

# 基于模糊规则的元胞自动机网络 舆论传播模型研究\*

戴建华 杭家蓓

(南京理工大学经济管理学院 南京 210094)

**摘要** 针对现实生活中人们获得信息的模糊性,在传统元胞自动机模型的基础上加入模糊推理的思想,并引入观点倾向度和倔强度两个模糊变量,提出了模糊规则下网络舆论的元胞自动机传播模型,最后仿真分析了网络舆论形成中个体观点的演化过程。仿真结果表明,群体在经过讨论后,群体中持中立态度的人会逐渐减少,持极端态度的人会逐渐增加,形成“群体极化”;另外,舆论的形成往往在交流初期,即一旦群体间产生信息交换,就很可能发生意见的“群体极化”,因此对于网络舆论的引导必须在早期。

**关键词** 网络舆论 元胞自动机 模糊规则 计算机仿真

**中图分类号** C934

**文献标识码** A

**文章编号** 1002-1965(2012)07-0016-05

## Research on Propagation of Network Public Opinion Based on Fuzzy Cellular Automata

DAI Jianhua HANG Jiabei

(Institute of Economics & Management, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094)

**Abstract** Considering the ambiguity of public opinion, the paper blends fuzzy rules into the traditional model of CA. Firstly, by introducing two fuzzy variables, degree of view tendency and firmness, the model of fuzzy CA regarding network public opinion is proposed emphatically. Then, the evolution of individual view in the process of forming on public opinion is analyzed by MATLAB, disclosing that neutral group of people will gradually decrease, while those who hold extreme attitudes will gradually increase. Moreover, the simulation results also show that the formation of public opinion often takes place in the early stage of information exchange, in other words, once the exchange of information among groups occurs, opinion about "group polarization" is probably there to appear, and we can come to the conclusion that it's better to guide public opinion at the early stage.

**Key words** Network Public Opinion Cellular Automata Fuzzy Rules Computer Simulation

### 0 引言

网络因其开放性、及时性、互动性等特点,为大众提供了一个自由表达意愿的平台,但是由于其匿名性、随意性等特点,使得网络舆论对推动公共事务与公共决策的进一步开展也有不良影响,引起政府以及学者们的广泛关注。目前已经有学者对该问题做出了大量研究<sup>[1-4]</sup>,但是大都是从传播学、社会学以及心理学等角度展开,对网络本身以及上网人群的特点进行研究,分析手段也以定性居多。

元胞自动机自冯·诺依曼在1950年为模拟生物细胞的自我复制而提出以来,为动力学系统理论中有

关秩序、混沌、非对称、分形等系统整体行为及复杂现象的研究提供了一个有效的模型基础,成为近年来探索非线性复杂系统的有力工具。网络舆论传播,从人类复杂的心理因素、社会背景、文化素质、个人经历等诸多方面来看,它都是一个典型的社会复杂系统的演化过程,可以看成是复杂网络理论在真实社会中的具体应用,因此也有一些文章试图以元胞自动机为工具展开定量研究,取得了一些成果<sup>[5-6]</sup>,但是现实生活中人们获得的信息往往是不精确的,或事实本身就是模糊而不能完全确定的,目前所用的传统元胞自动机模型基于经典集合论的缺点给研究带来一定的局限性,因此本文试图引入模糊数学的思想,把信息的模糊性

考虑到元胞自动机的演化过程中,试图使网络舆论的研究更具真实性和可信性。

## 1 元胞自动机的结构及演变规律

元胞自动机(Cellular Automata, CA)是定义在一个具有离散、有限状态的元胞组成的元胞空间上,并按照一定的局部规则,在离散的时间维上演化的动力学系统。元胞自动机最基本的组成部分包括元胞(Cell)、元胞空间(Lattice)、邻居(Neighbor)及演变规则(Rule)。

### a. 元胞(Cell)

元胞又称为单元,或基元,是元胞自动机最基本的组成部分。元胞分布在离散的一维、二维或多维的空间的晶格点上,具有离散有限的状态,状态可以是 $[0, 1]$ 的二进制形式,或是

$\{S_0, S_1, S_2, \dots, S_k\}$  整数形式的离散集。

### b. 元胞空间(Lattice)

元胞空间是元胞所分布的空间网点集合,其网点可有多种形式,例如二维元胞可以按三角、四方或六边形等网格排列。

### c. 邻居(Neighbor)

在传统的二维元胞自动机中,通常以半径  $r$  来确定邻居,距离一个  $r$  内的所有元胞均被认为是该元胞的邻居,模型设计可按四领域、八领域或扩展领域来确定,如图1所示。

### d. 演变规则(Rule)

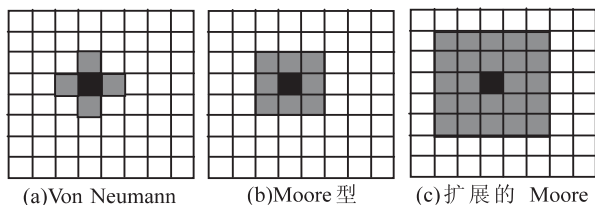


图1 元胞自动机的邻居模型

演变规则是指根据元胞当前的状态及其邻居的状况确定下一时刻元胞状态的动力学函数,通常可以写为:

$$S_i(t+1) = f(S_{i-r}, S_{i-r+1}, \dots, S_i, \dots, S_{i+r-1}, S_{i+r})$$

其中  $S_i(t+1)$  表示第  $i$  个元胞在  $t+1$  时刻的状态,  $f$  为元胞自动机的局部映射或局部规则。在元胞空间中采用这个局部规则对其结构中的“元胞”重复修改<sup>[7]</sup>。

## 2 模糊规则简介

2.1 引入模糊规则的原因 传统元胞自动机模型中,元胞自动机的状态一般只有两个或者三个,如:

$(1, -1)$  或者  $(1, 0, -1)$ , 按照演化规则逻辑推理后,得到的结论也是一个离散的整数值。然而在现实

生活中,人们获得的信息往往是含糊不精确的,或者说事实本身就是模糊而不确定的,如果按照传统元胞自动机的思想来解决问题,遇到一些不能明确定义状态值的变量,可能会显得牵强,得到的结论一般也不很符合实际情况。例如,网民意见表述时一般很少会是非常坚决的支持(如:“1”)或反对(如:“-1”),而往往用“赞成的程度是多少”、“反对的程度是多少”来表述可能更符合现实,因此,本文拟在传统元胞自动机的基础上引入模糊规则,使分析的前提以及得到的结论更贴近现实。

2.2 模糊规则的推理步骤 在人的思维中,推理过程常常是近似的,因此用模糊规则来解决一些只可能获得模糊值的问题更符合实际情况。从不精确的前提集中得出可能的不精确结论的推理过程,称模糊推理,又称近似推理<sup>[8]</sup>。实质上是按照给定的推理模式,通过模糊集合模糊关系的合成来得到一个不具备精确数值的结论。模糊规则的推理过程主要有以下四个步骤:

2.2.1 输入变量的模糊化。由问题的背景确定输入变量,可以定义这些变量大小程度的模糊语言,或称为模糊变量,使其作为模糊集的划分。这些模糊集的隶属函数通常选取比较接近人的认识和判断模糊事物习惯的一些模糊分布,如正态性分布、岭型分布、梯形分布、三角形分布等等。

2.2.2 建立模糊规则。模糊规则一般用“如果……则”的语法形式来表示模糊系统的输入和输出的关系,即:如果  $x$  是  $A$ , 则  $y$  是  $B$ 。其中  $A$  和  $B$  分别是论域  $X$  和  $Y$  上的模糊集合定义的语言值。通常称“ $x$  是  $A$ ”为前提,“ $y$  是  $B$ ”为结论。

2.2.3 进行模糊推理。Mamdani 法是一种比较经典的模糊推理法则,其本质是一种合成推理方法,只不过对模糊蕴含关系取不同的形式而已。Mamdani 模糊蕴含关系  $A \rightarrow B$  用  $A$  和  $B$  的直积表示,即:  $A \rightarrow B = A \times B$ , 有如下推理过程:

已知模糊蕴含关系  $A \rightarrow B$  的关系矩阵,对给定的  $A^*, A^* \in U$ , 可推得结论  $B^* \in V$ , 且  $B^*$  为:  $B^* = \sup_{u \in U} \{A^*(u) \wedge (A(u) \wedge B(v))\}$

2.2.4 输出变量的反模糊化。经过以上模糊推理所得到的的是一个模糊子集、模糊量值或模糊语言,而需要的往往是一个精确数值,于是要求比较合理地将这一输出模糊量转换(或映射)成一个确定的数值,一般采用重心法或加权平均法,本文采用重心法。

## 3 模糊元胞自动机在网络舆论群体极化研究中的应用

3.1 模型假设 拟构建的模糊元胞自动机模型建

立在  $N \times N$  的二维四方格子上,每个格子代表一个舆论主体,每个主体对即将决策的问题持三种倾向性态度:“赞成”、“中立”、“反对”之一。

3.1.1 模糊推理过程的设计。现有关于网络舆论的元胞自动机模型中,元胞的状态一般为两个或者三个离散值,如:  $(1, -1)$  或者  $(1, 0, -1)$ , 基于上述 2.1 的分析,网民的意见可能是模糊、不明确的,因此本文对元胞的状态描述不再是离散的两、三个点,而是一个可以连续变化的量(即可以取某个区间内的任意值),设计时采用模糊变量来描述。

a. 输入变量。元胞的状态因为各种外界和自身原因的影响可能会取任意值,在这里我们考虑两个原因:观点倾向度( $T$ )和个人倔强度( $S$ )。

①观点倾向度( $T$ )。由于每个个体有自身的利益,个人性格、知识背景等也都不同,对于问题的看法或赞成或反对的程度也会有所不同,因此引入观点倾向度这一模糊变量,记为  $T(i, j)$ 。定义观点倾向度这一输入变量有三个模糊子集:赞成、中立和反对,它们的隶属函数如图 2 所示。

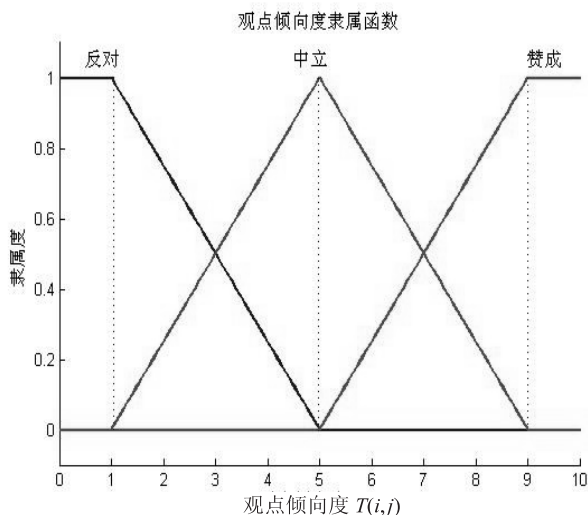


图2 观点倾向度隶属函数

②个人倔强度( $S$ )。在实际的舆论传播中,每个个体除了各自观点不同,各自的个性也有差异<sup>[9-10]</sup>,从众者比较容易改变自己的态度而跟随大多数人的态度,态度固执者不会轻易改变自己的态度,态度坚定者几乎不会改变自己的态度,为了描述一个人在与邻近人员的相互作用中改变所持有的态度的难易程度,从而体现人员的个性,引入倔强度  $S(i, j)$  这一变量,该变量也有三个模糊集:从众者、固执者、坚定者,他们的隶属函数如图 3 所示。

b. 输出变量。模糊推理系统的输出变量是元胞意见在下一时刻会发生变化的概率(可能性),这里我们称为改变概率( $P(i, j)$ ),根据每个人的观点倾向度( $T(i, j)$ )和个人倔强度( $S(i, j)$ )可以确定下一时刻

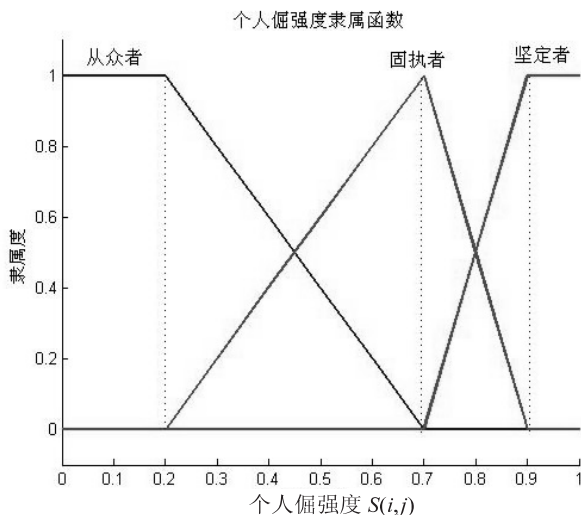


图3 个人倔强度隶属函数

元胞状态发生改变的概率。即:  $P(i, j) = F(T(i, j), S(i, j))$ ,  $F$  的映射规则如图 4。

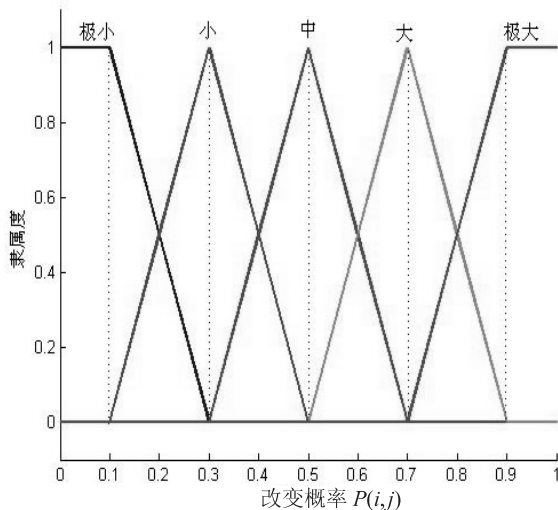


图4 改变概率  $P$  隶属函数

c. 模糊推理规则。根据对于舆论传播特点的分析,制定如下模糊推理规则的几点假设,以便 MATLAB 工具箱的仿真实现:

①个体如果拥有明确的观点倾向性,在群体中就越难受到周围人的影响,观点发生改变的概率就越小。反之,个体本身如果没有很明确的观点倾向,处于中立状态,那么他的观点就很容易受到周围人的影响而发生改变,其意见改变的概率就会比较高;

②个体如果本身具有较高的倔强度,如属于坚定者,那么他在群体中就越难受到周围人的影响,观点发生改变的概率就越小。反之如果个体本身的倔强度比较低,属于从众者,那么他的观点就很容易受到周围人的影响而发生改变,其意见改变的概率就会比较高。

具体的模糊推理规则如下:

如果观点倾向为赞成或反对,并且是坚定者,则观点改变的概率极小;



如果观点倾向为中立,并且是坚定者,则观点改变的概率为小;

如果观点倾向为赞成或反对,并且是固执者,则观点改变的概率为小;

如果观点倾向为中立,并且是固执者,则观点改变的概率为中;

如果观点倾向为赞成或反对,并且是从众者,则观点改变的概率为大;

如果观点倾向为中立,并且是从众者,则观点改变的概率极大。

d. 输出变量反模糊化。利用 Matlab 的模糊工具箱对其进行处理,运用重心法对输出变量进行反模糊化,得出相应时刻个体观点发生转变的概率  $P$ 。图 5 显示了模糊推理过程。

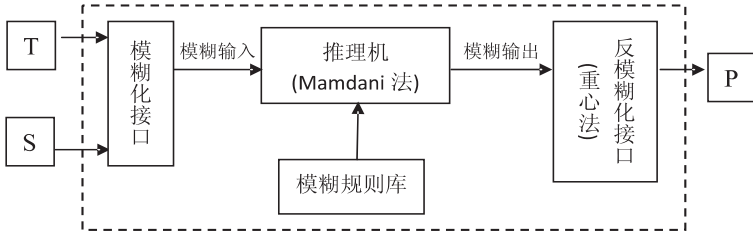


图 5 模糊推理过程示意图

3.1.2 元胞演化过程。处于中间位置的元胞,在群体决策时他将受到周围邻居的影响,假设个体的观点倾向度只会受到半径为 1 邻居的影响,即邻居形式为 Moore 型(如图 1(b))。

经分析现实中网络论坛的讨论情况后发发现:那些发表观点的网民往往是拥有明确观点倾向的人,例如,持有绝对赞成意见的邻居会极力说服中间元胞个体将观点转向赞成,同样的,绝对反对的也会比较热衷于说服他人与他一起发表反对意见;反之,观点处于中立的人往往不会在群体中发表意见,处于沉默状态。即:在网络中积极发表观点的往往都是具有明确意见倾向的,只有明确的意见倾向才会有强烈的表达欲望,比如在论坛中不断发帖和跟帖。而那些持中立态度的人往往处于沉默或者观望状态,所以我们在设定观点演化规则的时候给每个个体设置一个影响权重  $W$  来表示每一个元胞对周围元胞影响的大小,影响权重  $W$  与个体的观点倾向度  $T$  之间存在以下线性关系:

$$W = \begin{cases} 5 - T, 0 \leq T \leq 5 \\ T - 5, 5 < T \leq 10 \end{cases} \quad (1)$$

根据上式,当  $T = 5$  时,也就是当个体的观点处于绝对中立的时候,  $W = 0$ ,对周围的邻居没有影响力,观点倾向性越明显,对其他人产生的影响就越大。元胞下一时刻的倾向性会根据下式进行改变:

$$T_{sum}(t) = W_{ij}(t) \times T_{ij}(t) + W_{i-1,j-1}(t) \times T_{i-1,j-1}(t) + W_{i-1,j}(t) \times T_{i-1,j}(t) + W_{i-1,j+1}(t) \times T_{i-1,j+1}(t) + W_{i,j-1}(t)$$

$$\times T_{i,j-1}(t) + W_{i,j+1}(t) \times T_{i,j+1}(t) + W_{i+1,j-1}(t) \times T_{i+1,j-1}(t) + W_{i+1,j}(t) \times T_{i+1,j}(t) + W_{i+1,j+1}(t) \times T_{i+1,j+1}(t) \quad (2)$$

$$W_{sum}(t) = W_{ij}(t) + W_{i-1,j-1}(t) + W_{i-1,j}(t) + W_{i-1,j+1}(t) + W_{i,j-1}(t) + W_{i,j+1}(t) + W_{i+1,j-1}(t) + W_{i+1,j}(t) + W_{i+1,j+1}(t) \quad (3)$$

$$T_{i,j}(t+1) = \frac{T_{sum}(t)}{W_{sum}(t)} \quad (4)$$

其中,  $T_{sum}(t)$ :  $t$  时刻,元胞本身以及周围 8 个邻居对应的意见倾向性  $T$  分别乘以其对应的影响权重  $W$  后相加得到的总和;

$W_{sum}(t)$ :  $t$  时刻,元胞本身以及周围 8 个邻居的影响权重之和;

$T_{i,j}(t+1)$ :  $t+1$  时刻,周围邻居对元胞倾向意见影响的综合值。

假定每一个元胞所代表的个体在每一步发生转变的概率为以上模糊工具箱计算出来的概率  $P$ 。则元胞下一步的观点为:

$$T_{i,j}(t+1) \cdot P \quad (5)$$

### 3.2 仿真结果及分析

3.2.1 仿真结果演示。本文采用 Matlab7.0 来模拟意见演化过程,具体步骤为:

- 建立一个  $128 \times 128$  的元胞空间;
- 计算机随机赋给每一个元胞关于  $T$  (0 到 10 之间) 和  $S$  (0 到 1 之间) 的初始值;
- 利用 Matlab7.0 中的模糊工具箱建立模糊规则,将  $T$  和  $S$  作为模糊工具箱的输入,得到相应的意见转变概率  $P$ ;

d. 按照上文制定的演化规则进行观察,为了方便 MATLAB 结果显示时更清晰,设定:  $T < 3$  时,该元胞持有反对态度;  $3 \leq T \leq 7$  时认为该元胞持有中立的态度;  $T > 7$  时认为该元胞持赞成的态度。经过一段时间演化,图形呈现图 6 所示的变化。

#### 3.2.2 结果分析。

a. 网络舆论的形成。由图 7 可以看到:在初始值随意给定的条件下,经过一段时间的演变,每一个元胞所代表的个体观点发生了相应的改变——相同颜色的元胞渐渐聚集到一起,即具有相同或相似意见的人会在经过一系列的讨论之后聚集到一起,最后形成不同的意见群,体现了“人以类聚,物以群分”的社会现实。映射到网络社群中,网民上网浏览信息,并与其他人交流,个体的信息得到有效互动,持有相同意见的个体会渐渐聚集到一起,形成“网络舆论”。

b. “群体极化”的形成。我们分别统计了演变过程中持反对、中立和赞成的元胞占总数的比例,在初始

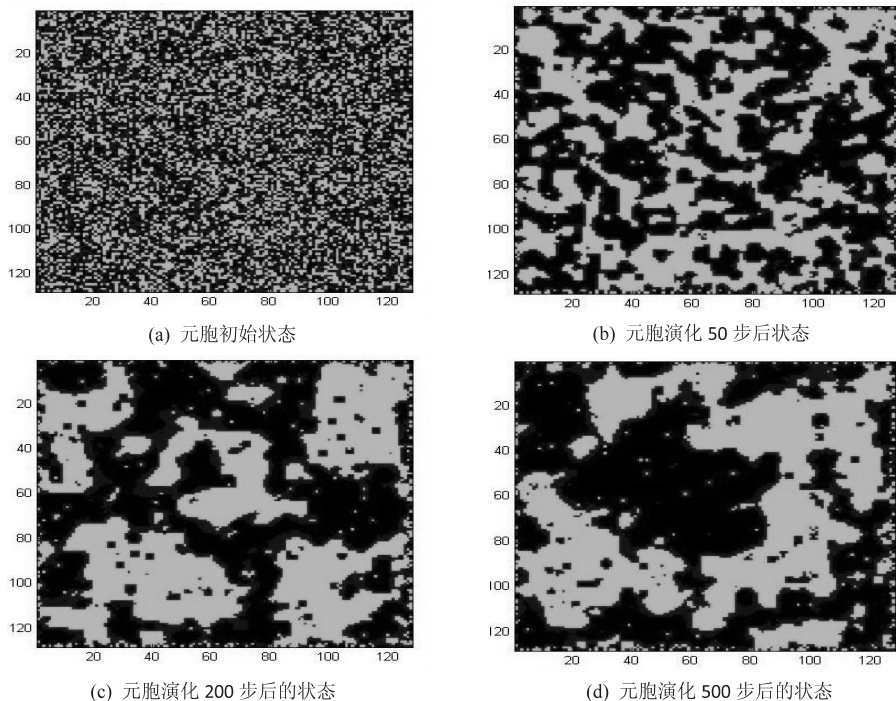


图6 元胞状态演化过程的 MATLAB 仿真

时刻,反对、中立、赞成的人数基本一致,都约占总数的1/3,由于初始时刻的状态是由计算机随机赋值的,所以每一次运行的初始值不同,在运行相同的时步后会产生不同的结果,多次试验(如图7)后可以看出,经过一段时间的交流后,由持反对意见以及持赞成意见的个体在演化过程中逐渐聚集成群,形成群体意见,而持中立观点的个体出现在群体边缘,并且有逐渐减少的趋势,持赞成或者反对观点的人开始占大多数,映射到现实中表现为持中立观点的个体在经过群体的讨论后逐渐形成意见倾向,群体意见有向两端极化的趋势。

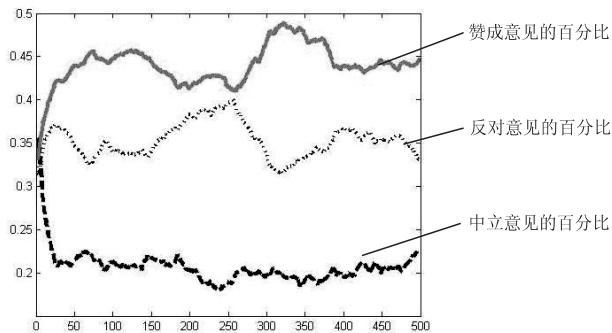


图7 演化过程中各状态占总数的比例变化曲线

#### 4 小结

本文针对当下很普遍的网络舆论传播过程中的“群体极化”现象展开研究,结合模糊推理和元胞自动机构建了一个基于模糊规则的元胞自动机网络舆论传

播模型,并用 MATLAB 软件做了相应的计算机仿真实验,分析了“群体极化”的形成和演变规律,我们发现:舆论的形成往往在交流初期,即一旦群体间产生交流,就很有可能发生意见向极端方向的转变,而且极端的意见一旦形成就很难再发生改变,所以对于网络舆论的引导必须进行在早期,才能得到较好的效果。从直观上说,在网络民意畅所欲言的初期如果加入适当的引导等同于有意识地培植了意见领袖,他们具有极强的个人意见倾向度和倔强度,往往更善于说理和雄

辩,能对周围邻居的意见起到较大影响,其结果是可以帮助论坛管理者抵制不良帖子的欺骗和攻击,有效地抑制谣言的传播,使舆论朝着公平、理性的方向发展。

#### 参考文献

- [1] 资源网. 2009 年互联网舆情分析报告 [EB/OL]. [http://www.lrn.cn/booksollection/reports/201001/t20100111\\_451718.htm](http://www.lrn.cn/booksollection/reports/201001/t20100111_451718.htm)
- [2] Moscovici S, Zavalloni M. The Group as a Polarizer of Attitudes [J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1969 (12): 125-135
- [3] Myers D G, Lamm H. The Group Polarization Phenomenon [J]. Psychological Bulletin, 1976 (83): 602-627
- [4] Sanders G S, Baron R S. Is Aocial Comparison Irrelevant for Producing Choice Shifts [J]. Journal of Experimental Social Psychology, 1977 (13): 303-314
- [5] 方 薇, 何留进, 孙 凯, 等. 采用元胞自动机的网络舆情传播模型研究 [J]. 计算机应用, 2010, 30 (3): 751-755
- [6] 肖海林, 邓敏艺, 孔令江等. 元胞自动机舆论模型中人员移动对传播的影响 [J]. 系统工程学报, 2005, 20 (3): 225-231
- [7] 王仲君等. 元胞自动机的演化行为研究 [J]. 计算机应用研究, 2007, 24 (8): 38-41
- [8] 柴圆圆. 普适的模糊推理系统理论及应用 [D]. 北京: 北京交通大学, 2010
- [9] 吴青峰, 孔令江, 刘慕仁. 元胞自动机舆论传播模型中人员个性的影响 [J]. 广西师范大学学报: 自然科学版, 2004, 22 (4): 5-9
- [10] 李兰瑛. 基于 CA 的网络舆论传播因素的研究 [J]. 科学技术与工程, 2008, 22 (8): 6179-6183

(责编:白燕琼)