

人工智能及其应用丛书

人工智能导论

林尧瑞 马少平 编著

清华大学出版社

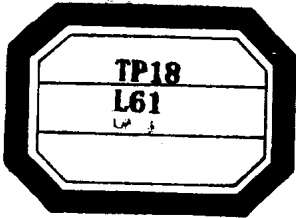
432015

人工智能导论

林尧瑞 马少平 编著



00432015



清华大学出版社

内 容 简 要

本书主要讲述人工智能问题求解方法的一般性原理和基本思想,并简要介绍人工智能语言,知识表示方法以及几个应用领域中所涉及的人工智能问题。

全书共十章,前五章是人工智能基本原理和方法的论述,后五章是人工智能技术应用中涉及的几个主要问题,这些内容都是了解人工智能技术最基本的入门知识。

本书可作为计算机专业本科生和研究生学习人工智能导论课程的教材和参考书,也可作为其他专业研究生了解人工智能技术的参考书。本书还可作为其他对人工智能技术有兴趣的科技、工程技术人员学习的入门参考书。

(京)新登字158号

人 工 智 能 导 论

林尧瑞 马少平 编著

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

北京昌平县振南排版厂排版

北京人民文学印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

☆

开本: 850×1168 1/32 印张: 11⁵/₈ 字数: 302千字

1989年5月第1版 1999年7月第9次印刷

印数: 34001~38000

ISBN 7-302-00108-0/TP·135

定价: 12.80元

人工智能及其应用丛书编委会

主任：常 迥

副主任：张 钹

委员：（按姓氏笔划）

边肇祺 朱雪龙 吴中权 李衍达

李幼哲 林尧瑞 周远清 徐光祜

人工智能及其应用丛书书目

1. 人工智能导论
2. 人工智能原理
3. 人工智能基础
4. 专家系统原理与实践
5. 知识工程——知识库系统
6. 人工智能程序设计
7. 智能机器人
8. 计算机视觉及其应用
9. 计算机语音处理与识别
10. 智能控制系统
11. 图形的识别与理解
12. 自然语言理解

出版说明

人工智能自 1956 年问世以来的三十年间已经取得了一些进展，并正在引起越来越多人的重视。它的基础研究难度大，如知识表示、推理方法、机器学习等问题虽取得了一些成果，但还远未形成完整的理论和体系。在应用研究方面，近十多年来成绩显著，像大家熟知的专家系统，已广泛应用于各种性质不同的领域，从工业、农业到医学，从商业、教育到军事，都取得了不少实际成效，有的还形成商品投入市场。这些进展正吸引着各类专家加入人工智能的研究队伍，他们之中有计算机学家、心理学家、语言学家、数学家、哲学家和各部门的工程技术人员。近几年来还有为数不少的企业家也加入这支庞大的队伍。世界各地已成立了几十、上百个销售人工智能产品的企业和商号，组成了一支号称“人工智能商业”的队伍。这股研究和开发人工智能技术的热潮目前也正在我国兴起。

人工智能为什么具有这么大的吸引力？与其说由于它的已有成就，不如说是由于它的潜在能力。专家们已经看到，人工智能将使计算机能够解决那些至今人们还不知道如何解决的问题，从而大大地扩充其用途。它将带来计算机硬件和软件的革命。人工智能正向各个领域渗透，带来这些领域的更新换代。智能计算机管理，智能计算机辅助设计，智能机器人等新的研究领域，由于人工智能的发展而不断出现。人工智能的发展还有助于我们进一步理解人类智能的机制。这一切都将促进和加快社会经济的发展，因此受到各国的普遍重视。

为了满足广大读者的需要，我们组织编写了《人工智能及其应用》这部丛书并准备通过这部丛书向大家介绍人工智能的基本原理及其主要应用技术。包括人工智能原理与基础，知识工程与

专家系统，计算机视觉，计算机语言学，计算机语音处理与识别，智能机器人学以及智能控制等内容。全书将分十多册在两、三年内陆续出版。

清华大学自 1979 年就开始人工智能的教学和科研工作。十年来，共开设了十多门与人工智能有关的本科生与研究生的课程，进行了几十项人工智能的科研项目。这部丛书的内容基本上来自上述工作，丛书的作者都是上述教学、科研工作的参加者。多数书是集体合作写成的，仅署名的作者就有几十位。有的内容取自本科生或研究生的论文，实验研究的成果，所以确切地说，这部丛书是集体劳动的成果。

由于人工智能是一门正在发展中的学科，尚未形成自己的完整体系，所以收集在这部丛书里的内容，不可能全是系统和成熟的，这些将留给读者自己去判断。

这部丛书可作为计算机、自动化、无线电等有关专业的本科生或研究生的教材，也可作为一般工程技术人员和科学工作者的参考书。

欢迎广大读者对本书提出批评与改进意见。

前 言

人工智能是近 30 年来发展起来的一门综合性学科，从目前发展的趋势来看，它不仅具有实用价值，而且愈来愈引起其它学科专业人员的兴趣和重视。编写本书目的之一是通过介绍人工智能基本思想和方法，为计算机科学与技术人员以及其他学科领域中对人工智能感兴趣的科技工作者提供最基本的人工智能技术和有关问题的入门知识。

本书前五章主要讲述人工智能问题求解的基本方法，重点是阐明这些方法的一般性原理和主要思想，没有涉及人工智能具体的应用课题。后五章简要介绍人工智能语言、知识表示方法以及几个应用领域中涉及到的人工智能问题。这些内容都是学习人工智能技术最基本的知识，因此本书较适合于作为计算机专业的本科生学习人工智能导论课程的教材。此外，本书也可作为其它对人工智能技术有兴趣的科技工作者学习人工智能的入门参考书。

本书的内容可在一个学期内讲授完，每章的末尾都附有与讲课程内容紧密结合的习题，供学生在学习过程中深入消化基本概念时练习，有些题目也可作为课堂讨论的内容。

本书在写作过程中得到教研组许多同志的帮助和鼓励，在此表示感谢。对书中的缺点和错误欢迎读者批评指正。

清华大学计算机系

林尧瑞 马少平

1987.12

目 录

绪论	1
0.1 人工智能的研究目标	1
0.2 人工智能发展简史	3
0.3 人工智能研究的课题	7
第一章 产生式系统	14
1.1 产生式系统的组成部分	14
1.2 产生式系统的基本过程	23
1.3 产生式系统的控制策略	23
1.4 问题的表示	32
1.5 产生式系统的类型	35
1.6 小结	47
习题	48
第二章 产生式系统的搜索策略	50
2.1 回溯策略 (Backtracking Strategies)	51
2.2 图搜索策略	57
2.3 无信息图搜索过程	60
2.4 启发式图搜索过程	61
2.5 搜索算法讨论	39
2.6 小结	97
习题	98
第三章 可分解产生式系统的搜索策略	101
3.1 与或图的搜索	101
3.2 与或图的启发式搜索算法AO*	105
3.3 博弈树的搜索	110
3.4 小结	123

习题	124
第四章 人工智能中的谓词演算及应用	126
4.1 一阶谓词演算的基本体系	126
4.2 归结(消解Resolution)	129
4.3 归结反演系统(Refutation)	138
4.4 基于归结法的问答系统	144
4.5 基于归结的自动程序综合	153
4.6 基于归结的问题求解方法	157
4.7 基于规则的正向演绎系统	162
4.8 基于规则的逆向演绎系统	172
4.9 基于规则的演绎系统的几个问题	180
4.10 小结	181
习题	182
第五章 人工智能系统规划方法	187
5.1 规划(Planning)	187
5.2 机器人问题求解	189
5.3 规划的表示问题	195
5.4 使用目标堆栈的简单规划方法	198
5.5 用目标集的非线性规划方法	208
5.6 分层规划方法	214
5.7 小结	223
习题	224
第六章 人工智能语言	227
6.1 LISP	228
6.2 PLANNER	255
6.3 PROLOG	258
6.4 专家系统工具	263
6.5 小结	269

习题	270
第七章 知识表示	271
7.1 单元表示	272
7.2 语义网络	279
7.3 概念从属	283
7.4 框架	290
7.5 脚本	295
7.6 过程表示	299
7.7 小结	303
习题	303
第八章 自然语言理解	305
8.1 引言	305
8.2 简单句理解	311
8.3 复合句理解	316
8.4 语言生成	320
8.5 机器翻译	321
8.6 小结	322
习题	323
第九章 感知	325
9.1 感知问题概述	325
9.2 求解感知问题所使用的技术	327
9.3 约束满足法	329
9.4 小结	339
习题	339
第十章 学习	340
10.1 概述	340
10.2 机器学习的分类	342
10.3 机械(或死记)学习(Rote Learning)	345

10.4 指点或教授学习 (Learning by being told) 347

10.5 类比学习 (Learning by Analogy) 348

10.6 概念学习 (Concept Learning) 352

10.7 发现学习 (Discovery as Learning) 357

10.8 小结 358

习题 358

参考文献 360

绪 论

人工智能 (Artificial Intelligence) 是计算机科学、控制论、信息论、神经生理学、心理学、语言学等多种学科互相渗透而发展起来的一门综合性新学科, 其诞生可追溯到 50 年代中。1956 年夏季, 在美国 Dartmouth 大学, 由年青数学助教 J. McCarthy (现斯坦福大学教授) 和他的三位朋友 M. Minsky (哈佛大学年青数学和神经学家, 现 MIT 教授)、N. Lochester (IBM 公司信息研究中心负责人) 和 C. Shannon (贝尔实验室信息部数学研究员) 共同发起, 邀请 IBM 公司的 T. More 和 A. Samuel、MIT 的 O. Selfridge 和 R. Solomonoff 以及 RAND 公司和 Carnegie 工科大学的 A. Newell 和 H. A. Simon (现均为 CMU 教授) 等人参加夏季学术讨论班, 历时两个月。这十位学者都是在数学、神经生理学、心理学、信息论和计算机科学等领域中从事教学和研究工作的学者, 在会上他们第一次正式使用了人工智能 (AI) 这一术语, 从而开创了人工智能的研究方向。

0.1 人工智能的研究目标

到目前为止, 人工智能的发展已走过了 31 年的历程, 虽然什么是人工智能, 学术界有各种各样的说法和定义, 但就其本质而言, 人工智能是研究如何制造出人造的智能机器或智能系统, 来模拟人类智能活动的的能力, 以延伸人们智能的科学。至于人类智能活动的的能力是什么含义, 人们也是有共同认识的。一般地说是人类在认识世界和改造世界的活动中, 由脑力劳动表现出来的

能力，更具体一些可概括为：

(1) 通过视觉、听觉、触觉等感官活动，接受并理解文字、图象、声音、语言等各种外界的“自然信息”，这就是认识和理解世界环境的能力。

(2) 通过人脑的生理与心理活动以及有关的信息处理过程，将感性知识抽象为理性知识，并能对事物运动的规律进行分析、判断和推理，这就是提出概念、建立方法，进行演绎和归纳推理、作出决策的能力。

(3) 通过教育、训练和学习过程，日益丰富自身的知识和技能，这就是学习的能力。

(4) 对变化多端的外界环境条件，如干扰、刺激等作用能灵活地作出反应，这就是自我适应的能力。

总之，人类智能是涉及信息描述和信息处理的复杂过程，因而实现人工智能是一项艰巨的任务。尽管如此，这门学科还是引起了许多科学和技术工作者的浓厚兴趣，特别是在计算机科学和技术飞速发展和计算机应用日益普及的情况下，许多学者认为实现人工智能的手段已经具备，人工智能开始走向实践阶段。

目前研究人工智能主要有两条途径。一条是心理学家、生理学家们认为大脑是智能活动的物质基础，要揭示人类智能的奥秘，就必须弄清大脑的结构，也就是要从大脑的神经元模型着手研究，搞清大脑信息处理过程的机理，这样人工智能的实现就可迎刃而解。显然由于人脑有上百亿神经元，而且现阶段要进行人脑的物理模拟实验还很困难，因而完成这个任务极其艰巨。但可以看出这一学派是企图创立“信息处理的智能理论”作为实现人工智能的长远研究目标的，这个观点是值得重视的。另一条是计算机科学家们提出的从模拟人脑功能的角度来实现人工智能，也就是通过计算机程序的运行，从效果上达到和人们智能行为活动过程相类似作为研究目标，因而这派学者只是局限于解决“建造智

能机器或系统为工程目标的有关原理和技术”作为实现人工智能的近期目标，这个观点比较实际，目前引起较多人的注意。

总之不论从什么角度来研究人工智能，都是通过计算机来实现，因此可以说人工智能的中心目标是要搞清楚实现人工智能的有关原理，使计算机有智慧、更聪明、更有用。

0.2 人工智能发展简史

1. 萌芽期（1956年以前）

自古以来，人类就力图根据自己的认识水平和当时的技术条件，企图用机器来代替人的部分脑力劳动，以提高征服自然的能力。公元850年，古希腊就有制造机器人帮助人们劳动的神话传说。在我国公元前900多年，也有歌舞机器人传说的记载，这说明古代人就有人工智能的幻想。

随着历史的发展，到十二世纪末至十三世纪初年间，西班牙的神学家和逻辑学家 Romen Luee 试图制造能解决各种问题的通用逻辑机。十七世纪法国物理学家和数学家 B.Pascal 制成了世界第一台会演算的机械加法器并获得实际应用。随后德国数学家和哲学家 G.W.Leibniz 在这台加法器的基础上发展并制成了进行全部四则运算的计算器。他还提出了逻辑机的设计思想，即通过符号体系，对对象的特征进行推理，这种“万能符号”和“推理计算”的思想是现代化“思考”机器的萌芽，因而他曾被后人誉为数理逻辑的第一个奠基人。十九世纪英国数学和力学家 C.Babbage 致力于差分机和分析机的研究，虽因条件限制未能完全实现，但其设计思想不愧为当年人工智能的最高成就。

进入本世纪后，人工智能相继出现若干开创性的工作。1936年，年仅24岁的英国数学家 A.M.Turing 在他的一篇“理想计算

机”的论文中，就提出了著名的图林机模型，1945年他进一步论述了电子数字计算机的设计思想，1950年他又在“计算机能思维吗？”一文中提出了机器能够思维的论述，可以说这些都是图林为人工智能所作的杰出贡献。1938年德国青年工程师 Zuse 研制成了第一台累计数字计算机 Z-1，后来又进行了改进，到1945年他又发明了 Plankalkel 程序语言。此外，1946年美国科学家 J.W.Mauchly 等人制成了世界上第一台电子数字计算机 ENIAC。还有同一时代美国数学家 N.Wiener 控制论的创立，美国数学家 C.E.Shannon 信息论的创立，英国生物学家 W.R.Ashby 所设计的脑等，这一切都为人工智能学科的诞生作了理论和实验工具的巨大贡献。

2. 形成时期 (1956—1961年)

1956年历史性的聚会被认为是人工智能学科正式诞生的标志，从此在美国开始形成了以人工智能为研究目标的几个研究组；如 Newell 和 Simon 的 Carnegie-RAND 协作组；Samuel 和 Gelernter 的 IBM 公司工程课题研究组；Minsky 和 McCarthy 的 MIT 研究组等，这一时期人工智能的主要研究工作有下述几个方面。

1957年 A.Newell、J.Shaw 和 H.Simon 等人的心理学小组编制出一个称为逻辑理论机 LT (The Logic Theory Machine) 的数学定理证明程序，当时该程序证明了 B.A.W.Russell 和 A.N.Whitehead 的“数学原理”一书第二章中的 38 个定理 (1963 年修订的程序在大机器上终于证完了该章中全部 52 个定理)。后来他们又揭示了人在解题时的思维过程大致可归结为三个阶段：

- (1) 先想出大致的解题计划；
- (2) 根据记忆中的公理、定理和推理规则组织解题过程；

(3) 进行方法和目的分析，修正解题计划。

这种思维活动不仅解数学题时如此。解决其他问题时也大致如此。基于这一思想，他们于1960年又编制了能解十种类型不同课题的通用问题求解程序 GPS(General Problem Solving)。另外他们还发明了编程的表处理技术和 NSS 国际象棋机。和这些工作有联系的 Newell 关于自适应象棋机的论文和 Simon 关于问题求解和决策过程中合理选择和环境影响的行为理论的论文，也是当时信息处理研究方面的巨大成就。后来他们的学生还做了许多工作，如人的口语学习和记忆的 EPAM 模型 (1959年)、早期自然语言理解程序 SAD-SAM 等。此外他们还对启发式求解方法进行了探讨。

1956年 Samuel 研究的具有自学习、自组织、自适应能力的西洋跳棋程序是 IBM 小组有影响的工作，这个程序可以像一个优秀棋手那样，向前看几步来下棋。它还能学习棋谱，在分析大约 175000 幅不同棋局后，可猜测出书上所有推荐的走步。准确度达 48%，这是机器模拟人类学习过程卓有成就的探索。1959年这个程序曾战胜设计者本人，1962年还击败了美国一个州的跳棋大师。

在 MIT 小组，1959年 McCarthy 发明的表(符号)处理语言 LISP，成为人工智能程序设计的主要语言，至今仍被广泛采用。1958年 McCarthy 建立的行动计划咨询系统以及 1960年 Minsky 的论文“走向人工智能的步骤”，对人工智能的发展都起了积极的作用。

此外，1956年 N.Chomsky 的文法体系，1958年 Selfridge 等人的模式识别系统程序等，都对人工智能的研究产生有益的影响。这些早期成果，充分表明人工智能作为一门新兴学科正在茁壮成长。