

认知发展机制研究的新进展

——关于认知发展机制的数学模型

张向葵* 吴晓义

(东北师范大学心理学系, 长春, 130024)

认知发展研究领域对发展机制的研究,揭示了个体认知发生、发展及其运作功能的本质,彻底改变了人们对外界信息加工特点、方式及原理的认识与理解。尽管对发展机制的功能研究在心理学上已有百余年的历史,出现过像鲍尔温、皮亚杰及维果斯基这样伟大而有影响的人物,但他们并没有创建出既能概括出各学派共同之处,又能反映发展机制本质特点及解释各种实验数据真伪的动态模型。仅仅在人们开始将认知发展机制比作计算机的软件,或用计算机模拟思维过程,或用数学模型检验各种理论的真伪时,发展机制的研究才走出了传统的体系,取得令人瞩目的进展。本文试图对对认知发展机制研究影响较大的 Geert 数学模型进行介绍与评析,以期引起人们对认知发展机制研究的关注。

1 模型建构依据

Geert 在对皮亚杰、维果斯基及其后来学者有关理论进行深入研究的基础上,于 1998 年提出了他的认知发展机制动态系统模型(Dynamic Systems Model)。从本质上看,这个数学模型是对各种认知发展机制理论及其模型的综合反映和抽象概括。其作用在于寻求各个学说的聚合点,并对各个学说所揭示的认知发展机制和与之相关的各种实验进行系统仿真和模拟运行,进而检验各种理论的真伪,为各种理论的修正和完善提供必要的反馈信息,并运用各种理论解决实际问题。

Geert 的认知发展机制数学模型是以动态系统理论为依据建立的。动态系统理论及其所采用的严格的数学方法,不但在有关运动机制的研究中取得了显著的成绩^[1-3],而且还被广泛运用到了语言与交流的发展^[4-5]、一般认知发展^[6],以及社会和情感的发展等领域^[7-8]。

所谓动态系统,是一个由相关要素构成的开放系统。它是构成系统的诸要素在时间坐标不同点上的特性及其相互关系的集中体现。动态系统包括不

同的层次,每个层次又有不同的方面,而这些层次和方面又是系统特性及其影响因素的反映。动态系统的核心理念是次序性、非连续性以及系统的各种新的组织形式总是产生于各种不同力量的相互作用之中。而系统的发展次序,则是其自组织(self-organization)的结果。

在构建其认知发展机制数学模型的过程中,Geert 所依据的心理学理论主要是皮亚杰和维果斯基的认知发展机制学说,特别是他们关于认知发展机制的建构性观点,并将皮亚杰的同化(assimilation)、顺应(accommodation)、平衡(equilibrium)和维果斯基的内化(internalization)、中介(mediation)、最近发展区(ZDP)作为构建其模型的最基本的概念。Geert 认为,皮亚杰和维果斯基的认知发展机制学说,与动态系统的自组织、非连续性和互为因果(mutual causality)等原则是相吻合的,与信息加工认知学派相比,他们的学说更有助于理解人类认知发展机制的本质。也正是基于这一认识,他才在 Flavell 等人的研究^[9]基础上,对皮亚杰和维果斯基的认知发展学说进行了更加深入的研究和更为系统的梳理,并将皮亚杰关于认知发展的适应理论、发展机制理论、发展阶段理论以及维果斯基关于儿童认知发展的现实水平与可能水平的间距的研究等作为构建其认知发展机制的理论支撑。

2 模型主要参数

2.1 发展空间和发展距离维度

研究个体在某个年龄段的认知发展变化,可以在无数个维度中进行。其中,每一个维度既可以确定个体发展的某一个特定的方面,也可以在其他条件相同的情况下,确定某一方面发展的次序。Geert 认为,任何多维度的次序,都可以转换成单一维度的次序^[10]。因为多维度系统中的每一个维度,都能确定一个潜在的次序,而在每一个维度中,只要随机地选取一个起点和终点,便可以显现其间的变化。因

* E-mail: Zhangxiangkui@hotmail.com

此,那些反映一定发展领域和发展现象的多维系统,完全可以用一个无限大空间(hyperspace)来表示。这个无限大空间的起始位置,即下限为,上限为M。由于任何与发展有关的任务或行为都是由特定的人以特定的方式在特定的时间内完成的,Geert把它称为 T_t 。 T_t 可以选择一系列维度来表达,这就意味着 T_t 可以像无限大空间的一个特定的点一样由其各个维度中的坐标来确定。当然, T_t 也可以用单一维度的发展距离来表达,而这个距离恰是 T_t 与之间的距离。Geert指出,如果这些维度是有条件的或间接的,这个距离并不完全等于 T_t 与之间的几何距离。但在这种情况下,无论这个距离确切地等于什么,它都可以被抽象为一个在0与1之间变化的没有维度的数。通过上述方法,可以把发展的各个阶段或步骤用某一具体领域的单一维度的变量来表达,从而把复杂的发展过程简化为一维的数学模型。

2.2 内部和外部系统排列

Geert认为,既然可以在多维系统构成的无限大空间中测量和描述发展的各方面情况,不妨用一组有序的一维单元排列 $I(C_1, C_2, \dots, C_n \dots)$ 来代表个体在某一时刻t的发展情况。这里的每一个单元,比如 C_n ,都表示个体在t时刻所具备的完成某一任务或解决某一问题的条件。所以,这里的排列I实际反映的是个体在t时刻所具有的可能的行为或经验。

I排列涉及的是个体发展的内部顺序,是一种内部排列。除此之外,还有一种排列叫外部排列,它包括所有可能的经验、行为、问题、事件以及今后生活中可能遇到的发展系统。如果把这种外部排列用 $E(C_1, C_2, \dots, C_n \dots)$ 表示,则I便是E的一个子集,即 $I \subseteq E$,它表达的意思是,环境是个体学习和发展的潜在来源。

2.3 系统的活动功能

为了确定个体在某一发展阶段完成某种活动的可能性的大小,Geert为其动态系统模型引入了一个新的功能——加权功能,加权功能为个体发展的每一个阶段都赋予一个权重 $W[C_1, w_1], (C_2, w_2), (C_3, w_3) \dots (C_n, w_n) \dots$,这样个体发展中某一个时刻的某一内容 C_i 能否被激活,便取决于其权重 w_i 的大小。

在有限的范围内, i 是一个连续维度中的一段真实距离,这时的权重范围便是所有功能的和:

$$\sum_{p=1}^n \left[\sum_{i=1}^n (a_p e^{-(i-b_p)^{q_p}}) \right]$$

这里 q_p 是偶数, a_p, b_p 都是固定值,它表达的对称的钟形曲线在 b_p 点处峰值开始下落,权重的范围是以排列I为横坐标的一条钟形曲线,且在点 b_p 处有最大值 a_p 。

2.4 系统的发展变化功能

2.4.1 权重变化功能 在系统与外界的相互作用过程中,系统的权重会经常变化。这种变化在如下两处的表现最为明显:一是处在通过同化使原有的认知图式得到加强的地方;一处是在通过顺应使原有的认知图式得以转换和提高的地方。如果用 A_t 和 P_t 分别表示这两种变化,则 A_t 恰好对应维果斯基最近发展区中的实际发展水平, P_t 则对应于可能的发展水平。然而在实际生活中,各种交流不可能都达到最近发展区,比如,在许多情况下,教学只对学生提出很少的要求,远低于最近发展区,这时学生的变化就会明显低于 P_t 。如果用 P_t 表示这个值,则 $P_t = A_t + (P_t - A_t) \tau$

这里的 τ 是一个在0与1之间变化的随机的数。

2.4.2 排列扩展功能 个体的认知发展有一个可以通过主客观相互作用而改变的空间 ϕ ,在 ϕ 允许的范围内,通过改善输入方式和调节个体的认知方式等方法,可以提高未来的发展水平。如果用 C_m 表示内部排列I在t时刻的最高水平, E_t 表示在该水平阶段的认知经验,则由于提高了认知经验而引起的排列方式的变化可表示为:

$$I = (C_{m+k}, W_o; C_{m+1}, W_o; \dots C_{m+f\phi E}, W_o;)$$

$$f(\phi E) = (E_t - C_m)$$

这里 $\tau, f(\phi E)$ 是 ϕ 和 E_t 的函数。

3 模型基本结构

Geert的认知发展机制数学模型是一个多维动态系统模型,这个模型的基本结构和功能可用下图加以说明。

图中水平方向表示认知发展水平。在沿水平方向均匀排列的微格中,黑颜色微格表示的是被试的实际发展水平,而两个灰颜色的微格表示的是被试在 t_n 时刻和 t_{n+m} 时刻的理想发展水平。

当外部信息传入个体的感受器后,首先要激活系统中与完成当前操作相对应的内容 C_n (这里的下标n代表认知发展机制的n发展阶段),然后再去完

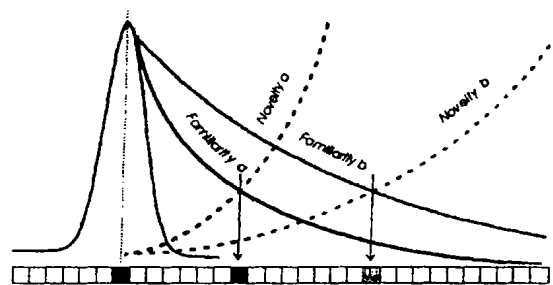


图1 Geert的认知发展机制数学模型

成该操作。这一操作对系统未来发展的影响,取决于两方面内容。一是基于系统内部排列性质的被激活的内容,即皮亚杰的同化和维果斯基的实际发展水平。一个是皮亚杰的顺应和维果斯基的可能达到的发展水平。

个体的认知发展离不开环境的影响和作用,但这种影响和作用能否被个体所接受,还要看其是否与个体的认知结构相适应。如果用 E_t 表示环境对个体输入的信息,则无论这种信息是以什么样的方式呈现的,都要满足如下公式:

$$E_t = C_k \quad K \subseteq n + \phi$$

上式表达的意思是,信息的输入不能超过内部排列的最大值 n 与一个小的扩展区 ϕ 的和。显而易见,如果上式中的 ϕ 等于 0,则个体的发展水平不会有质的变化,要想促进个体的认知发展,进而达到其可能达到的发展水平 P_t ,就必须首先确定一个合理的 ϕ 值。

在这里,影响 ϕ 值的因素主要有两个。一个是信息的新异性(novelty),它容易引起和保持注意力,提高信息加工的兴趣;一个是信息的熟悉度(familiarity),它易于被理解,能够减少信息加工的难度。上述内容可以用数学公式给予更准确的表达:

$$f_{familiarity}M = a \cdot b^c \cdot m$$

$$f_{novelty}M = d \cdot e^f \cdot m$$

这里 $(a, b, c, d, e) > 0, f < 0$, M 是内容 M 的变化量。从公式中可以看出,只有当 $f_{familiarity}M$ 和 $f_{novelty}M$ 的值同时达到最大时,才能取得最大的学习和发展效果。

$$\text{即} \quad M_m = M \cdot \frac{\log(\frac{a}{b})}{C \log(b) - f \log(e)}$$

4 模型的价值

Geert 的认知发展机制数学模型是对人的认知发展机制进行全方位描述的动态系统模型。它不仅用数学方法将皮亚杰和维果斯基等心理学家的有关理论进行了简化和抽象,形成了能够反映其本质属性和各种逻辑关系、数量关系的一整套算式,而且对这些心理学家设计的各种心理实验也进行了仿真建模。这一模型的直接意义在于它为理解、运行和使用各种认知发展机制理论提供了一个可重复使用和便于计算机操作的数学结构,从而使各种认知发展机制理论的共同点和不同点都能在运行中得到显现,各种实验和假说也都能在虚拟现实得以运行和得到检验。

Geert 在创建其认知发展机制数学模型过程中,

并不是直接对各种认知发展机制学说的理论模型或结构模型进行简化处理和加以数学表达,而是在对它们进行深入系统的研究后,创造性地对它们进行了整合。因此,Geert 的数学模型不是各派理论的简单组合,而是一个有机的整体。在这个整体中,各种理论的共同之处得到了体现,各种理论的差别也都得到了反映和必要的说明。这既为更好地理解各种认知机制学说和更深入地探究认知发展机制的本质提供了广泛的素材和奠定了必要的基础,同时也为探索各种认知发展机制理论所应遵循的基本原则,以及在此基础上进行新的理论探索积累了宝贵的经验。

在 Geert 之前,也有过一些通过建立数学模型或用数学方法模拟和解释认知发展的研究和探索^[11-16]。但这些研究和探索都是针对某一认知领域的特定问题的主要性质进行的,而且所采用的手段基本上都是多孔自动操作装置(CA)这一比较适合特性研究的装置。而 Geert 的研究一方面将 CA 信息简化为以发展距离为维度的一维排列,同时又将 CA 信息的来源扩展为整个外部世界,从而使认知发展机制数学模型真正成了认知机制的数学表达,而非个别领域的特殊性质的模拟运行和数学表达。

5 小结

Geert 的认知发展机制数学模型是皮亚杰、维果斯基及其后来学者的认知发展机制理论为基础,运用现代数学方法进行简化处理而得到的数学结构。它对深入理解各种认知机制理论和促进认知机制研究的科学化具有非常重要的作用。当然,作为一种数学模型,由于它在形成过程中不可避免地要忽略和简化一些因素,因此在将模型处理的结果返回到现实中时,肯定会出现一些疏漏和偏差。另外,在对各种理论进行整合和运用所形成的模型解决新问题时,也存在有一些不当和不足之处。但是,尽管有这些局限和不足,作为一种对认知发展机制的结构和运行过程的探索,它还是非常必要和值得高度重视的。

6 参考文献

- 1 Klahr, D. Computational models of cognitive change: The state of the art. In T. S. Simon & G. S. Halford (Eds.), *Developing cognitive competence: New approaches to process modeling*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1995: 335 - 375
- 2 Glassman, M. All things being equal: The two roads of Piaget and Vygotsky. *Developmental Review*, 1994, 14: 186 - 214

(转第 143 页)

表 3 企业理念的认同度和熟悉度与组织承诺之间回归分析

	Beta	R	F
熟悉度	0.107	0.16	11.426 ***
认同度	0.185 **		

结果表明,熟悉度对组织承诺没有显著的预测作用,而认同度可以对组织承诺有较高的预测作用。

4 讨论

4.1 公众对企业理念的功能的认知

共同价值观是企业理念的核心。企业理念的首要功能便是形成共同价值观。Bromley 认为,共同的价值观对一切企业都是非常重要的。Moingeon 的研究发现,成功的企业往往是因为它们的员工对企业价值观的确认,信奉和实践,每个企业员工事实上从共同价值观中获得了强大的力量。Pruzan 也认为出色的公司几乎都只以寥寥几条主要的价值观来作为驱动力,并给员工们以充分施展的余地,使他们得以发挥主动性。这主要是共同价值观的激励作用。随着企业经营规模的不断扩大,跨国企业的产生,市场竞争日趋激烈,人才的竞争更为激烈,企业内部的向心力和凝聚力问题就显得更加重要。保证企业追求目标时不偏离方向,这是每一个企业制定企业理念的基本出发点。科学技术的发展,全球性问题的出现,社会文化和价值观念的更新,促使企业从更高的视野去重新认识企业的使命和目标,一个企业只有树立正确的理念,才能在发展过程中不偏离方向。

4.2 公众对企业理念价值取向的认知

企业理念的价值取向在企业发展中具有重要作用。价值取向一旦内化为员工的信仰,就能够促使全体员工为自己的信仰而努力工作,从而促进企业的发展。统计结果表明,生产型企业理念价值取向应突出强调质量。市场竞争的日

趋激烈,使得质量日益成为企业取胜的基础。对于处于转型时期的中国企业特别是生产型企业,突出强调质量价值取向,具有非常重要的现实意义。

统计结果表明,中国服务型理念价值取向应突出强调服务,这与其企业的性质是相一致的。强调服务价值取向,其实就是对消费者的重视。消费者是企业服务的对象,赢得消费者对产品(服务)的满意,是企业生存、发展的基础。生产型企业理念突出质量,服务型理念突出服务,从本质上讲,二者都是一致的,都是一个企业所应具有的最基础性的价值取向。对企业来讲,信誉不仅是一种无形的财富,更是一种有效的竞争手段。愈来愈多的企业采取以信誉取胜的经营策略,在市场中树立起美好的形象,取得人们的信任和认同。企业的信用是该企业产品质量优秀、交货及时、价格公道、服务细致、品牌知名、实力强大的综合反映。根据统计结果还可看出,生产型企业的理念与服务型企业的理念的基本价值取向具有一致性。但我们同时也发现,象创新、内聚力等对当今企业发展具有举足轻重的作用的价值取向比较靠后。对此,企业应当有自己独立的思考。

4.3 企业员工对企业理念的认同度与组织承诺之间的关系

组织承诺是指随着员工对组织投入的增加而使其不得不继续留在该组织的一种心理现象。企业理念是企业精神的具体化和理论化。它不但能够引导企业员工的个人行为,而且能够通过企业价值观的认同来引导员工的群体行为。因此对企业理念的熟悉度和认同度越高,对企业的组织承诺也就越高。回归分析的结果表明,企业理念的熟悉度并不影响对企业的组织承诺,只有对理念的认同度才对组织承诺具有显著的预测作用。也就是企业理念一旦内化为企业职工的信仰,就能够促使全体员工为自己的信仰而努力工作,从而提高自己的工作满意度,促进企业的发展。

(接第 120 页)

- Thelen, E. & Smith, L. B. *Adynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MA: Bradford books with MIT Press. 1994
- Elman J. L. Language as a dynamical system. In R. F. Port & T. Van Gelder (Eds.), *Mind as motion: Explorations in the dynamics of cognition*. Cambridge, MA: BRADFORD Book with MIT Press. (pp195 - 226)
- Van Greet, P. Are neo-Piagetian stage models fractal? Groningen, the Netherlands: University of Groningen, Department of Psychology. 1998
- Bogartz, R. S. The future of dynamic systems models in developmental psychology in the light of the past. *Journal of Experimental Child Psychology*, 1994, 58(2): 289 - 319
- Camras, L. A. Expressive development and basic emotions. *Cognition and Emotion*, 1992, 6(3 - 4): 269 - 283
- Lewis, M. D., & Douglas, L. A dynamic systems approach to cognition-emotion interactions in development. In F. Mascolo & S. Griffin (Eds.), *What develops in emotional development*. New York: Plenum. 1998, 159 - 188
- Flavell J. H. *The developmental psychology of Jean Piaget*.

New York: Van Nostrand. 1963

- Van Greert, P. Variability and fluctuation: A dynamic view. In E. Amsel & K. A. Renninger (Eds.), *Change and development: Issues of theory, method and application*. Mahwah, NJ: Erlbaum. 1997: 193 - 212
- Ksuffman, S. A. *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*. Oxford, England: Oxford University Press. 1992
- Holland, J. H. *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press. 1975
- Langton, C. G. Life at the edge of chaos. In C. G. Langton, C. Taylor, J. D. Farmer, & S. Rasmussen (Eds.), *Artificial life*. Redwood City, CA: Addison-Wesley. 1992: 41 - 91
- Bak, P., & Chen, K., Self-organizing criticality. *Scientific American*. 1991, 265(1): 46 - 53
- Bak, P., & Sneppen, K. Punctuated equilibrium and criticality in a simple model of evolution. *Physical Review Letters*, 1993, 71: 4083 - 4086
- Vandewalle, N., & Ausloos, M. The screening of species in a Darwinistic tree-like model of evolution. *Physica D*, 1996, 90: 262 - 270