



计算机科学

COMPUTER SCIENCE

基于信息风险感知理论的虚假信息点对点传播建模与仿真研究

于凯, 宿天睿

引用本文

于凯, 宿天睿. [基于信息风险感知理论的虚假信息点对点传播建模与仿真研究](#)[J]. 计算机科学, 2023, 50(7): 376-385.

YU Kai, SU Tianrui. [Modeling and Simulation of Point-to-Point Propagation of False Information Based on Information Risk Perception](#) [J]. Computer Science, 2023, 50(7): 376-385.

相似文章推荐 (请使用火狐或 IE 浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

[社交网络中的虚假信息经加边修正最大化问题](#)

Misinformation Correction Maximization Problem with Edge Addition in Social Networks

计算机科学, 2022, 49(11): 316-325. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.211000043>

[社交网络中的虚假信息:定义、检测及控制](#)

False Information in Social Networks:Definition, Detection and Control

计算机科学, 2021, 48(8): 263-277. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.210300053>

[两种颜色分解方法及其在免疫荧光图像分析中的应用](#)

计算机科学, 2005, 32(6): 161-163.

基于信息风险感知理论的虚假信息点对点传播建模与仿真研究

于凯¹ 宿天睿²

1 新疆财经大学公共管理学院 乌鲁木齐 830012

2 新疆财经大学信息管理学院 乌鲁木齐 830012

(yk@xjufe.edu.cn)

摘要 在计算社会科学研究中,受传染病启发的传播模型被广泛用于模拟虚假信息传播,但传统的传染病模型不区分个体间的差异。现实世界中,个体间的差异有助于理解虚假信息如何在个体间传播,这对于探究社交网络中虚假信息的传播规律、抑制虚假信息的传播具有重要意义。文中基于信息风险感知理论,利用在线社交用户的情绪、知识水平、信任度和媒体的接触数量等对传播个体的差异加以区分,构建更加符合现实的虚假信息点对点传播模型。在传播过程中,个体间的差异表现为不同的传播概率,高传播概率的个体更容易转化为传播状态,同时使用人工标注的 Facebook 数据集进行仿真模拟来研究虚假信息的传播规律。结果发现,相比平均概率传播系统,在点对点传播模式下传播虚假信息的时间跨度更长,波及范围更广。此外,通过控制高传播概率节点,能够实现对虚假信息传播的事前控制,且其相比随机控制、控制高影响力节点的方法取得了更好的效果,但依次增加节点控制比例并未按照预想得到更好的控制效果,出现了“反常识”的特征。

关键词: 信息风险感知;虚假信息;点对点传播;控制传播;对比分析

中图分类号 TP391.9

Modeling and Simulation of Point-to-Point Propagation of False Information Based on Information Risk Perception

YU Kai¹ and SU Tianrui²

1 School of Public Administration, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi 830012, China

2 School of Information Management, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi 830012, China

Abstract In the study of computational social science, the propagation model inspired by infectious diseases is widely used to simulate the spread of false information. However, the traditional infectious disease model does not distinguish the differences among individuals. In the real world, the difference between individuals helps to understand how false information spreads between individuals, which is of great significance for exploring the propagation law of false information in social networks and suppressing the spread of false information. Based on the information risk perception theory, this paper makes use of online social users' emotion, knowledge level, trust and the number of media contacts to distinguish the differences of communication individuals, and builds a more realistic point-to-point communication model of false information. In the process of communication, the differences between individuals are manifested in different communication probabilities. Individuals with high communication probabilities are more likely to be transformed into communication states. This paper uses the manually annotated Facebook data set to conduct simulation to study the propagation laws of false information. The results show that, compared with the average probability propagation system, the time span of spreading false information in the point-to-point propagation mode will be longer and the coverage will be wider. In addition, by controlling the nodes with high propagation probability, it is possible to control the propagation of false information in advance, and it has achieved better results than the methods of random control and controlling the nodes with high influence. However, increasing the control proportion of nodes in turn can not achieve better control results as expected, and the characteristics of “anti common sense” appear.

Keywords Information risk perception, False information, Point-to-Point propagation, Dissemination control, Comparative analysis

到稿日期:2022-09-09 返修日期:2023-03-10

基金项目:新疆维吾尔自治区社会科学基金(21BTQ162);新疆维吾尔自治区自然科学基金(2019D01A22);河南省自然科学基金青年科学基金(202300410301).

This work was supported by the Social Science Foundation of Xinjiang Uygur Autonomous Region(21BTQ162), Natural Science Foundation of Xinjiang Uygur Autonomous Region, China(2019D01A22) and Natural Science Foundation of Henan Province, China(202300410301).

通信作者:宿天睿(1064574850@qq.com)

1 引言

随着 Web3.0 时代的到来,互联网即时、便利的信息传播功能引发了“信息过载”现象^[1]。一方面,以“两微一抖”为代表的移动互联网应用将大量用户融入在线社交网络,进一步促进了各类信息的传播;另一方面,互联网的匿名性、互动性也造成了虚假信息的泛滥,不仅加剧了在线社交网络的信息冗余,也容易误导公众,对社会造成不良影响^[2]。虚假信息具有较强的蓄意制造性、误导性和危害性,在互联网平台中,其远比病毒的传播速度更快、范围更广、影响力更大,分享程度远远超过了真实信息^[3]。因此,虚假信息被视为网络中的潜在风险。例如“双黄连和藿香正气水能治愈新冠”、西安草莓致“出血热”等事件中的虚假信息经过互联网迅速传播发酵,造成了极坏的社会影响。虚假信息是存在于网络中的风险,它的传播与在线用户的情绪、身份和工作等密切相关,因此不同在线用户传播虚假信息的概率存在差异。传统的传染病模型不考虑在线用户间的差异,将所有在线用户对虚假信息的传播概率视为一致的假设并不符合实际。因此,构建更加符合现实的虚假信息点对点传播模型,对于揭示在线社交网络中虚假信息的内在传播规律、探索虚假信息的治理策略具有重要意义。

2 相关研究

2.1 虚假信息传播与节点的控制研究

虚假信息的传播是一个传播者和受众之间双向互动的过程,这个过程中听信和传播是两个主要环节^[4]。已有研究表明,信息传播是一个复杂的过程,受到网络结构、信息内容、用户的行为和特征等因素的影响^[5]。虚假信息传播研究可以追溯到基于经典传染病传播模型构建的谣言传播动力学模型,如 SIR^[6]、SIS^[7]模型。值得注意的是,传统的传染病模型不区分在线用户的差异,无法将在线社交网络的用户特征与虚假信息的传播倾向联系起来。

在信息传播研究方面,研究者主要考虑了网络拓扑结构和时间戳等因素的影响,如 Liu 等基于小世界网络提出了利用计算机仿真建立舆情传播模型的基本思路来量化舆论传播,并初步实现了对某特定地区舆论传播的仿真^[8]。Zeng 基于小世界网络,对危机信息的传播规律进行了研究,验证了网络信息传播的阶段特点^[9]。Pei 等基于博客这一平台形成的社交网络,研究了信息传播的复杂性^[10]。随着互联网的发展,在线社交媒体功能日益完善,其可以获取在线用户更多的属性,于是部分学者开始转向对虚假信息传播主体的研究。Tan 等基于引力学思想提出了一种谣言传播分析模型,并使用节点影响力这一评价指标对在线用户的传播能力进行了评估^[11]。Shao 等研究发现,位于网络中的社交机器人难以分辨虚假信息,极易传播低可信度的信息^[12]。Glenski 等对虚假信息的来源、数量与传播速度进行了研究,发现虚假信息具有数量大、传播速度快等特点^[13]。Sun 等基于 Multi-Agent 建模技术,在 Anylogic 仿真平台建立了虚假舆情传播的巴斯扩散仿真模型^[14]。Vosovghi 等研究了在线网络中真假信息的

传播情况,其通过对比发现,虚假信息的传播范围更广,传播速度更快^[3]。Zhou 等分析了 LiveJournal、微博和 Twitter 这 3 个在线社交平台上的综合扩散记录和相关的社交网络,发现信息传播符合幂率传播模式^[15]。Huo 等将情感加入虚假信息的传播中,研究了突发公共卫生事件中虚假信息的时滞性扩散与情感关联的问题,发现引导公众产生负向情感的虚假信息在一定程度上会引起公众的大规模讨论^[16]。

针对虚假信息传播节点的控制,目前多采用传播后删帖、封号和切断信息等措施,缺乏传播前和传播中的控制方法^[17]。Chen 等提出了在线网络虚假信息传播的访问控制体系结构^[18]。Wang 等基于 PageRank 算法,提出了虚假信息传播的控制算法,通过识别和管控高影响力节点来阻断虚假信息的传播^[19]。Yu 等提出了一种基于溯源的虚假信息传播的控制策略,及时删除了大量的源头节点,取得了较好的控制效果^[20]。He 等在异构网络的基础上,构建了流行病传播动力学模型,运用实时优化策略和脉冲式传播真实信息来阻断谣言传播^[21]。

2.2 信息风险感知理论

风险是客观存在的,个体凭借经验、直觉对外在风险的感受和判断被称为风险感知,它受到心理、社会、认知和文化等多种因素的共同影响^[22]。Liu 等研究发现,虚假信息可以被视为一种风险,而公众对信息的风险感知存在差异^[23]。虚假信息的传播是一种主观性极强的活动,在线用户对虚假信息的信息感知包括感知收益和感知损失^[24],如果传播虚假信息的收益大于损失,在线网民就会倾向传播虚假信息^[25]。研究发现,影响虚假信息传播的因素分为个人因素、信息因素和社会因素。个人因素主要包括在线用户的知识水平、个性和情绪等;信息因素主要包括信息的质量与数量、信息特征等;社会因素又可以被认为是外部因素,主要包括情境、媒体等。

存在风险感知的情况下,虚假信息会引起人们的恐慌与不安,受不良情绪的影响,个人可能会将感受分享出去,以获取理解和安慰。Tang 等通过研究发现,在情感的主导下,虚假信息更能迎合在线用户的心理,这会促进虚假信息的传播^[26]。虚假信息的隐匿性和误导性使得在线用户需要具备一定的能力或付出一定成本才可以进行辨别,因此,在线用户对于虚假信息的辨别与个人的信息能力有关。信息能力普遍被认为与个人的受教育程度成正相关关系。学历越高,所掌握的知识面越广,知识储备越丰富,越容易做出理性判断;反之学历越低,则更倾向于接受和传播虚假信息。Kimble 与 Rosenkranz 等学者的研究也佐证了这一现象^[27-28]。同时,虚假信息的传播也会受到在线用户信任度的影响。Wu 等通过研究发现,在存在风险感知的情况下,信任对于决策的影响至关重要,信息来源的可信度可以改变在线用户对虚假信息的信任度^[29]。Trumbo 等研究了信息来源对可信度的影响,发现国家和官方行业发布的信息可信度极高^[30]。近年来,自媒体体的井喷式增长使得大量负面、夸张、虚假的信息出现在社交平台,导致媒体失去了原有的公信力。Duan 等通过研究发现,在线用户接触的媒体数量也会影响信虚假信息的传播,

接触的媒体数量越多,传播虚假信息的可能性就越低^[31]。

综上所述,已有研究多集中于将单一因素加入虚假信息的传播过程中,且少有研究考虑传播个体间的差异,因此难以准确研判在线社交网络中虚假信息的传播规律。此外,针对虚假信息传播事前控制方法的研究成果也比较有限。因此,本研究基于信息风险感知理论,将社交用户的情绪、信任度、知识水平和社交媒体接触数量等因素加入虚假信息的传播过程中,构建更加符合现实的虚假信息点对点传播模型,以此来研究虚假信息的传播规律;同时将治理的重点聚焦于高传播概率节点,并对比不同治理措施下的效果,进一步充实虚假信息的传播研究,并为虚假

信息的治理提出更具有针对性的管控措施。

3 研究过程与模型构建

3.1 研究过程

3.1.1 研究框架

研究基于风险感知理论区分用户的传播概率,从个人因素、信息因素和社会因素中选出情绪、知识水平、信任度和媒体接触数量 4 类具有显著影响的因素,用于区分用户的传播概率。在区分传播概率的基础上,构建虚假信息的传播模型并进行仿真实验。同时,根据传播概率进行了传播控制。具体研究框架如图 1 所示。

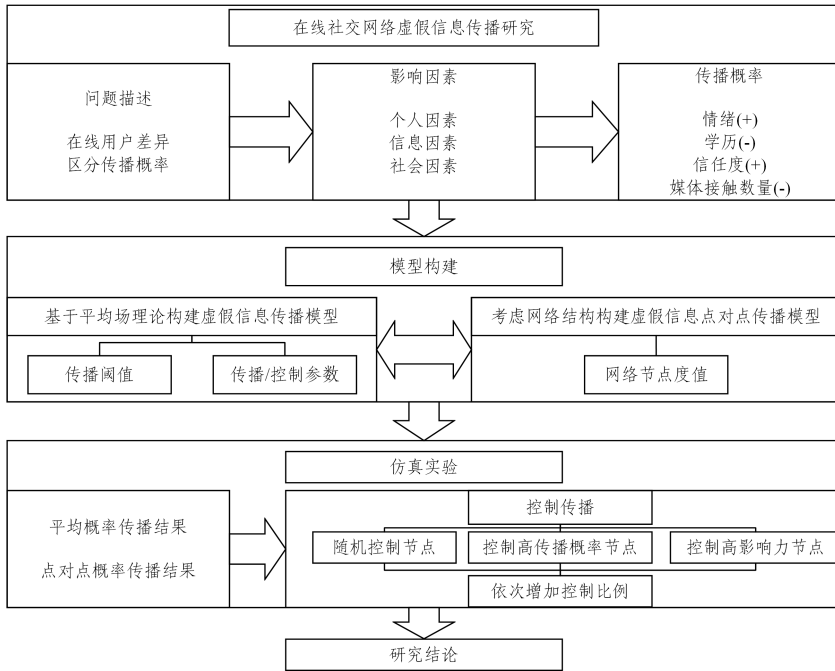


图 1 研究框架

Fig. 1 Research framework

3.1.2 问题描述

在线社交网络旨在分享和交流,几乎所有在线社交平台的用户都会拥有一个“好友列表”,这种无定向的朋友关系是互惠的,他们可以相互访问和传播信息,这样的交互行为就构成了社交网络。本研究主要关注由社交用户与他们的邻居节点互动所形成的自我网络。邻居节点是在线用户的“追随者”,一旦传播者发布虚假信息,网络中所有的邻居节点都会成为信息的接收者,接下来,信息可能会被继续转发和传播,但是多数信息的接收者不会选择转发^[16,32]。

在现实网络世界中,社交网络中个体传播虚假信息的概率区间为 $[0, 1]$ 。由于社交用户存在多重属性的差异,不同用户传播虚假信息的概率是不同的。本文构建两个不同的虚假信息传播系统 a 和 b 来理解个体间的差异,如图 2 所示。在图 2(a)中基于传统的传染病模型构建传播系统,个体 A, B, C 在接收到虚假信息后,传播虚假信息的概率都是固定平均值 0.5,不区分用户差异;在图 2(b)中基于个体多种属性构建传播系统,用户 A, B, C 在接收虚假信息后,传播虚假信息的概率存在差异。对比来看,在虚假信息的传播系统 a 中, A, B, C

3 个用户的平均传播概率相同,系统 b 中可以通过传播虚假信息的概率来区分个体。

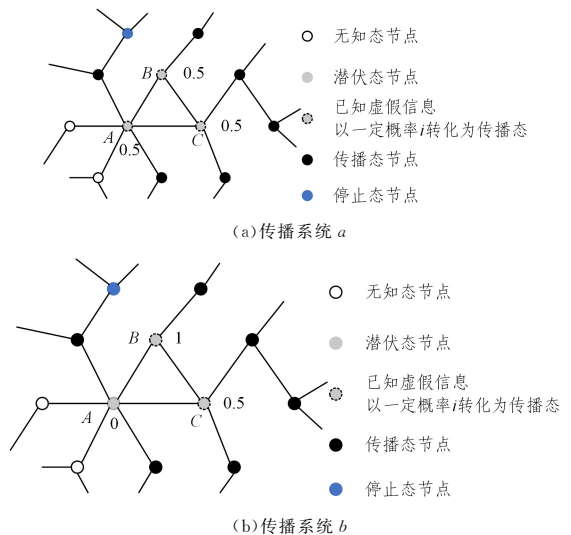


图 2 传播系统对比

Fig. 2 Comparison of dissemination system

3.2 模型构建

3.2.1 模型假设

研究表明,个体传播信息的行为是系统内生驱动力,遵循信息和行为相互交织的规律:个体首次接触信息不一定会发生采纳和传播行为,通常需要多次接触信息,直到强化效应达到临界值才会发生传播行为^[33-35]。在线社交网络中信息的传播是复杂多变的,而网络结构也在不断变化,如用户的加入与离开、好友关系的变化等。已有研究表明,在线社交平台中虚假信息传播的时间较短,在仿真时可以不考虑网络的动态变化^[36]。因此作出如下基本假设:

H_1 :参与传播的在线用户都是社交自然人,不存在恶意用户和社交机器人。

H_2 :在传播过程中,网络结构保持不变,无用户进出。

H_3 :仿真针对社交媒体平台上某一特定的虚假信息,不需要区分信息的数量和质量,因此可以排除信息因素的干扰。

3.2.2 虚假信息点对点传播模型

基于经典传染病传播模型 SEIR 构建考虑社交用户属性的虚假信息点对点传播模型,如图 3 所示。图中 S, E, I, R 分别表示节点处于无知态、潜伏态、传播态和停止态。不同状态节点之间连线上的参数表示转化概率,实线表示节点接触传播态节点后以一定概率发生状态转移,虚线表示节点以一定概率自发发生状态转移。

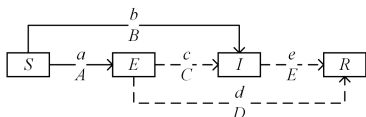


图 3 节点状态转移图

Fig. 3 Node state transition diagram

图 3 中各参数定义及其代表的转化概率意义如表 1 所列。

表 1 参数定义及意义

Table 1 Parameter definition and significance

参数	参数名称	参数意义
a	虚假信息潜伏率	无知者到潜伏者的转化概率
b	虚假信息接触传播率	无知者到传播者的转化概率
c	虚假信息自发传播率	潜伏者到传播者的自发转化概率
d	虚假信息遗忘率	潜伏者到停止者的自发转化概率
e	虚假信息停止率	传播者到停止者的自发转化概率
A	虚假信息点对点潜伏率	无知者到潜伏者的点对点转化概率
B	虚假信息点对点接触传播率	无知者到传播者的点对点转化概率
C	虚假信息点对点自发传播率	潜伏者到传播者的点对点自发转化概率
D	虚假信息点对点遗忘率	潜伏者到停止者的点对点自发转化概率
E	虚假信息点对点停止率	传播者到停止者的点对点自发转化概率

结合图 3 可知,虚假信息点对点传播模型的演化规则如下:

(1)虚假信息的传播过程中,无知者接触到传播者后,可能会转化为传播者,否则已知虚假信息转化为潜伏者。潜伏者除了会自发转化为传播者外,还会由于遗忘机制等因素自发转化为停止者。传播者会在失去传播兴趣之后

自发转化为停止者。

(2)传统的传播模型不考虑节点间的区别,传播过程中所有参数保持不变;点对点传播模型中节点传播概率和停止概率不是固定值,它们根据节点的不同不断变化。

3.2.3 传播概率

仿真实验选取 Facebook 社交网络数据集进行仿真模拟,数据集由人工标注识别,具有极高的精确性,排除了恶意用户和社交机器人^[37]。网络中两个节点相连表示互为“朋友关系”,该网络由 4039 个节点组成,网络度分布呈幂律分布,网络平均度为 43.7。由此可知,情绪、知识水平、信任度和媒体接触数量这 4 个因素会显著影响虚假信息的传播。本研究根据这 4 个因素来确定网络中各节点的传播概率和停止概率,处理过程如下。

(1)4 个假设

H_1 :在线用户的情绪具有极大的随机性,本文采用生成随机数的方法来确定用户情绪状态。

H_2 :根据中国互联网络信息中心(CNNIC)正式发布的第 48 次《中国互联网络发展状况统计报告》显示,在线用户的学历中,小学及以下、初中、高中/中专/技校、大学专科、大学本科及以上的比例约为 2:4:1:2:1^[38],因此,本实验根据该统计数据来确定网络中不同知识水平节点的数量。

H_3 :基于网络中网民的信任度强弱的判定,依据已有文献^[39]采用网络的无标度结构和中心性来判定,实验利用网络节点的中介中心性这一指标来判定信任度强弱。

H_4 :根据网络中节点的度值来确定媒体的接触数量,节点度越大,接触媒体的数量越多。

(2)概率确定

在文献[24]的实证研究中可以发现,情绪、知识水平、信任度和媒体接触数量等因素影响虚假信息传播的程度不同,影响因素强弱的排序为:信任度>情绪>媒体接触数量>知识水平,因此按照影响因素的重要性进行赋权。信任度影响程度的取值参考已有研究,利用抽象网络中节点的中介中心性进行归一化处理;情绪作为促进虚假信息传播的影响因素,取值为区间[0,1]的随机数;媒体接触数量影响程度的取值根据网络节点度值确定;知识水平作为抑制虚假信息传播的因素,取值根据学历划分为区间。

根据影响虚假信息传播的程度,将所有的因素归一化处理得到网络中节点的传播概率和停止概率,如表 2 所列。

表 2 传播概率对比(部分)

Table 2 Comparison of dissemination probabilities(part)

在线用户	点对点传播概率	点对点停止概率
0	0.316771682	0.125873277
1	0.222126651	0.26226193
2	0.367724148	0.2782275
3	0.366075049	0.175369976
4	0.152375566	0.323263889
5	0.362455358	0.202229111
...
平均值	0.302313824	0.225080976

处理过后,系统的平均传播概率约为 0.3023,平均停止

概率约为 0.2251。传播概率和停止概率分布基本呈现正态分布, 概率分布相对合理^[16,32]。

3.2.4 传播模型平均场方程

在虚假信息传播过程中, 将每一个在线用户个体抽象为网络中的一个节点, 节点之间的连边表示两个节点的接触。在 T 时刻, 网络中无知者、潜伏者、传播者和停止者的占比分别记为 $S(T), E(T), I(T), R(T)$, 它们满足均一化的条件 $S(T) + E(T) + I(T) + R(T) = 1$ 。在虚假信息传播过程中引入平均场理论建立平均场方程, 为仿真实验提供参考, 代表网络的平均度。虚假信息点对点传播模型的平均场方程如下所示:

$$\frac{dS(T)}{dt} = -(a/A)\bar{k}S(T)I(T) - (b/B)\bar{k}S(T)I(T) \quad (1)$$

$$\frac{dE(T)}{dt} = (a/A)\bar{k}S(T)I(T) - (c/C)S(T) \quad (2)$$

$$\frac{dI(T)}{dt} = (b/B)\bar{k}S(T)I(T) + (c/C)E(T) - (e/E)I(T) \quad (3)$$

$$\frac{dR(T)}{dt} = (d/D)E(T) + (e/E)I(T) \quad (4)$$

根据式(1)一式(4)可知, 初始时刻, 网络中只存在无知者(S)和一个传播者(I); 虚假信息传播结束时, 网络中不存在中间状态的节点(E 和 I), 只存在无知态和停止态个体, 即 $S(0) \approx 1, R(0) = 0, S(\infty) = 1 - R(\infty)$ 。根据式(1)和式(4)平均场方程对传播过程进行稳定性分析, 如下所示:

$$\begin{aligned} \frac{dR(T)}{dS(T)} &= \frac{(d/D)E(T) + (e/E)I(T)}{-(a/A)\bar{k}S(T)I(T) - (b/B)\bar{k}S(T)I(T)} \\ &= \frac{(e/E)}{-(a/A)\bar{k}S(T) - (b/B)\bar{k}S(T)} \\ &= \frac{(e/E)}{-(a/A) - (b/B)} \cdot \frac{1}{\bar{k}S(T)} \end{aligned}$$

根据平均场公式的推导, 由上式可得 $dR(T) = \frac{(e/E)}{-(a/A) - (b/B)} \cdot \frac{1}{\bar{k}S(T)} dS(T)$, 分别对此式两端 $S(T)$ 和

$R(T)$ 从虚假信息传播初始时刻到结束时刻进行积分。取 $R(\infty) = R, R(\infty) = 1 - S(\infty)$ 求解 R 值, 可以得:

$$-\frac{(a/A + b/B)\bar{k}}{e/E} R = \ln[1 - R]。对式求解, 若存在非零解,$$

则满足条件 $\frac{(a/A + b/B)\bar{k}}{e/E} > 1$, 此时信息传播系统是不稳定的, 虚假信息传播开来。

根据平均场公式推导可以得出, 在网络的平均度 \bar{k} 较大时, 虚假信息极易传播开来。但是, 虚假信息在现实网络世界中以个体间的关系进行传播, 链接较多的个体更容易接触到虚假信息, 从而更容易传播虚假信息。因此模型必须要考虑网络中节点度的差异, 将其作为一个隐变量加入传播并认为都相同的节点有相似的行为。用节点的度 $\langle k \rangle$ 来标识网络中度不同的节点。将式(1)一式(4)中的平均度替换为节点的度 $\langle k \rangle$, $S_k(T), E_k(T), I_k(T), R_k(T)$ 分别表示网络中度为 k 的节点处于无知态、潜伏态、传播态和停止态的占比, 考虑网络节点度差异的虚假信息点对点传播模型方程如下所示:

$$\frac{dS_k(T)}{dt} = -(a/A)\langle k \rangle S_k(T)I(T) - (b/B)\langle k \rangle S_k(T)I(T) \quad (5)$$

$$\frac{dE_k(T)}{dt} = (a/A)\langle k \rangle S_k(T)I(T) - (c/C)S_k(T) \quad (6)$$

$$\frac{dI_k(T)}{dt} = (b/B)\langle k \rangle S_k(T)I(T) + (c/C)E_k(T) - (e/E)I_k(T) \quad (7)$$

$$\frac{dR_k(T)}{dt} = (d/D)E_k(T) + (e/E)I_k(T) \quad (8)$$

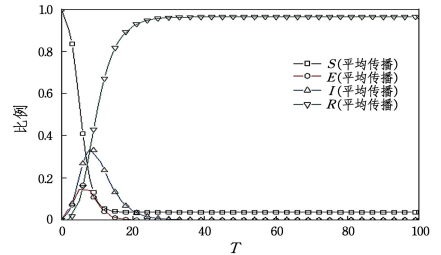
其中, 4 种状态节点的数量占比与度为 k 的节点的占比存在如下数量关系: $S(T) = \sum_k S_k(T), E(T) = \sum_k E_k(T), I(T) = \sum_k I_k(T), R(T) = \sum_k R_k(T)$ 。

4 仿真模拟

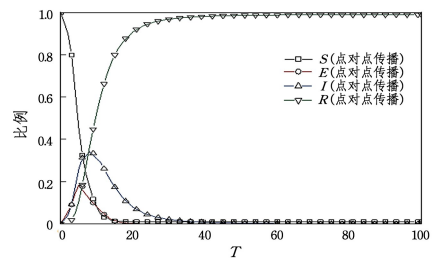
通过对虚假信息的传播过程进行仿真, 研究虚假信息传播的演化规律。根据表 2 点对点传播概率将在线网络中参与传播的节点进行区分, 使用 python 工具编写代码对虚假信息传播过程进行仿真模拟。在此基础上分析在虚假信息传播过程中在线用户的行为决策及虚假信息的演化规律, 从而验证模型的适用性和有效性。为了减少实验误差, 所有仿真结果取 100 次实验的平均值。

4.1 平均传播与点对点传播结果对比分析

假设初始时刻, 网络中出现一个虚假信息的传播节点, 其他节点都处于无知态。在达到稳定状态后, 只存在无知者(S)和停止者(R)。分别采用表 2 中在线用户的平均传播概率与点对点传播概率进行仿真实验, 结果如图 4 所示。



(a)



(b)

图 4 平均传播与点对点传播结果对比分析

Fig. 4 Comparative analysis of average dissemination and point-to-point dissemination results

可以看出, 虚假信息在在线社交网络中传播开来时, 取网络平均传播概率和点对点传播概率, 4 种状态节点随时间推移的走势基本保持一致, 但是不同状态节点的比例存在差别, 具体情况如图 5 所示。

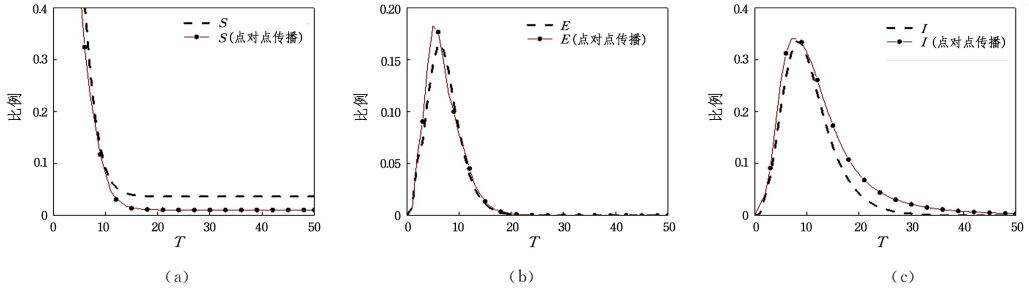


图5 S, E 和 I 3 种节点传播状态对比分析

Fig. 5 Comparative analysis of dissemination states of nodes S, E and I

对无知态、潜伏态和传播态节点进行对比分析可以得出以下结论:图 5(a)中,点对点传播模式下,虚假信息的波及范围更广,达到稳定状态时“幸存者”(无知者)的比例更低;图 5(b)中,潜伏状态的节点比例和传播状态节点比例峰值非常接近,走势也基本吻合,点对点传播模型符合现实传播的整体走势^[17];图 5(c)中,点对点传播模式下,传播态节点比例上升更快,下降更慢。出现上述情况的原因是,平均传播模式下反映的是整体演化过程,点对点传播模式下会出现不同概率的状态转化,高传播概率节点同时意味着相对较低的停止概率,此类节点更易转化为传播状态且传播虚假信息的时间跨度会更长。

4.2 虚假信息传播控制

虚假信息传播控制一直以来都是研究的重难点问题,其根据时间因素和网络拓扑结构等,主要分为 3 类。首先是利用时间戳的节点控制法,该方法主要是通过直接封

号、屏蔽等方式来控制传播虚假信息的在线用户,但是忽略了在线用户在传播系统中的影响力,难以快速、有效地控制传播。其次是基于 PageRank 等算法,计算出节点影响力,识别出高影响力的节点并进行管控,但是该方法忽略了控制的精度和准确度。最后是基于溯源的方法进行虚假信息的传播控制,删除源头节点与高影响力节点^[20],该方法可以较好地控制传播,但是无法实现事前预测与控制。

4.2.1 控制传播及效果对比

为了实现对虚假信息的事前控制,依次选取传播概率在前 1%, 2%, 3% 和 5% 的节点进行管控,使高传播概率节点在接触虚假信息后无法变为传播态,实验结果如图 6(a)~图 6(d)所示。可以明显看到,随着控制节点比例的提高,并没有如预想中获得更好的控制效果,最佳控制效果为控制前 2% 的节点比例。

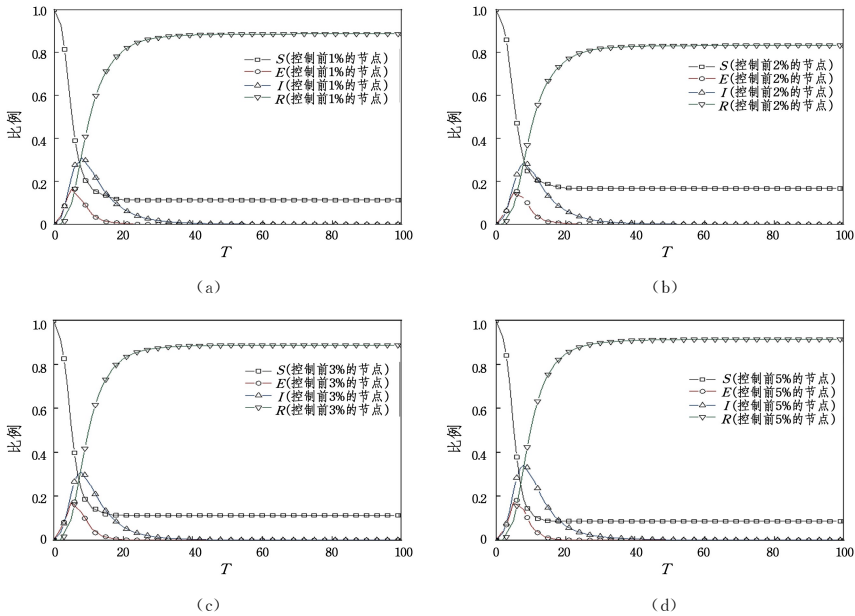


图6 控制高传播概率节点的传播效果

Fig. 6 Control the dissemination effect of nodes with high dissemination probability

分别对控制传播结果中未知态节点(S)和传播态(I)节点的比例变化进行对比,未知态节点比例可以反映虚假信息的覆盖程度,传播态节点比例可以反映当前系统中存在传播态节点的数量。为了对比控制效果,将未知者和传播者的走势分别进行对比,如图 7 所示。

通过对比可以发现,通过依次控制传播概率在前 1%, 2%, 3% 和 5% 的节点都可以有效地控制传播规模,但是控制前 5% 的节点对于削减传播个体的峰值效果不显著。同时,依次提高节点控制比例并不能按照预想得到更好的效果,这与 Johnson 在研究极端言论的传播过程中得出的

具有“反常识”特征的结论一致。Johnson 在研究极端言论的传播控制中,采用控制节点和控制连边的策略,发现在

一定范围内随控制比例的提高,传播规模也会反常地增大^[40]。

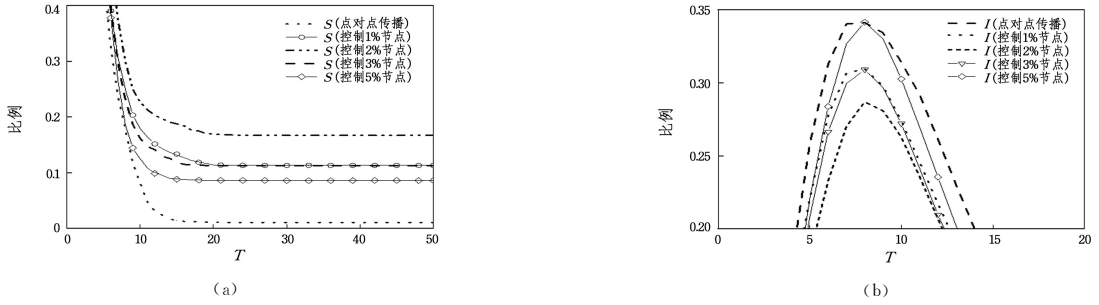


图7 控制高传播概率节点的传播效果对比

Fig. 7 Comparison of dissemination effects of controlling nodes with high dissemination probability

4.2.2 控制策略效果分析

为了探究控制高传播概率节点达到的效果是否会更好,实验分别选取1%,2%和3%的随机节点进行实验,与选择控制传播概率在前1%,2%和3%的节点所得结果进行对比。分别选取无知态节点(S)、潜伏态节点(E)和传播态节点(I)比例变化进行全面对比分析,结果如图8所示。

对比治理效果可以得出两个结论:

- 1) 相比随机选取的节点,通过选取传播概率更高的节点进行虚假信息传播控制所得的效果更好;
- 2) 对随机选取节点进行虚假信息传播控制时,依次提高节点控制比例并不能按照预想得到更好的控制效果,而是出现了“反常识”特征。

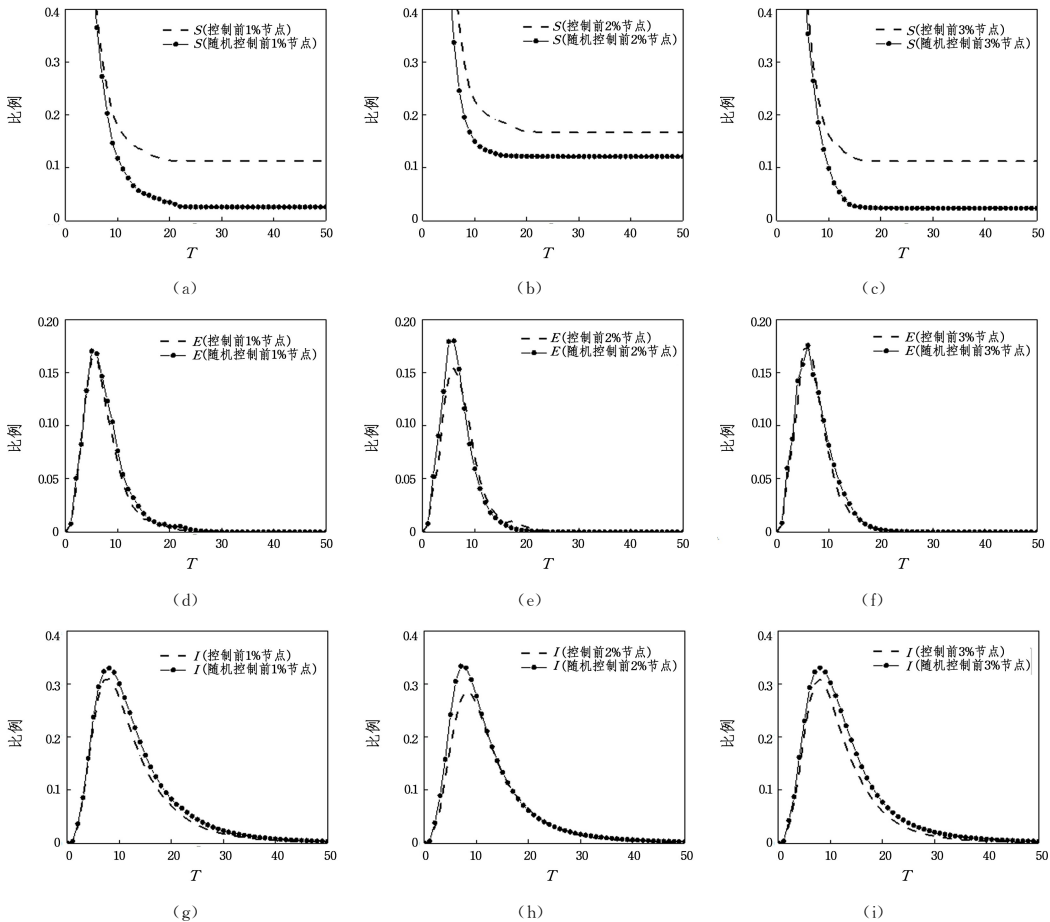


图8 控制高传播概率节点和随机选取节点效果对比

Fig. 8 Comparison of dissemination effects of controlling nodes with high dissemination probability and randomly selected

4.2.3 点对点控制与经典控制效果对比

已有研究考虑了网络拓扑结构的影响,通过基于Page-Rank等算法,计算出节点影响力,识别出具有高影响力的节点(p 值高的节点)进行控制,或是直接根据网络中节点的度值

大小来识别节点影响力高低并进行控制。分别基于已有研究的方法,选取 p 值为前1%,2%和3%的节点进行实验,与选择控制传播概率在前1%,2%和3%的节点所得结果进行对比分析。分别选取无知态节点(S)、潜伏态节点(E)和传播态

节点(I)比例变化进行全面对比分析,结果如图9所示。

对结果进行对比可以得出3个结论:1)通过对比图8(a)一图8(c)与图9(a)一图9(c)可以发现,通过控制高度值和高 ρ 值节点来控制虚假信息传播规模的效果比控制随机选取的节点更好;2)相较于选取高度值和高 ρ 值节点

进行控制传播,选取高传播概率节点控制虚假信息的传播所得的效果更好;3)对于上述几种节点选取方法进行虚假信息的传播控制时,通过依次提高节点控制比例并不能如预想般得到更好的控制效果,实验结果均出现了“反常识”的特征。

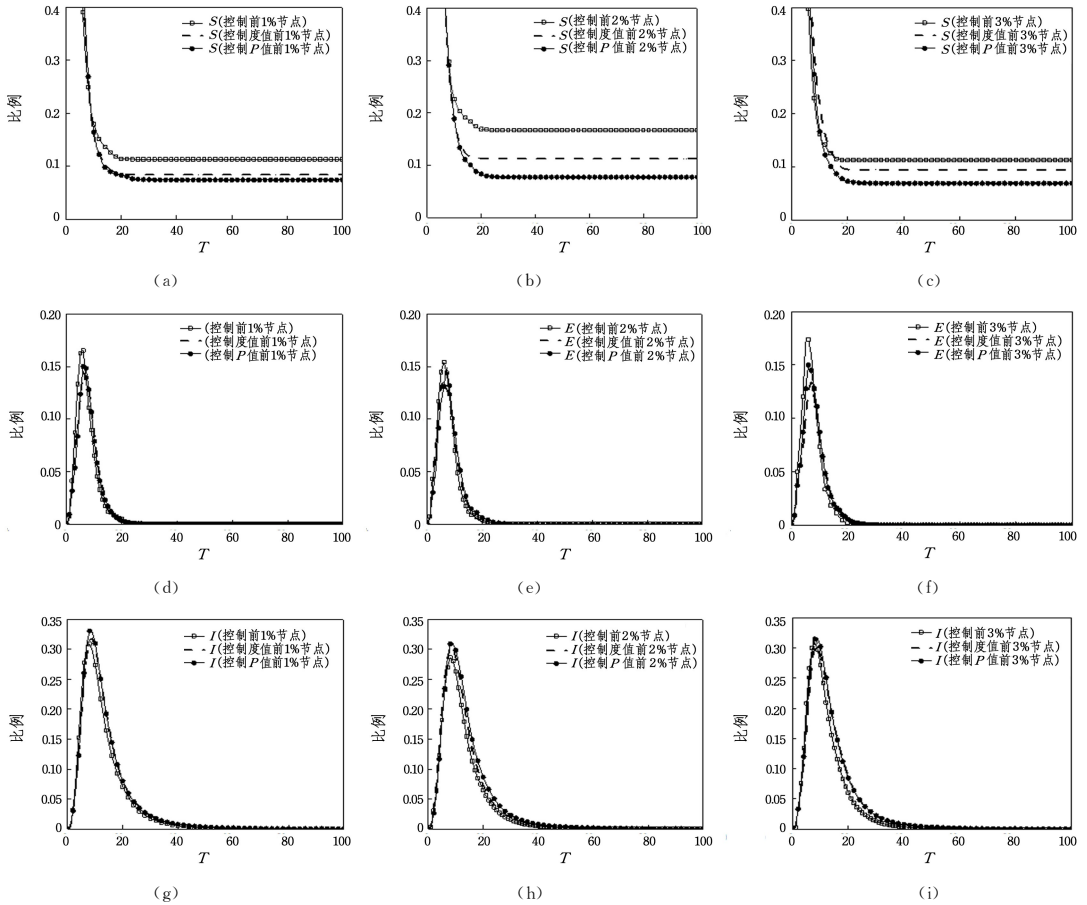


图9 控制高传播概率节点和高影响力节点效果对比

Fig. 9 Comparison of control effects between nodes with high dissemination probability and high influence

控制部分高传播概率节点的传播时,整个传播系统的平均传播概率都会相应降低。已有研究表明,当传播概率取固定值时,随着传播系统中平均传播概率取值降低,虚假信息的扩散范围和影响力也会缩小^[41],具有“常识”的特征。这一点是本文构建的点对点传播模型与传统模型之间的主要区别。

为了研究在虚假信息传播过程中出现的“反常识”的特征,本文选取平均度值较小的其他网络进行实验,也出现了同样的现象。但是,在度值较小的网络中进行实验时发现,这种“反常识”的特征现象随着度值的减小逐步变得不明显。同时,在控制更高节点比例(如6%,8%)的实验中发现,不同的控制策略在控制更高节点比例中可以取得更好的控制效果,这一点与文献[40]中的结论相符。但是,现实中控制较高比例的节点难度较大,而且也会影响其他信息的正常传播。据此可以推断,由于在线社交网络的无标度属性,控制少量节点对网络完整性的影响非常有限,难以破坏网络的连通性,反而会使得原有信息传播的最短路径遭到破坏,使得部分虚假信息传播的路径变长。

4.3 管理启示

通过简单的封号、删帖和屏蔽等传统措施来实现对虚假信息的传播控制,也许效果会适得其反。传统的媒介时代,若想阻止诸如虚假信息一类不良言论的传播,仅需控制几个核心成员就能起到主导性的作用。但在不断发展的移动互联网媒体和社交平台中,虚假信息的形式内容与在线用户的沟通方式也在不断变化,同时,虚假信息的传播与公众的认知、信息的承载平台和信息的传播方式都有极大的相关性。因此,要实现虚假信息传播的有效管控,需要全面考虑影响虚假信息传播的因素和现实世界的网络结构,及时识别网络中的高传播概率用户,通过多方法协作制定有针对性的控制策略。

结束语 为探究虚假信息的传播规律,本文基于信息风险感知理论,将在线社交用户的情绪、知识水平、信任度和媒体的接触数量等显著影响虚假信息传播的因素加入传播,构建更加符合现实的虚假信息点对点传播模型并进行仿真模拟。实验结果表明,虚假信息较易在社交网络中传播开来,针对网络平均传播概率和点对点传播概率,4种状态的演化规律基本一致,但是在点对点传播系统中虚假信息波及范围

更广,传播跨度更长。相比控制随机节点和高影响力节点等方法,控制高传播概率的节点对虚假信息的传播进行事前控制,取得了更好的效果。但是通过多次实验发现,依次提高节点控制比例也并不能如预想般得到更好的控制效果,因此需要将检测、传播与控制加以综合考虑来治理虚假信息。

参 考 文 献

- [1] ZHANG L, LI S L. The transformation of public livelihood risk perception under the background of ICT popularization [J]. *Studies in Science of Science*, 2023, 41(2): 276-285.
- [2] ANNELIESE D, SAM M, E, ILIE K, et al. The pandemic of social media panic travels faster than the COVID-19 outbreak [J]. *Journal of Travel Medicine*, 2020, 27(3): 1-2.
- [3] VOSOUGHI S, ROY D, ARAL S. The spread of true and false news online [J]. *Science*, 2018, 359(6380): 1146-1151.
- [4] WANG C C, CHEN C. Rumor propagation model based on complex network [J]. *Systems Engineering Theory and Practice*, 2012, 32(1): 203-210.
- [5] SHARAD G, ASHTON A, JAKE M, et al. The Structural Virality of Online Diffusion [J]. *Management Science*, 2015, 62(1): 180-196.
- [6] DALEY D J, KENDALL D G. Epidemics and Rumours [J]. *Nature*, 1965, 204(4963): 1118.
- [7] ROMUALDO P S, ALESSANDRO V. Epidemic dynamics and endemic states in complex networks [J]. *Physical Review E*, 2001, 63(6): 066117.
- [8] LIU C Y, HU X F, SI G Y. Public Opinion Propagation Model Based on Small World Networks [J]. *Journal of System Simulation*, 2006(12): 3608-3610.
- [9] ZENG F. A Model Study of Crisis Information Transmitting based on Small World Networks [D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2009.
- [10] PEI S, MUCHNIK L, TANG S T, et al. Exploring the complex pattern of information spreading in online blog communities [J]. *PloS one*, 2015, 10(5): e0126894.
- [11] TAN Z H, SHI Y C, SHI N X, et al. Rumor Propagation Analysis Model Inspired by Gravity Theory for Online Social Networks [J]. *Journal of Computer Research and Development*, 2017, 54(11): 2586-2599.
- [12] SHAO C C, CIAMPAGLIA G L, VAROL O, et al. The spread of low-credibility content by social bots. [J]. *Nature Communications*, 2018, 9(1): 1-9.
- [13] GLENSKI M, WENINGER T, VOLKOVA S. Propagation from Deceptive News Sources Who Shares, How Much, How Evenly, and How Quickly? [J]. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 2018, 5(4): 1071-1082.
- [14] SUN L T, LI C F, TAO J Q. Simulation of False Public Opinion Dissemination Based on Multi-Agent [J]. *Journal of Information*, 2017, 36(4): 162-169.
- [15] ZHOU B, PEI S, MUCHNIK L, et al. Realistic modelling of information spread using peer-to-peer diffusion patterns [J]. *Nature Human Behaviour*, 2020, 4(11): 1-10.
- [16] HUO Y J, GUO N S, YAN J Q. Time-lag and Sentiment Correlation Analysis in the Diffusion of Misinformation in Public Health Emergencies [J]. *Information Science*, 2021, 39(5): 62-69.
- [17] ZHANG Z Y, JING J C, LI F, et al. Survey on Fake Information Detection, Propagation and Control in Online Social Networks from the Perspective of Artificial Intelligence and [J]. *Chinese Journal of Computers*, 2021, 44(11): 2261-2282.
- [18] CHEN T Z, GUO Y C, NIU B, et al. Research progress of access control model and policy in online social networks [J]. *Chinese Journal of Network and Information Security*, 2016, 2(8): 1-9.
- [19] WANG Y G, CAI F Z, LUA E K, et al. A Diffusion Control Method of Fake Information in Social Networks [J]. *Journal of Computer Research and Development*, 2012, 49(S2): 131-137.
- [20] YU K, BAI X K, GUO Y J. Traceability of Network Public Opinion Information Sources Based on Multicentric Analysis [J]. *Journal of Information*, 2022, 41(3): 166-172.
- [21] HE Z B, CAI Z P, YU J G, et al. Cost-efficient strategies for restraining rumor spreading in mobile social networks [J]. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2017, 66(3): 2789-2800.
- [22] SONG H Y. A summary of the research on the risk perception characteristics of public crisis events [J]. *PSY*, 2021, 16(21): 223-224, 227.
- [23] LIU S, HUANG J C, BROWN G L. Information and risk perception: a dynamic adjustment process. [J]. *Risk Analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 1998, 18(6): 689-699.
- [24] ZHANG W D, LUAN B Y, LI S T. Research on Influencing Factors of Network False Information Transmission Behavior Based on Information Risk Perception [J]. *Information Studies: Theory & Application*, 2019, 42(9): 93-98, 110.
- [25] LI G X, YANG X, LI M X, et al. Influencing Factors of the Users' Information Dissemination Behavior in Real-Name SNS Websites [J]. *Journal of Information*, 2014, 33(3): 176-181, 121.
- [26] TANG X B, LUO Y L. Integrating Emotional Divergence and User Interests into the Prediction of Microblog Retweeting [J]. *Library and Information Service*, 2017, 61(9): 102-110.
- [27] KIMBLE C, GRENIER C, GOGLIO-PRIMARD K. Innovation and Knowledge Sharing Across Professional Boundaries: Political Interplay between Boundary Objects and Brokers [J]. *Post-Print*, 2010, 30(5): 437-444.
- [28] ROSENKRANZ, CHRISTOP H, VRANESI C, et al. Boundary Interactions and Motors of Change in Requirements Elicitation: A Dynamic Perspective on Knowledge Sharing [J]. *Journal of the Association for Information Systems*, 2014, 15(6): 306-345.
- [29] WU F, LI R, HUANG L, et al. Theme evolution analysis of electrochemical energy storage research based on CitNet Explorer [J]. *Scientometrics*, 2016, 110(1): 1-27.
- [30] TRUMBO C W, MCCOMAS K A. The Function of Credibility in Information Processing for Risk Perception [J]. *Risk Analysis*, 2010, 23(2): 343-353.
- [31] DUAN H, ZHANG H. Research on the Causative Factors of Disinformation towards Internet Users [J]. *Journal of Informa-*

- tion,2022,41(4):160-165.
- [32] SHARAD G, ASHTON A, JAKE M. H, et al. The Structural Virality of Online Diffusion. [J]. *Management Science*, 2016, 62(1):180-196.
- [33] MONSTED B, SAPIEZYNSKI P, FERRARA E, et al. Evidence of complex contagion of information in social media: An experiment using Twitter bots[J]. *PloS one*, 2017, 12(9):e0184148.
- [34] LÜ L Y, CHEN D B, ZHOU T. The small world yields the most effective information spreading [J]. *New Journal of Physics*, 2011, 13(12):123005.
- [35] DAMON C. The Spread of Behavior in an Online Social Network Experiment[J]. *Science*, 2010, 329(5996):1194-1197.
- [36] ZHANG Y M, HE X, DU C C, et al. IESR Model of Emotional Transmission of Netizens under the Effect of Negative Emotions [J]. *Information Science*, 2020, 38(10):29-34.
- [37] MCAULEY J J, LESKOVEC J. Learning to discover social circles in ego networks[C]//*Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems*. Curran Associates Inc. ,2012:539-547.
- [38] China Internet Network Information Center(CNNIC). The 48th statistical report on China's Internet development [R]. [2021-08-27].
- [39] DICKERSON J P, KAGAN V, SUBRAHMANIA V S. Using sentiment to detect bots on twitter; are humans more opinionated than bots? [C]// *ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining*. Beijing, China, ACM Press, 2014:620-627.
- [40] JOHNSON N F, LEAHY R, RESTREPO N J. et al. Hidden resilience and adaptive dynamics of the global online hate ecology[J]. *Nature*, 2019, 573:261-265.
- [41] QI K, PENG C, YANG Z, et al. Research on Network Public Opinion Governance of Emergent Crisis Events Based on the SEIR Evolutionary Game Model[J]. *Journal of Modern Information*, 2022, 42(4):120-133.



YU Kai, born in 1974, Ph.D, professor, Ph.D supervisor, is a member of China Computer Federation. His main research interests include data mining and knowledge graph, emergencies and online public opinion.



SU Tianrui, born in 1997, postgraduate, is a member of China Computer Federation. His main research interests include social network and data mining.

(责任编辑:何杨)