

国外著名高等院校
信息科学与技术优秀教材

PEARSON
Prentice
Hall

人工智能

—— 一种现代方法 (第二版)

Artificial Intelligence

A Modern Approach (Second Edition)



Stuart Russell 著
〔美〕 Peter Norvig 著
姜哲 金奕江 张敏 杨磊 等 译
姜哲 审校

中文版

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——一种现代方法

(第二版)

[美] Stuart Russell 著
Peter Norvig

姜哲 金奕江 张敏 杨磊 等译

姜哲 审校

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

人工智能——一种现代方法：第2版 / (美) 拉塞尔 (Russell, S.), (美) 诺文 (Norvig, P.) 著；姜哲等译. —北京：人民邮电出版社，2004.6

国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材

ISBN 7-115-12228-8

I. 人... II. ①拉... ②诺... ③姜... 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 (2004) 第 041611 号

Simplified Chinese Edition Copyright © 2004 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS.

Artificial Intelligence: A Modern Approach (Second Edition)

ISBN:0137903952

By Stuart Russell, Peter Norvig

Copyright © 2003, 1995

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice-Hall

This edition is authorized for sale only in People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

本书封面贴有 **Pearson Education** 出版集团激光防伪标签，无标签者不得销售。

国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材 人工智能 —— 一种现代方法 (第二版)

- ◆ 著 [美] Stuart Russell Peter Norvig
译 姜 哲 金奕江 张 敏 杨 磊 等
审 校 姜 哲
责任编辑 李 际
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67132705
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本：787×1092 1/16
印张：49.5
字数：1 414 千字 2004 年 6 月第 1 版
印数：1-3 500 册 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字：01 - 2003 - 0896 号

ISBN 7-115-12228-8/TP • 3943

定价：85.00 元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010) 67129223

内容提要

本书以详尽和丰富的资料，从理性智能体的角度，全面阐述了人工智能领域的核心内容，并深入介绍了各个主要的研究方向，是一本难得的综合性教材。全书分为八大部分：第一部分“人工智能”，第二部分“问题求解”，第三部分“知识与推理”，第四部分“规划”，第五部分“不确定知识与推理”，第六部分“学习”，第七部分“通讯、感知与行动”，第八部分“结论”。

本书既详细介绍了大量的基本概念、思想和算法，也描述了各研究方向最前沿的进展，同时收集整理了详实的历史文献与事件。因此本书适合于不同层次和领域的研究人员及学生，可以作为信息领域和相关领域的高等院校本科生和研究生的教材或教学辅导书目，也可以作为相关领域的科研与工程技术人员的参考书。

出版说明

2001年，教育部印发了《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》。该文件明确指出，“九五”期间原国家教委在“抓好重点教材，全面提高质量”方针指导下，调动了各方面的积极性，产生了一大批具有改革特色的新教材。然而随着科学技术的飞速发展，目前高校教材建设工作仍滞后于教学改革的实践，一些教材内容陈旧，不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要。为此该文件明确强调，要加强国外教材的引进工作。当前，引进的重点是信息科学与技术 and 生物科学与技术两大学科的教材。要根据专业（课程）建设的需要，通过深入调查、专家论证，引进国外优秀教材。要注意引进教材的系统配套，加强对引进教材的宣传，促进引进教材的使用和推广。

邓小平同志早在1977年就明确指出：“要引进外国教材，吸收外国教材中有益的东西。”随着我国加入WTO，信息产业的国际竞争将日趋激烈，我们必须尽快培养出大批具有国际竞争能力的高水平信息技术人才。教材是一个很关键的问题，国外的一些优秀教材不但内容新，而且还提供了很多新的研究方法和思考方式。引进国外原版教材，可以促进我国教学水平的提高，提高学生的英语水平和学习能力，保证我们培养出的学生具有国际水准。

为了贯彻中央“科教兴国”的方针，配合国内高等教育教材建设的需要，人民邮电出版社约请有关专家反复论证，与国外知名的教材出版公司合作，陆续引进一些信息科学与技术优秀教材。第一批教材针对计算机专业的主干核心课程，是国外著名高等院校所采用的教材，教材的作者都是在相关领域享有盛名的专家教授。这些教材内容新，反映了计算机科学技术的最新发展，对全面提高我国信息科学与技术的教学水平必将起到巨大的推动作用。

出版国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材的工作将是一个长期的、坚持不懈的过程，我社网站（www.ptpress.com.cn）上介绍了我们首批陆续推出的图书的详细情况，后续教材的引进和出版情况我们会及时在网上发布，敬请关注。希望广大教师和

学生将使用中的意见和建议及时反馈给我们，我们将根据您的反馈不断改进我们的工作，推出更多更好的引进版信息科学与技术教材。

人民邮电出版社
2001年12月

关于作者

斯图尔特·罗素 (Stuart Russell)，1962 年生于英国朴次茅斯 (Portsmouth)。他于 1982 年以优异成绩在牛津大学获得物理学硕士学位，并于 1986 年在斯坦福大学获得计算机科学的博士学位。之后他加入加州大学伯克利分校，任计算机科学系教授、智能系统中心主任，他是 Smith-Zadeh 工程学讲座教授 (Smith-Zadeh Chair of Engineering) 头衔的持有者。1990 年他获得国家科学基金的“总统青年研究者” (Presidential Young Investigator) 奖，1995 年他是“计算机与思维” (Computer and Thought) 奖的获得者之一。他是加州大学 1996 年的一名 Miller 教授 (Miller Professor)，并于 2000 年被指定为首席讲座教授 (Chancellor's Professorship)。1998 年他在斯坦福大学做过 Forsythe 纪念演讲 (Forsythe Memorial Lecture)。他是美国人工智能学会的成员和前执行委员会委员。他已经发表过 100 多篇论文，内容涉及人工智能领域的广泛课题。他的其它著作包括《在类比与归纳中使用知识》 (*The Use of Knowledge in Analogy and Induction*)，以及 (与 Eric Wefald 合著的) 《做正确的事情：有限理性的研究》 (*Do the Right Thing: Studies in Limited Rationality*)。

彼得·诺维格 (Peter Norvig)，Google 公司的搜索质量部门主管 (director of Search Quality)。他是美国人工智能学会的成员和执行委员会委员。他曾经是 NASA Ames 研究中心计算科学部的主任，在那里他监督 NASA 在人工智能和机器人学领域的研究与开发。之前他作为 Jungle 的首席科学家帮助开发了最早的因特网信息抽取服务之一，并作为一名资深科学家在 Sun 微系统实验室从事智能信息检索的研究工作。他在布朗 (Brown) 大学获得应用数学硕士学位，并在加州大学伯克利分校获得计算机科学的博士学位。他曾任南加州大学的教授，并且是伯克利的研究职员。他有超过 50 部计算机科学领域的论著，包括著作《人工智能程序设计范例：通用 Lisp 语言的案例研究》 (*Paradigms of AI Programming: Case Studies in Common Lisp*)、《Verbmobil：一个面对对话的翻译系统》 (*Verbmobil: A Translation System for Face-to-face Dialog*)，以及《UNIX 的智能帮助系统》 (*Intelligent Help System for UNIX*)。

译者序

当 2003 年伊始，译者承接下本书的翻译任务时，多少有些“初生牛犊不怕虎”（或者说“无知者无畏”）的劲头。随着翻译工作的展开，尤其是在整理和校对的过程中，译者不得不全面深入了解全书内容，也不由得一面深深为本书博大精深的内容而赞叹不已，一面暗自汗颜，“不自量力”地承担了这样一项意义重大而又艰难无比的任务。译者深为自己的才疏学浅而感到战战兢兢，唯恐对一本经典著作的内容有所损毁、误人子弟。现在译稿已经完成，译者最大的希望就是我们的翻译能在保持原书的基本风貌的基础上，避免出现原则性的错误。

整个翻译过程持续了近一年，其中有半年以上的时间由译者进行校对和统稿，对全书通读了数遍，从中获益匪浅。不仅本书的内容让译者有如获至宝的感觉，同时本书作者严谨求实的治学论著风范也令译者感到非常钦佩。单从书后列出的长长的参考文献清单（其中最新的资料近至本书第二版在美国出版的当年，即 2002 年），就可以看出作者们是以一种何等严肃的态度来对待他们的写作的。

本书在国际上影响甚大，它的第一版已经被 60 个国家的超过 600 所大学采用，这次能够通过我们的努力把它翻译为中文，甚感荣幸。由于本人学识和精力有限，难免有错漏之处，也希望众位专家学者多多指正，以使本书能够真正成为广大研究人员和学生的良师益友。

我要感谢参与本书翻译的全体人员，没有他们认真和辛勤的工作，本书的中文译本是无法顺利完成的。下面是参与翻译工作的全体人员名单：

- | | |
|-----|----------------------|
| 姜 哲 | 第一章；全书的整理、排版和校对 |
| 彭 潇 | 第二章 |
| 林 川 | 第三、四、五章 |
| 王 昱 | 第六、十六、十七章 |
| 覃刚力 | 第七、八、九章 |
| 茹立云 | 第十、十一、十二章 |
| 杨 磊 | 第十三、十四、十五章；附录 A、B；前言 |
| 刘 畅 | 第十八、二十二、二十三章 |

张 敏 第十九、二十章
金奕江 第二十一、二十六、二十七章
曹怀谷 第二十四、二十五章

在这里还要特别感谢在本书翻译过程中给予译者热情支持和无私帮助的几位老师：应明生教授、马少平教授、朱小燕教授（他们都是智能技术与系统国家重点实验室的成员，任教于清华大学计算机系）。

清华大学计算机系
智能技术与系统国家重点实验室
姜 哲
2004 年 3 月 26 日 于北京

前 言

人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 是一个庞大的领域，而这也是一本庞大的书。我们试图全方位探索这个领域，包括逻辑、概率和连续数学；感知、推理、学习和行动；以及从微电子设备到机器人行星探测器等一切巨细。这本书之所以庞大还因为我们在给出结果时达到了一定的深度，虽然我们努力做到在每一章中只包含主要部分的中心思想。在每章末尾的文献注释中我们提供了进一步结果的要点。

本书的副标题是“一种现代方法”。这个相当空洞的短语希望表达的含义是，我们试图将我们现在所知道的内容综合到一个共同的框架中，而不是试图在各自的历史环境下解释人工智能的各个子领域。对于那些自己的研究领域因此没有得到足够重视的读者，我们表示歉意。

本书主要的统一主题是智能化智能体的思想。我们将人工智能定义为对从环境中接收感知信息并执行行动的智能体的研究。每个这样的智能体都实现了一个把感知序列映射到行动的函数。我们讨论了表达这些函数的各种不同方法，诸如产生式系统、反应式智能体、实时条件规划器、神经网络，以及决策理论系统等。我们把学习所扮演的角色解释为把设计者能接触的范围扩展到未知环境中，并且我们说明了这个角色是如何约束智能体设计，形成明确的知识表示和推理的。我们并不把机器人学和视觉当作各自独立定义的问题对待，而是出现在为实现目标而服务的过程中。我们强调在确定合适的智能体设计的过程中任务环境的重要性。

我们的首要目标是要传达过去 50 年间的人工智能研究和过去 2000 年的相关工作中所涌现出来的思想。在表达这些思想的过程中，我们在保持精确的同时尽力避免过分的形式化。在任何适当的地方本书都加入了伪代码算法以使这些思想更具体。我们所使用的伪代码在附录 B 中有简要描述。这些算法的几种程序设计语言的具体实现可以从本书的网站 aima.cs.berkeley.edu 获得。

本书主要是用作本科的课程或者系列课程的教科书，也可以用于研究生水平的课程（可能需要附加在本书各章参考文献注释中所建议的一些主要资料）。由于本书覆盖范围非常全面，同时

还包括了大量的详细算法，对于希望对自己的研究子领域之外有所了解的研究生或者专业人士而言，本书也可以用作基本的参考书。惟一的前提是需要对计算机科学中的一些基本概念（算法、数据结构、复杂性）的熟悉程度达到大学二年级以上。大学一年级的微积分学对细致理解神经网络和统计学习是有用的。在附录 A 中提供了一部分所需数学背景。

本书概览

本书分成八个部分。第一部分，**人工智能**，在围绕智能化智能体的概念——即能够决定要做什么然后执行行动的系统——的基础上提供了对人工智能事业的一个概览。第二部分，**问题求解**，集中讨论了当需要提前思考若干步骤时决定要做什么的方法——例如在穿行一个国家的导航过程中，或者在国际象棋比赛中。第三部分，**知识与推理**，讨论了关于世界的知识——世界如何运转，它当前是什么样子，以及智能体的行为可能产生的影响——的表示方式，以及如何使用这些知识进行逻辑推理。第四部分，**规划**，继续讨论了如何利用这些推理方法来决策要做什么，特别是通过构造**规划**的方法。第五部分，**不确定知识与推理**，可以与第三部分和第四部分进行类比，不过它集中讨论当世界中存在**不确定因素**时的推理与决策，例如医学诊断和治疗系统可能面对的。

总的来说，第二部分到第五部分描述了智能化智能体中负责制定决策的部分。第六部分，**学习**，描述了为这些决策元件生成所需知识的方法。第七部分，**通讯、感知与行动**，描述了智能化智能体能够感知其环境的方式，以便了解正在进展的各种情况，无论通过视觉、触觉、听觉还是语言理解，以及能够将它的规划转换为真实行动（可以是机器人的动作，也可以是自然语言的话语）的方法。最后是第八部分，**结论**，分析了人工智能的过去与未来，以及人工智能的哲学与伦理含义。

相对于第一版的变化

自从本书第一版于 1995 年出版以来，人工智能领域发生了很多变化，本书内容也做了很多改变。本书的每一章都显著地重写了，以反映领域中的最新工作，用一种与新发现更贴近的方式重新解释了过去的工作，并且改进了这些思想的教学流程。和 1995 年相比，当前的技术更加实用，人工智能的追随者们应该为此感到振奋，例如在第一版中给出的规划算法只能生成数十步的规划，而在这一版中的算法则能扩展到上万步。在概率推理、语言处理以及其他子领域中可以看到类似的数量级的提高。下列是本书最显著的变化：

- 在第一部分中，我们承认了控制论、博弈论、经济学、神经科学等的历史贡献。这有助于为后续章节中关于这些想法的更完整讨论定下基调。
- 在第二部分中，我们讨论了联机搜索算法，并增加了新的一章讨论约束可满足问题。后者提供了与逻辑学材料的自然联系。
- 在第三部分，第一版中作为通向一阶逻辑垫脚石的命题逻辑，现在作为一种有用的表示语言凭其自身的价值而提出，连同快速的推理算法以及基于电路的智能体设计。关于一阶逻辑的章节已经被公认能够更加清晰地表示这些材料，并且我们还增加了一个因特网购物的例子。
- 在第四部分中，增加了更新的规划算法，比如 GRAPHPLAN 和基于可满足性的规划，并且我们加强了对调度、条件规划、分层规划和多智能体规划的讨论。

- 在第五部分中，我们用一些新算法扩充了贝叶斯网络方面的材料，比如变量消元方法和马尔可夫链蒙特卡洛方法，并且创建了新的一章讨论不确定时序推理问题，涵盖了隐马尔可夫模型、卡尔曼滤波器以及动态贝叶斯网络。关于马尔可夫决策过程的讨论更加深入，我们还增加了关于博弈论和机制设计的一些节。
- 在第六部分中，我们将统计学习、符号学习和神经学习等方面的工作紧密联系在一起，并增加了关于 **boosting** 算法、期望最大化 (EM) 算法、基于实例的学习以及核方法 (支持向量机) 的一些节。
- 在第七部分中，关于语言处理的部分增加了讨论篇章处理和语法归纳的一些节，还增加了一章讨论概率语言模型及其在信息检索和机器翻译中的应用。关于机器人学的内容强调了不确定传感器数据的集成，而关于视觉的那一章则更新了关于物体识别方面的材料。
- 在第八部分中，我们增加了一节篇幅介绍人工智能的伦理含义。

关于本书的使用

本书共有 27 章，每一章都要求大约相当于一周的课程量，因此，完整学习本书的全部内容需要两学期的系列课程。或者，课程也可以被裁减以适应教师和学生的兴趣。由于覆盖面广泛，本书可以用于支撑无论是短期介绍性的本科课程还是关于高级话题的专业研究生课程。位于网站 aima.cs.berkeley.edu 上显示了来自超过 600 所采用本书第一版的大学和学院的教学大纲样本，以及帮助找到你所需要的一系列合适的读物的建议。



本书包括 385 道习题。我们用“键盘图标”标明了需要重视程序设计的习题，这些习题最好借助 aima.cs.berkeley.edu 的代码库加以解决。部分习题足够庞大，可以当作学期项目来完成。一些习题要求对文献进行某种调研，这些习题用“书籍图标”



标记。

使用本书英文版网站

在网站 aima.cs.berkeley.edu 上你能够找到：

- 本书中的算法用各种程序设计语言完成的实现；
- 超过 600 所已经在使用本书的学校的列表，很多还包括联机课程材料的链接；
- 超过 800 个含有有用人工智能内容的网站链接列表，以及相关注释；
- 关于补充材料和链接的逐章的列表；
- 关于如何加入本书讨论组的说明；
- 关于如何联系作者，提出问题和建议的说明；
- 本书英文版插图，连同为教师准备的幻灯片及其它材料的副本。

致谢

Jitendra Malik 撰写了第二十四章（关于视觉）的大部分。而第二十五章（关于机器人学）的大部分内容，第二版由 Sebastian Thrun 完成，第一版由 John Canny 完成。Doug Edwards 考察了第一版中的历史注释。Tim Huang, Mark Paskin 以及 Cynthia Bruyns 帮助整理了图表和算法格式。Prentice Hall 的 Alan Apt, Sondra Chavez, Toni Holm, Jake Warde, Irwin Zucker

以及 Camille Trentacoste 等人倾尽全力帮助我们保持进度，并且对本书的设计和 content 提出了很多非常有益的建议。

斯图尔特（Stuart——本书作者之一，斯图尔特·罗素——译者注）感谢他的父母不断的支持和鼓励，感谢他的妻子 Loy Sheflott 的无尽耐心和无穷智慧。他希望 Gordon 和 Lucy 能够很快读到本书。RUGS（Russell's Unusual Group of Students，罗素的非常学生小组）提供了非同寻常的帮助。

彼得（Peter——本书作者之一，彼得·诺维格——译者注）感谢他的父母（Torsten 和 Gerda）帮助他迈出的第一步，感谢他的妻子（Kris）、孩子，以及所有在他长时间的写作与更长时间的改写过程中鼓励和宽容他的朋友们。

感谢伯克利、斯坦福、MIT 以及 NASA 等图书馆的工作人员，以及 CiteSeer 和 Google 的开发人员，是他们为我们带来了搜索方式的彻底变革。

我们无法感谢到所有使用过本书并为本书提出过建议的读者，不过我们在此还是要感谢来自下面这些读者的特别有益的意见：Eyal Amir, Krzysztof Apt, Ellery Aziel, Jeff Van Baalen, Brian Baker, Don Barker, Tony Barrett, James Newton Bass, Don Beal, Howard Beck, Wolfgang Bibel, John Binder, Larry Bookman, David R. Boxall, Gerhard Brewka, Selmer Bringsjord, Carla Brodley, Chris Brown, Wilhelm Burger, Lauren Burka, Joao Cachopo, Murray Campbell, Norman Carver, Emmanuel Castro, Anil Chakravarthy, Dan Chisarick, Roberto Cipolla, David Cohen, James Coleman, Julie Ann Comparini, Gary Cottrell, Ernest Davis, Rina Dechter, Tom Dietterich, Chuck Dyer, Barbara Engelhardt, Doug Edwards, Kutluhan Erol, Oren Etzioni, Hana Filip, Douglas Fisher, Jeffrey forbes, Ken Ford, John Fosler, Alex Franz, Bob Futrelle, marek Galecki, Stefan Gerberding, Stuart Gill, Sabine Glessner, Seth Golub, Gosta Grahne, Russ Greiner, eric Grimson, Barbara Grosz, Larry Hall, Steve Hanks, Othar Hansson, Ernst Heinz, Jim Hendler, Christoph Herrmann, Vasant Honavar, Tim Huang, Seth Hutchinson, Joost Jacob, Magnus Johansson, Dan Jurafsky, Leslie Kaelbling, Keiji Kanazawa, Surekha Kasibhatla, Simon Kasif, Henry Kautz, Gernot Kerschbaumer, Richard Kirby, Kevin Knight, Sven Koenig, Daphne Koller, rich Korf, James Kurien, John Lafferty, Gus Larsson, John Lazzaro, Jon LeBlanc, Jason Leatherman, Frank Lee, Edward Lim, Pierre Louveaux, Don Loveland, Sridhar Mahadevan, Jim Martin, Andy Mayer, David McGrane, Jay mendelsohn, Brian Milch, Steve Minton, Vibhu Mittal, Leora Morgenstern, Stephen Muggleton, Kevin Murphy, Ron Musick, sung Myaeng, Lee Naish, Pandu Nayak, Bernhard Nebel, Stuart Nelson, XuanLong Nguyen, Illah Nourbakhsh, steve Omohundro, David Page, David Palmer, David Parkes, Ron Parr, Mark Paskin, Tony Passera, Michael Pazzani, Wim Pijls, Ira Pohl, Martha Pollack, Philip Resnik, Francesca rossi, Jonathan Schaeffer, Richard Scherl, Lars Schuster, soheil Shams, Stuart Shapiro, Jude Shavlik, Satinder Singh, Daniel Sleator, David Smith, Bryan So, Robert Sproull, Lynn Stein, Larry Stephens, Andreas Stolcke, Paul Stradling, Devika Subramannian, Rich Stutton, Jonathan Tash, Austin Tate, Michael Thieschler, William Thompson, Sebastian Thrun, Eirc Tiedemann, Mark Torrance, Randall Upham, Paul Utgoff, Peter van Beek, hal Varian, Sunil Vemuri, Jim Waldo, Boenie Webber, Dan Weld, Michael Wellman, Michael Dean White, Kamin whitehouse, Brian Williams, David Wolfe, bill woods, alden Wright, Richard Yen, Weixiong zhang, Shlomo

Zilberstein, 以及 Prentice Hall 提供的一些不知道名字的审稿人们。

关于封面（英文原版）

封面图案由本书作者设计, 并由 Lisa Marie Sardegna 和 Maryann Simmons 使用 SGI Inventor 和 Adobe Photoshop 制作实现。封面图案描绘了人工智能历史中的下列内容:

1. 《动物的运动》(*De Motu Animalium*) 中亚里士多德 (Aristotle) 提出的规划算法 (约公元前 400 年)。
2. 《大艺术》(*Ars Magna*) 中 Ramon Lull 的概念生成器 (约公元 1300 年)。
3. 查尔斯·巴贝奇 (Charles Babbage) 的差分机, 第一台通用计算机的原型 (1848)。
4. 高特洛布·弗雷格 (Gottlob Frege) 的一阶逻辑符号 (1789)。
5. 刘易斯·卡罗尔 (Lewis Carroll) 的逻辑推理图 (1886)。
6. 休沃·赖特 (Sewall Wright) 的概率网络符号 (1921)。
7. 阿兰·图灵 (Alan Turing, 1912—1954)。
8. 机器人 Shakey (1969—1973)。
9. 一个现代诊断专家系统 (1993)。

关于参考文献

想要查阅本书参考文献的读者, 请从人民邮电出版社的网站 (www.ptpress.com.cn) 下载参考文献的 PDF 格式的文档。

目 录

第一部分 人工智能

第 1 章 绪论	3
1.1 什么是人工智能	3
1.1.1 类人行为: 图灵测试方法	4
1.1.2 类人思考: 认知模型方法	4
1.1.3 理性地思考: “思维法则”方法	5
1.1.4 理性地行动: 理性智能体方法	5
1.2 人工智能的基础	6
1.2.1 哲学 (公元前 428 年—现在)	6
1.2.2 数学 (约 800 年—现在)	8
1.2.3 经济学 (1776 年—现在)	9
1.2.4 神经科学 (1861 年—现在)	10
1.2.5 心理学 (1879 年—现在)	11
1.2.6 计算机工程 (1940 年—现在)	12
1.2.7 控制论 (1948 年—现在)	13
1.2.8 语言学 (1957 年—现在)	14
1.3 人工智能的历史	14
1.3.1 人工智能的孕育期 (1943 年—1955 年)	14
1.3.2 人工智能的诞生 (1956 年)	15
1.3.3 早期的热情, 巨大的期望 (1952 年—1969 年)	15
1.3.4 现实的困难 (1966 年—1973 年)	17
1.3.5 基于知识的系统: 力量的钥匙? (1969 年—1979 年)	19
1.3.6 AI 成为工业 (1980 年—现在)	20
1.3.7 神经网络的回归 (1986 年—现在)	20
1.3.8 AI 成为科学 (1987 年—现在)	21
1.3.9 智能化智能体的出现 (1995 年—现在)	22
1.4 目前发展水平	22
1.5 小结	23
参考文献与历史的注释	24
习题	24

第2章 智能化智能体	26
2.1 智能体和环境	26
2.2 好的行为表现：理性的概念	28
2.2.1 性能度量	28
2.2.2 理性	28
2.2.3 全知者，学习和自主性	29
2.3 环境的本质	30
2.3.1 详细说明任务环境	30
2.3.2 任务环境的属性	32
2.4 智能体的结构	35
2.4.1 智能体程序	35
2.4.2 简单反射型智能体	36
2.4.3 基于模型的反射型智能体	38
2.4.4 基于目标的智能体	39
2.4.5 基于效用的智能体	40
2.4.6 学习智能体	40
2.5 小结	42
参考文献与历史的注释	42
习题	44

第二部分 问题求解

第3章 用搜索法对问题求解	49
3.1 问题求解智能体	49
3.1.1 定义明确的问题及解	51
3.1.2 把问题形式化	52
3.2 问题实例	53
3.2.1 玩具问题	53
3.2.2 现实世界问题	55
3.3 对解的搜索	56
3.3.1 度量问题求解的性能	59
3.4 无信息的搜索策略	59
3.4.1 广度优先搜索	59
3.4.2 代价一致搜索	61
3.4.3 深度优先搜索	61
3.4.4 深度有限搜索	62
3.4.5 迭代深入深度优先搜索	63
3.4.6 双向搜索	64

3.4.7 无信息搜索策略的比较	65
3.5 避免重复状态	66
3.6 使用不完全信息的搜索	67
3.6.1 无传感问题	68
3.6.2 偶发性问题	69
3.7 小结	70
参考文献与历史的注释	71
习题	72
第 4 章 有信息的搜索和探索	76
4.1 有信息的(启发式的)搜索策略	76
4.1.1 贪婪最佳优先搜索	77
4.1.2 A*搜索: 最小化总的估计解耗散	78
4.1.3 存储限制的启发式搜索	81
4.1.4 为了更好地搜索而学习	83
4.2 启发函数	84
4.2.1 启发函数的精确度对性能的影响	85
4.2.2 设计可采纳的启发函数	85
4.2.3 从经验里学习启发函数	87
4.3 局部搜索算法和最优化问题	88
4.3.1 爬山法搜索	88
4.3.2 模拟退火搜索	91
4.3.3 局部剪枝搜索	92
4.3.4 遗传算法	92
4.4 连续空间的局部搜索	95
4.5 联机搜索智能体和未知环境	96
4.5.1 联机搜索问题	97
4.5.2 联机搜索智能体	98
4.5.3 联机局部搜索	99
4.5.4 联机搜索的学习	101
4.6 小结	101
参考文献与历史的注释	102
习题	105
第 5 章 约束满足问题	108
5.1 约束满足问题	108
5.2 CSP 问题的回溯搜索	111
5.2.1 变量和取值顺序	112
5.2.2 通过约束传播信息	113