

人摇工摇智摇能

李陶深摇主 编

重 庆 大 学 出 版 社

内 容 简 介

本书系统地介绍了人工智能的基本概念、基本理论和基本方法,强调理论与实际相结合,尽可能地反映出了人工智能研究与应用的最新成果。全书共 15 章,分 4 个部分。第 1 部分对人工智能发展概况、问题求解的基本原理和方法、符号逻辑基础和人工智能程序设计语言的基础进行了系统的论述;第 2 部分将着重介绍人工智能的基本方法和技术,内容包括产生式系统、语义网络、框架系统和面向对象技术等知识表示方法,以及不确定推理方法;第 3 部分介绍人工智能研究的最新成果,如机器学习方法、专家系统原理与应用、知识发现与数据挖掘、遗传算法、分布式人工智能等。书中附有习题和有关参考资料,便于读者自学。

本书可作为高等院校计算机科学与技术专业及相关专业的本科生和研究生的人工智能课教材。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能 李陶深主编—重庆:重庆大学出版社,

2004

计算机科学与技术专业本科系列教材

陈月琴陈国康陈国康

I 李陶深 II 李陶深 III 人工智能—高等学校—教材

IV 李陶深

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 12345 号

人 工 智 能

李陶深主编

责任编辑 谭敏

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

*

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15.5 字数 350千字

2004年 9月第 1 版 2004年 9月第 1 次印刷

印数 1—5000

陈月琴陈国康陈国康 李陶深 定价 25.00元

前言

人工智能(简称“AI”)是20世纪70年代在美国兴起的一门多学科相互渗透、具有实用价值和重要战略意义的新兴边缘学科,与生物工程、空间工程一起被并列为当代三大尖端科学工程,受到世界各国普遍的重视。尽管人工智能的发展经历了曲折的过程,但就研究解释和模拟人类智能、智能行为及其规律这一总目标来说,它在自动推理、认知建模、机器学习、神经网络、自然语言处理、专家系统、智能机器人等方面的理论和应用上取得了相当的进展和成果,对其他学科的发展产生了积极的影响。具有不同背景和专业的人们,正是将知识和智能思想引入到自己的领域,发现了某些新思想和新方法,使一些问题得到了较好的解决。可以说,人工智能使目前用于数值计算的计算机变得更加富有生气,它的成就是巨大的,影响是深远的。据有关专家预言,以人工智能为核心、以生命科学为主导的高科技,将在21世纪掀起一场智能革命,创造出未来的智能社会。

从人工智能的发展史我们可以看出,人工智能正从多层次、多方面对人类及其他动物的自然智能进行模拟、延伸和扩展,不断开拓人工智能的研究领域和开发应用,例如模拟逻辑思维的符号主义,模拟形象思维的连接主义,模拟智能行为的行为主义,模拟生物进化的演化算法,模拟人类社会行为的分布式人工智能,等等。正是一些新技术、新观念被集成在这个领域,使得人工智能又进入一个新时期。本书就是在此背景下撰写的。

本书在我们近几年来为本科生和研究生讲授《人工智能原理》和《专家系统原理与应用》等课程的基础上,经过精心组织,吸收国内外一些最新的研究成果,于2003年10月正式

编写完成。全书共 5 章,分 3 个部分论述了人工智能的基本概念、基本理论和基本方法以及人工智能领域的最新应用和研究情况。第 1 部分将对人工智能的发展概况、问题求解的基本原理和方法、符号逻辑基础和人工智能程序设计语言进行系统的论述;第 2 部分将着重介绍人工智能的基本方法和技术,内容包括产生式系统、语义网络、框架系统和面向对象技术等知识表示方法以及不确定推理方法;第 3 部分介绍人工智能研究的最新成果,如机器学习、专家系统、知识发现与数据挖掘、遗传算法、分布式人工智能等。本教材的参考学时为 32~36 学时,打 * 号的章节可作为本科教学中的自学内容。

本书的编写由李陶深、曾黄麟、陈波、杨柳合作完成,是集体智慧的结晶。其中,李陶深编写第 1 章至第 3 章,陈波编写第 4 章,杨柳编写第 5 章,曾黄麟编写第 6 章,全书由李陶深统一定稿。

本书的完成得到了广西大学、广西工学院、四川轻化工学院的有关教师和重庆大学出版社的大力支持和帮助,尤其是得到了广西大学的重点资助,使本书得以顺利完成。同时,广西大学的硕士生王新文、甘雯、陈秋莲、吴璟莉、李旻朔等同学为本书提供了许多有价值的参考文献。在此,作者一并致以衷心的感谢。

由于作者的水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

李陶深

2005 年 10 月

重庆大学出版社

第 1 章

人工智能概述

人工智能(英文简称 AI)是计算机科学与技术学科领域的一个重要方向,主要以研究计算机系统模拟人类智能及智能行为为目标,是一门多学科相互渗透、具有实用价值和重要战略意义的新兴边缘分支学科。自 1956 年诞生以来,尽管人工智能学科的发展经历了曲折的过程,但它在知识表示、自动推理、认知建模、机器学习、神经计算、自然语言理解、专家系统、智能机器人、分布式人工智能等方向上开展了大量的研究工作,取得了相当大的进展和较多的成果,对其他学科的发展产生了积极的影响。正是由于人工智能学科的重要性和探索机器智能的艰巨性,人工智能和生物工程、空间工程一起被列为当代尖端科学工程。

本章主要介绍人工智能的基本概念、发展概况、研究方法、研究与应用领域以及发展趋势等内容。

1.1 人类智能中的认知和思维

我们知道,人类智能主要体现在人具有感觉、意识和记忆,可以进行概括抽象,能对事物进行判断与识别,具有逻辑推理和对自身行为做出决策分析等思维活动功能。一般认为,人类的智能活动可以分为认知行为和思维活动。因此,为了使机器具有人类的智能,首先必须研究人类的生理机制和人类智能中的认知过程和思维活动规律。

1.1.1 认知问题与认知科学

智能(英文简称 Int)是指人认识客观世界并运用知识解决实际问题的能力,它集中表现在反映客观事物深刻、正确、完全的程度,以及应用知识解决问题的速度和质量上,往往通过观察、记忆、判断、联想和创造等表现出来。长期的探索研究使人们开始懂得,智能是涉及多层次多学科的问题,智能科学的发展除了要依赖于神经科学和现代心理学对人脑结构机理的研究以外,也与心理认知科学的发展密不可分。

实际上,人类的认知过程是非常复杂的,人们对其研究形成了认知科学。所谓认知(英文简称 Cogn)一般地认为是和情感、动机、意志相对应的理智或认识过程,或者说是为了了一定的目的,在一定的心理结构中进行的信息加工过程。美国心理学家霍斯顿(英文简称 H)等人曾将对认

义是哲学、逻辑学、心理学、生理学、教育等各界都接受的。所谓间接的反映,意味着思维不是凭感觉器官对事物表象的直接认识,而是通过间接的甚至迂回的途径来反映客观事物的特点或它们之间的联系与规律。间接认识需要借助于已有的知识和经验,要间接地认识事物的特点、本质和规律,绝不可能靠消极、被动地反映事物的表面现象。必须自觉地、主动地在实践活动中占有材料,靠回忆有关的知识和经验或通过联想、推想、想象等,对有关材料进行分析、综合;去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里”地加工改造,才能把握事物的本质,找出事物间的规律性联系,并有效地去改造客观事物。

国内学者蒋星五认为上述的定义尚有不足之处,认为此定义没有说明和揭示思维究竟是什么,有何特点,也没有反映出思维过程中的活跃性、积极性和能动性等性质。他提出:“思维是人类个体反映、认识和改造世界的一种高级心理活动”。人脑对客观事物的间接反映过程,包括回想、联想、表象、想象、思考、推想等。人们通过思维活动能够反映客观事物的特点、本质属性、内部联系及发展规律,因此,思维是认识过程的高级阶段。

思维科学是研究发生于人脑中意识思维活动的规律和方法的科学,不涉及对具体思维内容的研究。思维科学的基础科学是研究人类有意识思维规律的科学,又称思维学。人的思维除了自己能够控制的意识以外,还有很多人脑不能直接控制的意识,即所谓的下意识。例如人走路时,开步走是人脑控制的,走了两三步后就“自动化”了,脑子并不去想该怎么走。要拐弯或遇到障碍时,又控制一下,所以,人确实有很多意识是没有经过大脑的,思维科学就是要研究人能够控制的那部分意识。

按照科学研究工作的需要,从思维规律的角度出发,可以把人类的思维分为抽象思维、形象思维和灵感(顿悟)思维三种类型。抽象思维以抽象的概念为基础,通过符号信息处理进行思维,是我们通过现象认识事物本质的重要手段。形象思维是一种形象性的理性认识活动,它与神经机制的连接论相适应。灵感思维是一种潜意识的反映客观的认识过程。但是,人的思维活动过程往往不是一种思维方式在起作用,而是两种甚至三种思维方式先后交错在起作用。比如,人的创造性思维的过程就绝不是单纯的抽象思维,可能还包含了一点形象思维,甚至要有灵感思维充当创造性思维火花的导火线和催化剂的作用。迄今为止,人们对抽象思维的研究比较深刻,已经有比较成熟的逻辑学,而对形象思维和灵感思维还没有深入地研究。

中国科学院计算技术研究所史忠植教授于 20 世纪 80 年代初提出了人类思维的层次模型(如图 1-1 所示)。图中的感知思维是极其简单的思维形式,它是通过人的眼睛、耳朵、鼻子、

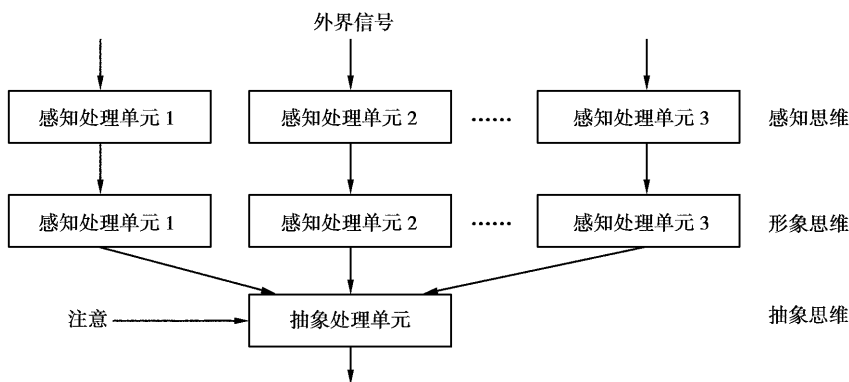


图 1-1 思维的层次模型

舌头、身体感知器官产生表象,形成初级的思维。形象思维以神经网络的连接论为理论基础,可以高度并行处理。抽象思维以物理符号系统为理论基础,用语言表述抽象的概念。由于注意的作用,使其处理基本上是串行的。思维模型反映了三种思维形式的相互关系,以及它们之间的相互转换的微观过程。但是要解决从形象思维到逻辑思维过渡的微观过程,还需要做长期的进一步研究。

员里奇摇人工智能的定义与基础

员里奇摇人工智能的定义

人工智能主要是研究解释和模拟人类智能、智能行为及其规律,用人工的方法和技术,使计算机系统能模仿、实现和扩展人类的智力行为。事实上,给人工智能下一个合适的、为人们普遍同意的定义是非常困难的。员里奇(缘年夏天在美国(阅期以)达特茅斯)大学召开的人工智能专题讨论会上,麦卡锡(先)等人早就把人工智能定义为“研究在计算过程中阐释和仿真智能行为的领域”。但是,随着人工智能研究和应用的不断深入,人们对人工智能的理解和认识发生了深刻的变化,对人工智能的定义也出现了许多不同的说法。下面是一些从不同的角度对人工智能的定义:

(员)里奇(砸)和克奈特(运)从人工智能的目标出发,认为“人工智能是研究如何让计算机做现阶段人类才能做得更好的事情”。

(圆)布克南(月)和绍特里夫(耘)从实现人工智能目标的方法的角度,认为“人工智能是计算机科学的分支,它用符号的、非算法的方法进行问题求解”。

(猿)尼尔森(晕)从处理的对象出发,认为“人工智能是关于知识的科学,即怎样表示知识,怎样获取知识和怎样适用知识的科学”。

(源)巴尔(粤)和费根鲍姆(耘)从计算机科学的角,认为“人工智能定义是计算机科学的一个分支,涉及设计智能计算机系统,也就是说,对照人类在自然语言理解、学习、推理、问题求解等方面的智能行为,它所设计的系统应能显示出与人类智能行为相类似的特征”。

(缘)清华大学的石纯一教授把人工智能定义为:人工智能是计算机科学的一个分支,是研究使用计算机来完成能表现出人类某些智能行为的科学,包括计算机实现智能的原理、制造类似于人脑的计算机、使计算机更聪明地实现高层次的应用。

我们认为,人工智能就是研究智能计算机及其系统,以模仿和执行人类的某些智力功能,如判断、推理、规划、设计、思考、学习、识别等,解决过去人类专家才能处理好的复杂问题。

员里奇摇符号智能

员里奇(缘)年,纽威尔和西蒙将人类求解问题的心理过程表达为符号计算,并提出了物理符号系统假设,使之成为了传统人工智能的基础。所谓符号就是模式,对符号进行操作就是对符号进行比较,从中找出相同的和不同的符号。所谓物理符号系统是由一组符号的实体组成,它们都是物理模式,可在另一类称为符号结构的实体中作为组分出现。于是,组成符号结构的是一源

第三,问题需要有合理的复杂度。由于目前计算机的计算能力有限,当我们设置一个算法解题时,问题本身应有合理的复杂度,否则将产生指数爆炸,那时,任何巧妙的技术全都失灵了。人工智能当前面临的多数难题都涉及指数爆炸,用搜索法求解时更是如此。

应该指出的是,人工智能的根本目标是用物化的智能代替、延伸和扩展人脑和机体的某些功能,它的根本方法是功能模拟法。目前,模拟认知行为的相关领域有汉字识别、机器视觉、物体识别、语音识别和理解、图像识别等等,这方面的模拟实用性很强,故很受重视,也已取得了一些进展,但大多数的研究涉及的难度较大,电脑模拟感受的功能与人的感受功能相比,差距还很大。模拟思维活动的相关领域有符号推理、模糊推理、定理证明、专家系统等,这方面的研究和应用取得了比较显著的成果。但是,计算机思维目前仍处于比较初级的阶段,它与人的思维过程相比还有很大的差距。

员猿摇人工智能的产生与发展

员猿摇人工智能的产生背景

人工智能的出现不是偶然的,它是人们长期以来探索和研制能进行计算、推理和思维的智能机器的必然结果。自古以来,人们一直在试图用各种机器来代替人的部分脑力劳动,以提高人类征服自然和改造自然的能力。古希腊的哲学家亚里斯多德(粤理城墓)就提出了形式逻辑问题。员世纪末至员世纪初,西班牙逻辑学家卢乐(砸爱志墓)提出了制造可以解决各种问题的通用逻辑机。员世纪,法国的物理学家和数学家帕斯卡(月援字葬造)制造出世界上第一台机械式加法器,并得到了广泛应用。随后,德国哲学家和数学家莱布尼茨(别援字援蕴墓)在帕斯卡加法器的基础上进一步制成了可进行四则运算的计算器。莱布尼茨还提出了“符号语言”和“思维演算”的重要设想,他认为:必须将人的思维代数几何化,即像代数那样按照公式来思考,像几何那样直观地通过图画来思维。这一思想导致了后来的数理逻辑的诞生,成为了现代机器思维设计思想的萌芽。

员世纪,英国数学家布尔(别援月零墓)在《思维法则》一书中,第一次用符号语言描述了思维活动中推理的基本法则,创立了布尔代数。英国数学家和发明家巴贝奇(悦援字零零墓)发明了差分机和分析机,其中分析机的设计思想与现代电子计算机十分相似。虽然巴贝奇的发明在当时没有得到实现和受到应有的重视,但是他的科学思想为研制“思维机器”做出了巨大的贡献。

员世纪猿年代,英国数学家图灵(粤援字援裁墓)开始了寻求智力机的研究工作。员猿年,图灵发表了“理想自动机”的论文,该文给可计算性这一概念下了严格的数学定义,并论证了任何需要精确地加以确定的计算过程,都能由“图灵机”完成,为人们清晰地描绘出理想自动机的蓝图,同时也为电子计算机的诞生奠定了理论基础。

员猿年,匈牙利数学家冯·诺依曼(援字援零墓)提出了存储程序的思想,在计算机领域建立了不朽的功勋。目前的计算机体系结构仍然是冯·诺依曼型的。员源年,美国数学家、电子计算机先驱莫克利(援字援零墓)和他的研究生埃克特(援字援零墓)合作,成功研制了世界上第一台电子数字计算机,帮墓,为机器智能的研究和实现提供了物质基础。

根据计算机能进行符号计算的事实,图灵在 1936 年发表的《计算机器与智能》中明确提出了计算机能思维的观点,并给出了检验计算机能否思维的一个实验,又称图灵实验。这个实验的大致内容是:一个房间放一台机器,另一房间有一个人,当人们提出问题,房间在不接触对象的情况下,同对象进行一系列对话,如果他不能根据这些对话判断出对象是人还是计算机,那么就可以认为这台计算机具有与人相当的智能。虽然图灵实验巧妙地绕开了哲学的陷阱,通过实验形象说明计算机能模拟人类智能的事实,但是从科学哲学的角度来看,图灵实验存在着一些令人质疑的地方,用实验的方式来定义机器的思维也不够严谨。尽管如此,图灵关于机器思维定义的开创性工作对后人的研究具有重要的指导意义,图灵实验对人工智能的产生起到了非常重要的作用。

此外,美国数学家维纳(亨爱宰爱宰)创立的控制论,美国应用数学家香农(悦爱爱爱爱)创立的信息论,美籍奥地利生物学家贝塔朗菲创立的系统论,美国神经生物学家麦克卡洛奇(宰爱宰爱宰)和皮特斯(宰爱宰爱宰)建立的第一个神经网络模型等等理论成果,以及这些学科与计算科学、心理学、数学和哲学等领域多种学科相互渗透和交叉取得的一系列令人振奋的研究成果,都为人工智能的诞生奠定了理论、技术和物质基础。

人工智能的历史回顾

人工智能学科诞生于 20 世纪 50 年代中期,当时由于计算机的产生与发展,人们开始了具有真正意义的人工智能的研究。1956 年夏,麦卡锡、明斯基(配爱爱爱爱)、罗彻斯特(亨爱爱爱爱)、香农、塞缪尔(粤爱爱爱爱)、莫尔(裁爱爱爱爱)、塞尔夫里奇(韵爱爱爱爱)、索洛蒙夫(砾爱爱爱爱)、纽威尔、西蒙等 12 位分别从事数学、信息科学、计算机科学、心理学和精神病学的年轻科学家在美国的 阅爱爱爱爱大学举行了一次为期两个月的学术讨论会,从不同学科的角度探讨人类各种学习和其他智能特征的基础,并研究如何在原理上进行精确的描述,探讨用机器模拟人类智能等问题,并首次提出了人工智能(粤爱爱爱爱)的术语。从此,人工智能这门新兴的学科诞生了。

这次会议后,在美国很快形成了 3 个从事人工智能研究的中心,即以西蒙和纽威尔为首的卡内基梅隆(恠爱爱)大学研究组,以麦卡锡、明斯基为首的麻省理工学院(配爱爱)研究组,以塞缪尔为首的 阴爱爱公司研究组。随后,这几个研究组相继在思维模型、数理逻辑和启发式程序方面取得了一批显著的成果:

(1) 1956 年,纽威尔和西蒙研制了一个“逻辑理论家”(简称 蕴爱爱)程序,证明了怀特黑德(粤爱爱爱宰爱爱爱)与罗素(月爱爱爱宰爱爱爱)的数学名著《数学原理》的第 2 章中 25 个定理中的 25 个定理。1957 年对程序进行了修改,证明了全部定理。这一工作受到了人们的高度评价,被认为是计算机模拟人的高级思维活动的一个重大成果,是人工智能的真正开端。

(2) 1957 年,塞缪尔利用对策论和启发式搜索技术编制出西洋跳棋程序 悦爱爱爱爱。该程序具有自学习和自适应能力,能在下棋过程中不断积累所获得的经验,并能根据对方的走步,从许多可能的步数中选出一个较好的走法。这是模拟人类学习过程的一次卓有成效的探索。这台机器不仅在 1957 年击败了塞缪尔本人,而且在 1958 年击败了美国一个州的跳棋冠军,在世界上引起了大轰动。这是人工智能的一个重大突破。

(3) 1958 年,麦卡锡研制出表处理程序设计语言 蕴爱爱,它不仅可以处理数据,而且可以方便地处理各种符号,成为了人工智能程序语言的重要里程碑。目前,蕴爱爱语言仍然是研究人

工智能和开发智能系统的重要工具。

(源)1959年纽威尔、肖(先)和西蒙等人通过心理学实验,发现人在解题时的思维过程大致可以分为三个阶段:①首先想出大致的解题计划;②根据记忆中的公理、定理和解题规划,按计划实施解题过程;③在实施解题过程中,不断进行方法和目标分析,修改计划。这是一个具有普遍意义的思维活动过程,其中主要是方法和目的的分析。基于这一发现,他们研制了“通用问题求解程序”,用它来解决不定积分、三角函数、代数方程等100种不同类型的问題,并首次提出启发式搜索概念,从而使启发式程序具有较普遍的意义。

(缘)1959年,明斯基发表了一篇名为《迈向人工智能的步骤》的论文,对当时人工智能的研究起了推动作用。

正是由于人工智能在20世纪50年代到60年代的迅速发展和取得的一系列的研究成果,使科学家们欢欣鼓舞,并对这一领域寄予了过高的希望。纽威尔和西蒙在1959年曾作出以下预言:

- (员)不出十年,计算机将成为世界象棋冠军,除非规定不让它参加比赛;
- (圆)不出十年,计算机将发现并证明那时还没有被证明的数学定理;
- (猿)不出十年,计算机将谱写出具有较高美学价值并得到评论家认可的乐曲;
- (源)不出十年,大多数心理学家的理论将采用计算机程序来形成。

非常遗憾的是,到目前为止,这样的预言还没有一个得到完全的实现,人工智能的研究状况比纽威尔和西蒙等科学家的设想要复杂和艰难得多。事实上,到了20世纪70年代初,人工智能在经历一段比较快速的发展时期后,很快就遇到了许多问题。这些问题主要表现在:

(员)1959年鲁宾逊(先)发明了归结(消解)原理,曾被认为是一个重大的突破,可是很快发现这种归结法能力有限,证明两个连续函数之和还是连续函数,推证了十万步竟还没有得证。

(圆)塞缪尔的下棋程序,赢了州冠军后,没能赢全国冠军。

(猿)机器翻译出了荒谬的结论。如从英语→俄语→英语的翻译中,有一句话:“我(心有余而力不足)结果变成了”“酒是好的,肉变质了”,闹出了笑话。

(源)人脑约有10¹¹以上的记忆容量,此容量相当于存放几亿本书的容量,现有的技术条件下在机器的结构上模拟人脑是不大可能的。

(缘)来自心理学、神经生理学、应用数学、哲学等各界的科学家们对人工智能的本质、基本原理、方法及机理等方面产生了质疑和批评。

由于人工智能研究遇到了困难,使得人工智能在20世纪70年代初走向低落。但是,人工智能的科学家们没有被一时的困难所吓倒,他们在认真总结经验教训的基础上,努力探索使人工智能走出实验室,走向实用化的研究新路子,并取得了令人鼓舞的进展。特别是专家系统的出现,实现了人工智能从理论研究走向实际应用,从一般思维规律探索走向专门知识应用的重大突破,是人工智能发展史上的重大转折,将人工智能的研究推向了新高潮。下面是几个有代表性的专家系统:

(员)1969年斯坦福大学费根鲍姆教授和几位遗传学家及物理学家合作研制了一个化学质谱分析系统,该系统能根据质谱仪的数据和核磁谐振的数据,以及有关化学知识推断有机化合物的分子结构,达到了帮助化学家推断分子结构的作用。这是第一个专家系

统,标志着人工智能从实验室走了出来,开始进入实际应用时代。

(圆)继 1985 年专家系统之后,费根鲍姆领导的研究小组又研制了诊断和治疗细菌感染性血液病的专家咨询系统 酝再沸鼻。经专家小组对医学专家、实习医师以及 酝再沸鼻 行为进行正式测试评价,认为 酝再沸鼻 的行为超过了其他所有人,尤其在诊断和治疗菌血症和脑膜炎方面,显示了该系统作为临床医生实际助手的前途。从技术的角度来看,该系统的特点是:①使用了经验性知识,用可信度表示,进行不精确推理。②对推理结果具有解释功能,使系统是透明的。③第一次使用了知识库的概念。正是由于 酝再沸鼻 基本解决了知识表示、知识获取、搜索策略、不精确推理以及专家系统的基本结构等重大问题,对以后的专家系统产生了很大的影响。

(猿)1987 年,斯坦福大学国际人工智能中心的杜达(砸撞撞)等人开始研制矿藏勘探专家系统 孕晒务科说。它能帮助地质学家解释地质矿藏数据,提供硬岩石矿物勘探方面的咨询,包括勘探评价,区域资源估值,钻井井位选择等。该系统用语义网络表示地质知识,拥有各种矿藏知识,采用贝叶斯(月撞)概率推理处理不确定的数据和知识。孕晒务科说系统于 1989 年开始投入实际应用,取得了巨大的经济效益。例如 1989 年,美国利用该系统在华盛顿州发现一处矿藏,据说使用价值可能超过 1 亿美元。

(源)美国卡内基梅隆大学于 20 世纪 70 年代先后研制了语音理解系统 匀再露区等手和 匀再露区等手。它完成从输入的声音信号转换成字,组成单词,合成句子,形成数据库查询语句,再到情报数据库中去查询资料。该系统的特点是采用“黑板结构”这种新结构形式,能组合协调专家的知识,进行不同抽象级的问题求解。

在这一时期,人工智能在程序设计语言、知识表示、推理方法等方面也取得了重大进展。例如,法国马赛大学的柯尔麦伦(粤爱悦造)和他领导的研究小组于 1980 年研制成功的第一个 孕晒务科说系统,成为了继 建黎 语言之后的另一种重要的人工智能程序语言;明斯基 1985 年提出的框架理论,绍特里夫于 1987 年提出并在 酝再沸鼻 中应用的不精确推理;杜达于 1987 年提出并在 孕晒务科说 中应用的贝叶斯方法,等等。

人工智能的科学家们从各种不同类型的专家系统和知识处理系统中抽取共性,总结出一般原理与技术,使人工智能又从实际应用研究逐渐回到一般研究。围绕知识这一核心问题,人们重新对人工智能的原理和方法进行了探索,并在知识获取、知识表示以及知识在推理过程中的利用等方面开始出现一组新的原理、工具和技术。1986 年,在第五届国际人工智能联合会(陨撞)的会议上,费根鲍姆教授在一篇题为《人工智能的艺术:知识工程课题及实例研究》的特约文章中,系统地阐述了专家系统的思想,并提出了知识工程(远撞撞与撞撞)的概念。费根鲍姆认为,知识工程是研究知识信息处理的学科,它应用人工智能的原理和方法,对那些需要专家知识才能解决的应用难题提供了求解的途径。恰当地运用专家知识的获取、表示、推理过程的构成与解释,是设计基于知识的系统的重要技术问题。至此,围绕着开发专家系统而开展的相关理论、方法、技术的研究形成了知识工程学科。知识工程的研究使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。

为了适应人工智能和知识工程发展的需要,在政府的大力支持下,日本于 1982 年开始了为期 5 年的“第五代计算机的研制计划”,即“知识信息处理计算机系统 远撞”,总投资 1 亿美元。它的目的是使逻辑推理达到数值运算那样快。日本的这一计划形成了一股热潮,推动了世界各国的追赶浪潮。美国、英国、欧共体、苏联等都先后制订了相应的发展计划。随着第五代计算机的研究开发和应用,人工智能进入一个兴盛时期,人工智能界一派乐观情绪。

然而,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。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(附:环境)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(附:规模)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。

20 世纪 80 年后,神经网络像雨后春笋一样迅速发展起来,给人们带来了新的希望。神经网络的主要特点是信息的分布存储和信息处理的并行化,并具有自组织自学习能力,这使人们利用机器加工处理信息有了新的途径和方法,解决了一些符号方法难以解决的问题,使人工智能的学术界兴起了神经网络的热潮。1985 年美国召开了第一次神经网络国际会议,宣布新学科的诞生。1985 年以后,日本和欧洲各国在神经网络方面的投资逐步增加,促进了该领域的研究。但是随着应用的深入,人们又发现人工神经网络模型和算法也存在问题。

20 世纪 80 年代末,以美国麻省理工学院布鲁克斯(附:麻省理工)教授为代表的行为主义学派提出了“无须表示和推理”的智能,认为智能只在与环境的交互作用中表现出来,并认为研制可适应环境的“机器虫”比空想智能机器人要好。以后,人工智能学术界充分认识到已有的人工智能方法仅限于在模拟人类智能活动中使用成功的经验知识处理简单的问题,开始在符号机理与神经网机理的结合及引入(附:神经网络)系统等方面进一步开展研究工作。20 世纪 90 年代,所谓的符号主义、连接主义和行动主义(附:神经网络)方法并存。对此,中国学者认为这(附:神经网络)方法各有优缺点,他们提出了综合集成的方法,即不同的问题用不同的方法来解决,或用联合(混合、融合)的方法来解决,再加上人工智能系统引入交互机制,系统的智能水平将会大为提高。

总而言之,尽管人工智能的发展经历了曲折的过程,但它在自动推理、认知建模、机器学习、神经网络、自然语言处理、专家系统、智能机器人等方面的理论和应用上都取得了称得上具有“智能”的成果。许多领域将知识和智能思想引入到自己的领域,使一些问题得以较好地解决。应该说,人工智能的成就是巨大的,影响是深远的。

1.1 人工智能的研究方法

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。1985 年,在著名的学术杂志《人工智能》(附:人工智能)第 9 卷上发表了(附:人工智能)篇由国际著名的人工智能科学家(附:人工智能)在人工智能基础研讨会上的学术报告。首先,运用先生在第一篇总论中提出了以下人工智能的(附:人工智能)个基本问题:

- (1) 知识与概念化是否是(附:人工智能)的核心?
- (2) 认知能力能否与载体分离开来研究?
- (3) 认知的轨迹是否可用类自然语言描述?

(源)学习能力能否与认知分开来研究?

(缘)所有的认知是否有统一的结构?

然后,由十多位人工智能界的名家分十篇五组,就人工智能中的逻辑与人工智能、分布式人工智能的开放信息系统语义、无须表示的智能、知识的阈值理论、蕴涵的结构分析等基础性工作提出了一些高水平的论点,并展开了不同观点的争论。

这些问题都是与人工智能有关的认知问题,涉及人工智能的关键,对这些问题的看法和认识,成为了不同学派的分水岭。下面仅以符号主义、连接主义和行为主义等三种主要的学派为重点,介绍人工智能的研究方法。

5.1.1 符号主义

符号主义(符号主义)是一种基于逻辑推理的智能模拟方法,早期的人工智能研究者绝大多数属于此类。符号主义的实现基础是纽威尔和西蒙提出的物理符号系统假设。该学派认为:人类认知和思维的基本单元是符号,而认知过程就是在符号表示上的一种运算。这种方法的实质就是模拟人的左脑抽象逻辑思维,通过研究人类认知系统的功能机理,用某种符号来描述人类的认知过程,并把这种符号输入到能处理符号的计算机中,就可以模拟人类的认知过程,从而实现人工智能。可以把符号主义的思想简单地归结为“认知即计算”。

从符号主义的观点来看,知识表示是人工智能的核心,认知就是符号的处理过程,推理就是采用启发式知识及启发式搜索对问题求解的过程,而推理过程又可以用某种形式化的语言来描述。

符号主义的代表性成果是1959年纽威尔和西蒙等人研制的称为“逻辑理论家”的数学定理证明程序,它的成功,说明了可以用计算机来研究人的思维过程,模拟人的智能活动。以后,符号主义走过了一条启发式算法—专家系统—知识工程的发展道路,尤其是专家系统的成功开发与应用,使人工智能研究取得了突破性的进展。长期以来,符号主义一直在人工智能中处于主导地位,其代表人物是纽威尔、肖、西蒙和尼尔森。

符号主义主张用逻辑方法来建立人工智能的统一理论体系,但却遇到了“常识”问题的障碍,以及不确定事物的知识表示和问题求解等难题,因此,受到其他学派的批评与否定。

5.1.2 连接主义

连接主义(连接主义)是一种基于神经网络及网络间的连接机制与学习算法的智能模拟方法。这一方法从神经生理学和认知科学的研究成果出发,把人的智能归结为人脑的高层网络活动的结果,强调智能活动是由大量简单的单元通过复杂的相互连接后并行运行的结果。人工神经网络(简称神经网络)就是其典型代表性技术,因此,我们可以把连接主义的思想简单地称为“神经计算”。

连接主义认为神经元不仅是大脑神经系统的基本单元,而且是行为反应的基本单元。思维过程是神经元的连接活动过程,而不是符号运算过程。任何思维和认知功能都不是少数神经元决定的,而是通过大量突触相互动态联系着的众多神经元协同作用来完成的。

实质上,这种基于神经网络的智能模拟方法就是以工程技术手段模拟人脑神经系统的结构和功能为特征,通过大量的非线性并行处理器来模拟人脑中众多的神经细胞(神经元),用处理器的复杂连接关系来模拟人脑中众多神经元之间的突触行为。这种方法在一定程度上可

能实现了人脑形象思维的功能,即实现人的右脑形象抽象思维功能的模拟。

连接主义的代表性成果是 1943 年由麦克洛奇和皮兹提出的形式化神经元模型,即 配平 模型。他们总结了神经元的一些基本生理特性,提出神经元形式化的数学描述和网络的结构方法,从此开创了神经计算的时代,为人工智能创造了一条用电子装置模仿人脑结构和功能的新途径。1958 年,美国物理学家霍普菲尔特(先习(秦晋道))提出了离散的神经网络模型,1959 年他又提出了连续的神经网络模型,使神经网络可以用电子线路来仿真,开拓了神经网络用于计算机的新途径。1969 年,鲁梅尔哈特(砸完(秦晋道))等人提出了多层网络中的反向传播(月孕)算法,使多层感知机的理论模型有所突破。同时,由于许多科学家加入了人工神经网络的理论与技术研究,使这一技术在图像处理、模式识别等领域取得了重要的突破,为实现连接主义的智能模拟创造了条件。

目前,符号处理系统和神经网络模型的结合是一个重要的研究方向。模糊神经网络就是将模糊逻辑、神经网络等结合在一起,在理论、方法和应用上发挥各自的优势,设计出具有一定学习能力、动态获取知识能力的系统。

员源(猿)行为主义

行为主义(月孕(秦晋道))是一种基于“感知驱动”的行为智能模拟方法。这一方法认为,智能取决于感知和行为,取决于对外界复杂环境的适应,而不是表示和推理,不同的行为表现出不同的功能和不同的控制结构。行为主义的主要观点可以概括为:

- (员)知识的形式化表达和模型化方法是人工智能的重要障碍之一;
- (圆)应该直接利用机器对环境发出作用后,环境对作用者的响应作为原型;
- (猿)所建造的智能系统在现实世界中应具有行动和感知的能力;
- (源)智能系统的能力应该分阶段逐渐增强,在每个阶段都应是一个完整的系统。

行为主义的杰出代表人物布鲁克斯教授在 1975 年 1976 年相继发表论文,对传统人工智能进行了批评和否定,提出了无须知识表示和无须推理的智能行为观点。在这些论文中,布鲁克从自然界中生物体的智能进化过程出发,提出人工智能系统的建立应采用对自然智能进化过程仿真的方法。他认为智能只是在与环境的交互作用中表现出来的,任何一种“表达”都不能完善地代表客观世界中的真实概念,因而用符号串表达智能过程是不妥当的。布鲁克这种基于行为(进化)的观点开辟了人工智能研究的新途径,从而在国际人工智能界形成了行为主义这个新的学派。

布鲁克斯的代表性成果是他所研制的 远足机器虫。布鲁克斯认为要求机器人像人一样去思维太困难了,在做一个像样的机器人之前,不如先做一个像样的机器虫,由机器虫慢慢进化,或许可以做出机器人。于是他在美国麻省理工学院(砸戴)的人工智能实验室研制成功了一个由 员个传感器和 圆个执行器构成的像蝗虫一样能做 远足行走的机器人实验系统。这个机器虫虽然不具有像人那样的推理、规划能力,但其应付复杂环境的能力却大大超过了原有的机器人,在自然(非结构化)环境下,具有灵活的防碰撞和漫游行为。

行为主义的思想提出后引起了人们的广泛关注,其中感兴趣的人有之,反对者也大有人在。例如,有人认为布鲁克斯的机器虫在行为上的成功并不能引起高级控制行为,指望让机器从昆虫的智能进化到人类的智能只是一种幻想。尽管如此,行为主义学派的兴起,表明了控制论、系统工程的思想将进一步影响人工智能的发展。

猿猿猿符号主义、连接主义和行为主义的比较

上述的猿猿猿研究方法从不同侧面研究人的自然智能,与人脑思维模型有其对应关系。粗略地划分,可以认为符号主义研究抽象思维,连接主义研究形象思维,而行为主义研究感知思维。表 5-1 给出了符号主义、连接主义和行为主义特点的比较。

表 5-1 猿猿猿符号主义、连接主义和行为主义的比较

| | | 符号主义 | 行为主义 | 连接主义 |
|----------|-------------|----------------------|------------------------------|---------------------|
| | 基本出发点 猿 | 人类思维逻辑的形式化 猿 | 行动和反应的积累 猿 | 生物神经系统的结构和性能 |
| 组织结构 | 处理结点 猿 | 运算模块,实现有限的功能。 | 以有限状态机为核心的独立活动层。 | 并不单独完成任务的简单处理单元。 |
| | 各结点特征 猿 | 功能各异,但有某种统一格式约定。 | 每个层有很大不同,无统一格式。 | 基本上都相似,只采用少数几种不同格式。 |
| | 结点间的关系 猿 | 通过程序指令进行组织,交互的信息很复杂 | 通过抑制交互信息,趋向于简洁 | 复杂的连接网络,但连接的内容本身极简单 |
| 问题求解方式 | 知识 猿 | 用符号系统表达概念和概念间的关系。 | 不必采用固定的表达形式。 | 分散存在于单元间的连接权值中。 |
| | 规则 猿 | 用形式化的语句表达,集中存放在库中。 | 直接将行动和反应、目的和条件相联系而产生动作的轨迹方向。 | 隐含在网络中,完全是分散且为隐式的。 |
| | 推理 猿 | 经匹配后,通过逻辑算符、函数和过程的运算 | 有给定的目标和环境特征触发动作 | 猿 |
| | 训练 猿 | 按照设计者制订的框架。 | 机器自动通过行动和感知从环境中抽取特征。 | 从输入直接得到所需输出 |
| 知识的获取与积累 | 学习 猿 | 按照一定程式。 | 直接用抽取的特征修正行为准则。 | 可以有教练,也可以无教练地受训练。 |
| | 记忆 猿 | 集中存放在有一定格式的知识和规则库中 | 存放在有限状态机的内部寄存器中,不必有统一格式 | 通过一定训练步骤后达到的状态。 |
| | | | | 完全分散地存放在连接权值中 |

对于本节开始提出的猿猿猿问题,不同的人人工智能学派,对基本的认知问题给予不同的回答。以尼尔森为代表的逻辑学派,对认知问题的(猿)~(猿)给予肯定的回答,对(猿)持中立观点。以纽威尔为代表的符号主义,对认知问题的(猿)、(猿)、(猿)给予肯定的回答。而以布鲁克为代表的行为学派,对认知问题(猿)~(猿)均持否定的看法。以费根鲍姆为代表的工程主义,基本上是一种实用的逻辑主义观点。

猿猿猿人工智能的研究与应用领域

当前,人工智能学科仍处在蓬勃发展发展中,还没有形成一个统一的理论,因此它的许多研究和应用工作都是结合具体领域问题的。下面简单介绍几个主要的研究与应用领域。