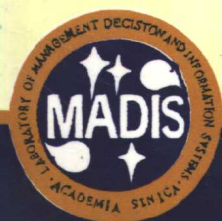


管理、决策与信息系统丛书

专家系统 开发环境



陆汝钐 等著

科学出版社

管理、决策与信息系统丛书

专家系统开发环境

陆汝钤 等著

科学出版社

1994

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书以作者及其科研集体近 10 年来从事专家系统开发工具和环境研究的成果为背景,全面介绍知识工程的各个环节,包括知识表示、知识获取、知识模型构造、知识求精、知识评估、知识系统结构、知识库管理、启发式推理、不精确推理、解释机制、学习机制、多专家协作、分布式推理、专家系统开发、软件接口构造、人机界面(窗口、图形、菜单、自然语言)构造等各个方面。每一部分除介绍国际上的发展近况外,主要是以已实现的各实际子系统为例详加说明,使读者了解具体的技术,阅读后能参照本书提供的方法自己动手设计和开发专家系统或专家系统工具。

本书适合广大高等学校、科研机构及对知识软件感兴趣的教师、科技人员、研究生及本科生阅读、参考。

管理、决策与信息系统丛书

专家系统开发环境

陆汝铃 等 著

责任编辑 李淑兰

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994 年 4 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1994 年 4 月第一次印刷 印张: 16 1/4

印数: 1-1 500 字数: 421 000

ISBN 7-03-003636-0/TP·280

定价: 18.20 元

管理、决策与信息系统丛书
编辑委员会

主 任

许国志

副主任

邓述慧 章祥荪

委 员 (按姓氏笔划排列)

邓若鸿 李国英 汪寿阳

陆汝钤 郑维敏 周龙骧

项可风

序 言

管理、决策与信息系统是本世纪中发展起来的研究新领域。它从系统科学、数学和经济学中吸取了一些理论和方法,从而得到了飞速的发展。计算机科学和技术的发展,不仅为它在实践中的应用创造了条件,也为其理论探讨提供了工具。与此同时,系统科学、数学和计算机科学也从它的研究中发现新问题,吸取了新养分。为了促进这个领域的发展,中国科学院管理、决策与信息系统开放实验室决定编写这套丛书。这套丛书不求全而求新,以反映我们的研究成果为主。

回顾管理理论的发展历史,我们可以发现一个趋势:系统的概念和方法越来越多地用于其中,并成为管理理论发展的第三阶段的重要特征。管理理论的第一阶段形成于本世纪初,以 F. W. Taylor 为代表,倡导科学的管理,他们针对提高工厂劳动生产率的问题提出了标准化原理。管理理论的第二阶段,从本世纪二三十年代开始,以行为科学为特点,主要代表有 A. H. Maslow, K. Lewin, R. Jannenbaum 和 D. McGregor 等人。他们研究人的需要、动机、激励和定向发展,研究正式和非正式的团体的形成、发展和成熟,研究个人在团体中的地位、作用,领导方式和领导行为等。管理理论的第三阶段出现在二次世界大战后,这一阶段有各种学派,例如社会系统学派、决策理论学派、系统管理学派、管理科学学派和经验主义学派等。他们从不同角度强调系统的概念、理论和方法。这三个发展阶段并非截然分开,而是互相渗透的。不论管理有多少学派和多少技巧,我们大致可以分成三种模式:机械模式、生物模式和社会模式。生物模式认为,组织像一个生物,有头脑机构,有职能部分和分支机构。一个企业的目标可以分解,各部门完成其中的一部分。在这种模式下,目标管理得以发展。社会模式认为,各级组织都是一个交互作用的系统,它们有共同的目

标、交互作用和信息联系,管理者是交互作用的中心。目前,美国有一学派强调交互式管理(interactive management),强调以系统方法来管理。这正是它不同于传统管理的地方。在实践上,传统管理大致分为三类:回顾式(reactive)管理、被动式(inactive)管理、预测式(preactive)管理。回顾式管理是在自下而上地总结过去经验的基础上,去发现单位的弱点,找出克服它的措施,并在预算允许的条体下,逐个地实施。被动式管理的特点是危机管理,是“救火队”,领导疲于处理各种各样的当前问题。预测式管理的各种决策基于对今后的经济、技术、顾客行为和各种环境的预测。这三类管理可以混合成各种样式的管理,正像红、黄、蓝可以组成各种彩色一样。交互式管理强调系统的方法,认为某企业出现的市场问题绝不仅仅是个市场问题,而跟 R&D、生产、原材料供给和人事等等有关,是系统的问题,是整个企业的问题,回顾式管理的弱点就是缺乏系统的观点。交互式管理强调要设计可见的未来,创造一条尽可能实现它的道路,这是“救火队”所不能做到的,但它又不把一切都寄托于预测。交互式管理还强调“全员参与”和“不断改进”。我们认为,交互式管理是社会模式的一种。目前日本出现了“3C 管理”,核心就是竞争(competition),合作(cooperation)和协调(coordination)。

决策理论学派是以 E.W.Simon 为代表从社会系统学派中发展起来的。它认为决策贯穿于管理的全过程,管理就是决策。决策的优劣在很大程度上依赖于决策者的智慧、素养和经验。计算机技术的发展不仅使人们能够快速解决决策中的复杂计算问题,而且可以有效地进行决策过程中的信息处理和分析等工作,从而达到提高决策质量的效果。今天正处在不断发展阶段的决策支持系统(DSS)和管理信息系统(MIS)正是集管理理论、系统理论和信息技术三大成就的交叉学科,它们已为解决一些复杂决策问题提供了有力的工具。粗略地说,决策问题或者管理问题大致可分为三个层次:战略决策、结构决策和运行决策。战略决策是指与确定组织发展方向和远景有关的重大问题的决策。结构决策是

指组织决策,运行决策是指日常管理。

从信息论的观点看,整个管理过程就是一个信息的接收、传输、处理、增功与利用的过程。管理就是根据信息而进行的有效控制行为。这些行为表现的形式为计划、组织、协调、反馈与控制。计算机信息处理,用于管理走过了三个阶段:数据处理(EDP),管理信息系统和决策支持系统。作为管理信息系统和决策支持系统的支持环境,相对独立于计算机科学的软件的开发,需要研究和建立各类管理信息系统独特的支持软件系统和开发环境,例如分布式数据库管理系统和分布式知识库管理系统;面向用户、通用性较强和面向特殊用户的模型库、方法库管理系统;以及一些专门的用户接口语言。

展望未来,我们认为管理、决策与信息系统这个交叉学科的研究领域,将会出现以下发展趋势:

1. 更加重视人的行为的研究,企业的管理将不仅强调竞争,而应在竞争的前提下注重合作与协调;
2. 宏观经济的非线性建模与决策分析,将与非线性数学的研究互相促进取得进展;
3. 计算机技术的飞跃发展,将为管理与决策提供更高的支持平台,例如数据库技术、人工智能、多媒体技术、智能化用户接口和网络技术的应用;
4. 在管理理论研究的基础上,在大量开发决策支持系统之后,利用计算机技术可能形成在一定范围内真正实用的决策支持系统;
5. 分布式系统模式将会有更广泛的应用;
6. 一些新的理论、方法和技术将会出现。

从这些展望中我们不难发现以下几个特点:(1) 利用信息科学与数学中的最新成就,研究管理与决策中的问题并取得应用成果;(2) 通过观察管理与决策系统发现其规律,研究管理与决策中的问题并取得应用成果;(3) 通过观察管理与决策系统发现其规律,形成数学与信息科学中的研究课题。这也是我们这套丛书

的特色之一。

在这套丛书的编写中,我们在注重学术水平的同时,又注意其实用价值。因此这套丛书也有一定的适用面。丛书的作者们将竭尽全力把自己在有关领域中的最新研究成果和国外发展动态写得通俗易懂,以便使更多的读者用已掌握的有关理论和方法去解决他们工作中的实际问题。这是我们组织这套丛书的宗旨,也是我们的希望。

本丛书可供从事管理与决策工作的领导干部和管理人员、大专院校有关专业的师生以及技术人员学习、参考。

许国志

邓文魁

一九九三年五月

前 言

本书扼要介绍了我们最近 10 年来围绕专家系统开发工具和环境所做的一系列工作。第一章和第二章的前四节是本领域的简要综述。从第二章第五节开始都是我们的成果,其中《天马》专家系统开发环境是作为“七五”攻关项目同其他单位合作完成的。由于本书的目的是总结我们的工作,因此只收进了《天马》中直接由中国科学院数学研究所研制的语言和系统。本书其余部分是我们 10 年来以 LUBAN (见 2.6 节) 为主要线索所做的研究工作。第十章介绍我们采用过的一些实用技术。

参加编写的绝大多数是我过去和现在的硕士生或博士生。按姓氏笔划为序,本书的编写分工为:毛文吉(1.2.4.9,2.2.3)、朱文虹(4.1,9.2)、朱志明(9.3.1)、刘晓华(8.4)、李小滨(9.4.4)、肖宏(9.3.2)、吴建敏(3.1,3.2,3.3,3.4)、张松懋(8.3)、李贵峰(9.1,10.3)、吴辉荣(5.2,6.3)、陈照兵(1.2.4.8,2.2.1)、周孔祎(4.2)、周樾(5.4,6.4)、高全泉(5.1,6.2,6.7,8.1)、夏幼明(5.3,6.5)、戚卫国(9.4.2)、赖少庆(2.1,6.1)、谢世明(9.4.3)、曹华(10.1,10.2,10.4)、曹存根(4.5,6.6),其余由我编写。

大体上,每一部分的编写者即是该部分所涉及的子系统的设计者和实现者。也有一些例外,用一个不太恰当的比喻,我本人可算是“君子动口不动手”,所有的实际系统都是别人实现的,我只是提出一些思想和原则,并设计了部分语言文本和系统结构。书中的 GUIHUA, TUILI, CAIDAN, MACDONAU, AUTOCON, PROTEX, D-TUILI, UNION, 《天马》和 LUBAN 等语言和环境体系是我设计的。D-POREL 是我和周龙骧教授共同设计的,8.2 节取材于我和他合写的论文。CONBES 和 CALAS 两节分别取材于我和曹存根及我和柳英辉、李小滨合写的论文。GIML, KBRs, CKLS 以及 3.5.3 节的一部分分别取材于王琳、潘志青、金

海东和崔青的硕士论文.他们是这六个系统的实现者.此外, LISP 是张连芳和赖少庆副教授共同实现的, 另一个 LISP 版本由冯方方实现. PROLOG 和 TUILI 由高全泉副教授实现. GUIHUA 是浙江大学的周波同志在“七五”项目内实现的. T-POREL 是 TUILI 和 C-POREL 的连接, 其中 C-POREL 是以周龙骧教授为首的课题组的10年科研结晶. D-TUILI 由高全泉、张松懋和曹华共同实现. UNION 的一部分由赵致琢、曹华等实现. 李震宇、孔琢、庄庆雨参加过该系统的讨论. 上述许多同志对本书的内容作出过贡献, 但因联系不便等原因而未能参加本书的编写.

10年来, 我们的科研工作得到中国科学院计划局、合同局、数理化学局、技术科学局、数理学部、技术科学部等上级部门的关怀和支持; 得到国家计委、机电部计算机司等领导部门的关怀和支持; 得到科学院数学所及管理、决策和信息系统开放实验室的领导和各职能部门的关怀和支持; 得到院内外各兄弟单位和同行的关怀和支持. 尤其是本书的编写出版是在实验室的直接支持下实现的. 对此我们深表感谢. 我们感到欣慰的是有一个学术气氛浓厚的工作环境, 这是促进出成果的重要因素. 我们感到遗憾和不足的是由于经费和人员等因素的掣肘, 没有能把工作做得更好, 有一些想做的事还没有能做到. 总结过去是为了面对未来. 希望本书的出版能为我们带来广大读者的批评和建议, 成为促进我们下一步工作的动力.

陆汝铨

1992年3月于北京

目 录

序言

前言

第一章 知识工程鸟瞰	1
1.1 知识工程起源	1
1.2 专家系统的基本技术	7
1.3 专家系统的成就和问题	50
1.4 新一代专家系统	56
第二章 知识工程开发工具	64
2.1 人工智能语言	64
2.2 知识工程语言	79
2.3 专家系统外壳	97
2.4 专家系统工具市场	113
2.5 专家系统开发环境《天马》	118
2.6 生命周期模型 LUBAN 和全周期开发环境 KM ...	130
第三章 模型设计和快速成型	140
3.1 问题分析	140
3.2 知识模型分析	146
3.3 目标问题求解模型的选定	151
3.4 目标问题需求分析工具 REAL	157
3.5 快速成型技术	173
第四章 知识获取	180
4.1 个人结构心理学和分类表格生成器 GAS	180
4.2 模式驱动的机器学习程序 GPMIL.....	186
4.3 数据驱动的机器学习程序 GIML	198
4.4 部分增量式机器学习程序 CKLS	202
4.5 知识翻译和 BKDL 语言.....	208

4.6	语义文法辅助学习系统 CALAS	222
第五章	语言选择	229
5.1	逻辑推理语言 TUILI	229
5.2	框架语言 FEST	241
5.3	语义网络语言 SNetI	247
5.4	支持框架规划的面向对象型语言 SPOT	261
5.5	规划描述语言 GUIHUA	278
第六章	推理机构造	284
6.1	表推理机	284
6.2	逻辑推理机	294
6.3	框架推理机	309
6.4	对象推理机	315
6.5	网络推理机	326
6.6	深、表层推理机	334
6.7	多推理机	341
第七章	知识维护和求精	361
7.1	KBRs 系统中的知识维护和求精	361
7.2	CKLS 系统中的知识求精	367
第八章	分布式知识工程	373
8.1	推理式分布数据库管理系统 T-POREL	373
8.2	双层演绎式分布数据库管理系统 D-POREL	379
8.3	分布式演绎数据库管理系统 D-TUILI	397
8.4	通信制导的分布式推理系统 C-TUILI/68020	407
8.5	分布式专家系统 UNION	416
第九章	用户界面的自动生成	436
9.1	窗口生成系统 LWG	436
9.2	图形生成系统 HIGH	440
9.3	菜单生成系统 CAIDAN	447
9.4	自然语言接口生成	454
第十章	系统界面的构造	481

10.1	数据库接口	481
10.2	操作系统接口	486
10.3	汉字信息接口	488
10.4	高级语言接口	494
参考文献		497

第一章 知识工程鸟瞰

1.1 知识工程起源

“过去 20 年，人工智能的研究发生了转变。从探索广泛普遍的思维规律转向智能行为的中心问题，即评价特定的知识——事实、经验知识以及知识的运用”。

上面是美国斯坦福大学教授 Feigenbaum 在他的名著《第五代计算机：人工智能和日本计算机对世界的挑战》一书中说的一句话。这是 Feigenbaum 的基本观点，也是知识工程界人士对知识工程这门新学科的崛起所持的基本观点。所以，我们也就用这句话作为本书的开头。

那末，这个转变是怎么发生的呢？说来话长。

人们通常把 1956 年夏天在美国达德茅斯学院举行的大会看作人工智能的诞生。如果这个说法成立，那末，人工智能已有 35 周岁，过了它的而立之年。这个新学科在它诞生的头几年曾经走过一段顺风路，出过不少名噪一时的成果。

以自然语言的机器翻译为例，这是人工智能中最早的研究方向之一。据说早在 30 年代，原苏联的斯米尔诺夫·特洛扬茨基和法国的阿尔祖尼就提出过机器翻译的想法。电子计算机问世后，人们更感到此想法即将实现并为此激动不已。1952 年召开了机器翻译的学术大会。1953 年，美国乔治敦大学的语言系组织了第一次用机器作俄译英的实际试验，取得初步成功。1954 年 7 月，IBM 公司又在 701 计算机上作了公开表演。同年，专门研究机器翻译的刊物开始出版。当时的普遍情绪是似乎胜利已经在望。

利用计算机证明数学定理是又一项大胆的设想。早在 1956 年的人工智能大会上，Newell 和 Simon 即报告了他们研制的程序 Logic Theorist。该程序自动证明了《数学原理》第二章中的 38

条定理,后来经过改进,又于1963年证明了该章中的全部52条定理。

1956年, Samuel 研制了跳棋程序,该程序具有学习功能,能够从棋谱中学习,也能在实践中总结经验,提高棋艺。它在1959年打败了 Samuel 本人,又在1962年打败了康涅狄克州的冠军(全美第四名)。由于该程序是在 IBM701 机上实现的,它的胜利竟使 IBM 公司的股票价格上涨了15%。又由于它是一个早期的十分成功的非数值计算的例子,据说 IBM 的设计师们在它启发下又加进了逻辑指令集,此后被其它机器的设计师们所采用。

也是在1956年, Selfridge 研制出了第一个字符识别程序,接着又在1959年推出功能更强的模式识别程序。1965年, Roberts 编制了可以分辨积木构造的程序;开创了计算机视觉的新领域。

定理证明在1958年取得了新的成就。美籍数理逻辑学家王浩在 IBM704 计算机上以不到5分钟的时间证明了《数学原理》中有关命题演算的全部220条定理,并且还证明了该书中带等式的谓词演算的150条定理中的85%的定理,证明时间也只用了几分钟。1959年,王浩再接再厉,仅用了8.4分钟的时间就证明了以上全部定理。同一年, IBM 公司的 Gelernter 还研制出了平面几何证明程序。

从1957年开始, Newell, Shaw 和 Simon 等人就开始研究一种不依赖于具体领域的通用解题程序,即 GPS 程序。这种程序是在 Logic Theorist 的基础上发展起来的,它反过来又可用于改进 Logic Theorist 程序。GPS 的研究前后持续了10年,最后的版本发表于1969年。

人工智能在解决数学难题方面也大显身手。1963年, Slagle 发表了符号积分程序 SAINT, 他用86道积分题作试验,其中54题选自麻省理工学院的大学考题,结果做出了其中的84道题。1967年, Mosis 以他的 SIN 程序再创记录,效率比 SAINT 提高了约三倍。由于在这期间 Ritch 已经基本上解决了超越函数的积分问题,因而使得 SIN 成为一个相当完备的积分系统。如

果说 SAINT 具备了一个大学生的不定积分计算能力,则 SIN 已达到了相应专家的水平。

1965 年, Robinson 独辟蹊径,提出了与传统的自然演绎法完全不同的消解法,当时被公认为是一大突破,掀起了研究计算机定理证明的又一次高潮。

一连串的胜利使人们兴奋起来,醉心于人工智能远景的专家们作出了种种乐观的预言。1958 年, Newell 和 Simon 充满自信地说:不出 10 年,计算机将要成为世界象棋冠军;不出 10 年,计算机将要发现和证明重要的数学定理;不出 10 年,计算机将能谱写具有优秀作曲家水平的乐曲;不出 10 年,大多数心理学理论将在计算机上形成。有些人甚至断言:照此趋势发展下去,80 年代将是全面实现人工智能的年代,到了公元 2000 年,机器的智能就可以超过人了。

但是,初战告捷的欢乐只是暂时的,当人们进行了比较深入的工作以后,发现这里的困难比原来想象的要严重得多。

就定理证明来说,1965 年发明的消解法曾给人们带来了希望。可是,很快就发现了消解法的能力也有限。用消解法证明两个连续函数之和还是连续函数,推算了十万步也还没有能推算出来。

Samuel 的下棋程序也不那么神气了,当了州的冠军之后没有再能进一步当上全国冠军。1965 年,世界冠军 Helmann 与 Samuel 的程序对弈了四局,胜三和一,仅有的一个和局是因为世界冠军“匆忙地同时和几个人对弈”的结果。

Rosenblatt 在 50 年代发明的感知机,是一种以模式匹配为原理的学习机制,当时曾为机器学习提供了一条有希望的途径。但是 Minsky 和 Papert 在 1969 年出版的一本书中,从理论上论证了感知机能力的局限。他们指出:有限阶的感知机不能识别除欧拉数 $E(X)$ (X 是被识别的对象, $E(X)$ 是 X 的连通区个数)之外的其它拓扑不变性质。这一结论使感知机及有关理论的研究冷却了许多年。至今,一些联络主义(与感知机有渊源关系的新一代理

论)者在提到这段历史时还抱怨不已。

最糟糕的恐怕还是机器翻译。原先,人们曾以为只要用一部双向字典和某些语法规则即可很快地解决自然语言之间的互译问题,结果发现机器翻译的文字阴差阳错,颠三倒四。著名的例子是:英语句子“The spirit is willing but the flesh is weak”(心有余而力不足)翻成俄语再翻回后竟成了“The wine is good but the meat is spoiled”(酒是好的,肉变质了)。因此有人挖苦说,美国花 2000 万美元为机器翻译立了一块墓碑。

从神经生理学角度研究人工智能的人发现他们遇到了几乎是不可逾越的困难。人的脑子有约 10^{12} 个神经元。生理学认为,每个神经元可能不只是一个信息存储转送单位,而是一台完整的自动机。计算机技术虽然有了很大的发展,但要把 10^{12} 台机器,那怕是最小的微型机,组成一个联合运行的网络,这在 20 世纪能否做到,恐怕也是一个问题。

种种困难使人们对人工智能的乐观情绪大大下降了。在英国,它受到了最大的打击。英国曾在这方面有一批出色的科学家,其研究工作居于世界前列。可是在 1971 年,剑桥大学的应用数学家詹姆士先生应政府的要求起草了一份综合报告,这份在 1972 年发表的报告中,指责人工智能的研究即使不是骗局,至少也是庸人自扰。报告被英国政府采纳了。于是,形势急转直下。人工智能的研究经费被削减,研究机构被解散。好端端的局面被目光短浅的人一笔勾销。

在人工智能的发源地美国,原来对这一领域持保守态度的人变得更保守了。国家研究局的自动化语言处理顾问委员会在 1966 年发表了所谓 ALPAC 报告,认为机器翻译目前做不到,也不会在可见的将来做到。根据这个报告,对机器翻译项目的经费支持基本上停止了。IBM 公司的人员曾在 1956 年夏天的那次会议上占了相当的比重,这些人在初期的贡献不仅有 Gelernter 的平面几何证题程序,而且还有 Bernstein 的下棋程序,该程序曾被当时的《纽约时报》,《时代》和《美国科学》等报刊大肆宣扬。但是,结局