

兰州理工大学

LANZHOU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

毕业论文

题 目 数字图像的去噪算法研究与实现

学生姓名 **

学 号 **

专业班级 通信工*班 指导教师 **

学 院 计算机与通信学院 答辩日期 *年6月16日

数字图像的去噪算法研究与实现

Denoising Algorithm and Implementation for Digital Image

*

*

*

[键入文字]

摘要

数字图像的去噪是图像处理邻域一个重要的分支。近年来随着计算机技术的高速发展，人们对图像质量的要求越来越高，图像噪声的处理已经成为了研究的一个热点。

本论文通过分析与处理有噪的数字图像，综合运用数字图像处理的理论知识以及Matlab强大的功能对加噪后的图像进行空间域、频域分析和滤波。在滤波器研究与实现的过程中，空间域滤波器采用均值滤波、中值滤波以及维纳滤波;频域滤波器采用巴特沃斯低通滤波。对比原始图像与滤波后图像，分析每种噪声的最适滤波器，得出相应的结论。通过分析与对比仿真结果得出:均值滤波器是典型的线性滤波器，对高斯噪声的抑制效果是比较好的;中值滤波器是常用的非线性滤波的方法，对椒盐噪声的滤除特别有效;维纳滤波器对高斯噪声有明显的抑制作用，但对椒盐噪声的抑制不是很理想。 关键词:图像去噪;空间域;频域分析

Abstract

[键入文字]

The noise-reduction of digital image is an important branch of Image processing fields. In recent years, people ‘s demand to image quality is increasingly high with the rapid

development of computer technology, and the image noise processing has become an hot spot in research.

This paper through the analyzing and processing of noised digital images, comprehensive using theoretical knowledge of the digital image processing and the Matlab ‘s powerful function in spatial domain and frequency domain analysis and filtering for the images after adding noise. In the process of filter's researching and implementation, filters in spatial domain usually adopt the mean filtering, median filtering and wiener filtering, but filters in frequency domain usually adopted Butterworth low-pass filtering. According the simulation result ‘s

analysis and comparing we know: the mean filter is a typical linear filter, the inhibition effect of Gaussian noise is better; the median filter is a common method of nonlinear filtering, the inhibition effect of salt and pepper noise is better; the wiener filter has obvious inhibitory effect to the gaussian noise, but the salt and pepper noise suppression is not very ideal. **Keywords**: The noise-reduction of image;Spatial domain;Frequency domain analysis

[键入文字]

目录

第一章 绪论 1

1.1 数字图像处理的基本概念 1

1.1.1 基本概念
…… 1
1.1.2 基本内容
…… 1
1.2 数字图像去噪算法研究背景
…… 1
1.3 数字图像去噪算法研究的目的及意义
…… 2
1.4 本文结构安排
…… 3 第二章 数字图像去噪算法概述
…… 4
2.1 噪声分类
…… 4
2.1.1 按噪声产生的原因
…… 4
2.1.2 按噪声的频谱
…… 5
2.1.3 按噪声与信号的关系
…… 5
2.1.4 按概率密度函数(PDF)分类
…… 5
2.2 数字图像去噪的基本方法
…… 6

2.2.1 空间域滤波
..... 7
2.2.2 频域滤波
..... 7
2.3 数字图像去噪效果的评价
..... 7
2.3.1 主观评价
..... 7
2.3.2 客观评价
..... 8 第三章 数字图像的空间域滤波
..... 11
3.1 均值滤波器
..... 11
3.2 中值滤波器
.....14
3.2.1 中值滤波原理
.....14
3.2.2 中值滤波器基本特性
.....16
3.3 维纳滤波

.....
.....17 第四章 数字图像的频域滤波
.....
.19 第五章
数字图像去噪的Matlab实现及结果分析.....
.....21

5.1 数字图像去噪的Matlab实现过程
.....21

5.1.1 均值滤波器
.....
....21

5.1.2 中值滤波器
.....
....23

5.1.3 维纳滤波器
.....
....25

5.1.4 巴特沃斯低通滤波器
.....28

5.2 结果分析
.....
.....30
结论.....
.....34
参考文献.....
.....35
附录?源程序清单.....
.....37
附录?外文文献及翻译.....
.....41

致谢.....62

[键入文字]

第一章 绪论

1.1 数字图像处理的基本概念

1.1.1 基本概念

随着数字技术的不断发展与这项技术应用范围的不断扩展，现实世界中的许多信息都可以用数字形式的数据进行处理和存储，数字图像就是这种以数字形式进行存储和处

[9]理的信息。这种技术用一个数字阵列来表示的图像，数字阵列中的每个数字符号都表示数字图像的一个最小单位，即像素。通过对每一个像素点的颜色，或是高度等进行数字化描述，就可以得到在计算机上处理的数字图像。

1.1.2 基本内容

1.
对图像进行增强或抑制，以增强有用信息，同时抑制干扰信息(即无用信息或噪声)，将图像的视觉质量改善，以提高图像的可观察性。

2.
描述图像的特征将其特征抽取出来(例如图像的纹理特征、频谱特征、边界特征和颜色特征等)并加以分析(用某个标准衡量像素并对其进行分类和比较)，把抽取的特征归类总结为一定的模式。

3.
把图像的某些部分合并或进行重新组织，称其为图像的重建，例如，计算机视觉就是这样的一种技术。

4.
图像编码是为了简化图像的表示方式，压缩表示图像所需的数据，以便于图像的

[16]存储和传输。图像编码主要是对表示图像的数据进行压缩，由于图像信息具有较强的相关性，因此通过改变图像数据的表示方法就可以对图像的数据冗余进行压缩,进而达到减小描述图像的数据量的目的。

1.2 数字图像去噪算法研究背景

现实生活中的图像都是有噪声的。噪声主要分为——
高斯噪声和脉冲噪声。图像滤波可以分成空间域、频域和小波域滤波。

对图像进行去噪最初主要是在空域内进行的，图像空域去噪方法很多，主要是通过各种滤波器对图像进行去噪。例如均值滤波器、顺序统计滤波器、维纳滤波器等。为了进一步提高去噪的效果，在变换域中进行降噪处理相比于其他方法是更有效的。图像的变换域去噪就是对图像进行某种变换，即将图像从空间域变换到变换域中，再对变换域

[键入文字]

中图像的变换系数按照某一种方法进行处理，最后按照某种方法对处理后的系数进行反

[14]变换，这样就实现了变换域图像噪声的去除目的。图像从空间域变换到变换域的方法很多，例如傅立叶变换、小波变换等等。在变换域中不同的变换方法得到的系数都具有着不同的特点，根据不同系数的特点合理的处理变换系数再通过反变换将图像还原到空间域，这样就可以达到有效去除噪声的目的。

本文主要研究空间域去噪中的均值滤波、中值滤波以及维纳滤波算法，频域去噪时先做傅里叶变换再对其进行巴特沃斯低通滤波处理。

1.3 数字图像去噪算法研究的目的及意义

数字图像处理中输入的图像质量是较低的，输出的图像是质量改善后的。常用的图像处理方法都有图像增强、复原、编码、压缩等。光学相干层析成像是近些年来发展较

[6]快的一种层析成像技术。因为其对生物组织无辐射损伤、具有微米级的分辨率、高探测灵敏度和越来越快的扫描速率等优点，在医学诊断病变组织方面，尤其是对生物组织活体检测具有诱人的应用前景。由于干扰噪声的存在，这些生理信号有可能出现失真，甚至面目全非。这给采集有用的图像信息带来了很大的难度。所以就必须对那些含噪的图像进行某种处理，改善图像的质量。力求在最大程度上显现出信号的本身特点。

研究表明，对图像进行去噪处理的意义主要表现在以下两个方面:

1.
由于成像机理的不同，成像后得到的初始图像中都含有很多不同性质的噪声，这些噪声存在于图像中影响了人们对图像的观察，干扰了人们对图像信息的理解，使得失

[25]去了存储图像信息的本质意义。所以，对图像进行去噪处理在正确识别图像信息方面是非常重要的。

2.
对图像进行去噪处理一方面提高人们视觉识别信息的准确性，另一方面为对图像

[13]进一步处理提供可靠的保证，所以对图像进行去噪处理是很有必要的。

虽然传统图像去噪方法呈百花齐放之态，但是这些方法大部分并不是完美的，在去噪的同时丢失了图像的细节信息。因此，对去噪方法进行进一步的研究或者对已有的算法进行完善的意义依然很重要。不同的算法都有着其不同的数学理论基础，去噪后的表现效果也不同。探求它们的内部机理，寻求相应的关系，研究不同算法之间的不同以确

错误~未找到引用源. 定如何取长补短，以达到更好的去噪效果，意义更加重大。再者研究图像去噪对数字图像其他处理环节性能的提升也有着促进作用。

1.4 本文结构安排

第一章为绪论，首先简单介绍了数字图像处理的基本概念、内容，然后介绍了数字图像去噪的研究背景、研究目的与意义。

第二章为数字图像去噪概述，先简单介绍了噪声的分类与数字图像去噪的基本方法，然后提出去噪的效果评价。

第三章主要列举了空域滤波法，介绍了中值滤波、均值滤波与维纳滤波的原理以及计算过程。

第四章介绍了数字图像的频域滤波法，以巴特沃斯滤波器为例简单描述了频域滤波。

第五章为数字图像去噪的Matlab实现以及结果分析，对四种滤波器进行Matlab编程并仿真绘出结果图，分析比较各滤波器的性能。

论文最后是结论，提出了本论文研究所得出的结论，得出两种噪声的最适滤波器。

第二章 数字图像去噪算法概述

一般情况下，采集到的数字图像是含有噪声的。对噪声的理解可以是:妨碍人们的感觉器官对所接收的信源信息的理解的因素。图像在生成和传输过程中会受到各种噪声

[19]的干扰，对图像信息的处理、传输和存储造成极大的负面影响。数字图像之所以含有噪声，这是因为在图像的采集、获取、编码和传输过程中，所有的图像都会在不同程度上被可见或不可见的噪声¯污染||。对于这种¯污染||，如果信噪比(SNR)低于一定的水平，¯污染||就会影响图像场景中内容的表示，直接导致图像质量的下降。除了视觉质量的下降外，噪声还有可能掩盖掉一些重要的图像细节内容，使图像的熵增大，从而妨碍图像数据的有效压缩。对于图像在采集、获取过程中出现的¯污染||，虽然在提高硬件设备的性能中可以获取质量更高的图像，但图像传感器的截止频率总是会受硬件水平和价格的限制，且在编码和传输过程中造成的图像¯污染||，必需要采取有效的降噪技术，才能提

[7]高图像的质量。

2.1 噪声分类

图像噪声是图像在摄取或传输时所受的随机信号干扰，是图像中各种妨碍人们对其

[4]信息接受的因素。很多时候人们将图像噪声看成是一个多维的随机过程，因而完全可以借用对随机过程描述的方法来描述噪声，即用噪声的概率分布函数和概率密度分布函数来描述噪声。现实中有多种多样的图像噪声，它们的性质也各不相同，所以了解噪声的分类是很有必要的。在下文中对噪声的不同分类方法进行列举。

2.1.1 按噪声产生的原因

按噪声产生的原因分类，主要有以下几种。

1.
外部噪声，即指由系统外部干扰形成以电磁波形式或经电源串进系统内部的噪声。如电气设备，天体放电现象等引起的噪声。

2. 内部噪声，一般有四个源头:

(1)由光和电的基本性质所引起的噪声。如电流的产生是电子或空穴粒子的集合定向运动形成。主要有:因这些粒子运动的随机性而形成的散粒噪声;导体中自由电子的无规则热运动所形成的热噪声;根据光的粒子性，图像是由光量子所传输，而光量子密

[15]度随时间和空间变化所形成的光量子噪声等。

(2)电器机械运动产生的噪声。如各种接头的抖动引起电流变化所产生的噪声;磁

头、磁带等抖动或它们一起的抖动等。

(3)器械本身引起的噪声。如正片和负片的表面颗粒性和磁带磁盘表面缺陷所产生的噪声。随着材料科学的发展，这些噪声有望不断减少，但在目前来讲，还是不可避免。

(4)系统内部设备电路所引起的噪声。如电源引入的交流噪声;偏转系统和箝位电路所引起的噪声等。

这种分类方法有助于理解噪声产生的源头，有助于对噪声位置定位，对于降噪算法只能起到原理上的帮助。

2.1.2 按噪声的频谱

[1] 按噪声的频谱对噪声进行分类，主要有以下三种。

1. 频谱分类均匀分布的噪声称为白噪声;

2. 频谱与频率成反比的称为 噪声; $1/f$

3. 频谱与频率平方成正比的称为三角噪声。

2.1.3 按噪声与信号的关系

[1] 按噪声与信号的关系分类，主要有以下几种。

1.
加性噪声:加性嗓声的强度与图像信号的强度是不相关的，如运算放大器，又如图像在传输过程中引进的¯信道噪声||电视摄像机扫描图像的噪声的，这类带有噪声的图像g可看成为理想的无噪声图像f与噪声n之和，公式如2-1所示:

(2-1) $g(x,y),f(x,y)，n(x,y)$

2.
乘性噪声:乘性嗓声强度与图像信号强度是相关的，往往随图像信号的变化而变化，如飞点扫描图像中的嗓声、电视扫描光栅、胶片颗粒造成等，由于载送每一个象素信息的载体的变化而产生的噪声受信息本身调制。在某些情况下，如信号变化很小，噪声也不大。这类带有噪声的图像g可看成为理想无噪声图像f与噪声n之积，如2-2:

$g(x,y),f(x,y)，n(x,y)$ (2-2)

为了分析与处理的方便，常常将乘性噪声近似认为是加性噪声，而且总是假定信号和噪声是互相统计独立的。

2.1.4 按概率密度函数(PDF)分类

1. 高斯噪声

在空间域和频域中，由于高斯噪声(也称为正态噪声)在数学上的易处理性，这种噪

[键入文字]

声模型经常被用于实践中。

高斯噪声的PDF如2-3所示:

2，，*zu*1(,) (2-3) *pz*(),exp,,,2,2,,，，

2. 瑞利噪声

瑞利噪声的PDF如2-4所示:

2,2(*z*,*a*)exp(,(*z*,*a*)/*b*),*z*,*a*, (2-4) *P*(*z*),*b*,

,0,*z*,*a*,

3. 指数分布噪声

指数分布噪声的PDF如2-5所示:

0，*z*,0,*P*(*z*), (2-5) ,*a*,exp(,*ax*),*z*,0,

4. 均匀分布噪声

均匀分布噪声的PDF如2-6所示:

1,,*a*,*z*,*b*, *P*(*z*), (2-6) *b*,*a*,

,0，其他,

5. 脉冲噪声(椒盐噪声)

脉冲噪声也称为椒盐噪声，有时也称为散粒和尖峰噪声。

(双极)脉冲噪声的PDF如2-7所示:

P,*z*,*a*,*a*,*P*(*z*),*P*,*z*,*b* (2-7) ,*b*

,0，其他,

这种分类方法由于引入数学模型，就有助于运用数学手段去除噪声。

2.2 数字图像去噪的基本方法

图像去噪可以在空间域内进行，也可以在变换域内进行。不管在哪种域内进行去噪，

它们都是基于噪声和信号在频域上的不同分布规则为依据的，一般情况下，有用信号是

主要分布在低频区域的，而噪声则是多分布在高频区域的，然而由于图像的细节也是分

布在高频区域的，因此如何在减少图像噪声的同时保留图像的细节问题便成为图像去噪

[键入文字]

[2]技术的研究目标。

2.2.1 空间域滤波

对图像进行去噪最初主要是在空域内进行的，本文主要研究空间域滤波中的中值滤波、均值滤波以及维纳滤波。

2.2.2 频域滤波

为了进一步提高去噪的效果，在变换域中进行降噪处理成为有效的方法，图像变换域去噪就是对图像进行某一种变换，然后将图像从时域变换到变换域中，再对变换域中的图像变换系数按照某种方法进行处理，最后再对处理后的系数按照某种方法进行反变换，这样就实现了将图像去除图像噪声的目的。将图像从时域转换到变换域的变换方法很多，例如傅立叶变换、小波变换等等。不同的变换方法在变换域得到的系数都是有不同特点的，根据系数的特点合理的处理变换系数再通过反变换将图像还原到时域，往往

[8]就可以有效地达到去除噪声的目的。在这里我使用傅里叶变化将图像从空间域变换到频域再用巴特沃斯低通滤波器对其进行降噪处理。

在第三章与第四章中本人将对几种空间域滤波以及频域滤波做详细的介绍以及研究。

2.3 数字图像去噪效果的评价

在图像去噪的处理中，常常需要评价去噪后图像的质量。这是因为一个图像经过去

[10]噪处理后所还原图像的质量好坏，对于人们判断去噪方法的优劣有很重要的意义。目前对图像的去噪质量评价主要有两类常用的方法:一类是人的主观评价，它由人眼直接观察图像效果，这种方法受人为主观因素的影响比较大。目前由于对人的视觉系统性质还没有充分的理解，对人的心理因素还没有找到定量分析方法。因此主观评价标准还只是一个定性的描述方法，不能作定量描述，但它能反映人眼的视觉特性。另一类是图像质量的客观评价。它是一种数学上统计的处理方法，其缺点是它并不是总能反映人眼的真实感觉。一种折衷的方法是在衡量图像¯去噪||算法的优劣时，将主观与客观两种标准结合起来考虑。

2.3.1 主观评价

图像质量的主观评价是利用人眼直接观察图像，按照某种规定标准或图像样品，由

[键入文字]

人的主观感觉和统计结果对图像的优劣作出评定。主观评价通常有两种:一种是作为观察者的主观评价，这是由选定的一组人对图像直接用肉眼进行观察，然后分别给出其对所观察的图像的质量好或坏的评价，再综合全组人的意见给出一个综合结论。它只是一种定性的方法，没有定量的标准，而且受到观察者的主观因素的影响，评价结果有一定的不确定性。另一种是随着模糊数学的发展，可以用模糊综合评判方法来尽量减少主观因素的影响，实现对图像质量近似定量的评价，不过它仍然没有完全消除主观不确定性

[24]的影响，其定量计算公式中的参数往往要依赖专家经验确定。

在进行主观评价时，有一点需要强调，即每种滤波方法事实上都不可能把噪声图像完全恢复到原始无噪声图像那么完美无缺，因为噪声污染都会产生某种信息的丢失，而这些是很难通过滤波器来再生的。因此评价不可以过分要求结果图像与原始图像的一致性。

掌握主观评价的标准主要可以通过以下几个方面来评价:

1.
观察噪声平滑的效果。主要可通过观察图像的背景或前景中灰度平坦区、缓变区等地方来获得评价印象;

2.
观察图像结构成分的保护效果。每一种噪声滤波方法在平滑图像噪声的同时，都会对图像的结构成分。例如边缘、细节等，产生不同程度的损坏。评价滤波的好坏必须综合考虑噪声平滑与结构保护两方面的效果。事实上，结构保护也是目前图像噪声滤波中比较困难的一件事;

3.
观察结构保护的效果也可通过对比结果图像与原始图像或噪声图像中的边缘、细

[28]节等地方来进行。

国际上通行的有5级评分的质量尺度和妨碍尺度，如表2-1所示。

表2-1 图像主观评价评分表

效果评分 质量 妨碍

非常好 一点都看不出图像质量变坏 5

好 能看出图像质量变坏，但不妨碍视觉观看 4

一般 能清楚地看出图像的质量变坏，对视觉观看稍有妨碍 3

差 对视觉观看有妨碍 2

非常差 非常严重地妨碍视觉观看 1

2.3.2 客观评价

尽管主观对去噪后图像质量的评价是比较权威的方式，但是在一些研究场合，或者

[11]由于试验条件的限制，也希望对去噪图像质量有一个定量的客观描述。图像质量的客观评价由于着眼点不同而有多种方法，这里介绍的是一种经常使用的所谓的逼真度测量。对于彩色图像逼真度的定量表示是一个十分复杂的问题。目前应用得较多的是对黑白图像逼真度的定量表示。合理的测量方法应和主观实验结果一致，而且要求简单易行。目前主要有两大类客观评价方法:一类是基于数学定义的客观评价方法，如常用的、*MSE*

、等;另一类评价方法是考虑了人类视觉系统特性的(Human Visual *PSNRHVSMAE*

System)评价方法。基于数学定义的方法是传统的图像质量客观评价方法，主要采取误差评测法，即通过计算滤波后的结果图与原始无噪图像的误差来进行近似衡量滤波的效错误~未找到引用源。果。下面介绍几种比较常见的图像质量客观评价方法:

1. 均方误差如式2-8所示: *MSE*

$$MSE=\frac{1}{n_1 n_2}\sum_{i=1}^{n_1}\sum_{j=1}^{n_2}[f(i,j)-f_2(i,j)]^2 \quad (2\text{-}8)$$

2. 信噪比如式2-9所示: *SNR*

$$SNR=10\lg\frac{\sum_{i=1}^{n_1}\sum_{j=1}^{n_2}f(i,j)^2}{MSE} \quad (2\text{-}9)$$

:2: *ff*

其中表示重建恢复后图像像素的灰度值，表示原始图像各点的灰度值;表*,i ,ji,jfij*示重建恢复后图像灰度值的方差。

3. 峰值信噪比如式2-10所示: ， ，*PSNR*

2255 (2-10) *PSNR*,10lg2' ， ，*f,fN*

'*N*

式中表示处理后的图像的灰度，表示原始图像的灰度，表示图像像素的个数。*ff*

*PSNRPSNR*单位为dB。在实际应用中，峰值信噪比是图像处理中最常用的图像质量评价的客观标准。

[12]*HVS*基于人类视觉系统特性的评价方法是近年来发展起来的一类方法。图像最终是供人看的，因此合理评价图像质量的方法应充分遵循人眼的视觉特性，这种方法正是

*HVS*基于这点进行研究的。但是由于非常复杂，至今人们还未完全理解其所有特性，也

*HVSHVS*没有得出关于的较为清晰的解析式，目前较为成熟的理论框架如下图所示。

输入图像 输出图像 幅度非线性 二维视敏度函数 视觉检测

图2.1 人眼视觉模型

[键入文字]

这种模型模拟了视觉感知的三大特性:幅度非线性衰减、视觉敏感度带通、视觉检测，它们是与图像质量相关的主要特性。目前基于的图像质量评价方法主要可以分*HVS*

为两类:基于视觉感知的测量方法和基于视觉兴趣的测量方法。基于视觉感知的测量方

[26]法是近年来研究较多的测量方法。

以上两种客观评价方法各有其优缺点。基于数学定义的评价方法由于没有考虑人眼的视觉特性，因而在有些情况下其评测结果与人眼的评测结果不一致，如当峰值信噪比

错误~未找到引用源。超过30dB时，人眼很难感知出原始图像与重构图像的差异。基于的评*HVS*价方法考虑了人眼的视觉特性，应该说是今后图像质量评价的发展趋势，但由于人眼视觉特性的复杂性，至今人们还未完全理解其所有特性，还未形成国际公认的标准，而且目前出现的一些基于的评价方法大都实现起来较为复杂，与传统的评价方法相比较*HVS*

[12]也无法看出明显的优越性。而传统的基于数学定义的评价方法一方面计算极为简单，另一方面不依赖于观测条件，所以在目前的图像质量评价方法中仍占有统治地位。

由以上分析可知，图像质量的主客观评价方法各有利弊。对于客观方法而言，目前并没有很严格、恰当的评价参数，其评价原理有待进一步完善;而主观方法则受观察人和观察条件的影响比较大，因此目前对噪声滤波效果的评价一般采用主客观相结合的评价法方法。

[键入文字]

第三章 数字图像的空间域滤波

空间域滤波是把图像信号和滤波函数进行卷积来完成的，这个过程很多情况下可利用模板进行处理，不同的滤波函数得到不同的模板，比如均值滤波、中值滤波等。空间域内的滤波器实质上都是一种基于像素点邻域内的操作，通过创建一
个以待处理像素为中心的模板，然后在整幅图像上平移该模板，来完成对整个图像的滤波操作。空间域滤波按其特点一般可分为线性和非线性两类处理方法，按功能分为平滑和锐化滤波器。平

[20]滑滤波器可用低通滤波实现，其目的是消除噪声，但会带来模糊。锐化滤波器可用高通滤波实现，其目的是为了增强被模糊的细节边缘。不管何种滤波器，其基本方法就是对图像模板下面的像素与模板系数的的乘积求和，即模板卷积，主要步骤如下:

1. 将模板在图像中移动，并将模板中心与图像中某个像素点重合;

2. 将模板上的系数与模板下对应像素点相乘;

3. 将所有乘积相加;

[17] 4. 将模板的输出相应赋值给对应模板中心位置的像素点。

本论文主要介绍了空间滤波器中的均值滤波器、中值滤波器以及维纳滤波器。 3.1 均值滤波器

均值滤波算法是典型的线性滤波算法，它是指在图像上对目标像素给一个模板，该模板包括了其周围的邻近像素。再用模板中的全体像素的平均值来代替原来的像素值。

均值滤波的思想是:对于给定一幅的图像，图像中的每个像素点为，，fx
$,yN$，N

，去噪后的图像为。去噪后图像中的每个像素的灰度级由包含邻域的几

，，，，x,ygx,y，，x,y个像素的灰度级的平均值所决定。也就是说，用某一像素邻域内各像素的灰度平均值来

[1]代替该像素原来的灰度值。即用下式得到处理后的图像，如式子3-1:

1 ， ， ， ， $g(x,y)=f(x,y)$ (3-1) ，M ， ， i,j,w

Mx,*y*,0,1,2,...,*N*,1; 式中

*w*是以点为中心的邻域的集合，是*w*内坐标的总数。 ， ，*x*,*y*

图像邻域平均法的处理效果与所用的邻域半径有关，即模板尺寸。半径越大，图像的模糊程度也越严重。此外，图像邻域平均法算法简单，计算速度快，但它的主要缺点是在降低噪声的同时使图像产生模糊，特别在图像的边缘和细节处，邻域区越大，模糊

[1]越厉害。

3，35，5现以模板与模板为例来详细阐述均值滤波器的原理(如下式)。本论文所

11

[键入文字]

用的模板是模板中所有系数都取相同值的模板，如式3-2:

11111，，

,,11111111，，,,11,,**111,, (3-2) 11111,,925,,,,11111111，，,,

,,11111，，

中间被标记的点表示以该像素为中心像素，即该像素是要进行处理的像素。模板运

算的数学含义是卷积(或互相关)运算。

图3.1说明了卷积的处理过程。

加权和计算（行，列）

1P1+ H

, H2P2+

H3P3+

H4P4+

H5P5+

H6P6+ H1 H4 H7 P1 P4 P7

H2 H5 H8 P2 P5 P8 * H7P7+ H3 H6 H9 P3 P6 P9

H8P8+

H9P9+

P5的新值

图3.1 卷积处理过程

卷积处理就是做加权求和的过程。邻域中的每个像素分别和卷积核中的每一个元素

相乘，乘积求和所得的结果即为中心像素的新值。卷积核中的元素称作加权系数(亦称

为卷积系数)，卷积核中的系数大小及排列顺序，决定了对图像进行区处理的类型。改

[21]变卷积核中的加权系数，会影响到总和的数值与符号，从而影响到所求像素的新值。

在模板或卷积的加权运算中，还存在一些具体问题需要解决:首先是图像边界问题，

当在图像上移动模板(卷积核)至图像边界时，在原图像中找不到与卷积核中的加权系

数相对应的9个像素，即卷积核悬挂在图像缓冲区的边界上，这种现象在图像的上下左

右四个边界上均会出现。例如，如式3-3，当模板为:

12

[键入文字]

111，，1,,*111 (3-3),,9,,111，，

设原图像如式3-4:

11111，，

,,22222,, (3-4) *f*,,,33333

,,44444，，

经过模板操作后的图像如式3-5:

-----，，

,,-222-,, (3-5) *g*,,,-333-

,,-----，，

¯-||表示无法进行模板操作的像素点。
解决这个问题可以采用两种简单的方法:一种方法是忽略图像边界的数据，另一种方法是在图像四周复制原图像边界像素值，从而使卷积核悬挂在图像四周时可以进行正常的计算。实际应用中，多采用第一种方法。

模板对当前像素及其相邻的像素点都一视同仁，统一进行平均处理，这样就可以滤

[22]去图像中的噪声。模板操作实现了一种邻域运算。例如，用3×3模板对一幅数字图像处理结果(图中计算结果对边界像素不进行处理)。以一个例子来说明下均值滤波算法: 设检测图像数据(包含噪声干扰)如式3-6:

12143，，

,,110234,,

,,*f*,52688 (3-6)

,,55708,,

,,56789，，

用3×3的模板对其进行均值滤波(因为图像画面边框上的像素无法被模板覆盖，因此一般不做处理)。对于图像中的每一个非边框区域中的像素以其为中心取3×3的邻域，计算9个像素的灰度值均值，并用此值替代中心像素的灰度值。例如原图中的f(2,2)的值为10，该点的灰度值比其他周围像素的灰度值大，在初步判断其为噪声点后，该点的模板如式3-7:

121，，

,,*f*(2，2),1102 (3-7) ,,

,,526，，

13

[键入文字]

则其滤波后的结果如式3-8:

1,, (3-8) *g*(2，2),int(1，2，1，1，10，2，5，2，6),3,,9,,

由计算结果得出，此处理可滤除噪声，即将像素值大于周围像素的噪声进行抑制。同理对于像素f(4,4),其模板中的像素如式3-9:

688，，

,,*f*(4，4),708 (3-9) ,,

,,789，，

则其滤波后的结果如式3-10:

1,, (3-10) g(4，4),int(6，8，8，7，0，8，7，8，9),7,,9,,

即将像素值小于周围像素的噪声进行了仰制。用这种方法依次对各点(除边界外)进行处理，则最终对原图进行处理后的结果图像如式3-11:

12143，，

,,13444,,

,, (3-11) g,55558

,,55578,,

,,56789，，

由此可见均值滤波对噪声有很好的抑制作用，而且算法简单，但对图像的边缘和细节处的处理方面却不令人满意，虽然噪声抑制效果好，但同时画面的模糊也更加严重。 3.2 中值滤波器

中值滤波是一种非线性滤波，由于它在实际运算过程中并不需要图像的统计特性，所以比较方便。中值滤波首先是被应用在一维信号处理技术中，后来被二维图像信号处理技术所引用。在一定的条件下，可以克服线性滤波器所带来的图像细节模糊，而且对滤除脉冲干扰及图像扫描噪声最为有效。但是对一些细节多，特别是点、线、尖顶细节

[2]多的图像不宜采用中值滤波的方法。

3.2.1 中值滤波原理

中值滤波的基本原理是把数字图像或数字序列中一点的值用该点的一个邻域中各点值的中值代替。它用一个奇数点的移动窗口，将窗口中心点的值用窗口内个点的中值代替。假设窗口内有五点，其值为80、90、200、110、120，那么此窗口内各点的中值即

为110。

设有一个一维序列，取窗口长度(点数)为m(m为奇数)，对其进$f,f,f.....,f_{123n}$

行中值滤波，就是从输入序列中相继抽出m个数(其中为窗口f，$...f$，$f,f,...,ff_{i,vi,1ii,1i,vi}$的中心点值，)，再将这m个点按其数值大小排序，取其序号为中心点的$v,(m,1)/2$

[2]那个数作为滤波输出。

用数学公式表示如式3-12:

$m,1$ ，(3-12)$,,y,Medf,...,f,...f(i,N,v,)_{ii,vii,v}2$

例如，有一序列{0，0，3，4，7}，则Med{0，0，3，4，7}=3。此列若用平滑滤波，窗口也是取5，那么平滑滤波输出为(0+3+4+0+7)/5=2.8。

二维中值滤波公式如3-13所示:

$,,g(x,y),Medf(i,j),i,j,S_s$ (3-13)

式子中，S为窗口，i，j为二维数字序列。

中值滤波采用的模板通常有模板、模板与模板。本文以模板为例3，35，53，37，7

对一组加噪数据进行中值滤波，过程如下:

设检测图像数据(包含噪声干扰)如式3-14:

12143，，

,,110234,,

,,*f*, (3-14) 52688

,,55708,,

,,56789，，

用3×3的模板对其进行中值滤波。对于图像中的每一个非边框区域中的像素以其为中心取3×3的邻域，计算9个像素的灰度值中值，并用此值替代中心像素的灰度值。
例如原图中的f(2,2)的值为10，该点的灰度值比其他周围像素的灰度值大，在初步判断其为噪声点后，如式3-15，该点的模板为:

121，，

,,*f*(2，2),1102 (3-15) ,,

,,526，，

,,*g*(2，2),*Med*1，2，1，1，10，2，5，2，6,2

则其滤波后的结果为:，即对像素值大于周围像素的噪声进行抑制。同理对于像素f(4,4),其模板中的像素如式3-16所示:

15

[键入文字]

688，，

,,*f*(4，4),708 (3-16) ,,

,,789，，

则其滤波后的结果如式3-17所示:

(3-17) ,,*g*(4，4),*med*6，8，8，7，0，8，7，8，9,8

即将像素值小于周围像素的噪声进行了仰制。用这种方法依次对各点(除边界外)进行处理，则最终对原图进行处理后的结果数据如式3-18:

12143，，

,,12444,,

(3-18) ,,*g*,55458

,,55568,,

,,56789，，

在实际使用窗口时，窗口的尺寸一般先用再取逐渐增大，直到其滤波效果3，35，5

满意为止。对于有缓变的较长轮廓线物体的图像，采用方形或圆形窗口为宜，对于包含尖顶角物体的图像，适宜用十字形窗口。使用二维中值滤波最值得注意的是保持图像中有效的细线状物体。

3.2.2 中值滤波器基本特性

1. 对某些输入信号中值滤波的不变性

对某些特定的输入信号，如在窗口内单调增加或减少的序列，中值滤波输出信号仍

f,...*f*,...*ff*,...*f*,...*f*,,,,*y*,*f*保持输入信号不变，即:或 ，则。 *i*,*nii*，*ni*,*nii*，*nii*

对于一些周期性的数据序列，中值滤波对此序列保持不变性。例如，下列一维周期性的数序列*f*,...,，1,，1,,1,,1,，1,，1,,1,,1,...若设窗口长度为9，则中值滤波对此序列保持*i*

[2]不变性。对于二维周期序列不变性，如周期网状结构图案，分析起来就更复杂了，可以通过试验改变窗口形状和尺寸来获取。

2．中值滤波去噪声性能

2 对于零均值正态分布的噪声输入，如式3-19，中值滤波输出的噪声方差近似为: ,*med*

21,,2*i*,,,，(3-19) *med*2,4*mf*(*m*)21*m*，,2

2,*m*式中:为输入噪声功率(方差)，*m*为中值滤波窗口长度(点数)为输入噪声

16

[键入文字]

均值，为输入噪声密度函数。 *f*(*m*)

2而均值滤波的输出噪声方差如式3-20：,0

122 (3-20) ,,,*i*0*m*

比较两公式，可以看出，中值滤波的输出与输入噪声的密度分布有关。对随机噪声的抑制能力，中值滤波比均值滤波要差一些。但对脉冲干扰，特别是脉冲宽度小于1/m相距较远的窄脉冲干扰，中值滤波的效果较好。

3．中值滤波的频谱特性

G
设为输入信号频谱，为输出信号频谱，定义中值滤波的频率响应特性如式3-21: *F*

G (3-21) *H*,*F*

中值滤波频谱特性起伏不大，其均值比较平坦。可以认为信号经中值滤波后，频谱基本不变。这一特点对设计和使用中值滤波器很有意义。

中值滤波有以下优点:

1. 降噪效果比较明显;

2. 在灰度值变化比较小的情况下，可以得到很好的平滑效果;

[2] 3.
降低了图像边界的模糊程度，但有时会失掉图像中的细节和小块的目标区域。在有些情况下，中值滤波在降低了噪声的同时也抑制了信号。也就是说，中值滤波在去除脉冲噪声的同时较好地保持了图像的边缘细节信息，解决了多数线性滤波在去噪的同时模糊图像这一缺点，复原效果较好。但是对于大面积的噪声污染，例如高斯分布的白噪声，在均方误差准则下，中值滤波的能力却不及均值滤波。这是因为滤波窗口(即邻域)中如果多数图像点被噪声污染，中值滤波的输出仍然是某个被噪声污染了的像素，而均值滤波却对噪声进行了求均值运算，在某种程度上对噪声进行了平滑。

3.3 维纳滤波

维纳滤波是线性滤波理论的重要成果，它的可选择性较普通的线性滤波器相比要好

[22]些，当然这也是以算法的大计算量、高复杂度为代价换取的。

维纳滤波器的基本依据就是最小均方差准则。其中，均方误差就是期望输出(去噪后图像)与实际输出(原始无噪图像)之间的差值的均方。均方误差值的大小关系着噪声处理效果的好坏，因此使均方误差最小就是维纳滤波的最终目标。

Wiener函数采用的算法是首先估计像素的局部均值和方差，如式3-22所示:

1222 ,,a(n,n),u (3-22) ,12MNnn,,,12

式中,是图像中每个像素的领域。 ,M， N

然后，对每个像素利用wiener滤波器估计其灰度值，如式3-23所示:

22,,v (3-23) b(n， n),u，(a(n,n),u)12122,

2 式中,v是图像噪声的方差。

输入过程(有用信号和噪声)的广义平稳性及其统计特性的已知性是实现维纳滤波

[11]的两个前提性假设。维纳滤波的显著优点是适应面很宽，无论是连续或离散，是标量抑或向量的平稳随机过程，该技术都可应用。其次，维纳滤波有利于保留图像的边缘等高频区域，尤其对被白噪声污染的图像处理效果最好。可惜，很多不确定的因素导致输入过程的¯非||广义平稳和其统计特性的¯未知||等，维纳滤波的实际应用并不多，所以本文对维纳滤波的详细计算过程不再阐述。

实现维纳滤波的要求是:

1. 输入过程是广义平稳的。

，然而，2.
输入过程的统计特性是已知的。根据其他最佳准则的滤波器亦有同样要求由于输入过程取决于外界的信号、干扰环境，这种环境的统计特性常常是未知的、变化的，因而难以满足上述两个要求。这就促使人们研究自适应滤波器。

[键入文字]

第四章 数字图像的频域滤波

由于噪声一般分布在频谱的高频部分，而图像的主要能量主要分布在频谱的低频区

[14]域，所以可用数字低通滤波器来实现图像的去噪。由于图像的细节能量主要分布在高频段，也可以用数字高通滤波器来实现图像的增强。

在分析图像信号的频率特性时，一幅图像的边缘，跳跃部分以及颗粒声代表图像信号的高频分量，而大面积的背景区则代表图像信号的低频分量。如式,4-
1所示，用滤波的方法滤除其高频部分就能去掉噪声使图像得到平滑由卷积定理可知:

(4-1) $G(u,v),H(u,v)F(u,v)$

式中,是含噪声图像的傅里叶变换,是平滑后图像的傅里叶变换，$F(u,v)G(u,v)$

是低通滤波器传递函数。利用使的高频分量得到衰减，得到$H(u,v)H(u,v)F(u,v)G(u,v)$后再经过反变换就得到所希望的图像。 $g(x,y)$

低通滤波平滑图像的系统框图如图4.1所示。

去噪后 原始图像 傅里叶反变换 傅里叶变换 低通滤波 图 像

$f(x,y)G(u,v)g(x,y)$ $F(u,v)$

图4.1 频域滤波系统框图

低通滤波器主要有，理想低通滤波器、指数低通滤波器、巴特沃斯低通滤波器等。

下面以巴特沃斯低通滤波器为例，来详细介绍数字图像的频域去噪。

巴特沃思低通滤波器(BLPF)又称作最大平坦滤波器。与ILPF不同，它的通带与阻带之间没有明显的不连续性，因此它的空域响应没有¯振铃||现象发生，模糊程度明显减[20]少。

一个n阶巴特沃思低通滤波器的传递函数如式4-2所示:

1 $H(u,v)$, (4-2) $_{2n}$1 ，[$D(u,v)/D$]$_0$

或如式4-3所示:

1 $H(u,v)$, (4-3) $_{2n}$1 ，[2,1][$D(u,v/D)$]$_0$

与理想低通滤波器相比，它保留有较多的高频分量，所以对噪声的平滑效果不如理

[28]2想低通滤波器。一般情况下，常采用下降到最大值的1/那一点为低通滤波 $H(u,v)$

[键入文字]

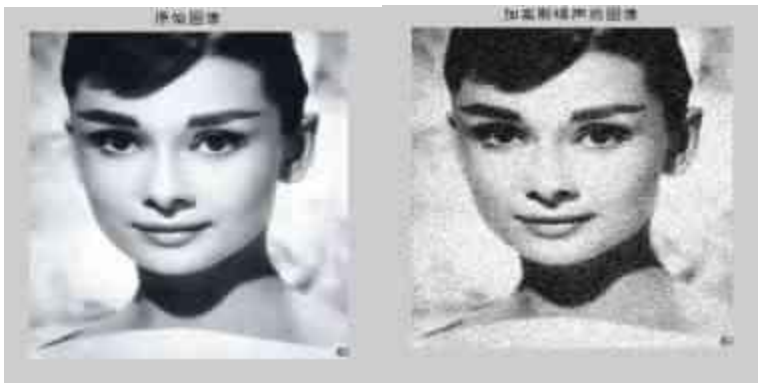
器的截止频率点。巴特沃斯低通滤波器的通带、阻带是缓变的，即平滑过渡，这样该滤波器既可抑制高频噪声，又可避免¯振铃||现象，从而进一步提高图像质量。

[键入文字]

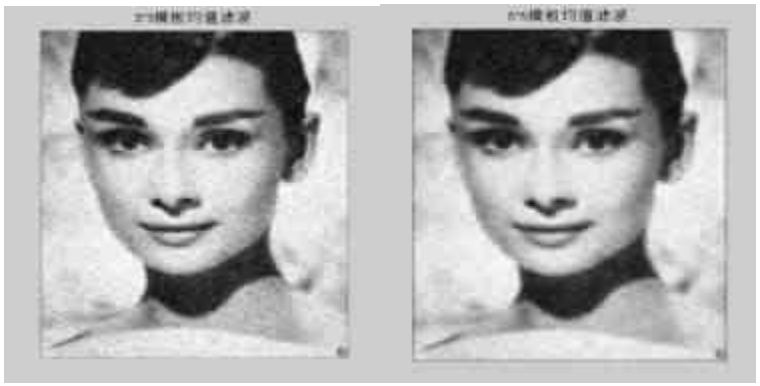
第五章 数字图像去噪的Matlab实现及结果分析 5.1 数字图像去噪的Matlab实现过程

本章仿真时选取一张图片，并在图片中加入两种噪声，先利用Matlab软件含有高斯噪声和椒盐噪声图像去噪再对其去噪效果进行比较，从而得到相应的结论。 5.1.1 均值滤波器

1.
给图像加入均值为0，方差为0.02的高斯噪声，选择3×3、5×5、7×7模板去噪，仿真结果如图5.1所示:



(a)原始图像 (b)加高斯噪声后图像



3，3 (c)模板均值滤波 (d)模板均值滤波 5，5

[键入文字]



(e)模板均值滤波 7，7

图5.1高斯噪声均值滤波后仿真图

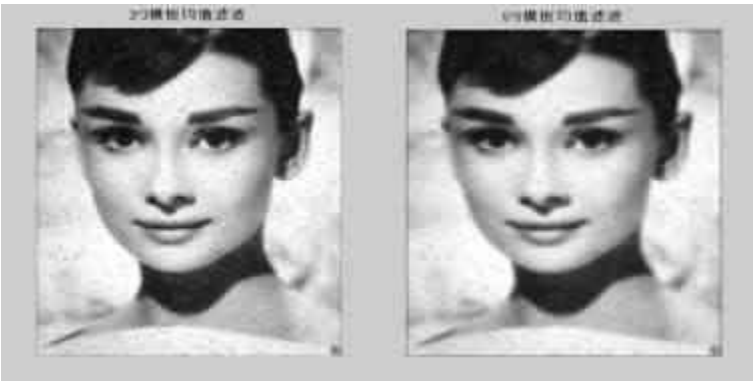
由仿真图可以看出，原始图片是清晰的，可视度非常良好，加了高斯噪声后，图像中出现了连续均匀的噪声点，图像被污染，可视度下降，图像有用信息被噪声影响，不能完全观察出来。使用均值滤波器去噪后，噪声被减弱。随着模板窗口的增大，去噪效果变好，但是图像的模糊程度增强。

2.

给图像加入噪声密度为0.02的椒盐噪声，选择3×3、5×5、7×7模板去噪，仿真结果如图5.2所示:



(a)原始图像 (b)加椒盐噪声后图像



3，3 (c)模板均值滤波 (d)模板均值滤波 5，5



(e)模板均值滤波 7，7

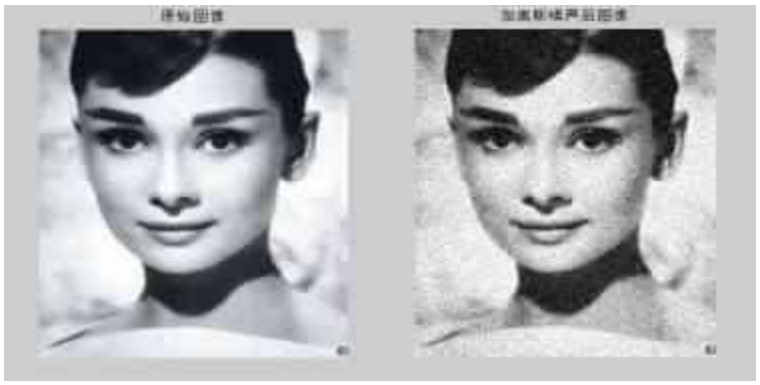
图5.2椒盐噪声均值滤波后仿真图

由仿真图可以看出，原始图片是清晰的，可视度非常良好，加了椒盐噪声后，图像中出现了分散的颗粒状点状物，图像污染，可视度下降，图像有用信息被噪声影响，不能完全观察出来。使用均值滤波器去噪后，噪声被减弱，但未消除。随着模板窗口的增大，噪声的减弱程度增强，但是图像变得越模糊了。

总体而言，均值滤波实现起来很方便，适用于消除图像中的颗粒噪声，但需要指出这种方法既平滑了图像信号，同时使图像的细节部分变得模糊。由以上处理后的图像可以看到:均值滤波法消弱了图像的边缘，使图像变得有些模糊。如图5.1所示，均值滤波对高斯噪声的抑制是比较好的，但对椒盐噪声的抑制作用不好，如图5.2所示，椒盐噪声仍然存在，只不过被削弱了而已。

5.1.2 中值滤波器

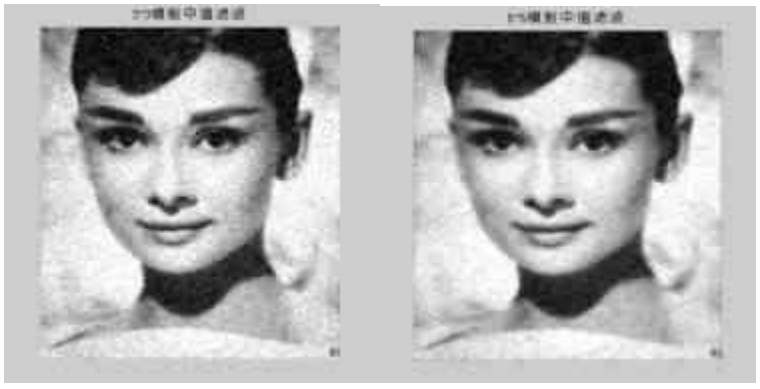
1.
给图像加入均值为0，方差为0.02的高斯噪声，选择3×3、5×5、7×7模板去噪，仿真结果如图5.3所示:



(a)原始图像 (b)加高斯噪声后图像

23

[键入文字]



(c)模板中值滤波 (d)模板中值滤波 3，35，5



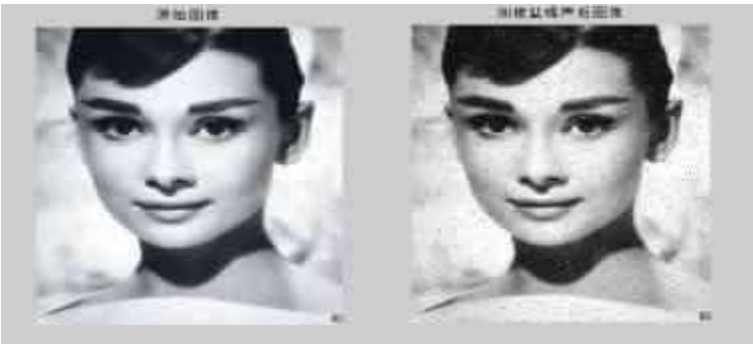
(e)模板中值滤波 7，7

图5.3高斯噪声中值滤波后仿真图

由仿真图可以看出，原始图像加了高斯噪声后，图像中出现了连续均匀的噪声点，图像被污染，可视度下降。使用中值滤波器去噪后，噪声被减弱。随着模板窗口的增大，去噪效果变好，但是图像的清晰度下降，这是由于模板增大后，模板内数值的幅度范围相对变小，导致图像清晰度下降。

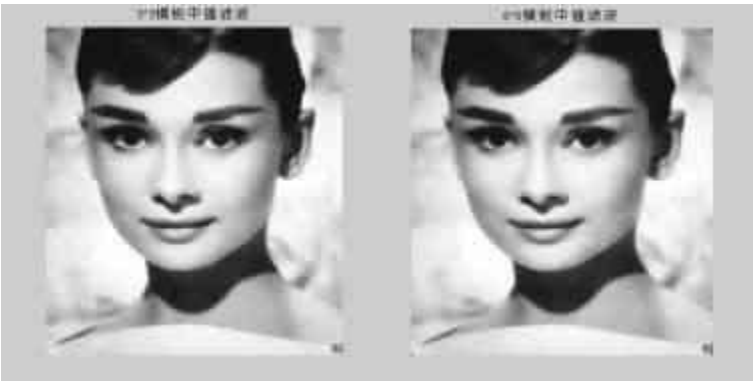
2.

给图像加入噪声密度为0.02的椒盐噪声，选择3×3、5×5、7×7模板去噪，仿真结果如图5.4所示:



(a)原始图像 (b)加椒盐噪声后图像

[键入文字]



(c)模板中值滤波 (d)模板中值滤波 3，35，5



(e)模板中值滤波 7，7

图5.4 椒盐噪声中值滤波后仿真图

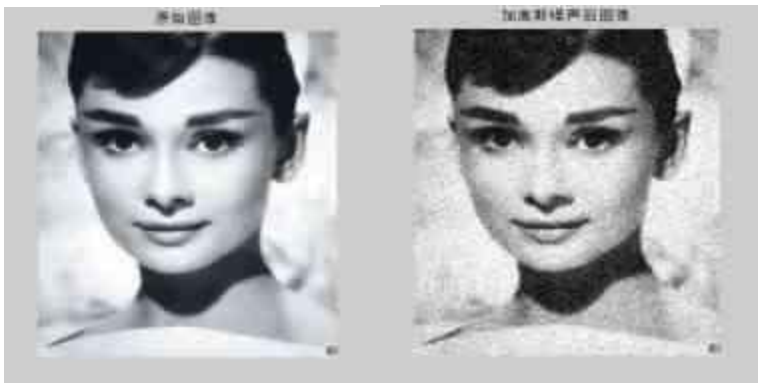
由仿真图可以看出，原始图片加了椒盐噪声后，图像中出现了分散的颗粒状点状物，图像污染，可视度下降，图像有用信息被噪声影响，不能完全观察出来。使用中值滤波器去噪后，噪声被滤除。随着模板窗口的增大，噪声的滤除程度增强，但是图像的细节信息被减弱了。

总体而言，对图像加入椒盐噪声后，应用中值滤波，噪声的斑点几乎全部被滤去，它对滤除图像的椒盐噪声非常有效。而对于高斯噪声来说，虽然也有一些去噪效果，但效果不佳。由此可知，中值滤波法运算简单，易于实现，而且能较好地保护边界，但有时会失掉图像中的细线和小块区域。并且采用窗口的大小对滤波效果影响很大，窗口越大，图像去噪效果越好，但代价是模糊的程度越大。

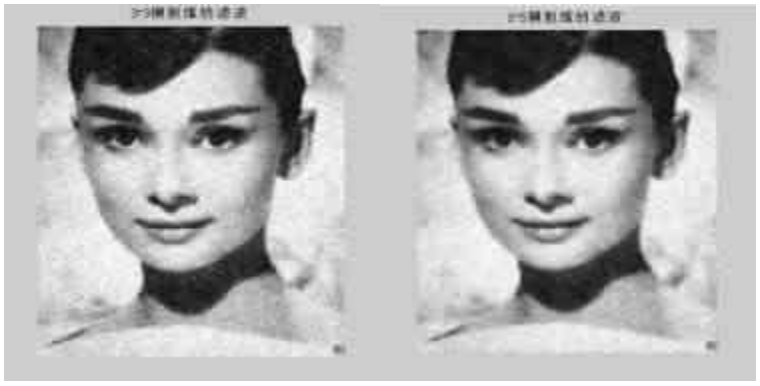
5.1.3 维纳滤波器

1.

给图像加入均值为0，方差为0.02的高斯噪声，选择3×3、5×5、7×7模板去噪，仿真结果如图5.5所示:



(a)原始图像 (b)加高斯噪声后图像



(c)模板维纳滤波 (d)模板维纳滤波 3，35，5



(e)7，7模板维纳滤波

图5.5高斯噪声维纳滤波后仿真图

由仿真图可以看出，原始图像加了高斯噪声后，图像中出现了连续均匀的噪声点，图像被污染，可视度下降。使用维纳滤波器去噪后，噪声被减弱。随着模板窗口的增大，去噪效果变好，但是图像有模糊，且图像中的部分有用信息也被滤除。

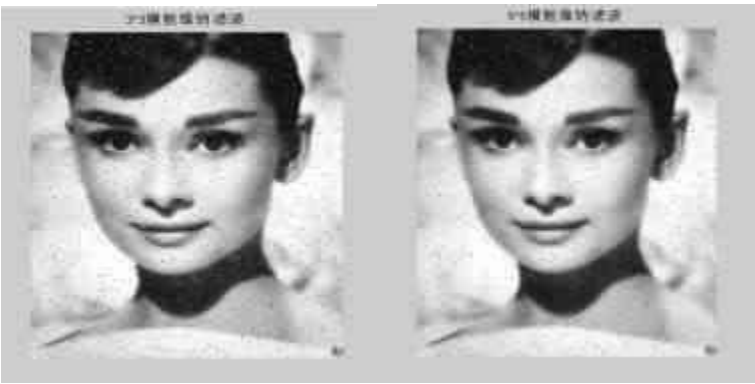
7×7模板去噪，仿真 2.
给图像加入噪声密度为0.02的椒盐噪声，选择3×3、5×5、

结果如图5.6所示:

[键入文字]



(a)原始图像 (b)加椒盐噪声后图像



(c)模板维纳滤波 (d)模板维纳滤波 3，35，5



(e)7，7模板维纳滤波

图5.6椒盐噪声维纳滤波后仿真图

由仿真图可以看出，原始图片加了椒盐噪声后，图像中出现了分散的颗粒状点状物，图像污染，可视度下降，图像有用信息被噪声影响，不能完全观察出来。使用维纳滤波器去噪后，从视觉效果看噪声几乎未被滤除。随着模板窗口的增大，噪声的滤除程度稍有增强，但程度不强，且图像被模糊。

总体而言，维纳滤波对高斯白噪声的图像滤波与邻域平均法比较，滤波效果好，它

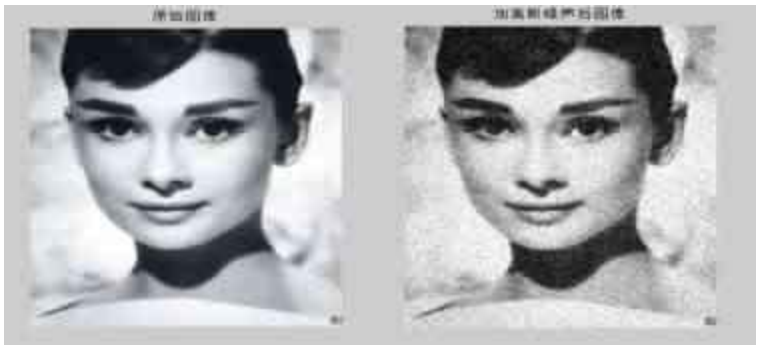
[键入文字]

比线性滤波器具有更好的选择性，可以更好地保存图像的边缘和高频细节信息。虽然，维纳滤波在大多数情况下都可以获得满意的结果，尤其对含有高斯噪声的图像。另外维纳滤波对于椒盐噪声去除效果却不尽人意，几乎没有效果。

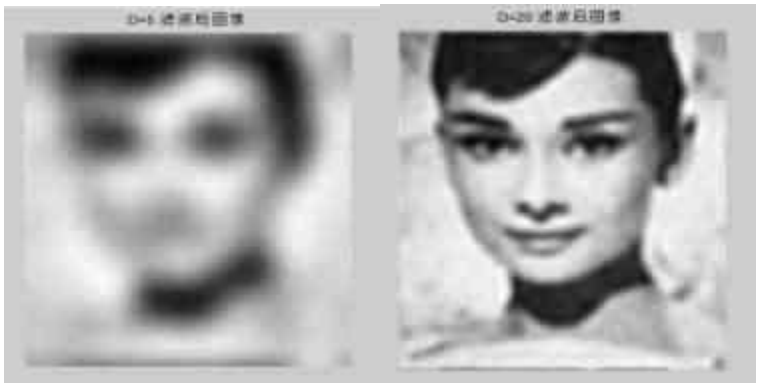
5.1.4 巴特沃斯低通滤波器

1.

给图像加入均值为0，方差为0.02的高斯噪声，分别用截止频率为5、20、100的巴特沃斯低通滤波器滤波，仿真结果如图如图5.7所示:



(a)原始图像 (b)加高斯噪声后图像



(c)D=5 巴特沃斯低通滤波 (d)D=20 巴特沃斯低通滤波



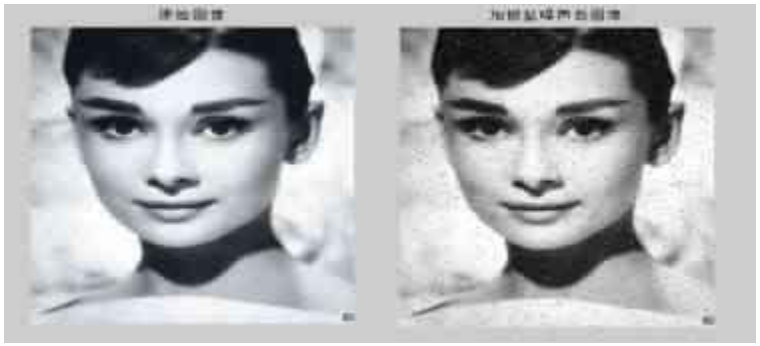
(e)D=100 巴特沃斯低通滤波

图5.7高斯噪声巴特沃斯低通滤波后仿真图

由仿真图可以看出，原始图像加了高斯噪声后，图像中出现了连续均匀的噪声点，图像被污染，可视度下降。使用巴特沃斯低通滤波器去噪后，噪声被减弱。随着截止频率的变化，去噪效果也不同，当截止频率为5时，滤波后图像模糊特别严重，基本呈看不清的状况;当截止频率为20时，滤波效果较好，但模糊程度较强，当截止频率为100时，从视觉上看噪声未滤除。

2.

给图像加入噪声密度为0.02的椒盐噪声，分别用截止频率为5、20、100的巴特沃斯低通滤波器滤波，仿真结果如图5.8所示:



(a)原始图像 (b)加椒盐噪声后图像



(c)D=5 巴特沃斯低通滤波 (d)D=20 巴特沃斯低通滤波

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/058106105104006104