

带干预的分层 SIR 模型的网络舆情模型研究

刘 乐

(宜春职业技术学院, 江西 宜春 336000)

摘要: 本文主要研究网络舆情的传播模型和带干预的分层传播的过程, 以传染病 SIR 模型为基础, 根据网络舆情传播过程的特点, 通过构建分层 SIR 舆情传播模型来分析舆情演化过程。在参考传染病传播模型, 带媒体干预的 SIaIb 模型的基础上, 分析带干预下的具有分层传染病 SIR 模型的舆情演变模型。

关键词: 网络舆情; 传染病 SIR 模型; 分层传播; 干预

5G 时代的到来使得互联网愈来愈普遍, 据调查统计, 到 2020 年 3 月份止, 我国拥有 9.04 亿的网民, 普及度已达 64.5% 之高。现如今是一个信息泛滥的时代, 除传统媒体外, 大量新媒体 APP 的涌现使得信息传播非常迅速, 再加上这些新媒体的公开、入门简单、信息量大、交互性强、参与群体庞大, 一不小心, 各种谣言、负面舆论就会风起云涌, 这会对社会稳定、安全构成很大威胁。

近年来网络舆情的影响力不容忽视, 通过网络的扩散常常前一秒发生的一些事情, 下一秒就可能传遍大街小巷, 例如“四川森林消防员事迹”“乡村教书支月英的先进事迹”, 以及今年因新冠疫情而涌现出来的无数英雄事迹通过网络的传播家喻户晓。然而互联网上每天除了这些正面的、积极的信息, 不乏负面的信息, 甚至谣言在不停地传播, 为此网络舆情的管控不容忽视。带干预下的舆情传播的研究对加强网络舆情的监测和正向引导舆情发展提供了有利的依据。

网络舆情传播的研究在现在已成为很多不同专业人才研究的课题, 网络舆情传播的最常用的一种模型就是传染病模型。Sudbury 最先提出了用流行病模型 SIR 模型来研究谣言传播, 但是这种模型对传播群体状态的分类相对比较单一, 分析处理比较简化。而在舆情传播的过程中群体的分类是非常复杂, 除了上面所考虑的三种状态外, 还有存在其它的隐性状态。陈波构建了新的带直接免疫的 SEIR 舆情传播模型, 同时还证明了该模型的传播平衡点及其稳定性。曹宁建立了基于分层的 SIS 舆情传播的模型, 对分层 SIS 模型进行定义, 讨论了分层的 SIS 模型高影响组与低影响组之间转化过程。在舆情演化的过程中不同层次的参与者, 未参与者对舆情的演化会产生不同的影响, 本文我们将舆情演化过程中的参与者与未参与者划分为三个层次, 积极、中立、消极, 研究同层次和不同层次群体之间的转化过程, 探讨网络舆情的发展变化过程, 同时依据动力学理论构建带干预机制的舆情传播模型。

一、带干预机制的分层传播模型

(一) 未分层 SIR 模型

假设我们研究的系统是一个无向连接的网络, 在模型中我们将群体分为三种状态, 未参与者 (S)、参与者 (I)、移除者 (R), 分别用 $S(t)$ 、 $I(t)$ 、 $R(t)$ 来表示 t 时刻各状态占总群体人数的比

例, 即 $S(t) + I(t) + R(t) = 1$ 。 C 表示受生老病死等因素所影响的民众在模型中的迁入率。由于现实生活中从舆情开始传播到舆情消亡通常周期都不会太长, 所以我们假设 C 是固定不变的, $\bar{k}$ 表示社会网络的中群体接触的平均度。 α 是未参与者向参与者转变的转化率, β 是未参与者向移除者转变得转化率, γ 是参与者向移除者转变的转化率。

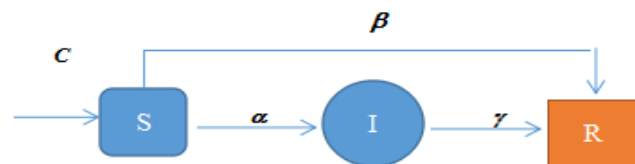


图1 未分层 SIR 舆情传播模型

$$\text{模型微分方程: } \begin{cases} \frac{dS}{dt} = C - kS\alpha I - kS\beta \\ \frac{dI}{dt} = \bar{k}S\alpha I - \bar{k}\gamma I \\ \frac{dR}{dt} = \bar{k}S\beta + \bar{k}\gamma I \end{cases} \quad (1)$$

(二) 分层 SIR 模型

在干预前, 假设我们舆情传播是一个稳定的状态, 分层的 SIR 模型将舆情传播主体的未参与者与参与者分为积极 (S_3, I_3)、中立 (S_2, I_2)、消极 (S_1, I_1) 三个层次, 且同一群体各层次不能直接相互转化。而群体间转化规则为: 不同层次的未参与者 (S_3, S_2, S_1) 与不同层次的参与者 (I_3, I_2, I_1) 接触后以一定的概率 α_j 转化为不同层次参与者 (I_3, I_2, I_1), 未参与者 (S_3, S_2, S_1) 与移除者 R 接触后以一定的概率 β_i 转化为移除者, 参与者 (I_3, I_2, I_1) 与移除者 R 接触后以一定的概率 γ_j 转化为移除者。

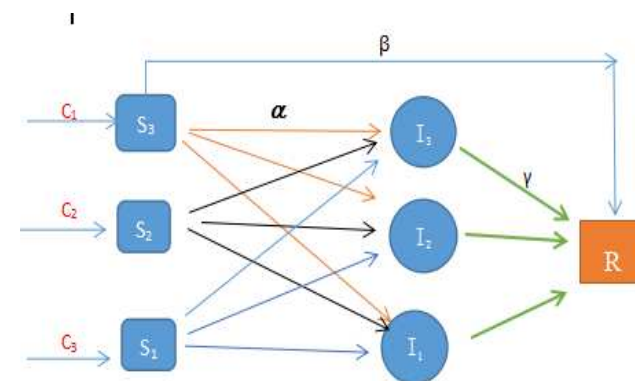


图2 分层 SIR 舆情传播模型

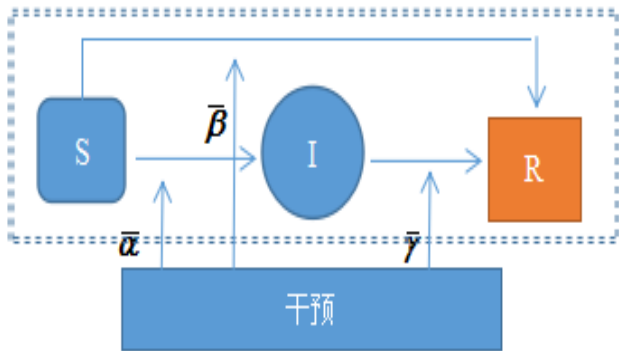


图3 带干预机制的网络舆情模型

依据动力学理论,我们构建了在考虑带干预机制下舆情传播对应的微分方程组:

$$\begin{cases} \frac{dS_i}{dt} = C_i - \bar{k}S_i \sum_{j=1}^3 (\alpha_{ij} - \bar{\alpha}_{ij})I_j - \bar{k}(\beta_i - \bar{\beta}_i)S_i \\ \frac{dI_i}{dt} = \bar{k}I_j \sum_{i=1}^3 (\alpha_{ij} - \bar{\alpha}_{ij})S_i - \bar{k}(\gamma_j - \bar{\gamma}_j)I_j \\ \frac{dR}{dt} = \bar{k} \sum_{i=1}^3 [(\beta_i - \bar{\beta}_i)S_i + (\gamma_i - \bar{\gamma}_i)I_i] \end{cases} \quad (2)$$

其中 $\frac{dS_i}{dt}, \frac{dI_j}{dt}, \frac{dR}{dt}$ 分别表示未参与者(1, 2, 3), 参与者(1, 2, 3)及移除者的人数所占比例的变化率。 α_{ij} 表示 i 层未参与者向 j 层参与者的转化率, β_i 表示 i 层未参与者向移除者的转化率, γ_j 表示 j 层参与者向移除者的转化率, $\bar{\alpha}_{ij}, \bar{\beta}_i, \bar{\gamma}_j$ 表示带干预机制下相应各群体间转化的干预系数。满足 $\alpha_{ij}, \beta_i, \gamma_j \in [0, 1]$, $\bar{\alpha}_{ij}, \bar{\beta}_i, \bar{\gamma}_j \in [-1, 1]$, 我们这里令 $\alpha_{ij}^* = \alpha_{ij} - \bar{\alpha}_{ij}$, $\beta_i^* = \beta_i - \bar{\beta}_i$, $\gamma_j^* = \gamma_j - \bar{\gamma}_j$, 则(1)式可以转化为:

$$\begin{cases} \frac{dS_i}{dt} = C_i - \bar{k}S_i \sum_{j=1}^3 \alpha_{ij}^* I_j - \bar{k}\beta_i^* S_i \\ \frac{dI_j}{dt} = \bar{k}I_j \sum_{i=1}^3 \alpha_{ij}^* S_i - \bar{k}\gamma_j^* I_j \\ \frac{dR}{dt} = \bar{k} \sum_{i=1}^3 [\beta_i^* S_i + \gamma_j^* I_i] \end{cases} \quad (3)$$

(三) 平衡点和稳定性

由文献我们知道,所有舆情传播系统都有两类平衡点,一个是非零传播平衡点,非零传播平衡点指的是存在舆情传播情况下系统模型的均衡解,描述了舆情持续存在,其传播趋于稳定的态势。另一个是零传播平衡点,零传播平衡点是指舆情不传播情况下系统模型的解,描述了舆情传播终止的态势。

定理1 模型存在唯一的零传播平衡点

$$E^0 = (S_1^0, S_2^0, S_3^0, I_1^0, I_2^0, I_3^0, R) = (1, 0, 0, 0, 0, 0, 0).$$

证明 令式(3)中各微分方程的右端均为零,可以得到总是存在 $E^0 = (1, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$

定理2 当 $R_0 > 1$ 时, $E^0 = (1, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ 是系统(3)的模型局部和全局渐进稳定点,当 $R_0 \leq 1$ 时, $E^0 = (1, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ 不是稳定点。(证明过程可参考文献[4],将 E^0 代入方程(3)的雅可比矩阵中,通过求该矩阵对应的特征方程来证明。)

对于信息传播系统来说基本再生数 R_0 是一个关键的参量,一个标志,我们用它来判断舆情是否能够扩散, $R_0 > 1$ 时参与者在平均传播期内传播的人数大于1,那么舆情将扩散, $R_0 \leq 1$ 时参与者在平均传播期内传播的人数小于1,则舆情会逐渐消失。且由参考文献可知再生基数 R_0 与 α_{ij}^* 正相关,而与 β_i^*, γ_j^* 负相关。因此当 $R_0 > 1$ 时,为了使得舆情逐渐消亡即使得 $R_0 \leq 1$,我们可以减小 α_{ij}^* ,或者增大 β_i^*, γ_j^* ,又因为, $\alpha_{ij}^* = \alpha_{ij} - \bar{\alpha}_{ij}$, $\beta_i^* = \beta_i - \bar{\beta}_i$, $\gamma_j^* = \gamma_j - \bar{\gamma}_j$,所以我们应该增大 $\bar{\alpha}_{ij}$,提高未参与者向参与者转化的干预力度,或者减小 $\bar{\beta}_i, \bar{\gamma}_j$ 即降低未参与者和参与者向移除者转化的干预力度。

三、结语

本文主要是针对带干预机制下的不同群体中不同层次(积极、中立、消极)人群间的转化构建分析分层 SIR 舆情传播模型,分析了传播过程中不同层次群体间的状态转移和政府干预作用,建立了基于传染病 SIR 模型下带干预的分层传播模型并给出了对应的微分方程。通过对微分方程的分析,提供了控制舆情传播的管控方向即提高未参与者向参与者转化的干预力度,或者降低未参与者、参与者向移除者转化的干预力度。后续我们还可以通过真实的案例分析来模型,并通过对舆情传播仿真实验对干预效果进行预测,分析讨论对不同层次采用不同干预力度所达到的效果,从而为相关部门针对舆情传播制定管控方案提供依据。

参考文献:

- [1] Sudbury A. The proportion of the population never bearing a rumour[J]. Journal of Applied Probability, 1985, 22: 443 - 446.
- [2] 陈波, 于冷, 刘君亭, 等. 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] 曹宁. 基于分层传染病模型的网络舆情政府干预研究[D]. 广东工业大学, 2018.
- [4] 王治莹, 李勇建. 政府干预下突发事件舆情传播规律与控制决策[J]. 管理科学学报, 2017, 20(2): 43-52, 62.
- [5] 崔玉美, 陈珊珊, 傅新楚. 几类传染病模型中基本再生数的计算[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2017, 14(4): 14-31.
- [6] 顾雨迪, 狄岚. 分层演化趋向行为的网络舆情传播模型[J]. 智能系统学报, DOI: 10.11992/tis.201705009.

本文系宜春市社科研究'十三五(2020年)'立项课题成果;
课题名称: 基于分层传染病 SIR 模型的网络舆情政府干预模型的研究(课题编号: ycskl-2020038)的阶段性成果。