

# 外生变量和非正社会影响推动群体观点极化<sup>①</sup>

李振鹏<sup>1,2</sup>, 唐锡晋<sup>2</sup>

(1. 大理学院数学与计算机学院统计系, 大理 671003;

2. 中国科学院数学与系统科学研究院系统科学研究所, 北京 100190)

**摘要:** 观点动向是群体行为研究的重要方面. 群体的整体观点在个体间互动并在系统外因素共同影响下演化为不同模式. 依据社会认同理论, 给出了具体的3种社会影响, 并在 Hopfield 网络模型中引入了三元组关系结构. 模型仿真证实了群体外生变量的干涉和负社会影响是推动群体观点极化的主要因素. 群体观点极化是社会影响和结构平衡共同作用的结果. 从结构平衡理论角度出发揭示了网络全局稳定极化模式与局部结构平衡的关系.

**关键词:** 社会影响; 观点极化; Hopfield 网络; 社会认同; 结构平衡

**中图分类号:** C936; N945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2013)03-0073-09

## 0 引言

一般认为群体动向的研究可追溯到 Le Bon<sup>[1]</sup> 作品中对人类群体非理性行为的描述. 社会学家和社会心理学家做了大量实证研究, 主要包括: 群体共识<sup>[2]</sup>、群体极化<sup>[3]</sup>、少数派影响和社会影响模型<sup>[4-6]</sup>. 群体观点的动向是人类集群行为研究的重要方面, 主要研究因个体之间的决策影响和外界公共信息的干涉, 以及群体对某些特定事件所持不同观点的形成 (formation) 和演化 (evolution) 等现象. 群体观点在某些阶段会出现一致/共识 (consensus)、极化 (polarization) 和多样性 (diversity) 等不同演化结果. 观点动向的研究从一开始就渗透到社会学、社会心理学、行为经济学、管理学、社会物理学等诸多领域. 进入互联网时代, Twitter, Facebook, 新浪微博等 Web2.0 社交传媒工具真实记录了各种观点/行为, 有助于快速捕获观点动向等人类群体行为, 这为观点动向理论和实证研究带来新的机遇和挑战. 基于 Web 的观点挖掘、情感分析、推荐系统和社交网络分析

等成为当今计算机应用领域最活跃的研究方向之一. 观点动力学研究按量化表达可分为: 离散型、连续型和向量型; 按模型主要分为: 投票模型<sup>[7]</sup>、局部绝大多数模型<sup>[8]</sup>、有界置信模型<sup>[9,10]</sup> 以及统计物理中的 Ising 模型、随机场和粒子模型等. 上述模型的观点演化机制主要包括 3 种: 确定观点量化表达方式、确定观点演化拓扑结构和局部交互机制设计. 虽然上述数学物理模型能够描述观点动向的过程和结果, 但多数模型仅从本学科角度出发, 极少关注现实世界中群体观点的形成、传播及演化机制, 或忽略其相关社会机理<sup>[11]</sup>.

## 1 结构平衡和三类社会影响

本节依据社会认同理论将社会影响具体划分为 3 类.

### 1.1 结构平衡

社会学中的结构平衡理论 (structure balance) 认为某些社会网络关系比其他社会网络关系更为

① 收稿日期: 2011-05-28; 修订日期: 2012-12-20.

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2010CB731405); 国家自然科学基金资助项目 (71171187).

作者简介: 李振鹏 (1976), 男, 辽宁抚顺人, 博士, 讲师. Email: lizhenpeng@amss.ac.cn

常见和稳定. 该理论主要研究3人间的友好和敌对关系, 认为我敌人的朋友是我的敌人的社会关系比我朋友的朋友是我敌人更为常见, 也更稳定<sup>[12,13]</sup>. 三元组的社会结构平衡关系示意图1所示. 理论和实证研究都表明, 个体在发展其社交关系时, 趋向于避免容易产生压力的关系, 以形成更稳定的社会网络. 例如 Leskovec 等<sup>[14]</sup>根据 Epinions、Slashdot、Wikipedia 等3个社交网站的实证数据研究得出这些在线的人际关系形成仍遵循经典社会学中的结构平衡理论, 并可运用其去推断和估计未知的观点、态度.

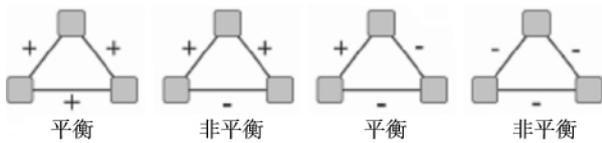


图1 三元组间的结构平衡和非平衡关系<sup>[13]</sup>

Fig. 1 Triads structure relations<sup>[13]</sup>

Holland 和 Leinhardt<sup>[15]</sup>在互惠关系 (mutual reciprocity) 非对称关系 (asymmetry relation) 和无关系 (non-relationship) 3种基本的两个体关系 (二元组) 结构基础之上组合出了16种三个体间关系, 即三元组社会交互结构, 并作编码, 如图2所示. 编码300 (包含3个互惠关系) 的三元组社会交互关系对应了图1中的三元组结构. 复杂的社交结构由二元组及三元组结构构成, 这些结构是分析社会网络关系的基础, 在社会关系结构研究具有重要意义<sup>[15-18]</sup>.

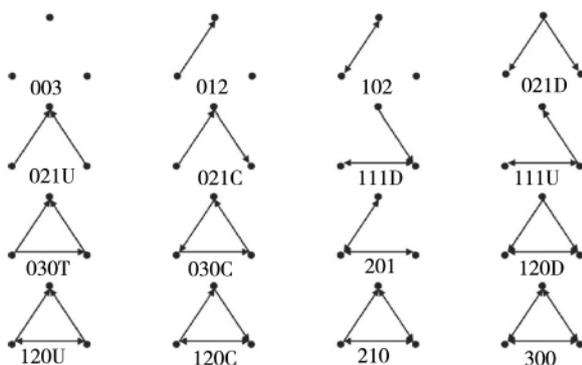


图2 三元组人际交互关系结构的16种划分<sup>[14]</sup>

Fig. 2 16 types of triads<sup>[14]</sup>

### 1.2 三种社会影响

社会影响是指在与他人交互作用下, 个体的思想、情感和行为发生变化的现象. 社会影响是普遍的社会心理现象. 例如, 由于社会影响作用

产生的社会压力会使个体在认知、判断、信念与行为等方面与群体中大多数保持一致, 即产生从众效应. Latane<sup>[5]</sup>给出的社会影响理论指出, 他人存在对个体行为会产生积极或消极的影响, 该理论认为他人对个体总的影晌取决于他人 (影响源) 的3个属性: 数量、强度和直接性 (immediacy).

另一方面, 一个社会群体因不同的信仰、文化情感和价值取向可分化成不同的子群体, 子群体中的个体认同他属于特定的社会子群, 同时也认识到作为子群体成员带给他的情感和价值意义. Tajfel<sup>[19]</sup>提出的社会认同理论认为, 社会成员的这种共同拥有的信仰、价值和行动取向, 本质上是一种集体观念. 与利益联系相比, 注重归属感的社会认同更加具有稳定性. 依据社会认同理论, 可以将社会影响细化为3类: 正影响 (“+”), 负影响 (“-”), 中性影响 (“0”).

正影响是指同一子群内个体间的同质影响, 如“羊群效应”或“信息阶流”. 由于子群成员有共同的行动和价值取向, 群体决策容易达到共识. 负影响是指不同子群内 (特别是具有冲突和异质性明显的不同子群) 的个体面对群体决策的相互影响, 称之为负影响是指面对决策来自不同子群体内的个体, 即使最初可能会有共识存在, 也会走向对立. 中性影响是指一类无明确立场观点的态度, 持有这种态度者对决策问题保持观望, 或持漠不关心的“游离态”. 一种解释是持有这种态度者没有找到自己所认同群体正处于观望状态, 或者是群体中的决策个体表现出社会惰性 (social loafing)<sup>[20]</sup>, 而他们的这种无立场态度可能影响其他个体的决策.

在社会群体中, 每个个体都逃离不了这种来自于他人的社会影响, 可通过引入连接权重  $I_{ij} = \{+1, -1, 0\}$  来表示在社会网络拓扑上个体间的3种社会影响, 这里称  $I = [I_{ij}]_{N \times N}$  为社会影响矩阵<sup>[4]</sup>.  $I$  是一个非对称矩阵,  $I_{ij} = +1$  表示  $j$  对  $i$  有正影响,  $I_{ji} = -1$  表示  $i$  对  $j$  有负影响,  $I_{ij} = 0$  表示  $j$  对  $i$  无社会影响.  $I$  描述了社会网络中二元组结构 (两两间) 的影响关系. 社会影响理论认为社会网络中任一个体都选择与自己相似的个体进行交往, 即使以很小的初始相似度, 互相交往的过程会增加相似个体之间交互可能性, 并增加相似度. Latane<sup>[21]</sup> 提出以上的过程会持续地强化, 直到所

有参与交互个体收敛到一致的状态,这时会出现全局的分化. 如果子群之间存在着无法超越的障碍,结果是局部的收敛导致出现全局的分化,由于全局分化妨碍交互并产生了结构洞(structural holes)<sup>[22]</sup>的保护,使得存在稳定的小子群(subcultures)成为可能<sup>[23, 24]</sup>. 有相当的研究,特别是源于统计物理的复杂网络学派基于不同的网络拓扑结构和随机噪声研究观点传播(亦可理解为群体决策行为),如文献[25]基于社会影响模型的仿真研究表明,不同网络拓扑结构和有无噪声对群体观点演化结果有重要影响. 但该文所述的社会影响是关于时间 $t$ 的随机变量,服从 $[0, 1]$ 上的均匀分布,可视为非负的影响,且没有讨论关于该影响的累加变化情形. 此类研究主要考察网络拓扑结构对观点传播影响,与社会学领域主流学派讨论各种具体局部社会结构(如二元组、三元组结构)与群体宏观决策模式联系的研究关注点有明显不同.

## 2 群体极化的 Hopfield 网络模型

2002年11月7~9日围绕“9.11”后应对反恐而汇聚各种观点与方法的动态社会网络建模与分析研讨会,作为美国国家研究委员会的活动之一在美国首都华盛顿召开. 康奈尔大学社会学家 Macy 教授在会上报告了基于 Hopfield 网络模型研究按同质吸引、异质排斥,及两两间(二元组结构)连续连接权重机制下群体分化现象<sup>[26]</sup>. 他们发现调整模型中的参数,群体中的个体在没有社会认同条件下可以自组织地分化为单极、两极和多极化.

### 2.1 二元组结构关系下的 Hopfield 网络模型

Macy 等给出的二元组结构关系下的群体极化 Hopfield 网络模型由以下公式所描述

$$P_{is} = \frac{\sum_{j=1}^N I_{ij} s_j}{N-1}, j \neq i \quad (1)$$

式中  $-1 \leq I_{ij} \leq +1$  表示  $j$  对  $i$  在二元组结构上的社会影响权重.  $s_j = +1$  表示  $j$  支持某观点,  $s_j = -1$  表示  $j$  反对某观点,  $N$  为群体大小. 式(1)计算个体  $i$  所受到来自群体中其他个体的社会压力在二元组结构上的累积,以  $P_{is}$  来表示.

考虑群体决策过程受到系统外的干涉,下式给出了面对  $K$  个观点决策,并加入群体外摄动影响条件下个体  $i$  所受到的来自群体内其他个体的 logistic 形式累积社会压力.

$$\pi_{is} = \frac{v_s}{1 + e^{-K P_{is}}} + (1 - v_s) X_i \quad (2)$$

式中  $v_s \in [0, 1]$  是可调参数,  $v_s = 1$  表示所受的压力全来自群体内部;  $X_i$  表示外因影响. 给定阈值  $\pi_{\text{thresh}} = 0.5 + \varepsilon \chi$ , 当  $\pi_{is} > \pi_{\text{thresh}}$  时他将接受  $s_j = +1$ , 反之将接受  $s_j = -1$  观点. 这里  $\varepsilon$  为 Harsanyi 平滑最优反应参数,  $\chi$  是一个取自  $(-0.5, 0.5)$  之间的随机数. 由于个体的观点状态动向变化反过来也会影响社会影响矩阵变化,这种更新由下式来描述

$$I_{ij}(t+1) = I_{ij}(t)(1 - \lambda_2) + \frac{\lambda_2}{K} \sum_{k=1}^K s_{jk}(t) s_{ik}(t), j \neq i \quad (3)$$

式中  $\lambda_2 \in (0, 1)$  称为二元组结构上的社会影响进化参数.

Li 和 Tang<sup>[27]</sup> 在考虑群体中个体间具有社会认同前提下,应用此模型将连续的网络连接权重凝练为具体的 3 种离散社会影响  $\{+1, -1, 0\}$  情形,并研究了群体观点动向极化现象. 他们发现若无群体外因素干涉,引入不同子群体间的负社会影响后群体观点会收敛到两极的稳定平衡状态. 将 3 类混合影响引入经典的投票模型(voter model),仍然得到了群体对二元观点的选择会收敛到两极的稳定平衡状态<sup>[28]</sup>.

以上模型仅考虑了个体间在群体决策中的相互影响和社会压力关系,即个体决策的压力来自二元组结构上的社会影响累积. 从社会微观结构角度分析,两两间连接关系仅仅代表了人际交互影响的二元组关系结构(无影响关系,相互影响,单向影响). 三元组作为基本的人际交互关系结构一直被社会学家所关注,如 Wasserman 和 Faust<sup>[29]</sup> 用基本的三元组结构定义了全局网络集聚系数(global clustering coefficient), Watts 和 Strogatz<sup>[30]</sup> 用三元组结构定义了网络局部集聚系数(local clustering coefficient). 但在 Macy 等的模型中并未考虑三元组.

### 2.2 包含三元组结构关系的 Hopfield 网络模型

为了研究三元组结构关系对群体观点极化状

态的影响,在二元结构基础上考虑三元组结构关系上所产生的社会压力.为此,在式(1)中加入另一项

$$2 \sum_{j \neq m \neq i=1}^N \frac{I_{ijm} S_j S_m}{(N-1)(N-2)}, j \neq i$$

式中  $I_{ijm} = \{+1, 0, -1\}$  表示固定  $i$  后从  $N-1$  个个体中任取两个个体  $j, m$  对  $i$  在二元结构上的社会影响权重.需要说明的是,它不能简单理解为两两间( $j$ 对 $i, m$ 对 $i$ )的影响权重之和,而是在三元组或“三角形”这种特定结构上  $j, m$  同时对  $i$  产生的联合影响(一般而言,在三角形结构中不能认为  $j$  对  $i, m$  对  $i$  之间的影响关系独立).加入三元组结构的群体极化模型可以更好地反应群体决策中人际交互影响关系,进而更合理地描述群体观点形成的模式.若仅考虑二元组结构关系则  $i$  的社会压力仅仅依赖其入度  $d_i$  (in-degree).考虑三元组结构关系后,个体  $i$  的社会压力不仅仅依赖其入度(in-degree)  $d_i$ ,还依赖于  $i$  在社会网络中的集聚系数 (clustering coefficient)  $C_i$ .例如 Watts 和 Strogatz<sup>[30]</sup> 用其度量社会网络的小世界特征.这样个体  $i$  的社会压力实际上可看成在  $d_i$  (考虑二元组) 和  $C_i$  (考虑三元组) 这两种结构上的累积. Macy 模型式(1)中个体  $i$  的社会压力仅为在  $d_i$  二元组一种结构上的累积.

由以上论述,考虑三元组结构后个体社会压力由下式计算

$$P_{is} = \frac{\sum_{j=1}^N I_{ij} S_j}{N-1} + \frac{2 \sum_{j \neq m \neq i=1}^N I_{ijm} S_j S_m}{(N-1)(N-2)}, j \neq i \quad (4)$$

此时的  $P_{is}$  意味着面对某观点选择个体  $i$  所受到的来自其他个体与其在二元组、三元组结构上的累积社会压力之和.由于在式(4)中引入了三元组的影响结构,下式给出了对应三元组结构上的社会影响动态变化

$$I_{ijm}(t+1) = I_{ijm}(t)(1-\lambda_3) + \frac{\lambda_3}{K} \sum_{k=1}^K s_{jk}(t) s_{ik}(t) s_{mk}(t), j \neq i \quad (5)$$

式中  $\lambda_3 \in (0, 1)$  称为三元组结构上的社会影响进化参数.

根据式(3)和(5),初始的3种离散社会影响会随着时间步长变化而发生符号改变和连续化,意味着个体间交互影响、调整平衡关系的过程中

二元组、三元组局部社会结构、社会影响符号和社会影响强度动态的改变.值得强调的是与 Macy 的研究不同,引入了社会认同理论后,连续的个体间连接权重赋予了具体的正、负和中性社会影响含义,即  $I_{ijm}, I_{ij} \in \{+1, 0, -1\}$ .这样则赋予了 Hopfield 模型中的个体具有先验自我认知和归属,观点极化是个体在具有自我社会认同、归属条件下,不同群体内外差异和敌对自组织的涌现,更好地描述了社会群体结构由不稳定趋向稳定的动向过程.

以上讨论了加入三元组影响结构后的 Hopfield 网络模型及其社会学含义.下面给出具体的仿真过程步骤.

### 3 模型仿真

仿真过程如下.

步骤1 变量初始化:令  $t = 0$  给定  $v_s, \lambda_2, \lambda_3$  和  $\varepsilon$ .随机初始化每个个体  $i$  的  $K$  维观点,选择状态向量  $s_{ik}(0) \in \{-1, +1\}$  ( $k = 1, \dots, K$ ) 及阈值  $\pi_{\text{thresh}}$ .分别随机产生  $N$  个  $N \times N$  的三元组影响矩阵、一个  $N \times N$  的二元组影响矩阵,相应元素  $I_{ijm}, I_{ij} \in \{+1, 0, -1\}$ ;

步骤2 计算:令  $t = t + 1$  对任意  $i$  计算式(4)、(2)、(3)和(5),若  $\pi_{is} > \pi_{\text{thresh}}$  则

$$s_{ik}(t) = +1$$

否则

$$s_{ik}(t) = -1;$$

步骤3 判别比较:给定任意充分小的  $\delta > 0$ ,若对任意的  $i, j, m, \max(|I_{ij}(t) - I_{ij}(t-1)|, |I_{ijm}(t) - I_{ijm}(t-1)|) < \delta$  成立,则结束,否则转步骤2.

### 4 模拟结果分析

先用 Matlab 计算平台仿真研究包含混合影响关系的群体决策极化模式,然后调用 R 软件包 sna 分析群体观点极化前后的三元组结构分布.

#### 4.1 负社会影响与群体观点极化

因为计算量太大,所以相对于二元组的研究<sup>[27]</sup>,本次仿真计算只选取了  $N = 20$  的情形,并取  $K = 5, \delta = 0.01, \varepsilon = 0.01, \lambda_2 = \lambda_3 = 0.01$ .

图 3 显示 20 个个体对  $K = 5$  个选择观点的随机初始化. 图中行代表个体, 列代表选择的观点, 是个随机生成的  $N \times K$  矩阵, 其中白色像素 +1 表示支持, 黑色像素 -1 表示反对. 例如, 图 3 中最后一行  $[-1, +1, -1, +1, -1]$  代表某个体对 5 个观点的态度分别为 [反对, 支持, 反对, 支持, 反对].



图 3 群体选择状态初始化  
Fig. 3 Initialization of group opinions

10 个单位时间步长后, 图 4 反应了对 5 个观点同时选择决策状态两极化的模式. 此时仅有两类观点选择模式, 一类是  $[+1, +1, +1, +1, +1]$  即 [支持, 支持, 支持, 支持, 支持], 另一类选择模式为  $[-1, -1, -1, -1, -1]$  即 [反对, 反对, 反对, 反对, 反对], 分别称为“白”和“黑”投票模式, 两类投票模式之比接近 1:1. 此时模型中的参数设置分别为  $v_s = 1$  (意味着个体观点选择的因素完全来源于群体内部)  $\lambda = 0.01$  (意味着个体  $t + 1$  时刻的社会影响权重来自其  $t$  时刻固有的, 也来自  $t$  时刻的群体选择状态变化的平均值, 比率为 99:1).

固定以上仿真参数, 对不考虑负的社会影响 (“-”) 情形做仿真, 可发现若不考虑负的社会影响群体观点将趋向于同质的共识或多极化. 而一旦加入了负的社会影响 (即使不考虑 “+”, “0” 影响) 在没有外生因素影响的条件下, 群体观点便会出现两极化. 这表明, 在群体决策中引入负影响关系时同质的稳定共识状态会被打破, 而趋向极化模式.



图 4 群体选择状态两极化 (100 次模拟后的平均结果)  
Fig. 4 Bi-polarization pattern of group opinions  
(We run 100 times for average)

下面, 更进一步观察完全两极化前后的群体社会影响结构变化.

#### 4.2 群体观点极化与局部结构平衡

按 Axelrod 理论, 初始观点相似的个体相互吸引交互, 这一过程又进一步增大了他们之间吸引与交互的可能性. 相似度增加的同时, 依据结构平衡理论, 个体将倾向于保持他们之间的“平衡”关系 (见图 1). Hopfield 模型结合了结构平衡理论中的双符号社会收敛和同质吸引影响反馈两个过程. 群体中每个个体都寻求最小化与其它个体间影响关系的最小“张力” (不一致). 实际上, 这是一个自我强化的吸引影响和排斥分化的动态过程. 具体讲, 群体中任意二元组、三元组间的社会影响将随着两者间的相似度增加而趋向 “+1”, 反之则趋向 “-1”, 而这一过程也将导致 “0” 这类社会影响逐渐消失. 推广到整个网络, 基本的二元结构和三元结构将会导致两个完全敌对互斥的子群体. 需要强调的是这种“按相似吸引强化收敛”的过程是与“结构平衡”共存的, 本文认为群体观点极化是这两个过程共同作用的结果.

由网络初始影响矩阵和极化后的影响矩阵调用 sna (R 软件包) [31], 图 5 与 6 分别给出了群体观点选择状态两极化前后的结构关系统计分布 (显示的结果是二元组影响结构与三元组影响结构之和, 故涉及重复计算问题使得三元组分布数目远大于文献 [27] 的情形). 图 5 显示群体初始时三元组结构的分布情况. 容易看到 16 种三元

组结构关系都存在,出现最多的三元组关系模块是#201,次之是#120C,而#300并不占主导. 群体观点极化后的图6显示此时群体影响关系中占主导的三元组模块仅有#300,并且任意三元组影响关系的符号之积为“+”,满足经典的结构平衡定义(见图1). 这表明观点两极化后,群体局部的三元组影响关系都达到了结构平衡状态,也意味着在群体水平上达到了稳定状态. 两图对比表明观点两极化后群体涌现出稳定的三元组关系结构平衡模块. 按社会结构平衡理论,即此时整个网络结构处于稳定的平衡状态. 这也证实了极化是社会影响和结构平衡这两个过程共同作用的结果.

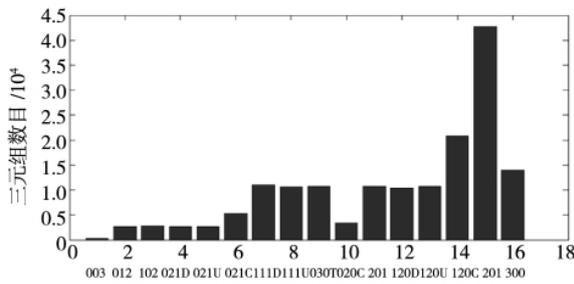


图5 群体观点选择状态两极化前的三元组结构关系分布 (其中编码300对应三元组结构中的结构平衡关系)

Fig. 5 Initial triad distribution before bi-polarization of group opinions (Code 300 corresponding to the structure balance triad)

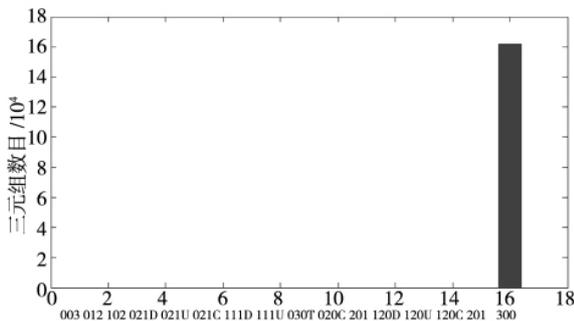


图6 群体观点选择状态两极化后的三元组结构关系分布 (其中编码300对应三元组结构中的结构平衡关系)

Fig. 6 The triad distribution after bi-polarization of group opinions (Code 300 corresponding to the structure balance triad)

### 4.3 模型参数变化对群体观点极化模式的影响

图7给出了群体选择状态极化模式与外生干涉变量 $v_s$ 之间的关系,可以观察到,在没有外生影响或外生影响很小的条件下(如 $v_s = 1$ 或 $v_s = 0.95$ 时)群体观点可以自组织地分化为两极对立,表明外生干涉是影响群体极化的重要因素.

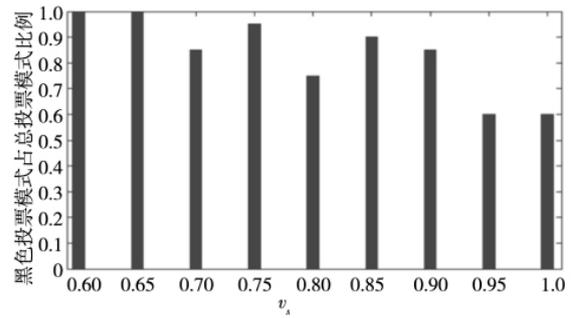


图7  $v_s$ 对群体观点极化的影响(固定 $\varepsilon = 0.01$   $\lambda = 0.01$ )  
Fig. 7 Impact of  $v_s$  on group opinions polarization

图8给出了社会影响进化参数 $\lambda$ 对群体观点极化的影响. 发现固定最优反应参数 $\varepsilon = 0.01$ 及外生影响参数 $v_s = 1$ ,当 $\lambda$ 大于0.1时,群体观点已出现绝大多数派别特征. 当其大于0.25之后,发现其中一种投票模式消失,即群体出现了完全共识或单极状态.

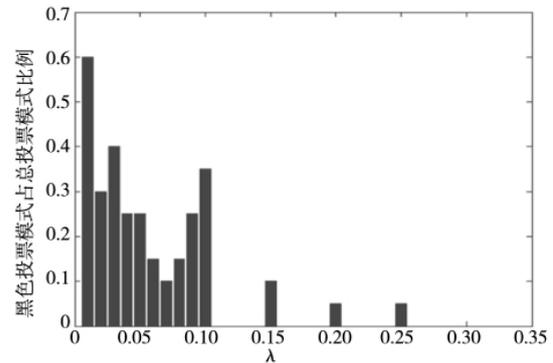


图8  $\lambda$ 对群体观点极化的影响(固定 $\varepsilon = 0.01$   $\lambda = 0.01$ )  
Fig. 8 Impact of  $\lambda$  on group opinions polarization

图9则是固定外生影响参数 $v_s = 1$ ,社会影响进化参数 $\lambda = 0.01$ 仿真观察平滑最优反应参数 $\varepsilon$ 对群体观点极化的影响. 模拟计算结果表明当平滑最优反应参数 $\varepsilon$ 小于0.1后,群体易出现两极化. 在0.1~0.3之间时模式变动不稳定,在0.3后其中一种投票模式消失出现了一极化.

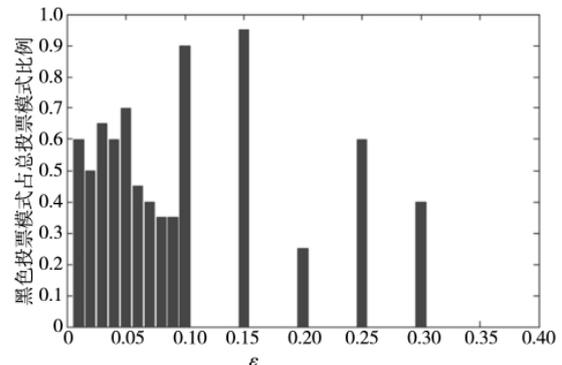


图9  $\varepsilon$ 对群体观点极化的影响(固定 $\varepsilon = 0.01$   $\lambda = 0.01$ )  
Fig. 9 Impact of  $\varepsilon$  on group opinions polarization

## 5 结束语

本文运用模型计算方法研究群体观点形成模式的微观机理. 讨论了3类社会影响的分类及其社会理论含义,并在Macy等建立的基于二元组影响结构的Hopfield网络模型基础上引入了三元组社会结构,丰富了Hopfield网络模型的社会学内涵. 仿真计算研究了在包含二元组、三元组结构上群体观点极化与非正社会影响和结构平衡的关系. 与文献[27]研究结论比较有如下异同: 1) 基于二元组和引入三元组结构的Hopfield模型,在负社会影响和无外生干涉下适当调整社会影响进化参数和最优反应参数都可观测到群体两极化现象; 2) 仿真中发现群体两极化时,都可以探测到局部平衡结构大量涌现; 3) 当社会影响进化参数、平滑最优反应参数较低时,引入三元组Hopfield模型仿真中易出现两极化,与此对应仅包含二元组Hopfield模型在较高的社会影响进化参数、较高的平滑反应参数下才出现极化. 这种对比表明模型中引入三元组结构似乎强化了个体间的局部认同,更易导致群体极化模式出现.

另外,仿真结果表明:在没有引入群体外干涉因素的条件下,群体观点趋向于两极化模式;仅考虑同质的正社会影响或加入外生干涉条件下,群体观点易趋向于共识模式. 这表明同质共识的网络稳定模式极易被负社会影响所打破. 本文的模型计算结论实际上给出了用混合社会影响和群体

外干预对现实世界多种群体决策模式的一种解释. 例如可以从混合社会影响角度解释2000年的美国总统选举(布什 vs. 戈尔),德国2002年联邦议会选举(施多伯 vs. 施罗德)和2005年联邦议会选举(施罗德 vs. 默克尔),以及2006年意大利第15届议会选举(普罗迪 vs. 贝卢斯科尼)中接近50%对50%的两极化投票模式<sup>[32]</sup>.

另一个从仿真计算而获得的结论是:当群体观点出现极化后,连续的3种社会影响趋向于 $\pm 1$ ,中性影响关系0消失,这表明观点极化是社会影响和结构平衡这两个过程共同作用的结果. 揭示了网络全局稳定极化模式与局部结构平衡的关系,进一步证实了经典结构平衡结论,即全局网络的结构达到稳定,则所有的三元组是局部平衡的.

本文建模采用Agent模型自下而上计算方法,即从现实观察中抽象出个体间微观交互行为和交互机制,揭示由此“涌现”出来的群体行为宏观动态模式. 本文采用的方法属于目前倡导的计算实验方法,为研究复杂管理系统自组织、动态演化及宏观与微观层次之间相互作用等问题提供了一种与解析研究完全不同的方法论和研究手段<sup>[33]</sup>.

进入Web2.0时代,喜欢/不喜欢、合作/非合作、支持/反对、信任/不信任、朋友/敌人等混合正负互动社交关系在虚拟社交网站中大量涌现,这些大尺度、海量数据为观点动向等人类群体行为模式研究提供了新的机遇和挑战. 下一步,作者期望对本文的模型进行实证研究.

### 参考文献:

- [1]Le Bon G. The Crowd: A Study of the Popular Mind[M]. Marietta, Georgia: Larlin, 1982.
- [2]De Groot M. Reaching a consensus[J]. Journal of The American Statistics Association, 1974, 69: 118 - 121.
- [3]Moscovici S, Zavalloni M. The group as a polarizer of attitudes[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1969, 12(2): 125 - 135.
- [4]Friedkin N A. Structural Theory of Social Influence[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998.
- [5]Latané B. The psychology of social impact[J]. American Psychologist, 1981, 36(4): 343 - 365.
- [6]Nowak A, Szamrej J, Latané B. From private attitude to public opinion: A dynamic theory of social impact[J]. Psychological Review, 1990, 97(3): 362 - 376.
- [7]Clifford P, Sudbury A. A model for spatial conflict[J]. Biometrika, 1973, 60(3): 581 - 588.
- [8]Galam S. Majority rule, hierarchical structures and democratic totalitarianism: A statistical approach[J]. Journal of Math Psychology, 1986, 30(4): 426 - 434.
- [9]Deffuant G, Neau D, Amblard F, et al. Mixing beliefs among interacting agents[J]. Advances in Complex Systems, 2000,

- 3(1): 87-98.
- [10] 杨雷, 习鹏. 决策者个性混合群体观点演化的仿真[J]. 工业工程, 2011, 14(1): 23-27.  
Yang Lei, Xi Peng. Simulation study on opinion evolutions in mixed-personality groups[J]. Industrial Engineering Journal, 2011, 14(1): 23-27. (in Chinese)
- [11] Xia H X, Wang H L, Xuan Z G. Opinion dynamics: A multidisciplinary review and perspective on future research[J]. International Journal of Knowledge and Systems Science, 2011, 2(4): 72-91.
- [12] Cartwright D, Harary F. Structural balance: A generalization of Heider's theory[J]. Psychological Review, 1956, 63(5): 277-292.
- [13] Carley K. A theory of group stability[J]. American Sociological Reviews, 1991, 56(6): 331-354.
- [14] Leskovec J, Huttenlocher D, Kleinberg J. Predicting positive and negative links in online social networks[C]// Proceedings of ACM WWW International conference on World Wide Web (WWW), Raleigh, North Carolina, USA: 2010: 641-650.
- [15] Holland P W, Leinhardt S. A method for detecting structure in sociometric data[J]. American Journal of Sociology, 1970, 76(3): 492-513.
- [16] Davis J A. Clustering and structural balance in graphs[J]. Human Relations, 1967, 20(2): 181-187.
- [17] Davis J A. Clustering and hierarchy in interpersonal relations: Testing two graph theoretical models on 742 sociomatrixes[J]. American Sociological Review, 1970, 35(5): 843-851.
- [18] Holland P W, Leinhardt S. Local structure in social networks[J]. Sociological Methodology, 1976, 7(1): 1-45.
- [19] Tajfel H. Social Identity and Intergroup Relations[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1982.
- [20] Ingham A G, Levinger G, Graves J, et al. The ringelmann effect: Studies of group size and group performance[J]. Journal of Experimental Social Psychology, 1974, 10(4): 371-384.
- [21] Latane B. Pressures to uniformity and the evolution of cultural norms: Modeling dynamic systems impact[C]// Computational modeling of behavior in organizations: The third scientific discipline. D. R. Ilgen, C. L. Hulin, (eds.), Westport, CT: Quorum Books, 2000: 189-216.
- [22] Burt R S. Structural Holes: The Social Structure of Competition[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992.
- [23] Axelrod R. The dissemination of culture: A model with local convergence and global polarization[J]. Journal of Conflict Resolution, 1997, 41(2): 203-226.
- [24] Mark N. Beyond individual differences: Social differentiation from first principles[J]. American Sociological Reviews, 1998, 63(6): 309-330.
- [25] 钱成, 曹进德, 杨夏竹. 基于社会影响模型的观点演化规律研究[J]. 系统工程学报, 2010, 25(6): 755-760.  
Qian Cheng, Cao Jinde, Yang Xiazhu. Opinion evolution analysis based on social impact model[J]. Journal of Systems Engineering, 2010, 25(6): 755-760. (in Chinese)
- [26] Macy M W, Kitts J A, Flache A. Polarization in dynamic networks: A Hopfield model of emergent structure[C]// Dynamic Social Network Modeling and Analysis: Workshop Summary and Papers. Breiger R, Carley K, Pattison P, (eds.). Washington DC: The National Academies Press, 2003: 162-173.
- [27] Li Z P, Tang X J. Polarization and non-positive social influence: A Hopfield model of emergent structure[C]// Kunifuji S, Tang X J, Theeramunkong T. (eds.) Proceedings of The 6th international conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems. JAIST Press, 2011: 49-53.
- [28] Li Z P, Tang X J. Group polarization and non-positive social influence: A revised voter model study[C]// Proceedings of the 2011 international conference on Brain informatics, Hu B et al. (eds.), Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2011: 295-303.
- [29] Wasserman S, Faust K. Social Network Analysis: Methods and Applications[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [30] Watts D J, Strogatz S. Collective dynamics of 'small-world' networks[J]. Nature, 1998, (393): 440-442.
- [31] Butts C T. Social network analysis with sna[J]. Journal of Statistical Software, 2008, 24(6): 1-51.
- [32] Galam S. From 2000 Bush-Gore to 2006 Italian elections: Voting at fifty-fifty and the contrarian effect[J]. Quality and

Quantity Journal, 2007, 41: 579 – 589.

[33] 盛昭瀚, 张 维. 管理科学研究中的计算实验方法 [J]. 管理科学学报, 2011, 14(5): 1 – 10.

Sheng Zhaohan, Zhang Wei. Computational experiments in management science and research [J]. Journal of Management Sciences in China, 2011, 14(5): 1 – 10. (in Chinese)

## Exogenous covariate and non-positive social influence promote group polarization

LI Zhen-peng<sup>1 2</sup>, TANG Xi-jin<sup>2</sup>

1. Department of Statistics, School of Mathematics and Computer Science, Dali University, Dali 671003, China;

2. Institute of Systems Science, Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

**Abstract:** Opinion dynamics is one of the important aspects of crowd's behaviors. Collective opinions evolve into different patterns, consensus, polarization or diversity under the cross-impact of a variety of factors, such as mutual influence, external intervention, etc. In this paper, three types of social influences are discussed from the perspective of social identity, and then we add triadic structure into Hopfield network model. Simulation results verify that exogenous covariate and non-positive social influence are the main factors to group polarization. Furthermore, we show that polarization is coexisting with local structure balance, and discover the intrinsic connection between global network stable pattern and local structure balance.

**Key words:** social influence; opinion polarization; Hopfield network; social identity; structure balance

(上接第 72 页)

## Optimal decision-making for Nash bargaining fairness concerned newsvendor in two-level supply chain

DU Shao-fu, ZHU Jia-ang, GAO Dong, DU Chan

School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China

**Abstract:** The paper establishes a fairness concern framework based on game theory of Nash bargaining, and builds a utility system about fairness concerns. On this basis, it expands the newsboy model to behavior research. Further, it illustrates the application of the model through numerical analysis and investigates the properties of optimal decision of both the retailer and supply chain by a comparative static analysis.

**Key words:** Nash bargaining game; behavioral operations; fairness concerns; newsvendor