



# 数字图像处理

Digital Image Processing

信息工程学院

School of Information Engineering

# 7.4 变换编码

郭志强 主讲



## 7.4 变换编码

### ◆ 变换编码的理论根据：

- a) 正交变换可保证变换前后信号的能量保持不变；
- b) 正交变换具有减少原始信号中各分量的相关性及将信号的能量集中到少数系数上的功能。

### ◆ 变换编码的概念：

是指以某种可逆的正交变换把给定的图像变换到另一个数据/频率域，从而利用新的数据域的特点，用一组**非相关数据（系数）来表示原图像**，并以此来去除或减小图像在空间域中的相关性，将尽可能多的信息集中到尽可能**少的变换系数**上，使多数系数只携带尽可能少的信息，实现用较少的数据表示较大的图像数据信息，从而达到压缩数据的目的。

## 7.4.1 变换编码的过程

### ◆ 变换编码系统的实现：

构造 $n \times n$ 个子图像

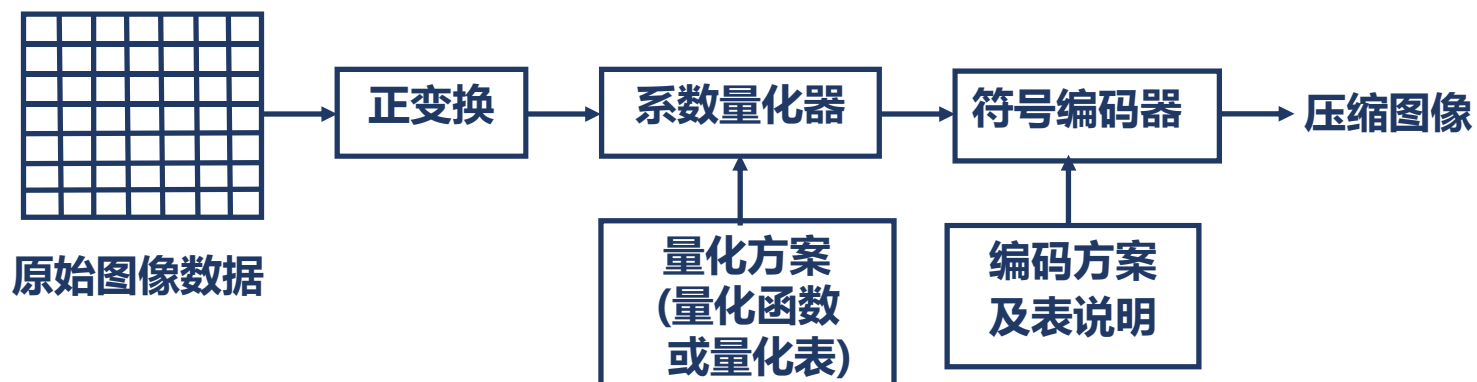


图7.2 变换编码系统框图

## 7.4.1 变换编码的过程

### ◆ 变换编码过程由以下四步组成：

(1) 将待编码的 $N \times N$ 的图像分解成 $(N/n)^2$ 个大小为 $n \times n$ 的子图像。通常选取的子图像大小为 $8 \times 8$ 或 $16 \times 16$ ，即 $n$ 等于8或16。

(2) 对每个子图像进行正交变换（如DCT变换等），得到各子图像的变换系数。这一步的实质是把空间域表示的图像转换成频率域表示的图像。

(3) 对变换系数进行量化。

(4) 使用霍夫曼编变长变码或游程编码等无损编码器对量化的系数进行编码，得到压缩后的图像（数据）。

## 7.4.2 子图像尺寸的选择

- 图像的大小与变换编码的误差和变换所需的计算量等有关。
- 在大多数应用中，把图像进一步分割成子图像块要求满足以下两个条件：
  - 一是相邻子图像块之间的相关性（冗余）要减少到某种可接受的程度；
  - 二是子图的长和宽应是2的整数次幂，最常采用的子图像尺寸为 $8 \times 8$ 和 $16 \times 16$ 。

## 7.4.3 变换的选择

### 1. 变换系数

如前面章节所述，对于 $N \times N$ 的图像 $f(x,y)$ 和该图像的二维正向离散变换 $T(u,v)$ ，有：

$$T(u,v) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y) \cdot g(x,y,u,v) \quad (7.5)$$

$$f(x,y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} T(u,v) h(x,y,u,v) \quad (7.6)$$

其中， $g(x,y,u,v)$ 和 $h(x,y,u,v)$ 分别称为正变换核函数和反变换核函数，也称为基函数或基图像；式(7.5)中的 $T(u,v)$ 称为变换系数。

## 7.4.3 变换的选择

### 2. 系数选择

如果把变换系数的模板函数定义为：

$$\gamma(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{如果 } T(u, v) \text{ 满足指定的截断准则} \\ 1 & \text{其它} \end{cases} \quad (7.7)$$

那么， $F$  的一个截断近似可定义为：

$$\hat{F} = \sum_{u=0}^{n-1} \sum_{v=0}^{n-1} \gamma(u, v) \cdot T(u, v) \cdot H_{uv} \quad (7.8)$$

显然，利用 $r(u, v)$ 的截断功能就可消除掉式(6.22)中对求和贡献最少的系数。



## 7.4.3 变换的选择

### 3. 几种变换的性能

- 变换编码通常采用的变换包括：DCT(离散余弦变换)、DFT（离散傅里叶变换）、WHT（沃尔什-哈达玛变换）和KLT（卡-洛变换）等实现。
- 由于DCT在信息集中能力和计算复杂性方面的综合优势已经取得了较多的应用。对于大多数自然图像来说，DCT能将最多的**信息分配在最少的系数之中**，还能使被称为“分块噪声”的子图边缘可见的**块效应达到最小**。

## 7.4.4 变换系数的量化和编码

### 1. 区域编码

- 所谓区域编码，就是只保留变换系数方阵中一个特定区域的系数，而将其它系数置零的一种编码方法。
- 由于大多数图像的频谱具有低通特性，所以通常是保留低频部分的系数而丢弃高频部分的系数。
- 具体来说，就是保留系数方阵中左上角区域的若干系数，而将其余系数置为零。

## 7.4.4 变换系数的量化和编码

### 1. 区域编码

➤ 典型的区域编码模板：

1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

图6.15 典型的区域模板

## 7.4.4 变换系数的量化和编码

### 1. 区域编码

当给量化结果分配相同的比特数(都为8位)时，对变换系数的量化有两种方式：

- a) 均匀量化方案：即对每一个系数都用同样大小的一个值量化；
- b) 非均匀量化方案：比如，用表6.7的亮度量化值或表6.8的色度量化值作为量化器，也即对各子图像的变换系数中的每个系数用量化表中对应的值进行量化。

## 7.4.4 变换系数的量化和编码

### 1. 区域编码

表7.1 亮度量化值

17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

表7.2 色度量化值

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

## 7.4.4 变换系数的量化和编码

**例6.3.1** 区域变换编码说明示例，编码过程：

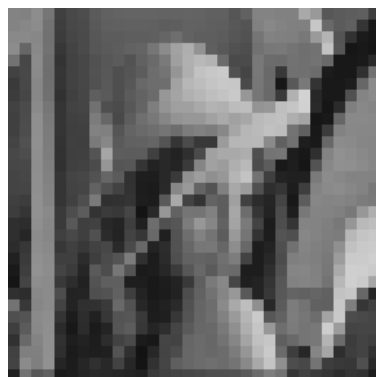
- ① 子图像尺寸选为 $8 \times 8$ 。
- ② 采用DCT变换，得到变换系数。每一个子图像经过正向DCT变换转换为一组（64个）DCT系数。
- ③ 对变换系数进行量化。采用四种截断方式，分别是取子图像的DCT系数结果方阵的左上角的**1个分量、6个分量、15个分量和28个分量**，其余分量为零。

量化方案采用如表7.2的**色度量化值表**的非均匀量化方案。量化过程即是分别用DCT系数方阵左上角的1个分量值、6个分量值、15个分量值和28个分量值，除以表7.2的色度量化值表中相应位置上的值。





(a) 原图像



(b) 仅由DC系数重构的图像



(c) (a)与(b)的误差图像



(d) 最低6个系数的重构图像



(e) 最低15个系数的重构图像



(f) 最低28个系数的重构图像

The background is a dark blue gradient filled with white binary code (0s and 1s) and glowing circuit lines. In the center-left, there is a detailed illustration of a human eye with a red iris and black pupil, surrounded by circuitry. A small, faint icon of a checkmark inside a square is visible on the right side of the image.

谢谢

THANK YOU