

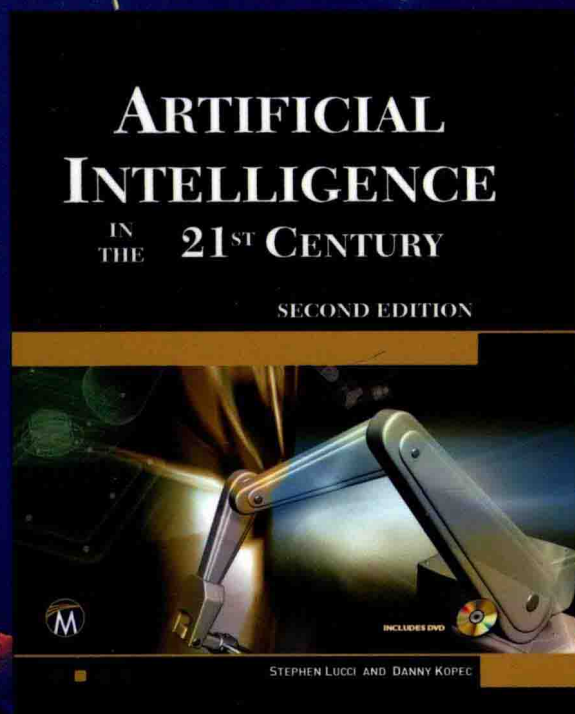
国外著名高等院校
信息科学与技术优秀教材

MERCURY
LEARNING AND INFORMATION LLC

异步图书
www.epubit.com.cn

人工智能 (第2版)

[美] 史蒂芬·卢奇 (Stephen Lucci) 丹尼·科佩克 (Danny Kopec) 著
林赐 译



中国工信出版集团

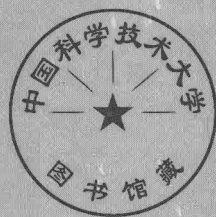
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

国外著名高等院校
信息科学与技术优秀教材

人工智能

(第2版)

[美] 史蒂芬·卢奇 (Stephen Lucci) 丹尼·科佩克 (Danny Kopec) 著
林赐 译



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

人工智能 : 第2版 / (美) 史蒂芬·卢奇
(Stephen Lucci), (美) 丹尼·科佩克 (Danny Kopec)
著; 林赐译. — 北京: 人民邮电出版社, 2018.10
国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材
ISBN 978-7-115-48843-5

I. ①人… II. ①史… ②丹… ③林… 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(2018)第149813号

版 权 声 明

Simplified Chinese language edition copyright ©2018 by Post & Telecom Press.

All rights reserved.

Artificial Intelligence in the 21st Century: A Living Introduction, Second Edition by Stephen Lucci and
Danny Kopec.

Copyright © 2016 Mercury Learning and Information, Inc.

本文中文简体版由 Mercury Learning and Information 公司授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许
可, 对本书的任何部分不得以任何方式或任何手段复制和传播。

版权所有, 侵权必究。

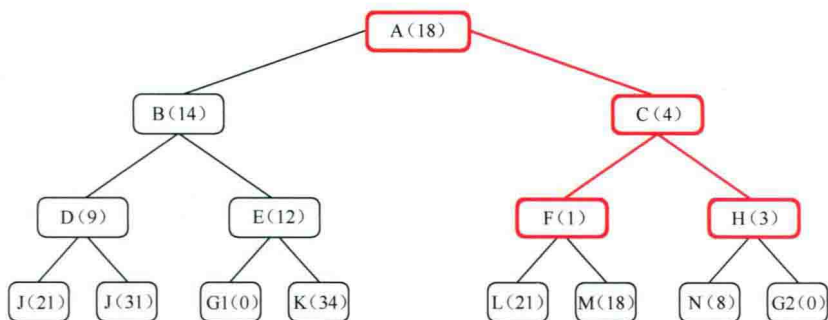
-
- ◆ 著 [美] 史蒂芬·卢奇 (Stephen Lucci)
丹尼·科佩克 (Danny Kopec)
译 林 赐
责任编辑 陈冀康
责任印制 焦志炜
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 38 彩插: 2
字数: 895 千字 2018 年 10 月第 1 版
印数: 1—8 000 册 2018 年 10 月河北第 1 次印刷
- 著作权合同登记号 图字: 01-2016-3766 号
-

定价: 108.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号



1. Open=[A]; Closed []
2. Open=[C, B]; Closed [A]
3. Open=[F, H, B]; Closed [C, A]
4. Open=[H, B, L, M]; Closed [F, C, A]
5. Open=[G2, N, B, L, M]; Closed [H, F, C, A]

图3.8 最佳优先搜索

开放列表保存了每一层中到达目标节点最低估计代价节点。保存在开放节点列表中相对较早的节点稍后会较早被探索。“获胜”路径是A→C→F→H。如果存在这条路径，搜索总是会找到这条路径

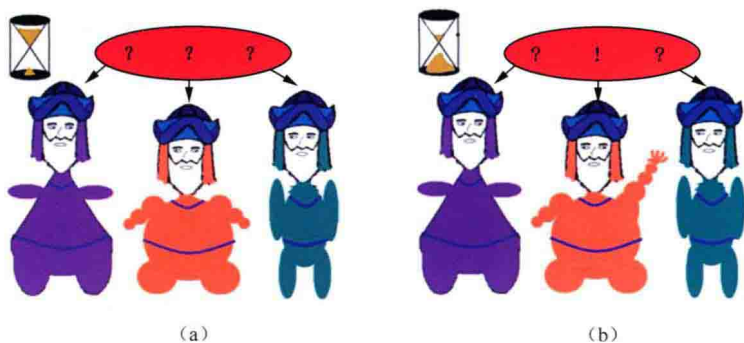


图5.1 国王智者的谜题。每个人都必须猜测自己帽子的颜色

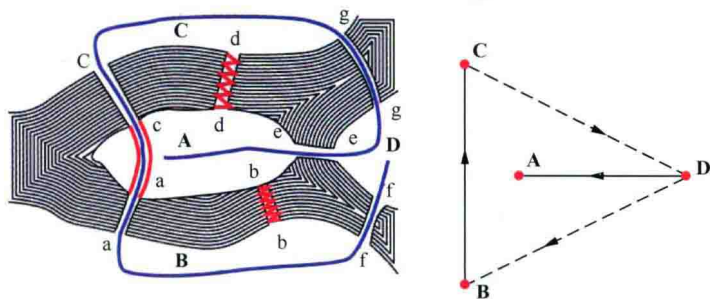


图6.6 更新的哥尼斯堡桥问题及其图表示

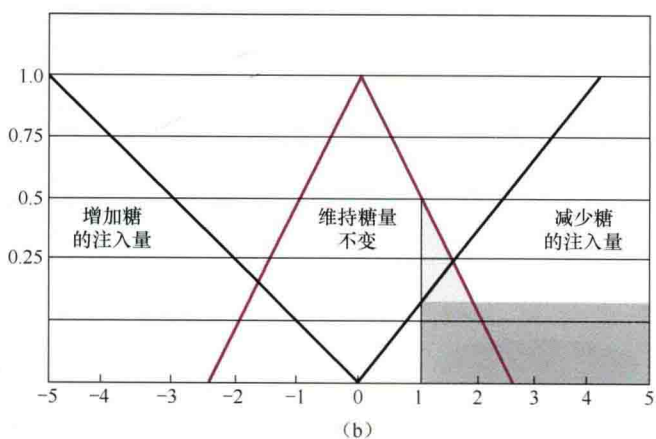
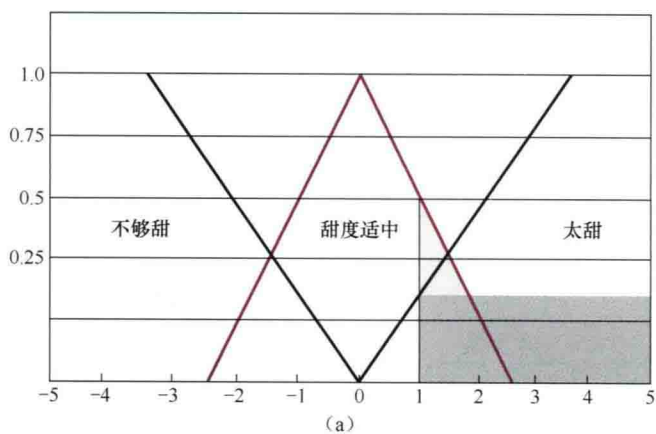


图8.5 瓶装茶厂的隶属函数示例
(a) 甜度评估 (b) 所注入糖的百分比变化

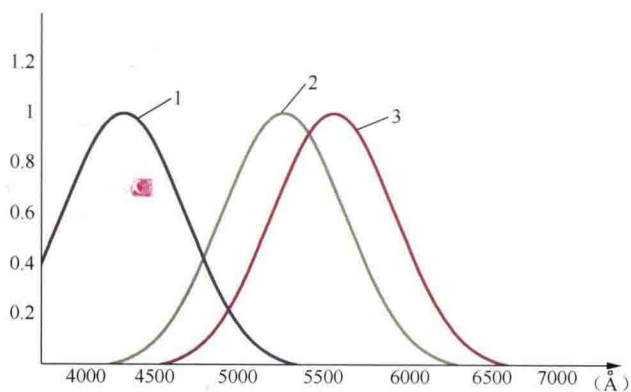


图8.6 人视网膜中三种受体的反应。蓝色受体的最大激发值为4300Å，绿色受体的最大激发值为5300Å，红色受体的最大激发值为5600Å
1. 蓝色受体 2. 绿色受体 3. 红色受体

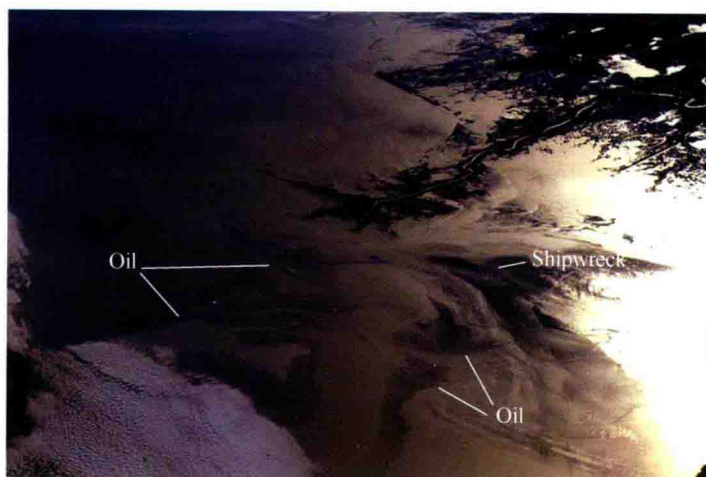
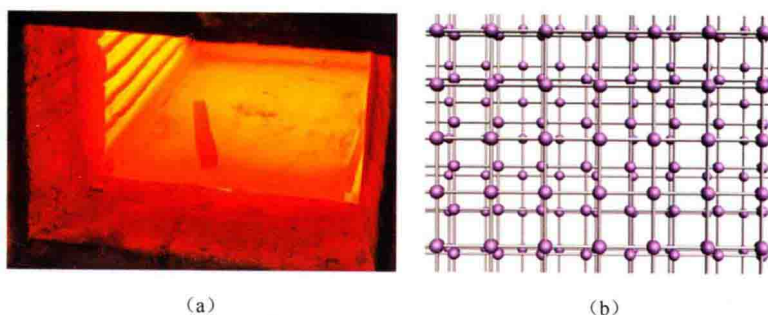


图9.8 显示出浮油的NASA卫星图像



(a) 炉中的铁被加热至熔点 (b) 原子的晶格排列通常表现出更大的韧性和硬度

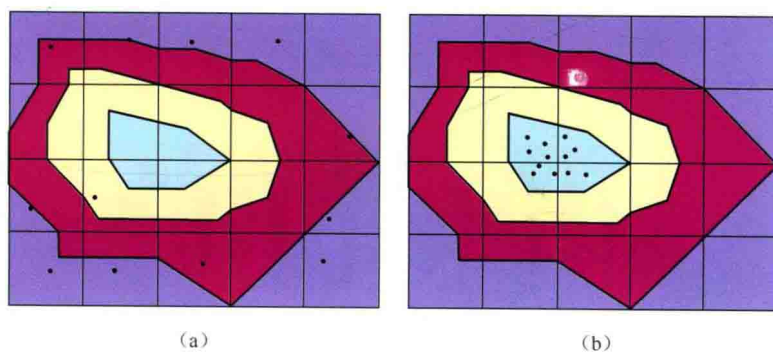


图12.13 详述GA搜索
(a) 随机生成的点遍布搜索空间 (b) 可以观察到，在经过一些次数的迭代之后，点正在收敛到全局最优值

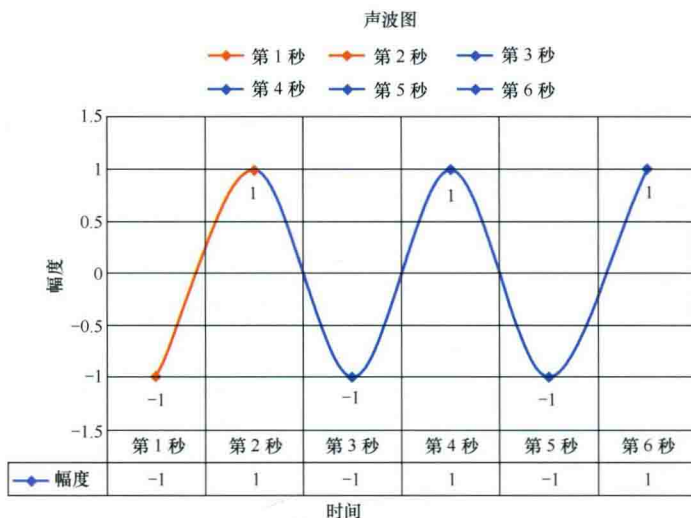


图13.6 声波图

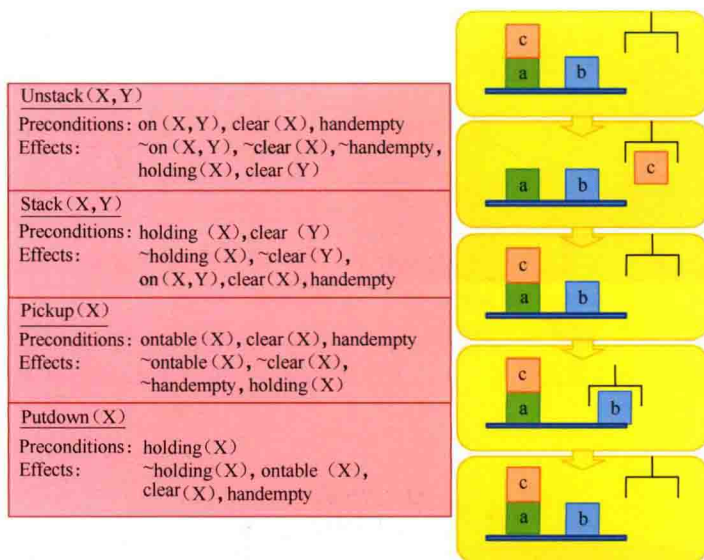


图14.9 积木世界的快照

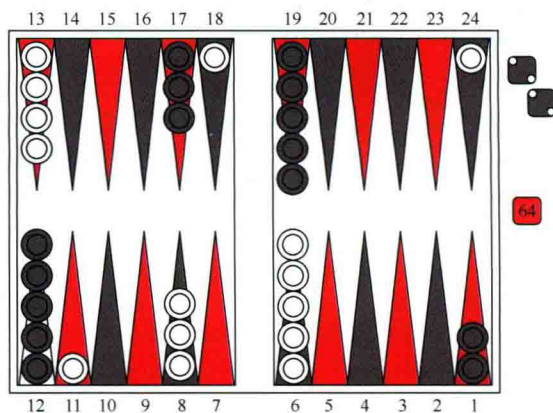


图16.23 在骰子滚出6-2的情况下,白方第一次走子后的棋局

内 容 提 要

作为计算机科学的一个分支,人工智能主要研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统,涉及机器人、语音识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等方向。

本书包括引言、基础知识、基于知识的系统、高级专题以及现在和未来五部分内容。第一部分从人工智能的定义讲起,就人工智能的早期历史、思维和智能的内涵、图灵测试、启发法、新千年人工智能的发展进行了简要论述。第二部分详细讲述了人工智能中的盲目搜索、知情搜索、博弈中的搜索、人工智能中的逻辑、知识表示和产生式系统等基础知识。第三部分介绍并探究了人工智能领域的成功案例,如 DENDRAL、MYCIN、EMYCIN 等经典的专家系统,振动故障诊断、自动牙科识别等新的专家系统,以及受到自然启发的搜索等。第四部分介绍了自然语言处理和自动规划等高级专题。第五部分对人工智能的历史和现状进行了梳理,回顾了几十年来人工智能所取得的诸多成就,并对其未来进行了展望。

本书系统、全面地涵盖了人工智能的相关知识,既简明扼要地介绍了这一学科的基础知识,也对自然语言处理、自动规划、神经网络等内容进行了拓展,更辅以实例,可以帮助读者扎扎实实打好基础。本书特色鲜明,内容易读易学,适合人工智能相关领域和对该领域感兴趣的读者阅读,也适合高校计算机专业的教师和学生参考。

姓名在标题里（CIP）标注

人上学的，有书读，有书读，有书

Stephen Lucci，1971年10月1日出生于美国加利福尼亚州

现居美国加利福尼亚州

现居美国加利福尼亚州

现居美国加利福尼亚州

献词

献给我的父母路易斯和康尼·卢奇，
他们一直鼓励我接受教育。

——史蒂芬·卢奇（Stephen Lucci）

献给我的父母马格达莱纳和弗拉基米尔·科佩克，
是他们为我搭建了舞台。

——丹尼·科佩克（Danny Kopec）

译者序

有人说，2016 年是人工智能元年，人工智能技术在各行各业如雨后春笋般出现。2017 年年初，我开始着手翻译本书，在即将完成本书的初译时，科技界传来了阿尔法狗战胜围棋棋手柯洁的消息，于是，这本书成了一本名副其实的、还未出版的“古书”（欲知详情，请参阅本书第 16 章）。回顾历史，1997 年，深蓝打败了卡斯帕罗夫，当时人们曾乐观地预测，在体现古老的东方智慧的围棋领域，计算机未必能够这么轻松战胜人类，围棋成了象征着人类智慧的最后一块高地。然而，仅过了 20 年，人们的预言就被打破。

从阿兰·图灵破解了恩尼格玛密码机，为第二次世界大战的胜利做出了巨大的贡献开始，到达特茅斯研讨会发明了“人工智能”这一词，再到今天，人工智能经历了 60 年的发展。在此期间，“山重水复疑无路，柳暗花明又一村”，人工智能经历了三次浪潮、两次寒冬的洗礼。当前，在深度学习算法的促进下，人工智能携带着云计算、大数据、卷积神经网络，突破了自然语言语音处理、图像识别的瓶颈，为人类带来了翻天覆地的变化。“忽如一夜春风来，千树万树梨花开”，用这句诗来形容人工智能的发展一点都不为过。人工智能方兴未艾，全面向人类的各个领域发展，业界有一句戏称的话：“如果你够走运的话，机器可以把你当成宠物。”虽为戏谑之言，却道出了多少人的心酸。人工智能已经在各个方面开始出现代替人类的可能：未来在生产车间里，我们再也看不到人类工人繁忙的身影；在超市，我们也看不到收银员在工作；在餐厅，我们也看不到厨师、服务员……人工智能可以帮助我们完成很多任务，辅助我们做出决策。关于人工智能是对人类的馈赠还是会给人类带来灭顶之灾，人们对此的争论一度甚嚣尘上、莫衷一是。人工智能也许会像潘多拉的盒子，但是人们仍心存希望，正是这种希望让人工智能走过了艰难坎坷的 60 年。

从乐观的一面来看，在未来，科幻故事可能出现在日常生活中，而劳动可能成为一种保持健康的需要。不过，一切距离盖棺论定还为时尚早。正如本书在机器人部分所谈到的，人工智能正处在蹒跚学步的“婴儿期”，在我写下这篇译者序的时候，人形机器人在运动能力方面还是非常初级，因此，有人说了句玩笑话：“如果你要阻碍‘终结者’，关上门就行（机器人比较难以掌握开门技术）。”

本书可以称得上是经典教材，内容翔实，逻辑清晰，引经据典，纵横捭阖，是一本不可多得的人工智能教科书。人工智能包罗万象，包括自然语言处理、知识表示、智能搜索、规划、机器学习、人工神经网络复杂系统、数据挖掘、遗传算法、模糊控制等。面对人工智能的迅猛发展和海量知识，计算机科学和工程相关专业的读者，与其临渊羡鱼，不如退而结网，扎扎实实打好基础。“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行”。学习人工智能，读者要戒骄戒躁，认真理解算法，并将算法转换成计算机程序，因此，我建议读者读完一章之后，亲自编写代码，在机器上实际运行一下程序。“冰冻三尺，非一日之寒”，要成为人工智能领域的佼佼者，读者需要做好打持久战、打硬仗的思想准备，持之以恒地不断学习新技术，不断推陈出新。唯有这样，才能水滴石穿，成为社会的中流砥柱，引领时代潮流。

在这里，要特别感谢人民邮电出版社的领导和编辑们，感谢他们对我的信任和理解，把这样一本好书交给我翻译。同时我也要感谢他们为本书的出版投入的巨大热情。没有他们的耐心和帮助，本书不可能顺利付梓。

译者才疏学浅，见闻浅薄，译稿多有不足之处，还望读者谅解并不吝指正。读者如有任何意见和建议，请将反馈信息发送到邮箱 cilin2046@gmail.com，不胜感激。

林 赐
于加拿大渥太华大学

第 2 版 前言

自本书第 1 版出版以来，已经过去了很长时间。人工智能概念、方法和系统正日益融入人们的日常活动中。例如，在编写第 1 版的时候，人们将许多汽车制造成具有并行停泊的能力；现在在汽车上配置防撞系统已经变得司空见惯了。科幻爱好者幻想的技术（例如无人机和机器人）现在变成了现实，越来越多的无人机和机器人正在成为人们日常生活的一部分。在 21 世纪前 10 年或早些时候浮出水面的 GPS 系统、手机应用程序和社交网络，如今已随处可见。这些技术，包括最佳交通路线规划、健康咨询和个人服务员，已用于人们生活的各个方面，每种技术通常都使用了某种形式的人工智能。自然语言和语音处理的进步大大改变了人类与机器进行交互的方式。

第 2 版增加了第 10 章，介绍和讨论了机器学习的决策树。因此，第 10 章、第 11 章（机器学习第二部分：神经网络）和第 12 章（受到自然启发的搜索）共同为进一步研究提供了基础。第 13 章（自然语言处理）新增了一个新的小节（13.10 节），介绍了语音理解的理论、方法和应用。同时，第 13 章也添加了一个小节，用来讲述自然语言处理中的隐喻。第 15 章提供了机器人领域的概述，包括最近的应用，并于结尾与第 17 章（大事记）一起展望了未来。许多章节都增加了新的练习题。

纽约市立大学

史蒂芬·卢奇

纽约市立大学 布鲁克林学院

丹尼·科佩克

2015 年 11 月

第 2 版 致谢

非常高兴 Mercury Learning 出版社创始人兼总裁戴维·帕莱 (David Pallai) 鼓励和支持我们编写《人工智能》一书的第 2 版。我们也很幸运，有来自各个研究机构的一些优秀学生协助我们修正了第 1 版中的错误并编写了新内容。

丹尼·科佩克致谢 Daniil Agashiyev，感谢他对第 13 章和第 14 章关于隐喻和 SCIBox 的小节的贡献。感谢 Sona Brambhatt 允许我们使用她硕士论文的语音理解部分，这部分由 Mimi-Lin Gao 进行了修改和精简。她还贡献了机器人应用程序 (ASIMO) 和 Lovelace 项目。Peter Tan 帮助编写了有关机器人应用的小节，包括 Big Dog、Cog 和 Google Car 等内容。他还获得了许多出现在新版本中图像的使用权。Oleg Tosic 准备了 CISCO 语音系统的应用之窗。Chris Pileggi 间接提供了一些新的练习题。

史蒂芬·卢奇希望感谢以下学生：Alejandro Morejon、Juan Emmanuel Sanchez、Ebenezer Reyes 和 Feiyu Chen。他们在很短的时间内完成了第 10 章。此外，Alan Mendez 绘制了第 10 章的“机器人教室”和“伞平衡”的图片。

第 1 版 前言

2006 年, 为了庆祝达特茅斯夏季研讨会 (Dartmouth Summer Conference) 50 周年, 人们举办了 AI @ 50, 达特茅斯学院哲学系教授詹姆斯·摩尔 (James Moor) 邀请我在 AI @ 50 上组织一场计算机博弈表演赛。在达特茅斯夏季研讨会中, 约翰·麦卡锡创造了“人工智能”一词。达特茅斯会议一些最初的与会者参加了 AI @ 50, 其中包括约翰·麦卡锡 (John McCarthy)、马文·明斯基 (Marvin Minsky)、奥利弗·西里奇 (Oliver Selfridge) 和雷·索罗莫洛夫 (Ray Solomonoff)。卢奇 (Lucci) 教授也参加了 AI @ 50, 之后不久, 他同意与我合作撰写人工智能教科书。

观点和需求

我们的观点是, 人工智能是由人类 (People)、想法 (Idea)、方法 (Method)、机器 (Machine) 和结果 (Outcome) 组成的。首先, 组成人工智能的是人类。人类有想法, 并把这些想法变成了方法。这些想法可以由算法、启发式、程序或作为计算骨干的系统来表示。最后, 我们得到了这些机器 (程序) 的产物, 我们称之为“结果”。每个结果都可以根据其价值、有效性、效率等方面进行衡量。

我们发现, 现有人工智能书籍通常没有提到其中的一些领域。没有人类, 就没有人工智能。因此, 我们决定, 通过在本书中添加“人物轶事”专栏, 介绍对人工智能的发展做出贡献的人, 我们在本书全文 17 章中介绍的人物包括了提出想法的人以及实现开发方法的人。与数学、物理、化学和生物学等其他科学相比, 人工智能和计算机科学相对年轻。但是, 人工智能是一门真正跨学科的学科, 结合了其他领域的许多元素。

机器/计算机是人工智能研究人员的工具, 机器/计算机允许研究人员实验、学习和改进求解问题的方法, 这些方法可以应用于可能对人类有益的许多有趣领域。最后, 由于将人工智能应用到各种各样的问题和学科, 我们得到了可测量的结果, 这提醒我们人工智能也必须是可解释的。在本书的许多地方, 你将会发现“表现”和“能力”之间区别的讨论。随着人工智能的成熟和进步, 这两者都是必需的。

到目前为止, 通过亲自教授人工智能课程以及阅读人工智能教材, 我们发现大多数可用的教材都缺乏了上述的一个或多个领域。Turing、McCarthy、Minsky、Michie、McLelland、Feigenbaum、Shortliffe、Lenat、Newell 和 Simon、Brooks 等许多人的名字和巨大的贡献应该为学生所熟悉。然而, 这不是一本历史书! 我们认为, 这门学科如此有趣, 如此广泛, 具有无限潜力, 应该合理地使用在这个领域中工作的人物的迷人思想和出色工作, 以使得这本书更加多姿多彩。

此外, 学生需要亲自实践, 求解问题, 即学生需要用第 2~4 章中详细介绍的搜索技术基础知识, 第 5 章中的逻辑方法, 第 6 章中知识表示在人工智能中的作用, 动手求解问题。

第7章为学习模糊逻辑（第8章）和专家系统（第9章）做了铺垫。

在第11章和第12章详细介绍了神经网络和遗传算法等先进方法。最后，第13~16章分别介绍了自然语言处理、规划、机器人和高级计算机博弈等高级课题。第17章是大事记，总结你与我们一起在人工智能的旅途中所经历的风光，并展望了未来。

本书的教学PPT得到了极大的增强，有数百个完整的例子，超过300幅图片和图像，许多都是彩色图像^①。学生也将受益于本书所提供的相关课后习题的若干答案。

如何使用这本书

本书包含了相对较多的材料，要想在一个学期（45学时）中完全讲完，恐怕有难度。作者使用编写本书的素材教授了以下课程（请注意，在纽约市立大学，研究生课程每周通常为3学时，为期15周）。

作为人工智能（研究生或本科生）的第一门课程，读者将学到以下内容。

I. 人工智能简史：本学科的用途和局限性、应用领域。

第1章 6学时

II. 搜索方法：状态空间，图，生成和测试，回溯、贪婪搜索，盲目搜索方法—深度优先搜索，广度优先搜索和迭代加深深度优先搜索。

第2章 3学时

III. 知情搜索：启发式，爬山，集束搜索，最佳优先搜索，基于分支定界的搜索和A*搜索；和/或树。

第3章（3.7.3节“双向搜索”是可选内容） 3学时

IV. 在博弈中的搜索：博弈树和极小化极大评估，初级二人博弈——tic-tac-toe 和 nim、极小化极大与Alpha-Beta 裁剪。

第4章（4.5节“博弈理论”和“迭代囚徒的困境”是可选内容） 3学时

V. 在人工智能中的逻辑：命题逻辑和谓词逻辑（FOPL），在FOPL中的合一和反演、将谓词表达式转换为子句形式。

第5章（5.4节“其他一些逻辑”是可选内容） 6学时

VI. 知识表示：表示方法的选择，语义网、框架和脚本，继承和面向对象编程，产生式系统，智能体方法。

第6章（6.10节“关联”和6.11节“新近的方法”是可选内容） 3学时

VII. 产生式系统：架构与示例，反演策略，冲突消解策略，状态空间搜索——数据驱动和目标驱动方法，细胞自动机（CA），一维细胞自动机（Wolfram），二维细胞自动机和生命游戏（Conway）。

第7章（7.6节“随机过程与马尔可夫链”是可选内容） 3学时

VIII. 专家系统（ES）：简介，为什么使用专家系统？专家系统的特点和架构，知识工程，知识获取和经典专家系统，较新的基于案例的系统方法。

^① 囿于篇幅，本书采用黑白印刷，但读者可以登录 www.epubit.com 下载这些素材。

第9章(9.6节、9.7节和9.8节是可选内容) 3学时

IX. 神经计算简介: 人工神经网络和感知器学习规则的基础

只有第11章11.0节、11.1节和11.3节 3学时

X. 进化计算简介——遗传算法。

只有第12章的12.0节和12.2节 2学时

XI. 自动规划: 问题, 规划即搜索, 中间结局分析(GPS) STRIPS, 各种规划算法和方法。相对现代的系统: NONLIN、Graphplan 等。

第14章的14.0节、14.1节、14.3.1节、14.3.2节和14.4.1节 2学时

XII. 结语: 人工智能前50年的成就。未来展望——我们何去何从?

第17章 2学时

期中考试 3学时

期末考试 3学时

2~3个编程作业(Prolog中有一个编程)

(一篇学期论文)

作为人工智能的第二门课程^①

最初这是作为神经计算课程来教授的。人工神经网络(ANN)通常用于人工智能学习方法的教学, 例如, 在模式类别之间进行区分; 因此, 将遗传算法(GA)纳入课程似乎就很自然了。人工智能系统通常需要证明其推理过程, 这是专家系统的特征。ANN在这方面的能力不是那么强大。模糊逻辑被添加到ANN中, 并且模糊ANN通常用于弥补这种不足。

由于涌现智能、蚁群优化、分形、人工生命和进化计算(超越了GA范围), 所有这些观点都有助于求解困难的问题, 因此这些内容纳入了本课程。由于“自然之母”为这些方法提供了灵感, 因此许多人将此称为“自然计算”。建议AI-2教学大纲如下。

I. 初步: 基本概念: 自然计算, 人工智能, 人工生命, 涌现智能, 反馈, 自上而下和自下而上开发的智能体。这里可以使用补充材料。 3学时

II. 受到自然之母启发的搜索: 搜索和状态空间图, 爬山法及其缺点, 模拟退火, 遗传算法和遗传编程, 禁忌搜索, 蚁群优化。

第2章的2.1节和2.1.1节

第3章的3.0节、3.1节和3.2节

第12章

10~15学时

III. 神经网络: 人工神经元与其生物对应, McCulloch-Pitts神经元, 感知器学习规则及其局限性, 增量规则, 反向传播, 分析模式和一些培训指南, 离散Hopfield网络, 应用领域, 机器学习简介。

第10章

第11章

18学时

^① AI-2, 通常在研究生阶段开设。

IV. 模糊集和模糊逻辑：明确集与模糊集，隶属度函数，模糊逻辑和模糊推理系统。

第8章的8.0节到8.3节

3学时

可选主题：

- 在ANN中的无人监督学习；
- 包括细胞自动机在内的人工生命；
- 分形和复杂度；
- 免疫计算；
- 量子计算。

2+学时

给定3学时期中考试和3学时期末考试。有5~6次编程作业和一篇学期论文。

从我们编写的第17章中可以很容易地设计一些替代课程。

例如，第一门课程可以包括：第1章（人工智能概述）、第2章（盲目搜索）、第3章（知识搜索）、第4章（博弈中的搜索）、第5章（人工智能中的逻辑）、第6章（知识表示）、第7章（产生式系统）和第9章（专家系统）。

第二门课程可能包括：第8章（人工智能中的不确定性）、第10章（机器学习第一部分）、第11章（机器学习第二部分：神经网络）、第12章（受到自然启发的搜索），然后从第13章（自然语言处理）、第14章（自动规划）、第15章（机器人技术）以及第16章（高级计算机博弈）中选出一个或两个专题章节。

关于专家系统的专题课程可能包括：第1章（人工智能概述）、第7章（产生式系统）、第9章（专家系统）、“加料”第12章（受到自然启发的搜索）和一些补充论文/读物。

史蒂芬·卢奇（Stephen Lucci）具有丰富的课堂经验，在纽约市立大学、布鲁克林学院以及其他的纽约市立大学分校教人工智能课程，备受学生称赞。丹尼·科佩克在计算机国际象棋（爱丁堡大学机器智能研究部）、智能辅导系统（缅因大学，1988—1992）和计算机科学教育/软件工程/医疗错误、技术难题和问题求解（布鲁克林学院，1991年至今）方面，具有相当丰富的研究经验。本书代表了我们所拥有知识的强大组合。你偶尔会听到二人分享他们的想法和经验。写作过程本身往往是知识、观点和风格相互联系、聆听和相互调整的过程。

共同愿景

本书的编写，并非一蹴而就。我们也相信，我们对材料编写和开发的方法纵然有所不同，但是在许多方面是互补的。

我们相信，组合工作可以为任何对人工智能感兴趣的人员提供坚实的基础，并使他们能够有充分的机会，在定义了这个领域的各种方法中获得知识、经验和能力。我们很幸运，作者和出版商 Mercury Learning and Information 的总裁兼创始人 David Pallai 都对这本书抱有相同的目标和愿景。大家一致同意编写本书的基本原则，那就是本书应该做到：理论和应用相平衡，准确，方便教学，定价合理。虽然这个过程需要几年的时间，但是我们特别感谢帕莱先生（Mr. Pallai）预见到本书的潜力，并使之最终开花结果。

我们希望您能从我们的努力中受益。