



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校计算机科学与技术系列教材

人工智能教程

张仰森 黄改娟 编著



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

主要内容

高等学校计算机科学与技术系列教材

人工智能教程

张仰森 黄改娟 编著

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书是作者结合计算机专业规范,并依据自己的教学实践,学习和吸纳前辈经验,经归纳、提炼和创新而形成的具有自己特色的教材。书中比较系统地介绍了人工智能的基本原理、方法和应用技术。

全书共分两篇,包括10章内容。第I篇为原理篇,主要论述知识表示、知识获取及知识运用三大问题,包括人工智能的基本概念及其发展状况、知识表示方法、确定性推理方法、不确定推理方法、状态空间搜索、机器学习等内容。第II篇为应用篇,介绍自然语言理解、专家系统、人工神经网络等研究领域,并在第10章对数据挖掘和主体技术等热点研究领域进行了介绍。每章都给出了大量的例题和习题,供学生练习使用。

本书的特色是简明、实用,逻辑性强,可读性好,教学生动手解题,符合当前素质教育的要求,让学生在有限的时间内,掌握人工智能的基本原理与应用技术,提高对人工智能习题的求解能力。

本书可作为高等学校计算机及相关专业高年级本科生和研究生人工智能课程教材,也可供从事人工智能研究和应用的科技工作者参考,还可供同等学力申请硕士学位人员以及参加其他考试的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能教程/张仰森,黄改娟编著. —北京:高等教育出版社,2008.3

ISBN 978-7-04-023261-5

I. 人… II. ①张…②黄… 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(2008)第015182号

策划编辑	刘艳	责任编辑	郭福生	封面设计	于文燕	责任绘图	尹莉
版式设计	马敬茹	责任校对	姜国萍	责任印制	宋克学		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 24.5
字 数 550 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracoco.com>
<http://www.landracoco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008年3月第1版
印 次 2008年3月第1次印刷
定 价 30.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 23261-00

前 言

人工智能是计算机科学的一个分支,它是当前科学技术中正在迅速发展,新思想、新观点、新理论和新技术不断涌现的一个学科,也是一门涉及数学、计算机科学、控制论、信息论、心理学和哲学等学科的交叉和边缘学科。自1956年首次提出人工智能这一术语以来,在50多年的时间内,人工智能的发展经历了不少争论、困难和挑战,但在研究者坚韧不拔的努力下,它还是不断发展壮大。它的诞生与发展成为20世纪最伟大的科学成就之一,也将在21世纪以信息技术为主导的网络和知识经济时代引起越来越多人的重视,并对推动科学技术的进步和发展发挥更大的作用。

随着人工智能重要性的日渐显现,为了提高学生的综合素质,培养学生创新能力,以适应网络经济时代的要求,国内外许多高等学校都在高年级本科生和研究生教育中开设了人工智能课程,以便学生掌握人工智能的基本原理与应用技术。1999年,国务院学位委员会办公室更是将人工智能列为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考试的选考科目之一。

本书是作者在自己的科研与教学实践基础上,吸收国内外多种人工智能教材的优点以及最新的研究成果编写而成。在编写过程中力求做到以下几点。

可读性 在内容安排上力求由浅入深,循序渐进,逻辑严谨,前呼后应;在语言表达方面,力求通俗易懂,文笔流畅,通过大量的实例说明难以理解的概念、方法和解题步骤,使读者易于理解所学内容。

简明性 在书写上力求简明,对内容的轻重和主次力求处理得当,注意做到既条理清楚、论述全面,又简单明了,避免累赘和重复。

实用性 在讲清概念的同时,力求对知识表示、自动推理、机器学习、状态空间搜索和自然语言理解等各类问题的求解方法和步骤进行归纳总结,并通过大量的例题对这些解题方法进行讲解,以增强学生动手解题的能力。

人工智能课程教学过程中遇到的最大问题是习题求解,许多学生拿到人工智能的习题后感到无从下手。本书通过大量例题的讲解,系统地总结了知识表示、自动推理(包括归结推理和不确定推理)等各类问题的求解方法和步骤,使人工智能的问题求解变得有章可循、易于实现,只要按照书中所列的解题步骤求解,相信大部分习题都能迎刃而解。

本书由两篇构成,第Ⅰ篇为原理篇,第Ⅱ篇为应用篇。第Ⅰ篇包括第1~6章。第1章简要介绍了人工智能的基本概念、研究发展的状况,以及各个学派的观点,并对它的研究与应用领域进行了必要的讨论。第2~6章对人工智能基本原理中的知识表示、知识获取和知识运用3个问

题进行了论述。这里要提及的是,数据挖掘是近年来兴起的一种新的知识获取方法,本应放于第6章讲解,但考虑到它是目前人工智能领域的研究热点,故和主体技术一起放于第10章,作了较详细的论述。

第II篇包括第7~10章。第7~9章主要介绍了人工智能几个较有影响的应用研究领域,包括自然语言理解、专家系统、人工神经网络。由于数据挖掘与主体技术是当前人工智能学科中相当热门的两个研究领域,且大多数传统的人工智能教材中较少涉及,有关主体技术的教材或专著市场上也较少,为了紧跟人工智能发展的脚步,将它们作为第10章进行介绍,以便读者对其有一个初步的了解。

本书简明、实用,符合当前素质教育的要求,教师可在40~60学时内讲完本教材的全部内容或选讲部分内容,让学生在有限的时间内,掌握人工智能的基本原理与应用技术,提高对人工智能习题的求解能力。

作者要特别感谢参考文献中所列专著、教材和高水平论文的作者们,正是他们的优秀作品为作者提供了丰富的营养,使作者能够在自己科研与教学实践的基础上,汲取各家之长,形成一本具有自己特色的教材。

北京信息科技大学教务处对本书的出版给予了大力的支持,在此表示衷心的感谢。北京信息科技大学计算机学院的硕士研究生肖建涛、谢宇、刘安宇、张桂琴、李媛丽、孙超、乔剑敏、郭充等同学,为本教材课件的建设做了大量的工作,在此表示深深的谢意。

在本书的编写过程中,虽然尽最大努力力求完美,但由于作者水平所限,书中的疏漏和错误在所难免,恳请各位专家和广大读者批评指正。

作者的E-mail地址:zys@biti.edu.cn。

张仰森

2008年1月

目 录

第 I 篇 原 理 篇

第 1 章 绪论	3	2.3.1 产生式可表示的知识种类 及其基本形式	22
1.1 人工智能的诞生及发展	3	2.3.2 知识的表示方法	23
1.2 人工智能的定义	4	2.3.3 产生式系统的组成	24
1.3 人工智能研究的方法及 途径	5	2.3.4 产生式系统的推理方式	25
1.3.1 人工智能研究的各种学派 及其理论	5	2.3.5 产生式表示法的特点	26
1.3.2 实现人工智能的技术 路线	8	2.4 语义网络表示法	26
1.4 人工智能的研究及应用 领域	8	2.4.1 语义网络的概念及其结构	26
习题 1	12	2.4.2 语义网络中常用的语义 联系	28
第 2 章 知识表示方法	13	2.4.3 语义网络表示知识的方法	31
2.1 概述	13	2.4.4 用语义网络表示知识的 步骤	36
2.1.1 知识、信息和数据	13	2.4.5 语义网络表示知识举例	36
2.1.2 知识的特性	14	2.4.6 语义网络表示下的推理 过程	40
2.1.3 知识的分类	15	2.4.7 语义网络表示法的特点	42
2.1.4 知识的表示	16	2.5 框架表示法	42
2.2 一阶谓词逻辑表示法	17	2.5.1 框架理论	42
2.2.1 知识的谓词逻辑表示法	17	2.5.2 框架的定义及组成	43
2.2.2 用谓词公式表示知识的 步骤	17	2.5.3 用框架表示知识的步骤	44
2.2.3 谓词公式表示知识的 举例	18	2.5.4 用框架表示知识举例	46
2.2.4 一阶谓词逻辑表示法的 特点	21	2.5.5 框架表示下的推理方法	48
2.3 产生式表示法	22	2.5.6 框架表示法的特点	50
		2.6 面向对象的表示法	50
		2.6.1 面向对象的基本概念	51
		2.6.2 表示知识的方法	52

2.7 脚本表示法	53	3.3.3 谓词公式的永真性和可满足性	88
2.7.1 脚本的定义与组成	53	3.3.4 谓词公式的等价性与永真蕴涵	89
2.7.2 用脚本表示知识的步骤	56	3.3.5 置换与合一	91
2.7.3 用脚本表示知识举例	56	3.4 自然演绎推理方法	94
2.7.4 脚本表示下的推理方法	58	3.4.1 自然演绎推理的概念	94
2.7.5 脚本表示法的特点	59	3.4.2 利用演绎推理解决问题	95
2.8 过程表示法	59	3.4.3 演绎推理的特点	96
2.8.1 知识的过程表示法	59	3.5 归结推理方法	96
2.8.2 过程表示的问题求解举例	61	3.5.1 谓词公式与子句集	97
2.8.3 过程表示法的特点	62	3.5.2 Herbrand 理论	100
2.9 状态空间表示法	62	3.5.3 归结原理	104
2.9.1 问题状态空间的构成	63	3.5.4 利用归结原理进行定理证明	109
2.9.2 用状态空间表示问题的步骤	63	3.5.5 应用归结原理进行问题求解	112
2.9.3 利用状态空间求解问题的过程	63	3.6 归结过程的控制策略	115
2.10 与/或树表示法	65	3.6.1 引入控制策略	115
2.10.1 问题的分解与等价变换	66	3.6.2 归结控制策略及其应用举例	116
2.10.2 问题归约的与/或树表示	66	习题 3	119
2.10.3 用与/或树表示问题的步骤	68	第 4 章 不确定推理方法	122
2.10.4 与/或树表示举例	68	4.1 不确定推理概述	122
习题 2	69	4.1.1 不确定推理的概念	122
第 3 章 确定性推理方法	72	4.1.2 不确定推理方法的分类	123
3.1 推理概述	72	4.1.3 不确定推理中的基本问题	123
3.1.1 推理的基本概念	72	4.2 可信度方法	125
3.1.2 推理的方法及其分类	72	4.2.1 可信度的概念	125
3.1.3 推理的控制策略	75	4.2.2 知识不确定性的表示	125
3.1.4 推理的冲突消解策略	81	4.2.3 证据不确定性的表示	127
3.2 命题逻辑	83	4.2.4 不确定性的推理计算	128
3.2.1 命题	84	4.2.5 可信度方法应用举例	129
3.2.2 命题公式	84		
3.3 谓词逻辑	85		
3.3.1 谓词与个体	85		
3.3.2 谓词公式	86		

4.3 主观 Bayes 方法	135	5.3.1 启发信息与估价函数	195
4.3.1 基本 Bayes 公式	135	5.3.2 最佳优先搜索	196
4.3.2 主观 Bayes 方法及其推理 网络	137	5.3.3 A* 算法	200
4.3.3 知识不确定性的表示	138	习题 5	202
4.3.4 证据不确定性的表示	138	第 6 章 机器学习	205
4.3.5 不确定性的推理计算	139	6.1 概述	205
4.3.6 结论不确定性的合成与更新 算法	145	6.1.1 什么是机器学习	205
4.3.7 主观 Bayes 方法应用 举例	146	6.1.2 研究机器学习意义	206
4.4 证据理论	152	6.1.3 机器学习的发展史	207
4.4.1 D-S 理论的数学基础	152	6.1.4 机器学习的主要策略及 研究现状	208
4.4.2 特定概率分配函数	156	6.2 机器学习系统的基本模型	209
4.4.3 基于特定概率分配函数的 不确定性推理模型	157	6.3 机械学习	211
4.4.4 证据理论解题举例	159	6.3.1 机械学习的过程	211
4.5 模糊推理	164	6.3.2 机械学习系统要考虑的 问题	212
4.5.1 模糊集理论与模糊逻辑 ..	164	6.4 传授式学习	213
4.5.2 模糊知识表示	171	6.5 类比学习	213
4.5.3 模糊证据的表示	172	6.5.1 学习新概念	214
4.5.4 模糊推理模型	172	6.5.2 学习问题的求解方法	214
习题 4	179	6.6 归纳学习	215
第 5 章 状态空间搜索策略	182	6.6.1 实例学习	215
5.1 搜索的概念及种类	182	6.6.2 观察与发现学习	220
5.2 盲目搜索策略	183	6.7 基于解释的学习	221
5.2.1 状态空间图的搜索策略 ..	183	6.7.1 基于解释学习的工作 原理	221
5.2.2 宽度优先搜索	185	6.7.2 举例	222
5.2.3 深度优先搜索	187	6.7.3 领域知识的完善性	224
5.2.4 有界深度优先搜索	189	6.8 ID3 判定树算法	224
5.2.5 代价树的宽度优先搜索 ..	191	6.8.1 ID3 算法	224
5.2.6 代价树的深度优先搜索 ..	193	6.8.2 实例计算	226
5.3 启发式搜索策略	195	6.8.3 ID3 算法的特点	228
		习题 6	229

第Ⅱ篇 应用篇

第7章 自然语言理解	233	7.6.4 语言建模的相关问题	268
7.1 自然语言及其理解	233	习题7	270
7.1.1 自然语言及其构成	233	第8章 专家系统	272
7.1.2 自然语言理解	234	8.1 专家系统概述	272
7.1.3 自然语言理解研究的 进展	235	8.1.1 专家系统的产生与发展 ...	272
7.1.4 自然语言理解过程的 层次	238	8.1.2 专家系统的定义	274
7.2 词法分析	239	8.1.3 专家系统的种类	274
7.3 句法分析	240	8.1.4 专家系统的一般特点	278
7.3.1 短语结构语法理论与 Chomsky 语法体系	240	8.2 专家系统的基本结构	278
7.3.2 递归转移网络与扩充转移 网络	242	8.3 知识获取	281
7.3.3 词汇功能语法	248	8.3.1 知识获取的任务	281
7.3.4 自动句法分析算法	251	8.3.2 知识获取的主要途径	282
7.4 语义分析	255	8.4 专家系统的设计与建造	285
7.5 大规模真实文本的处理	258	8.4.1 开发专家系统的基本 要求	285
7.5.1 语料库语言学的崛起	258	8.4.2 专家系统建造步骤	287
7.5.2 语料库语言学的特点及 研究对象	259	8.5 专家系统的评价	290
7.5.3 汉语语料库加工的基本 方法	260	8.6 专家系统开发工具	291
7.5.4 统计学方法的应用及所 面临的问题	263	8.6.1 语言型开发工具	292
7.6 基于语料库的自然语言 建模方法	263	8.6.2 骨架型开发工具	292
7.6.1 基于概率分布的语言 建模	264	8.6.3 通用型开发工具	294
7.6.2 基于上下文信息的语言 建模	265	8.6.4 开发环境与辅助型开发 工具	295
7.6.3 基于组合思想的语言 建模	268	8.7 新一代专家系统的发展	298
		8.7.1 新一代专家系统应具备的 特征	298
		8.7.2 分布式专家系统	299
		8.7.3 协同式专家系统	300
		习题8	300
		第9章 人工神经网络与遗传算法	302
		9.1 神经网络的基本概念及 组成特性	302
		9.1.1 生物神经元的结构与	

功能特性	302	9.7 遗传算法的应用	327
9.1.2 人工神经网络的组成与 结构	304	习题 9	330
9.1.3 人工神经网络研究的兴起与 发展	306	第 10 章 数据挖掘与主体技术	331
9.2 感知器模型及其学习算法	307	10.1 数据挖掘及其应用	331
9.2.1 感知器模型	307	10.1.1 数据挖掘与知识发现	331
9.2.2 单层感知器模型的学习 算法	308	10.1.2 数据挖掘的概念与研究 内容	332
9.2.3 线性不可分问题	309	10.1.3 数据挖掘的功能与 作用	335
9.2.4 多层感知器	311	10.1.4 数据挖掘的模型与 算法	339
9.3 反向传播模型及其学习 算法	312	10.1.5 数据挖掘的工具	342
9.3.1 反向传播模型及其网络 结构	312	10.1.6 数据挖掘技术的比较	343
9.3.2 反向传播网络的学习 算法	313	10.1.7 数据挖掘的过程	344
9.3.3 反向传播计算的举例	316	10.1.8 数据挖掘的研究热点与 发展趋势	346
9.4 Hopfield 模型及其学习 算法	317	10.2 主体技术及其应用	349
9.4.1 Hopfield 模型	318	10.2.1 主体技术的形成与 发展	350
9.4.2 Hopfield 网络的学习 算法	319	10.2.2 主体的定义与体系 结构	351
9.5 人工神经网络的应用	320	10.2.3 多主体系统	358
9.6 遗传算法的概念与原理	322	10.2.4 面向主体的软件技术	361
9.6.1 遗传算法的基本概念	323	10.2.5 主体技术所面临的 挑战	365
9.6.2 遗传算法的原理	324	习题 10	365
附录 A 计算机科学与技术综合考试真题	367		
附录 B 计算机科学与技术综合考试真题解答	373		
参考文献	379		

第 I 篇



原 理 篇

第 1 章 绪 论

人工智能是计算机科学的一个分支,它是当前科学技术中正在迅速发展,新思想、新观点、新理论、新技术不断涌现的一个学科,也是一门涉及数学、计算机科学、控制论、信息论、心理学、哲学等学科的交叉和边缘学科。自 20 世纪 50 年代首次提出人工智能这一术语以来,在 50 多年的时间内,人工智能学科的发展经历了不少的争论、困难和挑战,但在研究者们坚韧不拔的努力下,它还是不断发展壮大。它的诞生与发展成为 20 世纪最伟大的科学成就之一。研究者们坚信,人工智能技术将会在 21 世纪以信息技术为主导的网络和知识经济中,具有举足轻重的地位和影响,对推动科学技术的进步和发展将会发挥更大的作用。

本章将简单介绍人工智能的诞生及其发展过程,以及人工智能的基本概念,并对人工智能研究的各个学派及其研究和应用领域进行讨论。

1.1 人工智能的诞生及发展

人工智能的诞生可以追溯到 20 世纪 50 年代。1956 年夏季,美国一些从事数学、心理学、计算机科学、信息论和神经学研究的年轻学者汇聚在达特茅斯(Dartmouth)大学,举办了一次长达两个月的学术讨论会,认真热烈地讨论了用机器模拟人类智能的问题。在这次会议上,第一次使用了“人工智能”这一术语,以代表有关机器智能这一研究方向。这是人类历史上第一次人工智能研讨会,标志着人工智能学科的诞生,具有十分重要的意义。

自从人工智能学科诞生到现在已有 50 多年的历史,50 多年来人工智能的发展经历了不少曲折。

20 世纪 50 年代,以游戏、博弈为对象,开始了人工智能的研究工作,其间以电子线路模拟神经元及人脑的研究均告失败。

20 世纪 60 年代前期,以研究搜索方法和一般问题的求解为主。1960 年,美国的 John McCarthy 发明了人工智能程序设计语言 LISP,它是一种函数式语言(functional language),适合对符号进行处理,其处理的唯一对象就是符号表达式。1963 年 A. Newell 发表了问题求解程序,走上了以计算机程序来模拟人类思维的道路,第一次把问题的领域知识与求解方法分离。20 世纪 60 年代后期,在机器定理证明方面取得了重大进展,并在规划问题方面开展了相应的研究。1965 年 Robinson 提出了归结原理,实现了自动定理证明的重大突破。1968 年,Quillian 在研究人类联想记忆时,认为记忆是由概念间的联系实现的,提出了知识表示的语义网络模型。

20 世纪 70 年代,人工智能的研究已在世界许多国家相继展开,研究成果大量涌现。1972 年法国马赛大学的 A. Comerauer 提出并实现了逻辑程序设计语言 PROLOG;美国斯坦福大学的 E. H. Shortliffe 等人从 1972 年开始研制用于诊断和治疗感染性疾病的专家系统 MYCIN;1970 年国际性的人工智能杂志《Artificial Intelligence》创刊,它对推动人工智能的发展,促进研究者们的交流起到了重要作用。但这时,由于在机器翻译、问题求解和机器学习等领域出现了一些问题,人工智能受到责难。在困难和挫折面前,人工智能研究的学者们没有退缩,他们继续进行深入的研究。经过认真的反思和总结以前的研究经验及教训,1977 年, E. A. Feigenbaum 提出了知识工程的概念,引发了以知识工程和认知科学为主的研究。以知识为中心开展人工智能研究的观点被大多数人所接受。这时,专家系统开始广泛应用,专家系统的开发工具也不断出现,人工智能产业日渐兴起。人工智能的研究又迎来了以知识为中心蓬勃发展的新时期。

20 世纪 80 年代,由于知识工程概念的提出和专家系统的初步成功,人工智能以推理技术、知识获取、自然语言理解和机器视觉的研究为主,开始了不确定推理、非单调推理、定性推理方法的研究。知识获取的研究已成为热门。在整个 20 世纪 80 年代,专家系统和知识工程在全世界迅速发展。有些人工智能的产品已成为商品。

20 世纪 90 年代以来,专家系统、机器翻译、机器视觉和问题求解等方面的研究已有实际应用,同时,机器学习和人工神经网络的研究深入开展,形成了高潮。当前比较热门的信息过滤、分类、数据挖掘等都属于机器学习的知识获取范畴。另外,不同学派间的争论也非常激烈,这些都进一步促进了人工智能的发展。

1.2 人工智能的定义

人工智能的研究虽然已有 50 多年的历史,但和许多新兴学科一样,人工智能至今尚无统一严格的定义,要给人工智能下一个准确的定义是困难的。顾名思义,所谓人工智能就是用人工的方法在机器(计算机)上实现的智能;或者说是人们使用机器模拟人类的智能。由于人工智能是在机器上实现的,因此又可称为机器智能。

既然人工智能所研究的是用计算机模拟人类智能,那先看看什么是人类智能,它有什么特点和特征。所谓人类智能,就是人类所具有的智力和行为能力,而这种智力和行为能力是以知识为基础的。智力和行为的目的是获取知识,并运用知识去求解问题。也就是说,智力是获取知识并运用知识去求解问题的能力。人类智能的特点主要体现在感知能力、记忆与思维能力、归纳与演绎能力、学习能力及行为能力等几方面。感知能力是指人们通过视觉、听觉、触觉、味觉、嗅觉等感觉器官感知外部世界的能力,是人类获取外部信息的基本途径。人类就是通过感知获取有关信息,再经过大脑加工来获得其大部分知识。记忆与思维能力是人脑最重要的功能,也是人类之所以有智能的根本原因所在。记忆用于存储由感觉器官感知到的外部信息以及由思维所产生的知识;思维用于对记忆的信息进行处理,即利用已有的知识对信息进行分析、计算、比较、判断、推

理、联想和决策等。思维是一个动态过程,是获取知识及运用知识求解问题的根本途径。思维可分为逻辑思维、形象思维以及在潜意识激发下获得灵感而“忽然开窍”的顿悟思维等。其中,逻辑思维与形象思维是两种基本的思维方式。逻辑思维又称抽象思维,是一种根据逻辑规则对信息进行处理的对性思维方式,反映了人们以抽象的、间接的、概括的方式认识客观世界的过程。形象思维又称为直感思维,它是一种以客观现象为思维对象、以感性形象认识为思维材料、以意象为主要思维工具、以指导创造物化形象的实践为主要目的的思维活动。归纳与演绎能力是人类进行问题求解的两种推理方式。归纳能力是人们可以通过大量实例,总结出具有一般性规律的知识的能力。而演绎能力则是人类根据已有知识和所感知到的事实,推理求解问题的能力。学习是人类的本能,每个人都在随时随地地学习,既可能是自觉的、有意识的,也可能是不自觉、无意识的;既可以是有教师指导的,也可以是通过自己实践的。人们的学习是通过与环境的相互作用而进行的,通过学习可以积累知识、增长才干,适应环境的变化,充实、完善自己。行为能力是人们对感知到的外界信息的一种反应能力。

尽管目前对人工智能还难以给出其完整、严格的定义,但还是可以从不同的侧面对其做一些狭义的描述。

人工智能学科是计算机科学中涉及研究、设计和应用智能机器的一个分支。所谓智能机器,就是能够在各类环境中自主地或交互地执行各种拟人任务的机器。它包括研究如何设计和构造智能机器(智能计算机)或智能系统,使它能模拟、延伸、扩展人类智能;如何在这种智能机(计算机)上实现人类智能,使机器具有类似于人的智能;如何来应用这种智能机器。

从另一个角度来看,人工智能是研究怎样使计算机来模仿人脑所从事的推理、证明、识别、理解、设计、学习、思考、规划及问题求解等思维活动,来解决需要人类专家才能处理的复杂问题,如医疗诊断、石油测井解释、气象预报、交通运输管理等决策性课题。

从实用的观点看,人工智能是一门知识工程学,它以知识为对象,主要研究知识的获取、知识的表示方法和知识的使用(运用知识进行推理)。

1.3 人工智能研究的方法及途径

1.3.1 人工智能研究的各种学派及其理论

人工智能是一门新兴的学科,对它的研究产生了许多学派。例如,以 J. McCarthy 和 N. J. Nilsson 为代表的逻辑学派;以 A. Newell 和 H. A. Simon 为代表的认知学派;以 E. A. Feigenbaum 为代表的知识工程学派(研究知识在人类智能中的作用与地位,提出了知识工程的概念);以 J. L. McClelland 和 J. D. Rumelhart 为代表的联结学派(研究神经网络);以 C. Hewitt 为代表的分布式学派(研究多智能系统中的知识与行为);以及以 R. A. Brooks 为代表的进化论学派等。不同学派的研究内容与研究途径也有所不同。

从人工智能的研究途径来看,目前主要有3种观点。第一种观点主张运用计算机科学的方法进行人工智能的研究,通过研究逻辑演绎在计算机上的实现方法,实现人类智能在计算机上的模拟,称为符号主义。符号主义(Symbolicism)又称为逻辑主义(Logicism)或计算机学派(Computerism),认为人类智能的基本单元是符号,认知过程就是符号表示下的符号计算,从而思维就是符号计算。其原理主要为物理符号系统假设和有限合理性原理。第二种观点主张用仿生学的方法进行研究,通过研究人脑的工作模型,搞清楚人类智能的本质,称为联结主义。联结主义(Connectionism)又称为仿生学派(Bionicsism),认为人类智能的基本单元是神经元,认知过程是由神经元构成的网络的信息传递,这种传递是并行分布进行的。其原理主要为神经网络及神经网络间的连接机制与学习算法。第三种观点主张应用进化论的思想进行人工智能的研究,通过对外界事物的动态感知与交互,使计算机智能模拟系统逐步进化,提高智能水平,称为行为主义(Actionism)。行为主义又称进化主义(Evolutionism),认为人工智能起源于控制论,提出智能取决于感知和行动(所以称为行为主义),取决于对外界复杂环境的适应,它不需要知识、不需要表示、不需要推理。智能行为只能在与现实世界的环境交互作用中表现出来,人工智能也会像人类智能一样通过逐步进化而实现(所以称为进化主义)。其原理主要是通过控制论和机器学习算法实现智能系统的逐步进化。

1. 符号主义

符号主义认为,人对客观世界认识的认知基元是符号,而且认知过程即符号操作的过程,人本身就是一个物理符号系统。人通过自己的眼睛观察客观世界,将所观察的事物以符号的形式表示出来,并输入“人”这个符号系统进行处理,这种处理过程即符号操作过程,或称推理过程。通过这种操作过程达到认知客观世界的目的。而要将客观世界以符号形式表示出来,就要使用数学逻辑,所以符号主义认为人工智能源于数学逻辑。数学逻辑从19世纪末起就获得了迅速发展,到20世纪30年代开始用于描述智能行为。计算机出现后,又在计算机上实现了逻辑演绎系统,这是由于计算机也是一个物理符号系统,它可以对以逻辑符号表示的知识进行逻辑演绎。既然计算机和人都是物理符号系统,而人工智能的研究目标又是实现机器智能,所以,就可以用计算机自身所具有的符号处理推算能力来模拟人的智能行为,即用计算机的符号操作来模拟人的认知过程。如果从这一角度看,可以说,人的思维是可操作的。同时符号主义还认为,知识是人们把实践中获得的信息关联在一起所形成的信息结构,是构成智能的基础。人工智能的核心问题是知识表示、知识推理和知识运用。知识可以用符号来表示,也可以用符号进行推理,因而有可能建立起基于知识的人类智能和机器智能的统一理论体系。

正是基于以上认识,符号主义学派的研究方法是以符号处理为核心,通过符号处理来模拟人类求解问题的心理过程。这种方法是由A. Newell与H. A. Simon等人于20世纪50年代中期在研究通用问题求解系统(General Problem Solver, GPS)时首先提出来的,目前人工智能的大部分研究成果都是基于这种方法实现的。

该学派的研究内容就是基于逻辑的知识表示和推理机制。基于逻辑的知识表示方法的研究主要是研究如何用谓词逻辑表示知识,而这种知识是一种确定性的知识。目前,推理机制研究的

主要方法是 J. A. Robinson 的归结推理方法。

该学派的代表人有 A. Newell、H. A. Simon、J. McCarthy、N. J. Nilsson、J. A. Robinson 和 E. H. Shortliffe 等。正是这些符号主义者,早在 1956 年首先采用“人工智能”这个术语。后来又发展了启发式算法→专家系统→知识工程理论与技术,并在 20 世纪 80 年代取得很大进展。符号主义曾长期一枝独秀,为人工智能的发展做出重要贡献,尤其是 Shortliffe 于 1972 年成功开发并应用了专家系统 MYCIN,对人工智能走向工程应用和实现理论联系实际具有特别重要的意义。在人工智能其他学派出现之后,符号主义仍然是人工智能的主流。

2. 联结主义

符号主义是基于数学逻辑对知识进行表示和推理,进而解决现实世界中的许多问题。但是人们并非仅仅依靠逻辑推理来求解问题,有时非逻辑推理在求解问题的过程中起着更重要的作用,甚至是决定性的作用。人的感知过程主要是形象思维,这是逻辑推理做不到的,因而无法用符号方法进行模拟。另外,用符号表示概念时,其有效性在很大程度上取决于符号表示的正确性,当把有关信息转换成推理机构能进行处理的符号时,将会丢失一些重要信息,它对带有噪声的信息及不完整的信息也难以进行处理。这就表明单凭符号方法来解决智能中的所有问题是不可能的。

联结主义又称仿生学学派。它认为人工智能可以通过模拟人脑的结构来实现。大脑是人类一切智能活动的基础,而人的思维基元是神经元,而不是符号处理过程。它对物理符号系统假设持反对意见,认为人脑不同于电脑,要进行人工智能的研究,就要研究人脑工作模式,因而应该研究大脑神经元及其连接机制,搞清楚大脑的结构及其进行信息处理的过程与机理,揭示人类智能的奥秘,从而真正实现人类智能在机器上的模拟。它的代表性成果是 1943 年由生理专家 W. McCulloch 和数理逻辑学家 W. Pitts 创立的脑模型,即 MP 模型。MP 模型开创了用电子装置模仿人脑结构和功能的新途径。它从神经元开始,进而研究神经网络模型和脑模型,开辟了人工智能的又一发展道路。20 世纪 60 年代至 70 年代,以感知器为代表的脑模型的研究曾出现过高潮,由于当时的理论模型、生物原型和技术条件的限制,脑模型研究在 20 世纪 70 年代后期至 80 年代初期落入低潮,直到 Hopfield 教授在 1982 年和 1984 年发表两篇重要论文,提出用硬件模拟神经网络时,联结主义又重新抬头。1986 年 J. D. Rumelhart 等人提出多层网络中的反向传播(BP)算法,此后,联结主义势头大振,从模型到算法,从理论分析到工程实现,为神经网络计算机走向市场打下了基础。现在,对人工神经网络(ANN)的研究仍然热火朝天。

联结主义学派的研究方法是以网络连接为主的连接机制方法,属于非符号处理范畴,所研究的内容实际就是神经网络。

该学派的代表人有 J. L. McClelland 和 J. D. Rumelhart 等。尽管人工神经网络的研究热火朝天,但应该看到以网络连接为主的连接机制方法不适合模拟人们的逻辑思维过程,而且就目前神经网络的研究现状来看,由固定的体系结构与组成方案所构成的系统还达不到开发多种多样知识的要求,因此单靠连接机制方法来解决人工智能中的全部问题也是不现实的。

3. 行为主义

行为主义又称进化主义,有时还把它称为控制论学派(Cyberneticism)。这种观点认为人工