

Processamento de Imagens - PIM

Rogério Eduardo da Silva - rogerio.silva@udesc.br
Gilmário Barbosa dos Santos - gilmario.santos@udesc.br

Universidade do Estado de Santa Catarina
Departamento de Ciência da Computação

3 de agosto de 2017

Ementa

- Fundamentos
- Operações globais e de vizinhança
- Transformadas
- Teorema da convolução
- Realce
- Restauração
- Segmentação
- Morfologia
- Reconhecimento
- Compressão
- Aplicações

Objetivo Geral da Disciplina

- Apresentar os principais conceitos envolvidos na aquisição, processamento e análise de imagens digitais.

Objetivo Geral da Disciplina

- Apresentar os principais conceitos envolvidos na aquisição, processamento e análise de imagens digitais.
- Introduzir os conceitos fundamentais das técnicas de processamento e codificação de imagem.

Objetivo Geral da Disciplina

- Apresentar os principais conceitos envolvidos na aquisição, processamento e análise de imagens digitais.
- Introduzir os conceitos fundamentais das técnicas de processamento e codificação de imagem.
- Preparar os alunos para o uso de desenvolvimento de sistemas de processamento e análise de imagens.

Objetivos Específicos

- Compreender os principais métodos de forma esquemática (em alto nível) e matemática para imagens digitais binárias e em níveis de cinza.

Objetivos Específicos

- Compreender os principais métodos de forma esquemática (em alto nível) e matemática para imagens digitais binárias e em níveis de cinza.
- Implementar as técnicas mais simples e protótipos completos de aplicações em uma determinada área da ciência, selecionando informações importantes registradas em imagens digitais de forma semiautomática ou totalmente independente de interferência humana.

Objetivos Específicos

- Compreender os principais métodos de forma esquemática (em alto nível) e matemática para imagens digitais binárias e em níveis de cinza.
- Implementar as técnicas mais simples e protótipos completos de aplicações em uma determinada área da ciência, selecionando informações importantes registradas em imagens digitais de forma semiautomática ou totalmente independente de interferência humana.
- Analisar diversos problemas de visão computacional e propor soluções aparentemente complexas em tempo mínimo, usando as ferramentas apresentadas.

Objetivos Específicos

- Compreender os principais métodos de forma esquemática (em alto nível) e matemática para imagens digitais binárias e em níveis de cinza.
- Implementar as técnicas mais simples e protótipos completos de aplicações em uma determinada área da ciência, selecionando informações importantes registradas em imagens digitais de forma semiautomática ou totalmente independente de interferência humana.
- Analisar diversos problemas de visão computacional e propor soluções aparentemente complexas em tempo mínimo, usando as ferramentas apresentadas.
- Capacitar os alunos com embasamento teórico para trabalhos de pesquisa na área de processamento de imagens → LAPIS - Laboratório de Processamento de Imagens e Sinais.



<http://www2.joinville.udesc.br/~lapis>

Método de Ensino

- Aulas expositivas em sala e em laboratório
- Listas de exercícios teóricos e práticos
- Atendimento presencial (sala do professor) e/ou através da lista de emails da disciplina

bcc-pim@googlegroups.com

- <http://www.rogerioesilva.net/>
- <http://www2.joinville.udesc.br/~lapis>

Avaliações

- Participação em Classe;
- Provas (2 provas previstas – individuais e s/ consulta);
- Trabalhos individuais ou em grupos de 2 ou mais alunos, com o desenvolvimento de soluções para problemas sugeridos;

$$\text{NotaFinal} = \text{Pr}_1 * 0.4 + \text{Pr}_2 * 0.4 + \text{TF} * 0.2$$

Pr₁ Prova 1

Pr₂ Prova 2

TF Trabalho Final da Disciplina

Conteúdo Programático I

1 Apresentação

2 Introdução

- Análise de Imagens
- Áreas de Aplicação
- Etapas do Processamento de Imagens

3 Fundamentos de Imagens Digitais

- Tipos de Sinais
- Modelo de Imagens
- Digitalização
- Resolução Espacial vs Profundidade de Imagem
- Representação de Imagens Digitais
- Imagens Multibandas ou Multiespectrais
- Imagens Multidimensionais
- Sistema Visual Humano
- Ruídos em Imagens
- Relacionamento entre Elementos de uma Imagem

4 Realce

5 Segmentação

6 Morfologia Matemática

Bibliografia Básica Sugerida I

-  H. Pedrini and W. R. Schwartz, *Análise de Imagens Digitais – Princípios, Algoritmos e Aplicações*.
Editora Thomson, 2008.
-  R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Processamento de Imagens Digitais*.
São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
-  L. O'Gorman, M. J. Sammon, and M. Seul, *Algorithms for Image Analysis: Description, Examples, Programs, and Projects*.
New York: Cambridge University Press, 2nd ed., 2009.
-  G. A. Baxes, *Digital Image Processing: Principles and Applications*.
John Wiley & Sons, 1st ed., 1994.
-  A. C. Bovik, ed., *Handbook of Image and Video Processing*.
Academic Press, 1st ed., 2003.

Bibliografia Básica Sugerida II

-  E. R. Dougherty and R. A. Lotufo, *Hands-on Morphological Image Processing*.
SPIE Press, 2003.
-  J. Gomes and L. Velho, *Computação Gráfica: Imagem*.
IMPA/SBM, 2nd ed., 2002.
-  J. Kiusalass, *Numerical Methods in Engineering with Python*.
Cambridge University Press, 2005.
-  B. Jähne, *Digital Image Processing*.
Springer, 5th ed., 2005.
-  A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*.
Englewood Cliffs, US: Prentice-Hall, 1988.
-  J. R. Parker, *Algorithms for Image Processing and Computer Vision – Bk&CD-Rom*.
John Wiley & Sons, 1996.

Bibliografia Básica Sugerida III

-  W. K. Pratt, *Digital Image Processing: PIKS Inside.*
John Wiley & Sons, 3rd ed., 2001.
-  J. C. Russ, *The Image Processing Handbook.*
CRC, 5th ed., 2006.
-  G. J. F. Banon and J. Barrera, “Bases da morfologia matemática para análise de imagens.”
<http://www.vision.ime.usp.br/~jb/books/conteudo.pdf>,
1998.
Acessado em 2017-07-12.
-  A. Falcão, “Fundamentos de processamento de imagem digital.”
<http://www.dcc.unicamp.br/~cpg/materialdidatico/mo815/9802/curso/curso.html>.
Acessado em 2017-07-12.

Bibliografia Básica Sugerida IV

-  R. B. Fischer, "CV online: The evolving, distributed, non-proprietary, on-line compendium of computer vision."
<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/>.
Acessado em 2017-07-12.
-  K. Price, "Annotated computer vision bibliography: Table of contents." <http://iris.usc.edu/Vision-Notes/bibliography/contents.html>, 2006.
Acessado em 2017-07-12.

Introdução

Introdução

Desafio

Desenvolvimento de sistemas autônomos que reproduzam as capacidades do sistema visual humano e que sejam capazes de reagir a estímulos visuais de forma adequada à área específica sob investigação.

Introdução

Desafio

Desenvolvimento de sistemas autônomos que reproduzam as capacidades do sistema visual humano e que sejam capazes de reagir a estímulos visuais de forma adequada à área específica sob investigação.

Visão Computacional

Procura auxiliar a resolução de problemas altamente complexos, buscando imitar a cognição humana e a habilidade do ser humano em tomar decisões de acordo com as informações contidas na imagem

Introdução

Desafio

Desenvolvimento de sistemas autônomos que reproduzam as capacidades do sistema visual humano e que sejam capazes de reagir a estímulos visuais de forma adequada à área específica sob investigação.

Visão Computacional

Procura auxiliar a resolução de problemas altamente complexos, buscando imitar a cognição humana e a habilidade do ser humano em tomar decisões de acordo com as informações contidas na imagem

Processamento Digital de Imagens

Consiste em um conjunto de técnicas para capturar, representar e transformar imagens com o auxílio do computador

Introdução

Análise de Imagens

- O emprego dessas técnicas permite extrair e identificar informações das imagens e melhorar a qualidade visual de certos aspectos estruturais, facilitando a percepção humana e a interpretação automática por meio de máquinas

Introdução

Análise de Imagens

- O emprego dessas técnicas permite extrair e identificar informações das imagens e melhorar a qualidade visual de certos aspectos estruturais, facilitando a percepção humana e a interpretação automática por meio de máquinas
- A **análise** ou a **interpretação** de imagens visa obter uma descrição que contenha informação suficiente para distinguir entre diferentes objetos de interesse, de forma confiável e requerendo o mínimo de intervenção humana

Introdução

Análise de Imagens

- O emprego dessas técnicas permite extrair e identificar informações das imagens e melhorar a qualidade visual de certos aspectos estruturais, facilitando a percepção humana e a interpretação automática por meio de máquinas
- A **análise** ou a **interpretação** de imagens visa obter uma descrição que contenha informação suficiente para distinguir entre diferentes objetos de interesse, de forma confiável e requerendo o mínimo de intervenção humana
- A análise de imagens é, tipicamente, baseada na forma, na textura, nos níveis de cinza ou nas cores dos objetos presentes nas imagens

Introdução

Áreas de Aplicação

- Medicina
- Microscopia
- Biologia
- Automação Industrial
- Sensoriamento Remoto
- Astronomia
- Área Militar
- Segurança e Vigilância
- Computação Forense
- Arqueologia e Artes

Introdução

Áreas de Aplicação: Medicina

- Diagnósticos médicos por imagem: raio-X, tomografia computadorizada, ressonância magnética, ultrassonografia

Introdução

Áreas de Aplicação: Medicina

- Diagnósticos médicos por imagem: raio-X, tomografia computadorizada, ressonância magnética, ultrassonografia
- Diversas áreas médicas de interesse: oncologia, ortopedia, cardiologia, etc.

Introdução

Áreas de Aplicação: Medicina

- Diagnósticos médicos por imagem: raio-X, tomografia computadorizada, ressonância magnética, ultrassonografia
- Diversas áreas médicas de interesse: oncologia, ortopedia, cardiologia, etc.
- Permitem a identificação de lesões, câncer, partes do corpo; de maneira a facilitar diagnósticos e planejamento de cirurgias e tratamentos.

Introdução

Áreas de Aplicação: Microscopia

- Análise de imagens obtidas pela captura através de microscópios óticas ou eletrônicos

Introdução

Áreas de Aplicação: Microscopia

- Análise de imagens obtidas pela captura através de microscópios óticas ou eletrônicos
- Áreas como biologia ou metalurgia

Introdução

Áreas de Aplicação: Microscopia

- Análise de imagens obtidas pela captura através de microscópios óticas ou eletrônicos
- Áreas como biologia ou metalurgia
- Exemplos:
 - Contagem e identificação de células sanguíneas

Introdução

Áreas de Aplicação: Microscopia

- Análise de imagens obtidas pela captura através de microscópios óticas ou eletrônicos
- Áreas como biologia ou metalurgia
- Exemplos:
 - Contagem e identificação de células sanguíneas
 - Análise de estruturas de cristalografia

Introdução

Áreas de Aplicação: Microscopia

- Análise de imagens obtidas pela captura através de microscópios óticas ou eletrônicos
- Áreas como biologia ou metalurgia
- Exemplos:
 - Contagem e identificação de células sanguíneas
 - Análise de estruturas de cristalografia
 - Sequenciamento e análise de genes

Introdução

Áreas de Aplicação: Automação Industrial

- Montagem e inspeção de produtos, visão robótica, controle de qualidade

Introdução

Áreas de Aplicação: Automação Industrial

- Montagem e inspeção de produtos, visão robótica, controle de qualidade
- Atividades comuns:
 - Verificação de falhas

Introdução

Áreas de Aplicação: Automação Industrial

- Montagem e inspeção de produtos, visão robótica, controle de qualidade
- Atividades comuns:
 - Verificação de falhas
 - Separação de peças em uma linha de montagem

Introdução

Áreas de Aplicação: Automação Industrial

- Montagem e inspeção de produtos, visão robótica, controle de qualidade
- Atividades comuns:
 - Verificação de falhas
 - Separação de peças em uma linha de montagem
 - Classificação de defeitos em soldas

Introdução

Áreas de Aplicação: Sensoriamento Remoto

- Análise de fotos aéreas ou imagens de satélite:

Introdução

Áreas de Aplicação: Sensoriamento Remoto

- Análise de fotos aéreas ou imagens de satélite:
 - Áreas urbanas

Introdução

Áreas de Aplicação: Sensoriamento Remoto

- Análise de fotos aéreas ou imagens de satélite:
 - Áreas urbanas
 - Análise de áreas de desmatamento

Introdução

Áreas de Aplicação: Sensoriamento Remoto

- Análise de fotos aéreas ou imagens de satélite:
 - Áreas urbanas
 - Análise de áreas de desmatamento
 - Previsão de safras

Introdução

Áreas de Aplicação: Sensoriamento Remoto

- Análise de fotos aéreas ou imagens de satélite:
 - Áreas urbanas
 - Análise de áreas de desmatamento
 - Previsão de safras
 - Extração de feições cartográficas: estradas, rios, edificações, etc.

Introdução

Áreas de Aplicação: Área Militar

- Identificação e rastreio de potenciais alvos

Introdução

Áreas de Aplicação: Área Militar

- Identificação e rastreio de potenciais alvos
- Navegação de veículos autônomos

Introdução

Áreas de Aplicação: Área Militar

- Identificação e rastreio de potenciais alvos
- Navegação de veículos autônomos
- Detecção de obstáculos no caminho de robôs e drones

Introdução

Áreas de Aplicação: Segurança e Vigilância

- Identificação biométrica: impressões digitais, faces, silhuetas, etc.

Introdução

Áreas de Aplicação: Segurança e Vigilância

- Identificação biométrica: impressões digitais, faces, silhuetas, etc.
- Reconhecimento de assinaturas e caligrafia

Introdução

Áreas de Aplicação: Segurança e Vigilância

- Identificação biométrica: impressões digitais, faces, silhuetas, etc.
- Reconhecimento de assinaturas e caligrafia
- Reconhecimento automático de placas de veículos

Introdução

Áreas de Aplicação: Computação Forense

- Métodos científicos para preservação, coleta, validação, identificação, análise, interpretação, documentação e apresentação de evidências derivadas de meios digitais com validade probatória em juízo para facilitar a reconstrução de eventos, normalmente de natureza criminal

Introdução

Áreas de Aplicação: Computação Forense

- Métodos científicos para preservação, coleta, validação, identificação, análise, interpretação, documentação e apresentação de evidências derivadas de meios digitais com validade probatória em juízo para facilitar a reconstrução de eventos, normalmente de natureza criminal
- Análise de dados: documentos, imagens, vídeos

Introdução

Áreas de Aplicação: Arqueologia e Artes

- Restauração de artefatos antigos

Introdução

Áreas de Aplicação: Arqueologia e Artes

- Restauração de artefatos antigos
- Pinturas e documentos antigos

Introdução

Áreas de Aplicação: Arqueologia e Artes

- Restauração de artefatos antigos
- Pinturas e documentos antigos
- Museus virtuais

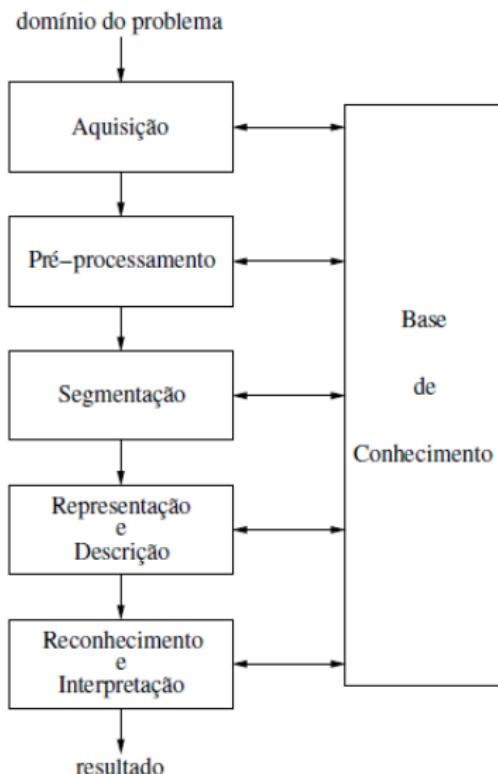
Introdução

Áreas de Aplicação: Arqueologia e Artes

- Restauração de artefatos antigos
- Pinturas e documentos antigos
- Museus virtuais
- Manipulação de fotografia digital

Introdução

Etapas do Processamento de Imagens



Introdução

Domínio do Problema e Base de Conhecimento

- Um sistema de processamento digital de imagens é constituído de etapas, capazes de produzir um resultado a partir do **domínio do problema**

Introdução

Domínio do Problema e Base de Conhecimento

- Um sistema de processamento digital de imagens é constituído de etapas, capazes de produzir um resultado a partir do **domínio do problema**
- O conhecimento sobre o domínio do problema está codicado em um sistema de processamento de imagens na forma de uma **base de conhecimento**.

Introdução

Aquisição

- Etapa responsável pela captura de imagens por meio de dispositivos ou sensores e posterior conversão para uma representação adequada para posterior processamento

Introdução

Aquisição

- Etapa responsável pela captura de imagens por meio de dispositivos ou sensores e posterior conversão para uma representação adequada para posterior processamento
- Dispositivos de captura: câmeras de vídeo, tomógrafos, satélites, scanners, etc.

Introdução

Aquisição

- Etapa responsável pela captura de imagens por meio de dispositivos ou sensores e posterior conversão para uma representação adequada para posterior processamento
- Dispositivos de captura: câmeras de vídeo, tomógrafos, satélites, scanners, etc.
- Dispositivos sensíveis a uma certa banda do espectro eletromagnético, tais como raios-X ou raios infravermelhos, produzem um sinal elétrico de saída proporcional ao nível de energia detectado. Esse sinal elétrico é convertido em informação digital, tornando possível sua interpretação por meio de computadores

Introdução

Aquisição

- Etapa responsável pela captura de imagens por meio de dispositivos ou sensores e posterior conversão para uma representação adequada para posterior processamento
- Dispositivos de captura: câmeras de vídeo, tomógrafos, satélites, scanners, etc.
- Dispositivos sensíveis a uma certa banda do espectro eletromagnético, tais como raios-X ou raios infravermelhos, produzem um sinal elétrico de saída proporcional ao nível de energia detectado. Esse sinal elétrico é convertido em informação digital, tornando possível sua interpretação por meio de computadores
- Aspectos a serem considerados:
 - Tipo de Sensor
 - Condições de iluminação
 - Resolução gráfica
 - Quantidade de níveis de cinza ou cores

Introdução

Pré-Processamento

- A etapa de aquisição pode produzir imperfeições ou degradações decorrentes, por exemplo, das condições de iluminação ou características do dispositivo

Introdução

Pré-Processamento

- A etapa de aquisição pode produzir imperfeições ou degradações decorrentes, por exemplo, das condições de iluminação ou características do dispositivo
- Esta etapa visa melhorar a qualidade da imagem por meio de:
 - Técnicas de atenuação de ruído
 - Correção de contraste ou brilho
 - Suavização de características indesejáveis

Introdução

Segmentação

- Realiza a extração e identificação de áreas de interesse contidas na imagem

Introdução

Segmentação

- Realiza a extração e identificação de áreas de interesse contidas na imagem
- Baseia-se na detecção de descontinuidades (bordas) ou de similaridades (regiões) na imagem

Introdução

Representação e Descrição

- Estruturas adequadas de **representação** devem ser utilizadas para armazenar e manipular os objetos de interesse extraídos da imagem

Introdução

Representação e Descrição

- Estruturas adequadas de **representação** devem ser utilizadas para armazenar e manipular os objetos de interesse extraídos da imagem
- Imagens e vídeos requerem alta capacidade de armazenamento:
 - Uma imagem colorida 1024×1024 *pixels* onde cada pixel seja representado por 24 bits, requer 3 Mb para seu armazenamento (sem compressão)

Introdução

Representação e Descrição

- Estruturas adequadas de **representação** devem ser utilizadas para armazenar e manipular os objetos de interesse extraídos da imagem
- Imagens e vídeos requerem alta capacidade de armazenamento:
 - Uma imagem colorida 1024×1024 pixels onde cada pixel seja representado por 24 bits, requer 3 Mb para seu armazenamento (sem compressão)
 - Um vídeo de 1 minuto, onde cada quadro seja descrito com imagens $512 \times 512 \times 24$, exibidos a uma taxa de 30 fps, requer 1.4 Gb de armazenamento sem compressão

Introdução

Representação e Descrição

- Estruturas adequadas de **representação** devem ser utilizadas para armazenar e manipular os objetos de interesse extraídos da imagem
- Imagens e vídeos requerem alta capacidade de armazenamento:
 - Uma imagem colorida 1024×1024 pixels onde cada pixel seja representado por 24 bits, requer 3 Mb para seu armazenamento (sem compressão)
 - Um vídeo de 1 minuto, onde cada quadro seja descrito com imagens $512 \times 512 \times 24$, exibidos a uma taxa de 30 fps, requer 1.4 Gb de armazenamento sem compressão
- O processo de **Descrição** visa a extração de características ou propriedades que possam ser utilizadas na discriminação entre classes de objetos. Essas características são, em geral, descritas por atributos numéricos que formam um vetor de características

Introdução

Reconhecimento e Interpretação

- **Reconhecimento** ou **classificação** e o processo que atribui um identificador ou rótulo aos objetos da imagem, baseado nas características providas pelos seus descritores

Introdução

Reconhecimento e Interpretação

- **Reconhecimento** ou **classificação** é o processo que atribui um identificador ou rótulo aos objetos da imagem, baseado nas características providas pelos seus descritores
- O processo de **interpretação** consiste em atribuir um significado ao conjunto de objetos reconhecidos.

Introdução

Reconhecimento e Interpretação

- **Reconhecimento** ou **classificação** é o processo que atribui um identificador ou rótulo aos objetos da imagem, baseado nas características providas pelos seus descritores
- O processo de **interpretação** consiste em atribuir um significado ao conjunto de objetos reconhecidos.
- A forma dos contornos de células sanguíneas, por exemplo, pode auxiliar o diagnóstico de anemias por meio da contagem automática das células em uma amostra de sangue

Python

A Linguagem Python



python

<https://www.python.org/downloads/>

A Linguagem Python



python

<https://www.python.org/downloads/>

Materiais de instalação: http:

[//www.joinville.udesc.br/portal/professores/alexandre/materiais/materiais.html](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/alexandre/materiais/materiais.html)

A Linguagem Python

Características

- Python é uma linguagem de programação e ambiente de prototipação de aprendizagem rápida

A Linguagem Python

Características

- Python é uma linguagem de programação e ambiente de prototipação de aprendizagem rápida
- Suporta vários paradigmas de programação: orientado a objetos, procedural e outros...

A Linguagem Python

Características

- Python é uma linguagem de programação e ambiente de prototipação de aprendizagem rápida
- Suporta vários paradigmas de programação: orientado a objetos, procedural e outros...
- Manipulação ágil de matrizes

A Linguagem Python

Características

- Python é uma linguagem de programação e ambiente de prototipação de aprendizagem rápida
- Suporta vários paradigmas de programação: orientado a objetos, procedural e outros...
- Manipulação ágil de matrizes
- Módulos sobre processamento matemático: SciPy, NumPy, ...

A Linguagem Python

Características

- Python é uma linguagem de programação e ambiente de prototipação de aprendizagem rápida
- Suporta vários paradigmas de programação: orientado a objetos, procedural e outros...
- Manipulação ágil de matrizes
- Módulos sobre processamento matemático: SciPy, NumPy, ...
- Módulos sobre manipulação de imagens: PIL, ia636, ...

A Linguagem Python

Características

- Python é uma linguagem de programação e ambiente de prototipação de aprendizagem rápida
- Suporta vários paradigmas de programação: orientado a objetos, procedural e outros...
- Manipulação ágil de matrizes
- Módulos sobre processamento matemático: SciPy, NumPy, ...
- Módulos sobre manipulação de imagens: PIL, ia636, ...
- Módulos sobre visualização gráfica: MatPlot

A Linguagem Python

Características

- Python é uma linguagem de programação e ambiente de prototipação de aprendizagem rápida
- Suporta vários paradigmas de programação: orientado a objetos, procedural e outros...
- Manipulação ágil de matrizes
- Módulos sobre processamento matemático: SciPy, NumPy, ...
- Módulos sobre manipulação de imagens: PIL, ia636, ...
- Módulos sobre visualização gráfica: MatPlot
- Farto materiais de consulta online (tutoriais)

A Linguagem Python

Características

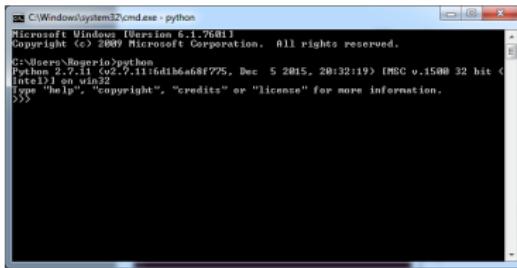
- Python é uma linguagem de programação e ambiente de prototipação de aprendizagem rápida
- Suporta vários paradigmas de programação: orientado a objetos, procedural e outros...
- Manipulação ágil de matrizes
- Módulos sobre processamento matemático: SciPy, NumPy, ...
- Módulos sobre manipulação de imagens: PIL, ia636, ...
- Módulos sobre visualização gráfica: MatPlot
- Farto materiais de consulta online (tutoriais)
- Duas correntes de desenvolvimento: versão 2.X e 3.X (não são 100% compatíveis entre si) → adotaremos a versão 2.X

A Linguagem Python

Ambientes de Programação

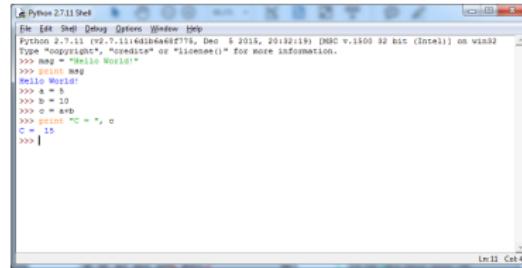
Terminal janela do interpretador Python

IDLE Interactive DeveLopment Environment



```
C:\Windows\system32\cmd.exe - python
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Rogério>python
Python 2.7.11 |Anaconda 2.7.11| (default, Dec 5 2015, 20:32:19) [MSC v.1500 32 bit (Intel)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "licence" for more information.
>>>
```



```
File Edit Shift Debug Options Window Help
Python 2.7.11 (v2.7.11:6d1b6a6f9775, Dec 5 2015, 20:32:19) [MSC v.1500 32 bit (Intel)] on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> msg = "Hello World!"
>>> print msg
Hello World!
>>> a = 5
>>> b = 10
>>> c = a+b
>>> print "%d + %d = %d" % (a, b, c)
15
>>>
```

A Linguagem Python

Exemplos de Programação (1)

```
1 x = 0
2 a , b = 1, 2
3 p1 = p2 = 1
4 tupla = (1,2,3) #tupla = variavel multivalorada
5
6 print "A = ", a, "B = " b
7 print tupla
8
9 x = input("Digite um valor:")
```

A Linguagem Python

Exemplos de Programação (2)

```
1 if a > 0 and b != -1:  
2     print "1"  
3 elif a <= 0:  
4     print "2"  
5 else:  
6     print "3"  
7  
8 for i in range(0,10):  
9     print i  
10  
11 while x > 0:  
12     ...
```

A Linguagem Python

Exemplos de Programação (3)

```
1 lista = [1,2,3,4,5]
2 listaHeterogenea = [1,3.5, "PIM", (0,0,0)]
3 matriz = [[1,2],[3,4],[5,6]]
4 print len(matriz)
5 print len(matriz[0])
6 print matriz
7
8 dicionario = {"A":0, "B":1, "C":2} #conjunto chave:valor
9 print dicionario ["B"]
10 dicionario ["D"] = 3 #insere novo elemento no dicionario
11 print dicionario
```

A Linguagem Python

Exemplos de Programação (4)

```
1 v1 = v2 = [4,1,0,-2,10,5]
2 v3 = v1 + v2
3 v3.sort()
4 print v3
5
6 v4 = [x + y for x, y in zip(v1,v2)]
```

A Linguagem Python

Exemplos de Programação (5)

```
1 def sum(a,b):  
2     return a + b  
3  
4 a = 5  
5 b = 6  
6 c = sum(a, b)  
7 print c
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Matrizes e vetores são representados por objetos *array*

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Matrizes e vetores são representados por objetos *array*
- Imagens são matrizes numéricas

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Matrizes e vetores são representados por objetos *array*
- Imagens são matrizes numéricas
- **NumPy** é uma biblioteca para manipulação de *array*

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Matrizes e vetores são representados por objetos *array*
- Imagens são matrizes numéricas
- **NumPy** é uma biblioteca para manipulação de *array*
- Disponível em <http://www.numpy.org/>

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Matrizes e vetores são representados por objetos *array*
- Imagens são matrizes numéricas
- **NumPy** é uma biblioteca para manipulação de *array*
- Disponível em <http://www.numpy.org/>
- Tutoriais online:
 - http://www.python-course.eu/matrix_arithmetic.php
 - http://wiki.scipy.org/Tentative_NumPy_Tutorial
 - http://scipy-lectures.github.io/intro/numpy/array_object.html#indexing-and-slicing
 - http://wiki.scipy.org/NumPy_for_Matlab_Users

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Para incluir o módulo:

```
import numpy
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Para incluir o módulo:

```
import numpy
```

- Para criar um array 1D:

```
vetor = numpy.array([1,2,3])
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Para incluir o módulo:

```
import numpy
```

- Para criar um array 1D:

```
vetor = numpy.array([1,2,3])
```

- Para criar um array 2D:

```
matriz = numpy.array([[1,2,3],[4,5,6]])
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Para incluir o módulo:

```
import numpy
```

- Para criar um array 1D:

```
vetor = numpy.array([1,2,3])
```

- Para criar um array 2D:

```
matriz = numpy.array([[1,2,3],[4,5,6]])
```

- Para criar um intervalo de valores

```
a = numpy.arange(0,10,2)
```

produz o vetor

```
array([0,2,4,6,8])
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Para incluir o módulo:

```
import numpy
```

- Para criar um array 1D:

```
vetor = numpy.array([1,2,3])
```

- Para criar um array 2D:

```
matriz = numpy.array([[1,2,3],[4,5,6]])
```

- Para criar um intervalo de valores

```
a = numpy.arange(0,10,2)
```

produz o vetor

```
array([0,2,4,6,8])
```

- O comando `numpy.zeros(2,5)` cria uma matriz 2×5 de valores iguais a zero

```
array([[0.,0.,0.,0.,0.],[0.,0.,0.,0.,0.]])
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Para incluir o módulo:

```
import numpy
```

- Para criar um array 1D:

```
vetor = numpy.array([1,2,3])
```

- Para criar um array 2D:

```
matriz = numpy.array([[1,2,3],[4,5,6]])
```

- Para criar um intervalo de valores

```
a = numpy.arange(0,10,2)
```

produz o vetor

```
array([0,2,4,6,8])
```

- O comando `numpy.zeros(2,5)` cria uma matriz 2×5 de valores iguais a zero

```
array([[0.,0.,0.,0.,0.],[0.,0.,0.,0.,0.]])
```

- A dimensão de um array é dada por

```
matriz = numpy.array([[1,2,3],[4,5,6]])  
matriz.shape
```

que resulta em $(2,3)$

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Permite funções matemáticas como

```
a = numpy.sin(angle)
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Permite funções matemáticas como

```
a = numpy.sin(angle)
```

- Transposição de matriz:

```
matriz = numpy.array([[1,2,3],[4,5,6]])
matriz.T
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Permite funções matemáticas como

```
a = numpy.sin(angle)
```

- Transposição de matriz:

```
matriz = numpy.array([[1,2,3],[4,5,6]])
matriz.T
```

- Operações numéricas:

```
b = matriz * 2
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: NumPy

- Permite funções matemáticas como

```
a = numpy.sin(angle)
```

- Transposição de matriz:

```
matriz = numpy.array([[1,2,3],[4,5,6]])
matriz.T
```

- Operações numéricas:

```
b = matriz * 2
```

- Multiplicação de matrizes:

```
mat1, mat2 = numpy.array([[1,2,3],[4,5,6]])
mat3 = mat1 * mat2
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: PIL

- **PIL** (*Python Image Library*) ferramenta para manipulação de imagens

A Linguagem Python

Módulos Externos: PIL

- **PIL** (*Python Image Library*) ferramenta para manipulação de imagens
- Disponível em <http://www.pythonware.com/products/pil>

A Linguagem Python

Módulos Externos: PIL

- **PIL** (*Python Image Library*) ferramenta para manipulação de imagens
- Disponível em <http://www.pythonware.com/products/pil>
- Tutoriais online:
 - <http://effbot.org/imagingbook/introduction.htm>
 - <http://www.geeks3d.com/20100930/tutorial-first-steps-with-pil-python-imaging-library/>

A Linguagem Python

Módulos Externos: PIL

- **PIL** (*Python Image Library*) ferramenta para manipulação de imagens
- Disponível em <http://www.pythonware.com/products/pil>
- Tutoriais online:
 - <http://effbot.org/imagingbook/introduction.htm>
 - <http://www.geeks3d.com/20100930/tutorial-first-steps-with-pil-python-imaging-library/>
- Exemplos de Uso:

```
1 from PIL import Image  
2 image = Image.open('python.png')  
3 image.show()  
4 r,g,b = image.getpixel( (x,y) )  
5 image.save('saida.png')
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: SciPy + Matplotlib

- **SciPy** ferramenta para manipulação de imagens

A Linguagem Python

Módulos Externos: SciPy + Matplotlib

- **SciPy** ferramenta para manipulação de imagens
- Disponível em <https://www.scipy.org/>

A Linguagem Python

Módulos Externos: SciPy + Matplotlib

- **SciPy** ferramenta para manipulação de imagens

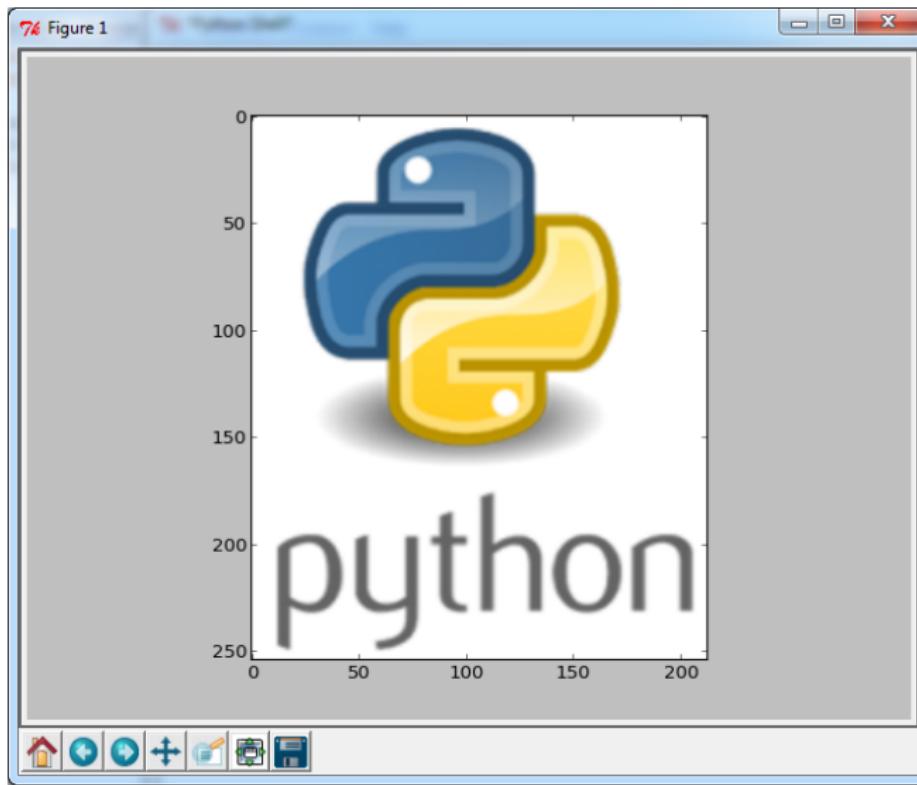
- Disponível em <https://www.scipy.org/>

- Exemplos de Uso:

```
1 import scipy.misc  
2 import matplotlib.pyplot as plt  
3 image = scipy.misc.imread('python.png')  
4 plt.imshow(image)  
5 plt.show()
```

A Linguagem Python

Módulos Externos: SciPy + Matplotlib



Fundamentos de Imagens Digitais

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

Sinal

É a manifestação de um fenômeno que pode ser expresso de forma quantitativa

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

Sinal

É a manifestação de um fenômeno que pode ser expresso de forma quantitativa

- É representado como uma função de uma ou mais variáveis independentes

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

Sinal

É a manifestação de um fenômeno que pode ser expresso de forma quantitativa

- É representado como uma função de uma ou mais variáveis independentes
- Contém informações acerca da natureza ou comportamento do fenômeno físico sob consideração

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

Sinal

É a manifestação de um fenômeno que pode ser expresso de forma quantitativa

- É representado como uma função de uma ou mais variáveis independentes
- Contém informações acerca da natureza ou comportamento do fenômeno físico sob consideração
- Exemplo:
 - Sinal de voz = função de uma variável (tempo)

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

Sinal

É a manifestação de um fenômeno que pode ser expresso de forma quantitativa

- É representado como uma função de uma ou mais variáveis independentes
- Contém informações acerca da natureza ou comportamento do fenômeno físico sob consideração
- Exemplo:
 - Sinal de voz = função de uma variável (tempo)
 - Imagem = função de duas variáveis (espaço)

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

- Os sinais podem ser classificados em relação a como variam em função do tempo:

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

- Os sinais podem ser classificados em relação a como variam em função do tempo:

Discreto é definido por um conjunto de valores enumeráveis ou inteiros, cujo intervalo depende da natureza do sinal

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

- Os sinais podem ser classificados em relação a como variam em função do tempo:

Discreto é definido por um conjunto de valores enumeráveis ou inteiros, cujo intervalo depende da natureza do sinal

Contínuo seus estados podem ser definidos em qualquer instante de tempo, ou seja, sem interrupção

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

- Os sinais podem ser classificados em relação a como variam em função do tempo:

Discreto é definido por um conjunto de valores enumeráveis ou inteiros, cujo intervalo depende da natureza do sinal

Contínuo seus estados podem ser definidos em qualquer instante de tempo, ou seja, sem interrupção

- Um sinal ainda pode ser classificado como:

Analógico variações contínuas no tempo. Ex.: onda sonora

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

- Os sinais podem ser classificados em relação a como variam em função do tempo:

Discreto é definido por um conjunto de valores enumeráveis ou inteiros, cujo intervalo depende da natureza do sinal

Contínuo seus estados podem ser definidos em qualquer instante de tempo, ou seja, sem interrupção

- Um sinal ainda pode ser classificado como:

Analógico variações contínuas no tempo. Ex.: onda sonora

Digital variações discretas no tempo. Ex.: código Morse

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

- É possível converter um tipo de sinal em outro através de circuitos eletrônicos:

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

- É possível converter um tipo de sinal em outro através de circuitos eletrônicos:
- Exemplos:
 - Ondas sonoras (sinal analógico) podem ser capturadas por um microfone para serem manipuladas em um computador (sinal digital)

Fundamentos de Imagens Digitais

Tipos de Sinais

- É possível converter um tipo de sinal em outro através de circuitos eletrônicos:
- Exemplos:
 - Ondas sonoras (sinal analógico) podem ser capturadas por um microfone para serem manipuladas em um computador (sinal digital)
 - Em contrapartida, para se reproduzir o áudio nos auto-falantes do computador, o sinal digital deve ser convertido para analógico

Fundamentos de Imagens Digitais

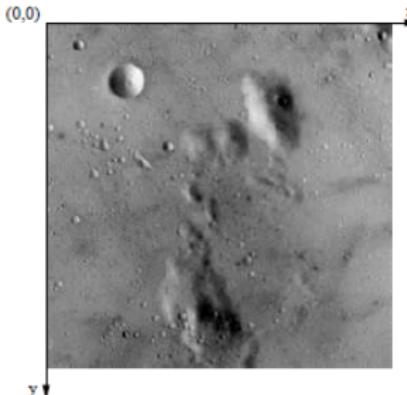
Modelo de Imagens

- Uma imagem pode ser definida como uma função da intensidade luminosa $f(x, y)$, cujo valor ou amplitude nas coordenadas (x, y) denota a intensidade ou brilho da imagem naquele ponto

Fundamentos de Imagens Digitais

Modelo de Imagens

- Uma imagem pode ser definida como uma função da intensidade luminosa $f(x, y)$, cujo valor ou amplitude nas coordenadas (x, y) denota a intensidade ou brilho da imagem naquele ponto
- Convencionalmente o *pixel* no canto superior esquerdo indica a origem $(0, 0)$ do sistema de coordenadas



Fundamentos de Imagens Digitais

Modelo de Imagens

Illuminância quantidade de luz incidente na cena $\equiv i(x, y)$

Determinada pela fonte de luz. Unidade de medida:
lumens/ m^2 (*lux*)

Fundamentos de Imagens Digitais

Modelo de Imagens

Iluminância quantidade de luz incidente na cena $\equiv i(x, y)$

Determinada pela fonte de luz. Unidade de medida:
lumens/m² (*lux*)

Reflectância quantidade de luz refletida na cena $\equiv r(x, y)$

Determinada pela característica dos objetos na cena.
Unidade de medida: valores percentuais [0 . . . 1]

Fundamentos de Imagens Digitais

Modelo de Imagens

Iluminância quantidade de luz incidente na cena $\equiv i(x, y)$

Determinada pela fonte de luz. Unidade de medida:
lumens/m² (*lux*)

Reflectância quantidade de luz refletida na cena $\equiv r(x, y)$

Determinada pela característica dos objetos na cena.
Unidade de medida: valores percentuais [0 . . . 1]

Intensidade de luz composição das duas componentes:

$$f(x, y) = i(x, y) \times r(x, y)$$

onde: $0 < i(x, y) < \infty$ e $0 < r(x, y) < 1$

Fundamentos de Imagens Digitais

Modelo de Imagens

Exemplos de $i(x, y)$:

Dia claro de Sol $900.000 \text{ lumens}/m^2$

Dia nublado $10.000 \text{ lumens}/m^2$

Interior de um escritório $1.000 \text{ lumens}/m^2$

Noite com lua cheia $0.1 \text{ lumens}/m^2$

Fundamentos de Imagens Digitais

Modelo de Imagens

Exemplos de $i(x, y)$:

Dia claro de Sol $900.000 \text{ lumens}/m^2$

Dia nublado $10.000 \text{ lumens}/m^2$

Interior de um escritório $1.000 \text{ lumens}/m^2$

Noite com lua cheia $0.1 \text{ lumens}/m^2$

Exemplos de $r(x, y)$:

Neve 0.93

Parede branca 0.80

Aço inoxidável 0.65

Veludo preto 0.01

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

Digitalização

Processo computacional que permite produzir uma imagem digital.
É o resultado de duas etapas: amostragem e quantização

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

Digitalização

Processo computacional que permite produzir uma imagem digital.
É o resultado de duas etapas: amostragem e quantização

Amostragem discretização do domínio da imagem nas direções x e y , gerando uma matriz $M \times N$ amostras

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

Digitalização

Processo computacional que permite produzir uma imagem digital.
É o resultado de duas etapas: amostragem e quantização

Amostragem discretização do domínio da imagem nas direções x e y , gerando uma matriz $M \times N$ amostras

Quantização escolher o número de níveis de cinza (L) em uma imagem monocromática

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

- Um *pixel* é dado por cada elemento da matriz $f(x, y)$ onde $0 \leq x \leq M - 1$ e $0 \leq y \leq N - 1$

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

- Um *pixel* é dado por cada elemento da matriz $f(x, y)$ onde $0 \leq x \leq M - 1$ e $0 \leq y \leq N - 1$
- A imagem resultante é dado por uma matriz de tamanho $M \times N$:

$$f(x, y) \approx \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(1, 0) & \dots & f(M - 1, 0) \\ f(0, 1) & f(1, 1) & \dots & f(M - 1, 1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(0, N - 1) & f(1, N - 1) & \dots & f(M - 1, N - 1) \end{bmatrix}$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

- Dimensão de um *pixel* denota o espaçamento físico entre as amostras

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

- Dimensão de um *pixel* denota o espaçamento físico entre as amostras
- Cada *pixel* está associado a uma **escala de cinza**, no intervalo $[L_{min}, L_{max}]$ onde $L_{min} \leq f(x, y) \leq L_{max}$

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

- Dimensão de um *pixel* denota o espaçamento físico entre as amostras
- Cada *pixel* está associado a uma **escala de cinza**, no intervalo $[L_{min}, L_{max}]$ onde $L_{min} \leq f(x, y) \leq L_{max}$
- Em uma imagem monocromática, cada intensidade f em (x, y) é denominado **nível de cinza**

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

- Dimensão de um *pixel* denota o espaçamento físico entre as amostras
- Cada *pixel* está associado a uma **escala de cinza**, no intervalo $[L_{min}, L_{max}]$ onde $L_{min} \leq f(x, y) \leq L_{max}$
- Em uma imagem monocromática, cada intensidade f em (x, y) é denominado **nível de cinza**
- Abordagem clássica: associar preto (0) para os tons escuros e branco (255) para os tons mais claros

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

- É usual considerar as dimensões da imagem e o número de níveis de cinza como potências de 2

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

- É usual considerar as dimensões da imagem e o número de níveis de cinza como potências de 2
- São chamadas **imagens binárias** àquelas com apenas 2 níveis de cinza

Fundamentos de Imagens Digitais

Digitalização

- É usual considerar as dimensões da imagem e o número de níveis de cinza como potências de 2
- São chamadas **imagens binárias** àquelas com apenas 2 níveis de cinza
- Imagens binárias são de grande importância: reduzem o espaço necessário para representação e permitem fácil manipulação (operações lógicas clássicas)

Fundamentos de Imagens Digitais

Resolução Espacial vs Profundidade de Imagem

Resolução Gráfica indica a densidade de pixels da imagem, ou seja, quanto maior a densidade menor o espaçamento da amostragem

Fundamentos de Imagens Digitais

Resolução Espacial vs Profundidade de Imagem

Resolução Gráfica indica a densidade de pixels da imagem, ou seja, quanto maior a densidade menor o espaçamento da amostragem

Profundidade de Imagem indica o número de níveis de quantização (b) associado a cada pixel da imagem: $L = 2^b$

Fundamentos de Imagens Digitais

Resolução Espacial vs Profundidade de Imagem

Resolução Gráfica indica a densidade de pixels da imagem, ou seja, quanto maior a densidade menor o espaçamento da amostragem

Profundidade de Imagem indica o número de níveis de quantização (b) associado a cada pixel da imagem: $L = 2^b$
A profundidade representa a quantidade de bits necessários para armazenar cada pixel da imagem

Fundamentos de Imagens Digitais

Resolução Espacial vs Profundidade de Imagem

Resolução Gráfica indica a densidade de pixels da imagem, ou seja, quanto maior a densidade menor o espaçamento da amostragem

Profundidade de Imagem indica o número de níveis de quantização (b) associado a cada pixel da imagem: $L = 2^b$
A profundidade representa a quantidade de bits necessários para armazenar cada pixel da imagem

Exemplo

Para $L = 256$ temos: cada pixel é representado por valores entre 0 e 255, ou seja, $b = 8$ (bits) ou 1 byte

Fundamentos de Imagens Digitais

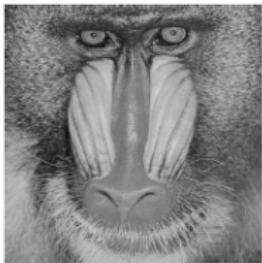
Resolução Espacial vs Profundidade de Imagem

M	N	L = 2	L = 8	L = 32	L = 128	L = 512
320	256	10240	30720	51200	71680	92160
480	320	19200	57600	96000	134400	172800
640	400	32000	96000	160000	224000	288000
800	600	60000	180000	300000	420000	540000
1024	720	92160	276480	460800	645120	829440
1280	800	128000	384000	640000	896000	1152000

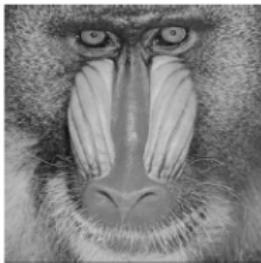
Fundamentos de Imagens Digitais

Resolução Espacial vs Profundidade de Imagem

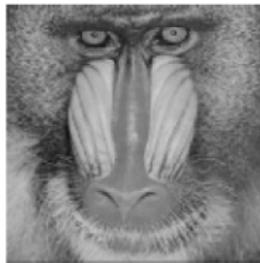
Exemplos de Resolução Gráfica



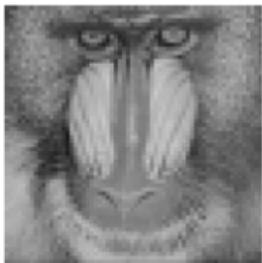
(a) 512×512



(b) 256×256



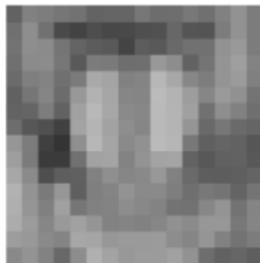
(c) 128×128



(d) 64×64



(e) 32×32

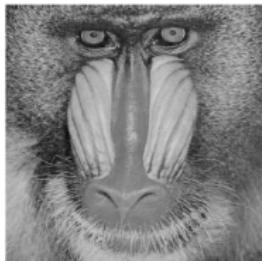


(f) 16×16

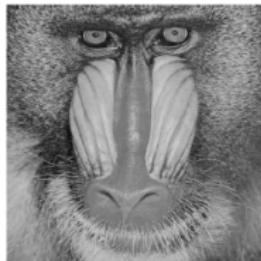
Fundamentos de Imagens Digitais

Resolução Espacial vs Profundidade de Imagem

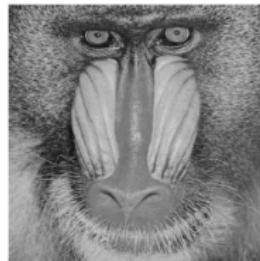
Exemplos de Profundidades de Imagem



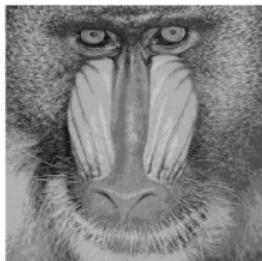
(a) 64



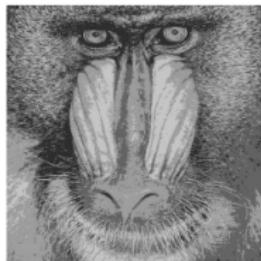
(b) 32



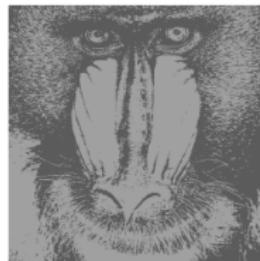
(c) 16



(d) 8



(e) 4



(f) 2

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais - Exercício

- Usando Scipy, extrair as informações de resolução gráfica de uma imagem:

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais - Exercício

- Usando Scipy, extrair as informações de resolução gráfica de uma imagem:

```
1 import scipy.misc  
2 import matplotlib.pyplot as plt  
3 path = "imagens/"  
4 image = scipy.misc.imread(path+'mandril.jpg')  
5 print image.shape
```

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais - Exercício

- Usando Scipy, extrair as informações de resolução gráfica de uma imagem:

```
1 import scipy.misc  
2 import matplotlib.pyplot as plt  
3 path = "imagens/"  
4 image = scipy.misc.imread(path+'mandril.jpg')  
5 print image.shape
```

Retorno: (256, 256, 3)

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais - Exercício

- Usando Scipy, extrair as informações de resolução gráfica de uma imagem:

```
1 import scipy.misc  
2 import matplotlib.pyplot as plt  
3 path = "imagens/"  
4 image = scipy.misc.imread(path+'mandril.jpg')  
5 print image.shape
```

Retorno: **(256, 256, 3)**

o que indica uma imagem com resolução gráfica 256×256 pixels onde cada um tem 3 níveis de profundidade (RGB)

Fundamentos de Imagens Digitais

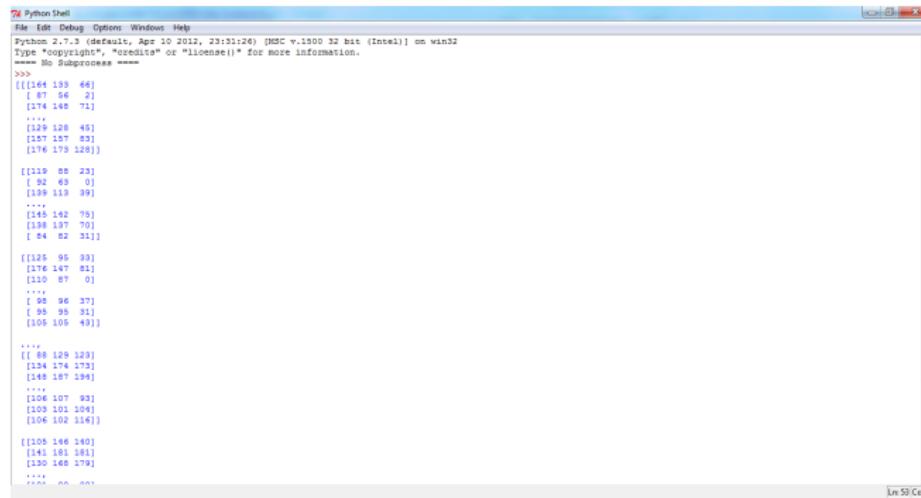
Representação de Imagens Digitais

```
1 import scipy.misc  
2 import matplotlib.pyplot as plt  
3 path = "imagens/"  
4 image = scipy.misc.imread(path+'mandril.jpg')  
5 print image
```

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais

```
1 import scipy.misc  
2 import matplotlib.pyplot as plt  
3 path = "imagens/"  
4 image = scipy.misc.imread(path+'mandril.jpg')  
5 print image
```



```
Python Shell  
File Edit Options Windows Help  
Python 2.7.3 (default, Apr 10 2012, 23:31:26) [MSC v.1500 32 bit (Intel)] on win32  
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.  
---- No Subprocess ----  
[[118 88 23]  
[ 87 56  2]  
[174 148 71]  
...  
[124 128 45]  
[257 157 83]  
[179 179 128]  
  
[[118 88 23]  
[ 87 56  2]  
[159 118 89]  
...  
[145 142 95]  
[188 137 70]  
[ 84 82 31]  
  
[[128 95 33]  
[176 147 81]  
[112 87  0]  
...  
[ 98 96 37]  
[ 95 95 31]  
[105 105 43]  
  
...  
[[ 88 129 123]  
[134 174 173]  
[146 187 194]  
...  
[106 107 93]  
[103 101 104]  
[106 102 118]  
  
[[108 146 140]  
[141 181 181]  
[130 168 179]  
...  
[ 88  88  88]
```

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais

- Matrizes são simples de armazenar, manipular e visualizar os dados representados

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais

- Matrizes são simples de armazenar, manipular e visualizar os dados representados
- A desvantagem é a invariabilidade espacial, ou seja, não é adaptativa a irregularidades na imagem \Rightarrow redundância de dados

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais

- Matrizes são simples de armazenar, manipular e visualizar os dados representados
- A desvantagem é a invariabilidade espacial, ou seja, não é adaptativa a irregularidades na imagem \Rightarrow redundância de dados
- Como solução, utilizam-se modelos de compressão de imagem \Rightarrow redução do espaço de armazenamento e do tempo de transmissão

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais

```
1 import scipy . misc  
2  
3 path = "imagens/"  
4 data = [ # 20 linhas com 20 pixels cada uma  
5     [[0,0,0],[0,0,0],...,[0,0,0],[0,0,0]],      #0,0,0 = PRETO  
6     [[0,0,0],[0,0,0],...,[0,0,0],[0,0,0]],  
7     [[255,255,255],[255,255,255],...,[255,255,255]],    #255, 255, 255 = BRANCO  
8     [[255,255,255],[255,255,255],...,[255,255,255]],  
9     ...  
10    ]  
11    scipy . misc.imsave(path+"listras . png",data)
```

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais



Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais - Exercício

- Desenvolver um programa `xadrez.py`, que crie uma imagem de resolução $W \times H$ como um tabuleiro de xadrez onde o tamanho do quadro é T

Exemplo de uso: `GeraTabuleiro(256, 256, 64, "xadrez.png")`

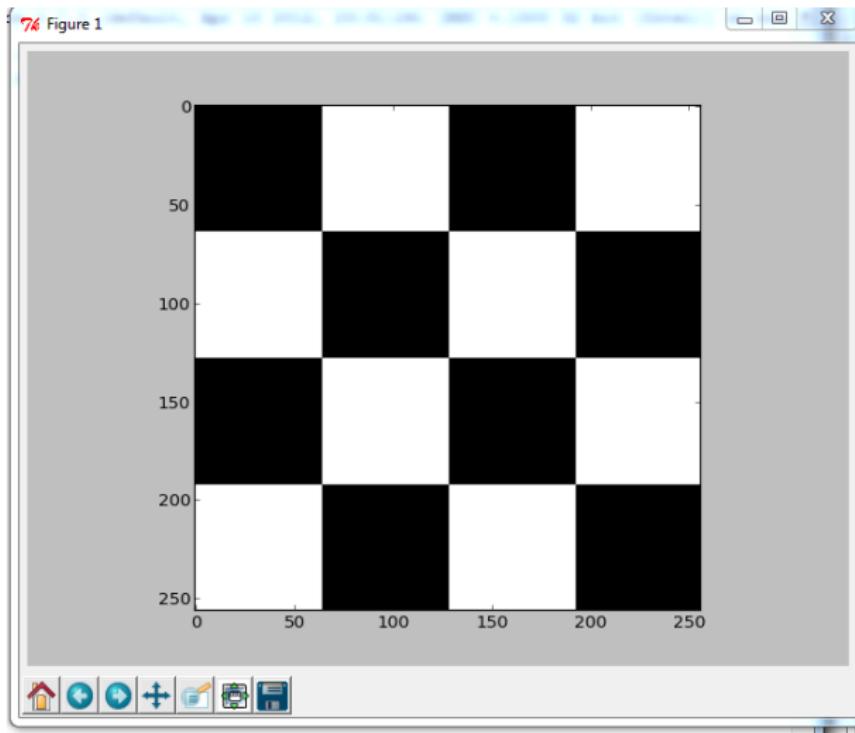
Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais - Exercício

```
1 import scipy .misc
2 import matplotlib .pyplot as plt
3
4 path = "imagens/"
5
6 def GeraTabuleiro(W, H, T, filename):
7     data = []
8     for i in range(0,H):
9         row = []
10        for j in range(0,W):
11            lvl = 0
12            if (j/T) % 2 == 0:
13                if (i/T) % 2 == 0:
14                    lvl = 0
15                else:
16                    lvl = 255
17            else:
18                if (i/T) % 2 == 0:
19                    lvl = 255
20                else:
21                    lvl = 0
22            row.append([lvl , lvl , lvl ])
23        data.append(row)
24
25    scipy .misc.imsave(filename ,data)
26
27 # =====
28
29 GeraTabuleiro(256, 256, 64, path+"xadrez.png")
30
31 resultado = scipy .misc.imread(path+"xadrez.png")
32 plt .imshow(resultado)
33 plt .show()
```

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais - Exercício



Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais

- Pode-se otimizar a representação de uma imagem utilizando-se múltiplas resoluções (resoluções hierárquicas) ⇒ representação em pirâmide

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais

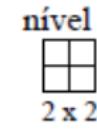
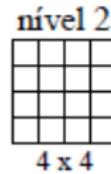
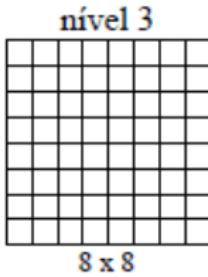
- Pode-se otimizar a representação de uma imagem utilizando-se múltiplas resoluções (resoluções hierárquicas) \Rightarrow representação em pirâmide
- Uma imagem produz uma série de matrizes (níveis) com resoluções diferentes. Assim, para representar uma matriz $N \times N$ (onde N é uma potência de 2) com k versões temos:

$$1 \times 1, \quad \frac{N}{2} \times \frac{N}{2}, \quad \frac{N}{4} \times \frac{N}{4}, \quad \frac{N}{8} \times \frac{N}{8}, \dots$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Representação de Imagens Digitais

Exemplo de Representação hierárquica da Matriz de uma Imagem



Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

- Uma imagem **multibanda** ou **multiespectral** é um tipo de representação hierárquica onde, para cada pixel são armazenados múltiplos níveis de cor $f(x, y) = (L_1, L_2, \dots, L_N)$ onde cada $L_{\max} \leq L_i \leq L_{\min}$ para cada $i = 1, 2, 3, \dots, N$

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

- Uma imagem **multibanda** ou **multiespectral** é um tipo de representação hierárquica onde, para cada pixel são armazenados múltiplos níveis de cor $f(x, y) = (L_1, L_2, \dots, L_N)$ onde cada $L_{max} \leq L_i \leq L_{min}$ para cada $i = 1, 2, 3, \dots, N$
- Exemplos de imagem multibanda: representação de diferentes grandezas como temperatura, pressão ou frequência

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

- Uma imagem **multibanda** ou **multiespectral** é um tipo de representação hierárquica onde, para cada pixel são armazenados múltiplos níveis de cor $f(x, y) = (L_1, L_2, \dots, L_N)$ onde cada $L_{max} \leq L_i \leq L_{min}$ para cada $i = 1, 2, 3, \dots, N$
- Exemplos de imagem multibanda: representação de diferentes grandezas como temperatura, pressão ou frequência
- Uma imagem multiespectral pode ser composta de várias imagens monocromáticas

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

- Uma imagem **multibanda** ou **multiespectral** é um tipo de representação hierárquica onde, para cada pixel são armazenados múltiplos níveis de cor $f(x, y) = (L_1, L_2, \dots, L_N)$ onde cada $L_{max} \leq L_i \leq L_{min}$ para cada $i = 1, 2, 3, \dots, N$
- Exemplos de imagem multibanda: representação de diferentes grandezas como temperatura, pressão ou frequência
- Uma imagem multiespectral pode ser composta de várias imagens monocromáticas
- Aplicações: sensoriamento remoto que operam em diferentes faixas do espectro eletromagnético

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

- Imagens coloridas são exemplos de imagens multibandas onde cada ponto (x, y) é definido por:

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

- Imagens coloridas são exemplos de imagens multibandas onde cada ponto (x, y) é definido por:
 - Luminância quantidade de brilho do ponto

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

- Imagens coloridas são exemplos de imagens multibandas onde cada ponto (x, y) é definido por:
 - Luminância quantidade de brilho do ponto
 - Matiz comprimento de onda dominante

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

- Imagens coloridas são exemplos de imagens multibandas onde cada ponto (x, y) é definido por:
 - Luminância quantidade de brilho do ponto
 - Matiz comprimento de onda dominante
 - Saturação grau de pureza da matiz

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

- Imagens coloridas são exemplos de imagens multibandas onde cada ponto (x, y) é definido por:
 - Luminância quantidade de brilho do ponto
 - Matiz comprimento de onda dominante
 - Saturação grau de pureza da matiz
- Uma representação comum de cor utiliza três bandas primárias de cor: vermelha (R), verde (G) e azul (B), com profundidade de 1 byte de cor (24 bits/pixel)

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

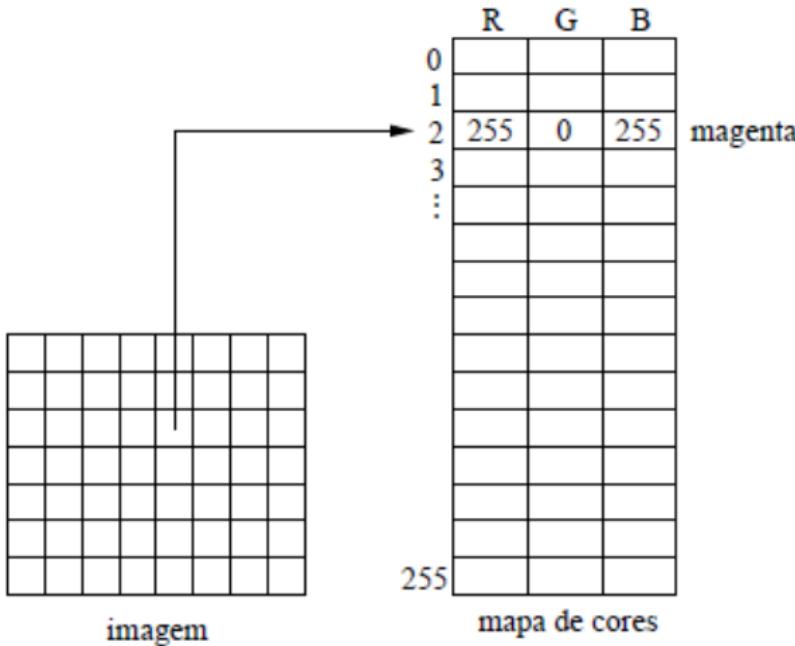
Representação Multibanda RGB de uma Imagem



Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

Representação Multibanda RGB de uma Imagem por Tabela de Cores



Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multibandas ou Multiespectrais

Exemplo de Representação da Matriz de uma Imagem

120	138	120	151	139
110	129	129	139	146
150	138	137	138	129
137	129	129	128	137
146	145	131	132	145



Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multidimensionais

Definição

Uma imagem multidimensional 3D é representada como uma sequência de imagens monocromáticas ou multibandas ao longo de um eixo dimensional z ou temporal t

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multidimensionais

Definição

Uma imagem multidimensional 3D é representada como uma sequência de imagens monocromáticas ou multibandas ao longo de um eixo dimensional z ou temporal t

- Nas tomografias computadorizadas realizam uma sequência de fatias de varredura (cortes), geralmente uniformemente variadas no espaço, assim produzindo uma imagem multimensional (volumétrica)

Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multidimensionais

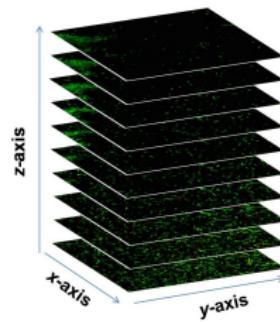
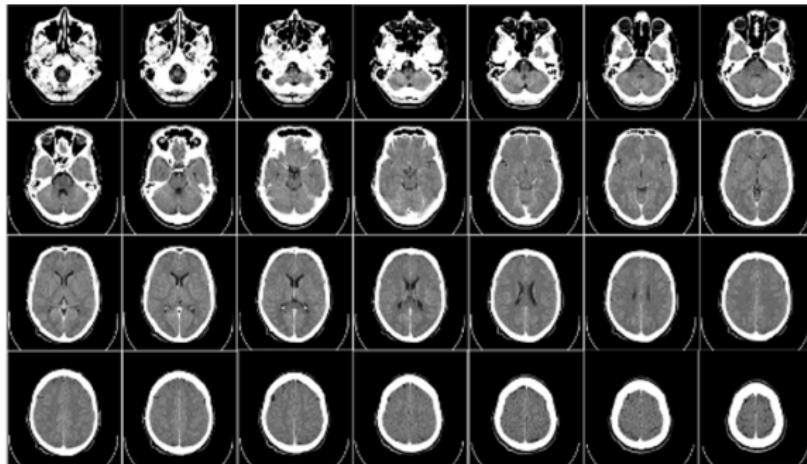
Definição

Uma imagem multidimensional 3D é representada como uma sequência de imagens monocromáticas ou multibandas ao longo de um eixo dimensional z ou temporal t

- Nas tomografias computadorizadas realizam uma sequência de fatias de varredura (cortes), geralmente uniformemente variadas no espaço, assim produzindo uma imagem multidimensional (volumétrica)
- Nestas imagens, um pixel é representado por suas dimensões $p \times p$ e o espaçamento d nos cortes. Desta forma, um pixel 3D é dado por $p \times p \times d$ e é denominado **voxel** (*volumetric pixel*)

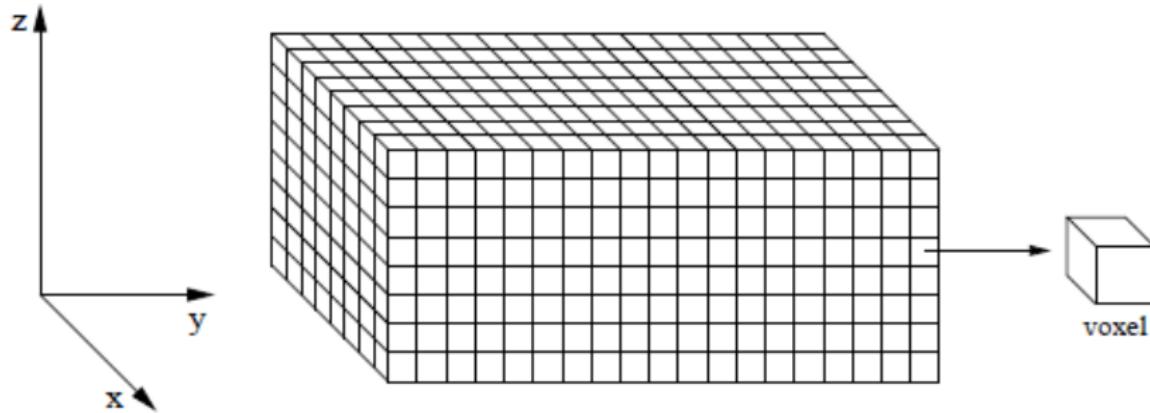
Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multidimensionais



Fundamentos de Imagens Digitais

Imagens Multidimensionais



Fundamentos de Imagens Digitais

Sistema Visual Humano

- Visão é um dos principais sentidos humanos e envolve funções complexas como detecção, localização, reconhecimento e interpretação do ambiente

Fundamentos de Imagens Digitais

Sistema Visual Humano

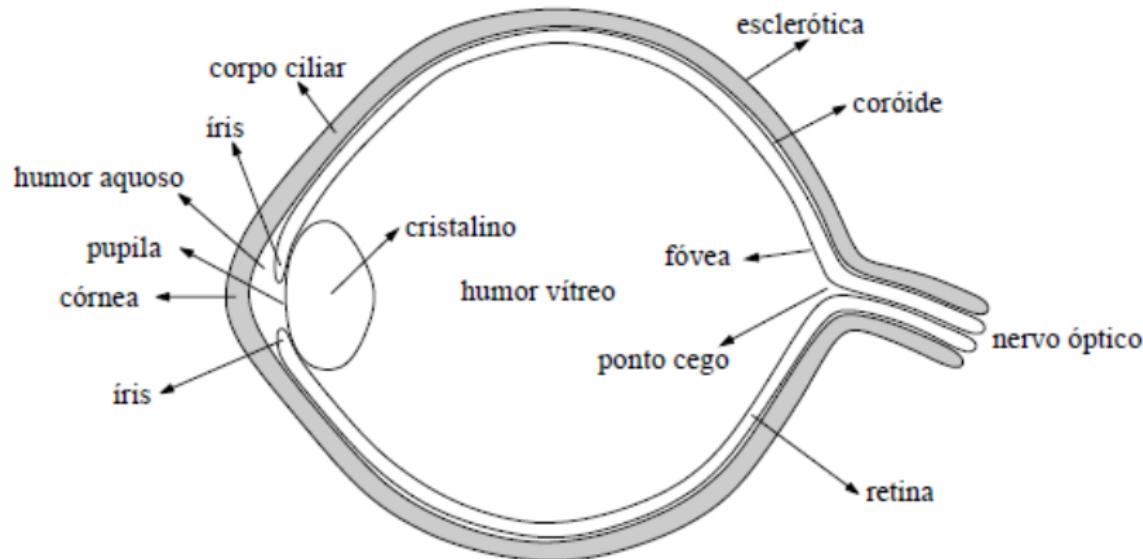
- Visão é um dos principais sentidos humanos e envolve funções complexas como detecção, localização, reconhecimento e interpretação do ambiente

Visão Computacional

É a área da computação que visa dotar as máquinas com capacidades visuais inspirada no funcionamento do sistema visual humano, tais como: adquirir, analisar e interpretar informações visuais

Fundamentos de Imagens Digitais

Sistema Visual Humano



Fundamentos de Imagens Digitais

Sistema Visual Humano

Córnea funciona como uma lente cujo poder de refração permite a formação de uma imagem sobre a retina

Fundamentos de Imagens Digitais

Sistema Visual Humano

Córnea funciona como uma lente cujo poder de refração permite a formação de uma imagem sobre a retina

Íris e Pupila é a abertura frontal variável do olho que controla a quantidade de luz que entra no olho

Fundamentos de Imagens Digitais

Sistema Visual Humano

Córnea funciona como uma lente cujo poder de refração permite a formação de uma imagem sobre a retina

Íris e Pupila é a abertura frontal variável do olho que controla a quantidade de luz que entra no olho

Cristalino lente gelatinosa e elástica que auxilia a córnea na focalização da luz, ajustando a visão para objetos próximos e distantes

Fundamentos de Imagens Digitais

Sistema Visual Humano

Córnea funciona como uma lente cujo poder de refração permite a formação de uma imagem sobre a retina

Íris e Pupila é a abertura frontal variável do olho que controla a quantidade de luz que entra no olho

Cristalino lente gelatinosa e elástica que auxilia a córnea na focalização da luz, ajustando a visão para objetos próximos e distantes

Retina camada de tecidos nervosos composta por células sensíveis à luz:

Fundamentos de Imagens Digitais

Sistema Visual Humano

Córnea funciona como uma lente cujo poder de refração permite a formação de uma imagem sobre a retina

Íris e Pupila é a abertura frontal variável do olho que controla a quantidade de luz que entra no olho

Cristalino lente gelatinosa e elástica que auxilia a córnea na focalização da luz, ajustando a visão para objetos próximos e distantes

Retina camada de tecidos nervosos composta por células sensíveis à luz:

Cones células sensíveis à cor

Bastonetes células responsáveis por perceber a intensidade de energia luminosa do ambiente (claro/escuro)

Fundamentos de Imagens Digitais

Sensores digitais como uma Metáfora para o Sistema Visual Humano

- Olho Humano ⇒ Câmera Fotográfica = princípio de funcionamento

Fundamentos de Imagens Digitais

Sensores digitais como uma Metáfora para o Sistema Visual Humano

- Olho Humano ⇒ Câmera Fotográfica = princípio de funcionamento
- Tampa da lente ⇒ pálpebra do olho = abertura para entrada de luz

Fundamentos de Imagens Digitais

Sensores digitais como uma Metáfora para o Sistema Visual Humano

- Olho Humano ⇒ Câmera Fotográfica = princípio de funcionamento
- Tampa da lente ⇒ pálpebra do olho = abertura para entrada de luz
- Obturador da câmera ⇒ íris/pupila do olho = controle da quantidade de luz incidente

Fundamentos de Imagens Digitais

Sensores digitais como uma Metáfora para o Sistema Visual Humano

- Olho Humano ⇒ Câmera Fotográfica = princípio de funcionamento
- Tampa da lente ⇒ pálpebra do olho = abertura para entrada de luz
- Obturador da câmera ⇒ íris/pupila do olho = controle da quantidade de luz incidente
- Lentes da câmera ⇒ córnea & cristalino = focalização

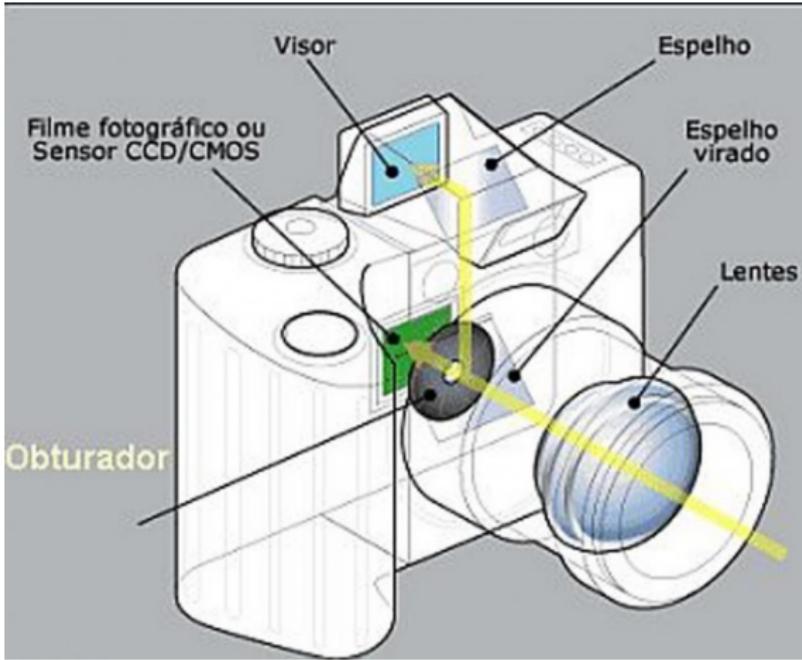
Fundamentos de Imagens Digitais

Sensores digitais como uma Metáfora para o Sistema Visual Humano

- Olho Humano ⇒ Câmera Fotográfica = princípio de funcionamento
- Tampa da lente ⇒ pálpebra do olho = abertura para entrada de luz
- Obturador da câmera ⇒ íris/pupila do olho = controle da quantidade de luz incidente
- Lentes da câmera ⇒ córnea & cristalino = focalização
- Filmes fotográficos e/ou sensor CCD ⇒ retina = captação e armazenamento da informação ótica

Fundamentos de Imagens Digitais

Sensores digitais como uma Metáfora para o Sistema Visual Humano



<http://www.gazetadopovo.com.br/blogs/foto-sintese/cursode-fotografia/>

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens

Ruído

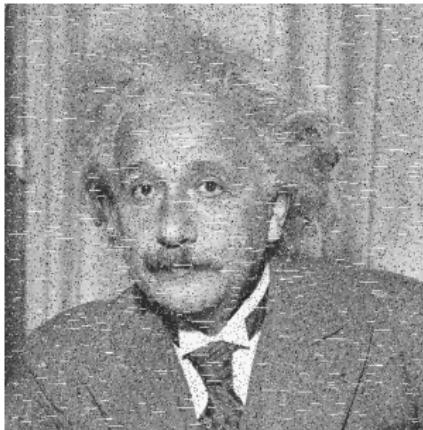
É uma degradação inerente a muitos processos de captura, transmissão e/ou processamento de imagens

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens

Ruído

É uma degradação inerente a muitos processos de captura, transmissão e/ou processamento de imagens



<http://www.vision.ime.usp.br/~nina/cursos/mac5746-03/pratica.html>

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens

- Pode ser modelado como uma variável aleatória z , caracterizada por uma função de probabilidade $p(z)$

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens

- Pode ser modelado como uma variável aleatória z , caracterizada por uma função de probabilidade $p(z)$
- Tipos mais comuns de ruído:
 - Impulsivo
 - Gaussiano
 - Uniforme
 - Erlang
 - Exponencial
 - Rayleigh
 - Poisson

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: impulsivo

- Caracteriza-se pela ocorrência de *pixels* cujos valores de luminosidade diferem significativamente de seus vizinhos

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: impulsivo

- Caracteriza-se pela ocorrência de *pixels* cujos valores de luminosidade diferem significativamente de seus vizinhos
- Tipo comum: ruído **sal-e-pimenta** = pixels brancos e pretos

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: impulsivo

- Caracteriza-se pela ocorrência de *pixels* cujos valores de luminosidade diferem significativamente de seus vizinhos
- Tipo comum: ruído **sal-e-pimenta** = pixels brancos e pretos

$$p(z) = \begin{cases} P_a & z = a \\ P_b & z = b \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: impulsivo

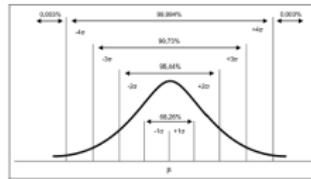


<https://maalencar.wordpress.com/2012/05/17/bconvolution-examples-with-matlab/>

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: gaussiano

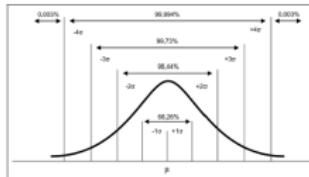
- Caracteriza-se pela ocorrência de *pixels* cujos valores variam de intensidade de acordo com uma distribuição gaussiana



Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: gaussiano

- Caracteriza-se pela ocorrência de *pixels* cujos valores variam de intensidade de acordo com uma distribuição gaussiana

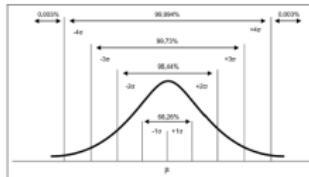


- Usado para modelar degradação proveniente da aquisição digital de imagens

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: gaussiano

- Caracteriza-se pela ocorrência de *pixels* cujos valores variam de intensidade de acordo com uma distribuição gaussiana



- Usado para modelar degradação proveniente da aquisição digital de imagens

$$p(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(z-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

μ = média e σ^2 = variância da variável aleatória z

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: gaussiano



<http://www.dca.fee.unicamp.br/~lotufo/Courses/ia-636-1995/mylene/proj.html>

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: uniforme

- Também chamado de **ruído de quantização** é originado do processo de conversão analógico-digital

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: uniforme

- Também chamado de **ruído de quantização** é originado do processo de conversão analógico-digital
- Apresenta uma distribuição uniforme ou retangular (distribuição aleatória)

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: uniforme

- Também chamado de **ruído de quantização** é originado do processo de conversão analógico-digital
- Apresenta uma distribuição uniforme ou retangular (distribuição aleatória)

$$p(z) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{para } a \leq z \leq b \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

onde: $\mu = \frac{a+b}{2}$ e $\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: uniforme



<http://www.dca.fee.unicamp.br/~lotufo/Courses/ia-636-1995/mylene/proj.html>

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: Erlang

- Também chamado de **ruído gama** é aquela que apresenta uma distribuição da forma:

$$p(z) = \begin{cases} \frac{a^b z^{b-1}}{(b-1)!} e^{-az} & \text{para } z \geq 0 \\ 0 & \text{para } z < 0 \end{cases}$$

onde: $a > 0$ e b é um valor inteiro positivo.

E ainda:

$$\mu = \frac{b}{a} \quad \text{e} \quad \sigma^2 = \frac{b}{a^2}$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: exponencial

- É um caso particular de ruído Erlang onde $b = 1$:

$$p(z) = \begin{cases} ae^{-az} & \text{para } z \geq 0 \\ 0 & \text{para } z < 0 \end{cases}$$

onde: $a > 0$ e

$$\mu = \frac{1}{a} \quad \text{e} \quad \sigma^2 = \frac{1}{a^2}$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: exponencial



<http://www.dca.fee.unicamp.br/~lotufo/Courses/ia-636-1995/mylene/proj.html>

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: Rayleigh

- O ruído Rayleigh segue a seguinte distribuição de probabilidade:

$$p(z) = \begin{cases} \frac{2}{b}(z - a)e^{-\frac{(z-a)^2}{b}} & \text{para } z \geq a \\ 0 & \text{para } z < a \end{cases}$$

onde:

$$\mu = a + \sqrt{\pi \frac{b}{4}} \quad e \quad \sigma^2 = \frac{b(4 - \pi)}{4}$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: Rayleigh



<http://www.dca.fee.unicamp.br/~lotufo/Courses/ia-636-1995/mylene/proj.html>

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: Poisson

- O ruído Rayleigh segue a seguinte distribuição de probabilidade:

$$p(z) = \begin{cases} \frac{e^{-\mu} \mu^z}{z!} & \text{para } z \geq 0 \\ 0 & \text{para } z < 0 \end{cases}$$

onde: μ = média da função de probabilidade e a variância $\sigma^2 = \mu$

Fundamentos de Imagens Digitais

Ruídos em Imagens: Poisson



<http://www.dca.fee.unicamp.br/~lotufo/Courses/ia-636-1995/mylene/proj.html>

Fundamentos de Imagens Digitais

Entropia

Entropia ou Incerteza

É uma medida da quantidade de informação transferida por um canal ou gerada por uma fonte

Foi proposta por Shannon (1948)

Fundamentos de Imagens Digitais

Entropia

Entropia ou Incerteza

É uma medida da quantidade de informação transferida por um canal ou gerada por uma fonte

Foi proposta por Shannon (1948)

- Quanto maior o valor da entropia, mais incerteza e portanto mais informação estará associada ao canal

Fundamentos de Imagens Digitais

Entropia

Entropia ou Incerteza

É uma medida da quantidade de informação transferida por um canal ou gerada por uma fonte

Foi proposta por Shannon (1948)

- Quanto maior o valor da entropia, mais incerteza e portanto mais informação estará associada ao canal
- O princípio fundamental da teoria de informação estabelece que a geração de informação pode ser modelada como um processo probabilístico

Fundamentos de Imagens Digitais

Entropia

Entropia ou Incerteza

É uma medida da quantidade de informação transferida por um canal ou gerada por uma fonte

Foi proposta por Shannon (1948)

- Quanto maior o valor da entropia, mais incerteza e portanto mais informação estará associada ao canal
- O princípio fundamental da teoria de informação estabelece que a geração de informação pode ser modelada como um processo probabilístico
- Uma imagem pode ser considerada como o resultado de um processo aleatório, no qual a probabilidade p_i corresponde à probabilidade de um pixel em uma imagem digital assumir um valor de intensidade i , $i = 0, 1, \dots, L_{max}$

Fundamentos de Imagens Digitais

Entropia

- A distribuição dos níveis de intensidade da imagem pode ser transformada em uma função densidade de probabilidade, dividindo-se o número de pixels de intensidade i , denotado n_i , pelo número total n de pixels na imagem:

$$p_i = \frac{n_i}{n}$$

onde:

$$\sum_{i=0}^{L_{max}} p_i = 1$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Entropia

- A distribuição dos níveis de intensidade da imagem pode ser transformada em uma função densidade de probabilidade, dividindo-se o número de pixels de intensidade i , denotado n_i , pelo número total n de pixels na imagem:

$$p_i = \frac{n_i}{n}$$

onde:

$$\sum_{i=0}^{L_{max}} p_i = 1$$

- A entropia H de uma imagem pode ser calculada por

$$H = - \sum_{i=0}^{L_{max}} p_i \log p_i$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Entropia

- A entropia de uma imagem é uma medida positiva e, quando a base do logaritmo for dois, a unidade resultante é dada em bits

Fundamentos de Imagens Digitais

Entropia

- A entropia de uma imagem é uma medida positiva e, quando a base do logaritmo for dois, a unidade resultante é dada em bits
- O menor valor para a entropia é zero, ocorrendo quando todos os pixels possuem uma mesma intensidade de cinza

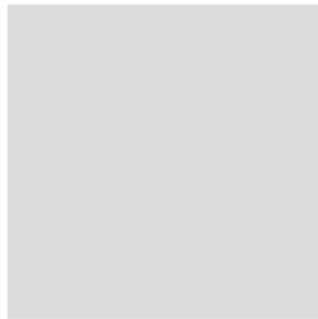
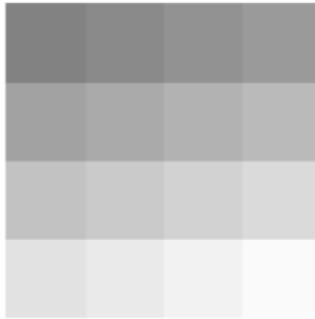
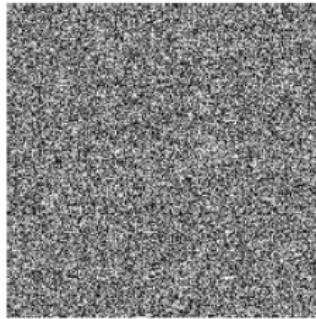
Fundamentos de Imagens Digitais

Entropia

- A entropia de uma imagem é uma medida positiva e, quando a base do logaritmo for dois, a unidade resultante é dada em bits
- O menor valor para a entropia é zero, ocorrendo quando todos os pixels possuem uma mesma intensidade de cinza
- Por outro lado, a máxima entropia ocorre quando uma imagem contém a mesma quantidade de pixels para todas as intensidades

Fundamentos de Imagens Digitais

Entropia

(a) $H=0$ (b) $H=1$ (c) $H=1$ (d) $H=2$ (e) $H=4$ (f) $H=8$

Fundamentos de Imagens Digitais

Relacionamento entre Elementos de uma Imagem

Elementos:

Pixel elemento f em uma matriz bidimensional denotado por
 $f(x, y)$

Fundamentos de Imagens Digitais

Relacionamento entre Elementos de uma Imagem

Elementos:

Pixel elemento f em uma matriz bidimensional denotado por
 $f(x, y)$

Voxel elemento f em uma matriz tridimensional denotado por
 $f(x, y, z)$

Fundamentos de Imagens Digitais

Relacionamento entre Elementos de uma Imagem

Elementos:

Pixel elemento f em uma matriz bidimensional denotado por $f(x, y)$

Voxel elemento f em uma matriz tridimensional denotado por $f(x, y, z)$

Relacionamento entre elementos:

- Vizinhança
- Conectividade
- Adjacência
- Caminho
- Componentes Conexos
- Borda e Interior

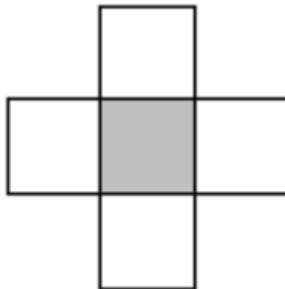
Fundamentos de Imagens Digitais

Vizinhança

Vizinhança-4

Definida pelos quatro pixels vizinhos (horizontal e verticalmente)

$$(x - 1, y); (x + 1, y); (x, y - 1); (x, y + 1)$$

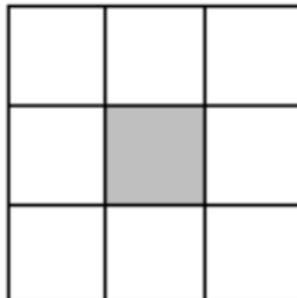


Fundamentos de Imagens Digitais

Vizinhança

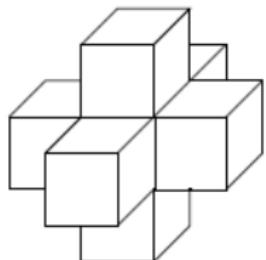
Vizinhança-8

Definida pelos oito pixels vizinhos (horizontal e vertical e diagonalmente)

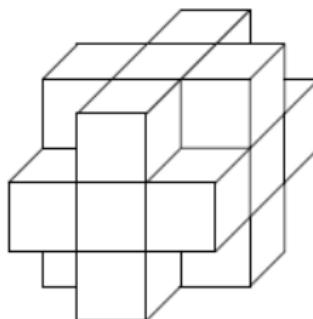
$$(x - 1, y); (x + 1, y); (x, y - 1); (x, y + 1)$$
$$(x - 1, y - 1); (x + 1, y + 1); (x - 1, y + 1); (x + 1, y - 1)$$


Fundamentos de Imagens Digitais

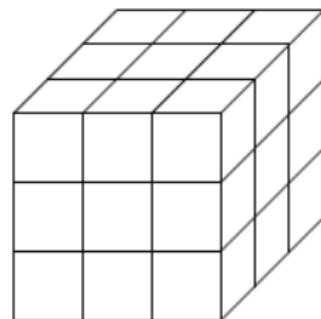
Vizinhança



(a) vizinhança-6



(b) vizinhança-18



(c) vizinhança-26

Fundamentos de Imagens Digitais

Conectividade

Conectividade

Dois elementos são conexos se forem vizinhos e ainda apresentem **similaridade** (p.ex.: intensidade de cinza, cor ou textura)

Fundamentos de Imagens Digitais

Conectividade

Conectividade

Dois elementos são conexos se forem vizinhos e ainda apresentem **similaridade** (p.ex.: intensidade de cinza, cor ou textura)

- Exemplo: Em uma imagem binária, dois pixels serão conexos se forem vizinhos e se tiverem o mesmo valor (0 ou 1)

Fundamentos de Imagens Digitais

Adjacência

- Um elemento f_1 será adjacente a um elemento f_2 se estes forem conexos de acordo com o critério de vizinhança adotado

Fundamentos de Imagens Digitais

Adjacência

- Um elemento f_1 será adjacente a um elemento f_2 se estes forem conexos de acordo com o critério de vizinhança adotado
- Dois subconjuntos S_1 e S_2 serão adjacentes se pelo menos um elemento de S_1 for adjacente a algum elemento de S_2

Fundamentos de Imagens Digitais

Caminho

Caminho: $(x_1, y_1) \rightarrow (x_n, y_n)$

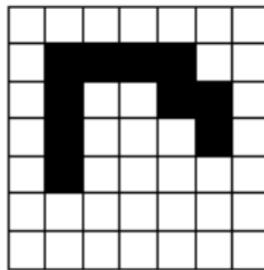
É uma sequência de pixels adjacentes distintos de coordenadas $(x_1, y_1); (x_2, y_2); \dots; (x_n, y_n)$ onde n é o comprimento do caminho

Fundamentos de Imagens Digitais

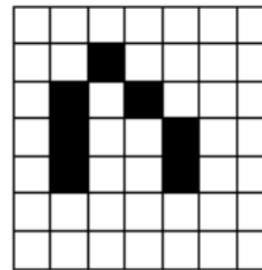
Caminho

Caminho: $(x_1, y_1) \rightarrow (x_n, y_n)$

É uma sequência de pixels adjacentes distintos de coordenadas $(x_1, y_1); (x_2, y_2); \dots; (x_n, y_n)$ onde n é o comprimento do caminho



(a) caminho-4



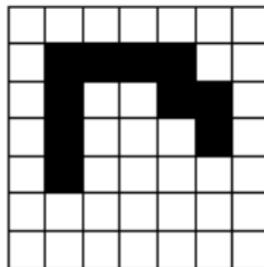
(b) caminho-8

Fundamentos de Imagens Digitais

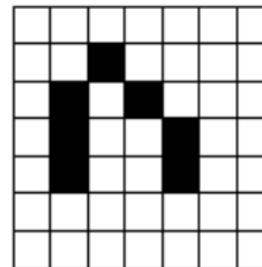
Caminho

Caminho: $(x_1, y_1) \rightarrow (x_n, y_n)$

É uma sequência de pixels adjacentes distintos de coordenadas $(x_1, y_1); (x_2, y_2); \dots; (x_n, y_n)$ onde n é o comprimento do caminho



(a) caminho-4



(b) caminho-8

- O caminho-4 tem comprimento 10
- O caminho-8 tem comprimento 7
- O conceito de caminho é extensível também para voxels em 3D

Fundamentos de Imagens Digitais

Componentes Conexos

Componentes Conexos

Qualquer subconjunto de elementos C que são conexos entre si

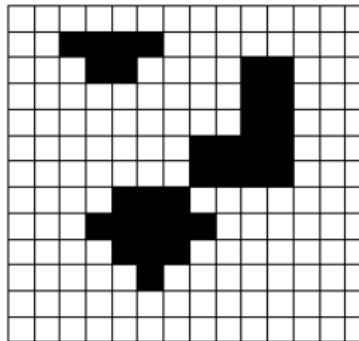
Fundamentos de Imagens Digitais

Componentes Conexos

Componentes Conexos

Qualquer subconjunto de elementos C que são conexos entre si

- Quantos componentes conexos há na imagem abaixo ?



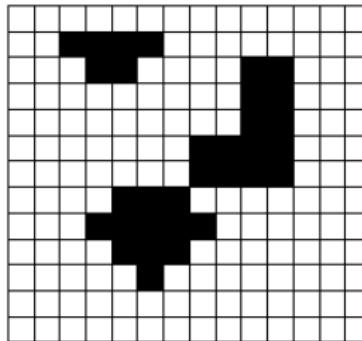
Fundamentos de Imagens Digitais

Componentes Conexos

Componentes Conexos

Qualquer subconjunto de elementos C que são conexos entre si

- Quantos componentes conexos há na imagem abaixo ?



Vizinhança-4 3 componentes conexos

Vizinhança-8 2 componentes conexos

Fundamentos de Imagens Digitais

Borda e Interior

Borda

É o conjunto de pixels pertencentes a um componente conexo S e que possuem vizinhança-4 com um ou mais pixels externos a $S =$ contorno do componente S

Fundamentos de Imagens Digitais

Borda e Interior

Borda

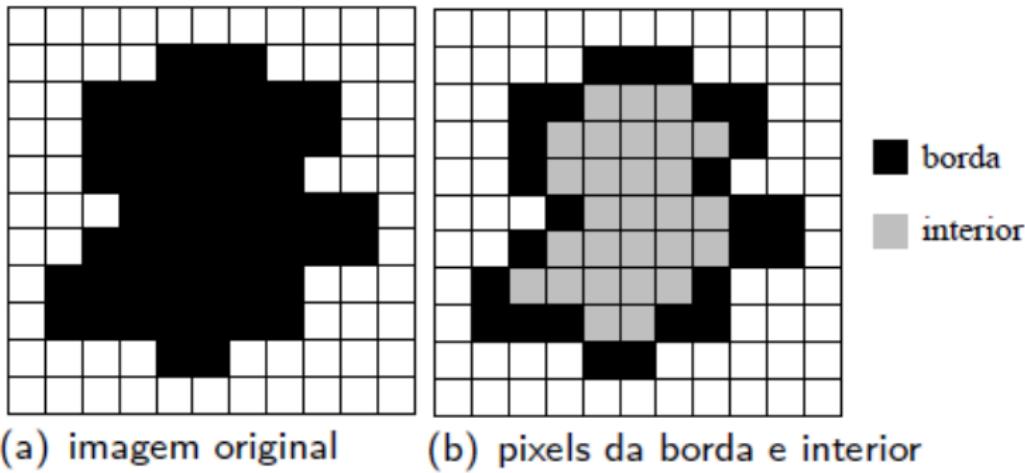
É o conjunto de pixels pertencentes a um componente conexo S e que possuem vizinhança-4 com um ou mais pixels externos a $S =$ contorno do componente S

Interior

É o conjunto de pixels pertencentes ao componente S e que não estejam na sua borda

Fundamentos de Imagens Digitais

Borda e Interior



Fundamentos de Imagens Digitais

Medidas de Distância

- Existem diversas maneiras de se medir distância entre elementos em uma imagem → convenção matemática

Fundamentos de Imagens Digitais

Medidas de Distância

- Existem diversas maneiras de se medir distância entre elementos em uma imagem → convenção matemática
- Dados três elementos f_1, f_2 e f_3 com coordenadas $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$, qualquer métrica de distância D deve apresentar as seguintes propriedades:
 - ➊ $D(f_1, f_2) \leq 0$ ($D(f_1, f_2) = 0$ se e somente se $f_1 = f_2$)

Fundamentos de Imagens Digitais

Medidas de Distância

- Existem diversas maneiras de se medir distância entre elementos em uma imagem → convenção matemática
- Dados três elementos f_1, f_2 e f_3 com coordenadas $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$, qualquer métrica de distância D deve apresentar as seguintes propriedades:
 - ① $D(f_1, f_2) \leq 0$ ($D(f_1, f_2) = 0$ se e somente se $f_1 = f_2$)
 - ② $D(f_1, f_2) = D(f_2, f_1)$

Fundamentos de Imagens Digitais

Medidas de Distância

- Existem diversas maneiras de se medir distância entre elementos em uma imagem → convenção matemática
- Dados três elementos f_1, f_2 e f_3 com coordenadas $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$, qualquer métrica de distância D deve apresentar as seguintes propriedades:
 - ➊ $D(f_1, f_2) \leq 0$ ($D(f_1, f_2) = 0$ se e somente se $f_1 = f_2$)
 - ➋ $D(f_1, f_2) = D(f_2, f_1)$
 - ➌ $D(f_1, f_3) \leq D(f_1, f_2) + D(f_2, f_3)$

Fundamentos de Imagens Digitais

Distância Euclidiana

Distância Euclidiana

$$D_E(f_1, f_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Distância Euclidiana

Distância Euclidiana

$$D_E(f_1, f_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

- Considerando um elemento central de coordenadas (x, y) , abaixo é apresentado o conjunto de distâncias $D_E \leq 3$:

			3			
	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{2}$	
	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
3	2	1	0	1	2	3
	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{2}$	
			3			

Fundamentos de Imagens Digitais

Distância Euclidiana

Distância Euclidiana

$$D_E(f_1, f_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

- Considerando um elemento central de coordenadas (x, y) , abaixo é apresentado o conjunto de distâncias $D_E \leq 3$:

			3			
	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{2}$	
	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
3	2	1	0	1	2	3
	$\sqrt{5}$	$\sqrt{2}$	1	$\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	
	$2\sqrt{2}$	$\sqrt{5}$	2	$\sqrt{5}$	$2\sqrt{2}$	
			3			

- A distância Euclidiana está mais próxima do caso contínuo, entretanto, requer mais esforço computacional e pode produzir valores fracionários

Fundamentos de Imagens Digitais

Distância D_4

Distância D_4 ou *city-block*

$$D_4(f_1, f_2) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Distância D_4

Distância D_4 ou *city-block*

$$D_4(f_1, f_2) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$$

- Considerando um elemento central de coordenadas (x, y) , abaixo é apresentado o conjunto de distâncias $D_4 \leq 3$:

						3
			3	2	3	
		3	2	1	2	3
3	2	1	0	1	2	3
	3	2	1	2	3	
		3	2	3		
			3			

Fundamentos de Imagens Digitais

Distância D_8

Distância D_8 ou *chessboard*

$$D_8(f_1, f_2) = \max(|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|)$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Distância D_8

Distância D_8 ou *chessboard*

$$D_8(f_1, f_2) = \max(|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|)$$

- Considerando um elemento central de coordenadas (x, y) , abaixo é apresentado o conjunto de distâncias $D_8 \leq 3$:

3	3	3	3	3	3	3
3	2	2	2	2	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	1	0	1	2	3
3	2	1	1	1	2	3
3	2	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3

Fundamentos de Imagens Digitais

Operações Aritméticas

- Adição

$$\min(f_1(x, y) + f_2(x, y), 255)$$

- Subtração

$$\max(f_1(x, y) - f_2(x, y), 0)$$

- Multiplicação

$$\text{int}(\max(f_1(x, y) \times \epsilon, 255))$$

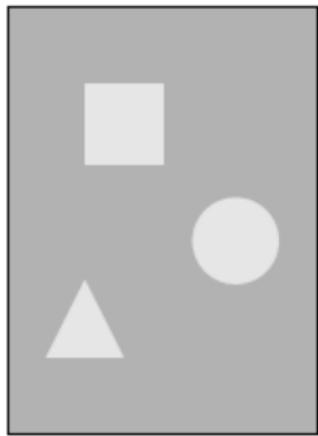
- Divisão¹

$$\text{int}\left(\frac{f_1(x, y)}{f_2(x, y)} \times 255\right)$$

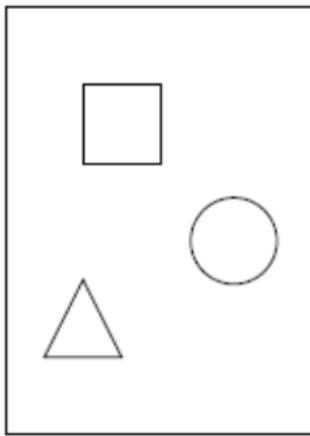
¹Prevenir divisão por zero

Fundamentos de Imagens Digitais

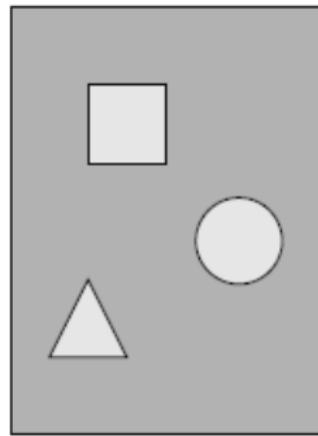
Operações Aritméticas



(A) imagem original



(B) mapa de bordas



Adição: (A) + (B)

Fundamentos de Imagens Digitais

Operações Aritméticas

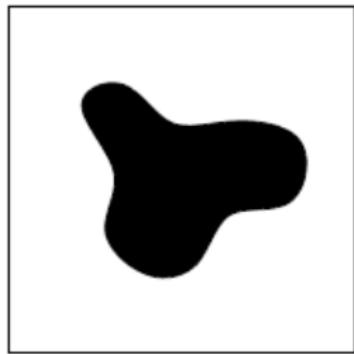


Imagen (A)

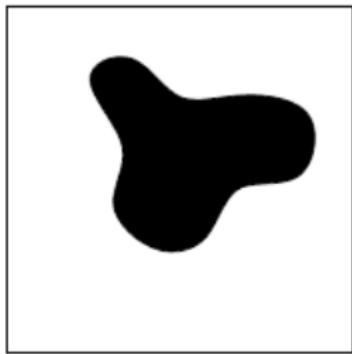


Imagen (B)



Diferença: (A) - (B)

Fundamentos de Imagens Digitais

Operações Aritméticas



Imagen original (A)

$\times 3 =$



Multiplicação: $(A) * 3$

Fundamentos de Imagens Digitais

Operações Lógicas

- São aplicáveis apenas a imagens binárias onde preto (= 0) indica objetos e branco (= 1) indica fundo da imagem

Fundamentos de Imagens Digitais

Operações Lógicas

- São aplicáveis apenas a imagens binárias onde preto ($= 0$) indica objetos e branco ($= 1$) indica fundo da imagem

AND $f_1(x, y)$ AND $f_2(x, y)$

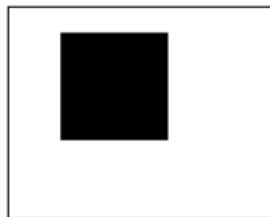
OR $f_1(x, y)$ OR $f_2(x, y)$

XOR $f_1(x, y)$ XOR $f_2(x, y)$

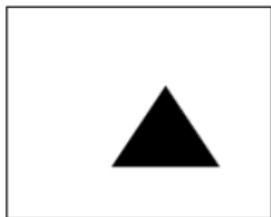
NOT NOT($f_1(x, y)$)

Fundamentos de Imagens Digitais

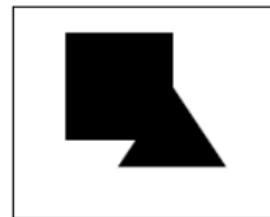
Operações Lógicas



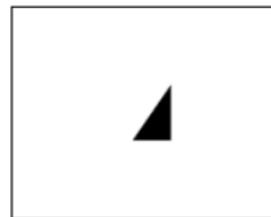
A



B



A OR B



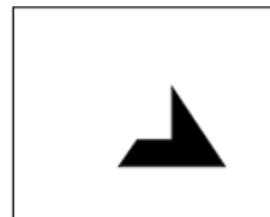
A AND B



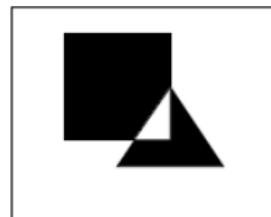
NOT(A)



NOT(B)



NOT(A) AND B



A XOR B

Fundamentos de Imagens Digitais

Operações Lógicas e Aritméticas

- Além de operações pixel-a-pixel, também é possível realizar operações orientadas à vizinhança

Fundamentos de Imagens Digitais

Operações Lógicas e Aritméticas

- Além de operações pixel-a-pixel, também é possível realizar operações orientadas à vizinhança
- Processo: uso de “máscaras” (ou janelas ou filtros) que são sub-regiões de amostragem para a qual um certo processamento é realizado

Fundamentos de Imagens Digitais

Operações Lógicas e Aritméticas

- Além de operações pixel-a-pixel, também é possível realizar operações orientadas à vizinhança
- Processo: uso de “máscaras” (ou janelas ou filtros) que são sub-regiões de amostragem para a qual um certo processamento é realizado
- Exemplo: para uma vizinhança 3×3 substitui-se o elemento na posição $f(x, y)$ pela média de seus 9 vizinhos:

$$\bar{f}(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 f(x + m, y + n)$$

Fundamentos de Imagens Digitais

Operações Lógicas e Aritméticas

- Além de operações pixel-a-pixel, também é possível realizar operações orientadas à vizinhança
- Processo: uso de “máscaras” (ou janelas ou filtros) que são sub-regiões de amostragem para a qual um certo processamento é realizado
- Exemplo: para uma vizinhança 3×3 substitui-se o elemento na posição $f(x, y)$ pela média de seus 9 vizinhos:

$$\bar{f}(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 f(x + m, y + n)$$

$$\begin{aligned}\bar{f}(x, y) = \frac{1}{9} & [f(x - 1, y - 1) + f(x, y - 1) + f(x + 1, y - 1) + f(x - 1, y) + \\ & f(x, y) + f(x + 1, y) + f(x - 1, y + 1) + f(x, y + 1) + f(x + 1, y + 1)]\end{aligned}$$

Realce de Imagens

Realce

Técnicas de realce buscam acentuar ou melhorar a aparência de determinadas características da imagem, tornando-a mais adequada para a aplicação em questão

Realce de Imagens

Realce

Técnicas de realce buscam acentuar ou melhorar a aparência de determinadas características da imagem, tornando-a mais adequada para a aplicação em questão

- Quando o realce é necessário ?

Realce de Imagens

Realce

Técnicas de realce buscam acentuar ou melhorar a aparência de determinadas características da imagem, tornando-a mais adequada para a aplicação em questão

- Quando o realce é necessário ?
- Sempre que ocorrer degradação ou perda de qualidade devido a:
 - ruído
 - perda de contraste
 - borramento
 - distorção devido ao equipamento de aquisição
 - condições inadequadas de iluminação

Realce de Imagens

Realce

Técnicas de realce buscam acentuar ou melhorar a aparência de determinadas características da imagem, tornando-a mais adequada para a aplicação em questão

- Quando o realce é necessário ?
- Sempre que ocorrer degradação ou perda de qualidade devido a:
 - ruído
 - perda de contraste
 - borramento
 - distorção devido ao equipamento de aquisição
 - condições inadequadas de iluminação

Domínio Espacial processamento baseado na manipulação direta dos pixels

Realce de Imagens

Realce

Técnicas de realce buscam acentuar ou melhorar a aparência de determinadas características da imagem, tornando-a mais adequada para a aplicação em questão

- Quando o realce é necessário ?
- Sempre que ocorrer degradação ou perda de qualidade devido a:
 - ruído
 - perda de contraste
 - borramento
 - distorção devido ao equipamento de aquisição
 - condições inadequadas de iluminação

Domínio Espacial processamento baseado na manipulação direta dos pixels

Domínio de Frequência processamento baseado na modificação da imagem com a aplicação de transformadas (ex: Fourier)

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Brilho

Sensação visual da intensidade luminosa de uma fonte

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Brilho

Sensação visual da intensidade luminosa de uma fonte

- A habilidade do sistema visual humano em perceber diferentes níveis de brilho deve ser considerada na hora de apresentar resultados que envolvem imagens digitais

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Brilho

Sensação visual da intensidade luminosa de uma fonte

- A habilidade do sistema visual humano em perceber diferentes níveis de brilho deve ser considerada na hora de apresentar resultados que envolvem imagens digitais
- Evidências experimentais: sensibilidade tem resposta logarítmica em relação à intensidade de luz incidente

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Brilho

Sensação visual da intensidade luminosa de uma fonte

- A habilidade do sistema visual humano em perceber diferentes níveis de brilho deve ser considerada na hora de apresentar resultados que envolvem imagens digitais
- Evidências experimentais: sensibilidade tem resposta logarítmica em relação à intensidade de luz incidente
- O fato dessa resposta não ser linear produz uma série de fenômenos ópticos observáveis

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Bandas de Mach

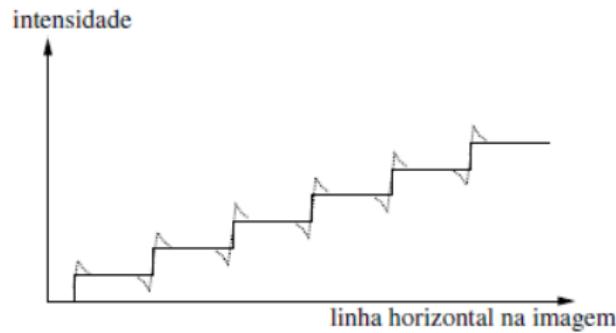
É baseado no princípio de que o sistema visual tende a subestimar ou superestimar a intensidade próxima às transições entre regiões de intensidades diferentes

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Bandas de Mach

É baseado no princípio de que o sistema visual tende a subestimar ou superestimar a intensidade próxima às transições entre regiões de intensidades diferentes



Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Contraste Simultâneo

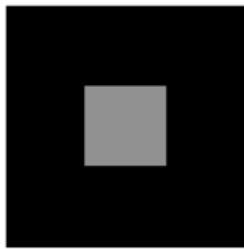
Está relacionado ao fato de que o brilho aparente de uma região depende fortemente da intensidade do fundo

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Contraste Simultâneo

Está relacionado ao fato de que o brilho aparente de uma região depende fortemente da intensidade do fundo



Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Benussi-Koffka

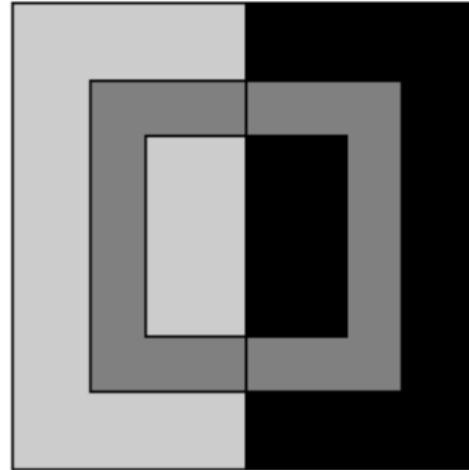
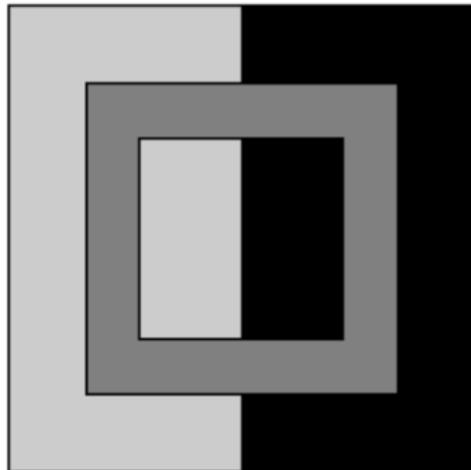
Em que um anel com intensidade uniforme aparenta ter brilho diferente quando uma reta separa os fundos da imagem

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Benussi-Koffka

Em que um anel com intensidade uniforme aparenta ter brilho diferente quando uma reta separa os fundos da imagem



Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Contraste

Pode ser definido como uma medida da variação relativa da luminância, ou seja, da intensidade luminosa por unidade de área

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

Contraste

Pode ser definido como uma medida da variação relativa da luminância, ou seja, da intensidade luminosa por unidade de área

Lei de Weber a resposta do sistema visual humano depende significativamente de variações locais de luminância, ao invés da luminância absoluta

Realce de Imagens

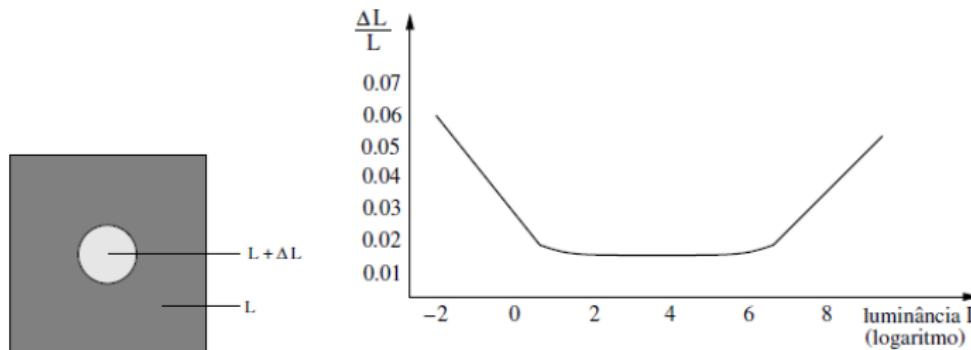
Brilho & Contraste

- Uma experimento que determina a habilidade do sistema visual humano em discriminar mudanças de luminância, consiste em se apresentar a um observador um objeto com luminância $L_F = L + \Delta L$ em um fundo $L_B = L$

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

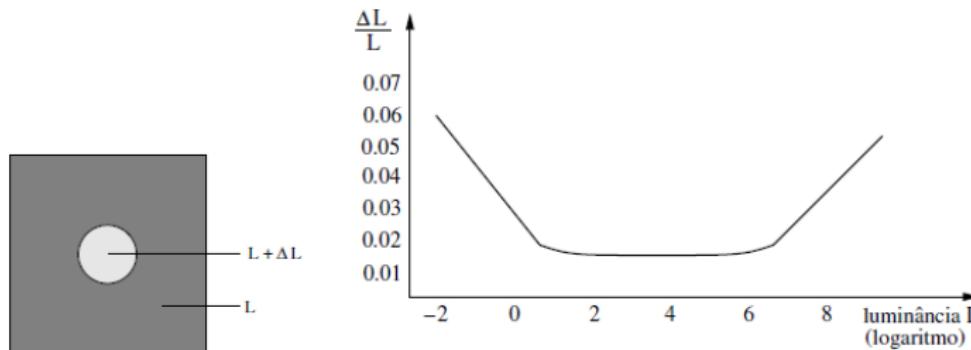
- Uma experiência que determina a habilidade do sistema visual humano em discriminar mudanças de luminância, consiste em se apresentar a um observador um objeto com luminância $L_F = L + \Delta L$ em um fundo $L_B = L$



Realce de Imagens

Brilho & Contraste

- Uma experiência que determina a habilidade do sistema visual humano em discriminar mudanças de luminância, consiste em se apresentar a um observador um objeto com luminância $L_F = L + \Delta L$ em um fundo $L_B = L$



Questão de interesse identificar qual a diferença $\Delta L = L_F - L_B$ permite o discernimento entre objeto/fundo

Realce de Imagens

Brilho & Contraste

- A lei de Weber estabelece que a intensidade adicional de estímulo (luminância) necessária para que o sistema visual humano possa observar uma alteração é proporcional à intensidade inicial, em uma relação constante = **contraste de Weber** ou **Lei Weber-Fechner**

$$C_W = \frac{\Delta L}{L}$$

Segmentação de Imagens

Morfologia Matemática

Próxima Seção

Em Construção [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]