

# 基于纹理特征的微山湖湿地信息提取研究

姜良美,王芳,肖志坤,张东水

(湖南科技大学 建筑与城乡规划学院,湖南 湘潭 411201)

**摘要:** 研究基于 Landsat7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) 影像,利用典型地物的光谱特征及灰度共生矩阵的纹理特征建立分类模型,提取了微山湖地区的泥滩信息,并采用随机采样法对分类结果进行了评价,Kappa 系数达到 0.822 7。研究表明,单一使用光谱特征分类的方法不能够有效的区分水体与泥滩信息,而辅以纹理特征后的分类方法可以将二者区分开,并且能够达到一定的分类精度,为湿地遥感信息的分类提供了一种方法。

**关键词:** 湿地;微山湖;改进型主题测绘仪;信息提取;灰度共生矩阵

**中图分类号:** TP751.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9102(2011)04-0068-05

湿地具有分洪蓄水、调节气候、维护生态平衡等作用,被称为“地球之肾”。湖泊湿地作为湿地的一个重要类别,它对全球变化、国民经济建设及可持续发展有极其重要的作用<sup>[1]</sup>。而泥滩又是湖泊湿地的重要组成部分,对它的研究有着更为独特的意义。遥感技术具有精确、便捷和覆盖面广等特点,为泥滩信息的提取和监测提供了有利的手段。地物的光谱特征存在“同物异谱”和“同谱异物”的现象,所以单纯的基于像元光谱特征的传统湿地分类方法<sup>[2~4]</sup>效果一般。除光谱特征外,纹理特征是遥感影像的另一个重要特征。许多学者对湿地信息提取方法的研究<sup>[5~7]</sup>表明,辅以纹理特征的分类方法与传统的光谱特征分类方法相比,精度有了较大的提高,为分类提供了一种新的思路。本文以微山湖区域为对象,基于 Landsat7 ETM+ 影像,对小麦地、居民地、山地、水体、泥滩 5 种典型地物的光谱特征进行了分析,并结合灰度共生矩阵的纹理特征建立知识规则分类模型,最终将泥滩从其它几种地物中提取出来,满足一定的分类精度要求。

## 1 研究区概况及数据源

### 1.1 研究区概况

微山湖位于山东省西南部枣庄市和济宁市两市交界地带,东经 116°34′~117°21′,北纬 34°27′~35°20′,地处暖温带半湿润地区的南部,季风型大陆性气候明显,四季分明,雨量充沛,光照充足。该湖是典型的内陆浅水湖泊,平均水深 1.5 m。该地区湿地类型丰富,主要由自然湿地(湖泊及自然坑塘水面、荷田湖边芦苇地及草甸灌丛、河流、河边草滩地、湖心岛)和人工湿地(水稻田、运河、渠道、水库、人工坑塘及鱼塘、藕池及菱角池、水工建筑、人工养殖用地)组成。微山湖附近有大量的山地存在,且周围还分布着居民地和农田,其中,农田的分布较为分散,在湖泊沿岸及微山岛上都有分布。该区是我国重要的粮棉生产基地之一,农作物以水稻、小麦、棉花、大豆、薯类为主。

### 1.2 数据源

研究使用的遥感数据为 2001 年 4 月 3 日微山

收稿日期:2011-03-15

基金项目:湖南省自然科学基金项目(10JJ4027);湖南省教育厅一般项目(10C0722)

通信作者:王芳(1979-),女,河南安阳人,博士研究生,讲师,主要从事遥感理论方面的研究。E-mail:361870589@qq.com

湖地区 Landsat7 ETM + 影像,图 1 是经过图像增强、几何校正及图幅截取等预处理后的试验区影像。其中,所选用的波段是 TM1 - TM5 及 TM7 共 6 个波段。影像质量良好,无云,无数据丢失,满足研究需求。在卫星影像拍摄时期,荷田、湖边芦苇地及草甸、灌丛等并未生长出来,湖泊周围只是一片泥滩,农田作物主要是小麦。图 1 中,红色地物主要为小麦地,在小麦地周围零星分布着居民地和山地,大片兰色或兰灰色区域为微山湖水体,水体周围的褐色区域为泥滩。

## 2 泥滩信息提取方法

### 2.1 光谱特征分析

通常,不同地物在各个波段表现的光谱特征是不同的,因此,依据地物在遥感影像上的光谱特征表现可以将它们大体区分开。在 ERDAS 中对研究区内的小麦地、山地、居民地、水体和泥滩 5 种典型地物分别进行采样,在采样时,某类地物的所选区域应尽可能的代表该类地物本身的特征,以利于比较。然后统计它们的光谱亮度值(表 1),利用其均值绘制各地物在 ETM + 影像 6 个波段的光谱曲线(图 2)。

表 1 典型地物部分采样点光谱亮度值统计

Tab. 1 The statistics of spectral brightness in parts of the Sample points of typical types

项目	数值类别	水体	小麦地	居民地	山地	泥滩
TM1	最大值	99.000	93.000	112.000	95.000	97.000
	最小值	75.000	77.000	90.000	75.000	80.000
	均值	85.438	83.937	102.121	84.225	88.060
TM2	最大值	78.000	75.000	105.000	78.000	79.000
	最小值	52.000	56.000	71.000	53.000	57.000
	均值	60.172	63.544	86.527	63.547	66.584
TM3	最大值	73.000	72.000	133.000	84.000	86.000
	最小值	39.000	44.000	66.000	46.000	48.000
	均值	49.867	54.051	97.328	60.402	65.537
TM4	最大值	31.000	113.000	82.000	53.000	60.000
	最小值	15.000	71.000	53.000	38.000	22.000
	均值	18.919	93.186	59.403	46.161	37.486
TM5	最大值	29.000	92.000	176.000	96.000	72.000
	最小值	12.000	54.000	65.000	46.000	15.000
	均值	17.554	69.861	102.189	64.978	38.766
TM7	最大值	29.000	62.000	153.000	82.000	54.000
	最小值	7.000	26.000	43.000	31.000	12.000
	均值	15.330	40.350	89.636	49.361	29.494

从表 1 和图 2 中可以看出,在 TM1 和 TM3 波段

之间,泥滩、水体及小麦地的光谱亮度值有一定的交叉;TM4 波段中,小麦地的斜率  $> 1$ ,其他地物的斜率都  $< 1$ ;故当  $TM4 < TM3$  时,可以将小麦地从其它地物中区分开;比较居民地与山地、泥滩、水体的光谱曲线发现,居民地在各波段的光谱值均大于其它 3 种地物,当光谱亮度值  $TM4 > 60$  时,可以将居民地区分开;在 TM2 和 TM3 波段之间,山地的光谱亮度均值介于居民地、小麦地和泥滩、水体的光谱亮度均值之间,且差别不大。但在 TM4 - TM7 波段,山地的光谱亮度值变化趋势与泥滩及水体 2 种地物之间的差别比较明显。为了便于选取一个既能区分居民地又能剔除山地的统一阈值,这里考虑用 TM4 波段。故当光谱亮度值  $43 < TM4 < 60$  时,可将山地从其它典型地物中剔除出去;而泥滩和水体的光谱曲线趋势相似,光谱亮度均值相差很大,而它们的光谱最大值和最小值范围上存在一定重合,基于光谱特征分析的方法不能很好的将它们区分开。

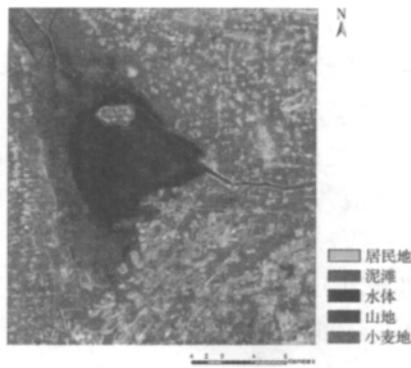


图 1 微山湖地区 ETM + 假彩色合成影像

Fig. 1 The false color composite bands 4, 3, 2, image of Landsat7 ETM + data of the Weishanhu Lake area

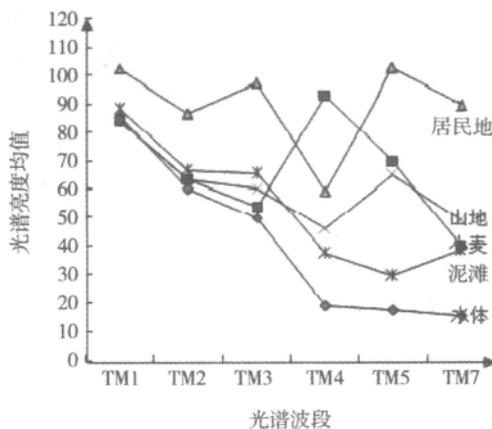


图 2 研究区 5 种典型地物的光谱曲线

Fig. 2 The five typical types of spectral curves in study area

但是,从原始遥感影像上可以看出,泥滩具有较明显的格状纹理特征,而水体在影像上表现为波动较小、纹理细密、较平滑连续的区域。所以,通过研究影像的纹理特征,以实现从泥滩信息的提取是十分必要的。

## 2.2 灰度共生矩阵提取纹理特征

纹理性质主要包括粗糙度、方向性、对比度3种性质,而纹理特征是对纹理性质的定量描述。通常,对纹理特征分析的方法大致分为统计方法和结构方法2类。其中,统计方法主要包括自相关函数、灰度共生矩阵、灰度级行程长、滤波模板、随机模型、分形模型等方法。本研究使用的是统计方法中的灰度共生矩阵法。

灰度共生矩阵就是从影像 $(x, y)$ 灰度为 $i$ 的像素出发,统计与距离为 $\delta$ 、灰度为 $j$ 的像素 $(x + \Delta x, y + \Delta y)$ 同时出现的概率 $P(i, j, \delta, \theta)$ 。其用数学公式表示则为

$$P(i, j, \delta, \theta) = \{ [(x, y), (x + \Delta x, y + \Delta y)] | f(x, y) = i, f(x + \Delta x, y + \Delta y) = j; x = 0, 1, 2, \dots, N_x - 1; y = 0, 1, 2, \dots, N_y - 1 \}. \quad (1)$$

式中, $(x, y)$ 是影像中的像素坐标; $i$ 和 $j$ 表示2个像素的灰度值,其取值范围为 $[0, L - 1]$ , $L$ 为影像的最大灰度级数。

本研究使用通过灰度共生矩阵计算得到的角二阶矩这一统计量来提取影像的纹理特征。角二阶矩是对影像纹理灰度变化均一的度量,反映影像的灰度分布均匀程度和纹理粗细度。它是灰度共生矩阵各元素的平方和,其计算公式为

$$ASM = \sum_i \sum_j P^2(i, j). \quad (2)$$

由于纹理特征是一种结构特征,与选择的光谱、波段无关<sup>[8]</sup>,在计算纹理特征时只需要选择多波段影像中的任意一个波段。研究选用 $7 \times 7$ 窗口对TM4波段的遥感影像提取纹理特征。首先通过纹理特征计算程序计算小窗口影像的灰度共生矩阵和纹理特征值,将得到的纹理特征值赋给该窗口的中心点,完成第一小窗口的纹理特征计算。然后窗口被移动一个像素,形成另外一个小的窗口影像,再计算新的共生矩阵和纹理特征值。依次类推,这样整个图像就会形成一个以各窗口纹理特征值为元素的纹理特征矩阵,最后将这个纹理特征矩阵转换成纹理特征影像。其中,图3和图4是灰度共生矩阵提取纹理特征前后的影像。

图4中,泥滩与水体之间有明显的区分界限,泥滩的纹理呈细小的网格状,而水体则表面光滑连续、波动较小、纹理细密。另外,由于研究中使用4月份的遥感影像,该季节泥滩局部地区生长着少量的植被,而且在微山岛地区有零星的居民地分布,故泥滩地区的纹理特征更加明显。对遥感影像提取纹理特征后发现,泥滩的角二阶矩值均大于9.327,而水体的角二阶矩值则小于该值。所以通过该阈值即可将泥滩和水体区分开。



图3 灰度共生矩阵提取纹理特征前的影像

Fig.3 The image of GLCM before extracting texture feature

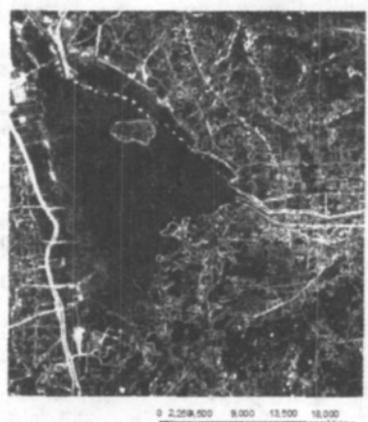


图4 灰度共生矩阵提取纹理特征后的影像

Fig.4 The image of GLCM after extracting texture feature

## 2.3 建立分类模型提取泥滩信息

通过以上对典型地物的光谱特征和纹理特征的分析,当 $TM4 < TM3$ 时,首先将小麦地从其它典型地物中剔除;当 $TM4 < 43$ 时,将居民地及山地从水体、泥滩中剔除;而当角二阶矩 $> 9.327$ 时,再将水体从泥滩中剔除,最终实现泥滩的提取。故在ERDAS中建立的分类模型如下:

EITHER 泥滩;

IF ( ( TM4 < TM3 ) AND( TM4 < 43) AND( 角二阶矩 > 9.327) );

OR 水体.

此时生成的影像中零星的分布着植被、山地、居民地等少量的非湿地信息,不利于泥滩和水体两地物的区分,因此考虑对影像进行降噪处理,以减少对二者分类的影响.研究采用二值掩膜法最终得到只有泥滩信息的影像,如图5所示.

对于任何遥感信息的分类结果,精度评价是十分必要的.研究采用随机采样法生成256个评价样本点,通过试验样本的分类数据与参考数据的比较计算出混淆矩阵,最终由误差矩阵得到Kappa系数,其大小反映了分类精度的高低.这里,将研究区内的所有地物划分为泥滩地物与非泥滩地物两大类.其中,在随机采样生成的256个评价样本点中,非泥滩地物占231个点,泥滩地物占25个点,满足地物分类比例.并且发现,在分类精度评价过程中,231个非泥滩地物样本点中有8个点被错分到泥滩地物中,25个泥滩地物的样本点中仅有1个被错分到非泥滩地物中.分类Kappa系数达到0.8227,满足精度要求(表2).

表2 精度评价

Tab.2 Accuracy assessment

地物	泥滩	非泥滩
泥滩	24	1
非泥滩	8	223
总精度 = 96.48%	Kappa 系数 = 0.8227	

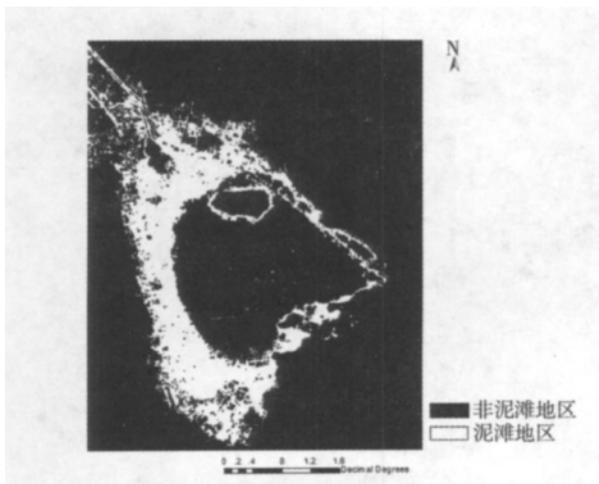


图5 泥滩提取最终结果

Fig.5 The final extraction result of mudflats

### 3 结论

1) 泥滩和水体之间的光谱特征非常相似,单一的从光谱特征角度不能将其有效地分离.并且,基于光谱特征的分析仅仅是利用了影像中的光谱信息,而影像中地物的形状、粗糙度及空间位置等信息也是重要的影像特征,因此考虑将基于灰度共生矩阵提取纹理特征的方法用于湿地2种地物间的分类中,得到了比较好的分类效果.

2) 总体来说,利用光谱特征及灰度共生矩阵的纹理特征建立分类模型的方法提取泥滩信息有效地提高了分类精度,可以作为湿地遥感信息提取的一种新思路应用到其它泥滩的提取中.

3) 影像信息提取研究中,仅仅考虑了研究区域内的5种典型的地物,对该区域的树林、山体阴影、农田等并没有做更细致的分类.在以后的研究中,可以考虑湿地信息的定量分析以及与DEM数据结合去除地形因素的影响等.

#### 参考文献:

- [1] 宋春霞,彭元成.六种微山湖湿地植物重金属富集能力分析[J].广东微量元素科学,2008,15(11):29-32.  
Song C X, Peng Y C. Analysis of bioaccumulation ability of six plants in Weishan Lake Wetland on heavy metal [J]. Guangdong Trace Elements Science, 2008, 15(11): 29-32.
- [2] 贾永红,李芳芳.一种新的湿地信息遥感提取方法研究[J].华中师范大学学报(自然科学版),2007,41(4):641-644.  
Jia Y H, Li F F. A new approach for extracting wetland information based on remote sensing images [J]. Journal of Huazhong Normal University( Natural Sciences Edition), 2007, 41(4): 641-644.
- [3] 于欢,张树清,李晓峰,等.基于TM影像的典型内陆淡水湿地水体提取研究[J].遥感技术与应用,2008,23(3):310-314.  
Yu H, Zhang S Q, Li X F, et al. Inland limnetic wetlands water body extraction using TM imagery [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2008, 23(3): 310-314.
- [4] 郑利娟,李小娟,胡德勇,等.基于对象和DEM的湿地信息提取—以洪河沼泽湿地为例[J].遥感技术与应用,2009,24(3):346-351.  
Zheng L J, Li X J, Hu D Y, et al. Wetland information extraction based on DEM and the object—a case study in Honghe Wetland [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2009, 24(3): 346-351.
- [5] 慈慧,张行南,阮仁宗.基于ETM+遥感数据的滨海湿地信息提取研究[J].计算机工程与应用,2008,44(21):109-112.  
Ci H, Zhang X N, Ruan R Z. Study on extr action of coastal

- wetland using ETM + [J]. Computer Engineering and Applications , 2008 ,44( 21) : 109 – 112.
- [6] 张砾. 辅以纹理特征的洪泽湖湿地信息提取 [J]. 遥感信息 , 2010( 3) : 30 – 34.
- Zhang L. Wetland information extraction combined with texture features [J]. Remote Sensing Information 2010( 3) : 30 – 34.
- [7] 那晓东 张树清 孔博 等. 基于决策树方法的淡水沼泽湿地信息提取—以三江平原东北部为例 [J]. 遥感技术与应用 , 2008 ,23( 4) : 365 – 372.
- Na X D Zhang S Q ,Kong B ,et al. The extraction of freshwater marsh wetland information based on decision tree algorithm—a case study in the Northeast of the Sanjiang Plain [J]. Remote Sensing Technology and Application , 2008 , 23( 4) : 365 – 372.
- [8] 冯建辉 杨玉静. 基于灰度共生矩阵提取纹理特征图像的研究 [J]. 北京测绘 , 2007( 3) : 19 – 22.
- Feng J H ,Yang Y J. Study of texture images extraction based on gray level co – occurrence matrix [J]. Beijing Surveying and Mapping 2007( 3) : 19 – 22.

## Study on extracting wetland information in Weishanhu Lake area based on texture feature

JIANG Liang – mei , WANG Fang , XIAO Zhi – kun , ZHANG Dong – shui

( School of Architecture & Urban Planning; Hunan University of Science & Technology , Xiangtan 411201 ,China)

**Abstract:** Based on Landsat7 Enhanced Thematic Mapper Plus ( ETM + ) image data , the information of mudflats of Weishanhu Lake area was extracted , by using of established classification model method with spectral characteristics and gray level concurrence matrix texture feature of typical types. In addition , random sampling method was evaluated on the classifications with an overall accuracy ( Kappa Coefficient) of 0. 8227. The results show that spectral features classification method which is single used can't effectively separate the information of mudflats from wetland. While it is combined with the texture feature classification method , it could separate them well and achieve a certain classification accuracy . So it provides a method for the extraction of remote sensing information.

**Key words:** wetland; Weishanhu Lake; ETM + ; extraction; gray level concurrence matrix