

加权网络上舆论传播的演化研究*

Study on Opinion Dynamic Model Based on Weighted Networks

苏俊燕¹, 孔令江², 刘慕仁², 张海民¹

SU Jun-yan¹, KONG Ling-jiang², LIU Mu-ren², ZHANG Hai-min¹

(1. 兰州理工大学理学院, 甘肃兰州 730050; 2. 广西师范大学物理与电子工程学院, 广西桂林 541004)

(1. School of Science, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu, 730050, China; 2. College of Physics and Information Engineering, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要: 应用计算机模拟研究舆论传播在加权网络上的演化过程。结果发现, 加权网络上舆论传播时, 连接条数越大, 系统就越容易形成一致意见; 权重的引入不利于一致意见的形成, 异步更新方式较同步更新方式不利于系统一致意见终态的形成。

关键词: 舆论传播 演化 加权网络 计算机模拟

中图分类号: O550 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2009)04-0410-04

Abstract A research on evolving process of consensus that based on the weighted networks by computer simulation are made. The results showed that the greater the links, the easier the system is to form a consensus on the weighted networks; the weight is not conducive to the formation of consensus; asynchronous update is not beneficial for final state formation in comparison with synchronous update.

Key words consensus, evolution, weighted networks, computer simulation

近年来, 关于复杂网络的研究正处于蓬勃发展的阶段。自然界中的许多系统都可以用复杂网络来描述: Internet 是由路由器和传输介质组成的复杂网络; 人脑是由神经元通过互连形成的复杂网络; 而社会则是人与人通过各种各样的关系联系起来的。网络遍及各个科学领域, 关于复杂网络的研究已经越来越引起各学科领域学者的兴趣, 并且已经取得了很大进展^[1-9]。

目前关于网络的研究大多集中在无权网络上。无权网络只反映了节点之间的连接方式或网络的拓扑特性, 不能描述节点之间相互作用的方向和强度。文献[10]提出一种加权网络。加权网络不仅更好地体现真实网络的特点, 而且反映了网络中节点之间的相互作用细节, 有利于把握网络系统的复杂特性。

舆论传播演化是社会系统的典型复杂现象之一。舆论演化过程实质上是意见在人际关系网络上的演化过程。由于人与人之间相互影响的程度是不一样的, 有的人亲密一些, 有的人疏远一些, 因此, 人际之间的网络很显然是一个加权网络。为此, 本文采用文献[10]提出的加权网络来研究舆论传播在其上的演化。

1 舆论传播的演化规则

在加权网络^[10]上的舆论传播演化模型中, 把加权网络每条连接的权重理解为人际之间的密切程度, 两个节点之间连接的权重值越大, 表示人际之间的关系就越亲密。对于一个含有 N 个节点的加权网络, 假设网络上的每个节点代表 1 个人, 该人对事物的态度有两种, 或赞成, 或反对, 分别用 $S_i = +1$ 和 $S_i = -1$ 表示。由于人际之间的相互影响, 人员的态度将会发生改变。态度改变的规则我们采用少数服从多数的原则。对于网络中的每个节点 i , 首先找出与该节点有直接连线的节点, 然后按照如下方式确定该节点的状态。

收稿日期: 2009-03-20

作者简介: 苏俊燕 (1980-), 女, 讲师, 硕士, 主要从事计算物理研究。

* 国家自然科学基金项目 (70371067, 10562001) 资助。

度:

$$S_{t+1}(i) = \begin{cases} +1 & \text{sum} > 0, \\ \pm 1 & \text{sum} = 0 \quad (p_{t+1} = p_{t-1} = 0.5), \\ -1 & \text{sum} < 0, \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{sum} = \kappa \times S_t(i) + \frac{\sum_j S(j) \times w(j,i)}{\sum_j w(j,i)}$$

式中 κ 表示该节点对原来所持态度的倾向概率, 称为这个人的自信度, $\kappa \in (0, 1)$, 可以看成是一个独立参量, 为了简单起见, 我们认为各个节点的倾向概率都是一样的; $w(j, i)$ 是节点 j 和节点 i 之间的连接权重, j 是直接与 i 有连接的节点。

该规则表明: 一个节点上人员态度的更新取决于自己本身的态度, 还有与他有直接联系的人员的态度以及与这些人员的亲密程度; 如果本人在下一个时步的态度倾向加上这些人员的态度和相应的亲密程度的乘积之和 sum 大于 0, 该节点的人员保持赞成态度, 如果 sum 小于 0, 则保持反对态度, 如果 sum 等于 0, 则以相等的概率 0.5 随机地选取一种态度。

2 舆论传播的演化过程模拟

在舆论传播演化的初始时刻, 让每个节点以一定的概率取 +1 和 -1 假定网络总的节点数是 N , $N_1(0)$ 为初始时刻系统中取 1 的节点数目, 定义

$$R_1(0) = N_1(0) / N \quad (2)$$

为系统初始状态的赞同率; 经过一定时步的演化后, 系统的赞同率发生了改变, 定义系统 t 时刻取 1 的赞同率和取 -1 的赞同率分别为

$$R_1(t) = N_1(t) / N, R_{-1}(t) = N_{-1}(t) / N \quad (3)$$

建立加权网络后, 采用异步更新方式按 (1) 式更新人员的态度。异步更新方式是指在更新节点的态度时, 随机地选择网络上的一个节点, 找到与它有直接连线的所有节点, 然后按照规则 (1) 式对它的态度进行更新, 更新后的态度将被更新其它节点的态度时用到。如此不断地随机选择节点进行态度更新, 直到更新了 N 个节点的态度后才算完成网络的一个更新时步。在模拟时, 我们发现系统的赞同率通常在演化 30000 个时步后达到稳定。为了减少涨落因素, 以下给出的系统的赞同率是 50 个样本的平均值。

2.1 连接条数 m 对舆论传播演化的影响

取 $N_0 = 3, w_0 = 1, W = 5$, 总节点数 $N = 6000$, 在加权网络的建立中, 新节点加入网络时带来的连接条数 m 代表着它与已存在节点之间的连接情况, 连接条数越大, 表示这个节点与存在节点的联系就越广, 取自信度 $\kappa = 0.5$, 模拟新节点带入不同的连接条

数 m 时, 舆论传播的演化结果如图 1 所示

从图 1 可以看出, 以 $R_1(t)$ 为例, 当初始赞同率大于 0.5 时, m 值越大, 演化后的全部赞成的终态赞同率越高; 而当初始赞同率小于 0.5 时, m 值越大, 演化后的全部赞成的终态赞同率越低。由此可见, 每个节点连接的节点数目越多, 代表着这个人的社交圈越大, 社会影响范围就越大, 系统就越容易达成统一的认识。

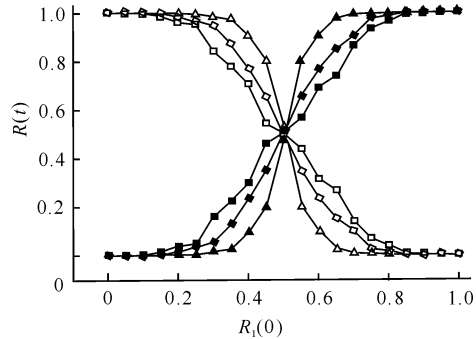


图 1 不同 m 值的终态赞同率与初始赞同率的变化关系

Fig. 1 The relational pattern of final and beginning approval density with different links

—■—: $R_1(t), m = 3$; —□—: $R_{-1}(t), m = 3$; —◆—: $R_1(t), m = 5$; —◇—: $R_{-1}(t), m = 5$; —▲—: $R_1(t), m = 7$; —△—: $R_{-1}(t), m = 7$

2.2 不同更新率时, 终态赞同率随着演化时步的变化关系

在现实的社会中, 人员之间的社会关系不会一成不变, 而是始终处在一个动态的变化过程中, 一个人可能会和某些人断绝关系, 而同时和另外一些人建立新的联系。为了模拟这种社会关系的变化, 我们引入一个物理量: 更新率, 用 percent 表示。如果 percent = 1%, 表示在演化一步后, 占连线总数 1% 的连线会随机断开 (断开以后这条连接的权重就为 0), 然后随机选择节点重新连接 (避免自连和重连, 假设建立新联系的人员之间还比较生疏, 所以新的连接的权重为 $w_0 = 1$)。

取 $N_0 = 3, m = 3, w_0 = 1, W = 5, N = 6000$, 初始赞成率为 $R_1(0) = 0.6$, 模拟在不同的更新率的情况下终态赞同率随着时步的演化结果如图 2

从图 2 可以看出, 赞同率随着时步呈非线性的变化, 当更新率比较小时, 系统越容易形成一致意见, 更新率越大, 系统反而越难达到一致意见的终态。这是因为更新率的值越大, 表示人际之间的联系随机断开也越多, 因为断开以后的权重值都假设为 w_0 , 这样假设原本比较亲密的两个人失去联系以后, 重新连接的两个人之间的亲密程度却非常小, 因此更新率越大系统越难达到一致意见。另外, 从图 2 还可以看出, 如果

初始赞同率大于 0.5,终态赞同率也大于 0.5,仍然满足少数服从多数的原则。

当权重更新系数 $W = 0$ 时,这时加权网络就变成了一个无权网络。在相同的条件下,模拟无权网络上终态赞同率随着时步的演化关系如图 3 所示。

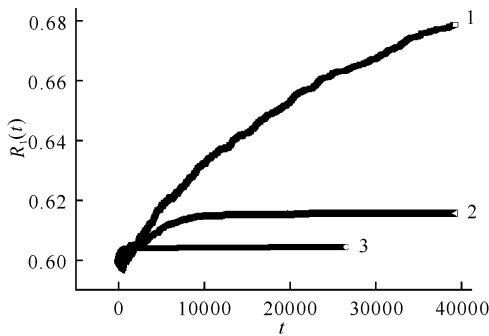


图 2 不同更新率 percent 下的终态赞同率随时步的变化关系

Fig. 2 The relational pattern of step and final approval density with different renewing percent of weighted network

1: percent= 0.0%; 2: percent= 0.1%; 3: percent= 1% .

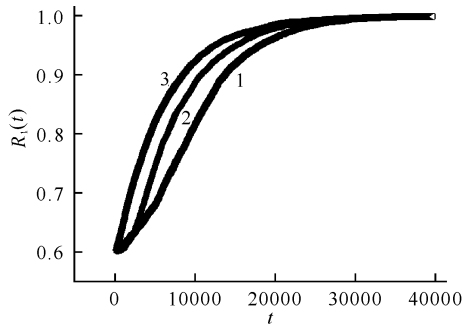


图 3 不同更新率 percent 下的终态赞同率随时步的变化关系

Fig. 3 The relational pattern of step and final approval density with different renewing percent of unweighted network

1: percent= 0.0%; 2: percent= 0.1%; 3: percent= 1% .

赞同率随着时步呈非线性的变化,而且更新率的值越大,系统越容易达成一致意见的稳定终态,如果初始赞同率大于 0.5 则最终的演化结果是全部赞成,如果初始赞同率小于 0.5,则最终的演化结果是全部反对。这种情况跟加权网络的演化结果正好相反。这是因为在无权网络上时,人与人之间不考虑亲密程度,每个人受到所有邻居的影响程度都一样,所以他在做决定时态度就很好确定,更新率的值越大,每演化一个时步以后,人员之间的随机联系重新连接的就越多,相当于促进了人们之间的交流,所以能够更快地到达一致意见的终态;在加权网络上时,考虑人际之间的亲密程度,每个人受到周围邻居的影响程度不再一样,所以他在做决定时不仅要考虑到邻居的态度,还要考虑对方与自己的亲密程度,而且更新率越大,亲密程度大的人员之间断开的几率越大,新的连接的

权重为 w_0 ,所以更新率越大,系统反而越不容易达成一致意见。

2.3 更新方式对舆论演化的影响

网络上舆论的传播有两种更新方式:异步更新方式和同步更新方式。异步更新方式如前所述,同步更新方式是指系统中所有节点 $t+1$ 时步的状态完全由 t 时步的状态决定,在每一个时步 $t > 0$,依次扫描网络上的每个节点,找到与它有直接连线的所有节点,然后按照演化规则 (1) 式对它的态度进行更新,更新完成后并不保存这个值,更新其它节点时仍然使用它最初的值,而不是更新后的值,这样直到所有的节点都更新完以后就完成了并行演化时步,而在 $t+1$ 时步开始的时候,每个节点根据同步劝说结果来更新自己的状态。

取 $N_0 = 3, m = 3, w_0 = 1, W = 5$,总节点数 $N = 6000$ 时,自信度 $\kappa = 0.5$,从图 4 中可以看出:对于两种不同的更新方式,初始赞同率 $R_1(0) = 0.5$ 是一个转折点,以 $R_1(t)$ 为例,当初始赞同率大于 0.5 时,终态赞同率一定也大于 0.5,当初始赞同率小于 0.5 时,终态赞同率也一定小于 0.5,但是,当初始赞同率大于 0.5 时,同步更新方式比异步更新方式更容易达成一致意见,当初始赞同率小于 0.5 时,同步更新方式比异步更新方式更容易达成反对的一致意见,这是因为采用同步更新方式时,每个节点更新完以后并不保存这个值,这样其它节点更新的时候,由于前面更新完的节点态度始终不变,所以更有利于一致意见的形成,如果采用异步更新方式,每个节点更新完以后要保存这个值,这样其它节点更新的时候,由于前面更新完的节点态度始终在改变,因此不利于一致意见的形成。

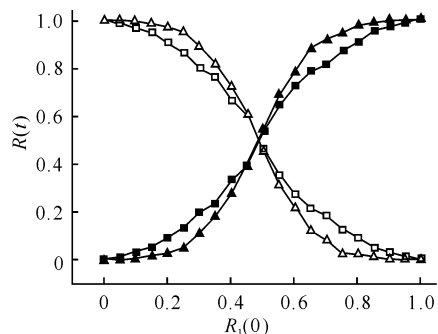


图 4 两种更新方式下终态赞同率与初始赞同率的关系

Fig. 4 The relational pattern of final and beginning approval density with different renewing ways

—■—: $R_1(t)$ 异步更新方式; —▲—: $R_1(t)$ 同步更新方式;
—□—: $R_{-1}(t)$ 异步更新方式; —△—: $R_{-1}(t)$ 同步更新方式。
—■—: $R_1(t)$ asynchronous renewal method; —▲—: $R_1(t)$ synchronous renewal method;
—□—: $R_{-1}(t)$ asynchronous renewal method; —△—: $R_{-1}(t)$ synchronous renewal method.

3 结束语

从以上的计算机模拟中,我们发现加权网络上舆论传播的一些新特点:连接条数越大,系统就越容易形成一致意见;权重的引入不利于一致意见的形成;异步更新方式较同步更新方式不利于系统一致意见终态的形成

参考文献:

- [1] Strogatz S H, Watts D J. Collective dynamics of scaling in random networks [J]. *Nature*, 1998, 393: 440-442.
- [2] Sousa A O. Consensus formation on a triad scale-free network [J]. *International Journal of Modern Physics C*, 2004, 12(10): 1537-1544.
- [3] Bernardes A T, Stauffer D, Keré sz J. Election results and the sznajd model on baralá si network [J]. *Eur Phys J B*, 2002, 25: 123.
- [4] González M C, Sousa A O, Herrmann H J. Opinion formation on a deterministic pseudo-fractal network [J]. *International Journal of Modern Physics C*, 2004, 15(1): 45-57.

- [5] Sznajd Weron, Weron R. A simple model of price formation [J]. *Int J Mod Phys C*, 2002, 13(1): 115-123.
- [6] Bernardes A T, Costa U M S, Araujo A D, et al. Damage spreading, coarsening dynamics and distribution of political votes in sznajd model on square lattice [J]. *International Journal of Modern Physics C*, 2001, 12(2): 159-167.
- [7] Reka Albert, Albert-Iá szó Baralá si. Statistical mechanics of complex networks [J]. *Review of Modern Physics*, 2002, 74: 47-86.
- [8] 方锦清. 迅速发展的复杂网络研究与面临的挑战 [J]. *自然杂志*, 2005, 27(5): 269-273.
- [9] 刘涛, 陈忠, 陈晓荣. 复杂网络理论及其应用研究概述 [J]. *系统工程*, 2005, 23(6): 1-7.
- [10] Wang Wenxu, Wang Binghong, Bo Hu, et al. General dynamics of topology and traffic on weighted technological networks [C]. *Physical Review Letters* 94, 2005: 188702.

(责任编辑: 邓大玉)

(上接第 402 页 Continue from page 402)

从模拟结果可以看出,样本容量影响估计,除固定填补法外,无论采用哪种方法,随着样本容量的增大,评判值 SE 减小,样本容量越大,估计也就越精确;缺失概率的大小也影响估计的精度,缺失概率越大,相应的评判值 SE 越大,估计的精度也就越差;另外,在分数线性回归填补法中, $J=5$ 的结果总是比 $J=1$ 的结果好,这说明随着 J 的增大,其估计精度也随着提高.无论采用哪种处理方法,都无法避免主观因素对原系统的影响,并且在缺失值过多的情形下将整个数据集完整化是不可行的.故针对各种实际问题,要注意分清问题的实质,合理地运用各种缺失数据的处理方法.

参考文献:

- [1] Brick J M, Kalton G. Handling missing data in

survey research [J]. *Statist Methods Med Res*, 1996, 5: 215-238.

- [2] Qin Y, Rao J N K, Ren Q. Confidence interval for marginal parameters under fractional linear regression imputation for missing data [J]. *J Multivariate Anal*, 2008, 99: 1232-1259.
- [3] Wang Q, Rao J N K. Empirical likelihood-based inference in linear models with missing data [J]. *Scand J Statist*, 2002, 29: 563-576.
- [4] Wang Q, Rao J N K. Empirical likelihood for linear regression models under imputation for missing responses [J]. *Canad J Statist*, 2001, 29: 597-608.
- [5] Rubin D B. Multiple imputation after 18 Years [J]. *J of the Amer Statist Assoc*, 1996, 91: 473-489.

(责任编辑: 尹 闯)