第11卷 无锡轻工业学院学报 Vol.11
第4期 JOURNAL OF THE WUXI INSTITUTE OF LIGHT INDUSTRY 1992 No.4

一种专家系统开发工具EST的实现及其在发酵过程中的应用

张遐 孙燕唐 陈伟

（无锡轻工业学院） （无锡威孚股份有限公司）

摘要 运用专家系统技术和Turbo Prolog人工智能语言，实现一种具有小型、多功能、通用特点的专家系统开发工具EST，它包括动态窗口驱动，通用知识表达方式，多功能的开发机，有带回溯和不带回溯的深度优先的正向搜索及深度优先的逆向搜索三种搜索算法的推理机，以及解释机四部分，并提供了用EST建立实用的专家系统的多种连接方式。把EST应用于发酵过程，建立了发酵过程知识咨询系统的总体结构，它具有分类性的咨询知识库，正向搜索的推理算法，和能完成咨询操作的智能数据库。并在发酵专家的帮助下，具体定义了FERMES中的五种咨询操作。实践证明了EST在开发专家系统过程中的灵活性和有效性，同时也证实了FERMES是可行的和有前途的。

关键词 专家系统开发工具；推理机；开发机；解释机；知识库

专家系统与一般应用软件最显著的区别为：一般的应用软件把问题的求解过程用程序语言编写在程序中，而专家系统则将其应用领域的问题求解知识单独分开，组成一个叫做知识库的实体。一般地讲，专家系统由环境模型（即数据库）、知识库和控制策略（即推 理机）三部分组成。随着专家系统技术的发展，应运而生了一批复杂程度不等，支撑机型 不同的专家系统开发工具，即为建造某一类专家系统的通用软件工具。它通常由以下四部 分组成：推理机、开发机、解释机和接口。目前已有多种专家系统开发工具，但要用到我 们将建立的发酵过程知识咨询系统或其他小型实用的专家系统中，还不够合适，为此，我 们建立了EST.

1 EST的总体结构及各部分的具体实现

图1给出了EST的总体结构。用户通过接口与推理机进行搜索过程的信息交互，利用开 发机建立或修改知识库，利用解释机解答对搜索过程的提问。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

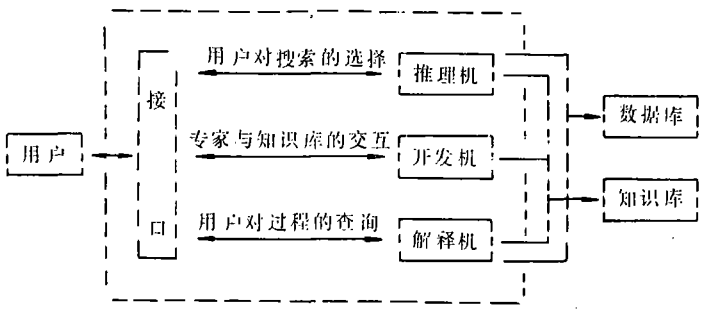


图1 EST的总体结构

1.1 接口具体实现

接口是用户(包括领域专家)与开发工具进行信息交互的媒介。它必须具备驱动能力强,使用灵活,路径明确,出入自如等特点,为此,我们选择了简明直观的窗口动态菜单驱动的方法,用多层菜单驱动谓词 window__of__menu 和 me、window__1 等来完成。主菜单包括搜索前操作(即开发机)、搜索操作(即推理机)及搜索后操作(即解释机)等。主菜单嵌套有子菜单,共三层。在使用接口进行交互时,还随时弹出对话窗口,以供用户与系统交互之用。见图2。

1.2 知识库的表达方式

知识库由一组产生式规则和有关的一些标志谓词组成。一条规则反映了状态树或状态关系网中两个不同结点间的相互关系,即"从前结点推导到后结点必须满足一组条件"。用数据处理 rule(INTEGER,TTYPE,SYMBOL,SYMBOL,INTLIST)表示这样的产生式规则,参量依次为规则号、后结点类型(叶子或中间结点)、前结点名、后结点名和从前结点到后结点须满足的一组条件的号码,条件间呈"与"的关系。条件用 cond (INTEGER,SYMLIST)表示,此外还有一些知识库标志谓词。这种条件可表现为启发式信息所满足的要求或必须进行的操作,由推理机根据不同的知识系统加以区分。

1.3 开发机的实现

开发机的工作范围包括知识库的存取、建立和修改。知识库的存取通过对数据库文件的操作方式实现,知识库的建立和修改,主要通过对规则的增、删和修改来完成。所有这些是由 consult,savedb 和 acquire 等一系列的谓词的定义来实现的。图2显示了开发机工作时的交互环境。

1.4 推理机的实现

在推理机中设置了三种不同的搜索算法,即分类性知识的正向搜索(不带回溯)、改进的深度优先的正向搜索和改进的深度优先的逆向搜索算法。它们都用 most__definitive__category(SYMBOL)谓词读入搜索的起点(对正向搜索而言)或搜索的目标(对逆向搜索而言),再分别启动 recognise、forward 或 backward 谓词来实现搜索,最后,分别用 az、bz 或 cz 谓词对搜索的结果作总结和显示。图5显示了推理机工作时的交互环境。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.5 解释机的实现

在推理过程中，用记录过程的谓词分别记下了搜索的起点、中间结点和终点，解释机通过这些信息，借助于知识库，回答用户的问题。

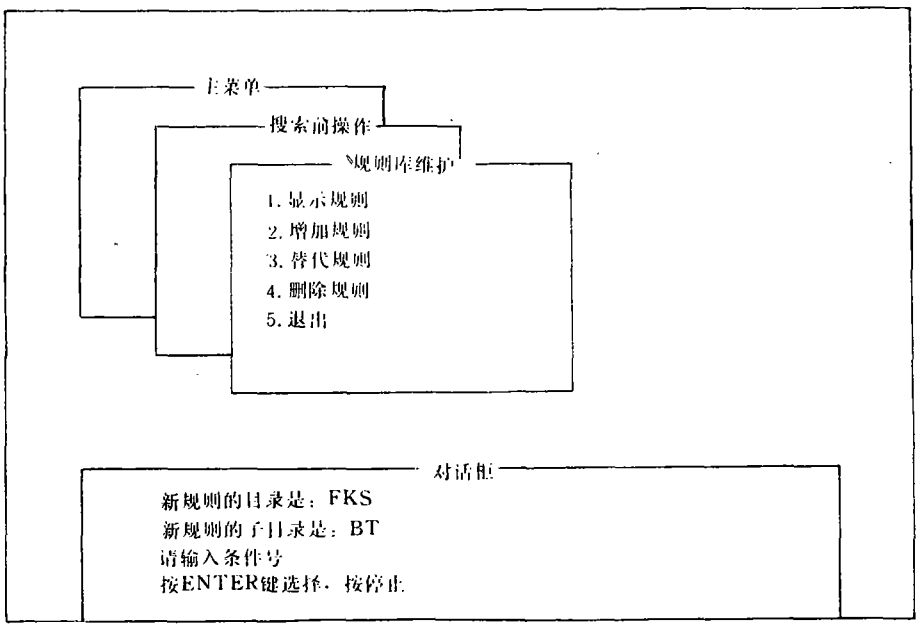


图 2 开发机工作时的交互环境

1.6 EST 的使用方式

从 EST 到实用的专家系统，至少需要增加两个部分的内容，即知识库和知识库所要求的操作。这些操作根据其复杂程度可以考虑用 Turbo Prolog 或某种能与之相连的过程式程序语言(如 Turbo C)来实现。使用 EST 建立专家系统，在软件方面按如下三步进行：

(1) 由领域专家和软件工作人员用 Turbo Prolog 或直接用 EST 构造知识库。

(2) 用 Turbo Prolog 或其他语言完成有关操作谓词的定义，并编译产生目标文件和有关的符号文件。

(3) 以 EST 的目标文件为主模块，连接有关的目标文件、符号文件和库文件，产生可执行文件。

至此，一个实用的专家系统便可以诞生了。

2 EST 在发酵过程中的应用——FERMES

应用已建立的专家系统开发工具 EST，我们开发了一个发酵过程知识咨询系统，简称 FERMES(An Expert System of Fermentation Process)。由于时间的限制，我们不能一次完善它，只能建立一个 FERMES 的雏形，由此，为发酵领域提供一种全新的软件工具，同时，也对 EST 的结构及其功能作出检验。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.1 FERMES 的总体结构

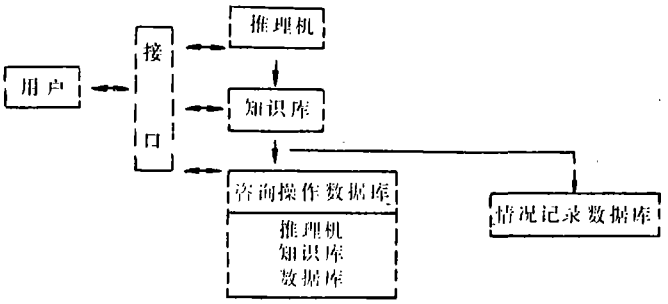


图 3 FERMES 的总体结构

FERMES 首先是一个有关发酵过程知识的分类系统。在确定了用户想得到哪方面的咨询以后，才能给予相应的回答。图 3 给出了 FERMES 的总体结构图。它是一个双层专家系统，外层是有关咨询知识分类的专家系统，其数据库则是关于对具体咨询的回答和有关操作的子专家系统。图 5 给出了 FERMES 中推理机的工作环境。

2.2 一级知识库和一级推理算法

一级知识库是关于咨询知识分类的知识库，可用图 4 的树形结构表示。一级推理机的算法显然用关于分类性知识的正向搜索算法(不带回溯)。

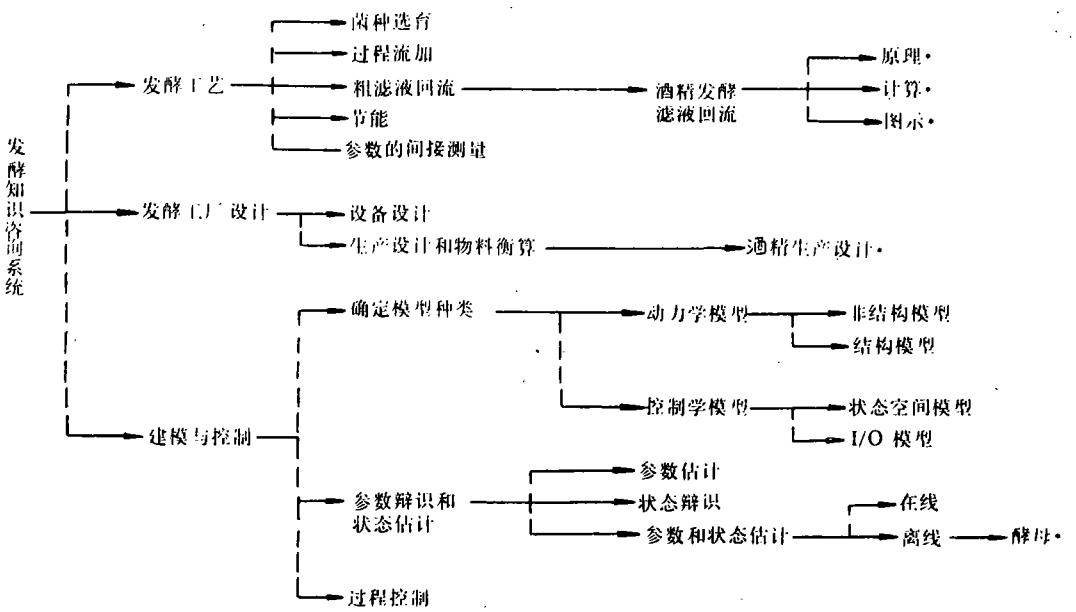


图 4 一级知识库分类树参考图

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3 二级知识库和二级推理机的算法

一级推理机的搜索结果是用户需要的某种咨询的形式，二级知识库是关于提供这些咨询的具体方式，和有关操作的知识。某些具体的操作，必须通过一定的途径来完成，由二 级推理机实现途径的搜索。作为最终要完成的某种咨询，是推理机搜索的目标。搜索过程 是找到一条由已知条件到咨询操作的途径，所以二级推理机用深度优先的逆向搜索算法来 完成推理。

2.4 单元操作谓词的定义

在发酵专家的指导下，我们具体实现了 FERMES 中五种咨询操作的定义。它们分别是：薯干酒精发酵粗滤液回流新工艺的原理解释，过程计算，平衡趋势图示，酒精工厂设计中 的物料衡算，酵母培养过程的建模与状态估计(如图 4 中带 * 的叶子结点所示)。

2.5 单元操作定义模块与 EST 的连接

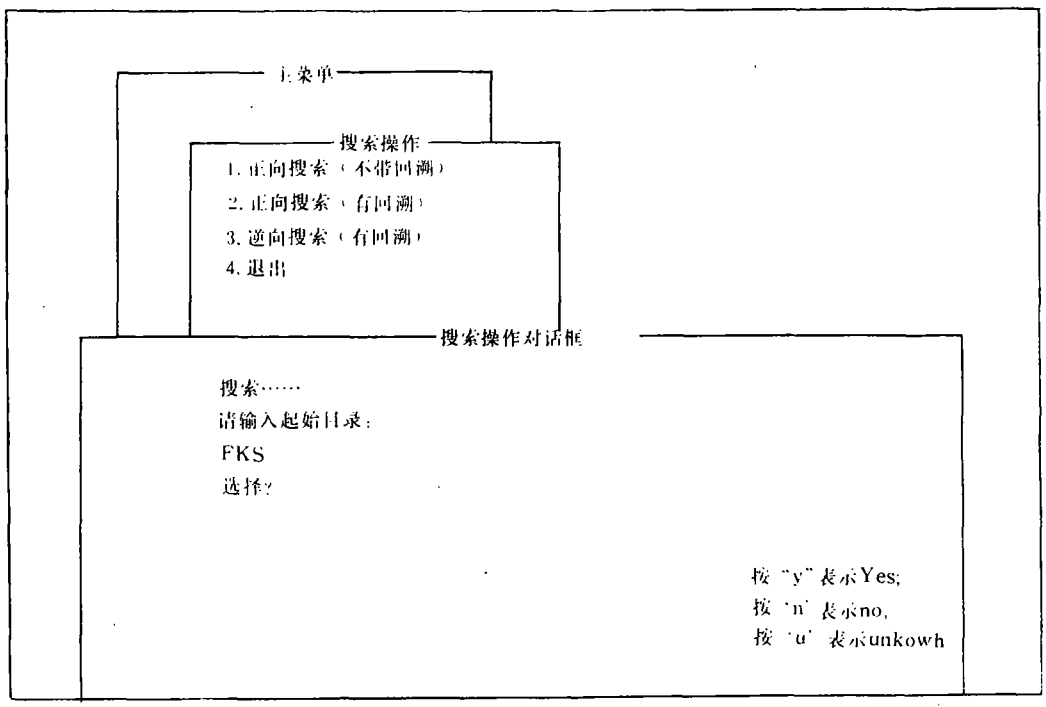


图 5 推理机工作时的交互环境

对于单元操作定义模块与 EST 主模块的连接方式，我们作了多种尝试和选择，最终确定的连接方式有：用 Turbo Prolog 定义的单元操作谓词，可用建立工程文件或手工模块连接两种方式进行；用 Turbo C 或其他可与 Turbo Prolog 连接的语言定义的单元操作模块，可用以下三种方式进行：

(1) 将整个单元操作定义在同一谓词中，用手工连接的方式进行。这样，一旦进入该 咨询，直到操作完成后才返回。

(2) 将单元操作分为复杂运算部分和输入输出部分，前者用 Turbo C 来定义，后者用 Turbo Prolog 来完成，后者调用前者。这种方法的好处是：使 Turbo C 定义的函数简单化 以

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

利调用，同时为FERMES带有实时辨识的咨询操作提供可能。

（3）当单元操作模块与主模块间无参数传递时，用Turbo Prolog特有的system内部谓词调用，这时如同调用一个DOS的外部命令。推而广之，单元操作谓词可用其他多种语言来定义，条件是能勇用这些语言编译生成DOS下可运行的.EXE文件。

3 结 论

运用专家系统的技术和思想，借助于Turbo Prolog人工智能语言，我们成功地建立了具有小型、多功能、通用等特点的专家系统开发工具——EST。它有以下功能：

（1）简明、直观的动态菜单式的人一机交互环境。

（2）适用于多种知识体系的通用知识表达方式。

（3）灵活多用的开发机。

（4）包括有深度优先的正向搜索、深度优先的逆向搜索和分类性的正向搜索三种算法的确定性推理机。

（5）能对搜索过程进行解释的解释机。

（6）与操作谓词模块的多种连接方式。

最后，将EST用于发酵领域，建立发酵过程知识咨询的专家系统FERMES，使FERMES具有分类性的知识系统，和带有智能的咨询操作数据库，这个数据库实际上是一个子专家系统，这同样也是多层专家系统嵌套的一种尝试。

由于时间的限制，FERMES还不够完整，这有待于进一步总结和吸收发酵专家的知识，完善知识库，使之能满足实际需要，对发酵领域的生产和科研发挥其应有的作用。并在实际运用中，继续改善EST的结构，增强EST的功能，以便能用它开发出其他实用的专家系统。

参 考 文 献

1 W F Clokin, C S Mellish. Programming in Prolog, 1988

2 Paul Siegel. EXPERT SYSTWEM a non—Programmer's Guide to Development and Applications, 1985

3 Robert L Levine, Diane E Drang, Barry Edelson. A Comprehensive Guide to AI and Expert System, 1983

4 Richard Forsyth. Expert System Priciples and case studies

5 傅京孙，蔡自兴等. 人工智能及其应用. 清华大学出版社，1988

6 李卫华，汤怡群等. 专家系统工具. 万象出版社，1987

7 林尧瑞，石纯一等. 专家系统原理及实践. 清华大学出版社，1988

8 丽奇 E. 人工智能引论. 广东科技出版社，1986

9 邱建设. Turbo Prolog 实用指南. 武汉工业大学出版社，1990

10 邱建设. 高级 Turbo Prolog. 武汉大学出版社，1989

11 潘金贵，陈世福等. Turbo C 程序设计技术. 南京大学出版社，1990

12 全国首届生化过程模型化与控制学术讨论会论文集. 华东化工学院出版社，1989

13 全国第二届生化过程模型化与控制学术讨论会论文集. 生化过程模型化与控制. 浙江大学出版社，1990

14 章克昌等. 薯干酒糟粗滤液全回流新工艺研究，1991

15 章克昌，吴佩宗. 酒精工业手册. 轻工业出版社，1989

16 潘丰. 酵母培养过程的数学模型及参数和状态的实时估计，无锡轻工业学院硕士论文，1988

17 吴兵. 控制系统计算机辅助设计的专家系统，清华大学硕士论文

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

The Realization of an expert system development tool EST and its application in fermentaation precess

Zhang Xia Sun Yantang
(Wuxi Inst. of Light Ind.)

Chen Wei
(Wuxi Fuel Injection Equipment Co. ltd.)

Abstract A multiuse expert system development tool EST has been realized. It contains dynamic windows, universal experssion protoype for knowledge, multi-functional developer, inferencing engine of three algorithm and explaning engine. Also several methods to build expert system with EST has been supplied. Then EST is used in fermentation process. The FERMENS, a knowledge consulting system for fermentation process has been built. It is composed of a knowledge base with classified consults, a forward reasoning inferencing algorithm and a intelligent database which can excute consulting operations. Five consulting operations in FERMES has been realized. It is resulted that EST is flexible and effective. Also the building of FERMES is successful.

Key words Expert system development tool; Inferencing engine; Explaning engine; Knowledge base; Reasoning; Fermentation process; Knowledge consulting system.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net