

# 南四湖湿地遥感信息分区分层提取研究

牛明香<sup>1</sup>, 赵庚星<sup>1\*</sup>, 李尊英<sup>2</sup>

(1. 山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 2. 沂南县界湖镇土地管理所, 山东 沂南 276300)

**摘要:**该文以南四湖区为试验区, 利用 TM 数据, 在对各地类光谱特征进行系统分析的基础上, 提出了分区和分层相结合的湿地信息提取技术方法。根据研究区各种湿地类型的空间分布特点, 将该区分为两个湿地类型区; 在每一个区内, 根据湿地的光谱特征进行分层提取, 采用单红外波段阈值法、模型法以及改进的监督分类等技术方法。结果显示, 该区湿地有 14 类, 其中, 自然湿地 91 119. 51 hm<sup>2</sup>, 人工湿地 122 243. 13 hm<sup>2</sup>。

**关键词:**湿地; 遥感; 分区提取; 分层提取; 南四湖区

**中图分类号:** F301. 2; TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 0504(2004)02 - 0045 - 04

湿地在维护生态环境和自然资源开发等方面占有重要的地位, 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。近几年来, 我国和国际对湿地研究, 集中于湿地生态系统和湿地资源调查等方面。而定量准确地获取和分析湿地信息是湿地研究的关键环节, 应用现代遥感技术提取和分析湿地资源信息是湿地研究的重要方向, 对于大规模的湿地资源清查、动态变化监测和湿地的合理利用具有重要意义。国外对于遥感技术在湿地研究中的应用做了大量的研究<sup>[1-3]</sup>。目前国内湿地遥感技术的应用多为目视解译, 如周华茂等<sup>[4]</sup>对若尔盖湿地资源的调查, 应用遥感影像进行湿地的目视解译分析; 应顺东等<sup>[5]</sup>对浙江省的湿地资源进行调查, 应用目视解译判读各种湿地类型等。充分利用数字遥感信息, 进行湿地信息提取技术的系统研究较少。笔者以典型的内陆湿地区——南四湖区为试验区, 进行了湿地信息遥感提取方法的研究。

## 1 研究区概况及资料选取

南四湖区是指南四湖及其周围的人工湿地区域。南四湖位于山东省济宁市, 东经 116°34' ~ 117°21', 北纬 34°27' ~ 35°20', 由南阳湖、独山湖、昭阳湖和微山湖 4 个相互连贯的湖泊组成。南四湖是华北地区最大的淡水湖泊, 占全省淡水面积的 45%。该区湿地及水生生物资源丰富。据调查, 湖区有鱼虾类 84 种, 底栖动物 60 余种, 浮游植物 116 种。区内湖滨土壤深厚肥沃, 湿地植被和植物资源丰富, 有木本植物 192 种, 草本植物 230 种以上, 水生植物 74

种。区内分布着大片芦苇地、人工水稻田以及人工养殖用地。但是, 近几年来该区水位变化较大, 水资源相对不足, 水质受到严重污染, 致使湿地资源生态环境恶化。

遥感数字图像是本研究的主要信息源。TM 卫星遥感数据波谱分辨率较高, 对水体以及植被有很好的反映, 30 m 的空间分辨率能够满足研究区的需要。选择植物生长季后期的 8—9 月份, 湿地生命力旺盛, 植被光谱特征明显。选用的图像资料是 2000 年 9 月 15 日徐州幅 ETM<sup>+</sup> (LANDSAT7) 数据, 以该区 1:5 万土地利用现状图、1:5 万地形图作为辅助资料, 并采用 ENVI 3.5 遥感图像处理软件。

## 2 遥感数据预处理

(1) 波段的选择。TM 图像各波段之间存在相当成分的冗余信息, 为减少相互干扰, 信息提取时应选择信息量较大波段, 尽量选择相关性较小的波段参与分析, 本研究用的 TM 图像各波段之间的相关性如表 1。从相关性看, 前三个波段具有很高的相关系数 (0.95 左右), 第 4 波段比较独立, 第 7 波段和第 5 波段相关性较高。由此, 宜选择 TM1 ~ TM3 中的一个波段, TM5、TM7 中的一个波段和 TM4 波段。从方差分析看, TM1、TM4、TM5 三个波段信息量较大。但 TM3 包含对叶绿素的吸收区, 易于识别植被; 与其它的可见光谱段相比, 它受大气的阴霾影响较小, 影像的反差较好, 分辨率较高。经目视效果对比, TM3、TM4、TM5 合成后湿地类型边界清晰, 易于识别。因此, TM4、TM5、TM3 波段 (分别赋予 R、G、B 通道) 是本研究最佳假彩色合成波段。

收稿日期: 2003-08-18; 修订日期: 2003-10-22

基金项目: 国家教育部项目 (外司留 [2002] 247); 山东农业大学博士科研基金项目 “局域尺度土地利用变化检测及其对环境脆弱性的影响度量”

作者简介: 牛明香 (1977-), 女, 硕士研究生, 从事 RS 及 GIS 应用研究。\* 通讯作者 E-mail: zhaogx@sdau.edu.cn

表 1 徐州幅 TM 六个波段间相关系数矩阵  
Table 1 Correlation matrix between six bands of TM image in Xuzhou

| 波段  | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 7         |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1   | 1.000000  | -         | -         | -         | -         | -         |
| 2   | 0.985137  | 1.000000  | -         | -         | -         | -         |
| 3   | 0.946355  | 0.971990  | 1.000000  | -         | -         | -         |
| 4   | 0.902783  | 0.906680  | 0.855842  | 1.000000  | -         | -         |
| 5   | 0.879734  | 0.904923  | 0.922038  | 0.884339  | 1.000000  | -         |
| 7   | 0.852418  | 0.887013  | 0.939705  | 0.795802  | 0.962633  | 1.000000  |
| 平均值 | 55.346446 | 44.287418 | 41.549484 | 51.738249 | 60.810197 | 37.741845 |
| 方差  | 38.809700 | 31.309370 | 30.649059 | 37.995481 | 45.261771 | 29.989399 |

(2) 几何精校正。采用地面控制点的方法进行几何精校正,在 1:5 万地形图上选择控制点,利用格网尺量算所选控制点的大地坐标,然后在图像上找到相应的点,输入量算的坐标值。控制点选择地形图和图像上明显的固定地物点,其分布应保证均匀、合理。本研究的整景图像选择 30 个控制点,经 ENVI 处理后,RMS error (Root Mean Square error) 平均值为 0.25,满足误差控制在一个像元内的要求。在图像处理过程中,像元灰度值的重采样运用双线性内插法,以避免最近邻法亮度不连续性的缺陷<sup>[6]</sup>。

(3) 研究区图像数据的提取。本研究获得的是整景 TM 图像,像元数为  $7\ 912 \times 7\ 110$ ,数据量达 321 MB。研究区是其中一部分,需要提取南四湖区的数据。1) 从整景图像数据提取子窗口,提取南四湖区范围为 (2 597, 7 015) 和 (372, 5 470); 2) 在 ENVI 将影像转为普通图像格式,利用 MAPGIS 软件对湿地的实际边界进行矢量化,对边界文件进行误差校正,以此为掩膜在 ENVI 建立 Mask (Build Mask),此 Mask 图为两值(0 和 1)化处理图像,与第一步得到的子窗口图像数据相乘。保留南四湖区湿地边界范围内的数据,范围外的光谱值乘以 0,予以取消。运算结果即可得到研究区图像数据(图 1)。

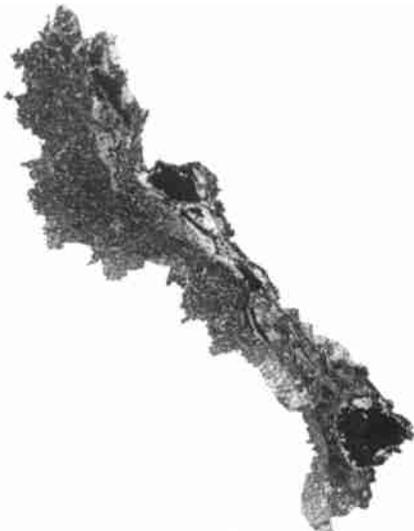


图 1 南四湖区 TM4、TM5、TM3 合成图像(2000 - 09 - 15)  
Fig. 1 Color composite image of Nansihu Area (9/15/2000)

(4) 图像增强处理。TM 图像进入 ENVI 后有 2% 的自动线性拉伸,本研究采用 TM4、TM5、TM3 波段假彩色合成,图像清晰易判读,不需要进行增强处理。

### 3 湿地信息提取技术

#### 3.1 湿地分类系统的确定

根据《全国湿地资源调查与监测技术规程》及研究区的实情,将该区湿地分为人工湿地和自然湿地,并建立南四湖区湿地分类系统(表 2)。

表 2 南四湖区湿地类型  
Table 2 Wetland types of Nansihu Area

| 自然湿地        | 人工湿地    |
|-------------|---------|
| 湖泊及自然坑塘水面   | 水稻田     |
| 湖边芦苇地及草甸、灌丛 | 运河      |
| 河流水面        | 人工水渠    |
| 河边草滩地       | 人工坑塘及鱼塘 |
| 荷田          | 藕池及菱角池  |
| 湖心岛         | 水库      |
|             | 人工建筑    |
|             | 人工养殖用地  |

#### 3.2 湿地分区

通过对遥感影像(图 1)和土地利用现状图分析可知,研究区包括南四湖湖体和水稻田两大部分。深灰色成片分布的是水稻田,浅灰色和白色部分为湖体内的湿生植被,黑色部分为水面。水稻田集中连片分布在京杭运河西部,运河以东的湖体部分分布着各类型自然湿地。上述两部分的光谱特征及湿地类型有很大的差别,应根据区域的特点采用不同的提取方法。

#### 3.3 湿地信息的分层提取

试验常用的监督分类、非监督分类和 NDVI 植被指数法进行信息提取,效果均不理想。非监督分类的各类之间光谱混淆严重;监督分类难以准确地划定训练区,精度亦较低;NDVI 植被指数法中,各类之间的阈值较难确定。根据研究区的特点,确定了分区和分层提取相结合的方法,根据各湿地类型的空间分布特点,将整个研究区域分为两个湿地分布区,根据地物的光谱特征在每一区内采用不同的方法进行信息提取(图 2)。

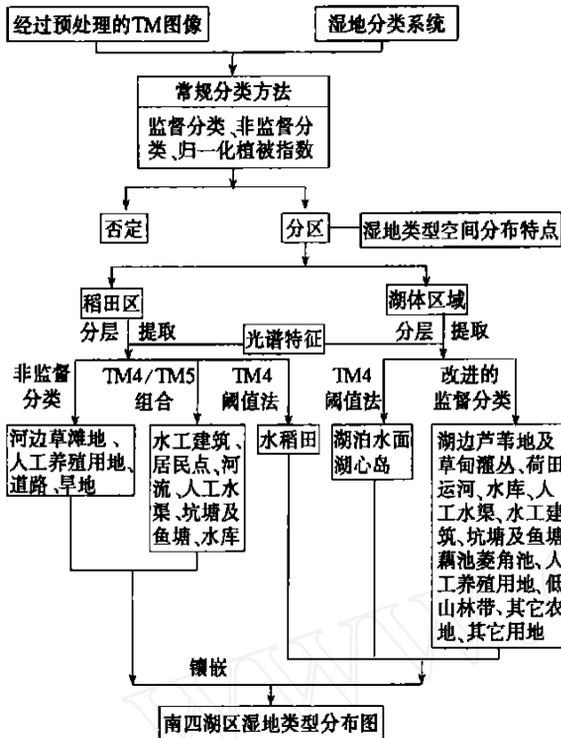


图 2 南四湖区湿地信息遥感提取技术路线  
Fig. 2 Remote sensing approach on wetland information extracting of Nansihu Area

3.3.1 稻田区湿地信息提取

3.3.1.1 光谱特征分析。稻田区域内,除成片分布的水稻田外,还有居民点、建筑、水库、坑塘、河流、人工水渠和少量旱地,其光谱曲线可用亨利曲线来表示(即各波段上像元值的连线)<sup>[7]</sup>,其地物的光谱特征如图 3 所示。在 TM4 波段,水稻田与其它地物的光谱特征相差较大,在 TM4、TM5 波段,居民点和水系(河流、渠道、坑塘和水库)的光谱曲线走势相反:居民点在 TM4 波段下降到一个低点后又上升,在 TM5 波段到达顶点,再下降;而水系在 TM4、TM5 波段都呈下降趋势。

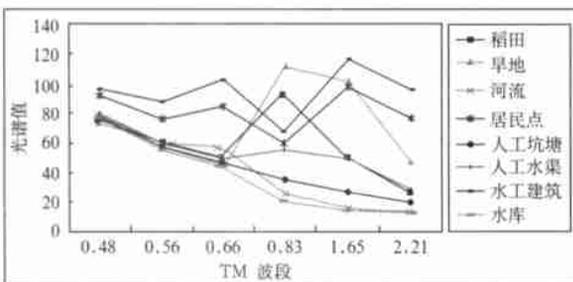


图 3 南四湖区 2000 年 9 月 15 日稻田区不同地物光谱曲线  
Fig. 3 The spectral curve of different features in paddy field, Nansihu Area, 9/15/2000

3.3.1.2 单红外波段阈值法提取水稻田。针对水稻田的光谱特征及成片分布的特点,用 TM4 波段阈值法提取。经试验,确定用于提取水稻田的灰度值范围为 72—94。利用 ENVI 的密度分割功

能,根据水稻田的灰度值,进行密度分割并赋予一定的颜色,对照现状图和原始影像图,对漏掉的部分进行人工修正,即可提取水稻田。

3.3.1.3 TM4、TM5 组合提取居民点和水系。将水稻田提取后,区内的主要地物为居民点和水系。根据上述光谱特征分析,经 TM4、TM5 组合,建立了居民点和水系提取模型: $V = TM5 - TM4 / TM5 + TM4$ ,在变换后的图像上,居民点呈黑色,而水系则呈现白色,其它的地物都表现为灰色。将变换得到的图像进行二值化处理,分别用 0 和 1 表示居民点用地和其它类型用地。对二值图像进行分类,可提取居民点。用同样的方法提取河流、渠道、坑塘和水库,经过简单的人工修正,即可得到居民点和水系分布图。提取以上地物后,稻田区域内仅剩部分养殖用地和道路、河边草滩地以及少量旱地,用非监督分类即可将其区分开。

3.3.2 湖体区域湿地信息提取

3.3.2.1 单红外波段阈值法提取湖泊水面。湖泊水面在影像上表现为黑色,和周围水生植被相比,光谱差别明显。在 TM4 波段,水体强烈吸收,而周围的水生植被则是强烈反射(光谱曲线图略),湖泊水面适合用单红外波段阈值法进行提取。用于提取湖泊水面的灰度值范围为 15—47,应用提取水稻田的方法,提取湖泊水面,其中的湖心岛根据形态也可提取出来。

3.3.2.2 利用改进的监督分类法提取剩余的湿地信息。湖体内湿地植被、人工养殖用地、农田等光谱混淆较为严重,阈值法很难将其区分开,本研究利用改进的监督分类法进行提取,取得了理想的效果。1)用非监督分类的 ISODATA 法取得该区的初始光谱类型图,与现状图对照,并结合地学分析法,使光谱信息类与目标类一致,经过迭代收敛后,共输出 17 类光谱类型图。2)利用非监督分类的光谱类型图与现状图对照,确定 17 类地物的空间分布,建立训练样本,并对训练样本进行提纯,以提纯后样本的均值和方差作为参数,输入监督分类的最大似然分类器<sup>[8]</sup>,建立判别函数,对区内的逐个像元进行处理、分类,结合专家知识进行简单的人工修正,得到该区的湿地类型分布图。

利用 ENVI 的 Mosaic 功能,将稻田区和湖体的提取结果进行镶嵌拼接,得到整个研究区的湿地类型分布图(图 4)。

4 结果与分析

4.1 各类型湿地面积及空间分布

利用上述分区和分层提取相结合的方法得到南

四湖区主要湿地和其它土地利用类型的面积(表 3)及其空间分布(图 4)。由表 3 可知,研究区内共有自然湿地 91 119.51 hm<sup>2</sup>,人工湿地 122 243.13 hm<sup>2</sup>。其中,水稻田占整个区域面积的 34.6%,养殖用地占 7.38%(藕池、菱角池和人工养殖用地的总面积),而湖泊与自然坑塘水面仅占 14.83%,与以往的统计数字相比,湖泊水面面积减少,湖区内养殖用地增加。由湿地空间分布图可知,整个研究区内河网密布,水渠纵横;沿湖依次分布荷田、芦苇及草甸、灌丛;湖区内养殖用地较多,多数自然湿地被开垦为农田,必须注重湿地生态环境的保护。

表 3 南四湖区湿地及其它土地利用类型面积  
Table 3 Areas of wetland and other land use types of Nansihu Area

| 类型             | 面积(hm <sup>2</sup> ) | 面积百分比(%) |
|----------------|----------------------|----------|
| 湖泊及自然坑塘水面      | 39 937.50            | 14.83    |
| 湖边芦苇地及草甸、灌丛    | 25 722.09            | 9.55     |
| 自然湿地           |                      |          |
| 荷田             | 13 754.16            | 5.11     |
| 河流             | 6 713.10             | 2.49     |
| 河边草滩地          | 3 403.62             | 1.26     |
| 湖心岛            | 1 589.04             | 0.59     |
| 水稻田            | 91 715.22            | 34.06    |
| 运河             | 1 226.88             | 0.46     |
| 人工水渠           | 4 013.37             | 1.49     |
| 人工湿地           |                      |          |
| 人工坑塘及鱼塘        | 1 717.29             | 0.64     |
| 水库             | 1 825.29             | 0.68     |
| 水工建筑           | 1 860.21             | 0.69     |
| 藕池及菱角池         | 9 426.24             | 3.50     |
| 人工养殖用地         | 10 458.63            | 3.88     |
| 其它土地利用类型       |                      |          |
| 居民点、民用建筑及周围疏林地 | 27 519.57            | 10.22    |
| 道路及附属建筑物       | 1 537.38             | 0.57     |
| 低山林带           | 2 166.21             | 0.81     |
| 其它农地           | 21 856.68            | 8.12     |
| 其它用地           | 2 828.88             | 1.05     |
| 总计             | 269 271.36           | 100      |

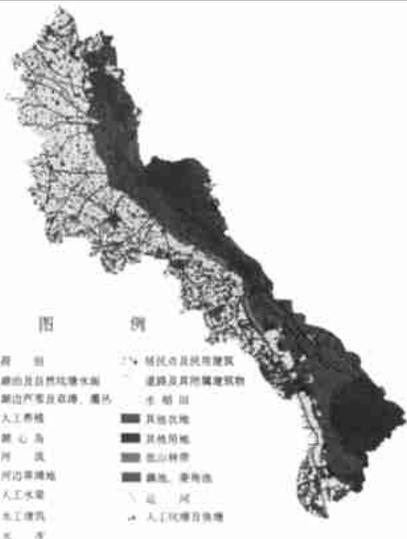


图 4 南四湖区湿地类型分布(2000 - 09 - 15)  
Fig. 4 Wetland distribution in Nansihu Area(9/15/2000)

#### 4.2 提取结果的精度分析

在遥感提取结果图上对每种湿地类型进行随机抽样,将它与现状图或地面调查数据进行比较,然后进行统计分析<sup>[9]</sup>。很多研究认为,为满足采样点的代表性和随机性,样点的采集数应大于 50<sup>[7]</sup>。由于各种湿地类型的分布面积和实际图斑数相差很大,在图上采点时应根据实情来确定各类采样点数目,即按照每种类别占总面积的百分比,保证样点均匀分布。表 4 为本研究的采样点数和精度,每种湿地类型运用分区和分层结合提取的精度都要比常规的监督分类高,总体精度由 85.797%提高到 91.972%。

表 4 南四湖区湿地信息提取精度分析  
Table 4 Precision analysis of wetland information extracting of Nansihu Area

|             | 分区和分层结合提取 |              |           | 常规的监督分类  |              |           |
|-------------|-----------|--------------|-----------|----------|--------------|-----------|
|             | 总抽<br>样数  | 提取正确<br>的样点数 | 精度<br>(%) | 总抽<br>样数 | 分类正确<br>的像元数 | 精度<br>(%) |
| 湖泊及自然坑塘水面   | 105       | 102          | 96.19     | 110      | 102          | 92.72     |
| 湖边芦苇地及草甸、灌丛 | 80        | 68           | 85.00     | 80       | 63           | 78.78     |
| 荷田          | 75        | 68           | 90.67     | 78       | 65           | 83.33     |
| 河流          | 50        | 47           | 94.00     | 52       | 46           | 88.46     |
| 河边草滩地       | 40        | 37           | 92.50     | 45       | 39           | 86.67     |
| 湖心岛         | 26        | 25           | 96.15     | 30       | 28           | 93.33     |
| 水稻田         | 120       | 107          | 89.17     | 135      | 110          | 81.48     |
| 运河          | 15        | 13           | 86.67     | 20       | 15           | 75.00     |
| 人工水渠        | 20        | 18           | 90.00     | 21       | 18           | 85.71     |
| 人工坑塘及鱼塘     | 35        | 32           | 91.43     | 39       | 33           | 84.62     |
| 水库          | 15        | 14           | 93.33     | 16       | 14           | 87.50     |
| 水工建筑        | 12        | 11           | 91.67     | 15       | 13           | 86.67     |
| 藕池及菱角池      | 60        | 57           | 95.00     | 63       | 56           | 88.89     |
| 人工养殖用地      | 48        | 46           | 95.83     | 50       | 44           | 88.00     |
| 总体精度        |           |              | 91.972    |          |              | 85.797    |

#### 5 结语

分区和分层提取相结合的技术方法对于内陆湿地类型的信息提取有较高的借鉴意义。分层提取过程中,将监督分类和非监督分类方法有机结合,克服了二者的不足;针对区域的特点,笔者提出了单红外波段阈值法,该方法是一种比较快捷的信息提取方法。利用上述方法实现了南四湖区水稻田、湖泊水面及坑塘等 14 类湿地信息的提取。实践证明这种方法简单、实用,是内陆湖泊湿地遥感信息提取的有效途径。

#### 参考文献:

[1] HOUHOU LIS P F, MICHENER W K. Detecting wetland change: a rule - based approach using NWI and SPOT - XS data[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2000, 66(2): 205 - 211.  
[2] DWIVED R S, RAO B R M, BHATTACHAR YA S. Mapping wetland of the sundaban delta and it 's environs using ERS - 1 SAR data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1999, 20(11): 2245 - 2247.

(下转第 52 页)

- org/.2002-05-17.
- [3] Sun Microsystems Inc. Sun Cluster Grid Architecture —— a technical white paper describing the foundation of Sun Grid Computing [EB/OL]. http: www.sun.com. 2002-01-21.
- [4] FOSTER I. The Grid: Blueprint for A New Computing Infrastructure[M]. Published by Mogan Kaufmann,1999. 21-26.
- [5] 陈燕. 数据库技术及其应用[M]. 大连:大连海事大学出版社,2002.
- [6] FOSTER I. The Grid: a new infrastructure for 21st century science[EB/OL]. http: www.aip.org/. 2002-08-12.
- [7] 史忠植. 智能主体及其应用[M]. 北京:科学出版社,2000.

### Influences of Grid Technology on Development of GIS

JIN Jiang - jun , PAN Mao

( College of Earth and Spatial Sciences , Peking University , Beijing 100871 , China )

**Abstract :** Grid technology will influence the development of GIS deeply , especially on web - based large - scale GIS. Grid computing technology provides the powerful computing resource support for the data - intensive spatial analysis. The data grid offers an integrated solution for storage , management , transmission , analysis of large - scale spatial data and a new method for real - time scene rendering and storage of large - scale scene data in VRGIS. The interoperability problem will be solved more easily by grid technology. The software development model by agent components that quarter at grid node to build up application software in large - scale GIS domain will influence the way of GIS application software development deeply.

**Key words :** GIS ; grid computing ; data grid ; GIS interoperability ; spatial information grid

(上接第 48 页)

- [3] SADER S A , AHID , LIOU W S. Accuracy of landsat - TM and GIS rule - based methods for forest wetland classification in Maine [J]. Remote Sensing of Environment , 1995 , 53 : 133 - 144.
- [4] 周华茂 , 曾良修 , 喻歌农 , 等. 卫星遥感和地理信息系统在湿地资源调查中的应用 [J]. 西南农业学报 , 2000 , 13 ( 2 ) : 78 - 82.
- [5] 应顺东 , 金晓俊. 卫星遥感技术在湿地资源调查研究中的应用 [J]. 浙江林业科技 , 2001 , 21 ( 3 ) : 83 - 88.
- [6] 郭德方. 遥感图像的计算机处理和模式识别 [M]. 北京 : 电子工业出版社 , 1987. 107 - 115.
- [7] 王人潮 , 史舟 , 胡月明. 浙江红壤资源信息系统的研制与应用 [M]. 北京 : 中国农业出版社 , 1999. 260 - 270.
- [8] JAYANTHA E , SIAMAK K. Hierarchical maximum - likelihood classification for improved accuracies [J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. , 1997 , 35 ( 4 ) : 810 - 816.
- [9] 吴键平. 遥感数据分类结果的精度分析 [J]. 遥感技术与应用 , 1995 , 6 ( 2 ) : 45 - 56.

### Extracting of Remote Sensing Information of Wetland in Nansihu Area Based on Multi - subarea and Multi - layer Techniques

NIU Ming - xiang<sup>1</sup> , ZHAO Geng - xing<sup>1</sup> , LI Zun - ying<sup>2</sup>

( 1. College of Resource and Environment , Shandong Agricultural University , Tai ' an 271018 ;

2. Land Agency of Jiehu Town , Yinan 276300 , China )

**Abstract :** Taking the Nansihu Lake Area as the study case and using TM image data , pose the extracting technique of wetland information by combination of multi - subarea and multi - layer on the basis of systemic analysis of spectrum character of all wetland types. Firstly , compartmentalize this research area into two sub - areas according to the distribution of every type in this area. Then , make multi - layer extracting in the light of wetland spectrum character in the sub - areas , using the techniques of TM4 band threshold , modeling and improved supervision classification.

**Key words :** wetland ; remote sensing ; multi - subarea extracting ; multi - layer extracting ; Nansihu Area