

# 数字图像处理 第四次作业

王浩宇 无 82 2018010389

1. 对所给图像进行直方图均衡化，并画出均衡化前后图像及其直方图的变化。  
在本题中，给出的图像及其灰度图如下所示：

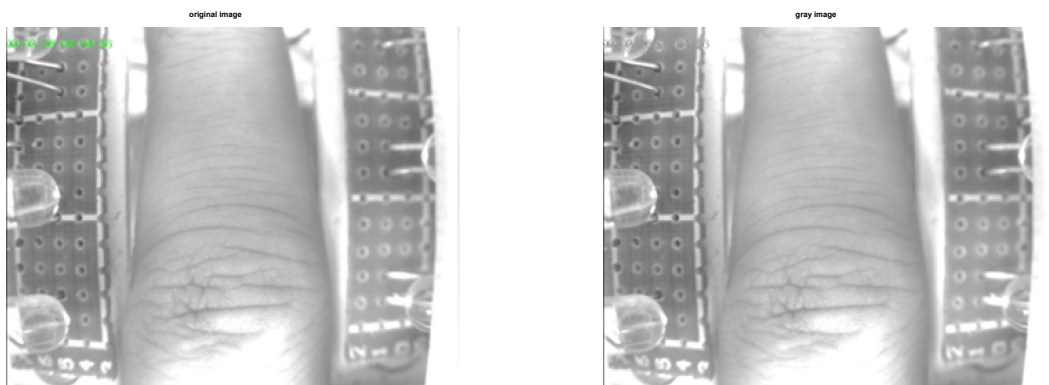


图 1 原图与其灰度图

由上图可知，原图与灰度图相比几乎没有区别，唯一的区别在于原图图像左上方绿色时间变成了灰度图中的灰白颜色时间。因此为保持原图的基本颜色，可以直接利用灰度图进行相应的直方图变换。具体变换过程如下所示：

## (1) 直方图均衡化

直方图均衡化的具体流程为：

设置均衡化灰度级 $degree$ ，统计图像的灰度分布直方图，计算灰度的累计分布 CDF，建立灰度映射关系，最终得到直方图均衡化后的图像

在实验过程中，分别设置灰度级 $degree$ 为 256, 128, 64, 32, 16。得到的均衡化后的图像以及灰度统计分布如下所示：

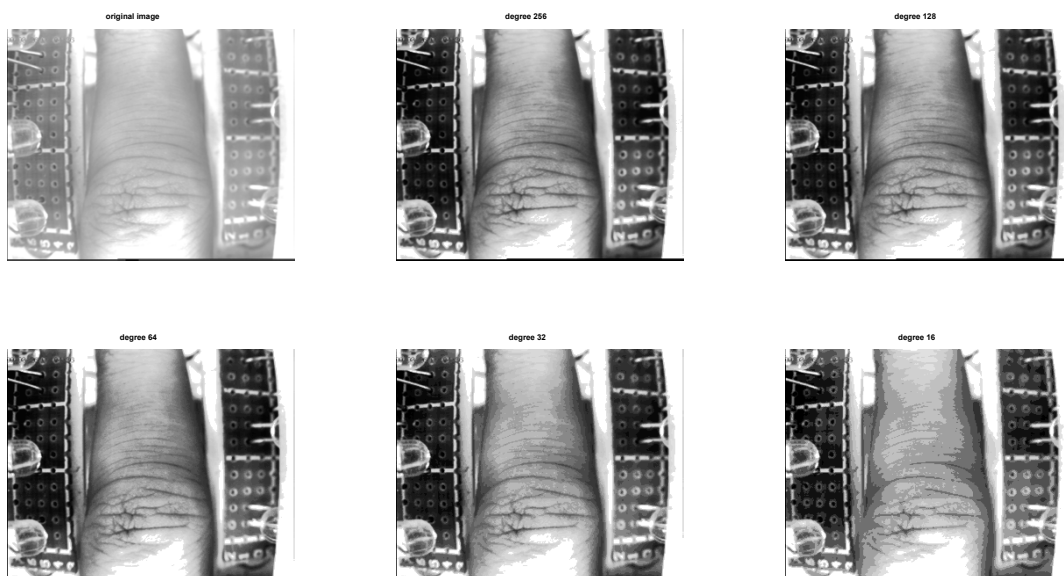


图 2 不同灰度级下直方图均衡化后的结果

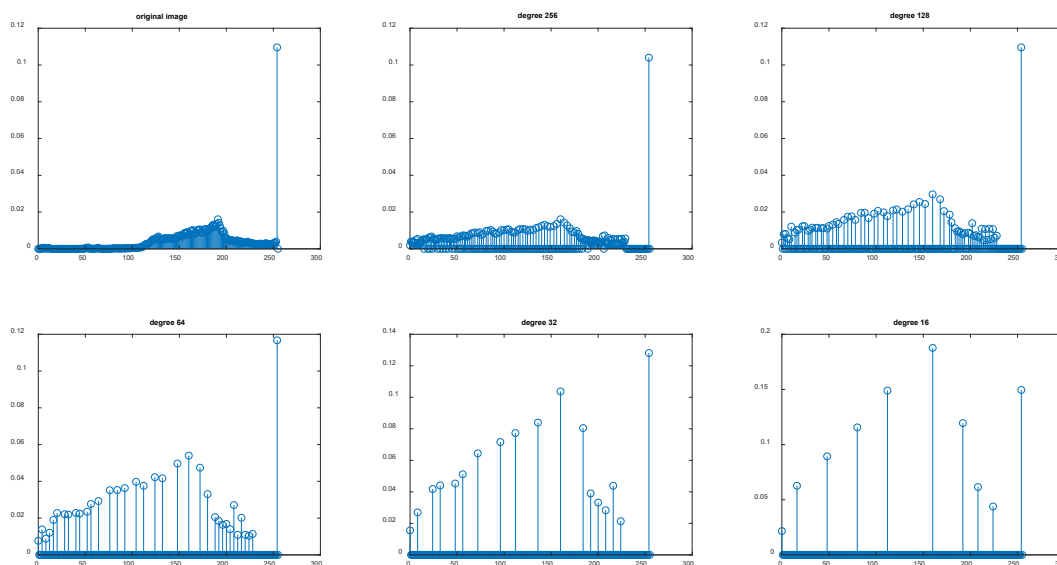


图 3 不同灰度级下变换后图像的灰度分布

由上图可知，原图的灰度直方图分布明显偏右，因此原图亮度整体偏亮。经过直方图均衡化后灰度分布从右偏分布转化向均匀分布发生转化。在灰度级为 256, 128, 64 时，均衡化后的图像的颜色效果以及对比度更强，均衡化效果较好。在灰度级为 32 和 16 时，均衡化后的图像出现了明显的色块，量化噪声比较严重。同时从灰度图像分布也可以看出，随着灰度级减少，直方图越来越稀疏，因此重建后的图像量化误差会越来越大。

## (2) CLAHE 均衡化

在上述过程中，发现均衡化后的图像在局部地区的效果不是很好。以灰度级为 256 的均衡后图像为例：

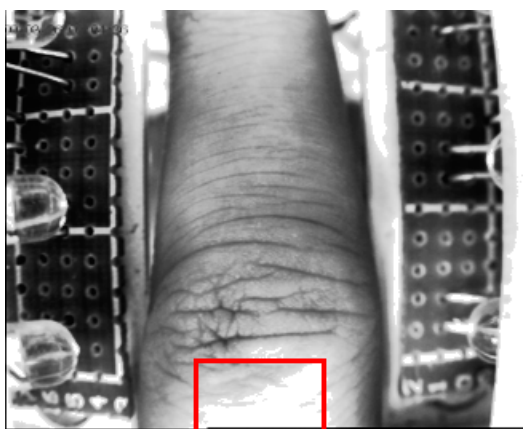


图 4 直方图均衡化后出现的色块

该问题的主要原因是在该区域灰度梯度大，变化很快。因此经过均衡化后，明暗的对比度有所放大，因此造成了该区域的出现边界明显的色块。

基于上述分析，可以采用 CLAHE 算法(自适应直方图变化)来较小直方图均衡化产生的白色色块。和基本的直方图算法(HE)相比，CLAHE 算法先将原图像分割为 $M \times N$ 的小正方形块(tile)，边长为 tile\_size，在每个 tile 内进行直方图均衡操作，然后将每个均衡后的 tile

块拼凑在一起。最后进行双线性插值操作，减少分块操作带来的边界效应。在实验中固定灰度级 $degree$ 为 64。



图 5 不同块大小下 CLAHE 均衡化后的图像

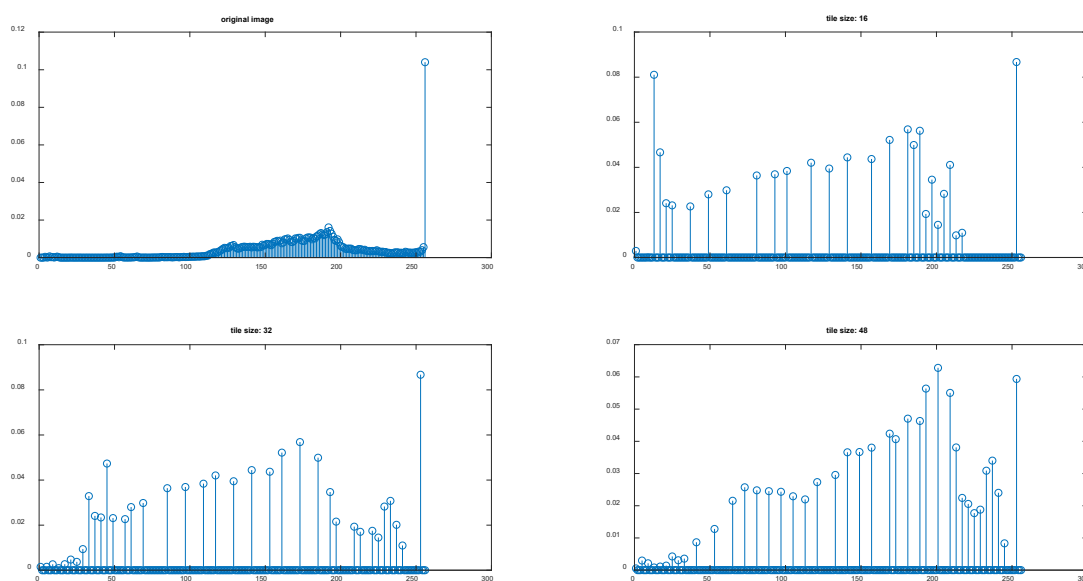


图 6 不同块大小下 CLAHE 均衡化后的灰度分布

由上图可知，在使用了 CLAHE 算法后，色块现象有了一定程度的改善。特别是在块大小为 32 和 48 时，基本上看不到突兀的白色色块，灰度的变化更加平缓。

## 2. 对所给的频谱数值进行对数变换，并比较对数变换前后频谱图的视觉效果变化。

由题意，对频谱图进行对数变换：

$$t = c \cdot \log(1 + s)$$

取  $c = 1$ ，对原图进行上述对数变换。之后对变换后的图像进行归一化显示，具体做法为：

1. 令  $\text{max\_val}$  为变换图像矩阵幅度最大的元素
2. 将图像矩阵除以  $\text{max\_val}$ ，显示图像

结果如下图所示：

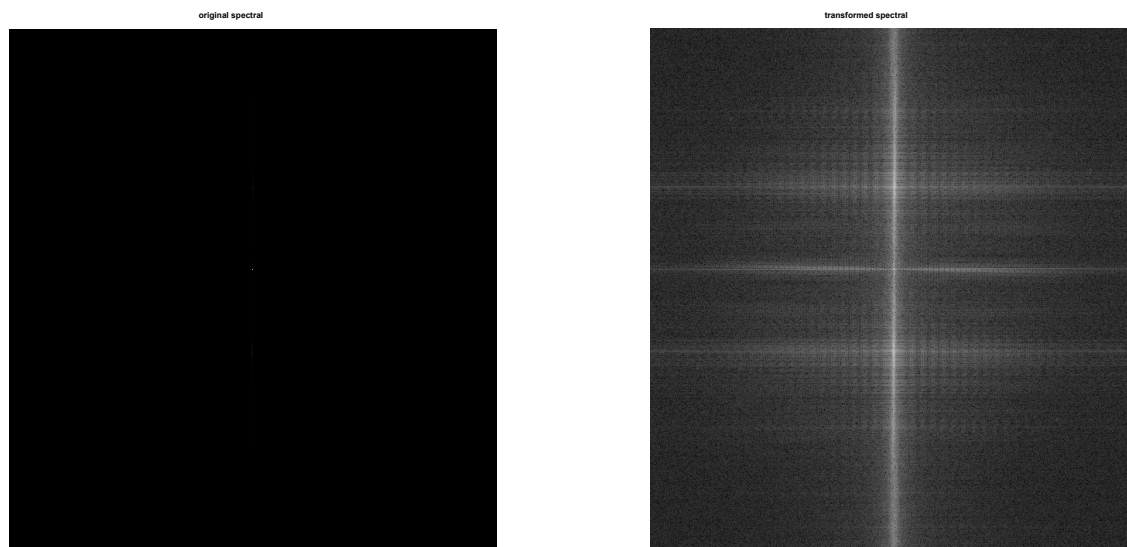


图 7 对数变化前后的频谱图

由上图可知，原频谱图在中心点(低频处)的幅值远大于其他点，因此在原图中只能看到中心处的小亮点，而其他部分完全为黑色，丢失了很多频谱信息。在经过了对其对数变换后，能够看到中心点处的频谱幅值较大，在  $x$  和  $y$  两个轴上的幅值也较大。而在四个象限所代表的高频处幅值较小，因此可以比原图观察到更多的频谱信息。