

复杂性研究与 拓展社会学边界的机会*

乔天宇 邱泽奇

提要:在讨论复杂性与社会现象关联特征的基础上,我们梳理了探索复杂性的方法及其演进,回顾了社会学家们对复杂性的探索与贡献。伴随信息通讯技术发展而出现的新社会现象与复杂性的关联更加密切,给社会学研究带来了新的挑战。社会学家们了解复杂性研究的相关知识与发展,积极参与其中,是回应时代挑战的有效方式。与此同时,拥抱复杂性也为拓展社会学边界提供了新的机会。

关键词:复杂性 互动与涌现 基于行动者建模 信息通讯技术影响 拓展社会学边界

孔德在创立社会学时便强调,相较于天文、物理和化学现象,社会现象具有复杂性。他把社会类比为有机体,并认为与研究非有机体不同,对社会有机体的研究要借助整体去观察部分。尽管孔德的观念后来被斯宾塞、涂尔干等继承并强调,但实际上社会学家们在很长一段时期并没有找到应对复杂现象的有效方法,对社会现象复杂性的认识仅停留在哲学观念上,因此也常将复杂性“当成一个便利的抓手肆意滥用”,结果是“总以复杂性为托辞,逃避对整个社会面临的迫切问题进行抽丝剥茧的分析和解决的责任”(米勒,2017:4)。

信息和通讯技术(ICT)的社会化应用使人类社会以前所未有的速度与规模连接在了一起,密集的互动加速了信息的传递、传播与交流(Christakis & Fowler,2011;Rainie & Wellman,2012;邱泽奇等,2015),社会正在从一个个局部性的、边界明晰的离散聚集转变为高度互联的庞大网络,局部行动者某些十分微小的行动可能会在大的范围内引发

* 本文系邱泽奇主持的教育部人文社会科学重点研究基地重大项目《作为发展要素的互联网资本研究》(16JJD84002)成果的一部分。感谢刘世定、方文、刘能、钱民辉、许琪、张树沁、宋庆宇、罗伟、李澄一、周彦、肖亚宁等对本文写作提供的支持,感谢匿名审稿人提供的修改建议。文责自负。通讯作者:邱泽奇,qiuzeqi@pku.edu.cn。

难以预测的社会后果(俗称“蝴蝶效应”)。移动设备、社交网络、无处不在的传感器等数据采集设施的大规模应用正在汇集大量数据,使得对社会现象复杂性的探索突破了原有的数据限制(Lazer et al., 2009; Golder & Macy, 2014; 邱泽奇, 2018a); 计算设施的成本下降和可及性增强大大提高了计算能力,也为研究社会复杂现象的科学规律提供了条件。对复杂性的关注正成为席卷科学界的思想浪潮。卓越的科学家们预测,对复杂性的探讨将带来一场科学范式的革命。霍金也曾断言,“21世纪将是复杂性的世纪”(Hawking, 2000)。

值得社会学家们骄傲的是,社会学者从来没有停止过对复杂性的关注(如 Blau, 1964; Merton, 1968; Schelling, 1971; Cohen et al., 1972; Watts, 1999)。只是社会学的关注与作为一个专门学术领域的复杂性研究相比,仍然显得零星与分散。多数社会学者对当下科学界的相关学术进展与成果了解不足,更没能很好地跟进和做出贡献。

针对这些状况,佩奇曾在《美国社会学年鉴》上引介了复杂性研究涉及的基础概念,呼吁社会学者应该懂点复杂性(Page, 2015)。他认为复杂性研究与“社会何以可能”(Simmel, 1910)相联系,了解复杂性科学的进展对开展社会学研究十分必要。本文希望在此基础上,从研究主题切入,对社会学已有的探索进行归纳。既有研究更多关注的是传统议题,而在新技术(不仅是 ICT)环境下,复杂性研究对理解当下社会还具有现实意义。除了解相关概念和进展外,更需要注意社会连通性的发展已然使复杂性成为社会学无法回避的研究问题。

本文落脚在阐述复杂性研究为社会学突破传统边界带来的机会上。为更好地探讨这一问题,我们将从复杂性与社会现象的关联特征入手,回顾社会学涉及复杂性的经典理论以及探索复杂性的主要研究方法;在梳理和归纳社会学既有成果后,我们将讨论二者互动的现实意义,以及其在理论和方法上对拓展社会学传统边界的价值。

一、复杂性与社会现象

现代金融系统是一个典型的复杂系统,其中有众多行动者,行动者之间有丰富的互动,并产生相互影响,其结果又构成了行动者面对的环境,反过来影响他们的后续行动。在这个系统中,由零星的负面消息触

发的行动,极可能经由行动者的“非理性”反应急剧放大,形成反馈,最终导致“雪崩”。布克斯塔伯(2018)系统地概括了金融危机复杂性的特征,指出其本质在于计算不可化约性、非遍历性、涌现性和根本不确定性。计算不可化约性是指,人类社会活动的很多本质特征难以利用数学工具进行演绎和刻画;非遍历性意味着行动者的过往经历、所处环境、与他人的互动都会影响其当下行动;涌现性指某些属性或功能并不为行动者自身拥有,却在互动的动态系统中出现,且出现的整体不是部分的简单加总;复杂系统会面临一些不可预测、根本不确定的意外结果或事件,它们无法被放到概率分布中,这种不确定性的不可调和源自随处可见的互动反馈和自我参照。

复杂性现象广泛存在于自然界和人类社会中。20世纪80年代,自然界和人类社会的复杂性几乎同时进入研究者视野。复杂性研究从诞生之日起就注定是一个多学科交叉的领域,自然科学中的物理学、生物学、计算机科学和社会科学中的经济学、政治学、社会学等都在其中寻找着各自的议题。由此,对复杂性内涵的理解也是多角度的,即使圣塔菲研究所^①内部也无法达成共识(沃尔德罗普,1997)。

但无论如何,与以复杂性为“托辞”而逃避分析的策略不同,从事复杂性研究的学者们往往都会像布克斯塔伯理解金融系统那样,先对复杂系统的一些基本特征给予明确描述(Holland, 1995; 韦斯特, 2018)。当然,不同学科的学者对复杂性的兴趣点和侧重点各有不同。从既有文献(Holland, 1995; Epstein, 2006; Page, 2015; Miller & Page, 2007; 阿瑟, 2018)来看,社会现象复杂性的来源大致有以下几个方面。

第一,启发式行动(heuristic),即个体并非完全理性,而是作为有限理性的行动者,遵循一些十分简单的规则,比如习惯、规范或爱好,在社会经济活动中也会受到如信心、故事、幻觉等动物精神的影响(阿克洛夫、希勒,2012)。第二,适应性行动(adaptive),即行动者的过往经历及所处环境都会影响其当下行动,行动是经验引导的。随着时间的推移,行动者能更好地利用环境达到自己的目的。霍兰德(Holland, 1995)认为适应性是造就复杂性的重要原因。第三,行动者间的互动

^① 圣塔菲研究所(Santa Fe Institute, SFI),是一个跨自然科学与社会科学的研究平台。它始建于1984年,是复杂性研究的策源地,也是目前最著名的复杂性研究共同体。详情参见沃尔德罗普,1997。

(interact),这会传递信息并对彼此产生影响。主体间相互依赖和互动是人类社会经济活动的最主要特征,在高度互联时代表现得更为突出。第四,反馈机制(feedback),即行动者不仅会对环境作出反应,其适应性行动还会反作用于环境,进而改变环境,这种行动者与环境间的相互作用又被称为反身性。当代社会学者将反身性视为现代社会的主要特征,并注意到其可能带来的不确定性后果(吉登斯,2000)。第五,行动主体是异质性的(heterogeneous)。第六,不确定性(uncertainty),这既是复杂性的来源,又是其在结果上的表现。

涌现性是讨论复杂性时一定会涉及的概念,也是复杂性的另一个十分重要的特征,简单讲就是整体不等于其组成部分的线性加总。宏观系统是行动者互动的后果,可是宏观系统的属性和功能并不存在于较低层次的行动者身上;行动者还会依据环境而适应性地调整行动,并重新作用于环境,进而导致宏观后果发生动态演化。在复杂性研究中,与涌现性相关的概念还有自组织(self-organized),本文不对二者进行严格区分,而是在宽泛意义上使用涌现性概念。

在社会科学中,经济学更早参与了对社会现象复杂性的讨论。阿瑟是“复杂经济学”的提出者。他认为,经济的常态并不是均衡,而是非均衡的动态,经济活动的主体也并非相互独立且完全理性,而是不断互动并相互影响,且认知能力有限。在阿瑟等经济学者的努力和推动下,复杂经济学的知识体系已初步搭建起来。他还有信心地指出,复杂经济学将成为经济学研究的新范式,以往的均衡经济学只是复杂经济学的特例(Arthur,1999;阿瑟,2018)。

与经济学相比,社会学虽然也有很多研究涉及复杂性,但关注却失之零散,尚未形成系统的知识体系。社会学对复杂性的早期涉猎散见于经典理论家的讨论。涂尔干从孔德那里继承了社会“整体性”的观念,认为社会学的研究对象是实体的社会。他认为在社会层面存在着某些不能够还原到个体的突生属性(emergent property),这其实与“涌现性”(emergence)同根近义。有学者将涂尔干视为社会学涌现理论的先驱(Sawyer,2001)。然而,涂尔干的这一思想与复杂性研究中对涌现性的理解既有联系,又有区别。区别在于,涂尔干认为必须使用同样处于整体层面的事实对社会事实进行解释,而不应涉及个体层面,埃珀斯坦将这种思想归为古典的涌现理论。从事复杂性研究的学者则认为,尽管整体性质不是部分性质的加总,但不意味着整体层面的涌现不能

够由部分解释,解释要依靠自下向上的生成模型(Epstein,1999)。涂尔干虽然认识到了社会现象的复杂性,但他用社会事实去解释社会事实只是一种从“复杂”到“复杂”的研究策略。

韦伯认为社会学应当从受他人影响的个体社会行动出发,这一思想与复杂性研究强调的要在微观互动中解释宏观涌现的基本思路相一致。然而,韦伯并没有很好地将这种思路付诸实践。科尔曼认为,对于资本主义是如何发展起来的,韦伯只提及了新教伦理与资本主义精神之间的选择性亲和关系,而众多具有资本主义精神的个体是如何相互结合,最终促成了资本主义发展的,“韦伯的分析中几乎完全没有提及”(Coleman,1994:9)。齐美尔除了也强调微观个体对社会的重要性外,还认为只有当人们通过互动产生相互影响时,社会才会存在,这也与当下复杂性研究中强调行动者间的相互作用导致宏观涌现,在基本思想上高度一致。布劳受齐美尔影响,发展了社会交往结构理论,希望能“从遍布于个体之间的日常交往和他们人际关系的较为简单的过程推导出支配社区和社会复杂结构的社会过程”(Blau,1964:2)。

科尔曼用“船形”模式明确提示社会学者要注重微观到宏观之间的转换问题。他认为图1中A到B和B到C的解释路径都容易明确,而C到D的路径(即个体微观行动后果如何转变为社会宏观层次结果)经常比较模糊,困难即在于行动者间的相互依赖性。

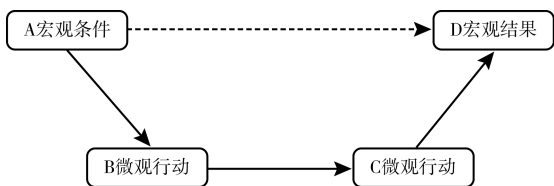


图1 科尔曼关于微观与宏观转换的图示

科尔曼强调的微观行动到宏观社会后果的转换,其实就是复杂性研究中的涌现性问题(Coleman,1994;Raub et al.,2011)，“船形”模式实际上为社会学讨论涌现性提供了基础参考框架。遗憾的是,它仅像是一个宣言,尽管科尔曼试图在方法论上贯彻自己的主张,但他也没有针对这些问题提出切实可行的研究方法(赫斯特洛姆,2010),其主张的个体主义方法论和理性选择假定,还被格兰诺维特批评有“低度社会化”之嫌。格兰诺维特认为,探索微观与宏观之间的连接,需要借助社

会网络和“嵌入性”观念,推进更具复杂性的研究方案,考察各领域、不同层次对象间的相互作用与影响(Granovetter,1985)。

格兰诺维特的导师怀特开创了社会网络研究的“哈佛革命”,将关系结构视角带回到社会学。他在关于“市场从哪里来”的讨论中(White,1981)虽未明确使用涌现性概念,实际却提出了一个有关市场是如何在参与者互动、观察和调整中涌现出来的问题,并提供了一种分析市场涌现的数学方法。然而怀特的分析是静态的,他只关注市场达到平衡状态时应满足的条件,却绕过了如何达成平衡的动态过程(王晓路,2007)。从这点上看,怀特的方法与目前复杂性研究中主张的在动态变化中寻找涌现的方法仍有区别。

就在社会学者针对社会现象复杂性开展理论讨论的同时,探索复杂性的方法也在不断演进。虽然上述社会学理论家提供的方法各有局限,但是他们在对互动和涌现进行早期探索时,还是积累了一些基本分析工具。近些年,一些新方法也不断发展并获得广泛应用。

二、探索复杂性的方法及其演进

(一)基本分析工具

早在18世纪,斯密针对市场的描述就已蕴含了复杂性思想,“看不见的手”其实是宏观涌现的后果。新古典经济学试图为其寻找依据,回答个体对私利的追求何以导致宏观市场秩序的达成。然而它却将经济活动参与者假定为原子化个体,忽略了现实中丰富的互动及由其带来的影响,被社会学者批评为“低度社会化”(Granovetter,1985)。

针对行动者间的互动,社会科学已发展了相对成熟的分析工具,有学者认为,基于图论与社会网络的结构分析以及基于博弈论的行动分析是探索社会现象复杂性的有效工具(Macy & Flache,2009)。

博弈分析的确能够将行动者间的相互影响纳入,但是需要依靠严苛的假定,如行动者完全理性。由于行为假定在经验上常难以成立,博弈模型的预测与行为实验的结果之间存在很大偏差(Güth et al.,1982)。如果放松假定,后续分析则需要使用更繁难的数学工具。而且,纳什均衡只能解释模式在什么条件下会维持,不能够解释模式是如何在动态变化中出现的。另外,博弈模型无法处理行动者间的互动结

构。为此,有学者尝试将社会网络分析与博弈论相结合(伊利斯、克莱因伯格,2011;杰克逊,2011),但由于早期社会网络分析局限于静态结构,对涉及动态过程的建模无能为力,故也只能有限度地解决复杂演化问题。

进化博弈分析允许放松传统博弈分析的一些假定,其所应用的差分或微分方程建模方法也适宜开展动态分析。但如果使用数学方法求解,却只能处理一些简单的复杂性现象;再复杂一点,差分或微分方程求解也会遇到困难(Gilbert & Troitzsch,2005;Adami et al.,2016)。

(二)方法的演化

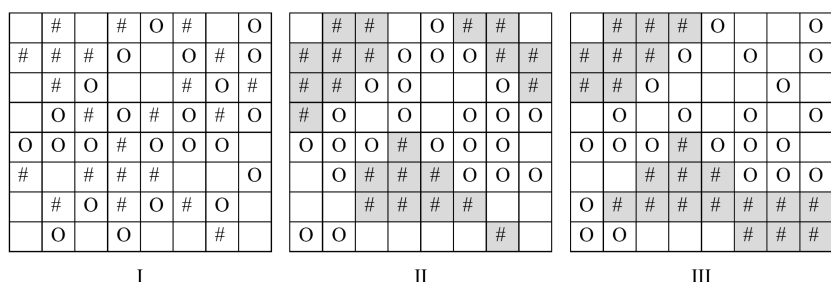
为进一步探索复杂性问题,研究者们希望寻找既能避免已有方法缺陷,又易于运用的替代性工具。圣塔菲研究所主张的基于行动者建模(Agent-Based Modeling, ABM)已成为复杂性研究的最主要工具。研究者可以利用计算机编程灵活模拟行动者的行动与互动,观察可能产生的一系列社会后果,更好地理解人类经济与社会活动中涌现出来的模式及动态。元胞自动机和多行动者建模是 ABM 的两种具体形式。

元胞自动机(Cellular Automata, CA)是 ABM 的简单方法。它由许多可识别的元胞组成,元胞用于表示个体或集体行动者,并被安排在规则空间中;元胞具有某种状态,可以是态度、个体特征、行动等;元胞演化存在时间进程,每步中的元胞状态都会发生变化;元胞状态由一组规则决定,规则指定了元胞当下状态如何取决于其此前状态和其直接邻居的状态(参见 Gilbert & Troitzsch,2005)。这已体现了许多与复杂社会现象相关联的特征,如行动者依简单规则进行启发式行动、行动者间相互作用、动态过程以及构造属性的涌现等。不过其局限性也十分明显,比如可容纳的行动者类型单一、能力有限、需分布在规则空间等,尽管如此,它仍然是十分有用的计算建模方法。

经济社会学家托马斯·谢林是第一个使用 ABM 从事社会科学研究的人。在《数理社会学杂志》(*Journal of Mathematical Sociology*)创刊号上,谢林发表了一篇讨论迁移和种族隔离的论文,采用的便是一个简单的元胞自动机模型(Schelling,1971)。图2是该模型的简单示意,#和0分别代表黑人和白人。无论是黑人还是白人,他们都希望自己的邻居(周围8个格子)中有1/3以上和自己是相同种族。如果邻居中同种族与不同种族的比例小于1:2,他们便会迁移到其他空格子,大于

阈值则留在原处。重复这一过程直到没有人对邻里状况不满。图 2 的 II 和 III 是谢林给出的两种结果,它们都是从 I 的初始格局中演化而来。能直观看到,II 和 III 的种族隔离程度相比于 I 都提高了。

谢林从事这项研究时,美国的种族隔离状况十分严重。当时流行的观点认为,之所以存在较严重的种族隔离是因为白人对黑人的容忍程度较低。谢林利用这样一个简单的元胞自动机模型^①来说明,即便白人对黑人邻居更宽容,能够接受更多数量的黑人邻居,种族隔离仍很可能出现。模型展现了种族隔离现象的动态演化,并为它提供了一种“生成性”解释,这种方法也较科尔曼和怀特的方案更具优势。



资料来源:谢林,2013。

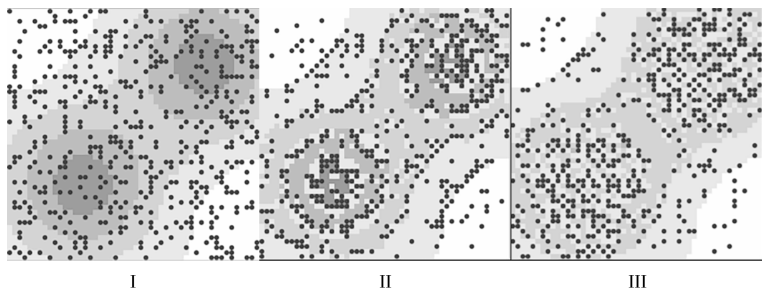
图 2 谢林用于模拟种族隔离的基于行动者模型

多行动者模型(Multi-agent Model, MAM)是 ABM 的高阶方法,针对更复杂的过程和主体行为建模。顾名思义,与元胞自动机相比, MAM 能容纳不止一种类型的行动者。行动者还可以有更多属性及能力,如知识、推理、表达、计划、情感等,空间分布也可更灵活。模型还能将神经网络和遗传算法纳入,以模拟行动者在学习和进化中采取的适应性行动(Gilbert & Troitzsch, 2005; Macy & Flache, 2009)。

埃珀斯坦等(Epstein & Axtell, 1996)的“糖域”模型是 MAM 的经典示例。通过构建非常简单的多行动者模型,他们考察了财富不平等的涌现:若干行动者初始随机分布在一个 $n \times n$ 网格空间中,可以自由

^① 谢林最初的设计十分简单,仅利用两种硬币和一个手绘 8×8 棋盘便可以完成模拟。该模型已是许多介绍复杂性研究文献中的重要内容(参见 Gilbert & Troitzsch, 2005; 伊里斯、克莱因伯格, 2011),其标准设置也收入在计算机模拟工具 NetLogo 自带模型库中。

移动。网格中还不均匀地分布着一定数量的糖。行动者依靠吃糖维持生命,还可以将多余的糖储存下来,作为财富积累。行动者需要搜索糖,且各自的搜索能力相异。他们要在自己的视野范围寻找最多的糖,如果符合条件的格子还没有被别人占据,他们就移动过去将格子里的糖吃掉或占为己有。另外,行动者还要进行新陈代谢,如果新陈代谢的速度很快,又没有能力获得足够的糖,行动者就会死掉。在这些简单设置下,只需经过不多的几步运行,无论是行动者的空间分布,还是他们占据财富的数量分布,都呈现出从相对均匀到集中的变化(图3为作者运用 NetLogo 模拟得到的变化过程)。研究者还可以通过增加行动者间的交易和冲突等过程扩展这一基础模型,讨论更多的问题。



注:圆点代表行动者,阴影代表糖,阴影越深代表该处分布的糖越多。

图3 “糖域”模型

综合来看,与传统的分析工具相比,ABM 和 MAM 具备如下优势。第一,可以模拟有限理性行动者的各类启发式行动过程,并允许存在异质性行动者。第二,易在模型中纳入行动者间的互动及影响,并考察网络结构的效应。第三,易于纳入环境的影响,模拟行动者受环境影响而采取的适应性行动,以及行动与环境之间的相互作用。第四,适于对动态过程开展分析,建模者可以“经历”动态过程,考察系统变迁的动力学特征,而非通过数学推导获得均衡。在理论研究中,这种计算模型更利于帮助我们探索因果关系发生的机制。ABM 可以被看作一种理论实验,研究者能通过“理论驱动的调参”来观察某些社会现象出现的必要或充分条件(Edmonds & Hales, 2005; Macy & Flache, 2009)。在政策研究中,应用计算模型也有利于制定更加科学的决策,帮助政策制定者

选择更优的政策条件组合(Waldrop,2018)。

早在十多年前,赵鼎新(2006)和沙莲香等(2007)便向国内社会学引介了 ABM 方法,但在当时未能引起足够的重视。近年又有学者对 ABM 投入关注(梁玉成、贾小双,2016;吕鹏,2016)。不过他们多聚焦于计算模拟,较少从复杂性研究与传统社会学之间的联系甚或区别进行讨论,对复杂性的时代意涵更缺乏关注。

三、社会学近期对复杂性的探索

进入 21 世纪后,一些运用复杂性研究理念、方法和模型工具讨论社会学议题的研究成果开始在主流期刊上出现。这些研究十分重要,它们表明,社会学正在更多地与复杂性研究展开互动。

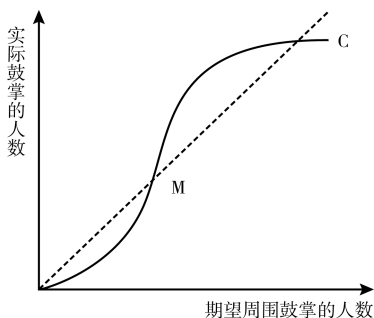
我们尝试使用社会学的两大经典范畴——行动和结构——对这些研究进行概括和梳理。这些研究的共同点是都关注宏观层面的涌现性后果,且都较成功地将微观与宏观联系起来,并非单纯讨论行动者的微观选择,或仅对宏观结构进行分析。当然,如此分类是出于刻画便利,不意味着这两类研究截然不同。

(一)对行动的研究

1. 集体行动的发生

默顿将由行动者虚假情境定义导致真实后果发生的过程称为“自我实现的预言”,并最早用这一概念解释了 20 世纪 30 年代美国街头发生的银行挤兑,以及美国的种族冲突等群体行为(默顿,2006)。默顿给出的只是叙述性概念,谢林则较早使用模型语言对自我实现的预言进行了分析。他借用核物理工程学中的临界质量模型(critical mass model),对如起立鼓掌等集体行动发生的机制进行解释。他发现对课堂上的大多数人来说,当起立鼓掌的人数足够多时,他们便会愿意跟着起立鼓掌,但每个人对“足够多”的理解不尽相同。由此假定,每个人心中都有一个“已经有多少人鼓掌,我才鼓掌”的临界阈值。图 4 给出了一种可能的人群中临界阈值的累积分布,这条累积分布函数 C 与 45 度虚线的交叉点 M 在横坐标上的对应值即为临界质量。如果开始时认为应当出于礼貌或感激而起立鼓掌的人数超过了临界质量,就会引

起全班同学热烈鼓掌,自我实现的预言便发生了;如果鼓掌的起立人数没达到临界质量,就会出现“逐渐没落”(谢林,2013)。



资料来源:改写自谢林,2013。

图4 起立鼓掌的临界质量模型

格兰诺维特(Granovetter,1978)构建了一个与此类似的模型,称为“阈值模型”(threshold models),并重点考察了临界阈值(即阈值)为正态分布的情况。他发现,即使两个群体阈值的总体平均水平相同,阈值分布在结构上的细微变化也可能导致非常不同的后果。集体行动的大规模爆发还具有类似“临界相变”和“混沌边缘”(Langton,1990)的特点。格兰诺维特在后续的文章中对模型进行了拓展,比如在模型中纳入参与者退出、求异行为(Granovetter & Soong,1983,1986)等因素(可参见刘炜,2016)。

谢林和格兰诺维特的研究获得了后续复杂性研究者们的关注与大力推崇(Gilbert,2010)。不过,二位在最初构建模型时都没有使用标准的ABM。格兰诺维特使用的差分方程便于处理动态过程,但在容纳更多反映丰富现实的假定上仍面临困难。仍以起立鼓掌为例,现实中新参与者会成批加入鼓掌,参与鼓掌的人可能分布在空间的不同区域,人们更可能受到邻居的影响,受较远的人影响较小。这类复杂互动很难纳入简洁的数学模型。米勒等利用ABM模拟了这些更符合现实的条件,讨论了更复杂的起立鼓掌发生模式(Miller & Page,2004,2007)。

现实中的集体行动还会有组织行动者参与,组织与个体间也会发生相互作用。福勒等的研究(Fowler & Smirnov,2005)同时涉及个体行动者选民和组织行动者政党,试图回答为什么投票作为集体行动会发

生,以及为什么政党会按特定的方式选择选举纲领等问题。既有研究很难将投票者和政党同时纳入,应用 ABM 则能够通过模拟政党与选民间的互动,解决二者结合的问题。

创新的扩散也可视作集体行动的后果。达夫昂特等在拓展格兰诺维特门槛值模型的基础上,研究了创新在组织间扩散的过程。他们在格兰诺维特的模型中引入了组织间交流讨论、决策不确定性、少数极端主义者的影响等(Deffuant et al.,2005)。近些年还有学者基于管理咨询技术被广泛采用的背景,利用计算模拟考察了除企业自身采用意愿及相互之间的模仿以外,咨询提供者的流动以及企业与他们之间的匹配和双边互动等如何影响创新扩散(Strang et al.,2014)。

2. 新行动者的出现

论及组织行动者,从公司组织、政党到民族国家、国际联盟,无一不是由成员个体组成,却都在组织层面具有采取一致性行动的能力。这种一致性行动的能力来自哪里?新行动者的出现,其实同集体行动一样,都可以看作是宏观涌现的结果。

组织决策是组织采取一致性行动能力的体现,也是最重要的一种组织行动,科恩和马奇等人针对组织决策行动的“垃圾桶模型”(Cohen et al.,1972)属开创性研究,也是社会学家参与复杂性研究的又一早期代表作。他们发现组织决策并不像传统决策理论描述的那样是个理性选择的过程,却很像从垃圾桶中拣出了一个解决方案。在正式的模型表述中,组织决策被看作是问题流、解决流、参与者和决策机会等过程共同作用的结果,每个过程都是时间的函数,还会受到参与者互动结构及注意力分配的影响。科恩等开发了一个计算模型模拟各种条件下涌现的组织决策。不过,最初的计算模型并没有采用 ABM 的标准形式,这一工作后来由其他研究者完成并拓展(Fioretto & Lomi,2008)。

阿克塞尔罗德关心新政治行动者的出现,想回答诸如民族国家和区域联盟等政治共同体是如何从一群更小的政治行动者的集聚和相互作用中涌现的(Axelrod,1995)。他开发的“进贡模型”借鉴了关于战争与国家创立的既有理论讨论,同样利用元胞自动机模拟了国家的形成,并验证了高压政治、强取豪夺等机制在其中起到的关键性作用。还有研究者关注新经济行动者的出现(Axtell,1999;Epstein,2006)。阿克斯特尔就开发了一个公司内生的模型。在初始条件下的行动者集合中,每个行动者都有一个努力程度,其效用是收入和休闲的函数,这二者又

都与努力程度相关:希望获得高收入,就要付出更多的努力;希望有更多休闲时间,就可以去找清闲一点的工作,相应付出的努力程度也较低。每个行动者拥有一些社会关系,可以从关系人处获得信息和工作机会。被随机激活的行动者根据其所在团队的规模、总产出以及自己前一期的努力程度,更新自己当期的努力程度;同时根据从朋友处获得的信息,决定是继续留在团队,还是“跳槽”到其他团队,抑或自己成立公司单干。在这种模型设定下,每个行动者只需要按照偏好行动,较大规模的公司体就能够涌现出来。模拟得到的团队规模服从齐普夫分布,^①与对美国公司人员规模数据的经验分析结果一致(Axtell,2001),规模变化率的分布也与此前的经验发现吻合。

帕吉特与合作者们借鉴化学反应视角,分析了经济生产系统的涌现和进化(Padgett et al.,2012)。他们将产品类比为化学品,它能够被技能改造,并转化为新的产品;技能类似于化学反应,是将一种产品转化为另一种产品的规则;企业是同时包含产品和技能的容器。如果一个相互联系的技能—产品自催化(autocatalysis)网络出现,且能通过自复制实现维持并更新,便可认为经济生产系统“生成”了。他们利用计算模型考察了网络结构、复制与学习模式以及企业搜索能力等对经济生产系统涌现的影响。帕吉特和鲍威尔通过总结近二十年的相关研究成果,同时吸收化学和生命科学的思路,提出了一种理解组织和市场涌现的新思考框架(Padgett & Powell,2012)。

(二)对结构的研究

1. 社会的分化

社会分化是社会学的经典议题,但很少有研究会将社会分化的宏观结构与微观过程联系起来,从微观行动者的互动中讨论分化的生成性涌现。这类研究可进一步分为两类:一类研究关注群体在空间上的分化机制,是对谢林种族隔离模型的延续和扩展,其研究问题涉及在谢林规则基础上的其他更符合社会现实的条件如何影响种族隔离的形成;另一类研究关注社会经济特征的分化,如人们的收入和财富分布具有怎样的规律性,以及为什么会呈现特定的形态。

福塞特把社会距离作为另一种解释机制引入谢林模型(Fossett,

^① 齐普夫分布(Zipf distribution)是一种特殊的幂律分布,其累积分布函数的幂指为-1。

2006,2011),强调空间竞争和城市不同社会群体间的互动,这里所说的不同社会群体可以来自不同的职业、地位、文化和兴趣等。与谢林仅考虑种族偏好相比,他纳入了更多的偏好维度,发现即便没有种族歧视,社会地位偏好与住房质量偏好也可能导致并维持居住隔离水平。这些研究得到了同行认可,被认为是对谢林居住隔离模型做了最丰富、细致的扩展(Macy & Van De Rijt,2006)。

布鲁赫和马雷(Bruch & Mare,2006)的思路与福塞特不同:如果说福塞特的研究是从“依据什么做选择”的角度改进了谢林模型,布鲁赫等人则是从“何时,做什么选择”的角度进行改进。他们认为,刻画个体动机的偏好函数有不同类型,而不同类型的偏好函数导致的涌现后果也可能十分不同。谢林假定的偏好函数是两段式的,即个体偏好只存在一个阈值。布鲁赫等考察了多种偏好函数形式,但发现只有当偏好函数为两段式时,高水平的居住隔离才可能发生;当偏好函数为阶梯形或连续形时,出现的居住隔离程度较低。这也从另一方面说明,仅用种族偏好可能不足以解释美国城市的高度居住隔离现象。对布鲁赫和马雷的研究,梅西团队(Van De Rijt et al.,2009)指出了可能存在的错误。之后,布鲁赫等又对错误做了纠正,并指出个体偏好形式影响居住隔离的结论没有发生变化(Bruch & Mare,2009)。

至于财富等社会经济特征在人群中的分布,早在20世纪初,帕累托便发现意大利人的财富拥有状况服从幂律分布(power law distribution,也称帕累托分布)。他还发现,财富状况服从幂律在当时的很多国家都存在,与政治、税收等社会制度设置无关,国家间差异仅体现在幂指差异上。长期以来,人们试图解释帕累托分布的形成。安格尔将不平等过程置于微观交换和竞争中考察,为财富不均衡分布的形成提供了一种解释(Angle,1986)。他抽象了三条微观财富分配的简单规则:第一,财富易在行动者间转移,并假定转移时不存在损失和创造;第二,财富拥有者有从别人身上获取财富的能力,剩余财富越多的人,更有可能在竞争中成功,进而从他人身上获得剩余财富;第三,即便是富有者也有一定概率在竞争中失败,失败时流失的财富与其拥有的剩余财富成正比。依这些规则进行计算模拟最终能生成帕累托分布。安格尔模型只是众多探索之一,近些年,这一问题还引起了很多自然科学家的兴趣(Chakrabarti et al.,2013)。他们对财富分化给出了若干种可能解释,共同点是都试图用微观互动和动态过程解释财富分布的生成。

安格尔的第二条互动规则是马太效应的体现。马太效应是默顿在研究科学活动的多重发现和科学家声誉分布时提出的。他发现即便是多人合作的研究成果,或多个独立研究者得到类似的发现,那些已拥有杰出成就的科学家也会得到更高的声誉(Merton, 1968),这后来被概括成“富者愈富”和“赢家通吃”。在现实社会网络中,人们拥有朋友的数量同样存在巨大分化,朋友数量也多呈现幂律分布。^①巴拉巴西和艾伯特基于马太效应,提出了偏好依附机制(preferential attachment),即在网络形成中,人们更愿意和那些朋友较多的人交朋友。经数理分析和计算模型双重检验,他们发现偏好依附是解释无标度网络幂律特征形成的关键机制(Barabási & Albert, 1999)。萨尔加尼克等(Salganik et al., 2006)利用线上数字实验证明,流行度也会在行动者彼此影响的条件下呈现幂律分布,尽管特定产品流行与否具有偶然性且不可预测,但幂律的规律性在每次“历史重演”中十分稳定。

2. 制度的起源和维持

制度是社会学最为关注的宏观设置。对制度从哪里来,社会学至少有两种回答:一是认为制度是外生的,蕴含在古老习俗、宗教观念等之中,世代传承;二是认为制度是在微观互动中自发演化生成的。前一种回答在一定程度上回避了制度起源的问题。

阿克塞尔罗德将规范存在性问题转化为程度性问题,从行为角度对规范进行界定,并对其涌现开展讨论。他构建了一个类似 n 人囚徒困境博弈的架构,但不假定行动者完全理性。通过计算模拟,在博弈演化中考察两种行动在程度上的变化,分别是(1)个人依一种特定方式行动的程度和(2)对违背这种行为方式的人进行惩罚的程度。研究发现,当在博弈架构中引入元规范机制之后(即对拒绝惩罚进行惩罚的规范),规范会成功地建立起来(Axelrod, 1986)。

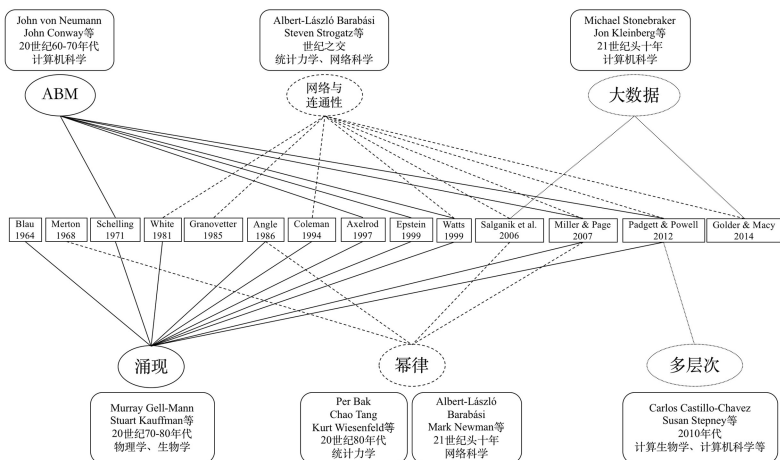
对于制度如何维持,又如何扩散和影响等问题,阿克塞尔罗德还讨论了文化差异性的持续。他模拟了文化间的相互影响:将个体文化抽象描述为文化维度和文化特征,每一维度上都有一组特征可供选择;随机选定某一个体文化,在它的邻居中随机选定另一个体文化,以彼此相似度为概率令两文化相互影响。最终一些稳定的文化区域在这一过程

^① 朋友数量的分布在网络理论的术语中一般用“度分布”来指称。由于幂律分布的概率分布函数在数学上具有无标度的性质,度分布服从幂律分布的网络通常被称作无标度网络。

中涌现出来。为回答文化差异性何以维持的问题,他考察了保留下来的稳定文化区域数量以及哪些因素会对此产生影响。模拟结果发现,文化复杂性、相互影响范围及版图规模都会作用于稳定文化区域的数量,版图规模与稳定区域数量之间呈非线性关系,较小和较大版图中稳定区域的数量都较少,中等版图有更多稳定文化区域出现(Axelrod,1997)。

森托拉等(Centola et al.,2005)讨论了为什么不受欢迎的规范会流行,为此他们区分了信仰规范与执行规范行动。在社会压力、规范执行成本等机制的作用下,他们考察不同嵌入性、狂热者分布以及网络结构条件所导致的执行规范者占比变化。他们发现行动者局部嵌入和狂热者空间集聚会加剧虚假规范执行,小世界网络则会抑制。另一项研究专门讨论了网络结构对文化多样性的影响。小世界网络的长连接跨越异质性群体,直觉上被认为会有助于降低文化多样性,促进文化整合。梅西等利用计算模拟发现,在负向仇外和分化机制的作用下,小世界网络的长连接会促进文化的两极化而非整合(Flache & Macy,2011)。

以上是从行动与结构两个方面梳理的社会学近期对复杂性的探索。但仅凭这一梳理,我们还较难窥见社会学与复杂性研究互动的全貌。



注:图中椭圆形节点代表与复杂性研究相关联的主题范畴,矩形节点代表文中涉及的主要文献,边代表文献与相关主题范畴之间存在一定关联;涉及的主题范畴依受广泛关注的年代顺序从左向右排列,文献依发表年份从左向右排列。

图5 社会学与复杂性研究的互动

卡斯泰拉尼(Castellani,2018)曾绘制过一张关于复杂科学发展的“地图”,用节点代表关注的主题,采用年代叙事,勾勒了复杂科学的发展路径与现状。以此为线索,我们选取与本文内容最为相关的节点,也绘制了一幅社会学与复杂性研究互动的示意图(图5),这有助于把社会学的局部贡献链入到复杂性研究的网络之中,也有助于在复杂性研究演进的历史脉络中考察社会学与外部学科互动的历程。根据它,我们能对社会学与复杂性研究互动的的基本趋势做出判断。

四、拓展社会学边界的机会

克里斯塔基斯曾在《纽约时报》发表短评,认为社会科学近几十年间停滞不前,原因在于没有参与科学前沿,因此是时候摇动它一下了。他主张社会科学要敞开怀抱,把大部分力量部署到自然与社会交叉的新领域之中(Christakis,2013)。复杂性正是这样一个前沿交叉领域。有学者认为,社会与文化研究在不久的将来会出现复杂性的转向(Urry,2005)。进入21世纪以来,尽管社会学者与复杂性研究之间的互动增多,在理论和研究成果上也有一定的积累,但令人遗憾的是,复杂性研究及相关进展并没得到大多数社会学者的关注。尽管一些社会学引为经典的理念与复杂性研究秉持的观念有相似之处,但也存在距离和张力。为此,我们和佩奇一样(Page,2015),认为社会学者有必要了解复杂性的相关知识与进展,并积极参与到蓬勃兴起的科学运动之中。拥抱复杂性也正为我们提供着拓展社会学边界的新机会。

(一)运用复杂性视角理解当下社会

技术是推动社会变迁越来越重要的力量。近二十年间,ICT的发展对社会变迁产生了极深远的影响。关注复杂性能够帮助我们认识这些社会变迁,对当下社会形成更深入的理解,体现在以下三个方面。

第一,理解影响社会的技术发明和应用。ICT发展催生了许多新技术发明,对这些技术发明的应用也正在改变着生产和生活。社交网络、交易平台、人工智能等都是ICT推动下得以应用并产生广泛影响的技术发明,它们都与复杂性有着十分密切的关联:例如各类平台组织是由多种类型的参与者构成的复杂系统,平台组织的成长和生态的形成

是不同参与者之间互动涌现的结果。从更广泛的角度看,技术发明与应用在本质上就是复杂系统(阿瑟,2018;乔天宇等,2018)。

第二,理解技术变迁给社会带来的影响。技术的社会化应用使其不再只是效率工具,而是开始进入到社会关系之中,以更具复杂性的方式影响着社会。邱泽奇(2018b)以北京公交车票变迁的案例说明了这种转变,司乘之间过去“拿钱买票”的直接双边互动关系,变成了乘客与公交服务系统的一系列行动主体之间的复杂关系网络。

阿克塞尔罗德和科恩从以下两方面概括了 ICT 发展对社会的影响(Cohen & Axelrod,2000):一是信息技术革命改变了人们之间的互动方式,信息传递速度加快,行动者比以往处在更丰富的互动之中,也更容易受其他行动者的影响;二是由于计算、存储、传输和传感器等技术的进步,人类行动和社会系统的信息得以更快采集、处理、分析和反馈,行动者可以更迅速且直观地了解社会系统的状况,更有针对性地调整自身行动。2018 年底始于法国的黄马甲运动即体现了这些影响。互联网对信息的即时反馈吸引更多参与者加入到运动之中,导致运动规模呈爆发式增长;同时这种局部波动又在高度连通条件下迅速蔓延。

第三,理解社会形态特征的变化。关注复杂性意味着更应注重从行动者之间的互动入手刷新对社会的理解。社会学从不缺乏互动视角,但过去更多关注的是局部互动。信息技术的社会化应用令工业社会的原有形态发生深刻变化,社会学者从各个角度对当下的社会形态进行过描述。从复杂性视角看,可以将当下社会理解为一个全局互动的社会,人类整体处于高度互动的状态。同时,社会还呈现个体化趋势,个体行动者会更多依其自身意志而行动,直接参与到整体连通的社会之中。个体直接参与的全局互动可能引发更多难以预料的涌现性后果。复杂性理论与方法为理解高度互联社会的行动和动态提供了基本视角和框架,帮助我们认识由高度互联带来的社会后果,尤其是社会风险,也为其治理提供依据和可能方案(范如国,2017)。

(二)用复杂性思维认识社会学的基本问题

如果说我们能从现实角度看到拥抱复杂性对社会学的价值,那么从理论角度,运用复杂性思维对拓展社会学边界的意义又是什么呢?

在自身演进以及与社会科学其他学科的理论互动中,社会学理论似乎面临着两种困难。一种是微观到宏观转换的问题,这被科尔曼视

为社会学的核心任务(Coleman, 1994)。它也是社会学的心病,一直没有得到很好的解决。近年一些有影响力的社会学者再度提及微观到宏观的转换问题(赫斯特洛姆, 2010; 格兰诺维特, 2019), 并将该问题与复杂性研究关联。社会如何从行动者的微观互动中涌现, 可以看作是运用复杂性思维对“社会何以可能”这一基本问题的重新理解。

社会学理论面临的第二个困难是在与主流经济学的对话中遇到的。社会学强调社会化对行动者的影响, 传统上却倾向于接受行动者完全内化了规范的假定, 被称作“过度社会化”; 新古典经济学理论与社会学中的理性选择理论则是社会化不足, 被认为陷入了“低度社会化”的误区。格兰诺维特较早指出了这两种极端理论状态的存在, 主张采用嵌入性观点, 避免二者的缺陷(Granovetter, 1985)。一方面, 嵌入性观念推动了社会学中网络研究的发展。由于复杂性研究对互动的强调, 网络思想很快被其吸收并在复杂性研究的其他学科中扩散, 反过来又促进社会学网络理论朝着关注多重和动态性的方向发展。很多参与复杂性研究的社会学者尝试将既往关注的如组织、制度等议题转化为网络问题进行分析和讨论(Owen-Smith & Powell, 2008)。阿瑟曾认为, “低度社会化”的新古典经济学是复杂经济学的一个特例, 我们或许也可以认为, “过度社会化”的传统社会学处在另一个极端, 也是充分接纳了网络思想、运用复杂性思维的社会学的一个特例。

当然, 这仅是运用复杂性思维再认识社会学基本问题的两个例证, 复杂性与社会学其他基本问题之间的关系可留待进一步讨论。

(三) 在复杂性研究中重塑社会学研究方法

一些社会学者曾尝试发展理论工具, 解决微观与宏观之间断裂的难题, 但都并不成功(赫斯特洛姆, 2010)。在经验研究中, 统计分析常用于解决同一层次变量间关系; 后来多层次分析技术可用于驾驭宏观环境对微观行动的影响。但是对微观行动如何演化为宏观图景, 常规统计方法几乎无能为力。有学者认为, 传统社会学推崇的案例研究方法有可能通过揭示微观社会机制, 实现解释宏观的目标(张静, 2018; 渠敬东, 2019)。案例研究能揭示微观行动的大量细节, 的确为解释宏观创造了条件。但问题在于, 它较难对宏观后果进行有效测量, 也难以在微观行动与宏观图景之间建立可确证的路径。ABM 是呼应需求的方法创新, 它能克服统计分析与案例分析的局限, 开启了一种“扎根于

实用主义和复杂性的新范式”(Epstein,2006;Macy & Flache,2009)。

除了 ABM 类的计算模型,参与复杂性研究的社会学者还采用了更多新颖的研究手段,如挖掘与分析在线大数据、实施线上数字实验等,萨尔加尼克等人的研究(Salganik et al.,2006)已成为利用线上数字实验研究复杂社会现象的经典之作。这类研究也被归入计算社会科学的范畴(Lazer et al.,2009),它们不再满足于在理论上探索导致宏观涌现的微观机制,而是更具经验性地观察社会行为的复杂模式,或对理论模型进行验证。计算社会科学与复杂性研究在很大程度上是重叠的,只不过侧重点不同。计算社会科学更强调在社会科学研究中对数字技术和计算方法的运用,而计算方法恰是研究复杂性的主要工具和手段。对于国内的社会学研究方法教学而言,增加应对复杂性问题的计算思维与方法等相关课程模块,应当说已迫在眉睫。

当然,社会学与复杂性研究的互动之路也受到很多限制性约束。例如,针对动态和多重社会网络的研究在社会学中仍不多见,很大程度上是因为满足研究需求的数据不易收集。另外,从事此类研究要求研究者具备更复杂的能力,还可能要与自然科学家开展合作。复杂性研究内部也存在张力甚至激烈的争论(参见塔勒布,2011;巴拉巴西,2012)。尽管存在诸多困难,我们仍想呼吁,社会学应以更加包容开放的心态,广泛开展学科间的交流与合作,在这样一个社会现象的复杂性越来越凸显的时代,跨出传统的边界,回应时代的呼唤,对复杂性这一既古老又崭新的领域进行积极的探索和勇敢的尝试。

参考文献:

- 阿克洛夫,乔治·罗伯特·希勒,2012,《动物精神》,黄志强等译,北京:中信出版社。
- 阿瑟,布莱恩,2018,《复杂经济学:经济思想的新框架》,贾拥民译,杭州:浙江人民出版社。
- 巴拉巴西,艾伯特-拉斯洛,2012,《爆发:大数据时代预见未来的新思维》,马慧译,北京:中国人民大学出版社。
- 布克斯塔伯,理查德,2018,《理论的终结:金融危机,经济学的失败与人际互动的胜利》,何文忠、颜天罡译,北京:中信出版社。
- 范如国,2017,《“全球风险社会”治理:复杂性范式与中国参与》,《中国社会科学》第2期。
- 格兰诺维特,马克,2019,《社会与经济:信任、权力与制度》,罗家德、王水雄译,北京:中信出版社。
- 赫斯特洛姆,彼得,2010,《解析社会:分析社会学原理》,陈云松译,南京:南京大学出版社。
- 吉登斯,安东尼,2000,《现代性的后果》,田禾译,南京:译林出版社。
- 杰克逊,马修,2011,《社会与经济网络》,柳茂森译,北京:中国人民大学出版社。

- 梁玉成、贾小双,2016,《数据驱动下的自主行动者建模》,《贵州师范大学学报(社会科学版)》第6期。
- 刘炜,2016,《门槛模型:一个社会学形式理论的建构与拓展》,《社会学评论》第4期。
- 吕鹏,2016,《ABM 仿真模拟方法漫谈》,《贵州师范大学学报(社会科学版)》第6期。
- 米勒,约翰·H.,2017,《复杂之美:人类必然的命运和结局》,潘丽君译,广州:广东人民出版社。
- 默顿,罗伯特·K.,2006,《社会理论和社会结构》,唐少杰、齐心译,南京:译林出版社。
- 乔天宇、涂真、孙朔晗,2018,《理解技术的不同维度——论社会科学研究中的技术观》,《科学与社会》第4期。
- 邱泽奇,2018a,《大数据给社会学研究带来了什么挑战?》,《实证社会科学》第6卷。
- ,2018b,《技术化社会治理的异步困境》,《社会发展研究》第4期。
- 邱泽奇、范志英、张树沁,2015,《回到连通性——社会网络研究的历史转向》,《社会发展研究》第3期。
- 渠敬东,2019,《迈向社会全体的个案研究》,《社会》第1期。
- 沙莲香、刘颖、王卫东、陈禹,2007,《社会心理现象计算机模拟及其方法论意义》,《社会学研究》第6期。
- 塔勒布,纳西姆·尼古拉斯,2011,《黑天鹅——如何应对不可预知的未来》,万丹、刘宁译,北京:中信出版社。
- 王晓路,2007,《对哈里森·怀特市场模型的讨论:解析、探源与改进》,《社会学研究》第1期。
- 韦斯特,杰弗里,2018,《规模:复杂世界的简单法则》,张培译,北京:中信出版社。
- 沃尔德罗普,迈克尔,1997,《复杂:诞生于秩序与混沌边缘的科学》,陈玲译,北京:生活·读书·新知三联书店。
- 谢林,托马斯,2013,《微观动机与宏观行为》,谢静、邓子梁、李天有译,北京:中国人民大学出版社。
- 伊利斯,大卫、乔恩·克莱因伯格,2011,《网络、群体与市场:揭示高度互联世界的行为原理与效应机制》,李晓明、王卫红、杨韞利译,北京:清华大学出版社。
- 张静,2018,《案例分析的目标:从故事到知识》,《中国社会科学》第8期。
- 赵鼎新,2006,《集体行动、搭便车理论与形式社会学方法》,《社会学研究》第1期。
- Adami, Christoph, Jory Schossau & Arend Hintze 2016, “Evolutionary Game Theory Using Agent-Based Methods.” *Physics of Life Reviews* 19.
- Angle, John 1986, “The Surplus Theory of Social Stratification and the Size Distribution of Personal Wealth.” *Social Forces* 65(2).
- Arthur, W. B. 1999, “Complexity and the Economy.” *Science* 284(5411).
- Axelrod, Robert 1986, “An Evolutionary Approach to Norms.” *American Political Science Review* 80(4).
- 1995, “A Model of the Emergence of New Political Actors.” In Nigel Gilbert & Rosaria Conte (eds.) *Artificial Societies: The Computer Simulation of Social Life*. London: University College Press.
- 1997, “The Dissemination of Culture: A Model with Local Convergence and Global

- Polarization.* " *Journal of Conflict Resolution* 41(2).
- Axtell, Robert 1999, "The Emergence of Firms in a Population of Agents." Working Paper, Santa Fe Institute, No. 99-03-019.
- 2001, "Zipf Distribution of U. S. Firm Sizes." *Science* 293(5536).
- Barabási, Albert-László & Réka Albert 1999, "Emergence of Scaling in Random Networks." *Science* 286(5439).
- Blau, Peter M. 1964, *Exchange and Power in Social Life*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Bruch, Elizabeth E. & Robert D. Mare 2006, "Neighborhood Choice and Neighborhood Change." *American Journal of Sociology* 112(3).
- 2009, "Preferences and Pathways to Segregation: Reply to van de Rijt, Siegel, and Macy." *American Journal of Sociology* 114(4).
- Castellani, Brian 2018, "Map of the Complexity Sciences." (https://www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html)
- Centola, Damon, Damon Willer & Michael Macy 2005, "The Emperor's Dilemma: A Computational Model of Self-Enforcing Norms." *American Journal of Sociology* 110(4).
- Chakrabarti, B. K., A. Chakraborti, S. R. Chakravarty & A. Chatterjee 2013, *Econophysics of Income and Wealth Distributions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Christakis, Nicholas A. 2013, "Let's Shake up the Social Science." (<https://www.nytimes.com/2013/07/21/opinion/>)
- Christakis, Nicholas A. & James H. Fowler 2011, *Connected: the Surprising Power of our Social Networks and How They Shape our Lives*. New York: Back Bay Books.
- Cohen, Michael D., James G. March & Johan P. Olsen 1972, "A Garbage Can Model of Organizational Choice." *Administrative Science Quarterly* 17(1).
- Cohen, Michael D. & Robert Axelrod 2000, *Harnessing Complexity: Organizational Implications of a Scientific Frontier*. New York: The Free Press.
- Coleman, James S. 1994, *Foundations of social theory*. Cambridge: Harvard University Press.
- Deffuant, Guillaume, Sylvie Huet & Frédéric Amblard 2005, "An Individual-Based Model of Innovation Diffusion Mixing Social Value and Individual Benefit." *American Journal of Sociology* 110(4).
- Edmonds, Bruce & David Hales 2005, "Computational Simulation as Theoretical Experiment." *Journal of Mathematical Sociology* 29(3).
- Epstein, Joshua M. 1999, "Agent-based Computational Models and Generative Social Science." *Complexity* 4(5).
- 2006, *Generative Social Science: Studies in Agent-based Computational Modeling*. Princeton: Princeton University Press.
- Epstein, Joshua M. & Robert Axtell 1996, *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom up*. Washington D. C. : Brookings Institution Press.
- Fioretti, Guido & Alessandro Lomi 2008, "The Garbage Can Model of Organizational Choice: An Agent-Based Reconstruction." *Simulation Modelling Practice and Theory* 16(2).

- Flache, Andreas & Michael W. Macy 2011, "Small Worlds and Cultural Polarization." *The Journal of Mathematical Sociology* 35(1-3).
- Fossett, Mark 2006, "Ethnic Preferences, Social Distance Dynamics, and Residential Segregation: Theoretical Explorations Using Simulation Analysis." *The Journal of Mathematical Sociology* 30(3-4).
- 2011, "Generative Models of Segregation: Investigating Model-Generated Patterns of Residential Segregation by Ethnicity and Socioeconomic Status." *The Journal of Mathematical Sociology* 35(1-3).
- Fowler, James H. & Oleg Smirnov 2005, "Dynamic Parties and Social Turnout: An Agent-based Model." *American Journal of Sociology* 110(4).
- Gilbert, G. Nigel 2010, *Computational Social Science*. London: Sage.
- Gilbert, Nigel & Klaus Troitzsch 2005, *Simulation for the Social Scientist*. Berkshire: Open University Press.
- Golder, Scott A. & Michael W. Macy 2014, "Digital Footprints: Opportunities and Challenges for Online Social Research." *Annual Review of Sociology* 40.
- Granovetter, Mark 1978, "Threshold Models of Collective Behavior." *American Journal of Sociology* 83(6).
- 1985, "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness." *American Journal of Sociology* 91(3).
- Granovetter, Mark & Roland Soong 1983, "Threshold Models of Diffusion and Collective Behavior." *Journal of Mathematical Sociology* 9(3).
- 1986, "Threshold Models of Interpersonal Effects in Consumer Demand." *Journal of Economic Behavior & Organization* 7(1).
- Güth, Werner, Rolf Schmittberger & Bernd Schwarze 1982, "An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining." *Journal of Economic Behavior & Organization* 3(4).
- Hawking, Stephen 2000, "Unified Theory Is Getting Closer, Hawking Predicts." *San Jose Mercury News* Jan. 23.
- Holland, J. H. 1995, *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*. Reading: Addison Wesley.
- Langton, Chris G. 1990, "Computation at the Edge of Chaos: Phase Transitions and Emergent Computation." *Physica D: Nonlinear Phenomena* 42(1).
- Lazer, David, Alex Sandy Pentland, Lada Adamic, Sinan Aral, Albert Laszlo Barabasi, Devon Brewer, Nicholas Christakis, Noshir Contractor, James Fowler & Myron Gutmann 2009, "Life in the Network: the Coming Age of Computational Social Science." *Science* 323(5915).
- Macy, Michael & Andreas Flache 2009, "Social Dynamics from the Bottom up: Agent-based Models of Social Interaction." In Peter Hedström and Peter Bearman (eds.) *The Oxford Handbook of Analytical Sociology*. New York: Oxford University Press.
- Macy, Michael W. & Arnout Van De Rijdt 2006, "Ethnic Preferences and Residential Segregation: Theoretical Explorations Beyond Detroit." *The Journal of Mathematical Sociology* 30(3-4).

- Merton, Robert K. 1968, "The Matthew Effect in Science: The Reward and Communication Systems of Science are Considered." *Science* 159(3810).
- Miller, John H. & Scott E. Page 2004, "The Standing Ovation Problem." *Complexity* 9(5).
- 2007, *Complex Adaptive Systems: an Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton; Princeton University Press.
- Owen-Smith, Jason & Walter W. Powell 2008, "Networks and Institutions." In Royston Greenwood, Christine Oliver, Roy Suddaby and Kerstin Sahlin (eds.) *The SAGE Handbook of Organizational Institutionalism*. London; Sage.
- Padgett, John F., Peter McMahen & Xing Zhong 2012, "Economic Production as Chemistry II." In John F. Padgett & Walter W. Powell (eds.) *The Emergence of Organizations and Markets*. Princeton; Princeton University Press.
- Padgett, John F. & Walter W. Powell 2012, *The Emergence of Organizations and Markets*. Princeton; Princeton University Press.
- Page, Scott E 2015, "What Sociologists Should Know about Complexity." *Annual Review of Sociology* 41.
- Rainie, Harrison & Barry Wellman 2012, *Networked; the New Social Operating System*. Cambridge, Mass; MIT Press.
- Raub, Werner, Vincent Buskens & Marcel A. L. M. van Assen 2011, "Micro-macro Links and Microfoundations in Sociology." *The Journal of Mathematical Sociology* 35(1-3).
- Salganik, M. J., P. S. Dodds & D. J. Watts 2006, "Experimental Study of Inequality and Unpredictability in an Artificial Cultural Market." *Science* 311(5762).
- Sawyer, R. Keith 2001, "Emergence in Sociology: Contemporary Philosophy of Mind and Some Implications for Sociological Theory." *American Journal of Sociology* 107(3).
- Schelling, Thomas C. 1971, "Dynamic Models of Segregation." *The Journal of Mathematical Sociology* 1(2).
- Simmel, Georg 1910, "How is Society Possible?" *American Journal of Sociology* 16(3).
- Strang, David, Robert J. David & Saeed Akhlaghpour 2014, "Coevolution in Management Fashion: An Agent-Based Model of Consultant-Driven Innovation." *American Journal of Sociology* 120(1).
- Urry, John 2005, "The Complexity Turn." *Theory, Culture & Society* 22(5).
- Van De Rijt, Arnout, David Siegel & Michael Macy 2009, "Neighborhood Chance and Neighborhood Change: A Comment on Bruch and Mare." *American Journal of Sociology* 114(4).
- Waldrop, M. Mitchell 2018, "Free Agents." *Science* 360(6385).
- Watts, Duncan J. 1999, "Networks, Dynamics, and the Small-world Phenomenon." *American Journal of Sociology* 105(2).
- White, Harrison C. 1981, "Where Do Markets Come From?" *American Journal of Sociology* 87(3).

作者单位:北京大学社会学系(乔天宇)

北京大学中国社会与发展研究中心(邱泽奇)

责任编辑:向静林