

文章编号: 2095-2163(2022)03-0147-06

中图分类号: G206.2

文献标志码: A

# 基于用户情绪状态的网络舆情传播模型研究

白梅, 陆啸尘

(上海理工大学管理学院, 上海 200093)

**摘要:** 将用户情绪作为影响因素, 引入到舆情传播模型中, 研究社交网络中舆情传播者在行为特征、社群互动和传播效果上因所处情绪状态不同而体现出的差异性。将用户情绪状态划分为乐观、悲观和中性情緒状态。处于乐观情绪状态和中性情緒状态的信息未知者, 可以和所有传播者邻居互动, 并以一定的概率成为信息传播者; 而处于悲观情绪状态的无知者, 只能被乐观情绪状态传播者影响。构建平均场方程, 从理论上验证模型的有效性。仿真结果表明, 用户情绪状态可以显著影响舆情传播; 乐观情绪状态率会降低传播阈值, 加快传播速度, 增大舆情传播的影响范围; 而悲观情绪状态则具有相反的作用。

**关键词:** 舆情传播; ISR模型; 情绪状态; 行为特征; 活跃度; 信息接触率

## Research on network public opinion propagation model based on users' emotional state

BAI Mei, LU Xiaochen

(School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**[Abstract]** The user's emotion is introduced into the public opinion communication model ISR model as an influential factor to study the differences of public opinion communicators in behavioral characteristics, community interaction and communication effects. Users' emotional states are divided into optimistic, pessimistic and neutral emotional states. The information unknowns in the optimistic mood state and neutral mood state can interact with all the communicators' neighbors and become the information communicators with a certain probability, while the ignorant in the pessimistic mood state can only be influenced by the optimistic mood state communicators. The mean field equation is constructed to verify the validity of the model theoretically. The simulation results show that the user's emotional state can significantly affect the public opinion propagation; The rate of optimistic mood state can reduce the transmission threshold, accelerate the transmission speed, and increase the influence range of public opinion transmission. Pessimistic emotional states have the opposite effect.

**[Key words]** public opinion propagation; ISR model; emotional state; behavioral characteristics; activity rate; information contact rate

## 0 引言

随着网络技术的飞速发展, 大众在网络空间的活动与现实生活愈加贴合。社交网络平台具有的开放性、及时性、匿名性等特点, 使得公众乐于在网络平台上实时分享掌握的各类信息。网络信息的传播实际上更是一种人际互动和交流的过程, 信息的传播演化主要依赖于用户间的交互行为。用户行为的多样性和差异性对个体间的交互模式产生重要影响, 使得网络信息传播更加复杂。情绪是个体的主观体验, 是其对某一事件所产生的认知、评价、态度等结合自身的经验或思维判断后, 综合产生的心理体验和行为表现。在学习和生活中, 个体情绪会影响其所关注的事物和对信息的选择; 在信息的加工过程中, 人的注意、判断、学习、记忆等认知过程也会

受到自身情绪的影响; 研究还指出, 情绪也对决策行为具有直接的影响作用<sup>[1-3]</sup>。在情绪与人际互动关系的进一步研究中发现, 相对于消极情绪, 处于积极情绪状态中的个体更愿意与外界进行互动和联结, 更容易表现出亲社会行为, 对外界的信任度和包容度也较高<sup>[4-6]</sup>。这些研究表明, 情绪对个体的影响作用已经延伸到用户社交行为中, 进而对用户人际互动过程和交互模式产生影响。

为了更好地揭示社交网络中信息传播的内在规律, 本文将用户情绪作为影响因素引入到舆情传播模型(Infected-Susceptible-Removed, ISR)中, 研究用户所处情绪状态对其行为特征和交互模式的影响。其创新性主要体现在:

(1) 引入心理学、社会学等多学科知识, 基于用户个体特征, 面向个体建模, 考虑到了每个传播主体

**基金项目:** 国家自然科学基金(71774111, 71804047, 71401107); 上海高校特聘教授(东方学者)岗位计划资助(1021303601)。

**作者简介:** 白梅(1995-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 复杂网络信息传播、数据挖掘; 陆啸尘(1999-), 男, 本科生, 主要研究方向: 数据挖掘。

**收稿日期:** 2021-11-13

哈尔滨工业大学主办 ◆ 专题设计与应用

行为的主观性特点,丰富了模型构建的深度和宽度;

(2)与传统建模理论中认为度数相同的用户是等同的思想不同,本文允许个体差异性的存在,研究个体在不同情绪状态下呈现出的差异性,在用户行为特征和交互模式中建立联系;

(3)在传播规则和感染率、免疫率等参数的动态设计和制定中,考虑到用户活跃度、信息接触率等因素,使其能更客观真实地反映舆情传播规律。

## 1 传播动力学模型构建

目前,微博是大众进行信息传播的媒介和主要途径,也是舆情发酵的重要阵地,因此本文研究主要针对微博社区进行。社交网络上的每个节点代表一个用户。传统的谣言传播模型 ISR,将社交网络中的用户分为3类,分别是未知者(I)、传播者(S)和免疫者(R)。未知者指尚未接收到舆情信息,但对信息敏感的用户;传播者对接收到的舆情信息认可,并在网络中将其传播;免疫者指已经传播过该类信息,且由于各种原因不再具备传播动机与能力的用户。在基本情绪理论中,虽然研究者们提出的基本情感的数量和类别不尽相同,但分类方法基本相同。因此,本文将用户情绪状态分为乐观(Optimistic)、中性(Neutral)和悲观(Pessimistic)情绪状态。

**定义1** 情绪状态是一种心理状态,是个体的某种情绪在一定时间范围内的持续,具有连续性、弥散性和个性化等特点。在微博网络中,用户通过发布文本、表情、图片或者视频等内容,来表达和记录心情或状态。由于外部环境等多种因素的影响,日常生活中个体的情绪通常处于时刻变化中,并且情绪发生的强度、持续时间等特性之间差异较大,因此若分析用户在某一时刻的情绪很难精准把握且不具有代表性。本文通过对用户在某一时间段所发布的所有历史内容进行语义和情感信号的定性定量分析,以此获得个体在某一时间段中的情绪状态。将用户的历史微博内容形式化地描述为一个二元组:  $u_i = \{u_i\_Name, u_i\_MBlog\}$ 。其中,  $u_i\_Name$  为用户名,是用户的唯一身份标识;  $u_i\_MBlog = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$  为用户在时间段  $TP = [tp_0, tp_1]$  内发表的所有微博的集合<sup>[7]</sup>。利用微博文本词性检测和表情符号分类方法,分析每一条微博的情绪特征,将其表示为集合  $\gamma_i^j = \{\gamma_i^1, \gamma_i^2, \dots, \gamma_i^k\}$ ,  $\gamma_i^j \in \gamma, j \leq k$ ; 其中,  $\gamma = \{opt, neu, pes\}$  为微博内容情绪种类的集合;用情绪特征历史记录集合  $\gamma_i^j$  中权重最高的情绪类别,来表征用户  $u_i$  在时间段  $TP$  期间的情绪状态<sup>[8-9]</sup>。

**定义2** 用户社交行为:微博网络中用户的社交行为主要包括发布原创微博、转发信息、评论信息、转评信息、点赞信息;用户之间通过关注和被关注关系实现联结和互动,也是一种社交行为。

## 2 用户行为特征分析及模型假设

情绪是人们参与到外界进行互动和交流的高级内驱力。一个积极的个体通常思维活跃且充满活力,其对外界具有较高的接纳度和包容性,喜欢主动探索世界,会与外界产生更多的联结关系<sup>[10]</sup>。Fredrickson 积极情绪拓展和建构理论指出,在积极情绪的促使下,个体的注意力和社交范围都会得以拓展;而处于消极情绪状态中的个体,往往喜欢聚焦于自己、固执于自己的定向思维,则其与外界的互动便会受到限制。个体处于这种不良心境状态中,往往对外界信息的处理能力较差、思维迟钝、精神疲惫等<sup>[11-13]</sup>。另一方面,当人们处于中性情绪状态时,对外界事物往往没有主观的情感倾向,很容易随波逐流,被其他人群干扰。

在微博社区网络中,从用户情绪状态与其社交行为特征之间建立的联系不难发现,当用户处于积极乐观的情绪状态中,其在社交网络中的活跃度会变得较高,点赞、转发、评论等互动行为较为频繁,对各种事物都喜欢发表自己的意见和看法;感兴趣的对象也较多,接触到的信息面较广,会经常更新关注列表;此外,还乐于发布原创微博。中性情绪状态中的用户浏览微博的频率也较高,在微博上会有大量点赞、转发信息的行为,但大都属于随波逐流,带有主观情感色彩的评论和原创微博较少。而当用户处于悲观情绪状态中时,很少主动与外界进行交流,偶尔还会发布一些带有消极情感色彩的微博内容。

基于以上分析,对 ISR 模型进行改进,并提出以下假设:

**假设1** 在传统信息传播模型的基础上,考虑到用户情绪状态,将用户种群( $N$ )分为以下7种状态,每个用户都处于一个独特的状态:处于乐观情绪状态的无知者( $I_o$ )、处于中性情绪状态的无知者( $I_N$ )、处于悲观情绪状态的无知者( $I_p$ )、处于乐观情绪状态的传播者( $S_o$ )、处于中性情绪状态的传播者( $S_N$ )、处于悲观情绪状态的传播者( $S_p$ )和免疫者( $R$ )。

**假设2** 网络中的任一节点处于乐观情绪状态的概率为  $\alpha$ 。乐观情绪状态未知者( $I_o$ )活跃度较高,会积极与外界进行互动、社交范围广,能主动地

与周围所有传播节点邻居交互,并以  $\lambda$  的概率成为信息传播者。因此,乐观情绪状态无知者  $I_o$  的状态转移过程可以表示为:

$$\begin{cases} I_o + S_o \xrightarrow{\lambda} S_o + S_o \\ I_o + S_N \xrightarrow{\lambda} S_o + S_N \\ I_o + S_P \xrightarrow{\lambda} S_o + S_P \end{cases} \quad (1)$$

**假设3** 网络中的任意节点用户处于悲观情绪状态的概率是  $\beta$ 。这类用户活跃性较低,不愿主动与外界进行互动和交流,因此其获取外界信息的通道受限。而乐观情绪状态传播者  $S_o$  会主动与周围所有节点接触,此时悲观情绪状态未知者被其影响,与其发生交互行为,状态转移过程表示为:

$$I_p + S_o \xrightarrow{\lambda} S_p + S_o \quad (2)$$

**假设4** 处于中性情绪状态的未知者在网络中的活跃度也较高,能主动地与周围所有传播节点邻居交互,喜欢漫无目的地浏览信息,但很少会有自己的见解和观点。这类用户状态转移过程可以表示为:

$$\begin{cases} I_N + S_o \xrightarrow{\lambda} S_N + S_o \\ I_N + S_N \xrightarrow{\lambda} S_N + S_N \\ I_N + S_P \xrightarrow{\lambda} S_N + S_P \end{cases} \quad (3)$$

**假设5** 用户在微博网络中的点赞、评论、转发等社交行为都是用户活跃性的体现;用户发帖的数量和频率、粉丝数和关注数量的更新变化也能体现出用户的活跃度。本文探讨的用户行为特征因所处情绪状态的不同而体现出差异性,因此情绪状态概率  $\alpha, \beta$  的定义中包含了用户活跃度的设计。

**假设6** 在微博网络中,用户  $u_i$  关注的对象所发布的信息会直接推送给用户  $u_i$ 。因此,用户的关注数量越多,则其获取的信息量越大、接触的信息面越广;同时,用户在网络中的活跃度越高、浏览频率越高、社交行为越多,其接触到舆情信息的可能性也越大。因此感染率、情绪状态概率和免疫率的定义中包含了与信息接触率的设计。

### 3 模型平衡点及阈值

按照传统的传播动态研究方法,用  $I(k, t)$ 、 $S(k, t)$  和  $R(k, t)$  分别表示在  $t$  时刻、类指标为  $k$  下的未知者、传播者和免疫者的数量;并用  $\rho^I(k, t)$ 、 $\rho^S(k, t)$  和  $\rho^R(k, t)$  分别表示其密度。在  $t$  时刻、类指标  $k$  下的任意未知节点  $i$ , 处于乐观情绪状态的概率为  $\alpha$ , 处于悲观情绪状态的概率为  $\beta$ , 则以概率

$1 - \alpha - \beta$  处于中性情绪状态。信息的传播率为  $\lambda$ , 传播状态的用户转变为免疫状态的移除率为  $\delta$ 。在不考虑用户节点在  $[t, t + \Delta t]$  期间的相互作用下,假设节点  $i$  在  $t$  时刻有  $g (g \leq k)$  个传播者邻居,那么节点  $i$  保持未知状态的概率为  $(1 - \lambda \Delta t)^g$ 。

根据上述传播规则,乐观情绪状态的无知者节点  $i$  有  $g$  个传播邻居的概率为:

$$N_i^S(g, t) = C_k^g (\theta(k, t))^g (1 - \theta(k, t))^{k-g} \quad (4)$$

其中,  $\theta(k, t) = \sum_k P(k' | k) \rho^S(k', t)$  表示在  $t$  时刻、 $k$  类下的未知者,在给定链路上连接一个传播者邻居的概率,  $P(k' | k)$  是网络的度相关函数。那么对任意  $g$ , 乐观情绪状态未知者保持未知状态不变的概率为:

$$H_{II}^O(k, t) = \sum_{g=0}^k C_k^g (\theta(k, t))^g (1 - \theta(k, t))^{k-g} (1 - \lambda \Delta t)^g \quad (5)$$

则转变为传播者的概率为  $H_{IS}^O(k, t) = 1 - H_{II}^O$ ; 而处于中性情绪状态的无知者在  $t$  时刻对任意  $g$ , 保持未知状态不变的概率为:

$$H_{II}^N(k, t) = \sum_{g=0}^k C_k^g (\theta(k, t))^g (1 - \theta(k, t))^{k-g} (1 - \lambda \Delta t)^g \quad (6)$$

则变为传播者的概率为  $H_{IS}^N(k, t) = 1 - H_{II}^N$ 。当一个未知者处于悲观的情绪状态时,只能被活跃度较高的乐观情绪状态传播者影响。此时节点  $i$  在给定链路上连接一个乐观情绪状态传播者邻居的概率为  $\alpha \theta(k, t)$ , 则其有  $g$  个乐观情绪状态传播者邻居的概率为:

$$N_i^S(g, t) = C_k^g (\alpha \theta(k, t))^g (1 - \alpha \theta(k, t))^{k-g} \quad (7)$$

此时悲观情绪状态的未知者保持未知状态不变的概率为:

$$H_{II}^P(k, t) = \sum_{g=0}^k C_k^g (\alpha \theta(k, t))^g (1 - \alpha \theta(k, t))^{k-g} (1 - \lambda \Delta t)^g \quad (8)$$

$$\text{则 } H_{IS}^P(k, t) = 1 - H_{II}^P$$

综上分析,在  $[t, t + \Delta t]$  期间,公众各状态的变化率可分别表示为:

$$\begin{aligned} I(k, t + \Delta t) = & I(k, t) - \alpha I(k, t) (1 - (1 - \lambda \Delta t \sum_{k'} P(k' | k) \rho^S(k', t))^k) - \beta I(k, t) (1 - \\ & (1 - \lambda \alpha \Delta t \sum_{k'} P(k' | k) \rho^S(k', t))^k) - \\ & (1 - \alpha - \beta) I(k, t) (1 - (1 - \lambda \Delta t \sum_{k'} P(k' | k) \rho^S(k', t))^k) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
S(k, t + \Delta t) = & S(k, t) + \alpha I(k, t) (1 - (1 - \\
& \lambda \Delta t \sum_{k'} P(k' | k) \rho^S(k', t))^k) + \beta I(k, t) (1 - \\
& (1 - \lambda \alpha \Delta t \sum_{k'} P(k' | k) \rho^S(k', t))^k) + \\
& (1 - \alpha - \beta) I(k, t) (1 - (1 - \\
& \lambda \Delta t \sum_{k'} P(k' | k) \rho^S(k', t))^k) - \delta \Delta t S(k, t) \quad (10)
\end{aligned}$$

$$R(k, t + \Delta t) = R(k, t) + \delta \Delta t S(k, t) \quad (11)$$

对于结构不相同的异构网络,度相关性函数

$$P(k' | k) = \frac{k' P(k')}{\langle k \rangle}。根据初始条件 \rho^S(k, 0) = 1,$$

对其变形可以得到:

$$\frac{\lambda}{\delta} > \frac{1}{1 - \beta + \alpha \beta} \frac{\langle k \rangle}{\langle k^2 \rangle} \quad (12)$$

因此,各参数的临界阈值可以表示为:

$$\lambda_c = \frac{\delta \langle k \rangle}{\langle k^2 \rangle (1 - \beta + \alpha \beta)} \quad (13)$$

$$\alpha_c = 1 - \frac{1}{\beta} + \frac{\delta \langle k \rangle}{\lambda \beta \langle k^2 \rangle} \quad (14)$$

$$\beta_c = \frac{\delta \langle k \rangle}{\lambda \langle k^2 \rangle (\alpha - 1)} - \frac{1}{\alpha - 1} \quad (15)$$

## 4 仿真分析

为了验证本文构建的舆情传播模型有效性,并进一步分析传播过程中各状态用户的变化趋势和舆情传播规律,基于式(9)~式(11)进行数值仿真实验,每次以随机选择的不同初始传播者运行50次,取所有结果的平均值进行分析。

### 4.1 乐观情绪状态率对传播过程的影响

本文将用户情绪状态率作为影响舆情传播的重要参数引入到模型中,参数 $\alpha$ 表示个体处于乐观情绪状态中的概率,参数 $\beta = 0.8, \delta = 0.2$ 保持不变。图1展示了不同的 $\lambda$ 与 $\alpha$ 值对传播过程的影响。图中的实心白线对应 $\lambda = 0.205 / (0.35\alpha + 0.65)$ ,表示由临界传播概率和临界乐观情绪状态率构成的一条清晰的临界曲线;水平虚线对应 $\lambda = 0.205$ ,在此线之下的信息传播率小于信息传播的临界阈值,表示在此线之下的传播规模很小且不能在网络中大规模传播;垂直虚线对应 $\alpha = \sqrt{1 - \langle k \rangle / \langle k^2 \rangle} = 0.108$ ,当乐观情绪状态率小于这条线时,意味着即使在最大的信息传播概率 $\lambda = 1$ 时,动态传播都会被限制在一个很小的区域内。同时由图可以看出,随着 $\alpha$ 的增大,传播临界阈值 $\lambda_c$ 随之减小,这表明,乐观情绪状态率 $\alpha$ 对舆情的传播具有一定的控制作用。

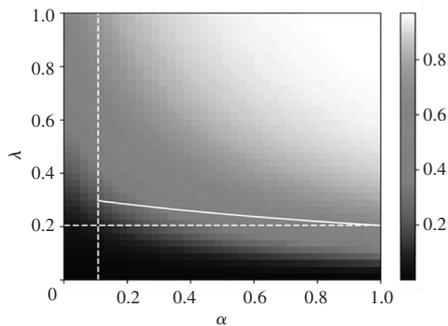


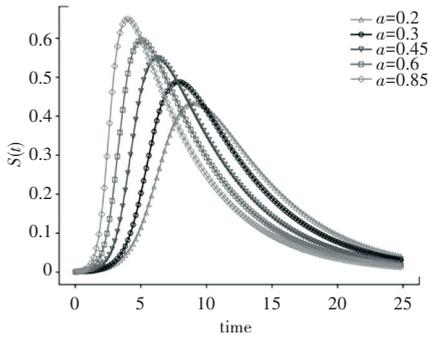
图1 不同 $\lambda$ 和 $\alpha$ 对舆情传播规模的影响

Fig. 1 Influence of different  $\lambda$  and  $\alpha$  on the scale of public opinion communication

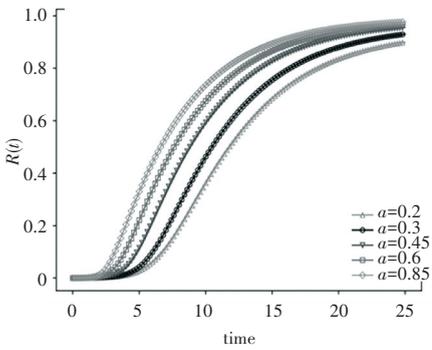
在网络舆情传播过程中,传播者密度的峰值反应了舆情达到的最大规模,免疫者密度的最终稳态值,反应了舆情的最终扩散范围。因此,探究传播者与免疫者密度的变化规律是极其重要的。图2反应了在不同 $\alpha$ 的影响下传播者和免疫者密度随时间的变化趋势。设置各参数 $\lambda = 0.8, \alpha = 0.2, 0.3, 0.45, 0.6, 0.85$ 。从图中可以发现,在舆情的传播过程中,传播者用户的密度呈现先增加后下降的趋势,免疫用户的密度随时间而持续增加,最终达到一个稳定状态。根据图2(a),比较不同 $\alpha$ 值下传播者密度随时间的变化趋势发现,传播者密度达到的峰值随 $\alpha$ 的增加而增大,且 $\alpha$ 值越大,达到峰值所需时间就越短。此外,舆情前期的爆发速率和后期的消散速度也都随 $\alpha$ 值的增大而加快。根据图2(b)可以发现, $\alpha$ 的值越大,舆情传播则能更加快速地趋于稳定状态,且达到的最终稳态值也更大。当系统中的免疫用户密度达到稳定状态时,就代表了公众舆论的消失。

### 4.2 悲观情绪状态率对舆情传播的影响

图3显示了在不同的 $\lambda$ 和 $\beta$ 下传播规模的热力图,其中存在明显的临界现象。保持参数 $\alpha = 0.2, \delta = 0.2$ 不变,图中的实心白线对应 $\lambda = 0.205 / (1 - 0.8\beta)$ ,表示由临界传播概率和临界悲观情绪状态率构成的一条清晰的临界曲线。水平虚线对应 $\lambda = 0.205$ ,表示在此线之下的信息传播规模将会很小,并且不能在网络中大规模传播;垂直虚线对应 $\beta = 0.108$ ,意味着即使在最大的信息传播概率 $\lambda = 1$ 时,动态传播都会被限制在一个很小的区域内。图4显示了不同 $\beta$ 影响程度下传播者和免疫者密度变化规律。设置参数 $\lambda = 0.8, \beta = 0.05, 0.2, 0.4, 0.65, 0.8$ 可以看出,传播者密度达到的峰值和免疫者密度的最终稳态值均随 $\beta$ 值的增大而减小; $\beta$ 值越大,舆情爆发就越慢、持续时间越长、最终知晓网络舆情信息的人数就越少,且舆情产生的影响范围也更小。



(a) 不同  $\alpha$  值下传播者密度随时间变化趋势



(b) 不同  $\alpha$  值下免疫者密度随时间变化趋势

图 2 不同  $\alpha$  影响程度下传播者与免疫者的密度变化趋势

Fig.2 The change trend of the density of spreaders and immunizers under different influence degree of  $\alpha$

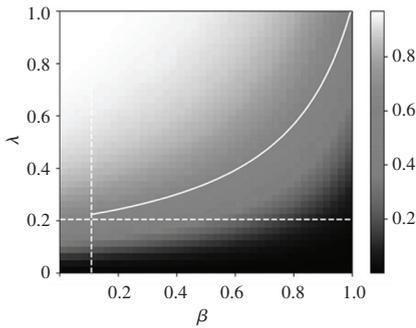
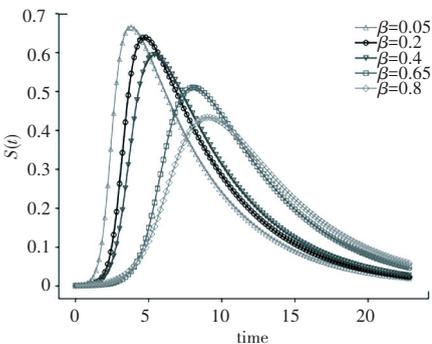
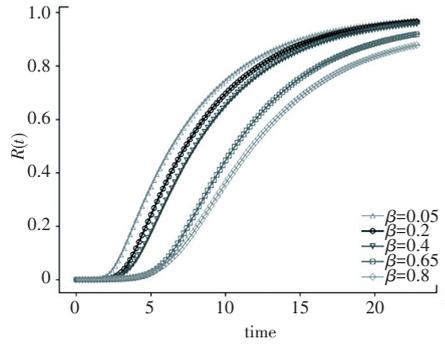


图 3 不同  $\lambda$  和  $\beta$  对舆情传播规模的影响

Fig.3 Influence of different  $\lambda$  and  $\beta$  on the scale of public opinion communication



(a) 不同  $\beta$  值下传播者密度随时间变化趋势



(b) 不同  $\beta$  值下免疫者密度随时间变化趋势

图 4 不同  $\beta$  影响程度下传播者与免疫者的密度变化趋势

Fig. 4 The change trend of the density of spreaders and immunizers under different influence degree of  $\beta$

### 5 结束语

从实际角度考虑, 社交网络中未知者数量代表了舆情可能的影响范围, 传播者人数代表着舆情信息的话题热度和散布规模, 免疫人群代表了舆情的消散态势。因此, 在舆情治理中可以通过调整初始易感人群的数量和每类人群的比例, 使舆情信息传播朝着预期方向发展。仿真实验结果为此提供了理论依据。由分析结果可知, 当希望舆情信息在网络中大规模传播时, 可以在事件发展初期增加乐观情绪状态用户的比例, 使信息以较短的时间和较快的速度达到较大的传播峰值, 也就是加速舆情的爆发。但与此同时, 较大比例的积极情绪用户也会使得事件的持续时间缩短, 因此在传播后期, 政府、媒体或其他相关部门可以采取适当调控措施, 以降低信息的消散速度。当不希望舆情信息在网络中大规模爆发时, 可以增加悲观情绪状态用户比例来有效抑制舆情。由分析可知, 悲观情绪状态用户数越多, 舆情所能达到的传播量和最终散布范围也越小, 但却使网络中话题持续时间越长。因此在传播后期可以增加乐观情绪状态用户比例或采取其他加快舆论消散速度的措施。此外, 控制不同人群比例的措施也能够起到及时调整公众情绪的作用, 避免极端情绪的形成。

### 参考文献

[1] 庄锦英. 情绪与决策的关系[J]. 心理科学进展, 2003(4): 423-431.

[2] BECHARA A, DAMASIO H, TRANEL D, et al. Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy [J]. Science, 1997, 275: 1293-1295.

[3] WANG Y Y, AGRAWAL N, HAN D, et al. What Is the Role of Emotions in Educational Leaders' Decision Making? Proposing an Organizing Framework [J]. Educational Administration Quarterly, 2021, 57(3): 372-402.