

# 模糊专家系统在钻井风险预测中的应用

盖宗源,程国建,王 莹

(西安石油大学 计算机学院,陕西 西安 710065)

**摘 要:**在油田开发与勘探中,钻井作业工序繁多,操作复杂,具有高投入、大规模、高风险的特点。而信息的稀少或不完善,又导致了油田勘探和开发过程的高风险。所以通过对区域、油藏构造、地层的评估,来探讨模糊专家系统在钻井风险预测中的应用,使其能够准确地预测钻井风险,并且能够自动化地进行数据分析。

**关键词:**钻井作业;风险预测;油藏构造;模糊专家系统

中图分类号:TP182

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)01-0225-03

## Application of Fuzzy Expert System to Risk Predication of Drilling

GAI Zong-yuan, CHENG Guo-jian, WANG Ying

(School of Computer Science, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** At the stage of exploration and development, the working procedures of drilling operation are various, operation is complicated, and the characters are high investment, large-scale, and high risk. But incomplete or sparse information contributes to high levels of risk for oil exploration and development. Researched the application of fuzzy expert system in the risk predication by evaluating area, reservoir structure, and stratum, make it can exactly forecast drilling risk and can automatically analysis data.

**Key words:** drilling operation; risk predication; reservoir structure; fuzzy expert system

### 0 引 言

石油天然气资源勘探开发中,石油钻井是核心工程之一。石油钻井生产投资大、规模大、风险大,需要花费大量的人力、物力和财力。钻一口井除了承担生产作业的钻井队以外,同时还要涉及到井位测量、钻井设计、现场勘查、搬家安装、物资供应、固井、测井以及设备维护等工作,连续动用的资产总额会达到几百万甚至几千万元,个别深井达到上亿元。一口井钻下去,有可能是干井,也有可能是没有价值的井,也可能是巨大的商业发现<sup>[1]</sup>,所以对钻井风险预测具有重大的现实意义。

### 1 模糊专家系统

专家系统和模糊逻辑都是20世纪60年代的产物,到20世纪80年代均得到了飞速的发展和成功。专家系统在医疗、故障诊断、宏观经济决策等领域均获得成功,模糊逻辑在家电产品上得到了广泛的应用。

二者都是采集人类专家的经验,一个是进行符号推理,一个是进行数值计算和子集(符号)推理。通过研究人类专家的思维不难发现,人类专家在作出判断和决策时。不仅具有符号推理,而且还要进行数值计算,精确的推理环境是不存在的,大部分是在信息不全、不精确、模糊的、不确定的情况下进行推理决策的,并且启发式的个性知识的多少,决定了一个人水平的高低<sup>[2,3]</sup>。将专家系统和模糊逻辑结合起来,溶合二者的优点,可以较好地模拟人类专家的思维,解决不确定性推理问题。

模糊专家系统的基本结构与传统专家系统类似,一般由模糊知识库、模糊数据库、模糊推理机、知识获取模块、解释模块和人机接口六部分组成<sup>[4,5]</sup>,如图1所示。

#### (1)模糊知识库。

模糊知识库中存放从领域专家那里得来的与待问题求解相关的事实与规则。这些事实与规则的模糊性由模糊集及模糊集之间的模糊关系表示。

#### (2)模糊数据库。

模糊数据库与传统专家系统的综合数据库类似,用于存放系统推理前已知的模糊证据和系统推理过程中所得到的模糊的中间结论。

收稿日期:2008-04-02

基金项目:国家自然科学基金(40572082)

作者简介:盖宗源(1981-),男(蒙古族),辽宁朝阳人,硕士研究生,主要研究领域为人工智能与专家系统;程国建,副教授,博士,主要研究领域为神经网络与进化计算,油藏模拟等。

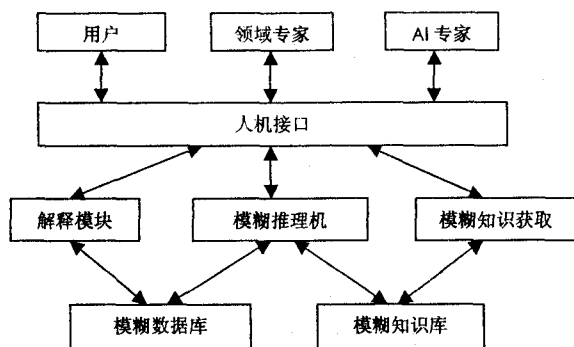


图1 模糊专家系统的基本结构

## (3)模糊推理机。

模糊推理机是模糊专家系统的核心。他根据初始模糊信息,利用模糊知识库中的模糊知识,按照一定的模糊推理策略,推出可以接受的模糊结论。

## (4)模糊知识获取。

模糊知识获取模块的主要功能是辅助知识工程师把由领域专家用自然语言描述的领域知识转换成一定的模糊知识形式,并存入模糊知识库。

## (5)解释模块。

解释模块的作用与传统专家系统的解释模块类似,用于回答用户提出的问题,即模糊推理的过程和结论。

## (6)人机接口。

人机接口是模糊专家系统与外界的接口,实现系统与用户、领域专家和知识工程师之间的信息交流。并且,他们之间交换的信息是模糊的。

## 2 钻井风险预测模糊专家系统

### 2.1 钻井风险预测模糊专家系统结构

钻井风险预测模糊专家系统分为三个层次:第一层是用户接口,用户可以选择地区或者利益的前景。第二层是用户浏览器和数据库的通信。第三层包括专家系统、知识库和数据库。一个钻井风险预测模糊专家系统结构如图2所示。

知识库分为五个部分:(1)区域评估;(2)油藏构造评估;(3)地层评估;(4)采收率;(5)石油价格。其中最主要的三个部分是区域评估、油藏构造评估和地层评估。每一个部分首先对初始估计制定规则,接下来是一系列的修改规则来增加或降低初始估计。

1)油藏构造评估:油藏构造评估集中在最近产油的距离,倾角,多孔砂层的厚度,上倾砂岩尖灭的存在,地层厚度的一致性,地质结构。

2)区域评估:区域评估主要集中在井位产量的预

测,它主要从以下几个方面因素来进行分析预测:井位产量预测,到预测高产量的距离,预测产量的一致性,到盆地边缘的相对位置,多孔砂层的厚度,地质结构,地球重力。

3)地层评估:钻井井位的有机碳总量,生油岩的热成熟度,到高质量向下倾生油岩的距离。

下面给出储油构造评估的初始估计过程和规则库。

步骤1:通过对井位到最近产油井或者油苗的距离来评估。

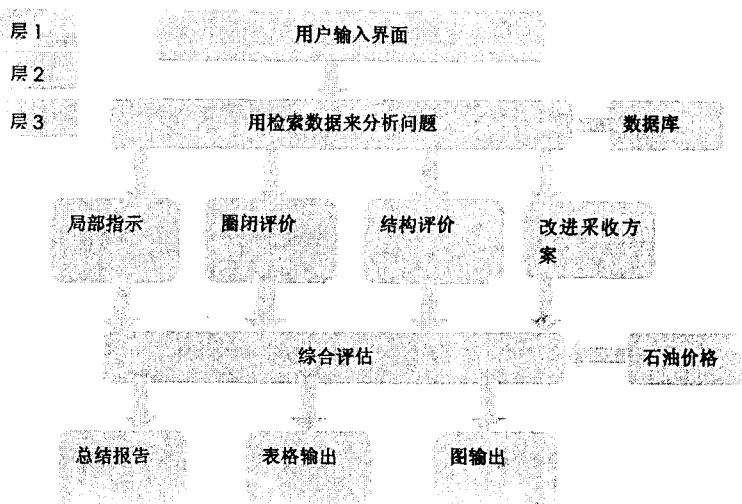


图2 钻井风险预测模糊专家系统

\* If 到最近产油井的距离( $d$ )  $> 8000$  m, then 储油构造估计( $x$ ) = 0.05

\* If  $1600\text{m} < d \leq 800\text{m}$ , then  $x = 0.2$

\* If  $800\text{m} < d \leq 1600\text{m}$ , then  $x = 0.4$

\* If  $400\text{m} < d \leq 800\text{m}$ , then  $x = 0.6$

\* If  $0\text{m} < d \leq 400\text{m}$ , then  $x = 0.8$

或者

井位与最近油苗之间的距离:如果初始估计小于0.05 和油苗存在并且有:

\* if 到油苗的距离( $d_s$ )  $> 3200\text{m}$ , then 储油构造估计( $x$ ) = 0.05

\* if  $1600\text{m} < d_s \leq 3200\text{m}$ , then  $x = 0.1$

\* if  $800\text{m} < d_s \leq 1600\text{m}$ , then  $x = 0.2$

\* if  $400\text{m} < d_s \leq 800\text{m}$ , then  $x = 0.4$

\* if  $0\text{m} < d_s \leq 400\text{m}$ , then  $x = 0.5$

步骤2:通过井位和最近产油井之间的坡度倾角( $\alpha$ )来评估:

\* If dip angle ( $\alpha$ )  $> 2.968$  then 大力增加(Flag =

2)

\* If  $1.668 < \alpha \leq 2.968$  then 增加(Flag = 1)

\* If  $-0.932 < \alpha \leq 1.668$  then 不改变(Flag = 0)

\* If  $-2.232 < \alpha \leq -0.932$  then 减少 (Flag = -1)

1)

\* If  $\alpha \leq -2.232$  then 大力减少 (Flag = -2)

步骤3: 通过井位沙层厚度来评估:

盆地中心 (井位深度  $\leq -600\text{m}$  海平面) 10% 孔隙度密度

\* If 厚度 ( $t$ )  $> 60$ , then 估测增加 (Flag = 2)

\* If  $30 < t \leq 60$ , then 估测稍微增加 (Flag = 1)

\* If  $6 < t \leq 30$ , then 估测不改变 (Flag = 0)

\* If  $t \leq 6$ , then 估测降低 (Flag = -1)

盆地边缘 (井位深度  $\geq -600\text{m}$  海平面) 15% 孔隙度密度

\* If 厚度 ( $t$ )  $> 60$  then 估测不改变 (Flag = 0)

\* If  $30 < t \leq 60$ , then 估测稍微增加 (Flag = 1)

\* If  $6 < t \leq 30$ , then 估测稍微增加 (Flag = 1)

\* If  $t \leq 6$ , then 估测不改变 (Flag = 0)

步骤4: 对井位周围地区砂岩尖灭进行评估:

If 在最上倾网格点邻近地区的多孔砂岩厚度小于 4.5m, then 增加估测 (Flag = 2)

\* If 最上倾网格点邻近地区的多孔砂岩厚度大于网格点的厚度, then 减小估测 (Flag = -1)

\* If 没有条件得到满足, then 估测不改变 (Flag = 0)

步骤5: 井位地区的地质结构评估:

\* If 井位在地质结构走向上, then 增加估测 (Flag = 1)

\* Else (Flag = 0)

## 2.2 数学方法

### 2.2.1 标志位

在每一步规则推理之后将产生标志位来代替初始估计。如果标志位数值为正, 则将增加初始估计。如果标志位为负, 则将减小初始估计<sup>[6,7]</sup>。图3给出标志位定义。

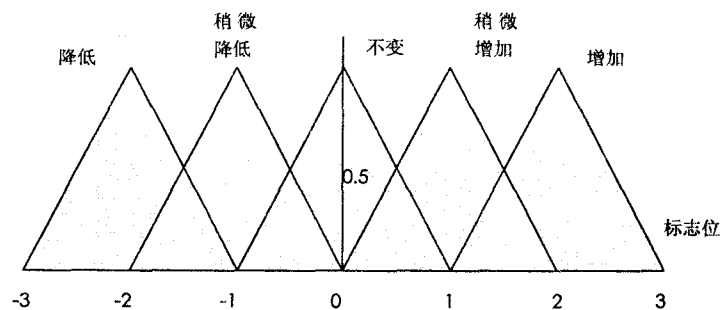


图3 标志位的隶属度

### 2.2.2 “标志位和”方法

假设“标志位和” =  $s$ , 修改初始估测 =  $t$ , 则有:

If  $s > 0$ , then  $t_{\text{new}} = t^{s+1} \sqrt{s}$

If  $s = 0$ , then  $t_{\text{new}} = t$

If  $s < 0$ , then  $t_{\text{new}} = t^{|s|+1}$

举例说明:

一个井位网格点的储油构造初始估计为 0.6, 距该井位最近产油井距离在 400m 到 800m 之间。假设该网格点的标志位集合为  $\{0, 2, -1, 0\}$ 。

则有:

$$s = 0 + 2 + (-1) + 0 = 1$$

$$t_{\text{new}} = t^{1+1} \sqrt{0.6} = 0.7746 \approx 0.77$$

### 2.2.3 最终估计

最终估计主要从储油构造评估、地质评估和地区评估三个方面得出。其中要有加权平均, 这个权值是由专家意见和学习模型给出的。

$$\text{final\_estimate} = \sum w_1 t + w_2 f + w_3 r$$

$$\sum w_1 + w_2 + w_3 = 1$$

$w_i$  = 权值

$t$  = 储油构造评估

$f$  = 地质评估

$r$  = 地区评估

## 3 结束语

文中建造了基于知识的钻井风险预测模糊专家系统, 通过对石油构造、地质结构和地区的综合评估, 实现在石油工程中能使钻井风险降到最低。它具有很大的实用价值, 其应用前景非常广泛。

### 参考文献:

- [1] 李海宏. 钻井风险评价方法与模型建立[J]. 石油钻井技术, 2003(6): 64-68.
- [2] 邹杰慧. 模糊专家系统在状态检修中的应用[J]. 湖南电力, 2003(5): 16-21.
- [3] 苏羽, 赵海. 基于模糊专家系统的评估诊断方法[J]. 东北大学学报, 2004(7): 653-657.
- [4] 王万森. 人工智能原理及其应用[M]. 第2版. 北京: 电子工业出版社, 2007: 190-225.
- [5] 王翔. 模糊专家诊断系统在状态检测中的应用探讨[J]. 湖南电力, 2005(2): 32-35.
- [6] Weiss W W, Balch R S. How Artificial Intelligence Methods Can Forecast Oil Production [S]. SPE75143, 2002.
- [7] Balch R S, Hart D M. Regional Data Analysis to Better Predict Drilling Success: Brushy Canyon Formation [S]. SPE75145. Delaware Basin, New Mexico: [s. n.], 2002.