

Matlab 在激光水下图像处理中的应用

蒋洁, 焦斌亮

燕山大学信息科学与工程学院, 河北秦皇岛 066004

摘要 水下激光成像技术在水下探测等海洋开发中具有重要的实用价值, 但水介质的特殊性, 使其所成图像易受噪声污染而造成分辨率下降。即使采用同步扫描和距离选通等技术, 获得的成像质量仍然不好, 图像存在由后向散射形成的散斑噪声和其他一些高斯噪声。为了进一步改善成像效果, 需要利用数字图像处理技术对水下成像进行后续加工, 水下图像处理结果的好坏直接影响到后面的特征提取和目标识别等的成败。本文分析了 Matlab 在数字图像处理中的应用, 并结合对激光水下图像的处理, 说明了 Matlab 在图像处理中的强大功能, 对常用的噪声抑制算法: 维纳滤波、中值滤波、均值滤波进行了介绍, 并且通过对实际的激光水下图像处理, 利用以上各算法计算了处理图像的散斑指数、峰值信噪比和归一化均方误差, 比较了其散斑抑制能力。

关键词 散斑噪声; 滤波算法; 图像处理; Matlab 软件

中图分类号 TP391

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)10-0087-03

Underwater Laser Image Processing with Matlab

JIANG Jie, JIAO Binliang

Department of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, Hebei Province, China

Abstract The underwater laser imaging is very important for ocean exploitation, but its image is usually affected by speckle noise in water. Although synchronous scanning technology and range-gated technology are mostly applied, perfect processing results still can not be guaranteed. Background noises enter the underwater laser images due to light absorption and scattering in water, which is responsible for the low contrast of the underwater images. In order to improve the images, digital image processing techniques are used. This paper discusses the functions of Matlab and their applications in digital image processing, and the powerful ability of Matlab is shown in underwater laser image processing. Three common algorithms—Wiener filtering, median filtering, mean filtering were compared in terms of the speckle indexes, peak signal to noise ratio and normalized mean square error of the processed images.

Keywords speckle noise; filtering algorithm; image processing; Matlab software

0 引言

激光水下目标成像探测是一种新的探测技术, 由于水体对激光具有强烈的衰减和散射效应, 水下激光图像存在严重的劣化问题^[1]。通常在实际获取的图像中存在一定的噪声, 必定会影响到图像的清晰度、对比度等, 并直接影响到进一步的图像处理。因此, 图像滤波技术研究一直是国内外研究的热点之一。如何既平滑掉噪声又尽量保持图像细节, 是图像平滑滤波的主要研究工作。由于 Matlab 具有强大的工具箱函数, 并且编程简单、操作方便、处理速度快等特点, 常用作图

像处理算法的辅助工具。常用的滤波器有均值滤波器、中值滤波器、维纳滤波器等。其中, 中值滤波在衰减噪声的同时不会使图像的边界和细节模糊, 既能保护图像的边缘信息, 又能除去图像中含有的无用的图像噪声, 具有较好的实用价值。

1 Matlab 图像处理功能

图像处理工具包是由一系列支持图像处理操作的函数组成的。所支持的图像处理操作有: 图像的几何操作、邻域和

收稿日期: 2010-03-11

作者简介: 蒋洁, 硕士研究生, 研究方向为激光成像和图像处理, 电子信箱: maggiej.j@163.com; 焦斌亮 (通信作者), 教授, 研究方向为成像技术与光电检测, 电子信箱: jbl@ysu.edu.cn

区域操作、图像变换、图像恢复与增强、图像滤波和滤波器设计、图像分割、形态学运算等。Matlab 图像处理工具箱中提供了 3 种去除图像噪声的常用方法:线性滤波、中值滤波和自适应滤波。

1.1 自适应维纳滤波器

自适应滤波是利用潜意识可以获得的滤波器参数等结果,自动地调节现时刻的滤波器参数,以适应信号和噪声未知的或随时间变化的统计特性。Matlab 图像处理工具箱中的 Wiener2 函数可以实现图像噪声的自适应滤除。该函数根据图像的局部方差来调整滤波器的输出,当局部方差大时,滤波器的平滑效果较小,当局部方差小时,滤波器平滑效果较强。它的最终目标是使恢复图像 $F(x,y)$ 与原始图像 $f(x,y)$ 的均方误差 $\sigma^2=E[(f(x,y)-F(x,y))^2]$ 最小。该方法的滤波效果比均值滤波器的好,对保留图像的边缘和其他高频部分非常有用,但计算量较大。

1.2 中值滤波器

中值滤波器是一种常用的非线性平滑滤波器,其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换。其主要功能是让与周围像素灰度值相差比较大的像素改取与周围的像素值接近的值,从而消除孤立的噪声点。中值滤波器可以做到既去除噪声又能保护图像的边缘,从而获得较满意的复原效果,而且,在实际运算过程中不需要图像的统计特性,也会为处理带来便利。

1.3 均值滤波器

均值滤波也称为线性滤波,采用邻域平均法的均值滤波器非常适用于去除由扫描得到的图像中的颗粒噪声。邻域平均法有力地抑制了噪声,但同时也会因平均而引起模糊现象,模糊的程度与邻域半径呈正比。几何均值滤波器所达到的平滑度可与算术均值滤波器相比,但在滤波过程中会丢失更少的图像细节。谐波均值滤波器对“盐”噪声效果更好,但不适用于“胡椒”噪声,它善于处理类似高斯噪声的其他噪声。逆谐波均值滤波器更适合于处理脉冲噪声,缺点是必须知道噪声是暗噪声还是亮噪声,以便于选择合适的滤波器阶数符号,如果阶数符号选择错了,则可能会引起灾难性的后果^[2-3]。

1.4 消噪质量的评价

噪声的抑制能力是算法适用性的主要指标,通常用散斑指数(speckle-index)评价散斑的抑制能力,定义为^[4]

$$\text{speckle-index} = \frac{1}{mn} \sum_i \sum_j \frac{\sigma_{ij}}{x_{ij}} \quad (1)$$

式中, (m,n) 为图像维数; σ_{ij} 为滤波窗中元素的标准差; $\overline{x_{ij}}$ 为滤波窗中元素的均值。

常用的图像逼真度计测参数有平均绝对误差 (Mean Absolute Error, MAE)、均方误差 (Mean Square Error, MSE)、归一化均方误差 (Normalized Mean Square Error, NMSE)、信噪比 (Signal to Noise Ratio, SNR) 和峰值信噪比 (Peak Signal to

Noise Ratio, PSNR) 等。下面主要介绍 NMSE, PSNR 的计算方法^[5-8]。本文采用峰值信噪比 PSNR 和归一化均方误差 NMSE 作为客观评价指标。信噪比越大,噪声平滑效果就越好。均方根误差越小,说明该方法所提取图像边缘细节的损失越少。

$$\text{PSNR} = 10 \lg \frac{255^2}{\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f(i,j) - p(i,j))^2} \quad (2)$$

$$\text{NMSE} = \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f(i,j) - p(i,j))^2}{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i,j)^2} \quad (3)$$

式中, M 和 N 分别为图像的高度和宽度, $f(i,j)$ 为原图像的像素值, $p(i,j)$ 为滤波后图像的像素值。

2 实验和图像处理

2.1 实验

在应用 Matlab 软件进行图像处理分析时,首先对常用的 3 种滤波函数进行滤波效果比较,即维纳滤波、中值滤波和线性滤波^[9]。下面对实验室激光水下拍照的图像进行处理。

实验原理如图 1 所示,采用绿光激光器做光源,输出波长为 532nm。激光经扩束镜后照射水池中目标,用 CCD 相机对图像进行采集。为了避免其他光照的影响,实验是在暗室中操作的,目标图像选取为黑底白字的“燕”字和字母“E”,如图 2 所示。

Matlab 软件适于处理矩阵运算,编程简单,处理数字图像非常方便,其图像处理功能主要集中在其图像处理工具箱中,利用工具箱提供的函数,可以方便地对数字图像处理和分析,在比较这 3 种滤波方法时,采用 3×3 大小的滤波窗口。

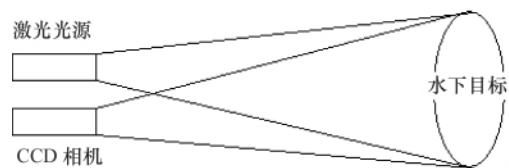


图 1 激光水下成像实验系统框图

Fig. 1 Schematic diagram of laser underwater imaging experiment system

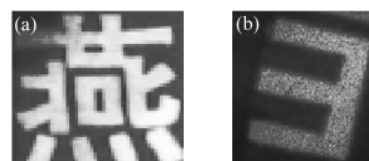


图 2 激光水下实验成像

Fig. 2 Images produced by underwater laser imaging

滤波后的图像如图 3 所示。

2.2 结果分析

从图 3 的图像对比可以定性地主观评价,维纳滤波和中

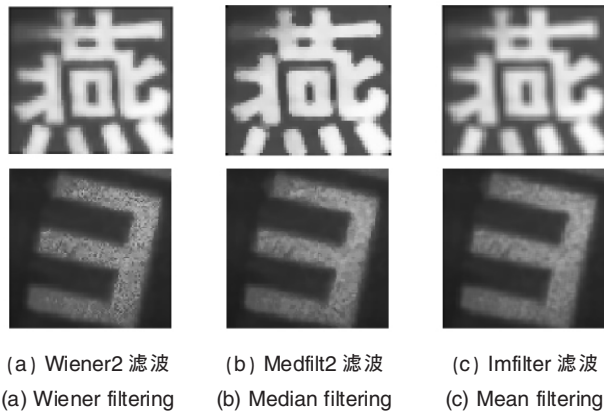


图 3 滤波后图像的比较

Fig. 3 Comparison of the filtering results

值滤波是比较好的，既能平滑掉边缘噪声又能保留细节，在一定条件下，中值滤波可以克服线性滤波所带来的图像细节模糊，显现出更好的优越性。自适应滤波具有更好的选择性，在一定范围内对噪声也可以起到抑制作用，同时也对图像的边缘细节和低频信息分量有更好的保持作用，使得图像在轮廓上显得更清晰。而均值滤波的结果就显得不那么优质了。

根据式(1)，计算出经这 3 种滤波方法处理后图像的散斑噪声指数如表 1 所示。可以看出，仅以散斑噪声抑制能力看，中值滤波比较好。

从表 2 的 *PSNR* 值和 *NMSE* 值比较可以看出，维纳滤波和中值滤波都优于均值滤波。

表 1 3 种算法的散斑噪声指数

Table 1 Speckle indexes of the algorithm

	实验原图	维纳滤波	中值滤波	均值滤波
图 2(a)	0.0517	0.0630	0.0490	0.0643
图 2(b)	0.0576	0.0531	0.0447	0.0495

表 2 不同方法 *PSNR* 值与 *NMSE* 值的比较

Table 2 Comparison of *PSNR* and *NMSE*

	维纳滤波		中值滤波		均值滤波	
	<i>PSNR</i>	<i>NMSE</i>	<i>PSNR</i>	<i>NMSE</i>	<i>PSNR</i>	<i>NMSE</i>
图 2(a)	30.8380	0.2103	36.3942	0.0585	29.6082	0.2791
图 2(b)	35.6582	0.0693	33.7617	0.1072	32.7318	0.1359

3 结论

本文介绍了 Matlab 用于图像噪声的常用滤波方法，并用于对激光水下成像系统所成图像的滤波分析，分别用维纳滤波、中值滤波和均值滤波 3 种算法对图像进行滤波处理，定性和定量地比较了处理结果，认为中值滤波的效果较好。进一步的工作是对中值滤波深入研究，寻找更有效的激光水下图像处理算法。

参考文献 (References)

- [1] 韩宏伟, 张晓晖. 水下激光图像增强方法研究 [J]. 激光与红外, 2007, 37(10): 1105–1108.
Han Hongwei, Zhang Xiaohui. *Laser and Infrared*, 2007, 37 (10): 1105–1108.
- [2] 孙兆林. Matlab 6.x 图像处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
Sun Zhaolin. *Matlab 6.x image processing* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002.
- [3] 董长虹. Matlab 图像处理与运用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
Dong Changhong. *Matlab image processing and application* [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2004.
- [4] Dewaele P, Wambacq P, Osterlinck A, *et al.* Comparison of some speckle reduction techniques for SAR images[C]//Proceedings of the 10th Annual International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGRASS’90. Washington DC, 1990, 3: 2417–2422.
- [5] 阮秋琦, 阮宇智, 等. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
Ruan Qiuqi, Ruan Zhiyu, *et al.* *Digital image processing* [M]. Beijing: Publishing House of Electronic Industry, 2003.
- [6] 陈传波, 金先级. 数字图像处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
CHEN Chuanbo, Jin Xianji. *Digital image processing* [M]. Beijing: China Machine Press, 2004.
- [7] 夏德深, 傅德胜, 等. 现代图像处理技术与应用[M]. 南京: 东南大学出版社, 2004.
Xia Deshen, Fu Desheng, *et al.* *Modern image processing technology and application*[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2004.
- [8] 章毓晋. 图像工程(上册): 图像处理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
Zhang Yujin. *Image engineering image processing and analysis* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [9] 刘秀丽, 彭复员. Matlab 在激光水下图像处理中的应用 [J]. 信息技术, 2006, 30(6): 7–9.
Liu Xiuli, Peng Fuyuan. *Information Technology*, 2006, 30(6): 7–9.

(责任编辑 朱宇)

《科技导报》“科技工作者建议”征稿

“科技工作者建议”栏目专门刊登科技工作者近期提出的、与科学技术相关的工作意见和建议。科技建议应着眼于科技研究、发展、应用、政策等领域的实际问题，要求有明确、具体的内容，方法上尽量具有可操作性。文字应简洁明了，非特别重大的建议以 500 字左右为宜，特别重要的建议不超过 2 200 字。请注明建议人姓名、单位。欢迎国内外科技工作者及各级科协、学会投稿。栏目责任编辑：王芷；投稿邮箱：wangzhi@cast.org.cn。

《科技导报》“学术争鸣”栏目征稿

科学研究需要争鸣和探索。《科技导报》设立“学术争鸣”栏目，旨在活跃学术气氛，开展学术讨论，促进学科的深入研究。本栏目欢迎对已发表的学术论观点进行质疑，也欢迎广大作者对各个领域的科技问题进行开创性的学术探索。本栏目欢迎广大一线科技工作者投稿。投稿网址：www.kjdb.org；投稿邮箱：kjdbbjb@cast.org.cn。