

双层耦合网络中基于改进SIHR模型的 舆情传播研究

廖先航, 王海英*

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年2月4日; 录用日期: 2024年3月22日; 发布日期: 2024年3月29日

摘要

当前信息网络迅速发展, 舆情在社交网络上的传播变得十分复杂。舆情传播的现实情况表现为多个社交网络间共同传播, 单个社交网络的舆情传播研究已不能真实地描述现实情况。除此之外, 舆情传播过程中, 个体状态的变化存在多样性。特别的是, 存在初次“免疫”舆情的个体由于后续产生兴趣而变为传播者的情况。因此, 本文将双层耦合网络为载体, 基于改进的SIHR模型来研究舆情传播动力学过程并提出具体的应对策略。具体为, 首先根据改进的SIHR模型, 给出各状态人群在双层网络下的状态转移图。再根据离散的马尔可夫链方法, 给出改进的SIHR模型的舆情传播动力学方程。最后, 通过MATLAB软件开展模拟仿真, 来研究舆情传播的规律及模型参数对于传播过程的影响。并在此基础上, 从公共部门、社交平台、用户三个方面给出舆情应对策略, 包括: 强化官方媒体的威信力, 加强平台的监管力度, 做好用户情感引导。

关键词

舆情传播, 双层耦合网络, 马尔科夫链过程

Research on Public Opinion Propagation in Coupled Double-Layer Network Based on Improved SIHR Model

Xianhang Liao, Haiying Wang*

School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Feb. 4th, 2024; accepted: Mar. 22nd, 2024; published: Mar. 29th, 2024

*通讯作者。

Abstract

With the rapid development of information network, the diffusion of public opinion on social networks has become very complicated. The actual situation of public opinion diffusion is manifested as the common communication among multiple social networks, and the research on public opinion diffusion of a single social network can no longer truly describe the real situation. In addition, in the process of public opinion dissemination, there is diversity in the change of individual status. In particular, there are cases where individuals who are initially "immune" to public opinion become communicators due to subsequent interest. Therefore, this paper will study the dynamic process of public opinion diffusion based on the improved SIHR model and put forward specific countermeasures with the carrier of double-layer coupled network. Specifically, according to the improved SIHR model, the state transition diagram of each state population in the two-layer network is given. Based on the discrete Markov chain method, the public opinion propagation dynamics equation of the improved SIHR model is given. Finally, MATLAB software is used to carry out simulation to study the law of public opinion propagation and the influence of model parameters on the propagation process. Based on that, from the three aspects: the social platform, public sector and users, we give public opinion controlling strategies, including: strengthening the supervision of the platform, enhancing supervision of the official media and effectively guiding user emotions.

Keywords

Public Opinion, Coupled Double-Layer Network, Markov Chain Process

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

网络舆情是当前舆情传播的主要表现形式之一,也是监管部门面临最大挑战的领域之一。当前社交网络发展迅速,平台间分享途径更加便捷,导致舆情很容易在各个平台间传播。每个个体对各类观点持有不同的态度,并为此发言,同时在多个群体内,以及多个平台间发表自己的观点。并且如果舆情涉及到用户切身的问题上时,容易带入主观情绪,片面地、过激地进行讨论,从而引发舆论危机。因此,如果不进行舆论传播的管控,舆论会在短时间内迅速传播,社交平台上的用户会发表对立性或攻击性的话语,进而演变成网络骂战,从而引起舆情危机。这会严重破坏互联网的网络秩序,对民众正常发言交流的网络环境造成影响。因此,网络舆情成为了研究的热点,不同单位或部门该如何应对网络舆情危机是急需解决的问题。

目前,现实的网络舆情传播情况极为复杂。在现实世界中,不仅只有一个社交平台,也极少存在一个用户仅使用一个社交平台的情况,同时一个用户会与多个用户和社群存在联系,并且多个社交平台间存在转发、分享机制。因此在多个社交平台中的用户、用户间关系、社群关系会出现重叠情况。这会使得舆情传播具有多平台传播的特征。一旦舆情在多个平台上进行传播,其风险程度以及管控难度都会陡然上升。显然,使用简单的单层网络不能准确地刻画现实舆情传播过程。对比与单层网络模型,多层网络在刻画网络舆情传播模型上更接近现实情况。基于现实情况出发,多层耦合网络模拟现实中多个不同平台的交互,每个节点代表不同的用户个体,同时在模型中赋予舆论传播中不同状态个体的转化参数,

使得模型更接近真实情况。根据舆情传播和传染病的相似性,许多学者构建舆情传播模型,例如 SIR、SIS 和 SIHR 模型。基于疾病或舆情传播过程中个体表现的状态不同,呈现传播者、遗忘者或免疫者等状态。除了传统的 SIHR 模型中描述的转化关系外,现实生活中的舆情传播会更为复杂。例如,传播者和移除者的状态会不断转化,及考虑到不同状态间转换关系的不同,会出现移除者会再次回到舆情系统的情况,因此有必要提出一种新的能刻画舆情传播过程的模型。

基于此,本文以不同平台交互融合情况下的传播为研究基础,选取双层网络上的舆情传播过程作为研究主体,构建改进的 SIHR 舆情模型来探究多层网络中舆情的传播机制,并提出相应防治网络舆情危机的措施。

2. 文献综述

因为舆情传播的机制与传染性疾病在人群中扩散的过程多有相似之处,以传染病模型为研究基础可以更好更准确地模拟舆情传播的真实过程。Kermack 和 McKendrick [1]在 1927 年基于黑死病的研究提出了 SIR 模型,随后建立了 Susceptible Infected Susceptible (SIS)模型,并提出了传染病动力学中的传播阈值理论。这为后续的许多研究打下了坚实的基础。根据考虑的传播过程和传播因素的不同,基于舆情传播得到充分的研究和关注。例如,陈波[2]等基于原有的 SIR 模型上提出了一个带潜伏状态的 SEIR 传播模型,即未感染者被感染后成为患者之前还存在一个阶段——病菌潜伏期,且在潜伏期内的感染者不能感染其它未感染者。李青[3][4]等在 SEIR 模型的基础上提出了符合微博网络环境的一个带有潜伏状态个体的话题传播模型。朱海涛[5]等在研究了微信朋友圈的基础上,考虑到了用户相似度、信息时效性和价值等因素构建了符合微信朋友圈的 SEIR 信息传播模型。上述研究基本上是通过改进早期的传染病模型后用来分析单层社交网络的舆情传播过程。特别指出的是,Zhao [6]等人考虑了谣言传播过程中的遗忘与想起机制,在传统的 SIR 模型上添加了新的个体状态 Hibernator,即“冬眠”状态,并提出 SIHR 谣言传播模型。除了单层网络研究以外,也有不少学者利用耦合网络来研究舆情传播。金雅芳[7]以 SIR 传染病模型为基础,研究了耦合网络环境下信息传播的特点,以及耦合网络结构中节点,将耦合网络影响的作用力抽象为两类新的传播节点加入传染病模型中,建立新的 SI3R 信息传播模型。Wang 等[8]构建了在双层交连网络上的传染病传播模型,研究结果表明双层交连网络上的传播阈值小于模型中任意一个单层网络。以上的研究大多是利用耦合网络理论研究舆情或传染病在双层网络的传播过程。

发现舆情后,舆情应对策略的选择是一个重要的方面。不同的主体对于控制舆情传播有着不同的功能作用。政府方面: Bart [9]提出可以通过公关发言人制度,以帮助民众充分了解政府决策、媒体动态以及社会走向,主动引导舆情导向。徐晓日[10]以网络舆情突发事件为切入点,研究网络舆情突发事件的特点及危害,他建议,政府应当建立网络舆情预警机制、掌握舆情动态、提高应急指挥能力,发挥政府网络媒体的作用,主动引导舆情走向等的策略。平台层面: Crokidakis [11]在二维 Sznajd 模型的基础上得出结论,有媒体干预的情况下,即使在初始状态下持赞同观点的个体数量较小,最终也会形成统一意见。朱恒民[12]等人基于 BA 无标度网络和 SEIR 疾病传播模型,充分考虑媒体的数量、报道力度和可信程度对舆情传播的影响,提出了一种媒体干预的舆情话题传播模型。研究结果表明,在有媒体因素影响下,网络舆情话题传播速度加快,传播范围扩大,传播犹豫时间缩短。个人层面: Afassinm [13]将传播人群进一步细分为受教育的和未受教育的,并基于这一项参数优化舆情传播模型,得出提升传播人群的教育水平能够有效控制舆情传播。Anthony 等人[14]研究了人的焦虑程度对于舆情传播的影响,结果表明个体越焦虑,就越容易会主动地去扩散谣言。综上,控制舆情传播需要对多主体,全方面的立体推进,才能达到预期管控的效果。

3. 双层耦合网络中基于改进的 SIHR 模型及理论分析

3.1. 双层耦合网络中基于改进的 SIHR 模型

现实生活中的舆情传播多发生在多层网络上, 同时考虑到两个社交平台的用户和社群间的联系便于进行研究, 故本文选取双层网络作为舆情传播的基础网络。为了模拟不同平台的交互融合情况, 本文采用双层耦合网络来刻画两个不同平台间舆论传播的过程。其中网络中的节点代表着每一个用户, 不同层的网络代表不同的社交平台。不同平台间的节点一一对应, 并且, 同一个用户在不同平台上表现的状态是一致的, 即不同平台上的所有个体状态更新过程保持一致性。同时, 如果个体间存在好友关系, 即信息在节点间互通, 则可抽象为节点间存在连边。

本文在 Zhao [6]等人提出的 SIHR 模型基础上考虑到现实中脱离舆情传播系统的移除者(R), 在面对更大规模的舆情传播时, 会有再次回到传播系统中, 即成为传播者(S)的可能, 因此添加了新的传播关系——移除者向传播者的转变, 与参数——复吸引率。改进后的模型各状态的名称、简称和含义如表 1 所示:

Table 1. Node definition based on improved SIHR model in multi-layer network

表 1. 多层网络中基于改进的 SIHR 模型节点定义

名称	简称	含义
传播者	S	传播舆情的人
无知者	I	完全不了解舆情的人
遗忘者	H	遗忘舆情的人
移除者	R	脱离舆情系统的人

双层耦合网络中基于改进的 SIHR 模型提出如下个体状态转移规则:

(1) 传播者 S 的状态转化

传播者 S 由于受到某些因素的影响, 一部分会以概率 μ 成为遗忘 R, 即成为脱离舆情系统的人; 另一部分由于自身遗忘的影响, 以概率 γ 成为遗忘者 H。

(2) 无知者 I 的状态转化

无知者 I 通过接触传播者 S 以概率 α 成为传播者, 同时也有可能接触了传播者后由于自身对舆情不感兴趣选择忽视舆情, 转而以概率 β 成为移除者 R。

(3) 遗忘者 H 的状态转化

遗忘者 H 通过自发想起舆情和接触传播者两种方式, 其中一部分以概率 δ 自发想起而成为传播者 S, 另外一部分以概率 ε 接触传播者而变为传播者。

(4) 移除者 R 的状态转化

移除者 R 为脱离舆情系统的人, 但是并不是永久性脱离的, 因此这类人群在面对更大规模的舆情传播时, 会再次回到传播系统中, 即以概率 σ 成为传播者 S。

各状态转化参数含义如表 2 所示:

Table 2. Description of status conversion parameters

表 2. 各状态转化参数含义

参数	含义
$\alpha^{1,2}$	传播率
$\gamma^{1,2}$	遗忘率

续表

$\delta^{1,2}$	自发想起率
$\varepsilon^{1,2}$	接触想起率
$\mu^{1,2}$	离开率
$\sigma^{1,2}$	复吸引率
$\beta^{1,2}$	拒绝率

其中上标 1、2 分别代表第一层、第二层网络对应的概率。

基于文献[15], 处于 I 态的无知者与其 S 态邻居接触后不变为 S 态的概率为 θ 。设定 θ_i^1 表示第一层网络中第 i 个节点不被传播影响的概率, 其数学表达式为:

$$\theta_i^1 = \prod_j (1 - a_{ij} P_j^H(t) \alpha^1)$$

设定 θ_i^2 表示第二层网络中第 i 个节点不被传播影响的概率, 其数学表达式为:

$$\theta_i^2 = \prod_j (1 - b_{ij} P_j^H(t) \alpha^2)$$

其中 a_{ij}, b_{ij} 分别为第一层和第二层网络的邻接矩阵, α^1, α^2 分别为第一层和第二层网络上舆情的传播率, 即 I 态向 S 态转变的概率。同理, H 态的遗忘者与其 S 态邻居接触而不变为 S 态的概率为 η 。设定 η_i^1 表示第一层网络中第 i 个节点不被接触信息影响的概率, 可表示为:

$$\eta_i^1 = \prod_j (1 - a_{ij} P_j^H(t) \varepsilon^1)$$

η_i^2 表示第二层网络中第 i 个节点不被接触信息影响的概率, 可表示为:

$$\eta_i^2 = \prod_j (1 - b_{ij} P_j^H(t) \varepsilon^2)$$

其中, $\varepsilon^1, \varepsilon^2$ 分别为第一层和第二层网络上因接触而想起的概率, 即 H 态向 S 态转变的概率。

由个体状态一致性可知, 个体在某一层网络上的状态更新后, 其在另一层网络上的状态会同步更新, 而且同一用户在同时刻只会处于一种状态, 因此双层网络的改进 SIHR 模型中所有个体只存在四种状态: SS, HH, II, RR。

基于上述的个体状态转移规则和离散马尔科夫链方法, 第一层网络和第二层网络上改进 SIHR 舆情传播模型分别如图 1(a)、图 1(b)所示:

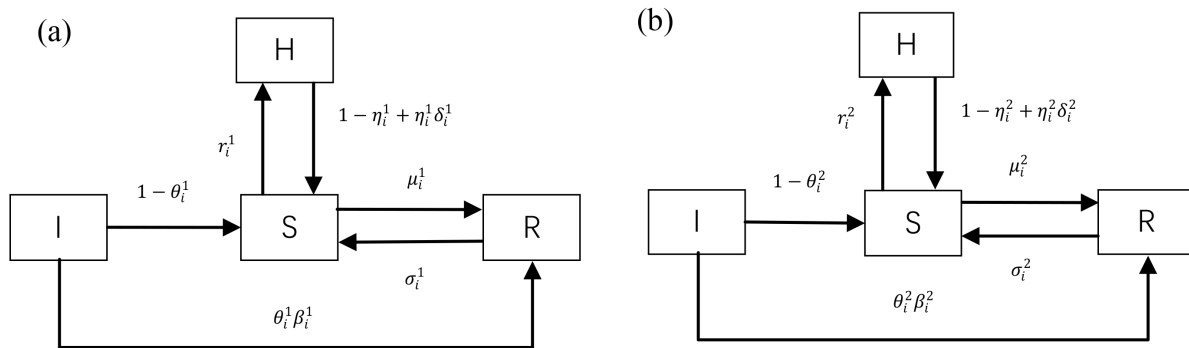


Figure 1. Improved SIHR models on Layer 1 and Layer 2 networks
图 1. 第一层和第二层网络上改进的 SIHR 模型

根据图 1(a)、图 1(b)双层耦合网络中基于改进的 SIHR 舆情传播模型, 容易得出如图 2 的状态转移树状图:

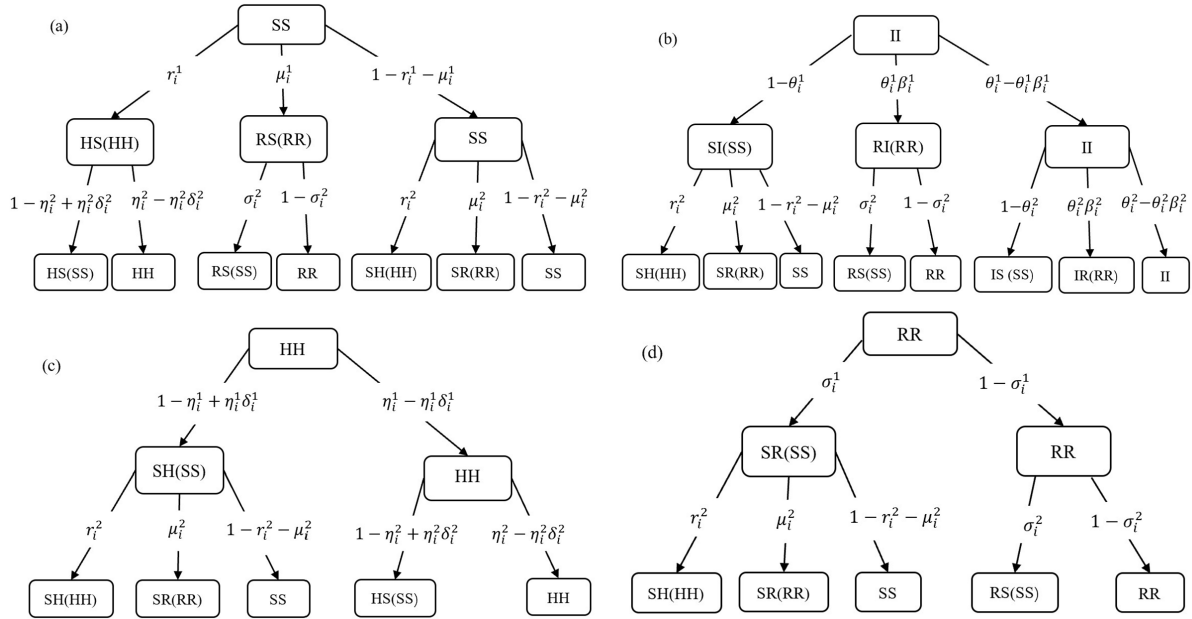


Figure 2. Individual metastasis in SS, II, HH and RR initiation states
图 2. SS、II、HH、RR 起始状态下的个体转移图

3.2. 基于马尔科夫链的舆情传播动力学方程

在 t 时刻, 设定每个个体所处的状态密度分别为 $P_i^{SS}(t)$, $P_i^{II}(t)$, $P_i^{HH}(t)$, $P_i^{RR}(t)$ 。以个体 i 为例, 从 t 时刻向 $t+1$ 时刻的状态转变的马尔科夫链表达式如下:

$$\begin{aligned}
 P_i^{SS}(t+1) &= \gamma_i^1(1-\eta_i^2+\eta_i^2\delta_i^2)P_i^{SS}(t) + \mu_i^1\sigma_i^2P_i^{SS}(t) + (1-\gamma_i^1-\mu_i^1)(1-\gamma_i^2-\mu_i^2)P_i^{SS}(t) \\
 &\quad + (1-\theta_i^1)(1-\mu_i^2-\gamma_i^2)P_i^{II}(t) + \theta_i^1\beta_i^1\sigma_i^2P_i^{II}(t) + \theta_i^1(1-\beta_i^1)(1-\theta_i^2)P_i^{II}(t) \\
 &\quad + (1-\eta_i^1+\eta_i^1\delta_i^1)(1-\mu_i^2-\gamma_i^2)P_i^{HH}(t) + \eta_i^1(1-\delta_i^1)(1-\eta_i^2+\eta_i^2\delta_i^2)P_i^{HH}(t) \\
 &\quad + \sigma_i^1(1-\gamma_i^2-\mu_i^2)P_i^{RR}(t) + (1-\sigma_i^1)\sigma_i^2P_i^{RR}(t)
 \end{aligned}$$

$$P_i^{II}(t+1) = \theta_i^1\theta_i^2(1-\beta_i^1)(1-\beta_i^2)P_i^{II}(t)$$

$$\begin{aligned}
 P_i^{HH}(t+1) &= \gamma_i^1\eta_i^2(1-\delta_i^2)P_i^{SS}(t) + (1-\gamma_i^1-\mu_i^1)\gamma_i^2P_i^{SS}(t) + (1-\theta_i^1)\gamma_i^2P_i^{II}(t) \\
 &\quad + (1-\eta_i^1+\eta_i^1\delta_i^1)\gamma_i^2P_i^{HH}(t) + \eta_i^1\eta_i^2(1-\delta_i^1)(1-\delta_i^2)P_i^{HH}(t) + \sigma_i^1\gamma_i^2P_i^{RR}(t)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_i^{RR}(t+1) &= \mu_i^1(1-\sigma_i^2)P_i^{SS}(t) + (1-\gamma_i^1-\mu_i^1)\mu_i^2P_i^{SS}(t) + (1-\theta_i^1)\mu_i^2P_i^{II}(t) \\
 &\quad + \theta_i^1\beta_i^1(1-\sigma_i^2)P_i^{II}(t) + \theta_i^1(1-\beta_i^1)\theta_i^2\beta_i^2P_i^{II}(t) \\
 &\quad + (1-\eta_i^1+\eta_i^1\delta_i^1)\mu_i^2P_i^{HH}(t) + \sigma_i^1\mu_i^2P_i^{RR}(t) + (1-\sigma_i^1)(1-\sigma_i^2)P_i^{RR}(t)
 \end{aligned}$$

其中: $\eta_i^1+\gamma_i^1 \leq 1$; $\eta_i^2+\gamma_i^2 \leq 1$;

对上述四个等式做加法, 左右分别相加得:

$$\begin{aligned}
 &P_i^{SS}(t+1) + P_i^{II}(t+1) + P_i^{HH}(t+1) + P_i^{RR}(t+1) \\
 &= P_i^{SS}(t) + P_i^{II}(t) + P_i^{HH}(t) + P_i^{RR}(t)
 \end{aligned}$$

4. 模拟仿真

根据文献[16]的网络生成算法, 生成出不同的社交网络。并且为了反应真实的社交网络中存在社交群体的现象, 我们生成具有社交群体的双层网络, 其中不同颜色代表不同的社交群体。网络大小都固定 $N=1000$, 并且假定为静止网络, 其中社区包容性 $r=1$, 网络平均度为 6。特别指出的是, 两个网络上的个体具有一致性, 即某一个个体在两个网络上的链接结构可以不同, 但是该个体是同一个个体, 类似于新浪微博平台和微信平台之间的交互融合。

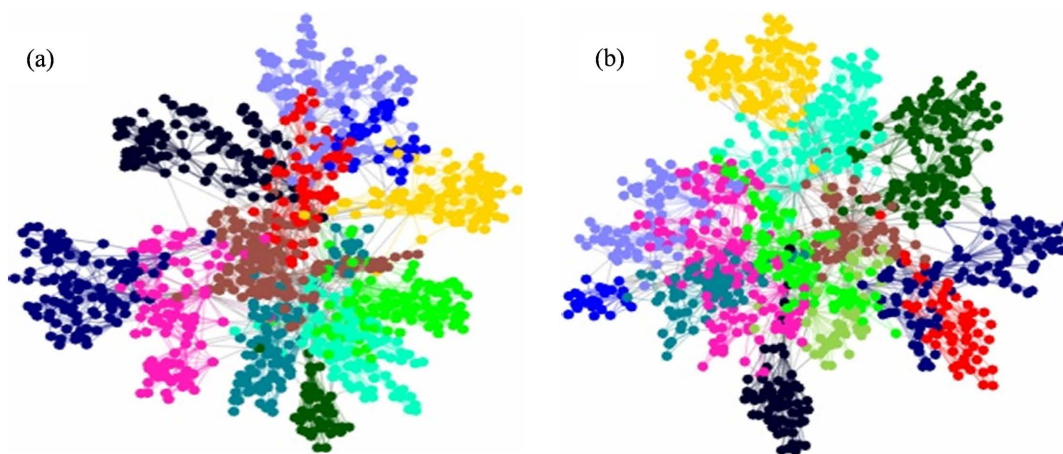


Figure 3. (a) Layer 1 network; (b) Layer 2 network
图 3. (a) 第一层网络; (b) 第二层网络

首先, 第一层网络中的参数设定为: 传播率 $\alpha_i^1=0.05$, 拒绝率 $\beta_i^1=0.1$, 遗忘率 $\gamma_i^1=0.1$, 自发想起率 $\delta_i^1=0.2$, 接触想起率 $\varepsilon_i^1=0.1$, 离开概率 $\mu_i^1=0.1$, 复吸引率 $\sigma_i^1=0.0$ 。第二层网络除了复吸引率 $\sigma_i^2=0.05$ 外, 其他的参数设置均与第一层网络相同(图 3)。

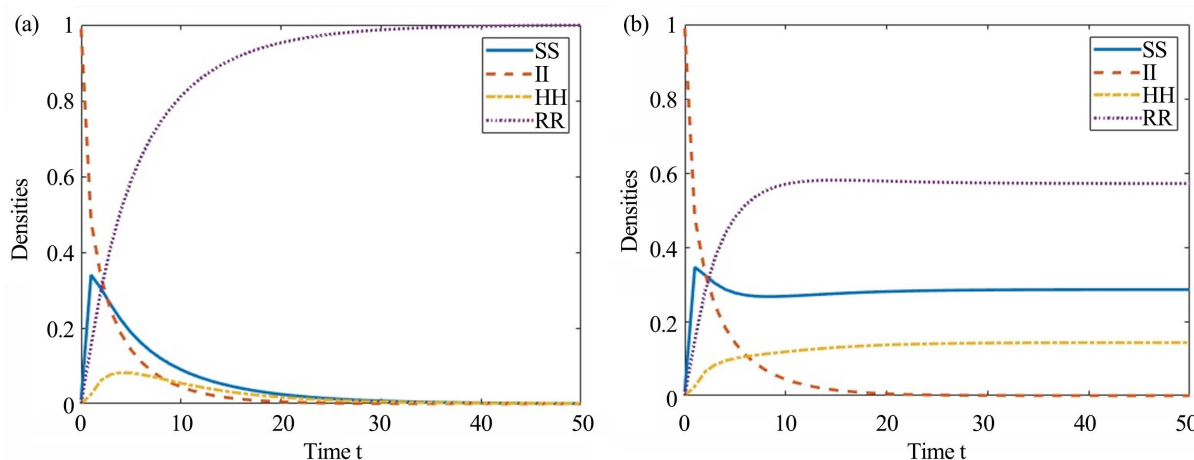


Figure 4. (a) Does not consider the state change process of reattraction rate; (b) Considers the state change process of reattraction rate
图 4. (a) 不考虑复吸引率的状态变化过程; (b) 考虑复吸引率的状态变化过程

从图 4(a)观察到, 在不考虑复吸引率的原始 SIHR 模型下, 无知者(II)群体密度快速下降为 0, 而传播者(SS)群体密度先迅速上升, 后迅速下降, 最终趋于 0; 传播者群体中, 有一部分转化为遗忘者(HH), 这部分的群体密度先是缓慢上升, 后逐渐下降; 拒绝传播舆情的移除者(RR)群体密度以较快的速度增长, 最终所有个体状态均为移除者。从图 4(b)观察到, 在考虑复吸率的改进后的 SIHR 模型下, 无知者群体密度快速下降为 0; 而传播者群体密度迅速上升, 随后略微下降, 缓慢趋于平稳; 传播者群体中, 有一部分转化为遗忘者, 这部分的群体密度缓慢上升并保持稳定; 拒绝传播舆情的移除者群体密度以较快的速度增长, 后趋于稳定。

通过两个模型对比可以发现, 在原有的 SIHR 模型上考虑复吸率以后, 舆情传播的最终状态不会是单一的移除者, 而是传播者、遗忘者和移除者三个状态会持续存在。值得注意的是, 持续存在并不意味着个体状态恒定, 相反代表着个体状态在这三种状态中相互转换, 保持一个动态平衡。显然, 改进后的 SIHR 模型更符合现实世界的舆情传播过程。

本文以传播者(SS)群体密度变化为主要研究对象, 研究双层耦合网络基于改进的 SIHR 模型中不同的参数对于舆情传播过程中不同群体的密度变化。

(1) 传播率 α 对传播的影响

图 5(a)是探究传播率 α 对舆情传播的影响, 即无知者群体向传播者群体转变的情况, 考虑了四种不同组合的 α , 其余参数不变。我们发现, 不同大小传播率 α 在初期对传播者群体的密度影响率较明显, 传播率 α 值越大, 初期传播者密度越高。值得注意的是, 当 α 为 0 时, 由于模型中考虑了复吸引率 σ , 导致舆情仍然会被持续传播, 最终传播者群体密度稳定在 0.3 左右。

(2) 拒绝率 β 对传播的影响

图 5(b)是探究拒绝率 β 对舆情传播的影响, 即完全没接触过舆情信息的群体向移除者群体转变的情况。无知者群体向移除者群体转变的情况受两个参数 β , θ 的制约, θ 与 α 有关, 因此我们探究四种不同组合的 β 值, 其余参数不变。我们发现, 不同大小拒绝率 β 在初期对传播者群体的密度影响率较明显。当拒绝率 β 为 0 时, 前期传播者反而增长较快, 但是稳定后传播者反而密度低。这是因为不存在无知者向移除者的转变后再转变为传播者的这一过程; 拒绝率较高时, 前期传播者密度较低。相反拒绝率较低时, 前期传播者密度较高, 但并没有对稳定后传播者密度产生影响。

(3) 遗忘率 γ 对传播的影响

图 5(c)是探究遗忘率 γ 对舆情传播的影响, 即传播者群体向遗忘者群体转变的情况, 考虑四种不同组合的 γ 值, 其余参数不变。遗忘率 γ 的大小直接影响传播者群体密度。遗忘率越高, 传播者密度在传播过程中更低, 这是因为更多的传播者变为遗忘者。

(4) 自发想起率 δ 对传播的影响

图 5(d)是探究自发想起率 δ 对舆情传播的影响, 即遗忘者群体向传播者群体转变的情况。这里的转变情况受到两个因素 δ , ε 的制约, 因此我们探究四种不同组合的 δ 值, 其余参数不变。我们发现, 自发想起率 δ 的高低直接影响传播者密度, 自发想起率 δ 越高。在舆情传播后期, 传播者密度越高。这是因为更多的遗忘者变为传播者。但是自发想起率 δ 对传播早期的影响不大, 这是因为早期的传播过程主要还是受到传播率 α 的影响。

(5) 接触记忆率 ε 对传播的影响

图 5(e)是探究接触记忆率 ε 对舆情传播的影响, 即遗忘者群体向传播者群体转变的情况。这里的转变情况受到两个因素 δ , η 的制约。同时 η 受到 ε 的制约, 因此可我们探究四种不同组合的 ε 值, 其余参数不变。我们发现, 接触记忆率 ε 的高低在稳态之前对传播者群体密度有影响。接触记忆率越高, 传播

者群体密度在传播过程中越高。但是早期接触记忆率对传播者群体密度影响不大，这是因为早期的传播过程主要还是受到传播率 α 的影响。

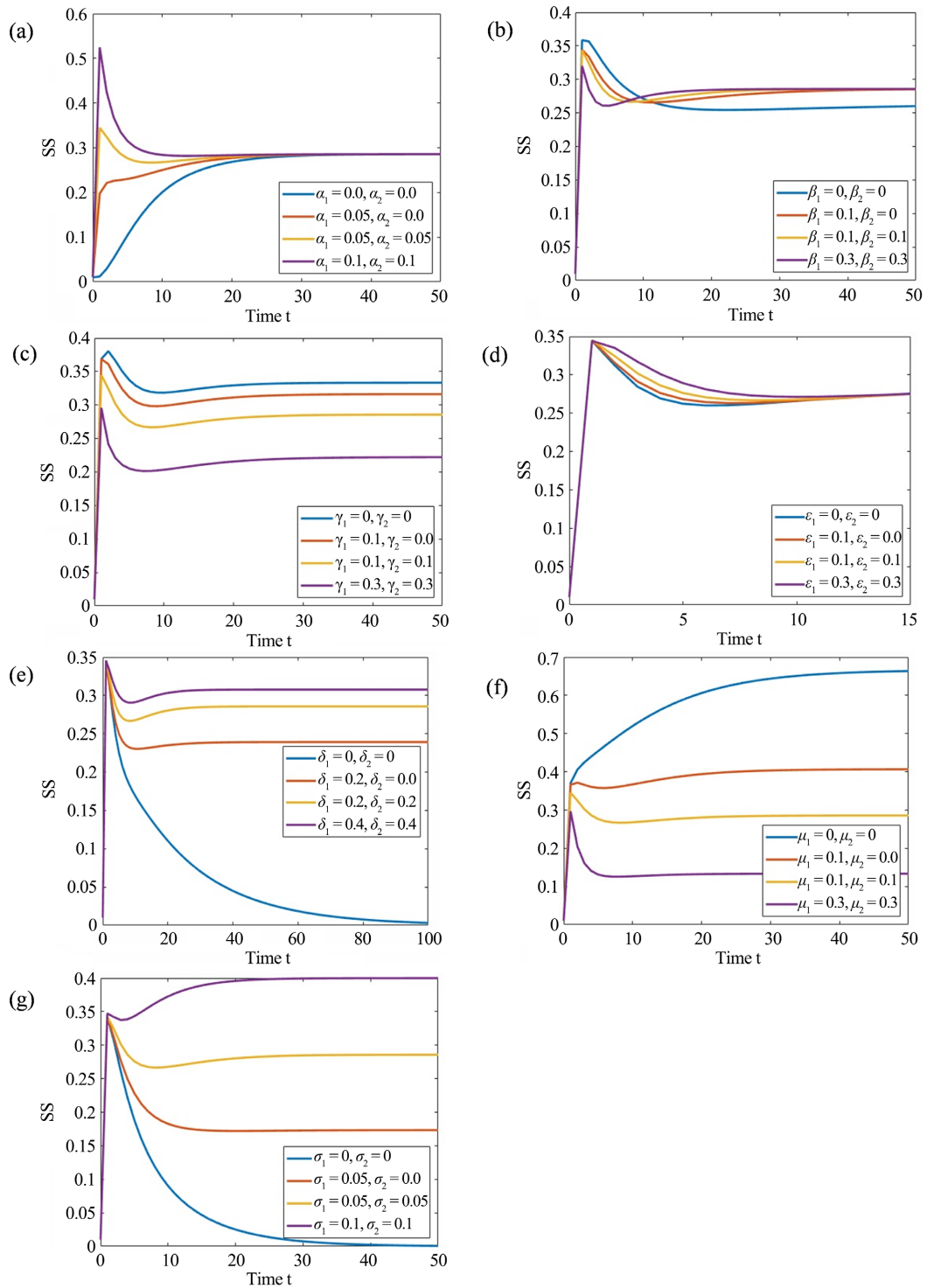


Figure 5. Changes of seven parameters in the improved SIHR model have an effect on the population density of the propagators

图 5. 改进的 SIHR 模型中七种参数变化对于传播者群体密度变化过程

(6) 离开率 μ 对传播的影响

图 5(f) 是探究离开率 μ 对舆情传播的影响, 即传播者群体向移除者群体转变的情况我们探究四组不同的 μ 值, 其他参数不变。我们发现, 离开率的高低直接影响传播者密度。在整个传播过程中, 离开率越高, 传播者密度越低, 这是因为更多的传播者变为移除者。

(7) 复吸引率 σ 对传播的影响

图 5(g) 探究复吸引率 σ 对舆情传播的影响, 即移除者群体向传播者群体转变的情况我们探究四组不同的 σ 值, 其余参数不变。我们发现, 复吸引率的高低直接影响传播者密度。复吸引率越高, 在传播稳定后, 传播者密度越高, 这是因为更多的移除者变为传播者, 但是传播早期的影响不大, 这是因为早期的传播过程主要还是受到传播率 α 的影响。

5. 应对策略建议

在现实生活中, 控制舆情传播的重要性不言而喻。从第 4 部分的模拟实验可以看出, 影响舆情传播的因素有很多, 例如: 初始时的传播率、人们的遗忘率、离开舆情传播系统的概率、初始拒绝传播和再次接触到舆情而开始传播的概率等等。针对这些影响因素, 第 5 部分将以控制舆情传播为出发点, 从相关公共部门、社交平台、用户三个角度提出应对舆情危机的一些策略, 为了能够依据模拟结果有效地解决现实中的问题。

5.1. 发挥公共部门的引导作用

(1) 增加拒绝传播舆情的概率 β —— 强化主流媒体的权威性

由第 4 节的(2)可知, 增大拒绝率 β , 可以在前期降低传播者群体密度的峰值, 这对舆情应对处理有着重要的意义。传播者就会越少, 舆情危机发生的可能性就会越小。强化主流媒体的权威性正是增加民众拒绝传播舆情概率的有效措施之一。

(2) 降低复吸引率 σ —— 建立完善的舆情警报机制

由第 4 节的(7)可知, 复吸引率的增大会带来传播者密度的增大。所以, 有效地降低复吸引率可以为解决舆情危机提供帮助。由于复吸引的情况发生在移除者群体向传播者群体的转变过程中, 所以了解为什么会发生复吸引情况是必要的, 完善的舆情警报机制可以在其他群体向传播者群体转变时, 及时给出反馈, 有助于有关部门研究复吸引情况, 从而降低复吸引率。

5.2. 加强社交平台的自监管

(1) 减小舆情传播的概率 α —— 社交平台加大监管力度

由第 4 节的(1)可知, 传播率 α 的大小在舆情传播初期对传播者群体密度有着决定性作用, 因此通过社交平台加大自身的监管力度, 减小舆情信息的传播率, 可以在舆情传播初期有效地降低传播者群体密度。通过降低传播率, 也可以从源头上解决舆情传播问题。

(2) 增加离开舆情传播系统的概率 μ —— 合理利用关键意见领袖

由第 4 节的(6)节可知, 增大离开率 μ , 可以在舆情传播后期有效地减少传播者群体的密度, 这对舆情治理是十分关键的。而合理利用社交平台上各个关键意见领袖的引导舆情走向功能, 通过他们引导更多民众离开舆情传播系统, 可以有效地降低传播者群体密度持续上升导致舆情危机的进一步发酵。

5.3. 加强用户层面的引导、管理

(1) 建立完善的用户情感引导制度

社交平台是民众传情达意的重要渠道之一, 监管部门不能堵住民众合理表达自己意愿的渠道, 需要

在保障民众发言权的情况下, 去缓解他们的负面情绪, 防止过多的负面情绪在互联网上堆积, 引发舆情危机。

(2) 完善用户类型化管理

在过往的舆情事件中完善舆情用户类型化特征, 可以为后续处理相关事件提供经验, 也可以成为舆情治理等相关学科的参考教科书, 为后续的工作人员提供宝贵的经验。

6. 总结

本文研究了双层耦合网络上基于改进的 SIHR 模型的舆情传播过程, 对舆情在两个耦合的社交平台之间交互传播的模式做了分析。基于双层耦合的社交网络结构, 以及考虑了移除者会重新变为传播者的情况, 构建了改进的 SIHR 模型。同时对影响舆情传播的关键参数做了详细的说明, 通过离散的马尔科夫链方法, 给出舆情传播动力学方程。并用 MATLAB 软件进行了模拟仿真, 对比了改进前后的舆情传播过程。同时采用控制变量法对不同参数影响舆情传播的效果做了具体分析。得出结论是: ① 考虑复吸引率的改进后模型更贴近现实; ② 减小传播率 α 、增大拒绝率 β 、增大离开率 μ 和减小复吸引率 σ 的措施都可以减少传播者群体的密度, 即可以控制舆情传播规模。最后, 基于模拟实验结果, 针对影响舆情传播的关键因素, 从社交平台、公共部门、用户三个方面提出可行的策略, 为舆情防治提供相关参考。

未来研究中可以考虑双层以上的网络、关键节点、不同的个体状态转化关系以及舆情传播过程中现实的影响因素, 例如传播成本等, 作进一步的研究方向。除此之外, 也可以考虑舆情传播控制过程中的时机选择、控制成本等因素, 以求能够实现低成本高效控制舆情传播目的。

参考文献

- [1] Kermack, W.O. and Mckendrick, A.G.A. (1927) A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical Physical and Engineering Sciences*, **115**, 700-721. <https://doi.org/10.1098/rspa.1927.0118>
- [2] 陈波, 于冷, 刘君亭, 褚为民. 泛在媒体环境下的网络舆情传播控制模型[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(11): 2140-2150.
- [3] 李青, 朱恒民, 杨东超. 微博网络中舆情话题传播演化模型[J]. 现代图书情报技术, 2013(12): 74-80.
- [4] 朱恒民, 杨柳, 马静, 魏静. 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): 7.
- [5] 朱海涛, 赵捧未, 秦春秀. 一种改进的移动社交网络 SEIR 信息传播模型研究[J]. 情报科学, 2016, 34(3): 6.
- [6] Zhao, L., Wang, J., Chen, Y., et al. (2012) SIHR Rumor Spreading Model in Social Networks. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, **391**, 7: 2444-2453. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2011.12.008>
- [7] 金雅芳. 耦合网络环境下在线网络信息传播机制研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京邮电大学, 2024.
- [8] Wang, X. (2011) Effects of Interconnections on Epidemics in Network of Networks. 2011 7th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Wuhan, 23-25 September 2011, 1-4. <https://doi.org/10.1109/wicom.2011.6040146>
- [9] Édes, B.W. (2000) The Role of Government Information Officers. *Journal of Government Information*, **27**, 455-469. [https://doi.org/10.1016/S1352-0237\(00\)00179-9](https://doi.org/10.1016/S1352-0237(00)00179-9)
- [10] 徐晓日, 刘丹琳. 我国突发公共事件舆情治理研究的热点主题与演进趋势[J]. 行政与法, 2023(6): 15-27.
- [11] Crokidakis, N. (2012) Effects of Mass Media on Opinion Spreading in the Sznajd Sociophysics Model. *Physica: A Statistical Mechanics & Its Applications*, **391**, 1729-1734. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2011.11.038>
- [12] 朱恒民, 刘凯, 卢子芳. 媒体作用下互联网舆情话题传播模型研究[J]. 现代图书情报技术, 2013(3): 6.
- [13] Afassinou, K. (2014) Analysis of the Impact of Education Rate on the Rumor Spreading Mechanism. *Physica A Statistical Mechanics & Its Applications*, **414**, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2014.07.041>
- [14] Jaeger, M.E., Anthony, S. and Rosnow, R.L. (1980) Who Hears What from Whom and with What Effect: A Study of Rumor. *Personality & Social Psychology Bulletin*, **6**, 473-478. <https://doi.org/10.1177/014616728063024>
- [15] Granell, C., Gómez, S. and Arenas, A. (2013) Dynamical Interplay between Awareness and Epidemic Spreading in

- Multiplex Networks. *Physical Review Letters*, **111**, Article 128701. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.111.128701>
- [16] Moore, J.M., Small, M. and Yan, G. (2021) Inclusivity Enhances Robustness and Efficiency of Social Networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, **563**, Article ID 125490. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2020.125490>