

专家系统原理

刘崇德 编著

简明教程



福建教育出版社

ZHUANJIA XITONG YUANLI JIANMING JIAOCHENG

专家系统原理简明教程

刘崇德 编著

福建教育出版社

(闽)新登字 02 号

专家系统原理简明教程

刘崇德 编著

福建教育出版社出版、发行

(福州梦山巷 27 号 邮编:350001)

福州大学印刷厂印刷

(福州工业路 523 号 邮编:350002)

787×1092 16 开本 10.5 印张 248 千字

1994 年 11 月第一版 1994 年 11 月第一次印刷

印数:1—1000 册

ISBN7—5334—1814—X/G · 1431 定价:10.50 元

如有印装差错,可向印刷厂调换

前 言

微型计算机在社会各个领域得到广泛的应用,成为当今社会不可缺少的科学工具,已是信息时代人们的共识。依托计算机作为基础的专家系统,是人工智能学科中目前最活跃的壹个分支,它的应用几乎能渗透到各行各业,凡是需要用专家知识解决问题的地方,都可以应用专家系统。近十几年由于它能在国防军事及国民经济各方面,医学、气象、机电、化学等学科大显神通,并取得大量的经济效益与社会效益,已引起国内外科学界,经济界及各国政府的极大重视,因而发展迅猛。近几年来国内已有不少人对专家系统的应用感兴趣,要求开发建造各类实用的专家系统,为了适应这一形势发展,需要以通俗易懂的方法,介绍专家系统原理内容的书。作者结合科研实践体会,为本科高年级学生讲授专家系统原理,现依据几次教学讲稿内容修改成简明教程,期望此书出版能为想了解专家系统的其他领域科技人员有所帮助,它将是壹本较完整了解专家系统原理及其应用的入门读物;对非计算机专业学生无疑也是壹本专家系统原理的基本教材。

本书第一章介绍人工智能与专家系统的涵义、第二章完整,简明地叙述专家系统的结构及各个主要部件内容。第三章简介人工智能语言的特点及其基础知识。第四章介绍建造专家系统的方法及步骤。第五章对专家系统在电力系统中应用举例介绍其建造的技术。

华中理工大学计算机科学系徐则琨教授对本书的编写提出了许多富有建设性的指导意见,并审阅过本书初稿,为此向他表示衷心感谢。本书在编写过程中,有赖于参阅有关文献,引用其中部分内容,在此特向各位作者志谢。由于编者水平所限,疏漏和谬误之处在所难免,请读者批评指正。

刘崇德

1994年4月于福州大学

目 录

第一章 人工智能与专家系统

第一节	人工智能概念	1
第二节	人工智能研究发展过程	2
第三节	人工智能各研究领域的现状	5
第四节	对人工智能问题的估价	8
第五节	专家系统涵义	10
第六节	专家系统的构成与工作原理	11
第七节	专家系统类型	12
第八节	研究专家系统的意义	14
第九节	国内外开发成功的专家系统概况	15

第二章 专家系统结构及其原理

第一节	专家系统的结构	17
第二节	知识概念	19
第三节	知识表示模式	21
第四节	知识的利用	30
第五节	推理机	34
第六节	推理规则的选择策略	40
第七节	启发式搜索的基本原理	50
第八节	利用规划的启发式搜索	56
第九节	冲突消解策略	61
第十节	推理过程的控制策略	63
第十一节	推理方法	65
第十二节	知识获取机制	68
第十三节	解析机制	71

第三章 人工智能语言简介

第一节	LISP 语言特点	75
-----	-----------	----

第二节	LISP 语言概念	77
第三节	基本函数	81
第四节	自定义函数	92
第五节	宏的定义	96
第六节	程序设计举例	98
第七节	PROLOG 语言及其应用	101
第八节	Turbo Prolog 语言概念简介	112

第四章 专家系统的建造

第一节	如何建造专家系统	126
第二节	研制专家系统的基本步骤与过程	128
第三节	专家系统的评价问题	131

第五章 电力系统中专家系统应用示例

第一节	智能化工程设计系统	135
第二节	智能化电气倒闸操作专家系统	144
附录一		154
附录二		159
主要参考书		162

第一章 人工智能与专家系统

第一节 人工智能概念

什么是人工智能？对此众说纷坛，但大家所共同承认的是，在实现人工智能的时候，推理、学习和联想三大功能是重要因素。

回顾人类社会发展历史，人类为了能有效地与自然界作斗争、争取生存和提高物质生活水平，在长期的生产劳动与社会实践中，创造了各式各样的生产工具，但这些工具都只是为了代替人类的某些体力劳动。对工具的利用大致可分为五个阶段：

1. 首先是采用刀斧、锹等一些基本劳动工具，使人们可以较容易地完成一些简单的工作，这些工具相当于人类四肢的延伸。

2. 直到十八世纪，采用蒸汽机、电动机等设备，极大地减轻了人类的体力劳动。由此引起了第一次产业革命，使人类文明跃升到一个新阶段，这些工具相当于人的肌体的延伸。

3. 然后是 1895 年无线电、电视等出现，使人类能克服时间、空间的障碍，快速传递信息，这些工具相当于人的感知器官的延伸。

4. 直到 1946 年电子计算机问世，它大大减轻了人类日常事务性脑力劳动，也就是说开始实现用工具或机器来代替人的某些脑力劳动，使人类进入了信息社会，因此，电子计算机的应用，相当于人脑的延伸。

5. 现在我们正处于第五个发展阶段的初始，人类正在研究使机器具有智能，应用它的各种智能系统来帮助人类处理各种复杂的问题，希望这些工具帮助人类实现思维的延伸。由此可见人工智能涵义就是用机械装置来模拟人的智能。或且说借助计算机实现推理、判断、学习、思考、联想、感觉的机能，使机器能模仿人类的思维过程。

Winston 对人工智能给出一个粗略的定义：人工智能就是研究如何使计算机去做具有智能的工作。

人工智能作为计算机科学的一个重要分支，它的建立将促进各种智能系统的完善与发展，必将导致智能计算机的诞生，这也是第五代计算机基本构思。担负着此任务的年轻学科——人工智能学科，已成为研究人类智能的根本机理，从而揭示人类思维的奥秘的关键。它着重在新的领域中发展计算机，使用的全新概念和方法，提高应用的灵巧性，从质上扩充计算机的能力。目前，人们把“空间技术”、“能源技术”和“人工智能”(Artificial Intelligence, 简称 AI)称为世界三大尖端技术，这里便从一个侧面说明了人工智能的重要性。

众所周知,前三次工业革命(第一次工业革命是以纺织机械改革为先导,结果是机器代替了手工劳动;十八世纪的第二次工业革命,以蒸汽机为标志,以动力革命为内容;十九世纪的第三次工业革命使社会进入了电气时代)只是对人类体力劳动的代替与扩大,虽然其主要内容有所差别,但其共同特征是延长了人手的功能,而第四次工业革命(也称新技术革命)却是对人类智能劳动的替代与扩大,其目的是要延长人脑的功能。

目前中国所进行的新技术革命,在欧洲与日本称之为第四次工业革命,在美国称之为第三次浪潮,他们认为,人类经历的第一次浪潮是指农业的发明,它使人类终于摆脱了生产力低下的渔猎生活,进入长达几千年的农业社会,第二次浪潮则是十八世纪开始的工业革命,它使人类进入了经历约三百年的工业社会,目前的第三次浪潮,则把人类推向一个新的信息社会;在苏联将这次新技术革命称之为第二次文化革命,他们认为:第一次文化革命是文字的发明,它使人类摆脱了原始的愚昧无知,开始建立起知识结构,而这次文化革命,则将使人类在自身的智能以外,获得体外的第二智能(人工智能)。正因为如此,有的科学家认为:谁掌握人工智能,谁就能征服世界。这就更进一步说明了人工智能的重要性。

第二节 人工智能研究发展过程

人工智能是现代科学技术发展的产物。在它的孕育过程中,有众多的先驱者为它的诞生作出贡献。阿兰·图灵的《理想计算机》、《计算机能思维吗?》;维纳的控制论;夏农的信息论;冯·诺曼的博弈论;麦克卡洛和匹茨的神经生理学;阿希贝的《大脑设计》,都为人工智能提供了坚实的科学依据和理论基础。

对于人工智能的发展来说,廿世纪三十年代和四十年代的智能界,发现了两件最重要的事:数学逻辑(它从十九世纪末起就获得迅速发展)和关于计算的思想。弗雷治(Frege)、怀特赫德(Whitehead)、罗素(Russell)和塔斯基(Tarski)以及另外一些人的研究表明,推理的某些方面可以用比较简单的结构加以形式化。数学逻辑仍是人工智能研究的一个活跃领域,其部分原因是由于一些逻辑—演绎系统已经在计算机上实现过。不过,即使在计算机出现之前,逻辑推理的数学公式就为人们建立了计算与智能关系的概念。

丘奇(Church)、图灵(Turing)和其他一些人关于计算本质的思想,提供形式推理概念与即将发明的计算机之间的联系。在这方面的重要工作是关于计算和符号处理的理论概念。第一批数字计算机(实际上是数字计算器)看来不包含任何真实智能。早在这些机器设计之前,丘奇和图灵就已发现,数字并不是计算的主要方面,它们仅仅是一种解释机器内部状态的方法。被称为人工智能之父的图灵,不仅创造了一个简单的、通用的非数字计算模型,而且直接证明了计算机可能以某种被理解为智能的方法工作。道格拉斯·霍夫施塔特(Douglas Hofstadter)在1979年写的《永恒的金带》(An Eteranal Golden Braid)一书中对这些逻辑和计算的思想以及它们与人工智能的关系给予了透彻而又引人入胜的解释。

正如艾伦·纽厄尔(Allen Newell)和赫伯特·塞莹(Herbert Simon)1972年在他们的优

秀著作《人类问题求解》(*Human Problem Solving*)的“历史补篇”中指出的那样,本世纪中叶人工智能的奠基者在人工智能研究中出现了几股强有力的思潮。温纳(Winner)、麦克洛(MC-Culloch)和其他一些人提出的控制论和自组织系统的概念集中地讨论了“局部简单”系统的宏观特性。著名科学家钱学森提出的“工程控制论”开辟了控制论的新分支,是对控制论的重大贡献。控制论影响了许多领域,因为控制论概念跨接了许多领域,把神经系统的工作原理与信息理论、控制、理论、逻辑以及计算联系起来。控制论的这些思想是时代思潮的一部分,而且在许多情况下影响了许多早期人工智能工作者,成为他们的指导思想。

最终把这些不同思想连接起来的是由巴贝奇(*Babbage*)、图灵、冯·诺曼(*Von Neuman*)和其他一些人所研制的计算机本身。在机器的应用成为可行之后不久,人们就开始试图编写程序以解决智力测验难题、下棋以及把文本从一种语言翻译成另一种语言。这是第一批人工智能程序。对于计算机来说,促使人工智能发展的是什么?出现在早期设计中的许多与人工智能有关的计算概念包括存储器和处理器的概念、系统和控制的概念以及语言的程序级别的概念。不过,引起新学科出现的新机器的唯一特征是这些机器的复杂性;它促进了对描述复杂过程方法的新的更直接的研究(采用复杂的数据结构和具有数以百计的不同步骤的过程来描述这些方法)。

1956年,是日本富士照相胶片采用日本生产第一台电子计算机控制投入运行的第一年。

这年夏天,在美国东北湖泊和森林较多的新罕布尔州的达特玛斯大学里,有一个由10人组成的研究小组正在开会,历时两个月之久的会议,主要研究如何用计算机在数学、物理学、神经学、心理学、电子工程学等方面模拟人类智能行为的学术问题。参加会议的有达特玛斯大学的数学副教授麦卡锡、数学和神经的学的明斯肯,IBM研究中心负责情报研究处理的罗奇艾斯坦,贝尔电话研究所的夏农。这4个人提出召开签订议案书的会议,人们公认此举标志着人工智能学科的正式诞生。

两个月后,10人小组提出了有关人工智能研究的提案。研究以推理、学习(人工智能研究的学习指人们获得信息处理知识)及其它智能活动为基础的所有的标准包括正确的记述、机械模仿及推测等人类智能问题。其中有IBM的摩尔,RAND(1948年创立的美国的调查机关,活动基金由政府、州、企业负责筹集)的新艾鲁和其它几个大学的数学、统计学、工程学、生物学、语言学等许多领域的专家。他们集结在达特玛斯大学,开始人工智能的研究工作。从此,IBM的程序员也开始了国际象棋的程序研究工作。

在人工智能研究的开拓者当中,最早的是切斯马辛,麦卡锡主要研究人工智能的程序语言,明斯肯进行人类的智能研究,萨依毛恩主要致力于知识获取方法的研究。

五十年代,人工智能的研究者们,热衷于国际象棋及机器的研究。国际象棋是知识的博弈,后来人们把它成功地引入机器中。但人工智能急需解决的是人的动作问题。参加达特玛斯大学的人工智能研究会的夏农,1950年发表了《国际象棋与机器》的论文。他在这篇论文中,不仅论述了新机器对于数的计算,而且对各式各样信息处理的形式、内容及特性也进行了概括论述。他的这种观点与诺曼的思想具有相似之处。夏农认为,要想全部得到一方马(象棋棋子)的所有可能动作及对方马的动作,人工决定开始的动作需要 10^{25} 年的时间还未必能够完成,而机器计算仅需用人工计算时间的1%秒。他指出提出新方法的必要性。

这种把国际象棋与计算机相结合的问题,在达特玛斯大学会议中开始向科学家及技术人员中扩展。在这次会议上,麦卡锡最早提出了关于人工智能(*Artificial Intelligence AI*)提案。人工智能这一提案得到了与会者的赞同,不过也有人有不同的意见,萨依毛恩也把自己其后几年所从事的工作称作复合信息处理(*Complex Information Processing*)。

人工智能涉及各方面的学问和技术,它是计算机科学的一个分支。把人的知识活动的动作送入计算机,然后研究人类的知识与动作,这是大的目标。这种研究的结果,计算机本身就越来越与人的智能相接近,这是人工智能研究的主要课题。

参加达特玛斯会议的人中,也包括各地研究国际象棋机器的人,1977年春天,英国的国际象棋大师莱比托与一个大学的国际象棋机器对局,经过三个半小时的激战,结果以二比四负于计算机。届时国际象棋机器便是人工智能的幼年时期。

人工智能的研究是从基础开始的,明斯肯把研究人的动作称作“学习”。萨依毛恩把获得的“知识”存储起来,以便今后使用时不需要更复杂的手续,系统只不过把它更加具体化了。麦卡锡完成了人工智能用的程序语言 *LISP* (*List Processing*) 表(格)处理(语言)。这样,集中在达特玛斯大学的专家,加上后来者共同的努力,从1970年开始,人工智能就向人们展示了实际研究成果。

知识库系统,也包括计算机软件的开发。所谓知识库系统,就是把专家的知识及经验集中在一个系统中,该系统的使用者根据这些知识及经验推导出结论。知识库系统又称专家系统,这项研究工作最早始于60年代中期。当时美国斯坦福大学和 *MIT* 的一些研究人员先后研制了第一批专家系统——*DENDRAL* 系统(化学结构分析系统),和 *MACSYMA* 系统(有关数学方面的专家系统的研制)。*DENDRAL* 程序系统是一个有名的专家系统,由斯坦福大学的法伊盖哈姆教授提出,是1978年完成的。该系统能象一个熟练的化学家一样,从有机化合物的分子式和质谱图推导其结构。这个系统是原子价及稳定性在质量分析过程中经过严格检验的化学专家系统。所搜集的知识及其资料(软件),都有各种各样的证据,都是经过专家鉴定确信无误的。某些意义不太明确之处,也都由专家们特别决定给予定义和说明。

DENDRAL 程序系统得到的结果在某方面往往超过经验不足的年轻博士,该系统已获得很大成功,已在世界上广泛应用。内科诊断专家系统是美国坡茨帕库大学的鲍普鲁和马伊亚建立的。鲍普鲁是计算机科学工作者,马伊亚是内科医生,他们俩合作建立了知识库系统。“内科”知识是由医学书籍及医学杂志、临床报告集中而来。与病人姓名相关联的病症和症状、检查结果的关系,以及与其有关的重要数据数值,这些必须数值化的数据,都是医学书及临床报告中必不可少的。诊断确定病症包括了综合专家的经验及知识。内科诊断的软件,包括了500个病人姓名和3500个症状及临床检查结果。有了这些病人姓名、症状、临床检查结果及有关知识,就可根据检查结果诊断病症。

1983年春,这个内科诊断专家系统在日本大阪日本医学会总会披露,与会的医务人员都为其准确的诊断而惊讶,都为追加要求检查的指示准确而高兴。

内科诊断专家系统完成于1987年,它是人工智能世界史上一个大事件。斯坦福大学的法伊盖哈姆教授也宣告知识工程学的创立。人工智能的研究,已从研究室的研究阶段转向实用化。许多方面已有了具体的表现,知识工程学也以知识库系统的建立手法作为实用化的起点,

研究诞生了一门新的学问。

知识工程学是法伊盖哈姆教授提出的。如何在计算机中组织知识,建立高质量知识库,如何使计算机获取到与搜集到有用的知识,以及使用知识来解决相应问题,这就是知识工程。1977年第五届国际人工智能会议上法伊盖哈姆教授的“知识工程”的概念,很快为人们所接受。人工智能的许多研究工作都是集中在知识工程方面。

近年来,智能系统的研究不断向纵深发展,形成了一个从思想到理论,从技术到方法,从工具到产品的多层次研究体系。知识工程是人工智能中一门以知识为研究对象的新兴学科。将具体智能系统研究中那些共同的基本问题抽出来,作为知识工程的核心内容,使之成为指导具体研制各类智能系统的一般方法和基本理论,成为一门具有方法学意义的学科。因此,我们认为知识工程是研究知识信息处理的学科,提供开发智能系统的技术,是人工智能、数据库技术、数理逻辑、认知科学、心理学等学科交叉发展的结果。

知识工程可以看成是人工智能在知识信息处理方面的发展。要让智能系统解决问题,就要使智能系统具有知识,通过推理实现问题求解。为此,就要解决以什么样的方式表示知识以及如何进行知识的利用和获取等问题,这些就构成了知识工程研究的基础课题。知识工程研究应包含下列方面:①专门知识及常识的表示方法;②推理机制的研究;③知识库及其管理系统;④人的认识过程研究。

知识的获取和建立知识库的工作是非常费时的费力的,常需数年之久。实现一个基于知识的系统,既要寻求应用问题领域的专家知识,又要把知识形式化。这需要很高的技巧来运用人工智能的基本原理和技术方法,以便较好地获取知识、表示知识和构成适当的推理路径。因此,有人自然想到将知识工程师实现这种系统的知识也形式化,并形成一套软件工具,这就是AGE系统。它本身就是基于知识的系统,不过这里的知识是超知识:构成规则系统的知识、处理应用问题领域知识的手段和方法的知识,以及所实现任务中普遍抽象的知识。利用该系统已设计出一些专家系统,当然还有待于进一步发展。

知识形式化是人工智能的核心问题之一,其中包括超知识的形式化、普遍意义的推理形式化。

人工智能的研究从理论转向应用,从基于推理的模型转向基于知识的模型,这是人工智能研究的一个转折点。

第三节 人工智能各研究领域的现状

人工智能的中心就是使计算机更为有用以及探讨构成智能的原理。因此,人工智能研究的范围很广,但从根本上来说,无非是研究如何处理知识问题,因为没有知识也就没有智能。

对知识的处理问题,包含着三个方面含义,知识获取、知识表示、知识利用总称为知识工程(技术)。

关于知识获取方面有如下研究范围或课题:

1. 概念形成
2. 自学习
3. 自然语言理解
4. 模式识别与景物分析

关于知识表示方面即研究有效地表述各种知识内容,使计算机易于理解和应用。

1. 用一阶逻辑描述知识
2. 语义网络法
3. 框架知识表示法
4. 产生式规则法

关于知识利用(应用)方面有如下研究课题

1. 定理的证明和公式推演
2. 程序正确性证明和自动程序设计
3. 专家系统(问题求解系统)
4. 博弈
5. 作曲、绘画
6. 智能机器人

由此可见,人工智能的研究领域包括智能活动的全过程,主要有:

1. 模式识别

其研究目标是为计算机配置各种感觉器官,以便直接感受环境信息。主要有图象认识和声音识别,前者用于文字、符号、图象和照片的分类,后者用于语言信息和其它振动信号的分类。早期主要是统计法,利用贝叶斯决策公式进行模式分类。随着模式结构的复杂化,引入了结构法。它依靠特殊的文法规则来表示基本元素间的各种关系,从而达到分类的目的。近年来又引入了知识基程序设计技术,利用有关知识和推理,弥补了前两种方法的不足,提高了识别率。

2. 计算机视觉

含图象识别、图象生成和物景分析。后者的任务是根据三维物影的二维投影(如照片),推出物体的特定身分和相互关系。投影造成了许多信息丢失,需要利用大量有关的知识进行推理才可以恢复。早期的研究主要局限在“积木世界”,以后发展到曲线物体分析、复杂背景下的分析及室外物景分析,还有人使用激光技术表示三维图象。当前正在研究景深分析和并行景物分析算法。景物分析逆过程是图象生成,它研究由图意生成视觉图象。

3. 自然语言处理

除模式识别外,还有自然语言生成和自然语言理解,后者含书面语言理解和有音语言理解。

一个是从“字串”到“意”,另一个是从“音串”到“字串”再到“意”。早期是靠乔姆斯基文法进行语言分析,理解能力很低。七十年代引入语义信息和推理规则,提高了理解能力和效率。后来香克提出概念从属理论,认为一句话表达的是一串概念及其相互关系,对语言的分析应该深入到概念水平上去。这一理论已被广泛应用。近来语言信息的研究和应用也很有成效。自然语言生成的任务是以自然语言形式向用户输出各种信息,以便实现人机双向自然语言对话。它

包括书面语言生成,语言合成两部分。目前已有不少研究成果投入使用。自然语言处理对实现人机自然语言对话和机器翻译都是必不可少的。

4. 智能数据库

其研究目标是建立一个类似人脑联想记忆的系统,人们只要提供大致的描述,它就可以把你所需要的信息检索出来。还可以根据已有的知识推出新的知识告诉用户。因此智能数据库中除了存有专门知识外,还应存入常识和推理知识。已经广泛应用的关系数据库、正在研究的推理数据库和知识数据库,它都是智能数据库的阶段性目标。

5. 博弈和决策

博弈又称对策或斗智,它是人类社会和自然界普遍存在的现象。对弈双方可以是个人、集体、生物群落或智能机器,他(它)们都力图用自己的“智力”击败对手。早期多以下棋为对象,研究出了许多著名的弈棋程序,并从中提炼出了不少人工智能的概念和方法。现在主要的研究对象是军事指挥、经济决策和调度。早期的决策支持系统是依靠数学模型,随着对象复杂性的增加,引入了基于知识推理的经验决策模型,发展十分迅速。

6. 专家系统

其研究目标是模拟人类专家的推理思维过程。为此需要总结专业领域专家的知识 and 经验,用知识基的形式存入计算机,系统可以根据这些知识对输入的原始事实进行复杂的推理,做出判断和决策,从而起到专家的作用。专家系统的建立最早是由知识工程师(KE)与领域专家合作完成的,70年代后出现了专家系统开发工具系统,它可以帮助领域专家直接生成自己的专家系统。80年代专家系统进入它发展的黄金时代,已在数十个领域得到成功的应用。大大提高了工作效率和工作质量。

专家系统最擅长的是依靠经验性知识进行非精确性推理。当前的研究前沿是学习理论和非精确性推理理论。知识工程这一新兴学科也是在专家系统基础上发展起来的。

7. 自动定理证明

其任务是研究机器自动证明数学定理的方法,对人工智能的发展起过重大作用。它不仅为人工智能提供了大量的方法,而且许多人工智能问题都可以方便地转化为一个定理证明问题加以解决。自动定理证明的方法有四大类:①自然演绎法,即将推理规则反复作用于前提、公理和已知定理上,令其产生新定理,直至待证的定理出现为止,如 Newell 的 *LT* 程序;②专用判定算法,即对一类问题找出统一的计算机上可实现的算法解,如吴文俊算法;③通用证明算法,即适用于一切可判定问题的统一证明算法,如 Robinson 的归结原理;④计算机辅助法,它以计算机为数学家辅助工具,帮助完成人工证明中的最大枚举、计算和推理,并随时由人调整证明路线,直到找到结论为止,如四色问题证明程序。

8. 自动程序设计

它包含两个相关的子课题:①自动程序验证,其任务是证明一个程序的正确性。1967年 Floyd 首先提出了程序验证的基本原理,后经多人完善,发展出多种方法。一般是分别证明程序的部分正确性和终止性,也有的是直接证明程序的完全正确性。②自动程序综合,其任务是根据给定问题的原始描述,自动生成求解该问题的正确程序。程序综合研究的途径之一是程序变换,即通过对给定输入输出条件的逐步变换来构造所要求的程序,现已研究出一些变换规则

和控制策略。结构程序设计及其逐步求精法就是这一研究的阶段成果,它可以边换边验证。

9. 智能控制

人工智能特别是专家系统模式识别和机器人技术向控制领域渗透,正在形成一个新的研究领域——智能控制。它可以弥补现有控制原理和方法的不足,对解决多层次、多因子、时变型非线性控制问题十分有效。目前正在大力研究,公布的成果不多。

10. 智能机器人

它是一个在感知—思维—效应方面全面模拟人的机器系统,外形不一定象人。它是人工智能技术的综合试验场,可以全面地考察人工智能各个领域的技术,研究它们相互之间的关系。还可以在有害环境中代替人从事危险工作、上天下海、战场作业等方面大显身手,近 20 年来不少国家投入大量人力物力进行开发,已有不少成果出现。

当前研究的重点领域是专家系统、自然语言理解和智能机器人。理论方面的前沿是非精确性推理、学习和知识工程。

第四节 对人工智能问题的估价

随着人工智能技术的迅速发展,应用于遗传工程、化学合成、业务管理、石油探测、法律断案及军事领域中的专家系统纷纷研制成功,特别是在军事领域,人工智能有着广阔的应用前景,以无人驾驶军用车辆、武器系统自动故障检测排除系统和军用人工智能机器翻译系统为最接近实用的项目。以外还有

1. 自主多用途作战机器人系统

这种军用人工智能化装备的主要特点是:能够自动识别地形地物,自主选择前进道路,实时判断敌情,独立自主地完成侦察、运送弹药给养、扫雷、射击及投弹、救护伤员等军事作战任务。

2. 军用飞机“副驾驶员”系统

这个系统能够协助驾驶员完成监控及操纵各种机载电子系统的工作,它的智能计算机具有定时判断、推理、自然语言理解和辅助决策等多种功能。

3. 自主多用途军用航天器控制系统

该系统能够对军用航天器的飞行姿态自主地调整并保持正常姿态。同时,可以对卫星的故障进行自动检测及予以排除。在卫星处于紧急状况时,可实时作出用返回发射地或自行毁灭的决定。

4. 重大武器装备的自动故障诊断与排除系统

在该系统内装有以人工智能专家系统为主要程序的计算机系统及执行命令的机器人系统。专家系统内装有自动诊断各种故障的反映专家知识水平的软件包,经专家系统确定故障由来之后,再下达指令给机器人维修系统,及时排除内藏故障(或潜在故障)。

5. 军用人工智能机器人翻译系统

人工智能机器人翻译系统可以用于侦察情况、破译密码、处理作战文电、进行作战指挥协调和战术辅助决策等。系统内装有可以进行自然语言分析、合成、识别及自然语言合成的智能机,其内存储着多国语言基本词汇和语法规则。

6. 舰船作战管理系统

舰船作战管理系统是用于局部海域或作战指挥、辅助战术决策、海上目标敌我识别、岸—舰一体化作战管理系统。

7. 智能电子战系统

这种系统可以自动分析并掌握敌方雷达的搜索、截获和跟踪工作顺序,发出有关对方导弹发射的警告信号,并确定出最佳防卫和干扰措施。

8. 自动情报与图象识别系统

它通过情报分析和图象处理技术,对敌方情报及图象进行识别、分类和信息处理。同时,自动提供辅助决策意见。

9. 人工智能武器

人工智能武器与一般配有计算机的武器系统不同,智能武器的控制系统具有自主敌我识别、自主分析判断和决策的能力。例如,发射后“不用管”的全自动制导的智能导弹、智能地雷、智能鱼雷、水下军用作业系统等。

10. 能处理战场上不确定性问题的军事专家系统

现代战争中,军事形势瞬息万变,指挥员常常必须在完全掌握战场情况前就作出决策。

11. 战役决心军事专家系统

中国第一套战役决心评估军事专家系统,标志着计算机应用在军事领域的新突破,被誉为“电脑军师”。

战役决心军事专家系统,是根据作战理论原则,运用军事专家们长期从战争中总结的宝贵经验,并吸收了国外先进军事思想和理论,采用模糊数学,大系统建模理论和第五代计算机语言,构成计算机“大脑”。系统可对各种作战下的战役决心,进行定性和定量的逻辑判断,而后产生综合评语,实现了战役决心的评估。

该系统利用编制的软件来处理各种不确定性问题。只要向计算机输入各种情报信息,系统就可向指挥员提供一种高效能的分类推断方法。该系统凭借专门的计算机程序或“推理机”来检索“知识库”,从而作出判断。

由此可见,人工智能在军事学科领域的应用,对提高军事指挥水平,作战能力,国防现代化,将起到特别重要的作用。同样地,它深透到国民经济各个方面,对社会的进步,增强国民 经济实力,都有不可估量的影响

人们对人工智能的研究给予极高的估价、与其说由于它已有成就,倒不如说乃基于它的潜在能力,人们预料,人工智能的研究首先将带来计算机硬件和软件的革命,使现有的计算机从数据信息处理阶段,过渡到知识信息处理,计算机由仅能计算和存储数据,过渡到能推理和提供信息阶段,乃是计算机的第二次革命(电子计算机的出现看成是计算机器的第一次革命)。其次,它在向各个学科领域渗透同时,可能引起这些学科领域内容的更新换代,有助于我们进

一步理解人类的智能机制,帮助我们解决那些至今人们还不知道如何解决的问题,将促进和加快社会和经济的发展,因此,受到各国政府及科学家的普遍重视与兴趣。由于人工智能充分发挥了人、机器各自的优点,将创造出人间奇迹。因为人具有丰富的创造能力,能不断地朝着发现规律和发挥创造性方面努力,而计算机能处理的信息量大(人脑记忆容量为 $10^{10} \sim 10^{13}$ 比特,今天的光盘容量已达到 10^{12} 比特)。运算速度快(人脑约为 3~5 次/秒,计算机已达到 10 亿次/秒),又不会忘记,不会疲劳,能根据人类提供的规则去完成智能性的工作。人工智能研究的核心是专家系统。它深入到各个学科领域的成功应用,为人工智能学科的发展,注入了强大生命力,开辟了广阔的前景。

第五节 专家系统涵义

人类专家泛指什么?

人们所有智能活动,即理解,解决问题的能力,甚至学习能力,都完全靠知识。

我们每个人都具有解决各种各样问题的能力,如进行计算、下棋、修理自行车、煮菜等。但除了本专业领域以外,我们处理其他领域中问题的能力都很有限,所谓万能专家或万事通是不存在的。产生这种状况的根本原因,在于一个人解决问题的能力,依赖于他所掌握的知识多寡。

人类专家总是首先有知识,然后才能理解,以后才能够知道更多的东西,才有能力处理实际问题。

人类专家之所以能较好地处理本专业的问题,而不能解决其他领域中的困难问题,其原因也就在于他掌握了较多与本专业有关的知识,而对其他领域的知识却了解较少。专家的能力来源他们的渊博的知识,换句话说,专家的知识很大程度上决定了专家的能力,领域专家是处理专门问题的能手,他们有着非凡的分析和判断能力。因此,人类专家之所以成为某一领域中的专家,其关键之处在于他掌握了关于该领域的大量专门知识(*Expertise*)。这些知识包含两部分,一部分是他从书本或他人学来的,但主要的还是他在长期实践中逐渐积累起来的经验性知识。即他能根据环境和对象灵活地运用这些综合知识,处理该学科领域内问题,得出较好的结论,这将使我们称道他为专家,使他能比别人技高一筹。

如果让计算机程序能具备并且能够运用与专家相同的知识,我们就可期望该程序也会具有与专家相似的分析 and 判断能力,这些程序能处理那些通常需要由领域专家才能分析、求解的专门问题。

由此而知,如果计算机能够存贮关于某一领域的大量专门知识,并能有效地利用这些知识去解决问题,那么计算机也应该能很好地解决该领域的复杂问题,专家系统的基本思想概出于此,因此专家系统的整个理论基础可以用英国伟大的哲学家培根的一句名言:“知识就是力量”来概括”。

一个计算机的专家系统是一种知识信息的加工处理系统,是以专家知识为基础的系统。

一个专家系统的设计实质上就是把与领域专门问题求解相关的知识有机地结合到程序设

计中,以使程序具备象人类求解问题时一样的推理,学习和解释能力。专家系统是一种被赋予了知识和推理能力,模拟专家行为的计算机程序。

一个计算机专家系统的计算机程序特点,是智能程序系统,它拥有某个特殊领域内专家的知识,和经验能像专家那样运用这些知识,通过推理,在那个领域内作出智能决策,通常能达到专家处理问题的水平。

专家系统有以下三个特点:

(1)具有启发性

这就是它能运用专家的知识与经验进行推理和判断,因为世界上的大部分工作都是非数学性的,只有一小部分活动是以我们在工程和物理运用中所看到的那种公式作为核心,甚至象化学学科中,大部分也是靠推理,而不是靠计算;对于生物学、大部分医学和所有的法律来说情况都是如此;企业管理的思考几乎全都是靠符号的推理,而不是靠计算。

(2)具有透明性

也就是系统能解释本身的推理过程,能回答用户提出的问题。

(3)具有灵活性

也就是它能不断地增长知识,修改原有知识。

第六节 专家系统的构成与工作原理

A. Barr 和 Feigenbaum 曾精辟地指出:“专家系统的性能水平主要是它所拥有的知识数量和质量的函数”。一个专家系统所存贮的知识越多、质量越高,它解决问题的能力也就越强,因此,专家系统实质上是通过在系统中存贮大量与该领域有关的专门知识来取得高水平的问题求解能力。

专家系统是知识基系统,由知识库(知识集合)数据库(反映系统的内外状态)及控制推理机(规定选用知识的策略与方式)等三部分组成。

专家系统第一个重要组成部分是知识库,其中存储从专家那里得到的关于某个领域的专门知识。专家系统的第二个组成部分是推理机,它具有进行推理的能力,即能够根据知识推导出结论,而不是简单的去搜索现成的答案。

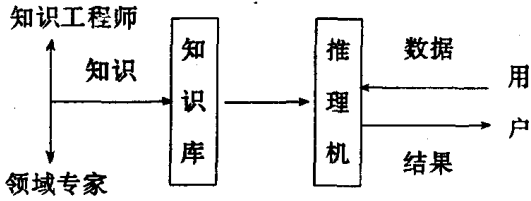


图1-1 ES的基本结构

为了建立知识库,我们需要解决如何储存知识的问题,这就是所谓的知识表达,确切地说就是如何以计算机能够储存的形式来表达知识。另一个与此相关的问题是如何从专家获得知识,即所谓的知识获取问题。在建立专家系统过程中,这是个重要的问题,我们将在下面进一步阐述。

专家系统的很多能力来自于对所储存的大量专门知识,及恰当地应用有效的推理技术。推理方法不可能完全独立于所要解决的问题的种类。但同时,推理过程又不能过于针对某一特定