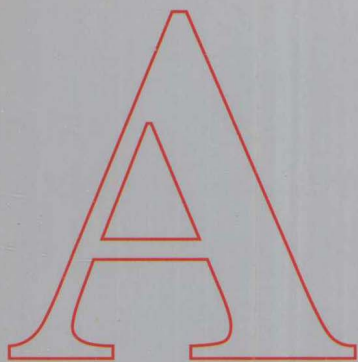


21世纪高等学校计算机**专业**实用规划教材

人工智能基础教程

(第二版)

朱福喜 编著



清华大学出版社



21世纪高等学校计算机**专业**实用规划教材

人工智能基础教程

(第二版)

朱福喜 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、实现技术及其应用,全面地反映了国内外人工智能研究领域的最新进展和发展方向。全书共 18 章,分为 4 个部分,第 1 部分是搜索与问题求解,用 8 章的篇幅系统地叙述了人工智能中各种搜索方法求解的原理和方法,内容包括状态空间和传统的图搜索算法、和声算法、禁忌搜索算法、遗传算法、免疫算法、粒子群算法、蚁群算法和 Agent 技术等;第 2 部分为知识与推理,用 4 章的篇幅讨论各种知识表示和处理技术、各种典型的推理技术,还包括非经典逻辑推理技术和非协调逻辑推理技术;第 3 部分为学习与发现,用 3 章的篇幅讨论传统的机器学习算法、神经网络学习算法、数据挖掘和知识发现技术;第 4 部分为领域应用,用 2 章分别讨论专家系统开发技术和自然语言处理原理和方法。

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方法有一个比较清楚的认识,对人工智能研究领域里的最新成果有所了解。

本书强调先进性、实用性和可读性,可作为计算机、信息处理、自动化和电信等 IT 相关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。

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

人工智能基础教程/朱福喜编著.--2 版.--北京:清华大学出版社,2011.6

(21 世纪高等学校计算机专业实用规划教材)

ISBN 978-7-302-24371-7

I. ①人… II. ①朱… III. ①人工智能—高等学校—教材 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 257994 号

责任编辑:魏江江 李 晔

责任校对:白 蕾

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,jsjic@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:29.75 字 数:726 千字

版 次:2011 年 6 月第 2 版 印 · 次:2011 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:45.00 元

产品编号:027516-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	章征	教授
	王建民	教授
	冯建华	教授
	刘强	副教授
北京大学	杨冬青	教授
	陈钟	教授
	陈立军	副教授
北京航空航天大学	马殿富	教授
	吴超英	副教授
	姚淑珍	教授
中国人民大学	王珊	教授
	孟小峰	教授
	陈红	教授
北京师范大学	周明全	教授
北京交通大学	阮秋琦	教授
	赵宏	教授
北京信息工程学院	孟庆昌	教授
北京科技大学	杨炳儒	教授
石油大学	陈明	教授
天津大学	艾德才	教授
复旦大学	吴立德	教授
	吴百锋	教授
	杨卫东	副教授
同济大学	苗夺谦	教授
	徐安	教授
华东理工大学	邵志清	教授
华东师范大学	杨宗源	教授
	应吉康	教授
上海大学	陆铭	副教授
东华大学	乐嘉锦	教授

浙江大学	孙 莉	副教授
	吴朝晖	教授
	李善平	教授
扬州大学	李 云	教授
南京大学	李 斌	教授
	黄 强	副教授
南京航空航天大学	黄志球	教授
	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授
南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	王宜怀	教授
	陈建明	副教授
江苏大学	鲍可进	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	叶俊民	教授
	郑世珏	教授
	陈 利	教授
江汉大学	颜 彬	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
中南大学	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
	邹北骥	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永峰	教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
仰恩大学	张思民	教授
云南大学	刘惟一	教授
电子科技大学	刘乃琦	教授
	罗 蕾	教授
成都理工大学	蔡 淮	教授
	于 春	讲师
西南交通大学	曾华荣	教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

本系列教材立足于计算机专业课程领域,以专业基础课为主、专业课为辅,横向满足高校多层次教学的需要。在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点。

(1) 反映计算机学科的最新发展,总结近年来计算机专业教学的最新成果。内容先进,充分吸收国外先进成果和理念。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,融合先进的教学思想、方法和手段,体现科学性、先进性和系统性,强调对学生实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材把重点放在公共基础课和专业基础课的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现教学质量和教学改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业课教材配套,同一门课程有针对不同层次、面向不同应用的多本具有各自内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优选用。在制定教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教

材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主题。书稿完成后要真实实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平教材编写梯队才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21世纪高等学校计算机专业实用规划教材
联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

人工智能作为研究机器智能和智能机器的一门综合性高技术学科,产生于 20 世纪 50 年代,曾经在 20 世纪末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,至今它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,并衍生出很多新的研究方向。

使计算机程序具有智能,能够模拟人的思维和行为,一直是计算机科学工作者的理想和追求。尽管人工智能的发展道路崎岖不平,自始至终充满了艰辛,但不畏艰难地从事人工智能研究的科学工作者们并没有放弃对这个理想的追求;尽管计算机科学其他分支的发展也非常迅猛,并不断出现些新的学科领域,但是当这些学科的发展进一步深化的时候,人们不会忘记这样一个共同的目标:要使计算机更加智能化。所以不同知识背景和专业的人们都密切关注人工智能这门具有崭新思想和实用价值的综合性学科,并正从这个领域发现某些新思想和新方法。

人工智能的研究范畴不只局限于计算机科学和技术,而是涉及心理学、认知科学、思维科学、信息科学、系统科学和生物科学等多学科,目前已在知识处理、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、智能计算、数据挖掘和知识发现等多个领域取得了举世瞩目的成果,并形成了多元化的发展方向。近几年来,随着计算机网络,尤其是 Internet 的发展,多媒体、分布式人工智能和开放分布式环境下的多智体(multi-agent)以及知识挖掘等计算机主流技术的兴起,使得人工智能研究更加活跃,拓宽了其研究和应用的领域,正朝着健康和成熟的方向发展。

但是,也必须看到尽管人工智能取得了以上所述的许多成果,但是比起人工智能刚刚兴起时许多专家的预想还相差甚远,很多在当时过于乐观的设想并没有实现,探究其原因也许要追根到目前人类对自身的思维规律和智能行为研究仍然处于探索阶段,因此,人工智能研究要比这些专家的预想艰难、复杂得多。甚至到今天,对机器能否实现智能仍有争论。这种状况正如 Lovelace 女士一百多年前曾经说过的:

在考虑任何新颖课题时,常常存在一种倾向,先是过高估计已发现是有趣或值得注意的东西。接着,当发现所研究的概念已超过曾一度保持不变的那些概念时,作为一种自然的反应,就会过低估计该事件的真实状况。

因此,我们必须清楚地认识到:人工智能研究道路的曲折和艰难以及许多尖锐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。摆在人工智能学科面前的任务是极其艰巨和复杂的,这需要广大的计算机科学工作者不畏艰难,勇于探索,辛勤耕耘,共同开创人工

智能发展的美好未来。

本书系统地阐述了人工智能的基本原理、实现技术及其应用,全面地反映了国内外人工智能研究领域的最新进展和发展方向。全书共 18 章,分为 4 个部分,第 1 部分是搜索与问题求解,用 8 章的篇幅系统地叙述了人工智能中用各种搜索方法求解的原理和方法,内容包括状态空间和传统的图搜索算法、和声算法、禁忌搜索算法、遗传算法、免疫算法、粒子群算法、蚁群算法和 Agent 技术等;第 2 部分为知识与推理,用 4 章的篇幅讨论各种知识表示和处理技术、各种典型的推理技术,还包括非经典逻辑推理技术和非协调逻辑推理技术;第 3 部分为学习与发现,用 3 章的篇幅讨论传统的机器学习算法、神经网络学习算法、数据挖掘和知识发现技术;第 4 部分为领域应用,用 2 章分别讨论专家系统开发技术和自然语言处理原理和方法。

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,配备有大量辅助教学的演示实例及推理系统。

本书作为大学本科学习人工智能的教科书,虽然内容较多,但可以选择一些基本内容,如问题求解、知识表达、推理等基本方法与技术、数据挖掘技术等进行讲授。本书也可以作为研究生教材和计算机专业工作者了解人工智能的自学用书。

作者在编写本书过程中经历了漫长的总结和吸取,并与若干老师和同事合作编写了多本同类教材,得到了他们大量的帮助,在此向这些老师和同事表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中,作者参考了刘娟博士、金涛博士的博士论文,在编写和搜集资料方面还得到了朱三元、栗藩臣、金敏、杨云水、操郡、朱炜、王丁彬、李珂、贺亢、陈杰、方博、何森、刘岩、林仁富、黄一钊等博士和硕士研究生的大力支持,在此向他们表示衷心感谢。

由于水平所限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正,使本书得以改进和完善。

作者

2011 年 2 月于珞珈山

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 人工智能概述	1
1.2 AI 的产生及主要学派	3
1.3 人工智能、专家系统和知识工程	4
1.4 AI 模拟智能成功的标准	6
1.5 人工智能应用系统	7
1.6 人工智能的技术特征	12
习题 1	14

第 1 部分 搜索与问题求解

第 2 章 用搜索求解问题的基本原理	17
2.1 搜索求解问题的基本思路	17
2.2 实现搜索过程的三大要素	17
2.2.1 搜索对象	17
2.2.2 扩展规则	18
2.2.3 目标测试	19
2.3 通过搜索求解问题	19
2.4 问题特征分析	22
2.4.1 问题的可分解性	22
2.4.2 问题求解步骤的撤回	25
2.4.3 问题全域的可预测性	25
2.4.4 问题要求的解的满意度	25
习题 2	26
第 3 章 搜索的基本策略	27
3.1 盲目搜索方法	27
3.1.1 宽度优先搜索	27
3.1.2 深度优先搜索	28
3.1.3 分支有界搜索	28

3.1.4	迭代加深搜索	28
3.1.5	一个盲目搜索问题几种实现	28
3.2	启发式搜索	30
3.2.1	启发式信息的表示	30
3.2.2	几种最基本的搜索策略	35
3.3	随机搜索	37
3.3.1	模拟退火法	38
3.3.2	其他典型的随机搜索算法	39
习题 3	41
第 4 章	图搜索策略	43
4.1	或图搜索策略	43
4.1.1	通用或图搜索算法	43
4.1.2	A 算法与 A* 算法	46
4.2	与/或图搜索	55
4.2.1	问题归约求解方法与“与/或图”	55
4.2.2	与/或图搜索	55
4.2.3	与/或图搜索的特点	56
4.2.4	与/或图搜索算法 AO*	58
4.2.5	对 AO* 算法的进一步观察	59
4.2.6	用 AO* 算法求解一个智力难题	60
习题 4	63
第 5 章	博弈与搜索	64
5.1	博弈与对策	64
5.2	极小极大搜索算法	65
5.2.1	极小极大搜索的思想	65
5.2.2	极小极大搜索算法	66
5.2.3	算法分析与举例	66
5.3	α - β 剪枝算法	69
习题 5	71
第 6 章	演化搜索算法	73
6.1	遗传算法的基本概念	73
6.1.1	遗传算法的基本定义	73
6.1.2	遗传算法的基本流程	74
6.2	遗传编码	75
6.2.1	二进制编码	75
6.2.2	Gray 编码	76

6.2.3	实数编码	77
6.2.4	有序编码	77
6.2.5	结构式编码	77
6.3	适应值函数	77
6.4	遗传操作	78
6.4.1	选择	78
6.4.2	交叉操作	80
6.4.3	变异操作	82
6.5	初始化群体	84
6.6	控制参数的选取	84
6.7	算法的终止准则	85
6.8	遗传算法的基本理论	85
6.8.1	模式定理	85
6.8.2	隐含并行性	87
6.8.3	构造块假设	87
6.8.4	遗传算法的收敛性	87
6.9	遗传算法简例	87
6.10	遗传算法的应用领域	89
6.11	免疫算法	90
6.11.1	免疫算法的发展	91
6.11.2	免疫算法的基本原理	91
6.11.3	生物免疫系统与人工免疫系统对应关系	94
6.11.4	免疫算法的基本类型和步骤	94
6.12	典型免疫算法分析	95
6.12.1	阴性选择算法	95
6.12.2	免疫遗传算法	97
6.12.3	克隆选择算法	100
6.12.4	基于疫苗的免疫算法	102
6.13	免疫算法设计分析	104
6.14	免疫算法与遗传算法比较	105
6.14.1	免疫算法与遗传算法的基本步骤比较	105
6.14.2	免疫算法与遗传算法不同之处	106
6.14.3	仿真实验及讨论	106
6.15	免疫算法研究的展望	107
习题 6	108
第 7 章	群集智能算法	109
7.1	群集智能算法的研究背景	109
7.2	群集智能的基本算法介绍	109

7.2.1	蚁群算法	109
7.2.2	flock 算法	116
7.2.3	粒子群算法	118
7.3	集智系统介绍	124
7.3.1	人工鱼	125
7.3.2	Terrarium 世界	128
7.4	群集智能的优缺点	133
	习题 7	134
第 8 章	记忆型搜索算法	135
8.1	禁忌搜索算法	135
8.1.1	禁忌搜索算法的基本思想	135
8.1.2	禁忌搜索算法的基本流程	137
8.1.3	禁忌搜索示例	137
8.1.4	禁忌搜索算法的基本要素分析	141
8.1.5	禁忌搜索算法流程的特点	145
8.1.6	禁忌搜索算法的改进	145
8.2	和声搜索算法	146
8.2.1	和声搜索算法简介和原理	146
8.2.2	算法应用	149
8.2.3	算法比较与分析	155
	习题 8	155
第 9 章	基于 Agent 的搜索	157
9.1	DAI 概述	157
9.2	分布式问题求解	158
9.3	Agent 的定义	160
9.3.1	Agent 的弱定义	160
9.3.2	Agent 的强定义	161
9.4	Agent 的分类	161
9.4.1	按功能划分	162
9.4.2	按属性划分	163
9.5	Agent 通信	166
9.5.1	Agent 通信概述	166
9.5.2	言语动作	166
9.5.3	SHADE 通信机制	167
9.6	移动 Agent	170
9.6.1	移动 Agent 系统的一般结构	171
9.6.2	移动 Agent 的分类	172

9.6.3	移动 Agent 的优点	174
9.6.4	移动 Agent 的技术难点	175
9.6.5	移动 Agent 技术的标准化	176
9.7	移动 Agent 平台的介绍	177
9.7.1	General Magic 公司的 Odysseys	177
9.7.2	IBM 公司的 Aglet	178
习题 9		178

第 2 部分 知识与推理

第 10 章	知识表示与处理方法	183
10.1	概述	183
10.1.1	知识和知识表示的含义	183
10.1.2	知识表示方法分类	184
10.1.3	AI 对知识表示方法的要求	185
10.1.4	知识表示要注意的问题	185
10.2	逻辑表示法	186
10.3	产生式表示法	187
10.3.1	产生式系统的组成	188
10.3.2	产生式系统的知识表示	188
10.3.3	产生式系统的推理方式	192
10.3.4	产生式规则的选择与匹配	194
10.3.5	产生式表示的特点	195
10.4	语义网络表示法	195
10.4.1	语义网络结构	196
10.4.2	二元语义网络的表示	196
10.4.3	多元语义网络的表示	197
10.4.4	连接词和量词的表示	197
10.4.5	语义网络的推理过程	200
10.4.6	语义网络的一般描述	203
10.5	框架表示法	203
10.5.1	框架理论	203
10.5.2	框架结构	204
10.5.3	框架表示下的推理	206
10.6	过程式知识表示	209
习题 10		212
第 11 章	谓词逻辑的归结原理及其应用	214
11.1	命题演算的归结方法	214

11.1.1	基本概念	214
11.1.2	命题演算的归结方法	215
11.2	谓词演算的归结	216
11.2.1	谓词演算的基本问题	216
11.2.2	将公式化成标准子句形式的步骤	216
11.2.3	合一算法	218
11.2.4	变量分离标准化	220
11.2.5	谓词演算的归结算法	221
11.3	归结原理	222
11.3.1	谓词演算的基本概念	223
11.3.2	归结方法可靠性证明	224
11.3.3	归结方法的完备性	227
11.4	归结过程的控制策略	234
11.4.1	简化策略	234
11.4.2	支撑集策略	236
11.4.3	线性输入策略	237
11.4.4	几种推理规则及其应用	238
11.5	应用实例	240
11.5.1	归约在逻辑电路设计中的应用	240
11.5.2	利用推理破案的实例	242
	习题 11	244
第 12 章 非经典逻辑的推理		247
12.1	非单调推理	247
12.1.1	单调推理与非单调推理的概念	247
12.1.2	默认逻辑	248
12.1.3	默认逻辑非单调推理系统 TMS	249
12.2	Dempster-Shater(D-S)证据理论	251
12.2.1	识别框架	252
12.2.2	基本概率分配函数	252
12.2.3	置信函数 $Bel(A)$	252
12.2.4	置信区间	253
12.2.5	证据的组合函数	253
12.2.6	D-S 理论的评价	257
12.3	不确定性推理	257
12.3.1	不确定性	257
12.3.2	主观概率贝叶斯方法	258
12.4	MYCIN 系统的推理模型	261
12.4.1	理论和实际的背景	261

12.4.2	MYCIN 模型	262
12.4.3	MYCIN 模型分析	264
12.4.4	MYCIN 推理网络的基本模式	265
12.4.5	MYCIN 推理模型的评价	267
12.5	模糊推理	267
12.5.1	模糊集论与模糊逻辑	267
12.5.2	Fuzzy 聚类分析	269
12.6	基于案例的推理	276
12.6.1	基于案例推理的基本思想	276
12.6.2	案例的表示与组织	277
12.6.3	案例的检索	278
12.6.4	案例的改写	278
12.7	归纳法推理	278
12.7.1	归纳法推理的理论基础	279
12.7.2	归纳法推理的基本概念	280
12.7.3	归纳法推理中的主要难点	283
12.7.4	归纳法推理的应用	284
	习题 12	285
第 13 章	次协调逻辑推理	288
13.1	次协调逻辑的含义	288
13.1.1	传统的人工智能与经典逻辑	288
13.1.2	人工智能中不协调的数据和知识库	288
13.1.3	次协调逻辑	289
13.2	注解谓词演算	289
13.2.1	多真值格	289
13.2.2	注解逻辑	290
13.2.3	注解谓词公式的语义	291
13.2.4	APC 中的不协调、非、蕴含	293
13.3	基于 APC 的 SLDa-推导和 SLDa-反驳	295
13.3.1	SLDa-推导和 SLDa-反驳	296
13.3.2	注解逻辑推理方法	296
13.3.3	注解逻辑推理举例	296
13.4	注解逻辑的归结原理	297
13.5	应用实例	301
13.6	控制策略	307
	习题 13	308

第3部分 学习与发现

第14章 机器学习	313
14.1 概述	313
14.1.1 机器学习的定义和意义	313
14.1.2 机器学习的研究简史	313
14.1.3 机器学习方法的分类	314
14.1.4 机器学习中的推理方法	315
14.2 归纳学习	316
14.2.1 归纳概念学习的定义	317
14.2.2 归纳概念学习的形式描述	319
14.2.3 归纳概念学习算法的一般步骤	319
14.2.4 归纳概念学习的基本技术	321
14.3 基于解释的学习	328
14.3.1 基于解释学习的基本原理	328
14.3.2 基于解释学习的一般框架	328
14.3.3 基于解释的学习过程	329
14.4 基于类比的学习	330
14.4.1 类比学习的一般原理	330
14.4.2 类比学习的表示	331
14.4.3 类比学习的求解	331
14.4.4 逐步推理和监控的类比学习	332
习题 14	334
第15章 人工神经网络	335
15.1 人工神经网络的特点	335
15.2 人工神经网络的基本原理	337
15.3 人工神经网络的基本结构模式	342
15.4 人工神经网络互连结构	343
15.5 神经网络模型分类	345
15.6 几种基本的神经网络学习算法介绍	346
15.6.1 Hebb 型学习	347
15.6.2 误差修正学习方法	347
15.6.3 随机型学习	348
15.6.4 竞争型学习	349
15.6.5 基于记忆的学习	350
15.6.6 结构修正学习	350
15.7 几种典型神经网络简介	350