

思惟的信息加工理论和计算机模拟方法

傅 小 兰

中国科学院心理研究所

[提要] 认知心理学理论假定人的思惟是基于一套复杂的信息加工规则。然而, 这些规则是有限的, 并且是完全可以确定的。我们可以用计算机模拟人的思惟过程, 即采用描述法再现人所特有的信息加工方法。思惟的计算机模拟进程有赖于计算机科学技术的不断发展。认知心理学在研究人类信息加工过程中, 已成功地应用了基本信息过程这一概念, 并表明计算机程序能在思惟的许多领域中模拟人的认知过程。但是, 现在尚不能断定信息加工是从人脑的生理过程到达思惟的必经之路。

一、认知心理学和思惟的心理学研究

思惟是进化的最高成就, 是表明人类存在的本质东西。正是思惟能力, 使人类上升到高于只求生存的境界, 不但力图了解事物的现在, 而且努力思索事物的将来。鉴于思惟本身所具有的巨大魅力, 人类在很早以前就已经开始不断地对自己的思惟进行反思, 其用意旨在揭示它的内在奥秘和规律。思惟研究在心理学中已有较长的历史, 随着认知心理学的兴起, 使之在研究方法和理论概念上都有了新的变化。

早期实验心理学家的希望是看到心理学迅速发展成为一门在定义和方法的精确性方面能与化学、物理学和生理学相媲美的心理科学。由于采取自然科学的实验方法, 他们确信能对心理过程加以分类和分析, 各心理过程间的相互关系能简化为基本的定律, 使心理学家能做出带有其它科学特征的那种定量的、准确的预见。无论各自的兴趣是什么, 实验心理学家都重视发展精确的测量方法和控制方法。这时的思惟实验可分为两类, 一类是发现在解决问题时期内进行着什么事情, 若把问题叫做刺激, 把解决叫做反应, 实验者的工作就是要穷究发生于刺激和反应之间的过程; 另一类是实验者引进确定的实验变量, 再观察这些变量对被试反应的影响, 即对他的解决企图的成功和形式的影响。由于思惟本身的复杂性以及实验技术方法上的困难, 乃至于长期以来思惟的实验研究进展缓慢, 未取得突破性的成果。

认知心理学 (Cognitive Psychology) 是最近三十年来心理学研究的新方向, 它借助计算机科学、语言学和信息论的概念来说明人的认识能力与适应能力, 包括各种心理过程与智能行为。认知心理学的理论基础是西蒙 (Simon) 和纽厄尔 (Newell) 提出的“物理符号系统” (Physical Symbol Systems)。这一系统把人类所具有的观念、概念、能力以及脑内加工的过程看做物理符号的事件, 这样就可以把人的心理事件置于物理事件的同样理论体系中来加以探讨。认知心理学家根据物理符号系统的假设来建立关于心理活

动或脑的机制的理论。这一假设现正在经受理论和实验的检验。

认知心理学的主要兴趣在于解释人类的复杂行为，主要研究高级层次的思维策略和初级信息加工的关系。认知心理学在研究方法上与传统的实验心理学方法有着许多共同的地方，强调和重视科学实验，除了采用一些先进技术，如用计算机显示刺激和控制实验条件，也使用一些经典实验仪器，如速示器等进行实验。认知心理学家还采用“口语记录分析法”（Protocol analysis）进行人的认知过程的研究。今天的实验不仅研究思维的外部行为，而且还十分注意内部心理机制的研究，试图透过外部行为，探索内部心理操作，即探索思维方向，思维策略，其特点是采用了控制论、信息论、系统工程、数理逻辑、决策论、拓扑学等理论和观点，其研究领域主要是问题解决（Problem Solving）、概念获得（Concept Attainment）和决策（Decision Making）。

在过去三十年中，认知心理学家们进行了有关思维的大量实验研究工作。这种研究多半采用难题型任务，如解算术码问题、传道士与食人者问题、河内塔问题、逻辑推断问题概念获得，以及证明定理，奕棋和科学发现等。从这些研究中人们已学到了很多东西，它们都指向同一结论：人类的解决问题过程，从鲁莽的到直觉力最强的，都不过是反复试验法与选择的不同程度的组合而已。选择性来自各种经验定则或直观推理法，它们提示我们应先行探索哪些路径，已探索了的路径中哪些有希望通向目标。

认知心理学家用计算机来模拟人脑的思维过程。一般说来：心理学家首先用计算机构造一个问题解决行为的信息加工模型，然后把实际问题交给计算机去处理，最后，人们把理论的预期与计算机的结果相比较，这就是研究思维的计算机模拟途径。

二、思维的计算机模拟方法

从信息处理的角度来看，计算机是一个信息处理器，人脑也是信息处理与加工的器官。如果我们设法用计算机的形式模拟人的思维，那么采用描述方法必须再现的正是人所特有的加工信息的方法。纽厄尔和西蒙假定在人的思维中存在一些基本的信息过程，类似在任何万能电子计算机里都能用程序再现的基本信息过程。他们根据的是下述假定：人的思维基础是一套复杂的、然而有限的、完全可以确定的对信息进行逻辑加工的规则。由此得出结论说，可以用电子计算机进行模拟的方法研究人脑的信息过程。我们用计算机程序模拟人的策略水平，用计算机语言模拟人的初级信息加工过程。编制程序时是以人的经验而不是以逻辑推理为依据，这种模拟采用刺激——响应模式，而将人的思维机制作为黑箱处理。

思维的计算机模拟的基础是对人加工信息的过程进行实验性的分析，接着以电子计算机的程序形式综合业已揭明的规律。这种程序再现实验中观察到的信息加工过程，能够充当阐明人的思维的特殊理论。用计算机程序模拟思维功能时，根据的是人解决问题时的客观口语记录。在实验中，要求被试出声思维，能得到人类思维的口语记录，编写的程序应忠实地再现这种客观言语记录。程序编制采用启发式技术。启发式是从实际经验得出的能在问题空间中有效地限制搜索量的一种规则、策略、诀窍、简易措施或方法。启发式不保证给出最优解，甚至不保证给出解（即使这个解是存在的）。对一个有效启发式能说的一切是：在大多数情况下，这些启发式能给出令人满意的解答。现在，用计算机模拟的方法仅仅复制人思维的客观方面，这对心理学来说仍具有一定的意义。因为在进行这类研究以

前，思维的客观方面还未用任何技术模型复制过。

思维计算机加工模型发展中的 一项主要突破是西蒙和纽厄尔（1964）的通用问题解决器（General Problem Solver, 即GPS）的提出。以前的各种程序有一个主要的缺陷：它们都不能解决多种多样的人类问题。有的，象逻辑理论家（Logic Theorist Program），是专门解决数学定理问题的。另一些，象 Feigenbaum 提出的基本感受器和记忆器（Elementary Perceiver and Memorizer, 即EPAM），能学习对偶联合；以及有些程序能解决比赛问题，如在象棋中出现的问题。通用问题解决器模拟多种多样的概念对策和直观对策，这些对策被认为是人类解决问题能力的基础。这些程序基本上是以一系列操作攻克一个问题，逐一检验子目标解决的效度直到最终的总解决。假如一项操作已证明对一项子目标的解决有效，这种程序还能探查它对整个问题的进一步解决是否适当，如果并不适当则还是要被排除。很明显，这一技术很象人的思维方法。先设想如何组织并攻克某个问题，再进行一些初步的尝试，如果这些尝试证明无结果便予以排除，直到找出一种方法引导到最终的总解决。

纽厄尔（1973）已指出，对于任何具有人工智能的计算机程序有效性的一种检验，就在于这种程序在问题解决过程中产生的输出项能不能同思维的人评价自身进步时所作的言语报告相媲美。纽厄尔和西蒙成功地编制了许多程序，模拟人解决问题时的行为，这些程序的作用已初步接近人的思维，完全符合人的行为（其“行为”在较大程度上同被试的言语记录吻合）。可以说，用心理学研究人加工信息的过程时就能成功地应用基本信息过程这一概念，信息加工程序便能在思维的各个领域模拟人的认知过程。这些领域包括：瞬时与长时记忆，推理或问题解决，态度或信念系统，语言分析，神经症思维与心理治疗，创造性等。这些领域大都有了自己的程序，包括一种计算机“心理医师”，这是专门研究信息加工论领域的心理学家多才多艺和足智多谋的雄辩证明。正是由于有这些研究者的努力，这些模型才能以很大的精确性合成或重建复杂的思维心理过程——一项几年前还由于有关过程的复杂性而被认为是不可可能的成就。这些模型在多大程度上将引导到与我们现有思维理论相比具有较高真理价值的改进理论，则将由未来的研究判定。

三、现代计算机模拟思维的局限性

计算机是进行信息处理的，其中的“信息”就是指有限长的符号序列这种形式的信息，而“处理”的过程就是按预先编制好的程序对这种序列做有穷的形式变换，以取得一组新的符号，这就是“计算”（包括数值计算和非数值计算）。用计算机来模拟思维过程，最自然的莫过于在信息处理的层面上进行模拟。现阶段的计算机模拟，特别是启发式程序设计，“涉及”的只是思维过程的外部信息逻辑结构。这就是说，启发式的信息结构能够加以算法化，其组成要素——猜测、假设（它们在“搜索树”上表现为一组现成的供选择的可能性）——在这一水平上则不可能形式化。

要计算机去解决某种问题，有三个基本的前提：第一，必须把问题形式化。形式化是从非形式化的领域向形式化的领域的转变。我们可能会遇到一个无限多符号、无限多规则的形式系统，这与计算机的资源（存贮空间等）的有限性是矛盾的。第三，计算机要解决已形式化的问题，问题还必须是可计算的，即一定要有算法。存在着某个算法和找出这个算法是两回事，前者是客观的，后者是人脑的功能。要想用计算机模拟人脑的思维功能，就

要找出一种算法来代替人脑寻找算法，这又遇到了回归。最后，要用计算机实现一个算法以解决某种问题，问题必须有合理的复杂度。这常被说成是避免指数爆炸。是否会发生指数爆炸决定于问题本身的性质，不是任何巧妙的技术可以绕过的。

我们可以分出四类智能活动。其中前两类适于电子计算机模拟，而第三类只是部分程序化，第四类至今为止则是不可驾驭的。领域Ⅰ是S-R心理学家（Stimulus-Response Psychologists）最熟悉的领域，其中包括意义和上下文环境同有关活动无关的各种形式的初级联想型行为。语言翻译中的机器词典属这一领域的活动，问题求解中的纯试错搜索程序和模式识别中的根据固定模板匹配模式均属此类。领域Ⅱ是帕斯卡的数学思维的领域，它是由概念世界而不是感知世界构成。问题完全形式化了，并完全可以计算，思维模拟在这里，原则上和实际中都是可能的。领域Ⅲ则包括原则上可形式化而实际上还无法驾驭的行为，可称之为复杂—形式化系统。领域Ⅳ可称作非形式化行为领域，包括有规律的但无规则支配的、我们人类世界中所有的日常思维活动。

人的一个受精卵的信息量大体上相当于一个大图书馆的全部藏书量。在一个人的成长过程中，不断感受外界的信息，不断学习，知识不断增多，大脑中的信息量飞速增长，这些信息以细胞状态的形式或细胞之间互相联结的形式存放在大脑中。所以说，人脑中的程序是非常复杂的，目前计算机的解题程序的长度完全无法与之相比。这也许是目前计算机与人脑之间存在的最大差距。因此，研究知识的表达、知识的获取、知识的提炼和加工，发展知识库机器，发展各种专家系统，尤其是知识处理方面的专家系统，是使计算机在程序的复杂程度上逐步赶上人脑的必由之路。

日本第五代计算机核语言的原型PROLOG是一种初步体现逻辑程序设计基本思想的语言，这种语言将知识的描述和使用有机地结合起来，人们籍助于它，只需告诉计算机“做什么”而将“怎样做”的任务由机器自行安排。日本的第五代机计划就软件技术而言，包括程序设计的自动化和智能化，即只要给出程序的规格说明，系统能自动完成程序的生成和验证，其最终目标为推理型程序设计；还包括运用知识工程的技术（知识库、问题解决技术等）构筑新型软件系统——专家系统等。以前的电子计算机只能模拟逻辑（抽象）思维，不能模拟形象思维，而第五代电子计算机要具有图像识别、语言识别、模式识别的能力。现在电子计算机发展的一个趋势是网络化。在电子计算机网络系统高度发展的情况下，单独的一台电子计算机将失去存在的意义，而只有和其它电子计算机处于有机联系中的电子计算机才能发挥出它的功能。这可以说是对人脑思维社会性的模拟。目前电子计算机发展的另一个趋势是非数值计算的应用，更为符合人脑思维的情况。人脑是并行和串行交错一起加工信息的，第五代电子计算机就是要用并行体系结构来代替串行体系结构。人脑是“见机行事”，能够处理许多事先没有预料的情况，人类思维的特征就是能解决在新情况下的新课题。电子计算机今后也应能模拟人脑这种随机应变的思维功能。

显然，现代计算机不应是也不会是最终的智能机器，思维的计算机模拟的进步有待计算机科学技术的新发展。当然，现代电子计算机的潜力远未完全发掘出来，即使就形式系统的信息处理这个层面而论，我们对思维的认识也尚未完成。认知心理学、认知逻辑、理论语言学等多种科学都在把这一领域研究努力向前推进。我们应该研究思维活动的更深入更具体的规律，提出新的概念、新的方法和新的机制，比信息处理和图灵机更广泛、更深刻地描述思维的某些功能，并把这与某种理论的机器模型联系起来。新型的智能机器一定

会出现，它不只是高档的通用计算机，而是能运用概念、能容忍含糊、能进行相似性比较的机器。虽然它也不是人类最终的发明，但能实现对思维的进一步理解。

四、思维信息加工理论可能面临挑战

进行思维的计算机模拟工作的学者们设想在人脑物质运动的层面之上，有一个信息处理的层面，再上面还有认识的层面等等，最后到达思维的层面。然而，这只是一种假说，无论从理论上还是实验上都未得到最后证实。大脑的功能是否都可以通过信息处理活动来描述？大脑的信息处理活动与思维功能是否直接联系在一起？总之，现在尚不能断定，信息处理是从大脑的生理活动到达思维的必经之路。

我们通过观察行为去推断程序是怎样的，即从结果去推论它的原因，这在科学上叫归纳法。哲学家都清楚归纳法有一个问题，就是从观察到的行为并不能准确地推论出它的程序是什么，因为有时不同的程序也可以导出同样的行为结果。我们想用信息加工过程（程序）去解释所观察到的行为，但是又不能肯定这个程序就是造成行为的唯一原因。目前心理学已经发展到这样一个阶段，对问题不是在哲学的范畴内争辩了，而是通过一些大家都可以接受的实验加以证实。任何科学理论的最有力的支柱就是对观察到的事实能够给予解释。同时，任何科学理论也都必然会面临一种可能性，就是后来的人能够对这些事实给出更好的解释。

在各个历史时期，由于对人脑的奥秘一无所知或知之甚少，人脑总是比拟成那个时期的最先进的人类的技术成果。过去，曾把人脑比作水力机械，比作自动钟表，比作电话交换机等等。五十年代初期，心理学家看到信息通道的特性和人类认知过程的相似性，因而利用通讯技术和信息论的概念和规律来描述人类系统。今天，人们对脑的认识已大大超过了通讯系统的类比，人类的认知活动绝不仅仅是一个通讯和控制的问题。计算机科学提出的一系列以“计算”为核心的概念，诸如“程序”、“计算的复杂度”，认知心理学提出的知识的“表征”和“处理过程”的核心概念，科学语言学的“深层结构”和“变换语法”的概念等，在人的智力思维的研究中，都起着重要的作用。

八十年代初，陈霖提出了拓扑性质检测的假设，认为视觉系统具有在视觉过程的初期检测大范围拓扑性质的普遍而基本的功能。拓扑学研究的是在拓扑变换下图形的保持不变的性质和关系，这种性质和关系就称为拓扑性质。所谓拓扑变换是一对一的连续变换，它可以形象地想象成橡皮薄膜的任意变形，只要不把薄膜剪开或不把薄膜的任意两点粘合起来。所以拓扑学又称橡皮薄膜的几何学。典型的拓扑性质包括：连通性、封闭性、有没有洞或有几个洞等。拓扑性质检测假设得到一系列视觉实验结果的支持。拓扑性质检测的困难提示，把人脑的全部思维活动看成“计算”可能是不恰当的。有可能，决定人类思维过程的原则是跟计算机中进行的信息处理过程的原则不相同的。拓扑性质检测的实验支持这样的论点：视觉整体像的变换，而不是离散符号操作的计算，可能在视知觉过程中起着重要作用。尽管形象思维是一个大的、多方面的问题，拓扑性质检测的研究将有助于我们在视知觉方面建立起帮助我们理解形象思维的某些方面，把握形象思维的某些规律的概念模型。视知觉拓扑结构的研究，有可能成为形象思维研究的一个突破口。

美国的认知心理学家、美国思维科学学会的发起人之一Norman (1979) 就物理符号

(下接25页)

验倾向于支持连续模型,表明信息加工过程中信息积累是一个渐增的过程,诸如此类的新实验证据如果没有“分解技术”是不可能获得的,这进一步说明新技术、新方法对心理学研究及其发展的意义。如上的速度-正确性分解技术可以广泛应用于知觉、记忆、思维、言语等研究领域,前景是很广泛的。

总之,在现阶段反应时实验由于自身的不断完善,对揭示人类信息加工过程的特点和规律已经作出了很大贡献,业已证明是一种相当有效的研究手段和工具。但是与此同时我们也必须对反应时实验的固有缺陷保持清醒认识,在解释实验结果时小心谨慎,避免错误。另外我们还要看到,时间测量只能反映信息加工过程的一个侧面,在本质上并未深入到加工活动的本身。如果要深入而全面地揭示整个人类信息加工过程,我们还必须寻求到更为有效的研究手段和方法。因此实验心理学既要充分利用现有实验手段大量积累有用的研究资料,也要着力于开发新技术、新方法,为全面揭示人类心理活动的特点和规律作出贡献。

参 考 文 献

- [1] 赫葆源等编,实验心理学,北京大学出版社,1983年。
- [2] 林仲贤等编,实验心理学,科学出版社,1987。
- [3] Calfee, R. C., Human Experimental psychology, 1975
- [4] Hockey, G. R., Maclean A., & Hamilton, P. Attention and performance (Vol. 9) .1981.
- [5] Kling, J. W. & Riggs, L. A (Eds) Woodworth & schlosberg's Experimental psychology., 3rd ed., 1971
- [6] Meyer, D. E., Irwin, D. E., osman, A. M. & Kounios, J. psychological Review, Vol. 95, No. 2, 1988, 183—237.
- [7] Solso, R. L., Cognitive Psychology, 1979.
- [8] Sternberg, S., Acta psychologica, 1969, 30, 276—315.

(上接20页)

系统问题的争论说过:人类是一种符号处理系统的基本假设几乎为所有的思维科学家所采用,有时是明确的,有时是隐含的;但是采用并不就意味着赞同。他说,“是的,人类是符号处理系统,但是,人类不仅仅是符号处理系统”。那么,除了物理符号处理系统之外,人脑的智力思维还包括什么呢? Norman没有明确回答。

计算机科学给人类的各个领域带来了十分广泛深刻的影响,强调人脑和计算机相似一面的研究富于成果,此时,思维心理学家应注意发现那些人脑跟计算机理论模型不同的科学的证据,开阔视野,拓广思路,将思维心理学研究推进到新天地。“终有一天我们可以用实验的方法把思维‘归结’为脑子中的分子的和化学的运动”。

参考文献(略)