

# 基于 SIRS 的微信信息传播模型<sup>①</sup>

李 莉, 王小刚

(江苏大学 计算机科学与通信工程学院, 镇江 212000)

**摘 要:** 微信高速发展已成为人际关系交流的一个重要平台, 在社会网络信息传播中占据着独特的地位. 以传染病模型为基础, 建立基于微信信息传播模型, 利用实验数据, 在多情景下分析模型参数和信息源对微信信息传播范围及特征等的影响. 通过对微信信息传播影响因素改变, 其仿真结果与微信传播的特征具有很好的吻合度, 对管控利用微信具有重要意义.

**关键词:** 微信; 传播模型; 社交网络; 阈值; 仿真

引用格式: 李莉, 王小刚. 基于 SIRS 的微信信息传播模型. 计算机系统应用, 2017, 26(9): 269-273. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/5956.html>

## Propagation Model of Information in WeChat Based on SIRS

LI Li, WANG Xiao-Gang

(School of Computer Science and Telecommunication Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212000, China)

**Abstract:** With its rapid development, WeChat has become an important platform for interpersonal communication, and occupies a unique position in the social network information dissemination. Based on the epidemic model, WeChat information propagation has established. The influence of model parameters and information sources on the scope and characteristics of WeChat information propagation is analyzed in multi-scenario with experimental data. Model simulation results and characteristics of propagation of WeChat have a very anastomotic match, which shows the WeChat information dissemination effect is important to control the use of WeChat.

**Key words:** WeChat; propagation model; social network; threshold; simulation

随着移动互联网的发展, 人们生活方式、网络使用习惯产生了重大影响. 根据 CNNIC 第 37 次报告, 截至 2015 年 12 月, 中国手机网民规模达 6.20 亿, 网民使用手机上网人群占比由 2014 年的 85.8% 提升至 90.1%<sup>[1]</sup>. 微信因其便携性、私人化等特点已成为大众普遍使用的沟通联络方式及信息获取渠道<sup>[2]</sup>. 微信是人与人之间进行信息传播的强关系型社交平台, 传播速度快、范围广难以控制等不可预测特征, 对社会稳定与发展存在一定隐患. 因此对微信传播过程进行分析与研究, 掌握微信信息传播规律和传播机理等特点, 具有重要现实意义.

随着微信使用范围逐渐扩大, 已成为一种强有力

的社会网络传播方式. 张亚婷<sup>[3]</sup>从传播学角度分析微信朋友圈的产生模式, 传播机制, 探索在基于内容价值的传播条件下的人际关系变化. 方兴东<sup>[4]</sup>对微信传播机制进行详尽分析, 指出微信以点对点的人际传播. 蔡立媛等<sup>[5]</sup>研究了微信谣言新的传播机制, 从社会影响等多方视角思考微信平台谣言的规避与引导, 指出微信传播具有双面性. 与此同时, 很多学者已经开始利用模型对微信传播进行定量研究和分析. 陶立秋<sup>[6]</sup>将微信热点分析与挖掘技术相结合, 运用关联规则算法提取隐藏在微信数据中有价值的信息. 王小立<sup>[7]</sup>在分析微信与其他社交媒体平台区别基础上, 模拟仿真研究微信信息传播机理. 梁阔洋<sup>[8]</sup>从搜狗搜索中爬取微信博文, 将低质

① 基金项目: 国家自然科学基金(11072090)

收稿时间: 2016-12-29; 采用时间: 2017-01-18

量文章识别作为文本分类问题,应用改进的遗传算法实验。

不少学者从信息传播和复杂网络等角度进行研究。Guo 等<sup>[9]</sup>将成熟的传染病模型融合,再加入新治疗状态,提出了基于个体特征 Agent 建模的传染病模型 SICRS/传播模型进行仿真模拟,并研究此模型在无标度网络上的动力学特征。Zinoviev 等<sup>[10]</sup>提出利用单向的信息传播和反馈机制的博弈模型对星型社交网络中的信息传播来进行仿真。Moreno 等<sup>[11]</sup>在无标度 BA 网中使用平均近似场理论研究信息传播模型,发现拓扑结构和参数设置是影响信息传播的重要因素。在对信息传播研究过程中也使用蒙特卡洛方法进行详细探索和分析,并且在许多的社会事件中进行了应用<sup>[12]</sup>。在有限理性的框架下 Weisbuch 等<sup>[13]</sup>和 Lorenz 等<sup>[14]</sup>在信息传播领域对舆情传播做了进一步深入地研究。

微信平台作为一个大的生态圈,增强人际交流与沟通,拉近个体间距离。微信是强关系网络的交流平台,具有实时信息传播,聚合特征,社交网络,电子商务等功能。目前微信研究主要集中在定性的分析上,本文将传染病的传播机理,应用于微信平台上,研究微信中信息传播机理并对微信进行定量分析。

## 1 微信传播模型构建

微信平台中通过好友之间的关系组成一个独特强关系网络。微信中的信息在此平台上可通过多种方式进行传播,主要基于用户朋友圈转发、个人之间的交流和个人与群体之间的信息交流。不同的用户受不同的信息影响也是不一样的。

信息传播可以看作发生在社交网络上的传播动力学行为,一般借用流行病方法对传播动力学进行研究。流行病传播过程中个体处于易感染状态( $S$ ),感染状态( $I$ ),移除状态( $R$ )。在真实流行病中很多被免疫的个体具有临时免疫性,采用微分方程的办法来建立传播模型。

SIRS 模型的传播机理规则:易感者与一位感染者接触后以 $\lambda$ 概率转化为感染者,感染者会以概率 $\mu$ 进入免疫状态,进入免疫状态后会以概率 $\delta$ 丧失免疫状态而重新进入易感状态,其中 $\lambda\mu\delta$ 是对应传播过程中的概率。

### 1.1 微信信息传播机制

朋友圈在微信传播中是自我披露的一种行为,在信息展示的同时,用户根据自己所处的状态从不同层面进行信息传播,在朋友圈中将个体之间的人际关系

层层推进和深入。通过对微信平台的研究发现,微信中传播者的自我展现存在对应的规律性。同时微信传播区别于一般的社交平台,在信息传播时即时性特点较为明显,用户在信息传播上处于平等地位,在传播中总是介于传播者和受众之间的角色互换。同时,信息交流是双向过程的,参与者掌握着一个小半封闭的社交圈中的信息传播的流动趋势,对此过程可进行对应的控制,实现对信息传播的引导和改变。微信点对点的传播方式,对于重要的信息极易形成发散型传播状态。由于微信属于强关系型网络,所以用户之间的信任度相对而言较高,因而质疑信息来源的比例会降低,用户接收和转发的频率会相对提高。这种虚拟的联系使得现实生活双方有着强烈的联系,因而很容易影响现实人们的生活。

### 1.2 微信信息 SIRS 模型的构造

在微信网络中的信息传播,是信息对不同微信用户心理影响的渐进过程,与传染病传播机理相似。本文中微信信息传播机制借鉴 SIRS 传染病模型中的状态,建立微信传播的动力学模型。

假设微信传播的三种状态:微传播者( $S$ )、信息接受者( $I$ )和信息不关注者( $R$ )。微信信息传播状态及转换关系如图 1 所示。

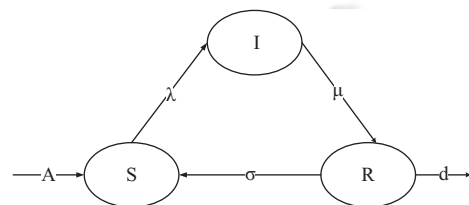


图 1 微信信息传播状态及转换关系

图 1 中, $S$  表示微信平台上获得信息  $Q$  的人群; $I$  表示接收该信息并发布出去的人群; $R$ , 表示不再关注该信息的人群; $\lambda$  表示信息发布率; $\mu$  表示接收该信息并不在发布的概率; $A$  表示注册到具有该信息的微信平台的人数; $\delta$  表示从不再关注该信息的回到具有信息  $Q$  的微信平台的概率; $d$  表示接收信息但不发布的概率。

这里对不同的信息源中  $S$  传播节点作为主要研究对象,当信息传递到  $S$  时,此时作为传播者, $S$  会向  $I$  进行对应的传播根据对应的转化率 $\lambda$ ,一定的信息感染者会变为信息的传播者进入传播状态。在此次传播中会有一些对此类信息不太敏感的用户一般会选择忽略此次信息。

建立具有输入人群的微信信息传播模型:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = A + \delta R - \lambda SI - dS \\ \frac{dI}{dt} = \lambda SI - \mu I \\ \frac{dR}{dt} = \mu I - \delta R - dR \end{cases} \quad (1)$$

## 2 微信信息传播机理分析

首先对微信传播模型进行机理分析,令模型右端为零得到方程组:

$$\begin{cases} A + \delta R - \lambda SI - dS = 0 \\ \lambda SI - \mu I = 0 \\ \mu I - \delta R - dR = 0 \end{cases} \quad (2)$$

由第二个方程得  $I^* = 0$  或  $S^* = \frac{\mu}{\lambda}$ , 由第三个方程得:

$$I^* = \frac{(\delta + d)R}{\mu} \quad (3)$$

(1) 当  $I^* = 0$  时代入第三个方程有  $R^* = 0$ , 代入第一个方程得  $S^* = \frac{A}{d}$ , 有  $(\frac{A}{d}, 0, 0)$ .

(2) 当  $I^* \neq 0$  即  $I^* = \frac{(\delta + d)R}{\mu}$  时,  $S^* = \frac{\mu}{\lambda}$ , 代入第一个方程得到  $R^* = \frac{A}{d} - \frac{\mu}{\lambda}$ , 有:  $(\frac{\mu}{\lambda}, \frac{(\delta + d)(\frac{A}{d} - \frac{\mu}{\lambda})}{\mu}, \frac{A}{d} - \frac{\mu}{\lambda})$ .

阈值得到的初步想法源于正平衡点的存在性,显然阈值要使得  $R^* = \frac{A}{d} - \frac{\mu}{\lambda} > 0$ , 即得到初步阈值表达式

$$R_0 = \frac{\lambda A}{\mu d}$$

当  $R_0 = \frac{\lambda A}{\mu d} > 1$  时正平衡点存在, 表示信息一直被传播下去.

当  $R_0 = \frac{\lambda A}{\mu d} \leq 1$  时, 正平衡点不存在, 表示该信息不再被传播出去.

所以  $R^* \neq \frac{A}{d} - \frac{\mu}{\lambda}$ , 只存在  $R^* = 0$  的平衡点, 即  $(\frac{A}{d}, 0, 0)$ . 即平衡点为:  $(\frac{A}{d}, 0, 0)$  和  $(\frac{\mu}{\lambda}, \frac{(\delta + d)(R_0 - 1)}{\lambda}, \frac{\mu}{\lambda}(R_0 - 1))$ .

为了便于计算记  $x = \frac{S}{N}$ ,  $y = \frac{I}{N}$ ,  $z = \frac{R}{N}$ , 其中  $N = S + I + R$ .

则原方程组化为:

$$\begin{cases} \frac{A}{N} + \delta z - \lambda xy - dx = 0 \\ \lambda xy - \mu y = 0 \\ \mu y - \delta z - dz = 0 \end{cases} \quad (4)$$

由于该方程组是线性的即有  $x + y + z = 1$ , 所以只需

讨论后两个方程即可, 将  $x = 1 - y - z$  代入后两个方程得到:  $\lambda(1 - y - z)y - \mu y = 0$ ,  $\mu y - \delta z - dz = 0$ .

下面给出平衡点处的 jacobian 矩阵:

$$J = \begin{vmatrix} -2\lambda y^* - \lambda z^* - \mu & -\lambda y^* \\ \mu & -\delta - d \end{vmatrix} \quad (5)$$

对平衡点  $(\frac{A}{d}, 0, 0)$  有  $J|_{(\frac{A}{d}, 0, 0)} = \begin{vmatrix} -\mu & 0 \\ \mu & -\delta - d \end{vmatrix}$ , 由

$|\lambda^* E - J|_{(\frac{A}{d}, 0, 0)}| = \begin{vmatrix} \lambda^* + \mu & 0 \\ \mu & \lambda^* + \delta + d \end{vmatrix} = 0$ , 得到  $\lambda_1^* = -\mu < 0$ ,  $\lambda_2^* = -\delta - d < 0$ ; 所以当  $R_0 = \frac{\lambda A}{\mu d} \leq 1$  时平衡点  $(\frac{A}{d}, 0, 0)$  唯一存在, 且局部渐进稳定.

对平衡点  $(\frac{\mu}{\lambda}, \frac{(\delta + d)(R_0 - 1)}{\lambda}, \frac{\mu}{\lambda}(R_0 - 1))$  有

$J|_{(S^*, I^*, R^*)} = \begin{vmatrix} -2\lambda y^* - \lambda z^* - \mu & -\lambda y^* \\ \mu & -\delta - d \end{vmatrix}$ . 由  $|\lambda^* E - J|_{(S^*, I^*, R^*)}| = \begin{vmatrix} \lambda^* + 2\lambda y^* + \lambda z^* + \mu & \lambda y^* \\ -\mu & \lambda^* + \delta + d \end{vmatrix} = 0$ , 得到  $\lambda^{*2} + (2\lambda y^* + \lambda z^* + \mu + \delta + d)\lambda^* + (2\lambda y^* + \lambda z^* + \mu)(\delta + d) + \mu\lambda y^* = 0$ .

由韦达定理得到  $\lambda_1^* + \lambda_2^* = -(2\lambda y^* + \lambda z^* + \mu + \delta + d)$ ,  $\lambda_1^* \lambda_2^* = (2\lambda y^* + \lambda z^* + \mu)(\delta + d) + \mu\lambda y^*$ , 当  $R_0 = \frac{\lambda A}{\mu d} > 1$  时  $z^*$  存在且唯一, 且  $z^* > 0$ , 而  $x^* = \frac{\mu}{\lambda N} > 0$ , 从而  $y^* = \frac{(\delta + d)z^*}{\mu} > 0$ , 所以有  $\lambda_1^* + \lambda_2^* < 0$ ,  $\lambda_1^* \lambda_2^* > 0$  从而  $\lambda_1^* < 0, \lambda_2^* < 0$ . 即  $R_0 = \frac{\lambda A}{\mu d} > 1$  时, 平衡点  $(\frac{\mu}{\lambda}, \frac{(\delta + d)(R_0 - 1)}{\lambda}, \frac{\mu}{\lambda}(R_0 - 1))$  唯一存在, 且局部渐进稳定.

## 3 仿真结果与分析

本文使用 Matlab 对微信传播模型进行实验. 在微信信息传播仿真建模中, 人是信息传播的主题, 信息源是信息传播的载体, 信息源的价值程度是直接影响人们对信息传播的关键因素. 因此对各因素的控制来观察对微信平台信息传播的影响程度是评估仿真模型的有效性的重要指标. 本文采用某高校微信群作为实验数据样本, 该微信群平台的关系网络图, 如图 2 所示.

### 3.1 信息传播阈值分析

使用指定参数构造出微信网络模型, 网络中初始节点状态为传播者 S 态, 并在整个网络中进行影响其他参与者. 根据上述模型分析可知, 微信信息传播发生的阈值为  $R_0 = \frac{\lambda A}{\mu d}$ , 当  $R_0 = \frac{\lambda A}{\mu d} > 1$  时正平衡点存在,

$R_0$  会单调递增并趋于稳定, 表示信息一直被传播下去;  
 $R_0 = \frac{\lambda A}{\mu d} \leq 1$  时, 正平衡点不存在, 该信息不再被传播出去.

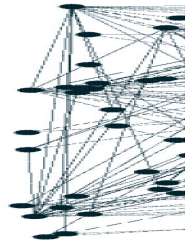


图2 微信群关系网络图

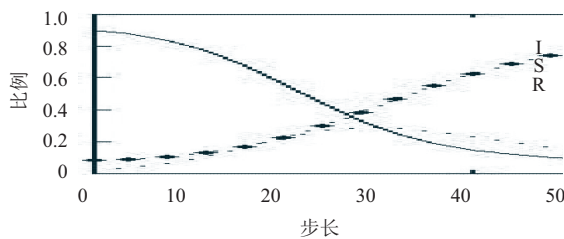


图3 微信信息传播模型整体传播影响图

从图3中可以看出当各参数满足模型中的条件  $I^* \neq 0, R_0 = \frac{\lambda A}{\mu d} > 1$  时正平衡点唯一存在, 局部趋于稳定, 微信平台中信息会一直被传播下去.

### 3.2 信息发布时间对微信信息传播的影响

为观察信息发布时间  $\lambda$  对微信信息传播的影响, 分别取不再关注率  $\mu=0.25$ , 由不关注状态转为关注率  $\delta=0.3$ , 移除对此类讯息屏蔽率  $d=0.15$  不再变化的情况下, 改变  $\lambda$  值, 通过微信信息传播模型模拟得到如图4所示的数据曲线.

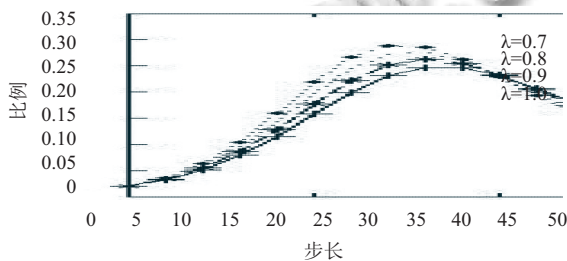


图4 信息发布时间对微信平台影响的变化图

图4中微信平台中的信息发布时间  $\lambda$  增大时, 发现信息传播受影响的人群会增大, 会在较快的时间内达到峰值, 但回落的也会相对较快, 由此可看出在保持其他信息不变的情况下, 减小信息发布时间会减轻微信平

台中信息传播的影响度.

### 3.3 信息不关注率对微信信息传播的影响

为观察信息发布时间  $\mu$  对微信信息传播的影响, 分别取信息发布时间  $\lambda=0.85$ , 由不关注状态转为关注率  $\delta=0.3$ , 移除对此类讯息屏蔽率  $d=0.15$  不再变化的情况下, 改变  $\mu$  值, 通过微信信息传播模型模拟得到如图5所示的数据曲线.

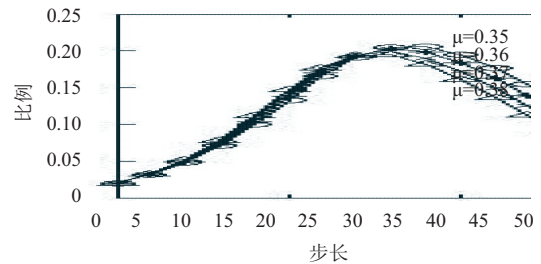


图5 信息不关注率对微信平台中 I 影响的变化图

图5中为  $\mu$  增大微信平台中的不关注率时, 发现信息传播受影响的人群会减小, 会在较快的时间内达到峰值, 且峰值会降低, 受影响人群回落的也会相对较快, 由此可看出在保持其他信息不变的情况下增大微信平台中的不关注率会减轻微信平台中对某一热点信息传播的影响度, 可在发生热点事件时通过发布其他受关注度高的事件将该事件热度降低.

### 3.4 重新关注率对微信信息传播的影响

为了观察微信平台中信息传播的影响, 还研究用户由不关注状态重新转化为关注者状态对信息传播的作用. 为观察信息重新关注率  $\delta$  对微信信息传播的影响, 分别取信息发布时间  $\lambda=0.85$ , 不再关注率  $\mu=0.25$ , 移除对此类讯息屏蔽率  $d=0.15$  不再变化的情况下, 改变  $\delta$  值, 通过微信信息传播模型模拟得到如图6所示的数据曲线.

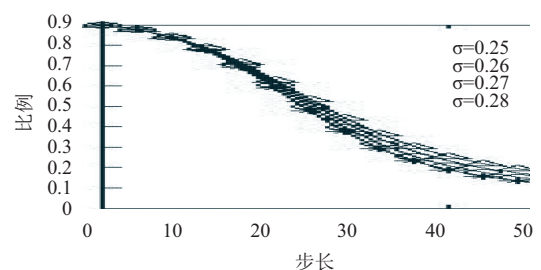


图6 重新关注率对微信平台中 S 所占比例变化图

图6中为  $\delta$  增大微信平台中的重新关注率时, 发现信息传播受影响的人群会增加, 且在信息传播过程中

受影响人群回落的也会相对较慢,由此可看出在保持其他信息不变的情况下减少微信平台中的重新关注率会减轻微信平台中对某一热点信息传播的影响度。

### 3.5 讯息屏蔽率对微信信息传播的影响

为了观察微信平台中信息传播的影响,研究用户由讯息屏蔽率  $d$  对信息传播的作用. 为观察信息讯息屏蔽率  $d$  对微信信息传播的影响,分别取信息发布率  $\lambda=0.85$ , 不再关注率  $\mu=0.25$ , 由不关注状态转为关注率  $\delta=0.3$  不再变化的情况下,改变  $d$  值,通过微信信息传播模型模拟得到如图 7 所示数据曲线。

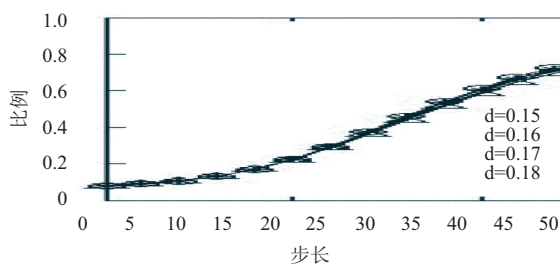


图 7 讯息屏蔽率对微信平台中  $R$  所占比例变化图

图 7 中为改变  $d$  值对微信平台中  $R$  所占比例变化图,发现通过增大  $d$  值,信息传播中不关注此事件的人群会增加,且在信息传播过程中关注此事件会较早趋于平稳,由此可看出在保持其他信息不变的情况下增加微信平台中讯息屏蔽率会减轻微信平台中对某一热点信息传播的影响度。

## 4 结束语

在本文研究中构建小型微信朋友圈关系网络,通过改进传统较为成熟的  $SIRS$  模型,增加了事件重新关注率和讯息屏蔽率研究信息在微信平台中的传播状态. 上述模型建立和仿真结果较符合微信传播的特征,通过改变对应参数,从而达到对微信信息传播在虚拟社交网络中的爆发进行有效控制的目的. 现阶段对微信传播模型研究还处于初级阶段,在构建网络模型中还可考虑聚集中心度选取朋友圈中心点,使得模拟结果更加精准。

## 参考文献

- 1 中国互联网信息中心. 第 37 次中国互联网络发展状况统计报告. <http://www.askci.com/news/chanye/2016/01/22/141430ekou.shtml>. [2016-01-22].
- 2 徐丽, 张扬. 国内微信研究现状综述. 科技传播, 2015, (3): 151-153.
- 3 张亚婷. 微信朋友圈的话语传播机制分析. 重庆邮电大学学报(社会科学版), 2014, 26(5): 124-128.
- 4 方兴东, 石现升, 张笑容, 等. 微信传播机制与治理问题研究. 现代传播, 2013, 35(6): 122-127.
- 5 蔡立媛, 张金海. 蝴蝶效应: 微信谣言的传播机制. 当代传播, 2015, (6): 72-75.
- 6 陶立秋. 改进的 Apriori 算法在微信热点分析中的应用研究[硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2015.
- 7 王小立. 智能多 Agent 网络的微信信息传播仿真研究. 现代图书情报技术, 2015, 31(6): 85-92. [doi: 10.11925/infotech.1003-3513.2015.06.13]
- 8 梁阔洋. 基于改进遗传算法的支持向量机微信垃圾文章识别. 计算技术与自动化, 2015, 34(4): 137-141.
- 9 Guo DW, Chen J, Zou Y, et al. Evolutionary characteristics of public opinion spread in social networks. Proc. of the 5th International Conference on Computer Research and Development. Ho Chi Minh City, Vietnam. 2013.
- 10 Zinoviev D, Duong V, Zhang H. A game theoretical approach to modeling information dissemination in social networks. Proc. of the 14th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics. Orlando, USA. 2010, 1. 407-412.
- 11 Moreno Y, Nekovee M, Pacheco AF. Dynamics of rumor spreading in complex networks. Physical Review E, 2004, 69(6): 066130. [doi: 10.1103/PhysRevE.69.066130]
- 12 Hegselmann R, Krause U. Opinion dynamics and bounded confidence models, analysis, and simulation. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2002, 5(3): 1-33.
- 13 Weisbuch G. Bounded confidence and social networks. The European Physical Journal B, 2004, 38(2): 339-343. [doi: 10.1140/epjb/e2004-00126-9]
- 14 Lorenz J. Consensus strikes back in the Hegselmann-Krause model of continuous opinion dynamics under bounded confidence. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2006, 9(1): 8-22.