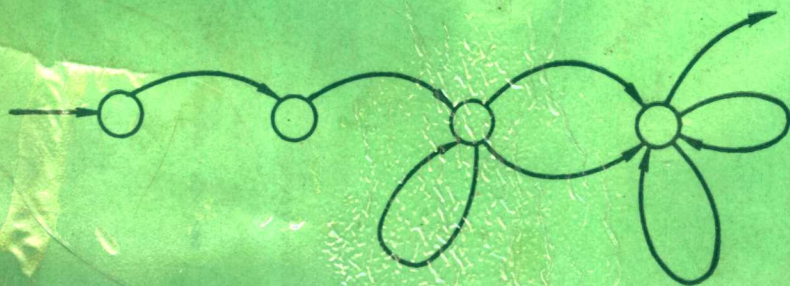


人工智能教程

施鹏飞 姚 远 编



上海交通大学出版社

人 工 智 能 教 程

施鹏飞 姚 远 编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书以人工智能的基本原理和逻辑基础为出发点, 结合人工智能应用及其最新进展, 阐述了人工智能语言、搜索原理、知识表示、知识获取和机器学习、演绎和推理、机器视觉、自然语言理解、专家系统和人工神经网络等内容。全书分十章, 每章附有习题, 书末附有参考文献及英汉名词对照。

本书取材新颖、图文并茂, 可作为模式识别与智能控制学科的研究生教材或人工智能的教学参考书, 也可供有关科技工作者和工程技术人员参考。

(沪)新登字205号

人 工 智 能 教 程

出版: 上海交通大学出版社

(上海市华山路1954号·200030)

字数: 264000

发行: 新华书店上海发行所

版次: 1993年12月 第1版

印刷: 上海交通大学印刷厂

印次: 1993年12月 第1次

开本: 850×1168(毫米) 1/32

印数: 1—1600

印张: 10.25

科目: 302—291

ISBN7-313-01241-1/TP·39

定价: 6.20元

前 言

人工智能作为一门新兴的学科,始于50年代中期,当时由美国几位年轻的科学工作者,斯坦福大学的 J. McCarthy、麻省理工学院的 M.L. Minsky、卡内基—梅隆大学的 A. Newell 和 H.A. Simon 等人,首次提出了人工智能(Artificial Intelligence)的概念。几十年来,涉及人工智能学科的计算机科学、心理学、生理学、逻辑学、哲学和认知科学等领域的学者,从不同的角度,甚至以不同的观点,对人工智能的内涵和外延,进行了深入的研究和探讨。但由于人们对人类自身的智能及其行为仍然是一个不完全了解的谜,只能随着科学技术的日益发展,在人类不断认识的长河中,得到越来越清楚的了解。另一方面,基于传统的 Von Neumann 计算机体系结构的变革,特别是微电子和光电子技术的飞速发展,必将对智能技术产生深刻的影响。

按照人工智能学者 N.J. Nilsson 教授的观点,人工智能首先是一门科学。正如当年人们由飞行的鸟设想人能否飞上天来设计和制造飞行器时,不可能完全仿照飞鸟飞行的机理,而是将空气动力学、自动控制、现代通讯等多学科技术相结合来实现。因此人工智能不单纯是模拟人类智能的行为,而且还研究人类智能的机理。另外,人工智能也是一门工程技术,它广泛地应用于工业、国防、社会、经济、管理等众多领域,如智能计算机辅助设计(ICAD)、智能控制(IC)、智能计算机(IC)、智能计算机辅助教学(ICAI)、智能计算机指挥系统(ICCS)、智能计算机辅助诊断系统

(ICADS)、智能计算机决策支持系统(ICDSS)等等。

本书是在作者多年来从事人工智能教学和科研工作的基础上,参阅了国内外最新文献资料编写而成的。全书共分十章。第一章为绪论;第二章介绍人工智能中最常用的两种语言:表处理语言LISP和逻辑程序设计语言PROLOG;第三章阐述人工智能的逻辑基础;第四章论述人工智能搜索原理;第五章到第六章的内容是知识及其推理;第七章到第九章分别叙述人工智能的三个主要应用领域:计算机视觉、自然语言理解和专家系统;最后一章介绍人工神经网络。每章有一定数量的习题,书末附有英汉专业名词对照,以便读者查阅。

在本书的编写过程中,作者得到了吴维聪教授及所在单位同事和研究生的许多支持和帮助,姚远同志参加了第二、四、九章的编写,毛晓明同志编写了第八章,顾嗣扬和程建同志参加了第七和第十章的编写,研究生王伟做了部分协助工作,编者在此表示感谢。

本书的出版问世,应感谢国家自然科学基金委员会信息科学部给予的支持。

由于作者的理论水平和实践经验有限,书中的错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

施鹏飞 1993年4月

于上海交通大学

图像处理与模式识别研究所

目 录

第一章 绪论	1
1.1 人工智能的产生和发展	1
1.2 什么是人工智能	4
1.3 人工智能的主要研究内容及其应用	8
习题.....	12
第二章 人工智能语言	13
2.1 概述	13
2.2 LISP 语言.....	15
2.3 PROLOG 语言.....	37
习题.....	47
第三章 人工智能的逻辑基础	49
3.1 谓词演算及其合式公式	49
3.2 合式公式的定义和性质	54
3.3 置换与合一	56
3.4 归结原理	57
3.5 归结策略	61
3.6 谓词演算在问题求解中的应用	67
习题.....	69
第四章 搜索原理	71
4.1 问题的状态空间表示	71
4.2 盲目搜索	82

4.3	启发式搜索	88
4.4	与或图搜索	93
4.5	博弈树的搜索	102
4.6	搜索效率	112
	习题	113
第五章	知识及其表示	116
5.1	知识及其分类	116
5.2	知识表示的一般方法	119
5.3	知识获取和机器学习	136
	习题	141
第六章	演绎和推理	142
6.1	概述	142
6.2	基于规则的演绎系统	145
6.3	不确定性推理	153
6.4	非单调逻辑推理	159
	习题	163
第七章	计算机视觉	164
7.1	计算机视觉原理	164
7.2	视觉的低层处理	167
7.3	视觉的中层处理	177
7.4	三维物体的表达与识别	184
7.5	运动视觉	190
7.6	视觉的高层处理	197
	习题	202
第八章	自然语言理解	204
8.1	概述	204
8.2	语言和语言理解	208
8.3	语言的自动分析	215
8.4	自然语言理解的应用	233

习题.....	229
第九章 专家系统	241
9.1 专家系统概论	241
9.2 专家系统的设计与开发	244
9.3 专家系统开发工具	248
9.4 专家系统的评价	255
9.5 专家系统示例	258
习题.....	271
第十章 人工神经网络	272
10.1 概述.....	272
10.2 感知器.....	281
10.3 反馈网络.....	287
10.4 自组织神经网络.....	292
10.5 神经网络的应用.....	296
习题.....	302
参考文献(中文).....	303
参考文献(英文).....	305
英汉术语对照.....	309

第一章 绪 论

人工智能简称 AI(Artificial Intelligence), 是一门 50 年代中期才诞生的新兴学科。计算机科学家认为人工智能是计算机科学的一个分支; 人工智能学者认为, 计算机不仅是一种会做数学计算的机器, 而且能做原来只有人才能做的具有智能的工作。人工智能就是用计算机来模拟人的思维和行为, 如问题求解、学习、推理、理解自然语言等等。人工智能的研究范畴不只局限于计算机科学和技术, 它是一门涉及心理学、认知科学、思维科学、信息科学和系统科学等多种学科的综合科学。

本章论述人工智能的产生和发展, 人工智能的研究对象及其主要的研究内容 and 应用。

1.1 人工智能的产生和发展

人类为了提高自己认识自然和改造自然的能力, 长期以来一直在探索如何用机器代替人的体力和脑力劳动。众所周知, 在用机器代替人的体力劳动方面, 无论是机械化或者自动化领域, 都取得了巨大的进步。在用机器代替人的脑力劳动方面, 也有不小的进展, 主要体现在计算机的广泛使用以及计算机与控制、通讯等技术的密切结合, 大大推动了社会生产力的发展, 加速了工业、农业、科学技术和国防现代化的进程。计算机的广泛应用又促使计算机科学技术的飞速发展, 使计算机由通常的数值计算和数值处理进入到知识信息处理的新时代, 使机器替代人的脑力劳动, 迈上了一个新的台阶。

人工智能要求计算机面向社会生活中普遍存在的知识信息, 并且必须具备推理、联想、学习等功能, 以帮助人们进行科学的判

断和决策。另一方面,人工智能还要求人机之间能有更加友善的接口,如具备声音、图像、图形、文字甚至直接使用自然语言进行通讯的能力,使未受过计算机专业训练的人,能直接通过计算机获取和学习新的知识。毫无疑问,这将对人类和社会产生深远的影响。

人工智能一词,是在 50 年代中期由美国几位年青学者首次提出的。当时,他们在 Dartmouth 组织了一次关于计算机未来的讨论会,其中的 J. McCarthy、M. L. Minsky、A. Newell 和 H. A. Simon 等人为人工智能学科的问世和发展作出了卓著的贡献。

其实,人工智能的历史还可以追溯到更早。1956 年以前,人们称为人工智能的孕育期,在这期间布尔代数首次实现了用符号描述思维活动的推理法则;A. M. Turing 于 40 年代提出了理想计算机的模型,创立了自动机的理论;W. S. McCulloch 和 W. H. Pitts 建立了神经的脑模型。N. Wiener 的控制论和 C. E. Shannon 的信息论等也对人工智能的早期形成起到了孕育的作用。

从 50 年代中期到 60 年代末,人工智能进入了成长和发展期。A. L. Samuel 于 1955 年在 IBM 计算机上设计了启发式程序,使机器可以向人学习下棋,并在 1962 年利用启发式程序设计的机器击败了美国一个州的跳棋冠军;1956 年,由 Newell 和 Simon 研制的一个称为“逻辑理论家”的程序,证明了罗素的数学名著“数学原理”中有关的 38 个定理;1960 年,他们又合作研究成功通用问题求解器 GPS (General Problem Solver);同时,斯坦福大学的 McCarthy 研制了第一个用于人工智能符号处理的 LISP 语言。

70 年代起,人工智能研究者意识到了早期研究的局限性,开始探索新的途径,并大胆地从实验室走向现实世界,产生了人工智能领域最引人注目的研究课题——专家系统。如 1969 年由当代著名人工智能学者 G. Feigenbaum 教授建立的用来确定有机化合物分子结构的 DANDRAL 系统;随后不久的由斯坦福大学年青学者 E. H. Shortliffe 设计的一个称为 MYCIN 的医疗诊断专家系统,在这个系统中第一次提出了用于确定性推理的不确定性因

子 (Uncertainty Factor) 的概念,并发展了一种称为专家系统开发工具的 EMYCIN 系统。专家系统的出现和在不同领域中的应用,为知识库 (Knowledge Base) 和知识工程 (KE) 的形成和发展奠定了基础。

近年来,人工智能的研究方兴未艾。一方面,人们正在寻求新的突破点,以 80 年代初日本开始执行的“第五代机”计划为代表,耗费巨资研究开发一种具有快速推理功能的计算机。五代机试图以逻辑程序设计语言 PROLOG 为核心,研制的目标为推理速度可达 100K LIPS (每次演绎推理操作次数) 的个人顺序推理机 (PSI)、大规模并行机 MPM (Massive Parallel Machine)、超大规模知识库 VLKB,以及基于记忆的推理 MBR (Memory Based Reasoning) 等,进一步促进了大规模并行人工智能 (MPAI) 的研究。

另一方面,日本在人工智能机方面的挑战,引起了欧美国家的强烈反响。欧共体的尤里卡 (ESPRIT) 计划,美国军方的 DARPA 计划,都把智能技术列为当代高新技术的主要研究内容。与此同时,AI 市场的潜力也在扩大,仅以美国市场为例,1985 年人工智能的市场为 6.7 亿美元,1986 年上升为 10 亿美元,1990 年已超过 40 亿美元。我国在人工智能研究方面起步不晚,80 年代初就邀请国际人工智能学者 N.J. Nilsson 教授来华讲学,并在智能理论、人工智能的应用领域,特别是专家系统方面做了许多研究,近年又成功地设计了新型的人工智能计算机。在国家的科技攻关“八六三”高技术研究及国家自然科学基金的基础研究方面,人工智能研究都能得到比较充分的反映和重视。另外,1991 年正式成立的中国人工智能学会 (CAAI),为进一步繁荣和发展我国人工智能学科创造了有利的环境和条件。

1.2 什么是人工智能

人工智能的研究是多方面的,但从根本上来说,一是问题求解中的搜索问题,二是知识信息的处理问题,即如何获取知识、表达知识和利用知识。搜索是经典人工智能研究的核心,目前已有比较成熟的理论和算法。知识及其表示、基于知识的推理是当代人工智能研究中的热门课题,尚未得到满意的解决。人们正在寻求人工智能研究的新突破。

什么是人工智能?目前不仅没有一个统一的定义,而且还存在完全相悖的观点,在本节我们不妨作一简单的论述。

1. 符号(Symbolic)主义

符号主义是人工智能的主流。派符号主义者认为认知的基元是符号,认知的过程是符号的运算和逻辑推理。它以逻辑为基础,进行符号程序设计(Symbolic Programming),这种程序设计不同于通常的计算机程序设计。如符号程序设计具有启发信息和交互的功能,具备知识库和推理的能力。而一般的程序设计,除了所使用的程序设计语言(目前最流行的为C语言)与专用的符号处理和逻辑程序设计语言具有根本的区别外,它面向的是数值计算,数据库及数据库管理系统(DBMS),具有精确的运算结果而不具备运行过程中的交互功能,程序设计的关键是数据结构和算法。尽管具有上述的差别,但都是基于计算机数字和符号处理的硬件环境。符号主义是计算机模拟人类智能的必然产物。

2. 连结(Connection)主义

连结主义是一种建立在生物神经元基础上的智能模型。连结主义者认为思维的基元是神经元,而不是符号,思维的过程是神经网络的连结活动,而不是符号处理过程。另外,他们还认为电脑不同于人脑,不能简单地用计算机符号程序设计的运行模式来替代

大脑的思维模式。人工神经元的新进展,为连结主义提供了一种强有力的支持和实现的条件。

3. 行为 (Behavior) 主义

行为主义是一种基于生物体行为的智能模型。行为主义者认为智能取决于感知和行动,智能行为无需表达和推理,这种观点完全有悖于符号主义者的观点。行为主义者还认为智能只能在现实世界中,与周围环境的交互中才体现出来。以麻省理工学院人工智能实验室 Brooks 教授为首的研究组,设计了有 6 条腿的像蝗虫那样的人造动物,提出了一种近于生物系统的智能模型,在他的研究中强调了以下四个概念:

- 境遇 (Situatdness)。当机器处于一定的环境之中,它不涉及抽象的描述,而是处于直接影响系统行为的世界。境遇概括为自身最好的模型。

- 具体化 (Embodiment)。机器或动物体有躯干,有直接来自周围世界的经验,他们的作用是世界动态行为中的一部分,他们的感官具有反馈作用。

- 智能 (Intelligence)。智能的来源不仅仅局限于计算装置,也来自周围世界的情景,传感器之间的传送,以及机器与周围环境的相互耦合。

- 浮现 (Emergence)。从系统与周围环境的交互和系统内部部件间的交互可浮现出智能,智能是由很多部件之间的交互以及和环境相联系产生的。

总之,行为主义者认为智能可以在没有明显的可操作的内部表达情况下产生,可以在没有推理系统出现情况下形成。

综上所述,三种不同智能模型的观点构成了人工智能三个基本理论的框架,相应地形成了功能模拟、结构模拟和行为模拟的研究方法。

不同的学术观点有助于人工智能学科的深入研究,并为寻求一种统一的人工智能理论体系提出了挑战,以涂序彦教授为代表

的人工智能学者提出了一种广义智能信息系统论，其主要组成部分如图 1.1 所示，现分别叙述如下：

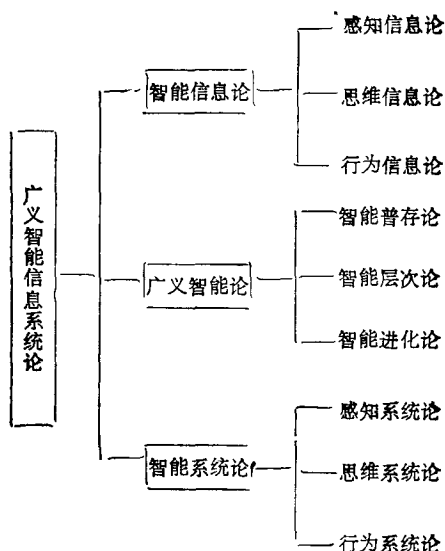


图 1.1 广义智能信息系统论

(1) 智能信息论。智能的基本要素是“信息”，各种智能活动(感知、思维、行为)实质上都基于信息的获取、处理和利用过程，各种智能特性(自适应、自学习、自组织)都体现在信息的获取、存贮、处理以及利用过程的灵活性、有效性和创造性。根据智能活动的主要类型，智能信息论可分为：

- 感知信息论，研究人的感知活动的信息过程和机器的自然信息获取过程。如：多媒体信息论研究的是文字、图像、声音、语言信息获取问题。

- 思维信息论，研究人和机器的思维活动的信息过程。如记忆、联想、推理、学习等信息处理过程。其中，涉及知识信息处理问题，可称为“知识信息论”。

• 行为信息论,研究人、动物或机器的智能行为的信息过程。如人的说话、表情、操作、行走和运动,机器人在非结构化环境中的漫游行为,人群或机群的协同行为的信息处理和利用问题。

(2) 广义智能论。因为信息是普遍存在的,所以,智能也是普遍存在的,不仅人有智能,动物也有智能,机器也有智能,这是人工智能学科存在的前提智能普存论。机器智能可以模仿人的智能,也可以模仿其他动物的智能,人体有智能,群体有智能,但是群体的智能不是个体智能的简单总和。这里要研究人群、机群、人机的“智能集成”的问题。

智能是多层次的,多方面的。例如,人的智能水平有高低,智能特性有差异,有的人智商高,有多方面才能;有的人智商低,仅有单方面的才能。不同的人,信息获取、处理、利用的能力不同,信息增加、删改、更新的能力不同。可应用“智能信息论”分析智能的层次性、多维性。显然,人、其他动物、机器的智能水平(层次)和智能特性(维数)有显著的不同。

智能是可进化的,人、其他动物、机器的智能都是可以进化的,其信息获取、处理、利用能力是可以提高的,这里,进化可分为“先天进化”(生物进化、遗传),“后天进化”(学习、训练)。由于长期生物进化和自然淘汰优选的结果,人为“万物之灵”,具有最高的智能水平和最全面的智能特性。所以,人工智能首先应当模仿、延伸、扩展人的智能。

(3) 智能系统论。智能是“智能系统”的整体功能,而不是个别“智能元件”的局部功能。例如,人的视觉感知活动,不只是眼睛的功能,而是由眼睛视网膜神经、视觉中枢神经等组成的视觉系统的整体功能;人的思维活动,不只是个别脑细胞的功能,而是有关脑组织的系统功能;人的动作和行为,不只是手和脚的功能,而是运动系统的功能。因此,智能系统论可分为感知系统论、思维系统论、行为系统论。

智能系统是有目的、有组织的、开放的、进化的系统,是能够灵活地、有效地、创造性地进行信息获取、处理和利用的系统,系统在有目的智能活动中,与外界环境交换信息,可提高系统的有组织程度(有序度),并逐步进化。根据基元粒度大小不同,系统规模不同。智能系统可分为巨系统或大系统,其系统分析方法和理论不同。例如,人体系统,当基元为细胞时是巨系统;当基元为器官组织时是大系统。

从上述智能信息论,广义智能论,智能系统观点来看,符号主义的物理符号是信息载体,知识是经过符号处理的信息,连结主义的神经元和神经网络是信息存贮和处理的基元和系统行为主义的“感知—动作”模式,是信息“获取—利用”的方式。

因此,建立兼容符号主义、连结主义、行为主义的统一的人工智能理论体系——“广义智能信息系统论”是有可能的。

1.3 人工智能的主要研究内容及其应用

人工智能的主要研究内容及其应用,可用图 1.2 所示的组成图来表示。

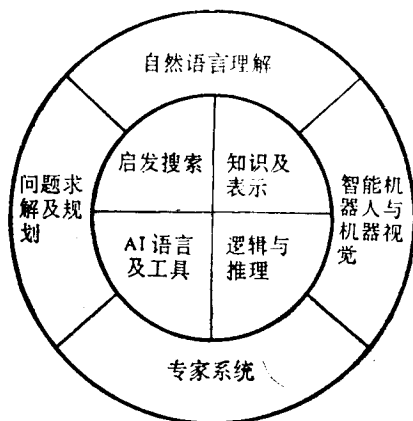


图 1.2 人工智能组成图

图中的核心部分是人工智能的基础,它们包括搜索(主要是基于信息的启发性的搜索)、逻辑和推理、知识及其表示、人工智能语言和开发工具。外层是人工智能的几个主要应用领域,如问题求解和规划、专家(咨询和诊断)系统、智能机器人和机器视觉、自然语言理解等。上述几方面,除规划(Planning)和经典的定理证明、自动程序设计等内容不作论述之外,我们都将在后续的章节中作专门的阐述。

目前,人工智能的应用非常广泛,人们往往在特定的应用领域冠上“智能”的头衔,如智能计算机、智能机器人、智能网络、智能仪表、智能控制、智能信息决策支持系统、智能计算机辅助设计、智能计算机辅助教学等等,我们不能一一枚举,本节只能选择若干专门领域作些介绍。

1. 智能计算机

传统的计算机采用 Von Neumann 串行运算方式,不能满足并行、面向目标和基于知识的处理,而人工智能技术开拓了计算机新的应用领域,并对计算机本身的体系结构提出变革性的要求,因而出现了世界各国竞相研制智能机的热潮,如能高效实现 LISP 程序语言的 Symbolic 系列机、Explorer 机等。这些智能机基本上属于单用户、工作站级 LISP 机,具有较强的符号处理能力。日本以 PROLOG 语言为核心研制成一种称为个人顺序推理 (PSI) 的智能机。我国在高技术领域已开展了许多有关智能计算机的基础性应用研究,跟踪国际高技术发展的前沿,进入智能计算机研制的行列。

智能机通常由三个子系统组成,它们是:

- 问题求解和推理子系统,
- 知识库子系统,
- 智能接口子系统。

预计在不久的将来,单机性能可达 10 亿 LIPS, 数据库容量达 10 亿信息组。