

数字图像处理

数字图像处理概述

课程信息

- **课程安排**

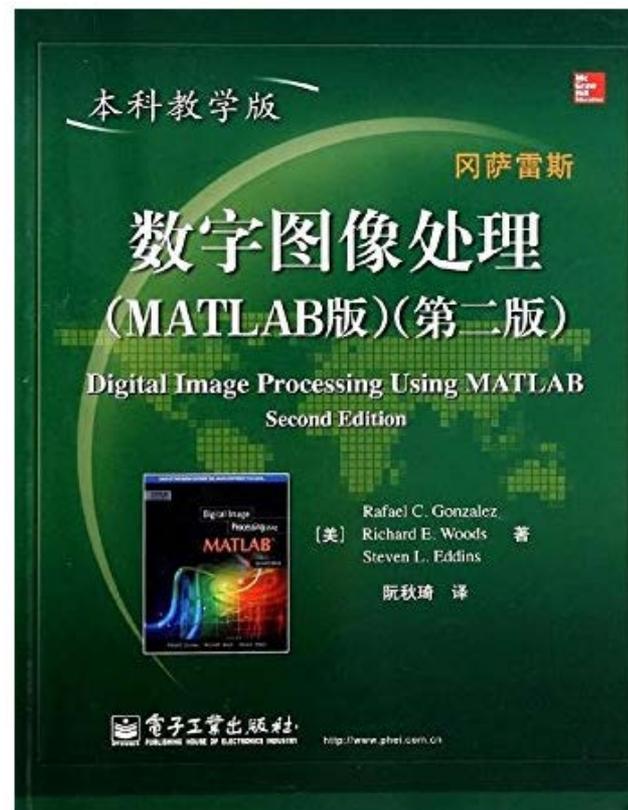
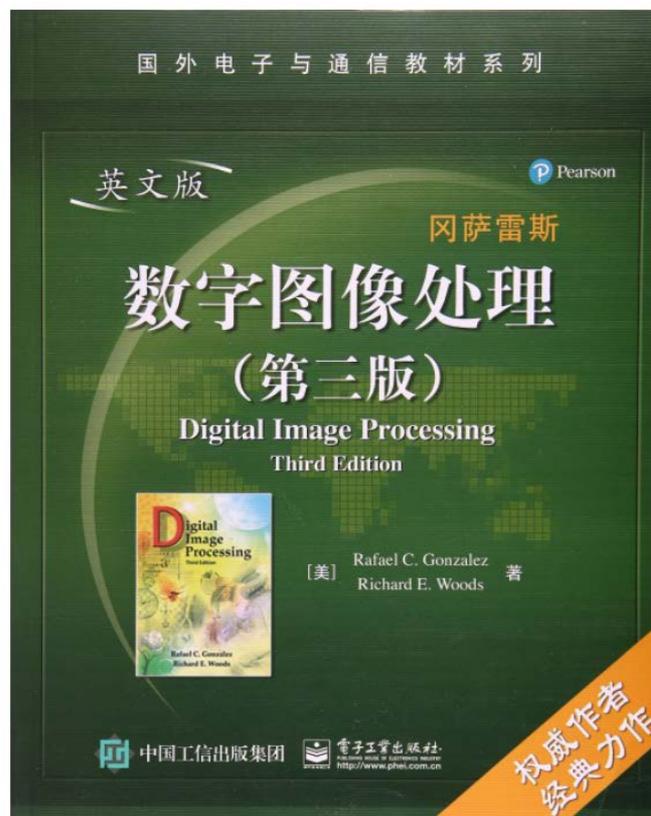
- 2018年3月5日 - 2018年6月24日，每周一上课
- 上课时间：周一9-11节
- 上课地点：仙I-201

- **考核方式**

- 平时成绩 + 期末考试

课程信息

- 参考书目:



课程信息

- 软件：

- [MatLab](#)

付费，功能强大，文档详尽



- [SciLab](#)

免费，开源，灵活度高

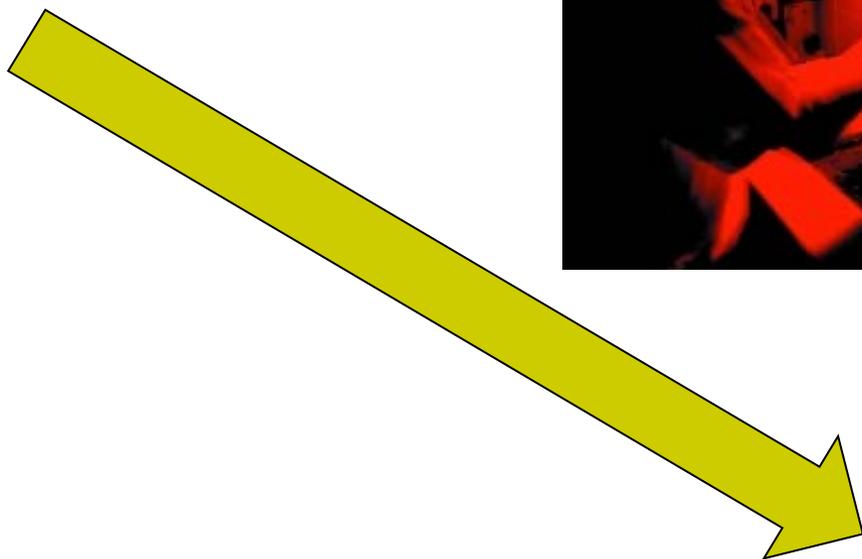


- [Python](#)

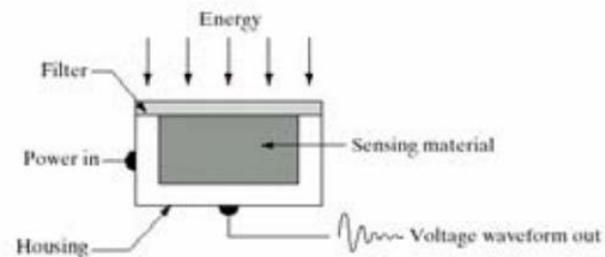
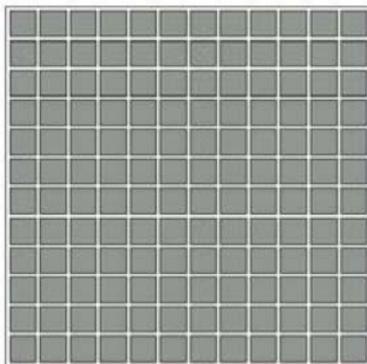
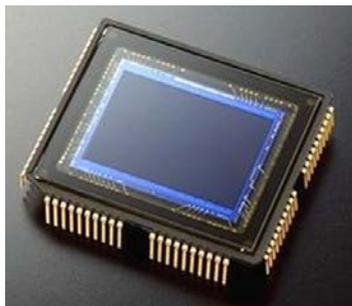
免费，开源，社区活跃，资料充分



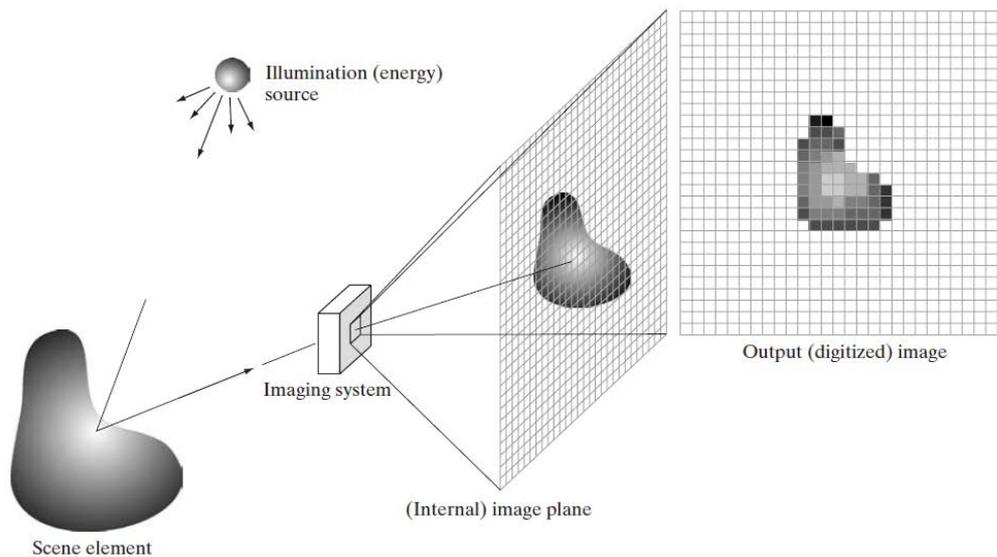
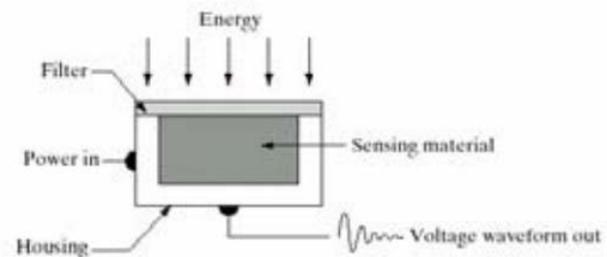
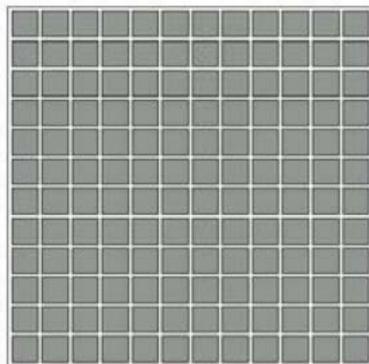
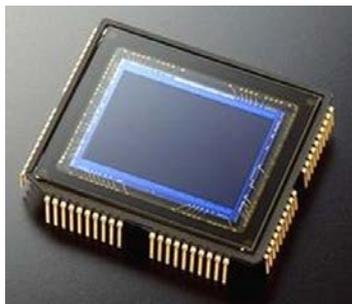
什么是数字图像



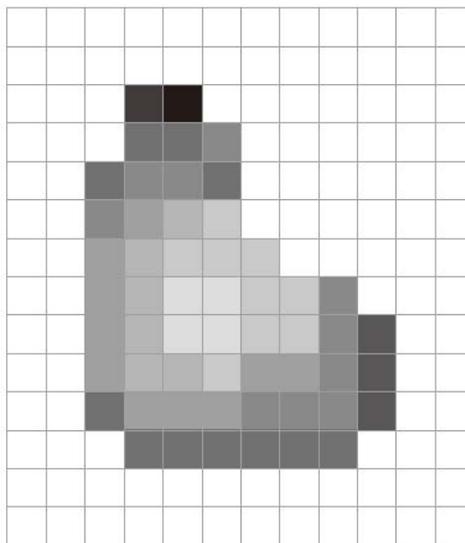
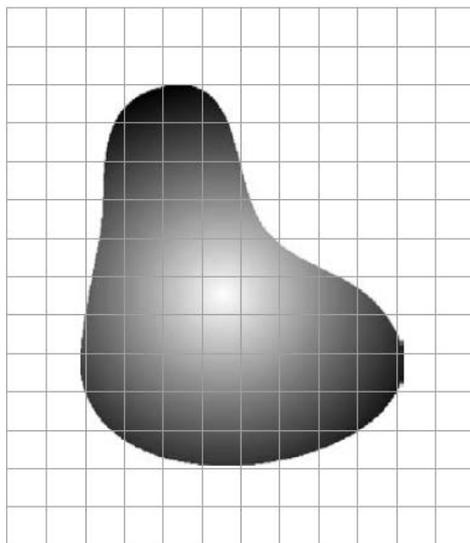
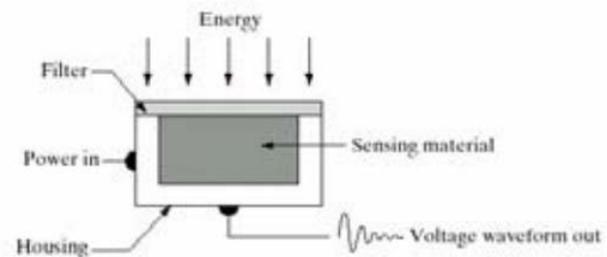
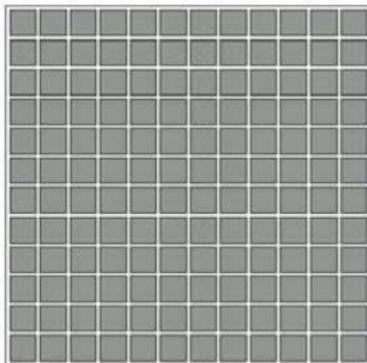
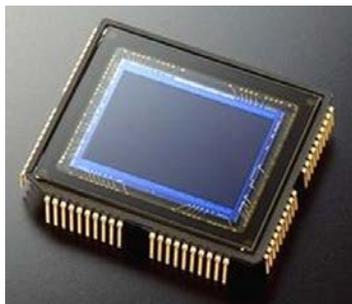
什么是数字图像



什么是数字图像

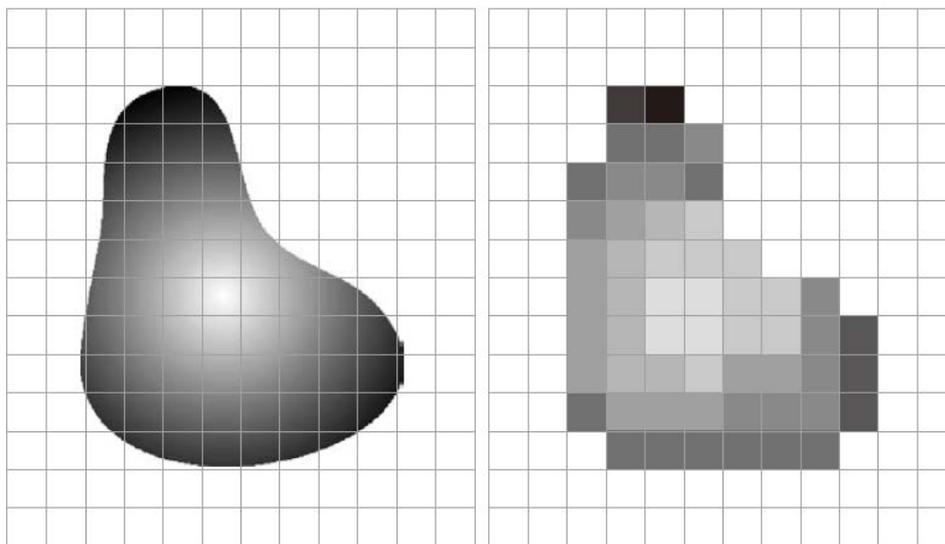


什么是数字图像



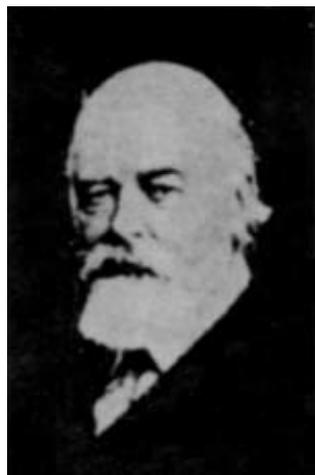
什么是数字图像

- 数字图像是指由被称作像素的小块区域组成的二维矩阵。
 - 将物理图像行列划分后，每个小块区域称为像素（pixel）。
 - 每个像素包括两个属性：**位置**和**亮度**（或色彩）。





1921年，通过字符模拟电报打印机产生的数字图像

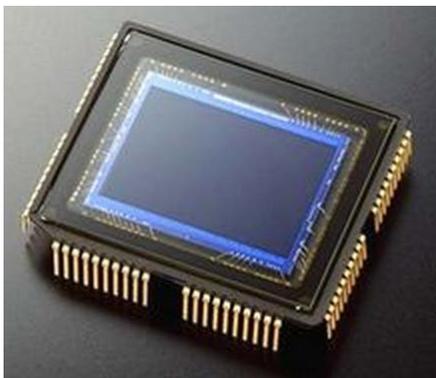


1922年，通过光学还原电报打印机产生的数字图像

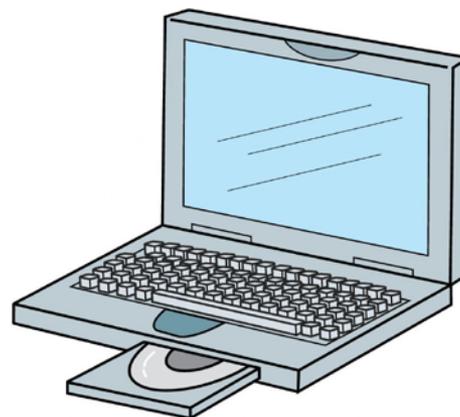
1929年，通过15级色调的Pershing, Foch会面图像



什么是数字图像处理

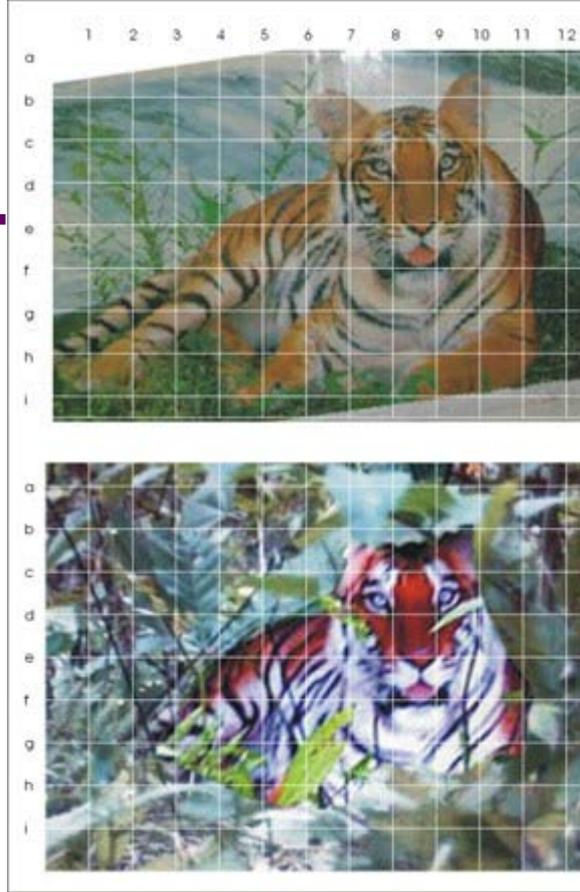


数字图像

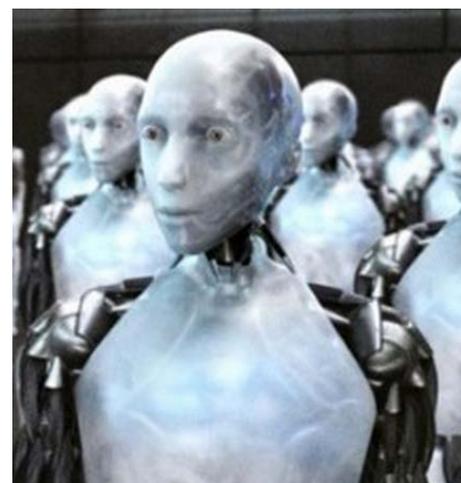
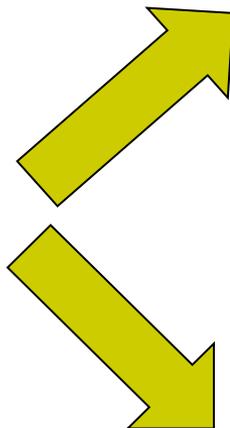
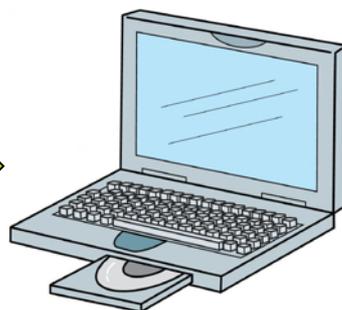
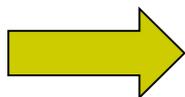
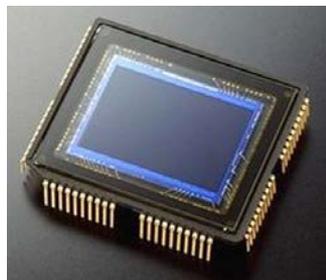


处理

什么是数字图像处理



为什么需要数字图像处理



- 辅助人的感知
- 为后续处理做准备
- 为便于传输和存储数据

为什么需要数字图像处理



含噪声图像



模糊图像



低对比度图像



过滤后图像



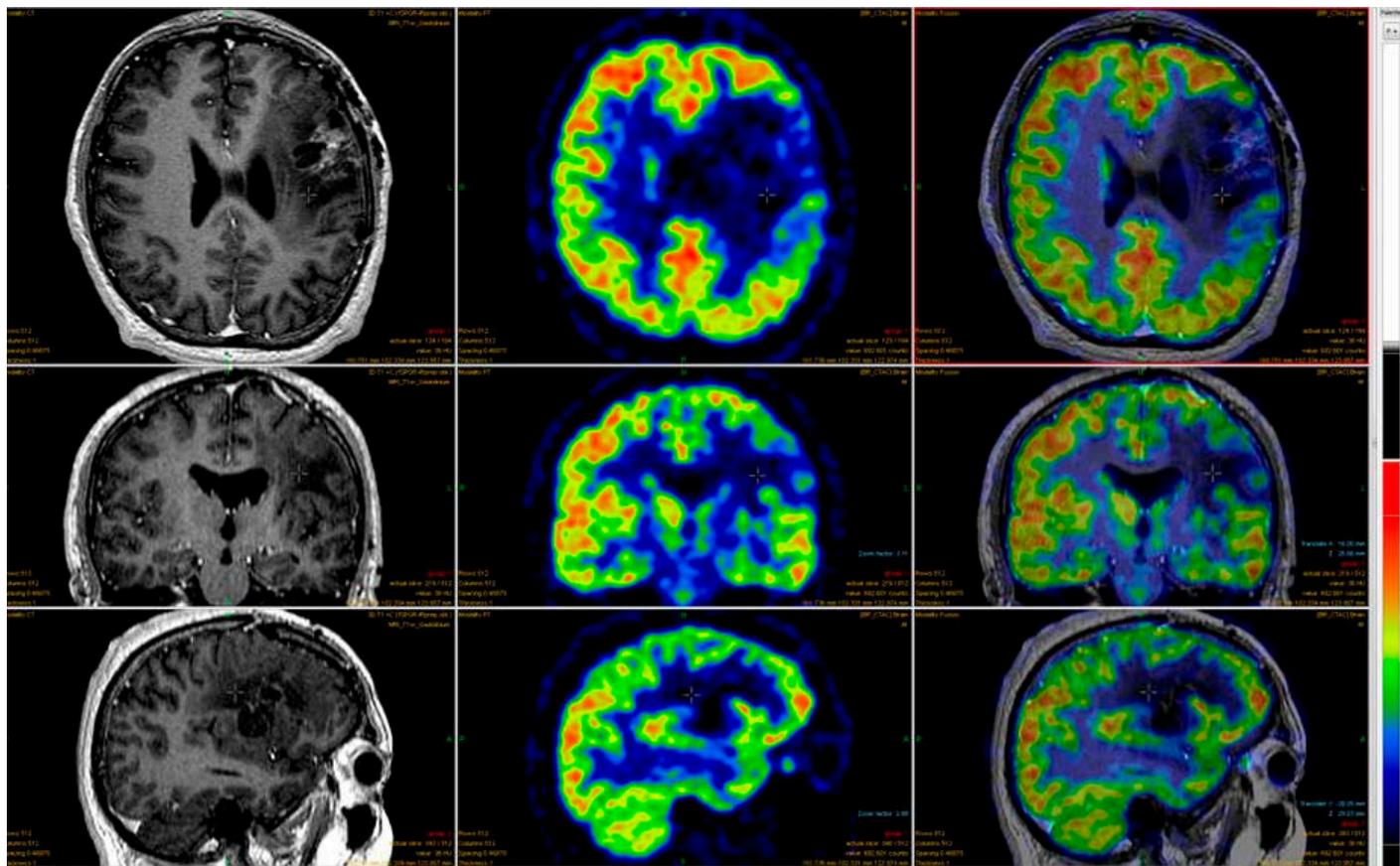
去模糊图像



加强后图像

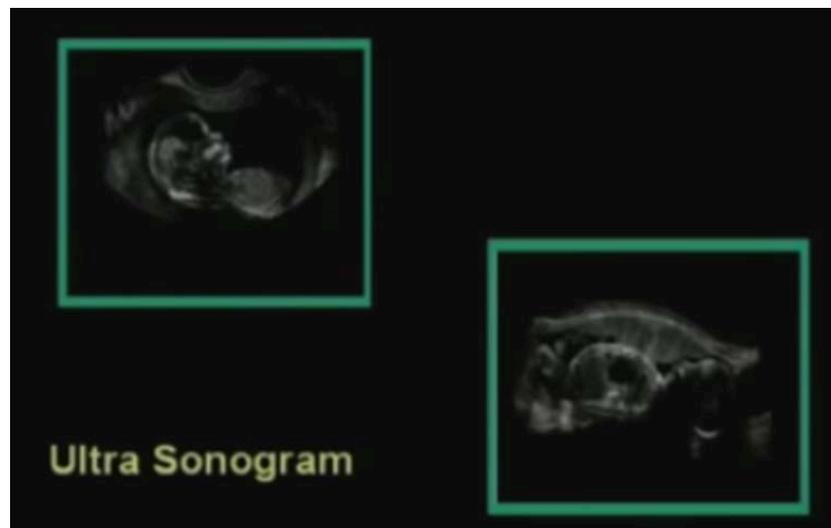
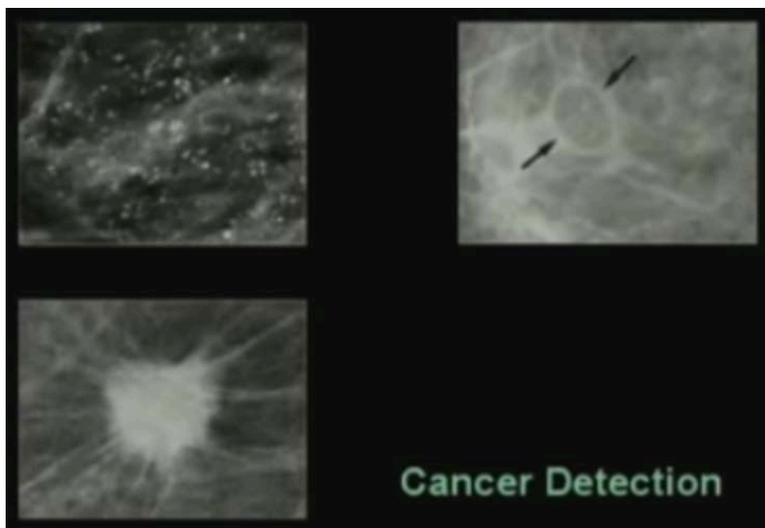
为什么需要数字图像处理

- 医学成像



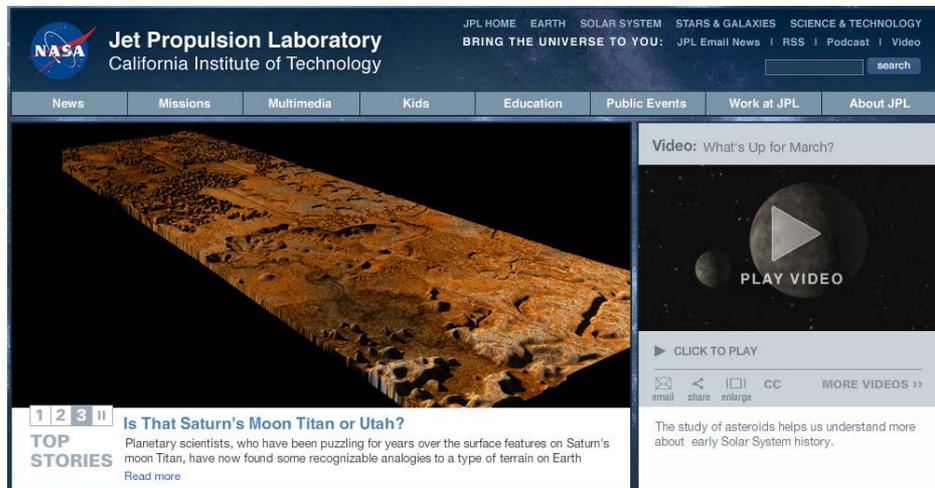
为什么需要数字图像处理

- 医学成像

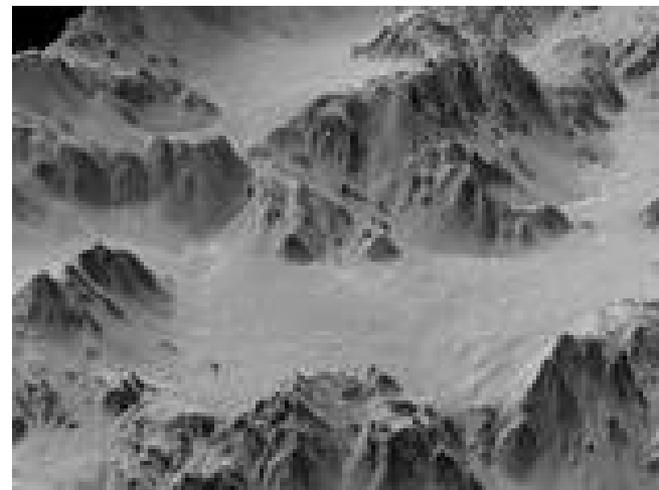


为什么需要数字图像处理

- 遥感：美国JPL实验室（Jet Propulsion Laboratory）
 - 探索者月球图像
 - 勇气号火星图像
 - 再如农作物产量计算
 - 农作物病情防治
 - 山林防火等



<http://www.jpl.nasa.gov>



Terrain Model of Mars' Mojave Crater

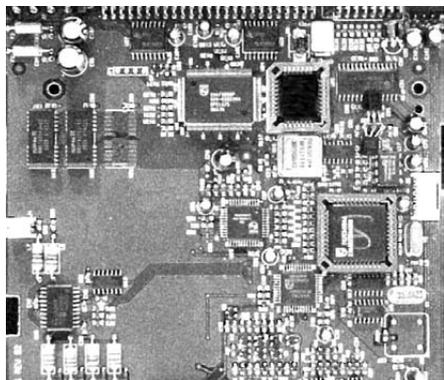
为什么需要数字图像处理

- 通讯：
 - 可视电话，视频点播等。

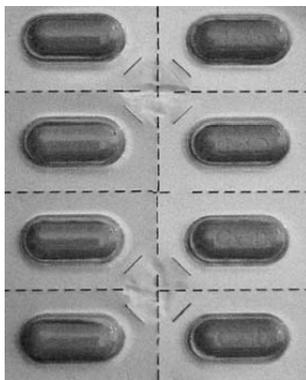


为什么需要数字图像处理

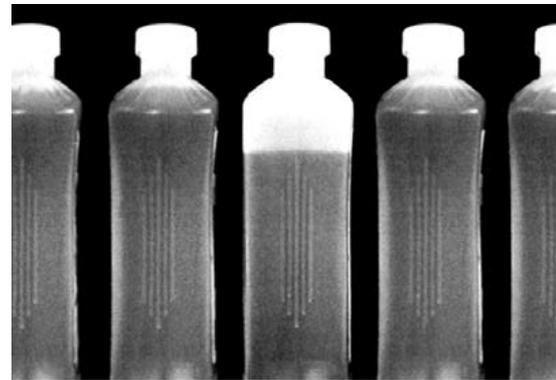
- 使用数字图像处理技术检查产品质量



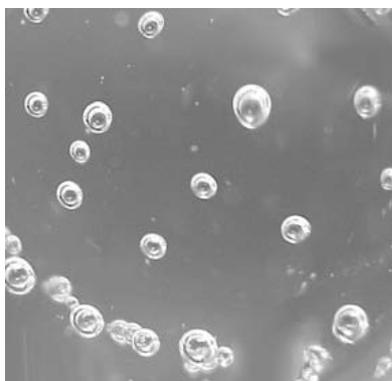
电路板控制器



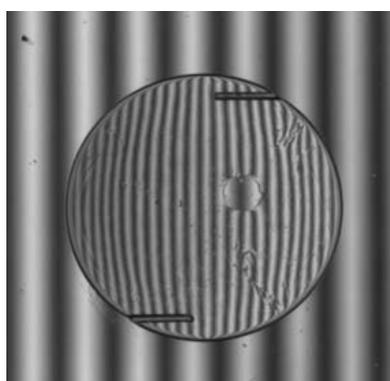
封装的药丸



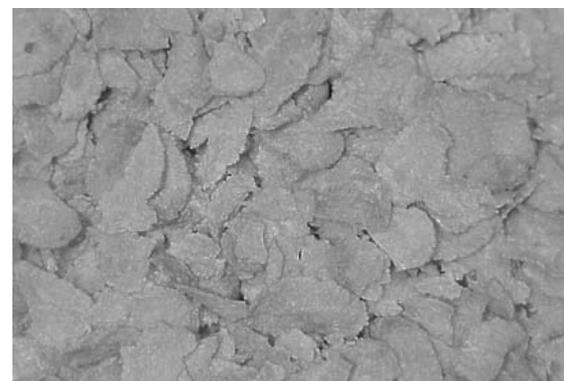
瓶子



塑料产品中的气泡



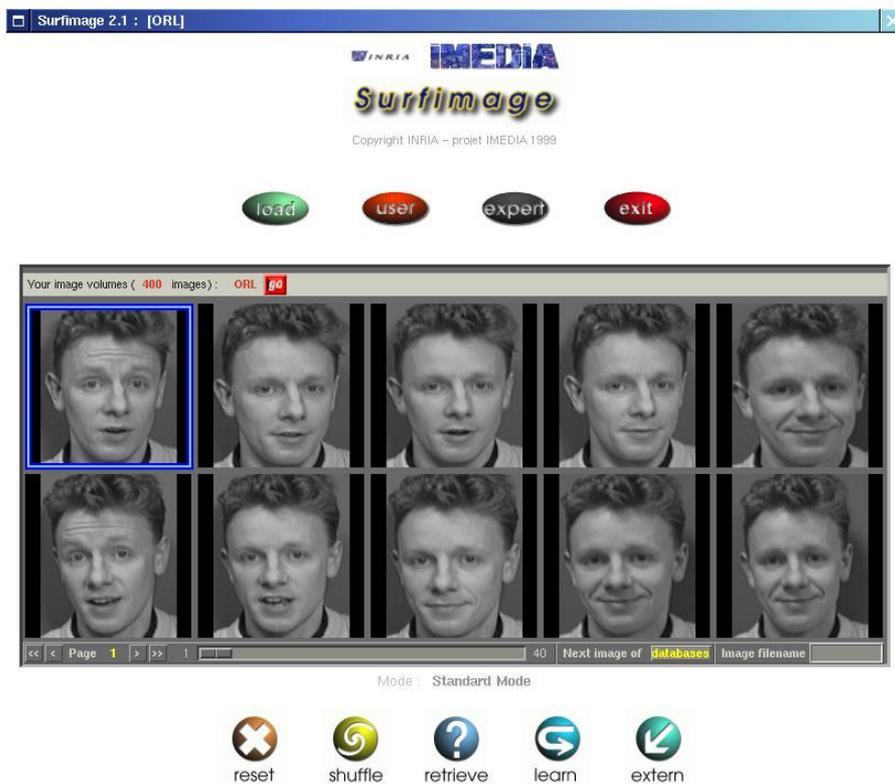
目镜掺杂物



谷物

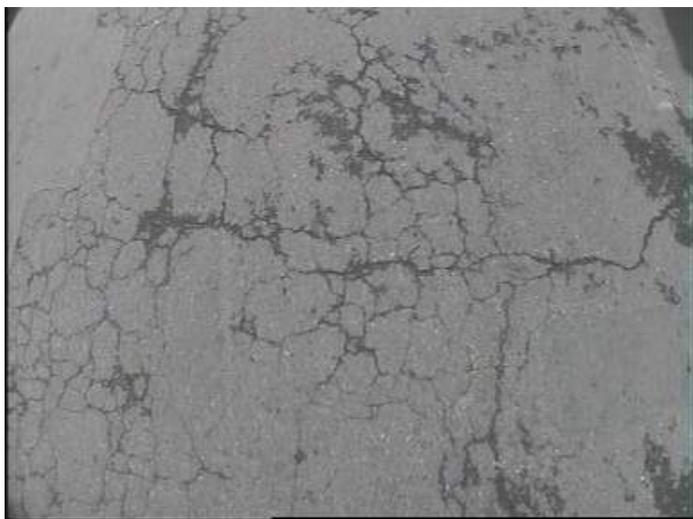
为什么需要数字图像处理

- 视频监控、公安：
 - 银行防盗，人脸识别等。



为什么需要数字图像处理

- 工业检测与测量：
 - 公路路面破损图像识别



网裂



龟裂

为什么需要数字图像处理

- 军事侦察、高精度制导



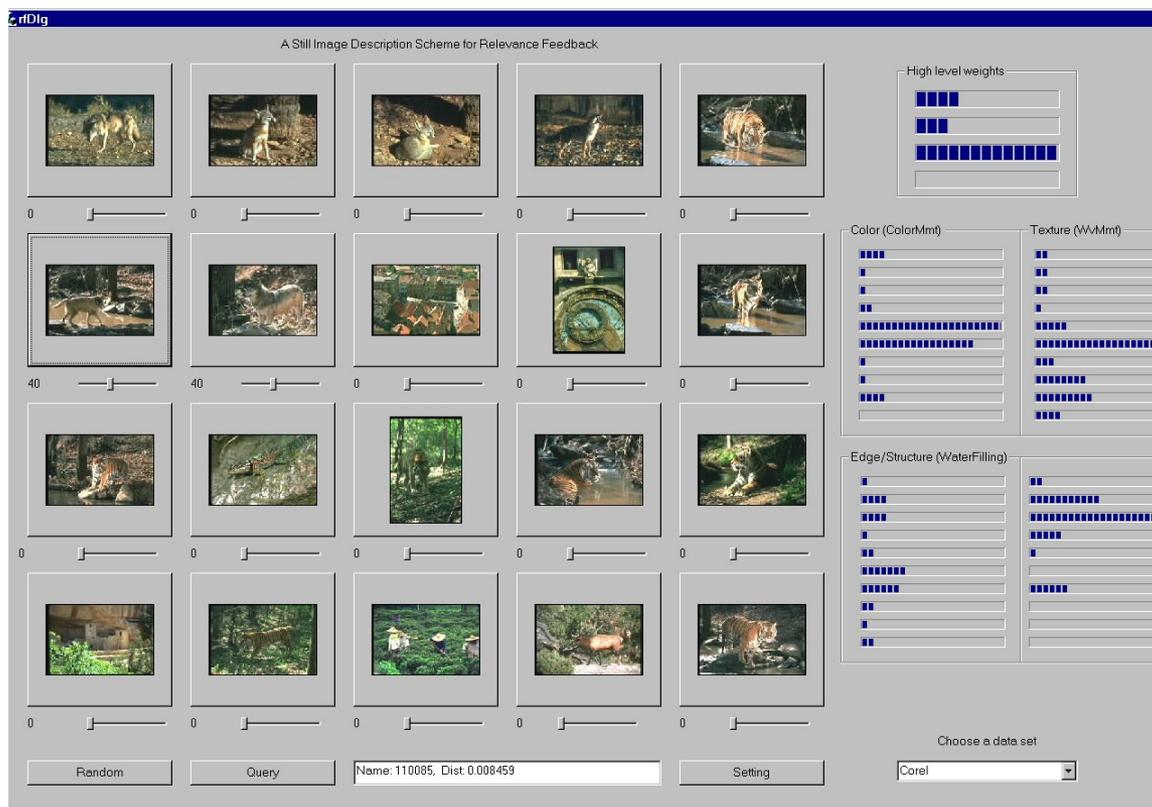
Chinese_embassy



193间谍卫星和标准导弹

为什么需要数字图像处理

- 影视业、娱乐、公共服务：
 - 广告，基于内容检索等。



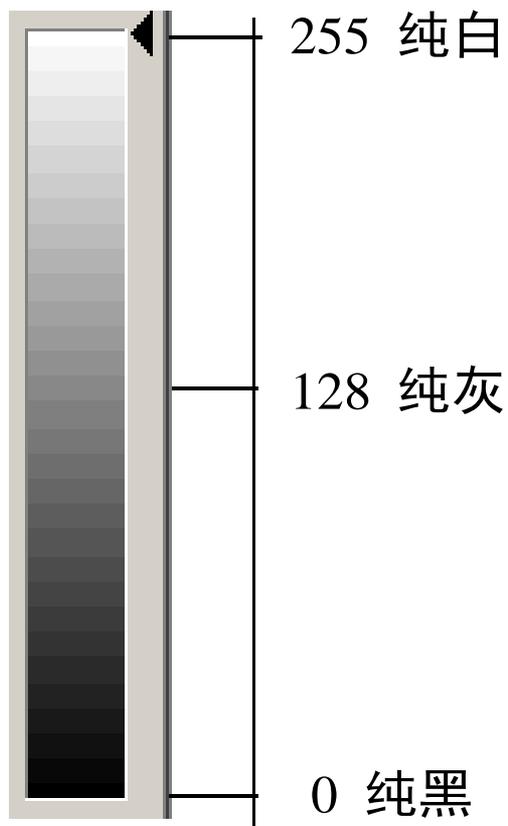
基本问题

- 数字图像的两个基本问题
 - 像素数目
 - 灰度值的度量

本质问题：连续→离散

什么是数字图像

- 灰度级



什么是数字图像

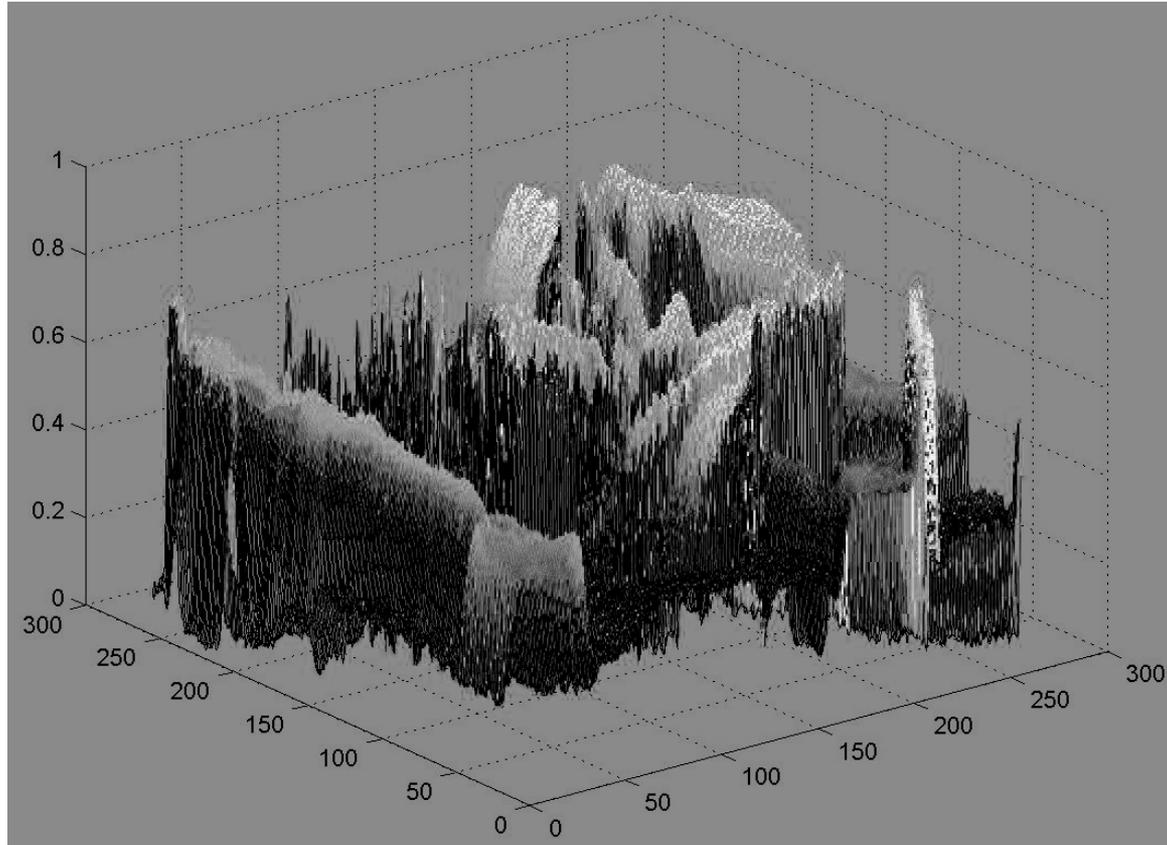
- 灰度图像(128×128)及其对应的数值矩阵（仅列出一部分， 26×31 ）



```
125, 153, 158, 157, 127,  
70, 103, 120, 129, 144, 144, 150, 150, 147, 150, 160, 165, 160, 164, 165, 167  
, 175, 175, 166, 133, 60,  
133, 154, 158, 100, 116, 120, 97, 74, 54,  
74, 118, 146, 148, 150, 145, 157, 164, 157, 158, 162, 165, 171, 155, 115,  
88, 49,  
155, 163, 95, 112, 123, 101, 137, 108, 81, 71, 63,  
81, 137, 142, 146, 152, 159, 161, 159, 154, 138, 81, 78, 84, 114, 95,  
167 60 85 50 65 42 85 24 60
```

什么是数字图像

- Benchmark: Lena or Lenna
 - 0 dear Lena, your beauty is so vast.
 - It is hard sometimes to describe it fast.
 - I thought the entire world I would impress if only your portrait I could compress.
 - Alas!
 - First when I tried to use VQ I found that your cheeks belong to only you.
 - Your silky hair contains a thousand lines Hard to match with sums of discrete cosines.
 - And for your lips, sensual and tactual thirteen Crays found not the proper fractal.
 - And while these setbacks are all quite severe I might have fixed them with hacks here or there
 - But when wavelets took sparkle from your eyes I said, "Skip this stuff. I'll just digitize."



什么是数字图像

- 彩色图像可以用红、绿、蓝三元组的二维矩阵来表示。
 - 通常，三元组的每个数值也是在0到255之间，0表示相应的基色在该像素中没有，而255则代表相应的基色在该像素中取得最大值，这种情况下每个像素可用三个字节来表示。

什么是数字图像

- 彩色图像(128 × 128)及其对应的数值矩阵，仅列出一部分(25 × 31)



(207, 137, 130)	(220, 179, 163)	(215, 169, 161)	(210, 179, 172)	(210, 179, 172)
(207, 154, 146)	(217, 124, 121)	(226, 144, 133)	(226, 144, 133)	(224, 137, 124)
(227, 151, 136)	(227, 151, 136)	(226, 159, 142)	(227, 151, 136)	(230, 170, 154)
(231, 178, 163)	(231, 178, 163)	(231, 178, 163)	(236, 187, 171)	(236, 187, 171)
(239, 195, 176)	(239, 195, 176)	(240, 205, 187)	(239, 195, 176)	(231, 138, 123)
(217, 124, 121)	(215, 169, 161)	(216, 179, 170)	(216, 179, 170)	(207, 137, 120)
(159, 51, 71)	(189, 89, 101)	(216, 111, 110)	(217, 124, 121)	(227, 151, 136)
(227, 151, 136)	(226, 159, 142)	(226, 159, 142)	(237, 159, 135)	(237, 159, 135)
(231, 178, 163)	(236, 187, 171)	(231, 178, 163)	(236, 187, 171)	(236, 187, 171)
(236, 187, 171)	(239, 195, 176)	(239, 195, 176)	(236, 187, 171)	(227, 133, 118)
(213, 142, 135)	(216, 179, 170)	(221, 184, 170)	(190, 89, 89)	(204, 109, 113)
(204, 115, 118)	(189, 85, 97)	(159, 60, 78)	(136, 38, 65)	(160, 56, 75)

图像获取

- 图像获取：图像的数字化过程，包括扫描、采样和量化。
- 图像获取设备：5个组成部分，采样孔，扫描机构，光传感器，量化器和输出存储体。
- 关键技术：
 - 采样（成像技术）；量化（模数转换技术）。
- 图像获取设备分类：
 - 取决于CCD的规格
 - 黑白摄象机、彩色摄象机、扫描仪、数字相机等；
 - 其它的专用设备，如显微摄象设备、红外摄象机、高速摄象机、胶片扫描器等。
 - 此外，遥感卫星、激光雷达等设备提供其它类型的数字图像。

图像获取

- 图像获取设备的性能指标
 - 像素大小
 - 图像大小
 - 线性度
 - 噪声
 - 其他局部特征



图像获取

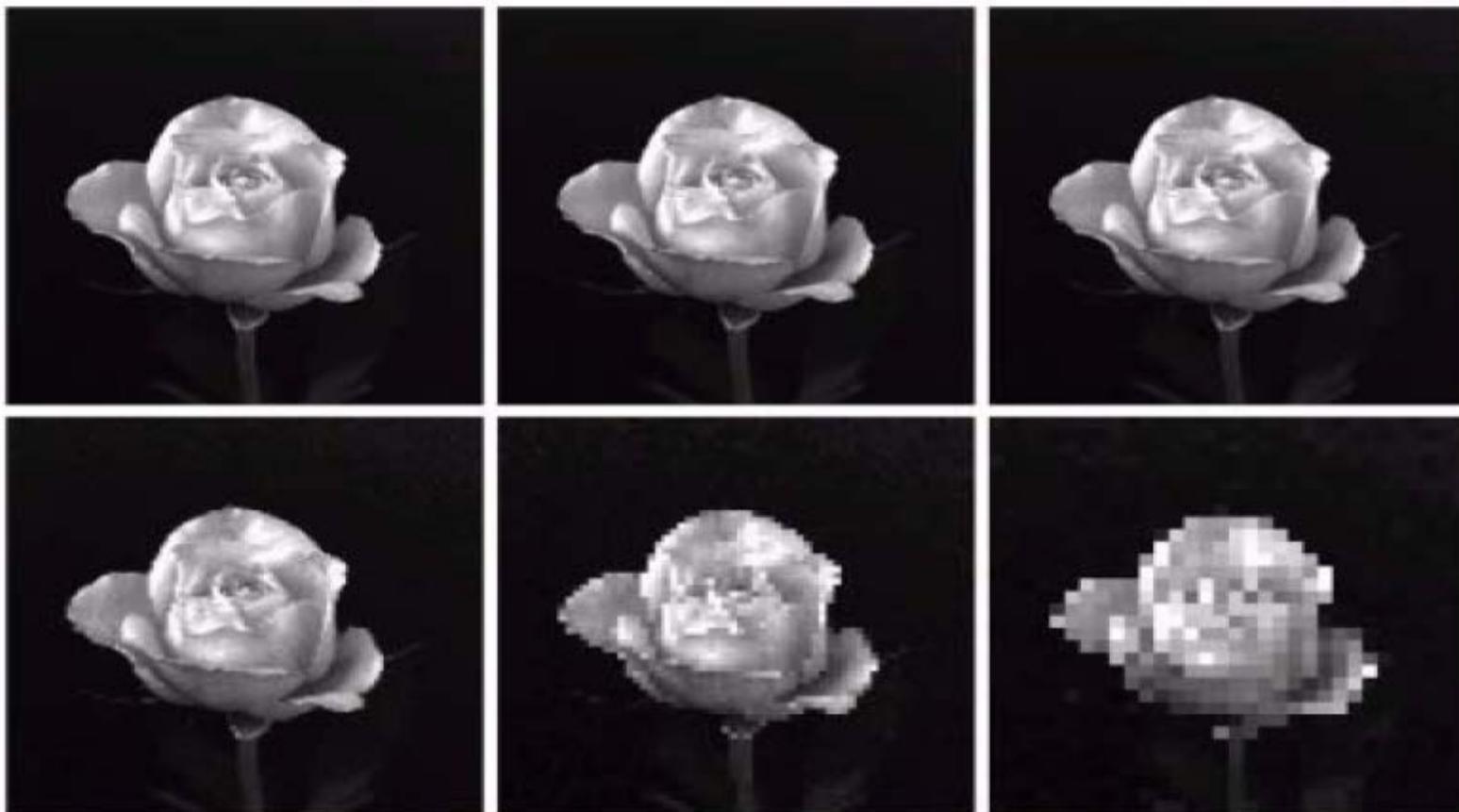
- 图像量化

- 取样点数和量化级数的选取

- 条件：图像有 $M*N$ 个像素，每个像素有 Q 个灰度级别。
- 取值规则： M 、 N 和 Q 通常总是取为2的整数次幂。 $Q=2^b$ ，若 $Q=256$ ，则 $b=8$ ，称为图像的8bit量化，或称256级灰度。
- 取值范围：由于存在量化误差，原则上 b 越大重建图像失真越小。对于人眼应用 b 取5-8；而对于卫星图片等图像分析应用 b 取8-12。

- $M*N$ 必须满足奈奎斯特取样定理，否则会因取样点数不够产生混淆失真。

采样数



$1024 \times 1024 \rightarrow 512 \times 512 \rightarrow 256 \times 256 \rightarrow 128 \times 128 \rightarrow 64 \times 64$

灰度级数



256灰度级



16灰度级



8灰度级



4灰度级

图像获取

实际需要：

1. 当图像中有大面积灰度变化缓慢的平滑区域（如人脸），则 b 加大， $M*N$ 可变小。否则会出现假轮廓。
2. 当复杂的图像时（如球场观众），则 b 减小， $M*N$ 可加大。否则会丢失图像细节。

请思考？

图像获取

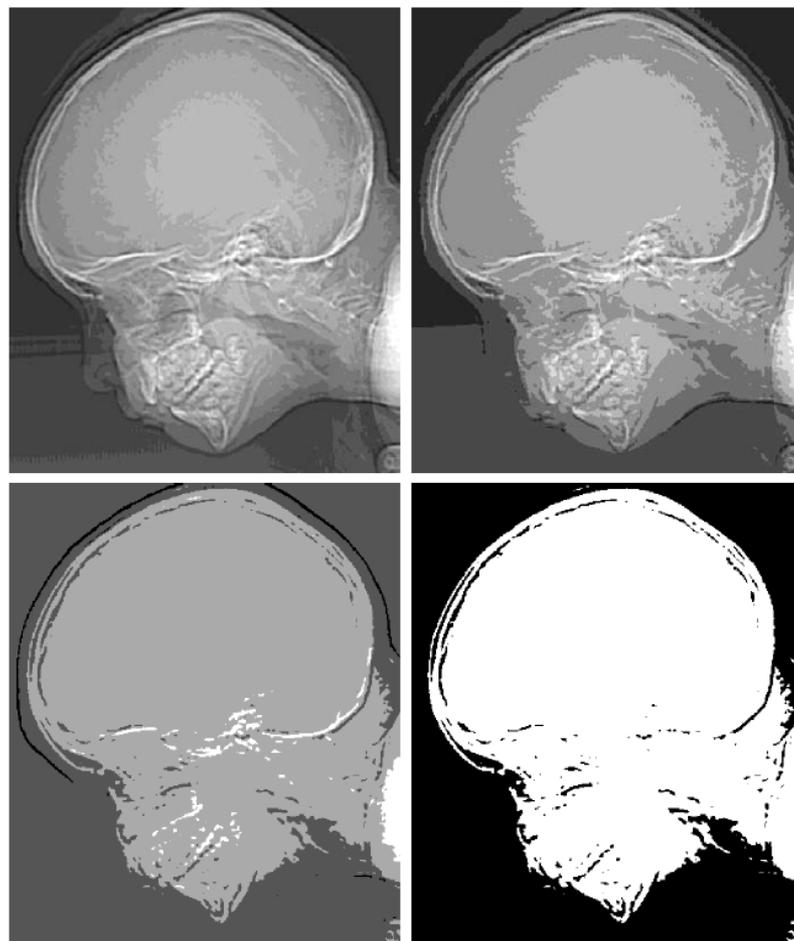
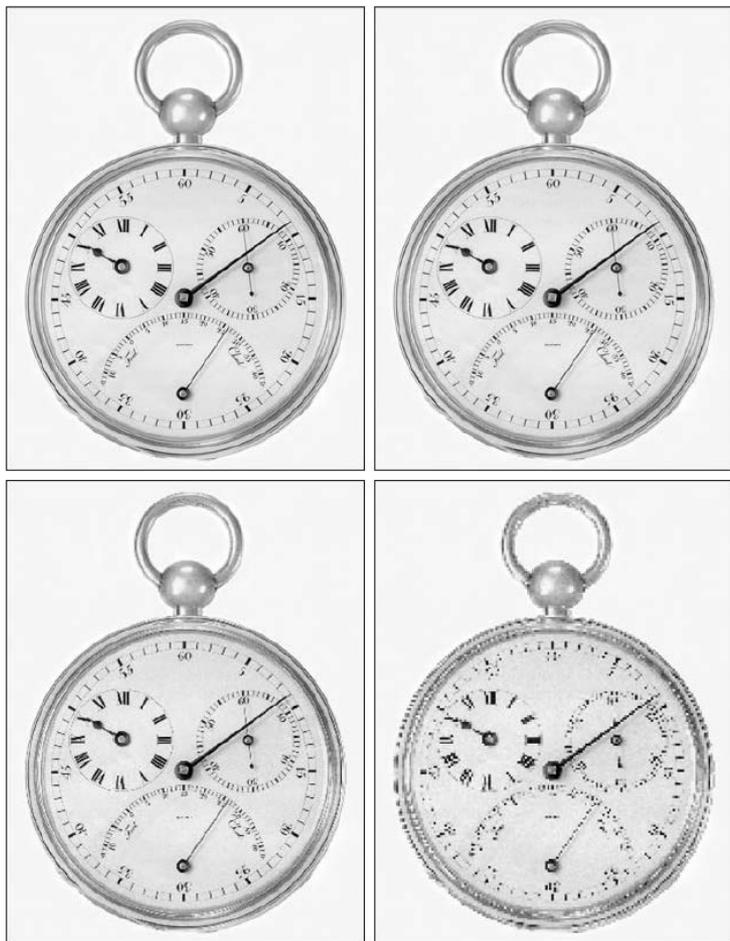


图2.21 以16, 8, 4和2灰度级显示的图像（原图像由Vanderbilt大学医学中心辐射学与放射学系的David R. Pickens博士提供）

图像获取



图2.22 (a)具有少量细节的图像；(b)具有中等细节的图像；(c)具有大量细节的图像 [图(b)由麻省理工学院提供]

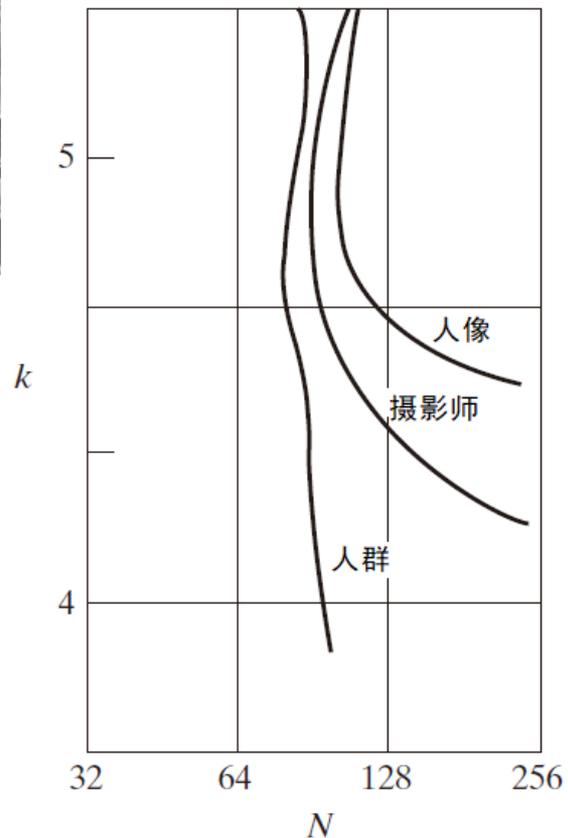
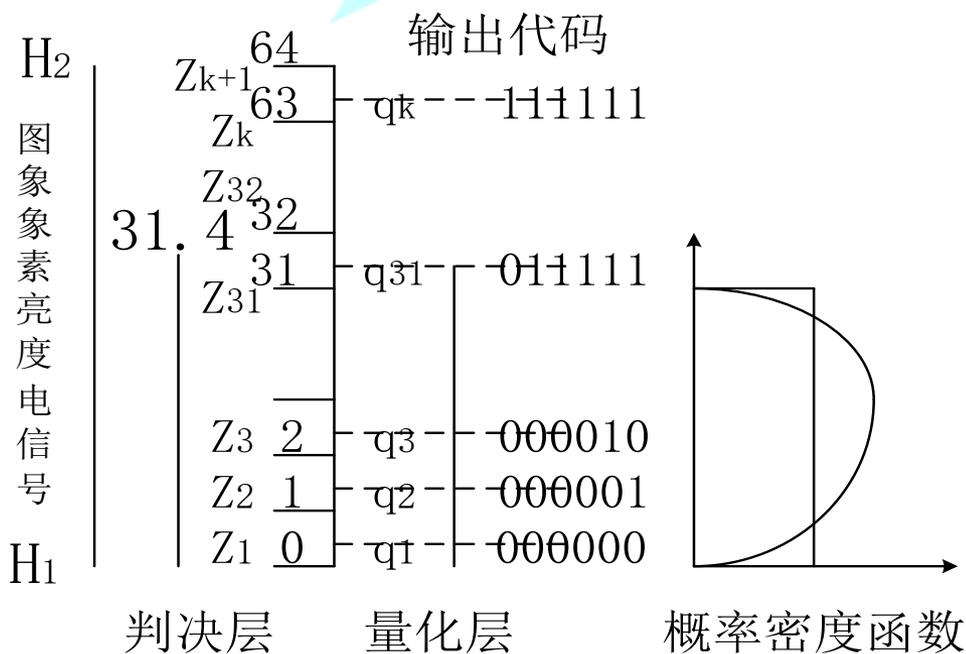


图2.23 图2.22中三类图像的典型等偏爱曲线

图像获取

- 典型量化过程

多大区间中的电信号对应同一个输出代码？
在显示时，一个输出代码到底对应哪个电信号数值？



图像获取

- 最佳量化

- 使量化误差最小的量化方法为最佳量化。
- 使用均方误差测度讨论最佳量化。

设 Z 和 q 分别代表像素幅度和其量化值， $p(Z)$ 为像素幅度概率密度函数； Z 的取值范围在 H_1 和 H_2 之间，量化总层数为 K ， δ^2 表示量化器量化的均方误差。根据均方误差定义可得

$$\delta^2 = \sum_{k=1}^K \int_{Z_k}^{Z_{k+1}} (Z - q_k)^2 p(Z) dZ$$

图像获取

当量化层数足够大时，每个判决层的 $p(Z)$ 可以近似为均匀分布，则

$$\begin{aligned}\delta^2 &= \sum_{k=1}^K \int_{Z_k}^{Z_{k+1}} (Z - q_k)^2 p(Z) dZ \\ &= \sum_{k=1}^K p(Z) \int_{Z_k}^{Z_{k+1}} (Z - q_k)^2 dZ \\ &= \frac{1}{3} \sum_{k=1}^K p(Z) [(Z_{k+1} - q_k)^3 - (Z_k - q_k)^3]\end{aligned}$$

上式分别对 Z_k 和 q_k 求导，并令等于0。

$$\begin{aligned}\delta^2 &= \sum_{k=1}^K p(Z) \int_{Z_k}^{Z_{k+1}} (Z - q_k)^2 dZ \\ &= \sum_{k=1}^K p(Z) \int_{Z_k}^{Z_{k+1}} (Z^2 - 2Zq_k + q_k^2) dZ\end{aligned}$$

对 q_k 求导

$$0 = \int_{Z_k}^{Z_{k+1}} p(Z)(-2Z + 2q_k) dZ$$

$$\text{于是 } q_k = \frac{\int_{Z_k}^{Z_{k+1}} Z p(Z) dZ}{\int_{Z_k}^{Z_{k+1}} p(Z) dZ}$$

若 $p(Z)$ 为常数，则

$$q_k = \frac{1}{2}(Z_k + Z_{k+1})$$

$$\text{此时量化误差为 } \frac{(H_2 - H_1)^2}{12K^2}$$

图像获取

对于非均匀分布，如高斯分布等，根据概率密度采用反复迭代逼近最佳量化层和判决层位置。

对于其他问题：请思考（最优准则）？

图像获取

- 图像获取设备（数字化设备）的主要应用
 - 可分为两类：
 - 一类是基于图像采集卡或图像卡将模拟制式的视频信号采集到计算机；
 - 另一类是摄像机本身带有数字化部件可以直接将数字图像通过计算机端口（如并口、USB接口）或标准设备（如磁盘驱动器）传送进计算机。
 - 低端图像卡
 - 一般不具有图像帧存体而是直接将图像采集到计算机的内存中以供处理，如加拿大Matrox公司的Metero系列；

图像获取

- 高端图像卡
 - 集采集和处理于一身的昂贵的非标准配件。如Matrox公司的Genesis图像卡，具有帧存体和数字信号处理器DSP及邻域处理加速器NOA，用于开发高速或实时处理应用。
- 多媒体视频采集卡
 - 主要用于视频会议、视频邮件等应用,如宝狮Boser602。
- 压缩卡
 - 是一类多媒体应用中使用的压缩卡。如AV8 Mpeg压缩卡，可以将视频压缩成Mpeg1格式，主要用于VCD制作和视觉保安系统中，当然也具有图像采集功能。

图像显示

- 图像显示和打印的基本原理
 - 显示分辨率：每英寸荧光点或打印墨点的数目，单位是dpi。
 - 显示器分辨率一般在72dpi（Mac）或96dpi（Pc）以上。
 - 电视机平均分辨率0.76mm
 - SVGA显示器平均分辨率0.28mm
 - 打印分辨率需要在300dpi—600dpi之上。
- 点阵位图格式
 - 用文件中的几个字节表示表示像素点的位置和颜色
 - 图像分辨率：每英寸像素点的数目，单位ppi

图像显示

- 显示与文件的对应关系
 - 若图像分辨率比显示分辨率高，则显示出的图像比实际图像大。
 - 若图像分辨率比显示分辨率低，则显示出的图像比实际图像小。
 - 请课后实验

图像表示

- 1位二值图像
- 8位灰度图像
 - 位平面
 - 抖动技术
- 24位彩色图像
 - 彩色模型
- 索引图像

1位二值图像

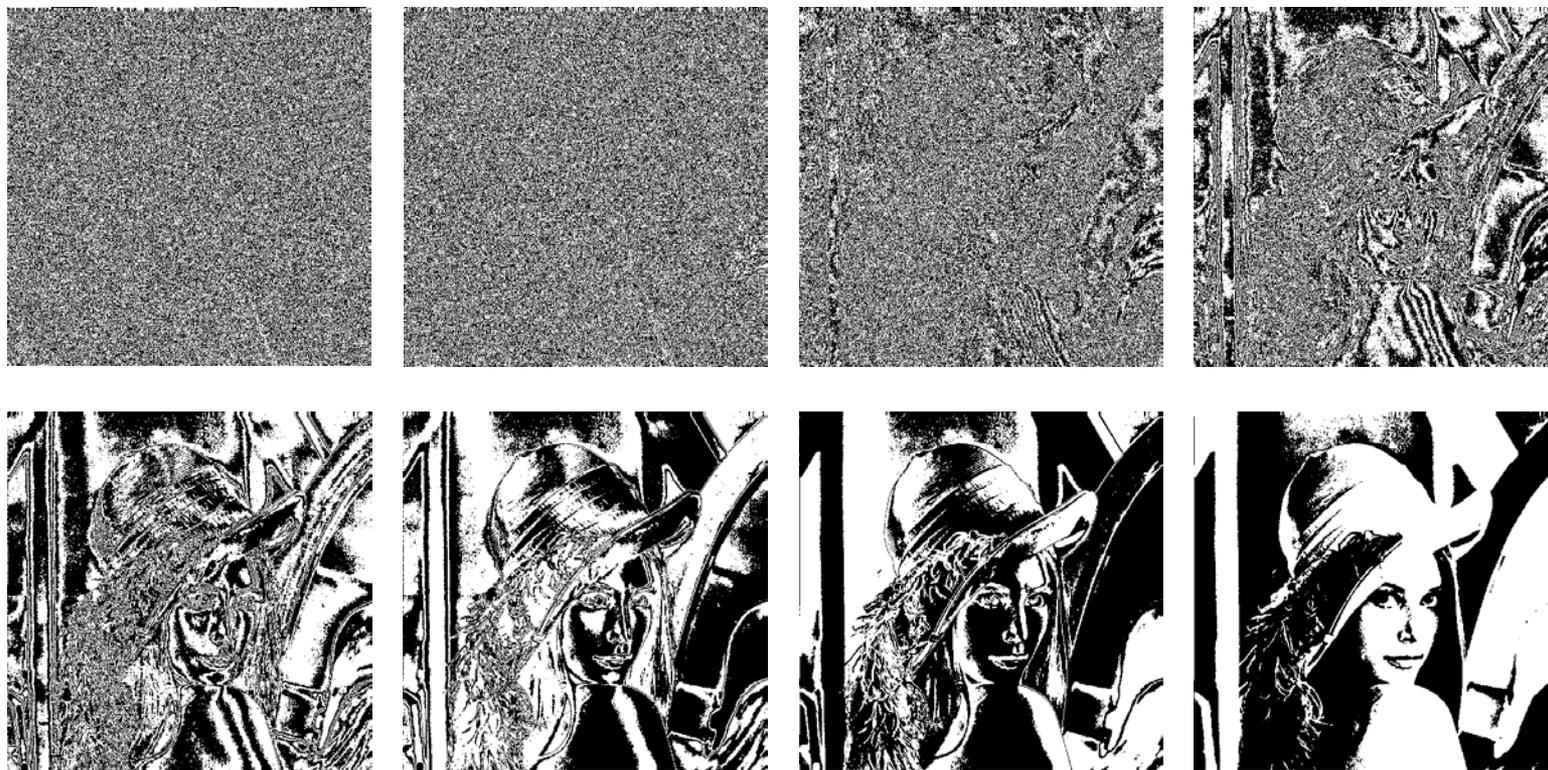


8位灰度图像



位平面

- 数字图像每一个像素点的灰度值均可以表示成二进制数，这样从二进制每一位的微观角度出发，能够将图片分解为若干个位平面。



第1位到第8位

位平面

- 前图所示为利用二进制分解法将图像分解为8个位平面。
- 从图中可以看出，图像的重要信息主要包含在高位位平面中，从低位位平面的显示效果中不可识别原始图像信息。

抖动技术

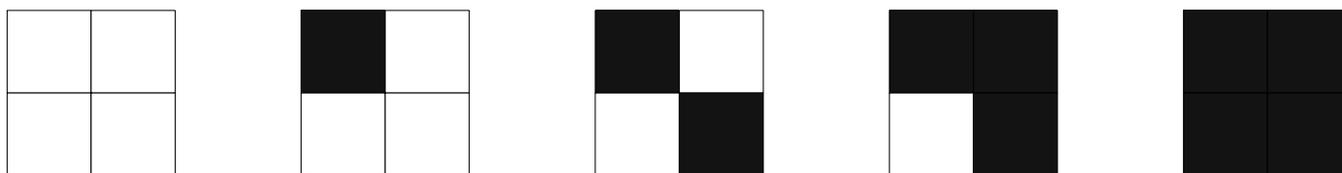
- 任务
 - 如何使用600dpi的黑白激光打印机打印灰度图像呢？
- 抖动（Dithering）
 - 基本策略是平衡灰度分辨率到空间分辨率（intensity resolution vs spatial resolution）。
- 基本原理
 - 当人眼从较远距离观察图像时，将会平均局部小区域像素的灰度值，并记录之。

抖动技术

- 打印的一个像素中有很多（如 $16*16$ ）黑白点
 - 如果一个像素为256针孔敲击的点，可使用全是黑点代表灰度值为零，仅有一个黑点表示灰度值为1，以此类推，没有黑点（即有256个白点）则表示灰度值为256，以此来表示灰度图像。

抖动矩阵

- 2×2 抖动矩阵
 - 用于逼近5个灰度级



$$\begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}$$

- 4×4 抖动矩阵
 - 用于逼近17个灰度级

$$\begin{pmatrix} 0 & 8 & 2 & 10 \\ 12 & 4 & 14 & 6 \\ 3 & 11 & 1 & 9 \\ 15 & 7 & 13 & 5 \end{pmatrix}$$



抖动技术

- 其他情况

- 原始图像的像素灰度级是256（使用[0,255]来表示一个像素的灰度），激光打印机在每个像素仅能打印（4*4）16个点。
 - 很明显采用抖动矩阵无法完整的表达图像信息，甚至造成打印的图像失真。
 - 解决方案：Floyd-Steinberg算法

抖动技术

- 假设灰度级别的范围从**b(black)**到**w(white)**，中间值**t**为 $(b+w)/2$ ，对应256级灰度
- $b=0, w=255, t=127.5$ 。设原图中像素的灰度为**g**，误差值为**e**，则新图中对应像素的值用如下的方法得到：
 - if $g > t$ then 打白点 $e=g-w$
 - Else 打黑点 $e=g-b$
 - $3/8 \times e$ 加到右边的像素
 - $3/8 \times e$ 加到下边的像素
 - $1/4 \times e$ 加到右下方的像素

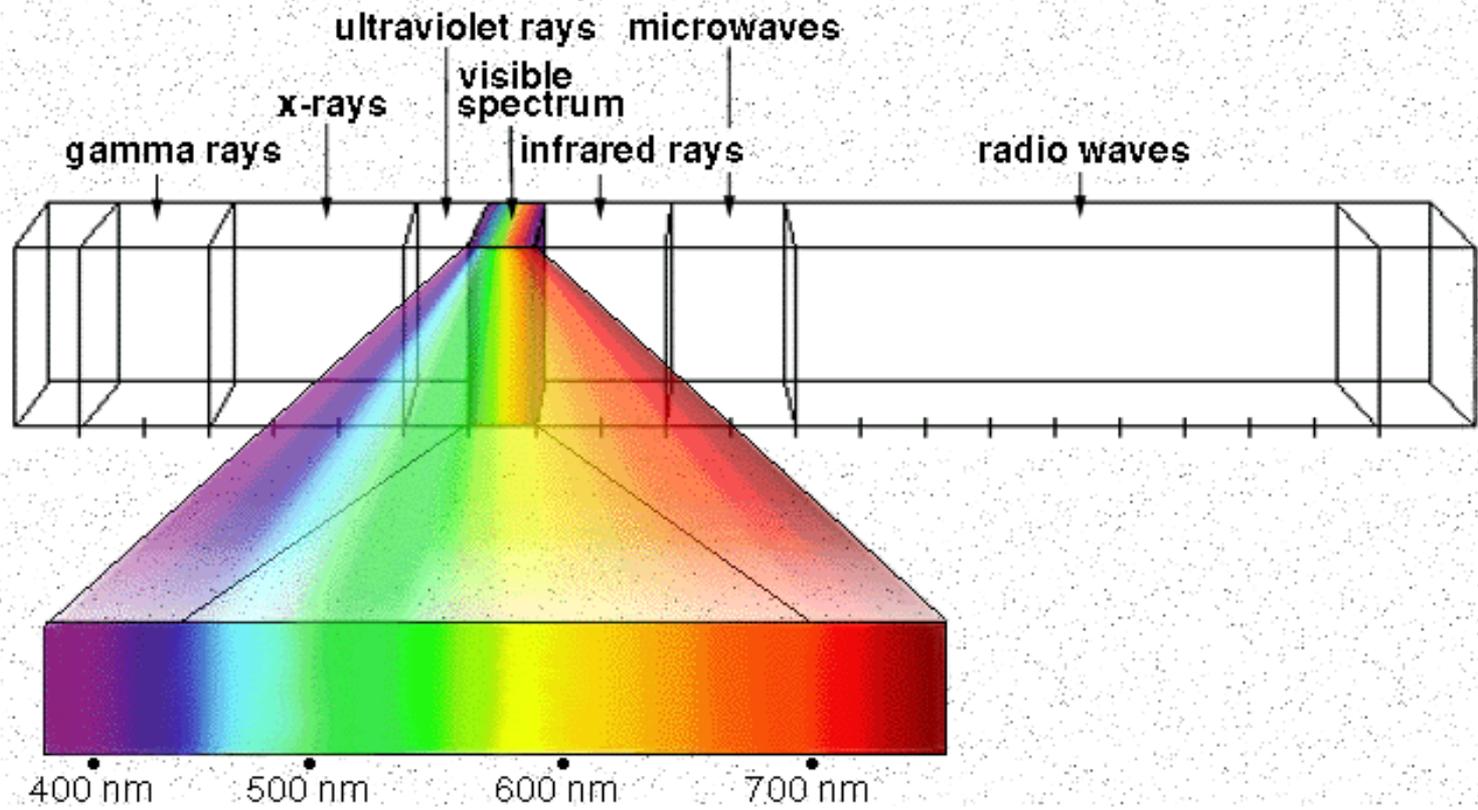
抖动技术

- 以256级灰度为例

- 假设点的灰度为130，在灰度图中应为灰点。在新图中，130 大于128，所以应打为白点，但130 离真正的白点255 相差较远，误差为 $e=130-255=-125$ 。将 $3/8 \times (-125)$ 加到相邻像素后，使得相邻像素的值接近为0而打为黑点。再下一次，误差 e 为正，使得相邻像素的相邻像素打为白点，这样一白一黑一白，表现出来为灰色。如果不传递误差，则为一白一片。
- 假设点的灰度为250，在灰度图中应为白点。在新图中，误差 $e=-5$ ，虽然误差为负，但绝对值很小，对相邻像素的影响不大，所以能够将相邻区域打印为白色。

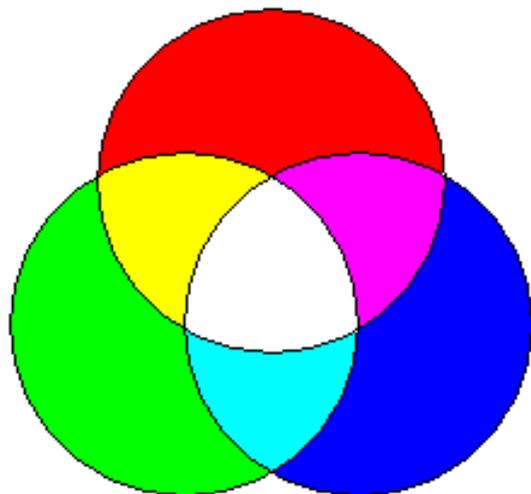
图像表示

- 光谱



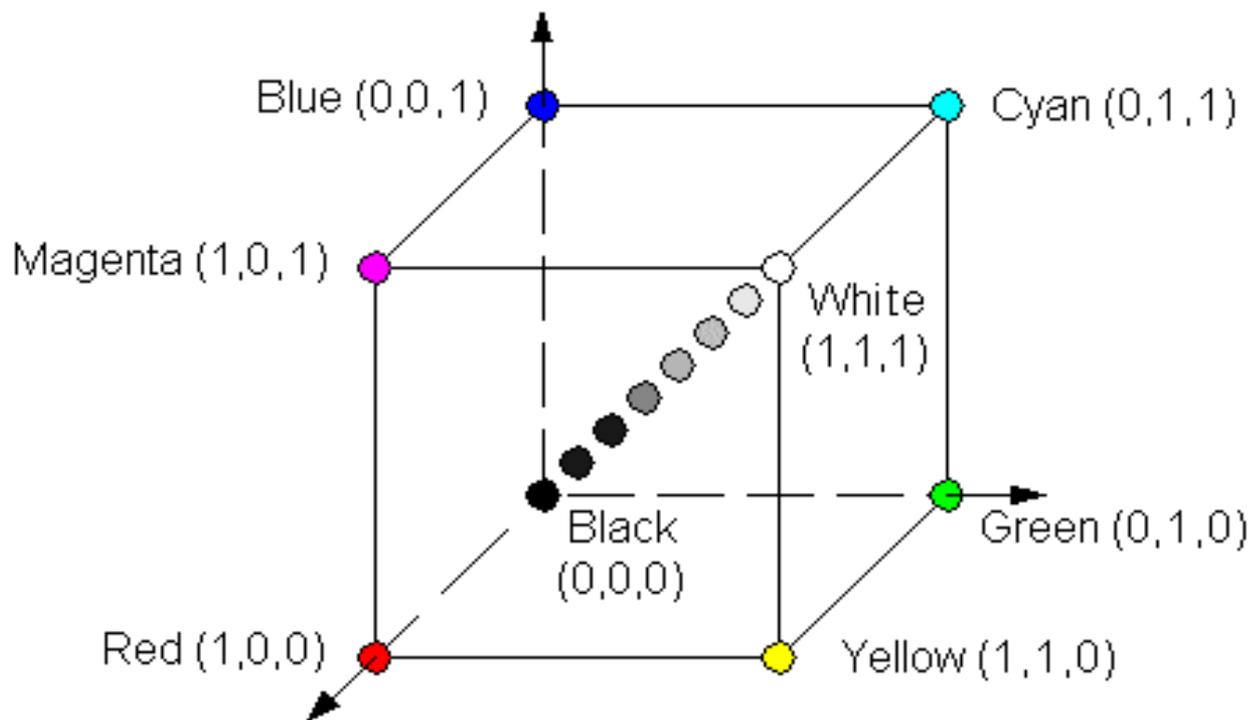
图像表示

- 24位彩色图像：通常真彩色用三字节的R, G, B来表示，即8:8:8=24位。
- R、G、B（三基色波长（CIE）Blue: 435.8nm, Green: 546.1nm, Red: 700nm）



彩色模型

- RGB模式 (相加混色模型, 用于发光物体)



24位彩色图像

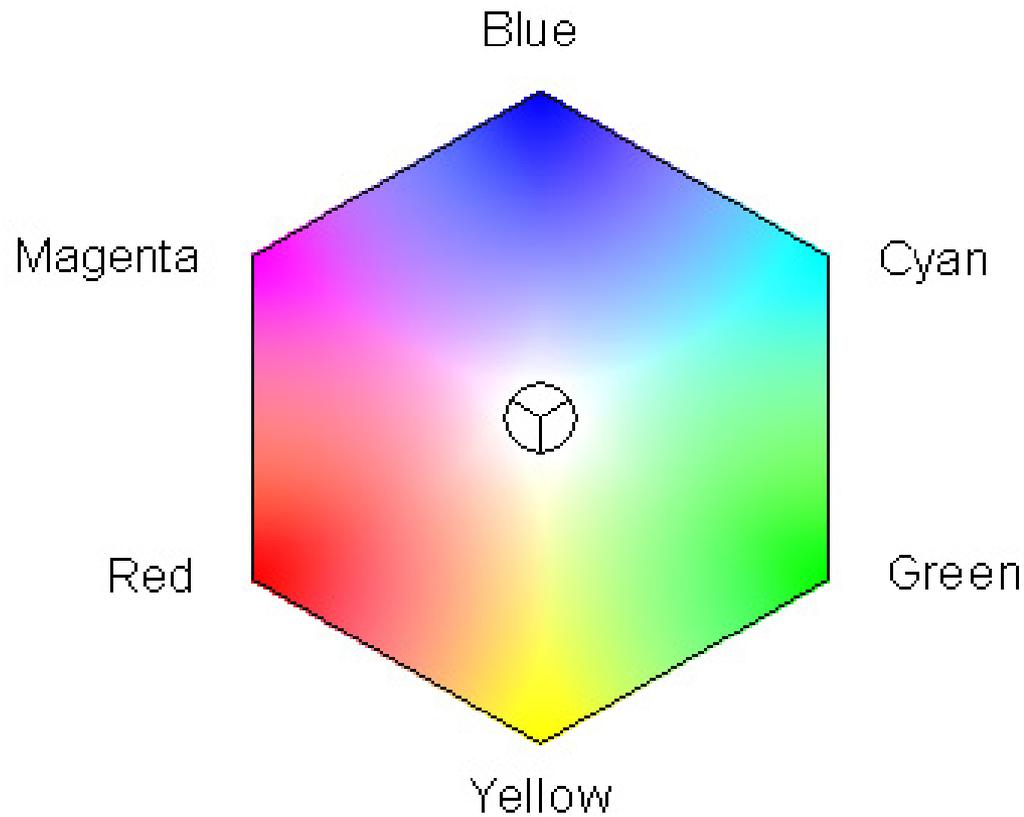


彩色模型

- CMYK模式（相减混色模型，用于不发光物体）
 - 三次色（青色Cyan，洋红Magenta和黄色Yellow）。
 - K为真正黑色。

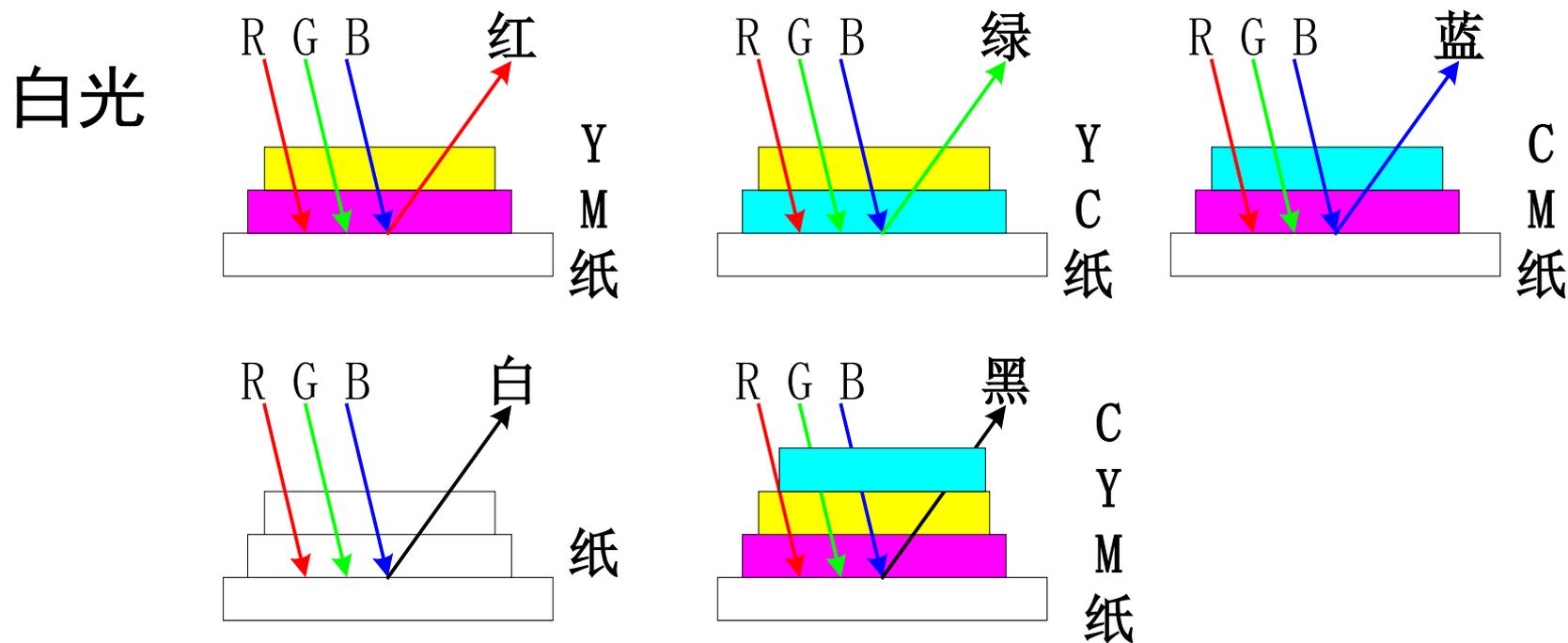
颜色1	颜色2	颜色3	混合结果
	黄色Y	洋红M	红R
青色C	黄色Y		绿G
青色C		洋红M	蓝B

彩色模型



彩色模型

- 采用CMYK模式的原因



彩色模型

- HSB模型

- 基于人类对颜色的感觉，HSB模型描述颜色的三个基本特征。又称为HSI空间。

- 色相（或色度Hue）

- 是从物体反射或透过物体传播的颜色。在0到360度的标准色轮上，色相是按位置度量的。在通常的使用中，色相是由颜色名称标识的，比如红、橙或绿色。

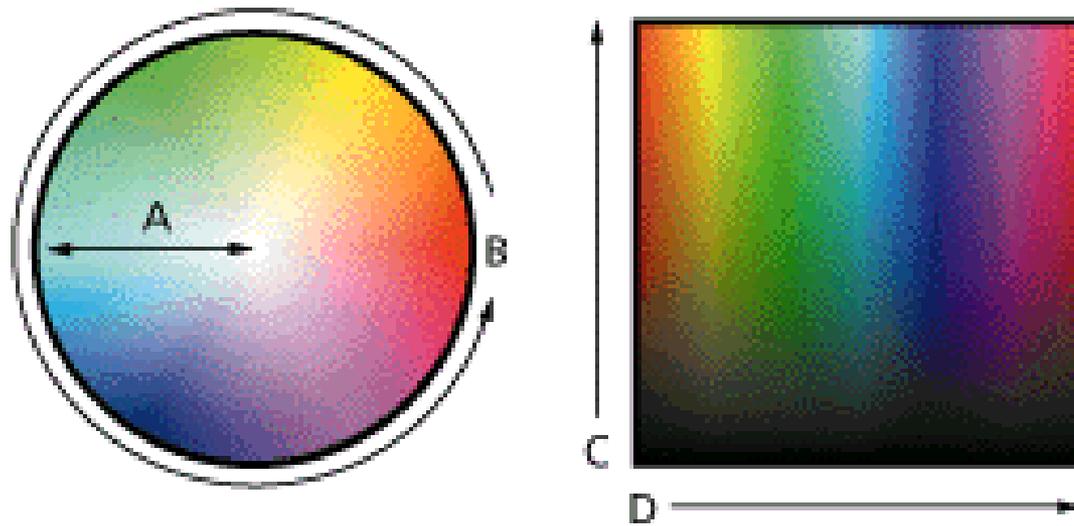
- 饱和度（Saturation）

- 有时也称色品，是指颜色的强度或纯度。饱和度表示色相中灰成分所占的比例，用从0%（灰色）到100%（完全饱和）的百分比来度量。在标准色轮上，从中心向边缘饱和度是递增的。

- 亮度（Brightness）

- 是颜色的相对明暗程度，通常用从0%（黑）到100%（白）的百分比来度量。

彩色模型

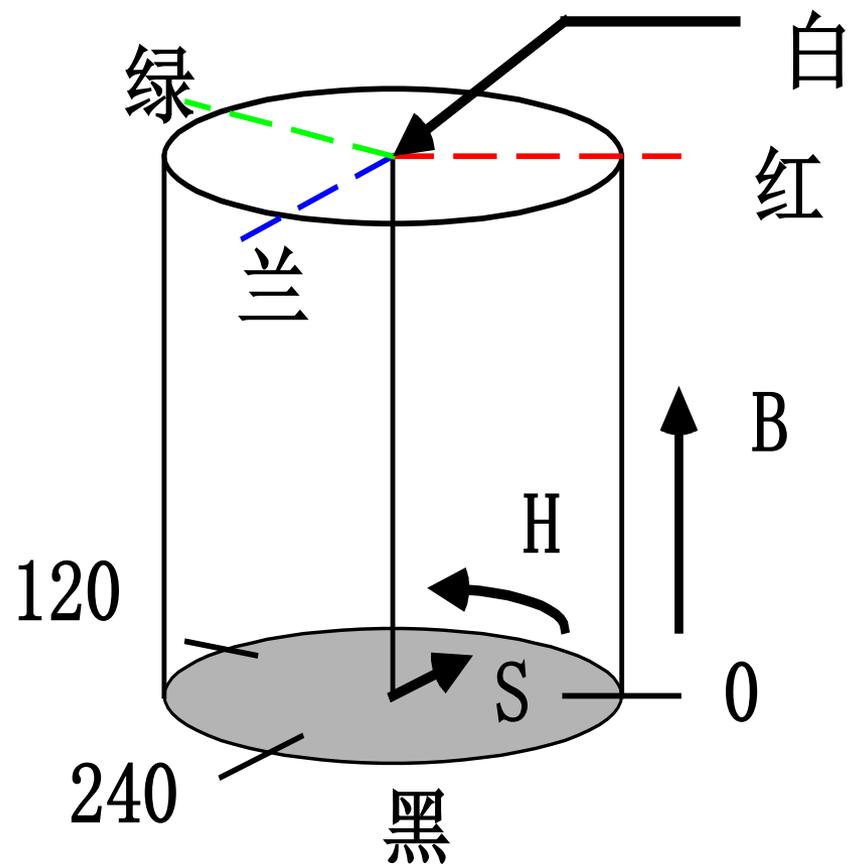


A. 饱和度 **B.** 色相 **C.** 亮度 **D.** 所有色相

彩色模型

- 在绘画艺术上，**饱和度**的概念可描述如下：
 - 是一种纯色加上白色染料后的结果，此时色彩的饱和度发生变化而色彩的亮度不发生变化。
- 同样在绘画艺术上，**亮度**的概念可描述如下：
 - 是一种纯色加上黑色染料后的结果，此时色彩的亮度发生变化而色彩的饱和度不发生变化。
- HSB空间的坐标体系

彩色模型



8位索引图像

- 调色板（palette）：
 - 图像的**色彩索引表**。若图像的色彩数远小于全色彩数时，当每个像素的值用色彩索引表的位置表示就可以大大节约存储空间。这种技术常用于各种图像的存储格式中，如bmp,tif,gif等。（图像表示用到调色板时，像素值是palette的地址）
 - 课后思考: 灰度图像 和 彩色图像索引图像的区别?

思考题

- 请解释一种图像在计算机中的表示存储方法
- 请解释灰度图像、彩色图像、索引图像的区别

