

认知主义与联结主义 ——从认知科学的发展看计算机信息管理技术的走向 Symbolism and Connectionism

林继凯 李 伟

(上海铁道大学医学院, 上海 200070)

在认知科学领域,存在着两大理论学说:以符号表征理论为核心的认知主义和以网络理论为核心的联结主义。相对于计算机信息管理技术的发展而言,认知主义和联结主义分别兴起于计算机(冯诺依曼式)的单处理机时代和计算机的互联网络时代,二者对认知过程有着不同的解释,并都对计算机信息技术的发展有着不同的贡献。近年来,随着以信息高速公路建设为导向的信息技术的发展,使得人们对联结主义的认识日益加深,联结主义因而受到重视,研究地位上升。笔者认为,在计算机技术飞速变革和社会生产力的提高对计算机信息管理能力提出日益增长之需求的今天,这两大理论学说将沿着各自的理论轨迹进一步发展并且相互交叉、相互渗透,萌发新的内容,对计算机信息技术的发展作出新的贡献。

一、认知科学的发生、发展及内涵

马克思主义哲学认为,世界是物质的,任何事物都是可被人类认知的。但是更深层次的研究,即人类究竟是怎样通过思维来达到认知目的的问题则一直困扰着许多专家学者。围绕这一问题建立起来的认知科学经历了两个重要的发展阶段:(1)60年代,以符号表征理论为核心的认知主义独占鳌头;(2)80年代,以网络理论为核心的联结主义东山再起。至此,人类的认知科学似乎完成了一种转归,尽管这种转归可能还远远未能正确解释人类的认知过程与本质,但我们却可以从其中得到许多有益的启示,尤其是对于高速发展的现代信息技术的理解,更是有着不同寻常的意义。

认知主义作为认知科学史上的一个发展阶段,源起于本世纪60年代,并在70年代取得压倒性胜利,作为认知主义中心内容的符号表征理论,也被广大学者所接受和认同。该理论认为人类认知的过程就是信息加工,处理同化的过程,是一种符号的运算。基于此,认知主义将对象世界看成是符号的

组合,通过对符号的存储、加工(推理反应、编码等)、提取和变换而完成人类的认知。当然,这种运算是要受特定的规则协助与制约的。

认知主义的兴起是有其物质基础的,其指导性启示和核心工具是数字计算机(冯诺依曼式)。计算机作为一种物理装置,其特定的物理改变可以被解释为运算,运算是符号的操作,而符号则表征着一定的意义内容^[1]。认知主义的信息加工模式与数学计算机构成的相似性提示我们,从认知过程去理解和改进计算机,以进一步推动信息技术的发展是极有可能的。

但是不能忽视,人类认知世界最主要的物质基础是人脑,随着对人脑(主要是神经网络)研究的深入,人们日益发现,认知主义的符号表征理论是有着较大缺陷的,还不能将其与认知科学本身等同。

首先,认知主义远未达到立足于对人类大脑思维的精确描述之上这一要求,它只是对产生认知现象起因的一种猜想,是一种受启示于数字计算机的结构和运算方式,进而根据输入输出进行系统识别的方法理论,实际上仍没有脱离简单系统的范畴。面对复杂巨系统问题,它只能束手无策^[2]。

其次,由于认知主义对符号的运算要依赖于规则,这就必然产生过多的硬性限制,规则具有确定性和强制性,活动的发生与停止直接受控于规则的启动与否,而符号系统的任何改变都需要规则的相应改变,这是有悖于人类的认知活动的。

再次,认知主义认为认知过程是一种序列加工,即人脑是单线地或串行地处理问题。这一观点显然是片面的,神经网络的深入研究表明:并行计算在神经系统中是广泛存在的,对外界表现的串行现象只不过是并行处理基础上表现出来的串行,而非表象的本质。

正是由于上述原因,1986年,鲁梅尔哈特和麦克莱兰德在其巨著《并行分布与加工》一书中向认知主义提出了挑战,并经典地阐述了曾一度没落的网络理论,我们将这一东山再起的研究定向称为联

结主义。它认为人类的认知不是简单的符号运算，而是网络整体结构活动的结果。网络是时间动态系统，由类似于神经元(节点)的大量处理元素(单元)相互联结在一起，每个单元都有其不同的活性，即可以兴奋和抑制其它单元，也可以受其它单元的兴奋和抑制。认知过程就在于网络从初始状态到最后完成的稳定状态，而这个动态过程就可以被看做是认知能力。

联结主义的指导性理论源泉是大脑(神经网络)，而且从根本上来讲，联结主义的网络定向就是一个完整的神经网络模型，关于这方面的研究已比较深入，现列出联结主义网络的有关特点如下：

1. 网络的加工是并行的和相互作用的，即不同的节点可以按不同规则同时运算，而规则之间体现的是竞争或协作关系。换言之，每个单元在特定的时间均有不同的活性状态，接受信息后，同时开始运算，并且相互影响和作用，结果是使某单元的活性状态发生改变，但计算结果只能是整体层次上的。

2. 网络的表征(记忆)是分布式的。即是节点只包含了概念的一部分，对整体来说有贡献，但不能决定整体状态，存储的整体内容与存储的基本单元不在一个层次上。如果将概念归属于宏观层次，那么概念的信息就存储于大量“微观”单元状态中。

3. 网络的定向容错能力强，可塑性(可整合性)程度高。因为所要表达的信息与存储信息的单元不在同一层次上，所以个别单元的损伤不会引起整体的错误。另一方面，网络又能适时地、恰如其分地衰退。这样，即使某些联结遭到破坏，也不会使整个系统停止活动。所以，人脑能用不太高的精确度进行极其复杂的计算。

4. 联结主义的网络定向具有较强的自适应性。对于多次重复的信息，只需改变单元之间的联结极数就可以实现记忆加工。

表 1 认知主义与联结主义的比较

	认知主义	联结主义
中心内容	符号定向	网络定向
处理方式	序列加工	并行分布加工
思维源泉与核心工具	数字计算机	脑(神经网络)
处理对象	“符号”化的外部世界	客观外部世界
记忆方式	程序式记忆	分布式记忆

由此可见，认知主义与联结主义是有着较大区别的(见表 1)。但是，这并不影响二者与信息技术的内在联系。如果说，今天认知主义带给人们的是一种否定的启示，即数字计算机这种符号定向式的运算在一定程度上将越来越不适应社会发展的需求的话，那么，联结主义带给人们的却是新思维的源泉。人们正着手通过联结主义理论，确切地说，即通过神经网络来为信息技术的发展提供借鉴。这是一

个划时代的发展。

二、由认知科学到信息高速公路

人是主动的信息加工者，人类活动的本质就是认知外部世界，改造外部世界。因此任何生产、通讯系统只有设计得适合人的信息加工特点，才可能获得理想效率⁽³⁾。基于这样一种认识，人们提出了信息网络化的设想，并且开始实施、实践，对此最好的明证就是今日方兴未艾的信息高速公路建设。

信息高速公路自 1993 年由美国政府提出以来，很快在世界各国引起了深刻反响。对此，有两点认识是共同的：(1)信息高速公路将在国民经济中发挥难以想象的作用。做为未来社会最重要的基础设施⁽⁴⁾，它的建设成功与否将从根本上影响一个国家在世界各领域的地位及其综合国力；(2)信息高速公路是一项艰巨的系统工程，其研究与开发必然是多层次、全方位、跨学科的。因此，我们在重视信息高速公路自身建设的同时，还必须从其它学科中寻求尽可能的支持与借鉴。

信息高速公路本质上是一种骨干网络，其基本结构模式可以模拟神经网络：作为主体的高速信息网平台，相当于神经纤维；与高速信息网平台接口的大量信息系统相当于各个分工明确的中枢和外周各级神经元；具体用户的感测器、显示器相当于感受器和效应器。这种多层次的组合形成一个大規模的复杂的开放式系统，高速信息网平台是所有信息系统的公共服务台，在大容量高速传输的光通信系统基础上，交流各个应用信息系统的资料、信息及反馈要求。各个应用信息系统之间兼有平行、分级交错的形式，每个应用系统又是一个小型的信息网络，采用先进的智能网技术，对各种信息及反馈要求进行整合、识别，并进而与不同级别的应用信息系统和具体用户的控制器、感测器、显示器接口。

当前，依据“生物经济原则”并模仿联结主义网络(神经网络)的结构特点，所建立的由众多类似于节点的基元所组成的拓扑式开放神经计算机网络已成为一种发展趋势。同时，借助于光纤的超高速特点，就可能实现信息的并行处理。这样，调控时不必逐级“寻访”，就既可以保证网络的可靠性与准确性，又在一定程度上实现了网络对极高精确度、极高速度的双重要求。

信息网络化面临的另一个挑战是要求其稳定性、协同性和可塑性程度的进一步提高。这个问题的解决有望借鉴于联结主义网络定向的某些理论。主要思路是建立分布式的记忆网络。这样输入的信息就可相互作用，相互渗透、补充与完善，从而保证，即使传递了误差较大的信号，经辨识后，其结果与正确结论亦将相差无几。对于多次重复的信息，

系统可以自适应,并指导其对新情况的加工处理。

三、认知科学将给人们带来计算机革命的思维源泉

信息网络化环境的实现必然要求信息技术中的核心工具——计算机,要有相应改进以与之适应。首先,我们知道,以数字计算机为理论源泉的认知主义,在一定程度上偏离了人类对信息加工的正确描述。因此,以它为指导的人机界面必然是一种非良性的界面。比如,数字计算机的工作必须依赖于规则,而规则却都有例外。世界的复杂性必然决定了有些规则(软件)的不可通用性。另外数字计算机强调序列加工,必然使运算的速度与精确性受到制约,并最终影响系统处理的效果。到目前为止,我们都过分强调机器效率而忽视人的效率,其结果是,人的效率限制了系统的效率。所以,最终的解决办法是将系统(计算机)设计得符合人的信息加工特点,也就是说,要完成对人脑功能的“软件描述”到硬件实现的转变。

最近的资料表明:日本、美国等国的计算机专家已经在着手研制神经元计算机、分子计算机。按照理论上的设想,所有的信息并不是按程序工作的,而是自适应处理的^{[4]~[7]}。这方面的工作虽然还不是很深入,但第六代电脑的开发与进展已经在一定程度上开始了这一历程。与传统计算机相比,第六代电脑的最先进之处在于它采用了生物芯片与神经芯片。生物芯片是一种应用基因工程技术制造的蛋白质分子,由其参与的一系列生化反应最终实现了电脑的计算过程,因而工作方式类似于人脑,具有模拟反应的特点,因而大大区别于普通计算机那种0和1的数字编码反应,编码速率可提高100倍。此外,它以波而不是以电子的形式传递信号,色调识别水平也远远超过只能辨别黑白分明色调的一般芯片。神经芯片则是一种由诸如非晶硅高效光电薄膜、电液晶体等光学材料制成的新型部件,通过它们可以产生一个与接收到的光信号强度成正比的电动势。由于利用光信号传递信息,而光信号又十分容易被处理成若干平行光束,所以可以同时快速处理众多信息,因而功能就十分接近人脑中的神经元。1995年,一种被称为“终极科学研究”的项目被科学家们提到议事日程上来。其中心内容是将电脑芯片移植于人的神经系统上,实现人类思维与电脑的连接,这样,微型电脑芯片可将人的思维直接转换为电脑语言,并通过芯片的接收与发送进行人脑与电脑的信息交流,从而以某种“心想事成”的方式控制各种自动化装置。已有科学家设想,到那时,通过一粒如胡椒般大小的芯片就可使人脑直接进入信息高速公路。

四、联结主义时代的到来

综上所述,认知科学领域的两大理论学说认知主义与联结主义,和计算机信息技术的发展有着密切的联系。认知主义作为认知科学的重要组成部分,在一定程度上成功地描述了人类的认知过程,为数字计算机的诞生,为人类从繁重的工作中解脱出来起到了积极的作用,翻开了计算机信息管理技术的第一页,有其历史性的贡献。但是由于其自身的若干缺陷,难以适应信息技术发展的新要求。这一历史阶段,我们称之为冯诺依曼式计算机的单处理机时代;其次,认知主义与联结主义内容上的差别并不会导致二者根本上的对立,恰恰相反,它们是相互补充、相互配合的,而这种作用的直接结果是开辟了计算机(冯诺依曼式)的互联网络时代。事实证明,互联网络正在超越,或者更明确地说,是在包容个人计算机技术,成为一种依靠它,就可产生各种新产品、新战略、新公司、新市场的高效低成本的开放的标准技术平台,本世纪90年代兴起的客户/服务器(Client/server)模式就是其典型代表^[8]。最后,我们在充分认识互联网络必然趋势的同时,切不可忽视计算机技术本身的发展。之所以这样说,是源于数字计算机局限性这一事实。换句话说,计算机的未来将由网络来定义,但这个层次上的网络不仅包含联结方式方面的内容,而且相应要求计算机本身结构性能的改进,即要争取完成神经元计算机、分子计算机对数字计算机的替代过程。这个过程实际上已经开始,尚处于较低级阶段;且存在一定的争议。它的成熟与完善将有待于广大专家学者的进一步研究和探索。

参考文献

- [1]葛鲁嘉:“联结主义:认知过程的新解释和认知科学的新发展”,《心理科学》,1994.4,P237
- [2]石山铭、刘豹、王正欧:“思维的潜运算”,《自然杂志》,1993.3,P6~10
- [3]张侃:“心理学与国家信息高速公路”,《科技导报》,1994.10,P27
- [4]Lianado JG:“神经网络和神经元计算机进展”,《国外医学:生物医学工程分册》,1989.3,P149
- [5]Gifford DK. On the path to computation with DNA. Science, 1994;266(5187):993-4
- [6]Adleman LM. Molecular computation of solutions to combinatorial problems. Science. 1994; 266(5187):1021-3
- [7]汤姆·弗列斯特(美),《高技术社会:漫话信息技术革命》,P44,北京,中国社会科学出版社,1990
- [8]施伯乐:“计算机科学技术的研究和发展”,《电脑技术》,1995.2,P2~3

(责任编辑 王宏章)