

文章编号: 1001-4098(2005)01-0021-07

信息交流在公共卫生突发事件处理中作用的博弈分析*

徐寅峰^{1,2}, 马丽娟^{1,2}, 刘德海^{1,2}

(1. 西安交通大学 管理学院, 陕西 西安 710049;

2. 西安交通大学 机械制造系统工程国家重点实验室, 陕西 西安 710049)

摘要: 以中国内地 2003 年爆发的 SARS 危机为背景, 运用演化博弈理论, 对信息交流在公共卫生突发事件处理中的作用进行分析。模型中政府部门通过采取强制干预措施后, 改变了演化博弈中的要素博弈收益矩阵, 从而使得博弈均衡发生演化, 导出有限期终止的、经历扩散和收敛两个发展阶段的动态方程; 这将不同策略学习障碍加以内生, 使其成为信息公开程度的函数, 对政府部门信息公开措施在公共卫生突发事件不同阶段中的作用进行了分析。最后, 结合中国 2003 年 SARS 疫情统计数据对理论模型进行实证分析。结果表明, 政府部门采取信息公开措施后, 有利于抑制公共卫生突发事件的扩散趋势, 加快其收敛速度。

关键词: 信息交流; 演化博弈; 公共卫生突发事件; 一般化模仿者动态模型

中图分类号: O 225 **文献标识码:** A

1 引言

在公共卫生突发事件的传播扩散过程中, 由于政府具有的权威的合法性、严密的组织体系、高度的动员能力和集中的公共力量, 政府部门的执政理念、采取的信息公开等防治措施, 对疫情的控制发挥着决定性的作用。J. F. Laslier 通过研究指出, 信息交流并不直接影响博弈参与者的福利, 而是间接影响博弈的均衡结果^[1]。但是对公共卫生突发事件处理中信息交流的作用, 国内外文献尚未运用博弈理论建立严谨的模型加以分析。造成这一问题的根本原因在于传统博弈对参与者的强理性假设, 纳什均衡具有自我实施特性, 是参与者通过演绎推理的内省过程达到的, 在传统博弈论的分析框架下无法对公共卫生突发事件的扩散和收敛过程进行理论分析。演化博弈理论着重分析了有限理性的群体参与者如何通过具体的学习、模仿过程达到稳定的均衡(例如演化稳定策略 ESS、演化均衡 EE 等均衡概念)。从博弈论的角度分析, 公共卫生突发事件的扩散和防治过程是在公共卫生突发事件爆发后, 通过政府部门和当事者群体的双方互动使得新的社会处理机制(体现为博弈均衡)变为可自我实施的机制; 信息交流的作用并不在于直接影响博弈参与者的收益, 而

是通过学习、模仿的过程影响演化方程达到稳定均衡的收敛速度。

本文以中国内地 2003 年爆发的 SARS 危机为背景, 运用演化博弈理论, 对信息交流在公共卫生突发事件处理中的作用进行分析。其中, 第二部分分析了公共卫生突发事件的爆发和扩散阶段中政府部门防治措施不力情况下的要素博弈收益矩阵, 在一般化模仿者动态模型基础上得出初期处于制度危机阶段的扩散方程; 第三部分分析了公共卫生突发事件后期政府部门采取强制干预措施后改变了要素博弈收益矩阵, 由此得出了公共卫生突发事件后期处于制度转型阶段的收敛方程; 第四部分通过将不同策略学习障碍加以内生, 使其成为信息公开程度的函数, 分析了政府部门信息公开措施在公共卫生突发事件不同阶段中的作用。第五部分结合中国 2003 年 SARS 疫情统计数据对理论模型进行实证分析。

2 公共卫生突发事件初期扩散阶段的分析

2.1 公共卫生突发事件初期的要素博弈收益矩阵

本文采取图 1 所示的要素博弈收益矩阵, 表示在公共卫生突发事件爆发和扩散的初期阶段, 一些政府部门

* 收稿日期: 2004-07-31

基金项目: 国家自然科学基金优秀创新群体资助项目(70121001); 国家自然科学基金资助项目(10371094)

作者简介: 徐寅峰(1962-), 男, 吉林东丰人, 西安交通大学管理学院教授, 研究方向: 组合优化; 马丽娟(1980-), 女, 回族, 甘肃兰州人, 西安交通大学管理学院研究生, 研究方向: 博弈论; 刘德海(1974-), 男, 辽宁辽阳人, 西安交通大学管理学院博士研究生, 研究方向: 演化博弈理论。

和社会公众双方作为两个不同群体进行的博弈。其中，政府部门采取强制干预措施 T 后对当地官员的政绩影响为 $(-v)$ ；而包括“非典”患者在内的社会公众自觉地在所在单位(或居民区)就地隔离 Q 的损失为 $(-c)$ ；如果政府部门采取强制干预措施后社会公众仍坚持外逃流动 H，则政府部门采取罚款、行政处分等措施对社会公众造成的损失为 $(-p)$ 。为了使政府部门采取的强制干预措施有效，显然， $p > c$

		政府部门	
		强制干预 T	不作为 D
社会公众	外逃流动 H	$-p, -v$	Ω, Ω
	就地隔离 Q	$-c, g-v$	$-c, g$

图 1 公共卫生突发事件初期阶段政府部门与社会公众的要素博弈收益矩阵

分析图 1 要素博弈的收益矩阵可知，在公共卫生突发事件爆发和扩散的初期阶段，出于上述各种原因的考虑，博弈的纳什均衡是社会公众的盲目流动和政府部门的“不作为(H, D)，从而造成在更大范围内疫情的传播、扩散。

2.2 演化博弈的一般化模仿者动态方程

演化博弈理论研究了有限理性的群体具体的学习、模仿动态过程及其稳定性。其中最常见的一种学习的动态模型是模仿者动态模型^[2]，一些文献运用演化博弈的模仿者动态模型分析了技术的扩散^[3]。在模仿者动态模型中，每一个参与者只代表某一特定的同类群体，其长期坚持采用某种纯策略 s_i ，且采用某种策略的群体比例的增长率 $\dot{\theta}(t)$ 是此策略效用 $\pi(s_i)$ 与群体平均效用 $\bar{\pi}$ 差的严格增函数：

$$\dot{\theta}(t) = \theta(t) [\pi(s_i) - \bar{\pi}] \quad (1)$$

Sethi(1998)在 Björnerstedt 和 Weibull 的“模仿成功参与者”模型的基础上，研究了演化博弈选择动态应用于社会经济问题时，不同的策略存在着特定的策略学习障碍 (Strategy-specific barriers to learning)，提出了一般化模仿者动态模型^[4]。考虑到不同策略存在着相应行动被观察到的可能性差异，一些策略可能更难于被观察，因此也更难于学习。设在时刻 t 参与者群体比例为 $\theta(t)$ ，相应的收益为 $\pi(\theta)$ ，将时间 t 分为长度为 τ 的固定间隔的时间序列，在每一个时间间隔 τ 内参与者考虑修改他们的策略。在大群体中随机抽取若干个个体并试图观察他们的行动和收益，那么当前采取策略 j 的个体被抽取的可能性可由群体份额 θ 表示。如果某些采取策略 j 的个体被选中，与那些策略相关的行动和收益被观察到的可能性用 λ_j 表示。假设如果某些选取策略 i 的人观察到 j 的收益至少和现在的收益一样高，他们转向策略 j 的可能性和 $(\pi_j - \pi_i)$ 成比例。通过合适的收益正态化，该概率等于 $(\pi_j - \pi_i)$ 。因

此，在时间 τ 内，当前策略为 i 的参与者转换到选择策略 j 的群体比例为 $p_{i \rightarrow j}^t = \begin{cases} \tau \lambda_j (\pi_j - \pi_i) \theta_i, & \pi_j > \pi_i \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$ ，定义集合 $B_i(\theta) = \{j \mid \pi_j(\theta) > \pi_i(\theta)\}$ ，其包含了群体比例分布为 $\theta(t)$ 时收益高于策略 i 的所有策略。考虑在时间 $(t + \tau)$ 的群体比例：

$$\theta(t + \tau) = \theta(t) + \sum_{j \in B_i(\theta)} \tau \lambda_j (\pi_j - \pi_i) \theta_i(t) \theta_j(t) - \sum_{j \in B_i(\theta)} \tau \lambda_j (\pi_j - \pi_i) \theta_j(t) \theta_i(t)$$

上式整理后，取极限 $\tau \rightarrow 0$ ，可以得到一般化模仿者动态模型：

$$\dot{\theta}(t) = \theta(t) \left[\sum_{j \in B_i(\theta)} (\pi_j - \pi_i) \cdot \theta_j - \sum_{j \in B_i(\theta)} \lambda_j \cdot (\pi_j - \pi_i) \cdot \theta_j \right] \quad (2)$$

2.3 公共卫生突发事件初期的扩散方程

在公共卫生突发事件爆发和扩散的初期阶段，社会公众缺乏关于疾病本身和疫情状况的真实信息，在信息混乱的危急情况下其群体行为方式具有明显的模仿特征。运用一般化模仿者动态模型(2)，对社会公共卫生突发事件初期扩散过程进行分析。由图 1 的要素博弈收益矩阵所示，在政府部门采取不作为 D 的情况下，社会公众采取外逃流动的举动 H (记为策略 i) 将获得更大效用，这进一步诱发社会其他成员采取模仿行动。在尚未研究出针对“非典”病毒的特效药情况下，控制疫情传播最行之有效的办法是采取就地隔离的强制措施。因此，疫情的扩散过程可以用社会公众选择外逃流动行动的群体比例 $\theta(t)$ 的增长来间接地加以表示。在疫情扩散的初期阶段，由于公众选择就地隔离的举动 Q (记为策略 j) 所获得的预期效用明显较低， $\pi_i > \pi_j, B_i(\theta) = \emptyset$ ，因此，其扩散方程可以表示为

$$\dot{\theta}(t) = \theta(t) \cdot \lambda \cdot (\pi_i - \pi_j) \cdot \theta(t)$$

整理，得：

$$\dot{\theta}(t) = \theta(t) \cdot \lambda \cdot \left[\pi_i \cdot \theta(t) - \pi_j \cdot \theta(t) \right] = \theta(t) \cdot \lambda \cdot [\pi_i - \pi_j] \quad (3)$$

其中， $\bar{\pi} = \pi_j \cdot \theta(t)$ ， $\theta(t) = 1$ 。其已经退化成包含外逃流动行动可被观察的概率 λ 的模仿者动态方程。

根据图 1 所示的要素博弈收益矩阵，可知 $\pi_i = 0, \bar{\pi} = -c(1 - \theta)$ ，代入(3)式，得：

$$\dot{\theta}(t) = \theta(t) \cdot [1 - \theta(t)] \cdot \lambda \cdot c \quad (4)$$

(4) 式即为著名的传染病扩散方程。

3 公共卫生突发事件后期收敛阶段的分析

3.1 公共卫生突发事件后期的要素博弈收益矩阵

本文采取图 2 表示变化后的要素博弈收益矩阵，在公

公共卫生突发事件后期阶段中, 政府部门和社会公众双方仍作为两个不同群体进行的博弈。其中, 中央政府启动行政问责制, 对防治工作不力的政府官员进行撤换, 其损失为 $(-w)$, 显然, $w > v$; 政府部门采取的提供免费医疗等措施, 降低了社会公众(尤其是城市中流动性较大的农民工群体)就地隔离的损失 $(-c)$; 针对“非典”期间受影响的服务行业, 推出减免行政事业性收费措施, 降低了地方政府部门采取强制干预措施时遇到的阻力 $(-v)$ 。

		政府部门	
		强制干预 T	不作为 D
社会公众	外逃流动 H	$-p, -w$	$0, -w$
	就地隔离 Q	$-c, g-v$	$-c, g-w$

图 2 疫情后期阶段政府部门与社会公众的要素博弈收益矩阵

分析图 2 要素博弈的收益矩阵可知, 在疫情后期控制阶段, 以中央政府启动行政问责制为标志, 博弈的纳什均衡转化为社会公众的就地隔离和政府部门的强制干预 (Q, T) , 疫情迅速得到有效控制。

3.2 公共卫生突发事件后期的收敛方程

运用一般化模仿者动态模型(2), 分析公共卫生突发事件后期阶段的收敛过程。中央政府对现行社会经济体制采取上述一系列调整措施后, 使得各地政府官员在“非典”防治工作中采取不作为的官僚态度将承担极大的个人成本, 调整后的“非典”期间应急机制(政府部门强制干预, 社会公众就地隔离), 逐渐演化成为社会各方稳定的认知均衡。公共卫生突发事件后期的收敛过程仍采用选择外逃流动行动的群体比例 $\theta(t)$ 的递减来间接地加以表示。此时, 社会公众采取就地隔离的行动 Q (记为策略 j) 将预期获得更大效用, $\pi_j > \pi_i, B_i(\theta) = \emptyset$, 其收敛方程可以表示为

$$\dot{\theta}(t) = -\theta(t) \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot (\pi_j - \pi_i) \cdot \theta(t)$$

整理, 得:

$$\begin{aligned} \dot{\theta}(t) &= -\theta(t) \cdot \lambda_j \cdot \left[\sum_{j=1}^n \pi_j \cdot \theta(t) - \pi_i \cdot \theta(t) \right] \\ &= -\theta(t) \cdot \lambda_j \cdot (\bar{\pi} - \pi_i) \end{aligned} \quad (5)$$

由 $\pi_j > \pi_i$ 可知, (5) 式中 $\dot{\theta}(t) < 0$, 在重大传染病等公共卫生突发事件后期将逐渐收敛到新体制下稳定的认知均衡点 (Q, T) 。

根据图 2 所示的要素博弈收益矩阵, 可知 $\bar{\pi} = -p, \bar{\pi}$

$= -c(1 - \theta) - p\theta$, 代入(5)式, 得:

$$\dot{\theta}(t) = -\theta(t) \cdot [1 - \theta(t)] \cdot \lambda \cdot (p - c) \quad (6)$$

与传染病扩散方程比较, (6) 式多了一个表示收敛过程的负号。

由(3)式、(5)式可得, 公共卫生突发事件在 t 时刻的扩散和收敛速度 $\dot{\theta}(t)$ 取决于当前状态下社会公众采取外逃流动行动所占的比例 $\theta(t)$ 、社会公众采取不同策略的预期效用差 $(\pi_j - \pi_i)$ 、不同行动被观察到的可能性 λ, λ_j 等因素。

4 信息交流在公共卫生突发事件处理中作用的理论分析

从博弈论的观点来看, 公共卫生突发事件作为发生在社会公众和政府部门之间的动态博弈过程, 信息交流在博弈实现稳定的均衡以及均衡的收敛速度上有着重要的影响。在公共卫生突发事件的扩散和收敛过程中, 一方面, 政府部门迅速启动应急机制系统, 针对现行的社会公共卫生系统存在的问题采取有效措施进行干预, 调整现行社会经济体制, 进而改变要素博弈的结构, 使得社会公众采取不同策略的预期效用差 $(\pi_j - \pi_i)$ 发生变化, 影响公共卫生突发事件演化动态方程均衡的稳定性和收敛速度; 另一方面, 政府部门通过新闻媒体进行有效的引导, 控制信息交流的程度, 在公共卫生突发事件的不同发展阶段改变不同行动策略被观察到的可能性 λ, λ_j , 以便有效抑制突发事件的蔓延趋势, 使调整后的新体制较快达到稳定的认知均衡。

4.1 学习障碍内生化的公共卫生突发事件扩散和收敛方程

在演化博弈一般化模仿者动态模型(2)式中, 参数 λ_i 是表示采取某种策略 i 的行为及其相应的收益被观察到的可能性, $\lambda_i \in (0, 1)$, 其值越接近于 1 表明此种策略易于学习、模仿, 其值越接近于 0 表明此种策略很难进行学习、模仿。在公共卫生突发事件扩散和收敛方程(4)、(6)式中, 变量 λ_i 一方面取决于某种策略 i 本身固有的特性参数 c_i , 如社会公众所处的地域、文化环境, 不同策略所具有的技术特征等; 另一方面取决于政府部门处理突发事件过程中采取的控制信息交流程度的措施 x_i , 其取值范围为 $(0, 1)$, 当 $x_i = 0$ 时, 表示信息处于完全封锁状态, 当 $x_i = 1$ 时, 表示信息处于完全公开状态。即

$$\lambda_i = f_i(c_i, x_i), \lambda_j = f_j(c_j, x_j) \quad (7)$$

其中, $\frac{d\lambda_i}{dx_i} > 0, \frac{d\lambda_j}{dx_j} > 0$, 随着政府部门通过新闻媒体等渠

不同的经济学家分别将制度看做是博弈的参与者、博弈规则和博弈过程中参与者的均衡策略, 青木昌彦(M. Aoki)教授等人运用演化博弈等理论工具, 通过将经济体制看做是各种制度的集合来分析市场经济体制的多样性和活力, 其中制度作为共有信念的自我维系系统, 实质是对博弈均衡的概要表征(信息浓缩)(summary representation)^[5]。在这里, 本文将政府部门采取强制干预策略和社会公众采取就地隔离策略构成的博弈均衡 (Q, T) 看做是“非典”期间经过调整后的制度。

道对公共卫生突发事件进行信息披露,信息交流程度提高后,社会公众采取不同行动策略被观察到的可能性 λ , λ 将增大。

将不同策略学习障碍(7)式代入(4)式、(6)式,可得学习障碍内生化的公共卫生突发事件的扩散方程:

$$\dot{\theta}(t) = \theta(t) \cdot [1 - \theta(t)] \cdot f_i(c_i, x_i) \cdot c \quad (8)$$

收敛方程:

$$\theta(t) = - \theta(t) \cdot [1 - \theta(t)] \cdot f_i(c_i, x_i) \cdot (p - c) \quad (9)$$

4.2 在公共卫生突发事件前期扩散阶段信息交流作用分析

在现有理论文献的研究中,演化博弈理论分析的问题是在要素博弈矩阵结构保持不变的条件下,分析有限理性的群体模仿行为(如一般化模仿者动态模型)及其稳定性。在一定收敛条件下,一般化模仿者动态模型(2)中,当 $t \rightarrow \infty$ 时, $\theta(t) \rightarrow 0$ 。在公共卫生突发事件扩散过程(3)中,政府部门采取的疫情防治和体制调整措施将改变图1中的要素博弈矩阵结构。在图1中,设政府部门采取强制干预措施的概率为 $Y(t)$,则社会公众选择外逃流动策略的收益为 $\pi(H) = (-p) \cdot Y(t)$,选择就地隔离策略的收益为 $\pi(Q) = -c$ 。当政府部门采取的强制干预措施 $Y(t_0) = \frac{c}{p}$ 时, $\pi_H = \pi_Q$,在扩散方程(3)式中, $\dot{\theta}(t_0) = 0$ 。此时,公共卫生突发事件处于从扩散阶段到收敛阶段的临界点时(记为 $t = t_0$),社会公众采取“外逃流动”策略 i 的群体比例增长率为零,公共卫生突发事件扩散规模 $\int_0^{t_0} \dot{\theta}(t) dt$ 不再扩大。

当公共卫生突发事件处于扩散阶段时,其扩散程度间接表示为突发事件扩散过程中社会公众采取“外逃流动”策略 i 的人数占社会人数的总比例,记为 k_1 ,则有:

$$k_1 = \int_0^{t_0} f_i(c_i, x_i) \cdot \int_0^{t_0} \theta(t) \cdot [1 - \theta(t)] \cdot \int_0^{t_0} c(t) dt \quad (10)$$

在 SARS 疫情爆发和扩散的初期阶段,以一些农民工和高校学生为代表的社会公众采取了外逃流动的行动 H ,如果政府部门没有及时向社会公众公开有关疫情和政府部门采取的防治措施等相关信息,将进一步加剧社会公众的恐慌心里,一时间谣言四起,采取外逃流动的个别行动反而被严重夸大。根据公共卫生突发事件初期阶段的扩散方程(3)式,由于信息不公开反而造成了非正规渠道下 λ 可观察性的放大,进一步加剧了疫情的扩散蔓延。

如果政府部门在公共卫生突发事件处理过程中针对有关疫情情况和政府部门采取的防治措施等信息完全公开,将增大社会公众选择“就地隔离”策略 λ 的可观察性;而对社会公众由于恐慌心里造成外逃行动的相关信息则加以适当限制,则将降低社会公众选择“外逃流动”策略 λ 的可观察性。如果政府部门对社会公众的“外逃流动”行动

进行完全的信息封锁, $x_i = 0$, 则 $\lambda = f_i(c_i)$ 。由(7)式 $\frac{d\lambda}{dx_i} > 0$ 可得:

$$f_i(c_i, x_i) > f_i(c_i) \quad (11)$$

此时公共卫生突发事件的扩散程度,记为 k_1 :

$$k_1 = f_i(c_i) \cdot \int_0^{t_0} \theta(t) \cdot [1 - \theta(t)] \cdot \int_0^{t_0} c(t) dt \quad (12)$$

由此可得如下结论:

结论 1: 在公共卫生突发事件处于扩散阶段时,政府部门对社会公众的“外逃流动”行动进行信息封锁,而针对有关疫情情况和政府部门采取的防治措施等信息进行完全公开后,与政府部门没有及时向社会公众公开或者隐瞒有关疫情和政府部门采取的防治措施等相关信息相比较,有助于抑制突发事件的蔓延扩散趋势。两种不同措施下公共卫生突发事件扩散程度的比例为 $\frac{k_1}{k_1} = \frac{f_i(c_i)}{\int_0^{t_0} f_i(c_i, x_i) dt}$, 由 $f_i(c_i, x_i) > f_i(c_i)$ 可知, $\frac{k_1}{k_1} < 1$ 。

因此,在公共卫生突发事件处于扩散阶段时,社会公众采取的外逃流动行动具有很强的示范诱导效果,很容易迅速演化为一场严重的危机。政府部门在启动这类突发事件的应急机制时,一方面保证应急系统的各个组成部分,包括情报预警系统、指挥决策系统、专家咨询系统、科研系统、应急救援系统和资源保障系统等,及时准确地得到关于公共卫生突发事件的相关信息;另一方面应该对新闻媒体进行有效的引导和控制,对社会公众的“外逃流动”行动进行信息封锁,而针对有关疫情情况和政府部门采取的防治措施等信息进行完全公开,能够有效地控制住公共卫生突发事件初期阶段的蔓延扩散趋势。

4.3 在公共卫生突发事件后期收敛阶段信息交流作用分析

政府部门在启动社会公共卫生系统的应急机制时,采取了与世界卫生组织等国际组织开展合作研究,每天通报疫情最新发展状况等政府信息公开措施,一方面使得各种谣言不攻自破,重新树立了政府的威信,降低了社会公众的恐慌心里,在扩散方程(4)式中 λ 的减少降低了公共卫生突发事件扩散速度 $\dot{\theta}(t)$;另一方面,通过政府信息公开,启动行政问责制,清晰地向社会公众提供了政府部门进行强制干预 T 的可信预期,在收敛方程(6)式中社会公众选择就地隔离策略的可观察性 λ 的增大,加大了公共卫生突发事件后期的收敛速度。

在公共卫生突发事件后期收敛阶段的处理过程中,政府部门采取的措施要加快社会公众群体行为的收敛,使调整后的社会体制在社会公众与政府部门之间尽快达到新的认知均衡。由于在 $t > t_0$ 的后期阶段 $\pi_H > \pi_Q$,因此收敛方程(5)、(6)中 $\dot{\theta}(t) < 0$ 。

在公共卫生突发事件后期的收敛方程(6)式中, 政府部门采取的体制调整措施将改变要素博弈的结构, 使得在有限的时间 t_1 内 ($t_1 > t_0$) 疫情被完全扑灭, 此时

$$\int_{t_0}^{t_1} \theta(t) dt + \int_{t_0}^{t_1} \hat{\theta}(t) dt = 0,$$

公共卫生突发事件后期收敛阶段的扩散程度, 间接的表示为突发事件后期扩散过程中社会公众采取外逃流动策略 i 的人数占社会人数的总比例, 记为 k_2 。由于在后期收敛阶段 $\theta(t) < 0$, 公共卫生突发事件的规模从临界点 t_0 时刻开始, 呈逐渐缩小趋势, 则有:

$$k_2 = k_1 - \int_{t_0}^{t_1} f_j(c_j, x_j) \cdot \int_{t_0}^{t_1} \theta(t) dt \cdot [1 - \theta(t)] \cdot \int_{t_0}^{t_1} (p - c) dt \quad (13)$$

政府部门在公共卫生突发事件后期收敛阶段, 如果对有关疫情情况和政府部门采取的防治措施等信息进行完全公开采取信息完全公开的措施, $x_j = 1$, 则 $\lambda_j = f_j(c_j, 1)$ 。

由(7)式 $\frac{d\lambda_j}{dx_j} > 0$ 可得:

$$f_j(c_j, 1) > f_j(c_j, x_j) \quad (14)$$

此时扩散程度(记为 k_2)为

$$k_2 = k_1 - (t_1 - t_0) \cdot f_j(c_j, 1) \cdot \int_{t_0}^{t_1} \theta(t) dt \cdot [1 - \theta(t)] \cdot \int_{t_0}^{t_1} (p - c) dt \quad (15)$$

$$\text{由于 } k_2 - k_2 = \left[\int_{t_0}^{t_1} f_j(c_j, x_j) dt - (t_1 - t_0) f_j(c_j, 1) \right] \cdot$$

$$\int_{t_0}^{t_1} \theta(t) dt \cdot [1 - \theta(t)] \cdot \int_{t_0}^{t_1} (p - c) dt < 0, \text{ 其中 } f_j(c_j, 1)$$

$f_j(c_j, x_j)$, 可得如下结论:

结论 2: 政府部门在公共卫生突发事件后期收敛阶段的处理过程中开放信息交流程度后, $\lambda_j = f_j(c_j, 1)$, 与控制信息交流程度 $x_j(t)$ 相比较, 公共卫生突发事件扩散程度减小, 即 $k_2 - k_2 < 0$, 其中 $f_j(c_j, 1) > f_j(c_j, x_j)$ 。

在公共卫生突发事件后期收敛阶段, 政府部门通过启动突发事件应急系统等各项措施, 对现存社会经济体制进行调整, 使得社会公众采取“就地隔离”策略 j 将获得更大的收益。此时, 政府部门应通过传播媒体对公共卫生突发事件进行信息披露, 充分发挥新闻媒体的舆论导向作用, 使得调整后的体制下采取“就地隔离”策略 j 的行动和相应收益处于完全公开状态 $\lambda_j = f_j(c_j, 1)$, 促使社会公众和政府部门在不断的学习、模仿以及博弈互动过程中, 对公共卫生突发事件的应急体制形成稳定的认知均衡, 使公共卫生突发事件得到有效遏制并最终完全扑灭。

5 实证分析

2003 年春夏之际中国内地爆发了严重的 SARS 疫情。4 月 20 日, 中央政府采取果断措施, 对隐瞒疫情的地方政府官员撤销行政职务, 每天及时准确的通报疫情最新发展状况, 并与世界卫生组织等国际组织开展合作研究。卫生部新闻办公室 4 月 21 日公布了中国内地 SARS 疫情准确的累计统计数据, 并从 4 月 22 日起每日通报最新统计数据。本文选取了 2003 年春夏 SARS 爆发高峰时期的中国内地新增非典型肺炎临床诊断病例人数(列于表 1)。

表 1 2003 年中国新增 SARS 确诊病例人数统计数据

日期	4月22日	23日	24日	26日	27日	28日	29日	30日	5月1日	2日	3日
人数	159	125	180	154	161	203	202	166	187	176	181
日期	5月4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日
人数	163	160	138	159	146	118	85	69	75	80	55
日期	5月15日	16日	17日	18日	19日	20日	21日				
人数	52	39	28	28	12	11	12				

资料来源: 人民网 [http://www. people. com. cn/GB/shehui/212/10548/index. htm](http://www.people.com.cn/GB/shehui/212/10548/index.htm) l

分析表 1 中的数据, 可以看出在 2003 年 4 月末(4 月 22 日~ 29 日)中国 SARS 疫情仍处于扩散阶段, 每日新增确诊病例的发展趋势呈迅速上升状态, 这是由于政策措施具有的滞后效应和疫情本身由疑似病例转为确诊病例需要一定的过渡阶段, 造成了在这一阶段中中央政府采取的信息公开措施并没有对疫情扩散过程产生显著影响。另一方面, 由于政府部门采取了信息公开措施, 相对于前一阶段公布的统计数据, 这一阶段 SARS 疫情统计数据应是真实可靠的。对此, 世界卫生组织表示, 中国政府在向公众报告疫情方面取得了很大进步^[6]。

根据理论上的公共卫生突发事件扩散方程(8)式, 采取三次时间趋势方程 $y = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ 对 2003 年 4 月末中

国 SARS 新增确诊病例数进行时间序列回归分析(见图 3), 估计方程为

$$y_1 = 135.28571 + 9.25265t - 1.25992t^2 + 0.18981t^3 \quad (16)$$

(2 51086) (3 16954) (0 57708) (0 69965), $n = 8, R^2 = 0.60094$

由于样本容量过小, 数据离散程度较大, 根据判定系数 R^2 值可知拟合程度较差。

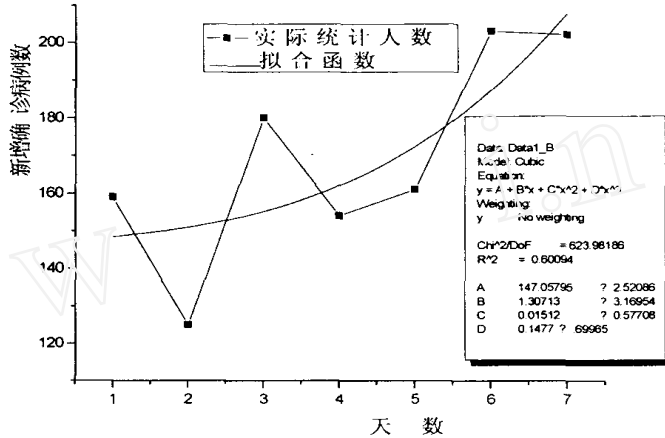


图3 2003年4月末中国SARS新增确诊病例数的发展趋势

同理, 根据理论上的公共卫生突发事件收敛方程(9)式, 采取三次时间趋势方程 $y = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ 对2003年4月22日以后中国SARS新增确诊病例数进行时间序列回归分析, 估计方程为

$$y_2 = 116.8095 + 20.64304t - 1.75907t^2 + 0.03174t^3 \quad (17)$$

(2 44933) (0 5333) (0 27122) (0 00595), $n = 9, R^2 = 0.95346$

根据 R^2 值可知估计方程(17)对统计数据的拟合程度很好(见图4)。因此, 理论上公共卫生突发事件收敛方程如(9)式所示的三次多项式函数, 在中国2003年SARS疫情的扩散和收敛过程中得到较好的验证。

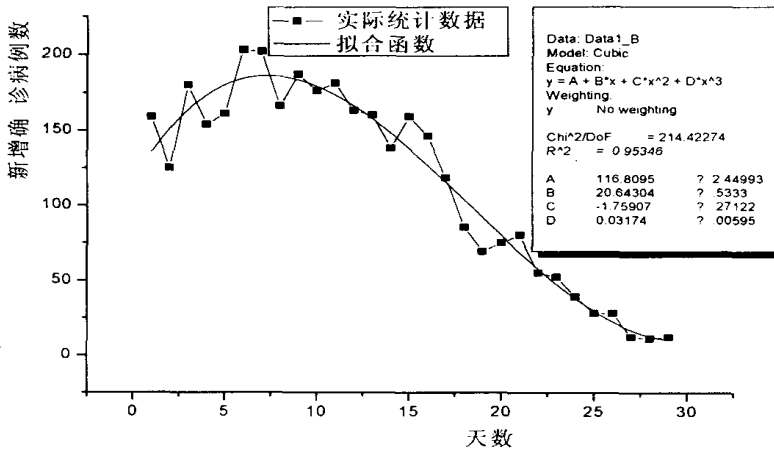


图4 2003年4月22日以后中国SARS新增确诊病例数的发展趋势

对(16)式求导, 可得疫情发展未受政府信息公开措施影响时的发展速度方程:

$$\dot{y}_1 = 9.25 + t(0.57t - 2.52) \quad (18)$$

同理, 对(17)式求导, 可得政府部门采取信息公开措施后疫情发展速度方程:

$$\dot{y}_2 = 20.64 + t(0.095t - 3.518) \quad (19)$$

经计算可知, 当 $t > 3.956$ 时, $\dot{y}_2 < \dot{y}_1$, 即, 与政府部门不采取信息公开措施相比, 如果政府部门采取信息公开措施, 从采取措施的第4天开始, SARS 疫情发展速度开始发生明显下降, 能够有效的控制疫情扩散规模。

6 结论

本文以中国内地 2003 年爆发的 SARS 危机为背景, 运用演化博弈理论, 对信息交流在公共卫生突发事件处理中的作用进行分析。

首先, 在构建理论模型过程中, 本文突破了演化博弈现有理论中博弈结构保持不变(由此导致了博弈的均衡不发生改变)的分析框架。在疫情防治工作中, 中央政府启动政府官员行政问责制, 加大了对政府官员防治工作不力的惩罚力度, 改变了要素博弈收益矩阵, 使要素博弈中的原纳什均衡(公众外逃流动, 政府不作为)演化为新的纳什均衡(公众就地隔离, 政府强制干预), 从而成为重大传染病等社会公共卫生突发事件防治工作的转折点。由此, 在原演化博弈模型中在无限期收敛的动态过程, 变为有限期终

止的、经历扩散和收敛两个发展阶段的动态过程。因此, 新的扩散和收敛模型具有更强的现实解释力。

其次, 模型通过将不同策略学习障碍加以内生性, 使其成为信息公开程度的函数, 对政府部门信息公开措施在公共卫生突发事件不同阶段中的作用进行了理论分析; 最后, 结合中国 2003 年 SARS 疫情统计数据对理论模型进行了实证分析。结果表明, 政府部门采取信息公开措施后, 一方面降低了社会公众的恐慌心里, 减少了扩散方程中社会公众选择“外逃流动”策略的可观察性, 有利于抑制公共卫生突发事件的扩散; 另一方面加强了政府部门采取强制干预措施的可信性, 提高了社会公众选择“就地隔离”策略的可观察性, 引导社会公众和政府部门在学习模仿和博弈互动过程中对公共卫生突发事件应急体制形成稳定的认知均衡, 有利于加快公共卫生突发事件的收敛。

参考文献:

- [1] Laslier J F. Evolutionary games and communication[Z]. <http://www.cenecc.ens.fr/EcoCog/Livre/Drafts/jfl.pdf>
- [2] Maynard S J. Evolution and the theory of games[M]. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1982
- [3] Saviotti P P, Mani G S. Competition, variety and technological evolution: a replicator dynamics model[J]. Journal of Evolutionary Economics, 1995, 5: 369~ 392
- [4] Sethi, Rajiv. Strategy-specific barriers to learning and nonmonotonic selection dynamics[J]. Games and Economic Behavior, 1998, 23: 284~ 304
- [5] Aoki M. Towards a comparative institutional analysis[Z]. Stanford University, 2001.
- [6] 袁晔, 常爱玲, 张舵. 世卫组织: 中国非典疫情通报取得很大进步[Z]. <http://www.people.com.cn/GB/shizheng/19/20030421/976435.html>, 2003-04-21.
- [7] Fudenberg D. On economic applications of evolutionary game theory[J]. Journal of Evolutionary Economics, 1998, (8): 15~ 43

The Role of Communication in the Mass Unexpected Incident Management

XU Yin-feng, MA Li-juan, LU De-hai

(School of Management, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract This paper analyses communication in the measure of mass unexpected incident used evolutionary game theory. It educes the diffused function that mass unexpected incident is in the system crisis phase and transforming phase used the generalized replicator dynamics model. It analyses the effect of the government who takes opening communication measure in the different phases, through strategy-specific barriers to learning endogenetic disposes the function of the opening communication degree. At last, the paper makes the econometric analysis based on the SARS data in China 2003 year. It draw s the conclusion that government needs control the opening communication degree in the system crisis phase and duly open communication in order to lead different social estates to engender the new cognizing equilibrium in the system transforming phase.

Key words: Communication; Evolutionary Game; Mass Unexpected Incident; Generalized Replicator Dynamics