

中国计算机学会学术著作丛书

世纪之交的 知识工程与知识科学

陆汝钤 主编

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是在国家自然科学基金委员会组织的“世纪科学论坛和战略研讨会——世纪之交的知识工程与知识科学”上发表的综述性论文的汇编。文章内容涉及软计算、自然语言处理、非经典逻辑、非经典推理、机器学习和知识处理等领域。所有文章均邀请相关领域的著名专家撰写,通过丰富的文献资料并结合作者的研究工作,以及研讨会的专家讨论,对各学科在 20 世纪 90 年代的最新发展作出回顾与分析,并对 21 世纪初的发展趋势作出展望,对学术研究有重要的参考价值。

本书适合计算机和自动化专业中知识工程和人工智能领域的研究生、教师、工程技术人员和科研人员参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: 世纪之交的知识工程与知识科学

作 者: 陆汝钤 主编

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者: 世界知识印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 32.75 字数: 751 千字

版 次: 2001 年 9 月第 1 版 2001 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04475-9/TP·2640

印 数: 0001~3000

定 价: 46.00 元

《世纪之交的知识工程与知识科学》程序委员会

主席:陆汝钤

委员:王 珏 石纯一 史忠植 刘椿年 陆汝钤 何新贵

《世纪之交的知识工程与知识科学》组织委员会

主席:肖连华

委员:张文妍 肖连华 姜云飞

《世纪之交的知识工程与知识科学》编辑委员会

主编:陆汝钤

副主编:肖连华

编委:王 珏 石纯一 史忠植 刘椿年

陆汝钤 肖连华 何新贵

前 言

从古希腊人开始,对于知识的研究与探索一直是人类追求的目标。几千年来情况都是这样的:哲学家研究有关知识的一般特性与规律,而自然科学家孜孜不倦地猎取具体的知识。20世纪中叶以后,这种研究格局发生了变化。由于知识在人类文明中所起的作用越来越大,不仅是哲学家、逻辑学家和心理学家,而且计算机科学家也在认真地研究知识的一般特性与规律。这是因为人类已经进入了信息化社会,而且正在向知识化社会前进。人类对知识的掌握很大程度上体现为这些汪洋大海般的知识是能够通过计算机和计算机网络操作和使用的。计算机科学家的任务是要研究处理各种复杂知识的理论与方法。1977年,Feigenbaum教授提出了知识工程的概念,成为知识可操作化的一个里程碑。但是,二十多年来,知识工程主要是一门实验性科学。知识处理的大量理论性问题尚待解决。我们认为对知识的研究应该是一门具有坚实理论基础的科学,应该把知识工程的概念上升为知识科学。知识科学的进步将从根本上回答在知识工程中遇到过,但是没有能够很好解决的一系列重大问题。

对知识科学的研究不仅有重大的理论意义,也有重大的实际意义。从战略的高度讲,大力发展和推动知识经济已成为我国的国策,成为我国经济在21世纪持续发展的一个关键。组织和研究对知识的获取、开发和利用是我国科学工作者的世纪使命。但是如果没有知识科学的理论作为先导,而只对技术问题作就事论事的研究,那么我国的知识经济要走在世界的前列并长期保持这种地位是很困难的,更不用说要登上知识处理领域的世界科学高峰了。组织这次研讨会的主要目的就是考察和评述国际上20世纪90年代以来在知识工程和知识科学研究方面取得的进展;交流和检阅我国学者在这个领域的研究心得和成就;建议国家有关部门把知识科学的和我国推动知识经济的国策结合起来,用知识科学的基础理论来指导在全国范围内获取、普及、开发、利用知识的努力,并且把它作为从国外大量汲取新知识、为我所用的重要管道,使中华民族的巨舟永远航行在人类知识的海洋上。

本次会议是在国家自然科学基金委员会信息学部的主持下召开的,并得到了国家自然科学基金重点基金项目69733020的支持。特此致谢。

陆汝钊
2001年6月于北京

目 录

第一部分 软 计 算

第 1 章 计算智能——神经计算和遗传算法技术	张 铃 张 钹
1.1 引言	1
1.2 神经计算	1
1.2.1 历史发展	1
1.2.2 神经网络计算	2
1.2.3 我们的工作	3
1.3 遗传算法	5
1.3.1 遗传算法	5
1.3.2 应用例子	8
1.4 分析	10
1.5 结论	11
参考文献	11
第 2 章 模糊逻辑、神经元网络和进化计算	何新贵 梁久楨
2.1 引言	14
2.2 智能系统的特征	14
2.3 神经网络	17
2.4 模糊逻辑和模糊推理网络	19
2.5 模糊神经网络	23
2.6 神经网络的学习	25
2.7 神经网络的进化	27
2.8 智能系统	29
2.9 应用	32
2.10 结语	34
参考文献	35
第 3 章 基于 Agent 的计算	石纯一 徐晋晖
3.1 前言	42
3.2 Agent 模型	43
3.2.1 概述	43
3.2.2 逻辑学方法	44
3.2.3 经济学方法	57
3.2.4 开放信息系统	58

3.3	MAS 求解机制	59
3.3.1	MAS 问题求解.....	59
3.3.2	理论基础	61
3.3.3	Agent 组织	65
3.3.4	协商和协调机制	67
3.3.5	合作机制和任务分配	71
3.3.6	个性、社会性和规范.....	71
3.4	Agent 技术和应用.....	73
3.4.1	KQML 和 AOP	73
3.4.2	应用	75
	参考文献	78
第 4 章	形象思维	潘云鹤 耿卫东
4.1	形象思维的认知机制研究综述.....	85
4.1.1	概述	85
4.1.2	记忆中的形象信息表征	86
4.1.3	形象思维与心象	88
4.1.4	小结	91
	参考文献	92
4.2	图形图像技术与形象思维模拟.....	93
4.2.1	心象型信息的表达模拟	93
4.2.2	心象型信息的操作模拟	95
4.2.3	小结.....	101
	参考文献.....	103
4.3	语义与视觉形象的集成及人工形象智能	103
4.3.1	引言.....	103
4.3.2	集成模型概述.....	104
4.3.3	单路模型.....	105
4.3.4	多路或模型.....	106
4.3.5	多路与模型.....	107
4.3.6	人工形象智能的提出.....	107
	参考文献.....	109
4.4	综合推理的理论与模型	109
4.4.1	推理的发展概述.....	109
4.4.2	综合推理的模型.....	110
4.4.3	综合推理的特点.....	111
4.4.4	综合推理示例——多源类比生成.....	112
4.4.5	小结.....	115
	参考文献.....	115

4.5	形状的心象型表达模型	116
4.5.1	问题的提出	116
4.5.2	形状的心象型表达准则	116
4.5.3	心象型表达模型的提出	118
4.5.4	二维形状的抽象表达	119
4.5.5	三维形体的抽象表达模型	121
4.5.6	模型的分析与评价	124
	参考文献	125
4.6	形象思维模拟:实例研究	126
4.6.1	语义到形状的转换:自动造型	126
4.6.2	基于知识的真实感绘制	128
4.6.3	融合视觉认知的工程视图理解	131
4.6.4	形象化语义的生成——CAD中的表达型绘制	133
4.6.5	智能多媒体表现	135
4.6.6	基于形象语义的壁画检索	137
4.6.7	基于视频知识的动画	139
	参考文献	141
4.7	形象思维研究展望	142
	参考文献	143

第二部分 自然语言处理

第5章	自然语言理解与机器翻译	姚天顺
5.1	前言	145
5.2	当今的自然语言理解	147
5.2.1	自然语言理解的研究	147
5.2.2	信息检索	148
5.3	新世纪研究的设想	149
5.3.1	开展语言信息处理的基础研究	149
5.3.2	统计方法进入了自然语言理解的新阶段	152
5.3.3	构造结构化语言模型	154
5.3.4	基于语段的处理方法(Chunk-based Method)	159
5.4	结束语	171
	参考文献	171
第6章	形式文法与故事理解	张松懋
6.1	故事理解研究简述	174
6.2	Rumelhart的故事文法及其对其的不同评价	176
6.3	其他与故事理解有关的文法方法	177
6.4	故事生成中的形式文法	178

6.5	语言学和文学中的故事文法	180
6.6	我们的故事分析文法及其功能分析	181
6.7	故事理解形式化文法方法的研究趋势	184
	参考文献	186
专家讨论:自然语言处理方法论刍议		陆汝占 靳光瑾
专家讨论:理解“故事理解”		陆汝占

第三部分 非经典逻辑

第7章	开放逻辑:一个关于形式系统序列和极限的理论	李 未
7.1	公理化方法及其局限性	197
7.2	公理化进程	200
7.3	形式理论序列和极限	205
7.4	新假设与事实反驳	208
7.5	猜想与反驳序列	211
7.6	演绎与归纳	213
7.7	归纳序列	217
7.8	过程模式	222
7.9	结论与展望	223
	参考文献	225
第8章	模态逻辑和定理证明	孙吉贵
8.1	引言	227
8.2	模态逻辑系统	227
8.2.1	正规模态逻辑	228
8.2.2	时态逻辑	231
8.3	模态逻辑推理方法	233
8.3.1	模态逻辑的表推演方法	234
8.3.2	子句型模态归结方法	236
8.3.3	模态非子句归结方法	239
8.3.4	模态逻辑的理论归结方法	240
8.3.5	模态逻辑转换为经典逻辑的推理方法	240
8.3.6	模态逻辑的 Gentzen 相继式演算	242
8.3.7	模态逻辑的 Matrix 证明方法	243
8.4	模态推理器	244
8.5	模态推理展望	246
	参考文献	247
第9章	约束逻辑程序设计 CLP——现状与未来	刘椿年
9.1	引言	251
9.2	语义基础	253

9.2.1	约束论域.....	253
9.2.2	语法结构.....	254
9.2.3	状态间的推导法则和推导序列.....	254
9.2.4	CLP 程序的操作语义	255
9.2.5	例子.....	255
9.2.6	其他语义和主要的理论结果.....	256
9.3	语言设计	257
9.3.1	约束论域和约束求解算法——约束系统.....	257
9.3.2	约束系统的宿主语言.....	259
9.3.3	程序调试和可视化工具.....	260
9.4	实现技术	260
9.4.1	CLP 编译器和抽象机	260
9.4.2	CLP 程序的全局分析技术	261
9.4.3	CLP 的并行实现	261
9.4.4	CLP 系统的一个实例	261
9.5	应用——CLP 的建模技术	262
9.5.1	实数论域上 CLP(R)的建模技术	263
9.5.2	离散论域上 CLP(FD)的建模技术	264
9.6	相关学科	268
9.6.1	人工智能与约束程序设计.....	268
9.6.2	数据库与约束程序设计.....	268
9.6.3	人机接口与约束程序设计.....	274
9.6.4	运筹学与约束程序设计.....	274
9.6.5	并发性与约束程序设计.....	274
9.6.6	机器人和控制论与约束程序设计.....	274
9.7	发展趋势	275
9.7.1	更为实用的约束系统和约束语言.....	275
9.7.2	基于约束的分布式系统.....	275
9.7.3	系统效率的进一步提高.....	275
9.7.4	约束数据库.....	275
9.7.5	用户接口与基于约束的嵌入式智能系统.....	275
9.7.6	CLP 与人工智能中一些领域的交叉研究	276
9.8	结束语	277
	参考文献.....	277

专家讨论:分层约束逻辑程序设计(HCLP)

孙吉贵 张永刚

专家讨论:模态逻辑与 Rough 集理论

刘椿年

第四部分 非经典推理

第 10 章 关于行动推理的研究	朱朝晖 戈也挺 陈世福 朱梧楨
10.1 引言	293
10.2 行动推理研究中的形式工具	294
10.3 框架问题的研究	294
10.3.1 基于限定论的方法	295
10.3.2 框架问题的 Reiter 解决方案	299
10.4 结果(ramifications)问题的研究.....	300
10.4.1 PWA、PMA 及极小变化原则	300
10.4.2 极小原则与状态变元的分类	302
10.4.3 基于因果关系的方法	304
10.5 资格问题的研究	306
10.6 行动推理的元理论研究	307
10.7 行动推理理论在 agent 中的应用及行动推理研究趋势	308
10.8 结束语	309
参考文献	309
第 11 章 基于事例的推理系统	刘大有 赵宇霆 艾景军
11.1 引言	313
11.2 CBR 研究的历史和现状	313
11.3 CBR 思想	315
11.3.1 什么是 CBR	315
11.3.2 CBR 系统的特点	317
11.3.3 CBR 系统的整体结构	318
11.4 CBR 中的机器学习	319
11.4.1 学习途径	320
11.4.2 学习策略	320
11.4.3 学习方法	321
11.5 CBR 方法	321
11.5.1 事例表示	321
11.5.2 索引	322
11.5.3 事例检索	323
11.5.4 相似性度量	324
11.5.5 适应性修改	326
11.5.6 评估和学习	328
11.6 CBR 方法与其他方法的结合	329
11.7 结论	330
参考文献	331

12.1	什么是基于模型的诊断	339
12.1.1	基于模型诊断的思想	339
12.1.2	基于模型诊断的形式定义	339
12.1.3	基于模型诊断的示例	340
12.2	基于模型诊断的步骤	341
12.3	基于模型诊断的计算方法	342
12.3.1	基于一致性极小诊断	342
12.3.2	基本诊断	352
12.3.3	基于一致性的中心诊断	354
12.3.4	溯因诊断	356
12.4	基于模型的诊断与传统的基于规则诊断的区别	357
12.4.1	传统的基于规则的诊断依赖于专家的经验	357
12.4.2	基于模型的诊断依赖于元件的功能和元件间的连接	358
12.4.3	基于规则的诊断系统类似于中医诊断,而基于模型的诊断系统类似于西医诊断	358
12.5	基于模型诊断的优点	358
12.6	基于模型诊断的应用研究领域	358
12.7	基于模型诊断的研究课题	359
12.8	基于模型诊断在应用方面的研究成果	360
12.9	我们在基于模型诊断上的研究工作	360
	参考文献	362

第五部分 机器学习

13.1	机器学习研究概况	365
13.2	机器学习算法的基础——优化	368
13.2.1	表示(数学基函数)、知识表示(模型)与机器学习(优化算法)	369
13.2.2	数据性质	370
13.2.3	目标函数与搜索策略	371
13.2.4	小结	371
13.3	符号机器学习	372
13.3.1	符号机器学习的一般描述	372
13.3.2	AQ11 与 ID3	373
13.3.3	Rough Set 理论与差别矩阵原理	374
13.4	统计机器学习	374
13.4.1	MP 模型的几何解释	375

13.4.2	Vapnik 的支持向量机	376
13.4.3	基于领域的空间划分方法	377
13.4.4	分析	378
13.4.5	聚类分析	378
13.5	数据挖掘	379
13.5.1	例子	379
13.5.2	人的数据理解	381
13.5.3	计算机数据理解	382
13.6	非结构化数据的数据挖掘	383
13.6.1	对非结构化数据进行结构化表示的三个层次	383
13.6.2	文本挖掘与图像挖掘	384
13.6.3	半结构化数据挖掘	384
13.6.4	语言归纳机器学习	385
13.7	函数归纳机器学习	385
13.7.1	BACON 与 AM	386
13.7.2	遗传程序设计	386
13.8	分析机器学习	387
13.8.1	案例机器学习	388
13.8.2	类比机器学习	389
13.8.3	解释机器学习	389
13.8.4	小结	390
13.9	适应性计算	390
13.9.1	环境	390
13.9.2	适应性计算	391
13.9.3	对用户需求的适应——情感计算	392
13.10	总结与问题	393
	参考文献	395

第 14 章 数据采掘

史忠植 叶施仁等

14.1	引言	398
14.2	理论研究	400
14.2.1	学习的认知问题	400
14.2.2	归纳的逻辑问题	401
14.2.3	学习的计算理论	401
14.3	采掘方法和算法	402
14.3.1	统计方法	402
14.3.2	机器学习	404
14.3.3	神经计算	408
14.3.4	可视化	409

14.4	采掘对象和软件工具	409
14.4.1	面向关系数据库	409
14.4.2	面向文本	410
14.4.3	面向 Web	413
14.4.4	面向空间数据	413
14.4.5	面向图像和视频数据采掘	414
14.4.6	多策略通用数据采掘工具 MSMiner	415
14.5	应用	416
14.5.1	商业应用	416
14.5.2	科学应用	417
14.5.3	政府部门	417
14.5.4	工农业生产	418
14.6	展望	418
	参考文献	418
第 15 章	Bayesian 网学习	刘大有 王 飞等
15.1	引言	420
15.2	Bayesian 网的学习	421
15.2.1	已知网络结构,完备数据条件下概率分布的学习	423
15.2.2	已知网络结构,不完备数据条件下概率分布的学习	424
15.2.3	网络结构学习	428
15.2.4	当前的研究热点和未来的研究趋向	435
15.2.5	Bayesian 网学习的成功应用	436
	参考文献	437

第六部分 知识处理

第 16 章	知识工程中的本体论研究	金 芝
16.1	引言	447
16.2	本体论和本体:理论基础	448
16.2.1	什么是本体?	449
16.2.2	建立本体要依据的原则	450
16.2.3	本体的组成	451
16.2.4	本体的分类	451
16.2.5	总结	453
16.3	本体论和本体:当前的研究现状和主要方法	454
16.3.1	当前的研究现状	454
16.3.2	建立本体的主要方法	455
16.3.3	表示本体的语言和建立本体的环境	456
16.4	将本体论推向应用	459

16.4.1	本体与自然语言的研究	459
16.4.2	信息检索和信息集成	461
16.4.3	企业模拟	462
16.4.4	软件需求获取与需求工程	463
16.5	目前存在的问题和未来的发展方向	465
	参考文献	465
第 17 章	关于常识的研究 陆汝钤 姬广峰	
17.1	通向人工智能之路	469
17.2	常识的本质	470
17.2.1	什么是常识——一般学者的观点	470
17.2.2	什么课题属于常识研究的范围——人工智能专家的观点	471
17.2.3	常识处理不同于专业知识处理的主要之处是什么 ——计算机科学家的观点	472
17.2.4	常识问题论坛——研究常识的专家们提出的常识问题	472
17.2.5	常识性知识的实用研究	473
17.3	常识哲学和常识心理学	474
17.3.1	常识的三个层次和常识世界	474
17.3.2	现象和本质——人的认识如何完成	474
17.3.3	常识心理学的三个学派	475
17.3.4	心态的形式化表示	475
17.3.5	与取消主义的论争	476
17.4	常识的表示	477
17.4.1	常识知识的 Agent 表示	478
17.4.2	常识知识的本体论表示	481
17.4.3	语境和本体	483
17.4.4	常识表示语言	484
17.5	大规模常识知识库	488
17.5.1	关于知识共享的努力	488
17.5.2	CYC 计划及相关工作	488
17.5.3	本体库和问题解决方法库——当前常用的组合	490
17.5.4	盘古计划和盘古知识库	491
17.6	常识知识库上的推理	492
17.6.1	常识推理的不同表现形式	492
17.6.2	基于 agent 的分布式推理	492
17.6.3	基于本体的联想式推理	494
17.7	两个带理论性的难题	495
17.7.1	常识知识的完备性问题	495
17.7.2	自然语言表示的不精确问题	497

17.8	常识知识的应用	497
17.8.1	常识的广泛应用	497
17.8.2	常识性知识在故事理解中的应用	498
17.8.3	常识性知识在图灵测试中的应用	500
17.8.4	常识性知识在计算机动画自动生成中的应用	503
参考文献	504
附录	常识问题论坛上已有常识问题清单	506

第一部分 软 计 算

第 1 章 计算智能——神经计算和遗传算法技术

张 铃 张 钹
安徽大学人工智能所 清华大学计算机系
合肥 230039 北京 100084

1.1 引 言

什么是计算智能(computational intelligence), 目前为止还没有大家公认的定义。但通常大家把模糊计算(fuzzy computing)、神经计算(neural computing)和进化计算(evolution computing)作为它的三个主要内容。我们也可以给它下一个粗略的定义: 凡是仿照自然法则构造的计算, 均可称为计算智能, 有时也把这类计算叫做软计算(soft computing)。如模仿人类处理问题方式而引入的模糊计算; 依据生物神经网络的工作规则引入的神经计算; 模仿生物界的“优胜劣汰”法则的遗传算法、进化规划等, 均属此类。

本文只就我们这些年来进行过一些研究的两个分支: 人工神经网络和遗传算法的情况作一个简介并谈谈我们在这两方面的一些工作, 最后针对目前软计算中存在的问题, 谈谈我们的一些不成熟的看法。

1.2 神经计算

1.2.1 历史发展

人工神经网络实际上指的是一类计算模型, 由于它的工作原理模仿了人类大脑的某些工作机制, 因此而得名。所以严格地讲, 应该叫神经网络计算, 或简称神经计算(neural computing)。这种计算模型与传统的计算机的计算模式完全不同。我们知道传统的计

算模型是这样的，它利用一个(或几个)计算元(即 CPU)担负所有的计算任务，整个计算过程是按时间序列一步步地在该计算单元中完成的，本质上是串行计算。神经计算则是利用大量简单计算单元，组成一个大网络，通过大规模并行计算来完成。由于其思想的新颖性，所以一开始就受到广泛的重视。

根据上述思想，为了实现神经计算，需要分别提出计算元(神经元)的计算模型和网络的连接方式。1943年美国学者 W. S. McCulloch 和 W. Pitts 首先提出一种神经元的数学模型，即 M-P 模型，并由此组成一种前馈网络。可以说它是人工神经网络的最初模型，也是神经计算最早的研究工作。从这之后，人工神经网络的研究经历了艰难的探索过程，几起几落，这个历史大家都很熟悉。简单地讲，神经网络开始于 20 世纪 40、50 年代，从此形成第一次高潮。但由于当初理论准备不足，技术上不成熟，60、70 年代进入第一个低潮。到 80 年代中期，由于理论研究的进展，特别是有效学习算法的提出，如 BP 算法等，神经网络研究开始复苏，出现了第二次高潮。自那时至今，因研究的结果并不十分令人满意，第二次热潮似乎已经逐渐退去。因此人们开始冷静地思考这样的问题：神经网络计算的本质是什么，它为什么不断地引起人们的兴趣，又为什么不断地令人失望？我们简单讨论一下这个问题。

1.2.2 神经网络计算

我们可以从计算模型和方法这两角度来分析神经计算的本质。

从计算模型看，它和传统的计算模型(电子计算机模型)有很大的区别。如上所述，它是由大量简单的计算单元组成网络进行计算。这种计算模型显然具有以下明显优点，即鲁棒性、适应性和并行性。这是传统计算所没有的。

通常，模型中的计算单元采用多输入和单输出的非线性函数，而且每个单元完全一样，比如，单元函数为

$$y = f(g(x))$$

其中， g 是非线性函数， x 是输入向量， y 是输出量。

把这些完全一样的单元连接成一层网络，再加一层输出层，输出单元通常是线性的。最后得到一个典型的三层神经网络，利用这个网络进行计算，这就是神经计算模型。第一，由于网络中计算元很多，整个计算是分布式的，有别于传统的集中计算方式；第二，各计算单元通过连接权值互相联系，计算是高度并行地进行，也有别于传统串行的计算模式。

从方法论的角度看，传统的计算依靠从顶向下的分析，先利用先验知识建立数学的、物理的或推理的模型。在此基础上建立相应的计算模型进行计算。但神经网络计算是自底向上的，它很少利用先验知识，直接从数据通过学习与训练，以自动建立计算模型。由上可见，神经网络计算不需要或很少需要先验知识，表现出很强的灵活性、适应性和学习能力，这是传统计算方法所缺乏的。这一点正好可以弥补传统方法的不足，从而备受大家的重视。

不过应当看到，神经计算由于不依靠先验知识，只靠学习与训练从数据中取得规律和知识，这固然是优点，但同时也带来困难。首先是效率问题，学习的复杂性始终是困