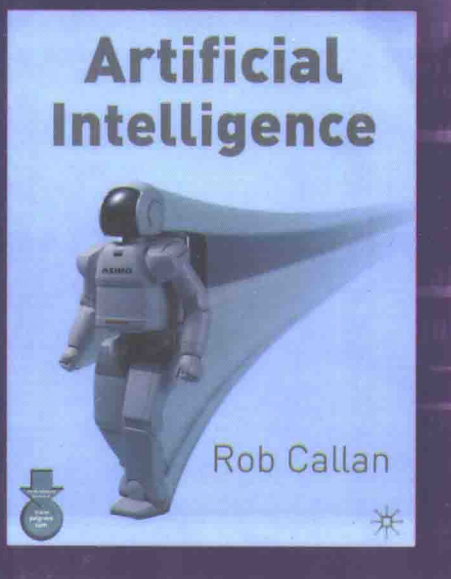


国外计算机教材系列

人工智能

Artificial Intelligence



[美] Rob Callan 著
黄厚宽 田盛丰 等译



Palgrave



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

国外计算机科学教材系列

人 工 智 能

Artificial Intelligence

[美] Rob Callan 著

黄厚宽 田盛丰 等译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是一本人工智能 (AI) 领域最新的教科书, 2003 年由 PALGRAVE MACMILLAN 出版社出版。本书的特点是实用, 通过结合许多实例, 例如工业和娱乐机器人的制造、宇宙飞船的自动控制、信用卡欺诈检测、保护网络免受黑客攻击、计算机以似人的方式下棋等, 探讨了在实际应用中用到的一系列 AI 技术。对于近几年来取得显著进展的一些主题, 书中做了最新的处理, 如对应用广泛的贝叶斯网络进行了相当深入的讨论, 对作为 AI 重要工具的神经网络给予了相当的篇幅。在论述的深度上, 力求做到既足够深入使得读者能够着手实现 AI 技术, 又不至于太艰涩而使读者无法接受。全书的内容自包含, 要求读者具备的数学基础很少; 每一章末尾还附有练习题和推荐补充读物; 教师和学生所需要的更多材料都可以从 Web 站点联机获得。基于以上特点, 本书不失为一本最新的、实用的、易读的、生动的 AI 导论和教科书。

本书适合于计算机、自动化等专业的本科生作为人工智能课程的教材, 也适合于希望获得对 AI 的实际理解以便在工作中应用的各类专业人员阅读。

Rob Callan: **Artificial Intelligence.**

ISBN 0-333-80136-9

Copyright © 2003, Rob Callan.

All Rights Reserved. Authorized translation from the English language edition published by PALGRAVE MACMILLAN. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of Rob Callan, Inc.

Simplified Chinese translation edition Copyright © 2004 by PALGRAVE MACMILLAN and Publishing House of Electronics Industry.

本书中文简体字翻译版由 PALGRAVE MACMILLAN 授予电子工业出版社。未经出版者预先书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2003-6405

图书在版编目 (CIP) 数据

人工智能 / (美) 卡伦 (Callan, R.) 著; 黄厚宽等译. - 北京: 电子工业出版社, 2004.7
(国外计算机科学教材系列)

书名原文: Artificial Intelligence

ISBN 7-5053-9923-3

I. 人... II. ①卡... ②黄... III. 人工智能 - 教材 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 062220 号

责任编辑: 史 平

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 27 字数: 743 千字

印 次: 2004 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 42.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换; 若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltis@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

出版说明

21 世纪初的 5 至 10 年是我国国民经济和社会发展的关键时期,也是信息产业快速发展的关键时期。在我国加入 WTO 后的今天,培养一支适应国际化竞争的一流 IT 人才队伍是我国高等教育的重要任务之一。信息科学和技术方面人才的优劣与多寡,是我国面对国际竞争时成败的关键因素。

当前,正值我国高等教育特别是信息科学领域的教育调整、变革的重大时期,为使我国教育体制与国际化接轨,有条件的高等院校正在为某些信息学科和技术课程使用国外优秀教材和优秀原版教材,以使我国在计算机教学上尽快赶上国际先进水平。

电子工业出版社秉承多年来引进国外优秀图书的经验,翻译出版了“国外计算机科学教材系列”丛书,这套教材覆盖学科范围广、领域宽、层次多,既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。这些教材涉及的学科方向包括网络与通信、操作系统、计算机组织与结构、算法与数据结构、数据库与信息处理、编程语言、图形图像与多媒体、软件工程等。同时,我们也适当引进了一些优秀英文原版教材,本着翻译版本和英文原版并重的原则,对重点图书既提供英文原版又提供相应的翻译版本。

在图书选题上,我们大都选择国外著名出版公司出版的高校教材,如 Pearson Education 培生教育出版集团、麦格劳-希尔教育出版集团、麻省理工学院出版社、剑桥大学出版社等。撰写教材的许多作者都是蜚声世界的教授、学者,如道格拉斯·科默(Douglas E. Comer)、威廉·斯托林斯(William Stallings)、哈维·戴特尔(Harvey M. Deitel)、尤利斯·布莱克(Uyless Black)等。

为确保教材的选题质量和翻译质量,我们约请了清华大学、北京大学、北京航空航天大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、西安交通大学、国防科学技术大学、解放军理工大学等著名高校的教授和骨干教师参与了本系列教材的选题、翻译和审校工作。他们中既有讲授同类教材的骨干教师、博士,也有积累了几十年教学经验的老教授和博士生导师。

在该系列教材的选题、翻译和编辑加工过程中,为提高教材质量,我们做了大量细致的工作,包括对所选教材进行全面论证;选择编辑时力求达到专业对口;对排版、印制质量进行严格把关。对于英文教材中出现的错误,我们通过与作者联络和网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订。

此外,我们还将与国外著名出版公司合作,提供一些教材的教学支持资料,希望能为授课老师提供帮助。今后,我们将继续加强与各高校教师的密切联系,为广大师生引进更多的国外优秀教材和参考书,为我国计算机科学教学体系与国际教学体系的接轨做出努力。

电子工业出版社

教材出版委员会

- | | | |
|-----|-----|---|
| 主 任 | 杨芙清 | 北京大学教授
中国科学院院士
北京大学信息与工程学部主任
北京大学软件工程研究所所长 |
| 委 员 | 王 珊 | 中国人民大学信息学院院长、教授 |
| | 胡道元 | 清华大学计算机科学与技术系教授
国际信息处理联合会通信系统中国代表 |
| | 钟玉琢 | 清华大学计算机科学与技术系教授
中国计算机学会多媒体专业委员会主任 |
| | 谢希仁 | 中国人民解放军理工大学教授
全军网络技术研究中心主任、博士生导师 |
| | 尤晋元 | 上海交通大学计算机科学与工程系教授
上海分布计算技术中心主任 |
| | 施伯乐 | 上海国际数据库研究中心主任、复旦大学教授
中国计算机学会常务理事、上海市计算机学会理事长 |
| | 邹 鹏 | 国防科学技术大学计算机学院教授、博士生导师
教育部计算机基础课程教学指导委员会副主任委员 |
| | 张昆藏 | 青岛大学信息工程学院教授 |

译者序

智能是人类所特有的区别于一般生物的主要特征。在西方的一些辞典中,将智能(Intelligence)解释为“智力的能力、传授的或获得的知识”,或“感知、学习、理解、知道的能力,思维的能力”。在汉语中,智能被更确切地理解为“人认识客观事物并运用知识解决实际问题的能力,……往往通过观察、记忆、想像、思维、判断等表现出来。”人工智能就是用计算机来模拟人的智能,因此又叫做机器智能。研究人工智能的目的,一方面是要造出具有智能的机器,另一方面是要弄清人类智能的本质。因此,人工智能既属于工程的范畴,又属于科学的范畴。通过研究和开发人工智能,可以辅助、部分代替甚至拓宽人的智能,使计算机更好地造福于人类。

人类正在向信息时代迈进,信息化是当前时代的主旋律。信息经抽象结晶为知识,知识构成智能的基础。因此,信息化到知识化再到智能化,必将成为人类社会发展的趋势。人工智能已经并正在广泛而深入地结合到科学技术的各门学科和社会的各个领域中,它的概念、方法和技术,正在各行各业广泛渗透。智能已成为当今各种新技术、新产品、新装备的发展动向和时髦标签,智能控制、智能通信、智能仪表、智能材料、智能交通、智能武器、智能大厦……各种术语在今天屡见不鲜。

在这种形势下,在高等学校的计算机及其他专业的本科教学中开设人工智能课程,就显得越来越重要了。而且,随着人工智能学科的发展,课程的内容也要不断更新。在美国,由IEEE Computer Society和ACM计算教程联合工作组共同制订了《计算教程2001》(“Computing Curricula 2001”,简称“CC2001”),它主要修订了“CC1991”,以反映计算机领域10年来的发展。从“CC2001”可以看出,人工智能课程除包括人工智能概论、问题状态与搜索、专家系统、机器人学等传统部分外,还增加了机器学习、代理、计算机视觉、自然语言处理、图像处理、知识库系统、神经网络、遗传算法等内容。这充分反映了“CC2001”对人工智能课程的重视。在我国,从20世纪70年代末开始,随着改革开放政策的实施,人工智能的教学和科研逐步展开。按照邓小平“要引进外国教材,吸收外国教材中有益的东西”的指示,我国先后引进并翻译出版了国外的一些人工智能教材。它们对普及人工智能知识和培养我国的人工智能科研与教学人才起到了很好的作用。我国从1992年开始将“人工智能”列为“计算机科学与技术”一级学科下的一个新的二级学科。由于人工智能学科的迅速发展,以及社会信息化、智能化对人才的迫切需求,我国的一些大学最近已新设了“智能科学与技术”本科专业。

近几年来,国外陆续出版了多种新的人工智能课程教材,一些原有教材也不断修订出版新的版本。但我们发现其中主要针对本科教学的书很少。本书作为一本现代人工智能的入门书籍,很好地满足了高等学校当前本科教学的需要。

首先,本书的内容和重点的选择具有鲜明特色。它取材新颖,将人工智能近年来取得显著进展的一些重要主题放在了突出的地位,对它们提供了最新的处理方式。例如,对不确定性推理,本书在这一部分(第3部分)一开始就引入贝叶斯网络,而且花费了两章的篇幅介绍它的基本知识和那些奠定其实际应用基础的技术,然后才以一章的篇幅讲述模糊逻辑、证据理论等其他不确定性模型。还有神经网络,作为人工智能一个十分重要的工具,它在各个领域已经得到普遍应用,本书在机器学习部分(第5部分)也给了它两章的篇幅。相应地,本书对人工智能教材的一些传统部分做了不

同的处理。例如知识表示,本书不像一般教材那样用一章或几章来专门处理,而是把它放在了每个主题的上下文中,同时第1章“引论”中给出了知识表示的一个简要概述。关于智能代理这一新的观点和内容,本书没有像近年来一些新教材那样力图在代理的概念框架下统一人工智能的各个领域,而是在书的最后部分(第7部分)才给出代理的概念、特点、体系结构等,讨论它与人工智能技术和软件工程技术的关系。这种做法对于入门书和本科教材来说可能更适合一些。

本书的另一个特点是实用性强,它简单、概括而又广泛地介绍了人工智能的各个基本组成部分,而且每一章都包含了人工智能在现实世界应用的一些实例。书中的实例涉及信用卡欺诈检测,工业和娱乐机器人,宇宙飞船的自动控制,网络安全与防护,以及计算机游戏等广泛的范围,它以生动的方式引入在这些实际应用中用到的人工智能技术。

本书在写作上也有许多优点。在内容的安排上由浅入深,根据人认识事物的规律和客观事物本身的内涵,层层推进和展开,条理清晰,逻辑性强。在内容的叙述上深入浅出,结合简单的例子生动地讲解概念和算法,阐述清楚,通俗易懂,容易被读者接受。在每一章的最后有简短的小结,使读者对本章的内容有一个完整的概念。同时,给出了本章的推荐补充读物,以便读者扩大自己的知识面。此外,还精心设计了针对本章内容的若干练习题,使读者可以检验和巩固所学到的知识。

综上所述,可以说本书是一本实用的、易读的、生动的当代人工智能的导论。它既适合于计算机、自动化等专业本科生作为人工智能课程的教材,也适合于希望获得对人工智能的实际理解以便在工作中应用的各类专业人员自学阅读。英国里丁大学控制论系教授、著名人工智能专家 Mark Bishop 博士将本书评价为“简直是这门学科一本现成可用的,最好的而又全面的入门教材”,说本书“令人耳目一新”。

本书的翻译由黄厚宽和田盛丰负责。邓大勇翻译第2章至第4章,贺志翻译第5章至第7章,穆成坡翻译第8章至第10章,邵超翻译第11章至第14章和附录A,李凯翻译第15章至第17章,王黎明翻译第18章至第21章,田盛丰翻译第22章至第24章,黄厚宽翻译第1章及其他部分。石洪波、吴爱民、李红松、董红斌协助做了一些工作。黄厚宽和田盛丰审校了全部译稿。

对书中的专业名词和术语尽我们所知地采用了规范的或常见的译法。如有不恰当的译法和翻译中其他不当之处,还望读者给予批评指正。

黄厚宽 田盛丰
北京交通大学
2004年4月

前 言

本书英文版封面上有一幅日本本田公司制造的类人机器人ASIMO的照片。ASIMO站起来有一米多高，能够像人一样走路，顺利地上下楼梯，还能听懂一组有限的命令。另一个类人机器人SDR-4X是索尼公司生产的，也能够像人一样移动并且当跌倒时能够自己爬起来。它装有立体的数码相机以学习识别人脸以及避开障碍物；还具有语音识别功能，因而能够对语音输入做出响应。这些机器人代表技术的重大进展。虽然其初期应用只是在娱乐方面，但其更长远的应用是对人提供帮助。这些机器人令人印象深刻并且容易使人联想到科幻电影中那些会像人一样思考和行动的机器人。然而，ASIMO和SDR-4X远非会思考的机器，事实上它们的智能水平是十分初级的。

在可预见的将来，ASIMO和SDR-4X的后续各代机器人不会对高级智能构成任何威胁。但是，这些未来的机器人的智能水平将会逐步提高，从而能够更自然地适应人类的环境。它们将有能力完成越来越复杂的任务，并成为我们日常生活中有用的助手。它们要突破目前只能用于娱乐表演的局限，需要用一系列复杂的人工智能技术武装起来。它们需要能够运用与环境相关的知识，以便能够理解自身的传感器正监控着的对象，从而能够合理地采取行动。它们需要在一定程度上和人交流以理解人的要求；需要形成动作序列的规划并识别对象以便在建筑物中各处行走；需要通过学习而不是预先编程来调整自己的行为。

本书简洁而又概括性地介绍了人工智能的各个基本组成部分，未来的机器人必须实现内嵌这些组成部分才能够智能地行动。嵌入机器人的智能只是推进人工智能技术的许多应用中的一种。其他的应用包括自主车辆的自动行进、对象的识别与跟踪、作业车间的调度、辅助空中交通控制、医疗诊断和机器状况诊断、旅行计划的自动代理、语言交流以及其他许多方面。任何一种需要类似人的智能的应用都可转化为人工智能的应用。

本书是一本现代的人工智能入门书籍，既适合作为教科书，又适合于希望了解和评价人工智能的普通读者阅读。既然关于这一科目已经有了许多书籍，为什么还要阅读本书呢？有下面几点理由：

- 如果你像我一样，那么当你查阅主题各不相同的多种教科书时，对科目的理解就会加深。也就是说，对于新书来说，总是有不同于一般的论点的。
- 本书对最近几年来取得显著进展的一些项目提供了最新的论述。例如，贝叶斯推理用于当前的许多应用中，因而本书在较深的层面讨论了这一主题。神经网络同样是人工智能的关键工具，因此它在本书中也占据了相当的篇幅。
- 本书力求达到一种平衡，既有足够的深度使读者能够着手实现人工智能技术，又不至于太过深奥使读者难以理解。
- 本书尽可能做到自包含，并且对读者而言只需要很少的数学基础知识。
- 本书有一个良好支持的Web站点。

本书的组织结构：

第1章概述了人工智能的含义以及模拟智能的途径，并给出了知识表示的一个简要概述。在一些较早的教科书中，知识表示都是用专门的一章或几章来论述的，但对于一本现代的教科书来说，

这样做似乎不能再提供最好的引论；相反，知识表示是置于每个主题的环境中的。本书第二部分包含的3章覆盖了后续内容所涉及的一些基本主题。第2章介绍命题演算和谓词演算，使我们了解怎样表示简单形式的知识和怎样用这种知识进行推理。第3章讲述搜索的基础知识。任何形式的推理都可以看做某种类型的搜索。当我们只能利用很少的知识来求解一项任务时，搜索可能是十分彻底的，而我们的目标就是学习并且获得新的知识，利用它使搜索变得更为高效（对这种学习的介绍包括在后续的各章中）。第4章介绍逻辑表达式的机械化推理方法。Prolog 程序设计语言是一个重要的例子，它有助于阐明通过这种类型的实现能够得出什么结果。

本书的第三部分介绍不确定性推理。在不确定的情况下进行推理的能力很重要。模拟不确定性的原有方法在一定程度上都是针对特定目标的，而目前的方法才是理论上更为可靠的。在第5章和第6章中介绍了贝叶斯网络。这种网络被广泛应用，已证明是相当重要的应用工具。因此，我们用两章的篇幅来讲述它的基本知识并介绍一些奠定其商业应用基础的技术。第7章讲述其他的不确定性模型，包括模糊逻辑、Dempster-Shafer 理论以及非数值的方法。

本书的第四部分介绍制定决策的方法。第8章介绍决策网络（也称为影响图），这种网络把效用理论同概率推理结合起来，以推导出最优决策。第9章和第10章讨论规划。第9章集中论述什么是规划，然后介绍什么叫做命题规划。第10章讨论规划的一些实用方面，例如处理约束和不确定性，以及对知识更丰富的表示的需要。第8章、第9章和第10章是实际讨论如何制定决策，即决定应当采取一些什么动作以达到预期的目标。

第五部分全部是关于学习的。对于自治的系统来说，学习是很重要的。我们需要的机器应该能吸取经验而改变自己的行为。如果你的一个同事总是犯同样的错误或不能改进他处理不同任务的能力，你不会认为他很聪明。而当我们不能获取求解任务的知识时，学习还是有必要的。比如说，没有人能够使你感受到应怎样骑自行车，你必须自己去学习这种技巧。还有许多类似的情况，机器必须自己去学会怎样完成一项任务。对于在大数据集中发现隐藏的模式，学习也是很重要的。例如，超市汇集了关于顾客及其购买行为的大量数据。这些数据可以用来识别趋势，确定怎样最好地推销产品，以及规划商品的陈列。第11章概述学习是什么和学习的不同类型，并且通常把学习看做搜索。第12章介绍决策树，在使用了数据挖掘的应用中经常可看到决策树。第13章讨论归纳逻辑程序设计（ILP, inductive logic programming）。用简单的话说，ILP的主旨是自动地生成Prolog 程序（或类似逻辑程序的类型）。其潜在的应用是巨大的，但说这种技术不如介绍的某些其他学习技术成熟可能也是公平的。第14章引入强化学习，这种学习的目的是使机器学到最优的决策序列。例如，使一个机器人找出最好的路径以便在一个建筑物中各处行走。第15章和第16章讨论神经网络学习的一些最普遍的联结主义方法。最后，第17章介绍由生物演化所启示的遗传算法。

本书的第六部分介绍智能的这样一些方面：它们要建立在前面各章介绍的多种技术之上。这些更高层次的智能活动包括自然语言理解、语音识别和视觉。第18章是对自然语言理解的导论，包括的内容有：它所需要的不同类型的知识，语言的各种不同成分的简要介绍，自底向上和自顶向下的语法分析，使用逻辑形式进行语义处理的基本知识，以及语境分析的需要。第19章扩展了第18章介绍的内容，引入了图分析方法，解释了语义属性的需求，扩充了关于语境分析的材料，最后给出了统计方法的简要概括。第20章介绍语音处理的各功能单元，比较详细地解释了隐马尔可夫模型。第21章介绍用于识别目标的视觉的各功能单元，简要介绍了目标突出特征的抽取，以及目标的分割和分类。

本书的第七部分将介绍在人工智能中的一些重要主题。第22章介绍智能代理。“智能代理”在几年前是一个广泛应用的术语，人工智能的几乎所有成分都在代理的背景中最先引入。使用代理的

概念可以构造智能的理论，而在智能系统的实现中也可以有效地使用这个概念。技术熟练的软件工程师会明白，代理对于今天的软件构建的观念提供了意义重大的概念上的跃迁。而第23章更像是讨论人工智能的哲学问题的简短尝试。第24章是本书的最后一章，介绍了许多应用，目的是表明人工智能已经成熟到何种程度，即在完成日益增长的一系列现实世界的任务中如何得以证明它的作用。

对于人工智能的入门课程而言，本书中一些章节的内容可能比所需要的深了些。建议入门课程可以使用以下各章：1, 2, 3, 5, 9, 11, 12, 15, 18, 21。按照课程的不同重点，本书可以有多种不同的使用方法。各篇的导引部分将说明该主题要求的预备知识。下表给出了各章之间的依赖关系。

章	需要先读的章	可能有用而先阅读的重点章
1		
2		
3	2	
4	2, 3 (到3.4节)	
5		2
6	5	
7	2	
8	5	
9	2, 3	
10	2, 3, 9	5, 7
11	2, 3	
12	11, 2	
13	2, 3, 4, 11	
14	11	5
15	11	
16	15	5
17		2, 3
18	2	
19	2, 18	5
20		5
21	2, 11	阅读第5章、第12章和第15章

目 录

第一部分 引 论

第 1 章 引论	2
1.1 人工智能从实验室中浮现	2
1.2 什么是人工智能应用程序	4
1.3 什么是人工智能	5
1.4 不同的智能模型	7
1.5 表示	8

第二部分 逻辑和搜索

第 2 章 逻辑	16
2.1 命题逻辑	16
2.2 谓词演算	28
2.3 小结	36
第 3 章 搜索	38
3.1 引言	38
3.2 一些经典的人工智能问题	39
3.3 基于树的算法	41
3.4 用函数最优化表示搜索	49
3.5 小结	56
第 4 章 自动逻辑推理	59
4.1 命题逻辑中的归结	59
4.2 FOPC 中的归结	63
4.3 Prolog	71
4.4 小结	81

第三部分 不 确 定 性

第 5 章 贝叶斯网络 (I)	84
5.1 引言	85
5.2 基础概率论综述	88
5.3 贝叶斯网络	91
5.4 小结	104

第 6 章 贝叶斯网络 (II)	107
6.1 构造簇树	107
6.2 量化连接树	115
6.3 处理证据	120
6.4 不精确推理	121
6.5 小结	123
第 7 章 其他不确定性方法	125
7.1 模糊逻辑	125
7.2 Dempster-Shafer 理论	132
7.3 非数值方法	135
7.4 小结	137

第四部分 行动决策

第 8 章 决策网络	142
8.1 非干预行动	142
8.2 干预行动	144
8.3 测试决策	147
8.4 信息价值	149
8.5 有关效益值的一点说明	150
8.6 小结	151
第 9 章 规划 (I)	154
9.1 简单规划描述语言	154
9.2 派生规划	155
9.3 将实施规划作为简单搜索过程	156
9.4 图规划	158
9.5 小结	166
第 10 章 规划 (II)	170
10.1 有表现力的表达	170
10.2 不确定情况下的行动	173
10.3 使用基于知识方法的规划器	179
10.4 讨论	182
10.5 小结	183

第五部分 学 习

第 11 章 学习引论	186
11.1 学习中的元素	186

11.2	目标函数的表示	189
11.3	学习任务的类型	190
11.4	学习即是搜索	191
11.5	假设空间中的学习偏置	196
11.6	更深入的问题	197
11.7	小结	198
第 12 章	决策树学习	199
12.1	简介	199
12.2	ID3 算法	201
12.3	有关决策树学习的一些问题	205
12.4	小结	207
第 13 章	归纳逻辑程序设计	210
13.1	简介	210
13.2	假设的产生	212
13.3	归纳推理	213
13.4	FOIL 算法	213
13.5	逆向归结 (逆向蕴含)	216
13.6	θ -包含	218
13.7	具有逆向蕴含的 ILP 系统的实际实现	219
13.8	小结	221
第 14 章	强化学习	223
14.1	简介	223
14.2	强化学习的关键元素	224
14.3	最优策略的计算	226
14.4	Q-学习	233
14.5	小结	235
第 15 章	神经网络 (I)	237
15.1	基本成分	237
15.2	基本概念	244
15.3	线性与非线性问题	247
15.4	反向传播学习	249
15.5	字符分类示例	255
15.6	小结	256
第 16 章	神经网络 (II)	259
16.1	使用相似性度量发现簇	259

16.2	自组织特征映射	260
16.3	用于聚类的模型生成器	267
16.4	径向基函数网络	269
16.5	小结	272
第 17 章	遗传算法	274
17.1	一些术语	275
17.2	一个较完整的算法	278
17.3	假设表示	280
17.4	模式定理与隐含的并行机制	283
17.5	遗传算法的其他方面	284
17.6	小结	285

第六部分 自然语言理解与感知

第 18 章	自然语言处理 (I)	288
18.1	自然语言理解的阶段	289
18.2	语言的各部分	290
18.3	分析结构	291
18.4	语义分析	298
18.5	语境分析	301
18.6	小结	302
第 19 章	自然语言处理 (II)	304
19.1	图表分析器	304
19.2	文法与属性	310
19.3	语义学	313
19.4	量化和中介逻辑形式	319
19.5	上下文	321
19.6	NLP 的统计学方法	323
19.7	小结	326
第 20 章	语音处理	328
20.1	组成单词读音的基本单元	328
20.2	信号处理	329
20.3	识别	332
20.4	隐马尔可夫模型	332
20.5	小结	338
第 21 章	视觉	339
21.1	图像	340

21.2	物体和图像之间的基本数学关系	340
21.3	视觉线索	343
21.4	形状描述	345
21.5	边缘检测	347
21.6	分割	349
21.7	提取边界	351
21.8	对物体进行分类	354
21.9	小结	357

第七部分 代理、哲学和应用

第 22 章	代理	360
22.1	代理	360
第 23 章	人工智能的哲学	364
23.1	什么是哲学	364
23.2	强人工智能与弱人工智能	365
23.3	思维机器	367
23.4	图灵测试	368
23.5	我们是否用语言思考	370
第 24 章	人工智能的若干应用	373
24.1	宇宙飞船的自主控制	373
24.2	使用 O-Plan 的层次式任务规划	374
24.3	帮助机场操作的决策支持工具	378
24.4	新闻报道中的文本提取	378
24.5	航班信息会话接口	381
24.6	人脸识别	382
24.7	医学诊断中的成像	382
24.8	数据挖掘	383
24.9	从非结构数据获取信息	385
24.10	欺诈检测	386
24.11	给予机器常识	386
24.12	管理飞行器安全	387
24.13	贝叶斯推理增长的作用	390
24.14	机器人	390
附录 A	Prolog 简介	392
参考文献		407

第一部分

引 论

第1章概述什么是人工智能。人工智能技术的应用是通过软件实现的，本章阐述了人工智能应用程序同其他软件应用程序之间的区别。此外，还讨论了联结主义人工智能和符号主义人工智能（或传统人工智能）这两种广泛应用的人工智能范例。

第1章 引 论

本书是一本入门书籍，介绍用于制造信息处理机器的一些技术。这种机器目前有广泛的应用，例如检测信用卡的欺诈行为，制定空间飞行的自主决策，监视计算机网络黑客的攻击，诊断飞行器的故障，实现人-机之间的语音交互，以及以更像人的方式生成计算机游戏中的行为特征。所有这些机器都是人工智能（AI, artificial intelligence）领域的技术专家工作的成果。人工智能已经成为一门重要的工程学科，利用它制造的机器给我们帮助并带来快乐。然而，人工智能并不只是关于工程的，作为一门科学，其目标是增进我们对人类自身以及其他动物的智能的理解。你也许会问：人工智能的最终目标是不是制造一种机器，它能像我们一样思考，可以移动、感知它周围正在发生的事情，能够和我们通信，而且具有我们那样的四肢，因而能做我们所做的体力活动——一句话，一种类人动物？从一定的意义上讲，人工智能是要努力制造这种类型的机器。制造这种机器所需要的技术正在逐步发展。现在，已经有了看起来像穿着宇航服的人一样，会走路和爬楼梯的机器人，也有了会表达感情的机器人。对于感知的一些方面（例如看和听）和组成智能的所有其他要素（诸如推理、学习、语言通信、规划、决策以及常识），人们正在大力开展研究工作。对于这类制造，我们还有很长的路要走。而且，我们并不真正知道制造像人一样思考、能用和人同样的方式理解世界的人工机器是否有可能。但是，我们正在制造在日常生活的许多方面给我们提供帮助的机器。而且可以确信，在即将到来的岁月里，人工智能将越来越渗入我们的生活（你甚至对此没有觉察）。还可以确信，这些机器人在完成许多任务方面将比我们更强，差不多就像计算器在算术运算方面比任何人更强一样。

本章的目的就是提供关于人工智能的一些基础知识。

1.1 人工智能从实验室中浮现

1965年，由Edward Feigenbaum和Robert Lindsay领导的研究小组开始在一个计算机系统上工作，以帮助化学家确定一些复杂的有机化合物的分子结构。他们的系统不是用惯常的方式编程，而是运用了大量的知识——化学家掌握的可以帮助求解系统所针对的问题的知识。这个系统是一个分析分子结构的专家，它就是专家系统（具有专门领域的专家知识的计算机程序）的前身。

Feigenbaum及其小组所开发的上述系统名叫DENDRAL。确定化合物的分子结构，包括找出它含有哪些原子以及了解这些原子及其关联。化学家使用一种称为质谱仪的装置将化合物打成碎片，就可以得到化合物的有关数据。质谱仪的测量结果提供了碎片的化学组成和碎片类型数量的线索。化学家面临的问题是，每个碎片都可能对应几个不同类型的子结构，而且这些子结构必须共同配合组成单一的总结构。理论上，化学家能够通过检验得知子结构的哪些组合共同配合可以形成总结构；问题在于可能的组合太多，使得这种办法不切实际。这有点类似于下面的问题：一张人脸的相片被分割成了许多小方片，而且弄乱了。有多种方式将小方片拼合在一起，但其中只有一种拼合方式能再现人脸。如果相片被分成4个大小相等的方片，就有24种可能的拼合方式（不考虑旋转）。随着分片数量的增长，组合的数量也将迅速增长。用穷举搜索可以对方片系统地进行重排，直到拼