

人工智能

及其在决策系统中的应用

蔡自兴 姚莉 著

国防科技大学出版社

内 容 简 介

本书介绍人工智能基本原理及其在决策系统中的应用。全书共十章。第一章介绍人工智能的概况,涉及人工智能的定义、发展过程、主要学派的认知观、人类智能的计算机模拟以及人工智能在决策系统中的应用概况等。第二章讨论在决策支持系统中普遍应用的人工智能知识表示方法和搜索推理技术。第三章研究计算智能和 Agent 的基本知识,包括神经计算、模糊计算、进化计算与遗传算法及 Agent 理论与方法。第四章阐述专家系统的原理、设计和开发工具。第五章论述指挥控制过程与常用的智能决策方法。第六章至第九章分别研究人工智能应用于决策系统时的基本技术,即智能决策的主要技术,涉及智能数据融合与信息集成、智能态势评估、资源智能规划、基于 Web 的专家决策支持系统。第十章展望人工智能及决策系统的发展。

本书可作为高等院校计算机、管理、自动控制等专业高年级学生和研究生的人工智能课程教材,尤其是决策管理专业和指挥合一专业的人工智能课程教材,也可供从事人工智能及决策系统研究与应用的科技人员及指挥与管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能及其在决策系统中的应用/蔡自兴,姚莉著. —长沙:国防科技大学出版社, 2006.3

ISBN 7-81099-280-5

I.人… II.①蔡…②姚… III.人工智能 IV.TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 011592 号

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

<http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑:黄煌 责任校对:何晋

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:22 字数:508 千

2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1-3000 册

ISBN 7-81099-280-5/TP·28

*

定价:29.80 元

前 言

21 世纪的科技进步必将为各国的可持续发展提供根本保障,科技新成果必将在更大的广度和深度上造福于人类。人工智能科学已走过 50 年的道路;人工智能研究伴随着世界社会进步和科技发展的步伐,与时俱进,在 20 世纪最后十年中已取得长足进展。在国内,人工智能已得到迅速传播与发展,并促进其他学科的发展。近十多年来,人工智能已在决策系统中获得日益广泛的应用。越来越多的决策系统应用了网络技术和分布式人工智能技术。在决策领域,人们关注管理者们如何应用计算机化和智能化的决策技术与方法进行科学决策,包括军事决策。

本书介绍人工智能基本原理及其在决策系统中的应用。全书共十章。第一章介绍人工智能的概况,涉及人工智能的定义、发展过程、主要学派的认知观、人类智能的计算机模拟以及人工智能在决策系统中的应用概况等。第二章研究在智能决策系统中普遍应用的人工智能知识表示方法和搜索推理技术。第三章研究计算智能和 Agent 的基本知识,包括神经计算、模糊计算、进化计算与遗传算法及 Agent 理论与方法。第四章阐述专家系统的原理、设计和开发工具。第五章论述指挥控制过程与常用的智能决策方法。第六章至第九章分别研究人工智能在智能数据融合、智能态势评估、资源智能规划、基于 Web 的专家决策支持系统中的应用。第十章展望人工智能及决策系统的发展。

本书可作为高等院校计算机、管理、自动控制、电子信息等专业高年级学生和研究生《人工智能》、《人工智能与决策系统》、《人工智能的军事应用》等课程教材,尤其是决策管理专业和指挥合一专业的人工智能课程教材,也可供从事人工智能及决策系统研究与应用的科技人员及指挥与管理人员学习参考。

我们曾为地方和部队学生讲授过诸如《人工智能在决策系统中的应用》和《人工智能的军事应用》等课程,但缺乏合适的教材。因此,广大学生希望能够

用到一本针对性较强的好教材,我们也有编著这类教材的愿望。现在,这些愿望终于实现了。

在本书编写过程中,我们参阅了大量的国内外相关文献。我们要特别感谢国内外人工智能和决策系统专著、教材和许多高水平论文报告的作者们,他们是高济,何志均,陆汝铃,施鹏飞,史忠植,宋健,涂序彦,王永庆,王正志,魏世孝,吴文俊,徐光祐, S. J. Andriole, C. Carlsson, J. Durkin, G. A. Forgionne, J. N. D. Gupta, C. T. Leondes, M. Mora, N. J. Nilsson, P. Norvig, S. J. Russell, G. N. Saridis, A. B. Тимофеев, E. Turban 和 P. H. Winston 等教授。他们的作品或与他们的讨论为本书提供了丰富营养。我们在本书中引用了其中的部分材料,使本书能够更好地反映相关研究领域的最新进展。

我们还要衷心感谢中南大学、国防科技大学和国防科技大学出版社的有关领导、专家。如果没有他们的大力支持与合作,本书就不可能迅速与读者见面。

本书第一章至第四章、第九章、第十章由蔡自兴编写,第五章至第八章由姚莉编写;蔡自兴负责全书的主编和统稿工作。由于作者水平所限,对有些新领域尚不够熟悉,编写时间又极为紧迫,因此,书中一定存在不妥之处。欢迎各位专家和读者不吝指教。

蔡自兴 姚莉

2006年1月15日

目 录

第一章 绪 言

1.1 人工智能的定义与发展	(1)
1.1.1 人工智能的定义	(1)
1.1.2 人工智能的发展	(2)
1.2 人类智能与人工智能	(4)
1.2.1 符号操作系统的假设	(4)
1.2.2 人类智能的计算机模拟	(7)
1.3 人工智能的各种认知观	(8)
1.3.1 人工智能的主要学派	(8)
1.3.2 人工智能的争论	(9)
1.4 人工智能在决策系统中的应用	(10)
1.5 本书概要	(14)
习题 1	(15)
参考文献	(15)

第二章 知识表示与推理

2.1 状态空间法	(17)
2.1.1 问题状态描述	(17)
2.1.2 状态图示法	(19)
2.1.3 状态空间表示举例	(19)
2.2 问题归约法	(21)
2.2.1 问题归约描述	(21)
2.2.2 与或图表示	(24)
2.2.3 问题归约机理	(26)
2.3 谓词逻辑法	(29)
2.3.1 谓词演算	(29)
2.3.2 谓词公式	(31)

2.3.3 置换与合一	(32)
2.4 框架	(34)
2.4.1 框架的构成	(34)
2.4.2 框架的推理	(36)
2.5 本体技术	(38)
2.5.1 本体的基本概念	(38)
2.5.2 本体的组成	(40)
2.5.3 本体的分类	(41)
2.5.4 本体建模方法	(43)
2.5.5 本体建模语言	(46)
2.6 不确定性推理	(47)
2.6.1 不确定性的表示与度量	(47)
2.6.2 不确定性的算法	(48)
2.7 主观贝叶斯方法	(50)
2.7.1 知识不确定性的表示	(50)
2.7.2 证据不确定性的表示	(51)
2.7.3 主观贝叶斯方法的推理过程	(53)
2.8 证据理论	(56)
2.8.1 证据理论的形式化描述	(56)
2.8.2 证据理论的不确定性推理模型	(59)
2.9 面向对象表示	(62)
2.9.1 面向对象基础	(62)
2.9.2 类与类继承	(63)
2.10 小结	(64)
习题2	(66)
参考文献	(67)

第三章 计算智能与 Agents

3.1 概述	(69)
3.2 神经计算	(71)
3.2.1 人工神经网络研究的进展	(71)
3.2.2 人工神经网络的结构	(72)
3.2.3 基于神经网络的知识表示与推理	(74)
3.3 模糊计算	(77)

3.3.1 模糊集合、模糊逻辑及其运算	(77)
3.3.2 模糊逻辑推理	(80)
3.3.3 模糊判决方法	(82)
3.4 遗传算法	(84)
3.4.1 遗传算法的基本机理	(84)
3.4.2 遗传算法的求解步骤	(87)
3.5 Agent(真体)	(93)
3.5.1 分布式人工智能	(93)
3.5.2 Agent 及其要素	(94)
3.5.3 真体的结构分类	(97)
3.6 多真体系统	(99)
3.6.1 多真体系统的模型和结构	(99)
3.6.2 多真体的协作、协商和协调	(100)
3.6.3 多真体的学习与规划	(102)
3.6.4 多真体系统的研究和应用领域	(103)
3.7 小结	(105)
习题 3	(106)
参考文献	(107)

第四章 专家系统

4.1 专家系统概述	(110)
4.1.1 专家系统的特点和应用分类	(110)
4.1.2 专家系统的结构和建造步骤	(112)
4.2 基于规则的专家系统	(115)
4.3 基于框架的专家系统	(116)
4.4 基于模型的专家系统	(118)
4.5 新型专家系统	(120)
4.5.1 新型专家系统的特征	(121)
4.5.2 分布式专家系统	(122)
4.5.3 协同式专家系统	(124)
4.6 专家系统开发工具	(125)
4.7 专家系统设计	(127)
4.7.1 专家知识的描述	(127)
4.7.2 知识的使用和决策解释	(130)

4.8 专家系统实例——MYCIN 剖析	(132)
4.8.1 MYCIN 概述	(133)
4.8.2 咨询子系统	(134)
4.8.3 静态数据库	(136)
4.8.4 动态数据库	(141)
4.8.5 非精确推理	(142)
4.8.6 控制策略	(145)
4.9 小结	(147)
习题 4	(148)
参考文献	(148)

第五章 指挥控制过程和决策方法

5.1 指挥控制过程的概念模型与典型特性	(151)
5.1.1 SHORE C ² 概念模型	(151)
5.1.2 指挥控制过程的典型特性	(154)
5.2 智能指挥控制的决策过程模型	(157)
5.2.1 智能数据融合	(157)
5.2.2 智能态势估计	(159)
5.2.3 资源的智能规划与分配	(160)
5.3 决策支持的理论基础	(161)
5.3.1 决策支持的核心问题	(161)
5.3.2 决策支持系统的知识级模型	(162)
5.3.3 多用户决策支持过程的知识级分析	(164)
5.4 多属性决策的基本概念和模型	(165)
5.4.1 多属性决策的基本概念	(165)
5.4.2 多属性决策模型	(168)
5.5 多属性决策方法	(170)
5.5.1 确定性决策方法	(170)
5.5.2 定性定量集成决策方法	(173)
5.5.3 模糊决策方法	(177)
5.6 决策支持系统	(178)
5.6.1 决策支持系统的基本组成	(179)
5.6.2 决策支持系统的用户类型	(181)
5.6.3 协作支持技术	(182)

5.6.4 群体决策支持系统	(184)
5.6.5 组织决策支持系统	(186)
5.7 小结	(188)
习题 5	(189)
参考文献	(190)

第六章 智能数据融合

6.1 战场数据融合简介	(192)
6.1.1 战场数据融合的概念	(192)
6.1.2 战场数据融合的信息源及其特点	(193)
6.1.3 战场数据融合的相关过程	(194)
6.1.4 数据融合方法概述	(199)
6.2 战场数据融合的关键技术分析	(200)
6.2.1 战场数据融合中应用 AI 技术需要注意的问题	(200)
6.2.2 位置/类别估计技术	(201)
6.2.3 证据组合技术	(202)
6.3 基于知识的战场数据融合技术	(203)
6.3.1 基于知识的数据融合方法	(203)
6.3.2 基于知识的多平台数据融合的实现	(205)
6.3.3 战场数据融合系统的应用说明	(208)
6.4 一个战场数据融合系统的案例	(210)
6.4.1 传感器信息融合	(211)
6.4.2 命令和控制系统(CCS)	(213)
6.4.3 NCCS 陆地系统和 ACS 发展计划	(214)
6.5 小结	(215)
习题 6	(216)
参考文献	(216)

第七章 智能态势评估技术

7.1 态势评估问题概述	(217)
7.1.1 态势评估的主要内容	(217)
7.1.2 态势评估问题中的知识需求和 AI 技术的应用	(219)
7.2 基于知识的战术态势评估技术	(222)
7.2.1 基于群形成的态势评估	(222)

7.2.2	基于规划识别的态势评估	(227)
7.2.3	态势预测方法	(228)
7.3	分布式态势评估	(229)
7.3.1	多真体信息协作处理系统 MICS 简介	(229)
7.3.2	多源信息融合技术概述	(230)
7.3.3	多真体信息协作处理系统 MICS 的分析与设计	(233)
7.3.4	多真体信息协作处理系统 MICS 的主要功能	(238)
7.3.5	多真体信息协作处理系统 MICS 的实现	(240)
7.4	态势评估中的模糊判别技术	(243)
7.4.1	模糊判别的工作原理	(243)
7.4.2	模糊判别的应用实例	(245)
7.4.3	结论	(246)
7.5	小结	(247)
	习题 7	(247)
	参考文献	(247)

第八章 资源智能规划方法

8.1	指挥控制中的资源规划概述	(249)
8.2	智能真体的规划问题	(251)
8.2.1	计划表示方法	(251)
8.2.2	计划生成方法	(252)
8.3	计划本体及其表示	(254)
8.3.1	建立计划本体的目的	(254)
8.3.2	计划本体的结构	(255)
8.3.3	计划本体的建立	(255)
8.3.4	基于本体的计划表示	(260)
8.4	多真体协同规划技术	(261)
8.4.1	多真体规划体系结构概述	(261)
8.4.2	规划基组织结构模型	(262)
8.4.3	计划本体表示框架的形式化	(267)
8.4.4	约束传播与约束满足	(269)
8.4.5	多真体规划的计划融合算法	(270)
8.5	多真体规划技术在空军战役规划中的应用	(273)
8.5.1	规划基组织结构在空军战役规划中的应用	(274)

8.5.2 应用示例	(275)
8.6 小结	(284)
习题 8	(285)
参考文献	(285)

第九章 基于 Web 的决策支持系统

9.1 基于 Web 和 Agent 的协同决策支持系统	(287)
9.1.1 基于网络的决策支持系统	(287)
9.1.2 基于真体的决策支持系统	(288)
9.1.3 基于 Web 和多真体的多用户决策支持系统概念模型	(289)
9.1.4 基于多真体的协同决策支持系统的协调问题	(291)
9.2 基于 Web 的专家系统的结构	(292)
9.2.1 基于 Web 的飞机故障远程诊断专家系统的结构	(293)
9.2.2 基于 Web 的拖网绞机专家系统的结构	(294)
9.2.3 基于 Web 的通用配套件选型专家系统的结构	(295)
9.2.4 基于 Web 的首蓆生产开发与利用专家系统的结构	(296)
9.3 基于 Web 的专家系统的应用实例	(298)
9.3.1 基于 Web 的飞机故障远程诊断专家系统	(298)
9.3.2 基于 Web 的通用配套件选型专家系统	(299)
9.4 基于 Web 的好莱坞经理决策支持系统	(303)
9.4.1 系统分析与设计	(304)
9.4.2 系统实现	(306)
9.5 基于 Web 的专家系统的开发工具	(313)
9.6 小结	(319)
习题 9	(319)
参考文献	(319)

第十章 人工智能的展望

10.1 人工智能对人类的影响	(321)
10.1.1 人工智能对经济的影响	(321)
10.1.2 人工智能对社会的影响	(322)
10.1.3 人工智能对文化的影响	(323)
10.2 对人工智能的展望	(324)
10.2.1 更新的理论框架	(325)

10.2.2 更好的技术集成.....	(325)
10.2.3 更成熟的应用方法.....	(326)
10.3 对决策支持系统的展望	(327)
10.3.1 进一步开发智能软件.....	(327)
10.3.2 研制功能更强的计算机和硬件.....	(329)
10.3.3 扩大应用领域.....	(330)
10.3.4 新一代决策支持系统的发展思路.....	(330)
10.4 专家系统的发展趋势和研究课题	(331)
10.4.1 专家系统的发展趋势.....	(331)
10.4.2 专家系统的研究课题.....	(335)
10.5 结束语	(336)
习题 10	(336)
参考文献.....	(336)

第一章 绪 言

作为对人工智能的基本知识的一般了解,本章首先介绍人工智能的定义和发展过程,接着讨论人工智能与人类智能的关系,然后初步阐明人工智能各相关学派的认知观,并简述人工智能在决策系统中的应用的研究概况,最后简介本书的主要内容和编排。

1.1 人工智能的定义与发展

今年,我们将迎来人工智能学科诞生 50 周年。半个世纪来,人工智能的迅速发展引起了众多学科和不同专业背景学者们的日益重视,它已成为一门广泛的交叉和前沿科学。尽管目前人工智能在发展过程中尚面临一些争论、困难和挑战,然而这些争论是十分有益的,这些困难终将被解决,这些挑战始终与机遇并存,并将推动人工智能继续发展。可以预言:人工智能的研究成果将能够创造出更多更高级的智能“制品”,并使之在越来越多的领域超越人类智能;人工智能将为发展国民经济和改善人类生活做出更大贡献。

1.1.1 人工智能的定义

人工智能至今尚无统一的定义,要给人工智能下个准确的定义是困难的。人类的自然智能(人类智能)伴随着人类活动处处时时存在。人类的许多活动,如下棋、竞技、解算题、猜谜语、进行讨论、编制计划和编写计算机程序,甚至踢足球、驾驶汽车和骑自行车等等,都需要“智能”。如果机器能够执行这种任务,就可以认为机器已具有某种性质的“人工智能”。不同科学或学科背景的学者对人工智能有不同的理解,提出不同的观点。这里,我们结合自己的理解来定义人工智能。

定义 1.1 智能机器(intelligent machine)

能够在各类环境中自主地或交互地执行各种拟人任务(anthropomorphic tasks)的机器。

随着信息科学技术的快速发展,机器(machines)不仅包括各种工业机器、仪器、计算机和机器人,而且包括各种信息结构、微芯片和软件等。因此,可对智能机器给出另一个定义:

定义 1.2 智能机器

能够通过感觉和解释其环境,做出决策和规划,并采取实际作用执行这些规划以适应其面向目标行为的机器。

定义 1.3 人工智能(学科)

人工智能(学科)是计算机科学中涉及研究、设计和应用智能机器的一个分支。它的近期主要目标在于研究用机器来模仿和执行人脑的某些智力功能,并开发相关理论和技

术。

定义 1.4 人工智能(能力)

人工智能(能力)是智能机器所执行的通常与人类智能有关的智能行为,如判断、推理、证明、识别、感知、理解、通信、设计、思考、规划、学习和问题求解等思维活动。

为了让读者对人工智能的定义进行讨论,以便更深刻地理解人工智能,下面综述其他几种关于人工智能的定义。

定义 1.5 人工智能是一种使计算机能够思维、使机器具有智力的激动人心的新尝试(Haugeland, 1985)。

定义 1.6 人工智能是那些与人的思维、决策、问题求解和学习等有关活动的自动化(Bellman, 1978)。

定义 1.7 人工智能是用计算模型研究智力行为(Charniak 和 McDermott, 1985)。

定义 1.8 人工智能是研究那些使理解、推理和行为成为可能的计算(Winston, 1992)。

定义 1.9 人工智能是一种能够执行需要人的智能的创造性机器的技术(Kurzweil, 1990)。

定义 1.10 人工智能研究如何使计算机做事让人过得更好(Rick 和 Knight, 1991)。

定义 1.11 人工智能是一门通过计算过程力图理解和模仿智能行为的学科(Schalkoff, 1990)。

定义 1.12 人工智能是计算机科学中与智能行为的自动化有关的一个分支(Luger 和 Stubblefield, 1993)。

其中,定义 1.5 和定义 1.6 涉及拟人思维;定义 1.7 和定义 1.8 与理性思维有关;定义 1.9 和定义 1.10 涉及拟人行为;定义 1.11 和定义 1.12 与拟人理性行为有关。

1.1.2 人工智能的发展

时代思潮直接帮助科学家去研究某些现象。对于人工智能的发展来说,20 世纪 30 年代和 40 年代的智能界,发现了两件最重要的事:数理逻辑(它从 19 世纪末起就获得迅速发展)和关于计算的新思想。弗雷治(Frege)、怀特赫德(Whitehead)、罗素(Russell)和塔斯基(Tarski)以及另外一些人的研究表明,推理的某些方面可以用比较简单的结构加以形式化。1913 年,年仅 19 岁的维纳(Wiener)在他的论文中把数理关系理论简化为类理论,为发展数理逻辑做出贡献,并向机器逻辑迈进一步,与后来图灵(Turing)提出的逻辑机不谋而合。数理逻辑仍然是人工智能研究的一个活跃领域,其部分原因是由于一些逻辑-演绎系统已经在计算机上实现过。不过,即使在计算机出现之前,逻辑推理的数学公式就为人们建立了计算与智能关系的概念。

丘奇(Church)、图灵和其他一些人关于计算本质的思想,提供了形式推理概念与即将发明的计算机之间的联系。在这方面的一个重要工作是关于计算和符号处理的理论概念。第一批数字计算机(实际上为数字计算器)看来不包含任何真实智能。早在这些机器设计之前,丘奇和图灵就已发现,数字并不是计算的主要方面,它们仅仅是一种解释机器内部状态的方法。被称为人工智能之父的图灵,不仅创造了一个简单的通用的非数字计算模型,而且直接证明了计算机可能以某种被理解为智能的方法工作。道格拉斯·霍夫施塔特

(Douglas Hofstadter)在1979年写的《永恒的金带》(An Eternal Golden Braid)一书对这些逻辑和计算的思想以及它们与人工智能的关系给予了透彻而又引人入胜的解释。

到了20世纪50年代,人工智能已躁动于人类科技社会的母胎,即将分娩。1956年夏季,年轻的美国学者麦卡锡(McCarthy)、明斯基(Minsky)、朗彻斯特(Lochester)和香侬(Shannon)共同发起,邀请莫尔(More)、塞缪尔(Samuel)、纽厄尔(Newell)和西蒙(Simon)等参加在美国的达特茅斯(Dartmouth)大学举办了一次长达2个月的研讨会,认真热烈地讨论用机器模拟人类智能的问题。会上,首次使用了人工智能这一术语。这是人类历史上第一次人工智能研讨会,标志着人工智能学科的诞生,具有十分重要的历史意义。这些从事数学、心理学、信息论、计算机和神经学研究的年轻学者,后来绝大多数都成为著名的人工智能专家,50年来为人工智能的发展做出重要贡献。

1969年召开了第一届国际人工智能联合会议(International Joint Conference on AI, IJCAI),此后每两年召开一次;1970年《人工智能》国际杂志(International Journal of AI)创刊。这些对开展人工智能国际学术活动和交流、促进人工智能的研究和发展起到积极作用。

值得一提的是控制论思想对人工智能早期研究的影响。正如艾伦·纽厄尔(Allen Newell)和赫伯特·西蒙(Herbert Simon)1972年在他们的优秀著作《人类问题求解》(Human Problem Solving)的“历史补篇”中指出的那样,20世纪中叶人工智能的奠基者们在人工智能研究中出现了几股强有力的思潮。维纳、麦克洛克(McCulloch)和其他一些人提出的控制论和自组织系统的概念集中地讨论了“局部简单”系统的宏观特性。尤其重要的是,1948年维纳发表的控制论(或动物与机器中的控制与通讯)论文,不但开创了近代控制论,而且为人工智能的控制论学派(即行为主义学派)树立了新的里程碑。钱学森提出的“工程控制论”开辟了控制论的新分支,是对控制论的重大贡献。控制论影响了许多领域,因为控制论的概念跨接了许多领域,把神经系统的工作原理与信息理论、控制理论、逻辑以及计算联系起来。控制论的这些思想是时代思潮的一部分,而且在许多情况下影响了许多早期和近期人工智能工作者,成为他们的指导思想。

最终把这些不同思想连接起来的是由巴贝奇(Babbage)、图灵、冯·诺依曼(Von Neumann)和其他一些人所研制的计算机本身。在机器的应用成为可行之后不久,人们就开始试图编写程序以解决智力测验难题、下棋以及把文本从一种语言翻译成另一种语言。这是第一批人工智能程序。对于计算机来说,促使人工智能发展的是什么?出现在早期设计中的许多与人工智能有关的计算概念,包括存储器和处理器的概念、系统和控制的概念,以及语言的程序级别的概念。不过,引起新学科出现的新机器的唯一特征是这些机器的复杂性,它促进了对描述复杂过程方法的新的更直接的研究(采用复杂的数据结构和具有数以百计的不同步骤的过程来描述这些方法)。

30多年来,人工智能的应用研究取得明显进展。首先,专家系统(expert system)显示出强大的生命力。被誉为“专家系统和知识工程之父”的费根鲍姆(Feigenbaum)所领导的研究小组于1968年研究成功第一个专家系统 DENDRAL,用于质谱仪分析有机化合物的分子结构。1972年~1976年,费根鲍姆小组又开发成功 MYCIN 医疗专家系统,用于抗生素药物治疗。此后,许多著名的专家系统,如 PROSPECTOR 地质勘探专家系统、CASNET

青光眼诊断治疗专家系统、R1 计算机结构设计专家系统、MACSYMA 符号积分与定理证明专家系统、ELAS 钻井数据分析专家系统和 ACE 电话电缆维护专家系统等被相继开发,为工矿数据分析处理、医疗诊断、计算机设计、决策支持、符号运算和定理证明等提供了强有力的工具。1977 年,费根鲍姆进一步提出了知识工程(knowledge engineering)的概念。整个 20 世纪 80 年代,专家系统和知识工程在全世界得到迅速发展。在开发专家系统过程中,许多研究者获得共识,即人工智能系统是一个知识处理系统,而知识表示、知识利用和知识获取则成为人工智能系统的三个基本问题。

近十多年来,机器学习、计算智能、人工神经网络、行为主义、智能决策、Agent 与分布式人工智能以及本体(ontology)等研究深入开展,形成高潮。同时,不同人工智能学派间的争论也非常热烈。这些都推动人工智能研究的进一步发展。

我国的人工智能研究起步较晚。纳入国家计划的研究(“智能模拟”)始于 1978 年;1984 年召开了智能计算机及其系统的全国学术讨论会;1986 年起把智能计算机系统、智能机器人和智能信息处理(含模式识别)等重大项目列入国家高技术研究计划;1993 年起,又把智能控制和智能自动化等项目列入国家科技攀登计划。进入 21 世纪后,已有更多的人工智能与智能系统研究获得各种基金计划支持。1981 年起,相继成立了中国人工智能学会(CAAI)、全国高校人工智能研究会、中国计算机学会人工智能与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、中国软件行业协会人工智能协会、中国人工智能学会智能机器人专业委员会、中国自动化学会智能自动化专业委员会等学术团体。1989 年首次召开的中国人工智能控制联合会议(CJCAI)至今已召开 7 次。已有 20 多部国内编著的具有知识产权的人工智能专著和教材公开出版。《模式识别与人工智能》杂志已于 1987 年创刊。《智能系统学报》也于 2006 年初创刊。中国的科技工作者,已在人工智能领域取得一些具有国际领先水平的创造性成果。其中,尤以吴文俊院士关于几何定理证明的“吴氏方法”最为突出,已在国际上产生重大影响,并与袁隆平院士的“杂交水稻”一起于 2001 年荣获首届国家科学技术最高奖。现在,我国已有数以万计的科技人员和大学师生从事不同层次的人工智能研究与学习,人工智能研究已在我国深入开展,它必将为促进其他学科的发展和我国的现代化建设做出新的重大的贡献,并为国际人工智能的发展做出我们应有的贡献。

1.2 人类智能与人工智能

人类的认知过程是个非常复杂的行为,至今仍未能被完全解释。人们从不同的角度对它进行研究,从而形成诸如认知生理学、认知心理学和认知工程学等相关学科。对这些学科的深入研究已超出本书范围。这里仅讨论几个与人工智能有密切关系的问题。

1.2.1 符号操作系统的假设

人的心理活动具有不同的层次,它可与计算机的层次相比较,见图 1.1。心理活动的最高层级是思维策略,中间一层是初级信息处理,最低层级为生理过程,即中枢神经系统、神经元和大脑的活动。与此相应的是计算机的程序、语言和硬件。

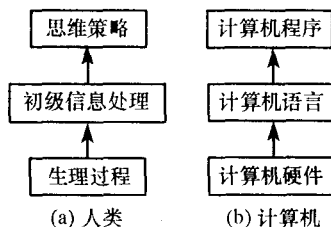


图 1.1 人类认知活动与计算机的比较

研究认知过程的主要任务是探求高层次思维决策与初级信息处理的关系,并用计算机程序来模拟人的思维策略水平,而用计算机语言模拟人的初级信息处理过程。

令 T 表示时间变量, x 表示认知操作(cognitive operation), x 的变化 Δx 为当时机体状态 S (机体的生理和心理状态以及脑子里的记忆等)和外界刺激 R 的函数。当外界刺激作用到处于某一特定状态的机体时,便发生变化,即

$$\begin{aligned} T &\rightarrow T + 1 \\ x &\rightarrow x + \Delta x \\ \Delta x &= f(S, R) \end{aligned} \quad (1.1)$$

计算机也以类似的原理进行工作。在规定时间内,计算机存储的记忆相当于机体的状态;计算机的输入相当于机体施加的某种刺激。在得到输入后,计算机便进行操作,使得其内部状态随时间发生变化。可以从不同的层次来研究这种计算机系统。这种系统以人的思维方式为模型进行智能信息处理。显然,这是一种智能计算机系统。设计适用于特定领域的这种高水平智能信息处理系统,是研究认知过程的一个具体而又重要的目标。例如,一个具有智能信息处理能力的自动控制系统就是一个智能控制系统,它可以是专家控制系统,或者是智能决策支持系统等。

可以把人看成一个智能信息处理系统。

信息处理系统又叫符号操作系统(Symbol Operation System)或物理符号系统(Physical Symbol System)。所谓符号就是模式(pattern)。任何一种模式,只要它能与其他模式相区别,它就是一个符号。例如,不同的汉语拼音字母或英文字母就是不同的符号。对符号进行操作就是对符号进行比较,从中找出相同的和不同的符号。物理符号系统的基本任务和功能就是辨认相同的符号和区别不同的符号。为此,这种系统就必须能够辨别出不同符号之间的实质差别。符号既可以是物理符号,也可以是头脑中的抽象符号,或者是电子计算机中的电子运动模式,还可以是头脑中神经元的某些运动方式。一个完善的符号系统应具有下列 6 种基本功能:

- (1) 输入符号(input);
- (2) 输出符号(output);
- (3) 存储符号(store);
- (4) 复制符号(copy);
- (5) 建立符号结构:通过找出各符号间的关系,在符号系统中形成符号结构;
- (6) 条件性迁移(conditional transfer):根据已有符号,继续完成活动过程。