

## 学科发展

## 认知科学的现状与发展趋势

中国科学院心理研究所战略发展研究小组

(北京 100012)

**摘要** 认知科学是在多学科交界面上发展起来的新兴科学。认知科学得到越来越多的重视,西方发达国家已把认知科学列入科学战略计划的重点项目。21 世纪的认知科学有 3 个发展趋势:(1)在研究内容上越来越重视环境对认知能力的影响;(2)在研究层次上越来越重视多层次的跨学科整合;(3)在研究方法上越来越注重采用无损伤性实验技术。

**关键词** 认知科学,现状,发展趋势

认知科学(Cognitive Science)是研究人、动物和机器的智能本质和规律的科学,研究内容包括知觉、学习、记忆、推理、语言理解、知识获得、注意、情感和统称为意识的高级心理现象。认知科学是在心理学、计算机科学、人工智能、语言学、神经科学等基础科学及哲学的交界面上发展起来的高度跨学科的新兴科学,其中认知心理学和人工智能是认知科学的核心学科。认知科学的创立标志着以现代科学为基础,人类对自身特有的心理活动、脑和心智关系、人工智能的研究已进入到一个的新阶段。这是近半个世纪以来科学发展史上的重要事件之一。

## 1 认知科学的理论体系和研究路线

人类对其心智性质探索的历史十分悠久,可以追溯到东方和古希腊的哲学思想,但这些研究基本上是思辩性质的或是依据直接经验的观察。直到 1879 年冯特(Wundt)在德国莱比锡建立了世界上第一个心理学实验室,人类才开始用实验手段研究心

理问题。在结构主义、行为主义统治了心理学达半个世纪以后,于 20 世纪 60 年代心理学发生了“认知革命”,产生了认知心理学。在心理学发展的同时,其它科学提出了许多新理论,如维纳(N. Wiener)的控制论、香农(C. E. Shannon)的信息论、乔姆斯基(N. Chomsky)的心理语言学、图灵(A. Turing)和纽曼(J. von Neumann)提出计算机模拟人类思维的可能性、纽维尔(A. Newell)和西蒙(H. A. Simon)的符号系统理论等等。认知科学及认知心理学就是在多学科的影响下发展起来的。

### 1.1 认知科学的四大理论体系

认知科学从 20 世纪 50 年代兴起以来,提出了许多创新性的理论,如在推理层次的 Newell 和 Simon 的通用问题解决系统;在语言理解层次的奎林(Quillian)的语义网络的命题式知识表征;在记忆层次的考斯利(Kosslyn)的模拟式知识表征;在注意层次的特里斯曼(Treisman)的特征整合理论等。这些理论对认知的理解和人工智能的发展起到强大的

推动作用<sup>[1]</sup>。从认知科学的发展历程中,共出现过 4 种大的理论体系:(1)物理符号论。这是人工智能的认知科学理论,该理论把认知过程看作是对来自外部输入的物理符号的处理过程。(2)联结理论。开始于 20 世纪 40 年代的人工神经网络研究,在沉寂了近 20 年后,于 60 年代中期再度兴起。该理论认为,认知活动的机制基于神经元间联结强度的不断变化,它对信息进行着平行分布式处理。这种联结与处理是连续变化的模拟计算,不同于人工智能物理符号的计算。(3)模块论。受计算机编程和硬件模块的启发,福德(Fodor)于 1983 年提出认知功能的模块模型,认为人脑在结构和功能上都是由高度专门化并相对独立的模块组成,这些模块的复杂而巧妙的结合,是实现复杂精细认知功能的基础。20 世纪 80 年代末和 90 年代初,模块思想已发展为多功能系统理论,特别是在记忆研究中得到了较多学科的支持。(4)生态现实论。1993 年初在认知科学界掀起环境作用论和物理符号论的大论战,一批年轻的心理学家向人工智能大师 Simon 提出了挑战。环境作用(Situation Action)的观点认为认知决定于环境,发生在个体与环境的交互作用之中,而不是简单发生在每个人的头脑之中。

## 1.2 认知科学的主要研究路线

由于认知科学是一门高度交叉的学科,所以不同学科从各自独特的研究角度对认知进行研究。总的来看,目前对认知科学的研究路线有 3 条。

第一是认知心理学的研究,即把人脑与计算机进行类比,将人脑看作是计算机的信息加工系统。但这种类比只是机能性质的,而不管脑的生物细胞和电子元件之间的区别。这类研究采用从上向下(top-down)的策略,也就是先确认一种心理能力,再去寻找它所具有的计算结构。

第二是人工神经网络的研究,把人的认知看作是神经网络的活动,但这种神经网络模型是人工的,与真正的神经及其突触连接并不相同。该研究采用一个从下向上(bottom up)的策略,先建立一个简单的或理想化的神经网络模型,然后再考察这个模型所具有的认知功能。从最简单的模型入手,不断增加它的复杂性,就有可能模拟出真正的神经网络,

从而了解认知活动的真相。

第三是认知神经科学的研究,也是采用从下向上的研究策略,但与人工神经网络不同,它是从真正的大脑工作方式入手来研究认知的。由于无损伤技术手段(如 ERP、EMG、PET 和 fMRI)的出现,使研究者可以直接观察到大脑活动的区域及特点。

## 2 20 世纪的认知科学

认知科学是一门新兴的学科,其发展非常迅速,已成为当今国际上最热门的学科之一。美国的认知科学学会(Cognitive Science Society)于 1979 年成立。在此前后,各种以认知科学命名或者与认知科学有关的杂志相继创刊,各著名大学相继成立了认知科学系或认知科学研究中心、研究所。1986 年,美国加州大学圣地亚哥分校开始设立认知科学的博士学位。这些都表明认知科学已得到学术界的广泛认可。

### 2.1 西方国家科学战略计划中的认知科学

人类正在进入知识经济时代,西方国家在各自的国家科学战略计划中对认知科学进行重点部署。多国合作的“国际人类前沿科学计划”(Human Frontier Science Program)被国际上看作是和美国的战略防御计划、欧洲的尤里卡计划鼎足而立的三个重要计划之一,准备投资 100 亿美元,而认知科学是这一计划的重点内容;日本 1996 年推出的“脑科学时代”计划,总预算高达 200 亿美元,其中脑的认知功能及其信息处理是其重点项目。这项研究计划包括知觉、注意、记忆、动作、语言、思维、意识乃至情感动机在内的各个层次的人类认知活动。由此可见,认知科学受到西方发达国家的普遍重视,被看作是 21 世纪的领头学科。

### 2.2 认知科学的应用得到越来越多的重视

认知科学研究不仅具有重要的科学意义,还具有巨大的潜在应用价值。在美国,支持认知科学发展的不仅是各种支持基础研究的基金会,还有政府部门、军方和工业界。美国宇航局专门设立了支持认知科学研究的部门,组织认知科学的研究项目和提供研究经费;美国空军制定了支持认知科学应用基础研究的长期计划;美国海军“认知科学基础规

划”已有 20 多年的历史。最近,诺贝尔奖得主 North 发起了名为“知识、社会变革和经济效能”的系列研讨会,其主要观点是,知识经济的发展必须更好地理解个人决策的认知基础,需要从理论和经验的角度来解释认知在形成文化、生活方式和组织团体过程中的作用。这反映了认知科学在社会变革和经济发展中可能发挥重要作用。

### 2.3 国际著名认知科学研究机构

目前世界上最有影响力的认知研究机构有美国加州大学圣地亚哥分校的认知科学系、加州大学伯克利分校的认知科学研究所、麻省理工学院的脑与认知科学系、布朗大学的认知和语言科学系、英国医学研究理事会的认知与脑科学所等。考察这些著名研究机构的研究情况,就可以对当前认知科学的发展现状有所了解<sup>[2]</sup>。

加州大学圣地亚哥分校的认知科学系主要从事以下 3 个领域的研究工作:(1)脑:强调对神经生物学过程和现象的理解;(2)行为:注重心理学、语言学和社会文化环境的研究;(3)计算:结合计算机机制的研究,考察各种认知能力及其限制。该系既进行实验室控制情景下的认知研究,也进行日常生活中自然情景下的认知研究,并对两类情景下的认知活动建模。

加州大学伯克利分校的认知研究所研究在实际生活中的认知活动,并试图对这些现象给予理论上的说明。近年来,该所研究人员提出了许多有特色的认知理论,例如,赖克夫(Lakoff)等人的原型理论和心象图式,费默(Fillmore)等人的格语法和构造语法,斯洛宾(Slobin)的语言获取的操作法则,费尔德曼(Feldman)的整体平行联结网络。这些理论在认知科学研究领域产生了广泛的影响。

麻省理工学院的脑与认知科学系有以下 5 个重点研究领域:(1)分子和细胞神经领域。(2)系统神经科学领域。研究问题包括感觉刺激的转换和编码、感觉运动系统的组织、脑与行为的循环交互作用等。(3)认知科学领域。主要研究心理语言学、视觉和认知、概念和推理以及儿童认知能力的发展等。(4)计算领域。主要研究机器人技术和运动控制、视觉、神经网络学习、基于知识的知觉和推理。

(5)认知神经科学领域。麻省理工学院已将神经科学和认知科学列为该院今后 10—20 年发展的重要研究领域,目标是要使该院的脑与认知科学系在神经科学和认知科学领域占据领导地位。

布朗大学的认知和语言科学系是美国最早建立的认知科学系之一。该系的教授有着不同的学科背景,分别来自应用数学、计算机科学、神经科学和心理学等系。例如,视觉研究组可以同时采用计算、心理学和生态学三种研究方法对知觉和行动进行研究;言语组则同时从实验、发展、神经语言学和进化的观点来研究言语知觉。视觉和言语是该系的主要研究领域。

英国医学研究理事会的认知与脑科学所的人员和项目分为以下 4 个研究方向:(1)注意:主要研究选择性注意的基本过程和这些过程依赖的分布式脑系统;(2)认知和情绪:主要研究唤起和调节情绪的基本认知和神经过程的性质;(3)语言和交流:该项目把人类语言看作是一个认知、计算和神经的复杂系统进行研究;(4)记忆和知识:该项目主要从事记忆的理论及临床研究。

从这些国际上著名的研究机构可以看出,认知科学的研究队伍主要由神经生物学、计算机科学和心理学三大领域的专家组成,这也决定了目前认知科学在研究手段和研究路线上也以这三大领域为主。作为认知科学家族的其它学科虽然也很重要,但在整个认知研究中还没有占据主导地位。

## 3 21 世纪认知科学的发展趋势

### 3.1 在研究内容上将越来越重视环境对认知能力的影响

认知能力是在不同的环境压力下通过自然选择而形成的一种适应过程<sup>[3]</sup>。Stephen Pinker 说:“人类的心智不是一台通用计算机,而是在进化过程中为了解决问题所形成的具有适应性的本能。”环境对大脑有着很大的影响,这在感觉发展阶段中可以明显地看到,在这一阶段,器官对外部的刺激非常敏感。复杂的社会动物并没有从遗传中获得父辈的学习经验,但当遇到生存问题时,社会动物所具有的生物性准备(biological preparedness)就发展得很

快,所以,大脑功能及其认知结构的发展取决于环境的影响。重视环境对认知能力的影响,这是认知科学发展的一大趋势。

### 3.2 在研究层次上将越来越重视多层次的跨学科整合

从目前的研究状况看,认知科学将继续推进三种类型的整合。首先,在一般的概念层面上实现新的跨学科的整合。认知科学各分支学科的研究人员越来越认识到相互间进行对话和交流的必要性,并从多学科的交流中获得创造性研究的启示。其次,利用不同学科的方法收集到的不同类型的数据,推进实验层面的整合。例如,对语言的研究需要将定性的语言学数据与实验心理学和神经学的数据合起来考虑;要解决意识这一异常困难的问题不仅要求重视行为学和神经学上的数据,还要靠我们每人从意识经验得来的科学记录。第三,实现由计算与模拟所带来的理论上的整合。用计算手段研究复杂性的认知过程是必要的,还需要通过模拟手段检验理论的正确性及其局限性。这种跨学科、多层次的整合是认知科学发展的另一趋势。

### 3.3 在研究方法上将越来越注重采用无损性实验技术

脑成像技术的发明和发展已成为现代生命科学的最先进的高科技成就,汇集了信息科学、物理科学以及其它工程科学的众多高科技成果。脑成

像技术具有传统研究方法无可比拟的优势,它使研究者可以直接“观察”大脑的活动,是目前最有效的实验技术。采用脑成像技术研究脑的认知结构和功能,成为认知科学发展的第三大趋势。但我们应看到,脑成像技术还有待完善<sup>[1]</sup>。脑成像技术可以对脑的认知过程形成直观的图像,但这种图像仅可提供结构性或区域性的功能数据,对于细胞水平的机制的了解还是远远不够的。

当前,应有组织地开展认知科学重大前沿问题(大脑高级功能整合、学习机制与规律、空间认知、语言认知、智能的机器实现、意识问题)的研究,尽快缩小与国际水平的差距,在5—10年内使我国的认知科学研究跨入国际先进行列,为我国知识创新、科技进步和临床应用做出贡献。

### 参考文献

- 1 Gazzaniga M S. 沈政,王甦等译. 认知神经科学. 上海:上海教育出版社,1998, 1-16.
- 2 Stillings N A., Weisler S E., Chase C H., *et al.* Cognitive Science: An Introduction. 2nd ed. Massachusetts Institute of Technology, 1995.
- 3 Cummins R., Cummins D D. Minds, Brains and Computers: The Foundations of Cognitive Science: An Anthology. Blackwell Publishers Ltd, 2000.

### Cognitive Science:

#### Its Current Status and Development Trends

(Strategy Research Group, Institute of Psychology, CAS, 100012 Beijing)

Cognitive Science is a newly developed interdisciplinary research field. In recent years, more and more emphasis has been focused on this newly developed discipline, many developed countries regard cognitive science as one of the key projects in their national science development programs. In 21th century, there are three developmental trends in cognitive science: a. The influence of environment on cognitive ability is being emphasized in cognitive science. b. Adoption of a cross-disciplinary and multi-level integration approach. c. Use of non-invasive experimental techniques in cognitive science studies.