

人工智能进展

Progress in Artificial Intelligence

石纯一

(清华大学计算机系)

许卓群

(北京大学计算机系)

陆汝钤

(中国科学院数学所)

摘 要 本文阐述近年来有关人工智能基础是什么的辩论,布鲁克斯的智能观,以及国内外人工智能研究的几个侧面。

一、前 言

人工智能的研究已走过了30多个年头,发展是曲折的。在物理符号系统假设和基于知识的启发式求解方法指导下,专家系统、机器翻译、机器视觉、问题求解等方面的研究已有实际应用。80年代以来,对知识表示、常识推理、机器学习和分布式人工智能等基础性课题的研究也取得了可喜的进展,但未出现重大的突破,值得人工智能界反思。区别于符号系统观点的神经网络的研究,提出了另一种智能观,认为神经元是智能基本单元,大量神经元连结而成的神经网络的整体活动体现了思维过程。有关神经网络的研究正在广泛展开,它虽避开了符号系统下的知识表示,而带来的却是难于处理的神经元间连结的权值设定。近年来布鲁克斯(Brooks)提出的无需表示、无需概念甚至无需理性的智能观已引起人们的关注。本文仅就人工智能基础是什么的辩论、布鲁克斯的智能观以及国内外人工智能研究的几个侧面做一阐述。

二、人工智能基础的辩论

1987年5月在MIT召开了人工智能专题讨论会,几位代表人物各自阐明了对人工智能基础的

认识,而且评价了有关基础性工作的局限性。

1991年有代表性的杂志《Artificial Intelligence》(Vol.47)发表了人工智能基础专辑,指出了人工智能研究的趋势,并就人工智能学科有关方法的基础性假设进行了辩论。专辑含11篇文章。限于介绍符号主义观点的几个有代表性的人工智能基础性工作。

基尔希(Kirsh)的总论性文章提出了人工智能的五个基本问题:

1. 知识与概念化是否是人工智能的核心?
2. 认知能力能否与感知分离开来研究?
3. 认知的轨迹是否可用类自然语言描述?
4. 认知能否与学习分离开来研究?
5. 所有的认知是否有一种统一的结构?

就这五个问题,5组文章(每组两篇,一篇是正面阐述,一篇是批驳性的)的作者分别给出了不同的回答。

尼尔森(Nilsson)代表逻辑主义,对1、4给予肯定的回答,对5持中立观点。休依特(Hewitt)代表过程主义,对2、3给予肯定的回答。布鲁克斯代表的进化主义,对1、5是完全否定的。莱纳特(Lenat)和费根鲍姆(Feigenbaum)代表工程主义,基本上是一种实用的逻辑主义观点。纽厄尔(Newell)代表认知主义,对1、3、5给予肯定的回答。

尼尔森自1971年建立STRIPS机器人规划系

统以来,所做的一系列工作充分利用逻辑工具,是人工智能逻辑主义的代表。但与麦卡锡 (McCarthy) 倡导的人工智能逻辑主义有所差别。尼尔森意识到有一些逻辑外的东西只能由程序去做。一般地说,逻辑主义的目的试图建立人工智能的严密数学理论基础,其基本观点是智能机器应具有与表现智能行为有关的各种知识,这些知识在使用前必须陈述性地表示出来,而且这种知识可用逻辑符号表达。

批评者伯恩鲍姆 (Birnbaum) 否定逻辑作为人工智能基础的地位,认为逻辑主义者试图把逻辑作为一种通用的知识表示方法,并被束缚于“演绎推理和理论模型语义”这类纯形式化的研究上。非单调逻辑对一些直观上显然的常识推理或是太弱了,或是毫无用处。伯恩鲍姆担心逻辑主义会把自己圈在形式化范围内脱离实际背景而成为一具无法交流的“僵尸”。

休依特综合了社会科学中与并行处理的方法,提出开放信息系统语义 (OISS) 可作为分布式人工智能的理论基础。分布式人工智能的一些重要概念如约定 (Commitment)、冲突、辩论、协作、问题求解和推理等尚无一般定义, OISS 朝这一方向迈出了一步。休依特从 1969 年起从事的 Planner、Actor 等一系列工作,体现了过程主义,也充分运用了演绎技术,从某种意义上讲,开放系统可看作过程主义中结合了联结主义 (神经网络) 的结果。

加塞 (Gasser) 立足于分布式人工智能对 OISS 进行分析,认为 OISS 从多方面对传统的人工智能研究提出了挑战。他概述了分布式人工智能研究现状和基本问题,并从社会性观点出发提出构成分布式人工智能的原则,并依此指出了 OISS 存在的问题,认为 OISS 忽略了分布式人工智能的复杂性与丰富性。

布鲁克斯提出人工智能的另一途径,认为无需概念或无需符号表示,智能系统的能力可以由逐步进化实现。他和 MIT 研究的移动机器人在人工智能领域一花独放,代表一种批判传统人工智能的机器进化主义。企图用机器的控制系统来模拟人的进化过程,认为智能仅依于感知和行动,无需概念和表示。他认为传统的人工智能方法是对现实世界做了虚假的抽象。布鲁克斯的创生物 (Creatures) 希望与人共同存在于实际环境中。但现在的创生物仅具有昆虫级水平的智能。

基尔希针对布鲁克斯认为“通过表示刻划智能是绝对错误的”的观点提出反驳,指出没有概念的生物能处理的问题是有限度的。昆虫行为上的成功并不能引伸到高级控制行为,离开人类客观知识背景难以谈什么智能,而指望让机器从昆虫级智能进化到人类级智能是一种幻想。

莱纳特和费根鲍姆提出的“知识的阈值理论”,强调知识量有一个从量变到质变的过程。他们认为脱离广泛背景知识的系统对智能是无能为力的,并反对过分追求一般形式化方法。知识阈值理论体现在莱纳特在 MCC 从事的 CYC 项目上,其知识库有如百科全书。知识的阈值理论由知识原理、宽度假设、实验验证假设组成。

史密斯 (Smith) 看到装有较多知识的机器并不就更聪明些,从而批评了莱纳特的观点。认为知识的阈值理论的三个基本假设各自独立看是基本正确的,问题在于由这种观点进到“三阶段规划”及“人工智能有希望在本世纪实现”缺乏中间概念和说明,不能令人信服。

纽厄尔在 CMU 坚持追求通用问题求解的一贯风格,研制出作为通用智能基础的 SOAR,其体系结构达到了一个高峰。SOAR 基于纽厄尔的物理符号系统假设,把智能行为视作问题空间的探索,试图用提供模拟思维工具的方法来提高对人类智能的认识。SOAR 是基于统一的认知理论,提供了考察所有认知现象的一般机制,它不区分人类智能和人工智能,其能力来自统一的体系结构、统一的推理方法和统一的学习方法,其核心是一个多级分层结构。

诺曼 (Norman) 从认知科学角度指出了 SOAR 存在的一些问题。SOAR 是基于物理符号假设的,这很难有据可依,对很多人类认知并不成立。SOAR in Chunk (知识块) 做为学习的基础,必然面临如何概括所有学习机制的困难。

三、布鲁克斯的智能观

人工智能研究目前究竟处于什么状态?是蓬勃发展,还是停滞不前?对此有各种不同的说法。虽然认为人工智能研究已经失败,甚至已经“死亡”者毕竟是少数,但也确有许多人认为近年来人工智能未出现重大突破,甚至出现了某种程度的踏步不前。在众说纷纭中,有一种观点很值得注意,那就是认为迄今为止的人工智能研究太过于集中在一些经过抽象的、过分简单的现实世界模型 (如积木世界) 上,研究一些玩具式的小例子 (如九宫图)。他们主张走出这种抽象模型的象牙之塔,以复杂的现实世界为背景让人工智能理论和技术去经受解决实际问题的考验,并在这种考验中成长。反映这种观点的一个新概念“现场到位 (Situatdness)”在最近的人工智能文献中颇为流行。它的意思是,我们设计和制造的智能系统应该座落 (situated) 在现实的客观世界中,具有应付各种复杂条件及其动态变化的能力。与此有关的工作有:布鲁克斯设计制造的机器昆虫 (即创生

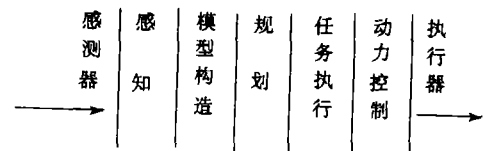
物),它们能以简单的系统结构在复杂环境中行走自如;波兰克(Pollack)关于机器规律及规划识别方面的工作,他强调规划应有根据客观条件变化而自行修改的自适应能力。(以上两位是1991年IJCAI的计算机和思维奖获奖人)。还有人提出反应式推理(reactive inference)也是基于这个思想。

为了具备应付现实世界复杂变化的能力,原有的那套以传统知识表示为基础的推理技术就显得有些力不从心了。以机器人的工作原理为例,过去人们设想的方式是“感知→识别→表示→推理→规则→行动”这样一个循环。可是这种方法难以概括复杂的外部世界,它要求机器人经历象人一样的“思维”过程,这太困难了。不能降低一点要求吗?以布鲁克斯为代表的年轻一代向传统观点提出了挑战。在做一个象样的机器人之前,不如先做一个象样的机器昆虫。昆虫不能象人类那样进行推理和规划,可是它们应付复杂环境的能力却大大超过了现有的机器人。他大胆地提出了两个口号:“没有表示的智能”和“没有理性的智能”。这里的“表示”,指的是传统的知识表示,如产生式、框架等。这里的“理性”,指的是在传统知识表示基础上所进行的智能活动,包括分析、推理、规划等。布鲁克斯用图示表达了他的思想。图1(a)是传统的机器人控制过程,(b)是机器昆虫的控制过程。

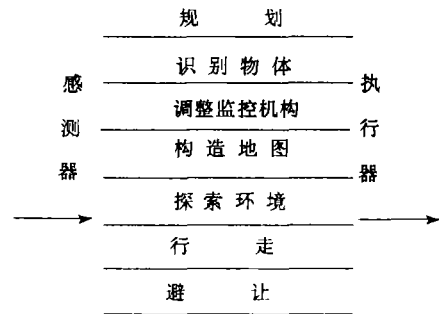
布鲁克斯把他的思想概括为四条:第一,到现场去,警句是“世界是它自己最好的模型”。第二,物理实现(Embodiment),警句是“世界为回归提供了终点”,其意思是:智能必须通过物理机制实现,以使用现实世界作检验智能的最终标准,而不只是把一种理论模型回归到另一种理论模型上。第三,初级智能,警句是“智能取决于和外部世界的动态交互作用”,其意思是,目前还不是实现有理性的机器人的时候,应先从学习昆虫适应外部环境的本领做起,这已经可以称为智能。第四,行为产生智能,警句是“智能就在观察者的眼中”,其意思是,很难说一个智能系统的哪一部件是最核心、最有智能的,当它的各个部件联合动作以解决实际问题时,智能就产生了。

以上述思想为基础,布鲁克斯设计了一种控制结构,称为归类结构(Subsumption architecture),这是一个松散的联邦,是一些相对独立的功能单位组成的异步网络。布鲁克斯把机器昆虫所需的一些基本功能,如避让、前进、平衡等分离出来,让它们分别发挥作用,不会因某个部分出现问题而使整体崩溃,同时又有一定的层次。让较高级的活动对较低级的活动发挥某种控制作用。布鲁克斯的设想获得了一定程度的成功。他研制的机器昆虫有些已成为商品,担负着例如清扫军舰表

面附着物的任务。另有消息说美国国家航空航天局对机器昆虫也表示了兴趣,有可能把它们送上外星去探险。



(a) 传统的机器人控制过程



(b) 布鲁克斯的机器昆虫控制机制

图1 两种控制方式的比较

布鲁克斯的“松散联邦”从某种意义上讲是一个分布式系统。它由一组相对独立的行为主体(agent)组成。近年来,在分布式人工智能研究中,这种由行为主体组成的“松散联邦”越来越引起人们的注意。现在流行一种分类方法,把分布式人工智能研究分为分布式问题求解和多行为主体合作两大领域。其基本区别是,前者有统一的目标,各部件为完成统一目标而合作;后者无统一目标,它们既有共同利益,也有利害冲突。“松散联邦”的思想比较接近于后者。另外,前者研究又分为集中式和分散式两种。从最近发表的文章看,关于问题分解(分布式问题求解的第一步)的成果不是很多,而关于多行为主体之间如何合作的研究却不少。在分布式协商(Negotiation)方面,开展了诸如不完全信息下的协商、带欺骗的协商、包括时间因素的协商、仲裁和违约处理等多方面的研究比较活跃。此外还有关于知识融合、非均质分布式系统、分布式学习以及分布式环境等方面的研究工作。

有趣的是对多行为主体合作的研究被某些专家上升到哲理的高度。著名学者明斯基(Minsky)教授(1991年IJCAI大会获突出成就奖)认为人工智能研究已进入死胡同,其原因是人们追求某种统一的知识表示和理论基础(例如谓词逻辑)。他指出在人工智能中根本不存在什么统一的理论,那里有几百个理论在作用,彼此既有合作,也有矛盾,但根本没有什么一致性、完备性。他把人的智能称为“思维的社会(Society of Mind)”,意指由大批具有某种思维能力的单元组成的复杂社会。

他的思想明显地与麦卡锡不同,后者主张研究以非单调逻辑为中心的常识问题。与尼尔森的主张当然就更大相径庭了。顺便提一下,主张用高速平行的体系结构来实现智能的想法也遭到一些著名学者的拒绝。因此,关于人工智能的主攻方向,似乎大师们至今尚未有统一意见。

机器学习和知识获取是1991年IJCAI上的热门课题,文章不少,但未见有大的突破,尤其是理论上的重要成果不多。相反,实验性的结果却不少。

四、国内的研究

近十年来,我国人工智能的研究与发展,已从少数研究据点的局部性探索,迅速扩展为具有全国范围网点布局的多领域研究;已具有明确的全方位发展纲要,并受到国家高技术计划、国家自然科学基金以及产业部门的支持与重视。但就总体发展状况而言,人工智能学科在我国仍处于早期发展阶段,其标志之一是在理论与实践两个方面都呈现出纷繁的多样性,正期待着和孕育着重大的成果和突破。

1. 知识表示与推理

人工智能理论研究的一个强大推动力来自寻求适用于广泛领域的知识表示语言及统一的推理算法。在知识表示语言上,函数型语言及逻辑型语言占主流地位。这是由于它们的非过程性及描述内在并行性的能力,以及程序设计以纯粹的数学推理为基础的特点。因此,一方面它们既是各种知识表示语言的基础,同时也是并行及分布式非冯·诺伊曼机器的理论基础之一;另一方面它们在软件形式化规范语言及自动程序设计中起着重要理论基础的作用。在后一方面我国学者的理论研究成果在国际上受到重视,其中包括重写系统的理论研究,多种归约、重写计算模型的研究,类型理论与类型推理的研究,逻辑型语言推理控制策略的研究,以及使耦合函数型及逻辑型两种语言基于统一的理论之上的多种努力。

2. 机器学习

近年来,国内对机器学习的研究日益广泛。在学习的计算理论、归纳学习、基于解释的学习、类比学习及神经网络的学习理论等多方面已在国际上产生影响,取得了有益的经验。应该说区分两类学习是重要的。一类是内学习,系指学习运用已有知识或经验,国内的大量工作大体上归属此类,已能投付实用的知识获取工具性的成果,如归纳推理及类比推理就是一例。它们的潜在应用价值是巨

型的推理机制提供了理论线索。另一类称外学习,是指学习获得真正的新知识,就象通过实验与观察发现新的自然规律一样,因此有时被称为发现型学习,这方面国内学者已有多项具有深度和启发性的工作。

3. 面向人工智能的体系结构

由于函数型及逻辑型知识表示语言及其并行推理机制方面卓有成效的研究,在我国已逐步形成研制新一代具有并行计算体系结构的多个研究据点。这些体系结构的共性是能支持并行推理,具有并行计算的语言编译器或硬件支持的解释器。这为我国在这一领域跻身于国际先进水平打下了坚实基础。与并行体系结构并列的分布式知识处理体系结构研究也方兴未艾。在非紧密耦合的分布式多专家系统方面,特别是协调多个知识处理系统的分布式算法研究成果在国际上受到重视。此外新型非数值并行算法的研究也取得了国际上瞩目的成果。

4. 智能系统与开发环境

在运用人工智能技术,研究与开发系统软件和应用软件方面,国内学者做了大量探索 and 实际应用。在系统软件方面,有分布式调度的工作;在软件开发工具方面,有面向对象软件开发的智能型工具;在专家系统开发环境方面,有基于PROLOG、LISP或基于框架与规则的集成环境或工具机的成果。它们大多已进入实用化阶段,其中有些系统的应用在国内已取得了相当大的经济效益,在国际上也受到好评。

5. 智能接口与应用

智能接口技术是计算机视觉、自然语言处理、多媒体数据处理技术,以及传感技术等多学科结合的产物。在这一领域特别应提出的是,十年来中文信息的多媒体数据处理技术在我国已取得了长足的进步。我国学者在所涉及的技术领域进行了全方位的探索,取得了多项具有国际先进水平的成果。在此基础技术上,如印刷体及手写体的汉字视觉特征的提取,中文语音音素及音字转换的研究,以及汉语语库的研究等,都取得了较好成果。在这一领域,高级的文字处理算法与基于知识的推理都不可忽略。为此,神经元模型,数理统计模型,模糊信息处理技术,以及各种学习模型与高级预处理算法的紧密结合所取得的成果也是引人瞩目的。

与智能接口的上述研究主流一起,还应提到在工程应用领域中与工程图有关的计算机视觉研究等,其成果也受到国际上同行的好评。

(责任编辑 宋义荣)

大的,为克服知识获取的瓶颈,以及各种非纯演绎