

计 算 机 科 学 与 技 术 系 列 教 材

人工智能引论

主 编 朱福喜 杜友福 夏定纯
副主编 曾宇容 朱三元 徐 涛



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

计算机科学与技术系列教材

人工智能引论

主 编 朱福喜 杜友福 夏定纯
副主编 曾宇容 朱三元 徐 涛

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

人工智能引论/朱福喜,杜友福,夏定纯主编. —武汉:武汉大学出版社,2006.9

(计算机科学与技术系列教材)

ISBN 7-307-05139-7

I. 人… II. ①朱… ②杜… ③夏… 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 074227 号

责任编辑:黄金文 夏炽元 责任校对:刘 欣 版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北省通山县九宫印务有限公司

开本:787×980 1/16 印张:22.5 字数:463 千字

版次:2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-307-05139-7/TP·208 定价:30.00 元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

计算机科学与技术系列教材

编 委 会

主 任:何炎祥,武汉大学计算机学院院长,教授

副 主 任:康立山,中国地质大学(武汉)计算机学院院长,教授

陆际光,中南民族大学计算机科学学院院长,教授

编 委:(以姓氏笔画为序)

王江晴,中南民族大学计算机科学学院副院长,教授

王春枝,湖北工业大学计算机学院副院长,教授

牛冀平,黄冈师范学院计算机系主任,副教授

石曙东,湖北师范学院计算机科学与技术系主任,教授

朱 英,桂林电子工业学院计算机系副教授

孙扬波,湖北中医学院信息技术系信息管理与信息系统教研室

主任

刘腾红,中南财经政法大学信息学院副院长,教授

陈少平,中南民族大学电信学院副院长,教授

杜友福,长江大学计算机科学学院院长,教授

陆 迟,江汉大学数学与计算机科学学院计算机系主任,副教授

闵华松,武汉科技大学计算机科学与技术学院副院长,副教授

陈佛敏,咸宁学院信息工程学院计算机系主任,副教授

陈建新,孝感学院计算机科学系主任,副教授

李禹生,武汉工业学院计算机与信息工程系副主任,教授

李晓林,武汉工程大学计算机科学与工程学院副院长,副教授

张焕国,武汉大学计算机学院教授

余敦辉,湖北大学数学与计算机科学学院计算机系副主任

肖 微,湖北警官学院信息技术系副教授

钟 璐,武汉理工大学计算机科学与技术学院院长,教授

钟阿林,三峡大学电气信息学院计算机系主任

姜洪溪,襄樊学院电气信息工程系副主任,副教授

桂 超,湖北经济学院计算机与电子科学系副主任,副教授

黄求根,武汉科技学院计算机科学学院院长,教授

阎 菲,湖北汽车工业学院计算中心主任,副教授

韩元杰,桂林电子工业学院计算机系教授

谢坤武,湖北民族学院信息工程学院计算机系主任,副教授

戴光明,中国地质大学(武汉)计算机学院副院长,教授

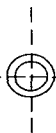
魏中海,华中农业大学理学院计算机系副教授

执行编委:黄金文,武汉大学出版社副编审



内 容 简 介

本书系统地阐述了人工智能的基本理论和基本技术及其应用,比较全面系统地反映了国内外人工智能研究的最新进展。全书共十一章,其中介绍传统的人工智能原理和方法的内容包括搜索技术、各种知识表示和处理技术、各种典型(精确的和非精确的)的推理技术、专家系统开发技术、机器学习、自然语言处理技术,这些内容能够使读者对人工智能的基本概念和人工智能系统的构造技术和方法有一个比较清楚的认识;介绍人工智能研究领域里的最新成果的内容有分布式人工智能、数据挖掘与知识发现、遗传算法。这几个方面是目前人工智能研究最活跃的领域。本书强调具有先进性、实用性和可读性,可作为计算机、信息处理、自动化和电信等专业的高年级本科生和研究生学习人工智能的教材,也可供从事计算机科学研究、开发和应用的教学和科研人员参考。



人工智能(Artificial Intelligence)作为一门综合性高技术学科,其研究范畴不只局限于计算机科学与技术,还涉及心理学、认知科学、思维科学、信息科学、系统科学和生物科学等多种学科。人工智能这门前沿性的研究学科自产生以来,经历了一个轰轰烈烈的研究和发展时期,并且取得过不少令人鼓舞的成就,已在知识处理、模式识别、自然语言处理、博弈、自动定理证明、自动程序设计、专家系统、知识库、智能机器人等多个领域取得举世瞩目的成果,并形成了多元化的发展方向。

但是人工智能的发展道路并不平坦,人工智能发展到今天比起人工智能刚刚兴起时许多专家的预想还相差很大的距离,很多在当时过于乐观的设想并没有实现,很多研究仍然处于探索阶段,因此,它的研究要比这些专家的预想艰难复杂得多。

人工智能研究道路的曲折和艰难以及许多激烈的争论并不表明人工智能学科没有前景,它只是向我们表明理解人类认知和智能的机制、探索“智力的形成”是人类面临的最困难、最复杂的课题之一。广大的计算机科学以及其他学科研究者仍在这个领域里不畏艰难,勇于探索,辛勤耕耘。近几年来,随着计算机网络,尤其是 Internet 的发展,分布式人工智能和开放分布式环境下的多智体(Multi-Agent)、知识挖掘、生物计算等计算机主流技术的兴起,使得人工智能研究更加拓宽了其研究和应用领域。因此,人工智能仍然是计算机科学中备受人们重视和非常具有吸引力的前沿学科。在美国,由 IEEE Computer Society 和 ACM 计算机教程联合工作组共同制定《计算机教程 2001》时,仍以人工智能作为计算机科学的重要基础课程,并增加了机器学习、代理、计算机视觉、图形处理、知识库系统、神经网络、遗传算法等知识点。

人工智能的探索是永无止境的。人工智能的研究似乎会一直处在这种状况,那就是“如果某个问题在计算机上没有解决或没有解决得很好,那么这个问题就是人工智能问题;一旦这个问题解决得比较好了,也就形成一个新的分支,从而脱离人工智能的范围”。这样一来,人工智能永远是一个深奥而永无止境的追求目标。

本书主要阐述人工智能的基本原理和技术,其中介绍传统的人工智能原理和方法的内容:包括搜索技术、各种知识表示和处理技术、各种典型(精确的和非精确的)的推理技术、专家系统开发技术、机器学习、自然语言处理技术,这些内容能够使读者对人工智能的基本概念和人工智能系统的构造技术和方法有一个比较清楚的认识。介绍人工智能研究领域里的最新成果的内容有分布式人工智能、数据挖掘与知识发现、遗传算法。这几个方面是目前人工智能研究最活跃的领域,其内容反映了人工智



能研究的最新研究方向和成果。本书参考了许多较新的国外同类教材和其他文献,力图保持新颖性和实用性,强调基本概念和基本观点,注重理论和实际相结合。

本书是大学本科学习人工智能的教科书,也可以作为研究生教材和计算机专业以及相关专业工作者了解人工智能的自学用书。

本书共分十一章,第一章、第二章由朱福喜执笔,第三章、第四章、第七章由杜友福执笔,第五章、第十章由夏定纯执笔,第六章、第八章由曾宇容执笔,第九章由朱三元执笔,第十一章由徐涛执笔,全书最后由朱福喜统稿。

在本书的编写过程中,得到了武汉大学计算机学院、长江大学计算机科学学院、武汉科技学院计算机科学学院、孝感学院计算机系、湖北经济学院计算机与电子科学系的领导和老师的支持,同时也得到了武汉大学出版社黄金文、杨华两位老师的支持,在此一并表示衷心感谢。

由于时间和水平所限,难免有错,恳请读者批评指正,使本书得以改进和完善。

作 者

2006 年 4 月



目

录

第一章 人工智能概述	1
1.1 人类智能与人工智能	1
1.2 AI 的起源及研究学派	3
1.3 人工智能的发展	5
1.4 人工智能的基本技术	8
1.5 人工智能的研究与应用领域	10
1.6 小结	16
习题 1	16
第二章 问题求解与搜索技术	18
2.1 问题的状态和状态空间	18
2.1.1 状态空间的定义及其一般搜索方法	18
2.1.2 问题特征分析	20
2.2 或图通用搜索算法	22
2.3 盲目的搜索方法	26
2.3.1 广度优先搜索 (Breath-first search)	26
2.3.2 深度优先搜索 (Depth-first search)	26
2.3.3 分枝有界搜索 (Branch-and-bound)	27
2.3.4 迭代加深搜索 (Iterative deepening)	27
2.4 启发式搜索方法	27
2.4.1 启发式信息的表示	27
2.4.2 A 算法	32
2.4.3 A* 算法	33
2.5 局部与全局搜索算法	42
2.5.1 爬山法	42
2.5.2 模拟退火算法	43
2.5.3 最佳优先搜索算法	44
2.6 博弈搜索算法	45
2.6.1 博弈问题	45



2.6.2 极小极大搜索过程	46
2.6.3 α - β 剪枝算法	48
2.7 问题归约与 AO * 算法	52
2.7.1 问题归约求解方法与“与/或图”	52
2.7.2 与/或图搜索	53
2.7.3 与/或图搜索的特点	54
2.7.4 与/或图搜索算法 AO *	56
2.7.5 对 AO * 算法的进一步分析	57
习题 2	58

第三章 知识表示与处理方法

3.1 概述	61
3.1.1 知识的基本概念	61
3.1.2 知识表示概述	63
3.1.3 AI 中知识表示方法分类	64
3.1.4 知识表示要注意的问题	65
3.2 逻辑表示法	66
3.2.1 一阶谓词逻辑	66
3.2.2 谓词逻辑用于知识表示	68
3.2.3 逻辑表示法的特点	69
3.3 产生式表示法	69
3.3.1 产生式的基本形式	70
3.3.2 产生式系统的组成	70
3.3.3 产生式系统的表示	71
3.3.4 产生式系统的基本工作过程	75
3.3.5 产生式系统的类型	75
3.3.6 产生式规则的选择与匹配	78
3.3.7 产生式表示的特点	79
3.4 语义网络表示法	80
3.4.1 语义网络的结构	80
3.4.2 基本命题的语义网络表示	80
3.4.3 连接词和量词在语义网络中的表示	83
3.4.4 基于语义网络的推理	88
3.4.5 语义网络的一般描述	90
3.5 框架表示法	92
3.5.1 框架理论	92



3.5.2 框架的一般形式	92
3.5.3 框架系统	94
3.5.4 基于框架的推理	95
3.5.5 框架表示法的特点	97
3.6 小结	97
习题 3	98
第四章 归结推理及其应用	99
4.1 自然演绎推理	99
4.2 归结演绎推理	101
4.2.1 归结的基本概念	101
4.2.2 将谓词公式化成子句集的步骤	102
4.2.3 代换与合一	103
4.2.4 变量分离标准化	105
4.2.5 Robinson 归结原理	106
4.3 归结方法	107
4.3.1 命题演算的归结方法	107
4.3.2 谓词演算的归结方法	107
4.3.3 归结方法的应用	108
4.4 归结原理的理论依据	111
4.4.1 谓词演算基础	111
4.4.2 归结方法的可靠性证明	113
4.4.3 归结方法的完备性证明	117
4.5 小结	125
习题 4	126
第五章 不确定性推理	128
5.1 不确定性推理概述	128
5.1.1 基本概念	128
5.1.2 基本问题	129
5.1.3 基本方法	131
5.2 MYCIN 模型	131
5.2.1 可信度概念	131
5.2.2 证据不确定性的表示	132
5.2.3 知识不确定性的表示	132
5.2.4 不确定性推理计算	133



5.3	主观 Bayes 方法	137
5.3.1	知识不确定性的表示	137
5.3.2	证据不确定性的表示	139
5.3.3	不确定性的传递算法	139
5.4	证据理论	144
5.4.1	D-S 理论的基本概念	144
5.4.2	知识不确定性的表示	151
5.4.3	证据不确定性的表示	151
5.4.4	不确定性推理计算	151
5.5	模糊集合	154
5.5.1	基本概念	154
5.5.2	模糊语言	162
5.5.3	模糊规则与推理	167
5.6	小结	176
	习题 5	177
第六章	专家系统	179
6.1	专家系统概述	179
6.1.1	专家系统的定义	179
6.1.2	专家系统的特征	180
6.1.3	专家系统的分类	181
6.1.4	专家系统的研究内容	184
6.2	专家系统的结构	185
6.2.1	理想的专家系统结构	185
6.2.2	专家系统的主要组成部分	186
6.3	专家系统开发阶段与过程	188
6.3.1	专家系统开发阶段	188
6.3.2	专家系统开发过程	189
6.4	专家系统开发工具与环境	192
6.4.1	专家系统开发工具	192
6.4.2	专家系统开发环境	195
6.5	专家系统发展趋势	196
6.5.1	新型专家系统特征分析	196
6.5.2	分布式专家系统	197
6.5.3	协同式专家系统	199
6.5.4	其他新型专家系统	200

6.6 小结	201
习题 6	201
第七章 机器学习	202
7.1 概述	202
7.1.1 学习和机器学习的定义	202
7.1.2 机器学习研究的发展	203
7.1.3 机器学习的方法及其分类	203
7.1.4 机器学习中的推理方法	206
7.2 基于解释的学习	207
7.2.1 基于解释的学习的基本原理	207
7.2.2 基于解释的学习的一般框架	208
7.2.3 基于解释的学习过程	209
7.3 基于类比的学习	210
7.3.1 类比学习的一般原理	210
7.3.2 类比学习的表示	210
7.3.3 类比学习的求解	211
7.4 归纳学习	212
7.4.1 归纳概念学习的定义	212
7.4.2 归纳概念学习算法的一般步骤	215
7.4.3 归纳概念学习的基本技术	217
7.5 基于神经网络的学习	225
7.5.1 人工神经网络的基本原理	225
7.5.2 人工神经网络的基本结构模式	229
7.5.3 人工神经网络互连结构	230
7.5.4 神经网络的学习算法	233
7.5.5 神经网络模型分类	235
7.6 小结	236
习题 7	237
第八章 自然语言理解	238
8.1 自然语言及其理解	238
8.1.1 自然语言及其构成	238
8.1.2 自然语言理解的概念	239
8.1.3 自然语言理解的研究进展	240
8.1.4 自然语言理解的层次	242



8.2	词法分析	242
8.3	句法和语意分析	243
8.3.1	句法分析	243
8.3.2	语意分析	245
8.4	自然语言理解系统的模型	246
8.5	自然语言理解系统应用实例	248
8.6	小结	250
	习题 8	250
第九章	分布式人工智能	251
9.1	概述	251
9.2	分布式问题求解	252
9.3	主体	255
9.3.1	什么是主体	255
9.3.2	什么是智能主体	256
9.3.3	智能主体的抽象结构	257
9.4	主体理论	258
9.4.1	可能世界模型	259
9.4.2	理性主体模型	260
9.5	主体结构	262
9.5.1	基于逻辑的主体	263
9.5.2	反应式主体	265
9.5.3	BDI 主体	267
9.5.4	层次主体	269
9.6	主体通信	270
9.6.1	主体通信概述	270
9.6.2	言语动作	271
9.6.3	SHADE 通信机制	272
9.7	主体的协调与协作	276
9.7.1	协调	276
9.7.2	协作	280
9.8	小结	282
	习题 9	282
第十章	知识发现与数据挖掘	283
10.1	概述	283

10.2 数据挖掘与 KDD	284
10.2.1 KDD 的基本概念	284
10.2.2 KDD 的基本过程	284
10.2.3 数据挖掘系统	286
10.3 数据挖掘功能	288
10.3.1 概念描述 (Concept Description)	288
10.3.2 关联分析 (Association Analysis)	289
10.3.3 信息分类 (Classification)	289
10.3.4 聚类 (Cluster)	289
10.3.5 偏差检测 (Deviation Detection)	290
10.4 数据挖掘技术和方法	290
10.5 关联分析	290
10.5.1 基本概念	290
10.5.2 关联规则	291
10.5.3 Apriori 算法	292
10.6 聚类分析	296
10.6.1 聚类概述	296
10.6.2 聚类问题	296
10.6.3 聚类方法	298
10.6.4 层次聚类	299
10.6.5 划分聚类	301
10.7 小结	305
习题 10	305
 第十一章 遗传算法	 306
11.1 遗传算法概述	306
11.1.1 遗传算法的产生、发展和应用	306
11.1.2 遗传学与遗传算法的基本思想	307
11.2 基本遗传算法	308
11.2.1 简单函数优化实例	309
11.2.2 基本遗传算法的算法描述	311
11.3 模式理论	313
11.4 遗传算法的进一步讨论	319
11.4.1 编码	319
11.4.2 群体设定	324
11.4.3 适应度函数	325



11.4.4 遗传操作的进一步讨论.....	329
11.4.5 收敛性.....	339
11.5 小结.....	340
习题 11	341
 参考文献	 342



第一章 人工智能概述



人类的许多活动,如解题、下棋、猜谜、写作、编制计划和编程,甚至驾车、骑车等,都体现了人类的智能。如果机器能够完成这些任务的一部分,那么就可以认为机器已经具有某种程度的“人工智能”。

1.1 人类智能与人工智能

什么是人类智能?什么是人工智能?人类智能与人工智能有什么区别和联系?这些都是广大科技工作者十分感兴趣而又值得深入探讨的问题。人工智能的出现不是偶然的。从思维基础上讲,它是人们长期以来探索研制能够进行计算、推理和其他思维活动的智能机器的必然结果;从理论上讲,它是信息论、控制论、系统工程论、计算机科学、心理学、神经学、认知科学、数学和哲学等多种学科相互渗透的结果;从物质和技术基础上讲,它是电子计算机和电子技术得到广泛应用的结果。

智能是涉及多层次多学科的问题,智能科学的发展除了要依赖于神经科学和现代心理学对人脑结构机理的研究以外,也与心理认知科学的发展密不可分。为了解人工智能,先熟悉一下与它有关的一些概念,这些概念涉及信息、认识、知识、智力、智能。不难看出,这些概念在逐步提升、逐步贴近人工智能。

我们首先看看什么是信息。信息是物质和能量运动的形式,是以物质和能量为载体的客观存在。信息与物质及能量构成整个宇宙。人们不能直接认识物质和能量,而是通过物质和能量体现出的信息来认识它们。

一般认为,人的认识过程为:信息经过感觉输入到神经系统,再经过大脑思维变为认识。

那么什么是认识呢?认识就是用符号去整理研究对象,并确定其联系。

知识是人们对于可重复信息之间的联系的认识,是被认识了的信息和信息之间的联系,是信息经过加工整理、解释、挑选和改造而形成的。关于知识,比较有代表性的定义有:

- Feigenbaum:知识是经过裁剪、塑造、解释、选择和转换了的信息。
- Bernstein:知识由特定领域的描述、关系和过程组成。
- Heyes-Roth:知识 = 事实 + 信念 + 启发式。

如何由认识上升到知识呢?这就要通过认知过程,所谓认知过程(Cognition)一