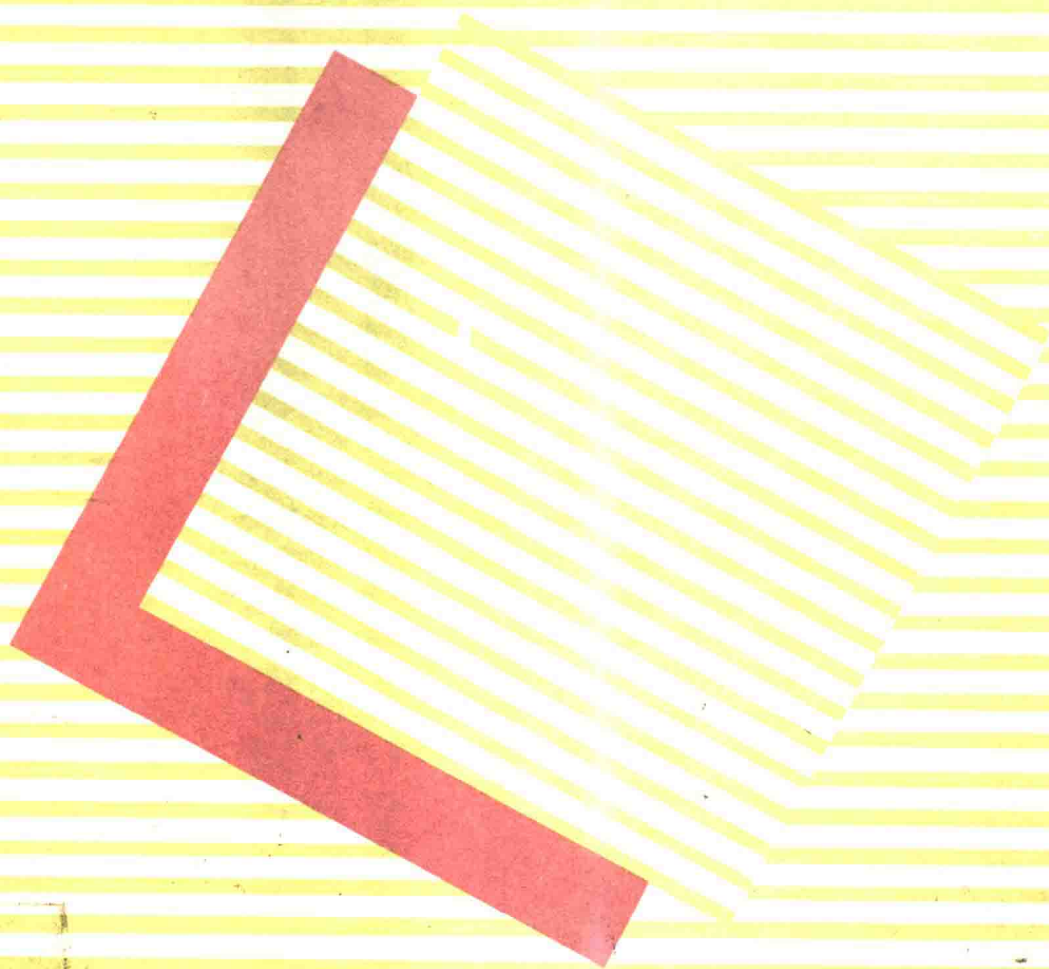


实用专家系统

冯博琴 主编



电子工业出版社

实用专家系统

*

冯博琴 主编

电子工业出版社

(京)新登字055号

内 容 提 要

本书全面介绍了专家系统的基本概念、构造方法、开发工具及实例等。全书共分十章,第1~5章介绍了专家系统的基本概念与方法,内容包括人类问题求解、知识表示和推理机制。第6~7章讨论了用于开发专家系统的各种语言和小型、大型专用综合型专家系统开发工具,以及11个国外著名的或有影响的专家系统。第8~9章介绍如何开发各种类型的专家系统,分哪些阶段,每一阶段有哪些任务,如何完成。最后一章介绍了作者研制的一个专家系统实例。本书取材新颖,内容丰富,不落俗套,注意实用。大量典型专家系统、工具以及应用、开发实例的介绍将使专家系统的开发者和用户不仅了解基本概念,而且掌握实现的方法与技巧。

本书可供大专院校的计算机及其有关专业师生阅读,也可供有关研究人员和工程技术人员参考。

实用专家系统

冯博琴 主编

责任编辑 王昌铭

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

北京顺义李史山胶印厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:13.625 字数:349千字

1992年10月第1版 1992年10月第1次印刷

印数:5000册 定价:7.90元

ISBN7-5053-1806-3/TP·420

前 言

近十年来,人工智能研究的重大进展在于出现了称为专家系统的一类新的计算机程序。它作为人工智能的一个应用领域,使人工智能的研究从实验室进入现实世界。

专家系统是一个基于知识的智能推理系统,它涉及对知识获取、知识库、推理控制机制以及智能人-机界面的研究,集人工智能和领域知识于一体。专家系统能够在专门领域达到专家的水平,使一类用传统编程难以解决的问题由计算机得到高水平的处理。

专家系统为科学、技术和商业提供了巨大的机会。国内外许多政府组织和工业部门正为各自的目的应用这种技术。现在,专家系统已成为许多国家和国际研究计划的主题。我国许多高校和科研部门近年来也已在工业、交通、气象、医疗、商业等领域开展卓有成效的研究工作,已有一批专家系统投入运行。虽然它是一个十分年轻的领域,诸如体系结构、集成化、与用户通讯、知识表示、知识获取、知识验证、知识衰减、知识增长、机器学习和开发工具等问题有待进一步研究,但它毕竟已经走出实验室,它的应用领域正日益拓宽,感兴趣的部门也越来越多,其前景是十分令人鼓舞的。

不可否认,我国目前在这方面的研究应用还不够普及,技术领导部门和用户对它的了解还不够,掌握它的开发技术的人数远远不如 FORTRAN 的人数那么多,因此,挖掘这一新技术的潜力十分可观。我认为只有使大量的从事计算机应用的各个领域的工程技术人员了解和掌握“专家系统”,它才真正有生命力,才会充分发挥其效益。本书充分考虑到读者的知识结构和性质,在选材、内容组织上能使他们乐于接受。作者力图讲清概念,而在理论上不化过多的篇幅,但在实用上下功夫,以求打破专家系统的神秘感,使读者读了之后,用户想用,工程技术人员跃跃欲试。

本书全面地介绍专家系统的基本概念、构造方法、开发工具及实例等。全书包含三部分共 10 章,第 1~5 章是专家系统的基本概念和方法,介绍人类问题求解、知识表示及推理机制,而且以著名的 MYCIN 为例,详细地向用户介绍专家系统是怎样工作的。第 6~7 章是用于专家系统开发的语言、环境和工具系统,把经典和现在流行的各种语言、工具和国际上最有影响和有代表性的 11 个专家系统的特点、用途作了介绍和比较,使读者开拓视野,了解和掌握最新的手段和发展趋势。第 8~10 章是专家系统的开发技术,主要讨论如何选择一个合适的工具,开发小/大型系统,最后介绍作者自行设计的一个专家系统“圆柱齿轮减速器设计专家系统”,解开埋在读者心中的“专家系统的程序是什么样子?”的疑惑。

附录 B 给出了本书正文中出现的术语的定义或解释,这对于回顾和加深概念会有所益。附录 C 给出了圆柱齿轮减速器设计专家系统的部分源程序。

本书由冯博琴主编,参加编写的有冯博琴(1~7 章),梁连生(6,8~10 章),张靖(8,9 章),张言羊(7 章)。李钢、庄彪、张国荣提供了不少素材,卢训卿、李小兵、闫红、黄秦晔、蔡颖、程文卫等同志为书稿誉写、绘图、打印付出了辛勤劳动。西安交通大学计算机系施鸿室教授对本书提出了宝贵意见,在此向他们一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,编写时间仓促,加之专家系统作为人工智能的一个新兴分支,发展十分迅速,因此本书中遗漏和谬误一定不少,恳望读者提出宝贵意见。

冯博琴于 1992.4

目 录

第一章 专家系统概论	(1)
1.1 人工智能的历史与现状	(2)
1.2 基于知识的专家系统	(3)
1.3 传统编程与知识工程	(6)
1.4 气象系统的发展与现状	(7)
第二章 问题求解	(9)
2.1 人类信息处理	(9)
2.2 基于规则的产生式系统.....	(12)
2.3 问题求解.....	(14)
2.4 知识的种类.....	(18)
2.5 专门知识的本质.....	(19)
2.6 小结.....	(20)
第三章 知识表示与获取	(21)
3.1 知识表示方法学概述.....	(21)
3.2 知识表示.....	(22)
3.3 知识获取和机器学习.....	(30)
3.4 知识获取自动化的困难和研究方向.....	(34)
第四章 推理机制的描述	(36)
4.1 推理机制.....	(36)
4.2 控制策略.....	(42)
4.3 冲突消解策略.....	(48)
4.4 表示和推理的前景.....	(49)
4.5 小结.....	(50)
第五章 医学专家系统 MYCIN	(51)
5.1 MYCIN 简介	(51)
5.2 MYCIN 结构	(52)
5.3 知识获取.....	(54)
5.4 可信度和不精确推理.....	(55)
5.5 咨询例子.....	(56)
第六章 专家系统语言、环境和工具系统	(73)
6.1 概论.....	(73)
6.2 语言和环境.....	(77)
6.3 知识工程工具.....	(81)
6.4 小型系统建造工具.....	(89)
6.5 大型专门系统开发工具.....	(96)
6.6 大型综合型系统建造工具	(105)
6.7 小结	(110)

第七章 应用领域中的专家系统	(113)
7.1 工程专家系统	(113)
7.2 医学专家系统	(122)
7.3 基础科学专家系统	(129)
7.4 资源勘探专家系统	(131)
7.5 自然语言理解专家系统 HEARSAY I / II	(140)
第八章 开发小型知识系统	(145)
8.1 小型系统的作用	(145)
8.2 小型知识系统的建立	(146)
8.3 小结	(158)
第九章 开发大型专家系统	(159)
9.1 知识工程	(159)
9.2 知识系统的开发	(160)
9.3 选取合适的任务	(161)
9.4 开发系统原型	(164)
9.5 开发完整的专家系统	(166)
9.6 系统集成	(167)
9.7 系统评价与维护	(168)
第十章 圆柱齿轮减速器专家系统	(170)
10.1 圆柱齿轮减速器传统设计方法	(170)
10.2 圆柱齿轮减速器设计专家系统的构造	(170)
10.3 圆柱齿轮减速器设计专家系统的知识和推理	(174)
10.4 圆柱齿轮减速器设计专家系统的运行过程	(187)
附录 A FORTH 语言的谓词函数、动词类型、通用函数描述	(193)
附录 B 术语	(195)
附录 C 使用 GCLISP 语言开发的用于圆柱齿轮减速器专家系统的正 反向推理程序	(204)
参考文献	(212)

第一章 专家系统概论

本书主要介绍专家系统及它将怎样改变事务和工程世界的问题。今后十年,本书所描述的概念和技术,将会使当今计算机所做的工作,发生实质性的变化。一些计算机仍然用来处理数据、计算,完成我们今天所期望计算机做的所有任务,但新软件和新计算机将实现前所未有的工作。

自二次世界大战以来,电脑科学家一直尝试开发使计算机行为更象人类的技术。整个研究工作,包括决策系统,机器人和使计算机进行自然语言处理的多种探讨,统称为人工智能,简称AI。目前,对AI的工作多数仍停留在实验室中。那些使计算机帮助人们分析问题和进行决策的AI技术的汇集,称为基于知识的专家系统。人们已逐步认识到它们的价值,并且正积极地研究它的应用。目前,已开发出的专家系统正在用来帮助人们制定复杂的计划和安排任务,诊断疾病,确定矿床位置,配置复杂的计算机硬件和进行机器故障诊断等等。直至1980年,专家系统的研究还仅局限在一些大学的研究室里。今天,美国、日本、英国和欧洲经济委员会都在制定研究计划发展和实施意义深远的专家系统。500家巨富公司在招募AI人才,敢冒险的资本家向研究专家系统的公司大力投资,并且专家系统技术也在成功地应用于各种处理中。

专家系统通过改变人们解决问题的思维方式,来改变事务的处理方式,使用这种新技术将使目前大量缺乏有效求解策略的问题能够找出快速、可编程的答案。例如考虑这样一个问题:设计一个程序来训练推销员,当服务项目和包装款式不断变化时,能提出高明的、盈利的建议。你可按常规教法,但在课程尚未完成之前,那些产品和技术可能已经过时了。而换一种做法,先教推销员一般技巧,然后教他利用基于个人计算机的程序,这个程序通过提问题,然后提出合适的选择与他进行交互。这就好象无论何时他需要帮助,推销员都能够与一个经验丰富的推销员谈话。可以进一步设想,这个计算机程序很灵活地提供这种建议,并且用户界面友善,产品专家就能迅速操作程序而不必求助于计算机程序员。因而,这种程序总能代表最新产品和包装策略。这种设想不久将会成为现实。

随着专家系统的发展,经理们将拥有功能更强的计算机化的工作站,这种工作站将使他们以比今天各种可能方法更复杂的方式处理更多信息。利用这些工作站,经理人员能够管理更多的活动和更多的职员,与此同时,还能提高决策的质量和数量。

专家系统将协助人们操纵象化工厂和原子核反应堆那样复杂的设备。它将监控设备,预测问题的出现以及向操作员提出智能建议。

专家系统的引入,也将使培训工作发生根本性的变化。大多数公司面临的问题是怎样教雇员使用新的工艺及了解、解释新产品。一旦我们给雇员装备了帮助他们完成储备的程序,现在很难教的技术将会变得很容易。引入专家系统的概念,将改变我们关于人们完成任务的思考方式。不久的将来,当分析员对任务进行分析时,他们将能精确地确定出哪些知识对完成这些工作必要,哪些不必要,这种精确度现在是不可能达到的。

简而言之,整个处理环境将会变得非常合理,更多的信息将被收集,综合,然后组成有用的形式;这些处理将比以前可能的方法更快。这相当于给一个大公司的中层经理人员装备具有5~20个自动的专家级的“参谋”,它将随时准备回答管理人员面临的问题并提出建议。

专家系统的引入也将使专家和专业人员获益。这些系统将帮助专家定义问题和确定能够解决问题的知识。专家系统被开发后,专家们可把他们的精力集中于他们专业中最困难的方面,使新的问题得以解决,因此专家解决问题的范围将会进一步拓宽。

1.1 人工智能的历史与现状

人工智能学科的诞生是历史的产物。从古以来,人们就一直探索着如何用机器来代替人的部分脑力劳动,来模拟人的智能。随着生产的发展与要求,随着科学技术的进步,特别是控制论、信息论与系统论的诞生以及电子计算机的出现,在数学、逻辑学、心理学、生理学、及计算机科学等多学科相互渗透下,人工智能这门新兴学科终于诞生了。

1956年夏季,在美国达特莫斯(dartmouth)大学,由麦卡锡(J. McCarthy)联合哈佛大学的明斯基(M. L. Minsky)、IBM公司的洛切斯特(N. Lochester)和贝尔实验室的香农(C. E. Shannon)共同发起,邀请IBM公司的莫尔(T. More)和塞缪尔(A. L. Samuel)、麻省理工学院(MIT)的塞尔夫利奇(O. Selfridge)和索罗孟夫(R. Solomonff)以及兰德公司(RAND)和卡纳奇(Carnegie)工科大学的纽厄尔(A. Newell)和西蒙(H. A. Simon)等人参加,共同讨论机器智能问题,历时两个月,会上第一次用了Artificial Intelligence(人工智能)这一术语。这是一次具有历史意义的会议,标志着人工智能这门新兴学科的正式诞生了。

1956年在人工智能的研究上曾取得了两项重大的突破:美国的纽厄尔·肖(J. Shaw)和西蒙合作编制了一个程序系统,称为逻辑理论程序,是机器证明数学定理的最早尝试。该程序模拟人用数理逻辑证明定量的思想,采用分解、代入、替换等规则,证明了怀特黑德(A. N. Whitehead)和罗素(B. A. W. Russell)合著的《数学原理》第二章中的38条定理,1963年终于完成了该章中全部52条定理的证明。一般公认这是用计算机来模拟人的高级思维活动的一个重大成果,是人工智能研究的真正开端。

另一个重大突破是塞缪尔1956年研制成功的跳棋程序,该程序不仅同对手下棋,而且能积累下棋过程中所获得的经验,不断提高下棋的技能,具有自学习、自组织和自适应能力。这是模拟人类学习过程的一次有意义的探索,1959年这个程序已击败了它的设计者,1962年又击败了美国一个州的冠军。后来一个称为MoghtyBee的程序,曾击败1979年十五子棋世界冠军。

问题求解是早期人工智能研究的另一领域。纽厄尔·肖和西蒙通过心理学实验,发现人在解题时思维过程的一般规律,特别是在解题过程中不断进行方法和目的的分析,修订解题计划。基于这些规律,1960年他们合作编制了通用问题求解程序GPS(General Problem Solver)。该程序能求解11种不同类型的问题,其中包括逻辑表达式的符号处理。同年,麦卡锡研制出表处理语言LISP,它不仅能处理数值,而且可以更方便地处理符号,在人工智能的各个研究领域中都得到广泛的应用。LISP语言武装了一代人工智能科学家,至今仍然是研究人工智能的重要工具。同一时期,在欧洲,人工智能的先驱者有英国爱丁堡大学的米切依(D. Michie)和梅特泽尔(B. Meltzer)。英国主要用机器智能(Machine Intelligence)这一术语来称呼人工智能这门新的学科。

六十年代后期以来,人工智能研究开始向纵深发展,在更多的研究领域取得了可喜成就,人工智能开始走向实际应用,并在学科上逐步形成了自己的体系。

人们开始在问题求解、博弈、自动定理证明、自动程序设计、模式识别、物景分析和自然语

言理解等方面深入进行了研究,并在智能机器人和专家系统等应用领域取得了实际成果。

人工智能在实用化研究中最引人注目的成果,是各种专家系统的出现。它已用于医疗诊断、化学分析、工程设计、地质勘探、气象预报、艺术创作、案情分析、军事决策、教学和科研等各个不同领域,大大提高了工作效率和工作质量,促进了人类智能与机器智能的相互补充与相互渗透。

在各种专家系统研究的基础上,又开展了对知识工程学(Knowledge Engineering)的研究。知识工程学是研究如何对知识进行工程处理。由于知识是指经过加工改造过的有用信息,是命题、规则等的集合,是人们对于现实世界信息的内在联系的认识,因此对知识进行工程处理,比通常指的信息处理的含义和意义要深刻和深远得多。现在,知识工程学也是人工智能研究的基础内容。

AI 可分为三个相对独立的研究领域(见图 1.1)。一组 AI 研究员主要从事研制象人在日常谈话中利用语言那样,能说、能读、或理解语言的计算机程序。这类编程一般称为自然语言处理。另一些 AI 科学家从事研制灵敏的机器人。他们尤其关心研制使机器人有视觉和触觉的程序,机器人在一个环境里四处移动时,这种程序能使它们观察到发生的变化。AI 研究的第三个

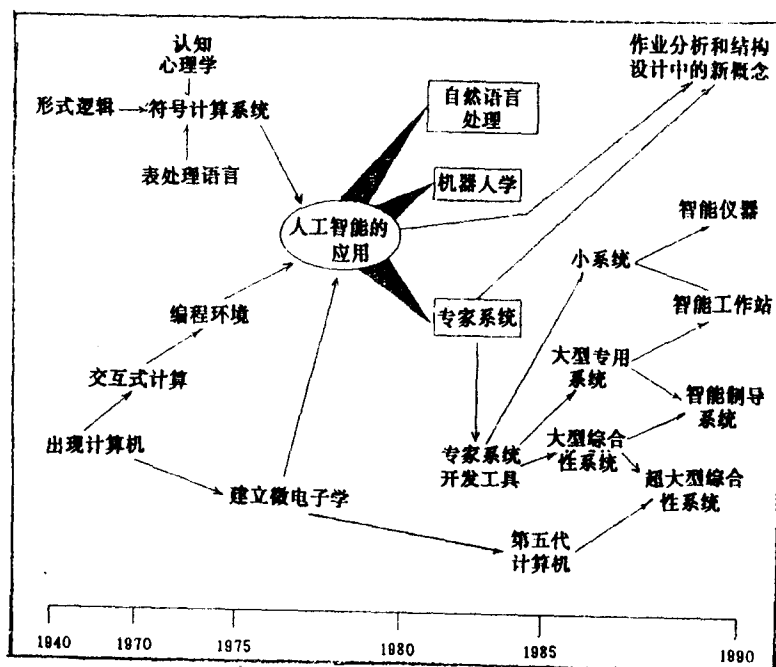


图 1.1 专家系统的发展

分支是,研制利用符号性知识,模仿专家行为的程序。表 1.1 给出了 AI 主要发展的简要说明。

1.2 基于知识的专家系统

专家系统领域的主要研究者之一,Stanford 大学教授 Edward Feigenbaum,对专家系统定

义如下：

一个智能计算程序，利用知识和推理过程来解决需要大量的经验才能求解的复杂问题。知识的应用级别要求是：所必须的知识加上采用推理过程，可以被认为是这个领域最好的职业老手的技术模型。

专家系统的知识由事实和启发性知识构成。事实构成了一个信息体，此信息体在这个领域内是分享的，普遍适用，并且一般与某一领域专家意见一致。“启发性”知识几乎是私有的，很少公开的好的判断规则(好的推理解释规则，好的猜测规则)，这些规则使得在这个领域做的决策具有专家级的特性。专家系统的性能水平取决于其知识库的大小与质量。

Feigenbaum 把开发基于知识的专家系统的人称为“知识工程师”，其技术称为“知识工程”。早期系统称为“专家系统”，但现在大多的知识工程师把它们系统叫做“知识系统”。

第一个系统是通过访问一位知名专家，并试图获取这个专家的知识而被开发的。从而就有了“专家系统”这个名词。但最近开发的几个系统含有在相当困难决策环境下的知识，这种知识是相当有用的，但几乎不等价于一个人类专家。为避免一些由知识工程师技术获取工具开发的系统被认为是由获取专家的知识得来的，“知识系统”这个名词成为人们爱用的术语。本书中把“专家系统”和“知识系统”作为同义词使用，但一般把大系统称为“专家系统”，而小一点的系统称为“知识系统”。

表 1.1 人工智能历史上的关键事件一览表

年 代	主 要 情 况 重 要 事 件
二次大战前夕	形式逻辑 认知心理学
战后, 1945-1954 AI 前	计算机发展 H. Simon 的 Administrative Behavior N. Winer 的控制论 A. M. Turing 的“Computer Machinery and Intelligence” Macy Conference 的控制论
形成期, 1955-1960 AI 研究的初期	计算机大量生产 信息处理语言 (IPL-1) 1956 年关于 AI 的 Dartmouth 夏季研讨会 GPS(一般问题解决者) 信息处理心理学
发展年代, 1961-1970 寻求对一般问题的求解	A. Newell 和 H. Simon 的人类问题解决 Lisp(符号处理语言) 启发式 机器人 奕棋算法 DENDRAL(standford)
独立和成功年代 1971-1980 基于知识的系统出现	MYCIN(医疗诊断系统) HEARSAY(Carnegie-Mellon)(语音识别系统) MACSYMA(MIT)(符号处理系统) 知识工程 EMYCIN(standford) GUIDON(standford) PROLOG(逻辑编程语言) Herbert simon 获诺贝尔奖金

年 代	主 要 情 况 重 要 事 件
广泛应用的年代 1981-- 国际竞争和商业冒险	PROSPECTOR(SRI)勘探专家系统 日本的第五代工程 E. Feigenbaum 和 P. McCorduck 的第五代机 美国的微电子学及计算机技术公司(MCC) INTELLECT(A. I. C)人工智能计算机

AI 主要是用抽象的方法研究解决问题的一个研究领域。从另一方面讲,知识工程师的主要工作是,当一个专家从事某狭窄领域问题的求解时,模仿他的行为。许多人把这种从一般问题求解技术研究,转向致力于开发某类问题的具有大量专门知识的系统,称作过去二十年中的主要概念性突破。

以后各章节将详细地介绍这些概念。就目前来讲,AI 对于知识工程的贡献在于它如何分析问题,开发出用于求解问题的一般搜索策略。知识工程师关心的是标识一个专家用来求解问题的专业知识。最初,知识工程师研究人类专家,并确定专家使用了哪些事实和经验规则。然后知识工程师确定在一个实际问题求解环境中,那个专家利用的推理策略。最后,知识工程师开发一个利用类似知识和推理策略的模仿那个专家思考行为的新系统。

如果一个程序要象一个人类专家那样去工作,那么它必须做人类专家通常做的事情。例如,专家向别人咨询以帮助解决问题。因此,大多数知识系统,如果用户提问,则系统解释其推理过程并对结论进行验证。此外,用用户容易理解的语言来做这些工作。它们允许用户跳过一些问题,甚至当用户提供不完全或不肯定的数据时,大多数系统都能正常工作。换句话说,知识系统采用那种几乎与人类顾问相同的方法与用户打交道。

专家系统是知识密集的计算机程序,它包含大量有关专家的知识。它利用经验规则或启发性知识,集中于问题的关键方面并对符号描述进行操作以便对给出的知识进行推理。它们常常同时考虑几个有竞争力的假定,而且不断地做尝试性的推荐或对要选择的東西加权。最好的专家系统能在一个很窄的领域内解决困难的问题,其结果可与专家媲美。

所有这些,并不说明今天的大多数专家系统同人类专家一样好。这是一种新技术并且才刚刚开始应用于复杂的问题中。今天的知识系统限制在定义好的任务上。它们不能解释广泛的专门知识领域内的问题,不能从公理或一般理论来推论,一般不能学习,因而它们局限于利用被专家所“教”的专门事实和启发性知识。它们缺乏普通感觉,不能进行类比推理,并且,一旦问题超出了事先定义好的狭窄领域,它们的性能就迅速丧失。

例如,开发一个小系统来帮助经理分析某种类型的现金流动,或帮助经理决定怎样对一个雇员的错误做出反应。在大多数公司,这些问题可能定义得十分完美,且有适当的规定,因此会有一个很有用的小系统。然而,人们不愿尝试开发一个帮助经理分析一个潜在的法律问题的小系统。因为大部分法律问题定义不明确且涉及面广。另外,这些问题包含大量的常识和类比推理。这些东西,专家系统是做不了的。

从另一方面讲,专家系统不会做出有偏见的判断,也不会仓促定论,然后不顾缺乏证据设法维持结论。它们不会有心情不好等毛病;它们总是留神细节,并总能系统地考虑所有可能的选择。上乘的专家系统,拥有数千条启发式规则,在完成专门的任务时,比专家做得还要好。正象我们在以后章节所解释的那样,当前正被引入的新概念和新技术肯定会导致新的知识系统的产生,这种系统比我们开始介绍的将更具有灵活性和效力。

1.3 传统编程与知识工程

传统编程技术用来开发一般与计算机相联系的大型数据处理系统。这些系统能收集和处理大量数据。它们通过复杂的算法来处理这种数据。算法仅仅是一步一步的过程,这种过程保证正确的数据输入产生正确的结果。例如,气象预报系统,每天收集到的数据是不相同的,它们被输入到计算机中,系统对这些数据进行复杂的算法处理,值得注意的是对这些不同数据进行处理的算法却是相同的,而且,总是产生一个预定的结论——即每天的天气预报。

今天的大型计算机系统使复杂而费时的书写任务自动化了,而这以前需上百、上千个职工来工作。确实,1950年前,单词“computer”曾定义为一个按照一套程序做计算的人。例如,美国人口普查局曾有一小部分计算机充当职员,慢条斯理的处理人口普查工作人员所收集的调查数据。那种被设计用来做类似任务但先要被编程的电子机器,称做“电子计算机”。

专家系统与传统编程有许多不同地方:

传统编程仅仅以程序员了解的方式表现行为。若一个非程序员停止了一个运行中的程序,显示机内信息,试图了解机器在做什么,那么他可能得不到任何有用的东西。专家系统则完全不同。它们有非常好的交互性。用户任何时候都能暂停处理,可以问系统为什么出现一个特殊询问行或一个特殊决定是怎样做出的。许多情况下,系统的推荐既非正确又非错误,但多多少少有一些似真的道理。

这里再例举一些两者不同的地方:

- 先前由人类专家完成的任务可由一个专家系统完成。
- 知识工程师和专家共同维护专家系统;传统程序由程序员维护。
- 专家系统的知识库有可读性且易修改。
- 传统编程倾向于依赖算法来提供总体结构,而知识系统的结构倾向于依赖启发式。
- 知识工程师致力于专家系统的软件研制和专家解决问题的方法分析。知识工程师与专家的相互交流,帮助专家用可使知识成为代码的术语,描述他们的知识和推理策略。因此知识工程师把大量认知心理学与知识型编程技术结合起来,开发专家系统。

表 1.2 把传统编程与知识型编程的不同侧重点做了概括。

从事专家系统开发工作的人,利用交互技术频繁地与专家会面。第一次会晤中,他们寻找的是问题的突破点,而不把自己束缚在问题的确切性质上。他们先完成一个原型系统——一个具有一些事实和规则的小系统。然后他们把这个原型系统用于某些测试案例,看看它是怎样工作的。然后,他们再一次与专家会面,问更多的问题,完成这个系统的第二版本。用这种方法,那个专家对该工程会热心起来并进而开发另一些规则。这样,那个专家常常会成为研制队伍的一个积极成员。换句话说,开发专家系统是一种探索过程,这种加工是在一系列近似过程中完成的。

这种途径必定是灵活且实用的,因为没有知识工程师或没有专家都不能在研制工作开始时知道要完成的知识系统将是什么样子。知识工程师乐于帮助专家了解他们是怎样求解问题,并且通过原型的演示说服专家,他们的知识能以一种有用的方式再现出来。

传统程序员以一种与知识工程师完全不同的方法完成自己的任务。传统程序员开始时先与专家一起研制设计方案,并对该设计加以很详细地说明,然后离开专家,回到他们的办公室,研制具有那个设计功能的程序。程序很复杂,专家与程序员会面距程序被交付使用的时间间隔

可能是相当长的。程序员可能在离开专家后花费很多时间,因为他们的最初设计预示了整个编程的艰辛。

我们不想太多强调知识工程与传统软件工程的区别。当你越来越熟悉专家系统时,你将会认识到,在一个重要观念上专家系统技术一点也不革命。它仅仅是把基本计算机科学概念扩张到新的复杂水平上了。专家系统毕竟运行在与运行以 FORTRAN 或 BASIC 编写的程序相同的计算机上。知识系统能被翻译成传统编程语言。从根本上讲,关于专家系统的革命性观念主要是:对人们怎样能够用计算机帮助求解问题的新的概念性看法。今后关于知识系统的学习将会大大地扩充你的概念。

表 1.2 传统编程与知识型编程的不同

项目	知识型编程	传统编程
内容	知识的定义	处理步骤的描述
能力	超过程序员理解水平	与程序员理解水平相等
表现	以说明型为主	以过程型为主
模型	思考模型	处理模型
用途	问题求解	数据处理
手法	符号处理	数值处理
运算	推理	计算
理解	容易	困难
扩充	容易	困难
解释	容易做到在运行中解释	不容易做到在运行中解释
处理	高度的集成处理	顺序的批处理
规则	启发式	算法

1.4 专家系统的发展与现状

专家系统的发展有两次高潮,第一次在 1986 年到达顶峰,第二次可能在近年将会出现,本世纪末可望到达顶点。这两个高潮的起落决定于以下因素:一个是 AI 的实用性和计算机对专家系统支撑技术的发展,另一个因素是应用领域应用专家系统的积极性及能力。

第一个高潮的系统较小,它包括小知识系统,它们可用于培训、现场管理及使雇员完成一些原先需要密切监督和具有丰富知识的高级专家过问才能完成的特殊任务。因为它们能在不打乱主要程序情况下,在现有的事务环境中完成这个系统,并且它们可迅速地提供足够大的利益,因而,这些系统很快在工商业得到应用。还有一些小型知识系统直接安装到芯片上,装备各式各样的灵敏仪器,同时也流行某些小型的自然语言接口。个人计算机起了不小作用,某些小系统就在 PC 机上开发和使用。在这个期间也会出现许多大型专用专家系统,它们为第二个高潮出现作了舆论和技术上的准备。

第二个高潮中包括的系统远比第一个高潮复杂,比如大型综合性专家系统、大型自然语言接口和智能性程序设计等,因此需要更多的基础工作。目前开发大型综合性系统的专家工具和技术的研究已做了许多工作。但还要求突破机器学习的难点,研制出有并行处理的新机器和更有效、便宜的个人工作站。同样重要的是企业界要了解、下决心利用这门新技术。

AI 的应用有两个主要趋势:一个是向小型知识系统发展,它可以由用户而不是程序员就可以建立起来,这种系统可以辅助问题分析和决策,但不能完全替代专家,它很注重与用户的

友善,而不试图模拟复杂的认知处理。另一个方向是向大型专家系统发展,它必须用大型系统开发工具来研制,用传统技术是很难开发的。而且开发它们还要有大量的时间与训练有素的分析员和程序员的技术。

近年来,人们一般只能接触小型系统,过几年,大系统就会逐渐普遍起来,因此本书对这两方面的内容都予以重视。我们在以后几章中要引入 AI 的新的基本概念,这些将会启发人们重新思考计算机能做什么,怎样更有效地利用它,更为重要的是人们将会思考有了专家系统之后,我们周围将会发生怎样的根本性变化。

第二章 问题求解

在这一章,我们要研究人们是怎样解决问题的,所介绍的主题及概念也将贯穿于后面各章中,这是因为这些主题和概念事实上成了开发大多数专家系统的基础。下面我们首先描述人们怎样处理信息,进而考察求解问题这一行为,它是信息处理的一个子类。最后,我们讨论人类专门知识的本质。我们想知道某些人是怎么成为出色的专家,以及应用专门知识来解决问题是什么含义。本章也将使你了解自己的思维及求解问题这一行为。

人工智能的研究人员将人类问题求解作为一种研究模型,而且大多数知识工程师都非常熟悉认知心理学。人工智能研究人员中的关键人物,如 Herbert Simon 和 Alan Newell 就既搞心理学又搞计算机科学(事实上,Simon 因研究商业管理者怎样作出决策而荣获诺贝尔经济奖)。认知心理学家和人工智能研究人员相信,可以将问题求解与其他各种思想一起理解为信息处理。

2.1 人类信息处理

从信息处理的角度看,人的认知行为完全可以用我们在描述计算机中信息处理时所用的方法来进行描述。这并非说人就是计算机。生物系统与现存的计算机系统有巨大的区别。人们都知道两者的内部工作是不相同的。然而,经过潜心钻研人们怎样处理信息这一问题,心理学家能更清楚地了解人们在对信息进行编码、存放及回忆时使用的特殊策略。

早先研究认知行为常用定量分析模型。你可能熟悉这种测试,它用来检查某人知道多少及当他利用知识解决问题时做得怎样。这种测试的关键是发现人们的不同之处。与此相反,认知心理学家却是对人们的相似的各方面进行定性的描述。他们研究的是人们怎样进行思维这一过程,而不是去研究人们思维能力的好坏。

人类智力活动这一信息处理模型包括三个主要的子系统。即感觉系统,认知系统和运动系统。图 2.1 给出了各个子系统的存储器和处理器。

一、感觉器官的输入

外界的刺激是人类信息处理系统的输入。这些信息经过眼,耳等感觉器官传入。感觉子系统包括与这些感觉器官一起的缓存,它用于暂时存放进入的信息(或称感觉),然后等待认知系统对这些信息进行处理。

二、短期存储

感觉信息被存放起来后,一些信息就被认知处理器转到短期工作存储器。并非对缓存中的所有感觉进行编码。感觉器官不断地将大量的信息放入缓存,认知系统必须对信息选择和编码过程进行管理。一般地,我们将选择感觉到的信息存入工作存储器的过程称为“注意”。

象计算机的中央处理器(cpu)一样,认知处理器从感觉器官的缓存中获得信息,然后将信息转换到工作存储器。它就这样周期性地循环工作。这些“认知——行动”的循环与计算机中

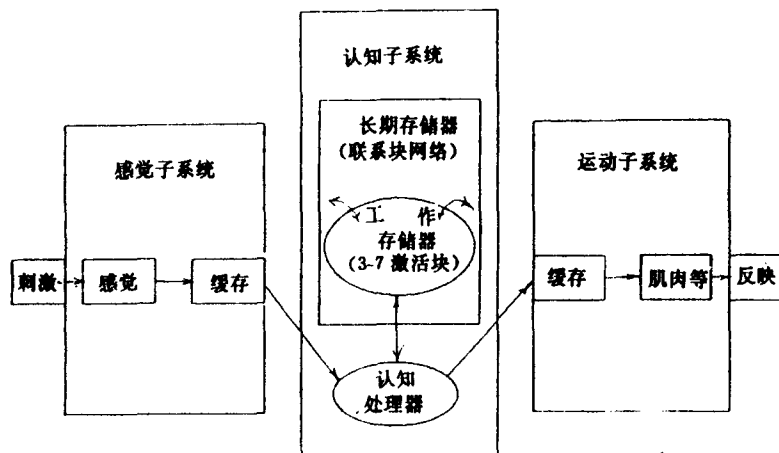


图 2.1 人类信息处理系统的概貌

的“取数——执行”循环十分相似，它们形成了认知处理的基本量。在每个循环中，认知处理器从存储中获取信息，对信息进行鉴别，再将鉴别后的信息存放在另外的存储器中。据估计，每个认知周期大约需要 70 毫秒。

认知系统的最简单的任务仅仅是将从感觉器官输入的信息转化为运动输出。象关电灯这种普通的任务就是这样，去关灯的人只需要作一个相应的动作，而不需任何“深入思考”。事实上，在这类行为期间所发生的“思维”是不可能再获得的。不信，你试一试能向别人解释一下你怎样越过横杆？

任务越复杂，牵涉到的信息就越多，这也需要进行更详尽的处理。学习一门新的程序设计语言，新结识一个人并记住他（她）的特征或者求解一个二次方程式，这些都是复杂任务的例子。为了完成这些任务，认识处理器将动用第二存储系统，即长期存储。

三、长期存储

长期存储包含了大量具有复杂索引系统的存储符号。对基本符号是什么及它们是如何排列的，有几种有争议的假设。在最简单的存储模型中，相关符号仅与另一个符号相关联。而在比较精细的模型中，认为符号按时间先后被组织成程序（比如，我们的心目中都有怎样向陌生人介绍自己，怎样在商店里买东西的程序等等）。还有一种看法是，长期存储由称为“块”的符号组组成，块是与一组或某种典型的刺激相联系的符号。如图 2.2 所示，块由更小的块分级组成。在这种概念下，长期存储是一个很大的块网络。当在块之间建立联系，或修改这种联系时，就发生了学习或记忆。

在对人类问题求解的研究中，Newll 和 Simon 让象棋大师将一盘正下着的棋看上 5 至 10 秒钟，然后请他们将看到的在另一张棋盘上摆出来。大多数象棋大师都会很容易地，毫无错误地将每一棋子放在正确的位置上。我们来讨论一下原因。假定象棋大师不是记一盘棋上的 30 多个棋子位置，而是将注意力集中在一个个棋子组上。他们从四至六个棋子组或整盘棋来观察。当请他们重新摆出这盘棋时，他们开始回忆曾有哪种特定的格局，然后推断哪些棋子必然在某些位置上。实际上，象棋大师是在研究将单个棋子“块化”到一起，形成一个小格局，然后将小格局“块化”成原来的格局。所以，当他们考虑一盘棋时，他们能马上想到在他们看到的 4 至

6 种格局之间可能或将会发生的相互作用。对认知行为的研究表明,大多数有专长的人,从魔术师和音乐会的乐师到律师和总经理,在求解问题时,都使用类似的方法来组织他们需要存储和处理的数据。

当我们还在孩提时,就开始将自己的经验组成信息块,这正如在图 2.2 中我们所举的“熊猫”的例子那样。随着年龄的增长,我们就会在“熊猫”的周围丛生越来越多的信息,继而就有一个更抽象的概念。有趣的是,无论我们的头脑中的信息块变得多么复杂,我们处理信息块

的能力似乎总保持在一个水平上。如果某人在没有书、图或笔记时思考问题,则他可以在自己的短期存储器中同时保留 4 至 7 个块;若是将一些信息存于外部介质,当需要时可去查找,则能增加我们可以同时处理的信息的数量。

通过设置计算机屏幕窗口可以加深我们的理解。你可以将一个窗口用作编写备忘,另一窗口作为这个备忘窗口的扩充。还可以有一个窗口作为记录你经电子邮件接收的,你想响应的信息的备忘。如果把每个窗口作为一个块,研究表明,你仅仅可以同时有效地处理四、五个窗口。将这个例子稍加扩充,你将看到,每个窗口都能扩充,并且窗口的一部分可以“膨胀”,以使你看到附加层次的细节。每一块都是如此,当你的注意力集中到它时,你就能回忆越来越多的有助于定义一个块的有联系的细节。

在早期的存储信息处理模型中,认为要将存储器模型分为短期(或工作的)存储器和长期存储器。目前,大多数研究人员则将工作存储器作为在某一指定时刻能被激活的长期存储器的一小部分,这正如显示屏表示的仅仅是存放在计算机的各个程序和文件中的部分数据。当激活扩展到新的块时,先前被激活的块就不可用了。这是因为人类的认知处理器是一有限的资源。激活模型正引起人们的兴趣,因为它描述了从一个块集到下一个块集激活扩展的思想。

长期存储器中保留着一堆独立地积累起来的知识,它们用某种复杂的网络相联。长期存储器中究竟能存放多少信息尚无定论。正如我们大家都知道的,诀窍不是存放的信息,而是维护检索或记忆事情的方法。

向长期存储器中增添新的信息块需要一定的时间。将事实恰当地连到存储器的网中,每块平均需要 7 秒种。当我们采用不同的策略在阅读当地报纸的比赛中,确实“注意”到新消息时,我们就会认识到这一点。事实上,我们不只是简单地注意到一个新消息而已,同时也注意到了那些我们已知的,且与该新名词有联系的其他消息。

尽管存放花去了相当长的时间,人类的信息处理系统存取长期存储器却可以相当快——每次在 70 毫秒之内。这种非对称性对于解释人们怎么行动非常重要。在人们中不常有快速的老练行为,但是作为长期使用的新信息的快速存取却很普遍。例如,象我们上面讨论的象棋大师这类世界水平的专家,通常要在自己的工作领域中干上 10 年或更长的时间后才能反映出他们快速的老练行为来。获取知识,对信息进行编码,形成块和组织经验一般都要这么长的时间。

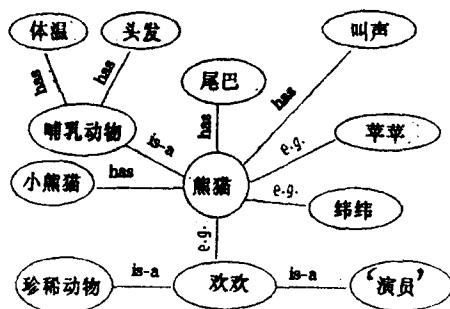


图 2.2 长期存储器中的一个块