

包含飞：生物医学知识整合论(VIII)，《医学信息》杂志，18（1）：11-15，2005

生物医学知识整合论（VIII）

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 本文分析了生物医学知识整合论(BMKI)作为一个与主流科学相反的探索方向将面临的一系列新的重大科学问题；讨论了物理性整合与知识性整合的关系，提出维度整合是事物产生新质的动力的观点，由此引出关于推理性知识和经验性知识的关系的讨论。接着探讨了力、运动和空间的不可分割性，不同空间之间的转换（生物空间相对论），最后探讨了整合维（运动维）空间和物数学（physi-mathematics）等新概念。

关键词 生物医学知识整合论 医学信息学 知识工程 人工智能

一. 新方向，新难题

科学自诞生之日起就是以“分解”为其发展动力，中文“科”字本身就有“分门别类”之意。中文“科学”一词本身就有“分门别类之学”之意。传统的科学是“分”的科学，可以说是“无分不科学”。这也许与人类的认知过程及认知特征有关，当一个系统含有A和B，而我们希望搞清“A与B的关系”，我们往往先对该系统加以简化，抽象或分离，使之只剩下A与B二者，如此我们才能确定“A与B的关系”从而获得新的知识。从理论上讲，只要加入任何其他因素甚至杂质或噪音，我们已确立的“A与B的关系”能否成立，就将成为问题。

但传统的科学发展方向在生命系统的复杂性面前受到严峻的挑战。即使我们把生命科学细分为1亿门科学，如果没有解决知识之间整合问题，也许我们还是无法理解生命。因为生命系统令人惊叹不已的奥秘，是万千因素、元素、机制整合的结果。而不是它们分解的结果。

生物医学知识整合论(The Theory of Biomedical Knowledge Integration, BMKI)^[1-15]研究从传统的科学发展方向来了180度转弯，它研究整合的规律。所遇到的问题也将是前所未有的，与传统科学所遇到的问题相比具有完全不同的新质。下文列示对MBKI将会遇到的重大科学问题。

(1) 线性（均匀）空间（或域）和非线性（非均匀）空间（或域）转化的基本理论和运算，如血液内物质的轨道行走和弥散问题的整合，何时我们的对象“泛舟平湖”，何时又“卷入湍流”。

(2) 空间与空间边界（界壳）转化的基本理论和运算，如细胞膜的包装和界面问题。此题可看成（1）的特例。

(3) 生命周期5联律：种系发生的自组织规律-基本信息体系的保留传承（遗传）规律-基本信息表达为结构、功能或机体规律-系统功能与结构代谢律-热力学第二定律（封闭系统最终归于无结构状态）。任何种类的生命周期最后均由5大规律及其关系决定。当然此处是指开放意义下的系统，开放意含“可以受到非正常因子或致病因子的袭击”。

(4) 运算“爆炸”问题，即关系、信息、逻辑运算“爆炸”的化简和有效控制问题。例

如如果用直积表示细胞之间二二关系，那么当一万心肌细胞相互关系的形式为 C^{10000} 。但机体并没有发生这种无穷无尽的“数理运算”。机体内普遍存在着巧妙地利用“物理逻辑来解决数理逻辑爆炸”的机制，就象我们在牛鼻子系一根小小的绳子就能控制一条凶悍的牛（牛鼻子原理）。用相互异质的微力-弱力-中力-强力之间关系或转化解决恼人的“运算爆炸”的控制问题，这些聪明绝顶的艺术是什么，它们有理论吗？

(5) 主体与环境之间的连续反馈-引导机制与生物结构生长方向问题。到三清山旅游的人也许会对生长在岩石顶上的顽强不屈的松树叹为观止。岩石顶端松树根沿着龟裂的石缝生长以求存活，这也许可称为生物“摸石头过河”律，或“蚂蚁触角”律，“盲道行走”律。那么这种生物趋向性（如血管向缺血或损伤区域生长）机理是什么？

(6) 正补相对律：当一个机制（正域）被增强或操作时，就意味着其他机制（补域）相对地“被减弱”或“零操作”，正域操作可能从空间、物质、信息等资源上影响其环境（补域）。这类似钱钟书的“围城”规律，进入“城内”，就意味“城外”缺失，反之亦然。世界上没有纯粹的“得”，也没有纯粹的“失”。因此进了“城内”就希望向“城外”冲，相反，到了“城外”就希望向“城内”冲。加强了外来的（如口服）激素，就可能导致内部的激素系统懈怠，所以临床科学告诉我们有些激素不能骤停。

(7) 知识体系中意识性对象与物理性对象的本质及其运算规则的区别，这是人工智能领域长期混淆的一个问题。笔者对此作过很多探讨，并用“笨伯与食人者过河”的故事通俗地解释过这一问题。由于生物医学知识大量混杂了这两类知识，所以在知识整合中二者的关系的清晰化研究尚待探讨。

(8) 各层次（如复合层次）之间性质突变问题，相应于 A. 屈森斯的所谓层次与物理层次之间可以同步，但“只可理解，不可推导”问题^[16]。这里的同步就是一种整合。笔者于整合论的文章中也讨论过低维空间向高维空间转化时新的属性“突现的”问题。下文还将涉及这一问题。

(9) 认知目标-认知量子-知识背景的关系问题，笔者在整合论研究中作过较多的探讨，但远未完善，下文还将涉及。

(10) 知识的“硬度”（确定度）的实质。知识的硬度问题在知识工程中随处可见，例如医学信息学非常感兴趣的形形色色的知识框架或事务级模型或标准，也包括所谓临床路径模型。对这些知识框架、事务级模型或路径在何种情况下成立，何种情况下不能成立，在多大程度上成立研究很少，更谈不上理论方面的建树。BMKI 对此有过一些极为初步的研究。

(11) BMKI 的一个基本假设或重要原理是“任何物理性对象的潜质是无穷的，潜质的呈现与否取决于我们所选择的观察参量及其整合。因此如果参量是无穷的，那么物理性对象的潜质也是无穷的。而参量或维度的整合是激发潜质或产生新质（包括旧质的消失，新质的形成）的动力（一种新的熵减原理或信增原理）”。BMKI 这一重要原理引导出一个 BMKI 新的难题：在维度整合生成新质的机制中，是否存在一般意义下的原理或理论？如果存在，它们是什么？

对这些重大的科学问题，特别是（11）题，很遗憾，包括普里高金等在内的学术巨匠都没有系统地讲述过，形形色色的自称对系统论的新诠释或名目繁多的相关新学科也未见到对此有独到的见解。俗话说“三个女人一台戏”，那么 100 个女人呢？10 万个细胞呢？既然人们认为“三体问题”是不可预测的，那么我们在此寻找理论或推理还有信心吗？我们的生物医学整合工程必需建立在实验或经验之上？我们能够实现 BMKI 的理论-实验复合策略吗？

二. 物理性整合与知识性整合的关系

(1) 物理整合与知识整合的关系就是真实世界与知识世界的关系。世界分为物理世界和

意识世界二部分，知识属意识范畴。除了真实的物理性实例以外，任何对物理对象的抽象均属于意识范畴。意识世界说到底还是物理世界的反映，但物理世界的事物一旦进入意识世界，就获得了新的独立于物理世界的运动特性。卖火柴的女孩饿死前在雪地里时幻想着蜡烛和火鸡；家徒四壁、穷的揭不开锅的“大丈夫”做着“一人之下，万人之上”的“黄粱美梦”。意识世界和物理世界可以各行其是，天壤之别。

(2) 我们知道，整合的过程可以分为物理对象的整合和意识性对象的整合。前者还可以分为自然物理整合（如物种系形成）和人工物理整合（机器和电脑的生产，化学合成）。数据和知识整合属后者。物理整合由（广义）物理力驱动，是物理运动结果；意识整合由（广义）意识力（如逻辑推导力）驱动，为意识运动的结果。物理整合一般伴随着相应的描述性知识。如氢氧燃烧的事实对应有“ $4\text{H}_2 + \text{O}_2 == 2\text{H}_2\text{O}$ ”知识，或用文字表达为“ H_2 和 O_2 燃烧整合为 H_2O ”。所以关于（物理世界的）整合的知识往往描述（物理世界的）整合。但反过来，知识整合可以与（物理世界的）整合毫不相干，而仅仅表示意识世界的整合关系。如推理过程“液体的体积不可伸缩， H_2O 属于液体，所以 H_2O 的体积不可伸缩”只是表示两个知识单元的整合关系，并不是物理世界发生了的整合过程。“A 是 B 的爸爸，B 是 C 的爸爸，那么 A 是 C 的爷爷。A 得隔代相传的遗传病，那么 C 也可能得那种遗传病。”这些也是知识单元的整合关系，并非物理意义下的整合关系。

意识整合描述意识中概念的运动，联想是一种典型的意识整合，一个非常有限的生命个体不仅可以把上下 5 千年联起来，甚至可作无限的遐想。意识运动可把无穷大作一个小小的因子来运算，但物理世界中没有人知道无穷大究竟是个什么东西。因此知识整合不仅包括了物理整合（陈述性知识的整合反映了物理整合或物理整合知识），还包括了逻辑整合。当然，BMKI 仅限于科学性知识的整合，即对物理运动有指导意义的知识整合。

三. 维度整合是产生新质的动力

BMKI 生物整合原理：生物机体的万千机制来自维度和空间整合，生命来自整合。整合导致属性的变化（抑制或激发）或新质的形成。那么这里是否存在一般性规则？对此，互联网上《医学信息学》论坛^[17]曾有关于“1 个细胞的属性与 1 亿个细胞群体的属性之间关系是实验的还是推导的”这一典型的 BMKI 问题的讨论，择其要者描述于此。

我们先总结一下 BMKI 的如下原理：（1）物理对象潜在的属性的无限性原理（取决于作用因子对对象的开发）；（2）事物的物理性功利或目标及物理性维度整合（作用空间）决定（激发或抑制）事物的潜在的或现在的属性（使之行使物理功能）的原理；（3）人类的认知性功利或目标决定参量集合（参照空间）原理；（4）参量集合（参照空间）决定（激发或抑制）事物的潜在的或现在的属性（使之行使认知功能）的原理；（5）开放系统的物理性功利或目标及物理性维度整合有不测的外来（有效域外，论域外）因素参与（而不是纯粹由内发性的机制决定）原理。

基于上述原理，笔者不得不倾向于 1 个细胞与 1 亿个细胞之间（如肝细胞和肝脏之间及数不清的其他类似问题）的知识关系只能是经验（实验）性的知识（见图 1），而不可能是理论推导性的知识。也即只可能是“灯塔式”知识，不可能是“罗盘式”知识。

对此，我为系统论、生物医学知识整合论和医学信息学感到悲哀。这也大大有悖于我的个性。

当然这是极而言之，是哲学意义上而非科学意义上的思认识。哲学层次的认识往往是一个信念，无所谓是非。例如虽然我们无法反驳怀疑论者（认为世界是不可知的）的观点，但我们却毫不犹豫地把它扔到垃圾箱里，因为我们喜欢“愚公式”的积极上进的“永不止息

的求知哲学”，而不喜欢这种“智叟式”的“懒汉哲学”。

严格地说，在一个非限定的开放环境中，事物的整合过程是不可推导或预测的。因为我们无法排除论域外（意外）因子的干扰或参与。即我们无法排除“笨伯原则”而把事物限定在“智者原则”中，所以理论上我们永远无法使推理条件完备的。

但对于一门具体科学或一个具体的科学任务，特别是对实用性很强的生物学和医学，我们往往可以非常理智地限定我们的认知的或物理的整合目标，并据此理智地选择观察空间或操作空间。在由认知的或物理的整合目标决定的推理条件完备的情况下，我们可以按“罗盘的方位”运算，推导并把握我们的“全黑之航”。而在其他情况下，如果我们看到“灯塔”的指引（经验或实验性知识），我们就按“生命之灯”指引的方向行驶；否则，我们只能就此作罢，抛锚待旦。这里所谓“全黑之航”的定义为，除灯塔、风速、水流、罗盘以外无任何其他信息的海上航行。

因此在科学层次，我赞成一网友的观点“只要我们掌握足够的有关细胞与组织体相关的信息和知识，我们就可以从细胞推导出整个组织的特性”。

这里提供两个物理整合导致属性变化的例子。群体中的个体自然意志如果彼此消长不定，则个体意志就可能消失。如群体中无数布朗运动粒子的速度和动能合成有其方向性，彼此可消可长，故群体并不存在布朗运动。而其相互撞击粒子频数不受方向制约，彼此可以累加，在群体中得到加强，因此个体的布朗运动表现为群体的温度。

在核磁共振机制中，我们也见到了类似的现象：“在物理学上，某些原子核的运动就像旋转着的陀螺，称为自旋，与小磁体的运动类似。质子（氢核）是与生物相关的原子核，大量存在于机体组织中。在一般情况下，身体是没有磁性的。这是因为身体内部质子群中的各质子（磁体）随机地以任意方向自旋的，所以身体的净磁场强度为零。”“当把一群自旋的核子放在强磁场中时，核子将沿着磁场方向排列，这与指南针沿着地球的磁场方向排列的现象一样。”“这些原子共同产生了磁化，这是因为它们都平行于磁场方向”^[18]。当大量的个体的行为是一致的，那么个体行为可以放大为群体行为，原子自旋产生的小磁体变成群体的大磁体。否则就相互抵消而湮灭。

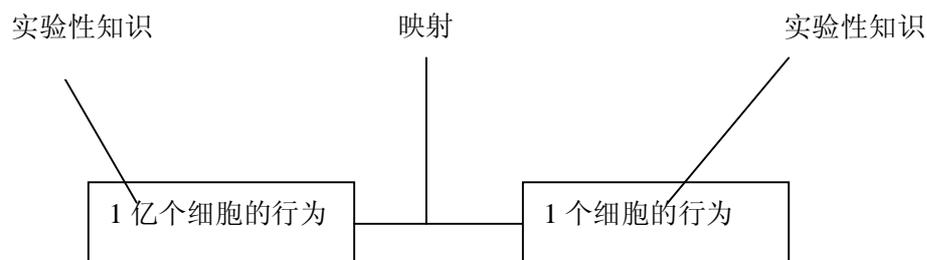


图 1 鉴于文中所述的 5 大理由，关于生物个体对象的知识是关于生物群体对象的知识之间的关系必然是实验性的，而非推导性。

四. 整合维空间

BMKI 试图把属于意识范畴的知识和物理范畴的知识放置在统一的理论场或理论空间中讨论或整合,还希图把无结构(如完全随机的)的物理性知识(如水在一个绝对水平和绝对光滑的平面上的流动),或部分结构或部分随机的物理性知识(如水在一个倾斜的平面上的流动),或结构化的物理性知识(如血液在血管中流动)放在统一的理论场或理论空间中讨论或整合。试图阐明它们的统一性和相互转化条件。也就是说,试图建立一个能容纳和网罗一切生物医学知识(物理的,意识的,概念的,逻辑的,形象的,规则的,结构的,……)的广义空间或空间结构,作为我们的数据和知识大整合的广义的平台。这意味着形形色色的异质异构的空间相互分离、整合和转化。

这些空间与传统的空间概念不同,它允许复杂结构单元为空间的原子,即允许有整合维空间。这种整合维是否具有合理性?

现在我们把力推广到意识领域,即力除了是一种物理作用外,也可以是一种意识作用。当我们说“A包含B”,“A是B的一部分”,“A等于B”,“A冲击B”,“A推动B”,“A阻止B”,……等语义时我们都是说A与B之间的相互作用,在说一种广义的力,它们既可以是物理力,也可以是意识力。例如在意识运动中“A包含B”意味着“A对B的概念归属的一种约束力”;“A是B的一部分”意味着“A与B在结构上的组成功”;而我们为了证明“A等于B”,我们往往需要寻找某种的等价连接(力)。

接着证明力、运动和空间的统一性。从上文还知道,力是一种作用。而运动是力的体现,即力作用于内,运动呈象于外。我们也可把运动定义为事物的“动态”或“静态”属性的变化(如势能和动能的变化)。当我们说“线是一维空间”或“点的均匀重复(运动)形成线”,或者说“面是二维空间”或“线的均匀重复(运动)形成面”,或者说“体是三维空间”或“面的均匀重复(运动)形成体”时,我们又是在说“空间”概念和“运动”二种概念的统一。因此,不仅是力或属性可以作为维度规定一个空间,运动也可以作为维度规定一个空间。所以在这里,力、运动和空间仅仅是同一事物的不同方面,某种意义上它们是统一的。

如此看来,我们有理由定义一种广义的运动(模式)为观测对象的维度,它可以是一种普通的机械物理运动,也可以是事物的存在几率(模式),或(均匀的或非均匀的如梯度的或非梯度的)物理力场,也可以是两个概念之间的语义关系(或语义场)。

我们所以对欧氏空间情有独钟,是因为一切机制“最终”需要适度的欧氏空间,特别是占位的或移位的运动。但对象生命系统这样复杂的、各种低级和高级机制的复合体,光有“最终”的或“最底层”的空间是远远不够的。生命系统就象一座宝塔,每一层机制都是其上层机制的“生存”空间,自己的存在又依赖其下层机制或空间。新的空间概念不再是传统意义下的力的静态舞台,不是欧氏空间中的“沙发”或“卧床”空间,而是“冲浪板”式或“马背”式空间。

因此当我们由不习水性到掌握水性、学会游泳,从不会冲浪到学会劈波斩浪,从不会骑马到纵马驰骋,我们是在实现一种物理性空间转换,我们在新的动态空间中找到了新的“静息”和自由。

又例如虽然我们生活在心跳-呼吸基本生理动态空间中,但我们平时不会感觉心在搏动,肺在舒缩,我们处在“静息”状态(常态)中,否则我们会感到气急,“心悸”。因为正常状态下,我们机体实现了“欧氏动态空间”到“生理静态空间”的转化。

我们可以借鉴欧氏一维空间或人类社会来描述一个函数维空间。设 $y = f(x)$ 或 $y = af(m+nx)$ 为一个函数维度(如是一个函数群体的平均),它决定一个函数维空间 $S(f)$ 。幅度 a ,及与输入相关的因子 m, n 的改变而 f 保持不变则称为空间 $S(f)$ 的同性变化。设 $v(x)$ 为该空间中的一个运动(如相对于欧氏空间),则该运动的计量 n 为 $n = v(x)/f(x)$ 。可见 $f(x)$ 为度量单元。 $\Delta n/\Delta t$ 则可定义一种与时间相关的线性运动。 $Y = F(f, f)$ 则可进一步定义一个二次函数维空间。

五. 不同空间之间的转换（生物空间相对论）

假定我们能在人体内从头到脚画一根欧几里得直线，那么这根直线的各个部分将与不同的生物物质相交，有时经过疏松结缔组织，有时经过致密结缔组织，有时又与细胞核，细胞质，细胞膜相交，有些微小段则受线粒体或高尔基复合体腔控制，所以这条欧氏直线不再是同质的，而是高度异质的，各直线段均处于不同空间控制之中。对于这一直线，绝对均匀的欧氏空间的规律作用很有限。生物机体所依赖的空间是超狭窄（定义）域空间。

先对超狭窄（定义）域空间概念作一般性描述。空间的基本组成称为空间的质，空间通过质对运动发生作用。对于一个广义的匀速运动或一个纯概念的语义关系（概念之间的语义场，包括保证这一语义成立的条件集合），其作用空间是均匀空间或同质空间。而对于一个广义的变速运动或一个物理性语义关系，其作用空间是非均匀空间或异质空间。一种质与另一种不同的质相接处称为空间的质界，当某空间决定的运动在质界部位的速度变为零，则该质界及其界外空间称为该运动的非空间或补空间，该质界称为该运动的边界或界壳。有质界包围的匀质区域称为局部空间，长而断面小的均匀空间称为轨道或轨线空间。如果一种运动是可以完全预测的或完全确定的，那么运动及其附属空间是完全清晰的，否则是不完全清晰的或非清晰的。如果一种运动是部分可预测的或部分可确定或以几率形式确定的，那么运动的作用空间是部分清晰的。物理空间总是一种带意外的空间，因此在一般认知意义下（即认知目标不确定情况下）不可能是完全清晰的。

从上文我们知道，沙发空间或卧床空间（欧氏静态空间）与马背空间或冲浪板空间（欧氏动态空间）是完全不同的两种空间。飞机或火车中的旅客对“地面空间”是“动态事物”，但对“飞机空间”或“火车空间”是“静态事物”。一个常态事物，必定是某种空间的“静息事物”，也即必定是与环境空间“保持一致”的。例如在一个正弦函数空间中存在一个同幅同频同步的“正弦运动”，则我们称这个“运动”为静息事物。

当我们期望着真正进入生物医学知识整合领域，我们首先会遇到知识或数据的背景和它们之间的转换问题。生物医学的异质空间之间的转换问题是一个十分复杂的问题，它们在生物医学知识工程中将起到关键作用，因而必将为 BMKI 探索的要点。

下文以最简单的以欧氏空间为背景两个运动空间的数据转换说明空间的关系。

(1) 空间首先是一个测量的参照体系，它决定测量基准，测量单元（量子）等观测基本要素。

从运动着的“火车空间”进行观察， $V_{(火-地)}$ 为从“火车空间”测量地面物体（如树）的运动速度（如根据经过相当于火车长度的两棵树之间距离所需的时间计算），从“火车空间”观察火车内事物（如旅客）的速度 $V_{(火-火)}$ ，故为零。另一列同向同速运动的火车从该“火车空间”测量也为静止物体，即其速度 $V_{(火-另火)}$ 为 0；车厢窗外壁上附着一只苍蝇的速度也为 0， $V_{(火-蝇)}$ 为 0。

反之，若从“地面空间”进行观察地面事物（如房屋，树，田地等）的运动速度 $V_{(地-地)}$ 为 0，而运动着的一列火车，附着于车厢外的苍蝇和另一列与之同速的火车被测出速度 $V_{(地-火)} = V_{(地-另火)} = V_{(地-蝇)}$ ，且均大于 0。

(2) 不同空间中的数据转换：

$V_{转(火-地)} = V_{(火-地)} - V_{(火-火)} = -V_{转(地-火)} = -(V_{(地-火)} - V_{(地-地)})$ 为空间转换因子，对一个运动着的火车， $V_{转(火-地)}$ 的值为“小于 0 的实数”。当从“火车空间”进行观察数据转换到“地面空间”的数据时，我们应该应用空间转换因子 $V_{转(火-地)}$ 加以校正，如根据“火车空间”中观察那只苍蝇的数据来推算从“地面空间”观察那只苍蝇的运动速度， $V_{(地-蝇)} = V_{(火-蝇)} -$

$(V_{(火-地)} - V_{(火-火)}) = 0 - V_{转(火-地)} = 0 -$ (“小于0的实数”), 故 $V_{(地-蝇)}$ 的数值为一个“大于0的实数”。

六. 物数学

人类科学和知识的发展促成了数学和物理学的完美的分工,当我们看到爱因斯坦的相对论物理体系获得黎曼几何逻辑体系的支持并成为前者的一种运算工具时,我们就象在欣赏两种高度的人类智慧结合而演绎的一出圣洁的芭蕾舞“天鹅湖”。但生命系统形形色色关系的超狭窄定义域和复合维度令人眩目的创造性,却正在促成数学和物理学再次一体化, BMKI 召唤新的物理-数学的统一体: 物数学 (physi-mathematics)。计算机的海量存储、快速运算、平行处理及分布式存储等新技术将是这一对“新人”再结合的“红娘”。

“概念和公理来自于对自然界的观察,甚至逻辑的规律现在也被普遍认为是经验的产物。那些引发定理的问题,甚至是关于证明方法的提示也都来自于自然界。”

爱默生 (Ralph Waldo Emerson) 说, 让我们“用物质为思维营造基地”。

莫斯托夫斯基 (Andrzej Mostowski) 说, “数学是一门自然科学, 其概念和方法均起源于经验, 那些试图建立数学而忽视它在自然科学中的本源、忽视它的运用、甚至忽视它的历史的努力都注定会失败。”

莫斯托夫斯基还说: “数的概念——不仅是自然数, 也包括实数——的源泉和最终存在的理由来自于经验和实际运用。”

哥德尔在 1950 年说的一段话: “在数论和其他任何一个建设得很完善的数学理论中, 所谓逻辑或集合论公理化基础都是解释性的, 而非基础性的。就好像在物理中公理的实际作用是解释该系统中定理所描述的现象, 而不是为这些定理提供一个真正的基础。”^[19]

在一代又一代伟大的数学家致力于寻找数学大厦自身的最深层的基础失败以后, 数学家们再一次承认了“自然的权威”, 而自然最突出的权威在生命。

在生物医学中, 除非在非常抽象的意境中, 在物理环境或操作环境中纵横千里而皆准原理或定理并不存在。因此医学信息学 (或者更合适地称为信息医学) 将引入物数学这一新的逻辑体系, 将引入对数据行为、属性及其定义域 (包括超狭窄定义域, 非均匀或部分定义域, 阻断或非定义域等) 具有决定意义的环境参量 (层次参量, 或结构参量)。

结构的层次性涉及元结构概念, 其定义为如果结构 A 是结构 B 实现的条件或环境, 那么称结构 A 是结构 B 的元结构。多层结构和元结构称为结构层序, A 结构的第 n 级元结构表为 A 结构的 n-级元结构。一般来说, 元结构级别越高, 机体对其稳定度要求越高。所以元结构的疾病往往提示较严重情况。

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. 包含飞: 生物医学知识整合论(六), 《医学信息》杂志, 17 (8) : 452-457,2004
 11. 包含飞: 生物医学知识整合论(七), 《医学信息》杂志, (待发表)
 12. Bao H.F.: The Theory of Biomedical Knowledge Integration(I), Chinese Journal of Medical Treatment, 2(13): 1-6, 2003
 13. 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
 14. 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
 15. 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
 16. 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
 17. [MiForum 论坛](#) > [技术专题区](#) > [生物医学知识整合论](#) > 知识整合论涉及的重大科学问题, <http://bbs.miforum.org/mifbbs/>
 18. J.H. van Bemmél, M.A. Musen 主编, 包含飞, 郑学侃主译:《医学信息学》, 上海: 上海科技出版社, 2002
 19. [首页](#) >> [基础资源](#) >> [科普图书](#) >> [数学：确定性的丧失](#), http://res.yj.edu.sh.cn/Resource/Book/Edu/KPTS/TS009052/0004_ts009052.htm