

RENGONG ZHINENG SHIXIAN JISHU YI FAZHAN YANJIU

人工智能

实现技术 及 发展研究

程凤伟 任晶晶 著

中国原子能出版社



人工智能

实现技术 及 发展研究

程凤伟 任晶晶 著



中国原子能出版社

北京 100029

电话: 010-62422422

图书在版编目(CIP)数据

人工智能实现技术及发展研究 / 程凤伟, 任晶晶著

— 北京: 中国原子能出版社, 2019.3

ISBN 978-7-5022-9721-3

I. ①人… II. ①程… ②任… III. ①人工智能—研究
IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 051853 号

内 容 简 介

人工智能属于当前社会各界关注的热点。本书结合国内外人工智能的发展和最新应用技术,在阐述人工智能基本原理的基础上,全面解析了其实现技术,并对其发展进行了研究,全面反映了国内外人工智能研究领域的进展和发展方向。

本书主要内容包括:知识表示技术、知识推理技术、模糊逻辑技术、神经网络技术、遗传算法、专家系统、机器学习、分布式人工智能与群体智能优化算法等。

本书结构合理,条理清晰,内容丰富新颖,具有先进性和实用性的特点,可供从事人工智能领域的研究者及相关工程技术人员参考使用。

人工智能实现技术及发展研究

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)

责任编辑 张琳

责任校对 冯莲凤

印 刷 三河市铭浩彩色印装有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.25

字 数 309 千字

版 次 2019 年 7 月第 1 版 2019 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-9721-3 定 价 68.00 元

网址: <http://www.aep.com.cn> E-mail: atomep123@126.com

发行电话: 010-68452845

版权所有 侵权必究

前 言

智能是人们认识客观世界并运用知识解决实际问题的能力,它体现在反映客观事物深刻、正确、完整的程度,以及应用知识解决问题的灵活与智慧上,往往通过观察、验证和创造等表现出来。

人工智能也称为机器智能,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,另一方面也可以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。

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。

本书结合国内外人工智能的发展和最新应用技术,在阐述人工智能基本原理的基础上,全面解析了人工智能实现技术,并对其发展进行了研究,反映了国内外人工智能研究领域的进展和发展方向。全书共9章,主要包括:知识表示技术、知识推理技术、模糊逻辑技术、神经网络技术、遗传算法、专家系统、机器学习、分布式人工智能与群体智能优化算法等。

本书在撰写过程中,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。此外,本书的撰写还得到了学校领导的支持和鼓励,在此一并表示感谢。由于作者自身水平及时间有限,书中难免有错误和疏漏之处,敬请广大读者和专家给予批评指正。

作 者

2018年12月

目 录

第 1 章 人工智能与智能控制概论	1
1.1 人工智能	1
1.2 智能控制.....	11
第 2 章 知识表示技术	15
2.1 知识与知识表示.....	15
2.2 谓词逻辑表示法.....	21
2.3 语义网络表示法.....	24
2.4 框架表示法.....	33
2.5 产生式表示法.....	37
2.6 状态空间表示法.....	42
第 3 章 知识推理技术	51
3.1 知识推理概述.....	51
3.2 确定性推理方法.....	63
3.3 不确定性推理方法.....	87
第 4 章 模糊逻辑技术	109
4.1 模糊逻辑概述	109
4.2 模糊集合	110
4.3 模糊关系	114
4.4 模糊逻辑推理	117
4.5 模糊控制的原理与模糊控制器	123
第 5 章 神经网络技术	135
5.1 神经网络概述	135
5.2 前向网络——BP 网络.....	141
5.3 前向网络——RBF 网络	147
5.4 反馈网络——Hopfield 网络	152
5.5 神经网络控制	155

第 6 章 遗传算法	165
6.1 遗传算法概述	165
6.2 遗传算法的数学基础	169
6.3 遗传算法的机理、求解步骤及改进.....	172
6.4 基于遗传算法的智能控制	179
第 7 章 专家系统	182
7.1 专家系统概述	182
7.2 专家系统的结构和原理	190
7.3 专家系统的设计与开发	194
7.4 专家控制系统	199
第 8 章 机器学习	209
8.1 机器学习概述	209
8.2 机械学习	214
8.3 类比学习	216
8.4 示例学习	218
8.5 解释学习	223
8.6 决策树学习	227
第 9 章 分布式人工智能与群体智能优化算法	233
9.1 分布式人工智能	233
9.2 蚁群优化算法	254
9.3 粒子群优化算法	260
参考文献	264

第 1 章 人工智能与智能控制概论

1.1 人工智能

1.1.1 人工智能的发展史

动力机械能够帮助和代替人类完成各种各样的体力劳动,极大方便了人类的生活和推动了社会的飞速发展,随着人类和社会的进一步发展,人们思考并制造能帮助和代替人类完成脑力劳动的智能机器也就成为了历史的必然,人工智能正是这一必然的直接产物。人工智能这个术语自 1956 年正式提出,并作为一个新兴学科的名称被使用以来,已经有 50 多年的历史。回顾其产生与发展过程,可大致分为孕育、形成、知识应用、综合集成四个阶段。

1.1.1.1 孕育期(1956 年以前)

人类用机器代替脑力劳动的幻想很早就有了。早在公元前 900 多年,我国就有歌舞机器人流传的记载。到公元前 850 年,古希腊也有了制造机器人帮助人们劳动的神话传说。此后,在世界上的许多国家和地区也都出现了类似的民间传说或神话故事。人工智能经历了漫长的孕育期,在此之前很多科学家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)创立了演绎法。他在其名著《工具论》中提出了形式逻辑中的一些基本规律,为形式逻辑奠定了基础。他提出的三段论至今仍然是演绎推理最基本的出发点。

英国哲学家和自然科学家培根(F. Bacon)创立了归纳法。它与演绎法一起构成了思维的基本法则。此外,培根还提出了“知识就是力量”的名言。这一名言对研究人类的思维过程,对几百年后人工智能研究从一般思维探讨转向专门知识运用这一重大突破都起到了积极的促进作用。

德国数学家和哲学家莱布尼茨(G. W. Leibniz)把形式逻辑符号化,奠

定了数理逻辑的基础,从而使人们可以对人的思维进行运算和推理。他认为可以建立一种通用的符号语言,以及在此符号语言上进行推理演算,提出了“万能符号”和“推理计算”的思想。这一思想不仅是数理逻辑的基础,同时也是现代机器思维设计思想的萌芽。

法国物理学家和数学家帕斯卡(B. Pascal)成功制造了世界上第一台加法器,后来计算机领域的许多发明都深受其影响。

英国数学家和发明家巴贝奇(C. Babbage)发明了差分机和分析机,为研制“思维机器”做出了巨大贡献。在他所发明的分析机中,已经包括了电子计算机的大部分特点,其设计思想与现代电子计算机十分相似。除此之外,巴贝奇还说明了一台通用计算机系统应该包括的重要组成部分: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)。虽然受到当时条件的限制而未能实现,但这一思想为计算机的发展奠定了基础。

英国数学家布尔(G. Boole)创立了布尔代数。他在其著作《思维法则》中,首次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。并在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”的探讨。可见,布尔所关注的是研制“智能机器”。

英国数学家、超时代的天才、图灵机的发明者图灵(A. M. Turing)于1936年创立了自动机理论,并为人工智能做了大量的开拓性工作。自动机理论也称为图灵机,是图灵在他26岁那年提出的一个理论计算机模型。这一理论推进了思维机器的研究,并为电子计算机的诞生奠定了理论基础。

匈牙利数学家、博弈论的创立者冯·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。至今,计算机的体系结构还基本上是冯·诺依曼型。

美国数学家、电子数字计算机的先驱莫克利(J. W. Mauchly)与他的研究生埃克特(J. P. Eckert)合作于1946年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提供了物质基础。

美国著名数学家、控制论创始人维纳(N. Wiener)于1948年创立了控制论。这是一门研究和模拟自控制的生物和人工系统的学科,它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。控制论向人工智能的渗透,形成了现在的人工智能行为主义学派。

美国应用数学家、信息论的创始人香农(C. E. Shannon)创立了信息论。他认为人的心理活动可用信息的形式来进行研究,并提出了描述心理活动的数学模型。1956年他与麦卡锡(J. McCarthy)主编的《自动机研究》一书,汇编了有关思维机器研究的多篇论文。

美国神经生理学家麦克洛奇(W. McCulloch)和皮兹(W. Pitts)一起于1943年建成了第一个神经网络模型(MP模型)。这一研究开创了用微观人工智能方法从结构上模拟人脑的研究途径,并且为后来人工神经元网络的研究奠定了理论基础。

可见,在人工智能诞生之前世界上的一些著名科学家就已经创立了数理逻辑、自动机理论、控制论和信息论,并发明了通用电子数字计算机。这些都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。

1.1.1.2 形成期(1956年到1970年)

人工智能是在一次历史性的聚会中诞生的。为使计算机具有智能,1956年夏季,年轻数学家、计算机专家麦卡锡(后为MIT教授)和他的三位朋友——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)共同发起,并邀请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),这10位来自美国数学、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茅斯大学举行了一次为期两个月的夏季学术研讨会,他们共同学习和探讨了用机器模拟人类智能的有关问题。在此次讨论中,麦卡锡提议正式采用了“AI(Artificial Intelligence)”这一术语,一个以研究如何用机器来模拟人类智能的新兴学科——人工智能从此诞生。

这次会议之后,在美国很快就形成了三个以人工智能为研究目标的研究小组。人工智能在其诞生以后的10多年中很快就在多个领域取得了重大突破。这一时期不同研究小组分别取得了不同的研究成果。

纽厄尔和西蒙的卡内基-兰德小组(也称为心理学小组)取得的成果。1957年,纽厄尔(Newell)、肖(J. Shaw)和西蒙(Simon)等人合作研制了一个称为逻辑理论机(Logic Theory Machine,LT)的计算机程序系统。该程序模拟了人类用数理逻辑证明定理时的思维规律。LT程序是针对具体领域的,为打破这种局限性,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。通过心理学实验,他们总结出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:先想出大致的解题计划;根据记忆中的公理、定理和解题规划组织解题过程;在解题过程中不断进行方法和目标分析,修正解题计划。基于这一规律,他们通过心理学试验总结出人们求解问题的思维规律,1960年研制出通用问题求解(General Problem Solving, GPS)程序。该程序当时可以解决11种不同类型的问题,如不定积分、三角函数、代数方程、猴子摘香蕉、河内梵塔、人一羊过河等。

塞缪尔的IBM公司工程课题研究小组取得的成果。1956年,塞缪尔在IBM 704计算机上研制成功了具有自学习、自组织和自适应能力的西洋跳棋程序。这个程序可以从棋谱中学习,也可以在下棋过程中积累经验,提高棋艺。通过不断学习,该程序1959年击败了塞缪尔本人,1962年又击败了一个州的冠军。这是模拟人类学习过程的一次卓有成效的探索,其主要贡献在于发现了启发式搜索是表现智能行为最基本的机制。

明斯基和麦卡锡的MIT研究小组取得的成果。1958年,麦卡锡建立了行动规划咨询系统。1960年,麦卡锡又研制了人工智能语言LISP。该语言不仅可以处理数值,而且可以方便地处理符号,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“走向人工智能的步骤”的论文,推动了人工智能的发展。

此外,在其他方面也取得了很大进展。1965年,鲁宾逊(J. A. Robinson)提出了归结(消解)原理。这种与传统自然演绎完全不同的方法为自动定期证明做出了突破性的贡献。1965年,美国斯坦福大学的费根鲍姆(E. A. Feigenbaum)在他领导的研究小组内开始研究化学专家系统DENDRAL。该专家系统于1968年完成并投入使用,它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。专家系统DENDRAL的意义在于它的实用性以及它对基于知识建造智能系统所进行的有益探索。DENDRAL被称为专家系统的萌芽,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。1969年,由国际上许多学术团体共同发起成立了国际人工智能联合会议(International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI),它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。

以上所列举的只是这一时期人工智能代表性成就的一部分。此外,人工智能还取得了许多其他方面的成就。例如,1956年乔姆斯基(N. Chomsky)提出的文法体系;1958年塞尔夫里奇研制的模式识别系统程序;1970年,国际性人工智能杂志《Artificial Intelligence》的创刊等。

1.1.1.3 知识应用期(20世纪70年代到80年代末)

人工智能连续取得的成就让人们极为兴奋,但随后人工智能却遇到了许多困难,遭受了很大的挫折。人工智能的先驱们在困难和挫折面前没有退缩,他们在反思中认真总结了人工智能发展过程中的经验教训,从而又开创了一条以知识为中心、面向应用开发的研究道路,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。一些人工智能专家在成就面前开始盲目乐观,他们被初期胜利的欣喜冲昏了头脑。认为只要依靠一些推理规则,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年代初期,人工智能的创始人西蒙等人就很自信地预言:不出十年,计算机将成为世界象棋冠军;不出十年,计算机将发现和证明重要的数学定理;不出十年,计算机将能谱写出具有优秀作曲家水平的乐曲;不出十年,大多数心理学理论将在计算机上形成。然而,这些预言至今还没有兑现。

在科学上,前进的道路从来都不会一帆风顺。人工智能的发展也不例外,在它经过形成时期的快速发展之后,很快就在不同领域遇到了各种问题:

在博弈方面,塞缪尔的下棋程序在与世界冠军对弈时,5局中败了4局。

在定理证明方面,发现鲁宾逊归结法的能力有限。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。

在问题求解方面。由于过去研究的大多是良结构的问题,而现实世界中的问题又多数为不良结构,如果仍用那些方法去处理,将会产生组合爆炸问题。

在机器翻译方面,原来人们以为只要有一部双解字典和一些语法知识就可以实现两种语言的互译,但后来发现并非如此。例如,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,然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,研究发现人脑有 10^{11} 以上的神经元,在现有技术条件下用机器从结构上模拟人脑是根本不可能的。

在人工智能的本质、理论、思想及机理方面,人工智能受到了来自哲学、心理学、神经生理学等社会各界的指责、怀疑和批评。

在其他方面,人工智能也遭遇了困境。在英国,1971年剑桥大学应用数学家詹姆士(James)先生应政府要求,发表了人工智能综合报告,指责

“人工智能研究不仅是骗局,也是庸人自扰”。随后,英国的人工智能研究经费被削减、机构被解散。在美国,曾一度热衷于人工智能研究的 IBM 公司也下令取消了在该公司范围内的所有人工智能研究活动。从此,形势急转直下,人工智能研究在全世界范围内都陷入困境、落入低谷。

尽管如此,仍有一大批人工智能学者不畏艰辛、潜心研究。他们在认真总结前一阶段研究工作经验教训的同时从费根鲍姆以知识为中心开展人工智能研究的观点中找到了新的出路。

(2)以知识为中心的研究。20 世纪 60 年代中期,有相当一部分的人工智能学者热衷于对博弈、定理证明、问题求解等进行研究,而另外一个重要的研究领域——专家系统已经悄悄地开始孕育。在人工智能发展遭受挫折并处于危机之时,也正是由于专家系统萌芽的存在,使其迅速地再次找到前进方向,并再度兴起。

专家系统(Expert System, ES)是一个具有大量的专门知识,并能够利用这些知识去解决特定领域中需要由专家才能解决的那些问题的计算机程序。它实现了人工智能从理论研究走向实际应用,从一般思维规律探讨走向专门知识运用的重大突破,是人工智能发展史上的一次重要转折。

1972 年,斯坦福大学年轻的教授 E. A. Feigenbaum 在继化学专家系统 DENDRAL 之后,又领导他的研究小组开始研究 MYCIN 专家系统,并于 1976 年研制成功。MYCIN 是一个用于细菌感染患者的诊断和治疗的医学专家系统。从应用角度来看,它可以识别 51 种病菌,正确使用 23 种抗生素,能协助内科医生诊断细菌感染疾病,并为患者提供最佳处方;从技术角度来看,它可以解决知识表示、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一系列重大技术问题。足以看出,该系统在人工智能领域的重要性。

1976 年,斯坦福大学国际人工智能中心杜达(R. D. Duda)等人开始研制地质勘探专家系统 PROSPECTOR,到 1981 年该系统已拥有 15 种矿藏知识。1982 年,美国利用该系统预测了华盛顿州的一个钼矿位置,随后的实际勘探充分证明了预测的准确性。

1971 年,MIT 研制成功并投入使用的数学专家系统 MACSYMA;美国拉特格(Rutger)大学于 1978 年研制成功的用于青光眼诊断和治疗的专家系统 CASNET 等都是比较著名的专家系统。

在这一时期,与专家系统同时发展的重要领域还有计算机视觉和机器人,自然语言理解与机器翻译等。例如,MIT 的维诺格拉德(T. Winograd)1971 年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。

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重大进展。例如,1974年,明斯基提出的框架理论;1975年,绍特里夫(E. A. Shortliffe)提出并在 MYCIN 中应用的确定性理论;1976年,杜达提出并在 PROSPECTOR 中应用的主观贝叶斯方法;1972年,由科麦瑞尔(A. Colmerauer)及其研究小组在法国马塞大学研制成功了世界上第一个 Prolog 系统。Prolog (PROgramming in LOGic)的思想首先由克瓦斯基(R. Kowalski)提出,它是一种以逻辑为基础的程序设计语言,是继 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,斯坦福大学年轻的教授 E. A. Feigenbaum 结合多年的攻关成果,将特定的知识表示与处理加入到人工智能的研究中,在第五届国际人工智能联合会议上,正式提出了知识工程(Knowledge Engineering, KE)的概念,公示了专家系统和知识工程的研究成就。从此之后,各类专家系统相继出现,大量的商品化专家系统和智能系统纷纷推出,整个 20 世纪 80 年代知识工程和专家系统在全世界得到了迅速发展,其应用范围也扩大到了人类社会的各个领域,并产生了巨大的经济效益。专家系统的成功,说明了知识在智能系统中的重要性。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。

专家系统本身所存在的问题也随着专家系统应用的不断深入和计算机技术的飞速发展而逐渐暴露出来,表现为应用领域狭窄、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。这使得人工智能再一次面临着考验。为了寻得一条出路,人工智能需要走综合集成发展的道路。

1.1.1.4 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)、多种知识表示方法(如产生式规则、框架、逻辑、语义网络、面向对象等)、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年代,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。

1.1.2 人工智能的定义

人工智能,又称为机器智能,它是指用人工的方法在机器(计算机)上实现的智能,或者说是人们使机器具有类似于人的智能。人工智能的研究是在多学科的基础上发展起来的,可以说,它是一门综合性极强的边缘学科。“人工智能”的含义最早是由英国数学家图灵(A. M. Turing)提出的。1950年,图灵发表了题为“计算机与智能”(Computing Machinery and Intelligence)的论文,并提出了著名的“图灵测试”,形象地指出了什么是人工智能以及机器应该达到的智能标准。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,直到现在还有许多人把它作为衡量机器智能的准则。

关于“人工智能”的术语,学术界一直都没有完全统一的认识,他们从不同的角度、不同的层面对这一问题有不同的见解。为了加深对人工智能的理解,下面给出几种不同的关于人工智能的定义。

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(Bellman,1978)。

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(Haugeland,1985)。

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

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(Kurzweil,1990)。

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(Schalkoff,1990)。

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(Rick & Knight,1991)。

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

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(Luger & Stubblefield,1997)。

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(Nilsson,1998)。

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(Dean,Allen,Aloimonos,2003)。

人工智能的定义是随着人们对人工智能研究的不断深入而变化的。综上所述,人工智能是一门研究如何构造智能机器(智能计算机)或智能系统,使它能模拟、延伸、扩展人类智能的学科。通俗地说,人工智能就是要研究如何使机器具有能听、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等功能的一门学科。

1.1.3 人工智能的研究内容

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,要对人工智能的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。

1.1.3.1 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,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。

1.1.3.2 知识表示

知识表示、知识推理和知识应用是传统人工智能的三大核心研究内容。其中,知识表示是基础,知识推理实现问题求解,而知识应用是目的。

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。

1.1.3.3 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。

1.1.3.4 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。

1.1.3.5 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。

1.1.3.6 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。综合运用知识表示、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。

1.1.3.7 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。

1.1.3.8 机器行为

机器行为是指智能系统(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。

1.1.3.9 智能系统构建

上述智能研究,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。

1.2 智能控制

1.2.1 智能控制的产生

随着控制理论及其相关应用领域的变革,控制对象日趋复杂化,控制目标日趋精准化,传统的数学工具与分析方法逐渐显得力不从心。大量的事实证明,传统的控制理论与方法无法解决被控对象复杂、控制环境多变而且控制任务繁重的控制系统的控制问题。究其原因,主要包括如下几个方面: