

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0362-03

中值滤波对激光雷达图像去噪分析及 图像处理系统仿真*

李琦, 李自勤, 王永珍, 王骥

(哈尔滨工业大学光电子技术研究所可调谐激光技术国家级重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要 分析研究了不同中值滤波窗口对激光雷达图像的去噪效果,并通过计算给出了不同情况下的散斑指数。同时,用 Matlab 语言编写了激光雷达系统仿真图像处理模块,此模块不仅能用于仿真系统,也能用于对实际雷达图像数据的处理。

关键词 激光雷达; 中值滤波; 系统仿真

中图分类号 TN958.98

文献标识码 A

Ladar Image Noise Suppressing with Median Filter and Image Processing System Simulation

LI Qi, LI Zi-qin, WANG Yong-zhen, WANG Qi

(National Key Laboratory of Tunable Laser Technology, Institute of Opto-Electronic, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang 150001, China)

Abstract In the paper, noise suppressing in ladar image is analyzed with various windows of median filter. The speckle index is calculated in various conditions. Meanwhile, system simulation model on ladar image processing is programmed by Matlab. This image-processing model can be used in simulation system and actual ladar image.

Key words ladar; median filter; system simulation

1 引言

由于相干激光雷达强度像受乘性噪声的影响比较严重,因此,一般要利用非线性滤波方法进行去噪处理。中值滤波作为一种有效的非线性滤波,已在激光雷达图像处理中应用,但对于不同滤波窗口的实际效果的对比研究,还未见详尽报道,为此,本文研究分析了不同滤波窗口对激光雷达图像的去噪效果,同时计算给出不同情况下的散斑指数。在此基础上,提出有阈值限定的中值滤波方法,使背景噪声大幅度下降,目标和背景更易区分。

2 中值滤波对实际激光雷达图像去噪处理效果分析

中值滤波的基本原理是把数字图像中一点的值用它的一个邻域中各点值的中值代替。设 $\{x_{ij}, (i, j) \in F\}$ 表示数字图像各点的灰度值,滤波窗口为 A 的二维中值滤波可定义为

$$y_{ij} = \underset{A}{\text{Med}}\{x_{ij}\} = \underset{A}{\text{Med}}\{x_{(i+r),(j+s)}, (r,s) \in A, (i,j) \in F\} \quad (1)$$

公式(1)是中值滤波的基本表达式。除此之外,还有一些基于中值滤波的改进算法,例如有阈值限定的中值滤波方法,其定义如下:

$$y_{ij} = \begin{cases} T & y_{ij} \leq T \\ \underset{A}{\text{Med}}\{x_{ij}\} = \underset{A}{\text{Med}}\{x_{(i+r),(j+s)}, (r,s) \in A, (i,j) \in F\} & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

式中 T 为阈值,本文中 T 与整幅图像灰度值的均值 μ 相关,取 $T=0.9\mu$ 。有阈值限定的中值滤波的基本思想是当图像中的一个像素灰度值不大于所选的阈值时,其灰度值为一常量,不进行中值滤波;否则做中值滤波处理。这样做可以使目标更突出,并使背景平滑。

在中值滤波中,滤波窗口的选取方法有多种,一般常用的有方形窗口(见图1)、十字形窗口(见图2)、菱形窗口(见图3)和圆形窗口(见图4)等。

图5给出了激光雷达原始像和4种滤波窗口进行不同中值滤波方法处理的结果。

作者简介: 李琦(1963-),女,哈尔滨工业大学副研究员,博士。主要研究方向为激光雷达及其图像处理。

E-mail: hit-liqi@yahoo.com.cn

一般用图像散斑指数表征去噪算法抑制散斑噪声的能力,其定义为

$$S_{index} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{\delta(i,j)}{\mu(i,j)} \quad (3)$$

式中, M, N 表示图像维数, $\delta(i,j), \mu(i,j)$ 分别表示测

量窗中元素标准差和平均值。图像散斑指数越小, 算法抑制散斑噪声能力越强。

表 1 给出了激光雷达原始图像及中值滤波后的图像的散斑指数。从中不难看出: 有阈值限定的中值滤波较其相对应的无阈值限定方法去噪效果明显

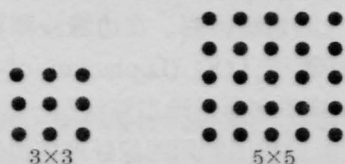


图 1 方形窗口

Fig.1 Square windows

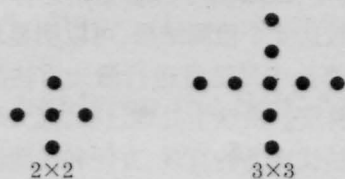


图 2 十字形窗口

Fig.2 Cross windows

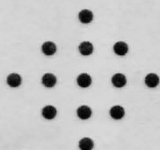


图 3 菱形窗口

Fig.3 Rhombic window

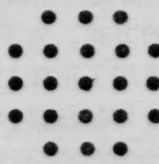


图 4 圆形窗口

Fig.4 Circular windows

表 1 激光雷达图像及中值滤波图像的散斑指数

Table 1 Speckle index S_{index} on ladar imagery and median filter imagery

Laser radar imagery and processed imagery	S_{index}
Original ladar imagery	0.378
Median filter (2x2 cross window)	0.221
Median threshold filter (2x2 cross window)	0.152
Median filter (3x3 cross window)	0.186
Median threshold filter (3x3 cross window)	0.131
Median threshold filter (rhombic window)	0.162
Median threshold filter (rhombic window)	0.121
Median filter (circular window)	0.124
Median threshold filter (circular window)	0.087

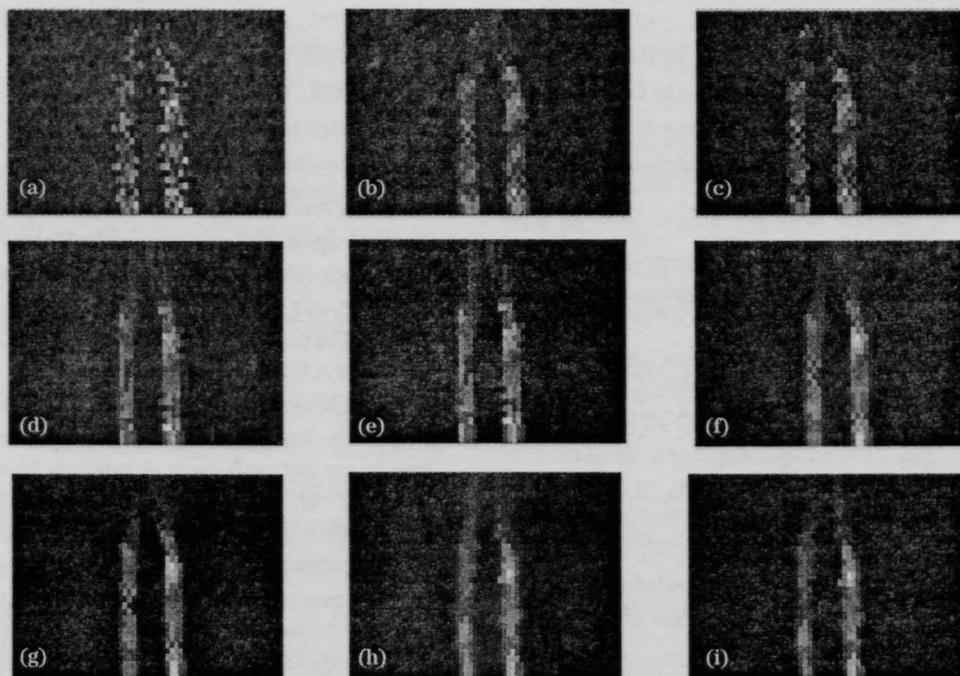


图 5 激光雷达原始像及各种滤波窗中值滤波处理结果。(a) 原始激光雷达像; (b) 2x2 十字; (c) 有阈值 2x2 十字; (d) 3x3 十字; (e) 有阈值 3x3 十字; (f) 菱形; (g) 有阈值菱形; (h) 圆; (i) 有阈值圆形

Fig.5 Original ladar image and median filter imagery with various windows. (a)original ladar image; (b) 2x2 cross window; (c) 2x2 corss window (threshold); (d) 3x3 cross window; (e) 3x3 cross window (threshold); (f) rhombic window; (g) rhombic window (threshold); (h) circular window; (i) circular window (threshold)

变好;圆形滤波窗口像对这里提及的其他滤波窗口去噪效果较好。

3 相干激光雷达图像处理系统仿真研究

相干激光雷达图像处理系统仿真模块输入参量为图像数据和扫描的方式。为了解决高帧频扫描,成像系统对行扫描采用了正弦扫描,此时激光器采用不等时发射则形成均匀扫描,而采用简单易行的等时发射则形成非均匀扫描,研究表明这两种方案都是可用的^[6,9],当采用非均匀扫描时,有必要对图像进行几何失真的校正。经过原始图像显示后,图像处理模块根据图像的类型(强度像还是距离像)分别进行强度像图像处理和距离像图像处理,最后得到强度像和距离像的边缘图像用于目标识别。

强度像去噪算法库中首先放入了经典算法的均

值滤波算法、非线性滤波的典型算法——中值滤波算法和针对激光雷达强度像特有的散斑噪声抑制算法——增强 Lee 滤波算法。随着研究的深入,将把小波等算法陆续纳入其中。强度图像经过去噪处理后,一方面可以输出显示去噪后的图像,另一方面则进行强度图像的边缘检测。在边缘检测算法库中已放入了 Sobel 算子,LOG (Laplacian-of-Gaussian) 算子,Canny 算子和参量形态算法^[7-8]。

在图 6 中,给出了利用图像处理模块进行边缘检测算法选择的过程。图 6(a)~(d)分别是采用 Sobel 算子,Canny 算子,LOG 算子和参量形态算法的边缘检测结果。比较这 4 个检测结果,可以明显地看出这四种边缘检测算法中最适宜进行激光雷达图像处理的是参量形态算法。由这个处理过程,充分地显示出了本程序在算法优选上的直观、方便和快捷性。

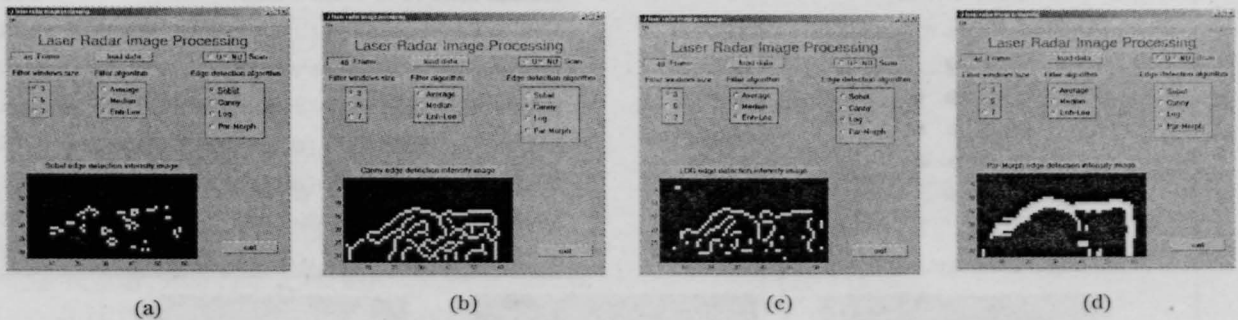


图 6 利用图像处理模块对边缘检测算法进行优选
(a) Sobel 边缘检测; (b) Canny 边缘检测; (c) LOG 边缘检测; (d) 参量形态边缘检测

Fig.6 Edge detection algorithm selection with image processing model

(a) Sobel edge detection; (b) Canny edge detection; (c) LOG edge detection; (d) parametric edge detection

参 考 文 献

1 J. H. Shapiro, B. A. Capron, R. C. Hamey. Imaging and detection with a heterodyne-reception optical radar[J]. *Appl. Opt.* 1981, **20**(19): 3292~3313

2 Sandor Der, Brian Redman, Rama Chellappa. Simulation of error in optical radar range measurements[J]. *Appl. Opt.* 1997, **36**(27): 6869~6874

3 Cai Xiping, Zhao Yuan, Chen Zhongxian *et al.*. Simulation of imaging laser radar[J]. *Laser & Infrared*, 2000, **30**(5): 274~276
蔡喜平, 赵远, 陈钟贤等. 成像激光雷达系统模拟[J]. *激光与红外*, 2000, **30**(5): 274~276

4 Tian Zhaoshuo, Wang Qi, Li Ziqin *et al.*. Simulation of pulsed coherent imaging laser radar for moving target [J]. *Laser & Infrared*, 2002, **32**(3): 163~164
田兆硕, 王 骐, 李自勤等. 脉冲相干激光雷达对运动目标成像模

拟[J]. *激光与红外*, 2002, **32**(3): 163~164

5 Cheng Xiangyang, Wang Haihong, Li Ning *et al.*. A method of measuring beam scans function [J]. *Laser & Infrared*, 2000, **30**(4): 211~213
成向阳, 王海虹, 李 宁等. 光速扫描检测法及二维快速激光扫描系统[J]. *激光与红外*, 2000, **30**(4): 211~213

6 Li Ziqin, Li Qi, Sheng Tieliang *et al.*. Influence analysis of orientation-target precision by nonuniform scanning mode in laser image system[J]. *Laser & Infrared*, 2003, **33**(2): 98~100
李自勤, 李 琦, 尚铁梁等. 激光成像系统非均匀扫描对目标定位精度的影响[J]. *激光与红外*, 2003, **33**(2): 98~100

7 Kevin D. Donohue, Mohammad Rahmati, Laurence G. Hassebrook *et al.*. Parametric and nonparametric edge detection for speckle degraded images[J]. *Opt. Eng.*, 1993, **32**(8): 1935~1946

8 Qi Wang, Ziqin Li, Qi Li *et al.*. An edge detection algorithm for imaging lidar[J]. *Chinese Optics Letters*. 2003, **1**(5): 272~274