

## 合同战术级军事专家系统研制

吴泉源 江卫国

贾 焰 邓铁清

(电子计算机系)

**摘 要** 文中以合同战术级军事专家系统的实践为基础,以逻辑型语言为主要实现语言,描述基于黑板模型的问题求解策略,使用框架与产生式规则相结合的知识表示方法,以及运用基于预制文本与模糊文法的解释机制等。应用表明,本文提出和采用的方法与技术取得了明显的效益。

**关键词** 军事专家系统,数据库,知识库;解释机制,黑板模型

**分类号** TP31

合同战术级军事专家系统基于师团级合同作战指挥的专家知识,运用基于模糊逻辑的推理方法,对合同战术作出辅助决策和对作战方案进行评估裁决。它既可用于部队的室外实兵演习,也可用于室内计算机模拟对抗演习,是合同战术训练与教学的现代化化工具。

几年来,作者为我军先后研制了五个合同战术级军事专家系统,并取得了明显的效益。通过研究与实践,作者摸索出一整套适合于合同战术级军事专家系统构造的方法与技术,如黑板模型、框架与产生式规则相结合的知识表示、基于预测文本与模糊文法的解释机制等。本文将以研制的军事专家系统为背景,重点分析和讨论合同战术级军事专家系统的组织结构、文书采集、问题求解、控制调度、知识表示与解释机制等构造技术,最后指出将要进一步研究的课题。

### 1 系统组织

合同战术级军事专家系统应集中反映军事活动的下述特点:

(1) 信息量大。既要熟悉作战或演习地域内的各种地形因素,如山川、河流、道路等,又要掌握敌我双方的态势信息,如作战企图、兵力部署、兵器配置和障碍物设置等。

(2) 实时性强。要求及时收集和分析大量的敌我双方交战情况和兵力兵器情况,并在几十秒数量级的时间内作出判断和裁决,提出作战指挥的决策方案。

(3) 知识繁多。不仅要具备成文的军事原则,以及天文、地理和数学的知识,还要有

丰富的合同战术作战指挥之实践经验。用产生式规则表达这些琐碎的知识，其数量逾万条。

(4) 在运行过程中，合同战术级军事专家系统应采用自然的语言进行人机对话，并用通俗和规范的军用文书输入输出，使中下层军事指挥员或导演人员对决策和评估结果一目了然。

作者研制的军事专家系统充分考虑了以上特点，并以逻辑程序设计和关系数据库为基础，利用Turbo—PROLOG、dBASE—Ⅲ和Turbo—C实现。其总体结构如图1所示，有关部分说明如下：

(1) 基础数据库，即事实库：库中，地名、地形和部署以及反映战场变化态势的数据，可以形成战场上的一个具体态势，为系统提供推理的依据。基础数据库的完整性由相应的约束库保证。

(2) 知识库：由反映不同战术层次和不同战斗任务的功能块（知识源）组成。用框架和产生式规则相结合的知识表示方法来表达军事指挥的作战原则和进程，以及军事专家的作战思想与经验。知识库的协调性由相应的约束库保证<sup>[2]</sup>。

(3) 问题求解：它能在各种地形、敌情和我情下，自动进行情况判断，给出情况判断的结论；进行决策推理，给出指挥员的决心建议和处置建议；能够对输入的决心进行评估裁决。问题求解是系统的核心部分，适合用Turbo—PROLOG实现。

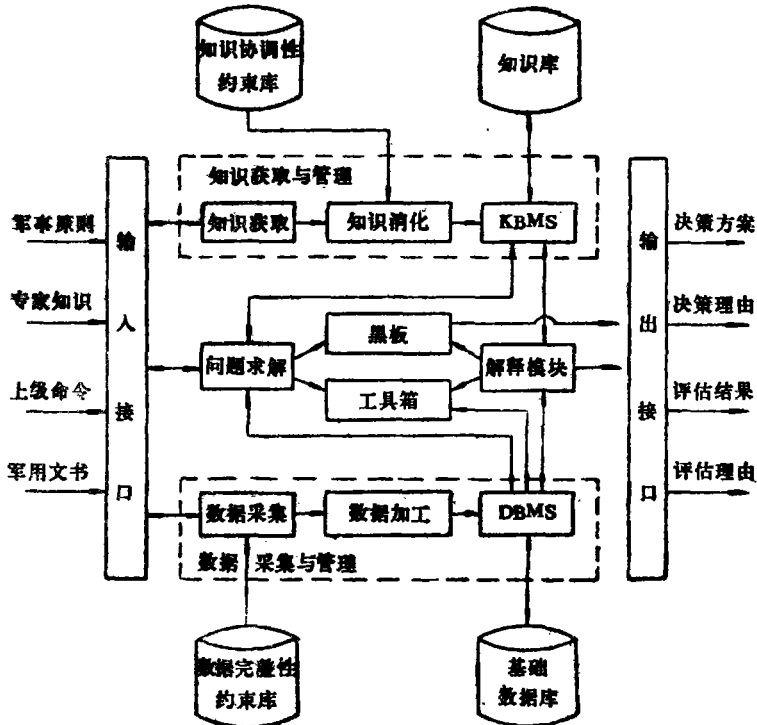


图1 合同战术级军事专家系统体系结构

(4) 解释机制，根据黑板中保存的推理结论和路径，采用军事术语，以自然语言形

式，显示或打印决策方案、评估结论及其理由。

(5) 输入接口：完成用户向系统的信息输入，同时还实施对其它模块的控制和调度。

## 2 军用文书采集与基础数据库

合同战术级军事专家系统的基础数据库由地名库、地形库、敌情库和我情库等组成，信息量大，且要求实时输入各种想定和动态信息。为适应各种情况，并方便信息的采集与加工，作者设计了军用文书采集子系统。

### 2.1 军事概念模式

军用文书有多种，每种文书对应着一组军事概念。例如，敌情文书对应有敌师、敌团、敌营、敌连、敌排等军事概念。在军用文书中，每个军事概念都用规范的文字结构和军事术语描述，军事概念的这种规范化描述称为军事概念模式。

一个军事概念对应有一组军事实体，如敌营有敌 2 营、敌 3 营等。因此，在军用文书中，同一军事概念模式经常多次出现，每次描述一个军事实体。下面是敌情文书中同一军事概念（敌营）模式的两个军事实体（敌 3 团 2 营和 3 营）的情况描述：

- 敌摩步 3 团 2 营，该营指挥所在 125 高地(98,05)，伤亡率为 15%，成 2 个梯队部署。
- 敌摩步 3 团 3 营，该营指挥所在林庄(87,86)，伤亡率为 10%，成 1 个梯队部署。

可以看到，同一军事概念模式不同军事实体描述之间的区别仅仅是下划线中的数据或文字，它们正是基础数据库和问题求解所需要的信息。有了军事概念模式，军用文书的采集实际上就是这些数据和文字的采集。

### 2.2 军用文书交互采集过程

(1) 利用宿主机的文件编辑系统（如 Wordstar），按军事专家的要求格式，事先编辑好由各种军事概念模式组成的军用文书（骨架），其中每种模式应复制足够多份，以描述多个军事实体。

(2) 采集过程开始后，系统逐屏显示每个模式，用户根据军情，把光标定到需要填入信息的模式上，然后输入数据和地名等。

(3) 系统通过扫描该模式前几个特征字符，自动确定该模式的名称，调用并启动该模式的数据采集过程。

(4) 数据采集过程接收输入信息，转化成谓词的参数形式，配上谓词名，便形成一个事实性谓词，其中，谓词名、参数的个数与属性均由相应的模式名唯一决定。形成的事实性谓词对应于该模式下的一个军事实体情况。经语法检查与约束条件的完整性检查，若无误，则该事实送到相应的基础数据库中。

(5) 军用文书（骨架）未处理完时，继续做(2)至(5)的工作；处理完时，结束整个采集过程。

### 2.3 数据库的维护

维护阶段，只需对少量数据进行处理，系统提供了通常的菜单方式，可以象一般数据库系统那样进行数据的检索、删除、插入和修改等工作。

### 3 基于黑板模型的问题求解

黑板模型是从HEARSAY—Ⅰ<sup>[7]</sup>中的黑板结构抽象出的一种问题求解模型<sup>[8]</sup>。军事活动的实时性、层次性和模块性,使合同战术级专家系统很适合用黑板模型求解问题;同时,Turbo—PROLOG中的动态数据库和模块程序设计为实现这种模型提供了条件。

在我们的军事专家系统中,黑板模型的结构如图2所示。

#### 3.1 知识源

根据军事活动的特点,作者把军事原则和经验知识按知识源划分和组织,运用Turbo—PROLOG的模块分别存放且相互独立。在每一个知识源中,至少包含名字、问题领域、触发条件、前提条件和动作等。图3是“二梯队加入战斗军事专家系统”中一个知识源的实例。

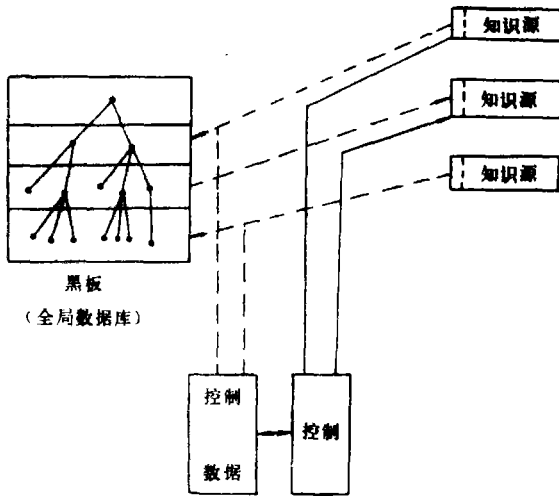


图2 合同战术级军事专家系统中的黑板结构  
——控制流 ---数据流

属性	内容
名字	QYJXD
问题领域	穿越间隙地
触发条件	二梯队加入战斗的时机成熟
前提条件	间隙区域地理条件优越
动作	(1)选择穿越路线;(2)预测穿越结果;(3)更新战场态势

图3 一个知识源实例

在Turbo—PROLOG中,可用全局谓词定义触发条件和前提条件。当触发条件满足时,相应的全局谓词成功,与该事件相关联的多个知识源同时被激活。但只有那些前提条件所期望的状态真正出现时,相应知识源的动作才可执行。

动作部分是知识源的核心,逻辑上主要由规则体、控制体、约束条件以及有关的工作环境组成。规则体用来描述求解某特定子问题的军事知识,它的执行将更新或修改黑板的状态;控制体指示规则体的推理控制策略,如正向、反向与混合策略等,其实现手段与3.3节所述技术类同;约束条件用于完整性维护。

#### 3.2 黑板

问题求解的中间数据(或状态信息)保存在一个称为黑板的全局数据库中。黑板上的数据是分层组织的,只有知识源通过执行一系列的动作才能修改黑板,从而逐步地导出问题的一个解,或者是一组可接受的解。知识源之间的通讯交互都是通过黑板来进行的。

在Turbo—PROLOG中, 黑板通过定义一组全局动态数据库实现。

### 3.3 控制机构

控制机构由一组控制模块组成, 它们监督黑板的修改, 选择知识源适时地作出响应, 决定下一步进行的操作。针对Turbo—PROLOG的特点, 可以采用多种技术手段对知识源实施控制和调度。

(1) 静态策略: 把一组知识源按固定顺序写进一条子句内, 实现一种确定的有序调度。这种策略简单而适用面较广。原因之一, 是知识源按层次组织, 同层知识源之间有一定的优先关系, 因此, 知识源的使用本来就是部分有序的; 其次, 模糊性知识的不精确表示, 使得黑板模型中的部分机遇推理<sup>[8]</sup>确定化, 知识源的执行顺序就不再是那么重要的了。

(2) 动态策略: 通过一个状态检测器, 把一组知识源按传统的情况语句(CASE)格式表达成子句序列, 以实现动态选择。因知识源可视为一个通过一系列动作来改变黑板状态的产生器, 动态策略就是一种逆向的“产生——测试”<sup>[11]</sup>技术, 即“测试——产生”技术。

(3) 模拟元级控制策略: Turbo—PROLOG是编译型语言, 不能象解释型语言那样方便地进行元级程序设计<sup>[9][10]</sup>。为此, 我们在谓词定义中增设一个新的参数作为子句的编号, 运用表元素的逻辑程序设计技术进行元级控制的模拟。例如:

$$h([I|Y], X): -p(I, X).$$

$$h([_ | Y], X): -h(Y, X).$$

激活 $h(Z, X)$ ,  $Z$ 为表 $[n_1, n_2, \dots, n_l]$ , 则无论编号为 $n_1, n_2, \dots, n_l$ 的 $p$ 谓词子句在程序中如何排列, 调用总是依 $Z$ 表元素规定的次序, 依次选择第一个成功的谓词子句 $p$ , 除非失败。若使用解释型PROLOG, 则可以直接实现各种元级控制。元级控制在军事专家系统中有广泛的应用, 详见文<sup>[1]</sup>。

对于上述控制机构中常用的一些控制谓词, 如同进行数据加工的那些计算谓词一样, 可一并放进系统的工具箱中。

## 4 知识表示与知识库

合同战术级军事知识十分繁琐, 但层次性、模块性较强。因此, 特别适于使用框架与产生式规则相结合的知识表示方法。

框架主要用于描述知识源上层的知识, 如图3便可看作一种框架表示; 知识源动作部分中的一些概念性知识也可以用框架表示, 如图4便是图3中第(1)个动作可能匹配的一个“道路”框架。

产生式规则主要用于刻划基础军事领域知识, 包括数学运算规则、军事原则以及各种不精确的经验知识等。黑板状态的改变以及框架中的可变槽值通常是直接从产生式规则的推理中得到的。

下面讨论如何使用Turbo—PROLOG语言实现上述两种知识表示。

框架名: 道路	
槽 名	槽 值
线段走向井字坐标	9701792002
平均宽度	3(米)
路 质	1(沙质)
运 动 度	0.85
隐 蔽 度	0.20
展 开 度	0.70
前方交点	96012
后方交点	93027
中 点	94013

图4 道路框架的一个实例

#### 4.1 框架

(1) 隐式谓词表示法: 假定各个槽在框架中的位置是固定的, 隐去所有槽名, 用一个 $n+1$ 元谓词描述具有 $n$ 个槽的框架, 其中第一个变元为框架名, 其余变元为各槽的值。

(2) 显式谓词表示法: 与(1)类似, 只是第2至第 $n+1$ 个变元依次为[槽名, 槽值]对。

(3) 动态数据库表示法: 它把框架描述成 Turbo-PROLOG 中局限于某个知识源的动态数据库。库名为框架名, 第一属性为该框架的槽名, 第二属性为槽值(可以扩充)。

#### 4.2 产生式规则

(1) 事实性谓词: 对于精确的事实, 直接用相应的事实性谓词表示; 对于不精确的事实, 增加一个参量表示相应事实的可信度。例如,  $e(X, CF)$  表示 $e(X)$ 的可信度是 $CF$ 。

(2) 规则性谓词: 用相应的 Horn 子句表示。对于含不精确成分的模糊知识, 子句体中增加一个计算子句头可信度的计算谓词。例如:

$$\begin{aligned} h(X, CF): & -p1(X, CF1), \\ & p2(X, CF2), \\ & \dots \\ & pn(X, CFn), \\ & CF \text{ is } g(f(CF1, CF2, \dots, CFn), RCF). \end{aligned}$$

其中,  $is$  为子句体中增加的计算谓词,  $RCF$  为规则的可信度。函数  $f$  一般取名分量的最小值, 但也可以根据实际需要定义, 如取加权值等。函数  $g$  一般取算术乘积。

在模糊知识中, 若存在多个规则性谓词指向同一目标(或子目标), 则可以利用 Turbo-PROLOG 中求全解的系统谓词  $findall$  和总可信度计算谓词  $totcf$  获得目标的总可信度。例如, 在模糊推理中, 激活

$$findall(CF, h(X, CF), L), totcf(L, GCF)$$

可获得多定义谓词  $h$  的总可信度  $GCF$ , 其中,  $L$  是由谓词  $h$  的各种定义单独确定的可信度所组成的表,  $totcf$  则采取与 MYCIN 系统相类似的规则可信度累积方法。当然, 也可以依实际情况作出调整。有关可信度计算的一些典型谓词, 已放入系统工具箱中。

## 5 预制文本法与解释机制

解释机制是保证军事专家系统实用的重要手段。要使解释易于被军事人员接受, 它的输出应是自然直观的军用文书。为此, 作者在实现解释机制时, 采取了预制文本与模糊文法相结合的方法。

与军用文书采集中提出的军事概念模式相呼应, 在解释机制中, 对于合同战术的决策和评估结果的解释, 也可以根据规范的军事术语构成各种各样军事概念模式。作者把

这种事先存入计算机中的军用解释文本的军事概念模式，称之为预制文本。下面是形成机降分队任务解释的预制文本：

- (1) 赋予任务 A 是 B 的，因敌目标 C 对我构成 D 威胁。
- (2) 赋予任务 A 是不可行的，因任务太多，完成没有把握。

这里，A 表示袭击目标，C 表示敌阵地，B 可选“正确”、“可行”或“不可行”，D 可选“很大”、“较大”或“较小”等。

但是，形成解释文本的过程正好与军用文书采集相逆。它是向军事概念模式的空缺部分自动填写信息，不仅填写一般的数据（如第 2 团），更主要是填写一些模糊修饰词（如“较小”）。这种修饰词是运用模糊文法，把推理所得的可信度值通过转换而得到的。下面是模糊文法的一个部分集：

$P \rightarrow A | B$

$A \rightarrow \text{正确} | \text{可行} | \text{基本可行} | \text{不可行}$

$B \rightarrow \text{适中} | \text{C 多} | \text{C 少} | \text{C 大} | \text{C 远} | \text{C 近}$

$C \rightarrow \text{太} | \text{稍} | \text{较} | \text{不} | \epsilon$

具体的转换过程，请参见文[1]。

## 6 结束语

作者研制系统的实际应用表明：采用合适的新技术，可以明显提高合同战术级军事专家系统的先进性和实用性；使用新型的逻辑程序设计语言实现它的主要部分，既方便又有效。为进一步改善系统的性能和发展成果，还要开展下列课题的研究：

- (1) 使用环境研究。使系统具有军事地图、大屏幕显示等图形或其它形象的输入输出功能。
- (2) 分布式系统研究。把五个系统加上动态模拟技术有机地构成一个分布式军事专家系统。
- (3) 通用性研究。研制有较大通用性的军事专家系统开发环境和工具。

## 参 考 文 献

- [1] 吴泉源，胡汴民、朱慎德。“三界 I 号”军事专家系统 SJ-1。北京：1988 年度全国智能计算机系统学术讨论会，1989
- [2] 金芝，邓铁清，俞咸宜。知识库的维护及其 PROLOG 实现。计算机工程，1988，(6)
- [3] Turbo-PROLOG Owner's Handbook. Borland International Inc., 1987
- [4] Turbo-PROLOG Toolbox Owner's Handbook. Borland International Inc., 1987
- [5] Rossi G. Uses of PROLOG in Implementation of Expert Systems. New Generation Computing. OHMSA, LTD and Spring-Verlag, 1986, (4)
- [6] Waterman D A. A Guide to Expert System. Addison-Wesley, 1986
- [7] Erman L D and Hayes-Roth F. The Hearsay-III Speech-Understanding System: Integrating Knowledge to Resolve Uncertainty. Computing Surveys, 1980, (12)
- [8] Renny Nii H. Blackboard Systems: The Blackboard Model of Problem Solving and the Evolution of Blackboard Architecture. AI Magazine, 1986, (8)

- [9] 吴泉源, 葛家翔, 江卫国, 邓铁清. 知识库管理系统GKBMS的研究. 计算机研究与发展, 1989, (10)
- [10] 苏金树, 邓铁清, 吴泉源. 元级程序设计技术研究. 知识工程进展 1988 (孙怀民主编), 武汉: 中国地质大学出版社, 1988
- [11] 刘凤岐, 金芝, 卢肇川, 邓铁清. PROLOG程序设计技巧. 湘潭大学教务处教材科, 1988

## Investigation of Military Expert Systems at Cooperation Tactics Level

Wu Quanyuan Jiang Weiguo

Jia Yan Deng Tieqing

(Department of Computer)

### Abstract

In this paper, a series of new generation methods and techniques of building expert systems are proposed. They are mainly implemented in logic language and include the strategies of problem solving based on the blackboard model, the knowledge representation which combines frame and production rules, an interpretation mechanism in the prefabricated version and fuzzy grammar and so on. Much benefit has been got by applying these methods and techniques in military practice.

**Key Words:** expert system, database; knowledge base, interpretation mechanism, blackboard model