

# 面向对象技术在产生式系统设计中的应用<sup>\*</sup>

朱珊珊, 李书琴

(西北农林科技大学 信息工程学院, 陕西 杨凌 712100)

**[摘 要]** 简述了产生式系统的组成和运行机制, 依据面向对象思想设计了产生式规则的表示方法和推理功能。该方法将事实库和规则库抽象为对象类, 以文件形式存储; 将推理功能内置于类定义中作为对象的方法或属性, 实现了知识库和推理机的有效融合。针对产生式规则的特点设计了搜索算法, 提出了规则的优先级标识方法。最后以老虎识别为例, 在C++环境下进行了验证。

**[关键词]** 面向对象技术; 知识库; 推理机; 搜索算法

**[中图分类号]** TP302

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2006)08-0161-04

产生式系统在人工智能技术中占有重要地位, 是一种最典型、最普遍的结构形式<sup>[1]</sup>。传统的产生式系统采用过程式设计方法, 知识库和推理机各自独立存在。然而, 人类在解决复杂困难问题的过程中, 获取知识、表示知识以及运用知识三者密不可分, 是一个有机的统一体。显然, 传统语言面向过程的方法与人类认识客观世界的思维方法存在较大区别, 因此导致计算机的求解空间与客观世界的问题空间之间存在着一条鸿沟<sup>[2]</sup>。

面向对象的程序设计采用信息隐藏技术, 将数据及对数据的操作放在一起形成对象, 把对象和对对象的操作抽象成一种新的数据类型——类, 实现了类对象的封装性和类的继承性, 能更好地体现人类思维过程的自然性<sup>[3-4]</sup>。本研究在产生式系统组成和运行机制的基础上, 探索了使用面向对象技术设计产生式系统过程中, 知识、规则的表示方法及推理功能的实现技术, 并对搜索策略和冲突消解策略进行了分析和研究, 旨在实现知识库与推理机的有效融合和协调工作, 从而为产生式系统的设计思想和实现技术探索一条新途径, 以为专家系统开发提供依据。

## 1 产生式系统的结构及运行机制<sup>[5]</sup>

产生式系统由产生式规则库、推理机和动态数据库组成。其中产生式规则库由领域规则组成; 推理机是控制执行机构, 是一个程序模块, 负责产生式规

则前提条件的测试或匹配、规则的调度与选取及规则体的解释和执行; 动态数据库用来存放初始事实、中间结果和最后结果。

产生式规则描述了事物之间的一种对应关系(包括因果关系和蕴含关系), 其一般形式为: IF P Then Q。其中, P 是条件或前件, Q 是操作或结论。含义是如果条件满足, 则可以得到结论或执行相应的操作。产生式系统的运行过程是推理机不断运用知识库中的规则作用于动态数据库, 不断进行推理并检测目标条件是否满足的过程。当推理到某一步, 目标条件满足, 则推理成功。

## 2 产生式系统的面向对象设计

面向对象技术的关键是抽象出封装了数据和操作的对象, 通过定义属性和操作描述其特征和功能, 通过定义接口来描述其与其他对象的关系<sup>[6]</sup>。因此, 使用面向对象技术设计产生式系统的关键, 是将产生式系统的组成要素和推理过程分别采用面向对象技术来描述。

### 2.1 产生式规则的面向对象表示方法

为了方便表示, 把产生式规则的条件部分和结论部分称为条件事实和结论事实, 这些事实按照一定的顺序组织起来, 形成基本事实库(Facts); 产生式规则的集合构成规则库(Rules); 本文称动态数据库为启发式事实库(Heuristic Facts)。依据面向对象的思想, 设计基本事实库类、规则库类和启发式事实

<sup>\*</sup> [收稿日期] 2005-12-30

[基金项目] 国家“863”高新技术研究与发展计划项目(2002AA 2Z4051); 西北农林科技大学人才专项基金(04ZR 015)

[作者简介] 朱珊珊(1979-), 女, 陕西渭南人, 在读硕士, 主要从事智能信息系统研究。

[通讯作者] 李书琴(1965-), 女, 陕西澄城人, 教授, 主要从事智能信息系统研究。

库类的逻辑结构与存取策略。

**2.1.1 基本事实库类(Fact Base)** 基本事实以文件形式存储,文件按行存取,即文件的每一行只存储一条事实。每条事实包括事实编号、事实内容和附加项(包含该事实的规则号),其结构如图1所示。文件读写时受文件定位指针(用fp表示)控制,每次操作都从指针当前所指位置开始,并自动将指针向文件尾移动。

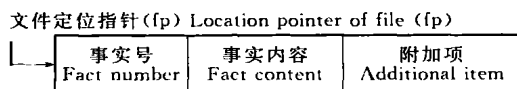


图1 基本事实库类结构

Fig. 1 Structure of fact base

**2.1.2 规则库类(Rule Base)** 规则库也以文件形式存储,按行存取。每条规则包括规则号、条件事实号和结论事实号<sup>[7]</sup>,如图2所示。条件事实号采用数组的方式,描述条件事实在基本事实库中的事实号。当一条规则建立时,存储相应的条件事实号和结论事实号。

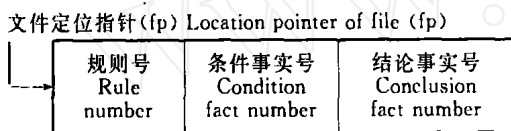


图2 规则库类结构

Fig. 2 Structure of rule base

**2.1.3 启发式事实库类(Heuristic Fact Base)** 启发式事实库用链表表示,包括启发式事实(初始事实、中间结果和最后结果)和链指针,如图3所示。推理过程中每得到一个中间结论,启发式事实库自动更新,将中间结论插入到最新匹配的初始事实之后,为后续推理提供新的依据。

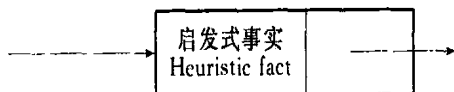


图3 启发式事实库链表结构

Fig. 3 Linked list structure of heuristic fact base

## 2.2 产生式规则的面向对象推理方法

面向对象的程序运行机制具有继承性、方法和消息传递的特点,因此,基于面向对象的推理方法分为继承推理、方法推理和消息传递3种<sup>[8]</sup>。本文采用基于方法的推理,将推理方法融合在类定义中,以过程和函数形式体现。程序运行时,通过调用函数和过程实现推理功能。

### 2.3 产生式规则的控制策略

**2.3.1 冲突消解策略** 当有1条以上规则的条件

部分与启发式事实库相匹配时,就需要决定首先使用哪一条规则,这称为冲突消解。采用优先级高者优先的策略,优先级顺序如下:

- (1) 首先选取条件限制最多的规则;
- (2) 条件限制相同时,规则号小的优先级高;
- (3) 如果两条规则的条件部分存在完全包含关系,那么条件部分被完全包含的规则将不再被选取;
- (4) 如果有单一条件的规则匹配成功,那么在更新启发式事实库后就可以选取新的事实进行搜索。

**2.3.2 搜索策略及搜索过程** 为了提高搜索规则库的效率,采用启发式搜索策略设计启发式事实库。

根据搜索策略和冲突消解策略,推理算法流程见图4。

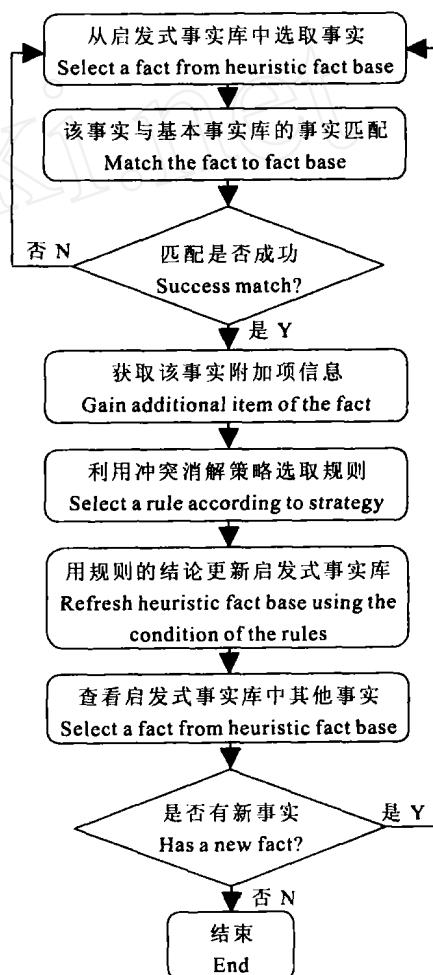


图4 推理算法流程

Fig. 4 Process of reasoning

搜索过程为:搜索开始时,在用户输入初始事实后,从启发式事实库中选取第一条事实与基本事实库中的事实相匹配,匹配成功后读取附加项的内容,找到条件中包含该事实的所有规则,根据冲突消解策略选取其中的1条分析是否为组合条件。如果是

组合条件, 将其他事实与启发式事实库中的事实相匹配, 匹配成功后将中间结果插入启发式事实库, 更新启发式事实库。如果不是组合条件, 用规则的结论直接更新启发式事实库。循环以上过程直到满足条件的规则匹配完, 当没有新的事实加入时, 搜索结束。

3 应用举例

应用上述思想, 以哺乳性肉食动物老虎的识别过程为例, 用C++ 语言进行计算机实现。

3.1 规则描述与知识库建立

识别老虎的规则如下:

- r1: 若某动物有奶, 则是哺乳动物;
- r2: 若某动物有毛发, 则是哺乳动物;
- r3: 若某动物是哺乳动物且吃肉, 则是食肉动物;
- r4: 若某动物是食肉动物且黄褐色且有黑色斑点, 则是老虎。

上述规则对应的推理网络如图 5 所示。知识库包含基本事实库和规则库, 如表 1 和表 2 所示。

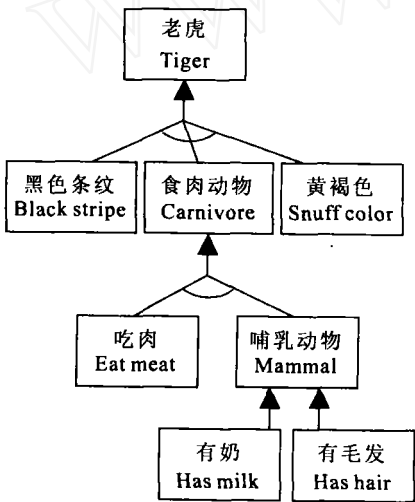


图 5 识别老虎的推理网络图  
Fig 5 Process of reasoning network for recognizing the tiger

表 1 识别老虎的基本事实库

Table 1 Fact base for recognizing the tiger		
事实号 Fact number	事实内容 Fact content	附加项 Additional item
1	有奶 Having milk	1
2	有毛发 Having hair	2
3	哺乳动物 Mammal	3
4	吃肉 Eating meat	3
5	食肉动物 Carnivore	4
6	黑色条纹 Black stripe	4
7	黄褐色 Snuff color	4
8	老虎 Tiger	

表 2 识别老虎的规则库

Table 2 Rule base for recognizing the tiger		
规则号 Rule number	条件事实号 Condition fact number	结论事实号 Conclusion fact number
1	1	3
2	2	3
3	3, 4	5
4	5, 6, 7	8

3.2 计算机实现

识别老虎的知识库系统中, 由启发式事实推出结论的运行界面如图 6 所示。

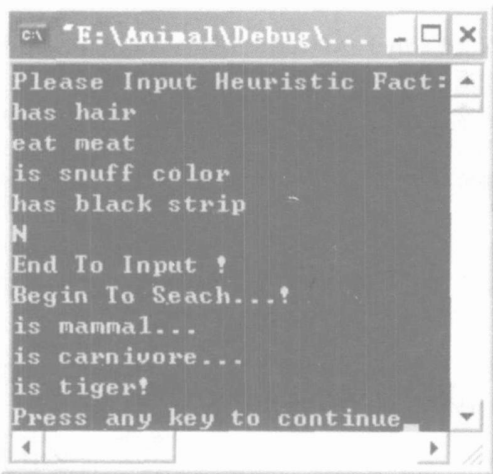


图 6 由启发式事实推出目标的运行界面

Fig 6 Execution interface of reasoning goal

在识别老虎的知识库系统中, 基本事实库类、规则类和启发式事实类包含有各自的属性和方法。基本事实类定义(部分代码)为:

```
class Fact
{private:
    int m_FNum;           //事实号
    char m_FContent[100]; //事实内容
    char m_FRNum[50];     //附加项

public:
    Fact();               //构造函数
    virtual ~Fact();      //析构函数
    void add(int FNum, char FContent[100], char FRNum[50]); //添加新的事实
    void ExistFact();     //显示已存在的基本事实
    void RefreshFact();   //更新基本事实库
    void print();         //输出事实
};
```

规则类的属性包含规则号 m\_RNum、条件事实号 m\_IFNum[50]和结论事实号 m\_TFNum。方法包含ExistRule(), add()和print(), 分别用于显示规则

库, 添加规则和输出规则。

启发式事实类的属性包含链指针和启发式事实内容m-HFContent[100]。方法包括: add() 是添加初始事实, 中间结果和最后结果到启发式事实库; search() 是推理函数; print() 输出启发式事实。

## 4 结 论

将当今流行的面向对象技术应用于产生式系统

的设计中, 为开发专家系统和知识库管理系统探索了一条新途径。知识库的组织与存储方法, 既正确描述了基本事实和规则, 又提高了搜索效率; 基于方法的推理降低了代码冗余, 有利于计算机实现; 搜索控制策略符合人类的思维模式。但本文对事实和规则的冗余及有效性验证描述较少, 还有待于进一步研究和完善。

## [参考文献]

- [1] 吴全源, 刘江宁. 人工智能与专家系统[M]. 北京: 国防科技大学出版社, 1995
- [2] 王道平, 冯振生, 董玉友. 基于面向对象的专家系统设计方法研究[J]. 河北科技大学学报, 1999(2): 19-23
- [3] 王宽全. 面向对象的知识表示方法[J]. 计算机科学, 1994, 21(1): 55-58
- [4] 陈新中, 蔺丽华, 王道平. 面向对象的知识表示方法研究[J]. 西安矿业学院学报, 1999, 19(12): 363-367
- [5] 廉师友. 人工智能技术导论[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002
- [6] 王 燕. 面向对象的理论与C++实践[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000
- [7] 许 彤, 雷英杰. 一种基于知识规则推理的C++实现方法[J]. 空军工程大学学报: 自然科学版, 2002(6): 75-78
- [8] 王浩宇, 蔡瑞英. 一种面向对象推理模型及其知识表示[J]. 南京工业大学学报, 2002, 24(5): 11-13

## Applied research on object-oriented technology to design production system

ZHU Shan-na, LI Shu-qin

(College of Information Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** This article summarized composition and running mechanism of production system, and designed a representation and reasoning method of production rules according to the object-oriented thought. In this method, the fact base and the regular base which were abstractly defined the object class were stored in the file, and inference engine which was set in definition of class was regarded as the method or the attribute of the object, so knowledge base and inference engine were effectively concretized. In view of characteristics of the production rule, search algorithm was designed, and a marking way of priority of rules was proposed. The experimental study was proved by the identification of the tiger using C++ language.

**Key words:** object-oriented technology; knowledge base; inference engine; search algorithm