

数字图像处理

第五次作业

班级：自动化 64

姓名：李明哲

学号：2160504096

提交日期：2019.04.02

摘要

本次实验的目的为对图像进行频域滤波，总体分为频域低通滤波和频域高通滤波，本次实验使用 Matlab 实现，其中部分功能使用了 Matlab 工具箱函数实现。分别设计了低通和高通的频域滤波器，并交互式的选择了合适的半径，计算了功率谱比。同时，本次实验也尝试了用其他频域高通滤波器, 如拉普拉斯滤波和 Unsharp mask，这频域低通滤波器能够实现在平滑图像的同时不损失过多的细节，频域高通滤波器能够检测出图片上的边缘信息，同时，比较了频域与空域低高通滤波器的滤波结果。

关键词：频域滤波，Butterworth，Gaussian，Unsharp mask，Laplace。

1. 频域低通滤波器

1.1 实验操作

本次实验中，分别用高斯低通滤波器和巴特沃斯频域低通滤波器对图像进行了模糊处理，首先对图像进行补零操作（即长和宽变成二倍），然后进行傅里叶变换，再将图像的频域原点移至图像中心，在与频域的低通滤波器相乘。再将原点移至边缘，进行傅里叶反变换，图像截取后可以得到最终结果。在选取半径时，选取了 30、50、70、90 四个值，能够较好的代表不同半径下的滤波结果。

其中频域巴特沃斯低通滤波器的频域公式为：

$$H(u,v) = \frac{1}{1 + [D(u,v)/D_0]^{2n}}$$

其中频域高斯低通滤波器的频域公式为：

$$H(u,v) = e^{-D^2(u,v)/2\sigma^2}$$

1.2 实验结果

以下 16 次滤波实验的功率谱比，每四次对应半径为 30、50、70、90。

```
alpha1 = 96.1545    alpha2 = 98.0134    alpha3 = 98.8495
alpha4 = 99.2596    alpha5 = 96.9744    alpha6 = 98.1087
alpha7 = 98.5897    alpha8 = 98.8681    alpha9 = 96.1545
alpha10 = 98.0134   alpha11 = 98.8495   alpha12 = 99.2596
alpha13 = 96.9744   alpha14 = 98.1087   alpha15 = 98.5897
alpha16 = 98.8681
```

以下两图为巴特沃斯滤波器结果：



以下两图为高斯滤波器结果：



1.3 实验结果

本次实验可以看出，两种滤波器的滤波效果差不多。随着半径的增大，图像的模糊程度越低，有可能图像的噪声没有过滤干净，比如图一背景中的噪声。但反之图像的细节损失的越少。所以选择适合的半径至关重要，可以看出半径选在 50 左右是一个图像噪声较低，损失细节也相对较少的数。

2. 频域低通滤波器

2.1 实验操作

本次实验中，分别用高斯高通滤波器和巴特沃斯频域高通滤波器对图像进行了边缘提取（即高频信息）处理，在进行傅里叶变换时，所作操作与频域低通滤波器所做的操作基本相同。在选取半径时，选取了 10、30、50、70 四个值，能够较好的代表不同半径下的滤波结果。

其中频域巴特沃斯低通滤波器的频域公式为：

$$H(u,v) = \frac{1}{1 + [D_0 / D(u,v)]^{2n}}$$

其中频域高斯高通滤波器的频域公式为：

$$H(u,v) = 1 - e^{-D^2(u,v)/2\sigma^2}$$

2.2 实验结果

以下 16 次滤波实验的功率谱比，每四次对应半径为 10、30、50、70。

alpha1 = 10.2111 alpha2 = 1.5929 alpha3 = 0.4447

alpha4 = 0.1581 alpha5 = 9.9466 alpha6 = 3.4183

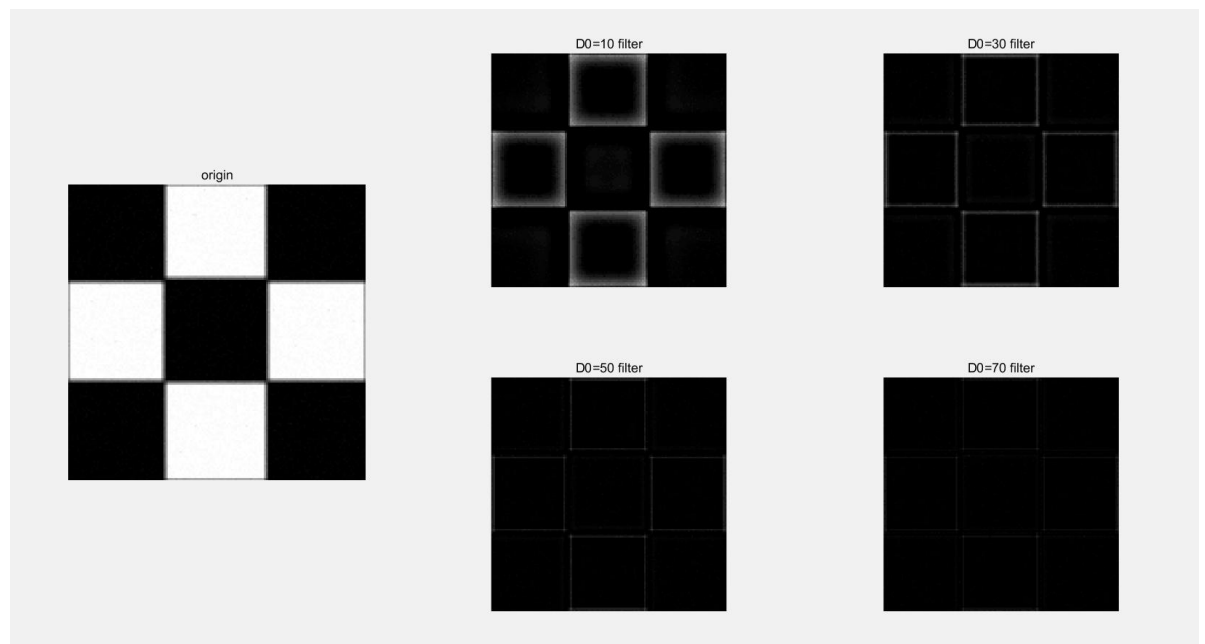
alpha7 = 1.7944 alpha8 = 1.1141 alpha9 = 10.2111

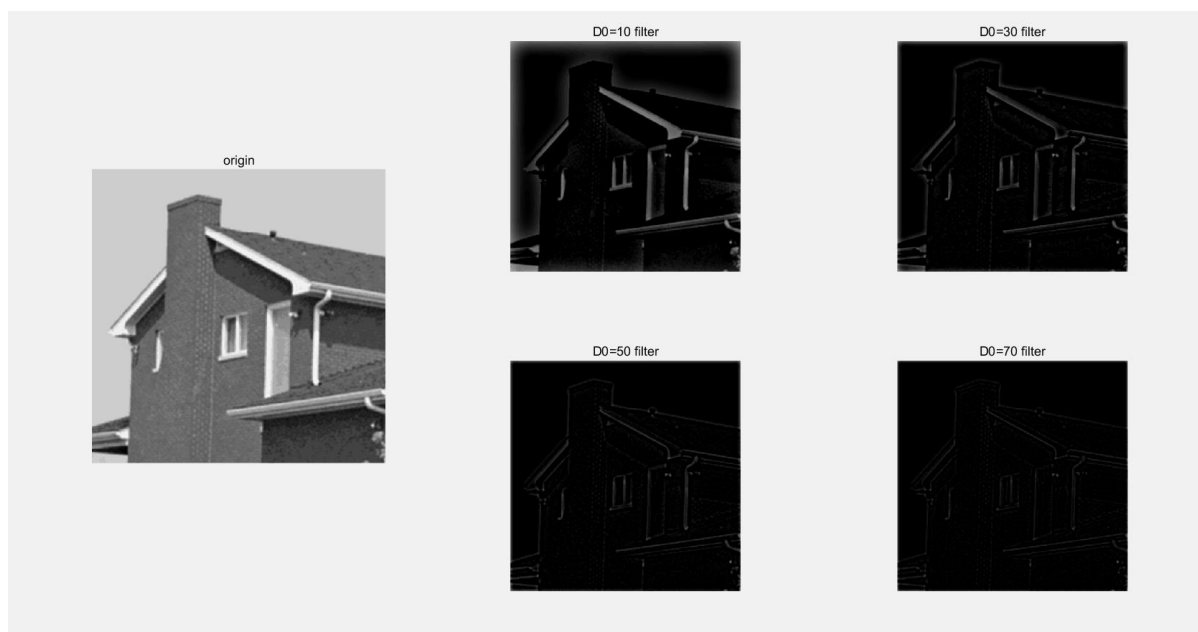
alpha10 = 1.5929 alpha11 = 0.4447 alpha12 = 0.1581

alpha13 = 9.9466 alpha14 = 3.4183 alpha15 = 1.7944

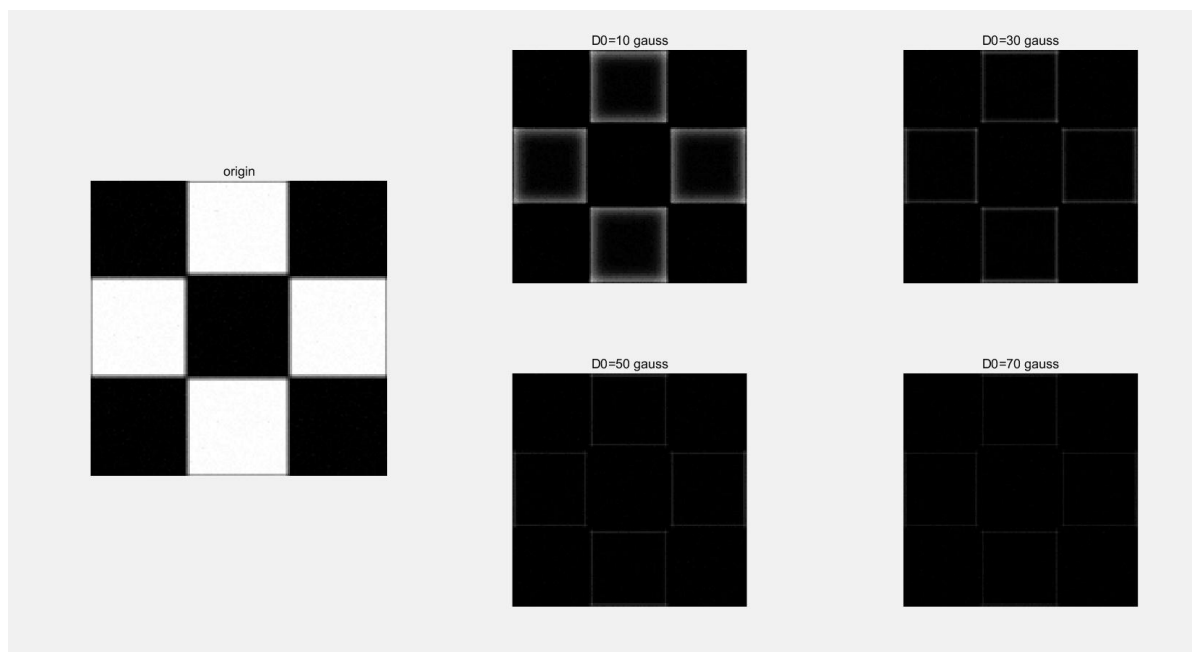
alpha16 = 1.1141

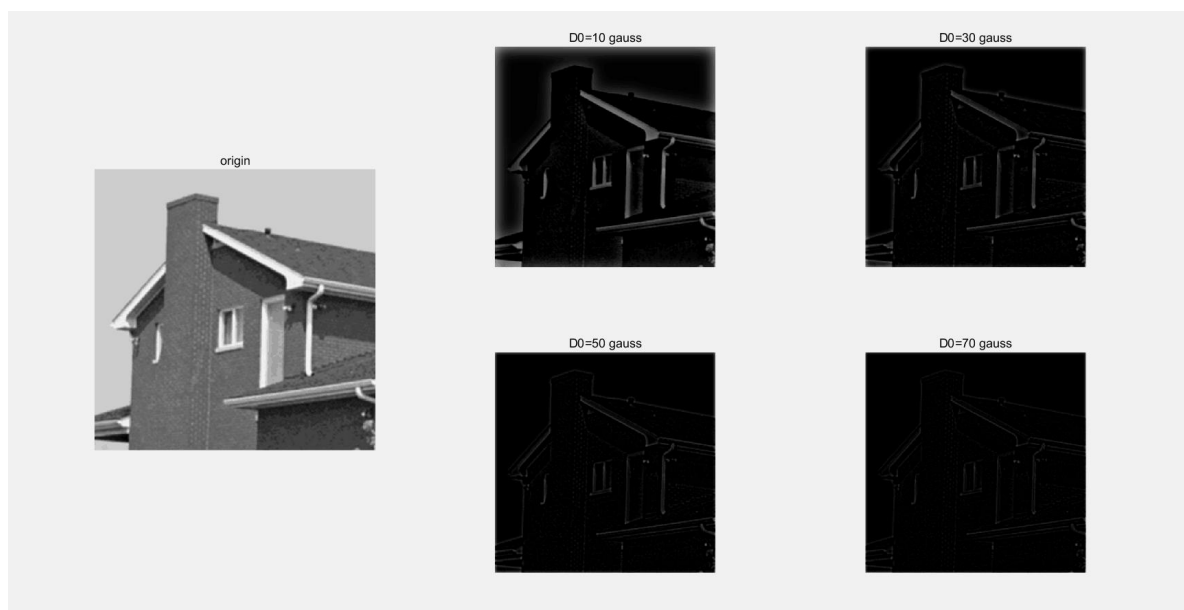
以下两图为巴特沃斯滤波器结果：





以下两图为高斯滤波器结果：





2.3 实验结果

本次实验可以看出，两种滤波器的滤波效果差不多。随着滤波半径的增大，提取出的图像边缘越明显，通俗的说，图像的边缘越粗，而当图像过于粗时，它的周围会出现白边，会出现边缘失真。所以选择适合的半径至关重要，可以看出半径选在 50 左右是一个图像边缘相对明显，边缘也并未失真的合适选择。

3. 其它频域高通滤波器

3.1 实验操作

本次实验中，分别用频率域的拉普拉斯算子和高频强调滤波器对图像进行了图像增强，在进行傅里叶变换时，所作操作与频域低通滤波器所做的操作基本相同。

其中拉普拉斯算子能用以下滤波器实现：

$$H(u, v) = -4\pi^2 D^2(u, v)$$

其中图像增强可以用以下式子实现：

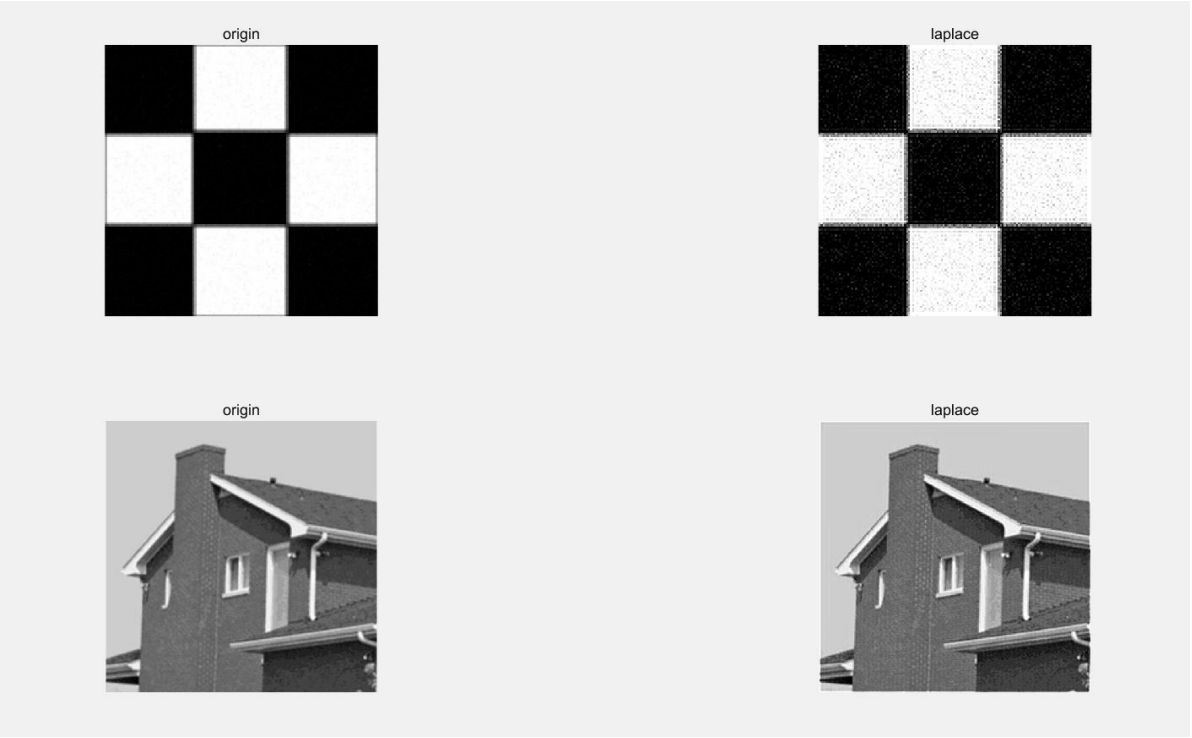
$$g(x, y) = f(x, y) - \nabla^2(x, y)$$

高强调滤波器可以用以下式子实现：

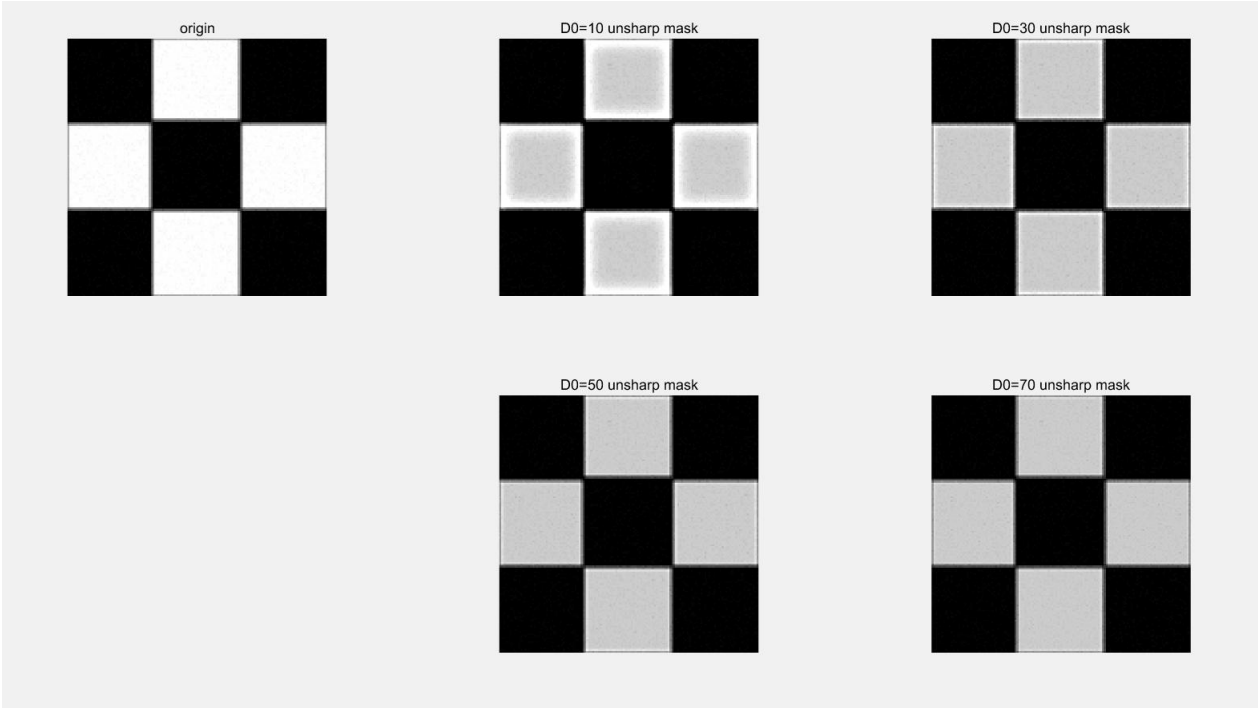
$$g(x, y) = \zeta^{-1} \{ [k_1 + k_2 * H_{HP}(u, v)] F(u, v) \}$$

3.2 实验结果

以下两图为拉普拉斯算子的结果：



以下两图为高强调频域滤波器的结果





3.3 实验结果

本次实验可以看出，对于拉普拉斯算子滤波，图像边缘有略微增强，但是结果并不是很明显，结果不是很好。对于高强调滤波，整体的效果要优于拉普拉斯算子滤波，对图像增强效果更明显。所以我们对他进行了更加详细的讨论。其中两个 k 参数分别取了 0.8 和 0.75。随着滤波半径的减小，提取出的图像边缘越明显，但是在半径过小时，会出现边缘失真。所以选择适合的半径至关重要，可以看出半径选在 50 左右是一个图像边缘相对明显，边缘也并未失真的合适选择。

4. 空域低通高通滤波与频域低通高通滤波的关系

空域滤波主要是在图像本来空间上直接进行操作，而频域滤波是将图像进行 DFT（计算机 FFT）变换后，再进行处理，两者的结果在大体上差不多，但是在细节上两者各有优劣。

首先，频域滤波器因为要进行图像填充（长和宽扩大为两倍）和傅里叶变换，计算复杂度高，对于大量的高质量的图像处理，消耗的计算资源较多，而空域滤波器可以直接进行操作，省去了一系列步骤，所以更加简便。

其次，一般实现的滤波器（比如高斯滤波器和巴特沃斯滤波器）会出现“截断”效应，即不可能把频率域延伸到无穷，有一个频率上限，这就造成了频谱损失，会造成空间域图像的“振铃”现象。

第三，频率域滤波器在平滑图像的同时，对图像原本的细节和内容保持较好，能够更好地保存图像的信息。

最后，频域滤波能够实现更多的功能，更加灵活，这也就是所谓消耗更多的计算资源，必然会换来更加灵活的操作。

5. 心得体会

本次图像频率域滤波实验让我对课上学习的知识进行了一次实践。了解了 Matlab 中有关数字图像处理的相关基础函数，包括 `imfilter`、`fspecial` 等函数。在使用这些函数时，一定要仔细阅读它的使用文档，了解每一个参数的意义，确保正确的使用。同时，我也对课上学习的频率域滤波的知识有了更深的了解，更深的了解到了各种算法的实现效果与适用情况，了解到了它们的优缺点。这些都是数字图像处理的基础方面。