



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



北京市高等教育精品教材立项项目

人工智能原理及其应用

(第2版)

王万森 编著

计算机学科教学计划



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



北京市高等教育精品教材立项项目

人工智能原理及其应用



王万森 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材和北京市精品教材立项项目,本次修订对第1版内容进行了大量调整与更新,既系统地阐述了人工智能的基本原理、方法和技术,又全面地反映了国内外人工智能领域的最新进展。本书共10章,除第1章人工智能概述外,其余内容可划分为四大部分。第一部分为确定性人工智能的三大基本技术,包括第2,3,4章的知识表示、确定性推理和搜索策略。第二部分为计算智能和不确定性人工智能,包括第5,6章的计算智能和不确定性推理。第三部分为人工智能的两个重要研究领域,包括第7,8章的机器学习和自然语言理解。第四部分为人工智能的两个重要应用技术,包括第9,10章的分布智能和先进专家系统。此外,还新增了人工智能实验,放在附录中。本书还为任课教师免费提供电子课件及部分习题解答。

本书可作为高等院校计算机、自动化、通信、电子信息、信息管理、智能科学技术及其他相关学科专业的本科高年级学生和研究生教材,也可供从事相关领域研究、开发和应用的科技工作者参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能原理及其应用/王万森编著. —2版. —北京:电子工业出版社,2007.1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-121-03730-6

I. 人… II. 王… III. 人工智能—高等学校—教材 IV. TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第165011号

责任编辑:何 雄

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:三河市万和装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:499千字

印 次:2007年1月第1次印刷

印 数:5000册 定价:26.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010)68279077;邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序 言

中国人工智能学会教育工作委员会主任王万森教授在多年从事人工智能教学与科研工作的基础上,编著了《人工智能原理及其应用》,受到了广大读者的欢迎。该教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材和北京市高等教育精品教材立项项目。

“人工智能”学科经过半个世纪的光辉而艰巨的历程,已从传统的、基于符号智能的“狭义人工智能”,发展成为现代的,兼容符号智能、计算智能、集成智能、分布智能的“广义人工智能”,为智能科学技术的发展及应用,提供了广阔的理论、方法和技术基础。

《人工智能原理及其应用(第2版)》基于“广义人工智能”的概念,对第1版进行了重要的修订和补充,既系统地阐述了人工智能的原理、方法和技术,又全面地反映了国内外人工智能的最新进展。既是高等学校的人工智能课程的精品教材,又可供从事“智能化”工作的广大读者自学参考。因此,该书的出版将为广义人工智能的普及和智能科学技术的发展做出积极贡献。

为表祝贺,特赋诗一首:

人 工 智 能 好 教 材
广 义 智 能 容 各 派
分 布 智 能 多 智 体
智 能 科 技 新 时 代

中国人工智能学会荣誉理事长

涂序彦

2006年11月

第 2 版前言

自 1956 年 6 月达特茅斯会议以来,人工智能走过了 50 年的光辉历程。它所取得的辉煌成就,对科学技术进步和人类社会文明做出了巨大的贡献。人工智能的目标是要用机器去模拟、延伸和扩展人类的智能,其前景诱人,但又任重而道远。

目前,对人工智能存在着狭义和广义两种观点。狭义人工智能通常是指以符号智能为主体的传统人工智能。广义人工智能通常是指包含符号智能、计算智能、集成智能和分布智能等在内的智能科学技术。本书主要基于广义人工智能的概念。

本书为第 2 版,与第 1 版相比,主要改动如下:

(1) 删除了第 1 版第 10 章智能决策支持系统,把第 1 版第 9 章专家系统更新为第 2 版第 10 章先进专家系统,新增了第 2 版第 9 章分布智能。

(2) 撤销了第 1 版第 7 章神经网络及联结学习,将第 1 版第 4,5,6 章分别变更为第 2 版第 6,4,7 章,新增了第 2 版第 5 章计算智能。其中,第 5 章计算智能包括新编的进化计算,由第 1 版第 7 章并入和改写的神经计算,以及由第 1 版第 4 章不确定性推理中并入和改写的模糊计算。

(3) 删除了第 1 版第 6 章机器学习中的指导式学习、观察与发现学习和类比学习,在第 2 版第 7 章机器学习中增加了由第 1 版第 7 章并入和改写的联结学习和新编的决策树学习。此外,还删除了传统人工智能的一些内容。例如,脚本知识表示和面向对象知识表示,海伯伦理论等。

(4) 压缩了一些符号人工智能的内容,例如,正向、逆向、双向、混合推理的算法描述,鲁滨逊归结原理的理论证明,以及状态空间的盲目搜索算法的说明等。

(5) 新增了人工智能实验,放在附录中。

(6) 根据人工智能的最新进展重写了第 1 章,引入了智能科学与技术的概念。

本书仍为 10 章。

第 1 章为人工智能概述,主要讨论了人工智能的定义、形成过程、研究内容、学派之争、应用领域和发展趋势等,目的是先建立起人工智能的初步概念。

第 2 章到第 4 章为确定性人工智能的三大基本技术,包括第 2 章的知识表示方法、第 3 章的确定性推理和第 4 章的搜索策略。

第 5 章为计算智能,包括神经计算、进化计算和模糊计算,这些内容不仅体现了人工智能的新思想,同时也为后面的不确定性推理和联结学习奠定了基础。

第 6 章为不确定性推理,它反映的是不确定性人工智能的思想。

第 7 章为机器学习,包括符号学习和联结学习。

第 8 章为自然语言理解,主要讨论书面语言的理解问题。

第 9 章为分布智能,主要体现的是群体智能和分布智能的思想,包括多 Agent 技术和移动 Agent 技术。

第 10 章为先进专家系统,包括模糊专家系统、神经网络专家系统、基于 Web 的专家系统、分布式专家系统和协同式专家系统。

本书第 1 版发行之,深受众多读者的厚爱,先后印刷 9 次,印量达 3.5 万册。在此,谨向

所有读者致谢。同时,本书先后被评为北京市高等教育精品教材立项项目和普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在此,也向所有关心和支持过本教材建设的专家和工作人员表示感谢。

本书吸取了众多国内外同行在其报告、演讲、专著、教材和论文中的精华。在此,谨向这些专家和作者表示感谢。

本书承蒙中国人工智能学会荣誉理事长、北京科技大学涂序彦教授作序,在此深表谢意。马献英副编审和温绍洁硕士精心地校对了全部书稿,在此也向她们深致谢意。从本书第1版的出版到这次改版,都得到了电子工业出版社的大力支持,在此也表示诚挚的谢意。

人工智能是一门正在快速发展的年轻学科,它的研究和应用领域十分宽广,对其中的不少问题,作者还缺乏深入研究,再加上作者水平有限、时间仓促,书中难免存在一些缺点和错误,恳请各位专家和读者不吝指教。

作者的 E-mail:wwsai2@126.com。

本书免费为选用本书的任课教师提供电子课件和部分习题解答,书后所给实验也有一些辅助资料,这些均可从华信教育资源网(www.hxedu.com.cn 或 www.huaxin.edu.cn)上获得。

王万森

2006年11月于北京

第 1 版前言

随着信息社会和知识经济时代的来临,信息正在以前所未有的速度膨胀。面对浩如烟海的庞大信息资源,人类的自然智能越来越显得难于驾驭。如何用人造的智能去模仿和扩展人类的自然智能,实现信息的智能化处理,是信息社会所面临的一个重大课题。

人工智能作为一门研究机器智能的学科,其目的是要用人工的方法和技术,研制智能机器或智能系统,来模仿、延伸和扩展人的智能。因此,它是人类迈向信息社会、迎接知识经济挑战所必须具备的一项核心技术。

信息社会对智能的巨大需求是人工智能发展的强大动力。人工智能自 1956 年问世以来,已经取得了引人瞩目的成就,形成了专家系统、机器学习、自然语言理解、人工神经网络、智能决策支持系统等诸多研究和应用领域。尤其是近几年来,随着计算机网络、Internet、多媒体、分布式人工智能和开放分布式环境下的多 Agent 协同工作等计算机主流技术的兴起,人工智能又迎来了一个蓬勃发展的新时期。

由于人类对大脑的认识尚处于探索阶段,人类智能的奥秘还远未彻底揭示,因此,研究人类智能的机理,用机器代替人脑,还任重而道远。

全书共分 10 章。第 1 章介绍了人工智能的基本概念、研究领域、学派之争及发展趋势;第 2 章讨论了知识表示的基本概念和各种确定性知识表示方法;第 3 章讨论了推理的基本概念及归结、演绎等确定性推理方法;第 4 章讨论了不确定性推理的有关概念及各种不确定性的表示和推理方法;第 5 章讨论了搜索的基本概念和状态空间、与/或树的各种搜索算法;第 6 章讨论了机器学习的基本概念和各种符号学习方法;第 7 章讨论了人工神经网络的概念和各种联结学习方法;第 8 章讨论了自然语言理解的基本概念和分析方法;第 9 章介绍了人工智能的一个重要应用领域,即专家系统,它目前正在从集中、封闭模式向分布、开放模式发展;第 10 章介绍了人工智能的另一个重要应用领域,即智能决策支持系统,它是目前迅速兴起的网络商务中的一项重要技术,有着广阔的应用前景。

本书的内容安排既符合国家学位委员会 1998 年 11 月颁发的《同等学力人员申请硕士学位计算机科学与技术学科综合水平全国统一考试大纲及指南》中的“人工智能考试大纲”的要求,也充分考虑了人工智能学科的整体结构和最新研究进展。

本书是作者在多年人工智能教学的基础上形成的。作为一本教科书,它既包含了作者的研究与教学实践,也吸取了国内外同类教材和有关文献中的精华。在此,谨向这些教材和文献的作者表示感谢。

在本书的编写、出版过程中,得到了电子工业出版社的大力支持,在此谨表示诚挚的谢意。

由于作者水平所限,加之时间仓促,书中难免存在一些缺点和错误,恳请各位专家和读者不吝指教。

王万森

2000 年 3 月于北京

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 人工智能概述	(1)
1.1 人工智能的定义及其研究目标	(1)
1.1.1 人工智能的定义	(1)
1.1.2 人工智能的研究目标	(3)
1.2 人工智能的产生与发展	(4)
1.2.1 孕育期	(4)
1.2.2 形成期	(4)
1.2.3 知识应用期	(5)
1.2.4 从学派分立走向综合	(7)
1.2.5 智能科学技术学科的兴起	(8)
1.3 人工智能研究的基本内容	(8)
1.3.1 与脑科学和认知科学的交叉研究	(8)
1.3.2 智能模拟的方法和技术研究	(9)
1.4 人工智能研究中的不同学派	(10)
1.4.1 符号主义	(10)
1.4.2 联结主义	(11)
1.4.3 行为主义	(11)
1.5 人工智能的研究和应用领域	(12)
1.5.1 机器思维	(12)
1.5.2 机器感知	(13)
1.5.3 机器行为	(15)
1.5.4 计算智能	(17)
1.5.5 机器学习	(18)
1.5.6 分布智能	(19)
1.5.7 智能系统	(19)
1.5.8 人工心理与人工情感	(20)
1.5.9 人工生命	(20)
1.5.10 人工智能的典型应用	(21)
1.6 人工智能近期发展分析	(22)
习题 1	(23)
第 2 章 知识表示方法	(24)
2.1 知识表示的基本概念	(24)
2.1.1 知识	(24)
2.1.2 知识表示	(26)
2.2 一阶谓词逻辑表示法	(27)
2.2.1 一阶谓词逻辑表示的逻辑基础	(28)

2.2.2	谓词逻辑表示方法	(31)
2.2.3	谓词逻辑表示的应用	(31)
2.2.4	谓词逻辑表示的特性	(34)
2.3	产生式表示法	(35)
2.3.1	产生式表示的基本方法	(35)
2.3.2	产生式系统的基本结构及过程	(37)
2.3.3	产生式系统的基本过程	(39)
2.3.4	产生式系统的控制策略	(39)
2.3.5	产生式系统的类型	(40)
2.3.6	产生式系统的特点	(42)
2.4	语义网络表示法	(43)
2.4.1	语义网络的基本概念	(43)
2.4.2	事物和概念的表示	(46)
2.4.3	情况和动作的表示	(48)
2.4.4	逻辑关系的表示	(49)
2.4.5	语义网络的推理过程	(51)
2.4.6	语义网络表示法的特征	(52)
2.5	框架表示法	(53)
2.5.1	框架理论	(53)
2.5.2	框架结构和框架表示	(53)
2.5.3	框架系统	(57)
2.5.4	框架系统的问题求解过程	(57)
2.5.5	框架表示法的特性	(59)
2.6	过程表示法	(60)
2.6.1	表示知识的方法	(60)
2.6.2	过程表示的问题求解过程	(60)
2.6.3	过程表示的特性	(61)
	习题 2	(62)
第 3 章	确定性推理	(64)
3.1	推理的基本概念	(64)
3.1.1	什么是推理	(64)
3.1.2	推理方法及其分类	(64)
3.1.3	推理的控制策略及其分类	(66)
3.1.4	正向推理	(67)
3.1.5	逆向推理	(68)
3.1.6	混合推理	(70)
3.2	推理的逻辑基础	(70)
3.2.1	谓词公式的解释	(70)
3.2.2	谓词公式的永真性与可满足性	(72)
3.2.3	谓词公式的等价性与永真蕴涵性	(72)

3.2.4	谓词公式的范式	(74)
3.2.5	置换与合一	(74)
3.3	自然演绎推理	(76)
3.4	归结演绎推理	(77)
3.4.1	子句集及其化简	(77)
3.4.2	鲁滨逊归结原理	(81)
3.4.3	归结演绎推理的归结策略	(87)
3.4.4	用归结反演求取问题的答案	(91)
3.5	基于规则的演绎推理	(92)
3.5.1	规则正向演绎推理	(93)
3.5.2	规则逆向演绎推理	(97)
	习题3	(99)
第4章	搜索策略	(102)
4.1	搜索的基本概念	(102)
4.1.1	搜索的含义	(102)
4.1.2	状态空间法	(102)
4.1.3	问题归约法	(106)
4.2	状态空间的盲目搜索	(109)
4.2.1	一般图搜索过程	(109)
4.2.2	广度优先和深度优先搜索	(111)
4.2.3	代价树搜索	(113)
4.3	状态空间的启发式搜索	(115)
4.3.1	启发性信息和估价函数	(115)
4.3.2	A 算法	(116)
4.3.3	A* 算法	(117)
4.3.4	A* 算法应用举例	(121)
4.4	与/或树的盲目搜索	(123)
4.4.1	与/或树的一般搜索	(123)
4.4.2	与/或树的广度优先和深度优先搜索	(123)
4.5	与/或树的启发式搜索	(125)
4.5.1	解树的代价与希望树	(125)
4.5.2	与/或树的启发式搜索过程	(126)
4.6	博弈树的启发式搜索	(128)
4.6.1	概述	(128)
4.6.2	极大极小过程	(129)
4.6.3	$\alpha\beta$ 剪枝	(130)
	习题4	(131)
第5章	计算智能	(134)
5.1	概述	(134)
5.1.1	什么是计算智能	(134)

5.1.2	计算智能的产生与发展	(134)
5.1.3	计算智能与人工智能的关系	(135)
5.2	神经计算	(135)
5.2.1	神经计算基础	(136)
5.2.2	人工神经网络的互联结构	(139)
5.2.3	人工神经网络的典型模型	(141)
5.3	进化计算	(145)
5.3.1	进化计算概述	(145)
5.3.2	遗传算法	(149)
5.4	模糊计算	(160)
5.4.1	模糊集及其运算	(161)
5.4.2	模糊关系及其运算	(163)
	习题 5	(165)
第 6 章	不确定性推理	(167)
6.1	不确定性推理的基本概念	(167)
6.1.1	不确定性推理的含义	(167)
6.1.2	不确定性推理的基本问题	(168)
6.1.3	不确定性推理的类型	(169)
6.2	不确定性推理的概率论基础	(170)
6.2.1	样本空间和随机事件	(170)
6.2.2	事件的概率	(170)
6.2.3	全概率公式和 Bayes 公式	(172)
6.3	确定性理论	(173)
6.3.1	可信度的概念	(173)
6.3.2	CF 模型	(173)
6.4	主观 Bayes 方法	(178)
6.4.1	知识不确定性的表示	(178)
6.4.2	证据不确定性的表示	(180)
6.4.3	组合证据不确定性的计算	(180)
6.4.4	不确定性的更新	(181)
6.4.5	结论不确定性的合成	(182)
6.5	证据理论	(184)
6.5.1	DS 理论的形式描述	(184)
6.5.2	证据理论的推理模型	(189)
6.5.3	推理实例	(193)
6.6	模糊推理	(196)
6.6.1	模糊知识表示	(196)
6.6.2	模糊概念的匹配	(197)
6.6.3	模糊推理	(199)
	习题 6	(203)

第 7 章 机器学习	(205)
7.1 机器学习的基本概念	(205)
7.1.1 学习和机器学习	(205)
7.1.2 机器学习的发展过程	(206)
7.1.3 学习系统	(207)
7.1.4 机器学习的主要策略	(209)
7.2 记忆学习	(209)
7.3 归纳学习	(210)
7.3.1 示例学习	(211)
7.3.2 决策树学习	(214)
7.4 解释学习	(218)
7.4.1 解释学习概述	(218)
7.4.2 解释学习的基本原理	(220)
7.4.3 解释学习的基本过程	(220)
7.4.4 领域知识的完善性	(222)
7.5 神经学习	(222)
7.5.1 神经学习的概念	(222)
7.5.2 感知器学习	(224)
7.5.3 BP 网络学习	(226)
7.5.4 Hopfield 网络学习	(229)
习题 7	(231)
第 8 章 自然语言理解	(232)
8.1 语言及其理解的基本概念	(232)
8.1.1 自然语言与自然语言理解	(232)
8.1.2 自然语言理解的研究任务	(233)
8.1.3 自然语言理解的发展	(233)
8.1.4 自然语言理解的层次	(234)
8.2 词法分析	(235)
8.3 句法分析	(236)
8.3.1 句法规则的表示方法	(236)
8.3.2 自顶向下与自底向上分析	(238)
8.3.3 扩充转移网络分析	(240)
8.4 语义分析	(242)
8.4.1 语义文法	(243)
8.4.2 格文法	(243)
8.5 自然语言的生成	(245)
8.6 自然语言理解系统的层次模型	(246)
习题 8	(247)
第 9 章 分布智能	(248)
9.1 分布智能概述	(248)

9.1.1	分布式问题求解	(248)
9.1.2	多 Agent 系统	(249)
9.2	Agent 的结构	(251)
9.2.1	Agent 的基本结构	(252)
9.2.2	反应 Agent 的结构	(252)
9.2.3	慎思 Agent 的结构	(252)
9.2.4	混合 Agent 的结构	(254)
9.3	Agent 通信	(254)
9.3.1	Agent 通信的基本问题	(255)
9.3.2	Agent 通信方式	(255)
9.3.3	Agent 通信语言 KQML	(256)
9.4	多 Agent 合作	(259)
9.4.1	Agent 的协调	(259)
9.4.2	Agent 的协作	(261)
9.4.3	Agent 的协商	(263)
9.4.4	多 Agent 应用示例	(264)
9.5	移动 Agent	(265)
9.5.1	移动 Agent 系统的一般结构	(265)
9.5.2	移动 Agent 的实现技术及应用	(266)
习题 9	(269)
第 10 章	先进专家系统	(270)
10.1	专家系统概述	(270)
10.1.1	专家系统的概念	(270)
10.1.2	先进专家系统的概念	(273)
10.1.3	专家系统的基本结构	(274)
10.2	基于规则和基于框架的专家系统	(276)
10.2.1	基于规则的专家系统	(276)
10.2.2	基于框架的专家系统	(277)
10.3	模糊专家系统和神经网络专家系统	(278)
10.3.1	模糊专家系统	(278)
10.3.2	神经网络专家系统	(279)
10.4	基于 Web 的专家系统	(281)
10.4.1	基于 Web 的专家系统的结构	(281)
10.4.2	基于 Web 的专家系统的开发	(282)
10.5	分布式和协同式专家系统	(282)
10.5.1	分布式专家系统	(282)
10.5.2	协同式专家系统	(283)
10.6	专家系统的开发	(284)
10.6.1	开发步骤	(284)
10.6.2	知识获取	(285)

10.6.3 开发工具与环境	(287)
习题 10	(289)
附录 A 人工智能实验	(291)
实验 1 基于 Web 的动物识别系统	(291)
实验 2 基于可信度的不确定性推理系统	(291)
实验 3 基于感知器学习算法的神经学习系统	(292)
实验 4 基于剪枝技术的一字棋博弈系统	(292)
参考文献	(294)

第1章 人工智能概述

人工智能(artificial intelligence, AI)从1956年6月达特茅斯(Dartmouth)会议诞生以来,已经走过了50年的历程。50年来,人工智能作为一门新兴的交叉学科,在快速发展的同时,其思想、理论、方法和技术已渗透到科学技术的诸多领域和人类生活的各个方面,各种冠以“智能”的学科、技术、系统、工程、产品等如雨后春笋般地涌现。“智能”这个具有无限潜力的学科,正在以其无穷的魅力推动着现代科学技术的发展和人类文明的进步。人工智能前景诱人,同时也任重而道远。

本章主要讨论人工智能的定义、形成过程、研究内容、不同学派、应用领域及发展趋势等,以建立起人工智能的初步概念。

1.1 人工智能的定义及其研究目标

人工智能是一门研究如何人工的方法去模拟和实现人类智能的学科。本节主要讨论其定义和研究目标。

1.1.1 人工智能的定义

到目前为止,人工智能还没有一个统一的形式化定义。出现这种现象的主要原因是因为人工智能的定义要依赖于智能的定义,而智能目前也没有一个严格的定义。尽管如此,为了能对人工智能的概念有所把握,下面我们从智能的概念谈起,以给出人工智能的解释性定义。

1. 什么是智能

智能主要是指人类的自然智能,其确切定义还有待于对人脑奥秘的彻底揭示。一般认为,智能是一种认识客观事物和运用知识解决问题的综合能力。下面仅就人们对智能的现有认识做几点说明。

(1) 认识智能的不同观点

人类在认识智能的过程中提出了许多不同的观点,其中最具代表性的观点有以下三种:

① 智能来源于思维活动。这种观点被称为思维理论。它强调思维的重要性,认为智能的核心是思维,人的一切智慧或智力都来自于大脑的思维活动,人的一切知识都是思维的产物,因而通过对思维规律与思维方法的研究,可望揭示智能的本质。

② 智能取决于可运用的知识。这种观点被称为知识阈值理论。它把智能定义为: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。知识阈值理论着重强调知识对智能的重要意义和作用,认为智能行为取决于知识的数量及其可运用的程度,一个系统所具有的可运用知识越多,其智能就会越高。

③ 智能可由逐步进化来实现。这种观点被称为进化理论。它是美国麻省理工学院(MIT)的布鲁克斯(R. A. Brooks)教授在对人造机器虫研究的基础上提出来的。他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,智能不需要知识、不需要表示、不需要推

理,智能可以由逐步进化来实现。

由于上述三种观点对智能的认识角度不同,有些看起来好像是相互对立的,但如果把它们放到智能的层次结构中去考虑,又是统一的。

(2) 智能的层次结构

人类的智能总体上可分为高、中、低三个层次,不同层次智能的活动由不同的神经系统来完成。其中,高层智能以大脑皮层为主,大脑皮层也称抑制中枢,主要完成记忆和思维等活动。中层智能以丘脑为主,丘脑也称感觉中枢,主要完成感知活动。低层智能以小脑、脊髓为主,主要完成动作反应。并且,智能的每个层次都可以再进行细分。例如,对思维活动可按思维的功能分为记忆、联想、推理、学习、识别、理解等,或按思维的特性分为形象思维、抽象思维、灵感思维等。对感知活动可按感知功能分为视觉、听觉、嗅觉、触觉等。对行为活动可按行为的功能分为运动控制、生理调节、语言生成等。

可见,上述不同观点中的思维理论和知识阈值理论对应于高层智能,而进化理论对应于中层智能和低层智能。

(3) 智能所包含的能力

智能是一种综合能力。具体地说,它包含的主要能力如下:

① 感知能力

感知能力是指人们通过感觉器官感知外部世界的能力。它是人类最基本的生理、心理现象,也是人类获取外界信息的基本途径。人类对感知到的外界信息,通常有两种不同的处理方式。一种是对简单或紧急情况,可不经大脑思索,直接由低层智能做出反应。另一种是对复杂情况,一定要经过大脑的思维,然后才能做出反应。

② 记忆与思维能力

记忆与思维是人脑最重要的功能,也是人类智能最主要的表现形式。记忆是对感知到的外界信息或由思维产生的内部知识的存储过程。思维是对所存储的信息或知识的本质属性、内部规律等的认识过程。人类基本的思维方式有形象思维、抽象思维和灵感思维。

抽象思维也称为逻辑思维,是一种基于抽象概念,根据逻辑规则对信息或知识进行处理的理性思维形式。例如,推理、证明、思考等活动。神经生理学认为,抽象思维是由左半脑实现的。

形象思维也称为直感思维,是一种基于形象概念,根据感性形象认识材料,对客观现象进行处理的一种思维方式。例如,视觉信息加工、图像或景物识别等。神经生理学认为,形象思维是由右半脑实现的。

灵感思维也称顿悟思维,是一种显意识与潜意识相互作用的思维方式。平常,人们在考虑问题时往往会因获得灵感而顿时开窍。这说明人脑在思维时除了那种能够感觉到的显意识在起作用外,还有一种感觉不到的潜意识在起作用,只不过人们意识不到而已。

③ 学习和自适应能力

学习是一个具有特定目的的知识获取过程。学习和自适应是人类的一种本能,一个人只有通过学习,才能增加知识、提高能力、适应环境。尽管不同人在学习方法、学习效果等方面有较大差异,但学习却是每个人都具有的一种基本能力。

④ 行为能力

行为能力是指人们对感知到的外界信息做出动作反应的能力。引起动作反应的信息可以由感知直接获得的外部信息,也可以是经思维加工后的内部信息。完成动作反应的过程,一