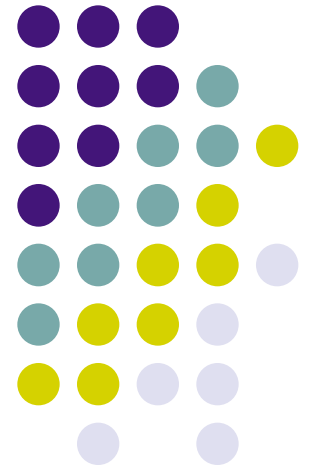
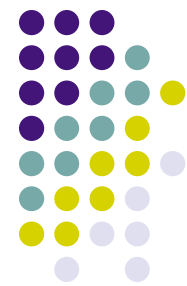


数字图像处理

图像压缩和编码



图像压缩和编码



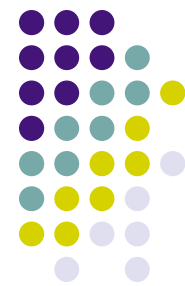
- 一、序言
- 二、无损压缩技术
- 三、图像的无失真编码方法
- 四、预测压缩技术
- 五、变换压缩技术
- 六、活动图像压缩技术
- 七、图像压缩编码的新进展
- 要点总结

1 序言

- 1) 图像压缩编码的目的



1 序言



对于lena图象，其字节

$$512 \times 512 \times 8 \text{bit} = 256 \text{KB}$$

对于卫星图象，一般采用12bit灰度级

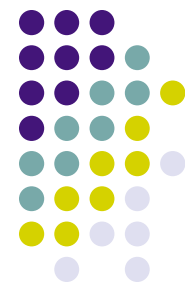
$$2340 \times 3240 \times 12 \text{bit} \approx 10 \text{MB}$$

而遥感图象通常又为多频谱图象

而对于视频，每秒30帧K

- **目的：** 节省图像存储容量；减少传输信道容量；缩短图像加工处理时间。
- **原因：**
 - 图像像素之间、行之间、帧之间有较强的相关性。
 - 从统计的观点，某点像素的灰度与其邻域灰度有密切关系；
 - 从信息论关系，减少图像信息中冗余信息。

1 序言



- 2) 图像压缩编码的分类

- (1) 无损编码

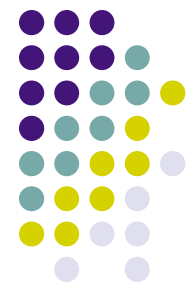
- 又称为信息保持编码。要求编码—解码过程中能够无误差的重建图像。如在医学图像应用中。

- (2) 有损编码

- 常被称为保真度编码。常用在图像的信宿为人眼的应用中，如数字电视、可视电话等。

- (3) 特征抽取编码

- 是另一种有损编码。常用在图像的信宿为计算机的应用中，这是只需要保留计算机处理的信息特征。如图像识别。



1 序言

- **3) 图像压缩编码的具体方法**
 - (1) 熵编码：信息保持编码；
 - (2) 预测法：信息保持编码、保真度编码（更常用）；
 - (3) 变换法：特征保持编码；
 - (4) 其他编码法

2 无损压缩技术



● 1) 基本概念

图象熵(Entropy): 设图象每个灰度级出现的频率对应的概率分别为 P_1, P_2, \dots, P_M 。则图象的熵定义为

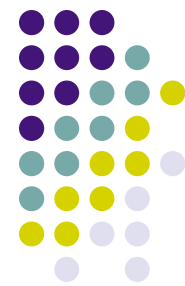
$$H = - \sum_{k=1}^M P_k \log_2 P_k$$

平均码字长度: 设 β_k 是数字图象第 k 个码字 C_k 的长度, 则图象的平均码字长度 R 定义为:

$$R = \sum_{k=1}^M \beta_k P_k$$

编码效率 $\eta = H/R$ 。

2 无损压缩技术



● 2) 变长最佳编码定理和唯一可译代码

定理：在变长编码中，对出现概率大的信息符号赋予短码字，而对于出现概率小的信息符号赋予长码字。可以证明，如果码字长度严格按概率大小的逆序排列，则平均码字长度一定小于任何其他排列方式。

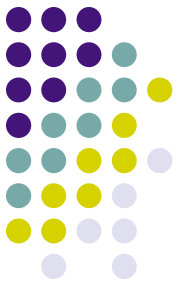
唯一可译编码：如果码字之间不加同步码，则要求编码序列唯一可译。

非续长代码：任何码字不能在其后面添加码元而形成其他码字，称为非续长代码。

单义代码：任意有限长码字序列，只能唯一地分割成一个个码字。其充要条件是 $\sum_{i=1}^K 2^{-\beta_k} < 1$ 。非续长代码一定是单义代码，

反之未必。

2 无损压缩技术



- 2) 变长最佳编码定理和唯一可译代码

A=01 B=000 C=001 D=110 E=11

1100001 = ?

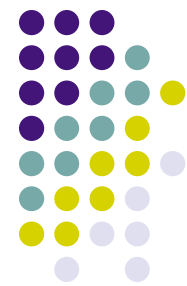
A=10 B=110 C=1110 D=11110 E=111110

1011011101011110 = ?

A=1 B=01 C=010 D=0111 E=0110

1010100110 = ?

2 无损压缩技术



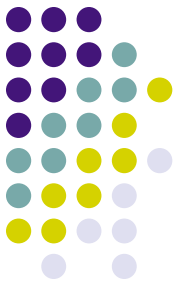
例: $C = \{00 \quad 10 \quad 001 \quad 101\}$

$$\text{则} \sum_{i=1}^K 2^{-\beta_k} = \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^3} = \frac{3}{4} < 1$$

则 1011000001,

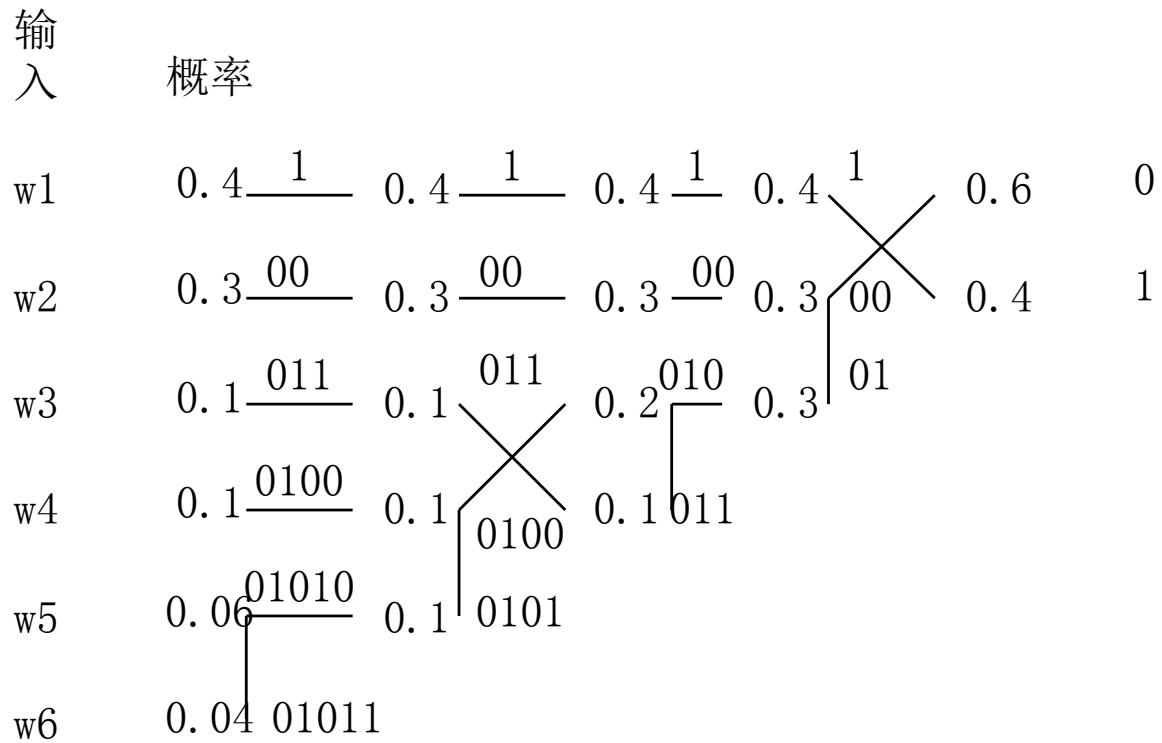
$\therefore C$ 是单义代码, 而不是非续长代码。

2 无损压缩技术

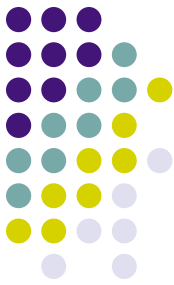


● 3) 哈夫曼编码方法 (Huffman)

例：设输入 $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6$ 的相应输入概率分别为0.4, 0.3, 0.1, 0.1, 0.06, 0.04，则Huffman编码可下图表示。



2 无损压缩技术



*Huffman*压缩编码步骤:

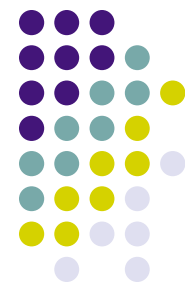
Step1:把概率按大小从上到下排序;

Step2:把最下面两个概率相加,再重新排序;

Step3:重复*Step2*,直到只有两个概率为止;

Step4:从右向左开始编码。每遇到分叉则在后补位;上叉补0,下叉补1。

2 无损压缩技术



- **Huffman**编码讨论

- (1) **Huffman**编码是唯一可译码。短的码不会成为更长码的起始部分；
- (2) **Huffman**编码的平均码长接近于熵；

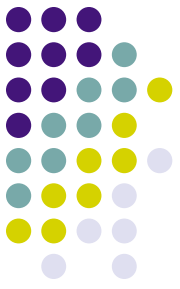
$$H = -\sum_{i=1}^6 p_i \log_2 p_i = -0.4 \log_2 0.4 - 0.3 \log_2 0.3 - 0.1 \log_2 0.1 - 0.1 \log_2 0.1 - 0.06 \log_2 0.06 - 0.04 \log_2 0.04 = 2.1435 \text{ bit}$$

$$R = \sum_{i=1}^6 \beta_i p_i = 0.4 \times 1 + 0.3 \times 2 + 0.1 \times 3 + 0.1 \times 4 + 0.06 \times 5 + 0.04 \times 5 = 2.2 \text{ bit}$$

- (3) 缺点：与计算机的数据结构不匹配；
- (4) 缺点：需要多次排序，耗费时间。

2 无损压缩技术

- 4) 香农编码法 (Fano-Shannon)



输入	概率					
w1	0.4	0				0
w2	0.3	1	0			10
w3	0.1		0	0	0	1100
w4	0.1				1	1101
w5	0.06		1	0	0	1110
w6	0.04				1	1111

2 无损压缩技术



*Fano - Shannon*压缩编码步骤:

Step1:把概率按大小从上到下排序,然后将 $w_1 : w_n$ 分成两组,

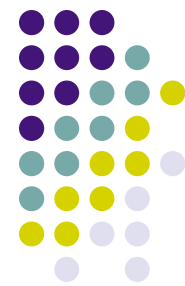
$$w_1 : w_k \text{ 和 } w_{k+1} : w_n, \text{ 使 } \sum_{i=1}^k p_i \approx \sum_{i=k+1}^n p_i;$$

Step2:将两个子集分别编码0和1;

Step3:将两个子集重复*Step1*, 同样上面子集编码0, 下面编码1;

Step4:重复*Step3*, 直到每个子集只有1个 w 为止。最后将编码依次排出, 得到*Fano - Shannon*编码。

2 无损压缩技术



- **Fano-Shannon**编码讨论

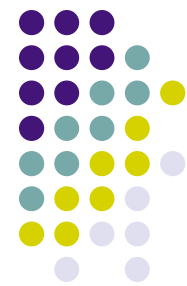
- (1) **Fano-Shannon**编码是唯一可译码。短的码不会成为更长码的起始部分；
- (2) **Fano-Shannon**编码的平均码长接近于熵；编码效率略低于**Huffman**编码。

$$H = - \sum_{i=1}^6 p_i \log_2 p_i = -0.4 \log_2 0.4 - 0.3 \log_2 0.3 - 0.1 \log_2 0.1 - 0.1 \log_2 0.1 - 0.06 \log_2 0.06 - 0.04 \log_2 0.04 = 2.1435 \text{ bit}$$

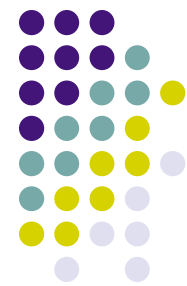
$$R = \sum_{i=1}^6 \beta_i p_i = 0.4 \times 1 + 0.3 \times 2 + 0.1 \times 4 + 0.1 \times 4 + 0.06 \times 4 + 0.04 \times 4 = 2.2 \text{ bit}$$

3 图像的无失真编码方法

- 1) 白块跳过编码**WBS**
- 2) 行程长度编码
- 3) 比特平面编码
- 4) 二值图像编码的国际标准**G3**和**G4**



3 图像的无失真编码方法



● 0) 压缩比

- 直接编码一幅图像所需比特数取决于幅面大小及分辨率。
- 设 **C** 为采用某种方法编码前后的 压缩比

$$C = \frac{\text{图象直接编码所需比特}}{\text{用某种方法编码所需比特}}$$

3 图像的无失真编码方法



- 1) 白块跳过编码**WBS**

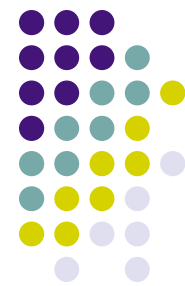
- 原理

- 对于一般白纸黑字的文件，总是白的面积大。因此跳过白的行程，只对黑行程编码就可以压缩数据。

- 一维**WBS**编码

- 将每一扫描行分成若干段，每段包含 n 个像素。对于全白段，给最短码字如**0**；而对于黑白相间或全黑段，不进行压缩。
- 为区别全白段和有黑段，在编码前加**1**作为标志位。

3 图像的无失真编码方法



- 一维WBS编码平均码长

设全白段出现的概率是 p_w ，则平均码长

$$R_n = \frac{1}{n} [p_w \times 1 + (1 - p_w) \times (n + 1)] = 1 + \frac{1}{n} - p_w$$

因此WBS编码的效率取决于 n 和 p_w 。

- 例

设 $n = 5$ ，求包含一个全白块、有黑块11010、有黑块10000三块的WBS码。

解：全白块编码为0，有黑块11010编码为111010，有黑块10000编码为110000，所以编码为0111010110000。

3 图像的无失真编码方法



- 常用图像**WBS**编码平均码长

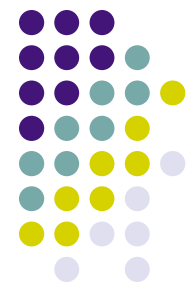
英文课文 熵=0.15 平均码长=0.3

英文文件 熵=0.06 平均码长=0.19

电路图 熵=0.11 平均码长=0.25

气象形势图 熵=0.22 平均码长=0.39

3 图像的无失真编码方法



- 二维WBS编码
- 将图像分成 $M*N$ 大小的块，全白块以0编码，其他同一维WBS编码。

打字英文课文二维WBS编码平均码长=0.26

英文文件二维WBS编码平均码长=0.13

电路图二维WBS编码平均码长=0.17

气象形势图二维WBS编码平均码长=0.4

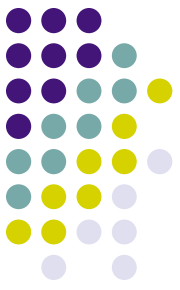
为什么？

3 图像的无失真编码方法



- 自适应**WBS**编码
 - 根据图像局部结构或统计特性，改变像素块尺寸大小；
 - 一维情况下，首先判断该行是否有**1024**个连续白像素；
 - 否则判断是否有**64**， **16**， **4**个连续白像素；
 - 否则直接编码；
 - 在每一行编码前要加上**N**为多少的代码。
 - 自适应**WBS**编码可以有效增加图像的 压缩比，但增加了编码设备的复杂性。

3 图像的无失真编码方法



- **2) 行程长度编码 (RLC, Run-Length Coding)**
 - 原理：二值图像从左到右扫描图像时，连续白点和连续黑点总是交替出现。将连续像素的数目称为行程长度 (**Run-Length**)，分别为白长和黑长。
 - 方法：统计所有行程长度出现的概率，然后采用 **Huffman** 编码。
 - 在每一行的行首加标志位，确定是白长还是黑长。以后黑长和白长交替出现。

3 图像的无失真编码方法

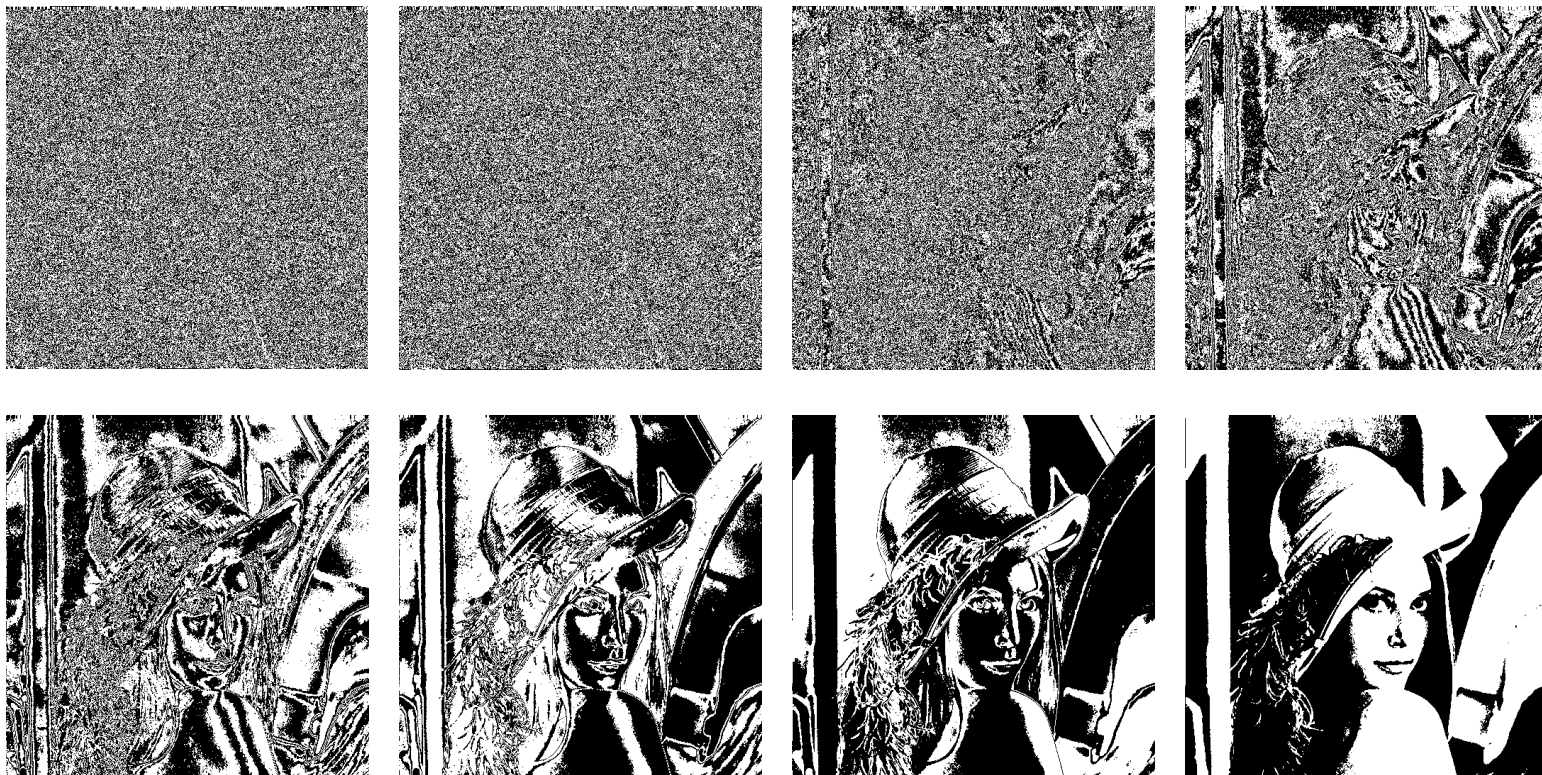
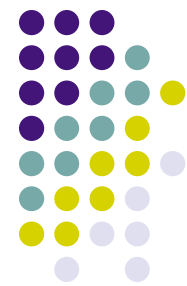


● 3) 比特平面编码

- 思想：对于灰度或彩色图像，如果每个像素用**k**位表示，将相同位上的**0**，**1**取出，就可以形成**k**个**N*N**的二值图像。将每一个二值图像称为一个比特平面。
- 方法：对于比特平面采用前述的无失真二值图像压缩技术。

希望连续的**0/1**出现的概率增大。

Lena图像的比特平面



3 图像的无失真编码方法



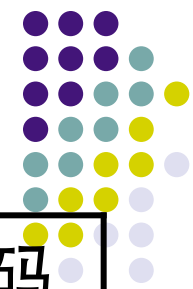
- 问题：采样自然二进制码，将导致数据相关性减小。如灰度**127**和**128**，对应自然二进制码分别为**01111111**和**10000000**。较小的灰度变化导致比特平面的突变。
- 解决方法：采用格雷码 (**Gray**) 。

若自然二进制码 $b_{k-1}b_{k-2}\dots b_1b_0$ ，对应格雷码

$g_{k-1}g_{k-2}\dots g_1g_0$ ，则 $g_{k-1} = b_{k-1}$

$$g_i = b_{i+1} \oplus b_i$$

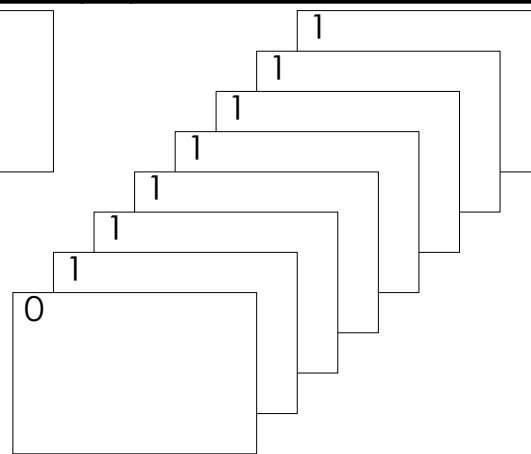
3 图像的无失真编码方法



自然二进制码	格雷码		自然二进制码	格雷码
000	000		100	110
001	001		<u>101</u>	<u>111</u>
010	011		<u>110</u>	<u>101</u>
011	010		111	100

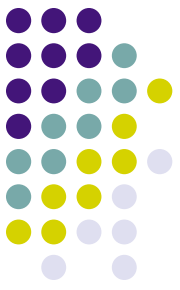
127

灰度图像



比特平面

3 图像的无失真编码方法



● 4) 传真国际标准G3和G4

- (1) G3采用一维行程长度编码;
- (2) 行程采用Huffman编码;
- (3) 0 – 63之间的行程，用单个码字即终止码表示;
- (4) 大于63的游长用一个形成码和一个终止码组合表示。形成码表示实际行程对64的倍数;
- (5) G3能达到15: 1的压缩比;
- (6) G4采用二维行程程度编码，压缩比比G3提高30%。

4 预测压缩技术

- 1) 基本思想
- 2) 预测误差的熵编码
- 3) **DPCM**预测编码
- 4) 最佳线性预测
- 5) 有失真预测编码
- 6) 最佳量化



4 预测压缩技术

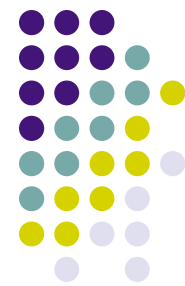


● 1) 基本思想

- 图像相邻像素间存在很强的相关性，通过观察其相邻像素取值，可以预测一个像素的大概情况。
- 预测值和实际值存在误差，称为预测误差。
- 预测误差的方差必然比原图像像素的方差小，因此对预测误差进行编码必然压缩其平均码长。
- 对预测误差进行编码的技术称为**DPCM**（差分脉冲编码调制）。

请结合熵的定义
思考这个结论

4 预测压缩技术



- 2) 预测误差的熵编码

- 对比一幅图像和其差分图像的标准差和熵。

$$H = - \sum_{i=0}^{255} p(D_i) \log_2 [p(D_i)]$$

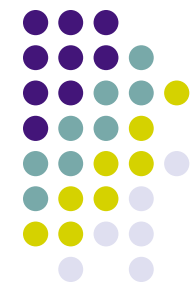
Lenna 图象的标准差 $\sigma=47.94$, $H = 7.45$

Lenna 差分图象的标准差 $\sigma=6.94$, $H = 4.56$

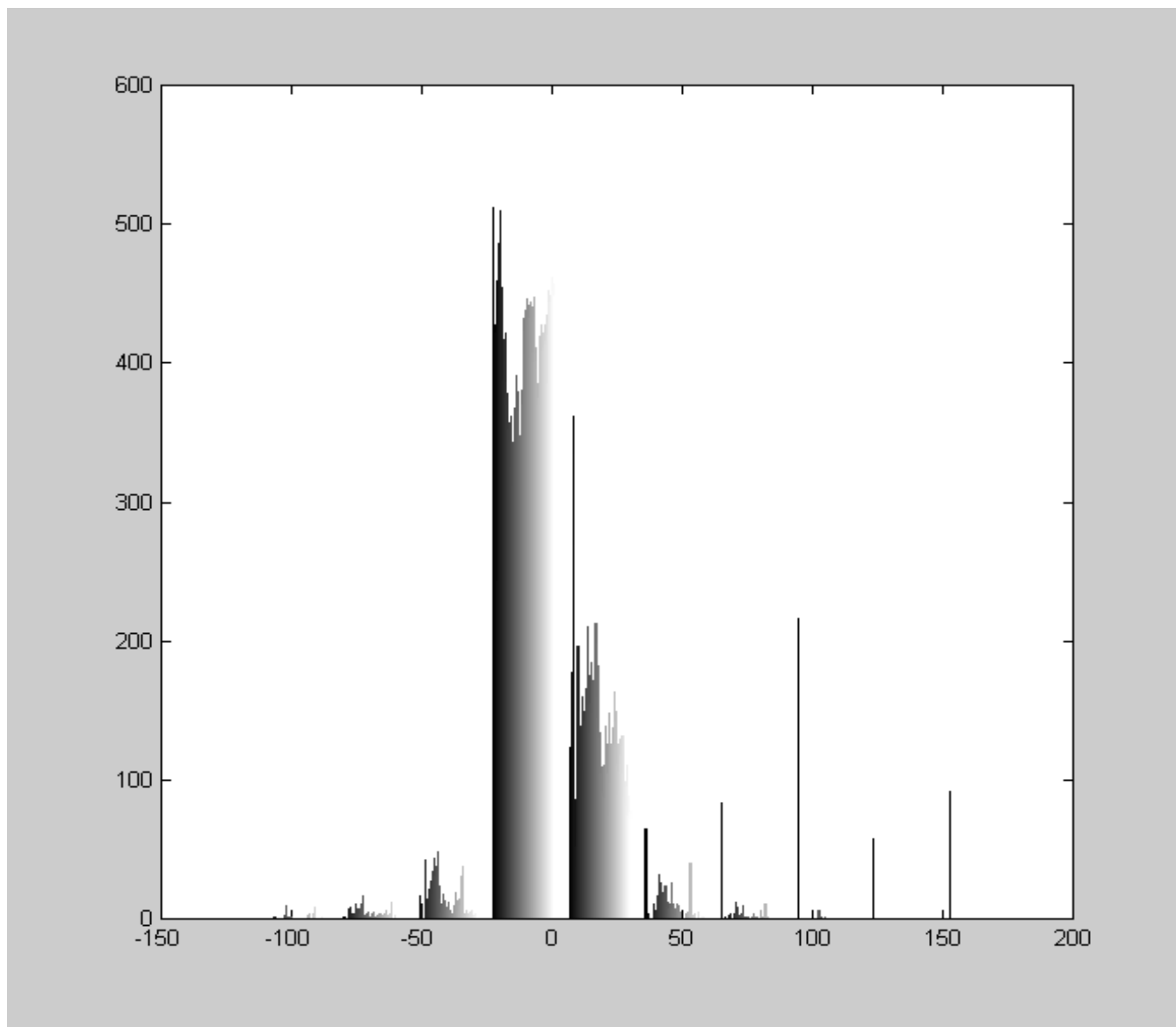
- 从 **Lenna** 和 **Bob** 的差分图像的直方图看：

- 不同图像的差分图像直方图分布形态大致相同，只是方差有所不同。

4 预测压缩技术



Lenna
差分图象

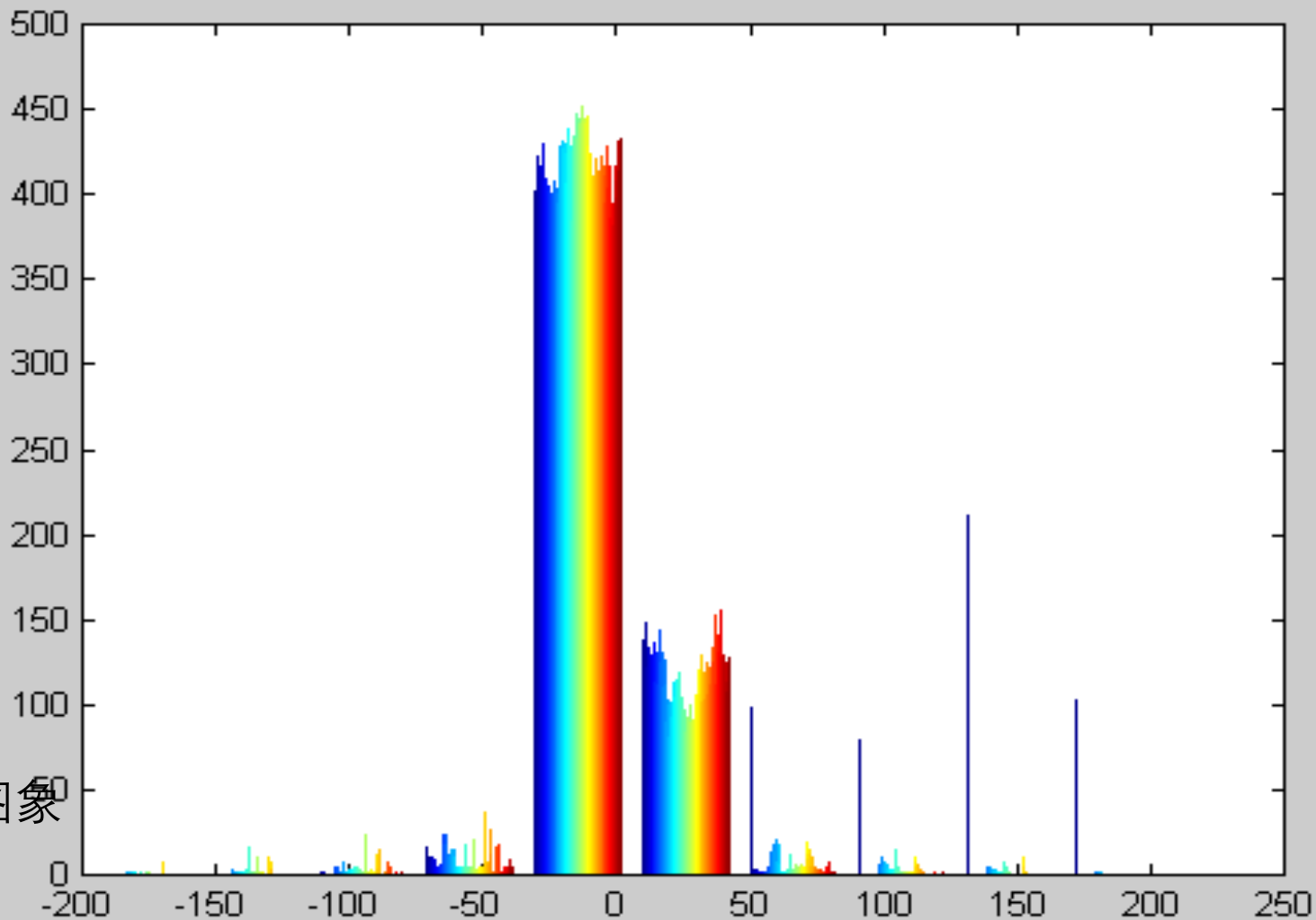


4 预测压缩技术



Bob

差分图象



4 预测压缩技术

如何预测?

● 3) DPCM预测编码

● 预测器的阶数

- 对当前像素进行预测的像素集合中的像素个数，称为预测器的阶数。
- 理论上预测器的阶数越大越好，当阶数大于3时其性能的改变非常有限。

● 预测器的系数

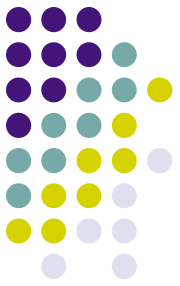
- 如一个3阶预测器中，各像素的权重称为预测器的系数。其既可以固定不变，也可以变化。

$$\hat{x}_n = 0.75x_{n-1} + 0.75x_{n-2} - 0.5x_{n-3}$$

$$\begin{matrix} -0.5 & 0.75 & & \\ & & & \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 0.75 & & & \\ & & & x_n \end{matrix}$$

4 预测压缩技术

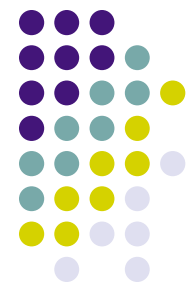


● 4) 最佳线性预测

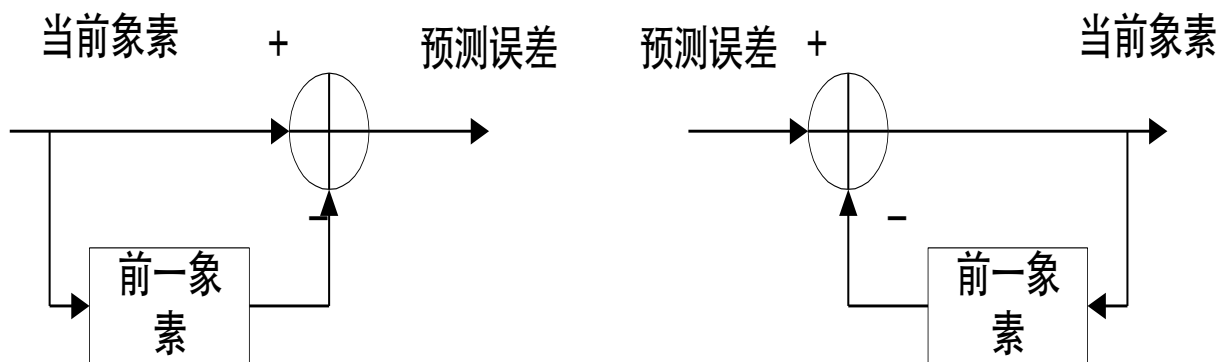
- 目的：寻找使预测器的某种误差函数为最小的线性预测器；
- 准则：均方预测误差最小化。

$$E \left[\left(x_N - \hat{x}_N \right)^2 \right] = E \left[\left(x_N - \sum_{i=0}^{N-1} c_i x_i \right)^2 \right]$$
$$\frac{\partial}{\partial c_i} E \left[\left(x_N - \hat{x}_N \right)^2 \right] = -2E \left[x_i \left(x_N - \sum_{i=0}^{N-1} c_i x_i \right) \right] = 0$$
$$Q R_{i,j} = E(x_i x_j)$$
$$\therefore \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ \vdots \\ M \\ c_{N-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{0,0} & R_{0,1} & \dots & R_{0,N-1} \\ R_{1,0} & R_{1,1} & \dots & R_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ M & M & O & M \\ R_{N-1,0} & R_{N-1,1} & \dots & R_{N-1,N-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{N,0} \\ R_{N,1} \\ \vdots \\ M \\ R_{N,N-1} \end{bmatrix}$$

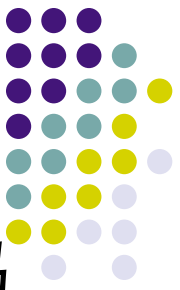
4 预测压缩技术



- 最常用的一阶DPCM编码器
 - 在实际中最常用的是一阶DPCM编码器，此时有唯一的一个预测系数1。



4 预测压缩技术



- 为实现无失真编码，通常对差分图像进行熵编码（通常是**Huffman**编码）；
- 预测误差熵编码的步骤：建立码表和编码。通常采用一个通用码表，节省建立专用码表时间，由此带来压缩比损失较小；
- 编码：若对差分图像所有灰度建立码表，则项数较多。通常对 $-16\sim 16$ 采用**Huffman**编码，其他直接用前缀 + 实际灰度值。

4 预测压缩技术



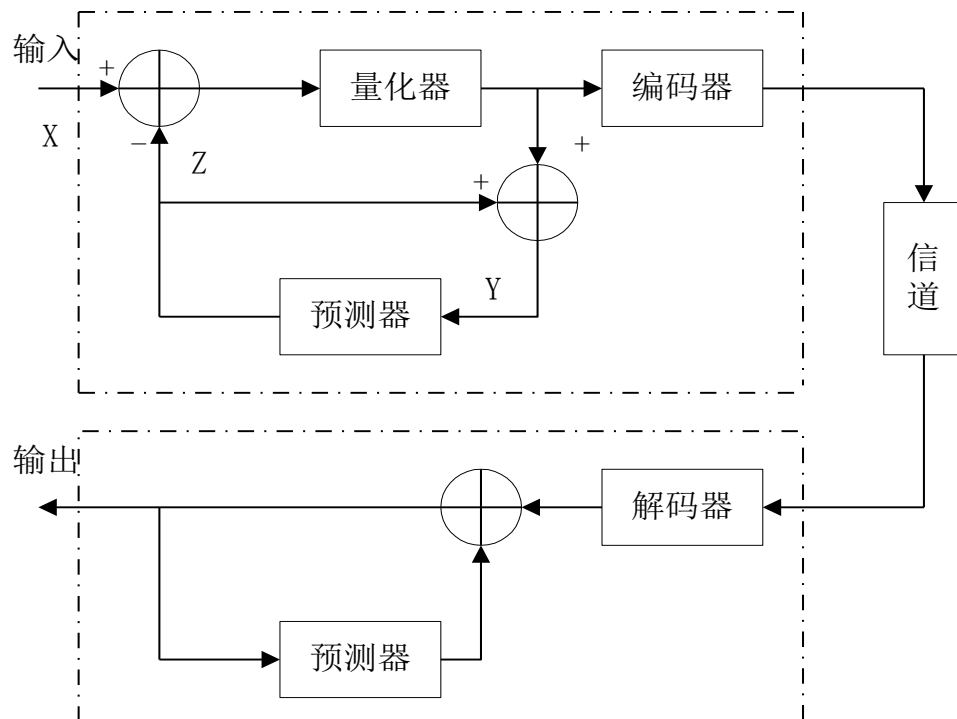
- 采用同一扫描行中前几个像素值进行预测，称为一维预测；
- 采用同一行或前几行像素值进行预测，称为二维预测；
- 采用前几行和前几帧像素值进行预测，称为三维预测。

4 预测压缩技术

● 5) 有失真预测编码

- 由于预测误差的方差远比像素取样值小，因此需要对预测误差重新量化。

减少需编码信息
符号的数目



4 预测压缩技术



- 由于量化器存在量化误差，因此带量化器的DPCM系统是有失真预测编码。

Step1: 输入 X_N 是第 N 个像素的灰度值, \hat{X}_N 是 X_N 的预测值;

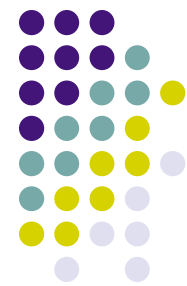
Step2: 误差信号 $e_N = X_N - \hat{X}_N$, 量化误差 $q_N = e_N - e'_N$;

Step3: 接收端输出为 $X'_N = \hat{X}_N + e'_N$;

Step4: 接收端复原的像素值与发送端的原像素值的误差为

$$\begin{aligned} X_N - X'_N &= X_N - (\hat{X}_N + e'_N) = (X_N - \hat{X}_N) - e'_N \\ &= e_N - e'_N = q_N \end{aligned}$$

4 预测压缩技术



● 6) 最佳量化

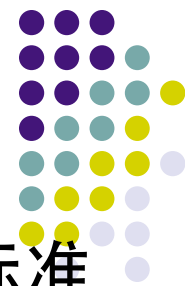
- 由于预测误差满足拉普拉思分布，在量化比特数**b**确定情况下，根据量化误差的均方值最小原则设计。（参见**CH2**），从而使判决电平和量化电平满足于

$$\begin{cases} \int_{d_i}^{d_{i+1}} (e - e_i) p(e) de = 0 \\ d_i = \frac{1}{2}(e_{i-1} + e_i) \end{cases}$$

其中 d_i 是判决电平， e_i 是量化电平。

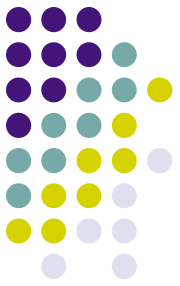
- 其中量化比特数**b**确定取决于信噪比。

4 预测压缩技术



- 自适应量化：将图像分割为图像方块，按各自标准差进行量化。但需要将各块的方差编码发送给接收端。
- 另一种方法：将图像方块方差大小分为4类：平坦区域，纹理区域，缓变区域和陡峭区域。每一类方块采用不同的量化器。

5 变换压缩技术



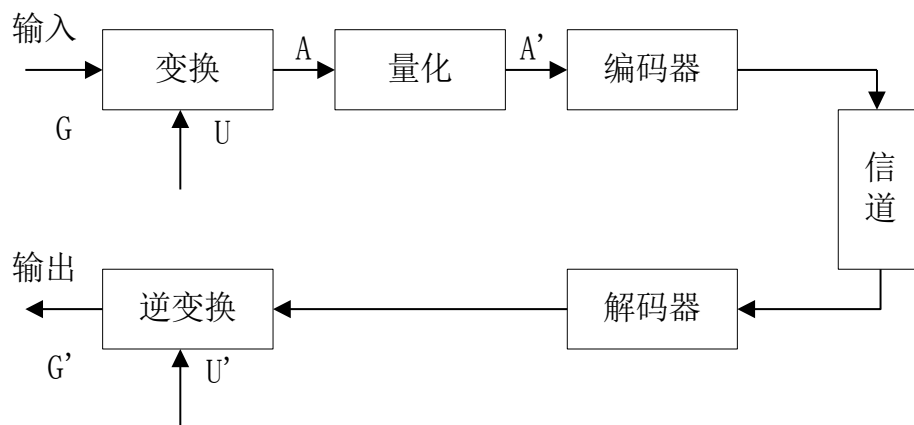
● 1) 基本概念

- 将在空域上描述的图像，经过某种变换（通常采用傅立叶变换，沃尔什变换等），在某种变换域里进行描述。
- 在变换域里，首先降低了图像的相关性；其次通过某种图像处理（如频域的二维滤波）以及熵编码，则可进一步压缩图像的编码比特率。

5 变换压缩技术



● 2) 变换压缩原理框图

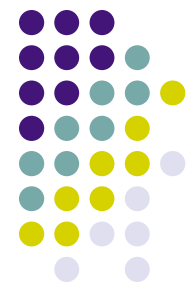


G : 输入数字图象 G' : 逆变换后的复原图象

U : 二维正交变换 U' : 二维正交逆变换

A : 变换域中的变换系数 A' : 量化后的变换系数

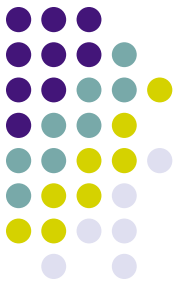
5 变换压缩技术



● 3) 常用图像变换技术讨论

- 傅立叶变换和余弦变换
- 傅立叶变换及频谱移中后，其能量集中在中心附近。中心数据又称为直流分量，代表全图数值的算术平均值。
- 其编码误差来源有：变换系数经过量化器而引起的量化误差。常使高频分量为**0**，导致图像模糊。

6 静止图像编码国际标准JPEG



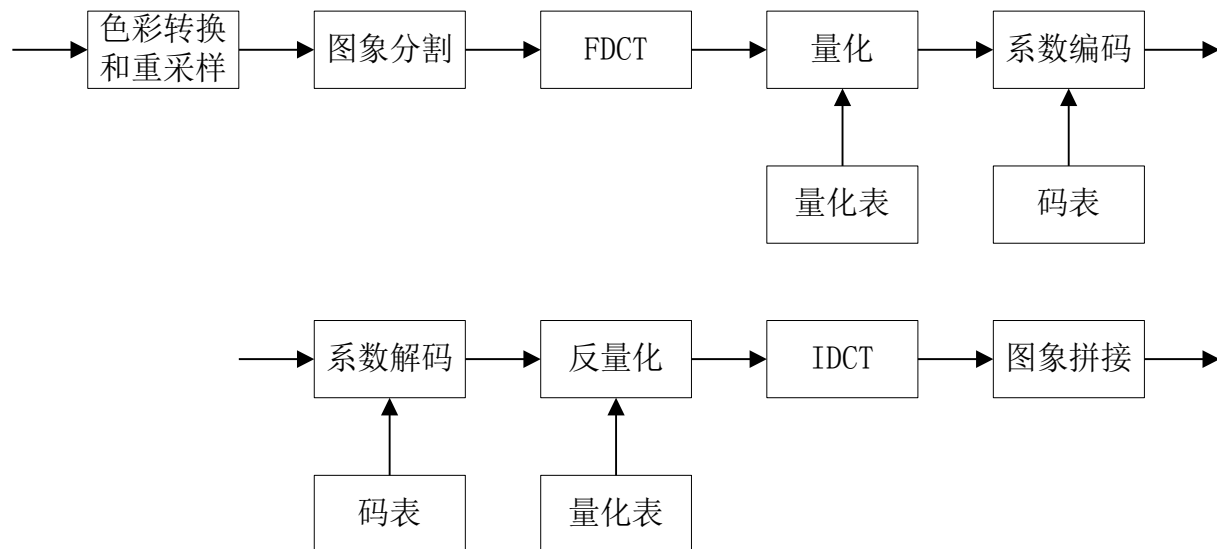
- 1) **JPEG**基本系统
- 2) **FDCT**和**IDCT**
- 3) 量化与反量化
- 4) 对量化系数的处理和组织
- 5) 熵编码
- 6) 应用举例

6 静止图像编码国际标准JPEG



● 1) JPEG基本系统

- 以 8×8 的图像块为基本单位进行编码；
- 将RGB转换为亮度-色差颜色系统，并重新采样；



6 静止图像编码国际标准JPEG



- **YIQ (NTSC制) 与YUV (PAL制)**
 - **Y**: 指颜色的明视度、亮度、灰度值; **I**或**U**: 指色调; **Q**或**V**: 指饱和度。

$$Y=0.299R+0.587G+0.114B$$

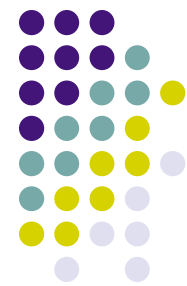
$$I=0.596R-0.247G-0.322B$$

$$Q=0.211R-0.523G+0.312B$$

$$U=0.148R-0.289G+0.473B$$

$$V=0.615R-0.515G-0.1B$$

6 静止图像编码国际标准JPEG



- 思想：人对亮度比对色彩敏感，在光线不足的情况下，所观察物体都是黑白的。因此可以对色调和饱和度做粗略处理。
- 方法：对 $8*8$ 图像块矩阵， Y 成分数据不变， U 每 $2*2$ 个数据求平均， V 每 $2*1$ 个数据求平均。称为YUV421系统。
- 除此,还有YUV422, 411, 420等系统.

6 静止图像编码国际标准JPEG



● 2) FDCT与IDCT

- 思想：人眼对低频数据比对高频数据敏感。
- 根据8*8的二维DCT定义

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u) C(v) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos \left[\frac{\pi(2x+1)u}{16} \right] \cos \left[\frac{\pi(2y+1)v}{16} \right]$$

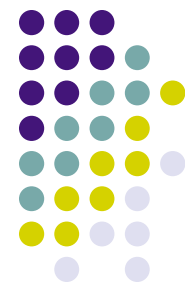
$$f(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 F(u, v) C(u) C(v) \cos \left[\frac{\pi(2u+1)x}{16} \right] \cos \left[\frac{\pi(2v+1)y}{16} \right]$$

其中

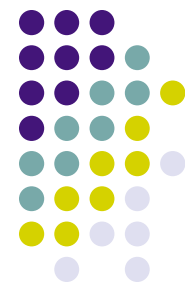
$$C(w) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{当 } w = 0 \\ 1 & \text{其他} \end{cases}$$

6 静止图像编码国际标准JPEG

- 称 $F(0,0)$ 为直流系数，其他为交流系数。
- **JPEG**标准不规定**FDCT**和**IDCT**的算法。



6 静止图像编码国际标准JPEG



● 3) 量化与反量化

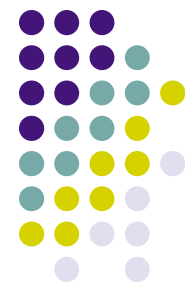
- 思想：将每个**DCT**系数除以各自量化步长并四舍五入后取整，得到量化系数。

$$F^Q(u,v) = INT \left[\frac{F(u,v)}{S(u,v)} \pm 0.5 \right]$$

$$F(u,v) = F^Q(u,v)S(u,v)$$

- **JPEG**系统分别规定了亮度分量和色度分量的量化表，显然色度分量相应的量化步长比亮度分量大。

6 静止图像编码国际标准JPEG



● 4) 对量化系数的处理和组织

- 思想：**JPEG**采用定长和变长相结合的编码方法。
- 直流系数：通常相邻**8*8**图像块的**DC**分量很接近，因此**JPEG**对量化后的直流分量采用无失真**DPCM**编码。通常**JPEG**要保存所需比特数和实际差值。

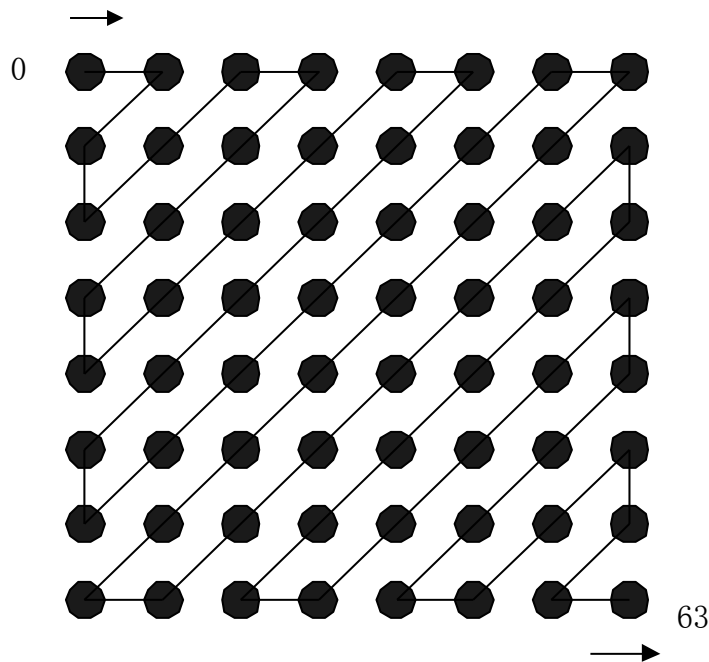
$$\Delta F(0,0) = F_i(0,0) - F_{i-1}(0,0)$$

- 交流系数：经过量化后，**AC**分量出现较多的**0**。**JPEG**采用对**0**系数的行程长度编码。而对非**0**值，则要保存所需位数和实际值。

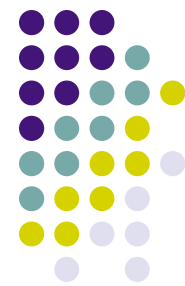
6 静止图像编码国际标准JPEG



- **ZIG-ZAG**排序：为使连续的0个数增多，采用Z形编码。



6 静止图像编码国际标准JPEG



● 5) 熵编码

- 对于直流系数的差值，采用**Huffman**编码。**JPEG**标准为亮度和色度分量分别拟定了**Huffman**码表。
- 对于交流**0**系数的行长，采用**Huffman**编码。同样**JPEG**标准为亮度和色度分量分别拟定了**Huffman**码表。
- 计算每像素的平均比特称为**码率**。
 - **0.25 — 0.50** 图像质量中等，满足某些应用
 - **0.50 — 0.75** 质量好，满足多数应用
 - **0.75 — 1.50** 极好，满足大多数应用
 - **1.50 — 2.0** 与原始图像质量一样

6 静止图像编码国际标准JPEG



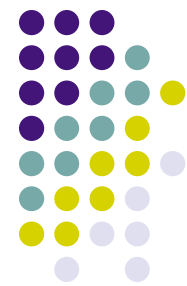
- 6) 应用举例

- Lenna图像的一个8*8方块

只举亮度块为例.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} 139 & 144 & 149 & 153 & 155 & 155 & 155 & 155 \\ 144 & 151 & 153 & 156 & 159 & 156 & 156 & 156 \\ 150 & 155 & 160 & 163 & 158 & 156 & 156 & 156 \\ 159 & 161 & 162 & 160 & 160 & 159 & 159 & 159 \\ 159 & 160 & 161 & 162 & 162 & 155 & 155 & 155 \\ 161 & 161 & 161 & 161 & 160 & 157 & 157 & 157 \\ 162 & 162 & 161 & 163 & 162 & 157 & 157 & 157 \\ 162 & 162 & 161 & 161 & 163 & 158 & 158 & 158 \end{bmatrix}$$

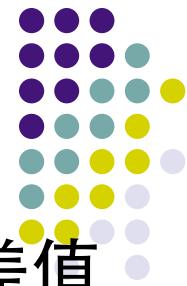
6 静止图像编码国际标准JPEG



- 经过FDCT后的变换系数矩阵

$$F(u,v) = \begin{bmatrix} 1260 & -1 & -12 & -5 & 2 & -2 & -3 & 1 \\ -23 & -17 & -6 & -3 & -3 & 0 & 0 & -1 \\ -11 & -9 & -2 & 2 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ -7 & -2 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 1 & 2 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & 2 & 0 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 2 & 1 & -1 \\ -3 & 2 & -4 & -2 & 2 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

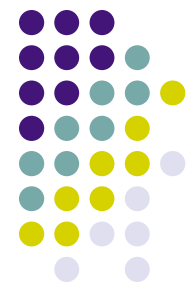
6 静止图像编码国际标准JPEG



- 假设上一编码块的直流量化系数为77，则直流差值为2。
- 则该图像块编码为

79	0-2	-1	-1	-1	00-1	0L
2,2	1/2,-2	0/1,-1	0/1,-1	0/1,-1	2/1,-1	<i>EOB</i>
011,10	11011,01	00,0	00,0	00,0	11100,0	1010

6 静止图像编码国际标准JPEG



- 反变换

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} 144 & 146 & 149 & 152 & 154 & 156 & 156 & 156 \\ 148 & 150 & 152 & 154 & 156 & 156 & 156 & 156 \\ 155 & 156 & 157 & 158 & 158 & 157 & 156 & 155 \\ 160 & 161 & 161 & 162 & 161 & 159 & 157 & 155 \\ 163 & 163 & 164 & 163 & 162 & 160 & 158 & 156 \\ 163 & 163 & 164 & 164 & 162 & 160 & 158 & 157 \\ 160 & 161 & 162 & 162 & 162 & 161 & 159 & 158 \\ 158 & 159 & 161 & 161 & 162 & 161 & 159 & 158 \end{bmatrix}$$

6 静止图像编码国际标准JPEG



- 编码比特率与质量因子
 - 通常在图像传输时要求固定比特率，**JPEG**通过设定一个质量控制因子 Q ，在量化时用该因子与量化表中的量化步长相乘作为实际的量化步长。
 - 则要求较高比特率时， Q 取较小值如**0.1**；否则取大值。 Q 与比特流一起传送给解码端。

6 静止图像编码国际标准JPEG



压缩率9·2



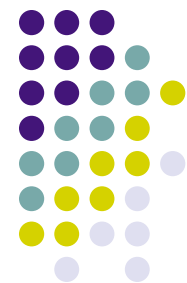
6 静止图像编码国际标准JPEG



压缩率
18.4



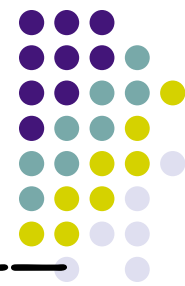
6 静止图像编码国际标准JPEG



压缩率
51 : 6



7 图像压缩编码新进展



- **H.261**：用于电视电话和电视会议；码率**128kbps—384kbps**；
- **MPEG1**：用于数字存储媒体（如**VCD**），码率为**1—1.5Mbps**，适合通讯网络；
- **MPEG2**：用于数字电视和高清晰度电视（如**CCTV Ch 5**），码率为**1.5—30Mbps**；
- **MPEG4**：用于**64Kbps**以下带宽的音视编码，实现基于内容的编码；
- 其他编码方法：子带编码、小波编码**JPEG2000**、分形编码和基于模型的编码等。

要点总结



- 理解无损压缩的原理
- 了解**Huffman**编码方法
- 了解白块跳过编码和行程长度编码
- 了解**JPEG**标准的基本步骤，并能解释之。