

SJ-3 专家系统的开发技术*

贾 焰 刘江宁 吴泉源

(长沙工学院计算机系, 长沙 410073)

摘要 本文详细讨论了一个实用专家系统的开发技术, 主要包括: FL 知识表示法、量化模型、知识库的组织与维护方法以及不确定推理方法。

关键词 专家系统, 知识表示, 知识库, 不确定性推理。

SJ-3 专家系统是我们开发的一个合同战术级作战指挥专家系统, 该系统以核威胁条件下高技术新型常规作战环境为背景, 力求在合同战术训练和演习中辅助军事人员的评估和决策. SJ-3 系统是关于兵力部署的构造型专家系统, 主要模块包括基础数据库、全局数据库、规则库、推理机制、解释模块和人机界面等, 其基本结构如图 1 所示。

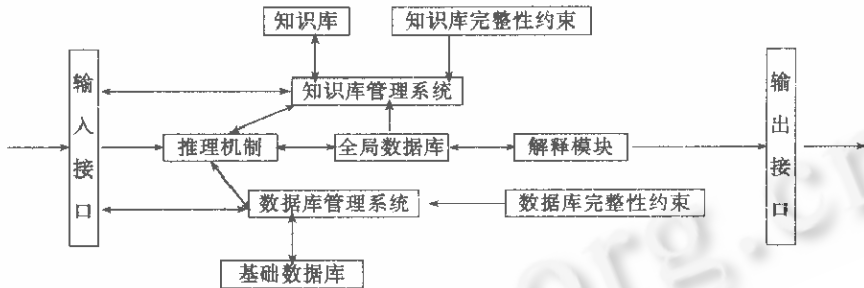


图1 SJ-3系统结构

我们在系统的研制过程中, 充分考虑到合同作战军事问题的特点, 研究、开发了一系列专家系统构造方法和技术。

1 FL 知识表示法

FL 是一种框架和逻辑相结合的知识表示法. 框架和逻辑是两种具有代表性的知识表示模式, 框架表示模式的优点是知识库的组织结构良好, 其缺点是推理机制太弱; 逻辑表示模式的优点是表达能力强语义清晰, 其缺点是缺乏层次化结构设施及知识库组织手段, 用逻辑

* 本文 1991-07-19 收到, 1992-01-30 定稿

作者贾焰, 女, 38 岁, 讲师, 主要研究领域为人工智能与专家系统. 刘江宁, 28 岁, 讲师, 主要研究领域为智能应用系统. 吴泉源, 52 岁, 教授, 主要研究领域为知识工程与智能应用。

本文通讯联系人: 贾焰, 长沙 410073, 长沙工学院计算机系

处理不完善性知识也较困难. FL 知识表示法将两者有机地结合起来, 从逻辑中吸取了强表达能力及高层次的描述手段, 从框架中吸取了表示复杂结构及静态完整性约束方法.

FL 知识表示方法的基本思想是: 用框架结构描述领域知识中的结构性知识和控制性知识, 用逻辑谓词表示特定问题的求解方法. 例如梯队编成知识的 FL 表示为^[1]:

```

框架名  梯队编成
值类型  整数
父框架  兵力部署
子框架  进攻方法; 进攻宽度; 进攻纵深; 不确定推理方法; 前沿地形分析.
控制知识  ....
约束知识  梯队编成值只能为 1, 2, 3 之一; 进攻地域范围在[a, b](平方公里)内.
知识实体  梯队编成(2, CF); -进攻方法(1, CF1),
          有效进攻正面宽度很大(CF2),
          and-mycin(CF1, CF2, CF0),
          seq-mycin(CF0, cf1, cf2, CF).
          /* cf1, cf2 为规则可信度 */
          ....

```

FL 知识表示模式可由 Turbo-Prolog 语言方便实现^[5]. FL 系统从结构上看是一个框架系统, 因而具有框架系统的全部功能. 如将 FL 系统中的框架名和槽名看成是谓词逻辑定义域中的一般个体, FL 系统便成了一般的逻辑系统, 因而可进行断言证明.

2 定量化模型

由于军事问题的复杂性, 单纯的定性判断不能得出令人满意的解, 为此我们在 SJ-3 系统中引入了定量化模型. 本系统的定量化模型根据其用途可分为军事定量化模型和算术定量化模型两类.

引入军事定量化模型的目的是为了提高推理结论的正确性, 其原因是战术原则与实战情况有脱节现象. 如一次军事活动有步骤 $1, 2, \dots, n$, 按原则当完成了第 i ($1 \leq i < n$) 步后应执行第 $i+1$ 步, 但在执行了第 i 步后发生了意外情况, 是否还应该继续执行第 $i+1$ 步呢? 为了克服这类问题, 我们为影响全局的关键问题建立了作战模拟模型, 主要有:

- (1) 重要武器的效力模拟(如直升机, 导弹等).
- (2) 关键作战环节的实战模拟(如主攻团突破战斗模拟等).

引入算术定量化模型的目的是为了提高系统效率. 在 SJ-3 系统的推理过程中, 常常涉及到一些非常复杂的计算问题(如求两个多边形相交区域的面积), 而这些问题用纯定性的规则去解既麻烦又费时, 为了克服这类问题, 我们引入了算术定量化模型, 主要有:

- (1) 几何问题计算(如凸多边形之间的最短距离、相交区域).
- (2) 地理特征计算(如坡度、河流深度的计算).

由于定量化模型问题的过程性特点, 我们用传统程序设计语言 C 对其进行实现, 通过 C 语言与 Turbo-Prolog 语言的接口, 使之在系统推理需要时被调用.

3 知识库的组织与维护

良好的知识组织方法和可靠的系统维护方法是知识库设计者共同追寻的目标.

3.1 知识库的组织与维护

知识库中的知识就是规则加数据. 对于规则, 我们根据领域知识的模块性, 为每种知识建立一个知识源, 知识源之间彼此独立, 自成一体, 协调工作. 在知识源内部, 根据领域知识的层次性, 我们用 FL 知识表示法表示知识, 因此在知识源内部知识是层次构造的. 对于数据, 我们根据其不同内容的数据彼此无关的特点, 将其区分成一组相互独立的数据库, 如我情库, 敌情库等等. 在各个数据库内部, 采用了支持多组空间数据管理的 Quad-tree 索引结构对数据进行组织, 使数据的访问高效执行.

为了保持知识库的简洁性, 在 SJ-3 系统的知识库中只存放正知识(那些使我军打胜仗的知识). 由于问题的复杂性, 使之不能满足 CWA(封闭世界假设), 因而也不能在全局范围内使用失败为负的元规则, 对于负知识我们采用如下方式处理:

(1) 对于满足 CWA 的知识源(如地理知识), 使用失败为负的元规则.

(2) 对于其它知识源中的知识分两种情况处理:

① 对结论有直接影响的负知识使用完全公理(Completion axiom)和不相等公理(inequality axiom).

② 对大多数不重要的负知识, 在元级上加以相应处理.

3.2 一致化检查

一个知识源加上其对应的基础数据可看作是一个理论 T , 那么知识库 KB 也可看作是一个理论 TKB , 且有:

$$TKB = T_1 + T_2 + \dots + T_n \quad (n \text{ 是知识源的个数})$$

SJ-3 系统涉及的领域可看作是一个完全关系结构 U , 那么 U 是 TKB 的一个解释. 由于 $T_i (i=1 \sim n)$ 之间是相互独立的, TKB 错误有以下 2 种情况:

(1) 有一个或多个 $T_i (i=1 \sim n)$ 不相容, 从而没有一个能满足 TKB 的解释.

(2) 每个 $T_i (i=1 \sim n)$ 都相容, 但论域不是它的解释.

对错误(1)用逻辑的方法解决, 因本系统的知识最终是以 Prolog 语言表示的, Prolog 语言又是基于 Horn 逻辑的, 根据 Horn 逻辑的半可判定性, 我们可判定 $T_i (i=1 \sim n)$ 的相容性, 具体可用 demo 谓词实现^[4]. 对错误(2)用完整性约束条件克服, 我们将问题的边界说明、特性说明等作为约束条件给出, 从而限制了问题求解以外的知识的存在. 如关于海洋的知识, 在陆军丛林作战中是不需要的. 另外也将知识完备性条件作为约束性条件给出, 从而克服了知识不完备带来的问题. 这种方法的使用必须建立在对领域知识深入理解的基础上, 因而带有专用性和不彻底性, 但在缺乏解决这一错误理论方法的今天, 还是具有一定的实用价值的.

3.3 知识库的维护

由于知识库是由一组知识源所组成, 且知识源之间相互独立, 对知识库的修改就转化成对某个知识源的修改, 即对某个 T_i 的修改, 则有:

(1) 增加一条知识 \equiv 在 T_i 中增加一条公理, 设其为 P , T_i 变成 T_i' , 则需证 $\neg P$ 不是 T_i 的定理, 则 T_i' 相容.

(2) 删除一条知识 \equiv 从 T_i 中删除一条公理, 设其为 P , T_i 变成 T_i' , 则需 T_i' 相容.

(3) 修改 \equiv 删除一条知识 + 增加一条知识.

4 不确定推理模型

SJ-3 系统主要采用改进 MYCIN 模型作为不确定推理模型. 设 $\lambda(h, e)$ 表示证据 e 与假设 h 之间的相似比, 在改进 MYCIN 模型中, 基于证据 e , 假设 h 的可信度 $CF(h, e)$ 定义为:

$$CF(h, e) = \begin{cases} (\lambda(h, e) - 1) / \lambda(h, e) & \lambda(h, e) \geq 1 \\ \lambda(h, e) & \lambda(h, e) < 1 \end{cases}$$

即

$$CF(h, e) = \begin{cases} \frac{P(h|e) - P(h)}{(1 - P(h))P(h|e)} & P(h|e) \geq P(h) \\ \frac{P(h|e) - P(h)}{P(h)(1 - P(h|e))} & P(h|e) < P(h) \end{cases}$$

在改进 MYCIN 模型中, 证据的逻辑组合规则与并行规则同 MYCIN 模型一样, 其顺序规则为:

设 e' 支持 e , e 支持 h , 并记 $CF_0 = CF(e, e')$, $CF_1 = CF(h, e)$, $CF_2 = CF(h, \bar{e})$, 其中 $CF_0, CF_1 > 0, CF_2 < 0$, 则

$$CF(h, e') = \frac{CF_0 CF_1 CF_2}{CF_0 CF_1 (1 + CF_2) - CF_1 + CF_2 - CF_1 CF_2}$$

对于 $CF_i (i=0, 1, 2)$ 其它取值, 均可转换为上述计算模式处理.

鉴于 Turbo Prolog 语言缺乏知识库管理方面的元级操作, 我们采用 Clark 的方法实现了 SJ-3 系统中所采纳的不确定推理模型^[4], 其中概率推理的实现可参见文献[2].

SJ-3 专家系统的研究工作已经圆满完成, 并在实际使用中获得了一定的效益.

参考文献

- 1 贾焰等. SJ-3 专家系统的设计与实现. NCYC'91 论文集, 1991.
- 2 刘江宁等. SJ-3 专家系统概率推理模型. NCYC'91 论文集, 1991.
- 3 Roth F H 等. 建立专家系统四川. 成都: 科技出版社, 1986.
- 4 Clark K L, McCabe F G. Prolog: a language for implementing expert systems. In: Michie D, Yao Y eds. H Machine Intelligence, 1982(10).
- 5 Shapiro E Y. Logic programs with uncertainty: a tool for implementing rule-based systems. Proc. of 8th IJCAI, 1983.
- 6 Fikes R, Kehler T. The role of frame-based representation in reasoning. CACM 28, 1985.

DEVELOPING TECHNOLOGY OF "SJ-3" EXPERT SYSTEM

Jia Yan, Liu Jiangning and Wu Quanyuan

(Department of Computer Science, Changsha Institute of Technology, Changsha 410073)

Abstract This paper discussed a series of useful developing technologies of "SJ-3" ex-

pert system. Mainly includes the FL knowledge representation method, quantitative model, knowledge base organization and maintenance and the reasoning method under uncertainty.

Key words Expert system, knowledge representation, knowledge base, reasoning method under uncertainty.