

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



人工智能

丁世飞 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机

人工智能

丁世飞 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地阐述了人工智能的基本原理、方法和应用技术,比较全面地反映了国内外人工智能领域研究的最新进展和研究动态。全书将人工智能划分为3篇,第1篇:基本人工智能。论述人工智能的基本理论与技术。第2篇:高级人工智能。论述人工智能的高级理论与技术,主要涉及粗糙集与软计算、进化计算、模糊计算,以及粒度计算等人工智能的研究热点。第3篇:人工智能的展望。讨论人工智能的争论与展望。

本书力求科学性、实用性、可读性好。内容由浅入深、循序渐进,条理清晰,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。

本书可作为高等院校高年级本科生和研究生的人工智能课程教材,也可供从事人工智能研究与应用的科技工作者学习参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

人工智能/于世飞编著. —北京:清华大学出版社,2011.1

(21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)

ISBN 978-7-302-23510-1

I. ①人… II. ①丁… III. ①人工智能 IV. ①TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第157364号

责任编辑:魏江江 薛 阳

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, jsjje@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.25 字 数:457千字

版 次:2011年1月第1版 印 次:2011年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.50元

前言

人工智能的诞生与发展是 20 世纪最伟大的科学成就之一,也是新世纪引领未来发展的主导学科之一。它是一门新思想、新观点、新理论、新技术不断涌现的前沿交叉学科,相关研究成果已经广泛应用到国防建设、工业生产、国民生活中的各个领域。在信息网络和知识经济时代,人工智能科学技术正在引起越来越广泛的重视,必将为推动科学技术的进步和产业的发展发挥更大的作用。

人工智能是一门研究机器智能的学科,即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,实现智能行为。作为一门前沿和交叉学科,它的研究领域十分广泛,涉及机器学习、数据挖掘、计算机视觉、专家系统、自然语言理解、智能检索、模式识别、规划和机器人等领域。人工智能的长期目标是建立人类水平的人工智能。

本书是作者在自编《人工智能讲义》的基础上,结合多年的教学与科研实践经验,吸取了国内外人工智能教材的优点,参考了国际上最新的研究成果,由多年从事“人工智能”教学的专家、教授编写而成。其中第 1~2 章由夏战国编著;第 3 章由毛磊编著;第 6 章由朱红编著;第 8~9 章由许新征编著;其他各章由丁世飞教授编著,最后由丁世飞教授全面负责通稿、定稿。

本书由国际信息处理联合会人工智能专业委员会机器学习和数据挖掘组主席、中国人工智能学会副理事长、中国科学院计算技术研究所研究员、博士生导师、中国矿业大学兼职教授史忠植担任主审。

本书系统地阐述了人工智能的基本原理、方法和应用技术,比较全面地反映了国内外人工智能研究领域的最新进展和研究动态。

全书将“人工智能”划分为 3 篇,共 12 章。

第 1 篇:基本人工智能。论述人工智能的基本理论与技术,包括 6 章,第 1 章简要介绍了人工智能的发展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 章阐述了人工智能的基本原理,包括经典的知识表示、搜索策略、确定性推理、不确定性推理以及机器学习等基本应用领域。

第 2 篇:高级人工智能。论述人工智能的高级理论与技术,主要涉及粗糙集与软计算、进化计算、模糊计算,以及粒度计算等人工智能的研究热点,包括 5 章:第 7 章阐述支持向量机,第 8 章阐述神经计算,第 9 章阐述进化计算,第 10 章阐述粗糙集,第 11 章阐述模糊集,第 12 章阐述粒度计算。

第 3 篇:人工智能的展望。讨论人工智能对人类的影响与展望。

本书力求科学性、实用性、可读性好。内容由浅入深、循序渐进,条理清晰。教材采用逐层深入的策略编写,以达到适合于不同专业之取舍、不同层次的教学研究之需要。

本书包含了作者多年的科研成果,也吸取了国内外同类教材的有关文献的精华,他们的丰硕成果和贡献是本书学术思想的重要源泉,在此谨向这些教材和文献的作者致以崇高的

敬意。特别感谢张钹院士、李德毅院士、王守觉院士、陆汝衿院士、史忠植教授、张铃教授、钟义信教授、王国胤教授、蔡自兴教授、焦李成教授、周志华教授、马少平教授、梁吉业教授、苗夺谦教授、姚一豫教授、刘清教授以及 Zadeh L. A. , Vapnik, V. N. , Pawlak, Z. 等专家的支持与帮助,他们的著作为本书提供了丰富的营养,使我们受益匪浅。

本书的顺利编写得到了中国矿业大学计算机学院、中国矿业大学教务处等各级领导的支持与帮助,同时中国矿业大学-中国科学院智能信息处理联合实验室的老师、同学在文字录入、图表制作、校对等方面自始至终做了大量的工作,特别是苏春阳、张禹、李剑英、陈锦荣、顾亚祥、徐丽、齐丙娟、钱钧、马刚、佟畅、张文涛等,在此一并表示感谢。

本书得到了国家自然科学基金(批准号:60975039)、江苏省基础研究计划(自然科学基金)(批准号:BK2009093)的支持。

由于人工智能是一门不断发展的学科,新的理论方法和技术、新的应用领域不断涌现,再加上我们的学识水平及时间有限,可能没有完全达到我们所希望的目标,也不可避免地存在各种错误和疏漏,敬请读者给予批评指正。

丁世飞

2010年12月

第 1 篇 基本人工智能

第 1 章 绪论	3
1.1 什么是人工智能	3
1.1.1 人工智能的定义	3
1.1.2 人工智能研究的目标	4
1.2 人工智能的发展	4
1.2.1 人工智能的孕育期	4
1.2.2 摇篮期	5
1.2.3 形成期	5
1.2.4 发展期	6
1.2.5 实用期	7
1.2.6 稳步增长期	8
1.3 人工智能的研究方法	8
1.3.1 符号主义	8
1.3.2 连接主义	9
1.3.3 行为主义	9
1.4 人工智能的应用领域	9
1.4.1 机器学习	9
1.4.2 问题求解	10
1.4.3 专家系统	10
1.4.4 模式识别	10
1.4.5 自然语言处理	11
1.4.6 智能决策支持系统	11
1.4.7 人工神经网络	11
1.4.8 自动定理证明	12
1.4.9 机器人学	12
1.5 本章小结	12
习题 1	13
第 2 章 知识表示	14
2.1 概述	14

- 2.1.1 知识与知识表示..... 14
- 2.1.2 知识表示方法..... 15
- 2.2 谓词逻辑表示法..... 16
 - 2.2.1 命题逻辑..... 16
 - 2.2.2 谓词逻辑..... 18
- 2.3 产生式表示法..... 22
 - 2.3.1 产生式可表示的知识种类及其基本形式..... 23
 - 2.3.2 知识的表示方法..... 23
 - 2.3.3 产生式系统的组成..... 24
 - 2.3.4 产生式系统的推理方式..... 25
 - 2.3.5 产生式表示法的特点..... 26
- 2.4 语义网络表示法..... 28
 - 2.4.1 语义网络的概念及结构..... 28
 - 2.4.2 语义网络的基本语义联系..... 29
 - 2.4.3 语义网络表示知识的方法及步骤..... 31
 - 2.4.4 语义网络知识表示举例..... 34
 - 2.4.5 语义网络的推理过程..... 35
 - 2.4.6 语义网络表示法的特点..... 36
- 2.5 框架表示法..... 37
 - 2.5.1 框架结构..... 37
 - 2.5.2 框架表示知识举例..... 39
 - 2.5.3 推理方法..... 40
 - 2.5.4 框架表示法的特点..... 40
- 2.6 脚本表示法..... 41
 - 2.6.1 脚本的定义与组成..... 41
 - 2.6.2 用脚本表示知识的步骤..... 43
 - 2.6.3 用脚本表示知识的推理方法..... 44
 - 2.6.4 脚本表示法的特点..... 45
- 2.7 状态空间表示法..... 45
 - 2.7.1 问题状态空间的构成..... 45
 - 2.7.2 用状态空间表示问题的步骤..... 46
 - 2.7.3 利用状态空间求解问题的过程..... 46
- 2.8 面向对象的知识表示..... 48
 - 2.8.1 面向对象的基本概念..... 48
 - 2.8.2 面向对象的知识表示..... 49
 - 2.8.3 面向对象方法学的主要观点..... 50
- 2.9 本章小结..... 50
- 习题 2..... 51

第 3 章 搜索策略	53
3.1 引言	53
3.2 基于状态空间图的搜索技术	54
3.2.1 图搜索的基本概念	55
3.2.2 状态空间搜索	55
3.2.3 一般图的搜索算法	60
3.3 盲目搜索	61
3.3.1 宽度优先搜索	61
3.3.2 深度优先搜索	63
3.3.3 有界深度搜索和迭代加深搜索	65
3.3.4 搜索最优策略的比较	66
3.4 启发式搜索	67
3.4.1 启发性信息和评估函数	67
3.4.2 启发式搜索 A 算法	68
3.4.3 实现启发式搜索的关键因素和 A* 算法	69
3.4.4 迭代加深 A* 算法	72
3.4.5 爬山法和回溯策略	73
3.5 问题规约和与或图启发式搜索	74
3.5.1 问题规约	74
3.5.2 与或图表示	76
3.5.3 与或图的启发式搜索	78
3.6 博弈	81
3.6.1 极大极小过程	83
3.6.2 α - β 过程	85
3.7 本章小结	87
习题 3	87
第 4 章 确定性推理	89
4.1 推理技术概述	89
4.1.1 推理的概述和类型	89
4.1.2 推理的控制策略	92
4.2 推理的逻辑基础	93
4.2.1 谓词与个体	93
4.2.2 谓词公式的永真性和可满足性	94
4.3 自然演绎推理	96
4.4 归结演绎推理	97
4.4.1 子句型	97
4.4.2 鲁滨逊归结原理	100

4.4.3	归结演绎推理的归结策略	103
4.4.4	用归结反演求取问题的答案	107
4.5	本章小结	108
	习题 4	109
第 5 章	不确定性推理	110
5.1	概述	110
5.1.1	什么是不确定性推理	110
5.1.2	不确定性推理要解决的基本问题	111
5.1.3	不确定性推理方法分类	112
5.2	不确定性的表示和度量	113
5.2.1	知识的不确定性	113
5.2.2	证据的不确定性	114
5.2.3	不确定性的表示	114
5.3	主观 Bayes 方法	114
5.3.1	知识不确定性的表示	115
5.3.2	证据不确定性的表示	118
5.3.3	不确定性的更新	119
5.3.4	结论不确定性的合成算法	120
5.4	可信度方法	123
5.4.1	可信度模型	124
5.4.2	确定性方法的说明	129
5.5	证据理论	130
5.5.1	证据的不确定性	130
5.5.2	证据的组合函数	132
5.5.3	规则的不确定性	133
5.5.4	不确定性的组合	134
5.6	本章小结	136
	习题 5	137
第 6 章	机器学习	139
6.1	机器学习概述	139
6.1.1	机器学习的基本概念	139
6.1.2	机器学习的发展简史	140
6.1.3	机器学习分类	141
6.1.4	机器学习的应用与研究目标	142
6.2	归纳学习	142
6.2.1	归纳学习的基本概念	143
6.2.2	变型空间学习	144

6.2.3	归纳偏置	146
6.3	决策树学习	147
6.3.1	决策树的组成及分类	147
6.3.2	决策树的构造算法 CLS	148
6.3.3	基本的决策树算法 ID3	150
6.3.4	决策树的偏置	152
6.4	基于实例的学习	153
6.4.1	K -近邻算法	153
6.4.2	距离加权最近邻法	154
6.4.3	基于范例的学习	155
6.5	强化学习	159
6.5.1	强化学习模型	159
6.5.2	马尔可夫决策过程	160
6.5.3	Q 学习	161
6.6	本章小结	163
	习题 6	164

第 2 篇 高级人工智能

第 7 章	支持向量机	169
7.1	概述	169
7.2	统计学习理论	170
7.2.1	学习问题的表示	170
7.2.2	期望风险和经验风险	171
7.2.3	VC 维理论	172
7.2.4	推广性的界	173
7.2.5	结构风险最小化	174
7.3	支持向量机	175
7.3.1	函数集结构的构造	175
7.3.2	支持向量机	176
7.4	核函数	179
7.4.1	概述	179
7.4.2	核函数的分类	180
7.5	SVM 的算法及多类 SVM	181
7.5.1	SVM 的算法	181
7.5.2	多类问题中的 SVM	181
7.6	SVM 的应用现状	182
7.6.1	人脸检测、验证和识别	182

7.6.2	说话人/语音识别	182
7.6.3	文字/手写体识别	182
7.6.4	图像处理	183
7.7	本章小结	183
第8章	神经计算	185
8.1	人工神经元模型	185
8.2	感知器	187
8.2.1	感知器的结构	187
8.2.2	感知器学习算法	188
8.3	反向传播网络	190
8.3.1	BP网络的结构	190
8.3.2	BP网络的学习算法	190
8.4	自组织映射神经网络	193
8.4.1	SOM网络结构	193
8.4.2	SOM网络的学习算法	194
8.5	Hopfield网络	196
8.5.1	离散Hopfield网络的结构	196
8.5.2	离散Hopfield网络的稳定性	197
8.5.3	离散Hopfield网络的学习算法	197
8.6	脉冲耦合神经网络	198
8.6.1	PCNN的结构	198
8.6.2	PCNN的学习算法	198
8.7	神经计算的发展趋势	199
8.8	本章小结	200
	习题8	201
第9章	进化计算	202
9.1	概述	202
9.2	遗传算法	203
9.2.1	遗传算法的基本原理	203
9.2.2	遗传算法的应用示例	204
9.2.3	模式定理	207
9.2.4	遗传算法的改进	210
9.3	进化规划	211
9.3.1	标准进化规划及其改进	211
9.3.2	进化规划的基本技术	213
9.4	进化策略	214
9.4.1	进化策略及其改进	214

9.4.2 进化策略的基本技术	215
9.5 GA、EP、ES 的异同	216
9.6 本章小结	217
习题 9	218
第 10 章 模糊计算	219
10.1 模糊集合的概念	219
10.1.1 模糊集合的定义	219
10.1.2 模糊集合的表示方法	220
10.2 模糊集合的代数运算	223
10.3 正态模糊集和凸模糊集	226
10.4 模糊关系	226
10.4.1 模糊关系	226
10.4.2 模糊关系的性质	227
10.5 模糊逻辑推理	227
10.6 模糊判决	229
10.7 模糊计算在模式识别中的应用	230
10.7.1 最大隶属度原则	230
10.7.2 择近原则	231
10.8 本章小结	232
习题 10	232
第 11 章 粗糙集	234
11.1 概述	234
11.2 基本粗糙集理论	236
11.3 粗糙集中的知识表示	238
11.4 知识约简	239
11.5 知识的约简算法	241
11.5.1 信息系统的知识约简算法	241
11.5.2 决策表的知识约简算法	242
11.6 本章小结	244
习题 11	244
第 12 章 粒度计算	245
12.1 粒度计算概述	245
12.1.1 粒度计算的定义	245
12.1.2 粒度计算的基本成分	245
12.2 粒度计算的基本问题	247
12.3 几个粒度计算的典型模型	248

12.3.1	基于粗糙集理论的粒度计算模型	248
12.3.2	基于商空间的粒度计算模型	250
12.3.3	基于模糊集合论的词计算模型	253
12.3.4	三大模型之间的关系	256
12.4	本章小结	258
	习题 12	259

第 3 篇 展 望

第 13 章	人工智能的争论	263
13.1	人工智能的学派	263
13.2	对人工智能理论的争论	264
13.3	对人工智能方法的争论	265
13.4	对人工智能技术路线的争论	265
13.5	对强弱人工智能的争论	266
13.5.1	强弱人工智能	266
13.5.2	对强人工智能的哲学争论	266
13.6	本章小结	267
第 14 章	人工智能的展望	268
14.1	人工智能的未来问题	268
14.1.1	更新的理论框架	268
14.1.2	更好的技术集成	269
14.1.3	更成熟的应用方法	269
14.2	脑机接口	270
14.3	本章小结	271
	参考文献	272

第 1 篇

基本人工智能

第 1 章

绪论

人工智能(Artificial Intelligence, AI)主要研究用人工的方法和技术,模仿、延伸和扩展人的智能,实现机器智能。人工智能的长期目标是实现能达到人类智能水平的人工智能。自人工智能诞生以来,取得了许多令人兴奋的成果,在很多领域得到了广泛的应用。本章将对人工智能学科作一个简要的介绍,包括发展历史、研究方法以及主要的应用领域。

1.1 什么是人工智能

1956年,被认为是人工智能之父的麦卡锡(J. McCarthy)组织了一次达特茅斯(Dartmouth)人工智能夏季研讨会,将许多对机器智能感兴趣的专家学者聚集在一起进行了一个月的讨论。他们讨论了人工智能的可行性和实现方法。从那时起,这个领域被命名为“人工智能”,为以后的研究工作奠定了基础。

1.1.1 人工智能的定义

如前文所说,“人工智能”一词最初是在1956年达特茅斯学会上被提出的。从那以后,研究者们提出和验证了众多理论和原理,人工智能的概念也随之扩展。人工智能是当前科学技术迅速发展及新思想、新理论、新技术不断涌现的形势下产生的一个学科,也是一门涉及数学、计算机科学、哲学、认知心理学、信息论、控制论等学科的交叉学科。人工智能的发展虽然已走过了半个世纪的历程,但是对人工智能至今尚无统一的定义。著名的美国斯坦福大学人工智能研究中心的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(MIT)的温斯顿教授认为:“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,即人工智能主要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。

人工智能的一个比较流行的定义,也是该领域较早的定义,是由当时麻省理工学院的麦卡锡在1956年的达特茅斯会议上提出的:“人工智能就是要让机器的行为看起来就像是人所表现出的智能行为一样”。另一个定义是:“人工智能是人造机器所表现出来的智能”。

总体来讲,目前对人工智能的定义大多可划分为4类,即机器的“类人思维”、“类人行为”、“理性思维”和“理性行为”。

1.1.2 人工智能研究的目标

1950年英国数学家图灵(A. M. Turing)发表了题为“计算机与智能”的论文,文中提出著名的“图灵测试”,形象地提出了人工智能应该达到的智能标准。图灵在这篇论文中认为“不要问一个机器是否能思维,而是要看它能否通过以下的测试:让人和机器分别位于两个房间,他们只可通话,不能互相看见。通过对话,如果人的一方不能区分对方是人还是机器,那么就可以认为那台机器达到了人类智能的水平。”图灵为此特地设计了被称为“图灵梦想”的对话。在这段对话中“询问者”代表人,“智者”代表机器,并且假定他们都读过狄更斯(C. Dickens)的著名小说《匹克威克外传》,对话内容如下:

询问者:14行诗的首行是“你如同夏日”,你不觉得“春日”更好吗?

智者:它不合韵。

询问者:“冬日”如何?它可是完全合韵的。

智者:它确是合韵的,但没有人愿意被比作“冬日”。

询问者:你不是说过匹克威克先生让你想起圣诞节吗?

智者:是的。

询问者:圣诞节是冬天的一个日子,我想匹克威克先生对这个比喻不会介意吧。

智者:我认为您不够严谨,“冬日”指的是一般冬天的日子,而不是某个特别的日子,如圣诞节。

从上面的对话可以看出,要满足这样的要求,就必须要求计算机不仅能模拟而且可以延伸、扩展人的智能,达到甚至超过人类智能的水平。在目前这是难以达到的,它是人工智能研究的根本目标。

人工智能研究的近期目标是使现有的计算机不仅能做一般的数值计算及非数值信息的数据处理,而且能运用知识来处理问题,能模拟人类的部分智能行为。按照这一目标,需要根据现在的计算机的特点研究实现智能的有关理论、技术和方法,建立相应的智能系统。例如目前研究开发的专家系统、机器翻译系统、模式识别系统、机器学习系统、机器人等。

1.2 人工智能的发展

“人工智能”自从在1956年达特茅斯学会上被提出,人工智能的概念也随之扩展。在它还不长的历史中,其发展比预想的要慢,但一直在前进。从出现到现在,已经出现了许多人工智能程序,并且它们也影响到了其他技术的发展。

1.2.1 人工智能的孕育期

虽然计算机为人工智能提供了必要的技术基础,但直到20世纪50年代早期人们才注意到人类智能与机器之间的联系。维纳(Wiener)是最早研究反馈理论的美国人之一。最