

中国矿业大学“211工程”三期创新人才培养项目资助出版

高级人工智能

Gaoji Rengong Zhineng

丁世飞 编著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学“211 工程”三期创新人才培养项目资助出版

高级人工智能

丁世飞 编著

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书系统地阐述了高级人工智能的理论与技术,比较全面地反映了高级人工智能领域国内外研究的最新进展和动态。全书共9章,第1章绪论,论述了人工智能的概念、发展历程、研究方法 & 主要应用领域。第2章高级知识推理,论述了主观 Bayes、可信度方法、证据理论、模糊推理等高级知识推理方法。第3章高级搜索,主要包括进化计算、粒子群优化算法、蚁群算法以及免疫算法等。第4章计算智能,主要包括神经计算、模糊计算及粗糙计算等。第5章机器学习,包括归纳学习、决策树学习、强化学习、知识发现等。第6章支持向量机,包括统计学习理论、支持向量机算法、核函数、非平行超平面支持向量机等。第7章分布智能,主要包括分布式问题求解、主体(Agent)理论与技术等。第8章云计算,主要论述了云计算的关键技术、云计算编程模型、云计算平台及云计算实例等。第9章人工智能的争论与展望,讨论人工智能对人类的影响与展望。

本书力求科学化、实用化、前沿化,让读者在有限的时间内,能够掌握人工智能的高级理论与应用技术。

本书可作为高等院校计算机专业和其他信息类专业的研究生“人工智能”或“高级人工智能”课程教材,也可供从事人工智能研究与应用的科技工作者参考。

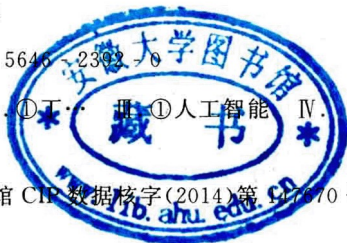
图书在版编目(CIP)数据

高级人工智能 / 丁世飞编著. —徐州 : 中国矿业大学出版社, 2015. 1

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2392 - 9

I. ①高… II. ①丁… III. ①人工智能 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 047670 号



书 名 高级人工智能
编 著 丁世飞
责任编辑 周 红
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 15.5 字数 387 千字
版次印次 2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前言

高级人工智能(advanced artificial intelligence, AAI)是一门研究人工智能、自然智能的综合性学科。它是一项前瞻性科学研究,自信息技术产生发展以来,人们在这一领域进行了长期的科学探索和技术攻坚,并不断涌现出新思想、新观念、新理论、新技术,成为未来科学技术革命的重要发源地。就现阶段发展来看,其内涵与外延已经从联结主义、符号主义、行为主义等学派理论发展为广义的智能科学。智能化是未来信息技术的发展趋势,也是第三次工业革命的重要特征,已成为生产、生活领域技术创新的关键环节,并产生深远的影响。近些年来,人工智能的研究和应用又掀起新高潮。一方面是计算机硬件性能的突破,另一方面是以云计算为代表的计算技术的快速发展,使得信息处理速度和质量大为提高,能够快速、并行处理海量数据。

本书是在作者编著的《人工智能》(清华大学出版社)教材基础上,吸取了国内外人工智能教材的优点,参考了国际上最新的研究成果,结合作者本身多年的教学科研实践编著而成。本书系统地阐述了高级人工智能的理论与技术,比较全面地反映了高级人工智能领域国内外的最新研究进展与动态。

全书共9章,主要包括:

第1章:绪论,介绍了人工智能的发展状况以及各个学派的观点,并对它的研究与应用领域进行了必要的讨论。

第2章:高级知识推理,本章讨论了常见高级知识推理方法,包括非单调推理、主观Bayes方法、可信度方法、证据理论、模糊推理等。

第3章:高级搜索,主要介绍了比较新颖的高级搜索算法,比如进化计算、粒子群优化算法、蚁群算法以及免疫算法等。

第4章:计算智能,主要包括神经计算、模糊计算及粗糙计算等。

第5章:机器学习,主要包括归纳学习、决策树学习、强化学习、知识发现等。

第6章:支持向量机,主要包括统计学习理论、支持向量机算法、核函数、非平行超平面支持向量机等。

第7章:分布智能,主要包括分布式问题求解、主体(agent)技术等。

第8章:云计算,主要包括云计算的关键技术、云计算编程模型、云计算平台及云计算实例等。

第9章:人工智能的争论与展望。讨论人工智能对人类的影响与展望。

本书力求科学性、实用性、可读性好,内容由浅入深、循序渐进,条理清晰。教材采用逐层深入的策略撰写,以达到适合于不同专业之取舍、不同层次的教学研究之需要。



本书包含了作者多年的科研成果,也吸取了国内外同类专著或教材的有关文献的精华,他们的丰硕成果和贡献是本书学术思想的重要源泉,在此谨向这些教材和文献的作者致以崇高的敬意。

本书的顺利撰写得到了中国矿业大学研究生院、中国矿业大学出版社等各级领导的支持与帮助,同时中国矿业大学中国科学院智能信息处理联合实验室的老师、同学做了大量的工作,特别是黄华娟博士、贾洪杰博士、张博博士、花小鹏博士等,在此一并表示感谢。

本书得到了国家自然科学基金“面向大规模复杂数据的多粒度知识发现关键理论与技术研究”(批准号:61379101)、国家重点基础研究发展计划(973 计划)课题“脑机协同的认知计算模型”(批准号:2013CB329502)的支持。

本书承蒙国际信息处理联合会人工智能专业委员会机器学习和数据挖掘组主席、中国人工智能学会副理事长、中国科学院计算技术研究所博士生导师史忠植研究员担任主审,在此深表谢意。

由于人工智能是一门不断发展的学科,新的理论方法和技术、新的应用领域不断涌现,再加上我们的学识水平及时间有限,可能没有完全达到我们所希望的目标,也不可避免地存在各种错误和疏漏,敬请读者给予批评指正。

丁世飞

2014 年 12 月



目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 人工智能的定义和目标	1
1.2 人工智能的发展	4
1.3 人工智能各学派的认知观	8
1.4 人工智能的应用领域	9
小结	12
习题 1	13
第 2 章 高级知识推理	14
2.1 概论	14
2.2 非单调推理	15
2.3 不确定性推理	24
2.4 主观 Bayes 方法	27
2.5 可信度方法	36
2.6 证据理论	43
2.7 模糊推理	49
小结	55
习题 2	56
第 3 章 高级搜索	58
3.1 进化计算	58
3.2 粒子群优化算法	73
3.3 蚁群算法	76
3.4 免疫算法	81
小结	88
习题 3	88
第 4 章 计算智能	90
4.1 概论	90
4.2 神经计算	91
4.3 模糊计算	106



4.4 粗糙计算	119
小结	128
习题 4	129
第 5 章 机器学习	130
5.1 机器学习概述	130
5.2 归纳学习	136
5.3 决策树学习	141
5.4 强化学习	146
5.5 知识发现	151
小结	157
习题 5	157
第 6 章 支持向量机	159
6.1 引言	159
6.2 统计学习理论	160
6.3 支持向量机(SVM)	165
6.4 核函数	170
6.5 非平行超平面支持向量机	171
小结	176
习题 6	176
第 7 章 分布智能	177
7.1 概论	177
7.2 分布式问题求解	178
7.3 主体(agent)技术	179
小结	192
习题 7	193
第 8 章 云计算	194
8.1 云计算定义	194
8.2 云计算的关键技术	197
8.3 云计算编程模型	198
8.4 云计算平台	210
8.5 云计算应用	216
8.6 云计算的未来及展望	228
小结	228
习题 8	229



第 9 章 人工智能的争论与展望	230
9.1 人工智能的争论	230
9.2 人工智能对人类的影响	233
9.3 人工智能的展望	235
小结	237
习题 9	238
参考文献	239



第1章 绪 论

人工智能(artificial intelligence, AI)主要研究用人工的方法和技术,模仿、延伸和扩展人的智能,实现机器智能。自人工智能诞生以来,取得了许多令人瞩目的成果,在很多领域成果得到了应用。本章首先讨论人工智能的定义和目标、发展概况、相关学派及其认知观,最后叙述人工智能的研究和应用领域。

1.1 人工智能的定义和目标

1.1.1 智能

什么是智能(intelligence)? 智能及智能的本质是古今中外许多哲学家、脑科学家一直在努力探索和研究的问题,但至今仍然没有完全了解,以致智能的发生与物质的本质、宇宙的起源、生命的本质一起被列为自然界四大奥秘。

近年来,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初步认识,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。因此,很难对智能给出确切的定义。如今,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,提出了几种不同的观点,其中影响较大的观点有思维理论、知识阈值理论及进化理论等。

(1) 思维理论

该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,因而通过对思维规律与方法的研究可望揭示智能的本质。

(2) 知识阈值理论

该理论认为智能行为取决于知识的数量及其一般化的程度,一个系统之所以有智能是因为它具有可运用的知识。因此,知识阈值理论把智能定义为: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。这一理论在人工智能的发展史中有着重要的影响,知识工程、专家系统等都是在这理论的影响下发展起来的。

(3) 进化理论

该理论认为人的本质能力是在动态环境中的行走能力、对外界事物的感知能力、维持生命和繁衍生息的能力。核心是用控制取代表示,从而取消概念、模型及显示表示的知识,否定抽象对智能及智能模型的必要性,强调分层结构对智能进化的可能性与必要性。该智能一般是后天形成的,其原因为对外界刺激做出反应。如将一婴儿置于黑屋子中,则一段时间以后,她的智力仍接近于0,这说明智能的产生跟自己本身无关,而取决于自身对外界刺激的反应。智能的体现为感知自身的存在。



综上所述,我们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运用知识求解问题的能力,是头脑中思维活动的具体体现。

1.1.2 人工智能的定义

人工智能是一门新兴学科,“人工智能”一词最初是在1956年达特茅斯学会上提出的。1956年,被认为是人工智能之父的麦卡锡(J. McCavthy)组织了一次达特茅斯(Dartmouth)人工智能夏季研究会,将许多对机器智能感兴趣的专家学者聚集在一起进行了一个月的讨论。他们讨论了人工智能的可行性和实现方法。从那时起,这个领域被命名为“人工智能”,为以后的人工智能研究奠定了基础。

从那以后,研究者们发展了众多理论和原理,人工智能的概念也随之扩展。人工智能是当前科学技术迅速发展及新思想、新理论、新技术不断涌现的形势下产生的一个学科,也是一门涉及数学、计算机科学、哲学、认知心理学和心理学、信息论、控制论等学科的交叉和边缘学科。人工智能的发展虽然已走过了半个世纪的历程,但是对人工智能至今尚无统一的定义。著名的美国斯坦福大学人工智能研究中心尼尔逊教授对人工智能下了这样一个定义:“人工智能是关于知识的学科——怎样表示知识以及怎样获得知识并使用知识的科学。”而美国麻省理工学院温斯顿教授认为:“人工智能就是研究如何使计算机去做过去只有人才能做的智能工作。”这些说法反映了人工智能学科的基本思想和基本内容。即人工智能是研究人类智能活动的规律,构造具有一定智能的人工系统,研究如何让计算机去完成以往需要人的智力才能胜任的工作,也就是研究如何应用计算机的软硬件来模拟人类某些智能行为的基本理论、方法和技术。

人工智能的一个比较流行的定义,也是该领域较早的定义,是由当时麻省理工学院的麦卡锡在1956年的达特茅斯会议上提出的:“人工智能就是要让机器的行为看起来就像是人所表现出的智能行为一样”。另一个定义是:“人工智能是人造机器所表现出来的智能”。

总体来讲,目前对人工智能的定义大多可划分为四类,即机器“类人思维”、“类人行为”、“理性思维”和“理性行为”。

不同学科或学科背景的学者对人工智能有不同的理解,他们也给出了人工智能的一些定义,主要有以下三种:

定义 1.1 人工智能(机器)

能够在各类环境中自主地或交互地执行各种拟人任务的机器。

定义 1.2 人工智能(学科)

人工智能是计算机科学中涉及研究、设计和应用智能机器的一个分支。它的近期只要目标在于研究用机器来模仿和执行人脑的某些智力功能,并开发相关理论和技术。

定义 1.3 人工智能(能力)

人工智能是智能机器所执行的通常与人类智能有关的智能行为,如判断、推理、证明、识别、感知、理解、通信、设计、思考、规划、学习和问题求解等思维活动。

1.1.3 人工智能研究的目标

人工智能的一般研究目标是:① 理解人类智能,通过编写程序来校验人类的智能相关理论,更好地理解人工智能;② 实现人类智能,创造有用的灵巧程序,执行一般需要人类专



家才能实现的任务,实现人类智能。

关于人工智能的研究目标,目前还没有一个统一的说法。从研究的内容出发,斯坦福(Stanford)大学费根鲍姆(Feigenbaum)等人提出了人工智能的9个最终目标。

(1) 理解人类的认识

此目标研究人类如何进行思维,而不是研究机器如何工作。要尽量深入了解人的记忆、问题求解能力、学习的能力和一般的决策等过程。

(2) 有效的自动化

此目标是在需要智能的各种任务上用机器取代人,其结果是要建造执行起来和人一样好的程序。

(3) 有效的智能拓展

此目标是建造思维上的弥补物,有助于人们的思维更富有成效、更快、更深刻、更清晰。

(4) 超人的智力

此目标是建造超过人的性能的程序。如果越过这一知识阈值,就可以导致进一步地增值,如制造行业上的革新、理论上的突破、超人的教师和非凡的研究人员等。

(5) 通用问题求解

此目标的研究可以使程序能够解决或至少能够尝试其范围之外的一系列问题,包括过去从未听说过的领域。

(6) 连贯性交谈

此目标类似于图灵测试,它可以令人满意地与人交谈。交谈使用完整的句子,而句子是用某一种人类的语言。

(7) 自治

此目标是一系统,它能够主动地在现实世界中完成任务。它与下列情况形成对比:仅在某一抽象的空间做规划,在一个模拟世界中执行,建议人去做某种事情。该目标的思想是:现实世界永远比人们的模型要复杂得多,因此它才成为测试所谓智能程序唯一公正的手段。

(8) 学习

此目标是建造一个程序,它能够选择收集什么数据和如何收集数据,然后再进行数据的收集工作。学习是将经验进行概括,成为有用的观念、方法、启发性知识,并能以类似方式进行推理。

(9) 存储信息

此目标就是要存储大量的知识,系统要有一个类似于百科词典式的,包含广泛范围知识的知识库。

要实现这些目标,需要同时开展对智能机理和智能构造技术的研究。我们可以把人工智能的研究目标分为近期目标和远期目标。近期目标:是使现有的计算机不仅能做一般的数值计算及非数值信息的数据处理,而且能运用知识处理问题,建造智能计算机代替人类的部分智力劳动,能模拟人类的部分智能行为。远期目标:揭示人类智能的根本机理,用智能机器去模拟、延伸和扩展人类的智能。这样近期目标则为远期目标奠定了理论和技术基础,远期目标为近期目标指明了方向。目前按照近期目标,根据现行的计算机的特点研究实现智能的有关理论、技术和方法,建立相应的智能系统。例如目前研究开发的专家系统、机器翻译系统、模式识别系统、机器学习系统、机器人等。



1.2 人工智能的发展

1.2.1 人工智能的孕育期

对于人工智能的发展来说,20 世纪 30 年代和 40 年代的智能界,发现了两件最重要的事:数理逻辑和关于计算的新思想。从维纳(Wiener)把数理关系简化为类理论,到图灵提出的逻辑机,数理逻辑仍然是人工智能研究的一个活跃领域,其部分原因是一些逻辑-演绎系统已经在计算机上实现过。但是,在计算机出现之前,逻辑推理的数学公式就已经为人们建立了计算与智能关系的概念。

虽然计算机为人工智能提供了必要的技术基础,但直到 50 年代早期人们才注意到人类智能与机器之间的联系。维纳是最早研究反馈理论的美国人之一。最熟悉的反馈控制的例子是自动调温器。它将收集到的房间温度与希望的温度比较,并做出反应将加热器开大或关小,从而控制环境温度。这项对反馈回路研究的重要性在于:维纳从理论上指出,所有的智能活动都是反馈机制的结果,而反馈机制是有可能用机器模拟的。这项发现对早期人工智能的发展影响很大。

图灵证明了使用一种简单的计算机制从理论上能够处理所有问题,从而奠定了计算机的理论基础,并且他也因此而成名。不仅如此,在 1950 年的杂志上,他预言简单的计算机能够回答人的提问,能够下棋。麻省理工学院(MIT)的香农(C. E. Shannon)于 1949 年提出了下国际象棋的计算机程序的基本结构。卡内基·梅隆大学(CMU)的纽厄尔(A. Newell)和西蒙(H. Simon)从心理学的角度研究人是怎样解决问题的,做出了问题求解的模型,并用计算机加以实现。他们发展了香农的设想,编制了下国际象棋的程序。

1955 年末,纽厄尔和西蒙编写了一个名为“逻辑专家”(logic theorist)的程序。这个程序被许多人认为是第一个人工智能程序。它将每个问题都表示成一个树形模型,然后选择最可能得到正确结论的那一支来求解问题。“逻辑专家”对公众和人工智能研究领域产生的影响使它成为人工智能发展中一个重要的里程碑。

1956 年夏季,美国学者麦卡锡、明斯基(M. L. Minsky)、朗彻斯特(N. Lochester)和香农共同发起了达特茅斯会议,会上首次使用了人工智能这一术语。这是人类历史上第一次人工智能研讨会,标志着人工智能学科的诞生,具有十分重要的历史意义、

1.2.2 摇篮期

达特茅斯会议后的 7 年中,人工智能研究开始快速发展。虽然这个领域还没明确定义,但会议中的一些思想已被重新考虑和使用了。卡内基·梅隆大学和麻省理工大学开始组建人工智能研究中心。研究面临新的挑战:下一步需要建立能够更有效解决问题的系统,例如在“逻辑专家”中减少搜索,还有就是建立可以自我学习的系统。

1957 年一个新程序“通用解题机”(GPS)的第一个版本进行了测试。这个程序是由制作“逻辑专家”的同一个组开发的。GPS 扩展了维纳的反馈原理,可以解决很多常识问题。两年以后,IBM 成立了一个 AI 研究组。赫伯特(Herbert Gelerneter)花 3 年时间制作了一个解几何定理的程序。



麻省理工大学的麦卡锡,在理论研究的基础上,在1960年设计了LISP程序设计语言,是适用于字符串处理的语言。字符串处理的重要性是从纽厄尔等编制问题求解程序时得到认识的。那时他们使用的语言后来成为LISP的前身。麦卡锡的LISP成为后来的AI研究所用语言的基础。

1.2.3 形成期

在麻省理工大学,使用LISP编制了几个问答系统。博布罗(D. Bobrow)开发了解决用英文书写的代数应用问题的STUDENT系统。问题本身是高中程度的,是采用自然语言描述的。拉斐尔(B. Raphael)开发了能够存储知识,回答问题的SIR(semantic information retrieval,信息检索)系统。如果告诉它“人有两个胳膊”,“一个胳膊连着一只手”和“一只手上有五个手指”,它就能够正确地回答“一个人有几个手指”等问题。虽然输入句型受到严格的限制,但它能够通过推理来回答问题。

在逻辑学方面,鲁滨逊(J. A. Robinson)发表了使用逻辑表达式表示的公理,机械地证明给定的逻辑表达式的方法,它被称为归结原理,对后来的自动定理证明和问题求解的研究产生了很大的影响。现在有名的程序设计语言PROLOG也是以归纳原理为基础的。

当人工智能各领域的基础建立起来时,美国各主要研究所开始研究综合了各种技术的智能机器人。以明斯基为指导者的麻省理工大学、麦卡锡所在的斯坦福大学、从麻省理工大学转来的拉斐尔率领着SRI(当时的斯坦福研究所,现在的名称是国际SRI)是研究的中心。在各个研究所,智能机器的研究目标多少有所不同。在麻省理工大学和斯坦福大学,着重于观察、识别积木,制作简单的结构件等,而SRI研究的机器人Shakey能够观察房间,躲开障碍物移动,推运物体等。给机器人下达简单的命令,如“把物体B拿到房间A去”,机器人自己就能制出详细的作业计划。研究智能机器人的目的不在于创造能代替人工作的机器人,而在于证实人工智能的能力。以研究智能机器人为名,问题求解的理论研究也在发展,和机器人没有直接关系的复杂的作业过程的研究也在发展。此外,利用积木的边线确定三维积木的理论也建立起来了。

在这个时期最大的人工智能研究成果是涉及语义处理的自然语言处理(英语)的研究。麻省理工大学的研究生威诺格拉德(T. Winograd)开发了能够在机器人世界进行会话的自然语言系统SHRDLU。它不仅能分析语法,而且能够分析语义解释不明确的句子,对提问通过推理进行回答。恰好在第一届人工智能国际会议召开之际,人工智能作为一个学术领域得到了承认。

在斯坦福大学也成立了人工智能实验室,SRI也成立了推进AI课题的组织。卡内基·梅隆大学(CMU)稍微晚些时候,在1970年左右开始在计算机系内研究人工智能。麻省理工大学、斯坦福大学和CMU被称为人工智能和计算机科学的三大中心。

1.2.4 发展期

从1970年初到1979年,人工智能得到了广泛的研究。在计算机视觉方面的研究,不仅为机器人研究识别积木和室内景物,而且还处理机械零件、室外景物、医学用相片等对象所使用的视觉信息。这种视觉信息不仅包括颜色深度,而且包括不同的颜色和距离。在机器人的控制方面,使用触觉信息和受力信息,控制机械手的速度和力。



受威诺格拉德的研究的影响,对自然语言的研究逐渐多起来。与 SHRDLU 那样局限于机器人世界的系统相比,后来的研究则把重点放在处理较大范围的自然语言。人在使用语言交流思想的时候,是以对方具有某种程度的知识为前提的。因此,会话中省略了对方能够正确地推断的内容。而计算机为了理解人的语言,需要具有许多知识。因此,要研究如何在计算机内有效地存储知识,并且根据需要使用它。

在自然语言理解和计算机视觉的领域,明斯基考查了知识表示和使用方法的各种实现方法,于 1947 年提出名为“框架”的知识表示方法,作为各种方法共同的基础。框架理论为许多研究者所接受,出现了适合于使用框架的程序设计语言 FRL(frame representation language)。转入斯坦福大学的威诺格拉德和附近 Xerox 研究所的博布罗共同开发了基于框架的知识表示语言 KRL(knowledge representation language),作为其应用,开发了用自然语言回答问题,制订旅行计划的系统。

以知识利用为中心的另一研究领域是知识工程。它通过把熟练技术人员或医生的知识存储在计算机内,用以进行故障诊断或者医疗诊断。1973 年费根鲍姆在斯坦福大学开始研究 HPP(启发式程序设计计划),研究在医学方面的应用,几年间试制了几个系统。其中最有名的是肖特利夫(E. Shortliff)开发的 MYCIN 系统。肖特利夫从哈佛大学数学系毕业后,考入斯坦福大学医学系取得了医师的资格。同时,和费根鲍姆等协作,三年间完成了 MYCIN 的研究。MYCIN 采用与自然语言相近的语言进行对话,具有解释推理过程的机能,为后来的研究提供了一个样本。

在这样的背景下,于 1977 年第五届人工智能国际会议上,费根鲍姆提议使用“知识工程”这个名词。他说:“人工智能研究的知识表示和知识利用的理论,不能直接地用于解决复杂的实际问题。知识工程师必须把专家的知识变换成易于计算机处理的形式加以存储。计算机系统通过利用知识进行推理来解决实际问题。”从此之后,处理专家知识的知识工程和利用知识工程的应用系统(专家系统)大量涌现。专家系统可以预测在一定条件下某种解的概率。由于当时计算机已有巨大容量,专家系统有可能从数据中得出规律。专家系统的市场应用很广。十年间,专家系统被用于股市预测,帮助医生诊断疾病,以及指示矿工确定矿藏位置等。这一切都因为专家系统存储规律和信息的能力而成为可能。

1.2.5 实用期

进入 20 世纪 80 年代以来,人工智能的各种成果已经作为实用产品出现。在实用这一点上,出现最早的是工厂自动化中的计算机视觉、产品检验、IC 芯片的引线焊接等方面的应用,70 年代后期就已开始普及。但这些都是各公司为了在公司内部使用,作为一种生产技术所开发的;而作为一种产品进入市场还是 80 年代以后的事情。例如,70 年代 SRI 开发的计算机视觉系统,进入 80 年代以后,由风险投资企业机器智能公司商品化。

作为典型的人工智能产品最早要数 LISP 机。其作用是用高速专用工作站把以往在大型计算机上运行的人工智能语言 LISP 加以实现。在麻省理工大学从 1975 年左右开始试制 LISP 机。作为一个副产品,一部分研究者成立了公司,最先把 LISP 机商品化。美国主要的人工智能研究所最先购入 LISP 机,用户的范围逐渐扩大。再者,各种程序设计语言也商品化了。除此之外,还有作为人机接口的自然语言软件(英语)、CAI(computer aided instruction)、具有视觉的机器人等。在各公司内部使用的产品中,GE 公司的机车故障诊断



系统和 DEC 公司的计算机构成的辅助系统是很有名的。

此外,随着专家系统应用的不断深入,专家系统自身存在的知识获取难、知识领域窄、推理能力弱、智能水平低、没有分布式功能、实用性差等问题逐步暴露出来。日本、美国、英国和欧洲所制订的那些针对人工智能的大型计划多数执行到 20 世纪 80 年代中期就开始面临重重困难,已经看出达不到预想的目标。1992 年,FGCS 正式宣告失败。进一步分析便发现,这些困难不只是个别项目的制定有问题,而是涉及人工智能研究的根本性问题。

总的来讲是两个问题:一是所谓的交互(interaction)问题,即传统方法只能模拟人类深思熟虑的行为,而不包括人与环境的交互行为;另一个问题是扩展(scaling up)问题,即所谓的大规模的问题,传统人工智能方法只适合于建造领域狭窄的专家系统,不能把这种方法简单地推广到规模更大、领域更宽的复杂系统中去。这些计划的失败,对人工智能的发展是一个挫折。于是到了 20 世纪 80 年代中期,AI 特别是专家系统热大大降温,进而导致了一部分人对 AI 前景持悲观态度,甚至有人提出 AI 的冬天已经来临。

1.2.6 稳步增长期

机器学习是继专家系统之后人工智能的又一重要应用领域。尽管机器学习比专家系统更早出现,但其发展道路并不平坦,而是经历了起步、冷静、复苏和蓬勃发展等时期。神经网络在 20 世纪 80 年代的重新兴起、行为主义的强化学习新算法开发以及遗传算法的改进与应用,为机器学习提供了新的得力工具,促进数据挖掘和知识发现的迅速发展。机器学习成为 20 世纪 90 年代人工智能最令人瞩目的发展领域。基于知识发现和数据挖掘的知识获取和机器学习方法已成为 21 世纪机器学习的一个重要的研究课题,必将对人工智能的发展起到重要的推动作用。

计算智能的提出和兴起,使人工智能发展成为一门具有比较坚实理论基础、广泛应用领域的学科。计算智能的出现是信息科学与生命科学相互交叉、相互渗透和相互促进的产物,是生物信息学的主要研究内容之一。计算智能研究始于 1943 年麦卡洛克和皮茨提出的“似脑机器”,这是人工神经网络研究的初步发展。到了 20 世纪 80 年代,神经网络的研究进入一个新的阶段,它使连接主义成为人工智能的一个新学派。

除了以神经网络为基础的神经计算之外,计算智能还包括模糊计算、粗糙集理论、进化计算和遗传算法、群计算和自然计算等。其中,模糊计算是以扎德于 1965 年提出的模糊集合为基础的,现在也已经得到深入研究、迅速发展和广泛应用。进化计算的研究始于 20 世纪 60 年代,并于 70 年代取得显著进展。进化计算和遗传算法试图模仿生物遗传学和自然选择机理,通过人工智能方式构造一种优化搜索算法,对生物进化过程进行数学仿真。自 1975 年霍兰德提出遗传算法以来,经过近 40 年的开发,已经发展到一个比较成熟的阶段,并在实际中得到很好的应用。

近十多年来,机器学习、计算智能、人工神经网络等和行为主义的研究深入开展,形成高潮。同是,不同人工智能学派间的争论也非常激烈。这些都将推动人工智能研究的进一步发展。



1.3 人工智能各学派的认知观

人工智能自 1956 年诞生至今,尚未形成一个统一的理论体系,不同的人工智能学派因对人工智能的学术观点、研究重点有所不同,在人工智能的研究方法问题上存在着一些争论。目前人工智能的主要研究学派有符号主义、连接主义和行为主义。符号主义其原理主要为物理符号系统(即符号操作系统)假设和有限合理性原理。连接主义其原理主要为神经网络及神经网络间的连接机制与学习算法。行为主义其原理为控制论及感知-动作型控制系统。

1.3.1 符号主义

符号主义,又称为逻辑主义,认为人的认知基元是符号,而且认知过程即符号操作过程。它认为人是一个物理符号系统,计算机也是一个物理符号系统。因此,我们能够用计算机来模拟人的智能行为,即用计算机的符号操作来模拟人的认知过程。也就是说,人的思维是可操作的。它还认为,知识是信息的一种形式,是构成智能的基础。人工智能的核心问题是知识表示、知识推理和知识运用。知识可用符号表示,也可用符号进行推理,因而有可能建立起基于知识的人类智能和机器智能的统一理论体系。符号主义认为人工智能的研究方法应为功能模拟方法。通过分析人类认知系统所具备的功能和机能,然后用计算机模拟这些功能,实现人工智能。符号主义是以符号处理为核心的方法。

符号主义的主要特征:① 立足于逻辑运算和符号操作,适合于模拟人的逻辑思维过程,解决需要逻辑推理的复杂问题;② 知识可用显示的符号表示,在已知基本规则的情况下,无需输入大量的细节知识;③ 便于模块化,当个别事实发生变化时,易于修改;④ 能与传统的符号数据库进行连接;⑤ 可对推理结论进行解释,便于对各种可能性进行选择。符号主义力图用数学逻辑方法来建立人工智能的统一理论体系,但遇到不少暂时无法解决的困难,例如可以解决逻辑思维,但对于形象思维难于模拟;信息表示成符号后,在处理或转换时,信息有丢失的情况,因而受到其他学派的否定。

1.3.2 连接主义

连接主义又称为仿生学派,认为人的思维基元是神经元,而不是符号处理过程。它对物理符号系统假设持反对意见,认为人脑不同于电脑,并提出连接主义的大脑工作模式,用于取代符号操作的电脑工作模式。连接主义主张人工智能应着重于结构模拟,即模拟人的生理神经网络结构,并认为功能、结构和智能行为是密切相关的。不同的结构表现出不同的功能和行为。目前已经提出多种人工神经网络结构和众多的学习算法。

连接主义的主要特征:① 通过神经元之间的并行协作实现信息处理,处理过程具有并行性、动态性、全局性;② 可以实现联想的功能,便于对有噪声的信息进行处理;③ 可以通过对神经元之间连接强度的调整实现学习和分类等;④ 适合模拟人类的形象思维过程;⑤ 求解问题时,可以较快地得到一个近似解。但是连接主义不适合解决逻辑思维,而且体现结构固定和组成方案单一的系统也不适合多种知识的开发。



1.3.3 行为主义

行为主义又称为进化主义或控制论学派,认为人工智能的研究方法应采用行为模拟方法,也认为功能、结构和智能行为是不可分开的。不同的行为表现出不同的功能和不同的控制结构。认为智能取决于感知和行动(所以被称为行为主义),提出智能行为的“感知-动作”模式。行为主义者认为智能不需要知识、不需要表示、不需要推理;人工智能可以像人类智能一样逐步进化(所以称为进化主义);智能行为只能在现实世界中与周围环境交互作用而表现出来。行为主义还认为:符号主义(还包括连接主义)对真实世界客观事物的描述及其智能行为工作模式是过于简化的抽象,因而是不能真实地反映客观存在的。但行为主义的研究方法也同样受到其他学派的怀疑与批判,认为行为主义最多只能创造出智能昆虫行为,而无法创造出人的智能行为。

1.4 人工智能的应用领域

大多数的学科都存在着几个不同的研究领域,每个研究领域都有其他的研究课题、研究技术和术语。在人工智能中,这样的领域包括自然语言处理、自动定理证明、智能数据检索系统、机器学习、迷失识别、问题求解、社会系统、人工智能方法和程序语言以及自动程序设计等。在过去的四十多年中,已经建立了一些具有人工智能的计算机系统。本书主要针对人工智能的一些最基本的概念和基本原理进行介绍。目前,人工智能的研究是与具体领域相结合进行的。主要有如下应用领域:

1.4.1 机器学习

要使计算机具有知识,一般有两种方法:一种是由知识工程师将有关的知识归纳、整理,并且表示为计算机可以接受、处理的方式输入计算机;另一种是使计算机本身有获得知识的能力,它可以学习人类已有的知识,并且在实践过程中不断总结、完善,这种方式称为机器学习。机器学习的研究,主要在以下三个方面进行:一是研究人类学习的机理、人脑思维的过程;二是机器学习的方法;三是建立针对具体任务的学习系统。

学习是人类智能的主要标志和获得知识的基本手段,机器学习是使计算机具有智能的根本途径。机器学习的研究是建立在信息科学、脑科学、神经心理学、逻辑学、模糊数学等多种学科基础上的,依赖于这些学科而共同发展。机器学习就是让计算机能够像人那样自动获取新知识,并在实践中不断地完善自我和增强能力,使得系统在下一执行同样任务或类似的任务时,会比现在做得更好或效率更高。

机器学习的研究一方面可以使机器能自动获取知识,赋予机器更多的智能;另一方面可以进一步揭示人类思维规律和学习奥秘,帮助人们提高学习效率。机器学习的研究还会对记忆存储模式、信息输入方式及计算机体系结构产生重大影响。机器学习的研究虽然尚处于初级阶段,但却是一个必须大力开展研究的领域。只有机器学习的研究取得进展,人工智能和知识工程才会取得重大突破。