

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

一个圈闭评价专家系统的设计与实现

仝兆岐 胡长军 马玉书

(石油大学计算机系, 山东东营)



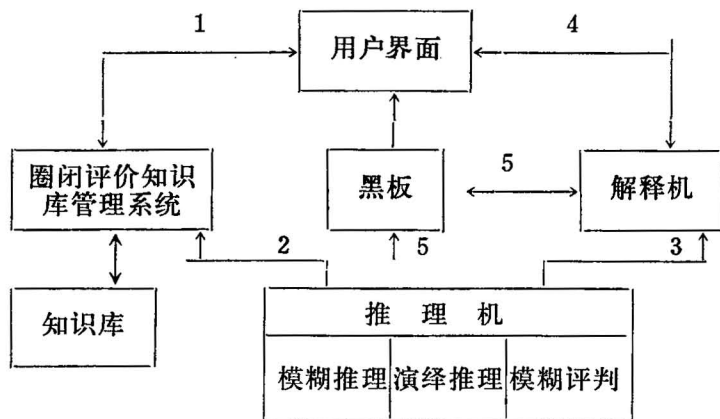
本文详细论述一个圈闭评价专家系统的设计与实现技术,该系统能够接收用户提供的圈闭信息,根据知识库中的专家知识给出圈闭的含油气资源评价;系统采用了基于黑板的控制结构和基于规则的知识表达以及演绎推理、模糊推理、模糊综合评判等一系列技术在 IBM-PC 机上用 C 语言及少量汇编语言实现。系统已通过专家鉴定。

关键词 圈闭评价 专家系统 人工智能 计算机

人工智能(AI)是计算机科学中最为活跃的研究领域之一,专家系统是 AI 最成功的应用分支^[1,2];将先进的人工智能技术应用于石油工程领域一直是国内外石油科技工作者注意的焦点。进入 80 年代,国外先后出现了测井、地质等方面的专家系统。国内在 80 年代末期也相继推出了地质勘探,试井分析等方面的专家系统;圈闭评价专家系统的设计,是将人工智能技术应用于圈闭评价的一个尝试。所谓圈闭评价,就是根据物探、地质等方面的知识,对某圈闭的含油气条件综合评估。给出其级别,为进一步的布井开发,深化勘探提供可靠的依据。显然,这一工作是有十分重要的实际意义的。我们利用人工智能技术,将专家知识存入计算机,建立知识库,利用演绎推理、模糊推理模糊综合评判等技术用 C 语言在微机上实现了一个具体系统。系统结构合理,推理准确,技术先进。已通过用户验收和专家鉴定,本文将详细论述系统的设计实现技术。

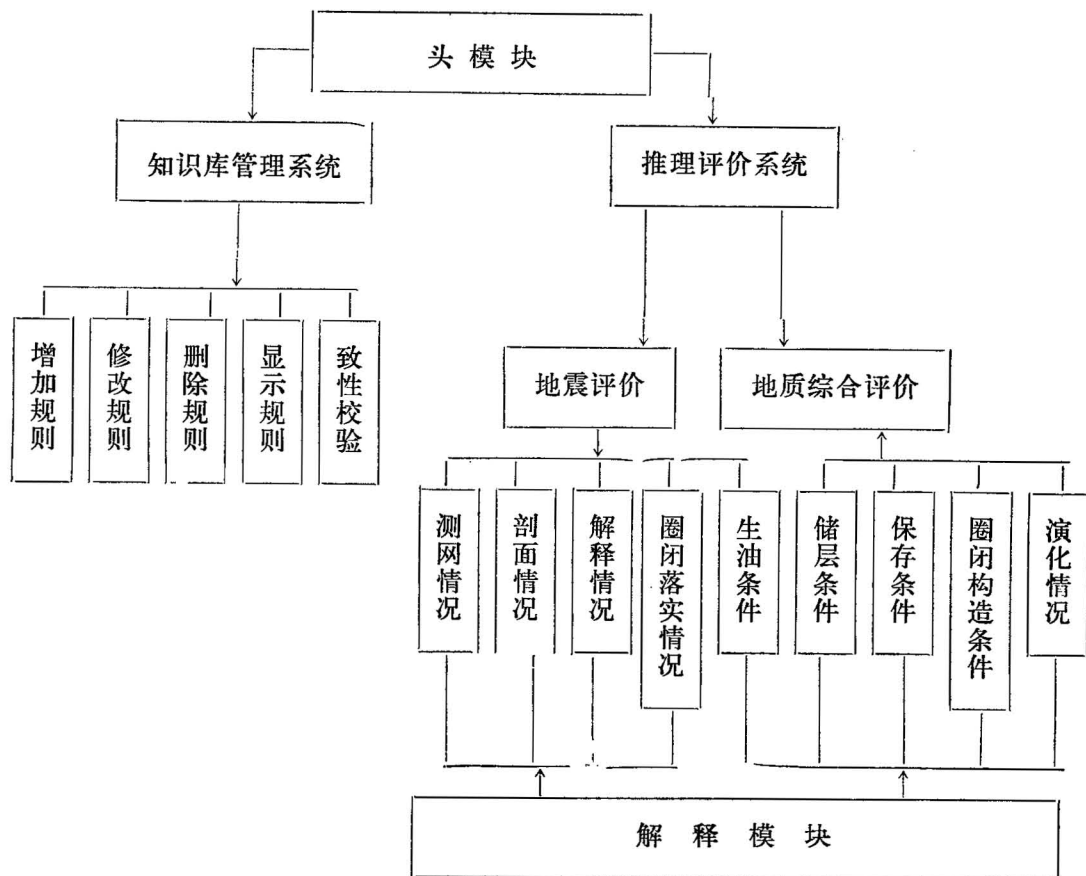
1 系统的组成结构

系统采用了基于黑板控制的体系结构,如下所示:



其中：(1) 用户可使用知识库管理系统对知识库进行维护；(2) 推理机调用知识库中的知识进行推理；(3) 解释机对推理结果进行解释；(4) 用户调用解释机得到解释结果；(5) 黑板控制系统运行

整个系统共有程序模块 70 余个，其主要模块关系如下所示：



2 系统的主要实现技术

2.1 知识表达和知识库组织

系统采用了基于规则的知识表达方式，规则的格式如下

规则序号	规则内容	规则可信度	例外标志
------	------	-------	------

其中：规则序号为唯一标识一条规则的序号。规则内容是前提和结论组成的知识主体；其前提可以是多个子条件的逻辑与、或的组合。规则可信度是 $[0, 1]$ 之间的实数，表示了前提成立时规则结论成立的充分性程度。例外标志为一指针，是本条规则失败的标志。

每条规则采用 C 语言的结构类型实现，多条规则组织在 C 语言的流式文件中，形成知识库。为了减小求解空间，提高推理速度，我们采取了知识分类存贮的方法。即把不同类型的知识分别组织在不同的库中，而各知识源的协调采用黑板控制实现^[1]。

2.2 推理机的设计

针对知识的不同特点,采用了不同的推理方式,下面分别介绍:

2.2.1 演绎推理机

对于圈闭评价的地震评价部分的许多因素均是确定的。所以我们采用确定性推理机实现,算法如下:

(1) 接收用户信息存入表L中,表L初始时空。

(2) 对规则集中的每一条规则,测试其前提部分是否在L中,若不在,则选规则集中的另一条规则,若满足,则继续。

(3) 测试前提条件满足的规则结论部分,看其是否在表L中,若不在,则加入,若已在,则继续。

(4) 转(2),直到表L不在增加为止。

这是一个典型的正向推理算法,其收敛条件为对规则集执行一遍而表L不在增加。其基本操作是表操作,用C语言实现时,可采用结构数组或结构链表模拟表。

2.2.2 模糊综合评判

圈闭构造条件评价涉及的因素一般取自于具体的值。由具体的数值决定构造条件的好、中、差,显然采用模糊综合评判较为合适。关于模糊综合评判的数学模型,文献(3)、(4)均有论述。在本系统的实现问题中有以下模型:

因素集 $U = \{\text{圈闭面积, 幅度, 顶深, 距油源距离丰度, 类型}\}$

评语集 $V = \{\text{圈闭构造条件好, 中, 差}\}$

权重集 $W = \{a_1, a_2, \dots, a_6\}$ 由专家给定。

单因素评价矩阵 $R = (r_{ij})_{6 \times 3} \quad (r_{ij})_{6 \times 3}$

其中 r_{ij} 由下列方法确定,即给定因素具体值,由如下隶属函数计算出 r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}

$$U_{\#} = \begin{cases} 0; & U \leq Av \\ \frac{2(U - Av)}{0.5Av}; & Av < U < 1.5Av \\ \frac{1 - 2(U - 1.5Av)}{0.5Av}; & 1.25Av \leq U \leq 1.5Av \\ 1; & U > 1.5Av \end{cases}$$

$$U_{\#} = \begin{cases} 1; & U = Av \\ 1 - 2\left(\frac{U - Av}{0.5Av}\right)^2; & Av < U < 1.25Av \quad Av > U > 0.5Av \\ 2\left(\frac{U - 1.5Av}{0.5Av}\right)^2; & 1.25Av \leq U \leq 1.5Av \\ 0; & U > 1.5Av, U < 0.5Av \end{cases}$$

$$U_{*} = \begin{cases} 1; & U \leq Av \\ 2\left(\frac{U - Av}{0.5Av}\right)^2; & 0.75Av < U < Av \\ 2\left(\frac{U - 1.5Av}{0.5Av}\right)^2; & 0.5Av \leq U \leq 0.75Av \\ 0; & U > Av \end{cases}$$

实际上, 这是著名的 S 函数的变形^[2]。这样, W 和 R 进行合成运算, 便得评判结果。

2.2.3 模糊推理机

圈闭评价的地质综合评价过程涉及到许多概念, 都表现出一定的模糊性。对于这种模糊性的处理采用传统的基于概率的方法如 MYCIN 的信度方法, D-S 的证据理论等^[2]就显得不太适合了, 而基于 Zadeh 可能性理论的模糊推理为此提供了方便, 虽然模糊逻辑本身在其完备性, 一致性方面存在着许多争议, 但其实用价值是不可低估的。系统中圈闭的保存条件, 储层条件, 油源条件等部分的评价, 就采用了模糊推理机。其算法如下:

(1) 接收用户的初始信息, 连同其模糊性测度, 一并存入表 L 中。

(2) 检查规则集中每条规则的前提是否和表 L 中的事实匹配, 若不匹配, 则选另一条规则, 若匹配, 则继续。

(3) 模糊性测度处理, 即首先计算整个前提的模糊性测度, 然后根据规则的模糊性测度, 最终计算出结论的模糊性测度。

(4) 测试满足条件的规则的结论部分是否在表 L 中, 若不在, 则将其连同其模糊性测度一并加入, 若已在, 则比较其模糊性测度和表中的已存在的模糊性测度, 若前者大则更新, 否则继续。

(5) 重复 2~4 直到表 L 不再增加, 或无模糊性测度值更新为止。

这也是一个典型的正向推理算法, 与演绎推理不同之处在于增加了模糊性测度的处理, 模糊性测度的处理作为非确定性处理方法中数值方法的一种, 由以下三步组成。

(1) 条件组合: 即当前提由多个条件组成时, 由每个子条件的模糊性测度计算出整个前提的模糊性测度, 我们采用的方法是:

$$U(a \text{ AND } b) = U(a) \wedge U(b)$$

$$U(a \text{ OR } b) = U(a) \vee U(b)$$

(2) 传播: 即由前提的模糊性测度和规则的模糊性测度计算规则结论的模糊性测度, 方法为:

$$U(\text{action}) = U(\text{condition}) \wedge U(\text{rule})$$

(3) 综合: 即当一结论对应于多条规则时, 如何根据每条规则得出的子结论的模糊性测度计算出最终的模糊性测度, 方法为:

$$U(\text{conclusion}) = U(\text{action1}) \vee U(\text{action2}) \cdots \vee U(\text{action } m)$$

可以证明, 我们的这种取法, 满足假言推理。

2.3 系统的控制策略和解释机制

系统的控制策略和解释机制较为简单, 前者采用了黑板控制方法, 对于冲突的裁决采用了如下方法: 当多条规则的条件都满足时, 首先选取可信度大的规则执行, 若多条规则的可信度相同, 则逐条执行, 然后选取可信度大的结论作为结果。系统的解释机制能回答“Why”和“How”两种解释。

3 系统的应用结果及评价

我们首先使用系统对华北油田冀中地区四级构造的 41 个已有结果的圈闭进行了评价, 并将其与专家评价结果进行比较。这 41 个圈闭中, 专家评价结果是: III 级圈闭 15 个, II 级圈闭 15 个, I 级圈闭 11 个, 系统运行的结果为: 对 15 个 III 级圈闭作到了全部符合, 对 15 个 II 级圈闭

有 12 个符合, 有 2 个将 II 级评为 I 级, 一个将 II 级评为了 III 级, 对于 11 个 I 级圈闭做到了全部符合。从这个结果可以看出, 系统基本上做到了与手工结果一致, 具备了一定的智能水平, 也具备了实用的条件; 这个结果也说明系统的设计是合理的, 采用的技术不但先进而且是恰当的。整个系统做为将人工智能技术首次应用于圈闭评价的尝试是成功的。以后还要对知识库进行扩充, 深化知识表达, 更好地提高系统的智能水平。

参 考 文 献

- 1 Kline P J. Designing expert systems—a guide to selecting implementation techniques. John Wiley and Sons Inc. 1989.
- 2 Harmon P. Expert systems tools and applications. World Publishing Corporation, 1988.5.
- 3 王士同等. 模糊数学在人工智能中的应用. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- 4 邹开其, 徐杨. 模糊数学与专家系统. 西安: 西安交通大学出版, 1989.

THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN EXPERT SYSTEM FOR TRAP EVALUATION

Tong Zhaoqi, Hu Changjun and Ma Yushu

(University of Petroleum, Dongying, Shandong)

Abstract

This paper details the design and implementation of an expert system for trap evaluation, into which the users can input their information about a trap. It therefore provides the evaluation of oil and gas conditions of the trap according to the expert's knowledge already built in the system. By adopting the methods of rule-based knowledge representation, deductive reasoning, fuzzy reasoning, fuzzy judgment and the blackboard-based control structure, the system is implemented in msc 6.0 and some assemble language on the IBM-PC microcomputer. It has been authenticated by experts.

Key words: Trap evaluation, expert systems, artificial intelligence

作 者 简 介

仝兆岐, 1940 年生, 1965 年毕业于北京石油学院物探专业, 现为石油大学副校长, 计算机系副教授。二十多年来, 在石油物探、计算机应用等领域发表论文多篇, 主持国家及省部级科研项目多项, 成果甚丰, 现从事人工智能、数据库等计算机技术在石油工程领域的应用研究。通讯地址: 山东省东营市泰安路 149 号: 石油大学计算机系, 邮政编码: 257062。