



# 实验2：图像基本运算与直方图均衡化

## 实验目标

- (1) 掌握数字图像的基本运算方法
- (2) 掌握直方图均衡化的原理和作用
- (3) 掌握以上图像处理实验的python代码实现

## 实验内容：

- (1) 实现单通道图像的直方图计算；
- (2) 实现三通道图像的直方图计算；
- (3) 实现灰度图像的直方图均衡化代码；
- (4) 实现RGB图像的直方图均衡化代码；

## 实验原理介绍

### 1.图像直方图：

图像直方图（Image Histogram）是用以表示数字图像中亮度分布的直方图，标绘了图像中每个亮度值的像素数。这种直方图中，横坐标的左侧为纯黑、较暗的区域，而右侧为较亮、纯白的区域。因此一张较暗图片的直方图中的数据多集中于左侧和中间部分，而整体明亮、只有少量阴影的图像则相反。CV 领域常借助图像直方图来实现图像的二值化。

直方图的意义如下：

- 直方图是图像中像素强度分布的图形表达方式。
- 它统计了每一个强度值所具有的像素个数。

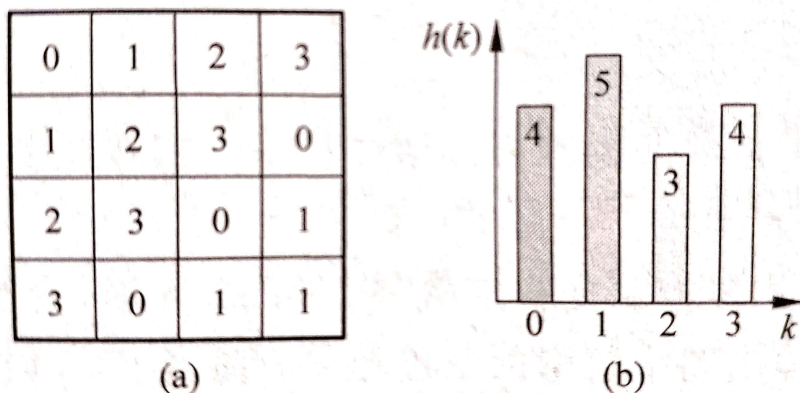


图 1 图像及其直方图示意图

## 2.直方图均衡化：

直方图均衡化(Histogram Equalization)是一种增强图像对比度(Image Contrast)和亮度的方法。

使图像原本分布集中的像素值，均衡的分布到所有可取值的范围，这样，图像就既有明亮也有灰暗，对比度和亮度就得到了改善。直方图均衡化虽然只是数字图像处理(Digital Image Processing)里面的基本方法，但是其作用很强大，是一种很经典的算法。

### 直方图均衡化与对比度增强

下面给出图像对比度增强的一个例子，图1 是一张汽车图片，图片是一张338 \* 600的灰度图。可以看出汽车与背景都是雾蒙蒙的看不清楚，整张图片偏暗，并且汽车与背景(地面、房屋)区别不是很明显。将其直方图绘制出来之后得到，可以看出其灰度绝大多数分布在100~180之间，而直方图均衡化要做的就是让直方图尽可能地均匀分布在0~255内。



图 2 原图

经过直方图均衡化之后，如图3所示



图3直方图均衡化效果图

可以看出汽车“锃亮”了许多，车身变得很清晰，背景房屋的纹理也显现了出来，总之图像质量不再是灰蒙蒙的了。同时，观察其直方图（图3）也可以看出，直方图的分布在0~255近似均匀了

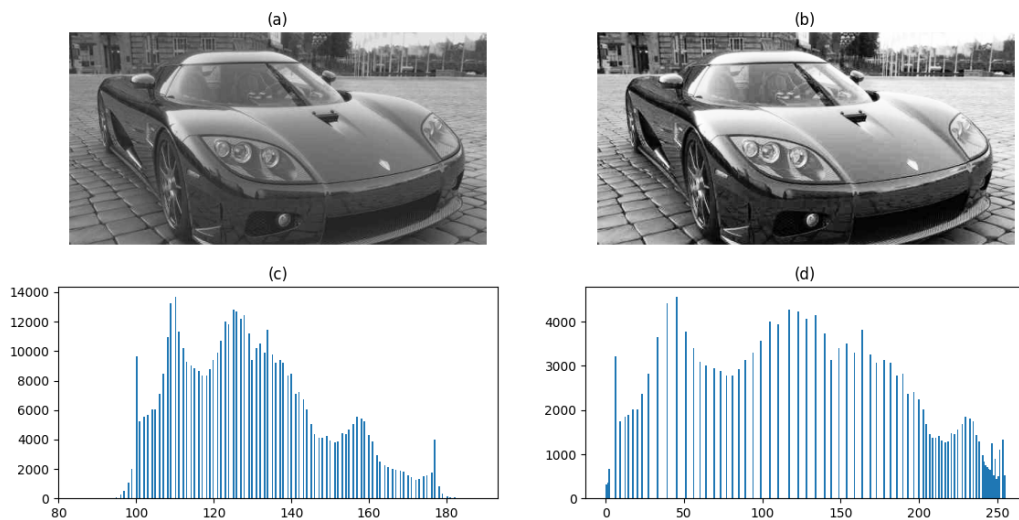


图4

### 3.全局直方图均衡化原理

这里介绍直方图均衡化(Histogram Equalization)的基本原理。假设我们现在有一个图像A，其直方图分布  $H_A(D)$ ，我们想利用一个单调非线性映射  $f: R \rightarrow R$ ，将图像A变为图像B，即对图像A中每个像素点施加  $f$  变换，图像B的直方图分布为  $H_B(D)$ 。整个过程可以按照Figure 5的图示来说明：图中右下方是A图像的灰度直方图分布(便于画图，这里画作连续分布)，图中右上方是单调非线性变换函数  $f$ ，左上方式得到的图像B的直方图分布，其中有  $D_B = f(D_A)$ ， $D_B + \Delta D_B = f(D_A + \Delta D_A)$ 。即可以理解  $f$  的作用是将A图像里面像素点灰度为

$$D_A \text{ 的全部变为 } D_B, \text{ 那么则有: } \int_{D_A}^{D_A + \Delta D_A} H_A(D) dD = \int_{D_B}^{D_B + \Delta D_B} H_B(D) dD$$

上面公式可以理解为对应区间内像素点总数不变。为了实现直方图均衡化，特殊地有：

$$\int_0^{D_A} H_A(D) dD = \int_0^{D_B} H_B(D) dD$$

因为目标是直方图均匀分布，那么理想的  $H_B(D) = \frac{A_0}{L}$ ， $A_0$  是像素点个数， $L$  是灰度级深度，通常取256。那么得到：

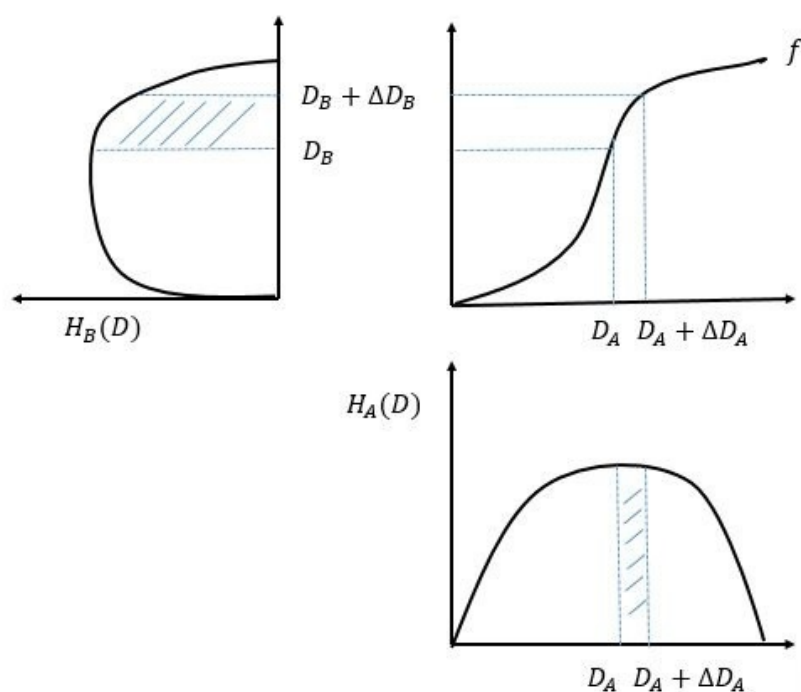
$$\int_0^{D_A} H_A(D) dD = \frac{A_0 D_B}{L} = \frac{A_0 f(D_A)}{L}$$

那么， $f$  就可以求出来了，结果为：

$$f(D_A) = \frac{L}{A_0} \int_0^{D_A} H_A(D) dD$$

离散形式为：

$$f(D_A) = \frac{L}{A_0} \sum_{u=0}^{D_A} H_A(u)$$



#### 4.python代码实现：

#### 5. 全局直方图均衡化分析

如果一幅图像整体偏暗或者偏亮，那么直方图均衡化的方法很适用。但直方图均衡化是一种全局处理方式，它对处理的数据不加选择，可能会增加背景干扰信息的对比度并且降低有用信号的对比度（如果图像某些区域对比度很好，而另一些区域对比度不好，那采用直方图均衡化就不一定适用）。此外，均衡化后图像的灰度级减少，某些细节将会消失；某些图像（如直方图有高峰），经过均衡化后对比度不自然的过分增强。针对直方图均衡化的缺点，已经有局部的直方图均衡化方法出现。