

科技新路

NEW PATHWAYS IN SCIENCE AND TECHNOLOGY

认知科学和人工智能(续)

COGNITIVE SCIENCE AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE (Cont.)

自然语言

理解自然语言已成为认知科学的中心课题之一(自然语言这个词我们是指在日常生活中学习和使用的语言,以便同数学和计算机用的形式语言相区别)。一个理由是语言在人的思维和通讯中起着重要作用。另一个理由是要求机器理解和产生语言,以便人与计算机之间进行有效的通讯。

学习自然语言

与构造一个懂得没有限制的自然语言的计算机程序形成鲜明对比的是,儿童学习语言很快,而且显然很容易。学龄前儿童胜过任何人工智能程序,六岁的小孩积累词汇的平均速率是每月500个词,与此同时,他们能自动地和无意识地完善对复杂语法规则的掌握,以便理解和构造各种各样的句子。理解语言需要对由语言传播的信息进行语义分析,而且学习新概念常常是与获得这些概念的语言描述并行的。

在对付这种学习过程的整个复杂性之前,我们必须进行更基础的工作。即研究引起人类学习的诱导机理和组织原则。可学习性研究的最新成果,以及与以词汇为基础的语法和将它们包括在句法处理模型中有关的语言学方面的某些新发展,正开始产生关于合理的语言获得理论某些性质的想法。然而,学习方法的研究是一项超越自然语言的努力,包括获得新的技能、概念和推理规则,以及知识的表达方法。

理解自然语言

研究成人(或机器)如何理解和产生自然语言不需要等待语言学习理论的发展——事实上进展更快一些。用输入和口头的命令极容易进行机器通讯,这样便为这一研究提供了可能性,在教学中用这一方法,信息可以从文件或说话中得到。

研究对自然语言的理解可以从三个互相关联的目标来看:

1. 识别语言的一般概念,并把语法体系改编成提供语言形式特征的原则性理论。这个目标主要与语言学领域有关,但显然会影响计算机理解语言的自动化以及对构成人的通讯能力的可能机理的了解。

2. 从了解人的通讯,与语言通讯关联的认知过程,以及由语言中抽取出含义所需的推理系统出发,模拟人的语言行为。这一途径一般与认知科学有关,并以一些重要的方式影响实际语言通讯系统的设计和结构。

3. 研究能在有限范围内日益完善地解释语言的计算机系统。这个目标是人工智能与自然语言有关的中心问题——使计算机能与未经特定形式的复杂语言训练的人通讯。

自然语言理解系统产生由系统传输的信息的内部表达。最有用的内部表达是规范的(因为任何语言可用许多不同的方式表达同样的思想)、语义上丰富的(推得的编码信息以及表面看得清楚的信息)和非模糊的(不象自然语言本身)。

然后将这些通用表达形式应用于各种任务，诸如文件理解、数据库查询、指令接口、问题描述等。人工智能系统逐渐扩展了机器理解语言的能力。

Lunar是一批真正的综合系统，它能执行语法分析和其后的语义解释，回答地质学家提出的有关从“阿波罗——11”登月飞行所得岩石试样的问题（例如，高碱性试样中铝的平均含量是多少？）。

Lifer/Ladder是第一个用在数据库查询中的半实用系统。最后一种版本允许使用者有某些差错，诸如拼法不对或偶尔使用句子的片断等。

Margie、Eli、Sam、Pam和Politics都基于被称为概念依存的语义关系编码方案。这些系统试图仿效人的理解力以及集中执行关于对话中说话者或故事中人物的意图、计划和可能结果的推理，而不是竭力提供用户接口。这一工作证实，语言理解是人的总认知的一个整体部分，而不是一项单独的技能。用于解题、计划行动和识别的机理同样可在解释和产生语言方面起作用。

此外，对话结构方面（诸如语音—动作理论、对话焦点和信任空间）的理论研究同工作语言解释装置的实现是并行进行的。最近在语言学中的进展，诸如“词汇功能语法”正在将以前的纯句法途径（诸如乔姆斯基的转换生成语法）与语义解释法统一起来。这些并行的理论研究，以及最近在强化的语法分析（即理解不符合语法的语言）方面的工作和从概念结构产生语言方面的进展，有希望得到新一代更加灵活、功能更强的语言理解系统。已开始制造这类系统的样机用作专家系统、数据库、操作系统和其他计算设施统一的实际语言接口。

不论人工系统还是人的理解模型都还未达到完全理解语言的令人满意的程度。可是，这个领域中研究投资的效益正在急剧地上升。

智能系统

最近在研制所谓专家系统的过程中对人工智能进展所做的大肆宣扬反映了对重要知识如何可用来执行任务的理解方面的进展。专家系统已用于实际工作，如医学诊断、石油勘探和工业装配，而且相当高水平的专门知识几乎完全消除了搜索。例如，经典的专家系统之一Mycin，可以对特定范围的细菌传染（例如血液疾病）进行诊断，而且象医学专家那样工作。Mycin是几百条规则的集合，每条规则表示一部分诊断知识，而且在完成诊断任务的过程中，每一条规则都积极要求本身的进一步发展。每条规则只适用于少数几种情况，集合起来，它们能提供镶嵌覆盖，使程序在

所有情况都能够做出反映。这些知识由内科医生、专家提供，代表集成的诊断诀窍。虽然医学科学就是这样组成的，正象在所有的临床医学那样，但是，专家系统实际上是积累起来的、专家指导其行动的智慧，而不是他们的推理和理解能力。

具有全面专门知识的系统

在用很多知识而不是很多搜索（或象科学计算中那样用大量重复的算法）编制程序方面的进展，虽然已开辟了有重要意义的应用领域，也还只是建立了下一轮重要研究的基础。例如，一件立即要做的事情是如何在一个单一的系统中把广泛的知识和广泛的搜索结合起来，在其中凡需要时都可以创造和引用要搜索的可能性空间。

另一重要事项是如何提供这些对专门知识的具体领域有较深了解的、知识集中的程序，使它们可以自己的方式推出结论，并解释为什么其建议是好的（目前的系统按它们知识的表面特征也提供某些解释，但通常较浅，例如，Mycin可提出供特定诊断用的规则，以解释它是怎样做的）。对这种基本理解的性质所进行的积极研究涉及到考察人类专家是如何理解他们的专门知识领域的。认知科学对专门知识性质的研究是同人工智能领域内正在进行的专家系统的应用研究紧密联系的。结果，预计目前还颇浅薄的专家系统将变成更加有能力的系统——在科学上更为令人满意的智能工具的例子。

学习

同时研究智能系统如何工作和如何获得能力是一项艰巨的任务，所以在最初的几十年中，人工智能和认知科学两者都是独立地进行研究的。两者要做的首要工作都是信息处理的静态问题。

人工智能通过集中于性能的研究——即集中研究为实现不同困难程度的目标和技术条件所需的表达和搜索方式，迄今已得到一些重要成果。不过，由于实际和理论上的原因，学习问题仍是一个薄弱环节。具有数百万条知识规则的专家系统只有通过学习才能产生，而且在真正的智能系统中，如何学习必须伴随着所有问题的解决不断地进行。所以直到学习被弄清楚以前，我们只是用一条腿在走路。由于有这些要求，而又较好地掌握了为实现这些要求所需的理论与计算工具，对学习的研究正在重新兴起。

在认知科学中，我们刚从一个时期走出来，在这个时期中注意力几乎毫无例外地集中于学习的最终产物——获得信息在内存中表达和组织的方式。在掌握了一些重要结果之后，随着概念学习和技能学习研究的出现，正在达到一个较好的平衡。概念学习的研究正在阐明人们如何学习规

范化的和自然的两种范畴的问题（例如逻辑或数学，生物或颜色）。在技能学习的研究中，新的实验方法与模型相结合正在对某些领域（例如记忆家的表演和“闪电计算器”这样的人的表演）中极高级技能的获得方式产生深入的了解。

人工智能和认知科学方法日益密切的联系我们在了解各种形式学习方面取得重大进展展示了前景。当学习机理以无数方式引入工作程序中时，上述进展可望用于人工智能的整个领域，而且会扩大认知科学在教育问题中的应用。

科学与数学教育

在技术方面教育人是如何将认知科学和人工智能的许多部分结合在一起的良好实例。它既是一个目前活跃的研究领域，很有希望取得根本性进展；又是能对国家教育做出积极贡献的一个领域。目前（美国）关于早期科学与数学教育方面的困境，部分是由于社会和经济因素，但部分也是由于学习和教学不当。这也许可以从认知研究和理论中寻找解决方法。在下面两个主要的领域中，这些问题和可能的贡献有所不同。

辅导系统

高水平教育困难的根源之一，通常认为是我们在读、拼、基本算数等方面长时期不能使普通学校的全部儿童获得合格的技能。随着技术要求的日益提高，因就业需要，在训练或重新训练成人的基本知识和技能方面类似的问题也很尖锐。

从认知理论的角度看，什么是我们在使全部普通学校儿童获得基本技能方面一直缺乏成功经验的根源呢？一个源于技能学习研究的坚定看法是，在任何困难的领域中要得到明显的能力需要大量有指导的实践——比现在为大多数学校中的小学生或大多数准备担任新的技术工作的成人所提供的多得多。

认知理论和计算机技术方面的基本进展（能以越来越低的费用提供具有很大计算功能的交互式工作站）有可能使解决由技术教育提出的问题得到重大进展。在这个关键时刻，对由计算机实现的教学能预计些什么呢？一个在某个知之甚深的领域（诸如数学或科学）能为教育一个学生提供真正帮助的智能辅导系统必须有以下一些组成部分：

1. 在任务领域极为有效的模型，它本身可以解决该领域中的问题；
2. 关于学生目前能力水平的详细模型，包括部分的和错误的能力以及完备的能力；
3. 解释学生行为的原则，以便能推断学生的知识水平和困难所在；
4. 与学生交互作用的原则，以便把学生引导

到较高的能力水平。

几何、代数和算数等重要课程的实验型辅导系统已经问世，其他一些课程，如计算机程序设计和基本物理的正在开发中。例如，一个被称为Euclid的系统可与一名正在学证几何定理的学生一起工作——询问学生、评定进步和提供劝告。

辅导方面的研究又反馈回来，对认知科学和人工智能的基本理解有所贡献。再拿以前提到过的人工智能专家系统Mycin作例，Mycin在其诊断任务领域内的分析使它成为自动化辅导装置的一个候选装置，用来辅导学医的学生。试图构造这样一个智能辅导系统的尝试表明，Mycin的知识是纯粹的诊断技能，而且Mycin的解题方式与专业人员的策略大不相同。Mycin的一个修正版（称为Neomycin）试图提供多得多的与认知有关的医务处理，从而又导致对专家系统的有关研究。

人工智能正在为范围越来越广的各种任务提供专家系统，关于学生素质和学习的模型日益增多，在这一领域中对科学、数学和技术教育做出显著贡献的可能性是存在的。在技术上尚不可行的其他因素，如自然语言交互作用，不久将成为可能。辅导系统的自然语言接口的进展预计比语言理解的一般研究进展要快，这是由于要教的领域是有限的，故可以采用虽然不很适用，但比较简单、具体的技术。

思维模型和转换问题

为了使足够数量大学年龄的学生选学科学或工程，数学和科学方面的教育可在较早的时候开始。但这些课程被认为是比较困难的。大量的儿童，也许包括一些最有天赋的，由于早期的成绩不佳而放弃这些科学。认知研究的结果指出，错误的开端可能要付出很大的代价。年幼时养成不适当的思维模式，或者首次接触某一新事物所产生的概念，在以后是很难改变的。

专家在他们的专业领域中解决问题时，在思想上构造一些关于问题的定性模型，并在这些模型中应用知识和搜索进行推理。例如，当试图解决基本物理问题时，物理学专家对情况作定性推理，直到弄清楚应做什么样的计算。他们构造一幅物理问题的图形，并推断出确定运动的变量。与此相反，不懂行的问题解答者则试图通过直接套用方程，机械地进行推理来解答这些问题。

作定性推理的能力与专门知识有着密切的联系，但是定性模型本身并不一定导致问题的成功解决。物理学家的定性模型是有用的，因为他们是围绕力和能的概念建立的。当不懂行的问题解答者试图将他们自己从日常生活中得到的知识用于解决物理问题时，他们的定性模型看起来就好

象牛顿以前早期的推动力模型（从一圆管中射出来的球继续沿曲线运动，虽然会逐渐变直）。这些朴素的理论提供了一个框架，新手用它解释图教给他们的新事实的演示，并开始学习解决定量问题。除非这些简略的理论被教师省略，而被对自然现象定性推理的新习惯所取代，它们始终是学习的障碍。这样，即使在常规讲授新的物理或其他科学概念之后，对教科书举例学得很好的学生常常不能应用看来他们已经掌握的定律或公式解释实际的物理现象。定性和定量推理的适当次序是早期科学和数学教育的一个重要方面。

自教育心理学诞生以来，产生从教育经验到解决新的问题这一学习的转换一直是令人头痛的困难问题。第一批重大的研究成果使对流行的“正规训练”的想法产生了怀疑，“正规训练”是指一般的记忆和解题能力可以通过诸如几何学和经典著作的讲授这样一些手段而得到加强。但是，这种想法除了表明大多数学习对于其原意极其专一之外，没有其它任何意义。（在第二次世界大战中，给有希望的空中射手在飞靶射击场的很多射击机会——唯一可辨别的结果是打泥鸽的技能。）

现在，已经清楚知道，对任何复杂程度的学习材料和任务，当然包括所有形式的科学和数学学习，转换的关键是概念理解。认知科学方面最近的重大进展包括评估人在一个领域（例如运动中表面上的物体运动）中对原则作定性理解的一些经验方法以及确定人在学习这些领域中的因果关系时形成的思维模型（在许多方面与科学模型类似）的表征。一个新的研究方向是研究在特定科学和工程领域内真正的专家解题者的思维模型和问题表达方式与能力较差的人有何差异。研究的近期目标是获得相当于当前语言学中已实用的能力的理论，而远期目标是探索从新手思维模型到专家思维模型的发展道路。这项研究工作同时为自适应能力测试建立了理论基础。所谓自适应能力测试是指实时地解释学生的解题工作，得到对其理解的评估。方法论在迅速发展，而且似乎能从简单的数学外推到如核动力装置操作这样一些复杂的实际任务。

需求与良机

实现这些重要的理论和实践进展取决于满足一些重要条件的程度。当前，对计算机科学和人工智能有效的支持比对认知科学多得多。这种不平衡直接来源于把它们所扮演的角色分别理解为硬科学和软科学。可是，从这整篇报告中应当清楚地看到，两门学科紧密地结合在一起，而且在

每一级别和每一科学问题上都互相促进。认知科学尤其需要使其能起充分作用的资源。

基本人工智能研究的状况有所不同，由于人工智能应用的突然扩展，以及新风险投资公司和工业实验室的大量涌现，基本人工智能研究要争取有才华的科学家很困难。甚至许多基础研究，在从事研究的那些人看来非常接近于实际应用，因此有才华的青年科学家被引向商业部门。从宽广的社会角度来看，这个有点发狂的行动仅说明社会要从科学得到报酬。但是，它会影响下一代的基础科学。我们知道，解决问题的唯一方法是尽力使基础研究状况具有充分的吸引力，以对抗涣散因素。

两个特定的因素已显示出有减弱认知科学与人工智能的进展的趋向，而且将来可能变得更为严重。一是计算能力的短缺；另一是新人才供应的减少。这些对认知科学和人工智能两者都有影响，虽然如上面指出的那样，影响的侧面不同。

计算机是人工智能研究实验室和认知科学实验室的重要组成部分。不幸的是，要实现新的理论思想和新的应用可能性都需要很大的计算能力。许多训练有素的认知心理学家和其他行为科学家不能转向认知科学中活跃的新研究方面，正是因为他们受到计算能力和语言条件的限制，使得所研制的十分庞大的理论系统难以实现。即使在正在发展重要人工智能研究的许多研究小组中，似乎有很多机会能得到新的理论进展，但是不得不等待，直到找到使研究人员能进行存取的、具有足够计算能力的某种办法。

需要两类不同的计算能力。一类是网络化的、功能强的个人计算机，能做相当多表的处理。人工智能需要有良好的研究环境，现已要求基本上给每个活跃的研究人员（包括很大一部分大学毕业生）配备一台个人计算机。另一类是专门的硬件系统或人工智能超级计算机（不要同数字计算用的超级计算机，如Cray和Cyber计算机相混淆）。这些系统目前都是试验型的，只能在计算机工程的环境中制造，而且常常需要同工业部门合作。

现在还不重要、但在几年内也许会严重限制研究进展的一个因素是新人才的供应不足。认知科学和人工智能理论上很重要的研究要求对研究人员在数学、心理学和计算机科学方面进行广泛的技术训练。年青人除非有长期从事研究工作的前景，是不愿接受这种严格训练的。在开展科学研究的大学中，认知科学方面教师任命机会的减少决不是由工业部门增加机会所能补偿的。因为支持应用研究和基础研究的比例在两种情况下

是完全不同的。如果我们想让许多有天赋的年轻人从事认知科学专业的工作政府和大学支持这个领域中基础研究的许诺,就足以研究工作提供适当的前景。

由于此领域对精细的工程支持的需求,相应地也呈现了重要的理论和实践进入的良机。一些有希望的潜在进展是很明显的:

1. 研制全面综合的、可实现的结构配置用于以知研究。

2. 在计算机配置水平和在用于认知处理的模型水平上都要掌握的大规模并行计算。

3. 利用人工智能和认知科学的资源研制计算机识别目视景象、语言和语音的有效程序。

4. 试图将人工智能、认知科学与神经科学之间的鸿沟连接起来的研究。

5. 将关于人的高级推理以及技能和知识获得过程的研究成果应用到研制人工智能中新水平的专家系统。

6. 研制以计算机为基础的智能辅导系统,它们可在为高技术社会人的教育和再教育中起重要作用。

然而,我们不希望在一些具体的研究方面投入太多的力量。认知科学和人工智能不同于以前的各种科学,其中最重要的是强调在基础理论方面有重要意义的通用问题。尽管完善的智能理论仍很遥远,智能机器和它们所对应的人可以看作

是符号处理系统这一深入的见解已导致一些通用成果,而且为得到更多的成果开辟了道路。

广泛地看,认知科学和人工智能这两方面的研究都在表明,将得和组织信息都是人和机器智能的基本方面。人有别于较低级生物和专用计算机的杰出的和适应面广的特性是获得远远超过目前任务所需求的信息,以及组织已积累的知识,使其在未能预见的未来问题中存取和使用。有效地把这一特征引入计算机系统中,可以看作是智能系统功能的下一个重大进展。在人的认知发展期间进行培养可能是大大增加人的解题能力的关键。

人工智能的一个重要研究分支是在技术领域内大量积累知识的系统化和在编纂方面进行问题分类和改进其方法。很多人已相信,信息处理将是下一次工业革命的核心。象早期在能和物理科学中,以及后来在医学和生物科学中发生的那样,只有大量的基础研究才能为我们跟上飞速的世界范围的发展作好准备。

但只有机器智能本身将是不够的。人的智能必须理解正在出现的问题和帮助人们解决问题的机器。这样,负担已经很沉重的教育体系将面临新的挑战。认知科学可能提供宽广的理论框架,以及需要新的教育技术的人工智能的主要部分。

(全文完,韩世杰译 张伟校)

编 者 的 话

美国华人组织科技教育协会于今年2月27日在波士顿召开了“中国科技政策讨论会”。协会成员多是美国科技教育界知名的学者、专家。他们都曾多次回国讲学和参观访问,对国内科学技术发展情况都有相当程度的了解。出于对祖国科技教育事业发展的热诚关怀,在讨论会上,他们对党中央关于科技体制改革的决定公布三年来,在执行过程中取得的成绩和存在的问题进行了精辟的分析,提出了许多有益的建议。我们特将讨论会上的全部发言整理发表,供读者参考。

为了探讨新成立的海南省特区开发的道路和方针政策,本刊于今年4月6日在编辑部召开了“海南开发政策讨论会”。参加讨论会并在会上发言的有社会科学院美国研究所茅于軾和李国友,社科院经济研究所樊纲,社科院经济学博士生陈实,北京体制改革咨询中心李肃,《世界经济导报》张伟国等九位同志。讨论会上大家从建设海南特区的

目的、战略、政策、方针等各个不同的角度发表了很多颇有远见卓识的意见。我们特约请发言者整理成文,本刊将陆续发表。本期刊登了茅于軾、陈实、李国友三位同志的发言。

匈牙利著名经济学家亚诺什·科尔内的《个人自由与社会主义经济改革》一文是作者在1987年8月于哥本哈根举行的“欧洲经济协会年会”上的发言,文章从道德、政治、哲学的观点出发,论述了如何处理社会主义国家经济体制改革与个人自由之间的关系的,并介绍了匈牙利和其他东欧国家的一些经验和教训。对解决我国当前深化经济体制改革中碰到的问题很有借鉴价值。本刊特译出发表。但因原文过长,在不失作者观点完整性的原则下,本刊作了删节。

这一期发表的其他文章,如两位经济学家访问记、我国现行土地制度的弊端及其对策、台湾石化工业的发展道路等,都很值得一读。