

# 基于知识规则的洪泽湖湿地信息提取及动态变化研究

张砾, 阮仁宗

(河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 南京 210098)

**摘要:** 湿地是自然生态系统的重要组成部分。快速、准确地获取湿地基础信息, 对湿地的动态监测、保护和可持续利用具有重要意义。本文利用知识规则分别提取出洪泽湖 1988 年 10 月 25 日和 2002 年 11 月 9 日两时相遥感影像的湿地信息, 然后通过叠加分析比较了两个时相的湿地信息变化情况。研究发现, 洪泽湖湿地植被在这 14 年间急剧减少, 有待采取有效的措施进行保护。

**关键词:** 洪泽湖湿地; 知识规则; 信息提取; 动态变化

**doi:** 10.3969/j.issn.1000-3177.2011.03.012

**中图分类号:** TP79    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3177(2011)115-0067-04

## Extraction of Hongze Lake Wetlands and Their Change Study Based on Knowledge Rules

ZHANG Li, RUAN Ren zong

(State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Jiangsu 210098)

**Abstract:** Wetland is considered an important part of the ecological system. Rapid acquisition of accurate information of wetland is significant to the monitoring, protection and sustainable utilization of wetlands. In this paper, knowledge rules were used to the classification of the remote sensing images of 25<sup>th</sup> October 1988 and 9<sup>th</sup> November 2002. Then, the results of classification of two date imagery were overlaid for the change analysis of wetland vegetation during the period. The research shows that wetland in the area has lost a lot from 1997 to 2002. It is necessary to take the effective measures to protect the Hongze Lake wetlands.

**Key words:** Hongze lake wetlands; knowledge rule; extraction; dynamics

### 1 引言

湿地作为地球表面各圈层相互作用的关键地带, 是全球环境变化的敏感区和生物多样性最丰富的基因信息库, 也是地球上水陆相互作用形成的具有多种功能的独特生态系统, 是人类最重要的生存环境之一。而湖泊湿地作为湿地的一个重要类型, 其对全球变化、国民经济建设、可持续发展均具有及其重要的作用<sup>[1]</sup>。但由于人口增长和经济发展带来的压力, 湖泊湿地丧失严重, 大量湖泊湿地被开垦成农田或者养殖池塘, 同时围网养殖及湖水污染等问题十分严重,

湿地环境遭到严重干扰和破坏。因此, 及时准确地掌握湖泊湿地资源的现状和动态变化过程对湿地的保护、合理开发与可持续性利用有着重要意义<sup>[2]</sup>。

遥感技术可以快速、准确而客观地获取地表空间信息。因而国内外生态学家纷纷利用遥感和 GIS 技术进行湿地生态及其相关研究<sup>[3-4]</sup>。虽然光谱特征是湿地识别与分类的重要依据, 然而, 单纯利用光谱分类, 往往存在“同物异谱”和“同谱异物”的现象, 分类精度不够理想。而专家模型则将遥感影像数据与其他空间数据相结合, 通过专家经验总结、简单的数学统计和归纳方法等, 获得分类规则并进行遥感

收稿日期: 2010-04-07    修订日期: 2010-05-07

基金项目: 江苏省自然科学基金支持(编号 BK2008360)。

作者简介: 张砾(1987~), 女, 主要从事水文水资源遥感研究。

**E mail:** zL\_0013@hhu.edu.cn

分类。相对于传统方法, 基于知识规则的分类提取方法, 利用多源信息, 增加了图像分类的依据, 从而提高了分类精度。本文通过结合光谱信息、纹理信息和缨帽变换获得的绿度信息, 构建了一个知识规则模型, 将其应用于洪泽湖湿地的地物分类提取过程中, 较之传统的 ISODATA 方法, 分类精度有显著提高。

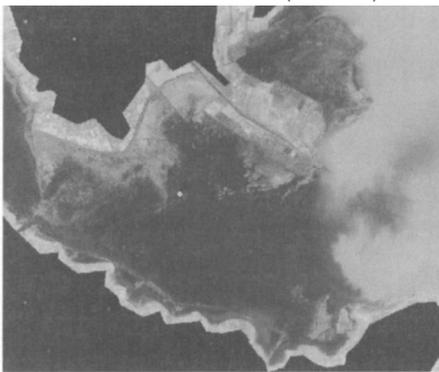
## 2 研究区概况

洪泽湖是中国第四大淡水湖, 位于江苏省西北部, 苏北平原中部西侧, 其东望低山丘陵, 北枕废黄河, 东临京杭大运河, 西接岗坡状平原。西纳淮河, 东泄黄河、南往长江, 北连沂沭, 淮河横穿湖区, 为淮河中下游结合部。洪泽湖及其周边生境多样, 有湖泊、养殖场、河流、沼泽、林地、滩涂等多种湿地生态系统, 生物多样性非常丰富, 滩地上生长的水生植物就有 30 余种, 主要分布在湖区的西部, 芦苇比较集中地分布在淮河入湖尾间的洲滩上, 天然的湿地植被为多种珍禽鸟类(如大鸨、东方白鹳、小天鹅、丹顶鹤等)提供了栖息、繁殖、捕食和越冬的理想场所, 也为鱼类提供了良好的生长和繁殖场所, 具有很大的经济和生态研究价值<sup>[5]</sup>。近现代以来, 由于人类的迅猛增长, 工农业快速发展以及水利工程设施的修建等, 使洪泽湖的环境受人类活动的影响越来越大, 并产生了一系列的生态环境问题。

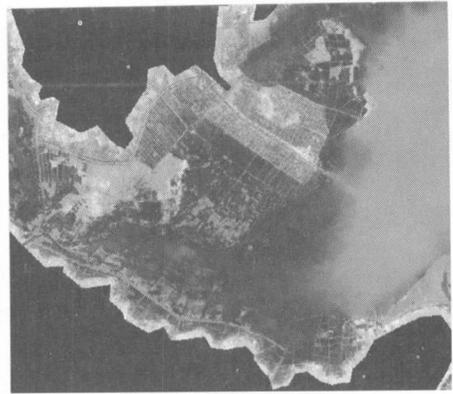
## 3 研究方法

### 3.1 数据预处理

本文选用 1988 年 10 月 25 日的 Landsat5 TM 和 2002 年 11 月 9 日的 Landsat7 ETM+ 遥感影像。首先利用 1:10 万的洪泽湖地形图采集地面控制点对遥感影像进行几何精校正, 然后, 裁剪出东经 118°14'57" 到 118°58'26", 北纬 32°56'11" 到 33°39'57" 的溧河湖湾部分作为研究区(如图 1)。



(a)1988-10-18



(b)2002-11-09

图 1 研究区标准假彩色合成影像(RGB 分别为 TM432)

### 3.2 湿地信息提取

研究区地物类型主要包括养殖场、敞水、裸地、挺水植物、浮水植物和沉水植物, 本文重点是提取出挺水植物、浮水植物和沉水植物这 3 类天然湿地植被, 分析它们自 1988 年到 2002 年的变化情况。

(1) 区分水体和非水体。由于水体的光谱均值具有随波长的增加反射率逐渐降低的特征, 因此可以利用波段运算  $(TM2 + TM3) - (TM4 + TM5)$  提取出水体。经过多次分析对比, 阈值设为 30。

(2) 区分挺水植物、浮水植物和沉水植物。通过分析挺水植物、浮水植物和沉水植物三者的光谱响应曲线(图 2), 可以看出在 TM4 波段沉水植物的像元亮度值接近于 10, 而挺水植物和浮水植物均高于 30; 在 TM5 波段浮水植物和沉水植物都小于 20, 挺水植物则大于 50, 因此可以依据这两个波段的像元亮度值把 3 种湿地植物提取出来。出现这种情况主要归因于 TM4 波段(0.76 $\mu$ m~0.90 $\mu$ m)位于植物的高反射区, 光谱特征受植物细胞结构控制, 反应大量植物信息, 用于植物识别分类、生物量调查及作物长势测定, 为植物通用波段, 同时又处于水体强吸收区, 有利于提取水下植被; TM5 波段(1.55 $\mu$ m~1.75 $\mu$ m)位于水的两个吸收带(1.4 $\mu$ m、1.9 $\mu$ m)之间, 受二者的控制, 反映植物和土壤水分含量的变化, 浮水植物的水分含量明显高于挺水植物, 因此可以将两者区分开来<sup>[6]</sup>。

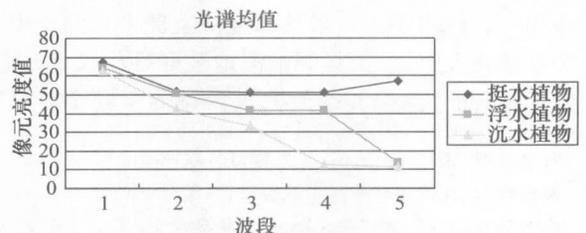


图 2 研究区挺水植物、浮水植物和沉水植物的光谱响应曲线

(3) 区分养殖场和敞水区。对于养殖场和敞水区, 它们的光谱特征差别不大, 仅仅利用光谱特征无法将二者很好的区分开来, 这里使用了纹理均值, 从二者的纹理均值图中可以看出(图3), 在第5波段, 养殖场高达70, 而敞水区却接近于0, 因此利用纹理均值的第5波段可以有效地区分养殖场和敞水。

根据上述的几个区分方法, 建立洪泽湖湿地信息提取的决策树模型, 如图4所示。最后得到的洪泽湖湿地信息的提取精度结果较为理想, 1988年10月25日的湿地植被总分类精度为95.40%, 总Kappa系数为0.9107; 2002年11月9日的湿地植被总分类精度是94.60%, 总Kappa系数是0.9051。

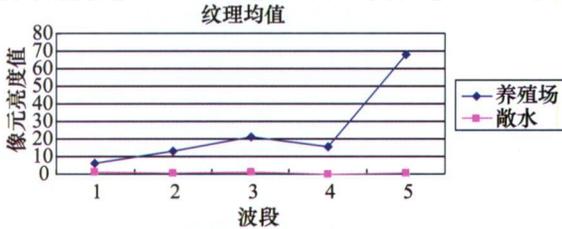


图3 研究区养殖场和敞水的纹理特征曲线

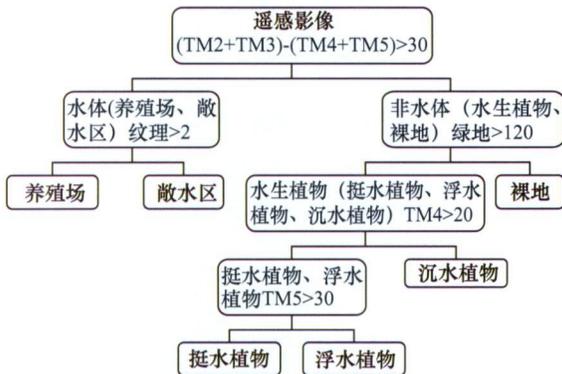


图4 研究区决策树模型

### 3.3 湿地信息动态变化研究

对于分类结果, 笔者在本次研究中利用遥感动态变化叠加技术分析了洪泽湖的挺水植物、浮水植物和沉水植物这3类湿地植被的动态变化。这种方法最显著的优点就是简单直观。首先通过二值化处理, 获得每个植被类型在不同时相的二值化图, 得出每个类型图斑的面积, 再分别对前后两个湿地植被类型分布图进行叠加, 使用差值方法检索出前后两个时相3类湿地植被的动态变化。用于表征变化信息的模型多种多样, 根据研究目的的不同, 选用的模型也不尽相同。本文应用动态度模型定量描述洪泽湖湿地植被从1988年到2002年这14年的变化速度。动态度表达的是某研究区一定时间范围内某种地类的数量变化情况, 其表达式如下所示:

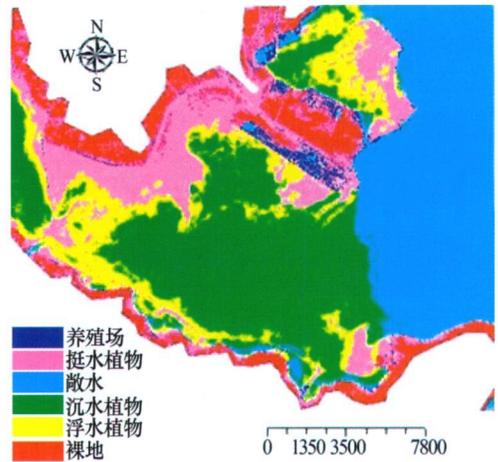
$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中,  $K$  为研究时段内某种地类的动态度;  $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究期初和研究期末的地类面积;  $T$  为研究时段长, 当  $T$  的时段设定为年时,  $K$  的值就是该研究区该地类的年变化率<sup>[7]</sup>。

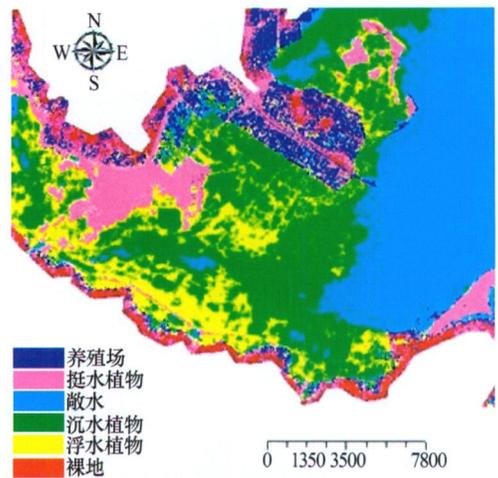
### 4 研究结果与分析

本研究的试验区位于洪泽湖西岸的溧河湖湾, 包括了江苏泗洪洪泽湖湿地省级自然保护区。从分类结果图中也可以看出, 研究区拥有丰富的湿地植被, 在北岸生长了茂盛的挺水植物, 湖底还有大量的沉水植物分布。

但是从两个时相的湿地植被分布的总体变化情况看, 洪泽湖湿地发生了大面积减少见图5和表1。



(a)1988-10-25



(b)2002-11-09

图5 洪泽湖湿地植被分类影像

挺水植物从1988年的68.21km<sup>2</sup>减至2002年的38.08km<sup>2</sup>, 动态变化度为-3.16%; 沉水植物也由1988年的93.57km<sup>2</sup>递减到2002年的57.83km<sup>2</sup>, 动

态变化度为- 2.73%。这主要是因为近年来当地渔民在滨湖的湿地上大肆挖塘养殖,在湖中围网养鱼养蟹造成的。研究区的养殖场面积在这14年间迅速增加了12.40km<sup>2</sup>,动态变化度竟达到15.07%。正是这种大面积的湿地开垦与围网养殖导致了湖区的芦苇等挺水植物大量减少,天然湿地被大量转化成了养殖场等人工湿地;挖塘养殖与围网养殖还使得大量船只下湖刈草。这导致大量沉水植物如李氏禾、菹草、黑藻等很快耗尽。以前的水草茂盛区,变成了敞水区域。同时,养殖与周围高地的农业生产还导致湖泊的污染与富营养化。这又导致湖泊许多区域已经由草型湖向藻型湖发展。通过研究也可以明显看出,洪泽湖湿地保护区的植被破碎化程度正日趋严重,斑块数量显著增加。

表1 洪泽湖湿地植被的面积和变化动态度

	1988年湿地植被 类型面积(km <sup>2</sup> )	2002年湿地植被 类型面积(km <sup>2</sup> )	动态 变化度(%)
挺水植物	68.21	38.08	- 3.16
浮水植物	54.38	56.80	3.18
沉水植物	93.57	57.83	- 2.73
养殖场	58.80	128.84	15.07

## 5 结论与讨论

本文所使用的基于知识规则的分类方法,通过

兼容纹理特征和绿度信息等辅助信息,设定纹理阈值区分养殖场和天然敞水区。利用绿度指数将裸地从植被区中分离出来,再根据植被光谱特征的差异区分3种植被类型。这种方法基本解决了ISODATA这种单纯利用光谱特征的分类方法所导致的“同物异谱”和“同谱异物”现象,总分类精度也从79.69%提高到95.40%。

湿地植被的动态变化检测中使用了叠加方法。对前后湿地类型分布栅格图做差值处理,可很好地检索出图像变化的部分,简单直观,可以非常方便地分析湿地的变化情况。动态变化度可以定量地描述湿地的变化速度,对预测未来洪泽湖湿地植被的变化趋势有积极作用。

通过本次研究可知,从1988年到2002年间,位于泗洪的洪泽湖自然保护区的湿地资源形势不容乐观,为了追求短期的经济利益,大量的天然湿地遭到破坏,它们被围垦成养殖场或者用于围网养殖。这导致了天然湿地植被大面积地减少。从分类影像上明显看出,溧河湖湾北部的大片湖滨地区和临淮头在2002年已经被人们挖塘或者围网用于养殖。天然湿地植被的面积由1988年的216.15km<sup>2</sup>降低到2002年的152.70km<sup>2</sup>,尤其是挺水植物和沉水植物,在14年间减少了近一半。这严重破坏了当地的生态资源,影响了湖泊生态系统功能的正常发挥。如不采取措施,更多的天然湿地将会消失,后果不堪设想。

## 参考文献

- [1] 谭衢霖. 鄱阳湖湿地生态环境遥感变化监测研究[D]. 北京: 中国科学院遥感受用研究所, 2002.
- [2] 汪爱华, 张树清, 何艳芬. RS和GIS支持下的三江平原沼泽湿地动态变化研究[J]. 地理科学, 2002, 22(5): 636- 640.
- [3] 杨永兴. 国际湿地科学研究进展和中国湿地科学研究优先领域与展望[J]. 地球科学进展, 2002, 17(4): 508- 514.
- [4] Bill OW. Wetlands of the United States[C]// Whigham F D. Wetland of World: Inventory, Ecology and Management. USA, Kluwer Academic Publishers, 1993: 515- 636.
- [5] 王洪道, 奚鸿身, 汪宪臣, 张立. 中国的湖泊[M]. 北京: 商务印书馆, 1996: 105- 108.
- [6] 赵英时, 等. 遥感受用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社.
- [7] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81- 87.

## 2011 海峡两岸遥感受用会议将在哈尔滨召开

2011 暨第五届海峡两岸遥感受用会议将于2011年8月8日在哈尔滨举办。这次会议是由中国科学院遥感受用研究所、中央大学共同主办,遥感受用国家重点实验室协办。这次会议的目的是进一步促进海峡两岸遥感受用领域科学家之间的交流和联系,推动遥感受用技术与应用的发展。近年来台湾海峡两岸的学者们在各自的遥感受用领域取得了许多重要的成就。为这些研究者之间搭建合作、交流平台,及时沟通和探讨遥感受用技术,并使之更好地服务于社会,对于解决遥感受用领域中的关键题非常重要。在这种背景下,定期地举行学术会议成为海峡两岸的遥感受用科学家们的共识。这次会议分为遥感受用空间信息技术基础理论研讨、3S技术等十一个议题。