

文章编号: 1007-4619 (2002)06-0485-05

一种新型雷达图像边缘提取技术

韩春明, 郭华东, 王长林

(中国科学院 遥感应用研究所遥感信息科学重点实验室, 北京 100101)

摘要: 由于合成孔径雷达系统的有限带宽,使阶跃边缘变成斜坡型边缘,线条型边缘变成屋顶型边缘,斜坡型边缘甚至难以探测。在本文中针对合成孔径雷达图像,提出了一种新型的边缘提取方法。这个方法分为二个步骤:首先根据图像亮度进行局部分割(如在一个 5×5 的窗口内),得到亮度不同的两个区域。第二步:将亮度不同的两个区域边界作为图像的边缘,并根据亮度变化确定图像的边缘。将这个方法用于合成孔径雷达图像边缘提取,成功地提取了合成孔径雷达图像的边缘信息。

关键词: 边缘检测;图像分割

中图分类号: TP751.1/TP722.6 **文献标识码:** A

1 引言

边缘是指图像局部亮度变化比较显著的部分。边缘主要存在目标与目标、目标与背景、区域与区域(包括不同色彩)之间,是图像分割、纹理特征提取和形状特征获取等图像分析的重要基础。图像分析和理解的第一步常常是边缘检测。由于边缘检测在图像分析和理解的重要地位,边缘检测成为图像处理研究中最活跃的课题之一。

在过去的二十多年里人们提出了许多边缘检测方法。边缘检测算法可以分为四个基本步骤:第一步是滤波:边缘检测算法主要是基于图像强度的一阶或二阶导数,导数的计算对噪声很敏感,因此必须使用滤波器去除图像的噪声。但滤波器在降低噪声的同时也改变了边缘,因此必须在边缘增强和降低噪声之间需要折衷。第二步是边缘增强:增强算法可以将邻域强度值有显著变化的点凸显出来。边缘增强一般是通过计算梯度幅度值来完成的。第三步是边缘点检测:事实上图像的边缘是一个亮度变化比较迅速的区域,而一般需要将亮度变化最大的点选取出来作为边缘点。第四步是边缘点的连接:检测出来的边缘点组成的边缘线由于多种原因往往是断开的,需要连接成有序的边缘线。

边缘检测是图像处理中一个困难问题,因为实际景物图像中的边缘往往是各种类型的边缘以及它们模糊化后结果的组合,对边缘的确认有时甚至涉及心理学的因素^[1]。除了这种边缘成因的复杂外,实际图像存在噪声,噪声和边缘一样都属高频信号,很难用频带来取舍。但边缘与噪声的显著区别是两个能量不同,边缘有较大的能量和范围,因此在平滑滤波作用下,它不会像噪声一样消失,而是表现为模糊化^[1]。由于合成孔径雷达系统的有限带宽,使得阶跃边缘变成斜坡型边缘,线条型边缘变成屋顶型边缘,斜坡型边缘甚至难以探测^[2]。加之合成孔径雷达图像存在大量的斑点噪声,使合成孔径雷达图像的边缘提取变得十分困难。在自然界中,人类视觉系统是非常有效的图像理解分析系统。人类视觉系统对图像的分析 and 理解是十分复杂,分析和理解原理还没有研究清楚。在本文中,通过简单分析人类视觉系统提取图像边缘的过程,提出了一种适合合成孔径雷达图像的边缘提取方法。这种方法实质上是通过图像分割和图像识别来提取图像的边缘。

2 人类视觉系统提取图像边缘的过程

人类视觉系统分析和理解图像的过程、模型和原理还没有研究清楚,但我们可以简单分析人类视

收稿日期: 2002-05-01; 修订日期: 2002-06-01

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(49989001), 国家 863 计划课题(2001AA132040)和中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-312)。

作者简介: 韩春明(1971—), 男, 现在中国科学院遥感应用研究所遥感信息科学重点实验室攻读博士学位, 主要研究方向为雷达图像处理。

觉系统提取图像边缘的过程。观察图 1 将体会到,视觉系统首先进行了一次类似低通滤波得理过程,得到明暗不同的两个区域。之后的过程实质上是人类的大脑的判断,根据现实世界的情况判断明暗两区域交界处存在一个分界线,也就是边缘。此后,为了确定边缘点,还必须仔细观察两区域交界处,视觉将主要观察亮度变化比较剧烈的像元位置,取灰度变化迅速的像元位置为边缘点,为了得到完整边缘,这个过程也包括边缘线连接。上述过程的第一步实质上是进行了图像的分割,只是检测出图像的亮度变化,并确定亮度变化较大的区域。第二步是利用图像灰度变化大小确定边缘。这是一个图像识别过程。

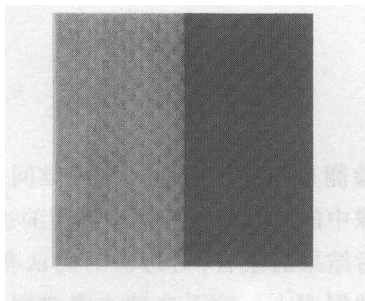


图 1 一个边缘的示例

Fig.1 An edge

3 基于人类视觉信息处理过程的边缘提取方法

根据第二部分描述的人类视觉系统提取边缘的过程,可以提出一种新型的边缘提取方法。首先将图像进行局部分割,其次将分割得到亮度不同区域间的边界线提取出来,最后根据图像的亮度变化将边缘线识别出来。

试验图像为中国机载 L 波段单极化单视合成孔径雷达图像。图 2 为原始图像,由于原始图像带有大量斑点噪声,首先进行去噪处理。噪声去除方法为 Han 等^[3]提出的一种方法,这个方法的特点是能够较好保持图像边缘的信息。图 3 为经去噪处理得到的图像。观察图 3 可发现,图 2 的斑点噪声在图 3 中已经被有效去除了,同时边缘得到了有效的保持。

选取一个 5×5 大小的窗口,计算其灰度平均值,将该窗口内像元灰度值大于平均值 20% (此值是通过实验得到的) 以上的像元灰度值置为 255,小于此值的像元的灰度值为 0。将此窗口沿行、列滑动,得到结果图 4。比较图 3 和图 4 可以发现,经过局部分割得到的图 4 已将图 3 中相对灰度值较大的区域标出来,但由于在 5×5 的窗口内进行的局部分

割,使得有些区域不是边界也标出来。图 5 为图 4 的边界。从图 5 中可以看出,图 2 中的边缘已经被提取出来,但有些不是边缘却也被标出来。



图 2 原始图像

Fig.2 Original image



图 3 去噪后的图像

Fig.3 Smoothed image

为了消除噪声以如下方式计算灰度变化:

$$T[0][0] = (p(i-1, j) + p(i, j) + p(i+1, j))/3$$

$$T[0][1] = (p(i-1, j-1) + p(i, j-1) + p(i+1, j-1))/3$$

$$T[0][2] = (p(i-1, j+1) + p(i, j+1) + p(i+1, j+1))/3$$

$$\text{取 } T_0 = \max\{|T[0][0] - T[0][1]|, |T[0][0] - T[0][2]|\}. \text{ 计算}$$

$$T[1][0] = (p(i, j-1) + p(i, j) + p(i, j+1))/3$$

$$T[1][1] = (p(i-1, j-1) + p(i-1, j) + p(i-1, j+1))/3$$

$$T[1][2] = (p(i+1, j-1) + p(i+1, j) + p(i+1, j+1))/3$$



图 4 局部分割结果
Fig.4 The result of local segmentation

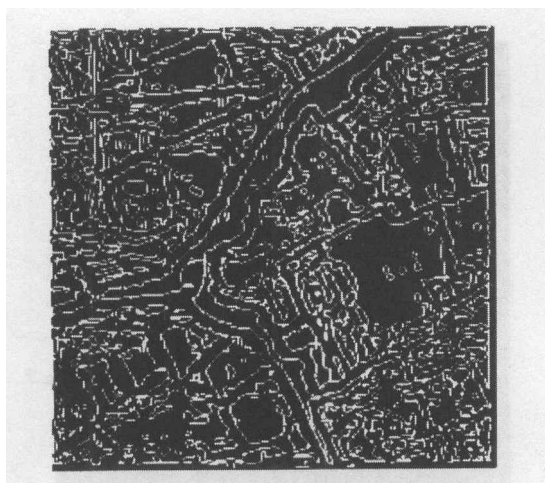


图 5 分割图边界
Fig.5 The boundary of local segmentation

+ 1))/3

取 $T1 = \max\{|T[1][0] - T[1][1]|, |T[1][0] - T[1][2]|\}$. 计算

$$T[2][0] = (p(i-1, j+1) + p(i, j) + p(i+1, j-1))/3$$

$$T[2][1] = (p(i-2, j+1) + p(i-1, j) + p(i, j-1) + p(i+1, j-2))/4$$

$$T[2][2] = (p(i-1, j+2) + p(i, j+1) + p(i+1, j) + p(i+2, j-1))/4$$

取 $T2 = \max\{|T[2][0] - T[2][1]|, |T[2][0] - T[2][2]|\}$. 计算

$$T[3][0] = (p(i-1, j-1) + p(i, j) + p(i+1, j+1))/3$$

$$T[3][1] = (p(i-1, j-2) + p(i, j-1) + p(i+1, j) + p(i+2, j+1))/4$$

$$T[3][2] = (p(i-2, j-1) + p(i-1, j) + p(i, j+1) + p(i+1, j+2))/4$$

取 $T3 = \max\{|T[3][0] - T[3][1]|, |T[3][0] - T[3][2]|\}$.

取 $T = \max\{T0, T1, T2, T3, \}$, 如果 T 大于如图 6 所示窗口的平均值的 60%, 就认为是边缘区域。这实质上是选定一个自适应的阈值, 以此将边缘区域检测出来。通过计算可得到边缘区域的大致位置, 以此判断图 5 中的边缘点, 凡是落在边缘区域的边缘线为边缘, 没有落到边缘区域的边缘点不是边缘, 得到如图 7 所示的边缘线。图 8 为边缘线与原图像叠加图。从图中可以看出原始图像的边缘都已经得取出来。图 9 为另外一幅合成孔径雷达图像。图 9 为原始图像。图 10 为局部分割得到的分割结果。图 11 为局部分割图的边界线。图 12 为边缘线图, 对

	$p(i-1, j-2)$		$p(i+1, j-2)$	
$p(i-2, j-1)$	$p(i-1, j-1)$	$p(i, j-1)$	$p(i+1, j-1)$	$p(i+2, j-1)$
	$p(i-1, j)$	$p(i, j)$	$p(i+1, j)$	
$p(i-2, j+1)$	$p(i-1, j+1)$	$p(i, j+1)$	$p(i+1, j+1)$	$p(i+2, j+1)$
	$p(i-1, j+2)$		$p(i+1, j+2)$	

图 6 计算梯度所用的像元
Fig.6 Pixels used for gradient computation

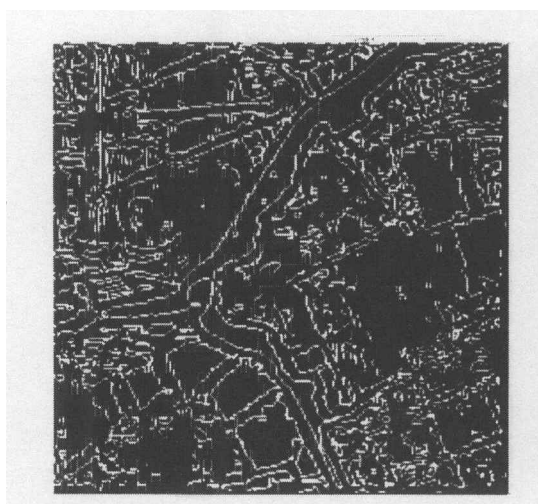


图 7 边缘线图

Fig.7 Edge map

比与原始图像叠加图(见图 13), 可以看出原始图像

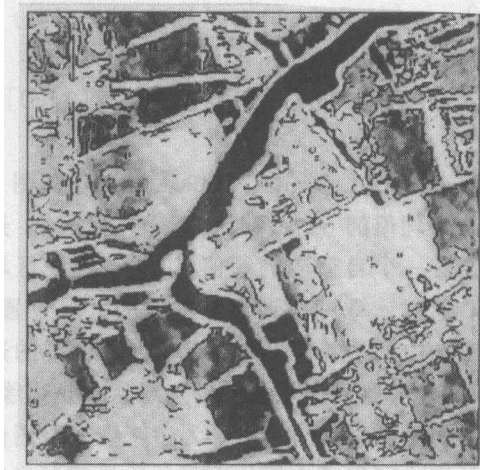


图 8 边缘线与原图像叠加图
Fig.8 Edge map overlaid onto the original image

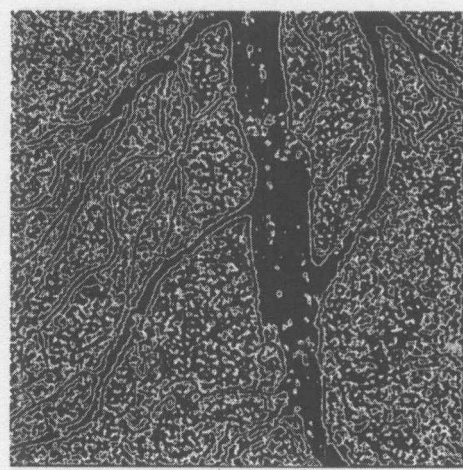


图 11 局部分割的边界线
Fig.11 The boundary of local segmentation

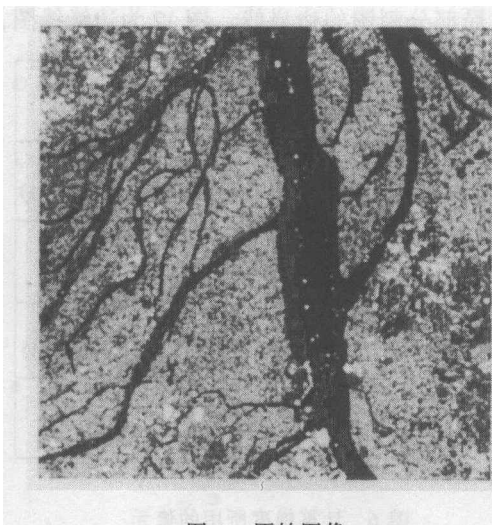


图 9 原始图像
Fig.9 Original image

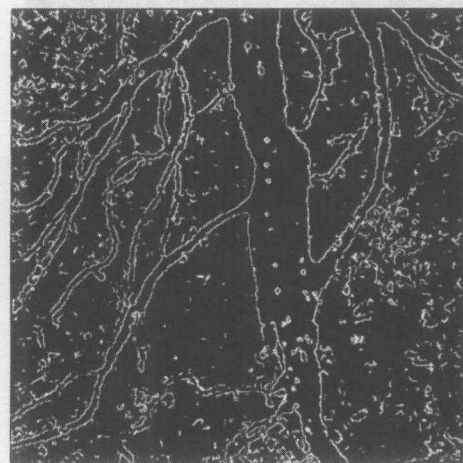


图 12 边缘线
Fig.12 Edge map

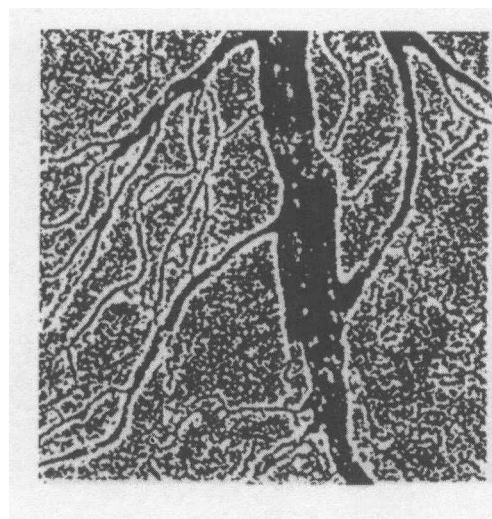


图 10. 局部分割的结果
Fig.10 The result of local segmentation

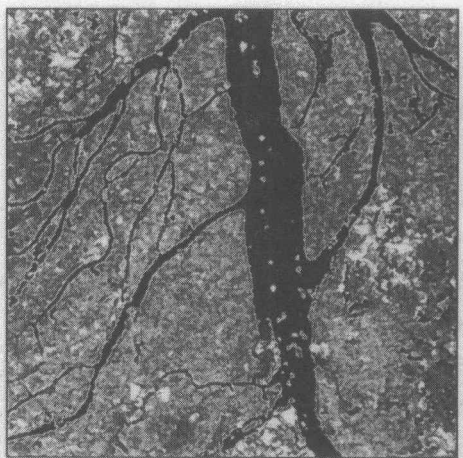


图 13 边缘线与原图像叠加图
Fig.13 The edge map overlaid onto the original Radarsat image

中的主要边缘都已经提取出来。图9为珠江的一部分。从图12可见珠江以及其支流的边界已经被提取出来。

4 结 论

本文针对合成孔径雷达图像,提出一个基于人类视觉系统信息处理过程的边缘提取方法,其实质是将图像分割技术和图像识别技术结合起来,通过局部分割得到边界线,再根据图像的灰度变化进行判断,将边缘识别出来。将此方法用于合成孔径雷达图像,可以成功地提取出图像的边缘,尤其在提取

出合成孔径雷达图像的斜坡型边缘时,运算速度较快、提取的边缘线比较连续。

参 考 文 献 (References)

- [1] Xia L Z. Digital image processing [M]. University of Southeast Press, 1999. [夏良正. 数字图像处理 [M], 东南大学出版社, 1999.]
- [2] Dong Y, et al. Speckle suppression using recursive wavelet transforms [J]. *International Journal of Remote Sensing*. 1998, 19 (2): 317—330.
- [3] Han C M, Guo H D, Wang C L, Fan D. A novel method to reduce speckle in SAR images [J]. *International Journal of Remote Sensing*. (In print)

A New SAR Image Edge Detection Technique

HAN Chun-ming, GUO Hua-dong, WANG Chang-lin

(Laboratory of Remote Sensing Information Sciences, Institute of Remote Sensing Applications,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Since SAR sensors have limited bandwidths, this leads to slow responses to sudden changes (smearing sharp edges). Thus, it is difficult to detect edges in SAR images. A new edge detection method is developed to detect edges in SAR images in this paper. There are two steps to accomplish it. First, the local area is segmented into one bright area and one dark area. Second, the boundary of the bright area and the dark area is regarded as the edge, and the edge is identified based on intensity variety. Application of this method to SAR images has shown that the method can effectively detect edges.

Key words: edge detection; image segmentation