



环境事件中个体策略与群体策略选择的行为实验研究

郑君君 何鸿勇

摘要:运用行为实验的研究方法,笔者对 PX 项目环境事件中实验对象的社会连接关系及其整体的社会网络结构进行刻画,并运用 DeGroot 模型刻画了实验对象在社会连接关系、有向网络图与信息交互、学习过程作用下的个体行为与群体行为状态的演化过程。研究表明在 PX 项目环境事件的实验对象中,孤点与小团体的存在使得整体社会网络密度较小,限制了群体中信息传播与观点交互;核心网络中的不同节点对其它节点的控制力与影响力存在显著差别;在研究试验对象的学习与行为策略演变规律时,在对小群体的社会网络拓扑结构与社会影响矩阵进行试验调查的基础之上运用 DeGroot 模型来进行刻画、预测是一种可操作的方案与途径。

关键词:有限社会网络;策略选择;DeGroot 模型;意见领袖;行为实验

环境事件的演变是一个具有动态性与复杂性的过程,对其中所涉及个体与群体的行为策略选择及其演化规律的研究需要考虑到个体间的社会连接关系与影响程度、复杂环境中的信息传播与交互作用机制、群体层面的社会网络及其结构等方面的现实情况,对此,国内外学者纷纷从演化博弈、多主体仿真分析、社会网络等不同视角展开研究,并取得了较为丰硕的研究成果(Kinzig et al., 2013:164-175;Videras et al., 2012:35-50)。部分学者运用动态演化博弈理论来刻画复杂性环境事件中不同行为主体之间的信息交互与学习过程,并据此对个体的信息状态与行为策略选择进行研究(潘峰等,2014:97-102;郑君君等,2015:168-176;刘德海等,2014:3157-3166)。

学界基于贝叶斯观察学习的演化博弈模型的研究方式为研究环境事件中个体与群体的行为策略选择及其均衡状态研究提供了一种规范性的理论基础,但这种方式在相对复杂的情境下将难以运用,尤其是在考察具有社会连接关系、信息有向流动、社会影响力大小、意见领袖的存在等方面。对此,DeGroot 开创性地提出了在网络交互作用条件下的信息传播与策略学习模型,对网络中个体的观点与行为策略演化、网络群体的行为策略的动态演变过程与均衡状态等问题给予了普适性的描述(DeGroot, 1974:118-121;DeGroot & Schervish, 2002)。因此,为了使该研究更贴近现实,笔者主要运用有向社会网络与行为实验研究相结合的方法对环境事件中个体与群体行为选择进行研究。

一、社会网络结构试验分析

笔者针对某高校的大学生群体试验研究其对 PX 项目建设问题的认知与行为策略的交互作用及演变规律,实验对象有效样本共 126 名。一方面从实验对象的多属性进行归纳整理,以学生所在年级、所属专业、社交范围等因素出发选择部分具有代表性的学生群

体;另一方面,为使该研究更典型且具代表性,笔者通过属性分析与网络结构分析从 126 名实验样本中选择了其中 14 位学生作为研究对象,并研究 PX 项目所导致的这类环境事件中(下文环境事件均指本文实验所涉及的这类 PX 项目环境事件)实验对象进行信息传播与观点交互影响的社会网络及其结构、实验对象中意见领袖的存在与确定、实验对象间的社会影响程度及对应的社会影响矩阵等。

通过实验,得到如表 1 所示的社会网络关系数据,为了表述方便,笔者将所选择的具有代表性的 14 位同学分别给予编号 1,2,3,⋯,14,那么, $L_{ij}=1$ 表示学生 i 愿意与学生 j 交流,在社会网络中则表示有一条有向箭头由 i 指向 j ;对应的, $L_{ji}=1$ 则表示 j 愿意与 i 交流,在社会网络图中也有一条有向箭头由 j 指向 i 。

表 1 实验对象的社会连接关系数据

L_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

对表 1 中的社会连接关系数据进行分析,以实验对象主体为点、以实验对象之间的关联性为线,运用 Ucinet 软件就可以得到如图 1 所示的整体社会网络图,在本质上是一个二值有向图。直观看来,学生 10 为整体社会网络中的孤点,与整体社会网络中的其他实验对象均不存在着交互影响;学生 3、4、5 则构成了一个小团体,记为团体 A,三人仅在内部小集团交互作用,并不与实验范围内的其他同学交流;剩余的 10 个同学则构成了整体社会网络中的核心部分,下文将这一部分网络称为核心社会网络。在核心社会网络中,还存在着另外一个由学生 6、7、8、9 所构成的小团体,记为团体 B。比较团体 A 与 B 可知,两个团体内部的社会网络连接关系均非常紧密,但团体 B 在信息的获取与流通方面具有更大的优势,这主要是因为团体 B 内的成员 7 与团体外部的其他主体具有连接关系。

(一) 个体社会网络密度与整体社会网络密度分析

运用 Ucinet 对表 1 与图 1 中社会网络中的个体密度进行分析,得到表 2,其中 Size 表示不包括自身的个体社会网络规模大小;Ties 表示个体所具有的直接社会关系总量;Paris 为个体在理论上可以具有的直接社会关系总量的最大值;Densit 为个体社会网络的密度;AvgDis 指在个体均可达到的网络中的平均距离,即为每个个体社会网络中个体的平均捷径距离,对应的,Diamet 则指对应的最长捷径距离。对表 2 中的数据进行分析,从个体网络规模来看,学生 7 和 13 具有的个体社会网络规模最大,均为 4,表示与学生 7、13 具直接社会联系的学生人数均有 4 个;学生 6、8、9、11、14 的个体网络规模次之,均为 3。从实际关系总量与理论关系总量来看,学生 7 在网络中具有较大的影响力,其实际关系总量与理论关系总量分别为 6 和 12,在所有个体的对应数据中均为最大值。从个体网络的密度来看,共同组成一个

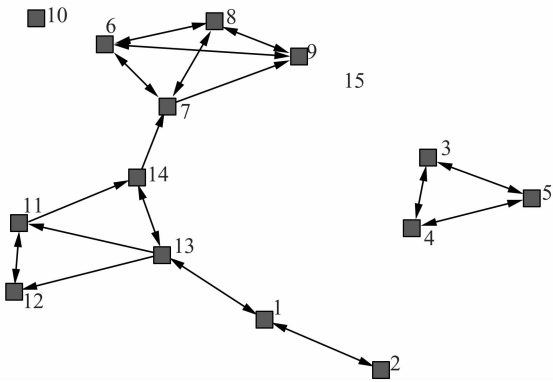


图 1 环境事件行为策略选择交互作用的社会网络图

独立小团体的学生 3、4、5 的个体网络密度最大,均为 100%,表明该团体内部的社会网络结构联系在整个网络中最为紧密;同样的,在由 6、7、8、9 构成的网络团体特征较为明显的小团体中,个体网络密度也非常大,表明该团体内部的社会网络结构也非常紧密。

表 2 个体社会网络密度示意

	1 Size	2 Ties	3 Pairs	4 Densit	5 AvgDis	6 Diamet		1 Size	2 Ties	3 Pairs	4 Densit	5 AvgDis	6 Diamet
1	2.00	0.00	2.00	0.00			8	3.00	5.00	6.00	83.33	1.17	2.00
2	1.00	0.00	0.00		0.00	0.00	9	3.00	5.00	6.00	83.33	1.17	2.00
3	2.00	2.00	2.00	100.00	1.00	1.00	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	2.00	2.00	2.00	100.00	1.00	1.00	11	3.00	3.00	6.00	50.00		
5	2.00	2.00	2.00	100.00	1.00	1.00	12	2.00	1.00	2.00	50.00		
6	3.00	4.00	6.00	66.67			13	4.00	3.00	12.00	25.00		
7	4.00	6.00	12.00	50.00			14	3.00	1.00	6.00	16.67		

如表 3 所示,整体社会网络中的社会连接总数为 28,其网络密度为 0.1538。由此可见,该实验群体中学生在对环境事件的信息交流过程中,整体社会网络的密度较小,实验群体内部的社会网络结构相对松散,这在一定程度上限制了信息的传播与行为策略的交互影响。

为了对实验群体社会网络的密度有一个更加直观的了解,笔者也给出了核心社会网络密度,如表 4 所示。比较表 3 与表 4 可知,在剔除了孤点 10、独立小团体 A 之后,核心社会网络中的实际社会连接关系为 22,占整体网络社会关系的绝大部分,其密度 0.2444 也远大于整体社会网络密度 0.1538。由此可见,整体社会网络的结构较为松散主要是由于孤点 10 与小团体 A 的存在,学校或相关部门可采取不同措施:(1)若要正确引导该班学生们对环境事件的观点与行为状态、普及正确的环保意识,那么应该帮助小团体 A、学生 10 与核心网络中的学生建立连接关系,打破其游离于实验群体交流之外的局面,这将极大地优化实验群体内部对环境事件信息流通与交互作用的社会网络结构,促进学生们通过信息流通与观点交互影响来对环境事件树立更加客观、理性的认识;(2)若该实验群体中的部分学生对环境事件的情绪较为愤青、消极,相关管理人员可以安排与其具有社会关系的其他学生多加交流,尤其是在整体网络中非常重要的、影响力较大的学生 7 和 13 等人。

(二) 派系分析

对派系(cliques)的研究源于对图论的社会学意义的探索,霍桑试验中涉及的“非正式群体”就属于派系的研究范畴。在派系分析前,先需对整体网络的关系属性矩阵做对称化处理,由此得到 4 个派系,如表 5。可看出,学生 1、2 和 10 不属于任何派系,在所调查的 14 位学生中,这 3 位学生在环境事件的信息交互网络充当着孤立者、中立者的角色。通过群体共享信息分析可以得到{3,4,5}、{6,7,8,9}、{11,12,13,14}这 3 个群体及数量较少的局外人。

表 3 整体社会网络密度

	Density	No. of Ties
实验群体学生调查(全体)	0.1538	28.0000

表 4 核心社会网络密度

	Density	No. of Ties
实验群体学生调查(核心)	0.2444	22.0000

表 5 调查对象中的派系

派系 1	6 7 8 9
派系 2	3 4 5
派系 3	11 12 13
派系 4	11 13 14

(三) 核心社会网络的度数中心数与中间中心数

在实际社会网络中的,若某一行为主体与为数较多的行为主体有直接社会连接关系,那么该行为主体往往处于网络的中心地位,因此在社会网络中也一般拥有较大的权利。一个行为主体的度数中心度(Degree Centrality)是指与该主体有直接社会连接关系的其他行为主体的总数,因此,度数中心度是测量社会网络中某一行为主体的中心性与权利大小的最简单也最直观的指数,对核心社会网络进行分析,

可测量出表 6 所示的度数中心数指标,其中 Degree 表示各个学生的绝对度数中心数,NrmDegree 则表示其相对度数中心数,可发现学生 7 与学生 13 的度数中心数最大,在核心社会网络中占据最中心的地位,且所有点的度数中心数在整体上的差异并不大,绝对度数中心数的整体均值和方差分别为 2.8、0.76。

表 6 核心社会网络的度数中心数

学生编号	1	2	3
	Degree	NrmDegree	Share
13	4.000	44.444	0.143
7	4.000	44.444	0.143
9	3.000	33.333	0.107
11	3.000	33.333	0.107
6	3.000	33.333	0.107
14	3.000	33.333	0.107
8	3.000	33.333	0.107
1	2.000	22.222	0.071
12	2.000	22.222	0.071
2	1.000	11.111	0.036

表 7 核心社会网络的中间中心数

学生编号	1	2
	Betweenness	Betweenness
14	26.000	36.111
13	22.000	30.556
7	18.000	25.000
1	12.000	16.667
11	8.000	11.111
6	2.000	2.778
9	0.000	0.000
12	0.000	0.000
2	0.000	0.000
8	0.000	0.000

度数中心数刻画了行为主体在社会网络中处于中心地位的程度,可以在一定程度上衡量行为主体在社会网络中的交易能力、信息获取能力等;而中间中心度(Betweenness Centrality)则侧重于刻画行为主体在社会网络中控制资源或者其他行为主体的能力,Freeman(1977)认为若一个行为主体处于多对行为主体的网络路径上,那么该行为主体尽管度数中心度可能较低,但其在整个社会网络中往往具有重要的“中介”作用,因而也处于社会网络的中心,而这种处于网络中心的行为主体就可以通过控制真假信息的传播进而对社会网络中群体的信息结构与行为策略造成不可忽视的影响。对核心网络的中间中心度进行分析,其测量结果如下表所示,其中学生 14、13 的中间中心度最大,这表明两者对其他学生对环境事件的信息交互与行为策略选择具有最大的控制力与影响力,而 2、8、9 和 12 这四个学生对其他学生则完全没有控制力,核心网络在整体上的中间中心势为 26.54%,体现出了一定的中心度。

（四）核心社会网络中的结构洞

在表 8 所示的核心网络结构洞分析示意图中,“Dyadic redundancy”矩阵列举出了列学生成员相对于行学生成员来说的冗余程度,其取值越大表明冗余程度越大,如学生 9 在学生 6、7、8 的社会网络结构中的冗余程度分别为 0.60、0.60、0.50,取值均较大,这说明学生 9 在环境事件信息交互过程中,对学生 6、7、8 而言在很大程度上是冗余之人。通过 Dyadic redundancy 矩阵可以获得该班同学对环境事件信息交互社会网络的很多信息,如学生 1、2 对所有学生而言的冗余程度均为 0,而在由 {6、7、8、9} 所构成的小团体内部,则体现出较大的冗余性。

而“Dyadic Constraint”矩阵则列举了行学生成员受到列学生成员限制或控制的程度,取值越大则表明受限制程度也越大。由矩阵中的数据可以看出,学生 2 完全受到学生 1 的控制,学生 6 和学生 11 在社会网络中也都表现出较强的控制力,其中,学生 6 对学生 7、8、9 的控制程度均较大,分别为 0.31、0.41、0.41,这表明在由 {6、7、8、9} 所构成的小团体中,学生 6 具有非常的影响力与控制力,因此在控制、引导该团体成员对环境事件的观点时,学生 6 是管理人员需要动员引导的重要对象。

在“Structure Hole Measures”表中,EffSize 与 Efficie 分别为列学生成员的效率规模与效率测度,取值越大表明其在核心社会网络中越自由、行动越高效,由上图可知,学生 1 和 2 为核心社会网络中效率最高的成员,均达到了 1.000,其次为学生 14,其效率测度达到 0.875;Constra 为列学生成员在核心网络中的总限制程度,可看出 1 和 6 程度最低,两者的受限程度分别为 0 和 0.007;Hierarc 表示各个学生在核心社会网络中的等级度,学生的等级度越高表明其越处在核心地位,可看出学生 14 和 7 的等级度都较大,分别为 0.198、0.125,两者处于网络的核心地位,而尽管学生 1 的效率最高、受限程度也较低,但其等级度取值为 0,在核心网络中处于边缘。

表 8 核心社会网络的结构洞分析

Dyadic redundancy										
	1	2	6	7	8	9	11	12	13	14
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.33	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.40	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.60	0.60	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.50	0.25
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.33	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.17	0.00	0.08
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.13	0.00
Dyadic Constraint										
	1	2	6	7	8	9	11	12	13	14
1	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00
2	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.22	0.28	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.31	0.00	0.17	0.17	0.00	0.00	0.00	0.04
8	0.00	0.00	0.41	0.17	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.41	0.17	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.29	0.11
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.00	0.25	0.00
13	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.06	0.00	0.14
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.32	0.00
Structural Hole Measures										
	EffSize	Efficie	Constra	Hierarc		EffSize	Efficie	Constra	Hierarc	
1	2.000	1.000	0.500	0.000	9	1.300	0.433	0.909	0.052	
2	1.000	1.000	1.000	1.000	11	2.125	0.708	0.698	0.071	
6	1.667	0.556	0.787	0.007	12	1.500	0.750	0.772	0.091	
7	2.400	0.600	0.695	0.125	13	3.417	0.854	0.445	0.029	
8	1.300	0.433	0.909	0.052	14	2.625	0.875	0.490	0.198	

二、基于 DeGroot 模型的个体行为与群体行为分析

对某一个小群体 G (其中的个体可以为环境事件中具有社会连接关系的直接相关者、间接相关者或社会关注者),那么群体中的个体 $i(i=1,2,\cdots,n)$ 对环境事件都有一个初始行为状态 p_i , 其中 $p_i \in [0,1]$, p_i 越大表明其对环境事件越不满、越容易采取如支持或参与环境群体性事件等过激的行为策略。群体的初始行为状态可以表示为一个 n 维向量 $p(0)=(p_1(0),p_2(0),\cdots,p_n(0))$ 。

我们用点来表示 G 中的个体,个体之间的有向线条则表示两者之间的社会连接关系,记 G 中个体 j 对个体 i 的影响程度为 T_{ij} , $T_{ij} \in [0,1]$,在信息传播与交互作用的过程中, T_{ij} 可理解为个体 i 在更新其下一轮次的个体行为状态时受到个体 j 这一轮次的个体行为状态信息的影响程度, $T_{ij}=0$ 表示个体 j 对 i 完全没有影响,反之, $T_{ij}=1$ 则表示个体 i 的观点与个体行为完全受控于 j 。同时考虑到现实情况的不确定性,可知 T 是一个行随机矩阵,即对于包含 N 个主体的 G 中的任意个体 i 而言,均存在:

$$\sum_{k=1}^N T_{ik}=1, 0 \leq T_{ik} \leq 1$$

群体 G 中的个体通过矩阵 T 来进行交互影响并更新其个体行为状态,对应的,在影响矩阵的作用下,群体随着时间的推进不断更新其行为状态,记时间单位为 1 个轮次,每 1 个轮次群体中的个体均在其网络关系中交互影响一次,那么在第 t 轮,群体的行为状态向量为:

$$p(t) = Tp(t-1) = T^t p(0)$$

因此,可通过环境事件中某一群体的社会网络关系及其拓扑结构、初始行为状态来预测该群体的行为状态演变规律,而这些都是可通过行为试验与数据统计来实现的,可对环境事件中的直接相关者群体、网络论坛中的活跃用户群体、环境治理专家群体的个体行为策略或小群体行为状态展开研究,因此,DeGroot 模型的提出为分析有限网络中群体的学习与行为策略演变提供了一个有可操作性的方案。

以学生 3、4、5 所构成的小团体 A 为例,通过试验可得到如图 2 的社会影响关系示意图,其中学生 3 受到其自身与学生 4、5 的影响,对应的影响程度分别为 1/2、2/4 和 1/4;学生 4 也受到三者的影响,且影响程度相同均为 1/3;学生 5 则极端固执,小团体 A 中其他个体的信息与行为对其完全无影响。

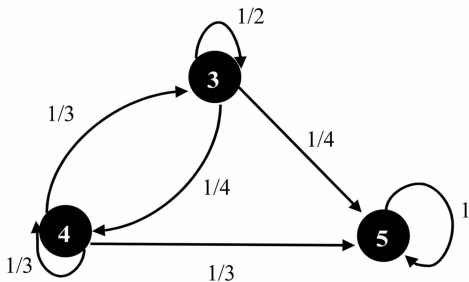


图 2 小团体 A 中的社会影响关系示意图

此时,对应的影响矩阵 $T = \begin{bmatrix} 1/2 & 1/4 & 1/4 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$,而实验表明该群体的初始心理状态向量为 $p(0) = \begin{bmatrix} 1/2 \\ 0 \\ 1/3 \end{bmatrix}$,那么可以得到如下的迭代: $p(1) = Tp(0) = \begin{bmatrix} 1/2 & 1/4 & 1/4 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1/2 \\ 0 \\ 1/3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 5/18 \\ 1/3 \end{bmatrix}$

可以看到,在第一轮心理状态更新中,学生 4 受到学生 3、5 的共同影响,其行为状态从 0 增大为 5/18 发生了非常明显的变化,学生 5 自身为极端固执者,其行为状态保持为 1/3 不变。

考虑社会影响矩阵中 T_{ij} 的不同取值情况可以对不同的现实问题进行分析,如群体中意见领袖的确定问题、共识达成问题、群体行为聚类化与模块化问题等,笔者接下来分析环境事件涉及群体中的意见领袖对其他个体的行为状态的影响机理。

国内外既有的研究成果表明群体中的意见领袖对某些个体观点的演变或行为策略的选择具有不可忽视的、甚至是绝对的影响(郑君君等,2014:43-67),为了便于研究,可以考虑一种极端的情况:在环境事件的实验群体中包括一个意见领袖如班长或辅导员(记为个体 1)与关注该意见领袖的 $n-1$ 个实验群体学生(记为个体 2、3、 $\dots$ 、 n),同时这 n 个个体可以通过社会网络来交流意见并相互影响,其中,意见领袖的行为策略选择不受到实验群体学生的影响,但会影响实验群体学生对该环境事件的行为状态。那么对于该意见领袖来说,社会影响矩阵中的系数 $T_{11} = 1$,且 $T_{i1} = 0, 0 \leq T_{1i} \leq 1 (i = 2, 3, \dots, n)$,考虑 $T_{1i} = 0$ 即意见领袖对实验群体学生的行为状态演化没有影响可能是由于存在着非常顽固、或者对该环境事件本身具有绝对信息优势的人,那么此时该个体 i 则有可能在实验群体的社会网络中发布相关言论或披露信息影响到其他个体的行为状态。

如果结合有向网络图来分析,如图 3 所示,则可选择几种具有代表性的实验群体个体:第一类为完全不受意见领袖 1 影响的个体,如实验群体学生 2;第二类为全盘接受意见领袖行为策略影响的个体,如实验群体学生 3;第三类为一定程度上受到意见领袖行为策略的影响,但受影响程度不同,如学生 4、5、6,这可表示为个体的顽固程度系数。

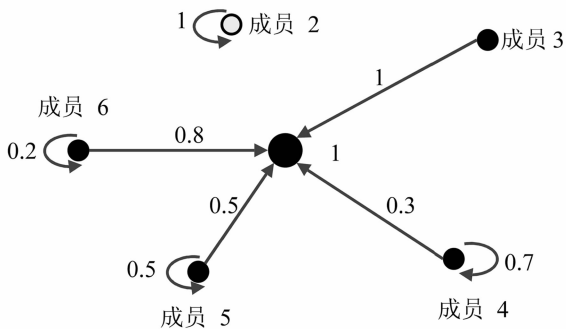


图 3 初始阶段意见领袖对实验群体学生行为状态影响示意图

那么在环境事件的信息传播与行为策略交互作用过程中,社会影响系数 T_0 可以表示为下左式:

对具初始行为状态向量 p'_0 经意见领袖的观点与行为影响后,其行为状态向量可变化为下右式:

$$T_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0 & 0 & 0.7 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0.8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$p'_1 = T_0 p'_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0 & 0 & 0.7 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0.8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2 \end{bmatrix} p'_0$$

接下来分两类情况探讨:

(1)意见领袖对于环境事件给予持续引导,并以同样的行为与社会影响系数对实验群体学生的行为状态产生影响,即图 3 所示社会影响关系在每一轮次均作用一次,则可得到: $p'_N = T_0^N p'_0$

(2)意见领袖对环境事件不发表后续意见,但 5 名实验群体学生各抒己见并对他人行为状态产生影响,后续社会影响矩阵为:

$$T' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0.3 & 0 & 0 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix}$$

其中, T' 中的第一行仍表示意见领袖 1 对实验群体学生的影响,此时意见领袖不再发表相关言论,故不对其他成员的行为状态产生影响;同时,实验群体学生通过网络途径或社会连接关系继续交互影响,如图 4 所示社会影响关系 T' 在后续每一轮中均作用一次,则可得到: $p'_N = T'^{N-1} T_0 p'_0$

值得注意的是,社会影响关系矩阵发生了变化,即环境事件中个体行为状态演变过程中不同成员对其他个体的影响力是动态变化的,因此可考虑更一般、更加贴近现实的情况:某一环境事件,某个群体内部个体的社会连接关系及其拓扑结构、关系强度、对其他个体的社会影响力等都处于变动状态时,可通过规模更大的行为试验结合社会调查与统计分析监测群体中个体的社会影响矩阵与初始行为状态向量来预测其行为状态演变过程,从而得到一些规律性的、代表性的数据,那么通过所构建的 DeGroot 模型来设计多主体仿真分析平台来分析预测,如百度所进行的 PX 项目民意调查、中国社会舆情年度报告等系列成果中就有大量的非常具有现实意义且具有理论研究价值的数

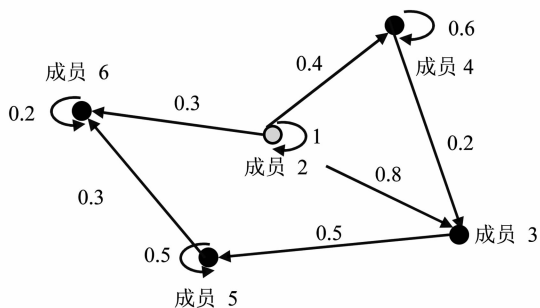


图 4 后续阶段实验群体学生交互作用对其行为状态影响示意图

三、小 结

笔者针对某高校的大学生群体展开试验并选择其中由 14 位学生构成的具有代表性的社会团体作为研究对象,对其在环境事件中的社会网络及其结构、社会影响程度及社会影响矩阵等进行了实验研究,随后以实验所得的有向有限社会网络为依托,运用 DeGroot 模型研究个体与群体在复杂性环境事件中的行为策略选择的演化规律,最后进一步研究了意见领袖对群体行为策略选择的影响机制,并据此提出了在不同情形下引导、控制该实验群体对环境事件的观点演变与行为选择策略的措施与政策建议。

对实验对象的社会网络及其结构的研究结果表明了以下几点:(1)实验对象的整体社会网络密度较小,实验群体内部的社会网络结构相对松散,这在一定程度上限制了信息的传播与观点的交互影响,造成这一结果的原因在于孤点 10 与小团体 A 的存在;(2)对核心网络中间中心度的分析结果表明学生 14、13 对其他学生对环境事件的信息交互与观点影响具有最大的控制力与影响力,而 2、8、9 和 12 这四个学生对其他学生则完全没有控制力,核心网络在整体上的中间中心势为 26.54%,体现出了一定程度的中心度;(3)对核心社会网络的结构洞分析结果表明在由 {6,7,8,9} 所构成的小团体中,学生 6 具有非常的影响力与控制力,因此在控制、引导该团体成员对环境事件的行为状态时,学生 6 是管理人员

需要动员引导的重要对象,学生 14 与学生 7 的等级度都较大,分别为 0.198、0.125,两者都处于网络的重要核心地位,而尽管学生 1 的效率最高、受限程度也较低,但其等级度取值为 0,在核心网络中处于边缘地位。由此可见,通过对实验学生在社会网络中的个体密度、中心度、冗余性与有效性等方面的分析可以从不同角度给出正确引导、控制该实验群体对环境事件个体与群体行为策略的相关管理措施与建议,还可为预防环境事件的负面舆论爆发、群体行为失控等问题提供指导。

参考文献:

- [1] 刘德海、陈静锋 (2014). 环境群体性事件“信息—权利”协同演化的仿真分析. 系统工程理论与实践,12.
- [2] 潘 峰、西 宝、王 琳 (2014). 地方政府间环境规制策略的演化博弈分析. 中国人口·资源与环境,6.
- [3] 郑君君、何鸿勇、蔡 明 (2014). 政府重大项目投资决策下群体性事件的形成机制及其仿真分析. 技术经济,10.
- [4] 郑君君、闫 龙、张好雨、何鸿勇 (2015). 基于演化博弈与优化理论的环境污染群体性事件处置机制. 中国管理科学,8.
- [5] DeGroot M H, Schervish M J (2002). *Probability and statistics*. Boston: Addison Wesley.
- [6] DeGroot M H (1974). Reaching a consensus. *Journal of the American Statistical Association*, 69(345).
- [7] Freeman L C (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 40(1).
- [8] Gale D, Kariv S (2003). Bayesian learning in social network. *Games and Economic Behavior*, 45(2).
- [9] Kinzig A P, Ehrlich P R, Alston L J, et al (2013). Social norms and global environmental challenges: the complex interaction of behaviors, values, and policy. *BioScience*, 63(3).
- [10] Videras J, Owen A L, Conover E, et al (2012). The influence of social relationships on pro-environment behaviors. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(1).

The Behavior Experiment of Individual Strategy and Group Strategy Selection in Environmental Events

Zheng Junjun (Wuhan University)

He Hongyong (Wuhan University)

Abstract: This paper use behavioral experimental approach to characterize the social relationship and the whole social network structure of the experimental group in PX project environmental events. This paper also use DeGroot model to depict the evolutionary process of individual and group behavior under the influence of social relationship, directed network, information interaction and learning process. The result shows that in PX project environmental events the whole social network has low density because the existence of acnodes and cliques. They so restricted the information transmission and interaction in the group. Different nodes has different controlling force and influence in the core network. On the basis of experiment and investigation of the group's social network topology and social influence matrix, using DeGroot model to depict and predict the evolution of the experimental group's opinion and behavior strategy selection is an operational method.

Key words: limited social network; strategy selection; DeGroot model; opinion leader; behavior experiment

■作者地址:郑君君,武汉大学经济与管理学院;湖北 武汉 430072. Email:99zhengjunjun@163.com。

何鸿勇,武汉大学经济与管理学院。

■基金项目:国家自然科学基金一般项目(71371147)

■责任编辑:刘金波

