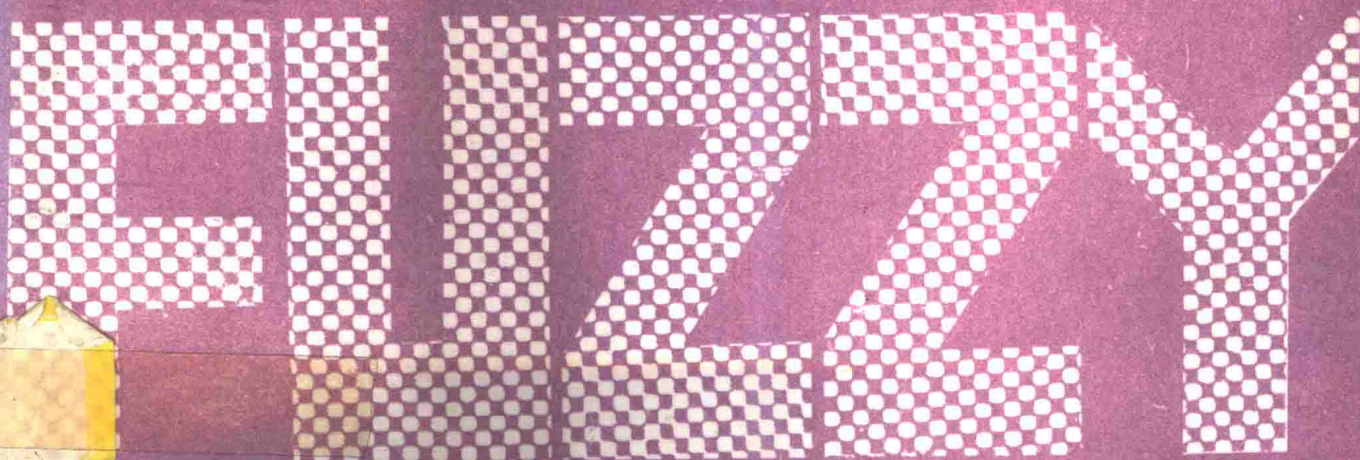


刘增良 主编

模糊技术与应用丛书

模糊专家系统 原理与设计

刘有才 刘增良 编著



北京航空航天大学出版社

模糊专家系统原理与设计

刘有才 刘增良 著

北京航空航天大学出版社

(京)新登字 166 号

内 容 简 介

本书在总结国内外同类研究成果的基础上,结合作者自己的研究成果与经验,全面系统地论述了模糊专家系统设计的原理与方法。内容包括:知识的模糊表达与模糊逻辑;模糊专家系统及其开发;模糊系统开发时环境与工具的选择;模糊专家系统开发的经验和实例;采用神经网络技术的模糊专家系统设计等。书中内容深入浅出,是一部实用的模糊专家系统研究与开发的论著。

本书是《模糊技术与应用丛书》之一。它适合于人工智能、专家系统、计算机、自动控制、企业管理和信息工程等专业的科技人员阅读,也可作为大学同类专业本科生及研究生的参考书及教材。

Abstract

This is a monograph about the principles and design of fuzzy expert systems. The topics covered include: the representation of uncertain knowledge in expert systems; fuzzy logic and fuzzy inference; the languages, shells and tools for designing a fuzzy expert systems; the experiences and examples of the design of fuzzy expert systems; the fuzzy expert systems based on the neural networks and etc.

This book is one of the "Fuzzy technologies and their applications" series. It provides a valuable reference resource for researchers and students in artificial intelligence, expert systems, computer science and automatic control, as well as for other researchers looking for methods to apply similar tools in their own designs of intelligent systems.

●书 名: 模糊专家系统原理与设计

MOHU ZHUANJIA XITONG YUANLI YU SHEJI

●编 著 者: 刘有才 刘增良

●责任编辑: 王小青

●出 版 者: 北京航空航天大学出版社(100083)

●印 刷 者: 北京朝阳科普印刷厂

●发 行: 新华书店总店科技发行所

●经 售: 北京航空航天大学出版社发行科

全国各地新华书店

●开 本: 787×1092 1/16

●印 张: 17.75

●字 数: 451 千字

●印 数: 5000 册

●版 次: 1995 年 3 月第 1 版

●印 次: 1995 年 3 月第 1 次印刷

●书 号: ISBN 7-81012-531-1/TP·140

●定 价: 18 元

序

模糊技术在日本、美国、德国等高技术发达国家正在热火朝天地研究开发着,各种模糊芯片、模糊推理板等模糊产品相继问世,标志着一种新兴的模糊技术产业正在形成。

模糊技术能在信息时代得到如此快速的发展,这是由于模糊理论为信息革命提供了新的富有魅力的数学工具与手段,有许多长处。

其一,模糊技术给出了一套表现自然语义的理论和方法,使自然语言能够转化成机器可以“理解”和接受的东西,提高机器的活性。模糊理论将谱写出一种新的信息论,它要研究信息内容和意义的翻译和传递。

其二,模糊技术给出了模糊逻辑和近似推理的理论和方法,用简捷的软、硬件可以使机器更“聪明”,智能化程度更高。已经实现的家电模糊控制产品和工业模糊控制系统等可证实这一点。

其三,模糊理论比一般数学理论应用面更广,除自然科学和工程技术领域外,它将为社会、经济、哲学、心理、教育、管理等人文学科提供数学描述的语言和工具,将有力地促进软科学的科学化、量化研究。

我国在模糊技术理论研究上享有很高的国际地位,开发应用也做了很多开创性的工作。只是在科技向产品转化这个关键环节上,我们的步伐显得有些缓慢,在国际竞争中面临着掉队的危险。《模糊技术与应用丛书》的编辑出版,用多本专著形式,分门别类地归纳总结了国内外模糊技术的研究成果和应用实例,详实地介绍了一系列模糊技术的工程应用方法和工程实现方法。这对推动我国模糊技术的传播与发展,对满足教学、科研与模糊产品开发的需要,对模糊技术的推广应用及产业化无疑是雪中送炭,必将产生积极的推动作用。

《模糊技术与应用丛书》名誉主编

王 浩

一九九四年三月于北京

前 言

模糊技术的研究开发目前正遇到了千载难逢的大好时机,国内外科技界、企业界和政府部门都特别关注着“模糊”领域。它既是一个学术热点,又是一个开发热点。

在自然科学、社会科学、工程技术的各个领域,都会涉及大量的模糊因素和模糊信息处理问题。模糊技术几乎渗透到了所有领域,列有模糊技术专题的较大型国际会议每年约有十多个。各种模糊技术成果和模糊产品也逐渐由实验室走向社会,有些已经取得了明显的社会效益和经济效益。象冶金、机械、石油、化工、电力、电子、轻工、能源、交通、医疗、卫生、农业、林业、地理、地质、水文、地震、气象、环保、建筑、行为科学、管理科学、法律、教育、军事科学等等,每个领域都有其成功的应用范例。比如:

●在软科学方面,模糊技术已用到了投资决策、企业效益评估、区域发展规划、经济宏观调控、中、长期市场模糊预测等领域。模糊理论将大大促进软科学的科学化、定量化研究。

●在地震科学方面,模糊技术已涉及到中长期地震预报、地震危险分析和潜在震源识别、地震灾害预测及减轻地震灾害对策等领域。

●在工业过程控制方面,已实现了冶金炉窑模糊控制、化工过程模糊控制、水泥窑、玻璃窑模糊控制等,模糊控制技术已经成为复杂系统控制的一种有效手段,大大拓宽了自动控制的应用范围。

●在家电行业,已经实现了模糊洗衣机、模糊空调器等 40 余种模糊家电产品,产生了巨大的社会效益。

●在人工智能与计算机高技术领域,已经出现了模糊推理机、模糊控制计算机、模糊专家系统、模糊数据库、模糊语音识别系统、图形文字模糊识别系统、模糊控制机器人等高技术产品,同时还出现了 F-prolog、Fuzzy-c 等语言系统。

●在航空航天及军事领域,模糊技术已用到了飞行器对接、C³I 指挥自动化系统等方面。

.....

特别是近几年,各种模糊芯片、模糊技术开发工具等模糊软、硬件产品相继出现,预示着一种新兴的模糊产业正在崛起。

随着改革开放和企业对高新技术的渴求,模糊技术正越来越多地被我国科技

人员和企业家所重视,大批科技人员开始了解并有意转向这一领域。高等院校,特别是工科院校开始在研究生、高年级大学生中开设有关模糊技术课程,企业界也希望能生产模糊产品,以求产品上档次。近几年来,模糊技术作为一项关键技术,已被列入国家和省市的多种攻关计划。1988年国家自然科学基金委员会作为重大基础研究项目,投资135万元支持了“模糊信息处理与机器智能”的研究,国内十几所高校和科研单位,数十名专家、教授、科技人员参加了这一研究工作,对推动我国模糊理论的系统研究起到了很大的作用。1994年国家经济贸易委员会作为国家技术开发项目专项投资上亿元开发模糊技术产品;国家技术监督局专门成立了模糊技术标准化工作组,制定各种模糊产品国家标准。这必将大大推进我国的模糊技术产业化进程。

为不失时机地推动模糊技术在我国传播与发展,满足高等院校、科研单位、工矿企业,教学、科研与产品开发的需要,在北京航空航天大学出版社的大力支持下,我们有意地组织了长期从事模糊技术研究开发的专家学者,编辑出版了这套《模糊技术与应用丛书》。

这套《丛书》将分门别类地归纳总结国内外模糊技术的理论成果和应用成果,重点介绍模糊技术的工程应用方法和工程实现方法。《丛书》的基本特点是:

1. 内容新。能及时反映模糊技术的最新研究成果。如模糊芯片、模糊推理板、模糊控制器、模糊洗衣机、模糊空调器、模糊技术开发工具等软、硬件成果。

2. 全面系统。《丛书》选题尽量覆盖模糊技术中的各活跃分支,并以通用方法为主。对已有应用的较成熟方法如模糊控制、模糊识别、模糊专家系统、模糊诊断、模糊信息处理、模糊数据库、模糊预测、决策与规划等都将专题论述。每本书重点论述一个专题,一种方法。全套《丛书》贯穿一线,形成一套完整的模糊技术的工程应用方法专著系列。

3. 深入浅出,突出应用。每本书重点明确,有理论有应用。在论述方式上,原理、理论深入浅出,方法、实现详细具体,注重理论联系实际,适应工科教学和工程技术人员阅读。

我们希望这套《丛书》能满足教学、科研和产品开发应用的需要,希望能对我国模糊技术的发展及推广应用起到积极的作用。同时,我们也希望您能加入模糊技术的研究开发行列,希望您的研究、开发及应用成果能编入《模糊技术与应用丛书》。

《模糊技术与应用丛书》主编

刘增良

一九九四年三月于北京



刘有才

作者简介

1948年10月生于河北,1975年12月毕业于北京航空航天大学1981年研究生毕业后,即致力于模糊数学及人工智能理论与应用的研究,在国内外共发表各类学术论文三十余篇。近几年来,围绕模糊逻辑与神经网络的结合研究和工程应用做了系列研究开发工作。已与刘增良合作出版的专著有《因素神经网络理论及实现策略研究》《因素神经网络理论及应用》等。

目 录

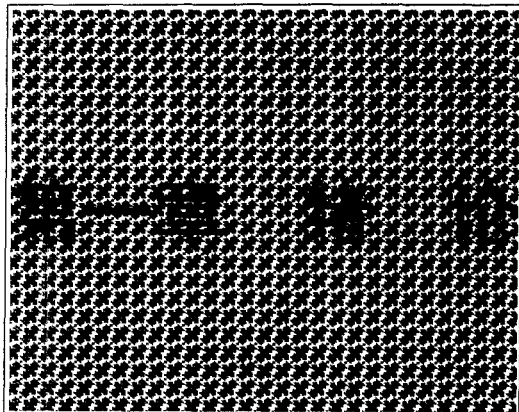
第一章 绪 论	(1)
1.1 人工智能与专家系统	(1)
1.2 专家系统的基本结构与功能	(3)
1.3 专家系统中的不确定性	(8)
1.4 现有专家系统中不确定性的几种主要处理方法	(9)
1.5 模糊专家系统	(11)
第二章 模糊不确定性信息表达与处理的数学基础	(15)
2.1 模糊集合理论的一些初步知识	(15)
2.1.1 普通集合与模糊集合	(15)
2.1.2 模糊集合上的运算及其性质	(18)
2.1.3 模糊关系与模糊等价关系	(21)
2.1.4 分解定理与表现定理	(23)
2.1.5 扩展原理	(25)
2.2 模糊统计与隶属函数的确定	(27)
2.2.1 确定隶属函数的一般方法	(27)
2.2.2 带确信度的德尔菲法	(29)
2.2.3 基于集值统计的模糊统计	(31)
2.2.4 二元对比排序法	(35)
2.2.5 综合加权法	(36)
2.2.6 可供选用的一些常用隶属函数	(37)
2.3 可能性分布与模糊测度	(43)
2.3.1 模糊限制与可能性分布	(43)
2.3.2 模糊集合的可能性测度	(46)
2.3.3 多元可能性分布	(48)
第三章 模糊专家系统中知识的表示方法	(53)
3.1 知识的特征及其分类	(53)
3.1.1 专家知识及其属性	(53)
3.1.2 专家系统中常用知识的种类及其特征	(54)
3.2 模糊性知识的规则表示	(56)

3.2.1 基本产生式系统	(56)
3.2.2 产生式规则表示法应用举例	(57)
3.2.3 模糊产生式系统与模糊产生式规则	(61)
3.2.4 模糊规则及模糊数据的具体表达方法	(62)
3.2.5 模糊产生式系统运行举例	(64)
3.3 模糊知识表达的框架方法	(69)
3.3.1 “静态”知识的框架表示	(69)
3.3.2 框架表示下的推理过程	(72)
3.3.3 基于模糊框架的模糊知识表示	(73)
3.4 模糊知识表达的语义网络方法	(74)
3.4.1 语义网络及其形式化描述	(74)
3.4.2 语义网络表示下的推理	(76)
3.4.3 模糊知识的语义网络表示方法	(77)
3.5 因素神经网络——一种新的模糊知识表示网络	(79)
3.5.1 用因素神经网络表示知识的基本考虑	(79)
3.5.2 因素神经网络与因素神经元	(80)
3.5.3 因素神经网络中模糊知识的表示方法	(85)
第四章 基于模糊技术的不确定性推理	(87)
4.1 现有专家系统中几种常用的不确定性推理模型	(87)
4.1.1 不确定性推理模型的基本结构	(88)
4.1.2 不确定性推理的主观 Bayes 模型	(89)
4.1.3 不确定性推理的确定性理论模型	(93)
4.1.4 不确定性推理的证据理论模型	(95)
4.2 模糊推理的基本概念和基本方法	(101)
4.2.1 模糊命题与模糊逻辑	(102)
4.2.2 模糊推理的基本模式和基本方法	(105)
4.2.3 带有模糊真值限定时的模糊推理方法	(110)
4.3 直接构造模糊关系矩阵的实用方法	(112)
4.3.1 假设分布形式的统计回归方法	(112)
4.3.2 概率及集值统计方法	(113)
4.3.3 用信息扩散模型处理模糊信息	(114)
4.4 多重多维蕴涵的模糊推理方法	(114)
4.4.1 多维模糊推理的一般方法	(115)
4.4.2 多重模糊推理的推理方法	(117)
4.4.3 多重多维模糊推理的推理方法	(119)

第五章 模糊专家系统设计与开发的一般方法	(121)
5.1 有关专家系统开发的几个基本问题	(121)
5.1.1 专家系统的基本特征是什么	(121)
5.1.2 谁需要专家系统	(122)
5.1.3 谁来开发专家系统	(124)
5.2 如何开发专家系统	(125)
5.2.1 专业领域及问题域的确认	(125)
5.2.2 系统的规划与设计	(129)
5.2.3 领域相关知识的获取	(130)
5.2.4 系统的实施	(131)
5.2.5 系统测试与评估	(131)
5.2.6 系统的长期完善与发展	(133)
5.3 模糊专家系统开发的难点与优势	(133)
5.4 关于模糊专家系统开发的几点建议	(134)
第六章 模糊专家系统开发工具及环境的选择	(139)
6.1 专家系统开发与专家系统开发工具	(139)
6.2 专家系统开发工具的选择	(141)
6.2.1 选择专家系统开发工具时需考虑的问题	(141)
6.2.2 专家系统开发工具的几项选择准则	(142)
6.2.3 已选用开发工具的测试与评价	(143)
6.3 一些可供选用的开发工具简介	(143)
6.3.1 可直接用于开发模糊专家系统的开发工具	(144)
6.3.2 可参考选用的几个专家系统开发工具	(146)
6.4 模糊专家系统开发工具 FRDS 简介	(158)
6.4.1 FRDS 的主要功能模块	(158)
6.4.2 FRDS 中图形编辑器的基本功能	(159)
6.4.3 FRDS 中编译器的基本功能	(160)
第七章 可用于模糊专家系统开发的知识处理语言	(163)
7.1 程序设计语言与知识处理语言	(163)
7.2 逻辑程序设计语言 Prolog	(164)
7.2.1 Prolog 语言简介	(164)
7.2.2 Prolog 语言的基本语法	(165)
7.2.3 Prolog 程序的执行与控制	(167)
7.2.4 Prolog 中的项与表	(173)
7.2.5 Prolog 中的内部谓词	(173)

7.2.6 Turbo-Prolog 简介	(176)
7.3 Prolog 语言模糊化研究	(177)
7.3.1 Fuzzy-Prolog 系统 XDFPS 的研制	(177)
7.3.2 f-Prolog 语言的一个实现框架	(184)
7.3.3 扩展 Prolog 语言而成的 EXTPOOL 语言	(189)
7.4 通用可能性模糊关系语言 PRUF	(194)
7.4.1 模糊命题及其翻译	(194)
7.4.2 PRUF 中的几个翻译规则	(196)
7.4.3 PRUF 中的模糊推理	(201)
7.4.4 模糊提问及解答过程	(204)
7.5 模糊逻辑语言 FLL-1	(206)
7.5.1 FLL-1 语言的语法和语义	(206)
7.5.2 FLL-1 语言的形式文法	(209)
7.5.3 FLL-1 语言的属性文法	(210)
第八章 模糊专家系统开发的实践及经验介绍	(217)
8.1 模糊产生式系统 FMUFL	(217)
8.1.1 FMUFL 的体系结构	(217)
8.1.2 FMUFL 中模糊集合的表示方法	(218)
8.1.3 FMUFL 中知识的表示模式	(219)
8.1.4 FMUFL 中的模糊匹配	(222)
8.1.5 FMUFL 中的模糊推理	(223)
8.1.6 FMUFL 中的冲突解决策略	(224)
8.1.7 FMUFL 中模糊产生式规则的执行	(226)
8.1.8 FMUFL 中的程序设计环境	(226)
8.1.9 FMUFL 运行的一个实例	(227)
8.2 梁式结构损伤状态评估专家系统 EDSBSES	(232)
8.2.1 EDSBSES 的体系结构	(232)
8.2.2 EDSBSES 的因素关系表	(232)
8.2.3 EDSBSES 中因素状态的模糊表达	(234)
8.2.4 EDSBSES 中的知识表达	(234)
8.2.5 EDSBSES 的知识库	(235)
8.2.6 EDSBSES 系统的推理过程及应用	(236)
8.3 证券投资模糊专家系统 IES	(237)
8.3.1 为什么要开发证券投资专家系统	(237)
8.3.2 IES 系统的主要功能	(238)
8.3.3 IES 系统中的模糊推理方法	(239)
8.3.4 IES 系统中的规则管理	(239)

8.3.5 IES 系统中的规则模拟	(240)
8.3.6 IES 系统中的学习功能	(241)
8.3.7 IES 系统的运用	(242)
第九章 基于神经网络的模糊专家系统	(243)
9.1 专家系统开发的“瓶颈”及神经网络技术的“引入”	(243)
9.1.1 专家系统开发的“瓶颈”	(243)
9.1.2 神经网络技术的“复兴”	(244)
9.2 采用神经网络技术的专家系统	(246)
9.2.1 采用神经网络技术的专家系统的一般功能与结构	(246)
9.2.2 能实现映射变换的三层前馈型 B-P 网络	(247)
9.2.3 能实现映射变换的三层 BM 网络	(250)
9.2.4 神经网络型专家系统中的模式存贮与联想记忆	(252)
9.2.5 可实现自联想记忆的 Hopfield 网络	(252)
9.2.6 双向联想存贮器及其功能	(255)
9.3 采用神经网络技术的模糊专家系统	(258)
9.3.1 前馈型模糊推理网络	(258)
9.3.2 模糊模式的联想存贮记忆	(260)
9.3.3 模糊双向联想记忆网络	(261)
第十章 结束语	(265)
参考文献	(267)



本章简要论述了专家系统发展的概况和趋势。在对专家系统中知识不确定性的各类处理方法进行综合性论述的基础上,说明了开发模糊专家系统的现实意义和广阔前景。

1.1 人工智能与专家系统

作为本书的绪言,也许首先应该谈一谈“什么是专家系统?”和“为什么需要开发各类专家系统?”。要回答这些问题,现在已不再是什么难题,因为作为人工智能领域中目前最为活跃的分支之一,已有各种类型的专家系统在许多专业领域获得成功,并带来了可观的经济效益,还有更多更完善的系统正在开发或计划开发之中。自 80 年代以来,美国已有 80% 以上的大公司应用了专家系统技术;日本已拥有的处于不同阶段的专家系统达 2000 多个;西欧各国专家系统的年增长率也在 30% 以上。在这种情况下,再过多地谈论我们为什么需要开发专家系统,显然已是多余的了。因此,我们改换一个角度,谈一谈专家系统何以能取得成功?

要讲清专家系统所以能取得成功的原因,我们还得从人工智能谈起。

希望透彻了解人类智能行为产生的机理并制造出能模拟人类智能行为的智能机器,一直是人类的一个美好的梦想。从世界各国古老的传说到近代持续不断地各种大胆地尝试,都表达着人类希望征服自然并最终“征服”自身的强烈的愿望。早期很多的尝试均失败了,但计算机的成功发明、运用和不断完善,使人们意识到人工智能有可能从梦想变为现实。因此,利用计算机模拟人类智能行为,进而设计制造出智能机器人,成为本世纪科学研究中最为活跃的一个领域。

在人工智能开发研究的初期,研究者们出于一种朴素的考虑,认为人工智能作为一门科学,也如同数学、物理那样,能够发现一些重大的和普遍适用的定理和规律,然后只须将这些定理和定律应用到各个领域,就可以解决各类智能问题了。于是,有不少人致力于寻求人类思维过程的统一规律并将其形式化。有人还制定了一个雄心勃勃的计划,要设计一套通用问题求解程序 GPS(General Problem Solver),试图以此解决大部分的智能问题。GPS 的开发者们把人类解决问题的过程描述为一个由问题的初始状态(即原始问题描述)出发,通过不断找出问题的初始状态或当前态与问题的目标状态(即问题的解的描述)之间的差异,并选择适当的操作不断缩小这个差异,直至达到目标状态的过程。这就是后来所称作的手段-目的分析法。

手段-目的分析法的提出为人工智能的发展起到了一定的历史作用,它指出了一条具有一

定普遍适用意义的解题途径,也成功地解决了一些智能型问题。但是,GPS 的进一步实用化却遇到了无法克服的困难。由于自然界千变万化,人类所面临的问题错综复杂,所以在现实生活中,人们解决各类不同问题的手法不可能相同。即使对同一问题或同一目的,试图只用一种或几种统一的模式和方法来描述人类解决问题的手段是相当困难的。自古我国就有“八仙过海,各显其能”的说法,国外也有“条条大道通罗马”的名句。因此,普遍适用的“模式”发展下去势必很难行得通。

如果我们仔细观察和分析人类解决问题的过程和方法,很容易发现,人们解决问题不仅需要一定的策略,更需要有一定的技巧和知识,包括常识性知识和专门性知识在内。各专门领域中的专家们之所以能成为专家,其主要原因在于他们拥有大量的专门知识,特别是那些他们通过长期实践摸索出来的鲜为人知的经验性知识。因此,在一个模拟人类求解问题的程序中,不能没有知识,特别是能处理难解问题或不良结构问题的知识。完善的知识系统加上合适的推理手段,才有可能构成一个有效的智能系统。

70 年代中期以来,专家系统的成功研制和开发打破了人工智能领域的沉闷空气,使一度处于低谷的人工智能研究又重新获得了生机。专家系统将人类专家的知识 and 经验以知识库的形式存入计算机,并模仿人类专家解决问题的推理方式和思维过程,运用这些知识和经验对现实中的问题作出判断和决策。许多成功的专家系统已经汇聚了当代人类一些特定领域中最先进的科技成果和专门知识;其应用范围也已包括了,从在医院里为病人诊治疾病到对核电站中发生的故障进行自动判别,从集成电路的自动化设计到在家庭中作为家庭教师教育孩子等广阔领域。专家系统的成功应用其意义不仅在于它减轻了人类专家的重复性脑力劳动,使专家的知识 and 经验得到推广和保存,其潜在的功能和潜在的巨大经济效益,也使人们开始意识到它的广阔前景。

回顾和分析人工智能和专家系统研究和发展的历史,我们有充足的理由相信,下面两点对专家系统的成功研制起了重要的作用:

一是 H. A. Simon 等人在模拟智力难题求解和几何定理证明等实践中抽象出来的,以启发式搜索为基础的问题求解方法,也包括他们的通用问题求解程序 GPS 在内。这些早期的人工智能研究成果为建立专家系统提供了包括手段-目的分析法、约束满足法、最佳优先法等在内的一整套问题求解方法和策略。它们以其具有通用性的特点,已成为专家系统中问题求解的策略和框架。

二是 E. A. Feigenbaum 等人在对专家解决问题的方式进行了大量研究之后,提出利用问题领域的特殊知识来模拟专家进行推理,并成功地开发出 MYCIN 等早期系统。MYCIN 等早期专家系统的成功激发和鼓舞了其它专家系统的开发,以致使专家系统成为人工智能领域中最活跃的一个分支。

当然,专家系统能获得如此飞速的发展还有一个重要原因,就是它满足了人们目前对人工智能最迫切的需要。因为从一定意义上说,人类对于自身行为机理,特别是其智能行为机理,至今还所知甚少。人类智能行为机理的解密,涉及到脑科学、神经生理学、认知心理学、细胞生物学、分子生物学、人类语言学以及行为科学等一系列学科的深入研究,其成功尚需时日。在现有的条件下,利用仿生、模拟及模型化的方法制造出能满足实用要求的智能机器人和智能机,也不是一两天就能办到的,其成功更需时日。作为当务之急,不是让机器去完成那些普通人均可

完成的工作,而是迫切需要有一批具有一定领域专家级水平的“智能机器”,帮助人们解决一般人不能解决的一系列“难题”。出于这种商业性的或实用性的考虑,也使专家系统很受欢迎。

专家系统的出现标志着人工智能开始走向应用化阶段,它的成功应用吸引着越来越多的研究人员进入这一领域。由于专家系统成功地开发需要各方面专家和科技人员的密切合作,特别是各专业领域专家的密切配合;因此,尽快普及有关专家系统的知识,使各专业领域的专家均能对专家系统的原理和开发过程有所了解,以便合作或独立开发出各自领域的专家系统。这是专家系统进一步发展的一个重要方面,也是我们在立意写本书时的一个指导思想。不过,需要说明,本书不是有关专家系统原理与设计的全面的论述,有关专家系统基础知识的论著和教科书,读者很容易找到;本书着重论述的是专家系统中具有不确定性的知识的处理方法和过程,特别是基于模糊技术的专家系统的原理与设计,以使读者对模糊专家系统的原理和开发过程能有一个概括的了解,并能进一步去研究和开发模糊专家系统。

1.2 专家系统的基本结构与功能

尽管专家系统已经在很多领域得到了实际的应用,并已被各领域专家认可,但是,究竟什么是专家系统,至今尚没有一个为人们普遍接受的确切的定义。有一种意见认为:专家系统是一个使用知识和推理的智能计算机程序,它要解决人类专家都很难解决的一些问题;这些知识加上推理必须达到这样的水平,即可被认为是某一特定领域中最佳实践者的专家模型;专家系统中的知识由事实和启发式信息构成,其实事构成了一个广为共享且为专家们认可的信息体,而其启发式信息则是一些颇具个性、鲜为人知的判断规则(如似然推理的规则、优化猜测的规则等),正是这些规则构成了其特定领域中专家水平级决策的特征;一个专家系统的性能水平是它所具有的知识库的大小和能力的一个函数。

另有一种意见则认为:专家系统是一个具有知识库和具体计算机的系统,其知识库中的知识来自于某领域中专家的技能;它能对某一任务提出聪明的建议或智能的决策;另外,它还能判断自己的推理路线并以简明易懂的方式告诉询问者;它常采用基于规则的程序设计。

还有一种意见认为:专家系统是利用具有相当数量的权威性的知识来解决特定领域中实际问题的计算机程序系统,它能根据用户提供的数据、信息或事实运用系统中存贮的专家经验或知识进行推理判断,最后给出结论及结论的可信度以供用户决策之用。

上述对专家系统功能和范围理解上的差异并不会造成对专家系统概念上的混淆。从本质上讲,专家系统是一类包含着知识和推理的智能计算机程序。但是,这种“智能程序”与传统的计算机“应用程序”已有本质上的不同。在专家系统中,求解问题的知识已不再隐含在程序和数据结构之中,而是单独构成一个知识库。从一定意义上讲,它已使传统的“数据结构+算法=程序”的应用程序模式发生了变化,使之变成为“知识+推理=系统”。

在专家系统中,说明性知识与领域知识或推理机制的分离为问题的求解带来了极大的便利和灵活性。因此,尽管专家系统也是一类计算机程序,但这一分离却使专家系统的作用已远远超过了传统计算机应用程序的功能。实际上,在常规的计算机应用程序中也有知识,也可解决“专家级水平”的问题。但常规的计算机应用程序是将知识隐含于程序结构之中。由于其结构是固定的且不易修改,适应范围就受到一定限制。对不同类型的问题,必须编写不同的程序。

而在专家系统中,专家的知识则用零碎的或分离的知识(我们称之为“知识单体”或“知识单元”或“知识片”)进行描述。每一个知识单元(知识单体或知识片)描述一个比较具体的情况以及在该情况下应采取的措施,而专家系统总体上则提供了一种机制——我们通常称之为推理机制。这种推理机制使其可以根据不同的处理对象从知识库中选取不同的知识元构成不同的求解序列,或者说生成不同的应用程序,以完成某一指定任务。一旦推理机制和某个专业领域的知识库已经建成,该系统就可处理本专业领域中各种不同的情况,这就好象为每一个具体问题都编制了一个具体的程序一样。而这些程序的调试修改也只需要修改相应的知识元即可,其推理机制可保持不变。这就使得系统具有很强的适应性和灵活性。而常规的计算机应用程序很难做到这些。

为了更形象地说明这个问题,我们不仿将专家系统设想为一个由一系列知识元(知识单体或知识片)构成的网络系统。相应地,常规的应用程序也可设想为是由一些知识元(子程序)串联而成的系统。由于常规的应用程序的结构已经固定化,故求解问题范围受限;而专家系统因为是由知识元构成的可控制网络系统,并且系统具有根据不同情况选择和组合不同网络路线的能力,其灵活性和适应性要强得多。见图 1.2.1。

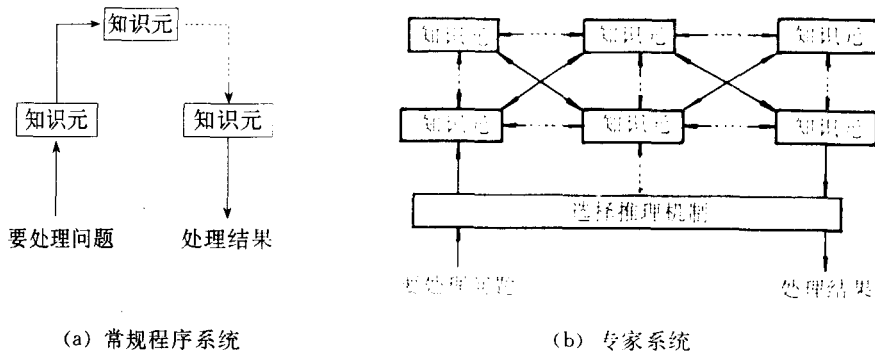


图 1.2.1 专家系统与常规程序系统功能结构的一种形象比较说明

我们还需要说明的一点是,专家系统也不完全等同于人工智能。尽管专家系统是人工智能研究领域中的一个重要分支,而且是人工智能领域中目前最活跃的一个分支,但它与一般人工智能研究在很多方面有差异:

(1)专家系统强调的是“知识”在问题求解中的作用,而一般人工智能程序强调的是“推理”。

(2)专家系统大量使用特定领域中的专门知识(即所谓的“深知识”),而一般人工智能多使用常识性知识(即所谓的“浅知识”)。

(3)专家系统注意解决某个领域中具有“专家级水平的任务”,而一般人工智能注重研究的是对普通人的常规智能行为的模拟。

(4)专家系统处理的问题一般属于下列范畴:设计、诊断、决策、预测、控制、咨询和教学等,而一般人工智能研究只强调人类思维模拟,不过多考虑专业领域。

当然,与专家系统很接近的还有知识工程这一概念。尽管专家系统与知识工程研究的角度有所不同,在本书中,在大多数情况下,我们并不作严格区分。

由于专家系统是应用相当广泛的一类系统,其技术还处于不断发展时期,因此,专家系统的结构也没有一个固定不变的模式。依据当前人们普遍的认识以及现有的发展状况,通常,一个以规则为基础以问题求解为中心的专家系统主要包括下述五个组成部分:

- 知识库(Knowledge Base)
- 推理机(Inference Engine)或推理(控制)机制
- 综合数据库(Data Base)或工作存贮器(Working Memory)
- 解释接口(Explanatory Interface)或人-机界面(Man-machine Interface)
- 知识获取(Knowledge Aquisition)或预处理程序

其各个部分之间的相互关系一般可形式化地表达为图 1.2.2。

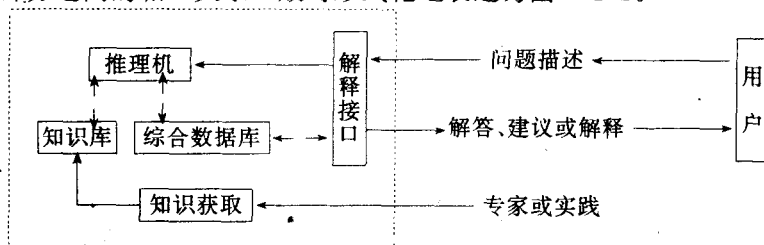


图 1.2.2 专家系统一般功能结构

1. 知识库

知识库是(规则基)专家系统的核心之一,其主要功能是存贮和管理专家系统中的知识。知识库中存贮的知识主要有两种类型:一类是相关领域中所谓公开性的知识,包括领域中的定义、事实和理论在内,这些知识通常收录在相关学术著作和教科书中;另一类是领域专家的所谓个人知识,它们是领域专家在长期业务实践中所获得的一类实践经验,其中很多知识被称之为启发性知识。正是这些启发性知识使领域专家在关键之处能做出训练有素的猜测,辨别出有希望的解题途径,以及有效地处理错误或不完全的信息数据。

领域中事实性数据及启发性知识等一起构成专家系统中的知识库。在知识库中,这些知识必须表达为一定的规范形式。知识的规范表示方法很多,其中最常用的有产生式(规则)表示法、语义网络表示法和框架结构表示法等。在《因素神经网络理论及其实现策略研究》一书中,我们建议了一种知识的因素表示方法,它将一个知识元表达为其推理判断等因素(包括属性、环境、条件等)的有机结构体,有兴趣的读者也可以试用。从实质上讲,所有的知识表示都是等价的,但其方便程度不相同。因此,在构造知识库时,最好选择最易于表达知识且又易于计算机实现的方法。

2. 推理机(推理控制机制)

专家系统中的推理机实际上也是一组计算机程序。其主要功能是协调控制整个系统,决定如何选用知识库中的有关知识,对用户提供的证据进行推理,以最终对用户提出的特定问题做出回答。

在专家系统中,问题的求解有赖于系统对已存贮的各类常规的和专门的知识的综合运用。在系统求解问题过程中,所涉及到的知识常常包括三个方面的内容:

一类是所谓的叙述性或事实性知识。它们是一些与问题求解有关的背景性资料,是系统建造时存入的或系统在与用户交互时获得的,是真值可以确定的一些事实,有时也被称为证据。