

一种基于小波变换的遥感图像融合方法

范文婷, 傅平

(地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室(中国地质大学, 北京), 北京 100083)

摘要: 提出了基于小波变换的 ETM⁺ 影像可调节融合方法。该方法引入可调节参数, 将 ETM⁺ 影像在小波域内进行融合, 从而使得融合影像在光谱保持能力和高分辨率保留能力之间达到不同程度的平衡。实验结果表明, 在某些参数组合下, 可以得到单独使用某种传统融合方法所不能达到的视觉效果和统计指标。

关键词: 图像融合; 小波变换; ETM⁺ 影像; 可调节参数

中图分类号: TP 75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2008)03-0024-03

0 引言

随着传感器技术的飞速发展, 获取遥感数据的手段和工具不断丰富, 多源遥感影像数据(多传感器、多平台; 多空间、多光谱和多时相)越来越多。针对具体的应用目的, 如何选择数据和有效的融合方法, 是遥感图像融合技术的难点问题^[1]。图像融合方法主要有 HIS 变换融合法、小波变换融合法以及基于小波变换的 HIS 变换融合法等。这些方法都可以在一定程度上实现多光谱与高空间分辨率影像的融合, 但是对特定的方法来说, 只能得到特定的融合效果, 无法根据实际需要, 在高分辨率保留和多光谱保持之间进行动态调整。本文针对 ETM⁺ 图像提出了基于小波变换的可调节融合方法, 通过调节参数组合, 使得 ETM⁺ 融合影像在光谱保持能力和高分辨率保留能力之间达到不同程度的平衡, 从而满足不同实际应用的需要。

1 传统的小波变换融合方法和基于小波变换的 HIS 融合方法

传统的小波变换融合法是在小波变换域中用全色图像的高频分量替代多光谱图像各个波段的高频分量, 再进行小波反变换, 得到增强的多光谱图像。在进行小波变换时, 使用的小波基为 Daubiches,^[2] 波基长度为 4。

在遥感图像融合中, 常常需要把 RGB 空间转换为 HIS 空间, 在 HIS 空间复合不同分辨率的数据, 即基于 HIS 变换的遥感图像融合方法^[3]。该方法由

于直接采用全色图像替换多光谱图像的亮度分量, 因此图像有较大的光谱失真。基于小波变换的 HIS 融合方法^[4] 可以克服这种缺点。具体融合步骤:

首先, 对多光谱图像进行 HIS 变换, 得到亮度、色度和饱和度 3 个分量;

然后, 将全色图像与多光谱图像的亮度分量做直方图匹配, 利用小波变换融合方法融合多光谱图像的亮度分量与全色图像, 并用融合结果替代多光谱图像的亮度分量;

最后, 对多光谱图像的亮度、色度与饱和度 3 个分量做 HIS 反变换, 得到融合图像。

2 基于小波变换的可调节融合方法

具体融合规则和融合算法为:

(1) 将高空间分辨率影像 A 与多光谱影像 B 分别进行 Mallat^[5] 小波分解, 得到低频近似分量 S_{nA} 、 S_{nB} 和高频细节分量 W_{nA} 、 W_{nB} 。n 表示小波分解的尺度。

(2) 融合图像低频部分。取源图像 A、B 分解后的加权平均, 即

$$S_{nF} = (S_{nA} + S_{nB}) / 2 \quad (1)$$

(3) 构造一个量 R, 用以反映在每一个分解尺度上 2 幅影像对应子图像细节信息的相对大小, 即

$$R_n = D_{nA} / D_{nB} \quad (2)$$

式中, D_{nA} 与 D_{nB} 分别是 W_{nA} 与 W_{nB} 中以 (x, y) 为中心像元的 $m \times m$ ($m = 3, 5, \dots, M$) 窗口内的方差。

(4) 将 R_n 进行归一化处理, 得到 R_n 在 0 ~ 1 之间的值, 即

$$R'_n = (R_n - R_{\min}) / (R_{\max} - R_{\min}) \quad (3)$$

式中, R'_n 是归一化的 R_n ; $R_{\min}$ 、 $R_{\max}$ 分别是 R_n

的最小、最大值。

(5)融合图像的高频部分,即

$$W_{nF} = qW_{nA} + (1 - q)W_{nB} \tag{4}$$

式中, W_{nF} 是融合后子图像滑动窗口中心点 (x, y) 的值, q 值按照公式(5)来取值,即

$$q = \begin{cases} 0 & R'_n \leq a \\ \frac{R'_n - a}{b - a} & a < R'_n < b \\ 1 & R'_n \geq b \end{cases} \tag{5}$$

式中, a 和 b 是可调节参数,满足 $0 \leq a \leq b \leq 1$ 。

(6)进行小波逆变换,得到融合影像 F_n 。

3 实验和结果分析

本文使用的 ETM⁺ 图像是经过精确配准和直方

图匹配的。在影像中选取一块(512 像元 × 512 像元)地物信息较丰富的影像。将 7、4、1 波段和全色波段影像进行传统的 Daubiches 4 小波变换融合,分解层数为 2 层。其结果如插页彩片 5 所示。

在视觉效果上,各种融合方法的结果在空间细节信息上均有所改善,并在一定程度上能够保持光谱信息。随着融合参数的改变,新方法融合结果有很大的不同: a 、 b 值越小,融合图像的细节和纹理信息越清晰,而色调与多光谱图像偏离越大; a 、 b 值越大,融合图像的纹理信息越少,而色调越接近于多光谱图像。新方法影像比基于小波变换的 HIS 融合图像的光谱信息丰富,比小波直接融合方法的图像看起来平滑、自然。

几种不同方法融合图像的均值、标准方差、熵、平均梯度和相关系数如表 1 所示。

表 1 不同方法所得融合结果的统计特性

	均 值			标准方差	熵	平均梯度	相关系数
	<i>R</i>	<i>G</i>	<i>B</i>				
原始图像	114	116	112	23.931	5.18	4.046	— — —
<i>a</i> = 0.5 <i>b</i> = 0.9	113	115	114	25.841	6.62	6.247	0.995
<i>a</i> = 0.05 <i>b</i> = 0.2	104	105	102	17.682	6.15	7.529	0.957
<i>a</i> = 0.01 <i>b</i> = 0.2	100	104	102	17.249	5.62	8.923	0.884
小波融合图像	113	115	112	25.206	5.20	8.887	0.945
小波 HIS 图像	112	114	113	43.659	6.49	8.732	0.958

由表 1 可以看出:

(1)与原始影像相比,新方法的平均梯度均高于原始影像的,表明新方法可以明显改善融合影像的空间分辨率。 a 、 b 值越小,图像越清晰。随着 a 、 b 值的增大,新方法得到的融合影像与原始影像的均值不断接近,相关系数增加,同时,平均梯度依然高于原始影像。这说明,新方法在增强空间细节表现力的同时,具有一定的光谱保持能力。

(2)与小波变换融合法和基于小波变换的 HIS 融合法相比,新方法的标准差和信息熵均超过或接近这 2 种小波变换法。 a 、 b 值较小时,平均梯度高于这 2 种小波融合法,而相关系数低于这 2 种融合算法; a 、 b 值较大时,平均梯度略低于这 2 种小波融合算法,而相关系数接近或超过这 2 种小波融合法。这说明,通过参数调节,新方法可以得到单独使用某种小波融合法所不能达到的效果。

(3)参数 a 和 b 的改变,对融合结果有很大的影响。当 a 和 b 接近于 0 时,融合结果的平均梯度很高,影像的特征接近于 band 8,而细节和纹理的保留能力则不断下降。这说明,通过调节参数,可以在细节保留和光谱保持之间达到不同程度的平衡,而

且某些参数组合的结果要优于传统的融合方法。

4 结论

本文在小波变换的基础上,提出一种引入可调节参数进行 ETM⁺ 遥感影像融合的新算法。通过对参数的调节,可使融合影像在细节保留和光谱保持之间达到不同程度的平衡。实验结果表明,新方法的融合影像在细节保留和光谱保持方面均超过某些传统的融合方法,可以满足不同的应用需求。

参考文献:

[1] 马 兰. 基于 1:5 万地形图更新的 landsat-7 遥感影像融合方法的研究[D]. 北京:解放军信息工程大学,2005.
[2] 李克鲁,王 霞,郭敏茹. 小波变换的信息融合方法及结果评价[J]. 国土资源遥感,1999,(3): 46-51.
[3] Harris J R. HIS Transform for the Integration of Radar Imagery with Other Remotely Sensed data[J]. PE&RS,1990,36(12): 1631-1641.
[4] 李弼程,魏 俊,彭天强. 基于 IHS 变换与小波变换的遥感图像融合[J]. 数据采集与处理,2003,18(3): 268-272.
[5] Mallat S G. A Wavelet Tour of Signal Processing[M]. San Diego: Academic Press,1998:302-310.

A REMOTE SENSING IMAGE FUSION METHOD BASED ON WAVELET TRANSFORM

FAN Wen - ting, FU Ping

(Key Laboratory of Geo - detection, Ministry of Education; China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: In this paper, a new ETM⁺ image controllable fusion method based on wavelet transform is proposed. By introducing parameters, these ETM⁺ image were fused in wavelet space and the balance between preservation of spectral characteristics and retention of high spatial resolution can be achieved at different levels. Experimental results show that, with the combination of some parameters, the visual effects and the statistic indices that traditional image fusion methods fail to achieve can be attained by using the method proposed in this paper.

Key words: Image fusion; Wavelet transform; ETM⁺ image; Controllable parameter

第一作者简介: 范文婷(1983 -), 女, 现就读于中国地质大学(北京), 攻读硕士研究生学位, 专业为通信与信息系统, 研究方向为信号与信息处理, 现主要从事遥感图像处理研究工作。

(责任编辑: 刁淑娟)

(上接第 23 页)

(2) 数据场对光谱空间的划分是从原始数据固有特征出发, 发掘数据内部相似性, 无需样本, 并且可以发现任意形状的聚类^[8]。

(3) 数据场聚类作为数据挖掘的一个方面, 它挖掘的对象大多并不存在先验知识。因此, 我们认为知识是通过光谱特征空间中的数据客体来体现的, 客体之间存在某种影响, 知识正是通过这种客体间的相互影响来体现的。在这里, 这个相互影响函数就是势函数。

当然, 数据场聚类也存在参数(如辐射因子)的合理选择和对特征空间划分的精度问题, 这应该在今后的研究中加以考虑。

参考文献:

- [1] 李德毅, 杜 鹂. 不确定人工智能[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [2] 李德毅, 王 晔, 吕辉军. 知识发现机理研究[A]. 中国人工智

能学会. 中国人工智能进展: 2001[C]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001.

- [3] 邱凯昌. 空间数据挖掘和知识发现的理论与方法[D]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1999.
- [4] 王树良. 基于数据场与云模型的空间数据挖掘和知识发现[D]. 武汉: 武汉大学, 2002.
- [5] 戴晓军, 谄文燕, 李德毅. 基于数据场的图像数据挖掘研究[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(26): 41 - 43, 88.
- [6] 李兴生. 基于云模型和数据场的分类和聚类挖掘研究[D]. 北京: 中国人民解放军理工大学, 2003.
- [7] 赵卫伟. 数据场聚类及其实现[D]. 北京: 中国人民解放军理工大学, 2003.
- [8] 刘 楠. 基于光谱空间数据场模型的遥感影像边缘提取[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
- [9] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [10] 王家文, 曹宇. MATLAB 图形图像处理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [11] 刘建平, 赵英时, 孙淑玲. 高光谱遥感数据最佳波段选择方法试验研究[J]. 遥感技术与应用, 2001, 16(1): 7 - 13.

A STUDY OF THE METHOD FOR CLSSIFICATION OF REMOTE SENSING IMAGES BASED ON DATA FIELD CLUSTER

TAO Jian - Bin, SHU Ning, SHEN Zhao - qing

(School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: The data field cluster method was used to map the dataset in the spectral space and fully reflect the contribution of the spectral point to the cluster through potential. The classification of remote sensing images was conducted by such means as the construction of feature space, calculation of potential and segmentation of gradient images. The influence of radiation factors and radiation radii on the cluster is also discussed in this paper.

Key words: Data field; Cluster; Remote sensing image; Classification

第一作者简介: 陶建斌(1975 -), 男, 博士生, 研究方向为高光谱影像智能化解译。

(责任编辑: 刁淑娟)

