

基于小波变换去除遥感图像非高斯条纹噪音方法探讨

陈 涛^{1,2}, 李兵海³

(1. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059; 2. 西华师范大学国土资源学院, 南充 637002;
3. 核工业航测遥感中心, 石家庄 050002)

[摘 要] 遥感图像的条纹噪音, 不但影响图像的判读, 而且对图像的后续处理影响较大。利用常规处理软件去噪, 在去除条纹的同时, 也去除了图像的细节纹理, 相当于降低了图像的几何分辨率; 使用小波阈值去噪方法, 效果欠佳。文章使用小波反阈值方法, 不仅去除了图像上的条纹噪音, 而且对图像的细节纹理不产生目视效果上的影响, 达到了较好的效果。

[关键词] 遥感图像处理 条形噪音 非高斯噪音 去噪 小波变换

[中图分类号] P627 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 10495 - 5331(2008)01 - 0094 - 03

0 前言

在使用遥感图像时, 会碰到图像中存在条形噪音的现象(图 1), 犹如栅栏遮盖图像, 不但影响图像的判读, 而且对图像的后续处理影响较大, 常用的常规处理软件(PCI, ENV I, ERDAS, PHOTOSHOP)中的去噪方法虽然可以去除变化平缓的图像中的噪声, 但对细节较多的纹理图像的去噪效果却不太理想, 表现在去除条纹的同时, 也去除了图像的细节纹理(目视效果), 相当于降低了图像的几何分辨率; 使用比较成熟的二进小波去噪方法, 不论采用何种方式的门限值, 均不能达到理想的效果; 究其原因, 这些除噪方法均为消除高斯噪音的方法, 而条形的噪音属于非高斯噪音, 因此效果均欠佳。本文提出了基于小波反阈值去除非高斯噪音的方法, 不仅去除了图像上的条纹噪音, 而且对图像的细节纹理不产生目视效果上的影响, 达到了较好的去除条纹效果。

1 去噪现状

如何消除图像中的噪声是图像处理中永恒的课题。长期以来, 人们根据图像的特点、噪声的统计特征和频谱分布的规律, 提出和发展了不同的去噪方法。如时空域中的平均方法, 频率域中的滤波方法, 以及近年来发展的小波阈值去噪方法, 其中时空域中的平均方法和频率域中的滤波方法已经融进了图像

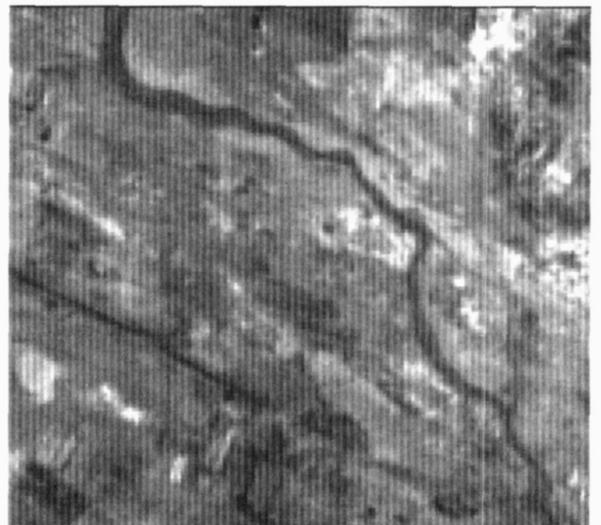


图 1 原始数据图像

处理软件中, 在 PCI, ENV I, ERDAS, PHOTOSHOP 等软件中均可以见到, 小波阈值去噪方法需要编程处理。

图像去噪存在一个如何兼顾降低图像噪声和保留细节的难题^[1]。用滤波器对非平稳信号处理时不能有效地将信号高频和由噪声引起的高频干扰加以区分。具有“数字显微镜”之称的小波变换在时频域具有多分辨率的特性, 可同时进行时频域的局部分析和灵活地对信号局部奇异特征进行提取以及时变滤波。利用小波对含噪信号进行处理时, 可有效地达到滤除噪声和保留信号高频信息, 得到对原

[收稿日期] 2006 - 09 - 21; [修订日期] 2006 - 12 - 05。

[基金项目] 四川省教育厅青年基金(编号: 2003B018)资助。

[第一作者简介] 陈 涛(1974年—), 男, 2004年毕业于成都理工大学, 获硕士学位, 在读博士生, 副教授, 现主要从事环境遥感与 3S 技术的教学与研究工作。

信号的最佳恢复。在过去的十多年,小波方法在信号和图像去噪方面的应用引起学者广泛的关注,Donoho应用非线性小波方法针对含有高斯噪声信号的图像恢复作了比较详细的分析^[2],但是在另类噪声分布(非高斯分布)下的去噪研究还不够。国际上开始将注意力投向这一领域。谢杰成^[3]等认为:非高斯噪声的分布模型、高斯假设下的小波去噪方法在非高斯噪声下如何进行相应的拓展,是主要的研究方向。

2 去噪方法分析

常规图像处理软件的去噪方法大体可分为两类^[4-5]:一是时空域中的平均方法,将信号用一定的平均方法去除噪声,如:加权平均、窗口平均等方法。这样就会损失图像的部分细节信息。另一类为频率域中的滤波方法,将被噪声污染的信号通过一个滤波器,滤掉噪声频率成分。这样的方法适合于信号和噪声能按某种方法在频率域分开的信号,但对于瞬态信号、非平稳信号等在频率域无法分离的信号就无能为力。

近年来发展的小波阈值去噪方法基本上按以下 3 个步骤进行:

1) 分解。选择小波和小波分解的层次,计算信号 $s(n)$ 到 N 层的小波分解;

2) 高频系数的阈值选择与量化。对于从第一层到第 N 层的每一层,选择一个阈值,并且对高频系数用阈值收缩处理,处理方法如下:

$$\hat{\wedge} = \begin{cases} f(\cdot, \cdot) \\ 0 \end{cases}$$

其中, $\hat{\wedge}$ 为处理后的小波分解高频系数, \wedge 为处理前的小波分解高频系数, $f(\cdot, \cdot)$ 为与门限和分解后的小波系数有关的函数, λ 为门限值,门限值的取值方法比较成熟已经广泛使用的有: SureShrink 方法即基于 Stein 的风险无偏估计 (SURE, Stein's Unbiased Estimate of Risk) 方法, Minimax 方法, VisuShrink 方法和 HeurSure 方法,各方法的具体计算公式见文献 2。

3) 重建。根据第 N 层的低频系数和第一层到第 N 层经过修改的高频系数,计算出小波重构的信号。

将噪声很好地分离,需要考虑选取适当的小波、确立最佳的分解层数和选取合适的阈值,其中阈值选取和量化是最关键的。

作者使用小波阈值去噪方法处理含条纹噪声图像,不论选取何种小波,分解层数如何变化,门限取值方法如何选取均不奏效,分析其原理,认为:条纹

具有很强的规律性,分解后的高频系数值很大,而常规小波阈值去噪方法总是保留其高值部分,将较小的高频系数置 0,这样正好保留了条纹部分,舍去了图像细节纹理部分,因此这种小波阈值去噪方法处理杂乱噪声(高斯噪声)比较适合,处理规律性较强的条纹噪声(非高斯噪声)却不适合。

3 小波反阈值去条纹噪声方法

根据条纹噪声的特点设计了小波阈值去条纹噪声方法如下:

$$\hat{\wedge} = \begin{cases} 0 \\ f(\cdot, \cdot) \end{cases}$$

其中, $\hat{\wedge}$ 为处理后的小波分解高频系数, \wedge 为处理前的小波分解高频系数, $f(\cdot, \cdot)$ 为与门限和分解后的小波系数有关的函数, λ 为门限值,取值方法本文采用 HeurSure 估计方法,这是因为,一般情况下, SureShrink 方法取得的门限值比较合理,尤其适合信噪比较大的情况,但在信噪比较小时,用 SureShrink 方法得到的门限值不稳定,而 Minimax 方法在信噪比较小的情况下,门限值比较稳定, VisuShrink 方法是 Minimax 方法的变种,原理基本相同,均由下式求取:

$$\wedge = \lambda \times f(n)$$

式中, λ 为门限值, σ 为均方差, n 为样品点数, f 为与样品点数 n 有关的函数, VisuShrink 方法和 Minimax 方法的不同,只是函数 f 的不同。

HeurSure 估计方法是 SureShrink 方法和 VisuShrink 方法的综合,它首先假定含噪信号信噪比较高,优先采用 SureShrink 方法,并检测门限值的稳定性,如果发现门限值不稳定,则采用 VisuShrink 方法。可见 HeurSure 估计方法兼顾了 SureShrink 方法和 VisuShrink 方法的优点,因此本文倾向于采用这种门限值计算方法。

采用小波反阈值去条纹噪声方法处理图像,不仅能去除图像中的条纹,而且还能较完整的保留图像的细节纹理。

4 实验分析

图 1 为原始图像,图 2 为常规图像处理软件去噪后图像,图 3 为常规小波阈值去噪方法去噪后图像,图 4 为本文小波反阈值方法去噪后图像;从目视效果来看,常规图像处理软件去噪后图像细节部分已经非常模糊,常规小波阈值去噪方法去噪后条纹去除效果不太理想,本文小波反阈值去噪后图像不

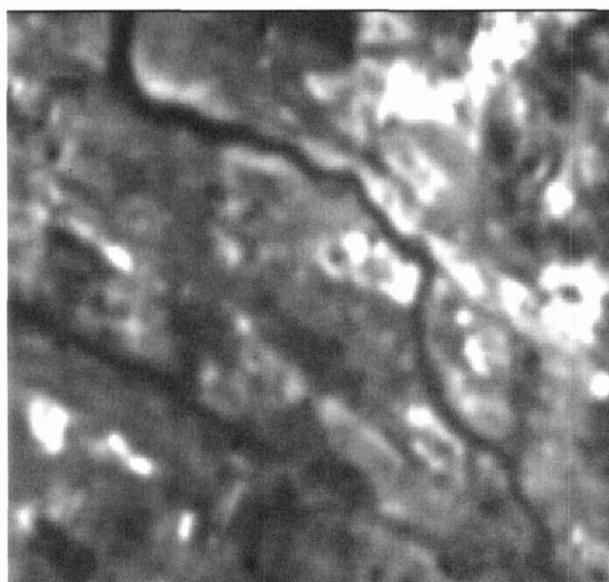


图2 常规图像处理软件去噪后图像



图4 本文小波反阈值去除条纹图像



图3 常规小波阈值方法

仅有效地去除了图像上的条纹噪音,而且保持了图像原有的波谱特性和细节纹理,图像失真小,因此我们认为小波反阈值去噪方法是去除图像非高斯条纹噪音的理想选择。

[参考文献]

- [1] 熊四昌,陈茂军,胡金华.一种基于小波变换图像去噪的方法[J].计算机与数字工程,2005,33(4):24-27.
- [2] Donoho D. Nonlinear wavelet methods for recovery of signal, densities, and spectra from indirect and noisy data [J], Different Perspectives on Wavelets, Proceeding of Symposia in Applied Mathematics, 1993, 47: 173 - 205.
- [3] 谢杰成,张大力,徐文立.小波图像去噪综述[J].中国图像图形学报,2002,7(3A):209-217.
- [4] 沈贵明,刘劲松.应用小波变换技术的图象噪声消除新方法[J].厦门大学学报(自然科学版),2003,39(5):612-616.
- [5] 陈劲松,朱博勤,邵芸.基于小波变换的多波段遥感图像条带噪声的去除[J].遥感信息,2003(2):6-9.

REMOVAL OF NON - GAUSSIAN STRIPE NOISE IN IMAGES BASED ON WAVELET

CHEN Tao^{1,2}, LIBing-hai³

(1. College of Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;

2. College of Land and Resources, West China Normal University, Nanchong 637002;

3. Airborne Survey and Remote Sensing Center, Nuclear Industry, Shijiazhuang 050002)

Abstract: Stripe noise of remote sensing image has influence not only on image interpretation, but also on following processing. Using conventional processing software to removing stripes, detail texture of images can be removed, and geometrical resolution of images is also reduced. It is not effective to de-noise by wavelet threshold method. Wavelet counter-threshold method is used to remove stripes. This effective method can not only remove stripe noise of images, but also has not any visual influence on detail texture of images.

Key words: processing of remote sensing image, stripe noise, non-Gauss noise, de-noise, wavelet transform