

## 实验二 直方图均衡

### 一、实验目的

1. 理解灰度直方图的概念和意义；
2. 理解直方图均衡的目的——提高图象的对比度；
3. 学习用直方图研究图象；
4. 掌握灰度直方图统计的方法；
5. 掌握直方图均衡的基本方法。

### 二、实验原理

灰度直方图是图象最基本的统计特征，反映了图象中每种灰度出现的相对频率，若一幅图象的灰度直方图表现为均匀分布，说明这幅图象其像素占有全部可能的灰度级并且分布均匀，这就是一幅高对比度的图象，灰度级丰富且动态范围大。直方图均衡就是把给定图象转变为具有均匀分布直方图的新图象，达到提高图象对比度的目的。

直方图均衡化处理是以累积分布函数变换法为基础的直方图修正法。设  $r$  代表连续图象中像素灰度级，作归一化处理后（直方图的归一化是一个可选项，若不需要特殊处理可以不进行此项操作）， $r$  将被限定在  $[0, 1]$  之内（ $r=0$  代表黑， $r=1$  代表白）。对  $[0, 1]$  区间内的任一个  $r$  值进行如下变换：

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(\omega) d\omega \quad (3-1)$$

式中： $\omega$  是积分变量，而  $\int_0^r p_r(\omega) d\omega$  就是  $r$  的累积分布函数（CDF）。通过上述变换，每个原始图象的像素灰度值  $r$  都对应产生一个  $s$  值。对式中的  $r$  求导，则：

$$\frac{ds}{dr} = \frac{d}{dr} \left[ \int_0^r p_r(\omega) d\omega \right] = p_r(r) \quad (3-2)$$

由此可以得到：

$$\begin{aligned} p_s(s) &= \left[ p_r(r) \cdot \frac{dr}{ds} \right]_{r=T^{-1}(s)} = \left[ p_r(r) \cdot \frac{1}{ds/dr} \right]_{r=T^{-1}(s)} \\ &= \left[ p_r(r) \cdot \frac{1}{p_r(r)} \right] = 1 \end{aligned} \quad (3-3)$$

由上面的推导可见，在变换后，变量  $s$  的定义域内的概率密度是均匀分布的。因此，用  $r$  的累积分布函数作为变换函数，可产生一幅具有均匀分布直方图（灰度级分布具有均匀概率密度）的图象。其结果扩展了象素取值的动态范围，提高了图象的对比度。

当灰度级是离散值时，可用频数近似代替概率值，即：

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad 0 \leq r_k \leq 1 \quad k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (3-4)$$

式中： $L$  是灰度级的总数目， $n_k$  是图象中出现第  $k$  级灰度的次数， $n$  是图象中象素总数。

式(3-1)的离散形式可表示为：

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \quad 0 \leq r_j \leq 1 \quad k = 0, 1, \dots, L-1 \quad (3-5)$$

因此，已处理图象（即输出图象）通过式（3—5）将输入图象中灰度级为  $r_k$  的各象素映射到输出图象中灰度级为  $s_k$  的对应象素得到。

### 三、 实验内容

1. 编程绘制给定图象的灰度直方图；
2. 编程实现给定图象的直方图均衡，得到均衡后的新图象；
3. 比较均衡前后的两幅图象以及各自的灰度直方图，分析讨论直方图均衡提高图象对比度的效果；
4. 查阅 MATLAB 中的函数，看哪个函数可以完成图像直方图的统计及直方图均衡功能，比较自己编写的函数运行结果是否和调用 MATLAB 中的函数结果相同。将两种方法结果显示出来并比较。
5. 尝试局部直方图均衡（建议采用  $8 \times 8$  邻域），观察对局部细节的增强效果。

### 四、 实验步骤

1. 编写灰度级计数的子程序，创建指定的图象对象的直方图数据；
2. 显示灰度直方图；
3. 编写计算灰度映射表的子程序：
  - （1）按照式（3—5）计算累积分布函数；
  - （2）取整量化： $s_k = \text{int}[s_k \times (L-1) + 0.5]$ ， $s_k$  是均衡处理后的各灰度级；
  - （3）建立灰度映射表  $f(r_k) = s_k \quad k = 0, 1, \dots, L-1$ ；

4. 生成目标文件——新图象。

## 五、 思考题

1. 为什么数字图象通过直方图均衡不能得到理想的均匀分布的直方图?
2. 若要图象具有某种规定化的直方图,应采用什么方法,主要有那些步骤?