

# 一种综合的 SAR 图像边缘检测方法

焦凤萍, 罗 斌

(安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039)

**摘 要:**针对合成孔径雷达图像中斑点噪声的特性, 基于中值滤波方法, 并结合 Ratio 算子、Canny 算子和双阈值连接三种处理方法, 提出一种综合的边缘检测算法。实验结果表明, 与传统算法比较, 该算法克服了边缘方向量化带来的直线断裂, 边缘定位准确, 显著提高了边缘检测正确率, 并对噪声有抑制作用, 从而取得了良好的检测效果。

**关键词:**合成孔径雷达图像; 边缘检测; Ratio 算子; Canny 算子

**中图分类号:** TP391.41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2007)01-0069-02

## An Integrative Edge Detection Algorithm for SAR Images

JIAO Feng-ping, LUO Bin

(Ministry of Education Key Lab. of Intelligent Computing and Signal Processing  
of Anhui University, Hefei 230039, China)

**Abstract:** The new edge detection algorithm is proposed based on the experiment of median filter, Canny detector, Ratio detector and two-threshold link. The algorithm is put the characteristics of the speckle in SAR image into consideration. The results indicate that the algorithm prevents the line from breaking and has a wonderful edge detection performance and high accuracy of edge position.

**Key words:** SAR image; edge detection; Ratio detector; Canny detector

### 0 引 言

合成孔径雷达(SAR, synthetic aperture radar)具有全天候、全天时的成像能力, 已成为一种重要的对地观测和资源遥感监测的手段。SAR 图像中的目标检测是国内外普遍关注的研究热点问题。而 SAR 图像由于其成像机理的原因和光学图像有着显著不同的特性, 一般光学图像的噪声是加性噪声, 而 SAR 图像噪声是乘性噪声(Speckle), 且信号强度越大, 噪声的影响也越大, 即使是均匀区域, 它在 SAR 图像中也表现出很强的斑点噪声。经典的边缘检测算子(梯度算子, 拉普拉斯算子, Canny 算子<sup>[1]</sup>等)直接用于 SAR 图像的边缘检测难以取得理想效果。对 SAR 图像边缘检测算法中最典型的 Ratio 算法, 将图像的区域灰度均值作为检测特征量虽然有效地避免了噪声的干扰, 有较高的检测正确率, 但是检测精度较差, 边缘片断较粗。

文中首先对 SAR 图像应用中值滤波方法; 然后在 Ratio 算子中用 Canny 算子计算边缘方向进行边缘检测; 最后, 运用高、低阈值得到两幅图像, 以低阈值图像作为向导, 在高阈值图像中找出与低阈值图像中边缘点有确定联

系的点进行边缘的连接。

### 1 中值滤波

中值滤波是一种减少边缘模糊的非线性平滑方法, 它的思想是用领域中亮度的中值代替图像当前的点。又由于中值滤波并不明显地模糊边缘, 因此可以迭代使用。

中值滤波器的主要功能就是让与周围像素灰度值的差比较大的像素改取与周围像素值接近的值, 其输出像素值由领域像素的中间值决定, 中值对极限像素值(与周围像素灰度值相差较大的像素)远不如均值那么敏感, 因此中值滤波器产生的模糊较少, 对于干扰脉冲和点状噪声有良好的抑制作用, 而对图像边缘能较好地保持, 比较适用于 SAR 图像。

### 2 边缘检测

#### 2.1 Canny 算子

Canny 边缘检测算子(Canny edge detector)利用高斯函数的一阶微分, 在噪声抑制和边缘检测之间寻求较好的平衡, 其表达式近似于高斯函数的一阶导数。设  $G(x, y)$  为二维高斯函数, 对图像  $I(x, y)$ , 由 Canny 算子得到:

$$\text{边缘强度: } C(x, y) = |\nabla G * I(x, y)| \quad (1)$$

$$\text{边缘方向: } n = \frac{\nabla G * I(x, y)}{|\nabla G * I(x, y)|} \quad (2)$$

Canny 边缘检测算子对受加性噪声影响的边缘检测是较优的。其最优性与以下的三个标准有关:

收稿日期: 2006-03-21

基金项目: 安徽省人才开发基金资助项目(2001Z021); 安徽大学科研创新团队基金资助项目

作者简介: 焦凤萍(1983-), 女, 安徽黄山人, 硕士研究生, 研究方向为图像处理与模式识别; 罗 斌, 教授, 博士生导师, 研究方向为图像处理与模式识别。

\* 检测标准:不丢失重要的边缘,不应有虚假的边缘。

\* 定位标准:实际边缘与检测到的边缘位置之间的偏差最小。

\* 单响应标准:将多个响应降低为单个边缘响应。

但是 Canny 算子在 SAR 图像中不具有恒虚警的特性,在高亮度区域边缘检测虚警率将高于低亮度区域,因此 Canny 算子直接用于 SAR 图像边缘检测效果不好。

## 2.2 Ratio 边缘提取算子

### 2.2.1 Ratio 边缘检测算法

针对 SAR 图像中所特有的相干乘性噪声 (Speckle),应用 Ratio 算法<sup>[2-4]</sup>进行边缘检测。首先在图像上移动的检测窗中,取某一像素点为待检测点,对于沿某一特定方向过该点的直线  $L$ ,计算窗口内两侧不重叠区域的各自样本均值  $u_1, u_2$  (注:假设图像数据均为 32-bit 强度值,若实际数据为 16-bit 幅度值,则应求其平方均值)。一般取检测窗中心点以保证两区域点数相等,可设各区域内像素点数均为  $N$ ,再求两样本均值  $u_1, u_2$  之比  $R$ :

$$R = \frac{u_1}{u_2}, u = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (3)$$

$$\text{令 } r = \begin{cases} R & 0 < R \leq 1 \\ R^{-1} & R > 1 \end{cases} \quad (4)$$

由  $r$  定义可以看到,  $r$  趋于 1, 则两区域均值越接近, 越可能同属一块均匀区; 反之  $r$  趋于 0, 则两区域差别越大, 待检测点越可能处于两区域间的边界上。

由于  $r$  仅与两区域均值之比有关, 而与均值大小无关, 故可用一全局阈值  $T$  与  $r$  值比较, 当  $r < T$  时即认为该点为边缘点。

### 2.2.2 Ratio 算子的多方向检测

考虑到边缘的不同取向, 对每一个点按图 1 所示的四个方向各作一次检测, 保留  $r$  值最小的结果。以上为  $5 \times 5$  窗口, 根据不同情况, 实际使用的尺寸可为  $3 \times 3, 5 \times 5, 7 \times 7, 9 \times 9$  等。在此四种情况下, 各区域的点数均相同。

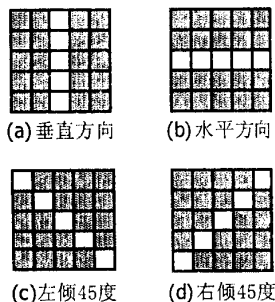


图 1 四种不同的检测方向 (以  $5 \times 5$  窗口为例)

Ratio 算子的输出如下:

$$\text{边缘强度: } R_L = 1/\text{Min}(r) \quad (5)$$

边缘方向: 对应的直线  $L$  的法向

### 2.2.3 组合的边缘检测方法

为了使边缘算子应具有恒虚警性, 同时又要得到边缘的准确方向, 可将边缘检测中的检测与边缘方向的计算分

开, 以达到以上要求。边缘算子是否具有恒虚警特性, 是由边缘强度决定的。因此在综合的新算子中用 Ratio 算子计算边缘强度。Canny 算子的边缘方向实质上反映了在抑制噪声后图像的灰度梯度方向, 这符合人类视觉的感受, 它能提供比较精确的边缘方向。在新算子中用 Canny 算子计算边缘方向。新算子<sup>[5]</sup>描述为:

$$\text{边缘强度: } R_L = 1/\text{Min}(r) \quad (6)$$

$$\text{边缘方向: } n = \frac{\nabla G * I(x, y)}{|\nabla G * I(x, y)|} \quad (7)$$

式 (6)、(7) 中的符号, 分别与式 (5)、(2) 中的定义相同。该算子保证了边缘提取的恒虚警, 同时定向性能好, 能提供准确的边缘方向信息。

## 3 检测边缘连接

在 SAR 图像中由于相干斑噪声的存在, 选择合适的阈值有一定的困难, 一种有效的阈值方案是采用双阈值方法, 即选用两个阈值。

使用分别经过高、低阈值  $T_h$  和  $T_l$  分割得到的两个阈值边缘图像  $T_h[i, j]$  和  $T_l[i, j]$  来进行边缘的处理, 此时处理的图像中只含有边缘部分的信息。由于图像  $T_l[i, j]$  是由低阈值得到, 因此它含有很少的假边缘, 但是  $T_l[i, j]$  可能在轮廓上有间断。图像  $T_h[i, j]$  是由高阈值得到, 因此它里面同时含有强边缘和弱边缘, 可能还有伪边缘。

文中双阈值法边缘连接算法的思想就是首先在高阈值图像  $T_h[i, j]$  中将低阈值图像  $T_l[i, j]$  减去, 得到一幅差影图  $T_d[i, j]$ 。对于低阈值图像  $T_l[i, j]$  中的每一个端点, 在差影图  $T_d[i, j]$  中的对应点都将进行其八邻域的检测: 如果这些边缘点的八邻域里有点和低阈值图像  $T_l[i, j]$  中的边缘线相连, 那么就将该点记录下来, 以保留于最终边缘连接图  $T_{\text{link}}[i, j]$  中。这样, 利用递归跟踪的算法不断地在差影图  $T_d[i, j]$  中搜集边缘, 直到将低阈值图像  $T_h[i, j]$  中的所有断边都连接起来为止。

将不同尺寸下的所有结果综合, 可获得最终的边缘检测结果。

## 4 实验结果及分析

为了验证实验效果, 采用 SAR 图像 (如图 2 所示), 分别用 Canny 算子、Ratio 算子以及文中方法进行边缘检测。

从实验结果图 3~5 中可以看出: Canny 算子能检测出连续的边缘, 但噪声干扰较多; Ratio 算子检测出的边缘不连续, 且边缘有 3~5 个像素宽, 边缘定位不准确; 文中提出的边缘检测算法检测出的边缘连续, 边缘细节结构体现良好, 检测的边缘为单边缘, 且定位精确。

## 5 结论

在中值滤波方法的基础上, 结合 Canny 算子, Ratio 算子和双阈值连接三种处理方法, 提出了一种综合的边缘检

(下转第 73 页)

服务描述的附加元数据使用 RDF 陈述来进行声明。服务提供者发布他们的服务,服务使用者通过多种机制,如名字、词语、特征、类型或本体描述来查找、匹配服务。DAML+OIL 提供了表达服务描述的词汇。在执行 workflow 前,对服务类和它们的实例进行发现、匹配和选择。匹配首先对域进行匹配,然后对操作的属性进行匹配。又如数据集成,与 Web 和语义 Web 中的信息一样,语义网格对网格中存储和可以使用的信息有进行关联和协调使用的能力。对于资源网格来说(这种网格共享的是磁盘和存储空间,而不是提供 CPU 处理能力),使用网格技术在信息之间提供关联和连通性可以为存储和信息提供一种有效的方法。例如,使用存储照片的语义网格组件,以及存储影像资料的语义网格组件,就可以建立连接和关联。例如,您可以搜索某个主题的照片,比如大熊猫,不但能找到相关的照片,还可以找到相关的影像资料。

### 3 小 结

语义网格承诺将为网格带来语义上的可互操作性、智能自动化以及灵活重用的优势,使其日益成为网格计算发展过程中的一个重要阶段。文中描述了语义网格中发展过程及研究状况,介绍了它同语义 Web 共享的关键技术和标准,并针对现有语义网格模型的不足,提出了基于 WRSF 的面向服务的语义网格框架,下一步的研究工作将围绕实现该模型来进行。

(上接第 70 页)

测方法。



图 2 原始 SAR 图像



图 3 Canny 算子



图 4 Ratio 算子



图 5 文中方法

实验结果证明,该方法在受乘性噪声影响较大的 SAR 图像中有着良好的边缘检测性能,提取的边缘图准确描述了 SAR 图像中的各种结构,能较好地避免边缘过

### 参考文献:

- [1] Foster I. The Grid: A New Infrastructure for 21st Century Science[J]. Physics Today, 2002, 55(2): 42-47.
- [2] De Roure D, Jennings N R, Shadbolt N R. Research agenda for the semantic grid: A future e-science infrastructure[EB/OL]. 2004-02. <http://www.semanticgrid.org/v1.9/semanticgrid.pdf>.
- [3] Hai Zhuge. China's E-science knowledge grid environment [J]. Intelligent Systems, IEEE, 2004, 19(1): 13-17.
- [4] Gruber T R. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing[C]//Proceeding of the International Workshop on Formal Ontology. Padova, Italy: [s.n.], 1993.
- [5] De Roure D, Jennings N R, Shadbolt N R. The Semantic Grid: Past, Present and Future [EB/OL]. 2004/2006. <http://www.semanticgrid.org/documents/semgrid2004/semgrid2004.html>.
- [6] 李从东, 李晓宇. 面向分布式知识发现的知识网格框架及其实现[J]. 华北工业学院学报, 2005, 26(1): 27-28.
- [7] Smirnov A, Pashkin M, Chilov N. Knowledge logistics in information grid environment[J]. Future Generation Computer Systems, 2004, 20: 61-79.
- [8] 李 玲, 唐胜群. 知识网格中基于 RDF 的知识表示技术和应用[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(12): 223-225.

检测和欠检测,可以用于遥感图像矢量化、自动目标识别等方面。

### 参考文献:

- [1] Canny J. A computational approach to edge detection [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis Machine Intelligence, 1986, 8 (11): 679-698.
- [2] Touzi R, Lopes A, Bousquet P. A Statistical and Geometrical Edge Detector for SAR Images[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1988, 26(6): 764-773.
- [3] Oliver C J, Blacknell D, White R G. Optimum Edge Detection in SAR[J]. IEEE Radar Sonar and Navigation, 1996, 143 (1): 31-40.
- [4] Bovik A C. On detecting edges in speckle imagery[J]. IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, 1988, 36 (10): 1618-1627.
- [5] 王 程, 王润生. SAR 图像直线提取[J]. 电子学报, 2003, 31(6): 816-820.