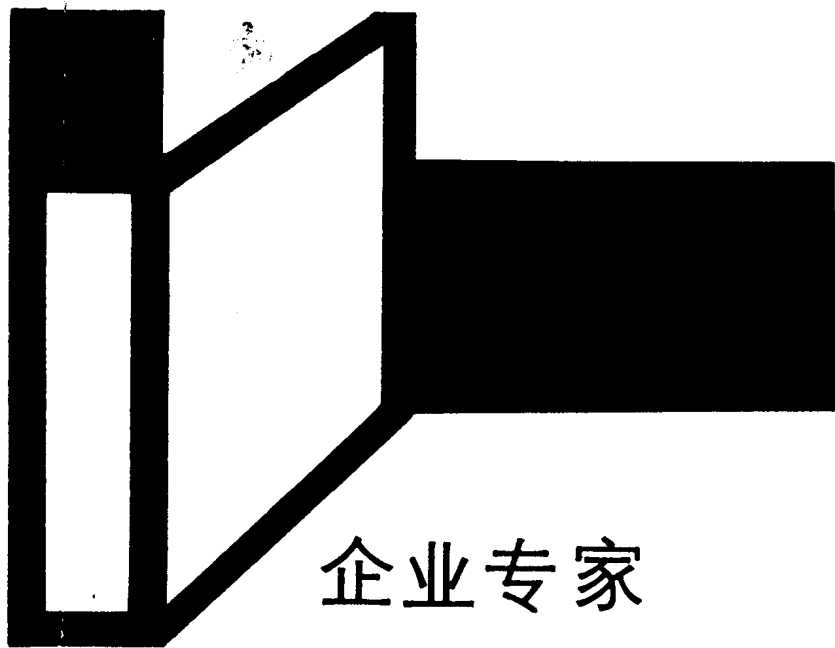




企业专家

系统的开发

田在勤 刘承庄 编译

成都电讯工程学院出版社

企业专家系统的开发

田在勤 刘承庄 编译

成都电讯工程学院出版社

1989 .

内 容 提 要

本书主要讲述在企业中开发专家系统的条件、原理、工具及其开发过程。着重介绍各种知识表示、知识推理的最新成就、最新技术。帮助读者将专家系统引入企业,促进企业兴旺发达。

全书共分十一章。内容包括:绪论;专家系统主要功能;专家系统框架;专家系统的基本原理;确定知识表示及确定推理;非确定知识表示及似真推理;模糊知识表示及近似推理;专家系统的软件环境;将专家系统引入企业;知识的获取及构造;支配专家系统进入企业的条件。

本书可作大学高年级学生及研究生教材,尤其是企、事业科技人员、企业家的必读之物。

企业专家系统的开发

田在勤 刘承庄

电讯工程学院出版社出版

成都市二十一中印刷厂印刷

四川省新华书店经销

开本 787×1092 1/32 印张9.625 字数 202千字

版次 1989年6月第一版 印次 1989年6月第一次印刷

印数 1—2400册

中国标准书号: ISBN 7-81016-141-5/TP·12

(15452·69) 定价:3.30元

目 录

序 言.....	(1)
第一章 绪论.....	(5)
1-1 从推理到专家系统	(5)
1-2 背景	(6)
1-3 对本书的一点说明	(9)
第二章 专家系统的主要功能.....	(11)
2-1 引言	(11)
2-2 背景	(12)
2-3 会话	(12)
2-4 维护	(20)
2-5 结论	(23)
第三章 专家系统框架：产生式系统.....	(25)
3-1 引言	(25)
3-2 产生式系统	(25)
3-3 知识表达	(28)
3-4 树	(30)
3-5 控制策略：深度优先搜索和宽度优先搜索	(34)
3-6 控制策略：启发式与评价函数	(37)
3-7 控制策略：回溯与不可挽回的策略	(40)
3-8 数据驱动与目标驱动产生式系统	(42)
3-9 结论	(44)
第四章 专家系统的基本原理.....	(45)
4-1 引言	(45)

4-2	命题逻辑	(46)
4-3	一阶逻辑	(51)
4-4	推理机	(54)
4-5	模式匹配	(55)
4-5-1	基于命题逻辑的推理机	(55)
4-5-2	基于一阶逻辑的推理机	(58)
4-6	规则的执行	(64)
4-7	专家系统中控制策略简述	(65)
4-8	限制期	(68)
4-9	选择期	(70)
4-9-1	一条或多条规则可应用	(70)
4-9-2	无可应用规则	(71)
4-10	限制或选择	(71)
4-11	正向链接、反向链接	(72)
4-12	混合链接	(79)
4-13	结论	(83)
第五章	确定知识表示及确定推理	(84)
5-1	引言	(84)
5-2	获取知识	(84)
5-3	事实表示	(85)
5-4	规则表示	(95)
5-5	知识表示的通用性	(100)
5-6	语言	(103)
5-7	PROLOG	(106)
5-8	过程或说明	(110)
5-9	结论	(112)

第六章 非确定知识表示及似真推理	(113)
6-1 引言.....	(113)
6-2 贝叶斯概率方法.....	(115)
6-2-1 规则的组合.....	(118)
6-2-2 不确定性证据.....	(120)
6-3 确定性理论.....	(121)
6-3-1 不确定性证据.....	(122)
6-3-2 证据的组合.....	(125)
6-4 主观贝叶斯方法.....	(126)
6-5 Dempster和shafer 理论的推理方法	(129)
6-6 KAS中使用的方法	(133)
6-7 结论.....	(138)
第七章 模糊知识表示及近似推理	(140)
7-1 引言.....	(140)
7-1-1 改变证据组合的拓扑结构.....	(141)
7-1-2 范畴理论.....	(143)
7-1-3 模糊最优化.....	(146)
7-2 模糊集合.....	(152)
7-2-1 模糊性.....	(152)
7-2-2 多孔结构.....	(154)
7-2-3 模糊集是函数.....	(156)
7-2-4 模糊子集代数.....	(159)
7-2-5 模糊数和Sorites 问题	(166)
7-2-6 模糊集的范畴.....	(168)
7-3 模糊知识表示.....	(173)
7-3-1 产生式规则是模糊集间的关系.....	(173)

7-3-2	产生式规则中的语言变量·····	(177)
7-3-3	用模糊关系表示知识·····	(179)
7-4	近似推理·····	(186)
7-4-1	推理规则·····	(187)
7-4-2	什么是真实? 相容性·····	(191)
7-4-3	知识图是模糊专家系统的模型·····	(193)
7-4-4	真实的答案·····	(199)
7-4-5	值询问·····	(202)
7-4-6	变量询问·····	(205)
7-5	决策支持系统中的模糊知识及近似推理···	(207)
7-5-1	决策中的判断和信息·····	(208)
7-5-2	定性询问·····	(211)
7-5-3	数字数据库和语言的询问·····	(213)
7-5-4	策略路径·····	(216)
7-5-5	用动态增强模型规划和预测·····	(219)
7-5-6	可伸缩程序设计中的回溯·····	(225)
7-6	专家管理系统中的模糊性和近似推理·····	(227)
7-7	结论·····	(232)
第八章	专家系统的软件环境: 开发和操作工具·····	(234)
8-1	引言·····	(234)
8-2	专家系统外壳的总体结构·····	(234)
8-3	编辑器·····	(236)
8-4	开发状态、工作状态及其实用程序·····	(239)
8-5	跟踪程序·····	(241)
8-6	开发机和学习模块·····	(248)
8-7	知识获取和开发工具·····	(251)

8-8	结论	(253)
第九章	将专家系统引入企业	(254)
9-1	引言	(254)
9-2	对决策者的简要指导	(254)
9-3	专家系统能做什么	(257)
9-4	专家系统要做什么	(260)
9-5	选择什么样的系统	(262)
9-5-1	与应用有关的准则	(263)
9-5-2	与机构有关的准则	(265)
9-5-3	与资源有关的准则	(266)
9-5-4	与最终使用有关的准则	(266)
9-6	结论	(268)
第十章	知识获取与知识构造	(269)
10-1	引言	(269)
10-2	知识获取的各个阶段	(270)
10-3	问题确定	(273)
10-3-1	将由系统完成的任务	(273)
10-3-2	人员确定	(275)
10-3-3	最终目标和系统用户	(276)
10-3-4	资源确定	(276)
10-4	知识构造	(277)
10-5	系统结构和模型建立	(279)
10-6	样机和系统竣工	(280)
10-7	知识工程师	(282)
10-8	结论	(285)
第十一章	支配专家系统进入企业的条件	(286)

11-1	引言	(286)
11-2	赢得支持	(287)
11-3	可行性研究	(289)
11-4	实现	(290)
11-5	对企业的冲击	(292)
11-5-1	对生产的冲击	(293)
11-5-2	对组织机构的冲击	(294)
11-5-3	人的问题	(295)
11-6	结论	(297)
参考资料		(298)

序 言

自计算机问世以来，如何使其变得更聪明是计算机领域面临的一个重要问题。从传统形式上看，一当要执行某一重复性的工作，如数值相加、矩阵求逆，甚至求方程式的解，为其定义了明确的算法、进行存储、计算或排序，每个人都知道可以把这些工作交给计算机去干。

算法的概念隐含了预先定义一些确定性操作，并将它们顺序地、固定地组织在一起。这就是传统的计算机程序设计。显然，这种类型的程序不能处理推理路径是可变的问题，也不能处理预先未予规定的情况。

很久以来，人们都认为人类在直觉推理和定性推理方面的能力是机器所不能企及的。人工智能对此作出了相反的回答。我们得感谢人工智能，它认为人类能做的事，机器也能做，这种观点正在传播，并逐渐为更多的人所接受。

这个思想看上去有点雄心勃勃，但它确是该领域研究者的目标。当然，我们还未达到目标。事实上，人工智能的许多领域都还未能达到在工业上实用的程度。实用是检验新理论、新技术的标准，也是推动和提高生产力的主要动力。

人工智能的研究，一方面涉及专家系统、问题求解、机器人控制、智能数据库查询和软件工程（智能程序设计环境的设计）；研究的另一方面是模式识别，它涉及到语言理解与合成、图像处理与机器人视觉，在这方面有希望获得迅速进展；最后，我们不能忘记基础研究，包括知识表达、认知模拟和自然语言理解。

当历史学家评定本世纪的技术时，专家系统在名单上会理所当然地列在高位。专家系统（即模拟人类专家推理的软件系统）属于具有集中知识的机器一类。按照它的理论，智能意味着外部环境模型在计算机里的内部化，从而能有意识的活动。现代哲学家认为，生命的延续意味着将外部环境转换为内部环境；文化在开始时，代表一个完整的外部环境，最后被那些充分发挥聪明才智的人变成了内部环境；精神生活就是从外部到内部的运动等等。系统论者和控制论者对智能的看法也完全一致。最近数学家在研究称为 TOPOS 的智力结构中，也得出同样的结论。专家系统方法就是这方面的一个步骤。知识内部化后，机器就变成了“类人”或具有了“类理性”。

对专家系统的研究有四个方面。实用专家系统，其先驱者中首推医疗专家系统 MYCIN 和 CASNET，矿物资源勘探专家系统 PROSPECTOR，自然语言分析系统 HEARSAY-III 等。至于它在军事上的应用，由于手头缺乏这方面的资料，我们将不提及。然而，的确有一些系统已在各种防御应用中实现。例如，美国国防部就是到目前为止专家系统最大的主要用户。

第二方面是用于开发专家系统的外壳。所谓外壳，即是为了变成专家系统而作好接收知识准备的完整软件系统。第一代外壳有 EMYCIN、KAS、OPS 5、AGE 和 EXPERT 等。第二代包括 ART、SI、CRL 和 KEE 等。新近的一些典型有 ALOUETTE、MP-LRO、ARGUMENT、INSIGHT INTELLIGENCE SERVICE 等。

第三方面是开发专家系统的工作站（也称前端机）。工

工作站的概念已为人们接受。其原因有二：其一，接口需要处理人-机对话和实际知识输入；其二，需要象使用其它语言一样，高效、快速地支持 LISP 或 PROLOG 语言。在工作站领域包括 ZEROX、TEKTRONIX、HP9000 系列及 VAXS 等。

第四方面是开发专家系统的专用机。在历史上“LISP 机”这一术语用来表示具有 LISP 语言处理器和微程序化 LISP 函数的计算机。真正专用 LISP 处理器具有指令集接近 LISP 语言本身的语元。这样的处理器更多甚至全部高度集成化。第一部真正的 LISP 机是 SYMBOLICS，它的竞争者是 L.M.I. LAMBDA 机。

不要忘记，专家系统领域是全新的、待开发的领域。这一看法在研究人员，包括设计者在内都是一致的。无需怀疑，在未来某个时候，设计专家系统的思想和方法将会成熟和稳定。然而，当期望由市场作出合理的取消和给出裁决时，各种新的思想就会不断冒出。但必须强调，它们中的任何一个系统能否得到大量的推广应用，取决于获得可观的用户支持并击败竞争对手，以使人们信服。

本书仅叙述专家系统，因此它将不涉及人工智能的其它方面。即使在这样的限制下，对主题的讨论仍可从多方面进行。一是，目前该领域的研究正在各高等院校、研究机构加紧进行，新的思想、新的系统不断涌现；其二：国外一些公司和实验室正在或即将推销它们的新产品。

必须从研究观点和用户观点来讨论问题，兼顾两者。在以商品为主的社会中，无论是理论研究还是工程设计都是为了出产品，尤其要成为真正的商品。这就要求研究者了解社

会需求，掌握市场变化信息，熟悉开发领域的技术知识和问题。从技术角度讲，工科类大学生和研究生应是这样的实干家。用户是产品的需求者，了解、熟悉和掌握产品的用途、技术指标、工作原理、价格以及对提高管理决策和生产率的效果都是他们不可推御的职责。企业是专家系统应用的潜在大用户，因此，在开发专家系统或购买专家系统工具之前，企业的决策者、工程师和管理人员必须了解专家系统或工具的机制、功能及其潜力。

必须说明一点，不管对专家系统的看法如何，在企业中的实际应用都很少。很难解释清楚为什么完成的和正在测试的系统数目与实际上运行的系统数目之间不一致。在我们看来，这是基于两个原因。一是，事先未对企业中工作的特点和信息的性质加以仔细研究。二是，对于专家系统的引入方式和它们所起的作用缺乏准备。

本书对象是大学生、研究生，特别是决策者、管理人员、工程师以及那些相信专家系统能帮助完成复杂工作的人们。对于在本人工作领域有一定经验，并希望深化自己经验使其更加适用，以及与他人交流的人们，本书同样适用。

如果企业管理者们在读了本书之后，意识到了任务的困难性，打算克服这些困难，并能够将其企业引入专家系统时代；如果大学生或研究生们在读了本书之后，体会到了开发企业专家系统的实际难度，克服自己理论和实践知识的不足，把专家系统这一高科技技术引入企业，使其专家系统化；那么，就达到了我们出版本书的目的。在此，向未来的读者致以谢意。

第一章 绪 论

1-1 从推理到专家系统

人工智能研究的基本目的之一就是要用机器再现人的推理能力。因此，首要的任务是要搞清人是如何推理的，这显然不是易事。

下棋者的推理方式与企业经理关于生产一个新产品的推理是不一样的。小孩在桌上玩积木游戏时，并未意识到搭金字塔时的推理的复杂性。然而，要使一机器人做同样的事，却需要编写庞大繁杂的计算机程序。

推理和考虑复杂情况的方式有很多。只要粗略地了解一下推理的主要模式就可以证明这一点。有两个基本的推理模式：

- 演绎：通过检查规则的前提，如果满足则由此规则得到结论。

- 归纳：从部分观察产生规则。

这两种主要推理类型，可为分解的方式（将推理分解成子模块以便于处理），也可为合成的方式（将分离的元素集合起来）。

对接近相似的情况进行比较，把参考情况中的值赋予当前正在研讨情况中的某未知参数，这种推理叫类比。其中，也要用到归纳。

如上所述，如果推理的形式很多，那么实现这些推理的

方法也不少。迭代，是指重复进行同一推理序列直到一结束条件成立；递归，是一种特殊的推理形式，自己调用自己，通过这样不断调用，直到将问题分解成基本的、简单得能够直接解决为止。推理策略需要专门知识，减少谬误，消除不希望的通路和缩小差别。

总之，知识的层次组织和问题的分割是经常用来解决复杂问题的常用手段。

赋予专家系统的功能是推理。这里，我们定义专家系统为：能够再现人类推理能力的计算机程序。

在人工智能中，最恼人的问题是模拟未明确说明的直觉性推理，它通常被认为是简单的常识。反之，模拟专家的推理却较之模拟玩积木游戏的小孩的推理容易，因为专家的推理是形式化的或可以形式化的，这就是为什么大多数有趣的研究结果都是模拟专家的工作而得到的，这也是我们要讨论的问题。后面将介绍如何采用合适的方法表达知识，才能使机器的行为达到专家水平。

我们将把重点放在专家系统在企业中的应用，即在管理、决策、财政或经济分析中的应用。

本书不讨论专家系统与机器人控制、生产管理、计算机辅助设计的关系。

1-2 背景

一般认为，人工智能诞生于1956年达特莫斯（Dartmouth）会议。会上，纽厄尔（Newell），肖（Shaw）和西蒙（Simon）公布了他们的证明逻辑命题的程序——逻辑理论家（Logic theorist）。同年，麦卡锡（McCarthy）

创造了“人工智能”一词。第二年又出现了第一个基于命题逻辑的定理证明程序——通用问题求解器。设计者是纽厄尔、肖和西蒙（1959年~1960年）。

从1960年到1970年的十年间，人工智能的基本原理都是围绕树结构的研究建立的。同时，也出现了目前所用的问题求解器和专家系统的思想。纽厄尔和西蒙在1972年，及尼尔森（Nilsson）在1971年先后发表的综述报告标志着这一阶段的结束。目前在专家系统程序中所使用的树结构研究的主要方法都是在那时形成的。但研究者的实际工作集中在那些容易描述，解决起来却很复杂的问题上，例如，下国际象棋和证明数学定理。在这些领域中，程序仍大大不及最优秀的专家。但是，专家系统的主要应用领域，即非精确定义的问题，它们涉及大量规则和事实，但具有有限的策略复杂性，对这样一些问题，除了一个例外，都还未得到彻底解决。研究人员最初考虑的问题，是待求问题易于表达，其中每个事物都是已知的、确定的，并且已建立起了一棵既深又可能宽的树结构。

从企业看，至少先有两点与上面所述概念相距甚远。即在企业中，没有简单事物，确定性的知识稀少。因此，研究与应用之间仍存在着很大的差距。

上面我们提到的一个例外是DENDRAL系统程序，它是在布坎南（Buchanan）的领导下于六十年代中期设计的。该程序是根据质谱来确定分子的结构，如图1-1所示的例子。

在系统DENDRAL中，规则和事实是确定的，其数量相当大。DENDRAL是为计算机科学以外的专业人员建立的第一个程序。

在七十年代，人们的研究从程序和搜索策略转移到了知

识的本质。许多学科的研究人员（计算机科学、心理学、哲学和数学），都开始探讨知识的组成问题。这很自然地将他们的注意力引向复杂形式的知识表示问题上，即那些不精确的、难定义的、隐含的知识上，换句话讲，就是人们的常识上。

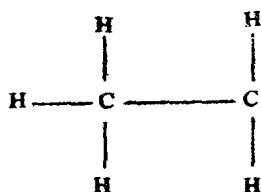


图 1-1

程序设计工具和知识分析相互呼应，结合DENDRAL的成功，导致了在1975年~1980年中专家系统的出现。

这个时期第一个也是最著名的一个专家系统名叫MYCIN，它是由绍特里夫(Shortliffe)在斯坦福大学设计的。它是一个医疗诊断专家系统。该系统首先考虑了不精确知识。后来，杜达(Duda)和哈特(Hart)设计出类似的系统，名叫PROSPECTOR。

MYCIN和PROSPECTOR的性能达到了专家水平，得到了专家们的认可。它们的成功导致了当今的专家系统热。于是，元老系统就让位于一些可以销售的系统。尽管它们仅仅代替了很小一部份市场，但这也使我们从历史的背景中走出来，进入本书的主题。

关于对人工智能作出贡献的程序设计语言，有一点需要说明。麦卡锡在1959年设计出了LISP语言，第一个LISP