

基于传染病模型的突发事件网民情感演变分析

仲兆满^{1,2}, 李恒¹, 杨洪¹, 管燕^{1,2}

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

摘要: 突发事件发生后, 准确地分析网民的情感状态, 实现对网民情感状态演变的引导, 对管控突发事件舆情、维护社会稳定有重大的现实意义。依据网民对突发事件的评论特性构建了网民情感状态的完备集, 并从突发事件利益相关者和突发事件本身两个角度建立不同情绪集。依据传染病模型的传播方式, 建立了基于 SIS (Susceptible-infectious-susceptible) 传染病模型的网民情感状态演变模型 E_P -SIS 和 E_O -SIS。利用网民对“新型肺炎病毒”的微博评论对模型进行了实证研究, 获取影响因子的权重, 模型对网民负面情感转换率为 0.72。本文构建的突发事件网民情感演变模型可以从不同角度干预, 使突发事件中网民负面情感状态发生演变。

关键词: 传染病模型; 突发事件; 网民情感; SIS 模型; 情感演变

中图分类号: TP391

文献标志码: A

Analysis on Evolution of Netizens' Emotional in Emergencies Based on Epidemic Model

ZHONG Zhaoman^{1,2}, LI Heng¹, YANG Hong¹, GUAN Yan^{1,2}

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

Abstract: After the occurrence of an emergency, it is of great practical significance to accurately analyze the emotional state of netizens and guide the evolution of the emotional state of netizens to control public opinion on an emergency and maintain social stability. According to the characteristics of netizens' comments on emergencies, a complete set of netizens' emotional states are constructed, and different emotional sets are established from the perspectives of stakeholders and emergencies themselves. According to the transmission mode of epidemic model, the evolution models of netizens' emotional states E_P -SIS and E_O -SIS are established based on susceptible-infectious-susceptible (SIS) epidemic model. An empirical study is made on the model by using the Weibo comments of netizens on the "New pneumonia virus", and the weight of influencing factors is obtained. The negative emotion conversion rate of the model for netizens is 0.72. E_P -SIS and E_O -SIS, the emotional evolution models of netizens in emergencies constructed in this study, can intervene from different angles to make the negative emotional state of netizens evolve in emergencies.

Key words: epidemic model; emergency; netizens' emotion; SIS model; emotional evolution

基金项目: 国家自然科学基金(72174079); 江苏省高校自然科学基金项目(19KJB520004); 江苏海洋大学研究课题(DS202010); 江苏省高校科研实践创新计划项目(KYCX20_2931)。

收稿日期: 2022-04-06; **修订日期:** 2023-02-23

引 言

随着现代信息技术的快速发展,对人民健康、社会安定构成严重威胁的突发事件一旦发生,相关话题信息就会迅速在网络上传播,短时间内形成井喷式的网络舆情,影响有关部门对突发事件的裁决、处理和应对。网络舆论与突发事件的发展交织在一起,相互影响,加强网络舆论的研究对突发事件的管控具有重要意义。网络舆论不仅仅指的是网民评论内容,还包括网民评论中的情感、态度等。由于网民数量众多且网民间情感相互影响,消极观点和情绪往往会导致大量网民的跟风,这破坏了原有社会秩序,增加了突发事件舆情管控的难度。传染病模型可以详尽地描述各种传染病的传播机制,这一特性在信息传播方面已经得到良好应用。而对于突发事件,每个网民个体对于同样的舆情信息所产生的情感不尽相同,个体间的情绪随着信源把信息传播可能会发生传播,在开始未被感染的,随着时间的推移,也可能被感染;被感染后痊愈的,也有一定概率会被重新感染,即情绪发生了演变,SIS (Susceptible-infectious-susceptible) 传染病模型可以很好地体现这样的情感演变现象,所以本文考虑将传染病模型的传播机制应用于网民情感状态演变的研究。

本文创新点主要体现在:(1)结合突发事件舆情信息、传播情况、应对措施等特点和已有通用情感状态分类^[1-5]建立了网民面向突发事件领域情绪的完备集,依据网民对突发事件利益相关者和突发事件本身的不同态度构建不同情绪集实现精准分析。(2)从突发事件利益相关者和突发事件本身两个角度出发,提出了基于传统SIS传染病机制改进的突发事件中网民情感演变模型 E_p -SIS和 E_o -SIS,揭示了模型的平衡点和参数选取特性,通过仿真实验模拟了突发事件下网民情感状态演变情况。传染病传播演化模型通过对疾病传播过程进行数学建模揭示疾病传播的规律^[6],这与网络舆情传播特点非常类似。当前,借助传染病模型对网络舆情进行的研究多是体现在舆情传播机制、谣言传播机制、舆情演化预测等方面。

从舆情传播机制角度,陈波等^[7]通过现有研究总结出舆情信息的特征,在传统SEIR (Susceptible-exposed-infectious-recovered)模型中加入舆情特征模拟网络舆情传播情况。Guo等^[8]根据已有的传染病模型,结合网络舆情的传播特点,构建包含模拟舆情传播休止态的痊愈状态的SICRS (Susceptible-infectious-cured-recovered-susceptible)模型,研究舆情信息的传播过程。Zhuang等^[9]基于不同信息之间的相互作用特征构建 IS_1S_2R (Infectious-susceptible₁-susceptible₂-recovered)模型,研究舆情信息扩散过程中特征对抗关系。Zhang等^[10]分析了网络舆情在不同结构社交网络中的传播特征,并以此改进传统的传染病模型探究舆情传播主要影响因素。魏德志等^[11]根据舆情话题的特点调整传统SIR (Susceptible-infected-removed)模型,获取舆情传播的平衡点,以此角度实现舆情传播控制。魏静等^[12]利用有向无标网络结构模拟网络舆情传播规律改进传统的SIR模型,以此分析突发事件网络舆情传播过程中的影响因素。魏静等^[13]通过不同的网络结构获取社交媒体网络特征,以此改进SEIR模型,研究舆情真实传播情况。杨磊等^[14]使用无标度网络模拟跨平台社交网络环境,建立了基于跨平台社交网络的SEIR舆情传播模型。韩普^[15]将传染病机制与社交网络相结合,构建网络信息传播动力模型,并以信息传播、恢复和传播能力的概率为出发点探究信息传播过程。Yin等^[16]结合增加环境因素的复杂网络模型与传统的SIR传播机制,研究社会网络结构和多平台环境的对突发事件舆情传播的影响。

从谣言传播机制角度,Sudbury^[17]首次利用SIR模型模拟谣言信息的传播情况,获取传播规律,为研究舆情传播提供了新角度。Zanette^[18]对不同网络类型中的传播阈值进行分析和证明,并以此为根据结合传统的SIR模型研究网络谣言信息得传播。Leskovec等^[19]使用改进的SIS模型模拟谣言信息的传播过程,探究谣言信息传播过程的主要影响因素。范纯龙等^[20]从相关用户的亲密度和信息接收频率两个角度计算谣言信息的传播概率,并依据SEIR模型的动力学方程模拟谣言信息传播过程。Yang等^[21]考虑个体的传播能力差异性,将不同权重的用户看做不同的节点,提出了一种新的谣言传播ILSR

(Ignorant-lurker-spreader-removal)模型。洪巍等^[22]通过构建SIRT(Susceptible-infectious-recovered-ture)模型,从相关用户情况、谣言本身和外在影响3个角度研究谣言信息的传播过程,并探究谣言的演化的外在影响因素。Nian等^[23]以COVID-19相关的网络谣言为研究对象,基于SEIR模型探索谣言信息传播规律,结果表明谣言信息的传播与用户所处环境、谣言持续时长、平台的传播和退出门槛等因素存在关联。

从舆情演化预测角度,刘人境等^[24]将相关部门对突发事件受灾群体的管控措施与传统传染病传播模型相结合,拟合突发事件舆论传播过程,对网络舆情的演化趋势进行预测。Ma等^[25]根据舆情传播特点将传染病模型中的传染率细分为正向和负向传染两方面,研究外部条件对舆论扩散趋势的影响。Zhan等^[26]基于SIS模型探究网络舆情信息传播特征,舆情演化的趋势与信息传播速率呈负相关。祁凯等^[27]在SEIR模型中引入演化博弈理论,分析政府和旅游机构博弈中旅游危机舆情演化至良性稳定状态的过程与规律。

综上所述,传染病模型在突发事件相关方向已经有了广泛应用,为本文提供了坚实的研究基础。但研究多集中于舆情演化预测、谣言传播机制和舆情传播机制等领域,着重关注传染病模型在信息传播和信息演化方面的相关应用,将传染病模型应用于突发事件中网民情感状态演变的研究仍有很大空间。此外,从模型精准性角度看,现有的基于传染病的研究建模未能对突发事件的内涵进行精细分类,缺乏针对性,模型应用不够精准。

1 情感状态转换模型的设计

突发事件的发展和网民情感的演变是相互作用的,突发事件的深度及广度会影响网民的情感状态,同时网民情感状态的变化又会影响突发事件的发展态势。网民情感状态间的演变和传染病模型的传播机制有共通之处,所以本文依据经典传染病模型SIS的传播机制,结合划分的网民情感状态,设计基于传染病模型的网民情感演变模型。在建立情感转换模型时,假设在情感转换期内所研究的网民的总人数 N 不变,不考虑新增网民。以表1中现有的关于人类情感的分类为基础^[1-5],结合突发事件的危害性、难以预测的突发性、巨大的破坏性、处置的紧迫性以及管控的不确定性等特性,并对数据集中网民评论的情感倾向进行人工研判,最后归纳出突发事件中网民情感状态的完备集,共包含抱怨、悲伤、恐慌、焦虑、愤怒、怀疑、鼓励、关心、同情和安慰10类情绪状态。

表1 人类基本情感类型

Table 1 Types of human basic emotions

作者	基本情感类型	分类依据
Darwin ^[1]	开心、伤心、害怕、厌恶、愤怒、惊讶	自适应过程
Ekman ^[2]	愉悦、厌恶、惊讶、悲伤、愤怒、害怕	面部表情
Oatley ^[3]	快乐、伤心、焦虑、愤怒、厌恶	触发环境
Tomkins ^[4]	好奇、愉悦、惊讶、焦虑、害怕、愤怒、轻蔑、厌恶、羞愧	神经强度
Izard ^[5]	愤怒、好奇、轻蔑、厌恶、悲痛、害怕、喜悦、羞愧、惊讶、内疚	行为认知

心理学把情感定义为人对客观现实的一种特殊反应形式,属于主观意识范畴,所以人对同一事件不同对象的情感往往是不相同的。为实现网民情感的精准分析,本文构建了网民对突发事件利益相关者和突发事件本身的两个不同的情绪状态集,其中针对突发事件利益相关者的情绪集包含抱怨、愤怒、怀疑、鼓励、关心、同情和安慰7种情感,针对突发事件本身的情绪集包含恐慌、焦虑、悲伤、抱怨和关心5种情感。进而,从网民对突发事件利益相关者的角度建立情感演变模型 E_p -SIS,从网民对突发事件本

身的角度建立情感演变模型 E_O -SIS,利用不同权重和不同影响因子实现情感状态的转换。

1.1 相关定义

定义1 情绪集 形式化描述为1个三元组: $ES=\{N,ES,S\}$,其中, N 表示相关网民人数; ES 表示网民的某种情感状态完备集(由 $C_p, S_a, P, A, R, S_u, E, C_a, S_y, C_o$ 分别代表的网民对突发事件产生的抱怨、悲伤、恐慌、焦虑、愤怒、怀疑、鼓励、关心、同情、安慰这10种情感状态构成),该完备集内的元素在本文构建的模型中连通且没有孤点; S 表示某种情感状态网民的数量($S_{C_p}, S_{S_a}, S_P, S_A, S_R, S_{S_u}, S_E, S_{C_a}, S_{S_y}, S_{C_o}$)。

定义2 情感状态转换集 形式化描述为1个三元组: $ETS=\{I, W, ES_T\}$,其中, I 表示影响因子元素集,其中包含 α, β 和 γ 三个元素: α 表示突发事件造成的影响严重程度, β 表示相关部门对突发事件管控有效程度, γ 表示网民对突发事件信息了解程度。 W 表示影响因子的权重值,由网民情感状态的比重决定。 $ES_T=\{ES_{T_i} \xrightarrow{I_w} ES_{T_j} \mid ES_{T_i} \text{ transform } ES_{T_j}\}$ 为情绪在影响因子干预下实现转换,其中 ES_{T_i} 表示将发生转换的情感状态, ES_{T_j} 表示转换后的情感状态,各种情感状态转换的影响因子如图1,2所示。

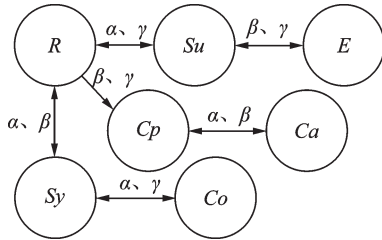


图1 基于 E_P -SIS模型的网民情绪转换图

Fig.1 Internet users' emotional transition diagram based on E_P -SIS model

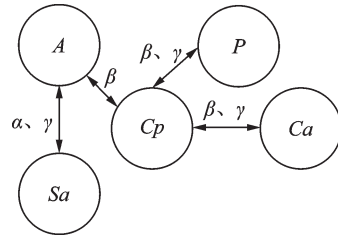


图2 基于 E_O -SIS模型的网民情绪转换图

Fig.2 Internet users' emotional transition diagram based on E_O -SIS model

1.2 模型的传播过程

以传统的SIS模型中各状态参与者间的转换情况为基础,结合突发事件网民情感演变特点和相关参数对不同网民情感演化的不同作用,得出网民情感的转换图。突发事件中网民对突发事件利益相关者的相关情感状态在情感演变模型 E_P -SIS干预下情感状态转换过程图如图1所示。基于 E_P -SIS模型的网民情感状态转换及因子作用解释如下:

(1)抱怨(C_p)情绪转换:对造成突发事件爆发的人或者相关管控部门有责怪情绪。影响因子 α, β 会使网民的抱怨情绪会向关心情绪转变。

(2)愤怒(R)情绪转换:对突发事件的相关管控人员或部门不到位甚至错误的行为感到极度不满和谴责。影响因子 α, β 会使网民的愤怒情绪会向受害人员和地区的同情情绪转变;影响因子 β, γ 会使网民的愤怒情绪会向抱怨情绪转变;影响因子 α, γ 会使网民的愤怒情绪会向怀疑情绪转变。

(3)怀疑(S_u)情绪转换:对突发事件相关管控人员或部门的行为或决策感到不信任。影响因子 β, γ 会使网民对相关管理部门的怀疑情绪会向鼓励(E)情绪转变。

(4)同情(S_y)情绪转换:对因突发事件而受到严重影响人员和地区的不幸遭遇感到同情。影响因子 α, γ 会使网民的关心情绪会向安慰(C_o)情绪转变。

突发事件中网民对突发事件本身的相关情感状态在情感演变模型 E_O -SIS干预下情感状态转换过

程图如图2所示。基于 E_0 -SIS模型的网民情绪转换及因子作用解释如下:

(1)恐慌(P)情绪转换:面对突发事件因担忧、害怕而慌张不安。影响因子 β 、 γ 会使网民的恐慌情绪向抱怨情绪转变。

(2)焦虑(A)情绪转换:面对突发事件即将造成或已经造成的后果感到焦急和忧虑。影响因子 α 、 γ 会使网民的焦虑情绪会向悲伤情绪转变;影响因子 β 会使网民的抱怨情绪向抱怨情绪转变。

(3)抱怨(C_p)情绪转换:面对突发事件时心中怀有不满。影响因子 β 、 γ 会使网民的抱怨情绪会向关心情绪转变。

1.3 情感状态演变模型的定量建模

在只考虑网民负面情感向正面情感转换情况下,根据 E_p -SIS和 E_0 -SIS情感状态演变模型中各种情感状态的演变过程建立方程有

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS_R}{dt} = -\frac{S_R S_{C_p}}{N} \beta \gamma - \frac{S_R S_{S_y}}{N} \alpha \beta - \frac{S_R S_{S_u}}{N} \alpha \gamma \\ \frac{dS_{C_p}}{dt} = \frac{S_R S_{C_p}}{N} \beta \gamma - \frac{S_{C_p} S_{C_a}}{N} \alpha \beta \\ \frac{dS_{S_y}}{dt} = \frac{S_R S_{S_y}}{N} \alpha \beta - \frac{S_{S_y} S_{C_o}}{N} \alpha \gamma \\ \frac{dS_E}{dt} = \frac{S_{S_u} S_E}{N} \beta \gamma \\ \frac{dS_{S_u}}{dt} = \frac{S_R S_{S_u}}{N} \alpha \gamma - \frac{S_{S_u} dS_E}{N} \beta \gamma \\ \frac{dS_{C_a}}{dt} = \frac{S_{C_p} S_{C_a}}{N} \alpha \beta \\ \frac{dS_{C_o}}{dt} = \frac{S_{S_y} S_{C_o}}{N} \alpha \gamma \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dS_A}{dt} = -\frac{S_A S_{S_a}}{N} \alpha \gamma - \frac{S_A S_{C_p}}{N} \beta \\ \frac{dS_{S_a}}{dt} = \frac{S_A S_{S_a}}{N} \alpha \gamma \\ \frac{dS_P}{dt} = -\frac{S_P S_{C_p}}{N} \beta \gamma \\ \frac{dS_{C_p}}{dt} = \frac{S_P S_{C_p}}{N} \beta \gamma + \frac{S_A S_{C_p}}{N} \beta - \frac{S_{C_p} S_{C_a}}{N} \beta \gamma \\ \frac{dC_a}{dt} = \frac{S_{C_p} S_{C_a}}{N} \beta \gamma \end{array} \right. \quad (2)$$

某个时间段 S_n 某种情绪的人数与上个时间段 S_{n-1} 时的人数相关,时间段 S_n 某种情绪人数 Q 关系式为

$$S_n = S_{n-1} + S_{n-1} \frac{d(Q)}{dt} \quad (3)$$

1.4 模型的分析

1.4.1 模型的平衡点及阈值

在 E_p -SIS模型中,网民情绪 E 、 C_a 、 C_o 都是正向变化,且人口总数为常数 N ,所以仅考虑

$$\begin{cases} \frac{dS_R}{dt} = -\frac{S_R S_{Cp}}{N} \beta \gamma - \frac{S_R S_{Sy}}{N} \alpha \beta - \frac{S_R S_{Su}}{N} \alpha \gamma \\ \frac{dS_{Cp}}{dt} = \frac{S_R S_{Cp}}{N} \beta \gamma - \frac{S_{Cp} S_{Ca}}{N} \alpha \beta \\ \frac{dS_{Sy}}{dt} = \frac{S_R S_{Sy}}{N} \alpha \beta - \frac{S_{Sy} S_{Co}}{N} \alpha \gamma \\ \frac{dS_{Su}}{dt} = \frac{S_R S_{Su}}{N} \alpha \gamma - \frac{S_{Su} dS_E}{N} \beta \gamma \end{cases} \quad (4)$$

假设初始条件满足 $S_R(0) = S_{R_0} \geq 0, S_{Cp}(0) = S_{Cp_0} \geq 0, S_{Sy}(0) = S_{Sy_0} \geq 0, S_{Su}(0) = S_{Su_0} \geq 0$ 。设 $\delta = \frac{S_{R_0}}{S_{Ca_0}}$, 从参数 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 和初始的 $S_{Cp_0}, S_{R_0}, S_{Ca_0}$ 判断出网民抱怨情绪 (Cp) 是否会爆发; 设 $\theta = \frac{S_{R_0}}{S_{Co_0}}$, 从参数 $\alpha, \beta, \gamma, \theta$ 和初始的 $S_{Sy_0}, S_{R_0}, S_{Co_0}$ 判断出网民同情情绪 (Sy) 是否会爆发; 设 $\mu = \frac{S_{R_0}}{S_{E_0}}$, 从参数 $\alpha, \beta, \gamma, \mu$ 和初始的 $S_{Su_0}, S_{R_0}, S_{E_0}$ 判断出网民怀疑情绪 (Su) 是否会爆发。

- (1) 零平衡点: 当变量 $S_R = S_{Cp} = S_{Sy} = S_{Su} = 0$ 时, 网民情感不会发生演变, 即模型存在零平衡点;
- (2) 非零平衡点: 网民情感发生演变时模型的平衡点, 具体分析如下。

从式(4)的第1个方程可以看出 $\frac{dS_R}{dt} < 0$, 则 $\lim_{t \rightarrow \infty} S_R(t) = 0$ 存在。从式(4)的第2个方程可以看出, 当 $\frac{\delta\gamma - \alpha}{\gamma} < 0$ 且满足 $S_R(t) + S_{Cp}(t) + S_{Sy}(t) + S_{Su} \leq N$, 则有 $\frac{dS_{Cp}(t)}{dt} = S_{Cp}(t) \left[\frac{S_R(t)}{N} \beta \gamma - \frac{S_{Ca}(t)}{N} \alpha \beta \right] < 0$, 当 $t \rightarrow \infty$ 时, $S_{Cp_0} > S_{Cp}(t) \rightarrow 0$, 抱怨情绪将逐渐消失。当 $\frac{\delta\gamma - \alpha}{\gamma} > 0$, 则有 $\frac{dS_{Cp}(t)}{dt} = S_{Cp}(t) \left[\frac{S_R(t)}{N} \beta \gamma - \frac{S_{Ca}(t)}{N} \alpha \beta \right] > 0$ 。随着时间的推移, 网民抱怨情绪将逐渐增加。通过上述推导, 可以得出抱怨情绪的模型再生数为 $B_{Cp(P)} = \frac{\delta\gamma - \alpha}{\gamma}$, $B_{Cp} > 0$ 时, 相关情绪向抱怨情绪的演变将广泛发生, $B_{Cp(P)} < 0$ 时, 相关情绪向抱怨情绪的演变将逐渐停止。 $B_{Cp(P)}$ 刻画了相关情绪是否向抱怨情绪演变的阈值。同理可证, 式(4)的第3个方程中, 当 $\frac{\theta\beta - \gamma}{\beta} < 0$, 同情情绪将逐渐消失。当 $\frac{\theta\beta - \gamma}{\beta} > 0$, 网民同情情绪将逐渐增加。可以得出同情情绪的模型再生数为 $B_{Sy} = \frac{\theta\beta - \gamma}{\beta}$, $B_{Sy} > 0$ 时, 相关情绪向同情情绪的演变将广泛发生, $B_{Sy} < 0$ 时, 相关情绪向同情情绪的演变将逐渐停止。 B_{Sy} 刻画了相关情绪是否向同情情绪演变的阈值。式(4)的第4个方程中, 当 $\frac{\mu\alpha - \beta}{\alpha} < 0$, 怀疑情绪将逐渐消失。当 $\frac{\mu\alpha - \beta}{\alpha} > 0$, 网民中怀疑情绪人数将逐渐增加。可以得出同情情绪的模型再生数为 $B_{Su} = \frac{\mu\alpha - \beta}{\alpha}$, $B_{Su} > 0$ 时, 相关情绪向怀疑情绪的演变将广泛发生, $B_{Su} < 0$ 时, 相关情绪向同情情绪的演变将逐渐停止。 B_{Su} 刻画了相关情绪是否向怀疑情绪演变的阈值。

在 E_0 -SIS 模型中, 网民情绪 Ca, Sa 都是正向变化, 且人口总数为常数 N , 所以仅考虑

$$\begin{cases} \frac{dS_A}{dt} = -\frac{S_A S_{S_a}}{N} \alpha \gamma - \frac{S_A S_{C_p}}{N} \beta \\ \frac{dS_P}{dt} = -\frac{S_P S_{C_p}}{N} \beta \gamma \\ \frac{dS_{C_p}}{dt} = \frac{S_P S_{C_p}}{N} \beta \gamma + \frac{S_A S_{C_p}}{N} \beta - \frac{S_{C_p} S_{C_a}}{N} \beta \gamma \end{cases} \quad (5)$$

假设初始条件满足 $S_A(0) = S_{A_0} \geq 0, S_P(0) = S_{P_0} \geq 0, S_{C_p}(0) = S_{C_{p_0}} \geq 0$, 设 $\sigma = \frac{S_{C_{a_0}} - S_{P_0}}{S_{A_0}}$, 从参数 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 和初始的 $S_{C_{p_0}}, S_{R_0}, S_{C_{a_0}}$ 判断出网民抱怨情绪 (C_p) 是否会爆发。

从式 (5) 的第 1 个和第 2 个方程可以看出 $\frac{dS_A}{dt} < 0$, 则 $\lim_{t \rightarrow \infty} S_A(t) = 0$ 存在; $\frac{dS_P}{dt} < 0$, 存在 $\lim_{t \rightarrow \infty} S_P(t) = 0$ 。式 (5) 的第 3 个方程中, 若 $\sigma \gamma > 1$, 满足 $S_R(t) + S_{C_p}(t) + S_A(t) \leq N$, 则有 $\frac{dS_{C_p}(t)}{dt} = S_{C_p}(t) \left[\frac{S_R(t)}{N} \beta \gamma + \frac{S_A(t)}{N} \beta - \frac{S_{C_a}(t)}{N} \beta \gamma \right] < 0$, 当 $t \rightarrow \infty$ 时, $S_{C_{p_0}} > S_{C_p}(t) \rightarrow 0$, 抱怨情绪将逐渐消失。当 $\sigma \gamma < 1$, 则有 $\frac{dS_{C_p}(t)}{dt} = S_{C_p}(t) \left[\frac{S_R(t)}{N} \beta \gamma + \frac{S_A(t)}{N} \beta - \frac{S_{C_a}(t)}{N} \beta \gamma \right] < 0$, 随着时间的推移, 网民抱怨情绪将逐渐增加。通过上述推导, 可以得出抱怨情绪的模型再生数为 $B_{C_p} = \sigma \gamma$, $B_{C_p(o)} < 1$ 时, 相关情绪向抱怨情绪的演变将广泛发生; $B_{C_p(o)} > 1$ 时, 相关情绪向抱怨情绪的演变将逐渐停止。 $B_{C_p(o)}$ 刻画了相关情绪是否向抱怨情绪演变的阈值。

1.4.2 模型参数取值情况分析

在 E_p -SIS 模型中, 负面情感愤怒 (R) 转换情况由影响因子 α, β, γ 比例决定, $\beta < \alpha, \gamma$ 时, 愤怒 (R) 向怀疑 (S_u) 转换; $\alpha < \beta, \gamma$ 时, 愤怒 (R) 向抱怨 (C_p) 转换; $\gamma < \alpha, \beta$ 时, 愤怒 (R) 向同情 (S_y) 转换。负面情感抱怨 (C_p) 转换情况由影响因子 α 比例决定, $\alpha > \beta, \gamma$ 时, C_p 向关心 (C_a) 转换。负面情感怀疑 (S_u) 转换情况由影响因子 β, γ 比例决定, 当 $\beta + \gamma > \alpha$ 时, S_u 向鼓励 (E) 转换。同情 (S_y) 情绪转换由影响因子 α, γ 决定, $\alpha + \gamma > \beta$ 时, 同情 (S_y) 向安慰 (C_o) 转换。

在 E_o -SIS 模型中, 负面情感焦虑 (A) 转换情况由影响因子 α, β, γ 比例决定, $\beta > \alpha + \gamma$ 时, 焦虑 (A) 向抱怨 (C_p) 转换; $\alpha + \gamma > \beta$ 时, 焦虑 (A) 向伤心 (S_a) 转换。负面情感恐慌 (P) 转换情况由影响因子 β, γ 比例决定, $\beta + \gamma > \alpha$ 时, 恐慌 (P) 向抱怨 (C_p) 转换。负面情感抱怨 (C_p) 转换情况由影响因子 β, γ 比例决定, $\beta + \gamma > \alpha$ 时, 抱怨 (C_p) 向关心 (C_a) 转换。

各个影响因子的具体权重则根据不同情绪所占比例确定。如式 (6) 所示, 其中 P_α 表示影响因子 α 所占比例, $P_{1\alpha}$ 表示占比第一名的负面情感状态影响因子 α 所占比例, m ($m=1, 2, 3$) 为常数, m 的取值取决于对应负面情感状态实现转换时影响因子的个数, f_α 表示某种情感状态转换时 α 影响因子的作用频率。 P_β 和 P_γ 的计算方法参考式 (6)。

$$\begin{cases} P_\alpha = P_{1\alpha} + P_{2\alpha} + P_{3\alpha} \\ P_{1\alpha} = \frac{P_1 f_\alpha}{m} \end{cases} \quad (6)$$

2 实验仿真

2.1 数据集

数据集依据与“新冠肺炎”相关的 230 个主题关键词进行数据采集, 抓取了 2020 年 1 月 1 日~2020 年 1 月 10 日期间 10 万条微博数据, 删选质量较高的 1 万条数据, 并对其中 1 000 条数据进行人工标注,

将网民对突发事件的评论分为针对突发事件利益相关者和突发事件本身两类进行标注,针对突发事件利益相关者的情感状态分为:抱怨(C_p)、愤怒(R)、怀疑(S_u)、同情(S_y)、鼓励(E)、关心(C_a)、安慰(C_o),针对突发事件本身的情感状态分为:恐慌(P)、焦虑(A)、悲伤(S_a)、抱怨(C_p)、关心(C_a)。

具体格式如下:[微博id,微博发布时间,发布人账号,微博中文内容,情感状态],分别为:

(1)微博id:格式为整型。

(2)微博发布时间:格式为xx月xx日xx:xx。

(3)发布人账号:格式为字符串。

(4)微博中文内容:格式为字符串。

(5)情感状态:网民针对突发事件利益相关者和突发事件本身的情感状态分别取值为1~7和1~5。

2.2 负面情绪转换实验

本文主要研究在人为干预下,影响因子作用于突发事件下网民情感状态的转换情况。而理想状态下,人为干预的情感转换都是从消极情感(X)转换为中性情感(M)或积极情感(J),或者中性情感转换为积极情感,而很少出现积极或中性情感向消极情感转换的情况。本文提出的评价指标 T_X^J 、 T_X^M 、 T_X^M 分别表示消极情绪向积极情绪转换、消极情绪向中性情绪转换、中性情绪向积极情绪转换的转换率, T_A 表示网民情绪向正向转换率总和。结合网民情感状态划分、情感集划分、模型选择等角度设计了5个实验,实验对比了相同网民情感划分和模型情况下不同的情感集对结果的影响;相同情感集情况下不同的传染病模型对结果的影响;相同的情感集情况不同的非传染病模型结果的影响。

2.2.1 基于 E_p -SIS 和 E_o -SIS 模型的情绪转换实验(实验1)

突发事件的网民情感倾向可笼统分为正面、中性和负面3种,怎样将负面情感倾向转换为中性或者正面倾向是本实验的重点。网民针对突发事件利益相关者和突发事件本身的负面情感状态都是3种。表达不同负面情感状态的网民比例不相同,而不同负面情感状态向正面或者中性情感倾向转换时影响因子的权重也不相同,本实验侧重于转换两个情绪集中的3种负面情感状态,重点考虑负面情感倾向转换时的影响因子的权重。根据负面情感状态的占比确定情绪转换影响因子权重。根据标注数据集网民情感状态比例计算得出实验1中 $\alpha=0.21$, $\beta=0.32$, $\gamma=0.47$ 。网民针对突发事件利益相关者情感状态分布情况如图3所示,经过 E_p -SIS 模型转换后的网民情感状态分布情况如图4所示。网民针对突发事件本身情感状态分布情况如图5所示,经过 E_p -SIS 模型转换后的网民情感状态分布情况如图6所示。

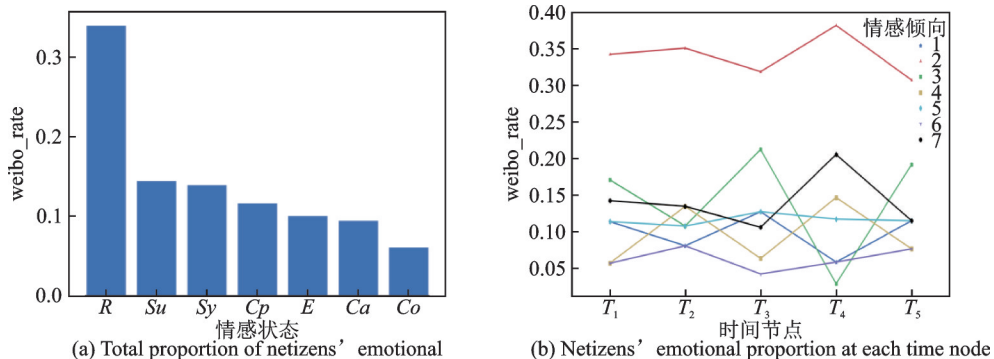


图3 网民针对利益相关者情感比例图

Fig.3 Internet users' emotional scale map for stakeholders

2.2.2 基于SIR模型的3类情绪转换实验(实验2)

将网民情感状态简单分为积极、中性、消极3种,即 J 、 M 、 X ,利用SIR传染病模型展示情感状态的演变规律,并将由情感状态比重获得的影响因子权重值代入微分方程,如式(7)所示,以实现网民情感状

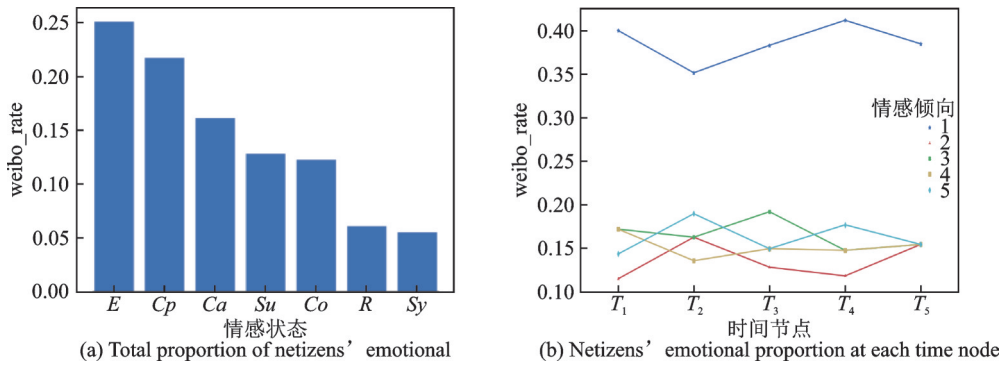


图4 基于 E_p -SIS 模型转换后的网民情感比例图

Fig.4 Internet users' emotional proportion map after transformation based on E_p -SIS model

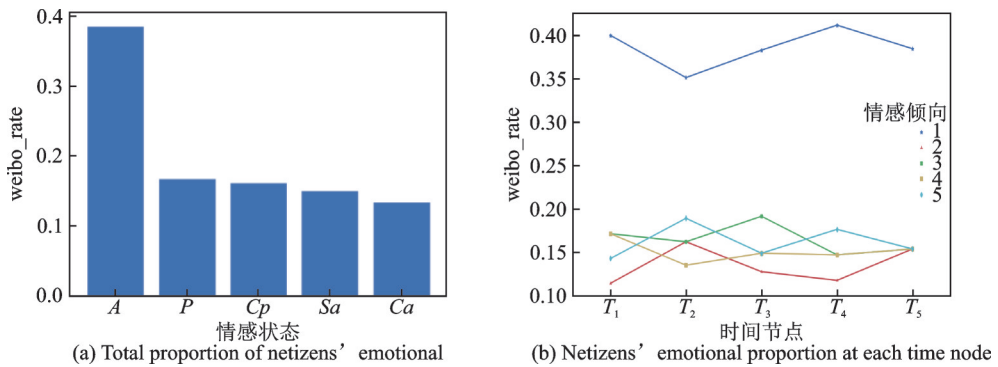


图5 网民针对突发事件情感比例图

Fig.5 Internet users' emotional proportion map for emergencies

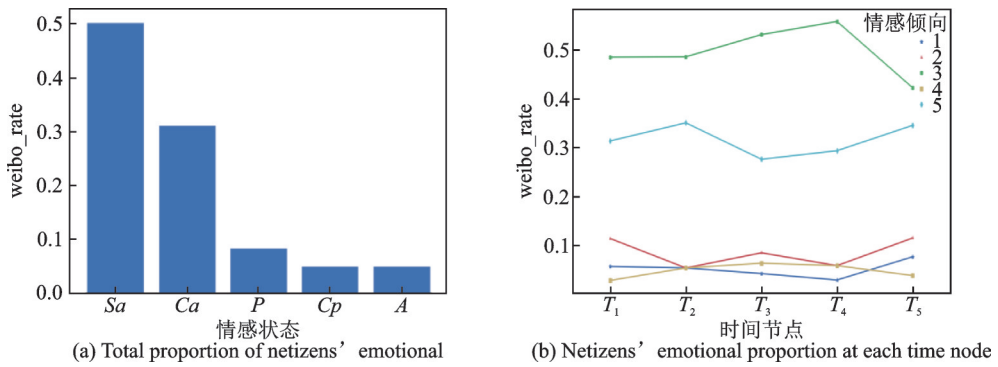


图6 基于 E_o -SIS 模型转换后的网民情感比例图

Fig.6 Internet users' emotional scale map after transformation based on E_o -SIS model

态的演变。网民情感状态比例转换前如图7所示,经过 SIR 模型转换后结果如图8所示。

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = -\frac{sX}{N} \alpha\beta\gamma \\ \frac{dM}{dt} = -\frac{sX}{N} \alpha\beta\gamma - \frac{sM}{N} \alpha\beta\gamma \\ \frac{dJ}{dt} = \frac{sX}{N} \alpha\beta\gamma + \frac{sM}{N} \alpha\beta\gamma \end{cases} \quad (7)$$

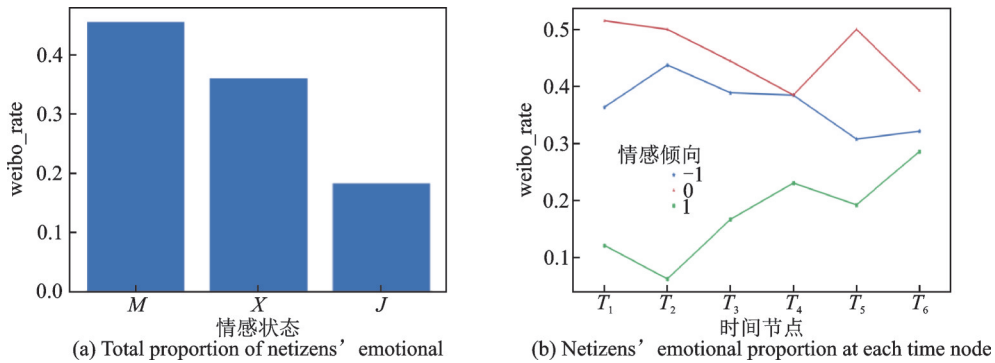


图7 实验3转换前的网民情感比例图

Fig.7 Internet users' emotional scale before conversion based on Experiment 3

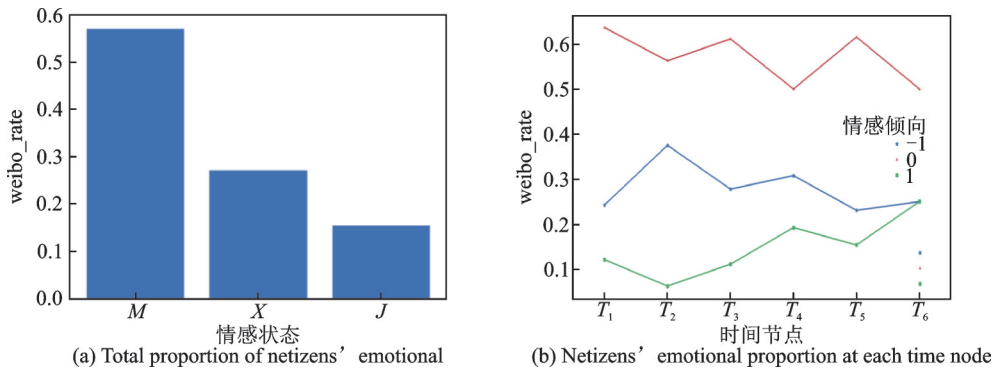


图8 实验3转换后的网民情感比例图

Fig.8 Internet users' emotional scale after conversion based on Experiment 3

2.2.3 基于LSTM模型的情绪转换实验(实验3)

长短期记忆网络模型(Long short term memory, LSTM)是一种改善的循环神经网络训练模型,能够学习长期的规律。它分为输入层、记忆层、遗忘层和输出层4个模块,每个模块中有当前输入和上一时刻的输入值,两个输入分别由对应的权重影响,最后经过 tanh 激活函数根据各模块输出之和判定最终输出值。本实验首先利用实验1中计算所得的对应影响因子的权重值,再将计算所得的各影响因子值传送到 LSTM 模型中,可以通过调用模型上的 predict(·)函数来实现输出层的激活函数的预测,最后利用 LSTM 模型的预测机制实现用户情感状态的演变。

$$\begin{cases} i^{(t)} = \alpha \cdot x(t) \cdot \omega^{(i)} \\ c^{(t)} = \beta \cdot x(t) \cdot \omega^{(c)} \\ o^{(t)} = \gamma \cdot x(t) \cdot \omega^{(o)} \end{cases} \quad (8)$$

$$\tilde{c} = i^{(t)} + c^{(t)} + o^{(t)} \quad (9)$$

式中: $x(t)$ 表示输入的情感状态; $i^{(t)}$ 表示经过输入层后的网民情感状态值; $\omega^{(i)}$ 表示输入层网民情感状态所占比例; $c^{(t)}$ 表示经过遗忘层后网民情感状态值; $\omega^{(c)}$ 表示遗忘层网民情感状态所占比例; $o^{(t)}$ 表示经过输出层厚网民情感状态值; $\omega^{(o)}$ 表示输出层网民情感所占比例; \tilde{c} 表示最终输出的网民情感状态值。

经过 LSTM 模型转换后的网民针对突发事件利益相关者和突发事件本身的情感状态比例如图 9、10 所示。

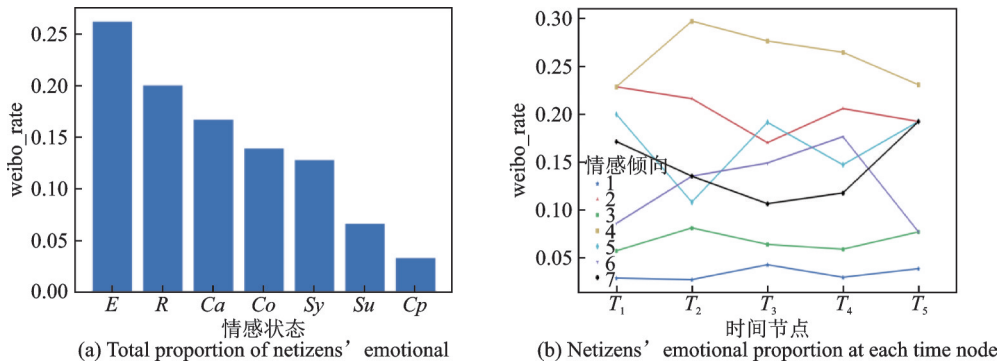


图9 实验3转换后网民针对利益相关者情感比例图

Fig.9 Internet users' emotion scale map for stakeholders after conversion based on Experiment 3

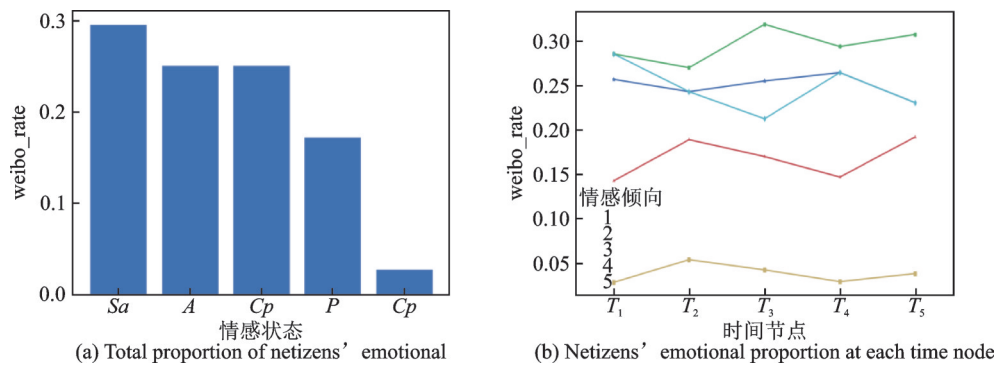


图10 实验3转换后网民针对突发事件本身情感比例图

Fig.10 Internet users' emotion proportion map for emergencies themselves based on Experiment 3

2.2.4 基于朴素贝叶斯模型的情绪转换实验(实验4)

贝叶斯是概率框架下实施决策的基本方法,是考虑如何基于这些概率和误判损失来选择最优的类别标记方法。朴素贝叶斯分类器采用了“属性条件独立性假设”,即对已知类别,假设所有属性相对独立,也就是每个属性独立的对分类结果产生影响。

本实验针对上文中划分的10类网民情感状,根据实验1计算所得的影响因子的权重值,结合贝叶斯公式--基于概率预测和属性独立的假设来获取情感状态转换值(如式(10)),针对不同的情绪转换阈值,判定情感状态是否发生演变。

$$P(A|B) = \frac{P(A)P(B|A)}{P(B)} = \frac{\beta\gamma}{\alpha} \tag{10}$$

网民针对突发事件利益相关者和突发事件本身的情感状态经朴素贝叶斯模型转换后比例如图11、12所示。

2.3 结果分析

4个实验的情绪转换率如表2所示。通过仿真结果可知,实验1根据本文建立的基于SIS传染病模型的情感演变模型 E_p -SIS和 E_o -SIS,影响因子权重值由负面情绪占比决定。 E_p -SIS模型将大部分网民针对突发事件利益相关者的负面情绪状态转换为积极或中性情感状态,但怀疑情绪没有减少。 E_o -SIS模型对网民针对突发事件本身的负面情绪有较高的准换率,但只能将大部分负面情绪转化为中

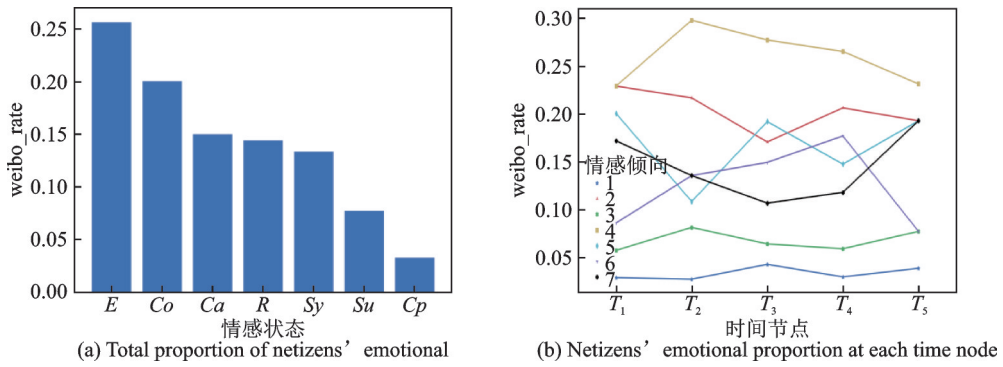


图 11 实验 4 转换后网民针对利益相关者情感比例图

Fig.11 Proportion diagram of netizens' emotionals towards stakeholders after conversion based on experiment 4

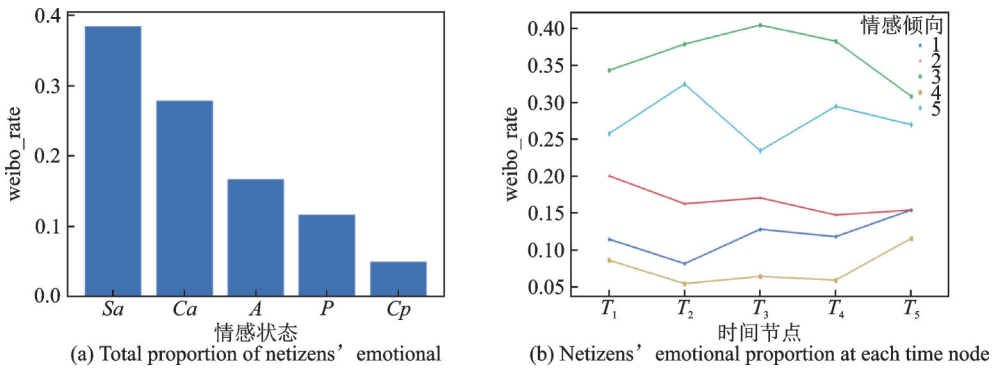


图 12 实验 4 转换后网民针对突发事件本身情感比例图

Fig.12 Proportion diagram of netizens' emotionals towards emergencies themselves after conversion based on experiment 4

性情感,转换为正面情感的较少。本模型适用于情感倾向比较集中的情况,可以很大程度上减少负面情绪。

实验 2 粗略将情感分为 3 类,依据简单的 SIR 传染病模型实现突发事件中网民情感状态的转换,在该模型的作用下,仅有很少一部分消极情绪转化转换为中性或积极情绪,但同时也有小部分积极情绪转换为中性或消极情绪,整体效果并不理想。

实验 3 采用实验 1 计算所得的权重值,结合 LSTM 模型,展现了人工干预下突发事件中网民情感状态的转换情况。经过模型干预,网民针对突发事件利益相关者的情绪占比最高情绪变为正面情绪,正面情绪比重也有一定提升,但占比最高负面膜情绪愤怒(R)比重仍然很高。网民针对突发事件本身的中性情绪比例有一定提升,但负面情绪状态没有明显变化。LSTM 模型在情感演变方面并没有达到预期效果。

实验 4 同样采用实验 1 计算所得权重值并结合朴素贝叶斯模型,对突发事件中网民情感状态的演变进行干预实验。结果显示,网民针对突发事件利益相关者和突发事件本身的情感状态占比最高情感

表 2 4 个实验的情绪转换率对比

Table 2 Comparison of emotional conversion rate of four experiments

实验	T_X^J	T_M^J	T_X^M	T_A
1	0.44	0.17	0.11	0.72
2	0.15	0.02	0.32	0.49
3	0.22	0.11	0.05	0.38
4	0.16	0.25	0.21	0.62

状态已经转换为积极情绪,但是积极情绪的总比重却并不高,消极情绪没有达到较高的演变率,模型效果一般。

3 结束语

本文设计的基于 SIS 模型的情感状态演变模型 E_p -SIS 和 E_o -SIS,从网民对突发事件利益相关者和突发事件本身两个角度出发,研究人工干预情况下,消极情感状态向积极或者中性情感状态的演变情况。从情感集、情感状态分类和模型角度对比发现,从网民对突发事件利益相关者和突发事件本身两个角度出发,结合本文构建的情绪演变模型干预突发事件中网民情感状态,网民负面情感的转换率更高。在研究中发现如下问题需要继续探讨:(1)对各情感状态自身对情感演变的影响情况考虑不够充分;(2)数据集不够丰富,模型只能在小范围内得到验证。

参考文献:

- [1] DARWIN C. The expression of emotions in man and animals[J]. Tredition Classics, 2009, 123(1): 146.
- [2] EKMAN P. Are there basic emotions?[J]. Psychological Review, 1992, 99(3): 550-553.
- [3] OATLEY K, AARON B. The Intentional and social nature of human emotions: reconsideration of the distinction between basic and non-basic emotions[J]. Journal for the Theory of Social Behavior, 1996, 26(1): 81-94.
- [4] LAFRANCE M. Felt versus feigned funniness: Issues in coding smiling and laughing[M]. New York: Springer, 1983: 1-12.
- [5] IZARD C E. Basic emotions, relations among emotions, and emotion-cognition relations[J]. Psychological Review, 1992, 99(3): 561-565.
- [6] 李勇建,王循庆,乔晓娇.基于广义随机 Petri 网的重大传染病传播演化模型研究[J].中国管理科学, 2014, 22(3): 74-81.
LI Yongjian, WANG Xunqing, QIAO Xiaojiao. Evolving model of information towards emergencies based on stochastic petri net [J]. Chinese Journal of Management Science, 2014, 22(3): 74-81.
- [7] 陈波,于玲,刘君亭,等.泛在媒体环境下的网络舆情传播控制模型[J].系统工程理论与实践, 2011, 31(11): 2140-2150.
Chen Bo, YU Ling, LIU Junting, et al. Dissemination and control model of internet public opinion in the ubiquitous media environments[J]. System Engineering — Theory and Practice, 2011, 31(11): 2140-2150.
- [8] GUO Dongwei, CHEN Jing, ZOU Yun. Evolutionary characteristics of public opinion spread in social networks[J]. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 2013, 12(3): 89-95.
- [9] ZHUANG Yunbei, CHEN J J, LI Zhihong. Modelling the cooperative and competitive contagions in online social networks[J]. Physica A: Statistical Mechanics & Its Applications, 2017, 484: 141-151.
- [10] ZHANG Lifan, SU Chang, JIN Yafang, et al. Cross-network dissemination model of public opinion in coupled networks[J]. Information Sciences, 2018. DOI: 10.1016/j.ins.2018.04.037.
- [11] 魏德志,陈福集,林丽娜.基于博弈论和 SIRS 的热点事件传播仿真研究[J].系统仿真学报, 2018, 30(6): 20-57.
WEI Dezhi, CHEN Fujun, LI Lina. Research on simulation of hot event propagation based on game theory and SIRS [J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(6): 20-57.
- [12] 魏静,黄阳江豪,林萍,等.基于改进 SIR 模型的微博网络舆情传播研究[J].情报科学, 2019, 37(6): 16-22.
WEI Jing, HUANG Yangjianghao, LIN Ping, et al. Research on Weibo Internet public opinion communication based on improved SIR model [J]. Information Science, 2019, 37(6): 16-22.
- [13] 魏静,黄阳江豪,朱恒民.基于耦合网络的社交网络舆情传播模型研究[J].现代情报, 2019, 39(10): 110-118.
WEI Jing, HUANG Yangjianghao, ZHU Hengmin. Research on public opinion communication model of social network based on coupling network [J]. Modern Information, 2019, 39(10): 110-118.
- [14] 杨磊,封永雪,侯贵生,等.个体因素与外部环境共同作用下的跨平台社交网络舆情传播模型研究[J].现代情报, 2021, 41(3): 138-147, 158.
YANG Lei, FEN Yongxue, HOU Guisheng, et al. Communication model of cross-platform social network under the interaction of individual factors and external environment [J]. Modern Information, 2021, 41(3): 138-147, 158.

- [15] 韩普,王鹏.基于无标度网络模型和传染病模型的舆论演化仿真研究[J].数据分析与知识发现,2017,1(10): 53-63.
HAN Pu, WANG Peng. Simulation research on the evolution of public opinion based on scale-free network model and infectious disease[J]. Data Analysis and Knowledge Discovery, 2017, 1(10): 53-63.
- [16] YIN Fulian, PAN Yanyan, TANG Xinyi, et al. An information propagation network dynamic considering multi-platform influences[J]. Applied Mathematics Letters, 2022, 133: 108231.
- [17] SUDBURY A J. The proportion of the population never hearing a rumor[J]. Journal of Applied Probability, 1985(22): 443-446.
- [18] ZANETTE D H. Dynamics of rumor propagation on small-world networks[J]. Physical Review E, 2002, 65(4): 1-10.
- [19] LESKOVEC J, MCGLOHON M, FALOUTSOS C, et al. Patterns of cascading behavior in large blog graphs[C]// Proceedings of the SIAM International Conference on Data Mining. New York: ACM Press, 2007: 551-556.
- [20] 范纯龙,宋会敏,丁国辉.一种改进的SEIR网络谣言传播模型研究[J].情报杂志,2017,36(3): 86-91.
FAN Chunlong, SONG Huimin, DING Guohui. Research on an improved SEIR network rumor propagation model[J]. Journal of Information, 2017, 36(3): 86-91.
- [21] YANG Anzhi, HUANG Xianying, CAI Xiumei, et al. ILSR rumor spreading model with degree in complex network[J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2018, 53(1): 121-128.
- [22] 洪巍,王虎.基于SIRT的网络谣言传播演化模型的研究[J].现代情报,2017,37(6): 36-42.
HONG Wei, WANG Hu. Research on the evolution model of Internet rumor propagation based on SIRT[J]. Modern Information, 2017, 37(6): 36-42.
- [23] NIAN F, GUO X, LI J. A new spreading model in the environment of epidemic-related online rumors[J]. Modern Physics Letters B, 2022, 26(4): 2150569.
- [24] 刘人境,孙滨,刘德海.网络群体事件政府治理的演化博弈分析[J].管理学报,2015,12(6): 911-919.
LIU Renjing, SUN Bin, LIU Dehai. Evolutionary game analysis of government governance of network group events[J]. Journal of Management, 2015, 12(6): 911-919.
- [25] MA Jing, LI Dandan, TIAN Zihao. Rumor spreading in online social networks by considering the bipolar social reinforcement [J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2016(447): 108-115.
- [26] ZHAN Xiuxiu, LIU Chuang, ZHOU Ge, et al. Coupling dynamics of epidemic spreading and information diffusion on complex networks[J]. Applied Mathematics and Computation, 2018, 332: 437-448.
- [27] 祁凯,彭程.基于SEIR演化博弈模型旅游公共危机演化与控制研究[J].运筹与管理,2022,31(3): 145-150.
QI Kai, PENG Cheng. Research on the evolution and control of tourism public crisis based on SEIR evolutionary game model [J]. Operation and Management, 2022, 31(3): 145-150.

作者简介:



仲兆满(1977-),男,博士,教授,研究方向:互联网大数据采集与分析,E-mail: zmzhong@jou.edu.cn。



李恒(1995-),女,硕士研究生,研究方向:互联网突发事件监测及应对。



杨洪(1980-),女,博士,副教授,研究方向:微分方程稳定性分析。



管燕(1976-),通信作者,女,讲师,研究方向:模式识别与人工智能,E-mail: gy764@sohu.com。