseja abordar (escolha 1 entre as filtragens espacial ou na frequência, bem como discutir o uso da erosão e dilatação).
- Nos métodos de segmentação, o objetivo é segmentar objetos simples, podem até ser objetos feitos no paint inicialmente, e que consigam segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (tópicos 3 a 6).
- No relatório deve-se apresentar as dificuldades encontradas no uso do método, bem como discutir um pouco sobre cada método, suas características e aplicações.
- Do método de crescimento de regiões podem usar a regra de adesão e Inicialização que acharem mais adequadas.
- No método de Hough é interessante detectar linhas ou círculos.
- Mostrar o passo a passo dos métodos em fotos no relatório é interessante.



pedrosarf@ifce.edu.br IFCE - PDI - Visão Computacional

1

Figura 6 – Aplicação da erosão.

estudo, recebe uma imagem de entrada, um kernel de dilatação e um parâmetro adicional para determinar se a imagem resultante será salva em um arquivo ou não. O kernel é aplicado de forma iterativa a cada pixel da imagem, substituindo o valor do pixel pela intensidade máxima encontrada na vizinhança determinada pelo tamanho do kernel.

Trabalho 2

- Tópicos:

1. Filtragem (espacial ou na frequência)
2. Morfologia Matemática (Erosão e dilatação)
3. Limiarização por média móvel
4. Crescimento de regiões
5. Watershed
6. Transformada de Hough

- Descrição do que entregar em cada Tópico:

- Nos tópicos 1 e 2, escolham imagens que desejem explorar as características do método que deseja abordar (escolha 1 entre as filtragens espacial ou na frequência, bem como discutir o uso da erosão e dilatação).
- Nos métodos de segmentação, o objetivo é segmentar objetos simples, podem até ser objetos feitos no paint inicialmente, e que consigam segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (tópicos 3 a 6).
- No relatório deve-se apresentar as dificuldades encontradas no uso do método, bem como discutir um pouco sobre cada método, suas características e aplicações.
- Do método de crescimento de regiões podem usar a regra de adesão e Inicialização que acharem mais adequadas.
- No método de Hough é interessante detectar linhas ou círculos.
- Mostrar o passo a passo dos métodos em fotos no relatório é interessante.



pedrosarf@ifce.edu.br IFCE - PDI - Visão Computacional

1

Figura 7 – Aplicação da dilatação.

Assim como na erosão, a dilatação é uma operação eficiente em termos computacionais, pois percorre a imagem apenas uma vez e realiza comparações simples com os valores da vizinhança definida pelo kernel. Isso torna a operação de dilatação rápida e eficaz, mesmo para imagens de grandes dimensões.

Além disso, a escolha da magnitude e forma do kernel tanto para a erosão quanto para a dilatação é crucial para o resultado do processo de processamento de imagem. Kernels maiores tendem a remover mais pixels dos objetos, resultando em uma erosão mais agressiva ou em um aumento mais pronunciado dos objetos na imagem com a dilatação. Por outro lado, kernels menores preservam mais detalhes, mas podem não ser tão eficazes na remoção de ruídos, na separação de objetos conectados ou no preenchimento de lacunas entre objetos.

Portanto, ao aplicar a dilatação e a erosão em uma imagem, é importante considerar o impacto na qualidade e nas características das imagens resultantes. É recomendável realizar testes com diferentes tamanhos de kernel e avaliar o efeito sobre os objetos de interesse, ajustando os parâmetros do algoritmo conforme necessário para obter resultados satisfatórios em aplicações práticas.

5.3 Limiarização por média móvel

A limiarização por média móvel é uma técnica comum de processamento de imagem utilizada para segmentar objetos com base em diferenças de intensidade em relação à média local da vizinhança de cada pixel. Na abordagem do estudo, uma janela móvel de tamanho especificado é deslizada sobre a imagem, e o limiar de segmentação é calculado como a média dos valores de intensidade dentro dessa janela. O desenvolvimento proposto, recebe uma imagem de entrada e o tamanho da janela móvel. Para cada pixel na imagem, a média dos valores de intensidade dentro da janela é calculada, e o pixel é atribuído ao valor máximo (255) se sua intensidade for maior que a média local, ou ao valor mínimo (0) caso contrário. A implementação nesse estudo da limiarização por média móvel é adequada para todas as aplicações, especialmente em imagens com variações abruptas de intensidade ou com áreas de baixo contraste.

Trabalho 2

- Tópicos:
 1. Filtragem (espacial ou na frequência)
 2. Morfologia Matemática (Erosão e dilatação)
 3. Limiarização por média móvel
 4. Crescimento de regiões
 5. Watershed
 6. Transformada de Hough
- Descrição do que entregar em cada Tópico:
 - Nos tópicos 1 e 2, escolham imagens que desejem explorar, as características do método que deseja abordar (escolha 1 entre as filtragens espacial ou na frequência, bem como discuta o uso da erosão e dilatação).
 - Nos métodos de segmentação, o objetivo é segmentar objetos simples; podem até ser objetos feitos no paint inicialmente, e que consigam segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (tópicos 3 a 6).
 - No relatório deve-se apresentar, as dificuldades encontradas no uso do método, bem como discutir, um pouco sobre cada método, suas características e aplicações.
 - Do método de crescimento de regiões podem usar, a regra de adesão e inicialização que acharem mais adequadas.
 - No método de Hough é interessante detectar, linhas ou círculos.
 - Mostrar, o passo a passo dos métodos em fotos no relatório é interessante.

Entrega: 14/05/2024
O que entregar:
1: Implementação
2: Breve relatório descritivo da técnica e dos resultados obtidos.

 pedrosarf@ifce.edu.br IFCE-PDI-Visão Computacional

Figura 8 – Aplicação da Limiarização por media móvel.

A limiarização por média móvel desse estudo é eficaz para segmentação de imagens em áreas claras e escuras. Ela permite a adaptação dinâmica do limiar de segmentação com base nas características locais da imagem, o que pode ser útil para lidar com variações de iluminação e ruído. No entanto, é importante ressaltar que a escolha do tamanho da janela móvel é crucial para o desempenho e qualidade da segmentação. Janelas maiores tendem a suavizar mais a imagem e produzir segmentações mais uniformes, enquanto janelas menores preservam mais detalhes e bordas, mas podem ser mais sensíveis ao ruído.

5.4 Crescimento de Região

No contexto de processamento de imagens e visão computacional, o algoritmo de crescimento de região se destaca como uma técnica versátil e eficaz para segmentar regiões homogêneas de interesse. O algoritmo de crescimento de região, também conhecido como *region growing*, é uma técnica de segmentação de imagem baseada na identificação e expansão de regiões homogêneas a partir de sementes ou pontos iniciais. Ele é comumente utilizado para segmentar regiões de interesse em imagens médicas, análise de texturas e detecção de objetos. A técnica de crescimento de região é uma ferramenta valiosa para segmentação de imagens, oferecendo uma abordagem automatizada e adaptativa para a identificação de regiões de interesse.

A implementação proposta, recebe uma imagem de entrada, coordenadas de semente, tamanho da janela de busca e um limite de diferença de intensidade, então, o algoritmo desenvolvido nesse trabalho começa a expandir a região a partir das coordenadas de semente, verificando os pixels vizinhos dentro da janela especificada e adicionando-os à região se a diferença de intensidade em relação à semente for menor que o limite.

Trabalho 2

- Tópicos:

1. Filtragem (espacial ou na frequência)
2. Morfologia Matemática (Erosão e dilatação)
3. Limiarização por média móvel
4. Crescimento de regiões
5. Watershed
6. Transformada de Hough

Entrega: 14/05/2024

O que entregar?

1. Implementação

2. Breve relatório descritivo
da técnica e dos resultados
obtidos.

- Descrição do que entregar em cada Tópico:

- Nos tópicos 1 e 2, escolham imagens que desejem explorar as características do método que deseja abordar (escolha 1 entre as filtragens espacial ou na frequência, bem como discuta o uso da erosão e dilatação).
- Nos métodos de segmentação, o objetivo é segmentar objetos simples, podem até ser objetos feitos no paint inicialmente, e que consigam segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (tópicos 3 a 6).
- No relatório deve-se apresentar as dificuldades encontradas no uso do método, bem como discutir um pouco sobre cada método, suas características e aplicações.
- Do método de crescimento de regiões podem usar a regra de adesão e inicialização que acharem mais adequadas.
- No método de Hough é interessante detectar linhas ou círculos.
- Mostrar o passo a passo dos métodos em fotos no relatório é interessante.

Figura 9 – Aplicação do Crescimento de Região.

O algoritmo desenvolvido nesse trabalho de crescimento de região é eficaz para segmentar regiões homogêneas em imagens, uma vez que pode detectar e expandir automaticamente regiões de interesse com base em critérios de similaridade de intensidade. Isso permite a segmentação de regiões de forma adaptativa, sem a necessidade de especificar manualmente os limites de segmentação. Entretanto, parâmetros mal ajustados podem resultar em segmentações incompletas, sobreposição de regiões ou inclusão de ruído na região segmentada.

Além disso, a implementação é sensível a variações locais de intensidade e a presença de bordas ou artefatos na imagem, podendo interferir na identificação correta das regiões homogêneas. Portanto, é importante realizar testes e ajustes adequados dos parâmetros do algoritmo para obter resultados satisfatórios em diferentes tipos de imagens e aplicações.

5.5 Watershed

O algoritmo de segmentação Watershed é uma técnica amplamente utilizada em processamento de imagens e visão computacional para segmentar objetos e regiões de interesse em uma imagem. Neste trabalho, a implementação começa no processo de segmentação com uma etapa de pré-processamento, onde a imagem original é submetida a operações de abertura e limiarização. A abertura é empregada para suavizar a imagem e remover pequenos detalhes, enquanto a limiarização é utilizada para separar os objetos de interesse do fundo da imagem, criando uma representação binária dos mesmos. Após o pré-processamento, é calculado o gradiente da imagem filtrada para identificar regiões de interesse e potenciais marcadores. O gradiente é calculado em duas direções (horizontal e vertical) usando operadores de Sobel, resultando em uma representação da intensidade das mudanças de intensidade na imagem. Essa informação é crucial para identificar áreas de transição entre diferentes regiões e potenciais bordas de objetos. Em seguida, os marcadores são identificados usando o algoritmo de crescimento de região, que começa com uma semente (ponto de partida) e expande a região em torno dela até alcançar os limites desejados ou encontrar uma fronteira. Este processo é iterativo e se repete para cada região na imagem, atribuindo a cada uma um rótulo exclusivo. Para finalizar, os rótulos são mapeados para cores aleatórias e aplicados à imagem original, produzindo uma representação colorida das regiões segmentadas. Essa representação visual facilita a análise e interpretação das regiões segmentadas, destacando sua distribuição espacial e relações entre diferentes objetos na imagem.

A implementação proposta no estudo é eficiente e escalável tornando-o uma ferramenta valiosa para uma variedade de aplicações em visão computacional, como detecção de objetos, segmentação de imagens médicas e análise de paisagens urbanas. A capacidade de segmentar efetivamente regiões de interesse em imagens complexas com fronteiras difusas ou sobreposição de objetos demonstra a robustez e versatilidade dessa abordagem em lidar com desafios reais de processamento de imagens.

Trabalho 2

- Tópicos:
 1. Filtagem (espaçal ou na frequência)
 2. Matemática da Transformada de Hough e filtragem
 3. Limiarização por média móvel
 4. Crescimento de regiões
 5. Watershed
 6. Transformada de Hough
- Descrição do que entregar em cada Tópico:
 - **Topicos 1 a 2:** resultados das imagens que fazem uso das transformadas de Fourier e de Filtros.
 - **Topico 3:** resultado da limiarização com o critério de Otsu.
 - **Topico 4:** resultado da aplicação do crescimento de regiões para a detecção de placas de veículos.
 - **Topico 5:** resultado das etapas de suavização e limiarização.
 - **Topico 6:** resultado da aplicação da transformada de Hough para a detecção de linhas.
 - **Topico 6:** resultado da transformada de Hough para a detecção de círculos.
 - **Topicos 3 a 6:** resultado final da detecção de placas de veículos.


pedrocarf@itec.usp.br


ITEC - USP - São Carlos
1

Figura 10 – Aplicação do Watershed.

5.6 Transformada de Hough

O algoritmo de detecção de linhas de Hough é uma técnica fundamental em processamento de imagens e visão computacional, amplamente utilizado para identificar linhas em imagens com base em suas características geométricas. Neste trabalho, implementa uma versão do algoritmo de transformada de Hough para detectar linhas em uma imagem, utilizando a técnica de Canny para a detecção de bordas como etapa preliminar. Primeiramente, a imagem de entrada é suavizada através de um filtro gaussiano para reduzir o ruído e assegurar uma detecção mais robusta de bordas. Em seguida, é calculado o gradiente da imagem suavizada utilizando operadores de Sobel, para determinar a direção e a intensidade das mudanças de intensidade na imagem. Após a supressão de não-máximos, onde apenas os pixels com intensidade máxima em sua vizinhança são preservados, a imagem é limiarizada utilizando o método de Otsu. Esse método calcula um limiar ótimo automaticamente com base na distribuição de intensidades dos pixels na imagem.

Com a imagem limiarizada, o algoritmo de transformada de Hough é aplicado para detectar linhas mapeando pontos de uma imagem para um espaço de parâmetros (normalmente, é para linhas), onde linhas se tornam pontos. Assim, a detecção de linhas pode ser realizada procurando por picos no espaço de parâmetros. Os picos encontrados no acumulador da transformada de Hough representam linhas detectadas na imagem original. Essas linhas são então desenhadas na imagem de saída, cada uma representada por uma linha entre dois pontos. A eficiência e precisão do algoritmo desenvolvido nesse estudo permite sua utilização em ambientes de processamento em tempo real, proporcionando resultados confiáveis e robustos em diferentes contextos de aplicação.

Trabalho 2

<ul style="list-style-type: none"> • Tópicos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Filtragem (espacial ou na frequência) 2. Morfologia Matemática (Erosão e Dilatação) 3. Limiarização por média móvel 4. Crescimento de regiões 5. Watershed 6. Transformada de Hough 	<p style="text-align: right;">Entrega: 14/05/2024</p> <div style="background-color: #e0e0e0; padding: 10px; border-radius: 10px; width: fit-content; margin-left: auto;"> <p>1. Implementação</p> <p>2. Breve relatório descritivo da técnica e dos resultados obtidos.</p> </div>
<ul style="list-style-type: none"> • Descrição do que entregar em cada Tópico: <p style="font-size: small; margin-top: 10px;"> Descrever o que é feito para cada tópico, como é feita a implementação e como conseguem segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (Filtros, S.A.D., Limiarização e Transformada de Hough). Mostrar o resultado finalmente, e como conseguiram segmentar estes objetos utilizando as 4 técnicas citadas (Filtros, S.A.D., Limiarização e Transformada de Hough). </p> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;"> Descrever sobre cada método, suas características e aplicações. </p> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;"> - No método de Hough é interessante detectar linhas ou círculos. - Mostrar o passo a passo dos métodos em fotos no relatório é interessante. </p>	
pedrosarf@ifce.edu.br IFCE - PDI - Visão Computacional	

1

Figura 11 – Aplicação do Hough para linha.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho, é explorado diversas técnicas de processamento de imagens implementadas em Python, utilizando bibliotecas como OpenCV e NumPy. Meu objetivo foi aplicar transformações e filtros em imagens digitais para realizar tarefas como filtragem em frequência, operações morfológicas, limiarização e detecção de bordas. Ao longo deste estudo, implementamos com sucesso diversas operações de processamento de imagens e transformações. Aqui estão algumas das principais conclusões:

- **Filtro pelo domínio da frequência:** Foi desenvolvido filtros em frequência, como passa-baixa, passa-alta, passa-banda e rejeita-banda, utilizando a transformada de Fourier. Esses filtros foram capazes de realçar ou atenuar componentes de frequência específicas nas imagens, permitindo a remoção de ruídos ou acentuação de características desejadas.
- **Erosão e Dilatação:** Implementei funções para realizar operações morfológicas básicas, como erosão e dilatação, que são fundamentais para o processamento de imagens binárias. Essas operações foram aplicadas com sucesso para segmentar objetos, remover ruídos e preencher lacunas em imagens.
- **Limiarização por média móvel:** Foi confeccionado a limiarização por média móvel, para binarizar imagens com base em um valor de limiar. Tal método foi eficaz para segmentar objetos de interesse em imagens de diferentes características e conteúdo.
- **Crescimento de Região:** Implementei a técnica de crescimento de região, uma abordagem poderosa para segmentação de imagens, permitindo a identificação de regiões homogêneas com base em critérios predefinidos.

- **Watershed:** Desenvolvi a transformação de watershed, técnica avançada de segmentação de imagens, proporcionando a separação de objetos em imagens que possuem regiões de sobreposição ou limites indistintos.
- **Hough:** Projetei a transformada de Hough para detecção de linhas em imagens, permitindo a identificação de padrões lineares mesmo em presença de ruído ou descontinuidades, proporcionando uma visão clara das estruturas geométricas presentes nas imagens.

Em resumo, este trabalho apresentou uma variedade de técnicas de processamento de imagens implementadas em Python, demonstrando sua eficácia na análise e manipulação de imagens digitais. As operações realizadas foram capazes de extrair informações relevantes das imagens, facilitando a interpretação e o processamento subsequente, contribuindo para o desenvolvimento de aplicações mais avançadas e sofisticadas nesta área.

7 REFERÊNCIAS

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E.; EDDINS, S. L. Digital image processing. **Pearson Education India**, 2008.

JAIN, A. K. Fundamentals of digital image processing. **Prentice-Hall**, 1989.

SOILLE, P. **Morphological Image Analysis: Principles and Applications**. [S.l.]: Springer, 1999.