

数字图像处理

第五次作业

班级：自动化 64

姓名：丁 鹏

学号：2160504091

提交日期：2019/4/2

摘要

本次报告主要通过 MATLAB R2018b 平台对 4 幅图像进行编程处理。首先设计了根据要求，选择了合适的半径设计了一阶 butterworth 低通滤波器和 Gaussian 低通滤波器，对图像进行测试；接着利用已有低通滤波器，将滤波器频域滤波函数函数变换为 $1-H$ ，设计了二阶 butterworth 高通滤波器和 Gaussian 高通滤波器；然后利用其它高通滤波器，如拉普拉斯和 Unmask，对测试图像滤波，分析优缺点；最后比较并讨论空域低通高通滤波与频域低通和高通的关系。

1 频域低通滤波器：设计低通滤波器包括 butterworth and Gaussian (选择合适的半径，计算功率谱比),平滑测试图像 test1 和 2;分析各自优缺点;

1) 题目分析

频率域滤波的步骤为

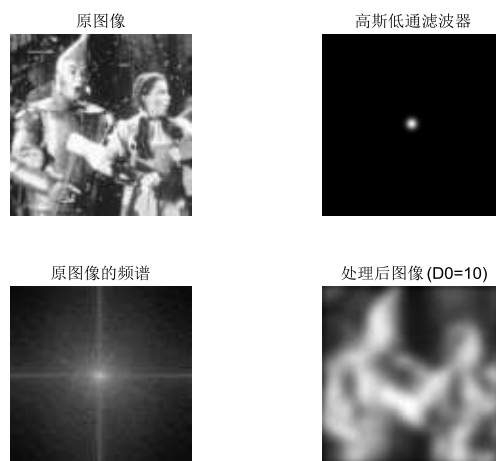
- ① 给定一幅大小为 $M \times N$ 的输入图像 $f(x, y)$ ，确定填充参数，典型的选取 $P=2M$ 和 $Q=2N$;
- ② 对 $f(x, y)$ 添加必要数量的 0，形成大小为 $P \times Q$ 的填充后的图像 $fp(x, y)$;
- ③ 用 $(-1)^{x+y}$ 乘以 $fp(x, y)$ 移到其变换中心;
- ④ 计算来自步骤 3 的图像的 DFT，得到 $F(u, v)$;
- ⑤ 生成一个实的、对称的滤波函数 $H(u, v)$ ，其大小为 $P \times Q$ ，中心在 $(P/2, Q/2)$ 处，用阵列相乘形成乘积 $G(u, v) = H(u, v)F(u, v)$; 即 $G(i, k) = H(i, k)F(i, k)$;
- ⑥ 得到处理后的图像: $g(x, y)$ 。其中，为忽略由于计算不准确导致的寄生复分量，选择了实部，下标 p 指出我们处理的是填充后的阵列。
- ⑦ 通过从 $g(x, y)$ 的左上象限提取 $M \times N$ 区域，得到最终的处理结果个 $g(x, y)$ 。

根据以上步骤实现频率域滤波。

2) 实验结果

设功率谱比 α ，半径 D_0

(1) $\alpha = 0.8358$



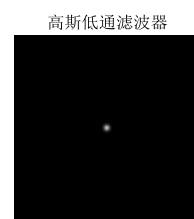
(2) $\alpha = 0.9358$



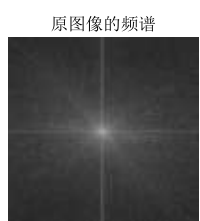
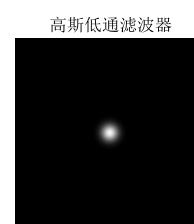
(3) $\alpha = 0.9699$



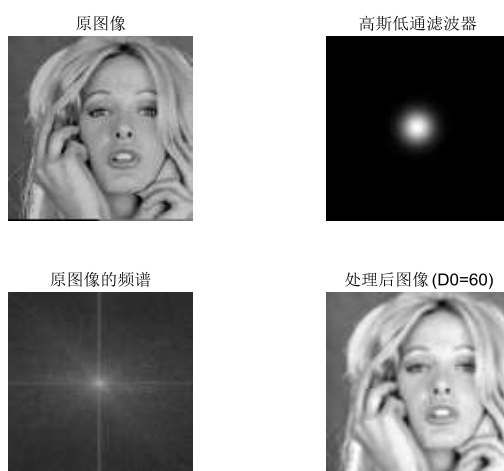
(4) $\alpha = 0.9001$



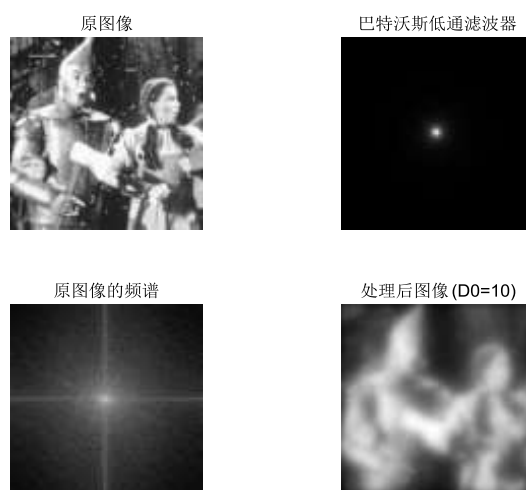
(5) $\alpha = 0.9580$



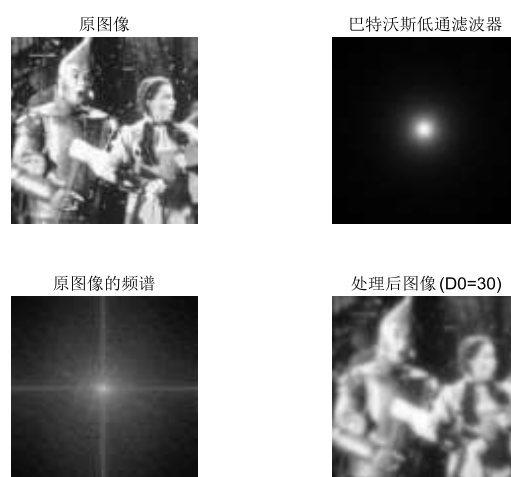
(6) $\alpha = 0.9777$



(7) $\alpha = 0.8055$



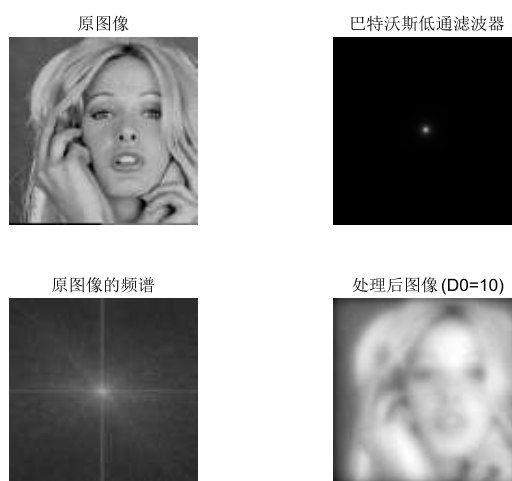
(8) $\alpha = 0.9174$



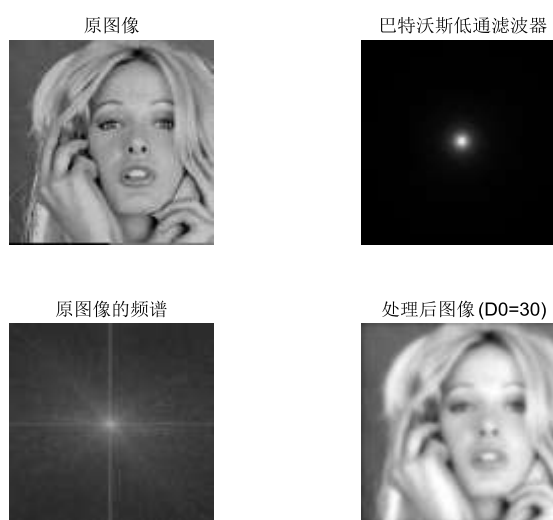
(9) $\alpha = 0.9586$



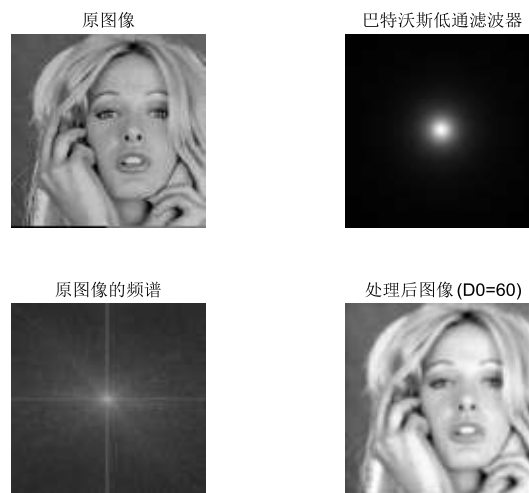
(10) $\alpha = 0.8783$



(11) $\alpha = 0.9475$



(12) $\alpha = 0.9711$



3) 结果分析

用 matlab 的 `imshow` 函数显示经过低通滤波后的图像时遇到一个问题，直接用 `imshow` 来显示，出来的只有黑白图像，在 `imshow` 里面添加一个空矩阵`[]`，才能显示正常的灰度图像。原因如下：matlab 的图像经过数值计算之后会将数据类型转换为 `double` 类型的，`double` 类型数据在 `imshow` 函数里默认为 `0~1` 范围内，数值超过 `1` 的重置为白色，所以显示出来的是黑白图像。`imshow(I, [])` 的意思相当于 `imshow(I, [min(I(:)) max(I(:))])`，`I` 中数值最大值与最小值分别为 `255` 和 `0`。图像就可以正常显示了。

对比试验结果之后可以清晰地看到频域低通滤波器的平滑效果；对比每组图像中原始图像的傅里叶谱、低通滤波器傅里叶谱以及滤波后图像的傅里叶谱，可以看到滤波在空间域是卷积关系和在频率域是相乘关系。低通滤波器对于低频分量可以通过，而对于高频分量则不能通过。通过三幅图的对比，可以清晰的看到滤波器的截断效果。

对于 `test1` 分别选取 `D0=10、30、60` 的一阶 `butterworth` 低通滤波器和 `gaussian` 低通滤波器进行低通滤波。对比不同的 `D0` 值得到的结果知，随着截止频率 `D0` 的减小，滤波后的图像越来越模糊，功率谱比越来越小，即滤波后包含的低频分量越来越少。

对于 `test2` 分别选取 `D0=10、30、60` 的一阶 `butteworth` 低通滤波器和 `gaussian` 低通滤波器进行低通滤波。对比不同的 `D0` 值得到的结果知，随着截止频率 `D0` 的减小，滤波后的图像越来越模糊，功率谱比越来越小，即滤波后包含的低频分量越来越少。

最后，对比二阶布特沃斯低通滤波器和高斯低通滤波器的效果知，两种滤波器达到的基本效果是一致的，即平滑图像，滤除高频分量，保留低频分量。但两者在相同截止频率 `D0` 时，得到的功率谱比却不同，主要原因是两个滤波器在过渡带处的差异。

2 频域高通滤波器：设计高通滤波器包括 `butterworth` and `Gaussian`，在频域增强边缘。选择半径和计算功率谱比，测试图像 `test3,4`：分析各自优缺点：

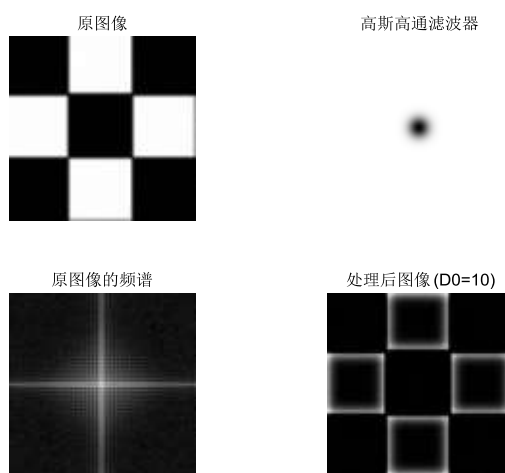
1) 题目分析

实现高通滤波，只需将原图像进行填充，之后计算其傅里叶变换，得到 $F(u,v)$ ；而滤波器的频率域函数已由定义给出低通的 $H(u,v)$ 。在频率域将 $F(u,v)$ 和 $1-H(u,v)$ 对应点相乘，并将得到的结果通过傅里叶反变换回到空间域，即可得到最后的滤波结果。对于功率谱的计算，只需将 $F(u,v)$ 和 $G(u,v)$ 遍历，并在每一个 (u,v) 处计算其功率谱分量并求和，最后，两者做商即得功率谱比。

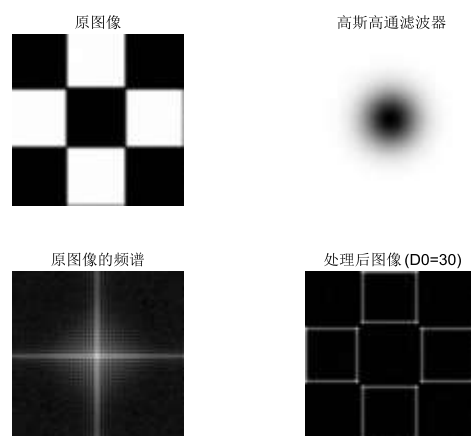
2) 实验结果

设功率谱比 α , 半径 D_0

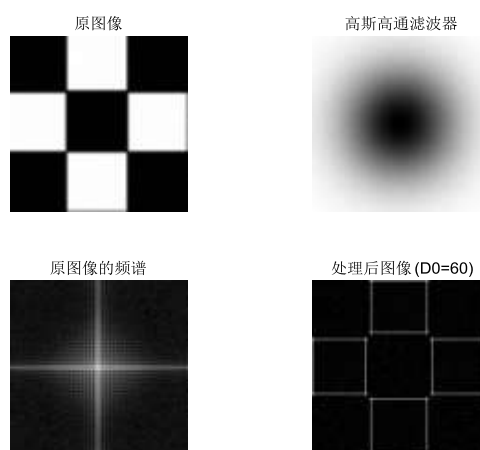
(1) $\alpha = 0.0633$



(2) $\alpha = 0.0093$



(3) $\alpha = 0.0018$



(4) $\alpha = 0.0707$

原图像



高斯高通滤波器



原图像的频谱



处理后图像 (D0=10)



(5) $\alpha = 0.0229$

原图像



高斯高通滤波器



原图像的频谱



处理后图像 (D0=30)



(6) $\alpha = 0.0092$

原图像



高斯高通滤波器



原图像的频谱



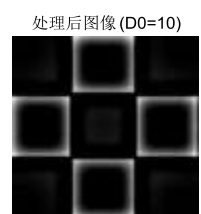
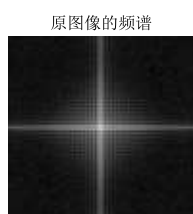
处理后图像 (D0=60)



(7) $\alpha = 0.0755$



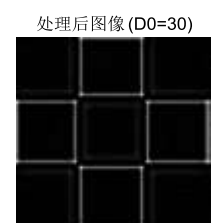
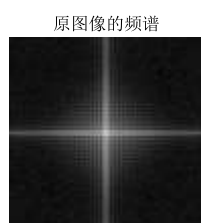
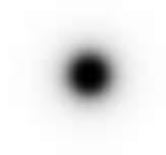
巴特沃斯二阶高通滤波器



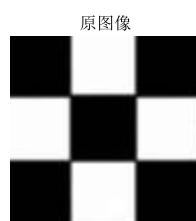
(8) $\alpha = 0.0117$



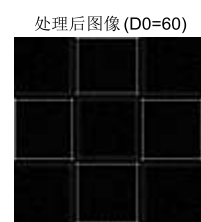
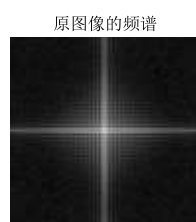
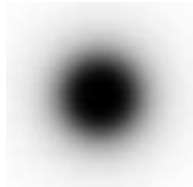
巴特沃斯二阶高通滤波器



(9) $\alpha = 0.0020$



巴特沃斯二阶高通滤波器



(10) $\alpha = 0.0797$

原图像



巴特沃斯二阶高通滤波器



原图像的频谱



处理后图像 (D0=10)



(11) $\alpha = 0.0271$

原图像



巴特沃斯二阶高通滤波器



原图像的频谱



处理后图像 (D0=30)



(12) $\alpha = 0.0109$

原图像



巴特沃斯二阶高通滤波器



原图像的频谱



处理后图像 (D0=60)



3) 结果分析

对比每组图像处理结果中的原始图像和高通滤波后的图像,可以清晰看到高通滤波器的边缘增强效果;对比每组图像中原始图像的傅里叶谱、低通滤波器傅里叶谱以及滤波后图像的傅里叶谱,可以看到滤波在空间域是卷积关系和在频率域是相乘关系。高通滤波器对于低频分量的滤除和对于高频分量的保留作用。通过三幅图的对比,可以清晰的看到滤波器的截断效果。

对比二阶布特沃斯高通滤波器和高斯高通滤波器的效果知,两种滤波器达到的基本效果是一致的,即增强图像边缘,滤除低频分量,保留高频分量。但两者在相同截止频率 D_0 时,得到的功率谱比却不同,主要原因是两个滤波器在过渡带处的差异。

对比高通滤波器和低通滤波器知,高通滤波器在滤波的时候会将直流分量也一同滤除,导致图像变暗。造成当 D_0 增大到一定程度时,边缘将不见,整个图像变为黑色。

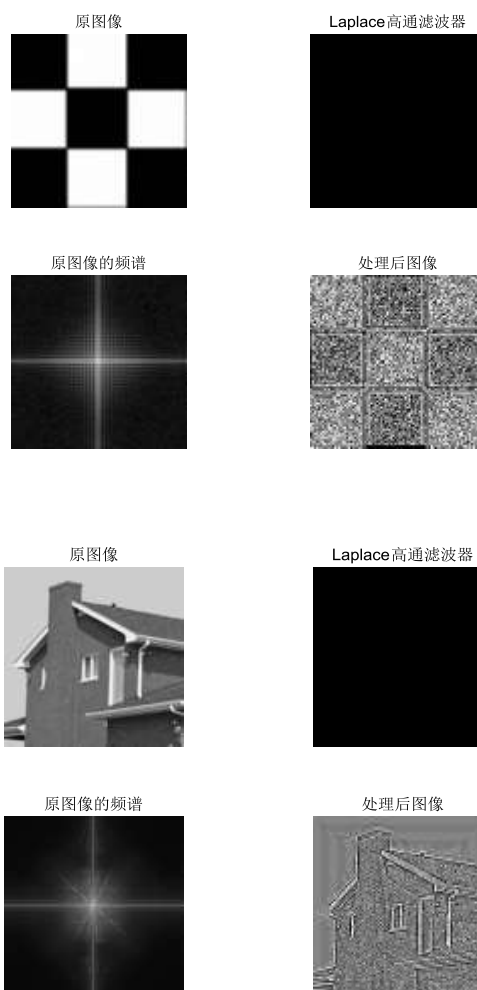
3 其他高通滤波器: 拉普拉斯和 Unmask, 对测试图像 test3,4 滤波; 分析各自优缺点; 比较并讨论空域低通高通滤波 (Project3) 与频域低通和高通的关系;

1) 题目分析

与前两问相似,所不同的是需要重新定义滤波器的频率域 H 函数。

2) 实验结果

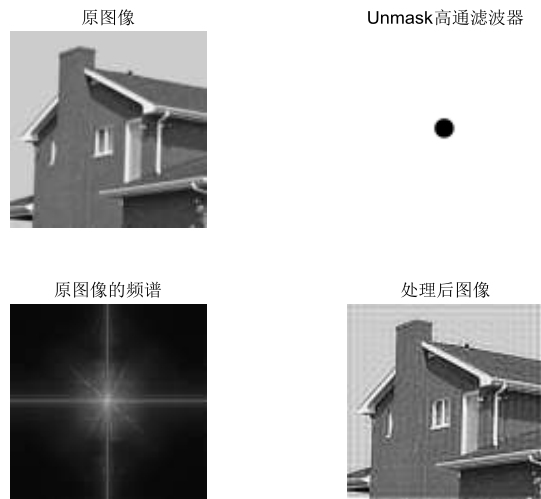
(1) LaplaceHP



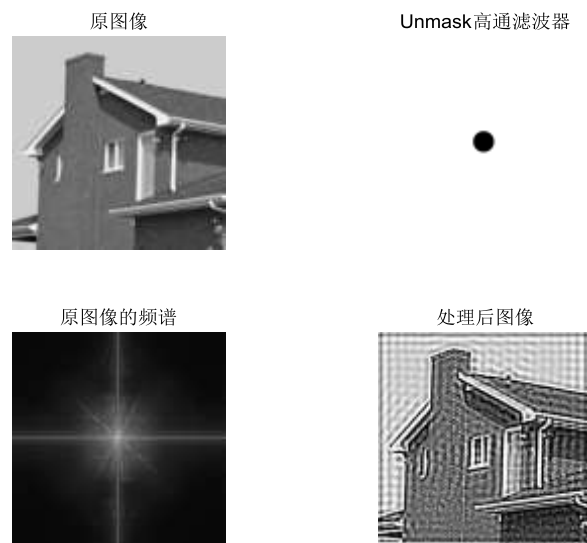
(2) unmask

先定义 K , K 为权重系数, 当 $k=1$ 时, 定义为非锐化掩蔽; 当 $k>1$ 时, 该处理称为高提升滤波。

钝化模板



高提升滤波 $K=5$



3) 结果分析

对比每组图像处理结果中的原始图像和滤波后的图像, 可以隐约看到滤波器的边缘增强效果; 由于最后得到的高频图像要加到原始图像上构成新的图像, 所以视觉上原始图像的傅里叶谱和滤波后图像的傅里叶谱基本一致。

空域低通高通滤波与频域低通和高通的关系: 空域和频域滤波间的纽带是卷积定理。空间域中的滤波定义为滤波函数 $h(x, y)$ 与输入图像 $f(x, y)$ 进行卷积; 频率域中的滤波定义为滤波函数 $H(u, v)$ 与输入图像的傅里叶变换 $F(u, v)$ 进行相乘。空间域的滤波器和频率域的滤波器互为傅里叶变换。