



广义人工智能

GENERALIZED ARTIFICIAL INTELLIGENCE

涂序彦 马忠贵 郭燕慧 著

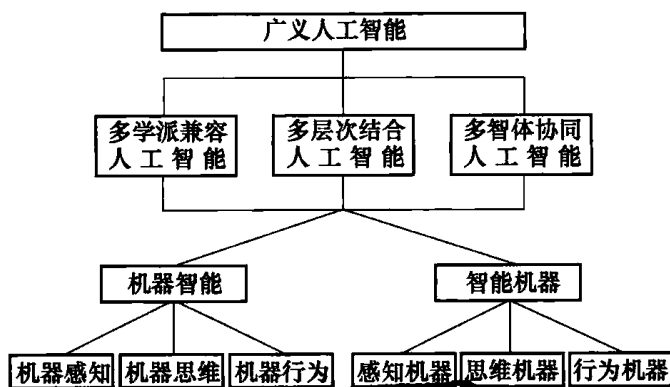


国防工业出版社

National Defense Industry Press

广义人工智能

涂序彦 马忠贵 郭燕慧 著



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

人工智能经过 50 多年的研究开发,已经从传统的、学派分立、层次分离的“狭义人工智能”,发展成为现代的、多学派兼容、多层次结合、多智体协同的“广义人工智能”。

现代“广义人工智能”学科体系包括:“机器智能、智能机器”2 个方面,“高层思维智能、中层感知智能、基层行为智能”3 个层次,以及多个“人工智能”学科分支。为此,本书围绕 3 个层次和 2 个方面,论述“机器思维与思维机器”、“机器感知与感知机器”及“机器行为与行为机器”。

本书可供从事智能科学与技术、信息科学、控制科学与工程等领域研究的科技工作者及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

广义人工智能/涂序彦,马忠贵,郭燕慧著. —北京:
国防工业出版社,2012. 8
ISBN 978-7-118-08176-3

I. ①广... II. ①涂... ②马... ③郭... III. ①人
工智能—基本知识 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 185531 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 17¼ 字数 299 千字

2012 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 49.80 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

序一

我国著名的人工智能学者、中国人工智能学会荣誉理事长、指导委员会主席涂序彦教授是中国人工智能学会的主要创建者之一,曾任中国人工智能学会第一届副理事长,第二届、第三届理事长,第四届、第五届理事会指导委员会主席。

2001年,在中国人工智能学会第9届全国人工智能学术年会的主题报告中,理事长涂序彦教授提出了“多学派兼容、多层次结合、多智体协同”的“广义人工智能”学科体系,这是中国人工智能学术界从跟踪学习走向自主创新的重要标志。

2005年,在中国人工智能学会第11届全国人工智能学术年会的报告中,指导委员会主席涂序彦教授又提出了“广义智能学”学科体系,研究机器智能与人的智能的共性规律,给出人机结合的集成智能、个体智能协调涌现的群体协同智能,为我国智能科学技术的创新发展,提供了宽广坚实的理论基础。

现在,他基于多年研究、开发、教学工作,根据“广义人工智能”学科体系,撰写了《广义人工智能》专著,这是一部内容丰硕、富有哲理、行文流畅、图文并茂的好书。

《广义人工智能》专著的出版,将有助于现代“广义人工智能”的传播与普及,为我国智能科学技术的发展、脑力劳动机械化做出重要贡献。

中国科学院院士、中国人工智能学会指导委员会名誉主席

吴文俊

2012年4月

序二

由于智能问题的高度复杂性,人们按照“分而治之”的方法论分别从智能系统的结构、功能、行为三个侧面进行模拟和扩展,先后形成了基于人工神经网络的结构模拟、基于物理符号系统的功能模拟、基于感知动作的行为模拟学派。虽然各自都取得了许多喜人的进展,但是,相互之间却少有沟通、互不认可。学派分立既是人工智能研究繁荣兴旺的表现,也是妨碍人工智能科学研究进一步发展的障碍。

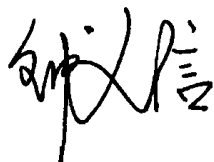
涂序彦教授既是我国第一个人工智能中医专家系统——中医肝炎诊疗专家系统的主要研制者之一,又是中国人工智能学会的主要创建者之一。他是中国人工智能学会第一届副理事长,第二届、第三届理事长,第四届、第五届理事会指导委员会主席。

2001年12月,中国人工智能学会理事长涂序彦在第9届全国人工智能学术年会的主题报告中,明确提出了“多学派兼容、多层次结合、多智体协同”的“广义人工智能”学科体系。他在多年研究开发教学工作基础上,师生合作撰写了《广义人工智能》专著,这是一部富有科学研究方法论色彩的学术著作与专业教材。它既来自广义人工智能研发与教学,又基于广义人工智能体系的探讨和论述,当今时代的人工智能研究非常需要这种方法论的思考。

宇宙的起源、生命的本质、智能的奥秘是现代科学三个意义重大而充满挑战的科学领域。智能科学技术的研究特别需要科学方法论的指导。

作为人工智能研究的同道,我愿推荐《广义人工智能》,以期引起更多的研究者关心人工智能学术研究中的方法论问题,更好地推动人工智能和智能科学技术健康发展,为我国和世界的智能化做出积极的贡献。

中国人工智能学会前理事长

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely '钟义信' (Zhong Yi-xin).

2012 年春 北京

前言

《广义人工智能》是关于现代人工智能的基础理论著作,是我多年从事人工智能科研、教学工作的总结。

2001年,中国人工智能学会第9届全国人工智能学术年会在北京隆重举行。在大会主题报告“广义人工智能”中,我提出了现代“广义人工智能”学科的新体系。

本书根据现代“广义人工智能”的学科体系,系统地总结十年来的科研、教学工作,借鉴国内外人工智能的新资料、新成果,面向高等院校的科学发展、人才培养的需求,兼顾基础理论和应用技术。

现代“广义人工智能”学科体系包括:“机器智能、智能机器”2个方面,“高层思维智能、中层感知智能、基层行为智能”3个层次,以及多个“人工智能”学科分支。

1. 机器智能

研究如何更聪明、更灵巧地使用计算机、控制器,提高机器思维、机器感知、机器行为的智能水平。例如,用计算机给病人治病。这就需要学习人工智能的理论、方法和技术,设计和编写更聪明的计算机程序,可以模拟高明的医生,给病人进行疾病诊断和药物处方,这种聪明的计算机应用程序叫做“专家系统”(Expert System),是“人工智能”学科中的一个重要的分支。中国科学院自动化研究所与北京市中医医院合作,研究开发了我国第一个中医肝炎诊疗专家系统,也是世界第一个中医专家系统。

应用广义人工智能的理论、方法和技术还可以设计和编写其他各种聪明的计算机软件,如:智能控制系统、智能管理系统、智能通信系统、产品设计专家系统、故障诊断专家系统、智能辅助教学软件、农业知识工程软件、气象预报专家系统等。

2. 智能机器

研究如何设计、制造更聪明的计算机、控制器,更灵巧的思维机器、感知机器、行为机器。虽然计算机被称为“电脑”,但是,现在常用

的“电脑”和“人脑”相比较,还有很大的差距,还不够聪明。因此,如何设计和制造更聪明的计算机?是人工智能学科要研究的重要问题。现有的电脑需要人来编写程序,才能做相应的工作,也就是说,需要软件设计和编程人员通过程序指令告诉电脑“做什么?”以及“如何做?”。否则,它什么也不会做。

广义人工智能研究具有“自动程序设计”、“知识推理”和“问题求解”能力的新一代“智能电脑”,人们只要告诉智能电脑“做什么?”,智能电脑自己就知道“如何做?”,比现有的电脑更聪明,特别是拟人智能的多中枢自协调的“拟人脑”。广义人工智能不仅研究开发智能电脑,还研究开发其他许多智能机器,如:智能控制器、智能检测仪表、智能通信设备、智能执行机构、智能机器人、智能家电、智能汽车、智能交通、智能武器、智能建筑等。

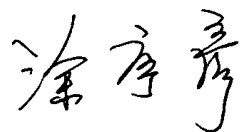
展望未来,广义人工智能与高等人工智能相结合,广义智能与高等智能相结合,将促进“智能科学技术”的新发展。

本书承蒙中国科学院院士、中国人工智能学会指导委员会名誉主席吴文俊先生作序,中国人工智能学会前理事长、北京邮电大学钟义信教授作序,特此致谢!

在本书撰写过程中,北京科技大学副教授马忠贵博士、北京邮电大学副教授郭燕慧博士协助整理、编辑书稿,特此致谢!

在“广义人工智能”的研究、开发、教学、应用工作过程中,曾得到亲人、朋友、同事、学生们的关心和支持,特此致谢!

在本书的撰写和出版过程中,曾得到中国人工智能学会、北京科技大学、国防工业出版社的支持和帮助,特此致谢!



2012年4月

目录

第1章 绪论	1
1.1 人工智能的历史回顾	1
1.1.1 人工智能的历史背景	1
1.1.2 启发程序→专家系统	2
1.1.3 人工神经细胞→人工神经网络	4
1.1.4 控制论动物→智能机器人	5
1.2 人工智能的学派分歧	6
1.2.1 “功能模拟”学派	7
1.2.2 “结构模拟”学派	7
1.2.3 “行为模拟”学派	7
1.3 广义人工智能的提出	8
1.3.1 广义人工智能的概念	8
1.3.2 广义人工智能的学科体系	9
1.3.3 广义人工智能的理论基础	10
1.3.4 广义人工智能的科学方法	11
1.4 中国人工智能的进展	12
1.4.1 迎接中国人工智能大发展	12
1.4.2 庆祝人工智能诞生 50 周年	13

第一篇 机器思维与思维机器

第2章 机器推理与机器证明	19
2.1 机器推理	19
2.2 谓词逻辑	20
2.3 子句集及其简化	20
2.3.1 子句和子句集	20
2.3.2 子句集的简化	20
2.4 鲁宾逊归结原理	23
2.4.1 命题逻辑的归结	23

2.4.2	谓词逻辑的归结	26
第3章	机器搜索与机器博弈	30
3.1	搜索与博弈概述	30
3.2	状态空间搜索	31
3.3	状态空间的盲目搜索	34
3.3.1	广度优先搜索	34
3.3.2	深度优先搜索	35
3.3.3	代价树搜索	38
3.4	状态空间的启发式搜索	40
3.4.1	启发信息与估价函数	41
3.4.2	最佳优先搜索	42
3.4.3	A*算法	45
3.5	基于问题归约的与/或树搜索	46
3.5.1	问题归约法	47
3.5.2	与/或树的盲目搜索	50
3.5.3	与/或树的启发式搜索	53
3.6	机器博弈	56
3.6.1	极大极小原则	56
3.6.2	$\alpha-\beta$ 剪枝	58
第4章	专家系统与知识工程	60
4.1	专家系统与知识工程概述	60
4.2	专家系统的概念与结构	61
4.3	专家系统的设计和开发	63
4.3.1	专家系统的可行性分析	63
4.3.2	专家系统的设计原则与开发步骤	64
4.3.3	专家系统的评价	67
4.3.4	专家系统的开发工具与环境	68
4.4	中国第一个专家系统	70
4.4.1	中医肝炎诊疗专家系统的研发背景	70
4.4.2	中医肝炎诊疗专家系统的总体方案	71
4.4.3	中医肝炎诊疗专家系统的关键技术	73
4.4.4	中医肝炎诊疗专家系统的测试鉴定	74
4.4.5	中医肝炎诊疗专家系统的应用推广	74

4.4.6	中医肝炎诊疗专家系统的经验启示·····	75
4.5	知识工程·····	75
4.5.1	知识获取·····	75
4.5.2	知识表示·····	76
4.5.3	知识利用·····	79
4.6	数据挖掘与知识发现·····	81
4.6.1	知识发现的功能·····	81
4.6.2	知识发现的步骤·····	83
4.6.3	知识发现的方法·····	84
第5章	进化计算与机器学习·····	85
5.1	概述·····	85
5.2	进化计算·····	85
5.2.1	进化计算的生物学基础·····	86
5.2.2	进化计算的基本结构·····	87
5.2.3	进化计算的主要特征·····	87
5.3	遗传算法·····	88
5.3.1	遗传算法的概念·····	89
5.3.2	遗传算法的结构·····	89
5.3.3	遗传编码·····	90
5.3.4	适应度函数·····	92
5.3.5	遗传算法的基本遗传操作·····	93
5.4	进化策略与进化编程·····	101
5.4.1	进化策略·····	101
5.4.2	进化编程·····	102
5.5	机器学习·····	103
5.5.1	机器学习的概念·····	103
5.5.2	机器学习的策略·····	104
第6章	脑模型与拟人脑·····	113
6.1	脑模型概述·····	113
6.2	生物神经元·····	113
6.3	人工神经元·····	114
6.3.1	人工神经元的“M—P 模型”·····	114

- 6.3.2 常用人工神经元的模型 115
- 6.4 人工神经网络..... 117
 - 6.4.1 人工神经网络的互联结构 117
 - 6.4.2 人工神经网络的学习规则 119
 - 6.4.3 误差反向传播 BP 网络 122
 - 6.4.4 全互连 Hopfield 网络 125
- 6.5 拟人脑模型..... 129
 - 6.5.1 意志中枢简化模型研究 130
 - 6.5.2 感觉中枢简化模型研究 130
 - 6.5.3 行为中枢简化模型研究 130
- 6.6 多中枢自协调拟人脑模型协调机制..... 131
 - 6.6.1 大脑的全局协调机制 131
 - 6.6.2 丘脑的感觉协调机制 131
 - 6.6.3 小脑的行为协调机制 131

第二篇 机器感知与感知机器

- 第 7 章 模式识别与机器视觉..... 135
 - 7.1 统计模式识别..... 137
 - 7.1.1 模板匹配分类法 137
 - 7.1.2 最小距离分类法 138
 - 7.1.3 相似系数分类法 139
 - 7.1.4 几何分类法 139
 - 7.1.5 Bayes 分类法..... 140
 - 7.1.6 聚类分析法 141
 - 7.2 结构模式识别..... 142
 - 7.2.1 基元抽取与模式文法 143
 - 7.2.2 模式识别与分析 145
 - 7.3 机器视觉..... 145
 - 7.3.1 机器视觉的发展历史 145
 - 7.3.2 机器视觉基本原理 147
 - 7.4 语音识别..... 150
 - 7.4.1 语音识别的发展历史 150

7.4.2	语音识别的基本原理	151
第8章	语言理解与语言生成	152
8.1	语言理解	152
8.1.1	语言的体系结构	152
8.1.2	语言的分析过程	153
8.2	词法分析	153
8.2.1	词法分析的任务	153
8.2.2	词法分析的效用	154
8.3	句法分析	154
8.3.1	短语结构语法	155
8.3.2	乔姆斯基语法体系	156
8.3.3	句法分析的策略	157
8.4	语义分析	160
8.4.1	语义语法	160
8.4.2	格语法	161
8.5	自然语言生成	162
8.5.1	内容规划器	163
8.5.2	微观规划	166
8.5.3	表层生成	166
第9章	智能检测与智能仪表	167
9.1	检测仪表概述	167
9.2	智能检测	167
9.3	智能仪表	169
9.3.1	智能传感器	169
9.3.2	智能仪器	172
9.3.3	虚拟仪器	173
9.4	通用智能检测系统	175

第三篇 机器行为与行为机器

第10章	智能控制与智能管理	180
10.1	控制理论概述	180
10.1.1	控制理论的“三代”进展	180

10.1.2	第四代控制理论的预测	181
10.2	智能控制	181
10.2.1	智能控制系统的类型	181
10.2.2	智能控制系统的方法	182
10.3	自适应控制	183
10.3.1	自适应模型	183
10.3.2	自适应控制系统	186
10.4	自学习控制	187
10.4.1	自学习模型	187
10.4.2	自学习控制系统	190
10.5	智能管理	192
10.5.1	智能管理系统的特点	193
10.5.2	智能管理系统的设计思想	194
10.5.3	智能管理系统的关键技术	197
10.5.4	智能管理系统的开发策略	200
第 11 章	智能机器人与广义人工生命	202
11.1	机器人概述	202
11.2	智能机器人的基本结构	203
11.2.1	智能机器人的硬件系统	203
11.2.2	智能机器人的软件系统	204
11.3	智能机器人的感知	206
11.3.1	智能机器人的传感器	206
11.3.2	多传感器信息融合	208
11.3.3	智能机器人的规划	209
11.3.4	机器人规划系统	209
11.3.5	智能机器人任务规划	210
11.3.6	非层次规划	211
11.3.7	层次规划	212
11.4	人工生命	213
11.4.1	狭义人工生命的基本概念	213
11.4.2	广义人工生命的基本概念	214
11.5	广义人工生命	215

11.5.1	广义人工生命的概念模型	215
11.5.2	广义人工生命的主要类型	216
11.5.3	广义人工生命的理论基础	217
11.5.4	广义人工生命的研究方法	218
11.5.5	广义人工生命的实现技术	218
11.5.6	广义人工生命的应用价值	219
第 12 章	网络智能与智能网络	221
12.1	智能网	221
12.2	网络管理与控制	222
12.3	网络信息检索	223
12.4	Web 数据挖掘	227
12.5	语义 Web	231
12.5.1	语义 Web 体系结构	231
12.5.2	语义 Web 的关键技术	233
12.6	网络演化	236
第 13 章	展望	238
13.1	广义智能	238
13.1.1	广义人工智能	238
13.1.2	广义智能学	240
13.2	高等智能	242
13.2.1	高等人工智能	242
13.2.2	高等智能	243
13.3	智能科学技术	245
13.3.1	智能科学技术的学科产生	245
13.3.2	智能科学技术的学科架构	245
	广义人工智能哲理·诗三首	247
	参考文献	248
	后记	256
	致谢	259

第1章

绪 论

“人工智能”即“人造智能”、“机器智能”、非“自然智能”。“人造智能”，如计算机智能、机器人智能；非“自然智能”，如人的智能、其他动物智能。研究和制造具有“拟人智能”的机器，是人们长期以来的愿望，国内外有不少关于“智能机器”的发明创造，为“人工智能”学科的诞生，提供了科学技术条件与学术思想借鉴。

1.1 人工智能的历史回顾

1.1.1 人工智能的历史背景

关于人工智能的历史背景可追溯到遥远的过去，因为研究和制造具有“拟人智能”的机器，是人们长期以来的愿望。

我国古代历史上有许多发明创造，例如：八卦——古典的二进制编码逻辑推理预测器，算盘——古典的十进制机械式手动计算器，指南车——差动齿轮补偿原理机械式自动定向车；候风地动仪——地震方位自动检测与微震敏感报警器；水运仪象台——水力驱动的天文观测与星象分析设备等。此外，还有：能击鼓报时的“机关人”，会跳舞的“人形舞姬”，能捕鼠的木制“钟馗”，会化缘的“木僧人”等。这些具有某种拟人智能的古典机器，可视为人工智能在中国的历史渊源。

在国外，人们也很早就幻想利用“机器奴仆”去模仿或代替人，从事服务和劳动。如：“机器人”（Robot）一词来源于斯洛伐克语“Robota”，就是古典戏剧中一个“机器奴仆”的名字。在历史上对人工智能学科的产生有影响的重要事件如下。

英国科学家图灵于1936年提出“理论计算机”模型，称为“图灵机”（Turing Machine），创立了“自动机理论”。1950年，图灵发表了著名论文《计算机能思维吗？》，明确地提出了“机器能思维”的观点，并且设计了检验机器有没有智能的智力测验，即“图灵测验”（Turing Testing），为人工智能的研究提供了理论依据

和检验方法,开辟了用计算机从功能上模拟人的智能的道路。1943年,美国科学家麦卡洛克(W. S. McCulloch)、匹茨(W. H. Pitts)研制出世界上第一个人工神经细胞模型,称为“MP模型”。开创了人工神经网络(Artificial Neural Network)与脑模型(Brain Model)的研究,从仿生学观点,以结构模拟方法,探讨人工智能的途径。1948年,美国科学家维纳等创立了“控制论”(Cybernetics),研究动物与机器中的控制和通信的共同规律,如:反馈控制(Feedback Control)原理,信息传输、变换、加工过程等。在生物科学与工程技术之间架起了学术桥梁,开拓了从行为模拟观点研究人工智能的园地。

1956年夏季,在美国达特摩斯(Dartmouth)大学,由麦卡锡(J. McCarthy)、明斯基(M. L. Minsky)、香农(C. E. Shannon)等发起,由西蒙(H. A. Simon)、塞缪尔(A. L. Samuel)、纽厄尔(A. Newell)等参加,举行了关于“如何用机器模拟人的智能”的学术研讨会,第一次正式采用“人工智能”(Artificial Intelligence)的术语。这次具有历史意义的、为期两个月之久的学术会议,标志着人工智能新学科的诞生。

1969年,国际人工智能联合会(International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI)成立。1970年,IJCAI主办的会刊 *Artificial Intelligence* 创刊。1981年,中国人工智能学会(Chinese Association of Artificial Intelligence)成立,简称 CAAI。

1.1.2 启发程序→专家系统

人工智能学科发展过程的重要学派之一是:从“启发程序”到“专家系统”。

1. 启发程序

“启发程序”(Heuristic Program)是模拟人的思维方法与规律的计算机程序,用于模拟和探索人在问题求解过程中的思维方法与智能活动规律,以提高计算机应用的人工智能水平,模拟、延伸或扩展进行问题求解的人的智能(Human Intelligence)。

第一个著名的启发程序是“逻辑理论机”(Logic Theory Machine),简称为LT。由纽厄尔、西蒙、肖(J. C. Shaw)合作,于1956年研制成功。利用启发程序LT,证明了怀特与罗素的名著《数学原理》第二章中的数学定理(共38条),开创了用计算机模拟人的高级智能活动,实现复杂脑力劳动自动化的先例,被认为是人工智能的真正开端。启发程序的另一项重要成就是由塞缪尔研制成功的、具有自学习能力的“跳棋程序”,开拓和推动了人工智能领域中“机器博弈”(Machine Game)、“机器学习”(Machine Learning)方面的研究工作。启发程序的进一步发展的代表作是“通用问题求解器”(General Problem Solver, GPS),是由纽厄尔、西蒙、