

新冠疫情下的 SEIRD 时滞性谣言传播模型及辟谣策略

唐梁鸿绪¹⁾, 王卫苹^{1,2,3)}✉, 王昊⁴⁾, 员曼曼^{1,2,3)}, 罗熊^{1,2,3)}, 李建武^{5,6)}

1) 北京科技大学计算机与通信工程学院, 北京 100083 2) 北京科技大学顺德研究生院, 佛山 528399 3) 材料领域知识工程北京市重点实验室, 北京 100083 4) 中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所, 北京 100191 5) 北京理工大学前沿技术研究院, 济南 250300
6) 黄河科技学院工学部, 郑州 450000

✉通信作者, E-mail: weipingwangjt@ustb.edu.cn

摘要 随着互联网的发展与新冠疫情的蔓延, 疫情相关谣言的流量与受关注度大大提高, 使其能够迅速发酵并造成极其不良的社会影响。由此可见, 研究网络谣言的传播过程并给出遏制网络谣言传播的策略有着重大意义。在传统网络谣言传播 SIR(Susceptible, infected, recovered) 模型的基础上加入潜在信谣者与铁杆信谣者群体, 引入政府辟谣机制, 同时考虑辟谣者与政府辟谣的滞后性以及高等教育普及率对谣言传播及辟谣过程的影响, 建立了 SEIRD(Susceptible, exposed, infected, recovered, die-hard-infected) 谣言传播模型, 以研究一个网络谣言自诞生起, 不知情者、潜在信谣者、信谣者、铁杆信谣者以及醒悟者这五类网民比例在有无政府辟谣、辟谣是否具有滞后性、以及网民不同比例高等教育率下的变化规律, 并通过实验仿真验证了模型的有效性, 为控制网络舆情传播提供参考。此外, 还提出了用于衡量辟谣者群体及政府权威机构辟谣能力的辟谣系数。研究表明, 提高高等教育普及率对于减缓谣言传播、降低谣言传播峰值有着显著效果; 政府权威机构辟谣对于最终彻底消灭谣言起决定性作用; 消灭辟谣的滞后性对于减缓网络谣言传播同样有极大帮助。为此, 还提出了一种未来可能的消灭辟谣滞后性的网络谣言抑制策略。

关键词 网络谣言; 谣言传播模型; 铁杆信谣者; 时滞性; 权威辟谣; 高等教育普及率; 辟谣系数; 辟谣策略

分类号 TN915.08

Time-lag rumor propagation model and rumor-refuting strategy of SEIRD under COVID-19

TANG Liang-hong^{xu}¹⁾, WANG Wei-ping^{1,2,3)}✉, WANG Hao⁴⁾, YUAN Man-man^{1,2,3)}, LUO Xiong^{1,2,3)}, LI Jian-wu^{5,6)}

1) School of Computer and Communication Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China
2) Shunde Graduate School, University of Science and Technology Beijing, Foshan 528399, China
3) Beijing Key Laboratory of Knowledge Engineering for Materials Science, Beijing 100083, China
4) The Research Institute of Informatization and Industrialization Integration, China Academy of Information and Communications Technology, Beijing 100191, China
5) Advanced Technology Research Institute, Beijing Institute of Technology, Jinan 250300, China
6) Faculty of Engineering, Huanghe Science and Technology College, Zhengzhou 450000, China

✉ Corresponding author, E-mail: weipingwangjt@ustb.edu.cn

ABSTRACT With the increasing popularity of the Internet and the spread of COVID-19, epidemic-related rumors have attracted significant attention, allowing them to brew quickly and pose extremely negative social impacts. It is of great significance to investigate the propagation process of online rumors and offer tentative strategies to curb it. Based on the traditional susceptible, infected, recovered

收稿日期: 2021-03-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(81961138010, U1836106); 中央高校基本科研业务费资助项目(FRF-TP-19-005A3); 北京科技大学顺德研究生院科技创新基金资助项目(BK19BF006, BK20BF010)

(SIR) model of online rumor propagation, groups of potential and die-hard rumor believers were introduced in this paper, establishing an authoritative rumor-refuting mechanism. Meanwhile, this paper considered factors such as the time-lag effect of rumor refutation from the nonauthoritative and authoritative institutions and the impact of the popularizing rate of higher education on the propagation and refutation of rumors. As a result of the process, the SEIRD (susceptible, exposed, infected, recovered, die-hard-infected) rumor propagation model was established to study how the proportion of the susceptible, exposed, infected, recovered, and die-hard-infected varies under different popularizing rates of higher education, the presence or absence of the authoritative rumor-refuting institutions, and the time-lag effect of rumor refutation. Finally, the model's effectiveness was verified *via* experimental simulation, which provided a reference for controlling the spread of online rumor propagation. In addition, the paper proposed a rumor-refuting coefficient to measure the rumor-refuting ability of the nonauthoritative and authoritative institutions. The results show that (1) increasing popularizing rate of higher education significantly slows down the rumor propagation and reduces the rumor propagation peak; (2) refuting the rumors based on the authoritative institutions is decisive for the ultimate elimination of rumors; and (3) eliminating the time-lag effect in refuting rumors facilitates slowing down the propagation of the online rumors. Therefore, the paper puts forward a feasible strategy to eliminate the time-lag effect of online rumor refutation in the future.

KEY WORDS online rumor; rumor propagation model; die-hard infected believer; time-lag effect; authoritative rumor refutation; popularizing rate of higher education; rumor-refuting coefficient; rumor-refuting strategy

网络谣言,是指人为捏造的不符合事实并通过网络手段传播的言论。随着互联网的高速发展,网络谣言的传播速度变得更快,危害更大。2019年底,新型冠状病毒席卷全球,随之而来的相关网络谣言天然地获得了更大的流量与关注度,加之疫情之下人民群众面临心理高压,更容易接触并失去对疫情相关谣言信息的判断力,并最终导致谣言迅速发酵,造成极其不良的社会影响。比如2020年1月31日晚“新华视点”微博号刊发文称“双黄连口服液可抑制新冠病毒”,该消息随后被主流官媒人民日报转载,并在两日内得到超过六亿次阅读量,最终导致全国各地民众大规模盲目哄抢、囤积双黄连药物,就连名称相似的双黄连蓉月饼也一度脱销。“双黄连事件”不仅造成了人民群众大量经济财产损失,并且导致了擅自服用双黄连导致病情加重、抢购双黄连过程中被传染等严重影响后续疫情防治过程的情况。由此可见,模拟并研究网络谣言的传播规律,以及制定一套遏制网络谣言蔓延的方法机制十分必要。

针对网络谣言传播模型的模拟问题,近年来国内外许多学者进行了大量深入的研究,提出了许多有效的研究方法,并建立了不同的网络谣言传播模型。一些学者从行为导向对谣言传播的影响角度出发进行研究,如刘芳和李明涛^[1]、丁学君和李临霄^[2]、以及付伟等^[3]分别在谣言传播模型中引入自发行为、辟谣行为、引导行为与模仿行为。而 Hosni 等^[4]则基于个体和社会行为,将阻尼谐运动引入谣言传播过程。也有一些学者如王筱莉等^[5]和张菊平等^[6]考虑到了遗忘机制对谣言传播的影

响,设计并建立了谣言传播模型。此外,谣言传播途径中个体节点间的相互影响因素也是值得考虑的:范纯龙等^[7]考虑到了免疫节点对谣言传播的抑制作用与体间亲密度等因素对传播概率的影响;刘建友和李代平^[8]在谣言传播过程中考虑了三元组结构对节点的影响并提出了三元组边免疫策略;罗靖宇和唐宁九^[9]、以及 Qiu 等^[10]则分别对邻居节点对于谣言传播可能产生的重大影响进行了研究;王晶晶等^[11]则研究了社会关系网络结构与信息源节点对警报传播的影响。不止如此,还有一些学者针对特定的网络结构进行研究,如 Zhang 和 Zhu^[12]在模型中引入了非授权网络描述谣言对不同群体间影响的差异。Chen 等^[13]则设计了具有饱和发生率的异构网络的谣言传播模型。Zhu 等^[14]、Dong 等^[15]和谭振华等^[16]则分别研究了在线社交网络中的谣言传播。一些学者更是在建构谣言传播模型时考虑了不同环境因素的影响,如蔚莹和殷雁君^[17]针对突发事件人群聚集场所,引入了市民个性特征等因素对谣言传播及人群聚集规模的影响。而赵敏等^[18]则在谣言传播过程中引入正面与负面报道对谣言传播的影响,并改进了传统 SIR(Susceptible, infected, recovered) 模型。

虽然上述模型研究都实现了对网络谣言传播过程的模拟预测,并对谣言传播理论的建设做出了很大贡献。但是,其中大部分模型没有考虑到谣言的传播、信谣与辟谣等过程存在着一定的滞后性。针对于这种滞后性,有部分学者展开了研究。如朱霖河和李玲^[19]在 SIR 模型中引入了时滞效应与辟谣机制。Zhu 等^[20]和 Li^[21]则分别在时滞性谣

言传播模型基础上引入了强制沉默函数与饱和控制函数。Zhu 等^[22]提出了一种基于偏微分方程的延迟反应扩散谣言传播模型。Zhu 等^[23]更是考虑了谣言在时间与空间维度上的传播,设计出带时滞的偏微分方程谣言传播模型。这些学者通过在模型中引入滞后性因素,使得模拟的场景更加贴近于实际生活中谣言的传播过程。

然而,仅仅在传播模型中考虑到滞后性是不够的。在我们实际生活中的网络社交平台上,言论传播是存在政府监管的,对于一些发酵较为严重的谣言,政府等权威机构还会亲自进行权威性的辟谣。基于这样的事实,一些学者展开了研究。如张金鑫等^[24]针对多账号传谣引入了网络监管因素。而陈安等^[25]则在模型中同时考虑了政府干预滞后性与个体信息接受从众效应。这些对于政府监管与权威性辟谣因素的考虑,使得谣言传播过程中的环境因素更加贴合我们实际的网络环境。

随着互联网的高速发展,我国互联网网民不同学历占比也在不断发生变化,进而对网络谣言传播产生了不可忽略的作用。考虑到群体知识水平对谣言传播过程的重要影响,Huo 和 Chen^[26]设计了考虑社会科学知识水平的谣言动力学模型,更为严谨而系统性地证明了谣言在缺乏科学知识的群体中传播的更加迅速与广泛。基于上述研究的重要结论,本文也将不同高等教育普及率对谣言传播过程的影响因素引入模型中,使得模型更加真实有效。

除了在谣言传播过程中引入不同影响因素外,对于谣言影响下网民群体的划分也是研究需要考虑的一个重要方向。传统的 SIR 模型将网民群体简单划分为不知情者、信谣者与辟谣者,而实际上受谣言影响的网民群体划分应更为复杂。基于此,不少学者对其加以改进,如石星星和叶海平^[27]将人群分为谣言易感者、谣言传播者和谣言免疫者。王祁月等^[28]在 SIR 模型中引入了抑制者对谣言的辟谣机制。而万贻平等^[29]则在 SIR 模型基础上加入了谣言清除者,引入了谣言感染与清除机制并建立了 SIERsEs(Spreader, ignorant, eliminator, rstifler, estifler)模型,进而发现看上去有效的谣言遏制策略有时可能反而对谣言传播有促进效果。

此外,也有学者提出了不同的语义文本检测方法,可以为谣言传播提供及时的检测与预警。比如曹文斌等^[30]基于语义角色分析,提出了一种实体属性抽取方法,可以为网络空间谣言传播提供检测及预警;而郑恒毅等^[31]则提出了一种面向网

络长文本的话题检测方法。

本文考虑到现实生活中网民存在一类坚定的难以被非权威机构辟谣的铁杆信谣者群体,以及存在接触谣言不久,还未对谣言选择相信或不信的潜在信谣者群体,于是在传统 SIR 模型中引入了铁杆信谣者与潜在信谣者,并针对上述模型中的优点与不足建立了 SEIRD(Susceptible, exposed, infected, recovered, die-hard-infected)谣言传播模型,其改进如下:

(1) SEIRD 模型在传统的 SIR 谣言传播模型中引入 E 类成员(潜在信谣者),以模拟不知情者从接触谣言到信谣的滞后性,此外,还引入了 D 类成员(铁杆信谣者),以模拟现实生活中网民存在的一类坚定的难以被非权威机构辟谣的铁杆信谣者群体;(2)模型考虑到了辟谣者群体与政府权威机构辟谣同样存在滞后性,并且基于现实生活中政府权威机构对谣言的辟谣通常更加滞后于网民中的辟谣者群体的事实,而设计了不同的辟谣警觉参数;(3)模型引入了高等教育普及率对谣言传播及辟谣过程的影响;(4)模型提出了用于衡量辟谣信息在网络中辟谣效果的辟谣系数。

1 问题分析及模型建立

1.1 SEIRD 谣言传播模型

本文的网络谣言传播 SEIRD 模型在传统网络谣言传播 SIR 模型中增加了 E 类潜在信谣者,并且增加了 D 类铁杆信谣者的群体划分。并且,考虑到政府和网络舆情对于辟谣存在滞后性,设定了不同的辟谣警觉参数,也加入了高等教育普及率对谣言传播及辟谣过程的影响。SEIRD 网络谣言传播模型流程图如图 1 所示。SEIRD 模型将受网络谣言影响的网民划分为以下五类:

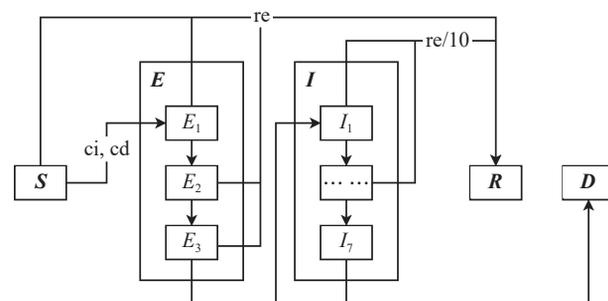


图 1 SEIRD 网络谣言传播模型流程图

Fig.1 Flow chart of the SEIRD propagation model

(1) S 类 (Susceptible), 不知情者,指从未接触过谣言和辟谣信息的普通网民。

(2) E 类 (Exposed), 潜在信谣者, 指接触过谣言信息但还没有转化为信谣者的网民。

(3) I 类 (Infected), 信谣者, 指接触过谣言信息并最终相信谣言, 且会将谣言信息继续传播出去的网民。

(4) R 类 (Recovered), 醒悟者, 指从谣言中醒悟过来或不相信谣言的网民, 会在网络上散布辟谣信息。

(5) D 类 (Die-hard-infected), 铁杆信谣者, 指谣言的铁杆拥护者, 拥有更强的谣言传播能力, 并且不会被普通辟谣信息辟谣的网民。

1.2 模型假设

为了便于模型建立、分析与研究, 而进行理想化假设:

(1) I 类成员每天会传谣使得一定数量的 S 类成员转化为 E 类成员, 在经历为期 7 d 的信谣期后还未被成功辟谣, 则 I 类成员将转化为铁杆信谣者 D 类成员。

(2) E 类成员表现和 S 类成员相同, 不会传播谣言, 也不会传播辟谣信息, 可被辟谣。若在为期 3 d 的潜在辟谣期内未被成功辟谣, 则将转化为 I 类成员。

(3) R 类成员不可被传谣。D 类成员拥有更强的传谣能力, 并且不会被 R 类成员辟谣。政府权威机构辟谣可对 D 类成员辟谣。

(4) 谣言比真相更令人容易接受。

(5) 政府机构与 R 类成员的辟谣具有滞后性。

(6) 初始网民群体划分为一定数量的 S 类成员 (大多数人为不知情者), 一定数量的 R 类成员 (一部分人有相关专业背景, 可以辨别相关谣言), 以及 1 名 D 类成员 (初始造谣者)。

1.3 符号说明

(1) A 为网民模型总人数。S 为现存不知情者人数, 为行向量矩阵。

(2) EE 存储现存潜在信谣期各天的人数, 为行向量矩阵, 其中 $EE(i)$ 为处于潜在信谣期第 i 天的人数。E 为现存潜在信谣期总人数, 为行向量矩阵, 其中 $E(t)$ 为模型预测第 t 天的潜在信谣期总人数, 即为 $\sum_{i=1}^3 EE_i(t)$ 。

(3) Π 存储现存信谣期各天数的人数, 为行向量矩阵, 其中 $\Pi(j)$ 为处于信谣期第 j 天的人数。I 为现存信谣期总人数, 为行向量矩阵, 其中 $I(t)$ 为模型预测第 t 天的信谣期总人数, 即为 $\sum_{i=1}^7 \Pi_i(t)$ 。

(4) R 为目前醒悟者人数, 为行向量矩阵。D 为目前铁杆信谣者人数, 为行向量矩阵。

(5) r 为辟谣信息相较于谣言对于人们的接受程度, 1 代表人们对与二者接受程度相同。

(6) re 为辟谣系数, 用以描述网络中辟谣信息的辟谣能力。本文认为辟谣信息的辟谣能力与 ① 辟谣信息接受程度、② 当前谣言事件网络舆情、③ 辟谣信息在辟谣信息与谣言信息中所占比例这三项因素有关。对于谣言产生第 t 天有: 辟谣信息接受程度为 r ; 当前网络舆情可以用当前谣言事件信息 (谣言+辟谣信息之和) 占网络所有网民发布的信息的比例 $(1-S(t)/A)$ 来描述; 辟谣信息在辟谣信息与谣言信息中所占比例为 $(R(t)/(R(t)+I(t)+D(t)))$ 。

故对于第 t 天有: $re = r \times (1-S(t)/A) \times (R(t)/(R(t)+I(t)+D(t)))$ 。

(7) I 类成员相较于 S 类成员和 E 类成员更难被辟谣, 对 I 类成员的辟谣系数 re_i 取 $re/10$ 。

(8) ci 为 S 类成员经 I 类成员传谣后转化为 E 类成员的概率, cd 为 S 类成员经 D 类成员传谣后转化为 E 类成员的概率。

(9) nm 为 I 类与 D 类成员平均每天可接触到的总人数。n 为 I 类与 D 类成员平均每天可接触到的 S 类成员人数, 对于第 t 天, 其值可认为是 $nm \times (S(t)/A)$ 。

1.4 模型建立

根据以上模型假设建立数学模型, 对于第 t 天, 有:

$$S(t) = A - E(t) - I(t) - R(t) - D(t) \quad (1)$$

进入潜在信谣期第 1 天的人数为前一天信谣者与铁杆信谣者成功传谣人数之和, n 为第 t 天可能的被传谣的不知情者人数。随后进入潜在信谣期第 2、3 天的人数为前一天人数减去被醒悟者辟谣的人数。而第 t 天潜在信谣者总人数则为处在不同阶段的潜在信谣者人数之和。

$$\begin{cases} EE_1(t) = I(t-1) \times n \times ci + D(t-1) \times n \times cd, \\ EE_2(t) = EE_1(t-1) \times (1-re), EE_3(t) = EE_2(t-1) \times (1-re), \\ E(t) = \sum_{i=1}^3 EE_i(t) \end{cases} \quad (2)$$

进入信谣期第 1 天的人数为经过 3 d 潜在信谣期, 仍未被辟谣的人数。而处于信谣期各天数阶段的人数为前一天人数减去被辟谣人数, 此处考虑到对信谣者辟谣相对困难, 故将辟谣系数取原本的 $1/10$ 。而第 t 天信谣者总人数则为处在不同阶段的信谣者人数之和。

$$\begin{cases} \Pi_1(t) = EE_3(t-1) \times (1 - re), \\ \Pi_2(t) = \Pi_1(t-1) \times (1 - re/10), \\ \dots \\ \Pi_7(t) = \Pi_6(t-1) \times (1 - re/10), \\ I(t) = \sum_{i=1}^7 \Pi_i(t) \end{cases} \quad (3)$$

醒悟者不断散布辟谣信息, 将一定比例的不知情者, 潜在信谣者, 信谣者转化为醒悟者, 而那些经过 3 d 潜在信谣期, 并在 7 d 的信谣期内未被辟谣的信谣者, 将自动变为不可被醒悟者辟谣的铁杆信谣者。

$$\begin{cases} R(t) = R(t-1) + S(t-1) \times re + E(t-1) \times re + \\ I(t-1) \times (re/10), \\ D(t) = D(t-1) + \Pi_7(t-1) \times (1 - re/10) \end{cases} \quad (4)$$

出于对醒悟者及权威机构辟谣存在时滞性的考虑, 本文设计辟谣警觉系数 τ , 其含义为当受到谣言负面影响的人(潜在信谣者, 信谣者, 或是铁杆信谣者)达到一定网民占比时, 开始更新第 t 天的辟谣系数 re 。本文认为醒悟者辟谣能力受到辟谣信息接受程度、当前谣言事件网络舆情、辟谣信息在辟谣信息与谣言信息中所占比例这三项因素的影响。

对于谣言产生第 t 天有: 辟谣信息接受程度为 r ; 当前网络舆情可以用当前谣言事件信息(谣言+辟谣信息之和)占网络所有网民发布的信息的比例 $(1-S(t)/A)$ 来描述; 辟谣信息在辟谣信息与谣言信息中所占比例为 $(R(t)/(R(t)+I(t)+D(t)))$ 。

而谣言能够影响到的不知情者人数 n 则与不知情者占总人数的比例 $(S(t)/A)$ 有关。于是有:

$$\begin{cases} \tau = (D(t) + I(t) + E(t))/A, \\ re = r \times (1 - S(t)/A) \times (R(t)/(R(t) + I(t) + D(t))), \\ n = mn \times (S(t)/A) \end{cases} \quad (5)$$

2 模型仿真

为验证本文提出模型的有效性, 本文将其应用于建立我国网络谣言传播模型, 并根据是否引入政府权威机构进行辟谣、辟谣是否具有滞后性、以及不同比例高等教育普及率进行分析与探讨。

2.1 小型群体网络谣言传播模型

本节设计了一个对于总人数 1000 人, 初始醒悟者占总人口比例 10% 的为期 50 d 的普通小型网络谣言传播模型。初始辟谣系数 re 设置为 0, 当 τ 达 0.1 以上时, 认为醒悟者将察觉到谣言出现在网络环境中, 并开始积极主动大范围辟谣。选取实验参数 r 为 0.1, ci 为 0.03, cd 为 0.05, mn 为 50, 实验结果如图 2 所示。

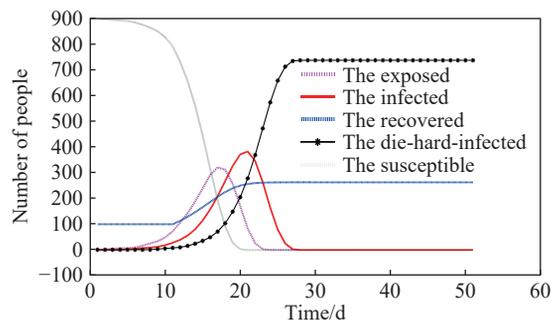


图 2 SEIRD 小型群体网络谣言传播模型

Fig.2 SEIRD small group online rumor propagation model

从图 2 可以看出, 由于醒悟者辟谣的滞后性, 谣言出现约 11 d 后, 醒悟者才察觉到谣言的出现并在网络散布辟谣信息, 而此时已经积累了一定量的潜在信谣者和信谣者。在 20 d 后, 越来越多的信谣者成为了铁杆信谣者, 而潜在信谣者也更多地转化为了信谣者, 醒悟者的辟谣工作开始收效甚微。模型模拟 30 d 后, 谣言大战基本结束, 网络环境中只剩下大多数铁杆信谣者, 与少部分醒悟者彼此无法说服对方。

从结果来看, 这是醒悟者的一次惨败。面对两倍多的铁杆信谣者, 此时的网络舆情可以说是乌烟瘴气, 在网络中可以看到大部分都是谣言, 敢于在网络中说出“真相”的人反而会被看成是“造谣者”。所以, 对于一个只有 10% 的人具有明辨是非能力的小型网络模型, 谣言是极易传播和发酵的。这也解释了一些社会现象, 比如在一个只有 30 人的班集体中, 如果有人恶意对你进行造谣, 当你察觉后很可能谣言已经人尽皆知。并且如果你仅凭借个人努力而不借助老师、校方等权威机构进行辟谣, 那么你大概率是无法扭转舆论导向, 在谣言大战中失败的。

2.2 普及高等教育和权威机构辟谣对我国网络环境下谣言传播的影响

本节在小型群体网络谣言传播模型基础上将网民总数调整为 9.4 亿人, 模拟了我国网络环境下谣言传播的过程。通过调整各项参数, 以探究高等教育普及率与是否引入政府权威机构辟谣对于存在时滞性的网络谣言传播的影响。在引入政府权威机构辟谣因素时, 考虑到其对于谣言的辟谣相比醒悟者个人进行网络辟谣的滞后性更高, 本文将其 τ 值设定为达 0.3 以上时开始进行辟谣。选取实验参数 r 为 0.1, ci 为 0.03, cd 为 0.05, mn 为 50, 实验结果如图 3 所示。

图 3 (a) 设计了一个基于我国 9.4 亿网民, 其中高等教育普及率为 18.8% 的为期 80 d 的网络谣言

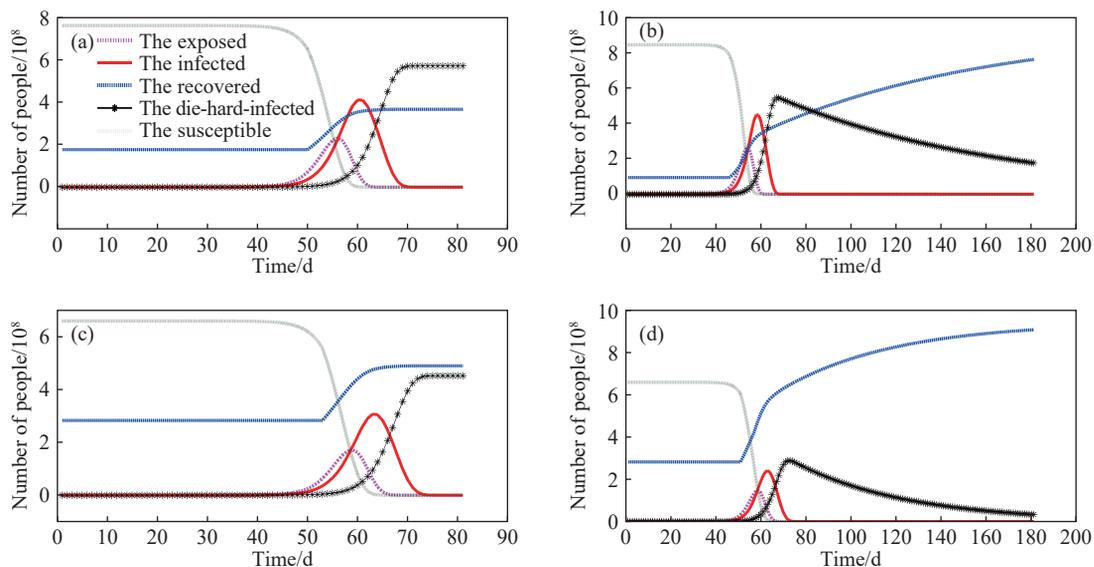


图3 普及高等教育和权威机构对我国网络环境下谣言传播的影响。(a)SEIRD我国网络谣言传播模型；(b)引入权威机构辟谣的SEIRD我国网络谣言传播模型；(c)提高高等教育普及率的SEIRD我国网络谣言传播模型；(d)同时提高高等教育普及率并引入权威机构辟谣的SEIRD我国网络谣言传播模型

Fig.3 Influence of popularized higher education and authoritative institutions on rumor propagation in China's online environment: (a) China's SEIRD online rumor propagation model; (b) China's SEIRD authoritative rumor-refuting model; (c) China's SEIRD model for increasing the popularizing rate of higher education; (d) China's SEIRD model for both authoritative rumor-refuting and increasing the popularizing rate of higher education

传播模型。图3(b)在图3(a)的基础上引入了权威机构辟谣机制,并进行了180 d的模拟。图3(c)则在(a)的基础上将高等教育普及率提高至30.0%。而图3(d)在图3(a)的基础上引入权威机构辟谣机制,并同时提高高等教育普及率提高至30.0%,模拟180 d。

从图3(a)可以看出由于醒悟者辟谣的滞后性,以及我国网民人口基数之大,谣言诞生起经过约50 d后,醒悟者才开始在网络中散布辟谣信息。最开始辟谣信息迅速取得成效,然而随着信谣者和铁杆信谣者比例的不断增长,辟谣工作越发艰难。在模型模拟约60 d后,铁杆信谣者与醒悟者比例大致保持稳定,谣言大战由信谣者胜出。谣言曲线也解释了一些社会现象:我们在网络中听说一些谣言时,很可能发现谣言已经传播了一段时间了,继续深入了解后还会发现,谣言已经在网络中培养出了一批信谣者,乃至坚定的铁杆信谣者。这是由于谣言的传播和发酵需要一定的时间,最终才能在网络众多舆论中达到一定比例,被人们所察觉。根据最终的谣言曲线可以看出,在这种具有9.4亿大基数人口,18.8%的醒悟者的网络模型之中,谣言的传播也是非常恐怖的。在没有权威机构辟谣的介入之下,最终网民只会形成两个认知完全相反的群体,很容易引起社会恐慌乃至动荡。

图3(b)在图3(a)的基础上引入了政府权威机

构辟谣机制。从图3(b)中可以看出在模型模拟约70 d后,由于政府权威机构的辟谣介入,铁杆信谣者也开始发生动摇,转变为醒悟者。最终,经过漫长的谣言大战,谣言将会被消灭。图3(b)与图3(a)的最大不同就是引入了政府权威机构对谣言进行辟谣,这也是使得谣言大战结局发生扭转的关键因素。现实生活中存在这样的人:不论如何对其进行辟谣,拿出什么样的辟谣证据,对方依旧可能继续相信谣言。这种事情的发生一方面是由于谣言本身具有的易于传播、令人更易接受的特性;另一方面也是由于缺乏一锤定音的足够权威的政府机构组织进行权威性的辟谣。由此可见,政府对于网络舆情的监管是必不可少的。

从图3(c)可以看出,30%的高等教育普及率相较于图3(a)的18.8%,在前期很大程度上减缓了谣言传播的速度,并且本次模拟的谣言爆发期以及信谣者达到最高占比的时间相较于图3(a)都有不同程度的延后。而最终结果则更是有了明显的逆转:醒悟者以微弱优势赢得了谣言大战,最终在网络舆论中看到的更多的还是辟谣信息,而非谣言。然而,这样的结果也不容乐观,因为在网络中对于一件事情的描述真假几乎参半的情况下,将很难再从网络中获得什么可信的有用信息,可以说,网络舆情环境依然是被摧毁了。不过,我们也要看到图3(c)提高全民高等教育普及率对

于阻止网络谣言蔓延的重要作用. 考虑到它相较于谣言发酵后辟谣的高成本, 提高全民高等教育普及率其实是在培养一个不利于网络谣言传播的良好网络舆论土壤, 是一个真正可持续发展的长久战略.

图 3(d) 引入了权威机构辟谣机制, 并提高全民高等教育普及率至 30.0%. 通过将图 3(d) 与图 3(b)、图 3(c) 进行对比可以看出: 图 3(d) 的谣言爆发期晚于图 3(b), 谣言传播前期抑制效果更强. 同时, 图 3(d) 的铁杆信谣者与信谣者峰值均小于图 3(b), 消灭谣言的时间也同时优于图 3(b) 和图 3(c). 比起图 3(c) 最终形成醒悟者与铁杆信谣者的对立, 图 3(d) 最终也能完全消灭谣言. 由此可见, 良好的不易传播谣言的网络舆论土壤, 加之有政府权威机构进行权威性辟谣, 的确可以取得很不错的辟谣效果. 谣言传播很困难, 图 3(d) 从模拟开始的 180 d 内, 网民中醒悟者比例始终高于信谣者, 也高于铁杆信谣者. 这意味着随时在网络中查询到的信息, 更多的都是正确的、合适的辟谣信息. 并且, 随着时间的推移, 由于政府权威机构辟谣的介入, 铁杆信谣者成员也逐渐醒悟, 谣言最终会被消灭. 事实上, 图 3(d) 采用的提高高等教育普及率+政府权威机构监管网络舆情并辟谣的方式, 也更加接近于现实生活中我国的谣言传播环境. 相比于早年较为恶劣的网络谣言传播环境, 如今由于高等教育的普及, 加上更加完善的网络舆情监管体制, 很多谣言在爆发前可能就已经被消灭, 从而从未被你我所察觉.

2.3 不同高等教育普及率对于谣言传播的影响

在了解到提高高等教育普及率对于抑制谣言传播过程的积极作用后, 本节在不引入权威机构辟谣的情况下放宽高等教育普及率范围, 观察最终醒悟者与铁杆信谣者群体占网民总人口比例, 以探究不同高等教育普及率对谣言大战结果的影响. 选取实验参数 r 为 0.1, c_i 为 0.03, c_d 为 0.05, nn 为 50, 实验结果如图 4 所示.

从图 4 可以看出, 提高高等教育普及率可以提高醒悟者群体最终占网民总人口比例, 降低铁杆信谣者群体最终占网民总人口比例, 对抑制谣言传播产生非常积极的作用. 值得注意的是, 实验结果表明当高等教育普及率达到 27.5% 时, 醒悟者与铁杆信谣者最终比例将相等. 根据第 46 次《中国互联网络发展状况统计报告》^[32] 可知, 我国大专及以上学历水平网民占总网民比例为 18.8%, 与 27.5% 的高等教育普及率仍有一定差距. 不过

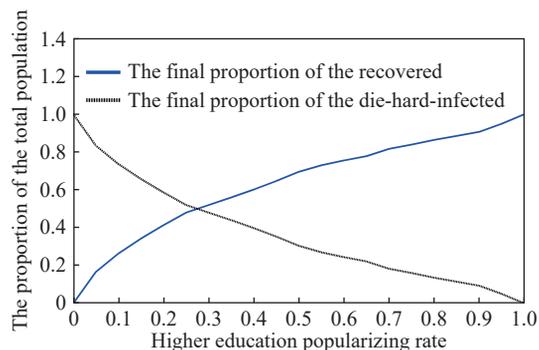


图 4 不同高等教育普及率对最终醒悟者与铁杆信谣者群体占网民总人口比例的影响

Fig.4 Influence of different higher education popularizing rates on the proportion of the exposed and die-hard-infected in the total population of internet users

高学历网民群体占比近年来成上涨趋势, 相信随着我国教育水平的不断提高, 抑制网络谣言传播的舆论土壤也能得到不断的改善.

2.4 考虑“权威机构无滞后性辟谣+普及高等教育”的网络谣言传播模型

本节设计了一个基于我国 9.4 亿网民, 其中受过大学专科及以上教育的网民群体占比 30% 的为期 180 d 的网络谣言传播模型, 此外, 还引入了政府权威机构对谣言进行权威性辟谣, 政府权威机构的辟谣没有滞后性.

注意, 此处的没有滞后性, 指的是对于潜在信谣者 E, 信谣者 I, 以及铁杆信谣者 D 的辟谣没有滞后性. 对于不知情者 S 的辟谣(或者称之为科普)仍具有滞后性, 这是由于政府机构不能够预知未来将要爆发何种谣言的传播, 进而提前对网民进行辟谣(科普). 对于不知情者 S 在谣言爆发前进行辟谣, 本质上就是提高高等教育普及率, 令其在学生时期就掌握相关知识, 成为不被传谣的醒悟者 R. 其余参数与我国网络谣言传播模型相同, 实验结果如图 5 所示.

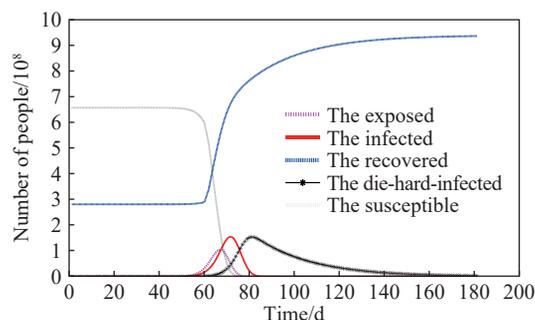


图 5 考虑“权威机构无滞后性辟谣并且普及高等教育”的 SEIRD 网络谣言传播模型

Fig.5 SEIRD model considering the authoritative rumor refutation without time lag and popularizing rate of the higher education

从图 5 可以看出, 权威机构无滞后性辟谣加普及高等教育的模式对于阻止谣言的传播效果非常好. 谣言从开始传播约 60 d 后才开始逐渐小规模爆发. 由于每一个接触谣言的人都可以无滞后性地查阅辟谣平台进行自我辟谣, 在约 80 d 后铁杆信谣者比例就开始不断下降, 在传播半年时间内谣言便几乎消失殆尽.

针对政府权威机构辟谣无滞后性的可行性, 本文进行一点探讨, 并提出基于建立“辟谣平台”的辟谣策略, 即建立一个与政府机构同等权威的辟谣平台. 辟谣平台中收录各种常见的谣言, 并给出相应的辟谣信息. 撰写辟谣信息的人必须在该领域内足够专业, 以维护辟谣平台的权威性. 而通过辟谣平台查询谣言信息的人则不做限制, 还可以根据他们需求给出更容易理解的辟谣版本, 比如对于教育背景不同的人可以提供更易于理解的实际例子, 也可以给出更加学术性的理论证明. 辟谣平台建立后则通过网络、官方媒体等途径进行传播, 成为网民手中可随时查阅的对抗谣言的法宝.

当然, 辟谣平台建立后的维护工作也是非常重要的. 我们需要严格监管平台后台的运行, 与政府、专业科研院所等权威机构合作, 提供良好的对于辟谣信息内容质疑和反馈的渠道, 谨防别有用心者利用辟谣平台传播“权威的谣言”, 更要防止平台失去权威性与网民的信任. 由此, 则可以达到当每个人接触到谣言时(潜在信谣者, 信谣者, 铁杆信谣者), 可随时查阅辟谣平台, 无滞后性地完成对谣言的辟谣.

2.5 疫情期间谣言实例分析

本节选取疫情期间典型的谣言传播案例——双黄连事件, 利用 SEIRD 模型对其进行仿真模拟. 结合微博平台话题数据以及“双黄连口服液”百度指数变化趋势, 对仿真结果曲线进行分析. 通过对比是否引入权威机构辟谣机制, 探求官方媒体辟谣对双黄连事件谣言传播的影响.

2.5.1 事件回顾

2020 年 1 月 31 日晚 22:46, “新华视点”微博账号发布消息称双黄连口服液可抑制新型冠状病毒, 该消息于 22:54 被官方媒体人民日报转发, 消息一出其点赞、评论及转发数立即破万, 得到了网友广泛关注. 双黄连口服液的百度指数在 1 月 30 日至 2 月 1 日一路飙升并于 2 月 1 日达到顶峰, 分别为 4077, 352426 及 788895, 而该消息也于 2 月 1 日取得了超过 6 亿次的阅读量.

消息发布不久, 全国各地就出现人们盲目哄抢、囤积双黄连药物等现象. 然而, 在舆论发酵约 8.5 h 后, 2 月 1 日早 7:33 人民日报再次发布辟谣信息, 称抑制不等于预防和治疗. 随着各大官媒纷纷转发辟谣信息, 谣言逐渐消退, 双黄连口服液百度指数于 2 月 2 日回落至 54392.

本次谣言事件官方反应迅速, 辟谣较为即时. 但由于处于疫情时期, 人民群众对疫情相关谣言关注度大大提高, 加之谣言消息来源比较官方, 故“双黄连事件”依旧造成了人民群众大量经济财产损失, 并且导致出现了擅自服用双黄连导致病情加重、抢购双黄连过程中被传染等严重影响后续疫情防治过程的情况.

2.5.2 模型仿真

双黄连事件期间, “双黄连可抑制新型冠状病毒”微博话题阅读量达 22.2 亿次, 其相应辟谣信息“双黄连对新型冠状病毒不具针对性”微博话题阅读量达 3.1 亿次. 以谣言及辟谣话题关注度作为衡量群众对其接受程度, 故双黄连事件 r 修改为 0.15. 据微博 2020 用户发展报告可知, 微博平台活跃用户约 2 亿. 模型选取 t 以小时为单位, 8.5 h 后权威机构介入辟谣, 选择认证医护人员为初始醒悟者、普通微博用户为不知情者、接触谣言信息的人为潜在信谣者、选择相信谣言但不抢购双黄连的人为信谣者、相信谣言且会抢购双黄连的人为铁杆信谣者, 实验结果如图 6 所示.

2.5.3 结果分析

从图 6(a) 曲线趋势可以看出, “双黄连事件”发生后 1 d 内便引起了大量关注, 并且由于谣言属于医疗领域, 初始醒悟者人数较少, 而谣言发布者较为官方, 谣言传播能力更强. 事件发生 1 d 后信谣者数量达到顶峰, 1.5 d 后铁杆信谣者数量达到顶峰. 在没有权威机构介入辟谣的情况下, 40 h 后微博用户群体达到稳定, 铁杆信谣者数量远超醒悟者数量. 而从图 6(b) 可以看出, 在事件发生 8.5 h 后引入权威机构辟谣, 醒悟者比例迅速升高, 潜在信谣者、信谣者及铁杆信谣者群体峰值高度较图 6(a) 大大降低, 峰值来临时间较图 6(a) 有所提前, 谣言传播迅速得到了控制, 并于 5 d 后基本得到消灭.

然而值得注意的是, 图 6(b) 中铁杆信谣者比例也曾一度超过 20%, 这也导致即使谣言出现 8.5 h 后权威机构就发布了辟谣信息, 依然出现了群众盲目哄抢、囤积双黄连药物乃至影响后续疫情治理过程的情况. 而将辟谣信息发布时间提前至谣

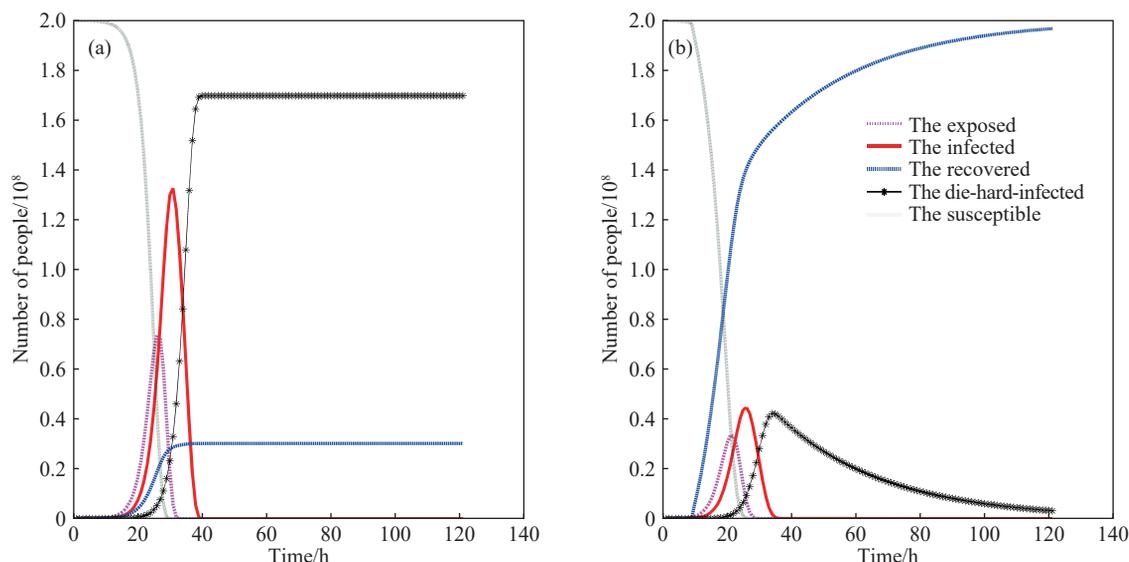


图6 权威机构辟谣对双黄连事件谣言传播的影响。(a)无权威机构辟谣下的双黄连事件谣言传播模型;(b)有权威机构辟谣下的双黄连事件谣言传播模型

Fig.6 Influence of authoritative rumor refutation on the rumor spread of the Shuanghuanglian incident: (a) SEIRD rumor propagation model of the Shuanghuanglian incident without authoritative rumor refutation; (b) SEIRD rumor propagation model of Shuanghuanglian incident with authoritative rumor refutation

言出现 4 h 后,铁杆信谣者群体最高比例将下降至约 10%。由此可见,醒悟者及权威机构的辟谣行为在谣言传播开始后越早发生,对于抑制谣言传播过程效果越好。

3 结语

在互联网日益普及的今天,网络谣言的传播已经成了一个严重的社会问题。尤其是在受到新冠疫情影响的当下,世界局势动荡,网络谣言的危害性更是会被放大。本文通过提出的 SEIRD 模型建立了我国网络谣言传播模型,研究了一个网络谣言自诞生起,不知情者、潜在信谣者、信谣者、铁杆信谣者以及醒悟者这五类网民比例在有无政府辟谣、辟谣是否具有滞后性、以及网民不同比例高等教育率下的变化规律。研究结果表明,提高全民高等教育普及率本质上是改善网络舆论环境,建立良好的不易传播谣言的网络舆论土壤,能够显著减缓谣言传播,降低传播峰值;与此同时政府权威机构介入辟谣,可通过权威性的辟谣将铁杆信谣者转变为醒悟者,对彻底消灭谣言起到了决定性作用。此外,本文还提出了辟谣系数 re 的概念,以衡量辟谣者群体及政府权威机构的辟谣能力。最后,研究发现消灭辟谣的滞后性对于抑制网络谣言传播同样有极大帮助。为此,本文也给出了一种在未来通过建立权威的辟谣平台的网络谣言抑制策略,以减少甚至消灭政府辟谣的滞后性。

参 考 文 献

- [1] Liu F, Li M T. Research on SIRI rumor spreading model with spontaneous behavior. *J Syst Sci Math Sci*, 2020, 40(7): 1257
(刘芳, 李明涛. 一类具有自发行为的 SIRI 谣言传播模型研究. 系统科学与数学, 2020, 40(7): 1257)
- [2] Ding X J, Li L X. The spreading dynamics of rumors in social media under the anti-silence spiral effect. *Syst Eng Theory Pract*, 2020, 40(12): 3149
(丁学君, 李临霄. 反沉默螺旋效应下社交媒体谣言传播动力学研究. 系统工程理论与实践, 2020, 40(12): 3149)
- [3] Fu W, Pan X Z, Liu Y Z. Rumor spreading model based on principle of social identity. *Comput Eng*, 2018, 44(9): 136
(付伟, 潘晓中, 刘亚州. 基于社会认同原理的谣言扩散模型. 计算机工程, 2018, 44(9): 136)
- [4] Hosni A I E, Li K, Ahmad S. Minimizing rumor influence in multiplex online social networks based on human individual and social behaviors. *Inf Sci*, 2020, 512: 1458
- [5] Wang X L, Zhao L J, Xie W L. Rumor spreading model with variable forgetting rate in scale-free network. *Syst Eng Theory Pract*, 2015, 35(2): 458
(王筱莉, 赵来军, 谢婉林. 无标度网络中遗忘率变化的谣言传播模型研究. 系统工程理论与实践, 2015, 35(2): 458)
- [6] Zhang J P, Guo H M, Jing W J, et al. Dynamic analysis of rumor propagation model based on true information spreader. *Acta Phys Sin*, 2019, 68(15): 150501
(张菊平, 郭昊明, 荆文君, 等. 基于真实信息传播者的谣言传播模型的动力学分析. 物理学报, 2019, 68(15): 150501)
- [7] Fan C L, Song H M, Ding G H. Research on an improved SEIR network rumor propagation model. *J Intell*, 2017, 36(3): 86
(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. 情报杂志, 2017, 36(3): 86)

- [8] Liu J Y, Li D P. Research on edge immunization strategy of online social network based on triple group structure. *Comput Eng*, 2018, 44(6): 130
(刘建友, 李代平. 基于三元组结构的在线社交网络边免疫策略研究. 计算机工程, 2018, 44(6): 130)
- [9] Luo J Y, Tang N J. Rumor propagation model based on edge-based compartmental theory. *J Comput Appl*, 2019, 39(11): 3409
(罗靖宇, 唐宁九. 基于边划分理论的谣言传播模型. 计算机应用, 2019, 39(11): 3409)
- [10] Qiu L Q, Liu S Q. C-SIW rumor propagation model with variable propagation rate and perception mechanism in social networks. *Discrete Dyn Nat Soc*, 2020: 5712968
- [11] Wang J J, Jiang Z A, Deng Y F, et al. Modeling and influence factors of warning dissemination. *J Univ Sci Technol Beijing*, 2012, 34(12): 1453
(王晶晶, 蒋仲安, 邓云峰, 等. 警报传播过程建模及影响因素. 北京科技大学学报, 2012, 34(12): 1453)
- [12] Zhang Y H, Zhu J J. Dynamic behavior of an I2S2R rumor propagation model on weighted contract networks. *Phys A: Stat Mech Appl*, 2019, 536: 120981
- [13] Chen S S, Jiang H J, Li L, et al. Dynamical behaviors and optimal control of rumor propagation model with saturation incidence on heterogeneous networks. *Chaos Solitons Fractals*, 2020, 140: 110206
- [14] Zhu L H, Liu M X, Li Y M. The dynamics analysis of a rumor propagation model in online social networks. *Phys A: Stat Mech Appl*, 2019, 520: 118
- [15] Dong S, Huang Y C. A class of rumor spreading models with population dynamics. *Commun Theor Phys*, 2018, 70(6): 795
- [16] Tan Z H, Shi Y C, Shi N X, et al. Rumor propagation analysis model inspired by gravity theory for online social networks. *J Comput Res Dev*, 2017, 54(11): 2586
(谭振华, 时迎成, 石楠翔, 等. 基于引力学的在线社交网络空间谣言传播分析模型. 计算机研究与发展, 2017, 54(11): 2586)
- [17] Wei Y, Yin Y J. Rumor propagation model for crowd-gathered place of emergency event. *Comput Eng*, 2019, 45(9): 302
(蔚莹, 殷雁君. 突发事件人群聚集场所的谣言传播模型. 计算机工程, 2019, 45(9): 302)
- [18] Zhao M, Chen W X, Song Q K. Research on a rumor spreading model with media coverage. *Appl Math Mech*, 2018, 39(12): 1400
(赵敏, 陈文霞, 宋乾坤. 考虑媒体报道效应的谣言传播模型研究. 应用数学和力学, 2018, 39(12): 1400)
- [19] Zhu L H, Li L. Dynamic analysis of rumor-spread-delaying model based on rumor-refuting mechanism. *Acta Phys Sin*, 2020, 69(2): 020501
(朱霖河, 李玲. 基于辟谣机制的时滞谣言传播模型的动力学分析. 物理学报, 2020, 69(2): 020501)
- [20] Zhu L H, Liu W S, Zhang Z D. Delay differential equations modeling of rumor propagation in both homogeneous and heterogeneous networks with a forced silence function. *Appl Math Comput*, 2020, 370: 124925
- [21] Li C R. A study on time-delay rumor propagation model with saturated control function. *Adv Differ Equ*, 2017, 2017(1): 1
- [22] Zhu L H, Zhao H Y, Wang H Y. Stability and spatial patterns of an epidemic-like rumor propagation model with diffusions. *Phys Scr*, 2019, 94(8): 085007
- [23] Zhu L H, Zhao H Y, Wang H Y. Partial differential equation modeling of rumor propagation in complex networks with higher order of organization. *Chaos: Interdiscip J Nonlinear Sci*, 2019, 29(5): 053106
- [24] Zhang J X, Wang L T, Zhang J H. Internet rumors spreading and control model with multiple propagation sources. *Inf Sci*, 2020, 38(11): 115
(张金鑫, 王丽婷, 张金华. 具有多个传播源的网络谣言传播与导控模型研究. 情报科学, 2020, 38(11): 115)
- [25] Chen A, Wang Z J, Chen Y H. Spread and governance of pseudo-science Internet rumors in major public healthy emergencies based on SEIR model: A case study of COVID-19 epidemic. *Sci Technol Rev*, 2020, 38(4): 55
(陈安, 王子君, 陈樱花. 基于SEIR模型视角的重大公共卫生事件中伪科学网络谣言的传播治理: 以新冠肺炎疫情为例. 科技导报, 2020, 38(4): 55)
- [26] Huo L G, Chen S J. Rumor propagation model with consideration of scientific knowledge level and social reinforcement in heterogeneous network. *Phys A: Stat Mech Appl*, 2020, 559: 125063
- [27] Shi X X, Ye H P. Establishment and dynamic analysis of a stochastic SIRS rumor propagation model. *J Donghua Univ (Nat Sci)*, 2020, 46(5): 828
(石星星, 叶海平. 随机谣言传播模型的建立与动态分析. 东华大学学报(自然科学版), 2020, 46(5): 828)
- [28] Wang Q Y, Liu R R, Jia C X. Influence of opinion dynamics on rumor propagation in complex networks. *Acta Phys Sin*, 2021, 70(6): 351
(王祁月, 刘润然, 贾春晓. 复杂网络上的意见动力学对谣言传播的影响. 物理学报, 2021, 70(6): 351)
- [29] Wan Y P, Zhang D G, Ren Q H. Propagation and inhibition of online rumor with considering rumor elimination process. *Acta Phys Sin*, 2015, 64(24): 240501
(万贻平, 张东戈, 任清辉. 考虑谣言清除过程的网络谣言传播与抑制. 物理学报, 2015, 64(24): 240501)
- [30] Cao W B, Wu Z F, Yang T, et al. Entity and attribute extraction of terrorism event based on text corpus. *Chin J Eng*, 2020, 42(04): 500
(曹文斌, 武卓峰, 杨涛, 等. 基于文本语料的涉恐事件实体属性抽取. 工程科学学报, 2020, 42(04): 500)
- [31] Zheng H Y, Liao C L, Li T Z. A topic detection method for network long text. *Chin J Eng*, 2019, 41(9): 1208
(郑恒毅, 廖城霖, 李天柱. 一种面向网络长文本的话题检测方法. 工程科学学报, 2019, 41(9): 1208)
- [32] Office of the Central Cyberspace Affairs Commission, Cyberspace Administration of China. The 46th China Statistical Report on Internet Development[R/OL]. *China Internet Network Information Center* (2020-09-29) [2021-03-16]. <http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwxzbg/hlwtjbg/202009/P020210205509651950014.pdf>
(中共中央网络安全和信息化委员会办公室, 中华人民共和国国家互联网信息办公室. 第46次中国互联网络发展状况统计报告[R/OL]. 中国互联网络信息中心 (2020-09-29) [2021-03-16]. <http://www.cnnic.net.cn/hlwfzyj/hlwxzbg/hlwtjbg/202009/P020210205509651950014.pdf>)