

# EXSYS 专家系统开发工具 使用指南与培训教程

聂 明 裘崇伟 编译

聂 明 校

北京希望电脑公司

# EXSYS专家系统开发工具 培 训 教 程 (下)

袁崇伟 聂 明 编译

北京希望电脑公司

一九九二年二月

## 内容简介

本书是“EXSYS专家系统开发工具”的下册,即培训教材部分,上册为使用手册部分。本书通过一个实例详细论述了如何利用EXSYS开发工具来开发实用专家系统的全过程,内容包括:从问题的提出,知识库的建立,到专家系统的完成、完善,系统运行,结果的分析 and 解释等。按照专家系统的开发顺序将内容分为10课,每课都有提要,总结和习题。本书不要求读者具有计算机编程和人工智能方面的经验,只需按本书内容安排一课一课学下去,都能掌握开发实用专家系统的基本知识和技能,而且学完全部课程后,读者就可以根据自己所熟悉的专业和需要,应用EXSYS工具去开发自己的专家系统。

该书内容丰富、叙述清晰、通俗易懂,方便实用,并附有一张EXSYS工具教学演示软盘,对任何领域的广大专业人员自学专家系统,是一本不可多得的入门书。对微机应用人员,各专业大专院校师生也很有参考价值。

## 前 言

近年来,在进行决策及处理各种问题方面有不断变革的趋势,这一变革的明显特点是人工智能及其主要分支专家系统的应用。随着功能很强的微型机和能与用户友好对话的微机软件的出现,为广泛地应用专家系统创造了良好的条件。

这本书就是为满足学习专家系统开发方法和原理不断增长的需要而编写的,其主要目的是帮助那些没有这方面专业知识的初学者应用EXSYS工具来建立专家系统。EXSYS是大众化的、极易掌握的专家系统开发工具软件,该软件的演示版连同有关实例存放在一张磁盘中,在购买本册时,可同时提供演示EXSYS软件磁盘。

与其它一些仅仅讲授专家系统一般性原理及其应用的书不同,本书通过实例对专家系统建立的全过程及需要的信息均给予了详尽的说明,即本书不仅告诉你建立一个专家系统要做什么,而且告诉你为什么要这样做。作者通过对一个商业性问题的提出及开发一个专家系统去解决该问题的实例的全过程的分析,使读者很容易理解上述两方面的问题。

### 1. 本教程的适用对象

本手册假设使用者没有多少计算机或专家系统方面的实践经验。任何具有大学低年级程度或想自学专家系统的人都可使用本手册。本书也可作为“决策支持和专家系统”,人工智能等专门课程的补充教材用。

### 2. 内容安排

本手册把描述知识库的建立和运行过程,按顺序安排成10课,第1课,是有关知识获取过程的概述;第2课,介绍了在计算机上输入EXSYS编辑软件和建立知识库的步骤;第3课,学习EXSYS主菜单中的各种菜单及有关命令;第4课,介绍辅助菜单及其命令的用法;第5课,介绍添加规则和变量的顺序;第6—8课,一步一步地说明按教材指导去开发一个实例知识库的三个版本;第9和第10课,演示运行知识库的过程。

### 3. 本书特点

不要求使用者具有编程和人工智能方面的经验。EXSYS是一种应用面广、易于掌握的专家系统开发工具,本书把学者利用EXSYS开发知识库的全过程按顺序组织成10课,你只需照教材一步一步地进行即可学会开发专家系统的全过程。

单一的实例分析:本教程的内容,从问题的提出,到解决该问题的专家系统的完善、完成的全过程,都是通过来自现实的一个商业问题实例的分析来讲述,通过这个实例分析同时阐明了知识的获取过程。

综合性教学方法:每一课都列出了学习目的、内容和总结,每一课都把专家系统的有关概念与学习者所要完成的任务紧密相连。全部手册的内容由100多幅屏幕显示组成。

参考工具:手册后面包括专业词汇解释,索引和三个附录。第一个附录给出了本教材所开发的知识库的第三版全部内容清单,包括推理规则,条件和条件的值及结论,可以利用它与你将要建立的知识库进行比较;第二个附录,描述了添加数字式推理规则的步骤;第三个附录,列出了EXSYS系统所有的菜单及有关命令。第四个附录给出了各菜单间关系。

复习题和实习课题:每一课都有复习题。书末还附有五个不同领域的实习课题,学习者可以根据这些课题,按本教材建立知识库三个版本的步骤来开发自己的知识库。

### 4. 软件要求

只需要用本书和所提供的EXSYS教学版软件即可开始学习。

#### 5. 硬件要求

EXSYS教学版软件可以在IBM PC, XT, AT或其兼容微机上运行。

注: EXSYS软件在IBM PC和MS-DOS操作系统下使用,当建立知识库时,按照Ctrl-X命令即可返回原位,但有时Ctrl-X命令无效,这主要取决于你的配置(Configuration)。为解决这一问题,可以修改CONFIG.SYS文件,增加Buffers和文件数。具体处理办法可以参照有关DOS使用手册。

## 引 论

### 1. EXSYS——一种专家系统开发工具

EXSYS是一种专家系统的开发软件,也可称为专家系统开发外壳(shell)。专家系统是人工智能的一个分枝,它利用专家推理方法的计算机模型来解决问题。

用EXSYS开发专家系统时,系统会询问使用者有关题目或领域的问题,使用者只需从所列出的信息表中选取1个或多个答案来回答所询问的问题,回答完后,计算机会继续提出问题,一直到获得某一解答为止。解答可能不只一个,可能给出多个按其概率值大小排列的解答表,计算机还可以用英语解释这些结论是怎样获得的以及为什么会获得这样的结论。

这种根据一定的信息的推理能力使用户可以把许多零星的知识综合起来,从而在解决一个复杂的问题时得出一个合乎逻辑的结论。因此,EXSYS工具和本书的主要目的就是帮助你成为一个知识工程师,也就是说,使你成为具有进行有效决策和解决复杂商业问题的专门知识的人。开发专家系统和获取知识的过程将在第一课作详细讨论。

### 2. 实例分析:竞争性投标(CBP)

我们将通过下述简单实例分析来说明知识的获取过程。在建立“竞争性投标对比(CBP)知识库的三个版本过程中,并不要求你去实际完成知识的获得过程,你只需要使用自己获得的知识并将其编成推理规则。因为知识获取通常是一个比较复杂和费时的过程,这一过程我们之前已经完成。

实例的题目是:“竞争性投标对比(Competitive Bid Preparation)”,下面将其编写为CBP。该实例来自一家名叫“应用软件有限公司”(简称USA公司)。下面对这个实例的来源介绍如下:

在USA公司最近召开的一次管理人员会议上,该公司的总裁(Doug Anderson博士)问一位叫Tong Gordon的管理经理,“你为什么还没有把上次管理人员会上就讨论过的有关好几个合同的投标意见交上来呢?”Tong答道,“对每一个合同进行投标评价的文字工作量非常巨大,如要完成对多个合同的分析对比就要花费更长的时间。”Anderson博士听后建议Tony先生雇用几名助理程序人员帮他一起进行分析。Tong表示同意,并立即着手会见几位助理程序管理层的候选人。在阅读完几十名候选人的简历后,约见了其中的7个,见面后把候选人减到两人。这两人中,一个叫Mark Sngder, Mark经验丰富,在系统工程和软件工程领域已工作了10年,其中有三年他完成过USA公司助理程序管理员应当干的类似多项工作。第二位叫Sue Roger, Sue工作经验不多,仅在系统工程和软件工程领域工作过4年,

但她刚完成了相当于学士程度的专家系统的建立工作。

对专家系统，Tony先生没有任何经验，因此无法确定这两个人是否能胜任USA公司的工作。在与Sue Rogers会见时，Tony问她：专家系统怎样帮助我进行工作？”她反问Tony先生：“你遇到了什么问题？”Tony说：“公司近来合同投标量很少，因为在决定应对哪个合同投标所花费的时间太长。”于是Sue解释说，她可以开发一个专家系统来帮助Tony选定最有利的投标合同。

Tony对Sue的谈话留下了深刻的印象，并决定选她做他的助手。Tony非常急切想开发出能帮助他决定什么样合同能投标的专家系统，如果这一专家系统成功了，不仅可大大减少他的文字工作量，使他可以把精力集中到程序管理的其它方面，而且会给Anderson博士留下深刻印象。于是，当Sue来报到时，Tony交给她的第一个任务就是开发一个这样的专家系统。Sue解释说，她先要获取Tony先生对各个合同进行的分析和投标决策时的有关知识。Tony先生尽管非常繁忙，但他仍然安排时间与Sue会面，交谈。通过多次接触，Sue获得了Tony先生确定竞争性投标对比分析的有关知识，这些知识也就是你们即将建立的CBP知识库三个版本时所用到的。

# 目 录

## 前 言

## 引 论

- 1. EXSYS——一种专家系统开发工具..... ( )
- 2. 实例分析：竞争性投标对比 (CBP) ..... ( )

## 第一章 学习用EXSYS建立知识库

- 1.1 知识获取过程 ..... (1)
- 1.2 建立推理规则和结论 ..... (4)
- 1.3 概率系统简介 ..... (6)
- 1.4 怎样使用本教程 ..... (7)
- 1.5 小结 ..... (7)
- 1.6 复习题 ..... (8)

## 第二章 建立一个新知识库

- 2.1 启动计算机并装入EXSYS规则编辑器..... (8)
- 2.2 建立新知识库 ..... (9)
- 2.3 知识库存盘和退出EXSYS编辑器..... (15)
- 2.4 恢复已有知识库 ..... (15)
- 2.5 小结 ..... (15)
- 2.6 复习题 ..... (15)

## 第三章 四种主要菜单——MAIN菜单，ADD菜单，EDIT菜单，OPTIONS菜单

- 3.1 EXSYS中菜单的格式..... (16)
- 3.2 MAIN (主) 菜单，及其命令..... (17)
- 3.3 ADD (加规则) 菜单及其命令..... (19)
- 3.4 EDIT (编辑) 菜单及其命令 ..... (20)
- 3.5 OPTIONS (选择) 菜单及其命令 ..... (21)
- 3.6 小结 ..... (24)
- 3.7 复习题 ..... (24)

## 第四章 辅助菜单——QUALIFIER菜单，CHOICE菜单，CONDITION菜单，TEXT菜单

- 4.1 QUALIFIER菜单及其命令：..... (24)
- 4.2 CHOICE菜单及其命令..... (26)
- 4.3 CONDITION (修改条件) 菜单及其命令..... (27)
- 4.4 TEXT (说明文) 菜单及其命令..... (28)
- 4.5 小结 ..... (28)
- 4.6 复习题 ..... (28)

## 第五章 学习添加规则和变量

- 5.1 添加推理规则的八个步骤 ..... (28)

|      |                                                             |      |
|------|-------------------------------------------------------------|------|
| 5.2  | 往推理规则中添加变量的三个步骤 .....                                       | (34) |
| 5.3  | 完成规则添加 .....                                                | (36) |
| 5.4  | 小结 .....                                                    | (36) |
| 5.5  | 复习题 .....                                                   | (37) |
| 第六章  | 建立知识库的第1版 .....                                             | ( )  |
| 6.1  | 建立知识库 .....                                                 | (37) |
| 6.2  | 编辑规则 .....                                                  | (41) |
| 6.3  | 移动规则 .....                                                  | (43) |
| 6.4  | 小结 .....                                                    | (44) |
| 6.5  | 复习题 .....                                                   | (45) |
| 第七章  | 建立知识库的第2版 .....                                             |      |
| 7.1  | 建立第2版知识库CBP2 .....                                          | (45) |
| 7.2  | 删除规则 .....                                                  | (50) |
| 7.3  | 小结 .....                                                    | (51) |
| 7.4  | 复习题 .....                                                   | (51) |
| 第八章  | 建立知识库的第3版 .....                                             |      |
| 8.1  | 建立第3版知识库CBP3 .....                                          | (52) |
| 8.2  | 有关推理方法的讨论 .....                                             | (56) |
| 8.3  | 打印输出知识库 .....                                               | (57) |
| 8.4  | 小结 .....                                                    | (58) |
| 8.5  | 复习题 .....                                                   | (58) |
| 第九章  | 运行菜单—VALUE菜单, RESULTS菜单, RULE菜单, DATA菜单,<br>CHANGE 菜单 ..... |      |
| 9.1  | VALUE (值) 菜单及其命令 .....                                      | (59) |
| 9.2  | RESULTS (结果) 菜单及其命令 .....                                   | (60) |
| 9.3  | RULE (规则) 菜单及其命令 .....                                      | (61) |
| 9.4  | DATA (数据) 菜单及其命令 .....                                      | (63) |
| 9.5  | CHANGE (改变数据) 菜单及其命令 .....                                  | (64) |
| 9.6  | 小结 .....                                                    | (64) |
| 9.7  | 复习题 .....                                                   | (64) |
| 第十章  | 运行知识库 .....                                                 | ( )  |
| 10.1 | 选择运行工具软件和准备工作 .....                                         | (65) |
| 10.2 | 运行第3版CBP知识库—CBP3 .....                                      | (66) |
| 10.3 | 知识库运行结果的解释 .....                                            | (71) |
| 10.4 | 小结 .....                                                    | (76) |
| 10.5 | 复习题 .....                                                   | (76) |

|     |                |      |
|-----|----------------|------|
| 附录A | 第三版CBP3知识库打印清单 | (76) |
| 附录B | 数学表达式推理规则      | (90) |
| B.1 | 添加数学表达式推理规则    | (90) |
| 附录C | 菜单命令表          | (93) |
| C.1 | MAIN菜单         | (93) |
| C.2 | ADD菜单          | (94) |
| C.3 | EDIT菜单         | (94) |
| C.4 | OPTIONS菜单      | (94) |
| C.5 | QUALIFIER菜单    | (94) |
| C.6 | CHOICE菜单       | (95) |
| C.7 | CONDITION菜单    | (95) |
| C.8 | TEXT菜单         | (95) |
| 附录D | EXSYS工具中各菜单间关系 | (95) |
| 附录E | 建立专家系统的实习课题    | (96) |
|     | 汉英术语对照表        | (97) |

## 第一章 学习用EXSYS工具建立知识库

### 内容提要

1. 怎样将知识获取过程贯穿于专家系统开发的全过程中。
2. 建立决策和使用EXSYS编辑器编辑推理规则的原理。
3. 分析EXSYS工具提供的三种概率系统。
4. 熟悉使用EXSYS工具中所涉及到的有关术语。

#### 1.1 知识获取过程

知识获取过程也就是被称为“知识工程师”的人建立知识库的过程。知识工程师通过研究,提炼某一特定领域专家的经验 and 知识来完成这一过程。各种专家我们称为“领域专家”,这是因为任何一个专家都只是某一特定专业或领域方面的专家。如在所提到的USA实例中,Sue Rogers就是知识工程师,而Tony Gordon则是领域专家。

在下面我们将看到,知识获取过程主要包括下述五个步骤:

1. 首先知识工程师要确定计划要开发的专家系统的题目,并找到该题目领域中有资格的专家。
2. 知识工程师对专家的知识进行“加工”。
3. 把所收集到的领域专家的知识转变成知识库的推理规则。
4. 然后用推理规律建立知识库。
5. 最后对知识库进行检验,以便确定此知识库是否真正“捕获”到领域专家的知识。

##### 1.1.1 选择领域和发现领域专家

知识获取的第一步是确定题目和确定领域专家。例如前述USA公司的实例,知识库的题目和领域专家都已由Tony Gordon先生自己决定了;知识库的题名是“竞争性投标对比(Competitive Bid Preparation——以下简称CBP)”,因为这正是该公司急需研究并解决的问题;而领域专家就是Tony Gordon先生本人,因为他是该公司中对什么样的合同可能中标最有发言权的人。

尽管你在阅读本书时应把主要注意力集中在建立和运行CBP知识库上,同时也应当记住,当你选定你自己打算开发的题目时,最好选择自己较熟悉的、专业面较窄的领域,这样对知识库的结构和性能等是否成功可以进行专家验证。

建立一个专家系统的目标就是要通过该专家系统得到解决某一问题的办法,而且这样所获得的解决办法应当相当于甚至优于一些知识面较窄的专家所提供的解决办法。因为某一专业的专家其知识面是很有限的。例如,一个获得计算机科学博士学位的人,他也只是在计算机某一特定领域,如软件工程或硬件开发等某一领域有专家知识。又如,一个整形外科专家在整形外科这一子医学领域方面他具有极丰富的知识,这并不意味着他在其他医学领域,诸如内科、精神科等领域也具有丰富的知识,而且那怕是一个医学博士,他也不可能去解决计算机方面非常普通的问题。反之也一样,这也就是我们常说的“隔行如隔山”。

最关键的是,你所选定的获取知识的专家必须是你所建知识库专业领域方面的专家,如果你选择的获取知识的专家,并不是对口领域专家,那么你所获取的知识并不是所需的专家知识,这样所建立的知识库所得到的结论当然不可能正确。

作者曾经用过下面两种方法来建立专家系统：一种方法是，先选定有实际意义的题目，然后寻找该领域的专家，第三种方法与上述相反，首先选定领域专家，题目也就自然定了。我们的实践证明，这两种方法并无优劣之分，到底选用哪种方法，完全取决于建立专家系统的人去权衡，也可以随应用情况而变。

### 1.1.2 搜集领域专家的知识

获取知识的第二步是搜集领域专家的知识。为此，知识工程应通过提问题的方式从领域专家处获取信息，例如可询问领域专家是怎样应用、为什么应用某种策略去解决某一特定问题，还可询问是谁、在什么时候、什么地方及为什么要采取这种策略或方法等。

往往领域专家由于多年的积累具有丰富的知识，对于特定的问题他们可能以不同的方式应用这些知识去解决问题。领域专家可能使用的知识可分为两类：一类称为“系统性知识”（Structurd），另一类称为“非系统性知识”（Unstructured）。所谓系统性知识是指通过受教育或阅读书籍资料等所获得的知识，例如Tony Gordon先生从阅读USA公司有关合同管理指导文件知道，可以投标的合同范围包括，软件工程，系统工程研究与开发，战争策略模拟及技术支持等，因为这些领域是他们公司的强项，根据这一原则，Tony先生即可决定对这方面的合同投标最有利，对不属于上述领域的合同一般不进行投标。“非系统性知识”，也可称为“启发性知识（heuristics）”是指领域专家在完成某项工作积累的经验，或从其它人处领域的经验中所获取的知识。例如，有关竞争态势，公司现代部门在合同管理方面的有利条件等方面知识，这些都是Tony先生从工作经验中积累起来的知识，这些均属“非系统性知识”。这类知识，Tony先生可用举例方式提供几个实例，例如：公司已与哪些合同代理部门建立了某种关系，在某次投标中尽管未与某部门建立什么关系，但UAS在投标中仍然取胜了等。也可列举一些USA公司在合同投标中失败的实例。由于这类知识是判断性的，并非事实一定确实，因此对待这类知识，应建立在并非每时每刻都是“真”的基础上使用。知识工程师的责任之一就是，在发展知识库时要根据情况对“系统知识”和“非系统性知识”作出判断，并酌情处理。

在学习开发知识库的过程中，知识的获取过程是非常重要的一个环节，同时也是一种非常消耗时间的工作。根据作者的经验，对于既要学习EXSYS工具原理，又要向领域专家获取知识的初学者来说，需要的时间未免太多。因此，对初学者，最好是利用自己或别人已获取的知识，来学习利用EXSYS工具建立知识库，使初学者掌握这两方面的能力，这才是更省时而迅速的学习方法。因此本教程可采用的方法是，使初学者掌握开发知识库的基本原理，而不过多地涉及知识的获取过程。这样，你在建立CBP知识库时，只需要利用Sue从Tony先生处已获取的知识就可以了。

### 1.1.3 把领域专家的知识转换为推理规则

建立知识库的第三步是把领域专家的知识转化成可以放进知识库的推理规则。把知识转化成推理规则时，知识工程师应决定采用何种推理策略，是采用“正向链接推理”（forward-choining—以下简称“正向推理”）或是“反向链接推理”（back-ward-Cheining—以下简称“反向推理”）。

这两种推理策略中选定其中哪一种，可在用EXSYS工具编辑规则时选定，如选用正向推理策略时，其推理结果与规则的排列顺序有关，因此在安排推理规则时必须考虑先后顺序，如采用反向推理策略，则无需考虑规则的排列顺序。在第8课中将对这两种推理策略作

详细讨论，在下面将建立的CBP知识库中，我们默认的推理控制策略为反向推理。

#### 1.1.4 建立知识库

知识获取过程的第4步是建立知识库。下面我们将要开发的CBP知识库是采用了一种所谓“原型扩展法(The concept of prototype)”，即先建立一个简单的能完成主要功能的知识库原型，在此基础上经几次推理规则的“迭代”(iteration)不断充实完善，最后形成能满足要求的知识库。采用这种方法的目的是使项目在整个“开发周期(life cycle)”中，开发成本尽量降低。对于所开发的原型系统要求能检验其知识库及所推得的结论的有效性。所谓项目的“开发周期”即该项目从开始到完成所经历的时间，所谓“迭代”是指开发一个知识库所经历的各个步骤(steps)，当开发的某一个阶段完成时，以前进行过的一些相同的步骤要重复进行，而不是要增加什么新步骤，这就称“反复迭代”。

在本书的实例中，Sue在建立CBP知识库时，为获取所需的知识，她先后会见过Tony先生四次，每次会见她都对Tony先生展示了她所完成的系统，而每次Tony先生都要对Sue所完成的专家系统提出意见，表示同意或不同意。Sue用这样一种原型扩展法共建立了CBP知识库的三个不同版本。这种方法采用了下述10个步骤：

1. 获取EXSYS开发软件包；
2. 判断问题的专业范围并选择获取知识的领域专家；
3. 在稿纸上先把知识库的推理规则写出来；
4. 调用EXSYS工具中的编辑软件把写出的推理规则输入知识库中。
5. 用“快而粗”的方法建立一个知识库的原型，这一原型只具有一些主要的功能，可用此原型解决有限的问题或提供某种结论；
6. 运行、检验和评估知识库；
7. 从领域专家处获得反馈信息，确认所建知识库精确反映了他们的知识或经验。然后由用户使用后来确定是否需要对此知识库进行修改、增删，以及如何修改等；
8. 综合领域专家和用户的意见及建议，用改进后的推理规则对知识库进行不断细化和充实，直至该系统满足用户要求为止。但必须注意，对知识库所作的任何修改都应进行重新检验，以确认其规则的可用性；
9. 编写知识库的技术文件；
10. 将开发出的专家系统发往最终用户，必要时还需对用户进行培训。

以建造“竞争性投标对比知识库(CBP)”为例，完成上述第1至第7步建成了CBP知识库的第一版，这就是CBP知识库的“原型库”，这一版知识库的文件名为“CBP1”，这一版知识库比较简单，它只包含21条推理规则和3个询问使用者问题。Sue开发这一版的主要目的是要看一看她是否正确地采纳了Tony先生解决合同投标问题时的专业知识和经验，Tony先生在看了这一版知识库后，她需要对该项目作出决定：此项目是在此基础上继续进行下去呢？或是停止不干了，这完全取决于Tony的意见。这种原型系统扩展法的优点之一就是，即使在原型系统开发阶段停止该项目，也不会给合同造成较大的经济损失。

为建立CBP知识库的第二个版本CBP2，Sue进行了第8步又返回进行第6和7步，其中第8步重复进行了多次，逐渐把用户的建议综合进去，然后重新检验知识库的适用性，这一版包含了更多的经细化的推理规则，以便更精确更全面地反映Tony先生的知识和经验，CBP2知识库中共包含45条推理规则和询问使用者的8个问题。

通过进行第6至第10步,建成了知识库的第三个版本,也就是最终版本CBP3, USA公司将用这一版知识库来帮助公司进行合同投标的决策,确定公司对哪些合同投标最有利。CBP3知识库共包含73条推理规则和询问使用者的12个问题。同时还包括必要的技术文件。

### 1.1.5 检验和评估知识

Sue在计算机上运行所开发的知识库,并把通过此专家系统所获得的结果与Tony先生根据同样信息他自己所确定的投标结果进行比较,从而检验和评估此知识库的适用性。Tony先生看过演示后非常高兴,因为从专家系统所得出的结论与他自己确定的结论非常吻合。至此,Sue从Tony先生那里获取知识,把这些知识转换为推理规则及建立知识库形成一个完整的专家系统的全部工作就算成功了。更有意义的是,Sue认为她通过建立此专家系统的收获与Tony先生得到该系统的收获一样多,因为她可以用所建立的专家系统作为一种学习培训工具,由此来学习Tony先生选择对公司有利的投标合同的原则和步骤,这样就使她可用较短的时间掌握Tony先生进行决策的特点和熟悉公司如何进行工作。

### 1.2 建立推理规则和结论

根据一些成功开发知识库的经验,在用EXSYS编辑软件建立知识库之前,最好先把推理规则和结论写在稿纸上,然后再输入知识库,这不仅可以避免规则输入后对规则重新排序所消耗的大量时间,而且保存下自己知识库的原始资料。

#### 1.2.1 推理规则

推理规则代表了从领域专家处所获取的知识和经验,推理规则建立起来后,专家系统就可以根据这些规则进行逻辑推理,从而得出合理的结论。每一条推理规则最多可以包括下述五个组成部分:

IF后跟一个(qualifier)及值(qualifier value)。

THEN后跟一个结论(choice)和该结论的概率值(a probability value)。

ELSE后跟一个决策及该决策的概率值。

NOTE部分包括一些特定信息。

REFERENCE部分为用户提供一些推理规则中的知识来源信息。

必须指出是,其中IF和THEN两部分是每一条规则都必不可少的,而ELSE, NOTE和REFERENCE三部分任选,规则中可以不含包这三部分。因此,每一条推理规则最少,应包括两部分,最多可包括三部分。下面将详细介绍其中的每一部分。

IF语句部分——IF语句是一个Qualifier和其值组成。对于第一条规则其详细构成如下:

Qualifier是: The scope of work is

Qualifier值是: Software engineering

完整的IF语句是:

The scope of work is software engineering

(工作范围是软件工程)

同样,实例中第4条规则,IF语句的详细构成如下:

Qualifier是: The scope of work is (工作范围是)

Qualifier值是: Research and analysis/Research

development (研究和分析/研究开发)。

完整的IF语句是: The scope of work is Research and analysis/Research

development. (工作范围是研究和分析/研究开发)。

**THEN语句部分**——THEN语句包括结论和该结论的概率值。所谓“结论”是指由推理规则可能得到的某种结果。概率值是与结论相关的一个数值，该数值反映结论可靠的程度。结论和其相应的概率值是由知识工程师在知识获取过程中确定的，通常是根据领域专家提供的信息来确定。例如在CBP实例第一条规则的THEN语句中，结论是“Bid”（投标），其概率值是9。当在知识库中每建立一条推理规则时，EXSYS工具就会将结论和其概率值组合起来构成完整的THEN语句，对于第一条规则：

结论是： Bid（投标）  
概率值是： 9  
THEN语句是： Bid—Probability=9/10  
(投标—概率值=9/10)

对实例CBP知识库中第4条推理规则，其THEN语句的构成为：

结论是： Bid（投标）  
概率值是： 8  
THEN语句是： Bid—Probability=8/10。  
(投标—概率值=8/10)。

**ELSE 语句部分** ELSE语句的构成与THEN语句相似，所不同的是只有当IF语句中的条件之一为“假”（false）时才执行ELSE语句。在CBP知识库的三个版本中都未使用过ELSE语句。因ELSE语句是任选部分，通常对大多数推理规则都不需要。

**NOTE 部分** 通常都有必要给推理规则加上NOTE（注释）部分，以便为用户提供与该规则有关的信息，诸如，有关某一事件是什么，在何处，什么时候，怎样及为什么发生等等。NOTE部分仅仅提供信息给用户备用，在专家系统程序运行时并不使用这些信息。这也是任选部分，在CBP实例知识库的三个版本中没有NOTE分部。

**REFERENCE 部分** REFERENCE部分与NOTE部分很类似，但它更侧重于帮助用户提供有关推理规则的知识来源及出处，必要时还可以列表形式提供更多的信息。NOTE和REFERENCE之间还有一点不同的地方是，当显示某条推理规则时该规则的NOTE部分同时也显示出来，而REFERENCE部分则不同，只有当用户要求显示时它才会显示。在CBP实例知识库的三个版本中我们也没有加REFERENCE部分。

### 1.2.2 结论

正如前面在介绍THEN语句时所述，所谓“结论”就是由知识库中的推理规则所能得的全部可能结果。EXSYS工具的目标就是根据用户所输入的数据来选定一个最可能的结果，或者给用户提供多个按概率值大小排列的结果。

例如在CBP实例知识库的三个版本中只包含两个结论，即“Bid”（投标）和“Not Bid”（不投标）。在CBP知识库的每条规则的THEN语句中都包括结论“Bid”，而“NOT Bid”结论只有很少几条规则中采用。在THEN语句中的结论均配有相应的概率值。当运行知识库时，EXSYS工具将检查各中间目标（intermediate goal，即每一THEN语句中的决策）并根据其所选用的概率系统和执行过的推理规则给出一个推荐结果。

中间目标只确定这一个THEN语句中结论的真实性或适用性（The truth or validity）。例如对下面一条推理规则，

IF: The scope of work is software Engineering.

THEN, Bid—Probability=9/10

(如果, 工作范围是软件工程,

那么: 投标—概率值=9/10)。

其中间目标是确定合同项目的工作范围是否是软件工程。如果是, 对结论“Bod” (投标) 将赋予概率值为9/10。而不考虑其它规则。

必须指出, 中间目标与系统最终推荐用户应采取的结论性行动的总目标是不相同的。在CBP知识库中, 系统推荐采取的结论性行动是“Bid” (投标) 或者“Not Bid” (不投标)。总目标的概率值大小要由哪些“执行”过的且IF语句为真的THEN语句中结论的平均概率值来决定。所谓“执行”过的推理规则, 是指哪些EXSYS工具在推理过程中使用过的推理规则。例如我们在推理过程中使用过的推理规则。例如我们在推理过程中可能“执行”过6条推理规则, 在这6条推理规则中的结论都是“Bid”, 而相应的概率值则分别是9, 9, 8, 8, 5和3, 那么其总目标结论为Bid的相应概率值应为7 (即 $= (9+9+3+8+5+3)/6$ )。

这一平均概率值就代表系统提供给用户的最终结论可靠性的。在CBP系统实例中, EXSYS运行结束后屏幕上所显示的就是结论Bid和其相应的平均概率值。例如, 推荐进行Bid (投标) 且其相应的概率值为0, 这表明对这类合同项目投标成功的可能性极小, 或者说, 这类项目对我们没有投标价值; 如相应概率值为10, 这表示对这样的合同进行投标成功的可能性非常大, 或者说, 这样的项目是我们进行投标的极好的项目; 如相应的概率值在0到10之间, 分别代表对这类合同项目进行投标成功的可能程度大小。

### 1.3 概率系统简介

EXSYS专家系统开发工具提供了三种概率系统, 它们是: 0或1系统; 0到10系统及-100到+100系统。在下面将要建立的CBP实例知识库中使用的0到10概率系统。一但知识库选定了某种概率系统, 就不能中途变更。

#### 1.3.1 0或1系统

这种系统的概率值只有两个值即0或1。如在THEN或ELSE语句中结论所相应的概率值为0, 即意味着对这一结论是绝对不可取的, 即“非”(NO); 如其相应概率值为1, 即意味着这一结论是绝对正确的, 或称“是”(YES)。这一系统并不反映结论的真实概率值或置信系数 (Confidence factors), 是一种典型的双值概率系统, 只给结论提供两种回答, 即“是”(YES) 或“非”(NO)。因此, 这种概率系统只适用于哪些不要置信水平 (Confidence level) 的结论。

#### 1.3.2 0到10系统

这是一种最习惯也是最常用的概率系统, 该系统中概率值由1—9表示从非常不可能 (概率值为1) 到非常可能 (概率值为9) 的一个置信度范围。而概率值为0/10时表示绝对不可能; 而10/10则表示绝对可能。0/10和10/10称为“锁定概率值” (locked in), 因为, 如果某结论中出现0/10或10/10时, 这两个值将“取代” (Override) 或“排除” (lock-out) 其它推理规则中的所有概率值而最终概率值就是0/10或10/10。如概率值为1—9时则不会产生“锁定”, 其结论的最终概率值由平均概率值决定, 例如, 现有4个IF语句为真的THEN语句中的某一结论的概率值分别为: 2/10, 4/10, 6/10和8/10, 则该结论的最终概率值是上述4个值的平均值5/10; 但是, 如果上述4个值之一的4/10换为10/10, 那么上述结论的最终概率值也就成为10/10。在知识库中的概率值是否使用0或10, 这取决于知识

库本身的结构。但一般说,使用0或10时应当非常慎重,因为由此产生的“锁定”很可能使结论的置信度偏离知识库的要求。

### 1.3.3 -100到+100系统

这种概率系统为置信度值提供了较大的取值范围,而且即使概率值为-100,0和+100时也不会产生概率值“锁定”问题,这三个值同样不考与最终概率计算。例如,现有IF语句为真的3个THEN语句的某一结论分别具有概率值为:60/100,80/100和100/100,则该结论的最终概率值为上述三个值的平均值,即80/100,因100/100这一值不会产生“锁定”。

### 1.3.4 相依(dependent)和独立(in dependent)概率值计算

在-100到+100系统中,对最终概率的计算方法除了平均概率值外,EXSYS工具还提供了另外两种概率值的算法,即“相关概率”或“独立概率”。如果某一事件的发生并不影响或改变另一事件的发生,则这类事件称为“独立事件”,而非独立事件则称为“相依事件”。

独立概率值的计算方法为:将两个独立概率值分别去减1然后相乘得其积,1再减去上述积即得独立概率值。例如,现有两个独立概率值分别为60/100和90/100,则其独立概率值应为:

$$1 - [(1 - 60/100) \times (1 - 90/100)] = 60/100 = 60\%$$

相依概率值的计算方法如下:每个概率值之积即为其相依概率值。例如,现有两个概率值分别为70/100和80/100,则其相依概率值即为:

$$[(70/100) \times (80/100)] = 56/100 = 56\%$$

## 1.4 怎样使用本教程

本书目的是使读者能较快掌握利用EXSYS专家系统开发工具建立和运行知识库的步骤。只要你能按本书的内容顺序进行学习,就能用最少的时间达到上述目的。

为使读者便于区分专用词和需输入的辞句,在书中对所有EXSYS工具指令名,菜单名和推理规则的关键字均用大写字体印刷。此外,当有些指令或单词要求键盘输入的 知识库时,这些需键入的指令或单词在书中将用双引号(“”)将其括起来,或者印刷成如下形式:

Type,

TOTAL COST

如键入用引号括起来的指令,例如:Type “TOTAL COST”时,不需键入双引号而只键入引号中的单词或指令。

书中屏幕显示图例并不按实际比例给出,只是示意图以便读者看起来一目了然,所以你在计算机屏幕上看到的图示与书上图示并不完全一样。

本书给出了大量屏幕显示图例,应用这些图来解释和演示建立知识库的原型扩展法的每个步骤,我们把这种教学方法称为“路标图法”(Road—Map),用这种方法可以省去开发知识库的原型性知识的说明,学习者要作的全部工作就是按书中提倡的顺序一步一步的进行下去。

## 1.5 小结

这一课,我们介绍了利用EXSYS专家系统开发工具来建立知识库的原理和具体步骤,评述了知识获取过程,说明了怎样拟定专家系统开发计划,其重点是知识库的建立。介绍了确定结论和利用EXSYS编辑器构成推理规则的原理和步骤,学习了本书将会用到的一些技

术语。最后简单地介绍了EXSYS开发工具所提供的三种概率系统。

### 1.6 复习题

1. 知识获取过程的五个主要步骤是什么？
2. 建立知识库可以采用哪两种方法？
3. 系统性知识和非系统性知识有什么不同？
4. 列出原型扩展法的步骤。
5. 推理规则可包括哪五个部分？
6. 怎样建立IF语句？
7. 怎样建立THEN语句？
8. EXSYS工具提供了哪三种概率系统？

## 第二章 建立一个新知识库

内容提要：

1. 启动计算机并调入EXSYS规则编辑器。
2. 建立一个新知识库。
3. 存储知识库，退出EXSYS规则编辑器。
4. 恢复已有知识库。

### 2.1 启动计算机并装入EXSYS规则编辑器

为了学习第2课，先将计算机接通。如果你的计算机有硬盘和单软驱，等待出现上述提示：

Enter new date (mm--dd--yy) :

如果你的计算机带有两个软盘驱动器，则应将2.0以上版本的MS-DOS或PC-DOS软盘插入A驱动器，关好驱动器门，然后等待日期提示。

当屏幕出现日期提示后，按DOS要求格式输入日期，然后按〈ENTER〉键，为节省时间也可不输入日期而直接按〈ENTER〉键。然后将出现下述提示：

Enter new time:

应按DOS要求格式输入时间，也可不输入直接按〈ENTER〉键。此后会出现提示符，此时可将DOS盘从A驱动器取出而将教学盘插入A中，而将格式化好的数据盘插入B驱动器中，以上是双软盘驱动器计算机的操作过程。如果你用硬盘工作，首先应在硬盘上建立一个名为EXSYS的子目录，并将教学盘上的文件全部拷贝到此目录中。（此后〈ENTER〉一律称“回车”键）。

在你使用EXSYS工具建立知识库输入命令时必须考虑下列因素，所选用的EXSYS版本是教学演示版（DEMO）或全版本（a full-scale），是选用双软盘工作或用硬盘工作，计算机的显示器是单显或是彩显等。你可按表1.1要求选取相应的输入命令，同时还应指明驱动器代号。

当你输入了调用EXSYS编辑器命令并按回车键后，屏幕上将先显示几秒钟图2.2所示内容，然后显示第一个问题。如果采用全版本EXSYS工具软件的编辑器，2.2图中将无DEMO（演示）字样，版本号也有些区别。