



中山大學

SUN YAT-SEN UNIVERSITY

## 图像处理

维纳滤波在图像去噪中的编程实现与优化研究

姓 名 \_\_\_\_\_ 常毅成

学 号 \_\_\_\_\_ 22354010

学 院 \_\_\_\_\_ 智能工程学院

专 业 \_\_\_\_\_ 智能科学与技术

2024 年 12 月 20 日

# 目录

1	引言	1
2	算法原理	1
3	算法实现	2

# 1 引言

随着数字图像技术的快速发展，图像处理在医疗、卫星遥感、工业检测等领域中的应用越来越广泛。然而，实际获取的图像往往受到各种噪声和失真的影响，导致图像质量下降。为了改善图像质量，必须采用有效的滤波技术进行去噪和复原。维纳滤波 (Wiener Filtering) 作为一种基于统计最优准则的线性滤波方法，被广泛应用于图像处理领域。维纳滤波是美国应用数学家诺伯特·维纳 (Norbert Wiener) 在二十世纪四十年代提出的一种滤波器，并在 1949 年出版 [1]。

## 维纳滤波的实际应用意义

1. **图像去噪** 图像在获取和传输过程中常常会受到各种噪声的干扰，如高斯噪声、椒盐噪声等。维纳滤波通过利用噪声和信号的统计特性，有效地抑制噪声，提高图像的信噪比 (SNR)。与简单的均值滤波或中值滤波相比，维纳滤波能够更好地保留图像的边缘和细节信息 [2]。
2. **图像复原** 在图像退化严重的情况下，如模糊、失焦或运动模糊，维纳滤波能够根据退化模型和噪声特性，对图像进行有效的复原。通过频域分析，维纳滤波可以逆转退化过程中的频率损失，恢复图像的清晰度。
3. **图像增强** 维纳滤波不仅限于去噪和复原，还可用于图像增强。通过调整滤波器的参数，维纳滤波可以增强图像的对比度和亮度，使得图像更加清晰和易于分析。在医学图像处理中，维纳滤波被用于增强 X 射线、MRI 等图像的细节，辅助医生进行诊断。
4. **总结** 随着计算能力的提升和算法的改进，维纳滤波在实际应用中仍具有广阔的发展前景。未来，结合深度学习等新兴技术，维纳滤波有望在更复杂的图像处理任务中展现出更强的性能 [3]。

## 2 算法原理

在图像拍摄过程中由于各种原因会造成图像退化，图像退化模型可如下：

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

其中， $\star$  为卷积符号， $f(x, y)$  为输入图像， $g(x, y)$  为退化图像， $h(x, y)$  为退化函数， $\eta(x, y)$  为加性噪声，将上式进行傅里叶变换有：

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

根据傅里叶变换的特性，空间域中的卷积相当于频率域中的乘积。

(1) 如果不考虑退化函数，图像退化模型就简化为图像噪声模型：

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

图像增强问题成为单纯的图像去噪问题，可以通过空间域滤波等众多方法解决。

(2) 如果不考虑加性噪声，图像退化模型就简化为：

$$g(x, y) = h(x, y) \star f(x, y)$$

这种问题可以通过逆滤波解决，即通过傅里叶变化以及阵列除法即可获得恢复后的图像频谱  $\hat{F}(u, v)$

$$\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v)}{H(u, v)}$$

那么  $H(u, v)$  怎么获得呢？《数字图像处理》中的方法有观察估计、实验估计和建模估计，例如建模估计中可以通过运动数学模型将退化函数构造为：

$$H(u, v) = \frac{T}{\pi(ua + vb)} \sin[\pi(ua + vb)] e^{-j\pi(ua + vb)}$$

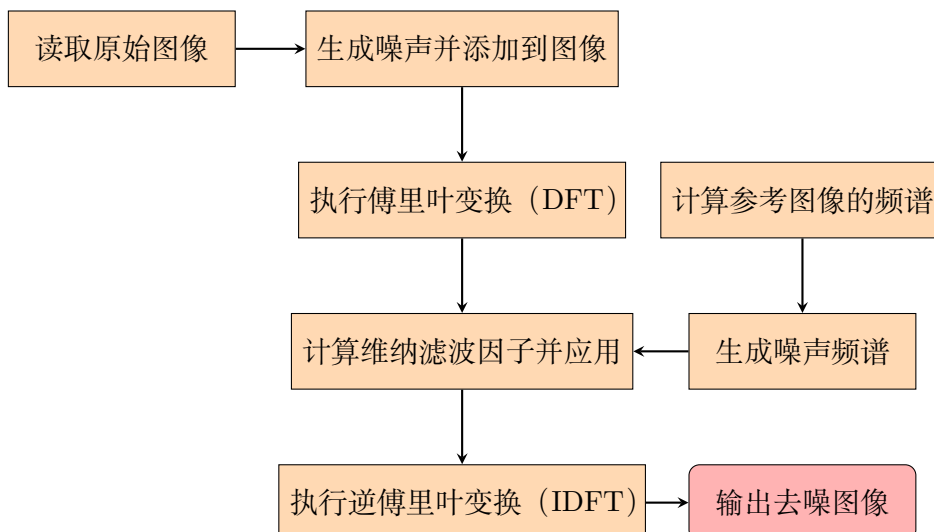
(3) 如果退化函数和加性噪声都考虑，空域滤波照无法解决图像退化问题，逆滤波效果因为噪声的存在会变得非常差，这个时候就需要用到维纳滤波，（维纳滤波的推导写在结论中）维纳滤波公式如下：

$$\hat{F}(u, v) = \left[ \frac{1}{H(u, v) \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + S_\eta(u, v)/S_f(u, v)}} \right] G(u, v)$$

其中， $S_\eta(u, v) = |N(u, v)|^2$  为噪声的功率谱，这个我们可以通过用户输入的方差构造一个噪声图像  $N(u, v)$  并计算功率谱； $S_f(u, v) = |F(u, v)|^2$  为输入图像的功率谱

### 3 算法实现

维纳滤波流程图



## 代码思路概述

维纳滤波的算法逻辑包括以下几个关键步骤：

1. **图像填充与预处理**：为了适应傅里叶变换，首先需要将图像填充至合适的尺寸，即填充到行列数为 2 的幂。这样可以优化傅里叶变换的计算性能。
2. **傅里叶变换**：图像从空间域转换到频域，采用快速傅里叶变换（FFT）将图像的空间信息转化为频域信息。该步骤是后续滤波处理的基础。
3. **频谱计算**：计算参考图像和噪声图像的频谱。参考图像用于估计原始图像中的信号部分，而噪声图像则提供噪声的频谱信息。
4. **计算维纳滤波因子**：根据信号与噪声的频谱，计算维纳滤波因子。维纳滤波因子的计算基于信号和噪声的功率谱比值。滤波因子决定了在频域中每个频率分量的加权程度。
5. **频域滤波**：使用维纳滤波因子对图像的频谱进行滤波。通过简单的乘法操作，可以将噪声分量抑制，同时保留信号成分。
6. **逆傅里叶变换**：对滤波后的频域图像进行逆傅里叶变换，恢复到空间域，从而获得去噪后的图像。

## 关键亮点

- **零填充**：通过将图像填充至最佳尺寸，使得傅里叶变换更高效且准确。
- **频谱分析**：通过计算参考图像和噪声图像的频谱，能够精准地估计信号和噪声的频域特性，从而为后续滤波操作提供必要的信息 [4]。
- **维纳滤波因子的设计**：维纳滤波因子的设计是该算法的核心，通过信号与噪声功率谱比来调整每个频率分量的权重，有效去除噪声并保留有用的图像信息。

## 实验结果与评价



图 1: 结果图

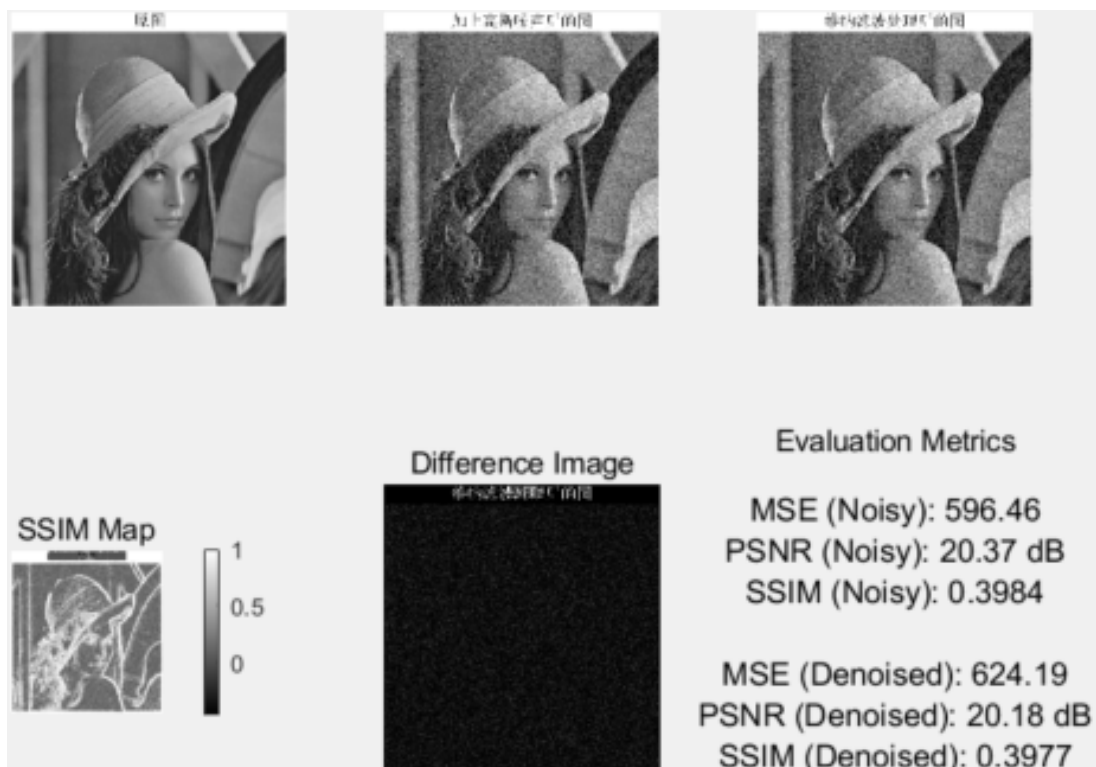


图 2: 评价结果

两幅图都是 matlab 代码中可视化出来的，图 2 可详见 visualization.m 文件。从图中我们可以看出维纳滤波的效果。图 2 中三个参数分别是均方误差、峰值信噪比、结构相似性指数，都可以看出维纳滤波处理后，更逼近原图，达到了一定的去噪效果。想要达到更好的效果，下面是我思考的一些可以改进的地方。

- **噪声建模：**更精确地建模噪声类型，例如使用噪声的功率谱密度而不是简单的标准差。
- **噪声建模：**更精确地建模噪声类型，例如使用噪声的功率谱密度而不是简单的标准差。
- **频域处理优化：**加入更复杂的频谱估计方法，如基于图像局部方差的加权策略 [3]，进一步提升滤波效果。
- **正则化参数调整：**动态调整正则化参数  $\lambda$ ，而不是使用固定值，以便根据不同图像特征优化滤波性能。

我从这次实验中真正切实感受到了图像处理过程中的一些问题和有趣的地方，当然也遇到了很多难点，收益良多。最后辛苦助教师兄师姐和老师阅读我的报告，感谢！

## 参考文献

- [1] N. Wiener, *Extrapolation, Interpolation, and Smoothing of Stationary Time Series*. New York: Wiley, 1949.
- [2] A. C. Bovik, *Handbook of Image and Video Processing*. San Diego, CA: Elsevier, 2nd ed., 2010.
- [3] K. Zhang, W. Zuo, M.-H. Yang, and L. Zhang, “A comprehensive review of image denoising algorithms with deep learning approaches,” *IEEE Access*, vol. 4, pp. 2762–2773, 2016.
- [4] M. Hassan and A. Zubair, “A new approach for image denoising using wiener filter,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 24, no. 6, pp. 23–26, 2011.