

闫绪娴, 曾强, 李志超. 突发事件应急管理中社会参与行为演化博弈分析[J]. 灾害学, 2021, 36(3): 189–194. [YAN Xuxian, ZENG Qiang and LI Zhichao. Game Analysis of Social Participation in Emergency Management[J]. Journal of Catastrophology, 2021, 36(3): 189–194. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.03.033.]

突发事件应急管理中社会参与行为演化博弈分析^{*}

闫绪娴¹, 曾强^{2,3}, 李志超¹

(1. 山西财经大学 管理科学与工程学院, 山西 太原 030006; 2. 山西财经大学 工商管理学院, 山西 太原 030006; 3. 中北大学 经济与管理学院, 山西 太原 030051)

摘要:随着我国国民经济和公民社会的快速发展, 各种社会主体参与社会事务的能力显著增强。国家提出了健全公共安全体系与推进应急管理体系和能力现代化的目标, 倡导各类社会主体积极参与到应急管理中来, 研究应急管理社会主体参与行为有着重要意义。在应急管理中, 各种社会主体在决策时存在有限理性和不完全信息的情形。该文采用演化博弈的方法对社会主体之间的参与行为进行研究, 通过建立复制动态方程, 分析了社会主体之间应急管理参与行为存在五种演化稳定策略(ESS), 并对演化过程进行数值仿真, 最后从优化社会参与制度环境, 提高社会主体参与技能, 提高社会参与协作效率三个方面提出政策建议。

关键词:应急管理; 社会参与; 演化博弈; 数值仿真

中图分类号: X43; X915.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2021)03-0189-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.03.033

现有关于突发事件应急管理社会参与问题的研究, 主要包括对国内应急管理社会参与问题的研究和国外应急管理社会参与问题的研究。对国内应急管理社会参与问题的研究, 主要是研究应急管理社会参与的体制和机制问题。一方面, 研究我国应急管理社会参与体制机制方面存在的问题。社会力量正面临着外生困境和内生困境。外生困境包括政策法规、协调机制、服务平台、信息共享机制不健全等问题, 内生困境包括组织化程度低、专业化不足、人力资源匮乏以及资金紧张等问题^[1]。另一方面研究如何解决应急管理社会参与体制机制存在问题。一是通过建立规范化路径来引导社会力量充分有序参与应急管理中来, 明确社会参与应急管理的定位, 鼓励社会主体全面参与应急管理工作, 从强化支持服务, 完善政策体系等方面入手改善应急管理社会参与问题^[1]。二是从构建法制化、统筹化、激励化的政策保障体系, 建立协同化、科技化、实战化的应急响应机制, 打造专业化、多元化、规范化的社会培训格局等方面加强应急管理社会参与问题^[2]。三是从应急文化的塑造、社区应急机制、志愿者组织的应急功能和城市应急管理中的公私伙伴合作关系等几个方面解决社会参与机制^[3]。

对国外突发事件应急管理社会参与问题的研究。一是分析发达国家应急管理社会参与的先

进理念。美国政府提出了应急管理的“全社会参与”的理念, 明确了政府、非营利性组织、营利性组织、社区组织、媒体、家庭和个人在内的全体社会主体在应急管理中的责任和义务^[4-5]。日本政府提出了“自己的生命自己守护”, “自己的城市自己保护”等理念。在日本应急管理体系中, 自救是第一位的、互救是第二位, 而政府施救仅在第三位^[6]。二是总结发达国家应急管理社会参与的体制机制。①建立有利于社会参与的法律制度体系。通过法律、制度等手段强化社会主体在应急管理中的责任。日本和加拿大通过相关立法等手段积极提高应急救援的社会参与度^[7]。②建立有利于社会参与的制度体系。德国应急组织系统是由政府和各类社会主体共同组成的一个大网络, 这其中包括政府机构、非政府组织、新闻媒体、工商企业、社会公民等主体, 政府负责制定应急计划, 确定社会主体的分工, 并为这些组织提供资助和组织培训^[7]。③建立有利于社会参与的教育培训体系。加拿大每年通过培训和教育, 提高社会主体的应急救援意识和应急处置能力。日本高度重视社会公众危机意识的培养与教育, 为日本突发事件应急管理工作提供社会和公众基础^[8]。

有关突发事件应急管理社会主体参与的体制机制的研究已经十分丰富, 形成了一个比较完整

^{*} 收稿日期: 2021-01-06 修回日期: 2021-03-01

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“我国城市暴雨内涝灾害形成机理、韧性评估与防治对策研究”(20BGL260)

第一作者简介: 闫绪娴(1978-), 女, 汉族, 山西朔州人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从应急管理、管理科学领域的研究。

E-mail: yanxux@163.com

通讯作者: 曾强(1978-), 男, 汉族, 湖北咸宁人, 博士研究生, 主要从事技术经济、应急管理方面的研究。E-mail: 418748787@qq.com

的体系。但是这些研究都是基于社会主体有愿意参与的前提下,研究如何将社会主体更好融入现在的政府主导的应急管理体系问题。应急管理社会参与的问题研究应该包括两个方面,一方面是社会主体参与行为如何和现在的体制机制融合,优化社会主体的参与环境和途径,提高参与效率等问题,另一方面就是社会主体的参与意愿及行为演化研究。但是现有研究从社会主体的角度去研究社会主体的参与意愿和行为演化较少。

本文从应急管理社会主体的个体角度出发,运用演化博弈的研究方法,分析应急管理社会主体参与行为的演化过程和趋势,并进行数值仿真分析,最后提出相关政策建议。

1 基本假设和模型建立

假设突发事件应急处置符合经济学上的公共产品的特性,即存在:①收益的“非竞争性”,即社会主体之间不存在竞争关系,一个社会主体的收益水平不影响其他社会主体的收益水平;②收益的“无法分割性”,即公共物品的收益并不能分割给每个相关的社会主体,每个社会都可享受这个产品的全部好处;③收益的“非排他性”,即一旦某一公共产品提供给某些社会主体,它不能阻止其他社会主体从中受益。因为突发事件应急管理具有公共产品的特性,所以社会主体之间就存在搭便车的现象。

决策主体。突发事件的影响面比较广,受影响的主体很多,但是为了简化分析,我们假设社会主体有 A 和 B,利用两者之间的行为决策博弈模型来研究社会群体中不同社会主体两两之间的行为博弈。这里的社会主体包括营利性的工商企业,非营利性的社会组织,其他社会组织、家庭及个人这些社会主体。这里假设社会主体是有限理性经济人,双方之间掌握信息具有不完全性,需要反复磨合,才能逐渐实现博弈均衡。

决策策略。在面对突发事件发生的情况下,每个社会主体都有两个基本策略:①选择参与行为;②选择不参与行为。我们假设每个社会都是理性的经济人,其所有行为都是为了追求自身利益的最大化。公共物品因为具备以上三个重要的特性,使得通过市场手段利用价格机制对于公共物品可能趋于无效。因为突发事件应急处理具有公共产品的特性,所以就存在搭便车的现象。

参数假设。假设社会主体因为参与应急管理可以得到的收益为 a ,社会主体 A 的参与收益为 a_1 ,社会主体 B 的收益为 a_2 。假设社会主体参与突发事件应急管理的参与成本为 c ,社会主体 A 的参与成本为 c_1 ,社会主体 B 的参与成本为 c_2 。如果社会主体 A 和社会主体 B 同时参与,因为存在协同效应,则可以带来超额收益,假设超额收益为 b ,社会主体 A 的超额收益为 b_1 ,社会主体 B 的超额收益为 b_2 。同时假设社会主体取得超额收益的多少还取决于双方之间的协同效率,用参数 t 表示,取值在 $[0, 1]$ 之间。具体参数含义汇集如表 1

所示。

表 1 参数符号及含义

参数	含义
a_1	社会主体 A 的参与收益
a_2	社会主体 B 的参与收益
b_1	社会主体 A 的协作超额收益
b_2	社会主体 B 的协作超额收益
c_1	社会主体 A 的参与成本
c_2	社会主体 B 的参与成本
t	社会主体 A 和社会主体 B 的协作效率

策略组合和收益矩阵。如果社会主体 A 参与,社会主体 B 也参与,则双方的收益函数为 $(a_1 + tb_1 - c_1, a_2 + tb_2 - c_2)$;如果社会主体 A 参与,社会主体 B 不参与,这时虽然社会主体 B 不参与,但是因为突发事件应急管理具有公共产品的特性,社会主体 B 还是具有正常收益,则双方的收益函数为 $(a_1 - c_1, a_2)$;如果社会主体 A 不参与,社会主体 B 参与,这时虽然社会主体 A 不参与,但是因为突发事件应急管理具有公共产品的特性,则双方的收益函数为 $(a_1, a_2 - c_2)$;如果社会主体 A 不参与,社会主体 B 也不参与,双方都不具备搭便车的前提条件,则双方的收益函数为 $(0, 0)$ 。策略组合和收益矩阵见表 2。

表 2 应急管理领域社会主体参与行为演化博弈支付矩阵

策略	社会主体 B	
	参与	不参与
社会主体 A	参与 $(a_1 + tb_1 - c_1, a_2 + tb_2 - c_2)$	不参与 $(a_1 - c_1, a_2)$
	不参与 $(a_1, a_2 - c_2)$	不参与 $(0, 0)$

2 演化博弈的均衡分析

2.1 建立复制动态方程

假设社会主体 A 参与的概率为 x ,则社会主体 A 不参与的概率为 $(1 - x)$,社会主体 B 参与的概率为 y ,则社会主体 B 不参与的概率为 $(1 - y)$ 。

设社会主体 A 参与的收益为 $F_{11} = y(a_1 + tb_1 - c_1) + (1 - y)(a_1 - c_1)$;设社会主体 A 不参与的收益为 $F_{12} = a_1 y$,则社会主体 A 平均收益为 $F_1 = xF_{11} + (1 - x)F_{12} = x[y(a_1 + tb_1 - c_1) + (1 - y)(a_1 - c_1)] + (1 - x)a_1 y$ 。

设社会主体 B 参与的收益为 $F_{21} = x(a_2 + tb_2 - c_2) + (1 - x)(a_2 - c_2)$,设社会主体 B 不参与的收益为 $F_{22} = a_2 x$,则社会主体 B 平均收益 $F_2 = yF_{21} + (1 - y)F_{22} = y[x(a_2 + tb_2 - c_2) + (1 - x)(a_2 - c_2)] + (1 - y)(a_2 x)$ 。

根据 Malthusian 复制动态原理,可得社会主体 A 和社会主体 B 的复制动态方程为:

$$F(x) = dx/dt = x(F_{11} - F_1) = x(1 - x)[(tb_1 - a_1)y + a_1 - c_1]; \quad (1)$$

$$F(y) = dy/dt = y(F_{21} - F_2) = y(1 - y)[(tb_2 - a_2)x + a_2 - c_2]; \quad (2)$$

2.2 社会主体 A 的策略稳定性分析

社会主体 A 的复制动态方程为 $F(x) = dx/dt = x(F_{11} - F_1) = x(1-x)[(tb_1 - a_1)y + a_1 - c_1]$, 对 x 求导得:

$$g(x) = \frac{dF(x)}{dx} = (1-2x)[(tb_1 - a_1)y + a_1 - c_1]。 \quad (3)$$

根据复制动态方程可知, $y = y_0 = (c_1 - a_1)/(tb_1 - a_1)$ 时, 所有的 x 均为平衡状态; 当 $y \neq y_0$ 时, $x=0$ 和 $x=1$ 为平衡状态, 而稳定平衡状态还需满足 $g(x) < 0$ 。

当 $tb_1 - a_1 > 0$ 时, 若 $tb_1 - c_1 > 0$, $a_1 - c_1 < 0$, $y > y_0$ 时, $g(x=1) < 0$, 所以 $x=1$ 为稳定均衡状态, 社会主体 A 会选择参与策略; 若 $tb_1 - c_1 > 0$, $a_1 - c_1 < 0$, $y < y_0$ 时, $g(x=0) < 0$, 所以 $x=0$ 为稳定均衡状态, 社会主体 A 会选择不参与策略; 若 $tb_1 - c_1 < 0$ 时, $g(x=0) < 0$, 所以 $x=0$ 为稳定均衡状态, 社会主体 A 会选择不参与策略。

当 $tb_1 - a_1 < 0$ 时, 若 $tb_1 - c_1 > 0$ 时, $g(x=1) < 0$, 所以 $x=1$ 为稳定均衡状态, 社会主体 A 会选择参与策略; 若 $tb_1 - c_1 < 0$, $a_1 - c_1 > 0$, $y > y_0$ 时, $g(x=0) < 0$, 所以 $x=0$ 为稳定均衡状态, 社会主体 A 会选择不参与策略; 若 $tb_1 - c_1 < 0$, $a_1 - c_1 > 0$, $y < y_0$ 时, $g(x=1) < 0$, 所以 $x=1$ 为稳定均衡状态, 社会主体 A 会选择参与策略。

2.3 社会主体 B 的策略稳定性分析

社会主体 B 的复制动态方程为 $F(y) = dy/dt = y(F_{21} - F_2) = y(1-y)[(tb_2 - a_2)x + a_2 - c_2]$, 对 y 求导得:

$$h(y) = \frac{dF(y)}{dy} = (1-2y)[(tb_2 - a_2)x + a_2 - c_2]。 \quad (4)$$

根据复制动态方程可知, $x = x_0 = (c_2 - a_2)/(tb_2 - a_2)$ 时, 所有的 y 均为平衡状态; 当 $x \neq x_0$ 时, $y=0$ 和 $y=1$ 为平衡状态, 而稳定平衡状态还需满足 $h(y) < 0$ 。

当 $tb_2 - a_2 > 0$ 时, 若 $tb_2 - c_2 > 0$, $a_2 - c_2 < 0$, $x > x_0$ 时, $h(y=1) < 0$, 所以 $y=1$ 为稳定均衡状态, 社会主体 B 会选择参与策略; 若 $tb_2 - c_2 > 0$, $a_2 - c_2 < 0$, $x < x_0$ 时, $h(y=0) < 0$, 所以 $y=0$ 为稳定均衡状态, 社会主体 B 会选择不参与策略; 若 $tb_2 - c_2 < 0$ 时, $h(y=0) < 0$, 所以 $y=0$ 为稳定均衡状态, 社会主体 B 会选择不参与策略。

当 $tb_2 - a_2 < 0$ 时, 若 $tb_2 - c_2 > 0$ 时, $h(y=1) < 0$, 所以 $y=1$ 为稳定均衡状态, 社会主体 B 会选择参与策略; 若 $tb_2 - c_2 < 0$, $a_2 - c_2 > 0$, $x > x_0$ 时, $h(y=0) < 0$, 所以 $y=0$ 为稳定均衡状态, 社会主体 B 会选择不参与策略; 若 $tb_2 - c_2 < 0$ 且 $a_2 - c_2 > 0$ 且 $x < x_0$ 时, $h(y=1) < 0$, 所以 $y=1$ 为稳定均

衡状态, 社会主体 B 会选择参与策略。

2.4 双方博弈系统均衡点的稳定性分析

当 $F(x) = dx/dt = 0$, $F(y) = dy/dt = 0$ 时, 得出 $(0, 0)$, $(0, 1)$, $(1, 0)$, $(1, 1)$, (x_0, y_0) 为系统的 5 个不同均衡点(表 3), 其中, $x_0 = (c_2 - a_2)/(tb_2 - a_2)$, $y_0 = (c_1 - a_1)/(tb_1 - a_1)$ 。对社会主体 A 和社会主体 B 的复制动态方程组依次计算关于 x 、 y 的偏导, 可得雅克比矩阵(Jacobian)为:

$$= \begin{bmatrix} (1-2x)[(tb_1 - a_1)y + a_1 - c_1] & x(1-x)(tb_1 - a_1) \\ y(1-y)(tb_2 - a_2) & (1-2y)[(tb_2 - a_2)x + a_2 - c_2] \end{bmatrix}。 \quad (5)$$

表 3 均衡点的取值

均衡点	a_{11}	a_{12}	a_{21}	a_{22}
$(0, 0)$	$a_1 - c_1$	0	0	$a_2 - c_2$
$(0, 1)$	$tb_1 - c_1$	0	0	$c_2 - a_2$
$(1, 0)$	$c_1 - a_1$	0	0	$tb_2 - c_2$
$(1, 1)$	$c_1 - tb_1$	0	0	$c_2 - tb_2$
(x_0, y_0)	0	P	Q	0

其中:

$$P = \frac{(c_2 - a_2)(tb_2 - c_2)(tb_1 - a_1)}{tb_2 - a_2}; \quad (6)$$

$$Q = \frac{(c_1 - a_1)(tb_1 - c_1)(tb_2 - a_2)}{tb_1 - a_1} \quad (7)$$

依据 Friedman 提出的雅克比矩阵(记为 J)的稳定性判定准则, 当且仅当同时满足 $DET(J) > 0$ 和 $TR(J) < 0$ 条件, 均衡点才是演化稳定策略(ESS)。通过求解, 可得出系统局部均衡稳定时的主要参数取值, 如表 4 所示。

$$DET(J) = (1-2x)[(tb_1 - a_1)y + a_1 - c_1](1-2y)[(tb_2 - a_2)x + a_2 - c_2] - x(1-x)(tb_1 - a_1)y(1-y)(tb_2 - a_2); \quad (8)$$

$$TR(J) = (1-x)[(tb_1 - a_1)y + a_1 - c_1] + (1-2y)[(tb_2 - a_2)x + a_2 - c_2]。 \quad (9)$$

3 演化博弈的数值仿真及结果分析

根据上述的演化稳定均衡条件, 下列分别对不同情形采用数值模拟的方法进行仿真, 并对仿真结果进行分析。本文采用的编程工具为 MATLAB2016a。

3.1 情形 1 数值仿真及结果分析

情形 1 表明, 当社会主体双方参与收益均小于其参与成本时, 即 $a_1 - c_1 < 0$ 且 $a_2 - c_2 < 0$ 时, 在这种情形下, 社会主体的参与行为最终会收敛于 $(0, 0)$, $(0, 0)$ 是为双方的演化稳定策略, 即社会

表 4 均衡点的稳定性分析

情形	均衡点	稳定条件	$DET(J)$ 值	$TR(J)$ 值	结果
情形 1	$(0, 0)$	$a_1 - c_1 < 0$ 且 $a_2 - c_2 < 0$	$DET(J) > 0$	$TR(J) < 0$	ESS
情形 2	$(0, 1)$	$tb_1 - c_1 < 0$ 且 $c_2 - a_2 < 0$	$DET(J) > 0$	$TR(J) < 0$	ESS
情形 3	$(1, 0)$	$c_1 - a_1 < 0$ 且 $tb_2 - c_2 < 0$	$DET(J) > 0$	$TR(J) < 0$	ESS
情形 4	$(1, 1)$	$c_1 - tb_1 < 0$ 且 $c_2 - tb_2 < 0$	$DET(J) > 0$	$TR(J) < 0$	ESS
情形 5	$(0, 0)$ 或 $(1, 1)$	$a_1 < c_1 < tb_1$ 且 $a_2 < c_2 < tb_2$	$DET(J) > 0$	$TR(J) < 0$	ESS
情形 6	(x_0, y_0)		$DET(J) > 0$	$TR(J) = 0$	鞍点

主体都会采取不参与的行为策略。此种情形下的演化趋势如图 1 所示。红色加号线表示社会主体 A 在不同初始概率下的演化过程。蓝色虚号线表示社会主体 B 在不同初始概率下的演化过程(下同)。从图 1 中可以看出,在满足情形 1: $a_1 - c_1 < 0$, $a_2 - c_2 < 0$ 的条件下,无论社会主体的初始概率如何,经过长时间的演化博弈,最终系统都收敛于 $(0, 0)$ 这个演化稳定策略,社会主体都会选择不参与的策略。

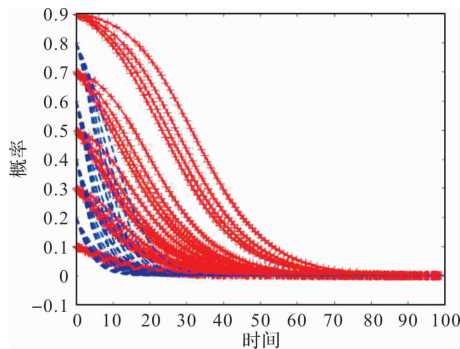


图 1 情形 1 的数值仿真图

注: $a_1 = 0.3$, $a_2 = 0.2$, $b_1 = 0.8$, $b_2 = 0.7$,
 $c_1 = 0.4$, $c_2 = 0.5$, $t = 0.5$

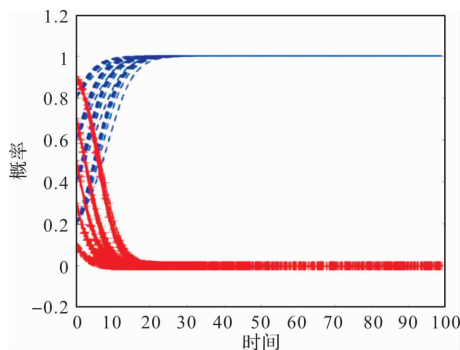


图 2 情形 2 的数值仿真图

注: $a_1 = 0.3$, $a_2 = 0.5$, $b_1 = 0.8$, $b_2 = 0.7$,
 $c_1 = 0.6$, $c_2 = 0.2$, $t = 0.5$

原因是一方面参与收益低,另一方面是参与成本高。参与收益低的原因可能是因为社会主体在事件中受影响的程度较低,突发事件对其造成影响较小,也可能是整个社会没有形成积极的应急文化,没有形成“一方有难,八方支援”社会氛围和价值认同。参与成本高的原因可能是社会主体的资源条件和能力有限,过高的成本导致其参与的不经济。也可能是社会主体在有参与意愿和参与动机的情况下,没有有效而明确的参与途径。社会主体的个体均衡策略是无论对方是否参与,其都不会参与,因为参与行为的收益无法弥补其参与的成本,其行为的边际收益为负值。

3.2 情形 2 数值仿真及结果分析

情形 2 表明,当社会主体 B 采取单独行动的收益大于其参与成本,同时社会主体 A 共同参与行为的协同超额收益小于其参与的成本时,即 $c_1 - tb_1 < 0$ 且 $c_2 - a_2 < 0$ 时,社会主体的参与行为最终会收敛于 $(0, 1)$,即社会主体 A 最终会选择不参与,而社会主体 B 会选择参与。此时,社会主体 A

会存在搭社会主体 B 的便车的收益, $(0, 1)$ 为其演化稳定策略。此种情形下的演化趋势如图 2 所示。从图 2 中可以看出,在满足情形 2: $c_1 - tb_1 < 0$ 且 $c_2 - a_2 < 0$ 的条件下,无论社会主体的初始概率如何,经过长时间的演化博弈,最终系统都收敛于 $(0, 1)$ 这个演化稳定策略,社会主体 A 会选择不参与的策略。社会主体 B 会选择参与的策略。

社会主体 B 因为单个参与的收益大于其参与的成本,所以其就有了参与的动机。无论对方是否参与,其参与行为的边际收益都是正值。因为突发事件应急处理具有公共产品的特性,社会主体 A 在没有参与和任何投入的情况下,所以他就有了搭便车的机会,享受到搭便车带来的收益。如果在对方已经参与的情况下,他的共同参与行为带来的超额收益小于其参与成本,也就是说双方合作协同带来的超额收益无法补偿其单方参与成本,那么双方的稳定均衡策略就是 $(0, 1)$ 。

3.3 情形 3 数值仿真及结果分析

情形 3 表明,当社会主体 A 采取单独行动的收益大于其参与成本,同时社会主体 B 共同参与行为的协同超额收益小于其参与的成本时,即 $c_2 - tb_2 < 0$ 且 $c_1 - a_1 < 0$ 时,社会主体的参与行为最终会收敛于 $(1, 0)$,即社会主体 A 最终会选择参与策略,而社会主体 B 会选择不参与策略。此时,社会主体 B 会存在搭社会主体 A 的便车的收益, $(1, 0)$ 为其演化稳定策略。此种情形下的演化趋势如图 3 所示。从图 3 中可以看出,在满足情形 3: $c_2 - tb_2 < 0$ 且 $c_1 - a_1 < 0$ 的条件下,无论社会主体的初始概率如何,经过长时间的演化博弈,最终系统都收敛于 $(1, 0)$ 。因为模型的对称性,此种情形的结果分析参照情形 2。

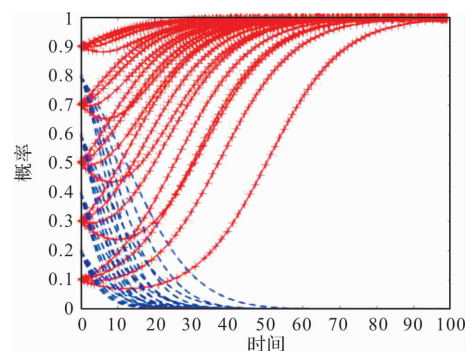


图 3 情形 3 的数值仿真图

注: $a_1 = 0.4$, $a_2 = 0.5$, $b_1 = 0.4$, $b_2 = 0.7$,
 $c_1 = 0.3$, $c_2 = 0.6$, $t = 0.5$

3.4 情形 4 数值仿真及结果分析

情形 4 表明,当两个社会主体采取协同参与行为的超额收益大于其参与成本时,即 $c_1 - tb_1 < 0$ 且 $c_2 - tb_2 < 0$,社会主体的参与行为最终会收敛于 $(1, 1)$, $(1, 1)$ 为博弈的稳定均衡策略,即社会主体会选择共同参与行为。此种情形下的演化趋势如图 4 所示。从图 4 中可以看出,在满足情形 4: $c_1 - tb_1 < 0$ 且 $c_2 - tb_2 < 0$ 的条件下,无论社会主体的初始概率如何,经过长时间的演化博弈,最终系统都收敛于 $(1, 1)$ 这个演化稳定策略,社会主体 A 会选择参与的策略。社会主体 B 也会选择参与的策略。

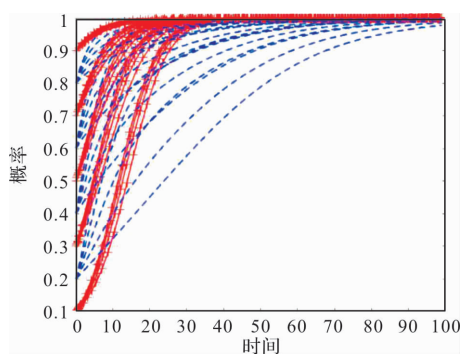


图4 情形4的数值仿真图

注: $a_1 = 0.3$, $a_2 = 0.5$, $b_1 = 0.8$, $b_2 = 0.7$,
 $c_1 = 0.2$, $c_2 = 0.2$, $t = 0.5$

当社会主体双方因为共同参与而给双方各自带来的超额利润大于其参与的成本付出时, 这时仅仅是协同效益带来的超额收益就可以补偿其参与的成本, 社会主体双方参与的边际收益都是正值, 社会主体双方的行为策略就会演化为(1, 1), 即双方共同参与就是其稳定均衡策略。双方在共同参与过程中会主动寻求合作, 主动配合对方, 这对双方都是有利的。但是这种情形有个前提条件, 就是至少有一方的单独参与收益要大于其单独参与成本, 这样才有可能向双方都参与的情况去演化, 否则就出现情形5的情况。

3.5 情形5 数值仿真及结果分析

当两个社会主体的参与成本都大于其单独参与收益, 但参与成本都小于其协同参与带来的超额收益时, 即 $a_1 < c_1 < tb_1$ 且 $a_2 < c_2 < tb_2$ 时, 博弈的稳定均衡策略为(0, 0)和(1, 1), 即两个社会主体会同时采取不参与行为或者同时采取参与行为。图5为此种情形下的演化趋势仿真图。

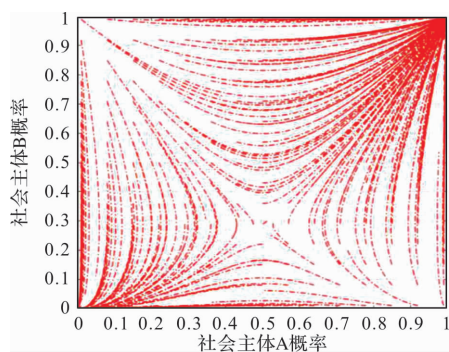


图5 情形5的数值仿真图

注: $a_1 = 0.18$, $a_2 = 0.2$, $b_1 = 0.5$, $b_2 = 0.6$,
 $c_1 = 0.2$, $c_2 = 0.25$, $t = 0.5$

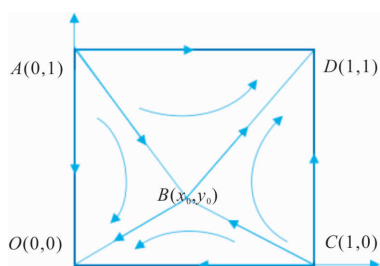


图6 情形5的相位图

两个社会主体的参与成本大于各自的单独参与收益, 这时两个社会主体都不愿意单独参与到应急管理活动中来。因为不管对方如何选择策略, 其参与行为的边际收益都是负值, 谁也不愿意选择参与策略。但是如果有任何一方选择了参与策略, 则对方也会选择参与策略, 因为共同参与带来的协同效应的超额利润能弥补付出的参与成本, 共同参与时社会主体双方的参与行为的边际收益都是正的。这样就形成了(0, 0)和(1, 1)两个稳定均衡策略。最后的结果具体会演化到(0, 0)还是(1, 1)的概率取决于鞍点 $B(x_0, y_0)$ 的位置以及初始值的位置。

根据上述的数值仿真图, 做出系统演化路径的相位图如下图6。由图6可知, B 点为鞍点, 其坐标为 $B(x_0, y_0)$ 。根据数值仿真的结果可知, 初始点如果在 $ABCD$ 范围内, 系统最终会收敛于(1, 1), 初始点在 $ABCO$ 范围内, 系统最终会收敛于(0, 0)。所以, 在其他参数给定的情况下, 系统最终会收敛于(1, 1)还是(0, 0)的概率, 主要取决于 S_{ABCO} 和 S_{ABCD} 的面积。在鞍点 $B(x_0, y_0)$ 确定的情况下, 系统最终稳态均衡状态到底是趋向于(1, 1)还是(0, 0), 取决于初始值是落在区域 S_{ABCO} 还是区域 S_{ABCD} 的范围内。如果初始值落在区域 S_{ABCO} 范围内, 系统最终会收敛于(0, 0)。如果初始值落在区域 S_{ABCD} 范围内, 系统最终会收敛于(1, 1)。两个区域的面积公式如下:

$$S_{ABCO} = 0.5 \times [(c_2 - a_2)/(tb_2 - a_2) + (c_1 - a_1)/(tb_1 - a_1)]; \quad (9)$$

$$S_{ABCD} = 1 - S_{ABCO} = 1 - 0.5 \times [(c_2 - a_2)/(tb_2 - a_2) + (c_1 - a_1)/(tb_1 - a_1)]. \quad (10)$$

通过上面的式子可以知道, 参数 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 、 c_1 、 c_2 以及 t 都会影响到区域 S_{ABCD} 的面积。分别将面积 S_{ABCD} 与参数变量求偏导, 分析变量的变化对面积的边际影响, 从而分析对社会主体参与行为演化概率的影响。

$$\text{由 } \frac{\partial S_{ABCD}}{\partial a_1} > 0; \frac{\partial S_{ABCD}}{\partial a_2} > 0 \text{ 可知, 在其他参数不}$$

变的情况下, 社会主体的参与收益越大, 社会主体的参与概率就越大。若要增加社会主体的参与概率, 就需要增加社会主体参与的获得感和参与收益。

$$\text{由 } \frac{\partial S_{ABCD}}{\partial b_1} > 0; \frac{\partial S_{ABCD}}{\partial b_2} > 0 \text{ 可知, 在其他参数不}$$

变的情况下, 表明社会主体的协作超额收益越大, 社会主体的参与概率就越大。通过增加社会主体的协作超额收益水平, 就可以增加社会主体的参与概率。由 $\frac{\partial S_{ABCD}}{\partial t} > 0$ 可知, 在其他参数不变的情

况下, 表明社会主体的协作效率越高, 社会主体的参与概率就越大。通过增加社会主体参与的协作效率, 就可以提高社会主体参与的总收益, 从而增加社会主体的参与概率^[10]。

$$\text{由 } \frac{\partial S_{ABCD}}{\partial c_1} > 0; \frac{\partial S_{ABCD}}{\partial c_2} > 0 \text{ 可知, 在其他参数不}$$

变的情况下, 表明社会主体的参与成本越高, 社会主体的参与概率就越小。通过有效降低社会主体的参与成本, 就可以提高社会主体的参与概率。

4 政策建议

加强突发事件应急管理社会主体的参与,这已经成为政府部门和社会各界的共识^[11]。充分认识我们应急管理中社会参与存在的不足,结合上述社会主体参与行为的影响因素,可以从以下几个方面入手。

(1) 优化社会参与的制度环境。政府应秉持开放的态度和采取支持的措施,为社会主体参与突发事件应急管理扫清制度障碍和提供便利^[12]。一是优化社会参与的法律和制度体系。现有这些制度文件比较宏观抽象,在具体的应用场景存在不确定性,需要更加明确具体的法律和制度,才能真正起到激发社会主体的参与热情^[13]。比如2020年12月30日上海最新立法,医护人员可以直接向卫健委报告疫情情况,如果报告错了,依法免除其法律责任。二是建立和完善减灾救灾社会参与的财政支持机制。政府鼓励和支持社会主体积极参与到应急管理中来,可以对参与活动的成本进行财政资助,也可以是政府出资购买社会主体提供的服务等形式来提供资助。通过优化社会参与的制度环境,可以提高社会参与者的参与收益,降低参与者的参与成本。

(2) 提高社会主体的参与技能。无论是公民个人,还是社会组织参与应急活动都需要具备一定的技能。对于个体的公民,可以通过例行和规范的培训,提高自救和互救的能力,特别是要重视对青少年安全教育^[14-15]。对于社会组织,需要加强其自身的运营能力和外在监管,解决当前社会组织普遍存在组织化程度低、专业能力不足、活动不规范、缺乏有效监管等问题。政府通过提供规范指导和监督,依法履行对社会组织的监管职责,强化社会组织的自律,督促各类社会组织依照法律和组织规章制度开展相关工作。

(3) 提高社会参与的协作效率。一是政府要主导应急管理的社会参与的协作网络的建设。政府开展社会力量参与协同演练,并通过信息共享平台、座谈会、成立救灾联盟等形式构建协作网络。

二是建立多层次的社会参与协作系统,既包括在具体的应急场景下的不同主体的协作和配合,也包括全社会层面的社会协作网络,各类社会主体可以根据实际情况直接或间接参与到应急管理活动中来,发挥自己价值,从而从多层面形成政府主导、社会参与、相互协同的社会参与系统。总体来说,社会主体参与时投入的资源 and 能力的互补性越好,协作效率就会越高。

参考文献:

- [1] 庞陈敏. 支持引导社会力量在减灾救灾中发挥重要作用[J]. 科学社会主义, 2016(2): 86-91.
- [2] 浦天龙. 社会力量参与应急管理: 角色、功能与路径[J]. 江淮论坛, 2020(4): 28-33.
- [3] 赵成根. 发达国家大城市危机管理中的社会参与机制[J]. 北京行政学院学报, 2006(4): 13-17.
- [4] 孔新峰. 英国减灾救灾社会参与机制分析[J]. 社会主义研究, 2011(4): 88-91.
- [5] 游志斌, 薛澜. 美国应急管理体系重构新趋向: 全国准备与核心能力[J]. 国家行政学院学报, 2015(3): 118-122.
- [6] 罗楠, 陈刚, 李玲玲, 等. 日本环境应急管理经验及启示[J]. 环境保护, 2020, 48(22): 71-74.
- [7] 李素艳. 加拿大应急管理体系的特点及其启示[J]. 理论探讨, 2011(4): 149-151.
- [8] 唐立红, 高帆. 日美德政府自然灾害危机管理经验与启示[J]. 求索, 2010(2): 57-58, 34.
- [9] 孙佰清, 朱晓鑫, 洪鑫磊. 基于合作博弈理论的应急物流协同机制研究[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 181-184, 189.
- [10] 钟开斌. 国家应急管理体系建设战略转变: 以制度建设为中心[J]. 经济体制改革, 2006(5): 5-11.
- [11] 周芳检. 突发性公共安全危机治理中社会参与失效及矫正[J]. 吉首大学学报(社会科学版), 2017, 38(1): 124-130.
- [12] 乐龙飞. NGO参与应急管理的制度变迁——基于时机—动力—路径框架的分析[J]. 四川大学学报(哲学社会科学版), 2020(2): 185-192.
- [13] 白书祥, 杜旭宇. 宏观社会资本在突发事件应急管理中作用的缺失及对策——基于社会治理中社会参与的分析[J]. 探索, 2011(2): 134-137.
- [14] 吴晓涛, 姬东艳. 我国小学应急教育体系优化研究[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 196-201.
- [15] 吴晓涛, 申艳楠, 张影. 中小学校突发事件应急预案动态管理的支撑保障体系研究[J]. 灾害学, 2020, 35(4): 169-173.

Game Analysis of Social Participation in Emergency Management

YAN Xuxian¹, ZENG Qiang^{2,3} and LI Zhichao¹

(1. College of Management Science and Engineering, Shanxi University of Finance & Economics, Taiyuan 030006, China;

2. School of Business Administration, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China;

3. School of Economics and Management, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: With the rapid development of our national economy and civil society, the ability of various social subjects to participate in social affairs has been significantly enhanced. The state has put forward the goal of perfecting the public security system and promoting the modernization of emergency management system and ability, advocating all kinds of social subjects to actively participate in emergency management, and studying the participation behavior of social subjects in emergency management is of great significance. In emergency management, various social subjects have limited rationality and incomplete information in decision-making. By establishing the replication dynamic equation, we analyze five evolutionary stabilization strategies (ESS) of emergency management participation behavior among social subjects. Finally, the policy suggestions are put forward from three aspects: optimizing the institutional environment of social participation, improving the participation skills of social subjects and improving the cooperation efficiency of social participation.

Key words: emergency management; social participation; evolutionary game; numerical simulation