



多媒体系统 导论

朱映映 教授

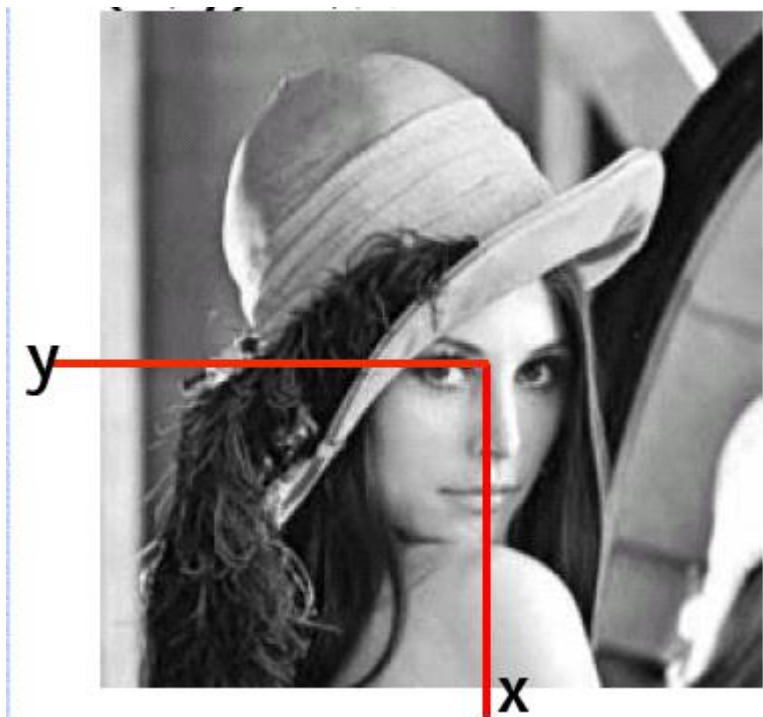
Email: zhuyy@szu.edu.cn

第二讲

Image and Graphic Data Representation

1. 图像

- ✓ 图像是对客观存在的物体的一种相似性的、生动的写真或描述。
- ✓ 定义为二维函数 $f(x,y)$,其中, x,y 是空间坐标, $f(x,y)$ 是点 (x,y) 的幅值。
- ✓ 灰度图像是一个二维灰度 (或亮度) 函数 $f(x,y)$
- ✓ 彩色图像由三个 (如RGB,HSV) 二维灰度 (或亮度) 函数 $f(x,y)$ 组成



灰度图像



彩色图像

2. 数字图像

像素组成的二维排列，可以用矩阵表示

- ✓ 对于单色（灰度）图像而言，每个像素的亮度用一个数值来表示，通常数值范围在0到255之间，0表示黑、255表示白，其它值表示处于黑白之间的灰度
- ✓ 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



```

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, 69, 85, 59, 65, 43, 85, 34, 69,
78, 104, 101, 117, 132, 134, 149, 160, 165, 158, 143, 114, 99, 57, 45, 51, 57,
54, 46, 38, 44, 38, 36, 44, 36, 25,
48, 115, 113, 114, 124, 135, 152, 168, 169, 156, 75, 43, 39, 41, 38, 42, 41,
58 30 44 35 28 69 144 147 57 60

```

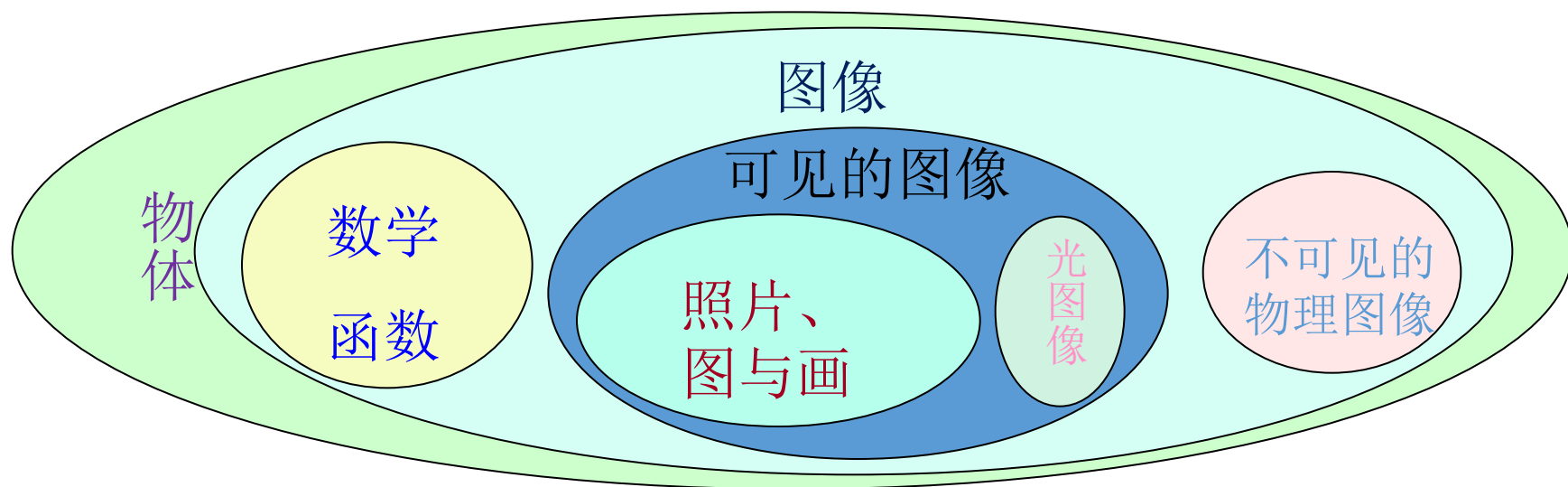
灰度图像(128x128)及其对应的数值矩阵（仅列出一部分(26x31)）



(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)
(204, 109, 113)	(227, 151, 136)	(226, 159, 142)	(237, 159, 135)	(227, 151, 136)
(230, 170, 154)	(231, 178, 163)	(230, 170, 154)	(231, 178, 163)	(231, 178, 163)
(236, 187, 171)	(239, 195, 176)	(230, 170, 154)	(204, 109, 113)	(178, 73, 83)

彩色图象(128x128)及其对应的数值矩阵（仅列出一部分(25x31)）

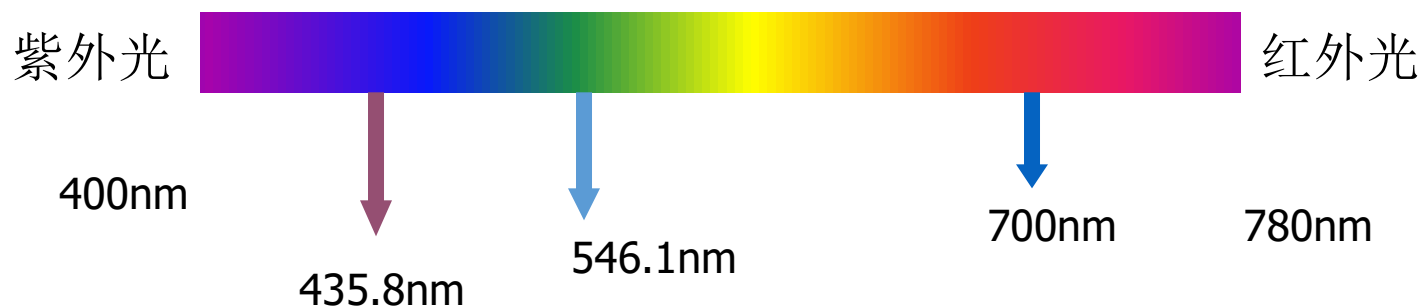
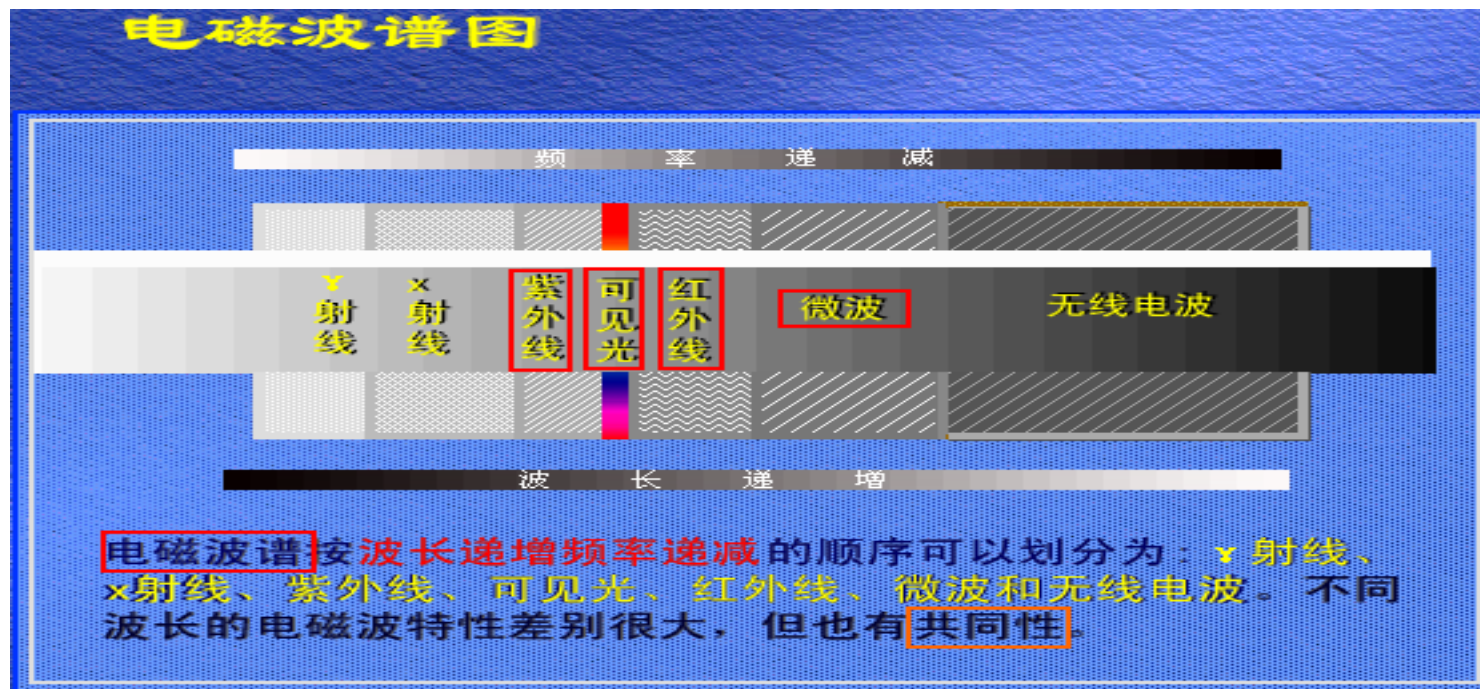
3. 图像的类别及用途



图像在人类感知中扮演最重要的角色。

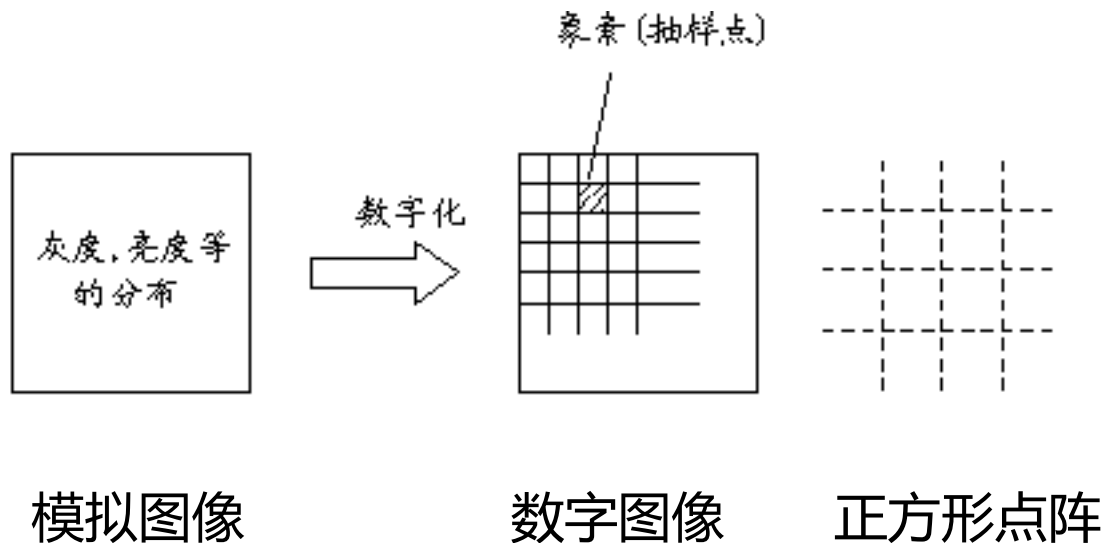
- 60% ~ 80%的信息来自图像
- 成像机器可覆盖几乎所有电磁波谱
- 还存在其他成像方式（声波，电子显微镜，分形 图像等等）

可见光成像和不可见光成像

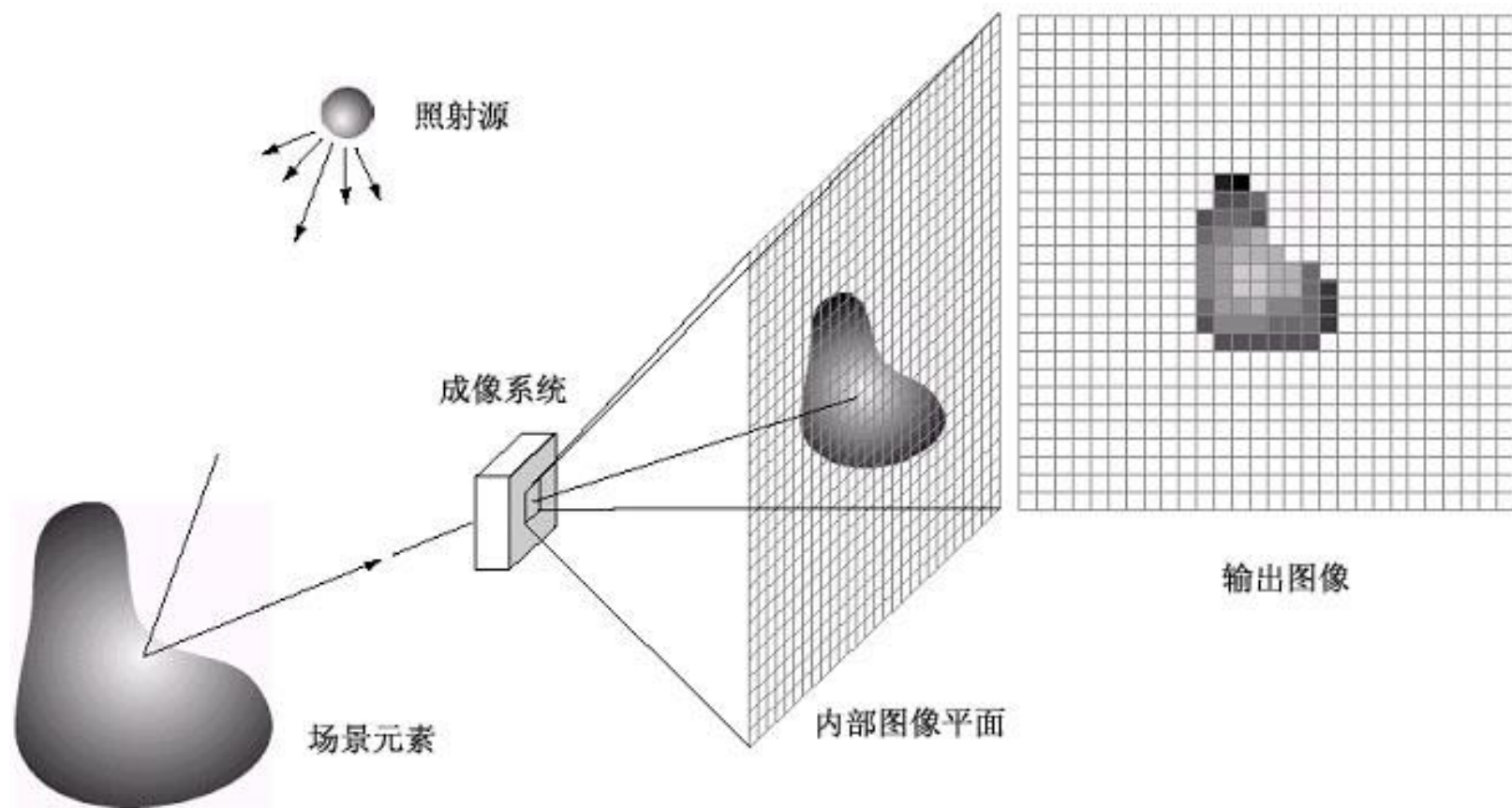


4. 图像的数字化

图像数字化是将一幅画面转化成计算机能处理的形式——数字图像的过程。



具体来说，就是把一幅图画分割成上图所示的一个个小区域（像元或像素），并将各小区域灰度用整数来表示，形成一幅数字图像。它包括采样和量化两个过程。小区域的位置和灰度就是像素的属性。



采样和量化过程 (1)

(1) 采样

将空间上连续的图像变换成离散点的操作称为采样。采样间隔和采样孔径的大小是两个很重要的参数。

当对图像进行实际的抽样时，怎样选择各抽样点的间隔是个非常重要的问题。关于这一点，图像包含何种程度的细微的浓淡变化，取决于希望忠实反映图像的程度。

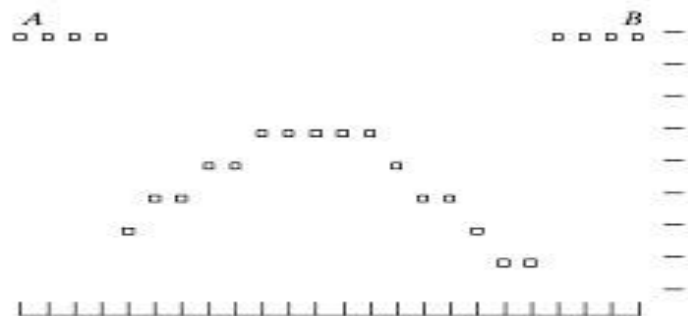
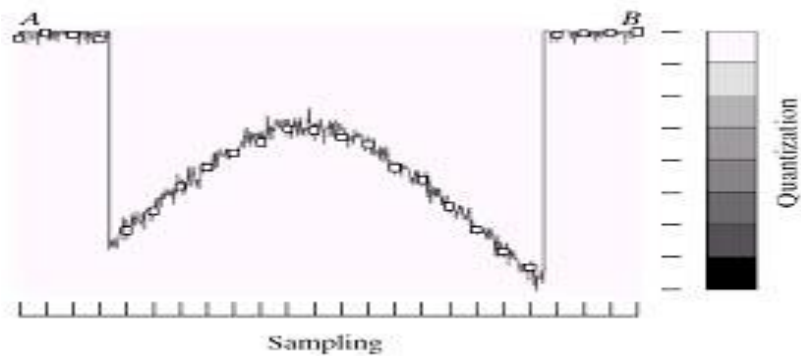
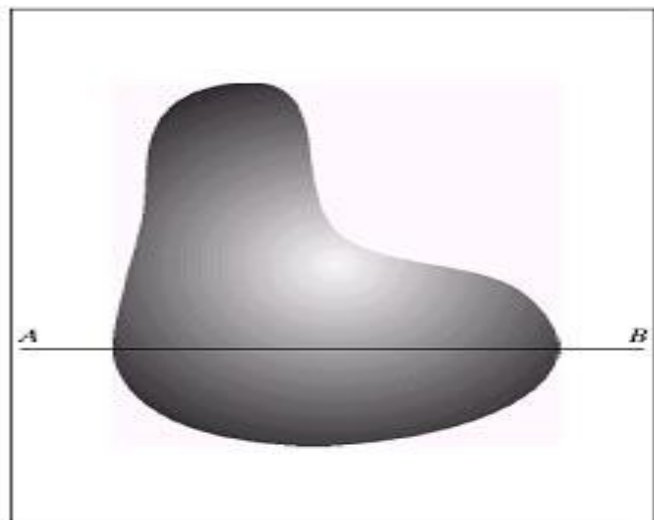
(2) 量化

经采样图像被分割成空间上离散的像素，但其灰度是连续的，还不能用计算机进行处理。

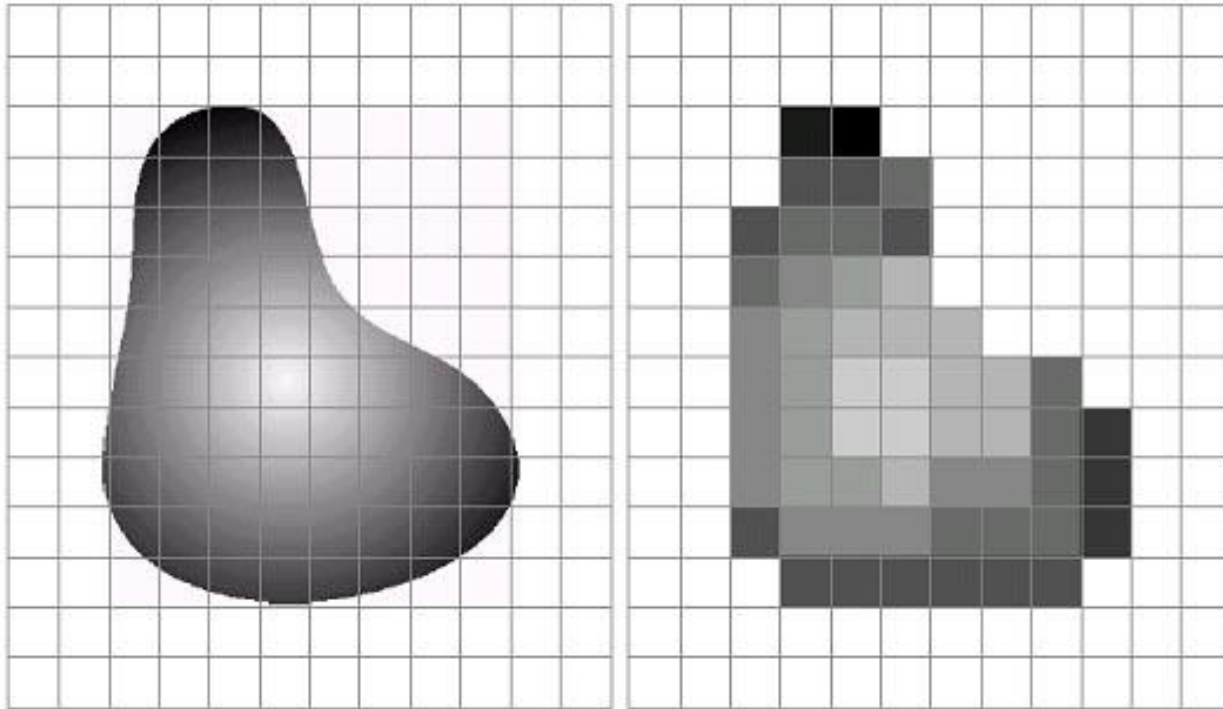
将像素灰度转换成离散的整数值的过程叫量化。一幅数字图像中不同灰度值的个数称为灰度级数，用 G 表示。

一般来说， $G = 2^g$ ， g 就是表示图像像素灰度值所需的比特位数。

采样和量化过程 (2)



采样和量化过程 (3)



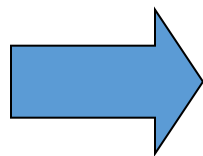
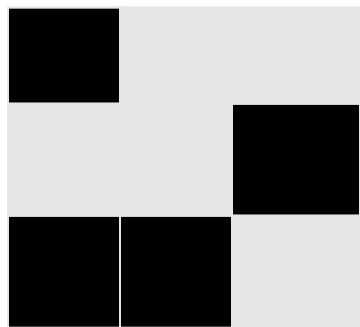
5. 图像类型

一幅大小为 $M \times N$ 、灰度级数为 G 的图像所需的存储空间，即图像的数据量，大小为

$$M \times N \times G \quad (\text{bit})$$

黑白图像

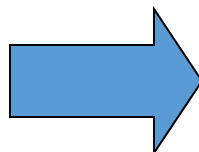
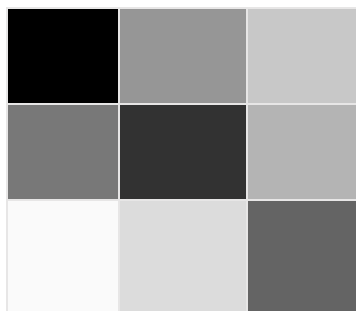
是指图像的每个像素只能是黑或白，没有中间的过渡，故又称为二值图像。二值图像的像素值为0或1。（为了与白底区别，白色像素用灰色替代）



$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

灰度图像

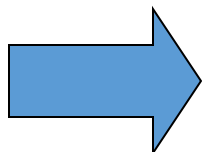
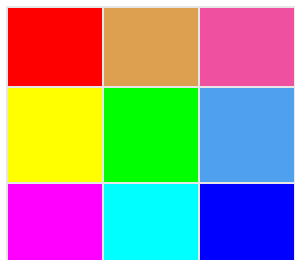
灰度图像是指每个像素由一个量化的灰度值来描述的图像。它不包含彩色信息。



$$I = \begin{bmatrix} 0 & 150 & 200 \\ 120 & 50 & 180 \\ 250 & 220 & 100 \end{bmatrix}$$

彩色图像

彩色图像是指每个像素由R、G、B三原色像素构成的图像，其中R、G、B是由不同的灰度级来描述的。



$$R = \begin{bmatrix} 255 & 240 & 240 \\ 255 & 0 & 80 \\ 255 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$G = \begin{bmatrix} 0 & 160 & 80 \\ 255 & 255 & 160 \\ 0 & 255 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 80 & 160 \\ 0 & 0 & 240 \\ 255 & 255 & 255 \end{bmatrix}$$

■ 彩色图像、灰度图像、二值图像



6.量化参数与数字化图像间的关系

数字化方式可分为均匀采样、均匀量化和非均匀采样、非均匀量化。所谓“均匀”，指的是采样、量化为等间隔。图像数字化一般采用均匀采样和均匀量化方式。

非均匀采样是根据图象细节的丰富程度改变采样间距。细节丰富的地方，采样间距小，否则间距大。

非均匀量化是对像素出现频度少的间隔大，而频度大的间隔小。

采用非均匀采样与量化，会使问题复杂化，因此很少采用。

一般来说，采样间隔越大，所得图像像素数越少，空间分辨率低，质量差，严重时出现像素呈块状的国际棋盘效应；采样间隔越小，所得图像像素数越多，空间分辨率高，图像质量好，但数据量大。



量化等级越多，所得图像层次越丰富，灰度分辨率高，图像质量好，但数据量大； 量化等级越少，图像层次欠丰富，灰度分辨率低，会出现假轮廓现象，图像质量变差，但数据量小。但在极少数情况下对固定图像大小时，减少灰度级能改善质量，产生这种情况的最可能原因是减少灰度级一般会增加图像的对比度。例如对细节比较丰富的图像数字化。



7. 数字化器

数字化器必须能够将图像划分为若干像素并分别给它们地址，能够度量每一像素的灰度并量化为整数，能够将这些整数写入存储设备。

数字化器组成

- A.** 采样孔：保证单独观测特定的像素而不受其它部分的影响。
- B.** 图像扫描机构：使采样孔按预先确定的方式在图像上移动。
- C.** 光传感器：通过采样孔测量图像的每一个像素的亮度。
- D.** 量化器：将传感器输出的连续量转化为整数值。
- E.** 输出存储体：将像素灰度值存储起来。它可以是固态存储器，或磁盘等。

常用的数字化器是扫描仪和数码相机。



图像数字化器的性能评价项目

项 目	内 容
空间分辨率	单位尺寸能够采样的像素数。由采样孔径与间距的大小和可变范围决定。
灰(色)度分辨率	量化为多少等级(位深度), 颜色数(色深度)
图像大小	仪器允许扫描的最大图幅
量测特征	数字化器所测量和量化的实际物理参数及精度
扫描速度	采样数据的传输速度
噪声	数字化器的噪声水平(应当使噪声小于图像内的反差)
其他	黑白/彩色, 价格, 操作性能等

8. 分辨率与颜色深度

■ 分辨率

- 图像分辨率指数字图像中的像素数目 (分辨率越高则图像质量越好).
- 640×480 , 1920×1080 (2k) , 3840×2160 (4k)

■ 颜色深度

- 表示一个像素的二进制位数, 以bit为单位
- 二值图像: 1bit; 灰度图: 8bit; 24位彩色图: 24bit

■ 思考题

- 一幅分辨率为 1024×768 , 颜色深度为24位真彩色的位图图像的大小是多少字节?

8. 真彩色与伪彩色

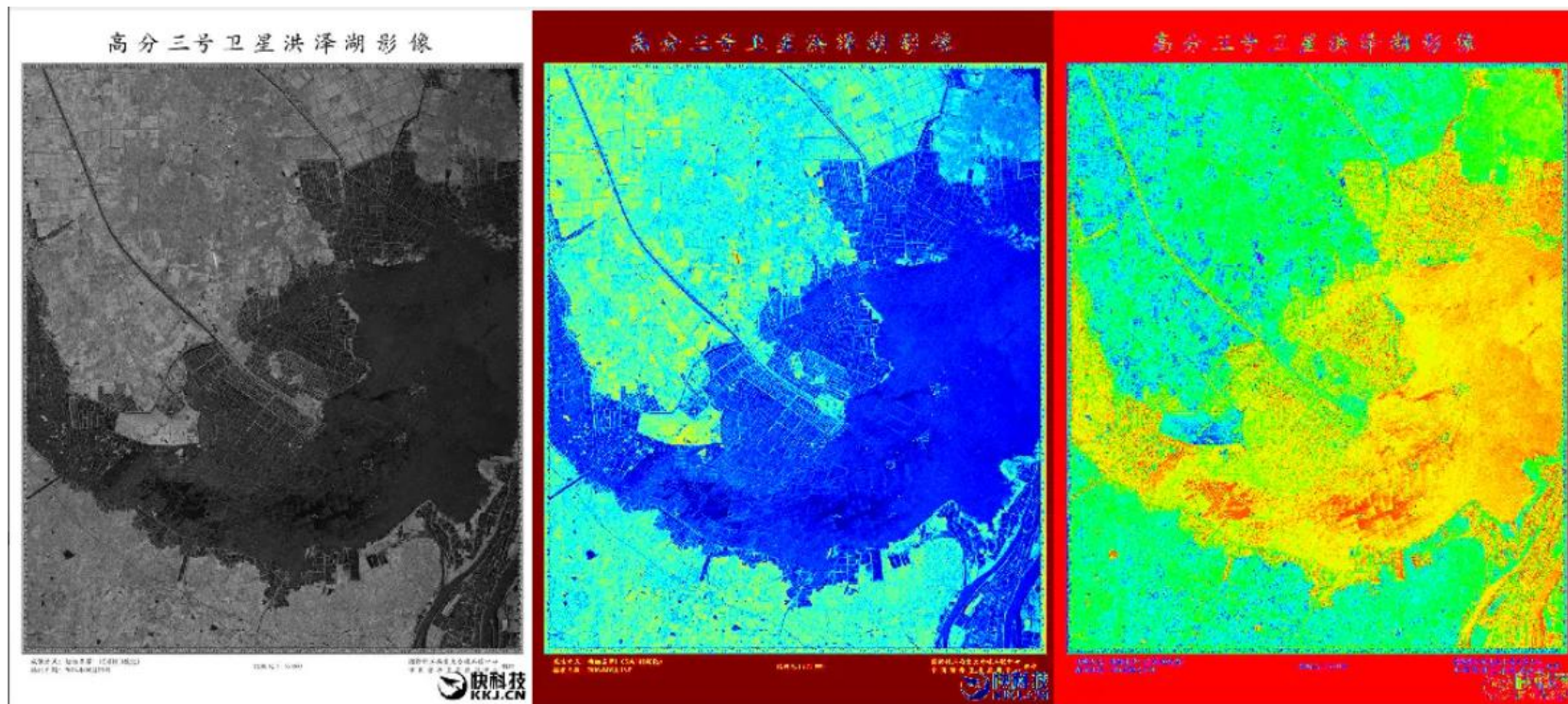
■ 真彩色

- 真彩色图像尝试以人眼在自然环境下所见颜色的方式来再现场景。
- 它们通常由三个颜色通道组成：红色、绿色和蓝色（RGB）。
- 每个通道包含了表示明亮度（或强度）的信息，在0到255之间变化（假设是8位图像）。当这些通道组合时，它们可以生成大约1670万种不同的颜色，尝试模仿人类眼睛能够感知的颜色范围。
- 真彩色图像通常用于摄影、电视和电脑屏幕等，以真实反映被摄物体或场景的颜色。

■ 伪彩色

- 在伪彩色图像中，颜色被分配给特定的强度或数据范围，这有助于突出图像中的特定细节或数据模式。比如灰度，温度，高度等
- 伪彩色广泛应用于卫星成像、热成像和医学成像等领域，其中不同的颜色代表了不同的地物或生物组织属性。

8. 真彩色与伪彩色

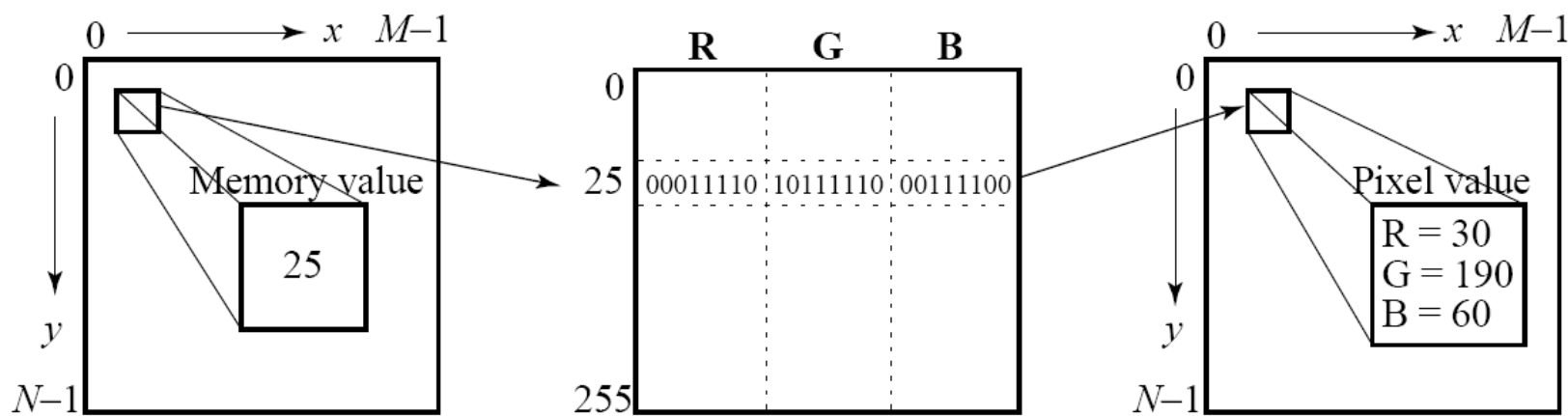


伪彩色

8. 真彩色与伪彩色

◆ 颜色查找表 (Color LookUp Table, CLUT)

在伪彩色处理中，查找表将图像数据中的每个值（通常是灰度值）映射到一个特定的颜色。这样，原始的单色或灰度图像可以转换为彩色图像，以突出不同强度级别的特定特征或区域。

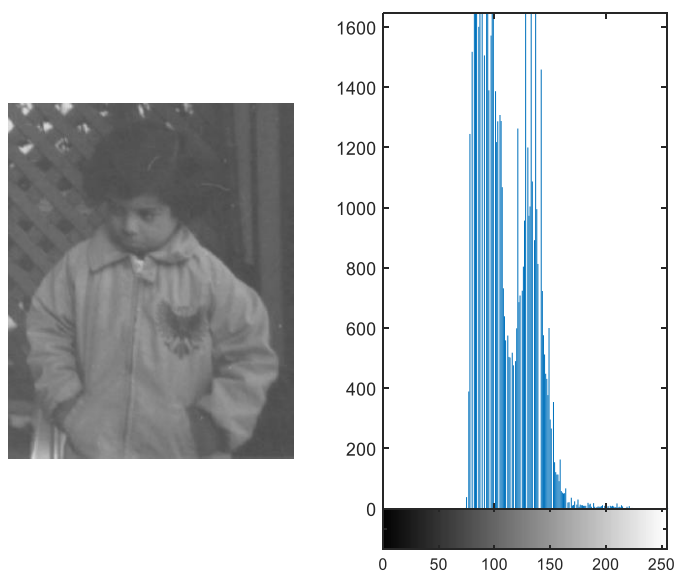


9. 图像文件格式

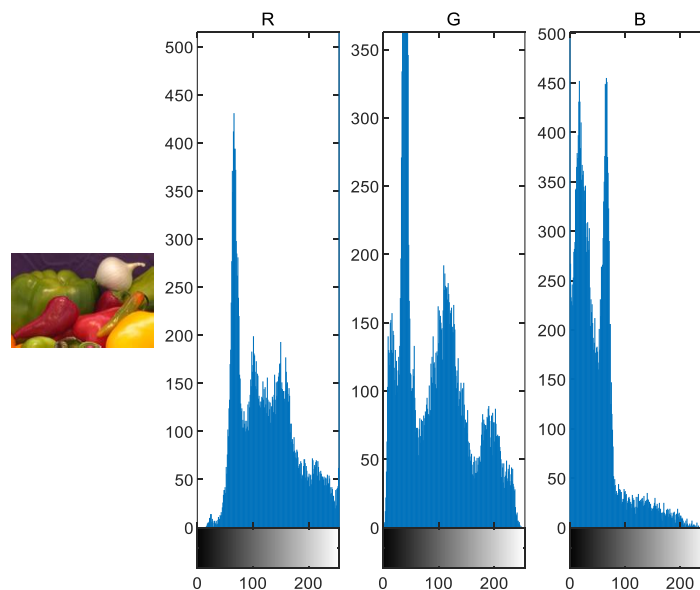
文件格式	文件扩展名	分辨率	颜色深度	说 明
BITMAP	bmp、dib、rle	任意	32bit	Windows及OS/2用位图
EMF	emf	任意	24bit	增强图元文件
GIF	gif	96dpi	8bit	Graphics Interchange Format
JPEG	jpg、jpe	任意	32bit	JPEG压缩文件
PNG	png	任意	16-48bit	Portable Network Graphics
PSD	psd	任意	24bit	Photoshop图层文件
TIFF	tif	任意	24bit	Tagged Image File Format
WMF	wmf	96dpi	24bit	Windows的剪贴画文件

10. 直方图 (Histogram)

- ◆ 直方图 (histogram) 是一种对数据分布情况的图形表示，是一种二维统计图表，它的两个坐标分别是统计样本和该样本对应的某个属性的度量，以长条图 (bar) 的形式具体表现。
- ◆ 直方图的长度及宽度很适合用来表现数量上的变化，所以较容易解读差异小的数值。



灰度图直方图示例



彩色图直方图示例

11. 中位切割算法 (Median-Cut Algorithm)

对任意一张图像，如果将图像中的颜色数目减少到256色：

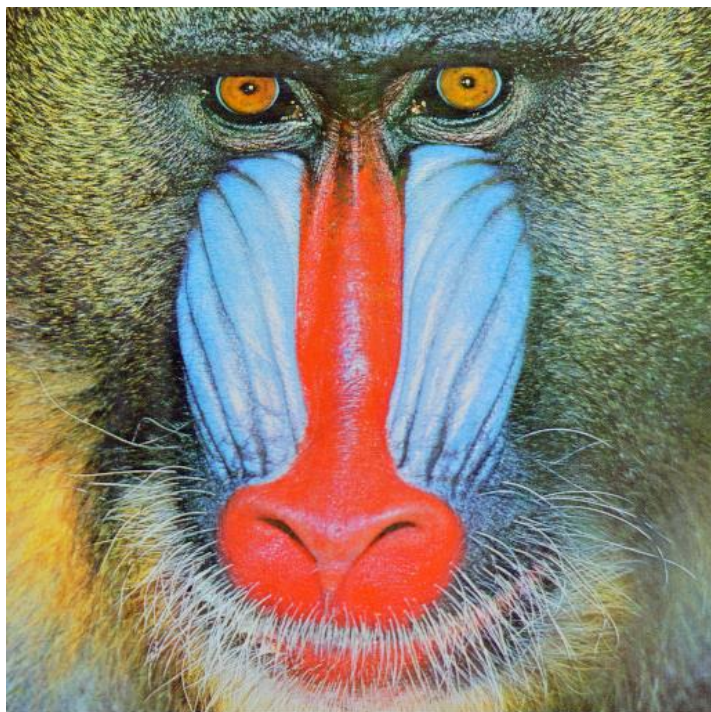
步骤：

- (1) 将图像内的所有像素加入到同一个桶
- (2) 对于该桶中的像素做如下操作：
 - 分别计算该桶内的每个颜色分量 (R,G,B) 的最大值与最小值之差
 - 选出相差最大的那个颜色分量 (R或G或B)
 - 根据该分量 (如R) 去排序此桶内所有像素
 - 分割前一半与后一半的像素到二个不同的桶 (这里就是“中位切割”名字的由来)
- (3) 重复第二步直到你有256个桶
- (4) 将每个桶内的像素平均起来，于是就得到了256色

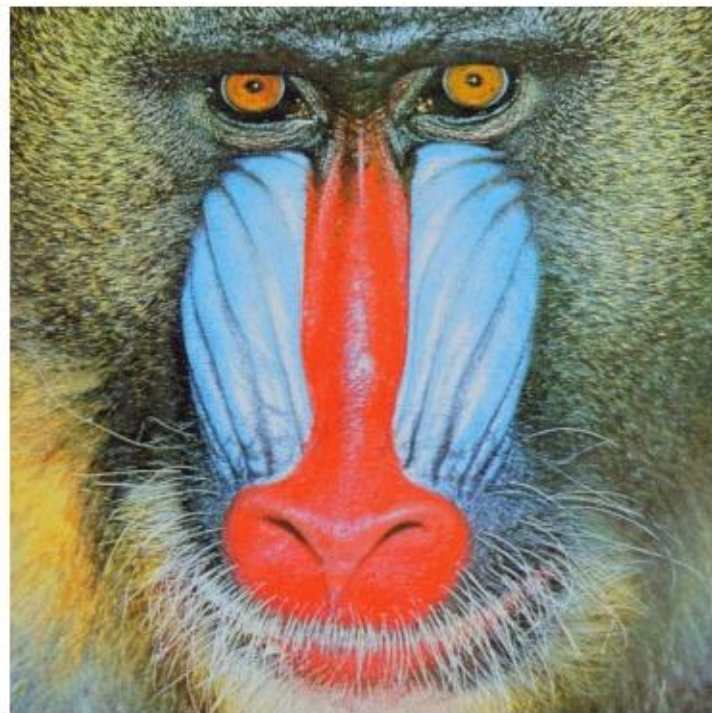
算法的限制

因为每次循环，桶的数量都会加倍，所以最终产生的颜色数量必定为2的幂次方。假如有特殊需要减少颜色数目到其它数量时（不是2的幂次方，如12），可以先产生超过需求的颜色数量（如16），再合并多余的颜色直到符合所需的数量（如12）。

Results

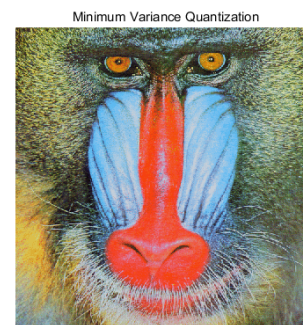
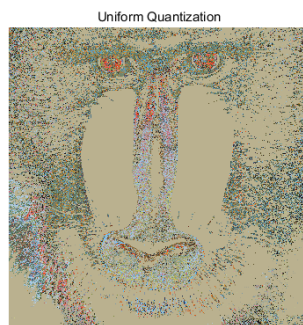
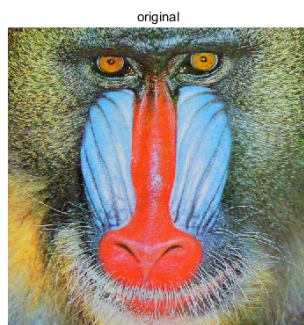


原图



中位切割法的减色效果

其他方法的减色结果



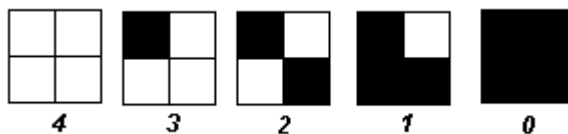
均匀量化 (Uniform Quantization)

最小方差量化 (Minimum
Variance Quantization)

12. 抖动 (Dithering)



- ◆ 抖动，也称为半色调或颜色还原，是在低颜色分辨率显示设备上呈现高颜色分辨率图像数据的过程，同时保持视觉上的平滑过渡效果。
- ◆ 采用抖动算法对原始图像进行处理，最终得到对应的**二值图**。利用图像的空间分布来重现图像色调层次感觉，是一种在灰度级有限的条件下(通常为二值)表示出连续色调的技术。
- ◆ 抖动的基本策略
 - 用空间分辨率代替强度分辨率
 - 用一个大的图案代替一个像素，即 $n \times n$ 的矩阵可以表现 $n^2 + 1$ 级灰度。例如 2×2 的图案可以表示5级灰度



Results



(a)



(b)



(c)

Fig. 3.4: Dithering of grayscale images.

(a): 8-bit grey image "lenagray.bmp". (b): Dithered version of the image. (c): Detail of dithered version.

Ordered Dither(有序抖动)

- ◆ 有序抖动可以避免halftone printing增加输出图像尺寸的问题。
- ◆ Dithering matrix(抖动矩阵)

$$I_{2n} = \begin{bmatrix} 4 * I_n + 1 & 4 * I_n + 2 \\ 4 * I_n + 3 & 4 * I_n \end{bmatrix} \text{ 其中, } I_0 = 0$$

$$\text{即 } I_2 = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 0 \end{bmatrix}, \text{ 进而 } I_4 = \begin{bmatrix} 0 & 8 & 2 & 10 \\ 12 & 4 & 14 & 6 \\ 3 & 11 & 1 & 9 \\ 15 & 7 & 13 & 5 \end{bmatrix}$$

有序抖动算法

例：一个256级的灰度图像，大小为 $m \times m$ ，抖动矩阵为 $n \times n$
算法步骤：

- 1) 归一化抖动矩阵: 将抖动矩阵 D 中的每个元素除以 n^2 ，再乘以256归一化后的矩阵值域为 $[0, 255]$
- 2) 扩展抖动矩阵: 将 $n \times n$ 的抖动矩阵通过平铺扩展到与原图像相同大小 $m \times m$
- 3) 像素处理:
 - 对于原图像中位置 (i,j) 的每个像素 $P(i,j)$
 - 计算对应的抖动矩阵阈值 $T = D(i \bmod n, j \bmod n)$
 - 比较原像素值与阈值: 如果 $P(i,j) > T$ ，则输出为1（白） 如果 $P(i,j) \leq T$ ，则输出为0（黑）



Algorithm

Algorithm 3.1

Ordered Dither

begin

 for $x = 0$ to x_{max} // columns

 for $y = 0$ to y_{max} // rows

$i = x \bmod n$

$j = y \bmod n$

 // $I(x, y)$ is the input, $O(x, y)$ is the output, D is the dither matrix.

 if $I(x, y) > D(i, j)$

$O(x, y) = 1;$

 else

$O(x, y) = 0;$

end

Results

original



no dithering



dithering



24位彩色图像降到8位添加抖动与否的效果

抖动算法例题

假设有一个 4×4 的原始灰度图像P（值范围0-255），使用 2×2 的Bayer抖动矩阵，计算对该图像P进行抖动处理后的输出。

图像P 灰度值: 2×2 的Bayer抖动矩阵:

120 130 140 150 D= 0 2

125 135 145 155 3 1

130 140 150 160

135 145 155 165