

# 航空物探专家系统——APES<sup>1)</sup>

管纪文 张成奇<sup>2)</sup>  
(吉林大学)

方迎尧 李孝媛 王德胜  
(地质矿产部 航空物探地质总队)

## 摘 要

本文简述了利用航空磁测和航空放射性测量的资料,进行地质填图的一个专家系统。

## 一、引 言

计算机在地质和物探方面的应用已取得显著的成效<sup>[1]</sup>,但主要是应用传统程序<sup>[2]</sup>进行数值处理。七十年代末,出现了在地质领域应用的专家系统——PROSPECTOR<sup>[3]</sup>。其主要特点是基于对地质知识的演绎推理。航空物探的特点是数据量大,知识和数据都不确定,而且获取证据的代价大。为此,APES系统是利用特性表和数据驱动程序设计技术,实现知识处理与数值计算的接口,采用正反向双阈值不精确推理策略提高推理效率。

## 二、系统概述

APES系统的主要功能是使用航空磁测和航空放射性测量的知识与数据进行地质填图。系统主要由知识库和推理机组成。另外,提供了解释程序和知识获取程序。

**知识表示。**系统采用产生式规则表示领域专家的知识。例如:

规则 21

IF 某异常体的放射性总道平均计数率在 5000—6500 个脉冲之间,且该异常体的钍道平均含量在 4PPM 左右。

THEN 有 0.8 的可信度,该异常体是基性岩。

规则 21 的内部形式是:

```
(RULE21 ((AND (IN 总道计数率 5000 6500)
              (EQU 钍道含量 4))
          (IS 基性岩) 0.8))
```

---

本文于 1984 年 11 月 15 日收到。

1) 本文曾在 1984 年全国第四届模式识别与机器智能学术会议上宣读。

2) 金 国、张文斌为系统提供了部分知识,张 焰、刘宁宁作了统计聚类工作。

规则的一般形式是：

(RULE<sub>i</sub> (E H CF))

其中，证据 E 可由任意多个条件的任意逻辑组合而生成，每个条件都是一个谓词。假设 H 也是一个谓词，CF 是可信度因子，它的值在  $[-1, 1]$  闭区间内，规则的含义是：如果证据 E 为真，则假设 H 以 CF 的可信度为真。

每个谓词中的谓词函数（如 IN，EQU 等）都是由一段程序实现的。谓词中的属性（如总道计数率，钍道含量等）由属性特性表刻画。特性包括：属性名、类型、是否可问、求值算法、证据包含该属性的所有规则和假设包含该属性的所有规则。系统验证某证据是否为真时，首先求出证据中属性的值。若不可问，就驱动它的求值算法求值。用此方法实现了知识处理与数值计算的接口。最后两个属性使规则在推理过程中动态形成推理网络。

**推理机。** APES 系统采用的是正反向混合双阈值不精确推理策略。其不精确推理算法采用的是可信度和模糊集合相结合的方法<sup>[4,5]</sup>。

推理机的主要工作过程是：首先进入正向推理模块。它初始化正向栈以后，从正向栈顶退出一个待证实的假设，递归调用反向推理模块验证此假设，即求出它为真的可信度 CF。然后，推理机视该假设的 CF 决定以后假设的选择，即正向栈的修改。直到正向栈空为止，打印出所有为真的顶层假设。双阈值的作用是：当某假设的 CF 低于下限阈值时，该假设为假，并且以它为证据的所有假设为假；当 CF 介于上、下限阈值之间时，该假设为真，并且把以该假设为证据的所有假设压入正向栈，作为候选假设；当 CF 高于上限阈值时，该假设为真，同样把以该假设为证据的所有假设压入正向栈，作为候选假设，但同时证实了与该假设相排斥的所有假设为假。因此，双阈值方法减少了选择待证实的假设的数目。当用反向推理证实某假设时，它只选择与该假设相关的中间假设和证据，从而减少验证假设的数目。因此，正反向混合双阈值不精确推理策略提高了推理效率，对获取证据代价较大的物探领域尤其如此。

系统还提供了解释程序，它负责向用户提问和回答用户的有关询问。知识获取负责检查规则的一致性，删除旧规则，增加新规则。

该系统已调试完毕，使用 LISP 语言在 IBM-370 计算机上运行。系统基本能模拟领域专家的推断解释的经验。

## 参 考 文 献

- [1] 朱裕生、潘恩沛，矿产资源评价的理论和实践，中国地质科学院（1982）。
- [2] 管纪文、张成奇，专家系统与传统程序，计算机科学，（1984）第6期，14—15。
- [3] Hart, P. E. et al., PROSPECTOR—A Computer-Based Consultation System for Mineral Exploration, *Mathematical Geology*, 10(1978), No. 5, 589—610.
- [4] Shortliffe, E. H., *Computer-Based Medical Consultations: MYCIN*, Elsevier, (1976).
- [5] Guan, J. W., Zhang, C. Q., A Kind of Forward-Backward Double-threshold Inference Strategy in Expert Systems, *Proceedings of the First Pan Pacific Computer Conference*, 9(1985), 974—980.

## AEROGEOPHYSICAL PROSPECTING EXPERT SYSTEM—APES

GUAN JIWEN    ZHANG CHENGQI

*(Jilin University)*

FANG YINGYAO    LI XIAOYUAN    WANG DESHENG

*(Aerogeophysical, Survey, Ministry of Geology and Mineral Resource)*

### ABSTRACT

This article describes briefly an expert system for geological mapping using the data of the aeromagnetic survey and the aeroradioactive survey.