

一种自适应的多光谱图像与全光图像融合新方法*

狄红卫 陈木生

(暨南大学光电工程研究所, 广州 510632)

摘 要 对于不同多光谱图像与全光图像的融合, 目前一些融合算法在光谱信息和分辨率上不能同时得到较好的融合效果. 针对这一问题, 提出一种新的自适应图像融合方法. 实验结果表明, 该方法不仅能够较好地保留融合图像的光谱信息和提高空间分辨率, 而且具有较强的自适应性.

关键词 小波变换; 图像融合; 自适应; 多光谱

中图分类号 TP391.4 **文献标识码** A

0 引言

一些地球卫星只能提供低分辨率的多光谱图像或高分辨率的全光图像, 将它们融合成为高分辨率多光谱图像在遥感器应用和资源、地形探测等方面有重要的意义. 目前的融合技术主要有 IHS 变换方法、主成分分析方法 (PCA)、小波变换方法^[1,2]. 但这些方法在多光谱图像和全光图像融合中存在着一个共同的问题: 对于不同多光谱图像与全光图像的融合, 在光谱信息和分辨率上不能同时得到较好的融合效果, 甚至产生严重的颜色失真^[3]. 目前针对这一问题的算法主要是将高分辨率全光图像的低频和低频部分的一些特征自适应地加到低分辨率多光谱图像中^[4-7], 并且高低频采用同一算法. 本文在以上研究的基础上, 提出一种自适应的多光谱图像和全光图像融合方法. 该方法将小波的多分辨率分解与 IHS 变换相结合, 把全光图像所特有的低频特征添加到多光谱图像中, 对于高频部分利用基于区域特征的

自适应加权算法进行融合. 实验结果表明, 该算法不仅能够较好地保存融合图像的光谱信息和提高融合图像的空间分辨率, 而且具有较强的自适应性.

1 基于小波变换的多光谱图像与全光图像的融合原理

基于小波变换的多光谱图像与全光图像的融合能够有效地增强多光谱图像的空间细节表现能力, 又能够保持融合图像前后的光谱信息. 基于小波变换的图像融合原理如下.

首先将多光谱图像从 RGB 空间变换到 IHS 空间, 保持 H 、 S 分量不变. 然后对多光谱图像的强度分量 I 和全光图像进行小波分解, 并用具有高空间分辨率的全光图像的细节分量替代多光谱图像的细节分量, 然后进行小波逆变换得到增强后的多光谱图像的新的强度分量, 如图 1. 最后经 IHS 逆变换到 RGB 空间, 生成高分辨率多光谱图像.

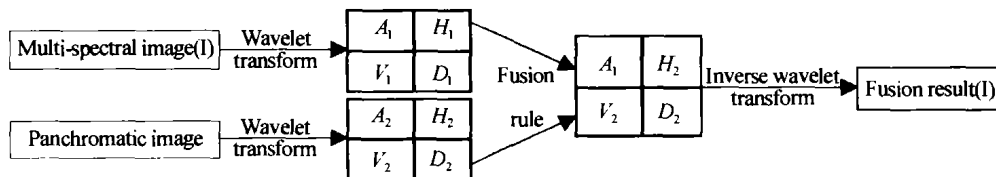


图 1 基于小波变换的多光谱图像与全光图像融合原理

Fig. 1 The principle of multi-spectral and panchromatic image fusion based on wavelet transform

2 基于小波变换的自适应图像融合算法

本文结合小波变换和 IHS 变换方法, 提出一种自适应的多光谱图像和全光图像的融合方法. 该方法的具体实现步骤如下:

1) 低分辨率多光谱图像从 RGB 空间变换到 IHS 空间.

2) 对低分辨率多光谱图像的 I 分量 and 高分辨率的全光图像进行严格配准.

3) 对低分辨率多光谱图像的 I 分量 and 高分辨率的全光图像进行小波变换, 而低分辨率多光谱图像的 H 、 S 分量保持不变. 假设高分辨率全光图像为 f_{HP} 、多光谱图像强度分量构成的图像为 f_{MI} , 分别将 f_{HP} 和 f_{MI} 在 2^{-j} 下进行多分辨率分解

$$[A_2^{-j} f_{HP}, D_{2l}^h f_{HP}, D_{2l}^v f_{HP}, D_{2l}^d f_{HP}] \quad (1)$$

$$[A_2^{-j} f_{MI}, D_{2l}^h f_{MI}, D_{2l}^v f_{MI}, D_{2l}^d f_{MI}] \quad (2)$$

式中 $-J \leq j \leq -1$, h, v, d 分别代表小波分解中的水平、垂直、对角三个高频分量.

*广东省自然科学基金资助项目 (04010465)

Tel: 020-85220484 Email: tdhw@jnu.edu.cn

收稿日期: 2004-02-09

4) 分别对 f_{HP} 、 f_{MI} 的低频部分和低频部分进行基于区域大小为 3×3 的小波块的自适应融合处理.

①对于低频部分处理的主要目的是尽可能地保留低分辨率多光谱图像的特征, 同时将高分辨率全光图像的一些特征添加到低分辨率多光谱图像中, 其算法如下:

f_{HP} 和 f_{MI} 低频部分所共有的特征为

$$A_2^{-j}f_{PM共同} = \min [A_2^{-j}f_{HP}, A_2^{-j}f_{MI}] \quad (3)$$

求出全光图像低频所特有的特征

$$A_2^{-j}f_{HP特征} = A_2^{-j}f_{HP} - A_2^{-j}f_{PM共同} \quad (4)$$

生成融合图像强度分量的低频部分为 $A_2^{-j}f_{MI'}$

$$A_2^{-j}f_{MI'} = A_2^{-j}f_{MI} + \frac{std(A_2^{-j}f_{HP})}{std(A_2^{-j}f_{HP}) + std(A_2^{-j}f_{MI})} \times A_2^{-j}f_{HP特征} \quad (5)$$

其中 std 表示基于小波块的标准偏差.

②对于高频部分处理主要目的是尽可能地增加融合图像的细节信息, 其融合算法如下

$$D_{2i}^x f_{MI'} = \frac{WE_{(D_{2i}^x f_{HP})}}{WE_{(D_{2i}^x f_{HP})} + WE_{(D_{2i}^x f_{MI})}} \times D_{2i}^x f_{MI} + \frac{WE_{(D_{2i}^x f_{MI})}}{WE_{(D_{2i}^x f_{HP})} + WE_{(D_{2i}^x f_{MI})}} \times D_{2i}^x f_{HP} \quad (6)$$

式中 $D_{2i}^x f_{MI'}$ 表示融合图像强度分量的各个高频部分, x 分别代表 h, v, d 三个分量, WE 表示小波平均能量. 对于一个大小为 $m \times n$ 的小波块, 其 WE 为

$$WE = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n (D_{2i}^x f_{(i,k)})^2}{m \times n} \quad (7)$$

5) 进行小波逆变换重构融合图像强度分量 I' 的小波系数 $f_{MI'}$

$$f_{MI'} = [A_2^{-j}f_{MI'}, D_{2i}^h f_{MI'}, D_{2i}^v f_{MI'}, D_{2i}^d f_{MI'}] \quad (8)$$

6) 将 I', H, S 分量变换到 RGB 空间, 得到高分辨率多光谱图像.

3 融合图像的评价标准

为了对融合结果进行定量评价, 我们采用光谱信息和空间分辨率两个方面的评价指标对多光谱低分辨率和高空间分辨率全光图像的融合结果进行评价.

1) 利用融合图像和原多光谱图像分别在 R、G、B 通道上的平均差异来定义光谱信息评价指标, 表示为

$$D_k = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |V'_{kij} - V_{kij}| \quad (9)$$

式中 V'_{kij} 和 V_{kij} 分别表示融合图像和低分辨率多光谱图像在坐标为 (i, j) 处的像素值, k 代表 R、G、B 三个通道, M, N 表示图像的大小.

2) 熵

熵定义为

$$E_k = - \sum p_i \log_2(p_i) \quad (10)$$

它反应了图像携带的信息量的多少, 熵越大说明图像所包含的细节信息越多, 空间分辨率越高, 其中 p_i 为图像第 i 个灰度级的概率.

4 实验结果

为了验证本文方法的正确性和有效性, 我们进行了仿真实验, 同时与其它融合算法作了对比. 图 2 是对多光谱图像和可见光图像进行融合, 图 3 是对多光谱图像和红外图像进行融合. 其中 (a) 为低分辨率多光谱图像, (b) 为高分辨率的全光图像, (c) 为本文算法的融合结果, (d) 为算法 LMVM 的融合结果^[5], (e) 为基于对小波变换进行改进的融合结果^[6], (f) 为基于图像特征的融合结果^[7]. 从图 2、图 3 可以看出, 本文方法所得到的融合图像光谱信息更为丰富, 细节更为清晰, 在保持更多光谱信息

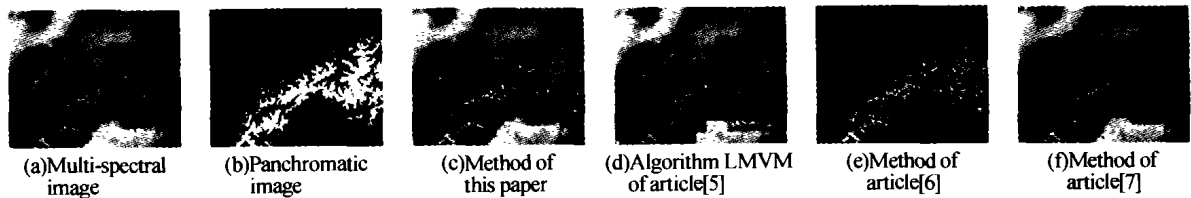


图 2 多光谱图像与可见光图像的融合
Fig. 2 Experimental results of multi-spectral image and visible light image

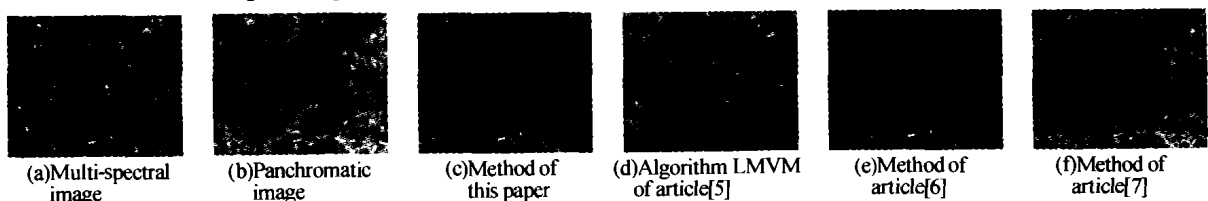


图 3 多光谱图像与红外图像的融合
Fig. 3 Experimental results of multi-spectral image and infrared image

表1 实验结果比较(多光谱图像与可见光图像)

	This paper	LMVM	article[6]	article[7]
D_R	6.4740	8.8573	77.2173	6.9099
D_G	8.6934	12.0853	99.5352	10.0526
D_B	23.2638	26.6121	117.5028	29.0726
E_R	7.5688	7.6612	3.2625	7.6489
E_G	7.8303	7.8130	3.4688	7.8068
E_B	7.8159	7.5690	3.5305	7.6472

表2 实验结果比较(多光谱图像与红外图像)

	This paper	LMVM	article[6]	article[7]
D_R	27.1095	41.2078	60.2119	30.2664
D_G	26.5395	40.1819	58.9164	29.5732
D_B	20.5678	32.9870	47.1169	23.5569
E_R	7.4039	7.2746	7.4587	7.3730
E_G	7.4785	7.2455	7.5015	7.4614
E_B	7.3226	7.1316	6.9079	7.3145

的同时提高了融合图像的空间分辨率。从表1、表2中也可以看出本文方法得到的融合图像与多光谱图像的R、G、B三通道的平均差异都达到最小,熵值较高,这表明本文方法具有较丰富的光谱信息和较高的空间分辨率。

5 结论

本文提出了一种新的自适应多光谱图像和全光图像的融合方法。该方法能够有效地将全光图像的特征和细节信息自适应地融合到多光谱图像中,并很好地保留图像的光谱信息。实验结果表明,该方法在保持图像光谱信息的同时能有效提高融合图像的空间分辨率,并且具有较强的自适性。

参考文献

- 1 Nunez J, Otazu X, Fors O, *et al.* Multiresolution-based image fusion with additive wavelet decomposition. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1999, **37**(3):1204~1211
- 2 Tao Guanqun, Li Dapeng, Lu Guanghua. On image fusion based on different fusion rules of wavelet transform. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(2):221~224
- 3 Yun Zhang. Problems in the fusion of commercial high-resolution satellite images as well as landsat 7 images and initial solutions. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS) "GeoSpatial Theory, Processing and Applications"*, 2002, **34**(4):1~6
- 4 杨静,王岩飞,刘波. 一种新的非抽取提升结构小波变换图象融合算法. *光子学报*, 2004, **33**(6):728~731
Yang J, Wang Y F, Liu B. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(6):728~731
- 5 Li Zhang, Feiner J, Louy O, *et al.* Photo-Textured Digital Terrain Models as a Basis for Regional and Local Planning. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, 2002, Volume: XXX IV Part No. 5/W3, 1682~1777
- 6 Wu Yan, Li Ming, Yang Wanhai. A new algorithm for the fusion of multi-spectral and high-resolution panchromatic images. *Acta Photonica Sinica*, 2002, **31**(11):1309~1404
- 7 金剑秋,王章野,江照意,等. 多光谱图像的真实感融合. *中国图象图形学报*, 2002, **7**(9):926~931
Jin J Q, Wang Z Y, Jiang Z Y, *et al.* *Journal of Image and Graphics*, 2002, **7**(9):926~931

A New Adaptive Fusion Method of Multi-spectral Image and Panchromatic Image

Di Hongwei, Chen Musheng

Institute of Optoelectronic Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632

Received date:2004-02-09

Abstract A new adaptive method of multi-spectral image and panchromatic image is presented. The experiment results show that the new method can not only reach minimized color distortion and maximized spatial detail, but also have adaption in all kinds of images.

Keywords Wavelet transform; Image fusion; Adaptive; Multi-spectral

Di Hongwei was born in 1969. He received M. S. degree in Jinan University in 1994 and Ph. D. degree in South China University of Technology in 1999. Now he is an associate professor in Jinan University. His research interests include information fusion, image processing and wavelet transform.

