

更新会导致多个对象的实质更新;二是对集合中的多个对象更新时,更新的次序,即并行更新还是顺序更新。

(2)复本数据更新。近年来,随着网络及分布式计算等的发展,复本数据的使用越来越多。它为早期复本数据处理的有关研究注入新的活力。

3) 异构数据库的集成

R. Hull 在 PODS'97 上作了关于数据库集成中语义异构问题的特邀报告,包括:

(1)数据库互操作的体系结构。Hull 总结为四类:协调者模式、联邦模式、带更新的协调者模式和工作流模式。

(2)数据源透明。解决这种问题的方法形成了一个谱系。一个极端是开发统一的数据表达形式和数据模型;另一个极端是允许不同的系统具有异构性,仅给用户及程序员提供处理异构的工具。其它各种处理策略都介于两者之间。

(3)数据表示。语义异构问题是由于采用多种方式来表达相同或重迭数据而造成的,因此比较不同数据模型和数据库模式的信息表达能力是一个重要研究问题。

(4)只读访问的数据集成。在这种集成策略中,全局访问只查询而不更新各种数据。这方面的工作主要集中在研究由局部模式来构造全局模式的方

法,输入和集成各数据源的选定部分及局部数据依赖的集成方法等。

(5)读写访问的数据库集成。在这种集成策略中,要着重考虑的是更新问题。它与视图更新很相似。视图更新问题较复杂,涉及到全局事务处理等技术。

(6)操作元数据。在数据库集成过程中,开发访问各数据源的元数据,即数据库模式及其语义信息的方法和工具非常重要,在此方面已有许多研究成果。

8. 其它研究问题

数据库领域的其它研究工作还有查询的复杂度理论[C. H. Papadimitriou 1996, 1997; M. Y. Vardi 1995; C. Beeri 1996],一阶增量求值系统(FOIES)[G. Dong 1995]和 O. I. Keridar 关于增强的三阶段提交协议(E3PC)[1995]等。

参考文献

- [1] PODS: Proc. of ACM Symposium on Principles of Database System, 1993-1997
- [2] SIGMOD: ACM SIGMOD Conf. on Management of Data, 1993-1997
- [3] Jon Doyle et al., Strategy Direction in Artificial Intelligence, ACM Computing Survey, 28(4)1996
- [4] B. Grosz and R. Davis, A Report ARPA on 21st Century Intelligent System, AI Magazine, 15 (3) 1994
- [5] D. E. Heckerman, Probabilistic Similarity networks, MIT Press, Cambridge, MA, 1991
- [6] E. Horvitz et al., A decision-theoretic approach to the display of information for time-critical decision: The Vista Project, In Proc. of SOAR-92 Conf. On Space Operations Automation and Research, 1992
- [7] D. E. Heckerman et al., Decision-theoretic troubleshooting, CACM 38(3)1995
- [8] R. F. Lyon and L. S. Yaeger, On-line hand-printing recognition with neural networks, In Fifth Intl. Conf. on Microelectronics for Neural Networks and Fuzzy System, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos CA, 1996
- [9] T. Jochem et al., Life in the fast lane: the evolution of an adaptive vehicle control system, AI Magazine, 17(2)1996
- [10] T. E. Senator et al., The financial crimes enforcement network AI system (FAIS): Identifying potential money laundering from reports of large cash transactions, AI Magazine, 16(4)1995
- [11] D. R. Smith et al., Synthesis of planning and scheduling software, In Advanced Planning Technology, AAAI Press, Menlo Park, CA 1996
- [12] J. Goebel et al., A Bayesian classification of the L-RAS LRS Atlas, Astron. Astrophys. 222, 1989

(上接第 28 页)

经开始了下一个五十年的远航,我们为它的前景所振奋,渴望同其它学科一起合作,并且对它对计算研究的贡献、相关性和中心地位充满自信。

参考文献

- [1] Jon Doyle et al., Strategy Direction in Artificial Intelligence, ACM Computing Survey, 28(4)1996
- [2] B. Grosz and R. Davis, A Report ARPA on 21st Century Intelligent System, AI Magazine, 15 (3) 1994
- [3] D. E. Heckerman, Probabilistic Similarity networks, MIT Press, Cambridge, MA, 1991
- [4] E. Horvitz et al., A decision-theoretic approach to the display of information for time-critical decision: The Vista Project, In Proc. of SOAR-92 Conf. On Space Operations Automation and Research, 1992
- [5] D. E. Heckerman et al., Decision-theoretic troubleshooting, CACM 38(3)1995
- [6] R. F. Lyon and L. S. Yaeger, On-line hand-printing recognition with neural networks, In Fifth Intl. Conf. on Microelectronics for Neural Networks and Fuzzy System, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos CA, 1996
- [7] T. Jochem et al., Life in the fast lane: the evolution of an adaptive vehicle control system, AI Magazine, 17(2)1996
- [8] T. E. Senator et al., The financial crimes enforcement network AI system (FAIS): Identifying potential money laundering from reports of large cash transactions, AI Magazine, 16(4)1995
- [9] D. R. Smith et al., Synthesis of planning and scheduling software, In Advanced Planning Technology, AAAI Press, Menlo Park, CA 1996
- [10] J. Goebel et al., A Bayesian classification of the L-RAS LRS Atlas, Astron. Astrophys. 222, 1989

人工智能的战略方向

Strategy Directions in Artificial Intelligence

苏运霖 编译

(暨南大学计算机科学系 广州 510632)

摘要 本文根据《ACM 计算的战略方向》研讨会中关于“工人智能的战略方向”的讨论及其专论[1]、[2]进行编译,论述未来十年或更长时间内人工智能发展的战略方向,旨在展望今后的研究动向。

关键词 人工智能, 战略方向

从图灵提出有名的智能测试方案以来,对人工智能的研究可以说再也没有停止过。本人曾把这一过程譬喻为一个“跛脚者”扶着拐棍,跌跌撞撞步履维艰地前进,一边走还一边为人们做好事。然而几十年过去了,人工智能确实已经走出了相当长的一段路,而这“跛脚者”也已练就一双铁脚板,走起路来已经不那么艰难了。人工智能取得了极其辉煌的成就。因此来讨论它的下一步战略方向,是完全必要和适时的。

1. 什么是人工智能

尽管人们并没有对人工智能给出一个明确的定义,但却已经达到了这样的共识:人工智能领域是由下列若干相互关联的学科和实用目标之长期努力与技术努力组成的:

构造智能机器,而不论它们是否象人一样运作。

在人类的所有努力的领域中,形式地陈述知识并机械化包括普遍常识和精确的专业知识的推理。

使用计算模型来理解心理学和人类、动物以及人工机构的行为。

使得同计算机一道工作就如同与有技术的好合作的甚至可能是专业人员一道工作,既容易又有帮助。

由上述可见,在计算研究中,人工智能的涉及面最广,概括了从自然科学到社会科学、从工程到经济、物理学到心理学的研究。人工智能的本性迫使它不仅要去对付自然世界的复杂性,还要对付人工系统的复杂性。它的主要理论问题和任何科学领域中最深奥最重要的那些问题一样,而它对于人的

实际影响则有希望和任何已知的技术一样。

人工智能的目标反映了古代使用智慧和双手来创立象我们自己一样的生存体的梦想。在过去几个世纪里,对于这些梦想的追求,已经产生了惊人的现代计算机,在过去四十年间,现代人工智能凭藉计算机的威力,已经在一些领域中,特别是在计算机系统、逻辑、计算的数学理论、心理学、经济学、控制理论以及数学问题求解等这些领域中,构筑了最好的思维来建造下列的具体实现:

- 解决理论上和实用上的普通的和深奥的智力问题。
- 通过计划、视力、触觉和自觉性来控制机器人的运动。
- 解释人类的书面和口头语言。
- 通过指令、经验以及通过分析其它数据来学习新的技巧和知识。

这些实现中有些已被证明是很成功的,而有些仍是初步的或不完备的,但是每一个都掌握了人类能力可认识的重要成分,并且提供了未来研究可据以扩展的框架。

人们可以把今天的人工智能划分成下列主要领域(有些可能相重迭):

1) 知识表示和连接,即寻求表述有关世界各方面信息的形式和方法,并使用这些方法来建立和编译实质性的形式化知识和多重目的类目。

2) 学习和适配,即把统计分析科学发现的技术和假设的神经生理学机制(这是由学习获得的)推广到从指令、经验以及收集的数据里抽取(这是适配)广泛的一般态势、事实、以及技术的过程中。

3) 慎审、计划和行动,即经由决策、制作计划或设计,实现特定目标,并且监控、解释、诊断和改正计划的性能与设计的实现。

4) 语音和语言处理,即寻求在各种书面和口头的自然语言中建立通讯和翻译的能力。

5) 映像理解和综合,即建立用于分析相片图示和实时录相片的算法,以及用于裁制定量的和结构的信息表示技术。

6) 操作和运行,即寻求重复和超过自然的手、臂、脚以及身体的能力。

7) 自治的机构和机器人,即把其它领域集成起来建立一个能够同环境进行独立的智能、实时交互的健壮和主动的实体。

8) 多机构系统,即标识出为机构所需要的知识,表示和过程一起工作或者彼此联络来工作。

9) 认识模型,即专注于一些特有技术和构造集成结构,使之重复人类认识的模型或行为的模型。

10) 数学基础,即把其他领域的概念和技术作为形式化、净化、分析以及重新概念化的主题。

这种分类并非唯一,而且还将随时间改变。因此我们说,没有一个清单能组成人工智能的定义。人工智能不是一个领域清单,或者方法学的清单,甚至也不是一个组成或收容万物的标号,而是由理解智能的人类和构造智能系统的持久而有趣的目标组成的。

2. 形式阐述的问题

在早期的人工智能研究中,研究者还没有使用形式化的方法。结果,非形式化工具在揭示需要精确的术语才能明确表达那些系统的问题时遇到极大困难,解决系统阐述这些问题^[2]需要相当多的实验并对各种概念化进行深入考察,才能找出适当的方法。尽管逻辑、博弈论以及其他学科都对形式化阐述作出一定贡献,但在描述实质性的东西中能力不足。人工智能需要超越其他领域,提供一个精确的手段。

自1980年以来,人工智能在研究方法学上开始经历显著变化,这种变化部分地归功于它在系统阐述问题上的进展,也部分地归功于通过计算研究同其他领域的逐渐集成。今天这方面的典型研究努力,是依赖于研究与技术交流的正式化、理论上的精确方法、实验上的精细方法。严谨的科学、工程以及数学组成了这一方面的主题。对广泛和大规模的现实问题领域的关注,以及更加集中地考虑把人工智能的思想、系统和技术集成到标准的计算理论和实践

中已经代替了早期那种对“玩具”领域的分析研究。这一变化不仅扩大了对精确性和形式化的需求,还要求更多的严谨性以便在扩大和集成系统中实现所需要的约定和一致性。由于这样一种变化,对于人工智能的教育也提出了相应的要求。为了解文献和对他们未来的工作有利,现代人工智能的学生必需学习一些领域的基础知识,包括逻辑学、统计学、决策论、随机过程、算法分析、复杂性理论、并发性以及计算几何等等,这些还仅仅是一部分。

3. 贡献

人工智能对于计算,更一般地对于科学,已经作出了突出贡献,这些包括人工神经网络、自动推理、自治和半自治的可移动机器人、计算定性推理(关于物理系统的)、限制程序设计、数据采掘系统、决策树学习方法、描述逻辑(结构性和说明表示超出了传统逻辑中普遍的那些结构)、设计和配置系统、近似计算、专家或知识库系统(主要基于说明性知识的明晰组合)、模糊逻辑和控制系统、不确定信息的图形表示(贝叶斯的信念网络及其他)、带启发的探索查找、逻辑和基于规则的程序设计系统、机械的符号数学计算、自然语言理解和生成系统、非单调逻辑、计划和调度系统、程序综合和验证方法、与讲话人无关的实时语言理解系统、推理或真值维护系统(系统记录和重用推理步骤)、机器人装配系统、文本处理和查询系统以及可视分类和登录系统。

人们可以通过人工智能派生和帮助派生而作为独立研究领域的新学科,来评价人工智能的成果。这些新学科包括人工神经网络、自动推理、限制的程序设计、带启发式的探索查找、集成的软件开发环境、逻辑程序设计、面向对象的程序设计、机械的符号数学计算以及程序的综合和验证方案。人们还应当注意人工智能对符号计算和函数程序设计的重大贡献。这两者都已经以基本的方式推出了Lisp及其同族在人工智能研究中的持续发展和使用。人工智能已经对计算语言学、流行的逻辑领域(特别是非单调逻辑、信息修改理论,而且计算理论已大量用于分布式系统)以及经济学和运筹学(其中带启发式的探索查找的人工智能方法,特别是随机的带启发式的探索查找,已经引起了一场革命性的发展)也在研究过程本身的概念并提供其他学科领域中研究的动机和思想。人工智能在语言、推理和表示方面的进展和信息处理模型也引起了在语言学、心理学、生理学以及组织理论方面的重大转移(例如基于规则的系统和

人工神经网络为心理学以前停止不前的行为学方法带来了复兴)。因此人工智能模型现在在这些领域中的形象都很突出。除了改变某些领域外,某些人工智能方法学(特别是专家知识库系统、人工神经网络以及模糊系统)也开阔了许多工程师的视野,他们现在在跳出传统的算法和数据结构,去获取构成所希功能的基础知识或专业知识。

近年来,人工智能已经获得了许多成功,这可以在一年一度的关于人工智能新应用的 AAAI 会议的论文集中,在 Communications of the ACM 最近几期(例如 1995 年 11 月号,1996 年 1 月、2 月、4 月、5 月、6 月号)等等找到许多例子,我们这里仅仅列举非常少的一些。基于图形的不确定性表示的概率诊断系统形成了很大一类成功的应用,包括由美国医学协会批准的智力通路病理诊断系统^[3]、由 NASA 用于宇宙飞船的使命控制的 VISTA 监控和分析系统^[4]。人工神经网络也出现在许多成功的系统中^[5]。模糊逻辑系统也已被应用于许多问题。设计和配置系统形成了日常生活中很大一类,其中最大的如 AT&T 的 PROSE 和 QUESTAR 系统,处理价值数十亿美元的定单^[6]。有大量的专家知识库系统,其应用从信任授权和“洗钱”探测^[7],到直升飞机螺旋桨的高度技巧的模拟^[8]等,自动综合的 KTS(Kestrel 交通调度系统)软件也已经证实大型调度应用系统中惊人地有效^[9]。还有基于知识的计划和调度系统现在也显著地提高了机械制造的有效性和生产率。语言理解技术也开始有了商业影响。机器视觉系统现在在工业检查和装配过程中找到日常的使用,并且在医疗图像分析中发挥日益重要的作用,而在自动交通工具控制中的应用还仅处于演示阶段,但有希望在不久的将来会有广泛的应用。机器学习方法已经成功地实现对关系数据的自动分析并且发现了有关关系对象的新分类^[10]。限于篇幅,我们就不再列举更多的例子了。

4. 方向

预测下一代基础研究的结果既需要有很大勇气,又比较愚蠢的。然而,指出下一代人工智能系统所面临的核心挑战是值得的,即揭示在极度环境中的健壮操作、广而深入的知识,同人类实现自然交互的能力以及一定程度上的自然理解和内部的整体性。

·世界或我们构造的系统都会遇到事先难以预料的问题,因此如果系统不能快速地从它的经验中

学习以适应环境的变化,则其实现目的注定失败。

·系统必需以一种适当的方式来获取和具体化知识,以便用于不同的任务,达到执行任务的高效率,并且通过这一过程来获取知识。

·系统应实现同人类合作者的广泛交互,为此就需要使用自然语言和适当的视图显示以及可触摸的设备来进行通讯。

·系统还必须理解它本身,它的合作者以及它周围的世界,以便更好地集成其各种各样的部件,便于它们进行交互。

构造带有这些特性的系统也遇到了同驱使人工智能研究所经历的各历史时期一样的挑战。早期引进的每一个技术研究领域(知识表示和连接,学习和适配,慎审和计划及行动,语音和语言处理,图像理解和综合,操作和运动,自治机构和机器人,多机构系统,认知模型以及数学基础)都支持迎接这些挑战,以下我们将勾勒人工智能某些大的研究方向——跨越许多较窄的研究领域的研究方向,我们认为,它们既表征了今天这个领域的许多重要研究工作,也在很大程度上表征了下一个十年即直到 21 世纪的头十年乃至更长时间的重要研究工作,下边我们来逐个介绍。

4.1 追求集成

今天人工智能活动追求多个方位的集成十分活跃:集成支持不同能力的系统,把涉及智能的不同侧面的理论和方法组合起来,调节人工智能中的一些子领域以及调和、协调并利用来自其它学科的思想。

最新的也是最具实际重要性的集成努力,是计算研究与实践的相关领域的集成。最困难的集成领域包括理论数据库以及程序设计语言(特别是对于逻辑和面向对象的程序设计),今天已经没有人把人工智能技术视作独立的系统。取而代之的是,它是一个复杂的多个领域的高度集成体。同计算研究相关的领域集成的有代表性的长期目标包括:

—显著地改善程序设计的性质,对于大多数任务和应用来说,使程序员同一个能提供直接而广泛的支持与合作的知识库机构进行合作,以便描述设计、实现、维护和重新工程化硬件和软件系统,使之可靠、健壮、安全、有效的智能化。

—去掉知识库和数据库之间的人为区别,构造有效的和一致的透明机制,用于表示大量的知识和数据,在这些表示之间进行翻译,并应用基于知识的推理、学习和发现机制到超大规模的知识和数据仓库中以获取知识。

—更好地把传统的程序同推理系统集成在一起,以便能更容易地利用知识把计算同推理混合在一起以实现所希望结果,也把相应的程序设计和描述工具集成在一起,去掉描述逻辑和面向对象的系统之间以及逻辑程序设计、基于规则的程序设计和传统的设计之间的人为区别。

—通过继续实现基于知识的推理和学习技术,对涉及硬截止时间的复杂实际系统的实时操作和控制进行适配和扩充,缓解动作的速度与质量间的紧张关系。

—使计算机更易于使用,更合作和更可裁判,并且具有熟悉的方便方式来应用自然语言和有以其它方式进行通讯的接口。

4.2 构筑机器人

构筑大而复杂、动态环境下的感知和动作的集成机构要求把人工智能的子领域同计算研究加以集成,这些环境既包括实际环境也包括信息系统的“虚拟世界”。通过专注于人们感兴趣的日常世界,例如办工楼和互联网络,研究者们可以避免不自觉地进行“玩具”世界的设计。

机器人一词传统上指在实际环境中行动的自动机构,而引进的“软机器人”指纯粹地在信息系统内行动的机构,但这个区分随着实际的机构进入电子通讯以及其间的联机通讯,有望会减弱,因此这个报告把两种类型的机构都叫做机器人。最近以来的研究工作是针对实际的感知和动机能力的新方向及其应用,调节自治机器人的操作适合更复杂的任务和使机器人在人的监督下可安全操作在自然环境中,要求对感知、动作和推理进一步的集成。在这个方向上有代表性的长期目标包括构造具有下列诸项的机器人:

—在实现日常任务的过程中,例如屋子清扫、烹饪、购物、接电话、预约以及同其他机构(人或别的)为商品和信息进行谈判或讨价还价,把计划、学习、视觉、触觉、语言和其他感觉组合在一起。

—按照人们兴趣、计划和目的的改变,适配地监控、选择、裁判以及重写电子信息以向人通知消息与事件。

—记录、监控和分析人的医疗史及整个一生的状况,帮助说明和维护治疗条件,探测医生的错误并指导同医疗部门的交互。

—实现人们不能做或不要做的任务,例如采矿、战斗、处理危险物质及卫星探索。

—在大规模的分布式系统中运作以监控和维护

整个系统的操作,学习如何探测和防范居心不良的外部(犯罪的或恐怖分子)或内部的(不满的或贪污雇员的)进攻。

4.3 对理性的模拟

来自心理学(推理和论证)和逻辑学(语义的一致性、推理的终止)的理性的形式和非形式的概念从最初就开始很好地用于人工智能,对若干推理形式实现机械化提供了有用的概念,并且提供了有关人的推理及其同其他智力集成的心理学假说,奠定了重要的认知模型考察的基础,这些认知理论已经开始改变心理学理论的面貌。非单调、概率和新的模态逻辑正继续扩大逻辑理性的概念。然而主要的新方向是寻求逻辑和心理学意义下的理性(极大的利用性、资源的最优分配)的集成。经济意义下的理性作为智能系统的构造和智能集成,其组织原理具有许多吸引人的东西。人工智能许多分支的研究者们都已认识到这些优点并已开始利用经济意义下的理性从事研究。同时,更直接地,人工智能和计算研究可能有助于经济学处理关于信息的费用和价值、计算及通讯等等。这些过去在经济学中常被忽视,在这个方向中有代表性的长期目标包括:

—继续建立用于理性决策和行动的有效表示和算法,它们可集成、维护和改进关于概率、偏爱、判定和博弈的当前结构表示。

—允许计算商品的价值,例如时间、存储或者信息,构造交易的有效计算技术以便在所计算结果的价值上获益。

—理解一个系统的设计理性和所得的系统理性之间的关系。

—把理性理论应用推广到学习和适配过程中,特别是学习过程中必须使用和学习偏爱与服务性信息。

4.4 支持合作

多机构(人或人工的)合作和调整的主题形成了今后几十年人工智能研究的主要方向之一。人工智能系统必须解释人们的语言的行为以模拟这些人的意志、企图、能力和局限性,并且利用这些模型来选择他们自己最适当和最有帮助的动作去解释行为的统计性质,等等。

人工智能研究合作的问题主要有四个范畴:理解对话、构筑智能助手、支持小组的工作和合作性以及设计“人工社会”。在这四个方向中有代表性的长期目标包括:

—构造 DWIM(做我打算做的事)的能力开展操

持家务、教育、商业和工业的应用,产生推算用户意愿和企图并在实现用户目标当中同用户合作的机器。

--构造同人一起行动以在实现人的目标中克服知识、存储和过渡的极限的“放大器”或“修复器”。

--构造实现复杂目标的人和人工机构以有效方式进行合作的社会。

4.5 增进通讯

有效而自然的通讯把握着计算机的许多希望的关键,许多应用都依赖于不同的通讯工具,我们所说的多种工具包括自然语言、手势及图形在内。二义性、意图和一边想一边说形成了实现所希望通讯的主要障碍,人工智能在这方面的目标就是要去克服,这个方向中有代表性的长期目标为:

--在许多环境(包括漂亮的房子、办公室、工厂等等)之下,提供对普通电器(照明、供热、空调、计算机、电视、汽车等)的口头和手势控制。

--提供语言之间的同步翻译,书面文件的自动翻译以及书面的或电子文本的自然口头表达。

--允许使用口头或书面的自然语言来同大型数据库和知识系统(自动电话话务员、图书馆馆员、旅行社及其他服务)进行交互。

4.6 获取知识

人类知识形式化和推理机械化是人工智能应用于实践中的最大获益。今天知识形式化的问题仍然是对人工智能研究的主要挑战。人工智能的经验表明,对知识形式化是困难的,但适当的形式化又是可能的。现在的问题是它还不能完成人工智能研究在许多形式下的一个集成任务,如形式化还不能覆盖智能活动所需要的广泛知识,也不能把当前的形式化圆满地合在一起。在这个方向有代表性的长期目标包括:

--构造渐进的知识、方法和技术的形式化百科全书以利于把它们裁制成特定的目标。从最普通使用和共享的目录开始,最终要覆盖所有人类的知识和方法。

--确定最可能的方法以表示用于不同目的的信息,确定用于组合不同类型知识的表示以及在这些表示之间进行翻译的手段和工具。

--建立自动的辅导手段,他们使用形式的百科全书在所有课题中和在所有层次上教育人类,使用学生的问题和发现来模拟学生的知识、能力及学习风格,并使用这些模型来对学生的特殊需要裁制成功的课堂讲授或习题的构造。

--设计能自我改进、自动地分析经验来学会控制组织和工厂的有效性或解决低效性。

--对更多的商业、工业统计实现自动化,使科学研究和日常数据密集的分支自动化。

4.7 加深基础

在人工智能中数学研究和计算理论、逻辑以及数理经济学有同样长的渊源。早期的数学研究专注于查找理论及认知的、统计的和神经网络模型的能力上。但后来的研究工作已经加入非单调推理、可表达性、推理复杂性、结构描述语言的可学性以及随机查找技术等。人工智能理论必须考虑系统更为丰富的分类,因为区分智能(信息、意愿、企图、理论、自觉性、感知和动机的设施等)的性质集合比区分计算更广更令人迷惑。人工智能同过程、经济学、物理学以及计算理论的数学侧面都全遇到这些问题,而且在这些学科当中,每个都旨在表征全部智能的可能心理组织。在这个方向中有代表性的长期目标包括:

--标识出实现上可适合于有限知识和能力的机构而在理论上又可广泛处理的理性理论。

--适当地形式化心理学理论的所有方面,不仅是推理和决策,而且还有习惯、记忆、感情、动机以及其他方面。

--找出协调信息(计算认知的经济学)的理论和实际(物理)的机构的普通数学形式。

结论 人工智能研究已经对计算研究作出了巨大贡献,无疑还将继续作出贡献,并且对促进社会及工业的信息基础的发展作出贡献。某些贡献来自于我们对计算、智能以及人的智力的理解的科学研究,其他则来自具体的应用,这些应用使计算系统更加容易和自然被使用,并且使之能做智能的工作者和合作者来运作。继续的进步要求我们不断追求这两方面的贡献,实际应用为我们提供了最强大的动机,因为如果不去获取对许多问题更深入的了解,则无从去达到我们预期的实现。同时,许多科研的成功又要求开发更广泛的知识和方法,实际的应用便提供了发展这些智能实体的最自然的土壤。

人工智能的研究者们保留着对他们领域的热情,人工智能需要同计算研究的所有分支相交叉,并且需要在共同的问题上推进知识和技术,建立伙伴关系,人工智能奉献了解决问题的关键技术和理论,也奉献了应用的大量重要问题,可作为许多计算研究的目标。本文仅仅叙述了人工智能的少数几个问题,还有许多问题无法涉及。作为一个领域,人工智

(下转第23页)