

智力资源的两个特殊的思维模式

——关于形象思维有限量问题的探索

汪惘款¹, 赵南元²

(1. 扬州大学盐阜路校区, 江苏扬州, 225001; 2. 清华大学自动化系, 北京, 100084)

摘要:以现代认知科学与思维科学为背景, 通过对形象思维有限量化问题中的 G·米勒参数和 A·西蒙参数进行比较和分析, 建构出形象思维有限量化 I、II 级模式, 并指出了相应的应用前景。

关键词:G·米勒参数; A·西蒙参数; 组块; 量化模式; 数学推论

中图分类号: B811.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2003)06-0719-05

一、前言

现在认知专家们普遍认为: 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大基本问题。认知科学、思维科学和人工智能等学科的研究都与四个问题之一的“智能的呈现”密切相关。而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^[1], 相应的研究知觉、语言、记忆等认知过程, 由于大脑成像技术的使用, 科学家们得以对被试者完成作业任务的过程中大脑特定部位的活动情况进行观察和研究^[2](45)]。面对繁复广阔的认知科学王国, 我们发现, “智能的呈现”领域内的形象思维有限量化及其方法论, 显然是一个极具研究价值和重大意义的课题。

美国进化生物学家威廉·卡尔文(William H. Calvin)教授以其对人脑思维系统的坚实理论为基础, 十分明确地指出: “思维是感觉和记忆的综合。”^[3](93)](着重点系引者所加)。这对我们是一个富有导向性启示的思想并表明它是潜在的有待挖掘探究的命题。同时, 我们也得到我国著名科学家钱学森院士有关形象思维论述的许多教益。

形象思维有限量化, 简言之, 专指视觉(直感)借助各种形象材料、大脑通过感觉和记忆为主的意识、

智力机能进行有限量的信息加工的自组织的运作。我们经多学科融合探索得出的结果显示, 目前已经完整地建构起两级量化模式: (1) I 级量化。形象-感觉记忆(亦称瞬时记忆), 库容量为 4 比特(bit)。(2) II 级量化。形象-短时记忆(亦称工作记忆), 库容量为 4 个组块(chunk)。此项研究主要涉及(源于)以下三个方面的理论问题:

①赫伯特·A·西蒙(Herbert A. Simon)教授在他的那部引起诸多学科研究活动浓厚兴趣和热切关注的名著《人工科学》(1969)^[4]中断言: 短时记忆库信息存贮容量为 4 个组块(后文称“西蒙参数”);

②心理学家 G·米勒(George Miller)于 1956 年发表的《神奇数 7 加减 2: 我们加工信息的能力的某种限制》文章中, 他认为短时记忆库信息存贮量为 7 ± 2 个组块(后文称“米勒参数”);

③感觉记忆库信息存贮量为 4 比特。

缘此不难察觉, 短时记忆库容量出现了西蒙参数(4 组块)、米勒参数(7 ± 2 个组块)两种不同结论的歧异现象, 这一现象关涉该记忆容量(记忆广度)的确定、意义, 以及作为思维方法的应用等一系列极其重要问题, 甚至对于整个现代科学相关研究来说是举足轻重的影响广泛的学术事件。那末, 究竟哪个结论(参数)真实可靠, 符合形象-记忆-直觉-思维的认知活动操作的客观过程呢? 这就是我们需要进行探讨的问题。

收稿日期: 2003-06-27

作者简介: 汪惘款(1950-), 男, 江苏扬州人, 扬州大学盐阜路校区研究员, 主要研究方向: 认知学、思维学。

二、G·米勒 7±2 个组块的阐释和疑虑

我们知道,一个组块(信息单位)可以是一个数字、一个字母,也可以是一个单词、词组或一个短语。组块是一个有一定可变度的客体,它包含的信息可多可少,通常受主体原有知识经验的影响。例如,18个二进制数字序列为101000100111001110,如果将两个二进制数编为一个十进制的数,如10编为2,00编为0,01编为1,很快便把这18个数再编码为十进制的9个块,即220213032,若按4:1,每4个二进制的数编为1个十进制的数,1010编为10,0010编为2,0111编为7,0011编为3,那么上述18个数就编成4-5块,都能处于短时记忆容量之中。而对于不熟悉二进制与十进制互换的人来说,同时记住这个二进制数字序列中的18个数是不可能的^[5](93-193)]。

若依照上述解释,难免可能会带来这样几点疑虑:

(1) 短时记忆是人类最基本的普遍性极强的记忆类型,有的专家甚至认为该种记忆就是人脑意识的重要组成部分^[3](27)],简言之,短时记忆对于现代社会人类来说,凡智力正常的任何个人(不只是仅能识字从事简单劳动的农民,从事复杂艰深研究活动科学家亦如此)皆可以掌握它,运用它(作为智力资源),因为作为人类一般意义而言的智力反映的某种能力——短时记忆库容量,通常认为处于同等的生理心理水平,即短时记忆库的容量是同等的,例如记住7位、8位数字的电话号码等。由于受教育程度不同或所操持职业不同的原故,会导致在使用该记忆时表现出认知策略(即对信息的编码或记忆术)的差别,但这种差别并不是短时记忆库容量的差别,(相反,容量都是统一水平,后文再证明),仅是认知策略的差别,两种差别的性质不应混淆。

(2) 7±2 组块所适用的仅仅局限于熟练地掌握了二进制向十进制转换的技能或类似这种换算的部分人群,并非包括所有具有短时记忆的无数的人们,故此矛盾显然使人不舒服。

(3) 7±2 块,其相对差为2块,绝对差为4块,若以前例作推究对象,组块悬差几近一倍。换句话说,其有效思维或思维经济性更值得怀疑,若稍作推敲,不难发现米勒参数存在着繁冗粗疏,差值区间宽泛

等无法克服的缺陷,究其实乃缘于其短时记忆库容量与记忆策略(记忆术)的含混不清。作为有力佐证的A·德格鲁特关于国际象棋棋局理解的著名实验提供了关于“视觉”形象存储性质的证据,此项实验结果是让特级大师和棋师跟不会下棋者看乱摆的棋子,他们记住的棋子形象关系(组块)一样好或一样糟;可是,假如在实际比赛中,成绩则迥然不同,大师、棋师、初学者则呈现逐渐递减状况^[4](76)]。

三、赫伯特·A·西蒙的4组块结论实验证明及感觉记忆容量简述

赫伯特·A·西蒙曾经慎重而又十分肯定地指出:“实验证据无可辩驳地表明,人类信息处理系统的运转过程,基本上是串行的:在一段时间里,它只能加工少许几个符号;被处理的符号,必须置于特定而有限的、内容可快速变动的记忆结构之中。被试者运用有效策略的能力所受到的最突出的限制根源源于短时记忆结构很小容量(4个组块)……”^[4](97)]。

恰巧,与西蒙参数(结论)原本毫无直接关系的独立作出而意义却又紧密相连的,具有强烈支持作用的重要实验,我们之所以特别提及它,是因为此项实验得出的结论同西蒙结论实属殊途同归、基本一致。

德国心理学家威廉·冯特(Wilhelm·Wundt)的实验是:想象坐在一间暗室里面对一个投影屏幕。在大约0.09秒的一瞬间屏幕上闪现出一个刺激。刺激物是按四列四行排列的随机举出的字母。被试者的任务是尽量回忆出字母。实验发现,未经训练的被试者可回忆出约4个字母,经过训练的被试者最多可回忆6个字母。这些数字与现代短时记忆容量的测试结果相符合。

从这个实验中可以进一步观察到两个重要现象:①假设在实验中进行的4个字母构成一个单词,例如:work, room, idea。在这种情况下,有可能回忆出全部4个单词的16个字母,至少也可回忆出3个单词的12个字母。同样,人们还可以迅速认出并回忆出“miscellaneousness”这个由17个字母组成的单词。由于孤立元素的字母很快占满了意识,所以人在一瞬间只能知觉到4-6个字母。但是,如果把这些要素组织起来,就可以把握更多的数目,用冯特的话来说,这些字母要素被“综合”为一个更大的整体(这儿的整体,实即后来由G·米勒首先提出的“组

块”概念)。②在实验中,被试者对有些字母可以清晰地知觉到,而对另外一个字母只能模糊地知觉到。意识似乎是一个巨大的场,其中分布着观念要素,场的一个区域处于“注意”的中心,那里的观念能够清楚地被感知,而处于中心区域之外的要素只能让人模糊地感到其存在,即不能辨认^[6](248-249)]。

另外,该项实验明白显示被试者未经训练时可回忆出 4 个字母,其实这一看似平常而又简单的现象却蕴涵着特殊的意义——即感觉记忆容量为 4 比特。通常,感觉的一个重要之点是,它们全都是传感器来完成;它们把一种形式的能量转变成另一种形式的能量,把信息从一种密码翻译成另一种密码。对本课题而言,感觉(主要是视、听觉)信息的加工中,感觉记忆库一次只能存贮 4 个形象信息。可以称得上经典性的类似的实验还有不少。例如,斯珀林(Sperling) 1969 年所做的部分报告法实验,被试感觉记忆的字符准确报告为 4 个或 5 个^[7](290)]。再如,R·S·麦克莱恩和 L·W·格雷格的《引致组块系列记诵时间的影响》(1967 年)一文中也谈到,实验过程中发现如果让受试者自己组块,他们总是偏爱挑三、四个字母来组块^[4](74)]。相似的事件在人类学、思维学、数学文化等若干著作文献资料里频频出现,不胜枚举。

四、形象思维 I、II 级量化模式及两个图表

通过对三个方面问题的阐述、分析,尤其将米勒参数与西蒙参数进行了多方位的细致的比较,事实表明,后者的参数更精确、更合理、更客观地反映出人脑思维工作记忆运行实际状况,各种实验所得出的结果和大量经验事例无不证明,西蒙参数的确是一个科学的结论。

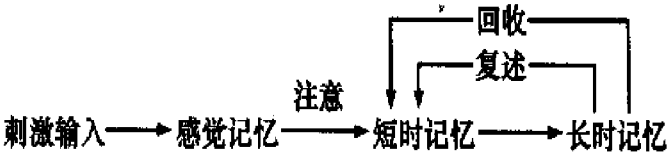
鉴于前述理由,我们根据西蒙短时记忆容量 4 组块的结论,还有多项实验和多学科综合史判断出:感觉记忆容量为 4 比特。同时,试图来从而构建形象思维两级量化模式。

- (1) I 级量化-感觉记忆容量模式: $\Delta\Delta\Delta\Delta$, 每一个“ Δ ”符号,代表一个形象信息。
- (2) II 级量化-短时记忆容量模式: $\times(\Delta\Delta\Delta\Delta)$, 每一个“ $\times$ ”符号,代表一个组块。
- 应当予以说明的是:①I 级量化的一次存贮量 4

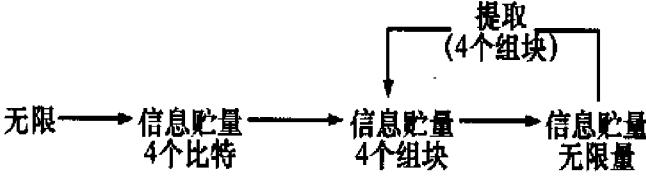
比特等于(或对应于) II 级量化的一个组块的量值;②组块容量相对于主体的思维经验和思维习惯可以扩充,可以超出模式组块标称量值。譬如遇“中华人民共和国的广西壮族自治区……”此组块时,主体会自动运用以往的思维经验模块将其作为两块信息来处理。即使作为记忆模型的一条设计原则视之,理论记忆系统与人的记忆一样,具有把存贮中的模式(一张脸、一个名字、一段旋律等)的表象与已经感知的模式相匹配的能力,也就是说,这种系统不仅能存贮一个模式供以后回忆用,而且也能实时表示一种映象式模式^[8](73)]。

形象思维 I、II 级量化的认知心理记忆、信息加工及信息储量三层面诸要素运转状态(程序),构成了相互协调统一的复杂系统,见图(1)。

A. 记忆系统:



B. 信息贮量:



C. 信息加工:

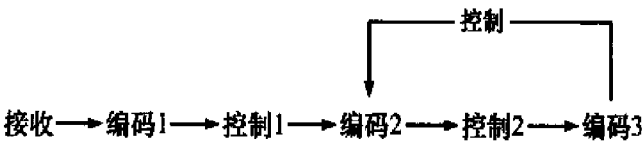


图 1

其中不应忽略的一点是, I、II 级量化间的相互临界、区划,这种状况定然导致临界转换过程信息加工处理二重性特征——量化模式的时空模型,见图(2)。

I、II 级量化模式相衔接决定于时间的推移,在 A 区域范围内信息变换会出现游离、模糊状态,这是记忆系统临界、区划运作过程中的生理心理节律功能平衡趋势的动态摆幅现象。该现象有实际的即时识别、判断等行为表现,如对电话号码每 4 位间隔的极短暂的滞顿、选择和反复等。

		I 级量化	II 级量化
性质		形象感觉记忆	形象短时记忆
保持时间	图象记忆	约0.25~1秒	约5~20秒
	声象记忆	约2秒	最长不超过1分钟
库容量		4比特	4组块

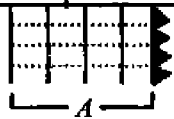


图2 I、II级量化模式区别转换示意图

对此专题研究具有权威性的新近观点是短期记忆记录和保留接收的信息需数秒钟时间,它可能使个体对来自环境的刺激信息消失后,仍能对现处环境有一个延存的印象^{[9](246)}。

五、进化假定下的数学推导和分析

人是由猿进化而来的,在漫长的生物进化过程中人的智慧得到了很大的发展。我们可以假定,在进化过程中,很多参数是在不断逼近最佳值,即最经济、最节省的方法。

人在接受信息时总是将其分为“组块”,这样做的好处是:组块可用于重新组合,用有限的“词汇”表达无限的意义;另一方面,通过多层级的组块可以用较少的记忆资源处理更多的信息。

由此,我们可以考虑这样一个问题:每一个上级组块应包含多少个下级组块,才能使存储相同信息所用的神经资源最为节省?

如果假定每一个组块消耗的神经资源是相同的,那么以上问题可以等价于这样一个数学问题:如果表现一位 N 进制数要用 N 个资源,那么当 $N = ?$ 时能使表现一个大数所用的资源最少?

在上述条件下设大数为 M ,则表现大数所需要的位数为 $\log_N M$,每一位消耗资源为 N ,所以总消耗资源为 $N \log_N M$,不影响一般性。为方便起见采用以 e 为底的自然对数,用换底公式可得:

$$N \log_N M = N \frac{\ln M}{\ln N} = \ln M \frac{N}{\ln N}$$

由于 M 是任意给定的固定常数,不随 N 变化,所以考虑消耗资源比较时可不考虑 M 或 $\ln M$ 的影响,即以 $N/\ln N$ 作为判断经济性的指标。

为找出 $N/\ln N$ 的极小点,可对其进行求导,并令导数为零。

$$\frac{d}{dN} \left(\frac{N}{\ln N} \right) = \frac{d/dN(N) \ln N - N \cdot d/dN(\ln N)}{(\ln N)^2} = \frac{\ln N - 1}{(\ln N)^2} = 0$$

解上述方程可得:

$$\ln N = 1, \text{ 即 } N = e$$

也就是说,当 $N = e$ 时是最节省资源的。下表列出了当 N 取不同值时 $N/\ln N$ 的值:

N	2	e	3	4
N/lnN	2.89	2.72	2.73	2.89

N	5	6	7	8	9
N/lnN	3.11	3.35	3.60	3.85	4.10

由于 $e = 2.718 \dots$ 不是整数,所以最经济的整数值是 3。但是计算机的设计并没有采用三进制,而是采用了二进制,这是有其理由的。其原因是,设计三稳态触发器比双稳态触发器要困难,例如双稳态触发器要用两个三极管和两个二极管(或电阻),而三稳态触发器至少要用三个三极管和六个二极管,反而不经济了。理论上二进制与三进制的经济性之差也只有 5.7%,所以以三进制为最优,则二进制可算次优。此外,因为

$$\frac{4}{\ln 4} = \frac{4}{\ln 2^2} = \frac{4}{2 \ln 2} = \frac{2}{\ln 2}$$

所以四进制也是和二进制一样的次优选择。由于神经元的输入端以千计,次优选择可以倾向大的,所以选择四个组块是比较经济的。

选择 7 块时资源消耗要比 3 块多 32%,所以明显不经济,但是 7 这个数是最优值 e 的平方最接近的整数,可能也不是偶然, 7 ± 2 的最大数 9 是 3^2 ,而下限 5 是 $3+2$,可以推测在米勒的实验中很可能是动用了二级组块的结果。实际上我们看到的从 5 到 9 的组块,通常是可以分为下级组块的,例如:国破、山河在,惯于、长夜、过春时,等等。我们记忆 7 位电话号码也是分为前三位,后四位或前四位、后三位来记的。

这一推测与已有的心理学实验相吻合,但有些关于 7 ± 2 的解释可能还需要进一步的实验验证。

六、应用图景及其价值意义

作为智力资源的量化的思维模式,它是由人类认知系统内的某些要素(即子系统)——记忆系统(感觉记忆—短时记忆—长时记忆)特性转化而成

的, 两级思维模式充分揭示了认知系统的很重要的一个认知原理, 反映了人脑形象的客观思维规律, 同时, 也表明了认知系统的统一的整体性——感觉、形象、记忆、思维等。

形象思维有限量化的 I、II 级思维模式, 已逐渐成为人们普遍关心的科学中认知的范式, 事实上被广泛应用于众多相关学科和研究领域。如 I 级量化: 黑林(E•Henning)的四色定律早已被地图分色所证实; 我国王永民发明的“五笔字型”的汉字输入技术就运用了这一模式原理。再如 II 级量化: 中国或印度古老象棋以及由其演绎而成的国际象棋, 它们对奕的双方均各执 16 个棋子(即车、马、炮……16 个形象); 计算机中心数据处理器(PC 机, 80286, 80286 芯片, 数据处理 16 位, PC 机, 80386, 80386SX 芯片, 数据处理 16 位)都运用了这一模式。由此断定, 形象思维 I、II 级量化凸显智力优势的两个特殊思维模式, 在现代工业和军事通讯中有着重要的作用, 在自动化控制系统中, 甚至在整个现代化科学技术的设计方案、实施过程中, 越来越显示出它们的科学价值和有效思维价值, 经济价值和高效率价值。特别对于科学理论研究工作, 工程技术研究工作来

说, 自觉地明确地把 I、II 级思维模式作为一种极为重要的智力资源, 作为一种科学思想方法, 贯彻到具体的实际工作中去, 无疑将会在科技创新事业中产生难以估量的社会效益, 从而使这一客观知识原理所独具的多维性的多层面的内涵得以广延、丰富、拓展。

参考文献:

- [1] 戴汝为. 认知科学进展[J]. 中国科学基金, 1997, (1): 26-29.
- [2] 丹尼尔·夏克特. 寻找逝去的自我——大脑、心灵和往事的记忆[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1998.
- [3] 威廉·卡尔文. 大脑如何思维[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1996.
- [4] 赫伯特·A·西蒙. 人工科学[M]. 北京: 商务印书馆, 1987.
- [5] 孟昭兰. 普通心理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1995.
- [6] T·H·黎黑. 心理学史[M]. 上海: 上海译文出版社, 1990.
- [7] 克雷奇. 心理学纲要(下册)[M]. 北京: 文化教育出版社, 1981.
- [8] 杨雄里. 神经科学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991.
- [9] 巴里·史密斯, 乔治·阿德尔曼. 神经科学百科全书(续编)[Z]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000.

Two special thinking patterns for intelligent resource ——Probe into limitedly measuring for thinking in Images

WANG Kun-kuan¹, ZHAN Nan-yuan²

(1. Yangzhou University, Yangzhou 225001, China; 2. Automation Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Against the background of modern cognitive science and thinking science, the text adopted such a research method as multidisciplinary infiltration to compare and analyze G. Miller Parameter and A. Simon Parameter concerning limitedly measuring for thinking in images, so that grade I and II Patterns for it were established. Furthermore, our text applied the mathematic method to deduce the amount, which is embodied in chunk and uses the least nerve resources, and then analyzed it. The text also illustrated the application prospect, multifunctional value and significance of methodology arising from the theory and practice of the two thinking patterns.

Key words: G. Miller parameter; A. Simon parameter; chunk; measuring pattern; mathematic corollary