

基于面向对象的滨海湿地脆弱区土地利用/覆被信息精细提取

张贵花¹,王瑞燕^{2*}

1. 北京图源科技有限公司, 北京 100192

2. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018

摘要: 土地利用/覆被信息的精细提取,对于维护滨海湿地脆弱区的生态稳定和保障当地经济可持续发展具有重要意义。本文以黄河口为研究区,以 Landsat 8 影像为数据源,利用面向对象分析技术进行土地利用/覆被类型信息的精细提取研究。在建立土地利用/覆被详细分类体系的基础上,采用基于样本的面向对象分类方法对研究区土地利用/覆被类型进行初步提取,分类结果显示该分类模型只能较准确地提取除藕池、稻田和苜蓿地之外的其他地类。针对该问题,论文采用基于规则和样本相结合的面向对象分类方法进行土地利用/覆被类型的精细提取,通过设置面积和形状属性规则从初步分类结果中进一步精确提取藕池和稻田,同时也改善了其他地类的精度,得到总精度 94.93%、Kappa 系数 0.94 的较为理想的分类精度,比最大似然法的总体分类精度提高了 38.56%。研究结果表明,基于样本与规则相结合的面向对象分类方法能实现滨海湿地脆弱区土地利用/覆被信息的精细提取。

关键词: 湿地; Landsat 8 影像; 土地利用/覆被类型; 精细提取

中图分类号: TP79

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)05-0705-05

Precise Extraction of Land Use/Cover Information in the Fragile Coastal Wetland Based on Object-oriented Method

ZHANG Gui-hua¹, WANG Rui-yan^{2*}

1. Beijing Map Core Technology Co. Ltd., Beijing 100192, China

2. College of Resources and Environment/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

Abstract: Precise extraction of the land use/cover information is of great significance for the ecological stability and the economic sustainable development in the fragile coastal wetland region. This paper took the Yellow River Entrance as the study area to extract the land use/cover information accurately by Object-oriented technology based on the Landsat 8 image. Based on the establishment of the detailed land use/cover classification system, we got the preliminary land use/coverage classification results with the object-oriented method which was based on sample. However, the classification results showed this classification model could accurately extract all land types except paddy fields, lotus root pools and Medicago. To solve this problem, combining the rule-based and example-based object-oriented method was used to complete high accuracy extraction of land use/coverage information. Results indicated that the paddy fields and lotus root pools got more accurate by setting the area and rectangular attributes rules, at the same time, other land types precision also have been improved, this classification model produced an overall accuracy of 94.93% and a Kappa value of 0.94 which was 38.56% more than the maximum likelihood method. Therefore, the research demonstrated that this method combining the rule-based and example-based object-oriented methods could achieve high accuracy classification of the land use/coverage information in the wetland.

Keywords: Wetland; Landsat8 image; land use/land cover type; precise extraction

湿地是全球三大生态系统之一,在改善气候、净化水质、维护生物多样性以及区域生态平衡等方面具有极其重要的作用。目前全球湿地正在大量丧失或严重退化,物种多样性锐减,生态平衡受到威胁^[1-3]。及时、准确掌握湿地区域土地利用/覆被信息,对于湿地环境保护、监测和应对全球环境变化以及指导土地资源优化配置等都具有重要意义。

遥感技术是获取区域尺度上土地利用/覆被信息唯一可行的技术手段,国内外学者针对土地利用/覆被信息的遥感提取方法进行了大量的研究工作。Teresa L. Evans 等利用 ALOS/PALSAR 和 RADARSAT-2 等多源数据,采用面向对象分类方法,逐层将巴西境内的潘塔纳尔湿地生态系统分为

收稿日期: 2015-03-25

修回日期: 2015-06-23

基金项目: 山东省高等学校科技计划项目(J11LC11);山东省教育厅科学技术项目(J11LC19);山东省自然科学基金(ZR2009BQ017);山东省博士后创新项目专项资金资助(201003026);国家自然科学基金(41271235);山东省优秀青年科学家科研奖励基金项目(BS2013NY004)

作者简介: 张贵花(1988-),女,硕士研究生,主要从事土地信息遥感技术研究。E-mail:zhang.guihua112729@163.com

***通讯作者:** Author for correspondence. E-mail:wry@sdau.edu.cn

森林林地、稀树草原、空旷的草地稀树草原、沼泽草地、咸水湖、淡水湖等,总体精度达到 83%^[4]。Soe W. Myint 等采用亚利桑那州中心区域的 Quick Bird 数据,利用面向对象技术提取城市覆被类别,得出分类精度比最大似然法提高了 22.8%^[5]。钱巧静等人采用 Landsat 7 和 ETM+数据利用面向对象的技术,通过对对象的目视识别建立模糊判别函数进行分类,将三峡库区奉节县中部土地分为林地、旱地、草地、水田等九类,利用野外采样数据验证其精度达到 89.2%^[6]。郭文娟等人利用 ASTER 数据,结合使用非监督、监督等多种分类方法将南京城郊区域分为水体、道路、居民点、农田等类别,达到较好的分类精度^[7]。但目前研究多是针对土地利用现状的提取,土地覆被信息区分不够细致,不能充分体现土地利用对湿地生态环境的影响及其响应。土地利用/覆被信息的精细提取主要通过空间分辨率高的影像数据实现,但这些数据存在价格昂贵、设计寿命短的缺陷,不能满足较长时间序列的 LUCC 研究需要。Landsat 8 数据在 Landsat 7 基础上新增了一些特征和功能,光谱分辨率和辐射分辨率都有所提高,新增加了深蓝波段,近红外的三个波段的波长范围变窄,对水体和近海地物更加敏感,辐射分辨率量化级别提高到了 16 位,能更准确地捕捉地物反射率的差异,这些性能的改善对提高近海湿地土地利用/覆被类型信息的识别精度非常有利^[8]。面向对象方法是以由若干同质性像元组成的“对象”为处理单元,将对象的光谱、纹理、形状、空间关系等多种属性信息用于分类,能在较大程度上解决传统基于像元方法的光谱混淆、混合像元等问题,减小分类结果中“椒盐效应”^[9],是目前遥感影像分类方法的研究热点和发展趋势。

垦利县作为滨海湿地环境脆弱区代表之一,是河流系统和海洋系统的耦合地带,地物类型复杂多样,土壤盐渍化程度高,耕地质量较差,并且耕地、盐碱地、荒草地等相互交错分布,为典型的光谱混淆区,所以对其进行高精度的精细分类难度较大。常春艳、赵庚星等人利用 TM 影像,采用面向对象支持向量机方法对黄河三角洲地区土地利用/覆被信息进行提取,分为旱地、林草地、水田、盐荒地等 10 种地类,分类精度达到 84.83%^[10]。本文以 Landsat 8 影像数据为基础,采用面向对象分类方法,探索滨海湿地土地利用/覆被信息的精细提取方法,为当地生态和土地资源的协调共存和发展提供参考。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

研究区位于山东省东北部黄河入海口处的垦利县滨海湿地区域,地处胜利油田腹地,北纬 37°24′-38°10′,东经 118°15′-119°19′,地处温带季风气候区,大陆性季风影响明显,冬季干冷,夏季湿热,四季分明。土壤类型以盐化潮土为主,盐碱土面积占土壤总面积的 2/3,且与旱地、林草地等插花分布。地势自西南至东北呈扇形微倾斜,地下水矿化度高,埋深浅,极易引起土壤盐渍化^[10]。野生植物主要以滨海耐盐植被为主,如芦苇、柺柳、碱蓬等,人工植被有柳树、刺槐等。主要种植作物为小麦、水稻、棉花等。

1.2 数据来源

数据来源:本文选择 2013 年 10 月份 Landsat 8 影像作为土地利用/覆被类型的提取的基本数据,同年 5 月份影像作为选择训练区的辅助数据,均通过下载获得;收集 1:5 万地形图、垦利县二调土地利用现状图,Google earth 影像以及社会经济条件等资料;实地考察土地利用和植被类型及其空间分布情况。根据土地利用现状图、遥感影像的目视解译、谷歌地球等资料以及实地考察建立土地利用/覆被类型提取精度验证的基准图。

2 土地利用/覆被分类体系与数据预处理

2.1 土地利用/覆被分类体系的确定

由于目前湿地的土地利用/覆被分类体系尚且没有统一标准,本文根据现行的土地利用分类体系和《全国湿地资源调查技术规程(试行)》湿地分类标准,并结合当地的植被类型和遥感影像的可解译性建立研究区土地利用/覆被分类体系:有植被区、水域用地、建设用地和未利用地四个一级类。有植被区包括自然植被和人工植被,自然植被细分为芦苇、碱蓬、芦苇柺柳群落、刺槐林;人工植

被细分为苜蓿、棉田、稻田、麦田；水域用地包括自然水面和人工水面，自然水面包括海洋及河流；人工水面细分为养殖水面、水库、坑塘水面、藕池；建设用地细分为居民地及交通用地、油井；未利用地分为盐荒地、滩涂。

2.2 数据预处理

对影像数据进行辐射定标，将图像的数字化值（DN）转化为辐射亮度值。利用 ENVI5.1 的 FLAASH 模块进行大气校正。选择高斯-克里格和北京 54 坐标系作为影像校正的投影和坐标系统，对大气校正后影像进行几何精校正和图像融合。

2.3 划定滨海湿地区范围

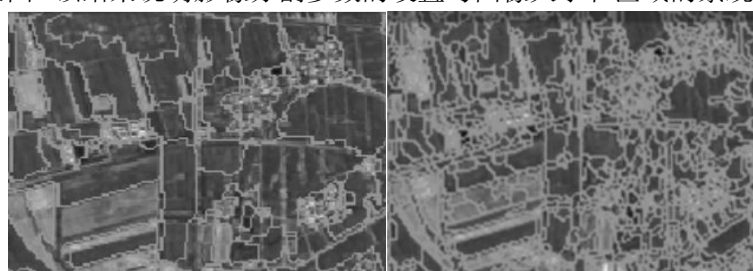
黄河入海口地区的湿地除黄河口湿地保护区、黄河及沿岸湿地相对集中外，其余分布散乱，湿地范围界线较难划定。本文坚持研究范围内非湿地面积最少和行政区完整性原则划定滨海湿地范围。

3 土地利用/覆被类型的提取

3.1 尺度分割

为了提高运算速度，从影像中截取一小块包含了多种地类的区域作为分割算法试验样区，结果显示，采用基于边缘检测算法，分割参数为 60 时，能较好的分割出研究区地物，但存在过分割现象，而基于亮度检测的算法不能得到清晰分割出地类的分割参数（当分割尺度小时分割后的图斑琐碎且边界不清，尺度调大后分割的过大）。故本文选用基于边缘检测算法进行尺度分割，针对其过分割问题，采用 Full Lambda Schedule 算法和 96 的合并尺度合并处理，达到了理想的分割效果。

然而，将上述分割参数运用于整个影像的分割，发现分割效果不好。分割参数调整试验显示：当分割参数设置较小时，分割过于琐碎，参数较大时，只有在景观破碎度小的向海一侧的区域内能分割出完整的对象，而在向陆一侧景观破碎度大的区域中，地物被分割过细。重新设置不同大小的分割尺度，均没有得出理想效果，这说明分割效果不仅与尺度相关，还可能与景观破碎度有关。为验证这一假设，我们根据研究区景观破碎度和地类复杂程度，将影像分为东西两个区：东部区为近海区域，主要为林地、植被群落、滩涂等图斑面积大的地类，景观破碎度小。西部区为居民点、麦田等图斑小的地类，景观破碎度大。对分区后影像进行尺度分割的试验结果表明，分区后两个区域均能得到恰当的分割参数，即当分割尺度为 62，合并尺度为 96 的时候，西部区图像能达到较好的分割效果，分割尺度为 70，合并尺度为 98 时东部区影像的分割效果较好。图 1 为影像裁剪前后同一分割尺度下效果图。该结果说明影像分割参数的设置与图像大小和区域的景观破碎度等因素有关。



左边影像 Left image

整幅影像 Whole image

图 1 影像裁剪前后同一分割尺度下局部区域的效果图

Fig.1 The local effect of images before and after cutting at the same size

3.2 基于样本的面向对象分类方法

以分割后的对象为分类单元，采用基于样本的面向对象分类方法分别对裁剪后的东西两半幅影像进行地类的初步提取。根据目视解译，参考五月份影像及现场调查样点选取各地类的训练样本。刺槐林、碱蓬、芦苇及芦苇柵柳群落等自然植被，选择每一波段的均值、最大值、最小值、亮度、归一化值等光谱信息，以及纹理范围、均值、熵值、方差等纹理信息作为训练样本分类属性，像苜蓿、棉田、稻田、水库河流、居民点、柳树、麦田及建设用地等在此基础上要增加面积、长度、紧密度及形状规则等空间特征作为训练样本的分类属性。本文采用 K 邻近法，经过多次调试，临近元

素的数目选择 1, Threshold 为 5, 输出分类结果最佳; 对初步提取结果进行精度评估 (见表 1), 分类的总体精度为 89.04%, kappa 系数为 0.84, 除苜蓿、藕池与稻田外, 其他地类精度均达到 76% 以上。藕池与稻田的生产者精度虽然达到 90.24% 和 90.22%, 但用户精度只有 26.26% 和 9.87%, 说明藕池和稻田漏分的较少, 被错分的比例高, 其他类别错分到藕池和稻田共 2658.66 hm², 占总面积的 1.377%, 说明这些被错分到藕池与稻田的地类精度受到一定的影响, 致使分类总体精度不高。

3.3 样本和规则结合的面向对象分类方法

初步提取结果表明, 只考虑了光谱及纹理特征的基于样本的面向对象方法无法精确识别全部地类, 需要结合其他特征才能解决这一问题。通过分析空间特征发现, 藕池主要分布在水源附近, 形状成较规则的矩形, 稻田面积相对于错分类别的面积较大, 这些特征与其他地类区别明显。因此, 形状规则属性和面积属性是两者识别的特征空间参数。基于此分析, 我们采用基于规则的面向对象分类方法进一步提高分类精度: 将初步分类结果作为基于规则的面向对象分类方法的属性, 当藕池的形状规则 Rectangular fit 属性值为 0.5~0.7, 面积属性值大于 0.0225 hm²; 稻田面积属性值规则为大于 58.2752 hm² 时, 能将两者与误分地类区分开。

4 结果与分析

4.1 分类结果精度分析

根据裁剪后的左右两幅影像分类结果的混淆矩阵, 分别汇总不同地类正确分类、错分及误分像元总数, 形成整幅影像的精度评估报告。为进一步评价面向对象方法的优劣, 与最大似然法进行比较, 因混淆矩阵太大, 只摘取生产者精度、用户精度、总精度、Kappa 系数几个指标组成精度对比表(表 1)。

表 1 面向对象方法与最大似然法分类精度对比表

Table 1 Classification accuracy comparison between object oriented method and maximum likelihood method									
方法 Method	指标 Index	芦苇 Reed	芦苇柹柳群落 Community of Reed+Tamarisk	坑塘水面 Pond	河流及海洋 Rivers and oceans	养殖水面 Water aquaculture	碱蓬 Suaeda	盐荒地 Salt wasteland	
结合基于样本与规则面 向对象分类	pro (%)	90.86	97.13	94.91	97.75	92.5	94.29	89.76	
	user (%)	92.42	96.41	80.09	99.86	92.26	94.17	89.87	
基于样本面向对象分类	pro (%)	76.69	93.95	94.78	97.8	88.92	86.62	75.95	
	user (%)	78.25	89.92	79.78	99.77	89.03	90.46	78.1	
最大似然法分类	pro (%)	30.9	52.3	31.3	90.2	74.1	30.1	26.4	
	user (%)	17.17	52.61	36.38	96.95	67.38	47.62	40.87	

方法 Method	指标 Index	苜蓿 Alfalfa	水库 Reservoir	棉田 Cotton field	油井 Oil well	柳树 Willow	柹柳 Tamarix	刺槐林 Acacia	
面向对象分类方法	pro (%)	92.23	92.37	96.5	95.42	92.17	93.62	86.43	
	user (%)	96.46	95.78	96.55	82.8	93.64	99	94.11	
基于样本面向对象分类	pro (%)	44.91	87	92.83	95.42	92.17	93.62	86.43	
	user (%)	89.22	88.45	90.45	82.8	93.64	99	94.11	
最大似然法	pro (%)	46.5	58.9	52.7	89.5	49.6	35.6	63.1	
	user (%)	34.07	72.73	86.5	10.18	4.12	35.07	44.57	

方法 Method	指标 Index	滩涂 Beaches	藕池 Lotus pool	稻田 Rice field	居民地及交 通用地 Land for residents and traffic	麦田 Wheat field	总精度 (%) Total accuracy	Kappa 系数 Kappa coefficient
面向对象分类方法	pro (%)	96.35	90	88.09	94.96	93.24	94.93	0.94
	user (%)	99.15	90.96	91.9	88.94	88.33		
基于样本面向对象分类	pro (%)	96.35	90.24	90.22	70.46	71.83	89.04	0.84
	user (%)	99.15	26.26	9.87	70.34	65.01		
最大似然法	pro (%)	64.7	33.2	30.6	58.6	17.1	56.37	0.49365
	user (%)	87.27	20.13	1.66	26.54	19.64		

备注: Pro 为生产者精度; user 为用户精度。Note: Pro means producer accuracy; user means user accuracy

表 1 的统计数据显示, 藕池和稻田的用户精度分别提高到 90.96% 和 91.9%, 与藕池和稻田混淆的地类的精度都有所提高, 对苜蓿、麦田等面积小的地类的精度影响最大, 苜蓿由 44.91% 提高到 92.23%, 麦田由 71.83% 提高到 93.24%。各地类精度的提高将总精度推升到 94.93% 的水平, 高于基

于样本的面向对象分类方法和总精度为 56.37% 的最大似然法, 结合使用基于样本与基于规则的面向对象分类方法得出 Kappa 系数为比只使用基于样本的面向对象高出 0.1, 比最大似然法高出 0.45。

4.2 各地类面积统计分析

表 2 2013 年垦利县滨海湿地区土地利用/覆被类型面积统计
Table 2 Land use/coverage class area statistics of coastal wetland in Kenli County

地类 Land type	芦苇 Reed	芦苇怪柳群落 Reed tamarisk community	坑塘水面 Pond	河流及海洋 Rivers and oceans	养殖水面 Water aquaculture	碱蓬 Suaeda	盐荒地 Salt wasteland	苜蓿 Alfalfa	水库 Reservoir	棉田 Cotton field
面积 (ha)	3641.445	9396.113	5657.288	39273.32	26208.68	17371.06	13995.41	5951.228	2485.463	35953.43
比例 (%)	1.886	4.867	2.93	20.341	13.574	8.997	7.249	3.082	1.287	18.621

地类 Land type	油井 Oil well	柳树 Willow	怪柳 Tamarix	刺槐林 Acacia forest	滩涂 Beaches	藕池 Lotus pool	稻田 Rice field	居民地及交通用地 Residents and traffic land	麦田 Wheat field	合计 Total
面积 (ha)	1685.273	238.68	1803.173	1733.445	17735.45	660.51	119.61	4698.518	4468.073	193076.1
比例 (%)	0.873	0.124	0.934	0.898	9.186	0.342	0.062	2.431	2.314	100

土地利用/覆被类型的面积如表 2 所示。由图 2 和表 2 知, 研究区主要土地利用/覆被类型为河流及海洋、棉田、养殖水面、滩涂、碱蓬、盐荒地、芦苇怪柳群落七大大类, 分别占总面积的 20.34%、18.62%、13.57%、9.19%、9.00%、7.25%和 4.87%。黄河和海洋是控制该区域土地利用/覆被类型的空间分布格局的两大自然驱动力, 接近渤海区域处海产品养殖资源充足, 土地利用以水产养殖业为主。随着与海洋距离的增大, 土地利用/覆被逐渐从碱蓬群落、怪柳群落、芦苇碱蓬群落等自然植被向苜蓿和棉花等种植业过渡, 土地利用强度逐渐升级。黄河是区域内主要淡水水源, 对土地利用/覆被的影响明显, 在靠近黄河的区域, 引黄灌区发达, 淡水资源充足, 土壤含盐量较低, 土地利用程度高, 分布着大面积的棉田和小块的麦田、居民点、水库、稻田和芦苇; 黄河水对土地利用/覆被类型的影响会随着与海洋的靠近而被逐渐削弱, 棉田和苜蓿等种植业的分布带从内陆向沿海逐渐收窄。人为活动对土地利用/覆被类型的影响主要体现为水利设施建设和石油开采。在离黄河较远的永安镇, 由于大型水库的建设改变了土壤水盐含量, 土地利用/覆被类型呈现出棉田、水稻田、藕池、盐荒地等多地类插花分布形式。

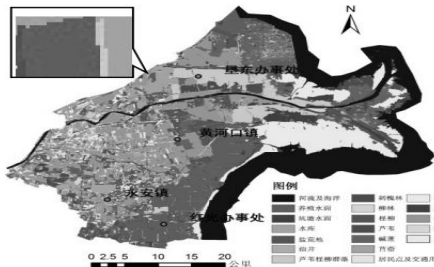


图 2 垦利县滨海湿地区土地利用/覆被类型分布图 (面向对象分类法)
Fig.2 The distribution of land use/coverage patterns of coastal wetland in Kenli county (Object-oriented method)

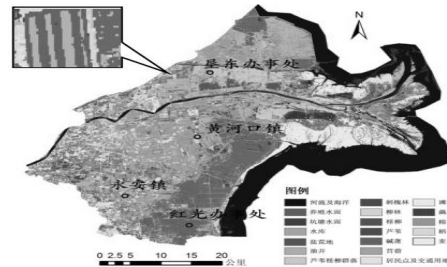


图 3 垦利县滨海湿地区土地利用/覆被类型分布图 (最大似然法)
Fig.3 The distribution of land use/coverage patterns of coastal wetland in Kenli county (Maximum likelihood method)

面向对象与最大似然法分类结果如图 2 和图 3 所示, 从目视效果看, 面向对象分类结果总体上要优于最大似然法。该法在光谱特征明显, 形状规则的河流海洋、养殖水面、滩涂等效果相对较好, 但是对于光谱易混淆的各类植物存在严重的“椒盐现象”, 对“同物异谱, 同谱异物”地类不能区分, 而面向对象的分类结果能够更清楚地表达研究区土地利用/覆被类型的分布规律及空间几何特征。

5 结论与讨论

(1) 本文提出适用于滨海湿地脆弱区的土地利用/覆被信息的精细分类方法。研究结果表明, 利用面向对象的方法将影像的光谱、纹理、空间几何信息及规则属性综合运用于分类, 大幅提高了分类精度, 为滨海湿地区土地利用/覆被类型精细提取研究提供了新的方法;

(2) 基于景观破碎度的对象分割方法是实现影像单尺度分割的可行途径之一。目前在多地类的信息提取中, 不同地类采用不同尺度分割参数, 效率较低。 (下转第 715 页)