1. (1) 是否能用变长编码法压缩一幅已直方图均衡化的具有 2^n 级灰度的图像？ (2) 这样的图像中包含像素间冗余吗？

(1)

能使用变长编码法压缩，但压缩效率很低，可能无法实现有效压缩。

对于具有 2^n 级灰度的图像，利用直方图均衡化后，每个灰度级的概率理论上接近 $\frac{1}{2^n}$， 即近似均匀，每个灰度级的概率差异很小。此时，变长编码会退化为接近固定长度编码。理论上，平均码长接近 n 位/像素，压缩比约为 1:1（即无压缩）。

(2)

是的，这样的图像中仍然包含像素间冗余。

像素间冗余是指图像中像素值之间的相关性导致的冗余。直方图均衡化仅改变图像的灰度值分布（即调整单个像素的灰度，使直方图均匀化），但它不改变像素之间的空间关系或相关性，图像内容（如自然场景）的固有空间冗余（如自相似性或局部平滑性）并未被破坏。

2、 (1) 对一个具有3个符号的信源，有多少唯一的Huffman码？ (2)构造这些码。

(1)

- 当符号的概率相等时，存在 3个唯一的Huffman码;
- 当最小概率唯一且次小概率有并列时，有2种;
- 当最大概率唯一，且次大概率有并列时，有1种;
- 当所有概率互异时，有1种。

(2)

设信源符号为 A, B, C

1. $p(A) = p(B) = p(C)$
   Huffman 树有如下三种

```
     root
    /    \
   *      C
  / \
 A   B

     root
    /    \
   *      B
  / \
 A   C

     root
    /    \
   *      A
  / \
 B   C
```

示例编码有三种: `A: 00, B: 01, C: 1`, `A: 00, B: 1, C: 01`, `A: 1, B: 00, C: 01`.

2. $p(A) > p(B) = p(C)$

   Huffman 树结构如下:

```
     root
    /    \
  A       *
         / \
        B   C
```

   示例编码为: `A: 0, B: 10, C: 11`.

3. $p(A) < p(B) = p(C)$

   Huffman 树有如下两种

```
      root
     /    \
    *      C
   / \
  A   B

      root
     /    \
    *      B
   / \
  A   C
```

示例编码有两种: `A: 00, B: 01, C: 1`, `A: 00, B: 1, C: 01`

4. $p(A) < p(B) < p(C)$ (三种符号概率不同，不妨设 A 最小， C 最大)
   Huffman 树结构如下:

```
      root
     /    \
   A       *
          / \
         B   C
```

   示例编码为: `A: 0, B: 10, C: 11`.

3、 已知符号a,e,i,o,u,?的出现概率分别是0.2，0.3，0.1，0.2，0.1， 0.1，对0.23355进行解码，解码长度为6。

Huffman 树结构如下:

```
           *
         /   \
       *       *
     /   \   /   \
    o     *  e     *
         / \      / \
        i   u    ?   a
```

最终编码如下:

符号	编码
o	00
i	010
u	011
e	10
?	110
a	111

将 0.23355 转为二进制小数，前 14 位为：

```
0.23355 ≈ 0.00111011111001...
```

即二进制前缀：**0001110111110010...**

从 `0001110111110010...` 开始：

1. `00` → o
2. `011` → u
3. `10` → e
4. `111` → a

5. `110` → ?
6. `010` → i

所以：

解码结果为：o u e a ? i
