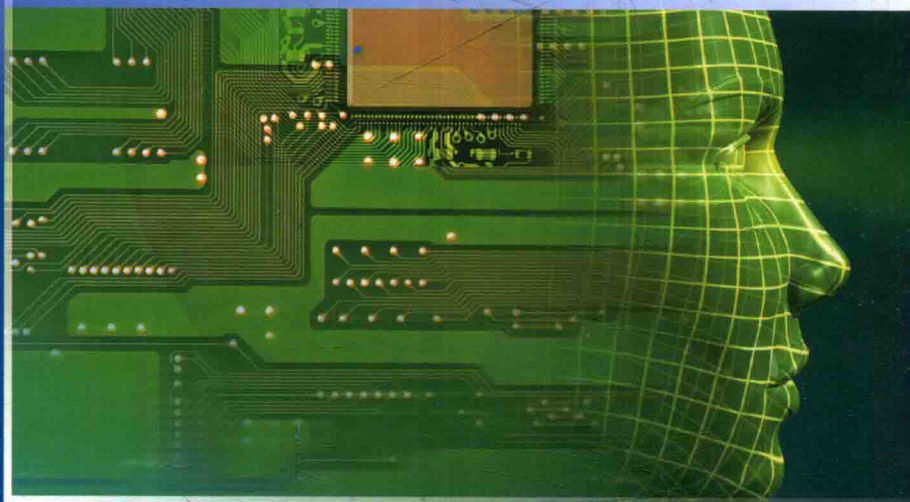


人工智能及其演化

刘海滨 编著



科学出版社

人工智能及其演化

刘海滨 编著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书综合了数十年来国内外人工智能领域的研究成果和最新进展,结合作者多年从事人工智能科学研究和实践中的积累,从时间推进、学科分支及理论到实践演进三个维度对人工智能及其演化作了详细介绍。本书主要以当今热门的六个人工智能领域“人工神经网络”、“遗传算法”、“人工生命”、“专家系统”、“知识工程”和“深度学习”为主,阐述了其理论知识、基本算法、应用方向,并辅以经典算例,从进化发展的视角,深入浅出地展现了全面、立体、发展中的人工智能,为广大读者了解、学习和研究人工智能提供了一个很好的参考。

本书可作为高等院校计算机、自动化、控制、通信、电子信息、信息管理及其他相关学科专业的教材,也可供从事相关领域研究、开发和应用的科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能及其演化/刘海滨编著. —北京:科学出版社, 2016.2
ISBN 978-7-03-047353-0

I. ①人… II. ①刘… III. ①人工智能—研究 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 029372 号

责任编辑:余 丁 阚 瑞 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:肖 兴 / 封面设计:迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 3 月第 一 版 开本:720×1 000 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张:15 1/2 插页:1

字数:310 000

定价:88.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

人工智能是计算机科学、控制科学、信息科学、认知科学、神经科学、神经生理学、心理学、语言学等多种学科相互交叉而发展起来的一门综合性学科，是研究如何制造出人造的智能机器或智能系统，来模拟人类的智能活动，以延伸人类智能的科学。随着科学技术的飞跃发展，人工智能以其重要的应用价值，广泛地应用于人类社会并发挥着难以取代的作用。

本书作者刘海滨研究员、博士生导师，国家“千人计划”特聘专家，自20世纪90年代开始，就从事人工智能方面的研究及实践工作，1993年，首次提出了人工神经网络理论（ANEF）并不断改进完善，取得了重要理论成果；在中国航天信息化建设过程中，将人工智能应用于航天领域并取得了多项成果；此外，还不断探索人工智能在经济、管理等其他领域的应用。本书基于作者多年从事人工智能科学研究的经验，用形象的语言和生动的案例，深入浅出地向广大读者介绍了人工智能相关知识及研究成果。

本书综合了数十年来国内外人工智能领域的研究进程和最新进展，结合作者自身多年从事人工智能科学研究和实践中的积累，从时间推进、学科分支及理论到实践演进三个维度对人工智能及其演化作了详细介绍。内容主要分为三部分：第一部分主要介绍人工智能的产生、发展、研究目标及其涉及的技术领域等，帮助读者认识和了解人工智能；第二部分选取当今热门的六个人工智能领域：“人工神经网络”、“遗传算法”、“人工生命”、“专家系统”、“知识工程”和“深度学习”，由浅至深地介绍了各领域的理论知识、基本算法、应用方向，并辅以经典算例，帮助读者理解和学习人工智能；第三部分全方位地分析并阐述了当前人工智能对科学、经济、社会的重要影响和产业化方向，并结合“知识表示”、“深度学习”、“大脑计划”等最新科技前沿和热点话题，探索未来人工智能的广阔发展前景，鼓励更多学者、读者投身到人工智能的研究中来。此外，参考文献部分包含了作者大量的研究理论和成果，欢迎感兴趣的读者进一步研究。

本书力求内容丰富、层次分明、重点突出，关注学科最新动态，结合各领域实例和作者自身工作实践经验，从进化发展的视角为读者展现全面、立体、发展中的人工智能。本书可作为高等院校计算机、自动化、控制、通信、电子信息、信息管理及其他相关学科专业的本科或研究生教材，也可供从事相关领域研究、开发和应用的科技工作者参考。

本书受到了多项基金资助，得到了多位同行专家与学者的关心与帮助，参考和

采纳了国内外大量专家学者的学术观点及成果。同时，本书在编写过程中得到了刘佳明、纪文强、宋超等研究者的全力帮助，以及航天神洁（宁夏）环保科技有限公司在出版过程中给予的大力支持。在此，一并表示衷心的感谢！

由于作者学识及水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正，以便今后做进一步的改进。

作 者

2015 年 10 月

目 录

前言

第 1 章	绪论	1
1.1	人工智能的产生及其发展	1
1.1.1	人工智能的产生	2
1.1.2	人工智能的早期发展	3
1.1.3	人工智能的高速发展	3
1.2	人工智能的研究目标	4
1.3	人工智能涉及的技术领域	5
1.4	全书内容概述	8
第 2 章	人工神经网络的发展与应用	10
2.1	引言	10
2.2	定义	10
2.3	特征	12
2.3.1	网络结构特征	12
2.3.2	性能特点	12
2.3.3	能力特征	13
2.3.4	实现方式	14
2.4	历史发展回顾	14
2.4.1	第一阶段——启蒙时期	14
2.4.2	第二阶段——兴盛时期	15
2.4.3	第三阶段——反思时期	15
2.4.4	第四阶段——复兴时期	17
2.4.5	第五阶段——新发展时期	19
2.5	人工神经网络信息处理的机理与结构	21
2.5.1	人工神经网络信息处理的机理	21
2.5.2	人工神经网络结构	22
2.5.3	一类典型的神经网络算例	24
2.6	网络类型、学习类型与规则	35
2.6.1	感知器神经网络	35

2.6.2	线性神经网络	36
2.6.3	BP 神经网络	37
2.6.4	径向基函数网络	37
2.6.5	自组织网络 (Kohonen 神经网络)	39
2.6.6	反馈网络	40
2.6.7	Hopfield 网络	41
2.6.8	人工神经场 (ANEF) 模型	53
2.7	发展现状及应用方向	64
第 3 章	遗传算法及其应用	69
3.1	遗传算法的产生及其发展	69
3.1.1	遗传算法的生物学基础	69
3.1.2	遗传算法的发展历史	71
3.1.3	遗传算法的基本思想	72
3.1.4	遗传算法的相关概念	72
3.2	遗传算法的基本原理	75
3.2.1	编码	75
3.2.2	适应度函数	75
3.2.3	初始群体的选取	76
3.2.4	简单算例	76
3.3	遗传算法收敛性	79
3.4	遗传算法的特点	80
3.5	遗传算法的编程实例	81
3.5.1	极大值、最大值、局部最优解、全局最优解	81
3.5.2	“袋鼠跳”问题	82
3.5.3	实现方法	83
3.6	遗传算法的应用领域	100
3.7	遗传算法的现状与发展趋势	101
第 4 章	人工生命及其应用	104
4.1	人工生命的生物学基础	104
4.1.1	生命的起源	104
4.1.2	关于生命的两种观点	104
4.1.3	生命系统的内涵和特征	107
4.2	人工生命的产生及其发展	108
4.2.1	人工生命的发展历史	108

4.2.2 人工生命的定义	109
4.3 人工生命的特点	110
4.4 人工生命的基本思想	111
4.5 人工生命的算法原理	112
4.5.1 人工生命的基本算法	112
4.5.2 人工生命的改进算法	114
4.6 人工生命的主要研究领域	116
4.6.1 细胞自动机	116
4.6.2 人工脑	117
4.6.3 数字生命	117
4.6.4 数字社会	118
4.6.5 数字生态环境	118
4.6.6 进化机器人	118
4.6.7 虚拟生物	119
4.6.8 进化算法	120
4.7 人工生命的实现技术	120
4.8 人工生命的现状及发展前景	121
第 5 章 专家系统的形成与发展	124
5.1 引言	124
5.2 定义	124
5.3 特点	124
5.4 专家系统的产生与发展	125
5.4.1 第一阶段——初创期	125
5.4.2 第二阶段——成熟期	126
5.4.3 第三阶段——发展期	126
5.5 专家系统的结构与工作原理	127
5.5.1 专家系统的一般结构	127
5.5.2 专家系统的开发环境	129
5.5.3 专家知识的获取方式	130
5.5.4 专家系统知识表示	130
5.5.5 专家系统推理机的设计	131
5.5.6 专家系统的工作原理	132
5.6 专家系统的类型	134
5.6.1 基于规则的专家系统	134

5.6.2	基于案例的专家系统	135
5.6.3	基于框架的专家系统	136
5.6.4	基于模糊逻辑的专家系统	136
5.6.5	基于 D-S 证据理论的专家系统	137
5.6.6	基于人工神经网络的专家系统	137
5.6.7	基于遗传算法的专家系统	138
5.7	专家系统的应用	138
5.7.1	专家系统在农业灌溉管理中的应用	139
5.7.2	专家系统在地震方面的应用	140
5.8	专家系统的发展趋势	141
5.8.1	通用性专家系统	141
5.8.2	分布式专家系统	142
5.8.3	协同式专家系统	142
第 6 章	知识工程	143
6.1	知识工程的发展历史	143
6.2	知识工程的基本概念	144
6.2.1	数据、信息和知识	144
6.2.2	知识工程中的人	145
6.3	知识的获取	147
6.3.1	知识获取的方式	147
6.3.2	数据挖掘的常用方法	148
6.4	知识的表示	150
6.4.1	传统知识表示方法的改进	150
6.4.2	面向对象的知识表示方法	151
6.4.3	模糊技术的知识表示方法	151
6.4.4	人工神经网络知识表示方法	152
6.5	基于知识发现的应用	152
6.5.1	在工业设计中的应用	152
6.5.2	在机械产品参数化设计中的应用	153
6.5.3	在工艺决策方面的应用	153
6.5.4	知识工程在教育领域的应用	154
6.5.5	在电子政务与电子商务领域中的应用	154
6.5.6	在虚拟企业中的应用	155
6.5.7	本体与知识共享	155

6.6	知识工程的典型案例	156
6.6.1	复杂产品创新设计中知识本体的构建	156
6.6.2	航天产品设计知识的表示与重用技术研究案例	162
6.6.3	基于知识的复杂产品设计过程研究案例	168
6.6.4	面向军工企业的知识管理模式与战略方法研究案例	175
6.6.5	支持航天产品数字化设计的 KBE 系统架构案例研究	182
第 7 章	深度学习简介	188
7.1	深度学习的产生及发展	188
7.1.1	深度学习的神经学基础	188
7.1.2	深度学习的发展历史	189
7.2	发展深度学习的必要性	190
7.2.1	浅层结构函数表示能力的局限性	190
7.2.2	引入深度学习的必要性	191
7.3	典型深度学习模型	192
7.3.1	卷积神经网络模型 (CNN)	192
7.3.2	深度置信型网络模型 (DBN)	194
7.3.3	堆栈自编码网络模型	198
7.3.4	混合型结构模型	199
7.4	深度学习的训练算法	200
7.5	深度学习的应用领域	201
7.5.1	语音识别	201
7.5.2	图像和视频	203
7.5.3	自然语言处理	204
7.5.4	搜索广告与 CTR 预估	205
7.6	深度学习未来的研究方向及发展前景	205
7.6.1	理论问题	205
7.6.2	建模问题	206
7.6.3	特征提取	206
7.6.4	训练与优化求解	207
7.6.5	工程问题	207
7.6.6	研究拓展	208
7.6.7	发展前景	208
第 8 章	展望	209
8.1	人工智能的重要影响	209

8.1.1	人工智能对科学的影响·····	209
8.1.2	人工智能对经济的影响·····	209
8.1.3	人工智能对社会的影响·····	209
8.2	人工智能的产业化可能·····	210
8.2.1	谷歌机器学习产业化·····	210
8.2.2	百度深度学习实验室·····	210
8.3	人工智能的前景·····	211
8.3.1	大脑计划·····	212
8.3.2	面向交互的程序设计与社会构造·····	219
8.3.3	并发约束模型，智能计算的基础·····	219
8.3.4	一种基于 DAI 的新型软件设计风范·····	219
8.3.5	知识表示·····	220
8.3.6	建立与理解复杂的自适应系统·····	220
8.3.7	语言技术与界面·····	220
参考文献·····		221
彩图		

第 1 章 绪 论

人工智能 (artificial intelligence, 简称 AI) 是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门技术科学, 是计算机科学的一个分支, 是计算机科学技术的前沿领域。

人工智能虽然是计算机科学的一个分支, 但它的研究不仅涉及计算机科学, 还涉及脑科学、神经生理学、心理学、语言学、逻辑学、认知 (思维) 科学、行为科学和数学以及信息科学和控制科学等许多学科领域。因此, 人工智能实际上是一门综合性的交叉学科^[1-2]。

1.1 人工智能的产生及其发展

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传说。公元前 900 多年, 我国也有歌舞机器人传说的记载, 这说明古代人就有利用“人工智能”的尝试。随着历史的发展, 12 世纪末至 13 世纪初, 西班牙的神学家和逻辑学家 Romen 试图制造能解决各种问题的通用逻辑机。17 世纪法国物理学家和数学家 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 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, 因而他被后人誉为数理逻辑的第一奠基人。接着, 英国数学家、逻辑学家 Boole 初步实现了 Leibniz 关于思维符号化和数学化的思想, 提出了一种崭新的代数系统, 这就是后来在计算机上广泛应用的布尔代数。19 世纪末英国数学家和力学家 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^[3]。

进入 20 世纪后, 在人工智能领域相继出现若干开创性的工作。1936 年, 年仅 24 岁的英国数学家 Turing (图灵) 提出了著名的图灵机模型, 1948 年进一步论述了电子数字计算机的设计思想, 1950 年他又提出了机器能够思维的论述, 可以说这些都是图灵为人工智能所作的杰出贡献^[4-6]。1946 年美国科学家 Mauchly 等研制成了世界上第一台电子数字计算机 ENIAC^[7]。随后又有不少人为计算机的实用化不懈奋

斗, 其中贡献卓著的应当是 Von Neumann (冯·诺依曼)^[8-9]。目前世界上占统治地位的依然是冯·诺依曼计算机。电子计算机的研制成功是几代人坚持不懈努力的结果, 这项划时代的成果为人工智能研究奠定了坚实的物质基础。同一时代, 美国数学家 Wiener 控制论的创立^[10-11], 美国数学家 Shannon 信息论的创立^[12], 英国生物学家 Ashby 所设计的“脑”等^[13], 这一切都为人工智能学科的诞生作出了理论和实验工具上的巨大贡献^[3]。

1.1.1 人工智能的产生

1956 年夏季, 在美国 Dartmouth 学院, 由年轻数学助教 McCarthy 和他的三位朋友 Minsky、Lochester 和 Shannon 共同发起, 并邀请 IBM 公司的 More 和 Samuel、MIT 的 Selfridge 和 Solomonff 以及 RAND 公司的 Newell 和 Carnegie Mellon 大学的 Simon 等参加了夏季学术讨论班, 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^[3,14-15]。这次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。

(1) 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 个不同棋局后, 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效的探索^[16]。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^[17]。

(2) 1957 年 Newell、Shaw 和 Simon 等的心理学小组编制出一个称为逻辑理论机 (the logic theory machine, LT) 的数学定理证明程序, 当时该程序证明了 Russell 和 Whitehead 的《数学原理》一书中第二章的 38 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: 先想出大致的解题计划; 根据记忆中的公理、定理和推理规则组织解题过程; 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 (general problem solver, GPS), 另外他们还发明了编程的表处理技术和 NSS 国际象棋机, 与这些工作有联系的 Newell 的论文《关于自适应象棋机》和 Simon 的论文《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》, 也是当时信息处理研究方面的巨大成就^[18]。

(3) 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》,对人工智能的发展起了积极的作用^[19]。

此外,1956年 Chomsky 的文法体系,1958年 Selfridge 等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^[17]。

1.1.2 人工智能的早期发展

20世纪60年代以来,人工智能的研究越来越受到重视。为了揭示人工智能的有关原理,研究者们相继对问题求解、博弈、定理证明、程序设计、机器视觉、自然语言理解等领域的课题进行了深入的研究。五十多年来,不仅使研究课题有所扩展和深入,而且还逐渐搞清了这些课题共同的基本核心问题以及它们和其他学科间的相互关系。1974年 Nillson 对发展时期的一些工作写过一篇综述论文,他把人工智能的研究归纳为四个核心课题和八个应用课题。这四个具有一般意义的核心课题^[20-21]是:①知识的模型化和表示方法;②启发式搜索理论;③各种推理方法(演绎推理、规划、常识性推理、归纳推理等);④人工智能系统结构和语言。这些课题的新成果极大地推动了人工智能应用课题的研究^[3]。这八个应用课题是:①自然语言理解(natural language understanding);②数据库的智能检索(intelligent retrieval from database);③专家咨询系统(expert consulting systems);④定理证明(theorem proving);⑤博弈(game playing);⑥机器人学(robotics);⑦自动程序设计(automatic programming);⑧组合调度问题(combinatorial and scheduling problems)。

这一时期学术交流的发展对人工智能的研究有很大推动作用。1969年国际人工智能联合会成立,并举行第一次学术会议 IJCAI-69(International Joint Conference on Artificial Intelligence),以后每两年召开一次。随着人工智能研究的发展,1974年又成立了欧洲人工智能学会,并召开第一次会议 ECAI(European Conference on Artificial Intelligence),也是每两年召开一次^[22]。此外,许多国家也都有本国的人工智能学术团体。在人工智能刊物方面,1970年创办了 *Artificial Intelligence* 国际性期刊,爱丁堡大学还不定期出版 *Machine Intelligence* 杂志,还有 IJCAI 会议文集、ECAI 会议文集等,另外许多国际知名刊物也刊载人工智能的论著^[16]。

1.1.3 人工智能的高速发展

20世纪90年代以来,人工智能研究出现了新的高潮。一方面是因为在人工智能理论方面有了新的进展,另一方面也是因为计算机硬件突飞猛进的发展。随着计算机速度的不断提高、存储容量的不断扩大、价格的不断降低以及网络技术的不断

发展,许多原来无法完成的工作现在已经能够实现。因此,人工智能研究也就进入繁荣期。目前人工智能研究的三个热点是:智能接口、数据挖掘、主体及多主体系统,其中某些技术已经实用化^[3,16]。技术的发展总是超乎人们的想象,从目前的一些前瞻性研究可以看出未来人工智能可能会向模糊处理、并行化、神经网络(深度学习)和机器情感这几个方面发展。人工智能一直处于计算机技术的前沿,人工智能研究的理论和发现在很大程度上将决定计算机技术的发展方向^[23]。今天,已经有很多人工智能的研究成果进入人们的日常生活。将来,人工智能技术的发展将会给人们的生活、工作和教育等带来更大的影响。

1.2 人工智能的研究目标

人工智能是计算机科学、控制科学、信息科学、认知科学、神经科学、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学科,就其本质而言,它是研究如何制造出智能机器或智能系统,来模拟人类智能活动,以延伸人类智能的科学^[24]。

计算机所要模拟的人类智能活动的能力,具体地可以概括为:①通过视觉、听觉、触觉等感官活动,接受并理解文字、图像、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并作出决策的能力;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^[24-25]。

针对以上人类智能活动的能力,目前研究人工智能主要有两条途径。一条是心理学家、生理学家们希望搞清大脑信息处理过程的机理,他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。由于人脑有上百亿神经元,现阶段要进行人脑的物理模拟实验很困难,因而完成这个任务极其艰巨。但是这一学派试图创立“信息处理的智能理论”作为实现人工智能的长远研究目标,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,从效果上达到和人类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^[26-27]。

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^[26]。

美国是人工智能的发源地,随着人工智能的发展,世界各国有关学者也都相继加入这一行列。英国在20世纪60年代就开始人工智能的研究,到70年代,在爱丁堡大学还成立了人工智能系;日本和西欧一些国家虽起步较晚,但发展都较快;苏联对人工智能研究也给予重视。我国是从1978年才开始人工智能课题的研究,主要在定理证明、汉语自然语言理解、机器人及专家系统方面设立课题,并取得一些研究成果。80年代国内也相应成立了中国人工智能学会、中国计算机学会人工智能和模式识别专业委员会、中国自动化学会模式识别与机器智能专业委员会等,开展这方面的学术交流。作为“863”高科技计划的重要内容,国家着手兴建了若干个人工智能研究中心实验室,极大地促进了我国人工智能的研究,缩短了我国人工智能技术与世界先进水平的差距,也为未来的发展奠定了技术和人才基础^[3,17]。

1.3 人工智能涉及的技术领域

目前,人工智能的研究是与具体领域相结合进行的。本书基于现代人工智能研究的热点,列举如下热门领域。

1. 问题求解

人工智能的第一个大成就是发展了能够求解难题的下棋(如国际象棋)程序。在下棋程序中应用的某些技术,如向前看几步,并把困难的问题分成一些比较容易的子问题,发展成为搜索和问题归约这样的人工智能基本技术。今天的计算机程序能够下锦标赛水平的各种方盘棋、十五子棋和国际象棋。另一种问题求解程序把各种数学公式符号汇编在一起,其性能达到很高的水平,并正在为许多科学家和工程师所应用,有些程序甚至还能够用经验来改善其性能^[2]。

2. 自然语言处理

自然语言处理(natural language processing, NLP)也是人工智能的早期研究领域之一,已经编写出能够从内部数据库回答用英语提出的问题的程序。这些程序通过阅读文本材料和建立内部数据库,能够把句子从一种语言翻译为另一种语言,执行用英语给出的指令和获取知识等。有些程序甚至能够在一定程度上翻译从话筒输入的口头指令(而不是从键盘打入计算机的指令)。目前语言处理研究的主要课题是:在翻译句子时,以主题和对话情况为基础,注意大量的一般常识——世界知识和期望作用的重要性。人工智能在语言翻译与语音理解程序方面已经取得的成就发展成为人类自然语言处理的新概念^[2]。

3. 人工神经网络

由于冯·诺依曼体系结构的局限性, 数字计算机存在一些尚无法解决的问题, 人们一直在寻找新的信息处理机制, 神经网络计算就是其中之一^[2]。研究结果已经证明, 用神经网络处理直觉和形象思维信息具有比传统处理方式好得多的效果。人工神经网络的发展有着非常广阔的科学背景, 是众多学科研究的综合成果。神经生理学家、心理学家与计算机科学家的共同研究得出的结论是: 人脑是一个功能特别强大、结构异常复杂的信息处理系统, 其基础是神经元及其互联关系。因此, 对人脑神经元和人工神经网络的研究, 可能创造出新一代人工智能机——神经计算机^[28]。

对神经网络的研究始于 20 世纪 40 年代初期, 经历了一条十分曲折的道路, 几起几落, 80 年代初以来, 对人工神经网络的研究再次出现高潮。Hopfield 提出用硬件实现神经网络^[29]和 Rumelhart 等提出的多层网络中的反向传播 (BP) 算法^[30]就是两个重要标志。现在, 人工神经网络已在模式识别、图像处理、组合优化、自动控制、信息处理、机器人学和人工智能的其他领域获得日益广泛的应用。

4. 遗传算法

遗传算法 (genetic algorithm, GA) 是模拟达尔文生物进化论的自然选择和遗传学机理的生物进化过程的计算模型, 是一种通过模拟自然进化过程搜索最优解的方法。遗传算法是从代表问题可能潜在的解集的一个种群 (population) 开始的, 而一个种群则由经过基因 (gene) 编码的一定数目的个体 (individual) 组成。每个个体实际上是染色体 (chromosome) 带有特征的实体。染色体作为遗传物质的主要载体, 即多个基因的集合, 其内部表现 (即基因型) 是某种基因组合, 它决定了个体形状的外部表现, 如黑头发的特征是由染色体中控制这一特征的某种基因组合决定的。因此, 在一开始需要实现从表现型到基因型的映射 (即编码工作)。由于仿照基因编码的工作很复杂, 我们往往进行简化, 如二进制编码。初代种群产生之后, 按照适者生存和优胜劣汰的原理, 逐代 (generation) 演化产生出越来越好的近似解。在每一代, 根据问题域中个体的适应度 (fitness) 大小选择 (selection) 个体, 并借助于自然遗传学的遗传算子 (genetic operators) 进行组合交叉 (crossover) 和变异 (mutation), 产生出代表新的解集的种群。这个过程将导致种群像自然进化一样, 后世代种群比前代更加适应于环境, 末代种群中的最优个体经过解码 (decoding), 可以作为问题的近似最优解^[31]。

5. 专家系统

专家系统是依靠人类专家已有的知识建立起来的知识系统。目前专家系统是人工智能研究中开展较早、最活跃、成效最多的领域, 广泛应用于医疗诊断、地质勘探、石油化工、军事、文化教育等各方面。它是在特定的领域内具有相应的知识和