



数字图像分析

中国科学技术大学
电子工程与信息科学系

主讲老师：李厚强 (lihq@ustc.edu.cn)
周文罡 (zhwg@ustc.edu.cn)

助教：朱小天 (wm123@mail.ustc.edu.cn)
王家喻 (wjy1031@mail.ustc.edu.cn)



教 材

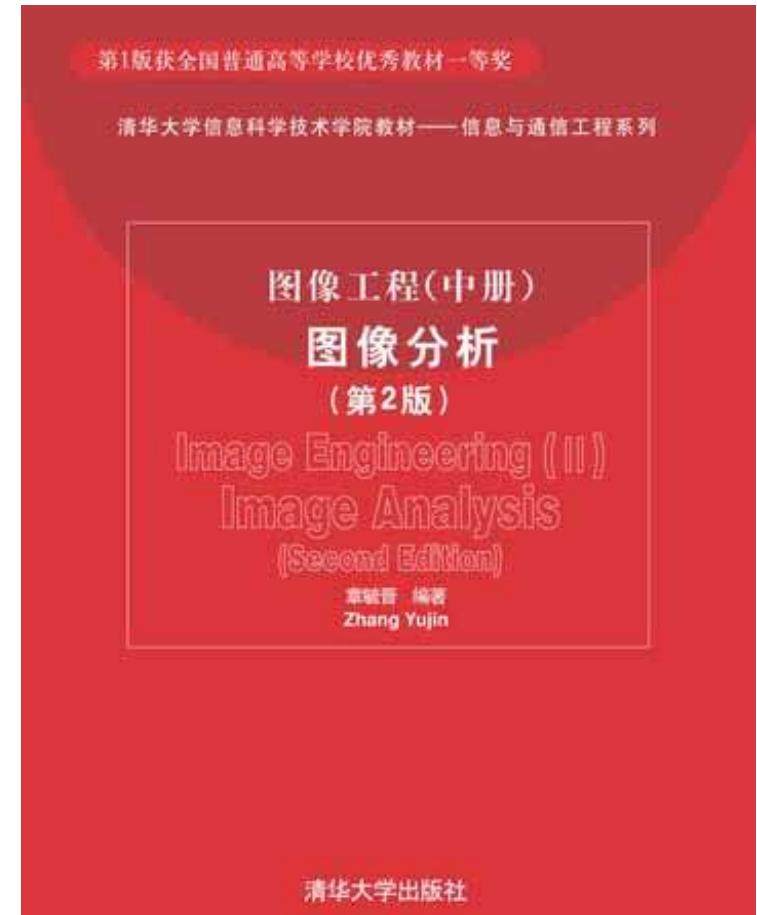


图像工程（第2版）

上册：图像处理

中册：图像分析

下册：图像理解

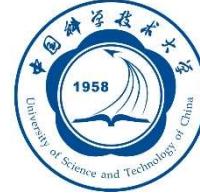


课件下载：<https://ustc-dia.github.io/>



主要参考书

- M. Sonka etc, Image Processing, Analysis, and Machine Vision, 2nd ed. Brooks/Cole Publishing, 1999.
- Forsyth D, Ponce J, Computer Vision: A Modern Approach, Prentice Hall, 2003.
- Russ J C, The Image Processing Handbook, 4th Ed. CRC Press, 2002.
- Kenneth. R. Casteman, Digital Image Processing, Printice Hall Inc. 1996
- R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Digital Image Processing, 2nd ed., Prentice Hall, 2002
- W. K. PRATT, Digital Image Processing, 3rd ed., John Wiley and Sons, 2001



第1章 绪论

1.1 图像和图像工程

1.2 图像分析概论

1.3 主要内容和安排



1.1 图像和图像工程

1.1.1 图像基础知识

1.1.2 图像工程概述



1.1.1 图像基础知识

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

图像和信息：

人类从外界（客观世界）获得的信息约有75%来自视觉系统



1.1.1 图像基础知识

图像表示

2-D数组 $f(x, y)$

x, y : 2-D空间XY中坐标点的位置

f : 代表图像在 (x, y) 的性质 F 的数值

f, x, y 的值可以是任意实数

像矩阵F的性质：可对应不同物理量

灰度图像里用灰度表示



1.1.1 图像基础知识

图像单元

一幅图像是许多图像单元的集合体

2-D图像： 像素（picture element）
英文里常用pixel表示

3-D图像： 体素（volume element）
英文里常用voxel表示

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



1.1.1 图像基础知识

图像显示示例



图 1.1.1 图像示例



1.1.2 图像工程概述

图像工程：

不同层次图像技术的有机结合及应用

图像工程三层次：

图像处理（图像 ——> 图像）

图像分析（图像 ——> 数据）

图像理解（图像 ——> 解释）



1.1.2 图像工程概述

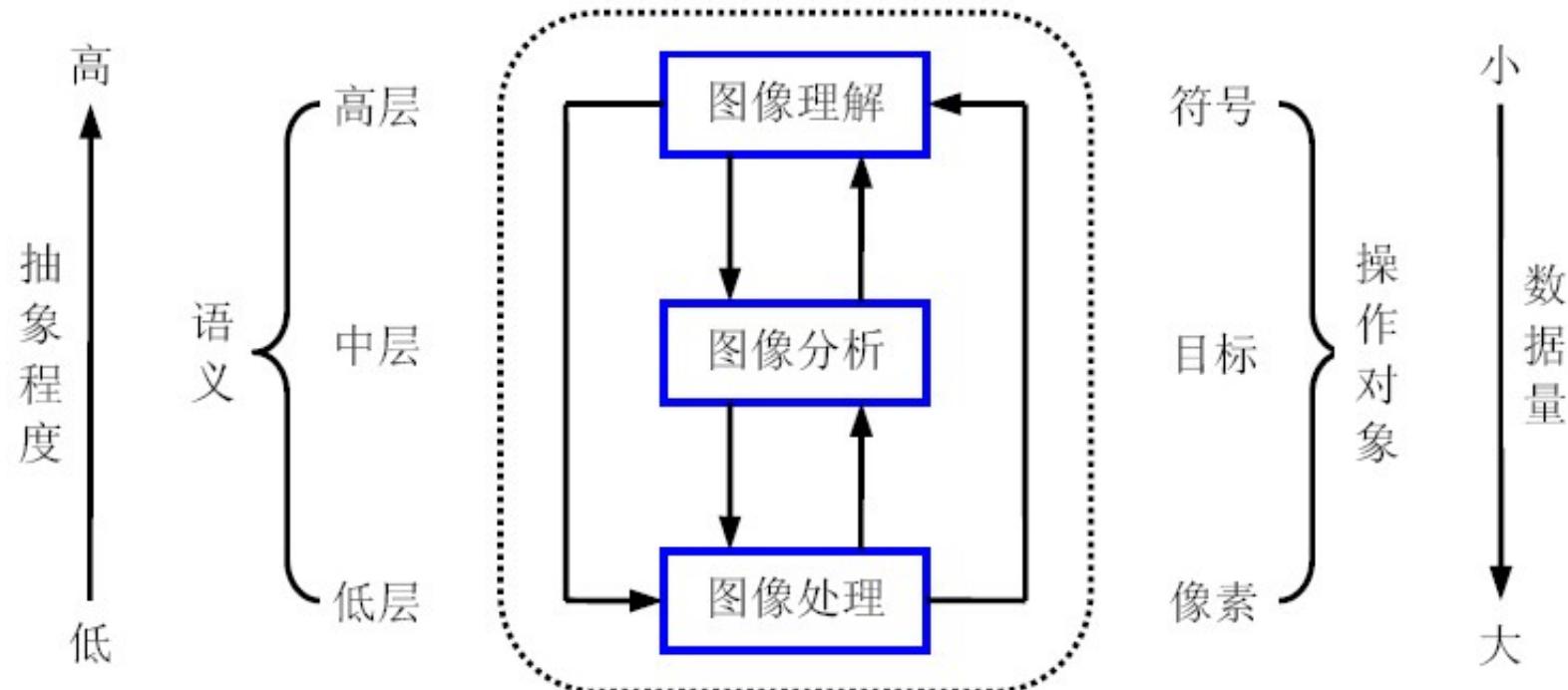


图 1.2.1 图像工程 3 层次示意图



1.1.2 图像工程概述

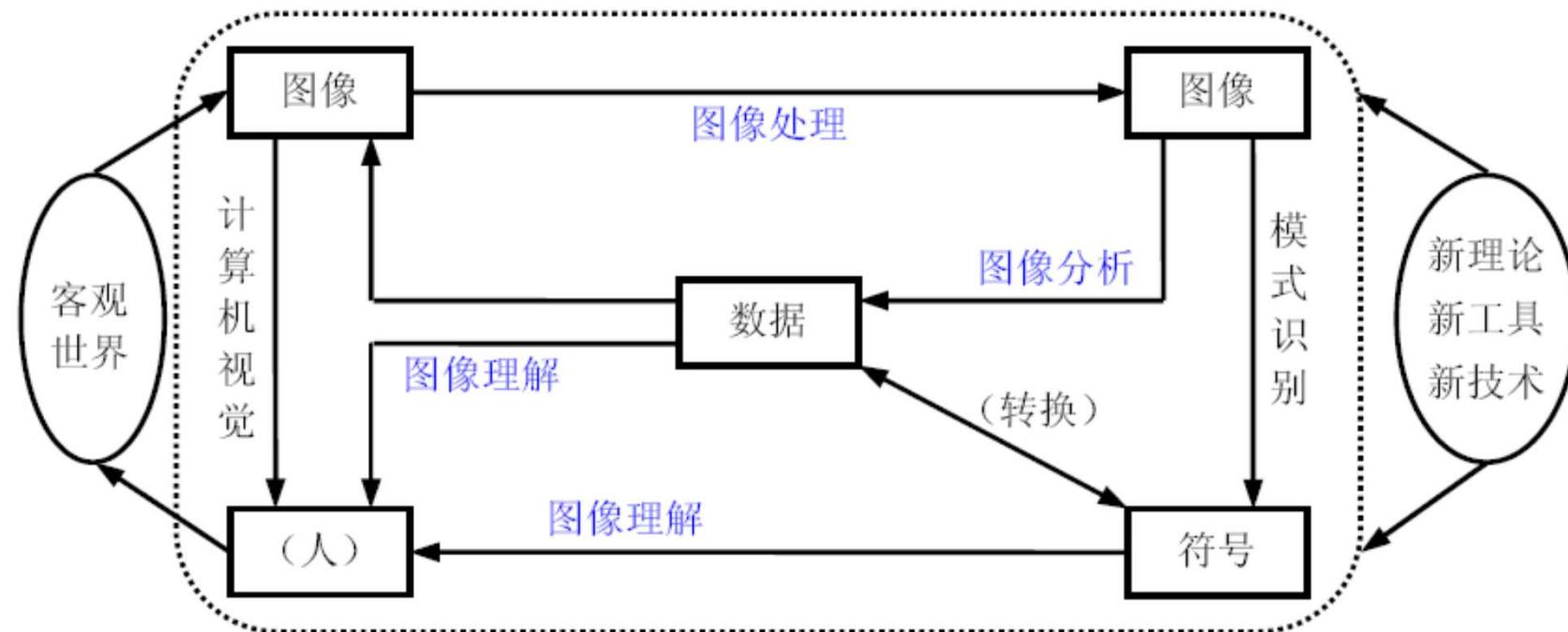


图 1.2.2 图像工程与相关学科和领域的联系和区别



1.1.2 图像工程概述

主要相关学科：

- ◆ **图形学：**原指用图形、图表、绘图等形式表达数据信息的科学，而计算机图形学研究的就是如何利用计算机技术来产生这些形式
- ◆ **图像模式识别：**试图把图像分解成可用符号较抽象地描述的类别
- ◆ **计算机视觉：**主要强调用计算机实现人的视觉功能，目前的研究内容主要与图像理解相结合



1.2 图像分析概论

1.2.1 图像分析定义和研究内容

1.2.2 图像分析系统

1.2.3 图像分析系统应用实例



1.2.1 图像分析定义和研究内容

1. 图像分析的定义

- 图像分析的中心问题是将具有若干兆字节的灰度图像或彩色图像简化成只有若干个有意义和有用的数字
- 从图像出发，对其中感兴趣目标进行检测、提取、表达、描述和测量，从而获取客观信息，输出数据结果的过程和技术



1.2.2 图像分析系统

图像分析应用流程示例

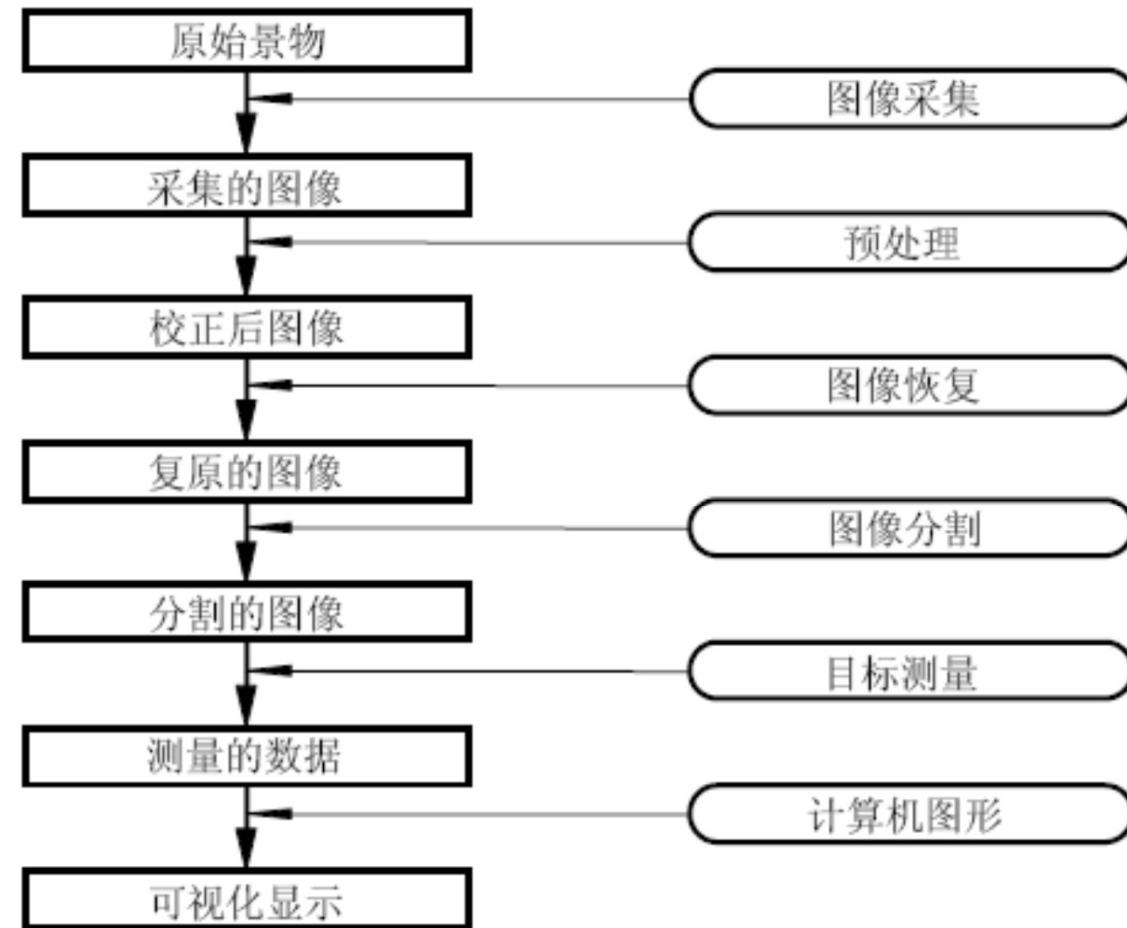


图 1.2.1 一个包含多个步骤的图像分析流程图



1.2.2 图像分析系统

1. 图像分析系统模块

- (1) 图像采集：由景物到图像
- (2) 预处理：校正图像处理过程中产生的（可反转的 reversible）失真数据
- (3) 恢复：对数据进行过滤以减少噪声的影响和（不可反转的）失真
- (4) 分割：将图像分解成需要分析的目标和其它背景
- (5) 测量：从数字化的数据测量“模拟”的性质
- (6) 可视化：将测量的结果以一种对用户有用且容易理解的方式表示出来



1.2.3 图像分析实例（一）：遥感图像分析

应用实例（1）航空遥感图像分析





1.2.3 图像分析实例（一）

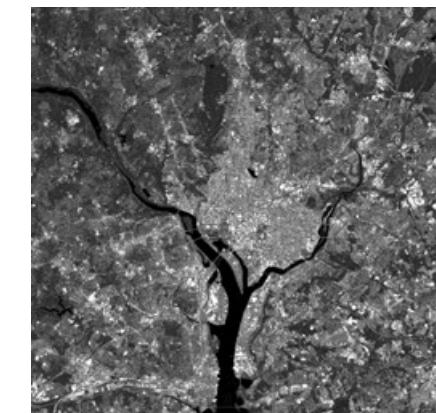
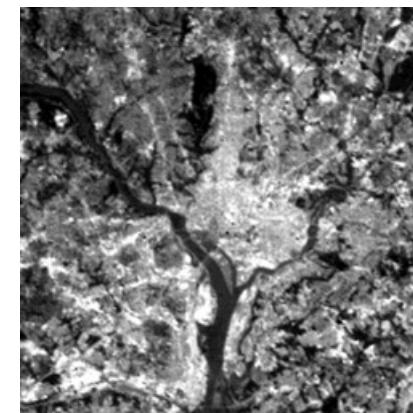
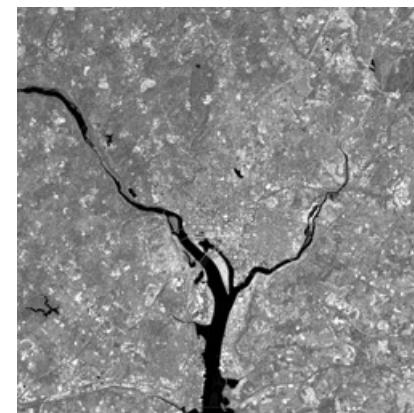
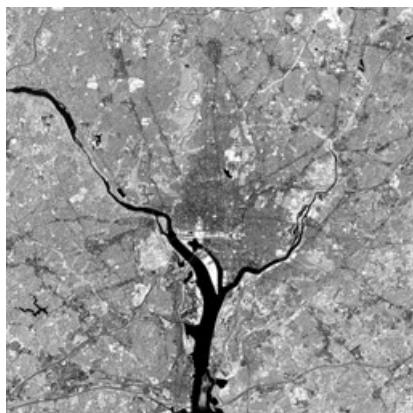
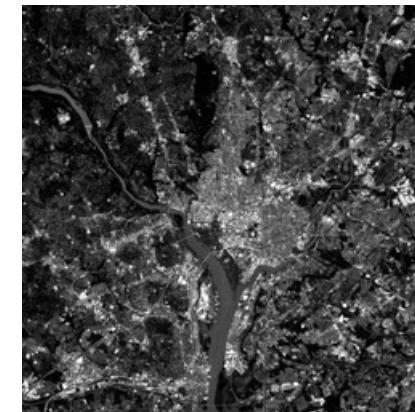
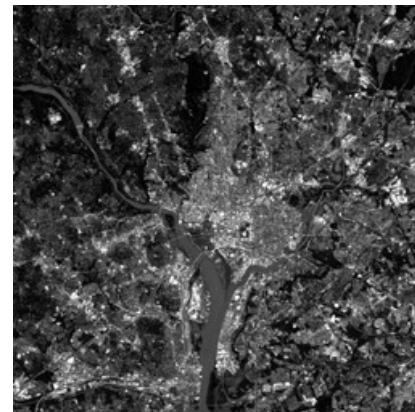
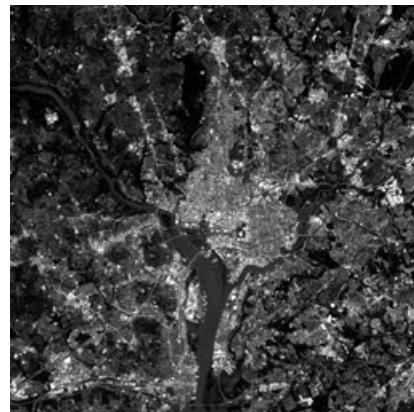
应用实例 (2) 卫星遥感图像分析





1.2.3 图像分析实例（一）

应用实例 (3) 多光谱遥感图像分析



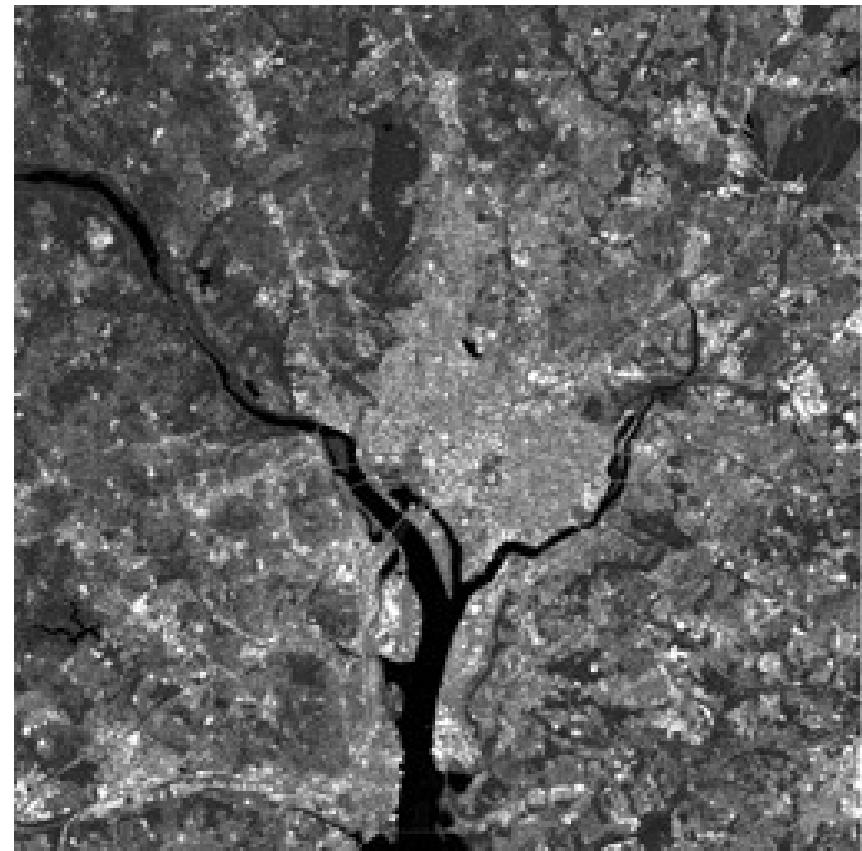


1.2.3 图像分析实例（一）

L1 Band

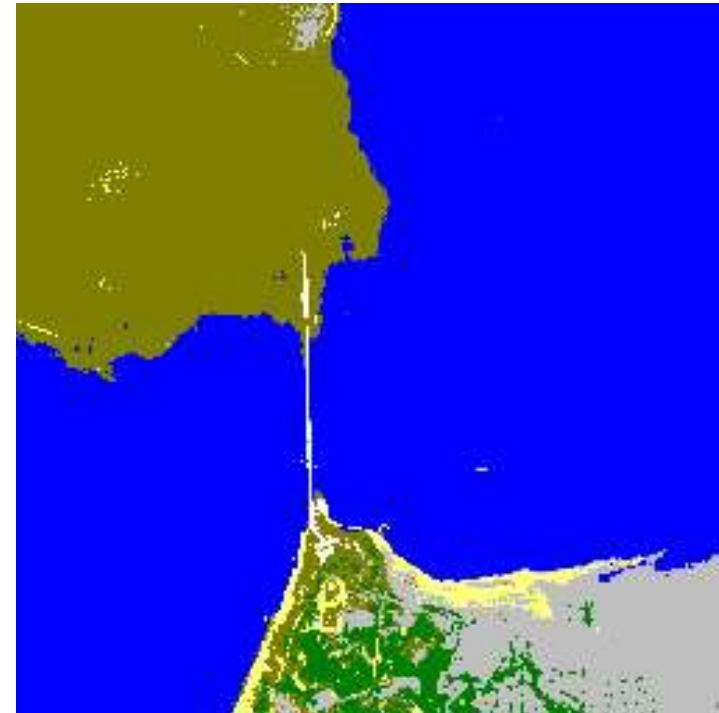


L7 Band





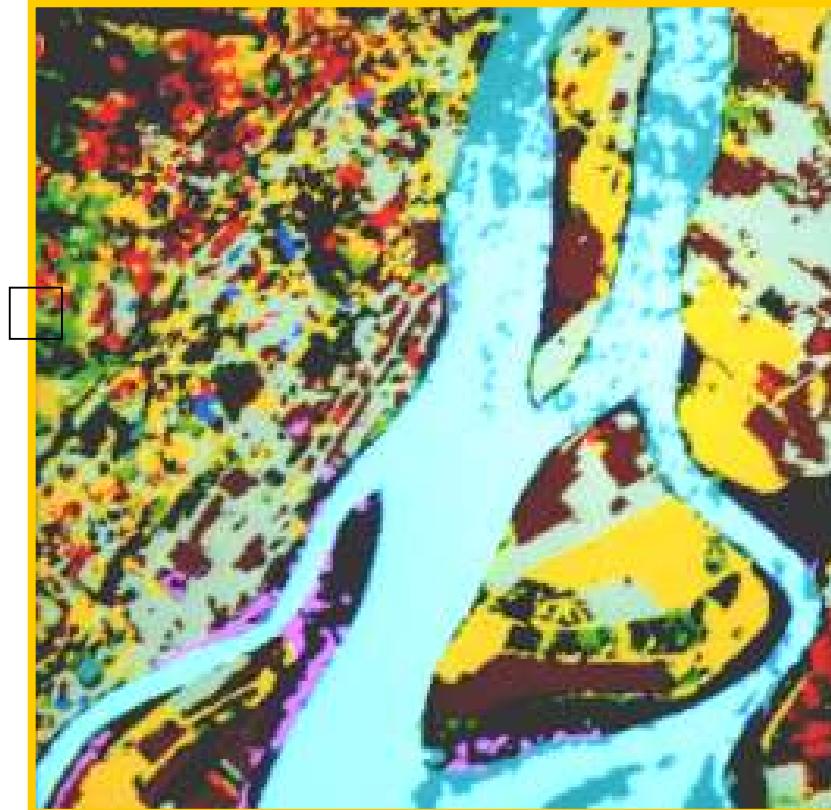
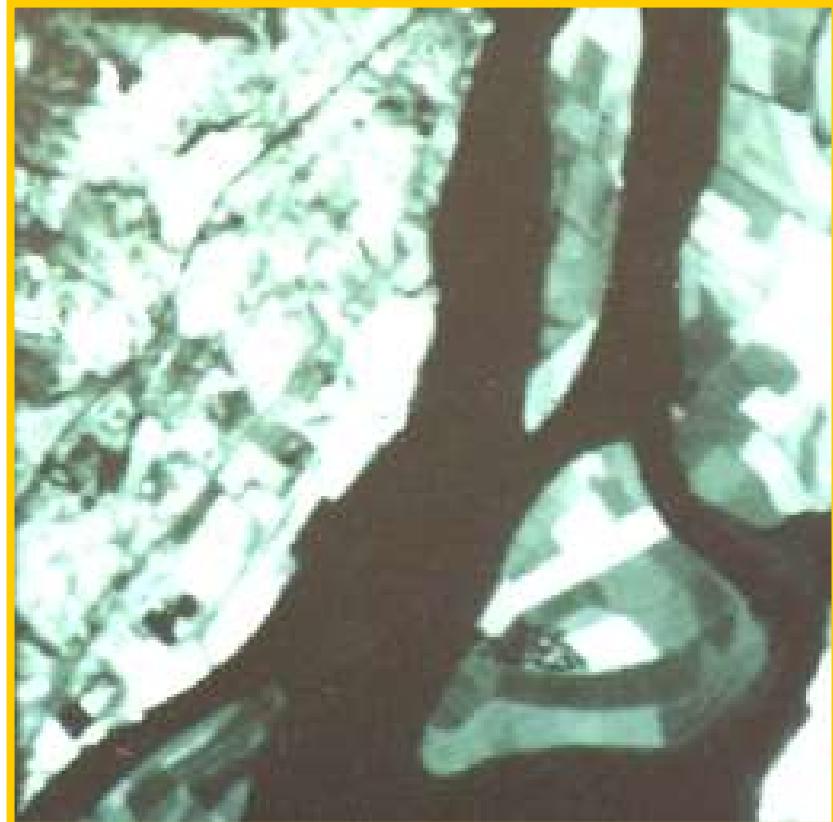
1.2.3 图像分析实例（一）



遥感分类



1.2.3 图像分析实例（一）



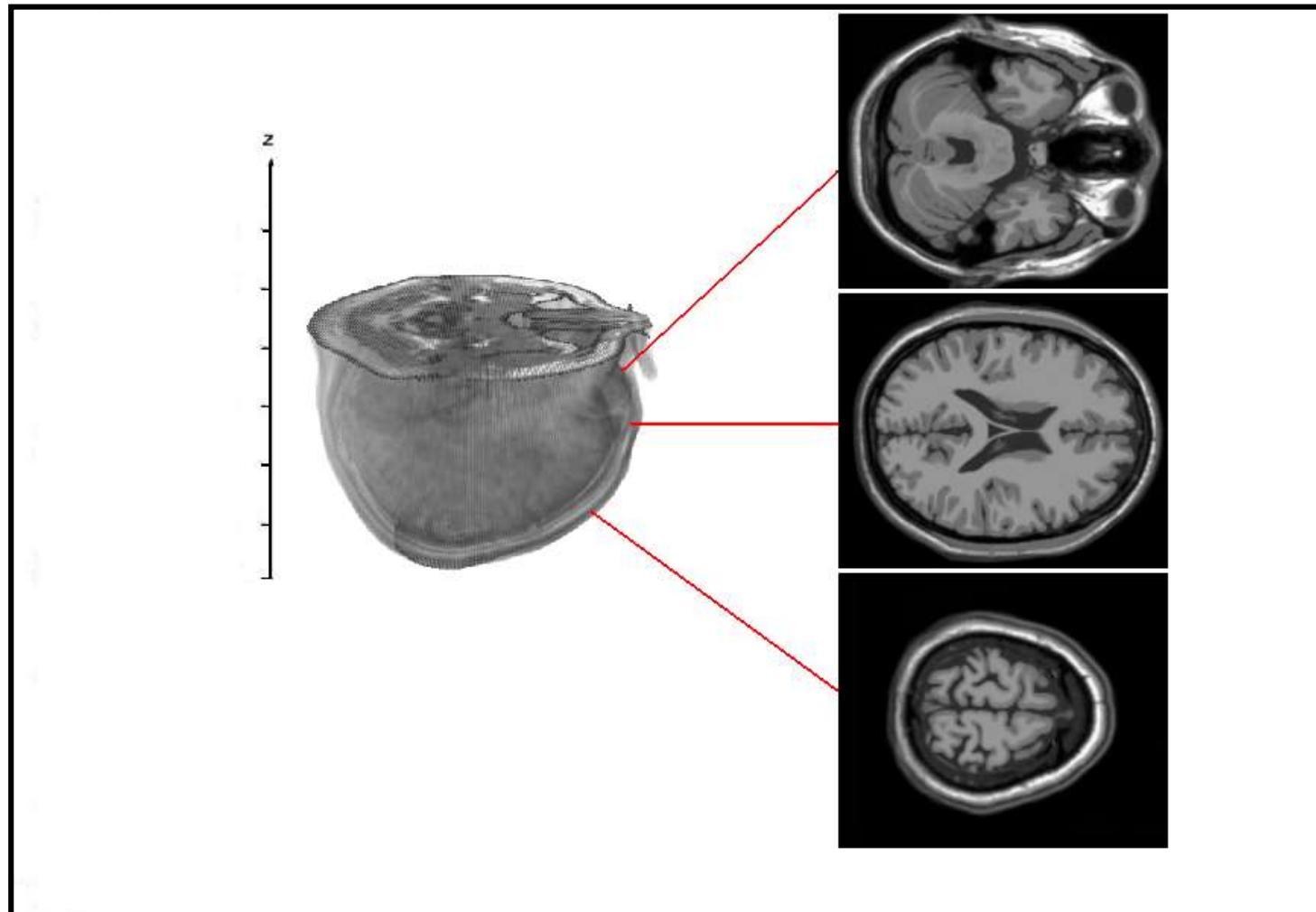
(a) 里斯本地区TM遥感图像（第六波段） (b) 采用有监督分类的十五大类分类结果

遥感分类



1.2.3 图像分析实例 (二): 医学图像分析

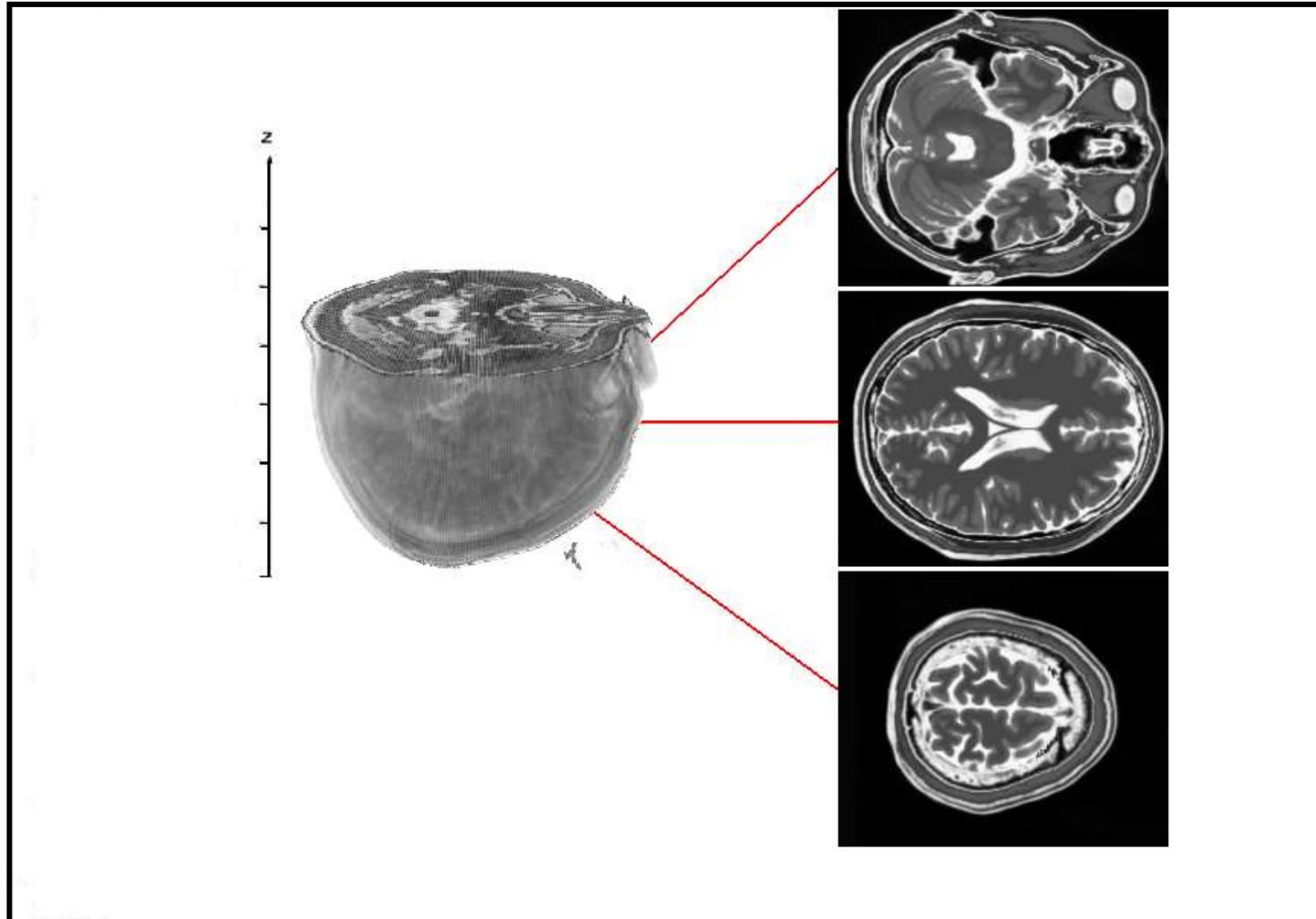
应用实例 (1) 图像融合



MR Image T1 Band



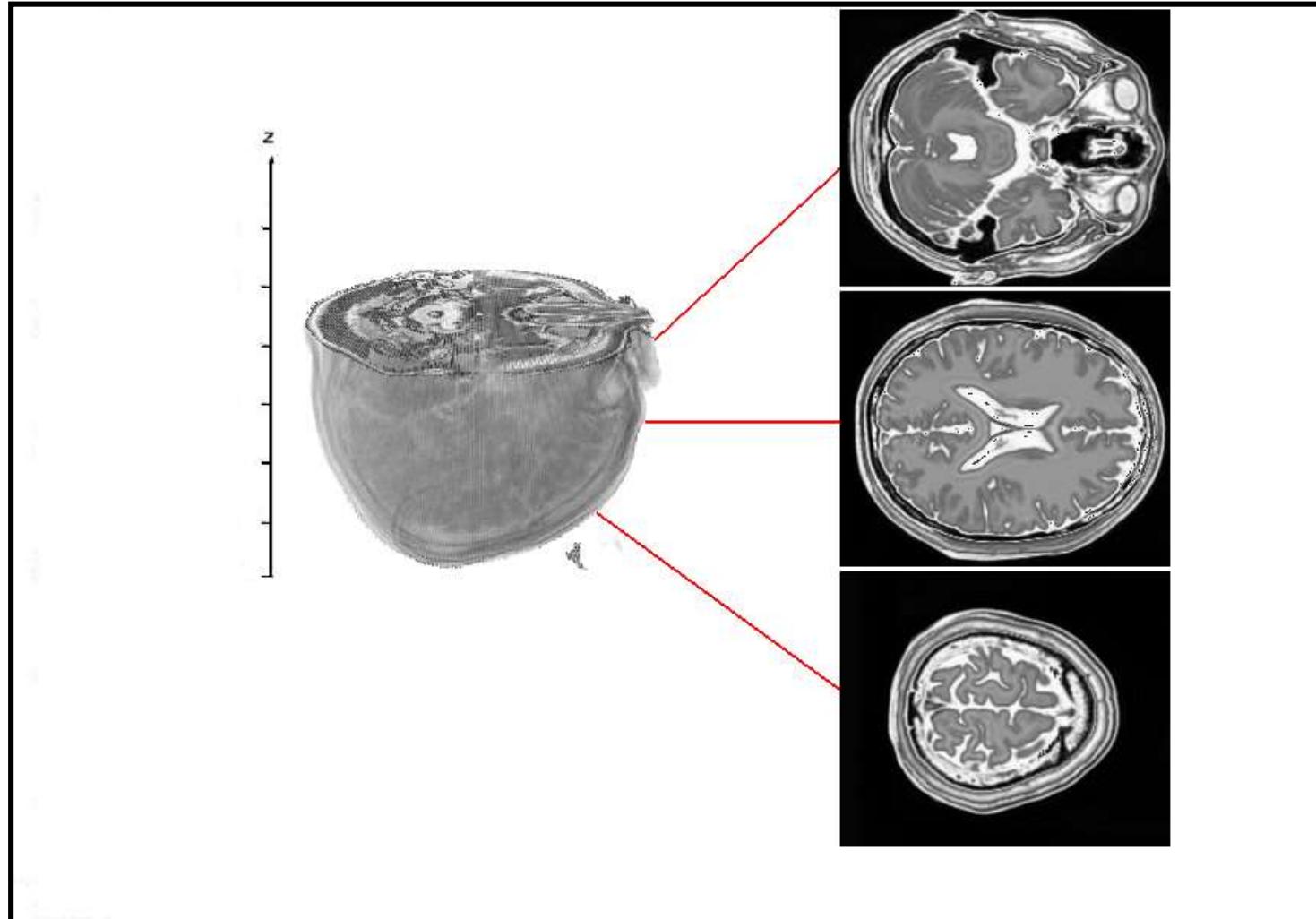
1.2.3 图像分析实例 (二): 医学图像分析



MR Image T2 Band

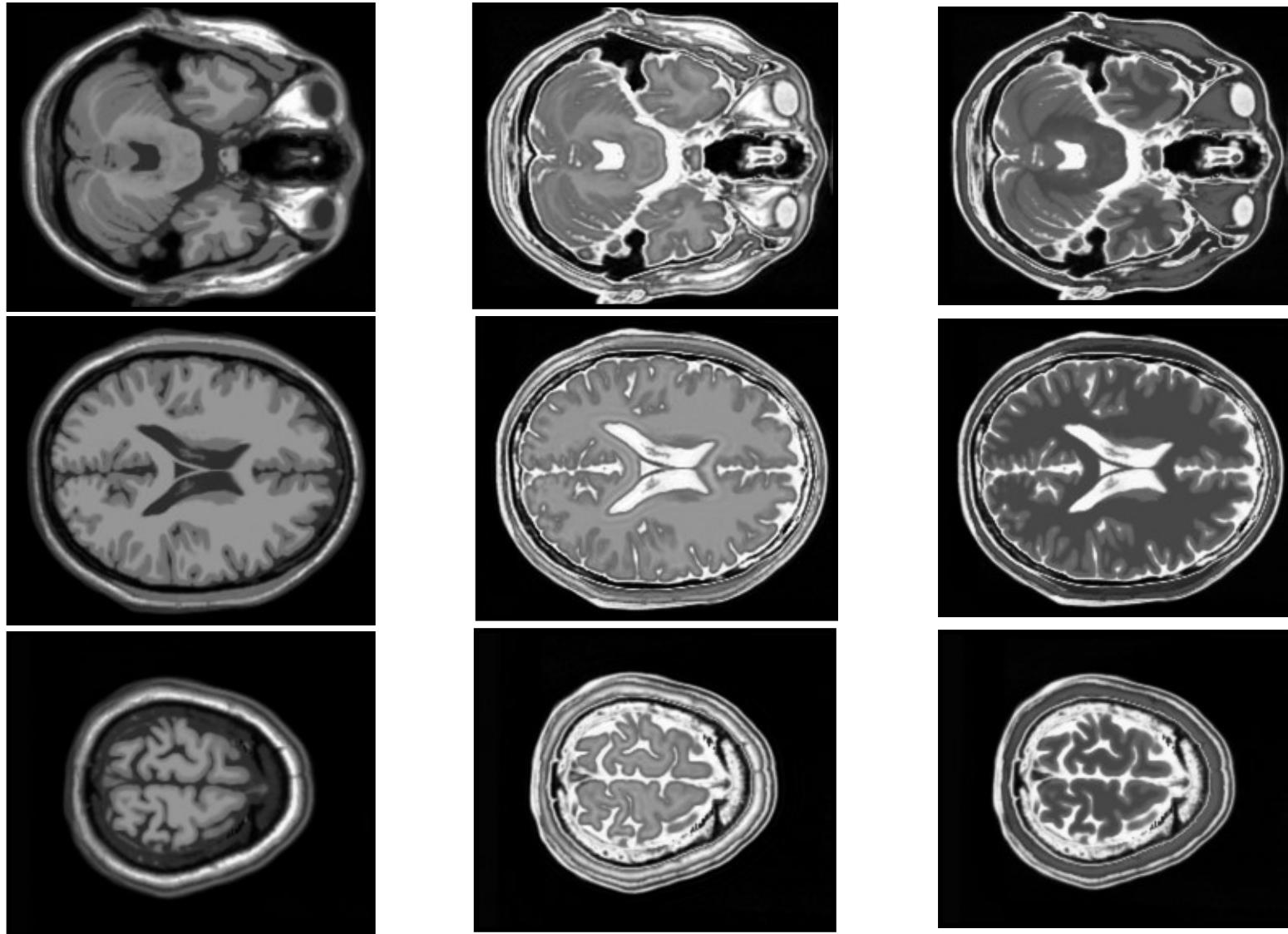


1.2.3 图像分析实例 (二): 医学图像分析



Fused image

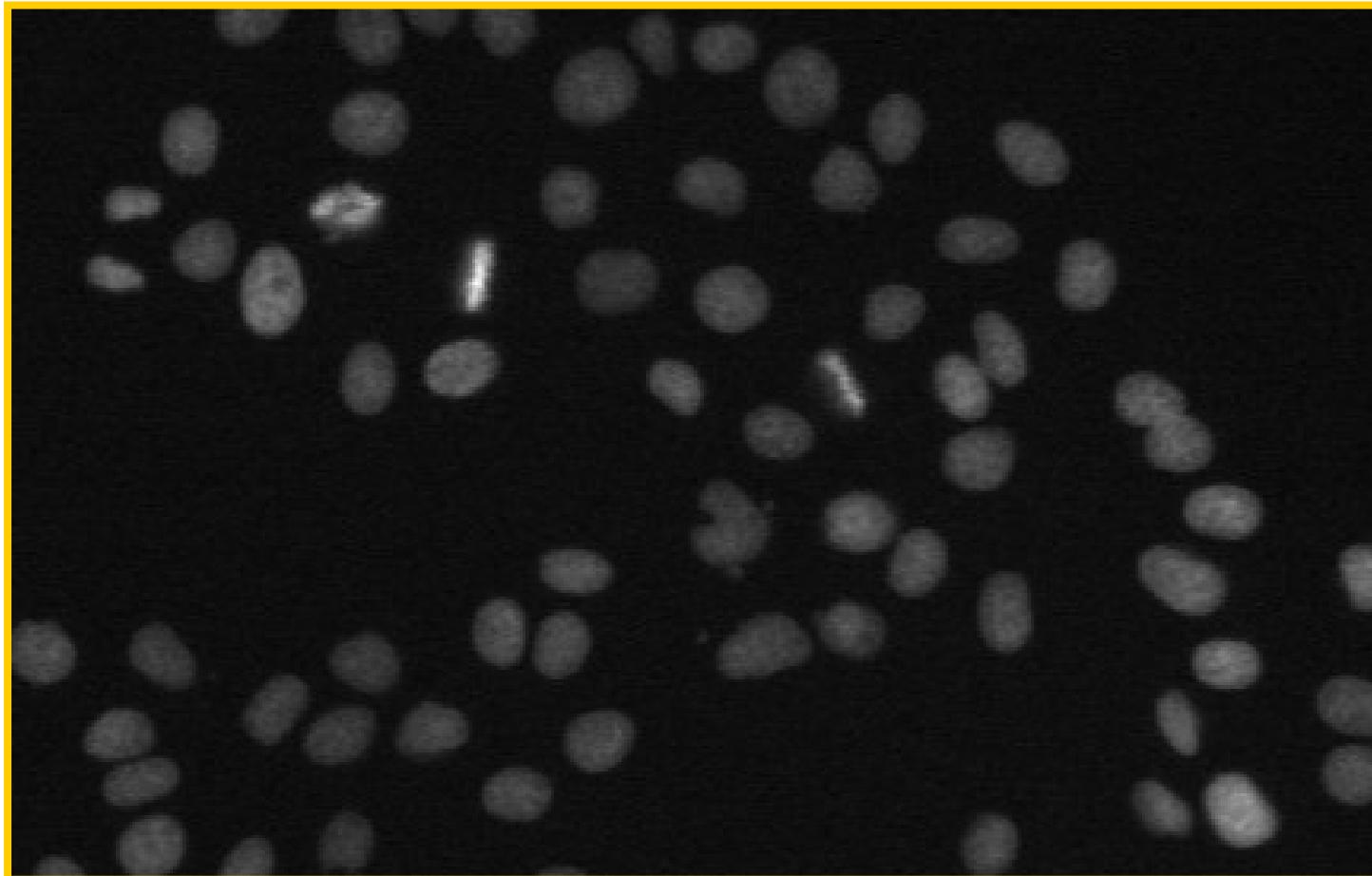
Results





1.2.3 图像分析实例（二）

应用实例 (2) 辅助制药



细胞显微荧光图像



1.2.3 图像分析实例（二）

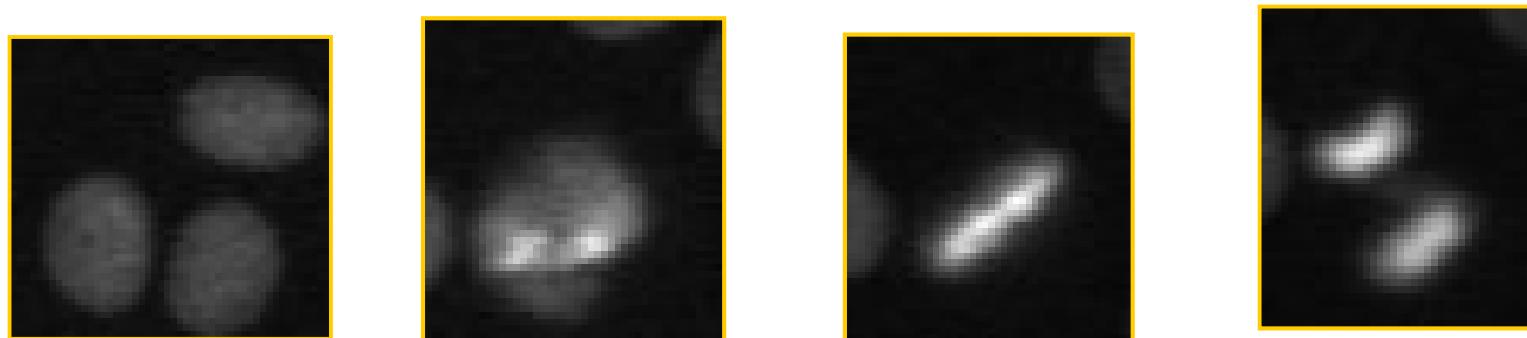
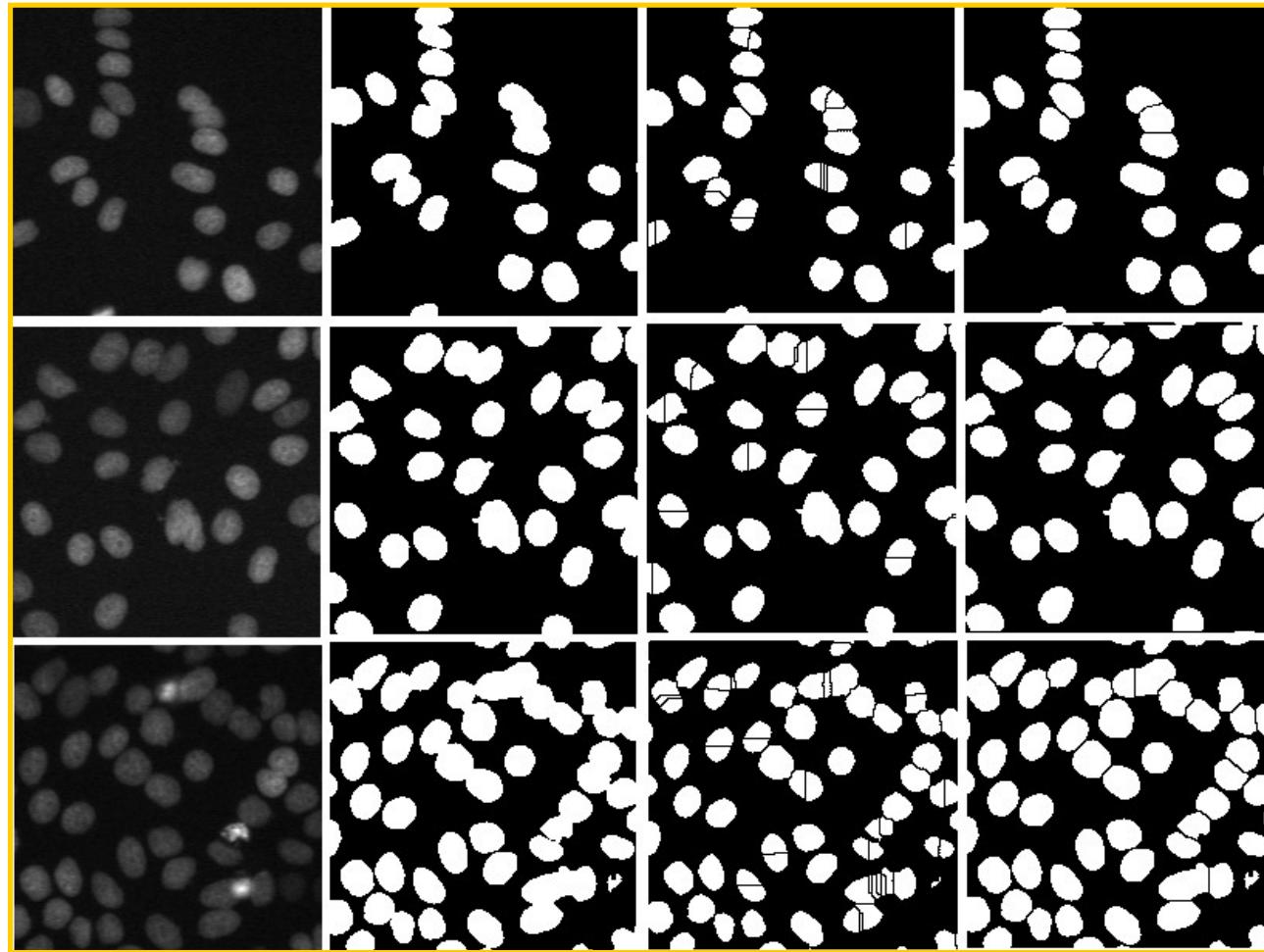


图 1-2 细胞周期中的四个不同状态
从左到右依次分别是分裂间期、分裂前期、分裂中期和分裂后期

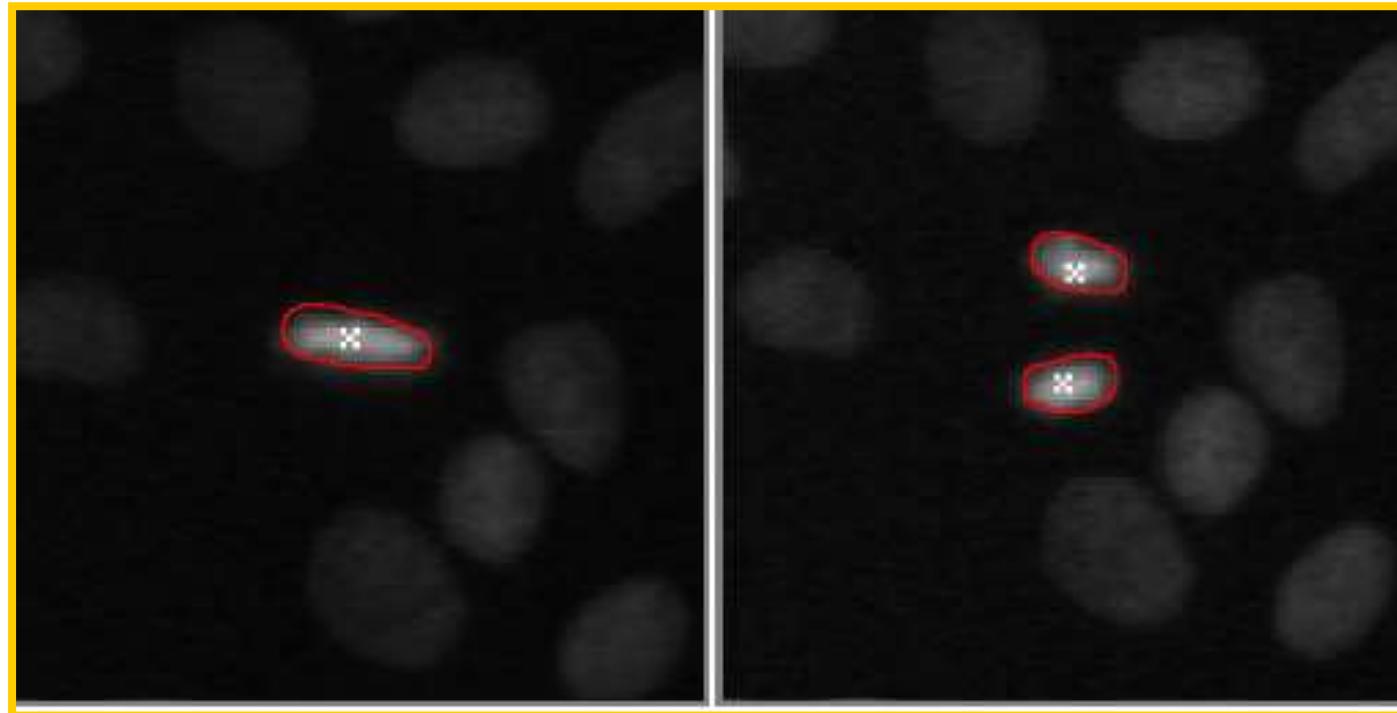


1.2.3 图像分析实例（二）





1.2.3 图像分析实例（二）

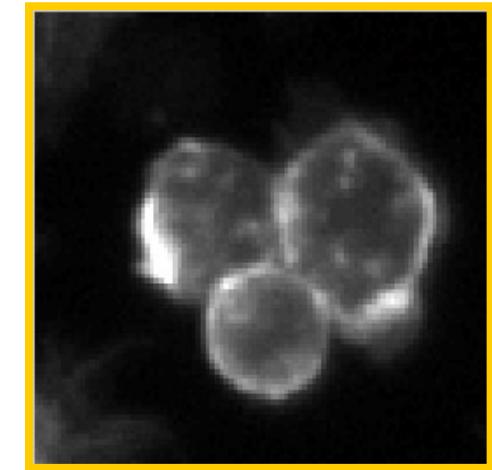
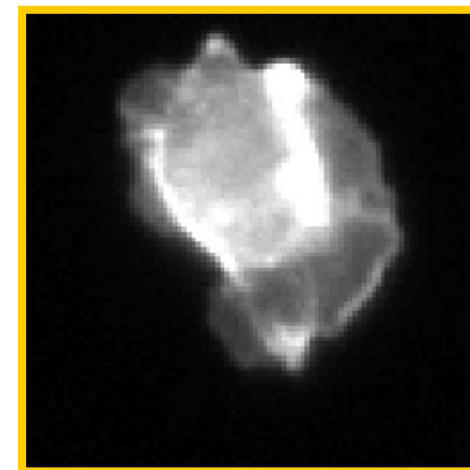


跟踪



1.2.3 图像分析实例（二）

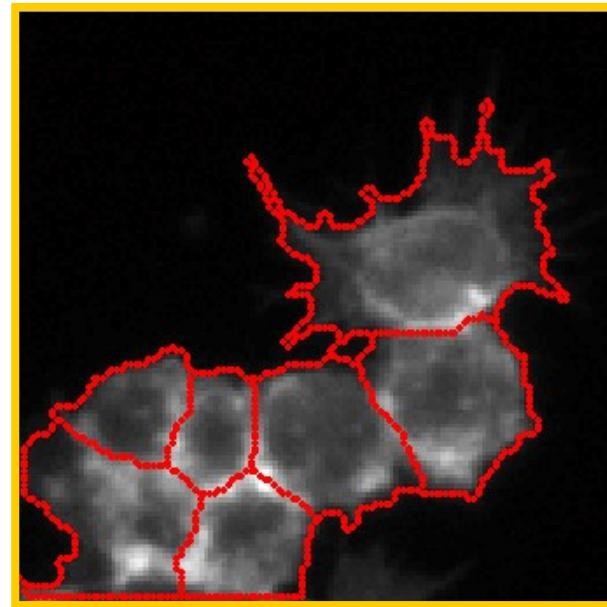
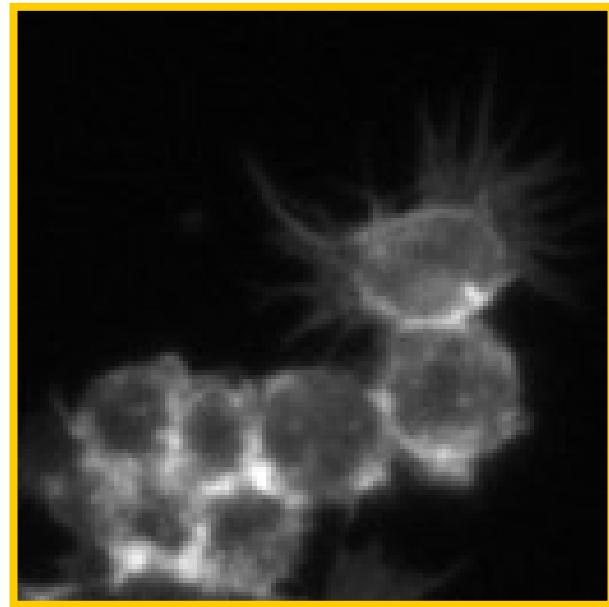
应用实例 (3) 基于图像分析的生物信息学



RNAi Cell Image分割



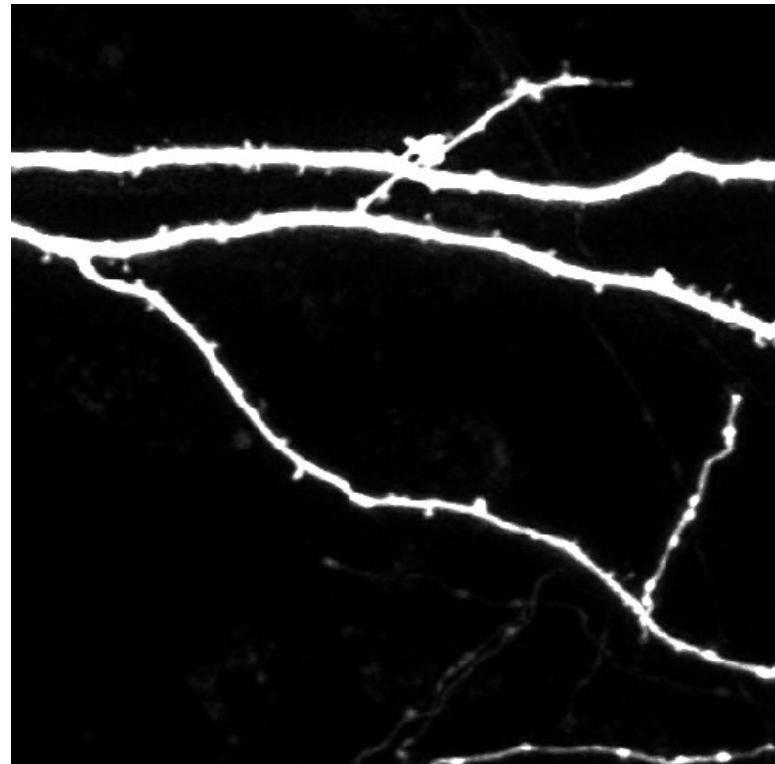
1.2.3 图像分析实例（二）



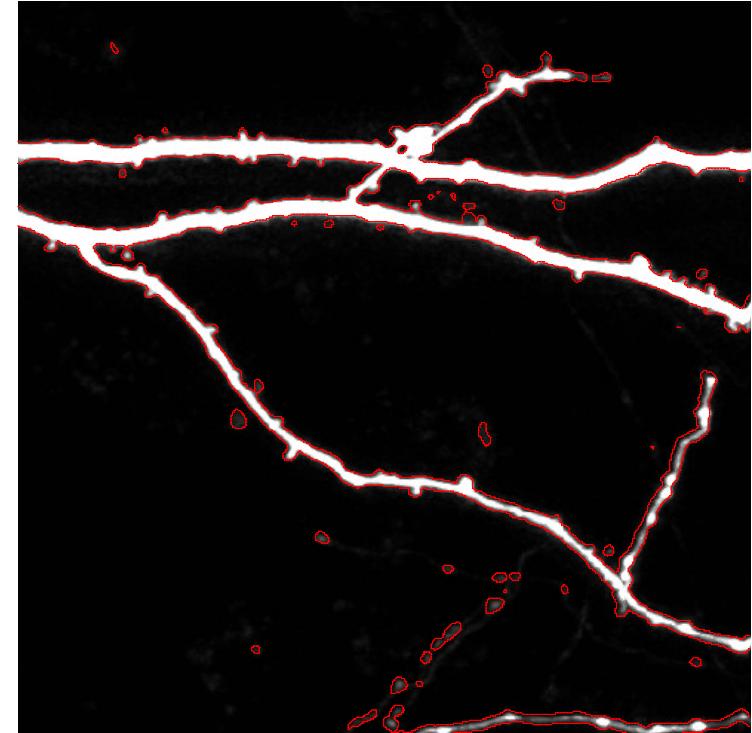
RNAi Cell Image分割



1.2.3 图像分析实例（二）



(a). Original image

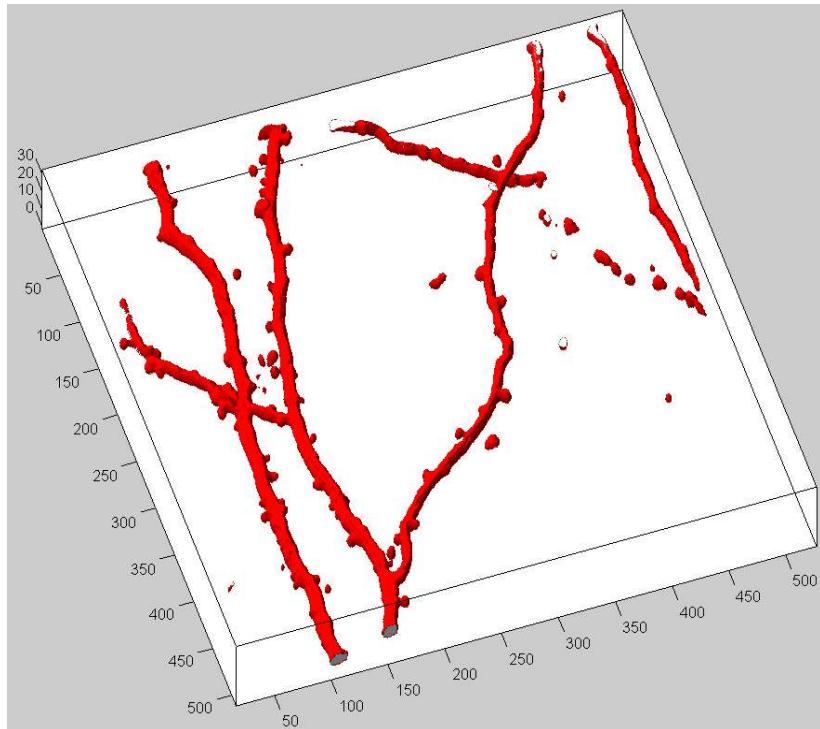


(b). Segmentation result

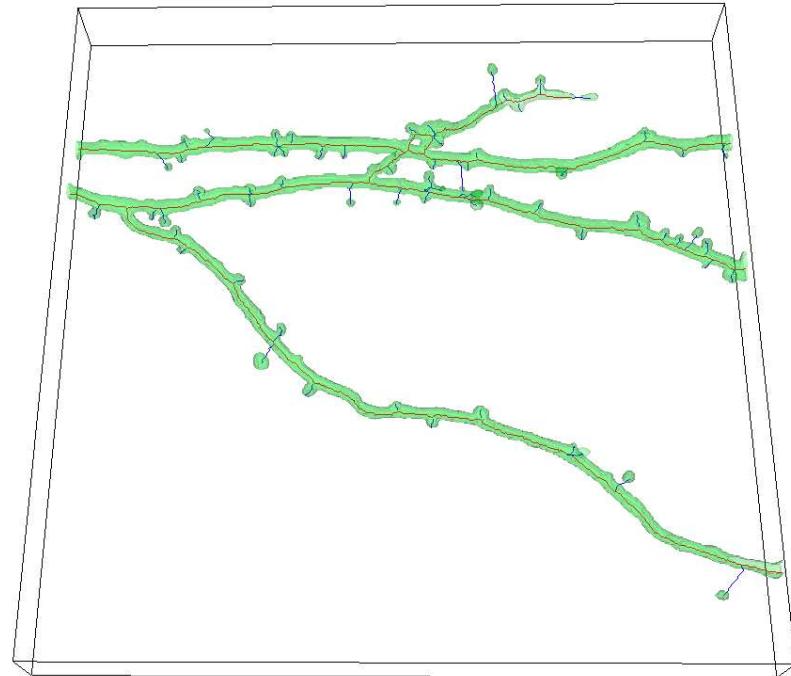
Denrite Image分割



1.2.3 图像分析实例（二）



(c). 3D view of segmentation result



(d).Surface rendering and skeleton,
each branch in the skeleton corresponds
to a spine

Wengang Zhou, Houqiang Li, and Xiaobo Zhou, "3D dendrite reconstruction and spine identification," *International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI)*, Sept. 6-10, pp.18-26, 2008.



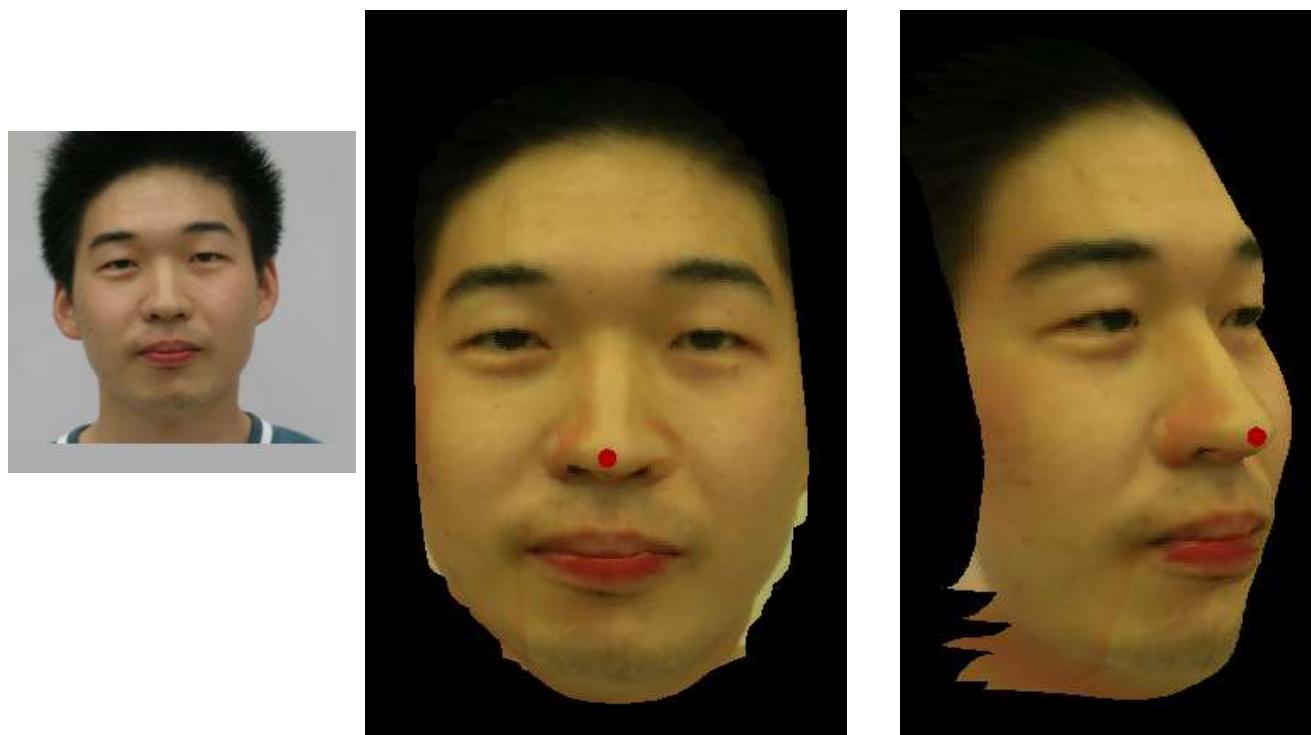
1.2.3 图像分析实例（二）

应用实例 (4) 人脸整容





1.2.3 图像分析实例（二）





1.2.3 图像分析实例（三）

□ Image Inpainting



Original Image



Manually Inpainted Image



Original Image



Region Mask with Structure



Automatically Inpainted Result

Examples from SigGraph 2005, Sun et al.



Original Image



Region Mask with Structure

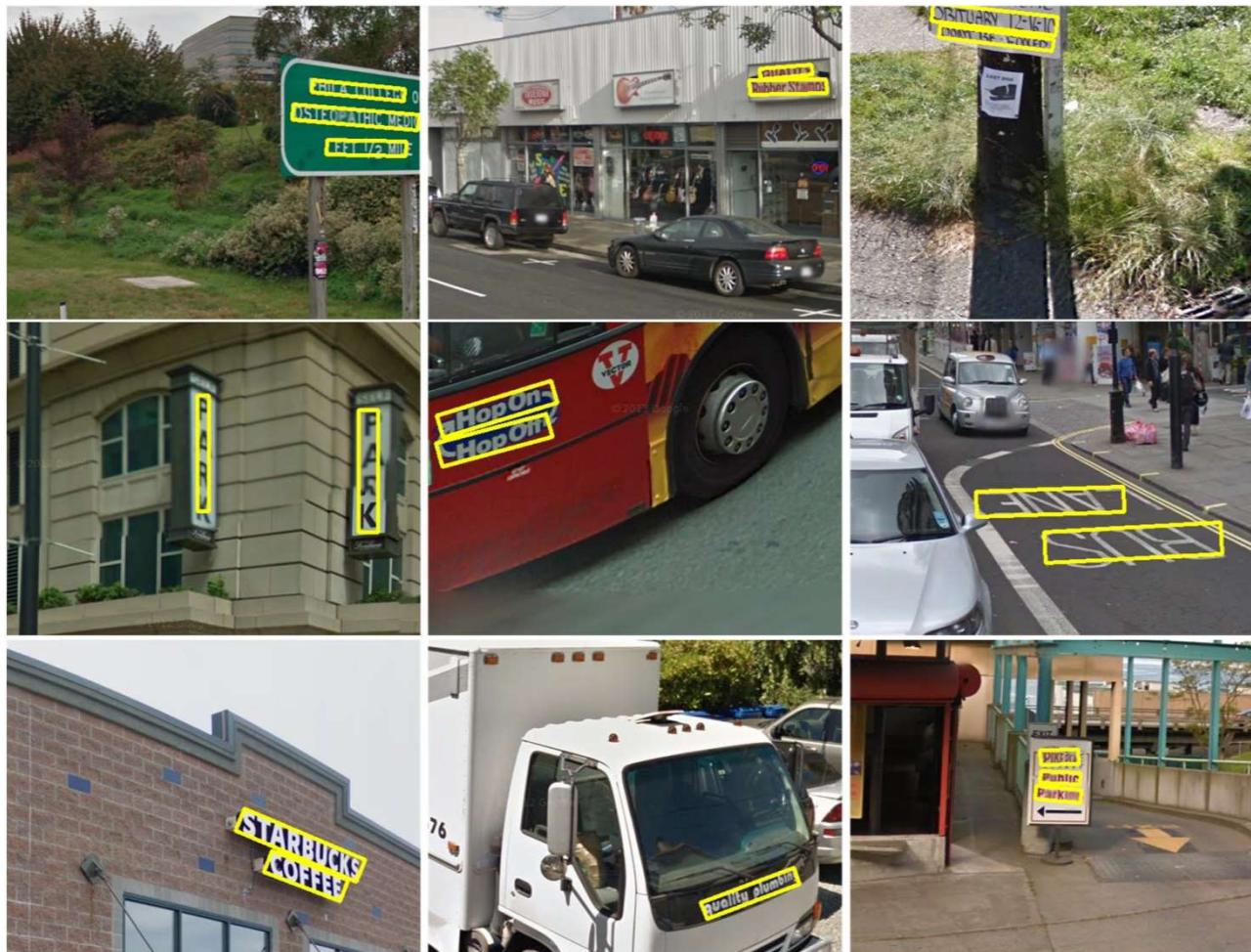


Automatically Inpainted Result



1.2.3 图像分析实例（三）

□ 场景文字检测（Scene Text Detection）





1.2.3 图像分析实例(三)：图像检索

□ Database: thousands -> millions -> billions

easy

- Retrieve identical images (✓)
- Retrieve nearly duplicated images: cropped, edited, resized (✓)



- Retrieve images containing similar objects (✓)



- Retrieve similar semantics (X)



difficult

Partial-duplicate Image Search

□ Problem definition

- Goal: Search images with partial-duplicated patches in a large corpus of web image dataset.

TinEye
www.tineye.com



□ Partially duplicated target image

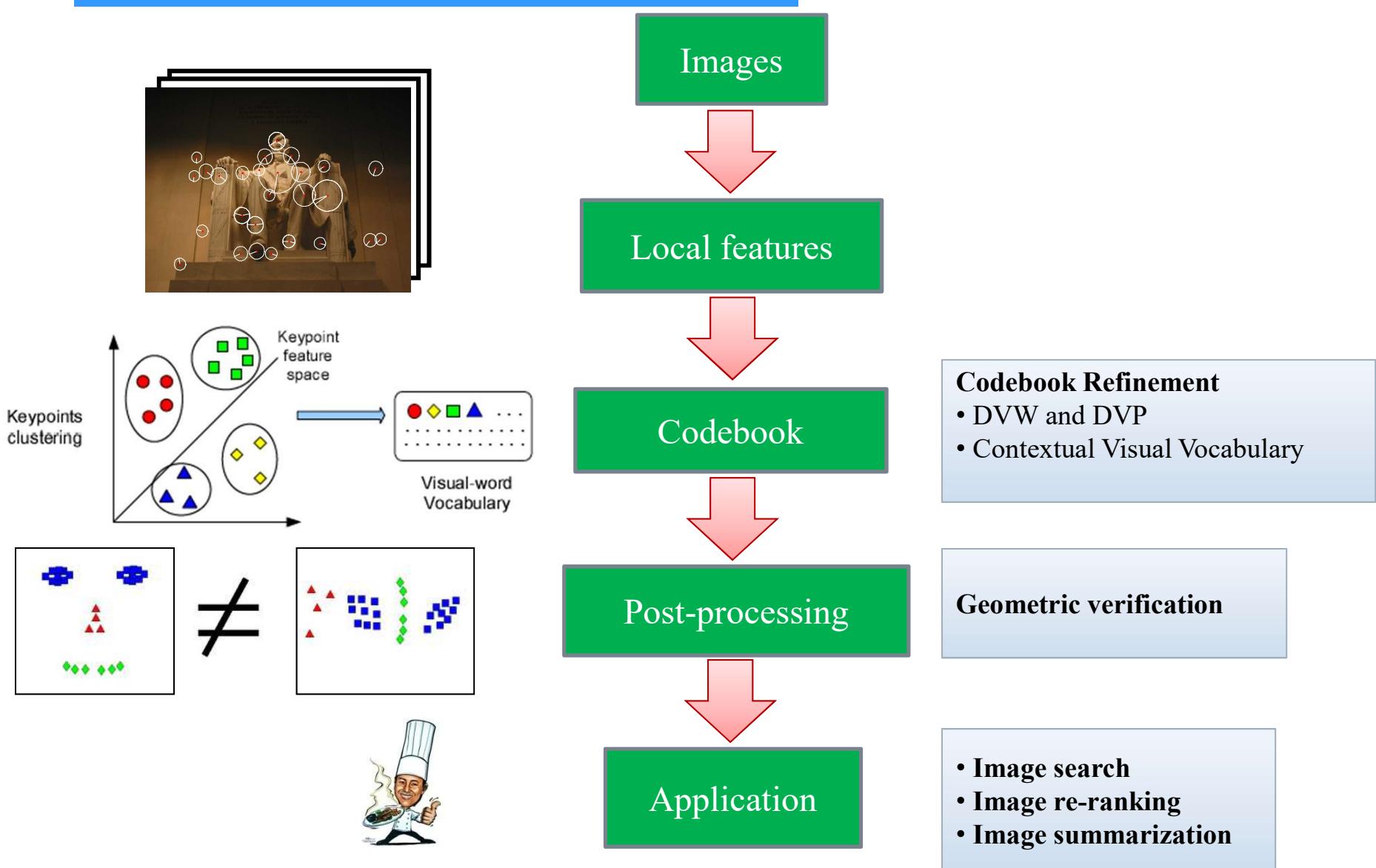
- Edit the original image with changes in scale, cropping, and partial occlusion, *etc.*

□ Different from image-based object retrieval

- Variations due to 3D view-point change, object-class variability, *etc.*

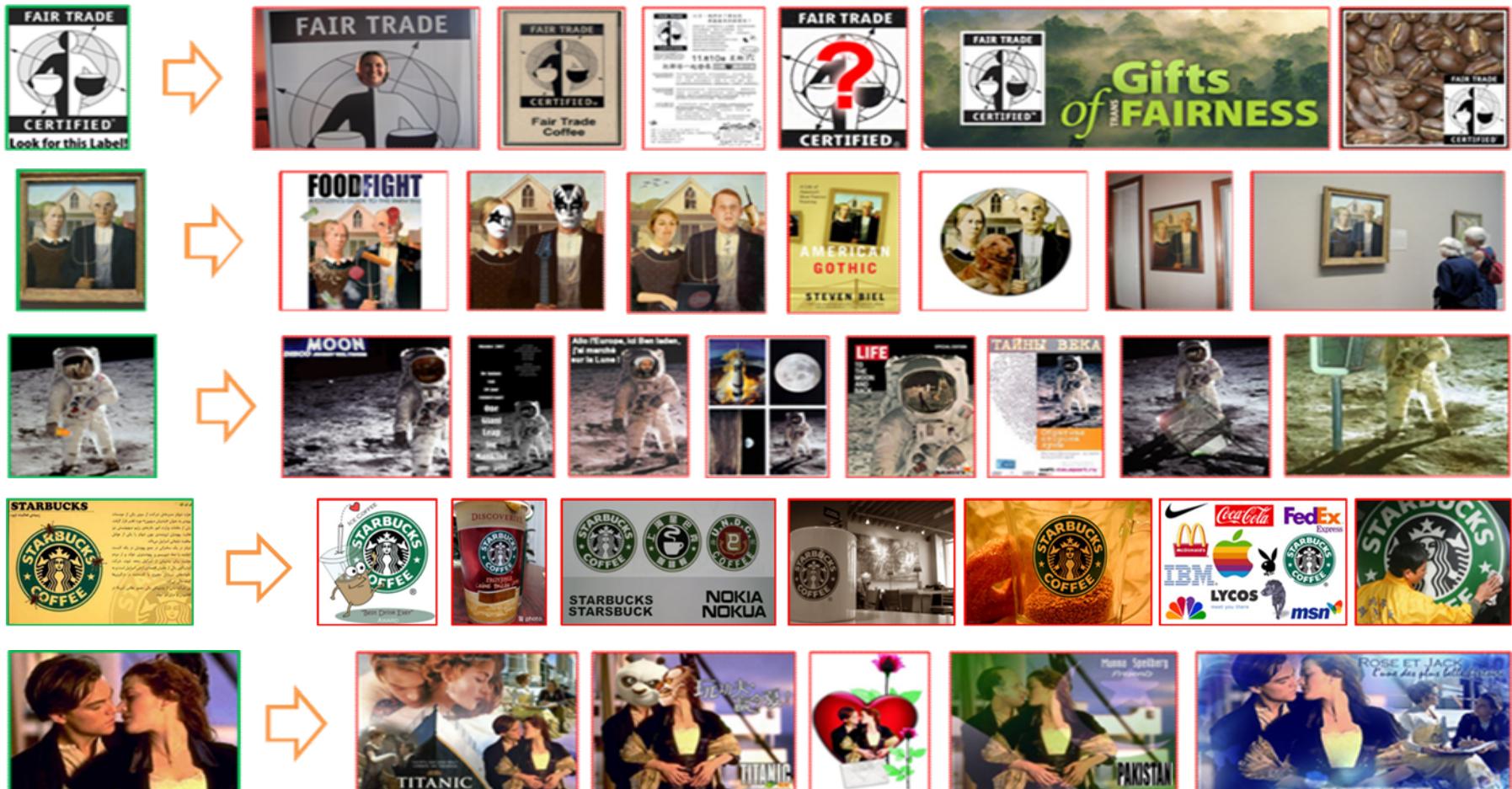


General Approach





Sample Results



(selected from those before the first false positive)



Demo

Demo_DupRetrieval

File Edit View Help Operation

Query RAND Search

Query image
..._blob_11\610\558.jpg
113x139 - 47kB

Rank: 1 Rank: 2 Rank: 3 Rank: 4 Rank: 5

Rank: 6 Rank: 7 Rank: 8 Rank: 9 Rank: 10

Rank: 11 Rank: 12 Rank: 13 Rank: 14 Rank: 15

Rank: 16 Rank: 17 Rank: 18 Rank: 19 Rank: 20

Ready Photoshop IPTV AND WIRELESS MESH FOR Database Size : 10196849 Codebook Size : 1399609 Time cost : 125ms (0ms) NUM

The screenshot displays a user interface for a duplicate image retrieval system. At the top, there's a menu bar with 'File', 'Edit', 'View', 'Help', 'Operation', and tabs for 'Query', 'RAND', and 'Search'. On the left, a 'Query image' is shown, which is a photograph of a man in a brown t-shirt. Below it, the file path and dimensions are listed: "..._blob_11\610\558.jpg" and "113x139 - 47kB". The main area contains a 4x5 grid of images, each with a rank number below it. The ranks are: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, and 20. The images in the grid are diverse, including a variety of scenes and objects. At the bottom, there are several small thumbnail images in boxes, and a status bar at the very bottom with the word 'Ready' and some technical details like database size and time cost.



1.2.3 图像分析实例 (四): 视频分析

Video Analysis Coding



Sample



Sample



Ours



1.2.3 图像分析实例 (四): 视频分析

运动目标跟踪



Martin Danelljan, et al. ECO: Efficient Convolution Operators for Tracking. In CVPR 2017.



1.2.3 图像分析实例 (四): 视频分析

运动目标跟踪（多摄像头数据）





1.2.3 图像分析实例 (四): 视频分析

Video Inpainting





1.2.3 图像分析实例 (四): 视频分析

□ Video Prediction



<https://cs.nyu.edu/~mathieu/iclr2016.html>



1.2.3 图像分析实例 (四): 视频分析

□ Human Pose Estimation

Real-time Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields

Zhe Cao, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh

Carnegie Mellon University

Cao, Zhe, et al. "Realtime multi-person 2d pose estimation using part affinity fields." CVPR. Vol. 1. No. 2. 2017.



1.2.3 图像分析实例 (四): 视频分析

Video Summary



Original Video



Video Summary



1.3 主要内容和安排

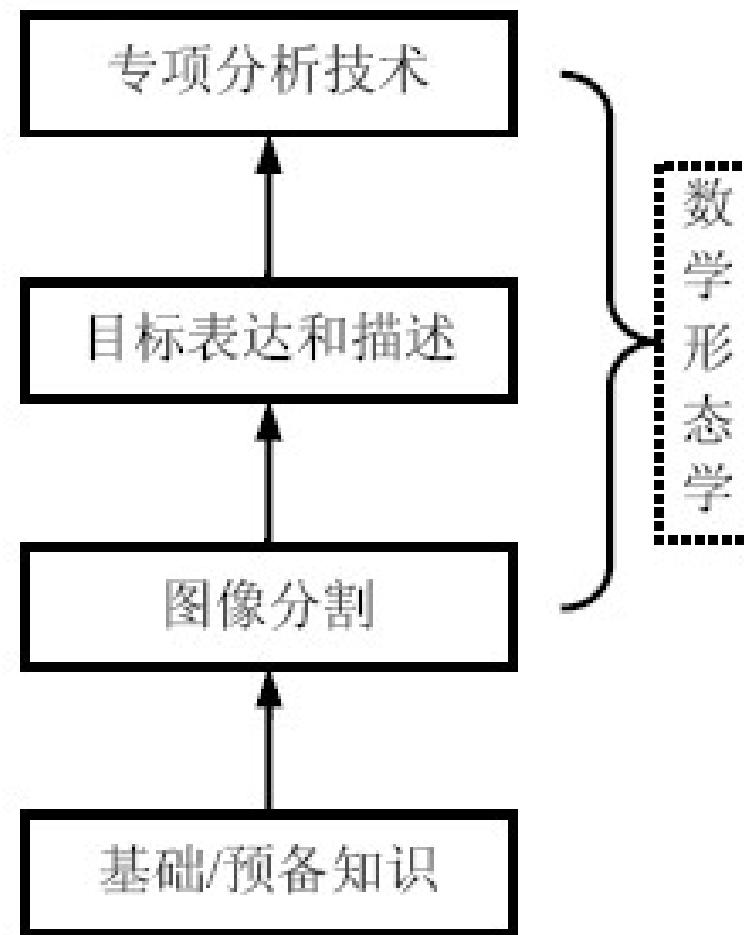


图 1.3.1 全书构架