

中国计算机学会学术著作丛书

思维模拟与知识工程

路耀华 著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

思维模拟与知识工程的研究在理论上和应用上都有重要的意义,这是当前计算机科学的研究与发展中的重大课题。

本书从思维模拟角度介绍与探讨了知识工程。书中首先介绍了思维科学、人工智能与知识工程的基本概念、概况及基本方法;其次较全面地介绍了国内外著名学者的学术观点、学术思想及近年的一些研究成果,对于思维与模拟、人工智能中的两大学派、国内外五代机的研究情况等也作了一些论述;最后,对于知识工程领域的研究现状、研究重点、当前存在的主要问题及今后的发展方向等问题,作了一些介绍与探索。

本书可作为人工智能、思维科学、认知心理学、知识工程、智能计算机等领域的科技工作者及研究人员的参考书,也可作为本科生及研究生有关专业的教材。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

思维模拟与知识工程/路耀华著. —北京:清华大学出版社,1997.6
(中国计算机学会学术著作丛书)

ISBN 7-302-02527-4

. 思... . 路... . 智能模拟 知识工程 .TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 10269 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编:100084)

印刷者:国防工业出版社印刷厂

发行者:新华书店总店北京科技发行所

开本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:300千字

版次:1997年9月第1版 1997年9月第1次印刷

书号:ISBN 7-302-02527-4/TP·1281

印数:0001~2000

定价:16.00元

清华大学出版社 广西科学技术出版社
计算机学术著作出版基金

评审委员会

主任委员 张效祥

副主任委员 汪成为 唐泽圣

委 员 王鼎兴 杨芙清 李三立 施伯乐 徐家福
夏培肃 董韫美 黄 健 焦金生

出 版 说 明

近年来,随着微电子和计算机技术渗透到各个技术领域,人类正在进入一个技术迅猛发展的新时期。这个新时期的主要标志是计算机和信息处理的广泛应用。计算机在改造传统产业,实现管理自动化,促进新兴产业的发展等方面都起着重要作用,它在现代化建设中的战略地位愈来愈明显。计算机科学与其它学科的交叉又产生了许多新学科,推动着科学技术向更广阔的领域发展,正在对人类社会产生深远的影响。

科学技术是第一生产力。计算机科学技术是我国高科技领域的一个重要方面。为了推动我国计算机科学及产业的发展,促进学术交流,使科研成果尽快转化为生产力,清华大学出版社与广西科学技术出版社联合设立了“计算机学术著作基金”,旨在支持和鼓励科技人员,撰写高水平的学术著作,以反映和推广我国在这一领域的最新成果。

计算机学术著作出版基金资助出版的著作范围包括:有重要理论价值或重要应用价值的学术专著;计算机学科前沿探索的论著;推动计算机技术及产业发展的专著;与计算机有关的交叉学科的论著;有较大应用价值的工具书;世界名著的优秀翻译作品。凡经作者本人申请,计算机学术著作出版基金评审委员会评审通过的著作,将由该基金资助出版,出版社将努力做好出版工作。

基金还支持两社列选的国家高科技重点图书和国家教委重点图书规划中计算机学科领域的学术著作的出版。为了做好选题工作,出版社特邀请“中国计算机学会”、“中国中文信息学会”帮助做好组织有关学术著作丛书的列选工作。

热诚希望得到广大计算机界同仁的支持和帮助。

清华大学出版社
广西科学技术出版社

计算机学术著作出版基金办公室

1992年4月

序 言

计算机是当代发展最为迅猛的科学技术,其应用几乎已深入到人类社会活动和生活的一切领域,大大提高了社会生产力,引起了经济结构、社会结构和生活方式的深刻变化和变革,是最为活跃的生产力之一。计算机本身在国际范围内已成为年产值达 2500 亿美元的巨大产业,国际竞争异常剧烈,预计到本世纪末将发展为世界第一大产业。计算机科技具有极大的综合性质,与众多科学技术相交叉而反过来又渗入更多的科学技术,促进它们的发展。计算机科技内容十分丰富,学科分支生长尤为迅速,日新月异,层出不穷。因此在我国计算机科技尚比较落后的情况下,加强计算机科技的传播实为当务之急。

中国计算机学会一直把出版图书刊物作为学术活动的重要内容之一。我国计算机专家学者通过科学实践,做出了大量成果,积累了丰富经验与学识。他们有撰写著作的很大积极性,但相当时期以来计算机学术著作由于印数不多,出版往往遇到不少困难,专业性越强越有深度的著作,出版难度越大。最近清华大学出版社与广西科学技术出版社为促进我国计算机科学技术及产业的发展,推动计算机科技著作的出版工作,特设立“计算机学术著作出版基金”,以支持我国计算机科技工作者撰写高水平的学术著作,并将资助出版的著作列为中国计算机学会的学术著作丛书。我们十分重视这件事,并已把它列为学会本届理事会的工作要点之一。我们希望这一系列丛书能对传播学术成果、交流学术思想、促进科技转化为生产力起到良好作用,能对我国计算机科技发展具有有益的导向意义,也希望我国广大学会会员和计算机科技工作者,包括海外工作和学习的神州学人们能积极投稿,出好这一系列丛书。

中国计算机学会

1992年4月20日

前 言

人工智能(Artificial Intelligence, 简称 AI)、能源技术和空间技术被称为本世纪三大尖端技术。AI 是其中的核心技术, 被誉为下一世纪的带头学科。各国对 AI 的研究极为重视, 纷纷投入了大量的人力和财力。谁能首先掌握 AI, 谁就能在下一世纪的竞争中赢得胜利。

AI 的研究有三个重要领域, 这就是专家系统(Expert System, 简称 ES)、自然语言理解与智能机器人。这三方面的研究无一不是为了模拟思维决策或智能行为。AI 研究半个多世纪以来, 如 50 年代模拟视神经的感知器、60 年代的直接推断、70 年代的知识表达、80 年代的机器学习, 都是为了模拟人脑思维和智能行为以提高计算机的“智力”。因而, 思维与智能行为的模拟便是 AI 领域中自始至终进行研究的根本问题。

本书是从思维模拟角度来论述知识工程。鉴于目前国内外尚难以见到此类书, 笔者在多年工作的基础上编写了此书(系国家博士点基金资助项目)。

本书前三章对知识工程作了简介, 其中包括知识工程的含义、发展、特点、应用及其核心问题, 如知识的表示、利用、获取, 知识型系统的接口、建造及工具等。

第四、五两章首先介绍了 AI 中的两大学派; 按联想存取信息的远大前途; 对人脑的感受、贮存、判断、想象机制的模拟。此外, 对计算机能否思维? 思维模拟有无界限等问题也作了一些分析和探讨。然后对国际上围绕研制知识型系统的不同观点的争论, 研制五代机的国内外进展, 及加强思维科学基础理论的研究以推动 AI 与知识工程的发展等问题, 也作了一些论述。

第六、七两章主要从机器识别、自然语言理解、知识获取、单源知识及单线推理等角度, 分析与阐明了当前知识工程存在的主要问题; 也简单介绍了 AI 的卓越领导人马文·明斯基教授, 以及他的关于电脑音乐的“音乐蜘蛛”思维理论对 ES 与 AI 发展的贡献。最后, 从思维模拟的角度, 按研制 ES 的各个方面, 分析和探索了知识工程的发展方向。

限于笔者水平, 书稿虽经多次修改, 仍难免差错, 敬请同行前辈及朋友们批评指正。

书中部分内容引用了国内外专家、学者的一些研究成果, 在此深表感谢。

在本书的撰写和出版过程中, 笔者曾得到北京大学的杨芙清院士、中科院软件所的董韫美院士、数学所的陆汝铃教授、电工所的江云教授、清华大学的石纯一教授及吉林大学的管纪文、徐立本、庞云阶、姜云飞等教授的热心指导和帮助, 在此一并表示最衷心的感谢。

路耀华

1996 年 8 月于长春

目 录

前 言

第一章 知识工程概述	1
1.1 知识工程的含义	1
1.2 知识工程的产生和发展	2
1.3 知识工程的特点	6
1.4 知识工程的应用	9
第二章 知识工程的核心问题	18
2.1 知识的表示	18
2.2 知识的利用	31
2.3 知识的获取	40
2.3.1 知识获取的概念及概况	40
2.3.2 知识获取的步骤	41
2.3.3 自动获取知识	44
第三章 知识型系统的建造	47
3.1 建造知识型系统的原则	47
3.2 知识型系统的建造过程	50
3.2.1 任务识别	50
3.2.2 确定系统总体设计思想及结构模式	50
3.2.3 知识获取	50
3.2.4 系统的建造及模型的完善	54
3.3 一个简单的专家系统实例的设计	57
3.3.1 知识库	57
3.3.2 数据库	60
3.3.3 推理机构	61
3.3.4 解释系统	65
3.3.5 知识获取	68
3.4 建造知识型系统的工具	69
3.4.1 概述	69
3.4.2 骨架系统	69
3.4.3 通用程序设计语言	71
3.4.4 专家系统工具的使用	73
3.5 知识型系统的人机接口	77

3.5.1	图形图象处理	77
3.5.2	语音处理	79
3.5.3	自然语言处理	81
第四章	思维与模拟	84
4.1	思维模拟的发展概况.....	84
4.2	人脑结构与功能.....	86
4.3	人工智能中的两大学派.....	87
4.3.1	思维即计算——符号主义学派(逻辑思维的模拟)	87
4.3.2	连结主义学派(形象思维的模拟)	88
4.4	思维功能之模拟.....	90
4.4.1	感受机制的模拟——“鬼域”模式识别系统	90
4.4.2	贮存机制的模拟——产生式系统	91
4.4.3	判断机制的模拟——常识推理网络	92
4.4.4	想象机制的模拟——自学习联想智能数据库机	97
4.5	计算机能否思维?	99
4.5.1	思维机械化——机器“思维”的曙光	99
4.5.2	60年代初人工智能乐天派的四项研究目标	99
4.5.3	四色问题——计算机对人类智能的挑战.....	100
4.5.4	“会思考”的计算机与电脑棋手“沉思”的进展.....	100
4.5.5	图灵、申农和里德的机器“思维”准则	101
4.5.6	计算机能否思维? 思维模拟有无界限?	102
第五章	加强思维科学研究, 推动知识工程发展	105
5.1	国际上围绕研制知识型系统的论争	105
5.2	思维科学是知识工程和智能机的重要理论基础	106
5.2.1	欧共体、日、美等国研制五代机的计划.....	106
5.2.2	国外研制五代机的进展情况.....	111
5.2.3	国内研制五代机的进展情况.....	119
5.2.4	智能机“思维”与人脑思维.....	119
5.2.5	关于思维科学及其内部组成	120
5.2.6	思维科学是智能机研制的理论基础.....	121
5.3	用思维科学指导人工智能的深入发展	123
5.3.1	信息处理与人工智能.....	123
5.3.2	模式识别与人工神经网络(形象思维的模拟)	125
5.3.3	生成语法学派(信息传递)与形象思维.....	127
5.3.4	计算代替思考(符号逻辑)——现代人工智能的新思想.....	127
5.3.5	思维模式与电脑模拟人脑.....	128
第六章	当前知识工程存在的主要问题.....	131
6.1	庞杂的人类知识系统难于处理	131

6.1.1	机器识别——类比联想的模拟.....	131
6.1.2	自然语言理解.....	132
6.1.3	思维的模糊性及模糊现象的研究.....	134
6.1.4	处理随时间变化的数据和知识.....	137
6.1.5	自身知识不适用或不充分的问题.....	138
6.1.6	多路联想机制的探索.....	138
6.2	难以处理的交叉学科课题	139
6.2.1	知识获取的困难——智能与联想网络的探索.....	139
6.2.2	多路联想和并行推理的探索.....	139
6.2.3	加强对人脑思维机制的研究.....	140
6.2.4	计算机的“智力”与模糊数学.....	140
第七章	推动知识工程向更高阶段发展.....	142
7.1	知识工程向前发展的基本方向	142
7.1.1	知识系统的大型化——基于联想的智能信息系统.....	142
7.1.2	知识获取的自动化.....	142
7.1.3	深层模型的研究.....	143
7.1.4	将时间空间纳入系统.....	143
7.2	知识表示与思维模拟	144
7.2.1	向经验学习的系统.....	144
7.2.2	元知识在实例中的使用.....	158
7.2.3	用符号方法和人工神经网络表达知识.....	161
7.3	知识工程要向多路推理发展	164
7.3.1	基于联想的多路联想类比推理.....	164
7.3.2	并行推理.....	165
7.3.3	非单调逻辑的常识推理.....	165
7.4	知识工程要向综合的通用专家系统发展	165
7.4.1	专家系统群.....	165
7.4.2	百科知识处理系统.....	166
7.5	精确知识与模糊知识相结合的专家系统	166
7.5.1	模糊集的基本概念——二值逻辑思维方式的突破.....	166
7.5.2	模糊逻辑——非标准逻辑思维的模拟.....	167
7.5.3	模糊语言——语言理解智能的模拟.....	171
7.5.4	模糊推理——人类求解问题思维方式的模拟.....	175
7.5.5	模糊专家系统——模糊性思维决策的模拟.....	181
参考文献	185

知识工程概述

1.1 知识工程的含义

知识工程(Knowledge Engineering) 所谓知识工程是以知识本身为处理对象,研究如何使用人工智能(Artificial Intelligence)的原理和方法来设计、构造和维护知识型系统的一门学科,与设计、构造和维护知识型系统有关的理论技术、方法和工具都是知识工程的研究内容。

无疑,知识工程是人工智能的应用分支,目前国内外的学者对“知识工程”的含义进行了扩充,例如对知识型系统的考虑范围已超出专家的经验性知识,它还包括了一些理性知识、元知识及专门领域的基本原理。

此外,更值得重视的是知识工程与专家系统的差异。知识工程是为了构造出高性能的知识系统,而专家系统仅仅是知识系统的一种类型。知识系统所包含的知识范围无论是从深度以及广度都远远超过目前专家系统所包含的知识。显然知识系统的问题求解的范围和能力也就更强。知识工程在用人工智能技术来设计、构造知识系统的同时,也研究人工智能本身的问题,如知识表示、推理、知识获取以及机器学习等。知识工程技术形成了智能计算机的核心技术。

我们认为,知识工程的研究范围应包括以下几个方面:基础理论研究、实用技术的开发、知识型系统的工具的研究。

基础理论研究是指知识工程中的基本理论和方法的研究。例如关于知识的本质和应用的研究,关于知识的表示、推理、获取和学习方法的研究,关于认知模型的研究等。

实用开发技术的研究主要是为了解决在建立知识系统过程中遇到的技术问题。它的研究范围应该包含:实用知识表示方法,实用知识获取技术,实用知识推理方法,知识库结构系统,知识系统体系结构,知识库管理技术,知识型系统之调试与评估技术,实用解释技术,实用接口技术等等。

建立知识型系统的工具的研究的目的是为了给系统的开发提供良好的环境和工具,以提高系统研制的质量和缩短系统的研制周期。它的研究内容主要有:知识工程语言、知识获取工具,骨架工具系统,知识库管理工具(包括知识库性能测试工具、知识库维护、知识库操作语言等),接口设计工具,解释工具以及综合工具等等。

1.2 知识工程的产生和发展

所谓知识型系统是模拟各个领域专家或人们的行为(如自然语言理解系统、机器视觉系统)。专家系统是知识型系统的一个子类,但习惯上常将专家系统和知识型系统两词混用,不作区分。我们先来介绍“知识型系统”与“知识工程”的联系。知识工程的概念产生于70年代中期,当时知识型系统已获得相当多的成就,但在方法论上尚感不足,需将它的建造提到工程的高度来认识。人工智能的创始人之一、美国的J·麦卡锡(J. McCarthy)提出了“认识论工程”,其目的是企图概括建立系统的技术及方法。以后,英国人工智能的开创者D·米米基(D. Michie)又提出“知识工程”,将原来的含义又进行了扩充。在1977年,美国著名人工智能专家E·A·费根鲍姆(E. A. Feigenbaum)在第五届国际人工智能会议上以“人工智能的艺术、知识工程的课题及实例研究”为题对“知识工程”作了较为系统的论述,此后,知识工程这个名称便为学术界所公认。

下面简单地谈谈关于知识型系统的历史背景及其发展过程。

人工智能,在当前被人们称为世界三大尖端技术之一,由此可见其重要性。三大尖端技术,指空间技术、能源技术和人工智能。我们知道,前三次工业革命只是对人类体力劳动的替代。第一次工业革命是指以纺织机械的改革为先锋的机器大量代替手工劳动。第二次工业革命是动力革命,是指用蒸汽机代替体力劳动。第三次工业革命使社会进入了电力时代。这就是说前三次工业革命的主要特点是以机器代替体力,增强了人手的功能。而第四次工业革命即新技术革命,是对人类智力劳动的替代,是要代替和增强人脑的功能。

当前所进行的革命,在我国被称为新技术革命,而在欧洲与日本称之为第四次工业革命,美国则称它为“第三次浪潮”。他们将农业的出现看成是第一次浪潮,使人类从渔猎生活进入长达数千年的农业社会。第二次浪潮使人类进入了经历约三百年的工业社会。第三次浪潮,是将人类推向新的信息社会。前苏联则将这次新技术革命称为第二次文化革命,他们认为第一次文化革命是文字的发明,它使人类从原始的蒙昧无知进入到具有知识的文明社会。而第二次文化革命,是使人类获得体外的第二智能,即人工智能。事实上,只有人工智能和微处理机的出现才是新技术革命到来的唯一标志。正如有些科学家所预言的:谁掌握人工智能,谁就能征服世界。

人工智能 所谓人工智能,是研究人类智能活动的规律,构造具有一定智能行为的人工系统。人工智能研究的近期目标是:研究如何使用计算机去完成以往需要人的智力才能胜任的工作。所以人工智能是计算机科学的一个重要分支。它经历了近30年的发展,已初步形成自己的理论和技术体系。人工智能的研究是从所谓问题求解开始的,早期的问题是从智力难题、奕棋、简单数学定理证明等起步的。例如1955年A·L·塞缪尔(A. L. Samuel)设计了一个下棋程序,随着逐渐完善和学习性能的提高,四年后它就战胜了设计者,又过三年,此程序战胜了美国一个保持八年之久的常胜不败的世界冠军。这项工作对于机器的学习机能,进行了有效的探索。

人工智能的近期目标,主要是研究用计算机软硬件系统来模拟人类某些智能行为的基本理论、方法和技术。

人工智能的远期研究目标是:探讨智能的基本机理,研究如何用各种自动机来模拟人的某些思维过程和智能行为。这是在思维科学的指导下,通过对传统的计算机的软、硬件的结构改造,不断提高系统的思维模拟水平。人工智能的技术是从人的智能行为(如感知、学习、创造、语言等)中模仿得出的,它涉及心理学、逻辑学、语言学、哲学等等几乎是自然科学和社会科学的所有学科,其范围已远远超出了计算机科学的范畴。故从远期目标看,人工智能不应该局限于计算机科学范畴。人工智能与思维科学的关系是实践和理论的关系,人工智能处于思维科学的技术应用层次,是思维科学的应用分支。

目前,人工智能还仅仅以实现推理为目标,关于学习和联想的机能还处于研究阶段。因此,在当前解决较复杂的实际问题中,人工智能的理论和方法,主要还是以“专家系统”(Expert System)的形式得到实际应用。智能机的核心技术即专家系统。

所谓专家系统,即是一个智能程序系统,系统内部拥有大量专家水平的专门领域知识与经验,它对于某些重要问题能给出专家水平的解答。与人工智能发展初期的求解系统相比较,专家系统具有下面几个特征:一般说来,知识型系统所要解决的问题是需要专家来决定的复杂的实际问题,多数是困难的专业任务;此外,知识型系统所要探索的,是实际应用问题而不是理论性或原理性探索;还有一点,系统的运行是根据具体问题的特点去选取合理的手段,即合理的知识的表示和应用的方法。在此,并不要求对于问题的普遍适用的推理和方法。

知识型系统的形成和发展大致分以下三个阶段:

孕育期(1965年以前):

通过大量的实践,人工智能的专家们发现,要想应用人工智能的方法和技术去解决一些复杂的实际问题,就需要用到专门领域中的专门知识。在此基础上,美国斯坦福大学的E·A·费根鲍姆等人在1965年研制了世界上第一个专家系统,即DENDRAL系统。这个系统是将一般问题求解方法与专家的专门知识有效地结合起来解决实际问题的,从此,一个新的领域——专家系统从人工智能学科中诞生了。

形成期(1965年~1977年):

这一个时期的主要成就是研制了许多专门领域的专家系统,并由丰富的实践总结了一些经验,提出了一些方法和工具。比较有代表性的是由斯坦福大学的E·H·绍特里夫(E·H·Shortliffe)等人研制的MYCIN系统。这是一个用于传染病治疗咨询系统,由于它的性能好、功能强而获得许多医学专家的好评。在地质勘探方面有斯坦福国际研究所研制的PROSPECTOR系统。在国内,吉林大学、浙江大学、中科院数学所和计算所、清华大学、南京大学、武汉大学等许多单位在专家系统的开发和研究方面都做了大量的工作。已研制成的有石油专家系统、数学专家系统、天气预报专家系统、物理专家系统、化学专家系统、生物专家系统,此外,还有在农业、军事和教育等方面的专家系统。

在研制工具开发方面,国内外学者也取得了一些成绩,最出色的工作应首推R·戴维斯(R·Davis)的知识获取工具TEIRESIAS。

1977年,E·A·费根鲍姆在第五届国际人工智能会议上作的特邀报告对1977年以前各国学者在专家系统方面作的工作做了全面的总结,并论述了知识工程的概念,说明知识工程已成为人工智能领域中一个很活跃的子领域。此报告对知识型系统的发展起了极

大的推动作用。

发展期(1978 年至今):

对这个阶段的概况主要从基本理论方法的研究、系统的开发和系统工具的研究几方面来做些简单的介绍。

1. 知识型系统理论与方法之探索

在知识表示方面,除了对早期的一些表示方法(如问题的状态空间表示法、逻辑表示法等)作了进一步的发展,又开发了一些新的表示方法,还有一些是原表示法之综合应用。如功能表示法、面向对象的表示法以及各种非规范逻辑表示法,如模糊逻辑、模态逻辑、过程逻辑、缺值逻辑、内省逻辑等,此外,还有知识表示语言、知识表示系统的研究。对于知识型系统中的专门知识和一般常识,常用的表示方法还有:过程表示、语义网络、产生式系统、类比表示、框架表示等。

在推理方面,许多学者精心研究了不确定性推理、并行推理、归纳推理、定性推理、分类学推理等。对于不确定性推理尤为重视,有两位学者将不确定性方法分为三种:

其中工程方法和控制方法是在构造系统时避开和减少不确定性的影响,预测对系统产生影响的不确定因素,并在形式化过程中设法消除这种影响。工程方法是通过相关性假设和完备性假设来消除这种影响的;控制方法用来消除不确定因素的方法有相关性制导的回溯、机缘控制、启发式搜索以及最小冒险规划等。

还有一种方法是并行确定性推理方法。此种方法是将推理过程分为两个过程,其中一个过程按没有不确定性那样处理,另一个过程是用来确定由前一过程所得结论的确定程度。为了确定这种程度,这个方法又被分为三类。第一类是可信度方法,如 MYCIN 中的确定性因子模型,PROSPECTOR 中的 BAYES 模型,可能性理论等等。第二类是推理维持方法,此法专用于处理由不完备知识所引起的不确定性。在并行推理的策略基础上,其第一个推理是以相信假设命题为基础的,第二个过程中,如果假设错误,则撤回假设。第三类是由 P·R·科恩(P.R.Cohen)于 1983 年提出的注记理论,它用非数字信息来处理不确定性;其主要思想是:对不确定因素进行明显的标记,然后经对可信假设和不可信假设的注记、注记的排序及传播的分析,利用启发式知识消除不确定性。

在系统结构方面,M·斯蒂芬克(M.Stefik)等人在“专家系统组织导论”一文中对现有专家系统之组织原理和方法分了 12 种情况进行了较为详尽的论述,在此仅对常被提及的几种结构简要介绍。

元知识系统结构:所谓元知识的概念是由 R·戴维斯(R.Davis)在 1976 年提出的,但至今尚无统一的定义。一般地讲,元知识即知识的知识;换句话说,对于知识库中的由知识建立的规则,元知识不仅能回答条件和结论是什么,而且能回答为什么和怎样用。关于元知识的较详细的论述和使用方法请参阅本书第五章的 5.3 节。

多推理机结构:它是指具有多个推理机的系统结构,各个推理机之间以松耦合方式协调配合。

多知识表示结构:指在该系统中,同时用了多种知识表示形式。

多层系统结构:它是 P·H·哈特(P.E.Hart)于 1980 年提出的,包括深层、浅层两层系统。系统缺乏原理性知识,即不能说明它的表层知识是否正确,因为它只知其然而不知

其所以然。深层模型由一个偏微分方程组来描述,在此,深层知识是方程组,是用来求解问题的理论知识。深、浅推理模型分开,若表层推理失败,则再用深层推理模型,用搜索技术对较深之搜索空间进行生成测试以求出问题的解。

分布式系统结构:通俗地讲,就是由多个较小规模的知识系统组成,每一个知识系统称为一个处理节点,它们只具有部分描述整个问题的状态数据或部分领域知识,或两者均不完全。多数采用“黑板”结构。此种结构的优点是使用灵活,反应速度快,可靠性强,所以也降低了解决问题的成本。

除了上述几方面外,对于知识获取、解释及用户接口等也都是研制系统的重要方面。近年来国内外学者在这些方面也作了许多有益的尝试。在知识获取方面,已形成下面几种方法:

机器归纳:这是利用归纳算法从大量实例中归纳出规则,目前仅能得出简单的规则,尚存在大量问题需研究。如需要人去组成构成规则的描述空间,得到的规则缺乏灵活性,需经历长期的试验,得出的规则常常是太复杂和难以理解,等等。

非正式会谈:获取专家知识的一种重要途径是口头备忘录。

学习系统:有多种方式,如从实例中学习、类比学习、示教学习、机械学习等。

辅助工具:它可分成三类。一类是解释设施,利用它可对所用的规则进行分析和修改。另一类是知识库编辑程序和接口,可用以简化输入知识的任务、进行语法和部分语义检查以减少错误。再一类是知识库调试和求精系统,其中分辅助方式和自动方式两种。

2. 系统之开发日益广泛且正走向商品化

在开发初期,系统之开发仅限于数学、医学、物理等少数领域,主要是为了研究。目前系统的开发已几乎渗透到所有领域。D·A·沃特曼(D·A·Waterman)的《专家系统指南》一书给出了一份较为完整的专家系统名录。我们根据此材料介绍几个已商品化的系统。

ACE:这是贝尔实验室1983年开发的,用于查找电话网中的故障并提出修理建议之系统。用OPS 4和Franz Lisp实现。

SEQ:由斯坦福大学开发的,用于帮助生物学家进行多种核苷酸序列分析,用Lisp实现。

TIMM/TUNER:由通用研究公司(General Research Corporation)于1983年开发的,用于帮助用户调整VAX/VMS计算机系统,以适应常常变化之计算机环境。

MACSYMA:数学专家系统。

ISA:由数字设备公司(DEC)于1984年开发的,用于按目前及未来计算机设备的配备情况排定用户订购计算机系统之订单,用OPS 5实现。

3. 系统建造工具之研究

这一方面的研究成果突出,不仅数量多、种类广、功能强,并且也正在走向实用化和商品化。根据《专家系统指南》一书的介绍,被开发的工具总数已达95个,其中商品化的已有30个。

商品化的工具中,基于逻辑的语言有APES, DUCK, PROLOG等;基于框架的语言有KEE, SRL+等;系统建造辅助工具有EXPERT-EASE, ACLS, PICON, RULE MASTER等;基于规则的语言有ART, OPS 5, KES, PERSONAL CONSULTANT,

SAVOIR RADIAL 等;面向过程的语言有 COMMON Lisp, INTER Lisp 等;面向对象的语言有 FLAVORS, SMALLTALK-80 等等。

1.3 知识工程的特点

我们先来看一看能成为专家系统的一些特点。行为的质量当然应该是一个标志,不管任务完成得多快,如果判断错误或效果不好就不能用,例如,用计算机进行医疗诊断,判断结果错了,当然就无法用于治疗。此外,在有些场合下,执行的速度又显得很重要,例如在用电脑辅助进行侦破企图偷越国境的逃犯的案件中,如用计算机运行做出的判断不能抢在罪犯越出国境之前,那么,即使判断再正确,由于失去了有利时机,这项工作也就失去了意义。专家知识的另一个特点是常常集中在一个狭窄的专业化的领域内。例如,音乐领域的专家很可能不理解计算机领域的知识。就是说,一位专家可能只对狭窄的范围懂得很多很深,专门化与专家知识联系密切。虽然在知识型系统中强调了知识的专门化,但系统也能反应出一些一般的学问,例如,搞作曲的作曲家虽然只是按作曲法来作曲,但他们也会懂得一般演奏常识和演唱知识。对于知识型系统来说,解释能力无疑也是最重要的特性之一。一般应在专家所在学科领域的原理的基础上来构造知识型系统。

1. 系统能解决具有专家水平的问题

知识型系统最明显的特点之一是它所解答的问题应具有相当的难度和复杂度,就是说,系统应能解决具有专家水平的问题。但是太简单或太复杂的问题,如规则少于 10 条或超过 1 万条,对于系统的应用也是不合适的。此外,对于“广而浅”的领域,如通货膨胀率的预测,应用知识型系统就事倍功半,很难成功。因为:(1) 问题涉及因素太多,主要因素又不突出,因而导致数据的可靠性很差。(2) 由于涉及面太广,庞大的知识库会导致系统的效率降低,至使无法应用系统。(3) 对这类系统难做出系统的测试和评估。故知识型系统多数采用“深而窄”的领域。

2. 系统能快速地进行假设和搜索解答

系统能否被称为知识型系统不仅要看系统能否做出对问题的正确的解答,而且还需要考虑得到成功结果的方式。知识型系统应具有快速地进行合理假设的能力,并在大量前提中进行搜索时,能在每一步推理中尽快地排除许多不可能性,从而尽快地得出正确的解答。

目前已建立的所有知识型系统的重要特点是,每一步中可以覆盖大面积的高级宏移动。它们只要采用对某种问题产生杠杆作用的某种技术或某些算法,就可以使专家很容易地解决一般人要用复杂的计算才能解决的问题。

3. 系统能做出具有专家水平的解答

知识型系统具有启发性,它必须能应用专家的知识与经验进行推理和判断,因为在绝大多数场合下,工作都是靠推理而不是计算。例如对于医学、法律、地质、生物学等领域的咨询问题,都需要用推理的方法。系统应该能描述这些没有严格的数学模型,用从专家那里得到的规则和因果关系,对一些相当复杂的问题做出具有专家水平的解答。

例如绍特里夫(E.H.Shortliffe)的 MYCIN 系统,它是用于传染病的诊断与治疗的咨