

文章编号: 1007 4619 (2003)03 0190 04

基于边缘检测的自适应干涉条纹降噪方法

师瑞荣, 荆麟角

(中国科学院 电子学研究所, 北京 100080)

摘要: 提出了一种新的相位滤波方法, 基于干涉条纹方向的检测, 完全自适应地对干涉相位进行滤波。本方法计算简单, 十分适用于干涉条纹密集的区域进行滤波。通过干涉条纹数据的处理验证, 结果令人满意。

关键词: 干涉合成孔径雷达; 干涉条纹; 相位滤波; 边缘检测

中图分类号: TP751.14; TP722.6 **文献标识码:** 特

1 引言

干涉条纹因具有全天候, 获得大测绘带宽, 高精度的地形高度信息的优点, 成为目前遥感成像领域的热点。干涉条纹处理中, 相位信息的保持是获得高精度地形的关键因素之一, 雷达系统的热噪声和干涉条纹图像的相干斑噪声是干涉条纹后期处理中噪声的主要来源, 也是影响干涉条纹高程精度的重要因素。已有的降噪方法有多视平滑滤波^[1,2], 中值滤波^[1,2], 利用相干系数的加权滤波^[1], 中心中值滤波^[3]; 基于高斯噪声模型的最小均值平方滤波^[4], 小波降噪^[5]。

本文采用 16 个不同方向的模板, 基于边缘检测原理, 更简单的确定干涉条纹相位的干涉条纹方向, 选出特定的相关像素进行多视平滑, 从而得到滤波后的干涉相位图。它是对普通多视平滑滤波方法的改进, 是一种完全自适应的滤波方法。

2 模板的确定

边缘检测中, 梯度算子经常被使用。梯度算子对干涉条纹相差图进行窗口大小随干涉条纹疏密变化的中值滤波后, 以不同方向的梯度算子来确定相差图中可靠的干涉条纹边缘进行相位展

开算法^[6]。如果对干涉条纹相差图直接使用梯度算子边界算子, 来确定干涉条纹的方向, 由于干涉噪声的影响, 并不能得到理想的滤波效果。

实际的干涉条纹降噪的多视平滑处理中, 一方面要求滤波采用的模板足够的大, 能够避免模板中出现的相位噪声对条纹方向判定的影响, 准确地判定干涉条纹方向。但是另一方面要求模板又不能太大, 即不能出现由于多个干涉条纹出现在一个模板内引起的相位混叠, 造成高程图像分辨率的下降。

本文采用类似文献[4]中的 16 种不同方向的模板, 如图 1 所示。其中, 空格代表模板相应处的值为 0, “+”代表模板相应处的值为 1, “-”代表模板相应处的值为 -1。

图 1 中出现的 16 个不同方向的模板实际上是对梯度算子边界算子的扩充, 进一步细化可能出现的干涉条纹的方向, 增加了多视处理的像素, 能够更准确地判定中心像素所处的干涉条纹的方向。

在实验中我们曾经直接使用梯度算子模板以相同的方法来处理相位噪声, 但实际滤波效果很差, 即使经多次滤波效果也不能有很大的改善, 我们认为其原因是每次确定干涉条纹方向后进行多视平滑滤波的像素太少, 不能有效地消除相位噪声的影响。

实际上适用本算法的过程中也可以用边长为 7×7 , 11×11 或者长度更大的模板。可以依据干涉条纹密集处相位条纹明暗变换的像素宽度, 选择长度最接近像素宽度的模板。

收稿日期: 2001 10 11; 修订日期: 2002 03 11

作者简介: 师瑞荣 (1978—), 男, 1999 年毕业于太原理工大学电子信息工程系, 获得学士学位, 同年考入中国科学院电子学研究所, 攻读硕士学位。研究方向是干涉成像, 干涉条纹处理。E-mail: shirui@infoc.ac.cn

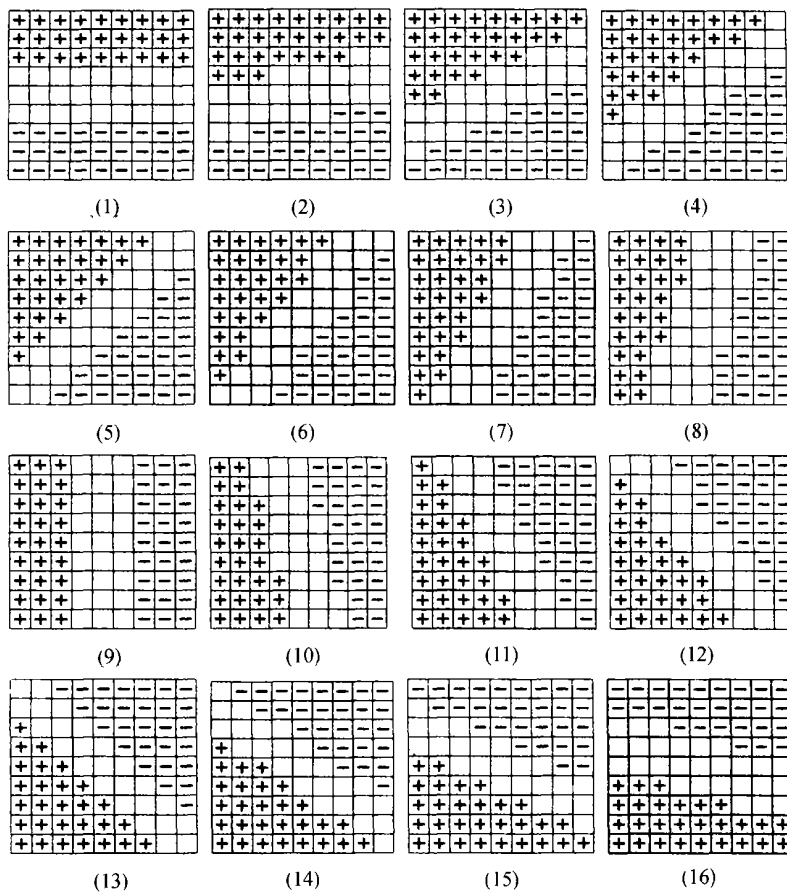


图 1 16 种方向的模板

图 1 16 种方向的模板

3 滤波过程

本方法主要分为两步:

(1) 确定模板中心像素的条纹方向。在干涉条纹相差图中,以模板上的值分别乘以对应像素的相位值,得到的积进行相加,然后求和值的绝对值,在 16 个方向中,绝对值最大的方向就是中心像素处所对应的条纹方向。

(2) 用多视平均来确定中心像素的相位值。确定条纹方向后,在干涉复图像中,取对应的条纹方向的模板中 0 值所对应的复数值,进行多视平滑处理,求出的值为模板中心像素的相位值。

应该注意到,虽然在一幅相差图中,条纹方向的变化是很复杂的,但是这种变化也是一个渐进的过程,即在相邻的像素间,条纹方向的变化是很小的,只有经过了一系列的像素点的积累,条纹方向才会有明显的改变。实际处理中利用这种性质,可以参考相邻的前一个像素的条纹方向,只从与之相邻的几个条纹

方向中选出当前像素的条纹方向,减少确定条纹方向的计算,提高计算的速度。例如前一个像素点的条纹方向确定为图 1 中的 (1),那么要确定当前像素的条纹方向,可以只从 (1)、(2) 和 (16) 三个方向中进行计算。

另外在实际的处理过程中可以使用本方法对于干涉条纹相位进行多次重复滤波,可达到更好的滤波效果。依据我们的经验,经过本方法 3 次滤波后,将对相差图中残余点的减少作用效果将大大的减少。

同文献 [4] 中提出的基于加性高斯噪声模型的最小均值滤波方法相比,本方法不用进行局部的噪声特性的统计计算,以及加权系数的计算,对条纹方向的判定符合干涉相位变化的物理特性,计算过程简单。

4 实际数据的处理

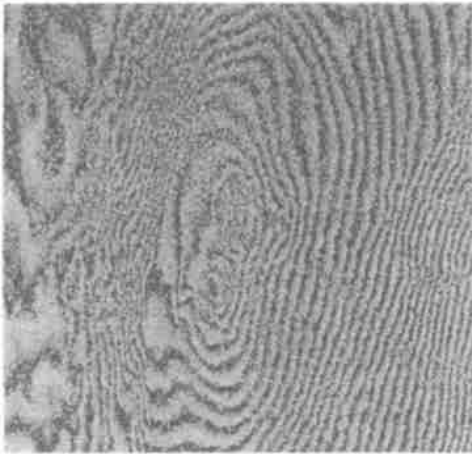
采用的是 1994 年 10 月获得的意大利维苏威火山地区的干涉条纹数据,大小为 810×810 。

这块区域原始图像中的残余点数目为 100903。

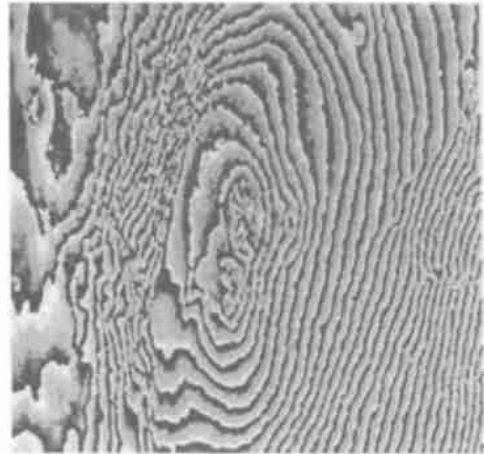
表 1 显示出几种滤波方案采用后对残余点的统计结果,在文献[2]关于同一地区滤波算法的研究结果表明,当窗口为 11×7 的箱形滤波器为本地区的最佳箱形滤波器。在表 1 中前三种方法的窗口都是 11×7 , 其中的加权滤波中使用的相干系数是由 7×5 的窗口进行复相干系数计算得到的。

表 1 几种滤波器使用后残余点的统计

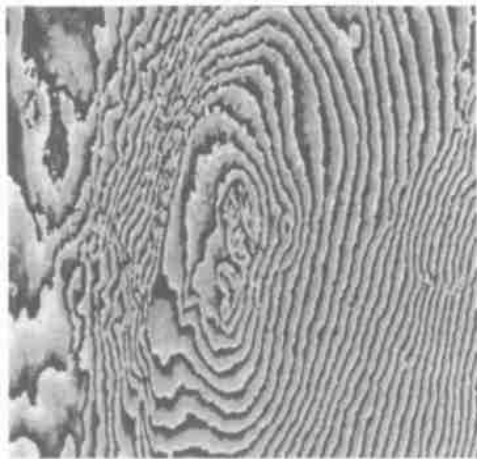
方法	箱形均值	箱形中值	加权滤波	本方法一次滤波	本方法两次滤波	本方法三次滤波
残余点	1806	2620	1957	6220	1647	987



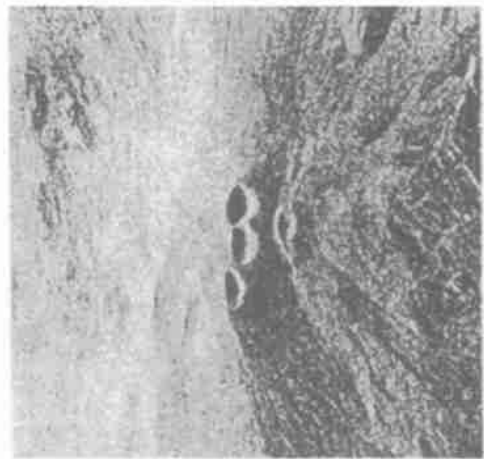
(1)原始的干涉相差图



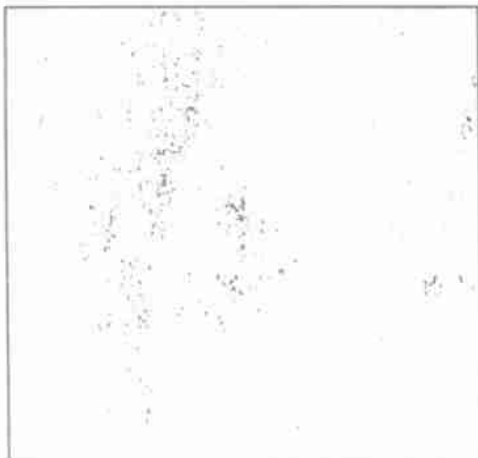
(2)最佳箱形滤波器后的相位图



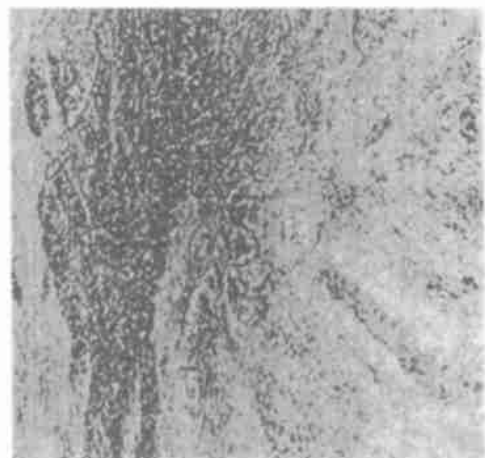
(3)本方法两次滤波的相位图



(4)测试区的强度图



(5)残余点图像



(6)相干系数图

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

图 2 相位滤波效果图

特刊 2 相位滤波在干涉图像中残余点去除中的应用

