

·学科进展与展望·

复杂性、复杂系统与复杂性科学

宋学锋

(中国矿业大学管理学院,江苏徐州 221008)

[摘要] 本文在前人工作的基础上,研究和总结了复杂性、复杂系统与复杂性科学的基本概念,尝试给出了复杂性科学的定义;总结了复杂性科学的研究对象、基本原理和基本研究方法;综述了国内外研究现状,指出了存在的问题和今后需要重点研究的问题。

[关键词] 复杂性,复杂系统,复杂性科学

引言

复杂性科学(Science of Complexity)是一种新兴的边缘、交叉学科。国外有学者称复杂性科学是科学史上继相对论和量子力学之后的又一次革命,国内成思危教授认为它是系统科学发展的一个新阶段^[1,2],戴汝为院士称其为“21世纪的科学”^[3]。有关的学术会议和论文发表数量急剧增加,相关的研究在国内外掀起了热潮。总之,它方兴未艾,引起了国内外越来越多学者的关注。复杂性科学打破了线性、均衡、简单还原的传统范式,而致力于研究非线性、非均衡和复杂系统带来的种种新问题。

复杂性科学的出现极大地促进了科学的纵深发展。使人类对客观事物的认识由线性上升到非线性、由简单均衡上升到非均衡、由简单还原论上升到复杂整体论。因此,我们认为复杂性科学的诞生标志着人类的认识水平步入了一个崭新的阶段,将是科学发展史上又一个新的里程碑。

1 复杂性与复杂性科学

1.1 复杂性(Complexity)

目前,关于复杂性的定义尚没有统一的说法。因为复杂性涉及面很宽,譬如:生物复杂性、生态复杂性、演化复杂性、经济复杂性、社会复杂性,凡此种种,不一而足。但值得说明的是:我们日常所说的“复杂性”或“复杂”指的是混乱、杂多、反复等意思,

而并非科学研究领域中与混沌、分形和非线性相关联的“复杂性”。根据研究,笔者认为复杂性可以狭义地定义为:“复杂性是指系统由于内在元素非线性交互作用而产生的行为无序性的外在表象”。

从国内外自然科学、工程技术科学、管理科学和人文社会科学等领域关于“复杂性”、“非线性”的研究状况来看,复杂性是涉及不同科学领域的共同问题,对此的研究工作是分布在不同领域里分别进行的。

总之,由于复杂性概念在不同的学科领域,研究对象和采用的分析方法不同,因而对复杂性概念的定义也不相同,所以,到目前为止,对复杂性还没有一个严格定义。

1.2 与复杂性相关的几个概念及其相互关系

(1)随机性:随机现象是系统内涵不确定而外延确定的表象。随机性并不复杂,历史上不少复杂性的定义其实针对的是随机性,复杂性介于随机和有序之间,是随机背景上无规则地组合起来的某种结构和序。

(2)模糊性:模糊现象是系统内涵确定而外延不确定的表象,可以运用模糊数学的方法减少外延的不确定性。显然,这与复杂性科学的研究有本质区别。

(3)混沌边缘(Edge of Chaos)

这是指一个复杂自适应系统运行在有序和无序之间的相变过程中出现的有界非稳定性的一种形

国家自然科学基金委托项目,教育部优秀青年教师资助计划资助。
本文于2003年6月3日收到。

式,但这并非复杂性的全部。

(4) 突现(Emergence)

突现是指复杂系统中的行为个体(Agent)根据各自行为规则相互作用所产生的没有事先计划但实际却发生了一种行为模式。由于产生突现的系统是确定系统,因此,突现并非随机现象。在偶然事件中,整体行为模式不能根据其个体行为规则进行预测。也可以表述为,整体模式不能还原其个体行为。但“突现”只是复杂性的一种表现形式,并非复杂性的全部。

(5) 简单性和复杂性

简单性一向是现代自然科学的一条通则。许多科学家相信自然界的基本规律是简单的。爱因斯坦曾是这种观点的突出代表者。虽然复杂现象比比皆是,但人们还是努力要把它们还原成更简单的 Agent 或过程。当然的确有不少复杂的事物或现象,其背后确实存在简单的规律或过程。但是,另一方面也存在大量的事物和现象不能用简单的还原论方法进行处理。事实上,简单性与复杂性是客观事物的两种不同表现形式。“复杂性必须用复杂性的方法来研究”^[4]。

1.3 复杂系统的定义及其基本特征

目前关于复杂系统的定义还很不统一,至少有 30 多种,有代表性的主要有如下一些:

(1) 复杂系统就是混沌系统(混沌学派)。

(2) 复杂系统是具有自适应能力的演化系统(Santa Fe)。

(3) 复杂系统是包含多个行为主体(Agent)具有层次结构的系统。

(4) 复杂系统是包含反馈环的系统(Stacey)。

(5) 复杂系统是任何人不能用传统理论与方法解释其行为的系统(John Warfield)。

(6) 复杂系统是动态非线性系统。

虽然目前关于复杂系统的认识与定义尚未统一,但是对复杂系统的基本特征的认识却比较一致。一般认为复杂系统具有以下特征:

(1) 非线性(不可叠加性)与动态性:普遍认为非线性是产生复杂性的必要条件,没有非线性就没有复杂性。复杂系统都是非线性的动态系统。非线性说明了系统的整体大于各组成部分之和,即每个组成部分不能代替整体,每个层次的局部不能说明整体,低层次的规律不能说明高层次的规律。各组成部分之间、不同层次的组成部分之间相互关联、相互制约,并有复杂的非线性相互作用。

动态性说明系统随着时间而变化,经过系统内部和系统与环境的相互作用,不断适应、调节,通过自组织作用,经过不同阶段和不同的过程,向更高级的有序化发展,涌现独特的整体行为与特征。在牛顿动力学中有一个基本假定,即一个系统如果不受外界干扰就会趋向于均衡。但在复杂系统动力学中,均衡状态就意味着系统的“死亡”。

(2) 非周期性与开放性:复杂系统的行为一般是没有周期的。非周期性展现了系统演化的不规则性和无序性,系统的演化不具有明显的规律。系统在运动过程中不会重复原来的轨迹,时间路径也不可能回归到它们以前所经历的任何一点,它们总是在一个有界的区域内展示出一种通常是极其“无序”的振荡行为。

系统是开放的,是与外部相互关联、相互作用的,系统与外部环境是统一的。开放系统不断的与外界进行物质、能量和信息的交换,没有这种交换,系统的生存和发展是不可能的。任何一种复杂系统,只有在开放条件下才能形成,也只有在开放条件下才能维持和生存。开放系统还具有自组织能力,能通过反馈进行自控和自调,以达到适应外界变化的目的;具有等稳定性能力,保证系统结构稳定和功能稳定,具有一定的抗干扰性;在同环境的相互作用中,具有不断复杂化和完善化的演化能力。

(3) 积累效应(初值敏感性):初值敏感性,即所谓的“蝴蝶效应”或积累效应,是指在混沌系统的运动过程中,如果起始状态稍微有一点改变,那么随着系统的演化,这种变化就会被迅速积累和放大,最终导致系统行为发生巨大的变化。这种敏感性使得我们不可能对系统做出精确的长期预测。

(4) 奇怪吸引力:复杂系统在相空间里的演化一般会形成奇怪吸引子。吸引子是指一个系统的时间运行轨道渐进地收敛到的一系列点集。换句话说,吸引子是一个系统在不受外界干扰的情况下最终趋向的一种稳定行为形式。而奇怪吸引子既不同于稳定吸引子,它使系统的运行轨道趋向于单点集(点吸引子)或者一些周期圆环(极限环);也不同于不稳定吸引子,它使系统趋向于一些完全随机的行为形式。奇怪吸引子是一种既稳定又不稳定,处在稳定和稳定区域之间的边界。系统在所有相邻的轨道上运行最终都会被吸引到它的势力范围,但吸引子中两个任意接近的点,虽然同属于一个吸引子,却可能发生背离,轨道的背离是因为它具有初值敏感性。

(5) 结构自相似性(分形性):所谓自相似是指系

统部分以某种方式与整体相似。分形的两个基本特征是没有特征尺度和具有自相似性。对于经济系统,这种自相似性不仅体现在空间结构上(结构自相似性),而且还体现在时间序列的自相似性中。一般来说,复杂系统的结构往往具有自相似性,或其几何表征具有分数维。

综上所述,我们认为复杂系统可以定义为:“具有上述基本特征的非线性动态系统”。

1.4 复杂系统的分类

复杂性的种类很多,从不同的角度可以进行不同的分类。成思危先生认为复杂性可以分为:物理(自然系统)系统复杂性、生物系统复杂性、社会系统复杂性。

1.5 复杂性科学与管理复杂性科学

(1)复杂性科学:经过研究,我们认为:“运用非还原论方法研究复杂系统产生复杂性的机理及其演化规律的科学”可以作为复杂性科学的定义。简单地说,复杂性科学就是运用非还原论方法研究复杂系统的科学。

(2)复杂性科学的研究对象:圣达菲(Santa Fe)研究所,把诸如对称破缺、局域化、分形和奇怪吸引子等“各种新性质怎样冒出来”的种种思想贯穿起来,作为复杂性科学的研究对象。而几本20世纪90年代初出版的标题类似的通俗读物,都把复杂性研究作为介于有序和混沌边缘的科学。

其实,这些观点都不够全面,我们认为,复杂性科学研究对象是具有前述复杂性基本特征的复杂系统。

2 复杂性科学的基本原理

总结目前的研究成果,我们认为复杂性科学的基本原理主要有以下一些:

(1)整体性原理。由于复杂性科学的研究对象是非线性经济系统,传统的叠加原理失效,因此,不能采用把研究对象分成若干个小系统分别进行研究,然后进行叠加的办法,而只能从总体上把握整个系统。

(2)动态性原理。复杂系统必然是动态系统,即与时间变量有关的系统。没有时间变化,就没有系统的演化,也就谈不上复杂性规律。

(3)时间与空间相统一原理。复杂性科学不但研究系统在时间方向上的复杂演化轨迹,而且还试图说明系统演化的空间模式。一般说来,系统中非线性关系所导致的混沌可以认为是一种时间演化轨

迹,同时也可以分形来描述系统长期演化后的空间模式。这两种描述通过奇怪吸引子的分数维和李雅普诺夫指数等概念相关联。

(4)宏观与微观相统一的原理。复杂性科学认为,经济系统的宏观变量大的波动可能来自于组成系统的一些元素的小变化。因此,为了探讨复杂系统宏观变量的变化规律,必须研究它的微观机制。但由于非线性机制的作用,又不能将系统进行分解,所以说必须将宏观与微观相统一。

(5)确定性与随机性相统一原理。复杂性科学理论表明:一个确定性的经济系统中可以出现类似于随机的行为过程,它是系统“内在”随机性的一种表现,它与具有外在随机项的非线性系统的不规则结果有着本质差别。对于复杂系统而言,结构是确定的,短期行为可以比较精确地预测,而长期行为却变得不规则,初始条件的微小变化会导致系统的运行轨迹出现巨大的偏差。

3 复杂性科学的主要研究方法

3.1 理论分析方法

理论分析是研究复杂系统的必不可少的重要途径。主要包括对复杂系统进行事前、事中和事后的理论分析。而对复杂系统的判定是事前理论分析的重要内容,我们在1996年对此进行了系统研究,总结了一些定性定量判别方法^[5]。

3.2 复杂系统的模型分析方法

模型方法是研究复杂系统的重要途径之一。目前有重要影响的模型方法有:

- (1)混沌动力学模型法(Chaos Dynamics);
- (2)符号动力学方法(Symbolic Dynamics);
- (3)结构解释模型法(ISM);
- (4)系统动力学方法(System Dynamics);
- (5)复杂适应系统方法(Complex Adaptive System)。

3.3 复杂系统的数值计算与模拟方法

有关的数值计算方法主要有:(1)遗传算法;(2)演化计算方法;(3)胞映射方法等。

模拟方法主要有:(1)系统动力学(System Dynamics)方法;(2)元胞自动机方法;(3)SWARM方法等。

4 复杂性科学研究现状

4.1 国外复杂性科学研究现状

国外比较规模化的有关复杂性科学方面的研究

一般认为是在 20 世纪 70 年代末或 80 年代中期开始的。

首先是对混沌系统的研究,我们知道罗伦兹的实验错误导致了混沌现象的发现。但是,当时学术界的主流仍然只注意到强调因果关系的确定性系统,直到 1975 年,美国数学家李天岩(Li)和约克(York)将罗伦兹的发现一般化,提出了著名的李-约克定理^[6],从而正式定义了“混沌(Chaos)”的概念。混沌一词的提出引起了学术界极大的兴趣。1976 年,美国生物学家梅依(R. M. May)将李-约克理论应用于生物种群的研究,采用形象的分枝理论描述李-约克定理及混沌现象^[7]。物理学家瑞勒(Ruelle)和塔肯斯(Takens)也用混沌理论去阐述流体力学中的百年难题——湍流机理问题。许多经济学家,如:司徒泽(Stutzer)、德依(Day)、贝哈鲍比(Benhahib)、谢菲(Shafer)、沃尔夫(Wolff)、伍德菲德(Woodford)、丹克瑞(Deneckere)和普里曼(Peliman)等在 20 世纪 80 年代也从不同的角度成功地将混沌理论应用于经济管理的研究之中。1990 年美国马里兰大学的物理学家奥特(Ott)、格里博士(Grebogi)及约克(Yorke)3 人首先从理论上提出的混沌控制方法,后来简称为 OGY 方法。这些成果拉开了运用混沌理论与方法研究复杂性的序幕,为人类认识和控制复杂系统开辟了新的途径。

这方面研究的另一个先锋是普利高津(Ilya Prigogine)领导的 Brussels 学派,普利高津是诺贝尔化学奖的获得者,他与尼利科思合著了著名的《探索复杂性》一书,拉开了这个学科的序幕。

1984 年在诺贝尔物理学奖获得者盖尔曼(Murray Gell-mann)和安德逊(Philip Anderson)、诺贝尔经济学奖获得者阿若(Arrow)等人的支持下,聚集了一批从事物理、经济、理论生物、计算机科学的著名的研究人员,组织了著名的桑塔菲研究所,试图通过将多领域的人物和思想聚在一起的手段来找出支配着这些复杂系统的一般规律。他们认为复杂系统是由许多的相互作用的“Agent”组成的,Agent 之间的相互作用可以使系统作为一个整体产生自发性的自组织行为。在这种情况下,单个的 Agent 通过寻求互相的协作、适应等超越自己,获得思想、达到某种目的或形成某种功能,并使系统有了整体的特征。而且,每一个这样的复杂系统都具有某种动力,这种动力与混沌状态有很大的差别,因为用混沌理论无法解释结构和内聚力以及复杂系统的自组织内聚性。复杂系统具有将秩序和混沌融入某种特殊平衡的能

力。它的平衡点被称为混沌的边缘,在这种状态下,系统的 Agent 不会静止在某一状态中,但也不会动荡甚至解体。在这种状态下,系统有足够的稳定性来支撑自己的存在,又有足够的创造性使自己维持系统的发展。基于对复杂系统构成的这种认识,创立了适应系统(CAS)理论。从而认为稳定和均衡是组织的规范状态。作为对外部环境变化的反映,组织系统通过调节以适应环境的要求。

与此同时,桑塔菲研究所也为各个科学领域研究的发展做出了很大的贡献。阿瑟(Brain Arther)的报酬递增率将经济学建立在生物学理论上,它强调个体生命,人们是分散和不同的,历史上的偶然事件、干扰和差异经非线性作用的放大成为驱动力量,因而认为经济系统没有绝对的均衡,永远处在重组、退化和发展之中。盖尔曼(Murray Gell-mann)、考温(George Cowan)、安德逊(Philip Anderson)等杰出的科学家,提出学科整合和科学应从还原论向整体论方向发展,并提出了 Agent 和 Emergence(突现)等的概念。荷兰德(Holland)开创了基因算法、分类器系统,推动了神经网络算法的发展,归纳出复杂自适应系统的特征。郎顿(Chris Longton)开创了人工生命理论,推动了元胞自动机理论的发展,提出了复杂吸引子的概念。他认为在不动点吸引子、周期吸引子和奇怪吸引子之外还有一类吸引子为复杂吸引子,及所谓的混沌边缘状态,在这种状态下系统表现出永恒的新奇性。法默(Fammer)将神经网络、遗传算法、分类系统模型和免疫系统模型等通过关联主义的思想统一为节点-关联物模型。丹麦出生的物理学家普巴克(Per Bak)提出了关于自组织临界性的概念。考夫曼(Kauffman)提出了自组织临界条件理论。考夫曼指出如果系统中 Agent 的相互作用过于简单低于临界值时,系统就不会发生相变,但如果相互作用的复杂性达到了一定的程度,系统就会发生自组织并产生更高级的秩序。他还将自组织临界性和混沌的边缘概念进行了整合,提出如果一个系统表现出各种规模的变化和骚动波,如果其变化的规模遵循着一种幂律,那么这个系统就处于临界状态或者说是处于混沌的边缘。

在管理学界,从目前笔者所能查到的文献资料来看,最早的论著是美国 George Mason 大学的 Warfield 教授于 1976 年出版的专著:《社会系统:计划、政策与复杂性》^[8]。之后,Malaska 和 Kinnunen (1986)研究发现组织决策能导致存储问题的混沌、无序和意外的结果;Streufert 和 Swezey 于 1986 年出

版了《复杂性、管理者和组织》一书; Loye 和 Eisler (1987) 研究了社会科学中的混沌和非均衡现象; Warfield(1990) 出版了通过系统设计的方法管理复杂性的著作, 提出了通过结构化系统分析处理在复杂环境下有效提高决策效果的系统方法; Richards (1990) 研究证实了战略计划存在的混沌与复杂性; Mosekilde 等人(1991) 揭示了制造加工过程的管理决策的不稳定性和复杂性; Kiel 和 Elliott(1992) 研究认为政府预算是一个充满变化的非线性和复杂系统; Kiel(1993, 1994) 运用非线性动力学方法发现在政府组织中存在混沌和“隐序”现象; Comfort(1993) 证明了复杂性科学能作为一种模型在自然的或技术的灾难发生期间协调组织内部的活动; Warfield 和 Cárdenas(1994) 提出了交互式管理的理论与方法, 为在复杂环境下的决策提供了较为可行的决策分析方法^[9]; Thietart 和 Forgues(1995) 研究了混沌与组织的关系; Stacey(1996) 研究了组织复杂性与创造性问

题, 研究指出组织是复杂的演化系统, 并在三种区域中运行。当运行于不稳定区域, 无论是长期还是短期, 组织的行为都是不可预测的; 当运行于稳定区域, 组织的短期行为是可以预测的; 在混沌的边缘, 组织行为是不可预期的, 但是不稳定性会局限于一个有限边界内^[10]。Sackmann(1997) 研究了组织的文化复杂性问题上指出, 新时代的组织文化充满了冲突和复杂性, 并从多个层次进行了初步分析^[11]; Axlord(1997) 研究了组织合作复杂性问题上, 初步分析了组织合作稳定与不稳定性条件; Holland(1998) 出版了《突现: 从混沌走向有序》一书; Flood, Carson(1988, 1993) 和 Charajedaghi(1999) 从系统方法的角度研究了管理混沌与复杂性的方法^[12]。

根据乔治·梅森大学(George Mason University)的沃菲尔德(John N. Warfield)教授的总结, 目前已形成了五大学派^[13]。其主要学术观点及研究方向如表 1 所示。

表 1 管理复杂性的学派

学派名称	代表人物	理论工具	复杂性所在	重要研究方向
混沌学派	Li York, May R, M. J. Feigenbaum R. Day 等人	非线性方程	系统中	物理、经济、生物系统等
结构学派	Piece, Vickers Warfield 等人	集合论、布尔代数、形式逻辑等	人脑中	经济管理理论, 交互式管理
系统动力学派	Senge, Meadows Forrester 等人	常微分方程与计算机模拟	系统中	组织理论、社会经济系统
适应系统学派	Kauffman, Arthur Holland, Cowen 等人	偏微分方程	系统中	经济、生物、认知等系统
暧昧学派	一些单独的研究学者	学科交叉	不明确	社会、科学、语言系统等

4.2 国内复杂性科学研究现状

早在 20 世纪 90 年代初, 钱学森先生就提出了“开放的复杂巨系统理论”^[14]。随着对复杂性科学重要意义认识的不断加深, 复杂性科学在国内也受到了普遍的重视。自 1997 以来, 关于复杂性研究的自然科学基金项目的数量呈快速增加趋势, 它们涉及物理、生物、地理、医学、经济、管理与哲学社会科学等众多内容。国内的开设复杂性专栏的网站不断增多, 撰写和翻译的有关著作层出不穷, 有关会议的成果和相关论文也呈百家争鸣之势。现按照成思危先生的分类方法, 分别从物理复杂性、生物复杂性、经济社会复杂性三个方面概述如下:

(1) 在物理(自然)系统复杂性研究方面

我国科学家是从 20 世纪 80 年代初开始研究复杂性的。和国外研究一样, 物理学是复杂性科学应用最为广泛的领域之一。中国科学院郝柏林院士 1983 年研究了物理学中的混沌、分岔与湍流问题^[15], 1990 年编辑了英文版的《混沌》(Chaos II) 一书, 并于 1992—1998 年主编出版了我国的非线性科

学丛书, 目前已经出版了十几本著作, 对复杂性科学的研究起到了极为重要的推动作用。

中国矿业大学谢和平院士用分形理论与方法研究了岩石损伤问题, 创立了分形力学, 在国外产生了重要影响。分别于 1990 年和 1996 年出版了《岩石混凝土损伤力学》和《分形岩石力学导论》^[16] 等著作。

陈予恕、唐云等编写出版了《非线性动力学中的现代分析方法》^[17]; 方锦清研究了混沌系统的控制理论与方法^[18], 发表了一系列的论文, 取得了一些较有影响的成果; 於崇文的《固体地球系统的复杂性与自组织临界性》^[19], 王卫国等人的《北半球不同纬度臭氧层系统混沌吸引子的特征研究》, 研究了地学中的复杂性问题。魏一鸣从自然灾害系统的观点出发, 阐述了自然灾害系统的特点, 提出了自然灾害复杂性的概念^[20], 基于前人研究的一些成果, 讨论了分形、混沌、人工神经网络等非线性理论以及定性与定量综合集成技术在自然灾害复杂性研究中的应用, 并针对近百年来九江年降水时间序列资料, 应用

分形理论,得出九江年降水时间序列是一混沌序列。从而,为进一步建立年降水预测预报模型奠定了基础。谢之康构建了非线性火灾学及其相关学科体系结构,探讨了煤矿重大伤亡事故及可燃物点火、熄灭现象的非线性机理,指出了非线性火灾学可能应用的领域,为产生一批新的非线性火灾学分支学科提供了可能^[21]。这些成果使我们更好地预测和预防自然灾害成为可能。另外,张勤的《控制太阳活动的混沌吸引子》以及高志球的《HEIFE 绿洲和沙漠地区大气边界层湍流混沌特性研究》等论文为我们更深刻地了解我们赖以生长的环境提供了新的视角^[22,23]。

(2) 在生物系统的复杂性研究方面^[24-28]

人们普遍认为,生物的复杂性和非生物的复杂性是两类不同的复杂性,前者的复杂性程度比后者要高得多,而且有质的不同。生物复杂性有三个特点,其一是在复制生物结构的过程中,存在指令和控制,并由此展现出生长性和自适应性;其二是生物具有无双性,这导致不同层次、不同类群,甚至不同个体生物的复杂性,显示有很强的个性,这是在生物学领域应用数学方法的一个难点;其三是生物复杂程度的超巨性,这也使得生物复杂性难以量化。研究表明,许多生物体中存在混沌现象,兔嗅觉识别的过程、穴位的红外辐射、人的脑电信号、大鼠的心动周期信号、健康人的心搏、儿童的心理周期都具有混沌特征。另外,不少医学研究者将混沌理论应用与疾病的研究,对心脏病、精神病、癫痫病、糖尿病等疾病的发生机理、诊断与控制方法以及疾病的传播过程进行了具有实践意义的探讨。

(3) 在经济管理与社会系统复杂性研究方面

经济系统是一个开放的系统,近年来的研究成果表明,经济系统中存在着大量的复杂性现象,经济工作者可根据实际情况对系统的复杂性行为实施控制。从微观层面的企业库存控制、产品设计、生产过程、组织管理、企业系统管理到宏观层面的经济系统、国际石油市场、金融危机的控制、可持续发展战略的实施,都可以利用混沌理论进行分析和控制。因此要客观地分析经济运行规律,就必须正确研究经济系统中的非线性和混沌现象。陈平(1988)研究了国外金融市场的混沌问题,首次证实了经济系统也存在混沌现象^[29]。

由于混沌现象在非线性系统中普遍存在,因而经济混沌研究显得格外重要。宋学锋(1992—1998)系统研究了浑沌经济学的一些基本理论问题,给出

了浑沌经济学的定义、界定了浑沌经济学的研究内容与范畴、系统总结了浑沌的定量特征及其判别方法,以离散浑沌经济系统为对象,研究其浑沌规律,提出了“区间分析法”,以便确定浑沌发生的临界区间。研究了经济管理系统的复杂性度量问题,提出了浑沌度的概念和计算方法,以便对不同的浑沌系统进行对比分析。比较了浑沌经济学与经典经济学的关系、总结出了浑沌经济学的基本原理和研究方法,形成了浑沌经济学基本的理论框架,在国内出版了《浑沌经济学理论及其应用研究》的专著^[5,30,31];黄登仕、李后强(1993)系统总结了非线性经济模型和研究方法,并出版了《非线性经济学的理论与方法》^[32]。陈平(2000)出版了《文明分岔、经济混沌和演化经济学》^[33]等著作。孙广振与王劲松(1994)、徐前方(1994),宋学锋(1994—2002)以及吴冲锋(2002)等运用非线性理论和浑沌理论研究了我国证券市场股票价格波动的复杂性问题^[33-40]。

在管理复杂性方面:1992年钱学森提出了“综合集成研讨厅”方法构想,用于分析复杂巨系统;戴汝为研究了认知复杂性问题并与于景元、王浣尘等合作承担综合集成研讨厅的理论、方法及应用研究的重点课题,有望创立有我国独立知识产权的成果。

1999年在成思危先生积极推动下,召开了以复杂性科学为主题的香山论坛,并主编出版了《复杂性科学探索》^[1],还组织专家翻译出版了复杂科学研究丛书^[41,42];刘洪、袁闯研究的混沌的管理问题^[43,44],马军海、盛昭翰研究了混沌时序的系统重构与预测技术^[45],等等。另外,2001年6月和2002年8月,分别在中国矿业大学和上海交通大学召开了第一和第二届全国复杂性学术研讨会,标志着我国管理复杂性研究进入了重要的发展阶段。

4.3 目前复杂性科学研究存在的主要问题

当前,关于复杂性科学的研究及其在众多学科领域的应用如火如荼,且正在迅速发展,但其中也存在不少问题,总的来看,主要表现在:

(1)有把复杂性科学研究泛化的趋势,望文生义地将许多本质不属于复杂性科学研究的问题错误地纳入复杂性科学研究范围,如:计算复杂性。甚至还有用复杂性科学来“包装”某些问题的现象,这都是复杂性科学初创阶段应努力避免的错误倾向;

(2)有关复杂性理论的研究和应用主要局限在物理、生物和经济管理领域,在其他领域,如社会科学和艺术领域的研究还相对比较滞后;

(3)许多复杂性问题的研究,尤其是社会科学领

域,目前还主要停留在定性的层面,定量分析和模型的建立仍需要加强;

(4)数据的来源不充足,难以满足复杂性分析的需要;

(5)大多数研究集中体现在理论方面,可操作性不强;

(6)经济与管理复杂性研究仍存在的问题,主要有:(i)对管理系统复杂性的机理缺乏深入的研究。如,管理复杂性的主要表现形式是什么?管理复杂性的经济管理含义与动因是什么?管理复杂性组织的演化规律是什么?等等;(ii)关于适用于复杂管理系统管理与控制方法缺乏科学而深入的研究,还停留在非线性方法和混沌理论在管理中简单应用的阶段;(iii)对复杂管理系统所需要的组织结构、组织设计、组织文化、组织战略与计划、以及组织决策,缺乏系统深入地研究;(iv)从方法论上来看,要么生搬硬套自然科学里的复杂性研究方法去套管理复杂性;要么利用计算机进行硬性仿真模拟;要么只注重系统的客观复杂性,忽略了包含人的因素在内的管理系统与自然科学的区别;要么只关心系统的主观复杂性而对复杂性的客观本质视而不见。因此,难以发挥定性定量、数学推理与计算机仿真模拟、局部分析与整体优化、客观研究与主观分析相结合等各种不同方法的不同特点。

许多科研工作者已经认识到上述这些问题,因此,立足于复杂性的实际情况,针对上述几个问题进行改进和突破,可望成为今后复杂性研究的重要方向。

总之,近十几年来,复杂性科学与其他科学相互渗透。无论在生物学、生理学、心理学、数学、物理学、化学、电子学、信息科学,还是在天文学、气象学、经济学,甚至在音乐等艺术领域,都得到了广泛的应用。

“相对论消除了关于绝对空间与时间的幻想;量子力学则打破了关于可控测量过程的牛顿范式的梦想;而复杂性则消除了拉普拉斯关于决定论范式可预测性的幻想。”

从本质上讲,复杂性科学是一种关于过程的科学而不是关于状态的科学,是关于演化的科学而不是关于存在的科学。作为一门新兴的交叉边缘学科,复杂性科学才刚刚诞生,其研究内容、研究方法和手段都在不断探索与发展之中。只要我国学者能抓住这次机遇,刻苦钻研,不断创新,就一定能够在复杂性科学这一新兴学科领域里占有一席之地。

致谢:限于篇幅,对一些参考文献不得不作了删简,在此谨向有关作者表示歉意和衷心的感谢!

参 考 文 献

- [1] 成思危,冯芷艳. 复杂性科学探索. 北京:民主与建设出版社, 1999,1—8.
- [2] 成思危. 复杂科学与系统工程. 管理科学学报,1999,12(2):1—6.
- [3] 戴汝为. 关于“复杂性”的研究——一门 21 世纪的科学. 科学前沿与未来. 北京:科学出版社,1998,182—207.
- [4] 苗东升. 论复杂性. 自然辩证法通讯,2000,22(6):87—92.
- [5] 宋学锋. 浑沌经济理论及其应用研究. 徐州:中国矿业大学出版社,1996.
- [6] Li T Y, James A. York, Period Three Means Chaos. American Mathematical Monthly,1975,82: 985—992.
- [7] May R M. Simple Mathematical Models with Very Complicated Dynamics. Nature, 1976,261: 959—967.
- [8] Warfield J N. Societal Systems: Planning, Policy, and Complexity. New York: Wiley Inter-science, 1976.
- [9] Warfield J N, Roxana Cárdenas. A Handbook of Interactive Management. Ames, IA: Iowa State University Press, 1994.
- [10] Stacey Ralph. Complexity and Creativity in Organization. San Francisco: Berret Koehler Publishers, Inc., 1996.
- [11] Sackmann Sonja A. Cultural Complexity in Organizations. Sage Publications, 1997.
- [12] Flood C. Dealing With Complexity, 2nd. New York: Plenum Press, 1993.
- [13] Warfield J N. Twenty Laws of Complexity: Science Applicable in Organizations. Systems Research and Behavioral Science, 1999, 16: 3—40.
- [14] 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域——开放复杂巨系统及其方法论. 自然杂志,1990, 13(1):3—10.
- [15] 郝柏林. 分岔、混沌、奇怪吸引子、湍流及其它. 物理学进展, 1983, 3(3):340—398.
- [16] 谢和平. 分形-岩石力学导论. 北京:科学出版社,1996.
- [17] 陈子恕. 非线性动力学中的现代分析方法. 北京:科学出版社, 1992.
- [18] 方锦清. 非线性系统中的混沌控制、同步及其应用前景(一、二). 物理学进展,1996,16(1,2):1—74,137—202.
- [19] 施崇文. 成矿动力系统混沌边缘分形生长——一种新的成矿理论与方法论. 地学前缘,2001,8(3,4):9—28,471—489.
- [20] 魏一明. 自然灾害复杂性. 地理科学,1998,18(1):25—31.
- [21] 谢之康. 火灾现象与非线性——非线性火灾学(1). 中国矿业大学学报,1999,28(5):421—424.
- [22] 张勤. 控制太阳活动的混沌吸引子. 天文学进展,1998,16(1): 26—34.
- [23] 高志球,王介民. HEIFE 绿洲和沙漠地区大气边界层湍流混沌特性研究. 高原气象,1998,17(4):397—402.
- [24] 李福利,方彪,陈志刚. 穴位辐射的混沌与分形. 量子电子学报, 1997,14(3):193—196.
- [25] 徐强等. 脑电信号的混沌分析. 中国医学物理学杂志,1997,14

- (1):56—58.
- [26] 徐晓红, 罗勇等. 大鼠心电图时频域及混沌分析. 基础医学与临床, 1997, 17(5):60—64.
- [27] 季晓林, 代成波等. 经颅混沌电信号治疗难治性癫痫的初步临床研究. 福建医药杂志, 2000, 22(3):1—2.
- [28] 李荣, 严钟德, 沈鼎明. 糖尿病患者心率变异性分析功率谱、混沌特征初探. 重庆医科大学学报, 1999, 24(3):264—266.
- [29] Chen P. Empirical and Theoretical Evidence of Monetary. Chaos System Dynamic Review, 1988, 47:88—96.
- [30] 宋学锋. 混沌经济学的定义、内容与意义. 系统工程理论方法应用, 1998, 7(4):1—5.
- [31] 宋学锋. 混沌经济学基础理论研究. 中国矿业大学学报, 1998, 27(2):119—122.
- [32] 黄登仕, 李后强. 非线性经济学的理论和方法. 成都:四川大学出版社, 1993.
- [33] 陈平. 文明分岔、经济混沌和演化经济学. 北京:经济科学出版社, 2000.
- [34] 徐前方. 上证指数中的奇异吸引子. 数量经济与技术经济研究, 1994, 10(2):23—26.
- [35] 孙广振, 王劲松. 深圳股市混沌现象的辨识及其讨论. 数量经济与技术经济研究, 1994, 10(1):64—67.
- [36] 周延, 郁可. 分形几何在股票价格变动研究中的应用. 预测, 1993, (3):49—51.
- [37] 王军, 梁雨谷. 标准普尔 500 家指数(S&D500)的混沌吸引子分析. 数量经济与技术经济研究, 1993, 9(3):35—42.
- [38] 宋学锋, 顾世清. 深沪证券市场股价波动的混沌度及其调控方法. 管理科学学报, 2000, 3(1):53—57.
- [39] 尤晨, 宋学锋. 股票市场中供求与价格动力学模型及应用. 中国矿业大学学报, 2002, 5(4):412—414.
- [40] 吴冲锋, 王承伟, 吴文锋. 交易量和交易量驱动的股价动力学分析. 管理科学学报, 2002, 5(1):1—11.
- [41] 王浣尘等译. 智能优势:组织的复杂性. 成都:四川人民出版社, 2000.
- [42] 宋学锋等译. 组织中的复杂性与创造性. 成都:四川人民出版社, 2000.
- [43] 袁闳. 混沌管理. 杭州:浙江人民出版社, 1997.
- [44] 刘洪. 经济混沌管理. 北京:经济科学出版社, 2001.
- [45] 马军海, 盛昭翰. 混沌时序的系统重构与预测技术. 管理科学学报, 1998, 1(1):31—42.

COMPLEXITY, COMPLEX SYSTEM, AND THE SCIENCE OF COMPLEXITY

Song Xuefeng

(School of Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008)

Abstract In this paper, firstly, the basic concepts of Complexity, Complex System, and the Science of Complexity are researched and put forward. Secondly, the contents, basic principle and methodology are concluded. Thirdly, the research situation of the science of complexity is surveyed. Finally, some important open questions are given.

Key words complexity, complex system, the science of complexity

·资料·信息·

国家自然科学基金委员会资助抗击 SARS 项目千万元

针对 SARS 这一突如其来的自然灾害, 国家自然科学基金委员会各科学部都做出了积极反应, 使用主任基金已经紧急启动了 61 个项目, 共资助经费 1 005 万元。其中生命科学部 22 项 600 万元, 化学科学部 8 项 105 万元, 地球科学部 2 项 90 万元, 工程与材料科学部 13 项 130 万元, 管理科学部 16 项 100 万元。

此外, 各科学部对在研项目和已结题项目的研究成果进行了充分的挖掘, 与抗击 SARS 有直接或

间接关系的项目还有百余项。这一方面比较突出的是化学科学部。他们不但使用主任基金快速启动了 8 个应急项目, 还在过去资助的项目中积极寻找对抗 SARS 的科研成果, 直接应用到抗击 SARS 的第一线, 体现了基础研究在应用方面的前瞻性。

对今后如何进一步资助与防治 SARS 相关的研究项目, 以及如何应对类似突发事件的战略部署, 各科学部也根据学科特点拟定了工作计划。

(计划局 供稿)