

# 计算机识别潮间带土壤类型的研究\*

## ——以盐城沿海滩涂珍禽自然保护区为例

宗良纲 陈邦本 方明

(南京农业大学)

吕玉琦

(东南大学)

沈铁仁 陈宏友 陈才俊 冯义

(江苏省滩涂开发管理局)

### 摘 要

江苏沿海潮间带面积广阔,土壤资源丰富,人工地面调查花费大、周期长。本文用卫星遥感的方法,着重就比值处理、非监督分类和监督分类等计算机图象处理方法对江苏沿海潮间带土壤类型识别的效果进行试验和比较。在结合专业知识的基础上,用13个训练类别的监督分类方法可以识别出潮间带7种土壤类型。对分类精度进行了检验,平均相对误差为17.6%。

卫星磁带计算机图象自动识别分类是当前航天遥感资料应用的一个新的发展趋向。江苏沿海潮间带面积广阔,土壤资源十分丰富。同时潮间带是一个不稳定场,其自然条件以及资源的数量和质量都瞬息万变。该地区常规的人工地面调查只能进行静态清查,且难度大、花费多、周期长。利用卫星遥感多时相、短周期的高空探测技术,辅以计算机处理,就可以变资源的静态清查为动态监测,从而为海涂资源的开发和规划及时地提供可靠的科学依据。

在江苏沿海地区利用卫星遥感计算机处理来识别土壤类型尚未见有正式报道。本文的目的就是把这一先进技术应用于沿海潮间带土壤类型识别上,分析比较各种比值处理、非监督分类和监督分类等方法对识别潮间带土壤类型的效果,同时探讨专业信息参与遥感数据的分类,试图找出一条有效地应用这一技术的正确途径。

## 一、试验和方法

试验区位于江苏盐城沿海滩涂,北起新洋港口,南抵斗龙港,即为珍禽自然保护区的中心区,南北长14多公里,总面积约2万公顷。本岸段属于淤长型,滩面宽阔,滩地类型齐全,从海堤开始依次分布着獐毛草滩、盐蒿滩、光板滩、大米草滩(浮泥滩)和板沙滩。土壤类型的分布也具有明显规律,其草甸滨海

\* 本研究是在朱克贵教授指导下进行的。

盐土、沼泽滨海盐土和潮滩盐土明显平行于海岸线呈条带状分布<sup>[1,2]</sup>,且这种分布与海涂生态演替规律相一致,即滩地类型的演替和土壤类型的发育具有相对应的规律<sup>[3,4]</sup>。处于不同演替阶段的滩地类型其相对应的土壤类型各不相同,地面特征也有差异(如植被及水分状况),因此其多光谱特征也就不同。计算机对潮间带土壤类型的识别就是以这种对应关系为依据的。

本研究采取野外和室内相结合的方法。野外考察的滩面景观特征是与遥感图象的时相同时在固定长期观测导线上调查成象。室内则利用计算机进行图象处理和分类试验。试验过程中分别用1977年4月20日和1980年10月28日两个不同时相的陆地卫星MSS(Multi Spectretral Scanner)资料,在东南大学图象处理中心的VAX-11/730图象系统上处理。上述两个时相的图象以下分别简称为1977年图象和1980年图象。

## 二、结果与讨论

### (一) 不同时相图象处理效果的比较

计算机处理结果表明:不同时相的图象具有不同的效果。就各种处理方法的情况来看,1980年秋季图象的处理效果优于1977年春季图象。因陆地卫星磁带多光谱数码值是地物反射率的间接反映,不同的地物具有各不相同的多光谱反射特征,而这种反射特征又随季节而改变<sup>[5-6]</sup>。这些不同的反射特性记录到陆地卫星磁带上就表现出不同的数码值。潮间带地物的多光谱反射特征在不同的季节是大不一样的,这种差异从表1中可以反映出来。

表1 不同滩地类型的多光谱数码值  
Table 1 Multiple spectrum data of different types of seabeach

| 滩地类型<br>Type of<br>seabeach | 多光谱数码值 Multiple spectrum data |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                             | 1977年                         |                    |                    |                    | 1980年              |                    |                    |                    |
|                             | MSS <sub>1</sub> *            | MSS <sub>2</sub> * | MSS <sub>3</sub> * | MSS <sub>4</sub> * | MSS <sub>1</sub> * | MSS <sub>2</sub> * | MSS <sub>3</sub> * | MSS <sub>4</sub> * |
| 芦苇滩                         | 33.8                          | 46.6               | 51.4               | 41.8               | 18.9               | 19.8               | 26.9               | 28.4               |
| 板沙滩                         | 27.7                          | 34.9               | 33.3               | 21.3               | 24.0               | 27.2               | 24.9               | 16.9               |
| 大米草滩                        | 31.9                          | 42.0               | 41.9               | 30.2               | 26.3               | 32.3               | 31.0               | 23.6               |
| 光板滩                         | 29.8                          | 39.1               | 38.9               | 27.4               | 27.1               | 34.4               | 32.9               | 25.1               |
| 盐蒿滩                         | 29.3                          | 37.4               | 36.0               | 24.3               | 24.8               | 29.9               | 28.9               | 24.0               |
| 獐毛草滩                        | 29.0                          | 37.8               | 26.2               | 22.6               | 22.6               | 26.5               | 26.2               | 22.0               |

\* MSS<sub>1</sub>……MSS<sub>4</sub>, 分别代表不同的波段。

通过比较可以发现,潮间带范围内秋季图象各滩地类型之间的多光谱数码值差异较春季图象大,这种差异状况是决定计算机分类效果好坏的关键,因而1980年秋季图象处理效果比1977年春季图象理想。

### (二) 图象的比值处理

比值处理包括选择性比值和顺序比值。选择性比值即是人为选取适当的波段求得其相应的数码值的比值分量组成数值图象。而顺序比值则是按照MSS<sub>1</sub>/MSS<sub>2</sub>、MSS<sub>2</sub>/MSS<sub>3</sub>、MSS<sub>3</sub>/MSS<sub>4</sub>的次序进行比值。结果表明,选择适宜的波段进行比值较顺序比值的效

好。如  $MSS_5/MSS_7$ 、 $MSS_7/MSS_4$ 、 $MSS_4/MSS_5$  的选择性比值能较好地提取潮间带滩地生物量的信息,即反映滩面的植被状况。

图象的比值处理作为开辟新通道的一种基本方法近年来在遥感图象数据处理方面得到了较多的研究<sup>[7]</sup>,它根据地物在多光谱各波段上的不同响应,再借助这种特殊的数学处理,使各地物类别固有的数码值彼此差异加大,这在图象系统中表现为象元灰度得到拉伸,从而达到区分的目的。

### (三) 分类处理方法的比较

分类主要包括非监督分类和监督分类两种方法。非监督分类即事先对实地不进行了解,不用地面标志训练计算机,而仅仅是根据图象的多光谱数码值划分成几个集群,然后计算机逐个把象元归到跟其相似的集群里。就潮间带而言,如果成象时各类型在植被与水分状况差异不大的情况下,这种非监督分类就得不到满意的效果。

监督分类又称训练场地法,是属于已知参数的统计判别分类法,它通过选择一定的有代表性的类别训练小区,用已知地面标志类型和光谱特征来训练计算机,取得分类的统计判别数据,并以此作为标准对遥感图象进行自动分类。在监督分类方法中,本试验是采用的最大似然法的判别准则。分类过程中选择适宜的参数极为重要,如标准差阈值 (THRESH) 不宜过大,否则会忽略过多的细节,有些地物就反映不出来;相反也不宜过小,否则会导致分类结果零碎。本试验中标准差阈值一般取 2.0 左右。

此外,不同的训练类别数目可以获得大不一样的分类结果。根据图象质量,经多次试验比较,确定本试验适宜的训练类别,包括深海水体、浅海混浊水体、板沙滩、大米草滩、芦苇滩、光板滩、盐蒿滩、獐毛草滩、小芦苇及茅草滩、盐池、盐场内作物,同时还包括海堤内二类农作物(影调明显不同)共计 13 类。值得指出的是,所处理的图象除了包括堤外试验区以外,还有堤内很大的一部分。其中滩地部分共有 7 个类型。

鉴于土壤类型和滩地类型、不同潮区的沉积物特点之间的内在关系<sup>[2,3]</sup>,13 个训练类别的监督分类方法区分的潮间带土壤分属 3 个亚类、4 个土属共 7 个土种(表 2)。

表 2 计算机识别的潮间带土壤类型\*

Table 2 Soil types recognized by computer in intertidal zone

| 土类<br>Great group                 | 亚类<br>Sub-group | 土 属<br>Family | 土种<br>Serie | 滩地类型<br>Type of<br>seabeach | 潮间带位置<br>Locality in<br>intertidal zone |
|-----------------------------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------------------|---|
| 滨海盐土<br>Coastal salinized<br>soil | 草甸滨海盐土          | 中壤土           | 轻度盐渍化土      | 白茅小芦苇滩                      | 年潮带                                     |
|                                   |                 |               | 强度盐渍化土      | 獐毛草滩                        | 年潮带                                     |
|                                   | 沼泽滨海盐土          | 中壤土           | 中盐土         | 大米草滩                        | 日潮带                                     |
|                                   |                 |               | 强度盐渍化土      | 芦苇滩                         | 月潮带                                     |
|                                   | 潮滩盐土            | 中壤土           | 中盐土         | 盐蒿滩                         | 月潮带                                     |
|                                   |                 |               | 中盐土         | 光板滩                         | 月潮带                                     |
|                                   |                 |               | 轻盐土         | 板沙滩                         | 日潮带                                     |
|                                   | 紧砂土—松砂土         |               |             |                             |   |

\* 土壤分类系统按照“全国海涂土壤调查规范”<sup>[1]</sup>。

表中在潮滩盐土中划分两个土属是根据高、中及低潮间带沉积物的不同特点而划分的。在中潮带以上其沉积物剖面呈二元相结构即下层为推移质沉积物,属砂性质地;上层为悬浮质沉积物,属壤性质地。

#### (四) 专业信息参与遥感数据分类的尝试

专业信息参与遥感数据分类的具体方法是利用 VAX 图象系统读取各土壤类型相应的多光谱数码值。由于 MSS 有四个波段,故每一个类型相对应有 4 个数码值。将潮间带各土壤类型的数据按矩阵形式排列,然后加入一组专业指标(本试验中选择了土壤含盐

表 3 1977 年图象原始数码值及加入土壤含盐量辅助信息后的模糊等价矩阵(即括号中数据)\*

Table 3 Equivalent matrix of original image of 1977 and the equivalent matrix by adding soil salt content data (figure in brackets)

| R 值   | $X_1$            | $X_2$            | $X_3$            | $X_4$            | $X_5$            | $X_6$ |
|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| $X_1$ |                  |                  |                  |                  |                  |       |
| $X_2$ | 0.143<br>(0.050) |                  |                  |                  |                  |       |
| $X_3$ | 0.143<br>(0.050) | 0.788<br>(0.562) |                  |                  |                  |       |
| $X_4$ | 0.143<br>(0.050) | 0.845<br>(0.545) | 0.788<br>(0.545) |                  |                  |       |
| $X_5$ | 0.143<br>(0.050) | 0.845<br>(0.716) | 0.788<br>(0.562) | 0.960<br>(0.545) |                  |       |
| $X_6$ | 0.143<br>(0.050) | 0.845<br>(0.716) | 0.788<br>(0.562) | 0.960<br>(0.545) | 0.983<br>(0.856) |       |

\* 表中  $X_1, X_2, \dots, X_6$  分别与表 1 中的滩地类型相对应。

表 4 1980 年图象原始数码值及加入土壤含盐量辅助信息后的模糊等价矩阵(即括号中数据)\*

Table 4 Equivalent matrix of original image of 1980 and the equivalent matrix by adding soil salt content data (figure in brackets)

| R 值   | $X_1$            | $X_2$            | $X_3$            | $X_4$            | $X_5$            | $X_6$ |
|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| $X_1$ |                  |                  |                  |                  |                  |       |
| $X_2$ | 0.264<br>(0.143) |                  |                  |                  |                  |       |
| $X_3$ | 0.264<br>(0.143) | 0.728<br>(0.601) |                  |                  |                  |       |
| $X_4$ | 0.264<br>(0.143) | 0.728<br>(0.538) | 0.899<br>(0.538) |                  |                  |       |
| $X_5$ | 0.264<br>(0.143) | 0.728<br>(0.601) | 0.871<br>(0.712) | 0.871<br>(0.538) |                  |       |
| $X_6$ | 0.264<br>(0.143) | 0.728<br>(0.679) | 0.728<br>(0.601) | 0.871<br>(0.538) | 0.728<br>(0.601) |       |

\* 表中  $X_1, X_2, \dots, X_6$  分别与表 1 中的滩地类型相对应。

量)。各种土壤的含盐量数据作为一维向量与数码值矩阵构成新的矩阵。利用 FACOM 计算机进行模糊聚类分析,比较原始的数码值矩阵与新矩阵的聚类结果,以模糊等价矩阵(反映各类别之间的相似程度)表示(表 3、4)。

表 3、4 明显看出加入土壤含盐量专业辅助信息后,潮间带各滩地类型即相应的土壤类型之间的模糊等价值(相似程度)都有所降低,即扩大了类与类之间的距离。因此,适当的专业信息参与遥感数据分类将有助于提高计算机分类的精度。

### (五) 精度及检验

计算机图象处理的精度是我们关心的问题。大多数研究报道计算机分类精度检验通常采用统计各类别象元点数,然后折合成相应的面积来进行比较;或是逐个象元点检验。前者要有个前提,即计算机处理的区域正好与“常规图”的范围相吻合,而逐个象元检验的方法工作量太大。我们则利用试验区设置的固定的长期观测导线上各类型的实测结果与计算机处理结果相比较(表 5)。

表 5 1977 年图象结果导线校合

Table 5 Check on image processing results of 1977

| 滩地类型<br>Type of seabeach | 土壤类型<br>Soil type | 实测结果 (m)<br>Measured value | 计算结果 (m)<br>Calculated value | 相对误差 (%)<br>Relative error |
|--------------------------|-------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 獐毛草滩                     | 强度盐渍化土            | 1900                       | 1600                         | 15.8                       |
| 盐蒿滩                      | 中盐土               | 1100                       | 1400                         | 30.9                       |
| 光板滩                      | 中盐土               | 1840                       | 1680                         | 8.8                        |
| 大米草滩                     | 中盐土               | 1250                       | 1440                         | 14.8                       |

前文已述,从海堤开始向外依次分布着獐毛草滩、盐蒿滩、光板滩、大米草滩和板沙滩。板沙滩出露的多少跟成象时间以及当然潮位高低有关,故无法进行对照。从表 5 结果看出,其中以盐蒿滩地的误差较大,达 30%,主要原因在于 1977 年图象是春季成象,而春季盐蒿滩与獐毛草滩、光板滩景观差异小,故导致其相应的多光谱数码值差异不大而引起误分。1977 年图象计算机分类处理的平均相对误差为 17.6%。1980 年图象是秋季所摄,各类型之间的多光谱数码值差异大,分类精度估计更好些,限于象元的限止性没有精校合故未作定量计算。

## 三、讨 论

(1) 在海涂潮间带运用卫星磁带计算机图象处理技术进行土壤资源调查是可行的。潮间带土壤类型简单,分布规律明显而且属自然植被(除人工栽种的大米草以外),植被与土壤类型的相关性好。但是要获得良好的效果必须选择最佳的时相,即以成象时各土壤类型的多光谱特征的差异最大为原则,一般夏秋季图象较冬春季图象理想。在解决了不同时相匹配的基础上,进行动态监测也是可以的。

(2) 全面地利用计算机各种功能。因计算机不是万能的,应用效果的好坏还需取决于人的支配。所以,应充分利用其一切功能,如“对照表分类”可以获得类似“掩膜”的图象。

(3) 结合专业信息,提高计算机自动识别分类的能力。这方面虽起步不久,但它是遥感应用的发展趋势,值得深入研究。

本文作为应用卫星遥感计算机图象处理技术进行海涂潮间带土壤类型识别的一种尝试,还存在许多不足,如制图以及图斑边界问题。分类处理后各种类型之间的边界线在国外已研究成功,而我国目前尚未引进相应软件,因此目前所获得的“成果图”(彩色喷墨图)与专业应用的要求尚有距离。此外还应加强对建立专家系统的研究,摸索如何把专业信息适当地结合到遥感数据图象处理中去,同时在条件允许的情况下,应使用分辨力高,波段数更多,信息更丰富的 TM 资料。

### 参 考 文 献

- [1] 任美铎等,1986: 江苏省海岸段和海涂资源综合调查(报告)。海洋出版社。
- [2] 方明,1983: 从海涂土壤条件论证江苏省海涂的整治与规划。
- [3] 方明等,1985: 江苏省海岸带中比例尺土壤图的制图原则和内容。南京农业大学学报,第3期,61—66页。
- [4] Siamak khorrarn, Edwin F. Katbah, 1984: Vegetation/Land cover mapping of the middle fork of the feather river watershed using landsat digital data. *Forest Science*, Vol. 30, No. 1, p. 248—258.
- [5] Horvath E. H., D. F. Post & J. B. Kelsey, 1984: The Relationship of landsat digital data to the properties of arizona rangelands. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, Vol. 48, 1331—1334.
- [6] Imhoff M. L., G. W. Peterson et al., 1982: Digital coverley of Cartographic information on landsat MSS data for soil surveys. *Photogram Eng. and Remote Sensing*. Vol. 48, 1337—1342.
- [7] Marion F. Banmgradner; Evic R. Stoner, 1982: Application of Remote Sensing for the studing on Soil Minerals. *Whiler Soil Research* 12th, I. C. C. S, 432—439.

## RECOGNITION OF SOILS IN INTERTIDAL ZONE BY COMPUTER: AN EXAMPLE BASED ON NATURAL RESERVE FOR RARE BIRDS IN BEACH REGION OF YANCHENG

Zong Lianggang, Chen Bangben and Fang Ming

*(Nanjing Agricultural University)*

Lü Yuqi

*(South East University)*

Shen Tieren, Chen Hongyou, Chen Zaijun and Feng Yi

*(Bureau of Development and Administration of Seabeach Jiangsu Province)*

### Summary

The soils in intertidal zone in Jiangsu Province are formed and distributed under their unique conditions. They vary with vegetation and water conditions, which results in unequal multispectral characters. Therefore, the types of soil can be recognized by computer image processing using LANDSAT CCT. This paper deals with the comparison for different methods for image processing including ratio processing, supervised and unsupervised classification, etc. used in recognition of soil types in intertidal zone of coastal region Jiangsu.

The experiment showed that selected ratio was better than sequenced ratio, supervised classification was better than unsupervised one. Among supervised classifications, the method of 13 training-land-classes was suitable, by which 3 sub-groups, i.e. meadow coastal saline bog coastal saline soils and wet beach coastal saline soils; 4 genera according to different textures and 7 species according to the degree of salinization were recognized and classified under the soil great groups of coastal saline soils. Furthermore, the accuracy of the computer classification was checked with field actual measured data obtained from long-term experimental sites installed in the experiment region, which showed a mean relative error of 17.6%.