

高等学校计算机科学与技术
研究生教学用书

人工智能高级技术导论

*Introduction to High Technology
of Artificial Intelligence*

高 济 编著



高等教育出版社

内容简介

高等学校计算机科学与技术
研究生教学用书

人工智能高级技术导论

Introduction to High Technology of Artificial Intelligence

高 济 编著

书 名	书 号	定 价	出 版 社
人工智能高级技术导论	7-304-01000-0	48.00元	高等教育出版社
人工智能高级技术导论(英文版)	7-304-01000-1	48.00元	高等教育出版社
人工智能高级技术导论(英文版)	7-304-01000-2	48.00元	高等教育出版社
人工智能高级技术导论(英文版)	7-304-01000-3	48.00元	高等教育出版社
人工智能高级技术导论(英文版)	7-304-01000-4	48.00元	高等教育出版社
人工智能高级技术导论(英文版)	7-304-01000-5	48.00元	高等教育出版社
人工智能高级技术导论(英文版)	7-304-01000-6	48.00元	高等教育出版社
人工智能高级技术导论(英文版)	7-304-01000-7	48.00元	高等教育出版社
人工智能高级技术导论(英文版)	7-304-01000-8	48.00元	高等教育出版社
人工智能高级技术导论(英文版)	7-304-01000-9	48.00元	高等教育出版社

高等教育出版社

地址:北京海淀区中关村大街27号
邮编:100081

内容提要

本书是与“十一五”国家级规划教材《人工智能基础》(第2版)配套的研究生“人工智能”课程教材。《人工智能基础》(第2版)以问题求解、知识表示、KB(基于知识的)系统、自动规划、机器学习等关于人工智能的基础级技术为主要内容,但仅依赖这些基础级技术,并不足以支持高性能应用的开发和运行。为此,本书从推动高性能智能软件的研究和应用角度,对人工智能的高级技术作全面的导论性介绍,包括20世纪80年代开发的KB系统高级技术、非单调推理和软计算、基于范例的推理、关于时间和空间的推理,90年代兴起的Agent技术和多Agent协同工作,进入21世纪后机器学习研究与应用的新进展,以及新一代网络计算的技术基础及其智能化。

本书将在回顾基于知识的问题求解技术的基础上,介绍这些人工智能高级技术,包括研究背景、基本概念和实现方法,使读者对这些技术有一个全面和深入的认识,并由此为应用和进一步研究这些技术奠定必要的基础。本书也可供工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能高级技术导论/高济编著. —北京:高等教育出版社,2009.5

ISBN 978-7-04-026301-5

I. 人… II. 高… III. 人工智能-研究生-教材
IV. TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第047194号

策划编辑	孙惠丽	责任编辑	张海波	封面设计	李卫青
版式设计	史新薇	责任校对	刘莉	责任印制	朱学忠

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	山东省高唐印刷有限责任公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2009年5月第1版
印 张	29.5	印 次	2009年5月第1次印刷
字 数	540 000	定 价	46.30元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26301-00

高等学校公共管理类专业 主要课程教材

公共基础课

管理学(第三版)(送教师课件)(跨工商管理类)	周三多
公共经济学(送教师课件)	郭庆旺 赵志耘
公共管理学(第二版)(送教师课件)	黎民等
公共政策学(第二版)(送教师课件)	宁骚等
公共政策学案例精选(送教师课件)	宁骚等
社会学基础(跨社会学类)	赵孟营等
经济法律基础(跨工商管理类)	席酉民等

专业基础课

行政管理专业方向

行政管理学	娄成武等
政治学原理(跨政治学类)	王惠岩等
公共行政学(送教师课件)	王乐夫等
比较政府(送教师课件)	宁骚等
人力资源管理(跨工商管理类)(第二版)(送教师课件)	陈维政等
行政法与行政诉讼法(跨法学类)	张树意等
管理信息系统(第四版)(送教师课件)(跨工商管理类)	黄梯云等
电子政务(跨电子商务类)(送教师课件)	孙宝文等

公共事业管理专业

公共事业管理学(第二版)(送教师课件)	娄成武 郑文范
公共事业管理案例	郑文范
公共事业管理概论(第二版)(送教师课件、配学习卡)	崔运武
公共组织财务管理(第二版)(送教师课件)	侯江红等
公共部门人力资源管理(送教师课件)	边慧敏 尹庆双
公共组织学(第二版)	张建东 陆江兵
非营利组织管理学(送教师课件)	李维安等
公共部门决策的理论与方法(第二版)(送教师课件)	胡象明
公共伦理学(第二版)(送教师课件)	高力等

社区管理(第二版)(送教师课件)

孙 萍 娄成武

管制经济学原理(送教师课件)

王俊豪

劳动与社会保障专业

劳动经济学(跨工商管理类)

胡学勤

人力资源管理(跨工商管理类)(第二版)(送教师课件)

陈维政

社会保障(送教师课件)

郑功成

社会保险(送教师课件)

邓大松

土地资源管理专业

土地资源管理学(第二版)(送教师课件)

王万茂

地籍管理(送教师课件)

雷国平

土地利用规划学(送教师课件)

董德显

不动产估价(送教师课件)

虞晓芬

国土资源管理导论

赵连荣

前 言

传统的人工智能(AI)技术建立在基于符号表示和推理的经典理论之上,包括搜索、归约和逻辑推理等问题求解的基本方法以及知识表示的理论和方法。这些技术已广泛应用于KB(基于知识的)系统、自动规划、机器学习、自然语言处理、机器视觉、机器人等应用领域。作为AI技术的入门级或基础性的课程教材,大多数AI教科书也都以介绍这些基础级技术为主要内容。然而,仅依赖这些基础级技术,并不足以支持高性能应用的开发和运行。为此,实现高性能的高级技术得到了深入和持久的研究,首先是兴起于20世纪80年代的KB系统高级技术、非单调推理和软计算、基于范例的推理以及关于时间和空间的推理,然后是兴起于20世纪90年代的Agent技术和多Agent协同工作;进入新世纪后,机器学习的研究与应用取得了显著进展,而新一代网络计算的技术基础及其智能化则成为另一个研究热点。

KB系统(狭义地,专家系统)在20世纪70年代的初步成功导致了80年代初AI工业化浪潮的兴起。但推动该浪潮的AI“淘金热”随即遭受重大挫折,快速消失了。AI研究者们从中悟出的一个教训就是:基于知识的问题求解技术必须与主流计算技术紧密结合,才有出路;从而导致基于知识的软件智能化技术发展为AI应用研究的主流方向之一。

KB系统多年来的实践已经证明,使软件具有基于知识的问题求解能力或广义的知识处理能力,可以作为实现软件智能化的有效途径。然而,传统KB系统存在严重缺点:问题求解能力的脆弱性和不可靠性,这主要源自其只获取表示事物间现象上关联的经验知识,使得求解的问题超出经验知识允许的范围时系统的处理能力急剧下降。正是这个严重缺点和相关的其他缺点导致20世纪80年代初投资开发的许多KB系统未走出实验室。

要克服这些缺点,关键在于开发对应用领域和问题求解任务的深入理解,仅靠提高计算机硬件速度和软件执行效率是难以奏效的。这就要求获取领域的深层知识和结构化地组织问题求解,并由此推动了KB系统高级技术的开发。这方面的突出研究包括定性物理、基于模型的推理、深浅层推理的综合、问题求解的结构化组织、功能化体系结构和知识级问题求解建模等。相关研究工作已经取得了重要进展,使得采用相应研究成果的智能软件能有效地建立在对应用领域和问题求解任务的深入理解基础上,展示出高性能,从而确立了知识处理技术

在软件智能化事业中的主导地位。

知识处理的形式化基础是谓词逻辑。一方面,传统逻辑(一阶谓词演算)的局限性,使其无法完备地描述复杂的真实世界,无法有效地表示随真实世界变化的试探性信念以及适当地表示模糊或不确定的信念,所以引进非单调推理和真值维持技术以及面向不精确和不确定推理的软计算(包括不确定推理方法、模糊逻辑和人工神经网络),对于强调实用性的软件智能化技术是十分必要的。另一方面,真实世界的复杂性也使不少应用领域难以抽取足够的演绎推理知识(传统 KB 系统要求获取的知识),由此促进了基于范例推理技术的开发,而范例作为用于类比推理的知识,有效地扩充了知识处理技术在软件智能化中的作用。这些技术再加上关于时间和空间的推理,构成了基于知识的软件智能化技术的重要组成部分。

进入 20 世纪 90 年代,机器学习逐渐成为 AI 乃至计算机科学最重要的研究领域之一。由于大规模数字网络的普遍使用,经典的基于符号的机器学习方法(如归纳学习、解释学习、类比学习等),已不能适应对具有多样性的海量数据进行分析的需求,开拓新型机器学习方法并强化机器学习的理论基础,成为机器学习领域的研究热点。机器学习的研究目标也从对于人学习能力的抽象模拟转向智能数据分析技术的务实开发。本书将沿两条脉络:统计学习和发现学习,来阐述机器学习研究与应用的新进展。前者包括贝叶斯网络、隐马尔可夫模型和统计学习理论;后者包括粗糙集、聚类分析和复杂类型数据的挖掘技术。

随着基于因特网的分布计算发展为主要的计算环境,软件 Agent 和多 Agent 系统正在崛起为面向分布计算的软件智能化技术。具有社会和领域知识的软件 Agent 已开始在全球因特网和国家信息基础的智能化过程中发挥作用;利用软件 Agent 技术来构建开放性、可重构和可伸缩的集成化应用系统已取得了初步成功,它们使软件智能化技术的大规模应用显露出新的曙光。Agent 技术的研究主要集中在 3 个方面:Agent 行为理论、体系结构和通信。Agent 行为理论倾向于把软件 Agent 定义为有意识系统,体系结构研究个体 Agent 的构成模块和模块间的交互作用,通信机制则构成支持 Agent 间互操作和协同工作的重要基础。

因特网已经发展成全世界共享信息和计算资源的虚拟平台。然而目前的因特网只是一个无序和混沌的信息网络,提供的信息处理能力远不足以支持这个最终目标的到达。主要原因在于缺乏强有力的基础结构去支持联网的、拥有异构硬/软件计算资源的应用系统间的语义互操作和大规模集成。为此,新一代网络计算技术随着 21 世纪的来临应运而生,并沿着 3 个相互促进的脉络:语义 Web、网格计算和自治计算,快速发展。其中,语义 Web 技术旨在给服务共享和协同工作建立语义互操作基础,网格计算技术聚焦于通过开放式标准协议和框架来综合集成网络计算资源,自治计算技术则旨在通过基于政策的自主管理消

解人工管理面对越趋复杂的网络计算所面临的困境。

本书将在回顾基于知识的问题求解技术的基础上,对上述各个方面的 AI 高级技术作导论性介绍,包括研究背景、基本概念和实现方法,使读者对这些技术有一个全面和深入的认识,并由此为应用和进一步研究这些技术奠定必要的基础。

由于 AI 高级技术涉及的研究范围较广,并不断地推陈出新,而编著者水平有限,书中错误与不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

高 济

2008 年 7 月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 人工智能研究的发展	1
1.2 人工智能应用研究的发展趋势	5
1.3 基于知识的软件智能化技术	7
1.3.1 知识处理技术的深化	7
1.3.2 对 KB 系统现状的反思	9
1.3.3 软件智能化实践	11
1.3.4 开发人工智能高级技术	13
本章小结	17
习题	17
参考文献	18
第二章 基于知识的问题求解	19
2.1 知识表示	19
2.2 问题求解	26
2.2.1 问题求解的基本方法	26
2.2.2 问题求解的组织	36
2.3 KB 系统	39
2.3.1 KB 系统的一般概念	39
2.3.2 知识获取和 KB 系统开发	41
2.3.3 KB 系统开发工具和环境	43
2.4 知识级分析	44
2.4.1 表示和知识	44
2.4.2 计算机系统的功能分级	45
2.4.3 知识级	46
2.4.4 知识级细节	46
2.4.5 结论	49
2.5 符号推理的高级技术	50
2.5.1 基于假设的推理	50
2.5.2 从属和辩证	51

2.5.3 约束满足	52
2.5.4 元推理	53
本章小结	54
习题	57
参考文献	58
第三章 KB 系统的高级技术	59
3.1 开发的必要性	59
3.2 定性物理方法	60
3.2.1 定性演算	61
3.2.2 用定性演算推理行为	65
3.2.3 典型的定性物理方法	69
3.3 基于模型的推理(MBR)	69
3.3.1 因果建模	70
3.3.2 不精确模型	73
3.4 深、浅层推理的综合	75
3.4.1 一个实例——动态系统的适应性多级诊断建模	77
3.4.2 综合深、浅层推理的技术	81
3.5 问题求解的结构化模型	83
3.5.1 问题求解建模	83
3.5.2 知识获取工具的开发工具	87
3.6 功能化体系结构	88
3.6.1 常见任务	88
3.6.2 诊断推理中的常见任务举例	89
3.6.3 常见任务工具集	90
3.6.4 功能化体系结构方式的评价	90
3.7 知识级问题求解建模	91
3.7.1 知识获取观点	92
3.7.2 中间模型	94
3.7.3 专门知识建模	96
3.7.4 可重用的专门知识元素	103
3.7.5 知识变异	103
3.7.6 结构保留设计	104
3.7.7 知识获取过程	105
3.7.8 结论	105
本章小结	106

习题	109
参考文献	111
第四章 非单调推理和软计算	113
4.1 传统逻辑系统的局限性	113
4.2 非单调推理	114
4.2.1 非单调推理简介	115
4.2.2 非单调推理的形式化方法	117
4.2.3 真值维持系统	123
4.2.4 约束满足问题	131
4.3 不确定推理	138
4.3.1 主观 Bayes 方法	138
4.3.2 确定性方法	144
4.3.3 D-S 证据理论	148
4.3.4 应用不确定推理的准则	153
4.4 模糊逻辑和模糊推理	153
4.4.1 模糊逻辑	154
4.4.2 模糊推理	156
4.4.3 模糊控制	160
4.4.4 应用模糊逻辑时的问题	163
4.5 神经网络	163
4.5.1 神经元和神经网络	164
4.5.2 面向映射变换的 BP 网	166
4.5.3 面向联想记忆的神经网络	170
4.5.4 神经网络的实现技术	175
本章小结	178
习题	181
参考文献	185
第五章 基于范例的推理	187
5.1 基于范例的推理系统	187
5.1.1 研究动机	187
5.1.2 CBR 系统分类	188
5.1.3 应用例——基于范例的服务调度	190
5.2 范例表示和索引	192
5.2.1 范例的内容	192
5.2.2 范例索引	193

5.3	检索、改编和辩证	196
5.3.1	范例检索和存储更新	196
5.3.2	解答改编	197
5.3.3	解答辩证	199
5.4	基于范例的学习	199
5.4.1	学习方式	200
5.4.2	学习方法的比较	200
5.5	基于范例的推理应用	201
5.5.1	某些 CBR 应用系统	201
5.5.2	集成 CBR 和其他信息处理技术	201
5.6	结论	204
	本章小结	204
	习题	206
	参考文献	207
第六章	关于时间和空间的推理	208
6.1	伴有时间的推理	208
6.1.1	时间和逻辑	209
6.1.2	时间概念及其表示	210
6.1.3	实现伴有时间的推理	211
6.1.4	基于时态逻辑的 RWT 理论框架	212
6.2	时间的不确定性和分支	215
6.2.1	关于事件时间的不完全知识	215
6.2.2	时间分支	219
6.3	关于空间的推理	220
6.3.1	空间概念及其表示	220
6.3.2	空间搜索	221
6.3.3	多层次空间表示	224
6.4	关于形状的推理	226
6.5	时空推理小结	227
	本章小结	229
	习题	230
	参考文献	231
第七章	机器学习研究与应用的新进展	232
7.1	贝叶斯网络	233
7.1.1	贝叶斯网络的定义	233

7.1.2	贝叶斯网络的语义	234
7.1.3	贝叶斯网络中的推理	237
7.1.4	贝叶斯网络的学习	240
7.2	隐马尔可夫模型	244
7.2.1	马尔可夫链	245
7.2.2	隐马尔可夫模型的定义	245
7.2.3	隐马尔可夫模型的基本算法	246
7.2.4	学习算法 EM	248
7.3	统计学习理论	248
7.3.1	小样本统计学理论	249
7.3.2	支持向量机	251
7.3.3	支持向量机的应用研究	256
7.4	粗糙集理论	256
7.4.1	粗糙集理论的基本概念	257
7.4.2	决策表约简	259
7.4.3	决策规则的挖掘	262
7.5	聚类分析	263
7.5.1	聚类分析的预处理	264
7.5.2	聚类方法的分类	265
7.5.3	基于划分的 k -平均和 k -中心点算法	266
7.6	复杂类型数据的挖掘	268
7.6.1	空间数据挖掘	268
7.6.2	图像数据挖掘	269
7.6.3	时序数据挖掘	271
7.6.4	文本数据挖掘	273
7.6.5	Web 挖掘	275
	本章小结	278
	习题	281
	参考文献	285
第八章 Agent 技术和信息基础设施智能化		287
8.1	Agent 技术的研究和发展	288
8.1.1	Agent 技术的形成	288
8.1.2	Agent 的基本特征	289
8.1.3	Agent 技术的研究现状	290
8.1.4	Agent 分类概观	294

8.2	多 Agent 协作	296
8.2.1	合作型 Agent 体系结构 ARCHON	296
8.2.2	多 Agent 协作的建立	298
8.2.3	合作的协调	307
8.2.4	Agent 社会	320
8.3	Agent 通信	323
8.3.1	信息和知识共享	324
8.3.2	Agent 交互协议	328
8.3.3	通信促进服务	331
8.4	信息基础设施的智能化	334
8.4.1	技术挑战	334
8.4.2	智能系统的作用	336
8.4.3	虚拟组织的信息基础设施	340
	本章小结	346
	习题	350
	参考文献	352
第九章	新一代网络计算的技术基础及其智能化	355
9.1	新一代网络计算技术概述	356
9.1.1	语义 Web	357
9.1.2	网格计算	358
9.1.3	自治计算	361
9.2	语义 Web 的实现技术和本体工程	363
9.2.1	语义 Web 的实现技术	363
9.2.2	基于本体的知识系统	376
9.3	网格计算的技术基础	390
9.3.1	支持可伸缩虚拟组织的网格体系结构	390
9.3.2	开放的网格服务体系结构	393
9.3.3	网格计算的基础设施	402
9.3.4	网格计算技术的新进展	404
9.4	自治计算的技术基础	411
9.4.1	自治计算的开发	411
9.4.2	基于政策的自主管理	422
9.4.3	支持 Agent 社交活动的方法体系	435
	本章小结	452
	习题	455
	参考文献	457

第一章 绪 论

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是一门正在发展中的综合性前沿学科,它由计算机科学、控制论、信息论、神经生理学、心理学、语言学等多种学科相互渗透而发展起来。尽管建立关于智能的理论和让智能机器达到人类的智力水平(建立所谓的人工智能人)是 AI 的最终目标,但 AI 的生命力却在于能作为工程而得到实际应用。自麦卡锡(McCarthy)于 1956 年在美国青年科学家的一次夏季学术讨论会上首次提出“人工智能”术语以来, AI 作为一门发展中的新兴学科,已经走过其曲折的半个世纪的历程,迅速成长和壮大了。其间,该学科的发展曾经面临过不少争论、困难和挑战,但同时也孕育了巨大的成功机遇。研究者们坚信,在 21 世纪的以信息技术为主导的网络和知识经济中, AI 技术将具有举足轻重的地位和影响。

本章首先对 AI 研究的发展作一个简要的回顾,包括 AI 定义的 4 种方法和 4 阶段发展历程。然后,从两个方面来讨论 AI 应用研究的发展趋势。接下来,从知识处理技术的深化、对 KB 系统现状的反思以及软件智能化实践这 3 个方面,评价基于知识的软件智能化技术的现状和发展前景。最后对开发 AI 高级技术的需求和 7 个方面的高级技术作简单的介绍。

1.1 人工智能研究的发展

AI 的研究可以追溯到古希腊哲学家亚里士多德(Aristotle)提出的被称为“三段论”的演绎推理,德国数学家莱布尼茨(Leibniz)于 17 世纪开创的数学逻辑和形式推理的研究则为 AI 学科的形成作了先驱工作。这些研究在 20 世纪 30—40 年代得到了快速发展。人们发现,人的推理行为可以通过“基于简单的符号表示结构作运算”来实现,并在此基础上发展了“谓词演算”这种形式推理方法。然而,当时尚缺乏有效的手段去辅助研究,正是现代计算机提供了强有力的手段,使 AI 成为现实。

1. 人工智能的定义

鉴于 AI 学科尚未达到成熟阶段,研究者们对智能和智能本质的认识尚存在分歧,所以目前还难以给 AI 下确切和严格的统一定义。顾名思义,可以说 AI 就

是用人工方法在机器(计算机)上实现的智能,或称机器智能。作为非正式的定义, AI 研究如何用计算机来表示和执行人类的智能活动,以模拟人脑所从事的推理、学习、思考、规划等思维活动,并解决需要人类的智力才能处理的复杂问题,如医疗诊断、管理决策、下棋、自然语言理解等。

归纳起来,50 多年来人们对 AI 的定义可以划分为以下 4 种方法。

(1) 类人行为:图灵测试方法

该方法由图灵(Turing)于 1950 年提出,旨在给智能提供一个满足可操作要求的定义。图灵提出的测试方法如下:让某个人作为询问者,另一个人和一台机器分别作为询问答复者;且询问者和答复者隔离(不见面),只能通过类似于终端的文本设备联系;若询问者不能区分答复是来自另一个人还是机器,则判定该机器具有智能。

当然,要让机器能参与测试,需要赋予以下能力:自然语言处理、知识表示、自动推理、机器学习、机器视觉和机器人动作。实际上,这 6 个能力覆盖了 AI 研究的大部分内容。显然,图灵测试完全从是否有类人行为来判别机器智能,尽管给出了一个直观且便于客观评判的智能概念,但排斥了机器智能可以不同于人类的方面(如,计算速度快、不易出错等)。多年来,研究者实际上并没有花费很大精力去尝试通过完整的图灵测试(尽管不少智能系统的测试采用了图灵测试的部分思想),他们相信研究智能的根本原则远比做这样的完整测试更重要。

(2) 类人思维:认知模型方法

该方法要求建立人的认知模型,以便考察机器是否具有按照这种认知模型进行思维的能力。为确定人类思维的内部工作过程,认知模型通常采用两种方式:内省和心理测试,去得到关于思维的足够精确的理论,以便可以设计计算机程序加以表示。若该程序的输入/输出和实时行为与人的行为一致,就表明程序的运行机制在某种程度上遵从了人类模式。纽厄尔和西蒙于 1961 年设计的通用问题求解器就是一次典型的尝试。该程序并不满足于仅让程序正确地解决问题,而是更关心程序解题的推理步骤是否与人类个体求解同样问题的步骤相同。纽厄尔等人于 1987 年设计的通用解题结构 SOAR 则增加了类似于人的示教学习能力,使得 SOAR 能够通过示教学习方式将外部专家的指导性意见转变为内部的可操作的形式,并实现记忆,以逐步提高解题能力。

这种方法在 AI 研究的早期确实起到了很好的推动作用,使研究者们能够从是否接近人类思维的角度,衡量智能系统实现方法的优劣。然而现今的研究者宁可把 AI 技术和人类认知分离,他们认为这种分离(但不排斥相互借鉴)可以使 AI 和认知科学都得到更快的发展。尤其是在机器视觉和自然语言理解领域,这两个学科既分离又相互借鉴的方式已经取得了明显的成效。

(3) 理性思维：“思维法则”方法

该方法关注考核思维的正确性,即一个系统若能在其知识范围内正确行事(推出正确结论),它就是理性的。古希腊哲学家亚里士多德是首先试图严格定义“正确思维”的人之一。他将“正确思维”定义为不能辩驳的“三段论”推理过程:若前提和相应的“前提-结论”规则都正确,则总能推导出正确结论。一个著名的例子是:苏格拉底是男人,所有男人是凡人;所以苏格拉底也是凡人。“三段论”是一种典型的思维法则,作为支配人类心智活动的论据结构模式。前述数理逻辑和形式推理的研究给出了精确描述事物和事物间关系的符号结构,使得通过符号逻辑就可建立起能理性思维的智能系统。可以说专家系统和知识工程就是这种“思维法则”方法催生的产物。

这种方法面临的障碍是难以获得关于事物和事物间关系的完备知识,即使局限于一个狭窄的应用领域内。由于缺少完备的知识,系统将无法解决超出现有知识范围的问题。而且面临真实世界问题的复杂性,即使具有解决问题的知识,如果没有高效组织推理步骤的方法,也会耗尽计算资源而搜索不到解答。

(4) 理性行为:理性智能体方法

该方法关注人工系统的智能行为,要求人工系统具有自主行动的能力,如感知环境、做改变环境的操作、适应环境变化、交换消息、派遣或接收任务等。称这种人工系统为智能体(Agent),理性智能体意指智能体能够通过上述理性思维方法使自己的行动获得最佳结果,或在面临不确定环境时能获得最佳的期望结果。这里,处理不确定性的能力超出了“思维法则”确保思维正确的范畴,因为允许理性智能体在缺乏完备知识时做不能确保正确的决策。另外,时空资源受限时的快速反应能力也是理性的体现,尽管当时认为是最合适的反应也许事后会发现实际上不佳甚至错误。

近年来,已有越来越多的研究者将AI的研究视为理性智能体的设计过程。这种方法至少有两个好处。首先,它比“思维法则”方法更通用,因为“正确思维”只是实现理性的几种可能机制之一。其次,它比建立在类人行为或思维基础上的方法更经得起科学发展的检验,因为理性的标准具有清晰且普遍接受的定义。

总之,关于AI的定义目前尚不存在赞同一致的意见。但人们坚信,随着AI研究的不断深入,最终会澄清以上方法中的假设和观点,消除分歧并达成共识,形成关于AI的确切和严格定义。到那时,AI学科实际上也将随之达到成熟阶段。

2. 人工智能研究的发展历程

AI研究的发展历程可以划分为4个阶段:形成期、成长期、快速发展期、稳步增长期。