

基于工程决策的专家系统模型设计与研究

李春生, 张可佳, 杨 雨

(东北石油大学 计算机学院, 黑龙江 大庆 163318)

摘 要:工程决策的影响因子和参数繁多且复杂,为提高工程决策的可用性和准确性提出基于工程决策的专家系统模型。模型根据现有数据模型结合实际需求,在关系数据内部形成知识支撑环境模型,采用框架和产生式规则相结合的方法,将推理过程与专家知识库结合,并提出一种综合评估方法为支持,辅助生产方案设计和措施调整。以油田实际生产现状为例,给出了相应油田异常井措施调整方案的推理过程,完成了模型的实例设计和实现,达到了提供辅助决策以提高决策可用性和准确性的目的。

关键词:工程决策;综合评估;专家系统

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)02-0089-04

Research and Design of Expert System Model Based on Project Decision

LI Chun-sheng, ZHANG Ke-jia, YANG Yu

(College of Computer, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

Abstract: The impact factors and parameters of engineering decisions are complex and too much, to improve the availability and accuracy of engineering decisions, the expert system model based on project decision is proposed. According to the actual needs with existing data model, forming knowledge support environment within the relational data model, use the idea of combining the frame with production rules, present a integrated assessment method combined with reasoning and expert knowledge to obtain and analyze the production of information, support and measures to adjust the production design. And to the actual oil production status, for example, given the appropriate measures for oil wells abnormal reasoning process of adjustment programs, finished the example of the model. Reach to provide decision support with improving the availability and accuracy of decision-making purposes.

Key words: project decision; comprehensive assessment; expert system

1 概 述

生产过程中的决策与调整很大程度上依赖于作业状态的分析,以及基于专业知识的判断。相关的大量数据分散存储在数据库集群中,工作人员依据常规方法通过查询分析并根据专业理论知识做出生产决策和调整^[1]。

关系数据库可以很好反应数据组织结构和体系,然而无法明确表述数据间的相互逻辑关系。因而无法实现智能分析和推理的过程。同时,即使在相同领域内,由于地域、环境等诸多因素影响导致同一概念的异类表述方式,从而导致统一性的破坏和大量冗余的产生。因此,论文研究支持动态标准生成的工程决策通

用的专家系统模型,设计决策知识支撑环境,结合专家知识库推理过程,对关系数据存在的动态作业信息提取和描述并结合专业知识,以辅助企业的生产方案设计与规划^[2,3]。

2 决策知识支撑环境

生产决策调整和方案设计需要结合各种动态作业数据进行分析。工程决策知识支撑环境(见图1)以生产作业动态数据和开发静态综合数据等构成的数据服务平台为基础,统筹管理决策知识,以驱动方式实现各类决策方案的设计和调整。是整个模型的核心支撑,并为模型提供有力的底层数据支持和知识支撑。

3 基于多叉树的知识库建立

推理机是专家系统的一个重要部分,主要实现以已知的信息来查找与之相匹配的客体。根据本模型的设计特点,推理机的实现实际上就是完成对多叉树整

收稿日期:2011-07-05;修回日期:2011-10-12

基金项目:黑龙江省教育厅海外学人基金(1151hz004)

作者简介:李春生(1960-),男,教授,博士生导师,研究方向为人工智能及其应用、模式识别与人工智能;张可佳(1986-),男,黑龙江大庆人,硕士研究生,研究方向为智能信息的分析与处理。

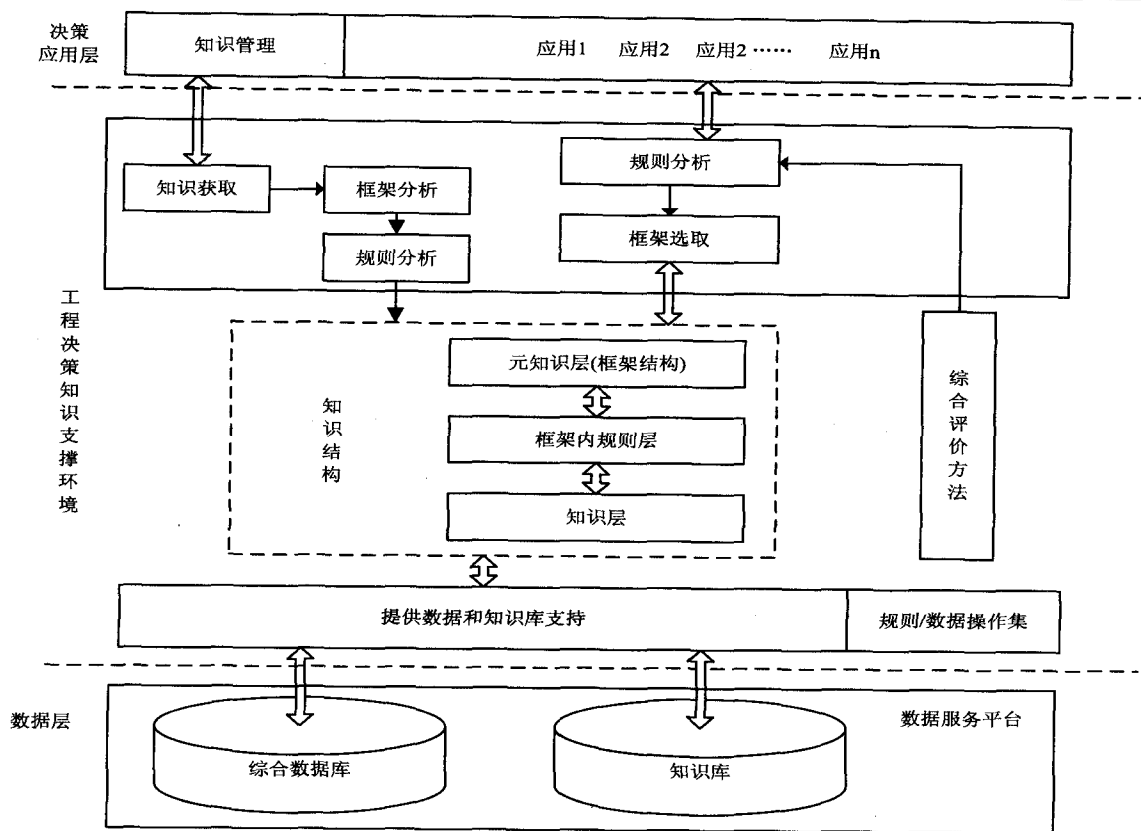


图1 工程决策知识支撑环境

体的检索和多叉树结构分枝节点的搜索过程。多叉树的树形结构图可以通过节点递归进行描述。

3.1 知识表述模式

人工智能中经常以框架作为一种知识的表述模式^[4]。由于多叉树转换规则库中的规则数量庞大,为了提高推理的效率,文中采用框架和产生式规则相结合的知识表示方法,即将整个多叉树作为元对象,将其所有的父子节点产生的规则全部封装为一个对象整体并赋予相应的属性和方法,作为一个框架,其父子节点依据关系划分为最小截集。其表述模式如图2所示。

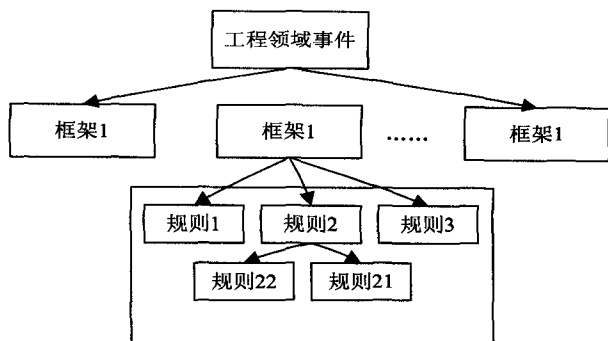


图2 知识表述模型

具体实现方法为:通过对工程决策的分类分别用框架描述,将多叉树整体依据分层的树状框架结构描述,最后将最小截集用规则进行描述。文中将引入元知识(用于管理知识的知识)以方便整个知识库的推

理过程。

元知识表述为:

if($(X_1) \wedge (X_2) \wedge \dots \wedge (X_i)$)

then

FN_i

其中 X 代表条件, FN代表框架名称。然后通过最小截集进行描述,如图3所示。

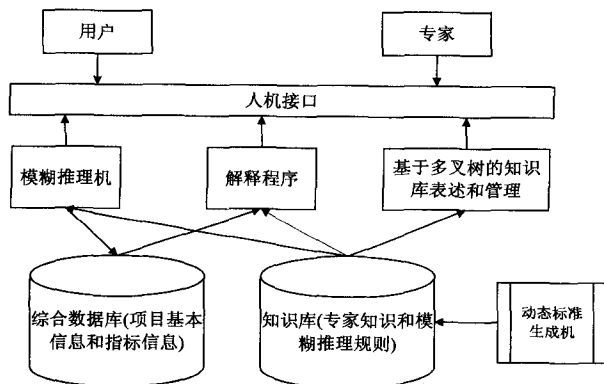


图3 动态标准的专家系统模型

推理规则是知识库构建中的重要内容。具有因果关系的知识通常用产生式规则进行如下表示:

$P \rightarrow Q$

(1)

P 作为规则前件用于是否满足该规则的条件, Q 作为规则后件用于指出满足条件后执行的操作或结论。于是可以翻译为:满足 P 条件后,可以推出 Q 对应结果或执行 Q 指定操作。

根据工程领域决策的分类可以建立如表1所示的推理规则和每个规则的重要度表,同时也可以建立关系互补规则完善推理规则表。

表1 推理规则表

编号	规则名	重要度	对应框架
规则 R1	If(X_1) then	0.83	FN ₁
规则 R2	If(X_2) then	0.44	FN ₂
规则 R3	If($X_3 \& X_4$) then	0.32	FN ₃
规则 R4	If($X_3 \mid X_4$) then	0.25	FN ₄

由表1可知,某一工程领域分类针对的框架FN可以对其还原为一个子推理机制。根据于此构建的框架推理规则表如表2所示:

表2 框架推理规则表

框架号	规则族号	规则号	标准	对应族号	节点
FN1	A	01	BZ>m	A1	0
FN1	A	02	BZ<m	A2	0
FN1	A	03	BZ = m	A3	0
...
FN1	A1	...	BZ2>a	A11	0
FN1	A2	...	BZ2<a	A21	0
...
FN1	A21	...	BZ3>b	0	CZ1

其中FN代表框架名称,BZ代表标准,CZ代表工程领域内的措施和调整方案。

3.2 动态标准产生机

相同领域内,由于地域、环境等诸多因素影响导致同一概念的异类表述方式和标准差异,如表2所示标准字段中的标准参数 m,a,b 在不同环境下的内容可能不同,为了满足需求,模型设计动态标准产生机用来对参数进行动态制定。

动态标准产生机是集成了专业领域知识并给予数据服务平台实现标准的制定过程,其原理是将标准产生的算法和方式集成和固化在支撑环境下,根据数据库语义分析和相应算法通过数据层数据支持计算获取标准参数值。动态标准产生机的重点是支持数据库语义分析的关系数据库表,其建立结构如表3所示:

表3 语义分析表

规则号	参数名	数据源	数据源参数	生成方法
01	BZ	A2	Field1	N1
02	BZ	A2	Field1	N1
0n	BZ3	A2	Field2	N3

其中规则号对应表2中规则号,参数名对应表2中参数名,数据源和数据源参数由支撑环境提供,N代表算法。标准生成过程中,通过获取表2中的规则号 and 标准参数通过表3关联关系得到获取方法,回溯到规则支撑环境获取相应算法进行生成^[5]。

4 基于规则库的推理过程

4.1 推理方式

产生式系统一般有三种最基本的推理方式:正向推理、反向推理和双向推理。文中采用正向推理和反向推理相结合的推理方式。正向推理方式也叫数据驱动,反向推理方式也叫目标驱动^[6]。

4.2 推理过程

基于规则库的推理过程大致如下:通过元知识将目标定位在某框架单元FN中,通过框架部分推理规则表启动针对FN的推理规则进行推理。利用规则库中的条件与关系数据库中的事实进行匹配,获取匹配的规则集合 F ,根据专家系统相关知识,按照规则消解策略从 F 中选择一条规则 R ,并将 R 的后件送入关系数据库中重复此过程^[7],直到推理规则表中的对应族号为0即为最终获取的结束节点,获取节点并根据相应解析表结束目标并最终获取相应工程领域决策或方案。

在模型匹配的过程中,搜索规则所用到的启发式、广度/深度优先策略构成了模型所述的搜索策略,而搜索策略也是影响推理过程速度和效率的主要方面。根据有信息搜索的启发式函数思想,模型中提出了为每一个规则设计评估值属性作为辅助,该属性相对静态。在推理过程中,保证总是首先搜索重要度高的规则^[8]。

冲突消解策略也是影响推理机性能的重要问题之一。冲突消解策略是由于两条规则的竞争,系统必须选取其中之一执行而导致的。模型引入启发式信息,利用问题求解的特点设计序列函数,并对相应规则排序,使其优先级高的规则先实行。

4.3 综合评估方法

模型引入面相对象思想,通过对规则设定属性(包括有限个静态和动态属性),实现有启发式信息的规则选取。对于框架内的规则赋予置信度。通过领域内框架重要度和框架置信度进行权衡,并引入步长作为辅助评估标准,对于属性权重进行专家评估法的主观赋值,进而实现对推理和最终决策的综合评估^[9],其中框架置信度由框架内规则置信度获取。

计算方法为:

$$R_c = \frac{1}{R_n} \sum_0^{R_n} (r_{x1} + r_{x2} + \cdots + r_{xn})$$

(2)

其中 R_c 为框架置信度, r_x 为框架内规则置信度。

R_n 为框架内规则的推理步长。

综合评估函数的计算模型如下描述:

(1) 框架重要度 R_i 作为静态属性,其权重可由 W_1 表示。

(2) 框架置信度 R_c 作为静态属性可由 W_2 表示。

(3) 推理步长 R_n 作为动态拟值属性可由 W_3 表示。

根据上述所述模型,提出综合评估函数计算公式

$$Q_r = \frac{W_2}{R_n} \sum_{i=1}^{R_n} (r_{x1} + r_{x2} + \dots + r_{xn}) + R_i * W_1 + R_n * W_3 \quad (3)$$

这种综合评价模型考虑到在推理过程中的动态变化^[10],所以不仅可以较大程度上保证推理过程的顺利,同时也提高了推理的准确度,进而保证了工程领域决策和调整的精度。

另外,引入综合评价模型也可以作为以后逆推理过程的基础,通过决策和调整的精确程度不断更新和完成规则库,进而不断提高决策的准确度^[11]。

5 实例分析

研究油井措施调整方案设计知识结构,基于工程决策知识支撑环境,建立各类异常井分析和诊断系统。从业务划分,异常井领域内分类包括产油、含水饱和度和有效厚度、砂岩厚度、射孔情况、沉积相、水淹和电测解释结果等,初始概念达 10000 多个,并且不同的油层油区存在不同的分析标准^[12]。油井措施调整需要分析生产状态和包含井史等方面的静态生产数据(A2 数据库)分析判断异常井和诊断异常原因,并且根据异常原因制定措施方案。通过总结经验丰富的工作人员和专家的开发知识,建立工程决策知识支撑环境,驱动各个辅助支持系统的工作。

针对某油田实际情况,建立了动态标准的综合评估专家系统,通过动态标准产生机获取了规则 R1 ~ R3 规则的参数,同时完成了将事实转化为框架规则的过程。

设油田某油层油井满足 R1 的对应框架 FN1,则可以通过对框架规则的推理获取相应规则并进行封装和深度推理。

推理过程如下:通过分析判断得到某井区产油井产油比 < 30%,获取重要度和框架名称 FN1,经过推理,

满足产油 > 0.4,推理到 A1 族,通过沉积相为 2,推理到 A21 族,满足射孔 = 1 获取措施 M,通过解释表得到措施为对该井进行补孔和压裂。

在推理过程中推理步长为 3,通过对应规则-置信度表获取 01,08,15 号规则的置信度并带入综合评估函数计算获得该措施的综合评估结果。

6 结束语

通过实际应用,该模型较好地完成了对油田异常井的诊断和措施方案调整的任务。不仅为油田地质工程提供了辅助决策,同时也提供了辅助决策的准确度。同时实际中对专家知识库的不断完善和更新,辅助决策的准确度也在不断提高。但是该模型由于设计较为复杂,所以依旧存在性能等问题,将在未来的工作中不断改进和优化。

参考文献:

- [1] Wang Nengbin. Database System Tutorial [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004.
- [2] Joseph G, Gary D R. Expert system principles and programming [M]. 4th ed. [s. l.]: Thomson, 2005.
- [3] Meng Xiaofeng, Zhou Longxiang, Wang Shan. State of the art and trends in database research [J]. Journal of Software, 2004, 15(12): 1822-1836.
- [4] 杨兴,朱大奇,桑庆兵. 专家系统研究现状与展望 [J]. 计算机应用研究, 2007, 24(5): 2-5.
- [5] 蔡自兴,约翰·德尔金,龚涛. 高级专家系统: 原理、设计及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [6] 李昌春,左为恒. 专家系统与专家控制系统 [J]. 重庆工业管理学院学报, 1996(4): 35-37.
- [7] 陈振华,余永权,张瑞. 模糊模式识别的几种基本模型研究 [J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(9): 32-34.
- [8] 毛海军. 基于 Agent 的宏观经济智能预测决策支持系统研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2003.
- [9] 王刚,王浩. 基于粒度的知识粗糙性研究 [J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(1): 66-68.
- [10] 戴钊,王力生. 基于故障树和规则匹配的故障诊断专家系统 [J]. 计算机应用, 2005(9): 2034-2036.
- [11] 杨静,张楠男,李建,等. 决策树算法的研究与应用 [J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2): 114-115.
- [12] 盖宗源,程国建,王莹. 模糊专家系统在钻井风险预测中的应用 [J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(1): 224-226.

(上接第 88 页)

- ognition. Edinburgh, Scotland: [s. n.], 2003: 866-878.
- [12] Hagita N, Naito S, Masuda I. Handprinted Kanji characters recognition based on pattern matching method [C]//Proc IC-TP83. [s. l.]: [s. n.], 1983: 169-174.

- [13] Perlibakas V. Distance measures for PCA-based face recognition [J]. Pattern Recognition Letters, 2004, 25(6): 711-724.
- [14] 金连文,梁羽杰. 一种新的距离分类方法及其应用 [J]. 计算机工程, 1999, 25(8): 30-32.