

人工智能研究动态与发展趋势^{*}

——参加第十五届国际人工智能联合大会总结报告

The Artificial Intelligence: Present States of Study and Trends of Development

张东摩 李红兵

(南京大学软件新技术国家重点实验室 南京 210093)

一、大会概况

国际人工智能联合大会(IJCAI)是国际人工智能界最有影响的和权威性的盛会,自1969年以来,每两年举行一次,至今已成功举行了十五届。本届会议(IJCAI-97)于8月23日至8月29日在日本名古屋市国际会议中心召开,来自47个国家和地区的1310名学者参加了会议。

本次会议共收到技术论文投稿882篇,录用216篇(录用情况见表1)。论文采用全文提交、匿名三审的审稿方式,严格程度超过AI领域的其它会议。本次会议共邀请了15位专家作了12场大会特邀报告。4位专家分别汇报了去年举行的几种AI方面专题国际会议的情况。由7位知名学者主持了一场题为“The Next Big Thing”的大会论坛。

表1 IJCAI-97论文录用情况

国家	录用论文数	比例
美国	61	28.2%
日本	38	17.6%
法国	21	9.7%
德国	18	8.3%
意大利	11	5.1%
澳大利亚	10	4.6%
加拿大	8	3.7%
英国	6	2.8%
瑞典	6	2.8%
其它	37	17.1%
合计	216	100%

会议共组织32个讨论会及17个专题讲座(Tutorial),内容遍及人工智能领域各个活跃的研究分支。216篇被录用的技术论文被分成20个专题组,

每篇论文均有半小时分组报告的机会。本次会议还录用了116篇墙展论文(Poster Paper)供与会者交流。

会议附设“AI研究成果展”、“新世界展示会”、“首届世界杯机器人足球赛(RoboCup-97)”、“第三届FOST杯计算机围棋国际锦标赛”及“计算机科学图书展”等活动,以充分显示近年来人工智能领域的理论与应用成果。

今年参加IJCAI的人数明显少于往届,上届为两千人左右,高峰时达到五千余人,其主要原因是日本消费过高。但与会人员中70%以上为年青人,这表明人工智能研究已经从泡沫发展时期平稳过渡到理智发展时期,一批新的研究队伍已经形成,并取得了许多扎实的研究进展。

本次会议得到32家大型公司的支持,与会人员中亦有大量人员来自工商业界,这表明人工智能技术正逐步被工商业界所重视。事实上,会议主办的“人工智能研究展示会”“新世界展示会”充分展示了有些人工智能技术已经成熟,而且已经被成功地应用于解决许多生产实际问题。

二、我国学者参加会议的情况

我国(大陆)有5位学者参加本次会议,其中包括清华大学的张钹院士及本次会议特邀顾问科学院计算所的史忠植教授。另外,我国香港地区及台湾地区分别有4人及6人参会。

本次会议共录用我国(大陆)学者技术论文两篇、墙展论文两篇,较往年稍好。两篇技术论文为:张东摩、陈世福、朱梧楹、陈兆乾的“多信念改变的表示定理(Representation Theorems for Multiple Belief Changes)”,张东摩、陈世福、朱梧楹、李红兵的“非单调推理与多信念修正(Nonmonotonic Reason-

^{*} 本文得到国家自然科学基金与863高技术基金的资助。

ing and Multiple Belief Revision)”。

第一篇论文是在文[1]建立的“广义信念修正理论”的基础上,提出了用于刻画无穷信念修正之本性质的新假设——极限假设,给出了相应的表示定理,从而使广义信念修正形成一个完整的理论体系,最终解决了由信念修正理论的创始人 Gärdenfors 于 1991 年提出的信念修正的扩充问题(见[2])。第二篇论文给出了广义信念修正理论在非单调推理中的应用,证明了基于规则的非单调推理算子可以严格对应于广义信念修正操作,该文的结果解决了由德国著名学者 Nebel 于 1992 年提出的信念修正与非单调推理之间的关系问题(见[3]),同时也预示了广义信念修正理论广阔的应用前景。因上列两篇论文,张东摩博士获得日本人工智能学会旅行奖(JSAI Travel Award)。

受国家自然科学基金、日本人工智能学会及八六三计划的资助,张东摩博士与李红兵博士生参加了本次会议,张东摩博士代表所有合作者就上述两篇论文作了 1 小时的大会分组报告。报告引起与会者的强烈兴趣,包括 Nebel 教授在内的十多位学者在会议期间就论文中的有关问题与作者进行了广泛的交流。会议前后还收到大量 Email(包括来自一些未参加会议的学者的),索要该两篇论文或相关资料。

值得一提的是,我国香港地区亦有两篇论文入选,且林方增博士的论文获得杰出论文奖。

三、目前人工智能领域的研究动态

人工智能的研究目标是认识与模拟人类智能行为。传统人工智能研究往往将研究重点集中于对人类单个智能品质如计算能力、推理能力、记忆能力、搜索能力、直觉能力等的研究与模拟。然而,由于人类智能行为是各种单个智能品质的综合体现,因此传统研究方法往往无法充分刻画或恰当模拟人类的智能行为。把人看成由多种智能品质构成的有机整体——智能体(agent),综合考察智能体的各种智能行为与特征,是当前人工智能研究者共同的愿望。本次会议最令人瞩目的研究课题是各类关于 agent 的研究,会议中凡是与 agent 研究相关的论文报告均座无虚席,甚至过道与窗台均被听众占满。12 个邀请报告中有 3 个报告涉及 agent 方面的研究。有关 agent 的理论与技术已被成功地应用于机器人、Internet、分布式问题求解及各类其它生产实际问题中。由于关于 agent 的研究需要综合应用 AI 各分支

领域的理论与技术,因此加强这方面的研究将会带动整个人工智能领域的发展。

表 2 IJCAI-97 录用论文主题分类

主 题	论文篇数	比例
1. 自动推理	24	11.1%
2. 基于 Case 的推理	6	2.8%
3. 认知建模	9	4.2%
4. 计算机辅助教学	3	1.4%
5. 约束满足问题	12	5.6%
6. 诊断与量性推理	21	9.7%
7. 分布式人工智能	11	5.1%
8. 专家系统	3	1.4%
9. 游戏	4	1.9%
10. 信息搜索	12	5.6%
11. 学习	22	10.1%
12. 自然语言处理与图形描述	17	7.9%
13. 神经元网络	13	6.0%
14. 规划与调度	17	7.9%
15. 概率推理	9	4.2%
16. 机器人	6	2.8%
17. 搜索	4	1.9%
18. 时序推理	9	4.2%
19. 视觉	5	2.3%
20. 其它	9	4.2%

若仅从本次会议录用论文的分布情况看(见表 2),除新出现“游戏”与“信息检索”两个新兴分支外,其它研究内容基本与往届相同。但下面一些研究分支似乎是本次会议较令人瞩目的议题。

1. 自动推理。自动推理是人工智能最经典的研究分支,其基本理论是人工智能其它分支的共同基础。正因为所占有的特殊基础地位,本次会议中,这一分支的论文总数仍与往届相同而高居榜首(若将时态推理包括在内,其论文数将多达 33 篇)。在这一研究分支中,知识系统的动态演化特征及可行性推理的研究是本次会议较令人瞩目的研究议题。

2. 机器学习。“机器学习”是仅次于“自动推理”的论文大户,也是本次会议的焦点议题之一。本次会议的“计算机与思维”奖得主美国布朗大学的 Leslie P. Kaelbling 女士正是因为从事机器学习领域的研究取得突出成就而获此殊荣。近年来,机器学习的研究取得了长足的发展,许多新的学习方法相继问世并获得了成功的应用(如增强学习算法, reinforcement learning)。然而,现有的方法在处理在线学习方面尚不够有效,寻求一类新的学习方法,以解决移动机器人、自主 agent、智能信息存取等研究中的在线学习问题是与会者共同关心的问题。

3. 自然语言处理。自然语言处理是 AI 技术应用于实际领域的典型范例,经过二十余年 AI 研究者的艰苦努力,这一领域已获得大量令人瞩目的理论成果与应用成果。本次会议的最高奖“杰出研究奖”被授予从事这一领域研究的著名学者 Aravind K. Jochi 教授。他所创立的联接树文法(tree-adjoining

grammars(TAG))已成为计算语言学与自然语言处理中重要的基础理论。

4. Action 理论。Action 理论是 agent 研究的基础,关于这方面的研究虽未形成一个独立的 AI 分支,但相关研究论文较多。基本方法是利用非单调推理理论、情境演算、时态推理等理论工具形式化 agent 的行为特征。其中关于行为的因果关系(Causality)的研究引起了众多与会者的兴趣。

5. 智能信息检索技术。本次会议将信息检索(Information Retrieval)作为 AI 的一个独立研究分支,并收录了多达 12 篇论文,其中一篇获“杰出论文奖”。受 Internet 技术迅猛发展的影响,信息获取与精化技术已成为当代计算机科学与技术研究中迫切需要研究的课题,将 AI 技术应用于这一领域的研究是人工智能走向应用的契机与突破口。从本次会议所录用的论文看,这方面的研究已取得可喜的进展。

总之,当今人工智能的研究无论是侧重点,还是研究方法均有显著的变化,一些 AI 的理论与技术正被成功地应用于生产实际,这预示着 AI 的理论与技术将会在未来社会由信息化时代向智能化时代的转化中发挥更大作用。

四、今后的发展趋势

自八十年代中期人工智能走向低谷以来,人工智能的研究一直处于一个漫长的探索时期。目前正面临世纪的转折点,人工智能是否能在这一关键时刻找到最适合自身发展的新的起点,这是所有人工智能研究者以及关心人工智能发展的研究者所共同关心的问题。早在 1993 年 IJCAI 会议就举行过一次题为“Grand Challenge AI applications”的大会论坛,1996 年 AAAI 会议以“Challenge Problems for Artificial Intelligence”为题进一步探讨人工智能未来的发展方向,本次会议又以更明确的主题“The Next Big Thing”邀请来自 AI 不同研究分支的六位学者以大会论坛的形式探讨下一个十年人工智能领域可能的突破点。本文将引述这次大会论坛中部分主坛人的一些观点,以说明人工智能领域今后可能的发展方向。

1. 面向交互的程序设计与社会构造——美国北卡罗来纳州立大学 Singh 教授

Singh 认为,开放的信息系统是未来人工智能乃至整个计算机领域研究的重要议题之一。所谓开放的信息系统是指由异构的、分布的、动态的、大规模的、自主的成分构成的系统。对这类系统的研究要求将人工智能与传统技术相结合,以获得更大的可扩展性与适应性。agent 正是这种结合的产物,然而现有的 agent 方法过分孤立了单个 agent 的行为。事实上,多 agent 系统需要 agent 以一种合作的方式工

作,因此多 agent 系统的设计不仅需要考虑到各种 agent 的特殊的应用功能,而且应考虑 agent 之间的交互方式。然而交互的实现却是非常困难的,需要考虑很多种可能的选择,频繁交互有可能会影响到 agent 的自主性,有时不经意地就把多 agent 系统设计成一个中央控制系统。因此, Singh 认为人们需要发展一种面向交互的程序设计(IOP)技术,它包括程序设计语言本身、编程技术及开发工具等的研究。IOP 将主要着眼于 agent 之间的关系而不是 agent 的内部特征。Singh 希望关于 IOP 的研究能成为下一个十年主流计算机研究中的一个重要论题。

2. 并发约束模型:智能计算的基础——人工智能杂志主编美国施乐公司 Bobrow 教授

模型是人工智能研究的中心问题,我们已经建立了大量关于各种特定问题的模型以及关于这些模型的推理、诊断及行为解释的程序。然而,一般而言,一种模型只能用来刻画一类特定的问题,不同的模型通常也需要用不同的程序语言来实现,例如,有些语言适用于实现由微分方程描述的带有连续时间参数的模型,有些则适用于实现离散模型;有些语言适用于实现串行序列操作,有些则适用于并发操作。Bobrow 认为我们需要一种混合型的并发程序设计语言,这种语言既能描述系统的环境,又能描述系统所要执行的任务;既可实现含连续时间参数的模型,又能实现含离散操作的模型。以这种混合型程序语言为基础可以建立一类可复合的模型,以刻画同时含有不同类型时间参数及并发约束的更复杂的问题类。

3. 一种基于 DAI 的新型软件设计风范——美国南卡罗来纳大学 Huhns 教授

软件工程在近二十年中得到了突飞猛进的发展,尽管在这一领域中相继出现了象“结构化程序设计”、“程序规范”、“面向对象的程序设计”、“形式化程序设计方法”、“可视化语言”等软件设计方法与手段,但从 1975 年以来,用于测试和调试程序的语句行数几乎与所编出的程序行数一样多。其实这并不奇怪,因为一方面人们需要构造非常复杂的软件来解决非常复杂的问题,另一方面,又要求任何复杂的软件中不含有任何错误,这本身就是一种矛盾。

当前最热门的程序设计风范是 Java 编程,因为它为下载某些特殊功能的软件提供了可能,Java 的这一特征导致了“软件构件”工业的发展。然而,如何保证这些软件构件在不同环境下正常工作呢?如何保证不同的软件构件能相互协调地工作呢?

Huhns 认为,错误永远存在于复杂系统中,要求程序的无错性可能导致对系统复杂性的制约或增加其它开销,因此无错误的代码未必一定是好的。Huhns 认为应该引入一种全新的软件设计风范,以

这种方法设计的软件系统应是由多个能相互交互、带有验证内核的模块组成的开放式结构。模块的设计可以采用 agent 技术,这样可使之能起到一种活动的作用,以监视环境条件,自动对环境作出反应。

4. 知识表示——加拿大多伦多大学 Reiter 教授一些传统的观点往往把知识表示看成是 AI 研究的理论部分,认为知识表示是一种纯理论研究。然而,事实上,知识表示已经在实际应用中发挥了很大的作用。在逻辑程序设计、演绎数据库、agent 程序设计等研究中的基本思想均得益于知识表示中的某些理论。

Reiter 认为,在知识表示领域中,今后十年内最具挑战性的研究问题是动态知识系统的刻画及关于 agent 程序设计的理论与实现的研究。

许多人工智能问题均涉及对动态知识系统的刻画。例如框架问题、agent 行为描述、agent 心智状态的描述、信念修正、并发性问题、规划问题、反事实条件推理、假设推理等。可喜的是,人们已经能利用逻辑方法较成功地刻画知识系统的动态特征。可以很有把握地预测,在下一个十年中,一定会出现一类逻辑系统及实现方式,以解决一些与领域相关的动态系统的刻画与编程。

在分布式和多 agent 系统的设计中,人们需要一种高水平的程序设计语言,以便能把每个 agent 封装在一个程序中,使 agent 能相互通信,同时还要能表示 agent 的意向状态。这里,agent 的意向状态是指 agent 的信念、承诺、期望、意愿等。然而,能同时实现这些功能的程序设计语言目前尚很少,大多数研究仅是理论上的探讨。但这种情形在今后 10 年内会有所改变,我们完全可以指望一类能描述 agent 心智状态的逻辑特征与过程性特征的高抽象水平的程序设计语言将可在下一个十年内产生。

5. 建立与理解复杂的自适应系统——日本 Sony 公司 Kitano 教授

计算机的发明已有五十年的历史,人工智能也诞生了四十年,计算机已取得突飞猛进的发展,这是有目共睹的。然而,人工智能的发展并不乐观,它已远远落后于计算机的发展步伐。目前人工智能只在可以符号化描述且信息是完全的一类问题上取得了一些成功,如计算机下棋及大多数专家系统。Kitano 认为下一个十年人工智能研究应着重于对未必能符号化、信息未必完全的复杂的自适应系统的研究,其中最关键的是如何理解与建立这样的系统。

建立这样的系统需要发展一些新的理论与技术。首先必须发展能理解与处理上下文的技术,使所建立的系统能在不同的上下文情境下合理地处理各类问题;其次应发展多路学习机制,使系统能从复杂的变化环境中同时学到多种技能(如机器人足球运动员就需要有这样的功能);另外还应探讨系统的可自动进化机制,使系统能从简单的被动式的系统逐步进化为复杂的具有自适应能力的系统。

6. 语言技术与界面——瑞士日内瓦大学的 King 教授

King 认为目前关于语言的研究尚未突破语义障碍,现在还看不出在解决自然语言中含糊暧昧的成份方面可能会取得多大的进展,也很难想象在近期内能实现对任意输入均可产生高质量译文的机器翻译系统或非常理想的篇章理解系统。我们所能看到的是一些有一定限制的但与人类生活切切相关的语言处理技术的发展。

语言技术产品具有良好的市场前景。事实上,某些语言技术产品已经成为日常生活中非常有用的东西,几乎没有一个秘书不使用拼写检查器,任何使用 Web 搜索引擎的人实际上无形中也用到了语言技术。随着全球通信网的普及与扩大,机器自动翻译系统的市场将会变得越来越广阔。King 认为在今后十年内下列语言技术产品将获得更大的发展:①拼写与语法检查器;②更友好与更具鲁棒性的电子字典系统;③通过声音输入的信息存取系统;④多语音识别系统;⑤集图象、声音、文字于一身的信息管理系统。King 认为随着语言技术产品市场的不断壮大,语言技术也会得到更快的发展。

结束语 人工智能经历了四十余年的研究已步入不惑之年,它的研究现状、发展方向及应用前景如何,是所有人工智能研究者及关心人工智能发展的人所共同关心的问题。IJCAI 虽能从某些侧面反映这一学科的两年来的一些发展状况,但不可能反映出整个学科的全貌。加之大会未提供概述性的综合报告,参会期间亦不可能遍历所有大会报告,因此本文介绍的内容只是作者的一些管见,难免有错误与不当之处,望同行专家、学者给予指正。

致谢:陈世福教授仔细审阅了本文并提出大量修改意见。特别感谢史忠植教授在会议期间对笔者给予的多方关照。

参考文献

- [1] Zhang Dongmo, Belief revision by sets of sentences, Journal of Computer Science and Technology, 11 (2), 1996
- [2] D. Makinson and P. Gärdenfors, Relations between the logic of theory change and nonmonotonic logic, in: A. Fuhrmann and M. Morreau eds. The Logic of Theory Change, (LNCS 465), Springer-Verlag, 1991
- [3] B. Nebel, Syntax based approaches to belief revision, in: P. Gärdenfors ed., Belief Revision, Cambridge University Press, 1992
- [4] 张钹,近十年人工智能的进展,模式识别与人工智能,第 8 卷增刊,1995
- [5] 王献昌,人工智能的研究趋向多元化,计算机科学,21 (1), 1994
- [6] IJCAI-97 论文集