

社会科学计算实验系列之三
国家自然科学基金重点项目研究成果

盛昭瀚
张军
刘慧敏
等著

社会科学计算实验 案例分析

盛昭瀚
张军
刘慧敏
等著

社会科学计算实验 案例分析



上海三联书店

图书在版编目(CIP)数据

社会科学计算实验案例分析/盛昭瀚等著. —上海:上海三联书店, 2011. 3

ISBN 978-7-5426-3149-7

I. 社… II. 盛… III. 电子计算机—应用—社会科学—研究方法—案例分析 IV. C39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 184516 号

社会科学计算实验案例分析

著 者 / 盛昭瀚 张 军 刘慧敏

特约编辑 / 钱培训

责任编辑 / 冯 征

装帧设计 / 范峤青

监 制 / 任中伟

责任校对 / 张大伟

出版发行 / 上海三联书店

(200031)中国上海市乌鲁木齐南路 396 弄 10 号

http: //www. sanlianc. com

E-mail: shsanlian@yahoo. com. cn

印 刷 / 上海市印刷七厂有限公司

版 次 / 2011 年 3 月第 1 版

印 次 / 2011 年 3 月第 1 次印刷

开 本 / 710×1000 1/16

字 数 / 300 千字

印 张 / 17.25

书 号 / ISBN 978-7-5426-3149-7/C·330

定 价 / 58.00 元

序 言

——大力推动社会科学研究方法论的创新

社会科学是以社会现象及其发展规律为研究对象的科学。自十九世纪至今,经无数学者的努力和潜心研究,社会科学不仅形成了门类和领域众多、内容精深的学科体系,而且出现了体系内学科相互融合和交叉的现象,这说明社会现象及其发展规律本身是极其丰富和复杂的。

复杂性思维和对复杂性的探索,不断加深了人们对社会系统自身复杂性的理解和认识,今天,人们已在社会系统具有高度复杂性这一问题上形成共识,并且认为社会系统的复杂性主要源于:

1. 人的行为的复杂性。社会系统的主体是具有高度智能和自适应能力的人,而“适应性造就复杂性(霍兰)”。

2. 社会结构的复杂性。社会结构普遍是有层次的,而系统层次间一般都会呈现复杂的“涌现”现象。

3. 要素间关联的复杂性。社会系统的组成要素,有人、物和信息,彼此之间的关联方式与因果关系导致相互之间的关联作用呈现多种类型的复杂性,如时滞、非对称、不完全、异构及非线性等。

4. 环境的复杂性。社会现象一般都是社会系统的某种宏观行为,而这种行为必然受到系统环境的影响,特别是当环境变化和高度不确定时,系统行为的复杂性会显著增加。

除了上面提到的这些因素之外,人的思维的复杂性也使得主客观之间的关系又增加了一重复杂关系。

事实表明:社会系统及相应的社会科学问题向社会科学研究方法论提出新的挑战,在这种情况下,随着社会现象复杂性的不断增加,相应地,揭示、驾驭这一复杂性的社会科学研究方法论也在不断发展,并推动着社会科学的进步。

当然,在社会科学发展历程中,社会科学研究方法论从来就没有停止过探索与升华,从最初的定性分析方法到后来的定量分析方法,人们从对社会系统外在表现与特征进行描述进步到通过数理方法探索社会现象和规律。方法和工具的

变迁推动了人们对社会系统的认识从外在表象向内在本质的跨越。然而,社会系统中大量涉及的自主主体意识或心理活动以及社会现象中那些难以用数学语言描述或虽能描述但无法“求解”的复杂性,又使社会科学研究中的定量分析方法表现出自身的不足。

进一步地,为了更直接地反映和表达社会系统主体(人)的心理和行为,社会科学研究又运用了由人直接参与其中的实验方法,即构造实验环境与条件,在一定的、源于社会现实的假设之下,让人直接参与关于社会问题研究的实验,由此探讨复杂社会现象的因果关系与一般规律,目前该方法,已经取得了较显著的成果,然而,由于社会问题的实验过程不可重复、难以复原或者考虑到成本、道德、伦理及法律等因素,该方法也存在着较大的限制。

另外,当前社会科学研究方法,主要还偏重于还原论,即主要强调对社会现象某个侧面与断面的分解和分析。当然,为了提高社会科学研究能力,人们也注意到不同研究方法的结合,如定性方法和定量方法相结合,定性、定量方法与实验方法相结合等等。但从总体上讲,这些结合对充分揭示社会系统整体性现象及动态演化的复杂性来说,仍然是不够的。因此,要充分分析和揭示社会系统的系统复杂性,必须考虑系统中众多主体的自主性和异质性;要考虑动态环境对社会系统宏观结构与主体微观行为的影响;要考虑社会系统不同层次之间的相互作用与行为“涌现”;要考虑社会系统演化的分岔与对路径依赖等等。这样,就要求借鉴、吸收、集成、融合不同学科的理论、工具与技术,特别是综合自然科学、社会科学与人文科学的技术和方法,在已有的研究方法基础上,形成新的方法论。

在这一方面,近年来,特别重要和有意义的是:基于计算技术、复杂系统理论和演化理论的计算实验方法被认为是和理论研究、实验研究鼎足而三的科学研究的基本方法。它不但在自然科学与技术的各个领域中得到成功的应用,而且显示出在社会科学各领域中的应用的可能性。人们可以通过在计算机上构建现实社会系统的模拟系统,以此来研究社会系统的演化规律、系统与环境的交互机制及系统动力学原理。

研究社会科学采用社会科学计算实验方法不是简单的研究技巧和具体方法的改进,而具有重要的方法论意义,它把现实社会系统转化成由智能主体构成的演化系统,这样,运用虚拟的计算机社会环境,可以用不同的“人工个体”替代现实社会系统中的“人”,并揭示社会系统个体微观行为与系统宏观行为之间的动力学机理,同时,通过利用不同的计算实验方案,可以研究和归纳关于社会系统问题的解决方案的思路。由此可见,社会科学计算实验是在社会科学领域中,以信息技术为平台,把嵌入信息技术与复杂系统科学内涵的新的科学实验概念与方法引入社会科学研究中,因此,这在相当程度上是社会科学研究方法论的重要

创新,从国内外这一领域的发展以及实际应用情况看,计算实验方法已在社会科学诸多领域,包括经济、管理、环境、公共事务甚至人文学科中的历史、考古、语言等领域都有令人耳目一新的研究成果,说明了计算实验方法的有效性。

计算实验方法的产生与发展过程体现了不同思维理念的互动、不同知识体系的融合、不同技术和方法的集成,本身就是一次复杂的知识系统工程,其中有许多值得我们总结和借鉴的经验,例如:在社会科学研究中:

1. 要充分地把握还原论和整体论结合起来;
2. 要充分发挥开放式的学科集成平台的作用;
3. 要充分发挥逻辑思维、形象思维的作用并努力将其有机结合起来形成新的创新思维;
4. 要充分做好学科融合的组织与管理工 作,认真培育有利于学科交叉与融合的学术生态环境;
5. 要充分注重培养既有创新激情又能坚持不懈的学科交叉型人才。

通过学科交叉与融合产生新的、有效的研究方法不是简单的学科叠加,正如钱学森指出的“逻辑思维,微观法;形象思维,宏观法;创新思维,宏观与微观相结合。创造思维才是智慧的源泉,逻辑思维和形象思维都是手段”。围绕社会科学计算实验方法,又一次证明了这一点。

本书为南京大学工程管理学院的学术团队较长时间潜心治学、坚持不懈地探索和研究的成果总结,本书之出版,对大力推动计算实验方法在我国社会科学研究领域中的普及与应用具有重要的开拓意义。同时,也再一次引发我们关于大力推动社会科学研究方法论创新的思考。希望有更多的社会科学家,特别是中青年社会科学研究人员以强烈的科学精神和责任感,大力推动社会科学方法论创新,为进一步繁荣我国社会科学研究做出新的贡献。

中国工程院院士

王众托

2009 年春

前 言

社会科学研究的计算实验是用系统科学思想为指导,以数学、心理学等学科和计算机科学等学科的理论、知识为研究基础,以社会系统为实验对象,从系统演化的角度,利用计算技术研究社会系统演化规律、社会系统与环境的交互原理以及系统中要素的动力学行为特征。

社会科学领域的研究者在研究复杂的社会现象时,由于社会系统的各种复杂因素和人的不可控因素,常常无法实行各种真实的实验。社会科学的计算实验是综合集成计算技术、复杂系统理论和演化理论等,通过计算机系统“构造”现实系统的替代版本,并在此基础上进行社会系统复杂行为分析、探索社会系统演化规律的一种科学研究方法。通过计算实验可以模拟社会主体之间的相互作用、整体“涌现”及演化过程。

《社会科学计算实验方法系列》丛书为南京大学工程管理学院学术团队近年来在此领域研究成果的总结。本套丛书近期将出版三本,分别为《社会科学计算实验理论与应用》、《社会科学计算实验基本教程》与《社会科学计算实验案例分析》。三本书侧重点各不相同,第一本书主要介绍了计算实验的理论基础;第二本书详细介绍了计算实验技术路线和常用的建模工具;本书为系列丛书中的第三本,通过具体的实验案例,重点阐述如何分析问题和运用建模工具对实际案例进行计算实验以及分析实验结果。

本书定位于社会科学计算实验的案例分析与实验指导。在介绍计算实验基本知识的基础上,通过对七个社会科学领域实际问题计算实验研究的案例剖析,详细介绍了从问题分析、系统建模、计算实现,一直到实验结果评估的整个实验研究过程。每个案例基于一种建模工具或编程语言,详细给出了具体的操作步骤。通过本书介绍的案例分析,读者可以运用所学的技能,结合需要研究的社会现实问题,独立完成计算实验研究的过程,书写实验报告书,并在此基础上撰写学术论文。

本书主要包括以下两部分的内容:

第一部分为社会科学计算实验的基础理论部分,即本书的第一章,内容包括

研究背景、研究范式、常用工具介绍、实验报告书写规范等内容。需要说明的是,此部分内容为社会科学计算实验理论的概述,详细内容可参考本系列丛书的前两本《社会科学计算实验理论与应用》和《社会科学计算实验基本教程》。

第二部分为案例分析与实验指导部分,即本书的第二章到第八章,以社会科学研究领域的多个实际问题为研究背景,分别介绍了基于社会科学计算实验基本理论建立的模型,并具体说明了如何分别使用 RePast、NetLogo、FABLES 三种建模工具或直接使用 JAVA 语言编程建立模型以及对实验的运行结果进行分析。

本书第二部分各章节的内容概要如下:

第二章介绍了经典的居住隔离模型,运用 RePast 建模工具,建立了一个实际计算实验模型,并在此基础上,详细探讨了个体行为偏好与整体聚集(隔离)现象之间的关系。

第三章从合作收益的角度,分析并建立了多代理机制的企业间合作模型,采用粒子群算法实现多代理之间的交互作用,并运用 RePast 仿真软件进行仿真模拟,分别从共生型企业之间合作的协同效应、产业集聚的演化路径以及企业规模与空间资源的关系三个方面分析了计算实验的结果。

第四章基于经典模型,设计了一个人工鸟群计算实验模型,运用 JAVA 语言编程得到了一个可以用于计算实验研究的可执行、可观测、可控制和可重复执行的实验程序。并且分析讨论了视野范围的变化等因素变化对鸟群群聚行为的影响,并借此讨论如何使用简单的规则研究复杂的群体行为。

第五章介绍了两个比较著名的研究“涌现”现象的模型,分别为坦克碰撞模型和飞蛾飞行模型。并且使用 NetLogo 4.0.2 实现这两个模型,同时,通过一系列的实验分析了形成复杂系统“涌现”现象的机理。

第六章依据相关经济学理论,运用建模工具 NetLogo 4.0.2 建立了一个虚拟的劳动力市场模型,让劳动力 Agent 以及厂商 Agent 在一定的环境下,依据一定的规则进行独立决策,进而从整体“涌现”出一定的规律,并根据模型的运行观察通货膨胀率和失业率之间的关系。

第七章利用 FABLES 工具对交通流模型中的单向自行车流建立了一个元胞自动机模型,进行单车道通行能力分析,揭示其密度与速度特性,并通过改变实验环境中车道的数量,分析车道数对单车道通行能力的影响。

第八章基于 FABLES 多代理建模工具,在数学模型的基础上设计了计算实验模型,并从以下几个角度研究调整不同参数对供应链的影响:分销商之间的竞争对供应链的影响;供应商回购价格调整对供应链的影响;供应商批发价格调整对供应链的影响。

本书在写作过程中,注意到以下几点:

实用性

本书作为《社会科学计算实验系列丛书》的第三本,其定位为案例分析与实验指导书。旨在通过一系列涉及范围较广、实用性较强的具体案例,指导读者在具有一定的计算实验理论基础以及掌握常用建模工具的基础上,能够结合具体的社会科学研究背景,独立地进行社会科学计算实验,掌握建立模型、实现模型到模型分析的研究方法。

创新性

本书中的案例大部分由南京大学社会科学计算实验中心的研究人员提出。同时,部分案例借鉴了一些国际著名的经典模型,所有案例中的模型分析、计算实现、结果评估以及操作过程描述均经过我中心人员的测试,具有较高的创新性。

可操作性

本书介绍了利用三种建模工具或 JAVA 编程语言实现计算实验以及对实验结果进行分析的详细步骤。在实现模型的环节,我们在使用文字介绍的同时,还给出了详细的操作过程和相应的源程序代码,而且附上了每一个操作步骤的截图,以方便读者更直观地掌握工具和技巧。

本书适用于大学生、研究生以及社会科学领域期望对计算实验方法有所了解 and 掌握的研究者阅读。此外,由于本套丛书的系列性,学习或使用本书的读者还需具备以下三方面基础知识或基本能力:1)具有一定的计算实验理论知识;2)具有使用一种计算实验建模工具(如 RePast, NetLogo, FABLES)的能力;3)具有一定的 JAVA 或 C 语言编程基础。对还不熟悉计算实验方法的读者,建议先阅读本系列丛书的前两本。

希望本书对推动社会科学计算实验方法在我国的普及和发展发挥积极的作用。

2009 年 12 月

目 录

序言	1
前言	1
第 1 章 社会科学计算实验的基础知识	1
1.1 社会系统的复杂性与计算实验方法	1
1.1.1 社会系统的复杂性	1
1.1.2 计算实验方法概述	3
1.2 社会科学计算实验的研究模式和计算方法	4
1.2.1 社会科学研究的计算实验方法	4
1.2.2 社会科学计算实验的研究模式	5
1.2.3 计算实验中的数值计算与非数值计算	7
1.3 社会科学计算实验的研究范式	11
1.3.1 界定研究的问题与环境	11
1.3.2 确定研究的基本假设	14
1.3.3 建立可计算模型	15
1.3.4 实现计算实验	17
1.3.5 实验结果的评估与比较	20
1.4 社会科学计算实验的基本建模方法	21
1.4.1 元胞自动机	22
1.4.2 多 Agent 系统	23
1.5 社会科学计算实验的常用工具	26
1.5.1 建模软件 Swarm	27
1.5.2 建模软件 NetLogo	27
1.5.3 建模软件 RePast	28
1.5.4 建模软件 FABLES	29
1.6 计算实验报告和论文的书写规范	30

1.6.1	社会科学计算实验报告的书写格式	30
1.6.2	实验报告书写中应注意的表达方式	33
1.6.3	计算实验报告与论文	34
1.6.4	外文期刊论文的书写格式与注意事项	35
	本章参考文献	40
第2章	基于 RePast 的 Schelling 模型及其扩展模型实验	42
2.1	Schelling 模型的实现与分析	42
2.2	Epstein 和 Axtell 扩展模型的实现与分析	66
2.3	Laurie 和 Jaggi 扩展模型的实现与分析	72
	本章参考文献	82
第3章	基于 RePast 的产业集聚演化实验	83
3.1	引言	83
3.2	基础知识简介	84
3.2.1	复杂自适应系统简介	84
3.2.2	群智能算法简介	85
3.2.3	谱系聚类法简介	85
3.2.4	RePast 工具简介	87
3.3	实验模型的描述	88
3.3.1	模型的抽象	88
3.3.2	模型的环境描述	88
3.4	企业 Agent 建模	90
3.4.1	Agent 的客观属性	90
3.4.2	企业 Agent 的成长模型	90
3.5	企业 Agent 行为规则	92
3.5.1	Agent 协同合作规则	92
3.5.2	Agent 移动规则	93
3.6	实验模型的实现	94
3.6.1	实验流程	94
3.6.2	实验程序实现	95
3.7	实验运行结果与分析	105
3.7.1	合作的协同效应	105
3.7.2	产业集聚的演化路径	107

3.7.3 资源分布对集聚的影响	109
3.7.4 集群的可视化评价	110
3.7.5 结论	111
本章参考文献	112
第4章 记忆中的那些水鸟	114
4.1 引言	114
4.2 基本模型构建	115
4.2.1 基本群聚	115
4.2.2 基本的向量类	116
4.2.3 个体 Boid 类	119
4.2.4 基本规则实现	120
4.3 界面及功能设计	126
4.3.1 动画效果	127
4.3.2 程序控制	132
4.3.3 参数调节	133
4.3.4 结果输出	136
4.3.5 运行 Applet	138
4.4 实验结果分析	140
本章参考文献	146
第5章 基于 NetLogo 的“涌现”模型研究	147
5.1 最简单的“涌现”模型	147
5.2 数量的扩展	152
5.3 坦克再生	154
5.4 更生动的“涌现”模型	159
本章参考文献	176
第6章 基于 NetLogo 的通货膨胀与失业率的相关性研究	177
6.1 实验的假设与模型	177
6.1.1 实验的基本逻辑结构	177
6.1.2 与 Agent 相关的假设	178
6.1.3 相关参数设定	180
6.2 实验的内容与步骤	183

6.2.1	相关定义和声明	183
6.2.2	创建 setup 按钮及例程	185
6.2.3	创建 go 按钮及例程	196
6.3	实验的结果与分析	201
6.3.1	实验结果一	201
6.3.2	实验结果二	204
	本章参考文献	205
第 7 章	基于 FABLES 的单向自行车流元胞自动机模型	206
7.1	问题概述	206
7.1.1	背景和意义	206
7.1.2	交通流理论及其发展	207
7.1.3	元胞自动机及其交通流应用	208
7.2	单向自行车流的元胞自动机模型的建立与实现	208
7.2.1	交通流中自行车流特性的描述	208
7.2.2	单向自行车流的元胞自动机模型	209
7.2.3	单向自行车流的元胞自动机模型的实现	212
7.3	实验结果分析	228
7.3.1	密度—速度特性分析	228
7.3.2	单车道通行能力分析	230
7.3.3	车道数对单车道通行能力的影响分析	231
7.4	结论	231
	本章参考文献	232
第 8 章	基于 FABLES 的两阶段简单供应链的建模与分析	233
8.1	引言	233
8.2	数学模型分析	234
8.2.1	数学模型假设及参数说明	234
8.2.2	集中控制下的最优订货量	235
8.2.3	分散决策下参与双方利润模型	236
8.3	计算实验模型设计	236
8.3.1	原型系统	236
8.3.2	代理模型	237
8.3.3	实验程序实现	238

8.4	运行结果输出	245
8.4.1	文本输出	245
8.4.2	创建数据源	245
8.4.3	可视化输出界面设计	248
8.5	计算实验方案设计及契约参数分析	250
8.5.1	实验 1:分销商之间的竞争对供应链的影响	250
8.5.2	实验 2:供应商调整回购价格对供应链的影响	254
8.5.3	实验 3:供应商调整批发价格对供应链的影响	256
8.6	小结	258
	本章参考文献	258
	后记	260

社会科学计算实验的基础知识

1.1 社会系统的复杂性与计算实验方法

1.1.1 社会系统的复杂性

社会系统的复杂程度比自然系统的复杂程度要高得多,其中最重要的原因就是组成社会系统的每个人不仅具有物质的属性,更具有精神的属性。社会经济系统不仅作为物质系统存在和发展,而且作为精神系统存在和发展。社会经济系统是一个名副其实的复杂系统(王志康和谢惠媛,2005)。

社会科学以人类社会现象作为研究对象,其任务是描述并揭示各种社会现象及其发展规律(孙明贺和酆全民,2006;蓝仁哲等,1998)。这就决定了作为社会科学研究的方法论,不能不考虑社会活动主体的能动性、选择性以及价值判断、价值取向等因素。与自然现象相比,人类社会现象不但更为复杂,影响和制约的因素更多,而且带有很大的不确定性,这使得社会系统比其他类型的复杂系统更为复杂(于景元和周晓纪,2005)。

在社会系统中,人是最复杂的要素,因为人的参与而使得社会系统的复杂程度较其他复杂系统更为突出,它是我们迄今为止所认识的、最复杂的系统(成思危,2004)。人是有很高智能的行为主体,其对客观世界的认知、判断以及决策是一个非常复杂的过程。在不同时间、不同客观条件下,人的生理和心理需求是不同的,这种动态性就造成了人的行为具有较高程度的不确定性。同样,由于受到性别、年龄、性格特征、教育程度、社会文化氛围等先天或后天因素的影响,在同一环境下,不同人的行为也会有很大差异。因此,在社会科学研究中,如果将人

视为“同质”的,将可能使最终的研究结果与现实情况产生非常大的偏差。这也决定了在社会科学研究中不能像自然科学那样将所研究的对象视为同质的系统单元。

系统各要素(特别是人的心理与行为)之间相互作用以及环境的限制和变化等一系列复杂性具有明显的非线性和动态性。这就决定了由其组成的社会系统是一个具有多重内部反馈、多层交互关系的复杂系统,典型的如区域经济系统、金融系统、组织等社会系统。社会系统中的微观个体在决策行动中不断受到动态变化的宏观环境的影响,同时,这些个体之间又在不断的交互作用下产生宏观的系统表现,并形成一定的演化规律,这种宏观和微观之间的双向反馈所引起的复杂问题是传统的研究方法和工具所无法解决的。另外,人类社会的历史演化进程就整体而言具有路径依赖性和不可重复性,这也从另一个方面导致了社会科学研究的复杂性。

在社会科学研究中,很少采用实验的方法来研究问题,这是因为社会科学问题的研究与自然科学不同,受到很多条件约束,包括实验对象的复杂性、其主要组成要素“人”的异质性和不可分离性、实验过程的不可逆性、实验的不可精确测量性、实验条件难以达到等。例如:对实验对象组成要素的不可分离性而言,如果将研究对象的组成要素“人”与所处的环境分离并将其抽象为一个独立的系统进行研究,那么,得到的研究结果将会与现实结果大相径庭。这是因为在社会系统中,社会行为及事件的发生往往在一定的时间和空间内,是系统内诸随机变量、因素与环境系统相互作用的结果,即特定约束条件下各种因素相互影响、相互渗透、相互作用的结果(彼得·圣吉,1998;贺宇江,2003)。又例如:对实验过程的不可逆性而言,其原因主要在于环境的不可精确重复和人的行为的不确定性,这些因素导致在社会系统演化中,社会历史事件和现象的出现是高度不可逆的,历史事件永远不会重复出现两次(盛昭瀚和蒋德鹏,2002)。而这些约束条件之间又存在着某些影响关系,例如:正是由于实验过程的不可逆,使得通过分离实验研究得到的社会科学的研究成果,不一定具有时间平移和空间平移下的不变性,这也是社会科学研究中很难采用实验方法来研究问题的一个重要原因。

相对于自然科学研究,社会科学研究工作所取得的进展却不能令人满意,由上文分析可知,其原因除了社会科学所研究的系统比自然科学所研究的系统复杂之外,研究过程中采用的方法、工具和手段不能满足研究需要也是重要原因之一。目前,社会科学使用的各种研究方法普遍存在宏观和微观的割裂、状态和过程的割裂,难以描述和反映系统非线性的演化过程,忽视个体或元素的主动性与交互作用等问题(于景元和周晓纪,2005;成思危,2004;克劳斯,2000;宋学峰,2005)。其研究工作多限于定性描述,思辨性内容居多,主要实验途径就是案例

分析和问卷调查,但是,由于社会科学的研究对象涉及人类心理和行为,量化描述相对困难,因此,需要新的研究工具和研究方法。在自然科学研究中,常通过人造环境或人造系统来完成一些实际中不可能进行的实验,例如:风洞实验、高温高压下的一些化学反应、失重条件下的实验等,还有一些实验是在已有理论的基础上用计算机来实现的,例如:计算化学实验、蛋白质折叠计算实验、核试验以及药物配方和机理计算实验等,这些研究方法为社会科学实验研究提供了一个非常好的研究思路。

1.1.2 计算实验方法概述

计算实验是利用计算技术,借助计算机构造实验对象、实验环境和实验平台,模拟现实世界物质运动的动力学规律、对科学问题进行实验研究的一种方法。因此,计算实验就是通过基于计算技术的可控制、可复现的实验,来研究系统要素之间的相互作用及其整体“涌现”现象的演化过程,通过抽取和分析研究者感兴趣的参数,来研究其变化对整体系统演化的影响,以期更深入地观察和解释现实世界。

在复杂系统中,动态关联网中各个要素的适应性过程以及系统演化过程中的随机因素决定了在计算实验中所建立的模型的结构可能是不确定的,微观层面导致宏观层面上的“涌现”现象虽有规律却是不确定的。一方面,对复杂系统中的各个子系统或系统要素来说,其输入/输出的动力学行为特征和一系列形式化的“条件/行为”计算机语句提供的因果性解释是否完全,取决于我们对复杂系统的认知程度和实际可处理的技术条件;另一方面,提供的因果性解释可能是完全的,但是,由于随机因素、非线性作用、自组织和自适应机制等因素的影响而导致计算结果是不确定的,这正为研究复杂社会系统的“涌现”现象提供了契机(周昌乐,2005)。

以计算化学为例,在几个基本定理约束下,利用计算机技术模拟化学元素的运动规律,进行计算化学实验,在大量的组合中寻找可能的化合物组合方式,依据计算实验的结果,再进行实际的化学实验。类似的,生物学领域中寻找药物配方的计算实验,也是采用类似的处理模式,还有典型的蛋白质折叠计算实验等,利用全球接入互联网的几十万台计算机,对各种可能的情况进行计算实验和分析。

目前,计算机技术的应用正逐步向社会科学领域拓展。社会系统是一个复杂系统,社会群体行为演化具有动态性和非线性等复杂特性。因此,社会系统的演化问题对传统理论(例如还原论,自上而下的计算仿真方法等)提出了挑战。这就需要新的方法和技术,综合、集成地解决这类复杂系统研究中的问题,计算