



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

面向工程教育的本科计算机类专业系列教材

Fundamentals of
Artificial Intelligence

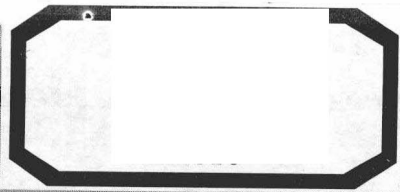
人工智能 基础 (第3版)

蔡自兴 蒙祖强 编著

高等教育出版社

十五 普通高等教育“十一五”国

教育的本科计算机类专业系列教材



Fundamentals of
Artificial Intelligence

人工智能 基础 (第3版)

蔡自兴 蒙祖强 编著



高等教育出版社·北京

内容提要

本书是国家级精品课程和国家级精品资源共享课“人工智能”的配套教材,也是教育部立项建设的优秀网络课程“人工智能网络课程”的配套教材。第3版共10章,主要内容包括绪论、知识表示、搜索技术、推理技术、机器学习、专家系统、自动规划系统、自然语言理解、智能控制、人工智能程序设计等。与第2版相比,大多数章节都作了全面校对,许多章节进行了相应的规范、修改或补充。

本书可作为高等本科院校计算机专业和其他信息类专业的“人工智能”课程教材或教学参考书,也可供从事人工智能研究与应用的科技工作者学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能基础/蔡自兴,蒙祖强编著. --3版. --
北京:高等教育出版社,2016.10
ISBN 978-7-04-046378-1

I. ①人… II. ①蔡… ②蒙… 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(2016)第 197575 号

| | | | |
|----------|----------|---------|---------|
| 策划编辑 张海波 | 责任编辑 张海波 | 封面设计 赵阳 | 版式设计 马云 |
| 插图绘制 杜晓丹 | 责任校对 刘娟娟 | 责任印制 韩刚 | |

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 河北新华第一印刷有限责任公司
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 24
字数 540千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2005年5月第1版
2016年10月第3版
印 次 2016年10月第1次印刷
定 价 39.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 46378-00

数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站,请登录网站后开始课程学习。

一、注册/登录

访问 <http://abook.hep.com.cn/187709>,单击“注册”,在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”页面。

二、课程绑定

单击“我的课程”页面右上方“绑定课程”,正确输入教材封底防伪标签上的 20 位密码,单击“确定”完成课程绑定。

三、访问课程

在“正在学习”列表中选择已绑定的课程,单击“进入课程”即可浏览或下载与本书配套的课程资源。刚绑定的课程请在“申请学习”列表中选择相应课程并单击“进入课程”。

如有账号问题,请发邮件至:abook@hep.com.cn。

The screenshot shows the user interface for the digital course resource website. At the top, there is a header with the book title "人工智能基础 (第3版)" and the authors "蔡自兴 裴相强". Below the header, there are input fields for "用户名" (Username), "密码" (Password), and "验证码" (Verification Code), along with a "6-4-8-8" label and an "进入课程" (Enter Course) button. A "注册" (Register) button is also present. Below the input fields, there are tabs for "内容介绍" (Content Introduction), "纸质教材" (Paper Textbook), "版权信息" (Copyright Information), and "联系方式" (Contact Information). The "联系方式" tab is selected, showing contact details for Zhang Haibo (Content Editor), Zhao Li (Technical Consultant), and their respective phone numbers and email addresses. To the right, there is a QR code labeled "扫描下载移动版" (Scan to download mobile version) and a navigation bar with buttons for "注册" (Register), "登录" (Login), and "绑定课程" (Bind Course). Below the navigation bar, there is a step-by-step instruction: "第一步:点击“注册”按钮,进行用户注册。已注册用户可直接登录。" (Step 1: Click the "Register" button to register the user. Registered users can log in directly.)

四、资源使用

与本书配套的教学资源主要包括四类:课件(PPT)、动画、演示程序、有关视频演示等。其使用说明如下。

1. 课件(PPT)

提供了与本书配套的 PPT 课件,可供教师课堂教学参考和使用。

2. GIF 动画

有关概念、原理的比较抽象,我们制作了大量的 GIF 动画,以帮助读者将这些概念、原理形象化,提高学习兴趣。图 1 是 GIF 动画显示的一个效果。

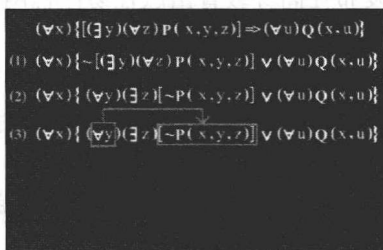


图 1 GIF 动画效果

3. 演示程序

在 IE 浏览器中打开网页文件 index.html 后,可以看到如图 2 所示的页面效果。

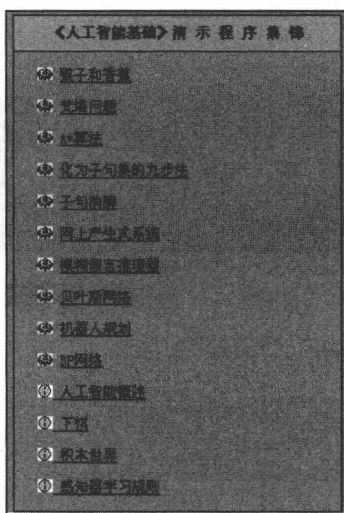


图 2 演示程序页面

单击各个相应选项,如“猴子和香蕉”,可以打开对应的演示程序,如图 3 所示。这些程序能将抽象的人工智能概念、原理等演示出来,使抽象概念形象化,帮助读者理解这些概念和原理。

但由于这些程序是用 Java 编写的 Servlet 应用程序。现今很多高版本的浏览器基于安全性考虑,不直接支持这种应用程序,要运行这种应用程序一般要降低浏览器的安全级别(中或低),或者将发布此应用程序的站点设置为信任站点即可。具体操作方法是,在访问这些程序时,请根据浏览器的提示进行设置即可。这些程序都是安全的,没有任何摄取用户信息或破坏用户计算机的企图,可以放心使用。

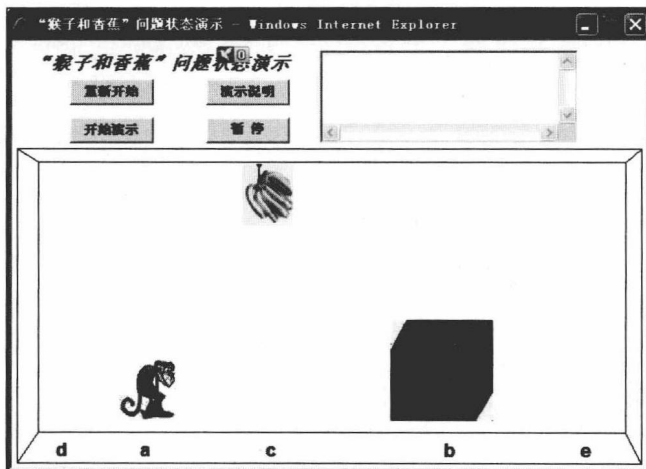


图3 猴子和香蕉程序界面

4. 视频演示

有些科普知识、一些知识难点等,我们适时地使用了一些视频效果来表现。这些视频包括人工智能概述、下棋、积木世界及感知器学习规则等。

第3版前言

人类的进化归根结底是智能的进化,而智能反过来又为人类的进一步进化服务。我们学习与研究人工智能、智能系统、智能机器人和智能控制等,其目的就在于创造和应用智能技术及智能系统为人类进步服务。

人工智能研究作为一门前沿和交叉学科,伴随着世界社会进步和科技发展的步伐,与时俱进,在过去60年中已取得长足进展。在国内,人工智能已得到迅速传播与发展,人工智能研究与应用高潮迭起,并促进其他学科的发展。

本书第3版共10章。第1章叙述人工智能的定义、起源与发展,归纳了人工智能的研究目标、研究内容和研究方法,简介人工智能不同学派的认知观和人工智能对人类的影响,列举出人工智能的研究与应用领域。第2章主要研究人工智能的知识表示方法,如状态空间法、问题归约法、谓词逻辑法、语义网络法、产生式表示法、面向对象表示以及框架、剧本和过程等。第3章论述人工智能的搜索推理技术,涉及盲目搜索、启发式搜索、博弈树搜索、遗传算法、模拟退火算法和免疫算法等。第4章探讨人工智能的推理技术,包含消解原理、规则演绎系统、产生式系统、定性推理、不确定性推理和非单调推理等。第5章至第9章比较详细地逐一讨论了人工智能的主要应用领域,包括机器学习、专家系统、自动规划、自然语言理解和智能控制等。第10章介绍人工智能常用程序设计方法。与第2版相比,大多数章节都作了相应的修改、规范、精简或补充。书中的不少内容都是第一次出现的。

本书可作为高等本科院校计算机专业和其他信息类专业的人工智能课程教材或教学参考书,也可供从事人工智能研究与应用的科技工作者学习参考。

衷心感谢教育部新世纪网络课程建设工程和高等学校本科教育质量与教学改革工程国家级精品课程和国家级精品资源共享课等项目的大力支持。特别感谢中南大学、广西大学和高等教育出版社有关领导、专家和编辑出版人员。如果没有他们的智慧才干、辛勤劳动和大力合作,本书第2版就不可能迅速与读者见面。

本书第1版由蔡自兴教授任主编,蒙祖强教授任副主编,陈白帆为主编助理。此外,蔡竞峰、龚涛、李枚毅、孙国荣、魏世勇、邹小兵等参加了编写。本书第2版由蔡自兴负责第1章和第6章至第10章改编,蒙祖强负责第2章至第5章的改编,全书由蔡自兴统稿。本书第3版由蔡自兴修订与统稿,刘丽珏、陈白帆提供了资源共享课程的电子资源,蒙祖强整理数字课程资源并提供了这些资源的使用说明。由于修订时间仓促,加上我们对有些领域的最新发展尚不够熟悉;因

II 第3版前言

此,书中不足之处在所难免。希望各位专家和广大读者批评指教,我们将深表感谢。

编者的联系方式为 zxcai@csu.edu.cn 和 mengzuqiang@163.com。

本课程的网址有 <http://netclass.csu.edu.cn/jpkc2003/rengongzhineng/Index.htm> (精品课程) 和 http://www.icourses.cn/coursestatic/course_6696.html (精品资源共享课),可与本书配套使用。

蔡自兴

2016年2月

于长沙鹅羊山德怡园

第 2 版前言

人类的进化归根结底是智能的进化,而智能反过来又为人类的进一步进化服务。我们学习与研究人工智能、智能系统、智能机器人和智能控制等,其目的就在于创造和应用智能技术和智能系统为人类进步服务。

人工智能研究作为一门前沿和交叉学科,伴随着人类社会进步和科技发展的步伐,与时俱进,在过去半个多世纪中已取得长足进展。在国内,人工智能已得到迅速传播与发展,并促进其他学科的发展。

本书第 2 版共 10 章。第 1 章叙述人工智能的定义、起源与发展,归纳了人工智能的研究目标、研究内容和研究方法,简要介绍人工智能不同学派的认知观和人工智能对人类的影响,列举出人工智能的研究与应用领域。第 2 章主要研究人工智能的知识表示方法,如状态空间法、问题归结法、谓词逻辑法、语义网络法、产生式表示法、面向对象表示以及框架、剧本和过程等。第 3 章论述人工智能的搜索推理技术,涉及盲目搜索、启发式搜索、博弈树搜索、遗传算法、模拟退火算法和免疫算法等。第 4 章探讨人工智能的推理技术,包含消解原理、规则演绎系统、产生式系统、定性推理、不确定性推理和非单调推理等。第 5~9 章比较详细地逐一讨论了人工智能的主要应用领域,包括:机器学习、专家系统、自动规划、自然语言理解和智能控制等。第 10 章介绍人工智能常用程序设计方法。书末附有网络课程使用说明,简要介绍与本书配套的人工智能网络课程的使用方法。与第 1 版相比,大多数章节都作了相应的修改、精简或补充。书中的许多内容都是第一次出现的,例如,人工智能的研究目标和内容、人工智能研究的基本方法、AO* 算法、免疫算法、定性推理、基于决策树的归纳学习、基于框架专家系统的继承方法、新型专家系统、知识发现、基于专家系统的机器人路径规划、轨迹规划、词法分析、语义分析、语料库语言学、免疫控制和基于 Web 的控制等。

本书可作为高等本科院校计算机专业和其他信息类专业的“人工智能”课程教材或教学参考书,也可供从事人工智能研究与应用的科技工作者学习参考。

衷心感谢教育部新世纪网络课程建设工程和高等学校本科教学质量与教学改革工程有关项目的大力支持。特别感谢中南大学、广西大学和高等教育出版社有关领导、专家和编辑出版人员。如果没有他们的智慧才干、辛勤劳动和大力合作,本书第 2 版就不可能迅速与读者见面。

本书第 1 版由蔡自兴教授任主编,蒙祖强教授任副主编,陈白帆为主编助理。此外,蔡竞峰、龚涛、李枚毅、孙国荣、魏世勇、邹小兵等参加了编写。本书第 2 版由蔡自兴负责第 1 章和第 6~

II 第2版前言

10章的改编,蒙祖强负责第2~5章的改编,全书由蔡自兴统稿。由于修订时间仓促,加上我们对有些领域的最新发展尚不够熟悉,因此,书中不足之处在所难免。希望各位专家和广大读者批评指教,我们将深表感谢。编者的联系方式为 zxcai@mail.csu.edu.cn。

本课程的网络课程(<http://cai.csu.edu.cn/jpkc/rengongzhineng/index.htm/>)早已上网服务,可与本书配套使用。使用本书的教师可向高等教育出版社申请本书的电子课件(<http://computer.cncourse.com/>)。

蔡自兴
2010年2月

第 1 版前言

在过去十多年中,随着社会进步和科技发展,人工智能作为一门前沿和交叉学科,在自身取得很大进展的同时,也促进了其他学科的发展。进入 21 世纪以来,人类社会对人工智能表现出更好的认同,寄予更大的希望。人工智能正处在一个最好的时期,它的发展及其成果已经而且必将在更大的广度和深度上造福于人类。

为了落实教育部《面向 21 世纪教育振兴行动计划》,加快现代远程教育工程资源建设步伐,提高我国高等学校的教学现代化水平,教育部于 2000 年 5 月启动了国家级“新世纪网络课程建设工程”,以便采用更先进的教学手段,为提高教学质量和培养高素质人才服务。“人工智能网络课程”就是该工程首批支持的项目之一。在教育部及其现代远程教育资源建设委员会和中南大学的大力支持下,经过我们的深入研究和认真开发,本网络课程开发取得成功,于 2004 年先后通过教育部组织的专家验收和质量认证,并被评为优秀网络课程。本书就是“人工智能网络课程”的配套教材。

本书共 10 章。第 1 章叙述人工智能的概况,列举出人工智能的研究与应用领域。第 2 章~第 4 章研究传统人工智能的知识表示方法、搜索技术和知识推理,并介绍了两种计算智能技术,即遗传算法和模拟退火算法。第 5 章~第 9 章比较详细地讨论了人工智能的主要应用,包括机器学习、自动规划、专家系统、自然语言理解和智能控制等。第 10 章简要介绍人工智能的程序设计工具,涉及 LISP 和 PROLOG 语言、专用开发工具和人工智能机等。书后附有人工智能网络课程使用指南,简要介绍该网络课程的使用方法,包括客户端的安装说明、网络课程使用说明、教师注册及使用说明等。

本书是在蔡自兴、徐光祐主编的《人工智能及其应用》(第二版)(清华大学出版社 1996 年出版)的基础上编写的。该书承蒙广大读者厚爱,已发行 12 多万册,被数百所院校用作教材或教学参考书。1992 年 3 月,台湾儒林图书出版公司出版了本书的繁体字版,向海外发行。该书曾荣获 1999 年度教育部科技进步一等奖和 2002 年国际优秀作品奖,并与其他著作和成果一起获得 2000 年度中国高校自然科学奖二等奖和省级优秀教学成果奖一等奖。蔡自兴主讲的“人工智能”课程于 2004 年 2 月被教育部评为国家精品课程。在此,特别感谢教育部和现代远程教育资源建设委员会和中南大学对本课程的支持,衷心感谢验收和质量认证专家组的指导与帮助。中南大学和高等教育出版社的有关领导和编辑对本书的出版给予高度重视,付出了辛勤劳动,如果没有他们的大力支持与合作,本书就不可能迅速与读者见面,在此,谨向他们致以诚挚的敬意。

II 第1版前言

在本书的编写过程中还引用了国内外人工智能领域的研究成果,使本书能够较全面地反映人工智能学科的最新进展。在此,特对这些专家学者深表谢意,他们是:高济、何华灿、何新贵、何志均、陆汝钤、施鹏飞、史忠植、宋健、涂序彦、吴文俊、徐光祐、张钹、钟义信以及 J. Durkin、E. A. Feigenbaum、C. S. G. Lee、Z. Michalewics、N. J. Nilsson、P. Norvig、E. Rich、S. J. Russell、G. N. Saridis、A. B. Тимофеев 和 P. H. Winston 等。

本书由蔡自兴任主编,蒙祖强任副主编,陈白帆为主编助理。蔡竞峰、龚涛、李枚毅、孙国荣、魏世勇、肖晓明、文敦伟、邹小兵等参加了本书编写工作和“人工智能网络课程”的开发。此外,曹峰、曹科、陈海燕、杜文峰、凌群、刘娟、庞慧、秦鹏、石跃祥、田淑杭、王雷、王腾、文敦伟、许永华、杨志国、赵慧、朱光辉等也参加了网络课程的开发工作。他们中的许多人已经学成毕业,走向新的工作岗位。在本书出版之际,谨向他们表示由衷感谢,望他们再接再厉,与时俱进;祝他们事业成功,诸事如意。

由于编著者学识有限,编写时间又比较仓促,加之人工智能发展较快,书中难免存在不妥和错误之处,欢迎各位专家和本书读者不吝指教和帮助。

蔡自兴

2005年5月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

防伪查询说明

用户购书后刮开封底防伪涂层，利用手机微信等软件扫描二维码，会跳转至防伪查询网页，获得所购图书详细信息。也可将防伪二维码下的20位密码按从左到右、从上到下的顺序发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪。

反盗版短信举报

编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至10669588128

防伪客服电话

(010)58582300

目 录

| | | | |
|-------------------------|----|-------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 | 1.8.3 更成熟的应用方法 | 26 |
| 1.1 人工智能的定义和发展 | 2 | 习题 1 | 27 |
| 1.1.1 人工智能的定义 | 2 | 第 2 章 知识表示 | 29 |
| 1.1.2 人工智能的起源与发展 | 3 | 2.1 知识及其表示概述 | 29 |
| 1.2 人工智能的各种认知观 | 7 | 2.2 状态空间法 | 31 |
| 1.2.1 人工智能的主要学派 | 7 | 2.2.1 问题状态描述 | 32 |
| 1.2.2 对人工智能的争论 | 8 | 2.2.2 状态图示法 | 33 |
| 1.3 人类智能与人工智能 | 10 | 2.2.3 状态空间表示举例 | 34 |
| 1.3.1 研究认知过程的任务 | 10 | 2.3 问题归约法 | 36 |
| 1.3.2 智能信息处理系统的假设 | 10 | 2.3.1 问题归约描述 | 36 |
| 1.3.3 人类智能的计算机模拟 | 12 | 2.3.2 与或图表示 | 38 |
| 1.4 人工智能的研究目标和内容 | 12 | 2.3.3 问题归约机理 | 40 |
| 1.4.1 人工智能的研究目标 | 12 | 2.4 谓词逻辑法 | 43 |
| 1.4.2 人工智能研究的基本内容 | 13 | 2.4.1 谓词公式 | 43 |
| 1.5 人工智能的研究与计算方法 | 15 | 2.4.2 谓词演算 | 44 |
| 1.5.1 人工智能的研究方法 | 15 | 2.4.3 置换与合一 | 46 |
| 1.5.2 人工智能的计算方法 | 17 | 2.5 产生式表示法 | 48 |
| 1.6 人工智能的研究和应用领域 | 18 | 2.6 语义网络法 | 49 |
| 1.7 人工智能对人类的影响 | 22 | 2.6.1 二元语义网络的表示 | 49 |
| 1.7.1 人工智能对经济的影响 | 22 | 2.6.2 多元语义网络的表示 | 51 |
| 1.7.2 人工智能对社会的影响 | 23 | 2.6.3 基于语义网络的知识推理 | 52 |
| 1.7.3 人工智能对文化的影响 | 24 | 2.7 框架表示 | 57 |
| 1.8 对人工智能的展望 | 25 | 2.7.1 框架理论及特点 | 57 |
| 1.8.1 更新的理论框架 | 25 | 2.7.2 框架的构成 | 58 |
| 1.8.2 更好的技术集成 | 26 | 2.7.3 框架的推理 | 61 |

II 目录

| | | | |
|-------------------------------------|-----|------------------------|-----|
| 2.8 面向对象表示 | 63 | 3.6 免疫算法 | 102 |
| 2.8.1 面向对象的概念 | 63 | 3.6.1 免疫计算概述 | 102 |
| 2.8.2 面向对象表示中的类继承 | 64 | 3.6.2 免疫算法的基本原理 | 103 |
| 2.8.3 面向对象表示的推理实例 | 65 | 3.6.3 几种免疫算法 | 106 |
| 2.9 剧本表示 | 69 | 习题 3 | 107 |
| 2.9.1 剧本的构成 | 69 | 第 4 章 推理技术 | 109 |
| 2.9.2 剧本的推理 | 70 | 4.1 消解原理 | 109 |
| 2.10 过程表示 | 71 | 4.1.1 子句集的求取 | 109 |
| 习题 2 | 73 | 4.1.2 消解推理规则 | 112 |
| 第 3 章 搜索技术 | 75 | 4.1.3 含有变量的消解式 | 113 |
| 3.1 盲目搜索 | 75 | 4.1.4 消解反演求解过程 | 114 |
| 3.1.1 图搜索策略 | 75 | 4.2 规则演绎系统 | 118 |
| 3.1.2 宽度优先搜索 | 78 | 4.2.1 正向规则演绎系统 | 118 |
| 3.1.3 深度优先搜索 | 80 | 4.2.2 逆向规则演绎系统 | 123 |
| 3.1.4 等代价搜索 | 82 | 4.2.3 双向规则演绎系统 | 126 |
| 3.2 启发式搜索 | 84 | 4.3 产生式系统 | 128 |
| 3.2.1 启发式搜索策略 | 84 | 4.3.1 产生式系统的结构 | 128 |
| 3.2.2 有序搜索 | 84 | 4.3.2 产生式系统的表示 | 130 |
| 3.2.3 A* 算法 | 87 | 4.3.3 产生式系统的推理 | 135 |
| 3.3 博弈树搜索 | 90 | 4.4 定性推理 | 137 |
| 3.3.1 博弈概述 | 90 | 4.4.1 定性推理概述 | 137 |
| 3.3.2 极小极大分析法 | 90 | 4.4.2 定性模型推理 | 138 |
| 3.3.3 α - β 剪枝技术 | 91 | 4.5 不确定性推理 | 141 |
| 3.4 遗传算法 | 93 | 4.5.1 确定性与不确定性推理 | 141 |
| 3.4.1 遗传算法的基本原理 | 94 | 4.5.2 概率推理 | 141 |
| 3.4.2 遗传算法的结构 | 96 | 4.5.3 Bayes 推理 | 145 |
| 3.4.3 遗传算法的性能 | 97 | 4.5.4 模糊逻辑推理 | 146 |
| 3.5 模拟退火算法 | 99 | 4.6 非单调推理 | 148 |
| 3.5.1 模拟退火算法的模型 | 99 | 4.6.1 默认推理 | 148 |
| 3.5.2 模拟退火算法的简单应用 | 100 | 4.6.2 非单调推理系统 | 150 |
| 3.5.3 模拟退火算法的参数控制 问题 | 102 | 习题 4 | 153 |

| | | | |
|--------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 第 5 章 机器学习 | 155 | 6.2.2 基于规则的专家系统的 特点 | 204 |
| 5.1 机器学习概述 | 155 | 6.2.3 基于规则的专家系统举例 | 205 |
| 5.1.1 机器学习的定义和研究 意义 | 155 | 6.3 基于框架的专家系统 | 206 |
| 5.1.2 机器学习的发展史 | 156 | 6.3.1 基于框架的专家系统的 概念 | 206 |
| 5.2 机器学习的主要策略与基本 结构 | 157 | 6.3.2 基于框架的专家系统的继承、 槽和方法 | 207 |
| 5.3 常见的几种学习方法 | 158 | 6.3.3 基于框架的专家系统举例 | 210 |
| 5.3.1 机械学习 | 158 | 6.4 基于模型的专家系统 | 211 |
| 5.3.2 基于解释的学习 | 161 | 6.4.1 基于模型的专家系统的 概念 | 211 |
| 5.3.3 基于事例的学习 | 163 | 6.4.2 基于模型的专家系统 举例 | 212 |
| 5.3.4 基于概念的学习 | 166 | 6.5 专家系统的设计、评价与 开发 | 213 |
| 5.3.5 基于类比的学习 | 168 | 6.5.1 专家系统的设计 | 213 |
| 5.3.6 基于决策树的学习 | 169 | 6.5.2 专家系统的评价 | 214 |
| 5.3.7 强化学习 | 174 | 6.5.3 专家系统开发工具 | 217 |
| 5.4 基于神经网络的学习 | 177 | 6.6 专家系统设计举例 | 221 |
| 5.4.1 神经网络的组成与特性 | 177 | 6.6.1 专家知识的描述 | 221 |
| 5.4.2 基于 BP 网络的学习 | 179 | 6.6.2 知识的使用 | 226 |
| 5.4.3 基于 Hopfield 网络的学习 | 183 | 6.6.3 决策的解释 | 228 |
| 5.4.4 深度学习 | 186 | 6.6.4 MYCIN 系统概述 | 229 |
| 5.4.5 基于神经网络的推理 | 191 | 6.7 新型专家系统 | 231 |
| 习题 5 | 195 | 6.8 知识发现 | 232 |
| 第 6 章 专家系统 | 197 | 6.8.1 知识发现的发展和定义 | 233 |
| 6.1 专家系统概述 | 197 | 6.8.2 知识发现的处理过程 | 234 |
| 6.1.1 专家系统的定义和一般 特点 | 197 | 6.8.3 知识发现的方法 | 235 |
| 6.1.2 专家系统的结构与类型 | 198 | 习题 6 | 237 |
| 6.1.3 专家系统的建造步骤 | 202 | 第 7 章 自动规划系统 | 239 |
| 6.2 基于规则的专家系统 | 203 | 7.1 自动规划概述 | 239 |
| 6.2.1 基于规则的专家系统的基本 结构 | 204 | | |

IV 目录

| | | | |
|----------------------------------|-----|------------------------------|-----|
| 7.1.1 规划的概念和作用 | 239 | 8.5.2 复合句的理解方法 | 285 |
| 7.1.2 规划的分类和问题分解 途径 | 242 | 8.6 语料库语言学 | 287 |
| 7.2 基于谓词逻辑的规划 | 244 | 8.7 机器翻译 | 289 |
| 7.2.1 规划世界模型的谓词逻辑 表示 | 244 | 8.8 语音识别 | 292 |
| 7.2.2 基于谓词逻辑规划的基本 过程 | 246 | 8.8.1 语音识别的发展历史 | 292 |
| 7.3 STRIPS 规划系统 | 247 | 8.8.2 语音识别的基本原理 | 292 |
| 7.3.1 积木世界的机器人规划 | 247 | 8.8.3 语音识别中的难点 | 293 |
| 7.3.2 STRIPS 规划系统 | 251 | 8.8.4 语音识别的关键技术 | 294 |
| 7.4 分层规划 | 255 | 8.9 应用举例 | 295 |
| 7.4.1 长度优先搜索 | 255 | 8.9.1 自然语言自动理解系统 | 295 |
| 7.4.2 NOAH 规划系统 | 255 | 8.9.2 自然语言问答系统 | 297 |
| 7.5 基于专家系统的机器人路径 规划 | 258 | 习题 8 | 299 |
| 7.6 轨迹规划简介 | 264 | 第 9 章 智能控制 | 301 |
| 习题 7 | 265 | 9.1 智能控制概述 | 301 |
| 第 8 章 自然语言理解 | 267 | 9.1.1 智能控制的产生和发展 | 301 |
| 8.1 语言及其理解的一般问题 | 267 | 9.1.2 智能控制的定义 | 304 |
| 8.1.1 语言和语言理解 | 267 | 9.2 智能控制的研究领域 | 304 |
| 8.1.2 自然语言理解研究的进展 和发展趋势 | 269 | 9.3 智能控制的学科结构理论 | 308 |
| 8.1.3 自然语言理解过程的层次 | 272 | 9.3.1 二元结构理论 | 308 |
| 8.2 词法分析 | 273 | 9.3.2 三元结构理论 | 309 |
| 8.3 句法和语法的自动分析 | 275 | 9.3.3 四元结构理论 | 310 |
| 8.3.1 句法模式匹配和转移网络 | 275 | 9.4 智能控制的特点与系统一般 结构 | 312 |
| 8.3.2 扩充转移网络 | 276 | 9.4.1 智能控制的特点 | 312 |
| 8.3.3 词汇功能语法 | 278 | 9.4.2 智能控制系统的一般结构 | 313 |
| 8.4 语义分析 | 281 | 9.5 智能控制系统 | 314 |
| 8.5 句子理解 | 282 | 9.5.1 递阶智能控制系统 | 314 |
| 8.5.1 简单句的理解方法 | 283 | 9.5.2 专家控制系统 | 317 |
| | | 9.5.3 模糊控制系统 | 320 |
| | | 9.5.4 学习控制系统 | 323 |
| | | 9.5.5 神经控制系统 | 326 |
| | | 9.6 其他智能控制系统 | 328 |