

群体专家按轮讨论与自由讨论的观点动力学演化比较*

苏炯铭,刘宝宏,李琦,马宏绪

(国防科技大学 机电工程与自动化学院, 湖南长沙 410073)

摘要:针对群体专家在集体讨论中的按轮讨论和自由讨论的观点动力学演化过程,采用计算机仿真实验的方法对两种模型结果进行了分析和比较。统计结果表明在相同的初始条件下,自由讨论模型采用权威专家优先,然后按观点累积变化最大者优先的发言顺序规则生成的平均观点簇数更少,并且发现15轮以后的讨论发言对各项指标改进的影响作用不大。由于自由讨论是依次串行发言,发言时间效率较低,因此实际讨论方式选择时,当人数较少,时间充裕时,宜采用自由讨论的方式,反之则宜采用按轮讨论的方式。

关键词:按轮讨论;自由讨论;观点动力学;仿真

中图分类号:N945 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-2486(2013)02-0052-05

Opinion dynamic evolution: a comparison of group experts rounds' discussions with free ones

SU Jiongming, LIU Baohong, LI Qi, MA Hongxu

(College of Mechatronics Engineering and Automation, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: The opinion evolution results of both dynamic models of group experts round discussion and free discussion in collective discussion are analyzed and compared by computer simulation. Statistical results show that under the same initial conditions, the model of free discussion using the speech sequence rule of authoritative experts first and then experts with the maximum of opinion cumulative change first has less average opinion clusters. It also finds that discussions after 15 rounds have less improved impact on indicators. As the free discussion is followed by serial speeches that are less efficient, in the actual selection of the mode of discussion, when there are fewer experts and plenty of time, it should use free discussion, and vice versa it should adopt discussion by round.

Key words: round discussion; free discussion; opinion dynamics; simulation

群体专家采用集体讨论的方式协作共同解决问题是信息化社会针对复杂决策问题的一种最有效的解决方式,如计算机支持的协同工作、群决策和综合集成研讨厅等都采用该方式解决复杂决策问题^[1-2]。在群体专家集体讨论过程中,专家们形成一个全连通的社会网络,专家们对待复杂问题的观点彼此共享,相互影响、相互作用、协同活动,使得观点不断地交融、演化和收敛,最终观点汇聚形成一系列观点簇或者进一步达成共识。

近年来,国内外学者提出了许多连续观点动力学模型来研究人群中观点的传播和演化的动力学过程^[3]。连续是指观点用连续的正实数表示,而不是指时间连续^[3]。在 Hegselmann-Krause (HK)模型中,每个智能体更新观点至它信任范围内所有智能体观点的平均值,通过计算机社会仿真分析,获得了大量有用的结果^[4-5]。Deffuant-Weisbuch (DW)模型中智能体采用随机

配对的方式交流观点,即随机选择2个智能体通信和对话,然后按照一定的规则对各自的观点进行更新^[6-7]。Urbig等人试图统一HK模型和DW模型,研究了智能体在一次交互中的智能体数量变化的影响^[8]。Pan提出了一种不同的时变权重的社会学习模型,智能体通过加权平均他们的观点实现观点持续更新^[9]。国内熊菲等人针对互联网个体交互、网络舆论演化与群体意见形成,建立了人员个性不完全信息博弈的策略选择模型,并对其进行了仿真和分析^[10]。王龙等人论述了复杂网络上观点动力学的研究现状和最新进展,指出了复杂网络上群体决策的未来发展方向和可能的应用前景^[11]。贾凡针对现实生活中个体观点形成中的理性推理过程,提出了一种基于证据理论的观点更新规则,并在连续观点离散决策的框架下对个体形成自身意见的过程进行建模^[12]。这些观点动力学模型在一定程度上解释了大量的

* 收稿日期:2012-08-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60704038)

作者简介:苏炯铭(1984—),男,湖南湘潭人,博士研究生,E-mail:sjm_nudt@gmail.com;

马宏绪(通信作者),男,教授,博士,博士生导师,E-mail:mhx1966@163.com

社会现象,如群决策、共识构建、政党的出现、流言的传播、极端主义的扩散、时尚的涌现与消失、狂热崇拜的传播等,但是还未对群体专家集体讨论的观点动力学演化进行深入研究。

苏炯铭等人提出群体专家按轮讨论的观点动力学模型揭示了专家的影响阈值、坚持己见专家和权威专家在观点的演化过程中的作用;提出群体专家自由讨论模型,对专家发言次数和五种发言顺序规则分别进行了理论推导和仿真实验比较。但是针对这两种连续观点动力学模型,还没有进行在相同的群体专家、相同的初始观点下的比较研究。本文通过仿真实验的方法,比较分析了分别采用这两种模型生成的观点簇的平均个数及其观点位置的偏差等。实验结果对深入理解两种群体专家观点演化的机理和在实际研讨中选择集体讨论方式和确定发言轮数具有重要的指导意义。

1 观点动力学模型

群体专家集体讨论可以分为2种方式,一种是按轮讨论,另一种是自由讨论。按轮讨论将讨论过程分为多轮进行,忽略了一轮中专家发言顺序先后所造成的观点更新的影响,可认为专家发言是同时并行进行的。当一轮中所有专家发言过后,再根据其他专家的观点内容,依据特定的规则更新各自的观点。而自由讨论中则依据一定的发言顺序规则,单个专家依次发言表达和共享自己的观点,其他专家听取每一位发言专家的观点后,立即对自己的观点进行修改和更新,准备在自己发言时进行表达和共享。

设信任度矩阵 C_{ij} 是 $n \times n$ 的方阵,表示专家 i 对专家 j 的基本信任程度,是专家之间存在一种基本的信任关系,在一次讨论中基本保持不变。 C_{ij} 采用1~9数值标度法取值,数值取0.1,0.3,0.5,0.7,0.9表示从极不信任,很不信任,信任,很信任,极信任,处在2个信任度中间的信任度取中间值,因此 $C_{ij} \in \{0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9\}$ 。

定义1:影响指数 d_{ij}^t :表示专家 j 的观点对专家 i 的观点的影响程度,由专家间观点的相似程度和专家间的信任度共同决定。

$$d_{ij}^t = \frac{\min(p_i^t, p_j^t)}{\max(p_i^t, p_j^t)} C_{ij}, \quad (1)$$

其中 p_i^t, p_j^t 分别是 t 轮时专家 i 和 j 的观点值, $\min(p_i^t, p_j^t)$ 表示取 p_i^t, p_j^t 两值中较小值, $\max(p_i^t, p_j^t)$ 表示取 p_i^t, p_j^t 两值中较大值。特别地,当 $i=j$ 时, d_{ii}^t

$= C_{ii}$, 影响指数等于专家 i 对自身观点的自信程度。

定义2:权重 w_{ij}^t :采用有限信任规则公式(2)确定权重。对于所有的 $i, j \in N$,

$$w_{ij}^t = \begin{cases} d_{ij}^t, & \text{if } d_{ij}^t \geq \varepsilon_i; \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (2)$$

式中 ε_i 为专家 i 的影响阈值, N 表示群体专家的有限集。影响阈值表明专家对自己的观点的坚持和不受影响的程度,阈值越大表示专家的观点越难以受到影响发生改变。

1.1 按轮讨论模型

设群体专家为一个有限集 $N = \{1, 2, \dots, n\}$, 观点向量 $P^t = (p_1^t, p_2^t, \dots, p_n^t)^T \in \mathcal{R}^n$ 表示各个专家在第 t 轮的观点, $p_i^t \in (0, 1, 1), i \in N$ 。影响矩阵 I^t , 表示第 t 轮时专家观点之间的影响关系,对于所有的 $i, j \in N, I_{ij}^t \in [0, 1], I^t$ 是行随机的,即每行元素之和为1,每个元素都是正实数,如式(3):

$$\sum_{j=1}^n I_{ij}^t = 1, \text{ 且 } I_{ij}^t \geq 0, \text{ 对所有的 } t \quad (3)$$

I^t 可能是非对称的矩阵,即对一些 i, j , 有 $I_{ij}^t \neq I_{ji}^t$ 。

对于所有 $i, j \in N$, 影响矩阵 I^t 采用下式更新:

$$I_{ij}^{t+1} = \begin{cases} \frac{w_{ij}^t}{\sum_{k \in N} w_{ik}^t}, & \text{if } \sum_{k \in N} w_{ik}^t \neq 0; \\ 1, & \text{if } \sum_{k \in N} w_{ik}^t = 0 \text{ and } i = j; \\ 0, & \text{if } \sum_{k \in N} w_{ik}^t = 0 \text{ and } i \neq j. \end{cases} \quad (4)$$

式(4)表示如果其他专家对专家 i 存在影响作用,影响的大小按照影响权重 w_{ij}^t 进行归一化;如果其他专家对专家 i 都不存在影响作用,专家 i 的观点只受自身观点影响,不受其他专家观点影响,观点将保持不变。

观点更新采用对所有专家观点,包括自身观点,进行加权求和,得到新一轮观点值。新一轮观点值 P^{t+1} 采用式(5)进行计算:

$$P^{t+1} = I^{t+1} P^t, \text{ 对于所有的 } t > 0 \quad (5)$$

1.2 自由讨论模型

设群体专家为一个有限集 $N = \{1, 2, \dots, n\}$, 观点向量 $P^t = (p_1^t, p_2^t, \dots, p_n^t)^T \in \mathcal{R}^n$ 表示各个专家在第 t 次发言前所持的观点,包括显观点和隐观点, $p_i^t \in (0, 1, 1), i \in N$ 。设显观点向量 $X^t = (x_1^t, x_2^t, \dots, x_n^t)^T \in \mathcal{R}^n$, 表示第 t 次发言前的显观点, $x_k^t = \phi, k \in N$ 。这里显观点是指专家观点改变后,已经发表出来供其他专家参考借鉴的观点;隐

观点是指专家观点改变后,还未发表出来的观点。

1.3 更新观点向量 P^t 和 X^t

专家 s 在第 t 次发表观点后,其他专家 $i, i \in N - s$ 的观点向量 P^{t+1} 和 X^{t+1} 计算如下:

采用公式(6)对 P^t 进行更新,得到 $P^{t+1} = (p_1^{t+1}, p_2^{t+1}, \dots, p_n^{t+1})^T \in \mathcal{R}^n$:

$$p_i^{t+1} = \begin{cases} p_s^t, & \text{if } i = s; \\ \frac{w_{ii}^t}{w_{ii}^t + w_{is}^t} p_i^t + \frac{w_{is}^t}{w_{ii}^t + w_{is}^t} p_s^t, & \\ \text{if } w_{ii}^t + w_{is}^t \neq 0, i \in N \setminus s; \\ p_i^t, & \text{if } w_{ii}^t + w_{is}^t = 0, i \in N \setminus s. \end{cases} \quad (6)$$

需要注意的是, $p_i^{t+1}, i \in N \setminus s$ 是经过修改更新,还未发表的观点向量,因此是隐观点; $p_i^{t+1}, i = s$ 是经过发表的,因此是显观点。在下次发言中,应当选择另外一位不是 j 的专家来发表他的隐观点。

采用式(7)更新显观点向量 X^t ,得到 $X^{t+1} = (x_1^{t+1}, x_2^{t+1}, \dots, x_n^{t+1})^T \in \mathcal{R}^n$:

$$x_k^{t+1} = \begin{cases} x_k^t, & \text{if } k \in N \setminus s; \\ p_k^t, & \text{if } k = s. \end{cases} \quad (7)$$

2 场景

2.1 群体专家讨论

根据专家影响阈值和信任度,可以将群体专家分为 2 类:权威专家和一般专家。权威专家的影响阈值较大,观点较难受其他专家影响而发生改变,其他专家对权威专家的信任度较高,人数所占比例较小,其中包括院士、资深专家、领导、主持人等,对问题解决、决策等起关键和主导作用。一般专家的影响阈值中等,观点较易受其他专家影响而发生改变,其他专家对一般专家的信任度中等,人数所占比例较大。一般专家参与问题的讨论,提出自己的观点和见解,观点的分量和决策的权重低于权威专家。

群体专家自由讨论的结果与专家发言顺序密切相关,发言顺序规则:权威专家优先,然后按照观点累积变化最大者优先,所形成的观点簇数和所需的发言次数都较少,是一种较好的发言顺序规则。

自由讨论发言顺序规则:权威专家优先,然后按观点累积变化最大者优先。

先由权威专家发言(权威专家内部发言顺序随机),待最后一位权威专家发言后,按照观点累积变化最大者优先的规则确定下一个发言的专

家。观点累积变化最大者优先规则选择群体专家中观点累积变化最大的,并且还未发言的专家作为下一个发言者。

2.2 比较指标

设 N_{sim} 表示仿真次数, O_i 表示第 i 次讨论结束时的观点簇数, $P_i^r = (p_{i1}^r, p_{i2}^r, \dots, p_{in}^r)^T$ 和 $P_i^f = (p_{i1}^f, p_{i2}^f, \dots, p_{in}^f)^T$ 分别表示第 i 次讨论结束时按轮讨论模型和自由讨论模型形成的观点向量。定义以下观点演化量化统计指标:

(1) 平均观点簇数 $AQOC$ (Average Quantity of Opinion Clusters): 讨论结束时,观点向量中不同观点簇数量的平均值。

$$AQOC = \frac{\sum_{i=1}^{N_{sim}} O_i}{N_{sim}} \quad (8)$$

设 X^{t+1} 为最终的观点向量,采用聚类方法计算 X^{t+1} 中观点簇的个数 O_i 。计算步骤如下:

1) 确定簇间距离阈值 δ , δ 可取 0.05。

2) 将 X^{t+1} 中所有观点各分为一簇,簇数为观点个数。

3) 对所有簇循环,采用式(9)计算簇 pt_i, pt_j 的距离 Dis_{ij} ,找到最小的距离设为 $\min Dis$,

$$Dis_{ij} = \max \left(\left\{ 1 - \frac{\min(x, y)}{\max(x, y)} \mid \text{所有的 } x \in pt_i, y \in pt_j \right\} \right) \quad (9)$$

Dis_{ij} 表示两簇间观点的最大差异值。若 $\min Dis \leq \delta$, 则合并 pt_i, pt_j 形成新簇,说明同簇中观点最大差异不能超过 δ (5%), 否则 $\min Dis > \delta$, 则退出循环。

4) 计算所形成的簇数 O_i 。

(2) 单次仿真观点簇数偏差 B_i : 表示第 i 次仿真时,按轮讨论模型生成的观点簇数与自由讨论模型生成的观点簇数之差。

(3) 观点位置平均偏差 T : 每次讨论结束时,2 种模型生成的观点的平均偏差值,采用误差平方和进行计算。

$$T = \frac{1}{N_{sim}} \sum_{i=1}^{N_{sim}} \sum_{k=1}^n (p_{ik}^r - p_{ik}^f)^2 \quad (10)$$

3 仿真

群体专家自由讨论的观点动力学模型采用 Matlab 2010a 实现,所需的随机数采用 Matlab 中的随机数生成函数产生。群体专家集 N 的大小为 30,其中权威专家集 A 的大小为 6 (20%), 一般专家集 $N \setminus A$ 的大小为 24 (80%), 权威专家影

响阈值 ε_A 在开区间 $(0.6, 0.9)$ 内均匀分布,一般专家影响阈值 $\varepsilon_{N \setminus A}$ 在开区间 $(0.3, 0.6)$ 内均匀分布,对权威专家的信任 $C_{iA} = C_{ij}, i \in N, j \in A$ 在集合 $\{0.7, 0.8, 0.9\}$ 中均匀分布,对一般专家的信任 $C_{ij}, j \in N \setminus A$ 在集合 $\{0.4, 0.5, 0.6\}$ 中均匀分布, p_i^1 在区间 $(0.1, 1)$ 内的均匀分布,发言次数/轮数分别为 $150/5, 300/10, 450/15, 600/20, 750/25, 900/30$,对每种发言次数/轮数分别仿真 200 次。采用以上的仿真参数,生成 200 组仿真初始条件,其中包括 $\varepsilon_A, \varepsilon_{N \setminus A}, C$ 和 p_i^1 等值。对这 200 组数据,在不同的最大发言次数/轮数下,分别采用两种模型对群体专家的观点进行演化,对仿真结果进行统计比较。

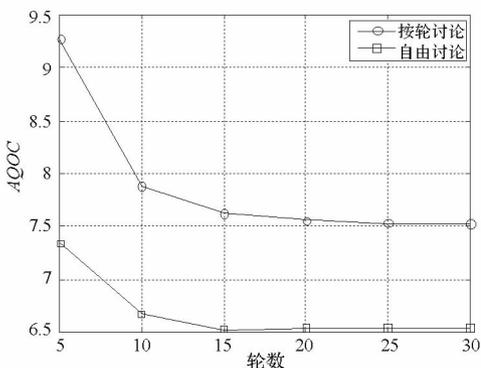


图 1 两种模型在不同发言轮数下的 AQOC 值
Fig. 1 AQOC of both models under various rounds

图 1 所示的是在不同发言轮数下两种模型的平均观点簇数。随着发言轮数/次数的增加,两种模型形成的观点簇数都在减小,但在 15 轮讨论之前,减小得较为剧烈和明显,之后减小的幅度较小,说明 15 轮以后的发言对形成的平均观点簇数减小的影响不大。按轮讨论形成的观点簇数明显大于自由讨论生成的观点簇数,说明自由讨论优先权威专家优先,然后按观点累积变化最大者优先的发言顺序规则下,在相同的仿真条件时比按轮讨论得到的观点簇数更少,观点更为收敛和集中。两种模型的 AQOC 值的差在不断地减小,但是在 15 轮发言之前减少较快,之后减少较慢,但是差值最终维持在 1 左右。

图 2 所示的是两种模型所生成的观点簇数之差在 200 次仿真过程中的变化规律。随着发言轮数的增加,大多数 B 值向 0 不断趋近,在 15 轮发言之后 B 值范围趋近速度减缓,使得 AQOC 的差值得以减小。图 2 数据还显示出在少数次仿真中两种模型形成的观点簇数差值较大,总体来说,多数情况下按轮讨论生成的观点簇数更多。

图 3 所示的是在不同发言轮数下 2 种模型生

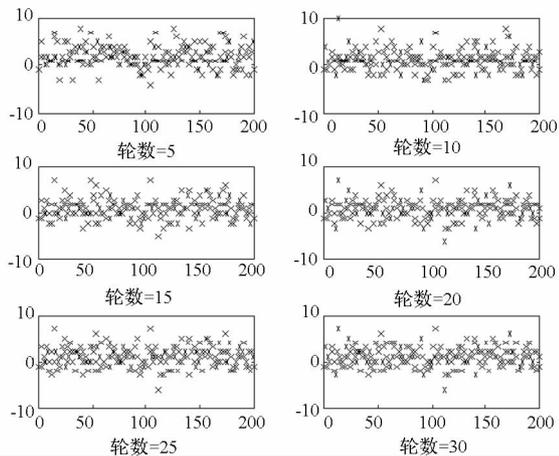


图 2 两种模型在不同发言轮数下的 B 值
Fig. 2 B of both models under various rounds

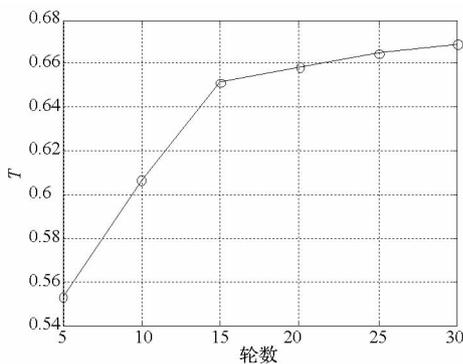


图 3 不同发言轮数下的 T 值
Fig. 3 The value of T under various rounds

成的观点位置的平均偏差值。随着发言轮数的增加,误差平方和增大,但在 15 轮讨论之前,增加得较为剧烈和明显,之后增加的幅度较小,说明随着讨论的深入,两种模型依据各自的规则不断地演化和收敛,使得两者之间的差异不断变大;同时说明 15 轮以后的发言对 T 值增加的影响作用不是很明显,这与两种模型的平均观点簇数的变化规律一致。

4 结论

通过比较群体专家按轮讨论和自由讨论模型在相同的仿真初始条件下所统计的各项指标,结果表明在统计学意义上,自由讨论模型生成的观点簇数更少,并且发现 15 轮左右的发言轮数是观点簇数变化速率的阈值,即 15 轮以后的发言对各项指标改进的影响作用不大。但是需要注意的是,在少数仿真过程中,自由讨论模型形成的观点簇数会更多,并且由于自由讨论采用的是专家依次串行发言的方式,在实际讨论中所需的时间将大大超过按轮发言所需的时间。因此在实际的群体专家讨论过程中应视具体情况而定,当人数较

少,时间充裕时,不妨采用自由讨论的方式进行讨论,而人数较多,有时间压力时,宜采用按轮讨论的方式进行讨论,实现对研讨效率和效果的综合考虑。

下一步,将基于按轮讨论和自由讨论的观点动力学模型,建立人工群体专家研讨仿真系统,与真实研讨系统组成平行系统。仿真系统采用真实数据驱动和校准模型,与实际研讨过程平行运行,以预测讨论过程和结果,避免陷入讨论误区,指导专家科学、高效研讨。

参考文献 (References)

- [1] 陈超,沙基昌,石建迈,等. 群体专家协作研究综述[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(10):15-19.
CHEN Chao, SHA Jichang, SHI Jianmai, et al. Survey of collaboration in group experts [J]. Application Research of Computer, 2007, 24(10):15-19.
- [2] 戴汝为,李耀东. 基于综合集成的研讨厅体系与系统复杂性[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2004, 1(4): 1-24.
DAI Ruwei, LI Yaodong. Research on hall for workshop of metasynthetic engineering and system complexity[J]. Complex System and Complexity Science, 2004, 1(4): 1-24.
- [3] Lorenz J. Continuous opinion dynamics under bounded confidence: a survey [J]. International Journal of Modern Physics C, 2007, 18 (12):1819-1838.
- [4] Hegselmann R, Krause U. Opinion dynamics and bounded confidence, models, analysis and simulation [J]. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2002, 5(3).
- [5] Weisbuch G, Bounded confidence and social networks [J]. The European Physical Journal B, 2004, 38:339-343.
- [6] Weisbuch G, Deffuant G, Amblard F, et al. Meet, discuss, and segregate! [J]. Complexity, 2002, 7(3):55-63.
- [7] Deffuant G, Neau D, Amblard F, et al. Mixing beliefs among interacting agents [J]. Advances in Complex Systems, 2000, 3:87-98.
- [8] Urbig D, Lorenz J, Herzberg H. Opinion dynamics: The effect of the number of peers met at once [J]. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2008, 11(2):4.
- [9] Pan Z Z. Trust, influence, and convergence of behavior in social networks [J]. Mathematical Social Sciences, 2010, 60: 69-78.
- [10] 熊菲,刘云,司夏萌,等. 不完全信息下的群体决策仿真 [J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(1):151-157.
XIONG Fei, LIU Yun, SI Xiameng, et al. Simulation of collective decision-making with incomplete information [J]. Systems Engineering-Theory&Practice, 2011, 31(1): 151-157.
- [11] 王龙,伏锋,陈小杰,等. 复杂网络上的群体决策 [J]. 智能系统学报, 2008, 3(2):95-108.
WANG Long, FU Feng, CHEN Xiaojie, et al. Collective decision-making over complex networks [J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2008, 3(2):95-108.
- [12] 贾凡. 基于理性推理的观点演化模型 [J]. 北京交通大学学报, 2011, 35(2):60-65.
JIA Fan. Rational inference based opinion formation model [J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2011, 35(2):60-65.