

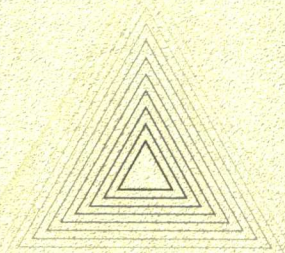
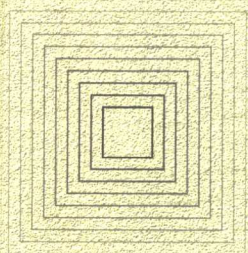
现代计算机科学与技术教材系列

人工智能



ARTIFICIAL INTELLIGENCE

史忠植 王文杰 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

现代计算机科学与技术教材系列

TP18

140

2007

人 工 智 能

史忠植 王文杰 编著

国防工业出版社

· 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研究领域的最新进展和发展方向。全书共分为12章。第1章简要介绍人工智能的概况。第2章至第6章阐述人工智能的基本原理和方法,重点论述知识表示、搜索策略、自动推理、机器学习等。第7章至第8章,介绍专家系统、自然语言理解等应用技术。第9章至第10章,阐述当前人工智能的研究热点,包括本体知识系统、主体(Agent)技术等。第11章讨论基于数据的计算智能,重点介绍神经网络、遗传算法和人工生命。第12章展望人工智能的发展。

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,提高对人工智能习题的求解能力。

本书可以作为高等院校有关专业的研究生和高年级本科生的人工智能课程教材,也可以供从事人工智能研究与应用的科技人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能/史忠植,王文杰编著. —北京:国防工业出版社,2007.2

(现代计算机科学与技术教材系列)

ISBN 978-7-118-04957-2

I. 人... II. ①史...②王... 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(2007)第 003119 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 29 1/4 字数 518 千字

2007 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

《现代计算机科学与技术教材系列》

编审委员会

主 编	刘椿年	许满武		
执行副主编	陈国良	赵致琢		
编 委	王志英	康立山	刘大有	刘椿年
	许满武	宋方敏	林作铨	陈向群
	李师贤	陈国良	洪先龙	应明生
	陆汝占	傅育熙	赵致琢	唐常杰
	张明义	彭群生	朱 洪	周龙骧
	李立武	承恒达	李西宁	陈 溧
	阎瑞琪			

总 序

民众多好饮酒,中外概莫能外。酒馆和酿酒坊伴随饮酒客而起,人类对酒的喜爱造就了酒文化和一个庞大的产业。好酒能卖好价钱,能使文人诗兴大发,催生佳作,还能解人间百难。于是,酿天下名酒自然成为不少人的毕生追求。

怎样才能酿出好酒呢?国人的看法不尽相同。崇信洋酒的人主张引进国外的生产工艺,学习洋人的生产和经营理念,而喜欢国酒的人则主张走自己的路,但不排除借鉴国外先进的科学技术和管理经验。这样的争论或许永远不会终结,但外国人重视科学酿酒,这一点是值得我们学习和借鉴的。

计算机科学教育,如同酿酒工业的生产一样,科学办学迄今还只是部分学者的一种理想。与国内一样,国外的计算机科学教育并没有像他们的科学酿酒业一样,实现科学办学。也许科学办学要远比科学酿酒困难得多。譬如,怎么实现科学办学?甚至怎么推出一套科学的系列教材都是一篇大文章。

这套教材的创作始于教育部面向 21 世纪教育与教学改革 13-22 项目的研究。2000 年,在 13-22 项目研究工作即将完成之际,一些学者开始认识到面对计算机科学与技术的高速发展,我们亟需一套体现科学办学思想、反映内涵发展要求、服务教育与教学改革、参与构建学科人才培养科学体系的系列教材。强调系列教材是因为那时已经意识到计算机科学教育本质上是一项科学活动,但长期以来教师向学生传授科学技术知识的方式方法科学性不强。由于高等教育几百年来一直沿袭经验方式而非科学方式办学,大学教学的方式方法仍然还停留在古代作坊式的阶段,只不过今天使用的教学技术手段先进而已。在经验办学方式下,无论是研究型大学还是教学型大学,由于种种原因,教学活动的全过程存在着太多的漏洞和质量上的隐患。科学办学是对高等教育界传统的一个挑战,尽管在认识上,人们不难理解,科学办学是经验办学的最高形式,而经验办学应该成为科学办学的有益补充。

13-22 项目组积极探索,率先倡导科学办学理念,初步构建了一个体现科学办学思想,反映内涵发展要求的计算机科学一级学科人才培养科学理论体系,为学科专业教育探索新天地,走向科学办学和发展学科系列教材提供了一个认

知基础。

长期以来,学术界一直在探索计算机专业教育的规律。ACM 和 IEEE/CS 的专家小组在走访了全美 400 多位著名计算机科学家的基础上,以学科方法论作为切入点开展教学改革理论研究,于 1989 年发表了具有开创性意义的成果,尽管他们并未意识到自己的工作是以学科方法论的研究作为切入点,探讨内涵发展的道路。1990 年前后,在迷宫中探索行走的专家小组经大师和精英群的指点实际上已经摸到了走出迷宫的大门,却没有打开并进入一个崭新的天地。这一点从他们在 2000 年网上公布的 CC2001 报告最先删除了 CC1991 报告中有关学科方法论的内容便不难看出(注:后经中国人的提醒又补充写入)。

与此同时,中外教材建设也一直没有停止探索,国内外出版社先后出版了种类繁多的计算机类专业教材。这些教材中不乏精品和上乘之作,但难觅具有鲜明特色、真正一体化设计并且符合科学办学要求的系列教材。多数丛书和系列教材基本上还只是出版社对出自作者个人创作的教材通过冠名“丛书”或“系列”的方法结集出版以求强势效应。尽管如此,不少优秀作者和学者理所当然地进入了编审委员会的视线。西方发达国家在计算机科学学科的领先优势曾使许多人不自觉地将目光转向海外,试图从世界名牌大学使用的教材中去寻找蓝本。遗憾的是与国内一样,经验办学并没有使西方大学在教材建设方面摆脱“各自为政,各行其是”的阴影。此时,我们如梦初醒,毕竟科学办学是前无古人的一项创举。随着学科的不断深入,在迈向深蓝知识海洋的今天,外国人未必比中国人在科学办学方面占有更多天时地利的优势。不经意中的发现使我们惊喜和激动,同时深感责任重大且平添担忧:即使能够写出系列教材的一体化设计,我们是否真能确认这项改革的正确性?真能推出科学的系列教材?可是,除了实践和试验,我们别无捷径可循。

从 20 世纪 50 年代起,我国几代学者苦苦追赶了西方发达国家半个世纪,依靠引进、学习、跟踪、改进、创新的高新技术发展思维定式曾使我们付出了高昂的学费和沉重的代价。固然,在高新技术领域,依靠“引进”和“泊来”,取得了长足的发展和进步,填补了不少国内的“空白”,但在水准上始终与发达国家保持着一段距离,一种在行业内部看来时长时短、难于逾越的差距。这种差距主要表现在对高精尖学科的发展我们缺乏思想、概念、理论、方法、技术、制度、规范和设计的原始创新和发展模式的全面创新,研究工作总是跟在别人后面亦步亦趋。我们缺乏在发展中另辟蹊径,走自己道路的机制和氛围,迷信洋人,盲目追随西方学术发展道路的习惯思维方式几乎导致国人失去了创新的机能,这是一个国家和

民族发展高新技术学科和产业致命的硬伤。

高新技术领域竞争的成败,关键取决于人才与文化。现代科学技术的创新,已不单纯是一个学术问题,还是一个与文化、人文密切相关的问题。科学教育求真求是,技术教育求实求精,人文教育求灵求善,艺术教育求美求新。没有科学技术知识,人的认识和生活难免停留在原始社会,而没有人文精神和艺术的陶冶,科学技术的创新必然失去力量的源泉。可见,走自己的道路,发展中国的科技创新体系,在某种程度和意义上,成败的关键在于大学能否真正培养一大批高素质的人才。高等学校要实现培养大量高素质计算机专业人才培养的目标,需要在前进中不断地进行系统的、科学的总结和深刻的反省,需要对遇到的问题进行科学的分析和判断,作出正确的决策。

工欲善其事,必先利其器。倘若教师不能在思想上摆脱陈旧的思维定式,用先进的理念武装头脑,勇于探索前人没有走过的发展道路,那么,即使采用了世界一流大学的全套教材,恐怕也难于培养出世界一流的人才。中西文化、人文传统之间的差异之大,中外教育思想之间的差异之大使得中国教育的现代化决不是一个引进和模仿就可以轻易解决的问题。教师的职业不是贩卖知识。授业、传道、启蒙、解惑技能的高低,不仅取决于教师知识的广博和深厚,更重要的在于远见、卓识、探索、创新、敬业、求真的本领和身先垂范。

身处 21 世纪,面对国家的期望,处在科学技术发展浪潮之巅的计算机科学教师,任重道远。我们就像茫茫林海中的探险者,环顾苍翠的群山,犹如身陷迷宫一样。计算机科学教育,敢问路在何方?其实,我们的出路或许只有一条,那就是系统总结前人的经验和教训,设法努力登上山峰,居高眺望,探寻走出林海的希望之路。

2001 年初,《现代计算机科学与技术教材系列》编审委员会正式成立,一年后,计算机科学一级学科系列教材一体化设计研究报告的第一部分在《计算机科学》杂志第 6 期长篇发表。编审委员会为系列教材的出版制定了严格、详细的操作程序,并通过多种渠道,选择了第一批教材的作者。在体制创新方面本次教材出版设立了学术编审人,跟踪编审教材的创作内容,力求教材的尽善尽美。可以预期,《现代计算机科学与技术教材系列》将是一套基于计算机科学一级学科人才培养科学理论体系,体现内涵发展和科学办学要求,反映一体化设计的系列教材建设的一个尝试。然而,就像任何新生事物一样,她难免存在缺点和不足,我们诚恳地希望关心和使用本套系列教材的师生、读者,在使用中将批评或建议留下来,帮助改进教材建设工作,修正存在的不足之处。

一些学者对于一级学科人才培养科学理论体系的能行性表示怀疑。带着这个问题,在贵州大学和国内部分高等学校和一大批知名学者的支持下,从1999年夏天起在贵州大学连续举办了“计算机科学与技术高级研讨班”,向(博士)研究生和中青年教师陆续开设了研究生核心学位课程“高等计算机体系结构”、“并行算法设计基础”、“分布式算法设计基础”、“高等逻辑基础”和“形式语义学基础”,后来又进一步开设了本科生重点课程“算法设计与分析”、“数理逻辑基础”、“可计算性与计算复杂性”、“形式语言与自动机理论”等一系列课程。5年来,高级研讨班受到全国广泛关注、响应和支持,先后吸引了几十所大学三百多人次的师生参加听讲和学习,目前已经发展为由教育部批准资助、15所大学联合主办的高级研讨班。实践证明,高级研讨班为中国高等学校计算机科学教学改革和教育质量的提高正在发挥其独特的作用,并得到国内外一大批学者的充分肯定和好评。高级研讨班正在成为按照一级学科办学和教学改革的要求,对计算机科学系教师进行高起点、高标准、正规化研究生学位课程和本科重点课程培训的一个师资培训模式,有可能对未来计算机科学教育产生深远的影响。试想,如果高等学校的教师和培养的研究生普遍具有高级研讨班所开设的3门~4门课程的基础,不仅科学办学面临的主要困难迎刃而解,各大学科研学术队伍的素质也将得到显著提高。

一些学者对高起点研究生学位课程的必要性提出疑问:是否这些课程都要学习?我们认为,应该看到在高等教育界从来就存在着两种不同的教育观,一种是专才教育观,一种是通才教育观。持这两种教育观的人尽管都主张基础知识的重要性,但在对学以致用原则的理解和解释方面存在差异。一般地说,专才教育观主张在一定的基础上,通过深入钻研某一方向的学问,逐步扩展和加深自己的知识,缺什么基础补什么知识,学以致用,逐步成长为一个学科的专家。通才教育观则不同,它不主张在具备一定的基础后,就匆忙沿着某一方向钻研学问,单线独进,而是主张在一级学科的范围内,通过尽可能系统地掌握从事本学科各个重要方向的研究所需要的基础知识,能够站在学科的各个至高点上,沿着学科的一个方向,以单线独进、多线并进或整体推进的观点,逐步扩展和加深一级学科的知识,融会贯通,学以致用,逐步成长为一个学科的专家。两种教育观都有其代表人物。迄今为止,高等教育中研究生教育主要以培养专才为主,专才教育观是主流。但是,两种不同的教育观各有其特点。一般地说,当一个学科的发展处于早期时,专才教育比较容易跟上学科的发展步伐,比较容易出成果,也比较容易迅速地达到较深的学术层面。而当一个学科的发展比较成熟,发展

速度比较平稳时,通才教育的优势就比较明显。因为,通才教育培养的人才可以在一级学科的范围内比较容易地向任何一个方向转向。特别是在胜任高难度重大创新人才的培养方面,在出综合性的大成果方面,在创立一套科学理论和开辟一个研究方向方面,通才教育的多种优势往往是专才教育所不具备的。当然,两种教育观谁优谁劣迄今并无定论,根据两种教育观的特点和现实情况,选择哪一种教育观实际仅反映了师生的一种选择策略。不过,实践告诉我们,尽管通才教育观的操作实现比较困难,但作为师资补充的来源,通才教育培养的人才更容易适应大学教学与科研的双重要求,理应更多地受到研究大学的青睐。在科学技术日益深化、高度分化又高度综合的今天,放眼未来,在高精尖学科中,通才教育观无疑有着更为宽广而美好的发展前景。

伴随着学科教学改革理论研究与实践探索的推进,社会热切地期待着一套与教学改革方案相配套的高质量系列教材问世。总结过去教材建设成功和失败的经验和教训,使我们清楚地认识到:教材建设必须建立在科学研究基础之上,按照科学的运作程序,动员在第一线从事科学研究、功底深厚、学有所长的优秀教师参与到教材的创作中来,才有可能推出高质量并符合学科发展要求的系列教材。我们的主张是:“让大学中的科学家来创作教材。”

冬去春来,年复一年。当我们终于从跟踪、学习、盲从西方大学教程的发展模式中走出时,感受到了一种从未有过的释然与激动,一种走自己的发展道路,独立自主的自豪与喜悦。这条道路虽然艰难,但前景光明。连续5年在贵州大学举办的全国计算机科学与技术高级研讨班的成功实践更进一步地坚定了我们内涵发展模式与科学办学之路的认识与追求。

今天,经过编审委员会、作者和出版社的共同努力,《现代计算机科学与技术教材系列》终于开始陆续出版发行。在新年即将到来的时候,我们怀着喜悦的心情,向祖国和人民,向计算机科学界献上一份完全由华夏学者按照他们对高等教育和计算机科学的理解与认识,倾力创作的新年贺礼,一份建立在科学研究基础之上的教育与教学改革最新成果。

新的世纪已经到来,愿《现代计算机科学与技术教材系列》的出版能够为新一代的莘莘学子攀登现代科学技术的高峰成就未来。

《现代计算机科学与技术教材系列》编审委员会

2006年10月

前 言

人工智能是计算机科学的一个分支,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。人工智能自 1956 年诞生以来,在崎岖不平的道路上取得了可喜的进展,特别与机器学习、数据挖掘、计算机视觉、专家系统、自然语言处理、模式识别、规划和机器人等相关的应用带来了良好的经济效益和社会效益。广泛使用的互联网也正在探索应用知识表示和推理,构建语义 Web,提高互联网信息的效用率。人工智能的长期目标是建立人类水平的人工智能。

信息化的必然趋势是智能化,智能革命将开创人类后文明史。如果说蒸汽机创造了工业社会,那么智能机也一定能奇迹般地创造出智能社会,实现社会生产的自动化和智能化,促进知识密集型经济的大发展,人工智能将发挥重大作用。

本书是作者在多年的科研与教学实践基础上,吸取国内外多种人工智能教材的优点,参考国际上最新的研究成果编写而成。这本教材具有下列特点:

科学性 全面阐述人工智能的基础理论,力求概念正确,有效结合求解智能问题的数据结构以及实现的算法。

实用性 根据人工智能实际应用需求,安排知识表示、搜索策略、自动推理、机器学习等内容,并通过大量的例题讲解解题方法。

可读性 文字表述力求通俗易懂,文笔流畅,使读者易于理解所学内容。在内容安排上力求由浅入深,循序渐进。

全书共分为 12 章,第 1 章简要介绍人工智能的基本概念、研究发展的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 章介绍了几种基本的知识表示方法,包括产生式系统、语义网络、框架理论,并介绍了概念依赖、脚本等。第 3 章讨论了各种搜索技术,包括深度优先、宽度优先、回溯策略、启发式搜索和博弈问题等。第 4 章介绍了自动推理,对产生式系统、归结推理规则和归结原理、非单调推理等进行讨论。第 5 章是不确定性推理,讨论了主观 Bayes 方法、确定性理论、证据理论以及模糊逻辑和模糊推理等内容。第 6 章是机器学习,介绍归纳学习、ID3 算法、类比学习、解释学习、统计学习和 SVM、强化学习等。第 7 章和第 8 章主要介绍人工智能的应用,包括专家系统、

自然语言理解等。第9章对本体知识系统的重要概念和关键问题作了专门论述,本体是一种重要的知识表示方法,基于本体的知识系统是当前极其活跃的研究热点,具有重大的应用前景。第10章讨论了主体技术的重要概念和关键技术。第11章讨论了基于数据的计算智能,包括神经网络、遗传算法等内容。第12章展望人工智能的发展,讨论人工智能未来可能取得的重大突破。在本书的每章后面都附有一定数量的练习,并在最后列出了参考文献,读者可以从中得到进一步的学习。

本书内容力求做到由浅入深、循序渐进、条理清晰、前后一致,既强调基本原理和工程应用,又要反映国内外研究和应用的最新进展,具有科学性、先进性、实用性。本教材包含了作者多年的科研和教学实践,也吸取了国内外同类教材和有关文献的精华,在此谨向这些教材和文献的作者表示感谢,也向为我们提供帮助的许多老师和学生表示感谢。在本书编写和出版过程中,得到了国防工业出版社,特别是辛再甫主任、高岚编辑等的大力支持,在此谨表诚挚的谢意。

本书可以作为高等院校有关专业的研究生和高年级本科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人员学习参考。在教学过程中老师可以根据实际需要内容进行取舍。

由于作者水平有限,加上人工智能发展很快,研究另域广泛,书中不妥和错误之处在所难免,恳请各位专家和广大读者不吝指教和帮助。

编著者

2006年12月

于北京

目 录

第1章 绪论	1
1.1 什么是人工智能	1
1.1.1 类人行为方法	1
1.1.2 类人思维方法	3
1.1.3 理性思维方法	4
1.1.4 理性行为方法	5
1.2 人工智能的发展	5
1.2.1 人工智能的孕育期	5
1.2.2 人工智能的形成期	6
1.2.3 基于知识的系统	8
1.2.4 神经网络的复兴	11
1.2.5 智能主体的兴起	11
1.3 人工智能的研究内容	12
1.3.1 知识表示	13
1.3.2 自动推理	13
1.3.3 机器学习	15
1.4 人工智能研究的主要方法	15
1.4.1 符号主义	15
1.4.2 连接主义	16
1.4.3 行为主义	17
1.5 人工智能的应用	18
1.5.1 专家系统	18
1.5.2 数据挖掘	19
1.5.3 语义 Web	19
1.5.4 自然语言理解	20
1.5.5 机器人	21
1.5.6 模式识别	21

1.5.7 智能控制	22
1.5.8 博弈	23
1.5.9 自动证明定理	23
1.6 小结	24
习题	25
第2章 知识表示	26
2.1 概述	26
2.2 谓词逻辑表示法	27
2.3 产生式表示法	33
2.3.1 事实的表示	34
2.3.2 规则的表示	35
2.4 语义网络表示法	40
2.4.1 语义网络的概念和结构	40
2.4.2 复杂知识的表示	41
2.4.3 常用的语义联系	43
2.4.4 语义网络的推理	44
2.5 框架表示法	45
2.4.1 框架结构	46
2.4.2 框架网络	48
2.4.3 推理方法	50
2.6 脚本	52
2.6.1 脚本描述	52
2.6.2 概念依赖关系	54
2.7 概念图	57
2.8 面向对象的知识表示	59
2.9 小结	60
习题	60
第3章 搜索策略	63
3.1 引言	63
3.2 深度优先搜索	65
3.3 宽度优先搜索	66
3.4 迭代加深搜索	68
3.5 回溯策略	71
3.6 启发式搜索	72

3.6.1	启发性信息和评估函数	73
3.6.2	爬山法	74
3.6.3	模拟退火法	75
3.6.4	最好优先法	77
3.6.5	通用图搜索算法	78
3.6.6	A* 算法	81
3.6.7	迭代加深 A* 算法	86
3.7	问题归约和 AND-OR 图启发式搜索	87
3.7.1	问题归约的描述	88
3.7.2	AND-OR 图表示	88
3.7.3	AO* 算法	90
3.8	博弈	96
3.8.1	极大极小过程	98
3.8.2	$\alpha - \beta$ 过程	100
3.9	约束满足搜索	102
3.9	小结	106
	习题	107
第 4 章	自动推理	109
4.1	引言	109
4.2	三段论推理	111
4.3	产生式系统	113
4.3.1	产生式系统的基本结构	113
4.3.2	正向推理	116
4.3.3	反向推理	117
4.3.4	混合推理	118
4.4	自然演绎推理	119
4.5	归结演绎推理	120
4.5.1	子句型	120
4.5.2	置换和合一	124
4.5.3	合一算法	126
4.5.4	归结式	128
4.5.5	归结反演	130
4.5.6	答案的提取	132
4.5.7	归结反演的搜索策略	134

4.6	非单调推理	136
4.6.1	默认推理	136
4.6.2	限制推理	140
4.7	小结	143
	习题	144
第5章	不确定性推理	146
5.1	概述	146
5.1.1	知识的不确定性	146
5.1.2	不确定推理要解决的基本问题	147
5.1.3	不确定性推理方法分类	150
5.2	主观 Bayes 方法	151
5.2.1	Bayes 公式	151
5.2.2	知识不确定性的表示	153
5.2.3	证据不确定性的表示	157
5.2.4	组合证据不确定性的计算	157
5.2.5	不确定性的传递算法	158
5.2.6	结论不确定性的合成	160
5.3	可信度方法	162
5.3.1	建造医学专家系统时的问题	162
5.3.2	可信度模型	163
5.3.3	确定性方法的说明	169
5.4	证据理论	171
5.4.1	假设的不确定性	171
5.4.2	证据的组合函数	175
5.4.3	规则的不确定性	176
5.4.4	不确定性的组合	177
5.5	模糊逻辑和模糊推理	180
5.5.1	模糊集合及其运算	180
5.5.2	语言变量	182
5.5.3	模糊逻辑	183
5.5.4	模糊推理	184
5.6	小结	194
	习题	195
第6章	机器学习	197

6.1	机器学习概述	197
6.1.1	简单的学习模型	197
6.1.2	什么是机器学习	199
6.1.3	机器学习的研究概况	200
6.2	归纳学习	202
6.2.1	归纳学习的基本概念	202
6.2.2	变型空间学习	203
6.3	基于决策树的归纳学习方法	206
6.3.1	决策树及其构造方法	206
6.3.2	基本的决策树学习算法	208
6.4	类比学习	211
6.5	基于范例的学习	212
6.5.1	CBR 的过程模型	213
6.5.2	范例的表示和索引	213
6.5.3	基于范例的推理	214
6.5.4	范例的学习	217
6.6	解释学习	218
6.6.1	什么是解释学习	218
6.6.2	基于解释的学习过程	220
6.7	支持向量机	221
6.7.1	最优分类超平面	221
6.7.2	广义最优分类超平面	223
6.7.3	支持向量机	224
6.7.4	核函数	225
6.7.5	SVM 的算法及多类 SVM	226
6.7.6	ϵ -不敏感损失函数	227
6.7.7	用于非线性回归的支持向量机	228
6.7.8	SVM 的应用研究	231
6.8	强化学习	231
6.8.1	学习自动机	232
6.8.2	自适应动态程序设计	233
6.8.3	Q-学习	234
6.9	小结	235
	习题	237

第7章 专家系统	239
7.1 专家系统概述	239
7.1.1 什么是专家系统	239
7.1.2 专家系统的特点	240
7.1.3 专家系统的发展史	241
7.2 专家系统的基本结构	241
7.3 专家系统 MYCIN	243
7.3.1 咨询子系统	244
7.3.2 静态数据库	246
7.3.3 控制策略	248
7.4 产生式专家系统工具 CLIPS	250
7.4.1 概述	250
7.4.2 CLIPS 中的知识表示	250
7.4.3 CLIPS 运行	255
7.4.4 Rete 匹配算法	257
7.4.5 冲突消解策略	264
7.5 面向对象专家系统工具 OKPS	265
7.5.1 OKPS 中的知识表示	266
7.5.2 推理控制语言 ICL	268
7.6 专家系统建造	270
7.6.1 任务确定与需求分析	270
7.6.2 概念设计	272
7.6.3 功能设计	273
7.6.4 结构设计	273
7.6.5 知识获取	273
7.6.6 知识表示模式的设计	274
7.6.7 功能模块的详细设计	275
7.6.8 具体实现	275
7.6.9 测试与评估	275
7.7 小结	277
习题	278
第8章 自然语言理解	279
8.1 自然语言理解的一般问题	279
8.1.1 自然语言理解的概念及意义	279