

图像处理实验报告

马江岩

2021 年 12 月 30 日

1 介绍

本次实验, 我利用 MATLAB 工具, 完成了图像处理的过程. 具体的步骤如图 1 所示.

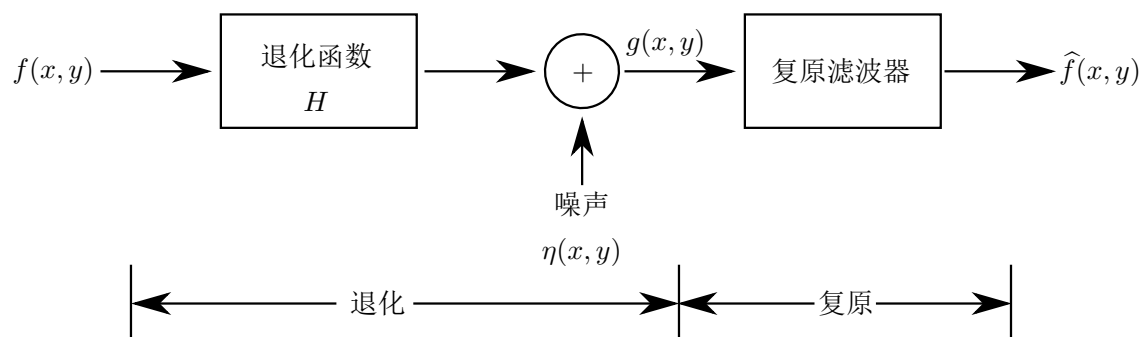


图 1: 图像处理实验流程.

图 1 中, $f(x, y)$ 是输入图像函数, 表示该点的强度或灰度; $h(x, y)$ 又称为点扩散函数 (PSF); $\eta(x, y)$ 是噪声函数, 这次作业将噪声设置为高斯噪声. 在空域上, 有

$$g(x, y) = h(x, y)f(x, y) + \eta(x, y),$$

在频域上, 有

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) + N(u, v).$$

我们以图 2 作为输入图像, 来介绍实验的过程.



图 2: 示例输入图像.

2 退化

首先我们需要将图像处理为灰度图. 原始图像的像素由 (R, G, B) 三种色阶组成, 我们需要把它转化为用灰度色阶 $GRAY$ 来表示. 具体的实现方式为

$$GRAY = 0.2989 \times R + 0.5870 \times G + 0.1140 \times B.$$

转化后的图像如图 3 所示.

接着, 我们用运动模糊算子, 对图像进行退化. 运动模糊算子模拟了照相机的线性运动, 它有两个参数: 一个是运动的距离 `len`, 另一个是运动的角度 `theta`. 我们取 `len = 21`, `theta = 11`, 退化后的图像如图 4 所示.

3 加噪声

我们向图像中加入均值为 0、方差为 0.0002 的高斯噪声, 处理后的图像如图 5 所示.

4 复原滤波

接下来我们需要对图像进行复原滤波. 我们采用的方式是维纳滤波 (Wiener deconvolution).



图 3: 转化后的灰度图像.

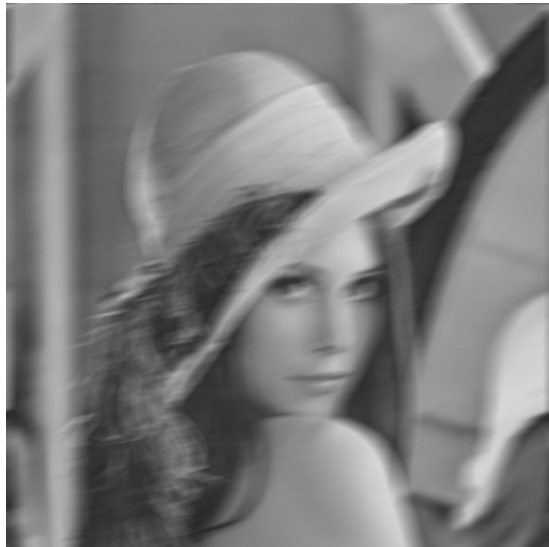


图 4: 退化后的图像.



图 5: 加噪声后的图像.

设原始信号为 $x(t)$, $h(t)$ 是线性时不变系统的冲激响应, $n(t)$ 是噪声信号, $y(t)$ 是接收到的信号,

$$y(t) = (h * x)(t) + n(t).$$

维纳滤波的目的是找到一个滤波器 $g(t)$, 使得我们能够复原出原始信号

$$\hat{x}(t) = (g * y)(t),$$

并且复原信号与原始信号的均方误差

$$\epsilon(t) = \mathbb{E} |x(t) - \hat{x}(t)|^2$$

最小.

维纳滤波在频域上的表示形式为

$$G(f) = \frac{H^*(f)S(f)}{|H(f)|^2 S(f) + N(f)},$$

其中 $G(f)$ 和 $H(f)$ 是 $g(t)$ 和 $h(t)$ 的傅里叶变换, $S(f) = \mathbb{E}|X(f)|^2$ 是 $x(t)$ 的功率谱密度, $N(f) = \mathbb{E}|V(f)|^2$ 是噪声 $n(t)$ 的功率谱密度, $X(f), Y(f), N(f)$ 分别是 $x(t), y(t), n(t)$ 的傅里叶变换. 于是复原信号在频域上的表示为

$$\hat{X}(f) = G(f)Y(f),$$



图 6: 经过维纳滤波后的复原图像.

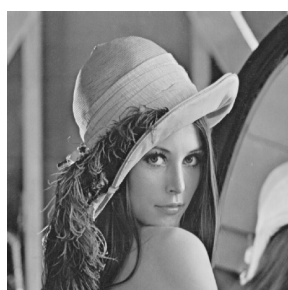
再通过傅里叶逆变换即可得到 $\hat{x}(t)$.

经过维纳滤波后的图像如图 6 所示.

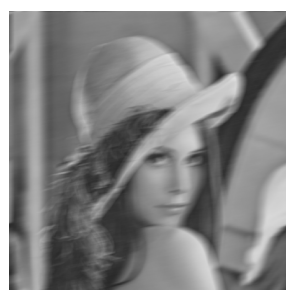
由此可见, 使用维纳滤波, 在图像经过运动模糊退化和加噪之后, 我们依然能够复原出原图像, 但会有精度上的损失. 值得一提的是, 虽然我们在维纳滤波时不需要使用原图像作为参数, 但我们需要提供原图像与所加高斯噪声的信噪比. 倘若我们进行维纳滤波时以信噪比为 0 作为参数, 则无法复原出原图像, 得到的结果是一张毫无信息的雪花图. 另一方面, 倘若我们不加噪声, 直接对退化后的图像进行滤波, 则可以完美地复原出原图像. 因此, 加噪声这一步对实验的影响还是很大的.

不难想象, 随着高斯噪声的加大, 复原出的图像会越来越失真, 这可以由我们的实验程序所证实. 实验中我还发现, 增大运动模糊退化函数的 `len` 参数, 会使复原图像明显地变得更失真, 但改变 `theta` 函数则效果并不明显. 这说明复原图像的效果主要是由图像在退化过程中运动的距离所决定的, 图像运动的角度相对来说影响较小.

综上, 我们的图像处理结果如图 7 所示.



original image



filtered image



noisy image



restored image

图 7: 图像处理实验结果.

A 程序结构

`Digital_Image_Processing.pdf` 是本项大作业的主程序, 其结构如下.

首先我们读取原始图像文件 `Lenna.png`, 将其转换为 `double` 数据格式.

然后我们将其转化为灰度图 `grey_image`, 定义运动模糊退化函数的 `len` 参数和 `theta` 参数, 生成退化函数 `PSF`, 并对图像进行处理得到退化后的图像 `blurred_image`.

随后我们对图像添加噪声得到 `blurred_noisy_image`, 最后对其进行维纳滤波得到复原后的图像 `restored_image`.

B 文件说明

运行 `Digital_Image_Processing.m` 前, 需确保其与附件 `Lenna.png` 在同一路径下.

各个附件的内容如下:

- `Lenna.png` 为原始图像.
- `Digital_Image_Processing.m` 为主程序文件.
- `Image_Processing_Results.pdf` 为图像处理各步骤中得到的图像.
- 图像处理实验报告.pdf 为本项大作业的实验报告.