



研究与开发

一种基于耦合网络的 RD-IHSAT 网络谣言传播模型

韩一士, 徐雨欣, 卢甜甜

(浙江警察学院, 浙江 杭州 310053)

摘 要: 为探究谣言在社交网络中的传播规律, 基于耦合原理, 构建由巴拉巴西-阿尔伯特 (Barabási-Albert, BA) 无标度网络与瓦茨-斯特罗加茨 (Watts-Strogatz, WS) 小世界网络组成的沉默者、辟谣者、无知者、犹豫者、传谣者、铁杆传谣者、疲惫者 (reticent, debunker, ignorant, hesitated, spreader, adherent, tired, RD-IHSAT) 谣言传播模型。该模型在易感者、感染者、移出者 (susceptible, infective, removal, SIR) 模型的基础上引入兴趣衰弱机制、感知社会共识机制、沉默与反沉默的螺旋等因素, 并融入犹豫者、铁杆传谣者、沉默者、辟谣者等角色, 使其更加逼近真实情形。仿真结果显示, 耦合网络极大地促进了谣言的传播, 不仅加快谣言爆发速度, 而且扩大谣言传播规模; 提高对犹豫者的辟谣概率能够极为显著地抑制谣言规模, 是控制谣言传播的最有力因素; 仅降低谣言传播率对谣言控制作用较小; 提高沉默群体的比例是遏制谣言传播的关键一环; 对辟谣时滞的把控极大地影响了辟谣效果。

关键词: 谣言传播; 耦合网络; 兴趣衰弱; 社会共识; 沉默的螺旋; RD-IHSAT 模型

中图分类号: TP391.9

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023023

A model of RD-IHSAT rumor dissemination based on coupling network

HAN Yishi, XU Yuxin, LU Tiantian

Zhejiang Police College, Hangzhou 310053, China

Abstract: To explore the spread of rumors in social network, based on the principles of coupling network, the model of RD-IHSAT was established on Barabási-Albert (BA) scale free network and Watts-Strogatz (WS) small world network. The classic model of SIR was optimized, by combining it with three concerns, the interest decay, the social consensus and the spiral of silence effect, and adding four roles, hesitated, adherent, reticent and debunker. Results of numerical simulations are as follows: an information outbreak can be triggered by coupling network, not only the spreading speed but the scale as well; the dissemination can be markedly suppressed when the probability of rumor-refuting for the hesitated and spreaders arises; the chances of transition from spreaders to adherents drop; increasing the proportion of silent groups is a key part of curbing the spread of rumors; the control of the time lag in refuting rumors will greatly affect the effect of refuting rumors.

Key words: rumor dissemination, coupling network, interest decay, social consensus, spiral of silence, model of RD-IHSAT

0 引言

在传统社会中,谣言依托于亲友间的人际关系网络,以口耳相传的形式缓慢传播,其传播速度与范围均较为有限。而随着互联网和移动设备技术的快速发展,人们的生活方式正在发生巨大的变化。人们通过访问互联网,广泛而积极地参与到信息发布、分享和传播的过程中,谣言的传播形式也因此发生巨大的变化。线下人际关系网络与线上虚拟社交网络呈现进一步融合的趋势,谣言传播出现渠道联动化的特点。换言之,谣言的快速频繁传播不只依赖于单一的线下或线上网络,而愈来愈多地依赖于二者耦合关联所形成的新型传播网络。

在一些发达国家,网络普及率高、互联网技术走在世界前列,网络谣言亦是突出的社会问题。以1956年美国社会心理学家弗兰奇(French)^[1]发表的《社会影响力的形成理论》(*A formal theory of social power*)一文肇始,国外一些学者陆续开始研究个体在网络互动过程中如何对彼此施加社会影响,逐步建立起谣言传播的模型基础。此后,基于此种利用复杂网络理论及其网络拓扑特征来研究传播行为的研究思路,Zanette^[2]首创地把谣言传播和小世界网络环境结合在一起,并求得其传播的阈值。Moreno等^[3]将谣言传播模型的背景环境替换成无标度网络,融入平均近似场理论,通过变换BA网络拓扑结构和设置不同的参数来改变信息的传播,结果表明网络的均匀性会对谣言传播动力学产生巨大影响。Friedkin等^[4]将多个逻辑相关的谣言统一至一个系统中进行研究,分析了其中逻辑关系如何影响传播结果。Amelkin等^[5]结合社会学和社会心理学理论,探索了现实世界中两极观点的演化方式。Düring等^[6]基于微观动力学的非齐次玻尔兹曼(Boltzmann)方程,探讨了大规模网络中的谣言传播。

在国内,学者倾向于研究网络谣言的分析、监测、演化和情感分类,与国外学者相比较,运用数据驱动

方法对网络谣言治理的研究较少。尹明^[7]引入了西方的两个传播学理论——“共鸣效果”和“溢散效果”来阐述“传统媒体与网络媒体议程互动的方式”,但只是进行了定性分析,并未建立传播模型。朱恒民等^[8]基于WS小世界和Price网络,通过设定网络间的关联关系实现了网络的线上线下耦合,构建了SIR_2O跨层谣言传播模型,实验结果表明,不同网络之间的耦合关系增大了话题传播的速率和范围。于凯等^[9]针对网络耦合方式中的同配、异配和随机3种情况对信息传播的影响进行研究,并基于认知不和谐理论和对称模式构建了双层耦合网络(bilayer coupled network, BCN)模型,该研究结果表明,层间对称模式扩大了信息传播范围并提高了信息传播的速度。李丹丹等^[10]构建了由线上社交网络和线下物理接触网络构成的耦合网络模型,计算稳态时的舆情传播者比例,并得出双层社会网络上的舆情传播阈值大于单层线上网络舆情传播阈值,而小于单层线下网络舆情传播阈值。刘泉等^[11]在考虑个体间的差异的基础上,构建了考虑个体属性的线上线下耦合网络的舆情传播模型。魏静等^[12]基于传播者的兴趣衰减特征,结合耦合网络理论构建模型,发现网络的耦合加速了信息流动,用户在不同社交网络间的互动增强了信息的传播能力,管控舆情传播的关键是对层间互动的管控。李攀攀等^[13]从舆情传播的影响力出发,提出了一种基于最大熵理论的信息传播影响力计算方法。

回顾现有的研究工作,关于耦合网络及其传播动力学的研究已取得不少成果,但大多基于传染病模型,对个体的知识水平、价值倾向、社交属性、心理因素等特性考虑不足,传统的以概率的方式同质地研究谣言的传播与演化不能准确模拟其传播规律。本文融合传播学、社会心理学、复杂网络传播动力学、计算机科学等学科知识,在传统SIR模型的基础上增加了H(hesitated)态犹豫者、A(adherent)态铁杆传谣者、R(reticent)态沉默者、D(debunker)态辟谣者的群体划分,建立了



基于线上线下耦合网络的 RD-IHSAT (reticent, debunker-ignorant, hesitated, spreader, adherent, tired) 传播模型, 并通过计算机仿真探索其传播特点与规律。结果表明, 提高对犹豫者和传谣者的辟谣概率、降低传谣者成为铁杆传谣者的概率能够抑制谣言传播, 而单独调整谣言传播率对谣言控制作用较小。其中, 提高对犹豫者群体的辟谣概率能够极为显著地抑制谣言规模, 成为控制谣言传播最有力的因素。在此基础上有针对性提出谣言干预与控制策略, 对于化解舆情危机具有一定现实意义。

1 模型构建

1.1 SIR 谣言传播模型

SIR 传染病模型将人群分为 3 类: 易感者、感染者和免疫者。应用到谣言传播领域: S 对应未知者, 即尚未收到谣言信息的个体; I 对应传播者, 即收到谣言信息并进行传播的个体; R 对应疲惫者, 即失去传播兴趣的个体。个体的状态随着相互接触在三者之间发生转换, 其状态转化规则如下。假定系统初始存在 1 名传播者 I 与若干未知者 S, 二者发生接触后, S 态个体以概率 β 被感染为 I 态, 成为携带谣言信息的传播者; 感染者 I 随时间推移逐渐对谣言失去兴趣, 自发以概率 γ 转变为疲惫态 R。当传播过程结束后, 网络中只存在 S 和 R 两种状态。以 $S(t)$ 、 $I(t)$ 、 $R(t)$ 分别表示未知者、传播者、疲惫者群体在 t 时刻下的密度, 其传播动力学微分方程如式 (1) 所示:

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) \\ \frac{dI(t)}{dt} = \beta S(t)I(t) - \gamma I(t) \\ \frac{dR(t)}{dt} = \gamma I(t) \end{cases} \quad (1)$$

1.2 社交网络结构分析

著名的“六度分离”现象^[14]表明, 线下社交网络中陌生人由共同认识的亲友相互连接, 使得

人际交往常集中在小圈子, 反映在复杂网络中表现为网络平均路径短、聚类系数大, 具有明显的小世界特征。因此本文以 WS 小世界网络为载体构建线下社交模型。

线上虚拟网络 (例如微博、脸书、推特等) 中的用户通过关注与被关注建立联系, 超越了点对点的人际传播形式, 一条信息在线上虚拟社交网络中可以同时推送给所有关注者, 以“一呼百应”的势态迅速传播扩散。线上网络中, 小部分意见领袖具有强大的影响力, 大部分网民影响力则较小, 呈现较强的无标度特性, 与 BA 无标度网络模型较为契合。因此本文以 BA 无标度网络为载体构建线上虚拟网络。

针对谣言同时在线上虚拟社交网络与线下人际关系网络传播的特点, 每个节点在线上网络与线下网络分别对应不同身份, 线上网络与线下网络的节点一一对应 (本文暂不考虑一人持有多个线上账号的情况), 表示现实中同一个体在不同网络中存在不同身份。

耦合网络结构如图 1 所示。按照图 1 的方式构建包含 n 个个体的线上和线下耦合网络关系, 分别编号为①、②、 $\dots$ 、⑩。在不同网络中同一编号的个体事实上为同一个体, 其状态保持一致。若个体在单一网络受到与其相邻的节点影响, 导致状态发生变化, 下一时刻其在整个耦合网络的状态都将同步发生相应改变。此处假设了一个互联网化程度较高的社会现实, 每个现实个体都存在与之对应的线上虚拟社交网络账号, 两个网络间的耦合程度也最为紧密。

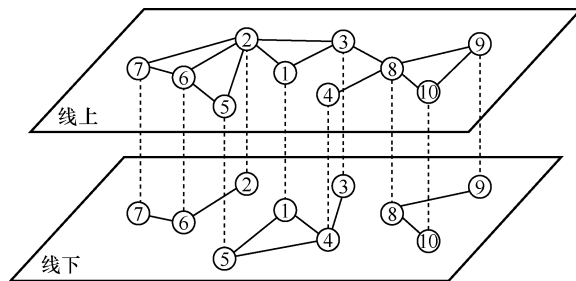


图 1 耦合网络结构

1.3 RD-IHSAT 网络谣言传播模型

1.3.1 兴趣衰减机制

谣言传播与疾病传播不同,社会运作机理与个体特质差异会直接对传播产生重要影响,最显著的区别在于兴趣衰减是公众失去传播动力的决定性因素^[15]。德国心理学家艾宾豪斯揭示信息价值会随时间的流逝呈现非线性衰减特征^[16],受众对信息的关注度会随时间推移自然下降,导致“新热点取代旧热点”。因此模型建立时应当考虑信息时效性的影响,个体参与传播一定时间后将由于兴趣衰减自发退出传播。

基于以上研究成果并考虑到艾宾豪斯遗忘曲线,采用指数形式的饱和函数构建疲惫者概率关于时间的兴趣衰减函数,如式(2)所示:

$$\zeta = 1 - e^{-\mu t} \quad (2)$$

其中, ζ 为转化为疲惫者的概率, t 为接收到信息所经过的时间, μ 为衰减因子。 t 越大, ζ 越大。衰减因子 μ 的取值决定了兴趣衰减曲线的变化速率, μ 越大,个体对信息传播兴趣衰减越快,谣言也越容易因为兴趣衰减而停止传播。

1.3.2 沉默与反沉默螺旋

谣言传播存在沉默与反沉默螺旋效应。在谣言传播中,部分群体虽具备知识储备,能够鉴别谣言真伪,但为避免与主流意见冲突而被群体攻击与孤立,最终仍选择保持沉默,导致谣言信息愈发占据舆论高地,形成“沉默的螺旋”现象。然而一旦有个体敢于辟谣打破沉默,持相似观点的沉默群体会迅速受到鼓舞,转化为支持者附和表达,使得“少数派”激增甚至超越“优势意见”,产生“反沉默的螺旋”现象。

基于以上理论,本文在 SIR 模型的基础上,增加了沉默者和辟谣者:前者指拥有相关知识能够鉴别谣言真伪,但由于群体压力保持沉默,不愿主动辟谣的网民,其可能受辟谣者鼓舞转化为辟谣者;后者则基于反沉默的螺旋,指能够鉴别谣言真伪,并主动参与辟谣的网民。

值得注意的是,辟谣与传谣并非同步进行,辟谣具有时滞性,只有谣言传播达到一定规模时,辟谣者才能察觉到谣言的出现并开始辟谣^[17]。

1.3.3 犹豫者和铁杆传谣者

SIR 模型中,S 态(未知态)网民接触信息后只能转化为 I 态(传播态)或保持未知态。事实上,网民在接触谣言后很少立刻相信并传播,此时的个体处于“犹豫态”,即部分个体接收信息后,会因无法辨别其真伪,从而产生犹豫,暂不传播,类似于疾病传播中的“潜伏期”。该时段就是犹豫者暂停状态转化的犹豫期,也是最有可能改变其观点的“辟谣期”。因此,在 SIR 模型的基础上添加犹豫者状态,若“辟谣期”内犹豫者接触到反对信息,则有可能被辟谣;反之,若辟谣期结束后犹豫者仍未被成功辟谣,则会选择相信谣言,犹豫者会自动转化为传谣者。

此外,SIR 模型对 I 态(传播态)节点未根据其传播能力做进一步分类。研究表明,重复效应直接导致谣言信念的产生^[18]。频繁感知到的社会共识可以巩固和维持对谣言的信念,在不断强化下使相信谣言的个体成为谣言的“拥护者”“信徒”。因此,本文将传播者进一步分化为传谣者和铁杆传谣者。传谣者指初参与传谣,尚未形成谣言信念,容易被辟谣转变态度的个体。与之相对的,频繁感知到虚假的社会共识,在不断强化下坚定认同谣言,对其纠正与辟谣收效甚微的个体定义为铁杆传谣者。铁杆传谣者的传谣能力远高于一般传谣者,且其观点难以被动摇,类似于疾病传播中的“超级感染者”。

1.3.4 感知社会共识

关于谣言传播的经典实验^[19]证实,反复接触某一信息会增加其可信度。由于“感知社会共识”的影响,当个体同时与社会网络中多个“传谣者”接触,其转化为“传谣者”的概率应高于单次接触转化的概率。反之,当个体所接触的社会网络中“辟谣者”占多数,其被辟谣的概率也会上升。



为表现耦合网络中“感知社会共识”效应对个体状态转变的影响,本文运用饱和函数描述传播概率随社会网络环境中同态节点个数上升而上升的情况。当节点同时与网络中多个同态节点传播时,其转变状态的概率如式(3)所示:

$$p(m) = \frac{2}{\pi} \arctan \left[\left(\tan \frac{\pi}{2} \sigma \right) m \right] \quad (3)$$

其中, m 表示上一时刻节点所接触到的相同状态节点的个数, σ 为单次接触节点转变状态的概率, 易得 $p(1)=\sigma$ 。

注释 1 事实上, 当个体受到多个同态概率节点影响时, 其转变概率为:

$$P\left(\bigcup_{i=1}^n A_i\right) = \sum_{i=1}^n P(A_i) - \sum_{1 \leq i < j \leq n} P(A_i A_j) + \sum_{1 \leq i < j < k \leq n} P(A_i A_j A_k) - \dots \quad (4)$$

假设个体的转变概率相等, 可得:

$$P(m) = m\sigma - C_m^2 \sigma^2 + C_m^3 \sigma^3 - \dots \quad (5)$$

反正切函数的泰勒展开式 $\arctan(\sigma m) = m\sigma - \frac{1}{3}(m\sigma)^3 + \frac{1}{5}(m\sigma)^5 - \dots$, 易见当 σ 趋向于 0 时, 二者为等价的无穷小, 因此使用反正切函数作为实际情况的近似。

1.3.5 谣言的遏制与对抗机制

在信息传播领域, 大量多元观点在传播中互相争夺话语空间, 形成信息的竞争传播。个体在耦合网络中, 可能同时受到造谣者、铁杆造谣者和辟谣者的影响, 从而发生状态的改变, 其最终状态取决于角力双方的转化概率之比, 个体状态容易向着转化概率大的一方转化。

值得一提的是, 即便在众多造谣者和铁杆造谣者影响下, 个体仍存在不被环境态度左右、保持原有倾向的可能性。本文将保持个体状态不变的概率定义为顽固性, 用 $p(s)$ 表示, 本文取 $p(s)=0.5$ 。

1.3.6 模型介绍与传播规则

本文改进的 RD-IHSAT 模型结合社会心理学与信息传播理论, 将耦合网络中的个体划分为以下 7 类, RD-IHSAT 模型示意图如图 2 所示。

- I (ignorant) 态: 未知者, 指从未接触过谣言与辟谣信息的个体。
- H (hesitated) 态: 犹豫者, 指接触过谣言但无法鉴别其真假, 暂未进行传播的个体。
- S (spreader) 态: 造谣者, 指接触过谣言并相信其真实性, 会继续传播谣言的个体。
- A (adherent) 态: 铁杆造谣者, 指受到感知社会共识影响, 在“回声室”中不断加强谣言认同感, 成为谣言坚定拥护者的个

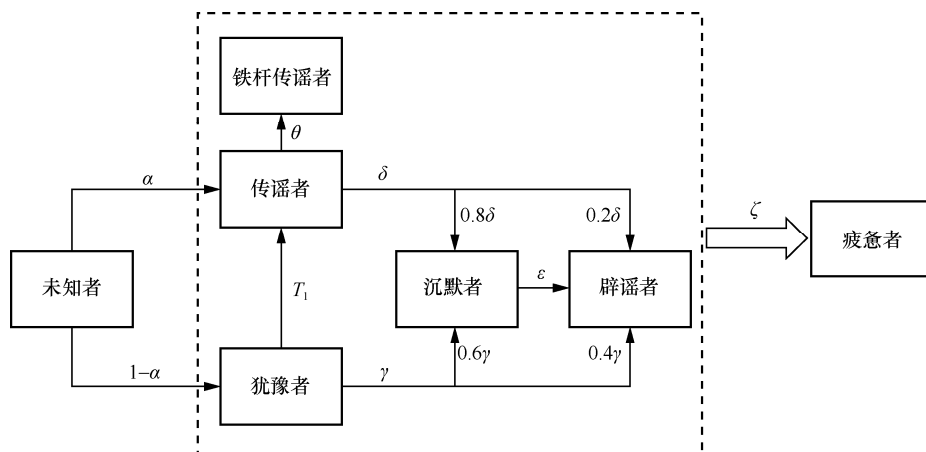


图 2 RD-IHSAT 模型示意图

体, 其拥有更强的谣言传播能力, 且无法被其他个体辟谣。

- R (reticent) 态: 沉默者, 指拥有相关知识能够鉴别谣言真伪, 但由于群体压力保持沉默, 不愿主动辟谣的个体。
- D (debunker) 态: 辟谣者, 指能够鉴别谣言真伪, 并主动参与辟谣的个体。
- T (tired) 态: 疲惫者, 指参与传播一段时间后, 因信息失去时效, 传播兴趣衰减从而退出传播的个体。

模型的传播规则下。

(1) 未知者与造谣者接触, 有概率 α 成为造谣者, 否则必然成为犹豫者; 未知者与铁杆造谣者接触, 有概率 β 成为造谣者 ($\beta > \alpha$), 否则必然成为犹豫者。

(2) 犹豫者与辟谣者接触, 有概率 γ 被辟谣, 其中有概率 0.6γ 成为沉默者, 有概率 0.4γ 成为辟谣者; 若在为期 T_1 的潜在辟谣期内犹豫者没有被成功辟谣, 则转化为造谣者。

(3) 造谣者与辟谣者接触, 有概率 δ 被辟谣 ($\gamma > \delta$), 其中有概率 0.8δ 成为沉默者, 有概率 0.2δ 成为辟谣者; 造谣者与其他造谣者、铁杆造谣者接触, 以概率 θ 转化为铁杆造谣者。

(4) 沉默者与辟谣者接触, 有概率 ε 成为辟谣者。

(5) 辟谣者在 T_2 时刻参与传播, 产生辟谣效果。

(6) 除未知者外, 所有传播参与者每时刻以概率 ζ 成为疲惫者, 兴趣衰减退出传播, ζ 是关于时间 t 的饱和函数, 退出概率随时间的上升而上升。

(7) 传播结束后系统最终剩余未知者、疲惫者。

2 仿真实验与结果分析

使用 MATLAB 构建各含有 500 个节点的 WS 小世界网络和 BA 无标度网络, 建立双层耦合网络并分析谣言传播过程。其中, 每个节点代表社交网络中的一个个体, 线上和线下网络中编号相同的个体为同一个体。

2.1 单层网络与耦合网络中谣言传播过程对比

令 $\alpha=0.6$, $\beta=0.8$, $\gamma=0.2$, $\delta=0.1$, $\varepsilon=0.6$, $\theta=0.6$, 初始沉默者 $N_1=30$, 初始辟谣者 $N_2=10$, 犹豫期 $T_1=3$, 辟谣延迟 $T_2=3$, 线下社交网络节点状态变化曲线如图 3 所示, 线上虚拟网络节点状态变化曲线如图 4 所示。

由图 3、图 4 可知, 线下社交网络中谣言几乎没有传播开, 在极小范围传播后自行消亡, 而线上虚拟网络中谣言在短时间内迅速扩散, 传播结束后网络中绝大多数个体曾接触过谣言信息, 大众普遍更早到达疲惫期, 退出传播。此外, 线下谣言传播中造谣者与铁杆造谣者数量上升十分缓慢, 直到 $t=25$ 时刻, 未知者人数仍然超过 50%。

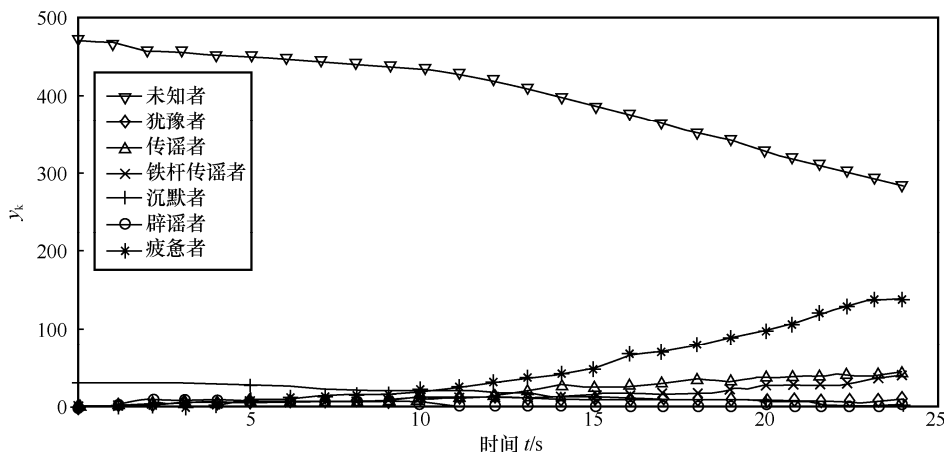


图3 线下社交网络节点状态变化曲线

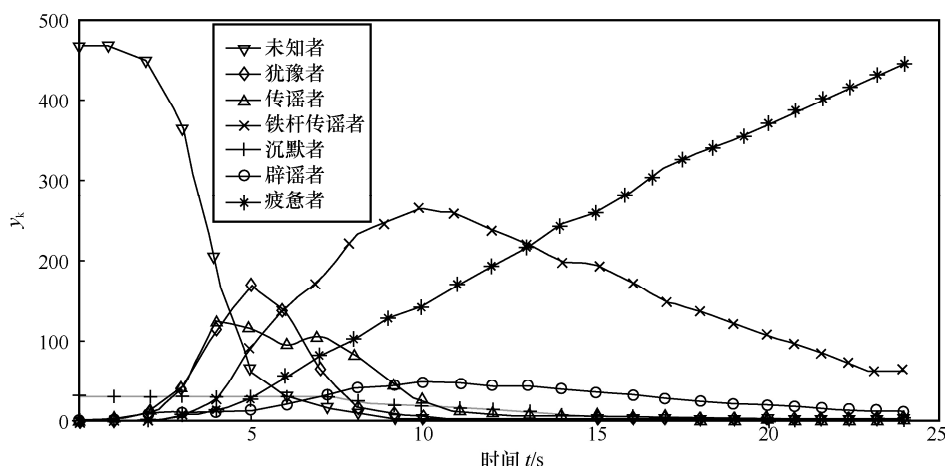


图4 线上虚拟网络节点状态变化曲线

而线上谣言在 $t=3$ 时突然爆发, 谣言传播群体迅速攀升, 在 $t=9$ 时达到传播高潮。此时网络中 53.2% 的个体为谣言传播者或铁杆传播者, 谣言在线上成为主流观点。

耦合网络节点状态变化曲线如图 5 所示。

由图 5 可知, 当谣言在耦合网络中传播时, 其传播速度相较单独线上与单独线下网络进一步加快, 传播范围也有显著扩大, 谣言的覆盖面是线上网络的 1.2 倍, 爆发速度亦存在不同程度的提升, 网络的耦合尤其促进了谣言在线下的扩散。值得注意的是, 耦合促进了犹豫者向造谣者的转化, 网络中大量谣言信息的充斥形成一个不断放大的“回声室”, 使犹豫者难以接触正确辟谣信息, 被虚假的感知社会共识蒙蔽, 导致辟谣针对的最

主要群体“沦陷”。线下传播的谣言引起网络共鸣, 使失真的信息在互联网中迅速传播, 加剧形成谣言, 同时大众媒介特性使网络话题快速溢散到各类人群中, 合力促成线下事件。

2.2 状态转换概率对耦合网络中谣言传播的影响

通过对状态节点转换概率进行调整, 探究其对谣言传播影响的影响, 从中选出控制谣言的关键因素。

2.2.1 造谣者传播力 α 的影响

$\alpha=0.5$ 的节点状态变化曲线如图 6 所示, $\alpha=0.4$ 的节点状态变化曲线如图 7 所示。未知者与造谣者接触传播概率 α 在一定程度上反映了造谣者传播力。图 6、图 7 显示, 降低造谣者传播力, 稳态下造谣者、铁杆造谣者比例下降较为明显, 辟谣

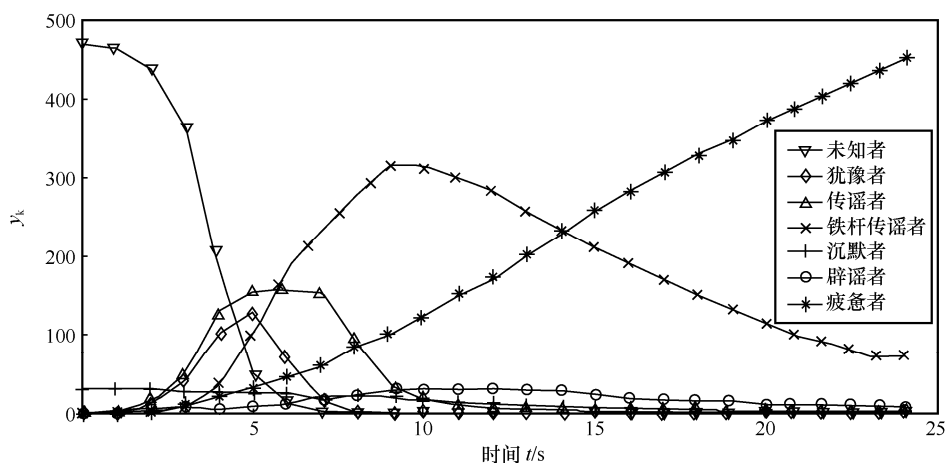
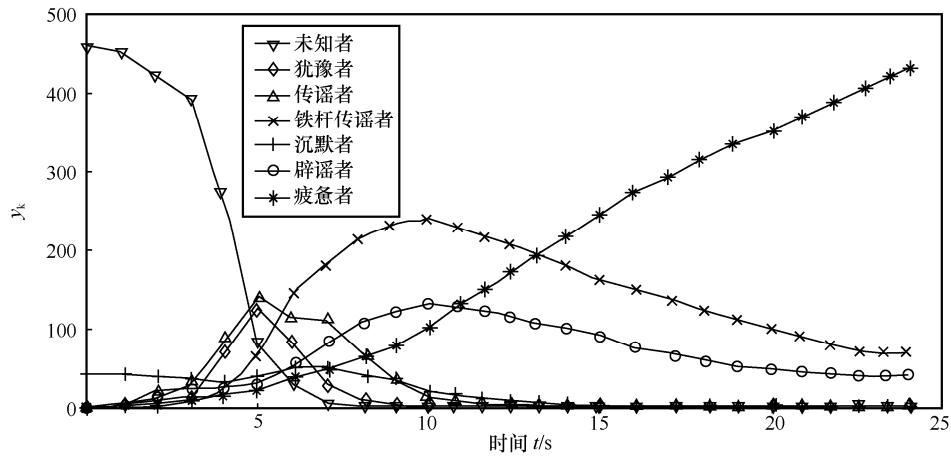
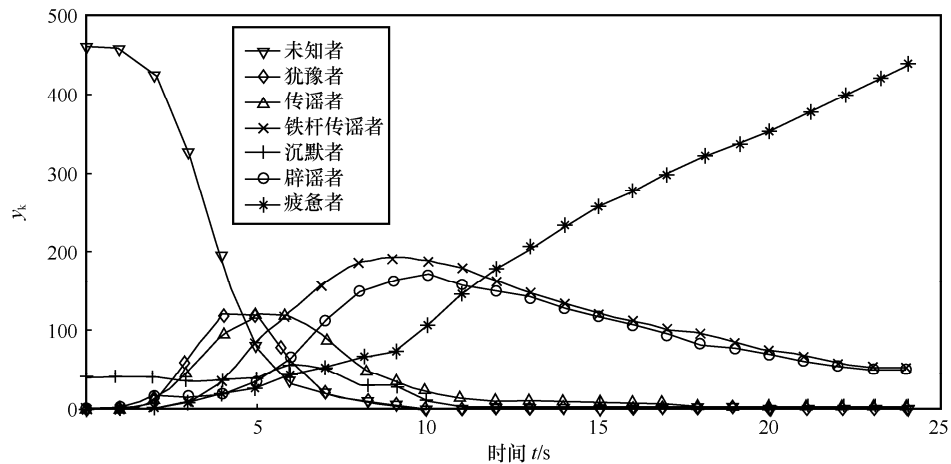


图5 耦合网络节点状态变化曲线

图6 $\alpha=0.5$ 的节点状态变化曲线图7 $\alpha=0.4$ 的节点状态变化曲线

者数量缓慢提升,最大谣言传播规模下降了19%,发展态势得到一定控制。但是,谣言仍在观点市场中略占优势,和辟谣信息呈现分庭抗礼的态势。同时,由于辟谣的滞后性,大众最先接触谣言信息,容易产生先入为主的印象。综上所述,降低造谣者传播力能够在一定程度上削减谣言传播趋势,但削弱力度较小。

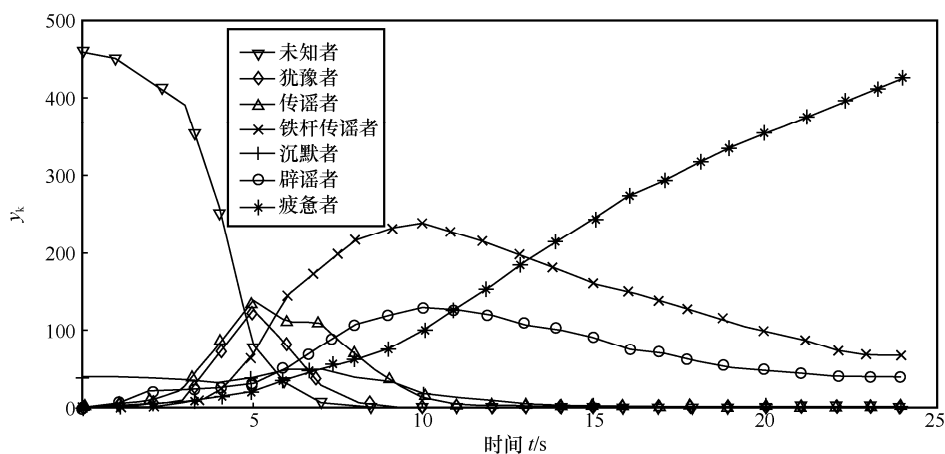
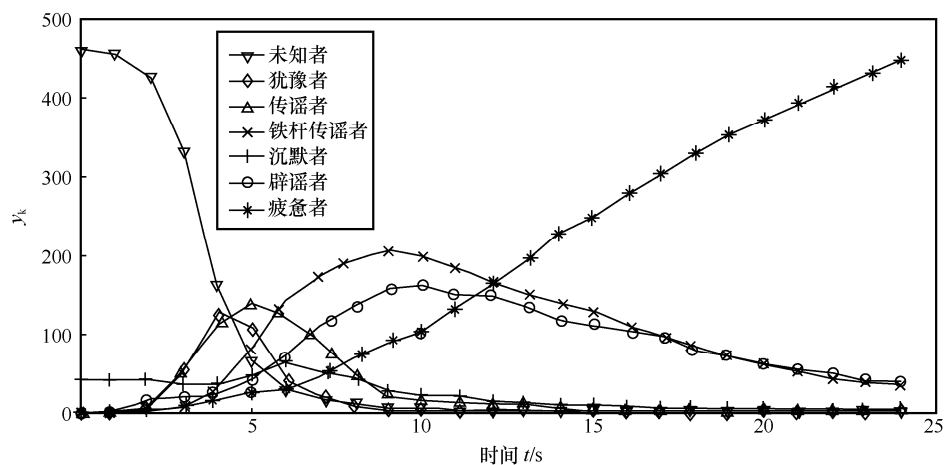
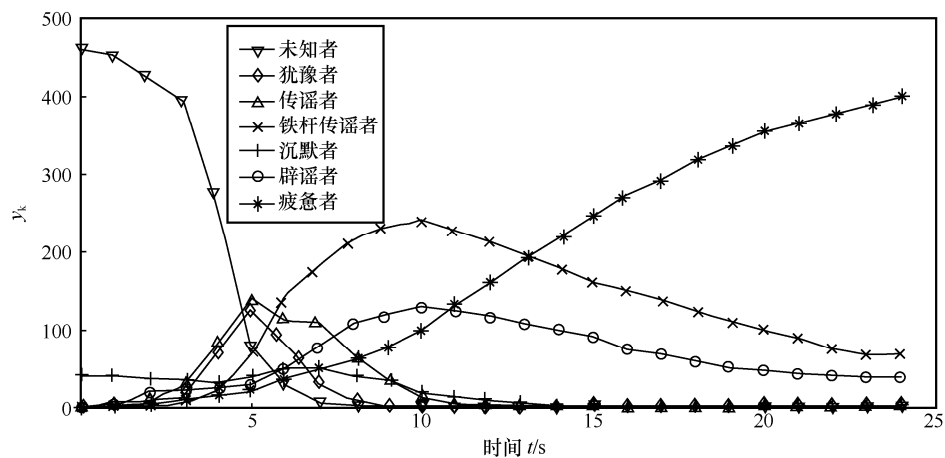
2.2.2 铁杆造谣者传播力 β 的影响

$\beta=0.7$ 的节点状态变化曲线如图8所示, $\beta=0.6$ 的节点状态变化曲线如图9所示。未知者与铁杆造谣者接触传播概率 β 在一定程度上反映了铁杆造谣者的传播力。降低铁杆造谣者传播力,稳态下造谣者、铁杆造谣者比例略有下降。最大谣言传播规模下降了14%,但辟谣者

人数仍然未能超越铁杆造谣者,谣言传播规模下降较不显著。综上所述,铁杆造谣者传播力降低使对控制谣言传播作用较小,无法起到遏制作用。

2.2.3 辟谣率 γ 对谣言传播的影响

$\gamma=0.4$ 的节点状态变化曲线如图10所示, $\gamma=0.5$ 的节点状态变化曲线如图11所示。上调犹豫者与辟谣者接触的辟谣概率 γ ,稳态下造谣者、铁杆造谣者显著减少,辟谣者数量显著增加,增幅达到322%,首次实现了网络中辟谣者的数量大于造谣者,意味着个体在网络中接触到正确的辟谣信息的概率大于接触谣言,谣言规模得到了有效的控制。综上所述,提高对犹豫者群体的辟谣率 γ 能够显著有效地抑制谣言传播。

图8 $\beta=0.7$ 的节点状态变化曲线图9 $\beta=0.6$ 的节点状态变化曲线图10 $\gamma=0.4$ 的节点状态变化曲线

2.3 初始沉默者比例对谣言传播的影响

为了探讨沉默者比例对谣言传播的影响,控制其他参数不变进行仿真实验,初始沉默者

比例为 5% 的节点状态变化曲线如图 12 所示,初始沉默者比例为 40% 的节点状态变化曲线如图 13 所示。

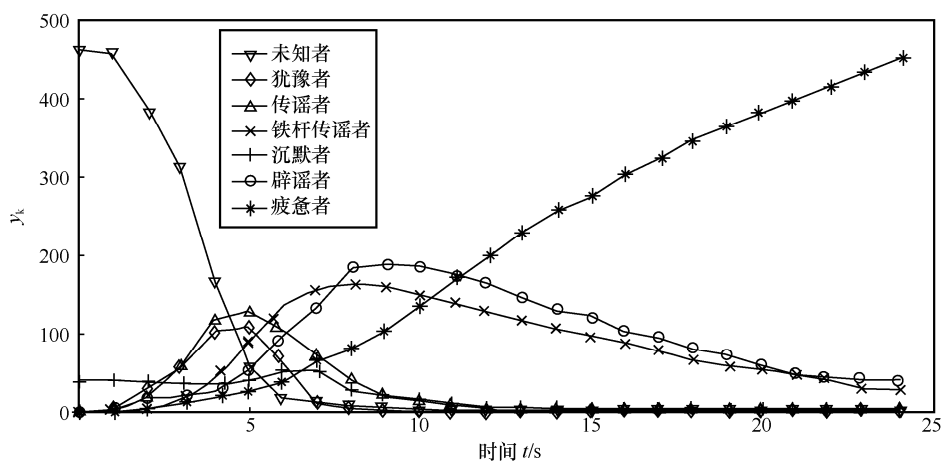
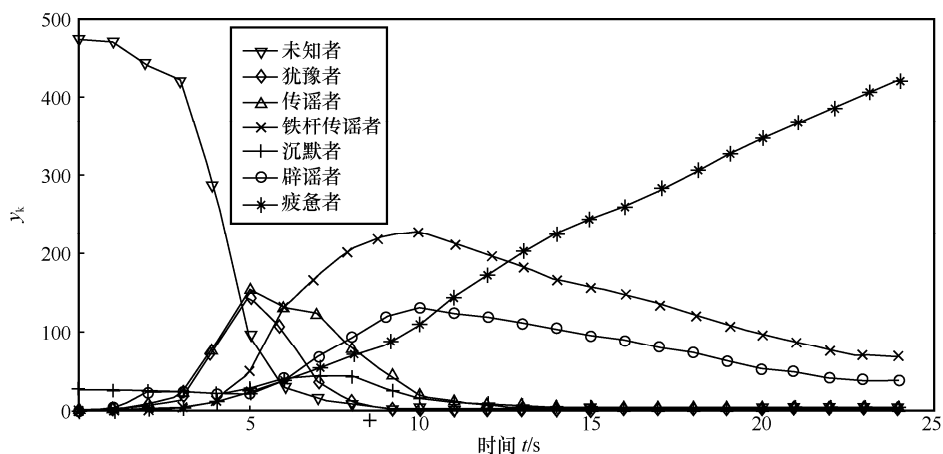
图 11 $\gamma=0.5$ 的节点状态变化曲线

图 12 初始沉默者比例为 5% 的节点状态变化曲线

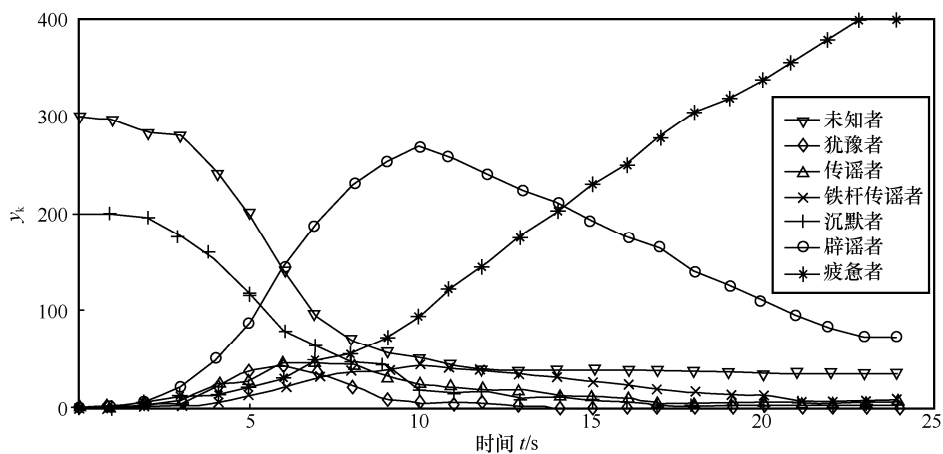


图 13 初始沉默者比例为 40% 的节点状态变化曲线

根据仿真实验,人群中具备知识素养,能够鉴别谣言真假的“沉默者”比例直接决定谣言是否能够传播。当沉默者比例达到 20% 时,谣言的

最大传播规模从 46% 压缩到 35%,辟谣者群体比例高于铁杆造谣者,这意味着当公众交流信息时,接触正确的辟谣信息的可能性要大于接触谣言。



当沉默者比例达到 40%，谣言几乎没有市场，无法爆发，以极其缓慢的速度在小圈子中流传，在 $t=15$ 时便逐步消亡。仿真实验证实人群中具备知识素养的“沉默者”的初始比例是决定谣言能否传播的决定性因素，提高民众知识素养，炼成大

众鉴别谣言的“火眼”是谣言控制的关键。

2.4 辟谣时滞对谣言传播的影响

辟谣时滞分别为 2、4、6 个时步的节点状态变化曲线如图 14 所示。谣言的传播和发酵需要一定时间，只有在谣言传播达到一定规模时，辟谣

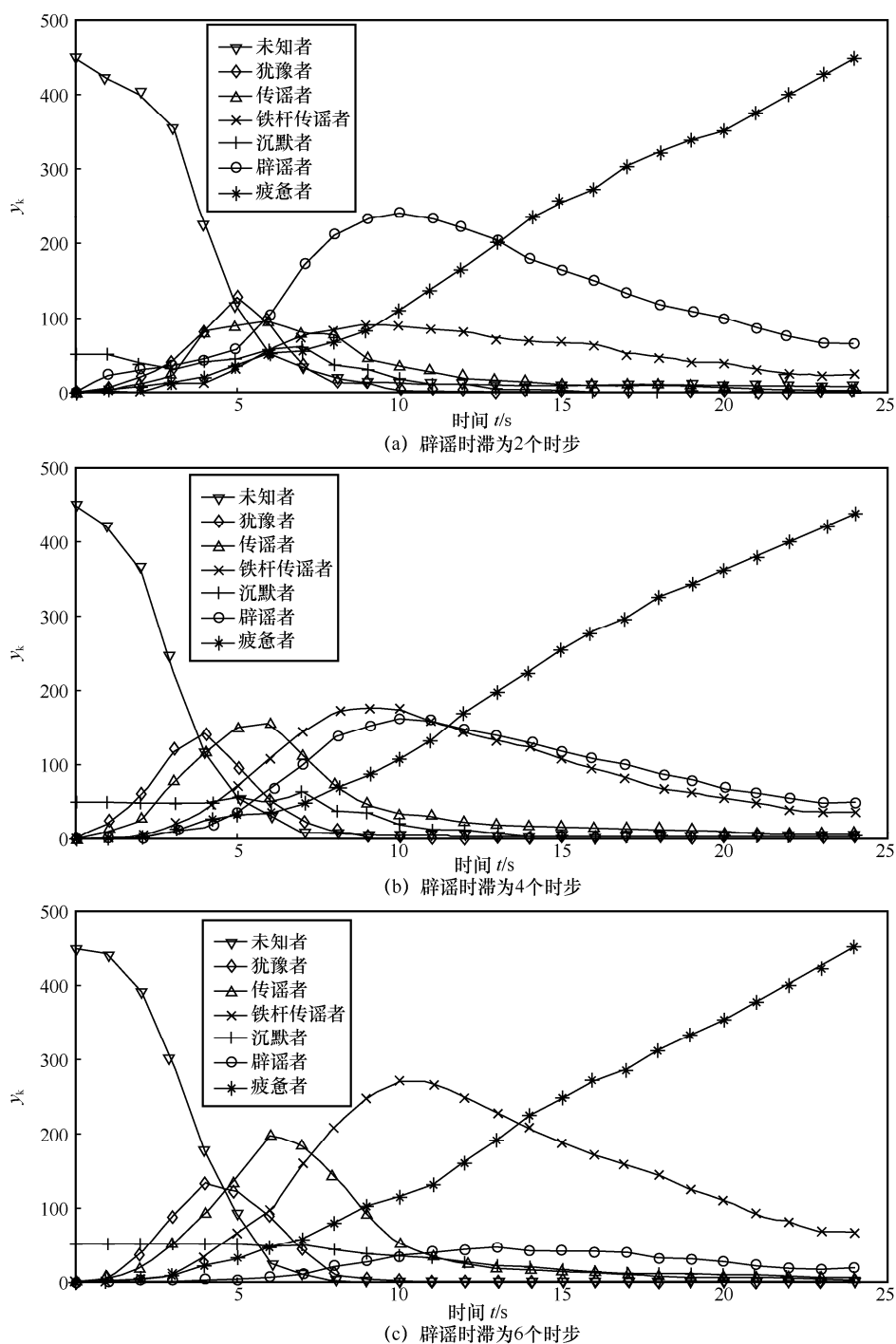


图 14 辟谣时滞分别为 2、4、6 个时步的节点状态变化曲线

者才能察觉到谣言的出现,而此时谣言往往已有相当规模的受众与市场,甚至培养出部分铁杆拥护者。因此尽可能缩短辟谣的时滞,把握最佳辟谣期是将谣言影响降到最低的关键。根据仿真实验,辟谣者参与传播的时间越早,谣言越不容易成规模扩散,当辟谣时滞为4个时步时,辟谣信息已经无法战胜谣言,谣言拥护者占据了舆论高地;当辟谣时滞大于或等于6个时步后,系统中出现“辟谣完全失灵”的现象,辟谣信息几乎无法在网络中传播开,拥护谣言的观点成为舆论场唯一的“主旋律”。因此,在谣言的控制中要严格注意辟谣时限的把握,加强谣言监测系统的建设,做到迅速察觉,寸秒必争。同时,官方辟谣要绝

对守住“辟谣完全失灵”这一关键时刻的底线与红线,严防谣言成为社会普遍信仰与共识,造成难以挽回的危害。

2.5 RD-IHSAT模型与传统SIR模型传播结果比较

令 $\alpha=0.6$, $\beta=0.8$, $\gamma=0.2$, $\delta=0.1$, $\varepsilon=0.6$, $\theta=0.6$, 初始沉默者 $N_1=30$, 初始辟谣者 $N_2=10$, 犹豫期 $T_1=3$, 辟谣延迟 $T_2=3$, 谣言在RD-IHSAT模型的传播过程如图15所示。在式(1)所示的微分方程中令 $\beta=0.1$, $\gamma=0.02$, 得到的传统SIR模型传播过程如图16所示。

根据仿真实验,与传统SIR模型相比, RD-IHSAT模型在角色定位上更加丰富,在传统的未知者(S)、传播者(I)、疲惫者(R)的基础

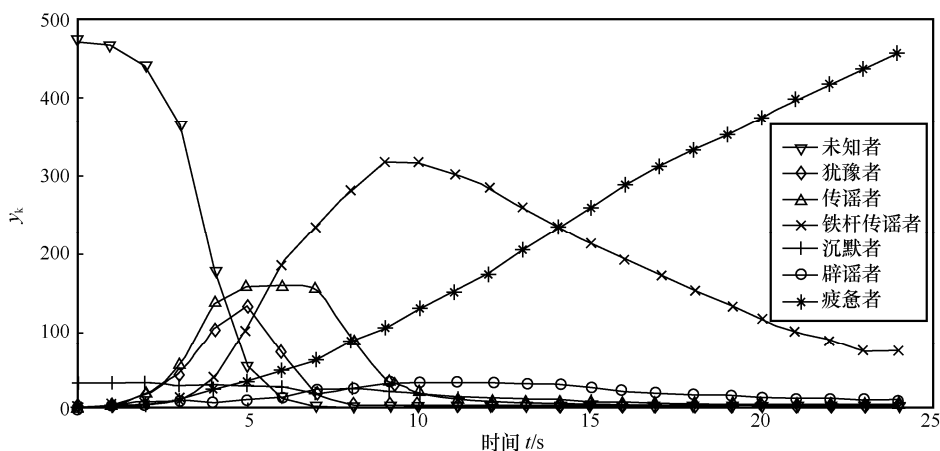


图15 谣言在RD-IHSAT模型的传播过程

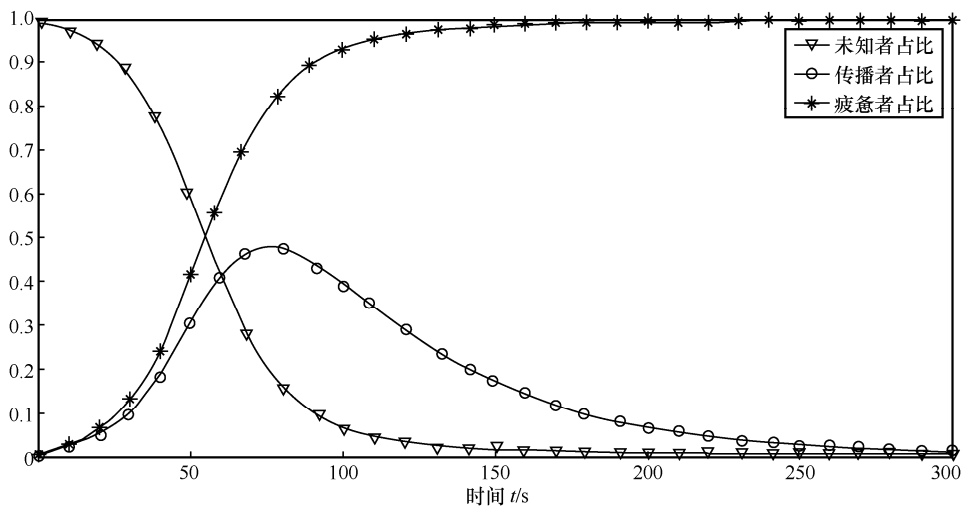


图16 传统SIR模型传播过程



上增加了 H 态犹豫者、A 态铁杆传谣者、R 态沉默者、D 态辟谣者的群体划分,更加深入地探讨了谣言传播的内在机理,也更加贴合实际情况。其次,传统的 SIR 模型基于均匀混合假设,即假定传播个体之间完全均匀混合、随机接触,个体间接触的概率相同,而本文提出的 RD-IHSAT 模型建立在复杂网络的基础上,考虑信息社交网络上信息的传递规律,更加符合人际交往的实际情况。最后,传统的 SIR 模型将人群视为同质化的个体,而本文考虑个体的差异,加入了顽固性的概念,以对社交网络中不同人群的特性进行更好的模拟。

3 结束语

本文构建的基于线上线下耦合网络的 RD-IHSAT 模型经过数值仿真验证,在理论上合乎假设,在现实中有所对应。在 SIR 模型基础上,增加了 H 态犹豫者、A 态铁杆传谣者、R 态沉默者、D 态辟谣者的群体划分,丰富了网络群体的角色,使之更贴合实际。以 BA 无标度网络和 SW 小世界网络为基础构建线上线下耦合的复杂网络,克服了过去单一线上或单一线下网络的传播缺陷。通过设置恰当的参数以检验不同情况下节点状态演化规律。

仿真结果发现,耦合网络极大地促进了谣言的传播,不仅加快了谣言爆发速度,而且扩大了谣言传播规模。此外,在同样的概率幅度变化下,下调谣言的传播概率对控制谣言传播发挥的作用较小,社会中知识素养较高、能够“明辨是非”的沉默者群体比例是遏止谣言传播的关键,辟谣时限的把握也极大影响了政府辟谣效果。值得一提的是,提高对犹豫者的辟谣率是抑制谣言的最有力手段,微小的概率上升即可显著促进谣言治理,将舆论场中的谣言规模控制到最小。因此,在谣言的预警与控制中,应当重视对犹豫者群体的辟谣工作,即将工作重心放在辟谣期内,通过

规模化发布辟谣信息与对犹豫者的针对性辟谣并举,争取还未确信谣言真伪的犹豫者,以达到谣言抑制效率最大化。

本文构建的双层耦合网络假设了一个互联网化程度较高的社会现实,每个现实个体都存在唯一确定的线上虚拟社交网络账号。在以后的工作中,笔者会进一步考虑线下个体没有线上账号,以及线下个体存在多个线上账号的情况。此外,本文采用仿真的方式对模型进行验证,存在一定的缺陷和不足,下一步研究将使用真实数据更好地反映现实中舆情事件中谣言传播的规律。

参考文献:

- [1] FRENCH J R. A formal theory of social power[J]. *Psychological Review*, 1956, 63(3): 181-194.
- [2] ZANETTE D H. Dynamics of rumor propagation on small-world networks[J]. *Physical Review E, Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 2002, 65(4): 041908.
- [3] MORENO Y, NEKOVEE M, PACHECO A F. Dynamics of rumor spreading in complex networks[J]. *Physical Review E, Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 2004, 69(6): 066130.
- [4] FRIEDKIN N E, PROSKURNIKOV A V, TEMPO R, et al. Network science on belief system dynamics under logic constraints[J]. *Science*, 2016, 354(6310): 321-326.
- [5] AMELKIN V, BULLO F, SINGH A K. Polar opinion dynamics in social networks[J]. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 2017, 62(11): 5650-5665.
- [6] DÜRING B, WOLFRAM M T. Opinion dynamics: inhomogeneous Boltzmann-type equations modelling opinion leadership and political segregation[J]. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2015, 471(2182): 20150345.
- [7] 尹明. 网络舆论与社会舆论的互动形式[J]. *青年记者*, 2009(2): 26-27.
YIN M. Interactive form of network public opinion and social public opinion[J]. *Youth Journalist*, 2009(2): 26-27.
- [8] 朱恒民, 杨柳, 马静, 等. 基于耦合网络的线上线下互动舆情传播模型研究[J]. *情报杂志*, 2016, 35(2): 139-144, 150.
ZHU H M, YANG L, MA J, et al. Study on public opinion propagation model based on coupled networks under onlineto offline interaction[J]. *Journal of Intelligence*, 2016, 35(2): 139-144, 150.
- [9] 于凯, 荣莉莉, 郭文强, 等. 基于线上线下网络的舆情传播模型研究[J]. *管理评论*, 2015, 27(8): 200-212.

- YU K, RONG L L, GUO W Q, et al. A model of public opinion dissemination on online-offline networks[J]. Management Review, 2015, 27(8): 200-212.
- [10] 李丹丹, 马静. 双层社会网络上的舆情传播动力学分析[J]. 系统工程理论与实践, 2017, 37(10): 2672-2679.
- LI D D, MA J. Public opinion spreading dynamics in a two-layer social network[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2017, 37(10): 2672-2679.
- [11] 刘泉, 荣莉莉, 于凯. 考虑多层邻居节点影响的微博网络舆论演化模型[J]. 系统工程学报, 2017, 32(6): 721-731.
- LIU Q, RONG L L, YU K. Public opinion model of micro-blog network with influence of multi-layered neighbor nodes considered[J]. Journal of Systems Engineering, 2017, 32(6): 721-731.
- [12] 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 J, HUANG Y, ZHU H M. Research on public opinion communication model of social network based on coupling network[J]. Journal of Modern Information, 2019, 39(10): 110-118.
- [13] 李攀攀, 谢正霞, 王赠凯, 等. 开放互联网环境基于信息熵的信息传播影响力计算方法[J]. 电信科学, 2022, 38(4): 90-100.
- LI P P, XIE Z X, WANG Z K, et al. Calculation method of information dissemination based on information entropy in public internet[J]. Telecommunications Science, 2022, 38(4): 90-100.
- [14] MILGRAM S. The small world problem[J]. Psychology Today, 1967, 2(1): 60-67.
- [15] 覃志华, 刘咏梅. 基于三层微信网络的谣言传播模型仿真研究[J]. 情报科学, 2017, 35(5): 119-124.
- QIN Z H, LIU Y M. Simulation investigation of rumor spreading model base on three-layer WeChat network[J]. Information Science, 2017, 35(5): 119-124.
- [16] EBBINGHAUS H. Memory: a contribution to experimental psychology[J]. Annals of Neurosciences, 2013, 20(4): 155-156.
- [17] 唐梁鸿绪, 王卫苹, 王昊, 等. 新冠疫情下的 SEIRD 时滞性谣言传播模型及辟谣策略[J]. 工程科学学报, 2022, 44(6): 1080-1089.
- TANG L H X, WANG W P, WANG H, et al. Time-lag rumor propagation model and rumor-refuting strategy of SEIRD under COVID-19[J]. Chinese Journal of Engineering, 2022, 44(6): 1080-1089.
- [18] PEDERSEN A, DUDGEON P, WATT S, et al. Attitudes toward indigenous Australians: the issue of "special treatment"[J]. Australian Psychologist, 2006, 41(2): 85-94.
- [19] BEGG I M, ANAS A, FARINACCI S. Dissociation of processes in belief: source recollection, statement familiarity, and the illusion of truth[J]. Journal of Experimental Psychology: General, 1992, 121(4): 446-458.

[作者简介]



韩一士(1990-), 男, 浙江警察学院讲师, 主要研究方向为舆情传播与引导。



徐雨欣(2000-), 女, 浙江警察学院在读, 主要研究方向为传播学。



卢甜甜(1987-), 女, 浙江警察学院讲师, 主要研究方向为迭代学习控制。