

习题：

已知图像大小为 64×64 ，有 8 个灰度级，灰度分布直方图为：

r_k : 0 1/7 2/7 3/7 4/7 5/7 6/7 1

n_k : 790 1023 850 656 329 245 122 81

试计算：（1）概率密度函数（PDF）；

（2）累积分布函数（CDF）；

（3）直方图均衡化变换函数（GST）；

（4）均衡化后的直方图。

参考第三章的 PPT：

数字图像下的直方图均衡化步骤：

1) 概率： $p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN}$, $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$

2) 累积分布函数：

$$P(r_k) = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{MN}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

3) 变换函数：

$$s_k = T(r_k) = (L-1) \cdot \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{MN}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

4) 将 s_k “四舍五入”转换为标准灰度级别，如果有相同的 $\lceil s_k \rceil$ ，则合并。

（1）根据式（1）得

$$\Pr(0) = 0.19$$

$$\Pr(1/7) = 0.25$$

$$\Pr(2/7) = 0.21$$

$$\Pr(3/7) = 0.16$$

$$\Pr(4/7) = 0.08$$

$$\Pr(5/7) = 0.06$$

$$\Pr(6/7) = 0.03$$

$$\Pr(1) = 0.02$$

（2）根据式（2）得

$$P(0) = 0.19$$

$$P(1/7) = 0.44$$

$$P(2/7) = 0.65$$

$$P(3/7) = 0.81$$

$$P(4/7) = 0.89$$

$$P(5/7) = 0.95$$

$$P(6/7) = 0.98$$

$$P(1) = 1$$

(3) 根据式 (3) 得

$$S_0 = 1.33$$

$$S_1 = 3.08$$

$$S_2 = 4.55$$

$$S_3 = 5.67$$

$$S_4 = 6.23$$

$$S_5 = 6.65$$

$$S_6 = 6.86$$

$$S_7 = 7$$

将求到的 s_k 四舍五入得

$$S_0 = 1$$

$$S_1 = 3$$

$$S_2 = 5$$

$$S_3 = 6$$

$$S_4 = 6$$

$$S_5 = 7$$

$$S_6 = 7$$

$$S_7 = 7$$

(4) 图像有 8 个灰度级, 对 s_k 以 $1/7$ 为量化单位进行量化后, 计算 $p_s(s_k)$:

$$p_s(1/7) = 0.19$$

$$p_s(3/7) = 0.25$$

$$p_s(5/7) = 0.21$$

$$p_s(6/7) = 0.16 + 0.08 = 0.24$$

$$p_s(1) = 0.06 + 0.03 + 0.02 = 0.11$$

均衡化后的直方图

