

实现图像滤波

一、带阻滤波器消除周期噪声

带阻滤波器的主要应用之一是在频率域噪声分量的一般位置近似已知的应用中消除噪声。一个典型的例子就是一幅被加性周期噪声污染的图像，该噪声可被近似为二维正弦函数。一个正弦波的傅里叶变换由两个脉冲组成，它们是关于变换域坐标原点互为镜像的图像。两个脉冲实际上都是虚的（正弦曲线的傅里叶变换的实部为零），而且彼此为复共轭。

1.1 巴特沃斯带阻滤波器

频带中心半径为 D_0 ，频带宽度为 W 的 n 阶巴特沃斯带阻滤波器的定义为：

$$H(u,v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u,v)W}{D^2(u,v) - D_0^2} \right]^{2n}} \quad (1-1)$$

其中， $D(u, v)$ 由式（1-2）给出，其中 (u, v) 为图像像素点坐标， M 为图像高度， N 为图像宽度。

$$D(u,v) = \left[\left(u - \frac{M}{2} \right)^2 + \left(v - \frac{N}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1-2)$$

1.2 高斯带阻滤波器

频带中心半径为 D_0 ，频带宽度为 W 的高斯高通滤波器的传递函数为：

$$H(u,v) = 1 - e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{D^2(u,v) - D_0^2}{D(u,v)W} \right]^2} \quad (1-3)$$

其中， $D(u, v)$ 由式（1-2）给出。

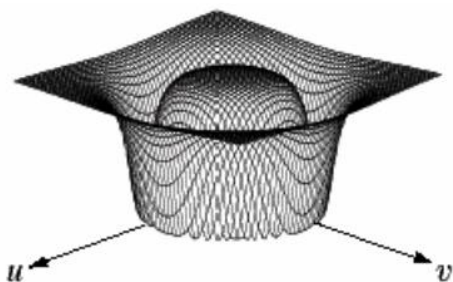


图 1 巴特沃斯（阶数为 1）带阻滤波器

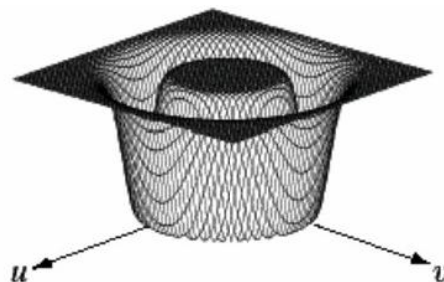


图 2 高斯带阻滤波器

二、结果说明

(1) 对原始图像进行傅里叶变换，观察频谱图的结果，如图 1 所示。可以看到，图像中存在不同频率的正弦噪声严重污染。

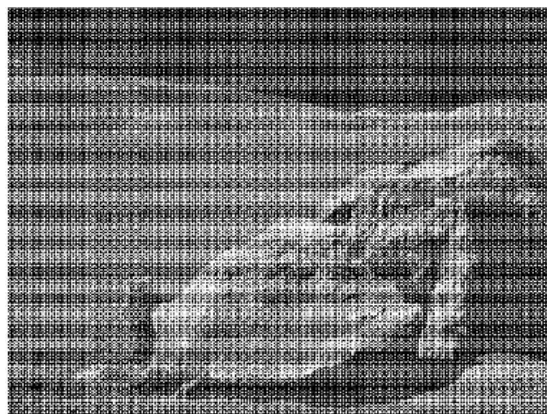


图 1 原始图像

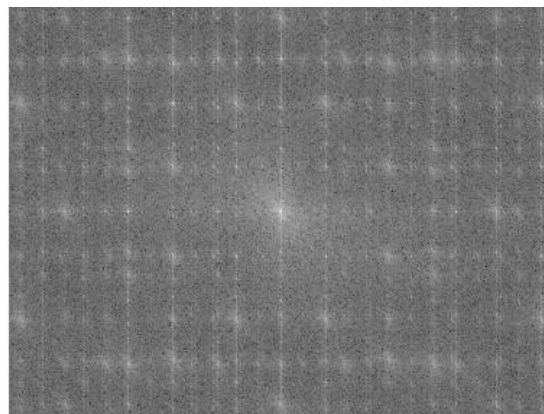


图 2 频谱图

(2) 在不同频带中心半径和频带宽度下，使用巴特沃斯滤波器进行带阻滤波对比实验，其中滤波器的阶数为 2，结果如图 3 所示。可以看到，随着中心半径的增加，图像的细节变得清晰，但同时也引入了更多的噪声。随着频带宽度的增加，噪声在减少，图像越来越平滑，同时细节有所丢失。

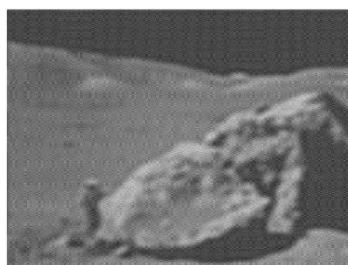


图 (a) $D_0=100, W=300$



图 (b) $D_0=150, W=300$



图 (c) $D_0=200, W=300$

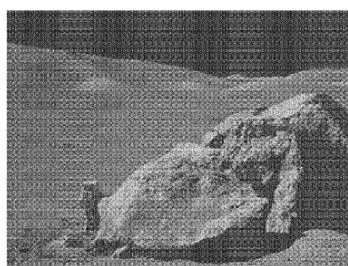


图 (d) $D_0=150, W=100$



图 (e) $D_0=150, W=200$



图 (f) $D_0=150, W=400$

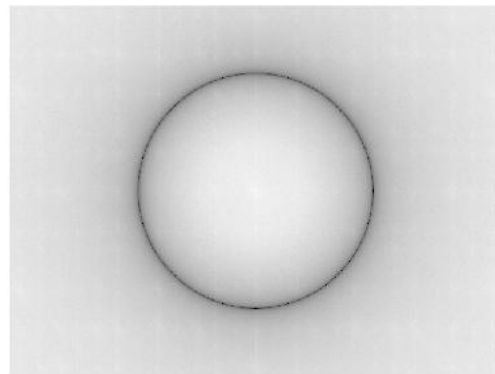
图 3 不同频带中心半径和频带宽度下巴特沃斯带阻滤波结果

(3) 使用高斯滤波器和巴特沃斯滤波器进行滤波对比实验，其中频带中心半径都为 150，频带宽度都为 300，巴特沃斯滤波器的阶数为 4，结果如图 4 所

示。可以看到，两种滤波器都在一定程度上复原了图像，高斯滤波后的图像中残余的正弦噪声幅度大于巴特沃斯滤波。



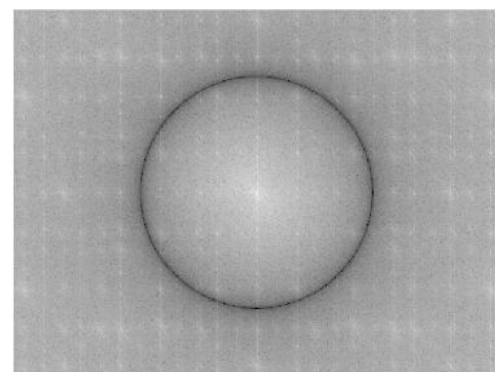
图（a）巴特沃斯滤波器滤波结果



图（b）巴特沃斯滤波器滤波后的频谱



图（c）高斯滤波器滤波结果



图（d）高斯滤波器滤波后的频谱

图 4 巴特沃斯和高斯带阻滤波结果对比

三、存在问题

通过观察图 4 可知，由于原始图像中存在的正弦噪声复杂程度较高，所利用的巴特沃斯和高斯带阻滤波器没有将噪声完全滤除，仍然有噪声残留。书本中复原效果较好，原因是在清晰的原始图像中叠加了正弦噪声之后，直接进行滤波操作。而这里使用的污染图像，为了保证像素值在 0-255 之间，在叠加噪声之后，对像素值进行了截断，导致图像中的噪声并不是单纯的正弦噪声。