

基于ALOS 遥感影像的湿地地表覆被信息提取研究

于欢¹, 张树清², 赵军³, 王秀峰⁴

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059; 2. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012; 3. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所 农业技术中心, 黑龙江 哈尔滨 150081; 4. 北海道大学 农学研究院, 北海道 札幌 060-8589)

摘要: 为了验证 ALOS 遥感影像湿地地表覆被信息提取的可行性, 以黑龙江省三江平原典型内陆淡水沼泽湿地为研究对象, 通过 ALOS 遥感影像波段的光谱及纹理特性分析, 探讨适合水体、旱地、水田、沼泽、林地、建设用地、草甸等覆被类型的分类特征; 基于非监督、监督及面向对象分类方法, 遴选能够实现最优分类结果的特征组合, 为湿地地表覆盖分类数据源及方法的选择提供参考。结果表明: 非监督、监督及面向对象分类方法的总体精度分别达到 63.86%、96.14% 和 85.26%; 非监督分类方法整体分类效果不够理想; 面向对象方法虽然得到了相对较高的分类精度, 但是针对建设用地、林地及草甸地类信息提取的精度处于较低水平; 监督分类方法能取得较好效果, 最适合于湿地地表覆被信息提取。

关键词: ALOS 遥感影像; 湿地; 覆被; 信息提取; 三江平原; 黑龙江省

中图分类号: TP75; P237 文献标志码: A 文章编号: 1672-6561(2010)03-0324-07

Study on Wetland Cover Information Extraction Based on ALOS Remote Sensing Image

YU Huan¹, ZHANG Shu-qing², ZHAO Jun³, WANG Xiu-feng⁴

(1. School of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, Jilin, China; 3. Center of Agricultural Technology, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081, Heilongjiang, China; 4. Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-8589, Hokkaido, Japan)

Abstract In order to verify the feasibility of wetland cover information extraction for ALOS remote sensing image, classic inland freshwater wetland in Sanjiang Plain was taken as an example, spectral and textural characteristics of the image were analyzed, and classification characteristics of different cover types were discussed. Based on the methods of unsupervised, supervised and object-oriented classifications, the optimum combination of characteristics was selected to provide references for the data and method selections of wetland cover classification. The results showed that the accuracy with unsupervised, supervised and object-oriented classifications reached 63.86%, 96.14% and 85.26%, respectively; characteristics were poor by means of unsupervised classification; the accuracy with object-oriented classification was very high, but construction, wood and grass cover types were differentiated difficultly; supervised classification was very suitable for wetland cover information extraction.

Key words: ALOS remote sensing image; wetland; cover; information extraction; Sanjiang Plain; Heilongjiang Province

0 引言

湿地是地球上水陆相互作用形成的独特生态

系统, 是自然界生物多样性最丰富的生态景观和人类最重要的生存环境之一^[1]。随着社会经济的飞速发展, 人地冲突不断加剧, 湿地资源面积急速减

收稿日期: 2009-10-20

基金项目: 国家科技基础条件平台项目(2006DKA32300-04); 国家“十一五”科技支撑计划重点项目(2006BAD23B03)

作者简介: 于欢(1981-), 男, 辽宁法库人, 理学博士, 从事遥感信息提取研究。E-mail: yuhuan0622@126.com

少,功能逐渐退化,湿地调查、管理与保护工作需要先进的技术手段支持。基于卫星遥感影像快速、准确地提取湿地覆被信息具有监测范围大、信息量大、更新时间快、实时性和动态性且对被调查对象不产生破坏的特点^[2],已成为湿地调查、监测、管理与保护的重要手段。

2006年发射的ALOS卫星(Advanced Land Observation Satellite)是日本国家空间发展局(NASDA)研制的新一代陆地观测技术卫星^[3]。其光学影像因具有分辨率高、性能好、价格低等优点,已被广泛应用到城市规划^[4-5]、土地覆被/利用分类^[6-7]、水文参数监测^[8]等领域。笔者基于ALOS遥感影像,以黑龙江省三江平原典型内陆淡水沼泽湿地为对象,通过地表覆被波谱特性分析,认知影像各波段探测能力,运用非监督、监督及面向对象分类的方法开展湿地覆被信息提取实验,构建适合ALOS遥感影像湿地覆被信息精确提取的理论方法与技术体系,验证ALOS遥感影像湿地覆被信息提取的可行性,拓展了ALOS遥感影像的应用领域。

1 研究区概况

研究区位于黑龙江省三江平原东北部(图1),其中含有三江与洪河两个国家级自然保护区的大部分区域,是典型的内陆淡水沼泽湿地区域,年平均降雨量为497~616 mm,属于温带湿润季风气候。区内泡沼遍布,河流纵横,湿地覆被类型多样,分布有黑龙江、浓江、鸭绿河、沃绿兰河等水系,水文条件十分复杂。根据研究区地表实际状况,将分

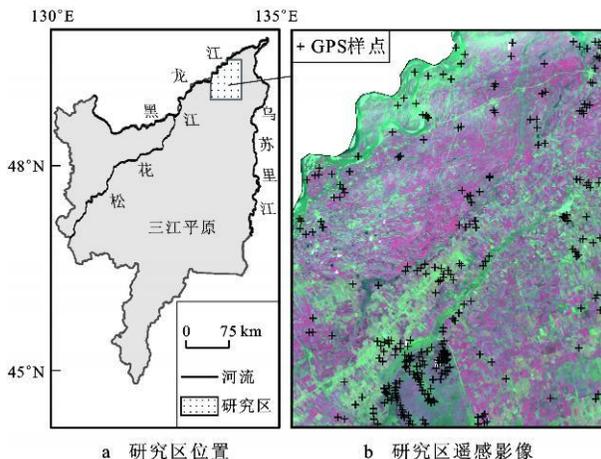


图1 研究区位置及ALOS遥感影像
Fig. 1 Location of Experiment Region and ALOS Remote Sensing Image

类目标确立为水体、旱地、水田、沼泽、林地、建设用地、草甸7种地表覆被类型。

所用的ALOS遥感影像数据拍摄于2008年9月4日,共有4个多光谱波段,分辨率为10 m,原始影像数据已经过辐射校正和几何粗校正,为UTM GRS1980投影;基于ALOS遥感影像派生两个重要特征影像数据:归一化植被指数(NDVI)与第一主成分(PC1),以验证其在覆被信息提取中的作用。另有研究区2006—2008年实地调查的GPS样点数据,用于覆被类型识别及精度验证。

2 结果与分析

2.1 遥感影像波段光谱特性

ALOS遥感影像共包含4个波段的数据,各个波段的波谱范围不同,导致对相同地表覆被及相同波段对不同地表覆被的探测能力有所差异。通过多种信息筛选和提取方法,充分了解各个波段的探测能力,有助于积极解决遥感信息提取中遇到的不利因素,有利于后续的地表覆被信息提取。通过均值、亮度差、标准差以及信息熵等4项指标反映遥感影像数据各波段的信息量,其计算公式可见参考文献[9-10]。经计算得到影像各波段的信息量统计结果(表1)。

表1 ALOS遥感影像各波段信息量统计

Tab. 1 Quantitative Statistics of Spectrum Information of ALOS Remote Sensing Image

项目	第1波段	第2波段	第3波段	第4波段
均值	78.725	67.705	48.934	81.731
亮度差	193	219	234	251
标准差	6.877	9.441	11.976	19.668
信息熵	4.219 8	5.001 1	5.191 2	6.094 9

从表1可以看出,第4波段在均值、亮度差、标准差和信息熵4项指标上,均较其他波段具有明显优势;第3波段在亮度差、标准差和信息熵指标上,较第1、2波段具有一定优势;第2波段在亮度差、标准差和信息熵指标上较第1波段具有一定优势。

为了获取各种覆被类型在多光谱波段中的分异特性,针对每种覆被类型在研究区分别选取30个典型样本点像元作为统计数据,绘制不同地表覆被类型的盒须图(图2)。从图2可以看出,建设用地区在第2、3波段及PC1特征中与其他覆被类型分异性表现较好,因此第2、3波段及PC1特征适合进行建设用地覆被类型的提取,水体在第4波段中与

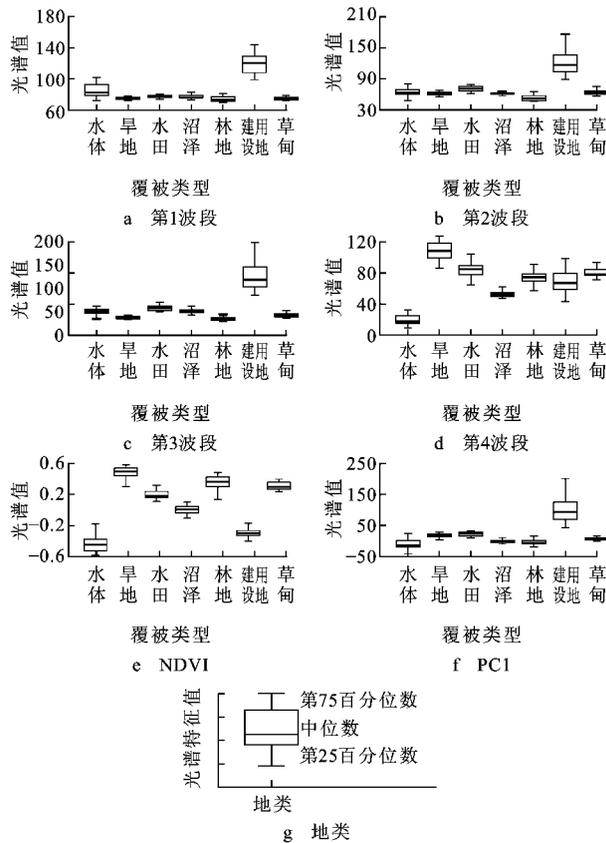


图 2 ALOS 遥感影像典型覆被样本盒须图

Fig. 2 Box Plot of Classic Cover Samples of ALOS Remote Sensing Image

其他覆被类型分异性表现较好,因此这类数据源适合提取水体。另外,沼泽、草甸、旱地 3 种地类在第 4 波段及 NDVI 中相互间表现出很好的可分性,其他地类之间虽然有一定的光谱范围值重叠,但是相对于其他波段而言,在第 4 波段及 NDVI 中仍表现出了相对较好的可分性。

2.2 影像波段纹理特性

遥感影像的纹理特征反映自然景观和目标地物的内部结构,是地物识别和信息提取的重要依据之一。为了进一步分析各覆被类型在遥感影像纹理特征中的光谱特性及可分性,基于样本点针对 ALOS 遥感影像 4 个波段及 2 个派生特征进行纹理特征的像元值采集,并绘制纹理特征均值光谱曲线。考虑到基于灰度共生矩阵的纹理描述方法可以在很大程度上改进遥感影像的分类精度^[11],利用 ENVI4 软件生成 8 个基于灰度共生矩阵的纹理特征,分别是均值(Mean)、方差(Variance)、同质性(Homogeneity)、反差(Contrast)、相异性(Dissimilarity)、熵(Entropy)、二阶矩(Second Moment)及

自相关(Correlation),基于纹理特征影像及样本点生成均值光谱曲线(图 3)。

通过图 3 可以看出,第 1、4 波段均值特征对于提取水体信息较好;第 4 波段及 PC1 均值特征对于提取旱地信息较好;第 2~4 波段均值特征可用于水田信息提取;第 2 波段均值、第 4 波段同质性与二阶矩及熵对于提取林地信息较好;第 3、4 波段均值特征能够较好地进行沼泽信息提取;能够用于提取建设用地的纹理特征同样较多,第 1 波段的对比度及同质性、第 2 波段相异性及方差、第 3 波段及 PC1 方差特征均能用于提取建设用地信息;第 3、4 波段及 PC1 纹理特征能够用于草甸信息的提取。

基于 ALOS 遥感影像波段光谱及纹理特性,总结出适于各覆被类型信息的提取特征(表 2)。

表 2 ALOS 遥感影像覆被类型分类特征

Tab. 2 Classification Characteristics of Cover of

ALOS Remote Sensing Image		
覆被类型	光谱特征	纹理特征
水体	第 4 波段; NDVI; 第 4 波段最大值	第 1、4 波段均值
旱地	第 4 波段; NDVI; 第 4 波段最小值; NDVI 最大值	第 4 波段均值; PC1 均值
水田	第 4 波段; NDVI	第 2~4 波段均值
沼泽	第 4 波段; NDVI	第 3、4 波段均值
林地	第 4 波段; NDVI	第 2 波段均值; 第 4 波段同质性; 第 4 波段二阶矩
建设用地	第 1~3 波段; 第 1~3 波段最大值	第 1 波段对比度; 第 1 波段同质性; 第 2 波段相异性; 第 2、3 波段方差; PC1 方差
草甸	第 4 波段; NDVI	第 3、4 波段均值; PC1 均值

2.3 分类结果

基于表 2 中分类特征,开展非监督、监督及面向对象分类实验,通过误差矩阵及 Kappa 系数^[12]评价分类精度,初步遴选有助于提高分类精度的光谱及纹理特征,通过遴选特征之间的不同组合,分别进行 3 种分类实验,进一步确立能够实现最高精度的特征组合,最后基于多种数据源及方法的比较,确立用于研究区地表覆被分类的数据源及方法体系。

2.3.1 非监督分类法

非监督分类已发展出多种算法^[13],动态聚类法就是其中一种,最早由 Ball 等^[14]提出,是利用聚类分析对遥感影像进行分类的一种经典方法。研究基于 ALOS 遥感影像第 1~4 波段与 NDVI、PC1 以及表 2 中相应纹理特征分别进行组合,针对研究

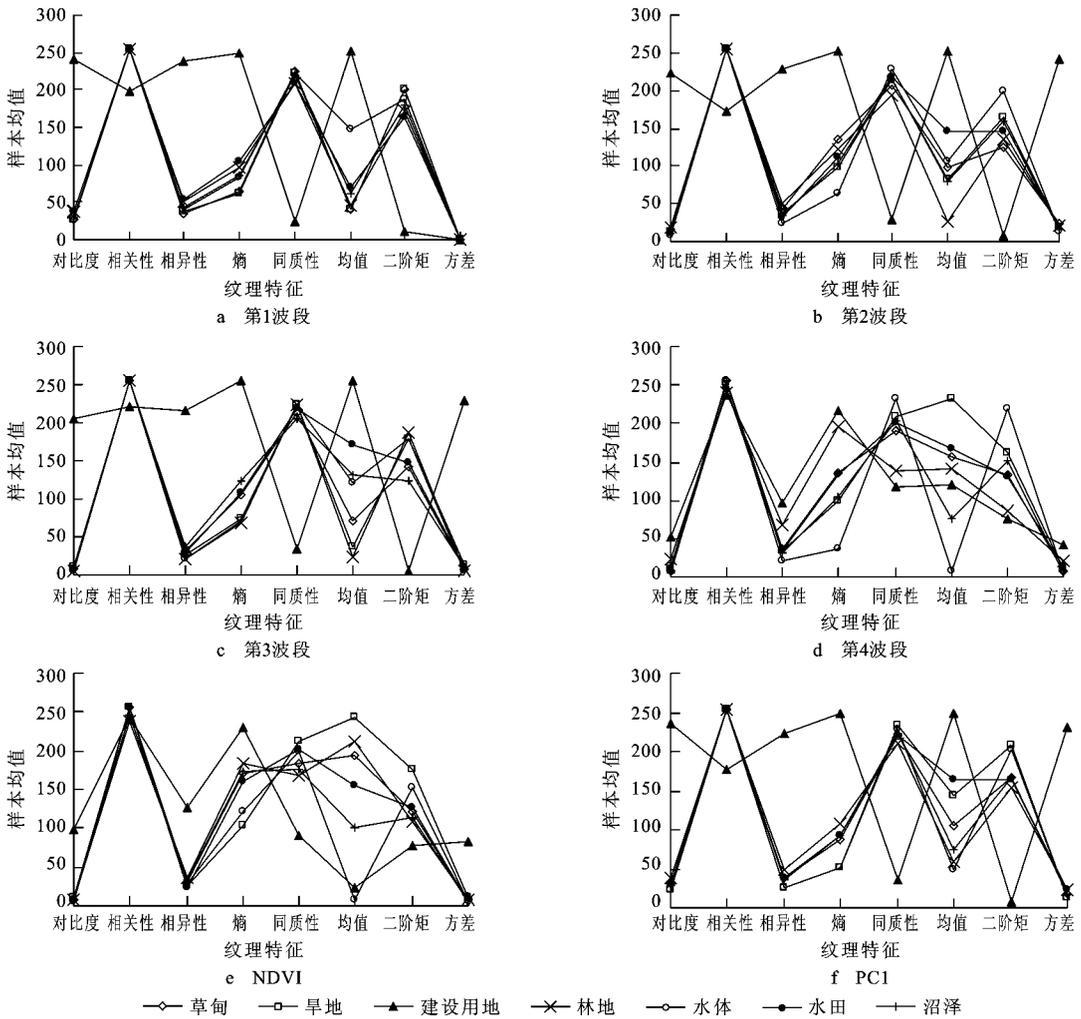
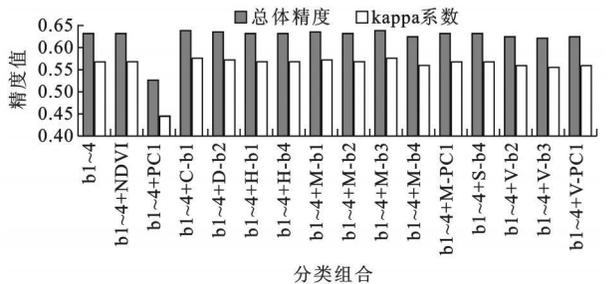


图 3 ALOS 遥感影像地表覆被纹理特征曲线

Fig. 3 Texture Spectrum Curves of Cover of ALOS Remote Sensing Image

区 7 种地表覆被类型在 ERDAS IMAGINE 软件下进行 ISODATA 非监督分类, 分类结果精度如图 4。通过结果的精度理解 NDVI、PC1 及各纹理特征对分类结果的影响机制, 发掘除影像 1~4 波段外能够进一步提高分类精度的影像特征。

图 4 表明, 第 1~4 波段与 PC1 的组合取得了非常低的精度值, 表明 PC1 特征对分类结果具有强烈的负面影响。第 1~4 波段与第 1 波段的对比度纹理特征、第 2 波段的相异性纹理特征, 第 1、3 波段的均值纹理特征的组合改善了分类精度, 表明这些均值纹理特征有助于研究区覆被类型的提取。第 1~4 波段与第 4 波段的均值纹理特征和第 2、3 波段及 PC1 的方差纹理特征组合在一定程度上均降低了分类精度, 表明这些纹理特征对于研究区覆被类型的提取具有一定的负面影响。第 1~4 波段与 NDVI 及其他剩余纹理特征组合的



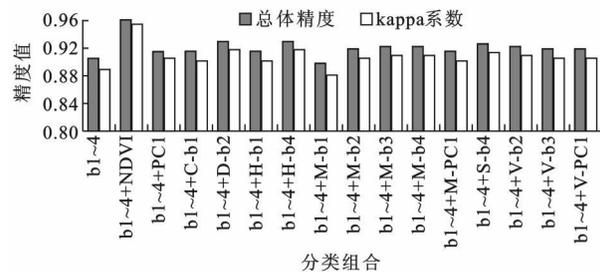
b1~4—第 1~4 波段; C—反差 D—相异性; H—同质性; M—均值; S—二阶矩; V—方差

图 4 ALOS 遥感影像特征组合非监督分类精度

Fig. 4 Accuracy with Unsupervised Classification of Characteristics Combination of ALOS Remote Sensing Image 分类精度仅与第 1~4 波段参与分类相同, 表明 NDVI 及这些纹理特征均不能明显改善分类效果, 对于应用非监督分类方法对研究区覆被类型提取没有积极作用。

2.3.2 监督分类

监督分类是用被确认类别的样本像元去识别其他未知类别像元的过程^[12]。在监督分类中可以采用多种不同的算法,其中最大似然法是用于湿地制图的最常用方法^[15-16]。基于 ALOS 遥感影像各波段与 NDVI、PC1 以及表 2 中相应纹理特征分别进行组合,针对研究区 7 种地表覆被类型在 ERDAS IMAGINE 软件下进行最大似然监督分类,监督分类训练样本根据研究区实地 GPS 调查点属性人为进行确定,分类结果精度如图 5。



b1~4—波段 1~4; C—反差; D—相异性; H—同质性; M—均值; S—二阶矩; V—方差

图 5 ALOS 遥感影像特征组合监督分类精度

Fig. 5 Accuracy with Supervised Classification of

Characteristics Combination of ALOS Remote Sensing Image

图 5 表明,针对各个组合,总体精度及 Kappa 系数均维持在较高水平。第 1~4 波段与第 1 波段均值纹理特征的组合降低了分类精度,表明此特征对分类结果具有一定程度的负面影响。第 1~4 波段与其他特征组合都不同程度地改善了分类精度,表明这些特征均有助于研究区覆被类型的提取。

2.3.3 面向对象分类法

面向对象的遥感影像分类技术是针对高分辨率影像应用而兴起的一种新的遥感分类技术,由于其在遥感信息提取中综合考虑了光谱统计特征、形状、大小、纹理、上下纹及空间关系等一系列因素,引起了普遍重视^[17]。面向对象遥感影像分类过程包括分割、特征空间定义、分类及后处理关键步骤。分割工作是基于多光谱数据而进行的,波段数据参与程度的不同会导致分割结果有所不同。因此确定参与分割过程各个波段的权重,成为面向对象遥感影像分类遇到的一个关键问题。实验分别针对考虑各波段分割权重及不考虑条件下进行分类,通过精度评价探讨分割权重对分类结果的影响。分类特征空间的定义直接采用表 2 内各项,针对采用与不采用纹理特征分别进行分类,以探索各纹理特

征对分类结果的影响。另外,在面向对象分类过程中,训练样本的选择对于分类结果影响较大,为了保证实验结果的客观性及科学性,针对各覆被类型分别构建两组训练样本,每组训练样本由两个典型覆被类型样本组成,针对两组训练样本分别进行分类,并且在分类过程中不加以任何的人为后处理等影响分类结果的措施。在 Definiens Developer7 软件下进行面向对象分类,结果精度如图 6。

从图 6 可以看出,针对 ALOS 遥感影像,权重分析对 7 种地类提取无明显影响,因此采用无权重的影像分割进行初始对象获取。针对水体、水田、草甸,纹理特征对分类效果无明显影响;针对旱地及林地,纹理特征在一定程度上能够改善分类效果;针对沼泽、建设用地,则具有一定的负面影响。

2.3.4 精度对比分析

在非监督与监督分类实验过程中发现,初步遴选出有助于提高分类精度的光谱及纹理特征之间的某些组合确实能够进一步提高分类精度,但是也存在一些组合反而降低了组合之前所能达到的精度。对此,基于前述非监督、监督分类实验所遴选出的光谱及纹理特征,针对各特征之间的不同组合进行再次分类实验,分别得到各个组合所得的分类精度,通过结果对比分析,得出能够取得最高分类精度的特征组合。基于面向对象分类实验结果,确定能够提高分类精度的纹理特征,再次开展分类,通过样本优化及分类后处理,再次获取分类结果及评价。综合非监督、监督及面向对象最后分类结果(图 7),确定各自能够取得最高精度的特征组合,并给出具体精度(表 3)。

表 3 最优分类特征组合及相应分类精度

Tab. 3 Optimum Combinations of Classification Characteristics and Those Accuracy

遥感影像	分类方法	特征组合	总体精度/%
ALOS	非监督	第 1~4 波段; 第 1 波段反差; 第 2 波段异质性; 第 1、3 波段均值	63.86
	监督	第 1~4 波段; NDVI	96.14
	面向对象	第 1~4 波段; NDVI; 第 1~4 波段最大值; NDVI 最大值; 第 4 波段最小值; 第 2、4 波段均值; PC1 均值; 第 4 波段同质性; 第 4 波段二阶矩	85.26

从表 3 可以看出,采用面向对象分类方法,

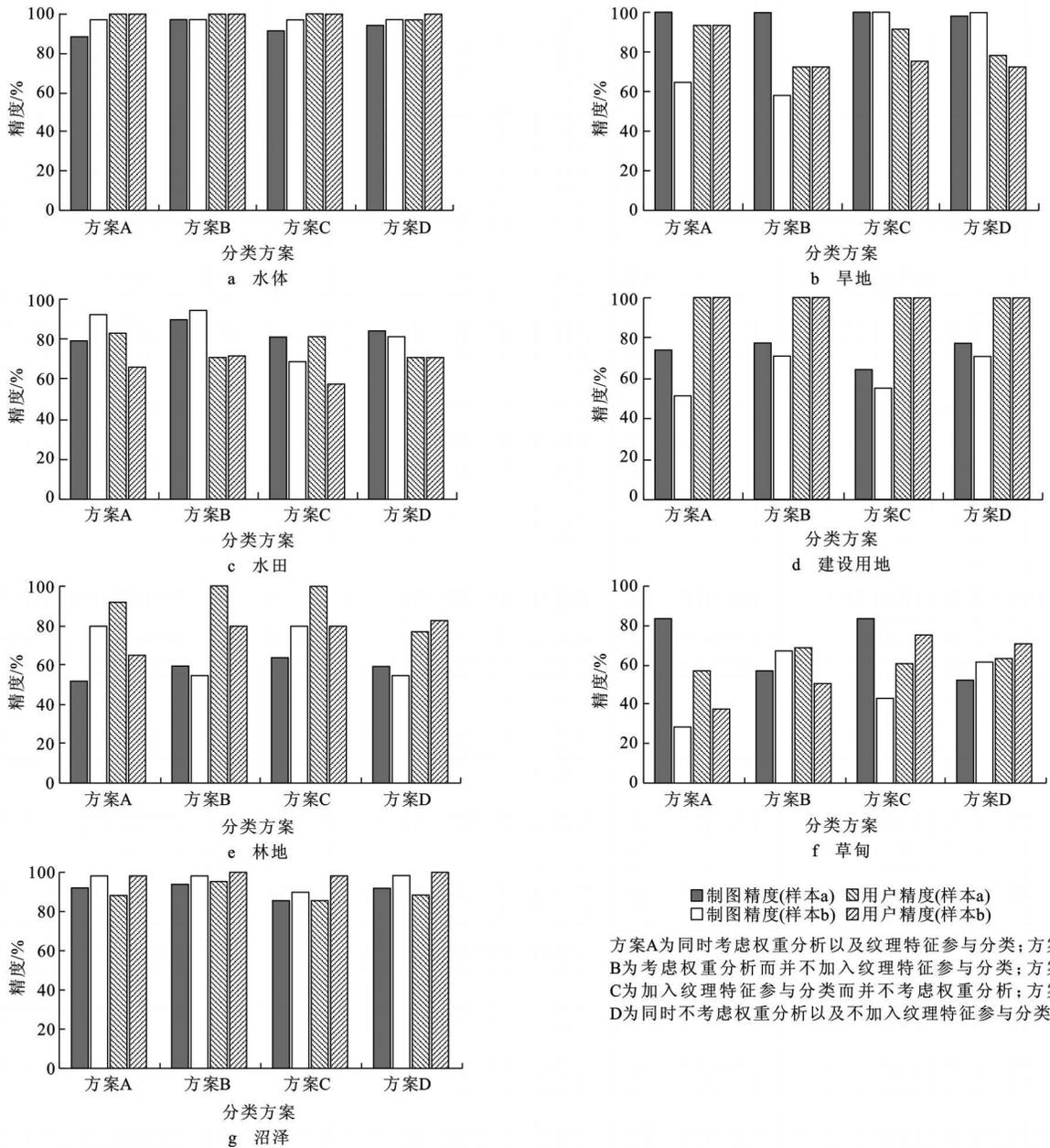


图 6 面向对象分类精度

Fig. 6 Accuracy with Object-oriented Classification

ALOS 遥感影像的总体精度较最大似然监督分类方法具有一定差距。造成这种现象的主要原因是沼泽、草甸、林地等覆被类型空间分布交错复杂且较为零散, 并受遥感影像的空间分辨率所限, 导致在面向对象分类的分割过程中分割结果难以准确反映实地对象, 因此最终影响了分类效果。据此可以得出, 虽然新近发展起来的面向对象分类方法具有诸多优点, 但是传统的基于像元分类方法在基于 ALOS 遥感影像进行湿地地区地表覆被分类过程中的效果相对较好。非监督分类方法效果明显不够

理想, 说明这种方法对湿地地区这种复杂地表状况表现较差, 不宜采用。

3 结语

(1) 通过 ALOS 遥感影像各波段、NDVI、PC1 特征的光谱、纹理特性分析及多次分类实验, 遴选出能够有效进行研究区地表覆被分类的影像特征, 为沼泽湿地地区地表覆被分类数据源的选择提供了基本依据。

(2) 基于 ALOS 遥感影像, 通过 3 种方法开展

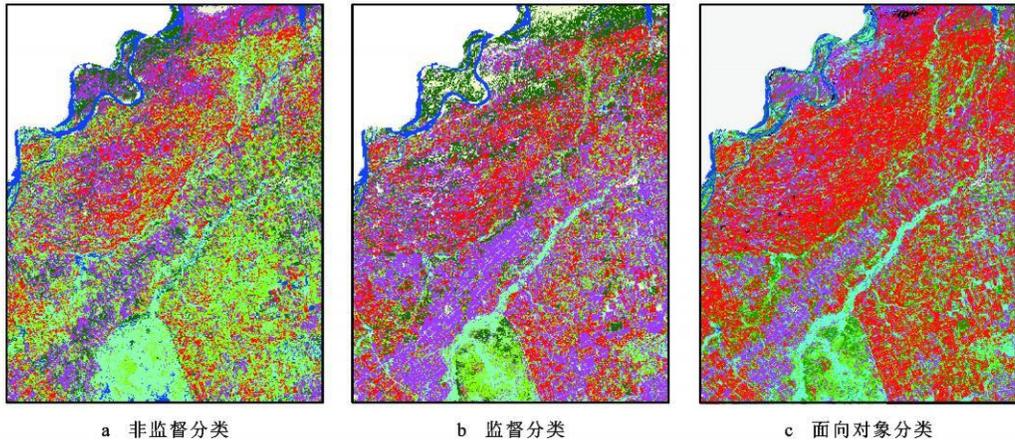


图 7 非监督、监督、面向对象分类的结果

Fig. 7 Result of Unsupervised, Supervised and Object-oriented Classifications

了湿地地区地表覆被分类实验, 非监督、监督、面向对象分类方法的总体精度分别为 63.86%、96.14%和 86.81%, 面向对象方法虽然取得了相对较高的精度值, 但较最大似然监督分类方法仍有较大差距, 非监督分类方法取得了较低的精度值, 不宜采用。

(3) 监督分类方法能够达到较高精度, 是由多种原因造成的: 实验区域相对较小; 季相原因导致的数据质量较好; 对实验区域的熟悉程度较高; 多光谱数据的地表覆被探测能力较强等。面向对象分类方法精度相对较低的主要原因是草甸、林地等覆被类型空间分布交错复杂且较为零散, 并受遥感影像的空间分辨率所限, 导致在面向对象分类的分割过程中分割结果难以准确反映实地对象, 并最终影响了分类效果。

参考文献:

[1] 陈宜瑜. 中国湿地研究[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995.

[2] 党安荣, 王晓栋, 陈晓峰, 等. ERDAS IMAGING 遥感图像处理方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

[3] COSPAR. ALOS Launch[J]. COSPAR Information Bulletin, 2006(165): 9-11.

[4] 易文斌, 蒋卫国, 国巧真, 等. 基于 ALOS 数据的城市景观格局信息提取研究——以北京市海淀区为例[J]. 遥感信息, 2008(4): 33-38.

[5] Thapa R B M, Urayama Y. Urban Mapping, Accuracy and Image Classification: a Comparison of Multiple Approaches in Tsukuba City, Japan[J]. Applied Geography, 2009, 29(1): 135-144.

[6] Radiarta I N, Saitoh S I, Miyazono A. GIS-based Multi-criteria Evaluation Models for Identifying Suitable Sites for Japanese Scallop (*Mizuhopecten Yessoensis*) Aquaculture in Funka Bay, Southwestern Hokkaido, Japan[J]. Aquaculture, 2008, 284(1/4): 127-135.

[7] 曹敏, 史照良, 沈泉飞. ALOS 影像在土地覆被分类中最佳波段选取的研究[J]. 测绘通报, 2008(9): 16-18.

[8] 周华林. ALOS 数据在长江南京段水体悬浮泥质监测中的应用[J]. 科教文汇, 2008(8): 272-273.

[9] 郑学芬, 林宗坚, 范丽, 等. 遥感影像信息量的计算方法研究[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2008, 27(1): 80-83.

[10] 张韬, 吕洪娟, 孙美霞, 等. 遥感多光谱数据在内蒙古西部湿地监测中最佳波段选取的应用研究——以乌梁素海域为例[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(4): 102-106.

[11] Marceau D J, Howarth P J, Dubois J M, et al. Evaluation of the Grey-level Co-occurrence Matrix Method for Land-cover Classification Using SPOT Imagery[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1990, 28(4): 513-519.

[12] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

[13] 刘湘南, 佟志军, 刘志明, 等. 遥感数字图像处理与分析[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2005.

[14] Ball G H, Hall D J. Isodata, a Novel Method of Data Analysis and Pattern Classification [R]. Silicon Valley: Stanford Research Institute, 1965.

[15] Ernst C L, Hoffer R M. Digital Processing of Remotely Sensed Data for Mapping Wetland Communities[R]. West Lafayette: Purdue University, 1979.

[16] Yi G C, Risley D, Koneff M, et al. Development of Ohio's GIS-based Wetlands Inventory[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1994, 49(1): 23-28.

[17] Baatz M, Benz U, Dehghani S, et al. Cognition Elements 4.0 User Guide[M]. München: Defines Imaging, 2004.