

高校突发事件中网络谣言传播模型的动力学研究

高卫国^a, 蔡永丽^b

(淮阴师范学院 a. 计算机科学与技术学院; b. 数学与统计学院, 江苏 淮安 223300)

摘要:针对高校突发事件中网络谣言的传播特点,将高校人群分为无知者、造谣者和管理者(高校教师和学生志愿者宣传员)3类,建立了具有饱和接触率的谣言传播动力学模型,给出了模型平衡点的存在性,分析了平衡点的稳定性,并运用分支理论给出了Hopf分支存在的充分条件.在此基础上,借助数值模拟进一步讨论了谣言传播模型的动力学行为.结果表明:只有当管理强度足够大使得阈值条件满足时,谣言才能得到有效控制,且管理强度越大,谣言控制时间越短.这为人们制定高校突发事件中网络谣言防控措施提供了理论基础和参考依据.

关键词:网络谣言传播;稳定性;Hopf分支;管理强度;动力学

中图分类号:O175.26

文献标志码:A

文章编号:1000-2367(2025)01-0050-07

高校突发事件指的是因自然、人为或社会缘由引发的,突然发生在高校校园内(或是发生在校外但事件的主体是高校师生)的,对高校的教学、科研、生活、稳定造成一定影响、冲击或危害的事件.按高校突发事件的性质分,包括:自然灾害(如地震、洪水、台风、暴雪等)、事故灾难(如实验室或学生宿舍发生的电器火灾、爆炸、楼舍倒塌、人员踩踏等)、公共卫生事件(如传染病扩散、食物中毒等)、社会安全事件(如群体性事件、恐怖袭击事件、治安刑事案件、涉外突发事件等)及非正常死亡事件(如师生自杀、他杀和意外死亡等)等几类.其主要特点有:事件难以预测的隐蔽性、师生言语行为的过激性、不实谣言扩散的迅猛性、网络舆情存在的持久性等.

当今社会正处于网络时代、大数据时代,高校的突发事件因谣言传播极易引发网络舆情,这给高校教育管理工作带来了新的挑战.随着网络信息技术的飞速发展,各种网络新媒体平台以其独特的优势成为高校师生获取信息、学习知识的重要渠道,也成为突发事件谣言传播的主要平台.习近平总书记强调:“运用网络传播规律,弘扬主旋律,激发正能量,大力培育和践行社会主义核心价值观,把握好网上舆论引导的时、度、效,使网络空间清朗起来”^[1].研究突发事件状态下高校网络谣言传播规律,提升主流思想文化的传播力,牢牢把握思想舆论阵地,占领网络空间的制高点,战略意义重大.

数学模型是研究网络谣言传播的理论工具之一^[2-5].基于谣言传播与传染病传播相似的特点,DALEY等^[6]率先利用传染病动力学方法研究了谣言传播规律.随后,很多工作论证了传染病仓室建模的思想可以用在谣言传播动力学的研究上,并且结合传染病建模中易感者、感染者以及康复者会因为死亡而退出系统的思想,他们假设人们会因为对谣言失去兴趣或者遗忘、个体兴趣的转移等主动退出系统^[7-10].赵敏等^[11]借助SIR仓室模型把人群分成了无知者、造谣者和恢复者三类并考虑政府相关部门会采取措施使得造谣者转化为恢复者,发现了政府部门加强对网络谣言传播的控制能有效减小谣言传播的最终规模.樊重俊等^[12]假设应急管理发布的科普知识会使得一部分谣言传播者对事实真相有所认识,从而放弃继续传播谣言并且加入

收稿日期:2023-10-10;**修回日期:**2023-12-04.

基金项目:国家自然科学基金(12071173).

作者简介:高卫国(1976—),男,江苏宿迁人,淮阴师范学院副教授,研究方向为数学建模与教育管理,E-mail:gwguo888@163.com.

通信作者:蔡永丽,女,教授,E-mail:yonglicai@hytc.edu.cn.

引用本文:高卫国,蔡永丽.高校突发事件中网络谣言传播模型的动力学研究[J].河南师范大学学报(自然科学版),2025,53(1):50-56.(Gao Weiguo, Cai Yongli. Study on the dynamics of network rumor spreading model in emergencies in universities[J]. Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition), 2025, 53(1): 50-56. DOI: 10.16366/j.cnki.1000-2367.2023.10.10.0001.)

应急管理来遏制不实谣言的传播,构造了一个新的谣言传播模型并得到了谣言大规模扩散和有效应急管理的临界值. XIA 等^[13]提出利用非线性发生率来刻画谣言的传播过程更符合实际情况. 朱霖河等^[14]指出使用饱和发生率可以描述当谣言爆发时,人们受心理因素的影响更倾向于接受谣言,此时无知者与造谣者接触更加频繁,谣言的传播率在在一定程度上会增加,但是随着舆情的发展,传播率会达到饱和. YU 等^[15]注意到很多研究工作没有探究分支对谣言传播的影响而致力于展开谣言传播模型分支动力学的研究,并且试图找到控制谣言是否扩散的阈值条件. 不同于文献[11],文献[16]充分考虑到文献[12]中谈到的管理者的及时干预在谣言传播过程中的作用,将网民分为无知者、造谣者和智者三类建立了一类双线性网络谣言传播模型,研究结果表明:只有当智者加强联系无知者,及时告知突发事件真相,正确引导无知者,提升其辨别是非的能力,尽可能做到不信谣、不传谣,从而控制谣言传播者的传播率,最终有效控制谣言传播. 此外,造谣者自身素质的提高也能够有效控制谣言的传播,这可以追溯到文献[17]. 但是,针对高校突发事件中谣言传播的研究尚不多见.

基于上述讨论,围绕文献[16],本文将应用传染病动力学建模思想,建立新的具有饱和接触率的网络谣言传播动力学模型,通过平衡点的稳定性分析和数值模拟,进一步研究高校突发事件中网络谣言的传播规律以及相应的控制措施.

1 模型建立

借鉴传染病动力学建模思想和方法,将高校人群 $N(t)$ 分为 3 类:无知者(对谣言一无所知并且不具备辨识能力的学生) $u(t)$ 、造谣者(制造或获知谣言后将谣言肆意传播的学生) $v(t)$ 和管理者(高校教师和学生志愿者宣传员) $w(t)$,并假设突发事件发生时:(i)无知者 $u(t)$ 以常数输入率 A 进入系统;(ii)无知者 $u(t)$ 依赖饱和发生率与造谣者 $v(t)$ 接触后以比率 α 转化为造谣者;(iii)管理者 $w(t)$ 与无知者 $u(t)$ 和造谣者 $v(t)$ 接触后为其解读事件真相,尽可能使他们不信谣不传谣,并且部分无知者和造谣者会成为学生志愿者宣传员,也就是说,部分无知者和造谣者将变成管理者. 假设无知者和造谣者转化为管理者的比率分别为 β 和 δ ,下文将其统称为管理强度;(iv)造谣者 $v(t)$ 通过自主了解事件真相,从而形成正确判断(自身素质的提高),且以比率 η 退出造谣者仓室,变成学生志愿者宣传员,成为管理者;(v)无知者、造谣者和管理者因对谣言本身不感兴趣或者因为上课、考试导致注意力转移等原因以比率 μ 退出系统.

所对应的谣言传播动力学模型为:

$$\begin{cases} \frac{du}{dt} = Au - \frac{\alpha uv}{a+v} - \beta uw - \mu u, \\ \frac{dv}{dt} = \frac{\alpha uv}{a+v} - \delta vw - \eta v - \mu v, \\ \frac{dw}{dt} = \beta uw + \delta vw + \eta v - \mu w, \end{cases} \quad (1)$$

其中,所有参数都是正常数. A 表示输入率常数, α 表示无知者与造谣者的接触率, β 表示无知者与管理者的接触率(管理强度), μ 表示个体由于对谣言本身不感兴趣或者因为上课、考试等导致注意力转移等原因退出系统的比率, a 表示半饱和系数, δ 表示造谣者与管理者的接触率(管理强度), η 表示造谣者转化为管理者的比率. 为了便于分析,假设 $r := A - \mu > 0$.

2 模型的动力学分析

2.1 平衡点的存在性

定义

$$R_0 := \frac{\alpha\mu}{a(\beta(\eta + \mu) + \delta r)},$$

可给出如下定理.

定理 1 对于模型(1), (i) 总存在灭绝平衡点 $E_0 = (0, 0, 0)$ 和边界平衡点 $E_1 = (u_1, 0, w_1)$, 其中 $u_1 = \frac{\mu}{\beta}$,

$w_1 = \frac{r}{\beta}$; (ii) 当 $R_0 > 1$ 时, 存在正平衡点 $E^* = (u^*, v^*, w^*)$, 其中,

$$u^* = \frac{(\beta(\eta + \mu) + \delta(r - \alpha))v^* + a(\beta(\eta + \mu) + \delta r)}{\alpha\beta}, w^* = \frac{(r - \alpha)v^* + ar}{\beta(a + v^*)},$$

且 v^* 是方程

$$H(v) = m_2 v^2 + m_1 v + m_0, \quad (2)$$

的正根, 其中

$$\begin{aligned} m_2 &= r(\delta r + \beta(\eta + \mu)) - \alpha(\beta\mu + \delta r), \\ m_1 &= -a\alpha\beta\mu - a\alpha\delta r + 2a\beta\eta r + 2a\beta\mu r + 2a\delta r^2 + \alpha^2\mu - \alpha\mu r, \\ m_0 &= ar(a(\beta(\eta + \mu) + \delta r) - \alpha\mu). \end{aligned}$$

证明 显然, 模型(1)总存在灭绝平衡点 $E_0 = (0, 0, 0)$ 和边界平衡点 $E_1 = (\frac{\mu}{\beta}, 0, \frac{r}{\beta})$. 下面证明模型(1)正平衡点的存在性. 当 $R_0 > 1$ 时, 对于方程(2), 有 $m_0 < 0$.

(i) 若 $r > \alpha$, 则 $m_2 > 0$, 所以 $H(v)$ 存在唯一的正根;

(ii) 若 $r < \alpha$, 简单计算可知: $H(\frac{ar}{\alpha - r}) = \frac{ra^2\alpha^2\beta\eta}{(\alpha - r)^2} > 0$ 所以方程(2) 在区间 $(0, \frac{ar}{\alpha - r})$ 上存在唯一的正根. 故当 $R_0 > 1$ 时, 模型(1) 存在唯一的正平衡点 E^* . 证毕.

2.2 平衡点的稳定性及 Hopf 分支

模型(1)的灭绝平衡点 E_0 是不稳定的, 其证明是标准的, 在此忽略. 接下来主要考虑平衡点 E_1 和 E^* .

2.2.1 边界平衡点 E_1 的稳定性

定理 2 当 $R_0 < 1$ 时, 平衡点 E_1 是全局渐近稳定的.

证明 构造 Lyapunov 函数 $V = u - u_1 - u_1 \ln \frac{u}{u_1} + v + w - w_1 - w_1 \ln \frac{w}{w_1}$, 则 $\frac{dV}{dt} = (1 - \frac{u_1}{u})(ru - \frac{auv}{a + v} - \beta u w) + \frac{auv}{a + v} - \delta v w - \eta v - \mu v + (w - w_1)(\beta u + \delta v + \frac{\eta v}{w} - \mu) \leq \frac{\alpha u_1 v}{a + v} - \mu v - \delta w_1 v - \frac{\eta w_1 v}{w}$.

由模型(1)的第 1 个方程可知 $\frac{w_1}{w} > 1$, 所以 $\frac{dV}{dt} \leq (\frac{\alpha u_1}{a} - (\mu + \eta + \delta w_1))v = \frac{\beta(\eta + \mu) + \delta r}{\beta}(R_0 - 1)v$. 因此, 当 $R_0 < 1$ 时, 有 $V' < 0$. 故由 LaSalle 不变集原理可得, 平衡点 E_1 是全局渐近稳定的. 证毕.

2.2.2 正平衡点 E^* 的稳定性及 Hopf 分支

模型(1)在正平衡点 E^* 处的雅可比矩阵为:

$$J^* = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{\alpha a u^*}{(a + v^*)^2} & -\beta u^* \\ \frac{\alpha v^*}{a + v^*} & \frac{\alpha u^*}{a + v^*} - \frac{\alpha u^* v^*}{(a + v^*)^2} - \delta w^* - \eta - \mu & -\delta v^* \\ \beta w^* & \delta w^* + \eta & \beta u^* + \delta v^* - \mu \end{pmatrix}.$$

通过计算可得, 模型(1)在平衡点 E^* 处的特征方程为

$$\lambda^3 + p_2 \lambda^2 + p_1 \lambda + p_0 = 0, \quad (3)$$

其中,

$$p_2 = \frac{\alpha u^* v^*}{(a + v^*)^2} + \frac{\eta v^*}{w^*} > 0,$$

$$p_1 = -(-\beta^2 u^* w^* + (\beta u^* + \delta v^* - \mu)(\delta w^* + \eta + \mu) - \delta v^*(\delta w^* + \eta)) + \frac{a\alpha^2 u^* v^*}{(a + v^*)^3} +$$

$$(\beta u^* + \delta v^* - \mu) \frac{\alpha a u^*}{(a + v^*)^2},$$

$$p_0 = \frac{a u^* v^* (a \beta (\beta u^* w^* + \delta v^* w^*) + \beta v^* w^* (\beta u^* + \delta v^*) + a^2 \beta \eta + \frac{a \alpha \eta v^*}{w^*} + \beta \eta v^* (2a + v^*))}{(a + v^*)^3} > 0.$$

令 $\Phi(\delta) = p_2 p_1 - p_0$.

定理 3 对于模型(1),假设 $R_0 > 1$ 成立,当 $\Phi(\delta) > 0$ 时,平衡点 E^* 是稳定的;当 $\Phi(\delta) < 0$ 时,平衡点 E^* 是不稳定的;当 $\delta = \delta_h$ 时,若 $\Phi(\delta_h) = 0$ 且 $\frac{d\Phi(\delta)}{d\delta} \big|_{\delta=\delta_h} \neq 0$ 成立,则模型(1) 在平衡点 E^* 处存在 Hopf 分支.

证明 由 Hurwitz 判据,可知当 $\Phi(\delta) > 0$ 时,正平衡点 E^* 是稳定的;当 $\Phi(\delta) < 0$ 时,正平衡点 E^* 是不稳定的.假设当 $\delta = \delta_h$ 时,有 $\Phi(\delta_h) := p_2(\delta_h) p_1(\delta_h) - p_0(\delta_h) = 0$, 则方程(3)可变为

$$(\lambda^2 + p_1(\delta_h))(\lambda + p_2(\delta_h)) = 0. \tag{4}$$

因此,方程(4)有 3 个根: $\lambda_1 = i\sqrt{p_1(\delta_h)}$, $\lambda_2 = -i\sqrt{p_1(\delta_h)}$ 和 $\lambda_3 = -p_2(\delta_h)$. 因此对于 δ 的小邻域,特征方程的根有如下形式: $\lambda_1(\delta) = \kappa_1(\delta) + i\kappa_2(\delta)$, $\lambda_2 = \kappa_1(\delta) - i\kappa_2(\delta)$ 和 $\lambda_3 = -\kappa_3(\delta)$, 其中 $\kappa_i (i = 1, 2, 3)$ 是实数.

通过方程(3)可以得到

$$\frac{d\lambda}{d\delta} = \frac{\lambda^2 \frac{dp_2}{d\delta} + \lambda \frac{dp_1}{d\delta} + \frac{dp_0}{d\delta}}{3\lambda^2 + 2p_2\lambda + p_1}. \tag{5}$$

将 $\lambda = i\sqrt{p_1}$ 代入到方程(5)中,则有

$$\frac{d\lambda}{d\delta} = \frac{\frac{dp_0}{d\delta} - p_1 \frac{dp_2}{d\delta} + i\sqrt{p_1} \frac{dp_1}{d\delta}}{2(p_1 - ip_2\sqrt{p_1})} = -\frac{\frac{d\Phi(\delta)}{d\delta}}{2(p_2^2 + p_1)} + i\left[\frac{\sqrt{p_1}}{2p_1} \frac{dp_1}{d\delta} - \frac{p_2\sqrt{p_1}}{2p_2(p_2^2 + p_1)} \frac{d\Phi(\delta)}{d\delta}\right].$$

因此,

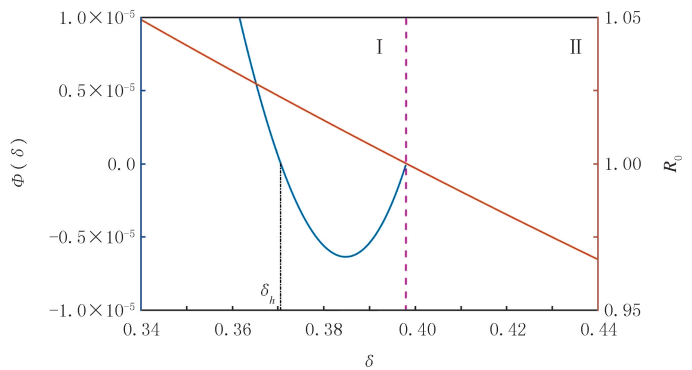
$$\left[\frac{d\text{Re}(\lambda)}{d\delta}\right] \bigg|_{\delta=\delta_h} = -\frac{\frac{d\Phi(\delta)}{d\delta}}{2(p_2^2 + p_1)} \bigg|_{\delta=\delta_h},$$

所以当 $\frac{d\Phi(\delta)}{d\delta} \big|_{\delta=\delta_h} \neq 0$ 时,模型(1) 在平衡点 E^* 处存在 Hopf 分支. 证毕.

为了更好地理解网络谣言模型的传播动力学行为,图 1 给出了模型(1)的动力学分支图.在区域 I 中, $R_0 > 1$, 谣言将会蔓延;在区域 II 中, $R_0 < 1$, 谣言将会销声匿迹.此外,在区域 I 中,传谣者与管理者的接触率 δ 会打破正平衡点的稳定性.具体地,当 $\delta < \delta_h$, $\Phi(\delta) > 0$ 时,正平衡点 E^* 是稳定的;当 $\delta = \delta_h$, $\Phi(\delta) = 0$ 时,模型(1) 在 E^* 处存在 Hopf 分支;当 $\delta > \delta_h$, $\Phi(\delta) < 0$ 时, E^* 是不稳定的.

3 数值模拟及结果分析

前已述及,模型(1)存在 3 类平衡点,而平衡点代表谣言传播的最终状态.为了简单起见,下面仅研究正平衡点的稳定性,以期进一步探究管理强度 δ 对网络谣言传播规律以及最终扩散状态的影响机制,从而为控制高校突发事件中的网络谣言传播措施的制定提供科学依据.作为例子,选取参数



注:橙色的线表示 δ 与 R_0 的关系;蓝色的线表示 δ 与 $\Phi(\delta)$ 的关系. 紫色的线将框图分为两个区域: (1) $R_0 > 1$ (区域 I); (2) $R_0 < 1$ (区域 II).

图1 模型(1)动力学分支图,其中参数值见下文中的式(6)

Fig.1 The diagram of the dynamic behavior for model(1),where the parameter values are presented in Eq. (6) as follows

$$A=0.40, \alpha=0.52, \mu=0.25, a=0.70, \beta=0.45, \eta=0.03, \tag{6}$$

则 $\delta_h=0.370\ 64$, 且当 $\delta=0.398$ 时, $R_0=1$.

接下来, 考虑不同的造谣者与管理者的接触率 δ , 分析管理强度对谣言传播的影响机理. 当 $\delta=0.25<\delta_h$ 时, $R_0=1.136>1, \Phi(\delta)=3.3\times 10^{-4}>0$, 模型(1) 存在唯一正平衡点 $E^*=(0.499, 0.067, 0.232)$ 且 E^* 是稳定的(图 2). 这说明, 当管理强度 δ 较低时, 谣言将充斥整个校园且将以稳定的速度传播而永不消散. 其次, 取 $\delta=\delta_h$, 则 $R_0=1.023>1, \Phi(\delta)=0$, 模型(1) 存在唯一正平衡点 $E^*=(0.543, 0.013, 0.313)$. 此时, 模型(1) 在 E^* 处存在 Hopf 分支(图 3). 这说明, 当管理强度增大至 $\delta=\delta_h$ 时, 谣言传播呈周期振荡状态, 仍将充斥整个校园而永不消散. 当 $\delta=0.38>\delta_h$ 时, $R_0=1.015>1, \Phi(\delta)=-5.6\times 10^{-6}<0$, 模型(1) 存在唯一正平衡点 $E^*=(0.547, 0.008, 0.320)$ 且是不稳定的(图 4(a)). 进一步, 如果继续增大 δ 的值至 $\delta\geq 0.398, R_0\leq 1$, 模型(1) 不存在正平衡点 E^* , 仅存在灭绝平衡点 E_0 和边界平衡点 E_1 . 例如, 当 $\delta=0.43$ 时, $R_0=0.975<1$, 模型(1) 的解最终会收敛到 $E_1=(0.556, 0, 0.334)$ (图 4(b)). 此时, 造谣者退出系统, 谣言将销声匿迹. 这说明, 当管理强度 δ 较大时, 谣言将得到有效控制.

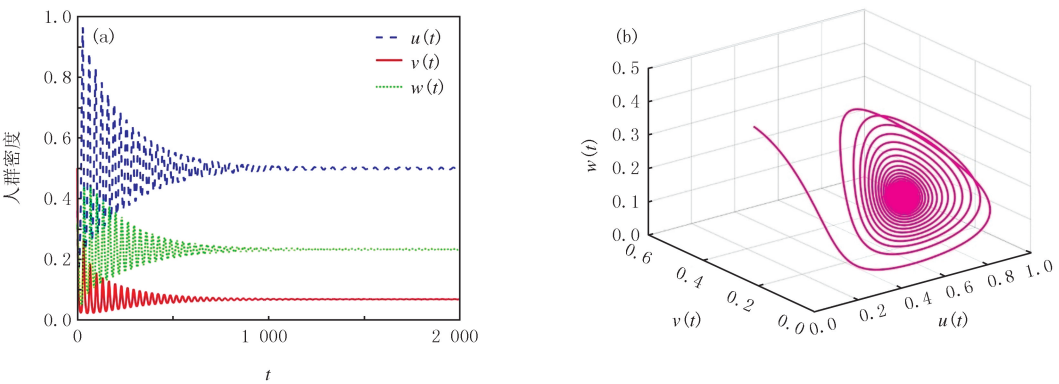


图2 当 $\delta=0.25$ 时, 模型(1) 的时间序列图和相图
Fig.2 The time-series graph and phase graph for model(1) when $\delta=0.25$

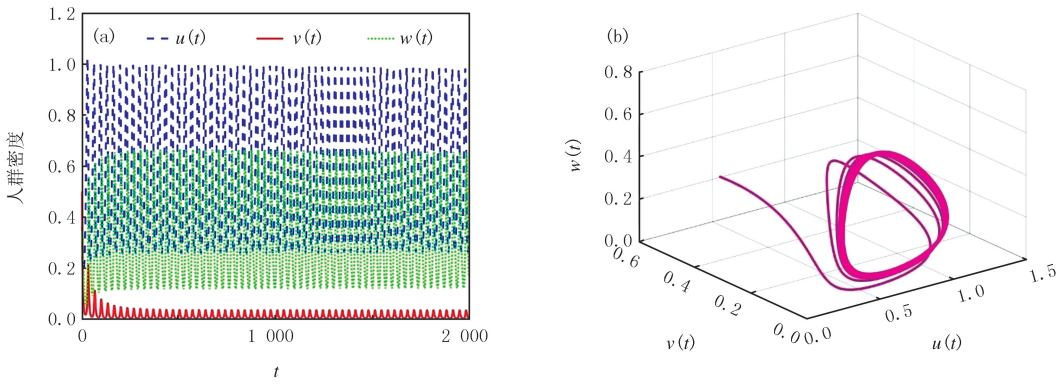


图3 当 $\delta=\delta_h$ 时, 模型(1) 的时间序列图和相图
Fig.3 The time-series graph and phase graph for model(1) when $\delta=\delta_h$

为了进一步研究管理强度对谣言传播的影响机制, 图 5(a) 给出了造谣者数量与接触率 δ 之间的关系. 由图 5(a) 可见, 随着管理强度 δ 的增加, 造谣者 $v(t)$ 到达平衡态时的数量 v^* 递减, 并且当 δ 增加至一定水平(即 $\delta\geq 0.398$), 谣言将灭绝. 也就是说, 当管理强度达到某一临界值时, 谣言会逐渐消散. 这一结果可以看作是“谣言止于智者(管理者)”的一种数量表达. 此外, 图 5(b) 给出了当 $R_0\leq 1$ 时(即 $\delta\geq 0.398$ 时)管理强度 δ 与谣言灭绝时间的关系图. 由此可见, 当 $\delta=0.398$ 时, 谣言灭绝时间为 6 062; 当 $\delta=0.4$ 时, 谣言灭绝时间为 3 371; 当 $\delta=0.402$ 时, 谣言灭绝时间为 2 332. 因此, 管理强度 δ 的增加有助于加速谣言的灭绝, 这也充分地体现了在高校突发事件中管理者的正确引导对于谣言消除的重要性.

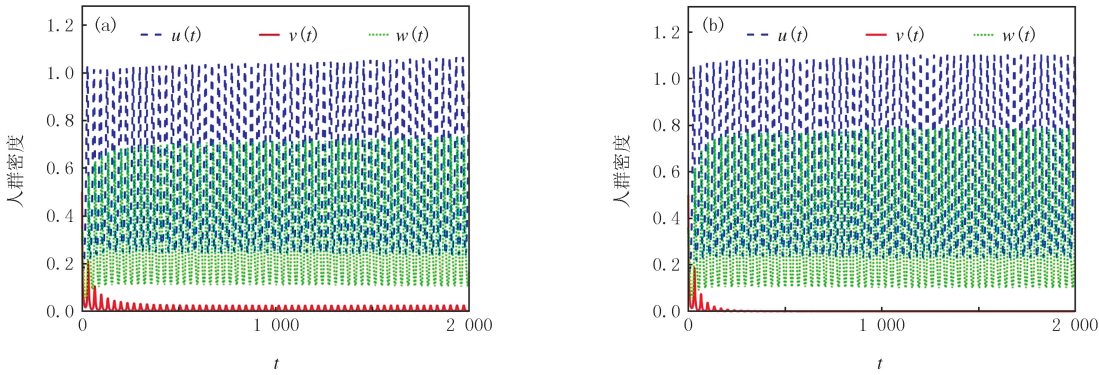


图4 模型(1)的时间序列图, (a) $\delta=0.38$; (b) $\delta=0.43$
Fig. 4 The time-series graph for model(1) with $\delta=0.38$ and $\delta=0.43$, respectively

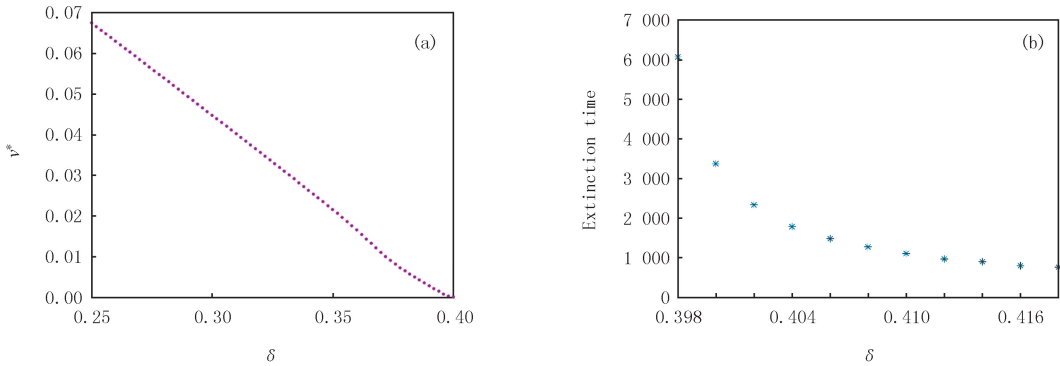


图5 谣者 $v(t)$ 平衡态时的数量 v^* 与接触率 δ 的关系(a)和谣言灭绝时间与接触率 δ 的关系
Fig. 5 The relationship between the number of rumor spreaders and the contact rate δ (a);The relationship between the extinction time of rumor and the contact rate δ (b)

4 讨 论

在当今信息时代,当突发事件在高校发生时,由于信息不对称,各种谣言会在极短的时间内充斥校园,并通过微信或 QQ 等社交平台迅速传播. 在此情况下,高校教师(尤其是思政工作者)通过召开主题宣传会、开设相关知识讲座以及个别谈话等方式,解读事件真相,正确引导学生,提升学生辨别是非的能力,维护校园稳定.这一过程在模型(1)中称为管理强度,分别用 β 和 δ 表示.显然,管理强度的增加有助于谣言传播的控制.而本文通过对模型(1)平衡点的稳定性分析、Hopf 分支存在性以及数值分析,定量研究了管理强度与谣言灭绝的关系.具体地,①当 $\delta<\delta_h$ 时, $R_0>1,\Phi(\delta)>0$,模型(1)存在唯一正平衡点 E^* 且是稳定的,即谣言将持久存在而永不消亡(图 2); ② 当 $\delta=\delta_h$ 时, $R_0>1,\Phi(\delta)=0$,模型(1)在唯一正平衡点 E^* 处存在 Hopf 分支,谣言将呈周期振荡但永不消亡(图 3); ③ 当 $\delta=\delta_h$ 时,若 $R_0>1$ 且 $\Phi(\delta)<0$,则模型(1)存在唯一正平衡点 E^* 但是不稳定的(图 4(a));若 $R_0\leq 1$,则模型(1)不存在正平衡点 E^* ,仅存在唯一稳定的边界平衡点 E_1 ,此时,谣言将销声匿迹(图 4(b)).也就是说,只有当管理强度足够大($\delta>\delta_h$)使得条件 $R_0\leq 1$ 满足时,谣言才能得到有效控制,且管理强度越大,谣言控制时间越短(图 5).

参 考 文 献

[1] 习近平.总体布局统筹各方创新发展,努力把我国建设成为网络强国[N].人民日报,2014-02-28(01).
[2] HUO L A,DONG Y F.Analyzing the dynamics of a stochastic rumor propagation model incorporating media coverage[J].Mathematical Methods in the Applied Sciences,2020,43(11):6903-6920.
[3] 高卫国,蔡永丽.网络谣言传播的动力学建模及其平衡点稳定性分析[J].扬州大学学报(自然科学版),2022,25(5):7-11.
GAO W G,CAI Y L.Dynamic modeling and equilibrium stability analysis of networks rumor propagation[J].Journal of Yangzhou University (Natural Science Edition),2022,25(5):7-11.
[4] ZHANG W,DENG H Y,LI X M,et al.Dynamics of the rumor-spreading model with control mechanism in complex network[J].Journal

of Mathematics,2022,2022(1):1-17.

[5] MORENO Y,NEKOVEE M,PACHECO A F.Dynamics of rumor spreading in complex networks[J].Physical Review E,Statistical,Non-linear,and Soft Matter Physics,2004,69(6 Pt 2):066130.

[6] DALEY D J,KENDALL D G.Stochastic rumours[J].IMA Journal of Applied Mathematics,1965,1(1):42-55.

[7] CHEN X L,WANG N.Rumor spreading model considering rumor credibility,correlation and crowd classification based on personality[J].Scientific Reports,2020,10(1):5887.

[8] TIAN Y,DING X J.Rumor spreading model with considering debunking behavior in emergencies[J].Applied Mathematics and Computation,2019,363:124599.

[9] ZANETTE D H.Dynamics of rumor propagation on small-world networks[J].Physical Review E,Statistical,Nonlinear,and Soft Matter Physics,2002,65(4 Pt 1):041908.

[10] ZHAO L J,CUI H X,QU X Y,et al.SIR rumor spreading model in the new media age[J].Physica A:Statistical Mechanics and Its Applications,2013,392(4):995-1003.

[11] 赵敏,陈文霞,张平正.在线社交网络中谣言传播模型的稳定性分析[J].扬州大学学报(自然科学版),2018,21(2):21-24.
ZHAO M,CHEN W X,ZHANG P Z.Stability analysis of a rumor propagation model in online social networks[J].Journal of Yangzhou University (Natural Science Edition),2018,21(2):21-24.

[12] 樊重俊,王宇莎,霍良安,等.基于 Holling-Ⅱ 功能反应函数的谣言传播模型[J].系统管理学报,2017,26(1):71-77.
FAN C J,WANG Y S,HUO L A,et al.Rumor propagation model with holling type-Ⅱ functional response[J].Journal of Systems & Management,2017,26(1):71-77.

[13] XIA Y,JIANG H J,YU Z Y.Global dynamics of ILSR rumor spreading model with general nonlinear spreading rate in multi-lingual environment[J].Chaos,Solitons & Fractals,2022,154:111698.

[14] 朱霖河,汤宇轩.时滞谣言传播模型的动力学分析[J].数学的实践与认识,2022,52(10):250-256.
ZHU L H,TANG Y X.Dynamic analysis of a rumor propagation model with time delay[J].Mathematics in Practice and Theory,2022,52(10):250-256.

[15] YU Z H,LU S,WANG D,et al.Modeling and analysis of rumor propagation in social networks[J].Information Sciences,2021,580:857-873.

[16] 高卫国,王志明.具有标准发生率的网络谣言传播模型稳定性研究[J].数学的实践与认识,2022,52(5):267-272.
GAO W G,WANG Z M.Study on a rumor propagation model with standard incidence rate[J].Mathematics in Practice and Theory,2022,52(5):267-272.

[17] ZHAO H Y,ZHU L H.Dynamic analysis of a reaction-diffusion rumor propagation model[J].International Journal of Bifurcation and Chaos,2016,26(6):1650101.

Study on the dynamics of network rumor spreading model in emergencies in universities

Gao Weiguo^a, Cai Yongli^b

(a. School of Computer Science and Technology; b. School of Mathematical Science, Huaiyin Normal University, Huaian 223300, China)

Abstract: Based on the characteristics of the spread of online rumors in emergencies in universities, the university population is divided into three categories: the ignorant, the rumor spreaders, and the managers(university teachers and student volunteer propagandists). A rumor model with saturated contact rate is established. And the existence of the equilibria of the model is proved, and the stability of the equilibria is analyzed, the sufficient conditions for the existence of Hopf bifurcation are given by using bifurcation theory. On this basis, the dynamical behavior of the rumor propagation model is further discussed using numerical simulation. The results show that only when the management intensity is high enough to satisfy the threshold condition, can the rumor be effectively controlled, and the greater the management intensity, the shorter the rumor control time. This provides a theoretical basis and quantitative basis for people to formulate prevention and control measures for online rumors in emergencies in universities.

Keywords: network rumor spreading; stability; Hopf bifurcation; management intensity; dynamics

[责任编辑 陈留院 杨浦]