

文章编号: 1007-6735(2012)05-0424-05

社会网络中具有怀疑机制的谣言传播模型

王筱莉, 赵来军

(上海大学 管理学院, 上海 200444)

摘要: 研究了具有怀疑机制的谣言传播模型, 提出了更符合社会实际情况的 SIQR 谣言传播模型. 同时给出了对应的平均场方程并对稳定性做了分析, 还在社会网络中对 SIQR 模型中谣言真相传播率对谣言传播过程中各类人的影响进行了数值模拟. 结果表明了谣言真相传播率在谣言传播的过程中起到重要的作用. 对比没有怀疑机制的谣言传播模型, 谣言在具有怀疑机制的谣言传播过程中传播的更慢, 谣言真相传播率越大, 谣言在社会网络中的最大影响力越小. 政府部门可通过各种途径提高谣言真相传播率, 降低谣言对公众和社会的影响.

关键词: 谣言传播; SIR 模型; 怀疑机制; 均匀网络; 遗忘机制

中图分类号: N 945 **文献标志码:** A

Rumor Spreading Model with Skepticism Mechanism in Social Networks

WANG Xiao-li, ZHAO Lai-jun

(School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: The rumor spreading model with skepticism mechanism was studied and a SIQR rumor propagation model which is closer to the reality was proposed. The corresponding mean-field equations were given out and their stability was analysed. The influence of rumor truth disseminating rate to all kinds of people on the process of rumor spreading in social networks was simulated. Simulation results show that rumor truth disseminating rate in social networks exerts significant influences on the process of rumor propagation. In comparison with the rumor spreading model without skepticism mechanism, the rumor spreads slower in the process of rumor spreading with skepticism mechanism. The larger the rumor truth disseminating rate, the smaller the maximum influence of rumors in social networks. The above conclusions show that the government departments can improve the rumor truth disseminating rate to reduce the influence of rumor on the public and society through various ways.

Key words: rumor spreading; SIQR model; skepticism mechanism; homogeneous network; forgetting mechanism

收稿日期: 2012-07-06

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划培育项目资助(90924030)

作者简介: 王筱莉(1981-), 女, 博士研究生. 研究方向: 应急管理. E-mail: wxl-0539@163.com

赵来军(联系人), 男, 教授. 研究方向: 环境管理、应急管理. E-mail: zhao_laijun@163.com

谣言是在人类社会交往的过程中形成的一种典型的社会现象^[1-4]. 在人们的日常生活事物中起到重要的作用. 人们可以利用谣言的传播达到某一种政治或者商业目的^[5]. 近些年中国各类谣言的不断出现造成了群众的思想混乱以及心理恐慌, 影响了社会稳定, 进而破坏了公众对政府、社会和政治制度的信任. 2012年3月“军车进京”的谣言, 造成群众的心理恐慌, 影响了社会稳定. 如何有效减小谣言带来的危害成为当今政府有关部门非常关心的问题. 中国政府已经采取了各种措施控制谣言特别是网络谣言.

谣言比较系统的研究开始于二战时期, 并根据谣言的不同内容和目的进行了分类, 为以后的谣言传播研究奠定了一定的理论基础^[6]. 随着科学的进步, 对谣言传播的研究也越来越深入. 将谣言看作一种思想的入侵, 它的传播就类似于疾病的传播. 谣言传播的模型研究始于19世纪60年代, 是由 Daley 和 Kendal 提出的 DK 模型^[7]. 随着谣言传播研究的深入, Maki 和 Thomson 提出了 MK 模型^[8]. 但是以上两种模型没有考虑网络的拓扑结构, 因此不适用于大规模社会网络中的谣言传播. Sudbury^[9] 认为谣言传播的动态模型也适应于疾病的 SIR 模型. Zanette^[10-11] 在小世界网络中研究了谣言传播模型并提出了谣言传播的阈值问题. Nekovee 等^[12-13] 对比以前的模型在复杂网络中提出了一种新的模型, 并给出了与网络中度有关的平均场方程, 还研究了谣言传播的最终数目, 同时在其中还提到了考虑遗忘率的谣言传播模型. 赵来军等^[14-15] 在考虑遗忘率的基础上对谣言传播进行了研究, 实验结果表明遗忘率在谣言传播过程中起到重要的作用, 并根据对遗忘机制和记忆机制的研究, 提出了一种新的谣言传播模型, 既 SIHR 谣言传播模型.

谣言传播的动态行为类似于疾病传播的 SIR 模型. 全部人口可分为传播者(谣言的传播者)、无知者(未接触到谣言者)和移出者(知道谣言但是不传播谣言者). 谣言传播的过程中有一定的规则: 当无知者遇到传播者时, 无知者以一定的概率转变为传播者; 当传播者遇到传播者或移出者时, 第一个传播者以一定的概率转变为移出者; 当整个网络中没有传播者时, 谣言传播过程就停止.

虽然以上的各种模型都对谣言传播的研究做出了重大的贡献, 但是这些模型都没有将社会中人本身具有的怀疑机制考虑到谣言传播的模型当中. 即当一个人在听到一个谣言以后, 他可能会去怀疑此

谣言, 并去判断这个谣言的真实性, 并以一定的概率变为一个了解谣言真相并传播谣言真相者. 例如在2011年3月由于日本的核泄漏引起的谣言(碘盐可以防辐射)导致中国民众的抢购碘盐事件中, 如果一个持有怀疑态度的人接收到碘盐可以防核辐射这则谣言时, 他就有可能利用所拥有的知识以及各种途径去了解谣言的真实性, 并知道这条谣言是假的, 将他了解的谣言真相告诉所接触到的人. 这样他就成为了一个了解谣言真相并传播谣言真相者. 那么网络中了解谣言真相并传播谣言真相者越多, 谣言的影响力应该就会越小.

本文基于以上情况, 在原来具有遗忘机制的谣言传播模型中人群分类的基础上, 增加了一类新的人群, 即知道谣言真相并传播谣言真相者, 且基于此提出一种新的谣言传播 SIQR 模型, 给出了传播模型的平均场方程, 并对方程的稳定状态作了研究, 最后对模型进行了数值模拟, 分析了研究结果.

1 具有怀疑机制的谣言传播模型

1.1 平均场方程的提出

假设存在一个有 N 个人的混合均匀的社会网络, 顶点代表社会中的个人, 边代表两个人之间的连接, 这样就可以得到一个无向图 $G = (V, E)$, V 是所有顶点的集合, E 是所有边的集合. 根据 Maki 和 Thompson 的研究^[8], 假设谣言是通过传播者与其他人直接接触来传播的.

SIQR 模型中谣言传播的过程如图 1 所示(见下页), 网络中的人群分为 4 类: 传播者 S 、无知者 I 、移出者 R 和谣言真相的传播者 Q (经过判断知道谣言真相, 并传播谣言真相者简称为谣言真相传播者). SIQR 的谣言传播过程遵守的规则: a. 当一个无知者遇到一个传播者或谣言真相的传播者时, 无知者以 β 的比率转变为谣言真相的传播者; 当传播者遇到一个谣言真相的传播者时, 传播者以 β 的比率转变为谣言真相的传播者. β 称为谣言真相传播率. b. 当一个无知者遇到一个谣言传播者, 无知者以 γ 概率转变为一个谣言传播者. γ 称为传播率. c. 当无知者遇到传播者或谣言真相的传播者, 由于信息过时或者无聊等原因无知者以一定的比率 η 转变为移出者. d. 当传播者遇到移出者或谣言真相的传播者或传播者时, 第一个传播者以 α 的概率转变为移出者; 当谣言真相的传播者遇到移出者或谣言真相的传播者或传播者, 第一个谣言真相的传播

者以 α 的概率转变为移出者. α 称为移出率. e . 传播者或谣言真相的传播者由于自身的原因以 δ 的概率转变为移出者. δ 称为遗忘率.

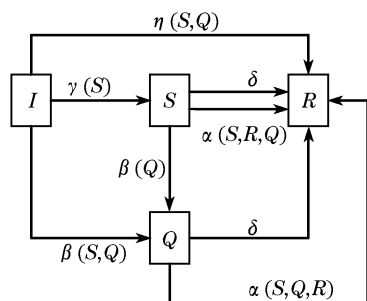


图1 具有怀疑机制的谣言传播过程结构

Fig.1 Structure of rumor spreading process with skepticism mechanism

由图1可以看出 $\gamma + \beta + \eta \leq 1$. 在 SIQR 模型中, $I(t)$ 代表无知者的密度; $S(t)$ 代表传播者的密度; $Q(t)$ 代表谣言真相的传播者的密度; $R(t)$ 代表移出者的密度, 并且他们之间满足

$$I(t) + S(t) + Q(t) + R(t) = 1$$

因此, SIQR 谣言传播模型的平均场方程为

$$\frac{dI(t)}{dt} = -\gamma \bar{k} I(t) S(t) - \beta \bar{k} (S(t) + Q(t)) I(t) \quad (1)$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = \gamma \bar{k} I(t) S(t) - \alpha \bar{k} S(t) (S(t) + R(t) + Q(t)) - \delta S(t) \quad (2)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \alpha \bar{k} S(t) (S(t) + R(t) + Q(t)) + \delta (S(t) + Q(t)) + \eta \bar{k} (S(t) + Q(t)) I(t) + \alpha \bar{k} Q(t) (R(t) + Q(t) + S(t)) \quad (3)$$

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \beta \bar{k} (Q(t) + S(t)) I(t) + \beta \bar{k} S(t) Q(t) - \delta Q(t) - \theta \bar{k} Q(t) (R(t) + Q(t) + S(t)) \quad (4)$$

这里 \bar{k} 指的是网络中的平均度. 假设在谣言传播的开始状态只有一个传播者, 则谣言传播的初始条件为

$$I(0) = \frac{N-1}{N}, S(0) = \frac{1}{N}, Q(0) = 0, R(0) = 0$$

经典的 SIR 模型和 Nekovee^[12-13] 提出的考虑遗忘机制的谣言传播模型是 SIQR 模型的两个特例: a. 当 $\beta = 0, \delta = 0$ 时, 就是一个经典的 SIR 谣言传播模型; b. 当 $\beta = 0, \delta \neq 0$ 时, 不考虑谣言真相传播率, 就是 Nekovee^[12-13] 提出的考虑遗忘率谣言传

播模型.

1.2 稳定状态分析

由 $I(t) + S(t) + Q(t) + R(t) = 1$ 得到: $1 - (I(t) + S(t) + R(t)) = Q(t)$, 将此式代入式(1)~式(4)简化为

$$\frac{dI(t)}{dt} = -\gamma \bar{k} I(t) S(t) - \beta \bar{k} (1 - I(t) - R(t)) I(t) - \eta \bar{k} (1 - I(t) - S(t)) I(t) \quad (5)$$

$$\frac{dS(t)}{dt} = \gamma \bar{k} I(t) S(t) - \alpha \bar{k} S(t) (1 - I(t)) - \beta \bar{k} S(t) (1 - I(t) - S(t) - R(t)) - \delta S(t) \quad (6)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = \alpha \bar{k} S(t) (1 - I(t)) + \delta (1 - I(t) - R(t)) + \eta \bar{k} (1 - I(t) - R(t)) I(t) + \alpha \bar{k} (1 - I(t) - R(t) - S(t)) (1 - I(t)) \quad (7)$$

令 $\frac{dI(t)}{dt} = 0, \frac{dS(t)}{dt} = 0, \frac{dR(t)}{dt} = 0$, 求解出方程组的平衡点为 $(0, 0, 1)$, 则式(1)~式(4)的平衡点为 $(0, 0, 1, 0)$.

判断式(5)~式(7)的平衡点稳定性. 式(5)~式(7)线性近似方程组的特征方程为

$$\begin{vmatrix} \lambda + \eta \bar{k} & 0 & 0 \\ 0 & \lambda + \delta + \alpha \bar{k} & 0 \\ 0 & 0 & \lambda + \delta + \alpha \bar{k} \end{vmatrix} = 0$$

即 $(\lambda + \eta \bar{k})(\lambda + \delta + \alpha \bar{k})(\lambda + \delta + \alpha \bar{k}) = 0$

$$\lambda_1 = -\eta \bar{k} < 0$$

$$\lambda_2 = -\delta - \alpha \bar{k} < 0$$

$$\lambda_3 = -\delta - \alpha \bar{k} < 0$$

很显然所有的特征根都有负实部, 所以 $(0, 0, 1)$ 是稳定点, 则 $(0, 0, 1, 0)$ 是式(1)~式(4)微分方程组的全局稳定点.

2 数值实验结果

利用 Runge-Kuntt 方法求解了以上 4 个微分方程组, 并分析了谣言传播中谣言真相传播率对谣言传播的影响. 这里考虑了一个有 N 个节点的混合均匀的网络, 每个顶点代表一个人, 边代表两个人之间的连接. 并考虑的是 $N = 10^6$, 平均度 $\bar{k} = 10$ 的均匀网络, 假设网络初始状态只有一个传播者, 即 $S(0) = \frac{1}{10^6}, I(0) = \frac{10^6 - 1}{10^6}, Q(0) = 0, R(0) = 0$.

图2显示了在 SIQR 谣言传播模型中 4 类人的

密度 ρ 的变化趋势. 在 $\gamma = 0.5, \eta = 0.4, \beta = 0.1, \alpha = 0.2, \delta = 0.3$ 时, 由图 2 中可见随着谣言的传播, 谣言传播者的密度有个瞬间的增加点, 随后随着谣言的不断传播, 谣言传播者的密度达到一个峰值以后开始下降, 最后谣言传播者的密度达到零, 即网络中没有传播者, 谣言传播停止. 而谣言真相的传播者的人群密度变化趋势类似于谣言传播者的密度变化, 也是先增大再减少, 直到稳定状态密度变为零. 从图 2 中还可见在谣言传播的过程中, 无知者逐渐减少而移出者逐渐增多, 直到他们分别达到稳定状态.

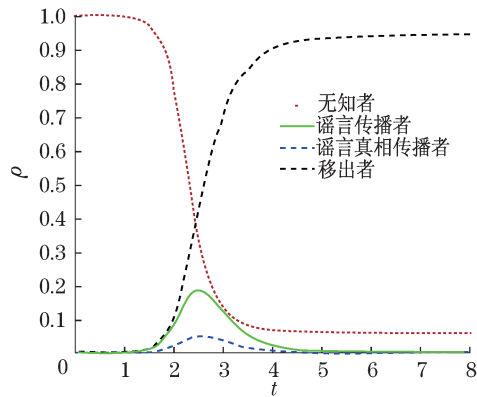


图 2 4 类人的密度随时间的变化

Fig.2 Densities of ignorants, rumor spreaders, rumor truth disseminator and stiflers vary over time t

在 $\gamma = 0.5, \eta = 0.1, \alpha = \delta = 0.2$ 时, 不同谣言真相传播率下的谣言传播者的密度随时间的变化如图 3 所示. 假设谣言传播者密度的最大值可代表谣言传播的最终影响力, 即谣言传播者的最大密度越大说明谣言在网络中的影响力越大. 图 3 中红色实线代表的是谣言真相传播率为 0 时, 即网络中没有考虑怀疑机制时谣言传播者的密度变化情况. 此时, 谣言传播者的密度最大约为 37%. 明显大于网络中考虑怀疑机制时谣言传播者的最大密度. 由图 3 中的数值可见新增加的元素(谣言真相传播率)影响着均匀网络中谣言传播的整个过程, 并可见谣言真相传播率越高, 谣言传播者的最大密度越小, 即谣言的最终影响力越小. 网络中的谣言真相传播率越大, 网络中的谣言停止需要的时间越少. 从图 3 中还明显看出在相同条件下, 考虑怀疑机制时谣言传播的影响力比不考率怀疑机制时谣言传播的影响力要小. 由图 3 和图 4 的对比知, 谣言真相传播率越大, 传播者的最大密度越小, 则谣言真相的传播者的最大密度越大, 即谣言真相传播率越大谣言的影响力越小.

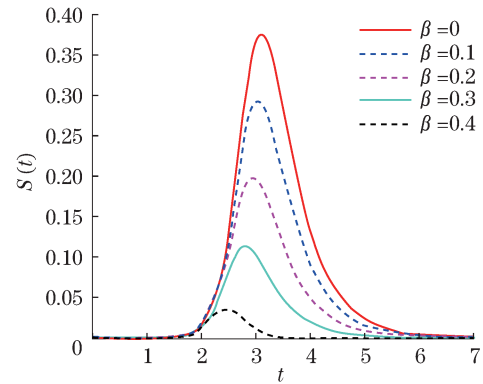


图 3 谣言传播者的密度随时间的变化

Fig.3 Density of rumor spreaders varies over time under different rumor truth disseminating rate β

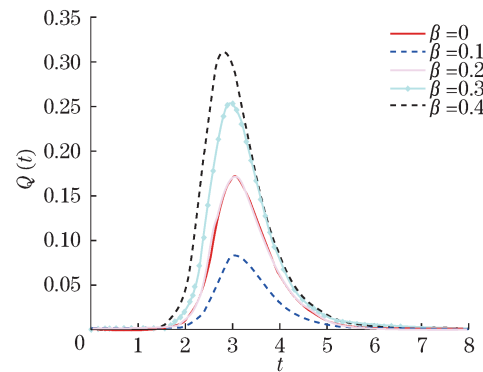


图 4 谣言真相传播者的密度随时间的变化

Fig.4 Density of rumor truth disseminator varies over time under different rumor truth disseminating rate β

图 4 给出了在不同的谣言真相传播率下, 知道谣言真相并传播谣言真相者的密度变化的情况. 从图 4 中可以看出这类人密度的变化趋势类似于网络中的传播者密度的变化趋势. 红色实线代表的是在谣言真相传播率 β 为 0, 即网络中不考虑怀疑机制时, 知道谣言真相并传播谣言真相者的密度随时间变化的趋势. 此时谣言真相传播者的密度为 0, 如图 4 所示. 从图中的数值很容易得到: 知道谣言真相并传播谣言真相者的密度的最大值, 随着谣言真相传播率的增大而增大. 数值试验的结论和实际情况相吻合.

图 5(见下页)给出了在不同的谣言真相传播率 β 下, 均匀网络中的移出者密度的变化情况. 从图 5 中可以看出在不同谣言真相传播率下, 移出者密度的变化趋势基本一致, 都是一开始有个瞬间的突变点, 然后逐渐增加, 最终趋于稳定值, 即达到了稳定状态. 从图 5 中还可以看出, 移出者超过了突变点之后谣言真相传播率越大, 移出者的密度增加的越快,

到达稳定状态时,移出者的比例越小。

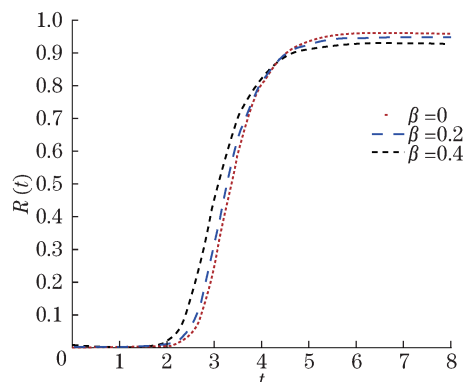


图5 移出者的密度随时间的变化

Fig.5 Density of stiflers varies over time under different rumor truth disseminating rate β

3 结论

a. 在原来谣言传播模型分类的基础上,添加了一类通过自己的怀疑态度知道了谣言的真相并去传播谣言真相的人群,确定了 SIQR 谣言传播模型并给出了此模型的平均场方程.通过分析得到了考虑遗忘机制的谣言传播模型,以及经典的 SIR 模型是 SIQR 谣言传播模型的特例.并求出了平均场方程平衡点,证明了此点的稳定性.

b. 用 Runge-Kutta 方法对 SIQR 谣言传播模型的平均场方程进行了数值模拟.结果表明,社会网络中的谣言真相传播率在谣言传播过程中起到重要作用.谣言真相传播率越大谣言的影响力越小.在谣言真相传播率确定的网络中,传播者的密度先增大后减小,最后到达稳定状态,即谣言传播者的密度趋于零.谣言真相传播者的密度变化趋势类似于传播者.

c. 数值实验结果表明,提高网络中知道谣言真相并去传播谣言真相的人群比例,可降低网络中谣言的最终影响力.这为政府等有关部门控制及预防谣言的传播提供了一定的理论支持.即有关部门可通过各种途径提高谣言真相传播率,例如加大真实信息的宣传力度和对民众科学教育的投入等降低谣言的最终影响力.确保和谐安定的社会环境.

本文只在均匀网络上研究考虑具有怀疑机制的谣言传播模型,在非均匀网络及加权网络上考虑具有怀疑机制的谣言传播模型将是进一步研究的方向.

参考文献:

[1] Ganesh A J, Kermarrec A M, Massoulie L, et al. His-

camp: self-organizing hierarchical membership protocol[C]// Proceedings of the 10th Workshop on ACM SIGOPS European Workshop, New York, 2002: 133 - 139.

[2] Thomas S A. Lies, damn lies, and rumors: an analysis of collective efficacy, rumors, and fear in the wake of Katrina [J]. Sociological Spectrum: Mid-South Sociological Association, 2007, 27(6): 679 - 703.

[3] Bhavnani R, Findley M G, Kuklinski J H. Rumor dynamics in ethnic violence [J]. The Journal of Politics, 2009, 71(3): 876 - 892.

[4] Bordia P, Difonzo N. Problem solving in social interactions on the internet: rumor as social cognition [J]. Social Psychology Quarterly, 2004, 87(1): 33 - 49.

[5] Galam S. Modeling rumors: the no plane pentagon french hoax case[J]. Physica A, 2003, 320(15): 571 - 580.

[6] Knapp R H. A psychology of rumors[J]. Public Opinion Quarterly, 1994, 8(1): 22 - 37.

[7] Daley D J, Kendall D G. Epidemics and rumors [J]. Nature, 1964, 204: 1118.

[8] Maki D, Thomson M. Mathematical Models and Applications: with emphasis on the social, life, and management sciences [M]. Englewood Cliff New Jersey: Prentice-Hall, 1973.

[9] Sudbury A. The proportion of population never hearing a rumour [J]. Appl Probab, 1985, 22(2): 443 - 446.

[10] Zanette D H. Critical behavior of propagation on small-world networks [J]. Phys Rev E, 2011, 64(5): 901 - 903.

[11] Zanette D H. Dynamics of rumor propagation on small world networks [J]. Phys Rev E, 2002, 65(4): 1908 - 1916.

[12] Nekovee M, Moreno Y, Bianconi G, et al. Theory of rumor spreading in complex social networks [J]. Physica A, 2007, 374(1): 457 - 470.

[13] Isham V, Harden S, Nekovee M. Stochastic epidemics and rumours on finite random networks [J]. Physica A, 2010, 389(3): 561 - 576.

[14] Zhao L J, Wang Q, Cheng J J, et al. Rumor spreading model with consideration of forgetting mechanism: a case of online blogging livejournal [J]. Physica A, 2011, 390(13): 2619 - 2625.

[15] Zhao L J, Wang J J, Chen Y C, et al. SIHR rumor spreading model in social networks [J]. Physica A, 2012, 391(7): 2444 - 2453