

# 《计算机视觉（1）》实验报告

## 实验二 使用直方图统计的局部增强

---

实验小组成员 (学号+班级+姓名)	分工及主要完成任务	成绩
201800820149+数据科学+徐潇涵	图像全局直方图统计程序、基于直方图的全局均值及方差计算程序、探讨增强关键参数选择方法、分析参数对增强图像质量的影响规律、实验报告	
201800810253+数据科学+王紫	图像局部直方图统计程序、基于直方图的局部方差及方差计算程序、选择性局部图像增强程序	

山东大学

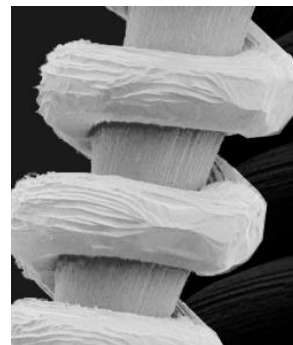
2021 年 3 月

完成《数字图像处理》P87 页例 3.12 的编程实验，编程语言可以选择 Matlab, C, C++, OpenCV, Python 等。如图显示了一根绕在支架上的钨丝的 SEM(扫描电子显微镜)图像。图像中央的钨丝及其支架很清楚并很容易分析。在该图像的右侧即图像的暗侧，有另一根钨丝的结构，但几乎不能察觉到，其大小和特征当然也不容易辨认。通过对比度操作进行局部增强是解决这种图像中包含部分隐含特征问题的理想方法。设计方案可参照教科书中的分析，也可以自行设计新的方案。

实验完成主要任务：

1) 参照教材给出的基于局部直方图统计矩（均值及方差）的亮度及对比度增强方案，编写实现图像全局直方图、局部直方图统计程序、基于直方图的全局均值及方差计算程序、局部方差及方差计算程序、选择性局部图像增强程序；

2) 通过实验，探讨增强关键参数选择方法，包括参数 $E$ ,  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  以及局部区域 $S_{xy}$  大小，分析改变这些参数对增强图像质量的影响规律。



原始图像

原始图像的电子版图像在 Images 文件夹中。实验报告写在如下空白处，页数不限。

# 实验报告

## 一、 实验内容

### 1) 图像全局直方图、局部直方图统计程序：

图像直方图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。灰度级范围为 $[0, L-1]$ 的数字图像的直方图是离散函数 $h(r_k) = n_k$ ，其中 $r_k$ 是第 $k$ 级灰度值， $n_k$ 是图像中灰度为 $r_k$ 的像素个数，在这里，我们使用图像像素的总数除它的每个分量来归一化直方图。

### 2) 基于直方图的全局均值及方差计算程序、局部均值及方差计算程序：

我们采用平均灰度公式 $m = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p(r_i)$ 进行均值的计算，令 $r$ 表示在区间 $[0, L-1]$ 上代表灰度值的一个离散随机变量，并令 $p(r_i)$ 表示对应于 $r_i$ 值的归一化直方图分量。

采用灰度方差表达式 $\sigma_2 = \sum_{i=0}^{L-1} (r_i - m)^2 p(r_i)$ 。

### 3) 选择性局部图像增强程序：

我们的问题是增强暗色区域，同时尽可能保留明亮区域不变。首先要通过局部平均灰度，判断出暗区域；同时因为我们要增强低对比度区域，所以要通过局部与全局标准差的对比来确定选择区域的对比度是否可作为增强的候选点。最后我们还要通过标准差对比来限制能够接受的最低对比度值。当局部区域满足这三个条件，我们就可以通过指定常数 $E$ 对该区域进行增强处理。

### 4) 探讨增强关键参数选择方法，包括参数 $E$ ， $K_0$ ， $K_1$ ， $K_2$ 以及局部区域 $S_{xy}$ 大小，分析改变这些参数对增强图像质量的影响规律。

## 二、 实验步骤

### 1) 图像全局直方图统计、全局均值及方差计算程序

为了更好地理解图片像素、灰度值、呈现矩阵等细节，该实验过程没有采用 numpy 等函数包，而是通过获取图像行列维数，在循环通过指针获取每个坐标点上的像素值，再通过相关公式进行均值与方差的计算。

```

# 全局直方图
def image_hist(img):
    H = img.shape[0]
    W = img.shape[1]
    hr = np.zeros(256) # 原始直方图信息
    pr = np.zeros(256) # 原始图片的概率
    for row in range(H):
        for col in range(W):
            hr[img[row, col]] += 1
    for i in range(256):
        pr[i] = hr[i] / (H * W)
    plt.plot(pr)
    plt.xlim([0, 256])
    plt.show()

# 全局均值及方差计算
def image_a(img):
    img = img.ravel()
    print(img)
    ave=0
    ars=0
    size = img.size
    for i in range(256):
        ave += i*pr[i]
    for i in range(256):
        ars += (i-ave)*(i-ave)*pr[i]
    return ave, ars

```

## 2) 图像局部直方图统计、局部均值及方差计算程序

我们以图像中每个像素的领域中的灰度分布为基础设计变换函数，并得到各领域中的灰度值直方图与对应的局部均值与方差。

```

# 获取局部均值和方差
def part_function(image, size):
    pad = floor(size/2) # 原图片需要填充的区域
    new_image = np.pad(image, ((pad, pad), (pad, pad)), 'constant') # 填充后的新图片
    sigma = np.zeros(image.shape) # 储存局部方差
    mean = np.zeros(image.shape) # 储存局部均值
    h = image.shape[0]
    w = image.shape[1]
    for i in range(abs(h)):
        for j in range(abs(w)):
            sub_domain = new_image[i:i + 2 * pad, j: j + 2 * pad]
            # 局部直方图
            # image_hist(sub_domain)
            element = np.array(sub_domain.flatten()) # 邻域内所有元素
            local_mean = np.mean(element) # 局部均值
            mean[i, j] = local_mean
            # sigma[i, j] = sum((element - local_mean) ** 2) / (size ** 2) # 局部方差
            sigma[i, j] = sqrt(np.var(element))
    return sigma, mean

```

## 3) 选择性局部图像增强程序

第一步，通过  $m_s \leq k_0 m_G$  判断暗色区域，其中  $m_s$  为局部平均灰度， $m_G$  为全局平均灰度， $k_0$  是一个值小于 1 的正常数。

第二步，通过  $\sigma_s \leq k_2 \sigma_G$  判断低对比度区域，其中  $\sigma_s$  为局部标准差， $\sigma_G$  为全局标准差， $k_2$  为正常数，增强暗区时，小于 1。

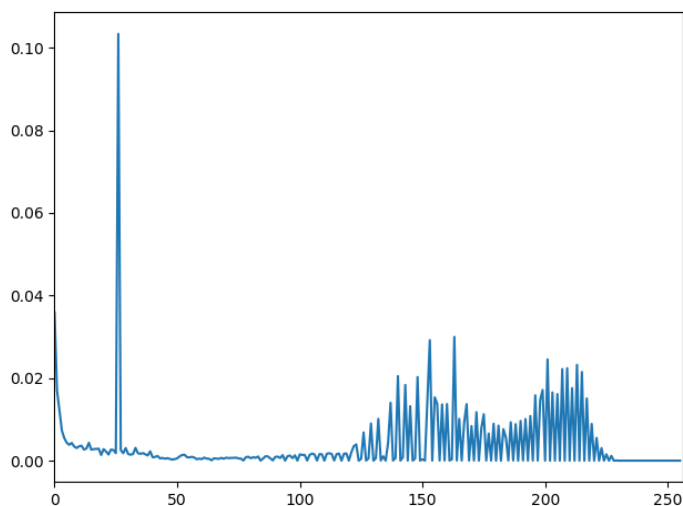
第三步，限制能够接受的最低对比度值， $k_1 \sigma_s \leq \sigma_G$ ， $k_1 < k_2$ 。

第四步，对通过上述三步条件判断的区域进行局部增强。

```
# 图片增强
def strengthen(m_g, s_g, mean, sigma, image, E, k_0, k_1, k_2):
    h = image.shape[0]
    w = image.shape[1]
    for i in range(abs(h)):
        for j in range(abs(w)):
            if mean[i, j] <= k_0 * m_g:
                if sigma[i, j] <= k_2 * s_g and sigma[i, j] >= k_1 * s_g:
                    image[i, j] = E * image[i, j]
    return image
```

### 三、 实验结果

#### 1) 图像全局直方图、全局均值及方差



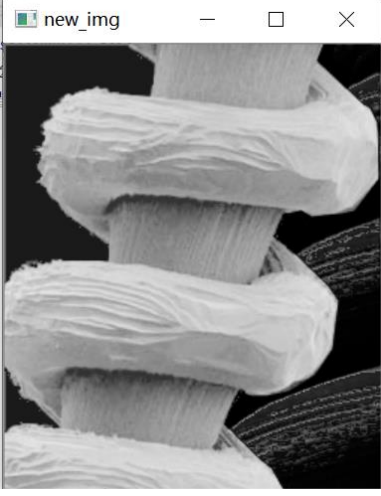






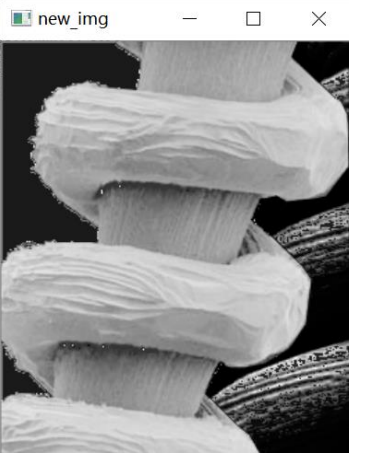

全局均值: 128.11141738574622 全局方差 5671.911883066122

#### 2) 图像局部直方图、局部均值及方差

局部均值: [[ 6.5 13. 13. ... 3. 2.5 1.5 ]  
 [ 13. 26. 26. ... 6.25 4.75 2.5 ]  
 [ 13. 26. 26. ... 6. 3.5 1.25]  
 ...  
 [ 96.5 188.75 178.75 ... 0. 0. 0. ]  
 [100.5 200.75 196.75 ... 0. 0. 0. ]  
 [ 91.75 187.25 192. ... 0. 0. 0. ]]

局部方差 [[ 11.25833025 13. 13. ... 3. 2.59807621  
 1.6583124 ]  
 [ 13. 0. 0. ... 0.4330127 1.29903811  
 1.11803399]  
 [ 13. 0. 0. ... 1.22474487 1.80277564  
 1.08972474]  
 ...  
 [ 96.75872054 10.63896142 9.80752262 ... 0. 0.  
 0. ]  
 [100.50994976 4.81534007 11.54068889 ... 0. 0.  
 0. ]  
 [ 92.40231328 16.19220491 15.06651917 ... 0. 0.  
 0. ]]

### 3) 选择性局部图像增强

$S_{xy} = 3 \ E = 4, k_0 = 0.2$ $k_1 = 0.02, k_2 = 0.2$	$S_{xy} = 3 \ E = 4, k_0 = 0.3$ $k_1 = 0.02, k_2 = 0.3$	$S_{xy} = 3 \ E = 4, k_0 = 0.4$ $k_1 = 0.02, k_2 = 0.4$
		
$S_{xy} = 3 \ E = 4, k_0 = 0.5$ $k_1 = 0.02, k_2 = 0.5$	$S_{xy} = 3 \ E = 4, k_0 = 0.3$ $k_1 = 0.02, k_2 = 0.5$	$S_{xy} = 3 \ E = 5, k_0 = 0.5$ $k_1 = 0.02, k_2 = 0.5$
		
$S_{xy} = 3 \ E = 5, k_0 = 0.3$ $k_1 = 0.02, k_2 = 0.3$	$S_{xy} = 3 \ E = 5, k_0 = 0.4$ $k_1 = 0.02, k_2 = 0.4$	$S_{xy} = 3 \ E = 5, k_0 = 0.6$ $k_1 = 0.02, k_2 = 0.6$
		

对于关键参数 $E$ ,  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ 以及局部区域 $S_{xy}$ 大小的选择, 通过不停的尝试得出以下改变参数对增强图像质量的影响规律。

对于 $S_{xy}$ 来说, 局部大小的选择, 越小图像处理越显细腻, 但过小又容易导致选择到明亮区域内的一些暗部, 以及区域内对比度难以评判的问题, 最终敲定值为 3。

对于 $E$ 来说, 数值越大图像选择到的暗部增亮越明显, 在相同 $E$ 值下,  $K_0$ 越大会使暗部的增强效果越好, 但过大又容易选择到亮部的稍暗区域,  $K_2$ 也是相同的道理, 所以最终在 $E=4$ 或 5 的情况下,  $K_0$ 与 $K_2$ 在 0.5 左右浮动都可取到较好的增强效果。