

包含飞：生物医学知识整合论（VI），《医学信息》，8（7）：452-457，2004-12-17

生物医学知识整合论（VI）

包含飞

上海中医药大学中医学信息化-标准化研究室
201203, bhf2002@online.sh.cn

摘要 本文讨论了在人工智能领域中区分意识性和物理性两类本质不同的系统的重要性，并分析和描述了二者的特点和差异。在此基础上，又较为全面地阐明了生物医学知识整合论（BMKI）的哲学基础：“罗盘-灯塔式”知识整合宣言。接着又列举了三类从物理到意识不同抽象层次的数据和知识整合类型，并尝试举例说明自然整合的机制或所谓整合的“双面原理”。

关键词 医学信息学 生物信息学 生物医学知识整合 虚拟人体 医学人工智能

1. 三个人工智能专家的文章

（1）I 型问题与 II 型问题

D.C. Marr 在《人工智能之我见》^[15]一文并没有系统地介绍所谓人工智能的 I 型问题与 II 型问题，笔者整理该文关于这两个问题的相关描述成如下文字。I 型问题(Marr 以国际象棋为例)的特点有：（1）首先“对特殊计算的基础性质的表征，并对它在物理世界中的基础作出理解”，此即计算理论；（2）在此基础上建立算法。对 II 型问题（Marr 以蛋白质怎样折叠问题为例）的描述有：“在解决问题时，有众多的过程同时行动，而这些过程的相互关系就是它本身的最简单的描述，那么称这种理论是 2 型理论。”“预见蛋白质怎样折叠的问题，是 2 型理论很有希望的后选者。当一个大肽链在媒质中震动摇摆时，有大量的因素对其施加影响。”“值得一提的是，当前最有希望的蛋白质折叠研究是以蛮力方式进行研究的，它建立了一个相当细致的氨基酸模型，有与其序列相关联的几何形状，有与周围的疏水相互作用，以及随机热扰动，等等，然后让这一整套过程运行，直到获得一个稳定的构型为止。”

笔者的理解，Marr 的所谓 I 型问题实际上是一个定义-公理化系统；而所谓 II 型问题实际上是一个在现象学或经验层次上被发现的诸多因素之间的相互关系网，但人们至今仍不甚了解这些关系的本质。它们的相互关系及其与源物理系统的关系见图 1。

（2）著名的人工智能学家 P.J. Hayes 在其《朴素物理学宣言》^[15]一文中对形式化体系的特征作了如下描述：

（a）彻底性：“既然从某个重要的角度来看，世界（甚至日常世界）包含着无限丰富的潜在现象，所以这种彻底性永远不会完美无缺。”

（b）精确性：“同时，由于世界可以无穷细分，完全精确是不可能的，但是比起普通‘玩具型问题’公理化那种十分粗劣的精确性，我们应当努力做得更好些。”

（c）稠密性。

（d）统一性。

(3) D.C. 丹尼尔在《认知之轮：人工智能的框架问题》^[15]一文中讲述了 J.麦卡锡提出的一个人工智能难题“教士和食人者”：

“三个教士和三个食人者来到河边。只有一条可乘两个人的小船。如果在河岸的人一边食人者的数目超过教士，教士就会被吃掉。他们该怎么过河呢？”

显然，该难题需要的是设计出一个往返划船策略，使他们都能过河，又不发生惨剧……

我们设想把这个问题交给某人，经过一段时间的苦思冥想，他提出建议，向上游走半英里路，从桥上过去。“什么桥？”你说，“这个问题的陈述中没有提到过桥。”你查看了一下原文，甚至查看了翻译成一阶逻辑的原文，你不得不承认，“他们没有说”那里没有桥。于是你修正了问题，将桥排除在外，再次提出。这个笨伯又建议乘直升飞机，当你排除了直升飞机之后，他建议飞马，或是在两人划船时，其他人吊在船外。

现在你看到了，他虽然是个笨伯，但却是一个有创造性的笨伯。要让他正确认识这一个难题的实质，你完全失望了，于是把解答告诉他。更让你气恼的是，他以船可能会漏或没有桨为理由，对你的解答提出反诘。当你纠正了该问题陈述中的这一省略之后，他又提出可能有一水怪游出河面，把小船吞下去。你再次受挫，于是去寻找一个能一劳永逸地使他哑口无言的推理方式。”

2. 上述问题之我见

D.C. Marr 认为 I 型问题必须对计算“在物理世界中的基础作出理解”，对 II 型问题并未作真正的描述，仅仅描述了与之有关的蛋白质怎样折叠问题。P.J. Hayes 在谈到形式化体系的特征彻底性时，以“世界（甚至日常世界）包含着无限丰富的潜在现象”为由说明形式系统彻底性的不可完美性。的确，人工智能系统（无论是 I 型问题，II 型问题，还是其他任何形式体系）与它们所对应的物质世界事物之间存在着原型-模型、原物-映象的密切的交互关系（见图 1），本质为意识的形式系统来自对本质为物理的原型系统的理解，而形式系统的有效性则视其对其物理的原型系统的模拟能力而定。因此很多关于人工智能哲学的探讨性文章都把这两类性质不同的系统相互参照，混杂在一起进行讨论。殊不知正因为二者本质的不同，形式系统一旦成立，不管它的行为有多么完美或荒唐无稽，离其物理原型系统的行为有多么贴近或多么遥远，它本质上总是意识系统，总是或简或繁的“积木或玩具系统”。其“彻底性”只决定于形式系统自己，与其源物理原型系统无关，与“世界（甚至日常世界）包含着无限丰富的潜在现象”无关。就象计算机程序（特别如统计学程序）虽然可实现各种各样的物理的或意识的功利目的，但其诸如彻底性，精确性，稠密性和统一性等属性取决于程序系统本身的定义-公理结构。就形式系统对其物理系统的模拟能力而言，如没有一个人人为规定的认知目标为依据，是无法判断其彻底性，精确性，稠密性和统一性的，因为这些属性对物理系统本身是无意义的。因此这里存在一个逻辑悖理。总之，形式化系统本质上是意识性系统，并非物理系统，在说明意识性或形式化系统的特征时必须与它们的源物理系统分开。否则就会陷入 D.C. 丹尼尔提出的“教士和食人者”问题的泥潭：

“教士和食人者”故事中的“你”是个“人工智能学者”，他的头脑下意识地吧故事看成是一个纯意识性系统。纯意识性系统是符号系统，不特指任何物理对象或属性，把“教士”换为“羊”，把“食人者”换为“狼”，把“船”换为“笼子”，没有什么不可以。纯意识性系统的一个潜原则是：“除了表述的内容和其普通逻辑所蕴涵的内容外，其余一切均不存在或不成立”。这是人工智能学者（明意识或下意识）公认的潜原则（虽然可能并未如此明确地表述过），否则任何形式系统的行为将都将是不可预测的。例如，当我们在欧几里得几何

中证明如果两个三角形对应的两边及其交角相等，那么两个三角形必定全等这一定理时，我们不能问“如果一个三角形上面有个苍蝇怎么办”这类愚蠢问题，否则你必将受老师的一顿好训。这是纯意识性事物的重要特点。所以“你”希望的答案是例如图 2 的答案。不幸的是“笨伯”并不知道世界上还有什么人工智能形式化系统或意识性系统，他脑子里只有形形色色的物理系统”，最糟糕的是他非常清楚**物理系统本质上是无穷的，不测的，不确定的，无边界的，发散的，.....**有必要的话，他也许会把教士和食人者的“吃、喝、拉、撒.....”统统搬出来，令“人工智能学者”无法招架。

因此，下列认识非常重要：

(1) 不能把“意识系统”与“物理系统”混为一谈

首先我们不能把人工智能追求的最终目标（纯）“意识系统”与它们的模拟或服务对象（源）“物理系统”混为一谈，在性质上两者应该截然分开。人工智能的意识系统任务是模拟或估计它的（源）“物理系统”。后者理所当然可对前者的优劣作出评判。但这并不等于说二者是同类事物。相反，二者在本质上截然不同。

(2) 何为“意识系统”

对于任何一个物理系统，我们都可以根据具体需要从无穷个角度加以观测并生成无穷个模拟这一物理系统的意识性形式体系。正如上文所述，各种意识性知识体系虽然反映或模拟其相应的物理体系，但其行为却由自身的纯意识性公理-概念体系决定。意识性公理-概念体系本质上是决定性体系，可通过基本概念-公理演绎出其他知识，但所发掘的仅是已存在的（蕴涵的）潜知识，不可能是其他不同的概念-公理体系的知识。公理-概念体系理论上都有无限推导距离，但其有效推导（即能正确反映其物理对应物的运动规律的推导）距离是有限的，长短由其正确反映其物理对应物的运动规律的能力决定。形式系统作为纯粹的“意识系统”（尤其指人工智能的 I 型问题形式系统）有如下特点：

- (a) 意识系统的元素和关系只是符号性概念，不带有任何物质属性（或可代表任何物质属性），不指定任何物理性事物（或可指定任何物理性事物）。如欧几里得无高，无长，无宽的“三无”之点，“二无”之线，“一无”之面，及由其引申出来的三角形，圆，全等，相似等数学概念。
- (b) “除了表述的内容和其普通逻辑所蕴涵的内容之外，其余一切均不存在或不成立”。即任何未被表述的或未被蕴涵的事物均不存在。故是一种排斥性而非兼容性系统。除了已被明确表述的内容作为基础外，没有任何其他潜在背景，即“零潜背景”系统。由此理解，欧几里得几何证明新定理的过程实质上是对定义-公理系统内在的蕴涵内容的挖掘过程。
- (c) 意识性系统的概念可以是明确的，答案可以是唯一的，可以是收敛的。象欧氏几何一样，除非象被罗氏几何那样从根本上否定其定义-公理基础（第 5 公理），否则它是彻底的，精确的，稠密的，统一的。但物理系统不存在这种可能性，对于物理系统，意外是不可避免的，答案是无穷的。

(3) “意识系统”举例

物理系统是指实际的物质系统，包括我们司空见惯的日常生活世界的形形色色的事物。而意识系统为我们的思维过程及其产物，如各种数学概念和系统，人工智能的各种形式化系统，也包括国际象棋，计算机程序，甚至包括机器人和计算机（硬件），因为虽然机器人和计算机是由各种物质材料制成的，但这些物质材料不过是实现概念和关系的手段或工具，其物质性与构成系统的概念和关系组件无关（只与系统实现的稳定性，寿命，速度等非本位因素有关）。

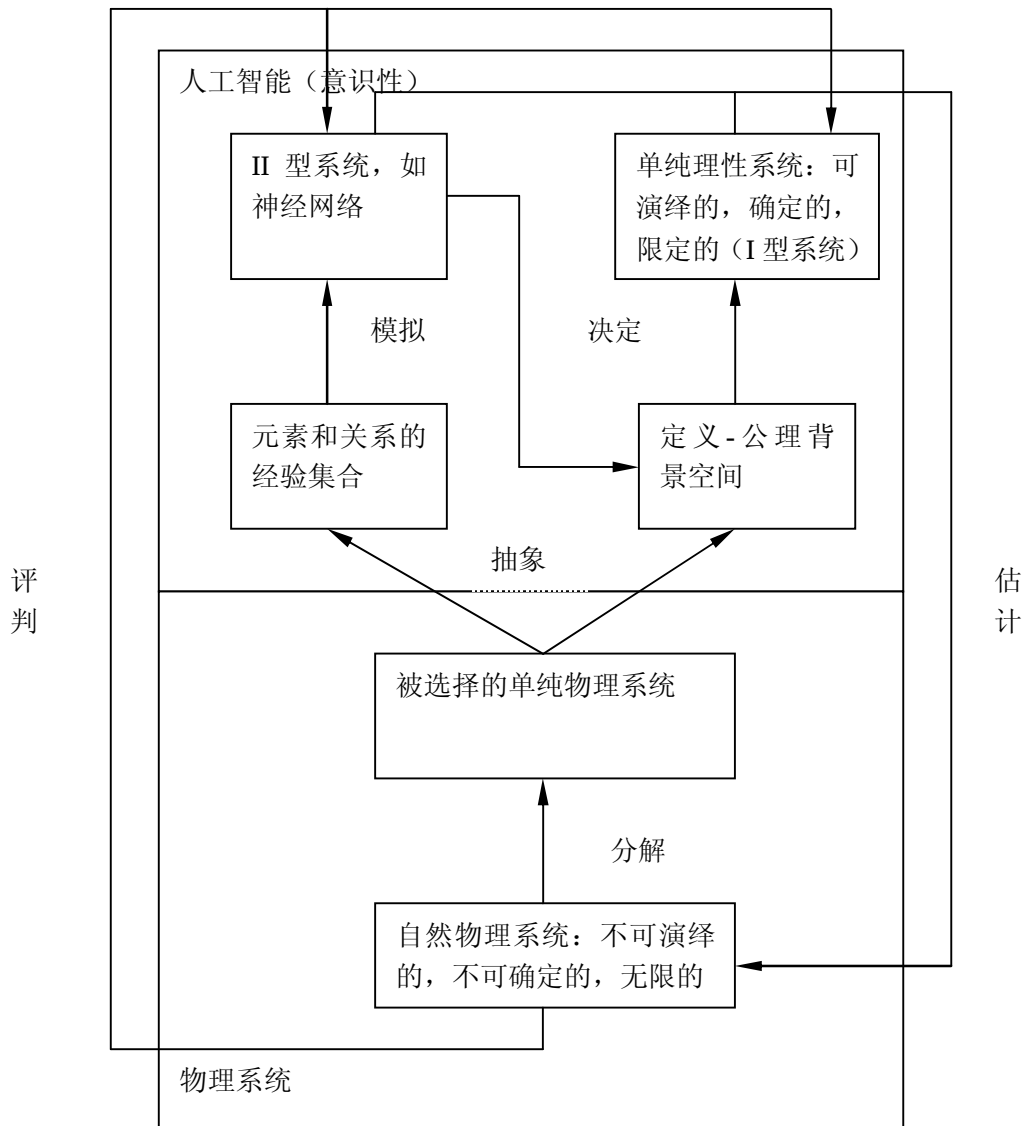
3. BMKI 的基本哲学：“罗盘-灯塔式”知识整合宣言

生物医学知识整合论(the Biomedical Knowledge Integration, BMKI)^[1-13]为自己确立了一个高不可攀的目标，这些目标驱使笔者反复地、审慎地思索它的哲学根基。

(1) 知识不仅仅是客观世界在人类大脑中的反映，而是人类大脑与客观世界的对话。人类的大脑不仅作为对客观世界认识的发现者和载体，还体现了无穷的求知欲望，并且从知识背景，参照框架，情感状态，认知任务和认知目标等方面影响人类的认知活动；

(2) 上文关于意识性系统和物理性系统的认识。

(3) 由(1)，(2)引出此项：某一具体的认知活动取决于其认知意向，认知方向，认知目标或认知范围，及由此决定的观测方面。这些因素的综合被称为认知的背景空间。物理性事物的（自然的、人工的）相互整合（结构性整合，功能性整合和环境性整合）的方式原则上是无穷的，自由的，不可预测的，充满意外的。因此物理系统本质上为非决定性系统。事物在任何一种整合形式中都可能表达出不同的属性。因此作为认知对象，物理系统的潜在属性集合是无穷集合，无穷属性集合中何种属性或何种属性子集被激活决定于认识的背景空间，决定于其所处的结构和环境。



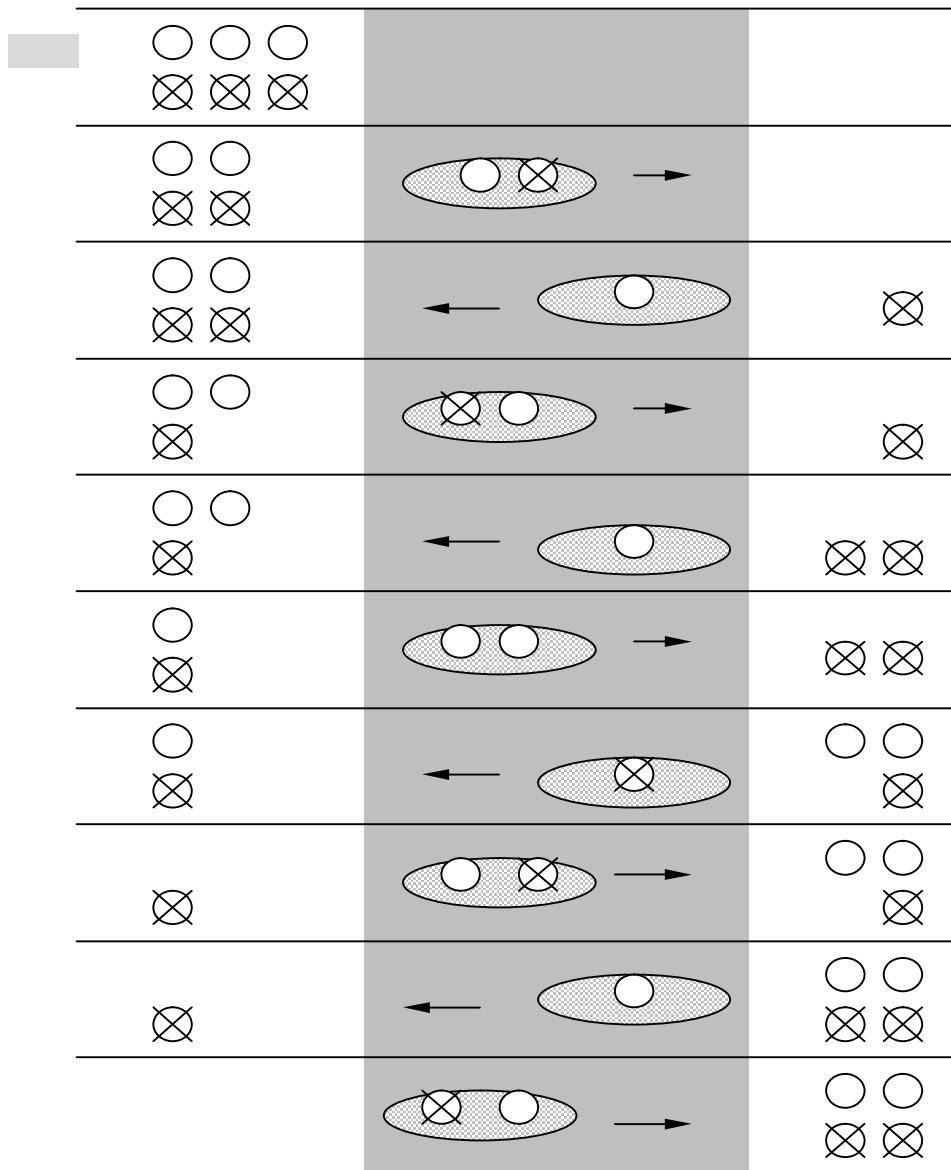


图 2 教士 食人者 ，渡船只能坐 2 人，河的两边任何一边食人者人数不能超过教士人数，否则教士就有被吃的危险。此图是答案之一。

(4) 物理性知识即实验性知识或经验性知识、关系和数据被 **BMKI** 称为硬性知识或数据（如***的血压为 80/120 毫米汞柱，晚上咳嗽），或称为灯塔性或海岛性知识；意识性或理性推理知识（如***女孩 1988 年 6 月生，那么她今年已满 16 周岁，如果发育正常，每月应该来月经）被称为软性知识，或称为海水性知识。我们的生物医学知识体系为知识之海洋，茫茫的大海中分布着大大小小的灯塔，陆地和岛屿。复杂的知识体系的整合工程就象黑夜在无边无际的大海上航行，有时需要理性推导，就象船长需要根据水速和水向、风速和风向、桨舵

和罗盘作出计算和估计，但更离不开实验性知识或经验性知识的引导，离不开日月星辰、灯塔、岛屿的指点一样，否则是十分危险的。假如我们用罗盘表示理性推论，用灯塔表示物理性指引，把我们的数据及知识整合比作在大海上远航，那么我们就把此种知识整合哲学称为“罗盘-灯塔式”知识整合。“罗盘-灯塔式”是生物医学知识整合工程的基本方式（见图3）。

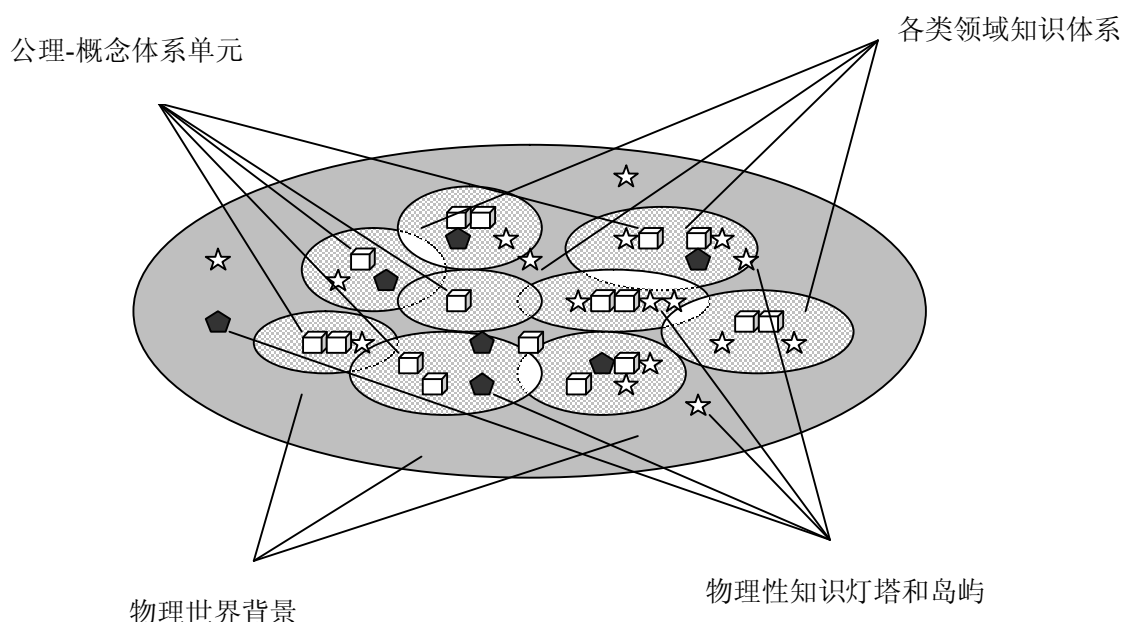


图3 意识或理论推导海洋及物理知识岛屿相结合的知识整合哲学：物理世界作为背景是各类知识体系的载体，各类知识体系包括人工智能建立的意识体系即一系列小的公理-概念体系（白色方块）和各种经验或实验性物理知识灯塔（白色星形）和岛屿（黑色多边形）。每个公理-概念体系理论上都有无限长的逻辑推导距离，但其有效推导距离接受其相应的知识灯塔或岛屿检验和指导。

4. 意识（人工智能）整合类型举例

（1）数据级映射整合

图象采集，A/D 转换，D/A 转换,图象集成是典型的数据级整合，对一个平面黑白图象，整合所需的空间及维度为 (x,y,g,f) ， x,y 为平面坐标， g 为象元的灰度，而 f 为一个映射。见图4。

（2）数据映射与算法结合整合

图5是一个血管树的图形，树的分叉处坐标必须由实验数据提供，而分叉之间点的轨迹可用算法实现。

(3) 算法整合:

图 6 是一个简单的中学数学的一个函数图象, 该图象可用纯算法实现。

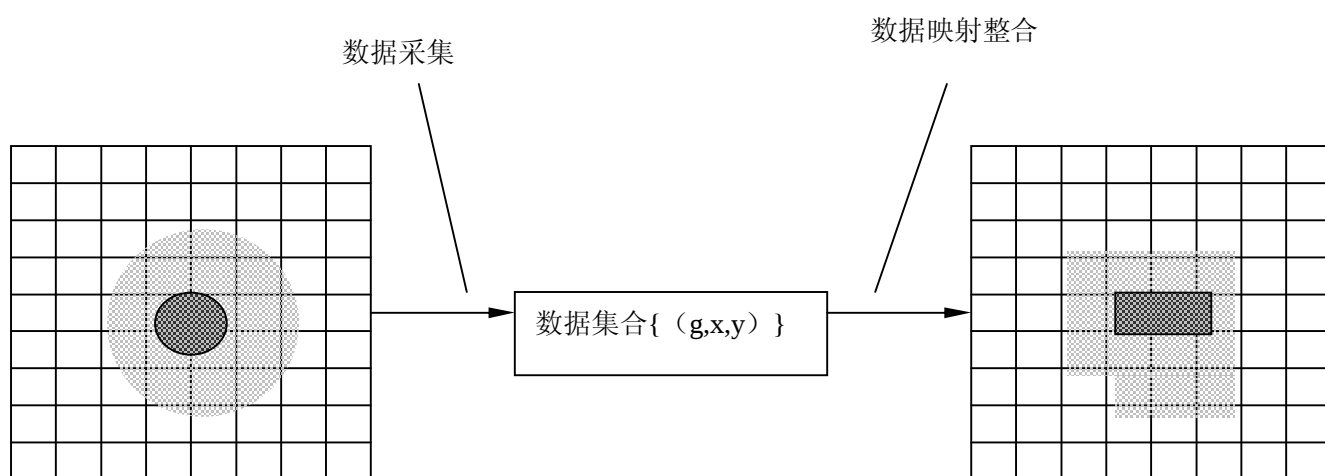


图 4 实物经摄像和 A/D 转化生成数据文件, 文件经数据映射性整合成为图象, g 为灰度, x 和 y 为坐标。

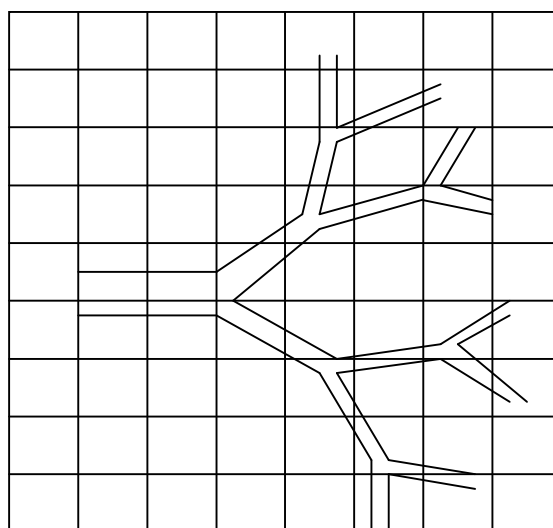


图 5 数据映射与算法结合类整合, 数据形式为 $\{(x_{11}, y_{11}), (x_{12}, y_{12}), f_1\}, ((x_{21}, y_{21}), (x_{22}, y_{22}), f_2), \dots\}$, 其中 $f_i \in F, i = 1, 2, \dots$ 为 (x_{ij}, y_{ij}) 与 (x_{ij+1}, y_{ij+1}) 之间 (定义域) 的 x 与 y 之间的函数。

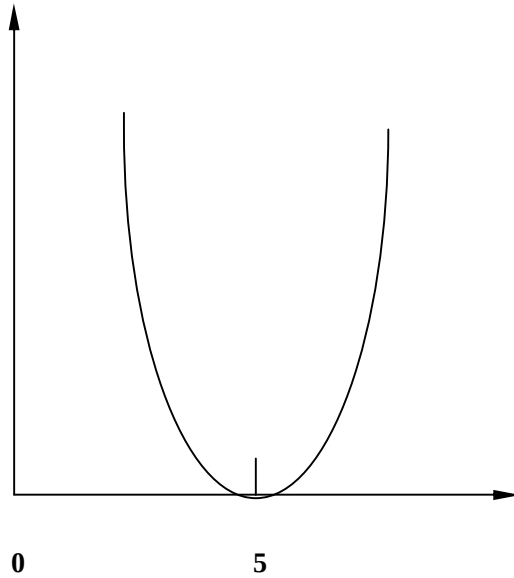


图 6 $y = x^2 + 5$, 可看作是抽象关系(函数)对抽象数据的整合.

5. 自然整合举例

机体的自然整合为 BKMI 的老师，所以有深入探讨的必要。我们看一看神经-肌突触的功能性整合的过程和机制^[14]。在这一实例中，知识背景空间（BSKs）“神经元基本空间”和肌细胞生物膜空间（the Myocyte Bio-membrane Space, MBMS）为某种复合空间^[12]，可被分解为更基础的空间，但本文无意对此进行讨论。图 7 和图 8 示意神经-肌突触的结构和功能，以及功能性整合。我们看到乙酰胆碱（Acetylcholine, Ach）的属性 A_1 由神经元基本空间的维度 D_{14} 胞吐作用（Exocytosis）决定，而 Ach 的属性 A_2 及 A_3 分别由“生命之湖”空间^[12]的维度 D_{21} 弥散作用和肌细胞基本空间的维度 D_{32} 通道-蛋白质的结合作用决定。因此 Ach 在同一空间不同的维度中或不同空间中表达了不同的属性，前者被称为“维度双面”元素（“the Dimensional Double-faced” Element, DDFE）而后者被称为“空间双面”元素（“the Spatial Double-faced” Element, SDFE）。至少在这一实例中，DDFE 和 SDFE 实现了神经-肌突触的功能性整合从而充当了由不同维度和空间决定的不同结构之间“整合子”（见图 9）。笔者称此为整合的“双面原理”。

(待续)

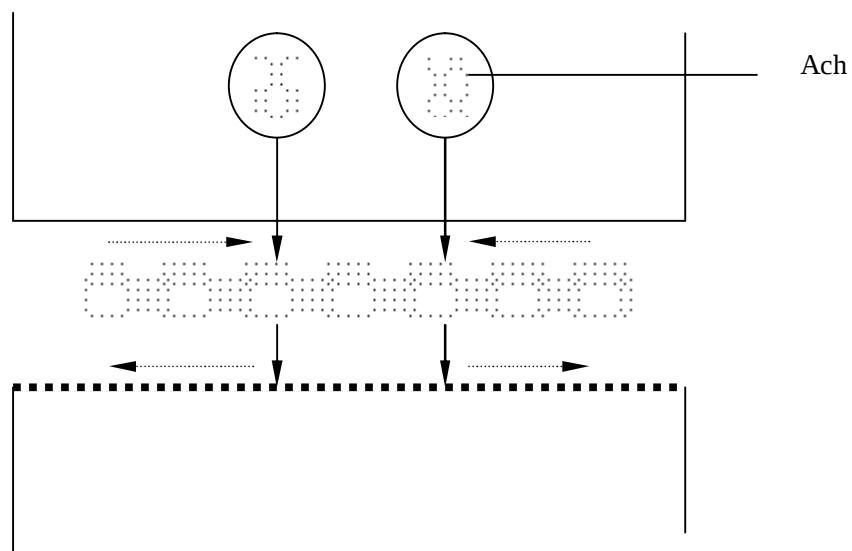


图. 7 神经-肌突触的结构和功能示意图。

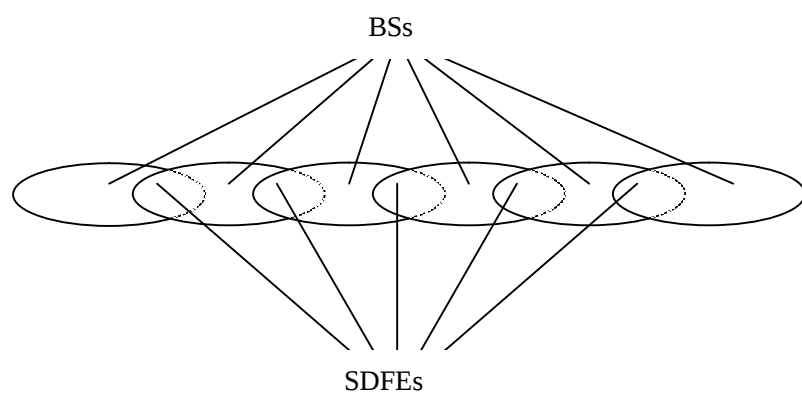


图. 9 所谓“空间双面元素”(SDFEs)通过在不同的背景空间(BSs)中表达不同的属性整合这些空间中的功能。

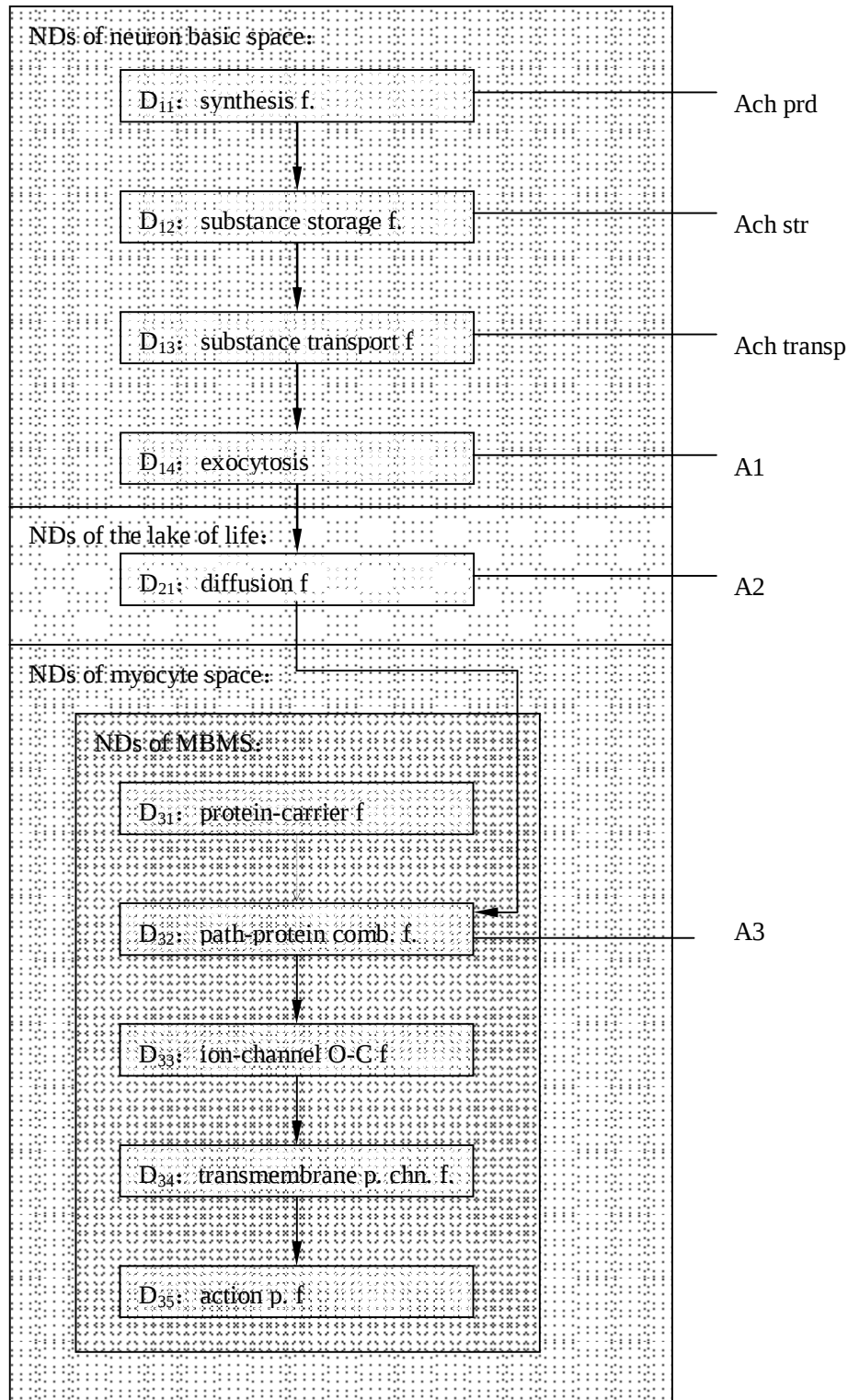


图.8 神经-肌突触的功能性整合的过程和机制示意图。实线箭头显示整个整合过程。在不同的维度中表达不同属性的元素即“维度双面元素”(DDFE)充当维度之间的整合子,而在不同的空间中表达不同属性的元素即“空间双面元素”(SDFE)充当空间之间的整合子。缩写: f 功能; prd 生成; str 储存; m 膜; comb 结合; prt 蛋白质; O-C 开-闭; chn 变化; p 电势; ND 必须维度, A1 Ach 出胞, A2 Ach 向突触后膜移动, A3 Ach

参考文献

1. Bao H.F.: The quantitative integration of biomedical information by computer--New research QMSOC(II), The Proceeding of the First Conference of the Frontier for Life Sciences in Central-south China, 1989, 216-222
2. Bao H.F., Geng J.H. and Su Z.F.: Pansystems Methodology(PM) and a new research on large-scale integration of biomedicine—An introduction of QMSOC and its recent progresses , Acta of Jiansu Industrial College, Journal of Jiangsu Institute of Technology, 1991, 4 (2): 69-75
3. Bao H.F., Ni X.W., Lou S.: Integratable Relationized Medical Electronic Book (IRMEB)--- An Exploration of An New Type of Intellegent Knowledge Medium Under the Influence of Pansystems Theory. Advances in Systems Science and Applications (Inauguration Issue) 1995,p304-309
4. Bao H.F.: HCSL:A Human-Computer Commonly Understandable and Communicatable Medical Language, 《Proceedings of The First China-Japan-Korea Joint Symposium on Medical Informatics(CJKMI'99)》, p177-181,1999
5. 包含飞: 生物医学知识整合论(一),《医学信息》杂志, 16 (6): 174-279, 2003
6. 包含飞: 生物医学知识整合论(二),《医学信息》杂志, 16 (8): 410-415, 2003
7. 包含飞: 生物医学知识整合论(三),《医学信息》杂志, 16 (11) :602-605,2003
8. 包含飞: 生物医学知识整合论(四),《医学信息》杂志, 16 (12): 666-670,2003
9. 包含飞: 生物医学知识整合论(五),《医学信息》杂志, 17 (5): 244-250,2004
10. Bao H.F.: The Theory of Biomedical Knowledge Integration(I), Chinese Journal of Medical Treatment, 2(13): 1-6, 2003
11. Bao H.F.:The Theory of Biomedical Knowledge Integration(II) ——What is underlying the domain concepts, Chinese Journal of Medical Treatment, 2(21): 1-6, 2003
12. Bao H.F.:The Theory of Biomedical Knowledge Integration(III) ——A Rediscussion on Background Space of Knowledge(BSK), Chinese Journal of Medical Treatment, 3(8): 1-5, 2004
13. 包含飞: 生物医学知识整合科学思维的成分异源性 (I), 计算机应用与软件, 20 (增刊): 171-173, 2003
14. 张镜如主编, 乔健天副主编:《生理学》, 北京: 人民卫生出版社, 39-40, 1996
15. D.C. Marr:人工智能之我见, 玛格丽特•博登编, 刘西瑞, 王汉琦译:《人工智能哲学》, 上海: 上海译文出版社, 2001 , 180-197