

# 可拓知识库系统及其应用

李立希<sup>1</sup>, 李嘉<sup>2</sup>

(1. 广东工业大学计算机学院, 广州 510080; 2. 广州交通投资有限公司, 广州 510030)

**[摘要]** 知识库系统是一种专门存储、管理大量知识的机构。文章以可拓学的理论和方法为指导, 提出可拓知识表示法和可拓知识库系统的特点与构架。给出了可拓知识表示的形式化语义, 其基本单元是知识物元; 阐述了矛盾问题求解的形式表示, 其核心是问题的物元模型, 通过可拓算子把不相容问题转化为相容问题; 相关方式推理是可拓知识库系统推理机的特点, 是传统规则推理的推广。可拓知识库采用可拓知识表示方法, 是传统知识库的一个超集; 可拓知识库系统由目标库、条件库、公用知识库、分类知识库、推理机与知识库管理系统组成。

**[关键词]** 可拓论; 不相容; 知识库

## 1 引言

计算机科学与技术的发展和计算机应用领域的日益拓宽, 使得计算机已从传统的数值计算发展到非数值计算, 其中包括数据处理与知识处理。所谓知识库系统, 就是把知识以一定的形式存入计算机, 实现对大量知识的有效管理和使用。知识库系统的发展已经历了若干个阶段。“目前多数知识系统或专家系统拥有的知识都是表层知识。而解决各种复杂问题, 在知识库系统中必须解决深层知识的存储、表示和处理问题。借助深层知识可以提高问题求解能力和灵活性。”<sup>[1]</sup>

可以说, 人类历史就是一部解决矛盾问题的历史。与之相应的知识, 应该说属于深层知识, 是人类最宝贵的知识。列宁在《黑格尔“逻辑学”一书摘要》中说: “概念的关系 (= 转化 = 矛盾) = 逻辑的主要内容”。这里说明辩证逻辑主要任务是研究事物的本质关系, 其主要内容包含矛盾及其转化。可拓论用形式化的工具, 从定性和定量两个角度去研究解决矛盾问题的规律和方法。它为在知识库系统中解决深层知识的存储、表示和处理提供了新的工具。

## 2 可拓知识表示法

### 2.1 知识物元

物元和事元<sup>[2,3]</sup>是可拓论的逻辑细胞。知识可以用物元或事元表示, 称为知识物元或知识事元。知识物元用一个有序三元组  $R = (N, c, v)$  表示, 其中  $N$  为知识所涉及的事物,  $c$  表示特征的名称,  $v$  表示  $N$  关于  $c$  所取的量值。

### 2.2 可拓知识表示的形式化语义

〈知识物元〉 ::= 〈事物〉〈特征元部分〉;  
〈事物〉 ::= 事物名 〈事物名的值〉;  
〈特征元〉 ::= 〈特征名〉〈量值〉;  
〈特征名〉 ::= 关系特征 | 性质特征 | 功能特征 | 行为状态特征;  
〈量值〉 ::= 数量 | 程度 | 范围 | 事物 | 事元;  
〈事物名的值〉 ::= 〈符号名〉 | 〈符号名〉 (〈参数〉);  
〈参数〉 ::= 〈符号名〉。

### 2.3 问题的物元模型

把现实世界中的问题用物元来描述, 称为物元模型。如果把要实现的目标用物元  $R$  表示, 称为

[收稿日期] 2000-11-08; 修回日期 2000-12-25

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (79870107)

[作者简介] 李立希 (1945-), 男, 广东博罗县人, 广东工业大学副教授

目标物元；已有的条件用物元  $r$  表示，称为条件物元，则它们构成的问题  $P$  记为

$$P = R * r$$

给定问题  $P = R * r$ ，如果在条件  $r$  下，目标物元  $R$  不能实现，则称  $P$  为不相容或矛盾问题，记作  $R \uparrow (r)$ ，否则，称  $P$  为相容问题，记作  $R \downarrow (r)$ <sup>[2]</sup>。

#### 2.4 可拓算子

要把矛盾问题转化为相容问题，就必须把原有的物元转化为能解决问题的物元，称之为物元变换。物元变换是解决矛盾问题的基本工具<sup>[2]</sup>。如果因某种干预而使物元变换，称这种干预为可拓算子。

定义：设  $W$  为物元集合，称映射  $T: W \rightarrow P(W)$  为可拓算子， $TR = R' \in P(W)$  被称为可拓算子  $T$  作用物元  $R$ ，使物元  $R$  变为  $R'$ 。

若

$T_1 X_1 = Y_1, T_2 Y_1 = Y_2, \dots, T_n Y_{n-1} = Y_n$ ，则称  $TX_1 = Y_n$  中的可拓算子  $T$  为可拓算子  $T_1, T_2, \dots, T_n$  之积，记为  $T = T_n T_{n-1} \dots T_2 T_1$ 。

#### 2.5 可拓算子与事元

可拓算子的作用对象是物元。对于事元  $I$ ，如果它的支配对象为物元  $R$ ，而且事元的实现会变换  $R$ ，这种事元称为事元算子。若支配对象为  $R$  的事元算子  $I$  起作用，也可以说物元  $R$  调用事元  $I$ ，记为

$$R.I.$$

#### 2.6 矛盾问题求解的形式表示

人们解决问题过程所用的点子、窍门、办法、策略等，实质上都是物元变换或者物元变换的组合。虽然解决矛盾的方案有多种多样，但总的思路不外乎是变不相容为相容问题，并通过解决相容问题而使原问题得到解决。

2.6.1 不相容问题求解 不相容问题，属于主客观矛盾问题，是指主观愿望和客观条件产生矛盾的问题。按照人们的经验，一般可采取如下三种方法：第一种是变换主观愿望；第二种是创造条件；第三种是前面两种方案的综合。

设  $R$  为主观目标， $r$  为客观条件，则不相容问题表示为：

$$P = R \uparrow (r).$$

当主观目标不能实现时，可以选择适当的可拓算子  $T$ ，其中  $T = T_n T_{n-1} \dots T_2 T_1$ ，进行操作  $T_R R$ ，

把问题变成相容问题：

$$P = (T_R R) \downarrow (r).$$

也可以改变条件，即选择适当的可拓算子进行操作  $T_r r$ ，从而把问题变成相容问题

$$P = R \downarrow (T_r r)$$

而第三种是前二者的结合，使问题变成相容：

$$P = (T_R R) \downarrow (T_r r)$$

2.6.2 利用可拓方法进行变换 物元变换拓宽了传统数学变换的对象和范围。传统数学变换的对象是狭义的数量或数量关系式，而物元变换是质与量的统一。其次，传统数学变换表现为某种确定的函数解析表达式，而物元变换本质上是对物元的操作、改造或加工，亦即选择适当的可拓算子进行操作。因而用可拓方法表示矛盾性知识适应面广，而且计算机操作方便<sup>[4]</sup>。

物元变换的依据是物元的可拓性——发散性、可扩性、相关性、蕴含性与共轭性，这些特性是物元本身固有的属性。而且以可拓性为基础的可拓方法，为可拓算子的建立和物元变换、系统推理和计算机操作提供了具体的方法和方案。

#### 2.7 可拓推理技术

根据不同的知识表示形式有不同的推理技术。可拓推理技术的特点，在于它是以知识物元为基本单元，利用可拓方法进行推理。具体地说，在一个特定求解问题的上下文中，可拓推理体现为下列两个步骤：首先要找出适合描述当前情况的问题物元模型  $P = R * r$ ；其次是运用可拓方法从当前上下文中推导出未被绘出或尚未发现的事实或结论。据此，可拓推理的主要操作为：**a.** 匹配：根据已知事实和条件寻找合适的候选问题的物元模型。**b.** 填特征值：当候选问题物元模型确定之后，按照物元中各特征的次序填写具体的特征值。

2.7.1 匹配 对于一个给定的上下文，可以利用其中的事实条件，通过发散树去匹配知识库中存储的知识物元。

2.7.2 填特征值 填特征值有查询、相关、默认、事元等不同的操作方式：**a.** 查询方式：查询方法是指从上下文中获得特征值或从已知物元中获得特征值填入当前特征中，作为特征值。**b.** 相关方式：利用物元的相关性获得特征值。**c.** 默认方式：默认方式取默认值作为当前特征的值。**d.** 事元方式：物元特征值还可以是一个过程调用，利用事元使物元有动态事件处理能力。

### 3 可拓知识库系统的特点与构架

#### 3.1 可拓知识库是传统知识库的一个超集

传统知识库的特征是求解相容问题，而可拓知识库系统侧重求解不相容问题，其主要方法是变不相容问题为相容问题。此外，可拓知识表示方法与其它知识表示方法，在一定条件下可以互相转化。因此，可拓知识库与传统知识库是相容的，前者是后者的一个超集。

#### 3.2 可拓知识库系统的组成

可拓知识库系统由目标库、条件库、公用知识库、分类知识库、推理机与知识库管理系统组成。

可拓知识库问题求解是以物元模型为基础

$$P = R * r$$

其中， $R$  为目标物元。多种可能的目标的集合即为目标库。对于目标库的操作，每次仅允许选择一个目标。条件库即相当于传统的动态数据库，主要存放条件物元及结果。公用知识库存放共用的知识物元，而分类知识库则存放某类问题的知识物元。推理机是可拓推理技术的具体实现。

#### 3.3 运行过程算法

运行过程主要算法见图 1。

#### 3.4 相关方式推理

相关方式推理是可拓知识库系统推理机的特点，是传统规则推理的推广。

基于产生式规则的知识表示形式如下：

IF 〈条件〉 THEN 〈结论|动作〉

表示当 IF 部分 〈条件〉 被满足时，就得出（执行）THEN 部分的 〈结论〉（动作）。

一个事物与其它事物关于某些特征量值之间存在一定的关系，称之为相关。相关方式推理规则的知识表示形式如下：

设  $R_1$  为  $m$  维物元，

$$R_1 = \begin{bmatrix} N_1, & c_1, & c_1(N_1) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_k, & c_k(N_1) \\ & c_{k+1}, & c_{k+1}(N_1) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_h, & c_h(N_1) \\ & c_{h+1}, & c_{h+1}(N_1) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_m, & c_m(N_1) \end{bmatrix}。$$

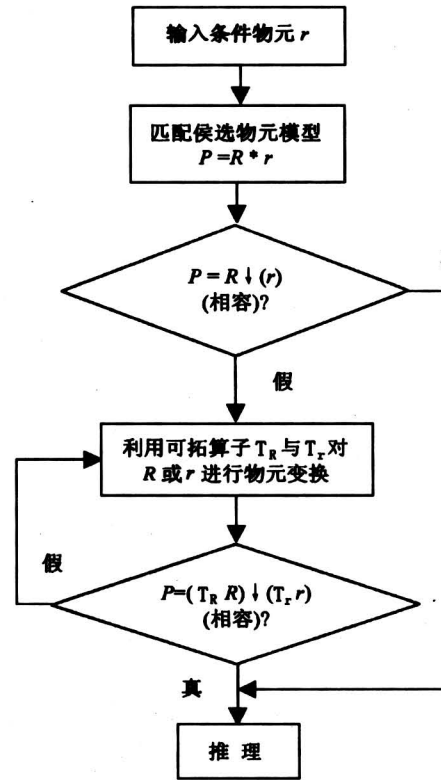


图 1 运行过程的主要算法  
Fig.1 Algorithm of implement

设  $R_2$  为  $n$  维物元，

$$R_2 = \begin{bmatrix} N_2, & c_1, & c_1(N_2) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_k, & c_k(N_2) \\ & c_{k+1}, & c_{k+1}(N_2) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_h, & c_h(N_2) \\ & c_{h+1}, & c_{h+1}(N_2) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & c_n(N_2) \end{bmatrix}。$$

其中  $R_1$  与  $R_2$  的前面  $h (\geq k)$  个特征相同，其特征值属于相应的二元关系。相关推理规则表示为

IF  $(c_1(N_1), c_1(N_2)) \in S_1$  and  $(c_2(N_1), c_2(N_2)) \in S_2$  and... and  $(c_k(N_1), c_k(N_2)) \in S_k$

THEN  $(c_{k+1}(N_1), c_{k+1}(N_2)) \in S_{k+1}$  and  $(c_{k+2}(N_1), c_{k+2}(N_2)) \in S_{k+2}$  and ...  $(c_h(N_1), c_h(N_2)) \in S_h$ 。其中  $S_i$  是  $V(c_i)$

的二元关系 ( $i=1, 2, \dots, h$ )。

最常使用的是  $R_1$  为目标物元, 而  $R_2$  为条件物元。如果 IF 部分为真, 则是相容的, 由 THEN 得出结论或执行动作。如果 IF 部分为假, 则为不相容, 需要作进一步的转化工作。

### 3.5 可拓知识库语言的特点

知识库语言是知识库系统的核心, 对知识库的实现与应用具有重要作用。由于可拓知识表示方法的良好性能, 可拓知识库系统可以将“AI+OO+DB”三项技术相结合来开发知识库系统。具体可使用当前数据库开发工具最流行的可视化客户机/服务器应用程序开发工具——Power Builder, 或者使用最流行的可视化面向对象的程序开发工具——Visual C++ 6.0。

## 4 可拓知识库系统的应用

可拓知识库技术可广泛应用在数据库中的智能领域。首先是把传统数据库转化为智能化数据库, 其特点是相当于在数据库里配置上一种智能反馈增效的系统软件; 其次是用于专家数据库系统, 所谓

专家数据库系统, 是指既有数据库管理功能及演绎能力, 又能提供专家系统中若干良好性能的数据库系统。

还有一个应用是智能决策支持系统。决策支持系统 DSS 是管理信息系统向更高级发展而产生的先进信息系统。智能决策支持系统 IDSS 则是通过在传统的 DSS 中引用知识处理方法和加入知识库系统或知识处理软件来实现。预料可拓知识库系统在这些领域可以发挥较大的作用<sup>[5]</sup>。

### 参考文献

- [1] 徐洁磐, 马玉书, 范明. 知识库系统导论 [M]. 北京: 科学出版社, 2000. 207~209
- [2] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2000
- [3] 杨春燕. 事元及其应用 [J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18 (2): 80~86
- [4] 张玉祥. 可拓集合和物元变换的哲学思考 [J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18 (1): 113~115
- [5] 涂序彦, 李秀山, 陈凯. 智能管理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1995

## Extension Knowledge Base System and Its Application

Li Lixi<sup>1</sup>, Li Jia<sup>2</sup>

(1. *Guangdong University of Technology, Guangzhou 510080, China*; 2. *Guangzhou Transportation Investment Corp. Ltd., Guangzhou 510030, China*)

[Abstract] Knowledge base system (KBS) is an organization to store and manage a lot of knowledge. Extension knowledge representation (EKR) based on extension theory is presented in this paper. Two key concepts of EKR are the described——formal semantic of EKR and the formal representation of contradictory problem solving. The basic element of the former is knowledge matter-element model. In addition, the Specific Extension Inference (SEI) corresponding to EKR is also reviewed. The feature of SEI is correlative inference, which has been implemented by computer. Finally, the feature and the frame of extension knowledge base system (EKBS) are proposed. EKBS uses EKR and is an excess of traditional KBS. It is composed of goal system, condition system, common knowledge base, categorized knowledge base, inference machine and knowledge base management system.

[Key words] extension theory; non-compatible; knowledge base