

Processamento Digital de Imagens

Realce de Imagens

Prof. Sergio Ribeiro

Tópicos

- Transformações de Intensidade
- Realce de Imagens
- Realce por Processamento Ponto a Ponto
- Negativos de Imagem
- Transformações Logarítmicas
- Transformações de Potência
- Alargamento de Contraste
- Fatiamento de Níveis de Cinza
- Comparação entre Diversas Técnicas

Processamento Digital de Imagens



2

Transformações de Intensidade

- A expressão *domínio espacial* se refere ao próprio plano imagem.
- E os métodos de processamento de imagens nessa categoria se baseiam na manipulação direta de pixels.
- Isso se contrasta com o processamento de imagens em um *domínio da transformada (domínio da frequência)* que veremos posteriormente.
- As duas principais categorias do processamento espacial são:
 - transformações de intensidade
 - filtragem espacial

Processamento Digital de Imagens



3

Transformações de Intensidade

- As transformações de intensidade operam individualmente nos pixels de uma imagem para fins de:
 - manipulação de contraste (*realce*)
 - limiarização de imagem
- Já a filtragem espacial lida com a realização de operações como o realce de imagens, trabalhando na vizinhança de cada pixel de uma imagem.
- Serão mostradas várias técnicas “clássicas” de transformações de intensidade e filtragem espacial.
- Em geral, as técnicas no domínio espacial são computacionalmente mais eficientes e menos exigentes.

Processamento Digital de Imagens



4

Realce de Imagens

- Técnicas de realce de imagens buscam acentuar ou melhorar a aparência de determinadas características da imagem, tornando-a mais adequada ao problema.
- O realce é necessário quando a imagem sofre um processo de degradação ou perda de qualidade devido a:
 - introdução de ruído
 - perda de contraste
 - borramento
 - distorção causada:
 - pelo equipamento de aquisição
 - por condição inadequada de iluminação

Processamento Digital de Imagens



5

Realce de Imagens

- O objetivo principal em realce de imagens é processar uma imagem de forma que o resultado seja mais apropriado para uma aplicação específica que a imagem original.
- Porém, a palavra “*específica*” significa que as técnicas desenvolvidas são bastante dependentes da aplicação.
- Logo, um método útil para realçar imagens de raios X pode não ser o melhor para realce de imagens transmitidas por sonda espacial, capturadas na banda infravermelha do espectro eletromagnético.

Processamento Digital de Imagens



6

Realce de Imagens

- Não existe uma “teoria” geral para o realce de imagens.
- Quando uma imagem é processada para a interpretação visual, o observador é o juiz em relação ao desempenho de um método particular.
- Ao lidar com percepção por máquina, é mais fácil quantificar uma determinada técnica.
 - Ex: em um sistema de reconhecimento automático de caracteres, o método de realce mais apropriado é aquele que resulta na melhor taxa de reconhecimento, independente dos requisitos computacionais de um método em relação a outro.

Processamento Digital de Imagens



7

Realce de Imagens

- Realce de imagem (*image enhancements*) acentua algumas das características relevantes para uma aplicação específica.
- Possíveis aplicações:
 - melhorar a qualidade da imagem
 - aumentar o contraste da imagem
 - facilitar processamentos adicionais:
 - detecção da borda das regiões na imagem
 - reconhecimento de objetos

Processamento Digital de Imagens



8

Realce de Imagens

- Basicamente, as abordagens discutidas na disciplina dividem-se em duas categorias:
 - Domínio espacial \Rightarrow refere-se ao próprio plano da imagem e baseia-se na manipulação direta dos pixels das imagens.
 - Domínio da frequência \Rightarrow baseia-se na modificação das transformadas de Fourier das imagens.
- Técnicas híbridas baseiam-se em várias combinações de métodos dessas duas categorias.

Processamento Digital de Imagens



9

Realce por Processamento Ponto a Ponto

- Neste momento, vamos considerar o estudo de técnicas de realce de imagens usando métodos baseados apenas na intensidade de pixels isolados.
- O processamento por pontos isolados define as técnicas mais simples para realce de imagens.
- Vamos denotar a intensidade dos pixels antes e depois do processamento por r e s , respectivamente.

Processamento Digital de Imagens



10

Realce por Processamento Ponto a Ponto

- Funções de processamento de imagens no domínio espacial são expressas como:
$$g(x,y) = T[f(x,y)]$$
 - $f(x,y) \Rightarrow$ é a imagem de entrada
 - $g(x,y) \Rightarrow$ é a imagem de saída
 - $T \Rightarrow$ operador sobre f , definido em alguma vizinhança de (x,y)
- A forma mais simples de T envolve a menor vizinhança possível de tamanho 1×1 .
- Nesse caso, g depende apenas do valor de f em um único ponto (x,y) .

Processamento Digital de Imagens



11

Realce por Processamento Ponto a Ponto

- E T torna-se uma *função de transformação de níveis de cinza* (também chamada *mapeamento*) da forma:
$$s = T(r)$$
- r e s são variáveis que denotam o nível de cinza de $f(x,y)$ e $g(x,y)$, respectivamente, em qualquer ponto (x,y) .
- Veremos algumas transformações simples de intensidade e seus efeitos.

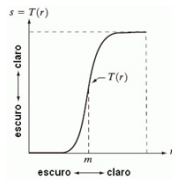
Processamento Digital de Imagens



12

Realce por Processamento Ponto a Ponto

- Ex: $T(r)$ possui a forma mostrada na figura ao lado:
- Efeito desta transformação: produzir uma imagem de maior contraste que a original.
- Escurece os níveis abaixo de m e clareia aqueles acima de m .
- A função de transformação comprime os valores de r abaixo de m em uma faixa estreita de s próxima ao escuro. O oposto ocorre para $r > m$.



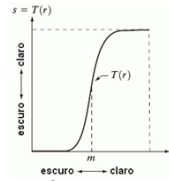
Processamento Digital de Imagens



13

Realce por Processamento Ponto a Ponto

- Os valores de r próximo de m são mapeados para uma faixa larga de s .
- Esta técnica é conhecida como *alargamento de contraste*.



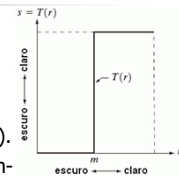
Processamento Digital de Imagens



14

Realce por Processamento Ponto a Ponto

- No caso limite mostrado na figura ao lado, $T(r)$ produz uma imagem de dois níveis.
- Esse mapeamento é chamado de função de *limiarização* (thresholding).
- Algumas abordagens de processamento mais simples, ainda que poderosas, podem ser formuladas com base nas transformações de intensidade.
- Como o realce de qualquer ponto depende apenas do nível de cinza naquele ponto, essas técnicas são chamadas processamento ponto a ponto.



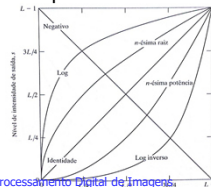
Processamento Digital de Imagens



15

Algumas Funções Básicas de Transformação de Intensidade

- As transformações de intensidade estão entre as mais simples de todas as técnicas de processamento de imagens.
- A figura abaixo ilustra três tipos básicos de funções frequentemente utilizadas para o realce de imagens.



1. Linear (transformações de negativo e de identidade).
2. Logarítmica (transformações de log e log inverso).
3. Potência (transformações de n-ésima potência e n-ésima raiz).

A função identidade é o caso trivial na qual saída = entrada. Foi incluída no gráfico para uma abrangência completa.

Processamento Digital de Imagens

16

Negativos de Imagem

- O negativo de uma imagem com níveis de intensidade na faixa $[0, L - 1]$ é obtido utilizando a transformação de negativo mostrada na figura anterior, dada por:

$$s = L - 1 - r$$

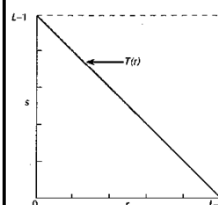
- onde L é o número de níveis de cinza.
- Reverter os níveis de intensidade de uma imagem dessa maneira produz o equivalente a um negativo fotográfico.
- O objetivo é reverter a ordem do preto para o branco, fazendo a intensidade da imagem de saída diminuir à medida que a intensidade de entrada aumente.

Processamento Digital de Imagens



17

Negativos de Imagem



Função de transformação dos níveis de cinza



Imagem original



Negativo

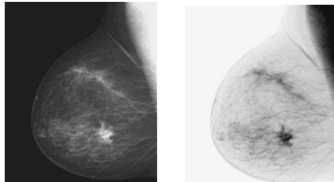
Processamento Digital de Imagens



18

Negativos de Imagem

- Negativos de imagens é uma técnica muito aplicada em imagens médicas.
- A imagem original abaixo é uma mamografia digital mostrando uma pequena lesão.



Observe que, neste caso particular, é mais fácil analisar o tecido mamário no negativo da imagem.

Imagem original Imagem negativo da imagem



19

Transformações Logarítmicas

- A forma geral da transformação logarítmica é:

$$s = c \log(1 + r)$$

- onde c é uma constante e considera-se que $r \geq 0$.
- O formato da curva logarítmica no gráfico de curvas mostra que essa transformação mapeia uma faixa estreita de baixos valores de intensidade de entrada em uma faixa mais ampla de níveis de saída.
- O oposto se aplica aos valores mais altos de entrada.
- Logo, essa transformação é usada para expandir os valores de pixels mais escuros, ao mesmo tempo em que comprime os valores de nível mais alto.

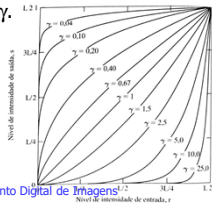
Processamento Digital de Imagens



20

Transformações de Potência

- As transformações de potência apresentam a forma básica:
- $$s = cr^\gamma$$
- onde c e γ são constantes positivas
- Segue abaixo plotagens de s versus r para vários valores de γ .



Para $\gamma < 1$, uma faixa estreita de entrada é mapeada em uma faixa larga de saída (semelhante à transformação logarítmica). A vantagem aqui é que a transformação de potência oferece toda uma classe de curvas possíveis obtidas ao variar o valor de γ .

Processamento Digital de Imagens

21

Transformações de Potência

- Imagem de ressonância magnética (MRI) de uma coluna vertebral humana fraturada.



Resultado da aplicação da transformação para $c = 1$ e $\gamma = 0.3$

Processamento Digital de Imagens



22

Transformações de Potência

- A figura (a) abaixo mostra o problema oposto.
- A imagem (a) abaixo tem uma aparência desbotada (agora a compressão dos níveis de intensidade (b) é desejável).



Processamento Digital de Imagens

23

Funções de Transformação Linear Definidas por Partes

- Uma abordagem complementar aos métodos discutidos anteriormente consiste na utilização de funções lineares definidas por partes.
- A principal vantagem das funções lineares por partes sobre os tipos de funções já vistas até agora é que a forma das funções por partes pode ser arbitrariamente complexa.
- A principal desvantagem das funções por partes se deve ao fato de sua especificação requerer mais dados de entrada do usuário.
- Veremos agora alguns exemplos de funções lineares por partes usadas para o processamento de imagens.

Processamento Digital de Imagens



24

Alargamento de Contraste

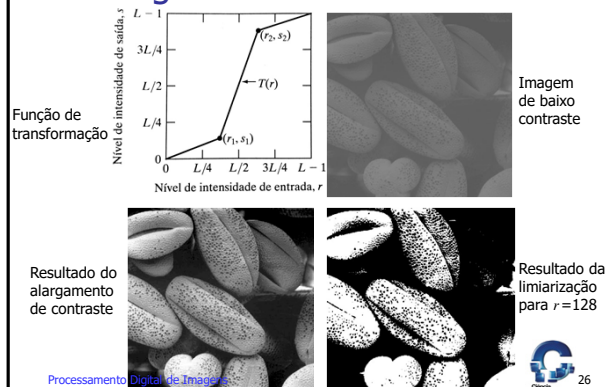
- Uma das mais simples funções lineares definidas por partes é a transformação de alargamento de contraste.
- Imagens de baixo contraste podem ser devidas a:
 - iluminação insuficiente.
 - limitações da escala dinâmica no sensor de imageamento
 - incorreta abertura da lente durante a aquisição da imagem.
- Alargamento de contraste é uma técnica que consiste no aumento da escala dinâmica dos níveis de cinza na imagem processada.

Processamento Digital de Imagens



25

Alargamento de Contraste



26

Alargamento de Contraste

- As posições dos pontos (r_1, s_1) e (r_2, s_2) controlam a forma da função de transformação.
- Se $r_1 = s_1$ e $r_2 = s_2$ então $T(r)$ será uma função linear.
 - não produz mudanças nos níveis de cinza.
- Se $r_1 = r_2$ e $s_1 = 0$ e $s_2 = L - 1$ então $T(r)$ será uma função de limiarização.
 - cria uma imagem binária.
- Valores intermediários de (r_1, s_1) e (r_2, s_2) produzem vários graus de espalhamento nos níveis de cinza da imagem de saída (**afeta o contraste**).

Processamento Digital de Imagens



27

Alargamento de Contraste

Exemplo:



$$z' = \begin{cases} z/2 & , \text{ se } z \leq 85 \\ 2z - 127 & , \text{ se } 85 < z < 170 \\ (z/2) + 127 & , \text{ se } z \geq 170 \end{cases}$$

Processamento Digital de Imagens



28

Alargamento de Contraste

Procedimento

```

Para cada pixel da imagem
  leia pixel
  se pixel <= 85 então
    pixel = pixel / 2
    goto 10
  se 85 < pixel < 170 então
    pixel = 2 * pixel - 127
    goto 10
  senão
    pixel = pixel / 2 + 127
  10 : escreva pixel
    
```

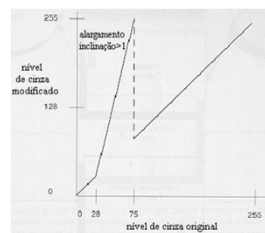
Processamento Digital de Imagens



29

Alargamento de Contraste

Alargamento de faixas de níveis de cinza em que se deseja mais informações.



Processamento Digital de Imagens



30

Fatiamento de Níveis de Cinza

- **Objetivo** \Rightarrow enfatizar uma escala específica de níveis de cinza de uma imagem.
- **Aplicações** \Rightarrow realce de características tais como massas de água em imagens por satélite; e realce de irregularidades em imagens de raios X.
- Existem várias maneiras de se realizar o fatiamento dos níveis, porém são variações de dois temas básicos.
 - **Abordagem 1** \Rightarrow exibir um alto valor para todos os NC de interesse e um baixo para todos os outros NC (resulta em imagem binária).

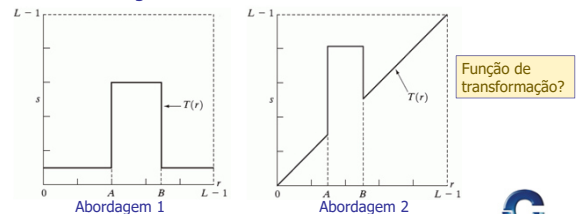
Processamento Digital de Imagens



31

Fatiamento de Níveis de Cinza

- **Abordagem 2** \Rightarrow clareia a faixa desejada de níveis de cinza preservando o fundo e tonalidades de NC na imagem.



Processamento Digital de Imagens



32

Fatiamento de Níveis de Cinza

Resultado visual

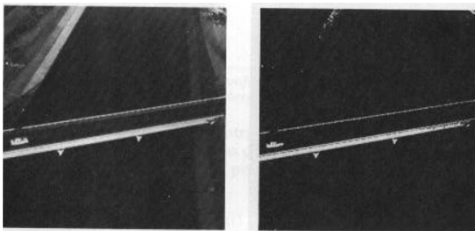


Imagem original

Resultado do fatiamento

Processamento Digital de Imagens



33

Comparação Entre Diversas Técnicas de Transformações

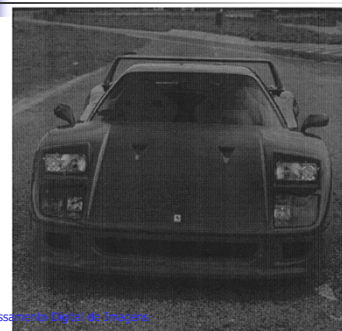


Imagem original

Processamento Digital de Imagens

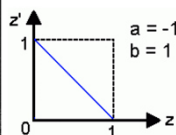


34

Comparação Entre Diversas Técnicas de Transformações



Negativo

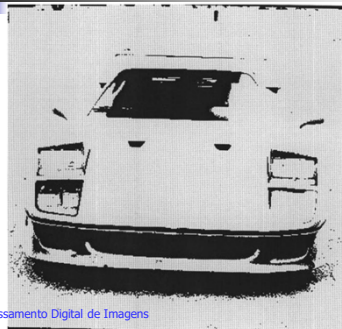


Processamento Digital de Imagens

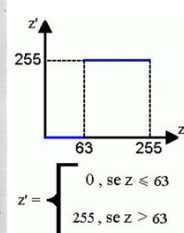


35

Comparação Entre Diversas Técnicas de Transformações



Limiar em 63

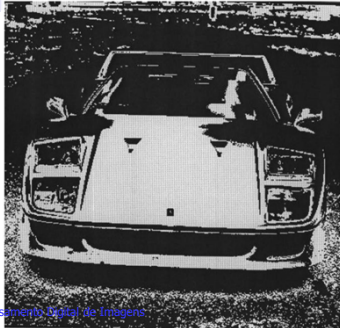


Processamento Digital de Imagens



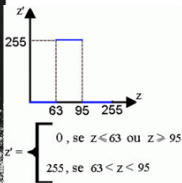
36

Comparação Entre Diversas Técnicas de Transformações



Fatiamento

faixa: 63 a 95 → 255



Processamento Digital de Imagens



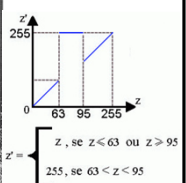
37

Comparação Entre Diversas Técnicas de Transformações



Fatiamento com background

faixa: 63 a 95 → 255



Processamento Digital de Imagens

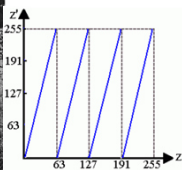


38

Comparação Entre Diversas Técnicas de Transformações



Dente de serra de 4 ciclos



Processamento Digital de Imagens

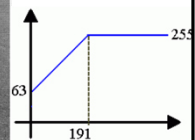


39

Comparação Entre Diversas Técnicas de Transformações



Operação escala

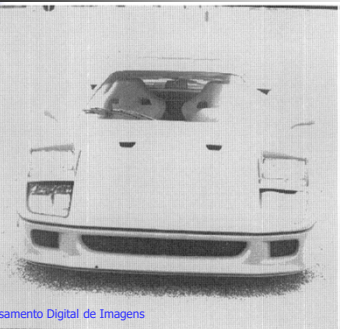


Processamento Digital de Imagens

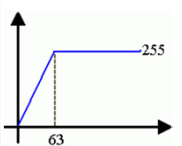


40

Comparação Entre Diversas Técnicas de Transformações



Outra operação escala



Processamento Digital de Imagens



41



Processamento Digital de Imagens



42