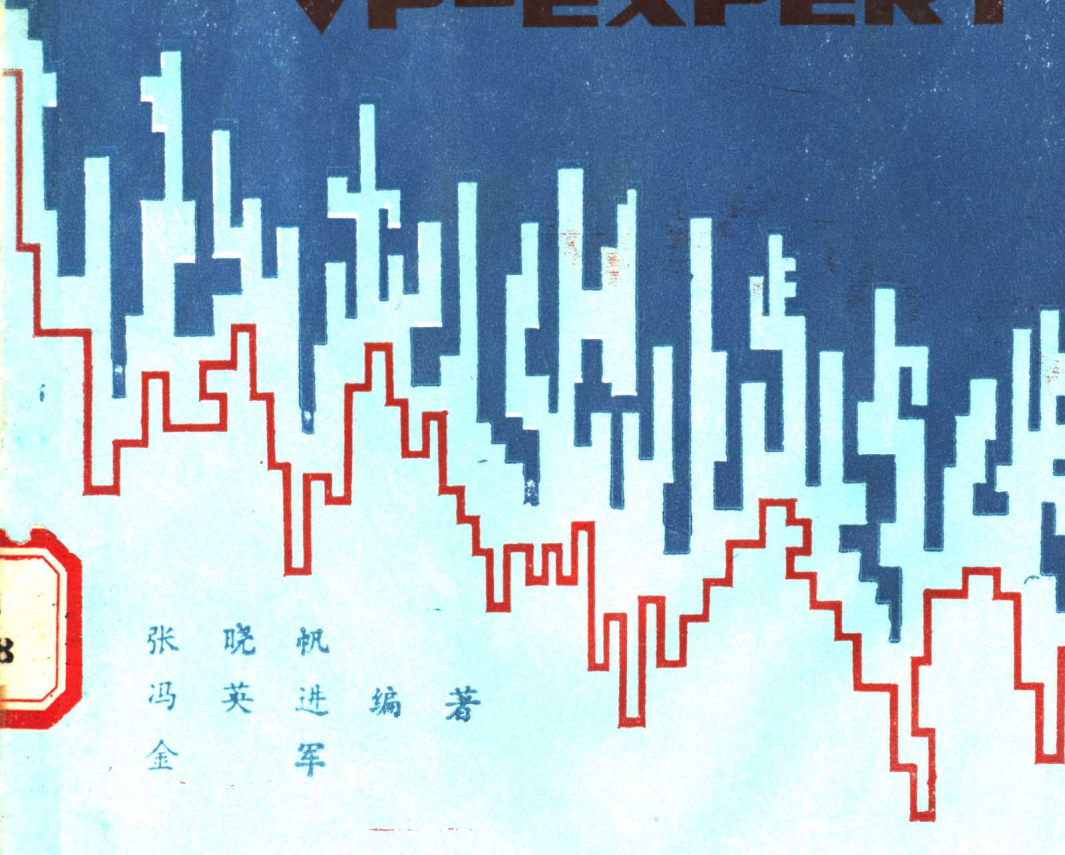




专家系统 及专家系统 开发工具

VP-EXPERT



张 冯 帆 编 著
冯 英 进 军
金

专 家 系 统 及
专 家 系 统 开 发 工 具
VP-EXPERT

张晓帆 冯英进 金 军 编著

新疆大学出版社

1990年2月

内 容 简 介

专家系统是人工智能技术应用得最为广泛、发展最快的分支之一。专家系统开发工具是用于研制实用专家系统的人工智能软件系统,利用专家系统开发工具建立专家系统不仅非常简单,省时省力,而且对不十分精通计算机硬件和软件系统的研制者来说也能掌握和运用,因此可以满足各个专业的实际需要。

本书除了简要介绍人工智能、专家系统和专家系统开发工具的基本概念、应用及发展概况外,还结合例子详细说明了在IBM PC/XT(及其兼容机)微机上运行的专家系统开发工具VP-Expert系统的使用方法。并对该系统的基本术语、命令和编辑方法都作了介绍。

本书可作为使用VP-Expert系统开发专家系统时的工具书,也可供各个专业的技术人员、大中专院校教师、学生及研究生参考。

专 家 系 统 及 专 家 系 统 开 发 工 具 VP-EXPERT

张晓帆 冯英进 金一军 编著

新疆大学出版社出版发行

(乌鲁木齐市胜利路14号 邮编:830046)

新疆建工局印刷厂印刷

850×1168毫米 1/32 282千字 10.5印张 插图1

1990年2月第1版 1990年2月第1次印刷

印数:1—3200 册

ISBN 7-5631-0124-1/TP·0002 定价:4.50元

前 言

自60年代中期,首批专家系统DENDRAL和MACSYMA诞生以来,专家系统技术有了突飞猛进的发展,70年代出现了象MYCIN、PROSPECTOR等出色的专家系统,目前已涌现了大批有关工业、农业、商业、地质、医学、教育、法律、气象、经济管理、工程设计等实用专家系统。美国、日本和西欧许多国家专家系统的开发和研制已进入稳步上升阶段,朝着实用化、商品化的方向发展,专家系统已渗透到社会生活的各个方面,带来很大的经济效益和社会效益。

我国研制和开发专家系统始于70年代末,发展非常迅速,取得了一些成绩。但发展很不平衡,主要分布在医疗卫生、地质勘探、气象预报、交通运输、文化教育、社会科学和法律咨询等领域,而且已有的专家系统许多都是用手工方式建立,从事专家系统研究和应用的人员主要集中在一些高等院校和科研院所。

为了避免用手工方式建造和维护专家系统带来耗资大、花费时间长、质量差的弊端,克服因缺少有经验的知识工程师难于建造专家系统的困难,帮助各个领域的专业技术人员直接步入专家系统研究和应用领域,在微机上建造本专业的专家系统,我们编写了这本书。

本书共有7章,第1章叙述了专家系统的组成和基本特征,各种知识表示方法和不精确推理方法;第2章介绍了专家系统开发工具的性质和分类,重点讨论了专家系统开发工具VP-Expert的组成和特点;第3章通过实例介绍了如何使用VP-Expert,论述了VP-Expert推理机的特性和使用归纳表自动建立知识库

的方法，并且进一步讨论了如何完善知识库；第4章叙述了VP-Expert与相容数据库文件、工作表格文件和ASCII码文件交换信息的特点，介绍了如何把相容数据库文件或工作表格文件中已有的数据信息汇集到知识库作为信息库的方法和优点。第5章讨论使用VP-Expert和应用它建造专家系统的一些基本问题，提供了用VP-Expert建立一个高效能知识库的一些方法。第6章介绍了VP-Expert中的所有命令及其用法；第7章叙述了VP-Expert知识库结构中所有关键字，它包括子句，语句，用于规则结构中的特殊字，以及知识库中有专门用途的保留字。附录1介绍了VP-Expert编辑器的使用方法；附录2列举了VP-Expert可选用的10个数学函数；附录3列举了使用VP-Expert时可能出现的错误信息和纠正错误的方法；附录4列举了所有VP-Expert的关键字。

具有专家系统及专家系统开发工具基本概念和知识的读者，可以从第2章第2节开始阅读。如果读者要使用VP-Expert建造专家系统，为方便起见首先应掌握VP-Expert编辑器的用法，并浏览第7章，然后学习其他章节。

本书第1、2、5章和附录1、3由张晓帆编写，第3、6章和附录2由金军编写，第4、7章及第3章第4节由冯英进编写，并互相审阅完成全稿。

本书可作为高等院校有关专业本科生和研究生的专家系统教材，也可供从事专家系统研究和应用的科学工作者和工程技术人员以及有志学习专家系统的各个领域专业技术人员学习参考。

由于我们水平有限，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

张晓帆 冯英进 金 军

1989年6月

目 录

前 言

1 专 家 系 统	(1)
1.1 专家系统的基本特征	(1)
1.1.1 专家系统的定义和目的	(1)
1.1.1.1 充分利用和传播人类专家的知识	(3)
1.1.1.2 使专家知识形式化, 促进领域的发展	(3)
1.1.1.3 汇集各种来源的知识	(3)
1.1.1.4 提高经济效益和社会效益	(4)
1.1.2 专家系统的基本结构	(4)
1.1.2.1 知识库	(4)
1.1.2.2 数据库	(5)
1.1.2.3 推理机	(5)
1.1.2.4 人机接口	(6)
1.1.2.5 知识获取	(6)
1.1.3 专家系统的工作过程	(7)
1.2 知识表示方法	(9)
1.2.1 一阶谓词逻辑表示方法	(10)
1.2.2 语义网络表示	(11)
1.2.3 框架表示	(12)
1.2.4 过程表示	(14)
1.2.5 剧本表示	(14)
1.2.6 产生式系统	(15)
1.3 不精确推理	(19)

1.3.1	置信度推理法	(19)
1.3.2	修正的贝叶斯公式	(24)
1.3.2.1	证据E是确定的	(25)
1.3.2.2	证据E是不确定的	(27)
2	专家系统开发工具	(30)
2.1	专家系统开发工具的性质及分类	(31)
2.1.1	程序设计语言	(31)
2.1.2	知识工程语言	(33)
2.1.2.1	外壳型知识工程语言	(33)
2.1.2.2	通用型知识工程语言	(34)
2.1.3	系统构造工具	(34)
2.1.3.1	知识获取型	(34)
2.1.3.2	结构设计型	(35)
2.1.4	系统支持工具	(36)
2.1.4.1	程序设计型	(36)
2.1.4.2	解释知识型	(36)
2.2	专家系统开发工具VP-Expert的组成与特点	(37)
2.2.1	VP-Expert的组成及主要功能	(37)
2.2.1.1	用户接口	(38)
2.2.1.2	推理机	(38)
2.2.1.3	知识库	(40)
2.2.1.4	系统构造工具	(40)
2.2.1.5	系统支持工具	(41)

2.2.2	VP-Expert 的主要特点.....	(42)
3	VP-Expert 的使用.....	(44)
3.1	VP-Expert 咨询.....	(44)
3.1.1	进行咨询.....	(44)
3.1.2	规则和结果窗口.....	(48)
3.1.2.1	规则窗.....	(48)
3.1.2.2	结果窗.....	(48)
3.1.2.3	多窗口咨询操作.....	(49)
3.1.3	置信度.....	(50)
3.1.4	Go (运行) 命令.....	(52)
3.1.5	用 Why? 和 How? 两个命令询问.....	(54)
3.1.6	(咨询) Consult 菜单命令.....	(56)
3.1.7	WhatIf 命令.....	(56)
3.1.8	Variable 命令.....	(58)
3.1.9	Rule 命令.....	(61)
3.1.10	Set 菜单命令.....	(62)
3.1.10.1	使用 Trace 命令.....	(62)
3.1.11	观察文本树.....	(63)
3.1.12	观看图形树.....	(66)
3.1.13	减慢咨询速度的命令: Slow 命令.....	(66)
3.2	Vp-Expert 推理机.....	(67)
3.2.1	知识库.....	(67)
3.2.1.1	ACTIONS (作用) 块.....	(67)
3.2.1.2	规则.....	(68)

3.2.1.3	语句	(70)
3.2.1.4	子句	(71)
3.2.2	跟踪推理机	(72)
3.2.2.1	为目标变量寻值	(72)
3.2.2.2	反向链接	(73)
3.2.2.3	ASK语句	(75)
3.2.2.4	CHOICES语句	(75)
3.2.2.5	PLURAL语句	(78)
3.2.2.6	置信度	(81)
3.2.3	推理机如何处理复合条件	(82)
3.2.4	专用术语要点	(87)
3.3	利用归纳法建立知识库	(90)
3.3.1	归纳表	(90)
3.3.1.1	建立归纳表	(91)
3.4	知识库的扩充和完善	(97)
3.4.1	知识库的格式	(97)
3.4.2	可选用的格式	(99)
3.4.3	扩充完善知识库的步骤	(99)
3.4.4	咨询	(102)
3.4.5	DISPLAY子句	(105)
3.4.6	把DISPLAY子句加到ACTIONS块中	(106)
3.4.7	知识库的功能扩充	(110)
3.4.8	逻辑运算符的使用	(113)
3.4.9	新建知识库的试用	(114)
3.4.10	在知识库中引入新变量	(115)

3.4.11	WHY? 命令和HOW? 命令	(124)
3.4.11.1	WHY? 命令的使用	(124)
3.4.11.2	HOW? 命令的使用	(125)
3.4.12	如何把 BECAUSE 加到知识库中	(126)
3.4.13	小结	(133)
4	利用数据库和工作表格扩展知识库	(136)
4.1	数据库存取	(136)
4.1.1	把数据库当作信息库	(136)
4.1.2	从数据库中提取信息	(137)
4.1.2.1	MENU子句	(139)
4.1.2.2	FIND子句	(140)
4.1.2.3	WHILEKNOWN子句	(141)
4.1.2.4	GET子句	(142)
4.1.2.5	DISPLAY子句	(144)
4.1.2.6	END子句	(145)
4.1.2.7	ASK语句	(146)
4.1.2.8	避免缺陷的方法	(147)
4.1.3	给数据库增加数据	(150)
4.1.3.1	使用PUT子句	(150)
4.1.3.2	使用APPEND给数据库增加记录	(152)
4.1.4	数据库修改与自动学习	(153)
4.1.5	其他的VP-Expert子句	(154)
4.1.6	把数据库当作归纳表使用	(154)
4.1.6.1	为什么要从数据库归纳知识库	(154)

4.1.6.2	把数据库文件作为归纳表	(155)
4.1.7	小结	(157)
4.2	工作表格存取	(158)
4.2.1	工作表格作为信息库	(158)
4.2.1.1	从工作表格中读数据	(159)
4.2.1.2	较复杂的实例	(162)
4.2.2	数组变量	(164)
4.2.3	检索多个单元的WKS用法	(165)
4.2.4	往表格中写数据: PWKS子句	(167)
4.2.4.1	建立数组变量	(168)
4.2.4.2	某些限制	(169)
4.2.4.3	往表格中写数据的实例	(170)
4.2.5	小结	(172)
5	VP-Expert的深入讨论	(174)
5.1	知识库的剖析	(174)
5.1.1	ACTIONS块	(175)
5.1.2	RULES (规则)	(176)
5.1.3	语句	(177)
5.1.4	使用信息库	(178)
5.1.5	调用外部DOS文件	(179)
5.2	外部程序调用: 使用DOS、COM、EXE和BAT文件	(179)
5.2.1	复杂的数学程序	(180)

5.2.2	远程通讯 联网.....	(180)
5.2.3	几点建议.....	(180)
5.3	VP-Expert 中的 变量.....	(181)
5.3.1	如何给变量赋值.....	(181)
5.3.1.1	通过规则.....	(181)
5.3.1.2	用户输入.....	(182)
5.3.1.3	ACTIONS块直接赋值.....	(183)
5.3.2	间接变量寻址.....	(183)
5.3.2.1	GET子句中的间接变量寻址.....	(184)
5.3.2.2	双重间接变量寻址.....	(185)
5.3.3	与外部文件交换数据.....	(186)
5.3.4	变量类型.....	(186)
5.3.4.1	多值变量.....	(187)
5.3.4.2	多值变量和显示说明.....	(187)
5.3.4.3	维数变量.....	(188)
5.3.4.4	单值变量.....	(190)
5.3.5	变量长度和限制.....	(191)
5.4	VP-Expert 置信度.....	(191)
5.4.1	怎样计算置信度.....	(192)
5.4.2	置信度与合取(AND)逻辑运算.....	(193)
5.4.3	VP-Expert 的“真值阈”.....	(194)
5.4.4	置信度和析取(OR)逻辑运算.....	(194)
5.4.5	复杂条件置信度的计算.....	(195)
5.4.6	置信度和单值变量.....	(197)

5.5	VP-Expert 怎样学习.....	(197)
5.5.1	训练系统的例子.....	(197)
5.5.2	用餐指导.....	(198)
5.5.3	增加评论.....	(199)
5.5.4	小结.....	(200)
5.6	建造一个有效的知识库.....	(200)
5.7	显示图形树.....	(203)
6	菜单命令参考.....	(206)
6.1	命令的约定.....	(206)
6.2	VP-Expert 命令介绍.....	(207)
7	VP-Expert 关键字.....	(218)
附录 1	VP-Expert 编辑器.....	(308)
附录 2	数学函数参考.....	(317)
附录 3	错误信息表.....	(319)
附录 4	VP-Expert 关键字.....	(323)
	参考文献.....	(324)

1 专 家 系 统

人工智能 (Artificial Intelligence) 是计算机科学中涉及智能系统的一个分支, 这些系统具有人类智能行为, 如理解语言、学习、推理和解决问题等有关特性。目前它已引起许多学科的日益重视, 研究和应用领域极其广泛, 成为一门新兴的综合性边缘学科。它包括的主要内容有: 问题求解; 逻辑推理与定理证明; 自然语言理解; 自动程序设计; 学习; 专家系统; 机器人学; 机器视觉; 智能检索系统; 组合和调度问题; 系统与表达语言。其中, 专家系统是应用人工智能理论和方法最成功和最有效的。与专家系统进行“咨询对话”, 就象与特定领域的专家对话一样, 得到有关询问的解答和建议。在许多领域中如化学、地质、计算机结构、建筑工程和医疗诊断等方面, 专家系统的质量已经达到很高水平, 发挥了很大的作用, 成为人类专家与用户之间的媒介, 促进了特定领域中理论研究和实际应用的发展。

1.1 专家系统的基本特征

1.1.1 专家系统的定义和目的

专家系统是处理现实世界中复杂问题的程序系统, 通常这些问题是由人类专家分析判断和解决的, 这个程序系统内部具有大量专家水平的领域知识与经验, 它能利用仅人类专家可用的知识

和推理方法来解决这些问题，并且它应该得到与专家相同的结论。

这个定义有三层意思，其一是说我们要解决的是一个复杂问题，这样的问题需要由特定领域的专门知识的专家来解决，通过专家分析和解释，并作出决定。其二是说专家系统是以专家知识为基础的，所以它常常被称做知识基系统。其三是说专家系统解决问题的途径和所得结论的性质，其中最重要的是推理部分。

1965年美国斯坦福大学研究了第一个计算机专家系统，叫DENDRAL，它的具体任务是：在已知某类有机化合物的分子式及其质谱特性下，要求确定它的分子结构式。这项工作一般是由化学家做的，他们根据专业知识和自己的经验，分析质谱的结果，最后对该化合物的分子结构作出正确解释。DENDRAL是计算机工作者在化学家的配合下，把专家的知识 and 经验提取出来，存入计算机中，让计算机运用这种知识和经验按专家的推理方式解决这个问题。后来这个系统在世界各地的大学和工业界的化学实验室使用多年。实践证明，这个系统达到了与化学家同等工作水平。

70年代至80年代美国许多公司和大学相继建造了一批优秀的专家系统，其中包括斯坦福大学建造的对细菌感染疾病诊断和治疗提供咨询的计算机咨询专家系统MYCIN；斯坦福国际人工智能研究中心（SRI）设计的找矿勘探解释系统PROSPECTOR；DEC公司研制的配置计算机系统的RI和CON；卡内基—梅隆大学研制发展的语音理解系统Hearsay—Ⅰ。它们都分别达到或超过了同类工作专家的水平，它们的应用带来了极大的经济效益和社会效益。例如，1982年美国一家公司用PROSPECTOR在华盛顿州发现一个矿床，其价值为几百万至1亿美元。形成鲜明对照的是，该公司勘探专家们一致认为这个地方没有矿床存在。

20多年来正是由于这些获得成功的专家系统的推动，各式各样的专家系统如雨后春笋遍及各个专业领域。随着微处理机和大

规模集成电路的发展，原来只能在大型昂贵的计算机上运行的专家系统，目前在微机上也能够运行，特别是大批建造专家系统的开发工具应运而生，使得专家系统走向实用化和商品化的轨道。从专家系统的建造和应用来看，专家系统的目的主要有以下几点：

1.1.1.1 充分利用和传播人类专家的知识

人类专家总是较少的，培养一个专家，不仅需要时间，而且需要高花费。由于专家的工作能带来更大的价值，雇用专家的费用也昂贵。因此，人类专家远不能满足社会对他们的需求。专家系统可汇集复现专家的知识，能够灵活和及时地处理问题，起到特定领域人类专家的作用。由于专家系统是一智能程序系统，能拷贝副本，这就使专家的知识不受时间和空间的限制得到充分地利用和传播而将永久保存。例如，我国中医界的不少名医，多数已年逾古稀，在学术上他们各有千秋，在征服疾患、治病救人时，高招妙剂层出不穷。如果把他们的宝贵经验汇集到专家系统中，那么其辨证用药的经验将完整地保存下来。如果再把这个系统应用于全国各级医院，就相当于他们在各级医院就诊，这将对全国人民健康起很大的作用。

1.1.1.2 使专家知识形式化，促进领域的发展

专家的经验与知识是不好总结的，甚至好象只能意会不能言传。由于专家系统是一智能程序系统，可以对专家的决策进行模拟和实验，把各种各样的事实组合起来，产生最佳的专家推理方法，从而使专家的知识和解决问题的能力得到总结和精炼，成为计算机可处理的形式，大大提高知识再现和利用能力。同时，通过专家系统的解释功能和教学功能，它能回答它所做的一切，把专家的知识 and 推理方法传授给用户，促进特定领域研究工作的发展。

1.1.1.3 汇集各种来源的知识

在特定领域里，专家们对同一问题的处理方法是不尽相同

的。由于专家系统要求专家在记录规则时应用一致的知识形式，那么专家系统就把特定领域中许多专家知识与经验以及解决问题的方法汇集和综合到一起，使之具备广博的知识和多种解决问题的方法。许多专家系统的工作能超过人类专家的水平，这是其中最重要的因素之一。所以，专家系统被作为汇集和综合特定领域里各种来源的专门知识的工具。例如，MYCIN和PROSPECTOR在建立它们的推理模型时，使用了许多专家的知识。

1.1.1.4 提高经济效益和社会效益

建造专家系统是因为它的推广应用能产生巨大的经济效益和社会效益。这已被一些实用专家系统所证实。例如，美国数字设备公司使用专家系统RI和XCON使之每年获利几千万美元。

1.1.2 专家系统的基本结构

专家系统是知识基系统。一般来讲，它是由环境模型（又称为工作数据库），知识库（或知识集、定理集、子句集等）和控制

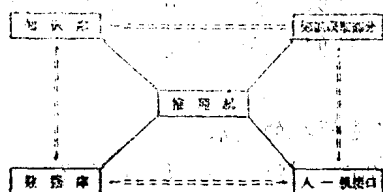


图 1.1 专家系统的组成

策略三部分组成，而实际上专家系统由图 1.1 所示的五部分组成。在系统中这五个部分彼此分离又相互联系，图中单箭头表示控制信息，双箭头表示数据流或信息流。

下面分别介绍这五个部分：

1.1.2.1 知识库

知识库是存储从专家那里得到的特定领域的知识，它包括两类知识。

（1）显示知识 这类知识是特定领域中专家已具有的知识或称为领域的事实，即教科书等刊物所记载的知识。

（2）隐示知识 这类知识是探索知识，它是专家通过学