

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。）

双边滤波：计算权重时同时考虑空间位置（SigmaSpace）和像素颜色（SigmaColor）之差。与仅用空间距离的权值系数核与图像卷积后确定中心点灰度值的高斯滤波相比，双边滤波中加入了灰度信息的权重，即在邻域内，灰度值越接近中心点灰度值的点的权重更大，灰度值相差大的点权重越小。由于双边滤波需要每个中心点邻域的灰度信息来确定其系数，所以其速度与比一般的滤波慢很多，而且计算量增长速度为核大小的平方。

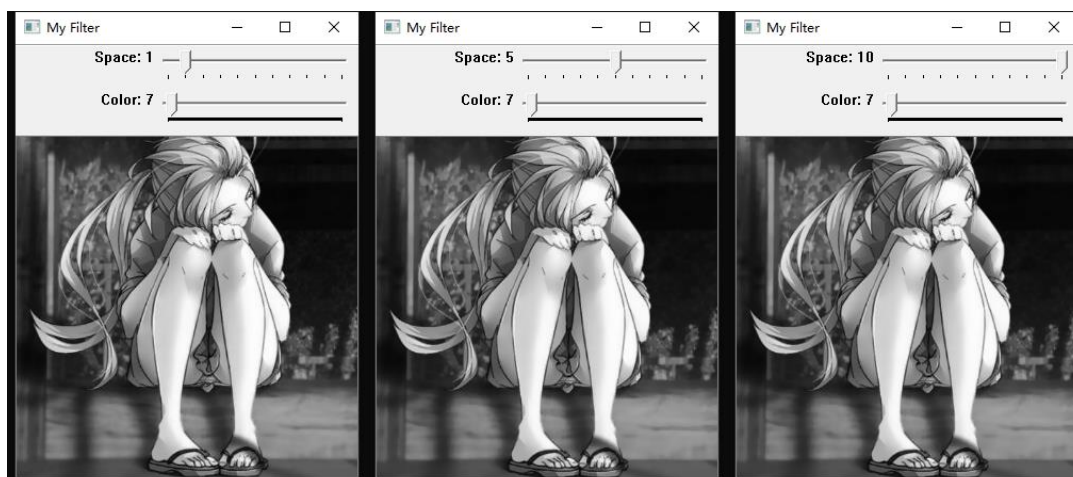
卷积核的大小通常为 $[6 \times \sigma - 1]$ ，但由于 debug 调试时太慢且要进行效果和速度对比，因此使用尺寸固定为 5 的卷积核。代码中使用 4 重循环，遍历图像的每个像素，在每个像素位置计算卷积核，并进行卷积操作，因此复杂度为 $O(W \times H \times C \times C)$ ，其中 C 是卷积核的尺寸。与 `cv::bilateralFilter` 相比速度相差很多，效果上也会有一点区别，可能是因为实现细节上有所不同。加速的方法有使用 release 模式代码优化，或者使用矩阵乘法。另外，可以尝试着将其看作行列可分离的，由于是近似，所以最终效果可能会有所差别。

为了实验期间最简单地提高代码运行速度，原始图像取输入图像的一部分，并且由于双边滤波中计算的是灰度值，因此可以直接传入一个灰度图像。

原图：



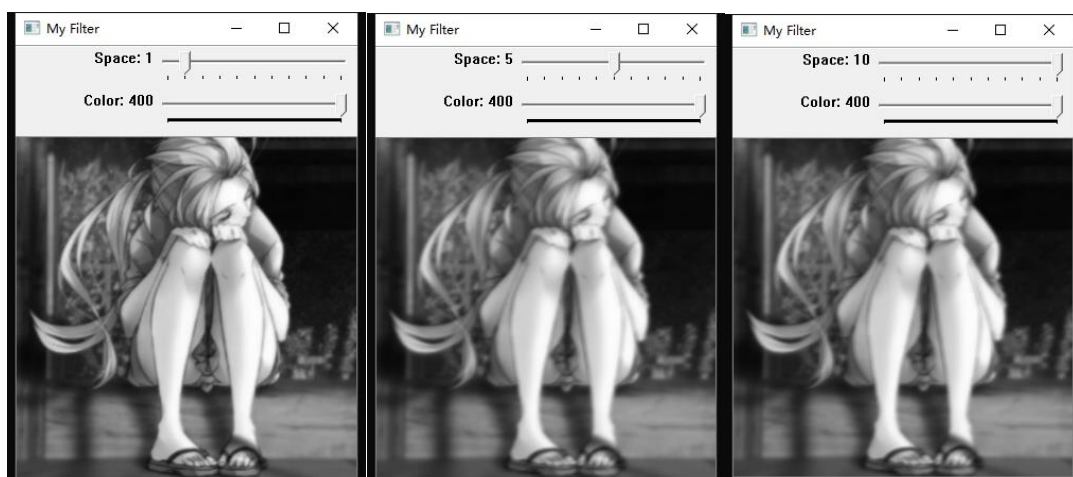
SigmaColor 较小时，即便 SigmaSpace 很大，边缘也依旧清晰



SigmaColor 取中间值时，随着 sigmaSpace 增加，图像会逐渐变模糊

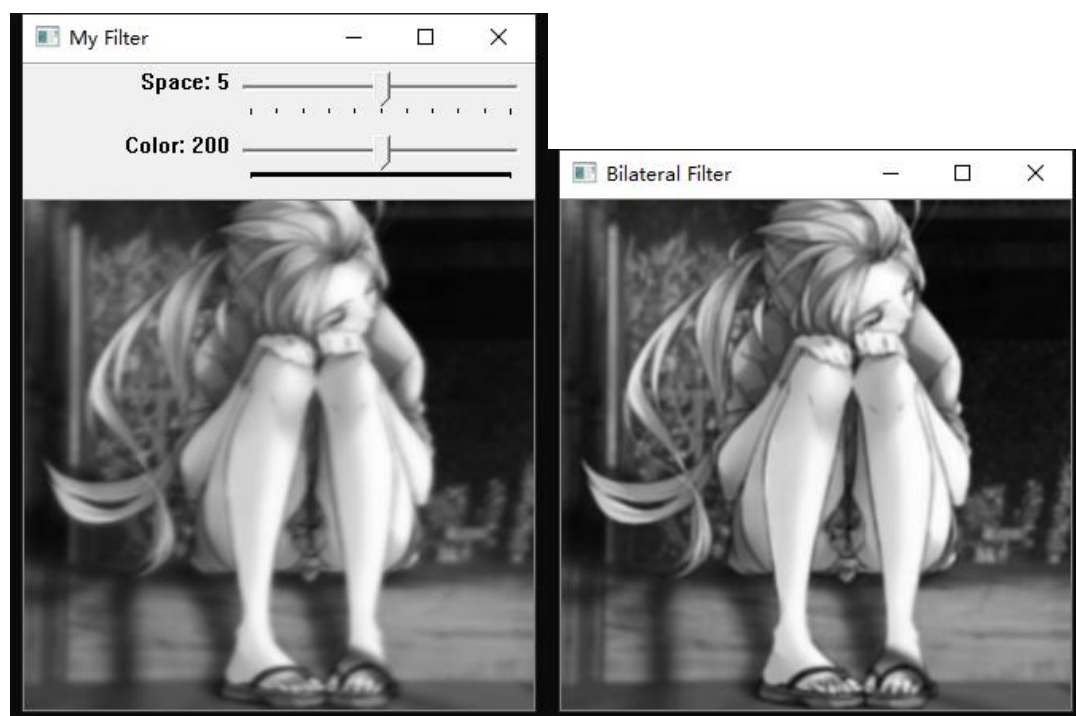


SigmaColor 较大时，即便 SigmaColor 取很小值时，结果也比较模糊



SigmaColor 越大，边缘越模糊，极限情况无穷大时，值域系数近似相等（忽略常数时，将近为  $\exp(0) = 1$ ），与高斯模板（空间域模板）相乘后可认为等效于高斯滤波；SigmaColor 越小，边缘越清晰，极限情况无限接近 0 时，值域系数近似相等（接近  $\exp(-\infty) = 0$ ），与高斯模板（空间域模板）相乘后，可近似为系数皆相等，等效于原始图像。

与 `cv::bilateralFilter` 对比：



看上去与 OpenCV 的双边滤波相比，自己实现的双边滤波在使图像模糊的参数条件下要更模糊一些。



看上去与 OpenCV 的双边滤波相比，自己实现的双边滤波在清晰的参数条件下大致相同。

运行速度方面两者根本不是一个数量级的，原因在于 `cv` 的代码经过了足够的优化，而实验种写的代码用的是最朴素的 4 重循环，而且还是 `debug` 模式，相比之下自然要慢很多。

MyFilter total time: 0.885s	MyFilter total time: 0.73s
BilateralFilter total time: 0.003s	BilateralFilter total time: 0.003s
MyFilter total time: 0.857s	MyFilter total time: 0.713s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.864s	MyFilter total time: 0.709s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.73s	MyFilter total time: 0.704s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.854s	MyFilter total time: 0.828s
BilateralFilter total time: 0.001s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.85s	MyFilter total time: 0.83s
BilateralFilter total time: 0.003s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.853s	MyFilter total time: 0.825s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.852s	MyFilter total time: 0.824s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.86s	MyFilter total time: 0.847s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.868s	MyFilter total time: 0.838s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.846s	MyFilter total time: 0.845s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.901s	MyFilter total time: 0.714s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.857s	MyFilter total time: 0.838s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.853s	MyFilter total time: 0.84s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.877s	MyFilter total time: 0.847s
BilateralFilter total time: 0.002s	BilateralFilter total time: 0.002s
MyFilter total time: 0.73s	MyFilter total time: 0.831s
BilateralFilter total time: 0.003s	BilateralFilter total time: 0.002s

#### 结果分析与体会：

双边滤波与仅用空间距离的权值系数核与图像卷积后确定中心点灰度值的高斯滤波相比，还加入了灰度信息的权重，即在邻域内，灰度值越接近中心点灰度值的点的权重更大，灰度值相差大的点权重越小。

双边滤波的两个  $\sigma$  参数包括空间域  $\sigma$  和值域  $\sigma$ ，其中空间域  $\sigma$  越大，边缘越模糊，极限情况可认为等效于高斯滤波；越小，边缘越清晰，极限情况可认为等效于原始图像。

双边滤波速度与比一般的滤波慢很多，经过高度优化的 cv 代码效率要比自己实现的代码速度快很多。