1. 考虑以下一组灰度值及其在图像中出现的频率：

| **灰度值** | **频率** |
| --- | --- |
| 0 | 45 |
| 1 | 35 |
| 2 | 20 |
| 3 | 15 |
| 4 | 15 |
| 5 | 10 |
| 6 | 5 |
| 7 | 5 |

1. 使用霍夫曼编码为这些灰度值构造一棵最优二叉树，写出每个灰度值的霍夫曼编码，并计算使用这种编码方案对应的平均码长。

**霍夫曼编码**:

灰度值 0 的霍夫曼编码是: 11

灰度值 1 的霍夫曼编码是: 01

灰度值 2 的霍夫曼编码是: 100

灰度值 3 的霍夫曼编码是: 000

灰度值 4 的霍夫曼编码是: 001

灰度值 5 的霍夫曼编码是: 1010

灰度值 6 的霍夫曼编码是: 10110

灰度值 7 的霍夫曼编码是: 10111

**总符号数**: 45+35+20+15+15+10+5+5=150

**霍夫曼编码的总码长**: 45\*2+35\*2+20\*3+15\*3+15\*3+10\*4+5\*5+5\*5=400

WPL=400/150=2.67

1. 假设原始图像使用固定长度编码，每个灰度值使用3位二进制数表示，请计算使用霍夫曼编码相比固定长度编码在存储空间上节省了多少比例。

固定长度编码总码长 =150×3=450 位

霍夫曼编码总码长 =150×2.67≈400.5=150×2.67≈400.5 位

节省比例 =(450−400.5)/450≈0.11

简要讨论霍夫曼编码在数字图像压缩中的优势与局限性。

无损压缩：霍夫曼编码是一种无损压缩方法，这意味着压缩后的图像可以完全恢复为原始图像，没有任何信息损失。

根据频率编码：霍夫曼编码根据每个像素值或像素块的出现频率为其分配较短的编码。因此，出现频率较高的像素值或像素块将具有较短的编码长度，从而实现了有效的压缩。

适用于不均匀分布：对于像素值分布不均匀的图像，霍夫曼编码可以更有效地压缩数据，因为出现频率较高的值将被编码为较短的比特序列。

局限性：

计算复杂性：创建霍夫曼编码需要首先统计图像中每个像素值或像素块的出现频率，然后构建霍夫曼树。这一过程可能涉及大量的计算，特别是对于大型图像。

需要额外的字典或表：为了解码压缩的数据，接收端或解码器需要访问霍夫曼编码表或树。这意味着在传输或存储压缩图像时，需要额外的空间来存储这些编码信息。

可能不是最佳选择：对于一些特定类型的图像，如连续变化或没有明显重复模式的图像，霍夫曼编码可能不是最佳的压缩方法。在这些情况下，其他技术或编码方法（如变换编码、预测编码等）可能会更有效。