浙江大学
ZHEJIANG UNIVERSITY

计算机视觉（本科）实验报告

作业名称 HW1 Problem2

姓　　名 杨逍宇

学　　号 3220105453

电子邮箱 3220105453@zju.edu.cn

联系电话 13518290755

导　　师 蔡声泽/曹雨齐/姜伟

2025 年 3 月 7 日

1 已实现的功能简述及运行简要说明

1.1 已实现的功能简述：

(1). `problem2_1.cpp`,`problem2_2.cpp`,`problem2_3.cpp` 分别实现了题目二的三个问题。

(2). 运行相关的可执行文件，会显示中间运行过程中的图像，并将中间过程文件保存在 `assets` 文件夹中。

项目目录树如下：

```
/
├── assets  中间过程文件
├── src
│   ├── problem2_1.cpp  题目 2 问题 1
│   ├── problem2_2.cpp  题目 2 问题 2
│   └── problem2_3.cpp  题目 2 问题 3
├── build
│   └── problem2_*  对应的可执行文件
├── docs
│   ├── 作业 1.docx label
│   ├── 实验报告 Problem1.pdf label
│   └── 实验报告 Problem2.pdf label
└── CMakeLists.txt
```

2 开发与运行环境

本实验使用的软件和工具如下：

- 开发环境：Visual Studio Code on Ubuntu22.04
- 编程语言：C++
- 库：OpenCV 4.7.0
- 构建工具：CMake

3 算法基本思路

使用 opencv 库进行相关的图像操作。

本作业中涉及以下关键步骤:

(1). **直方图均衡化**: 使用 **cv::equalizeHist** 函数来进行直方图均衡化。我是用 HSV 颜色空间, 为了不让图像失真, 仅对亮度 (V 通道) 进行均衡化, 保留色调 (H) 和饱和度 (S)。编写 **GetHistogram** 函数, 计算直方图并进行归一化实现直方图的绘制。

```
Mat GetHistogram(const Mat& image)
{
    // 计算直方图
    Mat hist;
    int channels[] = {0};
    int histSize[] = {256};
    float range[] = {0, 256};
    const float* ranges[] = {range};
    calcHist(&image, 1, channels, Mat(), hist, 1, histSize, ranges);

    // 归一化直方图以便显示
    normalize(hist, hist, 0, 400, NORM_MINMAX); // 400为显示高度

    // 创建直方图画布
    Mat histImage(400, 512, CV_8UC3, Scalar(255, 255, 255));

    // 绘制直方图
    for (int i = 0; i < 256; i++) {
        rectangle(histImage, Point(i * 2, 400 - cvRound(hist.at<float
            >(i))),
                  Point((i + 1) * 2, 400), Scalar(0, 0, 255), -1);
    }

    return histImage;
}
```

(2). **直方图匹配**: 编写 **MatchHistogram** 函数, 分别计算图像直方图并进行归一化, 然后计算累积分布函数 CDF, 构建映射表, 最后应用映射表, 实现直方图匹配。

```
void MatchHistogram(const Mat& src, const Mat& target, Mat& matched)
```

```
{
    // 计算源图像和目标图像的直方图
    Mat src_hist, target_hist;
    const float range[] = {0, 256};
    const float* ranges[] = {range};

    int channels[] = {0};
    int histSize[] = {256};

    calcHist(&src, 1, channels, Mat(), src_hist, 1, histSize, ranges);
    calcHist(&target, 1, channels, Mat(), target_hist, 1, histSize, ranges);

    // 归一化直方图
    normalize(src_hist, src_hist, 0, 1, NORM_MINMAX);
    normalize(target_hist, target_hist, 0, 1, NORM_MINMAX);

    // 计算累积分布函数 (CDF)
    Mat src_cdf = src_hist.clone(), target_cdf = target_hist.clone();
    for (int i = 1; i < 256; i++) {
        src_cdf.at<float>(i) += src_cdf.at<float>(i - 1);
        target_cdf.at<float>(i) += target_cdf.at<float>(i - 1);
    }

    // 构建映射表
    Mat lut(1, 256, CV_8U);
    for (int i = 0; i < 256; i++) {
        float min_diff = 1.0;
        for (int j = 0; j < 256; j++) {
            float diff = fabs(src_cdf.at<float>(i) - target_cdf.at<float>(j));
            if (diff < min_diff) {
                min_diff = diff;
                lut.at<uchar>(i) = j;
            }
        }
    }
```

```
37
38      // 应用映射表
39      LUT(src, lut, matched);
40  }
```

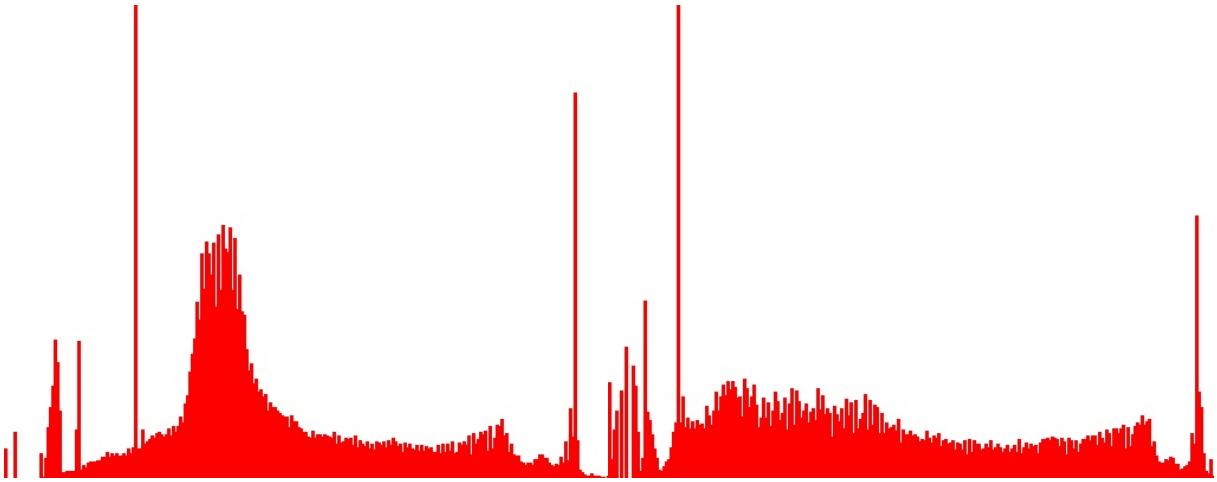
通过上述步骤，程序实现了对图像直方图均衡化和直方图匹配操作。

4 实验结果及分析

读取一幅彩色图像，然后对其直方图均衡化，得到对比效果如下：

origin image resize image

均衡化前后的直方图对比如下：

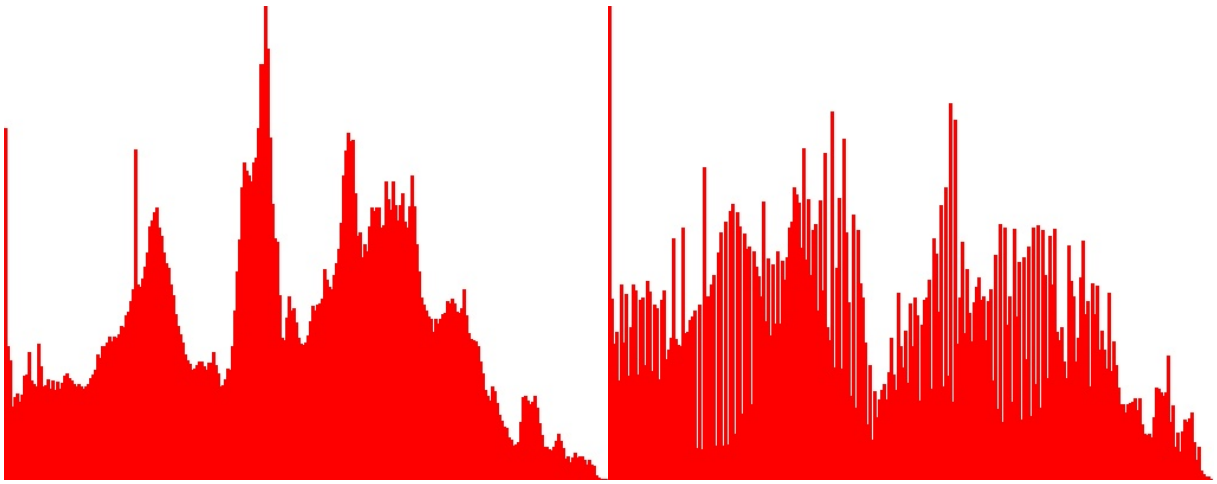


origin histogram1 equalized histogram1

从中可以看到直方图相比之前更加均衡，分布更加均匀。然后我们提供的图像素材进行直方图均衡化，得到效果如下：

origin image resize image

均衡化前后的直方图对比如下：



origin histogram2 equalized histogram2

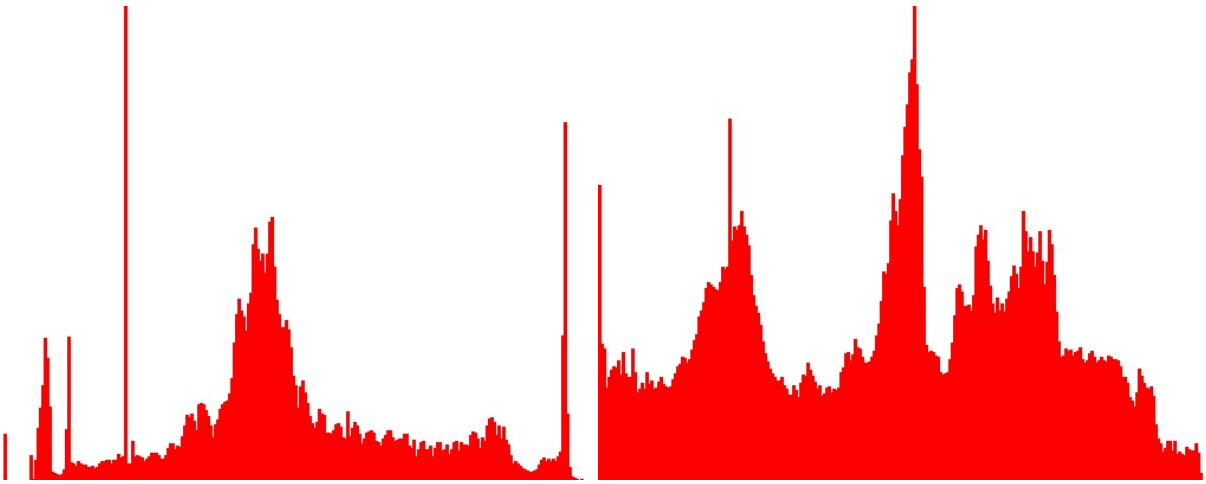
然后我们进行两张图的直方图匹配操作，为了效果显示更加明显，我选择使用灰度图来进行匹配操作，图像 src 和 target 如下：

src image target image

得到的图像如下：

Figure 1: matched image

可见匹配后的图像相较原始图像更加暗，更加偏向 target 的灰度分布。图像 src 和 target 对应的直方图如下：



src hist target hist

得到匹配后的直方图如下:

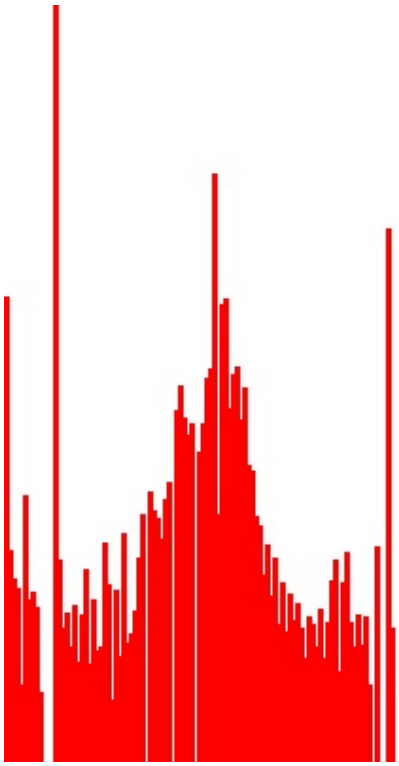


Figure 2: matched hist

5 结论与心得体会

在本次实验中，我实现了对图像进行直方图均衡和两张图的直方图匹配，受益匪浅。