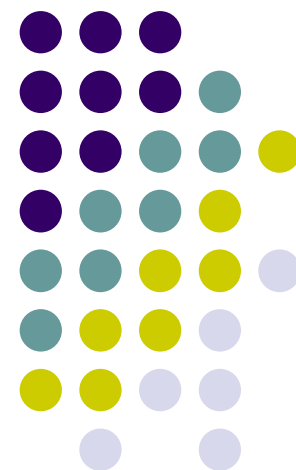


数字图像处理

第七讲 图像压缩



提纲



- 引言
- 基础知识
 - 图像冗余
 - 图像信息的度量
 - 保真度准则
 - 图像压缩模型
- 基本的压缩方法
 - 霍夫曼编码
 - 行程编码
 - 基于符号的编码
- 数字图像水印



引言



- 图像压缩
 - 减少表示一张图像所需的数据量
 - 数字图像处理领域商业上最成功的的技术之一
 - 应用于生活中的方方面面
 - 数码相机、浏览互联网、观看视频
- 2小时标准画质的电视电影

$$30 \frac{\text{frames}}{\text{sec}} \times (720 \times 480) \frac{\text{pixels}}{\text{frame}} \times 3 \frac{\text{bytes}}{\text{pixel}} = 31,104,000 \text{ bytes/sec}$$

$$31,104,000 \frac{\text{bytes}}{\text{sec}} \times (60^2) \frac{\text{sec}}{\text{hr}} \times 2 \text{ hrs} \cong 2.24 \times 10^{11} \text{ bytes}$$

224G !



引言



- 互联网传输
 - 传输速率：电话线56Kbps，宽带12Mbps
 - 传输 128×128 彩色图片，需要7秒到0.03秒
 - 压缩可以缩短时间10倍以上
- 数码相机
 - 800万像素，一幅图像需要24M空间
- 视频会议
- 遥感、传真
- 文本和医学图像处理



提纲



- 引言
- 基础知识
 - 图像冗余
 - 图像信息的度量
 - 保真度准则
 - 图像压缩模型
- 基本的压缩方法
 - 霍夫曼编码
 - 行程编码
 - 基于符号的编码
- 数字图像水印





基础知识

- 数据压缩
 - 减少表示给定^{内容}信息所需的^{表示}数据量
 - 数据是传输信息所用的手段
- 冗余数据
 - 包含不相关或重复信息的表示
- b 和 b' 为两种不同表示方式的比特数
- 压缩比 $C = \frac{b}{b'}$
- 用 b 比特表示的相对数据冗余 $R = 1 - \frac{1}{C}$
 - $C = 10$ 意味着有90%的冗余



提纲



- 引言
- 基础知识
 - 图像冗余
 - 图像信息的度量
 - 保真度准则
 - 图像压缩模型
- 基本的压缩方法
 - 霍夫曼编码
 - 行程编码
 - 基于符号的编码
- 数字图像水印





图像冗余

- 数字图像压缩
 - b 是以2维矩阵表示一幅图像所需的比特数
- 2维灰度矩阵包含三种冗余

1. 编码冗余

- 编码：表示信息的符号系统

(字母、比特)

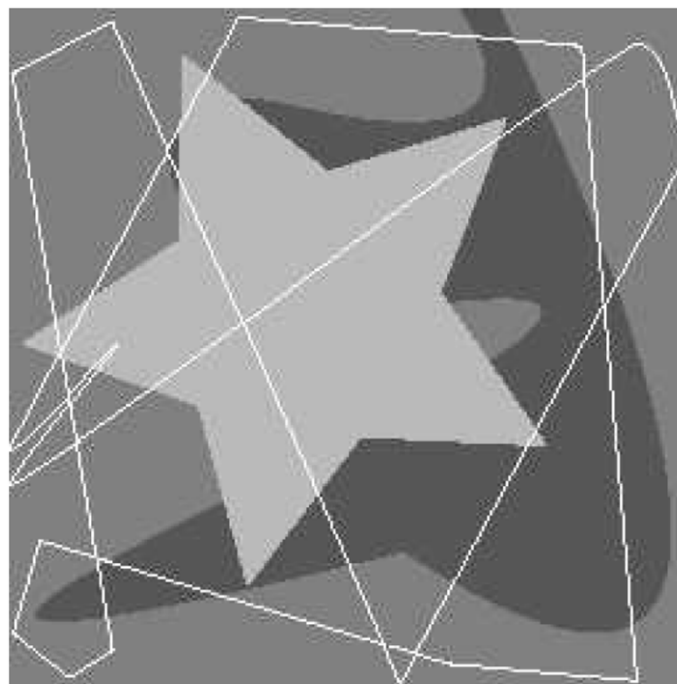
26字母



单词

- 码字：符号序列

- 灰度图像的8位编码往往是冗余的



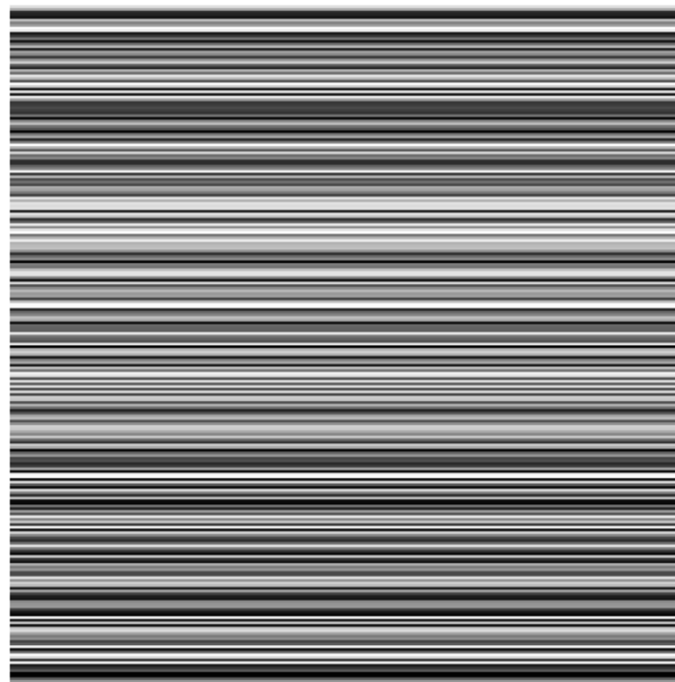


图像冗余

- 数字图像压缩
 - b 是以2维矩阵表示一幅图像所需的比特数
- 2维灰度矩阵包含三种冗余

2. 空间和时间冗余

- 图像中紧邻点是空间相关的
- 视频中连续帧是时间相关的



图像冗余



- 数字图像压缩
 - b 是以2维矩阵表示一幅图像所需的比特数
- 2维灰度矩阵包含三种冗余
 3. 不相关的信息
 - 被视觉系统忽略的信息
 - 与图像用途无关的信息





1. 编码冗余

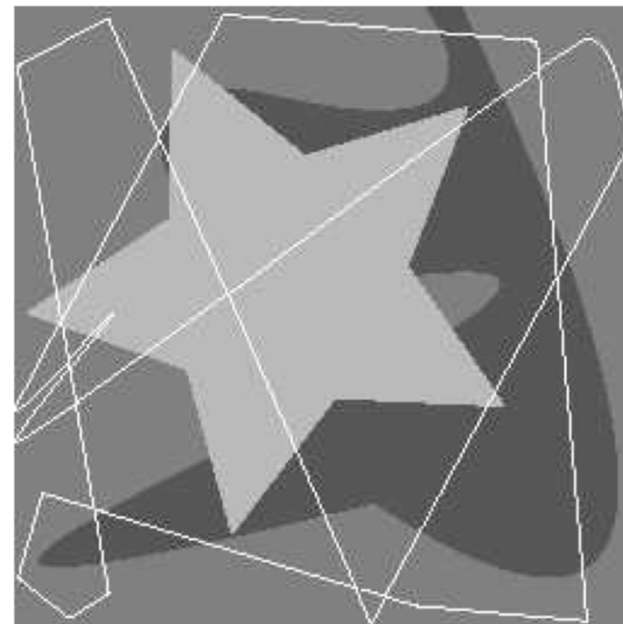
- 令 r_k 表示 $M \times N$ 大小图像的灰度数值
- r_k 为属于 $[0, L - 1]$ 的离散随机变量
 - 概率 $p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN} \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$
 - n_k 为第 k 个灰度值在图像中出现的次数
- 表达 r_k 所需要的比特数记为 $l(r_k)$
- 平均比特数 $L_{\text{avg}} = \sum_{k=0}^{L-1} l(r_k) p_r(r_k)$
- 固定比特数

$$l(r_k) = m, \quad L_{\text{avg}} = m$$



举例

- 采用8位固定编码
 - $L_{\text{avg}} = 8$



只有4种灰度值

r_k	$p_r(r_k)$	Code 1	$l_I(r_k)$
$r_{87} = 87$	0.25	01010111	8
$r_{128} = 128$	0.47	10000000	8
$r_{186} = 186$	0.25	11000100	8
$r_{255} = 255$	0.03	11111111	8
r_k for $k \neq 87, 128, 186, 255$	0	—	8



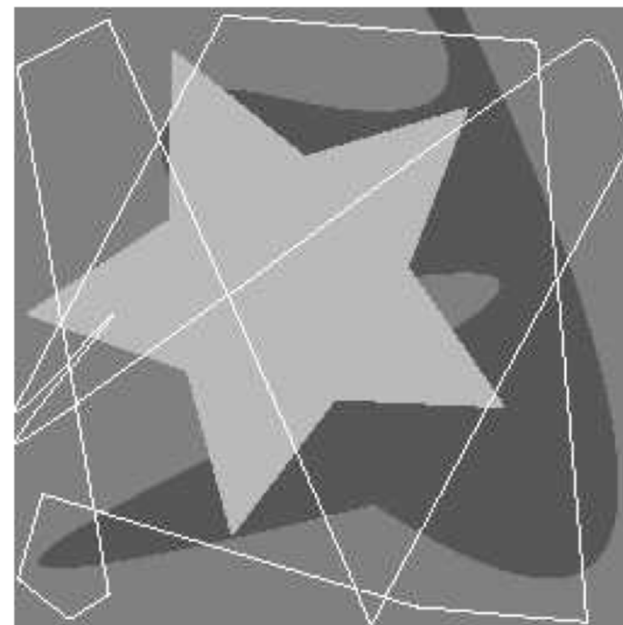
举例

- 采用8位固定编码

- $L_{\text{avg}} = 8$

- 采用变长编码

概率大的灰度
用较少的比特



$$L_{\text{avg}} = 0.25(2) + 0.47(1) + 0.25(3) + 0.03(3) = 1.81 \text{ bits}$$

- 总比特数 $MNL_{\text{avg}} = 256 \times 256 \times 1.81 = 118621$

r_k	$p_r(r_k)$	Code 1	$l_1(r_k)$	Code 2	$l_2(r_k)$
$r_{87} = 87$	0.25	01010111	8	01	2
$r_{128} = 128$	0.47	10000000	8	1	1
$r_{186} = 186$	0.25	11000100	8	000	3
$r_{255} = 255$	0.03	11111111	8	001	3
$r_k \text{ for } k \neq 87, 128, 186, 255$	0	—	8	—	0



举例

- 采用8位固定编码

- $L_{\text{avg}} = 8$

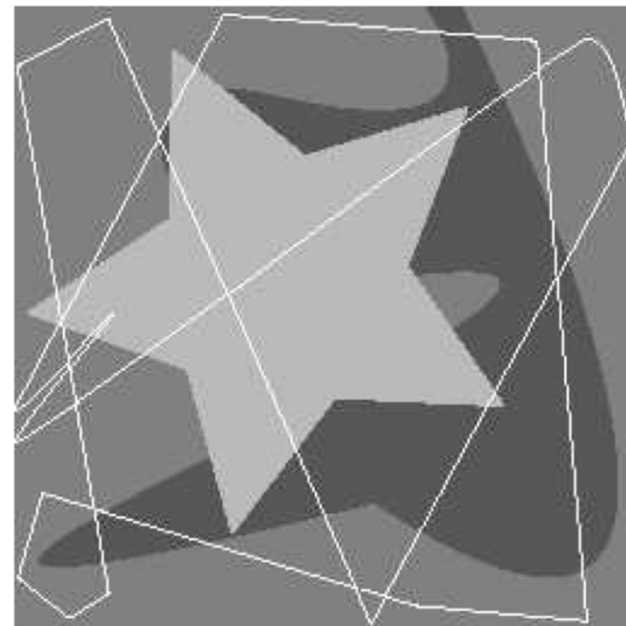
- 采用变长编码

$$L_{\text{avg}} = 0.25(2) + 0.47(1) + 0.25(3) + 0.03(3) = 1.81 \text{ bits}$$

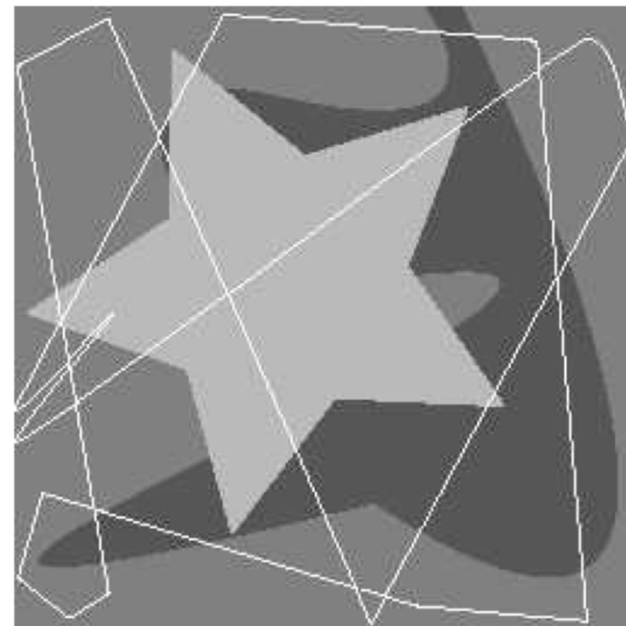
- 总比特数 $MNL_{\text{avg}} = 256 \times 256 \times 1.81 = 118621$

- 压缩比 $C = \frac{256 \times 256 \times 8}{118,621} = \frac{8}{1.81} \approx 4.42$

- 相对数据冗余 $R = 1 - \frac{1}{4.42} = 0.774$



举例



- 采用8位固定编码

- $L_{\text{avg}} = 8$

- 采用变长编码

$$L_{\text{avg}} = 0.25(2) + 0.47(1) + 0.25(3) + 0.03(3) = 1.81 \text{ bits}$$

- 总比特数 $MNL_{\text{avg}} = 256 \times 256 \times 1.81 = 118621$

- 最优的固定长度编码

- $L_{\text{avg}} = 2 > 1.81$

- 采用固定长度编码普遍存在冗余

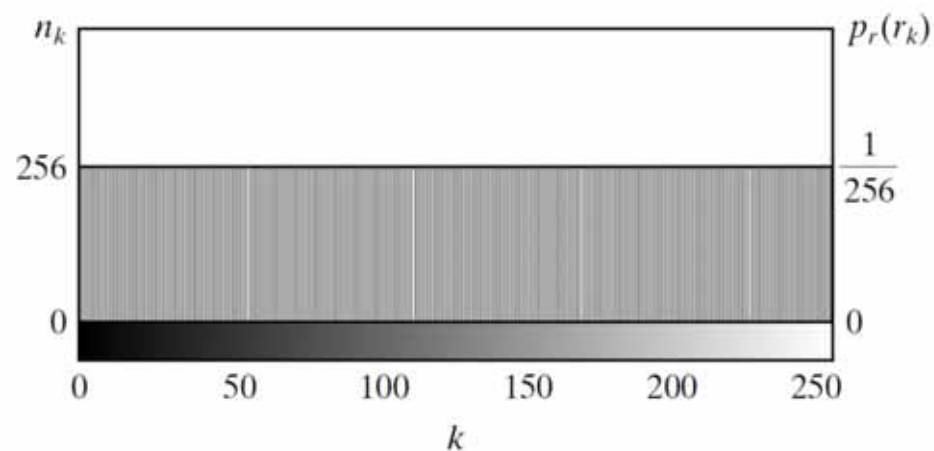
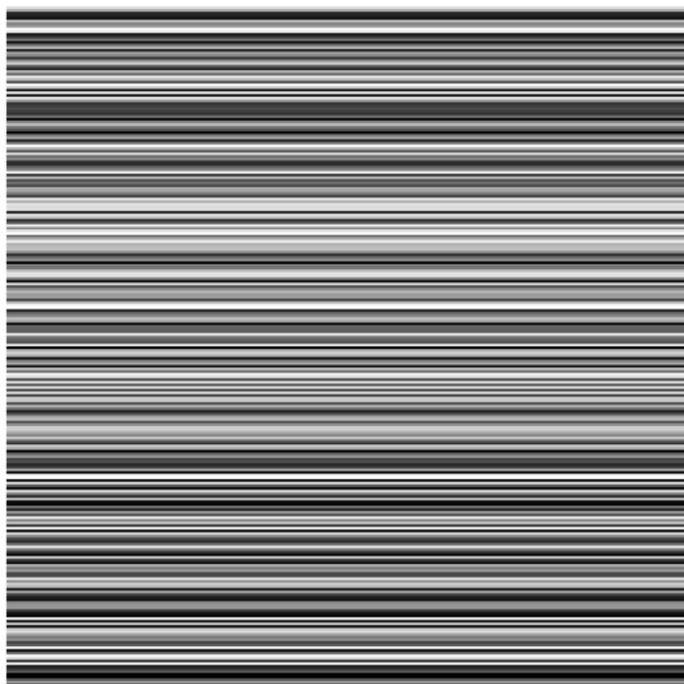
- 灰度直方图不是均匀分布



2. 空间和时间冗余

1. 所有灰度值出现的概率相同

- 没有编码冗余



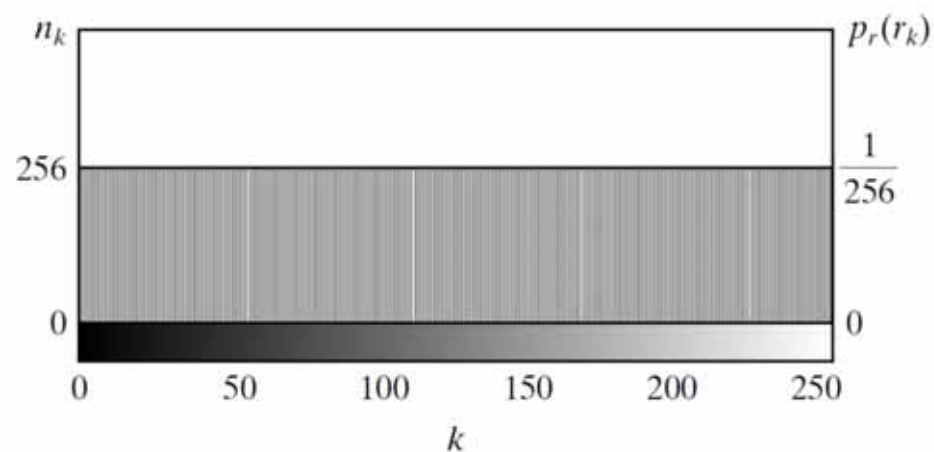
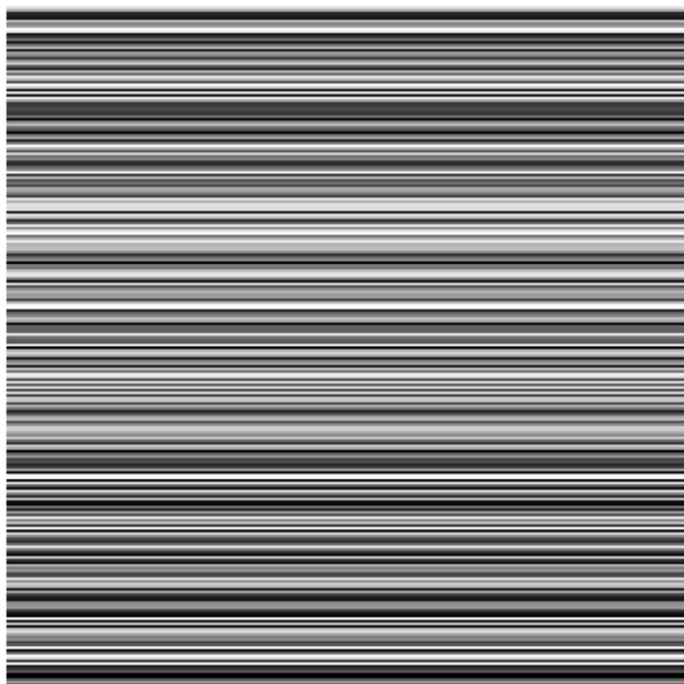
灰度直方图





2. 空间和时间冗余

1. 所有灰度值出现的概率相同
2. 垂直方向的灰度没有任何关联
3. 水平方向的灰度值完全一样



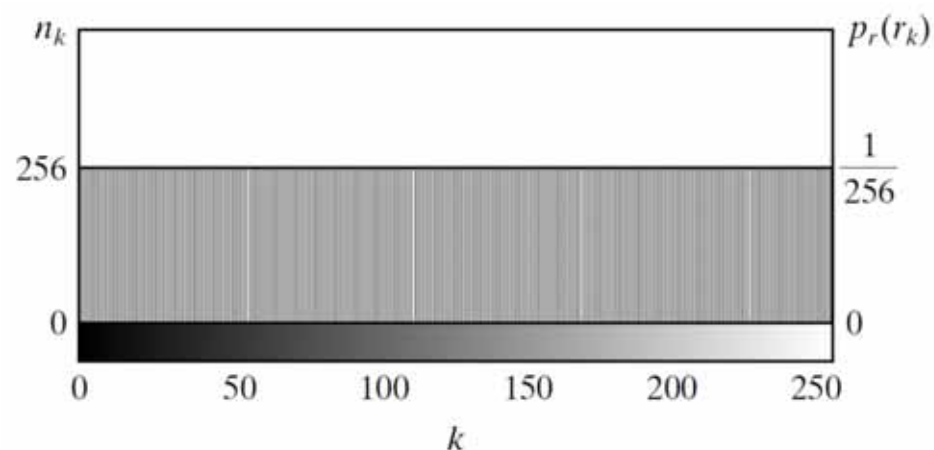
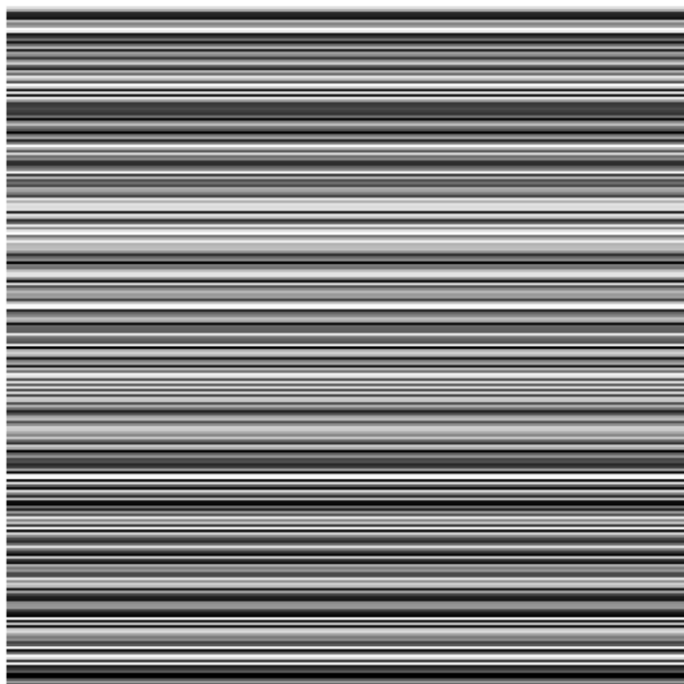
灰度直方图





2. 空间和时间冗余

- 行程对 (run-length pairs)
 - (灰度值, 该灰度连续出现的次数)
 - 压缩比 $\frac{256 \times 256 \times 8}{(256 + 256) \times 8} = \frac{128}{1}$



灰度直方图





2. 空间和时间冗余

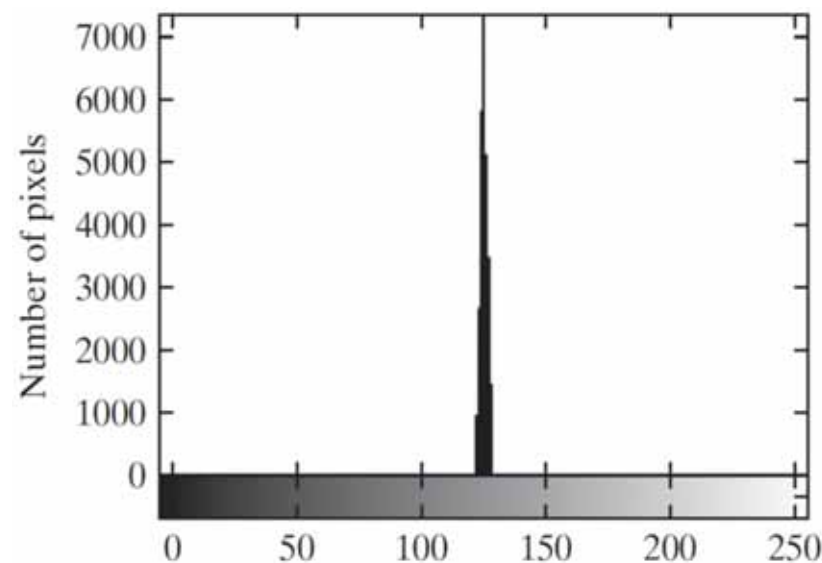
- 图像中的像素往往是空间和时间相关的
 - 可以通过邻近像素预测该像素的值
- 更加高效但是视觉不可见的表示
 - 行程 (run-length)
 - 相邻像素的灰度差
 - 灰度差值具有规律性
- 映射
 - 可逆映射：可以完美还原
 - 不可逆映射：存在还原误差



3. 不相关的信息



- 不相关的信息
 - 被视觉系统忽略的信息
 - 与图像用途无关的信息



灰度直方图（125到131非零）





3. 不相关的信息

- 不相关的信息
 - 被视觉系统忽略的信息
 - 与图像用途无关的信息



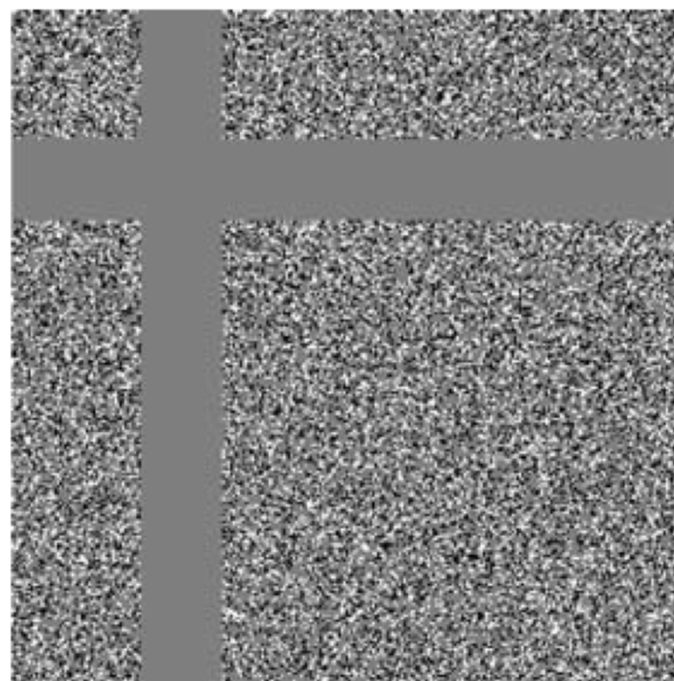
平均灰度值

压缩比 $\frac{256 \times 256 \times 8}{8} = \frac{65536}{1}$



3. 不相关的信息

- 不相关的信息
 - 被视觉系统忽略的信息
 - 与图像用途无关的信息



直方图均衡



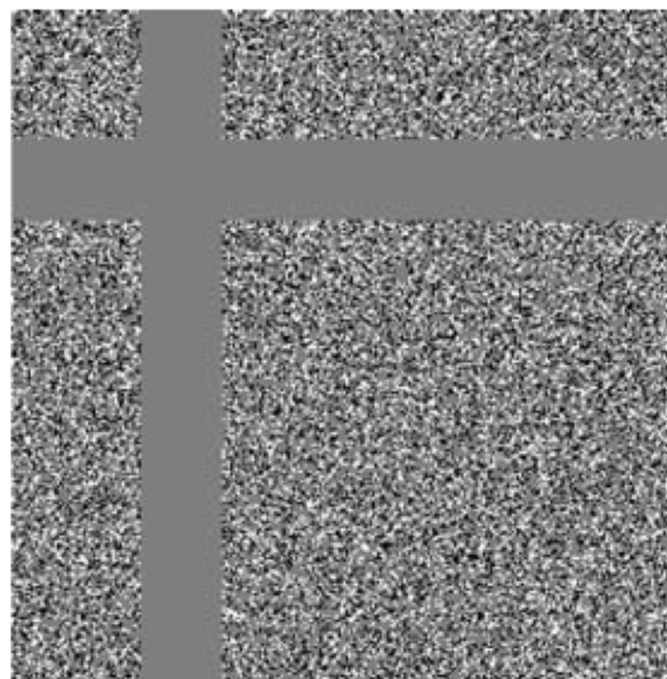
3. 不相关的信息



- 不相关的信息
 - 被视觉系统忽略的信息
 - 与图像用途无关的信息



- 量化 (quantization)
 - 丢失信息
 - 不可逆映射



直方图均衡

