

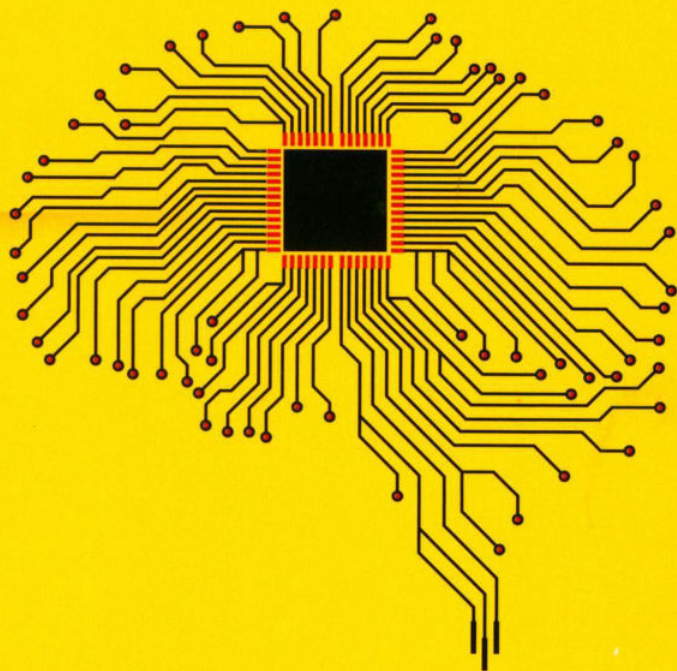
人工智能 前沿技术丛书

Concise Artificial Intelligence

简明人工智能

总主编 焦李成

焦李成 刘若辰 编著
慕彩红 刘 芳



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



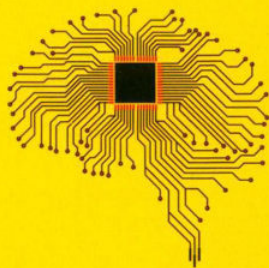
XDUP 564700



总主编简介

焦李成，男，汉族，1959年10月生，西安电子科技大学教授、博士生导师。现任计算机科学与技术学部主任、智能感知与计算国际联合研究中心主任、智能感知与图像理解教育部重点实验室主任、智能感知与计算国际合作联合实验室主任、教育部科技委国际学部委员、教育部创新团队负责人、中国人工智能学会副理事长、教育部人工智能科技创新专家组工作组专家、IEEE Fellow、IET Fellow、首批中国人工智能学会会士、CCF杰出会员。1991年被批准为享受国务院政府津贴的专家，1996年首批入选国家“百千万”人才工程（第一、二层次），陕西省首批“三五人才”第一层次。当选为全国模范教师、陕西省突出贡献专家和陕西省师德标兵。

焦李成教授的主要研究方向为智能感知与计算、图像理解与目标识别、深度学习与类脑计算，培养的十余名博士获全国优秀博士学位论文奖、提名奖及陕西省优秀博士论文奖。研究成果获包括国家自然科学奖二等奖及省部级一等奖以上科技奖励十余项，出版学术专著十余部，五次获国家优秀科技图书奖励及全国首届“三个一百”优秀图书奖。连续五年入选爱思唯尔中国高被引学者榜单，H指数为74。



人工智能 前沿技术丛书

现代神经网络教程

● 简明人工智能

模式识别

计算智能导论

量子计算智能

智能算法导论

机器学习

多目标进化学习

人工智能创新实验教程

人工智能、类脑计算与图像解译前沿

深度神经网络FPGA开发技术

遥感影像深度学习智能解译与识别

智能影像与大数据挖掘

策 划：人工智能前沿技术丛书项目组

封面设计： 李生工作室

ISBN 978-7-5606-5345-7



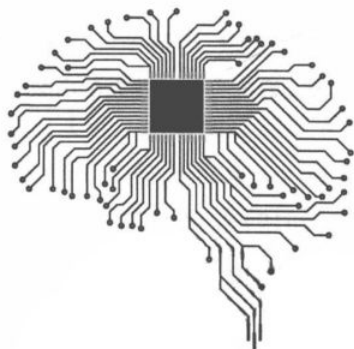
9 787560 653457 >

定价：79.00元

人工智能 前沿技术丛书

总主编 焦李成

简明人工智能



焦李成 刘若辰 编著
慕彩红 刘 芳



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

内 容 简 介

本书以简明的方式系统地论述了人工智能的基础知识及其拓展和应用。全书共 16 章, 前 10 章介绍人工智能学科的基础知识, 包括人工智能的发展历史、知识的表示、搜索策略、确定性推理、不确定性推理、专家系统、神经网络、智能计算、机器学习和模式识别; 接下来 5 章进行了拓展, 讲述了混合智能系统和表示学习, 还介绍了神经网络在模式识别和图像处理中的应用、自然计算在聚类上的应用, 并介绍了多目标优化算法及动态多目标优化; 最后一章介绍了人工智能领域的前沿技术及其展望。每章都附有习题、延伸阅读和参考文献。

本书可作为高等院校智能科学与技术、计算机科学、电子科学与技术、信息科学、控制科学与工程、模式识别与人工智能等专业本科生及研究生的教材, 同时可为相关领域的研究人员以及对自然计算和神经网络及其应用感兴趣的工程技术人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

简明人工智能/焦李成等编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2019.9
ISBN 978-7-5606-5345-7

I. ①简… II. ①焦… III. ①人工智能 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 091173 号

策划编辑 人工智能前沿技术丛书项目组

责任编辑 阎彬 雷鸿俊

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安日报社印务中心

版 次 2019 年 9 月第 1 版 2019 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×960 毫米 1/16 印张 34

字 数 683 千字

定 价 79.00 元

ISBN 978-7-5606-5345-7/TP

XDUP 5647001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前言

PREFACE

自从1956年在达特茅斯会议上诞生以来，人工智能经历了无数次的发展危机和机遇的洗礼，不断地完善、成长和壮大，成为一门重要的学科，也成为一个受到广泛关注的重要研究领域。人工智能主要研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统，涉及机器人、语音识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等方向。人工智能的快速发展将整个社会带入了一个智能化、自动化的时代，所有生活中出现的产品，从设计、生产、运输、营销到应用的各个阶段都或多或少存在着人工智能的痕迹，人工智能正深刻地改变着我们的社会与经济形态，在新世纪的网络和知识经济时代中发挥着重要作用。

计算能力提升、数据爆发增长、机器学习算法进步、投资力度加大，这些都是推动新一代人工智能快速发展的关键因素。实体经济数字化、网络化、智能化转型演进给人工智能带来巨大的历史机遇，使其展现出极为广阔的发展前景。人工智能自诞生以来，越来越广泛地应用于不同的领域，包括知识表示、自动推理和搜索方法、机器学习和知识获取、知识处理系统、自然语言理解、计算机视觉、智能机器人、自动程序设计等方面。

人工智能给全社会尤其是自动化、机器人领域带来了极大的发展机遇。过去这几十年来，我们经历了几波比较大的浪潮。第一波是个人计算机浪潮，给信息领域带来了颠覆性影响。紧接着是互联网浪潮，成就了一大批互联网公司，如谷歌、百度等。接下来是移动互联网的新一波浪潮，苹果、华为等都是乘着这波浪潮成长起来的公司。下一波浪潮一定是人工智能，是新一代的人工智能公司。

现在机器和系统的大部分知识是软件知识。对于一个机器或系统，我们会给它现成的软件和大数据集并对它进行不断的训练，让它不断与人聊天、对话，不断调整反馈，逐步成熟，而未来的机器和系统需要的则不仅仅是现成的软件知识，还应该具有开放性获取知识的能力。人类之所以一直在进步，是因为知识本身是开放的，我们得到了知识，然后教给学生，或写成书籍贡献给社会，在这个基础上，别人再去添加新的知识，社会得到这些知识之后就会不停地进步。所以人类社会一定是开放的，这样的道理同样适用于人工智能，适用于机器人。

2017年我国人工智能政策的密集颁布和推陈出新是历史上其他产业前所未有的，这说明了人工智能产业发展的划时代的重要性和紧迫性。我们每个人只有全面、科学和前瞻性地了解了人工智能，才能幸福地生活在这个新时代。

本书以一种全新的视野和思路，从人工智能基础到高级人工智能，从理论到应用，由易到难地展开人工智能领域的全面介绍。全书分为16章。首先介绍人工智能的产生、发

展、研究目标及其涉及的技术领域，帮助读者认识和了解人工智能；接着详细介绍了“知识表示”“搜索策略”“推理技术”等基础理论；之后选取几个主要的人工智能领域——“专家系统”“人工神经网络”“计算智能”“机器学习”“模式识别”“表示学习”，由浅至深地介绍了各领域的理论知识、基本算法、应用方向，并辅以经典案例，帮助读者理解和学习人工智能；最后全方位地分析并阐述了当前人工智能的产业化方向，探索了未来人工智能的广阔发展前景，鼓励更多学者、读者投身到人工智能的研究中来。

展望未来，相信在今后的一二十年内，人工智能会在全行业引起巨大的变革。这些变革会是在每一个不同垂直领域内的深耕，比如棋类游戏、疾病诊断、金融、安防、交通等。人工智能系统会基于更大规模的数据和更强的计算能力，在这些垂直领域内不断优化，直至达到或超越人类专家的水平。这些发展势必会对社会、劳务、立法、伦理等一系列领域产生深远影响。然而在可预见的未来，人工智能并不会威胁到人类的安全，因为人类还没有开发出针对复杂场景的通用人工智能技术。

我们依托智能感知与图像理解教育部重点实验室、智能感知与计算国际联合实验室及智能感知与计算国际联合研究中心，于2014年成立了类脑计算与深度学习研究中心，致力于类脑计算与深度学习的基础与应用研究，搭建了多个深度学习应用平台，并在智能计算、深度学习理论与应用等方面取得了突破性的进展。本书中智能计算基础、混合智能系统、深度神经网络模式识别、群体智能聚类、进化多目标与动态优化等内容是我们在该领域研究工作的初步总结。

本书的出版离不开团队多位老师和研究生的支持与帮助，感谢团队中侯彪、刘静、公茂果、李阳阳、王爽、张向荣、吴建设、缙水平、尚荣华、刘波、田小林、王涵丁、刘园园、尚凡华、梁雪峰等教授以及马晶晶、马文萍、白静、朱虎明、张小华、曹向海、冯婕等副教授的关心支持与辛勤付出。感谢王蓉芳、张丹、唐旭、任博、冯志玺等老师在学术交流过程中无私的付出与生活上的关心。同时，特别感谢张浪浪、周汝南、王芳芳、任蕊、刘江迪、李艺帆、朱贤武、孙梦花、陈维柱、刁许玲、丁锐、曾祁泽、刘海艳等研究生在整理、写作、校对过程中无私付出的辛勤劳动与努力，感谢李建霞、王锐楠等博士生帮忙校勘并修正了许多笔误。

本书中高级人工智能部分是我们团队在该领域工作的一个小结，也汇聚了西安电子科技大学智能感知与图像理解教育部重点实验室、智能感知与计算国际联合实验室及智能感知与计算国际联合研究中心同人的集体智慧。在本书出版之际，特别感谢邱关源先生及保铮院士30多年来的悉心培养与教导，特别感谢徐宗本院士、张钹院士、李衍达院士、郭爱克院士、郑南宁院士、谭铁牛院士、马远良院士、包为民院士、郝跃院士、陈国良院士、韩崇昭教授，IEEE Fellows 管晓宏教授、张青富教授、张军教授、姚新教授、刘德荣教授、金耀初教授、周志华教授、李学龙教授、吴枫教授、田捷教授、屈嵘教授、李军教授和张艳宁教授，以及马西奎教授、潘泉教授、高新波教授、石光明教授、李小平教授、陈莉教授、王

磊教授等多年来的关怀、帮助与指导，感谢教育部创新团队和国家“111”创新引智基地的支持；同时，我们的工作也得到西安电子科技大学领导及国家自然科学基金(61836009、U1701267、61876141、61672405、61621005、61871310, 61773300、61772399、61473215、61806156、61876220、61876221、61773304、61806154、61802295、61801351、61877066、61801353、61806157)、陕西省自然科学基金重点项目 2019J2 - 26、重大专项计划(91438201、91438103)等科研项目的支持，特此感谢。

本书已进行了多番校对，但由于水平有限，书中恐仍有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

2019年5月

西安电子科技大学

目录 CONTENTS

第 1 章 人工智能简史	1	2.2 状态空间表示法	23
1.1 人工智能定义	1	2.2.1 问题状态空间的构成	23
1.1.1 生物智能与人类智能	1	2.2.2 利用状态空间表示问题的步骤	24
1.1.2 智能与人工智能	2	2.2.3 利用状态空间求解问题的过程	24
1.2 人工智能的历史	3	2.2.4 状态空间知识表示举例	24
1.2.1 人工智能的诞生	4	2.3 问题归约表示法	26
1.2.2 人工智能的黄金时代	5	2.3.1 问题的分解与等价变换	26
1.2.3 人工智能的第一次低谷	5	2.3.2 问题归约的与/或图表示	27
1.2.4 人工智能的繁荣期	6	2.3.3 利用与/或图表示问题的步骤	28
1.2.5 人工智能的冬天	7	2.3.4 与/或图知识表示举例	28
1.2.6 人工智能的新春	7	2.4 谓词逻辑表示法	29
1.2.7 人工智能现状与未来目标	9	2.4.1 谓词逻辑表示的逻辑学基础	29
1.3 人工智能研究的不同学派	10	2.4.2 利用谓词逻辑表示知识的步骤	31
1.3.1 符号主义	11	2.4.3 谓词逻辑表示的特点	32
1.3.2 连接主义	11	2.4.4 谓词逻辑知识表示举例	33
1.3.3 行为主义	12	2.5 语义网络表示法	34
1.4 人工智能应用领域	13	2.5.1 语义网络的概念及其结构	34
1.4.1 计算机视觉领域	13	2.5.2 语义网络中常用的语义联系	35
1.4.2 自然语言处理领域	15	2.5.3 语义网络表示知识的方法	37
1.4.3 认知与推理	16	2.5.4 利用语义网络表示知识的步骤	40
1.4.4 机器人学	17	2.5.5 利用语义网络求解问题的过程	41
1.4.5 机器博弈	18	2.5.6 语义网络表示法的特点	41
1.4.6 机器学习	18	2.5.7 语义网络知识表示举例	42
本章小结	19	2.6 新型知识表示	43
习题 1	19	2.6.1 知识图谱	43
延伸阅读	19	2.6.2 模糊 Petri 网	44
参考文献	20	2.6.3 神经网络	44
第 2 章 知识表示	21	本章小结	44
2.1 基本概念	21	习题 2	45
2.1.1 知识	21	延伸阅读	46
2.1.2 知识表示	22	参考文献	46

第 3 章 搜索策略	47	4.5.1 规则正向演绎系统	102
3.1 基本概念	47	4.5.2 规则逆向演绎系统	105
3.1.1 什么是搜索	47	4.5.3 规则双向演绎系统	107
3.1.2 搜索的分类	47	本章小结	109
3.1.3 搜索算法的评价标准	48	习题 4	109
3.2 状态空间搜索	48	延伸阅读	110
3.2.1 状态空间的盲目搜索	48	参考文献	110
3.2.2 状态空间的启发式搜索	57	第 5 章 不确定性推理与不确定性	
3.3 与/或树搜索	62	人工智能	111
3.3.1 与/或树的盲目搜索	62	5.1 不确定性推理的基本概念	111
3.3.2 与/或树的启发式搜索	66	5.1.1 不确定性的表示与度量	111
3.4 博弈树的启发式搜索	70	5.1.2 不确定性的算法	112
3.4.1 极大极小过程	70	5.1.3 不确定性推理方法分类	113
3.4.2 α - β 剪枝技术	72	5.2 概率推理	114
3.5 新型搜索技术	74	5.2.1 概率的基本公式	114
3.5.1 爬山法	74	5.2.2 概率推理方法	116
3.5.2 模拟退火算法	75	5.3 主观贝叶斯方法	117
3.5.3 遗传算法	75	5.3.1 基于主观贝叶斯方法的	
本章小结	75	不确定性表示	117
习题 3	76	5.3.2 主观贝叶斯方法的推理算法	121
延伸阅读	77	5.4 可信度方法	123
参考文献	78	5.4.1 基于可信度的不确定性表示	123
第 4 章 确定性推理	79	5.4.2 可信度方法的推理算法	125
4.1 推理的基本概念	79	5.4.3 带有阈值限度的不确定性推理	126
4.1.1 推理的概念	79	5.4.4 加权的确定性推理	127
4.1.2 推理的分类	79	5.5 证据理论	128
4.1.3 推理的策略	81	5.5.1 基于证据理论的不确定性	129
4.2 推理的逻辑基础	83	5.5.2 证据理论的不确定性推理模型	132
4.2.1 命题逻辑	83	5.6 模糊推理	133
4.2.2 谓词逻辑	83	5.6.1 模糊集合	134
4.3 自然演绎推理	92	5.6.2 模糊关系及其合成	137
4.4 归结演绎推理	93	5.6.3 模糊推理	139
4.4.1 海伯伦定理	93	5.6.4 模糊决策	140
4.4.2 鲁宾逊归结原理	95	5.7 不确定性人工智能	141
4.4.3 归结策略	98	5.7.1 人类智能的不确定性	142
4.4.4 归结反演	99	5.7.2 云模型	143
4.5 基于规则的演绎推理	101		

5.7.3 不确定性人工智能的应用及展望	145	参考文献	181
本章小结	146	第7章 深度神经网络	182
习题5	146	7.1 神经网络的基本原理	182
延伸阅读	148	7.1.1 生物神经系统	182
参考文献	148	7.1.2 神经网络的模型	183
第6章 专家系统	149	7.1.3 神经网络的结构建模	185
6.1 专家系统的产生与发展	149	7.2 学习机理	186
6.2 专家系统的概念	150	7.2.1 单层感知器及其学习算法	186
6.2.1 专家系统的定义	150	7.2.2 BP神经网络及其学习算法	189
6.2.2 专家系统的基本特征	151	7.3 神经网络的分类	192
6.2.3 专家系统的类型	153	7.3.1 前馈网络	192
6.2.4 传统专家系统的缺陷	156	7.3.2 反馈网络	192
6.3 专家系统的工作原理	156	7.4 神经网络的基本学习算法	196
6.3.1 专家系统的基本结构	156	7.4.1 Hebb规则	196
6.3.2 专家系统各部分功能	157	7.4.2 误差修正学习算法	197
6.4 专家系统的分类	160	7.4.3 胜者为王学习规则	198
6.4.1 基于规则的专家系统	160	7.5 从神经网络到深度学习	198
6.4.2 基于框架的专家系统	161	7.6 深度网络	199
6.4.3 基于模型的专家系统	162	7.6.1 卷积神经网络	199
6.5 知识获取	164	7.6.2 稀疏深度神经网络	203
6.5.1 知识获取的定义	164	7.6.3 深度融合网络	207
6.5.2 知识获取的过程	164	本章小结	210
6.5.3 知识获取的途径	166	习题7	210
6.6 知识推理	167	延伸阅读	211
6.6.1 人类推理	167	参考文献	212
6.6.2 机器推理	169	第8章 智能计算基础	213
6.7 专家系统的建立	171	8.1 智能计算基础	213
6.7.1 专家系统的开发步骤	171	8.2 进化计算	215
6.7.2 专家系统的开发实例	173	8.2.1 进化计算的产生和发展	215
6.8 新型专家系统	175	8.2.2 进化计算的一般框架	216
6.8.1 新型专家系统的特征	175	8.2.3 进化计算的四个分支	217
6.8.2 模糊专家系统	176	8.2.4 经典遗传算法	219
6.8.3 分布式专家系统	178	8.2.5 遗传算法在最优化问题中的应用	224
本章小结	180	8.3 群智能	229
习题6	180	8.3.1 粒子群优化算法	229
延伸阅读	180	8.3.2 蚁群优化算法	231

8.4 新型智能计算算法	235	10.4.1 经典的有监督分类器	296
8.4.1 免疫计算	235	10.4.2 经典的无监督分类器	305
8.4.2 差分进化算法	237	10.5 分类器的评价	313
8.4.3 协同进化算法	239	10.5.1 监督模式识别系统评价	313
8.4.4 量子计算	241	10.5.2 非监督模式识别系统评价	316
本章小结	243	本章小结	317
习题 8	244	习题 10	318
延伸阅读	244	延伸阅读	319
参考文献	244	参考文献	321
第 9 章 机器学习基础	248	第 11 章 混合智能系统	323
9.1 机器学习理论基础	248	11.1 混合智能系统的基本概念	323
9.1.1 机器学习的定义和研究意义	248	11.2 密母算法	324
9.1.2 机器学习的发展史	249	11.2.1 Memetic 基本思想	324
9.2 机器学习的方法	250	11.2.2 密母算法的一般框架	325
9.2.1 机器学习系统的基本结构	250	11.2.3 密母算法的局部搜索策略	327
9.2.2 机器学习方法的分类	251	11.2.4 基于密母算法的复杂网络	
9.2.3 几种机器学习算法介绍	253	社团检测	328
9.3 机器学习算法的应用	270	11.3 基于遗传算法的人工神经网络	335
本章小结	275	11.3.1 遗传算法优化神经网络的	
习题 9	275	连接权	335
延伸阅读	276	11.3.2 遗传算法优化神经网络的	
参考文献	276	结构	336
第 10 章 模式识别	278	11.3.3 遗传算法优化神经网络的	
10.1 模式识别的基本概念	278	学习规则	337
10.1.1 模式识别的定义	278	11.3.4 遗传算法优化神经网络举例	338
10.1.2 模式识别与分类器	279	11.4 混合遗传算法——遗传算法与粒子群	
10.1.3 有监督学习与无监督学习	279	优化算法的混合	341
10.1.4 实例:手写数字识别	279	11.4.1 两种优化算法的优劣势分析	341
10.2 模式识别系统	281	11.4.2 两种优化算法的结合方式	342
10.2.1 基本框架	281	11.4.3 基于遗传粒子群混合	
10.2.2 基本方法	282	算法举例	343
10.3 特征提取与选择	284	11.5 进化算法在机器学习中的应用	345
10.3.1 基本概念	284	11.5.1 贝叶斯分类的一般原理	345
10.3.2 特征评价	285	11.5.2 朴素贝叶斯分类模型	347
10.3.3 特征选择算法	289	11.5.3 基于遗传算法的朴素贝叶斯	
10.3.4 特征提取	292	分类举例	348
10.4 分类器设计	296	本章小结	351

习题 11	351	13.4 基于深度神经网络的图像处理	411
延伸阅读	351	13.4.1 图像分类	411
参考文献	352	13.4.2 图像分割	414
第 12 章 表示学习	356	13.4.3 目标检测	416
12.1 表示学习概述	356	13.4.4 图像变化检测	419
12.1.1 表示学习的基本概念	356	本章小结	421
12.1.2 表示学习的理论基础	357	习题 13	421
12.1.3 表示学习的典型应用	357	延伸阅读	421
12.1.4 表示学习的主要优点	358	参考文献	422
12.2 有监督的表示学习	359	第 14 章 自然计算与数据聚类	424
12.2.1 稀疏表示初步	359	14.1 聚类与自然计算	424
12.2.2 字典学习	362	14.2 基于遗传算法的聚类算法	426
12.3 无监督的表示学习	368	14.2.1 模糊 C 均值聚类算法	426
12.3.1 K-means 聚类	369	14.2.2 基于遗传算法的模糊 聚类算法	427
12.3.2 主成分分析	371	14.2.3 基于可变长度编码的遗传 自动聚类算法	431
12.3.3 局部线性嵌入	374	14.3 基于免疫计算的聚类算法	433
12.3.4 独立主成分分析	377	14.3.1 免疫克隆选择算法	434
12.4 多层/深层架构	384	14.3.2 基于克隆选择的模糊 聚类算法	436
12.4.1 玻尔兹曼机和递归神经网络	384	14.3.3 基于转座子的免疫克隆选择 自动聚类算法	437
12.4.2 自动编码器	388	14.3.4 基于动态局部搜索的免疫 自动聚类算法	443
12.5 共享表示学习	393	14.3.5 基于协同双变异算子的免疫 多目标自动聚类算法	450
12.5.1 迁移学习和领域自适应	393	14.4 基于粒子群优化的聚类算法	452
12.5.2 多任务学习	398	14.4.1 粒子群的编码和初始化	453
本章小结	400	14.4.2 四种距离测度	453
习题 12	401	14.4.3 基于粒子群优化的聚类 算法步骤	457
延伸阅读	401	14.4.4 基于几种自然计算的聚类算法的 性能对比	457
参考文献	402	本章小结	461
第 13 章 基于深度神经网络的模式 识别与图像处理	403	习题 14	461
13.1 神经网络与浅层人工 神经网络	403	延伸阅读	462
13.2 深度学习在模式识别领域的 发展与挑战	404		
13.3 基于深度神经网络的模式识别	406		
13.3.1 文字识别	406		
13.3.2 语音识别	408		
13.3.3 指纹识别	410		

参考文献	462	第 16 章 下一代人工智能	511
第 15 章 进化多目标优化及		16.1 人工智能的发展阶段	511
动态优化	465	16.2 人工智能围棋	512
15.1 进化多目标优化	465	16.2.1 AlphaGo	512
15.1.1 第二代非支配排序遗传算法		16.2.2 AlphaGo Zero	513
(NSGA-II)	468	16.3 无人驾驶	514
15.1.2 基于分解的多目标优化算法		16.3.1 原理概述	514
(MOEA/D)	472	16.3.2 研究概况	515
15.2 进化动态多目标优化	475	16.4 无人超市	516
15.2.1 动态多目标优化的基本概念及		16.4.1 诞生背景	516
研究现状	475	16.4.2 Amazon Go	517
15.2.2 DNSGA-II 算法	477	16.5 情感机器人	518
15.2.3 基于预测策略的动态多目标免疫		16.5.1 情感机器人的定义	518
优化算法(PSDMIO)	481	16.5.2 情感机器人研究概况	519
15.3 进化高维多目标优化与偏好		16.6 智能医疗	519
多目标优化	489	16.6.1 智能医疗设备	520
15.3.1 高维进化多目标优化	489	16.6.2 智能医疗系统	521
15.3.2 偏好进化多目标优化	491	16.7 智能家居	522
15.4 用于多目标优化的粒子群算法	492	16.7.1 背景	522
15.4.1 多目标粒子群优化算法		16.7.2 发展现状	523
(MOPSO)	492	16.7.3 主要功能	523
15.4.2 动态多目标粒子群优化	494	16.8 智能艺术	525
15.5 深度神经网络的优化	502	16.8.1 作诗	525
15.5.1 深度神经网络的权值优化	502	16.8.2 绘画	526
15.5.2 深度神经网络的结构优化	503	16.9 下一代人工智能展望	527
15.5.3 深度神经网络的学习规则		16.9.1 人工智能的未来趋势	527
优化	505	16.9.2 人工智能面临的挑战	528
本章小结	506	本章小结	530
习题 15	507	习题 16	530
延伸阅读	507	延伸阅读	531
参考文献	507	参考文献	531

随着数据量的大增和移动终端等生态系统的建立，人工智能产业的发展近几年无比迅猛，资本也随之大量聚集。回顾几十年来人工智能的几次大起大落，我们发现，每次人工智能的高潮都是一个旧哲学思想的技术再包装，而每一次的衰败都是源自高潮时期的承诺不能兑现。

本章将讨论人工智能的定义、发展历程、相关学派及其认知观，并简单介绍人工智能的研究和应用领域。

1.1 人工智能定义

1.1.1 生物智能与人类智能

1. 生物智能

对低级动物来讲，它的生存、繁衍是一种智能。为了生存，它必须表现出某种适当的行为，如觅食、避免危险、占领一定的地域、吸引异性以及生育和照料后代等。因此，从个体的角度看，生物智能是动物为达到某种目标而产生正确行为的生理机制。

自然界智能水平最高的生物就是人类自身，不但具有很强的生存能力，而且具有感受复杂环境、识别物体、表达和获取知识以及进行复杂的思维推理和判断的能力。

2. 人类智能

分析表明，“人类智能”是“人类智慧”的一个子集。“智慧”和“智能”两个概念之间具有非常密切的联系，但是也有显著的差别。一般来说，“慧”多指人的认识能力和思维能力，如“慧眼识英雄”；“能”多指做事的能力，如“能者多劳”。世间只有“万物之灵”的人类才拥有至高无上的智慧；各种生物虽然也可以拥有不同程度的智慧，但都不如人类智慧那样完美。

人类的智慧是人类所拥有的独特能力，即为了实现改善生存发展水平这一永恒目的，人类需要凭借先验知识不断地发现需要解决而且可能解决的问题，预设求解问题的目标（认识世界）；把这样确定的“求解问题—预设目标—领域知识”作为初始信息，并根据初始信息来生成和调度知识，进而在目标的引导下利用这些初始信息和知识去生成求解问题所

需的策略和行为，实现问题的求解(改造世界)；倘若求解的结果与预设目标之间存在误差，就把误差作为新的信息反馈回去补充初始信息，由此去学习补充新的知识，优化求解策略，改善求解的结果。这种“反馈—学习—优化”过程可能需要进行多次，直至达到目标。如果无论怎样优化都不能满意地达到预设目标，就要修改预设目标重新求解(在改造客观世界过程中改进自身)。

由此不难做出以下两点归纳和引申：

(1) 人类根据自身目的和知识发现问题、预设目标以及修正目标的能力是人类独有的能力，是人类智慧能力中最具创造性的能力，需要知识、直觉、感悟力、启发力、想象力、灵感、顿悟以及美感等这样一些“内隐性”认知能力的支持，因此称这些能力为“隐性智慧”。

(2) 根据隐性智慧所定义的初始信息(“求解问题—预设目标—领域知识”)求解问题的能力，也是创造性的能力，但主要需要有根据初始信息来生成和调度知识，并在目标引导下由初始信息和知识生成求解问题的策略这样一些“外显性”操作能力的支持，因此称这些能力为“显性智慧”。

人类智慧就是隐性智慧和显性智慧两者相互作用、相辅相成、相互促进的结果。也可以表述为：人类智慧就是“人类认识世界和改造世界并在改造客观世界的过程中改造主观世界”的能力。

在人类智慧的概念中，由于隐性智慧所具有的“内隐”特性，通常只能由人类自身来承担；而由于显性智慧具有“外显”特性，因而可以通过人工的方法在外部来模拟实现。注意到，由于科学技术(特别是微电子技术、纳米技术、微机械技术、新能源技术等)的进步，人工方法在操作的速度、精度、持久力、对工作环境的耐受力等方面都已经远胜于人类，因此，利用人工方法模拟显性智慧乃是“把人类从显性智慧相关的劳动中解放出来”的明智之举。为了推动人们对于“显性智慧”的模拟研究，就把显性智慧特别地称为“人类智能”。

也就是说，人类智能是“人类根据初始信息来生成和调度知识、进而在目标引导下由初始信息和知识生成求解问题的策略并把智能策略转换为智能行为从而解决问题的能力”。

1.1.2 智能与人工智能

首先要问：什么是“人工智能”？

一般来说，“人工智能”这个概念是相对于“人类智能”的概念而言的，这当然是因为“人类智能”是“人工智能”的原型；或者，反过来说也同样成立：“人工智能”是“人类智能”的某种人工实现。更具体地说，人工智能是“机器根据人类给定的初始信息来生成和调度知识、进而在目标引导下由初始信息和知识生成求解问题的策略并把智能策略转换为智能行为从而解决问题的能力”。

近年来，人工智能在计算机领域得到了愈加广泛的重视，并在机器人、经济政治决策、控制系统、仿真系统中得到应用。

尼尔逊教授对人工智能下了这样一个定义：“人工智能是关于知识的学科——怎样表示知识以及怎样获得知识并使用知识的科学。”而美国麻省理工学院的温斯顿教授则认为：“人工智能就是研究如何使计算机去做过去只有人才能做的智能工作。”这些说法反映了人工智能学科的基本思想和基本内容，即人工智能是研究人类智能活动的规律，构造具有一定智能的人工系统，研究如何让计算机去完成以往需要人的智力才能胜任的工作，也就是研究如何应用计算机的软硬件来模拟人类某些智能行为的基本理论、方法和技术。

人工智能是计算机学科的一个分支，20 世纪 70 年代以来被称为世界三大尖端技术(空间技术、能源技术、人工智能)之一，也被认为是 21 世纪三大尖端技术(基因工程、纳米科学、人工智能)之一。这是因为近三十年来它获得了迅速的发展，在很多学科领域都获得了广泛应用，并取得了丰硕的成果。人工智能已逐步成为一个独立的分支，无论在理论和实践上都已自成一个系统。

人工智能是研究使计算机来模拟人的某些思维过程和智能行为(如学习、推理、思考、规划等)的学科，主要包括计算机实现智能的原理、制造类似于人脑智能的计算机，使计算机能实现更高层次的应用。人工智能将涉及计算机科学、心理学、哲学和语言学等学科，可以说几乎是自然科学和社会科学的所有学科，其范围已远远超出了计算机科学的范畴。人工智能与思维科学的关系是实践和理论的关系，人工智能处于思维科学的技术应用层次，是它的一个应用分支。从思维观点看，人工智能不只限于逻辑思维，要考虑形象思维、灵感思维才能促进人工智能的突破性的发展。数学常被认为是多种学科的基础科学，人工智能学科也必须借用数学工具，它将在标准逻辑、模糊数学等领域发挥作用。数学进入人工智能学科，它们将互相促进并更快地发展。

1.2 人工智能的历史

说到人工智能，就不得不提计算机界的一个传奇人物：

阿兰·图灵博士。1950 年，图灵在《思想(Mind)》杂志上发表了一篇论文《计算的机器和智能》。在论文中，图灵既没有讲计算机怎样才能获得智能，也没有提出如何解决复杂问题的智能方法，只是提出了一个验证机器有无智能的判别方法。

让一台机器和一个人坐在幕后，让一个裁判同时与幕后的人和机器进行交流，如果这个裁判无法判断自己交流的对象是人还是机器，就说明这台机器有了和人同等的智能。这就是大名鼎鼎的图灵测试，见图 1.1。后来，计算机科学家对此进行了补充，如果计算机实现了下面几件事情中的一件，就可以认为它有图灵所说的那种智能：

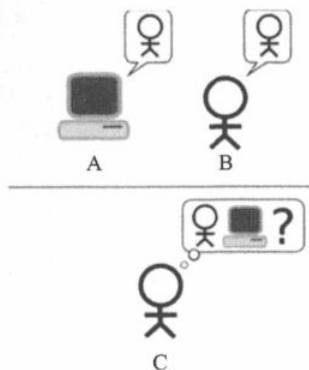


图 1.1 图灵测试

- (1) 语音识别；
- (2) 机器翻译；
- (3) 文本的自动摘要或者写作；
- (4) 战胜人类的国际象棋冠军；
- (5) 自动回答问题。

今天，计算机已经做到了上述的这几件事情，甚至还超额完成了任务，比如战胜人类围棋冠军的难度比战胜人类国际象棋冠军的难度要高出 6~8 个数量级。当然，人类走到这一步并非一帆风顺，而是走了几十年的弯路。

1.2.1 人工智能的诞生

当前人工智能异常火热，但事实上人工智能并非一个新的研究领域，它诞生于 20 世纪 50 年代。如果我们排除了从古希腊到霍布斯、莱布尼茨和 Pascal 的纯哲学推理路径，人工智能领域的研究正式开始于 1956 年在达特茅斯学院(见图 1.2)所举行的一次会议。会议的组织者是马文·闵斯基、约翰·麦卡锡和另外两位资深科学家 Claude Shannon 以及 Nathan Rochester，后者来自 IBM。参会者包括 Ray Solomonoff、Oliver Selfridge、Trenchard More、Arthur Samuel、Newell 和 Simon，他们中的每一位都在 AI 研究的第一个十年中做出了重要贡献。这是一次头脑风暴式的讨论会，这 10 位年轻的学者讨论的是当时计算机尚未解决，甚至尚未开展研究的问题，包括人工智能、自然语言处理和神经网络等。

这次会议距阿西莫夫提出机器人三定律仅有数年，更贴切地说，是召开在 1950 年图灵那篇著名的论文发表之后。图灵的论文中首次提出了有思维的机器的概念和更被人们所接受的图灵测试，用于评估这样的机器是否真正体现了智能的特性。



图 1.2 60 年前的达特茅斯学院