

基于多角度高光谱 CHRIS 影像的隆宝滩湿地 遥感分类方法研究

韦 玮, 李增元*, 谭炳香, 徐海生

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要:采用青海省隆宝滩地区的多角度高光谱 CHRIS 遥感数据,通过研究 +36°、0°和 -36°三个角度影像的组合变换,提出影像变换+不同角度波段组合的方法,用以获取地物的分类信息。该方法首先对 0°影像进行穗帽变换,选择其湿度图像,再与 +36°和 -36°影像的第 4 波段(0.461 μm)进行 RGB 组合,生成新的彩色合成影像,然后再进行支持向量机(SVM)的监督分类。结果显示,利用该方法对隆宝滩湿地分类的精度可达到 90.02%;而利用传统的监督分类对 0°影像直接进行分类,其精度为 75.46%。由此可见,利用不同角度信息进行波段组合的方法,大大提高了高光谱影像进行湿地信息提取的精度,为湿地信息提取提供了一个有效的方法。

关键词:遥感;高光谱;多角度;穗帽变换;湿地;监督分类

中图分类号:S771.8

文献标识码:A

Study on Remote Sensing Classification Method of Long Baotan Wetland Based on CHRIS/PROBA

WEI Wei, LI Zeng-yuan*, TAN Bing-xiang, XU Hai-sheng

(Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: This paper provides a new method of improving the classification accuracy of wetland in Long Baotan area in Qinghai Province, by studying the image transformation and band combinations of three angle images of +36°, 0° and -36°, which were derived from the multi-angle CHRIS hyperspectral remote sensing data. Firstly, the tasseled cap transformation was used to the 0° CHRIS image. Secondly, a new color composite image of RGB was generated by combining the humidity image of 0° with the 4-band (0.461 μm) of +36° and -36° images, and then, the Support Vector Machine, SVM, a supervised classification method was carried out on the new RGB image. The studies showed that the classification accuracy of the new combination method in different angle images of CHRIS approached to 90.02%, which was greatly improved then 75.46% of traditional supervised classification accuracy, and it also provide an effective method to extract wetlands information.

Key words: remote sensing; hyperspectral; multi-angle; tasseled cap; wetland; supervised classification

与宽波段、多光谱遥感技术相比,高光谱遥感技术能在电磁波谱的可见光、近红外、中红外和热红外波段范围内,获取许多非常窄的连续光谱影像数

据^[1],包含了丰富的空间、辐射和光谱三重信息,具有比传统遥感更强的对地物的识别能力。高光谱遥感技术在湿地分类^[2-5]、边界^[6]、水体^[7]、湿地植

收稿日期:2010-11-20

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“(IFRIT200906)”

作者简介:韦 玮(1972—),女,湖北武汉人,博士研究生,研究方向:高光谱遥感,E-mail:weiwei@caf.ac.cn

* 通讯作者,E-mail:lizy@caf.ac.cn

被^[8]和湿地生境因子等遥感信息提取中广泛应用,在与其它遥感数据源相结合的应用中,取长补短显现了独特的优势^[9-14]。2006年,罗马 Tor Vergata 大学的 R. Duca^[15]在第4届欧空局 PROBA/CHRIS 多角度高光谱数据应用研讨会上提出一个构想,认为多角度信息可应用于分类、土地利用分析和制图等方面。到目前为止,多角度信息的组合利用方法还没有较深入的研究。本文获取了青海省隆宝滩自然保护区5个不同角度的高光谱 CHRIS 遥感影像,利用 CHRIS 影像的不同角度信息,采用影像变换、波段组合及波段运算等手段,研究该区域湿地遥感信息的提取方法,获得了较好的分类结果。

1 研究区概况及数据获取

1.1 研究区概况

隆宝滩自然保护区位于玉树藏族自治州的玉树县西北约 65 km,在玉树县境内。地理坐标为 33°09'~33°17'N, 96°24'~96°37'E。保护区为东西长约 25 km,总面积 100 km² 的狭长山间盆地,四周高山环抱,海拔 4 100~5 500 m。1986年7月,国务院批准该区为国家级保护区。在保护区内的湖泊、河流、沼泽以及沼泽草甸等生境中广泛分布着水生、沼生和湿生的湿地植物。由这些水生、沼生和湿生的植物为优势种组成的群落类型形成了隆宝滩区域丰富的湿地植被。水生植被的主要优势植物有水毛茛 (*Batrachium bungei* (Steud.) L. Liou)、穗状狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum* L.), 芦苇 (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), 水葱 (*Scirpus tabernaemontani* Gmel.), 三裂叶碱毛茛 (*Halerpestes tricuspis* (Maxim.) Hand. -Mazz) 等。沼泽化草甸的典型优势植物种类有嵩草 (*Kobresia myosuroides* (Villars) Foiri)、苔草 (*Carex stenophyloides* Krecz.; *C. enervis* C. A. Mey.; *C. microglochis*)、华扁穗草 (*Blysmus sinocompressus* Tang et Wang) 等,其地下根茎十分发达,密集交错,系多年生草本植物,成片状分布。群落常见的伴生植物有黑褐穗苔草 (*Carex atrofusca* subsp. minor)、青藏苔草 (*C. moorcroftii* Falc. ex Boott)、高山嵩草 (*Kobresia pygmaea* C. B. Clarke)、花葶驴蹄草 (*Caltha scaposa* Hook. f. et Thoms)、云生毛茛 (*Ranunculus longicaulis* var. *nephelogenes* (Edgew.) L. Liou)、斑唇马先蒿 (*Pedicularis longiflora* var. *tubiformis* Tsoong)、褐毛垂头菊 (*Cremanthodium brunneo-pilosum* S. N. Liu) 等。

1.2 遥感数据获取

PROBA-1 (*PRoject for On Board Autonomy*) 小卫星是欧空局于 2001 年 10 月 22 日发射,飞行高度 556 km。该卫星上搭载由英国 SIRA 公司研制的 CHRIS 传感器,当传感器系统的天顶角等于一套预先设定的飞行天顶角 ($FZA = -55^\circ, -36^\circ, 0^\circ, +36^\circ, +55^\circ$) 时,沿轨道观测的传感器可以提供一套 5 个角度的高光谱反射率图像,如图 1 所示。

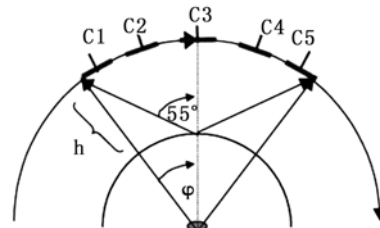


图1 CHRIS 传感器观测角度间的相对关系

CHRIS/PROBA 是可以同时获取高光谱和多角度数据的星载传感器。CHRIS 传感器有 5 种工作模式,模式 1 用于水体和陆地研究,模式 2 主要用于水体研究,模式 4 用于植被研究,模式 3 和模式 5 主要用于陆地研究。本文采用的 CHRIS 数据,是于 2010 年 2 月 20 日获取的隆宝滩地区的多角度高光谱影像,一次性获取了该地区 $-55^\circ, -36^\circ, 0^\circ, +36^\circ, +55^\circ$ 共 5 个角度的影像。该套影像采用模式 1 获取,光谱范围为可见光~近红外 ($0.4 \sim 1.0 \mu\text{m}$),共有 62 个波段,光谱分辨率(接收目标辐射时能分辨的最小波长间隔)为 $6.5 \sim 20.4 \text{ nm}$;扫描带宽为 13 km,空间分辨率(像素代表地面范围的大小,扫描仪的瞬时视场)为 34 m,获取影像的中心点坐标为 $33^\circ 12'27'' \text{ N}; 96^\circ 31'21'' \text{ E}$,海拔为 4 219 m。

1.3 地面数据采集

地面调查小组于 2010 年 8 月调查了隆宝滩自然保护区的主要地物特征,并利用高光谱仪对地面主要覆盖植被和沼泽区典型湿地植被进行了波谱测量。采用的光谱测试仪器为美国 ASD 公司出产的 ViewSpec ($325 \sim 2\,500 \text{ nm}$) 型光谱辐射计,其光谱采样间隔约为 1 nm,波长范围为 $325 \sim 2\,500 \text{ nm}$,光谱分辨率为 $3 \sim 700 \text{ nm}$ 。光谱测试的环境条件为:晴天、空气湿度小、微风。光谱测试时间为 10:00—14:30 之间。调查期间,该地平均气温为 13°C ,在高光谱影像涵盖的区域,根据该地的主要湿地类型、湿地植被分布和可安全进入沼泽区等原则,共选择了 13 块样地,每块样地 $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ 的区域,如图 2 所示。

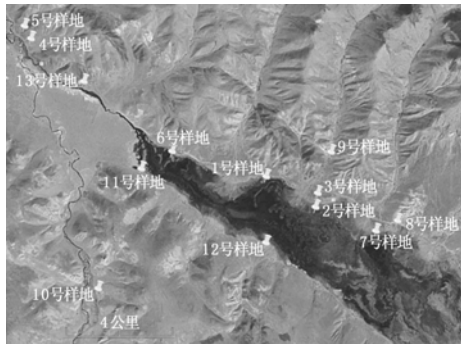


图2 外业调查选取的13块样地的分布

在样地中,主要对草本沼泽湿地的典型植被进行了高光谱测量;此外,对裸岩区域也进行了光谱测量,共获取了高光谱数据113组,每组高光谱数据有30次光谱重复,混合光谱进行分类、求均值等处理后得到169条湿地植被和裸岩的高光谱曲线。在进行高光谱测量的同时,每块样地都进行了GPS定位,便于GPS数据与遥感图像数据进行配准。表1是本次调查隆宝滩地区的主要湿地类型和植被分布情况。

表1 隆宝滩地区样地主要湿地类型及植被分布情况

样地号	GPS 定位点	海拔/m	湿地类型、植被分布
1	33°12'20.5"N 96°32'27.0"E	4 210	藏嵩草草甸为主,伴生水茅根、斑唇马先蒿、垂头菊、苔草等
2	33°11'50.5"N 96°33'37.6"E	4 220	华扁穗草甸为主,伴生苔草、西伯利亚廖、垂穗披碱草、鹅绒委陵菜等
3	33°12'06.5"N 96°33'39.0"E	4 228	小嵩草草甸,伴生针茅、二裂委陵菜等
6	33°12'40.1"N 96°30'16.6"E	4 211	草本沼泽区,水中以华扁穗、藏嵩草为主,水边伴生苔草,塔头顶端主要是矮嵩草
7	33°11'29.1"N 96°35'17.2"E	4 215	以嵩草-华扁穗草甸为主,伴生植物主要是斑唇马先蒿和小嵩草
8	33°11'42.8"N 96°35'30.3"E	4 239	裸岩区域,坡顶是黄土,坡底是红土;地面植被稀疏、簇生,主要有车前草、鹅绒委陵菜等
9	33°12'54.3"N 96°33'51.7"E	4 299	裸岩区域,岩石上分布着苔藓、地衣,呈现黄白、青黑等色,少有绿色
10	33°09'57.4"N 96°28'52.7"E	4 243	河流湿地,交曲河边主要为藏嵩草沼泽化草甸,靠近山边过度到小嵩草草甸
11	33°12'17.2"N 96°29'37.0"E	4 209	洪泛区域,华扁穗沼泽化草甸,伴生矮嵩草、小嵩草、藏嵩草等
12	33°11'05.2"N 96°32'34.3"E	4 210	接近湖边的区域为华扁穗沼泽化草甸,伴生矮嵩草、小嵩草、藏嵩草,向山边过度到小嵩草草甸
13	33°13'51.1"N 96°28'08.7"E	4 241	裸岩区域,坡上以碎石砾为主,青黑色

2 数据预处理

2.1 噪声去除

在 CHRIS 影像进行大气校正和几何校正之前,需去除条带噪声。目前对于噪声去除的方法有两类,一类是通过频率低通滤波,滤除高频部分的噪声,然后反变回空间获得去噪图像,但这类方法受阈值选取的限制,无法达到尽善尽美的地步;另一类是针对图像灰度值特征进行归一化和匹配方法,典型

的有直方图匹配,矩阵匹配方法。本文采用欧空局提供的 HDFclean 软件去除 CHRIS 图像的噪声。HDFclean 软件是处理以 HDF 格式存储的图像程序,主要对图像进行缺失像元填充和条带去除。图3是处理前的原始 CHRIS 图像,图中小方框内的影像带有垂直和水平条带噪声。图4是经过 HDFclean 软件处理后的 CHRIS 图像,图中小方框内的垂直和水平条带均被消除,图像灰度值变化不大,去除效果较好。

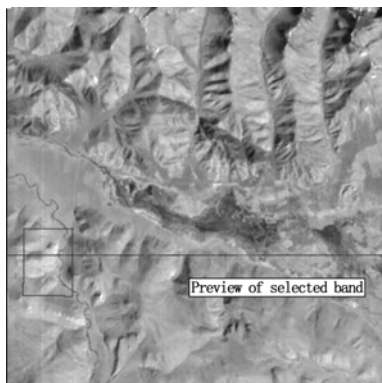


图3 原始的 CHRIS 图像

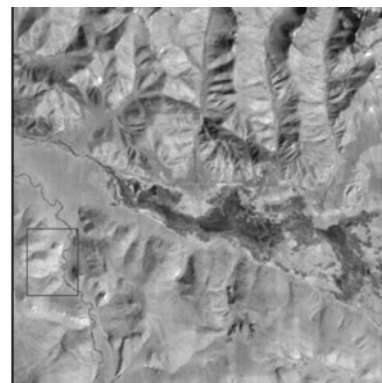


图4 HDFclean 处理后的 CHRIS 图像

2.2 辐射校正和几何校正

采用 ENVI 软件中的 FLAASH 模块对影像进行大气校正,大气校正时所需要的卫星及影像参数、光谱标定信息均可以从 CHRIS 影像的头文件中获取。CHRIS 影像的几何校正利用地面控制点(GCP)数据

对原始图像的几何畸变过程进行数字模拟,建立原始畸变图像空间与制图用坐标空间之间的某种对应关系,再利用这种对应关系把畸变空间中的全部元素变换到校正图像中去完成的,几何校正后的 CHRIS 高光谱影像每个像元点都带有坐标值。

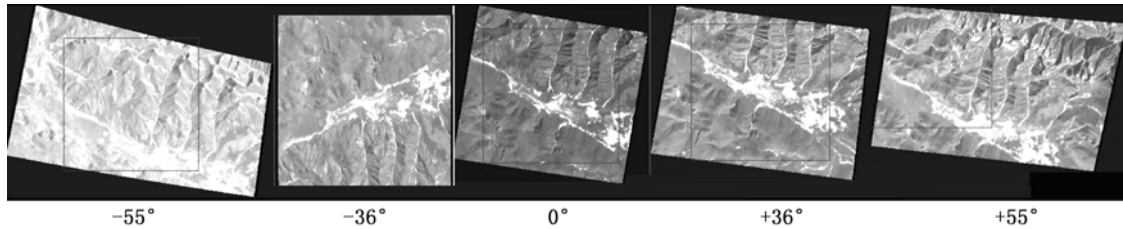


图5 经过辐射校正和几何校正后5个角度(-55°、-36°、0°、+36°、+55°)的 CHRIS 影像图

本文使用的 CRHIS 图像,原始图像质量较好,没有云或薄雾的覆盖,大气纠正前后的地物光谱曲线差别较大,大气纠正效果很明显,光谱曲线更符合土壤和植被的光谱特性。如图5所示,图像经过大气纠正后获得较为真实的地面反射率数据,为 CHRIS 数据定量研究和应用奠定了基础。

3 分类方法

3.1 分类系统

参考我国现有的湿地分级式分类系统^[16],确立隆宝滩地区的分类系统,如表2所示。

表2 隆宝滩地区的分类系统

项目	1级	2级	3级	4级	5级
湿地	天然湿地	河流湿地 沼泽湿地	永久性河流 季节性河流 淡水沼泽	永久性河流 洪泛湿地 草本沼泽	4级河流 高寒沼泽化草甸 草沼泽地
		湖泊湿地	永久性淡水湖	苔藓沼泽	
裸岩	山头裸露的岩石、碎石粒、干土、植被稀疏的区域				
高山草地	远离隆宝湖,两侧高山的山头、山腰和山谷植被生长的区域				

3.2 分类方法

支持向量机分类(SVM)方法建立在统计学习理论基础上的机器学习方法,是一种监督分类方法。本文利用 SVM 对隆宝滩自然保护区 0° 的 CHRIS 影像进行分类。根据地面调查结果,在影像上选取了7类典型训练样本,分为两部分,一部分用于分类,另一部分用于精度评价。通过计算各样本间的可分离性,其 Jeffries - Matusita, Transformed Divergence 参数值均大于 1.9,表明样本之间的分离性好,是合格样本。训练样本确定后,对影像进行分类,对分类结果进行评价,其分类精度为 75.46%,如图6所示。

目视判别上述分类结果图,可知部分高山草地的区域和草丛沼泽区域有误分情况存在。这是由于该地正值冬春季节,高山草地的植被还没有完全生长,部分地区的植被刚刚开始出牙、匍匐在地面,有些植被的间隙裸露的土壤湿度较大,在遥感影像上呈现出较深的色调,与隆宝湖中草丛沼泽的色调在影像上很相似,因此,在 SVM 分类时,将它们划分为相似的类别,造成误分。但他们是完全不同的两种地物,并具有完全不同的光谱特征。

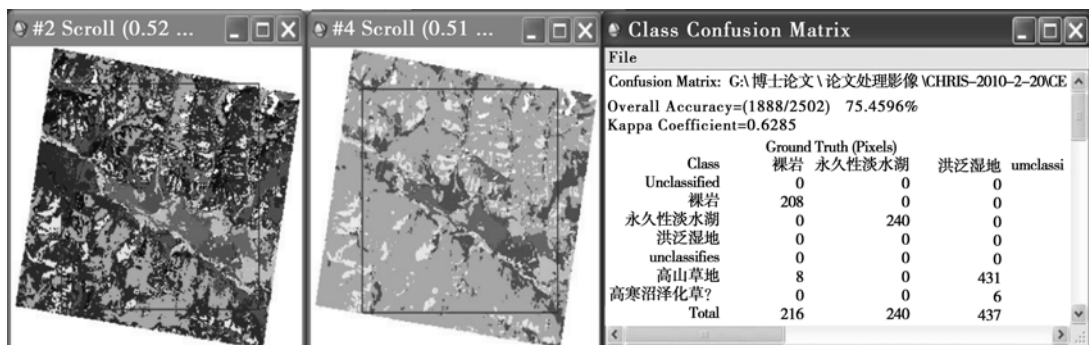


图6 支持向量机对0°的 CHRIS 影像的分类结果、类后处理结果、分类精度评价混淆矩阵

由于遥感数据的数据量大、类别多、同物异谱和同谱异物现象的存在,用单一的分类方法对影像进行分类其精确度往往不能满足应用目的要求。为了消除上述的误分现象,提高监督分类对高光谱影像的分类精度,本文提出了“影像变换 + 不同角度波段组合”的分类方法,这种方法是基于影像变换,利用影像的不同角度信息进行波段组合,再运用监督分类中的 SVM 方法进行分类,可大大提高分类的准确率。

3.3 影像分类

根据本文提出的影像变换 + 不同角度波段组合的分类方法,进行隆宝滩地区的 CHRIS 影像分类。

首先,将 0° 的 CHRIS 影像进行穗帽变换。0° 影像经过穗帽变换后,其绿度图像上的信息较弱,而湿度图像上的信息较为丰富,因此,选择其湿度图像进行下一步的分类组合,将有助于湿地信息的提取。

其次,地物在蓝光波段的反射差异较大,通过查看不同角度的影像,发现该地区的湿地植被、裸岩和沼泽区水面在蓝色波段上有明显的光谱差异,其反射光谱在 0.461 μm 处出现分歧,如图 7,显示了隆宝滩地区的典型湿地植被、裸岩和沼泽区水面分别在 -36°、0° 和 +36° 影像上的反射光谱曲线,该曲线反映出它们在蓝光波段的反射差异。

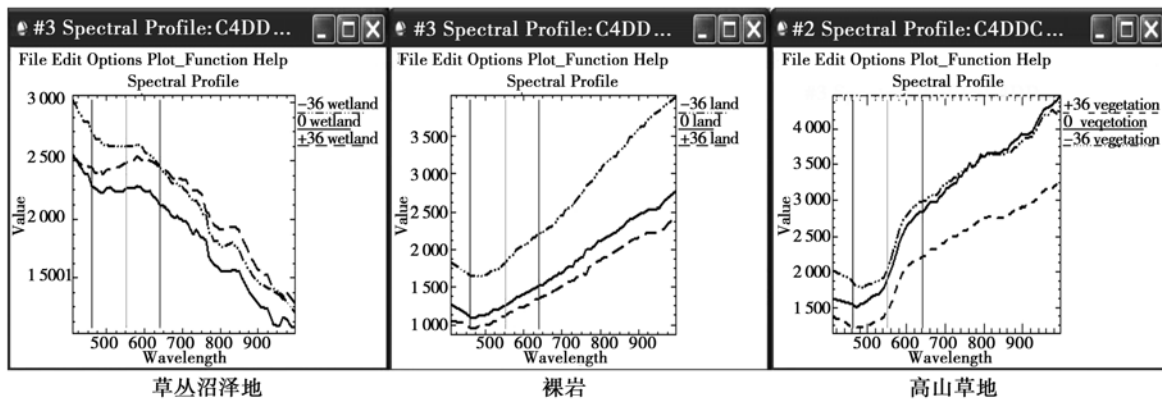


图 7 草丛沼泽地、裸岩和高山草地分别在 -36°、0° 和 +36° 影像上的光谱曲线

根据以上分析,选择 0° 影像经过穗帽变换后的湿度图像,与 ±36° 的第 4 波段(0.461 μm)进行 RGB 组合,生成一幅新的彩色影像。其组合方式为:

$$RGB = B_{4(-36^{\circ}CHRIS)} + Wetness_{(0^{\circ}CHRIS)} + B_{4(+36^{\circ}CHRIS)} \quad (1)$$

按照公式(1)的组合方式,组合后的影像突出显示了地物的湿度信息和不同地物的光谱反射率,利用监督分类中的支持向量机方法对组合后的影像再进行分类,有助于提高分类精度。

4 分类结果

在 0° 影像经过变换,再与 ±36° 的第 4 波段组合后,运用 SVM 的监督分类方法进行分类,得到该地区的信息分类分布图如图 8 所示。

针对上述湿地分类结果图,利用遥感软件的精度评估工具,采用分层随机产生 1 443 个样点对该分类结果图像进行评价,得到分类结果评价报告,见表 3。

表 3 分类结果评价报告

类名	裸岩	湖泊湿地	高山草地	高寒沼泽化草甸	草丛沼泽地	洪泛湿地	行总计	用户精度/%
裸岩	201	0	0	16	0	16	233	86.27
湖泊湿地	0	177	0	0	0	0	177	100
高山草地	7	0	235	23	5	18	288	81.60
高寒沼泽化草甸	14	26	0	353	0	13	406	86.95
草丛沼泽地	0	2	0	0	261	0	263	99.24
洪泛湿地	0	0	0	1	3	72	76	94.74
列总计	222	206	235	393	269	119	1 443	
生产精度/%	90.54	85.92	100	89.82	97.03	60.50		

总体分类精度 = 90.02% ; 总 Kappa 系数 = 0.897 2

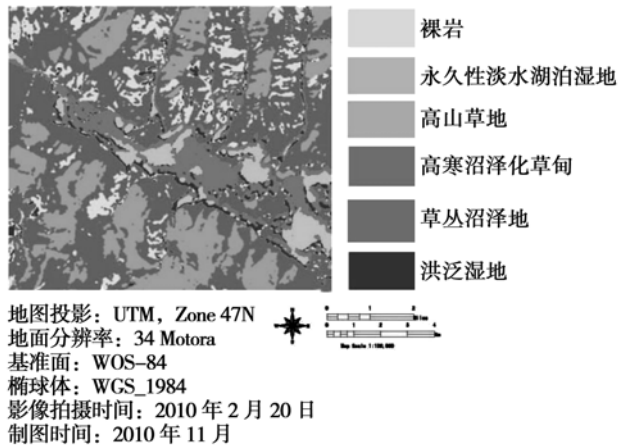


图8 隆宝滩湿地自然保护区分类结果

5 结论与讨论

基于多角度高光谱的 CHRIS 遥感影像,采用穗帽变换 + 波段组合,再应用监督分类 SVM 的方法,其分类精度达到 90.02%,比使用 SVM 方法对单一角度的影像进行分类,其精度大大提高。因此,多角度波段组合的遥感分类方法在湿地信息提取研究中具有良好的应用前景。

(1)采用多角度和高光谱相结合的遥感数据,使地物在同一波段呈现出不同角度的差异,可以更为细致的区分、识别不同地物,并有助于消除同物异谱和异物同谱的影响,提高影像分类精度,提高地物识别准确度。

(2)利用穗帽变换的湿度信息和不同角度的波段组合分类方法,将水、陆和湿地分开提取,可获得理想结果。在信息提取过程中,将不同角度的同一波段进行组合,与湿度图像进行组合,较为清晰的区分开沼泽区域、湖泊湿地和高山草地;利用支持向量机(SVM)的机器学习方法进行统计学习,结合地面植被种类调查,可以较好将高山草地和沼泽化草甸、洪泛湿地等类别分离出来。

(3)影像变换 + 波段组合的分类方法,虽然能够避免传统分类方法产生的“椒盐”现象,但是这很大程度上取决于影像的分割尺度。湿地的分布区域较大,但类别交错,不适当的尺度分割会加大分类难度,最终影响分类精度。如何综合影像的光谱、形状、紧密度、光滑度等因子,并结合研究区域地物的

分布特征和实际应用的需要,获取最优的影像分割尺度,需要做进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 束炯,王强,孙娟. 高光谱遥感的应用研究[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2006(4):1-10
- [2] 牛明香,赵庚星. 南四湖区湿地信息遥感提取技术研究[J]. 国土与自然资源研究,2004(1):51-53
- [3] Fung G, Mangasarian O L. Proximal support vector machines[M]// Lee D. Proceedings of the KDD-2001: Knowledge Discovery and Data Mining, New York: ACM Press, 2001:77-86
- [4] Mangasarian O L, Musicant D R. Lagrangian support vector machines[J]. Journal of Machine Learning Research, 2001(1):161-177
- [5] Mangasarian O L, Musicant D R. Active support vector machine classification[M]// Todd K. Leen, Thomas G D, Volker Tresp. Advances in Neural Information Processing Systems 13, 2000:577-583
- [6] 张志锋,赵文吉,贾萍,等. 北京湿地分析与监测[J]. 地球信息科学, 2004,6(1):53-57
- [7] Ormsby J P, Blanchard B J. Detection of lowland flooding using active micro-wave systems[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,1985,51(3):317-328
- [8] 张云霞,李晓兵,陈云浩. 草地植被盖度的多尺度遥感与实地测量方法综述[J]. 地球科学进展,2003,18(1):85-93
- [9] 张翊涛,陈洋,王润生. 结合自动分区与分层分析的多光谱遥感图像地物分类方法[J]. 遥感技术与应用,2005,209(3):322-327
- [10] 张红,舒宁,刘刚. 多时相组合分类法在土地利用动态监测中的应用[J]. 武汉大学学报:信息科学版,2005,30(2):131-134
- [11] Vapnik V N. The Nature of Statistical Learning Theory[M]. New York: Springer-Verlag, 1995
- [12] Mitsch W J, Gosselink J M. Wetlands[M]. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1986
- [13] Barbara J Kent, Joy Nystrom Mast. Wetland change analysis of San Dieguito Lagoon, California, USA: 1928-1994[J]. Wetlands, 2005,25(3):780-787
- [14] YUE T X, XU B, LIU J Y. A patch connectivity index and its change in relation to new wetland at the Yellow River Delta[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004,25(21):4617-4628
- [15] Duca R, Del Frate F. Multitemporal and multiangular analysis using the corrected images over the area of Pantano (Rome), Tor Vergata and Frascati [C]. 4th ESA CHRIS PROBA Workshop ESA-ESRIN, Frascati, 2006
- [16] 唐小平,黄桂林. 中国湿地分类系统的研究[J]. 林业科学研究,2003,16(5):531-539