

图像滤镜效果实现

吴家行 2020213991

本作业实现了以下两种滤镜：

- 人像美肤
- 晶格化效果

本作业采用c++进行滤镜效果的实现，使用CMake进行构建工程，使用Lenna图进行效果评价。

两个作业的代码保存在 `code` 目录下，人像美肤代码保存在 `code/face_beauty_filter` 目录下，晶格化效果代码保存在 `code/crystallization_filter` 目录下，两个滤镜的代码相互独立。

本作业依赖的工具库：

- [opencv-4.4.0](#)

1 人像美肤

1.1 算法介绍

人像美肤主要由人脸检测+双边滤波进行实现。

人脸检测由于不是滤镜任务，因此本作业直接调用opencv封装好的级联分类器 `CascadeClassifier` 中的 `detectMultiScale` 函数进行人脸检测，特征文件保存在 `code/face_beauty_filter/data/haarcascade_frontalface_default.xml` 文件中。

人脸检测效果如下：



识别到人脸的位置和大小后，对这个区域进行双边滤波。双边滤波（Bilateral filter）是一种非线性的滤波方法，是结合图像的空间邻近度和像素值相似度的一种折衷处理，同时考虑空域信息和灰度相似性，达到保边去噪的目的。具有简单、非迭代、局部的特点。

主要用到两个权重函数：

- 空间权重

$$weight_space = e^{-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_s^2}}$$

- 颜色权重

$$weight_color = e^{-\frac{\|f(i,j) - f(k,l)\|^2}{2\sigma_r^2}}$$

因此总权重为: $w = weight_space * weight_color$

最后得到双边滤波的总公式:

$$g(i, j) = \frac{\sum f(k, l)w(i, j, k, l)}{\sum w(i, j, k, l)}$$

$g(i, j)$ 是输出点的像素值, $f(i, j)$ 是模版中输入点的像素值, $w(i, j, k, l)$ 代表各像素点的权重。

本作业设置的滤波器模版大小 $d = 15$, $\sigma_r = 30$, $\sigma_s = 15$ 。

1.2 运行步骤

1. 下载opencv源代码: <https://github.com/opencv/opencv/archive/4.4.0.zip>, 将代码解压放置在 `code/face_beauty_filter/3rdparty/` 目录中, 即 `code/face_beauty_filter/3rdparty/opencv-4.4.0`。
2. 编译安装opencv

```
cd code/face_beauty_filter/3rdparty/opencv-4.4.0
mkdir build
cd /build
cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE -D CMAKE_INSTALL_PREFIX=../../lib/opencv
..
make -j8
make install
```

3. 编译主程序

```
cd code/face_beauty_filter
mkdir build
cd build
cmake ..
make
```

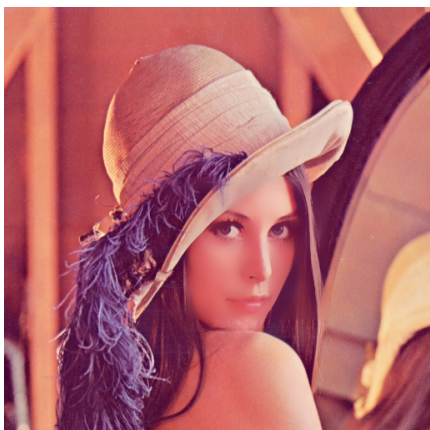
4. 运行, 输出图片保存在 `code/face_beauty_filter/imgs/out_lenna_my.jpg` 中

```
cd code/face_beauty_filter/build
./Demo
```

原图：



人像美肤后：



2 晶格化效果

2.1 算法介绍

晶格化滤镜主要是基于超像素分割SLIC（simple linear iterative clustering）+块内平均来实现。

超像素分割其实是一种k-means聚类的方法，首先在像素点为 N 个的图像上均匀选取 k 个点作为聚类中心，聚类中心之间的距离为 $S = \sqrt{N/k}$ ，然后在每个聚类中心周围采样，采样区域是一个正方形区域，边长为 $2S$ 。

聚类的目标是使各个像素到所属的超像素中心的距离之和最小，这个距离同时考虑了空间距离和颜色距离，空间距离就是坐标纬度上的距离，而颜色距离是Lab颜色空间的距离，距离 D 表示如下：

$$\begin{aligned}d_c &= \sqrt{(l_i - l_j)^2 + (a_i - a_j)^2 + (b_i - b_j)^2} \\d_s &= \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \\D &= \sqrt{d_c^2 + (d_s/S)^2 m^2}\end{aligned}$$

迭代过程如下：

1. 将RGB颜色空间转化为Lab颜色空间，初始化所有聚类的中心
2. 计算每个像素点到各个聚类中心的距离，将其和距离最小的聚类中心归为一类
3. 重新计算新的聚类中心点，计算残差，若残差小于阈值，则到步骤2；若残差大于阈值，则到步骤4。

4. 每个聚类中的所有像素点和聚类中心的Lab颜色一致，最后将Lab颜色空间转化为RGB颜色空间。

本作业设置的聚类中心点 $K = 64 * 64$ ，距离公式中参数 $m = 40$ ，迭代10次。

2.2 运行步骤

1. 下载opencv源代码: <https://github.com/opencv/opencv/archive/4.4.0.zip>, 将代码解压放置在 `code/crystallization_filter/3rdparty/` 目录中, 即 `code/crystallization_filter/3rdparty/opencv-4.4.0`。
2. 编译安装opencv

```
cd code/crystallization_filter/3rdparty/opencv-4.4.0
mkdir build
cd /build
cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE -D CMAKE_INSTALL_PREFIX=../../lib/opencv
..
make -j8
make install
```

3. 编译主程序

```
cd code/crystallization_filter
mkdir build
cd build
cmake ..
make
```

4. 运行，输出图片保存在 `code/crystallization_filter/imgs/out_lenna_my.jpg` 中

```
cd code/crystallization_filter/build
./Demo
```

原图：



晶格化后效果：

