



人工智能原理 与技术

俞瑞钊 史济建 编著

浙江大学出版社

人工智能原理与技术

俞瑞钊 史济建 编著

责任编辑 应伯根 孙海荣 陈玉清

☆

浙江大学出版社出版

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(Email: zupress@mail.hz.zj.cn)

浙江大学出版社电脑排版中心排版

杭州富阳何云印刷有限公司印刷

浙江省新华书店经销

850mm×1168mm 1/32 开 192 页 插页 4 410 千字

1993 年 1 月第 1 版 2000 年 8 月第 6 次印刷

印数 13001—15000

ISBN 7-308-01258-1/TP·091 定价: 18.00 元

序

浙江大学是一所具有 90 多年办学历史的国家教委直属重点大学。近十年来,学校以全面提高教育和科研水平,培养合格、优质人才为中心,积极推进和深化学校各项改革,使我校的教学质量和科研水平以及办学效益进入了历史上最好的发展时期。

在这一新的发展时期,我们需要出版一批具有全国影响的高水平新教材和学术专著。我校出版社精心组织编写了《浙江大学科学技术系列》丛书,正好填补了这方面的工作。这套丛书第一批有姚庆栋教授主编的《图像编码基础》、俞瑞钊教授编著的《人工智能原理与技术》、韩祯祥教授主编的《电力系统分析》等 5 本,将陆续在近 2 年内出版发行。这套系列丛书明显体现了以下二个特点。

学术水平高。丛书的主要作者大部分是该校重点学科的学术带头人、博士生导师。他们从事高水平的科研项目,他们的著作含有独特的见解,是科研成果的结晶,代表了学校的学术水平和发展趋势。

教学效果好。这套丛书的主要作者长期从事教育工作,他们有着丰富的教学经验。这套教材既有作者个人长期不断倾注的心血,把纷繁的教材内容、教育改革的成果与自己的心得进行综合、提炼,以至升华成理论,又有师生集体日积月累洒下的汗水。

同时,这套丛书的出版,对于我国文化教育积累,科学技术的开拓,进而提高整个中华民族文化素质起着积极的作用。

本丛书不但可作为高等院校有关专业的高年级大学生、研究生的教材;也可作为研究所、工矿企业的有关科技人员的重要参考

书；对图书馆、资料室也有一定的保存价值。

编写和出版这样一套系列丛书是一项复杂的系统工程，除了需要进行大量的组织、协调、编审工作之外，还要依靠多方面的大力帮助和支持。我真诚希望关心和使用这套丛书的单位和个人，对教材提出宝贵的批评和建议，以便今后修改时参考，使之更加适应教学和工作的需要。

中共中央《关于制定国民经济和社会发展十年规划和“八·五”计划的建议》中指出：发展教育事业，提高全民族素质，是建设社会主义的根本大计。我深切希望这套系列丛书能在这些方面发挥一点作用，那将使我感到十分欣慰！

中国科学院学部委员

浙 江 大 学 校 长

路甬祥

1992年2月26日

前 言

我在浙大求是园内开设人工智能课程已经10个年头了！

开始，了解人工智能的人并不多，听课者也是一二个专业，十几个人。时隔不久，求是园内，对人工智能产生兴趣者与日俱增，在研究生中更是不乏其人，他们对人工智能及其最活跃的分支专家系统有着极为浓厚的兴趣，不仅使得听课者增至七八十人，而且已经在各自的研究领域中应用这种技术，并取得可喜的效果，这一切使我兴奋不已！

为了能满足国内广大研究生、大学生了解和学习人工智能知识的需求，几年前就萌发了写一本这方面的书的想法。由于事忙，一拖再拖，内心感到十分歉意。现在，在原讲义的基础上，在多年来我们的研究工作基础上，在史济建老师和我的研究生的通力合作下，终于完成了这本《人工智能原理与技术》一书，希望它能成为广大读者的良师益友。

人工智能内容涉及面宽，本书只能择其重点，强调基础，因此本书主要内容包括：

- 人工智能程序设计语言
- 问题求解与搜索技术
- 逻辑基础
- 知识表达及推理技术
- 专家系统
- 人工神经网络

· 专家系统构造工具 DIPS

上述内容涉及到人工智能基础的多个方面,相信也是广大读者最了解和最感兴趣的东西。

人工智能是计算机科学与技术的前沿,也是一项较新的技术。本书着眼于人工智能的基础理论和基本技术,内容全面。全书理论与技术相结合,叙述简明,并附有少量源程序,非常适合大专院校作为研究生或高年级本科生的教材,也可供有关专业技术人员自学和作为科研参考书。

参加本书编写工作的主要是我和史济建老师,还有研究生范菁、汪涛等,孙莺、邢卫、倪峰等也曾在听课过程中,整理了有关内容的讲稿。郑觉良在一些程序编写上也做了不少工作。对于我的合作者,在此表示衷心的感谢。

本书主要是为教学服务的,书中定有不少遗漏、缺点,希望能有机会加以修改和提高。

俞瑞钊

1992年10月于求是园

目 录

引 言

1 Lisp 语言基础

1.1 符号表达式与表	8
1.2 Lisp 的程序结构及其特点	10
1.3 表处理函数	14
1.4 算术与逻辑运算函数	17
1.5 赋值与求值函数	19
1.6 控制函数	20
1.7 函数定义	25
1.8 性质表及其操作函数	30
1.9 映射函数	32
1.10 递 归	35
1.11 输入与输出	37
1.12 原子的生成与分解函数	42
1.13 例 子	43

2 一阶谓词逻辑

2.1 命题及逻辑联结词	51
2.2 命题公式的永真性与等值	54
2.3 对偶原理	61

2.4	析取范式与合取范式	65
2.5	逻辑推理	69
2.6	命题演算的王浩算法	71
2.7	一阶谓词逻辑的基本概念	78
2.8	谓词公式的永真性与可满足性	84
2.9	自由变元与约束变元	86
2.10	谓词公式的等值	89
2.11	前束范式	93

3 归结原理

3.1	斯柯伦标准型	99
3.2	子句集的H全域	103
3.3	基本定理	107
3.4	D-P(Davis & Putnam)方法	110
3.5	一致化算法	113
3.6	归结方法	116
3.7	归结方法的可靠性与完备性	119
3.8	例子	122
3.9	应用	125
3.10	归结方法的Lisp实现	130

4 Prolog 语言简介

4.1	Horn子句集归结	145
4.2	Prolog语言	148
4.3	内部谓词	155
4.4	例子	159

5 问题求解

5.1 状态空间	165
5.2 问题归约	169
5.3 产生式系统	175
5.4 约束满足法	179
5.5 八数码问题的 Lisp 实现	183

6 搜 索

6.1 状态空间的盲目搜索	191
6.2 启发式搜索法	201
6.3 A* 算法的可采纳性	205
6.4 与/或树搜索	211
6.5 与/或图的一种启发式搜索算法 AO*	221
6.6 博弈树搜索	229
6.7 一字棋博弈的 Lisp 实现	237

7 知识表达与推理技术

7.1 知识的特征描述	247
7.2 框 架	248
7.3 语义网络	257
7.4 脚 本	261
7.5 产生式规则	264
7.6 评 述	271

8 专家系统

8.1 专家系统的任务与特征	275
8.2 专家系统脆弱性	280

8.3	专家系统结构	292
8.4	建立专家系统的步骤与方法	294
9	神经网络	
9.1	神经网络简介	301
9.2	简单的线性模型	311
9.3	线性阈值网络	320
9.4	反向传播网络	331
9.5	Hopfield 网络模型	335
9.6	Boltzmann 机	347
9.7	其它的神经网络模型	355
9.8	评 述	362
9.9	神经网络的应用	364
10	专家系统构造工具 DIPS	
10.1	DIPS 概述	375
10.2	DIPS 的知识表达	383
10.3	DIPS 的控制策略及推理机	404
10.4	用 DIPS 建立专家系统	409
10.5	DIPS 的解释机制	430
11	附 录	
	附录 1 DIPS 的系统函数	443
	附录 2 DIPS 的系统调用	448
12	思考题	
	思考题一	453
	思考题二	456

思考题三	457
思考题四	460
思考题五	461
思考题六	461
思考题七	463
思考题八	464
思考题九	465
参考文献	468

引 言

“人工智能”，这受到世人瞩目而又困难的学科，其正式定名和广泛研究，始于1956年。其时，在美国达特茂斯大学，召开了世界第一次人工智能学术大会，参加会议的有 McCarthy 等 10 位著名的教育家、信息学家、心理学家和计算机科学家。这批年轻有为的学者，以他们敏锐的思维和开拓性的精神，开创了“人工智能”研究的新时期。

在1956年前后的一段时间内，人工智能的研究取得了许多的成果，并进行了许多有意义的探索。如1953年开始的机器翻译；1953年 Newell 和 Simon 的逻辑理论机程序系统，利用计算机来证明数学定理；1956年 Samnel 的跳棋程序；1957年 Newell、Shaw 和 Simon 开始研究一种不依赖于具体领域的通用解题程序 (GPS)；1963年 Slagle 研制成功的符号积分程序 SAINT；1965年 Robinson 提出的归结方法。所有这些构成了人工智能研究初期的乐观的局面。

然而，事情绝非那么简单，人工智能是要用计算机模拟人的智能行为，但是智能的本质是什么？机器能达到什么样的智能水平？都是悬而未决的问题。自然而然，问题也就跟着来了，机器翻译遇到了麻烦，跳棋程序到了一定的程度水平也不再提高，通用解题程序发生了不可逾越的困难，而归结方法也难以克服“组合爆炸”，人工智能的研究走入了必然的“低谷”时期。

通过争论、思索，人们开始认识到人工智能的研究将是一个漫长的历史过程，不能盲目乐观，同时也认识到，在研究方法上必须

扭转追求万能的通用问题求解体系形式的简单模拟和转换,并认识到解决任何问题都要靠知识。

完成上述转变的标志,就是 Feigenbaum 完成的以知识为基础的专家咨询系统,他于 1968 年成功地研制了第一个专家系统 Dendral。在这个工作的影响下,一批专家系统相继问世,人们对人工智能的兴趣又重新被激发。1977 年,Feigenbaum 在第五届国际人工智能联合大会上又提出了“知识工程”,他指出:知识工程是应用人工智能的原理和方法,求解那些需要专家知识才能解决的问题,知识的获取、表达和合理地利用是设计知识库系统的重要技术问题。

此后,在相当广泛的范围内开展了人工智能的研究,其中包括专家系统、专家系统构造环境、定理机器证明、自然语言理解、计算机视觉、程序自动生成、机器学习及许多实际的应用研究,取得了明显的成绩。

虽然人工智能的研究有了进展,但是还是遇到了麻烦,各种知识库系统真正达到预期水平,付诸实用的比例不高,整个学科的基础研究也没有突破性进展。因此,争论也就时起时落,目前持悲观态度的仍大有人在,然而,毕竟开阔了一条新路,并取得了可喜的结果。因此,积极进取,继续研究的势头也有增无减。

大家将专家系统、机器翻译等方法看成是所谓物理符号系统,是基于逻辑的心理模型,是模拟人的逻辑思维的。目前,基于网络形式的联接机制的方法,也称为人工神经网络方法再一次受到人们广泛的兴趣和关注,它在一定程度上可能起到对思维的模拟。

对物理符号系统和联接机制方法存在着不同的看法和争论,这种争论是必然的,也是有意义的。随着研究的深入,必将导致取长补短,促进人工智能向前发展。

人工智能应该向计算机技术的广泛领域渗透,这样会使人工智能技术发挥更大的作用,具有更强的生命力,同时促进学科自身

的进一步成熟和发展,也将促进诸如数据库技术、决策支持系统、多媒体技术、计算机辅助教学等计算机技术的发展。

那么,到底什么是人工智能?它是一门什么样性质的学科呢?确实,迄今为止,无明确定义,我们不妨认为:人工智能的研究目标是,研究如何使用计算机产生人类智能的基本原理及其实现技术。

最后,我们引用 Feigenbaum 的一段话来结束这不长的引言,他指出:“理论是重要的,强有力的,但是,如果理论要具有更高的价值,不只是引人注目其漂亮的论点,那就必须使其产生智能的行为,在现实面前受到检验。”

《浙江大学科学技术系列》丛书

1

Lisp 语言基础

