

# 数图作业 6：图像去模糊

自 64 赵文亮 2016011462

2018 年 11 月 22 日

## 1 引言

图 1 是一张彩色模糊图像。本文将对其进行去模糊操作，得到较为清晰的图像。本文中的去模糊算法分为 PSF 估计、抗振铃效应调整、维纳滤波三个部分，将分别在第 2 至 4 节中介绍。第 5 节中展示了实验结果，最后对实验过程进行总结。



图 1: 彩色模糊图像

## 2 PSF 估计

### 2.1 PSF 类型估计

对 PSF 类型的估计一定程度上来源于直觉。观察图 1 的图像，可能是由于拍摄时对焦不准产生的模糊，即 PSF 的类型为 Out of focus（后文简称 OOF）。基于这个假设，本文算法随后求解了 PSF 的参数，进而实现了较好的去模糊效果。这也一定程度上验证了这个假设。

## 2.2 PSF 参数估计

OOF 类型的 PSF 的参数只有一个，即半径  $a$ 。本节中将实现对  $a$  的估计。假设模糊图像为  $g$ ，PSF 为  $h$ ，原图为  $f$ ，则有

$$g = h * f \quad (1)$$

其中  $*$  表示卷积运算。上式两端取离散傅里叶变换，可得

$$G = HF \quad (2)$$

其中  $G, H, F$  分别为模糊图像、PSF、原图的频域表示。使用 Laplacian 算子对模糊图像进行一次滤波，得到

$$LG = LHF \quad (3)$$

再求上式的自相关：

$$R = (LG)^*(LG) = (LH)^*(LH)(F^*F) \quad (4)$$

其中  $X^*$  表示  $X$  的共轭，上式利用了  $X$  的自相关在频域中表达式为  $X^*X$  的这个性质。由于  $h$  为 OOF 类型的 PSF，其经过 Laplacian 算子后得到的应该为一个圆环。该圆环的频域表达式正是  $LH$ 。从式 (4) 中可以看出，自相关  $R$  的频域表达式可以看成  $(LH)^*(LH)$  受到  $(F^*F)$  的调制，大体上仍然与  $(LH)^*(LH)$  类似。故时域上的自相关  $r$  中也应该有一个圆环，而这个圆环的直径即为 PSF 的直径。

按照上述思路，求出自相关，并作出图像  $y$  方向中线上以图像中心对称的区间内的  $r$  的幅值，如图 2 所示。可见自相关在两个红色圆圈处为最小值，而这两个圆圈之间的距离就是我们估计的直径。可以求得这两个点之间的距离为 12，则半径  $a = 12/2 = 6$ 。

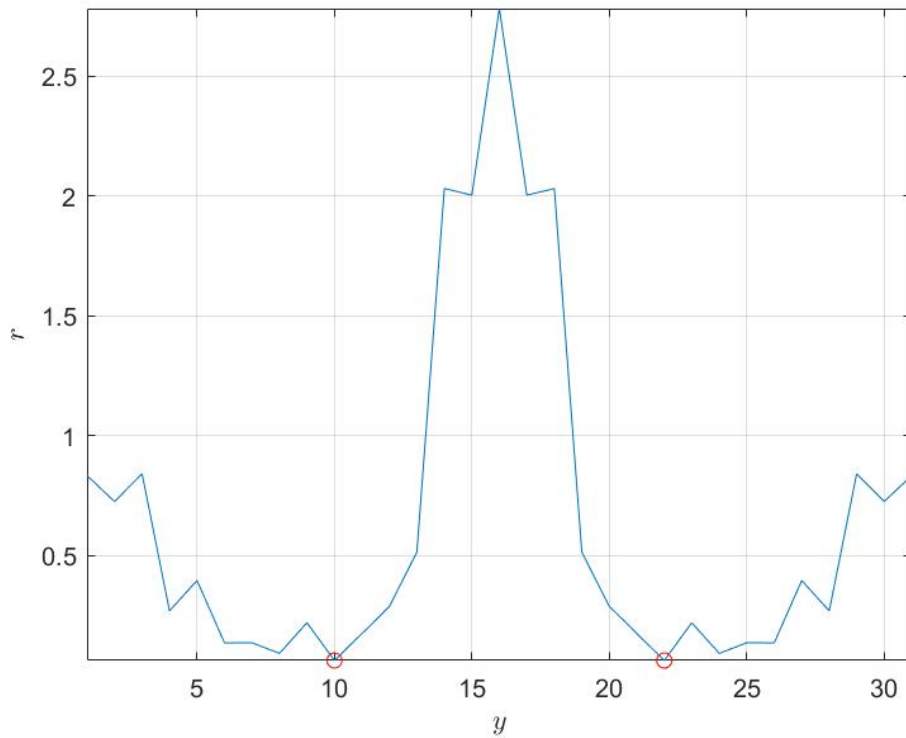


图 2: PSF 半径估计

### 2.3 PSF 构建

有了 PSF 的半径，即可构建出我们需要的 PSF，如图 3 所示。

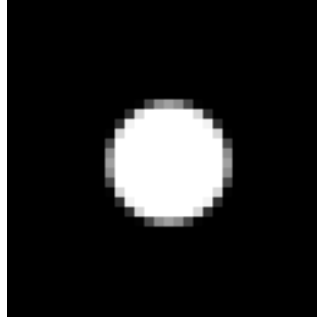


图 3: PSF 构建

## 3 抗振铃调整

直接使用 PSF 进行逆滤波会在图像边缘产生严重的振铃效应。为此，本文采用了 [1] 中的方法实现抗振铃调整：

1. 使用 PSF 对模糊图像  $g$  进行滤波得到  $\tilde{g}$
2. 再将  $\tilde{g}$  的中间部分使用  $g$  的中间进行替换。

在第 5 节中会展示抗振铃调整前后的去模糊结果。

## 4 维纳滤波

对经过抗振铃调整后得到的图像  $\tilde{g}$  进行维纳滤波。首先将  $\tilde{g}$  和  $h$  变换到频域，得到  $\tilde{G}$  和  $H$ ，则有

$$\hat{F}(u, v) = \left( \frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + K} \right) \tilde{G}(u, v) \quad (5)$$

其中  $\hat{F}$  为去模糊后图像的频谱，对其做傅里叶反变换即可得到去模糊图像  $\hat{f}$ 。 $K$  与图像的信噪比有关，对于白噪声， $K$  近似为常数。实际去模糊时由于不知道噪声的信息，故将  $K$  设置为一个可调的参数。 $K$  越大，抑制噪声的效果越好，但是图像也会变得模糊。本文算法中设置一个平滑度参数  $s \in [0, 100]$ ，且

$$K = \frac{1.09^s}{10000} \quad (6)$$

于是  $K$  的范围大致为  $(0, 1)$ 。

## 5 实验结果

### 5.1 程序界面

基于本文中所述的算法，我编写了图形界面程序，程序界面如图 4 所示。



图 4: 程序界面

原图和去模糊之后的图片分别显示在左右两侧，下方可以通过滑条来设置 PSF 的半径和平滑度。抗振铃开关用来选择是否对图像进行抗振铃调整。保存按钮用来指定输出图片的保存路径。程序初始时，默认通过第 2.2 节中的算法来估计 PSF 半径。

5.2 去模糊结果

图 5 展示了去模糊前后图像的对比。其中 PSF 半径  $r = 6$ ，平滑度  $s = 45$ 。可见去模糊效果非常好。

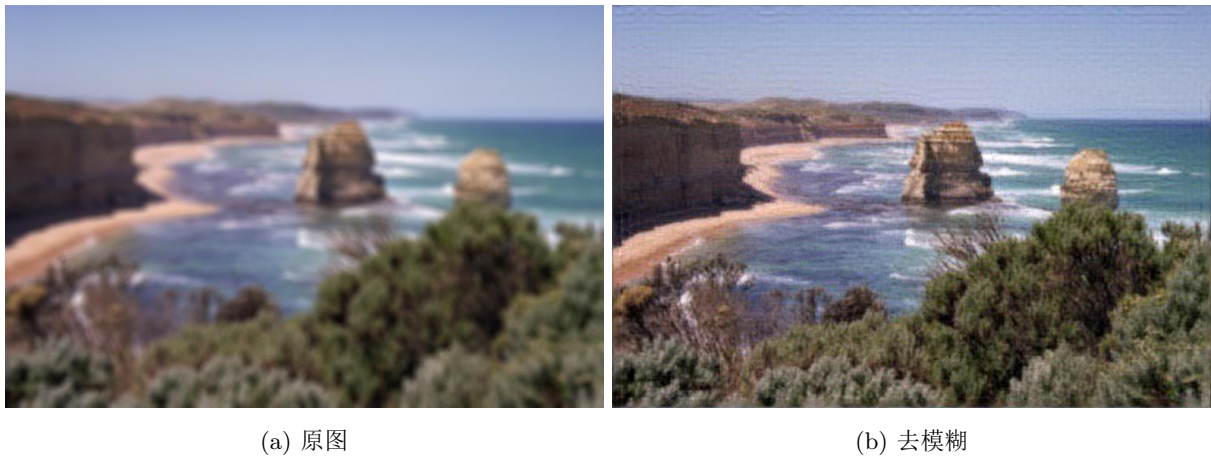


图 5: 去模糊前后图像对比

5.3 不同参数对比

由于程序中提供了修改 PSF 半径、修改平滑度、选择是否抗振铃的接口，我们可以修改这些参数来对比输出结果。



图 6 中展示了选择不同 PSF 半径的输出结果。可见 PSF 半径过小时，输出图像仍然很模糊；PSF 半径过大时，输出图像产生了严重的变形。

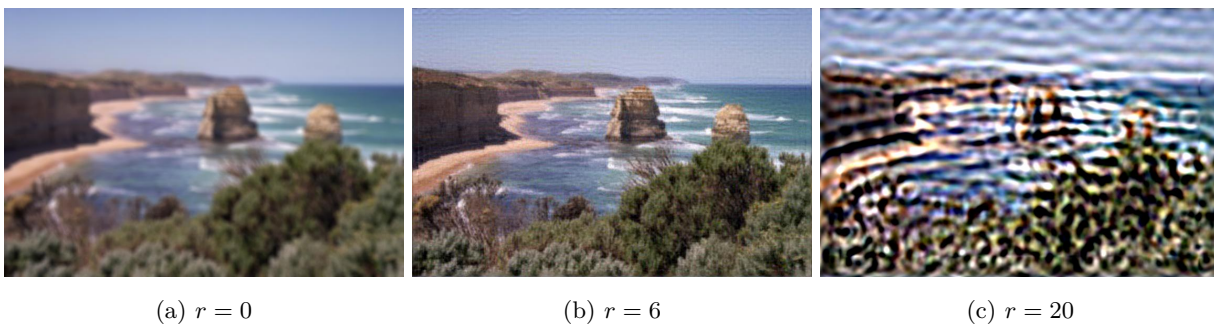


图 6: 不同 PSF 半径的输出结果对比

图 7 展示了不同平滑度下的输出结果。可见平滑度较小时，图像中的噪声依稀可见；平滑度过大时，图像仍然很模糊，而且整体上亮度会降低。

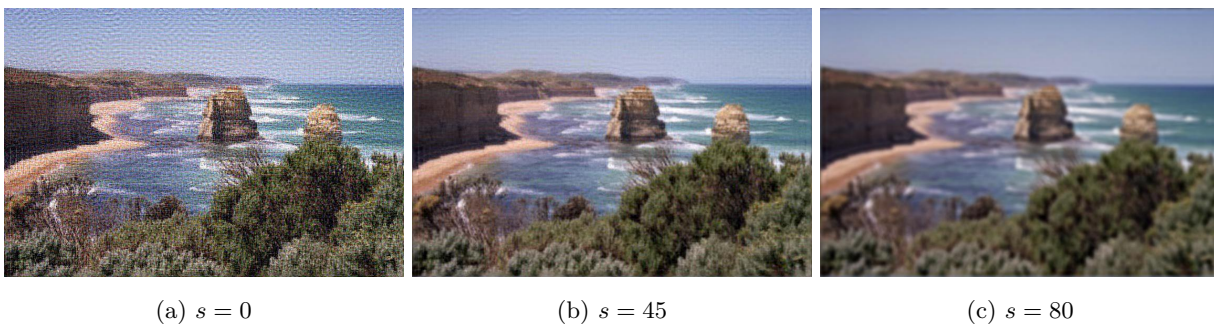


图 7: 不同平滑度的输出结果对比

图 8 展示了有无抗振铃调整的输出结果。图 8a 中未经过抗振铃调整，明显可以看到图像的四边具有振铃效应；而图 8b 则通过抗振铃调整消除了振铃效应的影响。



图 8: 有无抗振铃调整的输出结果对比

## 6 总结

通过本次作业，我亲身体会了在不知道任何关于模糊图像信息的情况下对图像去模糊的过程。一开始我尝试过观察图像的频谱、迭代盲反卷积等思路，都没有取得很好的效果。最后我采用了先猜想后验证的思路，先假设一种 PSF 的形式 (Out of focus)，再依照这个假设一步步做下去，最终取得了很好的效果。当看到成功去模糊的图像时，我十分有成就感。我也会尝试将这种探索问题思路应用在今后的科研过程中。

## 参考文献

- [1] S. Ramya and T. M. Christial, "Restoration of blurred images using blind deconvolution algorithm," in *Emerging Trends in Electrical and Computer Technology (ICETECT), 2011 International Conference on*, pp. 496–499, IEEE, 2011.