

# 基于数学形态学的毫米波图像边缘检测方法

赵凌,张祖荫,郭伟

(华中科技大学电子与信息工程系,武汉 430074)

摘要:讨论了数学形态学的基本原理及其在毫米波辐射遥感图像边缘检测中的应用,提出了一种用灰度形态变换原理进行检测的有效算法。对一幅毫米波图像的实验结果表明,该算法具有较好的抗噪和边缘提取能力,比传统的基于模板的图像边缘检测算法具有更好的边缘提取效果。

关键词:图像处理;毫米波辐射图像;边缘检测;数学形态学

中图分类号:TP 75 文献标识码:A 文章编号:1001-070X(2006)04-0019-04

## 0 引言

微波辐射计具有全天时、全天候的工作特点,微波遥感图像能够提供可见光和红外所不能获取的信息。但毫米波图像模糊、空间分辨率不高,往往带有大量的噪声,因此,要识别图像中的物体,进行边缘检测非常重要。

边缘是图像的最基本特征,从本质上说,图像边缘是图像局部特性不连续的反映,它往往是两个不同区域的分界线或某个目标的边界。图像边缘提取技术一直是图像处理与模式识别的重要环节。传统的边缘检测方法起步较早,已经提出了一些较好的基于模板和梯度的边缘检测算法,如 Sobel、Prewitt、Robert 及 Canny 等。但从理论上讲,这些检测器都属于高通线性滤波器,而噪声和边缘都属于高频范围,故对含有大量噪声的图像边缘检测效果并不理想。并且,毫米波辐射遥感图像通常都具有灰度变化丰富、所含信息量大、背景噪声复杂和边缘密度大的特点,一些常见的图像边缘检测算法在微波遥感图像中难以满足实际需要。

## 1 边缘提取方法

数学形态学是一门以严格数学理论为基础的学科,它从集合的角度来刻画和分析图像,是一种用于非线性图像处理和理论。数学形态学定义了两种基本的变换,即腐蚀(Erosion)与膨胀(Dilation),形态学的其它运算都是由这两种基本运算复

合而成的,可以定义开、闭、闭-开和开-闭等复合形态运算。腐蚀是一种收缩变换,使整幅图像的灰度值降低;膨胀是一种扩张变换,使整幅图像的灰度值提高。腐蚀和膨胀都对灰度变化较大的边缘较敏感。形态开和形态闭运算则具有去除图像中“尖峰”和“凹谷”的作用,所以,在利用形态运算提取图像边缘的同时,能够去除图像中的噪声,尤其是对脉冲噪声去除效果更佳。

图像的边缘是由灰度不连续性反映的,图像边缘一般具有3个重要特征:①边缘处像素灰度值变化呈不连续性;②边缘两侧具有不同的纹理特征;③边缘处像素灰度值具有方向性。因此,要成功地检测出复杂图像的边缘信息,必须综合考虑以上3方面的因素。经典的微分算子首先通过检测边缘模型的一、二阶导数的极值点或零值点检测出图像局部特征的不连续性,然后再将这些不连续的边缘像素连成完备的边界。但由于噪声也具有灰度变化迅速的特点,所以,用微分算子检测边缘存在着“提升噪声”的缺点,如果进行减噪,往往连目标信息也一同去除。毫米波图像由于受诸多因素的影响往往带有大量的噪声,微分算子的边缘检测效果很不理想。数学形态学则可通过有针对性地选择结构元素和变换方式对某一类特定目标减弱或加强。

形态学边缘检测也就是根据形态学的基本理论,利用形态学所定义的腐蚀、膨胀、开运算以及闭运算,选择合适的结构元素,通过形态学中的复合算法作用于图像,从而得到清晰准确的图像边缘。形态学边缘提取的思想是:经过某种变换后,待提取的边缘灰度值变化程度比图像中非边缘部分的要明

显得多,即输出图像边缘部分与输入图像的灰度值之差要大于非边缘部分的差。因此,须选择一种形态变换,既能扩大这个差值,又对非边缘的影响很小。在这一过程中,运算的复合方式和结构元素的特征决定了处理的结果。

在形态学边缘检测领域  $F - (F \ominus B) \setminus (F \oplus B) - F$  和  $(F \oplus B) - (F \ominus B)$  等算法常用于对图像边缘的提取,其中  $F$  为待处理的灰度图像  $B$  为结构元素。

形态学运算的要领可归结为形态滤波器结构的设计和结构元素的选择。形态运算的方式反映了处理结果与原图像之间的关系,结构元素的选择决定了处理结果的效果和精度。

## 2 边缘检测过程

### 2.1 前期滤波

由于受到传感器精度、高度、天气和温度等诸多因素的影响,毫米波辐射图像往往带有大量的噪声(如图 1 所示),一些孤立的噪声在边缘检测前应先去除,以免影响边缘检测的精度。

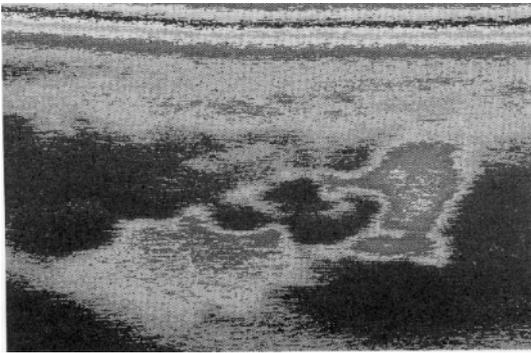


图 1 输入的毫米波辐射图像

数学形态学中的灰度闭滤波器常用于减少以低灰度值为中心的微小区域和由椒盐噪声引起的低灰度区域;灰度开滤波器常用于减少以高灰度值为中心的微小区域和由椒盐噪声引起的高灰度区域;开-闭形态滤波器用一个结构元对原始图像串联地使用开、闭操作,可以将图像中比结构元小的游离噪声滤除。一般来说,对于灰度值较高的图像,针对亮细节较多的特点应采用先开启后闭合的串联方式;对于灰度值较低的图像,其暗细节较多,则应采用先闭合后开启的串联方式。

开-闭形态滤波器通常取结构元素为

$$\begin{matrix} \text{万方数据} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

也可有针对性地选择结构元素和变换方式,可对某一类特定目标进行减弱或加强。在形态学滤波器中,结构元形状和大小选择非常重要。由于许多图像的细节和小的图像基元尺寸有时小于结构元,在滤除噪声的同时也可能将图像的细节滤除了,而如果选择太小的结构元,则噪声清除不干净,图像得不到改善。因此,为了达到既消除噪声又平滑图像与保留图像细节的目的,正确选择结构元的尺寸在形态滤波器设计中是至关重要的。

在大部分毫米波图像中,不仅存在微小的噪声干扰,而且还存在一些干扰区域,为了方便对目标的形状恢复和识别处理,这些小的干扰区域也应该加以滤除。在这些干扰区域中有些是高亮度的,也有些是低灰度的,为了滤除这些区域,可选用另一种组合使用开运算和闭运算的方法——交替顺序滤波,以加强滤波的效果。交替顺序滤波是用一系列不断增大的结构元素来交替执行开-闭滤波,在以额外处理为代价的情形下,与单个开-闭滤波器相比,交替顺序滤波的结果要更平滑一些。

针对本文输入的毫米波辐射遥感图像灰度值较低和暗细节较多的特点,采用先闭合后开启的方式使用交替顺序滤波去除噪声和平滑图像。取结构元素为

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

首先,对输入图像实行闭合运算,可以消除与结构元素相比尺寸较小的暗细节,而保持图像整体灰度值和大的暗区域基本不受影响;然后,对闭合运算的结果实施开启运算,消除或消弱与结构元素相比尺寸较小的亮细节,这样就保持图像整体灰度值和大的亮区域基本不受影响。处理结果如图 2 所示。

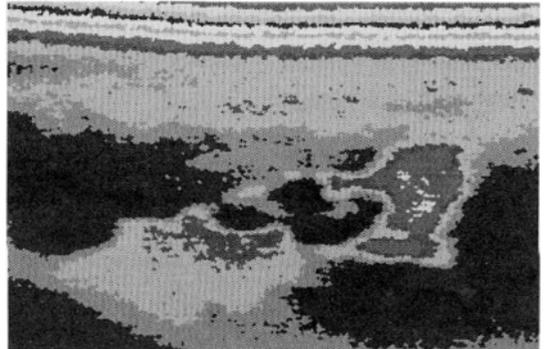


图 2 第 1 次滤波后的图像

处理后的图像仍有噪声和小的干扰区域,于是增大结构元素为

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

再用闭-开滤波器处理一次,即得到更平滑的图像,如图 3 所示。

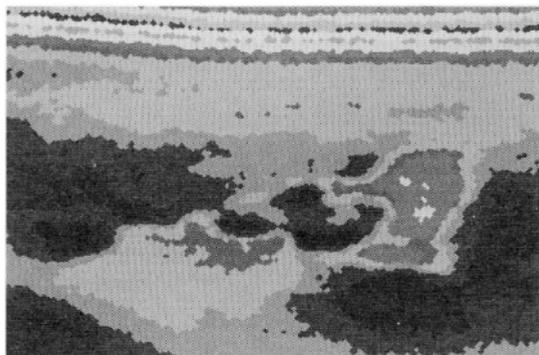


图 3 第 2 次滤波后的图像

### 2.2 边缘提取

毫米波辐射遥感图像一般具有边缘密度大、边缘之间距离较小的特点,有的边缘之间只相邻 1~2 个像素。利用形态学边缘检测处理边缘密度较大的图像时,常使用  $F-(F \ominus B)$  算子检测边缘。这是因为,图像经过腐蚀运算后,目标区域中的灰度值变化较小,而边缘部分的灰度值降低较多。用原图像减去腐蚀运算的结果,边缘部分的灰度值就会明显高于区域内的灰度值,从而达到提取边缘的目的。且原低灰度值像素仍然保持较低的值,这有利于后期的二值化处理。

在具体实现对毫米波图像的边缘检测时,要根据毫米波图像的纹理等特征,选择合适的结构元素,其大小、形状和方向性等都是要考虑的重要方面。在高灰度值边缘间距很小时,应慎重选择膨胀变换,以免边缘错位和合并,导致边缘检测失败;在图像中含有间距很小的低灰度边缘时,应慎重选择腐蚀变换,以免低灰度的边缘错位和合并。

选取结构元素

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

对滤波后的毫米波图像用  $F-(F \ominus B)$  算子检测图像边缘,得到灰度边缘图像如图 4 所示。

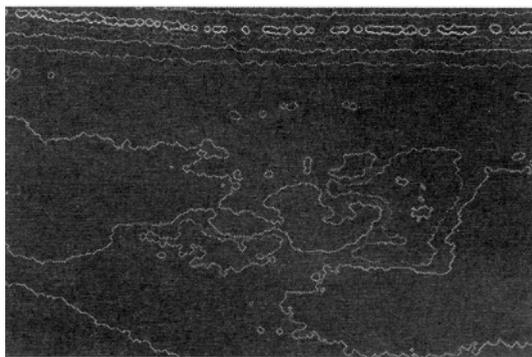


图 4 检测得到的边缘图像

### 2.3 后期处理

将检测出来的灰度边缘图像取门限二值化,再过滤掉单噪声点,最终输出辐射遥感图像的边缘图像如图 5 所示。

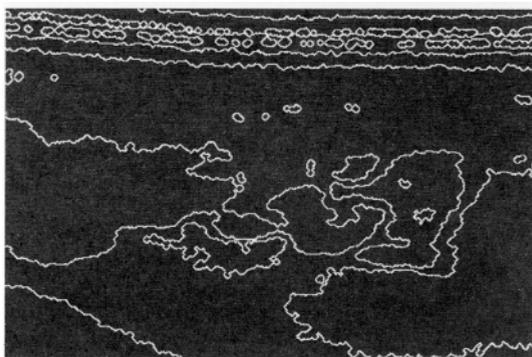


图 5 经过后期处理的边缘图像

在大量实验的基础上,本文提出毫米波辐射遥感图像的边缘检测过程为:

首先,由闭-开运算完成预处理,以滤除噪声,平滑图像,如果效果不够理想,可以使用交替顺序滤波,加强平滑效果;然后,对滤波后的图像做腐蚀运算,取腐蚀前的图像与腐蚀后的图像之差即得到较好的灰度图像边缘;最后,对结果取门限二值化,即输出毫米波辐射图像的边缘图像。进行边缘检测时,由于图像边缘的多样性,结构元素的选取对图像的边缘检测结果有很大影响。使用形态学边缘检测方法所检出的边缘宽度与所使用的结构元素形状和大小密切相关,当结构元素的尺寸增大时,检测出的边缘宽度将随之增大。因而,合理地调节结构元素的尺寸将能有效地去除噪声并能很好地保护细节。

## 3 实验结果分析

将本文方法处理结果与经典 Prewitt 算子和 Canny 算子的处理结果进行对比。按照通常的处理

方法 ,首先对原始图像使用中值滤波去除噪声 ,然后使用经典的边缘检测算子进行处理。两种算子的边缘检测结果如图 6、图 7 所示。

位有相当好的效果 ,而且所得的边缘图像更清晰 ,特征更明显 ,在边缘的连续性及各向同性方面都优于传统的边缘检测方法。

### 4 结 论

数学形态学对图像的处理具有直观上的简明性和数学上的严谨性 ,在定量描述图像的形态特征上具有独特的优势 ,为基于形状细节进行图像处理提供了强有力的手段。从上述实验结果可看出 ,基于数学形态学的算法对毫米波遥感图像具有很好的边缘提取能力 ,它优于一般的基于微分运算的边缘提取算法 ,而且图像边缘更清晰、更连续 ,特征更明显 ,能够很好地去掉噪声 ,图像的边缘细节损失小 ,光滑效果好 ,并且算法易于编程实现。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 龚 炜 ,石青云 程民德. 数字空间中的数学形态学——理论及应用[ M ].北京 科学出版社 ,1997.
- [ 2 ] 张 翔 ,刘媚洁 陈立伟. 基于数学形态学的边缘提取方法[ J ].电子科技大学学报 ,2002 ( 5 ) :490 - 491.
- [ 3 ] 黄全亮 张祖荫 郭 伟. 地基毫米波辐射图像模拟生成方法研究[ J ].红外与毫米波学报 ,2002 21( 6 ) :441 - 442.
- [ 4 ] Maragos P. Differential Morphology and Image Processing[ J ]. IEEE Trans Image Processing ,1996 5( 6 ) :922 - 937.
- [ 5 ] 陶洪久 柳 健 田金文. 基于小波变换和数学形态学的遥感图像边缘检测[ J ].红外与激光工程 ,2002 31( 2 ) :156 - 157.

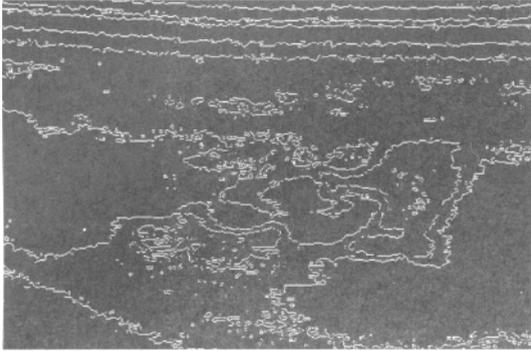


图 6 用 Prewitt 算子检测到的边缘图像

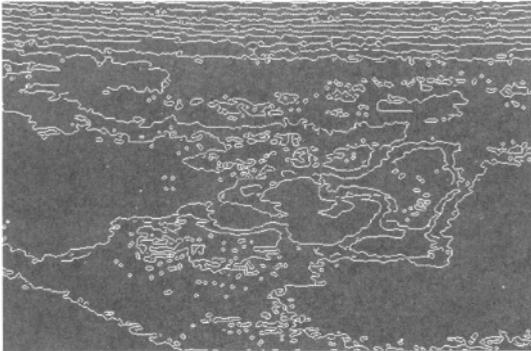


图 7 用 Canny 算子检测到的边缘图像

由上述实验结果的对比看出 ,应用经典边缘检测算子提取的边缘细节损失比较多 ,而且边缘连续性差 ,容易将噪声点当作边缘点来检测 ,边缘轮廓不清楚 精确度不高。与经典的边缘检测算子相比 ,本文使用的形态学边缘检测方法对毫米波辐射遥感图像具有很好的边缘提取能力 ,对图像细节和边缘定

## A MATHEMATICAL MORPHOLOGICAL FOR EDGE DETECTION IN MILLIMETER WAVE RADIOMETRIC IMAGES

ZHAO Ling , ZHANG Zu - yin , GUO Wei

( Department of Electronics and Information Engineering Huazhong University of Science and Technology ,Wuhan 430074 , China )

**Abstract :** Capable of working all day and under various weather conditions ,the radiometer can provide the specific information which infrared and optical detectors fail to provide. This paper describes a mathematical morphological algorithm for edge detection in millimeter wave radiometric image. It is demonstrated that this algorithm operates more effectively than the traditional algorithms and the common morphological methods in edge detection.

**Key words :** Image processing ; Millimeter wave radiometric image ; Edge detection ; Mathematical morphology

第一作者简介 :赵 凌( 1976 - ) ,男 ,硕士 ,主要研究方向为遥感图像处理。

( 责任编辑 :刁淑娟 )