2003年12月15日

No. 4 2003 Dec. 2003

一种保持光谱特征的图像融合方法

——高通滤波融合法

吴连喜

(东华理工学院测量系 ;江西抚州 344000)

摘要:探讨了一种新的光谱保持型的高通滤波融合(HPFF)算法。该算法先对参与融合的全色波段图像进行高通 滤波,然后用滤波后的全色波段图像替换IHS正变换后的强度分量,再进行IHS逆变换,便得到HPFF融合图像。 该图像色彩与TM图像一致,优于常规IHS变换法所得的图像。

关键词:光谱保持;HPFF 融合法;遥感;融合

中图分类号:TP 75 文献标识码:A 文章编号:1001-070X(2003)04-0026-04

0 引言

随着遥感技术的发展,特别是 20 世纪 90 年代 中后期多颗雷达卫星如 JERS – 1、ERS – 1、Radarsat 和高几何分辨率卫星如 IRS – 1C/1D、Spot – 5、Ikonos、Orbview 及 Quickbird 的发射升空^[1~5],为综合利 用多种类型的卫星影像数据提供了基础。我国从 20 世纪 80 年代开展了遥感数据融合技术的研究,目前 仍为"十五"重点研究项目^[6]。

IHS 变换法是进行图像融合的常用方法之 —^[7-9],IHS 变换能把不同传感器数据或不同性质的 数据融合在一起,从而提高图像的可判读性,使信息 的提取变得更容易。Haydn 等(1982)首次将IHS 变 换法应用于两种不同平台遥感数据源的融合^[10],这 种方法也被用于 TM 和 SPOT 全色图像数据以及 SPOT 多光谱和全色波段数据的融合^[11~15]。

IHS 变换法要求参与融合的两组数据源的光谱 响应范围要一致或相近^[16,17],否则融合后的图像会 产生光谱扭曲变异。针对参与融合的两组数据源的 光谱响应范围不一致,本文探讨一种信息保持型融 合方法——高通滤波融合算法(HPFF),该算法使融 合后图像的色彩与融合前多光谱图像的色彩一致。

1 高通滤波融合的理论与算法

对地物识别而言,图像融合主要是要获取低几

收稿日期:2003-06-18;修订日期:2003-08-11 基金项**用:唇痰** 船学基金(2003836044)资助。 何分辨率的多光谱信息(即低频信息)和高几何分辨 率全色波段的空间信息(即高频信息)。常规的 IHS 变换法用于不同分辨率图像融合时,是通过图像替 换(用高几何分辨率图像替换经 IHS 正变换后的 I 分量)来实现的。融合时,高几何分辨率图像的空间 信息和光谱信息均被融入融合后图像,所以要使融 合图像保持低分辨率多光谱图像的色彩,就要抑制 全色波段图像的低频信息对融合后图像的干扰。由 于高通滤波具有弱化全色波段低频信息的作用,故 在 IHS 变换前进行高通滤波。高通滤波融合方法首 先是设计一个高通滤波模板(图1),然后按以下具 体算法进行融合。

- 1	- 1	- 1	- 1	- 1
- 1	- 1	- 1	- 1	- 1
- 1	- 1	24	- 1	- 1
- 1	- 1	- 1	- 1	- 1
- 1	- 1	- 1	- 1	- 1

图1 5×5 高通滤波模板

(1)以全色波段图像(PAN)为基准,对TM图像 进行几何配准,选取配准后的TM5、TM4、TM3波段 图像进行 RGB 合成,通过 IHS 正变换把 RGB 合成后 的图像从 RGB 空间变换到 IHS 空间 得到 H、S、I等 3 个分量。

则
$$I = I'/3$$
 (2)
当 B 为最小时,
 $\begin{cases} H = (G - B)/(I' - 3B) \\ S = (I' - 3B)/I' \end{cases}$ (3)
当 R 为最小时,
 $\begin{cases} H = (B - R)/(I' - 3R) + 1 \\ S = (I' - 3R)/I' \end{cases}$ (4)
当 G 为最小时,

$$\begin{cases} H = (R - G)/(I' - 3G) + 2\\ S = (I' - 3G)/I' \end{cases}$$
(5)

式中 / 表示强度 ; H 表示色调 ; S 表示饱和度。

(2)用图1所示的滤波模块对高分辨率全色波 段图像进行卷积运算,以增强图像的高频信息;

(3)把卷积后的 PAN 图像(简称 CO – PAN)与 *I* 分量进行直方图匹配(图 2),使频率域中 CO – PAN 和 *I* 分量的幅度值保持一致,并用直方图匹配后的 CO – PAN 替换 *I* 分量,记为 *I* /分量;



(4)利用 IHS 逆变换,将 I'HS 变换为 RGB,经 RGB 合成后得融合影像。

IHS 逆变换如下:

当 B 为最小时,



图 3 TM5TM4TM3 合成图

3 灰度变化程度分析

上文述及 融合是为了获得多光谱数据的光谱 信息与全色波段的空间信息,所以,评价融合效果的 一个重要方面是,融合图像能否较好地保留融合前 多光谱图像的光谱特性,即光谱保持性能¹⁹¹。光谱 保持性能可通过融合前后图像对应波段同名像素灰

$$\begin{cases} R = I'(1 + 2S - 3S \cdot H)/3 \\ G = I'(1 - S + 3S \cdot H)/3 \\ B = I'(1 - S)/3 \end{cases}$$

$$\stackrel{(6)}{=} I'(1 - S)/3 \\ \begin{cases} R = I'(1 - S)/3 \\ G = I'(1 + 5S - 3S \cdot H)/3 \\ B = I'(1 - 4S + 3S \cdot H)/3 \\ \end{cases}$$

$$\stackrel{(7)}{=} G \Rightarrow \oplus \sqrt{1} \oplus$$

本文将上述融合法称为高通滤波融合方法 (High – pass Filter Fusion, HPFF),融合后的图像称 为HPFF融合图像即HPFF图像。

2 方法试验

以北京市大兴县作为试验区域,主要数据源有: ①Landsat - 5 TM1 ~ TM5,TM7 等 6 个波段图像,成 像时间为 2000 - 05 - 10;②IRS - 1C 的全色波段 (PAN)图像,成像时间为 2000 - 05 - 23。

将 TM 5、TM 4、TM 3 进行 RGB 合成(图 3),以 IRS – 1C PAN 为基准,对 TM 图像进行几何配准。

用上述 HPFF 算法将 TM 图像与 IRS – 1C PAN 图像融合,得 HPFF 融合图像(图4);用常规 IHS 法 进行融合,得 IHS 融合图像(图5)。

融合后图像的几何分辨率和融合前 PAN 图像的分辨率大小一致,即 5.8m×5.8m。



图 4 HPFF 融合图像

图 5 IHS 融合图像

度值的变化程度来表示。一般融合前后图像对应波 段同名像素灰度值的变化程度越小,说明光谱保持 性能越好。光谱保持性能可用灰度变化指数来定量 表示^[20],灰度变化指数的表达式为

$$G_{\rm VI} = \frac{1}{m \cdot n} \cdot \sqrt{\sum_{jk} D_{ijk}^2}$$
 (9)

式中 G_{v_1} 为像元灰度变化指数; i 为波段号; j, k分别表示波段矩阵 D_i 的行号和列号 j = 1...m, $k = 1 \dots n , m, n$ 分别代表该图像的行数和列数。 $D_i = A_{Fi} - A_{Ri} , A_{Ri}$ 为融合前 i 波段的灰度矩阵 A_{Fi} 为 融合后对应于 i 波段的灰度矩阵。灰度变化指数的 计算结果如表 1。

方法	波段	$G_{ m VI}$	G _{VI} 之和
	R	0.021	
HPFF 融合法	G	0.028	0.065
	В	0.016	
	R	0.029	
IHS 融合法	G	0.039	0.1000
	В	0.032	

表1 融合前后灰度变化指数

由上表可见,上述融合方法的灰度变化指数均 不等于0,说明这两种融合方法均有灰度变化现象, 但 HPFF 融合法的灰度变化指数低于 IHS 融合法的 灰度变化指数,说明 HPFF 融合法的灰度变化程度 比 IHS 融合法变化程度小。由于色彩是 R、G、B 三个 波段合成的结果,灰度变化的结果表现为色彩变化, 所以,IHS 融合图像的色彩变化程度比 HPFF 融合图 像的大。通过对融合前后图像进行目视比较,也可 以证实这一点。所以,HPFF 融合法的光谱保持性能 优于 IHS 法。

4 小结

本文探讨了 HPFF 融合算法,对 HPFF 融合后的 图像进行了分析。结果表明,HPFF 融合后的图像既 有丰富的边缘信息,又较好地保留了多光谱数据的 波谱信息。HPFF 的光谱保持性能优于 IHS 变换法。 尽管 IRS – 1C PAN 光谱响应范围($0.50 \sim 0.75 \mu$ m) 与 TM3($0.63 \sim 0.69 \mu$ m),TM4($0.76 \sim 0.90 \mu$ m)和 TM5($1.55 \sim 1.75 \mu$)的光谱响应范围不一致,但 HPFF 融合法仍能较好地保持原始光谱特性。由此 可见,HPFF 融合法是对不同平台、不同光谱响应范 围遥感数据源进行融合的较好方法之一。

5 讨论

Sheffigrara^[15]曾经提出名称相似的高通滤波法 (HPF),其算法为

$$F(i,j) = I(i,j) + [H(i,j) - H(i,j,w,h)]$$
(10)

式中 ,F(i ,j)为融合图像(i ,j)位置的像素值; L(i ,j)和 H(i ,j)分别为低分辨率和高分辨率波段 上同名位置空物像素值; H(i ,j ,w ,h)对应于以像 素(*i*,*j*)为中心,*w*×*h* 窗口尺寸的高分辨率图像的 局部均值。

从式(10)可以看出,HPF 融合法是采用高通滤 波器对高分辨率图像进行滤波,滤波得到的结果依 像元加到多光谱低分辨率的影像中,其实质是代数 运算。而本文提出的 HPFF 融合法实质上是基于 IHS 变换的一种改进算法,二者在算法上有着较大 的区别。为了与 HPF 方法区别,将本文的高通滤波 融合法命名为 HPFF 融合法。

参考文献

- Van Genderen. Multi sensor image fusion in remote sensing : concept, methods and application J. Int. J. Remote Sensing ,1998, 19(5):823-854.
- [2] Christine Pohl. Enhanced image analysis through multilevel data fusion techniques
 [A]. Proceedings SPIE Signal Processing
 [C]. 1997, 3068 :21 24.
- [3] Solberg S , Jain A K , Taxt T. A markov random field model for classification of multisource satellite imagery J J. IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing , 1996 , 34(1):100-113.
- [4] Solberg S , Jain A K , Taxt T. Multisource classification of remotely sensed data : Fusion of Landsat TM and SAR Images[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing , 1994 32(4) 768 -777.
- [5] Costantiti M, Farina A, Zirilli F. The fusion of different resolution SAR images[A]. Proceedings of the IEEE[C]. 1997, 85(1): 139-146.
- [6] 李德仁. 摄影测量与遥感的现状及发展趋势[J]. 武汉测绘科技 大学学报,2000,25(1):1-6.
- [7] Pellemans A, Jardans R, Allewijn R. Merging multi spectral and panchromatic SPOT image with respect to the radiometric properties of the sensor[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1993 , 12(1) 81 – 87.
- [8] Jim V. Multi spectral imagery band sharpening study[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing ,1996, 62 (9):1075 – 1083.
- [9] Jia Yonghong , Li Deren , Sun Jiabing. An approach of fusing remotely sensed multi – spectral Images with aerial Photos A]. Proceedings of Geoinformatics '96 Wuhan – International Symposium on the Occasion of the 40th C]. Wuhan , 1996.
- [10] Hayden R, Dalke G W, Henkel J, et al. Application of the IHS color transform to the processing of multisensor data and image enhancemen[A]. Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing of Arid and Semi – arid Lands[C]. Cairo, Egypt, 1982, 599–616.
- [11] Toetand A , Walranven J. New false color mapping for image fusion[J]. Opt. Eng. , 1996 , 35 :650 -658.
- [12] Chavez P S , Stuart J , Sides C. Comparison of three different methods to merge multi – spectral and multi – resolution data : Landsat TM and SPOT panchromatic[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing , 1991 57(3) 295 – 303.
- [13] Yesou H , Besnus Y , Rolet Y. Extraction of spectral information from Landsat TM data and merger with SPOT panchromatic imagery—A contribution to the study of Geological structures [J]. ISPRS

J. of Photogrammetry and Remote Sensing , 1993 , 48(5) 23 - 36.

- [14] Ehlers M. Multi sensor image fusion techniques in remote sensing
 [J]. ISPRS J. Photogrammetry and Remote Sensing , 1991 , 46 : 19 – 30.
- [15] Yocky D A. Image merging and data fusion by means of the discrete two – dimensional wavelet transform[J]. J. Opt. Soc. Am. A , 1995 ,12(9) :1834 – 1841.
- [16] Liu J G. Smoothing filter based intensity modulating : a spectral preserve image fusion for improving spatial details [J]. Int. J. Remote Sensing , 2000 ,18 ,3461 – 3472.
- [17] Sheffigara V K. A generalized component substitution technique for spatial enhancement of multispectral images using a higher resolu-

tion data set J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing , 1992 , 58(5) : 56 1 ~ 567.

- [18]章孝灿,黄智才,赵元洪,遥感数字图像处理[M].杭州,浙江大 学出版社,1997,51-92.
- [19]吴连喜.多源遥感数据融合评价的理论与实践:博士学位论文
 [D].北京:中国农业大学,2002.
- [20] 吴连喜. 多源遥感数据融合与评价[M]. 南昌:江西科学技术出版社,2003,19-25.
- [21]陈彩芬,舒宁.SAR影像与TM影像的几种融合处理方法[J]. 国土资源遥感,2000(4)53-55.
- [22] 杨存建,许 珺,张增祥. SAR 和 TM 图像主成分变换融合中不同 主分量替换的比较 J]. 国土资源遥感, 2001 (3) 30-33.

AN ARITHMETIC RS IMAGE FUSION METHOD FOR SPECTRAL PRESERVATION : HIGH PASS FILTER FUSION

WU Lian - xi

(East China Technical University , Fuzhou 344000 , China)

Abstract: The fusion methods such as IHS transform could merge two sorts of optical image data with different resolutions – a high spatial resolution panchromatic image and a low spatial resolution multispectral image. Nevertheless, such fusion methods require that the spectral response range of the high spatial resolution panchromatic image is identical or approximates to the spectral response range of the multispectral image. This paper puts forward a new fusion method called high – pass filter fusion (HPFF) that could merge two sorts of optical image data with different spectral characteristics. Its algorithm is as follows : First, to filter on the panchromatic image with high pass filter , and then to fuse the remote sensing data by applying IHS transformation. The color of the HPFF image approximates to the color of multispectral image. The HPFF method is more effective in spectral preservation than the IHS transformation.

Key words: Spectral preservation; HPFF fusion method; Remote sensing; Fusion 作者简介:吴连喜(1966 –),男,博士,副教授,硕士生导师,中国农业大学毕业,现主要从事遥感图像融合与模式识别的研究, 已出版专著2本,发表论文30余篇。

(责任编辑:刁淑娟)

世界上已有3颗在轨高分辨率商业卫星的主要技术参终

卫星	发射时间	轨道 高度/km	轨道类型	遥感器类型	波段∕µm	──地面 分辨率∕m	刈幅 (星下点)	量化 等级/bit	重访 周期/d
QuickBird – 2	2001 - 10 - 18	450	太阳同步	CCD	0.45~0.90	全色0.61 多光谱2.44	16.5×16.5	11	1~3.5 (0.61m时, 不同纬度下)
IKONOS – 2	1999 - 09 - 24	681	太阳同步	CCD	$\begin{array}{c} 0.45 \sim 0.52 \\ 0.52 \sim 0.60 \\ 0.63 \sim 0.69^{\text{(I)}} \end{array}$	全色1.0 多光谱4.0	13 × 13	11	2.9 (1m时, ≥40°N)
OrbView – 3	2003 - 06 - 26	470	太阳同步	CCD	0.76~0.90	全色1.0 多光谱4.0	8 × 8	11	3

^① OrbView - 3 和 IKONOS - 2 分别为 0.625~0.695 和 0.60~0.69

(摘编自《国际太空》)