DOI:10.3969/j.issn.2096-8248.2024.03.010

基于 TE-SIS 模型的突发事件网民情感博弈演化研究*

胡青岳[1],仲兆满[1,2],吴加莹[1],管　燕[1],张丽玲[1]

(1.江苏海洋大学 计算机工程学院,江苏 连云港　222005;2.江苏省海洋资源开发研究院,江苏 连云港　222005)

摘　要:社交网络的发展促进了对于突发事件网民的情感演化过程的研究,建立突发事件网民情感演化模型对于维持社会和谐稳定具有重要的意义。TE-SIS (two-dimensional emotional susceptible infectious susceptible)模型结合二维情感空间以及网民情感博弈进行演化分析。TE-SIS 模型不仅考虑了网民对于突发事件持续关注的状态以及情绪反复感染的情况,同时突破传统传染病模型对于群体数量的限制,使网民个体间动态交互迭代出群体的情感演化方向,TE-SIS 模型还能够仿真出真实突发事件发生后不同时期的情感演化情况。实验表明,提出的 TE-SIS 模型中情感输入率以及情感消解率极大影响对应情感状态的演化。同时根据模型中不同情感消解率所对应管控措施的强度来分析不同管控对于网民情感演化的影响。研究结果能够为分析突发事件网民情感演化机理提供新的思路和方法,对舆情的引导以及事件中网民情感调控具有重要意义。

关键词:突发事件;传染病模型;动态情绪感染;情感演化

中图分类号:TP393;G250　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:2096-8248(2024)03-0077-09

引用格式:胡青岳,仲兆满,吴加莹,等.基于 TE-SIS 模型的突发事件网民情感博弈演化研究[J].江苏海洋大学学报(自然科学版),2024,33(3):77-85.

Research on the Evolution of Netizens' Emotional Game in Emergencies Based on TE-SIS Model

HU Qingyue[1], ZHONG Zhaoman[1,2], WU Jiaying[1], GUAN Yan[1], ZHANG Liling[1]

(1. School of Computer Engineering, Jiangsu Ocean University, Lianyungang 222005, China;
2. Jiangsu Institute of Marine Resources Development, Lianyungang 222005, China)

Abstract: The development of social networks promotes the study of the emotional evolution process of netizens in emergencies, and the establishment of the netizens' emotional evolution model of in emergencies is of great significance for maintaining social harmony and stability. TE-SIS (two-dimensional emotional susceptible infectious susceptible) model combines the two-dimensional emotional space and the emotional game of netizens for evolutionary analysis. The TE-SIS model not only considers the state of netizens' persistent concern about the emergency and the repeated infection of netizens' emotion, but also breaks through the limitation of the traditional infectious disease model on the number of groups, so that the dynamic interactions among netizens iterates the direction of the group's emotional evolution. The TE-SIS model is also able to simulate the evolution of emotions at different times after the occurrence of the real emergen-

* **收稿日期**:2024-01-01;**修订日期**:2024-03-04

基金项目:国家自然科学基金资助项目(72174079);江苏省"青蓝工程"大数据优秀教学团队项目(2022-29);江苏海洋大学研究生科研与实践创新计划项目(KYCX22-3397)

作者简介:胡青岳(1999—),女,安徽滁州人,硕士研究生,研究方向为突发事件监测、大数据、社交网络分析等,(E-mail)huqynine@163.com。

通信作者:仲兆满(1977—),男,江苏连云港人,教授,博士,研究方向为互联网大数据挖掘应用等,(E-mail)zhongzhaoman@163.com。

cy. Experiments show that the emotional input rate and the emotional dissipation rate in the TE-SIS model proposed in this paper greatly affect the evolution of the corresponding emotional states. And the impact of different intensity of control measures on the evolution of netizens' emotions is also analyzed according to the intensity of control measures corresponding to different emotional dissipation rates in the model. The results of the study can provide new ideas and methods for analyzing the mechanism of netizens' emotional evolution during emergencies, which is of great significance for guiding public opinion and regulating netizens' emotion during events.
Key words: emergencies; infectious disease model; dynamic emotional infection; emotional evolution

0 引言

随着社交媒体的发展,在线社交网络成为突发事件演化发展的重要媒介,突发事件通过微博、短视频平台快速传播,突发事件舆情演化的高峰与网民的情感息息相关。对于突发事件演化的研究逐渐深入且结合多领域的知识后,网民情感分析成为了社交网络分析的主流研究之一。突发事件中,由于群体的愤怒、恐慌占据舆情主导性情感,情感状态也会在突发事件演化的过程中不断地转化,社交网络中个体的情感也会随之演化,网民的情绪具有一定的传染性,负面情绪不断地传染恶化。网民群体的情感疏导干预是避免重大舆情事故发生,维护社会稳定的重要工程。舆情治理则是社会学、政治学、动力学、心理学、公共管理学等学科相互交叉融合的研究领域。

如何从海量的突发数据中把握突发事件中网民情感演变的规律也成为了一个新的研究热点,吸引了大量的学者对于突发事件网民的情感演化进行分析研究。经过研究验证,在最初的传染病模型扩充优化并应用于网络舆情的传播方面,学者们发现传染病模型也适用于突发事件中网民情感状态演化传播领域。传染病模型在情绪感染方面应用较广泛,如梁冉等[1]构建了情感因素与改进后遗忘机制共存的 EF-SEIR (emotion and forgetting mechanism-susceptible exposed infected recovered model)舆情传播模型。仿真结果表明,提出的 EF-SEIR 模型充分考虑了舆情传播主体间情感的相互转化、交叉感染现象,引入改进后的艾宾浩斯遗忘机制可以有效描述遗忘与遗忘干扰因子双重刺激下舆情传播的适度波动。曹春萍等[2]在传统的 SIR(susceptible infected recovered model)信息传播模型的基础上结合用户的情感传播概率与遗忘概率提出新的模型 SNPR。瞿英等[3]基于经典的传染病模型,引入情绪感染理论,构建刻画网民正负情绪交互的动态演化改进 SIR 模型。田世海等[4]在经典传染病理论的基础上引入正面情绪净化作用并将净化率设计为正面情绪公信力和社会群体记忆作用合力,建立正负情绪交互下网络舆情情绪演变模型。丁海昕等[5]利用 SEIR(susceptible exposed infected recovered model)模型、地理加权回归模型对时间维度情感变化趋势和情感指数空间分布情况进行了分析。Yin 等[6]建立一个动态多重负面情绪易感-转发-免疫(multiple negative emotional susceptible forwarding immune, MNE-SFI)模型结合新浪微博情感信息,研究负面情绪在社交网络上传播的过程,并在宏观层面将网络中的负面情绪传播与个体的情绪选择联系起来,在微观层面使用模型参数来衡量事件中负面情绪的"复制"和"突变"概率。

将传染病模型与其他模型理论相结合,Fu 等[7]结合元胞自动机方法提出 CA-SIRS 模型,并基于流行病学理论中的 SIRS 捕捉了"易感-感染-恢复-易感"的动态过程,模拟人群中情绪传染的动态过程。Li 等[8]结合舆论融合 HK 模型和流行病传播 SEIR 模型提出了一种新的舆论演化 HK-SEIR 模型,在 HK 模型中加入话题兴趣度,分析兴趣度和置信度阈值下用户之间的交互行为,计算了群体压力下用户之间的意见交互引起的话题传播概率,话题流行度下用户从感染状态转变为移除状态的概率,以及分析了舆情传播过程中易感、暴露、感染和移除状态的变化。Shi 等[9]提出了一种针对人群情绪传染的干预优化方法(intervention optimization method for crowd emotional contagion, IO-CEC),结合 SIS 感染模型和 Markov 随机过程研究感染个体数量的动态变化特征,建立了基于随机事件的情绪传染模型(intervention optimization method for crowd emotional contagion, SEEC)捕获人群情绪传染的动态演化特征,能够可视化情绪干预的结果。

此外,与博弈理论相结合的情感演化模型中,Xiong 等[10]建立了基于情感特征的 RDEU 博弈模型,并通过数值算例对 Nash 均衡进行了动态演化建模分析。Szolnoki 等[11]创造了情感特征与合作策略之间的定量关联,特别研究了个人对强者的嫉妒和对弱者的同情。与此类似,Wang 等[12]使用基于进化博弈论的模型来分析互联网上的应急互动,考虑了网民对事件的 3 种可能反应:忽视事件、注意到事件但保持沉默、谴责并传播不利信息。Wang 等[13]除了将情感分为 6 类之外,还采用了自愿参与的空间囚徒困境博弈,基于格子网络的进化博弈研究结果表明,随着背叛诱惑的增加,社会氛围变得越来越差。祁凯等[14]研究基于传播动力学理论与演化博弈理论构建 SEIR 演化博弈模型,探究地方政府与旅游行业策略选择的博弈关系,以及双方主体不同行为决策下游客情感认知的演化路径,分析系统演化至良性稳定状态的过程与规律,以期为政府提供决策支持。朱光等[15]将网络维权过程划分为维权博弈与衍生舆情传播两个阶段,运用演化博弈研究弱势群体、强势集团与网络媒体之间的行为策略,运用 SEIR 模型研究不同演化稳定策略对衍生舆情传播的影响。综上,有关突发事件大多数传染病模型的研究着眼于单一维度的情感感染与被感染情况,没有考虑到不同维度情感状态的网民个体之间的情感交互,情感共鸣与冲突的影响。

上述的研究中一般固定模型群体数量,而真实的舆情网络中网民是不断涌入的。本文考虑突发事件中不断感染的网民数量的动态变化情况,将模型的输出与模型的输入与每一轮的迭代演化相结合,在一定程度上能够考虑到处于突发事件中网民对于事件的反复关注以及事件中不断有新的关注者加入的情况。基于此,本文结合二维情感空间构建网民情感演化模型,着重以传染病模型和博弈相结合的方法,对传统的 SIS(susceptible-infectious-susceptible)模型进行改进,由个体维度的情绪感染博弈通过本模型每一轮迭代上升至群体的情感演化,从而构建突发事件情感博弈演化模型。

1　TE-SIS 情感演化模型构建

1.1　二维情感空间

大多数心理学家认为情绪应该是多维的[16],在 2D 框架中,由 Russell[17]提出的二维(2D) VA (valence-arousal)模型被广泛引用。VA 模型将情绪分为 Valence 和 Arousal 维度,分别代表愉快-不愉快和兴奋-平静情绪的程度,如图 1 所示。

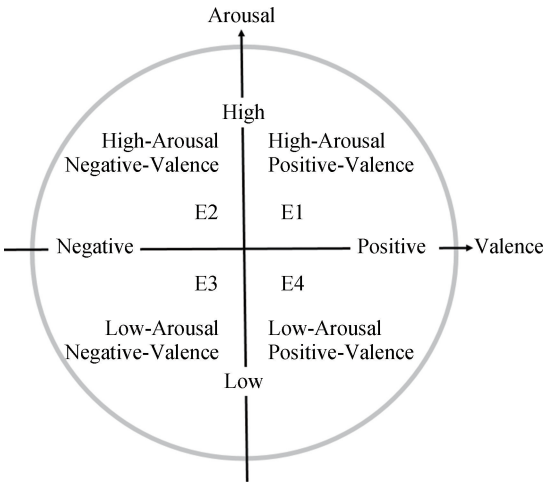


图 1　二维(VA)情感空间图

Fig. 1　Valence-arousal (VA) emotional space

VA 模型按正负情感以及高低情感强度分为 4 个象限,每个象限根据 Valence 和 Arousal 维度中值的组合代表一种情绪状态。综上,本文选取 VA 模型将情感分为 4 个维度,分别为 E1 状态(High-Arousal,Positive-Valence), E2 状态(High-Arousal, Negative-Valence), E3 状态(Low-Arousal, Negative-Valence), E4 状态(Low-Arousal, Positive-Valence),并运用上述情感状态对网民情感演化进行建模,研究背后的演化机理。

1.2　模型设定

(1) 网民情感状态。SIS 模型将人群分为 S,I 两类,其中 S 代表易感个体,I 代表被感个体。本文改进 SIS 模型后,将 I 状态依据二维情感空间划分为 I^{LH},I^{HH},I^{LL},I^{HL} 共 4 类。模型符号如表 1 所示。

表 1　模型符号

Table 1　Model symbols

参数	含义
N	系统中的个体数量
$I^{LH}(t)$	t 时刻人群中状态为 I^{LH} 的数量
$I^{HH}(t)$	t 时刻人群状态为 I^{HH} 的数量
$I^{LL}(t)$	t 时刻人群中状态为 I^{LL} 的数量
$I^{HL}(t)$	t 时刻人群中状态为 I^{HL} 的数量
$S(t)$	t 时刻人群中状态为 S 的数量
w	网民个体对收益差异的敏感度
λ	网民情感的消解率

(2) 网民的情感传染价值与情感冲突、情感共鸣相关,具有情感传染价值的信息在一定程度上会推动信息传播。情感冲突指被感染者与感染者具有正面情感与负面情感的差异而导致的情感信息传播的冲突,情感共鸣指感染者与被感染者情感正负向相同而起到的共鸣。

1.3 演化博弈模型构建

本文针对一个传染源节点和其邻居节点中的一个节点进行博弈建模。模型从参与博弈的节点的利益出发进行博弈,整个过程刻画了节点在不同的情感信息下对传染源情感的感染演化过程,不同情感状态演化流程如图 2 所示,图中的圆形图标表示每种类型的传染节点,箭头的连线表示连线的一端节点受到另一端节点的感染概率。

在社交网络上,情感随着信息的传播而流动,信息的传播过程也受到内容背后用户情感的影响。研究发现情绪化的推文更容易被转发,比中性的推文传播速度更快[18],积极和消极的情绪都可能在随后的评论中扩散到相应的博客条目[19]。从心理学的角度来看,每种情绪都有 3 个维度,即 Valence(积极-消极)、Arousal (被动/平静-主动/兴奋)和 Tension(紧张-放松)[20],其中 Valence 和 Arousal 较为影响情感的扩散过程。愤怒或焦虑等较高 Arousal 情绪比悲伤等较低 Arousal 情绪更能促进扩散[21-22]。同时,研究人员还发现坏情绪比好情绪更强,这意味着消极情绪比积极情绪具有更强的影响[23]。因此,假设在突发事件中,网民之间的情感演化方向倾向于负面情感的感染价值大于正面情感的感染价值,情感强度高的网民感染价值高于情感强度低的网民。

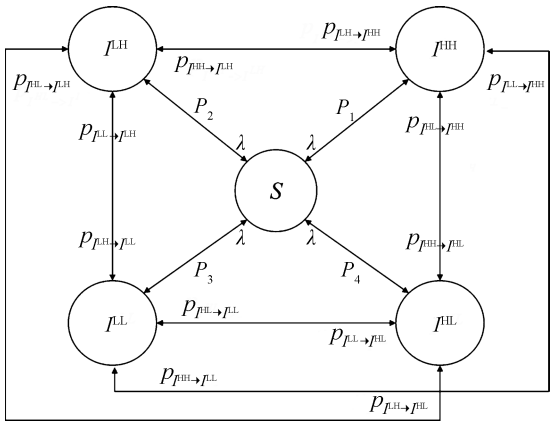


图 2 TE-SIS 模型流程图

Fig. 2 TE-SIS model flowchart

基于上述理论,构建网民情感于二维情感空间中的博弈收益矩阵,其中网民负面情感的传染价值比正面情感的传染价值高,网民情感强度高的传染价值高于情感强度低的。社交网络中的群体处于不断交互感染的状态,当其中一个个体与邻居个体相遇时,参照表 2 中的收益矩阵计算个体感染概率。矩阵中(α,β)的 α 表示情感共鸣值,(α,β)的 β 表示情感冲突值。

表 2 两方博弈收益矩阵

Table 2 Payoff matrix of two-party game

策略/状态		感染方 j			
		I^{HH}	I^{LH}	I^{LL}	I^{HL}
感染方 i	I^{HH}	—	$(0,c)$	$(0,d)$	$(p,0)$
	I^{LH}	$(0,-b)$	—	$(o,0)$	$(0,-a)$
	I^{LL}	$(0,-d)$	$(l,0)$	—	$(0,-c)$
	I^{HL}	$(q,0)$	$(0,a)$	$(0,b)$	—

易感者会模仿邻居的策略来决定采取邻居的措施。费米规则用于描述这个过程。当个体 i 遇到个体 j 时,个体 i 采取个体 j 策略的概率 $\rho_{i\to j}$ 如式(1)所示。其中 w 表示个体对收益差异的敏感度,设置为 0.1,在大多数前人研究中已被作为典型的选择[24],$\alpha+\beta$ 表示被感染个体的情感转移价值收益。

$$\rho_{i\to j}=\frac{1}{1+\exp[-(\alpha+\beta)/w]}。\tag{1}$$

根据二维情感空间的情感强度、情感正负值两个维度,突发事件中网民情感由高向低值感染转移,将 TE-SIS 模型中双方博弈收益矩阵参数取值范围设为:$a>b>c>d>0$,$o<p<q<l$。每轮群体演化后,群体在下一时刻改变策略的概率如式(2),$\rho^{K}_{I^{HH}\to S}$ 表示此轮迭代中第 K 个个体状态由 I^{HH} 向 S 状态转变的概率,$P_{I^{HH}\to S}$ 表示群体中总的 I^{HH} 状态的网民向 S 状态的网民转移的总概率,num($I^{HH}\to S$)表示群体中 I^{HH} 状态的网民向 S 状态的网民转移的总数量。

$$P_{I^{HH}\to S}=\frac{1}{\mathrm{num}(I^{HH}\to S)}\sum_{K}^{\mathrm{num}(I^{HH}\to S)}\rho^{K}_{I^{HH}\to S}。\tag{2}$$

TE-SIS 模型根据突发事件中网民情感传播的规律,通过源节点与相邻节点之间的博弈,从微观层面,结合二维情感空间的两个维度考虑情感节点的感染与传播。λ 表示网民情感的消解率,网民情感的消解率的其中一种设定函数如式(3)所示;λ_0 表示模拟自然环境下,网民情感自然的消解率;T 表示模型迭代次数。

$$\lambda_0=\frac{\sqrt{T}}{1+\sqrt{T}}。\tag{3}$$

在事件传播过程中,4 类情感的网民数量是不断变化的,传播方程如式(4)所示。图 2 中的各个转化率参数的取值范围为[0,1]。在 t 时刻,根据系统动力学可以建立 TE-SIS 模型的网民舆情情感传播方程。为了描述群体异质性条件下个体数量的动态演化过程,不同类别的个体演化如式(5)所示。给定不同个体在 $t=0$ 时的初始条件,可以得到 $t+\Delta t$ 时刻人群疏散中不同状态个体的比例。

$$\begin{aligned}
\frac{\mathrm{d}S(t)}{\mathrm{d}t}&=\lambda(I^{\mathrm{HH}}(t)+I^{\mathrm{LH}}(t)+I^{\mathrm{LL}}(t)+I^{\mathrm{HL}}(t))-(P_1+P_2+P_3+P_4)S(t),\\
\frac{\mathrm{d}I^{\mathrm{HH}}(t)}{\mathrm{d}t}&=-(P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{LH}}}+\lambda+P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{HL}}}+P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{LL}}})I^{\mathrm{HH}}(t)+P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{HH}}}I^{\mathrm{LH}}(t)+P_1S(t)+\\
&\quad P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{HH}}}I^{\mathrm{HL}}(t)+P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{HH}}}I^{\mathrm{LL}}(t),\\
\frac{\mathrm{d}I^{\mathrm{LH}}(t)}{\mathrm{d}t}&=-(P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{HH}}}+\lambda+P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{LL}}}+P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{HL}}})I^{\mathrm{LH}}(t)+P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{LH}}}I^{\mathrm{HH}}(t)+P_2S(t)+\\
&\quad P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{LH}}}I^{\mathrm{LL}}(t)+P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{LH}}}I^{\mathrm{HL}}(t),\\
\frac{\mathrm{d}I^{\mathrm{LL}}(t)}{\mathrm{d}t}&=-(P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{LH}}}+\lambda+P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{HL}}}+P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{HH}}})I^{\mathrm{LL}}(t)+P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{LL}}}I^{\mathrm{LH}}(t)+P_3S(t)+\\
&\quad P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{LL}}}I^{\mathrm{HL}}(t)+P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{LL}}}I^{\mathrm{HH}}(t),\\
\frac{\mathrm{d}I^{\mathrm{HL}}(t)}{\mathrm{d}t}&=-(P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{LH}}}+\lambda+P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{HH}}}+P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{LL}}})I^{\mathrm{HL}}(t)+P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{HL}}}I^{\mathrm{LH}}(t)+P_4S(t)+\\
&\quad P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{HL}}}I^{\mathrm{HH}}(t)+P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{HL}}}I^{\mathrm{LL}}(t)。
\end{aligned}\tag{4}$$

$$\begin{aligned}
S(t+\Delta t)&=[\lambda(I^{\mathrm{HH}}(t)+I^{\mathrm{LH}}(t)+I^{\mathrm{LL}}(t)+I^{\mathrm{HL}}(t))-(P_1+P_2+P_3+P_4)S(t)]\Delta t+S(t),\\
I^{\mathrm{HH}}(t+\Delta t)&=[-(P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{LH}}}+\lambda+P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{HL}}}+P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{LL}}})I^{\mathrm{HH}}(t)+P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{HH}}}I^{\mathrm{LH}}(t)+P_1S(t)+\\
&\quad P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{HH}}}I^{\mathrm{HL}}(t)+P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{HH}}}I^{\mathrm{LL}}(t)]\Delta t+I^{\mathrm{HH}}(t),\\
I^{\mathrm{LH}}(t+\Delta t)&=[-(P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{HH}}}+\lambda+P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{LL}}}+P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{HL}}})I^{\mathrm{LH}}(t)+P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{LH}}}I^{\mathrm{HH}}(t)+P_2S(t)+\\
&\quad P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{LH}}}I^{\mathrm{LL}}(t)+P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{LH}}}I^{\mathrm{HL}}(t)]\Delta t+I^{\mathrm{LH}}(t),\\
I^{\mathrm{LL}}(t+\Delta t)&=[-(P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{LH}}}+\lambda+P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{HL}}}+P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{HH}}})I^{\mathrm{LL}}(t)+P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{LL}}}I^{\mathrm{LH}}(t)+P_3S(t)+\\
&\quad P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{LL}}}I^{\mathrm{HL}}(t)+P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{LL}}}I^{\mathrm{HH}}(t)]\Delta t+I^{\mathrm{LL}}(t),\\
I^{\mathrm{HL}}(t+\Delta t)&=[-(P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{LH}}}+\lambda+P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{HH}}}+P_{I^{\mathrm{HL}}\to I^{\mathrm{LL}}})I^{\mathrm{HL}}(t)+P_{I^{\mathrm{LH}}\to I^{\mathrm{HL}}}I^{\mathrm{LH}}(t)+P_4S(t)+\\
&\quad P_{I^{\mathrm{HH}}\to I^{\mathrm{HL}}}I^{\mathrm{HH}}(t)+P_{I^{\mathrm{LL}}\to I^{\mathrm{HL}}}I^{\mathrm{LL}}(t)]\Delta t+I^{\mathrm{HL}}(t)。
\end{aligned}\tag{5}$$

根据式(5)得到的比例,重新分配再次演化,得到新的种群情感类别的数量,进行下一次演化,不断循环。通过对模型的迭代可以得到随时间演变的群体情感状态数量的变化。

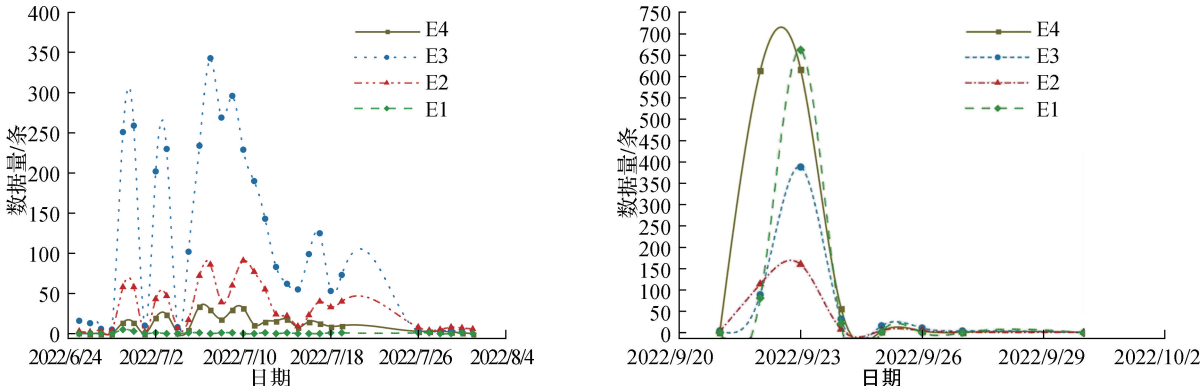
2　实验分析

本实验包括 TE-SIS 模型验证、模型参数影响以及疏导机制影响因素分析。实验平台为 2.5 GHz 13th Gen Intel(R) Core i5-13400F 以及 32 GB RAM,操作系统为 Windows 10,仿真代码用 Netlogo 来实现。

2.1　模型验证

本文以“唐山打人事件”关键词在新浪微博进行数据采集,经过数据清洗标注,共获得 10 100 条数据,时间范围为 2022 年 6 月 1 日至 2022 年 11 月 30 日。具体的格式如下:[微博 id,用户 id,用户昵称,微博正文,发布位置,艾特用户,话题,转发数,评论数,点赞数,发布时间,情感状态]。

本文截取 2022 年 6 月 25 日至 2022 年 7 月 31 日的数据,分析突发事件前期演化特征。截取 2022 年 9 月 20 日至 2022 年 9 月 30 日的数据,分析突发事件后期演化特征。如图 3 所示,纵坐标表示数据量(条),横坐标表示数据产生的日期(年/月/日)。图 3a 为突发事件前期的演化特征,图中网民群体中 E3 与 E2 情感状态占比较高;图 3b 为突发事件后期的演化特征,网民群体中 E1 与 E4 情感状态占比较高。



a 前期演化特征　　b 后期演化特征

图 3　数据集前后时期演化特征

Fig. 3　Evolutionary characteristics of the data set before and after the period

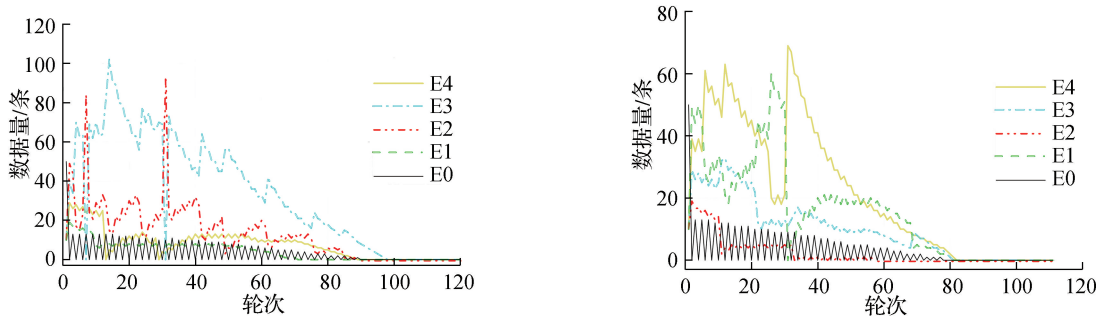
模型参数如表 3 所示，N_0，N_1，N_2，N_3，N_4 分别表示情感状态为 S，I^{LH}，I^{HH}，I^{LL}，I^{HL} 的初始群体数量，w，P_1，P_2，P_3，P_4 分别为模型参数的数值。

表 3　实验 1 与实验 2 的模型参数设置方案

Table 3　Model parameter setting scheme of experiment 1 and experiment 2

序号	λ	N_0	N_1	N_2	N_3	N_4	w	P_1	P_2	P_3	P_4
实验 1	0.1	50	10	10	10	10	0.1	0.2	0.8	0.6	0.4
实验 2	0.1	50	10	10	10	10	0.1	0.8	0.2	0.4	0.6

将 λ 设置为 0.1 时，得到如图 4 所示的结果图。纵坐标表示不同情感群体的数量(条)，横坐标表示仿真演化的时间周期(T)。实验 1 中，网民的情感演变与数据集所采集到的突发事件前期情感演变趋势相同，E3 和 E2 情感状态占据主导，且 E3 情感状态的网民数量较多。实验 2 中网民的情感演变与数据集所采集到的突发事件后期情感演变趋势相同，E4 和 E1 情感状态占据主导，且 E4 数量较多。通过比较分析，可以发现 TE-SIS 模型与真实突发事件情感发展趋势一致。



a 实验 1　　b 实验 2

图 4　实验 1 与实验 2 TE-SIS 模型的仿真

Fig. 4　TE-SIS model simulation of experiment 1 and experiment 2

2.2　模型参数的影响

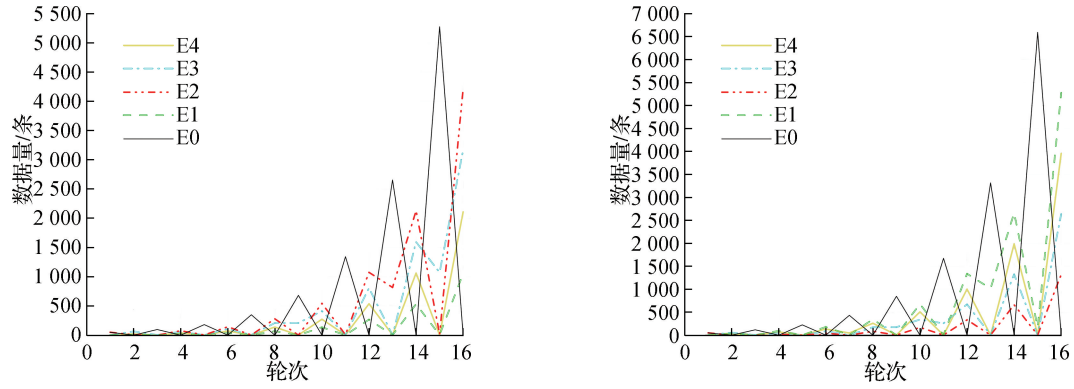
模型参数如表 4 所示，λ 设定为 λ_0，表示模拟自然环境下网民的情感自然的消解率。根据模型构建中的 $a>b>c>d>0$ 并且 $o<p<q<l$，将两方博弈矩阵中的参数 a，b，c，d 和 o，p，q，l 设置为 0.9，0.7，0.5，0.2 和 0.1，0.5，0.8，0.9。

表 4　实验 3 与实验 4 的模型参数设置方案

Table 4　Model parameter setting scheme of experiment 3 and experiment 4

序号	λ	N_0	N_1	N_2	N_3	N_4	w	P_1	P_2	P_3	P_4
实验 3	λ_0	50	0	50	0	0	0.1	0.2	0.8	0.6	0.4
实验 4	λ_0	50	0	50	0	0	0.1	0.8	0.2	0.4	0.6

实验结果仿真图通过 50 次独立的实验选取具有代表性的实验结果图(见图 5)。比较实验 3 和实验 4 可以得到,网民情感状态的变化与 P_1,P_2,P_3,P_4 参数的变化具有相关性,表现为参数的数值占比越大导致其对应的情感状态的占比越高。



a 实验 3　　b 实验 4

图 5　实验 3 与实验 4 TE-SIS 模型的仿真

Fig. 5　TE-SIS model simulation of experiment 3 and experiment 4

截取 10 个单位时间的 50 次实验得到的均值结果,获取在模型到达稳定时各类情感的占比,如表 5 所示。所得实验结果与图 5 所得到的结论一致。

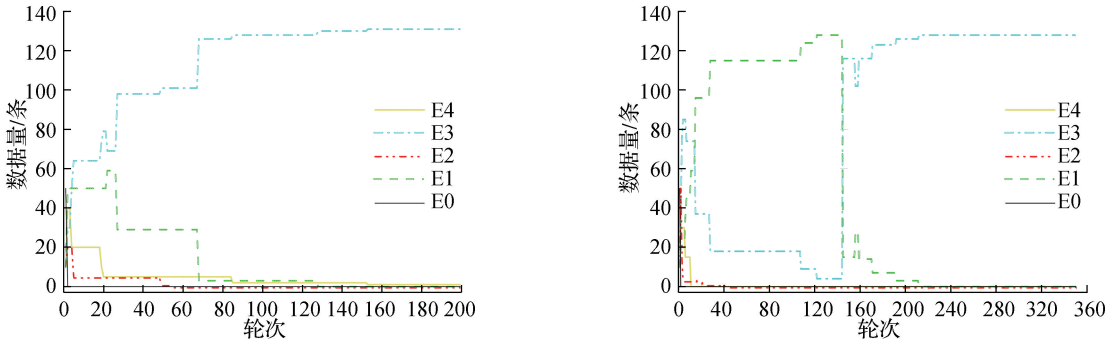
表 5　实验模型演化占比

Table 5　Proportion of experimental model evolution

序号	λ	E1	E2	E3	E4	E0
实验 3	λ_0	0.045 1	0.249 1	0.165 7	0.095 2	0.444 9
实验 4	λ_0	0.186 2	0.084 3	0.105 0	0.180 5	0.444 0

2.3　疏导机制影响因素分析

改变群体中情感消解率 λ,如图 6 所示。当 λ 为 0 时,模型每一轮的输入未感染个体被严格限制,同时感染不同情感状态的群体难以进行情感消解,对应现实中的情况表现为管理者针对发生的突发事件舆情的负面情感的处理为消息封锁,限制情感信息交互。如图 6 中实验 5 和实验 6 所示,突发事件中的网民情感为 E3 情感状态占据主导,整体呈现强度较低的负面情感状态,并维持稳定。当提高 P_1 和 P_4 等情感状态的输入概率时,实验结果中出现了 E1 情感状态,表现为积极的情感导向。

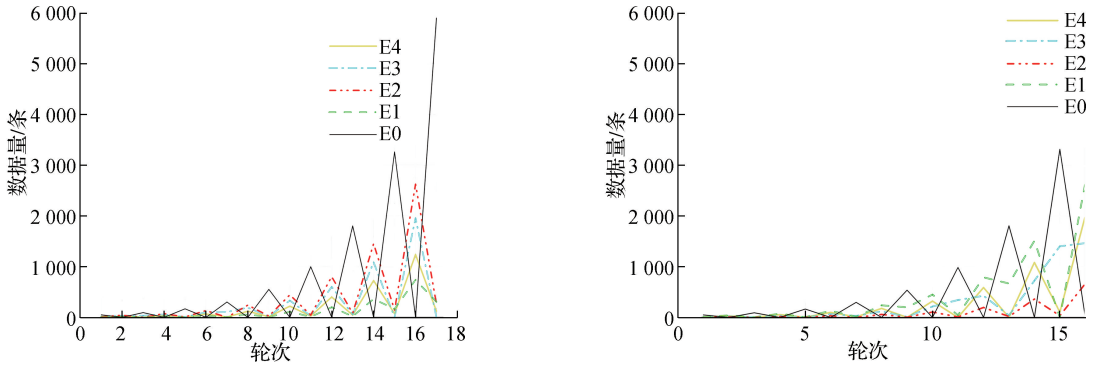


a 实验 5　　b 实验 6

图 6　实验 5 与实验 6 TE-SIS 模型的仿真

Fig. 6　TE-SIS model simulation of experiment 5 and experiment 6

如图 7 所示,当 λ 为 0.9 时,模型每一轮的输入未感染个体数量较大,同时感染不同情感状态的个体以较大概率进行消解转换为 S 节点,对应现实中的情况表现为网络环境更加开放,网民情感状态转换较快,依赖于管理者引导。实验 7 和实验 8 结果表明,当情感的消解率较高时,改变 P_1,P_2,P_3,P_4 情感状态的输入率,极大地影响对应情感状态的演化方向。



a 实验 7　　b 实验 8

图 7　实验 7 与实验 8 TE-SIS 模型的仿真

Fig. 7　TE-SIS model simulation of experiment 7 and experiment 8

通过对情感消解率设置不同数值(见表 6),即对应两种类型的疏导机制,以此对模型进行仿真分析。

表 6　实验 5～实验 8 的模型参数设置方案

Table 6　Model parameter setting scheme of experiment 5～8

序号	λ	N_0	N_1	N_2	N_3	N_4	w	P_1	P_2	P_3	P_4
实验 5	0	50	10	10	10	10	0.1	0.2	0.8	0.6	0.4
实验 6	0	50	10	10	10	10	0.1	0.8	0.2	0.4	0.6
实验 7	0.9	50	10	10	10	10	0.1	0.2	0.8	0.6	0.4
实验 8	0.9	50	10	10	10	10	0.1	0.8	0.2	0.4	0.6

根据图 6 和图 7 的仿真实验结果分析,针对突发事件背景下网络情绪引导提出两点建议:① 管理者严格管控能够控制网民群体情感维持在较低负面情感强度与较高积极情感强度交替演化中,但此类管控的条件限制较大,成本较高,实现难度非常大;② 当现实中的情况表现为网络环境更加开放,未感染者与感染者之间的情感传播消解概率高,网民情感状态转换较快,社交网络环境依赖于管理者引导,管理者通过积极地公开事件进展,引导促进突发事件的正向信息传播,降低负面影响,最终能对突发事件的演化发展产生正面的效应。

综上,管理者适宜营造更加开放的舆论环境,成本较低,但较依赖于社交网络环境中不同情感倾向的信息传播概率,即需要管理者随时关注舆情走向,加强对应急突发事件的监测与信息公开的引导,从而有助于控制突发事件发展走向,营造良好网络环境。

3　结论

由于大规模网民情感变化的复杂性,本文在传统的 SIS 模型的基础上,针对其未充分考虑网民个体层面的交互感染过程以及不同情感维度的传播价值的不同,引入二维情感空间,将网民在感染阶段分为 4 种状态进行情感交互演化,在传统传染病模型演化迭代的每一步考虑群体中每个个体之间的交互后决定下一时间节点的演化,构建了情感演化模型 TE-SIS 模型。TE-SIS 模型能够仿真出真实突发事件的前后时期网民情感的不同状态,同时通过对于本模型的实验分析能够更好地分析舆情的传播管控机理,为有效地控制舆情的传播提供了新的研究思路。在今后的研究中,将更全面地挖掘网络传播特征,提出更有效的网络情感引导建议。

参考文献:

[1] 梁冉,徐雅斌. 基于改进 SEIR 模型的网络舆情传播研究[J]. 计算机仿真,2023,40(5):333-340.

[2] 曹春萍,李丽. 融合用户特征的微博信息情感演化模型[J]. 小型微型计算机系统,2021,42(8):1655-1661.

[3] 瞿英,田红梅,种子鹏. 基于改进 SIR 模型的突发公共事件网络舆情情感演化研究[J]. 河北科技大学学报(社会科学版),2021,21(2):80-85.

[4] 田世海,孙美琪,张家毓. 基于改进 SIR 模型的网络舆情情绪演变研究[J]. 情报科学,2019,37(2):52-57.

[5] 丁海昕,王沁,李志刚. 疫情期间社会媒体舆论影响下公众情感变化与情感指数分布及对策分析[J]. 新媒体研究,2021,7(21):11-14.

[6] YIN Fulian, XIA Xinyu, PAN Yanyan, et al. Sentiment mutation and negative emotion contagion dynamics in social media: a case study on the Chinese Sina Microblog[J]. Information Sciences, 2022, 594: 118-135.

[7] FU Libi, SONG Weiguo, LV Wei, et al. Simulation of emotional contagion using modified SIR model: a cellular automaton approach[J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2014, 405: 380-391.

[8] LI Qing, DU Yajun, LI Zhaoyan, et al. HK-SEIR model of public opinion evolution based on communication factors[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2021, 100: 104192.

[9] SHI Yepeng, ZHANG Guijuan, LU Dianjie, et al. Adaptive intervention for crowd negative emotional contagion[C]. 2021 IEEE 24th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD). IEEE, 2021: 18-23.

[10] XIONG Guoqiang, HOU Yanju. The game model with emotional factors of public and media in public emergencies management engineering[J]. Systems Engineering Procedia, 2012, 5: 228-233.

[11] SZOLNOKI A, XIE N, YE Y, et al. Evolution of emotions on networks leads to the evolution of cooperation in social dilemmas[J]. Physical Review E Statistical Nonlinear & Soft Matter Physics, 2013, 87(4): 042805.

[12] WANG Lan, SCHUETZ C, CAI Dahai. Choosing response strategies in social media crisis communication: an evolutionary game theory perspective[J]. Information & Management, 2021, 58(6): 103371.

[13] WANG Lu, YE Shunqiang, CHEONG K H, et al. The role of emotions in spatial prisoner's dilemma game with voluntary participation[J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2018, 490: 1396-1407.

[14] 祁凯,彭程. 基于 SEIR 演化博弈模型的旅游公共危机演化与控制研究[J]. 运筹与管理,2022,31(3):145-150.

[15] 朱光,颜燚,杨沁蓉. 基于 SEIR 演化博弈模型的网络维权策略及衍生舆情传播研究[J]. 情报科学,2023,41(3):89-99.

[16] WESSMAN A, RICKS D. Mood and personality[M]. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1966.

[17] RUSSELL J. A circumplex model of affect[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1980, 39(6): 1161-1178.

[18] STIEGLITZ S, LINH Dangxuan. Emotions and information diffusion in social media-sentiment of microblogs and sharing behavior[J]. Journal of Management Information Systems, 2013, 29(4): 217-248.

[19] LINH D X, STIEGLITZ S. Impact and diffusion of sentiment in political communication-an empirical analysis of political weblogs[C]. Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media, 2012.

[20] WUNDT W. Outlines of psychology[M]. Leipzig: William Engelmann, 1897.

[21] BERGER J. Arousal increases social transmission of information[J]. Psychological Science, 2011, 22(7): 891-893.

[22] BERGER J, MILKMAN K. What makes online content viral[J]. Journal of Marketing Research, 2012, 49(2): 192-205.

[23] BAUMEISTER R, BRATSLAVSKY E, FINKENAUER C, et al. Bad is stronger than good[J]. Review of General Psychology, 2001, 5(4): 323-370.

[24] FU Feng, ROSENBLOOM D, WANG Long. Imitation dynamics of vaccination behaviour on social networks[J]. Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences, 2011, 278(1702): 42-49.

(责任编辑:李琴,秦海明　实习编辑:张昌保)