

图像处理与分析 ——概述

授课教师：孙剑

jiansun@mail.xjtu.edu.cn

<http://jiansun.gr.xjtu.edu.cn>

西安交通大学 数学与统计学院

目录

- 课程概述
- 图像表示
- 图像格式
- 图像处理与分析的基本问题
- 图像处理与分析领域期刊与会议
- 文献综述

概 述

- 32课时
- 课程目标
 - 掌握图像处理的基础知识：图像表示、图像增强、恢复、分割、识别以及检索
 - 学会用matlab或C++(openCV)进行图像处理编程
- 授课形式
 - 理论讲解、算法演示
 - 学生分组课程设计（文献阅读、项目）
- 考察方式
 - 平时课程设计成绩（考勤+课堂口头报告 + 实验报告，50分）
 - 期末考试成绩（笔试，50分）

图像处理与分析

- 图像：用各种观测系统以不同形式和手段观测客观世界而获得的，可以直接或间接作用于人眼并进而产生视知觉的实体
- 人类的视觉系统就是一个观测系统，通过它得到的图像就是客观世界在人心目中影像
- 人类从外界（客观世界）获得的信息约有75%来自视觉系统

人类的视觉系统就是一个图像处理与分析系统

图像的各种形式

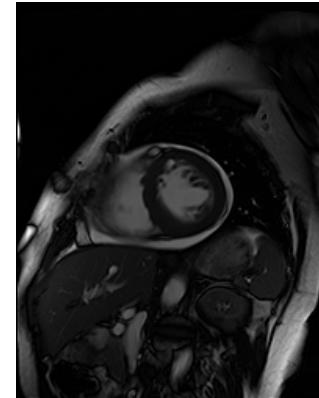
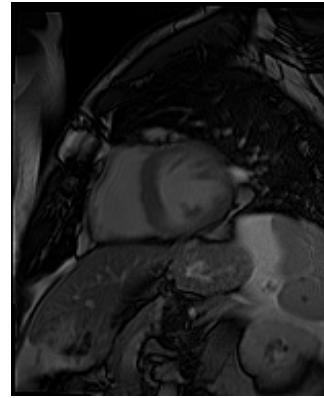
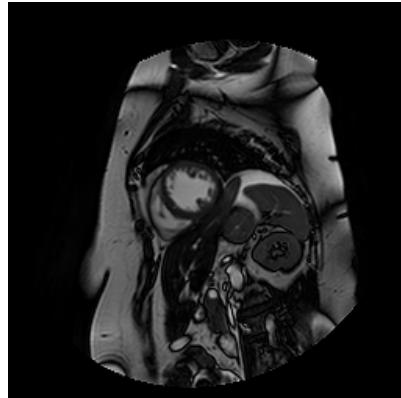
● 图像形式

自然图像：用相机、摄像机等采集到的自然界中场景、人物、风景等数字图像。



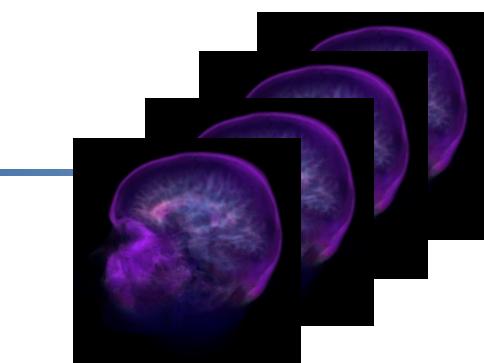
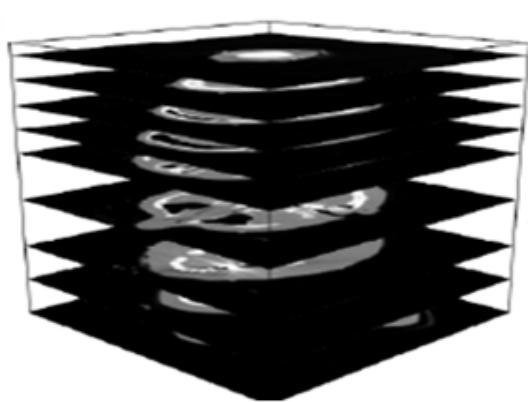
图像的各种形式

- 医学图像 (2D + 3D): 面向医学应用, 用特定医学成像设备拍摄的图像, 例如核磁共振图像(MRI)。



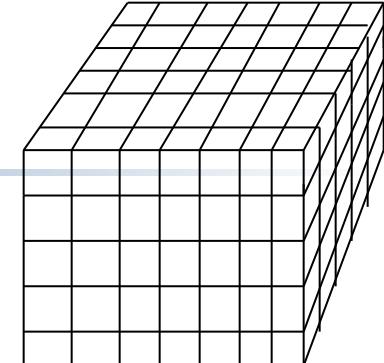
胸腔MRI图像



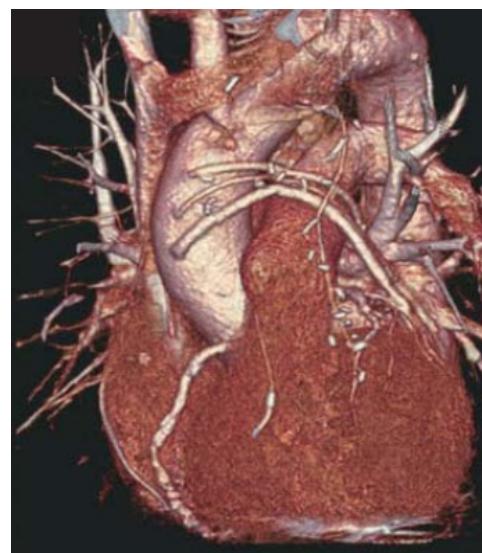


N x 2D arraies

=

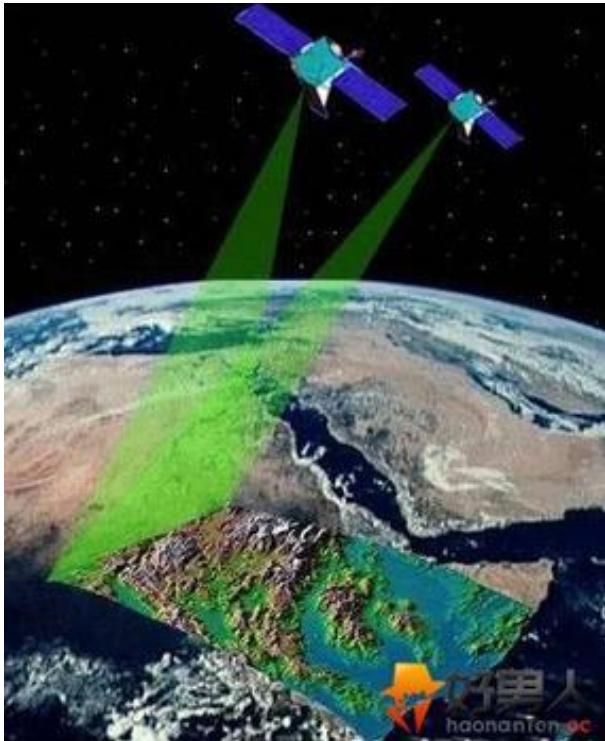


3D array



图像的各种形式

- 地理卫星图像：通过卫星或者飞机上安装的雷达（例如Synthetic Aperture Radar (**SAR**)合成孔径雷达）采集的地理图像。



SAR图像成像过程



SAR图像例子



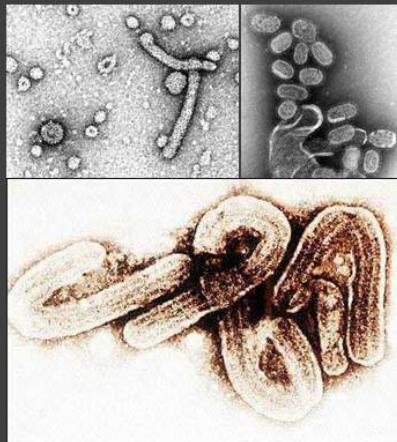
图像的各种形式

- 分子影像：电子显微镜

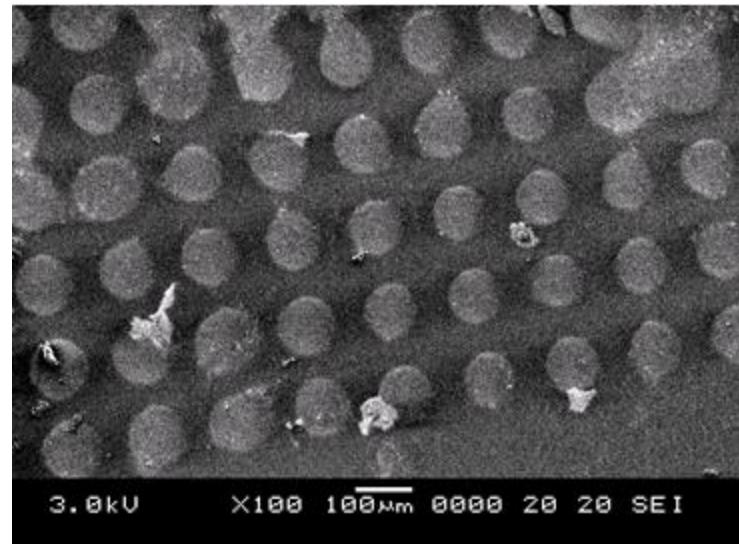


恩斯特·鲁斯卡（德，1931）

生物学革命 – 电子显微镜



百万分之一毫米



图像的各种形式

- 视频图像序列：视频由连续的多个视频帧构成，以 >30 帧/秒的速度播放。



图像的表示

- 图像表示：数学上数字图像可以表示为矩阵

2维矩阵（灰度图）： $f(x, y)$

3维矩阵（彩色图像、灰度视频、3D体数据）：

$$f(x, y, z), \quad f(x, y, t)$$

4维矩阵（彩色视频）

x, y, z 为3D空间中的坐标点未知， t 为时间坐标轴的坐标点

f 对应不同的物理量，例如灰度图像 f 为灰度值

例如：2维矩阵

$$f = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1N} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{M1} & f_{M2} & \cdots & f_{MN} \end{bmatrix}$$

图像的表示

- 图像的连续函数表示：在图像处理与表示中，为进行图像处理问题的数学建模，数字图像也可以认为是连续函数的离散采样。图像连续函数表示为：

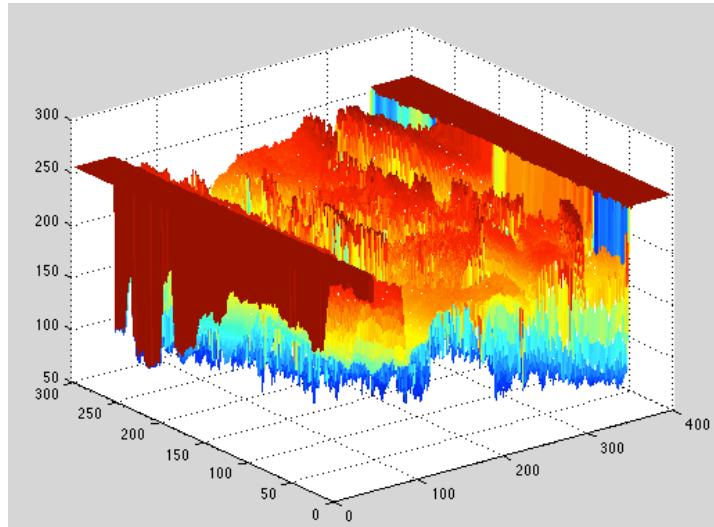
$$f(x, y), f(x, y, z), f(x, y, t) \text{ 等}$$

x, y, z 为3D空间坐标系中的连续坐标变量， t 为时间坐标轴的连续时间变量

上述连续函数在空间坐标系上离散位置点、或时间坐标轴上的离散时间点上采样数据构成矩阵，即为数字图像矩阵。

图像的表示

图像表示例子：



ans(:,:,1) =

```
168 169 173 174 173 172  
170 170 174 175 173 177  
172 171 175 177 174 177  
173 171 176 177 174 177  
173 171 176 177 174 175  
172 172 177 178 175 177
```

ans(:,:,2) =

```
61 62 63 64 63 62  
63 63 64 65 63 66  
65 64 65 67 64 66  
66 64 66 67 64 66  
66 64 66 67 64 64  
62 62 65 66 63 63
```

ans(:,:,3) =

```
71 72 74 75 74 71  
73 73 75 76 74 75  
75 74 76 78 75 75  
76 74 77 78 75 75  
76 74 77 78 75 73  
73 73 77 78 75 73
```

例子： im = imread('lena.jpg'); %读入lena图像
figure, imshow(im); %显示lena图像
im(1:5, 1:5, 3) %im是一个三维矩阵 M * N * 3
figure, mesh(double(im(:,:,1))); % 显示图像R通道函数

图像的表示

● 图像中的基本概念

- 像素：数字图像中的每个基本单元，例如图像中的一个点，即图像矩阵中的一个元素： $f(x, y)$
- 空间分辨率：图像空间坐标的离散化称为空间采样，确定了空间分辨率。例如灰度图矩阵的大小为 $M \times N$ ，则空间分辨率为 MN

1000万像素相机的拍摄相片分辨率大约为： 3162×3162

- 幅度分辨率：灰度值的离散化决定了幅度分辨率。例如一般灰度图像的幅度分辨率为256，灰度值取值范围为 $[0, 255]$

图像的表示

图像空间分辨率变化所产生的效果：

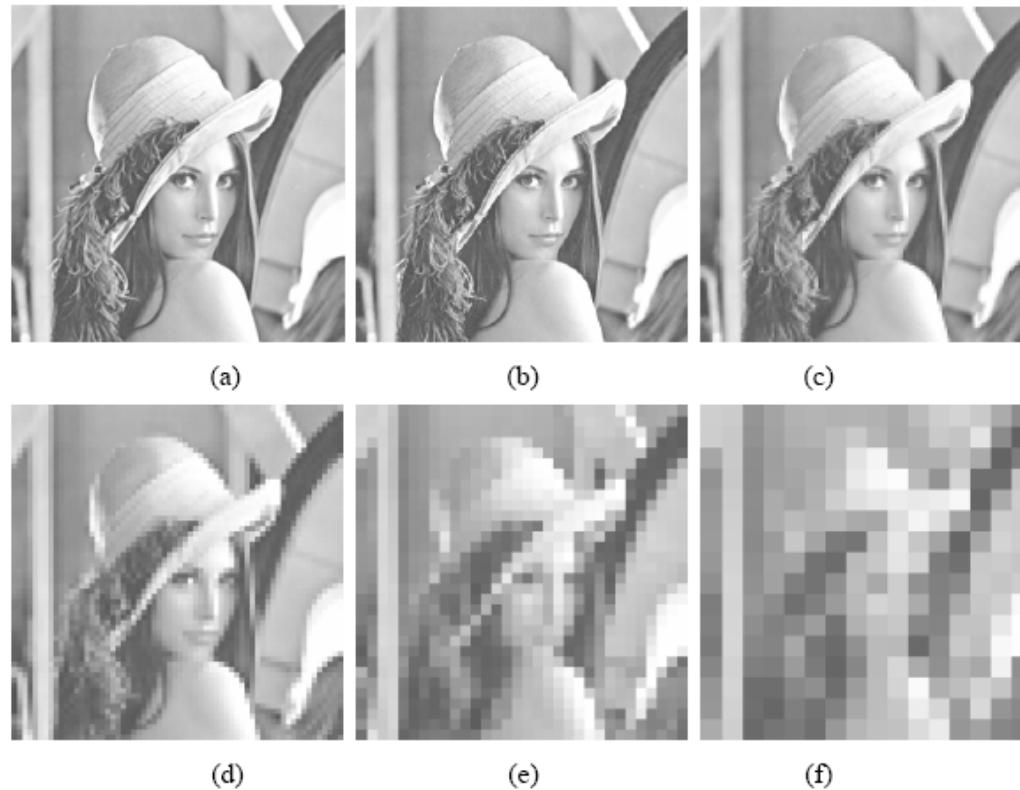


图 2.4.2 图像空间分辨率变化所产生的效果

图像的表示

图像幅度分辨率变化所产生的效果：



图 2.4.3 图像幅度分辨率变化所产生的效果

图像的表示

- 像素间的关系

4-邻域—— $N_4(p)$:

		<i>r</i>
<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
	<i>r</i>	

对角邻域—— $N_D(p)$:

<i>r</i>		<i>r</i>
	<i>p</i>	
<i>r</i>		<i>r</i>

8-邻域—— $N_8(p)$:

<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>
<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
<i>r</i>	<i>r</i>	<i>r</i>

图像的表示

- 像素之间的连接和连通

(adjacency, 邻接) **vs.** (connectivity, 连接)

邻接仅考虑象素间的空间关系

两个象素是否连接:

(1) 是否接触 (邻接)

(2) 灰度值是否满足某个特定的相似准则 (同在一个灰度值集合中取值)

图像的表示

常见两种连接关系

4- 连接

0	1	1
1	1	0
0	0	1

8 - 连接

0	1	1
1	1	0
0	0	1

图像的表示

像素间的距离量度函数

(1) 欧氏 (Euclidean) 距离

$$D_E(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{1/2}$$

(2) 城区 (city-block) 距离

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$$

(3) 棋盘 (chessboard) 距离

$$D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$$

图像的表示

● 图像块 (Patch)



图像块的距离：

$$D(P_i, P_j) = \| v(P_i) - v(P_j) \|_2$$

$v(P)$: 图像块 P 的特征，例如空间坐标；颜色值

图像块的相似性：

$$S(P_i, P_j) = \exp(-\lambda \| v(P_i) - v(P_j) \|_2)$$

图像的表示

- 图像块的自相似性



相似的图像块在图像中多次出现：

- 图像块集合可以很好的进行聚类
- 相似图像块可以进行联合处理
- 可以用相似图像块恢复质量差的图像块

图像的文件格式

- 图像文件是包含图像数据的计算机文件，文件内除数据本身外，还包含图像描述信息，以方便读取、显示图像。主要采用光栅形式，将图像存储为很多像素点集合
 - **BMP格式(.bmp)**: Microsoft 设别独立位图
包括位图头文件、位图信息和位图阵列
 - **GIF格式(.gif)**: Graphics Interchange Format
包括文件头、通用调色板、图像数据区以及4个补充区。可以存储多幅图像。
 - **TIFF格式(.tiff)**: Tagged Image File Format
独立于操作系统和文件系统的格式，便于在软件之间进行图像数据交换。包括文件头、文件目录和文件目录项。

图像的文件格式

- **PNG格式(.png): Portable Network Graphic Format**

用来存储灰度图像时，灰度图像的深度可多到16位，存储彩色图像时，彩色图像的深度可多到48位，由一个8字节的**PN
G**文件署名域和按照特定结构组织的3个以上的数据块组成

- **JPEG格式(.jpg, .jpeg):** 由联合照片专家组（**Joint
Photographic Experts Group**）开发并命名。**JPEG**格式是目前网络上最流行的图像格式，是可以把文件压缩到最小的格式

Matlab和**OpenCV**等软件均提供不同格式图像文件的接口函数。例如**matlab**中的**imread**, **imwrite**

图像处理与分析的研究问题

● 图像技术

图象技术在广义上是各种与图像有关的技术的总称

主要功能/作用包括：

- 图像处理：对图象的各种加工，提高图像质量
- 图像分析与理解：对图像的内容进行分析和理解，例如对图像的类别的判断、图像中的物体的检测、图像内容的自动标记
- 图像处理器：为实现上述功能而进行的硬件设计及制作

图像处理与分析的研究问题

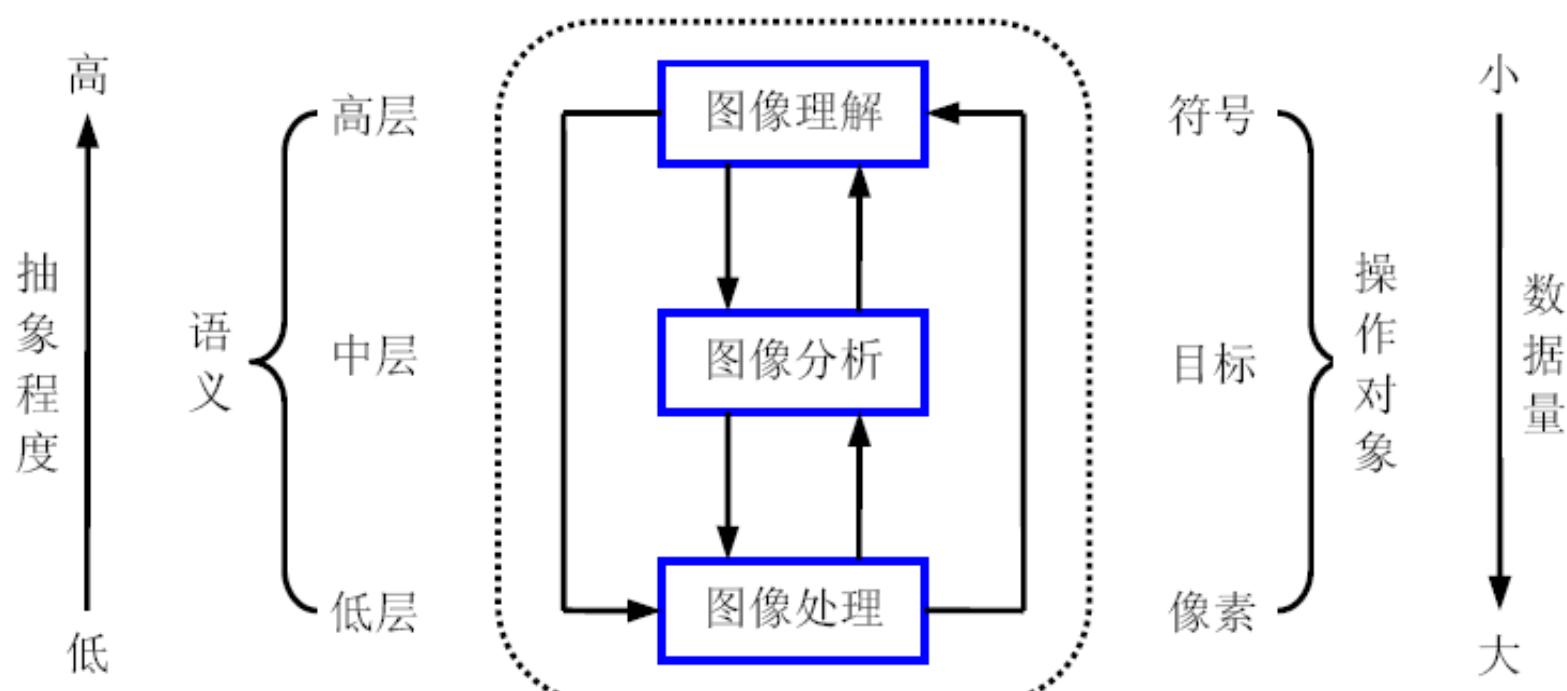


图 1.2.1 图像工程 3 层次示意图

图像处理与分析的研究问题

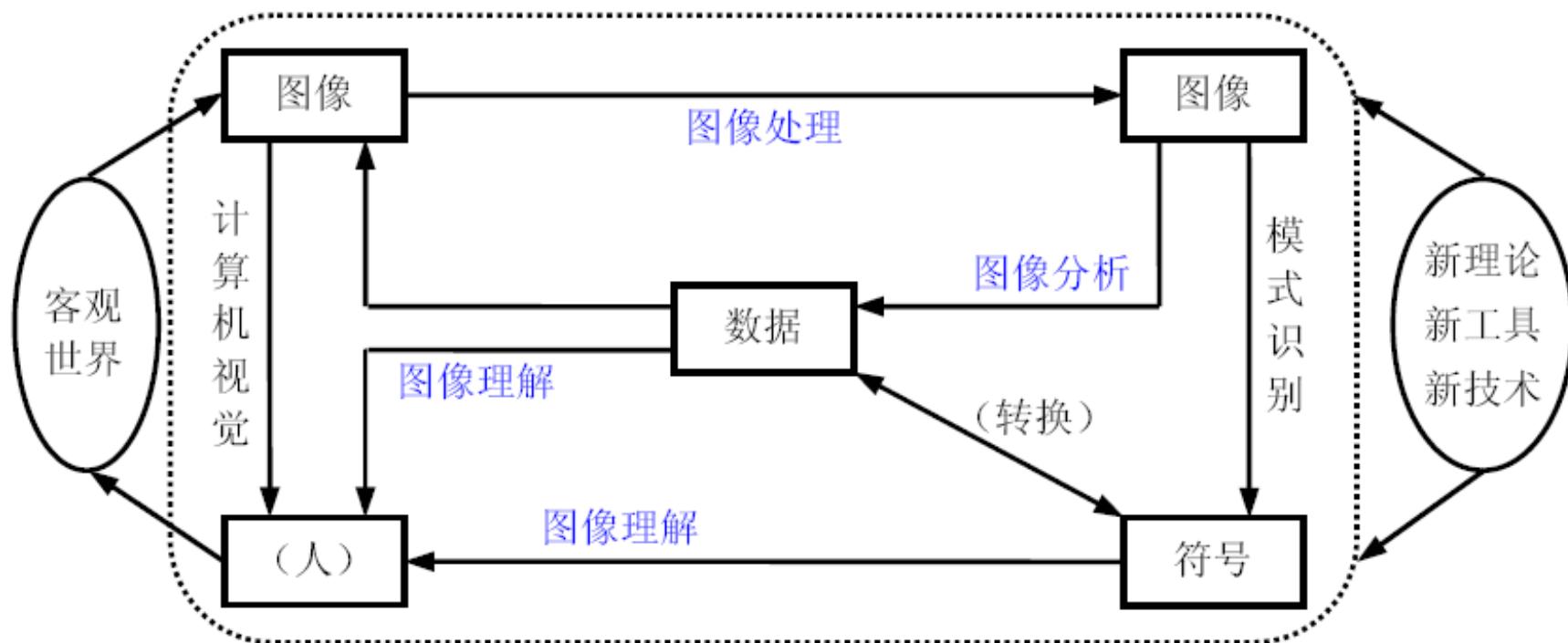


图 1.2.2 图像工程与相关学科和领域的联系和区别

图像处理与分析的研究问题

- 图像处理的基本问题

- 图像滤波与去噪 (Image filtering and denoising):

- 输入噪声图像，去除图像中所包含的噪声信息，以利于图像的进一步分析和处理。



- 噪声类型
 - 生成噪声：高斯噪声，椒盐噪声
 - 真实噪声：相机采集图像时的真实噪声，类高斯，但方差较小，且具有空间不一致性。

图像处理与分析的研究问题

● 图像填充 (Image inpainting)

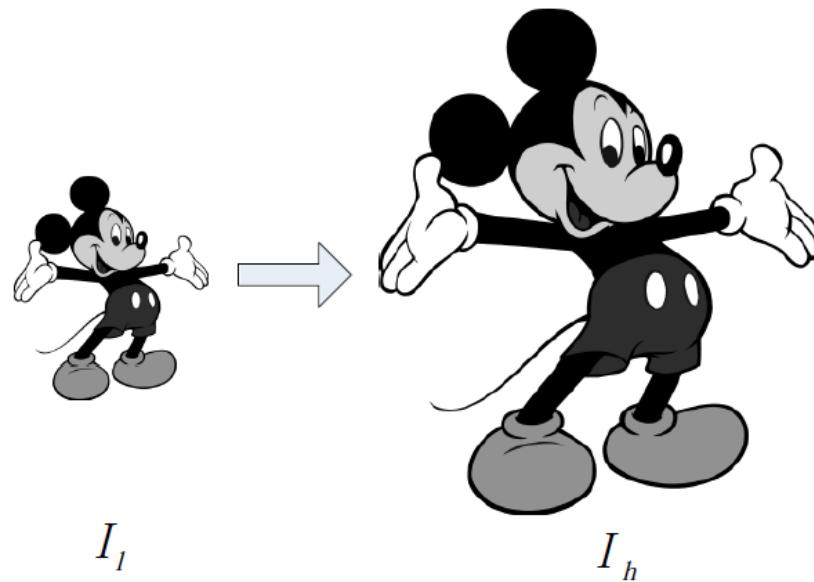
- 原本出现于艺术家手工修复艺术作品的污损或划痕部分，主要任务是通过数学模型和计算机算法，将图像中的缺失部分（由于污损、划痕、图像编辑、文字等造成的缺损）自动填充完整。



图像处理与分析的研究问题

- 图像超分辨率 (Super-resolution)

- 图像的超分辨率重建问题是指：给定低分辨率图像，如何重建出相应的高分辨图像；
- **挑战：**目前可以很好实现图像边缘的超分辨率，但无法完美实现纹理的超分辨率。



图像处理与分析的研究问题

- 图像分割 (Image segmentation)

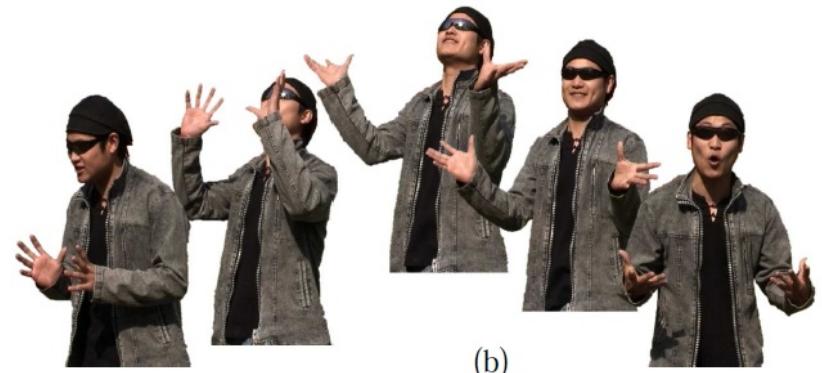
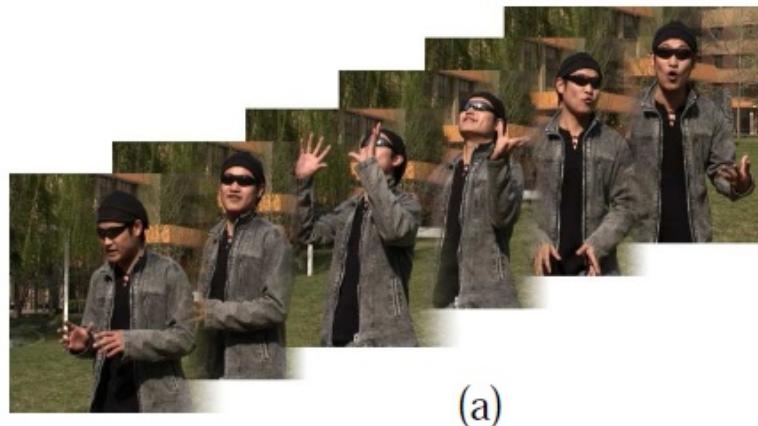
- 低层分割：将图像分割成为颜色或者纹理一致的小图像区域集合；
- 中层分割：将图像分割成为不同深度、不同物体所构成的图像区域集；
- 高层分割：将图像分割成为具有不同语义或目标的区域。



图像处理与分析的研究问题

● 视频处理 (Video processing)

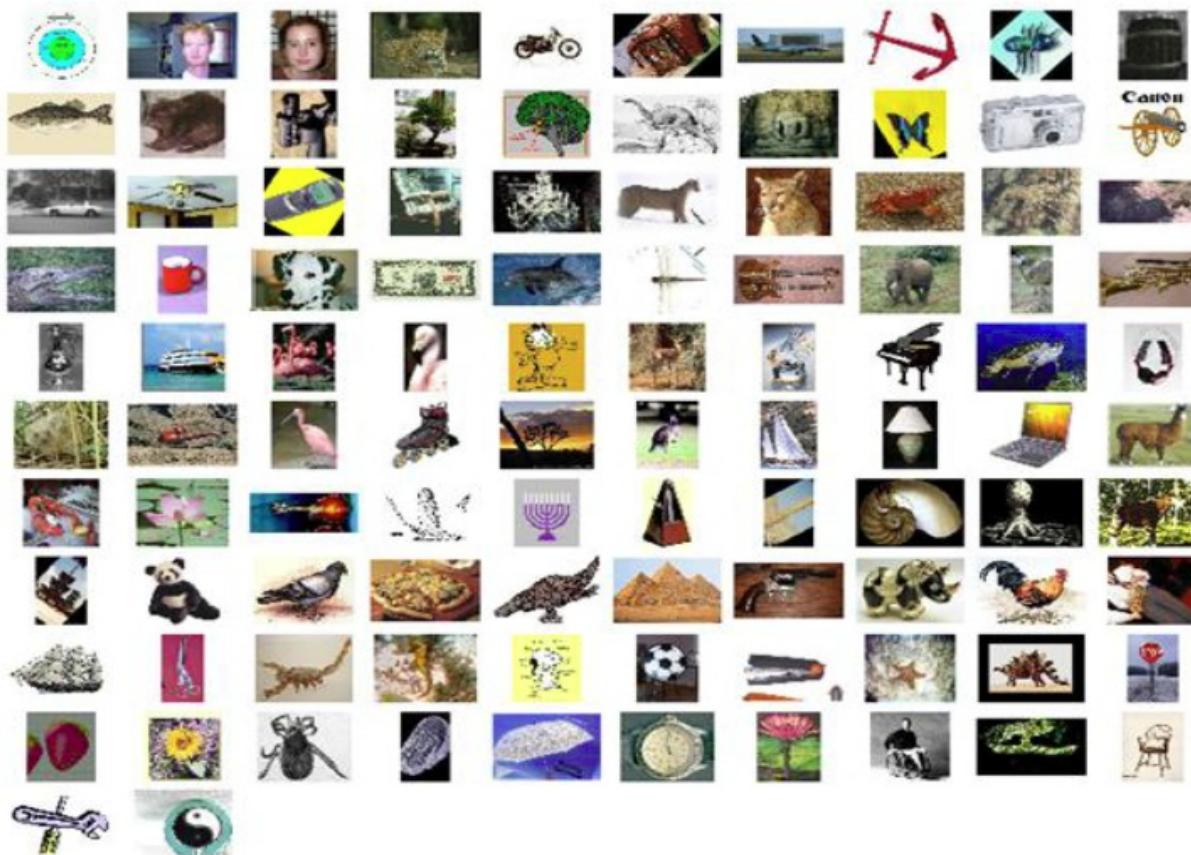
- 图像处理中的所有问题均对应着相应视频处理问题：视频去噪、填充、超分辨率、分割与理解
- 与图像处理的不同之处：视频相邻帧之间的强相关性为解决视频处理问题提供的新的信息。因此视频处理结果相对于单帧图像处理效果更好。



图像处理与分析的研究问题

- 图像的分类(Image classification)

- 标记出图像所属的类别，例如属于人、汽车、马等。



Caltech – 101 (9146 images)

图像处理与分析的研究问题

● 物体检测(Object detection)

- 判断图像中是否包含某类物体，如果包含则标记出物体所在位置。

Dining Table



Dog



Horse



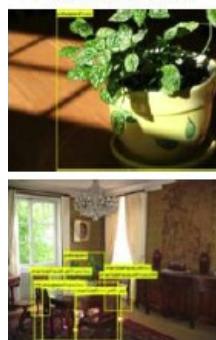
Motorbike



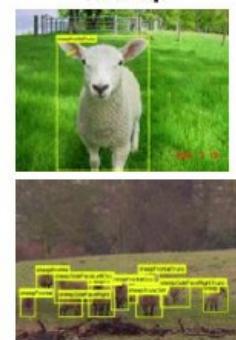
Person



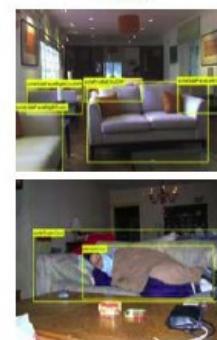
Potted Plant



Sheep



Sofa



Train



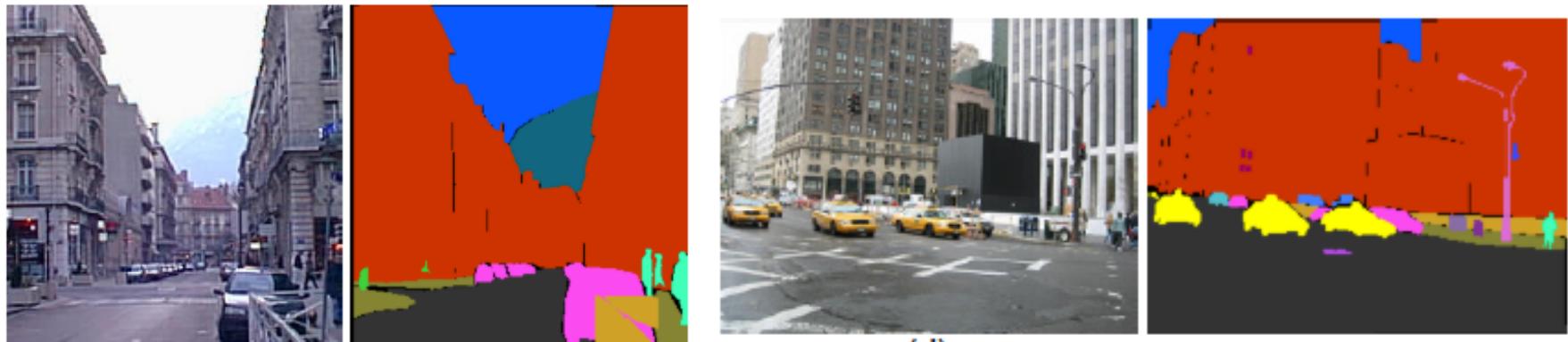
TV/Monitor



图像处理与分析的研究问题

- 图像的语义分割 (Image semantic segmentation)

- 将图像中的逐个像素点标记出其类别标号，例如在下图中，逐点标记出街景中的像素点的类别，例如建筑物、街道或汽车等。



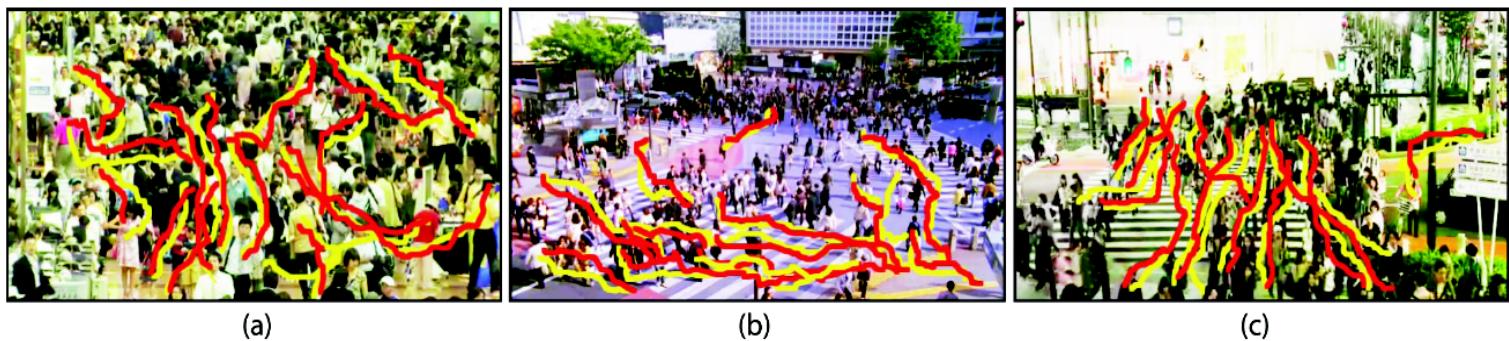
图像处理与分析的研究问题

● 视频理解 (Video understanding)

- 标记出视频所包含的语义信息，例如下图中的人流分析和监控；对视频中的运动类别进行识别等。



Liu, Luo and Shah CVPR 2009



知识结构背景与要求

- 该领域研究是计算机、数学、生物视觉领域的交叉学科。需要具有或培养以下基础：
 - 数学建模能力：熟悉图像处理与分析领域的问题背景、结合问题进行问题的数学建模和模型算法设计；
 - 编程能力：该领域本质上是一门实验科学，好的编程能力是该领域研究的最重要的要求之一。强大的工程实践能力是保证和提高算法性能的关键；
 - 合作与沟通能力：面对困难的图像处理和分析问题，例如图像检索等，需要良好的团队或者导师训练、指导，并与和志同道合者合作交流，提高实践能力。
 - 面向和解决实际问题：作为一门应用学科，问题的选择和研究方法需要面向于解决实际问题。

主要期刊与会议

- 国际期刊：

IEEE Trans. Pattern Recognition and Machine Intelligence

International Journal on Computer Vision

IEEE Trans. Image Processing

IEEE Trans. Medical Imaging

Image and Vision Computing

Pattern Recognition

Pattern Recognition Letters

主要期刊与会议

● 国际会议

International Conference on Computer Vision

IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition

European Conference on Computer Vision

International Conference on Image Processing

International Conference on Pattern Recognition

Asian Conference on Computer Vision

国内文献综述

● 基于国内图像处理与分析相关期刊

图象工程期刊

- (1) [CT]: 《CT理论与应用研究》
- (2) [CX]: 《测绘学报》
- (3) [DC]: 《电子测量与仪器学报》
- (4) [DK]: 《电子科学学刊》
- (5) [DX]: 《电子学报》
- (6) [JX]: 《计算机学报》
- (7) [MR]: 《模式识别与人工智能》
- (8) [SC]: 《数据采集与处理》
- (9) [TX]: 《通信学报》
- (10) [XC]: 《信号处理》
- (11) [YX]: 《遥感学报》
- (12) [ZS]: 《中国生物医学工程学报》
- (13) [Zti]: 《中国体视学和图象分析》
- (14) [Ztu]: 《中国图象图形学报》
- (15) [ZX]: 《自动化学报》

1996–2005文献统计分类，共统计
15种刊物（1996–2005），涉及到
18819篇论文，选取了4032篇论文。

国内文献综述

表 1.2.1 1995 年至 2004 年图像工程文献选取统计表

年度	文献总数	选取总数	选取率(%)	图像处理	图像分析	图像理解	技术应用	综述评论
1995	997	147	14.74	35	52	14	46	
1996	1205	212	17.59	52	72	30	55	3
1997	1438	280	19.47	104	76	36	60	4
1998	1477	306	20.72	108	96	28	71	3
1999	2048	388	18.95	132	137	42	73	4
2000	2117	464	21.92	165	122	68	103	6
2001	2297	481	20.94	161	123	78	115	4
2002	2426	545	22.46	178	150	77	135	5
2003	2341	577	24.65	194	153	104	119	7
2004	2473	622	25.60	235	176	76	142	3
小计	18819	4032		1364	1157	553	919	39
平均	1882	403	21.44	136.4	115.7	55.3	91.9	3.9

国内文献综述

表 1.2.2 1995 年至 2004 年图像工程文献分类统计表

大类及名称	文献数量	小类及名称	文献数量
A: 图像处理	1129	A1: 图像采集、获取及存储（包括成像方法、摄像机校正等）	194
		A2: 图像重建（从投影等重建图像）	116
		A3: 图像变换、滤波、增强、恢复/复原、校正等	325
		A4: 图像（视频）压缩编码（包括算法研究、国际标准实现等）	538
		A5: 图像数字水印和图像信息隐藏	191
B: 图像分析	981	B1: 边缘检测、图像分割	477
		B2: 目标表达、描述、测量（包括二值图处理等）	157
		B3: 目标颜色、形状、纹理、空间和运动等的分析	132
		B4: 目标检测、提取、跟踪、识别和分类	259
		B5: 人脸和器官的检测、定位与识别（人体生物特征提取和验证）	132
C: 图像理解	477	C1: (序列、立体) 图像配准、匹配、融合、镶嵌等	269
		C2: 3-D 表示、建模、重构、场景恢复	131
		C3: 图像感知、解释、推理（包括语义描述、信息模型、专家系统等）	33
		C4: 基于内容的图像和视频检索	120
D: 技术应用	777	D1: 硬件系统和快速/并行算法	157
		D2: 视频, 通信（包括电视广播等）	128
		D3: 文档（包括文字、数字、符号等）	146
		D4: 生物、医学	163
		D5: 遥感、雷达、测绘	174
		D6: 其他（不在以上各应用类）	151
E: 综述评论	36	E1: 综述（概括图像处理/分析/理解, 或综合新技术）	39

作 业

1. 在网络上用图像搜索引擎（Baidu, Google, Bing等）搜索并下载你所感兴趣的主题图片。判断搜索结果是否合理、如果不合理体现在哪里、你是否有想法去改进或者有冲动去做类似的研究工作？
2. 用**Matlab**命令读取、显示下载的图像、并转存为不同格式的图像，查看一下不同格式下图像文件的大小；
3. 继续2，显示图像矩阵的内容、显示图像块、理解图像表示中所讲解的内容。