

计算机视觉 课程实验报告

学号：201822130233

姓名：李云龙

实验题目：图像滤波

实验过程中遇到和解决的问题：

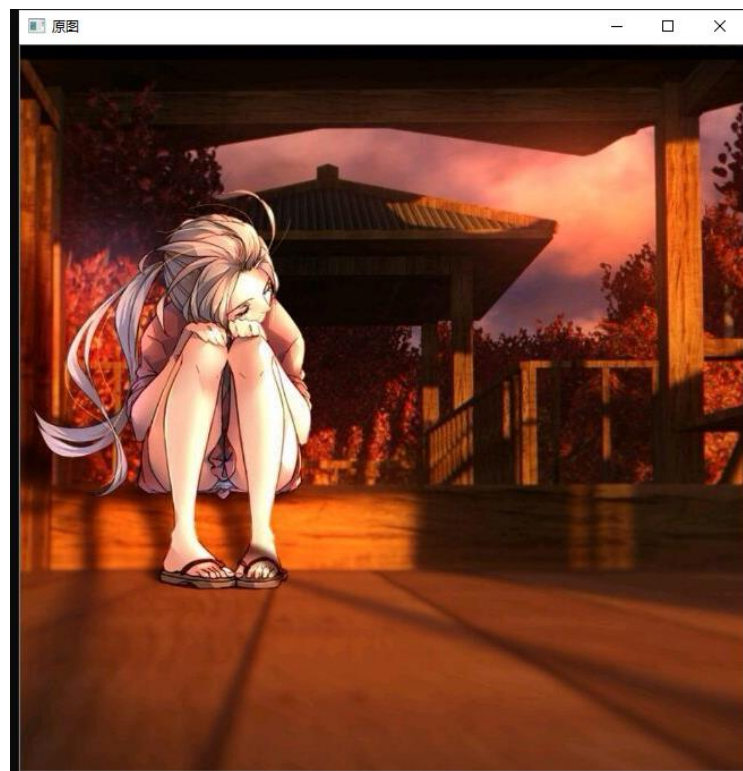
（记录实验过程中遇到的问题，以及解决过程和实验结果。可以适当配以关键代码辅助说明，但不要大段贴代码。）

实验 4.1：高斯滤波中，通过调整高斯函数的标准差(σ)来控制平滑程度，滤波窗口的大小与 σ 有关，取为 $[6*\sigma-1]$ ， $[.]$ 表示取整，由于窗口滤波尺寸小于 3 时没意义，所以 Trackbar 中调用 Gaussian 函数时传入的整形参数至少为 1，即 `Gaussian(img, img2, sigma + 1)`，因此 slider 控件上 σ 为 0 时真实值是 1。

确定好滤波窗口的大小后要对原图像填充边界，有两种方式分别是常数填充 `void ConstantFill(const Mat &input, Mat &output, int length, int fill = 0)` 和镜像填充 `void MirrorFill(const Mat &input, Mat &output, int length)`，前者较容易实现，后者可以用上下左右的顺序完成对称填充。

实验中利用二维高斯函数的行列可分离性进行加速先对每行进行一维高斯滤波，再对结果的每列进行同样的一维高斯滤波，高斯滤波的值用高斯函数求出 $g[i] = \exp(-\text{pow}(i - \text{window_size} / 2, 2) / (2 * \text{pow}(\sigma, 2)))$ ，并进行归一化 $g[i] /= \text{sum}$ 。之后 2 层循环通过指针访问元素对行完成卷积操作，再对列做类似操作，最后的结果还要把填充的边界区去除。

高斯滤波结果：



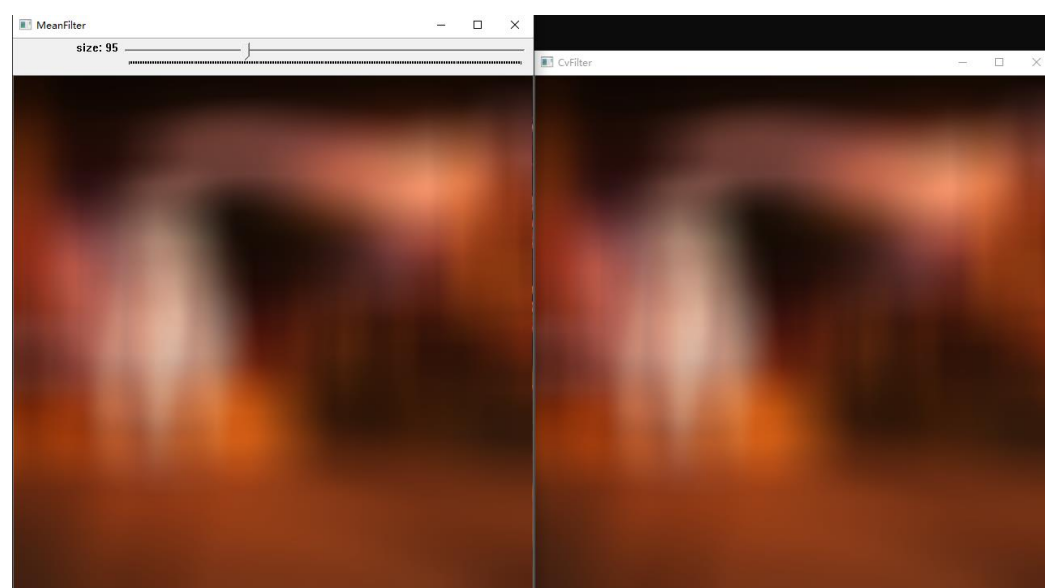
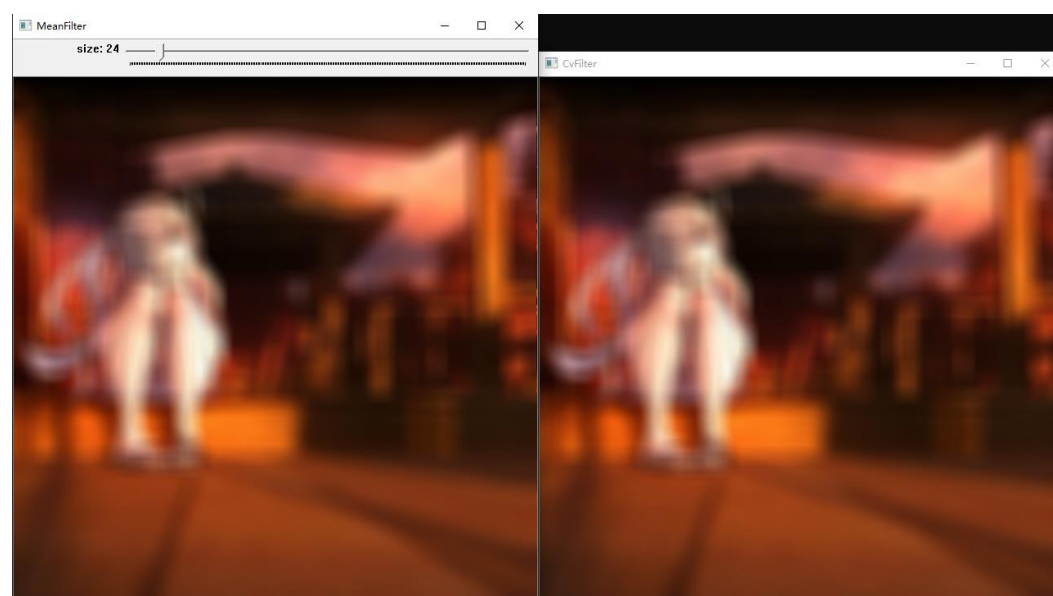
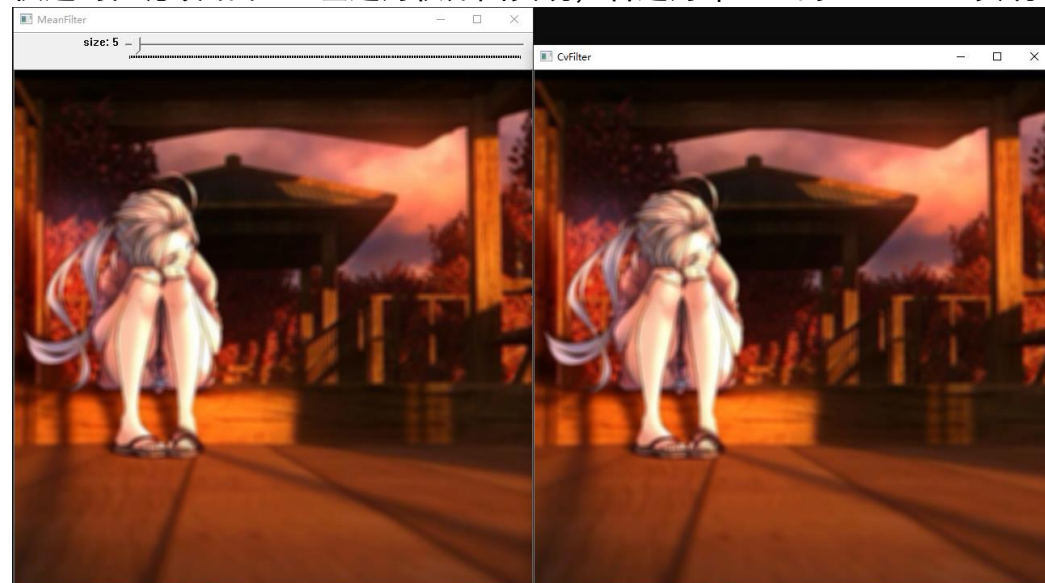


实验 4.2 快速均值滤波中，滤波窗口大小通过参数来指定，由于滤波窗口的大小为奇数，将偶数的尺寸都减 1 变为奇数，因此相邻的奇数和偶数窗口大小最终效果其实是相同的，另外，由于小于 3 的卷积核没有意义，因此在输入的基础上加 3，则即使 size 调至最低 0，其实也是用大小为 3 的卷积核施加了均值滤波。

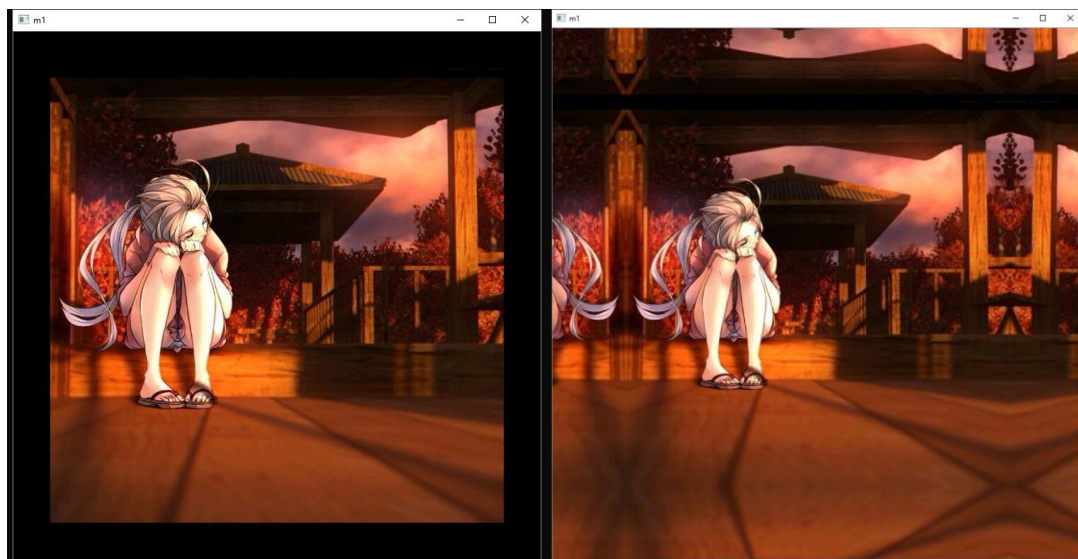
采用积分图进行加速，对于原图像分离后的每个通道都进行一遍扫描计算其积分图，之后的卷积操作就可以实现与滤波窗口大小无关的效率，即 2 层循环的内部是 $O(1)$ 的复杂度，最终复杂度是 2 层循环即 $W \times H$ 。

卷积操作外，由于计算积分图时的复杂度与图像大小有关，因此滤波窗口越大，填充边界后的图像越大，耗费的时间越多，所以实验中时间消耗并不是大致不变的，它会随着滤波尺寸的变大也有所增加。OpenCV 的 `boxFilter` 函数不采用积分图而是利用行列可分离性进行加速。实验中发现当滤波窗口较小时时间消耗更少，但随着窗口逐渐增大，时间消耗也变大，并超过积分图消耗的时间。

快速均值滤波结果：（左边为积分图实现，右边为OpenCV的boxFilter实现）



常数填充与镜像填充后的图像实例：



不过用 0 填充与镜像填充对于最终结果的效果没有看出太大差异。

消耗时间对比：

积分图加速 total time: 0.055s boxFilter total time: 0.034s	积分图加速 total time: 0.047s boxFilter total time: 0.044s
积分图加速 total time: 0.047s boxFilter total time: 0.026s	积分图加速 total time: 0.05s boxFilter total time: 0.048s
积分图加速 total time: 0.048s boxFilter total time: 0.026s	积分图加速 total time: 0.049s boxFilter total time: 0.048s
积分图加速 total time: 0.05s boxFilter total time: 0.035s	积分图加速 total time: 0.048s boxFilter total time: 0.048s
积分图加速 total time: 0.051s boxFilter total time: 0.036s	积分图加速 total time: 0.049s boxFilter total time: 0.05s
积分图加速 total time: 0.049s boxFilter total time: 0.036s	积分图加速 total time: 0.051s boxFilter total time: 0.061s
积分图加速 total time: 0.049s boxFilter total time: 0.036s	积分图加速 total time: 0.053s boxFilter total time: 0.062s
积分图加速 total time: 0.052s boxFilter total time: 0.04s	积分图加速 total time: 0.051s boxFilter total time: 0.064s
积分图加速 total time: 0.048s boxFilter total time: 0.041s	积分图加速 total time: 0.054s boxFilter total time: 0.071s
积分图加速 total time: 0.049s boxFilter total time: 0.042s	积分图加速 total time: 0.055s boxFilter total time: 0.074s

结果分析与体会：

实现了 2 种图像滤波，高斯滤波与均值滤波。其中高斯滤波用二维高斯函数的行列可分离性进行加速，而快速均值滤波采用积分图进行加速，并对比了 OpenCV 的 `boxFilter` 函数的计算速度。