

doi: 10.3969/j.issn.1001-358X.2012.01.008

# 遥感技术在湿地资源调查中的应用研究

顾东<sup>1</sup> 赵胜<sup>2</sup> 张甫<sup>3</sup>

(1. 无锡水文工程地质勘察院, 江苏 无锡 214063;  
2. 常州市市政工程设计研究院有限公司, 江苏 常州 213003;  
3. 江苏省地质局第六大队, 江苏 连云港 222023)

摘要: 山东省湿地资源遥感调查在我省属于首次, 通过本次调查将山东湿地资源划分为4大类17种亚类, 基本查明了山东省各类湿地分布范围、面积和开发利用现状。同时利用多时相遥感信息数据(RS)结合地理信息(GIS)和全球定位系统(GPS)的技术优势, 采取多源信息相互印证及3S结合的工作方法, 分析了湿地资源的动态变化规律及影响湿地的因素, 提出了对湿地资源的保护对策及建议。

关键词: 遥感; 山东省; 湿地资源; 调查

中图分类号: TP7 文献标识码: B 文章编号: 1001-358X(2012)01-0025-04

## 1 湿地资源调查的意义和目的

### 1.1 湿地资源调查的意义

湿地是地球上生物多样、生产力较高和分布广泛的一种独特的生态系统。按照国际上《湿地公约》的定义:“湿地系指不问其为天然或人工、长久或暂时之沼泽地、湿原、泥炭地或水域地带,带有或静止或流动、或为淡水、半咸水或咸水水体者,包括低潮时水深不超过6m的水域”。湿地在抵御洪水、调节径流、控制污染、调节气候、美化环境等方面,具有不可替代的作用,是人类拥有的宝贵资源,因此湿地被称为“生命的摇篮”、“地球之肾”和“鸟类的乐园”。

山东省湿地资源十分丰富,从沿海到内陆,从山区到平原,均有湿地分布。近年来随着国民经济的发展,人工湿地不断增加,减少了向自然湿地的径流量;而自然湿地资源面临围垦、污染、过度利用等重用轻养的严重威胁,从而使湿地面积不断减少,泥沙淤积,使湿地类型结构发生变化,水质恶化,带来一系列生态问题。在人与自然和谐发展的今天,湿地资源的生态环境问题,已引起了各级领导的重视,保护湿地资源和合理的开发利用湿地资源已成为社会关注的焦点<sup>[1]</sup>。

### 1.2 湿地资源调查的目的

山东省湿地资源历史上没有进行过系统的调查,为了摸清湿地资源的家底,本次利用RS、GPS和GIS的技术优势,采取3S相结合的调查手段,开展山东省湿地资源调查工作。主要目的是:基本查明湿

地资源的类型、分布范围、面积和开发利用情况,研究分析湿地的动态变化规律及影响因素,提出湿地资源保护对策与可持续开发利用建议,为山东生态省建设提供依据<sup>[2]</sup>。

## 2 主要技术路线及工作方法

山东省湿地资源遥感调查,以遥感信息为主,利用遥感技术(RS)波段多、视域广、信息丰富、现势性强等优势,结合山东省已有的地质、水文、土地、湖泊、河流、海洋及环保等与湿地有关的地理信息(GIS)资料,采用全球定位系统(GPS)野外定点方便、精确度高的特点,并采取多源信息相互印证及3S相结合的工作方法,室内解译与野外实地调查相结合,解译资料与已知成果相结合,提高了遥感解译的效果和质量。

首先,收集遥感数据和其他专题资料,对遥感数据进行几何纠正、融合、镶嵌和分幅等处理,得到具有统一地理坐标、相互配准的多元基础数据库,通过数据分析,得到各时相湿地信息的初步解译结果;然后,结合野外勘查,建立详细解译标志,验证各期湿地初步解译结果,经室内再解译、分析判断、修改补充和整理,获得各期湿地信息提取结果,利用GIS软件的空间分析技术提取湿地的变化信息,并对变化进行统计分析;最后,对导致湿地变化的原因进行研究探索。数据处理与分析基于ENVI 4.3和MapGIS 6.7软件平台。湿地数据处理包括遥感图像几何纠正、图像增强、图像镶嵌等,其主要技术流程包括多

时相遥感影像以及其他 GIS 数据源的坐标配准、湿地信息分类提取、统计分析及空间分析等<sup>[3]</sup>。

## 2.1 遥感图像资料及图像处理

全省湿地资源现状调查遥感解译工作以 2002 年成像的 ETM 资料为主,山东省共涉及 14 景。图像处理采用美国 ENVI 遥感图像处理软件,对图像进行了增强、滤波、拉伸等方法处理,制作了卫星影像图。经检查,图面合理、几何精度高、色彩丰富、反差适中,图像质量和精度完全能满足本次工作的需要。

处理过程运用了如下专题信息提取方法<sup>[4]</sup>:

(1) 人机交互解译法。根据地物光谱反射特性与遥感影像色调的对应关系,建立特征信息的遥感解译标志,并在计算机辅助下勾绘各类湿地图斑。

(2) 计算机自动提取和分类。根据沼泽湿地是水体、植被和土壤自然综合体的特点,采用基于面向对象分类方法提取沼泽湿地;针对河流湿地在影像上有明显河道信息的特点,采用基于边缘的方法提取河流湿地。上述方法综合利用了湿地的光谱特征和结构特征,取得较好效果,能在一定程度上减少手工操作,提高工作效率。

### 2.1.1 噪声去除

在对影像进行大气校正和几何校正之前,需去除条带噪声。目前对于噪声去除的方法有两类,一类是通过频率低通滤波,滤除高频部分的噪声,然后反变回空间获得去噪图像,但这类方法受阈值选取的限制,无法达到尽善尽美的地步;另一类是针对图像灰度值特征进行归一化和匹配方法,典型的有直方图匹配、矩阵匹配方法。本文采用欧空局提供的 HDFclean 软件去除图像的噪声。HDFclean 软件是处理以 HDF 格式存储的图像程序,主要对图像进行缺失像元填充和条带去除。

### 2.1.2 辐射校正和几何校正

采用 ENVI 软件中的 FLASH 模块对影像进行大气校正,大气校正时所需要的卫星及影像参数、光谱标定信息均可以从影像的头文件中获取。影像的几何校正利用地面控制点(GCP)数据对原始图像的几何畸变过程进行数字模拟,建立原始畸变图像空间与制图用坐标空间之间的某种对应关系,再利用这种对应关系把畸变空间中的全部元素变换到校正图像中去完成的。

## 2.2 山东省湿地资源的划分

### 2.2.1 分类系统

依据国际《湿地公约》定义和《全国湿地资源调查与监测技术规程》中的分类原则,结合山东省湿地资源的实际情况,将山东省湿地资源划分为 4 大类 17 个亚类。

### 2.2.2 分类方法

利用支持向量机方法对遥感影像进行分类,支持向量机(SVM)是新型机器学习方法,具有完备的统计学习理论基础,它采用结构风险最小化原则代替传统统计学中的基于大样本的经验风险最小化原则,克服了神经网络受到网络结构复杂性和样本容量的影响大,容易出现过学习或低泛化能力的不足,对于小样本数据分析具有出色的学习能力和推广能力,在模式识别和函数估计中得到了有效的应用。

设有一个  $n$  个数据的训练集  $\{x_i, y_i\} (i=1, \dots, n)$ , 其中  $x_i$  为训练数据集,  $y_i$  为训练目标,  $x_i \in R^n$ ,  $y_i \in \{-1, 1\}$ , 常规支持向量机训练算法通常没有考虑训练样本对分类的贡献,本文引入一个模糊因子  $s_i$ , 表示训练样本对类中心的隶属程度,定义为:

$$s_i = e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

式中:  $\bar{x}$  表示某类聚类中心;  $\sigma^2$  为常数,按实际需求取值。由式(1)可知:  $0 < s_i \leq 1$ , 当  $x_i$  偏离聚类中心  $\bar{x}$  越远时,  $s_i$  越小,即  $x_i$  隶属于该类可能性越小。

该方法就是为训练数据集增加一个属性  $s_i$ , 即  $(x_i, y_i, s_i)$ 。将线性可分与线性不可分归到一个情况考虑,引入松弛因子  $\xi_i$ , 如果分类超平面为  $w \cdot x_i + b = 0$ , 满足约束

$$y_i(w \cdot x_i + b) \geq 1 - \xi_i$$

$$\xi_i \geq 0 \quad i=1, \dots, l \quad (\xi_i = 0) \text{ 表示线性可分} \quad (2)$$

最后该模糊支持向量机方法可由如下二次规划过程实现:

$$W(\alpha) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i \cdot x_j) - \sum_{i=1}^l \alpha_i$$

Minimize

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0$$

s. t.

$$C s_i \geq \alpha_i \geq 0 \quad i=1, \dots, l \quad (3)$$

与普通的 SVM 训练算法不同的是,该类模糊支持向量机在训练二次规划过程的约束条件中加入可变的  $s_i (0 \leq s_i \leq 1)$  参数,强调样本对分类的不同贡献,从而得到模糊训练的目标。实践证明模糊支持向量机总的分类精度达到 90% 以上,大大高于其他的一些分类方法<sup>[5]</sup>。

### 2.3 湿地资源遥感解译

将各类湿地资源特征与 TM、ETM、SPOT 等影像图进行对比分析,结合收集到的各类成果资料,分别建立了各类湿地资源的遥感解译标志,按照解译标志对山东湿地资源进行了系统的解译,并对 1987 年、1996 年和 2000 年不同年代的影像图,依据工作目的不同分别进行了相关解译及对比分析,将解译的各类成果资料,通过计算机扫描、矢量化、投影转换、拼图处理等方法,编制了山东省湿地资源分布图和开发利用现状图,建立了山东省湿地资源数据库。

### 3 山东省湿地资源的分布及特征

山东省天然湿地面积历史上没有确切的统计数字,从本次编制的山东省湿地资源分布图上可以看出,纯天然的湿地少,大多数湿地都是在天然的基础上经过了后期的人工改造。二十世纪五十年代山东几乎没有水库,五十年代末期以来为了兴利除害,大搞水利工程建设,形成了库塘湿地遍布各地的地貌景观。湿地是处于动态变化中的一种地貌现象,湿地的分布范围和面积也是处于动态变化中的。目前,山东省湿地资源总的发展趋势是:天然湿地不断减少,人工湿地逐年增多,形成了现存的天然湿地受到保护、新增加人工湿地与社会发展的需求相适应的分布格局,使湿地资源朝向良性循环的方向发展。

通过调查基本查明了山东省各类湿地分布范围、面积和开发利用现状,并利用多时相遥感信息分析了湿地资源的动态变化规律及影响湿地的因素,提出了对湿地资源的保护对策及建议。经过本次调查与测算,山东省湿地面积共计为 1712200  $\text{hm}^2$ ,占山东省陆地总面积的 7.58% (不包括浅海水域湿地面积)。其中,河流湿地面积为 286746  $\text{hm}^2$ ,湖泊湿地面积为 143490  $\text{hm}^2$ ,库塘湿地面积为 118693  $\text{hm}^2$ ,近海及海岸湿地面积为 994100  $\text{hm}^2$ ,沼泽湿地面积为 10203  $\text{hm}^2$ ,其他人工湿地面积为 158968  $\text{hm}^2$ 。

#### 3.1 河流湿地资源分布特征

山东省河流分属黄河、海河、淮河三大流域或独流入海。依据建立的河流湿地遥感解译标志,经本次遥感调查统计全省大于 100  $\text{hm}^2$  以上河流湿地共计 171 条,合计湿地面积 286746  $\text{hm}^2$ ,占全省湿地总面积的 16.75%,占山东省陆域面积的 1.83%。

从本次对河流湿地资源遥感解译和野外调查情况知,山东省从二十世纪五十年代至今,河流湿地在

总体分布上变化不大,除黄河入海口和汶河流域下游人为改造变化较大外,其它河流只在局部地段有所改变。虽河流湿地在空间分布上变化不大,但其自身变化特征较为明显,从卫星影像图上可看出五十年代、七十年代和现代相比较,主要变化特点表现在沿河水库增多、山区河流经常断流、平原河流趋于网状化分布、水质污染严重、河道淤积增加等问题。

#### 3.2 湖泊湿地资源分布特征

湖泊是积水的洼地。根据山东省湖泊湿地资源分布特征,结合地形地貌和成因特点将其划分为永久性淡水湖湿地和人工湖泊湿地。

##### 3.2.1 永久性淡水湖泊湿地

山东省永久性淡水湖泊湿地较大的具有代表性的主要有:南四湖、北五湖(东平湖)和白云湖,均属自然条件下人工改造形成湖泊湿地。

(1) 南四湖湿地:南四湖是山东省第一大淡水湖泊,也是全国十大淡水湖泊之一。南四湖自北向南由南阳、独山、昭阳和微山四个湖泊彼此串联组成,在卫星影像图上,显示非常醒目。南四湖湿地总体呈北西-南东向展布,南北长 122.6 km,东西宽 5~22.8 km,湿地面积约 126600  $\text{hm}^2$ 。南四湖原来是一个碧波荡漾、荷花盛开的鱼米之乡,由于多年来重用轻养、开发无度,加上近几年来湖区周边工农业大量污废水进入湖泊,湖水污染严重,导致湖区水生生物减少,资源衰退,湿地生态环境受到了较大的影响。主要表现在:蓄水量减少,调节能力降低,春秋水资源不足,水质污染严重,水体富营养化,湖区淤积严重,湖泊沼泽化,湖面萎缩趋势明显。

(2) 北五湖(东平湖)湿地:北五湖形成历史悠久,古称大野泽(或巨泽),历史上自北向南分别由安山湖、马踏湖、南旺湖、蜀山湖和马场湖组成,分布于古京杭运河两侧。二十世纪五十年代虽然部分湖泊干涸,但仍保留湖泊形态,六十年代马踏湖、南旺湖、蜀山湖和马场湖先后开垦成农田,仅保留由安山湖演变成现在的东平湖。东平湖是山东省第二大淡水湖,历经沧桑变迁,于 1855 年(清咸丰五年)后大致形成现在形态。湖区南北长约 20 km,东西最宽约 15 km,经本次测算湿地面积为 15150  $\text{hm}^2$ ,其中水域面积为 12600  $\text{hm}^2$ 。

(3) 白云湖湿地:白云湖湿地位于章丘市西北部约 20 km 处,湖区呈北东东向展布,长约 7.5 km,最宽处约 2.7 km,湿地总面积约 1740  $\text{hm}^2$ 。进入二十

世纪八十年代中末期,山东省雨量减少,白云湖湿地趋向于消亡状态,后对白云湖进行了大规模的开发改造,主要修建了养鱼池、藕池等。本次解译白云湖湿地使用了高分辨率的 SPOT 影像资料,共解译圈定养鱼池 1500 余个。

### 3.2.2 人工湖泊湿地

该类湿地遍布山东各地,经本次解译主要有:库塘湿地、稻田湿地、鱼池湿地和塌陷区湿地。

(1) 库塘湿地:山东省历史上是一个旱涝灾害发生频繁的省份,为了从根本上解决旱涝灾害问题,自二十世纪五十年代后期我省进行了大规模的水利建设,取得了巨大的成就。山东省五十年代前期没有水库,仅有少量的天然水塘,因此水库湿地均为改造自然形成的人工湿地。按照库塘湿地解译标志,山东省共解译出库塘湿地 199 个,合计湿地面积 118693  $\text{hm}^2$ ,占山东省陆地总面积的 0.76%。

(2) 稻田湿地:山东省稻田湿地分布不均,依据解译标志,共解译出 3 片较大的稻田湿地分布区,主要分布在南四湖西侧的济宁-鱼台一带、鲁西北沿黄的利津、垦利和东营一带及沂、沭河谷平原地带,合计湿地面积 156200  $\text{hm}^2$ 。

(3) 鱼池湿地:养鱼池湿地(指淡水养鱼池)。鱼池湿地遍及全省各地,多呈星散状分布,能够形成一定规模的仅有 3 处,主要分布在南四湖、东平湖和白云湖的湖区周围,共计面积为 4994.91  $\text{hm}^2$ 。

(4) 塌陷区湿地:塌陷区湿地有两大片,分为 7 小块,合计面积为 2780  $\text{hm}^2$ 。分布于兖州煤田和肥城煤田内,其次在枣庄、莱芜等地亦有少量塌陷区湿地零星分布。

### 3.3 近海及海岸带湿地资源分布特征

近海指水深在 6 m 以内浅海水域,海岸带它包括潮间带滩涂和沿海滩涂开发的陆地部分。山东省海岸线北起漳卫新河口,南至鲁苏交界的绣针河口,全长 3121 km,居全国第二位。滩涂资源和近海资源广阔,本次调查共划分了 9 个亚类湿地类型,经计算 -6 m 深浅海水域面积为 524800  $\text{hm}^2$ ,沿海滩涂湿地面积为 469300  $\text{hm}^2$ (包括陆地开发的盐田和虾田),其中已开发利用的面积为 271400  $\text{hm}^2$ ,占滩涂湿地面积的 57.8%。山东省 -6 m 浅海水域面积辽阔,海水温暖季节较长,具有亚热带特点,有利于海洋生物的生长。沿岸丰富的港湾、滩涂资源为鱼虾类产卵提供了天然场所,水域生物繁殖生长生产力

高,天然渔业资源十分丰富,在山东国民经济建设中占有十分重要的地位<sup>[6]</sup>。

### 3.4 沼泽和沼泽化草甸湿地

依据遥感解译标志结合有关湿地资料,仅解译出沼泽湿地资源 2 处,主要分布在沾化苇场及黄河故道上,合计面积为 10203  $\text{hm}^2$ 。

## 4 结论

首次采用遥感信息对山东省湿地资源进行了较系统全面的调查和研究,将山东湿地资源划分为 4 大类 17 种亚类,同时建立了山东省湿地资源数据库,使其成为“数字山东”中的一部分,为山东生态省建设和可持续发展战略规划提供了可靠的基础资料。经专家组评审认为:该项目比较好的完成了预期任务,填补了我省湿地资源调查的空白,具有较强的可操作性和实用价值。

遥感技术具有波段多、视域广、信息丰富、现势性强等特点,结合地理信息系统和全球定位系统进行工作,可以提高资料的科学性和可靠性,且效率高、成本低、可操作性强,是一种快速、高效、经济的手段,可以起到事半功倍的效果。建议今后多采用 3S 相结合工作方式,开展相关性研究工作,为“数字山东”提供资料<sup>[7]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 山东省地质矿产局. 山东省环境地质图集[M]. 济南:山东省地图出版社,1995.
- [2] 山东省地质测绘院. 山东省湿地资源遥感调查报告[Z]. 济南:山东地质测绘院,2004.
- [3] 山东省水文水资源局. 山东省水资源遥感调查报告[Z]. 济南:山东省水文水资源局,2001.
- [4] 山东省环境保护科学院. 山东省生态环境遥感调查报告[Z]. 济南:山东省环境保护科学院,2001.
- [5] 许磊. 支持向量机和模糊理论在遥感图像分类中的应用[D]. 无锡:江南大学,2006.
- [6] 王思远,刘纪远等. 中国土地利用时空特征分析[J]. 地理学报,2001,56(3):253-260.
- [7] 苏海民,何爱霞. 基于 RS 和地统计学的福州市土地利用分析[J]. 自然资源学报,2010,25(1):91-99.

作者简介:顾东(1985-),男,江苏张家港人,助理工程师,从事大地测量、地籍测量和工程测量工作。

(收稿日期:2011-10-20)