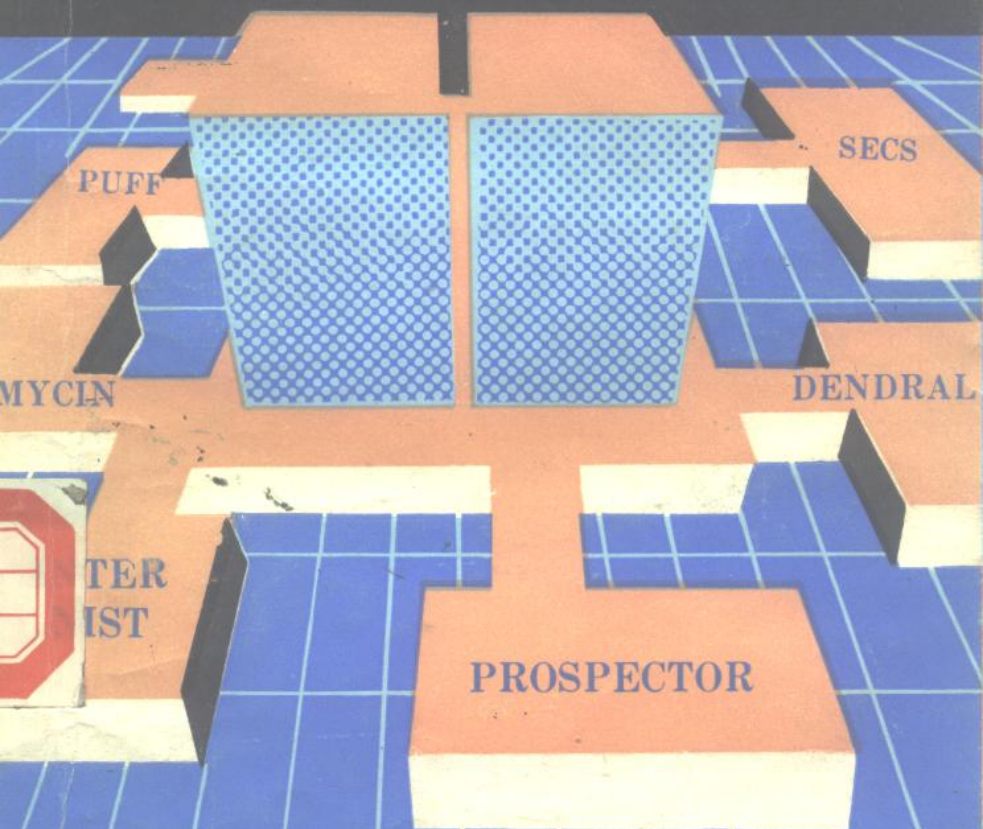


专家系统

· 概念和实例 ·

[英] J. 阿尔迪 著
M. 库布斯



上海科学技术文献出版社

专 家 系 统

——概念与实例

史习智 王本颜 樊兆勳 译
史习智 校

上海科学技术文献出版社

专 家 系 统

——概念与实例

史习智 王本颜 樊兆勳 译

史习智 校

*

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号)

新华书店经销

昆山亭林印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 6 字数 145,000

1988年5月第1版 1988年5月第1次印刷

印数: 1—2,800

ISBN 7-80513-220-8/T·71

定 价: 2.90 元

《科技新书目》173-233

译者前言

美国斯坦福大学的 E. Feigenbaum 根据质谱数据识别化合物的分子结构，研究成功了第一个专家系统 DENDRAL，至今已过去了 22 年。在这段时间里，专家系统作为人工智能的一种形式取得了极大的经济效益，使人们越来越对它重视。

专家系统将专家已有的知识和经验以知识库的形式存入计算机，并模仿人的推理和思维过程运用这些知识和经验对输入的原始事实作出判断和决策。专家系统汇聚了当代人类最先进的科学技术成果，从原子能发电站的故障判别到医院里为病人诊断疾病、从建筑物的质量评定到集成电路的自动设计都可以成为专家系统的服务对象。它的成功应用不仅减轻了人的重复脑力劳动，而且比人的能力所及更为精确和耐久。理想的专家系统可以不受时间和空间的限制，在专家的水平上进行工作。

人类思维的重要特点是逻辑推理和经验推理并用，但现阶段的专家系统仍限于用逻辑推理进行“思维”，尚未能涉及到更为接近人类思维的形象思维和直觉思维形式。也正是这些不足促使了非精确性推理理论的新发展，而且产生了新的学科——知识工程，其目标是使专家系统具有知识获取能力，且以自动获取作为更高目标。

计算机程序是专家系统的主要形式之一。一组专家系统的计算机程序可以分为五个部分：

1. 知识库。存放与问题求解有关的各类知识。
2. 数据库。存放相关的各种数据。

3. 推理机。选择和执行知识库中的知识以完成求解。

4. 解释部分。回答用户的询问。

5. 知识获取部分。扩充知识库的知识。

以上五个部分使专家系统具有一系列优良特性。

值得注意的是,现代信息处理技术的发展提出了对图象与信号的自动理解。图象理解系统即为计算机视觉。信号理解系统分前、后两个层次。前层次以单个模式为对象,处理离散有限状态;后层次就各离散状态之间的复杂关系作出推理和解释,达到理解的目的。可见,将信号处理、模式识别与专家系统三种技术综合起来,构成的将是更为理想的智能系统。

专家系统的应用有着广阔的前景,重要的是要使更多的各科学技术领域的专家熟悉它的基本概念和方法,在知识获取、知识表达等基本问题上与知识工程师密切合作,共同开发各种不同领域的专家系统。同时,让各个可以使用专家系统来解决和进行决策的机构和部门,能了解它的性能和作用,以接受这种计算机技术发展带来的最新成果。为此,我们选择了英国 Strathclyde 学院 Jim Alty 教授和 Mike Coombs 博士所著的《专家系统——概念和实例》一书并翻译出来,作为已有许多专著的一个补充献给读者。

由于专家系统是一门新技术,许多专用名词的译法尚待推敲和商榷,故书中错误或不妥之处在所难免,望读者批评指正,谨在此预致谢意。

本书第1、2章由史习智译,第3、7、8、9章由王本颜译,第4、5、6章由樊兆勳译。全书由史习智校对。

1987年8月上 海

序

本书意在填补当前有关专家系统指导文献中的空白。目前大多数有关专家系统的书都是学术交流性质的，通常都汇集了一些限于较窄研究领域文章。这对已经精通该领域的研究人员来说，固然很有价值，但是对只要求了解有限的应用，而又不熟悉人工智能及有关研究领域的读者来说，上述书籍未必能向他们提供一个适当的综合性介绍。

本书是为计算机专业人员(或信息技术的學生)而写，他们需要较详细的综合论述，以便能对有关的课题作出明确的评判，而又不为特殊的研究问题分散注意力。本书以非学术性的风格，不参照教材本身，而对基本概念及其应用按顺序逐步作深入连续的论述。书的末尾，提供一份参考文献目录，以便读者进一步查阅他们感兴趣的出版物。按标题，此书分两部份：第1部份——基本概念，第2部份——专家系统应用实例。

第1部份论述与专家系统发展密切相关的表达和控制的基本问题。其中第1章作为第2、3章中的形式论述的桥梁，利用传统数据处理的实例以非形式的方法叙述表达和控制问题，并通过谓词演算和产生式系统指出对新产生问题的解决办法。第2章论证了形式推理的尝试。在该章中虽然用得着某些形式逻辑的知识，但仍希望先前不曾接触过逻辑学的读者能抓住要点。该章着重介绍了在发展自动化的推理系统中所处的困境，而推理系统正是使得许多研究人员能用域相关的控制结构解决问题。第3章介绍了一些有用的表达技术，如框架和语义网络，使

不熟悉 LISP 语言的读者对有关语言知识有点起码的了解。

第 2 部份从第 4 章开始,按照其基本的控制结构和知识库,对现有的专家系统进行了分类。这种分类方法确定了随后四章的排列次序。第 5 章讨论在推理中使用不确定证据的系统——MYCIN 和 PROSPECTOR。内容上突出了产生式系统的用处及其在提供解释能力方面的实用性。第 6 章介绍 INTERNIST 和 CASNET。前者为说明一个基于集合论概念的非产生式系统方法,后者利用因果知识。

第 7 章以叙述 DENDRALS(启发式和元)为主,这些系统是最早成功的专家系统,并至今仍处于使用和扩展之中。两个系统都以很大的搜索空间工作,并用‘计划产生试验’方法逐步地减少空间。DENDRAL 系统的成功推动了人工智能中专家系统领域的全面发展。第 7 章以 R1 和 MOLGEN 为例讨论了抽取技术的应用。R1 是现今大型计算机制造商每天都少不了要使用的,它用于配置计算机系统。MOLGEN 则涉及设计分子遗传学的试验。

第 9 章又回头讨论第 2 章中所提到的有关逻辑推理自动化的问题。利用 Skolem 函数、从句形式和分解技术,说明如何求得解,特别是 PROLOG 语言是如何发展的。该章以简要讨论专家系统研究中已有的出版物作为结束。

本书期望把专家系统的专门知识压缩为结构紧凑而简明扼要的文章,其中包括专家系统方法论的要点及其在实际问题上的应用。要达到这个目的是不容易的。因此,与同类书相比叙述上有不及的地方,希望读者能谅解笔者在兼简洁及综合性方面顾此失彼所造成的不足。

目 录

译者前言

序

第1部分 基本概念

第1章 传统的数据处理方法和专家系统..... 1

1.1 引言 1

1.2 表达问题 1

1.3 知识的表达 4

1.4 传统方法 8

1.5 类别、关系和规则的可选表示方法.....13

1.6 一种可选控制结构——产生式系统14

1.7 控制结构和域相关18

1.8 传统方法的其它限制19

1.9 下一步的工作22

第2章 谓词演算和逻辑推理基础.....24

2.1 引言24

2.2 谓词演算和知识的表达26

2.3 逻辑推理31

2.4 谓词演算作知识处理的问题37

第3章 表达和控制的计算方法.....40

3.1 转换为知识库系统40

3.2 LISP——一种知识库系统的编程语言43

3.3 域知识的表达47

3.4	控制问题	63
第2部分 专家系统应用实例		
第4章	专家系统和专家问题解算机	71
4.1	知识库解题	71
4.2	专家系统的分类	75
第5章	不确定证据的处理——MYCIN 和 PROSPECTOR	
5.1	引言	79
5.2	MYCIN(EMYCIN) 概述	80
5.3	PROSPECTOR 概述	88
5.4	结论	100
第6章	诊断的相联和因果方法——INTERNIST 和 CASNET	102
6.1	引言	102
6.2	INTERNIST研究计划	103
6.3	CASNET	111
第7章	通过分解因子减小大的搜索空间的方法——启 发式 DENDRAL 和元-DENDRAL.	118
7.1	处理大的搜索空间	118
7.2	应用任务	119
7.3	启发式 DENDRAL	123
7.4	元-DENDRAL	128
第8章	用抽取处理庞大的搜索空间——RI 和 MOLGEN	132
8.1	搜索空间中的描述层次	132
8.2	RI	134
8.3	RI 结论	140
8.4	MOLGEN	140

8.5	MOLGEN 结论	154
第 9 章	专家系统的新发展	155
9.1	谓词逻辑的自动化	155
9.2	谓词逻辑的优点	167
9.3	专家系统的发展	169
参考文献		

第1部份

基 本 概 念

第1章 传统的数据处理方法和专家系统

1.1 引言

专家系统起源于传统的数据处理方法，它们是不不断改进和扩充人类信息处理某些方面自动化的结果。为了完成这项任务，需要在一个计算机系统中描述数据的性质和处理过程。

1.2 表达问题

当一台数字计算机把一个输入符号序列变换为一个输出序列，可用的基本变换是非常有限的，这在电子学中已作了定义。这时，如果我们把符号序列看作为典型的二进制数，基本变换能把两个序列相加、相减、右移、左移以及比较两个序列是否相同。

计算机工作并不具备应有的知识，它只是模仿我们所理解的现实世界中的运算。在此用“模仿”一词是商定的。任何一个熟悉计算机运算的人都知道这实际上仅是真实运算的一种近似。例如，设计中考虑的是把序列存入固定长度的单元（常称为字）里。而实际运算上并不存在这种界限，所以，序列超出字长的变换在计算机中会导致意外的结果。

只有人为地将输入序列以适当的格式表示而又能正确解释输出序列时，基本变换才有效。可见问题的实质是表达，为此必须定义一个输入计算机符号序列的有效表达形式，使计算机能

明确我们所要表达的内容,我们也必须定义基本变换,使计算机对符号的变换具有明确的意义。只有做到了这一点,才能理解输出符号序列。此外,还必须确定一种把我们所要求进行的一系列变换(即程序)通知计算机的表达方法。程序就是由一系列基本运算所组成的序列,它模仿我们所理解的实际信息处理活动,这些处理活动以往都在我们头脑中进行。因此,程序的构成就是实现了对知识的自动处理。

一旦定义了基本运算,就能选择运算序列以表达更高级的运算。例如,加或减的原语序列能表示两个数相乘或相除。这种综合过程一直继续下去以提供更高级的函数,诸如平方根、指数函数和三角函数等。最后,定义符号序列的集合,以便能用高级语言编程。在高级语言中还定义了一些有实用意义的结构,以有助于表示希望自动作知识处理的部分。

对于这些序列,也可以规定另外一些解释。编码方法把字母符号表示为专用符号,选用不同的码可使字母的二进制位结构方式具有按顺序的数字解释,使我们能抓住表达中字母序列的实质。同样,也可以定义其它高级函数表处理字符串,例如连接、比较串是否相等、字母排序以及选择序列部份等。

因此,无论对要处理的数据还是对要进行的一系列运算,确定了适当的表达方法,就能作传统的数据处理了。重要的是要认识到选取表达方法至关重要。最后,确定哪种类型的知识处理能自动化。随着传统数据处理方法的进化,表达方案中的不完善之处变得显而易见了。数据库管理系统方面最近的积极活动,正是对表示辅助存储数据方法中的不完善之处所作出的反应。数据库系统是数据之间逻辑连接的一种高级表达方法,相关方法和网络方法就是解决这些问题的不同尝试。

当我们打算对更多的人脑推理活动用机器来实现,传统表

达技术（我们所用的编程语言）中的许多问题就不能回避了。例如，在专家进行知识处理所依靠的巨大信息存贮器中，有些信息可能是不完整，它们以许多不同的形式表示。而我们对专家怎样挑选、综合和变换初始数据的处理过程了解得很少。如果希望这部份工作自动化，必须描述出专家探讨问题和解决问题所用方法的基本特性。要妥善处理这类问题，传统的表达技术已经不能胜任，正由于表达方法上的限制，我们可能无法前进了。为此，人工智能研究人员对表达问题作了多年的研究。在这一章中，我们从头论证知识表达问题，并初步介绍一些来自人工智能研究中的某些新方法。

1.3 知识的表达

人类所具有的知识包罗了他们所生活的整个世界。这些知识中，有些相当普及，为大多数人所知晓和分享，诸如驾驶汽车或进餐的知识；另有一些更为专门化的知识，被认为属于专家们所掌握。然而，不论知识的性质如何，从信息的观点来看，总可以分为关于世界的多种事实（即客观事物间的分类和关系）、处理事实的方法和规则，以及什么时候如何使用方法和规则等几类，并以此对信息加以描述。

通常把对象分类后归并入不同类别。如 Peter, John, Ann 和 Fred 想象为对象，并把他（她）们指定为不同类别的“个体”。Peter、John 和 Fred 归类为“阳性”，而 Ann 为“阴性”。分类的一个明显优点是易于输入存贮器，因为只需要知道一类个体的特性而无需深究单个事物。我们也可定义类别之间或单个事物之间的关系，如定义关系“manages(A, B)”，表示 B 由 A 来管理。这种关系的例子是

manages(peter, john)

manages(john, ann)
manages(ann, fred)

意思是 Peter-John-Ann-Fred 的一个记录结构(另一种关系)。以上是相同对象之间的关系的例子, 同样也可定义不同对象之间的关系, 例如, “owns(peter, car)”。有关对象及其相互间关系的知识不仅使我们能对它们加以分类, 并把它们彼此联系起来。

第二种型式的知识——规则说明如何从尚未分类的对象推断一个类别或一种关系的新的例子。例如, 如果定义关系为 “reports-to (B, A)”, 意为 B 向 A 报告(或者通过其他经理), 其规则可说成是

reports-to (C, A) is TRUE

IF EITHER manages (A, C) is TRUE

OR manages(A, B) AND manages(B, C) are TRUE

这个规则很有限, 只能用于第一级或第二级报告。但是, 在该约束中能产生先前可能不知道的 “reports-to” 关系的新例。例如, 这个规则使我们能推断出 “reports-to(ann, peter)” 和 “reports to(fred, john)” 是 TRUE(真)。因为以上规则的两级定义是简单的, 不能用于推断 “reports-to(fred, -peter)” 是 TRUE(真)。因此需要一个更进一步的包含递归的规则

reports-to(C, A) is TRUE

IF EITHER manages (A, C) is TRUE

OR manages(A, B) is TRUE

AND reports-to(C, B) is TRUE

该递归规则的第一部份处理直接报告, 第二部份处理间接报告。

如果提问问题 “reports-to(john, peter)?”, 那么规则的第

一个“IF”部份成立，对问题回答以“TRUE”。如果提问问题“reports-to(fred, peter)?”处理就更为复杂。表 1.1 说明在以上规则的应用中所包含的处理问题。

表 1.1 Reports-to 的例子

Question	EITHER part	OR part	New Question
reports-to (fred, peter)?	manages (peter, fred)? false	manages (peter, B)? true B = john	reports-to (fred, john)?
reports-to (fred, john)?	manages (john, fred)? false	manages (john, B)? true B ~ ann	reports-to (fred, ann)?
reports-to (fred, ann)?	manages (ann, fred) true		

Therefore reports-to(fred, ann) is TRUE

So reports-to(fred, john) is TRUE

So reports-to(fred, peter) is TRUE which answers the question

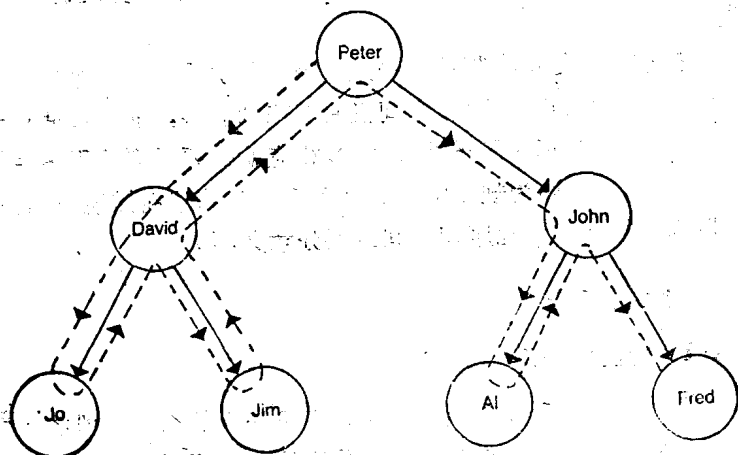
表中左起第一列表示最初的问题；第二列详述了规则的 EITHER 部份的估价；第三列详述了规则的 OR 部份的估价。OR 部份只是在 EITHER 部份失效的情况下才起作用，该部份的估价总是造成随后的询问，然后变成一个有待回答的新问题。

注意用“reports-to”的递归处理。虽然规则本身是十分简单而又易理解，但处理是一个相当复杂的过程。在计算术语中，一个规则实质上只是个单一过程。

当然，表达某些知识处理需要一组非常复杂的规则，专家们倾向使用一些非专家所不理解的规则或方法。专家自己往往也不真正了解他作出一个判断的实际过程。

至此为止,我们已介绍了两个要素——事实和规则。知识处理的第三个要素是控制结构,即决定使用各种规则的方式。控制结构主要是作出下一步采用什么规则的决策。在实际情况下,往往需要用很多规则,因此有许多不同形式的控制结构。规则可按顺序取用,也可能需要一些规则子集,选用其中的某些规则(这可看作为高级规则或无规则)。一个规则在供选择的情况下,选择依据哪种手法也是一个控制结构问题。例如,表1.1中规则的处理回答问题只有一种可能的通路。而正常情况下,一个管理分级结构有各种通路,示于图11。

在某些点上面临选择时,需要有一个由控制结构确定的一致方法来选择通路。显然,各种一致方法都可供选择(第3章中较详细地讨论了对该问题的解决方法),但是解决问题的最明显方法是先沿着树的最左侧分枝导向问题的解决或到达分枝末端为止再沿原路回到选择点,重新以同样的方法检验另一个分枝。如



“深度优先”搜索