

高等院校计算机专业系列规划教材

人工智能 及其应用

主编 米爱中 姜国权 霍占强

RENGONG ZHINENG
JIQI YINGYONG

 吉林大学出版社

人工智能 及其应用

主 编 米爱中 姜国权 霍占强
参 编 杜守恒 向 峰 司马海峰 冯红梅

图书在版编目(CIP)数据

人工智能及其应用 / 米爱中, 姜国权, 霍占强主编.

—长春: 吉林大学出版社, 2014. 12

ISBN 978-7-5677-2748-9

I. ①人… II. ①米… ②姜… ③霍… III. ①人工智能—高等学校—教材 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 296855 号

书 名: 人工智能及其应用

作 者: 米爱中 姜国权 霍占强 主编

责任编辑: 孟亚黎

吉林大学出版社出版、发行

开本: 787×1092 毫米 1/16

印张: 20.25 字数: 518 千字

ISBN 978-7-5677-2748-9

封面设计: 崔蕾

三河市龙大印装有限公司 印刷

2014 年 12 月第 1 版

2014 年 12 月第 1 次印刷

定价: 42.00 元

版权所有 翻印必究

社址: 长春市明德路 501 号 邮编: 130021

发行部电话: 0431-89580026/28/29

网址: <http://www.jlup.com.cn>

E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

前 言

智能通常被理解为“人认识客观事物并运用知识解决实际问题的能力……往往通过观察、记忆、想象、思维、判断等表现出来”。人工智能也可称为机器智能,就是用计算机来模拟人的智能。研究人工智能一方面可以造出具有智能的机器,另一方面是要弄清人类智能的本质。通过研究和开发人工智能,可以辅助、部分代替甚至拓宽人的智能,使计算机更好地造福于人类。

人工智能自诞生已走过了 50 多年的历程,它是用人工的方法和技术,研制智能机器或智能系统,来模仿、延伸和扩展人的智能。因此,随着信息技术的发展和社会对智能的巨大需求,人工智能受到越来越多人的重视,并逐步成为信息社会和网络经济时代的核心科学技术之一。人工智能的发展和研究,主要涉及计算机科学、信息论、控制论、心理学、生理学、数学、物理学、化学、生物学、医学、哲学、语言学、社会学、认知科学等众多领域,因此,它既是一门新思想、新理论、新技术、新成就不断涌现的新兴学科,又是一门综合性极强的边缘学科。

本书在结构安排上,主要分为两大部分,前 5 章主要是基础知识,后 5 章是主要研究领域;内容上每章有重、难点提示,并有小结归纳每章内容,最后还配有习题巩固学习效果;讲解上力求通俗易懂,言简意赅,尽可能做到理论与应用相结合。

全书共 10 章。第 1 章为绪论,介绍了人工智能的定义、发展、基本内容 and 应用领域;第 2 章讨论了知识表示方法基础知识,并着重说明了几种典型方法;第 3、4 章分别为确定性推理方法和不确定性推理方法,阐述两种推理的基本原理并介绍了其对应的典型方法;第 5 章是人工智能的搜索策略,介绍了相关概念和经典算法;第 6 章着重介绍了专家系统的结构、开发和新型专家系统;第 7 章讨论了有关机器学习的内容,主要包括记忆、示例、决策树、类比、解释等学习;第 8 章为计算智能,介绍了经典的智能算法;第 9、10 章为人工智能的应用,分别是对自然语言的理解以及人工智能和分布式计算的结合应用。

本书的编写人员均为河南理工大学计算机科学与技术学院多年从事计算机专业教学的教师,主编为米爱中、姜国权、霍占强,参编人员有杜守恒、向峰、司马海峰、冯红梅。具体分工为:霍占强编写第 1 章、第 3 章,杜守恒编写第 2 章,向峰编写第 4 章、第 10 章第 1 节,司马海峰编写第 5 章,米爱中编写第 6 章、第 8 章,姜国权编写第 7 章、第 10 章第 2 节~第 6 节及习题,冯红梅编写第 9 章。米爱中对全书进行了修改和审核。

本书在编写过程中,得到了河南理工大学领导和教务处以及计算机学院的大力支持,在此表示衷心感谢。本书参考了大量有价值的文献与资料,吸取了许多人的宝贵经验,在此向这些文献的作者表示敬意。由于编者水平有限,书中难免有错误和疏漏之处,加上人工智能研究领域纵深宽广,在内容取舍与安排上可能存在一些考虑不周的地方,望广大读者见谅,同时也恳请同行、专家多多指正。

编者

2014 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 人工智能的基本概念	1
1.2 人工智能的发展史	3
1.3 人工智能研究的基本内容	8
1.4 人工智能的应用领域	10
1.5 小结	13
习题	14
第 2 章 知识表示方法	15
2.1 概述	15
2.2 状态空间表示法	20
2.3 一阶谓词逻辑表示法	27
2.4 产生式表示法	32
2.5 语义网络表示法	36
2.6 框架表示法	44
2.7 面向对象表示法	47
2.8 其他表示方法	49
2.9 小结	51
习题	52
第 3 章 确定性推理方法	54
3.1 推理概述	54
3.2 推理的逻辑基础	63
3.3 自然演绎推理	68
3.4 归结演绎推理	69
3.5 基于规则的演绎推理	84
3.6 小结	90
习题	90
第 4 章 不确定性推理方法	92
4.1 不确定性推理概述	92
4.2 可信度方法	97

4.3	主观 Bayes 方法	100
4.4	证据理论	106
4.5	模糊推理	113
4.6	小结	119
	习题	120
第 5 章	搜索策略	121
5.1	搜索概述	121
5.2	状态空间的盲目搜索策略	123
5.3	状态空间的启发式搜索策略	128
5.4	与/或树的启发式搜索策略	137
5.5	博弈树的启发式搜索策略	143
5.6	小结	153
	习题	153
第 6 章	专家系统	156
6.1	专家系统概述	156
6.2	专家系统的结构	164
6.3	专家系统的开发	168
6.4	新型专家系统	177
6.5	小结	185
	习题	185
第 7 章	机器学习	186
7.1	机器学习概述	186
7.2	记忆学习概述	192
7.3	示例学习概述	193
7.4	决策树学习	198
7.5	类比学习	202
7.6	解释学习	205
7.7	小结	209
	习题	209
第 8 章	计算智能	210
8.1	计算智能概述	210
8.2	人工神经网络	212
8.3	遗传算法	222
8.4	模糊计算	229

8.5 粗糙集	232
8.6 小结	239
习题	240
第 9 章 自然语言理解	242
9.1 自然语言理解概述	242
9.2 词法分析	247
9.3 句法分析	248
9.4 语义分析	258
9.5 基于语料库的自然语言理解	260
9.6 机器翻译	266
9.7 语音识别	270
9.8 小结	274
习题	275
第 10 章 分布式人工智能	276
10.1 概述	276
10.2 Agent 的结构	281
10.3 Agent 通信	286
10.4 多 Agent 合作	296
10.5 移动 Agent	304
10.6 小结	314
习题	315
参考文献	316

第 1 章 绪论

【重点、难点】

- 掌握人工智能相关的基本概念,了解人工智能领域各学派不同的认知观。
- 了解人工智能的发展简史。
- 熟悉人工智能的基本研究内容。
- 了解人工智能在各领域的研究应用状况。

1.1 人工智能的基本概念

人工智能是用机器模拟、延伸和扩展人类的智能。提到“智能”,人们可能会联想到很多的词汇,但却难以给出明确、完整的定义。一直以来,智能现象本质是人类尚未探索明白的四大奥秘之一,古今中外许多哲学家、脑科学家对此都进行了努力探索和研究。随着脑科学、神经心理学等研究的进展,人们对人脑的结构和功能有了进一步认识,但对整个神经系统的内部结构和作用机制,特别是脑的功能原理还没有认识清楚,有待进一步的探索。

1.1.1 智能的概念

目前,人们根据对人脑已有的认识,结合智能的外在表现,从不同的角度、不同的侧面,用不同的方法对智能进行研究,并且提出了不同的观点,思维理论、知识阈值理论及进化理论是其中最具代表性的观点。

(1) 思维理论

思维理论认为,智能的核心是思维,人的一切智能都来自大脑的思维活动,人类的一切知识都是人类思维的产物。因此,通过对思维规律与思维方法的研究可望揭示智能的本质。

(2) 知识阈值理论

知识阈值理论认为,智能行为取决于知识的数量及其可运用的程度,当知识聚集到某种满意程度时将会触发智慧大门的开启。因此,它把智能定义为:智能就是在巨大的搜索空间中迅速找到一个满意解的能力。这一理论曾经对人工智能的发展进程产生了深刻的影响,在其影响下产生并发展了专家系统、知识工程等。

(3) 进化理论

进化理论认为,智能取决于感知和行为,取决于对外界复杂环境的适应,智能不需要知识、

不需要表示、不需要推理,智能可以由逐步进化来实现。该理论是由美国麻省理工学院(MIT)的布鲁克(R. A. Brook)教授根据他对人造机器虫的研究与实践提出的。这一观点与众不同,尤其是与人们的传统看法完全不同,因而引起了人工智能界的广泛关注。

比照前述三种智能认识理论,可以设想:思维理论和知识阈值理论主要对应的是高层智能活动,而进化理论分别对应了三个智能层次的发展过程。综合上述各种观点,可以认为:智能是知识与智力的总和。其中,知识是一切智能行为的基础,而智力是获取知识并应用知识求解问题的能力。

1.1.2 人工智能

人工智能是指通过设计智能算法使用人工方法在计算机实现的类似于人的智能,或者说是人使机器具有类似于人的智能,因此也可以叫做机器智能。人工智能研究是基于多个学科的研究基础的一门综合性极强的边缘学科。1950年,英国数学家图灵(A. M. Turing)在发表的论文“计算机与智能”(Computing Machinery and Intelligence)中提出了著名的“图灵测试”的概念,形象地给出了人工智能的定义以及机器的人工智能标准,直到现在该准则还被许多人看作衡量机器智能的标准,可以说,该测试标准的提出对人工智能科学的进步与发展产生了深远影响,图灵也被认为是“人工智能”概念的最早提出者。

学术界一直都没有对“人工智能”形成一个统一的定义,不同学者站在不同的角度与层面对这一问题有着不同见解。这里给出几种不同学者对人工智能的不同定义。

Bellman 的定义——人工智能是那些与人的思维有关的活动,如决策、问题求解和学习等的自动化(1978)。

Haugeland 的定义——人工智能是一种使计算机能够思维,使机器具有智力的激动人心的新尝试(1985)。

Charniak & McDermott 的定义——人工智能是用计算模型研究智力行为(1985)。

Kurzweil 的定义——人工智能是一种能够执行需要人的智能的创造性机器的技术(1990)。

Schalkoff 的定义——人工智能是一门通过计算过程力图理解和模仿智能行为的学科(1990)。

Bellman 的定义——人工智能研究如何使计算机做现阶段只有人才能做好的事情(1991)。

Winston 的定义——人工智能是研究那些使理解、推理和行为成为可能的计算(1992)。

Luger & Stubblefield 的定义——人工智能是计算机科学中与智能行为的自动化有关的一个分支(1997)。

Nilsson 的定义——人工智能从广义上讲是关于人造物的智能行为,而智能行为包括知觉、推理、学习、交流和在复杂环境中的行为(1998)。

Dean, Allen 与 Aloimonos 的定义——人工智能是研究和设计具有智能行为的计算机程序,以执行人或动物所具有的智能任务(2003)。

随着人们对人工智能研究的不断深入,人工智能的定义也不断地发生着变化。总体来说,

人工智能是一门研究智能机器(智能计算机)或智能系统的构造设计方法并使其具备模拟、延伸、扩展人类智能能力的学科。换句话说,人工智能的主要研究内容就是如何使机器能听、会说、能看、会写、能思维、会学习、能适应环境变化、能解决各种面临的实际问题。

1.2 人工智能的发展史

机械装备的普遍使用将人类从各种各样繁重的体力劳动中解放出来,从而给人类生活带来极大便利并推动社会的飞速发展。随着人工智能技术的发展与应用,制造具有帮助和代替人类完成脑力劳动能力的智能机器成了人类的新追求。自从1956年人工智的概念产生以来,人工智能作为一个新兴学科已经有50多年的历史。下面简单对其产生与发展的过程进行概括,大致分为孕育、形成、知识应用、综合集成四个阶段。

1.2.1 孕育期(1956年以前)

早在公元前900年,中国就有歌舞机器人流传的记载,中国三国时期也有诸葛亮木牛流马的传说,古希腊的记载里也有公元前850年制造机器人帮助人们劳动的神话记载,实际上在世界上许多国家也都出现过类似的传说或故事,可以说人类很早就提出了用机器代替脑力劳动的设想。人工智能在孕育期经过了十分漫长的过程,期间无数人为之付出了艰辛的劳动和不懈的努力。

古希腊伟大的哲学家和思想家亚里士多德(Aristotle)在其名著《工具论》中提出了形式逻辑中的一些基本规律,我们现在称之为创立了演绎法。演绎法实际上为形式逻辑奠定了基础,直到今天演绎推理最基本的出发点仍是他提出的三段论。归纳法与演绎法一起构成了思维的基本法则,它是由英国哲学家和科学家培根(F. Bacon)创立的。此外,“知识就是力量”的名言也是由培根提出的,这一名言对研究人类的思维过程,对人工智能研究从一般思维探讨转向专门知识运用都起到了积极的促进作用。数理逻辑的基础是由德国数学家和哲学家莱布尼茨(G. W. Leibniz)通过形式逻辑符号化提出的,数理逻辑使得可以对人的思维进行运算和推理。莱布尼茨还提出了通过建立一种通用的符号语言以及在此符号语言上进行推理的演算的设想,并基于此提出了“万能符号”和“推理计算”这两个概念。这些莱布尼茨的思想不仅是数理逻辑的基础,也可以认为是现代机器思维设计思想的启蒙。英国数学家布尔(G. Boole)在其著作《思维法则》中通过用符号语言描述了思维活动中推理的基本法则,实现了莱布尼茨的理想。其在1854年发表的论文“An Investigation on the Law of Thoughts”(对思维规律的探讨)中试图找出思维模拟的机械化规律,并明确提出符号逻辑代数是基于“机器是否放大智力”的论述,创立了布尔代数的理论体系。并且,布尔一直关注“智能机器”的研制。

世界上第一台加法器是由法国物理学家和数学家帕斯卡(B. Pascal)设计制造的,这对后来计算机领域的许多发明都有非常重要的参考意义。英国数学家和发明家巴贝奇(C. Babbage)发明的差分机和分析机为“思维机器”提供了坚实的基础。其发明的分析机的设计思想与现代电子计算机十分相似,已经包括了现代电子计算机的大量特点。此外,巴贝奇还

提出了通用计算机系统由输入(把数字输入机器)、存储器(保存数字和程序指令)、运算器(执行运算)、控制器(控制执行各种命令)和输出(把运算结果告诉用户)等几个组成部分。尽管未能将这些部件的功能全都实现,但这一思想为计算机的发展做出了极其重要的贡献。

英国数学家与发明家图灵于 1936 年创立了自动机理论,也就是著名的“图灵机”,自动机理论是实际上是一个理论计算机模型,其极大地推进了思维机器的研究并为现代计算机的发明提供了理论基础,图灵被认为是现代人工智开拓性的开拓者。受图灵机的启发,世界著名科学家发明家匈牙利人冯·诺依曼(John. Von. Neumann)1945 年提出了存储程序的概念,在计算机领域建立了不朽的功勋。冯·诺依曼的这一思想被誉为电子计算机时代的开始,冯·诺依曼型至今仍然是现代计算机的基本体系结构。此后,1946 年电子数字计算机的先驱者美国人莫克利(J. W. Mauchly)与埃克特(J. P. Eckert)合作研制成功了世界上第一台通用电子计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer),为机器智能的研究与实现奠定了坚实的物质基础。

1948 年由美国著名数学家、控制论创始人维纳(N. Wiener)创立的控制论的出现标志着人们根据动物心理和行为学进行计算机模拟研究与分析的基础已经形成,它是一门研究和模拟自动控制的人工系统的学科,控制论与人工智能交叉融合导致了现在人工智能行为主义学派的产生。美国应用数学家、信息论的创始人香农(C. E. Shannon)创立的信息论对人工智能的发展也具有非常重要的促进的意义。基于信息论可将人的心理活动用信息的形式来进行表示,形成了描述心理活动的数学模型。1956 年香农与麦卡锡(J. McCarthy)合著的《自动机研究》一书中收录的许多论文都与思维机器有关。1943 年美国神经生理学家麦克洛奇(W. McCulloch)和皮兹(W. Pitts)开创性的采用微观人工智能方法从结构上模拟人脑的研究途径,他们合作提出了第一个神经网络模型(MP 模型)并为后来人工神经网络的研究奠定了理论基础。

总之,数理逻辑、自动机理论、控制论和信息论的相关理论的产生以及通用电子数字计算机的发明为人工智能的产生准备了必要的思想、理论和物质技术条件。

1.2.2 形成期(1956 年到 1970 年)

1956 年,数学家计算机专家麦卡锡(后为 MIT 教授)、哈佛大学数学家神经学家明斯基(M. L. Minsky,后为 MIT 教授),IBM 公司信息中心负责人洛切斯特(N. Lochester),贝尔实验室信息部数学研究员香农(C. E. Shannon)、IBM 公司的莫尔(T. More)和塞缪尔(A. L. Samuel)、MIT 的塞尔夫里奇(O. Selfridge)和索罗蒙夫(R. Solomonff)以及兰德(RAND)公司和卡内基(Carnegie)工科大学的纽厄尔(A. Newell)和西蒙(H. A. Simon)等 10 位数学、神经学、心理学、信息科学和计算机科学方面的杰出年轻科学家在美国达特莫斯大学举行了一次长达两个月的学术研讨会,期间他们深入学习和探讨了关于用机器智能模拟人类智能的许多问题。并且麦卡锡在该次研讨会上提议正式采用“AI(Artificial Intelligence)”这一术语,这标志这人工智能这一以如何用机器来模拟人类智能为研究对象的新兴学科的诞生。会后不久,若干专门以人工智能为研究目标的研究小组相继诞生,这一时期不同研究小组分别取得了不同的研究成果,并很快就在多个领域取得了许多重大突破。期间三个研究小组的工

作最具有代表性：

①纽厄尔和西蒙的卡内基-兰德小组(也称为心理学小组)。纽厄尔(Newell)、肖(J. Shaw)和西蒙(Simon)等人 1957 年合作研制了能够模拟了人类用数理逻辑证明定理时的思维规律的逻辑理论机(Logic Theory Machine, LT),它实际上是一个针对具体领域的计算机程序系统。他们随后又开始研究一种不依赖具体领域的通用问题求解程序。他们在基于心理学实验的基础上总结了人们在解决问题时思维过程的普遍规律,并把它归结为三个阶段:第一阶段是先想出大致的解题计划;第二阶段根据记忆中的公理、定理和解题规划组织解题过程;第三阶段在解题过程中不断进行方法和目标分析,修正解题计划。他们在这一规律的基础上通过心理学试验总结出人们求解问题的思维规律后,于 1960 年研制出可以解决 11 种不同类型问题的通用问题求解(General Problem Solving, GPS)程序,该程序可以自动求解猴子摘香蕉、河内梵塔、人羊过河、不定积分、三角函数、代数方程等许多不同类型的问题。

②塞缪尔的 IBM 公司工程课题研究小组。塞缪尔的主要贡献是 1956 年成功开发出了具有自学习、自组织和自适应能力的西洋跳棋程序。该程序基于 IBM 704 计算机上研制,可以从棋谱中自动学习,也可以在下棋过程中通过积累经验获得提高。通过一段时间的不断学习后,该程序分别于 1959 年击败了塞缪尔本人以及 1962 年击败了一个州的冠军。这是模拟人类学习过程的非常卓有成效的一次探索,其主要意义在于发现了启发式搜索是表现智能行为的根本机制。

③明斯基麦卡锡的 MIT 研究小组。1958 年,麦卡锡建立了行动规划咨询系统;1960 年麦卡锡研制了不仅可以处理数值,而且可以方便地处理符号的人工智能语言 LISP, LISP 语言作为建造智能系统的重要语言工具在人工智能领域应用极其广泛;1961 年,明斯基发表了著名的“走向人工智能的步骤”的论文。

在此期间,鲁宾逊(J. A. Robinson)于 1965 年提出的归结(消解)原理也被认为是人工智能领域的重要突破。与传统自然演绎的原理完全不同,归结(消解)原理为自动定期证明提供了有效的途径。化学专家系统 DENDRAL 由美国斯坦福大学的费根鲍姆(E. A. Feigenbaum)于 1965 年开始研究,并于 1968 年完成投入使用。化学专家系统可以根据质谱仪的实验,通过分析推理决定化合物的分子结构。DENDRAL 可以说是专家系统的萌芽,是人工智能研究从一般思维探讨到专门知识应用的一次成功尝试,它的实用性以及它对基于知识建造智能系统所进行的探索使得人工智能走向应用迈出了坚实的一步。国际上许多学术团体 1969 年共同发起成立了国际人工智能联合会议(International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI),这正式标志着人工智能作为一门独立学科已经得到了国际学术界的认可。

除了以上所列举的这一时期人工智能代表性成就之外,该时期人工智能还取得了其他许多重要成就,如 1956 年乔姆斯基(N. Chomsky)提出的文法体系与 1958 年塞尔夫里奇研制的模式识别系统程序等,还有国际性人工智能杂志《Artificial Intelligence》1970 年的创刊也是人工智能领域的重要事件。

1.2.3 知识应用期(20 世纪 70 年代到 80 年代末)

20 世纪 70 年代人工智能的研究发展遇到了许多困难瓶颈,遭受了很大的挫折。这一时

期众多人工智能领域的科学家们在反思中认真总结了人工智能发展过程中的经验教训,逐渐找到了一条以知识为中心、面向应用开发的新的研究道路,使人工智能又进入了一个新的蓬勃发展时期。

1. 挫折和教训

随着前期人工智能不断取得重要突破,一些研究人员认为依靠一些推理规则,再加上强大的计算机就可以使机器智能达到专家水平,甚至超过人的能力。20 世纪 60 年代人工智能的创始人西蒙等人就非常肯定地预言:不出十年,世界象棋冠军将被计算机所取代,重要的数学定理将由计算机首先发现和证明,优美的乐曲也将由计算机来谱写,许多心理学理论将在计算机上形成。然而,这些预言至今看起来还比较遥远。

科学前进的道路从来都是曲折的,人工智能在经过早期的快速发展之后,很快在不同方面遇到了许多瓶颈问题。如在博弈方面,塞缪尔设计下棋程序依旧不敌世界冠军的棋艺;在定理证明方面,发现当用归结原理证明两个连续函数之和还是连续函数时,推了 10 万步也没证明出结果,可见鲁宾逊归结法的能力有限;在问题求解方面,如果用人工智能的算法求解不良结构的问题,将会产生组合爆炸问题;在机器翻译方面,人们发现只用双解字典和一些语法知识根本无法实现两种语言的准确互译,如把“心有余而力不足”的英语句子“The spirit is willing but the flesh is weak”翻译成俄语后再翻译回来时竟变成了“酒是好的,肉变质了”,即英语句子为“The wine is good but the meat is spoiled”;在神经生理学方面,人们发现在现有技术条件下用机器从结构上根本不可能模拟人脑的 10^{11} 以上个神经元;在人工智能的本质、理论、思想及机理方面,来自哲学、心理学、神经生理学等社会各界也对人工智能提出了各种各样的指责、怀疑和批评。此外,人工智能还在其他方面遭遇了困境。1971 年英国剑桥大学数学家詹姆士(James)应政府要求发表了“人工智能研究不仅是骗局,也是庸人自扰”的报告后,英国对人工智能研究支持的科研经费被大幅削减,许多相关机构被解散。在美国,曾一度热衷于人工智能研究的 IBM 公司也取消了所有人工智能研究计划。人工智能研究在全世界范围内都陷入低俗发展时期。

尽管如此,该时期仍有许多研究人员对人工智能的各个领域进行了潜心研究,在认真总结前一阶段研究工作经验教训的同时,他们从费根鲍姆提出的“以知识为中心开展人工智能研究”的观点中找到了进行人工智能研究的新思路。

2. 以知识为中心的研究

专家系统(Expert System, ES)是一个具有大量的专门知识,并具备利用存储知识来解决特定领域中需要由专家才能解决的问题能力的计算机程序。它是人工智能从理论研究走向实际应用的产物,也是从一般思维规律探讨走向专门知识运用的重大突破,其产生可以看作是人工智能发展史上的一次重要转折。

20 世纪 60 年代当大部分人工智能领域的科学家热衷于对博弈、定理证明、问题求解等进行研究时,专家系统作为人工智能的另外一个重要研究领域开始孕育。专家系统的产生使得遭受挫折并处于危机时刻的人工智能发展研究再度兴起并迅速地找到前进方向。下面简述专家系统的发展过程。

1972年,斯坦福大学教授 E. A. Feigenbaum 在开发了第一个专家系统——化学专家系统 DENDRAL 之后,又于 1976 年成功研制了一个用于细菌感染患者的诊断和治疗的医学专家系统——MYCIN 专家系统。MYCIN 专家系统能够准确地识别出 51 种病菌,正确使用 23 种抗生素,并具备协助内科医生诊断细菌感染疾病及为患者提供最佳处方的能力;从技术角度来看,MYCIN 专家系统解决了一系列人工智能走向应用的重大技术问题,如知识表示、不精确推理、搜索策略、人机联系、知识获取及专家系统基本结构等。1976 年,斯坦福大学杜达(R. D. Duda)等人开始研制地质勘探专家系统——PROSPECTOR,至 1981 年该系统已拥有关于 15 种矿藏的专业知识。1982 年美国利用 PROSPECTOR 预测了华盛顿州的一个钼矿位置并通过实际勘探证明了预测的准确性。此外,1971 年 MIT 研制成功并投入使用的数学专家系统 MACSYMA,1978 年美国拉特格尔(Rutger)大学研制成功的用于青光眼诊断和治疗的 CASNET 等专家系统也都是这一时期专家系统的代表。

在专家系统飞速发展的同时,人工智能的其他领域如计算机视觉和机器人、自然语言理解与机器翻译等也取得了重要进展。1971 年 MIT 的维诺格拉德(T. Winograd)开发了一个用于模拟机器人在桌面上玩积木的系统 SHRDLU。该系统可以根据英语指令变换积木和进行关于积木世界的会话。除此之外,知识表示、不精确推理、人工智能语言等方面在此期间也取得了一系列重要的研究成果。主要有 1974 年由明斯基提出的框架理论、1975 年由绍特里夫(E. H. Shortliffe)提出并在 MYCIN 中应用的确定性理论、1976 年由杜达提出并在 PROSPECTOR 中应用的主观贝叶斯方法、1972 年由法国马塞大学科麦瑞尔(A. Colmerauer)研制成功的世界上第一个 Prolog 系统等。其中,Prolog(PROgramming in LOGic)是一个以逻辑为基础的程序设计语言,它的思想首先由克瓦斯基(R. Kowalski)提出,Prolog 成为继 LISP 之后最主要的一种人工智能语言,在人工智能领域有着非常广泛的应用,后被日本第五代计算机选为核心语言。

1977 年,在第五届国际人工智能联合会议上,斯坦福大学教授 E. A. Feigenbaum 在多年深入研究的基础上将特定的知识表示与处理加入到人工智能的研究中,正式提出了知识工程(Knowledge Engineering, KE)的概念,使人们认识到了专家系统和知识工程的巨大成果与潜力。此后,许多科学家开始纷纷研究各类专家系统。可以说,知识工程和专家系统在整个 20 世纪 80 年代在全世界范围内取得了迅速进展,其应用范围扩大到了各个领域并产生了巨大的经济效益。专家系统的成功使人们更清楚地认识到人工智能系统应该是一个知识处理系统,而知识表示、知识获取、知识利用则是人工智能系统的三个基本问题。可以说知识是智能系统中核心。

但是,随着对专家系统研究的不断深入,专家系统本身所存在的问题而逐渐暴露出来,主要有应用领域狭窄、缺乏常识性知识、知识获取困难、推理方法单一、没有分布式功能、不能访问现存数据库等。对这些问题的研究慢慢推动人工智能向综合集成的方向发展。

1.2.4 综合集成期(20 世纪 80 年代末至今)

20 世纪 80 年代末,专家系统方面逐步向多技术、多方法的综合集成与多学科、多领域的综合应用型发展。大型专家系统开发采用了多种人工智能语言(如 USP、Prolog 和 C++

等),诸如产生式规则、框架、逻辑、语义网络、面向对象等多种知识表示方法,多种推理机制(如演绎推理、归纳推理、非精确推理和非单调推理等)和多种控制策略(如正向、逆向和双向等)相结合的方式,并开始运用各种专家系统外壳、专家系统开发工具和专家系统开发环境等。

21 世纪是智能科学、生命科学及其信息集成并融合应用的时代,人工智能技术是现代信息技术的精髓,是新世纪科学技术的前沿和焦点。目前,人工智能技术正在向大型分布式人工智能、大型分布式多专家协同系统、广义知识表达、综合知识库(知识库、方法库、模型库、方法库的集成)、并行推理、多种专家系统开发工具、大型分布式人工智能开发环境和分布式环境下的多智能体(Agent)协同系统等方向发展。

1.3 人工智能研究的基本内容

人工智能是一门综合性很强的交叉性学科,其研究内容十分丰富。不同的人工智能研究者从不同的角度对人工智能的研究内容进行分类。例如,基于脑功能模拟、基于不同认知观、基于应用领域和应用系统、基于系统结构和支撑环境等。因此,要对人工智能研究内容进行全面和系统的介绍存在一定困难,这里无法一一列举,只是对其中的部分内容进行简单介绍。

1. 认知建模

人类的认知过程极其复杂。认知科学(或称思维科学)是研究人类感知和思维信息处理过程的一门学科,是对人类在认知过程中信息加工过程的说明。认知科学是人工智能的重要理论基础,涉及的研究课题非常广泛。

浩斯顿(Houston)等把认知归纳为 5 种类型:信息处理过程;心理上的符号运算;问题求解;思维;诸如知觉、记忆、思考、判断、推理、学习、想象、问题求解、概念形成和语言使用等关联活动。

认知还会受到环境、社会和文化背景等因素的影响。人工智能不仅要研究逻辑思维,而且还要深入研究形象思维和灵感思维,这样才能奠定更坚实的理论基础,为智能系统的开发提供新思想和新途径。

2. 知识表示

可以认为,知识表示、知识推理及知识应用是人工智能的三大核心研究内容。其中,知识表示是基础,知识推理是求解问题的手段与方法,而知识应用是目标。

知识表示是把人类知识概念化、形式化或模型化,是研究各种知识的形式化方法。一般地,就是运用符号知识、算法和状态图等来描述待解决的问题。已提出的知识表示方法主要包括符号表示法和神经网络表示法两种。

3. 知识推理

所谓推理,就是从一些已知判断或前提推导出一个新的判断或结论的思维过程。它是人脑的基本功能,几乎所有的人工智能领域都离不开推理,因此,只有赋予机器推理能力才能使

其实现人工智能。

形式逻辑中的推理分为演绎推理、归纳推理和类比推理等。知识推理,包括不确定性推理和非经典推理等。它们都是人工智能需要研究的重要内容,仍有很多尚未发现和解决的问题值得研究。

4. 知识应用

人工智能能否获得广泛应用是衡量其生命力和检验其生存力的重要标志。20世纪70年代,专家系统的广泛应用使人工智能走出低谷,获得快速发展。后来的机器学习和近年来的自然语言理解应用研究取得重大进展又进一步促进了人工智能的发展。当然,知识表示和知识推理等基础理论以及基本技术的进步是推动应用领域发展的重要因素。

5. 机器感知

机器感知就是使机器或计算机具有类似于人的感觉,包括视觉、听觉、力觉、触觉、嗅觉、痛觉、接近感和速度感等,是机器获取外部信息的基本途径。机器视觉(计算机视觉)和机器听觉是其中最重要的和应用最广的两个方面,机器视觉要能够识别与理解文字、图像、场景以至人的身份等,机器听觉要能够识别与理解声音和语言等。

机器感知是机器智能的一个重要方面。要使机器具有感知能力,就要为它安上各种传感器。机器视觉和机器听觉已催生了人工智能的两个研究领域——模式识别和自然语言理解或自然语言处理。实际上,随着这两个研究领域的进展,它们已逐步发展成为相对独立的学科。

6. 机器思维

机器思维是对传感信息和机器内部的工作信息进行有目的的处理。综合应用知识表示、知识推理、认知建模和机器感知等方面的研究成果,开展多方面的研究工作有助于机器思维的实现。这些工作包括以下内容:

- ①知识表示,特别是各种不确定性知识和不完全知识的表示。
- ②知识组织、积累和管理技术。
- ③知识推理,特别是各种不确定性推理、归纳推理、非经典推理等。
- ④各种启发式搜索和控制策略。
- ⑤人脑结构和神经网络的工作机制。

7. 机器学习

机器学习就是使机器(计算机)具有学习新知识和新技术,并在实践中不断改进和完善的能力。它是人工智能和神经计算的核心研究课题之一。

学习是人类具有的一种重要智能行为。机器学习能够使机器自动获取知识,可以是向书本等文献资料学习,也可以是通过与人交谈或观察环境进行学习。

但是,现有的计算机系统和人工智能系统大多数没有什么学习能力,至多也只有非常有限的学习能力,难以满足科技和生产提出的新要求。

8. 机器行为

机器行为系指智能系统(计算机,机器人)具有的表达能力和行动能力,如对话、描写、刻画以及移动、行走、操作和抓取物体等。它与机器思维有着密切关系,是以机器思维为基础的。研究机器的拟人行为是人工智能的一项高难度的任务。

9. 智能系统构建

上述直接的实现智能研究,离不开智能计算机系统或智能系统,更离不开对新理论、新技术和新方法以及系统的硬件和软件支持。需要开展对模型、系统构造与分析技术、系统开发环境和构造工具以及人工智能程序设计语言的研究。一些能够简化演绎、机器人操作和认知模型的专用程序设计以及计算机的分布式系统、并行处理系统、多机协作系统和各种计算机网络等的发展,对人工智能的开发将会产生十分有益的影响。

1.4 人工智能的应用领域

目前,许多关于人工智能的研究都是结合具体应用领域展开的,人工智能目前主要在以下几个领域取得了重要应用进展。

1. 自然语言理解(Natural Language Understanding)

自然语言是人类之间信息交流的主要媒介,但目前计算机系统与人之间的交互几乎还不能直接使用各种自然语言,实现人机之间自然语言通信引起人们的兴趣和重视,并且一直是人工智能领域的重要研究课题之一。

由于自然语言系统不是一个形式语言系统,所以计算机在自然语言理解上存在一定的困难。在自然语言的处理中,使用机器翻译是最典型、最具代表性的任务。进行机器翻译的过程中,如果计算机能够理解一个句子的含义,那么就可能通过释义并通顺地给出译文。在十分有限的理解范围内,目前基于人工智的自然语言对话和理解、用自然语言表达的小段文章等程序系统已有一些进展。但是,由于理解自然语言依赖于上下文背景知识以及基于背景知识的推理技术,因此较强功能理解系统的设计开发依旧需要长期努力才可能实现。针对一定应用已经开始出现具有相当处理能力的实用系统。目前,基于人工智能技术的多语种数据库和专家系统的自然语言接口、各种机器翻译系统、全文信息检索系统、自动文摘系统等已经在市场上出现。

2. 数据库的智能检索(Intelligent Retrieval from Database)

数据库系统一般是对大量数据知识条目进行存储的系统,随着互联网技术的迅速发展,需要存储的信息量呈爆炸级数增长,如何在海量数据中进行智能检索成为非常迫切的一项任务。一个智能信息检索系统应具备许多基于人工智能的方法实现的能力: