



全国优秀畅销书

新世纪计算机类本科系列教材

# 人工智能技术导论

(第二版)

廉师友 编著

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书介绍了人工智能的基础理论和基本技术及其应用。全书共分五部分：第一部分(第1章)综述了人工智能的基本概念、研究途径、分支领域和发展概况等；第二部分(第2章)介绍了几种常用的人工智能程序设计语言；第三部分(第3、4、5、6、7章)详述了机器推理、搜索控制、知识表示、不确定性处理等人工智能的基本技术；第四部分(第8、9、10章)介绍了专家系统、机器学习、知识发现、遗传算法和自然语言理解的基本原理及方法；第五部分(第11、12章)介绍了智能化网络、Agent技术和智能机器人的基础知识。

本书取材新颖，内容丰富，理例结合，易教易学，注重基础，面向应用。本书可作为高等院校本科计算机、自动化、信息、管理、控制及系统工程等专业的人工智能课程的教材或教学参考书，也可供其他专业的师生和相关科研及工程技术人员自学或参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

人工智能技术导论/廉师友编著—2版.

—西安:西安电子科技大学出版社,2002.7

新世纪计算机类本科系列教材

ISBN 7-5606-0811-6

I. 人… II. 廉… 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(2002)第039418号

策 划 陈宇光

责任编辑 杨宗周

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: [xdupfxb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfxb@pub.xaonline.com)

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2000年1月第1版 2002年7月第2版 2006年1月第10次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 17.25

字 数 414千字

印 数 46 001~50 000册

定 价 18.00元

ISBN 7-5606-0811-6 / TP·0417

**XDUP 1082012-10**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

## 第二版序

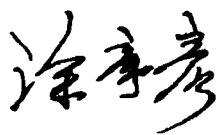
廉师友教授编著的《人工智能技术导论》一书颇受读者欢迎，供不应求，即将增补新的内容，推出第二版，这表明：

1. 关心人工智能科学技术的读者更多了；
2. 开设“人工智能”课程的学校更多了，学生更多了；
3. 《人工智能技术导论》是“基础、简明、新颖、实用”的教材。

为了祝贺第二版出版，特赠小诗一首：

欣闻佳作出二版，  
辛勤编著不畏难。  
深入浅出基础好，  
新颖实用少冗繁。

中国人工智能学会 荣誉理事长



2002年6月于北京

## 第二版前言

《人工智能技术导论》第一版自2000年1月出版以来，两年间发行了近万册。全国很多院校使用了该教材。这从一个侧面反映了该书可以满足当前人工智能知识普及教育的需求，也反映了该书的“基础、简明、新颖、实用”的选材原则及课程内容符合本科层次人才培养目标和课程要求。

然而，人工智能学科的发展非常迅速，新理论、新方法不断涌现，前些年还处于探索阶段的一些理论和技术，现在已趋于成熟，甚至已投入实用。另一方面，随着网络技术和生命科学的飞速发展，也为人工智能科学技术提出了新的课题和目标。那么，作为人工智能科学技术基础教育的课程内容，也应该不断调整和更新，及时反映该学科的最新成果和体现该学科的最新动向。为此，我们在第一版的基础上推出了该书的第二版。

与第一版相比，第二版作了如下的调整和扩充：

(1) 对第一版的内容做了全面修订：修改了图文中的印刷错误；修改、完善了一些章节段落的叙述，弥补了其内容的不足；同时也删去了一些内容过时或陈旧的小节和段落。

(2) 增补了“知识发现”、“遗传算法”、“智能机器人”等方面的基础知识，并分别成节插入有关章中。

(3) 增补了“智能化网络”和“Agent技术”的基础知识，并分别作为一章进行介绍。

笔者相信，经过本次修订和扩充，本书的内容将更加精炼和丰富、涵盖面更加宽广，实用性更强。可以说，第二版的《人工智能技术导论》进一步拉近了人工智能理论与应用的距离，拉近了人工智能与计算机、网络及信息科学技术的距离。

在本书第二版出版之际，我还要再一次感谢中国人工智能学会理事长涂序彦教授和副理事长何华灿教授，感谢他们对本书的热情关怀、大力支持和悉心指导。同时，也感谢西安电子科技大学出版社，特别是陈宇光、杨宗周两位编辑，他们为本书的出版付出了辛勤的劳动。

最后还需指出，尽管作者对本书的修订作了很大努力，但由于水平和视野的限制，书中的不足甚至错误之处仍在所难免，故恳请有关专家、同行和广大读者批评指正！

作者

2002年5月

# 第一版序

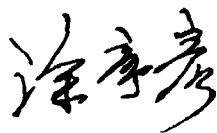
智能化是当前计算机、自动化、通信、管理等信息科学技术领域中的新方法、新技术、新产品的重要发展方向与开发策略之一。因此，普及人工智能原理与应用方面的基础知识是科技发展和社会进步的需要。

广义的人工智能学科是模拟、延伸和扩展人的智能，研究与开发各种机器智能和智能机器的理论、方法与技术的综合性技术科学。

廉师友同志在多年教学实践与科研工作的基础上，编著了《人工智能技术导论》一书。其内容丰富，取材新颖，结构合理，深入浅出，注重基础，面向应用，不仅可作为高等院校人工智能课程的教学用书，而且可供关心人工智能的广大读者自学参考。

因此，该书的出版将为我国人工智能科技知识的普及和人工智能事业的发展作出积极的贡献。

中国人工智能学会(理事长)



1999年10月于北京

# 第一版前言

人工智能技术被称为本世纪三大科技成就之一，专家系统、机器学习、自然语言理解等分支领域已经开始投入实用。一个智能化信息处理的新时代正向我们走来。

近年来，计算机网络特别是 Internet 和 WWW 的迅猛发展和广泛应用，又为人工智能提供了新的广阔天地。信息化需要智能化的支持，人工智能在信息高速公路上也将发挥重要作用。因此，目前世界各国对人工智能的研究都十分重视，纷纷投入大量的人力、物力和财力，激烈争夺这一高新技术的制高点。在这种形势下，人工智能技术的基础教育亟待进一步加强。

事实上，现已有不少高等院校都将“人工智能技术”作为计算机、自动化等信息类专业的一门重要课程，就连一些文、理、工专业也开设了这门课程。

本书正是为普及人工智能技术之需而编写的。它是在已有讲义《人工智能与专家系统》的基础上，并参考了国内外大量文献资料，结合作者多年来的教学实践和研究成果撰写而成的。

考虑到读者对象的层次和课时方面的限制，我们确定了“基础、简明、新颖、实用”的选材原则和课程内容。对于该学科中那些较深入和专门的内容则点到为止。

全书共分为四部分：第一部分(第 1 章)阐述人工智能的基本概念、研究途径、分支领域和发展概况等；第二部分(第 2 章)介绍了几种常用的人工智能程序设计语言；第三部分(第 3、4、5、6、7 章)详述了机器推理、搜索控制、知识表示、不确定性处理等人工智能的基本技术；第四部分(第 8、9、10 章)分别介绍了专家系统、机器学习和自然语言理解的基本原理和方法，特别对专家系统作了较为详细的叙述。

本书在写作上的特点是理例结合，即在介绍一般原理和方法时，都配有具体实例和程序，从而提高了所述内容的可理解性和可操作性。为了使教材内容具有新颖性，能紧跟当前人工智能的发展步伐，书中注意收集了近年来发展起来的一些新理论和新技术。

为了便于教学和自学，本书在体系结构上进行了探索和改革，在叙述上力求通俗和简明，并注意了逻辑性和系统性。书中还附有上机实习指导，便于读者学以致用。最后的名词索引为中英文对照，相当于小型的人工智能词典。总之，学完本书后读者可掌握人工智能的基础理论和基本技术，并具有初步的智能系统设计和智能程序设计能力。

本书可作为高等院校本科计算机、自动化、信息、管理、控制以及系统工程等专业的人工智能课程的教材或教学参考书，也可供其他专业的师生以及科研和工程技术人员自学或参考。

本书的编写，得到中国人工智能学会理事长涂序彦教授的热情关怀、大力支持和悉心指导。涂教授在百忙中抽出时间，审阅了初稿并提出了许多宝贵意见。中国人工智能学会副理事长何华灿教授也为本书的写作给予了热情的指导。在此，谨向他们表示由衷的敬意。

和感谢!西安石油学院计算机系的领导和同志们对本书的出版也给予了大力支持和帮助,西安电子科技大学出版社对本书的出版也给予了大力支持,特别是陈宇光、杨宗周编辑,对本书的出版也付出了辛勤劳动,在此也一并向他们表示感谢!

尽管作者对本书的撰写作了很大努力,但由于水平和视野的限制,特别是该学科的发展极为迅速,书中难免有不足甚至错误之处,故恳请有关专家、同行和广大读者批评指正。

作者

1999年10月



## 欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

<b>~~~~~ 国家级、部级重点教材 ~~~~~</b>		局域网组建、管理与维护 (高职)	20.00
计算机系统结构 (第三版) (统编)	22.00	综合布线技术 (高职)	18.00
离散数学 (第三版) (统编) (乔维声)	16.00	计算机网络技术导论	16.00
雷达对抗原理 (统编)	15.00	计算机网络 (第二版) (袁家政)	26.00
雷达原理 (第三版)	23.00	计算机网络技术 (刘敏涵)	20.00
通信网的安全——理论与技术	42.00	计算机网络 (第二版) (蔡皖东)	18.00
模拟电子线路基础 (傅丰林)	16.00	计算机网络 (第二版) (雷振甲)	21.00
移动通信 (第三版) (统编) (郭梯云)	26.00	计算机网络工程	20.00
智能控制理论和方法	18.00	计算机网络实验教程	14.00
<b>~~~~~ 计算机提高普及类 ~~~~~</b>		计算机组网实验教程	23.00
计算机应用基础 (第三版) (丁)	19.00	计算机网络学习辅导及习题详解	23.00
计算机组装与维护 (高职) (杜飞明)	22.00	网络工程设计与实践	29.00
计算机组装与维护实用教程		网络应用程序设计	21.00
(第二版) (高职)	29.00	现代网络技术	24.00
《新编计算机应用基础》		网络计算	19.00
(Windows 2000 & Office 2002) (第二版)	22.00	<b>~~~~~ 计算机技术类 ~~~~~</b>	
《新编计算机应用基础 (第二版)》		计算机系统结构 (陈智勇)	22.00
实践技能训练与案例分析	12.00	计算机系统设计——概念与技术 (洪龙)	18.00
计算机应用基础 (Windows 2000		计算机组成原理	
& Office 2002版) (教育部高职)	23.00	与系统结构实验教程 (杨小龙)	12.00
《计算机应用基础》实践技能训练		计算机系统安全	22.00
与案例分析 (教育部高职)	11.00	电子政务理论与实务	20.00
计算机应用基础上机与实习指导 (第三版)	12.00	电子商务概论	17.00
计算机软件技术基础教程	21.00	电子商务基础与应用 (第四版) (含盘)	34.00
计算机综合能力实训教程 (高职)	10.00	数据结构(C) (第二版) (杨秀金)	20.00
办公自动化技术及应用教程	22.00	《数据结构》算法实现及解析	
办公自动化设备的使用和维护		——配合严蔚敏的《数据结构》(C语言版)	
(第二版) (高职)	18.00	(含光盘) (第二版)	35.00
网络办公自动化技术及应用 (高职)	21.00	数据结构——使用 C++ 语言 (第二版)	23.00
<b>~~~~~ 计算机网络类 ~~~~~</b>		数据结构 (高职) (周岳山)	15.00
Internet基础与使用 (第二版) (高职)	13.00	计算方法与实习 (高职)	11.00
Internet基础与使用 (第二版) (中专)	12.00	算法设计与分析	15.00
计算机网络安全 (高职)	15.00	编译原理教程	15.00
网络安全技术 (高职)	17.00	《编译原理教程》习题解析与上机指导	12.00
网络安全与保密	24.00	编译原理基础	13.00
网络信息安全技术	17.00	《编译原理基础》习题与上机题解答	10.00
网站建设与维护 (崔良海)	18.00	编译原理学习指导	19.00
网站建设与维护 (廖常武)	19.00	《离散数学》习题解答	16.00
Internet技术及其应用程序	15.00	离散数学 (蔡英)	19.00
计算机图形图像与网页制作 (高职)	19.00	《离散数学》学习指导书	16.00
互联网实用技术与网页制作 (高职)	14.00	离散数学 (马光思)	22.00

离散数学(乔维声)	21.00	3DS MAX 6.0实用教程(高职)	23.00
软件工程(第二版)	22.00	~~~~~微机与控制类~~~~~	
软件工程与数据库概论	14.00	微型计算机原理与应用(第二版)(本科)	33.00
信息系统分析与设计(卫红春)	19.00	《微型原理及应用》(第二版)学习指导	18.00
信息系统分析与设计(高职)(卫红春)	18.00	微型计算机原理(第四版)	29.00
信息系统分析与设计(第二版)(陈圣国)	14.00	《微型计算机原理》(第四版)学习指导书	14.00
人工智能技术导论(第二版)	18.00	《微型计算机原理》学习与实验指导	18.00
~~~~~计算机辅助技术类~~~~~			
电子工程制图(含习题集)(高职)	25.00	微型计算机原理及接口技术(新世纪)	25.00
工程制图(含习题集)(高职)	22.00	微型计算机原理与组成	20.00
计算机绘图(第二版)(许社教)	25.00	80X86 微机原理与接口技术	26.00
DSP应用技术(高职)	25.00	单片机原理及接口技术	15.00
现代DSP技术	22.00	单片机应用实训教程(高职)	22.00
电子电路CAD程序及其应用(高职)	16.00	新编单片机原理与应用(第二版)	22.00
电子线路CAD实用教程(第二版)	22.00	可编程序控制器原理及应用(第二版)	22.00
电子工艺与电子CAD(高职)	14.00	计算机控制技术(高职)(温希东)	12.00
电子电路EDA技术	15.00	计算机外部设备(第二版)	17.00
EDA技术及应用(第二版)	24.00	微机外围设备的使用与维护(高职)	19.00
EDA技术综合应用实例与分析	22.00	~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~	
EDA技术与数字系统设计(高职)	14.00	数据库原理(第二版)(郭盈发)	16.00
数字电路EDA设计(高职)	19.00	数据库原理(高荣芳)	18.00
~~~~~操作系统类~~~~~			
计算机操作系统(第二版)(颜)	17.00	Visual FoxPro 6.0数据库原理与应用	
计算机操作系统(修订版)(汤)	24.00	(高职)	21.00
《计算机操作系统》学习指导与题解	16.00	基于VFP和SQL的数据库技术及应用	16.00
计算机操作系统(王津)	16.00	SQL Server 2000应用基础与实训教程	
计算机操作系统(孙)	15.00	(高职)	19.00
计算机操作系统(方敏)	28.00	Oracle数据库SQL和PL/SQL实例教程	
计算机操作实训教程(张)	18.00	(高职)	17.00
操作系统教程——Linux实例分析(孟)	21.00	数据库技术及应用(高职)	14.00
Linux操作系统实用教程(高职)	20.00	网络数据库技术及应用(高职)	20.00
Linux实训指导教程(高职)	13.00	QBASIC程序设计教程	20.00
~~~~~图形处理类~~~~~			
多媒体技术及应用(王坤)	21.00	程序设计与C语言	23.00
多媒体软件设计技术(第二版)	20.00	《程序设计与C语言》学习指导	16.00
多媒体技术与应用(第二版)(傅献祯)	16.00	C语言程序设计实例教程(高职)(丁爱萍)	18.00
多媒体技术教程(杨安琪)	20.00	C语言程序设计案例教程(高职)(李培金)	18.00
多媒体技术基础及其应用(吕辉)	22.00	C++程序设计(陈圣国)	14.00
计算机图形学(张义宽)	20.00	C++程序设计语言	20.00
计算机图形学(丁爱玲)	14.00	《C++程序设计语言》经典题解与实验指导	13.00
计算机图形学(研究生系列)(據柏青)	26.00	新编C语言程序设计教程(第二版)	22.00
计算机图形学——图形的计算与显示原理	22.00	《新编C语言程序设计教程(第二版)》	
数字图像处理	20.00	习题解答与实验指导	15.00
		C++Builder 6.0 程序设计(高职)	19.00
		Visual Foxpro 6.0 程序设计教程(丁)	22.00
		Visual Basic 程序设计(第二版)	20.00
		Visual Basic·NET程序设计教程(高职)	18.00

汇编语言程序设计(第二版)(韩海)	18.00	电工技术(常晓玲)	19.00
汇编语言程序设计(李强)	23.00	电工技术实训(高职)	12.00
汇编语言程序设计(李革新)	19.00	电工基础(王秀英)	19.00
微型计算机汇编语言程序设计(龚)	23.00	电工与工业电子学	18.00
面向对象程序设计与VC++实践	22.00	电工技能实训教程(高职)	26.00
面向对象程序设计与C++语言	17.00	电力电子技术(高职)	15.00
面向对象程序设计教程	19.00	电子线路仿真设计(王皓)	18.00
面向对象程序设计——JAVA	23.00	电子测量技术(高职)	16.00
《面向对象程序设计——JAVA》 学习指导与习题解答	19.00	电子技术基础(高职)(苏丽萍)	22.00
JAVA语言程序设计教程	18.00	电子技术基础——模拟电子技术(高职)	20.00
JAVA程序设计(高职)	18.00	电子技术基础——数字电子技术(高职)	14.00
Visual C++.NET管理信息系统开发案例	26.00	智能卡技术(刘守义)	20.00
<b>~~~~~ 电子技术类 ~~~~~</b>		手机原理与维护(陈良)	13.00
测试与计量技术基础	19.00	光电探测原理	25.00
传感器原理及工程应用	13.00	天线与电波传播(含光盘)	24.00
模拟电子技术(第二版)(教育部高职)	17.00	天线技术(高职)	14.00
模拟电子电路基础(王卫东)	23.00	电子线路基础(21世纪)(傅丰林)	19.00
模拟电子技术基础(21世纪)(孙肖子)	22.00	《电子线路基础》学习和题解指导	22.00
模拟电子技术(第二版)(江)	18.00	电子线路基础	20.00
《模拟电子技术》学习指导与题解	12.00	电磁场微波技术与天线	18.00
数字电子技术(第二版)(江)	18.00	电磁场与电磁波(第二版)	20.00
《数字电子技术》学习指导与题解	14.00	电磁场与电磁波(含光盘)(郭辉萍)	21.00
数字电子技术(第二版)(郭永贞)	19.00	电磁场与电磁波学习指导(21世纪)	21.00
数字电子技术(第二版)(教育部高职)	12.00	高频电子线路(中专)	16.00
数字电子技术基础(21世纪)	18.00	扩频通信	9.80
《数字电子技术基础》学习指导(21世纪)	8.00	扩展频谱通信及其多址技术	19.00
现代数字系统设计	25.00	信号与系统(第二版)(陈生潭)	29.00
数字电路与系统设计	25.00	《信号与系统》学习指导	17.00
数字电路与逻辑设计	18.00	信号与系统(张小虹)	22.00
数字系统设计基础	19.00	《信号与系统》学习指导	19.00
电路理论基础	20.00	信号与线性系统	26.00
电路基础(第二版)(21世纪)	21.00	数字信号处理(第二版)(丁玉美)	21.00
《电路基础》学习指导与习题全解(刘)	15.00	数字信号处理(丁玉美)	16.00
电路基础学习指导(21世纪)	15.00	数字信号处理(刘顺兰)	19.00
电路分析——基础理论与实用技术(高职)	20.00	自适应信号处理(研究生系列)	16.00
电路分析(第二版)(教育部高职)	18.00	随机信号处理	13.00
电路分析学习指导与题解(高职)(李)	19.00	数字信号处理——时域离散随机信号处理	19.00
电路分析基础(第二版)(张永瑞)	18.00	《数字信号处理 ——时域离散随机信号处理》学习指导	10.00
电路分析基础全真试题详解(张永瑞)	20.00	微波电路CAA与CAD(研究生系列)	21.00
电路分析基础(高职)(牛金生)	16.00	射频/微波电路导论	28.00
电路与电子技术(路松行)	22.00	微电子器件可靠性(研究生系列)	13.00
电力电子技术(曾方)	15.00	物理光学与应用光学	26.00
电工基础(第二版)(教育部高职)	18.00	非线性光学(研究生系列)	40.00

现代光学(研究生系列)	18.00	计算机数据通信教程(张燕)	15.00
红外物理(研究生系列)	20.00	纠错码——原理与方法(王新梅)	35.00
常用低压电器与可编程序控制器	22.00	编码理论	19.00
可编程逻辑器件原理、开发与应用	22.00	数字通信原理与技术(第二版)	25.00
可编程逻辑器件原理及应用(朱明程)	23.00	现代通信新技术	20.00
多传感器数据融合及其应用(研究生系列)	18.00	现代交换技术	20.00
毕业设计指导(电类)(高职)	28.00	程控交换技术实用教程(高职)(李正吉)	11.00
~~~~~通信与自动控制类~~~~~			
《通信电子线路(第二版)》学习指导	25.00	程控数字交换原理学习指导与习题解析	12.00
光纤通信(方强)	15.00	自动控制原理(赵四化)	16.00
光纤通信(张宝富)	18.00	自动控制原理(薛安克)	19.00
光纤通信(刘增基)	15.00	《自动控制原理》学习指导与题解(方斌)	22.00
卫星通信	12.00	自动控制原理及其应用(高职)	15.00
移动通信(章坚武)	16.00	智能化仪器原理及应用(曹建平)	16.00
蜂窝移动通信技术	23.00	楼宇自动化(高职)	14.00
移动通信技术(高职)	18.00	电梯原理及逻辑排除(高职)	22.00
数字通信系统(强世锦)	17.00	~~~~~家用电器与机电类~~~~~	
数字通信原理与技术(第二版)	25.00	电视原理与系统(赵坚勇)	16.00
数字通信原理(黎洪松)	25.00	电视原理与电视机检修(高职)	16.00
通信原理与通信技术	23.00	电视机原理与技术(李林和)	20.00
《通信原理与通信技术》学习指导	22.00	数字电视技术	20.00
多媒体通信技术(王汝言)	23.00	电器原理与技术(裴昌幸)	24.00
现代通信系统	24.00	调音技术(高职)	16.00
通信电路(沈伟慈)	18.00	音响技术	13.00
通信电源(高职)	14.00	现代音响与调音技术	19.00
通信系统(修订版)(王秉钧)	22.00	工程力学(皮)	12.00
现代通信系统导论(高职)	18.00	机械工程基础(李茹)	26.00
现代通信网概论	25.00	机械设计基础(赵冬梅)	21.00
现代通信理论与技术导论	25.00	机械设计基础(张京辉)	24.00
现代通信技术与网络应用	23.00	机械基础(周家泽)	17.00
现代通信新技术	20.00	机械CAD/CAM技术(方新)	20.00
现代通信原理与技术	26.00	计算机辅助机械设计(秦汝明)	19.00
通信工程专业英语	12.00	数控机床原理与编程(陈富安)	20.00
微波技术与天线	17.00	数控加工与编程(高职)	19.00
锁相技术	14.80	机电一体化技术	17.00
计算机通信网(沈)	24.00	电切削加工技术(高职)(詹)	13.00
计算机通信网(修订版)(刘后铭)	18.00	液压与气动技术(朱梅)	19.00
		特种加工技术(周旭光)	10.00

~~~~~  
 欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

从邮局或银行汇款邮购者, 汇款单上务必写清收书人姓名、地址、邮编、电话。款到后我社将挂号发书, 加收5元包装邮资费(一次购书30元以上者可免收邮费)。

通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部 邮 编: 710071

电 话: (029) 88201467

传 真: (029) 88213675

主 页: <http://www.xduph.com>

E-mail: [xdupfxb@pub.xaonline.com](mailto:xdupfxb@pub.xaonline.com)

# 目 录

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 人工智能概述</b> .....            | <b>1</b>  |
| 1.1 人工智能的概念 .....                    | 1         |
| 1.1.1 什么是人工智能 .....                  | 1         |
| 1.1.2 为什么要研究人工智能 .....               | 1         |
| 1.1.3 人工智能的目标 .....                  | 2         |
| 1.1.4 人工智能的表现形式 .....                | 3         |
| 1.2 人工智能的研究途径与方法 .....               | 3         |
| 1.2.1 结构模拟, 神经计算 .....               | 3         |
| 1.2.2 功能模拟, 符号推演 .....               | 4         |
| 1.2.3 行为模拟, 控制进化 .....               | 4         |
| 1.3 人工智能的分支领域 .....                  | 5         |
| 1.3.1 基于脑功能模拟的领域划分 .....             | 5         |
| 1.3.2 基于研究途径与实现技术的<br>领域划分 .....     | 8         |
| 1.3.3 基于应用领域的领域划分 .....              | 9         |
| 1.3.4 基于应用系统的领域划分 .....              | 13        |
| 1.3.5 基于计算机系统结构的<br>领域划分 .....       | 14        |
| 1.3.6 基于实现工具与环境的<br>领域划分 .....       | 14        |
| 1.3.7 基于体系结构的领域划分 .....              | 15        |
| 1.4 人工智能的基本技术 .....                  | 15        |
| 1.4.1 推理技术 .....                     | 16        |
| 1.4.2 搜索技术 .....                     | 16        |
| 1.4.3 知识表示与知识库技术 .....               | 17        |
| 1.4.4 归纳技术 .....                     | 17        |
| 1.4.5 联想技术 .....                     | 17        |
| 1.5 人工智能的发展概况 .....                  | 18        |
| 1.5.1 人工智能学科的产生 .....                | 18        |
| 1.5.2 符号主义途径发展概况 .....               | 18        |
| 1.5.3 连接主义途径发展概况 .....               | 20        |
| 1.5.4 当前发展趋势 .....                   | 21        |
| 1.5.5 我国人工智能研究发展简况 .....             | 22        |
| 习题一 .....                            | 23        |
| <b>第 2 章 人工智能程序设计语言</b> .....        | <b>24</b> |
| 2.1 综述 .....                         | 24        |
| 2.1.1 函数型语言 .....                    | 24        |
| 2.1.2 逻辑型语言 .....                    | 24        |
| 2.1.3 面向对象语言 .....                   | 25        |
| 2.1.4 混合型语言 .....                    | 25        |
| 2.2 函数型程序设计语言 LISP .....             | 26        |
| 2.2.1 LISP 的程序结构与运行机制 .....          | 26        |
| 2.2.2 S-表达式 .....                    | 27        |
| 2.2.3 基本函数 .....                     | 28        |
| 2.2.4 自定义函数 .....                    | 31        |
| 2.2.5 程序举例 .....                     | 31        |
| 2.3 逻辑型程序设计语言 PROLOG .....           | 32        |
| 2.3.1 PROLOG 的语句 .....               | 32        |
| 2.3.2 PROLOG 程序 .....                | 34        |
| 2.3.3 PROLOG 程序的运行机理 .....           | 35        |
| 2.4 Turbo PROLOG 程序设计 .....          | 38        |
| 2.4.1 Turbo PROLOG 的程序结构 .....       | 38        |
| 2.4.2 Turbo PROLOG 的数据与<br>表达式 ..... | 40        |
| 2.4.3 输入与输出 .....                    | 43        |
| 2.4.4 分支与循环 .....                    | 44        |
| 2.4.5 动态数据库 .....                    | 45        |
| 2.4.6 表处理与递归 .....                   | 46        |
| 2.4.7 回溯控制 .....                     | 49        |
| 2.4.8 程序举例 .....                     | 50        |
| 习题二 .....                            | 53        |

|                                    |            |                                   |     |
|------------------------------------|------------|-----------------------------------|-----|
| <b>第 3 章 基于谓词逻辑的机器推理</b> .....     | <b>55</b>  |                                   |     |
| 3.1 一阶谓词逻辑 .....                   | 55         | 3.4.2 几种常用的归结策略 .....             | 75  |
| 3.1.1 谓词、函数、量词 .....               | 55         | 3.4.3 归结策略的类型 .....               | 79  |
| 3.1.2 谓词公式 .....                   | 56         | 3.5 归结反演程序举例 .....                | 80  |
| 3.1.3 谓词逻辑中的形式演绎推理 .....           | 58         | 3.6 Horn 子句归结与逻辑程序 .....          | 82  |
| 3.2 归结演绎推理 .....                   | 62         | 3.6.1 子句的蕴含表示形式 .....             | 82  |
| 3.2.1 子句集 .....                    | 62         | 3.6.2 Horn 子句与逻辑程序 .....          | 83  |
| 3.2.2 命题逻辑中的归结原理 .....             | 64         | 3.7 非归结演绎推理 .....                 | 84  |
| 3.2.3 替换与合一 .....                  | 66         | 3.7.1 Bledsoe 自然演绎法 .....         | 84  |
| 3.2.4 谓词逻辑中的归结原理 .....             | 69         | 3.7.2 基于规则的演绎推理 .....             | 84  |
| 3.3 应用归结原理求取问题答案 .....             | 71         | 3.7.3 王浩算法 .....                  | 84  |
| 3.4 归结策略 .....                     | 73         | 习题三 .....                         | 85  |
| 3.4.1 问题的提出 .....                  | 73         |                                   |     |
| <b>第 4 章 图搜索技术</b> .....           | <b>87</b>  |                                   |     |
| 4.1 状态图搜索 .....                    | 87         | 4.3 与或图搜索 .....                   | 109 |
| 4.1.1 状态图 .....                    | 87         | 4.3.1 与或图 .....                   | 109 |
| 4.1.2 状态图搜索 .....                  | 88         | 4.3.2 与或图搜索 .....                 | 111 |
| 4.1.3 穷举式搜索 .....                  | 91         | 4.3.3 启发式与或树搜索 .....              | 112 |
| 4.1.4 启发式搜索 .....                  | 93         | 4.4 与或图问题求解 .....                 | 116 |
| 4.1.5 加权状态图搜索 .....                | 95         | 4.4.1 问题的与或图表示 .....              | 116 |
| 4.1.6 启发式图搜索的 A 算法和<br>A* 算法 ..... | 97         | 4.4.2 与或图问题求解程序举例 .....           | 118 |
| 4.1.7 状态图搜索策略小结 .....              | 98         | 4.5 博弈树搜索 .....                   | 119 |
| 4.2 状态图问题求解 .....                  | 99         | 4.5.1 博弈树的概念 .....                | 119 |
| 4.2.1 问题的状态图表示 .....               | 99         | 4.5.2 极小极大分析法 .....               | 120 |
| 4.2.2 状态图问题求解程序举例 .....            | 102        | 4.5.3 $\alpha - \beta$ 剪枝技术 ..... | 122 |
|                                    |            | 习题四 .....                         | 122 |
| <b>第 5 章 产生式系统</b> .....           | <b>125</b> |                                   |     |
| 5.1 产生式规则 .....                    | 125        | 5.4 产生式系统的应用 .....                | 131 |
| 5.1.1 产生式规则 .....                  | 125        | 5.5 产生式系统的程序实现 .....              | 132 |
| 5.1.2 基于产生式的推理模式 .....             | 126        | 5.5.1 产生式规则的程序语言实现 .....          | 132 |
| 5.2 产生式系统 .....                    | 126        | 5.5.2 规则库的程序实现 .....              | 134 |
| 5.2.1 产生式系统的组成 .....               | 126        | 5.5.3 动态数据库的程序实现 .....            | 134 |
| 5.2.2 产生式系统的运行过程 .....             | 127        | 5.5.4 推理机的程序实现 .....              | 134 |
| 5.2.3 控制策略与常用算法 .....              | 127        | 习题五 .....                         | 135 |
| 5.3 产生式系统与图搜索 .....                | 130        |                                   |     |
| <b>第 6 章 知识表示</b> .....            | <b>136</b> |                                   |     |
| 6.1 知识及其表示 .....                   | 136        | 6.1.3 知识表示的语言实现 .....             | 138 |
| 6.1.1 知识的概念 .....                  | 136        | 6.2 框架 .....                      | 138 |
| 6.1.2 知识表示 .....                   | 137        | 6.2.1 框架的概念 .....                 | 138 |

|                               |            |                             |     |
|-------------------------------|------------|-----------------------------|-----|
| 6.2.2 框架的表达能力 .....           | 140        | 6.3.2 语义网络的表达能力 .....       | 144 |
| 6.2.3 基于框架的推理 .....           | 141        | 6.3.3 基于语义网络的推理 .....       | 147 |
| 6.2.4 框架的程序语言实现 .....         | 142        | 6.3.4 语义网络的程序语言实现 .....     | 147 |
| 6.3 语义网络 .....                | 143        | 6.4 面向对象知识表示 .....          | 148 |
| 6.3.1 语义网络的概念 .....           | 143        | 习题六 .....                   | 150 |
| <b>第 7 章 不确定性处理 .....</b>     | <b>152</b> |                             |     |
| 7.1 不确定性及其类型 .....            | 152        | 7.5.1 基本概念 .....            | 161 |
| 7.2 不确定性知识的表示 .....           | 153        | 7.5.2 基于证据理论的不确定性推理 .....   | 164 |
| 7.2.1 随机性知识的表示 .....          | 153        | 7.6 模糊推理 .....              | 166 |
| 7.2.2 模糊性知识的表示 .....          | 155        | 7.6.1 语言变量, 语言值 .....       | 166 |
| 7.2.3 模糊集合与模糊逻辑 .....         | 156        | 7.6.2 用模糊(关系)集合表示模糊规则 ..... | 166 |
| 7.2.4 多值逻辑 .....              | 158        | 7.6.3 模糊关系合成 .....          | 167 |
| 7.2.5 非单调逻辑 .....             | 158        | 7.6.4 基于关系合成的模糊推理 .....     | 168 |
| 7.2.6 时序逻辑 .....              | 159        | 7.6.5 模糊推理的应用与发展 .....      | 169 |
| 7.3 不确定性推理的一般模式 .....         | 159        | 习题七 .....                   | 170 |
| 7.4 确定性理论 .....               | 160        |                             |     |
| 7.5 证据理论 .....                | 161        |                             |     |
| <b>第 8 章 专家系统 .....</b>       | <b>172</b> |                             |     |
| 8.1 专家系统的概念 .....             | 172        | 8.4.5 解释系统 .....            | 197 |
| 8.1.1 什么是专家系统 .....           | 172        | 8.5 专家系统设计与实现 .....         | 198 |
| 8.1.2 专家系统的特点 .....           | 173        | 8.5.1 一般步骤与方法 .....         | 198 |
| 8.1.3 专家系统的类型 .....           | 173        | 8.5.2 快速原型与增量式开发 .....      | 199 |
| 8.1.4 专家系统与知识系统 .....         | 174        | 8.5.3 知识获取 .....            | 199 |
| 8.1.5 专家系统与知识工程 .....         | 174        | 8.5.4 知识表示与知识描述语言设计 .....   | 200 |
| 8.1.6 专家系统与人工智能 .....         | 175        | 8.5.5 知识库与知识库管理系统设计 .....   | 200 |
| 8.2 专家系统的结构 .....             | 175        | 8.5.6 推理机与解释功能设计 .....      | 202 |
| 8.2.1 概念结构 .....              | 175        | 8.5.7 系统结构设计 .....          | 203 |
| 8.2.2 实际结构 .....              | 176        | 8.5.8 人机界面设计 .....          | 204 |
| 8.2.3 网络与分布式结构 .....          | 178        | 8.6 专家系统开发工具与环境 .....       | 204 |
| 8.2.4 黑板模型 .....              | 178        | 8.6.1 专家系统开发工具 .....        | 204 |
| 8.3 专家系统的应用与发展概况 .....        | 180        | 8.6.2 专家系统开发环境 .....        | 206 |
| 8.3.1 专家系统的意义 .....           | 180        | 8.7 新一代专家系统研究 .....         | 207 |
| 8.3.2 专家系统的应用 .....           | 180        | 8.7.1 深层知识专家系统 .....        | 207 |
| 8.3.3 专家系统的发展概况 .....         | 181        | 8.7.2 模糊专家系统 .....          | 207 |
| 8.4 专家系统实例 .....              | 185        | 8.7.3 神经网络专家系统 .....        | 208 |
| 8.4.1 PROSPECTOR 的功能与结构 ..... | 185        | 8.7.4 大型协同分布式专家系统 .....     | 208 |
| 8.4.2 知识表示 .....              | 186        | 8.7.5 网上(多媒体)专家系统 .....     | 209 |
| 8.4.3 主观贝叶斯推理模型 .....         | 191        | 8.7.6 事务处理专家系统 .....        | 209 |
| 8.4.4 控制策略 .....              | 196        | 习题八 .....                   | 209 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| <b>第 9 章 机器学习</b> .....       | <b>211</b> |
| 9.1 符号学习 .....                | 211        |
| 9.1.1 记忆学习 .....              | 211        |
| 9.1.2 传授学习 .....              | 212        |
| 9.1.3 演绎学习 .....              | 213        |
| 9.1.4 类比学习 .....              | 213        |
| 9.1.5 示例学习 .....              | 213        |
| 9.1.6 发现学习 .....              | 215        |
| 9.1.7 解释学习 .....              | 216        |
| 9.2 神经网络学习 .....              | 217        |
| 9.2.1 生物神经元 .....             | 218        |
| 9.2.2 人工神经元 .....             | 218        |
| 9.2.3 神经网络 .....              | 219        |
| 9.2.4 神经网络学习 .....            | 221        |
| 9.2.5 BP 网络及其学习举例 .....       | 223        |
| 9.2.6 神经网络模型 .....            | 225        |
| 9.3 知识发现与数据挖掘 .....           | 227        |
| 9.3.1 知识发现的一般过程 .....         | 227        |
| 9.3.2 知识发现的任务 .....           | 228        |
| 9.3.3 知识发现的方法 .....           | 229        |
| 9.3.4 知识发现的对象 .....           | 229        |
| 9.4 遗传算法 .....                | 230        |
| 习题九 .....                     | 232        |
| <b>第 10 章 自然语言理解</b> .....    | <b>233</b> |
| 10.1 简单句理解 .....              | 233        |
| 10.1.1 理解的实现过程 .....          | 233        |
| 10.1.2 语法分析 .....             | 234        |
| 10.1.3 语义分析 .....             | 236        |
| 10.2 复合句理解 .....              | 236        |
| 10.3 转换文法和转换网络 .....          | 238        |
| 10.3.1 转换文法 .....             | 238        |
| 10.3.2 转换网络 .....             | 239        |
| 习题十 .....                     | 240        |
| <b>第 11 章 智能化网络</b> .....     | <b>241</b> |
| 11.1 智能网络 .....               | 241        |
| 11.1.1 什么是智能网络 .....          | 241        |
| 11.1.2 为什么要建智能网 .....         | 242        |
| 11.2 网络的智能化管理与控制 .....        | 243        |
| 11.3 网上信息的智能化检索 .....         | 244        |
| 11.3.1 搜索引擎 .....             | 244        |
| 11.3.2 智能搜索引擎 .....           | 244        |
| 11.3.3 基于 Agent 的网上信息查询 ..... | 246        |
| 习题十一 .....                    | 246        |
| <b>第 12 章 Agent 技术</b> .....  | <b>247</b> |
| 12.1 什么是 Agent .....          | 247        |
| 12.2 Agent 的类型 .....          | 247        |
| 12.3 Agent 的结构 .....          | 248        |
| 12.4 多 Agent 系统 .....         | 248        |
| 12.5 Agent 的实现工具 .....        | 250        |
| 12.6 Agent 技术的发展与应用 .....     | 250        |
| 12.7 智能机器人简介 .....            | 251        |
| 习题十二 .....                    | 255        |
| <b>上机实习指导</b> .....           | <b>256</b> |
| 实习一 PROLOG 语言编程练习 .....       | 256        |
| 实习二 图搜索问题求解 .....             | 257        |
| 实习三 小型专家系统(原型)设计 .....        | 257        |
| <b>名词索引</b> .....             | <b>261</b> |
| <b>主要参考文献</b> .....           | <b>271</b> |



# 第 1 章 人工智能概述

## 1.1 人工智能的概念

### 1.1.1 什么是人工智能

顾名思义,人工智能就是人造智能,其英文表示是“Artificial Intelligence”,简称 AI。当然,这只是人工智能的字面解释或广义解释。目前的“人工智能”一词是指用计算机模拟或实现的智能,同时,人工智能又是一个学科名称。作为学科,人工智能研究的是如何使机器(计算机)具有智能的科学和技术,特别是自然智能如何在计算机上实现或再现的科学和技术。因此,从学科角度讲,当前的人工智能是计算机科学的一个分支。

人工智能虽然是计算机科学的一个分支,但它的研究却不仅涉及到计算机科学,而且还涉及到脑科学、神经生理学、心理学、语言学、逻辑学、认知(思维)科学、行为科学、生命科学和数学,以及信息论、控制论和系统论等许多学科领域。因此,人工智能实际上是一门综合性的交叉学科和边缘学科。

要研究人工智能,当然要涉及什么是智能的问题。但这却是一个难以准确回答的问题,因为关于智能,至今还没有一个确切的公认的定义。这是由于智能主要是脑特别是人脑的属性或者说产物。但人脑的奥秘至今还未完全揭开。从系统的观点看,人脑是一个复杂的、开放的、动态的巨系统。它的内部结构和工作机理,至今人们还不完全清楚。所以,这就导致了对于智能的多种说法。譬如有人说智能的基础是知识(因为没有知识的智能是不可想象的),有人说智能的关键是思维(因为知识是思维产生的),还有人说智能取决于感知和行为,认为智能是在系统与周围环境不断“刺激—反应”的交互中发展和进化的。对此我们不想多加评论。我们认为,基于人脑的智能从内涵来讲,应该是“知识+思维”;从外延来讲,就是发现规律、运用规律的能力(或者说获取知识、运用知识的能力)和分析问题、解决问题的能力。

### 1.1.2 为什么要研究人工智能

我们知道,计算机是迄今为止最有效的信息处理工具,以至于人们称它为“电脑”。但现在的普通计算机系统的智能还相当低下,譬如缺乏自适应、自学习、自优化等能力,也缺乏社会常识或专业知识等,而只能是被动地按照人们为它事先安排好的工作步骤进行工