

环境群体性事件“策略-结构”协同演化的仿真分析

柴瑞瑞¹, 刘德海^{1*}, 陈静锋²

(1. 东北财经大学管理科学与工程学院, 辽宁 大连 116025;

2. 大连理工大学系统工程研究所, 辽宁 大连 116024)

摘要: 考虑环境污染群体性事件“应急策略-网络结构”协同演化特征, 解构了事态不同发展阶段的两种协同演化路径, 构建了互惠模型、优先连接模型和合作网络模型, 运用社会仿真分析法剖析了退出网络连接的累积周期、旁观者进入抗议网络概率、参与者保持现有网络连接概率和周边居民网络连接行为对抗议网络规模的影响. 研究表明, 退出网络连接的累积周期、旁观者进入抗议网络的概率值越大, 参与者保持现有网络连接的概率值越小, 则环境污染事件抗议网络的规模越大.

关键词: 群体性突发事件; 协同演化; 环境污染; 社会仿真分析; 合作网络

中图分类号: C931 文献标识码: A 文章编号: 1000-5781(2019)05-0577-10

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2019.05.001

Strategy-structure co-evolutionary simulation analysis of mass emergency derived from environmental pollution

Chai Ruirui¹, Liu Dehai^{1*}, Chen Jingfeng²

(1. School of Management Science and Engineering, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China;

2. Institute of Systems Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Considering the co-evolution of “emergency strategies-network structure” in environmental pollution mass emergency, this paper analyzes two kinds co-evolution paths and constructs a reciprocity, a preferential attachment and a cooperation model respectively. Further, applying social simulation, this paper analyzes the effect of the accumulation period of network exit, the probability of spectators’ entering into the protest network, the probability of participants’ maintaining existing network connection and different network linking behaviors on the scale of the protest network. The results show that the longer the accumulation period of network exit, the lower the probability the participants maintain existing connection; the higher the probability of spectators’ entering into the protest network, the lower the probability the participants maintain existing connection, the larger the scale of the protest network.

Key words: mass emergency; co-evolution; environmental pollution; social simulation analysis; cooperation network

收稿日期: 2016-10-14; 修订日期: 2017-05-11.

基金项目: 国家重点研发计划重点专项课题资助项目(2018YFC0807500); 国家自然科学基金资助项目(71271045; 71571033; 71503033; 71602021).

*通信作者

1 引言

当前我国社会已经进入环境问题的敏感期, 全国各地环境污染事件以及由此引发的大规模群体性抗议活动, 成为影响社会和谐的重要不稳定因素. 由于地方政府部门在群体性突发事件大规模爆发前期的应急策略处置不当, 直接导致抗议人群的聚集和事态扩大化. 其中群体性事件爆发和扩大化的演化过程表现为强势群体(地方政府)的应急策略与弱势群体(周边居民)的集聚行为的互动耦合关系^[1]. 且随着事态的爆发、扩散和平息, 弱势群体集体行为的网络结构具有非连续的时变特征, 即由分散化孤立网络迅速发展为大规模的群体抗议网络, 随后逐渐恢复为正常的社交网络. 因此这类环境污染群体性事件具有明显的主观能动性及“应急策略-社会网络”协同演化特征.

环境污染群体性事件问题已成为国际学术界热点问题之一, 受到学者的高度关注. 首先, 国内外文献对于环境污染诱发群体性事件主要侧重于诱因分类、演化机制、影响评估、应急管理^[2-4]问题的研究. 其中从协同演化角度阐述事态演化机制研究中, 刘德海等^[5,6]一方面从信息传播和权力博弈协同演化的角度, 构建了环境污染群体性事件的协同演化博弈模型, 并结合典型案例和社会仿真加以检验; 另一方面是从社会网络成员分摊抗议成本的角度, 剖析群体性事件社会网络协同演化机制^[1]. 但是这些文献大多是研究群体性事件的演化规律和社会网络结构特征, 并没有考虑政府应急策略与周边居民社会抗议行为间的协同演化关系, 以及其对环境污染群体性事件整体社会网络结构的影响.

其次, 社会经济系统的协同演化现象分析主要存在两种研究思路: 第一种是采取数理建模方法, 构建系统演化的协同学习方程^[7], 社会学习方程^[8], 演化博弈方程^[9]等. 这种思路适合分析群体行为的演化过程, 但是难以对社会群体网络结构的演化过程建立相应的动力学模型; 第二种是采取社会模拟和数值分析方法的协同演化博弈理论, 该理论在复杂网络演化博弈研究基础上, 进一步关注参与者采取的策略、网络结构规模、参与者个体属性、收益和环境等特征, 从而提供了社会合作演化现象的另一种理论解释^[10,11]. 总体上看, 相关研究大多停留在基础理论模型阶段, 很少应用到社会网络具体问题的分析中.

此外, 由于环境污染群体性事件的突发性、高度偶然性和社会敏感性, 决定了其实证研究中数据难以收集^[12,13], 即难以对研究对象进行直接观察和研究, 采取基于主体的社会建模与仿真技术(Agent-based modeling and simulation) 是国际应急管理文献普遍采用的理论检验方法^[11,14,15]. 如 Snijders 等^[16,17] 基于随机指数图网络结构, 对行动个体连接和信息扩散规律进行仿真研究; 张耀峰等^[18]运用舆情演化模型及仿真技术模型分析了群体性突发事件舆情演化的内在机理及影响因素; Ostrom^[19]运用系统动力学仿真模型对具有声誉、信任与互惠心理的集体行为进行了研究.

本文从地方政府与周边居民“应急策略-社会网络”协同演化角度, 考虑影响环境群体性事件事态不同发展阶段的多种因素, 基于多智能体仿真实验平台模拟仿真退出网络的最长时间间隔、周边居民不同网络连接行为等因素对环境群体事件抗议网络规模的影响, 为进一步加强群体性事件舆情监控、政府监管提供理论支撑.

2 环境污染群体性突发事件“应急策略-网络结构”协同演化机制

近年来环境污染群体性事件呈多发态势, 且愈演愈烈. 典型的事件包括: 2007年6月福建厦门PX项目引发“集体散步”, 2009年11月广东番禺兴建垃圾焚烧厂引发群众抗议, 2011年8月辽宁大连PX项目引发群众抗议事件, 2011年12月福建海门华电项目污染引发群众堵路事件, 2012年4月天津PX项目污染引发群众“集体散步”事件, 2012年7月初的什邡钼铜事件和7月底的启东排污事件等. 剖析这些事件可以发现, 因环境污染引发的群体性事件相较于其他群体性事件, 参与人数众多, 波及范围较广, 政府的应对和控制能力薄弱, 最终都以当地政府迅速宣布停建污染项目才得以平息, 且群体性事件抗争强度及演化过程与地方政府不同的执政理念(暗箱勾结和协商谈判)密切相关^[5]. 通过对上述暴力抗争型环境污染群体性事件

与温和型“邻避运动”事件的总结分析,并结合地方政府应急策略、周边居民行动策略及相应的抗议网络等协同因素,归纳出地方政府不同执政理念下两种“应急策略-网络结构”的协同演化路径,如表 1 所示。

因此根据环境污染群体性事件的事态演化阶段性特征,周边居民的网络结构在不同发展阶段经历了三种有代表性的网络结构:在潜伏期“民间意见领袖”形成的“家庭式”或“个体式”点网络;在爆发期核心参与者形成的小规模抗议网络;在扩散期外围的旁观者进入形成大规模抗议的合作网络。

表 1 环境污染群体性事件两种不同的协同演化路径
Table 1 Two kinds of different co-evolution paths in environmental pollution mass emergency

执政理念	协同因素	演化过程				演化结果
		潜入期	爆发期	扩散期	恢复期	
地方政府 暗箱操作	地方政府 应急策略	强硬打压	强硬打压	强硬打压 并“捂盖子”	媒体或上级政府 介入,妥协接受	
	周边居民 应急策略	民间意见 领袖组织 宣传维权 进行抗议	核心参与者 组成小规模 的抗议网络	外围旁观者 加入形成大 规模抗议网络	地方政府表态 停产整顿停建 或取消项目后, 聚集人群散去	暴力抗争型 群体性事件
	周边居民 抗议网络	形成点网络	形成优先 连接小规 模抗议网络	形成大规模抗 议的合作网络	恢复为分散 化的社会网络	
地方政府 协商谈判	地方政府 应急策略	公开环评立 项审批信息		协商解决	施工投产项目 提供生态环境 补偿或放弃项目	
	周边居民 应急策略	民间意见 领袖组织 宣传抗议	邻避运动:周边 居民理性的采取 合法的抗议行动		地方政府表态 停产整顿停建 或取消项目后, 聚集人群散去	温和型 “邻避运动”
	周边居民 抗议网络	形成点网络	形成小规模 的抗议网络		恢复为分散 化的社会网络	

2.1 潜伏期: 周边居民社会网络连接行为的互惠模型

集体行动面临着搭便车行为的难题.为了有效的避免集体行动的搭便车行为,加强集体间相互合作,现有研究文献除了从设计委托代理机制研究思路外,还从效用函数加以扩展的分析,包括利他主义行为动机^[1]、互惠行为动机等.大量实验博弈的结果表明,参与者具有互惠(reciprocity)动机等非自利性效用函数.其中 Rabin^[20]在策略式博弈模型中分析参与者除了物质支付外,还存在着互惠性的心理支付;在此基础上,Dufwenberg 等^[21]考虑到扩展式博弈模型中序贯行动存在关于友善度的高阶信念,提出了序贯互惠均衡。

具有互惠动机的周边居民心理效用函数

$$U_i(a_i, b_{ij}, c_{iji}) = \pi_i(a_i, b_{ij}) + Y_{ij}\beta_{ij}(a_i, b_{ij})\lambda_{iji}(b_{ij}, c_{iji}), \quad (1)$$

其中 $\pi_i(a_i, b_{ij})$ 表示周边居民 i 通过抗议行动获得的收益; Y_{ij} 表示周边居民 i 对其他参与者 j 的互惠敏感系数(互惠动机), $\beta_{ij}(a_i, b_{ij})$ 表示周边居民 i 对其他参与者 j 的友善度, $\lambda_{iji}(b_{ij}, c_{iji})$ 表示周边居民 i 认为其他参与者 j 对其友善度的二阶信念.当周边居民具有正互惠 ($Y_{ij} > 0$) 时,如果周边居民 i 认为其他参与者 j 对其是友善 ($\lambda_{iji} > 0$),同时周边居民对其他参与者也表现出友善 ($\beta_{ij} > 0$),在“以德报德”的互惠过程中,周边居民的心理效用将会增加¹.

式(1)右端第二项表示周边居民的效用函数中,除了通过组织、参加抗议行动获得地方政府或污染

¹考虑群体具有正的互惠动机 $Y_{ij} > 0$,当 i 认为 j 对其不友善时, $\lambda_{iji}(b_{ij}, c_{iji}) < 0$,而 i 对 j 也表现不友善度, $\beta_{ij}(a_i, b_{ij}) < 0$,则 $Y_{ij}\beta_{ij}(a_i, b_{ij})\lambda_{iji}(b_{ij}, c_{iji}) > 0$,这说明在具有正互惠动机的群体中,“以怨报怨”的互惠过程中,群体的心理效用增加.当群体具有负的互惠动机 $Y_{ij} < 0$, $\lambda_{iji}(b_{ij}, c_{iji})$ 与 $\beta_{ij}(a_i, b_{ij})$ 异号时,可以增加其心理效用,虽然这种“以怨报德”或“以德报怨”的行为模式是存在的,但显然不符合现实社会的实际情况,所以本文不作讨论。

企业的环境权益补偿收益外,还会从社区抗议网络中获得额外的互惠心理收益.显然如果周边居民的互惠敏感系数 Y_{ij} 足够大 ($Y_{ij} > 0$),则民间意见领袖开展串联活动,原先处于观望和妥协状态的弱势群体积极参与到抗议网络中,形成有组织、有行动目标的层级网络.如果此时周边居民采取“搭便车”行为,虽然抗议行动成功后可以分享环境利益补偿($\pi_i(a_i, b_{ij})$ 较大),但是却承担了较大的互惠心理压力($\beta_{ij}(a_i, b_{ij}) < 0, \lambda_{iji}(b_{ij}, c_{iji}) > 0$),则 $Y_{ij}\beta_{ij}(a_i, b_{ij})\lambda_{iji}(b_{ij}, c_{iji}) < 0$ 且绝对值较大).因此作为直接利益相关的周边居民将积极参与到抗议网络中.

2.2 爆发期:周边居民形成分散化抗议网络的优先连接模型

在环境污染事件的爆发期,周边居民的抗议网络具有初步的组织性,其组织结构以“民间意见领袖”为核心,包括一定规模的正式参与维权活动的核心成员,以及数目不定、偶尔参加活动的外围人员(旁观者),构成了三层向心的层次结构^[1].该层次结构能够保证体制外的维权抗争活动处于一定的理性中,即于建嵘^[22]提出的遵守着“规则意识”,以区别于“打砸抢”为主的骚乱.

分析上述周边居民社会网络的动态生成机制,其基本满足 BA 模型的无标度网络两个基本特征^[23,24]:

1) 成长性特征.周边居民抗议网络开始形成于少量的“民间意见领袖”节点 n_0 ,节点两两连接.另外,该意见领袖在每一个时间单元通过串联宣传等途径发展一个新成员,记为新节点.该新节点从当前“民间意见领袖”网络中选择 $n(\leq n_0)$ 个节点与之连接;

2) 择优连接特征.加入抗议行动的新成员无论是获取信息,还是与现有成员形成连接关系,均优先与具有较多连接关系的节点(尤其是居于核心地位的“民间意见领袖”)形成连接.新节点连结到某个节点 i 的概率 $f(k_i)$ 取决于该节点的节点度 k_i ,即

$$f(k_i) = k_i \left(\sum_j k_j \right)^{-1}. \quad (2)$$

设事件演化的时间间隔为 $\Delta t = l$ 时间单元,在时间间隔 Δt 中将产生具有 m 个节点和 $n_0(n_0 - 1)/2 + nl$ 条边的随机网络, $m = n_0 + l$.随着事态演化时间 t 的推延,该随机网络演化进入无标度状态,度分布 $f(k) \sim k^{-\gamma}$,其中 $f(k)$ 为节点度 k 的分布函数,标度指数 γ 与模型中唯一的参数 n 无关.经过间隔 Δt 后,该抗议网络的参与者规模为 $m = n_0 + l$.

2.3 扩散期:分散化社会网络聚合形成较大规模抗议网络的合作网络模型

当环境污染群体性抗议事件在爆发期未得到合理解决,有着共同利益诉求的外围旁观者将迅速加入到抗议网络中,使得原来处于分散状态的层级社会网络相互连接,进而形成稳定的大规模群体性抗议网络.因此在环境污染群体性事件的扩散期,考虑大量外围旁观者的参与,借鉴合作网络模型的有关概念^[25],假定在间隔 Δt 中生成一个包含 m 个节点的新的抗议网络,定义 m 为该分散化社会网络的规模, m 的大小取决于外围旁观者的社交、家庭及朋友圈的影响力及号召力. m 越大,越容易短时间内形成大规模的抗议网络,而由于旁观者日常社交圈子的局限性, m 一般在 2~7 之间变化.此外根据抗议网络形成的过程及网络节点连接的特点,将周边居民间隔 Δt 内的连接方式划分为四种类型:旁观者-旁观者、旁观者-参与者、参与者-参与者和前期合作者²,以进一步分析环境污染群体性事件扩散期抗议网络的演化规律.在此基础上,本文给出周边居民两种网络连接行为的连接概率定义.

定义 1 外围旁观者的网络连接行为:环境污染群体性事件中旁观者加入抗议网络的概率 P .在事态爆发期已经形成了一定规模的分散化抗议网络后,旁观者或者以概率 P 选择一个有抗议经验的、核心的参与者进行连接,发展成为抗议网络核心节点;或者以概率 $1 - P$ 仍然选择一个没有抗议经验的旁观者进行连接,继续保持旁观者身份.

根据上述定义,连接概率 P 表示旁观者进入群体性抗议网络的难易程度,其重要的影响因素是地方政

²旁观者-旁观者表示当期双方未参与到抗议网络中;旁观者-参与者表示前一期的旁观者当期参与到抗议网络中;参与者-参与者表示前一期双方都参与到抗议网络中,但不相互连接,当期双方相互连接;前期合作者表示前一期双方相互连接参与到抗议网络中,且当期仍然保持相互连接.

府采取的应急处置措施. 如果地方政府强硬打压, 封锁消息, 漠视周边居民合法的环境权益(包括知情权和参与权等), 则旁观者将以较大概率 P 积极参与到抗议网络中, 使得事态恶化, 表现出全国各地屡次上演的“当地民众上街激烈抗议, 官方被迫彻底让步”的“闹大”现象^[26]. 如果地方政府充分尊重周边居民的知情权和参与权, 及时公布环境评估、项目立项、企业整顿治理的信息, 给予周边居民合理的利益补偿. 则周边居民将以较大概率 $1 - P$ 保持旁观者的角色不会实质性参与到抗议网络中.

定义 2 核心参与者的网络连接行为: 环境污染群体性事件中核心参与者以一定的概率 Q 继续与现有社会网络保持连接, 或者以概率 $1 - Q$ 与其它核心参与者建立新的连接.

根据上述定义, 核心参与者保持现有连接概率 Q 表示了抗议网络的凝聚力. 在事态的爆发期, 对于已经显露苗头的分散化社会网络, 如果地方政府未能及时调整应对策略、建立信息公开渠道, 原本处于分散化状态的社会网络成员将进行相互串联交流信息和协调行动, 即社会网络成员以较大的概率 $1 - Q$ 建立新连接, 更容易形成统一行动的、大规模的群体抗议网络. 如果地方政府在事态的爆发期及时调整应急策略, 采取必要的隔离措施和说服工作, 监控引导互联网舆情动向; 或者各分散化的社会网络成员之间行动策略不统一, 存在着较大的利益分歧, 则社会网络成员将更加关注本社区的内部利益, 以较大概率 Q 继续与现有社会网络保持连接, 抗议网络的团聚性减弱, 难以形成大规模的群体抗议事件.

通过界定上述两种类型的连接行为, 可以勾画出周边居民抗议网络的动态演化过程

结论 1 环境污染群体性事件中周边居民抗议网络的协同演化过程, 表现为如下两个阶段. 第一阶段, 作为一个外围旁观者, 其以概率 P 选择有抗议经验的、核心参与者进行连接, 发展成为抗议网络核心节点; 第二阶段, 在温和型“邻避运动”的演化路径中, 该居民作为抗议者以较大的概率 Q 继续与现有社会网络保持连接; 而在暴力抗争型群体性事件中, 该居民以较大概率 $1 - Q$ 与其它核心节点建立新的连接, 形成大规模的群体抗议网络.

2.4 恢复期: 大规模抗议网络恢复为分散化的社会网络

随着环境污染群体性事件进一步恶化, 社交媒体或上级政府开始介入, 地方政府不得不做出妥协, 表态停产整顿、停建或取消项目, 周边居民逐渐退出抗议行动, 事态趋于平息. 对于温和型“邻避运动”, 随着地方政府与周边居民达成协议, 或施工投产项目提供生态环境补偿, 或地方政府放弃该项目, 事态也将趋于平息.

定义 3 参与者退出网络连接的行为: 对于事件演化的最长时间间隔 ΔT ($\Delta T = l_{\max}$ 时间单元), 如果群体性事件个人累积效应未达到其内心预期值, 则退出抗议网络. 即最长时间间隔 ΔT 代表着不活跃的抗议个体在抗议活动中的最长停留时间.

3 基于 NetLogo 平台的社会仿真分析

在环境污染群体性事件“应急策略-网络结构”协同演化的过程中, 存在三种不同的演化路径: 潜伏期-恢复期, 潜伏期-爆发期-恢复期和潜伏期-爆发期-扩散期-恢复期. 为了有效分析大规模群体性事件协同演化的全生命周期过程, 本文主要研究最后一种典型情景的演化路径, 即“民间意见领袖”上访、抗议, 地方政府强硬打压, 具有较强互惠动机的核心参与者加入到抗议网络. 同时集体行动可以获得较大的互惠心理效用, 大量外围旁观者参与到抗议网络中形成大规模抗议网络, 政府妥协, 满足居民诉求, 事态趋于平息. 在此基础上, 本文分别讨论政府策略参数与网络特征参数对周边居民抗议网络的规模与凝集性的影响.

3.1 社会仿真参数设置和程序流程

随着互联网与信息技术的发展, 海量数据的涌现使得基于大数据的真实世界仿真平台的研发与实施对于解决环境污染群体性事件或集体性行动成为可能. 其中分散化社会网络规模 m 可以通过监测一部分抗议网络中参与者的社交平台评论信息(微博、微信及 QQ 等), 结合评论者的地理位置信息进行社交好友信息匹配, 取其平均值; 旁观者进入抗议网络概率 P 可以通过不断监测当期及下一期抗议网络规模, 取相继两期网络规模差异与下期网络规模比值求和的平均值; 核心参与者保持现有连接概率 Q 可以通过监测抗议网络中

参与者当期及前一期社交圈好友规模信息,取前一期好友规模与当期好友规模比值求和的平均值;周边居民退出网络连接最长时间间隔 ΔT 可以通过监测一部分抗议网络中参与者从进入抗议网络到离开抗议网络的时间周期,取其平均值.由于环境污染群体性事件相关数据缺乏,协同演化过程需要较长的观察周期,并且存在着社会敏感性,使得采用定量化数据对事态演化理论结论分析加以检验较为困难. Netlogo 软件是一个多主体建模仿真软件,特别适合对随时间演化的复杂系统进行建模,建模人员能够向成百上千的独立运行的主体发出指令^[7].因此本文首先尝试采用社会仿真方法,在给定初始地方政府策略参数和网络特征参数($m, P, Q, \Delta T$)的基础上,不断调整其中相应的影响因素,动态模拟抗议网络爆发到扩大化的演化过程如下:

步骤 1 设置起始时刻, $t \leftarrow 0$, 设置抗议网络初始核心节点数 n_0 和间隔 $\Delta t, \Delta t \leftarrow l$;

步骤 2 设置每一时刻增加一个新的参与者进入初始抗议网络中,并计算第 i 个参与者的节点度 k_i ;

步骤 3 计算新参与者与现有参与者 i 进行优先选择的连接概率,其值正比于参与者 i 的度,并更新抗议网络. $t \leftarrow t + 1$, 若 $t > l$, 转步骤 4, 否则转步骤 2;

步骤 4 计算生成核心参与群体的 BA 无标度网络“参与者-参与者”的链数;

步骤 5 设置分散化社会网络规模 m , 旁观者进入抗议网络概率 P , 核心参与者保持现有连接概率 Q , 参与者退出网络连接最长时间间隔 $\Delta T, \Delta T \leftarrow l_{\max}$;

步骤 6 任意时刻以分散化社会网络规模, 旁观者进入抗议网络概率, 核心参与者保持现有连接概率, 参与者退出网络连接最长时间间隔增加新的旁观者, 生成一个新的合作网络, 确定网络中参与者是有抗议经验的参与者还是新加入的旁观者;

步骤 7 追踪各合作网络中节点连接的组合, 计算节点连接组合个数和每个不活跃参与者的最长停留时间, 若持续时间大于参与者退出网络连接最长时间间隔将其移除. $t \leftarrow t + 1$, 若 $t > l_{\max}$, 转步骤 8, 否则转步骤 6;

步骤 8 更新抗议网络, 计算其中最大抗议网络稳定状态, 平均抗议网络规模和各节点连接组合的个数, 流程结束.

3.2 分散化社会网络的结构特征

在环境污染群体性事件的爆发期, 形成了以民间意见领袖为核心、核心参与者组成的分散化社会网络. 该网络的形成机制基本上符合成长性和择优连接性的特征(见图 1).

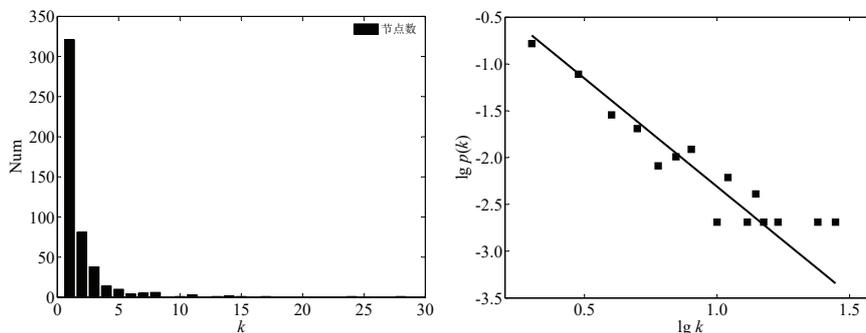


图 1 分散化社会网络的结构特征

Fig. 1 The structure characteristics of decentralized social network

在图 1 的左图中, 具有相同节点度的节点数目(Num)-节点度(k)关系图表明, 作为大部分核心参与者仅拥有较少的连接数(度), 而少数民间意见领袖作为核心节点却拥有较多的连接(度); 右图对数度分布-对数节点数关系图描述了优先连接形成的分散化社会网络具有无标度的特征, 其中标度指数 $\gamma = 2.31$, 即核心网络的节点度分布近似于服从幂律分布的特征.

3.3 退出网络连接的最长时间间隔对最大抗议网络的影响

为了描述周边居民抗议行动是否形成大规模稳定的抗议网络, 本文定义了指标“最大抗议网络的稳定状态”. 该指标决定了群体性抗议规模的大小, 直接影响到群体性事件能否引起地方政府及社会媒体的关注.

定义 4 最大抗议网络的稳定状态 X 定义为在多个相互独立的抗议网络中, 最大规模的抗议网络中参与人员数占周边居民参与抗议总人员数的比例, $X \in (0, 1]$.

给定参与者退出网络连接的最长时间间隔 $\Delta T = 50, 100, 200$ 时间单元, 当周边居民在超过最长时间间隔 ΔT 后仍没有再次参与到抗议网络的行动中, 那么他被视为退出抗议行动. 给定其它参数(核心参与者保持现有连接的概率 $Q = 0.5$, 分散化社会网络规模 $m = 4$), 图 2 显示了退出网络连接的最长时间间隔 ΔT 、旁观者进入抗议网络的概率 P 与最大抗议网络的稳定状态 X 之间的关系.

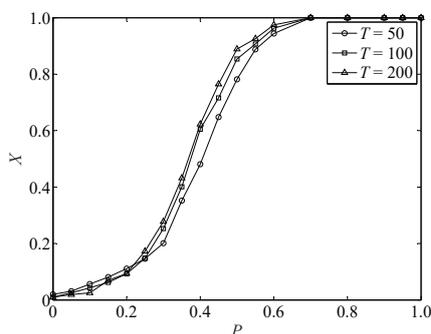


图 2 退出网络连接的最长时间间隔对形成稳定抗议网络的影响

Fig. 2 The effect of exit network accumulation period on forming a stable protest network

结论 2 当退出网络连接的最长时间间隔较小时, 最大抗议网络的稳定状态趋于减小. 随着旁观者进入抗议网络的概率增大, 最大抗议网络的稳定状态呈现出 Logistic 曲线增长趋势.

上述结论表明, 对于周边居民较长时期不参与抗议行动的问题, 如果抗议行动的组织者保持较好的耐心, 保留这些消极成员的网络连接关系, 有利于扩大抗议网络的规模, 但是整体效果并不是很明显.

3.4 旁观者进入抗议网络的概率对抗议网络规模的影响

定义 5 抗议网络的平均规模 x 定义为在多个相互独立的抗议网络中, 周边居民参与抗议人员数与最终稳定状态下抗议网络数目的比例. 该指标表示抗议网络的平均规模大小.

在 3.3 节的基础上, 结合突发事件风险重于防患未然的观点, 给定周边居民退出网络连接的最长时间间隔 $\Delta T = 200$ 时间单元, 核心参与者保持现有连接的概率 $Q = 0.5$ 的情况下, 图 3 显示了分散化社会网络规模 m 、旁观者进入抗议网络的概率 P 与抗议网络规模 X 和 x 之间的关系, 从图中可以得出如下结论.

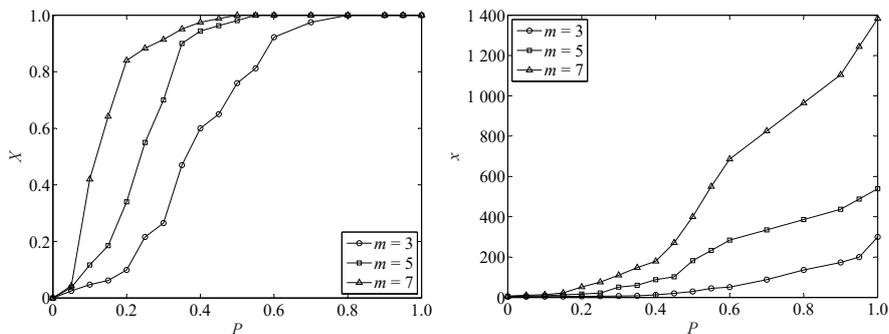


图 3 旁观者进入抗议网络概率与抗议网络规模的关系图

Fig. 3 The relationship between spectators into the protest network probability and protest network scale

结论3 随着分散化社会网络规模的增大,最大抗议网络的稳定状态和抗议网络的平均规模均在增大.随着旁观者进入抗议网络的概率增大,最大抗议网络的稳定状态呈现出 Logistic 曲线增长趋势,而抗议网络的平均规模呈现出指数增长的趋势.

根据结论3可知,在群体性事件爆发期形成以“民间意见领袖”为核心的小规模抗议网络.如果地方政府应急处置不当,很有可能导致各个分散的抗议网络连接在一起形成大规模抗议网络.大量具有共同利益诉求的旁观者加入到抗议行动中,随着进入抗议网络概率增加,最大抗议网络的稳定状态呈现出 Logistic 上升趋势.其中旁观者进入抗议网络的概率存在着一个非常敏感的区间,一旦地方政府应对不当,将造成抗议网络规模迅速增大.该仿真结论可以从湖北石首事件、贵州瓮安事件等一系列群体性事件中加以验证.

3.5 核心参与者保持现有连接概率对抗议网络规模的影响

根据定义2,核心参与者与前期抗议网络参与者保持连接的概率为 Q ,与其它的参与者的连接概率为 $1 - Q$,因此该连接概率 Q 代表着分散化社会网络的紧密程度.给定周边居民退出网络连接的最长时间间隔 $\Delta T = 200$ 时间单元,旁观者进入抗议网络的概率 $P = 0.5$ 的情况下,图4显示了核心参与者保持现有连接的概率与抗议网络规模的关系.

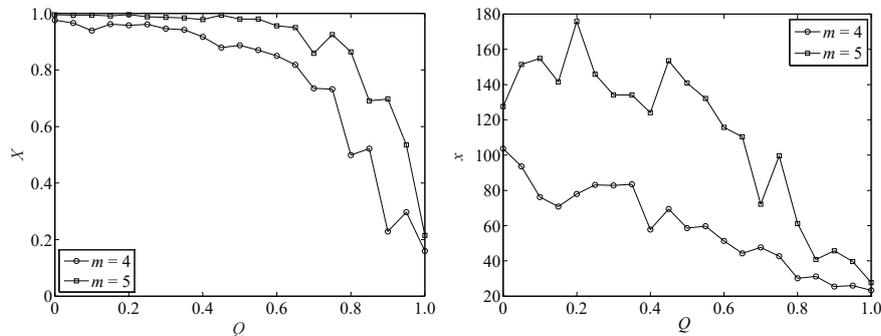


图4 核心参与者保持现有连接概率与抗议网络规模的关系图

Fig. 4 The relationship between participants maintain existing network connection probability and protest network scale

结论4 随着分散化社会网络规模的增大,最大抗议网络的稳定状态和抗议网络的平均规模(x)均在增大.随着核心参与者保持现有连接的概率增大,最大抗议网络的稳定状态和抗议网络平均规模在保持基本不变后,出现了急剧下降的趋势.

由于大多数周边居民社会网络具有小世界的特征,即主要局限在群体内部成员的连接行为,因此随着具有抗议网络核心参与者保持现有成员连接的概率增加,对于整体抗议网络的影响一开始并不显著.但是随着这种倾向于群体成员内部沟通的保守连接策略超过一定的临界概率,将会导致抗议网络整体规模的急剧减少,即大规模抗议行动的解体.此时周边居民的抗议行动恢复为传统的、具有较小平均规模的社会网络.

该结论说明随着周边居民群体内部合作行为的加强,阻碍了群体性事件抗议网络规模的增大,有利于平息环境污染群体性事件.对于意见领袖或抗议行动的组织者而言,促使分散化社会网络之间进行信息共享、经验交流和行动协调,有利于迅速增大抗议行动的网络规模.另一方面,该结论为完善地方政府应急对策提供了理论思路:地方政府应急处置周边居民的抗议行动时,需要倾听不同周边居民的利益诉求,有针对性地制定解决方案分化瓦解,达到“各个击破”的目标.

3.6 周边居民两种网络连接策略的概率对四种网络连接结构的影响

根据环境污染群体性事件中周边居民社会网络的三种构成情况(即民间意见领袖、核心参与者、旁观者),可知周边居民存在着四种主要的连接形式:旁观者-旁观者、旁观者-参与者、参与者-参与者、前期合作者之间的连接保持不变.给定分散化社会网络规模 $m = 4$,核心参与者保持现有连接的概率 $Q = 0.5$,周边居民退出网络连接的最长时间间隔 $\Delta T = 200$ 时间单元的情况下,图5显示了周边居民两种网络连接行为的概率对四种网络连接行为的影响.

结论5 在环境污染群体性事件中,不考虑周边居民采取不同连接行为的收益差异,则随着旁观者进

入抗议网络的概率增大,几乎全部以旁观者构成的抗议群体中,保持旁观者状态的人数将逐渐减少,最终四种网络连接行为的比例分布趋于均等。随着核心参与者保持现有连接的概率增大,将会导致旁观者转化为抗议网络核心参与者,但是对旁观者连接行为的这种影响并不是很显著。

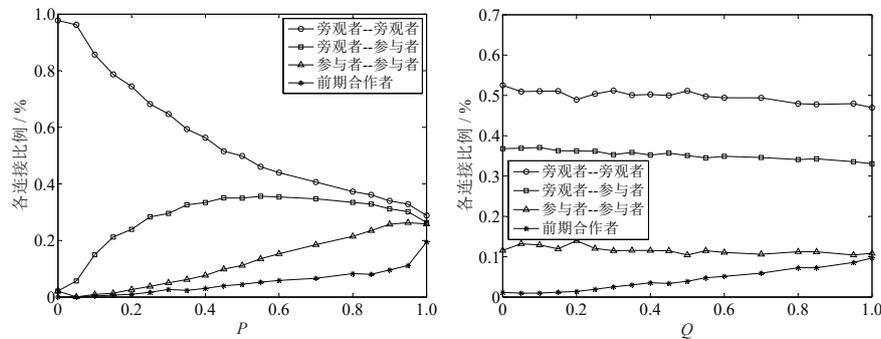


图5 周边居民两种网络连接行为的概率与四种网络连接行为的关系图

Fig. 5 The relationship between two kinds of network connection probability and four kinds of network connection behavior

根据上述结论可知,随着旁观者进入抗议网络的概率增大,旁观者-旁观者连接所占比例不断下降,并转化为核心参与者。而导致旁观者进入抗议的重要因素,则是地方政府部门在事态爆发期继续采取强硬措施封锁消息,漠视周边居民合法的环境权益(包括知情权和参与权等),推进项目建设施工或生产运营,导致原先处于旁观状态的周边居民参与到抗议网络中。

4 结束语

本文针对当前我国非常突出的环境污染群体性事件,从“应急策略-社会网络”协同演化的视角梳理了事态不同发展阶段的两种协同演化路径和协同演化机制,并运用社会仿真分析方法剖析了退出网络的最长时间间隔、分散化社会网络规模、周边居民不同网络连接行为等因素对抗议网络规模的影响。本文的贡献在于提出了环境污染群体性突发事件中社会网络结构与应急策略选择的协同演化机制,并从社会仿真分析的角度阐述了政府策略参数和网络结构参数对于抗议网络规模的影响。但由于本文从“应急策略-网络结构”协同演化的视角剖析环境污染群体性事件的演化过程,仅研究了各种网络结构参数(如网络规模)和网络连接行为参数对于抗议网络规模的影响,忽略了不同网络连接行为的成本和收益参数;作为对社会真实系统的近似刻画,如何结合环境污染群体性事件的典型案例,对多主体仿真模型进行确认和验证,这些问题有待未来进一步展开研究。

参考文献:

- [1] 刘德海, 王维国. 维权型群体性突发事件社会网络结构与策略的协同演化机制. 中国管理科学, 2012, 20(3): 185-192.
Liu D H, Wang W G. Co-evolutionary mechanism of social network structure and strategy in mass emergency with maintain legal rights. Chinese Journal of Management Science, 2012, 20(3): 185-192. (in Chinese)
- [2] 潘灶烽, 汪小帆, 李翔. 可变聚类系数无标度网络上的谣言传播仿真研究. 系统仿真学报, 2006, 18(8): 2346-2348.
Pan Z F, Wang X F, Li X. Simulation investigation on rumor spreading on scale-free network with tunable clustering. Journal of System Simulation, 2006, 18(8): 2346-2348. (in Chinese)
- [3] 周涛, 汪秉宏, 韩筱璞, 等. 社会网络分析及其在舆情和疫情防控中的应用. 系统工程学报, 2010, 25(6): 742-754.
Zhou T, Wang B H, Han X P, et al. Social network analysis and its application in the prevent and control of propagation for public opinion and the epidemic. Journal of Systems Engineering, 2010, 25(6): 742-754. (in Chinese)
- [4] O'Hare M. "Not on my block you don't": Facility siting and the strategic importance of compensation. Public Policy, 1977, 25(4): 409-458.
- [5] 刘德海. 环境污染群体性突发事件的协同演化机制与应急管理研究: 基于信息传播和权利博弈的视角. 公共管理学报, 2013, 10(4): 102-113.

- Liu D H. Co-evolutionary mechanism of mass emergency derived from environmental pollution: Based on the viewpoint of information diffusion and right game. *Journal of Public Management*, 2013, 10(4): 102–113. (in Chinese)
- [6] 刘德海, 陈静锋. 环境群体性事件“信息-权利”协同演化的仿真分析. *系统工程理论与实践*, 2014, 34(12): 3157–3166.
Liu D H, Chen J F. Information-right co-evolutionary simulation analysis of mass emergency derived from environmental pollution. *Systems Engineering: Theory and Practice*, 2014, 34(12): 3157–3166. (in Chinese)
- [7] Granovetter M. Threshold models of collective action. *American Journal of Sociology*, 1978, 83(6): 1420–1443.
- [8] 李振鹏, 唐锡晋. 集体行动的阈值模型. *系统科学与数学*, 2014, 34(5): 550–564.
Li Z P, Tang X J. Threshold model of collective action. *Journal of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2014, 34(5): 550–564. (in Chinese)
- [9] Castillo D, Saisel A K. Simulation of common pool resource field experiments: A behavioral model of collective action. *Ecological Economics*, 2005, 55(3): 420–436.
- [10] Perc M, Szolnoki A. Coevolutionary games: A mini review. *BioSystems*. 2010, 99(2): 109–125.
- [11] Segbroeck S V, Santos F C, Nowe A, et al. The evolution of prompt reaction to adverse ties. *BMC Evolutionary Biology*, 2008, 8(1): 287–294.
- [12] 于海峰, 王延章, 卢小丽, 等. 基于知识元的突发事件风险熵预测模型研究. *系统工程学报*, 2016, 31(1): 117–126.
Yu H F, Wang Y Z, Lu X L, et al. Emergency risk entropy forecasting model based on knowledge element. *Journal of Systems Engineering*, 2016, 31(1): 117–126. (in Chinese)
- [13] 马祖军, 周愉峰. 大规模突发事件应急血液采集动态模型. *系统工程学报*, 2017, 32(1): 125–135.
Ma Z J, Zhou Y F. Dynamic model for emergency blood collection in large-scale sudden-onset emergencies. *Journal of Systems Engineering*, 2017, 32(1): 125–135. (in Chinese)
- [14] Pacheco J M, Traulsen A, Nowak M A. Co-evolution of strategy and structure in complex networks with dynamical linking. *Physical Review Letters*, 2011, 97(25): 400–404.
- [15] Szolnoki A, Perc M, Szabó G. Diversity of reproduction rate supports cooperation in the prisoner’s dilemma game on complex networks. *The European Physical Journal B*, 2008, 61(4): 505–509.
- [16] Snijders T A B, Pattison P E, Robins G L, et al. New specifications for exponential random graph model. *Sociological Methodology*, 2006, 36(1): 99–153.
- [17] 孙 玮, 宗 刚. 网络结构对集体行动合作决策扩散影响的仿真研究. *现代管理科学*, 2012(7): 25–27.
Sun W, Zong G. Simulation research on the influence of network structure on collective action cooperative decision making. *Modern Management Science*, 2012(7): 25–27. (in Chinese)
- [18] 张耀峰, 肖人彬. 群体性突发事件的舆情演化模型与仿真. *计算机应用研究*, 2015, 32(2): 351–355.
Zhang Y F, Xiao R B. Model and simulation of consensus evolution in mass emergency. *Application Research of Computers*, 2015, 32(2): 351–355. (in Chinese)
- [19] Ostrom E. A behavioral approach to the rational choice theory of collective action. *American Political Science Review*, 1998, 92(1): 1–22.
- [20] Rabin M. Incorporating fairness into game theory and economics. *The American Economic Review*, 1993, 83(5): 1281–1302.
- [21] Dufwenberg M, Kirchsteiger G. A theory of sequential reciprocity. *Games and Economic Behavior*, 2004, 47(2): 268–298.
- [22] 于建嵘. 当前我国群体性事件的主要类型及其基本特征. *中国政法大学学报*, 2009(6): 114–120.
Yu J R. Major types and basic characteristics of group event in today’s China. *Journal of CUPL*, 2009(6): 114–120. (in Chinese)
- [23] Barabási A L, Albert R, Jeong H. Mean field theory for scale-free random networks. *Physica A Statistical Mechanics and Its Applications*, 1999, 272(1/2): 173–187.
- [24] 车宏安, 顾基发. 无标度网络及其系统科学意义. *系统工程理论与实践*, 2004, 24(4): 11–16.
Che H A, Gu J F. Scale-free networks and their significance for systems science. *Systems Engineering: Theory and Practice*, 2004, 24(4): 11–16. (in Chinese)
- [25] Watts D J, Strogatz S H. Collective dynamics of small-world networks. *Nature*, 1998, 393(4): 440–442.
- [26] 韩志明. 利益表达、资源动员与议程设置: 对于“闹大”现象的描述性分析. *公共管理学报*, 2012, 9(2): 52–66.
Han Z M. Interest expression, resource mobilization, and agenda setting: An descriptive analysis on the NAO-DA phenomenon. *Journal of Public Management*, 2012, 9(2): 55–66. (in Chinese)

作者简介:

柴瑞瑞(1989—), 女, 河南濮阳人, 博士生, 研究方向: 突发事件应急管理, Email: chairuirui2013@126.com;

刘德海(1974—), 男, 辽宁辽阳人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 突发事件应急管理, Email: ldhai2001@163.com;

陈静锋(1987—), 男, 河南商丘人, 博士生, 研究方向: 突发事件应急管理, 数据挖掘, Email: cjfeng2015@mail.dlut.edu.cn.