

引用格式:Ding Yi,Zhang Jie,Ma Yi,*et al.* A Remote Sensing Classification Methods of Coastal Wetlands Considering the Distance to Main Water[J]. Remote Sensing Technology and Application,2013,28(5):785-790. [丁一,张杰,马毅,等.一种考虑与主要水体距离关系的海岸带湿地遥感分类方法[J]. 遥感技术与应用,2013,28(5):785-790.]

一种考虑与主要水体距离关系的 海岸带湿地遥感分类方法

丁 一^{1,2},张 杰³,马 毅³,江 涛⁴,王 强^{1,2},单春之⁵

(1. 国家海洋局北海预报中心,山东 青岛 266033;

2. 山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室,山东 青岛 266033;

3. 国家海洋局第一海洋研究所,山东 青岛 266061; 4. 山东科技大学,山东 青岛 266510;

5. 国家海洋局北海环境监测中心,山东 青岛 266033)

摘要:海岸带湿地类型多样、分布复杂,遥感影像中“异物同谱”现象严重,仅仅依靠光谱信息进行地物分类,精度很难保证。针对这个问题,基于湿地在海岸带区域空间分布规律,提出两类距离层,岸线距离层和河流距离层,结合最大似然法和决策树法,发展了一种海岸带湿地遥感信息提取方法,并以江苏省射阳县为例开展了试验应用。研究发现该方法比仅利用光谱信息的最大似然监督分类方法在分类精度上有了较大提高。应用最大似然监督分类方法的总体分类精度为 62.30%,总体 Kappa 系数为 0.60,应用本文发展方法的总体分类精度提高到 81.50%,总体 Kappa 系数提高到 0.79。

关 键 词:湿地;遥感;最大似然法分类;决策树分类

中图分类号:X 37;TP 79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2013)05-0785-06

1 引 言

湿地是指不问其为天然或人工、常久或暂时性的沼泽地、湿原、泥炭地或水域地带,带有或静止或流动、或为淡水、半咸水或咸水水体,包括低潮时水深不超过 6 m 的水域^[1]。湿地能提供多种资源,并具有巨大的环境功能和效益,被誉为“地球之肾”。然而,由于经济和生存的压力以及湿地保护观念淡薄等原因,人类对湿地的过度开发,造成湿地的数量和质量急剧下降,生态环境受到严重威胁^[2]。

为了保护湿地,国内外许多研究人员应用遥感手段对湿地进行调查和动态变化分析。航空像片是湿地解译精度最高的遥感资料,1975 年美国鱼类和野生动物保护协会在进行湿地资源调查时就用了高

分辨率航空像片。卫星遥感具有大面积、高频度观测的优势,逐渐成为大范围湿地资源调查的主要手段。Lulla^[3]研究了 Landsat MSS 影像在湿地资源调查和海岸带生态系统管理中的应用。Townsend 等^[4]利用多时相和多光谱的 TM 影像研究了美国加利福尼亚州北部的森林湿地。张志峰等^[5]应用 Landsat TM 遥感数据和 IRS 卫星遥感数据,对北京野鸭湖湿地进行了动态变化研究,发现持续干旱造成野鸭湖湿地面积和空间位置发生了较大变化。Baker 等^[6]利用 Landsat ETM+ 影像,基于决策树方法对美国蒙大拿州西南部的加勒廷谷地的沼泽和河边湿地系统进行了制图。李慧等^[7]应用决策树模型对岷江河口区两期影像的湿地信息进行了提取。田素荣等^[8]利用多时像遥感技术开展了黄河流域湿

收稿日期:2012-07-19;修订日期:2012-12-12

基金项目:我国近海海洋综合调查与评价专项(908-01-WY02)。

作者简介:丁 一(1979—),男,山东日照人,工程师,主要从事海洋环境遥感和 GIS 应用研究。E-mail:dingyi@nmfc.gov.cn。

通讯作者:张 杰(1963—),男,内蒙古包头人,研究员,主要从事海洋遥感机理研究。E-mail:zhangjie@fio.org.cn。

地变迁调查研究,建立了 3 期湿地现状库,并分析了 3 期湿地的变迁原因。薛星宇等^[9]利用 ALOS 影像对盐城海滨湿地做了遥感分类研究,实验证明基于 GIS 规则和知识规则的分区分层分类法能有效提高遥感分类精度。温庆可等^[10]基于多期 Landsat TM 等遥感数据,采用目视解译和实地样点采集相互印证的方法,完成了环渤海地区 2000、2005 及 2008 年湿地提取和分类,并运用单一类型变化率模型、区域动态模型和动态转移矩阵,揭示了环渤海湿地的时空格局、变化特点和驱动机制。陈建等^[11]基于景观生态学原理,借助遥感(RS)和地理信息系统(GIS)等技术手段,对 1976、1986、2000 和 2008 年的遥感数据进行了处理和分析,探讨了 1976 年以来现代黄河三角洲湿地的变化特征。

上述研究中,应用遥感开展湿地信息提取主要有两种技术手段:目视解译和计算机自动提取。其中,目视解译精度高,但效率低,特别是对大范围湿地进行调查和动态分析时,耗费大量人力物力,成本很高;而计算机自动提取由于“异物同谱”的原因,分类精度难以保证。针对后者遇到的问题,本文基于湿地在海岸带区域中的空间分布规律,结合最大似然法和决策树法,拟发展一种海岸带湿地遥感信息提取方法,并以濒海的江苏省射阳县湿地为研究区域给出应用个例。

2 研究区和数据源介绍

射阳县位于苏北平原中部,33°24′~ 34°07′N, 119°59′~ 120°33′E,东临黄海、南抵西潮河,与大丰市、盐城市区接壤,西同建湖、阜宁县毗邻,北至苏北灌溉总渠与滨海县隔河相望(图 1);地势平坦,高程在 0.6~2.2 m 之间,属低平原区;滩涂资源广袤,是鸟类繁衍的“天堂”,世界著名的盐城国家级珍禽自然保护区就座落在射阳。

研究中用到 3 类数据:遥感影像数据、现场采集数据和基础地理数据。遥感数据有两景 2002 年 5 月 26 日 ETM+ 影像,解译和精度评价用到两景 2003 年 10 月 SPOT 影像。于 2007 年 5 月和 2008 年 4 月开展了两次现场踏勘,采集解译标志点分别为 41 个和 44 个,作业范围距离海岸线 5~20 km,包括射阳县所有湿地类型,用作 SPOT 影像解译和湿地监督分类样本选取的参考数据。采用 1:25 万射阳县基础地理数据,包括行政界线、居民地、湖泊河流和堤坝等要素。

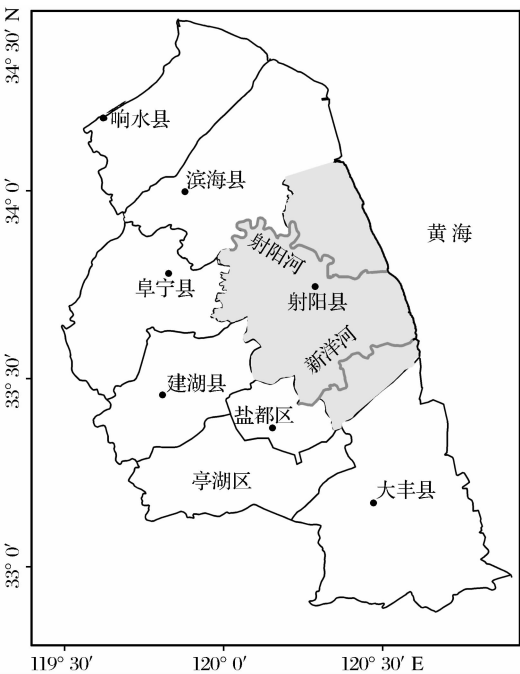


图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Geographical location of study area

3 分类方法

3.1 分类系统

基于射阳县湿地具体情况,并参考 Ramsar 湿地分类系统和《我国湿地调查纲要》,确定湿地分类系统如表 1。非湿地包括建设用地和农田,共 8 类地物。

表 1 湿地分类系统

Table 1 Wetland classification system

人工湿地	池塘	养殖池塘、水库
	盐田	
	裸滩地	
自然湿地	盐生植被	盐蒿、米草等
	芦苇	
	河流	

3.2 距离层生成

两次外业踏勘发现,射阳县地物分布与岸线距离、河流距离有很大关系。如果将距离关系应用到分类中,必然能提高分类精度,减少地物之间的混分。地物空间分布规律如下:从海到陆地物分布依次是裸滩、米草、碱蓬、芦苇、鱼塘/盐田、农田;大部分芦苇分布于射阳河和新洋河两河口芦苇基地内;射阳盐场位于射阳河和新洋河之间,是该县唯一的一个盐场。

为了挖掘更深层次的规律,本文引入 3 个距离层:岸线距离层、射阳河距离层和新洋河距离层,距离步长间隔为 100 m,最远距离为 20 500 m,不再区分远近,像素大小为 100 m×100 m(图 2~4)。

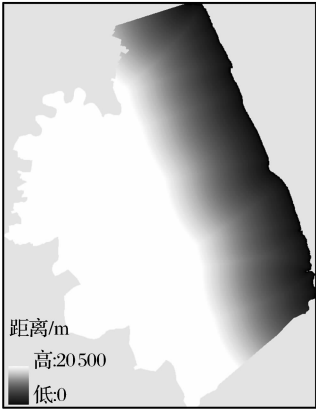


图 2 岸线距离层
Fig. 2 Coastal line distance layer



图 3 射阳河距离层
Fig. 3 Sheyang river distance layer

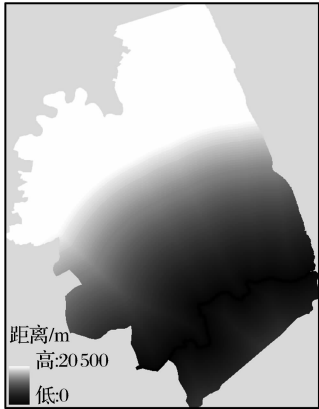


图 4 新洋河距离层
Fig. 4 Xinyang river distance layer

3.3 技术流程

总体思路是:应用考虑距离的决策树规则对最大似然法监督分类结果中错分地物进行修改,获得最终分类结果(图 5)。其中,生成的 3 个距离层作为关键要素与最大似然法分类结果融合,在融合图像中采集样本,应用决策树数据挖掘方法生成决策规则,对最大似然法分类结果进行改正。

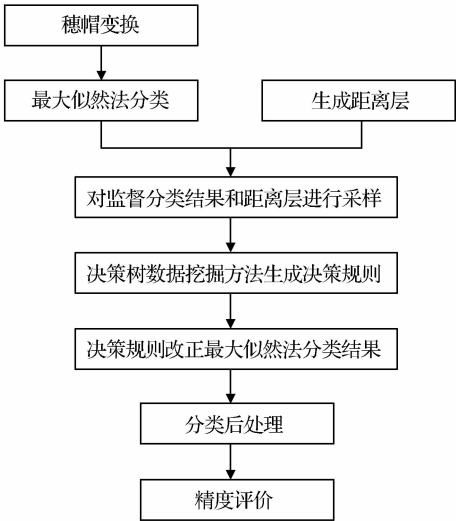


图 5 湿地分类流程图
Fig. 5 Flow chart of wetland classification

3.4 分类过程中的要点

3.4.1 最大似然法监督分类中样本的选取

本文在最大似然法监督分类过程中,采集了 10 类样本,各样本的编码如表 2。

其中,农田和芦苇各分为两类进行样本采集。农田分为收割后农田和未收割农田。射阳县在 5 月末 6 月初为庄稼收割时间,农田光谱有庄稼光谱和裸露农田光谱;芦苇分为高密度芦苇和稀疏芦苇。因为属于盐生植被的米草,其光谱曲线正好介于高

密度芦苇和稀疏芦苇光谱曲线之间(图 6),如果把芦苇不分开采集样本,必然导致芦苇与米草混分。

表 2 10 类样本编码表
Table 2 Code table of ten samples

地类	编码
农田(收割)	1
农田(未收割)	2
建筑用地	3
盐田	4
鱼塘	5
河流	6
芦苇(密集)	7
芦苇(稀疏)	8
盐生植被	9
裸滩	10

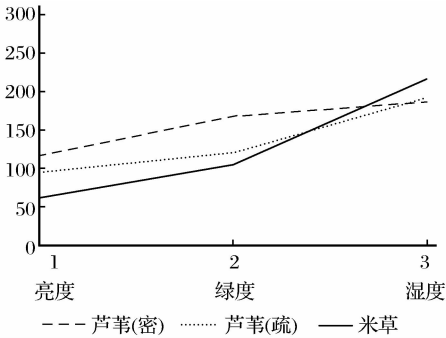


图 6 稀疏芦苇、稠密芦苇与米草穗帽变化影像中光谱曲线
Fig. 6 The spectral curves of sparse reed、thick reed and spartina

3.4.2 决策规则的生成

本文针对最大似然法不能解决“异物同谱”引起地物混分的问题,结合最大似然分类结果和生成距离层,应用决策树数据挖掘方法产生规则,利用决策

树分类方法对最大似然法监督分类结果进行改正。

首先,将 3 个距离层与最大似然分类结果融合。在融合图像中选取样本,样本信息包括:最大似然法结果 (B1)、岸线距离(B2)、射阳河距离(B3)、新洋河距离(B4)和实际地物类型(Class),其中,实际地物类型根据参考数据手动添加。样本举例如下:

样本	B1	B2	B4	B3	Class
样本 1	3	8 400	5 300	20 500	1
样本 2	3	11 300	12 000	20 500	3

其中,类别代码 1 代表收割的农田,类别代码 3

代表建筑用地。

然后,基于样本决策树数据挖掘方法产生决策规则集,筛选置信度大于 0.8 的决策规则对最大似然法监督分类结果进行改正。决策规则举例如下:

规则 1 B1 = 4; B2 ≤ 1 500; B4 ≤ 20 500 则为 Class 10。

4 分类结果与分析验证

应用最大似然法对影像进行监督分类的结果如图 7。决策树规则对最大似然法分类结果进行改正的结果如图 8。

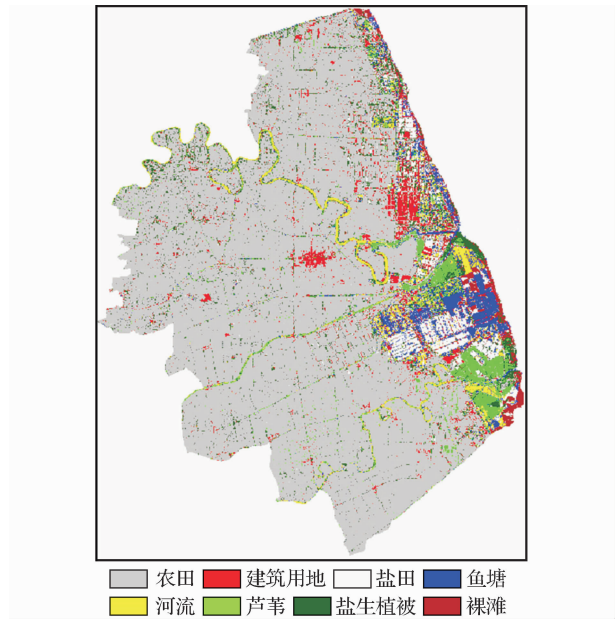


图 7 最大似然法监督分类结果

Fig. 7 Maximum likelihood supervised classification result

应用混淆矩阵方法对最大似然监督分类结果和决策树改正结果进行精度评价。每类地物随机选取 50 个分类点,8 类地物类型共 400 个点,应用 2003 年 SPOT 高分辨率影像的解译结果进行评价。对比两种方法分类结果的总体分类精度和总体 Kappa 系数,发现后者精度有了很大提高。其中,最大似然监督分类结果总体分类精度为 62.3%,Kappa 系数为 0.60,决策树规则对最大似然法分类结果进行改正的分类结果总体分类精度为 81.50%、Kappa 系数为 0.79,应用决策树方法对分类结果改正前后精度评价混淆矩阵分别见表 3 和表 4。

对照最大似然法监督分类结果进行分析,发现经决策树修改后的分类结果有了较大改善,其纠正了以下误分:射阳河北岸大量被误分为盐田的鱼塘;射阳河口和新洋河口附近大量被误分为河口的养殖

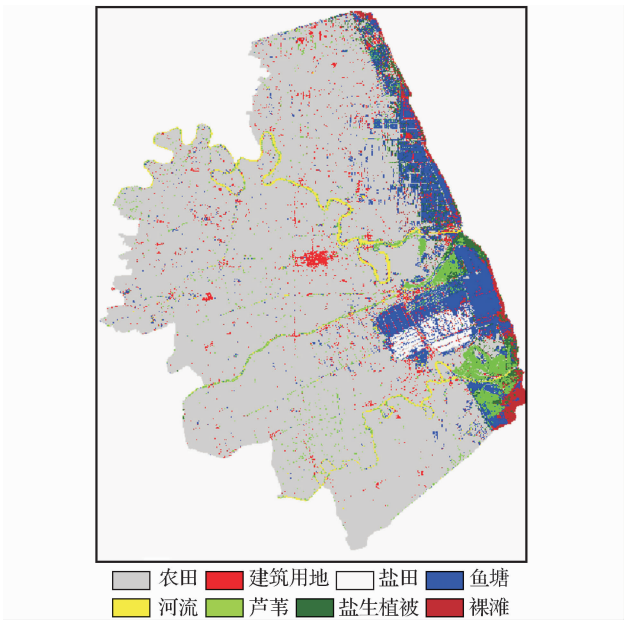


图 8 结合最大似然法和决策树法分类结果

Fig. 8 Supervised classification and decision tree classification result

水面;射阳河口和新洋河口被误分鱼塘的河流;射阳河口北部大量被误分为建设用地的农田;远离岸线被误分为盐生植被的农田;丹顶鹤自然保护区被误分为庄稼的芦苇等。

5 结 语

本文基于海岸带湿地空间分布规律,综合应用最大似然法和决策树方法,发展了一种海岸带湿地分类的方法,并以江苏省射阳县为例开展了试验应用。该方法降低了“异物同谱”引起的地物混分,使分类精度有了大幅度提高,总体分类精度也由 62.3% 提高到 81.50%,Kappa 系数由 0.60 提高到 0.79。

应用决策树方法对湿地进行分类时,如考虑土壤湿度、盐度等能区分海岸带地物的因子,将会进一步提高分类精度。

表 3 最大似然监督分类结果混淆矩阵

Table 3 Confusion Matrix of Maximum Likelihood Supervised Classification Result

分类数据	参考数据								
	农田	建筑	盐田	鱼塘	河流	芦苇	盐生植被	裸滩地	分类点总数
农田	48	0	0	2	0	0	0	0	50
建筑	10	30	1	9	0	0	0	0	50
盐田	2	0	18	27	0	0	0	3	50
鱼塘	0	0	6	39	1	4	0	0	50
河流	0	0	1	27	21	1	0	0	50
芦苇	0	0	0	0	0	50	0	0	50
盐生植被	33	0	0	0	0	0	17	0	50
裸滩地	4	0	3	17	0	0	0	26	50
参考点总数	97	30	29	121	22	55	17	29	400
制图精度/%	49.5	100	62.1	32.2	95.5	90.9	100	89.7	
总体分类精度=62.3% Kappa 系数 = 0.60									

表 4 最大似然监督分类和决策树分类结果混淆矩阵

Table 4 Confusion Matrix of Maximum Likelihood Supervised Classification and Decison Tree Classification Result

分类数据	参考数据								
	农田	建筑	盐田	鱼塘	河流	芦苇	盐生植被	裸滩地	分类点总数
农田	45	0	0	2	0	3	0	0	50
建筑	9	36	0	1	0	0	1	3	50
盐田	3	0	46	0	0	1	0	0	50
鱼塘	0	0	2	44	3	0	1	0	50
河流	0	1	0	3	46	0	0	0	50
芦苇	2	1	0	2	0	43	2	0	50
盐生植被	8	0	0	5	2	5	30	0	50
裸滩地	2	0	0	7	0	2	3	36	50
参考点总数	69	38	48	64	51	54	37	39	400
制图精度/%	65.2	94.7	95.8	68.8	90.2	79.6	81.1	92.3	
总体分类精度=81.5% Kappa 系数 = 0.79									

致谢:感谢 908 专线海岛海岸带遥感调查江苏区块项目组的成员青松、刘艳芬和姜来想。他们为现场数据采集付出了艰辛劳动,为论文的写作提出了宝贵意见!

参考文献(References):

[1] Office of International Standards and Legal Affairs, UNESCO. Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat[EB/OL]. <http://www.ramsar.org>,2011.

[2] Lei Kun,Zhang Mingxiang. The Wetland Resources in China and the Conservation Advices[J]. Wetland Science, 2007, 3 (2):81-86. [雷昆,张明祥. 中国的湿地资源及其保护建议[J]. 湿地科学,2007,3(2):81-86.]

[3] Lulla K. The Landsat Satellites and Selected Aspects of Physical Geography[J]. Progress in Physical Geography,1983,7:1-45.

[4] Townsend P A, Walsh S J. Remote Sensing of Forested Wetlands;Application of Multi-temporal and Multi-spectral Satel-

lite Imagery to Determine Plant Community Composition and Structure in Southeastern USA [J]. Plant Ecology, 2001, 3 (2):129-149.

[5] Zhang Zhifeng,Gong Huili,Zhao Wei,*et al.* Research on Dynamic Change in Wetland Resource in Peking Widgeon-lake based on 3S Techniques[J]. Remote Sensing Technology and Application,2003,18(5):291-296. [张志峰,宫辉力,赵微,等. 基于 3S 技术的北京野鸭湖湿地资源的动态变化研究[J]. 遥感技术与应用,2003,18(5):291-296.]

[6] Baker C, Lawrence R, Montagne C, *et al.* Mapping Wetlands and Riparian Areas Using Landsat ETM+ Imagery and Decision Tree-based Models[J]. Wetlands,2006,26(2):465-474.

[7] Li Hui, Yu Ming. Wetland Information Extraction based on Decision Tree Model [J]. Geo-Information Science, 2007, 9 (2):60-73. [李慧,余明. 基于决策树模型的湿地信息挖掘与结果分析[J]. 地球信息科学,2007,9(2):60-73.]

[8] Tian Surong,Sun Yongjun,Li Yougang, *et al.* An Investigation of Wetland Changes based on Multi-remote Sensing Data

[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2007, (4): 81-84.
[田素荣, 孙永军, 李友纲, 等. 多时相遥感技术在湿地调查中的应用[J]. 国土资源遥感, 2007, (4): 81-84.]

[9] Xue Xingyu, Liu Hongyu. Study on the Classification Approaches of Yancheng Coastal Wetlands based on ALOS Image [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27 (2): 248-255. [薛星宇, 刘红玉. 基于 ALOS 影像的盐城海滨湿地遥感信息分类方法研究[J]. 遥感技术与应用, 2012, 27 (2): 248-255.]

[10] Wen Qingke, Zhang Zengxiang, Xu Jinyong, *et al.* Spatial and Temporal Change of Wetlands in Bohai Rim during 2000-2008: An Analysis based on Satellite Images [J]. Journal of Remote Sensing, 2011, (1): 183-200. [温庆可, 张增祥, 徐进勇, 等. 环渤海滨海湿地时空格局变化遥感监测与分析[J]. 遥感学报, 2011, (1): 183-200.]

[11] Chen Jian, Wang Shiyan, Mao Zhanpo. Monitoring Wetland Changes in Yellow River Delta by Remote Sensing during 1976-2008 [J]. Progress in Geography, 2011, (5): 585-592. [陈建, 王世岩, 毛战坡. 1976-2008 年黄河三角洲湿地变化的遥感监测[J]. 地理科学进展, 2011, (5): 585-592.]

A Remote Sensing Classification Methods of Coastal Wetlands Considering the Distance to Main Water

Ding Yi^{1,2}, Zhang Jie³, Ma Yi³, Jiang Tao⁴,
Wang Qiang^{1,2}, Shan Chunzhi⁵

(1. North China Sea Marine Forecasting Center of SOA, Qingdao 266033, China;

2. Shandong Provincial Laboratory of Marine Ecology and Environment & Disaster Prevention and Mitigation, Qingdao 266033, China;

3. The First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China;

4. Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China;

5. The Organization of North China Sea Monitoring Center, Qingdao 266033, China)

Abstract: Coastal wetlands is complex, "different objects with the same spectrum" is serious in the remote sensing image, so the classification accuracy only based on spectral information is low. For this issue, based on the coastal zone wetland's spatial distribution rule, this paper established two kinds of distance layers, distance to coastline layer and distance to river layer, which applied maximum likelihood method and decision tree method, and developed a coastal wetland remote sensing information extraction methods, taking Sheyang County, Jiangsu Province for example. The developed methods highly improved the classification accuracy with the overall classification accuracy of 81.5%, and Kappa of 0.79. The maximum likelihood supervised classification method classification accuracy was lower with overall classification accuracy of 62.3%, and Kappa of 0.60.

Key words: Wetland; Remote sensing; Maximum likelihood method; Decision tree