

引用格式:Wang He,Chen Jinsong,Yu Xiaomin. LBV Transformation for HJ-1B Data and Application in Object-oriented Classification[J]. Remote Sensing Technology and Application,2013,28(6):1020-1026. [王贺,陈劲松,余晓敏. HJ 数据的 LBV 变换及其在面向对象分类中的应用[J]. 遥感技术与应用,2013,28(6):1020-1026.]

HJ 数据的 LBV 变换及其在面向对象分类中的应用

王 贺,陈劲松,余晓敏

(中国科学院深圳先进技术研究院,广东 深圳 518055)

摘要:为了探讨环境卫星影像在分类中的应用潜力,通过对其地物光谱进行分析,计算推导出了适用于环境卫星数据的 LBV 变换公式,并且将变换后得到的 LBV 图像应用到面向对象分类中。实验结果表明:推导的针对 HJ-1B 影像的 LBV 变换公式具有普适性,并且经过 LBV 变换后的影像有效地弥补了环境卫星数据光谱分辨率不高的缺点,在分割参数相同的情况下,分割效果明显好于原始影像分割结果。利用变换后的 LBV 图像进行面向对象分类,可以很好地提取出水体、植被、城镇和建筑用地 4 大类,总体分类精度达到 93%,Kappa 系数为 0.8894,表明经 LBV 变换后的 HJ 影像在面向对象分类中具有很大的应用潜力。

关 键 词:环境卫星影像;LBV 变换;面向对象分类

中图分类号:TP 79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2013)06-1020-07

1 引 言

图像变换是遥感图像处理和分析的基本方法之一,其基本思想就是把我们感兴趣的某些特征强调出来,同时抑制不感兴趣的特征。将变换得到的图像信息与原始影像融合能够有效提高图像的解译性,更准确地提取图像信息。目前已有的图像变换方法,如典型相关分析(Canonical Analysis,简称 CA)、Karhunen-Loeve 变换(简称 KL 变换)、Kauth-Thomas 变换(简称 KT 变换)、Hue-Saturation-Intensity 变换(简称 HIS 变换)、傅立叶变换(简称 FT)、小波变换(简称 WT)、多元变化检测变换(简称 MAD 变换)等,在很大程度上偏重于纯数学式,对地物在传感器上的光谱特性考虑得较少^[1]。针对该问题,Zeng^[2]于 2007 年提出了一种新的数据变换方法,简称 LBV 变换,即通过对典型地物的辐射值进行回归分析,总结出典型地物的 3 个主要遥感特性,即反映地物总辐射水平 L、可见光—近红外辐射平衡 B 以及波段辐射变化矢量 V,然后选取合

适的数学方法对其进行提取,从而实现遥感影像的变换。其中,L 可以监测地物的辐射强度;B 可以监测水体和地表层的潮湿程度,并能区分云、雪和冰;V 是植被状况的良好指标,可以监测植被的密度与活力^[1]。这种方法首次将具有具体物理意义的变量与地物类型联系起来,并且通过假彩色合成后能够明显地区分出植被、非植被与水体,因此被广泛应用于遥感影像解译与分类中^[3-5]。然而,对于不同的遥感卫星来说,其 LBV 变换公式并不相同。

目前,对于 LBV 变换公式的推导仅限于 Landsat、SPOT、IKONOS、ASTER、NOAA、QuickBird 等国外卫星数据,以及中巴资源卫星影像^[6-7],而对于我国环境卫星 HJ-1A/B 数据的 LBV 变换公式的推导及其应用研究还处于空白状态。因此,本文通过分析环境卫星影像的光谱特性从而对其进行 LBV 变换方法的研究,并且利用对 2010 年 12 月获取的深圳市区 HJ-1B 卫星多光谱影像变换后得到的 LBV 影像进行面向对象分类,以验证其在面向对

收稿日期:2012-05-10;修订日期:2012-12-26

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项子课题“广东海南地区固碳参量遥感监测”(XDA05050107-03)。

作者简介:王 贺(1986—),女,辽宁沈阳人,硕士,助理工程师,主要从事多源遥感数据处理与应用研究。E-mail:he. wang@siat. ac. cn。

象分类中的应用潜力。

2 环境卫星数据光谱分析及其 LBV 公式推导

2.1 环境卫星数据及其光谱分析

环境与灾害监测预报小卫星星座 A、B 星(HJ-1A /1B 星) 发射于 2008 年 9 月 6 日,其中 A 星上搭载了 CCD 相机和超光谱成像仪(HIS),B 星上搭载了 CCD 相机和红外相机(IRS)。两颗星上搭载的 CCD 相机设计原理完全相同,以星下点对称放置,平分视场、并行观测,联合完成对地刈幅宽度为 700 km、地面像元分辨率为 30 m、4 个谱段的推扫成像。HJ-1A 卫星和 HJ-1B 卫星的轨道完全相同,相位相差 180°。两台 CCD 相机组网后重访周期仅为 2 d,便于获取多时相的多光谱遥感影像。HJ-1A/B 卫星多光谱影像的 4 个波段的范围分别为 B1(0.43~0.52 μm)、B2(0.52~0.6 μm)、B3(0.63~0.69 μm)和 B4(0.76~0.9 μm)。

由于 LBV 变换是根据地物光谱曲线及其回归拟合曲线的趋势经过数学计算得到的,因此,在进行公式推导前要对不同地物的光谱特性进行分析。首先在 HJ 影像上选取 9 种典型地物样本,即水库、河流、河滩、极茂密植被、茂密植被、稀疏植被、城镇、建筑用地以及裸地,统计其灰度值,并计算出均值(表 1),取 0.52、0.60、0.69、0.9 μm 为横坐标波长值,然后绘制波长—灰度值曲线(图 1)。

首先将 9 种典型地物分为 3 大类,即没有植被覆盖的裸地(包括建筑用地、采矿场和城镇)、植被(包括极茂密植被、茂密植被和稀疏植被)以及水体(包括水库、河流和河滩)。由图 1 可以看出,裸地的曲线总体上位于上方,表明这 3 类地物总体的灰度值较高;3 条表示水体的曲线位于下方,表明其总体灰度值较低;植被位于中间,表明植被的灰度值位于裸地与水体之间。具体分析 3 大类地物由可见光到近红外波段的变化趋势可以发现,裸地的灰度值从可见光到近红外波段总体上保持平衡,水体呈明显下降趋势,而植被与此相反,呈上升趋势。具体分析它们在每个波段的变化趋势可以看出,裸地呈先下降后上升再下降的趋势;植被在可见光波段逐渐下降,在近红外波段陡然上升;而水体在 4 个波段一直呈下降趋势。

另一方面,对于水体来说,河岸水的灰度值要大于其他两种较为纯净的水体,甚至在可见光波段大于植被,这是由于河滩处多有淤泥等杂质造成的;而

对于植被,植被的密度越大,其在可见光波段的灰度值越低,而在近红外波段的灰度值越高;在裸地中,城镇的灰度值最低,与河岸水及植被十分接近,而采矿场的灰度值要远大于建筑和城镇。总体看来,由于 HJ 影像的光谱分辨率较低,使得 9 种典型地物的灰度值在个别波段有所混淆,但是仍然能够反映出不同的规律,满足 LBV 变换的条件。

表 1 9 种典型地物的 HJ 影像灰度均值/μm

Table 1 Mean values of nine typical features					
地物样本	B1	B2	B3	B4	像元数
水库	39	23	15	3	2 401
河流	43	25	16	1	2 401
河滩	48	32	30	5	2 352
极茂密植被	39	22	18	65	2 352
茂密植被	36	19	13	67	1 806
稀疏植被	38	24	21	62	2 256
城镇	50	33	36	33	2 401
建筑用地	64	54	62	48	3 382
采矿场	74	69	90	72	3 337

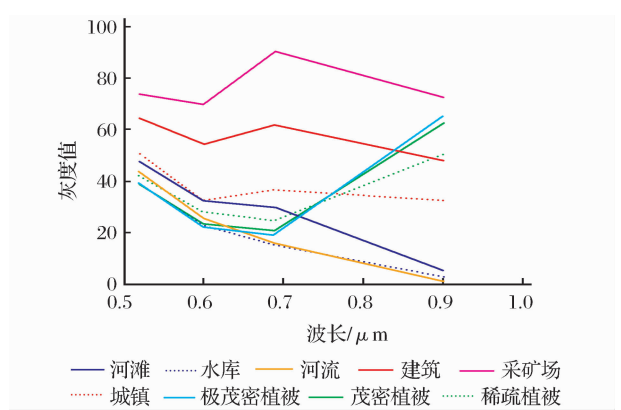


图 1 典型地物波长—灰度值曲线
Fig. 1 Grey level lines of nine typical features

2.2 HJ-1B 影像 LBV 公式推导

由 L、B、V 3 个分量的定义可知,B 可以由一次回归曲线斜率的相反数表示,V 可以由二次曲线回归残差的代数和表示,L 可以由二次回归曲线中能够最好地反映不同地物总辐射水平的点对应的灰度值来表示。因此,在推导 L、B 和 V 3 个分量的计算公式前,首先要计算回归曲线。一次和二次回归曲线方程分别为:

$$\hat{D} = a + b\lambda + c\lambda^2 \tag{1}$$

$$\hat{D} = a + b\lambda \tag{2}$$

回归残差 $v_i = \hat{D}_i - D_i$ 。其中, \hat{D} 表示回归方程拟合出的估测值, λ 表示选取的波长值, \hat{D}_i 表示第 i 个波长对应的回归值, D_i 表示第 i 个波长对应的真

实值, a 、 b 、 c 为回归方程系数。将上面选取的 4 个波长值代入方程(1) 和(2), 得到二次回归方程系数 a 、 b 、 c 与灰度值的关系为:

$$a = 10.9427D_1 - 3.1814D_2 - 10.9705D_3 + 4.2092D_4 \tag{3}$$

$$b = -29.1692D_1 + 10.9012D_2 + 32.4474D_3 - 14.1793D_4 \tag{4}$$

$$c = 18.9293D_1 - 8.2530D_2 - 22.4630D_3 + 11.7867D_4 \tag{5}$$

而一次回归方程系数 a 、 b 为:

$$a = 1.5760D_1 + 0.9025D_2 + 0.1448D_3 - 1.6232D_4 \tag{6}$$

$$b = -1.9571D_1 - 0.9630D_2 + 0.1553D_3 + 2.7648D_4 \tag{7}$$

由此可以得到一次以及二次回归曲线(图 2、3)。

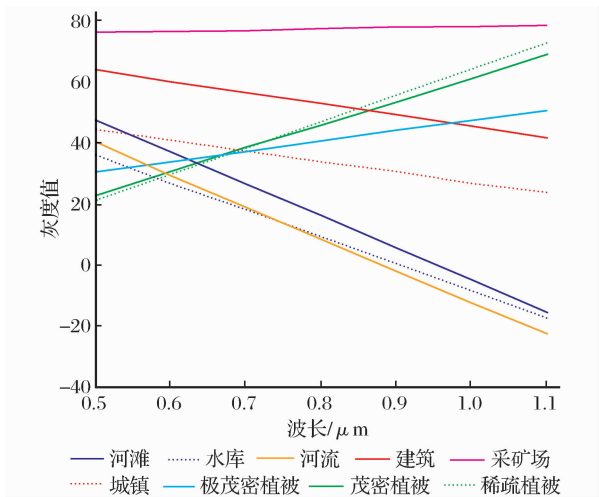


图 2 9 种典型地物一次回归曲线

Fig. 2 Linear regression curves of the nine typical features

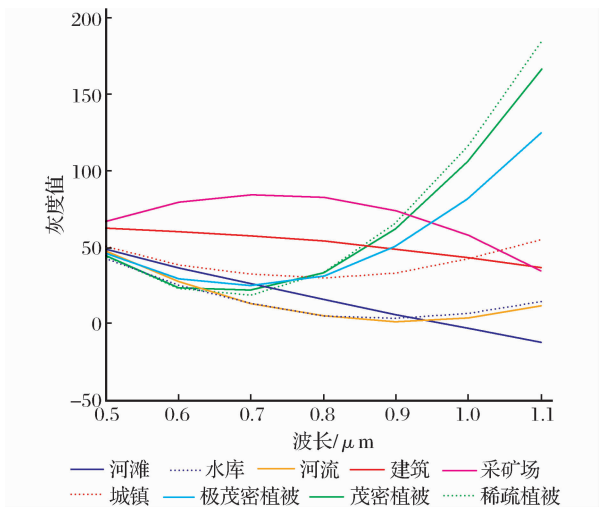


图 3 9 种典型地物二次回归曲线

Fig. 3 Quadratic regression curves of the nine typical features

由图 2 中各地物的一次回归曲线可以看出, 裸地近似于水平, 植被由可见光波段向近红外波段呈上升趋势, 而水体正好与之相反, 呈下降趋势。由于一次回归曲线的斜率的相反数可以用来表示可见光—近红外辐射平衡 B , 由此可以看出, 水体的 B 值为正, 植被的 B 值为负, 裸地的 B 值近似于 0。因此, B 可以突出水体的特性。由式(7)可以得到 B 的计算公式为:

$$B = -b = 1.9571D_1 + 0.9630D_2 - 0.1553D_3 - 2.7648D_4 \tag{8}$$

由图 3 中各地物的二次回归曲线可以看出, 除城镇外, 裸地的二次回归曲线总体上呈凸曲线形状, 而植被的二次回归曲线呈凹曲线形状, 表明这两种地物辐射变化矢量的方向相反, 因此在计算辐射变化矢量时, 各波段残差的正负号要以使植被的 V 值为正数为原则, 使得 V 可以突出植被的特性。由此可以得到 V 的计算公式为:

$$V = v_1 - v_2 + v_3 - v_4 = -0.5575D_1 + 1.3338D_2 - 0.8967D_3 + 0.1203D_4 \tag{9}$$

对于地物总辐射水平 L 的计算, 要满足裸地的灰度值最大, 水体的灰度值最小, 植被位于裸地与水体之间并且最接近于两者中值为最佳。通过大量实验, 得到当第四波段灰度值扩大 2 倍时 $\lambda = 0.7$ 对应的回归值能够较好地满足上述要求, 由此可以得到 L 的计算公式为:

$$L = \hat{D}_{0.7} = -0.2005D_1 + 0.4055D_2 + 0.7358D_3 + 0.1183D_4 \tag{10}$$

3 不同区域 LBV 变换实验分析

为了验证推导出的 LBV 计算公式的有效性, 本文选取了深圳地区 2010 年 11 月 12 日获取的 HJ-1B 卫星影像进行实验分析。实验区地理位置为 $113^{\circ}86' \sim 114^{\circ}34' E$, $22^{\circ}45' \sim 22^{\circ}66' N$, 原始影像与变换后影像分别如图 4 和图 5 所示。其中 L 、 B 、 V 影像进行了拉伸, 使其值在 $0 \sim 255$ 之间。

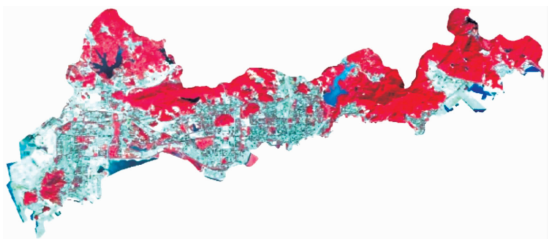


图 4 深圳市区 HJ-1B 卫星 RGB 合成影像

Fig. 4 HJ-1B images of Shenzhen city

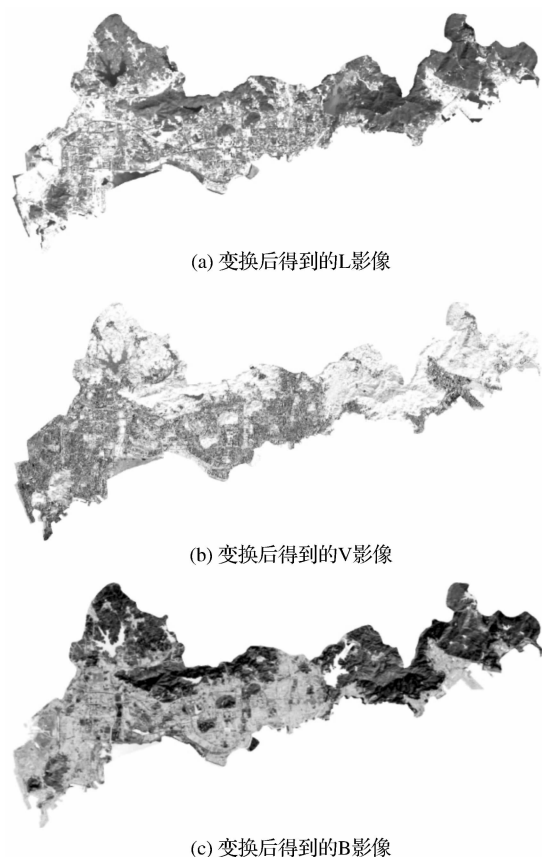


图 5 实验区 L、V、B 变换后图像

Fig. 5 The final LBV images of Shenzhen

由图 5 可以看出,在 L 影像中裸地的亮度明显高于植被和水体,并且水体的亮度要低于植被,因此裸地得到了突出;在 V 影像中,植被的亮度最高,水体和裸地相当,植被的特性得到了突出;在 B 影像中,水体的亮度明显高于植被和裸地,植被的亮度最低,水体的特性得到了突出。为了更清楚地反映不同地物在 LVB 影像上的区别,将 L、V、B 图像分别赋予红色、绿色和蓝色,合成彩色图像,如图 6 所示。

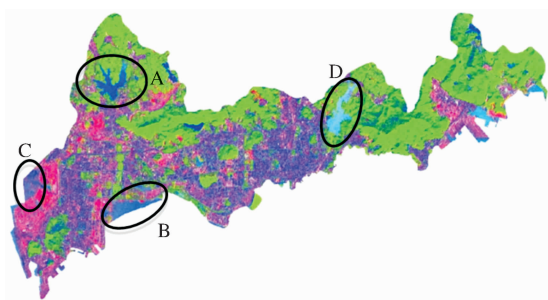


图 6 L、V、B 假彩色合成图像

Fig. 6 The composite LBV image

由图 6 可以看出,水体呈蓝色,如图中 A 区域的水库和 B 区域的海滩。进一步观察发现,水库的

水相比之下较为纯净,因此其颜色更蓝,而海滩由于有淤泥等淤积物,使其水质较为浑浊,因此颜色偏紫。而对于正在被填埋的海岸来说(图 6 中 C 区域),由于其表面多为建筑材料,因此颜色更加偏于蓝紫色。另外,图中 D 区域的水库颜色呈淡蓝色,这是由于原始影像中的光谱值存在奇异造成的。总体来说,越纯净的水颜色越蓝。对于裸露的地表来说,建筑用地颜色更红,而城镇偏紫色;植被大部分呈绿色,但是在背山阴影部分颜色偏蓝。这在很大程度上是因为环境卫星的光谱分辨率不高造成的。但是总体来看,经过 LBV 变换后的影像仍能使水体、裸地和植被的部分特性得到增强,这也验证了本文推导的 LBV 变换公式的正确性。

然而,由于遥感影像的灰度值受太阳位置、角度条件、大气条件、地形因素和传感器本身性能等各因素的影响,并不能反映地物真实的辐射特性,因此对于不同景的影像,其 LBV 变换公式的应用效果也可能不尽相同。为了验证这一点,本文选取了广东省鹤山市和肇庆市两个实验区的 HJ-1B 影像进行 LBV 变换,试验区的原始影像及变换后的假彩色合成图分别如图 7 和图 8 所示。其中鹤山市影像地理范围为 $112^{\circ}47' \sim 113^{\circ}04' E, 22^{\circ}47' \sim 22^{\circ}85' N$,获取时间为 2010 年 12 月 17 日,肇庆市影像地理范围为 $112^{\circ}39' \sim 112^{\circ}57' E, 23^{\circ}04' \sim 23^{\circ}20' N$,获取时间为 2010 年 3 月 11 日。

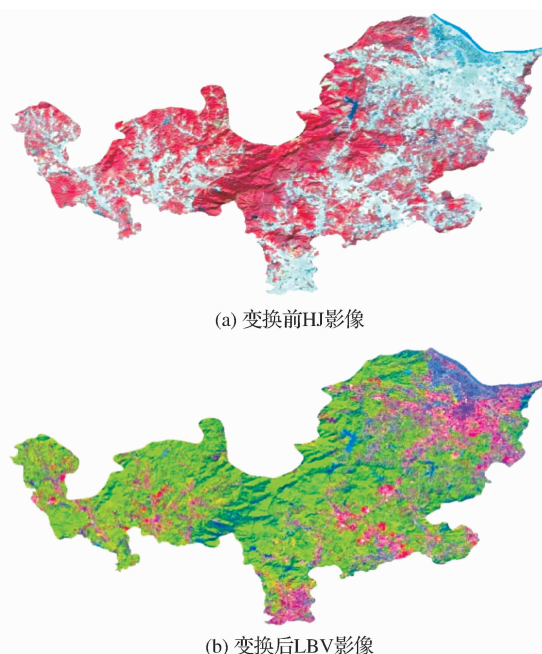


图 7 鹤山实验区变换前后影像

Fig. 7 The original HJ image and LBV image of Heshan city

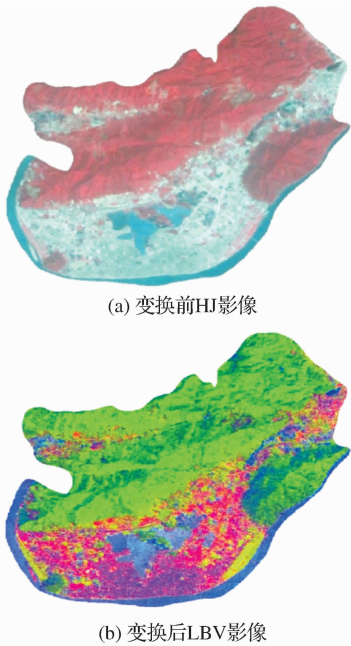


图 8 肇庆实验区变换前后影像

Fig. 8 The original HJ image and LBV image of Zhaoqing city

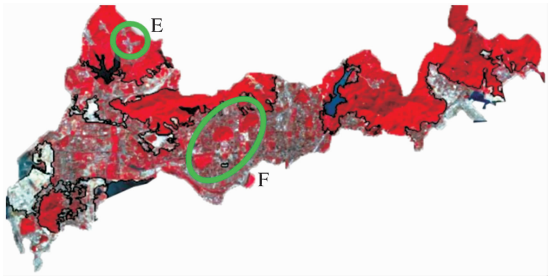
由图 6~8 对比发现,本文推导的 LBV 变换公式在深圳实验区影像上应用效果最好,而在肇庆实验区影像上应用效果相对较差,但是仍能反映出水体、植被与非植被 3 大类的特性。在肇庆实验区应用效果不好主要是由于原始影像质量较差造成的。总体看来,本文推导的针对 HJ-1B 卫星影像的 LBV 变换公式是具有普遍意义的,但要在保证影像质量的前提下使用。为了进一步验证 LBV 变换的应用潜力,本文将运用到面向对象分类中。

4 LBV 变换在面向对象分类中的应用

面向对象分类的一个重要环节就是影像分割,尤其是分割参数的选取尤为重要。而在分割参数中,分割尺度的选取以及参与分割的波段权重设置又是重中之重。分割尺度过大,会造成混合对象的存在;分割尺度过小又会造成时间过长,效率较低。另一方面,参与分割的影像波段不同,分割出来的形状、效果也会有所不同。本文运用 eCognition 软件中的多尺度分割方法分别对 HJ-1B 原始影像以及变换后的 LBV 影像进行相同尺度、相同参数的分割,得到结果如图 9、10 所示。

由图 9 和图 10 可以看出,虽然两个图像分割参数设置的完全相同,但是相对于只利用 HJ 影像 4 个波段,利用 LBV 图像进行分割,能够更细致地分割出不同的地物(图中 E、F 区域)。因此,利用 LBV 影像进行分割,不但可以降低对分割尺度的要求,提

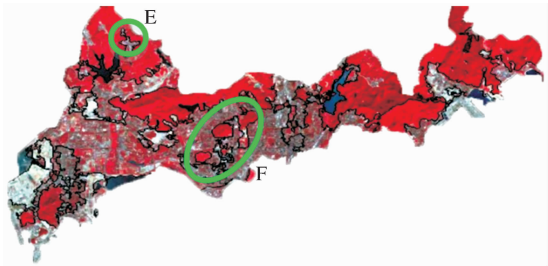
高分类效率,而且可以将不同的地物更好地区分,从而提高分类精度,更适用于中低分辨率的遥感影像。进一步对影像进行较小尺度的分割,然后进行分类,结果如图 11 所示。



(波段权重: B1-1, B2-1, B3-1, B4-1;
分割尺度: 100; 紧致度: 0.5; 形状指数: 0.1)

图 9 HJ-1B 卫星影像分割结果

Fig. 9 The segmentation result of HJ-1B images



(波段权重: L-1, B-1, V-1; 分割尺度: 100;
紧致度: 0.5; 形状指数: 0.1)

图 10 LBV 图像分割结果

Fig. 10 The segmentation result of LBV images

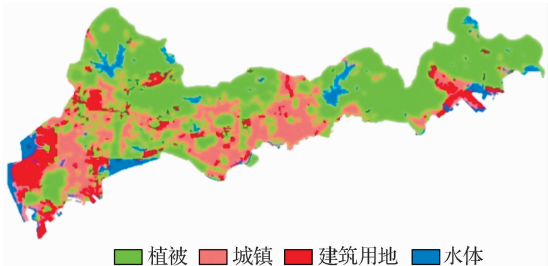


图 11 分类结果图

Fig. 11 Classification map

利用变换后的 LBV 影像进行面向对象分类,可以将植被、城镇、建筑用地以及水体很好地提取出来,其总体精度为 93%, Kappa 系数为 0.8894, 混淆矩阵如表 2 所示。由此可见, LBV 变换在面向对象分类中具有很大的应用潜力。

5 结 语

本文通过对从环境卫星影像中提取的 9 种典型

表 2 分类结果混淆矩阵

Table 2 Confusion matrix of classification result

样本数据	参考数据					
	植被	城镇	建筑用地	水体	总和	使用者精度/%
植被	95	2	6	2	105	90.48
城镇	0	58	4	0	62	93.55
建筑用地	0	0	26	0	26	100
水体	0	0	0	7	7	100
总和	95	60	36	9	200	
生产者精度/%	100	96.67	72.22	77.78		
总体精度=93.00%			Kappa=0.8894			

地物的光谱特性进行分析,推导出适用于 HJ-1B 影像的 LBV 变换公式,并通过 3 个不同实验区影像的 LBV 变换实验对公式的有效性和普遍性进行了对比验证,然后进一步将 LBV 变换应用到面向对象分类中,分别从分割与分类两个方面比较分析 LBV 变换在面向对象分类中的应用潜力。实验结果表明,变换后得到的 LBV 图像比原始 HJ 影像更鲜明,地物特性更突出,更便于 HJ 卫星影像的目视解译。并且,本文推导的 LBV 变换公式具有普适性,利用 LBV 图像进行影像分割能够得到更好的分割效果,便于得到较高的分类精度。另一方面,LBV 变换也使得 HJ 数据能够更好地用于面向对象分类应用中。然而,分类结果中仍有少量的错分与漏分。为了进一步提高分类精度与细化分类体系,今后的研究可以将 L、B、V 3 个分量与植被指数等变量相结合,并且选取更加合适的分割参数。另外,由于本文的 LBV 变换是基于影像灰度值进行的,而灰度值并不能反映地物真实的辐射特性,因此,在今后的研究中可以进一步针对影像反射率进行 LBV 变换的研究,以便发掘 LBV 变换与地物辐射特性的更多关系。

参考文献 (References):

[1] Zeng Zhiyuan. A New Method for Extracting Information from Landsat Data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1990,5(2):128-139. [曾志远. 陆地卫星数据信息提取的一个新方法[J]. 环境遥感,1990,5(2):128-139.]

[2] Zeng Z Y. A New Method of Data Transformation for Satellite

Images:I. Methodology and Transformation Equations for TM Images[J]. International Journal of Remote Sensing,2007,28 (18):4095-4124.

[3] Li Minguang,Fan Hongdong,Deng Kazhong. New Methods for Water Body Extraction from TM Data based on LBV Transformation[J]. Science of Surveying and Mapping,2010,35 (3): 138-139. [栗敏光,范洪冬,邓喀中. 基于 LBV 变换的 TM 数据水体提取新方法[J]. 测绘科学,2010,35 (3):138-139.]

[4] Peng Duming,Zhang Anding,Li Deyi,*et al.* Study on Multi-step Classification of Remote Sensing Image based on LBV Transformation[J]. Science of Surveying and Mapping,2008, 33(3):56-58. [彭笃明,张安定,李德一,等. 基于 LBV 变换的遥感影像多步骤分类方法研究[J]. 测绘科学,2008,33(3):56-58.]

[5] Zhang Chengwen,Tang Jiakui,Mi Sujuan,*et al.* Research and Evaluation of Coastal Zone Multi-spectral Image Classification based on LBV Transformation[J]. Geography and Geo-Information Science,2010,26(4):53-56. [张成雯,唐家奎,米素娟,等. 基于 LBV 数据变换方法的海岸带多光谱影像分类方法研究[J]. 地理与地理信息科学,2010,26(4):53-56.]

[6] Zeng Z Y. A New Method of Data Transformation for Satellite Images;II. Transformation Equations for SPOT,NOAA,IKONOS,QuickBird,ASTER,MSS and Other Images and Application[J]. International Journal of Remote Sensing,2007,28 (18):4125-4155.

[7] Zhang Chengwen,Tang Jiakui,Mi Sujuan,*et al.* Research on New LBV Data Transformation Method for CBERS-02B Multi-spectral Images[J]. Geography and Geo-Information Science, 2011,27(3):21-25. [张成雯,唐家奎,米素娟,等. 中巴 02B 卫星多光谱影像中 LBV 数据变换方法研究[J]. 地理与地理信息科学,2011,27(3):21-25.]

LBV Transformation for HJ-1B Data and Application in Object-oriented Classification

Wang He, Chen Jinsong, Yu Xiaomin

(Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Science, Shenzhen 518055, China)

Abstract: HJ-1A/B satellite is a new one which is studied and developed by China independently. However the study on the application of HJ-1A/B satellite images is not so much. Therefore in order to improve the capabilities of HJ-1A/B images applied in classification, in this paper, LBV transformation and object-oriented classification methods were used to HJ-1B images. Although there have been many LBV transformation methods for different remote sensing data, but none of them can be directly used to HJ-1B multi-spectral images. So new LBV transformation equations for HJ-1B multi-spectral images were specially proposed based on the study of the spectral characteristics of nine typical ground features. And then these equations were used to three HJ-1B images to test and verify their feasibility and generality. At last, the LBV images on 12th November 2010 of Shenzhen city were classified by object-oriented classification method. The result showed that the transformed LBV images were more vivid, which made up the lack of spectral resolution of HJ images. What's more, the LBV images were better at segmentation than original HJ data, and the classification accuracy could be 93%, which shows that LBV transformation has a good potential in interpreting and classifying for HJ-1B images.

Key words: HJ-1B images; LBV transformation; Object-oriented classification