

# 土地资源单要素计算机解译 模式化研究\*

朱博勤 张渊智

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

**摘要** 本文在研究遥感数据特性、典型地物光谱特性和象元几何结构类型的基础上, 分析了一物多谱、多物一谱的原因, 提出土地资源属性按大类、类、亚类、组、属分类类型分等级单要素解译模式; 试验区土地资源单要素计算机解译在DTM 数据的支持下, 取得了较好的分类结果。

**关键词** 土地资源, 单要素分类, 模式化

计算机分类是遥感应用研究的一个重要组成部分, 在专题内容调查、动态序列研究、遥感数据库建设等方面都离不开分类。因而, 计算机识别分类已成为资源环境调查的重要工具。

在以往的分类研究中, 发展和应用了许多方法, 在计算机算法及其实现上也取得了许多成果。分类中常常在全区域范围内采取多目标一次分类, 影响专题分类精度的因子各异, 因而难以对某些专题有满意的精度。为此, 探索一套快速、高精度计算机分类的技术路线和方法, 也就成为遥感应用研究的重要课题。本文试图以单要素逐级分类模式化研究来探讨快速、高精度的土地资源计算机解译的技术方法。

## 1 区域概况和信息源

本次研究以广西红水河龙滩水电站水库淹没区天峨县向阳盆地为试验区。全区东西9.5km(316个象元), 南北11km(368个象元), 属高原丘陵山地类型。向阳盆地是一个构造型盆地。土地的垂直带向性分布十分明显, 由低而高为河流滩地、水田、荒地(裸土)、草、林地、坡旱地、坡水田(梯田、望天田)、草地、林地(图版I图1)。

本次试验采用了TM全波段数据, 由于TM第6波段( $TM_6$ )分辨率较低(120m)而未应用, 其它各波段的地面分辨率为30m。时相为1988年11月11日。该时段内本区气温明显下降, 大气降水减少, 因而地表状况是水稻已全部收获, 旱作地收获后留下了枝杆残叶, 大部分草本、藤本植物开始枯黄, 落叶阔叶林已开始变黄、变红和落叶, 完全是一片初秋的景象。

\* 本项工作是国家自然科学基金[49270775]的一部分。本文得到陈正宜、林恒章两位研究员的热情指导, 在此诚表谢意。

收稿日期: 1995年10月5日; 收到修改稿日期: 1995年11月22日

## 2 遥感信息特征

表 1 给出了 TM 各个波段的光谱范围、设计依据和主要用途。不同的波段响应了不同地物在该波段内的反射辐射特性。正是由于波段与地物间有这些相关特性，才可以用地物在不同光谱范围的反映程度和波段的组合来识别地物。

表 1 TM 的光谱波段设计依据和主要用途<sup>[1, 2]</sup>

Table 1 The main utilities and design reasons of TM bands

波段号	波长范围( $\mu\text{m}$ )	设计依据	主要用途
1	0.45— 0.52	植物色素吸收峰 0.45 $\mu\text{m}$	近海岸水域制图、土壤/ 植物分类, 落叶林/ 针叶林分类
2	0.52— 0.60	植物在绿光波段的反射峰 0.55 $\mu\text{m}$	探测健康植物, 评价生长活力, 研究水下地形特征
3	0.63— 0.69	植物叶绿素吸收峰 0.65 $\mu\text{m}$	探测植物叶绿素吸收率的差异, 在秋季则反映叶红素、叶黄素含量的差异
4	0.76— 0.90	植物细胞结构的影响, 在 0.70 至 1.3 $\mu\text{m}$ 的高反射平台	绿色植被类型、作物长势和生物量的调查, 水体测绘
5	1.55— 1.75	水分子在 1.4 $\mu\text{m}$ 、1.9 $\mu\text{m}$ 的 吸收峰	植物和土壤含水量, 作物长势, 区分云和雪
6	10.4— 12.5	地物热红外发射特征	植物和地物的热强度测定分析, 人类热活动特征监测
7	2.08— 2.35	处于水吸收带与蚀变岩类 粘土矿物中羟基的吸收	植物含水量测定, 含有 -OH 矿物的土壤、岩石的调查与分类

如何认识遥感数据的内涵和象元代表地物的几何含义是计算机分类的重要内容。平常从 CCT 磁带上读取的数值是传感器所能接收到的地物反射能量的量化等级。地物反射的太阳光能在到达传感器之前, 受到大气尘埃、水气和大气分子的影响, 因而在光谱面貌上都会在不同部位产生不同程度的改变, 所以传感器记录下的数据是一个相对辐射亮度值。TM 的亮度值在 0— 255 之间。

遥感记录的是地物在分辨率范围内特定波段上全部反射辐射能级, 是连续空间在二维平面上离散化的量化数值, 根据象元范围内地物分布, 可将象元内地物的几何组合分为下列几个类型。(1) 均一型。象元内地物比较均一, 性质相同。如水域、湖泊中间部位的象元。(2) 镶嵌型。一个象元内有二个或二个以上的地物镶嵌分布。如河流水体边缘, 部分为水体, 部分为陆地类型, 或水域、或滩地、或草地、或林地……。(3) 穿插型。一个象元范围内, 地物类型有限, 一地物与另外一些地物有规律地相间分布, 犹如农业生产中的套种。如生长期的水稻田, 水稻与水稻土相间有序等距分布; 果园, 果树有序等距分布。(4) 杂乱型。一个象元范围内, 多种地类无序混杂分布, 各类地物的出现与分布毫

无规律可循。如稀树草地, 或树、或草、或裸土无序杂乱分布。

由于地物在象元范围内有上述多种几何组构类型, 这必将使不同的地物在某一波段上具有自然综合体离散化了的相同的亮度等级, 从而产生一谱多物现象。

### 3 典型地物波谱特性

**植被**<sup>[3]</sup> 植被分布于地表, 是遥感图象反应最直接的地物。绿色植物体内的各种色素, 尤其是叶绿素是控制植物在可见光波段光谱特性的主导因素。叶绿素的吸收带位于  $0.45\mu\text{m}$ 、 $0.67\mu\text{m}$  处, 在  $0.54\mu\text{m}$  附近则为反射峰, 使叶子表现为绿色,  $0.45\mu\text{m}$ 、 $0.54\mu\text{m}$ 、 $0.67\mu\text{m}$  3 个特征峰值分别对应蓝 ( $\text{TM}_1$ )、绿 ( $\text{TM}_2$ ) 和红 ( $\text{TM}_3$ ) 3 个波段。在近红外波段, 由于植物细胞和细胞间空隙对电磁波的多重反射, 使得叶子很少吸收红外辐射能, 因而在  $0.70\mu\text{m}$  附近反射率曲线迅速上升, 到  $1.3\mu\text{m}$  为止, 形成一个高平台。不同植物的细胞壁、细胞间空隙、叶子厚度和叶子的组织结构各不相同, 多重反射的强度差别较大, 因而在该光谱带内不同的植物有较大的反射率差异。在  $1.45\mu\text{m}$ 、 $1.9\mu\text{m}$ 、 $2.7\mu\text{m}$  附近存在水气吸收带, 使得  $1.30\text{—}2.70\mu\text{m}$  波段随着叶子水分含量的减少、反射率将逐渐增大,  $\text{TM}_5$ 、 $\text{TM}_7$  分别位于该区的二个反射峰附近。

**土壤**<sup>[4]</sup> 土壤的光谱特性受到有机质含量、氧化铁含量、土壤质地、水分等多个因子的综合影响。戴昌达对我国 23 类主要土壤 100 个样本在  $0.36\text{—}2.5\mu\text{m}$  反射光谱进行测试分析, 认为各类土壤较明显的反射光谱特征有: (1) 不考虑水气的影响, 土壤的反射率一般随波长的增加而增加, 呈近似的单值递增。(2) 有机质含量越高、土壤反射率越低。(3) 氧化铁含量的增加, 使土壤反射率显著下降, 但当波长大于  $1.1\mu\text{m}$ , 氧化铁含量对反射率影响不大。(4) 土壤颗粒越细, 地表趋于平滑、反射能力越强。

**水**<sup>[5]</sup> 来自于太阳和大气辐射的电磁波大部分被水体吸收。整个可见光区水体的反射率变化较小。当波长大于  $0.95\mu\text{m}$ , 光谱曲线变得十分低平。水中悬浮泥沙含量或叶绿素含量有所变化时, 光谱曲线有较明显的改观。当泥沙含量不断增加时, 光谱反射峰从  $0.60\mu\text{m}$  附近不断红移到  $0.80\mu\text{m}$  附近, 反射率也不断上升, 但当含沙量超过某一数值时, 反射率峰保持在  $0.81\mu\text{m}$  附近。

由于植被、降水、土壤含水量等都存在着年内的季相变化, 同时不同的地理区域背景, 大气前期降水状况都会影响地物的光谱特性, 所以使得一类地物在同一波段上都会出现不同的灰度等级, 这种同一地类内多种灰度等级现象称为一物多谱。

### 4 专题增强

专题增强是利用遥感波段数据对地物的响应差别、选择合适的波段进行各种有效运算, 使某一或某些专题得到增强显示。在土地资源调查中, 经常利用植被指数、主成分分析、彩色合成、比值、亮度指数、绿度指数、湿度指数等专题增强或提取。

**归一化植被指数**<sup>[6]</sup>  $\text{NDVI} = (\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R})$ ,  $[C_1 \times (\text{TM}_4 - \text{TM}_3) / (\text{TM}_4 + \text{TM}_3) + C_2]$ , 当植被盖度  $< 15\%$  时, 植被的 NDVI 值高于裸土; 当植被密度为  $25\text{—}80\%$  时, NDVI 值随生物量的增加呈线性增加。

**比值植被指数**<sup>[6]</sup>  $RVI = IR / R(C_1 \times TM_4 / TM_3 + C_2)$ , 当植被盖度 < 50% 时, RVI 识别植被密度的能力较差; 而在高覆盖度时, 显得十分敏感。上述二式中  $C_1$ 、 $C_2$  为可变参数, 使指数值在 0—255 之间。

**主成分分析** 在统计原始波段数据特征的基础上, 经多维正交线性变换, 使原始信息包含于数目尽可能少的新的组分图象中, 这些组分之间互不相关, 各自包含了不同的专题信息。从而压缩了数据的维数, 增大了数据的动态范围, 扩大了原始数据微弱的差异, 使得主题内容得以增强而易于识别。

**彩色合成** 通过 3 个波段的数据特性及数值组合, 在彩色空间分别赋以不同的颜色, 通过有限的颜色种类和亮度增强显示某些专题内容。

**比值** 通过多个波段复合比值运算, 使反射率曲线斜率得到直接反映, 增强了地物间的反差, 降低了波段的相关性和地形、太阳高度角的影响。

**TM 亮度指数**<sup>[7]</sup>  $TMB = 0.3037(TM_1) + 0.2793(TM_2) + 0.4743(TM_3) + 0.5585(TM_4) + 0.5082(TM_5) + 0.1863(TM_7)$

**TM 湿度指数**<sup>[7]</sup>  $TMW = 0.1509(TM_1) + 0.1973(TM_2) + 0.3279(TM_3) + 0.3406(TM_4) - 0.7112(TM_5) - 0.4572(TM_7)$

**TM 绿度指数**<sup>[7]</sup>  $TMG = -0.2848(TM_1) + 0.2435(TM_2) - 0.5436(TM_3) + 0.7243(TM_4) + 0.0840(TM_5) - 0.1800(TM_7)$

本次试验还采用了 DTM 数据, 将 1:5 万比例尺地形图进行扫描、编辑和矢量化, 再转换成三角网 TIN 模型, 以 30m × 30m 为采样标准生成 DTM 数据。对 DTM 进行运算可以得到每个象元的坡度等级、坡向和地面粗糙度。

## 5 单要素多级提取原理与通用模型

人们在目视解译图象时, 首要考虑的是图象的可解译性和色调—反差等标志, 努力使一个图斑内色调一致, 而对地物边缘的过渡部分则综合处理; 对于不能用色调—反差来确定的地物, 根据所处的地貌部位, 应用地学相关分析的方法来推断。在具体的解译过程中, 则首先解译那些仅靠一、二个指标就能勾绘边界、确定属性的地物, 先易后难, 一部分一部分扩展解译; 对那些较难解译的区域, 先圈定大类, 再在大类内逐步分割, 圈出一类或几类, 留下某一类型; 很难解译或很难定性的图斑则通过其它图件的复合或实地考察来定性。

单要素多级提取遵循了这一解译过程, 如图 2 所示, 将土地资源类型分有大类、类、亚类等多个等级; 每一个目标要素都受高等级类型的面积和分布的控制。能直接分出的类直接区分, 对不能直接选择合适的波段分出的类, 则从亚类甚至组、属着手单独区分, 然后逐级合并得到该类的区域分布及面积。如水田, 有平水田和坡水田亚类, 而坡水田则随水稻种和坡向、坡度则又有不同的组属; 有林地有乔木林和灌木林之分, 乔木林和灌木林又有树种和阴坡、阳坡等组属的不同。在面积上和分类上还可应用排除法, 按分类系统的类别可以得到控制, 如植被区包括有林地和草地, 在分类得到了植被区和有林地的分布区域范围后, 则利用植被区扣除有林地可得到草地的分布范围和面积。

每一次专题分类都有明确的目标地类，不同的专题内容，但遥感数据流程的方向和工作步骤具有共性。图3是本次试验通用的分类流程图型。

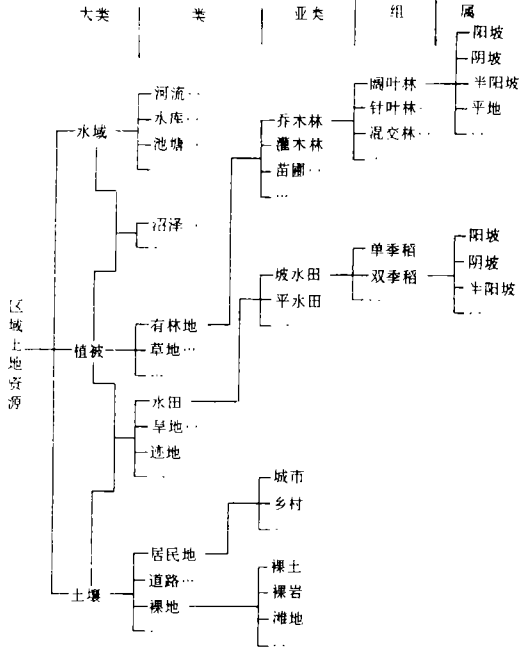


图2 土地资源类属树状图

Fig.2 Tree map of land resource type and genus

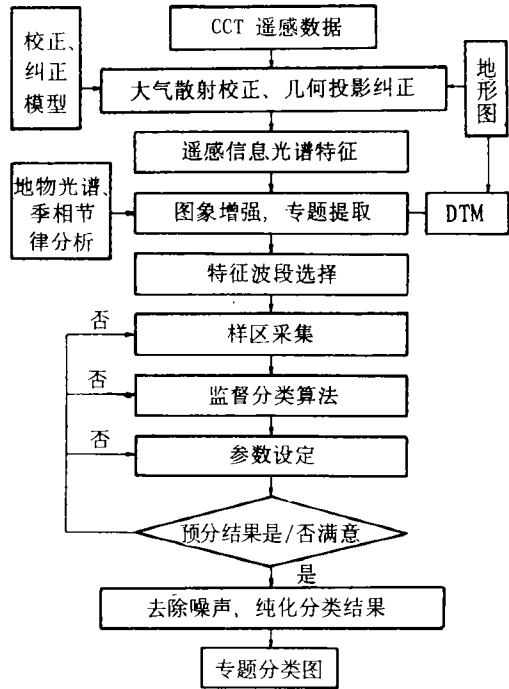


图3 单要素多级分类通用流程

Fig.3 General flow chart of multi-level individual element classification

### 6 专题分类

**水** 本区的水域包括红水河的一级支流和水库。11月份降水已明显少于夏季，水中含沙量有所下降，所以选择  $TM_5$ 、 $TM_4$ 、 $TMW$ 、 $TM_4/TM_3$  作为原始波段，分别对水库、河流采样，在最大似然率分类中，确定最大的查找距离为 17 时，得到了较满意的预分结果，同时，以 DTM 作为控制，去掉位于山坡的水域(由噪声等引起)，然后去除位于低平部位的孤立象元，得到一个水域(体)专题图，如图版 I 图 4。

**土壤分类** 试验区 11 月份水稻已收获，降水减少，河流水库水位较低，滩地面积较广，暴露的土地类型有水稻土、迹地、旱地、裸地和居民点。所以采用  $TMB$ 、 $PC_1$ 、 $TM_7$ 、 $RVI$  取最大似然分类的最大查找半径为 24，即可得到较好的专题图。如图版 I 图 5。

**植被分类** 在全区范围内扣去上述水和土壤类型，即可得到植被范围图。

**水田**，有平水田和坡水田，应用  $TMW$ 、 $TM_3$ 、 $TM_7$ 、 $RVI$  为原始输入波段，设定最大似然分类的最大查询半径为 18，即可得到平水田预分图。利用平水田的坡度小于某一

表 2 试区单要素分类用的数据及参数表

Table 2 The parameter and method fo individual element classification in this pilot

专题内容	预选波段	分类方法	参数	去噪声, 纯化结果方法
水域	TM <sub>4</sub> , TM <sub>5</sub> , TM <sub>4</sub> /TM <sub>3</sub> , TMW	最大似然率	最大的查找半径 17	坡度限制, 去除孤立象元或洞
土壤	TM <sub>7</sub> , PC <sub>1</sub> , RVI, TMB	最大似然率	最大的查找半径 24	去除孤立象元或洞
植被		全图 - 水域 - 土壤		
坡水田	TM <sub>3</sub> , TM <sub>7</sub> , TMB, TMW	最大似然率	最大的查找半径 16	坡度限制, 去除孤立象元或洞
平水田	TM <sub>3</sub> , TM <sub>7</sub> , RVI, TMW	最大似然率	最大的查找半径 18	坡度限制, 去除孤立象元或洞
旱地	TM <sub>3</sub> , TM <sub>4</sub> /TM <sub>7</sub> , RVI, TMB	最大似然率	最大的查找半径 16	去除孤立象元或洞
迹地	TM <sub>3</sub> , TM <sub>4</sub> , TM <sub>7</sub> , TMB	最大似然率	最大的查找半径 14	去除孤立象元或洞
居民地	TM <sub>4</sub> /TM <sub>3</sub> , TM <sub>4</sub> /TM <sub>7</sub> , PC <sub>1</sub> , NVDI	最大似然率	最大的查找半径 24	坡度限制, 去除孤立象元或洞
裸地		土壤 - 水田 - 旱地 - 迹地 - 居民地		
有林地	TM <sub>3</sub> , TM <sub>5</sub> , TM <sub>7</sub> , RVI	最大似然率	最大的查找半径 26	去除孤立象元或洞
草地		植被 - 有林地		

\* PC<sub>1</sub> 为 TM<sub>1</sub>, TM<sub>2</sub>, TM<sub>3</sub>, TM<sub>4</sub>, TM<sub>5</sub>, TM<sub>7</sub> 产生的第一主成分。

等级, 可以用DTM 纯化平水田的分类结果。坡水田则应用TMW、TMB、TM<sub>3</sub> 和TM<sub>7</sub>, 给定最大似然分类的查找半径为 16, 得到坡水田预分图。表 2 列出了全区分类用的波段选择及纯化结果的方法。

本试验区已建立了 1:1 万比例尺高程 450m 以下的土地利用数据库, 该专题图是应用 1985 年 9 月下旬航摄的彩红外航空象片目视解译转绘的。经区域位置比较和面积数据统计, 相对于目视解译图, 水田的计算机专题分类精度为 85%, 象元的重合率为 80%。这一结果已优于一般的综合分类。

## 7 结 语

开展适用于单要素土地资源计算机解译模型化研究是一次很有意义的尝试, 实践证明其精度有所提高, 而且具有较好的可操作性。这是由于(1)单要素提取减少了其它非

专题内容的影响,而且较易于改变分类参数使得分类结果达到满意为止;(2)在面积和分类上采用合并和排除,使得分类的面积和分布在分类系统的控制下更为合理可靠。

遥感数据的计算机解译,主要以光谱特征为依据,一物多谱、一谱多物影响虽经各种变换可以减少,但始终难以避免,这是产生误差最主要的原因。

### 作者简介

朱博勤,男,1962年生,助理研究员,南京大学地理系地貌与第四纪地质专业毕业。从事遥感地学分析和GIS应用研究,已发表论文约20篇。

### 参考文献

- [1] 美国地质调查局,英国大气海洋局编. 陆地卫星4/5数据用户手册. 北京: 科学出版社, 1987.
- [2] 闫积惠等. TM图像的相对亮度值与岩石反射波谱的关系. 遥感信息, 1993, (4).
- [3] 王绍庆. 植被和建群植物的反射光谱特性及其应用. 中国典型地物波谱及其特征分析. 北京: 科学出版社, 1990.
- [4] 戴昌达. 中国主要土壤光谱反射特性分类数据处理的初步研究. 遥感文选. 北京: 科学出版社, 1981.
- [5] 王绍庆, 土壤和水体的反射光谱特性及其应用, 中国典型地物波谱及其特征分析. 北京: 科学出版社, 1990.
- [6] 罗修岳, 郑柯, 脆弱生态环境植被指数和植被盖度数字图像的编制及其应用——以晋陕蒙地区为例. 北京: 宇航出版社, 1994.
- [7] Crist, E. P., The Thematic Mapper Tasseled Cap-A Preliminary Formulation. Proc. 9th, International Symposium Machine Processing of Remotely sensed Dats, Purdue University, Weet Lafayette, Indiana. 1983, 357 — 363.

## Modeling Study of Individual Element Classification on Land Resources

Zhu Boqin    Zhang Yuanzhi

*(Institute of Remote Sensing Applications, CAS)*

**Abstract** This paper describes the spectral properties of remote sensing data and typical subject. Four geometrical structure types of pixel are discussed in detail, and the causes of single subject-multispectral single spectral-multisubject are analyzed. By these researches the individual-element multi-level classification has been drawn out. Under the support of DTM, the test results of Xiangyang pilot are excellent.

**Key words** Land resources, Individual element classification, Modeling

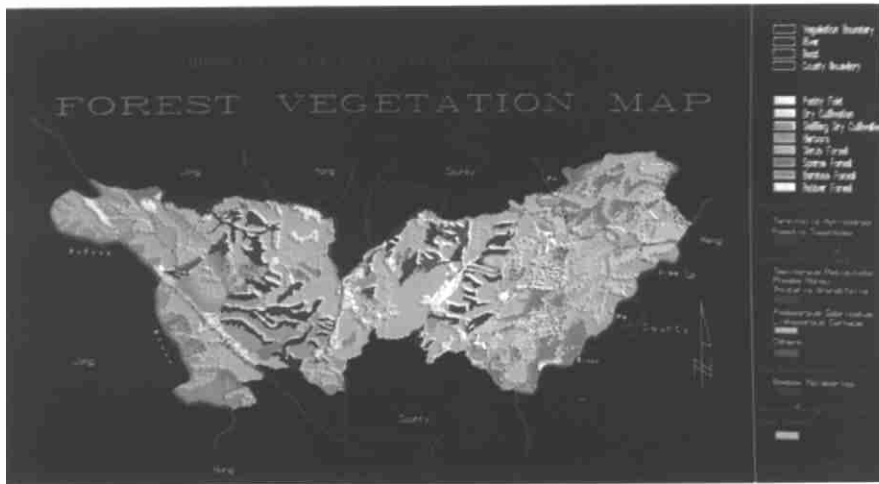


图1 勐养自然保护区森林植被图

类型	颜色	类型	亚类	颜色	树种
水田	白色	热带雨林	季节性雨林	红色	千果槲仁、番龙眼
旱地	黄色		山地雨林	玫瑰红	肉托果、滇楠、龙果
轮休地	淡棕色			粉红	鸡毛松、烟斗石砾
草地	天蓝			棕色	其它
灌木	灰色	常绿阔叶林		青色	
疏林	深绿	橡胶林		赭黄	
竹林	淡绿				



图2 西双版纳勐养自然保护区亚洲象栖息环境评价图

亚洲象栖息环境质量等级				
等级	优	良	中	差
颜色	绿色	紫红	黄色	棕褐