

文章编号: 0258-7025(2003)Supplement-0064-03

# 激光雷达图像边缘检测

李琦, 傅俊诚, 李自勤, 李霖, 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** 对经典的算法(Prewitt算子, Sobel算子, Kirsch算子)和参数检验算法进行了分析、比较, 实验结果表明, 参数检验算法是一种适用于激光雷达图像的方法。

**关键词** 图像处理; 边缘检测; 散斑; 参数检验

中图分类号 TN958.98

文献标识码 A

## Edge Detection Based on the Lidar Images

LI Qi, FU Jun-cheng, LI Zi-qin, LI Lin, WANG Qi

(National Key Laboratory of Tunable Laser Technology, Institute of Opto-Electronic,

Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang 150001, China)

**Abstract** This paper compares and analyzes the parametric test operator and the classic operators (Prewitt, Sobel and Kirsch operators). Experiment shows that the parametric test operator is suitable to the lidar images.

**Key words** image processing; edge detection; speckled-noise; parametric test

## 1 引言

在激光成像雷达系统中, 边缘检测的好坏直接影响到整个系统的精度。尽管传统的边缘检测方法很多, 如 Prewitt 算子, Sobel 算子, Kirsch 算子等等, 但是对于激光雷达所形成的含噪图像, 由于其固有的像素点少和乘性噪声的特点, 常用的算法并不一定适合, 因此寻找一种更好的边缘检测方法是十分需要的<sup>[1-6]</sup>。

本文主要将参数检验算子与 Prewitt 算子, Sobel 算子, Kirsch 算子进行了比较, 由于在参数检验算子中加入了噪声的先验知识<sup>[7]</sup>, 因此, 它的检测结果优于上述其他算法。

## 2 算法原理

### 2.1 梯度算子

在诸多边缘检测算法中, 梯度算子是一个典型的算子。它对应一阶导数, 是一阶导数算子。对 1 个连续函数  $f(x, y)$ , 它在位置  $(x, y)$  的梯度可表示为 1 个矢量

$$\nabla f(x, y) = [G_x \ G_y]^T = \left[ \frac{\partial f}{\partial x} \quad \frac{\partial f}{\partial y} \right]^T$$

这个矢量的幅度(也常直接简称为梯度)和方向角分别为

$$\text{mag}(\nabla f) = (G_x^2 + G_y^2)^{1/2}, \quad \varphi(x, y) = \arctan(G_y/G_x)$$

以上 3 个式子中的偏导数需对每个像素位置计算, 在实际中常用小区域模板卷积来近似计算。对  $G_x$  和  $G_y$  各用 1 个模板, 所以需要 2 个模板组合起来以构成 1 个梯度算子。根据模板的大小, 其中元素(系数)值的不同, 人们已提出了许多种不同的算子。比较常用的有 Prewitt 和 Sobel 算子, 它们都用了 2 个  $3 \times 3$  模板, 分别见图 1 和图 2。算子运算时是采取类似卷积的方式, 将模板在图像上移动并在每个位置计算对应中心像素的梯度值, 所以对 1 幅灰度图求梯度所得的结果是 1 幅梯度图。

### Prewitt 算子

Prewitt 方法使用了 8 个  $3 \times 3$  的模板, 图 1 给出的是这 8 个模板, 使用 Prewitt 方法进行图像处理时, 对每个像素计算它在每个模板下的值, 然后取 8 个数值中的最大值。

作者简介: 李琦(1963-), 女, 黑龙江省牡丹江市人, 副研究员, 博士, 主要从事二元光学、激光雷达技术研究。

E-mail: hit\_liqi@yahoo.com.cn



图1 Prewitt 方法的模板  
Fig.1 Prewitt masks

Sobel 算子

Sobel 方法是采用了两个 3x3 的模板进行图象处理的。它的模板由图 2 给出。

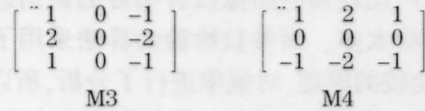


图2 Sobel 方法的模板  
Fig.2 Sobel masks

Kirsch 算子

Kirsch 算子并不仅仅取梯度, 而且对方向进行了分析, 采用 8 个不同方向的模板

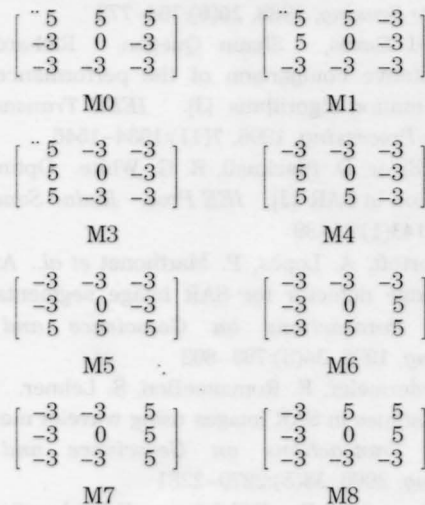


图3 Kirsch 方法的模板  
Fig.3 Kirsch masks

2.2 参数检验算子

参数检验算子是引入应用数理统计的两个总体样本比较的算法。对于由图 4 的两个区域总体样本进行比较:

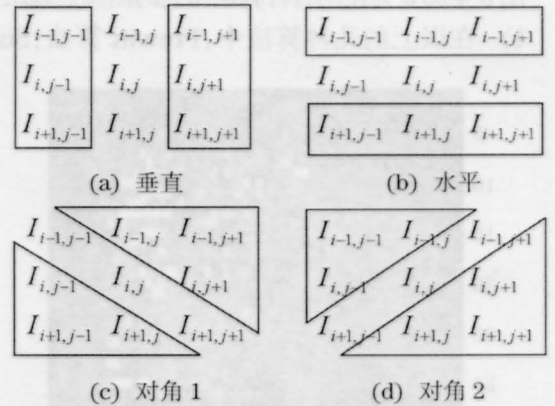


图4 局部领域  $R_0$  和  $R_1$  的取法

Fig.4 Local pixel neighborhoods  $R_0$  and  $R_1$

考虑到图像的散斑特性, 以下所列式子都是由散斑噪声的特性推导而得。具体推导过程见文献[7]。

令原假设  $H_0$  代表  $R_1$  的像素有着同  $R_0$  的相同的概率( $b_0=b_1$ )。目的是为了决定是否窗口的中间点为边缘点。当检验  $R_0$  的统计明显和  $R_1$  不同时, 边缘出现了。 $R_0, R_1$  的平均强度由最大似然估计值

$$\hat{b}_k = \frac{1}{N_k} \sum_{i,j \in R_k} I_{i,j} \quad (1)$$

$N_k$  为  $R_k$  中的像素值。

假设  $H_0$  为真,  $R_1$  的概率可以用  $b_0$  和 Erlang 分布计算<sup>[7]</sup>

$$P(N_1 \hat{b}_1 | H_0, T_0) = \frac{1}{(N_1 - 1)!} \int_0^{T_0} \tau^{N_1 - 1} \exp(-\tau) d\tau \quad (2)$$

$$T_0 = N_1 \hat{b}_1 / b_0 \quad (3)$$

把(2)式, (3)式用到图像像素上。 $R_0$  的概率可以用  $b_1$  和 Erlang 分布计算

$$P(N_0 \hat{b}_0 | H_0, T_1) = \frac{1}{(N_0 - 1)!} \int_0^{T_1} \tau^{N_0 - 1} \exp(-\tau) d\tau \quad (4)$$

$$T_1 = N_0 \hat{b}_0 / b_1 \quad (5)$$

$b_0$  和  $b_1$  的显著水平可由下式给出:

$$S(\hat{b}_0, N_0, \hat{b}_1, N_1) = 1 - P(N_1 \hat{b}_1 | H_0, T_0) + P(N_0 \hat{b}_0 | H_0, T_1) \quad (6)$$

分布函数  $P(\cdot)$ , 由(2)式, (4)式给出。

下式决定是否为边缘

$$S(\hat{b}_0, N_0, \hat{b}_1, N_1) \begin{cases} \leq P_{FA} & \text{拒绝 } H_0(\text{边缘}) \\ > P_{FA} & \text{接受 } H_0(\text{不是边缘}) \end{cases} \quad (7)$$

3 实验结果与讨论

把以上所述的算法实际编程, 对激光雷达含噪图像进行边缘提取, 原图如图 5 所示。

图6至图9为使用各种算法得到的图像处理结果。

1) 在以上的几种算法中,Prewitt 算法,Sobel

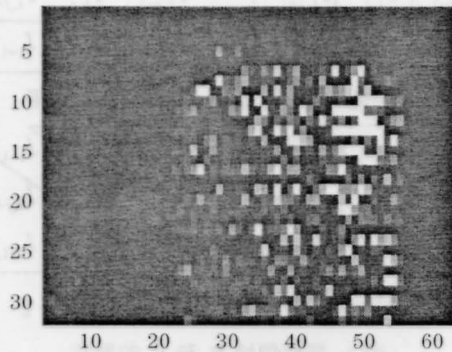


图5 激光雷达原图像

Fig.5 Original lidar image

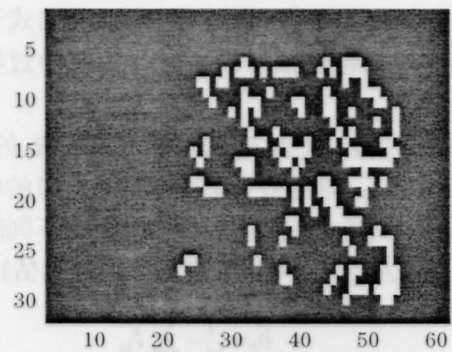


图6 Prewitt 算法结果

Fig.6 Prewitt result

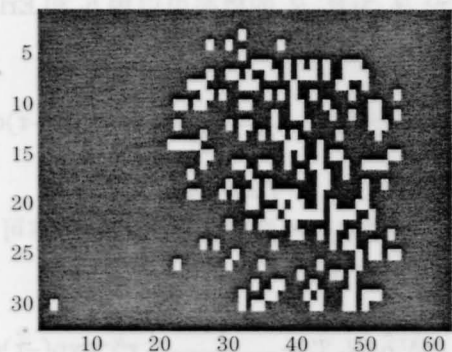


图7 Sobel 算法结果

Fig.7 Sobel result

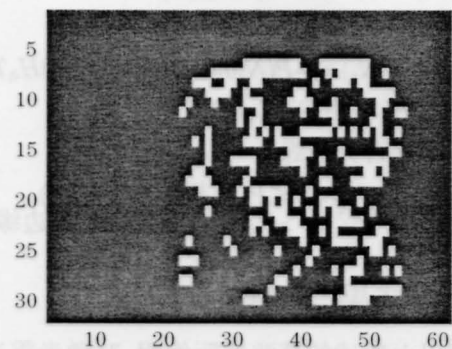


图8 Kirsch 算法

Fig.8 Kirsch result

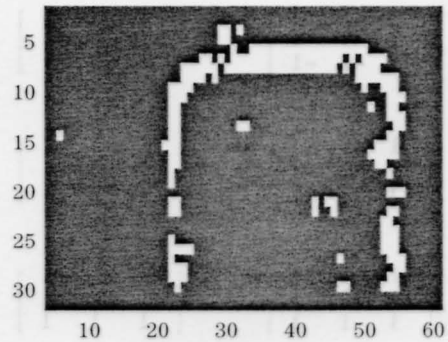


图9 参数检验算法结果

Fig.9 Parametric test result

算法和 Kirsch 算法都属于经典的卷积算法,只需要对图像进行模板卷积,再对图像进行二值化即可。

2) 实验结果证明,由于激光雷达固有的一些特性(比如图像分辨率比较小、具有散斑),常用的一些算法(比如 Sobel, Kirsch, Prewitt)并不适用。图6,图7,图8是二值化后的图像,它们对像素点要求比较少,噪声比较强的图像没有很好的识别边缘的能力,而误检太多。而参数检验的算法采用了统计学的总体比较的原理,对概率进行了分析,所以得到的图像边缘十分明显,而且正是所需要的边缘。

#### 参考文献

- 1 Ridha Touzi, Armand Lopes, Pierre Bousquet. A Statistical and geometrical edge detector for SAR image [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1988, 26(6):764~773
- 2 Ronald Caves, Shaun Quegan, Richard White. Quantitative comparison of the performance of SAR segmentation algorithms [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1998, 7(11):1534~1546
- 3 C. J. Oliver, D. Blacknell, R. G. White. Optimum edge detection in SAR [J]. *IEE Proc. Radar Sonar Navig.*, 1996, 143(1):31~39
- 4 R. Fjørtoft, A. Lopès, P. Marthonet *et al.* An optimal multiedge detector for SAR image segmentation [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1998, 36(3):793~802
- 5 A. Niedermeier, E. RomaneeBen, S. Lehner. Detection of coastlines in SAR images using wavelet methods [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2000, 38(5):2270~2281
- 6 O. Germain, P. Réfrégier. Edge location in SAR images: performance of the likelihood ratio filter and accuracy improvement with an active contour approach [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*. 2001, 10(1):72~78
- 7 K. D. Donohue, M. Rahmati, L. G. Hassebrook *et al.* Parametric and Nonparametric Edge Detection for Speckle Degraded Images [J]. *Opt. Eng.*, 1993, 32(8): 1935~1946