

# 实验报告

## 一、 实验内容：

- a) 复现论文“SLIC Superpixels Compared to State-of-the-art Superpixel Methods”，使用 c++，并分析实验结果，学习使用数字图像处理技术中的经典超像素生成方法。

## 二、 实验原理：

- a) SLIC 原理：
  - i. 在原始图像按步长  $s$ ，均匀地生成聚类中心
  - ii. 将聚类中心移动至八邻域范围内梯度最小处，以防止聚类中心正好落在图像边缘
  - iii. 用类似 k-均值算法的方式迭代形成“聚类”，不同在于，对于每个点，只在其周围  $2S \times 2S$  的区域内寻找最近的聚类中心，从而降低了时间复杂度
  - iv. 在 CIE-LAB 空间内计算颜色距离，用常数  $m$  替代最大颜色距离，从而可以通过控制  $m$  的大小分配生成超像素时，空间相似度与颜色相似度的权重

$$D' = \sqrt{\left(\frac{d_c}{m}\right)^2 + \left(\frac{d_s}{S}\right)^2}, \quad (2)$$

**Algorithm 1.** SLIC superpixel segmentation

*/\* Initialization \*/*

Initialize cluster centers  $C_k = [l_k, a_k, b_k, x_k, y_k]^T$  by sampling pixels at regular grid steps  $S$ .

Move cluster centers to the lowest gradient position in a  $3 \times 3$  neighborhood.

Set label  $l(i) = -1$  for each pixel  $i$ .

Set distance  $d(i) = \infty$  for each pixel  $i$ .

**repeat**

*/\* Assignment \*/*

**for** each cluster center  $C_k$  **do**

**for** each pixel  $i$  in a  $2S \times 2S$  region around  $C_k$  **do**

        Compute the distance  $D$  between  $C_k$  and  $i$ .

**if**  $D < d(i)$  **then**

            set  $d(i) = D$

            set  $l(i) = k$

**end if**

**end for**

**end for**

*/\* Update \*/*

    Compute new cluster centers.

    Compute residual error  $E$ .

**until**  $E \leq \text{threshold}$

b) 实现方法：

- i. 采用 opencv 读取图像为 cv::Mat 格式
- ii. 创建 pixlab 作为保存每一个像素信息的数据结构，将 rgb 形式的图像转换为 cie-lab 形式
- iii. 建立二维数组类 pixmat，将图像转换为一个 pixmat 实例
- iv. init\_slic 用于初始化，均匀地在 pixmat 上按步长  $s$  生成“聚类中心”；div\_slic 用于将图像上的各个像素划分到最近的

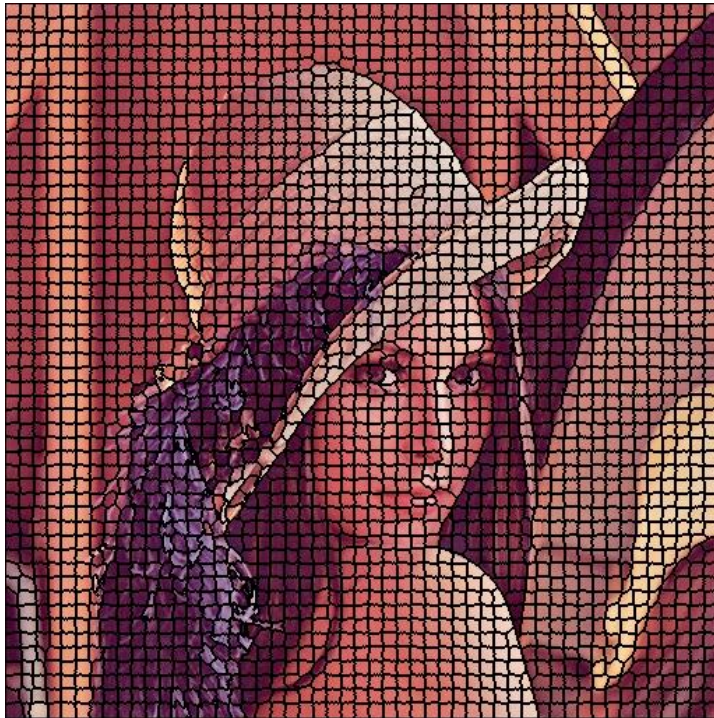
“聚类中心”所代表的超像素中，对于每个像素点  $(x, y)$ ，只搜索从  $(x-s, y-s)$ ， $(x-s, y+s)$ ， $(x+s, y-s)$ ， $(x+s, y+s)$  这样四个点围成的正方形区域内的中心点；  
setcent\_slic 用于计算重新划分后的各超像素的中心，将中心映射到图像的空间平面上，并以所有中心的变化量（新旧中心的空间距离与颜色距离）作为误差返回。

c) 时间复杂度：

每次迭代的时间复杂度为  $w \cdot h \cdot s \cdot s$ ，其中  $w$ 、 $h$  为图像的长宽， $s$  为步长。由于每个像素点每次归类只在  $s \cdot s$  中寻找中心，大大降低了超像素生成算法的时间复杂度。

### 三、 实验结果：

a) 将替代最大颜色距离的  $m$  设为 40，步长  $s$  设为 10:



b) 将替代最大颜色距离的  $m$  设为 40，步长  $s$  设为 20:

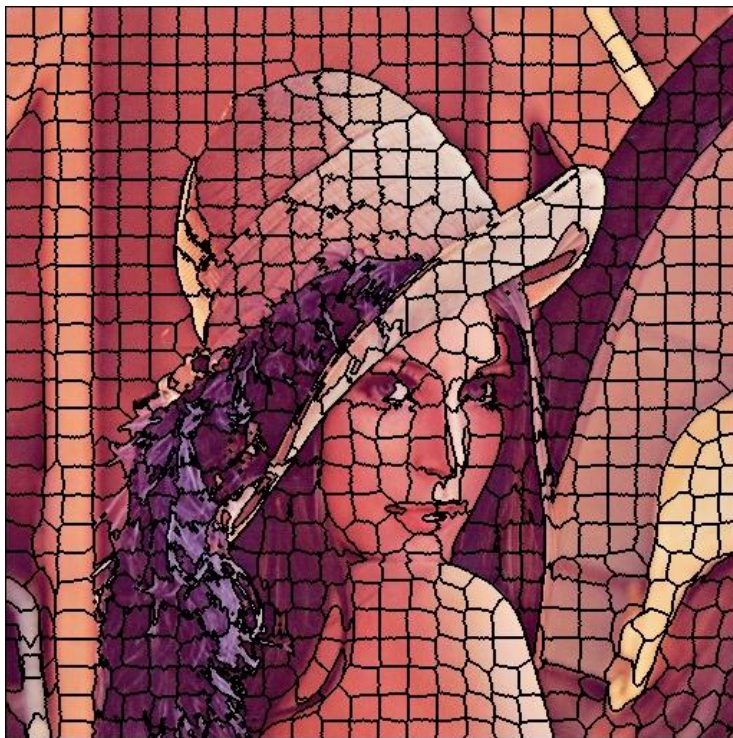




c) 将替代最大颜色距离的  $m$  设为 40, 步长  $s$  设为 40:



d) 将替代最大颜色距离的  $m$  设为 20, 步长  $s$  设为 20:





e) 将替代最大颜色距离的  $m$  设为 10, 步长  $s$  设为 20:



f) 将替代最大颜色距离的  $m$  设为 1, 步长  $s$  设为 10:



g) 原始图像:



#### 四、 实验分析：

- a) 步长  $s$  决定了 SLIC 生成的超像素大小。以较小的步长  $s$  生成的超像素能够更好地粘附到图像边界，计算速度也相对较快；以较大的步长  $s$  生成的超像素对于图像边界的粘附性较差，计算速度相对变慢。
- b) 常数  $m$  可以控制生成超像素时，空间相似性和颜色相似性的权重。较小的  $m$  可以使超像素更紧密地粘附到图像边界，但是超像素的尺寸和形状也随之变得不规整。