

国家科普知识重点图书

高新技术科普丛书

人工智能

戴汝为

主编

化学工业出版社

8-49

国家科普知识重点图书

高新技术科普丛书

人 工 智 能

戴汝为 主编

化学工业出版社

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

人工智能/戴汝为主编. —北京: 化学工业出版社,
2002.1
(高新技术科普丛书)
ISBN 7-5025-3553-5

I. 人… II. 戴… III. 人工智能-普及读物
IV. TP18-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 090526 号

高新技术科普丛书

人 工 智 能

戴汝为 主编

总 策 划: 陈逢阳 周伟斌

特邀策划: 赵 萱

责任编辑: 刘 哲 周国庆

责任校对: 郑 捷

封面设计: 田彦文

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 4 $\frac{3}{4}$ 字数 117 千字

2002 年 1 月第 1 版 2002 年 3 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-5025-3553-5/TP·303

定 价: 10.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

数万年来，人类一直在了解、开发、利用我们周围的自然界，同时不断地认识着自身，科学技术也从一开始就随着人类的生存需求而产生和发展着。人类发展史充分验证了邓小平“科学技术是第一生产力”的论断。科学技术的发展，促进了人类文明和社会的发展。

21世纪是信息时代，21世纪是生命科技的世纪，21世纪是新材料和先进制造技术迅速发展和广泛应用的时代，21世纪是高效、洁净和安全利用新能源的时代，21世纪是人类向空间、海洋、地球内部不断拓展的世纪，21世纪是自然科学发生重大变革、取得突破性进展的时代。科学技术的发展、新技术的不断涌现，必将引起新的产业革命，对我国这样的发展中国家来说，既是挑战，也是机遇，而能否抓住发展机遇，关键在于提高全民族的科学文化水平，造就一支具有科学精神、懂得科学方法、具有知识创新和技术创新能力的高素质劳动者队伍。所以，发展教育和普及科学知识、弘扬科学精神、提倡科学方法是我们应对世纪挑战的首要策略。为此，1999年8月，江总书记在视察中国科学院大连化学物理研究所时进一步强调了科普工作的重要性：“在加强科技进步和创新的同时，我们应该大力加强全社会的科学普及工作，努力提高全民族的科学文化素质。这项工作做好了，就可以为科技进步和创新提供广泛的群众基础。”

为了普及和推广高新技术，化学工业出版社组织几位两院院士和专家编写了《高新技术科普丛书》。本套丛书的特点是：介绍当今科学产业中的一些高新技术原理、特点、重要地位、应用及产业化的现状与发展前景；突出“新”，介绍的新技术、新理论和新方法不仅经实践证明是成熟、可靠的，而且是有应用前景的实用技

术；力求深入浅出，图文并茂，知识性、科学性与通俗性、可读性及趣味性的统一，并充分体现科学思想和科学精神对开拓创新的重要作用。

《高新技术科普丛书》涉及与我国经济和社会可持续发展密切相关的高新技术，第一批9个分册包括绿色化学与化工、基因工程技术、纳米技术、高效环境友好的发电方式——燃料电池、最新分离技术（如超临界流体萃取、吸附分离技术、膜技术）、化学激光、生物农药等。本套丛书以后还将陆续组织出版多种高新技术分册。相信该套科普丛书对宣传普及科技知识、科学方法和科学精神，正确地理解、掌握科学，提高全民族的素质将会起到积极的作用。

洛有祥

2000年9月

前 言

多少年来，人类一直探索着自身智能及思维的秘密，西方自亚里斯多德、柏拉图起，以逻辑为武器，研究人的思维过程及智能活动。虽然人们也试图使用各种材料建造 Robot（机器人），但由于对人类大脑活动知之甚少，加上物理模拟设备的缺乏，这些努力都没有成功。直到 20 世纪 40 年代电子计算机的诞生，人类终于找到了模拟智能与思维过程的有效武器，从而导致 20 世纪 50 年代中期诞生了“人工智能”这门学科。

作为一门新兴学科，人工智能的研究从开始起就充满了不同的观点与争论，研究者来自不同的领域，如哲学、数学、心理学、生理学、自动控制、计算机科学等等，采用不同的研究路线与方法，其结果亦不尽相同，甚至大相径庭，当然这也反应了人工智能研究的生机勃勃及灿烂的未来。

要想全面反映人工智能的所有研究成果，可能需要一个很大的编写计划才能完成。在本书中，我们摘取了人工智能的部分研究，一方面反映人工智能研究中最成功的部分，如知识工程研究及应用；另一方面反映人工智能研究中最活跃的部分，如适应性智能系统、面向互联网的知识服务系统、智能机器人研究等等。另外本书扼要地介绍了近年来中国科学家对人工智能的思考与研究，提出了研制智能系统“人-机结合”、“从定性到定量的综合集成”的研究方法与路线，这些工作反映了国内对智能与思维过程研究的最新成果。

本书第 1 章、第 4 章和第 8 章由戴汝为、郝宏编写，第 2 章、第 3 章和第 6 章由杨一平编写，第 5 章由熊范伦编写，第 7 章由谭

民、王硕编写。

由于编写过程比较匆忙，书中难免有错误或不当的地方，欢迎广大读者批评指正。

编者

2001年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 人工智能的意义	1
1.2 AI 系统与控制系统的发展	4
1.3 多种模型的集成与综合集成	10
1.3.1 基于逻辑的心理模型	11
1.3.2 神经网络模型	14
1.3.3 定性物理模型	15
1.3.4 可视知识模型	17
1.4 思维与智能模拟	19
第 2 章 基于规则的知识系统	22
2.1 起源	22
2.2 基于规则的系统框架	23
2.3 规则表达	24
2.4 知识获取	26
2.5 推理机	27
2.5.1 搜索策略	27
2.5.2 验证机制	27
2.6 不确定性推理	28
2.6.1 概率决策	29
2.6.2 模糊推理	30
2.6.3 可信度计算	30
第 3 章 人工神经网络及其应用	32
3.1 神经生理学基础	32
3.2 人工神经网络的基本原理	33
3.3 几种典型的模型及其应用	36
3.3.1 Hopfield 网络	36
3.3.2 反向传播 BP 模型	39

3.3.3 自适应共振理论 ART 模型	42
3.4 人工智能应用举例——连接主义与知识工程	43
第 4 章 适应性智能系统	47
4.1 人工智能发展的几个阶段	47
4.2 智能系统及其应用	53
4.3 智能控制在交通、家居、楼宇方面的应用	55
4.3.1 智能交通	55
4.3.2 智能家居	59
4.3.3 智能楼宇	63
第 5 章 农业专家系统及其应用	67
5.1 农业信息化发展概况	67
5.1.1 国际农业信息技术发展概况	67
5.1.2 我国农业信息技术发展概况	68
5.2 专家系统技术在农业领域的应用	69
5.2.1 专家系统技术概述	70
5.2.2 农业专家系统发展概况	72
5.3 农业专家系统对我国农业发展的重要作用	76
第 6 章 知识管理与知识服务	79
6.1 概述	79
6.2 知识管理的发展历程	80
6.3 知识管理的现状	81
6.3.1 IBM Lotus 的知识管理解决方案	82
6.3.2 Microsoft 的知识管理方案	83
6.3.3 清华同方的知识管理方案	83
6.4 研究方向与对策	84
6.5 概念和概念网络	86
6.5.1 作为知识核心的概念网络	86
6.5.2 概念网络如何应用于知识管理	87
第 7 章 智能机器人	89
7.1 智能机器人的感知	90
7.1.1 信息收集	90
7.1.2 多传感器信息融合	92
7.1.3 机器人视觉	92

7.1.4 机器人语言理解	94
7.2 智能机器人的决策	95
7.2.1 智能机器人的规划	95
7.2.2 典型的机器人规划系统	97
7.3 智能机器人的动作	98
7.3.1 智能机器人的控制	98
7.3.2 智能机器人的语音与表情	103
7.4 智能机器人的交互	104
7.4.1 多机器人系统	104
7.4.2 多机器人仿真实验典型系统	106
第8章 人机结合的智能系统	110
8.1 计算机的特长与不足	110
8.2 人的心智 (human mind) 的作用	111
8.3 集成型模式识别系统的设计	114
8.4 人机结合的互联网系统	120
参考文献	135

第 1 章 绪 论

1.1 人工智能的意义

人是“万物之灵”，人类通过长期的活动与进化，由最初像动物一样在地上爬行，经过多年的进化而站立起来，会使用工具，有了一个发达的大脑，成为万物之灵。人灵就灵在有“智能”，当他遇到问题和困难时具有适应的本领，能想方设法地加以解决。“智能”一词对应的英文是“intelligence”，在大陆译为“智能”，在台湾译为“智慧”。要给出 intelligence 的确切定义是很难的事。尽管如此，国内外科技界有这样一种看法：物质的本质、宇宙起源、生命本质以及智能的涌现是科技界关注的四大基本问题。迄今为止，人类虽然可以把人造卫星与航天飞机送入太空，但对于人脑的机理，以及人的思维与智能有关的问题还有待做进一步的研究。

20 世纪 40 年代电子数字计算机（电脑）问世以来，人们对电脑的发展十分关注。计算机出现的初期，只是围绕着科学问题的数字计算，但它具有十分巨大的潜在功能，逐渐发展到数据处理、符号处理、图像语言等模式信息处理，并渗透到社会经济的管理，以及用于各行各业。在计算机技术突飞猛进地发展时期，人们自然会考虑到，在人类进化的过程中，从猿进化到人，最初的人与动物不同之处是会使用工具，而且在用各种机械装置及其机器代替体力劳动职能方面已经获得了成功，那么是否有可能用计算机来代替人的脑力劳动的部分职能，用计算机模拟思维，从而复制思维，产生智能行为。如果能够做到，那么脑力劳动的一部分职能就可以通过计算机来替代了，这具有重要的意义，十分吸引人。

关于智能的研究，可以说有两个大的方面。一是关于人的智能的探讨与研究，这是自古以来哲学家所关注的主要问题。西方所积

极提倡的认知科学 (Cognitive Science) 就是研究人的智能的一门学问。但是对于认知科学, 国内外均有不同的看法。在我国, 由著名科学家钱学森倡导, 于 20 世纪 80 年代初, 开展了思维科学 (Noetic Science) 的研究, 并认为思维科学研究的突破口是形象思维 (直感) 的研究。另一方面, 就是用计算机来实现智能行为的研究。由于社会的需求与科技的发展, 呼唤着一个新学科的诞生。19 世纪以来, 数理逻辑、控制论、信息论、仿生学、心理学、计算机等科学技术的发展, 为一个新学科的诞生准备了思想、理论和物质基础。在这一背景下, 1956 年由美国的一些科学家, 包括心理学家、数学家、计算机科学家、信息论专家等在美国 Dartmouth 大学举办夏季讨论会, 正式提出了人工智能 (Artificial Intelligence, 简称 AI) 这一新兴学科, 开始了具有真正意义的人工智能的研究。顾名思义, 便是尽可能地用机器体现或模拟人的智能行为, 并且希望, 通过在这方面的努力, 最终有可能改善并超出人的能力。人的智能与机器智能两方面的研究很难截然分开, 两者往往交叉进行。

1993 年在美国首都华盛顿, 由美国基金会组织了 30 个大学约 100 多个专家, 举行了一次有关认知科学教育的会议。会上对于认知科学究竟研究什么有一致的看法: “认知科学是研究人的智能、其他动物的智能及人造系统的智能的一门基础科学”。认知的内容大致包括: 感知 (perception), 学习 (learning), 记忆 (memory), 知识 (knowledge), 语义 (meaning), 推理 (reasoning), 语言 (language), 注意 (attention), 意识 (consciousness) 及思维 (thinking) 等。由于这门科学具有多学科交叉的性质, 人们分别从计算机科学、心理学、神经科学、数学 (逻辑)、语言学、哲学等不同的领域进行有关的研究。认知科学与人工智能的研究两者并行地在开展。

从技术的角度看, 人工智能要解决的问题是如何使计算机表现出智能, 使计算机能更灵活、更有效地为人们服务。只要计算机能体现出与人类相似的智能行为, 就算达到目的, 而不在于计算机的

工作过程是否与人脑在完成同一任务时的工作机制相一致。从这种观点出发，人工智能就可以解释为“使计算机去做那些原来需要人的智能才能完成的任务”，特别是指那些至今人们还不知道怎样用计算机去解决的问题。可以说，大多数工程技术人员都持这种观点。

除上述观点外，人工智能领域中的心理学家、语言学家则倾向于将着眼点放在用计算机程序去复现人脑在完成同一任务时的内部状态上。他们强调首先要了解人脑活动的机制，认为只有在对人脑的工作机制有了足够了解的基础上，才有可能用计算机去复现它。还有一部分人则侧重于理解形成智能的原理，分析人类智能的特点，并设法在机器上予以实现。由于大家的研究内容和侧重点各不相同，因此对人工智能的认识产生差异是不可避免的。但他们又是相互补充、相辅相成的，从而共同构成了 AI 丰富多彩的研究层次和多样化的研究工作。

如果加以分析，传统 AI 观点的中心思想之一是 20 世纪 70 年代末，由纽威尔 (A.Newell) 和司马贺等首先阐明的一个假设 (假设是根据经验、直感或猜想提出的一种论点，不能加以证明，但通过实践，承认它的正确性)，这个假设表达为下面的说法：任何一个系统，如果它能表现出智能，它必须能执行下述 6 种功能。①输入符号；②输出符号；③存储符号；④复制符号；⑤建立符号结构；⑥条件性转移。反之如果任何一个系统，它具有上述 6 种功能，它就能表现出智能。这个称为“物理符号系统的假设”，仔细加以琢磨，是从数字计算机进行概括而得到的。大量传统的人工智能工作就是在这个假设的推动下进行有关符号系统典型性质的研究。以此为基础发展了许多种类的专家系统，形成了“知识工程”领域。

在这段时期里，人们对人工智能的发展前途充满信心，各种各样的专家系统在工程、医疗卫生和服务等行业得到实际应用，人工智能研究经费充足，以经营人工智能产品为业的公司纷纷成立，AI 研究人员猛增，比如出席国际人工智能会议的人数高达 5000~

6000人之众，人工智能界一派乐观情绪。在这种情绪支配下，20世纪80年代初，美国、欧洲和日本都先后制订了一批针对AI的大型项目，其目的是实现人工智能的进一步突破。其中大家熟知的有日本的五代机计划和美国的自主越野车辆ALV计划等。

可惜，这些计划多数执行到20世纪80年代中期，就面临了重重的困难。进一步分析便发现，这些困难不只是个别项目的制订问题，而是涉及人工智能研究的根本性问题。总的来讲，是两个根本性问题。一是所谓交叉问题（interaction），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。因此根据这种模型建造的人工智能系统就出现了另一个问题，所谓扩展问题（scaling up），即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。日本五代机计划的不成功，其原因也在于此。正是由于这两个基本的问题以及其他的困难，使AI研究进入了低谷。

但是，当人们进行了比较深入的工作，发现“智能的复制”所遇到的困难远远超过了原先的想像，而且如果加以反思，以逻辑为基础，用计算机“复制智能”的传统人工智能的途径是否得当，也值得讨论。

1.2 AI系统与控制系统的发展

在人工智能（AI）研究方面，Turing被后人尊为人工智能思想的奠基人。他的贡献在于对机器智能的描述，提出把基于离散量的递归函数作为智能描述的基础。另外，他提出了著名的Turing实验，给出了测试机器是否具有智能的基于行为主义的标准。

早期的研究在用计算机证明数学定理、研制出具有学习功能的下棋程序、把人工智能的研究结果用于解决困难的数学问题等方面取得了一些成就，这些成就使人倍受鼓舞，以至于对人工智能的发展作了过分乐观的估计。1958年有的人工智能专家充满自信地预计：用不了10年，计算机将要成为世界象棋冠军；用不了10年，

计算机将要发现和证明重要的数学定理；用不了10年，在计算机上将形成大多数的心理学理论。他们甚至于还预测：按发展趋势，20世纪80年代将是全面实现人工智能的时代；到了2000年，机器的智能将会超过人了……。然而人工智能研究的实践所给出的回答使人们的头脑冷静下来。实际的情况是从60年代到70年代，人工智能取得的成果远远达不到专家们的美好愿望。但是在缓慢的进程中也结出了一些成果，其中知识工程所取得的成就最使人工智能研究引以自豪。

知识工程与通常人们所说的构建专家咨询系统，即以专家水平进行诊断与咨询的计算机软件，只是说法的不同。知识工程的历史是以1969年美国著名的科技专家Feigenbaum公布第一个专家系统DENDRAL开始的。进而他在1977年国际人工智能联合会议上综合阐述了许多AI科技人员对AI研究的新观点，大体概括为：知识工程师所实践的技术是把人工智能研究中产生的原理和工具用到需要专家知识解决的那些应用难题上；获取知识，表达知识，并适当地应用知识来构造和说明推理路线等技术问题，是知识库系统设计中的一些重要问题；构造智能媒介这种技术是程序设计技术的一部分，也是它的扩充，用大量的知识来表达和推理也是编制复杂的计算机程序的技术。这改变了以往认为几个推理定律再加上强大的计算机就会产生专家和超人的性能这一起主导作用的信念，使人们认识到，用以往所遵循的“通用的求解策略”这一能力有限的方法来解决很复杂的问题，实在是难以达到目的，需要转向狭隘定义的应用问题。专家系统就是研究利用针对某个专门问题的专家的知识，建立人机系统来进行问题求解。专家的能力涉及专家两个方面的知识，即公开的知识和个人所掌握的经验性的知识。公开的知识包括事实和专业中的理论等，这种知识往往记录在教科书和参考书中；专家所掌握的知识指的是专家通过实践获得的经验知识，称为启发式(heuristic)知识。这种知识是专家区别于非专家的标志所在，能使专家在必要时作出猜测，辨别有希望的解决途径，并能有效地处理错误或不完全的数据。可以说专家经验性的知识是专家能

力的关键所在，专家系统或知识系统的威力是从它所处理的知识中产生的。

回顾电脑博弈的研究历史，尽管困难重重，但几十年来却是在一步一个脚印地向前迈进，学术界对此给予了很大的关注。1980年，麻省理工学院的计算机科学家为促进电脑弈棋的研究，在卡内基·梅隆大学设立了一笔总数为10万美元的奖项。这一奖项的颁发过程，直观地显示出这项研究的发展。

1996年2月10日至17日，为了纪念世界上第一台电子计算机诞生50周年，著名的计算机公司IBM出巨资邀请国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫与IBM的“深蓝”系统在美国费城举行六局大赛。这场比赛被人们称做是“人脑与电脑的世界决战”。参赛的双方分别代表了人脑和电脑的最高水平。卡斯帕罗夫是国际象棋史上最杰出的高手，他也被誉为世界上最聪明的人。了解他的棋迷说，卡斯帕罗夫在这个世界上没有敌手，只有上帝才能赢他。而当时的“深蓝”是一台运算速度达每秒1亿次的超级计算机。人机相遇，第一盘“深蓝”就给卡斯帕罗夫来了个下马威，战胜了这位世界冠军，给世界棋坛以极大的震动。但卡斯帕罗夫以后总结经验，稳扎稳打，在剩下的五盘中赢三盘，平两盘，最后以总比分4:2获胜。虽然在那场比赛中“深蓝”第一盘的胜利最终也是唯一的一盘胜利，但它却使这位棋王产生了“这台机器偶尔也会有智能”的感觉。

IBM并未就此罢休，一年后，即1997年5月3日至11日，“深蓝”再次挑战卡斯帕罗夫，这时的“深蓝”已不同往年，其运算速度又提高了一倍，达每秒2亿次。赛前，一位权威人士认为，“深蓝”的运算速度必须达到每秒10亿次，要达到这样的速度，还需要几年时间。但“深蓝”的主设计师们却对“深蓝”的获胜充满了信心。人机大战又一次吸引了世人的关注。5月3日，卡斯帕罗夫首战击败“深蓝”，5月4日，“深蓝”扳回一盘，之后双方三、四、五局均握手言和。至此，“深蓝”精湛的残局战略使观战的国际象棋专家们大为惊讶。卡斯帕罗夫本人也表示：“这场比赛中有许多新发现，其中之一便是计算机有时也可以走出人性化的棋步。

在一定程度上，我不能不赞扬这部机器，因为它对盘势因素有着深刻的理解，我认为这是一项杰出的科学成就”。双方的决胜局于5月11日拉开了战幕，卡斯帕罗夫在这盘比赛中仅仅走了19步便放弃了抵抗，比赛用时只有1小时多一点。这样“深蓝”便以3.5比2.5的总比分赢得了这场人机大战的最终胜利。

“深蓝”的胜利令举世震惊，它表明了人工智能所达到的成就。“深蓝”的获胜得益于它强大的运算功能和海量的存储空间。“深蓝”是一台拥有32个处理器和强大并行计算能力的RS/6000SP/2超级计算机，其运算速度达每秒2亿次。它存储了百余年来世界顶尖棋手的棋局。尽管它的棋路还远非真正的对人类思维方式的模拟，但它已经向世人说明，电脑能够以人类远远不能企及的速度和准确性实现原来是属于人类思维独霸领域的大量任务。我们对于机器在体力方面超自己早已司空见惯，它并不会引起我们的紧张，机器能使我们实现过去在脑力上从未可能的事，这使得我们有所考虑，因为能够进行思维，那是人类的特权，正是思维的能力，使我们超越了体力上的限制，并因此获得了比其他物种更加骄傲的成就。

所以国际象棋人机大战这件事情的科学意义在于：计算机技术取得了巨大的进展，人们看到今后可以通过人脑与电脑协同工作，以人机结合的方式，为解决十分复杂的问题（例如社会经济领域中的重大决策问题，天气预报等极其复杂的问题），寻找到了最佳途径。

由于把着重点放在解决狭隘定义的应用问题，科技人员研制开发了大量的、各式各样的专家系统和决策系统。在国内，这门工程技术近10年才发展起来，已经取得了较大进展。

在人工智能系统发展的过程中，控制系统的研究也在进行，控制系统的发展大致可以概括为三个阶段。

由于空间技术的需要以及计算机技术的发展而导致用数字计算机构建数学模型的需求，出现了现代控制理论。应该说现代控制理论是1960年至今自动控制系统与理论获得进展的一个重要标志。现代控制理论曾经在运动物体的控制等一些领域（突出的例子是空