

DOI: 10.3876/j.issn.1000-1980.2011.04.001

面向对象的黄河源典型区湿地信息提取

安如, 陈志霞, 陆玲, 杨仁敏, 李晓雪, 吴红, 龚天宇, 曲春梅

(河海大学地球科学与工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:以黄河源玛多县为实验区, 遥感 TM 影像和 DEM 为数据源, 在研究区湿地定义、成像机制及其地学规律分析的基础上确定了湿地遥感提取的分类体系和湿地信息提取的有效特征(包括光谱、纹理、地形和结构特征), 并构建了面向对象的遥感湿地提取方法。实验显示: 该方法湿地提取的总精度为 90.13%, Kappa 系数为 88.33%, 比常用的最大似然监督分类方法和决策树分类结果的精度有较大提高; 采用该方法可以减少目视解译的工作量和主观性。

关键词:湿地; 信息提取; 面向对象; 黄河源典型区; TM 影像

中图分类号: P467 文献标志码: A 文章编号: 1000-1980(2011)04-0355-06

湿地是地球上独特的生态系统, 位于陆地与水生态系统之间, 是两者之间的过渡带。湿地在水源涵养、减缓径流、蓄洪防旱、防灾抗灾、降解污染、维持生物多样性, 为人类生产、生活提供多种资源, 调节气候等方面有着其他生态系统不可替代的作用, 被称为地球的“肾脏”^[1-4]。黄河源区湿地是我国青藏高原湿地的重要组成部分, 对其类型、面积、分布和功能等进行调查、分析和研究十分必要。通过湿地信息提取研究, 可以提供黄河源区湿地生态系统的本底数据资料以及用于科学分析的多层次信息, 为黄河源区的湿地生态环境及其生物多样性的保护和合理利用、湿地的恢复和重建提供科学依据^[5-7]。

遥感技术的发展, 为人们了解黄河源区湿地类型和面积等概况提供了丰富的数据源和独特的技术方法。国内外学者对利用遥感提取湿地信息进行了多方面的探讨^[6-21], 但由于问题的复杂性, 湿地信息智能化提取精度难以有实质性的突破。到目前为止, 大区域实用化湿地信息提取大多采用人机交互目视解译方法^[6-7]。人机交互目视解译方法效率低, 受解译者个体主观认识影响大, 并且湿地提取中主要应用光谱特征, 其他特征如几何特征、上下文特征和结构特征等应用并不普遍。另外, 以上的湿地信息提取研究大多采用传统的面向像素的遥感分类方法, 其处理的基本单元是像元, 在不考虑上下文时, 像元只是代表了地面上一定大小的规则地块。这种以单个像元为单位的分类技术只能着眼于局部, 忽略了邻近整块图斑的几何结构情况, 因此严重影响了信息提取的精度。面向对象的信息提取方法处理的基本单元是对象, 可以综合运用对象的光谱、形状及邻近关系等特征进行分类, 能避免传统面向像素分类产生的“椒盐”现象, 接近人的目视解译思维习惯, 因而有助于提高湿地信息提取的精度。

本研究在遥感 TM 影像和 DEM 数据的基础上, 基于遥感、地学原理, 综合利用湿地的光谱、纹理和结构特征, 并结合湿地的地学知识, 应用遥感信息提取面向对象的方法, 研究如何利用计算机自动识别和提取三江源区的湿地, 为同类研究和应用提供先进的方法手段。

1 研究区与实验数据

研究区位于黄河源头的玛多县, 总面积 25253 km², 范围为北纬 33°50′~35°40′, 东经 96°50′~99°20′, 平均海拔 4500 m, 地处巴颜喀拉山北麓, 隶属于果洛藏族自治州。玛多县是黄河流经的第一个县, 境内的鄂陵湖和扎陵湖是黄河流域最大的 2 个湖泊, 也是三江源区有名的 2 大淡水湖。该地区由于河流湖泊众多, 因而发育着大量的沼泽湿地, 成为研究黄河源湿地变化的典型地区。

研究区覆盖玛多县的大部分范围, 区域大小为 4229 × 3261 个像元, 面积约为 12412 km², 由于夏季湿地

收稿日期: 2010-10-09

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划(2006BAC08B00); 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2009CB421105)

作者简介: 安如(1963—), 女, 江苏淮安人, 教授, 博士, 主要从事遥感和地理信息系统研究。E-mail: anrunj@163.com

信息提取的效果好于冬季,所以本文采用2007年8月13日的TM影像。

2009年7月29日—8月20日进行了野外实地调查,获得了丰富的研究区地面实况数据。

基础资料包括1:4 000 000地质图、1:4 000 000地貌图、1:100 000地形图、土地利用现状图、100 m分辨率的DEM数据、1:500 000草地植被图、水系图和气象数据。

地形图主要用于几何校正,地形图、土地利用图上提供的沼泽、河流、湖泊等信息可以辅助遥感解译与精度验证。为了得到与TM影像相适应的分辨率,将100 m分辨率的DEM数据重新采样成30 m分辨率的DEM数据。地质和地貌图主要用于辅助判读。

2 湿地分类体系

在进行野外实地调查的基础上,根据《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》(简称《湿地公约》)及相关文献^[27-28]结合工作区的实际情况,已有的土地利用图以及遥感的可分性,确立了研究区土地利用与覆盖分类体系:灌木林、高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地、永久性冰川雪地、湿地、沙地、盐碱地、裸岩石质地和其他用地。

该研究区湿地类型分为河流、湖泊、滩地和沼泽。本研究中玛多实验区没有永久性冰川雪地类型。

3 用于湿地信息提取的有效特征

分析研究^[22-25]表明,用于湿地信息提取的有效特征主要包括各波段光谱及派生特征、地形特征、纹理特征、结构特征和几何特征。(a)TM的6个波段反射率均值(V_0)。主要用于对象分割和最近邻分类,其中TM4波段反射率的均值(V_2)还用于决策树中水体的提取。(b)坡度特征(V_1)。主要用于区分湿地和其他地物类型。(c)湿度特征(V_8)。主要用于最近邻分类以及湿地和草地的区分。(d)NDWI特征。用于水体的提取。(e)NDVI特征(V_6)。主要用于草地和沼泽的提取。(f)长宽比(V_7)。用于河流的提取。(g)纹理特征中的对比度。用到了总的对比度(V_3)和TM1波段的对比度(V_5)。该特征主要用于河流、滩地和沼泽的区分。(h)面积特征(V_4)。主要用于小湖泊的提取。

为了采集样本及分析判断分类精度,通过实地调查以及对照土地利用图进行影像目视判读,对黄河源区各个地物类型在TM和ETM+影像上的表征进行了定性分析,确定的各地物类型解译标志如图1所示。

4 多尺度分割

地理实体的格局与过程普遍存在尺度依赖性。对于特定的地学目标,选择一个最优尺度的遥感信息进行分析研究才能正确地反映其空间分布结构特性。研究区存在多种地物类型,需要对不同类型的地物采用不同的分割尺度。可以用均值方差方法和最大面积法^[26]来确定最优分割尺度。研究发现,最大面积法并结合目视分析适合本研究的最优分割尺度的确定,如图2所示。最终确定的最优分割尺度分别为10、35和55(图3)。在找出每种地物类型最优尺度的基础上,通过构建影像对象之间的层次等级网络来区分不同的地物类型。在大量试验的基础上,通过目视判断分析,分割时形状因子设为0.2,光滑度和紧密度因子设为0.5。

分割结果所形成的对象是进行分类的基础。在不同的尺度层次上提取不同的地物类型信息。在尺度55层次上,主要提取湖泊、沙地和裸岩石质地3种地物类型;在尺度35层次上,主要提取草地和沼泽2种地物类型;在尺度10层次上,主要提取河流和滩地2种地物类型。

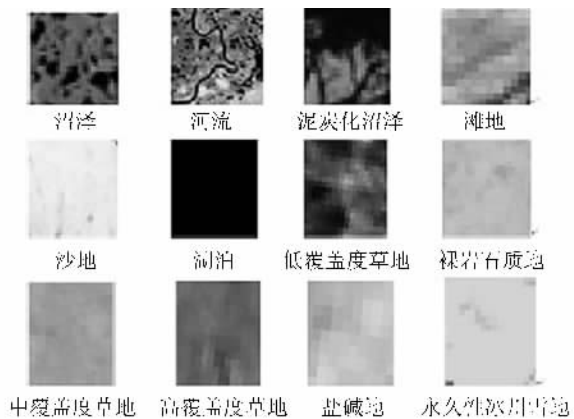


图1 黄河源区各地物类型解译标志
Fig. 1 Interpretation signs of various land cover types in headwater region of Yellow River

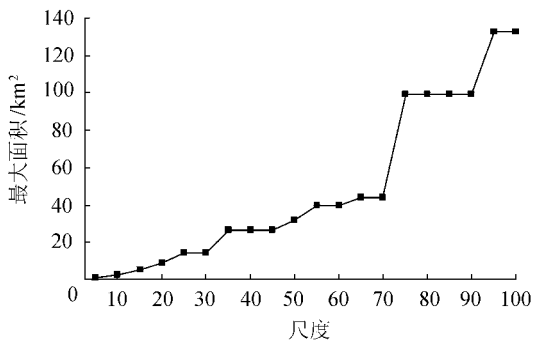


图2 最大面积与尺度的关系曲线
Fig. 2 Relation curve of largest area and scale

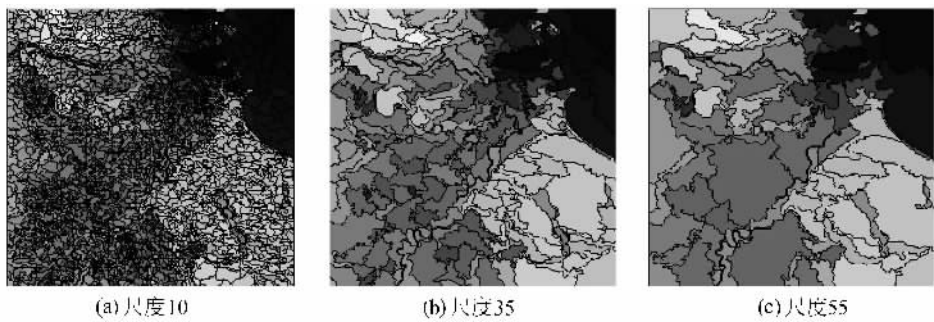


图 3 多尺度分割结果
Fig. 3 Results of multi-scale segmentation

5 面向对象的湿地信息提取与精度验证

采用最近邻、隶属度分类器和决策树相结合的方法,对不同地物在不同尺度层次上进行信息提取,其技术流程如图 4 所示。

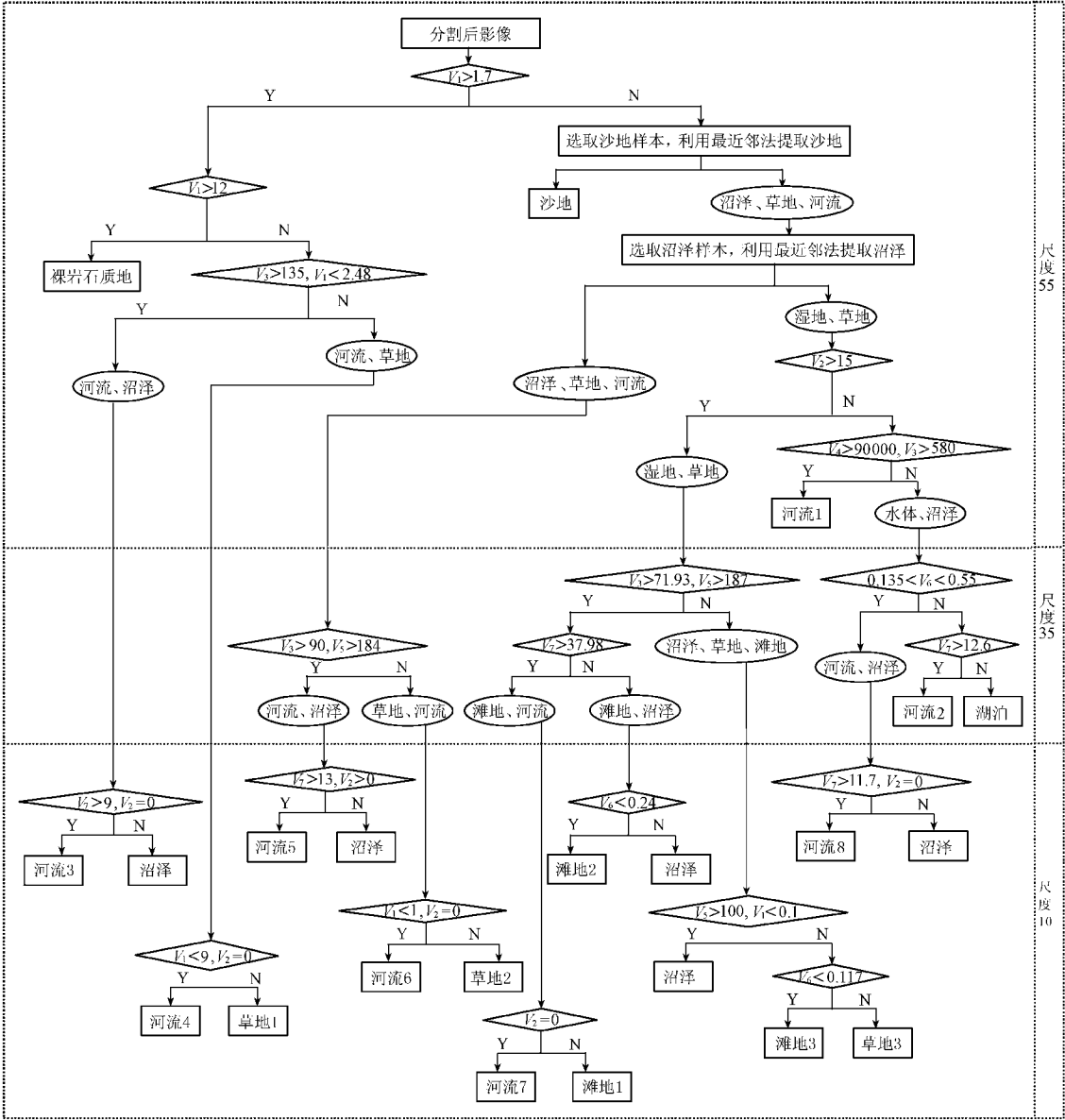


图 4 湿地信息提取技术流程
Fig. 4 Flow chart of wetland information extraction

沙地呈大片均匀分布,且和其他地物的特征差别较大,适宜的分割尺度大,因此在尺度 55 上利用最近邻法提取沙地.裸岩石质地影像特征较为明显,且分布的坡度较大,因此在尺度 55 上设置坡度阈值提取裸岩石质地.其余混分地物类型信息继续在尺度 35 和 10 上利用隶属度函数和多个特征进行提取.提取结果如图 5、图 6 和图 7 所示.

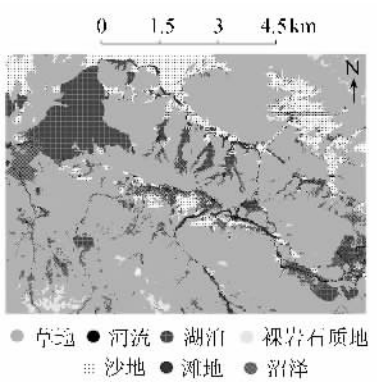


图 5 湿地提取结果

Fig. 5 Results of wetland extraction

为了使评价结果客观可信,本研究利用分层系统取样结合分层随机取样的方法选取样本.在格网的交界点处进行系统取样,由于沼泽、滩地和河流分布不均,且分布面积较小,样本数不够,因此采用分层随机取样方式进行地物类型的补充取样.最终选取了湖泊 124 个样本、沼泽 200 个样本、河流 167 个样本、滩地 112 个样本、草地 263 个样本、裸岩石质地 67 个样本和沙地 110 个样本,如图 8 所示.分类精度评价如表 1 和表 2 所示.

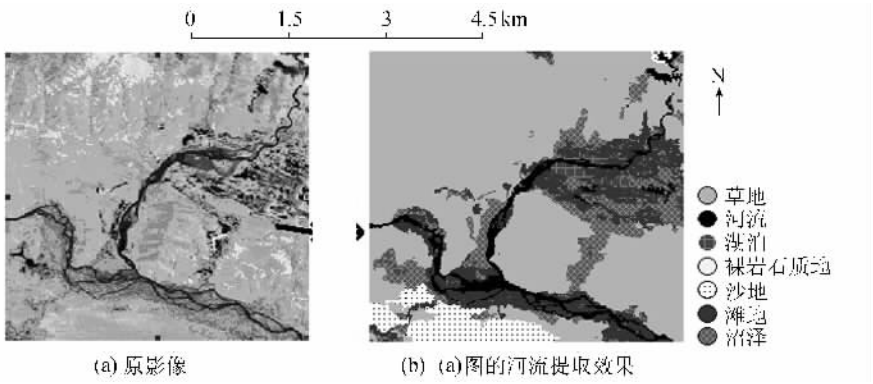


图 6 河流提取效果

Fig. 6 Results of river extraction

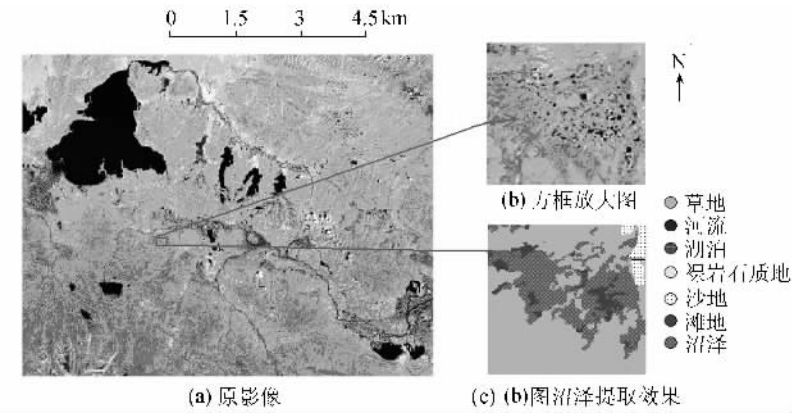


图 7 沼泽提取效果

Fig. 7 Results of swamp extraction

表 1 面向对象分类混淆矩阵

		地面参考像元数								
地物类型及像元数		湖泊	沼泽	河流	滩地	草地	裸岩石质地	沙地	合计	
分类像元数	湖泊	12 869	86	45	0	2	0	0	13 002	
	沼泽	0	12 090	158	348	231	0	0	12 827	
	河流	0	129	2 054	363	0	0	0	2 546	
	滩地	0	522	126	4 050	2	0	0	4 700	
	草地	0	536	40	294	15 982	421	1 356	18 629	
	裸岩石质地	0	0	0	0	16	3 761	0	3 777	
	沙地	0	0	18	269	242	0	10 138	10 667	
	其他	0	0	0	0	0	0	0	0	
合计		12 869	13 363	2 441	5 324	16 475	4 182	11 494	66 148	

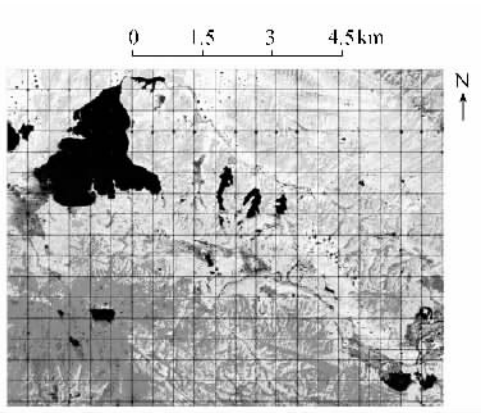


图 8 分层系统取样结果

Fig. 8 Hierarchical system sampling map

表 2 分类精度评价

accuracy		
地物类型	生产者精度/%	用户精度/%
湖泊	100	98.98
沼泽	90.47	94.25
河流	84.15	80.68
滩地	76.07	86.17
草地	97.01	85.79
裸岩石质地	89.93	99.58
沙地	88.20	95.04

注:Kappa 系数为 88.33% ;总精度为 90.13% .

采用相同的评价样本,最大似然法分类结果总精度为 71.45%,Kappa 系数为 67.61%;决策树分类结果总精度为 80.95%,Kappa 系数为 77.84%。显然,在采用相同分类特征和精度评价样本的前提下,本研究方法的分类精度明显高于最大似然法分类和决策树分类方法。

6 结 语

湿地信息提取是湿地管理的基础,是制定湿地保护与管理条例的依据。本文在大量野外调查、湿地特征及 TM 遥感图像特征分析的基础上,研究并提出了面向对象的湿地信息提取方法,取得了较好的提取效果。面向对象的信息提取方法能够得到比基于像元的分类方法更高精度的地物信息,并具有更好的目视效果,便于和 GIS 集成。今后,将在此研究基础上,进一步优化完善本研究的技术方法,并应用于整个三江源区湿地信息的自动识别与提取。

参考文献:

[1] 赵魁义.地球之肾[M].北京:化学工业出版社,2002.

[2] 刘子刚,马学慧.中国湿地概览[M].北京:中国林业出版社,2008.

[3] 孙广友.中国湿地科学的进展与展望[J].地球科学进展,2000,15(6):666-672.(SUN Guang-you. Development and prospect of wetland science in China[J]. Advance in Earth Sciences,2000,15(6):666-672.(in Chinese))

[4] 安树青.湿地生态工程:湿地资源利用与保护的优化模式[M].北京:化学工业出版社,2003:1-8.

[5] 李林,李凤霞,朱西德,等.黄河源区湿地萎缩驱动力的定量识别[J].自然资源学报,2009,24(7):1246-1255.(LI Lin,LI Feng-xia,ZHU Xi-de,et al. Quantitive identification of driving force on wetland shrinkage over the source region of the Yellow Rive[J]. Journal of Natural Resources,2009,24(7):1246-1255.(in Chinese))

[6] 孙永军.黄河流域湿地遥感动态检测研究[D].北京:北京大学,2008.

[7] 牛振国,宫鹏,程晓,等.中国湿地初步遥感制图及相关地理特征分析[J].中国科学:D 辑:地球科学,2009,39(2):187-203.(NIU Zhen-guo,GONG Peng,CHENG Xiao,et al. Primary mapping by remote sensing and relational geographic feature analysis for China wetland[J]. China Sciences Compile:D Earth Sciences,2009,39(2):187-203.(in Chinese))

[8] KINDSCHER K,FRASER A,JAKUBAUSKAS M E,et al. Identifying wetland meadows in Grand Teton National Park using remote sensing and average wetland values[J]. Wetlands Ecology and Management,1998,5(4):265-273.

[9] AUGUSTEIJN M F,WARRENDER C E. Wetland classification using optical and radar data and neural network classification[J]. International Journal of Remote Sensing,1998,19(8):1545-1560.

[10] HORN G D,MINE A K. Monitoring seasonal dynamic of northern australian wetlands with multitemporal radarsat data[J]. Geoscience and Remote Sensing,2001,1:137-139.

[11] MUNYATI C. Wetland change detection on the Kafue Flats ,ambia ,by classification of a multitemporal remote sensing image dataset[J]. International Journal of Remote Sensing,2000,21(9):1787-1806.

[12] SCHMIDT K S,SKIDMORE A K. Spectral discrimination of vegetation types in a coastal wetland[J]. Remote Sensing of Environment,2003,85(1):92-108.

[13] LI Jun-hua,CHEN Wen-jun. A rule-based method for mapping Canada 's wetlands using optical ,radar and DEM data[J]. International Journal of Remote Sensing,2005,26(22):5051-5069.

[14] SCHULTE-HOSTEDDE B,WALTERS D,POWELL C,et al. Wetland management :an analysis of past practice and recent policy changes in Ontario[J]. Journal of Environmental Management,2007,82(1):83-94.

[15] MACALISTER C,MAHAXAY M. Mapping wetlands in the Lower Mekong Basin for wetland resource and conservation management using Landsat ETM images and field survey data[J]. Journal of Environmental Management,2009,90(7):2130-2137.

[16] SHANMUGAMA P,AHNA Y H,SANJEEVIB S. A comparison of the classification of wetland characteristics by linear spectral mixture modelling and traditional hard classifiers on multispectral remotely sensed imagery in southern India[J]. Ecological Modelling,2006,194(4):379-394.

[17] 张彤,梅安新,蔡永立.SPOT 遥感数据在崇明东滩景观分类研究中的应用[J].城市环境与城市生态,2004,17(2):45-47.(ZHANG Tong,MEI An-xin,CAI Yong-li. Application of SPOT remote sensing image in landscape classification of Chongming Dongtan [J]. Urban Environment & Urban Ecology,2004,17(2):45-47.(in Chinese))

[18] 牛明香,赵庚星,李尊英.南四湖湿地遥感信息分区分层提取研究[J].地理与地理信息科学,2004,20(2):45-48.(NIU Ming-xiang,ZHAO Geng-xing,LI Zun-ying. Extracting of remote sensing information of wetland in Nansihu Area based on multi-sub-area and

- multi-layer techniques[J]. Geography and Geo-Information Science 2004, 20(2):45-48.(in Chinese))
- [19] 刘凯, 黎夏, 王树功, 等. 珠江口近20年红树林湿地的遥感动态监测[J]. 热带地理, 2005, 25(2):111-116.(LIU Kai, LI Xia, WANG Shu-gong, et al. Monitoring of the changes of mangrove wetland around the Zhu Jiang Estuary in the past two decades by remote sensing[J]. Tropical Geography 2005, 25(2):111-116.(in Chinese))
- [20] 沈松平, 王军, 游丽君, 等. 若尔盖沼泽湿地遥感动态监测[J]. 四川地质学报, 2005, 25(2):119-121.(SHEN Song-ping, WANG Jun, YOU Li-jun, et al. Remote sensing dynamic monitoring of the Zoigê Marsh Wet Land[J]. Acta Geologica Sichuan 2005, 25(2):119-121.(in Chinese))
- [21] 郑利娟, 李小娟, 胡德勇, 等. 基于对象和DEM的湿地信息提取:以洪河沼泽湿地为例[J]. 遥感技术与应用, 2009, 24(3):346-351.(ZHENG Li-juan, LI Xiao-juan, HU De-yong, et al. Wetland information extraction based on DEM and the object: a case study in Honghe Wetland[J]. Remote Sensing Technology and Application 2009, 24(3):346-351.(in Chinese))
- [22] 钱乐祥. 遥感数字影像处理与地理特征提取[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [23] 王建华, 王建, 王丽红, 等. 江河源区生态环境类型TM影像解译标志的确立[J]. 水土保持通报, 2002, 22(4):40-43.(WANG Jian-hua, WANG Jian, WANG Li-hong, et al. Establishing interpretation marks of TM image for environmental type of the source area of Yangtze River and Yellow River[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation 2002, 22(4):40-43.(in Chinese))
- [24] 张秀英, 冯学智, 江洪. 面向对象分类的特征空间优化[J]. 遥感学报, 2009, 13(4):664-669.(ZHANG Xiu-ying, FENG Xue-zhi, JIANG Hong. Feature set optimization in object-oriented methodology[J]. Journal of Remote Sensing, 2009, 13(4):664-669.(in Chinese))
- [25] 崔林丽, 唐娉, 赵忠明, 等. 一种基于对象和多种特征整合的分类识别方法研究[J]. 遥感学报, 2006, 10(1):104-110.(CUI Lin-li, TANG Ping, ZHAO Zhong-ming, et al. Study on object-oriented classification method by integrating various features[J]. Journal of Remote Sensing 2006, 10(1):104-110.(in Chinese))
- [26] 黄慧萍. 面向对象影像分析中的尺度问题研究[D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2003.
- [27] 李新国, 江南, 曹凯, 等. 太湖流域主要湖泊的水域动态变化[J]. 水资源保护, 2006, 22(3):20-23.(LI Xin-guo, JIANG Nan, CAO Kai, et al. Study on surface area change of major lakes in Taihu Basin based on topographical and remotely sensed information[J]. Water Resources Protection 2006, 22(3):20-23.(in Chinese))
- [28] 杨志翔, 何秀凤. 基于改进的NDBI指数法的遥感影像城镇用地信息自动提取[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2010, 38(2):181-184.(YANG Zhi-xiang, HE Xiu-feng. Automatic extraction of urban land-use information from remote sensing images based on improved NDBI method[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences 2010, 38(2):181-184.(in Chinese))

Wetland information extraction for typical headwater region of Yellow River based on object-oriented approach

AN Ru, CHEN Zhi-xia, LU Ling, YANG Ren-min, LI Xiao-xue, WU Hong, GONG Tian-yu, QU Chun-mei

(Department of Earth Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract Taking Maduo County, located in the headwater region of the Yellow River, as a study area, and TM remote sensing images and a DEM as test data, the classification system of wetlands were determined firstly based on the definition of wetlands, and the analysis of imaging mechanisms and geographical features. Then, the effective features for wetlands information extraction, including spectrum, texture, terrain and configuration, were studied. Finally, a method for wetland information extraction based on object-oriented technology was developed. The experimental results show that the method has a total precision of 90.13% and a Kappa coefficient of 88.33%. It greatly improves the precision compared with the maximum likelihood supervising classification method and decision tree classification method, and it also can reduce workload and subjectivity.

Key words wetlands; information extraction; object orientation; typical headwater region of Yellow River; TM imagery