

CBERS-02B 星 HR 高分辨率遥感数据融合研究分析

马士彬¹, 安裕伦², 张跃红²

(1. 贵州省六盘水师范学院 环境与资源科学系, 贵州 六盘水 553004; 2. 贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵阳 550001)

摘要:在阐述遥感影像融合原理的基础上,以贵州省贵阳市部分区域为研究区,应用 PCA, Brovey, SVR, IHS 共 4 种融合方法对 CBERS-02B 星 HR 数据与 CCD 数据进行融合实验。从光谱信息和空间信息两个方面对融合效果进行分析,对比 4 种融合方法对 CBERS-02B 星影像数据的适用程度,同时与 SPOT-5 融合数据进行对比分析。研究表明:(1) 4 种融合方法中,SVR 变换法最适合 CBERS-02B 星遥感数据的融合,融合数据的各评价指标均高于其他融合方法,空间信息丰富,图像细节效果良好;(2) CBERS-02B 星同源遥感数据融合影像的质量低于 SPOT-5 影像融合数据;(3) CBERS-02B 星 CCD 数据的质量低是导致融合影像质量不高的主要原因,所以在 CBERS-02B 星 HR 数据的使用过程中应尽量寻求其他来源的多光谱数据进行融合。

关键词:CBERS-02B; 影像融合; HR; SPOT-5

中图分类号:TP751

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)04-0229-05

Study on Image Fusion for CBERS-02B HR Image

MA Shi-bin¹, AN Yu-lun², ZHANG Yue-hong²

(1. Department of Environment and Resources, Liupanshui Normal College, Liupanshui, Guizhou 553004, China; 2. School of Geography and Environment, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: Based on principles of the RS image fusion, the HR data and CCD data of CBERS-02B were fused with the four image fusion methods: PCA, Brovey, SVR and IHS in the study area of part region of Guiyang in Guizhou Province. Based on the spectral information and spatial resolution perspective, the fusion results were analyzed, the adaptability of all the fusion methods for the CBERS-02B image fusion were studied and were compared and analyzed with the fused SPOT-5 data. The study results showed that: (1) among the four fusion methods, SVR was the most suitable for the CBERS-02B image fusion, the evaluation indices for fused data were higher than those of other fusion methods; it contained much more information and the detailed information showed better; (2) the image fusion quality of the congenetic CBERS-02B RS data was lower than that of the fused SPOT-5 data; (3) the low quality of CBERS-02B CCD image was the main cause of the poor fusion image, therefore, when the CBERS-02B HR data was used, the spectral data of other satellites should be sought to fuse.

Key words: CBERS-02B; image fusion; HR; SPOT-5

遥感技术已经迎来了三高时代,即高空间分辨率、高时间分辨率以及高光谱分辨率。国外已经发射的高空间分辨率数据卫星有 Quick Bird, SPOT-5, IKONOS 等,我国于 2009 年成功发射中巴资源卫星 02B 星,并搭载高分辨率数据传感器。对于高空间分辨率数据而言,其光谱分辨率一般较低。而遥感数据融合可将单一传感器的多光谱信息或不同类别传感器所提供的信息加以综合,改善遥感信息提取的及时

性和可靠性,提高数据的使用效率^[1]。已有的融合方法有 IHS 变换融合法^[2]、PCA 变换融合法^[3]、Brovey 变换融合法^[4]、小波变换融合法^[5]、Pan sharp 融合法^[6]、Gram—schmidt 融合法^[7]等。本文采用目前较为常用且较容易实现的几种融合方法对 CBERS-02B 星 HR 数据的使用情况进行分析,比较各方法对 CBERS-02B 星 HR 数据的适用性,为 CBERS-02B 星 HR 数据的使用提供依据。

收稿日期:2012-02-17

修回日期:2012-03-07

资助项目:国家重点基础研究发展 973 计划项目(2006CB403200);贵州省科技支撑项目(黔科合 GY 字 20083022);贵州省教育厅自然科学基金项目(黔教科 2010098);贵州省科学技术基金项目(黔科合 J 字[2011]2052);六盘水师范学院科研计划项目(lpssy201110)

作者简介:马士彬(1982—),男,黑龙江齐齐哈尔人,讲师,硕士,研究方向:环境遥感与信息系统应用。E-mail:msb88.com@163.com

通信作者:安裕伦(1957—),男,贵州贵阳人,教授,硕士生导师,研究方向:遥感与地理信息系统应用。E-mail:anyulun@126.com

1 数据与方法

1.1 研究区与数据源

贵州省贵阳市地处贵州省中部黔中高原面中曹司盆地内,包含建筑、河流、公路、林地、耕地、水域等用地类型。

本文将 CBERS-02B 星 HR 数据与 CBERS-02B 多光谱数据进行融合,并以 SPOT-5 2.5 m 全色波段与 10 m 多光谱数据融合的数据作为参考数据进行对比。

1.2 数据融合

本文采用 Brovey 变换、PCA 变换、IHS 变换、SVR 变换 4 种方法进行融合研究。由于 CBERS-02B CCD 数据的 2,3,4 波段的光谱范围对应 SPOT-5 多光谱数据的 1,2,3 波段,同时 Brovey 变换只能对多光谱的 3 个波段进行融合,所以试验选取了 CBERS-02B 的 2,3,4 和 SPOT-5 的 1,2,3 波段分别参与融合(表 1)。

表 1 CBERS-02B 和 SPOT-5 遥感数据基本参数

数据类型	波段/ μm	空间分 辨率/m	量化等 级/bit	接收 时间
CBERS-02B 多光谱	B02 0.52~0.59	20	8	2008-06
	B03 0.63~0.69			
	B04 0.77~0.89			
CBERS-02BHR	0.5~0.8	2.36	8	2008-06
SPOT-5 多光谱	B01 0.49~0.61	10	8	2008-05
	B02 0.61~0.68			
	B03 0.78~0.89			
SPOT-5 全色	0.49~0.69	2.5	8	2008-05

(1) PCA 变换(主成分分析法)。PCA 变换是建立在影像统计特征基础上的多维线性变换,具有方差信息浓缩、数据量压缩的作用,数学上又称 K—L 变换^[8]。PCA 变换的具体步骤为:多光谱波段经过 PCA 变换后,将全色高分辨率图像进行灰度拉伸,使其均值和方差与 PCA 变换的第一分量的图像一致;然后用拉伸过的高分辨率全色图像代替第一分量,最后经过 PCA 逆变换得到融合图像。

(2) Brovey 变换。Brovey 变换是一种对遥感数据进行融合的较为简单的方法。该方法通过归一化后的多光谱波段与高分辨率影像乘积来增强影像的信息^[9]。其融合后的红(R)、绿(G)、蓝(B)3 个波段结果如下:

$$\begin{aligned} R &= [\text{band}_4 / (\text{band}_2 + \text{band}_3 + \text{band}_4)] \times \text{PAN} \\ G &= [\text{band}_3 / (\text{band}_2 + \text{band}_3 + \text{band}_4)] \times \text{PAN} \\ B &= [\text{band}_2 / (\text{band}_2 + \text{band}_3 + \text{band}_4)] \times \text{PAN} \quad (1) \end{aligned}$$

(3) SVR 变换。Zhang^[10]在 Munechika 所提出

SVR 方法的基础上又提出了一种改进型的 SVR 方法,用来进行全色和多光谱影像的融合。其步骤为:首先计算多光谱波段与全色波段之间的回归系数,然后根据回归系数和多光谱波段合成模拟高空间分辨率的全色影像,最后利用比值变换完成各波段的融合。其计算公式如下:

$$\begin{cases} \text{XSP}_i = \text{Pan}_H \times \frac{\text{XS}_{Li}}{\text{Pan}_{LS}} \\ \text{Pan}_{LS} = \sum \delta_i \text{XS}_{Li} \\ \text{Pan}_H = \sum \delta_i \text{XS}_{Li} \end{cases} \quad (2)$$

其中: XSP_i ——第 i 波段融合后灰度; Pan_H ——高分辨率全色波段灰度值; XS_{Li} ——第 i 波段原始灰度值; Pan_{LS} ——多光谱波段合成的全色波段灰度值; δ_i ——高分辨率全色波段与多光谱波段 XS_{Li} 间的回归系数^[11]。

(4) IHS 变换。IHS 变换是目前应用十分广泛的一种 RGB 彩色融合变换方法。IHS 变换首先利用正变换将多光谱图像从 RGB 三原色空间变换到 IHS 彩色空间,得到亮度 I (Intensity)、色度 H (Hue)和饱和度 S (Saturation)3 个分量;然后将高分辨率全色图像与分离出的亮度 I 分量进行直方图匹配,使其灰度的均值和方差与分量 I 图像一致;最后用匹配好的全色波段代替 I 分量,与分离出的 H 、 S 分量进行 IHS 逆变换,重新回到 RGB 空间。RGB 系统与 IHS 系统转换的关系式为^[12-13]:

$$\begin{bmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{-2}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{-1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{-2}{\sqrt{6}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$H = \arctan \frac{v_2}{v_1} \quad (5)$$

$$S = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \quad (6)$$

式中: I ——亮度; H ——色度; S ——饱和度; v_1 、 v_2 ——中间变量。

2 融合效果对比与分析

2.1 光谱信息对比分析

本文选用灰度平均值、标准差、信息熵、相关系数

4 个可反映空间信息的指标进行评价。其中:(1) 灰度平均值。为像素的灰度平均值,对人眼反映为平均亮度。融合前后图像对应波段的像素灰度值的变化程度越小,说明光谱保持性能越好。(2) 信息熵。图像的熵值是衡量图像信息丰富程度的一个重要指标。一般来说,融合图像的熵越大,表示所包含的信息越丰富,融合质量越好。(3) 标准差。标准差反映了图像灰度相对于灰度均值的离散情况,可用来评价图像的空间信息量的大小。标准差越大,则灰度级分布越分散,图像的反差大,地物间可分性高。(4) 相关系数。融合图像与源图像的相关系数能反映两幅图像光谱特征的相似程度,即融合方法保持光谱特性的能力^[11,14-15]。

本文采用 PCA、Brovey、SVR、IHS 共 4 种变换法进行融合,然后采用灰度平均值、标准差、信息熵等指标进行比较。从目视比较的角度分析,本文采用的

4 种融合方法的融合结果在空间信息上均有所改善,并在一定程度上能够保持光谱信息。PCA 变换法融合的图像色调较亮,其中水体颜色有一定程度的失真;Brovey 融合法所得图像整体色调适中,但城区较暗(图 1c、1d)。SVR 变换所得图像整体色调偏淡,尤其是绿地植被,但建筑和水体的色调适中;IHS 变换在光谱保持方面较优越,但图像色调较原始多光谱数据变换较大(图 1e、1f)。

SVR 变换法在方差、信息熵和灰度均值等空间信息评价因子中的值均高于其他融合方法,说明 SVR 变换法在空间信息增强方面以及图像的细节效果较好。另外从影像各波段的相关系数来看,SVR 变换法和 IHS 变换法在光谱保持方面效果最好。经 IHS 变换法融合的图像的灰度平均值最接近于多光谱图像的原始值,说明它在保持光谱特性的能力上综合效果最好(表 2)。

表 2 两种影像数据的不同融合方法所得融合结果的统计值

评价指标	融合方法	CBERS-02B			SPOT-5		
		Band2	Band3	Band4	Band1	Band2	Band3
信息熵	原始影像	4.50	5.53	5.52	5.28	5.02	5.58
	PCA	4.35	5.43	5.40	5.32	5.11	6.03
	Brovey	4.75	3.80	5.04	5.27	4.98	5.22
	SVR	5.02	5.94	6.04	5.31	5.07	5.97
	IHS	4.71	5.68	5.51	5.06	5.16	5.39
灰度均值	原始影像	40.07	58.60	62.50	150.43	130.36	106.38
	PCA	33.70	49.30	52.80	148.55	127.42	97.17
	Brovey	22.10	32.80	34.30	145.57	122.80	64.77
	SVR	40.97	60.24	64.79	147.69	124.44	100.39
	IHS	39.86	58.24	61.95	140.35	120.77	66.49
方差	原始影像	5.88	12.92	12.07	22.07	10.08	18.80
	PCA	5.60	11.57	10.67	13.78	18.16	10.25
	Brovey	5.24	10.47	10.36	13.46	12.35	11.26
	SVR	8.67	16.48	17.07	15.74	11.29	13.17
	IHS	6.55	12.93	11.72	13.26	10.41	14.54
相关系数	PCA	0.62	0.80	0.74	0.78	0.84	0.63
	Brovey	0.76	0.55	0.78	0.83	0.81	0.61
	SVR	0.75	0.85	0.86	0.86	0.91	0.85
	IHS	0.62	0.78	0.73	0.72	0.84	0.71

通过图 1 和图 2 的对比,从目视的角度可以看出,CBERS-02B 星融合数据总体色调较暗。城区纹理信息丰富,植被的细节信息能够得到比较明显地反映。定量分析发现,各波段信息熵的值均小于 SPOT 影像融合数据,表明 CBERS-02B 星影像融合数据的整体质量低于 SOPT 数据;灰度均值与原始影像差距较小,能够较好的保留原始影像的光谱信息;各波段方差值较小,仅为 SPOT 数据的 1/4,表明 CBERS-02B 星融合数据的地物可辨别能力低于 SPOT 数据。

CBERS-02B 星融合影像各波段与原始影像的相关系数较高,与 SPOT 数据接近。

与 SPOT 数据对比,CBERS-02B 星影像融合数据的 4 项指标值均较低,其原因为:

(1) 原始多光谱影像的信息熵过低,均值不超过 5.5,造成最终融合影像的质量偏低。

(2) 原始影像灰度值低,CBERS-02B CCD 数据 2—4 波段的灰度均值仅为 SOPT 数据 1—3 波段灰度均值的 49.01%。

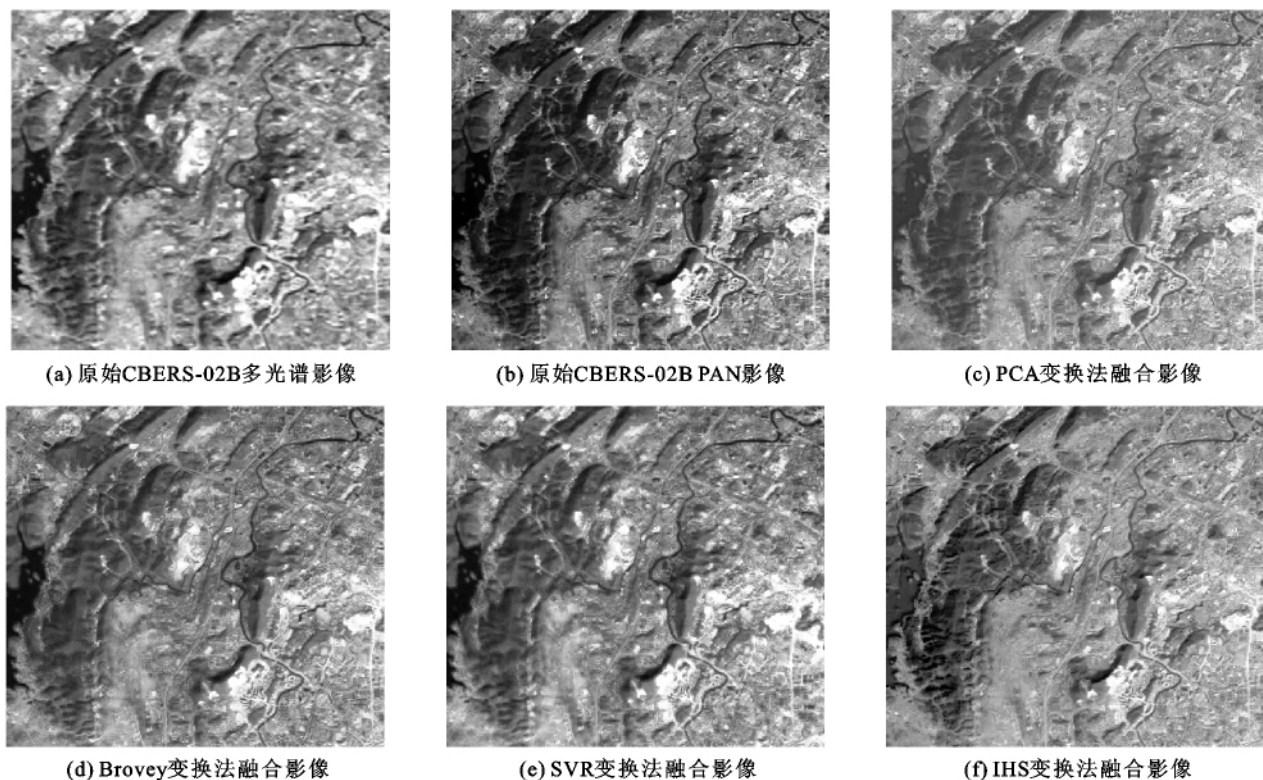


图 1 不同融合方法的 CBERS-02B 星影像

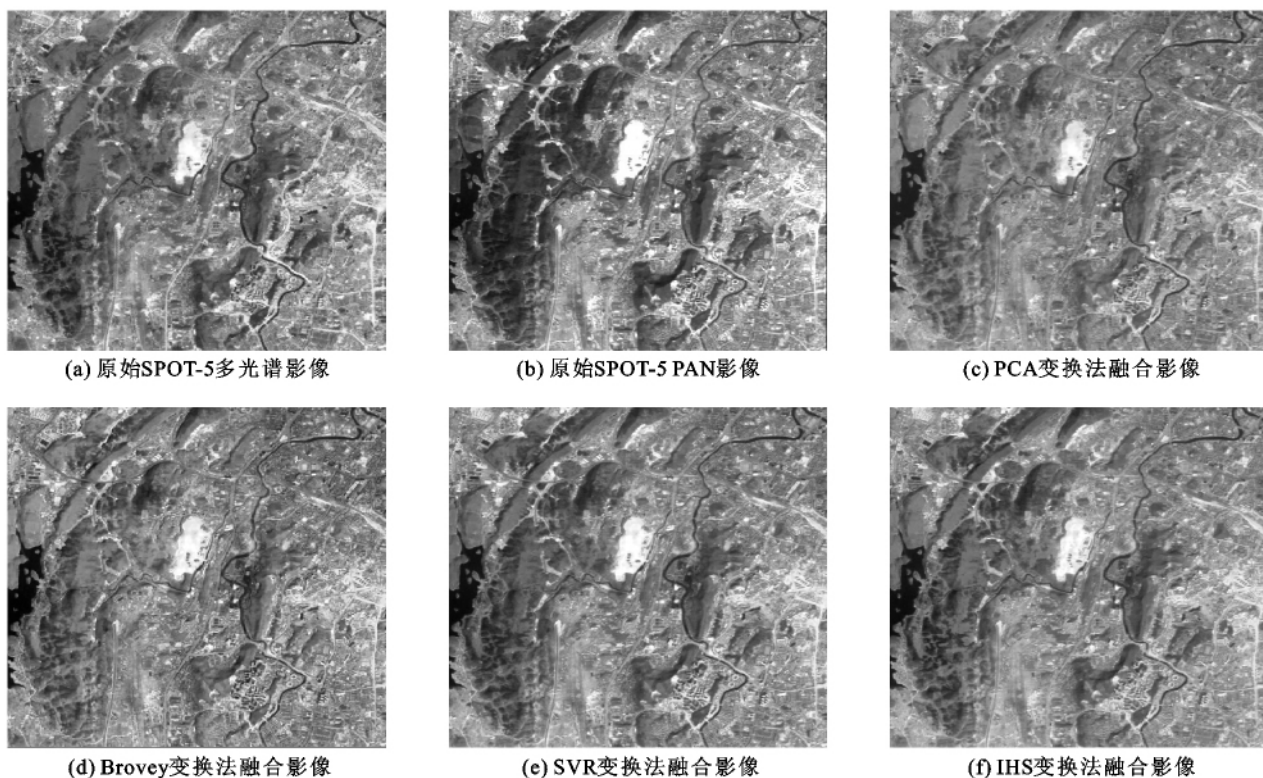


图 2 不同融合方法的 SPOT-5 影像

2.2 空间纹理信息对比分析

采用简单的高通滤波分别对 CBERS-02B 星全色波段数据和融合后的多光谱波段进行数据滤波,并计算二者的相关系数,相关程度越高表明空间纹理保持越好。滤波器采用 3×3 的 sharpen Edge Filter

模板^[16]。

$$\text{模板} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

在 CBERS-02B 星同源数据融合过程中,PCA 和 SVR 两种变换都有较强的高频信息保持能力,尤其是 PCA 变换后各波段与全色波段的相关系数都在 0.9 以上;相比较 IHS 变换过程中空间纹理细节丢失最严重。各波段间比较,4 波段在 4 种融合方法中的值最小,表明在融合过程中近红外波段的高频细节导入效果相对较差(表 3)。

表 3 CBERS-02B 融合影像波段高频细节与 CBERS-02BHR 影像高频细节的相关系数

影像	Band2	Band3	Band4
PCA	0.954	0.957	0.917
Brovey	0.982	0.982	0.869
SVR	0.957	0.947	0.866
IHS	0.889	0.91	0.856

3 结 论

(1) 通过分析可知,SVR 变化法更适合 CBERS-02B 星同源数据融合,其信息熵、灰度均值、方差值均高于其他变换法,在保留高空间分辨率的同时更好的保留原始多光谱数据的光谱信息,同时高通滤波后与全色波段的相关系数较大,纹理清晰,地物可辨别能力强;融合过程中近红外波段的高频信息导入效果相对较差。

(2) 通过与 SPOT-5 数据进行对比分析,发现 CBERS-02B 星的同源数据融合,最终影像的各指标值均低于 SPOT-5 同源数据融合影像,其原因主要是由于 CBERS-02B 星多光谱数据的光谱信息和空间分辨率过低。所以在 CBERS-02B 星 HR 数据使用时,应考虑选用其他来源的多光谱数据进行融合。

本文只做了 CBERS-02B 星同源数据的融合方法及融合影像质量的分析研究。随着遥感技术的发展,融合技术的不断更新,应进一步验证更多的融合方法对 CBERS-02B 星 HR 数据的适用程度。同时应进行 CBERS-02B 星 HR 数据与其他多种来源多光谱数据的融合实验,以最大程度发挥 CBERS-02B 星 HR 数据的作用。

参考文献:

[1] 贾永红,孙家柄. 多源遥感影像数据融合[J]. 遥感技术与应用,2000,15(1):41-42.
[2] Harris J R. HIS transform for the integration of radar

imagery with other remotely sensed data[J]. PE&RS, 1990,36(2):1631-1641.
[3] Ehlers M. Multisensor image fusion techniques in remote sensing[J]. ISPRS Journal of Phtogrammetry and Remote Sensing,1991,46(1):9-30.
[4] Zhou J. A Wavelet Transform Method to Merge Landsat ETM+ and SPOT Panchromatic Data[J]. Int J. Remote Sensing,1998,19(4):743-757.
[5] Zhang Zhong. Categorization of multiscale-decomposition-based Image Fusion Schemes with a performance study for a digital camera application [J]. Proceeding of the IEEE,1999,87(8):1315-1326.
[6] Zhang Yun. A New Automatic Approach for Effectively Fusing Landsat 7 as well as IKONOS Images[C]. IEEE/IGARSS'02. Toronto, Canada, 2002.
[7] 甄静,何国金. 高分辨率遥感影像融合存在的问题及改进措施[J]. 遥感信息,2005(5):45-48.
[8] 孙丹峰. IKONOS 全色与多光谱数据融合方法的比较研究[J]. 遥感技术与应用,2002,17(1):41-45.
[9] 许榕峰,徐涵秋. ETM+ 全色波段及其多光谱波段图像的融合研究[J]. 地球信息科学,2004,6(1):99-102.
[10] Zhang Y. A new merging method and its spectral and spatial effects[J]. Int. J. Remote Sensing, 1999, 20(10):2003-2014.
[11] 谭永生,沈掌泉,贾春燕,等. 中高分辨率遥感影像融合研究[J]. 遥感技术与用,2007,22(4):536-542.
[12] 覃征,鲍复民. 数字图像融合[M]. 西安:西安交通大学出版社,2004.
[13] 刘廷祥,黄丽梅,鲍文东. 基于 CBERS-02B 和 SPOT-5 全色波段的图像融合纹理信息评价研究[J]. 遥感技术与应用,2009,24(1):103-108.
[14] 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.
[15] 王奇,李杏朝,李俊杰,等. CBERS-02B 星 HR 与 CCD 影像融合研究[J]. 遥感技术与用,2008,23(4):468-471.
[16] 朱述龙,朱宝山,王红卫. 遥感图像处理与应用[M]. 北京:科学出版社,2006:42-44.