

文章编号:1003-207(2020)01-0212-10

DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2020.01.018

# 复杂交互行为影响下的网络舆情演化分析

林燕霞<sup>1</sup>, 谢湘生<sup>1,2</sup>, 张德鹏<sup>1</sup>

(1. 广东工业大学管理学院, 广东 广州 510520; 2. 广州科技职业技术大学管理学院, 广东 广州 510550)

**摘要:**如今网民参与网络舆情的现象愈加普遍,但国内网络舆情治理体制不完善,网络舆情事件易造成严重的负面影响,研究网络舆情的重要性日渐显著。基于演化博弈研究复杂网络中的网络舆情能够反映网络舆情形成和演化的实际情况,可以为引导相关主体参与网络舆情的行为和控制网络舆情的演化提供科学依据。本文在网络舆情的复制动态模型中引入两个可以反映网民复杂交互行为的因素:创建新博弈连接的行为偏好以及维持博弈连接的时间长短,在此基础上构建网络舆情演化博弈模型。根据演化博弈均衡解,分析、解释个体复杂交互行为因素以及网民初始得益对网络舆情演化的影响并针对不同情境提出相应的舆情治理建议。研究表明在交互连接达到稳态时,网络舆情博弈的得益矩阵会发生改变,新的得益矩阵由原来得益矩阵中的元素乘以其相应的博弈连接类型的活跃连接占比而构成。本文定量地解释相关主体间复杂的交互行为,研究结果对网络舆情危机处理以及疏导,减少网络舆情事件对社会的危害等都有参考价值。

**关键词:**网络舆情;演化博弈;交互行为

中图分类号:C931.1 文献标识码:A

## 1 引言

随着 QQ、博客、微博等网络社交平台的普及,中国已经进入网络舆情空前活跃的“大众麦克风时代”。网络舆情是网民对自己关心或与自身利益紧密相关的公共事务所持有的多种态度、意见的总和。网民的维权意识觉醒,网络参政议政、针砭时弊的现象愈加普遍。但同时,在缺乏网络道德约束、法律法规制约以及网络舆情治理薄弱的情况下,网络谣言不断,网络舆情极端化和情绪化,负面舆情四起,波及范围广,影响大,网络事件恶化速度快,容易危害社会秩序稳定。因此研究网络舆情的重要性愈加显著。

网络中的相关主体在利益驱使下进行策略选择,是网络舆情产生与发展的实质原因,将博弈模型应用到网络舆情中,有助于研究参与主体间发生博弈行为时如何决策和决策均衡的问题。

目前,基于博弈论的网络舆情的研究大多为了分析网络舆情传播和舆情演化。从博弈方的数量角

度看,以往的研究大致可分为两方博弈<sup>[1-2]</sup>和多方博弈<sup>[3-5]</sup>,其中两方博弈包括两人对称博弈<sup>[6]</sup>和非对称博弈<sup>[7-9]</sup>。

从网络舆情博弈模型分类的角度看,可以分为静态博弈、动态博弈和演化博弈模型。静态博弈描述的是完全理性的双方在采用策略不透明的情况下博弈的过程,例如,张玉亮和张昊苏<sup>[10]</sup>利用不完全信息静态博弈模型研究四个主体共同博弈问题,提出突发事件网络舆情引导和控制的建议;Zhang Yuliang 和 Zhang Haosu<sup>[11]</sup>将突发事件的网络舆情参与主体分为四类,建立静态博弈模型来分析网络舆情应急对策。

动态博弈是指完全理性的参与人行动存在先后顺序,而且后者可观察到前者的选择,并据此做出相应选择的博弈过程,宋彪等<sup>[8]</sup>基于群集动力学提出一个改进的 Stackelberg 动态博弈模型,分阶段研究博弈方策略选择及分析演化均衡解,为突发事件应急处理提出相关建议;张立凡等<sup>[12]</sup>建立三阶段动态博弈模型,分析媒体与政府、网民与意见领袖的非子博弈完美均衡路径条件并给出相应的最优策略建议;Liu Yun 等<sup>[13]</sup>使用不完全动态博弈模型研究舆情的演变,并利用博弈论分析和计算机仿真研究不同要素如逆向行为、策略更新规则等对演化造成的

收稿日期:2017-12-04; 修订日期:2018-03-22

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71672044)

通讯作者简介:谢湘生(1957-),男(汉族),湖南长沙人,广东工业大学,教授,研究方向:决策分析、系统管理方法及应用,E-mail:xshxie@163.com。

影响。

网络舆情产生和演化的根本动力在于网络舆情相关主体为求利益相互博弈,在此过程中,有限理性的舆情参与主体通过试错、策略调整的方法推动舆情的演化。但是基于静态、动态博弈模型的研究均认为博弈方是完全理性的个体,在期望自身收益最大化前提下进行策略选择,而网络舆情中的网民理性有限,需要根据局部信息重复博弈,调整策略以实现稳定均衡状态,因此这类的研究不太符合现实情况。

演化博弈理论<sup>[14]</sup>着重研究有限理性的个体通过不断重复博弈来实现收益最大化的问题。李燕凌和丁莹<sup>[15]</sup>构建政府、媒体和公众三方的演化博弈模型,研究博弈方行为的演化趋势、相互影响及均衡状态;刘海德<sup>[16]</sup>建立政府部门与社会弱势群体间的演化博弈模型,分析政府部门的机会主义行为导致的群体性突发事件呈现扩大化趋势的原因;陈福集等<sup>[17]</sup>构建网络推手、当事人、政府的三方博弈模型,提出应对网络推手的策略;李勇建和王治莹<sup>[18]</sup>从属性层次分析突发事件的舆情传播机制并研究了主体的认知差异对博弈模型均衡解的影响。因此,在网络舆情研究中引入演化博弈理论,更能反映网络舆情形成和演化的实际情况,可以定量地解释相关主体的行为,为分析舆情演化规律提供良好的理论途径,直观地展现出网络舆情演化的稳定均衡状态,有助于把握舆情最终的演化方向,对引导相关主体参与网络舆情的行为、控制网络舆情的演化,降低其对社会的危害,进行网络舆情的危机处理以及疏导均起到重要作用。但同时,这些研究也存在着不足,博弈方之间的交互行为被简化,模拟现实中网络舆情的情况会较差,研究成果多缺乏考虑网民之间复杂的交互行为对舆情演化造成的影响。

当前也有相关领域的学者开始研究在演化模型中主体复杂交互的因素对演化结果的影响。魏丽萍<sup>[6]</sup>从理论上分析网络空间的“沉默的螺旋”机制和“蝴蝶效应”对网络舆情造成的影响,不同理性层次的群体采用不同进化博弈模型,研究表明网络舆情中的网络空间存在复杂性,并提出相应的管理对策,但缺乏定量地分析网络空间情况和讨论网络空间复杂程度对舆情演化的影响。韩少春等<sup>[7]</sup>以 Deffaut 模型作为个体观点交互的模型,并引入记忆长度来模拟网络舆情演化博弈的过程,说明网民交互行为具有复杂性,但并未对复杂的交互行为进行深入研究;郑君君等<sup>[19]</sup>运用演化博弈和优化理论研究监管部门如何处理环境污染舆情事件,并考虑到了群体

间存在信息交互的情况;吴鹏等<sup>[20]</sup>使用 Agent 建模技术,综合考虑网络舆情相关主体种类、主体行为特征、相互关系、交互规则等因素,仿真突发事件网络舆情演化过程,揭示规律,郑君君等<sup>[19]</sup>和吴鹏等<sup>[20]</sup>都较为真实地反映复杂的群体行为对网络舆情演化的影响,但均仅考虑了个体观点交互,缺乏进一步研究个体复杂交互行为对舆情演化的影响。

综上所述,基于博弈论对网络舆情的研究有三种主要的工具,静态博弈、动态博弈与演化博弈,现有的成果较好地揭示了网民在舆情事件中行为,并为舆情的治理提供的很好的决策依据。但是现有研究在理论上仍存在不完善的地方,就本文的研究视角而言,至少没有深入研究网民个体在网络连接过程的行为偏好,具体体现在这样两个方面:首先对个体的复杂交互行为对舆情演化的影响研究中没有考虑个体创建新博弈连接的行为偏好的影响;其次网络舆情的研究中较少考虑网民维系网络连接的持续性。而这种理论的不完善性也可能会妨碍研究成果的实践价值。为了反映出个体交互行为的复杂性,本文在网络舆情的复制动态模型中引入以下两个因素:创建新博弈连接的行为偏好以及维持博弈连接的时间长短,在此基础上构建网络舆情演化博弈模型,深入探讨网民在博弈过程中复杂的交互行为对网络舆情演化造成何种影响。

## 2 网络舆情中网民博弈的复杂交互行为与研究假设

### 2.1 基于价值观的博弈连接行为偏好

由于网络的普及以及个人意识的觉醒,如今普通网民都喜欢在社交平台上作为社会监督者发布舆情信息。为了维护所在利益群体的权益,网民会发布与舆情治理部门期望相同的舆情信息,例如揭露地方贪官污吏罪行、举报不公平现象等等;与此同时,也存在着很多网民为了获得其他人的关注,追求个人利益从而造谣生事、扭曲事实,他们会散布与舆情治理部门期望相反的舆情信息,这种行为往往会破坏网络环境的稳定甚至是社会的稳定,使政府机构声誉受损。综上所述,网络舆情中网民存在两种行为:采取与舆情治理部门期望相同的态度、行为;采取与舆情治理部门期望相反的态度、行为。

美国人类学家 Kluckhohn<sup>[21]</sup>认为价值观是影响人可能选择的行为方式、手段和结果。王晓钧等<sup>[22]</sup>结合价值观研究的理论成果:Spranger 理论、Kluckhohn 理论、Hofstede 理论、Deutsch 理论、中

国古代价值观、当代价值观研究提出了 4 个价值观取向维度: 社会取向、个人取向、积极取向和消极取向, 并认为社会取向是理性的, 有社会责任感、公民道德感、集体意识的价值观认知取向; 个人取向是理性程度低的、利己的、自我为中心的价值观认知取向。由此可知, 采取与舆情治理部门期望相同的态度、行为的网民应属于社会取向驱动型, 而选择与舆情治理部门期望相反的态度、行为的网民应该是个人取向驱动型, 故两种不同策略的群体理性程度存在差异。

张玉亮<sup>[23]</sup>指出舆情主体在网络中易受到集群情绪渲染, 理性迷失, 变得亦步亦趋, 人云亦云。不同价值观取向的网民由于理性程度存在差异, 所以参与新的舆情博弈的积极程度也会有所差异, 因此不同价值观取向的个体形成新的博弈连接具有一定的行为偏好, 是网络舆情中网民复杂交互行为的重要表现。

## 2.2 基于复杂网络的动态连接

在经典的演化博弈理论中通常假设个体以均匀混合的方式进行联系, 即任意两个个体之间接触的可能性都是一样的, 然而在现实中人际关系网络是极其复杂的。自 Nowak 和 May<sup>[24]</sup> 研究二维方格上的囚徒困境博弈的问题以后, 复杂网络的演化博弈研究逐渐兴起<sup>[25-27]</sup>。钱学森将复杂网络定义为“具有自组织、自相似、吸引子、小世界、无标度中部分或全部性质的网络”, 认为网络连接动态变化是其复杂性的重要表现之一, 已有学者对复杂网络中节点间的连接进行相应的研究<sup>[28-30]</sup>, 如 Taylor 等<sup>[31]</sup> 构建有限群体随机进化博弈动态模型, 发现个体之间发生作用的频率依赖于其策略, 存在非均匀连接的现象。Zimmermann 等<sup>[32]</sup> 研究在动态网络演化博弈模型中, 博弈方断开旧连接然后重建新连接的概率对策略选择的影响, 结果表明网络节点间的连接产生和消失直接影响网络结构的进化, 这对网络中的博弈演化起到重要的作用。

网络舆情作为一个复杂的在线社会网络, 具有复杂网络系统的特征<sup>[33]</sup>。从个体间进行复杂交互的角度出发, 由于受到周围环境、心理因素等综合的影响, 网民之间形成的博弈连接会存在着产生和消失动态变化的情况。Perc 和 Szelnoki<sup>[34]</sup> 指出博弈的收益会影响到博弈方连接的持久性, 博弈方在参与舆情博弈的过程中会根据信息来选择断开或者维持当前与周围博弈方的连接, 以求优化收益, 这表明在动态交互过程中, 形成的博弈连接具有寿命长短的属性, 这也是网络舆情中网民复杂交互行为的重

要表现。

## 2.3 基于社会认同理论的博弈连接与采用策略的时间间隔尺度

社会认同理论<sup>[35]</sup> 曾指出在社会交往中, 人们总是努力去获得或维持积极的社会认同, 在此过程中, 他们的认同感来源于内群体和相关外群体的比较。当人们不满意当前的社会认同, 会选择脱离该类型群体或寻求实现积极认同的途径。近似, 在网络舆情博弈过程中, 网民最先以原始策略进行博弈, 当他们感知到即使不断地形成博弈连接也无法改变自己所在策略群体相对劣势的情况, 即网民不满意所得的收益, 则会选择更改自己的策略, 因此网民是需要经过多轮博弈后, 感知到自己的处境处于收益劣势, 才更改策略从而实现演化稳态, 说明在网络舆情演化过程中网民进行策略选择的时间往往比形成新连接时间长。

博弈连接与采用策略的时间间隔<sup>[36]</sup> 作为博弈方之间交互的一个重要特征, 对演化博弈的最终收益值会产生很大的影响。

## 2.4 研究假设

网民作为网络舆情的发声主体, 对事件表露个人认知、态度、倾向, 成为推动网络舆情传播不可忽视的力量, 因此网民与网民间的舆情博弈对网络舆情演化起到重要的作用, 故本文从网民与网民进行舆情博弈的角度展开研究。

网络舆情中网民主要采用两种行为, 网民采取与舆情治理部门期望相同的态度、行为, 记为策略 A; 网民采取与舆情治理部门期望相反的态度、行为, 记为策略 B。假设参与网络舆情的群体总人数为 N, 选择策略 A 的总人数记为  $N_A$ , 选择策略 B 的总人数记为  $N_B$ , 令  $N = N_A + N_B$ 。

在复杂的线上舆情网络中网民与网民间存在连接则表示网民之间存在博弈行为。用  $X_T$  表示 T 时刻网络中存在 A-A 型博弈连接数量的总和; 用  $Y_T$  表示 T 时刻网络中存在 A-B 型博弈连接数量的总和; 用  $Z_T$  表示 T 时刻网络中存在 B-B 型博弈连接数量的总和。在该网络里,  $X_T$ 、 $Y_T$ 、 $Z_T$  可能存在的最大值分别记为  $X_M$ 、 $Y_M$ 、 $Z_M$ , 它们分别表示三种不同类型的博弈连接的总数的最大值。具体的计算方法如式 1-3 所示:

$$X_M = \frac{N_A(N_A - 1)}{2} \quad (1)$$

$$Y_M = N_A N_B \quad (2)$$

$$Z_M = \frac{N_B(N_B - 1)}{2} \quad (3)$$

由于不同价值观取向的个体形成新的博弈连接具有一定的行为偏好,假设选择策略 A 的网民与其他网民形成新博弈连接的概率为  $\alpha_A$ , 选择策略 B 的网民与其他网民形成新博弈连接的概率为  $\alpha_B$ ,  $\alpha_A$ 、 $\alpha_B$  是不同价值观取向的网民自身的行为偏好,故很难因为受到其他舆情环境因素的影响而发生改变,则建立新的 A-A、A-B、B-B 三种类型博弈连接的概率分别为  $\alpha_A^2$ 、 $\alpha_A\alpha_B$ 、 $\alpha_B^2$ 。

另一个复杂交互行为的重要表现是形成的博弈连接具有寿命长短的属性,但在实际的舆情治理过程中,相关部门会存在对言论进行清理的情况,因此博弈连接的寿命长短不仅与网民价值观取向的类型有关,还会受到网络舆情环境的影响而发生改变。故本文假设在无干扰的情况下, A-A、A-B、B-B 三种博弈连接类型死亡率分别为  $\beta_{AA}$ 、 $\beta_{AB}$ 、 $\beta_{BB}$ 。网络舆情中博弈连接的死亡率越高,说明网民维持博弈连接的时间越短,因此博弈连接的平均寿命与死亡率是明显的负相关,Pacheco J M 等<sup>[29]</sup>采用互为倒数的函数关系来描述活跃连接的死亡率及其平均寿命的关系,可以直观地反映两者负相关的关联关系,因此本文继续沿用该方法,用  $\chi_{AA}$ 、 $\chi_{AB}$ 、 $\chi_{BB}$  分别表示 A-A、A-B、B-B 三种博弈连接类型的平均寿命,且  $\chi_{AA} = \frac{1}{\beta_{AA}}$ 、 $\chi_{AB} = \frac{1}{\beta_{AB}}$ 、 $\chi_{BB} = \frac{1}{\beta_{BB}}$ 。

随着时间的变化,博弈连接的情况也会发生改变,  $\dot{X}$  表示  $T$  时刻网络中 A-A 型博弈的总连接数的改变量,具体的计算方法如式 4 所示:

$$\dot{X} = \alpha_A^2 (X_M - X) - \beta_{AA} X \quad (4)$$

其中,  $\alpha_A^2 (X_M - X)$  表示  $T$  时刻的网络中未形成 A-A 型连接的部分所增加的连接数量,  $\beta_{AA} X$  表示  $T$  时刻网络中原有 A-A 型连接消减的数量,两者之差即是  $T$  时刻的网络中 A-A 型博弈连接总数的改变量。

$\dot{Y}$  表示  $T$  时刻网络中 A-B 型博弈的总连接数的改变量,  $\dot{Z}$  表示  $T$  时刻网络中 B-B 型博弈的总连接数的改变量,同理可以得到式(5)~(6)。

$$\dot{Y} = \alpha_A\alpha_B (Y_M - Y) - \beta_{AB} Y \quad (5)$$

$$\dot{Z} = \alpha_B^2 (Z_M - Z) - \beta_{BB} Z \quad (6)$$

当  $\dot{X} = \dot{Y} = \dot{Z} = 0$  时,说明三种类型的博弈连接数量均达到稳定,可以求出在稳定状态下三种类型博弈连接的数量,其中用  $X^*$ 、 $Y^*$ 、 $Z^*$  分别表示在稳定状态下网络舆情中 A-A 型、A-B 型、B-B 型博弈连接的数量。具体计算方法如式 7~9 所示:

$$X^* = X_M \times \frac{\alpha_A^2}{\alpha_A^2 + \beta_{AA}} \quad (7)$$

$$Y^* = Y_M \times \frac{\alpha_A\alpha_B}{\alpha_A\alpha_B + \beta_{AB}} \quad (8)$$

$$Z^* = Z_M \times \frac{\alpha_B^2}{\alpha_B^2 + \beta_{BB}} \quad (9)$$

令  $\lambda_{AA} = \frac{\alpha_A^2}{\alpha_A^2 + \beta_{AA}}$ 、 $\lambda_{AB} = \frac{\alpha_A\alpha_B}{\alpha_A\alpha_B + \beta_{AB}}$ 、 $\lambda_{BB} = \frac{\alpha_B^2}{\alpha_B^2 + \beta_{BB}}$ , 则  $\lambda_{AA}$ 、 $\lambda_{AB}$ 、 $\lambda_{BB}$  分别表示在稳定状态下,不同博弈连接类型的活跃连接占总体的比例。

### 3 网络舆情网民博弈的得益矩阵

本文利用网民的心理收益来构建博弈方之间的得益矩阵。美国心理学家马斯洛<sup>[37]</sup>提出马斯洛需求层次理论,认为个人需求可分成:生理需求、安全需求、社交需求、尊重需求和自我实现需求五个层次。当博弈方采用策略 A 时,采用与舆情治理部门期望相同的态度、行为,争取社会福利待遇,满足追求公平公正、自我价值实现的需求,从而可以得到相应的心理收益,记做  $R_w$ 。当博弈方采用策略 B,采取与舆情治理部门期望相反的态度、行为,满足追求点击率、转发量及知名度等社交需求和尊重需求,从而也会获得相应的心理收益,记为  $R$ 。

博弈双方均采用与舆情治理部门期望相同的态度、行为,有助于相关部门准确把握民意,发现社会问题,及早发现和解决问题,可以为双方均带来额外的收益  $R_0$ 。当博弈双方均选择与舆情治理部门期望相反的策略 B 时,虽然可以满足网民的社交需求和尊重需求,但是此时网络谣言、恶意炒作等会混淆公众视听,误导受众,甚至会引起恐慌,因此他们会受到相关部门的惩罚,损失记为  $L$ 。本文假设参数  $R_w$ 、 $R$ 、 $R_0$ 、 $L$  均是正数且  $R > L$ 。则网民的收益矩阵如表 1 所示。

表 1 网民博弈的得益矩阵

网民 C \ 网民 D	策略 A	策略 B
策略 A	$R_0 + R_w, R_0 + R_w$	$R_w, R$
策略 B	$R, R_w$	$R - L, R - L$

当三种不同类型的博弈连接的总数实现最大化时,根据得益矩阵可以分别计算出选择策略 A、B 的期望收益,分别记为  $f_A$ 、 $f_B$ 。具体计算如式 10~11 所示:

$$f_A = (N_A - 1)(R_0 + R_w) + N_B R_w \quad (10)$$

$$f_B = N_A R + (N_B - 1)(R - L) \quad (11)$$

当三种博弈连接实现稳定状态时, 计算策略 A、B 的个体平均收益, 分别记为  $f_A^*$ 、 $f_B^*$ 。具体计算如式 12—13 所示:

$$f_A^* = (N_A - 1)(R_0 + R_W) \times \lambda_{AA} + N_B R_W \lambda_{AB} \quad (12)$$

$$f_B^* = N_A R \lambda_{AB} + (N_B - 1) \times (R - L) \lambda_{BB} \quad (13)$$

式 10—13 表明, 创建新博弈连接的行为偏好、维持博弈连接的时间长短这两个复杂交互行为的因素会使原始得益矩阵中的元素乘以其相应的博弈连接类型的活跃连接占总体的比例而形成新的得益矩阵。由此说明在网络舆情中网民之间的得益矩阵在演化博弈过程中并不是一成不变的, 随着时间改变, 得益矩阵中的元素会随着不同连接类型的活跃连接占总体比例改变而发生改变。记

$$\begin{pmatrix} a \\ c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (R_W + R_0) \lambda_{AA} & R_W \lambda_{AB} \\ R \lambda_{AB} & (R - L) \lambda_{BB} \end{pmatrix}。$$

#### 4 构建网络舆情演化博弈模型

正文假设交互达到稳态需要的时间为  $\chi_L$ , 演化博弈达到稳态需要的时间为  $\chi_E$ , 根据社会认同理论可知, 博弈连接与采用策略存在时间间隔尺度且  $\chi_E > \chi_L$ , 即连接交互已经实现稳定状态, 网民根据改变后的得益矩阵做出策略选择, 优化收益, 实现稳定均衡状态, 所以舆情网络中网民的得益矩阵如表 2 所示。

表 2  $\chi_L < \chi_E$  时网民博弈的得益矩阵

网民 C \ 网民 D	策略 A	策略 B
	策略 A	策略 B
策略 A	a	b
策略 B	c	d

网民采用策略 A 期望收益记为  $G_A$ , 采用策略 B 的期望得益记为  $G_B$ , 令  $p (p \in [0, 1])$  表示群体中选策略 A 的人口比例,  $1 - p$  表示群体中选策略 B 的人口比例。计算期望收益的方法如式 14—15 所示。

$$G_A = p \times a + (1 - p) \times b \quad (14)$$

$$G_B = p \times c + (1 - p) \times d \quad (15)$$

则群体的平均收益记为  $G$ , 具体计算如式 16 所示:

$$G = p G_A + (1 - p) G_B \quad (16)$$

网民参与舆情博弈中若感知到不同策略的期望

收益存在差距, 则会学习和模仿别的博弈方, 调整自己的选择策略, 因此  $p$  会随着时间改变而改变,  $p$  动态变化速度可以用复制动态方程表示成式 17。

$$F(p) = \frac{dp}{dt} = p(1 - p) \times [p(a - b - c + d) + b - d] \quad (17)$$

当  $a - b - c + d = 0$  时, 令  $F(p) = 0$  解得  $p = 0$  或  $1$ ; 若  $d < b$ , 此时复制动态方程进化稳定策略是  $p = 1$ ; 若  $d > b$ , 此时复制动态方程进化稳定策略是  $p = 0$ ; 若  $d = b$ , 此时复制动态方程中,  $p \in [0, 1]$  均是进化稳定策略。

当  $a - b - c + d \neq 0$  时, 令  $F(p) = 0$  解得  $p = \frac{d - b}{a - b - c + d}$ , 0 或 1, 由于  $p \in [0, 1]$ , 所以  $0 \leq \frac{d - b}{a - b - c + d} \leq 1$ 。

若  $d = b, a - b - c + d > 0$ , 此时复制动态方程进化稳定策略是  $p = 1$ ; 若  $d = b, a - b - c + d < 0$ , 此时复制动态方程进化稳定策略是  $p = 0$ ; 若  $a > c$  且  $d > b$ , 此时复制动态方程进化稳定策略是  $p = 0$  或  $1$ ; 若  $a < c$  且  $d < b$ , 此时复制动态方程进化稳定策略是  $p = \frac{d - b}{a - b - c + d}$ 。

综上所述, 满足不同条件的进化稳定策略如表 3 所示。

#### 5 演化分析及舆情治理建议

从复制动态方程可以得到不同条件的进化稳态策略。根据之前的假设, 舆情相关的治理部门应该重点关注和分析参与网络舆情博弈的个体最终全部选择策略 B 的情况, 即全部人都选择追求个人利益, 散布与舆情治理部门期望相反的舆情信息, 这种结果会严重危害网络稳定, 混淆视听、误导公众, 甚至殃及现实社会的稳定, 值得警惕。

由 Perc 和 Szolnoki<sup>[34]</sup>研究的成果可知, 不同类型的连接的寿命长短主要由与之相连的博弈方采用何种策略有关, 例如相互背叛对博弈双方而言都是不利的, 那么相互背叛的连接相对于共同合作的连接来说, 寿命会较短。对于参与网络舆情博弈的网民而言, 他们对其他网民行为偏好了解不多, 因此博弈连接维持时间主要依赖于收益多少。故本文假设不受到环境影响的博弈连接寿命的长短与原始得益矩阵对应的值的大小成正比, 即收益越大, 则博弈方选择维持连接的时间越长, 连接寿命之间的关系如式 18—19 所示:

表 3 满足不同条件的进化稳定策略

满足条件	进化稳定策略	进化稳定情况
$a - b -$ $c + d = 0$ $d < b$	$p = 1$	最终群体内所有人都将选择策略 A
$a - b -$ $c + d = 0$ $d > b$	$p = 0$	最终群体内所有人都将选择策略 B
$d = ba - b -$ $c + d = 0$	$p \in [0, 1]$	$p \in [0, 1]$ 均是进化稳定策略, 网络中选择不同策略的人数比例随着时间的改变保持不变。
$d = ba - b -$ $c + d > 0$	$p = 1$	最终群体内所有人都将选择策略 A
$d = ba - b -$ $c + d < 0$	$p = 0$	最终群体内所有人都将选择策略 B
$a > c$ $d > b$	$p = 0$ 或 1	当初始 $p \in \left(0, \frac{d-b}{a-b-c+d}\right)$ 时, 最终群体内所有人都将选择策略 B; 当初始 $p \in \left(\frac{d-b}{a-b-c+d}, 1\right)$ 时, 最终群体内所有人都将选择策略 A
$a < c$ $d < b$	$p = \frac{c-d-b}{c-a-b-c+d}$	最终群体内所有人均以稳定的混合策略作为自己参与博弈的选择, 群体中 $\frac{d-b}{a-b-c+d}$ 比例的网民选择策略 A

$$\chi_{AA} = \frac{R_W + R_0}{R} \quad (18)$$

$$\chi_{AB} = \frac{R - L}{R_W} \quad (19)$$

根据表 3 的内容和式 18—19, 本文进一步分析了原始得益矩阵的各元素、不同价值取向的网民与其他网民形成新博弈连接的概率  $\alpha_i (i \in \{A, B\})$ 、不同博弈连接类型的死亡率  $\beta_j (j \in \{AA, AB, BB\})$  与舆情演化结果之间的关系。

情境 1:  $R_W + R_0 < R, R - L > R_W, \alpha_A > \alpha_B, \beta_{AA} > \beta_{AB} > \beta_{BB}$ , 即个人取向型网民的心理收益  $R$  比社会取向型网民的心理收益  $R_W$  与政府给予的额外收益  $R_0$  之和更大, 个人取向型网民甚至在受到舆情相关部门的惩罚而损失  $L$  以后, 仍比社会取向型网民的收益  $R_W$  多; 与个人取向型网民的理性度低而易受到舆情环境的影响参与博弈的积极性高的定性推论不一致的是社会取向型网民也会出现形成的博弈连接概率偏大的情况, 他们更加积极争取社会福利待遇、反应问题, 维护权益, 但是相关部门存在发现问题、治理问题的反应较慢, 采取措施力度不大等问题; 网络中  $B-B$  型博弈连接的死亡率  $\beta_{BB}$  最低,  $A-A$  型博弈连接的死亡率  $\beta_{AA}$  最高, 社会取向的网民没有选择相互支持, 反而着重针对谣言炒作等不良言论进行批评, 个人取向的网民相互吹捧勾结, 反倒

增长了个人取向型网民的势头。社会取向的网民意识到相关部门的不作为以及舆情博弈不公平的利益处境, 通过博弈演化, 最终所有网民都会选择与相关部门作对的策略。

情境 2:  $R - L < R_W, R_W + R_0 > R, \alpha_A < \alpha_B, \beta_{AA} < \beta_{AB} < \beta_{BB}$ , 即社会取向型网民的收益  $R_W$  高于个人取向型网民的总收益  $R - L$ , 社会取向型网民的总收益  $R_W + R_0$  比个人取向型网民的收益  $R$  大; 个人取向的网民不计利益、盲目地积极地参与舆情博弈; 网络中  $B-B$  型博弈连接死亡率  $\beta_{BB}$  最高, 个人取向型的网民并没有相互勾结, 说明该情况下个人取向型的网民主要想炒作自身、获取高度的关注和知名度。那么此时, 最终全部人会选择与相关舆情部门作对。该情境显示相关舆情治理部门虽然采取了相应的奖励、惩罚机制, 但是由于网络中选择与之相反的行为态度的网民理性程度过低, 他们过于盲目地追求个人知名度等而积极与周围网民进行博弈, 网络中其他主体受到了集群的情绪渲染, 开始逐渐效仿, 随波逐流, 最终导致网络中所有网民都选择与相关舆情部门作对。

情境 3:  $a > c, b < d$ , 即社会取向型网民的总收益  $R_W + R_0$  比个人取向型网民的收益  $R$  大, 个人取向型网民的总收益  $R - L$  高于社会取向型网民的

收益  $R_W$ , 相关舆情部门为社会取向型网民提供较高的额外利益但惩罚力度较轻;  $A-A$  型、 $B-B$  型活跃连接比例  $\lambda_{AA}$ 、 $\lambda_{BB}$  高于  $A-B$  型的  $\lambda_{AB}$ , 取向不同的网民之间容易发生冲突。在该情况下若初始群体中有  $p \in \left(0, \frac{d-b}{a-b-c+d}\right)$  比例的网民采用策略  $A$  时, 最终群体内所有人都将采用策略  $B$ 。调节参数  $\frac{d-b}{a-b-c+d}$ , 即调节参数  $\frac{a-c}{d-b}$ , 使其尽可能地大, 有助减少网络舆情走势恶化的可能性。

$$\frac{a-c}{d-b} = \frac{\frac{(R_0 + R_W)\alpha_A^2}{\alpha_A^2 + \frac{R\beta_{AB}}{R_0 + R_W}} - \frac{R\alpha_A\alpha_B}{\alpha_A\alpha_B + \beta_{AB}}}{\frac{(R-L)\alpha_B^2}{\alpha_B^2 + \frac{R\beta_{AB}}{R-L}} - \frac{R_W\alpha_A\alpha_B}{\alpha_A\alpha_B + \beta_{AB}}} \quad (20)$$

由于  $\alpha_i (i \in \{A, B\})$  是采用不同策略的网民形成新的博弈连接行为偏好的指标, 相关部门进行舆情治理时对网民本身的行为偏好进行整治难度较大, 因此舆情治理部门应该主要从网民追求群体利益、个人利益、网络稳定提供给网民利益、惩罚力度等等其他可控的方面进行考虑。

由式 20 可知,  $\frac{a-c}{d-b}$  与  $R_0$ 、 $R_W$ 、 $L$  成正相关, 与  $R$  成负相关。

情境 4: 网络舆情博弈得益满足  $a-b-c+d=0$  且  $d > b$  的条件, 即社会取向型网民的总收益  $R_W + R_0$  比个人取向型网民的收益  $R$  小, 个人取向型网民的总收益  $R-L$  高于社会取向型网民的收益  $R_W$ , 相关舆情部门不重视舆情治理工作, 缺乏相对的奖励、惩罚措施, 不同博弈连接类型的活跃连接比例满足  $\lambda_{AA} < \lambda_{AB} < \lambda_{BB}$ , 个人取向型的网民相对社会取向型网民更加积极地参与网络舆情博弈中且个人取向型网民之间存在相互勾结。此时减少  $d$ 、增加  $b$  可使舆情的趋势向好的结果演化。

由于  $d$  与  $R$  成正相关, 与  $L$ 、 $\beta_{BB}$  成负相关;  $b$  与  $R_W$  成正相关, 与  $\beta_{AB}$  成负相关, 所以相关部门加紧完善网络舆情监管制度, 及时对恶意造谣、炒作而损害集体利益的网民采取惩罚措施, 加大惩罚力度  $L$ , 减少个人取向型网民的收益  $R$ ; 相关部门尽快完善舆情举报体系, 及时发现并处理个人取向型网民不良的言论, 人为增大  $B-B$  型博弈连接死亡率  $\beta_{BB}$ ; 相关部门在网络舆情中打造意见领袖, 多转发、评论和点赞正确的言论, 增加社会取向型网民的心理收益  $R_W$ ; 社会取向型网民积极应对不良言论, 降低  $A-B$  型博弈连接死亡率  $\beta_{AB}$ , 这些做法均可

有效地使网络舆情朝向有利的结果演化。

情境 5: 网络舆情博弈得益满足  $d=b$  且  $a-b-c+d < 0$  的条件, 即  $A-B$  型活跃连接比率与  $B-B$  型活跃连接比率的比值等于个人取向型网民的总收益与社会取向型网民的心理收益的比值, 且社会取向型网民的总收益  $R_W + R_0$  比个人取向型网民的收益  $R$  小, 相关部门提供的奖励不够, 个人取向型网民容易获得关注; 社会取向型网民之间博弈连接活跃程度  $\lambda_{AA}$  较  $\lambda_{AB}$  低, 社会取向型参与舆情积极性较低, 缺乏相互支持。此时减少  $c$ 、增加  $a$  可使网络舆情向好的结果演化。容易得知  $c$  与  $R$  成正相关, 与  $\beta_{AB}$  成负相关;  $a$  与  $R_W$ 、 $R_0$  成正相关, 与  $\beta_{AA}$  成负相关。

结论 1: 由情境 1 可知, 当个人取向型网民有利可图且容易相互勾结, 社会取向型网民之间缺乏相互支持时, 单靠社会取向型网民积极抨击不良言论, 缺乏相关部门适当治理, 易造成网络全员选择与治理部门作对的演化结果。

结论 2: 根据情境 2 可知, 倘若相关舆情部门不能仅靠奖励和惩罚两种措施来治理网络舆情, 还应该结合教育部门做好网民的思想教育工作, 提高网民的道德素养, 引导个人取向型网民树立正确的价值观, 重视培养网民社会责任感、公民道德感、集体意识。在情境 2 这样的网络环境之下, 舆情治理难度较大, 相关部门任重道远。

结论 3: 由情境 3 可知, 如果相关的舆情部门原是采取多奖励和少惩罚的治理对策, 而且不同取向的网民之间容易发生冲突, 在此情况下, 相关部门完善舆情举报机制, 加大惩罚的力度, 打造官方的意见领袖, 及时回应相应的舆情事件, 做好辟谣工作, 这些做法均可以有效地改善舆情的演化结果。

结论 4: 情境 4 表明, 如果相关部门原来不重视舆情治理工作, 缺乏相对的奖励和惩罚措施, 个人取向型网民相对社会取向型网民更加积极地参与网络舆情博弈当中, 且个人取向型网民存在相互勾结现象, 那么在此情况下, 相关舆情治理部门抓紧完善网络舆情监管制度, 及时对恶意造谣、炒作从而损害集体利益的网民采取惩罚措施, 加大惩罚他们的力度, 及时发现并处理个人取向型网民不良的言论, 可有效地改善舆情演化结果。同时社会取向型网民配合相关部门的工作, 积极应对不良言论, 也可起到改善舆情演化的作用。

结论 5: 由情境 5 可知, 倘若  $A-B$  型活跃连接比率与  $B-B$  型活跃连接比率的比值等于个人取向

型网民的总收益与社会取向型网民的心理收益的比值,相关部门提供的奖励不够,个人取向型网民容易获得关注,社会取向型参与舆情积极性较低且缺乏相互支持彼此,在这种情况下,相关部门完善舆情监督、举报机制,及时应对个人取向型网民不良的言论,鼓励社会取向型网民多转发意见领袖的言论,汲取民意提高办事效率,社会取向型网民减少对个人取向型网民不良言论的转发,这些做法可以有效地使网络舆情朝着良好的结果演化。

## 6 结语

在传统基于演化博弈模型的网络舆情研究中,学者们默认博弈方以均匀混合的方式连接进行博弈,忽略博弈方之间存在复杂的交互作用的情况,如创建新博弈连接的行为偏好以及维持博弈连接的时间长短。因此本文在网络舆情的复制动态模型中引入以上两个复杂交互因素,结果显示在网民交互连接达到稳态时,网民博弈的得益矩阵会发生改变,新的得益矩阵是由原得益矩阵中的元素乘以其相应的博弈连接类型的活跃连接占总体的比例而形成,表明博弈方之间复杂的交互作用会对网络舆情演化结果造成影响,同时也说明了在复杂的网络舆情博弈中,得益矩阵并不是一成不变的,具有一定的理论意义。

在此基础上,本文构建了网络舆情演化博弈模型,探讨了在不同条件下的舆情演化稳定均衡解,进一步分析、解释网民复杂交互行为因素以及网民初始得益矩阵对网络舆情演化的影响。最后,根据不同的情境,提出了有针对性的舆情治理建议。

## 参考文献:

- [1] 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[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(12):3157—3166.
- [2] 刘德海,苏烨,王维国. 振荡型群体性突发事件中信息特征的演化博弈分析[J]. 中国管理科学, 2012, 20(S1): 172—178.
- [3] 李钢,宋强. 中国互联网低俗内容监管的博弈分析[J]. 管理评论, 2011, 23(10):77—82.
- [4] 宋余超,陈福集. 面向主题分类的网络舆情博弈形成机制研究——基于三主体研究[J]. 情报杂志, 2015, (8): 122—126.
- [5] 刘慧君. 性别失衡议题中的多元利益格局与政策博弈——对中国性别失衡政策议题网络的实证分析[J]. 公共管理学报, 2011, 8(1):61—70.
- [6] 魏丽萍. 网络舆情形成机制的进化博弈论启示[J]. 新闻与传播研究, 2010, (6):29—38.
- [7] 韩少春,刘云,张彦超,等. 基于动态演化博弈论的舆论传播羊群效应[J]. 系统工程学报, 2011, 26(2):275—281.
- [8] 宋彪,朱建明,黄启发. 基于群集动力学和演化博弈论的网络舆情疏导模型[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(11):2984—2994.
- [9] 刘德海. 环境污染群体性突发事件的协同演化机制——基于信息传播和权利博弈的视角[J]. 公共管理学报, 2013, 10(4):102—113.
- [10] 张玉亮,张昊苏. 突发事件网络舆情主体静态博弈分析及相关政策建议[J]. 情报杂志, 2014, 33(8):150—154.
- [11] Zhang Yuliang, Zhang Haosu. The static game analysis of network public opinion on emergencies and the policy suggestions[J]. Journal of Intelligence, 2014, 33(8):150—154.
- [12] 张立凡,程楠,朱恒民. 基于动态博弈的媒体参与下网络舆情机制分析[J]. 情报科学, 2017, 35(1):144—147.
- [13] Liu Yun, Shao Chunhan, Yan Chaozhang, et al. Dynamic game theory with incomplete information in opinion dynamic[J]. Journal of Convergence Information Technology, 2012, 7(1):297—306.
- [14] Smith J M. Evolution and the theory of games[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- [15] 李燕凌,丁莹. 网络舆情公共危机治理中社会信任修复研究——基于动物疫情危机演化博弈的实证分析[J]. 公共管理学报, 2017, 14(4):91—101.
- [16] 刘德海. 群体性突发事件中政府机会主义行为的演化博弈分析[J]. 中国管理科学, 2010, 18(1):175—183.
- [17] 陈福集,黄江玲. 三方博弈视角下政府应对网络推手的对策研究[J]. 中国行政管理, 2013, (11):18—21.
- [18] 李勇建,王治莹. 突发事件中舆情传播机制与演化博弈分析[J]. 中国管理科学, 2014, 22(11):87—96.
- [19] 郑君君,闫龙,张好雨,等. 基于演化博弈和优化理论的环境污染群体性事件处置机制[J]. 中国管理科学, 2015, 23(8):168—176.
- [20] 吴鹏,杨爽,张晶晶,等. 突发事件网络舆情中网民群体行为演化的 Agent 建模与仿真研究[J]. 现代图书情报技术, 2015, 31(7):65—72.
- [21] Kluckhohn C. The scientific study of values and contemporary civilization[J]. Proceedings of the American Philosophical Society, 2010, 102(5):469—476.
- [22] 王晓钧,张文慧,王海平. 价值观取向理论结构及实证[J]. 应用心理学, 2012, 18(1):56—66.
- [23] 张玉亮. 突发事件网络舆情的生成原因与导控策



- 略——基于网络舆情主体心理的分析视阈[J]. 情报杂志, 2012, 31(4):54—57.
- [24] Nowak M A, May R M. Evolutionary games and spatial chaos[J]. Nature, 1992, 359(6398):826—829.
- [25] Pacheco J M, Santos F C. Network dependence of the dilemmas of cooperation[C]// American Institute of Physics, AIP, 2005:90—100.
- [26] Wu Zhixi, Xu Xinjian, Wang Yinghai. Prisoner's dilemma game with heterogeneous influential effect on regular small-world networks[J]. Chinese Physics Letters, 2006, 23(3):531—534.
- [27] Liu Yongkui, Li Zhi, Chen Xiaojie, et al. Prisoner's dilemma game on two types of positively correlated networks[J]. Chinese Physics Letters, 2009, 26(4):267—270.
- [28] Pacheco J M, Traulsen A, Nowak M A. Coevolution of strategy and structure in complex networks with dynamical linking[J]. Physical Review Letters, 2006, 97(25):258103.
- [29] Pacheco J M, Traulsen A, Nowak M A. Active linking in evolutionary games[J]. Journal of Theoretical Biology, 2006, 243(3):437.
- [30] Feng Fu, Chen Xiaojie, Liu Lianghuan, et al. Promotion of cooperation induced by the interplay between structure and game dynamics[J]. Physica A Statistical Mechanics & Its Applications, 2007, 383(2):651—659.
- [31] Taylor C, Fudenberg D, Sasaki A, et al. Evolutionary game dynamics in finite populations. [J]. Bulletin of Mathematical Biology, 2004, 66(6):1621—1644.
- [32] Zimmermann M G, Eguiluz V M, Miguel M S. Coevolution of dynamical states and interactions in dynamic networks[J]. Physical Review E Statistical Nonlinear & Soft Matter Physics, 2004, 69(2):065102.
- [33] 任立肖, 张亮, 杜子平, 等. 复杂网络上的网络舆情演化模型研究述评[J]. 情报科学, 2014, (8):148—156.
- [34] Perc M, Szolnoki A. Coevolutionary games — A mini review[J]. Bio Systems, 2010, 99(2):109.
- [35] Boccaletti S, Bianconi G, Criado R, et al. The structure and dynamics of multilayer networks[J]. Physics Reports, 2014, 544(1):1—122.
- [36] Santos F C, Pacheco J M, Lenaerts T. Cooperation prevails when individuals adjust their social ties[J]. Plos Computational Biology, 2006, 2(10):1284—1291.
- [37] Maslow A H. Motivation and personality[J]. Quarterly Review of Biology, 1970, (1):187—202.

## Analysis of Online Public Opinion Evolution under the Influence of Complex Interaction Behaviors

LIN Yan-xia<sup>1</sup>, XIE Xiang-sheng<sup>1,2</sup>, ZHANG De-peng<sup>1</sup>

(1. School of Management, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510520, China;

2. The School of Business Administration, Guangzhou Vocational and Technical University of Science and Technology, Guangzhou 510550, China)

**Abstract:** Now it's much more common that people participate in online public opinion. But because of the imperfect network public opinion management system, the network public opinion events can make serious and negative effects easily. So the importance of studying network public opinion is increasingly significant. The study of the complex online public opinion based on evolutionary game theory can reflect the actual situation of the online public opinion formation and evolution. It helps to provide some scientific basis for guiding the users' behaviors and controlling the evolution of the online public opinion. This article introduces two factors into the replication dynamic model of online public opinion which can reflect the complex interaction behaviors between the internet users: the preferences of creating a new game connect and the lifetime of maintaining game connect. An evolutionary game model of network public opinion on this basis is built. According to evolutionary game equilibrium solution, how the complex interaction factors and the initial benefit influence the evolution of network public opinion is analyzed and explained. Besides, the corresponding suggestions about the network public opinion management for different situations are put forward. The study shows that when the interactive connections reach steady state, the gain matrix of the network public opinion will change. The elements in the original benefit matrix times its corresponding

active connection proportion of the overall population under the different game connection type then the new benefit matrix is composed of the news elements. The complex interactions among the internet users are quantitatively explained. The study plays an important role in many aspects such as giving advices about online public opinion crisis management, reducing the potential hazards of online public opinion.

**Key words:** online public opinion; evolutionary game; interaction behavior