

人工智能原理及应用

周西苓 编

航空工业出版社

人工智能原理及应用

周西苓 编

航空工业出版社

2000

内 容 提 要

本书作为人工智能的入门教材,较全面、系统地论述了人工智能的基本原理及应用。全书共分九章,第一章绪论,介绍了人工智能的发展及面临的挑战;第二章至第五章,叙述了人工智能的基本原理及问题求解的三大技术,它们是状态空间搜索法、谓词演绎法、问题归约法;第六章讨论了各种结构化知识表示法;第七章至第九章,介绍基于知识和推理的主要应用领域的技术,包括专家系统、机器学习以及智能机器人规划。

本书可作为高等院校计算机专业或有关专业高年级学生及研究生教材,亦可供从事人工智能研究和应用的科技人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能原理及应用/周西苓编. —北京:航空工业出版社,1997.6
ISBN 7-80046-995-6

I. 人… I. 周… III. 人工智能-理论 IV. TP18

中国版本图书馆·CIP 数据核字(96)第 01739 号

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

南京航空航天大学印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

1997 年 6 月第 1 版

1997 年 6 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:12

字数:297 千字

印数:1—1000

定价:5.6 元

前 言

人工智能的发展已四十年,形成了多种学派,不同的学派在基本理论、研究方法和技术路线等方面均各不相同。本书以人工智能的主流学派——逻辑学派的理论、技术为基础,强调通过软件技术,实现机器从功能上对人类智能的模拟。

逻辑学派从启发式算法→专家系统→知识工程已发展多年,形成了若干成熟的基本理论和技术方法,并在诸如专家系统、自然语言处理、机器学习、智能机器人规划等广泛的领域得以有效的应用,这是本书要重点论述和讨论的。

基于以上的认识,并考虑到不与其他已开设的课程内容重复;同时,根据多年从事人工智能课的教学实践,参阅中外出版的多种人工智能的教材,精心选材,编写了这本约需 60 学时讲授的教材,并附有一定数量的习题。

本书由中国人民解放军通信工程学院郭肇德教授审阅,并提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

但限于水平和经验,难免有不足之处,请读者批评指教。

编 者

1996 年 9 月于南京

目 录

| | |
|----------------------|---------|
| 第一章 绪 论 | (1) |
| 第一节 什么是人工智能 | (1) |
| 第二节 人工智能的发展及其广阔应用 | (2) |
| 第三节 人工智能面临的挑战 | (10) |
| 第二章 状态空间法及搜索 | (14) |
| 第一节 状态空间的基本概念和基本系统结构 | (14) |
| 第二节 状态空间搜索法 | (19) |
| 第三节 启发式图搜索法 | (30) |
| 习题 | (42) |
| [附录一]传教士与野人过河问题程序 | (45) |
| [附录二]四皇后问题程序 | (47) |
| 第三章 问题归约法 | (49) |
| 第一节 问题空间及与或图表示 | (49) |
| 第二节 启发式与或图搜索法 | (57) |
| 第三节 博弈搜索 | (61) |
| 习题 | (67) |
| 第四章 人工智能中的谓词演绎 | (70) |
| 第一节 谓词逻辑的一般介绍 | (70) |
| 第二节 置换与合一 | (73) |
| 第三节 消解原理 | (76) |
| 习题 | (81) |
| 第五章 消解反演系统 | (82) |
| 第一节 消解反演 | (82) |
| 第二节 消解反演系统的搜索策略 | (85) |
| 第三节 从消解反演中提取回答 | (92) |
| 第四节 Horn 子句逻辑 | (97) |
| 习题 | (100) |
| 第六章 知识的表示 | (102) |
| 第一节 知识表示的有关问题 | (102) |
| 第二节 谓词公式及产生式规则表示法 | (104) |
| 第三节 框架表示法 | (107) |
| 第四节 语义网络表示法 | (114) |
| 习题 | (117) |
| 第七章 专家系统 | (118) |

| | | |
|------------|--------------------|--------------|
| 第一节 | 专家系统概述与建造 | (118) |
| 第二节 | 专家系统的不确定性问题 | (124) |
| 第三节 | 专家系统开发工具——EXPERT | (132) |
| 第四节 | MYCIN 系统 | (141) |
| 第八章 | 机器学习 | (151) |
| 第一节 | 机器学习概述 | (151) |
| 第二节 | 通过例子学习法 | (154) |
| 第三节 | 基于解释的学习法 | (163) |
| 第九章 | 智能机器人规划生成系统 | (168) |
| 第一节 | 智能机器人概述 | (168) |
| 第二节 | 规划生成系统的一般介绍 | (170) |
| 第三节 | STRIPS 系统 | (175) |
| 第四节 | GPS 系统 | (181) |
| | 习题 | (184) |
| | 参考文献 | (185) |

第一章 绪 论

人工智能(Artificial Intelligence)是五六十年代发展起来的一门新兴的边缘科学,它与原子弹、航天技术一起被誉为本世纪最伟大的科学成就。

人工智能已经走过四十年艰难曲折的历程,取得了举世瞩目的成就,但也存在着许多难以克服的障碍。然而,使机器具有人类的智能或智能行为,无疑是千千万万科学工作者共同追求并为之奋斗的崇高目标。

第一节 什么是人工智能

很早以来,人们就在探索和思考这样一个问题:机器能像人一样,具有逻辑推理、识别物体、语言理解、诊断疾病、解决难题……的能力吗?

我们提出“像人一样”,是因为人类具有智能。那么什么是人类的智能呢?要下一个严格的定义是困难的,况且在科学界还有着完全对立的两种看法。一种看法认为智能是某种超物质的东西,它在许多方面是无规律可循的,因而是不可能被认识的;另一种看法则认为智能只不过是一种物质的特殊运动的形式或特殊运动着的物质,是严格按一定的规律进行的,因而是完全可以逐步认识的。

抛开上述两种看法谁是谁非的讨论,我们可以简单地说,人的智能通常是指理解环境的能力、联想和记忆的能力、运用语言的能力、抽象思维的能力、创造发明的能力、学习能力……。这种种能力,是基于人类所具有的感觉、记忆、归纳、演绎和效应等五个基本要素的综合效应的结果。

在此认识的基础上,有关什么是人工智能的定义,有以下几种代表性的阐述。

人工智能是利用自动机为手段,通过模拟人类宏观/外显的智能行为的科学。持这种观点的学者认为,我们不必去考虑人脑内部的结构和运行规律,从微观来说,人脑的活动不过是细胞的单调运动,就像在计算机内部,不过是0和1状态的不断翻转一样,在内部是无智能可言的。因而,人工智能的研究主要是模拟人类外显的或宏观的智能行为。这些行为表现为人类具有感知、记忆、分析、推理、学习、联想、创造等能力,甚至还有意向、直觉、顿悟、梦幻等智能表现。为了模拟人类的外显的智能行动,应该以自动机为手段,通过传感器、自动控制系统,由反馈、自组织来形成机器的智能行为。

人工智能是模拟人类灵活地、有效地、创造性地进行信息处理及变换(即推理)能力的科学。持这种观点的学者,从信息论的角度来解释人类的智能,即认为人类智能实际上是对信息的处理过程。这个过程包括信息的获取(感知系统)、信息的处理(脑和神经系统)以及信息的利用(效应系统)。信息可以经过加工、整理、解释、挑选和改造后形成知识。那么,简言之,人类的智能可以看成是运用知识来解决问题的能力。以 Nillson 为代表的学派,进而说:人工智能就是关于知识的科学,即怎样表示知识以及怎样获得知识并使用知识的科学。

知识是静态的智能,智能是动态的知识。

人工智能是以思维科学为理论基础,模拟人类各种思维行为的科学,这是我国著名科学家钱学森有关人工智能科学的论述。

什么是思维科学?钱学森说:“是研究人类有意识的思维规律的科学,胡思乱想不在思维科学之内。这种有意识的思维,除抽象(逻辑)思维之外,还有形象(直感)思维和灵感(顿悟)思维。”他认为现代科学技术和体系结构,可从纵向和横向进行划分。纵向划分可分为六大类,即自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、人体科学和思维科学。而六大科学分支,在横向又大体分为三个层次,基础科学、技术科学和工程技术科学。专门研究某学科的基础理论的是基础科学,直接改造客观世界的科学叫工程技术科学,而介于两者之间的是技术科学。钱学森说:“人工智能是思维科学中的工程技术科学。”

人工智能是使机器(或计算机)完成需要人的智能才能完成的工作。这就是工程学派的最简单的定义。人类的智能活动在不同的层次上进行,它可与计算机的层次相比较。智能活动的最高层次是思维决策,中间层次是初级信息处理,最低层为生理过程,与之相应的是计算机的程序、语言和硬件。工程学派认为,研究智能活动的主要任务是探讨高层次的思维决策与中间层的初级信息处理的关系,而人工智能就是研究如何用计算机的程序来模拟人的思维决策水平,以及如何用计算机的语言来模拟人的初级信息处理过程。

第二节 人工智能的发展及其广泛应用

尽管早在1854年,布尔(G. Boole)就提出了思维机器化的设想,直到图灵(A. M. Turing)在1950年提出有名的图灵测验。多年来,不少科学家为发展人工智能科学做出了有益的贡献。

然而,人工智能的诞生,是由于20世纪四五十年代以来,科学技术的飞速发展,特别是一批新兴的科学理论和技术的提出,如1948年美国的数学家维纳(N. Wiener)创立了控制论,美国数学家申农(C. E. Shannon)创立信息论,以及同期的阿希贝(W. R. Ashby)的著作《脑的设计》出版,还有电子计算机科学,乃至生理学、哲学、心理学、数学……。正是这多种学科的发展和多学科之间的相互渗透,为人工智能的诞生和发展提供了理论基础;而多功能、高速度、大容量的电子计算机为人工智能的研究提供了物质基础。

一、人工智能的诞生和第一个发展高潮

1956年的夏天,由年轻的数学家麦卡锡(J. McCarthy)发起,在美国的达特莫斯(Dartmouth)大学,召开了第一次学术会议。这次会议得到洛克菲勒财团7500美元的资助,与会者是十位从事数学、计算机科学、心理学、神经学和信息论的年轻学者和工程师。他们中间有哈佛大学的明斯基(M. L. Minsky)、IBM公司的莫尔(T. More)和塞缪尔(A. L. Samuel)、朗彻斯特(N. Lochester)、麻省理工学院(MIT)的赛尔夫利奇(O. Selfridge)和索罗孟夫(R. Solomonoff)以及兰德公司和卡纳奇工科大学的纽厄尔(A. Newell)和西蒙(H. A. Simon)。在这次会议上,第一次使用了人工智能这个名词。会议历时两个月,详细地讨论了机器如何模拟人类智能的各种问题。这次会议的召开,标志着人工智能这门新兴科学的正式诞生。

达特莫斯会议后,与会者分成了三个小组,开始了人工智能的研究工作。在此后的5~6年内,三个小组的工作都取得了奠基性的重大成就。

1956年,纽厄尔和西蒙合作编制的“逻辑理论机”(LT)程序,成功地将罗素和怀特黑德

的数学名著《数学原理》第二章中的 52 条定理,分两次用计算机得到证明。在 LT 程序中,模拟了人在数理逻辑学中证明定理时的思维规则,运用了分解、代人和替换等方法,使机器具有自动推理、决策能力,并产生智能行为。这一成就被公认是人工智能研究的真正开始。

从 1957 年开始,纽厄尔和西蒙等开始研究通用问题求解程序 GPS(General Problem Solver),最后的版本于 1969 年发表。80 年代以来,以纽厄尔为首的小组着手研究通用的人工智能问题求解系统的体系结构,称为 SOAR 系统(State Operator And Result)。

1956 年,塞缪尔研制出跳棋游戏程序,该程序具有学习功能,能够从棋谱中学习,并在下棋过程中不断改进下棋的走步方法,总结经验,提高棋艺,因而在 1959 年该程序击败了设计者本人,1962 年击败了美国一个州的冠军。塞缪尔一直以博弈问题为对象,研究人工智能问题的求解技巧。1992 年,计算机的国际象棋程序击败了澳大利亚的全国冠军。

1960 年,麦卡锡领导的 MIT 的一个研究小组,研制出以递归函数论为基础的表处理语言 LISP(List Processing),为人工智能的研究提供了语言工具,早期的人工智能程序都是用 LISP 语言编写的,因而说它武装了一代人工智能科学家。

继 LISP 语言之后,柯默鲁勒等人于 1972 年在马赛大学实现了第一个逻辑程序语言 PROLOG,由于该语言以一阶谓词逻辑为基础,对事物的描述更符合人们日常逻辑思维的习惯,具有更强的推理能力。因此,一出现就受到各国的普遍重视,为发展人工智能的研究提供了更有力的语言工具。

1965 年鲁宾逊(J. A. Robinson)提出了消解原理,可用于命题逻辑和一阶谓词逻辑中的推理,使自动定理证明有了很大的突破。

1964 年开始语言理解的研究,随后 MIT 和 SRT(斯坦福研究所)都开始了物体识别和机器人的研究,1961 年 MIT 的林肯实验室造出了第一个机器人,英国的爱丁堡大学,日本的电总也都研制出不同类型的机器人。

由于在不到十年的时间内,取得了如此重大的成就,使得一些很有名望的科学家被这些成就冲晕了头脑,纷纷发表谈话。预言:不出十年,计算机能发现和证明重要的数学定理,能谱写具有优秀作曲家水平的乐章;不出十年,可实现电子书……。更有人断言,照此趋势发展下去,80 年代将是全面实现人工智能的时代,到了 2000 年,机器的智能将超过人类。

然而,初战告捷的欢乐只是暂时的,随着对人工智能的深入研究,遇到的困难越来越大。在定理证明方面,消解原理的能力有限,如证明两个连续函数之和还是连续函数,推了十万步也没有推出来。最糟糕的是机器翻译,原来认为只要用一部双向词典和某些语法知识,就可以实现自然语言之间的互译。但事情并不那么简单,机器翻译常常是阴错阳差、颠三倒四。如有英语句子“The spirit is willing but the flesh is weak”(心有余而力不足),译成俄文之后再翻成英文就成了“The wine is good but the meat is spoiled”(酒是好的,肉变质了)。

此外,塞缪尔的下棋程序没有战胜全国冠军。在其他领域中,人工智能也遇到了难以克服的困难,在世界范围内,人工智能的研究处于低潮。

二、人工智能的第二个发展高潮及其广泛的应用

使人工智能走出低谷,迎接它的第二个发展高潮的是专家系统的出现和日本第五代计算机研制计划的提出。

费根伯姆(A. Feigenbaum)是 Stanford 大学的年轻教授,他指出:电子计算机已进入第二代,计算机的作用已经发生了根本的变化,即由以计算为主,转为以推理为主。他开创了人

工智能的一个崭新的应用领域——以知识为基础的专家系统。1968年,他主持下的第一个专家系统 DEADRAL 问世。之后,一批具有实用价值、能创造社会财富的专家系统相继出台,把人工智能的研究从实验室推向社会,在世界范围内引起极大反响。

正当专家系统在人工智能的舞台上,尽情表演并推动其他领域的研究向前发展的时候,日本研制第五代计算机的雄心勃勃的计划起到了推波助澜的作用。由几十名年轻的博士为核心的日本“新一代计算机技术研究所”(ICOT),在1979年提出要研制能听、说、看,能理解和解答问题,进行推理的第五代计算机(智能计算机)。他们的计划得到日本通产省的支持,拨款4.5亿美元。提出在经过两年的调研后,花十年时间,研制出两台样机。十年已经过去了,虽然,智能计算机没有造出来,但当时 ICOT 的计划对人工智能的研究工作却产生了很大的影响。在“不能落后于日本”的口号下,80年代开始出现了世界范围内的开发新技术的高潮,如英国的阿尔维计划,西欧的尤里卡计划,美国的 STARS 计划和 MCC 计划相继推出,以及我国的“863”计划。这些高科技发展计划的内容并不限于计算机,更不限于人工智能,但是都把人工智能的研究作为当代高科技的核心课题之一。

人工智能正向各个领域深入发展,除专家系统外,下面再介绍一些主要的研究领域的概况。

(一) 自然语言处理

目前可用于计算机的语言是很多的,从低级的汇编语言,发展到各种高级语言,进而到面向人的语言。但这种种语言与人类的自然语言相比,还相差甚远。因此,人们试图让计算机能处理自然语言。然而,这并不是是一件容易的事,因为,人类在用语言进行信息交流中,头脑中早已拥有大量的信息文本,积累了丰富的知识和经验,并具有进行分析、推理、综合判断等能力。因此,语言的生成和理解是一个极为复杂的编码和解码过程。

1. 语言生成

什么是语言? 简单地说,是若干句子按一定规律组成的集合,而句子则是由有限个符号按一定的文法构成的符号序列。

如由文法 G 生成的语言叫 $L(G)$,可表示为:

$$L(G) = \{\omega | \omega \text{ 在 } V_r \text{ 中, 并且 } S \xrightarrow[G]{\cdot} \omega\}$$

式中: $G = (V_N, V_r, P, S)$;

V_N — 是非终止符号的集合;

V_r — 是终止符号的集合;

P — 是规则集;

S — 是起始符。

上述定义的意思是:语言 $L(G)$ 是从起始符 S , 根据文法 G 和规则集 P 导出的全部由终止符 V_r 构成的句子的集合。

作为例子,设有

$$V_N = \{S, NP, VP, PP, P, V, DNP, DET, A, N, \dots\}$$

式中: S = Sentence 句子;

NP = Noun Phrase 名词短语;

VP = Verb Phrase 动词短语;

PP=Prepositional Phrase 介词短语;

DNP=Determinative Noun Phrase 限定名词短语;

DET=Determiner(限定)冠词;

A,P,V,N 分别表示形容词、介词、动词和名词。

另有 $V_r = \{\text{earth, sun, the, moves, round, ...}\}$

文法还包含以下的规则集:

S→DNP VP

S→DNP V PP

VP→V DNP

PP→P DNP

DNP→DET NP

NP→N

N→earth

N→sun

DET→the

V→moves

P→vound

NP→A NP

.....

根据 L(G)文法的规定,从起始符 S 开始,然后运用一条或几条规则,产生新的字符串,将这过程继续下去,直到字符串全部由 V_r 集合中的成员组成时,就产生了一个句子,如:

S → DNP V PP

→ DNP moves PP

→ DET NP moves P DNP

→ The N moves round DET NP

→ The earth moves round the N

→ The earth moves round the sun

2. 语言理解

反之,语言理解则是使机器能看懂输入的符号序列(最小单位是句子)。通常需要在计算机内部首先建立词典,并存有一定的语法规则、语义规则和推理规则,以及与主题有关的知识。当文章、资料被输入后,计算机要进行三个层次上的工作。首先是按词典逐词扫描,辨别单词的语义和用法,并根据语法规则对句子进行语法分析,确定其动词短语和多个名词短语;其次是确定名词短语所描述的对象与动词词组所描述的动作之间的关系,根据语义规则找出一个句子的语义信息;最后还必须根据推理规则进行全局性分析,找出各句子之间的上下文关系,以及多个语句组合在一起的特殊含义等全局性信息。

3. 机器翻译

机器翻译是自然语言处理研究中的一门实验性学科,第一次试验是美国乔治敦大学和 IBM 公司协作进行的,后来处于低潮。从 70 年代开始,机器翻译因具有其重要的实用价值而再次引起重视。

目前已有一些分类的专科翻译系统投入使用,在翻译的数量和速度上都超过人工,如欧共体的 EUROSYSYSTEM 系统用于其成员国之间的文件翻译,美国的 SYSTRAN 系统已投放市场,我国的“译星”也可以分专题对科技文献进行英汉对译。

(二) 模式识别

人类生活在自然界与社会之中,每时每刻都在不断地感知外界的信息,并作出相应的反应。这是由于客观事物(包括景物、图像、图形、符号、文字、声音,等等)都是以不同的模式向人们传送不同的信息,也正是由于人能区分这些不同的模式,才感知到了这许许多多不同的信息。老虎和猫虽然外形颇为相似,但人们仍能对它们进行分类,并有不同的反应。对于老虎类,人们惧怕;而对猫类,则感到亲切、可爱。

由此看出,模式识别的作用,是对输入的未知模式判断它属于哪一类模式,则模式识别的过程,实质上就是对客观事物分类的过程。

自然界和人类社会有亿万类不同的模式,要使计算机有如此强的识别分类能力,这似乎不可能,即使是最有意义的诸如文字识别、语音识别、图像识别都有很大的难度。

在图像识别方面,据说有这样一个趣闻。1979年第六届国际人工智能会议上,日本人推出了一个脸谱识别器,表演时能把几个日本人的脸谱识别出来,叫出他们的名字,有些外国代表也想试一试,但计算机识别不出来,显示“不是人”,而引起哄堂大笑。

模式识别总的来说分为两大类,一类是识别文字、图形、图像等,另一类则主要是识别语音,下面分别给予介绍。

1. 文字、图形、图像识别

为了使机器具有人类视觉的感知功能,对文字、图形和图像识别的研究,已进行了长期的艰苦的工作,并取得了一定的成果,下面介绍几种常用的识别方法。

(1) 统计模式识别

统计模式识别的过程大致如下:



传感器——是一个量测装置,它把输入的未知的模式转换成适合于机器操作的数据形式。

预处理器——它的作用是从量测到的数据中,去掉不需要的成分。

特征抽取器——是从输入模式的数据中,提取进行分类时所需要的各种特征。

分类器——是对送入的各种特征进行决策;以确定未知的输入模式所属于的类别。

概括地说,在统计模式识别中,着眼点是每个模式的特性度量。即每个模式用 n 维空间特征向量来表示,然后在特征空间按一定的统计准则来判定它属于哪一类。

(2) 句法模式识别

与(1)不同的是,在句法模式识别中,突出的是模式的结构信息,不同的模式有着不同的结构特征。每个模式又被分解为若干分(子)模式和模式基元,而模式基元不再是简单的特征向量,而是包括各个特征(基元)之间的关系在内的一个关系式。这种关系式可以用图形表示,也可以用语句按一定的语法规则来描述,并根据不同的结构形式来划分模式的类别。

此外还发展了不少模式识别的新方法,如利用模糊集合论的模式识别方法,结构方法,统计几何方法等,特别要指出的是,采用人工神经网络结构的识别方法是近年来的热门课

题。

目前,世界范围内的邮政编码的手写体数字的识别已进入实用阶段,用于医学上的 X 光片的分析,以及染色体的识别,用于安全方面的指纹、脸谱的识别等取得很大的进展,最困难的汉字识别等正在研究之中。

2. 语音识别

语音识别是为了使机器具有人类的听觉功能。语音识别的难度也是很大的,即使是离散语音的识别。例如一个“我”字的发音,可能不同的人发音各不相同,就是同一个人发音,如果他今天感冒了,发音也可能变化。目前,用于离散语音的识别方法主要有:

(1) 模式匹配法

该法事先必须按识别内容对计算机进行训练,把待识别的语音特性存在存储器中,作为分类的参照模式(即样本)。当要对输入的语音进行识别时,抽取该语音的特征参数如频谱、频率和振幅等,经模数转换后,与已有的样本进行比较,根据近似性来识别。

(2) 特征提取法

与上法不同的是不需预先对机器进行训练,而是对各种语音进行大量而细致的研究,排除无关的数据,提取标准语音的声学特性,使得每种语音之间都有明显的特征区别。未知的语音输入后,系统提炼出该语音的特征进行比较识别,该法更具普遍性、公用性。

此外,还有聚类甄别法,可以较好地噪声背景中识别语音信息。

(3) 语音合成

语音合成是模拟人类能发声讲话的能力。在当前市面上出售的语音片,以及电子翻译器等产品都具有语音合成的功能。语音合成的方法有规则合成法,单元编辑合成法,录音编辑合成法等。

总之,语音识别和语音合成的成果,也开始进入实用化的阶段,如声控玩具、声控机器人,直到识别上百条以上的口语指令的电话服务,订票、购物、简单的咨询等领域。美、日、德三国联合研制的电话翻译系统 TTS,可以对简单语句实现对译。美国卡纳奇-梅隆大学的 HEARSAY 和 HARPY 系统,美国 BBN 公司的 HWIM 系统,以及澳大利亚的堪培拉高等学院信息科学院的 FOPHO 系统对连续语音的识别取得了较好的效果,人们预言,近期内语音识别将会有突破性进展。

(三) 数据库的智能检索

数据库系统是实现有组织地、动态地存储大量关联数据,为方便多用户访问的计算机软硬件资源组成的系统,是数据信息管理的最新技术,由于已有专门的课程来讲授数据库原理和方法,在此就不重述。

建立数据库系统,是为了方便地向用户提供他所需要的各种数据和信息。例如,在某工厂用于生产管理的一个数据库系统中,存储了每个工人产品质量情况、出勤情况、技术革新情况,等等,当你要了解某工人本月出勤多少天时,可以通过检索数据库来找到答案。

然而,如果把数据库技术与人工智能技术结合起来,实现智能检索数据库,我们就可以从数据库的信息中经过演绎推理,找出更为隐含的信息和答案。

一般来说,一个简单的智能检索数据库系统,至少包含以下三个基本组成部分:

任务环境——完成数据库的组织工作,包括数据库的插入、修改、删除、建立,等等;实现将用户描述的数据(又叫事实)、推理规则转换成数据库能接受的形式;对用户提出的询问调

用推理机构进行求解。

推理机构——根据用户提出的询问以及数据库的信息进行推理,找出满足其条件的信息。

数据库——存放着某学科或某类问题的大量知识信息,以及通用的推理规则等。

随着人工智能向实用性方向发展,智能检索技术越来越显得必不可少。可以这样说,一切大型的人工智能系统都必须备有智能检索数据库的系统。例如,用于医疗诊断的MYCIN专家系统中,就带有一个TEIRESIAS的系统,以实现对其知识库的智能检索。

(四) 定理证明

定理证明的任务是进行逻辑论证和推理,它的研究在人工智能原理的发展中起着重要的作用,不少人工智能的分支都是以定理证明的演绎推理方法为基础。如上面已讲到的专家咨询系统、数据库的智能检索等。实际上,在计算机领域中,本身也离不开定理证明的原理。当程序设计人员编写了冗长的程序,以完成某一特定任务时,计算机可以用专门的程序来证明所编的程序是否正确,是否可以达到预期的目的,这叫程序正确性证明,实际上,人们更希望的是,自动程序设计,即计算机根据所需解决的问题,自动进行程序设计。此外,还有很多领域可应用定理证明的原理,例如在法院,检察官需要用自己掌握的证据来证明被告有违法行为;税务部门可以论证对某人应征税的数目;特别是在数学领域,可以依靠计算机来证明各种定律、定理,例如计算机完成了人无法完成的四色定理的证明,等等。

有关定理证明的原理,本书将有专门的章节给予重点介绍。

(五) 机器人学

机器人是一种可以在自己的动力和控制下完成任务的机械。机器人(Robot)这一词可以解释为“一种自动装置”。而机器人学则是研究以智能计算机为基础的机器人的基本组成和操作以及工作原理的学科,它涉及到静、动力学,机械学,自动控制,传感技术,电子学,计算机科学等跨多门学科的知识。

机器人在60年代开始出现,主要运用于工业生产,因而称为工业机器人。在美国,早期的机器人,英文为Unimate(“万能伙伴”之意)和Versatran(“多用搬运”之意),这两种工业机器人后来成为机器人结构的主流,美国通用汽车公司和福特汽车公司在金属冷热加工中,采用这种机器人进行压铸、冲压中的下料,收到良好的效果。日本在60年代初就开始研制固定程序控制的机械手用于装配,如目前,日产和丰田汽车工业公司等,每家都约有400台机械手和工业机器人在生产中使用。此外,工业机器人在焊接、喷漆、航天等其他领域也得到有效的应用。

在这种早期的机器人和机械手中,绝大多数只能依靠固定的程序控制,完成固定的、重复性的劳动,这种机器人被认为是没有智能的,作为计算机专业的研究人员的任务,主要是设计用于机器人控制的程序和专用语言。

随着科学技术的发展,对机器人也提出越来越高的要求,要求机器人不仅能完成事先已分配好的任务,而且要求机器人能根据环境的变化,自适应地完成任任务,也就是要求机器人能根据从感觉器官(包括听、视、触等)传来的信息,去认识任务环境,然后制定出自己的动作方案,这是人工智能的重要研究领域之一,称为智能机器人规划生产系统,这将是本教材第九章重点介绍的内容。

(六) 智能控制

人工智能的发展促进了自动控制向智能控制的发展。一般的自动控制系统缺乏智能或智能水平很低,不能满足高质量、多指标、大系统的复杂控制过程的需要,如不能适应环境条件或对象特性的变化;不能自行寻找最优的工作状态;不会在控制过程中,积累经验,通过学习,改善自身的性能,等等。

自1965年傅京孙首先提出把人工智能的启发式推理规则用于学习控制系统以来,已经研究出一些智能控制的理论和技术。当前智能控制主要包括以下的类型。

自寻优智能控制。不要求预先知道被控制对象的精确数学模型,就能够自动寻找系统的最佳工作状态;并能适应对象特性的漂移,自动保持最优工作状态。

自学习智能控制。能模拟人类的学习功能,在系统运行过程中,不断积累经验,自动修改控制系数或控制规律,改善系统的性能。

自适应智能控制。能够适应环境条件或被控制对象特性的变化,自动调整系统的参数和性能,以保持最优或满意的工作状态。

自组织智能控制。能根据控制目标的要求,以及有关对象特性和环境条件的信息,利用所需的控制元件、部件和连接工具,自动组成合乎要求的控制器。

此外还有自协调、自修复、自锁定等多种智能控制系统。

(七) 智能管理

人工智能与管理科学相结合的产物是智能管理。当前的多种信息管理系统以及办公室自动化系统,一般还停留在以下的几个层次上。

事务型管理系统。如文件管理、档案管理、工资管理、各种报表处理,等等。

管理型系统。包括经济管理、财务管理(财务计划)、行政管理(人事调整、干部安排)、生产调度,等等。

决策型管理系统。如经济发展预测或规划及对策、军事指挥决策、政策法规的评价和分析,等等。

高层次的管理系统要求具有智能或部分地具有智能。而智能管理所追求的目标有以下几个主要方面。

1. 多层次的管理功能。即在各个层次上,功能相互适应、协调一致。一个好的电子秘书除完成一般的日程安排、文件管理等功能外,还能做好诸如财务计划、人事调整等工作,并为其主管领导提供各种预测、决策等高级服务。

2. 广义管理模型。归纳数学模型、信息模型、网络模型于一体,通过相应的优化分析、知识推理和图表处理,提供多方面、多阶段的管理服务。

3. 人机协调。根据“人机一体”的观点,在智能系统中,实现人机分工,相互协调,从而达到人帮机、机帮人,各自发挥其优点,形成人机协调、人机一体的系统。

4. 四库协同结构。追求数据库、知识库、模型库、方法库的四库协同的多方面的管理决策系统。

(八) 机器学习

学习是人类重要的智能行为。人们通过不断的学习,使自己的知识越来越丰富、技能越来越高,解决问题的能力越来越强。机器若具备学习功能,亦将如此。IBM公司的Samuel首先实现,在他设计的下棋程序中具有学习功能,该程序在不断的对弈中改善和提高自己的棋艺。这种程序在设计初期,只能战胜设计者本人和美国一个州的冠军,而今天,当我们庆祝

计算机诞生五十周年之际时,IBM 公司设计的“深蓝”计算机战胜了国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫,显示了机器学习的巨大能力。

机器学习的研究已成为人工智能中最突出、最重要的一个分支,学习的方法越来越多,有效的学习系统不断出现。人们曾预言,90 年代的最热门的研究课题之一将是机器学习,但是,机器学习的研究仍然相当艰难。我们将在第八章中重点介绍。

(九) 专家系统与知识工程

专家系统是人工智能领域中最活跃、应用最为广阔的分支。所谓专家系统,是一种智能程序,该程序解决问题的能力达到甚至超过人类专家的水平。专家系统的出现标志着人工智能向实用化方向发展迈出了重要的一步,促进了人工智能科学的发展。七八十年代,各个领域的专家系统像雨后春笋般的诞生,出现了一批很有价值、创造了巨大社会财富的成功的专家系统,如确定化合物分子结构的 DEADRAL 专家系统;为计算机用户提供完整装配图的 R1 系统;诊断血液传染病的 MYCIN 系统;帮助地质学家找到稀有金属钼矿的 PROSPECTOR 系统等。

在专家系统发展的高潮中,一门以研究知识处理的共性技术的学科——知识工程诞生了,它是研究有关知识的获取、知识的表示、知识的利用和知识接口的学科,知识工程的技术在多个人工智能的应用领域发挥着巨大的作用。

以上只是介绍了人工智能的若干应用领域,它的应用是极广阔的,可以这样说,凡是需要人类智能的地方都将需要人工智能。

作为回顾和总结,让我们引用中国科学院院士李衍达教授的一段话:“人工智能的研究,……60 年代以一般问题求解的研究为主,发展了各种搜索算法,并在机器定理证明方面取得了重大进展,70 年代以知识工程、认知科学的研究为主,提出了知识工程、专家系统,并且使一批专家系统在实际中得以应用,80 年代以推理技术、知识获取、自然语言理解和机器视觉研究为主。……随着研究的深入,符号主义观点与方法的局限性也逐渐暴露出来,由于知识表示、知识获取的困难;以及巨大的计算量等问题,使联接主义又重新成为研究热点;近年来,利用人工神经网络模拟人类智能的研究有了很大发展。……也有人提出了实现无需知识表示及无需理性的智能。……尽管取得了如上所述的许多成果,但是,相当一部分专家认为,近年来人工智能的研究没有产生重大突破,甚至出现某种程度的停滞,应当引起反思。”

第三节 人工智能面临的挑战

如上所述,人工智能正面临着严重的挑战。1987 年在美国波士顿,由麻省理工学院人工智能研究所(MIT AI Lab.)、美国国家科学基金(NSF)和美国人工智能学会(AAAI)联合主办了人工智能基础国际研讨会,国际上许多在人工智能发展中作出过重要贡献的科学家应邀出席了会议,对人工智能基础的五个核心问题进行研讨。这五个问题是:

1. 知识与概念化是不是人工智能的核心?
2. 认知能力能否与感知分离开来研究?
3. 认知的轨迹是否可用类自然语言描述?
4. 认知能否与学习分离开来研究?
5. 所有的认知是否有一种统一的结构?

在会上,不同学派的科学家们充分地发表了各自不同的观点,形成一种百花争艳的局面。下面主要就第一个问题,介绍当今人工智能领域三大学派的主要观点。

一、符号主义

符号主义是人工智能研究中的主流学派。符号主义认为人工智能起源于逻辑学(故又称逻辑学派)。逻辑学是研究人类思维规律的科学,逻辑演绎充分描述了人类思维、决策的推理过程,逻辑学发展至今已有一整套精确推理的经典理论。人工智能的真正开始就是从启发式程序 LT(逻辑理论家),以后沿着启发式算法→专家系统→知识工程的方向发展到今天。

这派学者认为,人类智能是一种高级的认知活动。所谓认知活动可解释为基于信息来控制其行为的控制机制,也即基于信息的推理。他们说,信息必须抽象概念化为知识,这些知识必须用物理符号表示出来。这就是说,认知的基元是符号,认知过程就是符号操作的过程。所以,知识和概念化是人工智能的核心问题,这就是符号主义的主要观点。

由于符号主义把人比拟成一个符号处理系统,人的智能行动是这个符号处理系统产生的,因而,要模拟人类智能也可由一个物理符号系统来完成,这就是计算机。符号主义强调的是从功能上模拟,采取的方法是:用计算机能接受的符号表示知识和概念;把思维推理过程映射到逻辑数学模型中去,进而发展到包括确定性的和非确定性的广义逻辑数学模型;并制定有效的算法,进行符号运算。这种研究方法完全是效仿计算机的程序运行,因而符号主义所采用的技术手段是计算机的软件技术。

正是由于把人看成为一个符号处理系统的设想,或者说,正是由于持这种符号主义的观点,人工智能主流学派的研究正面临着严重的挑战,碰到了一些难以克服的困难。

事实上,即使把人看成为一个符号处理系统,人所能处理的符号也不能等同于计算机能处理的符号,这些符号是计算机的各种形式化语言。这就面临着第一大障碍,知识表示的困难。其次,计算机的基本操作就是计算,而且是按照一定的算法进行计算,可是,人类的认知活动,可能有很多是难于建立数学模型、难于制定算法的,或者根本找不到规律的。最后,即使有的能找到算法,其巨大的计算量也是当前计算机难以承受的。

二、联接主义

联接主义认为人工智能起源于仿生学,故又称为仿生学派和生理学派。早在四五十年代,一些学者就热衷于脑模型的研究,希望通过电子装置来模仿人脑结构,以达到模拟人脑功能的目的。五六十年代,神经细胞模型、神经网络模型,特别是以感知机“Perceptron”为代表的脑模型研究,出现过一度热潮。但限于当时的工业水平,特别是电子器件、集成电路的水平,这种研究遇到了很大的困难。直到 1987 年在美国召开了第一届国际人工神经网络会议之后,又东山再起。

联接主义认为人的思维基元是神经元,而不是物理符号,人脑的生理结构是由千亿个神经基元联成的神经网络。因此,人的思维过程可比拟为人工神经元在时空上非线性并行的联接活动,而不是符号处理。

因此,联接主义主张人工智能应着重于人脑结构上的模拟。认为结构和智能行为是密切相关的,不同的结构表示不同的行为。因而,联接主义的技术路线是人工神经网络的硬件技术。

联接主义虽然避开了符号主义知识表示的困难,但是,神经元之间联接的权值的计算又