



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

人工智能导论

(第4版)

王万良 编著

高等教育出版社



“十五”普通高等教育本科国家级规划教材

人工智能导论

(第4版)

王万良 编著

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是一本基础性强、可读性好、适合讲授的人工智能教材。读者通过学习本书,能够掌握人工智能的基本知识,并能了解人工智能研究的一些前沿内容,为进一步学习人工智能理论与应用奠定基础。

全书共 11 章。第 1 章绪论;第 2 章知识表示;第 3 章确定性推理方法;第 4 章不确定性推理方法;第 5 章搜索求解策略;第 6 章智能计算及其应用;第 7 章专家系统与机器学习;第 8 章人工神经网络及其应用;第 9 章智能体与多智能体系统;第 10 章自然语言处理及其应用;第 11 章人工智能在游戏设计中的应用。附录中给出了本书部分习题的简要解答和实验指导书。

本书可作为电气信息类、机械类、电子信息科学类以及其他专业的本科生学习人工智能课程的教材。由于书中几大部分内容相对独立,教师可以根据课程计划灵活选择相关内容。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能导论 / 王万良编著. --4 版. --北京:
高等教育出版社, 2017. 7
ISBN 978-7-04-047984-3

I. ①人… II. ①王… III. ①人工智能 IV.
①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 153779 号

策划编辑 韩 飞 责任编辑 韩 飞 封面设计 于文燕 版式设计 范晓红
插图绘制 杜晓丹 责任校对 殷 然 责任印制 韩 刚

Rengong Zhineng Daolun

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
印 刷	河北新华第一印刷有限责任公司		http://www.hepmall.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.hepmall.cn
印 张	20.75	版 次	2005 年 1 月第 1 版
字 数	450 千字		2017 年 7 月第 4 版
购书热线	010-58581118	印 次	2017 年 7 月第 1 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	31.00 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 47984-00

数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站,请登录网站后开始课程学习。

一、注册/登录

访问 <http://abook.hep.com.cn/1865081>, 点击“注册”, 在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”页面。

二、课程绑定

点击“我的课程”页面右上方“绑定课程”, 正确输入教材封底防伪标签上的 20 位密码, 点击“确定”完成课程绑定。

三、访问课程

在“正在学习”列表中选择已绑定的课程, 点击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并点击“进入课程”。

四、资源说明

与本书配套的数字课程资源包括电子教案、详细习题解答、实验指导等, 以便读者学习使用。如有账号问题, 请发邮件至: abook@hep.com.cn。

前 言

人工智能是目前迅速发展新兴学科,已经成为许多高新技术产品中的核心技术,也是计算机游戏等数字媒体产品中的重要设计技术。人工智能在 Internet 时代获得了前所未有的发展机遇,Web 环境下智能信息处理技术成为推动人工智能在网络环境中发展的一大动力。由于人工智能是模拟人类智能解决问题的方法,几乎在所有领域都具有非常广泛的应用,所以,目前不仅许多专业的研究生开设人工智能课程,而且许多专业的本科生,特别是计算机与自动化等电气信息类以及机械类、电子信息科学类等专业的本科生,都开设了人工智能课程。

1. 本书的形成

本书作者于 1989 年开始从事人工智能及其应用方面的研究,从 1993 年开始从事人工智能方面的教学。为控制科学与工程、计算机科学与技术、机械工程等专业研究生讲授“人工智能原理与应用”课程,为计算机、自动化等专业本科生讲授“人工智能导论”课程,还为全校工学、理学、经济学、管理学、哲学、文学、法学等专业学生开设“人工智能及其应用”公选课。在多年的教学实践中,深感需要编著一本基础性强、可读性好、适合讲授的人工智能教材。本书作者在自己多年来的讲稿基础上,于 2005 年编写出版了《人工智能及其应用》,2008 年修订出版了该书的第 2 版,2016 年出版了该书的第 3 版,作为研究生和本科生的人工智能教材,被许多高校选用。

随着人工智能技术的发展,越来越多的本科专业开设了人工智能课程。因此,面向本科生的人工智能课程的教材建设具有重要意义。作者选择基础、实用的内容,并充实了一些应用性内容,编写了用于本科教学的《人工智能导论》,其目的是使学生学习和掌握人工智能的基本概念和基本原理,了解人工智能的一些前沿内容,拓宽知识面,启发思路,为今后在相关领域应用人工智能技术奠定基础。这次修订,进一步增加了一些人工智能的前沿、实用算法,并增加了实验指导书,方便实验教学。

2. 主要内容

全书共 11 章。第 1 章除了介绍人工智能的基本概念、发展简史,着重介绍目前人工智能的主要研究内容与各种应用,以开阅读者的视野,引导读者进入人工智能各个研究领域。第 2 章介绍一阶谓词逻辑、产生式、框架等基本的知识表示方法。第 3 章介绍基于谓词逻辑的确定性推理方法。详细介绍了在自动定理证明中具有重要地位的鲁宾孙归结原理。通过多个典型例题清楚地介绍了将谓词公式化为子句集的步骤,详细讲述了利用归结原理证明定理和求解问题的方法。第 4 章介绍不确定性推理方法。主要介绍了比较实用的可信度方法、证据理论、模糊推理方法。第 5 章介绍了基于搜索的问题求解策略。第 6 章介绍了以遗传算法、粒子群

算法、蚁群算法为代表的适用于大规模优化的随机搜索算法。第7章介绍了专家系统与机器学习的概念、工作原理、建立方法,简单介绍了几个典型的专家系统实例以及开发工具。第8章介绍了人工神经网络的基本理论与方法,着重介绍了应用广泛的BP神经网络及其学习算法和Hopfield神经网络及其在联想记忆与优化求解中的应用。介绍了神经网络在软测量与求解旅行商问题、生产调度等优化问题中的应用,启发读者如何应用神经网络解决工程实际问题。第9章介绍了广泛应用的多智能体技术。简要介绍了多智能体系统的通信、协调、协作与协商方法。第10章介绍了应用日益广泛的自然语言处理技术。最后,第11章针对游戏、动漫等新型产业发展需要,简要介绍了人工智能在游戏设计中的应用。附录中给出了本书部分问题的简要解答和实验指导书。

3. 编写特色

① 语言简明,可读性好。本书尽量用通俗的语言深入浅出地讲解,语言流畅,避免像专著和研究生教材那样追求理论严谨,语言艰涩。使学生能够有兴趣、有耐心阅读本教材,领略人工智能的思想与基本方法。

② 内容实用,注重应用。由于人工智能正处于迅速发展阶段,内容非常庞杂。本书在内容上精选一些基本理论与实用方法,而不是像专著和研究生教材那样追求前沿理论方法。学生学习本书后,能够很容易阅读其他专门的书籍,掌握更广、更深的知识。书中尽可能介绍了一些符合这些内容、能够让本科生理解的应用实例,从而引导学生学习应用新理论解决工程问题的方法。

③ 精选例题和习题,引导学生解答。本书精选了一些例题,有助于人工智能理论与方法的理解。此外,精选了习题,并在书末给出了答案,对有些难题给出了比较详细的解答,也弥补了现有许多人工智能教材中人工智能习题集少和习题解答缺失的缺陷。

④ 编排醒目,有利于学习。每章开始设置了导读,使读者在学习该章之前就知道为什么要学习该内容,以及该章主要介绍哪些内容。每章最后扼要总结了该章的重要概念、公式、定理与方法。本书将重要的概念、公式、定理与方法明显地标注出来,以便引起学生的注意。

⑤ 附有实验指导书,方便实验教学。围绕人工智能技术的主要教学内容,设置了9个典型实验,让学生通过程序实现,深入了解人工智能的算法。

4. 教师如何使用本教材

本书主要作为电气信息类、机械类以及其他各专业本科生学习人工智能课程的教材,特别是作为计算机、数字媒体等专业本科生学习人工智能课程的教材。本书也可供希望运用人工智能技术的研究人员与工程技术人员参考。

① 教学内容与时间安排。本书用于“人工智能导论”以及同类课程的教学。由于书中几大部分内容相对独立,教师可以根据课程计划和专业需要选择部分内容,仍可保持课程体系结构的完整性。本书课堂教学学时一般为32~56学时。对于数字媒体技术、计算机、自动化等需要深入了解人工智能的专业,可以安排8~16学时的人工智能实验。

② 如何讲授本书。本书内容比较广泛,着重介绍人工智能的基本理论与实用方法,教师在

教学过程中可以增加一些相关的比较深入的内容。特别是结合自己的研究与实践增加一些工程实例,或者选择自己比较熟悉、符合所教专业的一些人工智能实例,作为补充内容进行介绍,从而丰富教学内容,增加学生兴趣,培养学生创新能力。

③ 如何获取该课程教学资源。本书配备数字课程网站,提供电子教案、实验指导等教学资源。请参照本书“数字课程资源使用说明”登录网站获取。任课教师还可以向作者获取本书的习题详细解答。

5. 作者致谢

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材、浙江省高等学校重点教材(ZJB2009054)。感谢赵燕伟教授、杨旭华教授、管秋教授、徐新黎副教授、蒋一波副教授、郑建炜副教授、郑宇军副教授、胡海根副教授、范兴刚副教授、张景玲博士后、黄玉娇博士、龙海霞博士、周乾伟博士、王振华博士等对本书提出了许多建设性意见。衷心感谢高等教育出版社为本书出版付出的辛勤劳动与许多有益的修改建议。

6. 联系作者

本书内容虽然经过多年使用和修改,但仍会存在缺点,欢迎使用本书的教师和读者提出宝贵意见。E-mail:wvl@zjut.edu.cn。

王万良

2017年3月于杭州

目 录

第 1 章 绪论	1	2.3.4 产生式表示法的特点	39
1.1 人工智能的基本概念	1	2.4 框架表示法	40
1.1.1 智能的概念	1	2.4.1 框架的一般结构	41
1.1.2 智能的特征	2	2.4.2 用框架表示知识的例子	42
1.1.3 人工智能	4	2.4.3 框架表示法的特点	44
1.2 人工智能的发展简史	5	2.5 小结	45
1.2.1 孕育	5	思考题	46
1.2.2 形成	6	习题	47
1.2.3 发展	7	第 3 章 确定性推理方法	49
1.3 人工智能研究的基本内容	9	3.1 推理的基本概念	49
1.4 人工智能的主要研究领域	11	3.1.1 推理的定义	49
1.5 小结	21	3.1.2 推理方式及其分类	50
思考题	21	3.1.3 推理的方向	52
第 2 章 知识表示	23	3.1.4 冲突消解策略	56
2.1 知识与知识表示的概念	23	3.2 自然演绎推理	58
2.1.1 知识的概念	23	3.3 谓词公式化为子句集的方法	59
2.1.2 知识的特性	24	3.4 鲁宾孙归结原理	64
2.1.3 知识的表示	25	3.5 归结反演	68
2.2 一阶谓词逻辑表示法	25	3.6 应用归结原理求解问题	70
2.2.1 命题	25	3.7 小结	73
2.2.2 谓词	26	思考题	74
2.2.3 谓词公式	27	习题	74
2.2.4 谓词公式的性质	30	第 4 章 不确定性推理方法	77
2.2.5 一阶谓词逻辑知识表示方法	32	4.1 不确定性推理的概念	77
2.2.6 一阶谓词逻辑表示法的特点	33	4.2 可信度方法	80
2.3 产生式表示法	34	4.3 证据理论	84
2.3.1 产生式	34	4.3.1 概率分配函数	84
2.3.2 产生式系统	36	4.3.2 信任函数	85
2.3.3 产生式系统的例子——动物 识别系统	37	4.3.3 似然函数	86
		4.3.4 概率分配函数的正交和	

II 目录

(证据的组合)	86	6.1.2 进化算法的生物学背景	132
4.3.5 基于证据理论的不确定性推理	87	6.1.3 进化算法的设计原则	133
4.4 模糊推理方法	89	6.2 基本遗传算法	133
4.4.1 模糊逻辑的提出与发展	89	6.2.1 遗传算法的基本思想	134
4.4.2 模糊集合	90	6.2.2 遗传算法的发展历史	134
4.4.3 模糊集合的运算	93	6.2.3 编码	135
4.4.4 模糊关系与模糊关系的合成	94	6.2.4 群体设定	136
4.4.5 模糊推理	97	6.2.5 适应度函数	137
4.4.6 模糊决策	98	6.2.6 选择	139
4.4.7 模糊推理的应用	100	6.2.7 交叉	141
4.5 小结	101	6.2.8 变异	143
思考题	102	6.2.9 遗传算法的一般步骤	144
习题	102	6.2.10 遗传算法的特点	144
第5章 搜索求解策略	105	6.3 遗传算法的改进算法	145
5.1 搜索的概念	105	6.3.1 双倍体遗传算法	145
5.1.1 搜索的基本问题与主要过程	105	6.3.2 双种群遗传算法	146
5.1.2 搜索策略	106	6.3.3 自适应遗传算法	149
5.2 状态空间的搜索策略	106	6.4 遗传算法的应用	150
5.2.1 状态空间表示法	106	6.5 群智能算法产生的背景	153
5.2.2 状态空间的图描述	108	6.6 粒子群优化算法及其应用	154
5.3 盲目的图搜索策略	110	6.6.1 粒子群优化算法的基本原理	154
5.3.1 回溯策略	110	6.6.2 粒子群优化算法的参数分析	156
5.3.2 宽度优先搜索策略	113	6.6.3 粒子群优化算法的应用领域	157
5.3.3 深度优先搜索策略	116	6.6.4 粒子群优化算法在车辆路径 问题中的应用	158
5.4 启发式图搜索策略	118	6.7 蚁群算法及其应用	160
5.4.1 启发式策略	118	6.7.1 基本蚁群算法模型	160
5.4.2 启发信息和估价函数	121	6.7.2 蚁群算法的参数选择	162
5.4.3 A 搜索算法	123	6.7.3 蚁群算法的应用	163
5.4.4 A* 搜索算法及其特性分析	126	6.8 小结	164
5.5 小结	128	思考题	166
思考题	129	习题	166
习题	129	第7章 专家系统与机器学习	169
第6章 智能计算及其应用	131	7.1 专家系统的产生和发展	169
6.1 进化算法的产生与发展	131	7.2 专家系统的概念	170
6.1.1 进化算法的概念	131		

7.2.1 专家系统的定义	170	7.9.3 专家系统开发环境	205
7.2.2 专家系统的特点	170	7.9.4 专家系统程序设计语言	205
7.2.3 专家系统的类型	172	7.10 小结	206
7.2.4 专家系统的应用	174	思考题	207
7.3 专家系统的工作原理	175	第8章 人工神经网络及其应用	209
7.3.1 专家系统的一般结构	175	8.1 神经元与神经网络	209
7.3.2 知识库	175	8.1.1 生物神经元结构	209
7.3.3 推理机	176	8.1.2 神经元数学模型	210
7.3.4 综合数据库	176	8.1.3 神经网络的结构与工作方式	211
7.3.5 知识获取机构	176	8.1.4 神经网络的学习	212
7.3.6 人机接口	177	8.2 BP神经网络及其学习算法	213
7.3.7 解释机构	177	8.2.1 BP神经网络的结构	213
7.4 知识获取的主要过程与模式	177	8.2.2 BP学习算法	214
7.4.1 知识获取的过程	177	8.2.3 BP学习算法的实现	216
7.4.2 知识获取的模式	179	8.3 BP神经网络的应用	217
7.5 机器学习	180	8.3.1 BP神经网络在模式识别中 的应用	217
7.5.1 机器学习的基本概念	181	8.3.2 BP神经网络在软测量中的 应用	218
7.5.2 机器学习的分类	182	8.4 Hopfield神经网络及其改进	221
7.5.3 机械式学习	183	8.4.1 离散型 Hopfield神经网络	221
7.5.4 指导式学习	184	8.4.2 连续型 Hopfield神经网络及其 VLSI实现	223
7.5.5 示例学习	185	8.4.3 随机神经网络	225
7.6 知识发现与数据挖掘	186	8.5 Hopfield神经网络的应用	226
7.6.1 知识发现与数据挖掘的概念	186	8.5.1 Hopfield神经网络在联想记忆中 的应用	227
7.6.2 知识发现的一般过程	187	8.5.2 Hopfield神经网络优化方法	229
7.6.3 知识发现的任务	187	8.6 小结	233
7.6.4 知识发现的方法	188	思考题	234
7.6.5 知识发现的对象	189	习题	234
7.7 专家系统的建立	190	第9章 智能体与多智能体系统	241
7.8 专家系统实例	193	9.1 智能体的概念与结构	241
7.8.1 医学专家系统——MYCIN	193	9.1.1 智能体的概念	241
7.8.2 地质勘探专家系统—— PROSPECTOR	199	9.1.2 智能体的特性	242
7.9 专家系统的开发工具	201		
7.9.1 骨架系统	201		
7.9.2 通用型知识表达语言	204		

9.1.3 智能体的结构	243	10.4.1 语音识别的概念	267
9.1.4 反应式 Agent	243	10.4.2 语音识别的主要过程	268
9.1.5 慎思式 Agent	244	10.4.3 隐马尔可夫模型	270
9.1.6 复合式 Agent	244	10.4.4 基于隐马尔可夫模型的语音 识别方法	271
9.1.7 Agent 的应用	245	10.5 小结	273
9.2 多智能体系统的概念与结构	246	思考题	274
9.2.1 多智能体系统的特点	246	第 11 章 人工智能在游戏设计中的应用	275
9.2.2 多智能体系统的基本类型	247	11.1 人工智能游戏	275
9.2.3 多智能体系统的体系结构	247	11.2 游戏人工智能	278
9.3 多智能体系统的通信	248	11.2.1 游戏人工智能的概念与分类	278
9.3.1 智能体通信的类型	248	11.2.2 基本的游戏人工智能技术	279
9.3.2 Agent 通信的方式	249	11.3 游戏中的角色与分类	282
9.3.3 智能体通信语言	251	11.4 智能游戏角色设计基本技术	283
9.4 多智能体系统的协调	253	11.4.1 游戏角色的指导与运动	283
9.5 多智能体系统的协作	254	11.4.2 游戏角色的追逐与躲避	284
9.5.1 多智能体的协作类型	254	11.4.3 游戏角色的群聚	285
9.5.2 合同网协作方法	255	11.4.4 游戏角色的路径搜索	286
9.5.3 黑板模型协作方法	256	11.4.5 智能搜索引擎	286
9.5.4 市场机制协作方法	256	11.5 智能游戏开发方法与开发工具	287
9.6 多智能体系统的协商	257	11.5.1 智能游戏开发方法	287
9.7 小结	258	11.5.2 智能游戏开发工具	288
思考题	259	11.6 扫雷机智能游戏开发	288
第 10 章 自然语言处理及其应用	261	11.7 人工智能游戏的现状与未来	290
10.1 自然语言理解的概念与发展历史	261	11.8 小结	290
10.2 语言处理过程的层次	263	思考题	291
10.3 机器翻译	265	附录 A 部分习题解答	293
10.3.1 机器翻译方法概述	265	附录 B 实验指导书	301
10.3.2 翻译记忆	267	参考文献	316
10.4 语音识别	267		

第 1 章 绪论

人工智能是在计算机科学、控制论、信息论、神经心理学、哲学、语言学等多学科研究的基础上发展起来的综合性很强的交叉学科,是一门新思想、新观念、新理论、新技术不断出现的新兴学科,也是正在迅速发展的前沿学科。自 1956 年正式提出人工智能这个术语并把它作为一门新兴学科的名称以来,人工智能获得了迅速的发展,并取得了惊人的成就,引起了人们的高度重视,受到了很高的评价。它与空间技术、原子能技术一起被誉为 20 世纪三大科学技术成就。有人称它为继三次工业革命后的又一次革命,认为前三次工业革命主要是扩展了人手的功能,把人类从繁重的体力劳动中解放出来,而人工智能则是扩展了人脑的功能,实现脑力劳动的自动化。

本章将首先介绍人工智能的基本概念以及人工智能的发展简史,然后简要介绍当前人工智能的主要研究内容及主要研究领域,以开阔读者的视野,使读者对人工智能极其广阔的研究与应用领域有总体的了解。

1.1 人工智能的基本概念

1.1.1 智能的概念

人工智能(Artificial Intelligence, AI)的目标是用机器实现人类的部分智能。因此,下面首先讨论人类的智能行为。

智能及智能的本质是古今中外许多哲学家、脑科学家一直在努力探索和研究的课题,但至今仍然没有完全了解。智能的发生与物质的本质、宇宙的起源、生命的本质一起被列为自然界的四大奥秘。

近年来,随着脑科学、神经心理学等研究的进展,人们对人脑的结构和功能有了初步认识,但对整个神经系统的内部结构和作用机制,特别是脑的功能原理还没有认识清楚,有待进一步的探索。因此,很难给出智能的确切定义。

目前,根据对人脑已有的认识,结合智能的外在表现,从不同的角度、不同的侧面,用不同的

方法对智能进行研究,人们提出了几种不同的观点。其中影响较大的观点有思维理论、知识阈值理论及进化理论等。

(1) 思维理论

思维理论认为智能的核心是思维,人的一切智能都来自大脑的思维活动,人类的一切知识都是人类思维的产物,因而通过对思维规律与方法的研究有望揭示智能的本质。

(2) 知识阈值理论

知识阈值理论认为智能行为取决于知识的数量及其一般化的程度,一个系统之所以有智能是因为它具有可运用的知识。因此,知识阈值理论把智能定义为: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。这一理论在人工智能的发展史中有着重要的影响,知识工程、专家系统等都是在这一理论的影响下发展起来的。

(3) 进化理论

进化理论认为人的本质能力是在动态环境中的行走能力、对外界事物的感知能力、维持生命和繁衍生息的能力。正是这些能力为智能的发展提供了基础,因此智能是某种复杂系统所浮现的性质,是由许多部件交互作用产生的,智能仅仅由系统总的行为以及行为与环境的联系所决定,它可以在没有明显的可操作的内部表达的情况下产生,也可以在没有明显的推理系统出现的情况下产生。该理论的核心是用控制取代表示,从而取消概念、模型及显式表示的知识,否定抽象对于智能及智能模拟的必要性,强调分层结构对于智能进化的可能性与必要性。这是由美国麻省理工学院(MIT)的布鲁克(R. A. Brook)教授提出来的。1991年他提出了“没有表达的智能”,1992年又提出了“没有推理的智能”,这些是他根据对人造机器动物的研究和实践提出的与众不同的观点。目前这些观点尚未形成完整的理论体系,有待进一步的研究,但由于它与人们的传统看法完全不同,因而引起了人工智能界的注意。

综合上述各种观点,可以认为:智能是知识与智力的总和。其中,知识是一切智能行为的基础,而智力是获取知识并应用知识求解问题的能力。

1.1.2 智能的特征

1. 具有感知能力

感知能力是指通过视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉等感觉器官感知外部世界的能力。

感知是人类获取外部信息的基本途径,人类的大部分知识都是通过感知获取,然后经过大脑加工获得的。如果没有感知,人们就不可能获得知识,也不可能引发各种智能活动。因此,感知是产生智能活动的前提。

根据有关研究,视觉与听觉在人类感知中占有主导地位,80%以上的外界信息是通过视觉得到的,10%是通过听觉得到的。因此,在人工智能的机器感知研究方面,主要研究机器视觉及机器听觉。

2. 具有记忆与思维能力

记忆与思维是人脑最重要的功能,是人具有智能的根本原因。记忆用于存储由感知器官感知

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、联想及决策等。思维是一个动态过程,是获取知识以及运用知识求解问题的根本途径。

思维可分为逻辑思维、形象思维以及顿悟思维等。

(1) 逻辑思维

逻辑思维又称为抽象思维。它是一种根据逻辑规则对信息进行处理理性思维方式。人们首先通过感觉器官获得外部事物的感性认识,将它们存储于大脑中,然后,通过匹配选出相应的逻辑规则,并且作用于已经表示成一定形式的已知信息,进行相应的逻辑推理。这种推理一般都比较复杂,通常不是用一条规则作一次推理就能够解决问题,而是要对第一次推出的结果再运用新的规则进行新一轮的推理。推理是否成功取决于两个因素,一是用于推理的规则是否完备,二是已知的信息是否完善、可靠。如果推理规则是完备的,由感性认识获得的初始信息是完善、可靠的,则通过逻辑思维可以得到合理、可靠的结论。

逻辑思维具有如下特点:

- ① 依靠逻辑进行思维。
- ② 思维过程是串行的,表现为一个线性过程。
- ③ 容易形式化,其思维过程可以用符号串表达出来。
- ④ 思维过程具有严密性、可靠性,能对事物未来的发展给出逻辑上合理的预测,可使人们对事物的认识不断深化。

(2) 形象思维

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。思维过程有两次飞跃:

第一次飞跃是从感性形象认识到理性形象认识的飞跃,即把对事物的感觉组合起来,形成反映事物多方面属性的整体性认识(即知觉),再在知觉的基础上形成具有一定概括性的感觉反映形式(即表象),然后经形象分析、形象比较、形象概括及组合形成对事物的理性形象认识;

第二次飞跃是从理性形象认识到实践的飞跃,即对理性形象认识进行联想、想象等加工,在大脑中形成新的意象,然后回到实践中,接受实践的检验。这个过程不断循环,就构成了形象思维从低级到高级的运动发展。

形象思维具有如下特点:

- ① 主要是依据直觉,即感性形象进行思维。
- ② 思维过程是并行协同式的,表现为一个非线性过程。
- ③ 形式化困难,没有统一的形象联系规则,对象不同、场合不同,形象的联系规则亦不相同,不能直接套用。
- ④ 在信息变形或缺少的情况下仍有可能得到比较满意的结果。

由于逻辑思维与形象思维分别具有不同的特点,因而可分别用于不同的场合。当要求迅速

做出决策而不要求十分精确时,可用形象思维,但当要求进行严格的论证时,就必须用逻辑思维;当要对一个问题进行假设、猜想时,需用形象思维,而当要对这些假设或猜想进行论证时,则要用逻辑思维。人们在求解问题时,通常把这两种思维方式结合起来,首先用形象思维给出假设,然后用逻辑思维进行论证。

(3) 顿悟思维

顿悟思维又称为灵感思维。它是一种显意识与潜意识相互作用的思维方式。当人们遇到一个无法解决的问题时,会“苦思冥想”。这时,大脑处于一种极为活跃的思维状态,会从不同的角度用不同的方法去寻求解决问题的方法。有时一个“想法”突然从脑中涌现出来,使人“茅塞顿开”,问题便迎刃而解。像这样用于沟通有关知识或信息的“想法”通常被称为灵感。灵感也是一种信息,可能是与问题直接有关的一个重要信息,也可能是一个与问题并不直接相关并且不起眼的信息,只是由于它的到来使解决问题的智慧被启动了。顿悟思维比形象思维更复杂,至今人们还不能确切地描述灵感的机理。1830年奥斯特在指导学生实验时,看见电流能使磁针偏转,从而发现了电磁关系。虽然很偶然,但也是在他10年探索的基础上发现的。

顿悟思维具有如下特点:

- ① 具有不定期的突发性。
- ② 具有非线性的独创性及模糊性。
- ③ 它穿插于形象思维与逻辑思维之中,起着突破、创新及升华的作用。

应该指出,人的记忆与思维是不可分的,总是相随相伴的。它们的物质基础都是由神经元组成的大脑皮质,通过相关神经元此起彼伏地兴奋与抑制实现记忆与思维活动。

3. 具有学习能力

学习是人的本能。人人都在通过与环境的相互作用,不断地学习,从而积累知识,适应环境的变化。学习既可能是自觉的、有意识的,也可能是不自觉的、无意识的;既可以是有教师指导的,也可以是通过自己实践进行的。

4. 具有行为能力

人们通常用语言或者某个表情、眼神及形体动作来对外界的刺激做出反应,传达某个信息,这些称为行为能力或表达能力。如果把人们的感知能力看作是信息的输入,那么行为能力就可以看作是信息的输出,它们都受到神经系统的控制。

1.1.3 人工智能

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,也称为机器智能(Machine Intelligence)。

关于“人工智能”的含义,早在它被正式提出之前,就由英国数学家图灵(A. M. Turing)提出了。1950年他发表了题为《计算机与智能(Computing Machinery and Intelligence)》的论文,文章以“机器能思维吗?”开始,论述并提出了著名的“图灵测试”,形象地指出了什么是人工智能以及机器应该达到的智能标准。图灵在这篇论文中指出不要问机器是否能思维,而是要看它能否通过

如下测试:让人与机器分别在两个房间里,二者之间可以通话,但彼此都看不到对方,如果通过对话,人的一方不能分辨对方是人还是机器,那么就可以认为对方的那台机器达到了人类智能的水平。为了进行这个测试,图灵还设计了一个很有趣且智能性很强的对话内容,称为“图灵的梦想”。

现在许多人仍把图灵测试作为衡量机器智能的准则。但也有许多人认为图灵测试仅仅反映了结果,没有涉及思维过程。即使机器通过了图灵测试,也不能认为机器就有智能。针对图灵测试,哲学家约翰·塞尔勒在1980年设计了“中文屋思想实验”以说明这一观点。在中文屋思想实验中,一个完全不懂中文的人在一间密闭的屋子里,有一本中文处理规则的书。他不必理解中文就可以使用这些规则。屋外的测试者不断通过门缝给他写一些有中文语句的纸条。他在书中查找处理这些中文语句的规则,根据规则将一些中文字符抄在纸条上作为对相应语句的回答,并将纸条递出房间。这样,从屋外的测试者看来,仿佛屋里的人是一个以中文为母语的人,但他实际上并不理解他所处理的中文,也不会在此过程中提高自己对中文的理解。用计算机模拟这个系统,可以通过图灵测试。这说明一个按照规则执行的计算机程序不能真正理解其输入、输出的意义。许多人对塞尔勒的中文屋思想实验进行了反驳,但还没有人能够彻底将其驳倒。

实际上,要使机器达到人类智能的水平,是非常困难的。但是,人工智能的研究正朝着这个方向前进,图灵的梦想总有一天会变成现实。特别是在专业领域内,人工智能能够充分利用计算机的特点,具有显著的优越性。

人工智能是一门研究如何构造智能机器(智能计算机)或智能系统,使它能模拟、延伸、扩展人类智能的学科。通俗地说,人工智能就是要研究如何使机器具有能听、会说、能看、会写、能思维、会学习、能适应环境变化、能解决面临的各种实际问题等功能的一门学科。

1.2 人工智能的发展简史

人工智能的发展历史可归结为孕育、形成和发展三个阶段。

1.2.1 孕育

这个阶段主要是指1956年以前。自古以来,人们就一直试图用各种机器来代替人的部分脑力劳动,以提高人们征服自然的能力,其中对人工智能的产生、发展有重大影响的主要研究成果包括:

① 早在公元前384—公元前322年,伟大的哲学家和思想家亚里士多得(Aristotle)就在他的名著《工具论》中提出了形式逻辑的一些主要定律,他提出的三段论至今仍是演绎推理的基本依据。

② 英国哲学家培根(F. Bacon)曾系统地提出了归纳法,还提出了“知识就是力量”的警句。这对于研究人类的思维过程,以及自20世纪70年代人工智能转向以知识为中心的研究都产生了重要影响。

③ 德国数学家和哲学家莱布尼茨(G. W. Leibniz, 1646—1716年)提出了万能符号和推理计算的思想,他认为可以建立一种通用的符号语言以及在此符号语言上进行推理的演算。这一思想不仅为数理逻辑的产生和发展奠定了基础,而且是现代机器思维设计思想的萌芽。

④ 英国逻辑学家布尔(G. Boole)致力于使思维规律形式化和实现机械化,并创立了布尔代数。他在《思维法则》一书中首次用符号语言描述了思维活动的基本推理法则。

⑤ 英国数学家图灵(A. M. Turing)在1936年提出了一种理想计算机的数学模型,即图灵机,为后来电子数字计算机的问世奠定了理论基础。

⑥ 美国神经生理学家麦克洛奇(W.S. McCulloch)与数理逻辑学家匹兹(W. Pitts)在1943年建成了第一个神经网络模型(M-P模型),开创了微观人工智能的研究领域,为后来人工神经网络的研究奠定了基础。

⑦ 美国艾奥瓦州立大学的阿塔纳索夫(Atanasoff)教授和他的研究生贝瑞(Berry)在1937年至1941年间开发的世界上第一台电子计算机“阿塔纳索夫-贝瑞计算机(Atanasoff-Berry Computer, ABC)”为人工智能的研究奠定了物质基础。需要说明的是:世界上第一台计算机不是许多书上所说的由美国的莫克利和埃柯特在1946年发明。这是美国历史上一桩著名的公案。

由上面的发展过程可以看出,人工智能的产生和发展绝不是偶然的,它是科学技术发展的必然产物。

1.2.2 形成

这个阶段主要是指1956—1969年。1956年夏季,由当时达特茅斯学院(Dartmouth College)的年轻数学助教、现任斯坦福大学教授麦卡锡(J. McCarthy)联合哈佛大学年轻数学和神经学家、麻省理工学院教授明斯基(M. L. Minsky),IBM公司信息研究中心负责人洛切斯特(N. Rochester),贝尔实验室信息部数学研究员香农(C. E. Shannon)共同发起,邀请普林斯顿大学的莫尔(T. Moore)和IBM公司的塞缪尔(A. L. Samuel)、麻省理工学院的塞尔夫里奇(O. Selfridge)和索罗莫夫(R. Solomonoff)以及兰德(RAND)公司和卡内基梅隆大学的纽厄尔(A. Newell)、西蒙(H. A. Simon)等在美国达特茅斯学院召开了一次为时两个月的学术研讨会,讨论关于机器智能的问题。会上经麦卡锡提议正式采用了“人工智能”这一术语。麦卡锡因此被称为人工智能之父。这是一次具有历史意义的重要会议,它标志着人工智能作为一门新兴学科正式诞生了。此后,美国形成了多个人工智能研究组织,如纽厄尔和西蒙的Carnegie RAND协作组,明斯基和麦卡锡的MIT研究组,塞缪尔的IBM工程研究组等。

自这次会议之后的10多年间,人工智能的研究在机器学习、定理证明、模式识别、问题求解、专家系统及人工智能语言等方面都取得了许多引人注目的成就,例如:

① 在机器学习方面,1957年Rosenblatt研制成功了感知机。这是一种将神经元用于识别的系统,它的学习功能引起了人工智能学者们广泛的兴趣,推动了连接机制的研究,但人们很快发现了感知机的局限性。

② 在定理证明方面,美籍华人数理逻辑学家王浩于1958年在IBM-704机器上用3~5 min