

# Chapter 4 频域图像增强

李想 P12214061

2025 年 4 月 5 日

## 1 问题一

选取两张图像，分别进行傅里叶变换，计算并显示其幅度谱和相位谱。如图1所示：



(a) img1



(b) img2

图 1: 原始图像

对图像进行傅里叶变换后，通过 `fftshift` 函数将频谱中心化，两张图像的幅度谱和相位谱分别如图二所示：

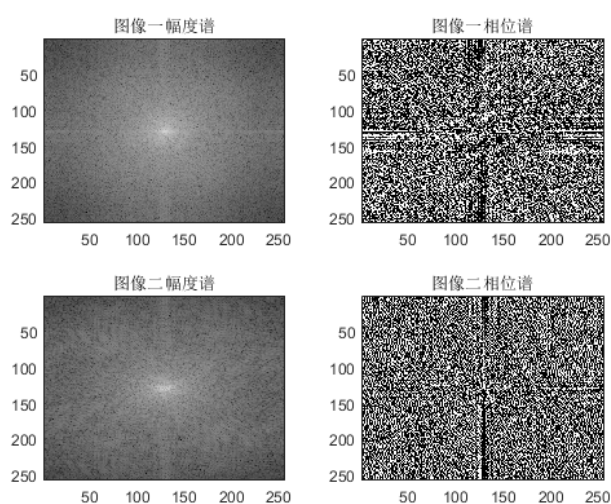


图 2: 原始图像的幅度谱和相位谱

交换两张图像的幅度谱和相位谱后，去中心化并进行傅里叶逆变换，得到的图像如图三所示：



(a) 交换幅度谱后的图1a



(b) 交换相位谱后的图1b

图 3: 交换幅度谱和相位谱后的图像

实验结果显示相位信息决定了图像中物体的空间位置、边缘轮廓和结构布局等信息，而幅度信息则决定了图像的亮度、对比度和纹理等信息。通过交换幅度谱和相位谱，我们可以看到图像的结构和纹理发生了明显的变化，图一1a为一只狗，交换相位后看起来更像一只猫，说明相位谱在图像中起着重要的作用。即使完全替换幅度，只要保持相位不变，图像的基本结构仍可辨认。

## 2 问题二

非均匀光照条件下的图像常因亮度分布不均导致细节丢失，影响后续分析与应用。本实验通过同态滤波方法，在频域中分离图像的光照分量与反射分量，实现了对非均匀背景的亮度矫正与细节增强。

### 2.1 成像模型

图像形成过程可建模为：

$$f(x, y) = i(x, y) \cdot r(x, y) \quad (1)$$

其中：

- $i(x, y)$ : 低频光照分量
- $r(x, y)$ : 高频反射分量

### 2.2 同态滤波原理

通过以下变换实现分量分离：

$$\ln f(x, y) = \ln i(x, y) + \ln r(x, y) \quad (2)$$

$$Z(u, v) = H(u, v) \cdot \mathcal{F}[\ln f(x, y)] \quad (3)$$

$$g(x, y) = \exp(\mathcal{F}^{-1}[Z(u, v)]) \quad (4)$$

### 2.3 高斯滤波器设计

采用频域高斯响应函数：

$$H(u, v) = (\alpha_H - \alpha_L)(1 - e^{-D^2(u, v)/d^2}) + \alpha_L \quad (5)$$

其中参数定义：

- $D(u, v)$ : 频域点到中心的欧氏距离
- $d = 20$ : 截止频率
- $\alpha_L = 0.5$ : 低频抑制系数
- $\alpha_H = 1.2$ : 高频增强系数

高斯滤波器如图4所示:

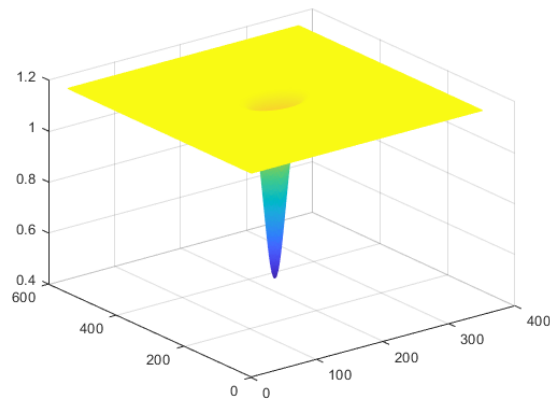


图 4: 高斯滤波器

## 2.4 同态滤波处理

同态滤波增强后的图像如图5所示:

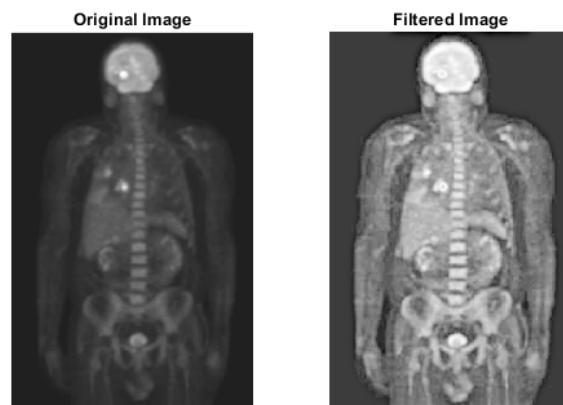


图 5: 同态滤波增强图像

观察滤波后的图像可以发现图像对比度增强, 可以清晰的展现低灰度的部分, 高频分量增强, 图像被锐化, 轮廓更明显。