

【理论研究】

# 复杂性研究对社会学的启示及其拓展

孙 跃

**【摘要】**20世纪晚期兴起的复杂性研究不仅为自然科学带来了新的范式,也对社会科学产生了较大影响。其中的耗散结构理论与涌现思想对社会学具有理论与方法论上的意义。前者强调系统整体与环境,以及系统内部各个亚系统间非线性的关系,后者强调系统内部各要素之间的互动往往会产生出意料之外的宏观后果。此外,涌现思想在研究方法中主要体现为基于主体的建模技术(ABMs),它可以克服传统调查研究的一些不足,是对现有的社会学研究方法的补充与拓展。

**【关键词】**复杂性研究;耗散结构;涌现;基于主体的建模

**【作者简介】**孙跃(1983-),云南民族大学社会学院讲师(昆明 650504)。

**【原文出处】**《国外社会科学前沿》(沪),2024.4.11~23

20世纪末,伊曼纽尔·沃勒斯坦(Immanuel Wallerstein)在社会学第14届世界大会上的演讲中陈述了社会学遭遇的六种挑战,其中之一是来自复杂性研究的挑战。<sup>①</sup>自20世纪七八十年代以来,复杂性研究在物理学、生物学等领域得到了快速发展。最晚从20世纪90年代开始,西方社会学已经开始关注复杂性研究,其表现是一系列会议、论文、期刊与专著等相继出现。英国社会学家约翰·厄里(John Urry)认为社会科学在世纪之交迎来了“复杂性转向”。<sup>②</sup>

几乎所有的社会学者都会承认人类社会具有复杂性。从理论方面看,以往社会学理论中关于个体与群体、微观与宏观、能动性 with 结构等方面的争论都可以视为对人类社会复杂性的理论化尝试。从研究方法方面看,社会学研究在演绎与归纳的逻辑下,试图寻找宏观层面的规律或者微观层面的意义。与此同时,复杂性研究为自然科学家们带来了一种崭新的看待世界的方式。那么,这种新的“范式”能否以及如何对社会学理论与方法产生影响?复杂性研究的哪些方面对社会学研究具有启发意义?这些都是本文试图回答的问题。

## 一、社会学系统思想的中断与复杂性研究的兴起

复杂性研究可以追溯到社会学的“系统”思想传

统。将社会与社会现象作为社会系统进行分析在社会学中是传统的做法。社会学的产生是西方社会重大变迁的直接后果之一。古典时期社会学者们的研究都是对现代西方社会日益增长的复杂性的回应。换句话说,社会学从诞生之初就是要理解这种复杂性。这些学者将西方社会作为系统看待并以系统的术语进行研究。事实上,这些学者大多数将社会及其子系统视为是真实存在的。这种将社会系统视为真实存在的观念被称为有机论(organicism)。对赫伯特·斯宾塞(Herbert Spencer)、埃米尔·迪尔凯姆(Emile Durkheim)与维弗雷多·帕累托(Vilfredo Pareto)来说,社会不仅仅是一个系统,它的每一方面都与人类的身体一样真实。

然而在20世纪前半叶,社会学大部分学者抛弃了系统思想的传统,直到塔尔科特·帕森斯(Talcott Parsons)的出现。帕森斯的宏大理论除了建基于欧洲社会学的系统传统之外,还建基于控制论与系统科学,而后者是首先明确地研究系统的两种科学。事实上,控制论与系统科学成为20世纪科学研究的重要领域,引发了人工智能、博弈论、计算机、互联网、信息论、系统生物学、计算模型、机器智能以及现代数学等一系列重要进展。另一方面,控制论与系统科学也一直遭到许多批评。社会学家与自然科学家对它们的态度是截然不同的,前者整体抛弃了帕

森斯的系统观念,包括拒绝接受控制论与系统科学。而后者试图克服这些领域的问题,发展并修正了这些思想。可以说,复杂性研究每一项主要的成就都可以联系到20世纪40年代到70年代的这两个学科的发展,它的一些关键进步皆来源于帕森斯曾经的追求。结果是自然科学处在了复杂性研究的前沿,而社会学并没有。<sup>③</sup>

因此,在社会学“系统”思想传统中断两次之后,20世纪七八十年代一些科学家如克莱德·科温(Clyde Cowan)、默里·盖尔曼(Murray Gell-Mann)、伊利亚·普里戈金(Ilya Prigogine)、爱德华·威尔逊(E. O. Wilson)批判地发展了系统思想的传统,完成了本应是社会学的任务。通过对数学与计算建模最新进展的研究,发展了控制论与系统科学的研究工具,从而为现在的复杂性科学奠定了基础。

复杂性研究主要研究的是复杂系统的行为。复杂系统具有以下特征:

1. 由大量要素构成;
2. 这些要素随时间的变化而相互作用;
3. 相互作用的程度非常丰富;
4. 相互作用是非线性的;
5. 相互作用常常发生在相对小的短程范围;
6. 相互作用之间形成回路(loop);
7. 开放系统;
8. 远离平衡态;
9. 系统具有历史性;
10. 每一要素对整体的系统行为是无知的,仅对局部信息作出回应。<sup>④</sup>

以上十个特征可以进一步分为两大类,即系统整体的特征(1、7、8、9)与系统组成部分的特征(2、3、4、5、6、10)。上文中的“要素”有时也被称为“主体”(agent)。复杂性研究中的耗散结构理论偏重对系统整体特征的研究,而“涌现”思想(如复杂适应系统,Complex Adaptive Systems,简称CAS)则主要是对主体之间互动的研究。前者的代表是普里戈金(1977年诺贝尔化学奖获得者),后者的代表是美国圣菲研究所(Santa Fe Institute)的一系列研究。

在对复杂性与复杂系统的讨论过程中,学者们逐渐形成了一个共识:处理复杂系统时,线性策略与单一学科视角具有很大的局限性。<sup>⑤</sup>前者是方法论问题,后者则直接对现有的学科分科制度提出了反思。随着复杂性研究的兴起,社会学中关于非线性、自组

织、耗散结构与涌现的讨论越来越多。与此同时,社会学的学科边界也正在受到社会现象间日益增加的关联性的挑战。<sup>⑥</sup>社会学研究的一部分与复杂性研究有交叉,但是相当有限。复杂性研究关注的社会互动,比如交通模式、金融崩溃与国际政治等往往不是社会学研究的中心。此外,很多复杂系统的研究对象并不包括人类,主要集中于物理系统、生物系统等。但是,复杂性研究中的模型与思想对社会学是有帮助的,复杂科学的核心思想可以占据社会学的中心位置。<sup>⑦</sup>

## 二、耗散结构理论对社会学的启发

在20世纪七八十年代自然科学各学科的新发展中,物理化学家普里戈金的耗散结构(dissipative structures)研究成为复杂性科学的重要来源之一。沃勒斯坦在其晚年论述中多次提到普里戈金的研究对自然科学的贡献以及对社会科学的启发。

所谓耗散结构,是一种远离热力学均衡的系统。日常生活中常见的例子包括对流、湍流、旋风与飓风等。热力学第二定律表明,孤立系统(与环境没有物质与能量的交换)的状态会从有序走向无序,最终达到热力学均衡状态。在这个过程中,对系统无序状态的测量指标“熵”在增加,因此这一定律也叫熵增定律。然而,并非所有的物理系统都是孤立系统,与环境进行物质与能量交换的开放系统会周期性地展现出自组织与结构复杂性增加的特点,而这是一个熵减的过程。在这个过程中,通过演化,系统内部的复杂性增加了,并且保持着热力学的非均衡状态。

普里戈金研究的耗散结构或耗散系统是热力学中的开放系统。该系统从环境中引入高水平的能量,将从能量使用中产生的熵耗散到外部环境,从而增加系统结构的复杂性。这一过程是不可逆的,一旦新的结构产生,系统就不能返回到它的初始状态。由于内部复杂性不可逆地增加,耗散系统便拥有了对抗热力学均衡的演化能力。<sup>⑧⑨⑩</sup>

另一方面,耗散结构由许多以非线性方式互动的亚系统组成。系统组份间的关系是不稳定的,即使是微小的事件也可能引起全局的后果。此外,耗散结构从外部环境与内部亚系统中不断经历随机波动。有些时候,耗散结构相对稳定,但是在某些时候,一个随机波动可能会放大现有的非线性互动,使得结构达到一个极端不稳定状态。在不稳定状态中,结构可能达到一个临界点,也就是“分岔点”(bi-

furcation points)。这时结构的对称性被打破了。一旦结构开始解体,就不可能预测系统演化的方向,它有可能变为混沌系统(chaos system),也有可能跃迁为新的有序的耗散结构。系统的演化是偶然性与必然性交互作用的结果。<sup>⑩</sup>

耗散结构理论是自然科学在20世纪产生的一种新范式。如果考虑到社会学有向自然科学“学习”的传统,那么也就不难推测耗散结构理论在提出之后不久即引起了社会学的关注。有的研究者认为,普里戈金发展出的科学本体论与罗伊·巴斯卡(Roy Bhaskar)的哲学本体论结合在一起为理解物理系统与社会系统提供了强大的基础,对耗散系统的研究为社会学家提供了一种崭新的看待社会的方式,改变了人们关于社会结构与社会过程的想法。<sup>⑪</sup>事实上,最早将这个理论应用于社会现象是在20世纪70年代,被用于研究城市空间的演化,将城市作为一个整体研究其与环境之间的互动过程。在这之后,这一理论被应用到更大的范围,从组织变迁到政治革命,都可以见到它的身影。<sup>⑫</sup>

### (一) 方法论的启发

从方法论的角度看,传统科学的起源与发展是基于牛顿范式的,以机械力学的方式理解现实,其特点是线性的,即可以通过系统的组成部分对整体进行分析。线性的假设在研究社会的复杂性时显得过于简单。社会学家寻求用统计规律来描述社会现象,这主要来自统计物理学的发展。在物理系统中,个体的行为不可预测,但是当大量个体聚合在一起便会产生规律与模式。而在社会研究中,研究者将个体聚合为宏观系统,通过样本推论总体,数学上则基于中心极限定理。科学史上大部分时候,数学被限制在研究线性系统,即使是研究非线性现象,也用线性近似。<sup>⑬</sup>

而耗散结构理论却高度强调系统的非线性特点。在非线性系统中,结果与原因是不成比例的,初始条件的微小变化会导致系统后期状态的激烈变化(蝴蝶效应),或者反过来,初始条件的巨大变化也许没有导致系统的显著变化。混沌方程是非线性方程的一种特殊类型。混沌方程描述的系统通常拥有吸引子,即系统被吸引到的相对稳定的状态。因此,传统科学的还原论方法很难应用于这样的系统。<sup>⑭</sup>得益于计算机的发展,使得使用非线性方法成为可能。对非线性现象的探索对科学思想产生了深刻影响。

作为新的科学范式,耗散结构理论为理解自然与社会系统演化过程的不确定性、不稳定性与不可预测性提供了新的视角。

#### 1. 微小事件与随机事件的重要性

社会学研究侧重于研究系统的“正常的”或“平均的”行为。系统中的随机波动或“非平均”的事件通常被认为是异常的,从而被删除。然而,以耗散结构理论为代表的非线性系统的研究表明,“非平均”的行为通常拥有使系统产生巨大变化的潜力。看似微小的变化可能会在非线性系统中产生不可预测的重大影响。如果“非平均”的波动可以产生新的结构与行为模式,那么研究所谓的“异常值”可能会增加我们对社会系统变迁的认识。

#### 2. 预测的局限性

线性模型往往具有静态的性质,类似现实的“快照”。比如,社会学研究经常使用回归模型进行预测,而回归模型中变量之间的关系很有可能只有短期的相关性。这就使得长期的预测十分困难。而非线性系统中发生“混沌”事件的可能性以及系统最终结果的不可预测性,需要研究者重新思考预测的目的。非线性动力学研究表明,有可能预测非线性系统中产生混沌之前的状态。一种更谨慎的预测方法应该集中在预测“对称性的破坏”事件上,因为当现有结构崩溃时,会产生关于结构和行为后果的极端不确定性,从而使预测变为不可能。

#### 3. 不稳定性的重要性

社会学往往试图寻找系统稳定性与一致性的机制。这种对稳定性的追求可能是为了找到某种模式进行预测。人类历史往往表明,许多情况下,最重要的事件是那些打破既有结构的新的互动模式与组织形式的出现。这些事件往往不常发生。社会学家往往忽视了这些事件,而非线性系统要求研究者仔细考虑系统的不稳定性及其来源。<sup>⑮</sup>

### (二) 理论上的启发

从理论建构的角度看,耗散结构理论为社会学的理论发展提供了一些重要的洞见。最近,有研究者基于“所有的复杂系统,无论是自然的还是社会的,都是信息处理与自组织的系统”的假设将耗散结构理论转换到社会学,提出了“耗散社会结构”(dissipative social structures)的概念。下页表1展示了从耗散结构理论中借鉴的一些关键概念在社会学中的新含义。<sup>⑯</sup>

表 1 从热力学到社会学的理论转换

概念	热力学	社会学
微观状态 (Microstate)	粒子及其状态(位置、速度等)	社会行动者及其沟通行为
宏观状态 (Macrostate)	宏观属性(如温度)	宏观属性(如 GDP)
约束 (Constraint)	限制热力学系统微观状态的条件	限制行动者沟通可能性的规则与期望
熵(Entropy)	对无序的测量,与宏观状态相关的微观状态的数量	对不确定性的测量,与社会宏观状态相关的沟通可能性的数量
能量 (Energy)	做功的能力	社会能量如资本(社会的、经济的与政治的,等等)获得注意力的能力

这种将自然科学中的某些概念借用到社会学理论中的做法由来已久。早期帕森斯的系统理论与控制论和系统科学关系密切。20世纪90年代的“社会熵理论”(social entropy theory)也试图建立一个关于复杂社会的模型。<sup>⑧</sup>由于耗散结构有可能演化为混沌系统,因此许多社会学家也开始从混沌理论中借用术语:分岔(bifurcation)、奇异吸引子(strange attractors)、状态空间(state space)经常被应用于分析社会现象。<sup>⑨⑩</sup>但是,这些概念经常被研究者误用与滥用。有的研究者甚至认为这个理论从来没有被社会学家成功地使用过。<sup>⑪</sup>比如,帕特里克·贝克(Patrick Baker)曾经以“中心—边缘”(centriphery)视角作为人类社会的“吸引子”,重新审视社会学理论中的秩序与变迁问题。<sup>⑫</sup>该文只是直接将相关概念拿来作类比,缺乏论证过程,有成为“时髦的空话”的嫌疑。

早在1948年,与克劳德·香农(Claude Shannon)合著《通信的数学原理》的美国数学家沃伦·韦弗(Warren Weaver)提到了complexity一词。他将科学分成三类:解决简单问题的科学(如只有少数几个变量的经典物理与经典化学)、解决无秩序的复杂问题的科学(disorganized complexity,可以用概率论与统计力学进行分析)以及解决介于两者之间的有秩序的复杂问题的科学(organized complexity,需要处理有机整体中大量相互关联的因素)。<sup>⑬</sup>韦弗对复杂性的区分相当具有启发性,因为他看到了不同类型的复杂性所具有的不同特点。一罐气体分子与一个人类社区,都可以用复杂性一词描述,但是二者显然具

有迥然不同的特点,需要不同的处理方式。换句话说,自然科学研究中的复杂性能否直接沿用到研究人类社会复杂性的社会科学中仍然是值得讨论的,但是后者显然可以从前者那里获得启发。

### 三、“涌现”思想与社会学理论的基本问题

与耗散结构理论对系统与环境以及系统内部的非线性关系的强调不同,复杂性研究的另一个兴趣是关于“涌现”(emergence)的思想。<sup>⑭</sup>简单来说,“涌现”是当系统中有新的属性或结构形成的时候而发生的现象。当“涌现”发生的时候,新的、未预料的东西产生了,即使知道系统的每一个组成部分也无法预测涌现的结果。涌现也许是世界上最普遍的现象,但是我们对它的了解还相当不足。<sup>⑮</sup>学者们一般认为,“涌现”概念最早是由乔治·刘易斯(G. H. Lewes)在1875年提出的。直到20世纪90年代,各个学科展现出对复兴涌现理论的强烈兴趣,这一方面是由于在各个学科中发现的可以作为涌现的例子越来越多,另一方面是因为复杂性研究的技术进步为涌现现象提供了数学工具。但是众多学者并没有对涌现的定义以及它如何运作达成共识。<sup>⑯⑰</sup>因此,目前关于涌现的概念有许多种,每一种定义都捕捉到了涌现现象的某些侧面,但没有哪一种能够提供关于涌现的全面的论述,也许并不存在一个关于涌现的包罗万象的理论框架。<sup>⑱</sup>

“涌现”这个概念首先表达了这样一种看法:一个事物(有时也称为实体或整体)所具有的属性是其组成部分并不具备的,这种属性通常被称为涌现的属性(emergent properties)。对涌现通俗的表达即是整体不等于部分之和。涌现现象其实在人们的日常生活以及语言中相当常见,比如汉语中常说的“三个和尚没水喝”就是一个简单的涌现现象。这是一个简单又深刻的例子。本来一个和尚与两个和尚都可以挑水喝,但是当群体规模达到某个临界点时,意外的情况发生了,而这种情况是不能按照之前有水喝时的规律进行预测的。亚当·斯密(Adam Smith)说的“看不见的手”也是同样的道理,本来每个个体都以各自的利益为导向而行事,但是大量个体之间的互动却可以涌现出来一种崭新的后果,看上去好像有一只看不见的手在幕后操纵一般。这种涌现出来的自发产生的新秩序常常为经济学家津津乐道。弗里德里希·哈耶克(Friedrich Hayek)所说的“扩展秩序”即是这种涌现的产物,它并不是人类的设计或意

图造成的结果,而是一个自发的产物,并且常常出乎人们意料。在《致命的自负》一书中,他意识到,研究复杂现象时,简单的因果解释中的机械方法和模式会变得越来越不适用。<sup>②</sup>无法预料、出其不意是涌现的一个重要方面。

个体与群体的关系问题一直是社会学理论关注的基本问题之一,它既是19世纪社会学创建者们一直想要理论化的核心要素,也是20世纪社会学范式中(包括结构功能主义、交换理论与理性选择理论)核心的重要问题,也就是“微观—宏观”问题。<sup>③</sup>从迪尔凯姆开始,社会学家一直有意或无意地讨论过关于涌现的思想。毕竟,群体由个体组成,群体的性质能否还原为个体的属性一直是一个让社会学家着迷的问题。

迪尔凯姆便是较早关注涌现现象的学者之一,尽管他从来没有使用过这一术语。他在《社会学方法的准则》一书中使用的 *sui generis* 一词与英语中的 *emergent* 是同义词。<sup>④</sup>与此同时,迪尔凯姆也使用 *synthesis* 与 *association* 两个词来表示涌现现象,正如19世纪的通常用法那样。<sup>⑤</sup>迪尔凯姆认为,社会事实与集体表象都是涌现出来的社会现象。显然,迪尔凯姆意识到社会与个体之间有本质不同,这样社会学就可以区别于心理学而成为独立的学科。而迪尔凯姆更加关注的是,涌现出来的社会事实对个体的外在的约束属性。而这种涌现出来的社会属性是不能还原到个体层次中去的,“它们就构成成为一个新种,只能用‘社会的’一词来修饰它,即可名之为社会事实……因此,这类现象成为社会学的固有领域。”<sup>⑥</sup>迪尔凯姆看到了社会的涌现属性对个体的外在约束作用,并且涌现出来的社会事实不能还原到个体层次进行解释,但他并没有更多地关注个体的互动是如何涌现出社会事实这个过程。

与迪尔凯姆不同的是,帕森斯在《社会行动的结构》一书中使用过“*emergent*”一词。在帕森斯看来,涌现现象是复杂系统所展现出来的一般特性,这种涌现的属性与基本属性的区别是,“把所研究的体系分解成单位超过一定限度之后,它们就消失了,再也观察不到了”,也就是说,涌现出来的结果不能还原到其组成部分之中。<sup>⑦</sup>与迪尔凯姆相同的是,帕森斯也认为涌现现象并不是“衍生的”或“虚构的”,而是有一个“实在的”的成分。然而遗憾的是,帕森斯并没有对此展开清晰的讨论。

此外,彼得·布劳(Peter Blau)、乔治·霍曼斯(George Homans)与詹姆斯·科尔曼(James Coleman)等人都对涌现现象进行过讨论。由于社会具有超大规模与复杂性的特点,宏观社会现象不能用微观社会学理论进行解释。对于布劳来说,社会结构不只是一个抽象的社会学概念,而是会对行动者产生影响的过程。不过他并没有讨论社会结构如何对行动者产生影响。霍曼斯认为,对于群体或社会的解释要还原到人类的行为层面,新的属性一直在涌现,而涌现出来的属性应以心理学命题进行解释。在1961年出版的《社会行为》一书中,霍曼斯的目标便是展示涌现的属性是如何以心理学命题进行解释的。科尔曼也承认,个体间的互动可以在系统的层次上产生涌现现象,这样的现象是个体意料之外且无法预测的。系统行为是组成系统的行动者之间相互依赖的行动涌现出来的结果。但是他认为涌现出来的社会属性以及类似的规律只是为了暂时的方便,真正的解释依然是个体层面的解释。<sup>⑧⑨</sup>

从社会学创立之初,学者们便相当关注“社会的”因素对人类个体行为的影响。当代的社会学者依然使用诸如“社会结构”“社会资本”等概念来表示影响个体行动的社会因素。但是这些概念依旧是模糊而充满争议的。当使用这些概念时,不可避免地会遇到迪尔凯姆曾经受到过的批评,即将社会结构实体化带来的问题。在方法论个体主义者(*methodological individualists*)看来,个体的互动也许会产生意料之外的宏观结构,但是对后者的解释也应该可以还原到个体互动,毕竟所谓“社会”,无非只是由每一个实实在在的个体组成。霍曼斯与科尔曼都持此种观点。但是无论是迪尔凯姆还是布劳,对方法论个体主义的观点也许会不以为然。他们认为“社会的”因素会对个体行动造成影响,从个体互动中产生的宏观后果是一种崭新的事物,不能还原到每一个个体行动中。

在社会学的理论发展过程中,始终存在着上述的张力。社会学理论中关于唯名论与唯实论、能动性结构与个体与群体、微观与宏观的问题一直是学者们争论的焦点。尽管有些理论如吉登斯的结构化理论与布迪厄的习惯概念试图超越上述二元对立的困境,但是也同时受到了一些学者的批评。来源于哲学、发展于复杂性科学的“涌现”观念为解决上述社会学理论张力提供了一种崭新的视角。尽管在一

些社会学者的论述中偶尔会提到“涌现”一词,但是基本上并没有将其作为一种需要理论化的对象来看待。此外,当代社会学对“涌现”概念的使用也充满了矛盾,部分原因是没有对这个概念展开充分的讨论。<sup>⑭</sup>

对于社会学理论来说,既要回答个体互动如何涌现出意料之外的社会结构,同时也要回答涌现出来的社会结构又如何影响个体之间的下一步互动。从微观的角度来说,个体既不是完全理性的,也不是完全非理性的,而是在时间中不断演化从而是适应性的(adaptive)。社会学理论首先要回答的是,适应性的个体之间的互动涌现出社会结构的过程与机制。而这种理论上的探索也许需要新的研究方法与技术的支持。

#### 四、ABMs 对社会研究方法的拓展

全球化使得社会变得越来越复杂。一些学者认为经典的定量社会学方法已经不足以应对日益复杂的社会。约翰·米勒(John Miller)和斯科特·佩奇(Scott Page)指出,传统方法在研究由异质性元素构成的复杂系统时出现了困难,需要新的工具与方法来研究复杂系统。<sup>⑮</sup>还有一些学者认为传统的科学研究方法走到了死胡同,比如定量研究,尤其是统计与传统模型展现出局限性,而数学、网络科学、信息论、计算机建模的最新进展为学者提供了研究复杂系统的工具。<sup>⑯</sup>

在复杂性研究领域,目前常用的方法之一是各种基于计算机的建模技术,尤其是基于主体的建模,即 ABMs (Agent-Based Models)。这些技术在主流社会学研究中并不常见,但在经济学中应用得比较广泛。<sup>⑰</sup> ABMs 基于这样一条假设:复杂的事物是从小而简单的事物中发展而来的。少数规则和规律就能够产生令人惊讶、错综复杂的系统。<sup>⑱</sup>

ABMs 是不同学科的研究者们建模的一种工具与方法,很适合研究复杂系统。它通过模拟分析来理解复杂社会系统的性质,它是除了定量与定性之外研究社会的另一种方法,可以将定量与定性数据结合起来,对理论建构有帮助。<sup>⑲</sup> 与演绎逻辑相似, ABMs 也是以一组清晰的假设(规则)开始,但不同的是,这些假设并非要证明某些定理。ABMs 产生的模拟数据可以被归纳地分析,但与归纳逻辑不同的是,这些模拟数据来自严格且特殊的规则而非来自对真实世界的直接测量。ABMs 的目的是帮助研究

者形成直觉,它是思维实验的一种形式。由于有大量遵循规则的主体进行互动而产生非线性的结果,这时 ABMs 就成为唯一可用的研究适应性的工具。它可以丰富我们对于基础过程的理解。<sup>⑳</sup>

ABMs 一个关键特点是明确地将微观与宏观的分析层次联结起来,而这也正是社会学长久以来的研究兴趣所在。它为探索个体行为的社会后果提供了强有力的工具,使研究者能够探索个体间如何互动以及为何产生某些集体结果,是经验研究的新工具。<sup>㉑</sup>

ABMs 在社会学中的起源可以追溯到 20 世纪六七十年代,尤其是 1971 年詹姆斯·萨科达 (James Sakoda) 与托马斯·谢林 (Thomas Schelling) 的两篇论文开辟了当时主流社会学之外的研究道路。<sup>㉒</sup> 下文以谢林的隔离模型为例进行说明。谢林的模型显示出每个个体对相同肤色邻居的中度偏好可以产生群体层次上的隔离现象。<sup>㉓</sup>

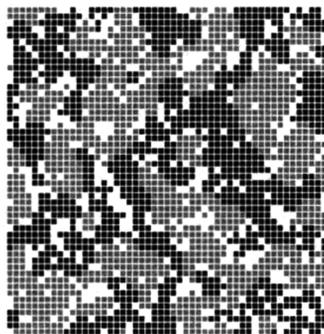
在一个由若干网格组成的“世界”中,随机分布着两种肤色的“主体”(agent)。每个主体对周围邻居的肤色具有不同的接受程度(这是模型的参数之一,可以随意进行调整)。研究者可以假设每个主体的生活满意度取决于邻居中与自己肤色相同的比例。比如,可以假设每个主体都具有文化包容性,可以接受周围邻居中有 30% 与自己肤色相同,70% 与自己的肤色不同。如果低于 30% 的临界点,那么该主体就会感觉不舒服,从而搬到一个未被占用的空格中。搬家之后再邻居中与自己同肤色的比例,如果大于等于 30%,则住下来,如果小于 30%,则继续搬家,直到找到满意的地点为止。

谢林模型出人意料之处就在于,即使每个主体在个体层次上都具有较高的文化包容性(30% 周围邻居的肤色与自己相同就会感到满意而不搬家),根据模型的规则(是否以及如何搬家),在宏观层面上也会涌现出两种肤色的主体相互隔离的结果。图 1 是根据谢林的模型在 NetLogo 6.2 软件中模拟出来的结果。图 A-C 分别显示了在 80% 的人口密度下,高度、中度与低度文化包容性所涌现出来的结果。

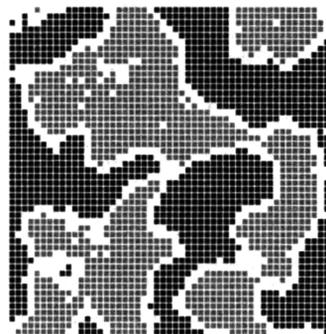
图 C 中的低度文化包容性产生了较为严重的隔离现象,这是预料之中的事。然而,图 A 与图 B 竟然也产生出了隔离现象,这就是社会学研究中常说的“意料之外的后果”。



A.30%相同满意



B.50%相同满意



C.70%相同满意

图1 隔离模型的模拟结果

在谢林提出该模型的十多年后,1982年,美国的综合社会调查(General Social Survey)向所有黑人受访者问了一个问题:如果你找到了自己喜欢的房子,你愿意住在全是黑人的社区、大多数是黑人的社区、一半黑人一半白人的社区,还是大多数是白人的社区?结果显示,55.3%的受访者更愿意住在一半黑人一半白人的社区。1990年与1996年,综合调查问了大多数是白人的受访者相似的问题:是否喜欢他们的社区中有一半是黑人?超过60%的受访者回答了“不喜欢也不反对”“喜欢”与“非常喜欢”。<sup>④</sup>这个结果与美国现实中的种族隔离现象形成了强烈的对比。

众所周知,调查研究(survey research)是社会学常用的研究方法之一,它通过耗费大量人力与时间来获得宝贵的数据(通常是样本数据),然后在统计学的帮助下推论总体的参数。通过各种抽样以及统计技术,研究者认为数据是对现实的反映,但上文中美国综合调查的结果与现实情况相当不一致。为什么会这样?如果排除技术层面的缺陷,调查数据依然与现实不符,那么这就恰恰反映了调查研究方法内在的局限性。

通过从总体中抽取样本,然后又通过研究样本去推论总体。这种研究方法中隐藏的假设是样本与总体是同构的,尽管存在抽样误差,但是通过样本依然能够对总体进行比较准确的描述与预测。不可否认,这种方法在研究某些非涌现现象时确实是有效的,但它不适合处理涌现现象。种族间的社会隔离就是一种涌现现象。使用传统的社会调查方法便不能合适地描述这一现象,而ABMs却相当适合研究涌现现象,因此才说它是对传统社会研究方法的补充与拓展。

## 五、结语

20世纪晚期兴起的复杂性研究不仅为自然科学带来了新的范式,也对社会科学产生了较大的影响。无论是在自然界还是在人类社会中,复杂性都是普遍存在的。复杂性研究主要集中在对复杂系统的探究,而社会学中也有将社会看作系统的研究传统。尽管已经发展了几十年,但是复杂性研究并没有形成统一的理论与方法,它仍然是一个年轻的跨学科研究领域。在复杂性研究与社会学相结合的研究中,前者为后者提供了两个不同的思想源泉:耗散结构理论与涌现的思想。

耗散结构理论强调系统整体与环境以及系统内部各个亚系统间非线性的关系。该理论强调系统中微小事件和随机事件的重要性、预测的局限性以及不稳定性的重要性。此外,还为社会学提供了诸如熵、奇异吸引子、分岔等概念。这些概念经常被社会学者缺乏反思地直接拿来作类比,有时会产生“时髦的空话”。社会学者在借鉴这些概念时必须保持清醒与谨慎。耗散结构理论在社会学中主要应用于城市、组织等相对宏观的领域。

涌现的思想强调系统内部各要素之间的非线性互动往往会产生意料之外的宏观后果。社会学从诞生之初就蕴含了这样的思想,从迪尔凯姆到帕森斯,从布劳到科尔曼,都对该思想有过讨论。可以说,涌现思想对于解决社会学的基本问题具有重要的理论价值。不过目前大多数社会学者依然没有对涌现思想给予充分的研究。

涌现思想在研究方法中主要体现为基于主体的建模技术。得益于计算机算力的增长,ABMs可以说是复杂性研究在社会学中最为常用的方法之一。它可以克服传统的调查研究的一些不足,是对现有的

社会学研究方法的补充与拓展。

总之,复杂性研究中的理论与方法已经对社会学产生了深远影响。社会学者应该保持开放的态度,积极利用复杂性研究提供的各种思想、工具与技术,更有效地处理人类社会日益增加的复杂性。

注释:

①[美]伊曼纽尔·沃勒斯坦:《所知世界的终结——二十一世纪的社会科学》,冯炳昆译,社会科学文献出版社,2003年。

②John Urry, *The Complexity Turn, Theory, Culture & Society*, vol. 22, no. 5, 2005, pp. 1-14.

③Brian Castellani and Frederic William Hafferty, *Sociology and Complexity Science: A New Field of Inquiry*, Springer Science & Business Media, 2009, p. 16.

④Paul Cilliers, *Complexity and Postmodernism: Understanding Complex System*, Routledge, 1998.

⑤Ken Hatt, *Considering Complexity: Toward a Strategy for Non-Linear Analysis*, *Canadian Journal of Sociology*, vol. 34, no. 2, 2009, pp. 313-348.

⑥Brian Castellani and Frederic William Hafferty, *Sociology and Complexity Science: A New Field of Inquiry*, Springer Science & Business Media, 2009, pp. 23-25.

⑦Scott Page, *What Sociologists Should Know about Complexity*, *Annual Review of Sociology*, vol. 41, 2015, pp. 21-41.

⑧Douglas Kiel, *Lessons from the Nonlinear Paradigm: Applications of the Theory of Dissipative Structures in the Social Sciences*, *Social Science Quarterly*, vol. 72, no. 3, 1991, pp. 431-442.

⑨Michael Reed and David Harvey, *The New Science and the Old: Complexity and Realism in the Social Sciences*, *Journal for the Theory of Social Behaviour*, vol. 22, no. 4, 1992, pp. 353-380.

⑩David Harvey and Michael Reed, *The Evolution of Dissipative Social Systems*, *Journal of Social and Evolutionary Systems*, vol. 17, no. 4, 1994, pp. 371-411.

⑪Douglas Kiel, *Lessons from the Nonlinear Paradigm: Applications of the Theory of Dissipative Structures in the Social Sciences*, *Social Science Quarterly*, vol. 72, no. 3, 1991, pp. 431-442.

⑫Michael Reed and David Harvey, *The New Science and the Old: Complexity and Realism in the Social Sciences*, *Journal for the Theory of Social Behaviour*, vol. 22, no. 4, 1992, pp. 353-380.

⑬Douglas Kiel, *Lessons from the Nonlinear Paradigm: Ap-*

*plications of the Theory of Dissipative Structures in the Social Sciences*, *Social Science Quarterly*, vol. 72, no. 3, 1991, pp. 431-442.

⑭Karmeshu and V. P. Jain, *Non-linear Models of Social Systems*, *Economic and Political Weekly*, 2003, pp. 3678-3685.

⑮Keith Sawyer, *Social Emergence: Societies as Complex Systems*, Cambridge University Press, 2005.

⑯Douglas Kiel, *Lessons from the Nonlinear Paradigm: Applications of the Theory of Dissipative Structures in the Social Sciences*, *Social Science Quarterly*, vol. 72, no. 3, 1991, pp. 431-442.

⑰Thomas Weber, Jorge Louçã and Lasse Gerrits, *Dissipative Structures and the Relation between Individual and Collective Aspects of Social Behavior*, *Systems Research and Behavioral Science*, vol. 39, no. 2, 2022, pp. 274-286.

⑱Kenneth Bailey, *Social Entropy Theory: An Overview*, *Systems Practice*, vol. 3, no. 4, 1990, pp. 365-382.

⑲Patrick Baker, *Chaos, Order, and Sociological Theory*, *Sociological Inquiry*, vol. 63, no. 2, 1993, pp. 123-149.

⑳Andrey Andreev, Leonid Borodkin and Mikhail Levandovskii, *Using Methods of Non-linear Dynamics in Historical Social Research: Application of Chaos Theory in the Analysis of the Worker's Movement in Pre-Revolutionary Russia*, *Historical Social Research/Historische Sozialforschung*, 1997, pp. 64-83.

㉑Keith Sawyer, *Social Emergence: Societies as Complex Systems*, Cambridge University Press, 2005.

㉒Patrick Baker, *Chaos, Order, and Sociological Theory*, *Sociological Inquiry*, vol. 63, no. 2, 1993, pp. 123-149.

㉓Warren Weaver, *Science and Complexity*, Springer, 1991, pp. 449-456.

㉔John Urry, *The Complexity Turn, Theory, Culture & Society*, vol. 22, no. 5, 2005, pp. 1-14.

㉕Benjamin Lichtenstein, *Generative Emergence: A New Discipline of Organizational, Entrepreneurial and Social Innovation*, Oxford University Press, 2014.

㉖Dave Elder-Vass, *The Causal Power of Social Structures: Emergence, Structure and Agency*, Cambridge University Press, 2010, p. 13.

㉗Paul Humphreys, *Emergence: A Philosophical Account*, Oxford University Press, 2016.

㉘Paul Humphreys, *Emergence: A Philosophical Account*, Oxford University Press, 2016.

㉙[英]弗里德里希·奥古斯特·冯·哈耶克:《致命的自负》,冯克利、胡晋华译,中国社会科学出版社,2000年。

㉚Keith Sawyer, *Emergence in Sociology: Contemporary Philosophy of Mind and Some Implications for Sociological Theory*, A-

merican Journal of Sociology, vol. 107, no. 3, 2001, pp. 551–585.

③[法]E. 迪尔凯姆:《社会学方法的准则》,狄玉明译,商务印书馆,1995年,第5页。

④Keith Sawyer, Durkheim's Dilemma: Toward a Sociology of Emergence, Sociological Theory, vol. 20, no. 2, 2002, pp. 227–247.

⑤[法]埃米尔·迪尔凯姆:《社会学方法的准则》,狄玉明译,商务印书馆,1995年,第25页。

⑥[美]塔尔科特·帕森斯:《社会行动的结构》,张明德、夏遇南、彭刚译,译林出版社,2008年,第747页。

⑦Keith Sawyer, Emergence in Sociology: Contemporary Philosophy of Mind and Some Implications for Sociological Theory, American Journal of Sociology, vol. 107, no. 3, 2001, pp. 551–585.

⑧Keith Sawyer, Social Emergence: Societies as Complex Systems, Cambridge University Press, 2005.

⑨Keith Sawyer, Emergence in Sociology: Contemporary Philosophy of Mind and Some Implications for Sociological Theory, American Journal of Sociology, vol. 107, no. 3, 2001, pp. 551–585.

⑩Scott Page and John Miller, Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life, Princeton University Press, 2007.

⑪Brian Castellani and Frederic William Hafferty, Sociology and Complexity Science: A New Field of Inquiry, Springer Science & Business Media, 2009.

⑫Brian Arthur, Foundations of Complexity Economics, Na-

ture Reviews Physics, vol. 3, no. 2, 2021, pp. 136–145.

⑬John Holland, Emergence: From Chaos to Order, Oxford University Press, 2000.

⑭Edmund Chattoe-Brown, Why Sociology Should Use Agent Based Modelling, Sociological Research Online, vol. 18, no. 3, 2013, pp. 31–41.

⑮Scott De Marchi and Scott Page, Agent-based Models, Annual Review of Political Science, vol. 17, 2014, pp. 1–20.

⑯Robert Axelrod, The Complexity of Cooperation, Princeton University Press, 1997.

⑰Joshua Epstein, Agent Based Computational Models and Generative Social Science, Complexity, vol. 4, no. 5, 1999, pp. 41–60.

⑱Elizabeth Bruch and Jon Atwell J., Agent-based Models in Empirical Social Research, Sociological Methods & Research, vol. 44, no. 2, 2015, pp. 186–221.

⑲Joshua Epstein and Robert Axtell, Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up, Brookings Institution Press, 1996.

⑳Federico Bianchi and Flaminio Squazzoni, Agent-based Models in Sociology, Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, vol. 7, no. 4, 2015, pp. 284–306.

㉑Thomas Schelling, Dynamic Models of Segregation, Journal of Mathematical Sociology, vol. 1, no. 2, 1971, pp. 143–186.

㉒Junfu Zhang, Residential Segregation in an All-integrationist World, Journal of Economic Behavior & Organization, vol. 54, no. 4, 2004, pp. 533–550.

## Implications and Expansion of Complexity Research for Sociology

Sun Yue

**Abstract:** The rise of complexity research in the late 20th century not only brought new paradigms to the natural sciences, but also had a greater impact on the social sciences. The dissipative structure theory and the ideas of emergence have significance for sociology theoretically and methodologically. The former emphasizes the nonlinear relationship between the system as a whole and the environment and the various subsystems within the system, while the latter emphasizes the interaction between the elements within the system which often has unexpected macro consequences. In addition, as a research method of emergence, Agent-Based Modelings (ABMs) can overcome some shortcomings of traditional survey research and are complementary to existing sociological research methods.

**Key words:** complexity studies; dissipative structures; emergence; Agent-Based Modelings