

doi: 10. 6046/gtzyyg. 2016. 04. 17

引用格式: 孙攀,董玉森,陈伟涛,等. 高分二号卫星影像融合及质量评价[J]. 国土资源遥感,2016,28(4):108-113. (Sun P, Dong Y S, Chen W T, et al. Research on fusion of GF-2 imagery and quality evaluation[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2016,28(4):108-113.)

高分二号卫星影像融合及质量评价

孙攀¹, 董玉森², 陈伟涛², 马娇¹, 邹毅², 王金鹏¹, 陈华³

(1. 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉 430074; 2. 中国地质大学(武汉)计算机学院, 武汉 430074; 3. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 高分二号卫星(GF-2)是我国自主研制的首颗空间分辨率优于 1 m 的民用光学遥感卫星,配备有 0.81 m 空间分辨率的全色相机和 3.24 m 空间分辨率的多光谱相机。对比分析适合 GF-2 影像的融合方法对于提高其应用效果与扩大应用领域具有实际意义。针对东北地区 2014 年 11 月 22 日和 27 日成像的 GF-2 影像,分别采用主成分分析(principal component analysis,PCA)、GS(Gram-Schmidt)变换、modified-HIS(intensity hue saturation)变换、高通滤波方法(high pass filter,HPF)和超球体色彩空间变换(hyperspherical color space resolution merge,HCS)等 5 种融合方法对多光谱和全色数据进行融合。并对 5 种融合影像进行质量评价,首先采用目视分析方法进行定性评价,其次采用信息熵、平均梯度、相关系数和光谱扭曲度等统计学指标进行客观定量评价,最后对融合影像进行地物分类。结果表明,HCS 与 GS 变换融合影像无论是在视觉还是在地物分类应用上都具有较好的效果,且没有波段数的限制,最适合 GF-2 影像融合;HPF 方法对空间细节信息的增强仅次于 HCS 变换,但是其光谱保真度效果最差;PCA 和 modified-HIS 变换融合效果比较适中,可以作为 GF-2 影像融合的候补方法。

关键词: 高分二号; 图像融合; 质量评价

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2016)04-0108-06

0 引言

为了充分利用日益增长的多源遥感数据,遥感影像的数据融合技术正在不断发展^[1]。该技术通过综合不同影像数据,将有效信息互补叠加,消除多源信息之间的冗余和矛盾,创建增强解释性的复合图像^[2-3]。

迄今为止,已经发展多种图像融合方法,如亮度-色调-饱和度(intensity hue saturation,IHS)变换、GS(Gram-Schmidt)变换、Brovey 变换、主成分分析(principal component analysis,PCA)、超球体色彩空间变换(hyperspherical color space resolution merge,HCS)、高通滤波方法(high pass filter,HPF)、小波变换(wavelet transform,WT)和 Contourlet 变换等。这些融合方法在高空间分辨率卫星数据融合方面都取得了良好的效果^[4-7]。胥兵等^[8]采用 GS 变换、Brovey 变换、PCA 变换和 HSV(hue saturation value)变换等方法对资源一号 02C(ZY-1 02C)卫星数据与 ETM 数据进行融合处理,并针对均值、方差和信

息熵 3 个评价指标和图像解译效果等方面进行了评价。Huang 等^[9]采用多种常用的图像融合技术对资源三号(ZY-3)卫星数据进行了融合测试,并从数据到信息层面上对融合结果进行评价。

作为我国自主研制的首颗空间分辨率优于 1 m 的民用光学遥感卫星——高分二号卫星(GF-2),迫切需要研究适应于该数据的有效融合方法,扩大 GF-2 融合影像的应用范围。本文选取了 PCA、GS、HCS、modified-HIS 和 HPF 等 5 种常用融合方法,对 GF-2 多光谱和全色影像进行融合处理,并分别采用主观目视解译和客观定量分析 2 种方法进行质量评价,最后利用监督分类的方法对融合影像进行地物分类,以研究其应用效果。

1 研究区及其数据源

1.1 数据源

GF-2 观测幅宽达到 45 km,侧摆角为 15°,星下点分辨率为全色 0.81 m,多光谱 3.24 m^[10]。该数据 4 个多光谱(multi-spectral,MS)波段范围分别

收稿日期: 2015-05-11; 修订日期: 2015-07-26
基金项目: 中国地质调查局项目“东北界河地区国土资源遥感综合调查”(编号: 1212011220106)、“东北边境地区基础地质遥感调查”(编号: 12120115063201)和国家自然科学基金项目“利用 PSInSAR 监测非城市区域地面形变的关键技术研究”(编号: 41274002)共同资助。

为 $0.45 \sim 0.52 \mu\text{m}$, $0.52 \sim 0.59 \mu\text{m}$, $0.63 \sim 0.69 \mu\text{m}$ 和 $0.77 \sim 0.89 \mu\text{m}$, 全色波段范围为 $0.45 \sim 0.90 \mu\text{m}$, 与国际同类卫星波段设置基本相同。本研究以覆盖东北地区的 4 景 GF-2 影像作为数据源进行图像融合及其效果评价, 数据成像时间为 2014 年 11 月 22 日(1 景)和 27 日(3 景)。研究区覆盖类型主要以山地、丘陵为主, 总体起伏度不高。

1.2 波段选择

由于 IHS 变换对图像融合的波段数有一定的限制, 为了评价 IHS 融合效果, 依据最佳指数法 (optimum index factor, OIF) 选择最佳波段组合^[11], 即

$$OIF = \sum_{i=1}^n S_i / (\sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n |R_{ij}|), \quad (1)$$

式中, S_i 为第 i 波段标准差; R_{ij} 为第 i, j 波段之间的相关系数。OIF 越大表示该波段组合越优。

GF-2 中 3 个 MS 波段组合的 OIF 如表 1 所示。

表 1 3 个 MS 波段组合的 OIF

Tab.1 OIF of the three MS bands combination

波段组合	3,2,1	4,2,1	4,3,1	4,3,2
OIF	93.724	83.874	84.817	84.296

从表 1 中可以看出, 3,2,1 波段组合最优, 将其构成 RGB 图像进行 IHS 融合。其他融合方法均针对 4 个波段进行融合。

2 研究方法

2.1 融合方法

2.1.1 PCA 变换

PCA 变换是将具有相关性的多维数据变换到

几个完全独立的主成分分量上, 具有方差信息浓缩、数据量压缩的作用^[12]。对 MS 波段进行 PCA 变换后, 将全色波段与 PCA 第一主成分分量进行灰度拉伸匹配, 并将其代替^[13], 再经过 PCA 逆变换得到融合影像。

2.1.2 GS 变换

GS 变换是将 MS 影像转换到正交空间消除冗余信息, 使变换后的各分量在正交空间里都正交, 各分量中信息量的保留程度相差不大, 其与 PCA 变换的差异之处在于改善了信息过于集中等问题^[14-15]。

2.1.3 modified-IHS 变换

modified-IHS 变换是基于 IHS 变换^[16], 通过估计每个 MS 波段和全色波段波长的有效重合范围来确定融合的权值, 相对于传统的 IHS 变换具有更好的光谱保真度^[17]。

2.1.4 HPF 方法

HPF 方法是通过高通滤波算法分离出全色影像的空间信息, 将分离结果逐像素叠加到 MS 影像上, 获取融合影像^[16, 18]。

2.1.5 HCS 变换

图像在 N 维超球面空间上表现为一个亮度 I 分量和 $N-1$ 个角度分量, 传统彩色空间转换到超球面空间后, 全色图像与 I 分量匹配建模, 得到全色锐化后的新 I 分量, 再反变换到原彩色空间得到 HCS 融合影像^[19]。

2.2 融合质量评价

2.2.1 主观评价

融合影像主观评价主要是检验图像光谱保真度和空间细节改进效果^[20]。不同地物类型(建筑物、耕地和林地)融合效果分别如图 1 和图 2 所示。

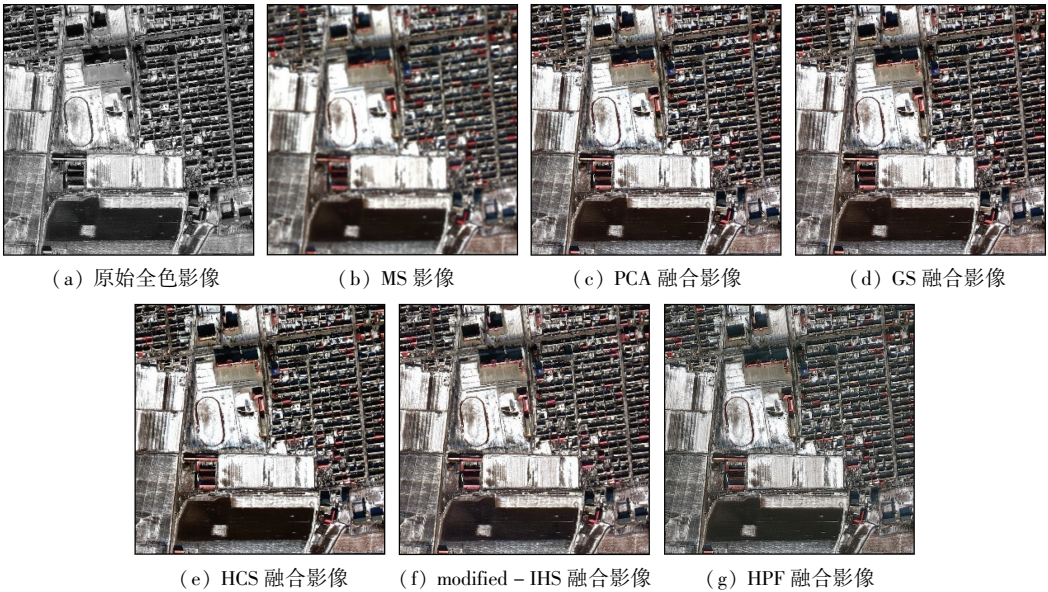


图 1 建筑物和耕地 5 种方法的影像融合结果

Fig.1 Image fusion results with five kinds of fusion methods for buildings and cultivated land
万方数据

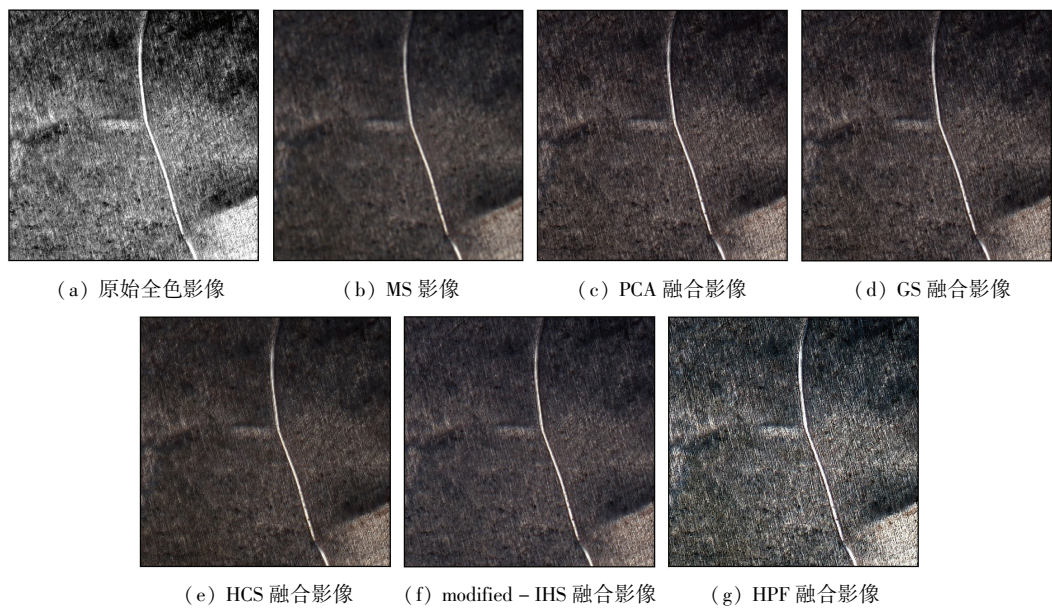


图 2 林地 5 种方法的影像融合结果

Fig. 2 Image fusion results with five kinds of fusion methods for woodland

通过图 1 和图 2 发现,利用 5 种方法得到的融合影像相比于 MS 影像都具有一定的信息增强。但是相对于全色影像,融合后的细节信息稍有损失。在 HCS 变换与 HPF 方法中,房屋和道路等的边缘最为清晰,其次为 modified - HIS,PCA 和 GS 变换。不同的融合影像在颜色上与 MS 影像都有不同程度

的差异,HCS 变换最接近原始颜色,PCA,modified - IHS 和 GS 变换相差不大,但是 HPF 方法光谱偏离最明显,说明该方法的光谱保真度最差。

2.2.2 定量评价

利用信息熵、平均梯度、相关系数和光谱扭曲度等 4 个指标进行定量评价,统计结果如图 3 所示。

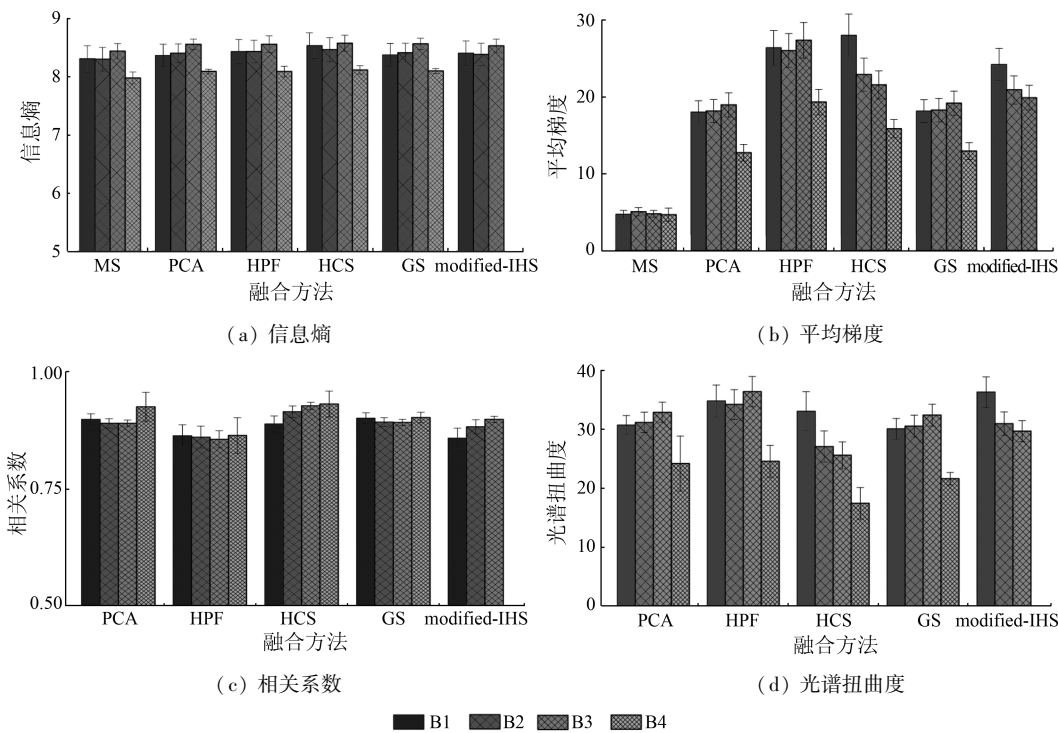


图 3 原始影像和不同融合影像的 4 种指标对比

Fig. 3 4 kinds of indexes of the original MS images and fusion images

在 4 景影像中选择不同的区域进行分析,通过求其均值和标准差分析原始 MS 影像和不同融合影像之间的差异,以实现定量评价。

信息熵是衡量图像信息丰富程度的一个重要指标^[21-22]。从图 3(a) 中可以发现,融合影像的信息熵均相对高于原始 MS 影像,表明利用这 4 种方法

获得的融合影像信息都有所增加；HCS 变换的信息熵最高,增加的信息量最大；GS 变换的信息熵大于 PCA 变换,但相对于其他 2 种方法偏小；而 HPF 和 modified - IHS 的信息量基本相同。平均梯度反映了图像中的微小细节^[23]。在图 3(b)中,融合影像的平均梯度都约为原始 MS 影像的 3~4 倍；HCS 变换与 HPF 方法的平均梯度较大,其空间细节信息的增强效果最好；PCA 和 GS 变换相对较差。相关系数是以原始 MS 影像为参考,值越高表示融合影像越接近于参考影像^[24-25]。在图 3(c)中,HCS 变换的相关系数最大,具有最佳的光谱保持效果；HPF 方法的相关系数最小；GS 和 PCA 变换除第 4 波段相差较大外,其他 3 个波段大小相当,而 modified - IHS 的相关系数总体上与 GS 变换相当。光谱扭曲度直接反映了融合影像与参考影像之间的光谱失真程度^[26],用于反映融合影像对原始 MS 影像的保真

度。在图 3(d)中,HCS 变换的光谱扭曲度最小,其保真度最好；HPF 方法光谱扭曲度最大,光谱保真度最差；GS、PCA 和 modified - IHS 变换扭曲度相当,其保真度均高于 HPF 变换。

2.3 地物分类精度分析

为了分析 5 种融合方法对融合影像应用效果的影响^[27-28],本文采用最大似然分类法 (maximum likelihood classification, MLC) 对融合影像进行监督分类^[29],从地物分类精度方面对 GF - 2 融合影像进行应用效果评价。

依据研究区土地利用情况,结合目视解译和实地野外调查,确定地物类型为林地、耕地、建筑物 (居民地及工矿用地)、水域 (包括冰覆盖)、道路和阴影共 6 类。确定训练样本后,对 GF - 2 融合影像分别进行监督分类,并统计其分类精度。各种融合影像的地物分类精度如表 2 所示。

表 2 影像分类精度
Tab.2 Accuracy of the classification results

方法	林地/%	耕地/%	建筑物/%	水域/%	道路/%	阴影/%	总体精度/%	Kappa
MS	76.5	61.2	59.8	58.1	50.8	71.3	66.7	0.63
HCS	85.4	60.6	63.7	63.6	43.0	78.4	70.1	0.71
GS	86.7	72.4	62.8	61.8	40.8	80.4	71.2	0.73
HPF	84.5	68.3	64.9	57.3	49.3	78.3	67.0	0.64
modified - IHS	80.7	64.7	64.5	59.9	39.3	75.1	68.8	0.67
PCA	83.8	71.4	53.9	60.1	42.9	76.1	69.8	0.69

从表 2 可以看出,与原始 MS 影像相比,各融合影像的分类精度都有所提高。其中 HCS 与 GS 变换融合影像的分类精度较高,总体精度高于 70%, Kappa 大于 0.7。但是,各类地物分类精度提升悬殊,HCS 和 GS 变换除道路分类精度略有降低,HCS 变换耕地分类精度不变外,其他地物分类精度都平稳增加 3.9%~10.1%。针对地物分类采用 HCS 或 GS 变换都是较好的融合方法。但由于蔬菜大棚、道路、建筑物之间及含水量高的水田、水域、阴影之间光谱相似,高空间分辨率卫星影像地类内部的异质性增加,分类图像有明显的“椒盐”现象^[27],这是造成基于像素光谱特征的分类方法总体精度不高 (不到 75%) 的主要原因。

3 结论及讨论

采用 PCA 变换、GS 变换、HCS 变换、modified - IHS 变换和 HPF 5 种融合方法对高分二号卫星多光谱影像与全色影像进行融合处理,并对融合影像进行了主、客观的质量评价,评估了融合影像在地物分类方面的应用优势,得到如下主要结论:

1) 5 种融合方法都增强了原始影像的空间分辨

率和视觉效果,但是在空间细节信息和光谱保真度上,HCS 变换融合效果最好,而且该方法没有波段数的限制,最适合高分二号影像融合。

2) HPF 方法对空间细节信息的增强仅次于 HCS 变换方法,但是其光谱保真度效果最差；PCA 变换、GS 变换和 modified - IHS 变换融合效果比较适中,可以作为高分二号影像融合的候补方法。

3) 在地物分类精度上,HCS 变换与 GS 变换融合影像的分类精度最高,最适宜开展地物分类方面的应用。

在下一步的工作中,除了寻找更有效的策略来拉伸、匹配或调整 IHS 和 PCA 等传统融合方法中的待替换波段或主成分分量外^[30],也将采用一些新的颜色失真相对较小的基于小波变换的融合技术^[31]来减少光谱扭曲,提升融合影像的质量和应用效果。

参考文献 (References):

[1] Pohl C, Van Genderen J L. Review article multisensor image fusion in remote sensing: Concepts, methods and applications[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(5): 823 - 854.
[2] 王广亮,李英成,曾 钰,等. ALOS 数据像素级融合方法比较研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(6): 121 - 124.
Wang G L, Li Y C, Zeng Y, et al. Comparison and analysis of pixel -

- level image fusion algorithms applicable to ALOS data[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2008, 33(6): 121–124.
- [3] Kaczynski R, Donnay J P, Muller F. Satellite image maps of Warsaw in the scale 1: 25,000 [J]. *EARSeL Advances in Remote Sensing*, 1995, 4(2): 100–103.
 - [4] Zhang Y, Hong G. An IHS and wavelet integrated approach to improve pan – sharpening visual quality of natural colour IKONOS and QuickBird images[J]. *Information Fusion*, 2005, 6(3): 225–234.
 - [5] Tu T M, Hsu C L, Tu P Y, et al. An adjustable pan – sharpening approach for IKONOS/QuickBird/GeoEye – 1/WorldView – 2 imagery[J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2012, 5(1): 125–134.
 - [6] Tu T M, Huang P S, Hung C L, et al. A fast intensity – hue – saturation fusion technique with spectral adjustment for IKONOS imagery[J]. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2004, 1(4): 309–312.
 - [7] Nikolakopoulos K G. Comparison of four different fusion techniques for IKONOS data[C]//*Proceedings of 2004 IEEE International on Geoscience and Remote Sensing Symposium*. Anchorage, Alaska, USA: IEEE, 2004, 4: 2534–2537.
 - [8] 胥兵, 方臣. ZY – 1 02C 星图像与 ETM + 图像融合方法及效果评价[J]. *国土资源遥感*, 2014, 26(3): 80–85. doi:10.6046/gtzyyg. 2014. 03. 13.
Xu B, Fang C. Data fusion methods of ZY – 1 02C and ETM + images and effect evaluation[J]. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2014, 26(3): 80–85. doi:10.6046/gtzyyg. 2014. 03. 13.
 - [9] Huang X, Wen D W, Xie J F, et al. Quality assessment of panchromatic and multispectral image fusion for the ZY – 3 satellite; From an information extraction perspective [J]. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2014, 11(4): 753–757.
 - [10] 云成. 高分二号卫星[J]. *卫星应用*, 2014(9): 65.
Yun C. GF – 2 satellite[J]. *Satellite Application*, 2014(9): 65.
 - [11] Chavez P S, Berlin G L, Sowers L B. Statistical method for selecting Landsat MSS ratios[J]. *Journal of Applied Photographic Engineering*, 1982, 8(1): 23–30.
 - [12] Yésoù H, Besnus Y, Rolet J. Extraction of spectral information from Landsat TM data and merger with SPOT panchromatic imagery – a contribution to the study of geological structures[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 1993, 48(5): 23–36.
 - [13] Shettigara V K. A generalized component substitution technique for spatial enhancement of multispectral images using a higher resolution data set[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1992, 58(5): 561–567.
 - [14] Laben C A, Brower B V. Process for enhancing the spatial resolution of multispectral imagery using pan – sharpening; US, 6011875 [P]. 2000 – 01 – 04.
 - [15] 景娟娟, 吕群波, 周锦松, 等. 图像融合效果评价方法研究[J]. *光子学报*, 2007, 36(S): 313–317.
Jing J J, Lyu Q B, Zhou J S, et al. Research on the assessment of fusion image[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, 36(S): 313–317.
 - [16] Chavez P S Jr, Sides S C, Anderson J A. Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data; Landsat TM and SPOT panchromatic[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1991, 57(3): 295–303.
 - [17] 王华斌, 李国元, 张本奎, 等. 资源三号卫星影像融合算法对比分析[J]. *测绘科学*, 2015, 40(1): 47–51.
Wang H B, Li G Y, Zhang B K, et al. Contrast and analysis of different fusion algorithms for ZY – 3 satellite images[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2015, 40(1): 47–51.
 - [18] 黄鹤, 冯毅, 张萌, 等. 天绘一号卫星影像的融合及评价研究[J]. *测绘通报*, 2013(1): 6–9.
Huang H, Feng Y, Zhang M, et al. Research on fusion of mapping satellite – 1 imagery and its evaluation [J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2013(1): 6–9.
 - [19] Padwick C, Deskevich M, Pacifici F, et al. WorldView – 2 pan – sharpening [C]//*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference*. San Diego: [s. n.], 2010.
 - [20] Klonus S, Ehlers M. Performance of evaluation methods in image fusion [C]//*Proceedings of the 12th International Conference on Information Fusion*. Seattle, WA: IEEE, 2009: 1409–1416.
 - [21] 李弼程, 魏俊, 彭天强. 遥感影像融合效果的客观分析与评价[J]. *计算机工程与科学*, 2004, 26(1): 42–46.
Li B C, Wei S, Peng T Q. Objective analysis and evaluation of remote sensing image fusion effect [J]. *Computer Engineering and Science*, 2004, 26(1): 42–46.
 - [22] 王海晖, 彭嘉雄, 吴巍, 等. 多源遥感图像融合效果评价方法研究[J]. *计算机工程与应用*, 2003(25): 33–37.
Wang H H, Peng J X, Wu W, et al. A study of evaluation methods on performance of the multi – source remote sensing image fusion [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2003(25): 33–37.
 - [23] 张宁玉, 吴泉源. Brovey 融合与小波融合对 QuickBird 图像的信息量影响[J]. *遥感技术与应用*, 2006, 21(1): 67–70.
Zhang N Y, Wu Q Y. Information influence on QuickBird images by Brovey fusion and wavelet fusion [J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2006, 21(1): 67–70.
 - [24] Nikolakopoulos K G. Comparison of nine fusion techniques for very high resolution data [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2008, 74(5): 647–659.
 - [25] 李俊杰, 李杏朝, 傅俏燕, 等. CBERS – 02B 星 HR 与多光谱影像融合及评价[J]. *国土资源遥感*, 2008, 20(2): 43–47. doi: 10.6046/gtzyyg. 2008. 02. 11.
Li J J, Li X C, Fu Q Y, et al. Fusion and evaluation of CBERS – 02B HR and multi – spectral images [J]. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2008, 20(2): 43–47. doi: 10.6046/gtzyyg. 2008. 02. 11.
 - [26] 凌静, 徐立中, 石爱业, 等. 一种基于 Choquet 模糊积分小波系数选择的遥感图像融合方法[J]. *遥感学报*, 2009, 13(2): 263–268.
Ling J, Xu L Z, Shi A Y, et al. Remote sensing images fusion based on wavelet coefficients selection using Choquet fuzzy integral [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2009, 13(2): 263–268.
 - [27] 王建梅, 李德仁. QuickBird 全色与多光谱数据融合方法用于土地覆盖分类中的比较研究[J]. *测绘通报*, 2005(10): 37–40, 43.
Wang J M, Li D R. A study of fusion algorithms of QuickBird pan and multispectral images for land cover classification [J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2005(10): 37–40, 43.
 - [28] Amarsaikhan D, Saandar M, Ganzorig M, et al. Comparison of multisource image fusion methods and land cover classification [J]. In-

ternational Journal of Remote Sensing,2012,33(8):2532–2550.

[29] Richards J A. Remote Sensing Digital Image Analysis[M]. Berlin: Springer,1999.

[30] Chikr El – Mezouar M, Taleb N, Kpalma K, et al. An IHS – based fusion for color distortion reduction and vegetation enhancement in IKONOS imagery[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Re-

mote Sensing,2011,49(5):1590–1602.

[31] Pajares G, De la Cruz J M. A wavelet – based image fusion tutorial [J]. Pattern Recognition,2004,37(9):1855–1872.

[32] Ghosh A, Joshi P K. Assessment of pan – sharpened very high – resolution WorldView – 2 images[J]. International Journal of Re-

mote Sensing,2013,34(23):8336–8359.

Research on fusion of GF – 2 imagery and quality evaluation

SUN Pan¹, DONG Yusen², CHEN Weitao², MA Jiao¹, ZOU Yi², WANG Jinpeng¹, CHEN Hua³

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan 430074, China; 2. Faculty of Computer Science, China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan 430074, China; 3. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: GaoFen – 2 (GF – 2) is the first sub – meter civilian optical remote sensing satellite of China configured with 0.81 m resolution panchromatic cameras and 3.24 m multi – spectral cameras. Researches on image fusion algorithm suitable for GF – 2 would have great significance for improving the image quality and expanding the application scope of the satellite. Four GF – 2 images covering Northeast China from November 22 to 27, 2014 were used in this paper. The authors compared the efficiency of five fusion algorithms, which include component transform (PCA), Gram – Schmidt (GS), modified – HIS transform, HPF and HCS transform algorithm. In order to quantitatively assess the quality of the fused images, the authors adopted the following steps: The authors first examined the visual qualitative result and then evaluated the correlation between the original multi – spectral and the fused images. The authors compared the fused image with the original image in degree of distortion and parts of the statistical parameters such as entropy, average grads and correlation coefficient of the various frequency bands. Finally, the authors performed a supervised classification for the fused images, and compared the accuracies of resulting images. The result shows that all the fusion techniques improve the resolution and the visual effect. The HCS and GS transform algorithm could not only achieve the best results but also have no limit to the number of bands, and hence it is the most suitable method for the GF – 2 image fusion. The HPF method is next only to the HCS transform method in the spatial detail enhancement, but the spectral fidelity is the worst among the five image fusion algorithms. It is moderate for the performance of the PCA and modified – IHS transform method, and then these algorithms can provide backup for the GF – 2 image fusion.

Keywords: GF – 2; image fusion; quality assessment

第一作者简介: 孙 攀(1989 –),男,硕士研究生,主要从事地学遥感方面的研究。Email: sunpan822@126.com。
通信作者: 董玉森(1976 –),男,博士,主要从事地学遥感与国土资源遥感调查等方面的研究。Email: ysdong@cug.edu.cn。
(责任编辑: 陈 理)