

数字图像处理课程作业实验五

频域滤波器

姓名：王适未
班级：自动化钱 61
学号：2160405015
提交日期：2019 年 4 月 2 日

摘要

本次作业主要实现频域滤波器的基本应用，本文通过 MATLAB 实现了图像在频域上的低通滤波以及高通滤波两大方面内容，本文参考相关数目编写了巴特沃斯滤波器、高斯滤波器、拉普拉斯滤波器以及 Unmask 滤波器，分别对给定图像进行测试并对测试结果进行分析。最后比较并讨论了空域滤波器与频域滤波器二者之间的关系。

作业实验任务

一、频域低通滤波器

1. 任务要求：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, 2; 分析各自优缺点；

(1) Ideal Lowpass Filters (ILPF)

ILPF 的传递函数为

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{if } D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & \text{if } D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

其中 D_0 是正的常量 $D(u, v)$ 表示点 (u, v) 到频率域矩形中心点的直线距离，下同，其满足如下方程

$$D(u, v) = [(u - P/2)^2 + (v - Q/2)^2]^{\frac{1}{2}}$$

(2) Butterworth Lowpass Filter (BLPF)

截止频率位于距原点 D_0 处的 n 阶 BLPF 的传递函数为

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

BLPF 的特点是通频带内的频率响应曲线最大限度平坦，没有纹波，而在阻频带则逐渐下降为零。在对数波特图上，从某一边界角频率开始，幅度随着角频率的增加而线性减少至负无穷。一般定义 BLPF 的截止频率为当 $D(u, v) = D_0$ 时，即 $H(u, v) = 0.5$ 时的位置。

(3) Gaussian Lowpass Filter (GLPF)

GLPF 的传递函数为

$$H(u, v) = e^{-D^2(u, v)/2D_0^2}$$

同理一般定义 GLPF 的截止频率为当 $D(u, v) = D_0$ 时，即 $H(u, v) = 0.607$ 时的位置。

首先对给定图像进行傅里叶变换得到 $F(u, v)$ 接着将 $F(u, v)$ 与滤波器计算所得到的 $H(u, v)$ 相乘得到低通滤波变换的频域图像，再进行傅里叶反变换得到频域滤波的空域图像。分别计算滤波前后的功率谱，再将其作比得到功率谱比。

2. 实验结果：

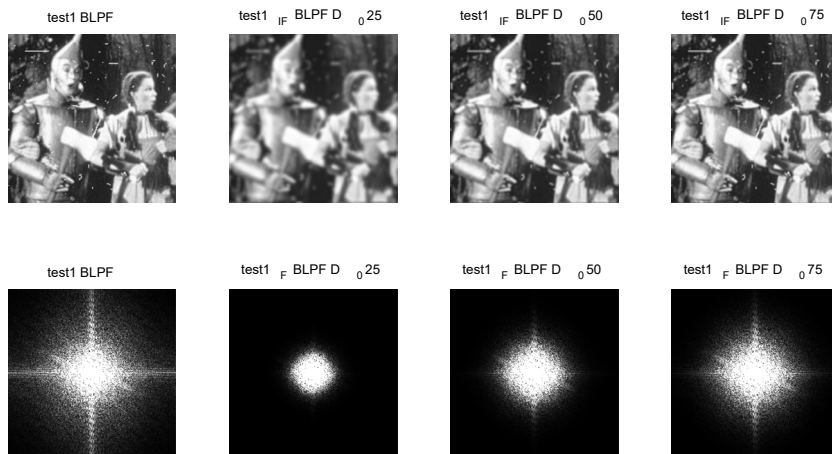


图 1 在不同的 D_0 条件下二阶 BLFT 处理 test1 的结果

使用 MATLAB 分别对两种滤波器进行计算分别得到：巴特沃斯低通滤波器（BLPF）分别处理 test1 以及 test2 的结果如图 1 图 2 所示。

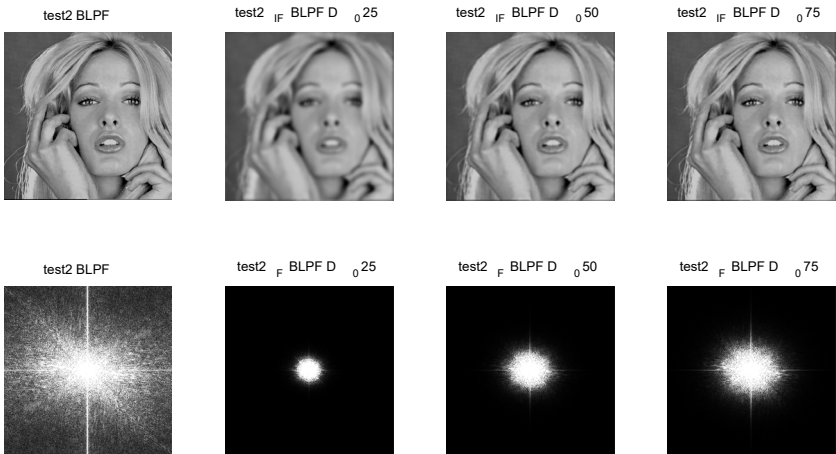


图 2 在不同的 D0 条件下二阶 BLFT 处理 test2 的结果

由图可知使用较小的 D0 处理得到的图像越模糊，处理后的频域图像有明显的界限。在截至频率外频谱分布不明显。

使用高斯低通滤波器（GLPF）的处理分别处理 test1 以及 test2 的结果如图 3 图 4 所示。

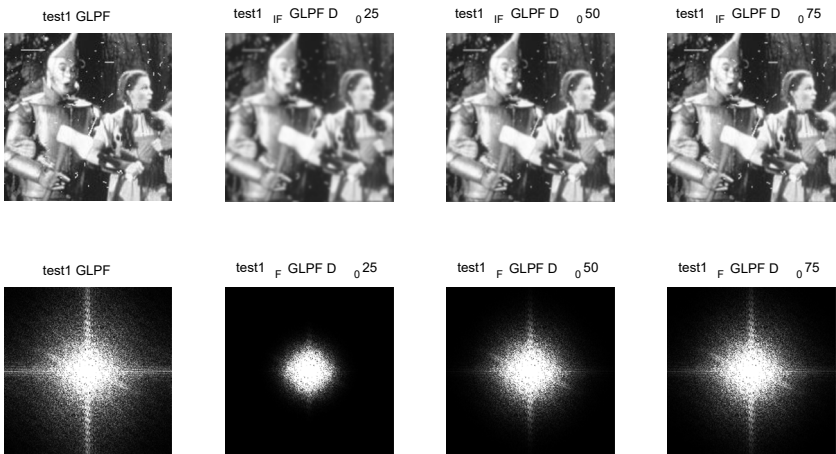


图 3 在不同的 D0 条件下 GLFT 处理 test1 的结果

从图像结果中可以看出，使用较小的 D0 处理得到的图像越模糊这一点与 BLPF 相同，处理后的频域图像有明显的界限。但是在截至频率外频谱分布较 BLPF 明显。

它们的功率谱比如表 1 所示

表 1 上述功率谱比

| Tag | BLPF-25 | BLPF-50 | BLPF-75 | GLPF-25 | GLPF-50 | GLPF-75 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| test1 | 0.9740 | 0.9909 | 0.9957 | 0.9656 | 0.9861 | 0.9925 |
| test2 | 0.9803 | 0.9884 | 0.9915 | 0.9754 | 0.9862 | 0.9901 |

由表 1 可知，在相同的 D0 下处理得到的图像 BLPF 的功率谱比要比 GLPF 处理得到的功率谱比大。

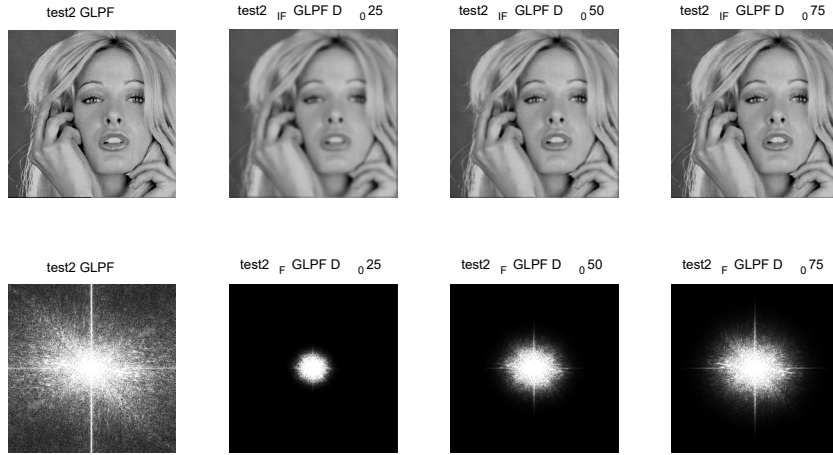


图 4 在不同的 D_0 条件下 GLFT 处理 test2 的结果

二、频域高通滤波器

1. 任务要求：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) Butterworth High-pass Filter (BHPF)

截止频率位于距原点 D_0 处的 n 阶 BHPF 的传递函数为

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

一般定义 BHPF 的截止频率为当 $D(u, v) = D_0$ 时，即 $H(u, v) = 0.5$ 时的位置。

(2) Gaussian High-pass Filter (GHPF)

GHPF 的传递函数为

$$H(u, v) = 1 - e^{-D^2(u, v)/2D_0^2}$$

同理一般定义 GLPF 的截止频率为当 $D(u, v) = D_0$ 时，即 $H(u, v) = 0.393$ 时的位置。

2. 实验结果：

使用巴特沃斯滤波器处理结果如下

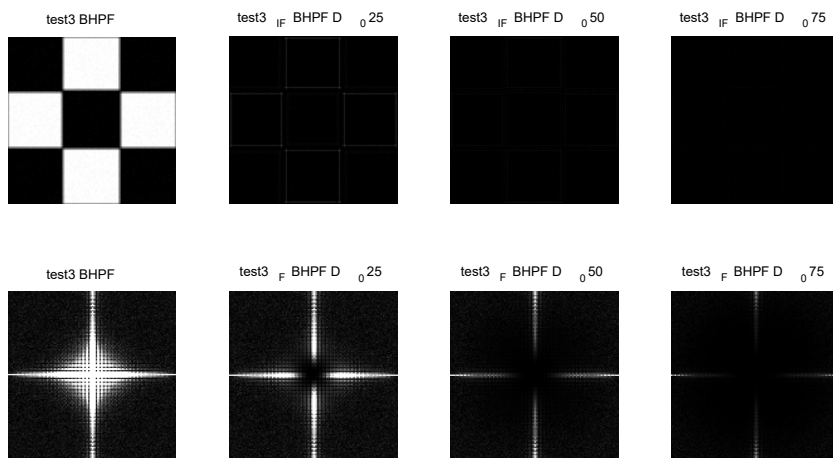


图 5 在不同的 D_0 条件下二阶 BHFT 处理 test3 的结果

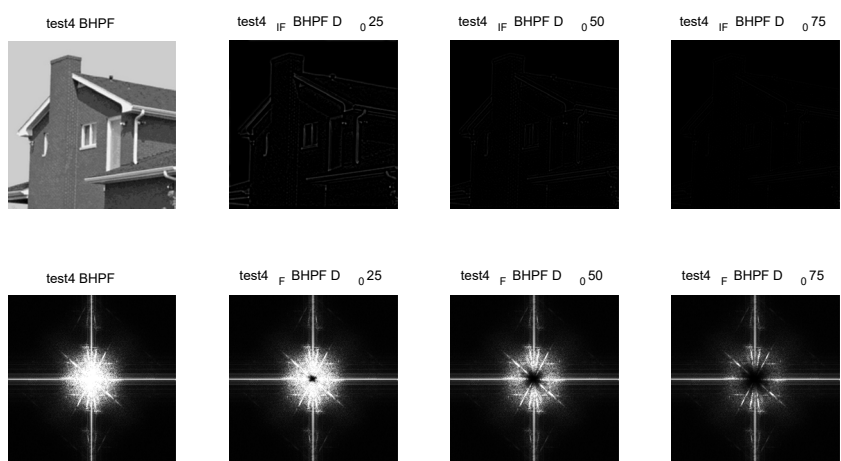


图 6 在不同的 D0 条件下二阶 BHFT 处理 test4 的结果

根据图 5 图 6 可知，在 D0 较小的情况下图像的边缘提取较多，可以通过调整 D0 来调整想要提取边缘的密度。

使用巴特沃斯滤波器处理结果如下

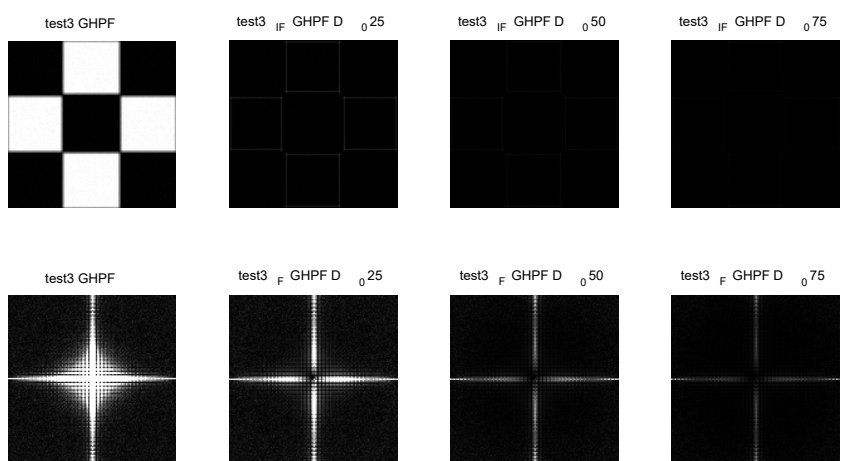


图 7 在不同的 D0 条件下 GHFT 处理 test3 的结果

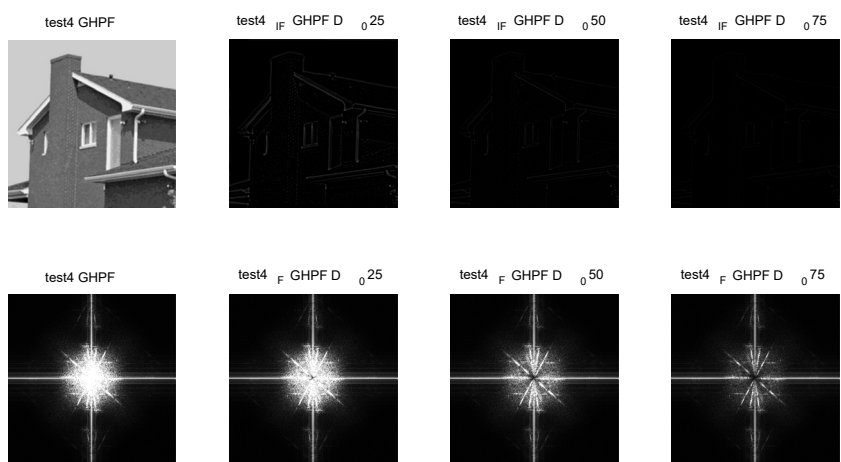


图 8 在不同的 D0 条件下 GHFT 处理 test4 的结果
其实验结果与 BHPF 相似。它们的功率谱比如表 2 所示

表 2 上述功率谱比

| Tag | BHPF-25 | BHPF-50 | BHPF-75 | GHPF-25 | GHPF-50 | GHPF-75 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| test3 | 0.0022 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0019 | 0.0002 | 0.0000 |
| test4 | 0.0070 | 0.0018 | 0.0007 | 0.0056 | 0.0015 | 0.0006 |

由表 2 可知，在相同的 D0 下处理得到的图像 BHPF 的功率谱比要比 GHPF 处理得到的功率谱比大，这一点与低通滤波器类似。

三、其他高通滤波器

1. 任务要求：拉普拉斯和 Unmask, 对测试图像 test3, 4 滤波；分析各自优缺点。

(1) Laplacian High-pass Filter (LHPF)

LHPF 的传递函数为 $1+c*4*\pi^2*image_D(u,v)^2$;

$$H(u, v) = 1 + c[2\pi D(u, v)]^2$$

(2) Unmask High-pass Filter (UHPF)

GHPF 的传递函数为

$$H(u, v) = 1 - e^{-D^2(u, v)/2D_0^2}$$

$$G(u, v) = k_1 + k_2 H(u, v) F(u, v)$$

2. 实验结果:

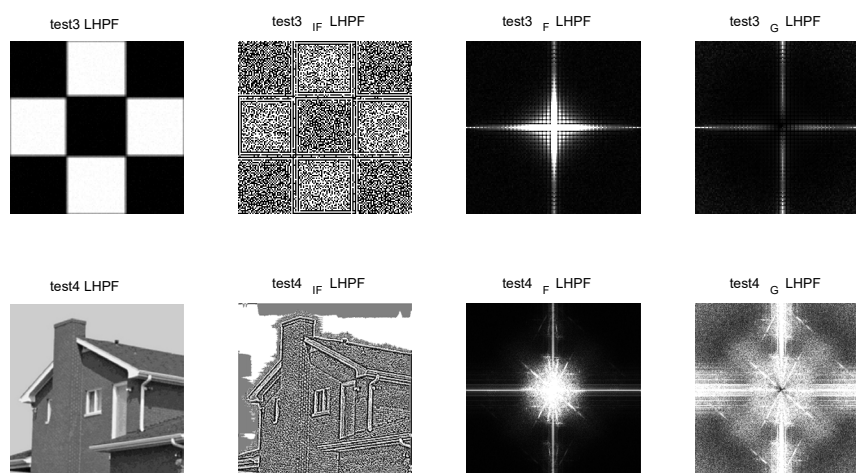


图 9 LHFT 分别处理 test3 和 test4 的结果

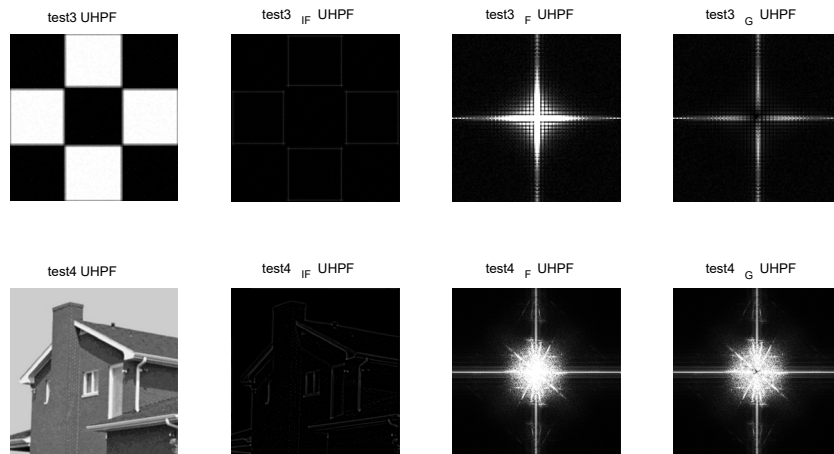


图 10 UHFT 分别处理 test3 和 test4 的结果 ($D_0=25$)

通过对比图 9 图 10 中两种不同滤波器对与每组图像处理结果可知，二者都能对图像的边缘进行提取以达到边缘增强的效果。

四、频域空域滤波器对比

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。

空域和频域滤波的纽带是卷积定理。频域滤波器相当于在空域的基础上进行傅里叶变换在对得到的频域图像进行滤波处理，而空域滤波器则时直接在空域进行滤波处理。

空域滤波器与频域滤波器都能够对图像进行降噪并能过对图像边缘进行检测。

空域滤波由于不需要进行傅里叶变换，算法实现较为简单，因此其计算量较频域滤波小，处理速度快，而频域滤波由于对图像频谱进行直接处理参数选择不当可能造成必要的高频分量丢失使图像变得较为模糊。

此外空域滤波对图像的小部分进行操作，而频域滤波相当于对图像的整体进行操作。

附录

代码详见文件

参考文献

[1] 冈萨雷斯，数字图像处理（第三版），电子工业出版社