

# 数字图像处理

指导教师： 胡晓雁

电子邮件： [huxy@bnu.edu.cn](mailto:huxy@bnu.edu.cn)

北京师范大学信息科学与技术学院

# 导论

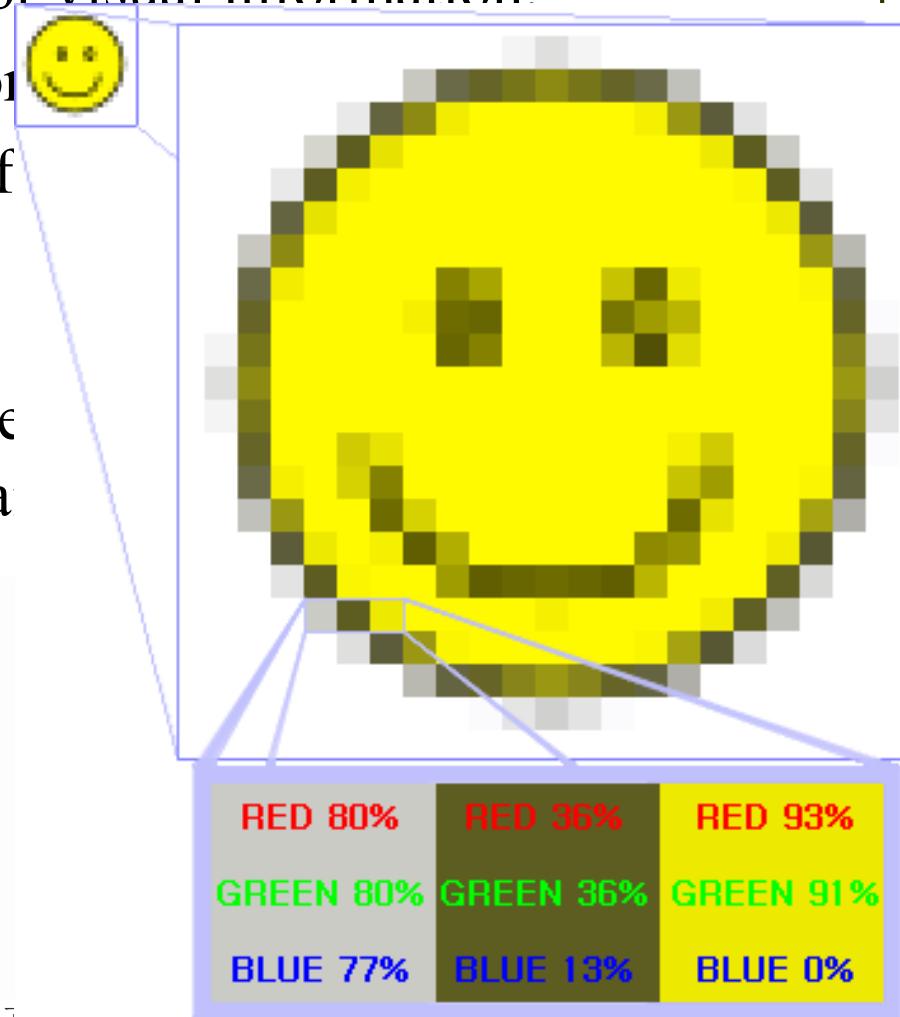
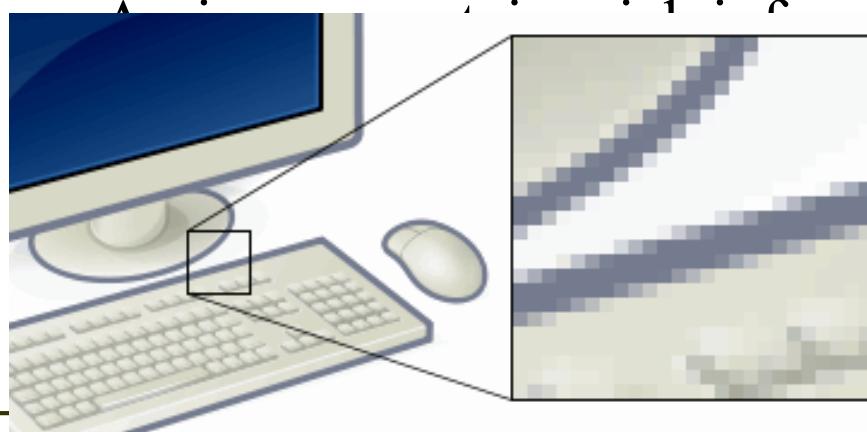
- ✓ 图像与数字图像的概念
- ✓ 数字图像历史追溯
- ✓ 数字图像处理的应用
- ✓ 数字图像处理系统
- ✓ 数字图像处理及其研究内容

# 图像

- ✓ 图像——Image，是对事物的一种描述形式，它以人类视觉特性为载体
- ✓ 具体来说，就是在空间位置记录颜色值，一个空间位置记录一个颜色值，那么空间位置及对应颜色值的集合就是图像
- ✓ 再具体点，我们通常所说的图像是指在一个二维矩形区域内的每个点记录一个颜色

# What is an image?

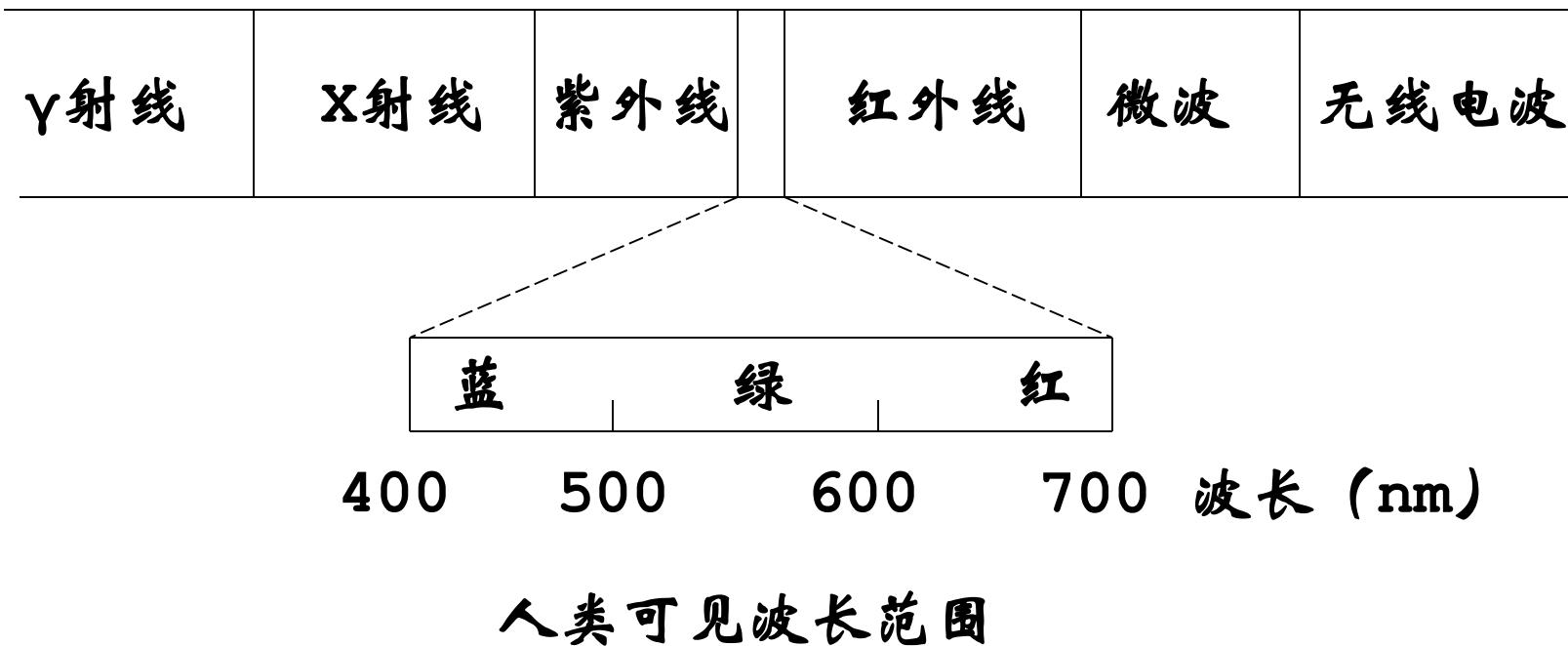
- ✓ Some form of representation for visual information
- ✓ A picture worth a thousand words
- ✓ A digital image is composed of pixels arranged on a rectangular grid of pixels.
- 1 megapixel.
- ✓ Mathematically, a digital image is a function on a rectangular domain.



# 图像

- ✓ 获取图像的手段：
- ✓ 记录现实世界：照相机，红外摄像...
- ✓ 人工作品：计算机生成（CGI,Computer Generated Image）、艺术家设计...

# 可见光与电磁波谱



# 图像的简单分类

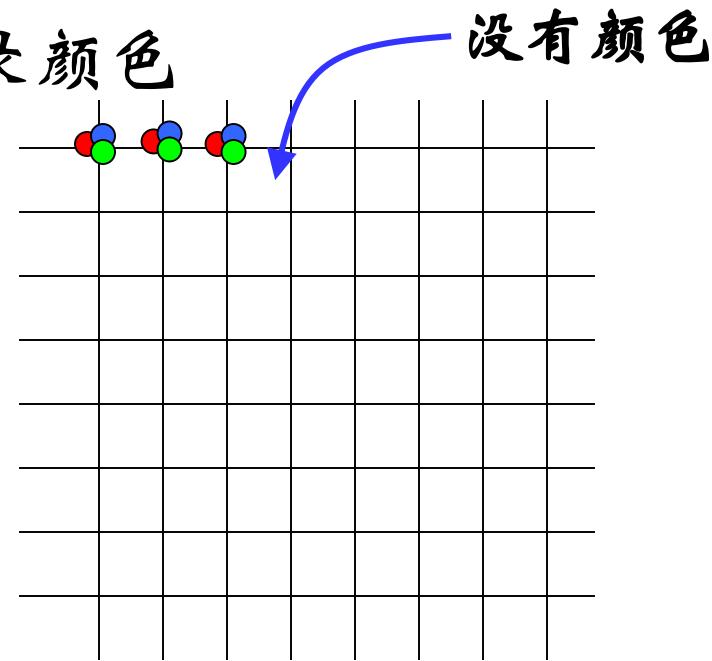
- ✓ 图像的分类：
- ✓ 按照人眼视觉感知范围分
  - ✓ 可见图像
  - ✓ 不可见图像
- ✓ 按照图像空间坐标和亮度（或色彩）的连续性分类
  - ✓ 模拟图像：空间坐标和颜色值均连续取值
  - ✓ 数字图像：空间坐标和颜色值均不连续取值

# 模拟图像

- ✓ 图像的空间坐标和颜色值均连续取值
- ✓ 例如：由胶片照相机拍摄的照片
- ✓ 理论上，照片上的任意一点都有对应的颜色，因此坐标位置是在 $[0 - \text{宽度}] \times [0 - \text{高度}]$ 的二维范围内取值
- ✓ 同样，由胶片相机拍摄的照片，其每个点的感光值也都是连续取值的，并且取值范围非常大（这个取值范围一般称为动态范围，dynamic range）

# 数字图像

- ✓ 图像的空间坐标和颜色值均不连续取值
- ✓ 例如，数码相机所拍摄的数字图像
- ✓ 空间坐标取值不连续
  - ✓ 一般在网格点位置上才记录颜色
- ✓ 颜色取值不连续
  - ✓ 每个网格点上的颜色取值只有有限种选择



# 导论

- ✓ 图像与数字图像的概念
- ✓ 数字图像历史追溯
- ✓ 数字图像处理的应用
- ✓ 数字图像处理系统
- ✓ 数字图像处理及其研究内容

# 数字图像历史追溯

- ✓ 在二十世纪二十年代初，Bartlane 电缆图片传输系统，在伦敦和纽约之间，经海底电缆发送数字化报纸的图片。
- ✓ 该系统把横跨大西洋传送一幅图片所需的时间从一个多星期减少到小于三小时。为了用电缆传输图片，首先，要对图像进行编码。然后在接收端由专用打印设备进行图片重建

# 数字图像历史追溯



- 1921年一幅由电报打印机打印的数字图像
- (5个灰度级)

# 数字图像历史追溯



- 1921年底照像复制技术应用，在电报接受终端用穿孔带还原图像
- 图像信号两次穿越大西洋后的效果。

# 数字图像历史追溯



- 1929年引入了编码的图片纸带来调制光束，从而改善底板感光的系统，使灰度级增加到十五个等级。

# 数字图像历史追溯

- ✓ 1964年，在美国喷射推进实验室首次采用计算机技术改善图像。当时用计算机处理测距器7号发回的月球图片，以校正飞船上的电视摄像机各种不同姿态、固有的图像畸变。
- ✓ 这些技术成为改善图像增强和复原方法的基础。
- ✓ 这些技术应用于从登月飞行的“探索者”到“水手号”的一系列阿波罗载人登月飞行以及靠近火星的飞行的图像处理。

# 导论

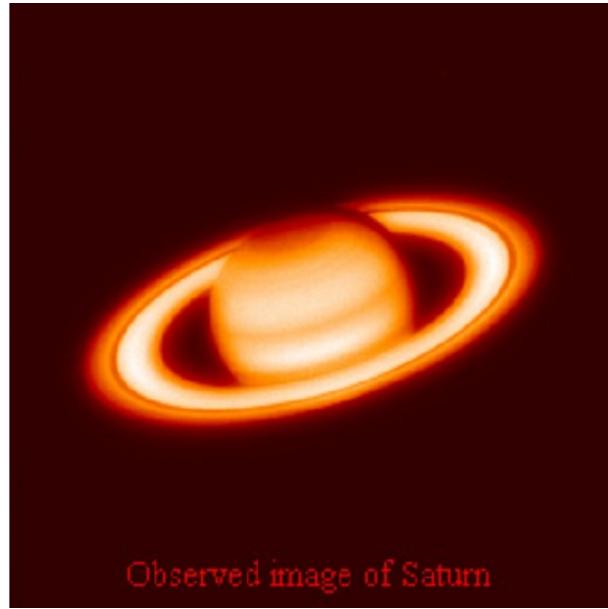
- ✓ 图像与数字图像的概念
- ✓ 数字图像历史追溯
- ✓ 数字图像处理的应用
- ✓ 数字图像处理系统
- ✓ 数字图像处理及其研究内容

# Why do we process images?

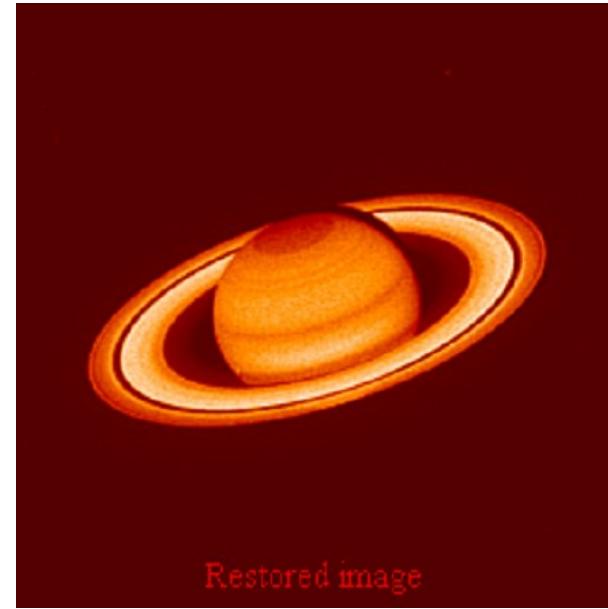
- ✓ Acquire an image
- ✓ Prepare for display or printing
- ✓ Facilitate picture storage and transmission
- ✓ Enhance and restore images
- ✓ Extract information from images

# Image Processing Examples

- ✓ Restoration of image from Hubble Space Telescope



Observed image of Saturn



Restored image

Source:IVPL NorthWestern University,Chicago

# Image Processing Examples

- ✓ Color photo enhancement



Original

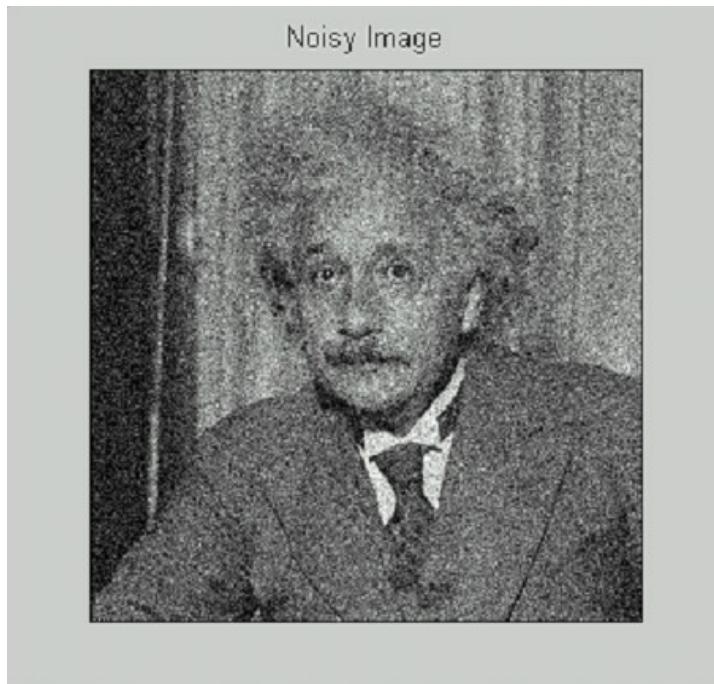


Automatic Enhancement

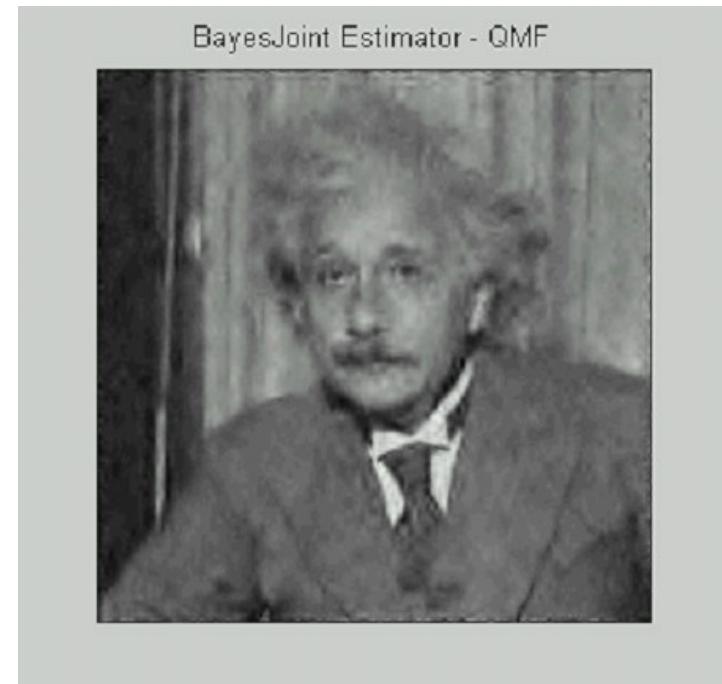
Source:Picture Project 1.5, 2005 Nicon Corporation

# Image Processing Examples

## ✓ Noise reduction



Degraded Image



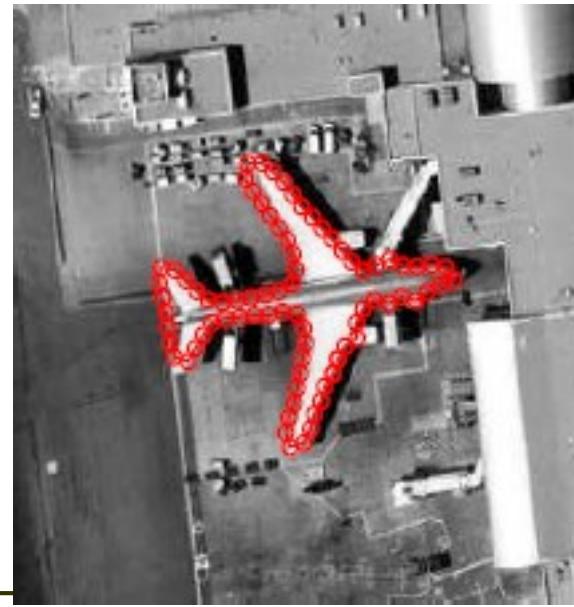
Noise reduction image

Source: Jungwon Lee, Stanford EE 368 class project, Spring 2000

# Denoising



# Segmentation

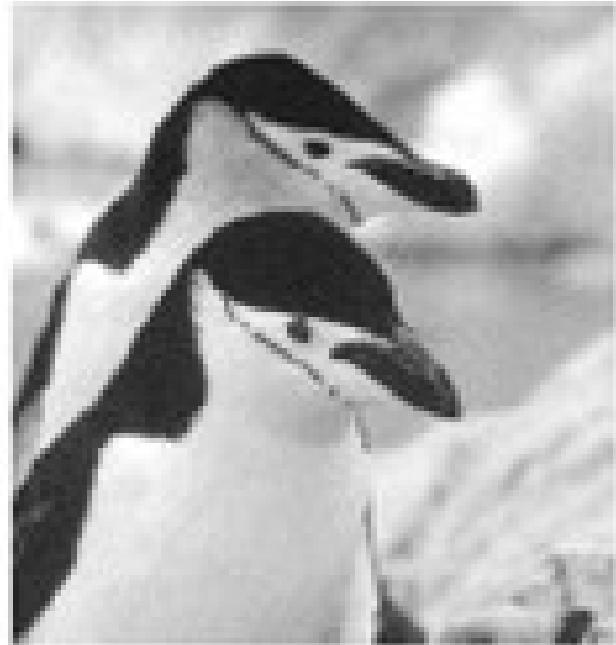


# Inpainting

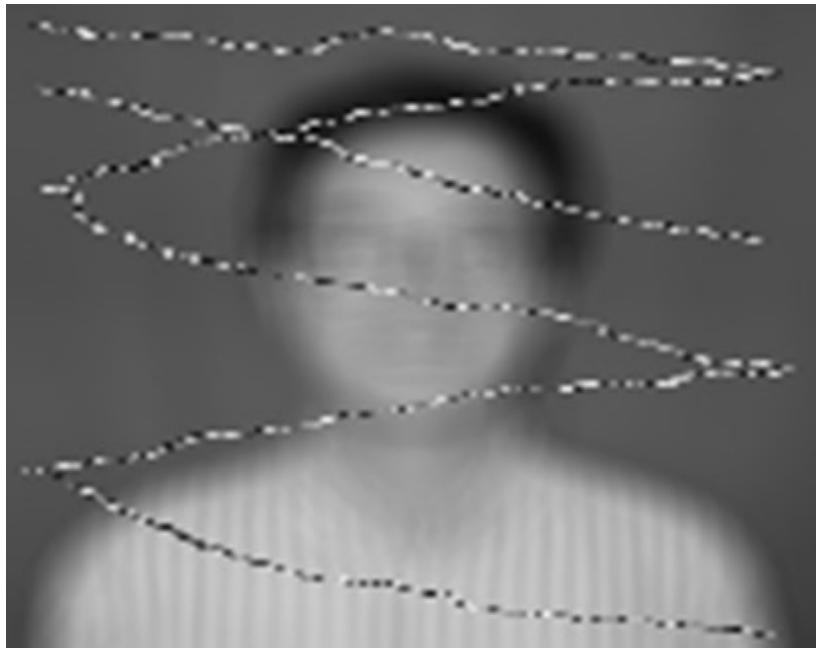
Image to be inpainted



Inpainting output



# Deblurring + inpainting

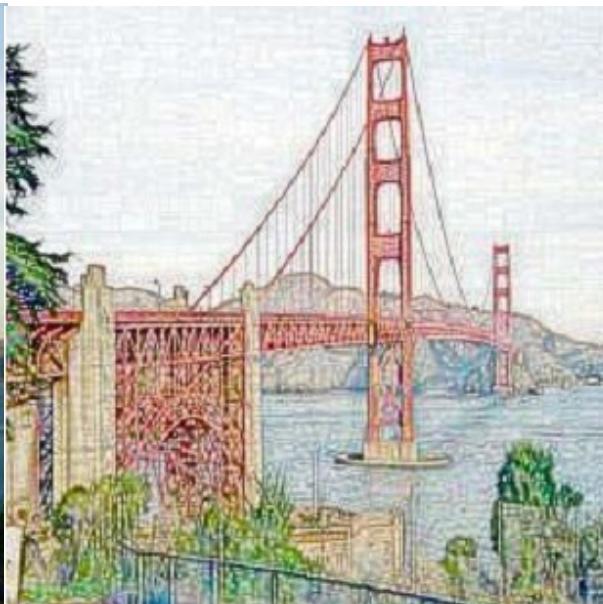


# Image Processing Examples

## ✓ Special Effects



Photo



Simulated color pencils

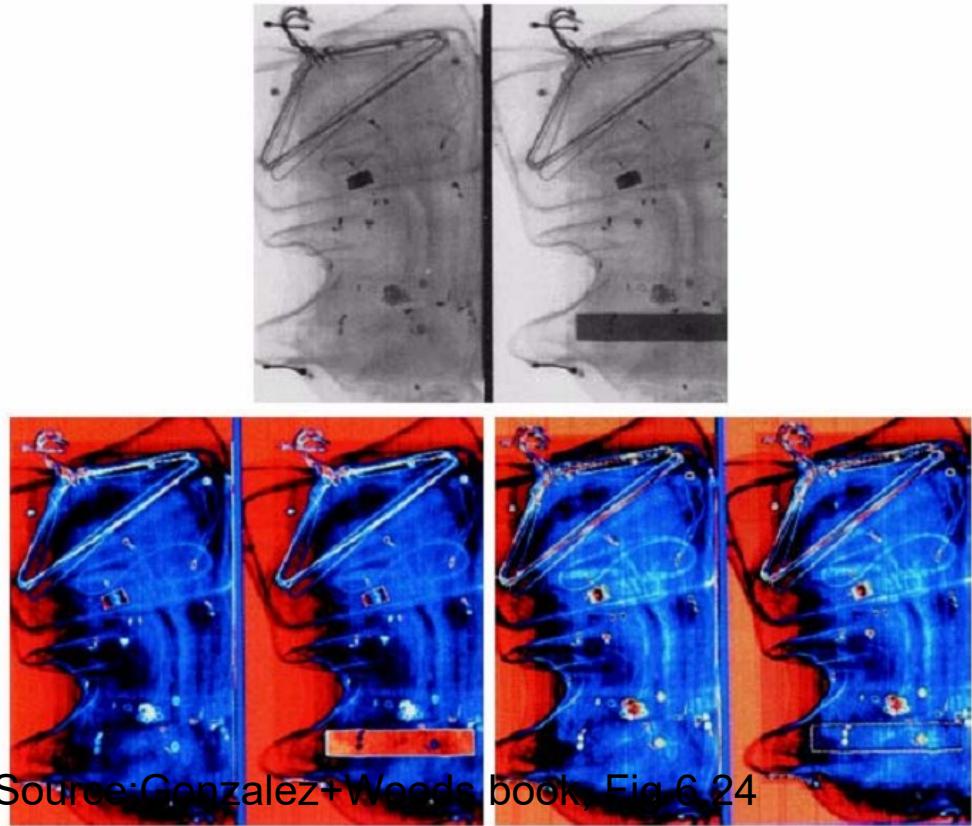


Simulated oil painting

Source: Feng Xiao, Stanford EE 368 class project, Spring 2000

# Image Processing Examples

- ✓ Pseudocolor enhancement for security screening



# Image Processing Examples

- ✓ Extraction of settlement area from an aerial image



Source: INRIA, Sophia-Antipolis, France

# Image Processing Examples

- ✓ Earthquake Analysis from Space:

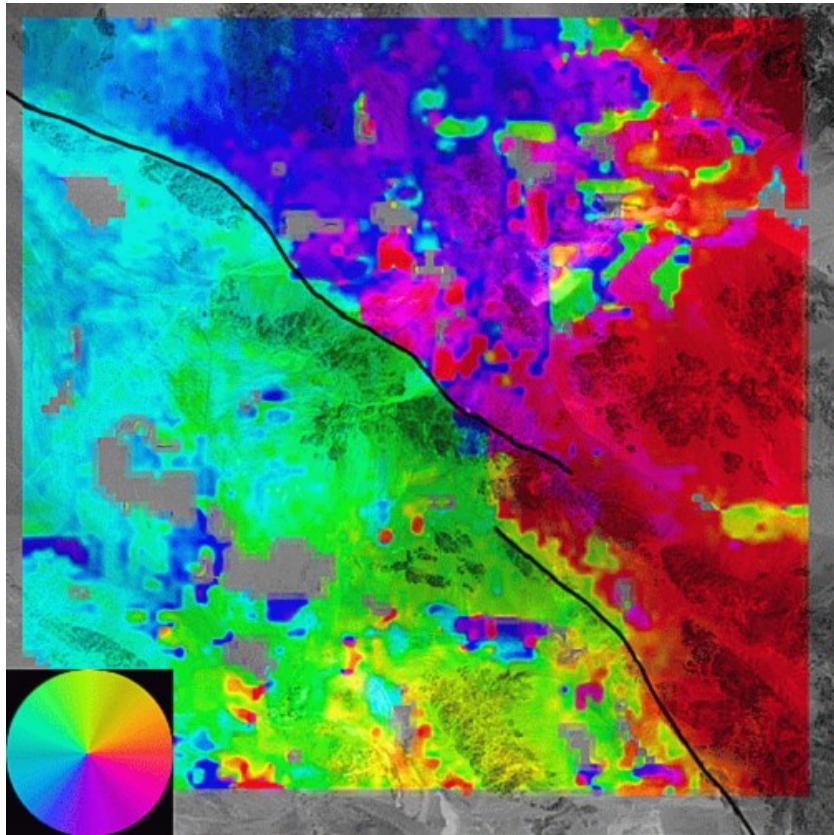


Image shows the ground displacement due to Landers earthquake in CA, 1992

Source: JPL, Pasadena, QUAKEFINDER project

# Image Processing Examples



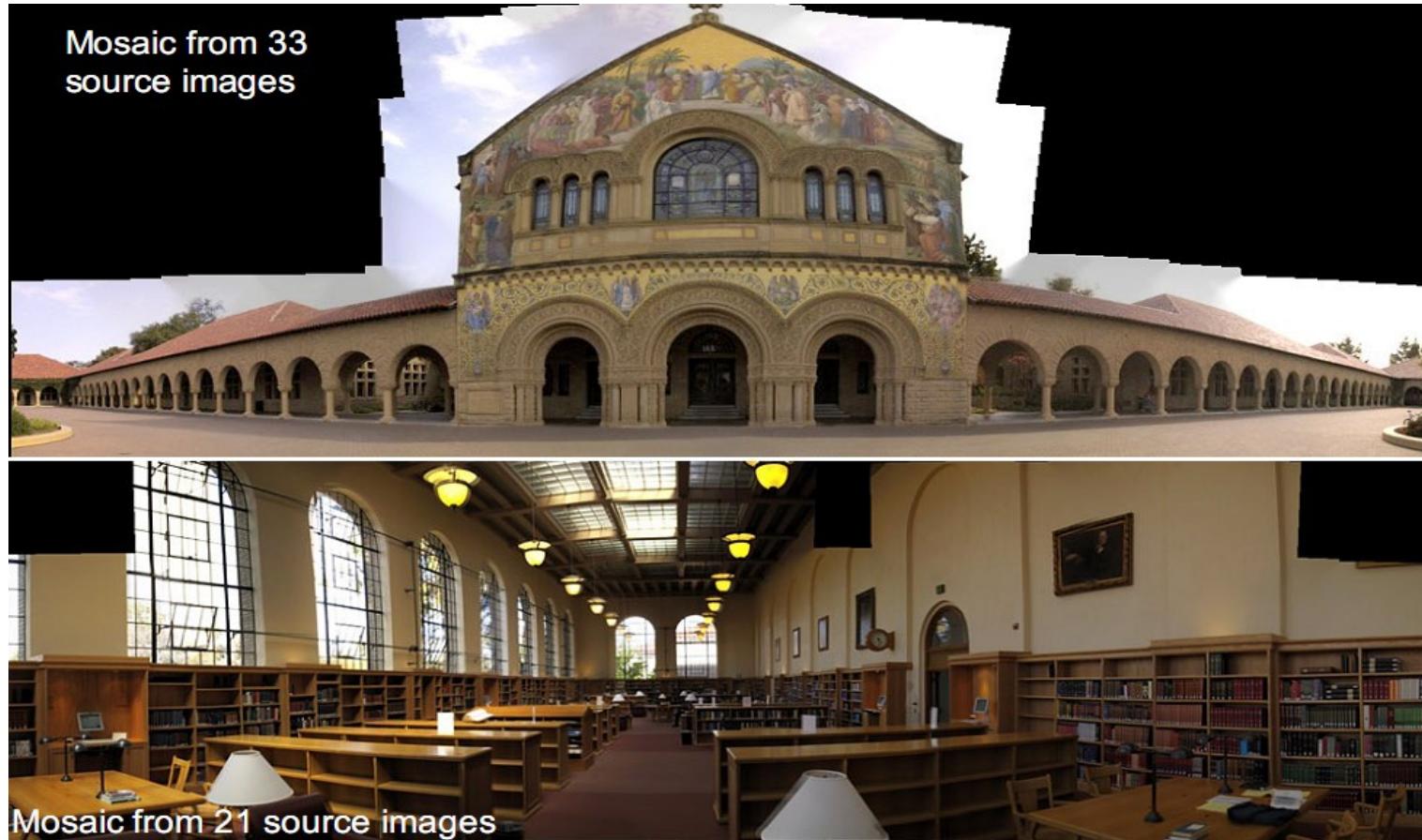
Source: Michael Bax, Chunlei Liu and Ping Li, Stanford EE 368 class project, Spring 2003

# Face recognition

hou1=4.8522e-01 hou9=0.003643 hou4=0.012899 hou10=0.031629 hou8=0.032599



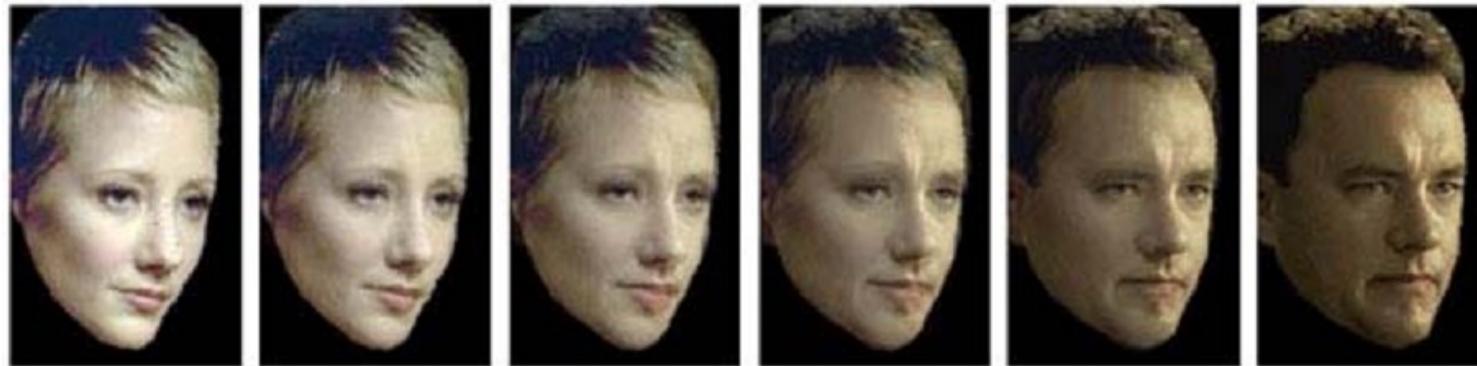
# Image Processing Examples



Source: M. Borgmann, L. Meunier, Stanford EE 368 class project, Spring 2003

# Image Processing Examples

## ☒ Face morphing



Source: Yi-Wen Liu and Yu-Li Hsueh, Stanford EE 368 class project, Spring 2000

# Image Processing Examples

## ✓ Handwriting recognition

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

(a)

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

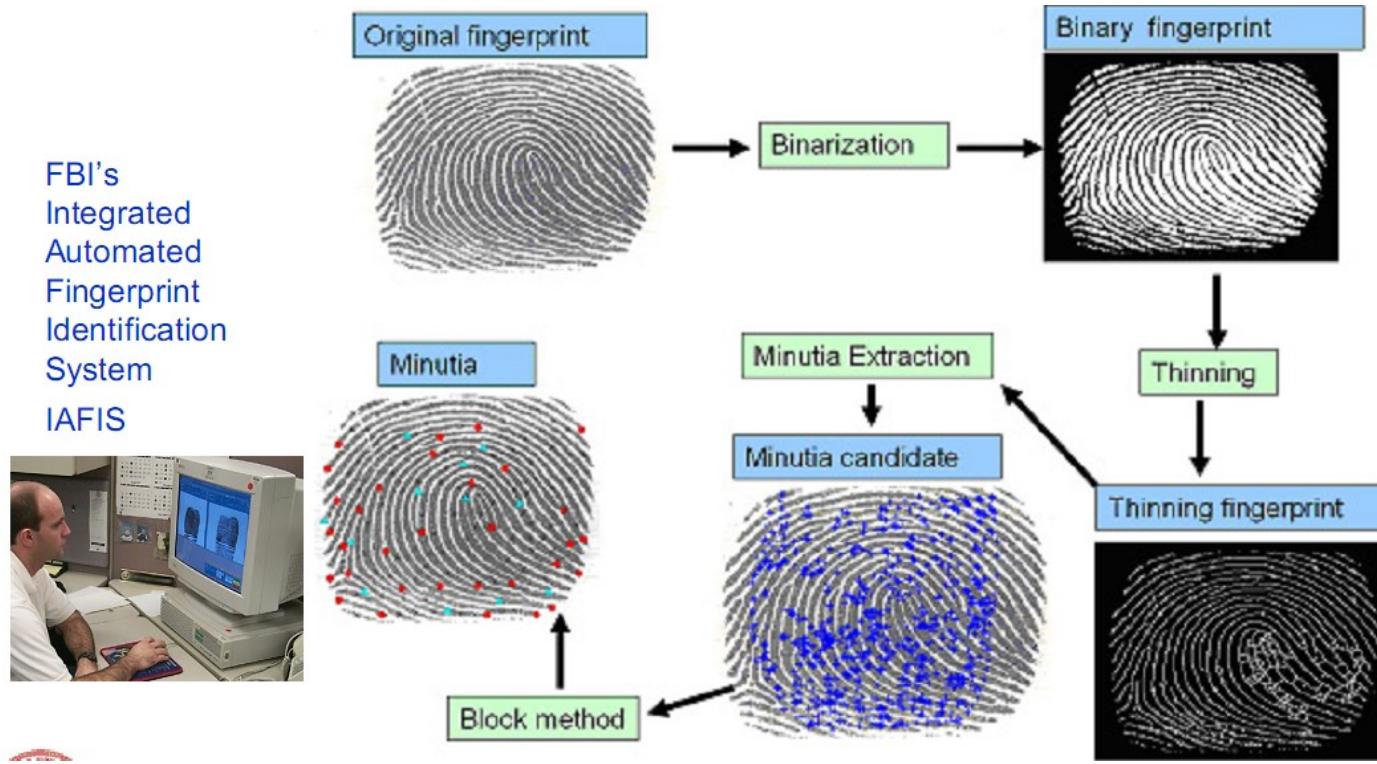
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

(c)

# Image Processing Examples

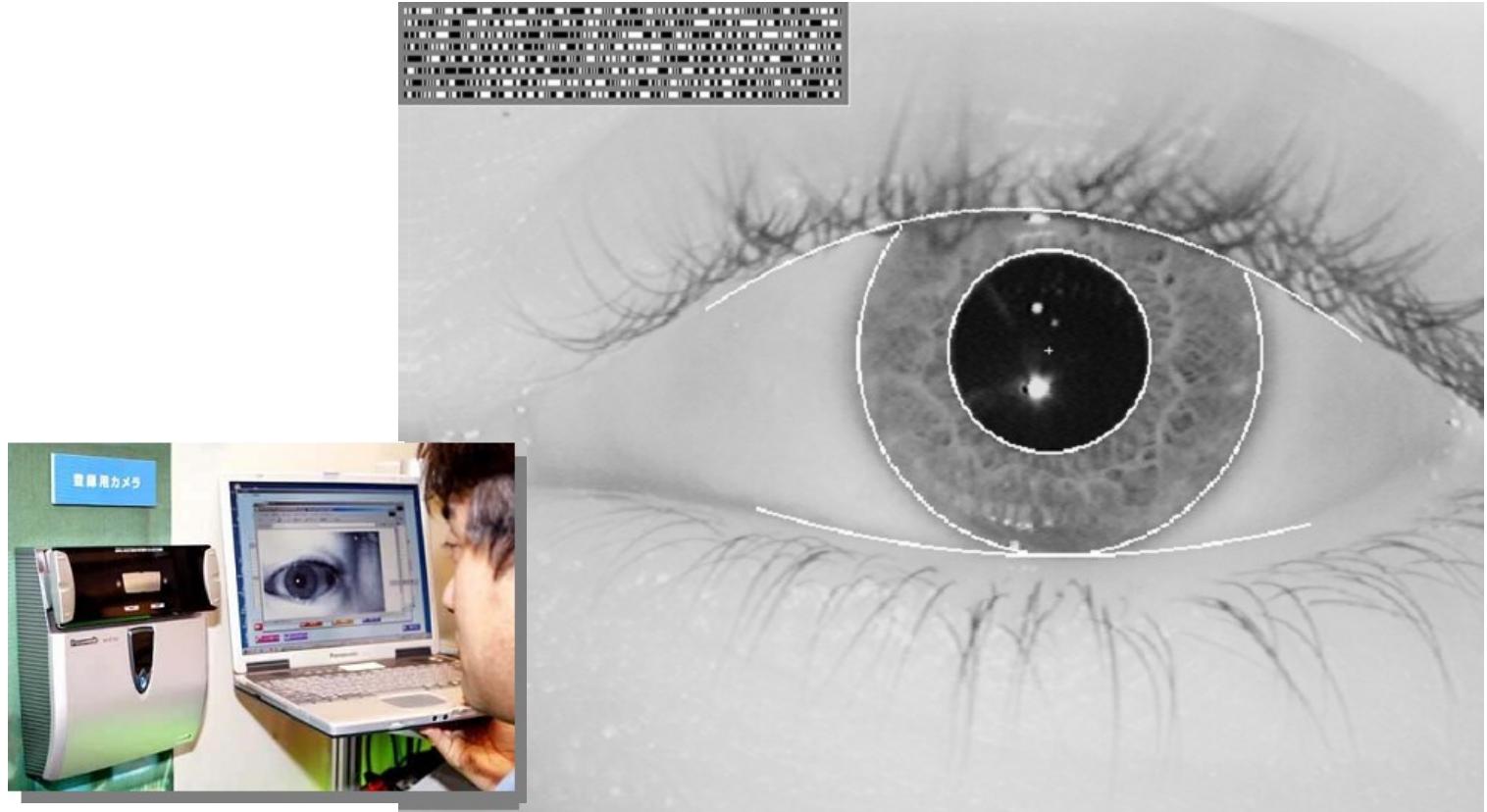
## ✓ Biometrics: Fingerprint recognition



Source: Bernd Girod, Stanford EE 368 Course Notes

# Image Processing Examples

- ✓ Biometric: Iris recognition



Source: J.Daugman, U. Cambridge

# 数字图像处理的应用

- ✓ 数字处理图像在生物医学、遥感、工业、军事、通信、公安等领域有着广泛的应用

# 数字图像处理的应用

- ✓ 物理化学：结晶分析、谱分析
- ✓ 生物医学：细胞分析、染色体分类、血球分类、X光照片分析、CT
- ✓ 环境保护：大气污染调查
- ✓ 地质：资源勘探、地图绘制
- ✓ 农林：植被分布调查、农作估产
- ✓ 海洋：鱼群探查

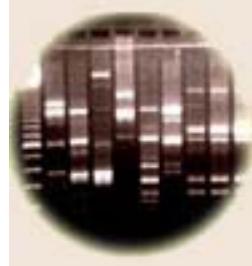
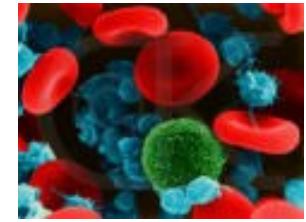
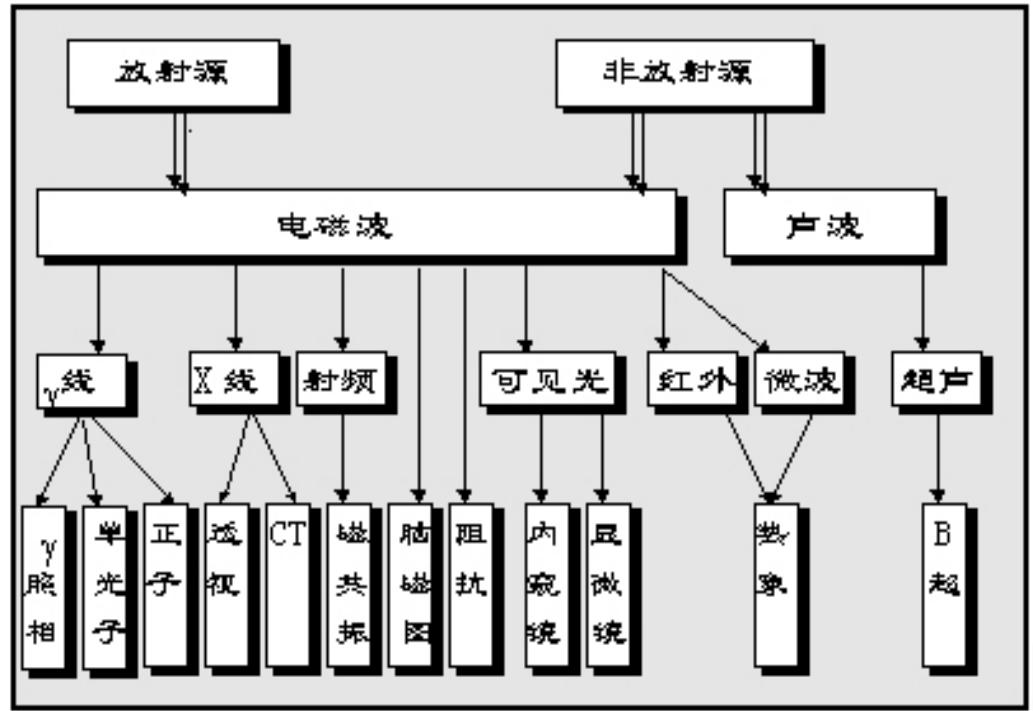
# 数字图像处理的应用

- ✓ 水利：河流分布、水害调查
- ✓ 气象：云图分析
- ✓ 通信：传真、电视
- ✓ 工业：工业探伤、机器人
- ✓ 交通：道路选线
- ✓ 法律：指纹识别
- ✓ 军事：军事侦察、导弹制导

# 数字图像处理的应用

- ✓ 生物医学：利用电磁波谱成像分析系统诊断病情。如显微镜图像分析，DNA成像分析等；
- ✓ CT及核磁共振、超声波、X射线成像分析等。如三维测量可视化软件系统可对各类医学断层图像进行分析处理，提供诊断依据

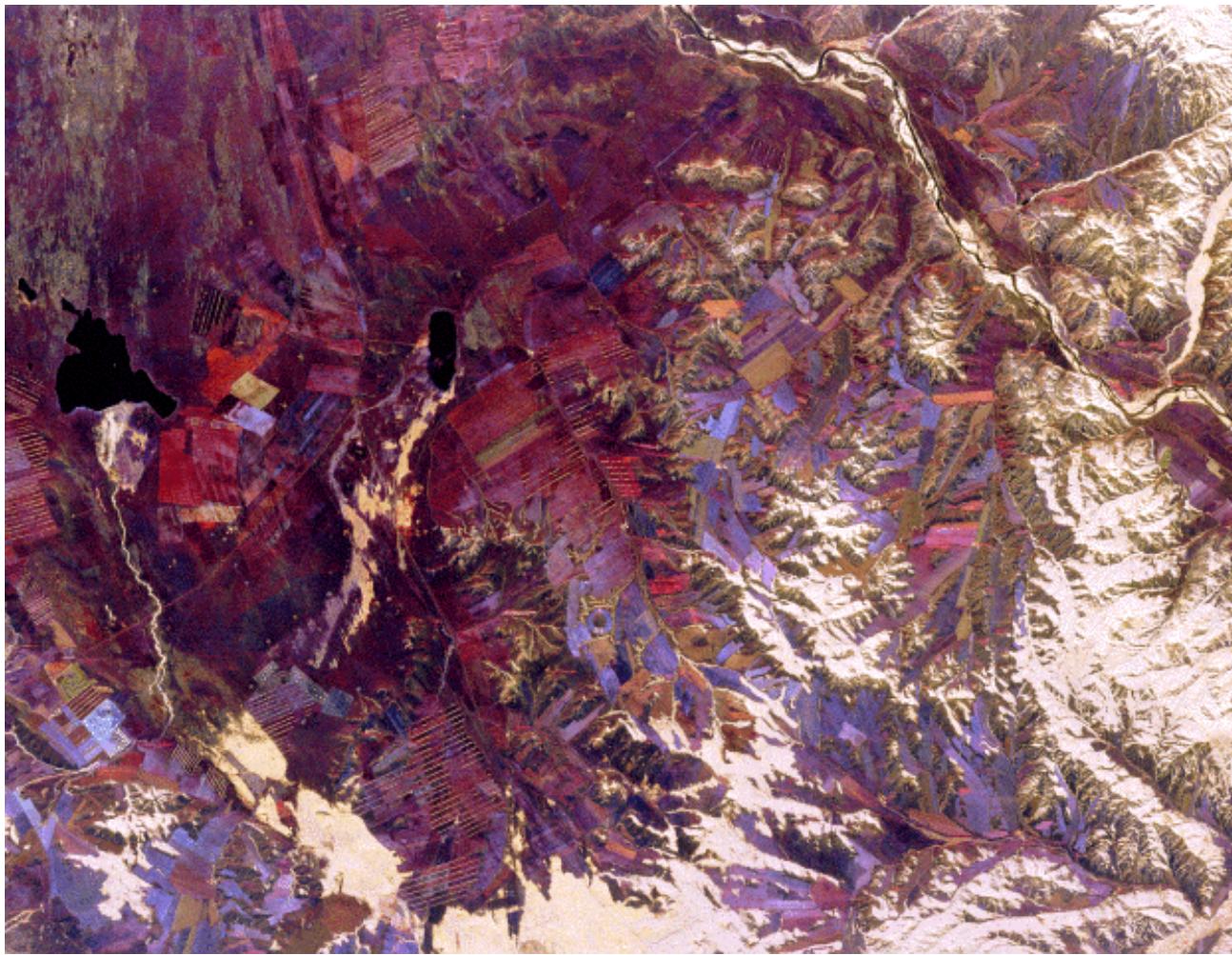
# 数字图像处理的应用



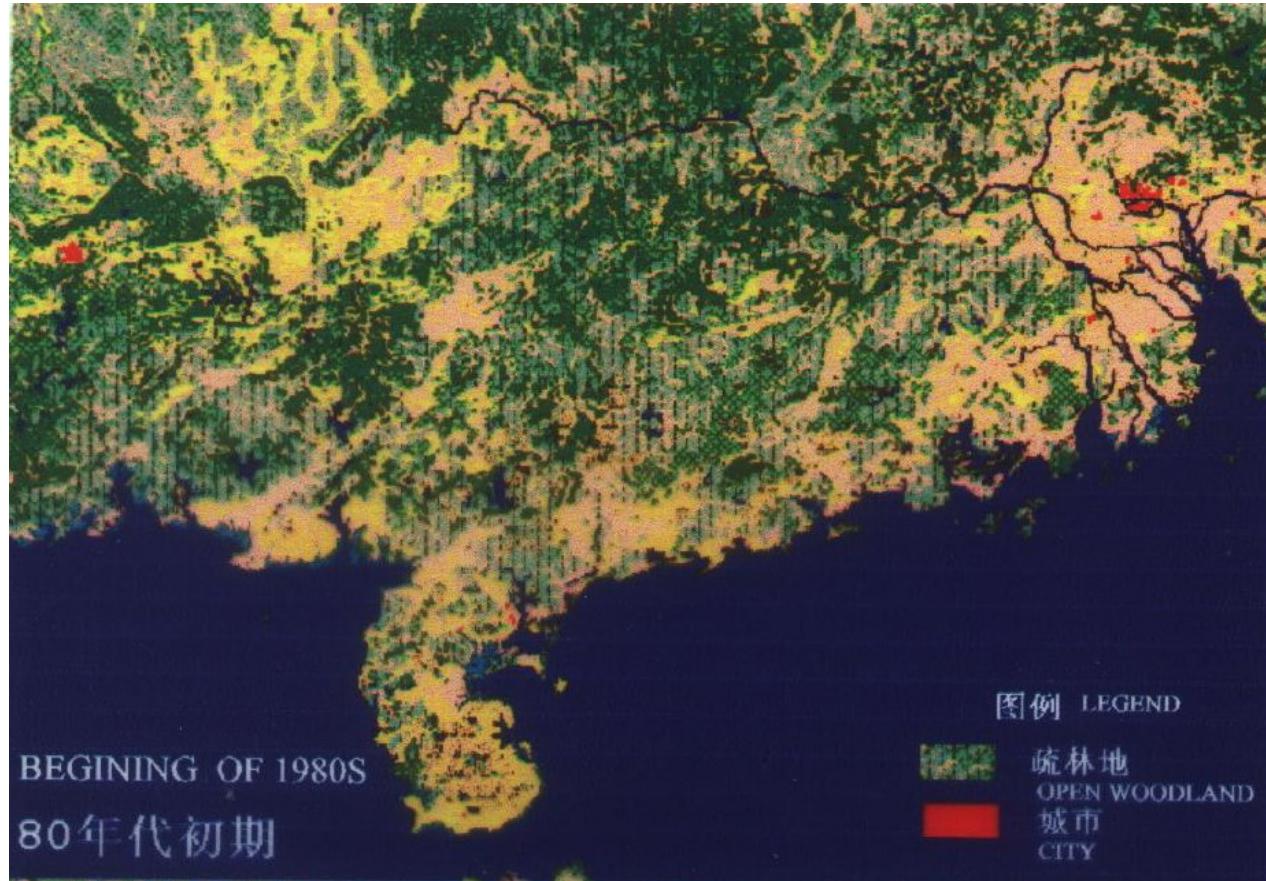
# 数字图像处理的应用

- ✓ 遥感：农、林等资源的调查，农作物长势监测，自然灾害监测、预报，地势、地貌测绘以及地质构造解译、找矿，环境污染检测等等

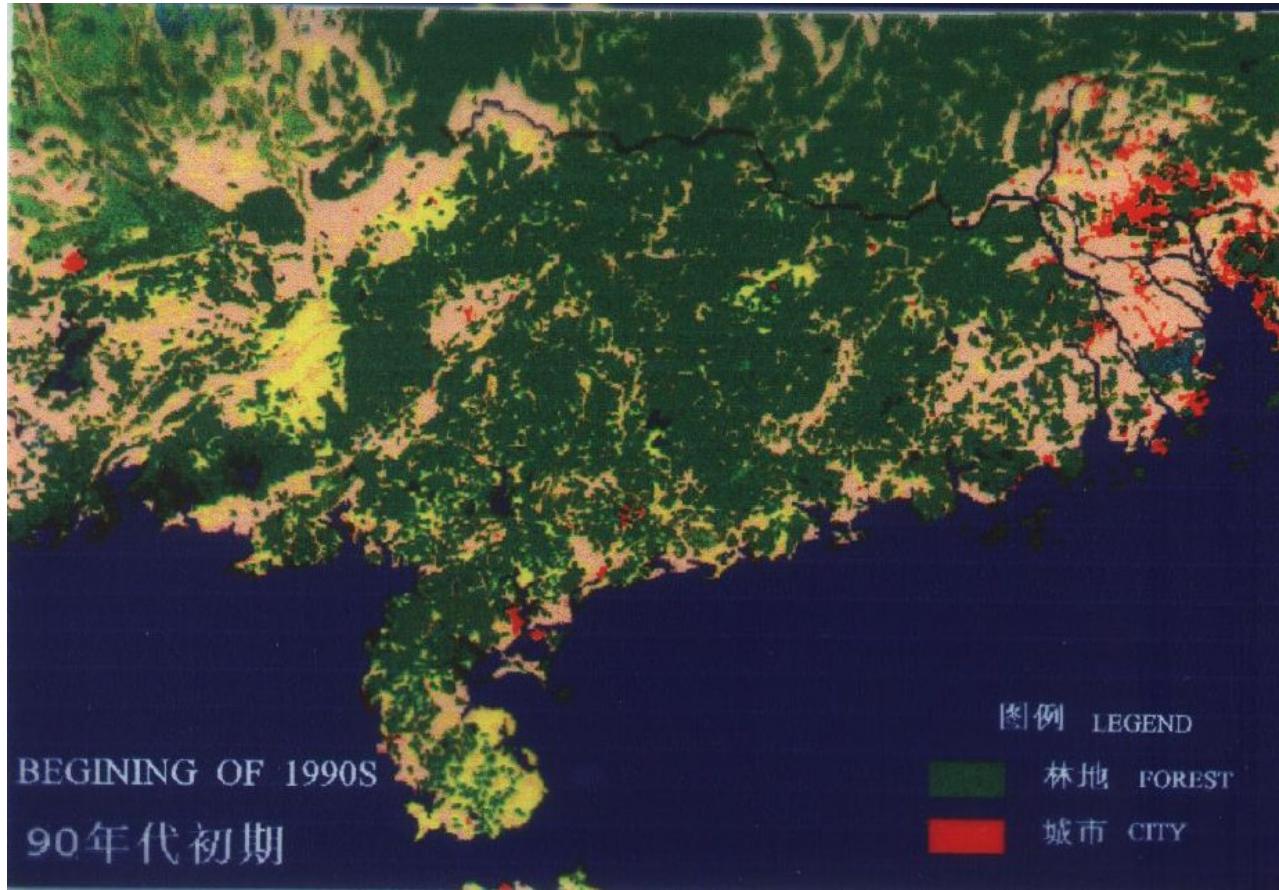
# 数字图像处理的应用



# 数字图像处理的应用



# 数字图像处理的应用



# SPOT 图像用于监测土地变化



95年



98年



95年 + 98年

## 卫星影象用于土地动态监测



95年



98年



95年 +98年

# 数字图像处理的应用

- ✓ 工业生产：无损探伤，石油勘探，生产过程自动化（识别零件，装配质量检查），工业机器人研制等
- ✓ 军事：航空及卫星侦察照片的测绘、判读，雷达、声纳图像处理，导弹制导，军事仿真等

# 数字图像处理的应用

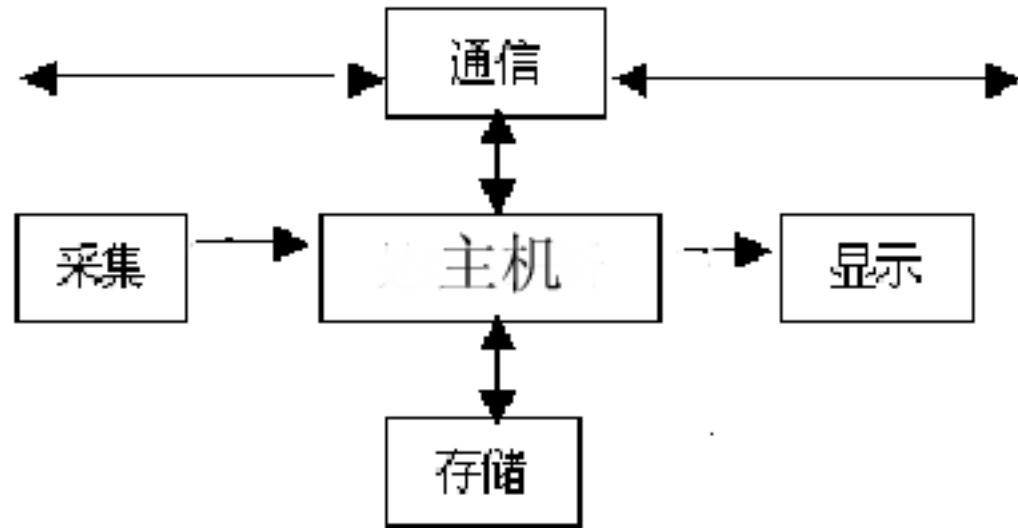


# 导论

- ✓ 图像与数字图像的概念
- ✓ 数字图像历史追溯
- ✓ 数字图像处理的应用
- ✓ 数字图像处理系统
- ✓ 数字图像处理及其研究内容

# 数字图像处理系统

- ✓ 数字图像处理系统由硬件和软件组成。
- ✓ 采集
- ✓ 显示
- ✓ 存储
- ✓ 通信
- ✓ 主机
- ✓ 图像处理软件



# 图像采集模块

- ✓ 获取数字图像的设备即采集装置。
  - ✓ 扫描仪
  - ✓ 数码照相机
  - ✓ 数码摄像机
- ✓ 采集装置都包括下面两个部件：
  - ✓ 1) 光敏感器件
  - ✓ 2) 模/数转换装置

# 图像显示模块

- ✓ 图像显示的主要形式：
- ✓ 软拷贝形式：通过CRT显示器、液晶显示器、投影仪等设备暂时性地显示
- ✓ 硬拷贝形式：通过、打印机、激光拷贝等方式将图像输出到物理介质上永久保存

# 图像存储模块

- ✓ 常用硬盘、软盘、U盘、活动硬盘、光盘、磁带等
- ✓ 在海量图像存储备份系统中，采用磁盘阵列、磁带库、光盘塔等存储设备

# 图像通信模块

- ✓ 图像通信就是把图像传送到远方终端
- ✓ 按传输图像种类分为：
- ✓ 静止图像通信，如电报、传真等
- ✓ 活动图像通信，如电视、可视电话等。

# 处理机（计算机或处理模块）

- ✓ 以微机或工作站为主，配以图像采集卡和外设构成微型图像处理系统
- ✓ 采用大型机：并行处理海量图片，如卫星云图、遥感航拍照片等

# 图像处理软件

- ✓ 由系统管理、图像数据管理和图像处理模块三部分组成

# 导论

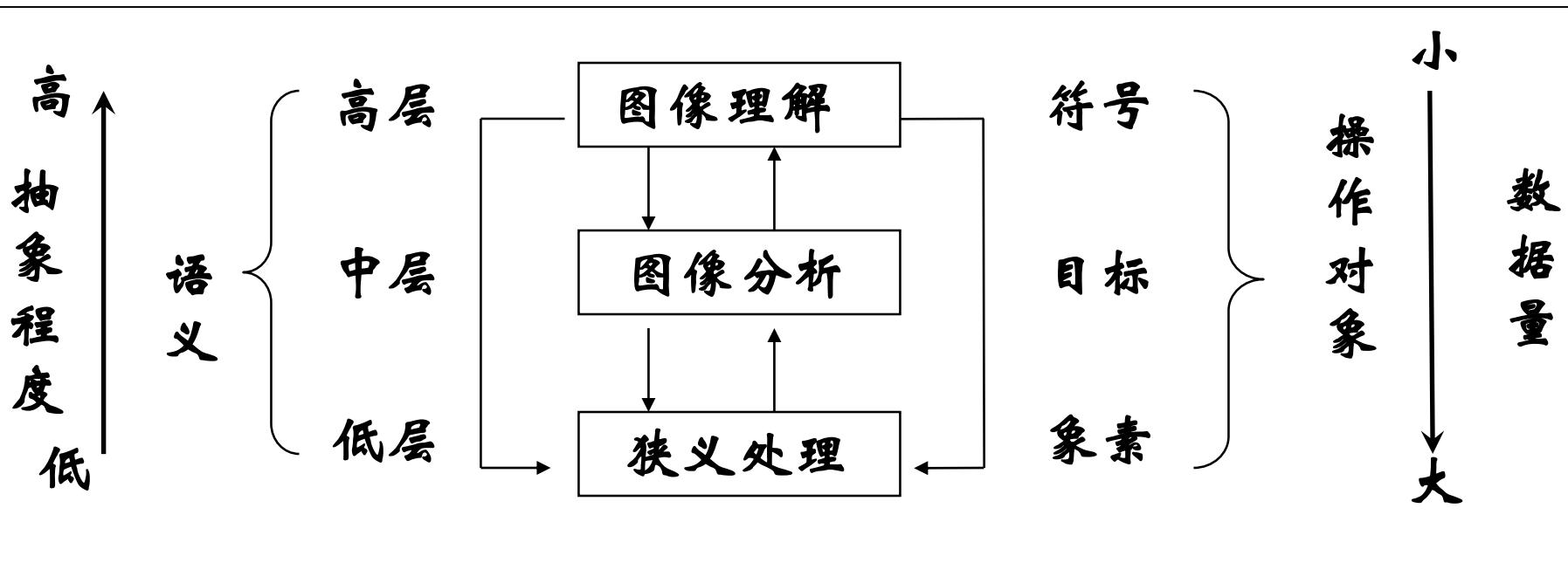
- ✓ 图像与数字图像的概念
- ✓ 数字图像历史追溯
- ✓ 数字图像处理的应用
- ✓ 数字图像处理系统
- ✓ 数字图像处理及其研究内容

# 数字图像处理

- ✓ 图像处理：对图像进行一系列的操作，以达到特定的应用目标
- ✓ 模拟图像处理
  - ✓ 利用光学、照相等方法对模拟图像的处理
- ✓ 数字图像处理
  - ✓ 利用计算机算法对数字图像进行系列操作，以达到特定的应用目标

# 数字图像处理

- ✓ 数字图像处理起源于两种主要应用范围：
- ✓ (1) 改善人类做判断用的图像信息
- ✓ (2) 处理自动装置感受的景物数据



# 数字图像处理

- ✓ 低层数字图像处理：对输入图像进行变换，得到一幅输出图像
- ✓ 如对输入图像进行各种操作以改善图像的视觉效果
- ✓ 或者对其进行压缩编码以减少所需要的存储空间和传输时间等，降低对传输通道的要求

# 数字图像处理

- ✓ 数字图像的分析：对图像中感兴趣的区域或目标进行检测和测量，从而建立对图像目标的描述，是一个从输入图像到数值或者符号的过程

# 数字图像处理

- ✓ 图像理解与模式识别：在图像分析的基础上，基于人工智能和认知理论，研究图像中各目标的性质和它们之间的相互联系，对图像内容的含义加以理解以及对原来客观看场景加以解释，从而指导和规划行动

# 数字图像处理的特点

- ✓ 处理算法不依赖于精度
  - ✓ 对于一幅图像而言，数字化时不管是用4比特、8比特还是其它比特表示，只需改变计算机中程序的参数，处理方法不变。所以从原理上讲不管对多高精度的数字图像进行处理都是可能的。而在模拟图像处理中，要想使精度提高一个数量级，就必须对装置进行大幅度改进

# 数字图像处理的特点

- ✓ 处理结果能准确再现
  - ✓ 不管是什么数字图像，均用数字信号进行表示。在传送和复制图像时保持了完整信息，处理算法的操作结果可重现。而在模拟图像处理过程中，会因各种干扰因素而无法保证图像处理结果的准确再现

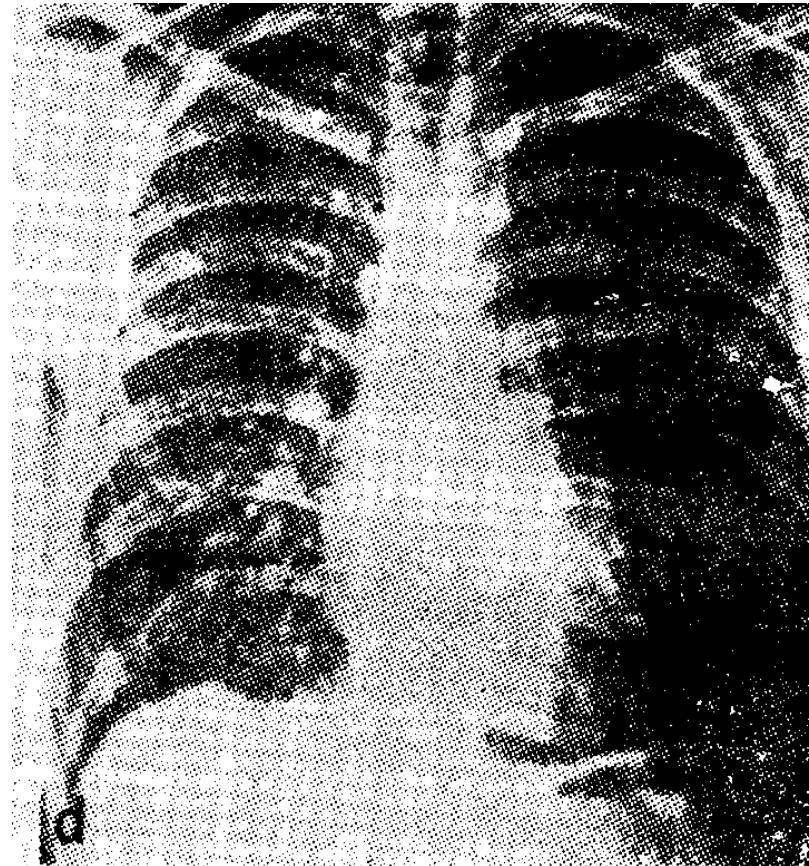
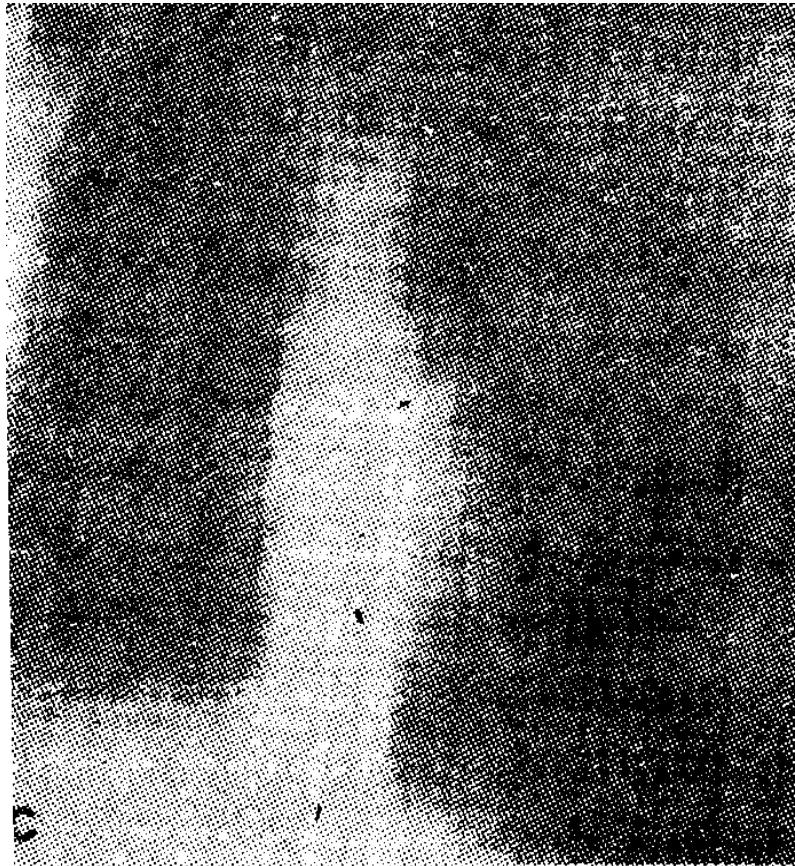
# 数字图像处理的特点

- ✓ 通用性、灵活性强
  - ✓ 对可见图像和不可见光图像（如X光图像、热红外图像和超声波图像等），尽管这些图像生成体系中的设备规模和精度各不相同，但当把这些图像数字化后，对于计算机来说，都可同样进行处理，这就是数字处理图像的通用性
  - ✓ 另外，改变处理图像的计算机程序，可对图像进行各种各样的处理，如上下滚动、漫游、拼接、合成、变换、放大、缩小和各种逻辑运算等，所以灵活性很高

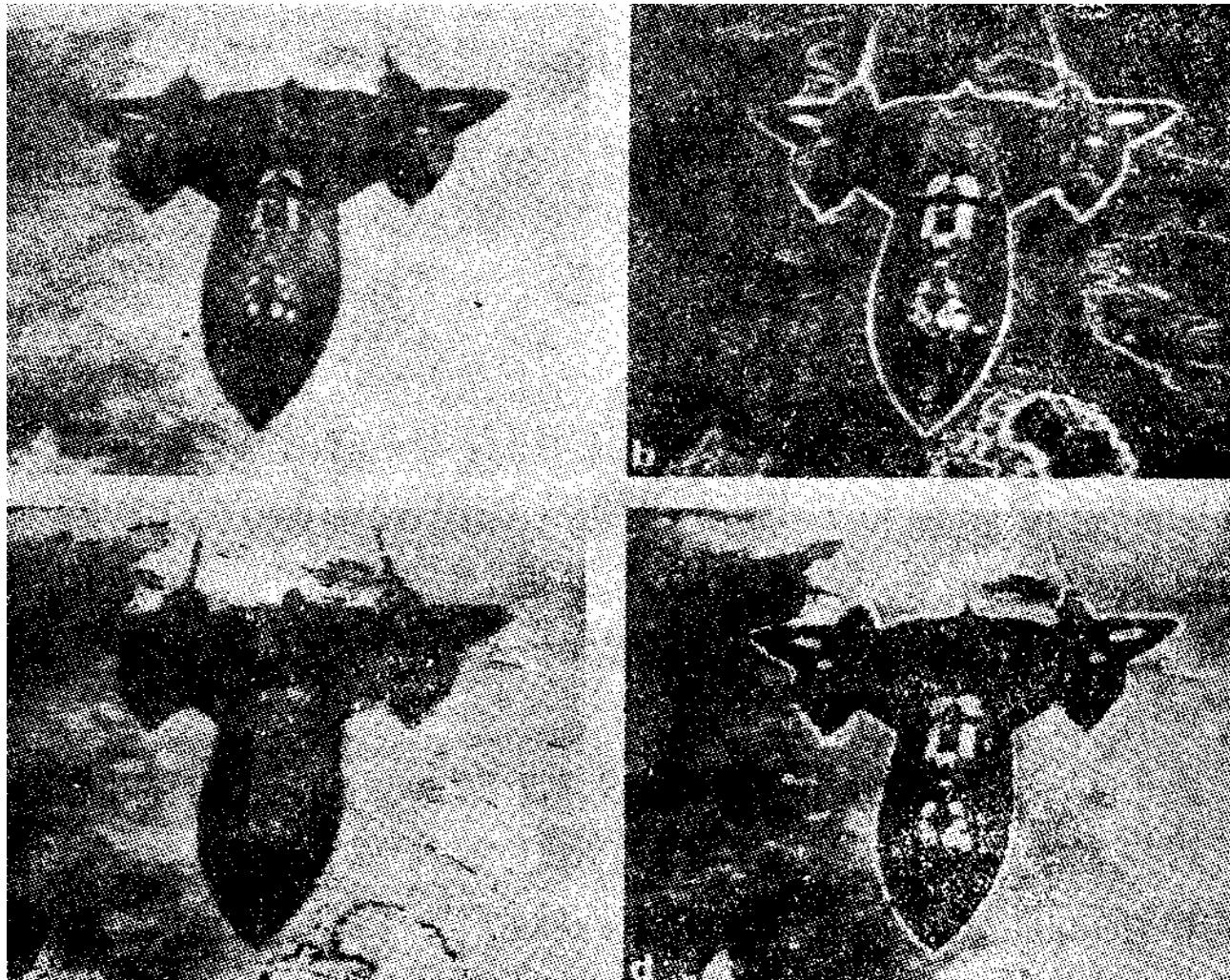
# 数字图像处理的研究内容

- ✓ 图像增强
- ✓ 图像恢复
- ✓ 图像编码
- ✓ 图像分析
- ✓ 模式识别

# 图像增强(1)



## 图像增强(2)



## 图像增强(3)

- ✓ 图像增强是改善供人观看图像主观质量
- ✓ 主要技术：
  - ✓ 直方图修正
  - ✓ 图像平滑
  - ✓ 图像锐化
  - ✓ 同态系统
  - ✓ 伪彩色技术

# 图像恢复(1)



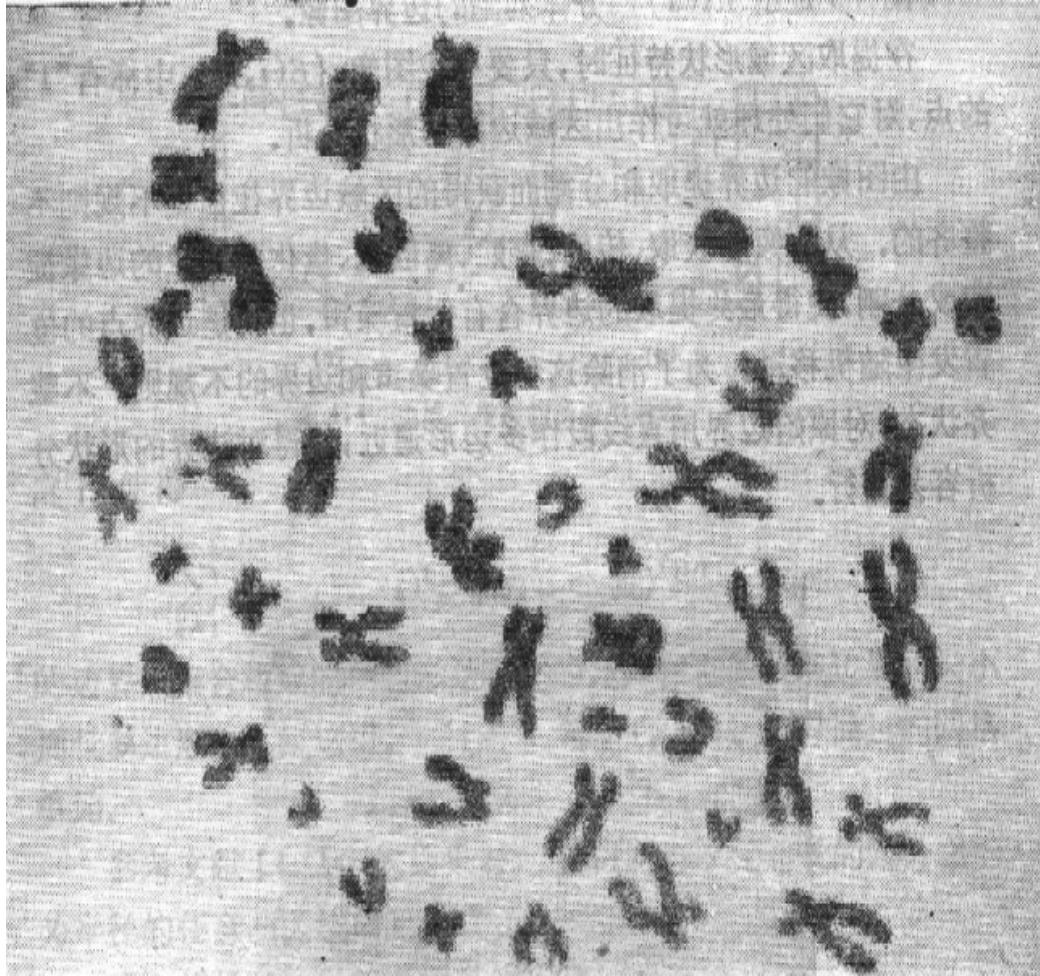
## 图像恢复(2)

- ✓ 图像复原是寻找引起图像质量下降的原因，通过“逆向”操作，尽可能恢复图像本来面目
- ✓ 主要技术：
  - ✓ 复原的代数方法
  - ✓ 逆滤波
  - ✓ 最小二乘方滤波
  - ✓ 约束去卷积
  - ✓ 空间复原技术

# 图像编码和压缩

- ✓ 在保真（无损）或限保真（有损）条件下对图像进行压缩
- ✓ 主要技术方法：
  - ✓ PCM编码
  - ✓ 统计编码
  - ✓ 预测编码
  - ✓ 变换编码
  - ✓ 小波编码
  - ✓ 分形编码

# 图像分析(1)



人体染色体

形状分析

## 图像分析(2)

- ✓ 对输入图像的处理，产生已知图像描述
- ✓ 主要技术方法：
  - ✓ 分割
  - ✓ 描绘
  - ✓ 纹理分析
  - ✓ 形状分析
  - ✓ 场景分析

# 模式识别

- ✓ 计算机代替人类完成识别景物工作，就必须赋予它有近于人的视觉功能与识别能力。
- ✓ 对人的视觉机理至今研究得十分不够，完善的视觉模型尚未建立，因而，目前用图像处理和识别技术来识别景物相对是较简单的。
- ✓ 相关匹配、结构匹配等是一些常用识别方法。
- ✓ 各种知识基的专家系统应用于识别复杂的景物，并已做出一些实用的系统