DOI:10.16262/j.cnki.1000-8217.1997.01.001

·学科发展·

认知科学进展

戴汝为*

（中国科学院自动化研究所人工智能实验室，北京100080）

[摘要] “认知科学是研究人的智能、其它动物的智能及人造系统的智能的科学。”依照这一观点，本文对认知科学的历史进展作一简短的概括。此外，还对核磁共振等高新技术能为认知科学的研究提供有力工具进行了讨论。

本文还简要介绍了我国著名科学家钱学森提出的思维科学新领域，他把思维科学分为逻辑思维、形象思维和创造性思维，认为创造性思维是前两种思维的综合，是智慧的源泉。

[关键词] 智能，认知，现场认知，思维科学

1 前言

1993年在美国华盛顿，由美国科学基金会组织了一次有30个大学约100位专家参加的认知科学教育会议，会上对于认知科学有一致的看法：“认知科学是研究人的智能(intelligence在海峡两岸分别译为智能与智慧)、其它动物的智能及人造系统的智能的科学”。研究内容包括：感知(perception)，学习(learning)，记忆(memory)，知识(knowledge)，语义(meaning)，推理(reasoning)，语言(language)，注意(attention)，意识(consciousness)及思维(thinking)等。由于这门科学具有多学科交叉的性质，人们从心理学、计算机科学、神经科学、数学(逻辑)、语言学、哲学等不同的领域进行有关的研究。当然，针对有关问题的研究状况，国内外有的学者对“认知科学(Cognitive Science)”及其名称仍持有不同的意见，例如MIT出版社出版了一本由John. R. Searle写的书：《The Rediscovery of the Mind》，其作者就反对认知科学的提法。

现代专家学者们普遍认为：物质的本质、宇宙的起源、生命的本质和智能的呈现是人类关注的四个基本问题。认知科学、思维科学和人工智能等学科的研究都与四个基本问题之一的“智能的呈现”密切相关。

人的智能的研究牵涉到脑的功能、意识与思维等十分复杂的问题。应该说：人的大脑神经系统的作用与人的思维、意识是统一的；思维和意识是大脑物质运动的产物，是开放的复杂巨系统的表现。对脑功能、意识与思维的研究，国内外的评论认为有两条道路：一条是研究人脑——脑科学的道路；另一条是从心理学、人工智能和认知科学着手。看起来第一条道路是最根本的，但是这条路很长。在我国，由于有马克思主义哲学的指导，能掌握正确的方向，已开展了思维科学的研究。有一部分学者认为：走第一条道路，虽然更彻底，但恐一时

---

* 中国科学院院士·

本文于1996年9月16日收到·

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

还不会有结果，还得依靠思维科学内部的一些方法来研究。

2 传统认知理论和现场认知理论

下面介绍一点国内外认知科学的情况，这里主要以传统认知理论和现场认知理论为线索来讨论。在国外，人们把50年代中期到70年代认为是认知变革的时期。这一阶段用计算机仿真模型来研究思维过程的工作发展得很快，由Turing预先考虑到（1950）的人工智能领域建立起来了。以计算方法研究智能的工作对一些传统的学科起了决定性的影响。在心理学领域，新的方法取代了美国心理学界50多年来占主导地位的行为主义典范。在语言学领域，把精致的计算模型与语言的生物学基础的影响相结合的生成语法（generative grammar）语言代替了传统的结构语言。哲学中的几个领域，如心智（mind）的哲学、认识论、语言哲学等都受到很深刻的影响。在此认知变革期间，形成了一些统一的、起核心作用的看法，现称其为传统观点。传统观点的中心是70年代末由Newell，Simon等首先阐明的“物理符号系统假设”（PSSH），认为任何一个系统，如果它能表现出智能，它必定能执行下述6种功能：（1）输入符号；（2）输出符号；（3）存储符号；（4）复制符号；（5）建立符号结构；（6）条件性转移。反之，任何系统，如果具有所述6种功能，它就能表现出智能。大量的传统的认知或人工智能的工作，就是在这个假设的推动下进行有关符号系统的典型性质的研究，形成认知的符号理论。诺贝尔奖获得者、中国科学院外籍院士Simon教授，把此阶段的认知科学概括为：

认知科学＝认知心理学＋人工智能

这阶段很少考虑系统究竟在什么样环境中运行及对在环境中运行的系统的物理实现等问题。

在80年代和90年代，国外在认知科学的一些起主导作用的概念和研究技术方面很快又发生了变化。由于三方面的工作进展形成对传统认知观点的挑战，导致有意义的拓广。首先，在60年代及70年代走下坡路的人工神经网络的研究有了复苏。它表现在由Rumelhart提出的多层网络克服了“感知器”的局限性，以及McClelland PDP（并行分布式处理）研究组的有关人工神经网络的工作。当用计算机进行模拟时，这种简单的类似于神经元的计算元件以高度相互连接而成的网络，虽然不用通常的算法或传统的以规则作为基础的结构表达，而以设置多层网络的隐结点的数目来实现非线性的映射，但在模式识别及学习的能力方面却显示出它的优越性；第二方面的进展是认知神经科学的快速发展。科技人员开始注意在脑方面以例子说明认知的容量如何，把当代的认知模型、精巧的试验设计及高新技术组合起来进行神经定位，如PET（正电子发射断层显像），与事件关联的头顶电位分析等很有成效，突破了以往主要依靠被试者在进行试验中的“口述报告”的局限性。1994年Farah与Ratcliff的工作，就是这方面很好的例子；第三方面，人们从以往的研究中体会到，对于智能的研究应该从系统的角度来考虑，而不仅仅是着重于表达（represention）和推理（reasoning）等方法与理论的研究。90年代初，MIT的年轻教授Brooks发表了“没有表达的智能”与“没有推理的智能”等文章，采纳了控制论（Cybernetics）中的一些构思，再一次强调了智能体与环境互相进行作用的重要性；环境的复杂程度体现了系统的复杂性，并按照所提出的理论，提供了可演示的“人造昆虫”。在这些工作的影响下，形成了“现场人工智能”（Situated AI）的新领域，使人们更加注意到在对认知过程的研究中，生态环境及社会环境的重要作用，导致“现场作用”这一认知科学的新的重点，及“现场认知”（Situated Cognition）的新观点，从而认为智

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

能是人或智能体与环境进行动态交互的结果。

认知符号理论的提出,解释了很多的认知现象,并以此为基础发展了许多类型的专家系统,形成了"知识工程"新领域。但以 W. Clancey 为代表的一些学者认为:符号理论未能正确解释人类的认知;认知方式不是像计算机的中央处理器方式那样操作,而是一种能同时协调感知-动作的机制;智能行为是感知-动作多个循环的结果,不是深思熟虑的推理和决策;学习不是一个存储新程序的过程,而是一种能同时协调感知-动作的辩证机制;这种感知-动作的神经结构和神经过程是在行动中创造的,是通过它们不断激活、竞争选择和重新组合得到的,是一种自组织的机制。按照现场认知的说法,人与周围环境的相互作用极为重要,人的行为模式是人的内部神经相互作用和人与人之间、人与周围环境之间的相互作用,必须考虑存在于人所处的环境中的知识与信息,只有当外部的信息与内部的信息交融在一起时,才能产生智能行为。

应该提到的具有启发意义的工作是,从系统的动态性能为依据对知觉进行解释的研究。美国加州大学 Berkeley 分校的 Freeman 教授通过脑电图(EEG)对嗅觉进行研究时发现:当没有闻到气味的时候,人脑的活动处于一种混沌(chaos)状态,当与嗅觉有关的皮层与其它组织发生的响应相协调配合,从而在脑电图上形成较规则的图案时,就对应于闻到了气味。这种从混沌到出现规则的模式是一种系统的特性。但嗅觉行为结束后,脑电图上出现的又是混沌状态。他和同事们在视觉中也发现了混沌的存在。所以 Freeman 作了这样的解释:知觉是不断发展的,它不断地对自己重新组织,而且能根据外部情况而变化。

在我国,著名科学家钱学森把人和人造系统作为对象,对思维的研究极为重视。早在70年代末,他以现代科学技术体系为着眼点,提出建立思维科学体系的主张。他在《中国社会科学》1980年第6期中提出:我们要把逻辑学扩大为思维学,包括一部分我们已经研究得很多而且很有成绩的逻辑思维,还要包括其它的人的思维的过程。这一观点在外国已逐步引起重视。他们是从搞机器人、人工智能这方面考虑的,搞人工智能、机器人就是搞一个人工智能、机器人的理论,他们叫认知科学(cognitive science)。我们用"思维科学"更确切一点,就是包括逻辑思维、形象思维以及其它各种思维过程等。后来,他又阐明了思维科学的基础科学——思维学的三个部分:逻辑思维,微观法;形象思维,宏观法;创造思维,微观与宏观结合。逻辑思维和形象思维都是手段,创造思维才是智慧的源泉。他主张人与计算机相结合,以达到人机结合的大成智慧。并指出:思维和意识是大脑物质运动的产物,是开放的复杂巨系统的表现。实际上,复杂性是开放的复杂巨系统的动力学特性;混沌是有序的基。从这些论述中可以看出,要研究知觉的形成,关键问题是研究人脑神经系统这个开放的复杂巨系统的动力学特性。

3　高新技术是研究认知科学的有力工具

近20多年来,高新技术的发展为认知科学的研究提供了新的工具,如X射线计算机断层扫描(CT)、正电子发射断层显像(PET)以及磁共振成像(MRI)等新技术,可以从体外无损伤地、定量地、动态地从分子水平观察代谢物质或药物等在人体内的活动及在疾病中的变化。医学成像,尤其是用功能性磁共振成像(fMRI)进行脑功能定位的方法,为观察决定思维神经系统打开了一个窗口。这种方法的依据是,存在磁场时许多原子的行为就像小的罗盘针,研究人员可以巧妙地操纵磁场使原子排列成行。如果对试样施加无线电波脉冲,可以对原子进行干扰,其结果是这些原子发射出可检测到的信号,这些信号是试样中特定原子的数

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

量和状态所特有的。仔细调整磁场和无线电波脉冲，可以得到有关研究试样特有的信息。而fMRI能够检测加强了的神经元活动区里氧量增加情况的依据，是神经元利用氧的方式。在神经元活动激增的过程中，正常的人脑要求助于厌氧代谢。事实上，由于在正常的脑里能够实现这种形式的代谢，所以并不在乎是否存在丰富的氧。于是更多的血进入脑部而又不增加耗氧量的结果，是使氧大量浓集在向活跃的神经中枢排放氧气的小静脉里。这样的结果，被送到脑的活动区的多余的氧只是用排放到静脉里的方法又回到了全身的循环里去。为什么氧在脑的fMRI中起关键作用呢？诺贝尔奖获得者L. Pauling在1935年的发现给出了答案。他发现，输送氧并使血液成红色的分子（称为血红蛋白），其携带的氧量会影响血红蛋白的磁特性，而fMRI能检测这些小小的磁性变化。这一性质引起科技人员的注意，并于1991年证明了能检测到人脑里功能性诱发的血液充氧量变化的这种能力。

总之，功能性磁共振成像（fMRI）有如下优点：（1）信号直接来自从功能上诱发的脑组织里的变化，即静脉里氧浓度的变化，不需要注入放射性的或其它的任何物质；（2）能提供每个受试者的解剖学信息和功能信息，因此使研究者能够对活动区进行精确的结构鉴定；（3）清晰度非常好，可以分辨出小到1—2 mm的部分；（4）如果加上适当的附件，能够及时地监视由血流量诱发的氧信号的变化；（5）几乎不会有什么使用的风险。

最近美国一个小组以猴子作试验，用fMRI证实了灵长类的视觉皮层可组织成这样一些定位图，即当我们看到外部世界时，这些图反映出外部世界的空间组织。另一个小组则通过对20个患者的测试，以立体成像技术确定了大脑皮层上与移动（movement）、感觉（sensory）、听觉（auditory）和言辞（speech）所对应的区域。

fMRI能及时地监测氧信号的能力表明，有可能用它来测量不同脑区变换信息所需的时间。这样的信息对于搞清楚特定的脑区怎样协调成一个网络，从而产生行为的问题，是至关重要的。总之，fMRI与PET等的配合使用，再加上利用图像处理技术，可以把一系列横截的磁共振图构建成立体的脑内部的结构以及表面皮层，从而可以绘制脑功能图，为认知科学的研究提供先进但十分昂贵的手段。

4 新的认知理论的建立

在利用近代高新技术为工具，进行脑功能定位研究的同时，人们十分关心建立新的认知理论。W. Clancey以诺贝尔奖获得者G. Edelman提出的神经达尔文理论（Neural Darwinism）为基础，给出了一种自适应神经系统的观点，对知觉的产生作了猜测。他认为对于大脑来说，当有外界的输入，或者大脑有输出时，大脑神经系统中被激活的最小单元是“神经群”（neural group），这种群由一些同时被激发及振动的神经细胞组成。神经群内的细胞可以从该群本身的细胞，或者其它神经群的细胞或者从外界获取输入。目前已借助fMRI，利用立体成像技术，找到了与动作（motor）、感觉（sensory）、听觉（hearing）和言辞（speech）所对应的区域，并由此可推论出大脑的功能是分区的。当有刺激输入时，不同的功能区被激活的那部分神经结构称为“映图”（map）；每个映图由很多个神经群构建而成；两个映图之间的联接是通过一种称为“再入”（reentry）的联接方式来实现，这些联接随着大脑的神经细胞不断被激活而得到加强。不同功能区的映图组成的整体如果被激活，这种整体激活状态称为外界事物在内部的“整体映射”（global mapping）。大脑整体的激活是一种动态的过程，它是经过长期、多次的感觉-动作（sen

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

sory motor)行为引发的激活序列进行范畴化后相对稳定而形成的,是动态过程结束后的稳态结果。由于每一个外界刺激只是使大脑的一部分被激活,所以很自然地会提出这样的问题:究竟哪些神经细胞组成神经群,哪些神经群构成映图,以及哪些映图组成整体映射?答案是根据达尔文的进化论,即这种组成都是通过选择机制来实现的,这种选择由一种称为价值范畴的机制所决定。这里的价值是指生物体具有的内部判断尺度,它们和体内平衡系统,如脑干、下丘脑等有紧密的联系。以上所述的这些组合都经过了自下而上的长期不断的选择进化过程。现在,对"整体映射形成,就有了知觉"这种说法,还有较大争议。

基于神经科学和系统理论所提出的上述看法的结果,引发了一场围绕着物理符号系统假设,以 Simon 教授为代表的传统认知理论与以 Clancey 教授为代表的现场认知理论之间的大辩论。这场辩论给传统的认知理论带来了冲击,其结果是现场认知理论越来越引起人们的兴趣与关注。比如,在这场辩论中,美国《J. Human-Computer Studies》已改变了自己的学术方向。我国以钱学森院士为代表的一些学者近年来在对开放的复杂巨系统的研究过程中,十分重视系统与环境间的相互作用问题。他们认为,人的聪明、智慧与人的思维能力有密切的关系;人脑的思维能力是不断发展的,它的发展在于:第一,人脑是一个开放的复杂巨系统,有很强的可塑性,是活的,不是死的、不变的;第二是实践的作用,人与客观的作用是永无止境的。K. Popper 有三个世界之说:第一世界是主观世界,即人脑;第二世界是不以人们的意志为转移的客观世界;第三世界是人类实践积累的知识信息世界,这当然是前人和他人实践的创造物。这样,人的思维能力是第一世界与第二世界和第三世界相互作用的成果。这是对现场认知的一种拓广。此外,他们还提出了处理开放的复杂巨系统的方法是"从定性到定量综合集成法";在此基础上进一步提出了人-机结合的主张,强调机器可以帮助人,人也可以不断地改进机器。通过从定性到定量综合集成法,达到集智慧之大成,形成了自己的学术思想与体系。

A BRIEF INTRODUCTION ON COGNITIVE SCIENCE

Dai Ruwei

(*AI Lab, Institute of Automation, CAS, Beijing* 100080)

Abstract As it is known, Cognitive Science is conceived as a basic science of intelligence in humans, other animals, and artificial systems. From this point of view, the historical context of Cognitive Science development from traditional cognition to situated cognition is briefly summarized in this article. Besides, the high and new technology, such as fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) technique, which provides powerful tools for research on Cognitive Science, is also discussed.

On the other hand, a new field named Noetic Science which studies human thinking was proposed by the famous Chinese scientist Qian Xuesen. And his point of view that human thinking can be divided into 3 kinds: thinking in logic, thinking in imagery, and creative thinking synthesizing the former two thinkings and being the source of intelligence is introduced briefly.

Key words intelligence, cognition, situated cognition, noetic science

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net