

# 专家系统在 TM 遥感图像分类中的应用研究\*

陈永富 王振琴 张玉贵 张彦忠

**摘要** 本文介绍一种以 TM 遥感图像光谱分类为基础, 专家知识为依据, 应用地理信息系统提取各种辅助信息, 以图斑作为基本分类单元, 按照一定的专家系统推理机制, 对光谱分类中精度低的地类作进一步判别, 达到提高分类精度的方法。通过对山西省隰县的应用, 取得了较为理想的效果。

**关键词** 图斑、遥感、专家系统、TM 图像、地理信息系统

在遥感图像光谱分类方法中, 主要有监督分类、非监督分类以及监督和非监督相结合的混合分类方法。由于同谱异物和同物异谱现象、卫星分辨率的限制以及光谱分类时只考虑了光谱信息, 这些方法分类精度常常不理想。为了提高分类精度, 近几年来, 将像元的空间特征以及遥感信息以外辅助信息参与分类, 取得了一定效果<sup>[1~5]</sup>。计算机辅助分类的过程, 实际上是计算机模拟判读员的目视判别的过程, 而判读员在目视识别时不仅考虑地物的色调, 还十分注意图像各部分之间的关系。目视判别还有一个重要特点是以图斑作为判别对象。作为一名优秀的判读员不仅运用图斑的纹理特征和空间特征进行判读, 而且还运用地物自身特性(形状, 大小等)的知识以及影响其存在的生境特征(海拔、坡度, 土壤, 地物间的关系)的知识等, 对这些知识作综合分析, 作出判决。目视判别的知识既有确定性知识, 也有不确定性知识, 专家系统正具有处理这类知识的特点。本系统将具有一定生境特征和光谱特征的图斑作为判别对象, 这在以往的分类方法中未有报道。

## 1 实验区概况和数据资料

实验区位于黄土高原的山西省隰县, 属“三北”防护林区, 处在昕水河流域上游。面积约 1 400 km<sup>2</sup>。基本属于侵蚀黄土塬, 少部分属于侵蚀黄土丘陵。东北地区高, 西南地区低。地表大部分为新生代第四纪马兰黄土所覆盖, 土层深厚, 地面破碎, 海拔高差大, 沟壑纵横, 沟深坡陡, 水土流失较为严重。在海拔高的东北部以林地、草灌地和荒草地为主; 在海拔低的西南部主要是农地和荒草坡地。

研究采用的资料有山西省隰县的 Landsat-5 卫星 1992 年 6 月 8 日记录的 TM-CCT 数据, 其轨道号为 126/34; 1:5 万土壤图; 1:5 万土地利用图; 该县下里、上庄、青龙山林场的 1:2.5 万林相图; 上述 TM 图像的光谱分类图和部分黑白航空像片。

## 2 专家系统结构

### 2.1 知识库

1995—07—10 收稿。

陈永富副研究员, 王振琴, 张玉贵, 张彦忠(中国林业科学研究院资源信息研究所 北京 100091)。

\* 本文为国家“八五”攻关专题“三北防护林体系及植被动态监测和信息管理系统研究”的部分内容。

2.1.1 专家选聘 专家是专家系统的前提, 专家的数量和质量将影响专家系统的工作效率和判别结果的质量。根据遥感图像分类的特点, 选聘了遥感、林学、植物、计算机专家以及实验区内经验丰富的有关技术人员组成专家小组。为了保证专家知识的可靠性, 克服分散性, 每个专业选取 2~3 名专家。选聘的专家应尽可能在该地区从事过有关的研究或对本实验区的情况有所了解。

2.1.2 指标确定 原则: (1) 对分类有较大影响; (2) 便于专家知识的收集; (3) 便于辅助数据的获取。专家组根据以上原则和本实验区的具体特点, 确定的指标有海拔、坡度、坡向、地形、土壤、相邻地类、旧地类。对林区还加上林分龄组、郁闭度、树种等。

2.1.3 咨询方式 为了充分发挥各专家的优势, 不使专家之间相互影响, 研究采用专家单独填写咨询表格的方式, 咨询表如表 1。咨询表的具体格式由计算机专家根据事先确定的指标进行设计, 咨询表便于专家理解和计算机处理。

2.1.4 知识库结构、装载和管理 在知识库中包括客体、规则和属性, 客体是一些相关规则定义的结论, 属性和规则一起用于定义客体的特征。这样将知识库看成有客体组成的表(见表 2), 库中的知识通过装载程序进行装载。由于专家知识不一定都正确, 而是随着时间的推移, 科学的不断进步, 专家知识将不断完善。因此知识库必须具有相应的管理机制, 便于知识库的更新和维护。本系统的知识库管理功能有显示、修改、追加、删除、插入等。知识规则的一般表达形式为: IF(条件)、THEN(结论)、CF(可信度)。

表 1 地物分布专家咨询表

项目	海拔			坡度				...
	1	2	3	1	2	3	4	
农地	0.8	0.6	0.2	0.8	0.4	0.1	0	...
城市	0.9	0.7	0.1	0.9	0.2	0	0	...
..	..	..	..	..	..	..	..	...

表 2 知识库结构表

客 体	规 则	属 性
次生林地	有(概率)	海拔> 1 400 m
	有(概率)	坡度> 8°
	无(概率)	川滩地
..	..	..
..	..	..

## 2.2 综合库

综合库是存放判别某一对象有关实事的数据库, 具体到本系统的综合库它将包含所有图斑对应的海拔、坡度、坡向、地形、土壤、相邻地类、旧地类、林分龄组、郁闭度以及遥感图像分类结果等因子的值, 这些因子的值来源于地形图、有关专题图和遥感分类图等。综合库的建立包括各种空间数据的编码、输入、编辑、配准、数据格式转换及数据组织等几方面的工作。它是专家辅助分类系统的基础部分。以上各类图中除遥感分类图外均由 ARC/INFO 系统实现输入、编辑、配准、数据格式转换, 进而提取出有关的辅助信息。遥感图像分类和数据转换由 EDS 系统实现。专家辅助分类系统在推理过程中采用了信息复合技术, 为了使信息复合方便迅速, 数据全部采用栅格形式的数据格式。矢量化数据按统一规格(25 m × 25 m) 采样, 实现了矢量数据到栅格数据的转换。

## 2.3 推理机

问题的求解过程是靠推理机来实现的, 包括推理技术和控制策略。所谓的推理是指依据一定的规则, 从已有的事实推出结论的过程, 它反映了问题中各部分之间的逻辑关系。控制是寻找一个优化的求解步骤, 一个问题求解的正确与否取决于推理过程是否符合逻辑, 一个问题求

解的效率取决于控制策略。

2.3.1 推理技术 推理的方法很多,总体上讲分为两大类,一类是精确推理(演绎推理),一类是不精确推理(归纳推理,概率逻辑推理),专家系统的一个特点就是不仅限于确定性推理,还使用了大量的不确定性知识进行不确定性推理。地物的分布具有一定的随机性,即某种限制因子的出现,使得某种地类的出现具有一定的可能性,概率论提供了一种描述和处理随机性知识的方法,Bayes 定理给出了一计算方法。在遥感图像分类中大多属于多个证据推导一个结论,由 Bayes 定理推导出的概率公式如下:

$$P(H_i | E_1, H_i | E_2, \dots, H_i | E_m) = \frac{P(E_1 | H_i) \times P(E_2 | H_i) \dots P(E_m | H_i) \times P(H_i)}{\sum_{k=1}^n P_1(E_1 | H_k) \times P_2(E_2 | H_k) \dots P(E_m | H_k) \times p(H_k)}$$

$P(H_i | E)$ : 已知证据  $E$  时,假设地类  $H_i$  为真的概率; $P(E_i | H_i)$ : 已知地类  $H_i$  为真时,证据  $E_i$  的概率; $P(H_i)$ : 先验概率,即在缺少任何专门证据时,地类  $H_i$  是真的概率; $n$ : 可能出现的地类数目, $m$  为证据数。

2.3.2 控制策略 控制策略的好坏,直接影响着能否高效的求解过程,现有的控制策略有数据驱动,目标驱动,混合控制及无控制方法。遥感图像专家辅助分类系统采用混合式控制策略,首先根据 TM 卫星图像的各波段信息,采用常规遥感分类方法进行预分类,即数据驱动控制,对分类结果进行标记,然后对分类精度低或难分地类进行目标驱动控制推理,作出判断。遥感图像专家辅助分类系统结构图见图 1。

### 3 结果与讨论

结果: 首先采用光谱分类方法即有监督分类和无监督分类相结合的混合分类方法对隰县全县的 TM 图像进行分类,共分出 8 个地类。在光谱分类过程中将分类精度低的像元作标记,结合地物依存的生境条件和光谱特征形成图斑,专家系统以此图斑为判别对象,根据专家知识和辅助数据,按照专家规则进行反相推理,共分出 13 个地类。分类结果详见表 3。

讨论: (1) 以图斑作为判别的基本单元,是在多光谱信息的基础上充分考虑到地物分布的连续性、完整性以及地物与生境间关系,有利于遥感图像空间信息的提取。

(2) 经过专家辅助分类系统的进一步分类,

判别出的地类数量比光谱分类地数量多,各地类的分类精度也比光谱分类精度高。

(3) 专家知识是专家系统的前提,只有在合理的专家知识的基础上,通过有效的推理和优化的控制,得出高质量的分类结果。本系统在充分考虑分类目的,专家知识的数量、质量,结合本实验区的具体特点,确定了有关地类分布相关知识,地类变化历史的知识,地类间相互依存的知识。实验证明,所收集的知识,采用的推理机制和控制策略是合理而有效的。

(4) 专家知识并不一定都正确的,随着时间的推移,事物的变化,科学的进步,有的知识也

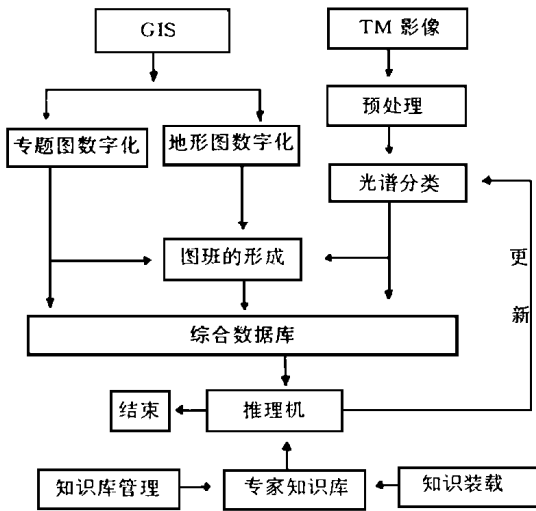


图 1 遥感图像专家辅助分类系统结构示意图

在不断改进和完善, 因此, 本系统具有较完善的知识维护系统。

表 3 不同方法的分类结果

(单位: hm<sup>2</sup>)

地 类	专家分类 (1992 年)	实际地类 (1988 年)	光谱分类 (1992 年)	地 类	专家分类 (1992 年)	实际地类 (1988 年)	光谱分类 (1992 年)
塬面农地	32 989			居民点	3 873	2 729	209
坡面农地	9 483	44 995	49 965	水域	119	255	50
沟坝农地	4 331			荒草坡地	51 974	56 900	52 146
草灌地	14 078	13 818	16 529	苗圃地	60	60	
阔叶林地	22 649		20 810	疏林地		506	
针叶林地	6 446	27 232	8 552	迹地		83	
新造林地	67	327		合计	148 660	148 660	148 660
果园	2 590	1 753					

### 参 考 文 献

- 1 Adrew K, Skidmore. An expert system classifies euclagpt forest typeusing thematic mapperdataandadigital terrain model. Photogrametric Engineering and Remote Sensing. 1989, 55( 10).
- 2 徐冠华, 鞠洪波, 李志清. 遥感图像判读的专家系统及其应用, 见: 徐冠华主编. 再生资源遥感研究(平泉区). 北京: 科学出版社, 1988, 38~46.
- 3 龙晶. 用局部结构法改善 TM 图像的分类精度. 见: 孙司衡主编. 再生资源遥感研究(新疆区). 北京: 林业出版社, 1991.
- 4 刘行华. 基于 GIS 的 TM 数据分类及辅助制图研究. 环境遥感, 1992, 7(2).
- 5 王杰生. 遥感图像应用处理中的一个分类新算法——模拟目视分辨法. 环境遥感, 1992, 7(2).

## Expert System Applied for TM Image Classification

Chen Yongfu Wang Zhengqing Zhang Yugui Zhang Yanzhong

**Abstract** Based on the expert system, taking the remote sensing spectrum classification as the basis and using the geography information system to draw various kinds of supplementary information, an applied study was made. Taking the segments as basic classification unit, further judgement was made for the categories of the spectrum classification with lower precision. This classification would be reclassified to raise its accuracy. The result shows it is an effective method in Xi County of Shanxi Province for the protection forest of Loess Plateau.

**Key words** segments, remote sensing, expert system, geography information system, TM image

Chen Yongfu, Associate Professor, Wang Zhengqing, Zhang Yugui, Zhang Yanzhong (The Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF Beijing 100091).