

CBERS-02B HR 与 CCD 影像图像融合应用及评价

——以陕西省西乡县土地利用分类为例

李京忠, 刘咏梅

(西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069)

摘 要: 对 CBERS-02B 星高分辨率 HR 图像的应用潜力和精度进行了初步评价。以陕西省南部西乡县作为研究区, 对 HR 图像进行辐射和彩色增强; 采用多种算法对 HR 和 CCD 图像进行融合处理, 从定性和定量两方面对融合前后的图像做了全面的评价; 基于融合前后的影像进行了土地利用分类和精度对比评价。结果表明, HR 和 CCD 图像的融合, 使两者的优势得以互补, 其中比值变换融合法在图像空间细节和光谱特征保留上具有一定的优势。融合后的图像明显提高了土地利用信息的提取精度, 在国土资源调查与生态环境监测中具有广阔的应用前景。

关键词: 02B HR 图像; CCD 图像; 影像融合; 土地利用分类; 精度评价

文献标识码: B

文章编号: 1000—288X(2009)02—0160—05

中图分类号: P289, F301

Application Potential and Accuracy Evaluation of

CBERS-02B HR and CCD Image Fusion

—A Case Study of Land Use Classification in Xixiang County, Shaanxi Province

LI Jing-zhong, LIU Yong-mei

(Department of Urban and Resource Sciences, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China)

Abstract: This paper seek to evaluate the application potential and accuracy evaluation of CBERS-02B high resolution (Pan) data. Taking Xixiang County of Shaanxi Province as a test area, radiometric and color enhancement is performed to HR image; then the HR image was fused with the CCD images based on five algorithms, and image qualities are evaluated between original images and fused images in terms of qualitative and quantitative aspects. Finally, land-use categories were extracted and classification accuracy was evaluated based on the two datasets. The results show that land-use classification accuracy is improved greatly by fusion of 02B high resolution data and CCD data, and Brovey algorithm is best for keeping the spatial textures and spectral characteristics of images among five algorithms. HR image should be applied widely in resources investigations and ecological environment monitoring.

Keywords: 02B HR image; CCD image; image fusion; land use classification; accuracy assessment

从 20 世纪 50 年代以来, 遥感技术飞速发展, 形成了多层次、立体型、多角度、全方位和全天候的地球信息获取技术系统^[1]。并由此带来地球观测数据量的迅猛增长。如何有效地利用数量巨大、类型众多的遥感数据, 成为目前遥感图像处理的一个热门研究课题。多源数据融合技术为解决这些问题提供了新的思路^[2]。

数据融合的概念出现于 20 世纪 70 年后, Pohl 和 Genderen 对数据融合做了如下定义“数据融合就是通过一种特定算法将两幅或多幅图像合成为一幅

新图像”^[3]。在遥感中就是将多种地球观测卫星提供的多传感器, 多时相, 多分辨率及多波段图像数据综合处理, 消除信息之间可能存在的冗余和矛盾, 降低不确定性, 减小模糊度, 使影像中的信息得到增强, 为分析提供更有价值, 可靠性更高, 信息量更丰富的融合图像^[4]。

当前, 影像融合研究大都以国外影像数据为基础, 对于国内影像数据的融合应用相对较少。国产 CBERS CCD 图像本身存在信噪比低^[5], 波段之间存在位移^[6], 数据不稳定及条纹现象^[7], 这些缺点也限

收稿日期: 2008-08-10

修回日期: 2008-10-11

资助项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2007CB407203); 国家文物局文物保护科学和技术研究课题(20070107)

作者简介: 李京忠(1978—), 男(汉族), 山东省临沂县人, 硕士研究生, 研究方向为 GIS 与遥感应用。E-mail: zhong_lij@163.com。

制了 CCD 影像与其它传感器遥感数据的融合应用。随着 CBERS-02B 的 2.36 m HR 影像数据的出现^[8], 为国产影像数据融合研究提供了新型的数据源。

本文以陕西省南部典型土地利用区为研究区, 采取 5 种算法对 CBERS HR 和 CCD 影像进行融合处理; 对各种算法的融合图像进行定性和定量评价, 分析各种算法的优缺点; 并结合土地利用信息提取, 对融合图像的应用精度进行了评价和分析。本文对 CBERS-02B HR 的图像处理方法及融合应用进行了有益的探索, 进一步挖掘了 HR 影像和 CCD 影像在农业、林业、水利、矿产、环境、海洋、城市规划和灾害监测等领域的应用潜力。

1 数据及预处理

1.1 研究区概况

研究区位于陕西省南部, 汉中盆地东部的西乡县和镇巴县境内。经纬度范围为 107.60°—107.97°E, 32.79°—32.86°N; 气候上属北亚热带半湿润季风区, 年平均气温 14.4 °C, 年平均降水量 923.5 mm; 海拔 371~2413 m, 地形起伏较大, 地貌复杂多样, 其中山区丘陵面积占 93.2%, 平川占 6.8%。区内植被类型丰富, 土地利用类型复杂而典型, 因而对于评价 HR 与 CCD 融合影像提取土地利用类型的适宜性及精度上有典型代表价值。

1.2 数据源及其处理方法

1.2.1 数据源 (1) HR 图像: CBERS-02B 星 2007 年 9 月 24 日获取, Pan 波段, 空间分辨率为 2.36 m, 已作过几何精校正; (2) CCD 图像: CBERS-02 星 2007 年 8 月 15 日获取, 5 个波段, 空间分辨率为 19.5 m, 未作几何精校正;

1.2.2 数据预处理

(1) 针对 HR 图像直方图分布明显左偏, 偏态系数大于 0, 图像整体色调偏暗, 对比度低的问题, 采用分段线性拉伸的方法对 HR 图像进行了辐射增强处理, 使图像的对比度明显改善, 目视效果增强。

(2) 对 CCD 图像采用 2, 3, 4 波段进行标准假彩色合成, 以 HR 图像作为参考图像, 对 CCD 图像进行几何精校正处理。

(3) 为了减小计算量, 分别对 HR 和 CCD 图像进行重采样, 分辨率分别为 3 m 和 20 m。

1.2.3 图像融合处理 根据数据融合结果的性质, IEEE 国际遥感数据融合技术委员会将遥感数据融合分为 3 级, 即数据(像元)级、特征级和决策级^[4]。像元级融合对原始图像及预处理各阶段上所产生的信息分别进行融合处理, 以增加图像中有用信息成

分, 改善图像处理效果。由于国产数据融合研究还处在开始阶段, 本文主要利用了技术比较成熟的像元级的融合算法, 主要有主成分变换融合法, 乘积变换融合法, 比值变换融合法, 小波融合算法和 IHS 融合算法^[8-12], 对 HR 和 CCD 图像进行了融合处理, 融合后的图像空间分辨率为 3 m。

2 研究结果

2.1 融合效果评价

融合效果评价是图像融合过程中的重要一环, 目前对多源遥感图像融合效果的评价并没有统一的方法和标准^[13], 本文主要从空间细节保持和光谱特征保持两个方面对融合影像进行了定性和定量的评价。

2.1.1 定性评价 在定性评价中本文分别选取了城镇、水系和山地 3 类典型地区, 对比各算法对不同地物的表达程度(如图 1—3 所示)。与原始 CCD 图像相比, 融合后的图像空间分辨率明显提高, 纹理丰富, 色调突出, 植被覆盖清晰; 水域与其它地类的光谱差异增大, 轮廓明显; 城镇内部结构信息增强, 形状清楚, 平原区不同农田地块的色调对比增强, 边界突出; 山区地形沟谷细节增强; 植被色调信息增强。

2.1.2 定量评价 定量评价主要是通过多种统计分析方法来评判融合图像的质量, 比较常用的评价指标有像元亮度值范围、均值、偏差、信息熵和相关系数等^[14-18]。均值是图像中所有像素的灰度平均值, 是表达图像质量最为直观的参数, 它近似反映了图像的灰度分布状况。偏差反映融合图像与原多光谱图像光谱特征变化的平均程度, 差值越大, 光谱畸变越大。图像的信息熵是从信息论的角度来衡量图像信息丰富程度的一个重要指标, 熵值的大小表示图像所包含的平均信息量的多少。相关系数反映融合图像与原多光谱图像光谱特征的相似程度。

如图 4 所示, 各种融合图像的均值都明显要好于高分辨率图像和 CCD 图像。融合图像分别与 HR 图像和拉伸后的 HR 图像的像元偏差如图 5 所示, 拉伸后的 HR 图像和融合图像的偏差明显要比原 HR 图像与融合图像的偏差小。因此, 在融合前的预处理中, 对于高分辨率图像做拉伸处理是非常有必要的, 在一定程度上减少了光谱的畸变。从图 6 中可以知道 CCD 图像和各种融合方法得到的融合图像相关系数都较高, 在 0.92~0.98 的区间内, 融合后的图像很好地保留了原 CCD 图像的光谱特性。其中, 主成份变换融合, 乘积变换融合和比值变换融合得到的图像与 CCD 图像的相关系数差别不大, 在 0.92~0.93 之间, 但是小波变换融合和 HIS 变换融合与 CCD 图像

的相关系数达到 0.97。从图 7 信息熵的对比分析可知,融合后的图像信息量增加,从而信息熵值变大,在地物表达细节和纹理方面都有了很大的提高,对于地物的区分能力变强。

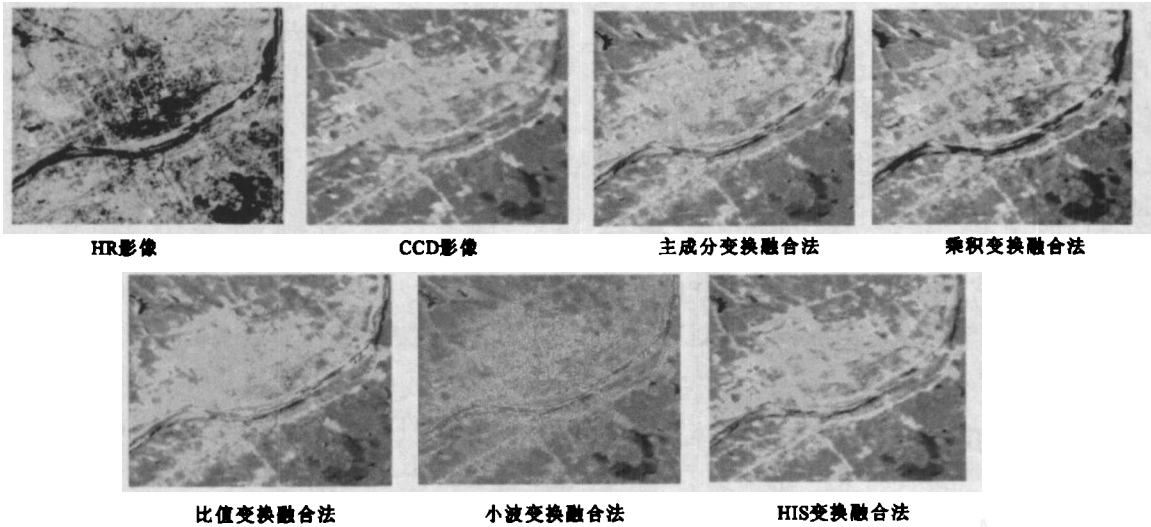


图 1 城镇 CCD 图像和不同融合算法图像的对比

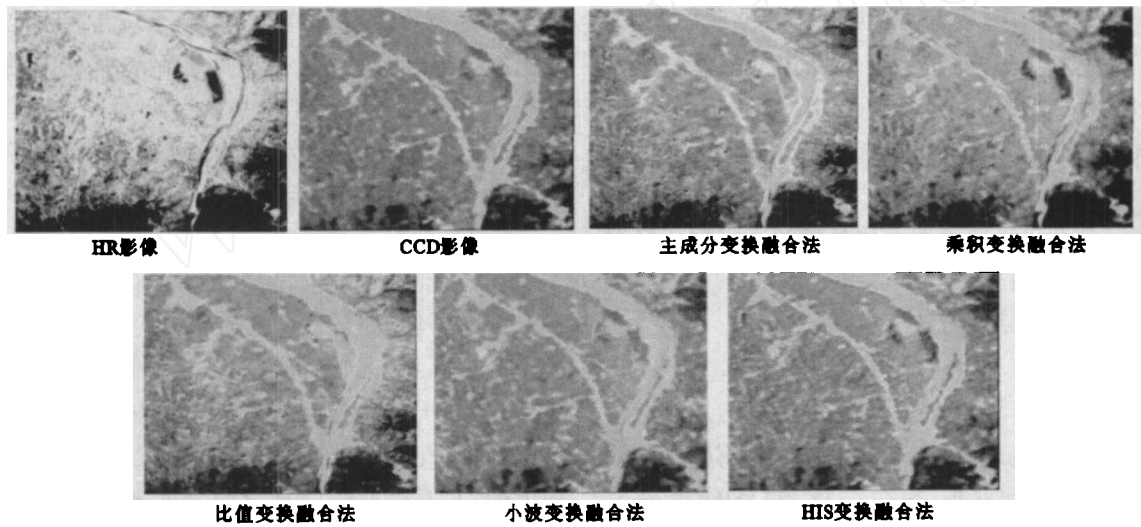


图 2 水系 CCD 图像和不同融合算法图像的对比

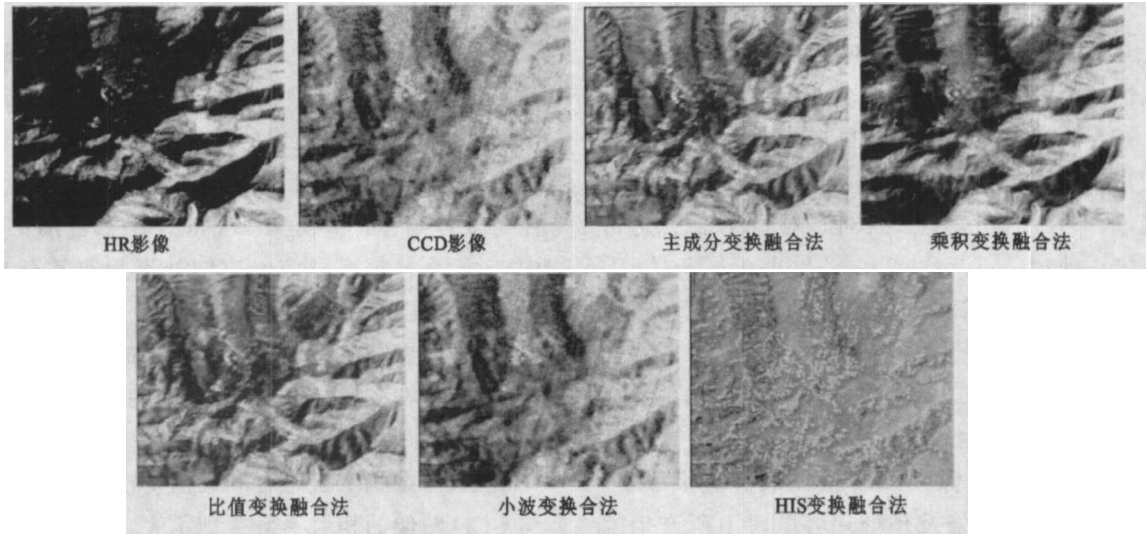
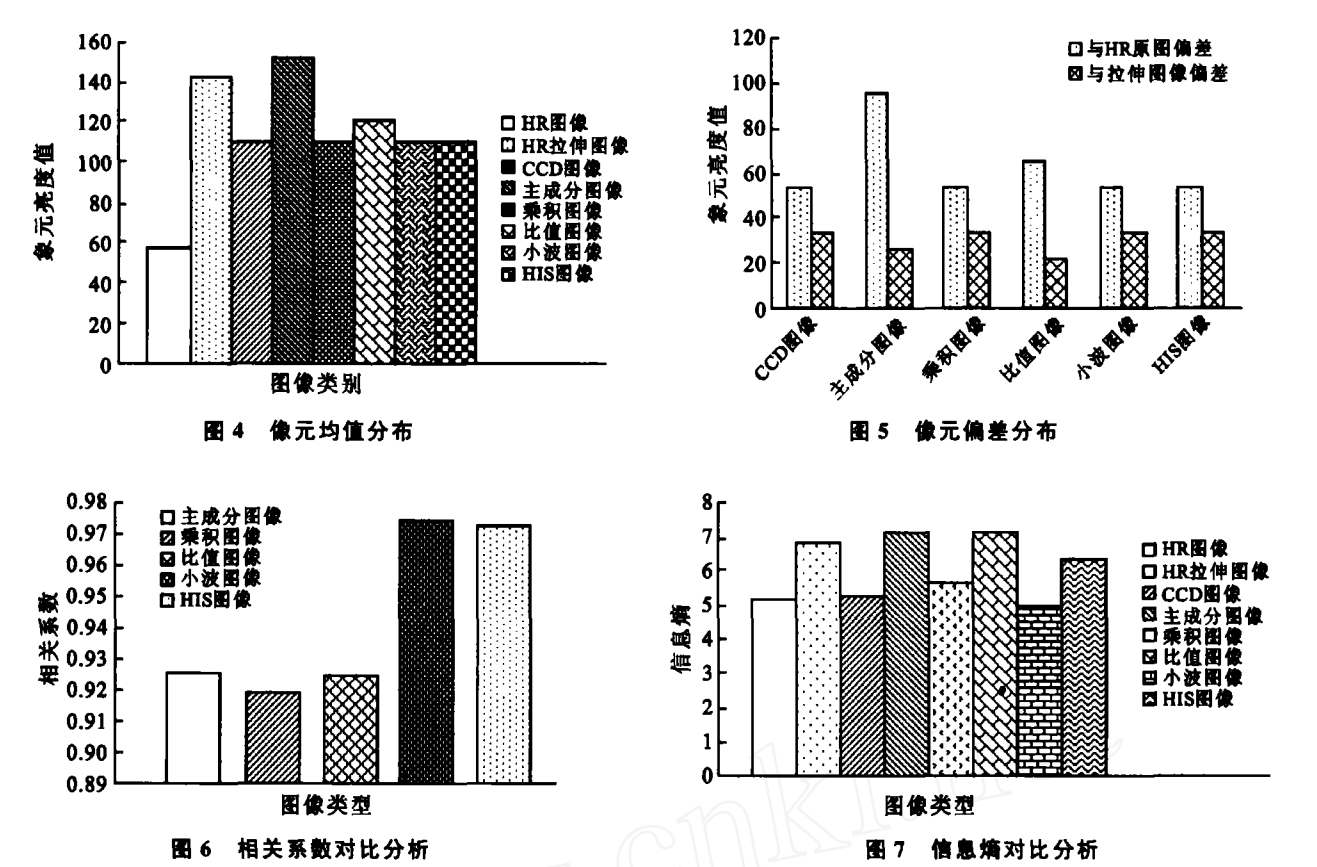


图 3 山地 CCD 图像和不同融合算法图像的对比



综上所述,在这 5 种融合算法中,比值变换的融合图像在像元均值方面要优于乘积变换、小波变换以及 HIS 变换的融合图像,光谱畸变最小,信息熵最大。在综合空间细节和光谱保持方面,比值变换融合法最好,而且融合后的图像具有很高的空间分辨率,地物边界清晰,梯度明显,解决了融合前图像边界模糊,地物区别度较低的问题,适用于土地覆盖/利用的分类研究。主成分变换的融合图像亮度保持较好,光谱畸变相对较小,信息量较丰富,说明主成份变换融合法在空间细节和光谱保持方面有着明显的优势。乘积变换的融合图像在像元均值、像元偏差、相关系数以及信息熵等方面相对于其它融合方法较差。小波变换和 HIS 变换融合法虽然相关系数很高,但是在像元均值、像元偏差以及信息熵等方面都没有明显的优势。因此,对于土地利用信息提取来说,比值变换融合法最优,其次是主成分变换融合法。

2.2 土地利用分类

2.2.1 分类方法 为了对比融合前后图像的应用精度,采用非监督分类法分别对基于比值变换的融合图像和原始 CCD 图像的研究区进行土地利用分类。自动生成类别 80 类,然后通过类别合并和非监督分类模板的调整来自动提取研究区土地利用类型。根据该地区土地资源调查分类系统和图像的分辨力,确定土地利用为 7 个类别:城镇用地、水田、林地、草地、水体、河滩地和旱地。融合影像分类结果的面积统计见表 1。

表 1 土地利用类别面积统计

类别	面积/km ²	百分比/%
林地	56.66	25.17
水体	3.71	1.65
草地	79.02	35.10
旱地	61.70	27.41
水田	17.14	7.62
河滩地	3.19	1.42
城镇用地	3.68	1.63
合计	225.09	100.00

2.2.2 精度分析 以研究区的土地利用现状图作为参考,采用计算机随机评价的方法,对基于比值变换的融合图像和原始 CCD 图像的分类结果进行精度评价(表 2)。

表 2 显示,相对于原 CCD 图像,HR 与 CCD 融合图像的土地利用各类别的提取精度都有显著提高;水田、旱地的分类正确率提高达到 20% 以上;草地的分类正确率提高达 40 以上,林草地、旱地的混分明显减少;分类总精度从 71.43% 提高到 87.14%。由于河滩地与城镇用地的光谱特征相近,在融合中仅用了 CCD 图像的 432 波段,原始波段 1,5 的信息损失,使河滩地与城镇用地的混分严重,造成在融合图像和 CCD 图像上的分类精度都较低,分别为 46.15% 和 43.55%。

表 2 分类精度报告

项 目	城镇用地	林地	水体	草地	旱地	水田	河滩地
比值变换融合图像	87.50	88.33	88.33	88.52	100.00	100.00	46.15
CCD 图像	63.16	88.33	77.42	44.44	65.57	87.27	43.55

注:比值变换融合图像分类总提精度=87.14%; CCD 图像分类总体精度 71.43%。

3 结 论

(1) 通过对融合图像质量的定性和定量评价可知,基于 HR 图像的融合图像在目视效果、纹理信息和光谱质量方面均优于原始 CCD 图像,提高了数据的精度并减少了不确定性。给 CBERS 数据的后期定性定量应用提供了优质数据源。

(2) 对多种图像融合方法的对比可知,比值变换融合法在空间细节和光谱保持这两个方面较好,解决了融和前图像边界模糊,地物区别度较低的问题,具有较高的分辨率和明显的地物边界,适用于土地覆盖/利用的分类。在空间细节保留与增强方面,主成份变换融合法相对较好;在色彩保持效果方面,乘积变换融合法效果较好,对于 CBERS 图像融合来说,小波变换融合法与 HIS 变换融合法效果较差。

(3) 陕西省西乡县的土地利用分类结果表明,融合后的图像保留了 HR 数据的高空间分辨率特征,提高了地物的空间定位精度,区分不同地物的能力增强,各类别的提取精度均明显高于原始图像,分类总精度从 71.43% 提高到 87.14%,取得了很好的分类结果。HR 与 CCD 的融合图像明显提高了土地利用信息的提取精度,在国土资源调查与生态环境监测中具有广阔的应用前景。

[参 考 文 献]

- [1] 郭华东,徐建民,倪国强,等. 感知天地:信息获取与处理技术[M]. 北京:科学出版社,2000:1-3.
- [2] 徐青,张艳,耿则勋,等. 遥感影像融合与分辨率增强技术[M]. 北京:科学出版社,2007:11.
- [3] Pohl C, Van Genderen J L. Multisensor image fusion in remote sensing: Concepts, method and applications [J]. Remote Sensing, 1998, 19(5): 823-854.
- [4] 马建文,赵忠明,布和敖斯尔. 遥感数据模型与处理方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,2001:149-153.
- [5] 李四海,刘振民,王华,等. 中巴卫星数据在海岸带环境监测中的应用[J]. 遥感技术与应用,2003,18(2):66-72.
- [6] 丁峰,高志海,魏怀东. CBERS-1 数据评价及在荒漠化监测中的应用[J]. 遥感技术与应用,2004,19(5):339-342.
- [7] 韩爱惠,王庆杰,孙向然. CBERS-02 星 CCD 数据在林业资源监测中的应用评价[J]. 国土资源遥感,2004(2):61-64.
- [8] 刘咏梅,李锐,杨勤科. 基于多源遥感的土地利用动态监测图像分类方法研究[J]. 水土保持通报,2006,26(6):63-66.
- [9] 党安荣. ERDAS imagine. 遥感图像处理方法[M]. 北京:清华大学出版社,2003:107-108.
- [10] 杨长保,姜琦刚,丘殿明,等. 多源遥感数据融合方法的新探索[J]. 吉林大学学报:信息科学版,2006,24(6):580-585.
- [11] 张德祥,高清维,陈军宁. 基于小波变换纹理一致性测度的遥感图像融合算法 [J]. 仪器仪表学报,2007,28(1):158-162.
- [12] 杨俊,赵忠明. 基于 IHS 变换和亮度调节的遥感图像融合方法[J]. 计算机应用研究. 2007, 24(4):195-197.
- [13] 杨丽萍,夏秋胜,陈发虎. Landsat7 ETM⁺ 全色与多光谱数据融合算法的比较[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2007,47(4):7-11.
- [14] 李敏,谈正,李晓燕. 多传感器图像融合技术及评价方法研究[J]. 计算机工程与应用. 2006(6):39-41.
- [15] 黎新亮,赵书河,柯长青,等. 遥感图像融合定量评价方法及实验研究[J]. 遥感技术与应用,2007, 22(3):460-465.
- [16] 闫利,岳昔娟,崔晨风. 一种定量确定遥感融合图像空间分辨率的方法[J]. 武汉大学学报:信息科学版. 2007, 32(8):667-670.
- [17] Zheng Yongan, Song Jianshe, Zhou Wenming, et al. False color fusion for multi-band SAR images based on contourlet transform [J]. Acta Automation Sinica, 2007, 33(4):337-341.
- [18] 卢健,彭媛,卢昕. 遥感图像相关性及其熵计算[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2006, 31(6):476-480.