Processamento Digital de Imagens

Prof. Bogdan Tomoyuki Nassu

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Hoje

Hoje

Hoje

Hoje

Hoje

Hoje

Detecção de Bordas

- O conceito de borda foi introduzido há algumas aulas.
  - O que caracteriza uma borda?

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Detecção de Bordas

- O conceito de borda foi introduzido há algumas aulas.
  - O que caracteriza uma borda?
    - R: descontinuidade na intensidade.
  - Como podemos medir descontinuidades na intensidade?

Detecção de Bordas

- O conceito de borda foi introduzido há algumas aulas.
  - O que caracteriza uma borda?
    - R: descontinuidade na intensidade.
  - Como podemos medir descontinuidades na intensidade?
    - R: através dos gradientes.

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Detecção de Bordas

- Detecção de bordas é um problema clássico em PDI.
  - Existem várias técnicas e formulações. Consideraremos:
    - Entrada: uma imagem (colorida ou em escala de cinza).
    - Saída: uma imagem binária, com as bordas “setadas”.
  - Exemplos de aplicações:
    - Reconhecimento de caracteres.
    - Detecção de formas geométricas.
    - Reconhecimento de impressões digitais.

Ideias?

- Alguma ideia?

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Ideia #0

- Ideia #0: limiarização com base na magnitude dos gradientes.

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Problemas...

- Problema: os gradientes podem ficar fortes em vários pixels vizinhos, fazendo as bordas aparecerem muito “grossas”.
  - Isto é ruim para vários algoritmos que analisam bordas.
- Como “afinar” as bordas?

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Afinando as bordas

- Como “afinar” as bordas?
- Existem vários algoritmos de afinamento (*thinning*), ou esqueletonização (*skeletonization*).
  - Conceito: remover iterativamente pixels brancos, evitando:
    - Remover “terminações” de linhas.
    - Separar um componente conexo.

Algoritmo de Zhang-Suen

- Um algoritmo clássico de afinamento:

```
enquanto a imagem estiver mudando, faça:
    para cada pixel P1 setado na imagem
        A = número de transições 0-1 dando um giro ao redor de P1
        B = número de vizinhos de P1 que estão setados
        C = P2*P4*P6 em iterações ímpares, P2*P4*P8 nas pares
        D = P4*P6*P8 em iterações ímpares, P2*P6*P8 nas pares

        se (A = 1 AND 2 <= B <= 6 AND C = 0 AND D = 0)
            marca que P1 deve ser apagado

    apaga os pixels que foram marcados
```

A vizinhança do pixel é interpretada assim.

P9	P2	P3
P8	P1	P4
P7	P6	P5

Algoritmo de Zhang-Suen

- Ideia: remover a cada iteração pixels setados que têm vários outros pixels setados como vizinhos, evitando remover certos padrões que caracterizam linhas, entroncamentos e terminações.
- Não vamos analisar este algoritmo a fundo.
- Existem vários outros algoritmos baseados no mesmo princípio.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Técnicas de afinamento não servem somente para imagens de bordas!

Técnicas de afinamento não servem somente para imagens de bordas!

Esqueletonização / afinamento

- Algoritmos de afinamento funcionam bem em certas ocasiões, mas costumam não ser a melhor alternativa para afinar bordas...
- Usar os gradientes é um caminho promissor, mas precisamos usá-los de forma diferente...
  - Como?

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Hmmm...

- Considere uma fotografia de um objeto real.
  - A fronteira entre dois objetos aparece ligeiramente borrada.

Como se comporta a magnitude dos gradientes sob a linha vermelha?

Intensidades...

Dx

Onde estão as bordas?

•Supondo que Dy = 0 para todos os pixels (i.e. a magnitude dos gradientes é igual a |Dx|), onde devemos marcar as bordas?

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Onde estão as bordas?

•Supondo que Dy = 0 para todos os pixels (i.e. a magnitude dos gradientes é igual a |Dx|), onde devemos marcar as bordas?

- R: as bordas estão nas posições que:
  - Possuem magnitude alta.
  - São máximos locais.

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Máximos locais (mag > 0.2)

Máximos locais (mag > 0.2)

Máximos locais em que direção?

- Devemos selecionar pontos cuja magnitude do gradiente é um máximo local... em qual direção?
- Dica: analise bem o exemplo anterior...

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Máximos locais em que direção?

- A orientação do gradiente em cada pixel dá uma dica sobre a direção que devemos analisar:
  - Bordas verticais: orientação próxima de 0° ou 180°.
  - Bordas horizontais: orientação próxima de 90° ou 270°.
  - Linha com ângulo de x^o: orientação perpendicular a x^o.

Detector de bordas de Canny

- Algoritmo clássico: detector de bordas de Canny.

```
Computa a magnitude e orientação dos gradientes

Quantiza a orientação em 4 direções:
    (quase) horizontal
    (quase) vertical
    (quase) diagonal com a direita acima
    (quase) diagonal com a esquerda acima

Elimina pontos que não são máximos locais na direção do gradiente

Limiarização com histerese
```

Detector de bordas de Canny

- Computa a magnitude e orientação dos gradientes:
  - Já fizemos isso!
- Quantiza a orientação em 4 direções:
  - Teste simples, independente para cada pixel, com certos intervalos.
    - (quais?)
- Elimina pontos que não são máximos locais.
  - *Non-maxima suppression*.
  - Testamos vizinhanças simples:

Cuidado: lembre-se que em imagens o eixo *y* é invertido, ou seja, os ângulos “crescem para baixo”.

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Detector de bordas de Canny

- Limiarização com histerese: usa 2 limiares.
  - Magnitude acima do limiar superior → é borda.
  - Magnitude abaixo do limiar inferior → não é borda.
  - Magnitude entre os dois limiares → borda, se houver um caminho conectando o pixel a outro pixel de borda.
    - Isso pode ser implementado usando o mesmo princípio da inundação, com vizinhança-8.
- A limiarização com histerese ajuda a reduzir ambiguidades e a evitar bordas "quebradas".

limiar inferior = 0.05
limiar superior = 0.05

limiar inferior = 0.05
limiar superior = 0.1

limiar inferior = 0.05
limiar superior = 0.15

Imagens coloridas

- Gradientes e derivadas não são conceitos bem definidos para imagens coloridas.
- Podemos usar técnicas simples, como:
  - Converter a imagem de entrada para escala de cinza.
  - Computar o gradiente para os 3 canais, selecionar aquele que tiver a maior magnitude.
  - Detectar bordas nos 3 canais independentemente, considerar a união das 3 imagens.
    - Vejamos o efeito desta opção.

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Bordas encontradas na imagem em escala de cinza.

Detectando nos 3 canais e unindo.

Redução de ruídos

- Redução de ruídos é um passo importante quando extraímos bordas.
  - Queremos manter apenas as bordas ao redor de estruturas relevantes.

Primeiro, sem filtragem. Definitivamente, temos ruído demais...

Redução de ruídos

- Redução de ruídos é um passo importante quando extraímos bordas.
  - Queremos manter apenas as bordas ao redor de estruturas relevantes.

O filtro da média pode criar (duplicar) bordas. Ele também pode modificar os gradientes se as bordas não forem horizontais ou verticais.

Redução de ruídos

- Redução de ruídos é um passo importante quando extraímos bordas.
  - Queremos manter apenas as bordas ao redor de estruturas relevantes.

O filtro da mediana também não é muito eficaz.

Redução de ruídos

- Redução de ruídos é um passo importante quando extraímos bordas.
  - Queremos manter apenas as bordas ao redor de estruturas relevantes.

O filtro Gaussiano consegue reduzir o número de bordas sem criar novas estruturas.

Sem suavização.

Com suavização Gaussiana 3x3.

Com suavização Gaussiana 5x5.

Um pequeno truque...

- A seleção de limiares para o detector de Canny é muito dependente do contraste local entre regiões da imagem de dentrada.
  - = os parâmetros são dados em função da imagem de entrada.
- Podemos obter parâmetros mais ligados ao resultado desejado.
  - Ex: dar um intervalo de valores que indica uma proporção desejada de pixels de borda.
    - Fixamos uma proporção entre o limiar alto e o baixo (1/2, 1/3, etc.).
    - Podemos começar a inundação a partir dos gradientes mais fortes, ou repetir a parte da limiarização várias vezes, em um processo similar a uma busca binária.

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Bordas: comentários finais

- Extração de bordas é um tópico clássico de PDI, e muitos trabalhos sobre o assunto já foram publicados.
- Apesar de existirem várias alternativas, não se conhece um algoritmo ideal para se extrair bordas em imagens arbitrárias.

Voltando ao “desenho”

- Como dar o aspecto de “desenho” à nossa imagem?

Voltando ao “desenho”

•Passo 1: fazer a versão “negativo” da imagem.

Voltando ao “desenho”

- Passo 2: ... algum filtro?

Filtrando....

- Como queremos um efeito que envolve um pouco de aleatoriedade, usamos um filtro não-linear.
- Usamos um algoritmo simples:

```
Começa com uma imagem branca na saída.

Para cada pixel preto p na entrada, modifica a saída como se segue:
    Para cada pixel na vizinhança 5x5 de p:
        50% de chance de subtrair um valor no intervalo [0,0.05]

    Para cada pixel na vizinhança 3x3 de p:
        50% de chance de subtrair um valor no intervalo [0,0.25]

    Subtrai um valor no intervalo [0,0.3] na posição de p
```

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ