

# 基于信息熵的社交网络观点演化模型\*

黄飞虎 彭舰<sup>†</sup> 宁黎苗

(四川大学计算机学院, 成都 610065)

(2014年2月15日收到; 2014年4月24日收到修改稿)

随着网络服务的发展, 社交网络逐渐成为信息传播的新媒介. 因此, 研究网络舆情演化具有重要意义和实用价值. 为了更好地研究网络舆论, 在信息熵的基础上, 提出了一个社交网络观点演化模型. 此模型存在以下两个特点: 一是可以反映个体面对正负两种观点趋向做出抉择时的心理过程; 二是可以反映个体形成新观点时主观因素和客观因素的影响. 在仿真实验中, 讨论了舆论环境对个体观点演化的影响, 初始观点和自信度对观点演化的影响, 以及意见领袖对群体观点演化的影响. 实验结果表明, 该模型可以反映真实社交网络中个体的心理学特征, 比如个体的观点形成会受到舆论环境的影响, 自信的个体不愿意接受他人的观点, 当意见领袖存在时群体的观点会受到影响等.

**关键词:** 复杂网络, 社交网络, 观点动力学

**PACS:** 05.10.-a, 89.75.Fb, 87.23.Ge

**DOI:** 10.7498/aps.63.160501

## 1 引言

随着互联网和移动终端的发展, 出现了很多著名的提供社交网络服务的社交网站, 使得人们可以随时随地获取大量信息, 信息传播速度得到大幅度提高, 特别是谣言的传播<sup>[1,2]</sup>. 研究社交网络中群体的观点演化, 有助于认识和解释网络舆论的形成、演进规律. 同时, 对于舆论安全导控和舆情预测具有重要意义<sup>[3,4]</sup>.

近年来, 统计物理学为我们提供了一个强大的工具来研究社会系统中的集体现象, 如观点演化<sup>[5,6]</sup>、谣言或疾病的传播<sup>[7-9]</sup>等. 目前, 观点动力学已经成为社会物理学中很热门的一个分支<sup>[10]</sup>, 国内外学者利用统计物理学提出了很多模型, 这些模型在一定程度上可以很好地描述现实社会中人们的观点交互情景. 模型主要分为两类: 离散型和连续型. 离散模型主要有: Galam 模型<sup>[11]</sup>, 即选举模型, 提出群体的局部以少数服从多数的方式达成观点一致; Sznajd 模型<sup>[12]</sup>, 研究的是相邻的节点如何影响邻居的选择. 连续模型主要有 Deffuant 模

型<sup>[13]</sup>和 HK 模型<sup>[14]</sup>. 这两个模型的共同点是只有观点相近的节点才会产生交流, 不同的是 Deffuant 模型中个体每次只与一个邻居进行交流, HK 模型中个体会与多个个体交流. 除了连续和离散两种模型外, Martins<sup>[15]</sup>在 2008 年提出的连续观点离散行为模型具有连续和离散两个特点, 模型中观点是连续的, 行为是离散的, 认为个体的观点和行为应该分别对待, 观点是内在心理活动, 个体行为受到观点的驱动.

现实中, 对于一个话题人们需要明确给出自己的观点趋向. 然而, 这些模型并没有体现出当正反两种观点存在时个体做出选择的心理特征. 个体所处环境对其观点的影响, 即社会加强效应<sup>[16,17]</sup>, 在现实社会和社交网络中都普遍存在. Sznajd 模型和 Deffuant 模型中, 在观点更新时, 个体只会考虑部分邻居个体的观点, 并没有考虑全部的邻居个体. HK 模型综合考虑周围邻居的观点, 但前提是在信任阈值内的个体. Galam 模型中个体以“少数服从多数”的原则进行观点更新, Martins 和 Galam<sup>[18]</sup>提出个体更新观点要考虑正反两方的个体数. 这两

\* 国家自然科学基金(批准号: U1333113, F020809)资助的课题.

<sup>†</sup> 通讯作者. E-mail: penguest@163.com

个模型都是以个体数量作为区分标准, 但个体数量不能真实地反映观点强度, 简单地通过正反两方的数量不能说明正反两方的观点强弱. 王辉等<sup>[1]</sup>将社会加强效应分为正向和负向, 重点考虑正向和负向的强度, 但只考虑了一种社会加强效应存在时个体观点的更新情况. 本文将通过观点强度对社会加强效应的两个方向进行区分, 也会解决两种社会加强效应都存在时个体观点的更新情况, 从而使个体观点更新过程更符合人的心理学特征.

本文的研究目的是提出一个观点演化模型, 研究社会网络中个体接收到信息后会产生怎样的行为. 文章结构安排如下: 第一部分介绍网络模型和观点演化模型; 第二部分通过模拟实验讨论如下三个问题: 第一是舆论环境对个体观点演化的影响; 第二是初始观点和自信度对观点演化的影响; 第三是意见领袖对观点演化的影响.

## 2 模型介绍

### 2.1 网络模型

近年来, 很多学者对社交网络进行了研究. 如 Holme 等<sup>[19]</sup>研究了瑞典大型的婚恋交友网络 Pus-sokram, 发现该网络体现了度异配性, 平均路径长度随时间的增长而减小. Ahn 等<sup>[20]</sup>对韩国最大的社交网络 Cyworld 进行了研究, 发现网络度近似服从幂律分布, 聚集系数是 0.16, 度相关系数为  $-0.13$ <sup>[20]</sup>.

总的来说, 社交网络具有以下四个特点: 度分布满足幂律分布, 平均路径小, 聚集系数大且分布满足幂律分布, 网络具有异配性(度相关性为负). 目前对于度相关性的讨论结果并不统一, Mislove 等<sup>[21]</sup>研究了包括 YouTube 在内的四个社交网络, 发现这四个网络的度相关性都为正. 伏锋等<sup>[22]</sup>对人人网的一个联通子图进行了研究, 发现该子图的度相关性也为正. 对于度相关性的研究, 由于各个学者所研究的社交网络功能不同, 研究的网络规模不同, 因此得出的结论不同. 本文更赞同度相关性为负的结论, 即度大的节点趋向于连接度小的节点. 在社交网络中这样的现象很容易理解, 比如普通的用户(度小)很容易与明星(度大)建立好友关系, 只需要使用关注就可以了, 不会受到身份的限制.

由于社交网络规模的庞大和拓扑的复杂性, 通过部分用户数据并不能很好地反映真实社交

网络的特点. 本文在刘衍衍等<sup>[23]</sup>提出的社交网络拓扑模型基础上, 生成了一个节点数为 1000 的无向网络. 网络的平均路径为 4.3, 度的相关性系数为  $-0.46$ , 度分布(图 1)近似服从幂率分布  $p(k) = ak^{-b}$  ( $a = 0.186, b = -0.8091$ ), 聚集系数为 0.2, 聚集系数分布(图 2)也近似服从幂率分布  $c(k) = ak^{-b}$  ( $a = 0.2212, b = -0.7633$ ).

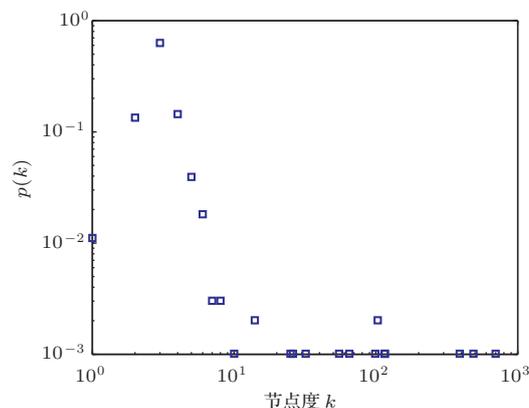


图1 度分布图

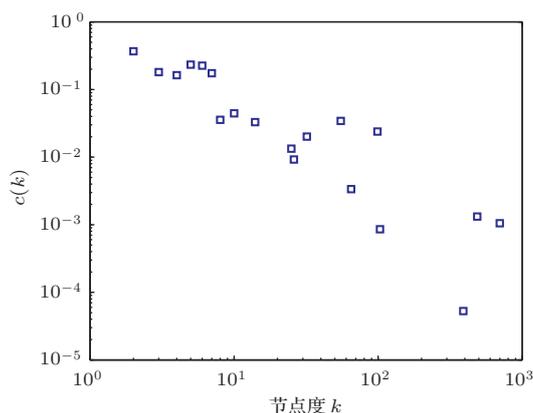


图2 聚集系数分布图

### 2.2 观点模型

日常生活中人与人之间的交流是社交的一种形式. 对于别人的观点, 每个个体都会产生一个态度(接受或不接受). 心理学研究表明, 社交态度的形成存在着多方面因素, 可归纳为两方面: 一是主观因素; 二是客观因素. 主观因素主要指个人欲望、个人性格特征和个人的生活经历、经验等. 客观因素指的是信息传递、群体作用、亲友影响、社会机构以及宗教观念等因素<sup>[24]</sup>.

文献<sup>[18]</sup>提出的观点更新模型为

$$v = v' + p - m, \tag{1}$$

其中,  $p$  表示赞同的个体数,  $m$  表示反对的个体数,  $v$  表示当前时刻个体观点值,  $v'$  表示前一时刻个体观点值. 个体在更新观点时, 此模型通过正反两方个体数刻画客观因素. 然而, 通过个体数量不能反映正反两方的观点强度. 比如, 对于话题 A, 有 10 个个体赞成, 观点值都为 0.2, 有 5 个个体反对, 观点值都为 -0.8. 这里反对方虽然人数少, 但强度很大. 讨论过程中, 个体可以通过其他个体的语气来判断观点的强度. 因此, “少数服从多数” 原则并不能很好地反映客观因素对个体的影响.

本文在文献 [18] 的基础上提出的观点模型为

$$v = c \cdot v' + (1 - c) \cdot e, \quad (2)$$

其中, 当前时刻个体的观点值  $v \in [-1, 1]$ ; 前一个时刻个体的观点值  $v' \in [-1, 1]$ ;  $c$  为自信度, 其定义为个体愿意接受他人观点的程度, 自信度刻画主观因素的作用;  $e$  为舆论熵, 其定义为舆论环境对个体产生的影响, 舆论熵刻画客观因素的作用. 下面对自信度  $c$  和舆论熵  $e$  进行详细说明.

自信度  $c$  取值区间为  $[0, 1]$ . 在 Lallouache 等 [25] 提出的模型中, 个体的自信度取值为  $[0, 1]$  区间的小数, 且所有个体的自信度都相同. Sen [26] 认为个体的自信度属于  $[0, 1]$  区间的随机分布. 苏炯铭等 [27] 提出社会群体具有异质性, 比较常见的异质个体有无主见型个体、随和型个体、偏执型个体、固执型个体、观点领袖和权威个体等. 本文认为社会群体中, 异质个体可以简单分为无主见型个体、随和型个体、固执型个体. 其中随和型个体 ( $c$  在 0.5 附近) 所占比例最多, 无主见型个体 ( $c$  在 0 附近) 和固执型个体 ( $c$  在 1 附近) 较少. 由于各类型群体的比例没有具体的量化参数, 因此本文简单地用正态分布描述个体自信度的分布情况, 取均值  $\mu = 0.5$ , 利用  $3\sigma$  原理计算出  $\sigma = 0.16$ . 对于  $c$  取值的极端情况: 当  $c = 1$  时,  $v = v'$ , 表示个体不接受他人的观点; 当  $c = 0$  时,  $v = e$ , 表示个体完全放弃了自己的观点.

图 3 为利用正态分布产生的 1000 个节点的自信度分布情况. 从图 3 可以看出, 用正态分布可以反映各类型群体在数量上的区别. 根据  $3\sigma$  原理, 当  $\sigma = 0.16$  时, 只有 99.7% 的随机数在区间  $[0, 1]$ . 为了使得自信度所有取值都在区间  $[0, 1]$ , 生成自信度的算法如下:

**步骤 1** 产生满足正态分布 ( $\mu = 0.5, \sigma = 0.16$ ) 的一个随机数  $a$ ;

**步骤 2** 检查  $a$  是否满足条件  $0 \leq a \leq 1$ , 如果满足则进入步骤 3, 否则继续步骤 1;

**步骤 3** 再从步骤 1 开始, 直到产生  $N$  个随机数.

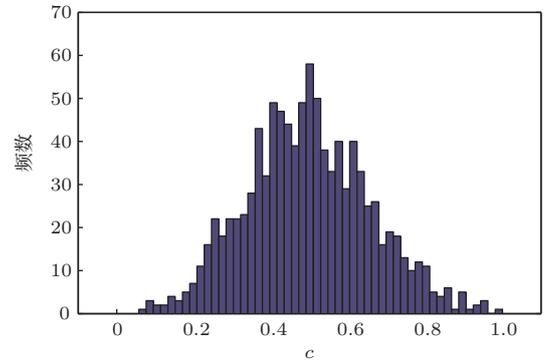


图 3 自信度分布

舆论熵  $e$  取值区间为  $[-1, 1]$ . 舆论熵表达的意义和社会加强效应的意义相同, 只是本文讨论的是观点的演化, 而且对舆论熵的计算引用了信息论中熵的概念, 所以这样定义更合适. 在现实生活中, 舆论环境由正负两种舆论趋向混合组成, 因此会产生正负两方面的影响. 舆论环境是邻居观点形成的观点集合. 混合程度低就说明某种观点趋向占有明显优势, 其影响作用大. 混合程度高则说明两种观点趋向的比例差不多, 影响不明显. 为了反映舆论环境的影响情况, 本文对舆论熵的计算将运用信息熵的知识, 这是由 Shannon [28] 提出的信息论概念, 其计算公式为

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \log_b p(x_i), \quad (3)$$

其中,  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ,  $p(x_i)$  为分量  $x_i$  出现的概率,  $H(X)$  为信息熵.

当  $n = 2$  时,  $X$  只有两种状态, 即  $x_1$  和  $x_2$ , 根据 (3) 式可得到

$$\begin{aligned} H(x) &= -p(x_1) \log_2 p(x_1) - p(x_2) \log_2 p(x_2) \\ &= -p(x_1) \log_2 p(x_1) \\ &\quad - (1 - p(x_1)) \log_2 (1 - p(x_1)). \end{aligned}$$

$n = 2$  时信息熵的取值情况如图 4 所示. 从图 4 可以看出, 当  $p(x_1) = 0.5$  时, 信息熵达到最大值 1, 当  $p(x_1) = 0$  和  $p(x_1) = 1$  时, 信息熵取值为最小值 0. 也就是说, 在二元情况下 (两个类时), 混合度越大 ( $p(x_1) = 0.5$ ) 信息熵取值越大, 混合度越小信息熵取值越小. 因此, 利用二元情况时信息熵的取值特

点, 舆论熵的表达式为

$$e = \begin{cases} v_+(1 - E(X)) & (v_+ + v_- > 0), \\ 0 & (v_+ + v_- = 0), \\ v_-(1 - E(X)) & (v_+ + v_- < 0). \end{cases} \quad (4)$$

函数  $E(X)$  的表达式为

$$E(X) = -\frac{v_+}{v_+ - v_-} \log_2 \left( \frac{v_+}{v_+ - v_-} \right) - \frac{-v_-}{v_+ - v_-} \log_2 \left( \frac{-v_-}{v_+ - v_-} \right), \quad (5)$$

其中,  $v_+$  表示舆论环境中正向观点的平均值,  $v_-$  表示舆论环境中负向观点的平均值. 图5描述了舆论熵的取值情况.

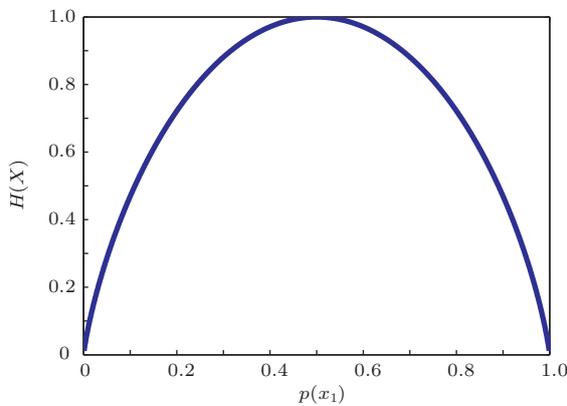


图4  $n = 2$  时信息熵的取值情况

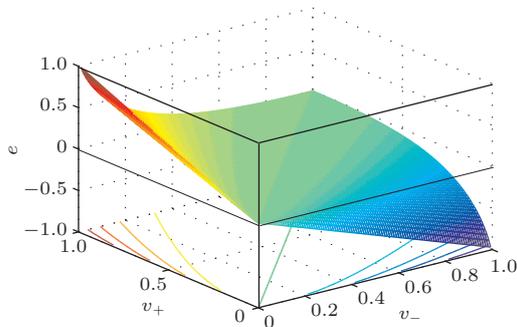


图5 舆论熵取值情况

从图5可以看出: 当  $v_- = 0$  时, 表示正向观点占了绝对优势, 个体获得正向影响, 则  $e = v_+$ ; 当  $v_+ = 0$  时, 表示负向观点占了绝对优势, 个体获得负向影响, 则  $e = v_-$ ; 当  $v_+ + v_- = 0$  时, 表示对于同一话题正向观点和负向观点争论激烈, 个体分不清孰优孰劣, 无法从中获得影响, 则  $e = 0$ ; 当  $v_+ + v_- > 0$  时,  $e \in (0, 1)$ , 表示正向观点和负向观点同时存在, 且正向观点占了优势, 则个体获得正向影响, 其强度比  $v_- = 0$  的情况弱; 同理当

$v_+ + v_- < 0$  时也是同时存在正向观点和负向观点, 但负向观点占优势, 则个体获得负向影响. 也就是说, 在个体更新自己的观点时, 会对舆论环境中正向观点和负向观点做一个权衡, 如果对于某一话题, 正向观点的比重比负向观点的比重大则个体将获得一个正向的影响. 但这种影响会随着正向与负向的差距减少而减少, 增加而增加. 此特点符合人的心理学特征.

### 3 实验及讨论

模拟实验平台为多主体仿真软件 NetLogo, 网络模型为前面介绍的具有社交网络特点的模拟社交网络模型, 节点数为1000. 实验过程中网络拓扑不改变, 只进行观点交互. 重复进行了100次实验, 每一次运行50步. 实验的传播规则如下:

- 1) 随机选择一个节点作为信息的发布者.
- 2) 在每一个时间步, 知道消息的个体与其邻居进行交流: 如果有邻居不知道该消息, 则该个体将该消息告诉他们; 如果有邻居知道该消息, 则该个体与他们进行观点交流.
- 3) 个体与邻居交流完成后, 更新自己的观点. 首先, 利用(4)和(5)式计算舆论熵. 然后, 利用(2)式计算新的观点值.
- 4) 重复2), 3)直到时间步达到50.

实验中, 记录每个个体观点演化情况, 并统计每组个体观点值达到稳定的时间和个体观点趋向变化. 统计时分别按初始观点和自信度对个体进行两次分组: 按初始观点区间  $[-1, -0.9], (-0.9, -0.8], \dots, (0.8, 0.9], (0.9, 1]$  把个体分成20组; 按自信度区间  $[0, 0.1], (0.1, 0.2], \dots, (0.9, 1]$  把个体分成10组.

#### 3.1 舆论环境对个体观点演化的影响

人是社会主体的一部分, 思想很容易受周围环境的影响而改变. 因此, 这里讨论舆论环境对个体观点的影响. 根据(2)式有如下结论:

**结论1** 当个体观点值和舆论环境的观点趋向一致时, 如果个体处于好的舆论环境, 则个体观点值会增加, 反之, 个体观点会减少.

下面对结论进行证明. 问题的数学描述为

- 1) 当  $0 < v' < e$  时,  $v > v'$ ; 当  $0 < e < v'$  时,  $v < v'$ .

2) 当  $v' < e < 0$  时,  $v < v'$ ; 当  $e < v' < 0$  时,  $v > v'$ .

当  $0 < v' < e$  时, 相对于  $v'$ ,  $v$  减小了  $(1-c)v'$ , 增加了  $(1-c)e$ . 因此, 观点变化量  $\Delta = (1-c)e - (1-c)v'$ . 当  $0 < v' < e$  时,  $\Delta > 0$ , 因此  $v$  不断增加.

同理, 当  $0 < e < v'$  时,  $v$  不断减少. 由此结论 1 得到证明.

图 6 给出了个体观点演化情况. 从图 6 可以看出: 在第 7、第 8、第 9 三个时刻, 由于舆论熵的值比个体前一个时刻的观点值大, 个体的观点值呈现出增加趋势; 在第 23、第 24 时刻, 个体的观点值在减少, 因为在这两个时刻, 舆论熵的值小于前一个时刻个体观点值; 在其他时刻也可以观察到观点增加和减少的现象.

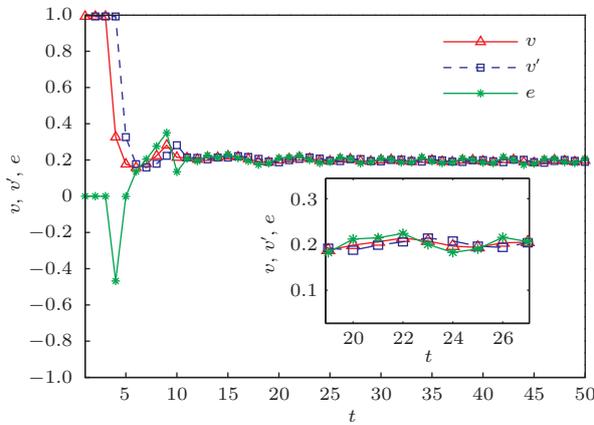


图 6 个体观点演化情况

**结论 2** 当个体观点值和舆论环境的观点趋向相反时, 如果个体能够承受一定的舆论压力, 则个体观点趋向不会改变, 反之, 个体观点趋向会改变.

下面对结论 2 进行证明. 此问题的数学描述为

1) 当  $v' < 0 < e$  时, 如果  $c < O_{pres}$ , 则  $v > 0$ ; 如果  $c > O_{pres}$ , 则  $v < 0$ .

2) 当  $e < 0 < v'$  时, 如果  $c < O_{pres}$ , 则  $v < 0$ ; 如果  $c > O_{pres}$ , 则  $v > 0$ . 这里用  $O_{pres}$  表示舆论影响的强度, 称为舆论压强系数,  $O_{pres} = \frac{e}{e-v'}$ .

当  $v' < 0 < e$  时, 对  $c < O_{pres}$  的情况用反证法证明, 则有假设条件: 当  $c < O_{pres}$  时,  $v < 0$ . 我们知道  $e - v' > 0, c > 0, e > 0$ , 对假设条件  $c < O_{pres}$  变形得到  $c < \frac{e}{e-v'} \Rightarrow e - c(e - v') > 0$ . 因此,  $v = cv' + (1-c)e = e - c(e - v') > 0$ , 这与假设结论矛盾.

同理, 对  $c > O_{pres}$  的情况也用反证法证明,

则假设条件为当  $c > O_{pres}$  时,  $v > 0$ . 我们知道  $e - v' > 0, c > 0, e > 0$ , 对假设条件  $c > O_{pres}$  变形得到  $c > \frac{e}{e-v'} \Rightarrow e - c(e - v') < 0$ . 因此,  $v = cv' + (1-c)e = e - c(e - v') < 0$ , 即  $v > 0$ , 这与假设结论矛盾.

当  $e < 0 < v'$  时, 证明过程类似, 这里不再给出其过程. 至此结论 2 得到证明.

图 7 给出了舆论压强系数与观点演化关系. 图 7 中, 个体初始值  $v_0 = -0.38$ , 自信度  $c = 0.1$ . 为了便于观察, 绘图时将  $O_{pres} \geq 1$  的点绘成  $O_{pres} = 0.99$ ,  $O_{pres} \leq -1$  的点绘成  $O_{pres} = -0.99$ . 在第 5 个时刻,  $v' < 0 < e$ , 由于  $c < O_{pres}$ , 观点值从负变为正. 反映出个体没能抵抗住外加舆论的压力, 改变了自己的观点趋向. 在第 18 到第 50 时刻之间, 个体一直受到舆论压力的影响, 由于个体不够自信 ( $c < O_{pres}$ ), 因此个体观点趋向在正与负之间不断变换.

上述结果表明, 舆论环境对个体观点的影响有以下两方面: 一是个体的观点值强度受舆论环境的影响; 二是个体的观点趋向受舆论环境的影响. 这里讨论了舆论环境对个体观点的影响, 下面将讨论个体自身因素对观点演化的影响.

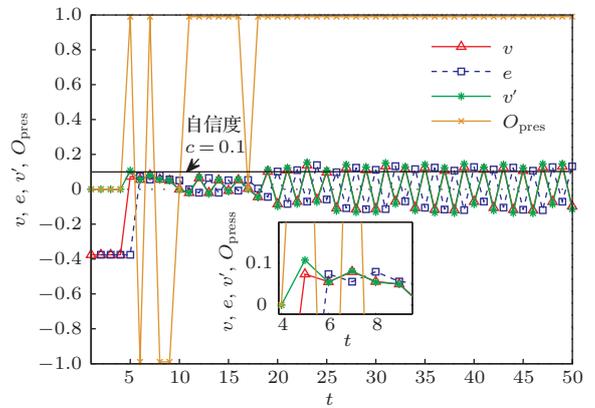


图 7 舆论压强系数与观点演化关系

### 3.2 初始观点和自信度对观点演化的影响

首先, 讨论初始观点在观点演化过程中的作用. 统计结果为每组个体观点演化时间的平均值, 如图 8 所示. 从图 8 可以看出, 大部分时间都在 (12, 18) 这个区间内. 对于初始观点, 在区间  $(-1, 0]$ , 个体观点达到稳定的时间并没有随着观点值的增加而减小; 在区间  $(0, 1]$ , 个体观点达到稳定的时间也没有随观点值的增加而单调增加. 在观点演化过程中, 因为观点的变化是由前一个时间步的观点值

$v'$ 、自信度  $c$  和舆论熵  $e$  共同决定, 而且是一个迭代的过程, 所以这些因素使得群体的观点演化过程变得复杂. 这也使得个体的初始观点值不能在演化过程中决定观点达到稳定的快慢.

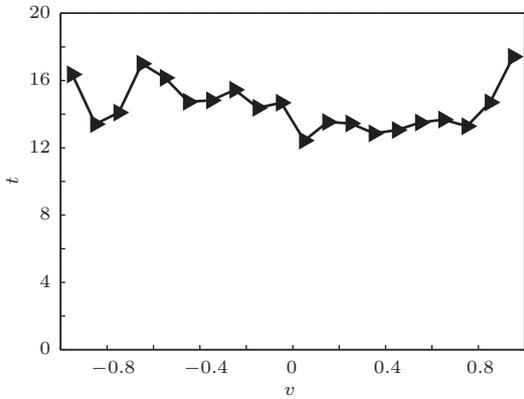


图8 初始观点与观点演化时间的关系

接下来, 讨论自信度对观点演化过程的影响. 统计结果也为每组个体观点演化时间的平均值, 如图9所示. 由图9可知, 随着自信度取值的增加, 演化时间不断增加. 在  $(0.1, 0.8]$  区间内, 演化时间在  $(10, 20)$  内, 当自信度大于  $0.8$  时, 演化时间增长得很快. 这表明在观点演化过程中, 个体不太愿意接

受他人观点的心理特点, 可以用自信度反映. 特别是那些比较固执的人, 效果更明显.

由此可知, 自信度对个体演化具有很大的影响, 因此我们从总体的角度观察不同自信度群体的情况. 从上一节的分析可知, 个体如果不够自信, 其观点趋向会在一定的舆论压力下改变. 因此, 简单地观察观点趋向变化就可以衡量个体自信度情况. 这里引入盲目系数的概念, 其定义为个体观点趋向在负向与正向之间波动的次数. 统计结果见图10.

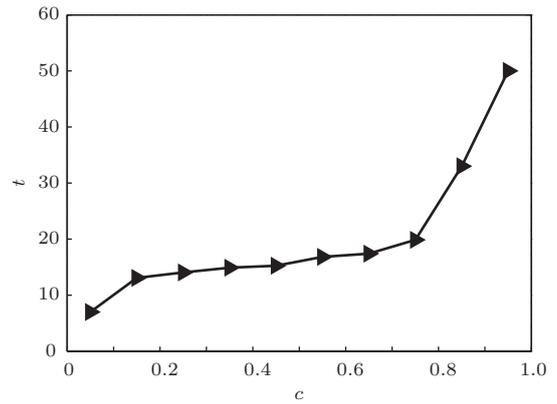


图9 自信度与观点演化时间的关系

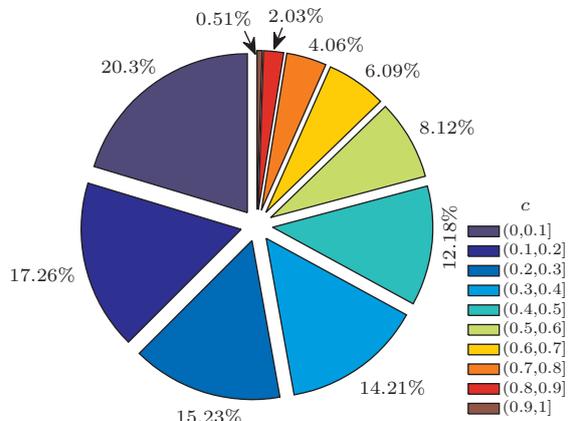
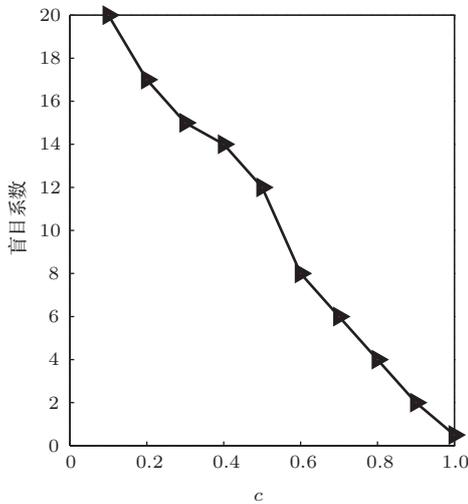


图10 (网刊彩色) 盲目系数统计

从折线图可以看出, 随着自信度的增加, 个体的盲目系数逐渐下降. 在  $0.5$  到  $0.6$  之间曲线的斜率比区间  $[0.1, 0.5]$  内曲线的斜率大, 当个体自信度大于  $0.5$  时, 其盲目系数将会发生很大变化. 另一方面, 我们对按自信度划分得到了  $10$  个组, 分别统计了它们的盲目系数并求和, 结果如图10的饼图所示. 很明显, 自信度区间大于  $0.5$  的五个区间所

占的比例很小. 这表明自信度大于  $0.5$  的群体与自信度小于  $0.5$  的群体具有很大的差异, 因此自信度  $c = 0.5$  可以作为群体的分类标准.

### 3.3 意见领袖对观点演化的影响

下面重点研究具有很高自信度的群体对观点演化的影响. 现实网络中也确实存在这样的群体,

他们常常发表自己的观点,且不会受别人的影响,相反他们对舆论起引导作用.在社会学里,这些个体被称作“意见领袖”<sup>[29]</sup>.因此,这里讨论意见领袖存在时群体观点演化的情况.实验时,将运行时间步从50延长到250,其他条件不变.文献<sup>[29]</sup>提到意见领袖拥有一定数量且相对稳定的“听众”,因此本文选取度大的节点作为意见领袖,具体个数按实验所需选择.表1列出了网络中度值最大的六个节点.

表1 网络中度值最大的六个节点的度值

节点A	节点B	节点C	节点D	节点E	节点F	
度值	110	103	103	115	99	116

### 3.3.1 一个意见领袖对观点演化的影响

实验主要观察一个意见领袖存在时群体的观点演化情况.由于表1所列的六个节点的度值相差不大,因此选择不同的节点作为意见领袖,实验结果不会出现太大差异.

图11为节点A作为意见领袖的实验结果,实验中取自信度 $c = 1$ ,初始观点值 $v_0 = 0.9$ .在最初的50个时间步内,大部分观点很快向0靠近,只有小部分个体观点值在0.5和0.4附近聚集.随着时间步的增长,群体观点值慢慢向意见领袖的观点值靠拢.说明起初意见领袖对舆论的引导效果并不明显,只有当群体观点达成某些共识后,意见领袖才开始发挥对舆论的引导作用.

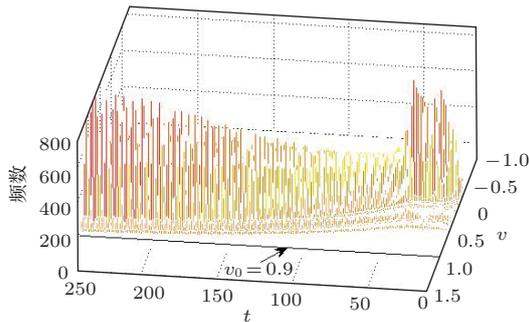


图11 存在一个意见领袖时群体的观点演化情况

### 3.3.2 两个意见领袖对观点演化的影响

实验中选择节点度相同的个体B和C作为意见领袖,其中个体B的自信度 $c = 1$ ,初始观点值 $v_0 = 0.9$ ,个体C的自信度 $c = 1$ ,初始观点值 $v_0 = -0.9$ .从图12可以看出,当 $t = 0$ 时,观点值近似服从均匀分布,然而在 $t = 50$ 时并没有出现趋向0的现象.在整个演化过程中,大部分个体观点

值集中在0附近,还有小部分群体分散在左右两侧,但观点值强度都小于两个意见领袖的观点强度.可见,两个观点趋向相反的意见领袖的固执己见使得网络中部分群体观点很难稳定,从而使得群体观点不能达成共识.

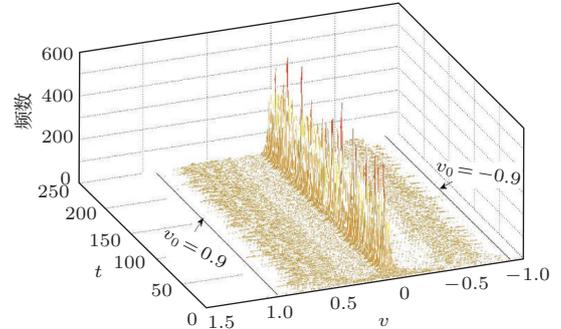


图12 存在两个意见领袖时群体观点演化情况

### 3.3.3 多个意见领袖对观点演化的影响

在网络中,往往不止一个意见领袖对舆论进行引导,经常是多个意见领袖存在,各自发表对事件的看法.在模拟实验中,选取了表1所列的6个度最大的节点作为意见领袖,各自的初始观点值从个体A到个体F分别是:0.9, 0.6, 0.3, -0.3, -0.6, -0.9.从图13可以发现一个有趣的现象:与存在两个意见领袖的情况相同之处是大部分群体的观点还是会趋于0,不同之处是在每个意见领袖观点之间都有小小的波峰,就像隆起的田埂.这说明在意见领袖的引导下,有些个体的意见不稳定,会在他们之间波动,从而使得在每个意见领袖观点之间出现小的波峰.现实生活中,也会出现这样的现象,当对于一个话题出现几种看法时,就会使得一些人变得盲目,不知道如何评价该话题,使得观点在他所接触的看法间摇摆不定,当然这些人的自信度不会很强.

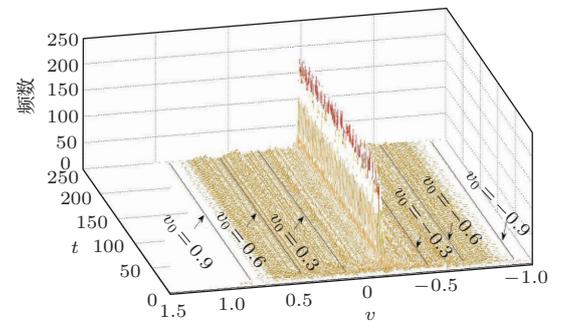


图13 存在多个意见领袖时群体观点演化情况

可见随着意见领袖的增多,个体的观点越不稳

定, 群体间的讨论慢慢变得激烈, 群体意见越难达成共识. 现实中也存在这样的现象, 对于某个话题, 主导意见越多, 事件炒得越热, 很难有一个结论.

## 4 结 论

本文对社交网络中群体观点演化进行了研究, 所获得的结果对网络舆论的形成、演进、预测和导控具有重要意义和实用价值. 本文提出了社交网络观点演化模型, 其对舆论环境进行计算时引入了信息熵的知识, 克服了其他模型不能反映个体做抉择时心理过程的缺点, 使得模型更符合人的心理学特征. 从实验结果中得出了一些有意义的结论. 首先, 舆论环境对个体的观点值强度和观点趋向都有影响, 这与现实中个体的“从众心理”相符, 即个体的观点总会和周围人的观点趋于一致. 其次, 个体自信度对演化具有重要影响, 自信度越大的个体观点达到稳定的演化时间越慢, 表明个体不太愿意接受他人观点. 自信度越小的个体观点达到稳定的演化时间越快, 表明个体总是听从他人观点使得自己的观点不稳定. 这也符合人的心理学特点. 最后, 意见领袖对群体观点演化具有引导作用, 随着意见领袖数量的增多, 群体的观点演化越难达成共识, 现实中对某一话题的讨论也存在这样的特点.

上述结论表明本文提出的社交网络观点演化模型是有效的, 但是还需要进一步完善, 主要包括以下两方面: 本文讨论了个体的观点受舆论环境的影响, 但个体观点与舆论环境之间的相互关系在文中并没有讨论; 本文讨论了在意见领袖存在下群体的观点演化情况, 但没有讨论意见领袖对舆论的导控.

## 参考文献

- [1] Wang H, Han H H, Deng L, Cheng K Q 2013 *Acta Phys. Sin.* **62** 110505 (in Chinese) [王辉, 韩洪宏, 邓林, 程克勤 2013 物理学报 **62** 110505]
- [2] Gu Y R, Xia L L 2012 *Acta Phys. Sin.* **61** 238701 (in Chinese) [顾亦然, 夏玲玲 2012 物理学报 **61** 238701]
- [3] Liu Y, Ding F, Zhang Z J 2010 *J. Beijing Jiaotong Univ.* **34** 16 (in Chinese) [刘云, 丁飞, 张振江 2010 北京交通大学学报 **34** 16]
- [4] Qian C, Cao J D, Lu J Q, Kurths J 2011 *Chaos* **21** 025116

- [5] Jia F 2011 *J. Beijing Jiaotong Univ.* **35** 11 (in Chinese) [贾凡 2011 北京交通大学学报 **35** 11]
- [6] Feng C F, Guan J Y, Wu Z X 2010 *Chin. Phys. B* **19** 060203
- [7] Zhang F, Si Y G, Luo P 2009 *Complex Syst. Complex. Sci.* **6** 1 (in Chinese) [张芳, 司光亚, 罗批 2009 复杂系统与复杂性科学 **6** 1]
- [8] Lu Y L, Jiang G P, Song Y R 2012 *Chin. Phys. B* **21** 100207
- [9] Gong Y W, Song Y R, Jiang G P 2012 *Chin. Phys. B* **21** 010205
- [10] Chen J, Zhang J W, Di Z R 2010 *Physics* **39** 101 (in Chinese) [程洁, 张建玮, 狄增如 2010 物理 **39** 101]
- [11] Galam S 2002 *Eur. Phys. J. B* **25** 4
- [12] Sznajd-Weron K, Sznajd J 2000 *Int. J. Mod. Phys. C* **11** 1157
- [13] Deffuant G, Neau D, Amblard F, Weisbuch G 2000 *Adv. Complex Syst.* **03** 87
- [14] Hegselmann R, Krause U 2002 *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* **5** 1
- [15] Martins A C R 2008 *Int. J. Mod. Phys. C* **19** 617
- [16] Centola D 2010 *Science* **329** 1194
- [17] Lu L Y, Chen D B, Zhou T 2011 *New J. Phys.* **13** 123005
- [18] Martins A C R, Galam S 2013 *Phys. Rev. E* **87** 042807
- [19] Holme P, Edling C R, Liljeros F 2004 *Social Networks* **26** 155
- [20] Ahn Y Y, Han S, Kwak H, Moon S, Jeong H 2007 *Proceedings of the 16th International Conference on World Wide Web Banff, Canada, May 8–12, 2007* p835
- [21] Mislove A, Marcon M, Gummadi K P, Druschel P, Bhattacharjee B 2007 *Proceedings of the 7th ACM SIGCOMM Conference on Internet Measurement San Diego, USA, October 24–26, 2007* p29
- [22] Fu F, Chen X, Liu L, Wang L 2007 *Phys. Lett. A* **371** 58
- [23] Liu Y Y, Li F P, Sun X, Zhu J Q 2013 *J. Commun.* **34** 1 (in Chinese) [刘衍珩, 李飞鹏, 孙鑫, 朱建启 2013 通信学报 **34** 1]
- [24] Bai W S, Cheng F, Zhao J, Cao G R 2009 *Social Communication Psychology* (Beijing: Capital University of Economics and Business Press) pp61–65 (in Chinese) [拜五四, 成芳, 赵瑾, 曹国荣 2009 社交心理学 (北京: 首都经济贸易大学出版社) 第61—65页]
- [25] Lallouache M, Chakrabarti A S, Chakraborti A, Chakrabarti B K 2010 *Phys. Rev. E* **82** 056112
- [26] Sen P 2011 *Phys. Rev. E* **83** 016108
- [27] Su J M, Liu B H, Li Q, Ma H X 2014 *Acta Phys. Sin.* **63** 050501 (in Chinese) [苏炯铭, 刘宝宏, 李琦, 马宏绪 2014 物理学报 **63** 050501]
- [28] Shannon C E 1948 *Bell Syst. Tech. J* **27** 379
- [29] He L 2010 *M. S. Thesis* (Chengdu: Sichuan Academy of Social Sciences) (in Chinese) [何玲 2010 硕士学位论文 (成都: 四川省社会科学院)]

# Opinion evolution model of social network based on information entropy\*

Huang Fei-Hu Peng Jian<sup>†</sup> Ning Li-Miao

(College of Computer Science, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

( Received 15 February 2014; revised manuscript received 24 April 2014 )

## Abstract

With the development of network services, social networking has become a new medium of information dissemination. Thus, many scholars pay close attention to the evolution of network public opinion which has great significance and practical value. In this paper, an opinion evolution model of social network based on information entropy is proposed, which is helpful to investigate the evolution of network public opinion. The model has two characteristics: firstly, it can reflect the psychological process when an individual makes a choice facing with two opposite views; secondly, it can reflect the influence of subjective and objective factors when the individual forms new ideas. In the simulation, some issues are discussed which includes the effects of the public opinion environment on the individual opinion evolution, the influences of the initial opinion and self-confidence on the individual opinion evolution, and the effects of leaders' opinions on the opinion evolution of populations. From the experimental results it follows that the model works well and can reflect the characteristics of individuals in real social networks. For example, the formation of the individual's opinion will be affected by public opinion environment, and an individual will not accept the opinions from others if he is very confident, and the opinion evolution of populations will be influenced when there exist the leader's opinions in network.

**Keywords:** complex network, social network, opinion dynamics

**PACS:** 05.10.-a, 89.75.Fb, 87.23.Ge

**DOI:** [10.7498/aps.63.160501](https://doi.org/10.7498/aps.63.160501)

---

\* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. U1333113, F020809).

<sup>†</sup> Corresponding author. E-mail: [penguest@163.com](mailto:penguest@163.com)