
数字图像处理 (DIP)

Digital Image Processing

主讲教师： 胡庆茂 博士

手机： 18923411486

电邮： qm.hu@siat.ac.cn

课后要求

每个学生提供如下材料，通过电子邮件发至 qm.hu@siat.ac.cn

1. 你的姓名（附照片）、电子邮件、手机号码（可以不给）
2. 你的背景（即大学所学的专业，大学毕业后所从事的工作）

上课材料、作业、课程报告等都通过电子邮件传送

教材及参考书

主要教材

1. Gonzalez RC, Woods RE. Digital Image Processing 数字图像处理(第二版/2nd Edition). 电子工业出版社/Prentice Hall, 2008/2007.

参考资料

1. Parker JR. Algorithms for Image Processing and Computer Vision. John Wiley & Sons, Inc. 1997.
2. 章毓晋(Yujin). 图像处理和分析教程. 人民邮电出版社, 2009.
3. 罗述谦, 周果宏. 医学图像处理与分析(第二版). 科学出版社, 2010.
4. 一些杂志论文

第一章 绪论

对数字图像处理方法研究的兴趣源于两个主要应用领域：一是为**方便人们看图像**而对图像信息进行改善；二是为**机器自动感知**图像而对图像数据进行处理、存储、传送和表示。

- DIP的基本概念与界定的范围
- DIP的发展及应用实例
- DIP的基本步骤及内容（课程结构）
- DIP系统简介
- 数字图像发展概况
- 相关可用平台
- 本课程学习的相关问题

本章概要

3课时授课

1课时作业

“One picture is worth more than ten
thousand words”

人类离不开图像，数字图像技术渗透到各个科技领域，百闻不如一见。画面比文字更形象生动，人类70%以上信息来自视觉

学好DIP能干什么

- DIP在整个信号处理领域就业形势最好
- 模式识别目前大部分都是基于图像的模式识别
- DIP是计算机视觉和视频处理的基础
- 医学图像是一个比较热门的方向
- 图像处理对编程的要求较高，可以去软件公司主要大公司：
 - 图像和视频搜索：微软、Google、Yahoo和百度
 - 医学图像：Siemens、GE、Philips和Kodak
 - 所有与图像（静止或者运动图像）有关的公司都是选择。比如数码相机、显微镜成像、超声成像、工业机器人控制、显示器、电视、遥感等等

图像的基本概念

图像的概念:

图: 光的折射或者反射光的分布 (外部能量刺激)

像: 人的视觉系统对图的感知

广义的图像包括照片、绘图、物理成像如CT等。



图像的形式及表示方法:

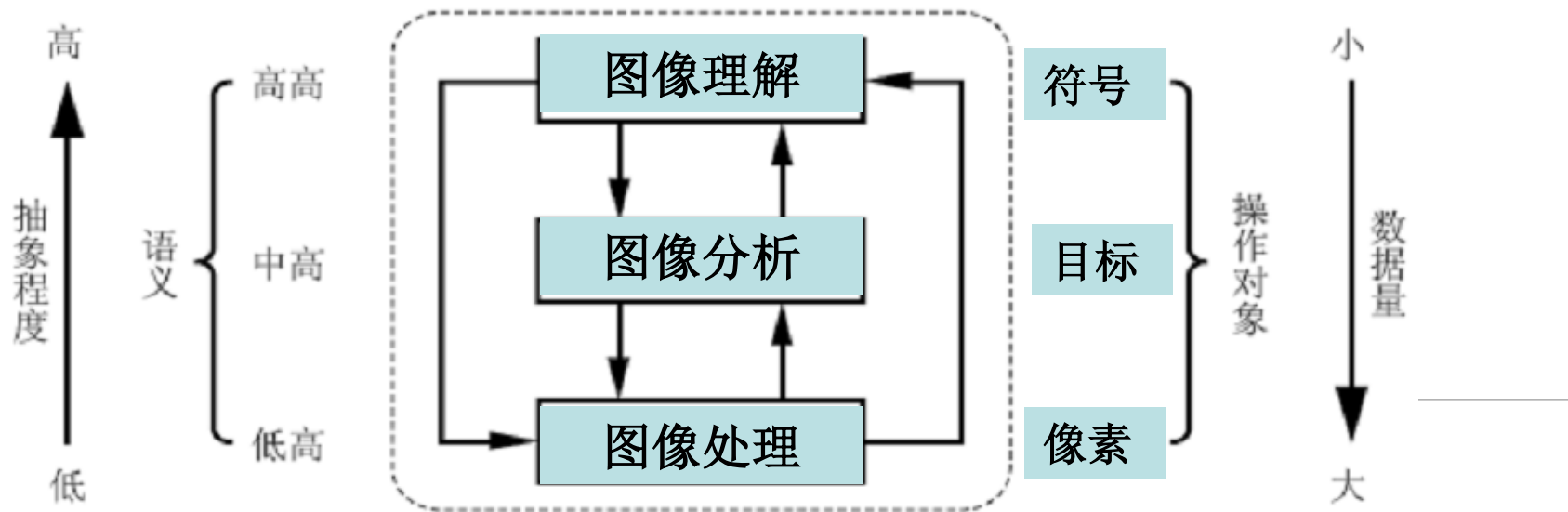
二维(2D)图像 $f(x, y)$: (x, y) 像素坐标, f 亮度、强度或灰度级, grayscale, intensity。坐标系从左至右(X)、从上到下(Y)。

三维(3D)图像 $f(x, y, z)$: z 为空间坐标时表示体图像, 如CT数据; 当 z 表示波长时, 表示彩色图像。

四维(4D)图像 $f(x, y, z, t)$: 动态三维图像(如不同时间的体图像或彩色图像)

广义的图像处理DIP

- 狭义的DIP：对输入图像进行增强、复原、编码与解码等操作而形成的**图像**
- 图像分析：对图像中感兴趣的目标进行检测和测量，得到**描述数据**，包括分割、检测、分类、识别等
- 图像理解：对图像分析得到的前景或感兴趣区(ROI)进行分析，形成对场景的**描述或解释**
- 广义的DIP：狭义的DIP+图像分析，本课程涵盖的内容
- 关系密切的相关学科：计算机视觉、计算机图形学
- 计算视觉：用计算机来模仿人的视觉，并做出推断和采取行动
- 计算机图形学：是根据特定的模型，由计算机来产生图形图像



图像处理 主要研究内容

图像处理着重强调在图像之间进行的变换。比较狭义的图像处理主要满足对图像进行各种加工以改善图像的视觉效果并为自动识别打基础，或对图像进行压缩编码以减少所需存储空间或传输时间、传输通路的要求。

图像处理	图像采集、获取及存储（包括各种成象方法、摄像机校正等）
	图像重建（从投影等重建图像）
	图像变换、滤波、增强、恢复/复原、拼接等
	图像（视频）压缩编码
	图像数字水印和图像信息隐藏

图像分析 主要研究内容

图像分析则主要是对图像中感兴趣的目标进行检测和测量，以获得它们的客观信息从而建立对图像的描述。图像分析是一个从图像到数据的过程，这里数据可以是对目标特征测量的结果，或是基于测量的符号。它们描述了图像中目标的特点和性质。

图像分析	边缘检测、图像分割
	目标表达、描述、测量（包括二值图处理等）
	目标颜色、形状、纹理、空间、运动等的分析
	目标检测、提取、跟踪、识别和分类

图像理解 主要研究内容

图像理解的重点是在图像分析的基础上，进一步研究图像中各目标的性质和它们之间的相互联系，并得出对图像内容含义的理解以及对原来客观场景的解释，从而指导和规划行动。

图像理解	（序列，立体）图像配准、匹配、融合
	3-D表示、建模、重构、场景恢复
	图像解释、推理（包括语义描述、信息模型、专家系统等）
	基于内容的图像和视频检索

DIP的起源、发展及应用实例

DIP的第一个应用发生在报纸行业。**1921年**，Bartlane电缆图片传送系统使得穿越大西洋的伦敦和纽约之间的一副图片的传递时间由原来的几个星期减少到三个小时。（一端编码，一端解码）



通过打印字符模拟中间色调打印出来的灰度图像（5级灰度）
1921年

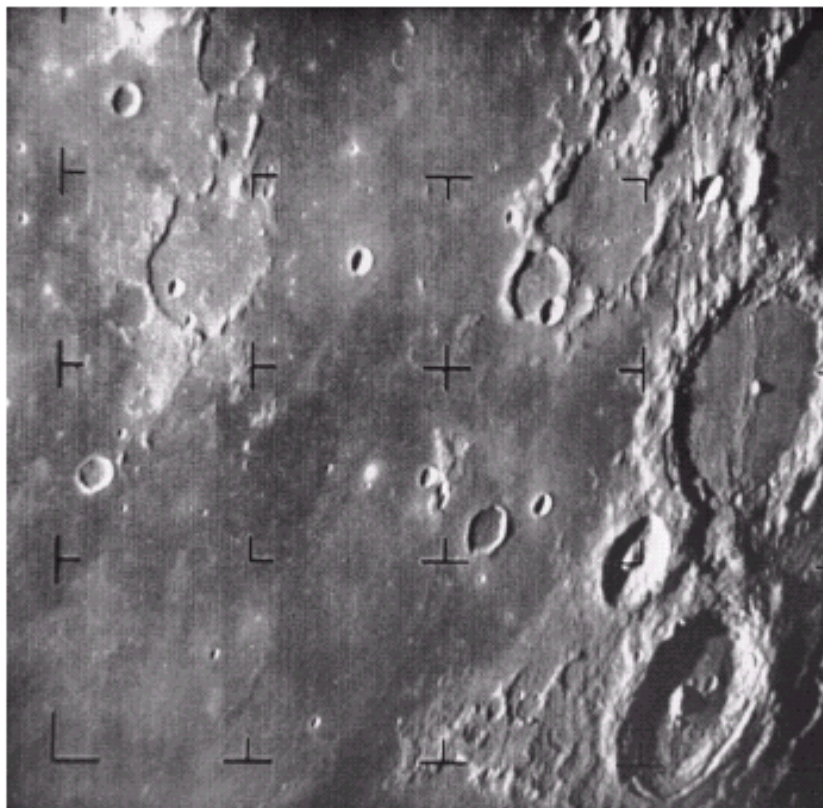


基于图片再生技术用穿孔纸带打印的图像（灰度级增强了）
1922年

DIP的发展

DIP极大地依赖于 计算机及相关技术（存储、显示和传送等技术）。

第一台真正可以执行图像处理任务的足够强大的计算机出现在20世纪60年代早期，此时DIP的发展也得益于这时的空间计划。



由美国航天器旅行者7号于1964年7月31号在东部白天时间上午9:09发回的第一张月球照片（着陆前17分钟的月球表面图像，网状标记表示经过了几何校正。）

DIP的应用

DIP始于20世纪60年代，60年代末开始用于医学图像、地球遥感探测和天文学等科学领域。典型应用包括：

增强对比度，或者将图像强度编码成彩色以便于解释X射线和用于工业、医学及生物科学领域的其他图像，地理学者用相同的技术从航空和卫星图像中研究污染模式。

图像增强和复原过程用于处理不可修复物体的有损图像或者造价昂贵而不可复现的实验结果。在考古学领域，使用图像处理方法已成功复原了模糊的图片，这些图片是那些丢失或损坏了的稀有物品的唯一现存记录。

在物理学和相关领域，增强高能等离子得到的实验图像。

DIP还成功应用在天文学、核医学、法律实施、国防及工业等领域中。

DIP的应用

DIP的第二类主要应用领域，即机器感知问题

典型的应用有：

- 字符识别
- 用于生产线及检测的工业机器视觉
- 军事识别
- 指纹识别
- X射线和血样分类
- 用于天气预报和环境鉴定的航空与卫星图像的机器处理
- 计算机辅助诊断 (Computer aided diagnosis, CAD)

计算机性价比的不断提高和万维网及互联网通信带宽的扩展，为**DIP**的持续发展创造了前所未有的机会。

所有直接或间接产生图像、处理图像的领域都有DIP的应用！

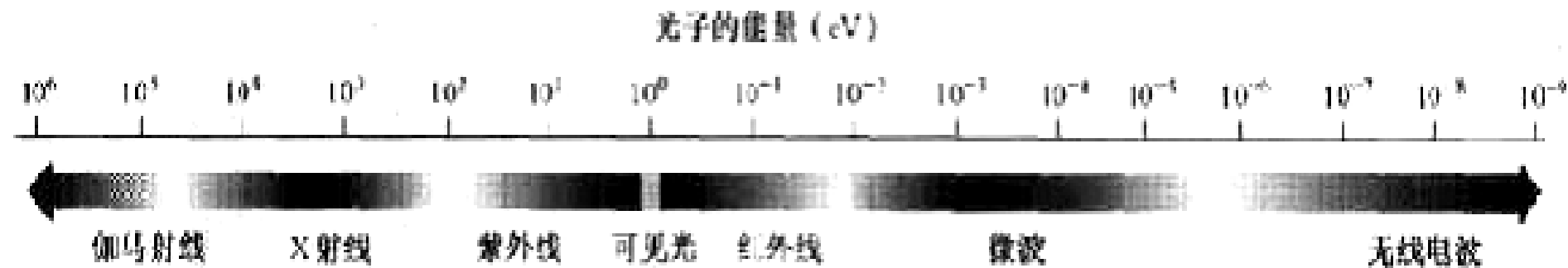
DIP应用领域举例

电磁波谱 (electromagnetic spectrum)

最熟悉的图像来源于电磁波谱辐射

特别是在X射线和可见光谱带的图像

电磁波谱可以按每个光子的能量或波长来进行分组。



根据光子能量分布排列的电磁波谱

DIP应用领域举例

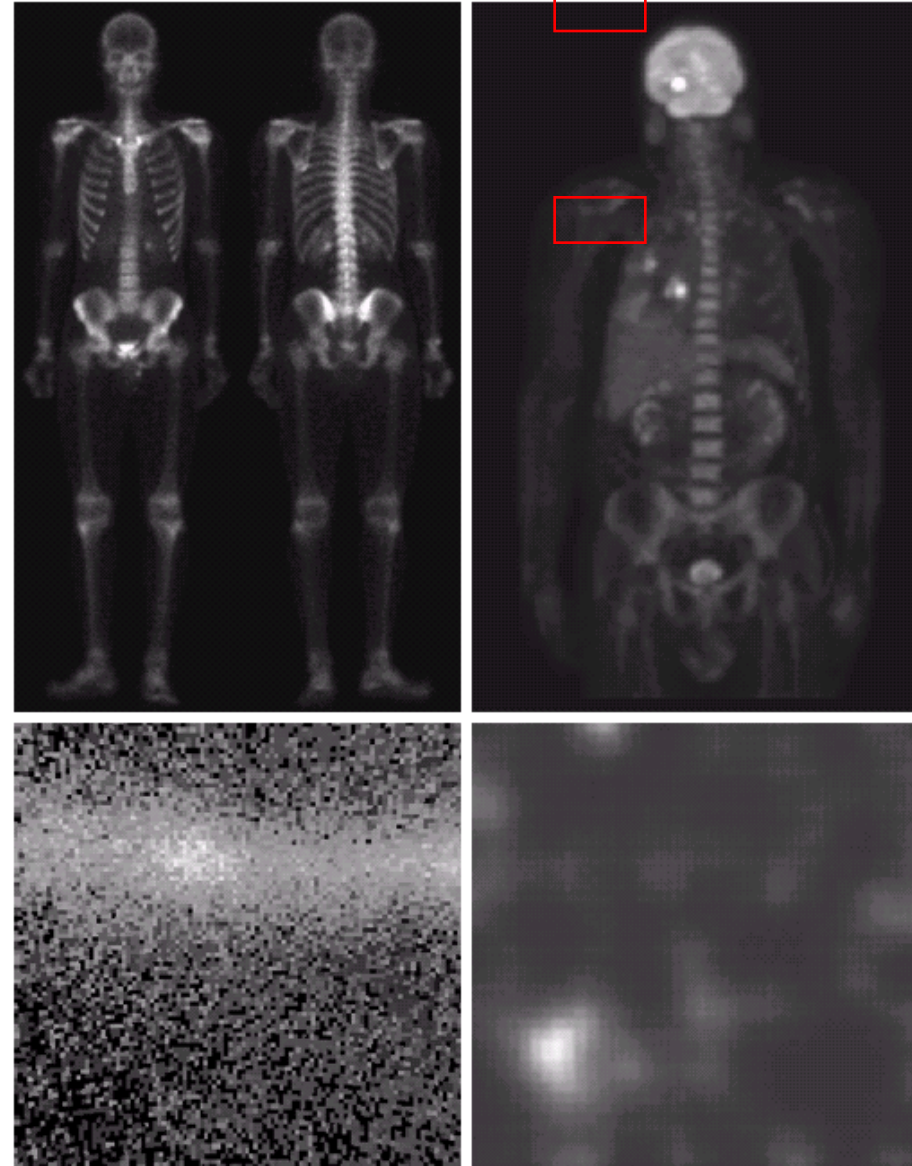
A. Gamma-Ray imaging伽马射线成像

其主要用途包括核医学、天文观测

PET: positron emission tomography
正电子发射断层成像

伽马射线成像:

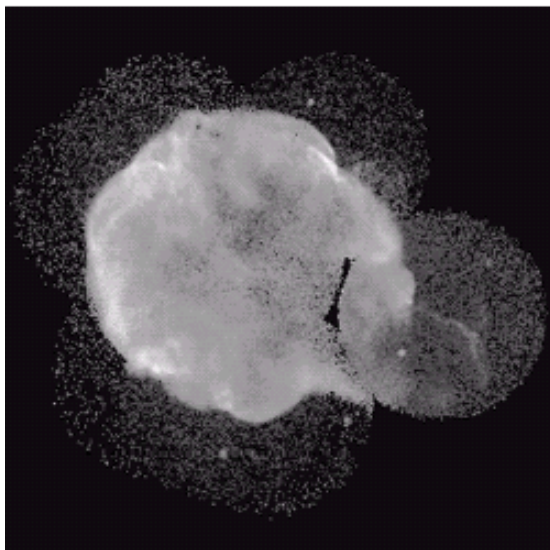
- 骨骼扫描
- PET成像
- 天鹅座星环(Cygnus Loop)
- 来自反应堆电子管的伽马辐射



DIP应用领域举例

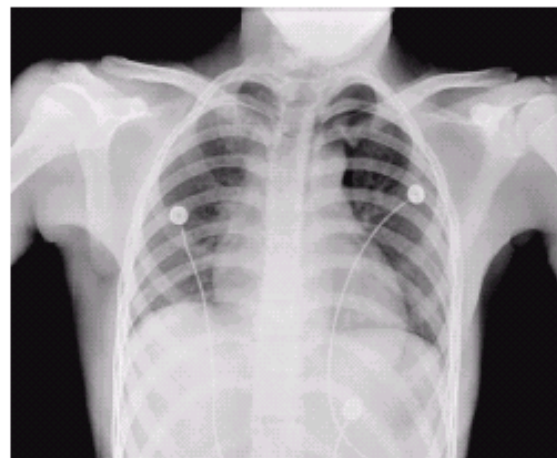
B. X-Ray Imaging X射线成像

X-Ray是最早用于成像的电磁辐射之一，最熟悉的X-Ray应用领域是医学诊断，但其还被广泛应用于其他领域，如天文学、安全检查等。



天鹅座星环 (Cyngus Loops)

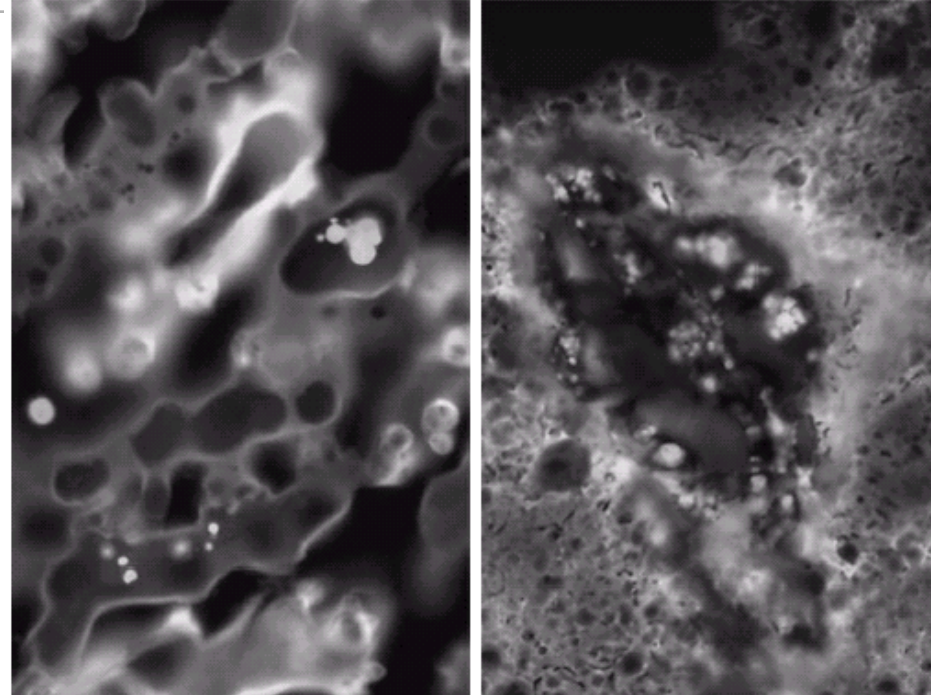
上：胸部X射线
下：大动脉血管造影



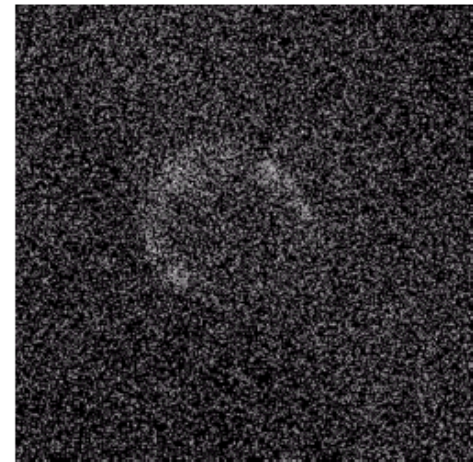
DIP应用领域举例

C. Imaging in the Ultraviolet Band 紫外线成像

紫外线的应用范围较广，包括平版印刷术（lithography）、工业检测、显微镜、激光、生物成像、航天观察等。其中，紫外荧光显微技术是近年来发展最迅速的显微技术之一。

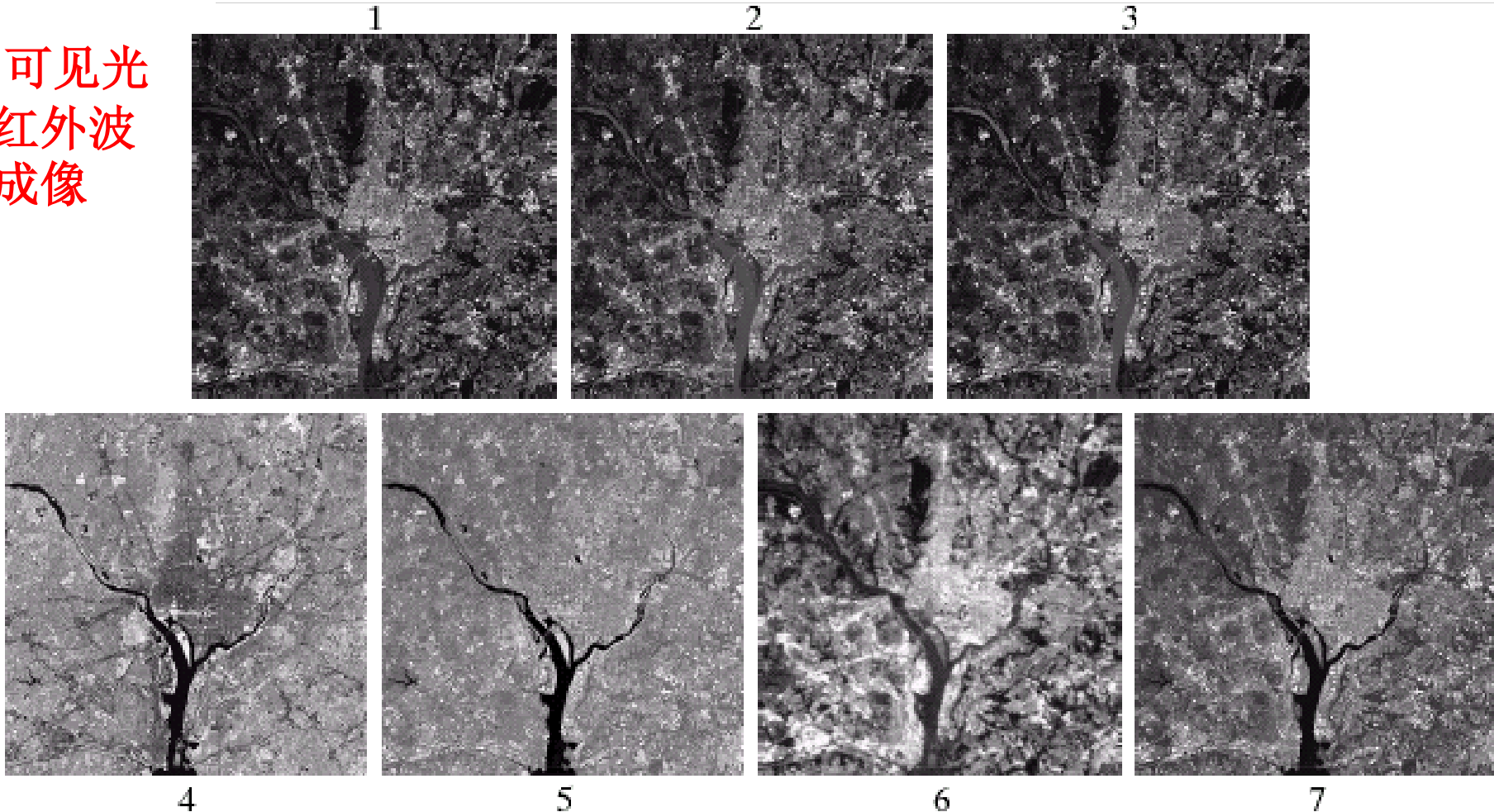


- a) 正常的谷物
- b) 得了黑穗病的谷物
- c) 天鹅座星环



DIP应用领域举例

D. 可见光 及红外波 段成像

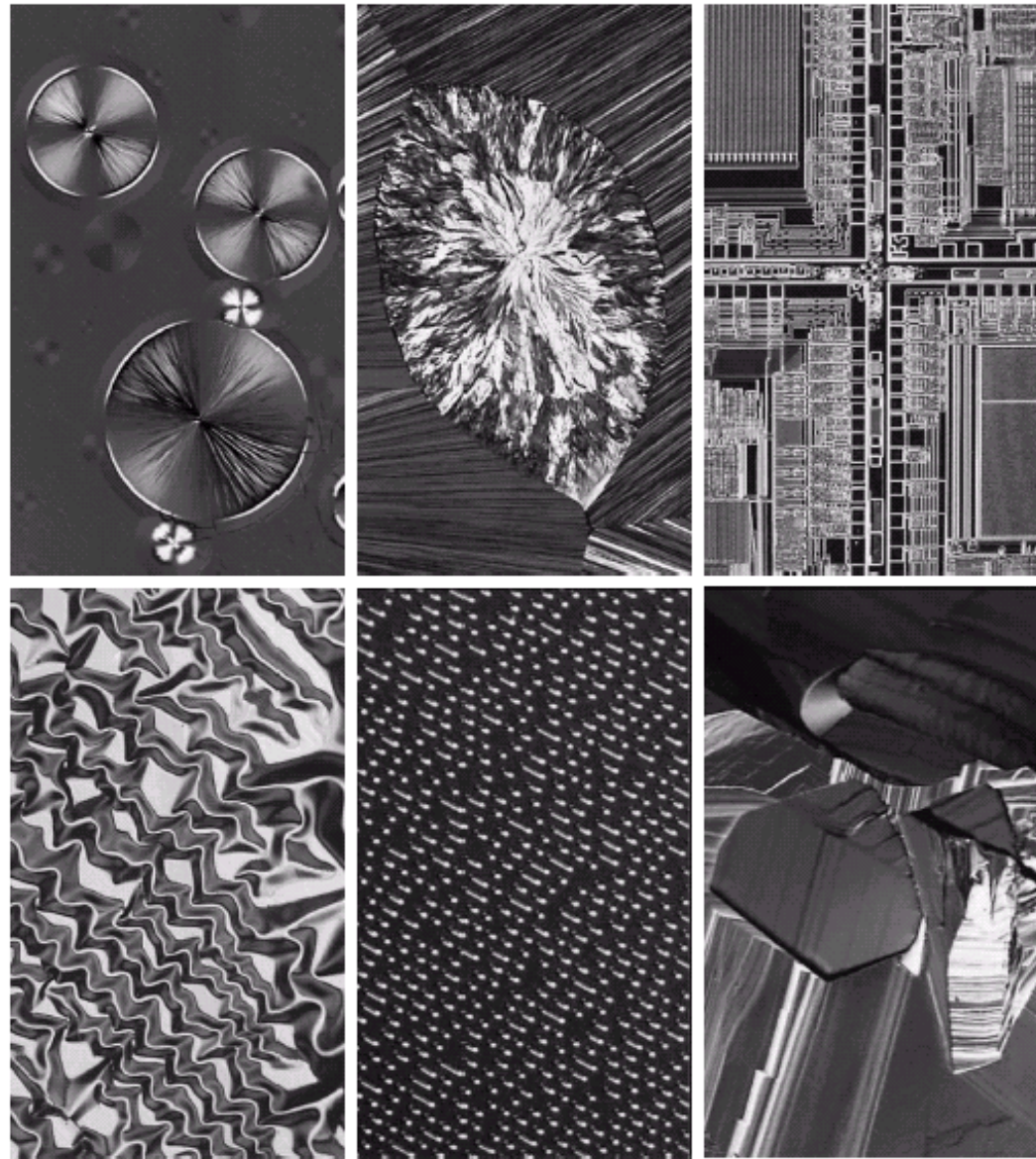


图：华盛顿地区的**LANDSAT**卫星图像，1-7分别对应于可见蓝光、可见绿光、可见红光、远近红外光、中红外光、热红外光、中红外光

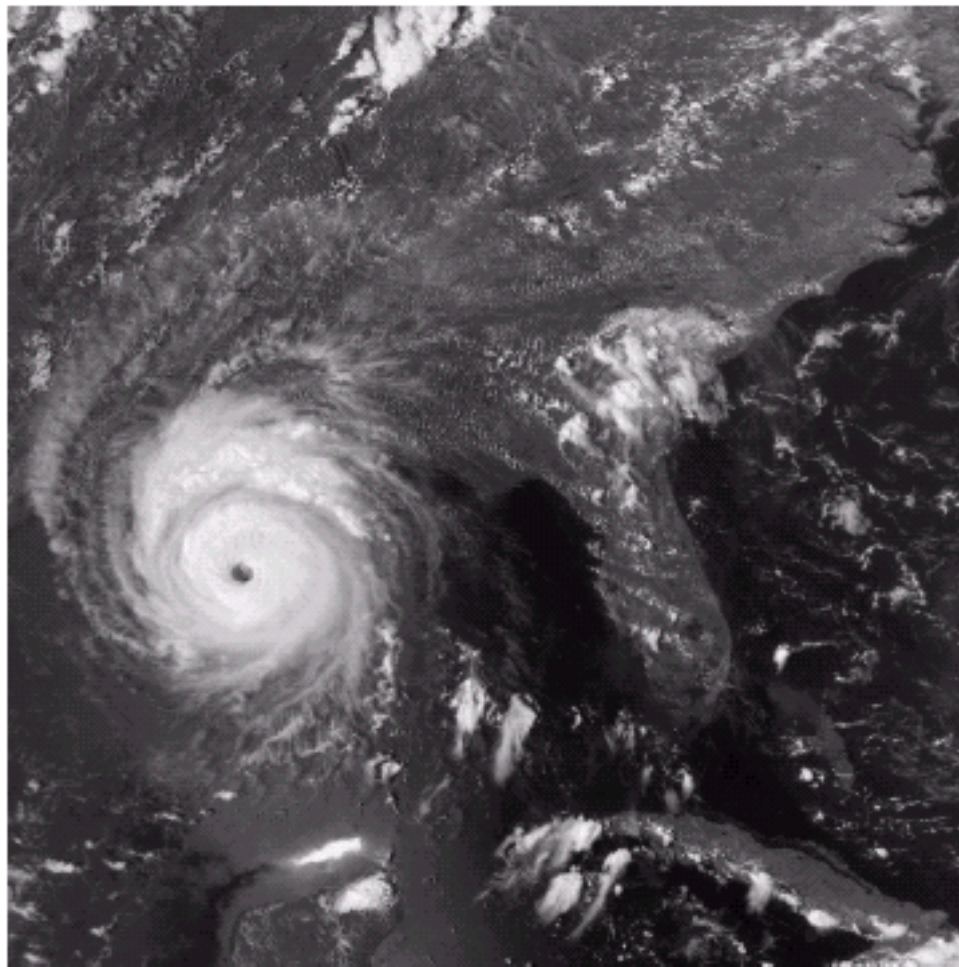
DIP应用领域举例

光学显微镜成像的几个例子：

- a) 紫衫酚（抗癌药物），放大250倍；
- b) 胆固醇，放大40倍；
- c) 微处理器，放大60倍；
- d) 氧化镍薄片；（镍 lie）
- e) 音轨CD表面，放大1750倍；
- f) 有机超导体，放大450倍



DIP应用领域举例

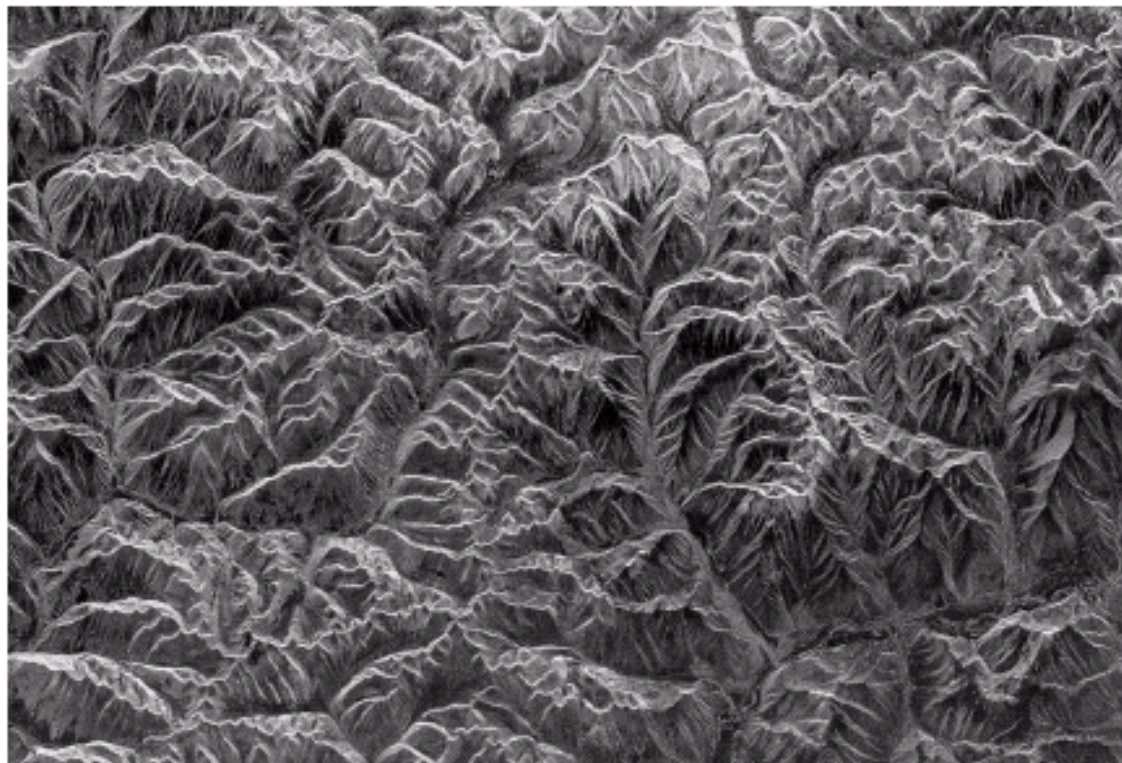


由NOAA（美国国家海洋与大气管理局）的 GEOS拍摄的飓风Andrew的多谱图像

DIP应用领域举例

E. 微波成像

其主要应用是雷达，雷达的最大优势是其不受气候、光照等的影响，可以在任何时间、任何环境下使用。在许多情况下，雷达是探测地表不可接近地区的唯一方法。

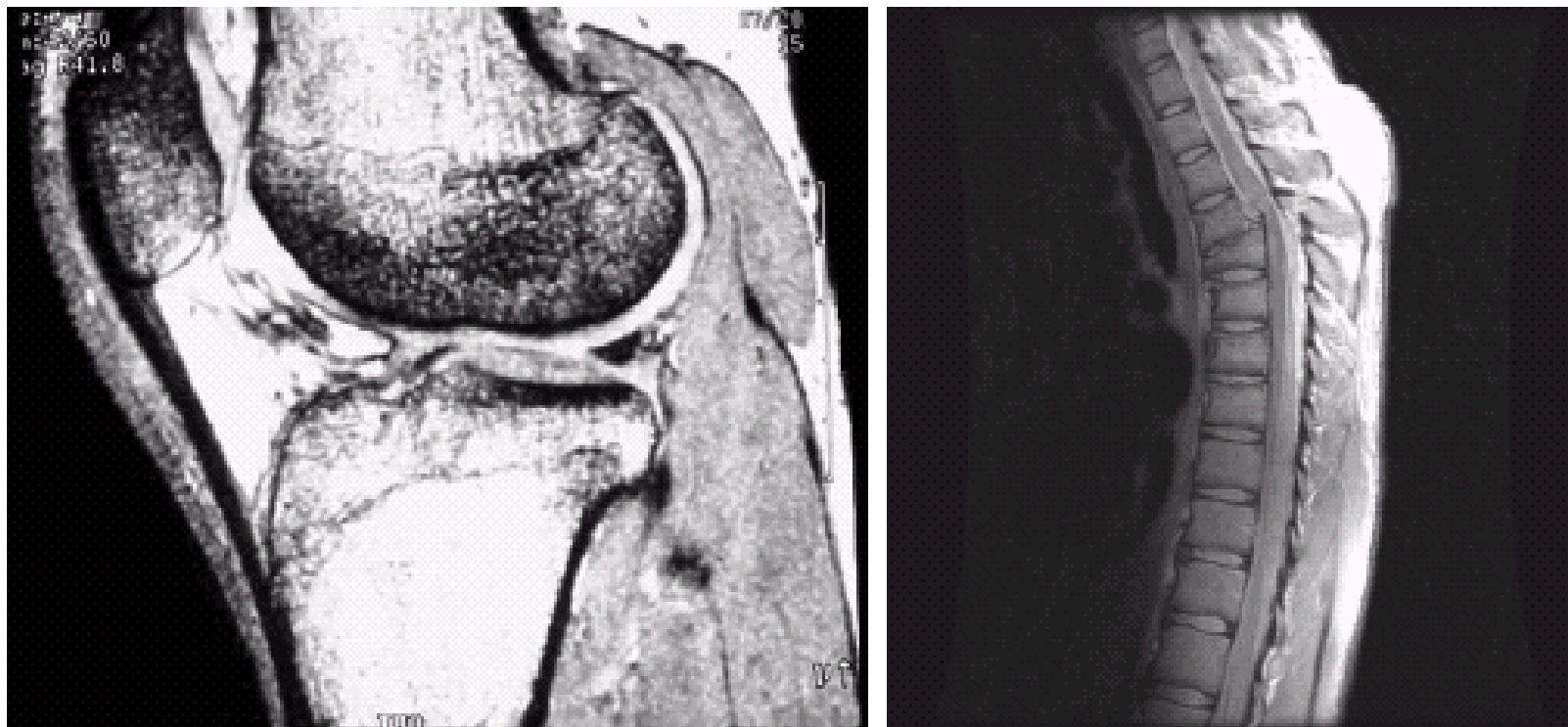


西藏东南部山脉的太空雷达图像（NASA提供）

DIP应用领域举例

F. 无线电波成像

MRI: magnetic resonance imaging 磁共振成像



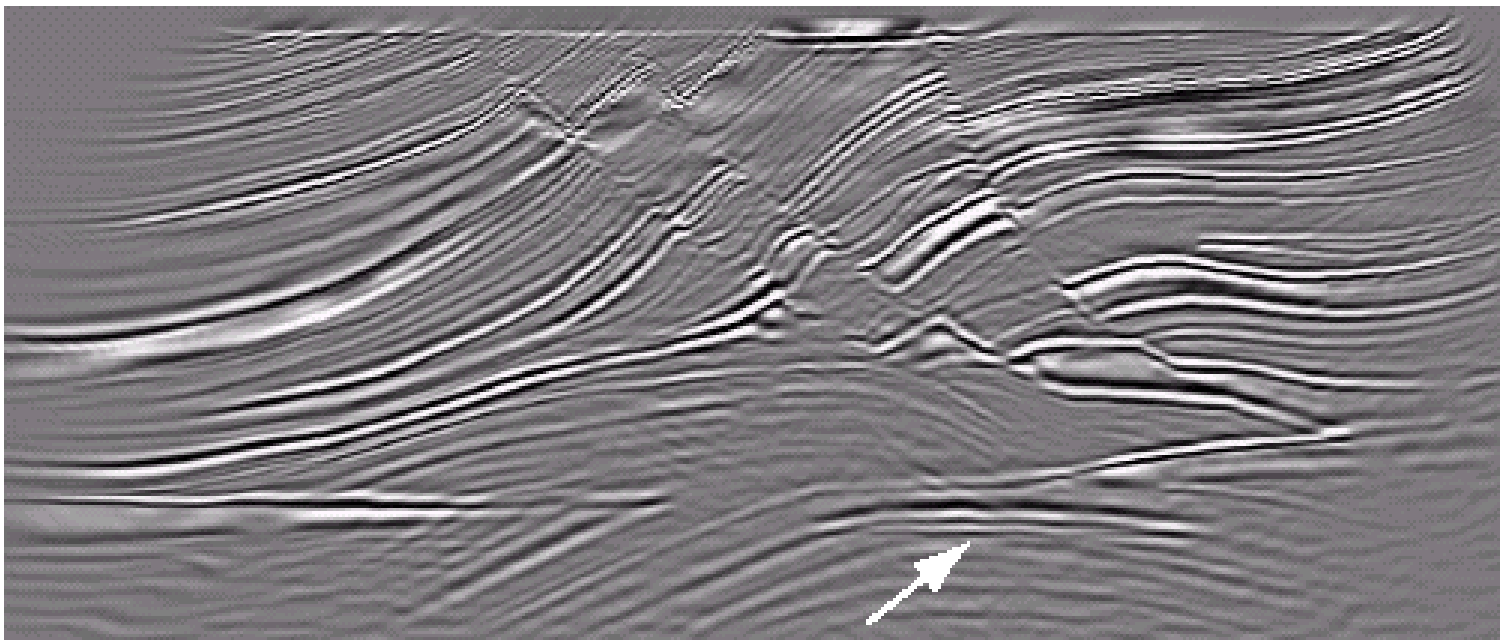
MRI图像: a) 膝盖; b) 脊柱;

DIP应用领域举例

G: 其他成像模式

主要如：声音成像、电子显微镜和合成图像。

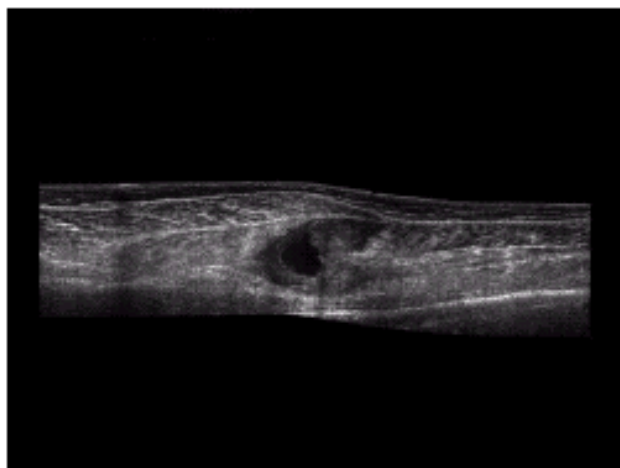
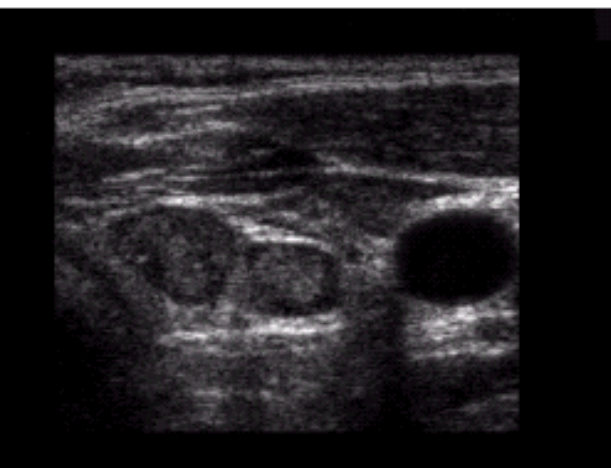
声音分低频段（几百赫兹）（地质勘探）、超声波（百万赫兹）（医学超声等）



利用声波低频段得到的地震模型的横断面图像

DIP应用领域举例

超声波图像



A B

C D

A. 胎儿

B. 胎儿的另一个侧角

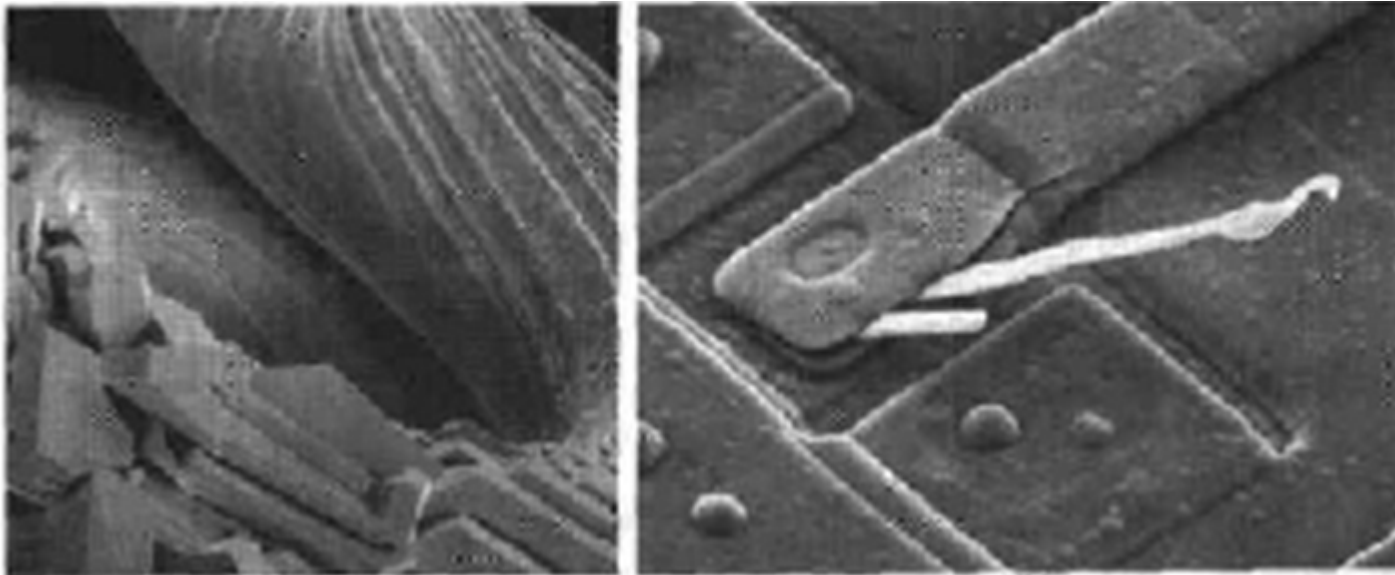
C. 甲状腺

D. 肌肉层有损伤

DIP应用领域举例

电子显微图像

TEM: Transmission Electron Microscope 发射电子显微镜; SEM: Scanning Electron Microscope 扫描电子显微镜

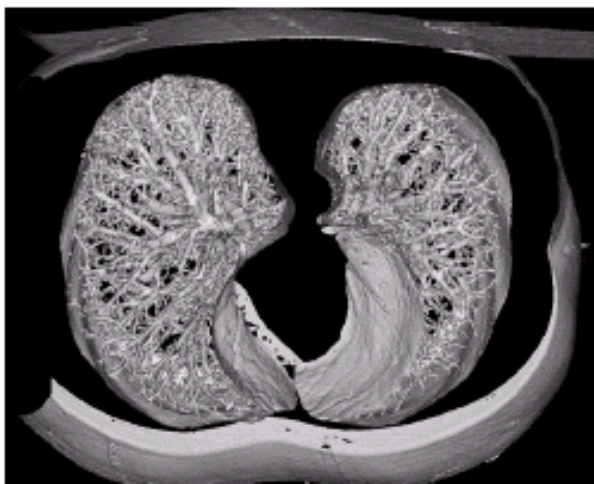
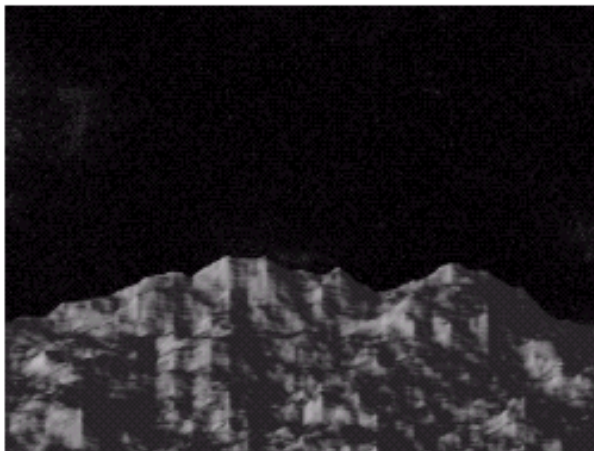
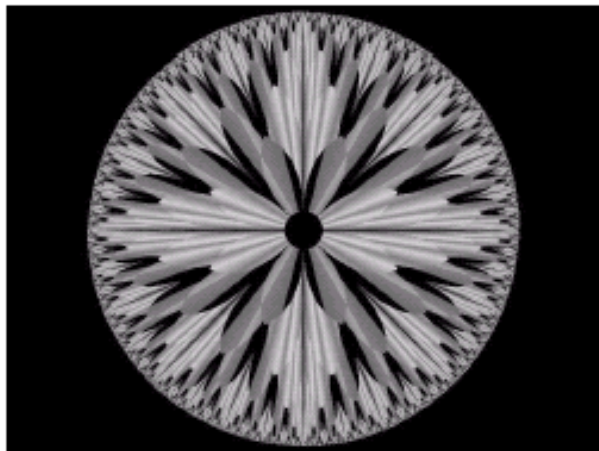


左：过热损坏的钨丝250倍SEM图像

右：损坏的集成电路2500倍TEM图像

DIP应用领域举例

计算产生的图像



A B

C D

A. 分形图像

B. 分形图像

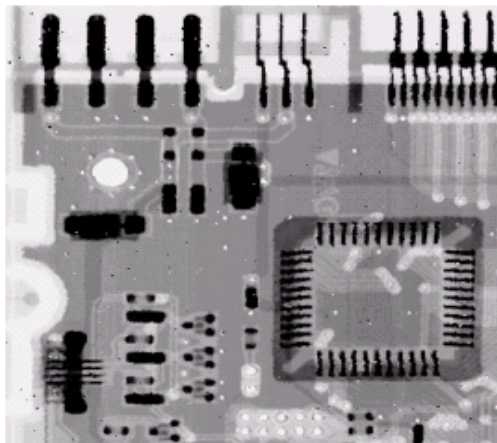
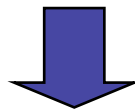
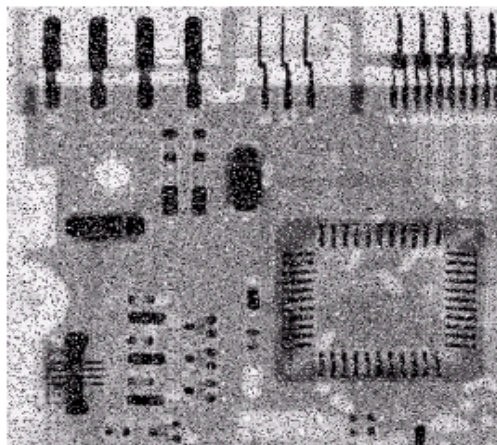
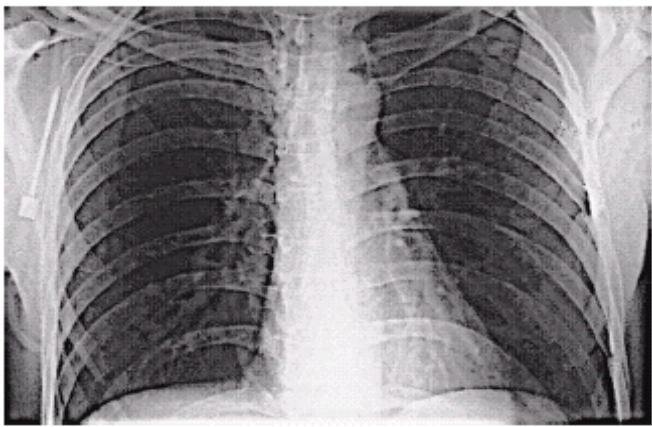
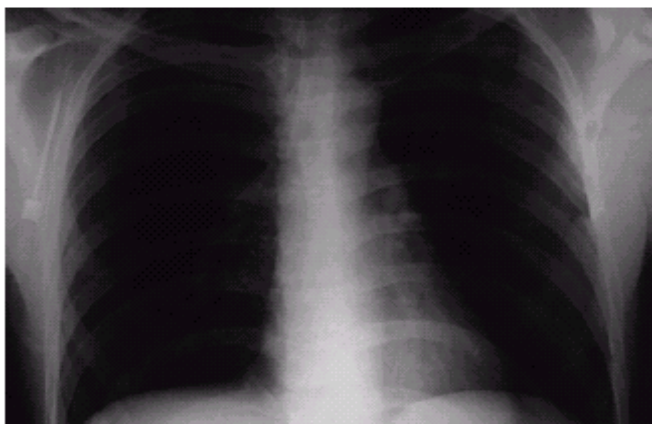
C与D. 从显示物体的三维模型产生的图像

DIP的具体应用例

- 20世纪80年代至今：数字图像处理技术呈爆炸性发展，如今已在大量领域发挥着更大作用：
 - 图像增强/恢复
 - 艺术级效果
 - 医学可视化
 - 工业检验
 - 法律执行
 - 人机交互
 -
-

DIP应用举例：图像增强

- DIP技术最常见的用处是：提高质量，消除噪音等等

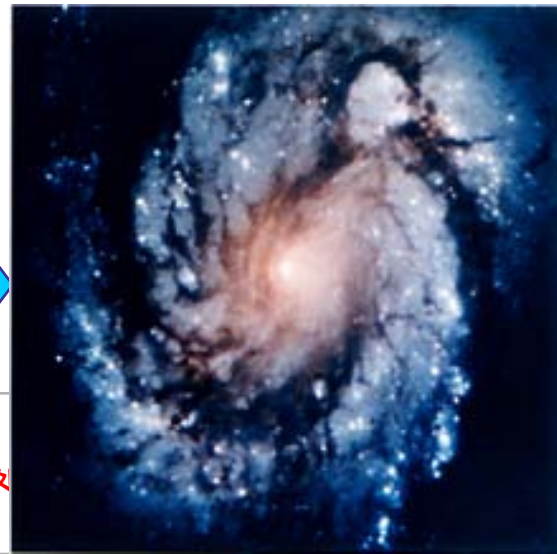
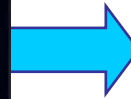


完

生

DIP应用举例：Hubble望远镜图像修复

- 1990年发射的“哈勃”号太空望远镜能够拍摄超远距离的物体，但是由于镜子出现误差，拍摄到的图像就失去了价值，而借助于图像处理技术便可以修复



涉

图像文

DIP应用举例：艺术效果

- 艺术效果是指通过特效或者图像合成等方法，使得图像具有更强的视觉效果

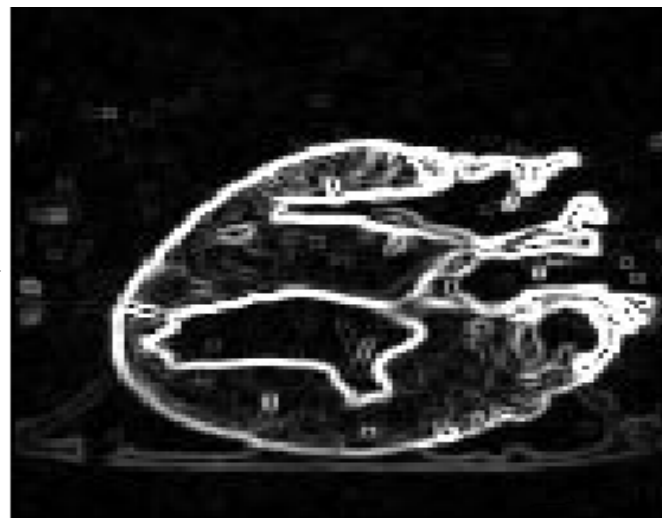


DIP应用举例：医学应用

- 通过MRI（磁共振成像）扫描到的犬类心脏切片，我们可以找出其中各种组织的边界线：
 - 灰度图表示组织密度
 - 使用合适的滤波器来增强边缘



取自狗心脏的原始MR图像

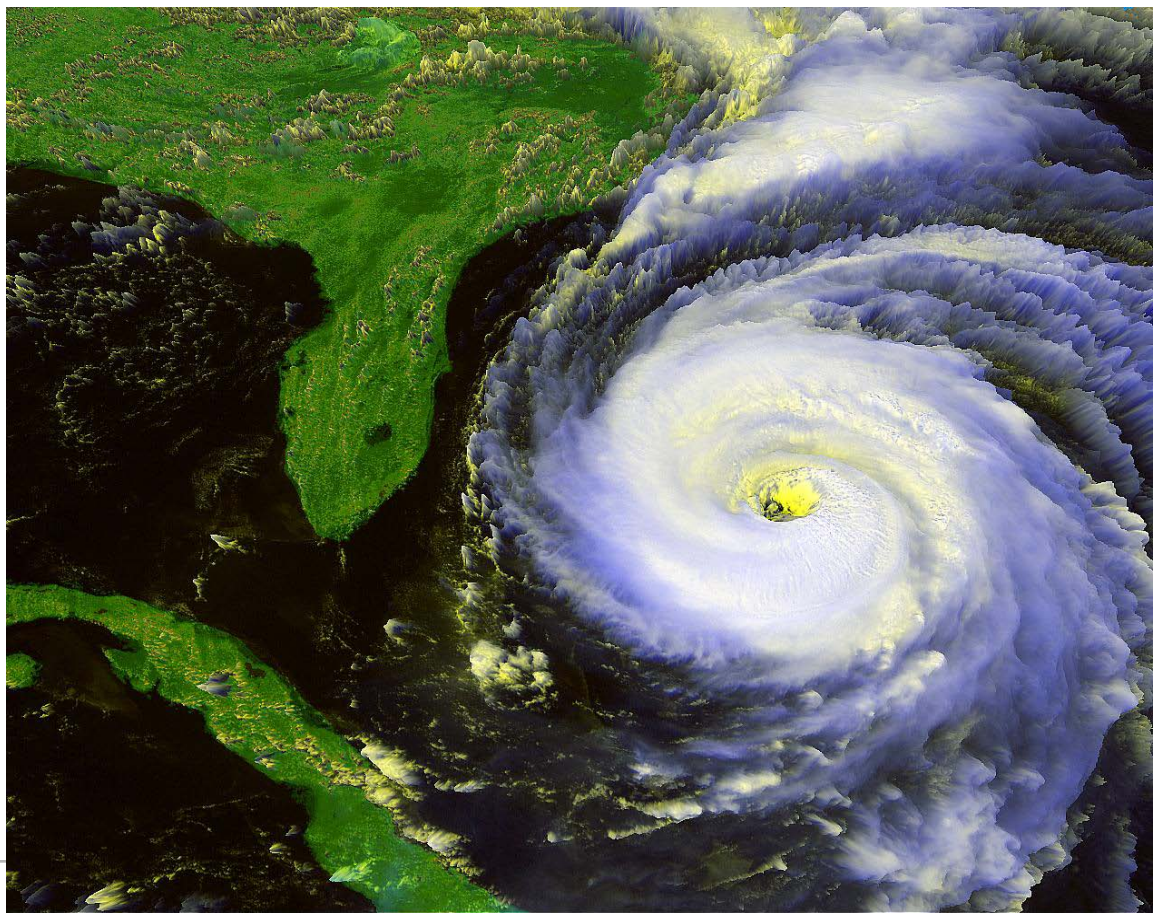


边缘检测图像

DIP应用举例：地理信息系统

- 地理信息系统 (Geographic Information Systems, GIS), DIP广泛用于：
 - 气象学
 - 地形分类
 - 操作卫星图像

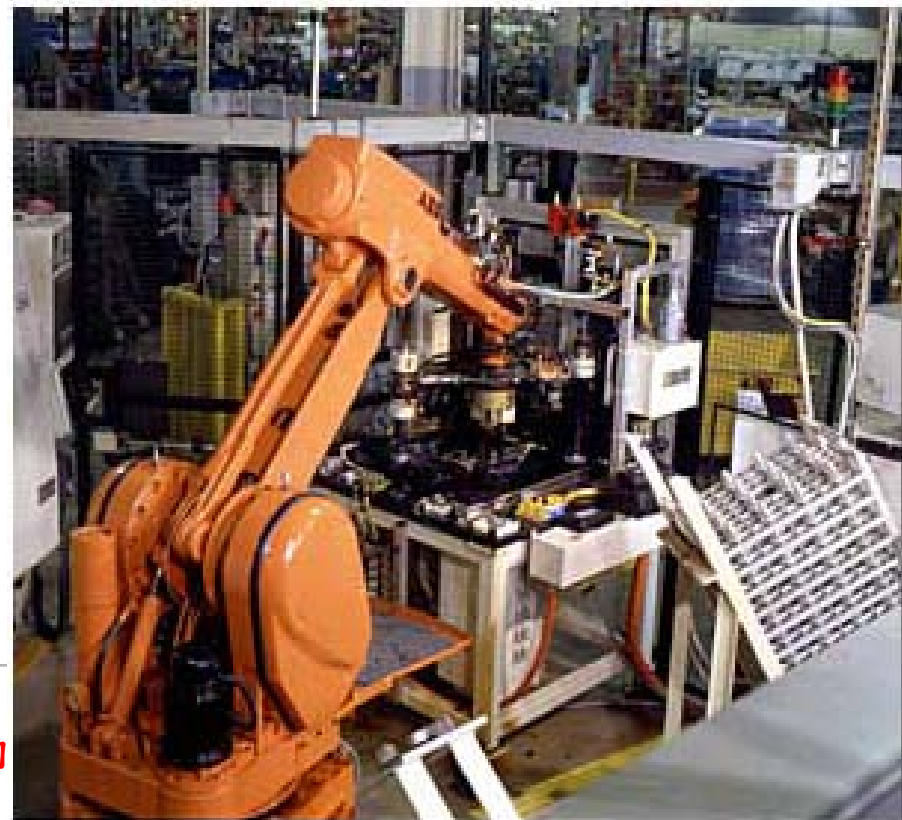
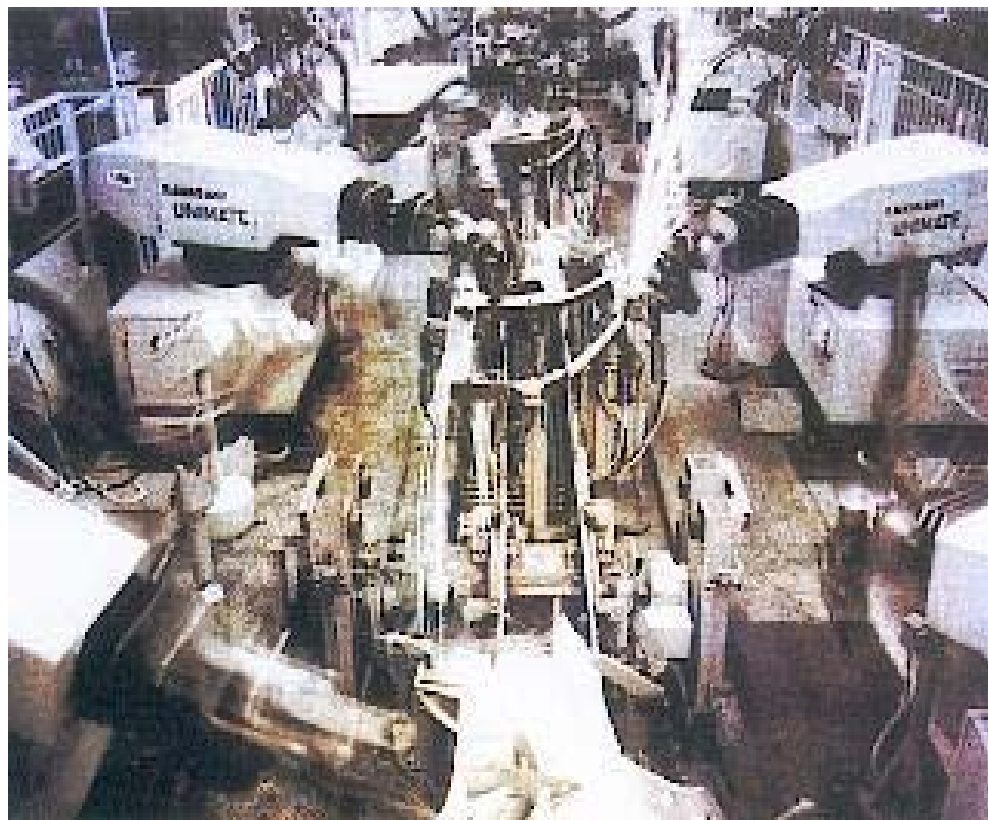
伪/假彩色图像处理



DIP应用举例：工业检验

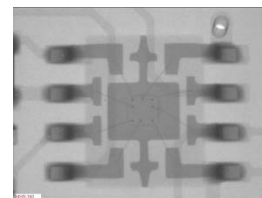
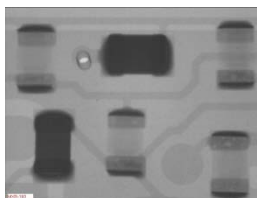
- 操作人员需要花费大量的精力，却又慢又不可靠；
- 使用机器代替；
- 工业可视化系统广泛应用于各类产业

识别图像瑕疵



DIP应用举例：印刷板电路检测

- 印刷电路板检测(Printed Circuit Board inspection, PCB)
 - 使用机器检测零件是否完整以及焊接是否合格
 - 常规成像和X光成像相结合



图像瑕疵识别



DIP应用举例：法律执行

- DIP被法律执行者广泛采用
 - 高速相机或者自动收费系统用于牌照识别
 - 指纹识别
 - 闭路电视(Close Circuit Television, CCTV)中图像的增强

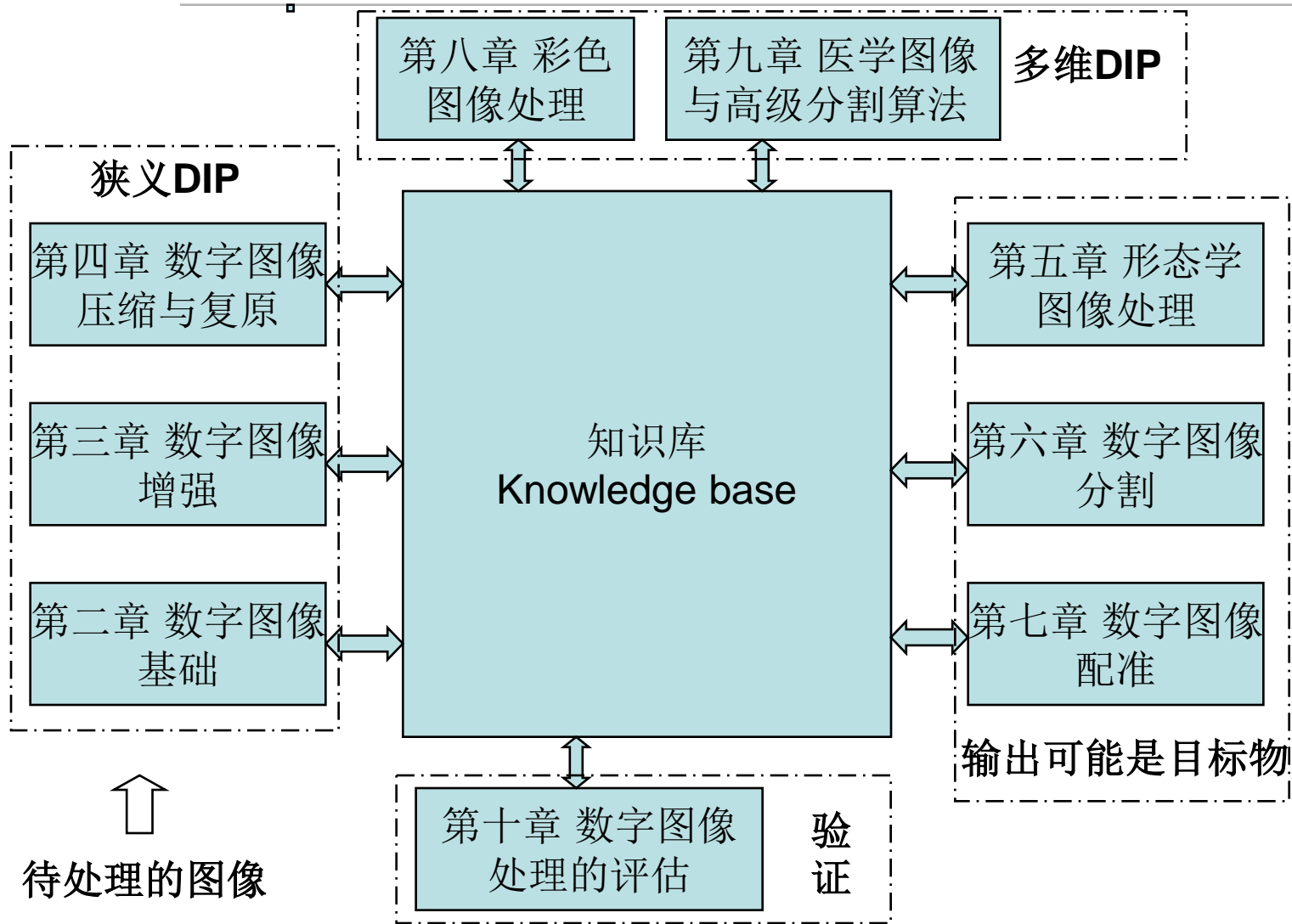


DIP应用举例：人机交互

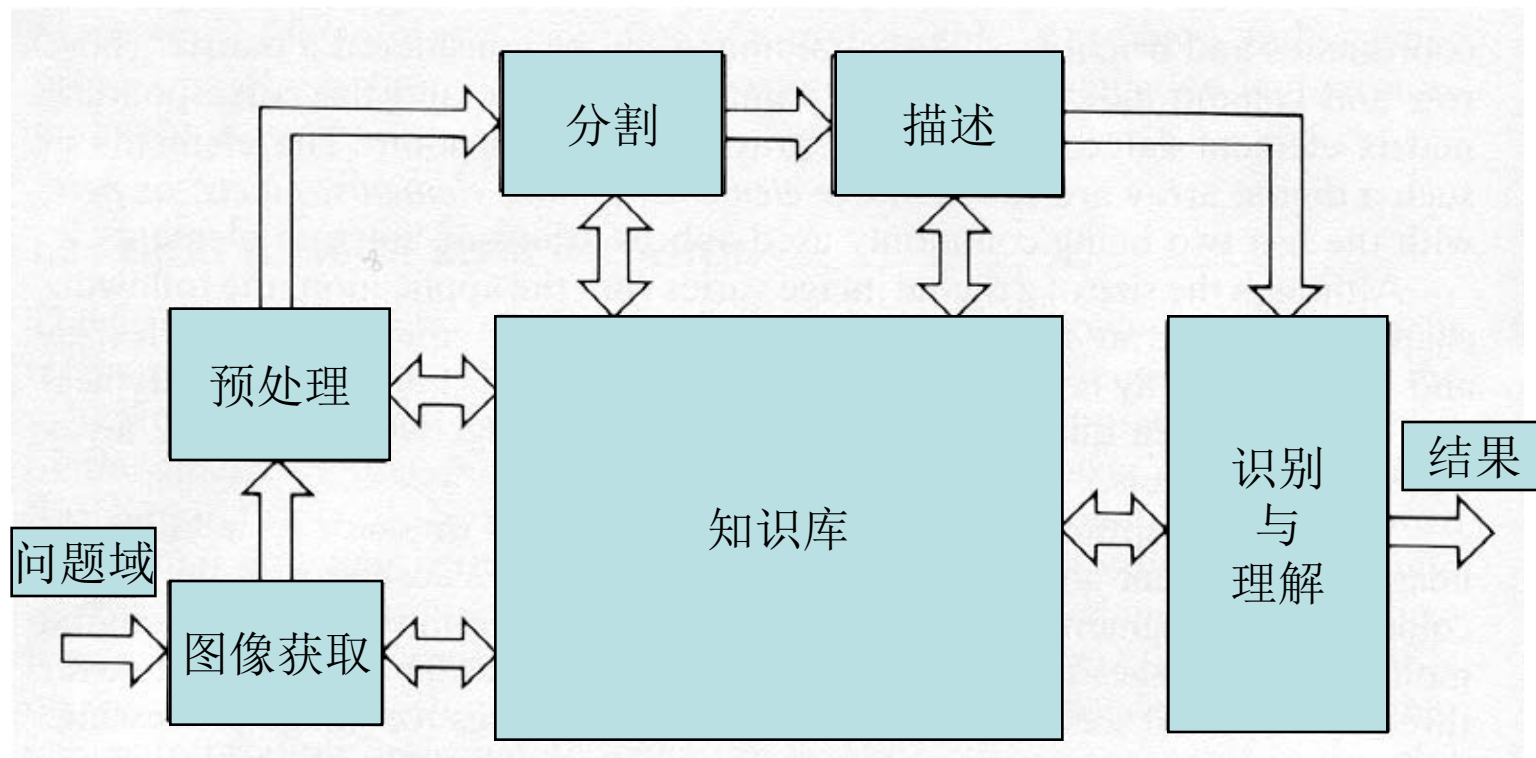
- 使得人机交互（Human Computer Interaction）变得更加自然
 - 面部识别（采取相应行动）
 - 手势识别（采取相应行动）



本课程总体框架



DIP的步骤



DIP的一些相关可用平台

1. OpenCV: 计算机视觉及图像处理开源库

2. ITK: 医学图像处理开源库

OpenCV

1. URL: <http://opencv.org/>
 2. 主要功能介绍 (Open Source Computer Vision Library)
 - 一系列C函数和少量C++类构成 (还有强的模式识别功能模块)
 - 实现了图像处理和计算机视觉方面的很多通用算法
 - 图像处理方面的主要功能有
 - 滤波（包括中值滤波、形态学处理、高斯滤波、边界算子等）
 - 几何变换（包括仿射、透视等变换）
 - 其他变换（包括自适应灰度阈值、分水岭变换等）
 - 直方图处理（包括直方图均衡化等）
 - 特征检测（包括Canny边缘算子、霍夫变换检测直线与圆等）
-

OpenCV网站截图



ABOUT
DOWNLOADS
DOCUMENTATION
PLATFORMS
SUPPORT
CONTRIBUTE



DONATE



Fork me on GitHub

OPENCV (OPEN SOURCE COMPUTER VISION)

OpenCV is released under a BSD license and hence it's free for both academic and commercial use. It has C++, C, Python and Java interfaces and supports Windows, Linux, Mac OS, iOS and Android. OpenCV was designed for computational efficiency and with a strong focus on real-time applications. Written in optimized C/C++, the library can take advantage of multi-core processing. Enabled with OpenCL, it can take advantage of the hardware acceleration of the underlying heterogeneous compute platform. Adopted all around the world, OpenCV has more than 47 thousand people of user community and estimated number of downloads exceeding 7 million. Usage ranges from interactive art, to mines inspection, stitching maps on the web or through advanced robotics.

QUICK LINKS:

[Online documentation](#)

[User Q&A forum](#)

[Report a bug](#)

[Build farm](#)

[Store](#)

LATEST DOWNLOADS

2013-12-31

VERSION 2.4.8

 [OpenCV for Windows](#)

 [OpenCV for Linux/Mac](#)

 [OpenCV for Android](#)

 [OpenCV for iOS](#)

WHAT'S NEW



2014-02-05

[OpenCV for iOS samples](#)

Full source-code for the book "OpenCV for iOS" became available.

2014-01-17

[OpenCV receives the Mark Everingham Prize](#)

At this year's ICCV conference, the OpenCV team received the Mark Everingham Prize.

2014-01-09

[Practical OpenCV](#)

Practical OpenCV is a hands-on project book that shows you how to get the best results from OpenCV, the open-source computer vision library.

2014-01-09

[OpenCV ported to Google Chrome NaCl and PNaCl](#)

OpenCV is now available as a NaCl and PNaCl port, making it possible to run code natively inside Google Chrome.

ITK

1. URL: <http://www.itk.org/> 提供医学图像分割与配准方法的实现
2. 主要功能介绍 (Insight Segmentation and Registration Toolkit)
 - 一些C++类构成
 - 主要是分割与配准算法

分割

- 基于相似性：统计模式识别（K均值、高斯混合模型）、模糊连接度
- 基于区域：分水岭变换、Voronoi方法
- 模型驱动：水平集、形变模型
- 混合方法：模糊连接度+Voronoi

ITK: 图像配准

图像配准的主要模块

- 图像配准的框架
- 多分辨率配准的框架
- 基于偏微分方程的配准
- 基于有限元的配准
- 测度可为：互信息、差的平方和、归1化互相关、模式密度
- 变换模型可为：平移、变尺度、旋转、刚体、仿射、样条函数
- 优化方式可为：梯度下降、正则化梯度下降、共轭梯度下降、LM方法
- 图像插值模型可为：最近邻、线性、B样条

ITK: 低级特征提取

低级图像特征提取的主要模块

- 灰度阈值化
- 梯度计算
- 拉普拉斯平滑
- 零交叉
- 拉普拉斯二阶边缘算子
- Canny 边缘算子
- Sobel边缘算子
- 其他滤波

ITK 网站截图



Kitware

Search

PROJECT

RESOURCES

HELP

OPEN SOURCE

Welcome to the National Library of Medicine **Insight Segmentation and Registration Toolkit (ITK)**. ITK is an open-source, cross-platform system that provides developers with an extensive suite of software tools for image analysis. Developed through extreme programming methodologies, ITK employs leading-edge algorithms for registering and segmenting multidimensional data. The goals for ITK include:

- Supporting the Visible Human Project.
- Establishing a foundation for future research.
- Creating a repository of fundamental algorithms.
- Developing a platform for advanced product development.
- Support commercial application of the technology.
- Create conventions for future work.
- Grow a self-sustaining community of software users and developers.

News

[More News >](#)

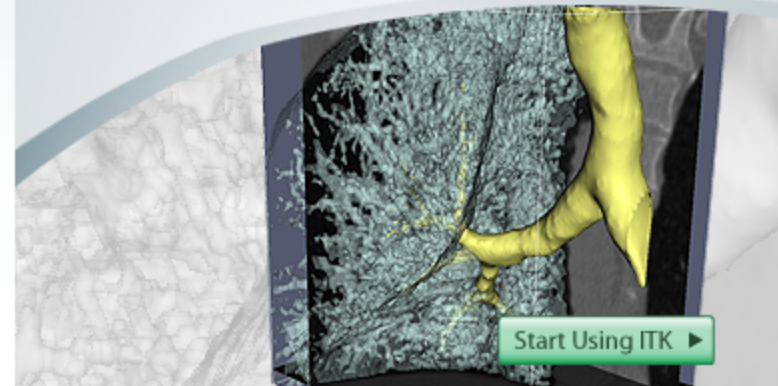
11.15.2013 ITK Celebrates Its 14th Birthday

10.01.2013 Mastering CMake, Sixth Edition Now Available!

09.09.2013 ITK 4.4.2 Now Available

ITK

ITK provides leading-edge segmentation and registration algorithms in two, three, and more dimensions; it is distributed as an open-source software package.



本课程的学习要求及方法

■ 教学模式为 讲课+自学+讨论

- 讲课：重点介绍问题提出、解决思路、主要算法、评估
- 自学：阅读论文并进行实验，写出实验报告
- 讨论：基于专题、论文阅读或实验结果，加深理解、了解前沿

■ 实验要求

- 用C++或MATLAB实现算法
- 附上源程序
- 提交实验结果、算法性能分析

■ 综合能力的培养

- 学习能力、自学及查阅文献的能力、算法性能评估的能力

■ 考核成绩： 总评成绩=实验(30%)+课程报告(30%)+大作业(40%)

本课程学习的一些说明

■ 授课与讨论时间

- 原则上固定时间
- 因紧急事件（如临时出差或生病）可能调换时间，会提前通知
- 原则上要求每个学生每堂课要参加；特殊情况要请假，否则会扣分；未经批准的累积旷课时间超过6学时将不让通过

■ 课程报告

- 适当章节会布置
- 课程报告的分数取决于问题的深度、广度、综合

DIP相关的主要杂志

1. IEEE Transactions on Image Processing (2区, SCI 影响因子2.85)
 2. International Journal of Computer Vision (1区, 3.51)
 3. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (1区, 4.38)
 4. IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics (3区, 2.03)
 5. IEEE Transactions on Information Theory (2区, 2.36)
 6. IEEE Transactions on Medical Imaging (2区, 3.54)
 7. IEEE Transactions on Communications (3区, 1.51)
 8. IEEE Transactions on Signal Processing (2区, 2.21)
 9. Computer Vision and Image Understanding (2区, 1.68)
 10. Artificial Intelligence (1区, 3.04)
 11. Pattern Recognition (2区, 2.55)
 12. Pattern Recognition Letters (3区, 1.30)
 13. Image and Vision Computing (3区, 1.47)
 14. Neuroimage (2区, 5.74)
 15. Medical Image Analysis (1区, 3.09)
 16. 中国的一些期刊: Journal of Computer Science and Technology (4区, 0.63)、中国图象图形学报、计算机学报、自动化学报、中国生物医学工程学报、软件学报、电子学报等
-

DIP相关的顶级会议

1. International Conference on Image Processing (ICIP)
2. International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)
3. International Conference on Pattern Recognition (ICPR)
4. International Conference on Computer Vision (ICCV)
5. ACM International Conference on Image and Video Retrieval (CIVR)
6. International Conference on Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention (MICCAI)
7. International Conference on Information Processing in Medical Imaging (IPMI)

本章作业

结合课题背景或实际工作背景，总结身边可能需要开展的图像处理任务，并描述期待学习的目标(即通过该课程的学习，能帮助你解决什么问题或对你有什么促进)，通过搜索相关文献了解该图像处理任务目前的现状。

提示：若身边没有可能开展的图像处理任务，可以选择如何增强照片的视觉效果或将损坏的照片复原。

(1学时)