

社交网络下考虑决策者角色差异的舆情演化模型

周沁悦, 吴志彬†

(四川大学 商学院, 成都 610065)

摘要: 互联网加速了舆情的发展, 舆情讨论时刻都在发生. 为了探索决策者角色差异对舆情演化的影响, 改进传统 DeGroot 模型, 在社交网络环境下考虑多种决策者角色共存的舆情演化模型. 将决策者分为权威者和非权威者, 从社会心理学的角度将非权威者随机分为服从者、反抗者和独立者. 针对传统模型的权重确定方式较为机械的不足, 引入节点在社会网络中的特征向量中心性, 提出新的权重确定方法. 每一步舆情演化均分为两个阶段: 第 1 阶段所有决策者都进行舆情演化, 随后服从者和反抗者在第 2 阶段对其第 1 阶段的观点进行调整. 在连通的 Erdős-Rényi 网络中进行仿真实验, 结果显示, 服从者总是会与权威者达成共识, 且该共识由权威者的意见决定; 反抗者聚集在与服从者和权威者的共识较远的意见簇; 独立者的稳定意见则散落分布在二者之间, 且更加靠近服从者和权威者的共识.

关键词: 舆情动力学; 社会网络; 权威者; 从众行为; 反抗行为; 独立行为

中图分类号: TP273

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2021.0941

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式: 周沁悦, 吴志彬. 社交网络下考虑决策者角色差异的舆情演化模型[J]. 控制与决策, 2023, 38(1): 257-264.

Opinion dynamics model in social networks with heterogeneous nodes

ZHOU Qin-yue, WU Zhi-bin†

(School of Business, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: The Internet has accelerated the public opinion formation, and public opinion discussions are happening all the time. In order to explore the influence of heterogenous agents on opinion evolution, this paper modifies the traditional DeGroot model and considers the opinion evolution where different kinds of agents coexist in the social network. Agents are divided into authority and non-authority. From the perspective of social psychology, the non-authoritative agents are randomly classified into conformists, anticonformists and independent agents. To overcome the shortcoming of the traditional DeGroot model in determining weights, a new weight determination method is proposed by introducing the eigenvector centrality of nodes. There are two stages in each time step of the proposed model. In the first stage, all agents update their opinions through the DeGroot method. In the second stage, the anticonformists and independent agents are assumed to adjust their opinions obtained in the first stage. Simulation results in the connected Erdős-Rényi networks show that the conformists reach a consensus with the authority and the consensus is determined by the authority's opinion. The anticonformists form their opinion clusters that are far away from the conformists and the authority. The stable opinions of the independent agents are scattered between the anticonformists and authority and are closer to the consensus of the conformists and the authority.

Keywords: opinion dynamics; social networks; authority; conformity; anticonformity; independence

0 引言

互联网技术彻底改变了人们的交流方式, 无论是国内的微博和贴吧, 还是国外的推特和脸书, 这些拥有大量用户群体的软件应用已成为网民讨论社会舆情、发表观点的重要平台^[1-2]. 舆论是指人们在社会

生活中对具体事件所持的观点态度的集合, 是群体意识的综合表现^[3]. 具体而言, 舆论的主体是社会公众, 客体是某社会话题, 本体则是社会公众对此话题的倾向性意见.

舆情动力学 (opinion dynamics) 主要基于理论

收稿日期: 2021-05-27; 录用日期: 2021-09-10.

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (71971148, 71671118).

责任编辑: 李登峰.

†通讯作者. E-mail: zhibinwu@scu.edu.cn.

建模和仿真实验来研究群体舆论的演化过程^[4]. 它以社交网络为载体, 基于数学模型, 按照时间顺序观察群众的舆论发展, 分析舆情的形成和消亡. 最早, French^[5]从人际关系的角度对群体之间的影响过程进行了解释. 此后, 学者们对舆论动力学模型的研究主要分为自宏观到微观的建模方式和自微观到宏观的建模方式. 这两种方式分别从不同角度考虑了舆情演化的过程. 宏观模型主要使用概率和数理统计分析群体观点的演变, 微观模型(或基于个体的模型)则从社会个体的角度描述群体观点的演变, 例如 DeGroot (DG) 模型^[6]、Deffuant-Weisbuch (DW) 模型^[7]和 Hegselmann-Krause (HK) 模型^[8]等. 宏观模型适合刻画大型社交网络下的舆情演化, 而微观模型同时适用于小型和大型群体, 并且能更有效地体现网络中个体的相互影响关系. 研究舆情演化的重要意义之一就在于可以通过建模和仿真等手段, 为政府等舆情管理者提供理论支持和建议^[9-10].

米尔格伦实验(milgram experiment)^[11]的结果表明, 社会群体中的权威者对非权威者的行为决策有显著影响, 大部分非权威者会服从权威者的指令. 对于采取服从行动的非权威者而言, 即使权威者的观点与自己的相差甚远, 他们也认为自己有义务执行来自权威者的命令. 社会心理学领域的研究显示, 不同的社会个体表现出不同的社会属性, 社会群体中的从众行为无处不在, 人们有许多不同的动机去模仿他人, 并且有各种因素会影响从众的程度^[12]. 在采取服从行为的人看来, 从众会带来许多社会效益, 比如安全感和友爱感, 他们认为遵循社会规范有益于自己与他人合作^[13].

与此同时, 也有两种被广泛认可的非服从行为: 逆反行为和独立行动. 从社会的角度看, 区分逆反行为和独立行动是非常重要的^[14]. 反抗者与服从者采取的行动严格相反, 二者都意识到并承认权威阶层的存在, 且受到其影响. 然而, 对于采取独立行动的个体而言, 他们不关心权威者是否存在, 也不在意自己的观点是否会与他人产生冲突. 反抗者和独立者虽然在舆情演化中采取不同的行动, 但他们在宏观层面的表现仍取决于模型的设计. 研究表明, 在投票模型中, 反抗者和独立者会产生显著差异, 但在多数决定原则模型中, 二者的差异不明显^[15].

Chen 等^[16]考虑服从程度、保守程度和个体间关系强度有差异的决策者, 在 SEIR (susceptible exposed infectious recovered) 模型和 Jager-Amblard 模型中研究了舆论传播和舆情两极分化的形成机制.

Javarone^[17]将个体的服从行为和反抗行为融入多数决定原则模型, 发现服从者在完全连接的网络和复杂网络中有着截然相反的表现. Cheng 等^[18]在服从者的从众程度动态变化的情况下研究了舆论两极分化现象, 模拟实验显示服从度低于某阈值的决策者更容易形成舆论极化.

尽管已有文献讨论了权威者对舆情演化的影响^[19], 但是当服从行为、反抗行为和独立行动同时存在于社交网络中时, 权威者对舆情演化的影响效果是否依然显著? 另外, 传统舆情演化模型的权重确定方式过于程序化, 未结合社交网络的结构特征对个体赋予权重.

本文对传统的 DeGroot 模型进行改进, 利用一般 PageRank 算法确定群体的权重矩阵. 依据实际情况完善模型的角色分配, 考虑决策者存在角色差异时的意见演化, 将决策者具体细分为 4 类角色: 权威者、服从者、反抗者和独立者. 通过仿真实验讨论不同的角色比例、初始意见分布状态、反抗者容忍阈值以及是否考虑角色差异对舆情演化结果的影响. 结果显示, 权威者和反抗者决定了群体的稳定意见范围.

1 构建模型

1.1 基础知识

1.1.1 图论

用 $G(V, E)$ 表示一个无重边和自连边的有向网络, 其中 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 为 n 个节点的集合. 有序点对 (v_i, v_j) 之间的联系记作 e_{ij} , 表示由 v_i 指向 v_j 的有向边, $E = \{e_{ij}\} (i, j \in 1, 2, \dots, n, i \neq j)$ 表示图中的有向边集合. 被 v_i 指向的点组成 v_i 的邻域, 表示为

$$N_i = \{v_j \mid e_{ij} \in E, v_j \in V\}. \quad (1)$$

近几十年来, 社交网络广泛应用于营销^[20]、舆情演化^[21]以及群体决策^[22]中, 复杂网络的性质也得到充分研究^[23], 与理论建模和模拟实验密切相关. 在社交网络与舆情演化模型结合的情况下, 网络中的节点代表人, 有向边代表人与人之间的不对等关系(当 e_{ij} 存在时 e_{ji} 不一定存在), 节点的邻域即为个体的社交范围.

1.1.2 传统 DeGroot 模型

DG 模型是最经典的舆情动力学模型之一. 用 $t (t = 0, 1, \dots)$ 表示离散时间, 则 $t = 0$ 代表初始时刻. 给定规模为 n 的有向图 $G(V, E)$, 令 $\mathbf{X}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))^T$ 表示该群体在 t 时刻的意见向量, 其中 $x_i(t)$ 代表个体 $v_i \in V$ 在 t 时刻的观点.

人们的信任集由自己及邻域构成, v_i 的信任集为

$$f_i = N_i \cup \{v_i\}. \quad (2)$$

在舆情演化的每一步,人们都赋予他人固定且相同的权重. 令 $\mathbf{W} = (w_{ij})_{n \times n}$ 表示权重矩阵, w_{ij} 为 v_i 赋予 v_j 的权重,由下式确定:

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{\#(f_i)}, & v_j \in f_i; \\ 0, & v_j \notin f_i. \end{cases} \quad (3)$$

其中 $\#(\cdot)$ 为集合的元素数目.

权重矩阵 \mathbf{W} 的所有元素非负,且每行之和都为1,即 $w_{ij} \geq 0 (i, j = 1, 2, \dots, n)$ 且 $\sum_{j=1}^n w_{ij} = 1 (i = 1, 2, \dots, n)$,这意味着权重矩阵是行随机矩阵.

对于 $v_i \in V$,其观点演化可表示为

$$x_i(t+1) = \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j(t). \quad (4)$$

1.2 决策者角色差异

意大利经济学家帕雷托提出的80/20法则认为,对许多事情而言,起决定性作用的部分只有大约20%^[24]. 经过长期探索,人们发现在社会学、经济学和企业管理等领域确实存在着许多可以用80/20法则来解释的现象. 因此在本文的模型中,不超过20%的人被认为是权威者,他们拥有超过80%的影响力.

利用节点特征向量中心性大小区分权威者和非权威者. 给定规模为 n 的有向图 $G(V, E)$,通过一般PageRank算法计算网络中各点的PageRank值,该值代表对应节点在网络中的影响力. 根据帕累托法则,将PageRank值按降序排列,依次计算PageRank值累加之和. 假设前 k 个PageRank值之和超过80%,若 $k \leq \lceil 0.2 * n \rceil$ ($\lceil \cdot \rceil$ 表示向上取整函数),则认为前 k 个PageRank值对应的节点是该群体的权威阶层;否则认为前 $\lceil 0.2 * n \rceil$ 个PageRank值对应的节点为权威者.

在非权威群体中,个体采取服从或不服从行为取决于如年龄、经济水平和文化程度等社会属性^[14]. 本文将非权威群体随机分为服从者、反抗者和独立者. 在意见演化过程中,服从者听从权威者的意见;反抗者与权威者对抗;独立者保持中立态度,不刻意地追随或反抗权威者.

1.3 考虑决策者角色差异的舆情演化模型

1.3.1 确定信任集和权重

分别用 V_1 、 V_2 、 V_3 和 V_4 表示服从者、反抗者、独立者和权威者集合,人数分别为 n_1 、 n_2 、 n_3 和 n_4 ,对节点重新编号,有

$$V_1 = \{v_1, v_2, \dots, v_{n_1}\},$$

$$V_2 = \{v_{n_1+1}, v_{n_1+2}, \dots, v_{n_1+n_2}\},$$

$$V_3 = \{v_{n_1+n_2+1}, v_{n_1+n_2+2}, \dots, v_{n_1+n_2+n_3}\},$$

$$V_4 = \{v_{n-n_4+1}, v_{n-n_4+2}, \dots, v_n\}.$$

独立者信任其邻域中的所有人,反抗者和权威者只信任其邻域中的同伴,而服从者同时信任其邻域中的权威者和服从者. 又因为每个人都信任自己,所以 $v_i \in V$ 的信任集由下式确定:

$$f_i = \begin{cases} V_1 \cup V_4 \cap N_i \cup \{v_i\}, & v_i \in V_1; \\ V_2 \cap N_i \cup \{v_i\}, & v_i \in V_2; \\ N_i \cup \{v_i\}, & v_i \in V_3; \\ V_4 \cap N_i \cup \{v_i\}, & v_i \in V_4. \end{cases} \quad (5)$$

信任集 f_i 确定后, v_i 赋予 v_j 的权重如下:

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{\text{pr}_j}{\sum_{v_k \in f_i} \text{pr}_k}, & v_j \in f_i; \\ 0, & v_j \notin f_i. \end{cases} \quad (6)$$

其中 pr_j 表示 v_j 的PageRank值,由此得到的权重矩阵 \mathbf{W} 仍为行随机矩阵.

与传统的DG模型相比:一方面,本文在区分决策者角色的基础上提出了如式(5)所示的新的决策者信任范围,与传统DG模型中决策者的信任范围(2)对比可知,传统DG模型只考虑了群体中所有人都为独立者时的特殊情况,式(5)通过约束决策者的信任范围,体现了角色差异带来的信任关系的变化;另一方面,传统DG模型的权重确定方式(3)是一个简单的平均分配的过程,本文使用基于特征向量中心性的权重确定方式(6),好处在于打破了平均的权重分配,考虑决策者的长期影响力,强调了社会网络结构给决策者带来的影响.

1.3.2 舆情演化规则

本文将每个时间步的舆情演化都分为两个阶段,分别用下标 S_1 和 S_2 表示. 第1个阶段是群体进行正常意见更新的过程,第2个阶段是不同决策者角色进行意见调整的过程.

第1阶段:所有人根据传统的DG模型进行意见更新,由式(4)可得 v_i 在第1阶段的意见更新公式为

$$x_i(t+1)_{S_1} = \sum_{v_j \in f_i} w_{ij} x_j(t). \quad (7)$$

式(7)可简化为如下矩阵形式:

$$\mathbf{X}(t+1)_{S_1} = \mathbf{W}\mathbf{X}(t), \quad (8)$$

权重矩阵 \mathbf{W} 中的元素由式(6)确定.

第2阶段:服从者和反抗者在此阶段进行意见调整,将其邻域中的服从者和权威者视为参考对象,即 $v_i \in V_1 \cup V_2$ 的参考集为 $C_i = V_1 \cup V_4 \cap N_i$. 将参考

集的平均意见记作 $d_i(t)$, 称为基准意见, 具体表示为

$$d_i(t) = \frac{\sum_{v_j \in C_i} x_j(t)}{\#(C_i)}. \quad (9)$$

对于服从者而言, 根据米尔格伦实验, 假设他们以概率 $h = 0.65$ 遵从基准意见 $d_i(t)$. 因此在第1阶段意见的基础上, 得到服从者 $v_i \in V_1$ 在第2阶段的意见, 有

$$x_i(t+1)_{S_2} = x_i(t+1)_{S_1}(1-h) + d_i(t)h. \quad (10)$$

对于反抗者而言, 他们希望其第1阶段意见与基准意见相差足够远. 令 γ 表示反抗者的容忍阈值, 若反抗者的第1阶段意见与基准意见相差不小于 γ , 则保持其第1阶段意见; 否则, 反抗者为了扰乱系统, 将舍弃其第1阶段意见, 并根据基准意见确定最终意见. 反抗者 $v_i \in V_2$ 的第2阶段意见可表示为

$$x_i(t+1)_{S_2} = \begin{cases} x_i(t+1)_{S_1}, & \text{case 1;} \\ d_i(t) + \gamma, & \text{case 2;} \\ d_i(t) - \gamma, & \text{case 3.} \end{cases} \quad (11)$$

其中: case 1 指 $|x_i(t+1)_{S_1} - d_i(t)| \geq \gamma$, case 2 指 $d_i(t) \leq x_i(t+1)_{S_1} < d_i(t) + \gamma$, case 3 指 $d_i(t) - \gamma < x_i(t+1)_{S_1} < d_i(t)$.

令 $D_i(t)$ 表示 V_i ($i = 1, 2$) 的基准意见, 由于权威者和独立者不在第2阶段修改意见, 故令其基准意见为0, 群体基准意见表示为

$$D(t) = (D_1(t), D_2(t), \underbrace{0, 0, \dots, 0}_{n_2+n_3})^T.$$

由此, 群体的第2阶段意见为

$$X(t+1)_{S_2} = \text{diag}[I_{n_1} - H, A(t), I_{n_3}, I_{n_4}]X(t+1)_{S_1} + \text{diag}[H, I_{n_2} - A(t), \mathbf{0}, \mathbf{0}]D(t) + \text{diag}[\mathbf{0}, (I_{n_2} - A(t))B(t), \mathbf{0}, \mathbf{0}]\Gamma. \quad (12)$$

其中: $\mathbf{0}$ 为对应阶数的零矩阵; I_{n_i} 为 n_i ($i = 1, 2, 3, 4$) 阶单位矩阵; H 为主元素是 h 的 n_1 阶对角矩阵; Γ 为元素均是 γ 的 n 维列向量; $A(t)$ 和 $B(t)$ 为主元素分别是 $a_i(t)$ 和 $b_i(t)$ 的 n_2 阶对角矩阵, $a_i(t)$ 和 $b_i(t)$ ($v_i \in V_2$) 由下式确定:

$$a_i(t) = \begin{cases} 0, & |x_i(t+1)_{S_1} - d_i(t)| < \gamma; \\ 1, & |x_i(t+1)_{S_1} - d_i(t)| \geq \gamma. \end{cases} \quad (13)$$

$$b_i(t) = \begin{cases} -1, & x_i(t+1)_{S_1} < d_i(t); \\ 1, & x_i(t+1)_{S_1} \geq d_i(t). \end{cases} \quad (14)$$

式(12)中等号左边的 $X(t+1)_{S_2}$ 即为群体的更新意见, 为了方便阅读, 下文将其简写为 $X(t+1)$. 将式

(12)中3个对角矩阵依次记作

$$A^{(1)}(t) = \text{diag}[I_{n_1} - H, A(t), I_{n_3}, I_{n_4}],$$

$$A^{(2)}(t) = \text{diag}[H, I_{n_2} - A(t), \mathbf{0}, \mathbf{0}],$$

$$A^{(3)}(t) = \text{diag}[\mathbf{0}, (I_{n_2} - A(t))B(t), \mathbf{0}, \mathbf{0}],$$

则有 $A^{(2)}(t) = I_n - A^{(1)}(t)$. 令 $A^{(4)}(t) = \text{diag}[\mathbf{0}, B(t), \mathbf{0}, \mathbf{0}]$, 有

$$A^{(3)}(t) = A^{(2)}(t)A^{(4)}(t) = (I_n - A^{(1)}(t))A^{(4)}(t).$$

综合第1阶段式(8)和第2阶段式(12), 群体从 t 到 $t+1$ 时刻的意见更新规则如下:

$$X(t+1) = A^{(1)}(t)WX(t) + A^{(2)}(t)D(t) + A^{(3)}(t)\Gamma = A^{(1)}(t)WX(t) + (I_n - A^{(1)}(t))D(t) + (I_n - A^{(1)}(t))A^{(4)}(t)\Gamma. \quad (15)$$

式(15)即为所提出的舆情演化模型. 若所有人的意见在 t^* 与 t^*+1 时刻之差的总和不超过 10^{-7} , 即 $\sum_{i=1}^n |x_i(t^*+1) - x_i(t^*)| \leq 10^{-7}$, 则称意见达到稳定, 且满足这一条件的最小 t^* 为模型的稳定时间^[25]. 图1展示了模型(15)从初始到稳定的舆情演化过程.

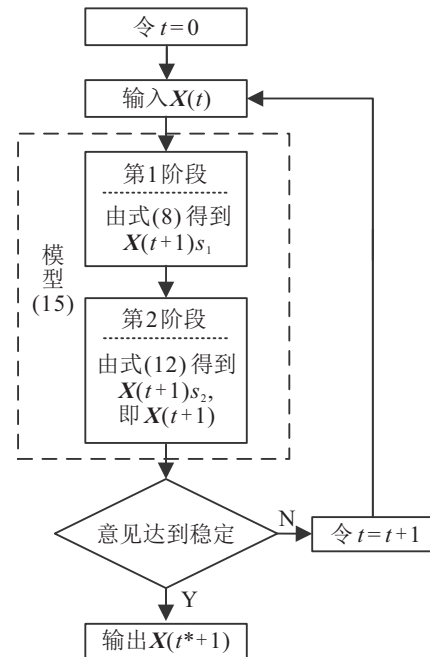


图1 舆情演化流程

2 仿真模拟

为了探索考虑决策者角色差异的舆情演化模型的具体表现, 本节在不同情况下进行随机仿真实验.

Erdős-Rényi (ER) 网络^[26] 是最典型的随机网络, 假设有 n 个节点, 每对节点之间相连的概率为 $p \in (0, 1)$. ER 网络的连通性随边连接概率 p 增大而增强, 且 $p^* = \ln(n)/n$ 是临界值: $p < p^*$ 时网络中很有可能

存在孤立点,即网络的连通性不佳; $p \geq p^*$ 时网络连通.与全局耦合网络相比,ER网络中节点的度不是固定的,而是集中在某一值附近,因此更加适用于解释现实生活中的网络.

本文选取规模为 $n = 200$ 且边连接概率为 $p = 0.3$ 的有向ER网络,此时网络的连通性十分强.本节所有结果均在模型稳定后获得.

2.1 权威者的影响

为了体现权威者对舆情演化的影响,假设权威者和非权威者的初始意见分别在 $[0, 0.2]$ 和 $[0.8, 1]$ 上服从均匀分布.服从者、反抗者和独立者占非权威者的比例分别约为0.3、0.3和0.4.反抗者的容忍阈值设置为 $\gamma = 0.4$.

权威者对舆情演化的影响如图2所示.由图2(a)可知,权威者的观点在舆情演化中有决定性作用.即使服从者与权威者的初始意见呈现两极分化,但在权威者的影响下,服从者仍会逐渐向权威者的意见靠拢,直到与权威者达成共识.对于反抗者而言,由于其与权威者的初始意见距离已大于反抗者的容忍阈值,他们的稳定意见仍保持在其初始意见区间内.独立者不刻意服从或反抗权威者,独立地进行舆情演化,但最后得到的稳定意见已大幅偏离了其初始意见区间,表明权威者对采取独立行为的决策者有较大的间接影响.与此同时,反抗者对独立者仍有牵制作用,因此独立者没有完全与权威者达成共识.

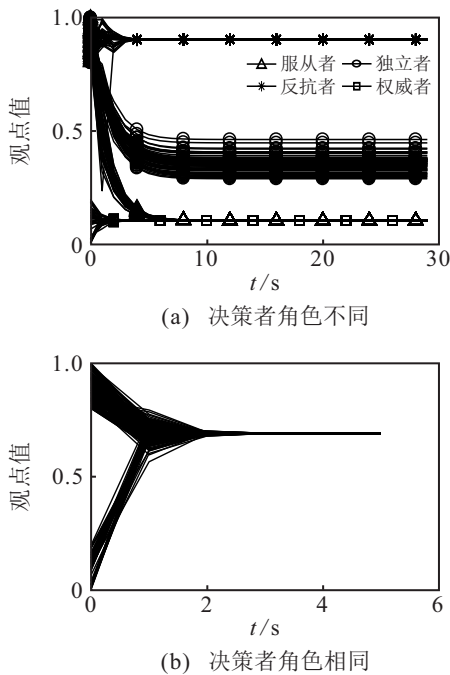


图2 权威者对舆情演化的影响

对比图2(a)和(b)可知,是否考虑决策者差异对舆情演化的过程及结果有显著影响.图2(b)中的所

有决策者都是独立者,即已有的大部分研究中的决策者角色.在决策者角色一致的环境中,群体很快达成了共识.然而,从实际生活经验可知,当群体中的人的初始意见为两个极端时,如图2(b)所示的所有人迅速达成统一共识的情况是极少的,因此考虑社会群体角色的差异性能得到更为合理的结果.

2.2 反抗者的容忍阈值的影响

假设所有人的初始意见在 $[0, 1]$ 上服从均匀分布.服从者、反抗者和独立者占非权威者的比例分别约为0.3、0.3和0.4.将反抗者的容忍阈值设置为 $\gamma \in \{0.1, 0.2, 0.3, 0.4\}$,观察反抗者的容忍阈值变化对舆情演化的影响.

不同反抗者容忍阈值下的舆情演化结果如图3

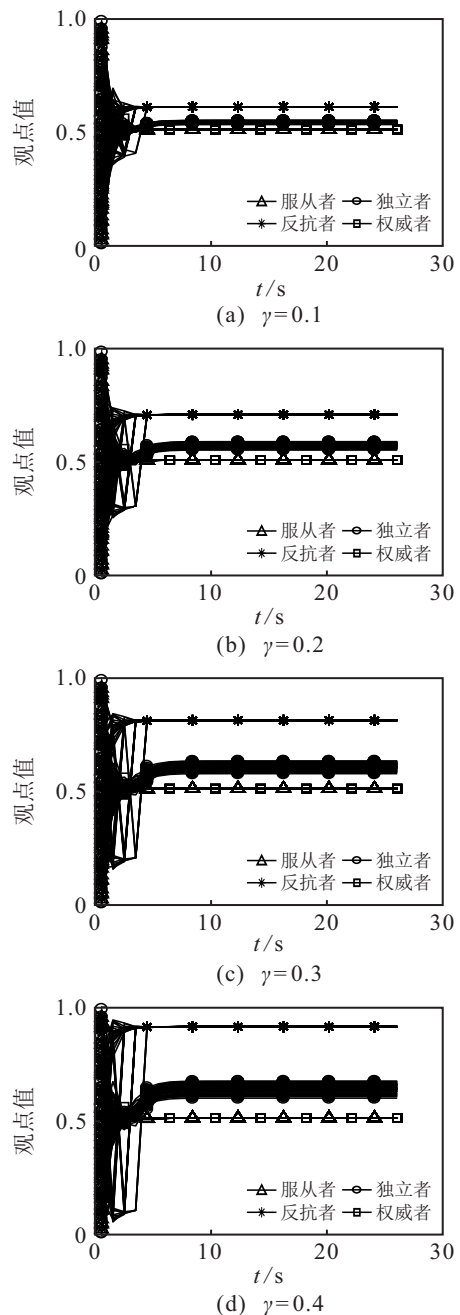


图3 不同反抗者容忍阈值下的舆情演化结果

所示. 图3表明反抗者的容忍阈值对权威阵营的稳定意见无影响,但控制着反权威阵营的稳定意见,也影响着独立者的稳定意见分布. 容忍阈值 γ 越大,反抗者的稳定意见离权威阵营的稳定意见越远. 由于独立者受到其邻域中的反抗者的影响,独立者也随容忍阈值 γ 的增大而逐渐远离权威阵营的稳定意见,并且独立者的稳定意见范围越来越大.

2.3 服从者和反抗者比例的影响

假设独立者在非权威者中的占比固定为50%,反抗者和服从者在非权威者中的占比分别为 r 和 $0.5 - r$. 所有人的初始意见在 $[0, 1]$ 上服从均匀分布. 由图3可知,反抗者的容忍阈值越大,群体的意见范围越宽,因此为了更好地观察演化结果,将反抗者的

容忍阈值设置为 $\gamma = 0.4$. 为了探究服从者和反抗者在非权威群体中的占比对群体的舆情演化结果的影响,令 $r \in \{0.1, 0.2, 0.3, 0.4\}$.

不同服从者和反抗者比例下的舆情演化结果如图4所示. 由图4可见,权威者和服从者组成的权威阵营最终达成共识;反抗者组成的反权威阵营总是与权威阵营保持不小于反抗者容忍阈值的距离;独立者的意见集中分布在权威阵营与反权威阵营之间的某一范围内,并且始终更加靠近权威阵营. 随着反抗者在非权威阶层中占比 r 的增大,属于权威阵营的服从者数目下降,独立者群体的最终意见由紧贴着权威阵营逐渐偏向反权威阵营,且意见群的宽度逐渐增大. 这一现象呼应了图3的结果,都体现了反抗者对

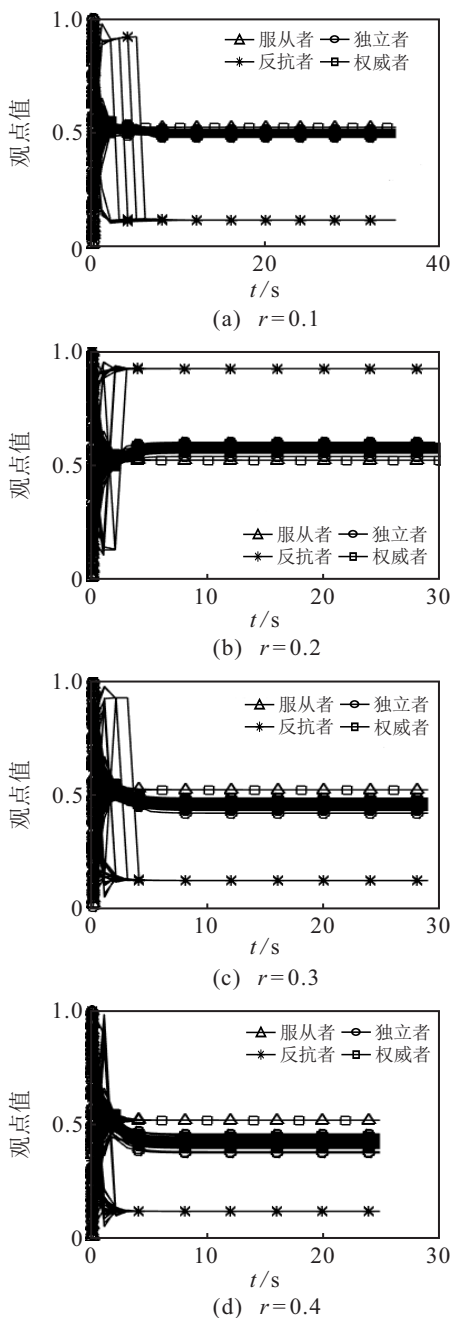


图4 不同服从者和反抗者比例下的舆情演化结果

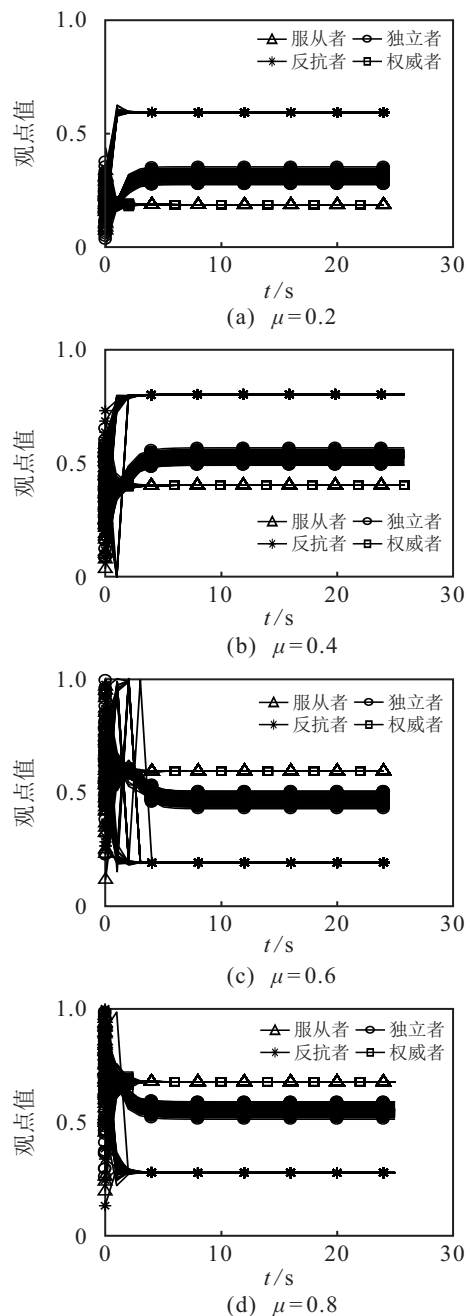


图5 初始意见服从正态分布时的舆情演化结果

独立者的舆情演化的影响. 不管是权威还是反权威阵营, 如果想增强其对独立者的影响, 则都应设法扩大其阵营规模.

2.4 初始意见分布的影响

现实生活中, 群体的意见可能并不都是均匀分布的. 当大多数人的初始意见散落在某个值附近时, 假设群体的初始意见服从正态分布, 均值分别为 $\mu \in \{0.2, 0.4, 0.6, 0.8\}$, 标准差为 $\mu/3$. 服从者、反抗者和独立者占非权威者的比例分别约为 0.3、0.3 和 0.4. 反抗者的容忍阈值设置为 $\gamma = 0.4$.

初始意见服从正态分布时的舆情演化结果如图 5 所示. 由图 5 可见, 当群体的初始意见服从正态分布时, 舆情演化结果仍满足当群体初始意见服从均匀分布时的特征, 即服从者跟随权威者达成共识, 反抗者迅速与权威者阵营形成对立, 独立者形成更加靠近权威者阵营的意见部落. 这表明所提出的模型同时适用于群体初始意见服从均匀分布和正态分布的情况. 另一方面, 由初始正态分布的不同均值导致的不同舆情演化结果可以看出, 初始意见的均值决定了权威阵营的稳定意见. 进一步结合图 2(a) 可知, 权威阵营的稳定意见仅由权威者的初始意见均值决定.

3 结论

本文考虑权威者对舆情演化的影响, 根据网络结构将决策者分为权威者及非权威者. 基于社会心理学, 称采取服从行为的非权威者为服从者. 将采取非服从行为的非权威者分为反抗者和独立者, 前者旨在反抗权威阶层的观点, 后者则不在意社会的规范或权威, 只专注自身的舆情演化. 本文提出了考虑决策者差异的舆情演化模型, 给出了具体的演化公式, 并通过随机仿真实验对模型的参数进行分析. 本文的研究结论如下:

1) 由权威者及服从者组成的权威阵营达成共识, 反抗者组成的反权威阵营则达成与权威阵营相距不少于容忍阈值的共识, 独立者的稳定意见分布在二者之间, 且更加偏向权威阵营, 表明由于网络结构原因, 权威者对独立者产生的影响比反抗者对其的影响更大.

2) 反抗者的容忍阈值是重要的参数, 不仅控制模型整体稳定意见的范围, 也间接决定独立者稳定意见的范围, 容忍阈值越小群体的稳定意见越集中.

3) 权威者具有重要地位, 其初始意见直接决定权威者联盟的最终稳定意见, 从而间接决定反权威者阵营的稳定意见, 以及独立者群体的意见分布位置.

在社交网络平台上, 若将权威者看作拥有众多粉

丝的博主, 则服从者可看作是博主的忠实粉丝, 反抗者是企图扰乱舆论的“水军”, 独立者则代表众多普通网民. 本文结论呼应了现实生活中总是只有较少一部分人能够左右群体的稳定意见分布的情形.

本文在舆情演化过程中考虑不同的决策者角色, 做了初步探索, 但仍存在一些不足. 首先, 将重点放在模型构建与仿真模拟上, 虽然得到一些符合实际情况的结论, 但未对提出的模型进行系统地理论分析, 未来应考虑通过理论分析得到模型中不同决策者类型对稳定意见的影响, 进而在理论上探索模型的性质. 其次, 本文仿真模拟采用的是经典的有向 ER 网络, 属于有标度的网络, 但现实生活中的一些网络还呈现出无标度的特性, 未来可以考虑利用真实的网络数据或者具有无标度特性的复杂人工网络对模型进行模拟, 并对结果进行比较与分析.

参考文献(References)

- [1] 徐翔. 意见代表: 微博社会的内容阶层及其内聚性[J]. 电子科技大学学报: 社科版, 2021, 23(2): 38-47.
(Xu X. Opinion representative: The content hierarchy and its cohesion in micro blog society[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China: Social Sciences Edition, 2021, 23(2): 38-47.)
- [2] 朱春奎, 钱玉进. 突发公共事件在主流媒体微博空间传播机制研究[J]. 电子科技大学学报: 社科版, 2020, 22(5): 1-10.
(Zhu C K, Qian Y J. Research on the communication mechanism of public emergencies on mainstream media's microblogs[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China: Social Sciences Edition, 2020, 22(5): 1-10.)
- [3] 伍京华, 陈虹羽, 汪文生. 基于 Agent 的情感劝说的舆情交互及产生模型[J]. 计算机集成制造系统, 2021, 27(1): 249-259.
(Wu J H, Chen H Y, Wang W S. Interaction and production model of public opinion based on Agent's emotional persuasion[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2021, 27(1): 249-259.)
- [4] 于同洋, 肖人彬, 侯俊东. 网络舆情结构逆转建模与仿真: 基于改进 Deffuant 模型[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2019, 16(3): 30-39.
(Yu T Y, Xiao R B, Hou J D. Modeling and simulation of online public opinion structure reversal: Based on an improved deffuant model[J]. Complex Systems and Complexity Science, 2019, 16(3): 30-39.)
- [5] French J J R P. A formal theory of social power[J]. Psychological Review, 1956, 63(3): 181-194.
- [6] Degroot M H. Reaching a consensus[J]. Journal of the American Statistical Association, 1974, 69(345): 118-121.
- [7] Weisbuch G, Deffuant G, Amblard F, et al. Meet, discuss, and segregate[J]. Complexity, 2002, 7(3): 55-63.

- [8] Hegselmann R, Krause U. Opinion dynamics and bounded confidence models, analysis, and simulation[J]. *The Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2002, 5(3): 2.
- [9] 高维峰. 从朋友圈审视重大疫情中的舆情引导与治理[J]. *电子科技大学学报: 社科版*, 2020, 22(3): 30-35. (Gao W F. Examining public opinion guidance and governance in major epidemic situation from wechat moments[J]. *Journal of University of Electronic Science and Technology of China: Social Sciences Edition*, 2020, 22(3): 30-35.)
- [10] 吴孝灵, 刘小峰, 周晶. 基于公众认知与政府引导的邻避舆情演化模型[J]. *系统工程理论与实践*, 2019, 39(11): 2865-2879. (Wu X L, Liu X F, Zhou J. Evolution model of NIMBY opinion based on public perception and governmental guidance[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2019, 39(11): 2865-2879.)
- [11] Milgram S. Behavioral study of obedience[J]. *Journal of Abnormal Psychology*, 1963, 67: 371-378.
- [12] Cialdini R B, Goldstein N J. Social influence: Compliance and conformity[J]. *Annual Review of Psychology*, 2004, 55: 591-621.
- [13] Jędrzejewski A, Sznajd-Weron K. Impact of memory on opinion dynamics[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2018, 505: 306-315.
- [14] Solomon M R, Bamossy G, Askegaard S, et al. Consumer behavior[M]. The 3rd edition. London: Pearson Education Limited, 2010: 418-422.
- [15] Nyczka P, Sznajd-Weron K. Anticonformity or independence? Insights from statistical physics[J]. *Journal of Statistical Physics*, 2013, 151(1/2): 174-202.
- [16] Chen T G, Rong J T, Yang J J, et al. Combining public opinion dissemination with polarization process considering individual heterogeneity[J]. *Healthcare: Basel, Switzerland*, 2021, 9(2): 176.
- [17] Javarone M A. Social influences in opinion dynamics: The role of conformity[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2014, 414: 19-30.
- [18] Cheng T G, Li Q Q, Yang J J, et al. Modeling of the public opinion polarization process with the considerations of individual heterogeneity and dynamic conformity[J]. *Mathematics*, 2019, 7(10): 917.
- [19] Li C, Yang Y J, Liu S F. Micro-macro dynamics of the online opinion evolution: An asynchronous network model approach[J]. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 2021, 33(5): e5981.
- [20] 汤胤, 徐永欢, 陈剑. 社交网络中种子用户分布对产品扩散的影响[J]. *系统工程学报*, 2021, 36(2): 145-156. (Tang Y, Xu Y H, Chen J. Influence of seed user distribution on social product diffusion in social network[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2021, 36(2): 145-156.)
- [21] 汪婧, 陈发培. 基于SNA的突发事件舆情传播网络的结构特征分析——以江苏响水“3.21”爆炸事故为例[J]. *电子科技大学学报: 社科版*, 2021, 23(1): 10-18. (Wang J, Chen F P. Analysis of structural features of public opinion dissemination network for emergency events based on SNA—Take Jiangsu Xiangshui “3.21 explosive accident” as an example[J]. *Journal of University of Electronic Science and Technology of China: Social Sciences Edition*, 2021, 23(1): 10-18.)
- [22] 楚俊峰, 刘议聪, 王应明. 考虑社会网络邻接关系的群体判断矩阵决策方法[J]. *控制与决策*, 2021, 36(4): 983-992. (Chu J F, Liu Y C, Wang Y M. Group preference relations decision making approach based on social network adjacency relations[J]. *Control and Decision*, 2021, 36(4): 983-992.)
- [23] 章忠志, 周水庚, 方锦清. 复杂网络确定性模型研究的最新进展[J]. *复杂系统与复杂性科学*, 2008, 5(4): 29-46. (Zhang Z Z, Zhou S G, Fang J Q. Recent progress of deterministic models for complex networks[J]. *Complex Systems and Complexity Science*, 2008, 5(4): 29-46.)
- [24] Pareto V. Manual of political economy[M]. New York: Augustus M. Kelley Publishers, 1971: 12-20.
- [25] Ding Z G, Chen X, Dong Y C, et al. Consensus reaching in social network DeGroot model: The roles of the self-confidence and node degree[J]. *Information Sciences*, 2019, 486: 62-72.
- [26] Erdős P, Rényi A. On the evolution of random graphs[J]. *Bulletin of the International Statistical Institute*, 1960, 38(4): 343-347.

作者简介

周沁悦(1996—), 女, 博士生, 从事舆情动力学、决策理论与分析的研究, E-mail: zhouqy979@foxmail.com;

吴志彬(1982—), 男, 教授, 博士生导师, 从事决策理论与方法、机器学习及应用、运营管理与商业分析等研究, E-mail: zhibinwu@scu.edu.cn.

(责任编辑: 郑晓蕾)