



# 数字图像处理

Digital Image Processing

信息工程学院

School of Information Engineering

# 6.4 频率域滤波复原

曹 辉 主讲

# 主要内容

## 教学目标：

1.了解频率域滤波复原及常用的滤波器，包括带阻、带通和陷波滤波器。

## 教学内容：

1. 带阻、带通和陷波滤波器的原理。



## 6.4 频率域滤波复原 (Restoration with Frequency Domain Filtering)

在图像增强中讨论了低通和高通频域滤波器，把它们作为图像增强的基本工具。本节将讨论更加专用的带阻、带通和陷波滤波器，它们能削减或消除周期性噪声。

**原理：**

空间域卷积相当于频率域乘积。

可以在频率域中直接设计滤波器，对图像进行恢复处理。

**分类：**

常用的图像恢复方法有带阻滤波器、带通滤波器、陷波滤波器等。

## 6.4 频率域滤波复原 (Restoration with Frequency Domain Filtering)

### 带阻滤波器 (Bandreject Filters)

带阻滤波器消除或衰减了傅里叶变换原点附近的频段。

( 1 ) 理想带阻滤波器 ( An ideal bandreject filter )

$$H(u, v) = \begin{cases} 1, & D(u, v) < D_0 - \frac{W}{2} \\ 0, & D_0 - \frac{W}{2} \leq D(u, v) \leq D_0 + \frac{W}{2} \\ 1, & D(u, v) > D_0 + \frac{W}{2} \end{cases}$$

这里,  $D(u, v)$  是频率到矩形中心的距离,  $W$  是频带的宽度,  $D_0$  是频带的中心半径。

## 6.4 频率域滤波复原 (Restoration with Frequency Domain Filtering)

### 带阻滤波器 (Bandreject Filters)

( 2 ) n阶的巴特沃思带阻滤波器 ( A Butterworth bandreject filter of order n )

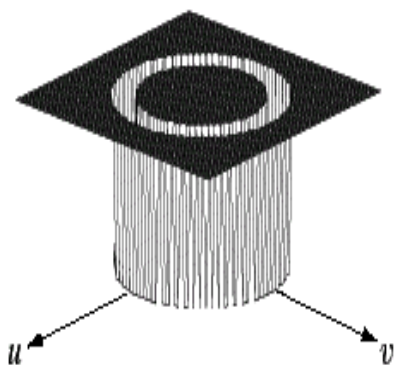
$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[ \frac{D(u, v)W}{D^2(u, v) - D_0^2} \right]^{2n}}$$

( 3 ) 高斯带阻滤波器 ( A Gaussian bandreject filter )

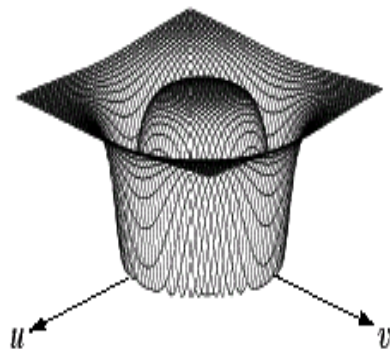
$$H(u, v) = 1 - e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{D^2(u, v) - D_0^2}{D(u, v)W} \right]^2}$$

## 6.4 频率域滤波复原 (Restoration with Frequency Domain Filtering)

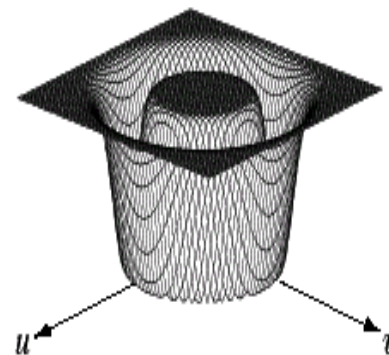
### 带阻滤波器(Bandreject Filters)



(a)理想带阻滤波器;



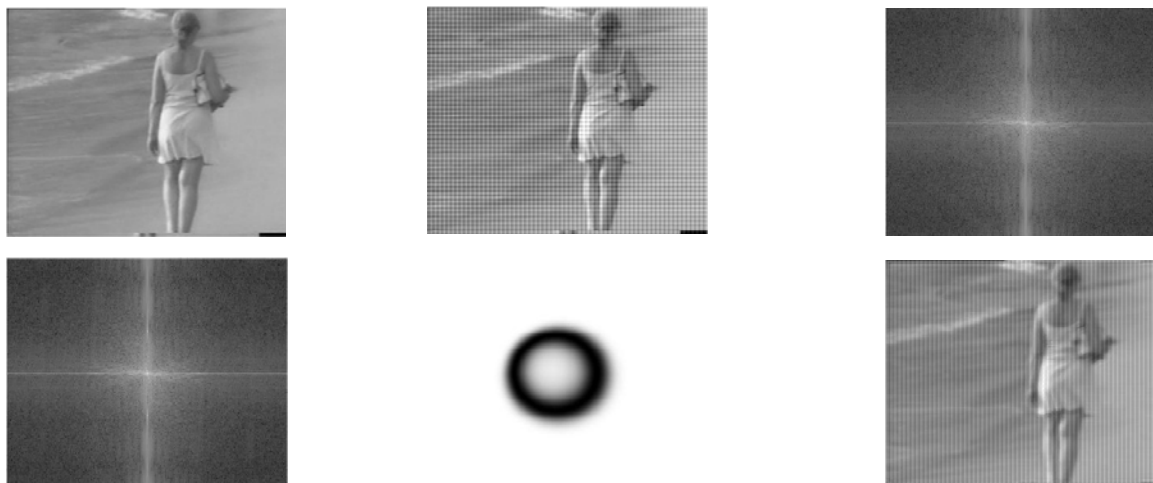
(b)巴特沃思带阻滤波;



(c)高斯带阻滤波器

## 6.4 频率域滤波复原 (Restoration with Frequency Domain Filtering)

### 例6.5 利用带阻滤波器消除周期性噪声



有四个亮点噪声位于以频谱原点为中心、以50为半径的圆周上。因此，设置带阻滤波器中心频率为50、频带宽度为5的高斯带阻滤波器，如图6.15 (e) 所示。

(a) 原图                      (b) 加正弦噪声后的图像                      (c) 图(a)的频谱  
(d) 图(b)的频谱                      (e) 高斯带阻滤波器 (白色代表1)                      (f) 滤波效果图

对于这类周期噪声使用高斯带阻滤波器可以很好地消除噪声，而如果使用小卷积模板的直接空间域滤波方式是不可能取得如此好的滤波效果的。



## 6.4 频率域滤波复原 (Restoration with Frequency Domain Filtering)

### 带通滤波器(Bandpass Filters)

带通滤波器执行与带阻滤波器相反的操作。

可用全通滤波器减去带阻滤波器来实现带通滤波器。

$$H_{bp}(u, v) = 1 - H_{br}(u, v)$$

根据这一公式，我们可以推导出相应的理想带通滤波器、巴特沃斯带通滤波器、高斯带通滤波器的传递函数。

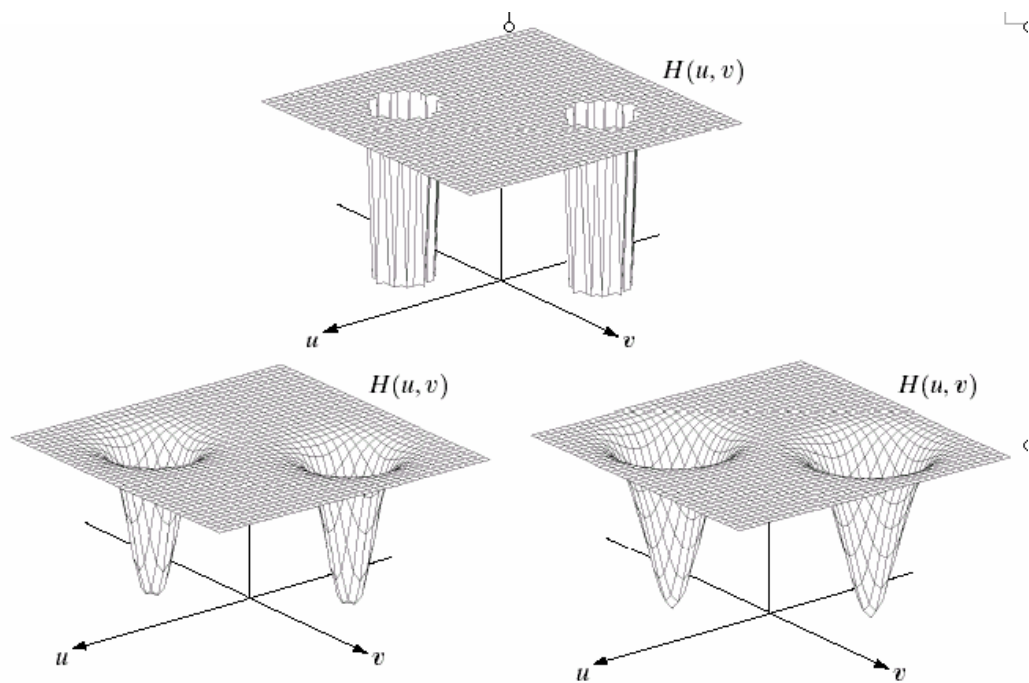
当有用图像信号的频段已知时，可用带通滤波器较好地提取出该图像的频谱，再经过逆变换得到该图像。

同理，当噪声的频段已知时，也可用带通滤波器提取得到噪声图像。

## 6.4 频率域滤波复原 (Restoration with Frequency Domain Filtering)

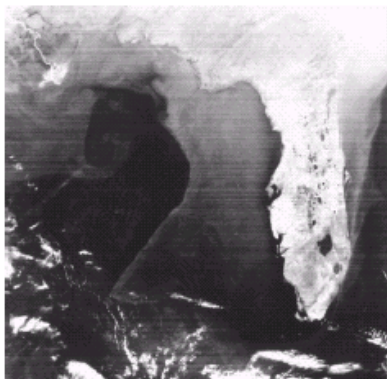
### 陷波滤波器 ( Notch Filters )

陷波滤波器阻止(或通过)事先定义的中心频率邻域内的频率.



- a) 理想陷波滤波器
- b) 巴特沃思陷波滤波器
- c) 高斯陷波滤波器

由于傅立叶变换是  
对称的,因此陷波滤波器  
必须以关于原点对称的  
形式出现.



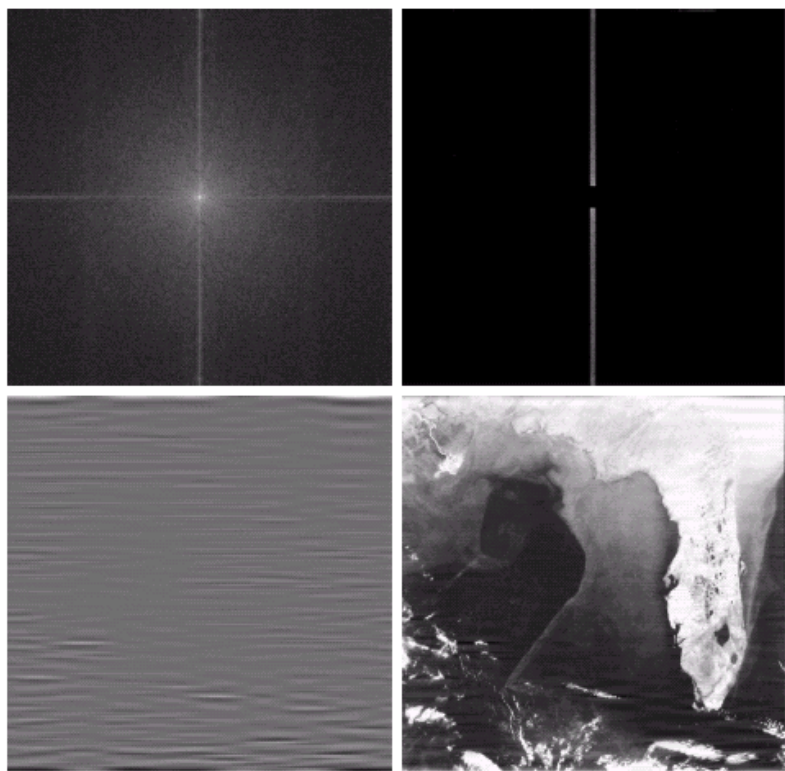
1. 佛罗里达和墨西哥湾的人造卫星图像.

2. (a)图的频谱

3. 叠加在(b)图的陷波带通滤波器

4. 滤波后图像的反傅立叶变换,在空间域显示  
噪声模式

5. 陷波带阻滤波器效果



## 6.4 频率域滤波复原 (Restoration with Frequency Domain Filtering)

### 小结

1. 讲解了频率域滤波复原常用的滤波器，包括带阻、带通和陷波滤波器，并对相关滤波器滤波效果做了对比分析。





谢谢

THANK YOU