

分形论、界壳论及其与地理学的发展 Fractal Theory, Jieke Theory and Development of Geography

朱晓华¹ 杨秀春

(南京师范大学地理科学学院, 博士¹ 南京 210097)

地理学的发展大体经历了由古代地理学到历史地理学,再到现代地理学的发展历程。现代地理

CHIPS), 分属不同航空公司的 CRS 系统, 分属不同保险公司的电子保险支付系统以及分属不同制造商的 SCM 系统等。现在的问题是, 用户应如何决策, 使他加入的 IOS 中获得最大的好处。这里不仅有经济效益问题, 还有技术选择和系统的使用等问题。

第八个问题是采用第三方网络的定价问题。现在有许多 IOS 采用第三方提供的商业化网络服务系统来完成与用户的联接。这么做的好处是, IOS 的拥有者可把精力和时间放在本组织的基本目标的实现和核心业务上, 同时可减少潜在用户的疑心和减轻维护方面的负担 (包括通信网的升级换代和基本服务等方面的负担)。但是, 选择何种商业通信网络为好, 其基本的考虑是网络使用价格与性能之比, 也要考虑用户的需求和承受能力, 决策的基础并不完全取决于 IOS 拥有者本身。这需要作进一步的实证研究和理论分析。

另外, 还有一些有关的问题, 例如, IOS 的拓扑结构对 IOS 用户的影响问题、IOS 技术进步问题、社会政治因素对 IOS 成长的影响问题等, 因篇幅关系, 在此不作更多的介绍, 请读者参看文献^{5,6)}。

五、结束语

IOS 是一种日益重要的信息系统, 它的使用对加快信息在组织之间流动、促进大范围的信息资源共享、提高组织的快速反应能力及获取竞争优势, 具有举足轻重的影响。同时, IOS 广泛应用对国内外贸易和经济的发展有深刻的影响。

IT 技术在美国产生的新经济奇迹, 表明了 IOS 在国民经济发展和对外贸易中的巨大作用: (1) 使组织际的合作与协调发生了重要的变化, 工作流程合理化, 效率更高, 企业赢得了时间和市场; (2) 使制定产品价格过程具有更大的透明度, 市场竞争更加激烈; (3) 由于大量使用 IOS, 使公司的库存量大为减少, 对需求的预测更加接近实际, 由于库存太多而需求减少所造成的经济衰退的可能性降低, 整个经济受景气周期影响的可能性从而大为减少; (4) IOS 投资效益对不可预见的利息变化的依赖性大为降低, 因为投资回收期较短; (5) 企业的生产率逐步提高。

需要指出的是, 我国在 IT 技术研究中, 对技术本身研究较多, 而对技术经济问题研究较少, 对 IOS 的经

济分析就更少了。而实际上, 无论何种信息系统, 均是一种手段或工具, 开发它是为了支持经济与社会的发展和进步。而实际上信息系统的经济效益究竟如何, 它对企业经营管理、组织结构和绩效有何影响, 应如何充分利用 IT 技术来重组企业以最大地发挥其作用等, 我国的研究还远远落后于欧美日等先进国家和地区^[8], 这对我国信息产业的发展不利。希望有关部门和行业的管理者引起注意并且能解决这样一些研究中遇到的难题, 如统计资料与标准等问题。

参考文献

- [1] Benjamin, R. I., D. W. de Long and M. S. Morton, Electronic data interchange: How much competitive?, Long Range Planning, Vol. 23, No. 1, 1990, pp. 29-40
- [2] Katz, M. L. and Carl Shapiro, Network externalities, competition, and compatibility, American Economic Review 75(Spring 1985), pp. 424-440
- [3] Lynda M. Applegate, F. Warren McFarlan and James L. McKenney, Corporate Information Systems Management: The Issues Facing Senior Executives(4th ed.), McGraw-Hill Companies, Inc., 1996.
- [4] Costello, G., Electronic commerce interorganizational system conceptual models and their applicability to strategic alliances, The role of value-added networks for EDI implementation, Electronic Commerce for Trade Efficiency, The eighth International Conference on Electronic Data Interchange & Interorganizational Systems, Bled, Slovenia, June 1995, pp. 100-113
- [5] Liu, Zhenyu, The economic analysis of the growth of network products, Peter Lang Verlag, Frankfurt, Germany: May 1998.
- [6] Riggins, F. J., Charles H. Kriebel and T. Mukhopadhyay, "The Growth Interorganizational Systems in the Presence of Network Externalities", Management Science, Vol. 40, No. 8, August 1994, pp. 984-998
- [7] Barua, A., C. H. Kriebel and T. Mukhopadhyay, Information technologies and business value: an analytic and empirical investigation, Information Systems Research Vol. 6, No. 1, March 1995, pp. 3-23
- [8] Mukhopadhyay, T., Sunder Kekre, and Suresh Kalathur, Business value of information technology: a study of electronic data interchange, MIS Quarterly, Vol. 19, No. 2, June 1995, pp. 137-156

(责任编辑 孙立明)

是距离钱学森教授所提出的现代地理学必须是集基础科学、技术科学和工程科学 3 位一体的科学的目标还有很大的差距。要实现地理学 3 位一体的宏伟学科目标, 地理学必须主动关注和积极应用近些年来兴起的新理论、新方法和新技术。分形论 (Fractal theory) 和界壳论 (jieke theory) 作为两门新兴的理论, 不仅已在哲学、美学等多个学科领域取得了一系列颇有新意的应用, 而且对深化地理学的相关研究也具有重要的意义。在此方面还缺乏综合性的研究, 本文对此进行初步的总结与探讨。

一、分形论与界壳论的基本概念

分形论由美国科学家曼得勃罗特 (B. B. Mandelbrot) 于 20 世纪 70 年代中期创立, 与耗散结构论、混沌论一样都是近几十年来发展起来的新学科, 现已被广泛应用到自然科学和社会科学的几乎所有领域, 成为当今国际上许多学科的前沿研究课题之一。用分形论刻划自然界中一些不规则、不稳定和具有高度复杂结构的现象, 已经收到了异乎寻常的效果。分形论主要用于研究复杂系统的自相似性, 借助它就可以通过少量信息来重现原来的研究对象, 具有指定信息少、计算容易和重现精度高的特点。

对于什么是分形, 曼得勃罗特给其下的原始数学定义较为简单, 即“分形是其豪斯道夫维 (Hausdorff dimension, D_f) 严格大于拓扑维数 (D_t) 的集, 即 $D_f > D_t$ ”。后来经众多研究者的修正, 给出了分形较为全面而恰当的定义, 该定义认为分形是具下列性质的集:

- (1) 具有精细结构, 即在任意小的比例尺下, 都可呈现出更加精致的细节;
- (2) 其不规则性在整体和局部均不能用传统的几何语言加以描述;
- (3) 具有某种自相似的形式, 但不是完全数学意义上的自相似性, 而是统计的自相似性, 或是近似的自相似性;
- (4) 一般 $D_f > D_t$, 即豪斯道夫维严格大于拓扑维数;
- (5) 该集常可由极简单的方法来定义, 可能由迭代产生;
- (6) 其大小不能用通常的测度 (例如面积、长度、体积等) 来量度。

一般而言, 分形结构有两个明显的特征: 第一个特征是自相似性 (selfsimilarity), 即重复放大分形的细部 (分形元) 又可看到与本身相似结构的再度出现, 并且这种出现过程具有随机性, 只有大小的区别, 而没有形状的不同, 亦即标度不变性; 第二个特征是缺乏平滑性 (nonsmoothing), 分形总是凹凸

凸、弯弯曲曲, 到处都不连续, 亦不可微分。

由于经典的几何方法不能适用于分形研究, 分维即成为分形数量特征的主要表征参数。一个分形集和其分维可由下列公式来确定, 即如果具有大于 r 的特征线性标度的客体数目 N 满足关系式: $N \propto r^{-D}$, 则定义了一个分形集, D 即为客体的分维数。如果一客体具有分形性质, 则在一定标度域内分维数为常数; 如果一客体在多个标度域内具有多个分维数, 则称之为多重分形 (multifractal) 体。曼得勃罗特曾经指出, 自然界中的大量事物和现象绝不是一个分维所能简单描述的。

界壳的概念最初发端于我国曹鸿兴研究员在 1988 年撰写的论文《界壳现象及其学术框架》, 此后经过 10 多年的丰富发展, 已基本形成界壳论的框架结构。界壳论的产生, 在系统科学中开辟了一个特殊的崭新领域。众所周知, 整个世界充满着形形色色的系统, 系统虽然是一个可以描述却难以加以精确定义的概念, 但是在研究某一问题时, 将特定对象从其它事物中分割出来, 这一特定对象就被称为一个系统。在对系统的长期研究过程中, 虽然对系统 3 要素, 即系统结构、系统功能、系统行为有着深入的认识, 但对于分隔系统和与系统相邻并与其依存的环境的系统周界却研究甚少。系统以它的周界与环境相分离, 无论从系统向环境, 或是环境向系统的物质、能量、信息的输送, 都必须经过这一周界, 这样, 系统周界对系统的形成与发展、对系统状态的变化都起着重要作用, 乃至决定性的作用。界壳论的产生, 就弥补了这块系统科学中被长期忽略了领域, 正如宋健院士所指出的那样, 界壳论的研究必将是一个“十分重要的命题”。

概括而言, 界壳论是关于系统周界的学问, 是专门研究称为界壳的系统周界。根据界壳论的基本观点, 将一个系统划分为周界和系里两部分。这里周界就具有了双重性, 一方面它是系统的一部分, 另一方面它又是系统和环境间的中介体。如果周界具有卫护系统以及与环境进行物质、能量、信息交换的作用, 这样的周界就被称为界壳。界壳又由界壁和界门组成, 界壁是界壳上卫护系统但无交换作用的部分; 界门则是界壳上进行系统与环境间交换的部分。

二、分形论与界壳论对深化地理学研究的方法论意义

分形论主要用于研究复杂系统的自相似性质。它的产生, 使得许多传统科学感到困惑的问题迎刃而解。用分形论刻划自然界和社会经济生活中一些不规则、不稳定和具有高度复杂结构的现象, 已经取得异乎寻常的效果, 由此也深化了对纷繁世

界诸多事物的认识。从哲学的层面上讲,分形论借助于事物内部的自相似性质来洞察隐藏于混乱现象中的精细结构,为人们从局部认知整体、从有限认知无限提供了新途径;同时,亦为不同学科发现的新的规律性提供了崭新的语言和定量的描述,为现代科学的深入发展提供了新的思路和方法。

从认识事物的途径或思考问题的方法来看,分形论与系统论分别体现了从两个端点出发的思想。系统论由整体出发确立各个部分的系统性质,沿着从宏观到微观的方向考察整体与部分之间的相关性;而分形论则是由部分出发来确立整体的性质,沿着从微观到宏观的方向考察部分与整体之间的相关性。系统论强调了部分依赖整体的性质,体现了从整体出发认识部分的思想;而分形论则强调了整体依赖于部分的性质,体现了从部分出发认识整体的方法。于是,系统论与分形论构成互补,相互辉映,极大地提高了人类认识自然界的能力和水平。

在传统数学范畴内,对那些可用经典微积分方法进行研究的集类和函数已作了深入的讨论,但对那些不十分光滑或不规则的集合和函数则认为其是“病态”或“妖魔”而不予重视。现在,这种情况开始出现了改变,人们不但认识到许多“不光滑集”很值得研究,而且用它们来描述自然现象要比经典的几何图形好得多,分形论的产生则为进行这类描述提供了有力的工具。分形论使人们能以新的观念、新的手段来处理扑朔迷离的无序的混沌现象和不规则的形态,揭示隐藏在复杂现象背后的规律,以及局部和整体之间的本质联系。

界壳论产生之后,用它来思考和重新考察地球物理、美学等学科的诸多问题,已经取得了一系列新的或是反传统的结论。但无论如何,有一点是可以充分肯定的,那就是界壳论将为深化思考自然、社会的有关问题提供新的观念与方法,对地理学的相关研究而言亦是如此。

随着界壳概念及原理的提出,系统论将不可避免地要探讨界壳问题,因为界壳是系统的不可分割的部分。在一般意义下研究界壳这一环境与系里的中介体的作用是界壳论产生之后提出的新命题。地理学是以地球表层内各地理圈层组成及其关系为研究对象的学科,地理圈层各系统及其子系统之间存在着众多的界壳,所以,从地理现象等普遍存在的界壳现象中寻找出它的普适规律,正是系统论及系统哲学的新任务之一。

因为界壳是系统的外围部分,所以界壳方法是系统方法的一部分。就此而言,界壳方法的形成与发展,丰富了系统方法。在对地理圈层各系统的传统研究中,对于界壳的约束性是不予考虑的,而界壳的方法则是研究系统周界对系统生成、发展或存活的影响以及系统对周界结构、功能的制约,所以,

当提炼出一般意义下的界壳论的原理和数学表述时,就可以指导地理现象的具体问题的实践过程。需要指出的是,界壳方法也有它的独特性,因为研究界壳,就将问题化为系里、界壳和环境三者间相互作用的问题,问题变得既具体,又复杂了,于是解决问题的思路、方法等都需要进一步思考和探讨。

总而言之,分形论与界壳论的产生,丰富了原有的系统方法,将研究者的视野拓展,能通过局部认识整体或是通过整体认识局部,同时考虑界壳问题,在将研究对象具体与复杂化的过程中,不断引发深入的思考,不断地获得新的认识。

三、分形论与界壳论在地理学研究中的应用

分形论的产生,最初源于曼得勃罗特对奇异自然界的大量而长期的观察、思考。它产生的过程,可以说是通过在地理学中的逐步应用而逐渐成熟的过程。分形论的产生,使得现代科学可以超越传统科学的束缚而对自然界中复杂事物的描述变得轻松自如,用分数维来描述复杂的自然和人文现象,已经取得了很好的效果。这一方面极大地促进了分形论本身的发展,另一方面也深化了对地理现象、事物的认识,并进一步引出了新的有待解决的问题,进而推动了地理学的纵深发展和逐步完善。总的来说,分形论在地理学中的大量应用已经揭示出了众多地理现象的分形特征。它还结合已有知识,把对客观世界本质的认识向前推进了一大步。虽然分形论对地理学界的大多数学人来说仍是一个较为陌生的领域,分形论在地理学中的应用还不够深入,基本上是处于对地理现象分形特征的揭示阶段,而且,即使是这一点也还是做得不够,但是可以肯定的是,分形论已为地理现象的本质研究打开了一条新的认识和研究思路。

同分形论在地理学中的应用比较而言,界壳论在地理学中的应用更是刚刚起步,但它同样为地理学深入研究开拓了思路。地理学是研究地球表层内的各地理圈层组成的系统的学科,以往的研究着重于地球上各个系统相互联系的整体性、时间演化的动态性、空间分布的区域性、形态各异的景观性等特征,但这些研究忽略了对系统周界(界壳)在系统与环境之间的物质、能量、信息三种交换中所起的作用以及机制等一系列值得探讨的问题。

在形态各异、纷繁复杂的大千世界中,界壳现象是非常普遍的,从地球的各个宏观圈层结构到大量的微观生态系统莫不如此。可以这么说,地球上的一切生物之所以能够生存,正是地球的层层界壳保护的结果。众所周知,地球固体部分由地核、地幔和地壳组成;大气层由对流层、平流层、暖层、散逸

层组成。地核深处和地外高空都是不适宜于人类居住的, 仅在地球地表有着适宜于人类生存的温度。这样的环境, 其实就是由固体地球层和大气层上下包围所形成的, 暖层、平流层、对流层以及岩石圈、水圈等共同构成的一个层层相套的界壳, 使得人类能够在其中生存繁衍。再者, 地球上的宏观与微观生态系统也无时不刻不在进行着物质、能量、信息的交流。地球表层系统是一个开放的巨系统, 它拥有数量庞大、种类繁多的子系统。地球的圈层之间存在着经常的、复杂的、不可忽视的相互作用。各个圈层通过自身的界壳与其它几个圈层不断地进行着物质、能量、信息的交流。

地理学研究的核心内容自然系统和人为系统之间也存在着相互作用。人为系统通过界门不断地从自然系统中索取物质、能量和进行信息交流, 以满足人类自身衣食住行等生存的需求; 同时, 人类改造自然的信息被自然系统接收后, 自然系统通过调节自身的功能与机制, 会建立起新的生态平衡。

在人类生活的空间, 城市、乡村也存在着界壳现象, 例如城市系统的边界。城市边界是城市生长的重要界线, 在其不断变迁的历史过程中, 已将大量信息孕育其中; 城市边界的变迁过程受到多种因素的影响, 其中包括政治变化、战争、城市发展、工业水平、运输状况、建筑技术、社会管理及自然生态等等。随着时间的推移, 这些因素在不断地变化着, 在不同的历史时期, 对城市边界的变迁产生不同的影响, 因此各个时期的界门的作用也处在不断的变化之中。在城市系统的边界(界壳)中, 海陆空交通通道为物质交换的界门, 通讯为信息交流的界门, 输电为能量流通的界门。城市之间以及城市与乡村之间都普遍存在着此类界壳现象。

关于分形论与界壳论在地理学研究中的交汇主要体现在对海岸线的分形研究上。界壳论的研究认为, 当界壳要素与系统状态有非线性作用时, 系统的动态方程就会出现非线性项。由于界壳对系统存在、发展与演化的重要作用, 所以系统出现自组织现象可能源于界壳控制的结果, 进而系统的界壳也可能是一种分形结构。关于这一仍不太确定的推论, 笔者认为可以从近年来的大量分形研究中得到一定程度的验证, 这些分形研究已经揭示出大量自然系统与人造系统的边界都是具有分形结构特征的, 那么它们的界壳是否具有分形结构特征就在一

(上接第 34 页)

是在世界创新格局中处于后发劣势的背景下谋求创新突破的努力中, 国家的功能更应当充分发挥。但是, 从我国创新系统内部发展的现状来看, 把创新仅仅视为国家行动而不是社会综合体中各行动主体整合互动的社会行动, 将会使我们重回旧体制的轨道。对于我们这种内部差异性非常显著的科技赶超型国家, 不可能用国

定程度上得到了回答。

对于海岸线的分形研究是分形论最传统的研究课题。1967 年在国际权威杂志《科学》上发表的题为“英国海岸线有多长”的论文, 在提出海岸线分形结构特征的基础上, 使分形论逐步得到了丰富和发展。对于某一区域范围内的海岸线来说, 它具体由河流入海口和其它部分海陆交界线所组成。但以往对海岸线的分形研究, 是忽视河流入海口这一界门存在的; 现在则是通过一定的河口处理原则, 将其视为海岸线的一部分, 再用计盒法等来计算其分数维。这类相关的研究成果的确深化了对海岸线特征的认识, 是对传统研究方法的一种升华。但值得提出的是, 河流入海口实际上是海岸线的不连续区, 是海洋系统与陆地系统之间进行物质、能量、信息交换的主要场所, 所以, 海岸线的这些“中断”, 即界门的出现, 除去功能与结构的原因之外, 是否还受某种随机因素的控制? 其中含有“中断”(界门)的自相似形的数学内涵是什么? 能否构造出相应的数学模型? 这些问题对数学和地学而言, 都是很有吸引力的新领域。其实, 对城市边界的分形研究来说也存在着类似的问题, 以往这一方面的分形研究也是忽略了基于物质、能量、信息而定义的各个界门的存在的。总之, 在运用分形论对海岸线、城市边界线等系统边界进行研究的基础上, 再运用界壳论来深化已有研究成果, 这一方面丰富了分形论和界壳论本身, 另一方面也进一步深化了问题, 提出了新的有待解决的命题。

分形论和界壳论作为发展时间较短的新理论, 它们本身的结构还是不完善的, 但它们的产生, 已经在推动系统哲学的发展以及在包括地理学在内的多个学科的应用中取得了富有成效的应用成果, 二者的发展远景无疑是广阔的。对地理学来说, 一是由于二者形成时间短, 二是由于绝大多数地学工作者对它们还比较陌生, 所以用分形论和界壳论的思想来认识地理现象还只是处于起步阶段, 但这已经为深入运用这两个新理论来加深对地理现象的认识开了一个好头, 已经取得了一些初步的研究成果。可以肯定, 通过研究者的不懈努力, 积极了解这两个理论, 加强各自在地理学中的应用研究和综合研究, 就一定能为地理学的深入发展作出积极的贡献。

(责任编辑 肖庆山)

家层次的单一创新系统解决整个民族遇到的挑战。依据各地科技、经济、社会和文化发展的实际情况, 充分发挥区域内的社会综合体特别是地方政府的主动创新潜能, 将影响甚至在某种程度上决定整个国家创新系统能否成功构建。此外, 中介服务和支撑体系的市场化和社会化水平也直接关系到社会综合体在国家和区域创新系统中互动的效率和水平。

(责任编辑 孙立明)