

选矿知识表示方法及其应用^①

罗新星 李松仁 高阳*

(中南工业大学矿物工程系, * 工商管理学院, 长沙 410083)

摘要 在选矿专家系统开发实践中, 探索了一个将框架和产生式规则相结合的知识表示法——框架/规则表示法。实践表明, 该方法不仅便于表示知识, 而且便于知识库维护和推理机实现, 是一种描述复杂大系统的有效的知识表示方法。

关键词 选矿专家系统 选矿知识表示 框架/规则表示法 知识库维护

知识表示是专家系统开发者面临的首要问题。不仅如此, 而且形成了人工智能研究中的一个独立的子领域——知识表示方法学^[1]。目前, 知识表示方法的研究大多是从工程的角度出发, 研究诸如产生式规则、语义网络、框架以及各种非规范逻辑等实用方法, 还有的则试图将数据库技术、黑板技术引入到知识表示中^[2, 3]。

作者在研究开发浮选厂自学习咨询控制专家系统时, 分析了产生式规则和框架的优缺点, 将两者结合, 采用了称之为“框架/规则表示法”的知识表示法。该方法能自然地、有效地表示浮选过程的知识, 推理机实现也方便, 而且便于知识库的维护和扩充。本文试图将具体的过程现象抽象化, 使之成为适合于其他过程的通用的知识表示法。

1 因素结构图

图1所示网络图中的圆圈称为“节点”, 顺着有向线连接的节点称为“后续节点”, 逆着有向线连接的称为“前趋节点”。如D节点的后续节点是A和B, 前趋节点是F和G。A和B因无后续节点, 又称为“终节点”。I, J, K和H因无前趋节点, 又称为“始节点”。

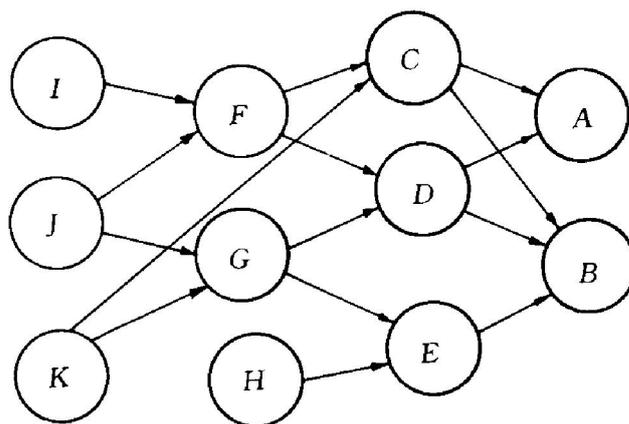


图1 因素结构图

我们可用这种图描述一个过程各因素之间的关系。用节点表示因素, 用连线表示节点之间直接的因果联系, 前趋节点表示原因和前项, 后续节点表示结果和后项, 始节点表示最原始的物料或控制量, 终节点表示最终产物, 中间节点表示可以用概念描述的中间因素。

例如在浮选过程中, 终节点表示精矿和尾矿的品位以及回收率, 始节点表示入选矿浆、药剂及控制量等, 中间节点描述泡沫、浮选液面状态等等。

本文的“因素结构图”与专家系统的专著中常用的“推理网络图”^[4]有根本区别。首先, 推理网络图的节点是一个具体事实, 只有一个值, 而本图的节点是一个因素(或称为变量),

① 国家教委博士点科研基金资助课题 收稿日期: 1996-02-26; 修回日期: 1996-05-27
罗新星, 男, 40岁, 副教授, 博士生

它可以取多值。如 A 节点可取 A1、A2、A3、A4, C 节点可取 C1、C2, D 节点可取 D1、D2, 等等。其次, 推理网络图中的连线表示各事实间具体的因果关系, 而本图反映的是因素之间的因果关系束。

如图 1 中的 A 节点与 C、D 节点只有两条线, 但表示 3 个节点之间的所有关系: (1) 如果 C1 且 D1, 则 A1; (2) 如果 C1 且 D2, 则 A2; (3) 如果 C2 且 D1, 则 A3; (4) 如果 C2 且 D2, 则 A4。

人们在分析一个复杂过程的各因素的影响时, 首先考虑的是某个因素与其他哪些因素有关, 而暂时不考虑具体关系是什么。因此用因素结构图分析复杂问题, 符合人们的思维过程。由于该图中的具体关系未详细表示, 故作者称其为“因素结构图”。

2 框架/规则表示法

众所周知, 专家系统中用得最多的知识表示法是产生式规则, 它表示自然, 易于理解, 容易实现知识库与推理机分离, 其缺点是当系统复杂时, 维护与管理困难。因此, 作者采用产生式规则表示具体的知识, 同时解决规则的维护与管理问题。

框架是描述具有固定格局的物体和事件的有效方法。一个过程的因素结构图基本上也是固定格局的。如任何浮选过程, 尽管具体内容千差万别, 但都是加入选矿浆、药剂, 得到精矿和尾矿。因此可用框架描述因素结构图。

我们对每个节点用一个框架表示, 其中有 2 个主要槽: 一个槽取名为《分量》, 装入本节点的全部可能值, 即对结构图的节点具体化; 另一个槽取名为《前提》, 装入与其相邻的前趋节点框架名, 反映该节点与其他节点的关系。如 A 节点框架如下:

《A 框架》

《前提》(C, D)

《分量》(A1, A2, A3, A4)

用一组框架就可以描述整个因素结构图。

框架不仅用于描述因素结构图, 更重要的是用框架来规范和管理产生式规则。本系统中的规则, 须满足以下 2 个条件:

(1) 规则的结论值必属于某框架的《分量》之中。

(2) 其规则前提条件所属的框架, 由结论框架的《前提》所规定。

换言之, 一条规则的“结论”必在因素结构图的某个节点上, 而其“前提条件”必在结论的前趋节点上。

例如, “如果 C1 且 D1, 则 A1”是“规范”的规则。这是因为该规则的结论 A1 在 A 框架的《分量》中, 且前提条件 C1 和 D1 分别属于 C 框架和 D 框架的《分量》(参见图 2), 而 C 框架和 D 框架在 A 框架的《前提》中。

3 知识库维护

3.1 检查规则的规范性

规范性检查步骤如下: (1) 由规则的结论值, 找到对应的框架; (2) 由框架的前提槽找到前趋节点框架; (3) 检查规则的前提条件是否在前趋节点框架的分量槽中。若以上 3 个步骤都能顺利完成, 则该规则是规范的。

如检查“如果 C1 且 D1, 则 A1”规则规范性, 其过程可用图 2 中的实线表示。

3.2 增加规则

用字符串(或是汉字)直接输入规则, 既费时又不准确。可借用框架自动构成规则, 其步骤是:

(1) 选择结论框架; (2) 用菜单选择法, 从分量槽中选择规则的结论值; (3) 从前提槽中找到前提条件的框架; (4) 从前提条件框架的分量槽中, 用菜单选择方式选择规则的前提条件值; (5) 用(2)得到的结论值和(4)得到的前提条件构造一条规则。

例如, 增加“如果 C2 且 D2, 则 A4”规则的过程可用图 2 中的虚线表示。规则的完善性检查、借用框架对规则的修改、删除规则等维护介绍从略。

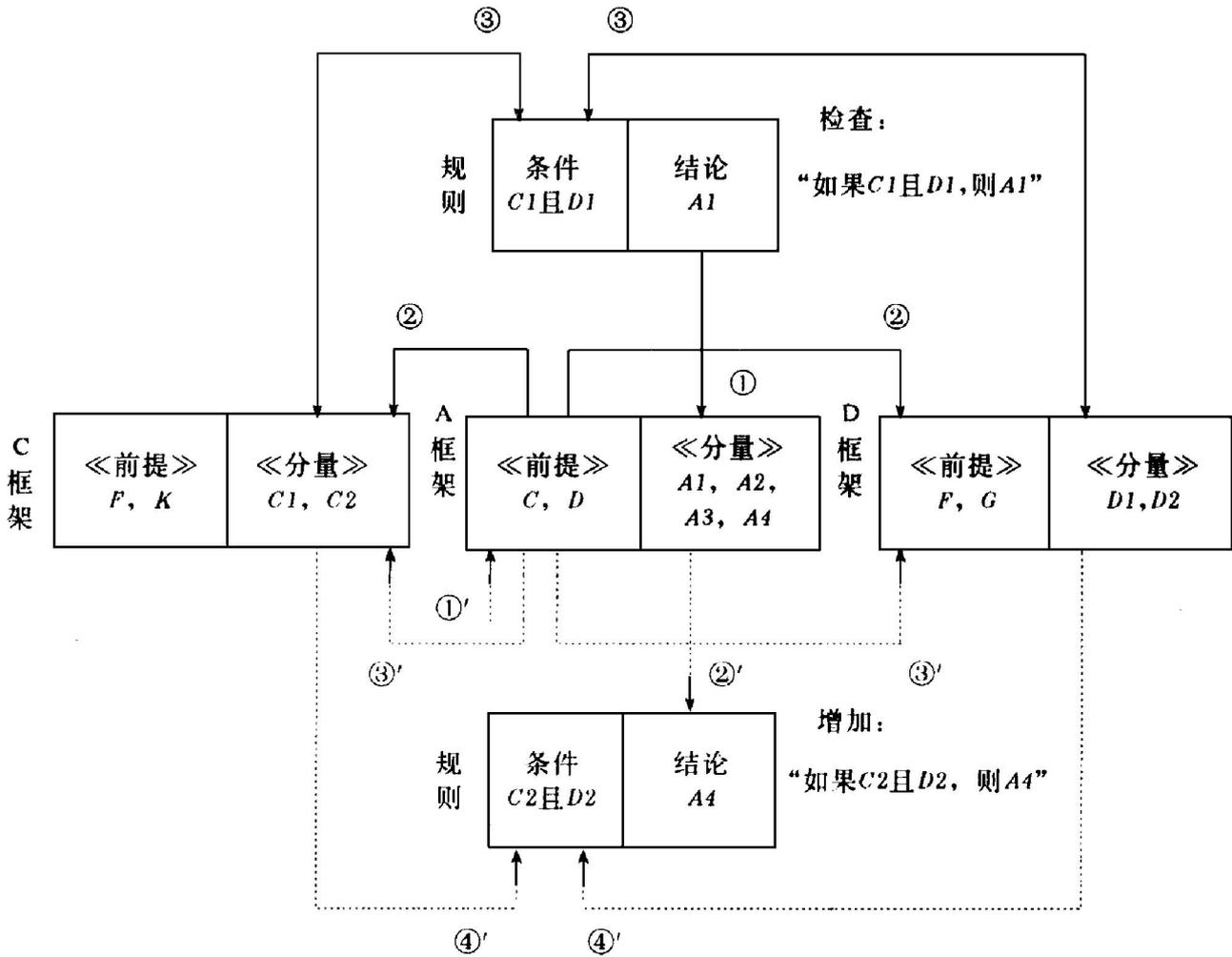


图2 检查规则的规范性及增加规则

4 框架/规则表示法的推理机特点

产生式规则的正向推理与反向推理的原理、方法与步骤均已成熟^[4, 5], 但将框架/规则表示法引入系统后, 其框架在推理中起到了不可忽视的作用, 提高了推理效率。

(1) 事实项的收集

在正向推理中, 需要首先输入已知事实, 反向推理中, 也要根据需要输入事实。如何确定应该输入哪些事实, 不同系统的处理方式各不相同。

本系统采用框架收集。从图1可见, *I*、*J*、*K*和*H*节点是没有前趋节点的, 反映在框架中, 前提槽中无值。如:

《*I* 框架》
 《前提》 ()

《分量》 (*I*₁, *I*₂, *I*₃)

因此, 可利用这点找到输入的原始数据。由于框架数目少, 查找容易, 比用规则的前提条件集与结论集进行集合差运算要省事得多。

(2) 菜单方法输入原始数据

如前述, 找到《*I* 框架》后, 可把 *I*₁、*I*₂、*I*₃ 的值都显示出来, 让操作者选择其一。这种方法比单调询问“是否 ...”灵活得多。

(3) 核实相关事实

一条规则被触发的条件, 除了前提条件应全部满足外, 还有结论不在数据库事实中。对于结论的核实, 一般系统仅能做到核实该事实是否未在数据库事实中被“肯定”或“否定”。在本系统中, 可以考虑多值情况。如对规则“如果 *C*₁ 且 *D*₂, 则 *A*₂”中结论 *A*₂ 的核实, 不仅要核实数据库中确实不存在 *A*₂, 还要核实 *A*₁、*A*₃、*A*₄ 都不存在。

参考文献

5 结论

实践证明, 本文介绍的框架/规则表示法, 不仅能自然和清晰地表达知识, 而且知识库维护性好, 推理机效率提高, 是一种描述复杂大系统的有效的知识表示法。

- 1 冯博琴. 实用专家系统. 北京: 电子工业出版社, 1990: 38 - 40.
- 2 安清波等. 计算机研究与发展, 1994, 31(1): 42.
- 3 陈兆乾. 计算机研究与发展, 1994, 31(12): 43.
- 4 傅京孙, 蔡自兴, 徐光佑. 人工智能及其应用. 北京: 清华大学出版社, 1987: 287- 288.
- 5 Janson 著, 李 聪译. TURBO-PROLOG 与专家系统. 北京: 电子工业出版社, 1993, 35- 45.

EXPRESSION METHOD OF MINERAL PROCESSING KNOWLEDGE AND ITS APPLICATION

Luo Xinxing, Li Songren, Gao Yang*

*Department of Mineral Engineering, * College of Business and Management,
Central South University of Technology, Changsha 410083*

ABSTRACT In the practice of developing a mineral processing expert system, a knowledge expression method called frame/ rule method was found, which integrates frame with production rule. It has been shown in practical use that this method can not only conveniently express the knowledge, but also maintain the knowledge base and implement the inference engine, indicating that it is a useful knowledge expression method for describing a large complex system.

Key words mineral processing expert system expression of mineral processing knowledge
frame/ rule expression method maintenance of knowledge base

(编辑 李 军)