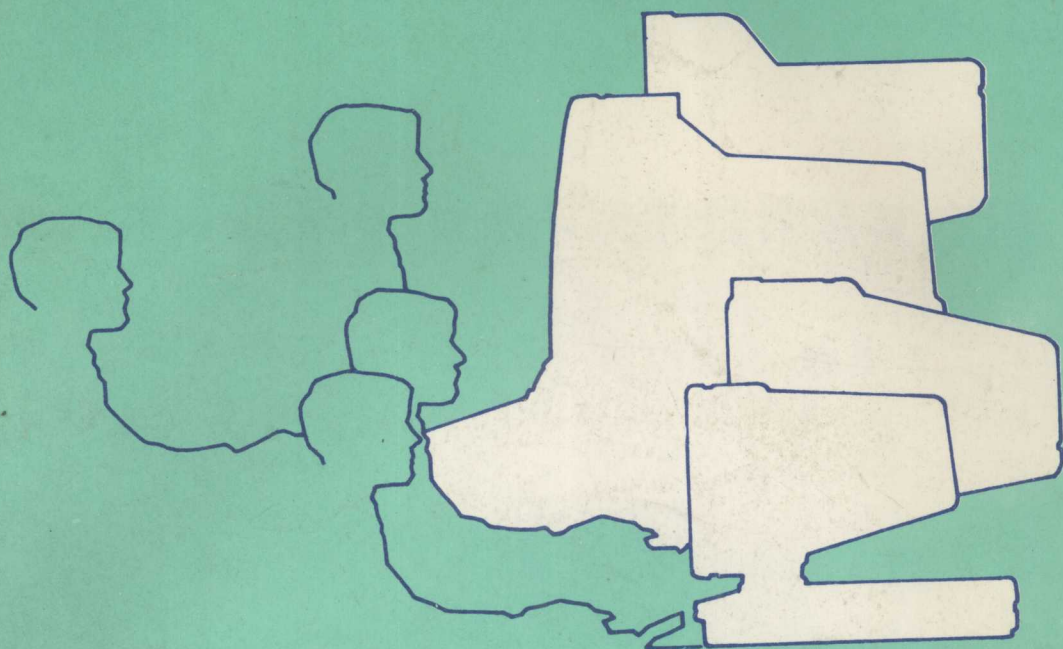




计算机专用：专家系统理论及其应用

黎钜鲇 葛兰新 黎 彤

光明日报出版社

73.8145/1

计算机专用：专家系统的理论及其应用

黎钜鲇 葛兰新 黎 彤 编著



计算机专用：专家系统的理论及其应用

黎钜鲇 葛兰新 黎 彤 编著

光明日报出版社发行

（北京永安路106号）

邮政编码 100050

新华书店北京发行所经销

河南大学第二印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 9 字数 230 千字

1994年8月第一版 1994年8月第1次印刷

印数 1—1000

光明日报出版社

ISBN7-0001-339-2/C0039



(京)新登字 101 号

计算机专用:专家系统的理论及其应用

黎钺鲇 葛兰新 黎 彤 编著

光明日报出版社发行

(北京永安路 106 号)

出政编码 100050

新华书店北京发行所经销

国防大学第二印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 9 字数 210 千字

1994 年 8 月第一版 1994 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—1000

ISBN7—80091—339—2/G·559

内容简介

本书全面系统地介绍了专家系统的基本理论和建造专家系统的方法,开发工具,不精确推理和应用实例,全书共分八章。第一章介绍了专家系统有关概念、历史和专家系统结构;第二章介绍了专家系统的设计原理,专家系统工具及其选择;

第三章通过动物识别专家系统例子介绍了知识库和推理机等概念及其设计;第四章介绍了知识表示技术;第五章系统地介绍了不精确推理方法;第六章介绍了机器学习;第七章介绍专家系统在化学方面的应用;第八章介绍了专家系统在医学方面的应用。

序言

作为人工智能(Artificial Intelligence 简称 AI)科学的一个极其重要的分支科学的专家系统(Expert system — ES)是一个具有大量专门知识的智能程序系统,是当前计算机科学技术的核心内容之一。自它诞生之日起,就一直受到世界各国的普遍重视,以迅猛的速度向广度和深度发展,已成为一门日趋成熟的极其活跃的向商品化发展的热门高科技技术,并广泛应用于工业、农业、商业、教育、国防、医学、地质、石油、气象、交通运输等领域,在各个专业领域中起着重要的作用,并迅速向各个领域渗透。

专家系统的理论和技术在我国也受到应有的重视,高速地向纵深发展,日益普遍地被人们了解、重视和掌握,开始进入商品化的实用阶段。

我们由于教学和科研工作的需要,于 1985 年编写了本讲义(本书的前身)。随着教学和科研工作的不断深入,本书已几经修改,成为今天这本《专家系统的基本理论及其应用》,供教学和科研工作者使用。并适合计算机专业学生和研究生以及从事计算机应用和软件开发人员的学习参考,亦适应非计算机专业人员自学使用。学完本书后,能对专家系统的基本理论和主要技术有一个较为系统的了解和掌握,也能动手建造一个简单的专家系统,同时亦能对本书中提出的某些课题(如不精确推理)进行研究。

由于我们的水平有限,书中缺点和错误在所难免,欢迎读者批评指正。

作者

1994 年元月

目 录

第一章 专家系统概述	(1)
§1.1 什么是专家系统	(1)
§1.2 研究专家系统的任务	(1)
§1.3 专家系统的优越性	(1)
§1.4 几个领域中,几个已达到人类专家水平的专家系统:	(2)
§1.5 历史	(2)
§1.6 专家系统的结构	(4)
第二章 专家系统的设计原理	(7)
§2.1 建造专家系统的方法论	(7)
§2.2 建造专家系统的工具	(8)
§2.3 建立专家系统的目的	(10)
§2.4 建立专家系统的过程	(12)
第三章 一个例子	(15)
第四章 知识表示	(38)
§4.1 逻辑表示法	(38)
§4.2 产生式	(40)
§4.3 语义网络表示法	(45)
§4.4 框架表示法	(54)
§4.5 过程表示法	(58)
第五章 不精确推理	(60)
§5.1 MYCIN 中的不精确推理	(60)
§5.2 主观 Bayes 方法	(64)
§5.3 可能性理论	(72)
§5.4 证据理论	(74)
§5.5 发生率计算	(82)
第六章 机器学习	(89)
§6.1 概述	(89)
§6.2 学习系统的简单模型	(90)
§6.3 机械学习和指点学习	(92)
§6.4 通过例子学习	(94)
§6.5 由类比学习	(101)
§6.6 规则——变换问题空间	(101)
§6.7 实例	(103)
§6.8 结论	(103)
第七章 专家系统在化学方面的应用	(105)
§7.1 Dendral	(105)

第一章 专家系统概述

“空间技术”、“能源技术”和“人工智能”称为当今世界三大尖端技术。目前,人工智能是以实现推理机为中心。关于学习和联想的机能还处于研究的阶段。所以,当前在解决复杂的现实世界的问题中。人工智能的理论和方法。主要是以“专家系统”(Expert System 简记为 ES)的形式得到实际应用。当前,计算机的核心技术就是专家系统。

§1.1 什么是专家系统

专家系统是一个具有某一特定专门知识领域的专家知识和能够在该领域作出智能决策的独立的计算机系统。

也就是说一个专家系统是一个对某一领域中的重大问题提供人类专家水平解的重要的计算机程序。所谓人类专家就是那些擅长解决问题的人们,他们的技能通常来自丰富的经验以及关于所处理问题的详细的专家知识。

一个专家系统应具有以下几个重要特点:

- 1) 启发性:使用判断知识进行推理;
- 2) 透明性:能解释自己的推理过程;
- 3) 灵活性:能不断增长知识。

§1.2 研究专家系统的任务

专家系统这个领域是研究用解决某专门问题的专家知识。建立人机系统的方法和技术,研究专家系统的目的是在特定的领域中使专家系统起该领域人类专家的作用,专家能力包括某个具体专业领域的知识,对领域中问题的理解以及解决这些问题的技能。

任何专业的知识一般可分为两类,公开知识和个人知识。

公开知识包括定义,事实和理论,这些往往已收录在教科书和参考书中。但专家的能力往往不仅限于公开发表的知识。专家们一般都使用到在已发表的文字材料中找不到的个人知识。这种大部分凭经验的个人知识,称之为探试式的知识。

探试式知识能使专家在需要时作出训练的猜测,辨别有希望的解决途径,并有效地处理错误的或不完全的数据,解释并重新组织这种知识就是建造专家系统的中心任务。

对专家的经验进行形式化表示,并使这种表示可被科学地加以检验是专家系统的主要目标之一。

研制高水平的专家系统,提供更好更多专家可以利用的高水平的智能助手,为第二次计算机革命提供工具。

§1.3 专家系统的优越性

- 1、专家系统能够高效率、准确无误、周密全面、迅速且不疲倦地进行工作;

- 2、专家系统解决实际问题时,不受周围环境的影响;
- 3、专家系统可以使专家的专长不受时间和空间的限制;
- 4、专家系统能够促进领域的发展;

专家系统的研制将使领域专家的专业知识和解决问题的能力得到总结和精炼。不少专家的经验 and 知识是不好总结的。甚至只能意会而不能言传,可是为了研制专家系统,就必须总结归纳出专家的经验、知识以及思维方法等。这就促使专家冥思苦索地总结自己的经验,从而对该领域起促进作用。

由于专家系统有总结规则,发现问题的自学习功能。因此,促进了该专业领域研究工作的进展。

5、专家系统能汇集许多领域专家的知识经验和他们相互合作解决问题的能力,因此。它解决问题的能力和知识的渊博使单个人类专家望之兴叹;

6、军事专家系统的研制。是一个国家实现国防现代化的重要环节;

7、专家系统的研制和推广使用有巨大的经济效益和社会效益;

8、专家系统的研究在科学技术研究方面有着极为重要的作用。

专家系统的研究将大大促进知识表示、机器学习、知识获取、推理理论及推理方法、自然语言理解、模式识别、图象处理与图象自动生成,逻辑程序设计、人工智能语言、智能工作系统、智能软件开发环境、定理证明、问题解答、智能机器人等方面的迅速发展。

专家系统的研究已大大加快了人工智能及计算机科学研究步伐。并将对科学技术、经济、国防。教育卫生、社会生活等方面产生极为深远的影响。

总之,专家系统是第二次计算机革命的工具。

§1.4 几个领域中,几个已达到人类专家水平的专家系统:

矿藏探测(Duda 等人 1979, Gasching 1980a), 计算机系统配置(Mcdermott, 1980c, b), 化学结构分析(Buchanan 和 Feigenbaum 1978; Feigenbaum, Buchanan 和 Lederberg 1971; Feigenbaum 1977; Lindsay 等人 1980), 符号数学(Martin 和 Fateman 1971), 国际象棋(Wilkins 1979, 1980); 医学诊断和治疗(Clancey 1979, Clancey, Shortliffe 和 Buchanan 1979; Fagan 等人 1979; Kulikowski 1980; Pauker 等人 1976, pople, Myers 和 Miller 1975, pople 1981; Shortliffe 1976, Weiss, Kulikowski 和 Safir 1987a, b; Weiss 和 Koulikowski 1979), 以及电子分析(Stallman 和 Sussman 1977; Sussman 1977)。

§1.5 历史

在 1977 年国际人工智能联席会议上, Feigenbaum 在一篇特邀论文中说明了专家系统的内观: 专家系统的威力是从它处理的知识中产生的, 而不是从某些形式主义及其使用的参考模式中产生的。事实上, AI 研究的第一阶段是认为几个定律再加上几个强大的计算机就会产生专家和超人的性能; 随着经验的积累, 终于使人们认识到, 用通用的问题求解策略这一很有限的能力来解决最复杂问题实在是太弱了(Newell 1969, Newell 和 Simon 1963); 考虑到通用策略的有限性, 许多研究者开始注意狭隘定义的应用问题。

七十年代中期, 几个专家系统开始形成, 几位研究者认识到知识在这些系统中的重要作用

后。开始致力于开发综合的知识表示理论。并与通用系统结合(Bobrow 和 Winograd, 1977; Minsky 1975, Brachman 1977; Szolovits, Hawkinson 和 Martin 1977)。几年中,由于与前一种通用系统同样的原因。逐步发现这种努力也只能获得有限的成功。“知识”作为研究目标极其广阔多样。一般地讲,解决基于知识问题的努力是不成熟的。但另一方面,许多不同的知识表示方法证明了采用它们的专家系统是有效的。

从这些经验中我们可以看到,正像 Feigenbaum 所阐明的专家的知识是专家能力的关键。而知识表示及推理方案为其应用提供了手段,对功能很强的和通用的知识表示的研究,尽管似乎是直观的愿望。但还没有经验的验证。

简言之,对于开发专家系统来说,专家的知识表示似乎是必要且充分的,这种看法是以实践为根据的。

专家系统领域内的几个发展方向介绍如下:这个领域跨越两个年代。

斯坦福大学的 DENDRAL 项目已进入第十六个年头,这个项目产生了两系统:

DENDRAL 和 META-DENDRAL (Buchanan 和 Mitchell 1977, 1978, Buchanan 和 Feigenbaum 1978, Feigenbaum, Buchanan 和 Lederberg 1971; Lindsay 等人 1980)。Dendral 分析大量的质谱仪核磁共振和其它化学实验数据以推断某种未知化合物的可能结构。Dendral 在其问题求解中应用了产生——测试的一种有效的改进形式。它的生产程序可以枚举满足数据中条件的每一种可能的有机结构,它首先系统地生成与数据一致的不完全的分子结构。然后以所有可能方式将简单成分合成。尽快地删除不可能的结构,以避免以指数增长的搜索次数,由于它系统地产生所有可能结构。它可以发现专家们偶然也会漏掉的选择。

META-DENDRAL 通过提供出并选择有机结构的分裂规则。给 DENDRAL 加上了分析知识,它通过检验实验数据,保存那些证明有价值的规则来产生和测试可能的分裂部分。如果一个规则应用频繁,而且很少预报不正确的分裂部分,它就是有价值的。DENDRAL 在该项工作中超过了所有的人,从而在化学研究中重新定义了人与机器的作用。

另一发展方向,从 SAINT (Slagle 1961)开始,到 MACSYMA (Martin 和 Fateman 1971)为止,它是麻省理工学院为研究符号数学开发的一个专家系统。MACSYMA 超过多数专家,它以符号形式进行微分和积分运算,尤其擅长简化符号表达式。世界各地的数学研究者和物理学家每天使用它。MACSYMA 收编了应用数学专家的生成规则,每条规则表示一种把表达式变换为与其等价形式的方法,求一个问题的解需要找到一连串的规则把原表达式变换为一种合理的简化形式。

EXPERT (Weiss, Kulikowski 和 Safir 1978a, b; Weiss 和 Kulikowski, 1979)。是一种专家系统建造语言它是从诊断和治疗青光眼的咨询专家系统 CASNE 演变来的,EXPERT 主要用于建造眼科学、内分泌学和风湿病学的咨询模型。

匹兹堡卡尼基——梅隆大学的 CADUCEUS (Pople, MYERS 和 Miller 1975; people 1981)与斯坦福的 MYCIN (Shortliffe 1976)各自针对不同医学诊断问题。CADUCEUS 包含一个表示内科疾病与症状关系的庞大的语义网。1982 年,该系统拥有大约 100000 条相关项,表达了几乎百分之八十五的有关知识,它使用了一些复杂 T 策略来区分复合症。在国家卫生院的指导下,正在进行现场测定,以确定它是否适于推广应用。

MYCIN 进行传染性血液病的诊断与治疗。它的知识由大约 400 条有关的规则组成。在 MYCIN 的问题求解中,它根据已有的数据检验一条规则的条件或者向医生询问数据。如条件适合。它就试图推导另一条规则的条件是真还是假。在评价包括医学专家。实习医生和

MYCIN 在内的各类代表的性能时。认为 MYCIN 的性能相当或高于其它代表。

TEIRESIAS 是 MYCIN 的一个分支,它是通过把人类专家的知识转变为知识库的方法来建立知识库的辅助程序(Davis, Buchanan 和 Shortliffe 1977; Davis 和 Lenat 1980)。专家们在此可以用自然语言的一个子集同 TEIRESIAS 进行对话。

MYCIN 对简单的 IF—THEN 形式的独立规则的应用启发了有关系统的变革。SRI 的 PROSPECTOR(Duda, Gasching 和 Hart 1979, Duda 和 Gasching 1981)使用一种相似的知识表示形式来表达矿产蕴藏量的关系。PROSPECTOR 包含了十二个不同矿藏的知识库。同 MYCIN 类似。它通过评估每个前提条件的支持程度来确定最可能的诊断。这个过程递归地使用,直到所有的数据都被启发式地询问或组合了为止。

在斯坦福,产生了一个与领域无关的 MYCIN 的版本。命名为 EMYCIN (Van Melle 1979)。除了传染性血液病的知识以外,EMYCIN 中包含了 MYCIN 的所有内容。EMYCIN 促进了有关诊断应用的发展。例如 PUFF(Freiherr 1980)。兰德公司开发的 ROSIE 提供了一个建造专家系统的通用程序(Fain 等人1981, 1982, F. Hayes—Rotth 等人1981)。ROSIE 引深了一个名为 RITA(RITA 是兰德智能终端 Rand intelligent Terminal Agent 的缩写)的程序设计系统(R. Anderson 和 Gillogly 1976a,b),他们都从 MYCIN 的基于规则的知识表示形式的成功及其基于英文的描述功能对用户的吸引中得到启发。ROSIE 发展了这些优点并吸收了一些新的功能,如知识表示技术,用户与系统的交互会话,通用的形式化的英文程序设计和交互式的程序设计环境。ROSIE 是第一个广泛支持新专家系统应用范围的系统。

卡尼基—梅隆大学的 PSG(Newell 1973, Newell 和 Mcdermott 1976)是一个研究和模拟人类认识的产生式系统语言,对它的早期研究导致了产生式系统语言的 OPS 系列(Forgy 和 Mcdermott 1977; Forgy 1981)和 R1(Mcdermott 1980a,b)的开发;RI 是为 DEC VAX 计算机系统结构配套的专家系统,它是把 OPS 语言用于建造专家系统的最成功的应用。

最后一个方向来源于讲话理解系统,尤其是 HEARSAY—II 系统(Erman 等人1980)卡尼基——梅隆大学开发的这个系统是两个最早的能理解1000单词词汇量的系统之一。虽然它的智能只能抵得上十岁儿童,还不能满足前面提到的对专家系统的高性能的标准。然而,理解说话大概是 AI 研究者们已经承担并取得可喜成功的最困难的一项任务。许多研究者相信。HEARSAY—II 中的总体思想将在未来的专家系统中起重要作用。(Erman 等人1980, Nii 和 Feigenbaum 1978),HEARSAY—II 的基本特征包括:多种合作的专门人才,从抽象和组合变到精确和集中的不同抽象级别上的问题求解。抓紧时机应用关键数据或得力知识扩展部分。有两个项目是以 HEARSAY—II 的这些特性为基础来开发建造专家系统的通用框架。它们是斯坦福的 AGE(Nii 和 Aiello 1979)和 ISI 的 HEARSAY—III (Balzer, Erman 和 London 1980)。

§1.6 专家系统的结构

图1、2是一个专家系统的理想结构。目前还没有一个专家系统能包括所有这些部分。但每个专家系统都有其的一个或几个部分,以下依次简要地介绍专家系统的这些组成部分。

1、语言处理模块:

理想的专家系统有一个在用户与专家系统之间的面向问题的进行通讯的语言处理模块;用户与专家系统交换信息使用的面向问题的语言,通常是某种带限制的英语变种,在某些情况下要通过图形的或结构的编辑程序。语言处理模块是专家系统与用户之间信息交换的媒

介,典型的语言处理模块能分析并解释用户的提问、命令和输入信息。另一方面,处理模块编排由系统产生的信息,包括对问题的回答,对系统行为的描述和解释以及询问数据,现在的专家系统一般都使用 INTERLISP 写的自然语言语法分析程序(Teitelman 和 Masinter 1981)来解释用户的输入并使用较简单的技术以有限的文字为用户产生信息。

2、黑板

一块记录中间结果的“黑板”,它主要用于记录专家系统处理的中间假设和判定。每个专家系统都使用某种类型的中间判定表示,只有少数的专家系统明确地使用了图1、2中那样的黑板来表示不同类型的判定。图中标明,记录在黑板上的判定有三种:计划、记事簿和解答。计划部分描述总体的或一般的着手解决点(attack),即系统要追踪当前的计划、目标、问题状态及其来龙去脉。

例如:一个规划可以建议首先处理所有初级数据,然后形成几个最可能的假设。加工整理所有这些假设直到产生一个最好的假设。最后,集中处理这个假设,直到找出完整的解答;一些专家系统中,已采用了这类计划。记事簿部分记录等待执行的行动,它们通常对应于黑板上以前记录的与某些判定有关知识库规则。解答部分记录系统已生成的选出的假设和判定以及有关判定之间的从属关系,这些从属关系常被称为链。

3、调度模块

调度模块管理控制记事簿并决定下一步执行哪个未完成的动作。在调度模块中,可以加入有关知识。如“下一步做最合适的工作”和“避免重复劳动”,为了使用这些知识,调度模块根据它对计划和其它解答的关键给记事簿的每个项目确定优先级。为此,调度模块通常要估计应用规则的效果。

4、解释模块

解释模块应用知识库规则挑选记事簿上的项目;一般地说,解释模块选择规则中的恰当条件,把变量代入黑板上某个解答的条件。然后根据规则规定把变化记在黑板上,这类解释模块,一般是用 LISP 语言写的。原因是其处理和评价程序的功能强,当然用其它语言亦可。

5、一致性处理模块

一致性处理模块力图维护所产生的解答的一致的表达形式。当解答部分表现为假设诊断和引入的一些新数据时,可以采用类似修正的方式(Shortliffe 1976; Duda 和 Gasching 1981; Erman 等人1980);当解答部分表现为逻辑推论及其真值关系时,可采用精确维护过程(Mcdermott 和 Doyle 1980)。多数专家系统使用某种数值调整方案决定每种潜在判定解答的可信度。这种方法要确保达到可能的结论并避免不一致的结果。

6、验证模块

该模块向用户解释系统的行为,通常回答“为什么获得某些结论”和“为什么不选择另一种可能”等问题。为此,验证模块采用几种通用的回答问题的计划,这要求验证模块能在黑板的解答中从提问的结论回溯到中间假设或支持数据。回溯的每一步都对应于一条知识库规则的推理。验证模块把这些推理过程收集起来,给用户翻译成英语表达。要回答“为什么不……”的问题,系统采用这种技术的启发式的变化形式。按照推理可以找出一连串的可达到所提问题的结论的规则,但由于某些规则的有关条件不满足而不能应用这串规则。解释程序指明这些不满足的条件阻碍了这一整串推理规则。因此,系统排斥了这种结论。

7、知识库

它记录规则、事实以及关于公式化解答现行问题的信息,知识库的规则都有程序性的解

释,事实只起消极的作用。

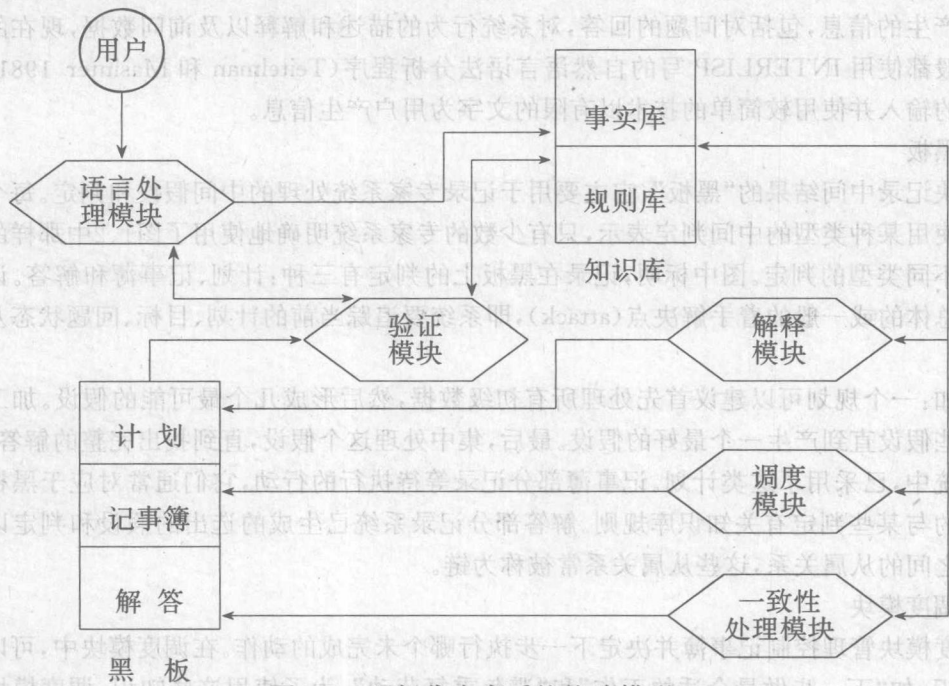


图1.1 理想化专家系统构造模型

8、一个典型的专家系统

下面图1.2是一个典型的专家系统

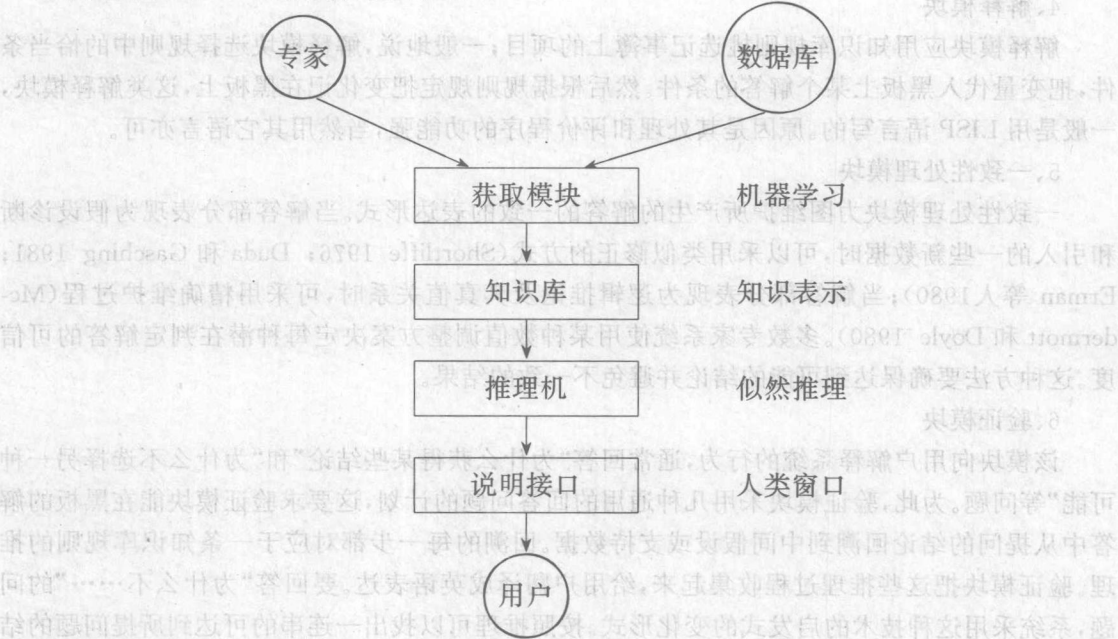


图1.2 一个典型的专家系统

第二章 专家系统的设计原理

专家系统的设计基本是用经验的研究方法来决定如何解决需要广泛的知识和技能的问题。为了形成一个解答,必须利用两种财富来建造工作系统:方法论和一组工具。

§2.1 建造专家系统的方法论

因为专家系统的高性能是通过实验来获得的。所以必须逐步地进化。这种进化或者说不断前进的开发技术,在专家系统领域内已成为占统治地位的方法。从专家那里总结知识并编为程序形式的过程称为知识获取。问题求解专门知识的这种由知识源到程序的转移和变换是专家系统开发过程的核心。

找出专家的知识并将其形式化的任务落在知识工程师的肩上,经过一系列相互作用的扩展,知识工程队(知识工程师和专家)确定要解决的问题。发现涉及的基本概念。开发出表示概念之间关系的规则,虽然使专家系统开发过程自动化的工作正在进行。但在目前,知识工程师们必须依靠他们自己的技能和洞察力来指导知识获取的活动。

表1.1概括了开发专家系统的主要步骤。

表1.1 开发专家系统的步骤

确认	确认问题的特性。
概念化	找出表示知识的概念。
形式化	设计组织知识的结构。
实现	形成带有知识的规则。
测试	检验带有知识的规则。

1、确认过程:在确认过程中,知识工程师和专家一起工作,以辨别问题领域并定义其范围。还要确定开发过程的参与人(其他专家),决定需要的资源(时间、计算工具),并决定建造专家系统的目标和任务,可以确定一个小的但是有意义的子问题。用来集中解决知识获取的过程。

2、概念化

在概念化中,专家和知识工程师阐明给定领域中问题求解过程,需要的关键概念,关系和信息流的特点。

3、形式化

形式化就是把关键概念和关系对应变为满足某种专家系统建造工具或语言的标准表示形式,知识工程师必须选择语言,然后在专家帮助下,在语言骨架内表示这些基本概念和关系。

4、实现

在实现过程中,知识工程师组织合并形式化的知识,并使它们适合问题的数据流特点,产生的这组规则,连同控制结构一起定义能够执行和测试的模型程序。

5、测试

测试工作要评价模型程序的性能,并进行修改以满足问题领域专家确定的高标准,通常是

由专家评价程序的性能并帮助知识工程师修改。

这些开发专家系统的步骤并非清晰的、明确定义的,甚至不能说是独立的。它最多是把知识获取的复杂过程粗略地作了分析。例如,形式化和实现过程是紧密相关的,在实现过程中,如没有提供充分的规则和控制,就不可能立即形式化。同样,在测试中,知识工程队可能发现,修正模型需要部分地修改前面步骤的结果,这会引起重新形成规则和控制过程,重新设计知识结构,发现新概念或取消旧概念,甚至可能重新确定问题的范围和目标。

最终,这个模型可以解决最初的子问题,并提供满意接口特征。此后,进入了新的,类型更广泛的循环,规定更多需要的能力,给它们赋予优先级,再一步一步地实现和估价它们,在新的测试过程中会不断产生系统应具有的扩充和特征。这种扩充经常要把当前的知识重新加工成与以前不同的形式,更一般地讲,新的特征需要新的领域知识。

知识库有可能成为无法管理的规模和形状,如果这种现象发生,知识工程师和专家会重新估价原方案的基础和选用的表示方法,准备重新考虑方案的基础,或重新概念化专家知识,如果成功了,他们就选择一个新的组织知识的方法,并为需要的推理过程选择一个更适当的结构,这样就放弃了现在的系统而换一个以不同面貌出现的新系统。目前存在的系统大都经历过一次以上的这类返工,但可以预料,在长期开发的过程中,可能会见到更多的例证。

总之,一个专家系统的发展经历是从简单任务到逐渐困难的任务,逐步地改进知识的组织和表示。有时,当希望的新成功能超过当前系统的能力时,也要重新组织知识和重新确定结构模型。

§2.2 建造专家系统的工具

表2.1列出了知识工程中现有的基本工具,除 OPS 外,都在 INTERLLSP 环境下运行。ROSIE 是建造模型专家系统的很好的通用工具。EMYCIN,KS300和 KAS 是诊断任务的很有用的工具。KAS 提供了类似于 EMYCIN 的功能。但还没有象 EMYCIN 那样被广泛利用,KS300是一个基于 EMYCIN 的基本方法的工业系统。OPS 是现有的最强的纯产生式系统解释程序,AGE 是开发各种不同结构问题的目前最好的工具。INTERLTSP 提供了一个该领域中多数人喜欢使用的 LISP 程序设计环境。

表2.1 建造专家系统的编程系统

工具	开发者	特点
ROSIE	兰德公司	基于规则,面向过程,通用
OPS5	卡尼基·梅隆大学	产生式系统形式,通用
EMYCIN	斯坦福大学	基于规则,诊断和解释
KAS	斯坦福研究院	基于 LISP,诊断和解释
AGE	斯坦福大学	基于规则,建造各种 PS 构造
INTERLISP	施乐公司	LIPS 程序设计环境

尽管知识的财富是通过构造专家系统积累的。但选用适当的工具去建造具体的系统仍然是困难而又关键的任务,一种适合具体问题的工具可以简化开发过程,缩短开发时间。产生高

效率的产品。

表2.2 为建造专家系统选择适当工具

问题	总则
一般性	对解决问题选择只有一般必要性的工具。
选择性	根据问题特性确定工具选择
速度	当时间为主要关键时,选择一种具有解释/交互作用特性的工具。
测试	测试工具应尽量在一个小模型系统上建立。

表2.2概括了挑选合适的专家系统建造工具的方针。主要考虑使问题的特征与所需工具的特点(具体工具)相匹配。

图2.1 选择专家系统工具的基础。

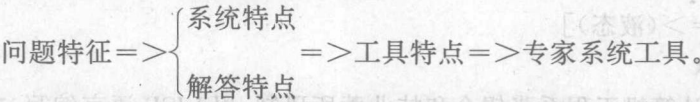


图2.1概括了这些选择的基本过程,根据问题特征确定解答的特点。然后结合预期的专家系统的特点提出工具的特点,这种工具应方便开发工作。在此基础上选择具体的工具。

作为一个很简单的例子,假设问题的特征是不确定的,数据是有错的,希望系统有自修改的特点(系统将证明并改变自己的知识),问题的特征要求使用肯定结合和精确维护作为解答的特点,它又要求工具包括肯定因子和精确维护功能,理想系统的自修改的特点要求工具应具备规则和控制修改的功能,下面介绍一些已研制成的专家系统的工具系统,作为参考。

一、工具系统 AGE

这个工具系统为知识工程师提供一个“图书馆”,其中有:

- 1)最流行的推理方法。
- 2)最流行的知识表示模型。

知识工程师可以从中选择模型组合,构成可执行的专家系统,这个系统是由 Stanford 大学 H·P·Nii 和 N·Aiello 研制,用 INTERLISP 编写,在 PDP-10上运行。

二、知识获取系统 KAS

这是 PROSPECTOR 中的一个系统。它为知识工程师提供了便于开发调试维护知识库的工具。它包括语义网络匹配算法 MATCHER 和常驻内存的网络编辑算法 RENE 两部分。

语义网络匹配算法 MATCHER 能帮助维护概率的一致性,帮助选择最优语义网络表示等。

网络编辑算法 RENE 有:网络编辑系统,负责建立和修正各种网络,能查错纠错;自动簿记系统,它防止和纠正建立模型的每个阶段的错误;会话处理系统:控制执行推理网络的系统,以便于测试和修正模型。

三、知识获取系统 TEIRESIAS

它用来帮助更新象 MYCIN 那样的基于规则的知识库。本质上,这是一个知识库的编辑系统,也是一个采纳建议的学习系统。它由美国 Stanford 大学的 R·Davis 研制,用 INTERLISP 语言编写。在 DEC PDP-10 上实现,整个系统由三块组成:

- (1)解释块:占10K(36个进位/字);
- (2)知识获取块:占40K 个字;

(3)策略知识库:占5K 字。

这个系统更新知识库的途径如下:

- ①当专家发现一个错误时,就停下正在实施的程序(比如象 MYCIN 的推理过程);
- ②反向寻找导致错误的推理步骤;
- ③帮助专家修正更新这些步骤中的推理规则。

四、知识获取系统 KAUS

这个系统由日本东京大学大须节雄研制。它把知识转换成规则的形式存入知识库。

例如:知识“若一金属的熔点低于某一温度,则该金属在该温度下将呈液态”。

将被分解为:

IF(金属 X) and (熔点 XY) and (小于 YZ) THEN (液态 XZ)。

然后存入知识库:

($\forall$ X/金属)($\forall$ Y/实数)($\forall$ Z/实数)

[(熔点 XY) $\wedge$ (小于 YZ) $\Rightarrow$ (液态)]

五、工具系统 RETRIEVER

这个系统是上海工业大学计算机工程系张锡令和桂业萱所研制。用 LISP 语言编写,在微型计算机 CROMEMCO 上实现。

系统的知识表示采用一阶谓词逻辑,推理方法采用归结原理。系统还有自然语言处理模块,用扩充转移网络文法(ATN 文法)分析自然语言的语句,知识库管理程序应用了非单调逻辑,这使得工作过程更接近人类的思维过程。

六、工具系统 ADVISE

该系统由美国 ILLinoIs 大学 R·S·Michalski 和 A·B·Baskin 研制,用 pascal 语言编写。在标准 UNIX 环境下操作,在 VAX780上运行。系统共有45K 行 Pascal 语句。

ADVISE 采用了三种知识表示:规则库、概念网络、关系数据库。因此,可以适应多领域的应用。例如:“情况——动作”的规律可以表示成规则;计划中的概念、条件、思路可以表示成网络;大量的事实汇集(如病历等)可以按关系数据库存取管理。

ADVISE 还能进行多种形式的模糊推理:概率方法、Bayes 决策、min/max 逻辑。证据配权等等。

系统还支持多种形式的推理策略:正向推理、反向推理等等。

这个工具系统已用来研制了三个专家系统:

- (1)PLANT/ds 诊断大豆疾病;
- (2)PLANT/cd 预测玉米的夜盗蛾损害;
- (3)BABY 婴儿护理咨询。

§2.3 建立专家系统的目的

一、建立专家系统的目的

为什么要建立专家系统?最明显的原因是推广宝贵的专门知识和更有效的使用专家。

从科学的角度看,最重要的原因是对知识加以形式化和阐述的需要,这要求专家显式地表达其推理的结果,虽然专门教科书常常含有如何解释和理解现象的详细内容,但我们却很少见到如何以专家方式应用这种知识的详细说明。医生、测井记录分析员和工程专家掌握许多最新