

文章编号: 1001-0920(2011)03-0363-06

具有偏好关系网络结构稳定的群决策协商控制模型

郭亚军, 侯宏波, 侯芳

(东北大学 工商管理学院, 沈阳 110819)

摘要: 挖掘群决策偏好关系结构信息, 提出决策者个体偏好与群体偏好关系以及网络结构稳定的群决策协商控制模型. 根据模型提供个体偏好参考基准, 计算决策者及群体的偏好相容性测度. 通过决策者建立、取消(断开)或加强与其他决策者的链接以及对偏好信息进行调整的策略建议, 促使决策者个体偏好、群决策偏好关系网络结构正向演化, 在模型框架下保证群体偏好网络结构稳定, 达到群体偏好信息相容性极大的目的, 为进一步信息集结提供依据.

关键词: 群决策; 协商过程; 偏好关系网络结构; 偏好相容性测度

中图分类号: C391

文献标识码: A

Group decision-making controllable model with preference relations network structure stabilization

GUO Ya-jun, HOU Hong-bo, HOU Fang

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110819, China. Correspondent: HOU Fang, E-mail: houfang1223@sina.com)

Abstract: This paper introduces a model for group decision-making problem based on both the preferences of decision-makers and the group and the stability of network structure. References of the individual preferences are provided according to the model, and the measurement of preferences consistency about both decision-makers and the group is calculated. The decision-makers establish, cancel(disconnect) or strength the links between others, and regulate their preferences in the model. Both decision-makers preferences and the group preferences network structure can develop to the positive evolution in the model. Structural stability of the group preferences network structure can be guaranteed, and the group preferences consistency maximization is achieved, which provide more convenient solutions for information aggregation.

Key words: group decision making; consensus process; the network structure of preference; measurement of preference consistency

1 引言

群决策过程一般由协商和评价两个基本过程组成^[1]. 对于具体决策问题, 协商过程能够达成协商一致, 要求决策者具有某种共同的偏好, 这是进行协商的前提, 也是群决策问题有解的一个必要条件. 进一步, 决策者还应拥有某种共同的偏好参考基准, 这是群决策问题有解的另一个必要条件. 一般地, 群决策问题较为复杂, 其最优稳定状态不太可能在初始状态达到, 需经过决策者多次协商、修正和改进, 因此群决策的协商过程是决策者个体偏好演化、形成相对稳定的群体偏好的过程. 具体地, 对于某一决策问题, 以决策者为节点、决策者之间的某种链接(如偏好关系

相似性测度)为边形成决策群体偏好网络结构, 为达成共识, 需要相应的机制设计引导协商过程, 根据决策目的设置偏好参考基准, 促进决策者个体观点正向演化, 使群体观点能够收敛, 同时决策群体偏好结构能够稳定. 协商过程的目的是极大化群体偏好相容性, 稳定群体偏好的网络结构. 通信手段及技术的发展能够实现大规模群体参与协商^[2-9], 决策群体的沟通渠道多样化, 程度不断加深, 提高了协商过程的有效性. 目前, 群决策协商过程一般通过主持人(或信息公示板)或反馈机制^[2-3]两种方式解决. 主持人负责引导决策者得到协商一致性较高的群体偏好信息, 但主持人本身是否参与决策, 主持人对信息的处理效率及可靠性, 主持人引导协商进程的方式等诸多问题有待于进

收稿日期: 2010-03-24; 修回日期: 2010-08-12.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71071030, 71071031).

作者简介: 郭亚军(1952—), 男(满族), 教授, 博士生导师, 从事综合评价技术与方法等研究; 侯宏波(1971—), 男, 博士生, 从事综合评价技术与方法的研究.

一步讨论. 反馈机制也是通过信息交互促使决策者达成协商一致, 一般通过阈值设置控制协商进程. 评价过程是根据决策者信息得到决策问题的解决方案过程, 主要问题是如何有效集结群决策信息.

本文针对群决策的协商过程, 提出一种具有偏好关系网络结构稳定的群决策协商控制模型. 定义了决策者偏好相容性测度, 以决策者为节点、决策者的偏好相容性测度为链接生成决策偏好关系网络结构, 在网络结构达到稳定的控制条件下设置定向反馈的节点及调节阈值, 允许相应的决策者进行个体信息调整, 建立、加强或取消决策者之间的链接(表现为偏好网络结构中节点之间链接长度的改变、增加或取消链接), 达到促进决策群体偏好网络结构正向演化的目的, 为进一步的信息集结提供依据.

2 相关测度

群决策问题是根据决策者集 $E = \{e_1, \dots, e_n\}$ ($n > 1$) 提供的偏好信息, 对方案集 $X = \{x_1, \dots, x_m\}$ ($m \geq 2$) 进行的排序和选择问题.

定义 1 设任意 2 个决策者 e_h, e_l 之间的偏好信息相容性测度为

$$\beta_{hl} = 1 - |\lambda^h - \lambda^l|. \quad (1)$$

其中: $h, l = 1, 2, \dots, n$. 决策者 e 关于方案集 X 偏好的态度参数^[10]为 $\lambda^e = \int_0^1 Q_e(y) dy$. $Q: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ 为具有下列性质的函数: 1) $Q(0) = 0$; 2) $Q(1) = 1$; 3) 若 $x > y$, 则 $Q(x) \geq Q(y)$. 当 $Q''(y) < 0$ 时, 决策者是风险规避心态, 即为悲观态度; 当 $Q''(y) > 0$ 时, 决策者是风险偏好心态, 即为乐观态度. $\beta_{hl} \in [0, 1]$ 用于计算任意一对决策者的偏好信息相容性. 其中: 当 $\beta_{hl} = 0$ 时, 决策者 e_h, e_l 的偏好信息完全相悖; 当 $\beta_{hl} = 1$ 时, 决策者 e_h, e_l 的偏好信息完全相容; 当 $\beta_{hl} \in (0, 1)$ 时, 决策者 e_h, e_l 的偏好意见是相容的. 群决策者的偏好意见相容性矩阵 β 为

$$\beta = \begin{bmatrix} 1 & \beta_{12} & \dots & \beta_{1n} \\ \beta_{21} & 1 & \dots & \beta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{n1} & \beta_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}.$$

其中: $\beta_{hl} = \beta_{lh}, h \neq l, \beta$ 为对称矩阵, 其任意行和(或列和) $\sum_{l=1}^n \beta_{hl} \left(\sum_{h=1}^n \beta_{hl} \right)$ 表示对应决策者偏好信息与其他决策者偏好信息的总体相容性.

定义 2 决策者 e_h 偏好信息与群决策者偏好信息的相容性测度为

$$k_h = 1 - \frac{\left(\sum_{l=1}^n \beta_{hl} - \frac{1}{n} \sum_{h=1}^n \sum_{l=1}^n \beta_{hl} \right)^2}{\sum_{h=1}^n \left(\sum_{l=1}^n \beta_{hl} - \frac{1}{n} \sum_{h=1}^n \sum_{l=1}^n \beta_{hl} \right)^2}, \quad (2)$$

其中 $k_h \in [0, 1]$. 当 $k_h = 0$ 时, 决策者 e_h 偏好信息与群决策者偏好信息完全相悖; 当 $k_h \rightarrow 0$ 时, 决策者 e_h 偏好信息与群决策者偏好信息分歧越来越大; 当 $k_h \rightarrow 1$ 时, 决策者 e_h 偏好信息与群决策者偏好信息相容性越来越大.

定义 3 决策群体的偏好信息相容性测度为

$$\text{com}(\lambda_h) = 1 - \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{h=1}^n \left(k_h - \frac{1}{n} \sum_{h=1}^n k_h \right)^2}. \quad (3)$$

其中: $\text{com} \in (0, 1], h = \{1, 2, \dots, n\}$. 当 $\text{com} = 1$ 时, 决策者群体偏好信息完全相容; 否则, $\text{com} \rightarrow 0$, 群体偏好信息相容性越来越低.

3 偏好关系网络结构及协商控制模型

由群决策者的偏好意见相容性矩阵 β , 建立以 n 个决策者为节点、决策者之间的偏好相容性测度为边的网络结构图. 在群决策问题中, 决策者之间的偏好意见相容的程度和状态是相互的, 则偏好关系网为无向的. 本文假设决策者地位平等, 则偏好关系网为无权的; 否则, 若决策者根据自身的地位、声望等在群决策问题中有不同的作用, 则偏好关系网应为有权的. 由 31 位决策者参与的大型群决策问题的偏好关系网络如图 1 所示(由 ucient 6 for windows 随机生成, 节点数 31, 边数 48, 度 (0.103)).

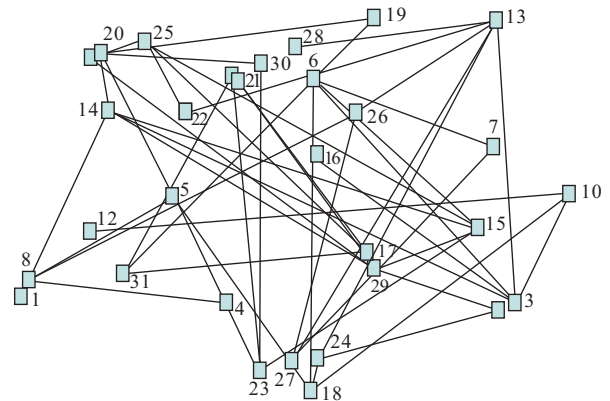


图 1 群决策偏好关系网络结构图

定义 4 设决策者 e_h 在 N 时刻态度参数为 λ_i^h 的偏好意见变化满足

$$M(\lambda_i^h) = \alpha \lambda_i^h. \quad (4)$$

其中: $\lambda_i^h = \lambda_0^h e^{\alpha t N}$, λ_0^h 为决策者态度参数的初始值, $\alpha > 0$ 为决策者偏好常数. α 反应决策者偏好的态度参数随着决策协商进程, 其调整幅度是加速递减的.

设决策者 e_h 在 N 时刻的态度参数为 λ_i^h , 满足方程

$$\lambda_i^h = M(\lambda_i^h) + c \sum_{j=1, i \neq j}^n a_{ij} H(\lambda_j^h). \quad (5)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, n$; 常数 $c > 0$ 为网络的耦合强度; $A = (a_{ij}) \in R^{n \times n}$ 为网络耦合矩阵, 当节点 i 与 j 之间

有连接时, $a_{ij} = a_{ji} = 1$, 否则 $a_{ij} = a_{ji} = 0, i \neq j$; $H(\cdot)$ 表示2个决策者之间具体的联结关系. 为使群决策协商过程能够达到全局渐近稳定状态, 通过定向反馈促使决策者改进策略, 同时使偏好关系网络结构演化. 令式(5)的平衡点为 $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = \lambda_0$. 此时, $\text{com}^* = \max\{\text{com}(\lambda_0)\}$, λ_0 即为偏好信息参考调整值, 对占决策者总数比例为 $\delta(0 < \delta \leq 1)$ 的决策者进行定向反馈. 设决策者 i_1, i_2, \dots, i_l 为被控制的决策者节点, 这里 $l = \lfloor \delta n \rfloor$ 是 δn 的整数部分.

网络状态方程为

$$\begin{cases} \lambda_{i_k} = M(\lambda_{i_k}) + c \sum_{j=l_k}^n a_{i_k j} H(\lambda_{j_k}) - \\ \quad cdH(\lambda_{i_k} - \lambda_0), k = 1, 2, \dots, l; \\ \lambda_{i_k} = M(\lambda_{i_k}) + c \sum_{j=l_k}^n a_{i_k j} H(\lambda_{i_k}), \\ \quad k = l + 1, \dots, n. \end{cases} \quad (6)$$

令反馈增益 d 为常数, 则当 $1 \leq k \leq l$ 时, $d_{i_k} = d = 1$; 当 $l + 1 \leq k \leq n$ 时, $d_i = 0$.

受控的 l 位决策者根据偏好信息参考调整值 λ_0 对各自的偏好信息态度参数进行调节, 改进个体偏好信息与群体偏好信息的相容性. 即决策者个体偏好信息正向演化, 同时受控决策者检查与其余决策者之间的协商状况, 根据联结状态考查决策者群体偏好信息网络结构状态. 通过加强、建立及取消决策者之间的协商联结, 使群体偏好信息网络结构、网络耦合强度发生变化, 群体偏好相容性随之变化, 从而促使网络结构向全局稳定状态正向演化.

由一般动态网络平衡点的全局稳定性条件^[11], 网络耦合强度 c 满足

$$c > \frac{L_c^M}{\sigma_{\min}(-A + \text{diag}(d, d, \dots, 0, \dots, 0))}. \quad (7)$$

其中: L_c^M 为 Lipschitz 常数, σ_{\min} 为矩阵 $-A + \text{diag}(d, d, \dots, 0, \dots, 0)$ 的最小特征值.

4 模型演化

Step 1: 模型初始化. 建立初始群决策偏好关系网络结构图, 计算初始网络结构参数; 计算各决策者偏好及决策者对之间的偏好相容性参数. 根据初始网络平衡点的全局稳定性条件 $\text{com}^* = \max\{\text{com}(\lambda)\}$ 及相关决策者节点参数, 确定进行定向反馈的决策者比例 σ 对应的决策者、偏好信息参考调整值 λ_0 及相应的网络耦合强度 c_0 .

Step 2: 模型演化. 对选定决策者的偏好信息及其偏好网络联结状况进行分析. 决策者根据反馈建议信息进行策略调整, 如与其他决策者建立或取消协商(在偏好信息网络结构图中联结或断开节点), 调整偏好信息(调整偏好信息网络结构图的边长). 具体地, 根据 c_0 及 λ_0 , 由式(1), (2)和(5)计算决策者偏好信息

状态量及与联结节点的偏好信息相容性测度. 对决策者 e_h , 有:

1) 若 $\beta_{hl} \leq \text{com}^*$, 则建议决策者 e_h 取消与决策者 e_l 的协商联结, 根据 e_h 与其他决策者偏好相容性测度由大到小给出建立新联结建议并建立联结; 根据 λ_0 及式(5)调整计算相应的偏好信息 λ_1^h .

2) 若 $\beta_{hl} > \text{com}^*$, 则对于 $\min\{\beta^{hk} | \beta^{hk} > \text{com}^*\}$, 建议决策者 e_h 加强与 e_k 的协商, 并根据 λ_0 及式(5)调整偏好信息 λ_1^h ; 计算调整后的群决策偏好信息相容性测度.

3) 若 $\text{com}'_0 \leq \text{com}^*$, 则重复1)和2), 直至没有断开及联结建议, 此时决策者进行偏好信息调整, 取 $\max\{k_h(\lambda_i)\}$ 时的 λ_i^* 为决策者 e_h 的个体最优策略, 此时决策者 e_h 与群体偏好信息相容性极大.

4) 若在 λ_i^* 下, 有 $\text{com}'_0 \leq \text{com}^*$, 则改变网络结构控制比例, 重新计算网络耦合强度 c_1 及偏好信息参考调整值 λ_1 , 重复1)~4).

5) 若 $\text{com}_0 > \text{com}^*$, 则 $\text{com}'_1 = \text{com}_0$, 重复1)~4). 当 $\text{com}^* = \max\{\text{com}'_i\}$ 时, 停止计算, 此时偏好关系网络结构稳定、群体偏好信息相容性极大、部分受控决策者个体偏好最优, 符合群决策的协商目的.

Step 3: 模型结论. 当协商过程终止时, 群决策协商过程达到基于偏好信息网络结构稳定的群体偏好信息相容性极大状态. 此时, 部分决策者可以达到个体偏好信息最优状态, 但仍有部分决策者未能通过协商过程优化自身的偏好信息, 因此需考查受控决策者及非受控决策者的态度. 若决策者群体对协商结果均没有异议, 则群决策进入评价阶段, 并作出最终决策; 否则, 重新进入协商过程.

5 模型算例分析

以图1为例(以决策者为节点, 决策者之间的偏好信息相容性测度为边长)建立偏好关系网络结构图. 初始相关参数描述为 $\max\{\text{com}(\lambda_0)\} = 0.5788$. 不失一般性, 初始时选择控制比例为12.9%, λ_0^h 参考调整值为0.441, 受控的决策者节点为3, 13, 14, 15, 见表1和表2.

表1 决策者偏好信息网络结构参数

控制节点数	控制比例 $\sigma / \%$	网络耦合强度 c
0	0	29.4118
4(3,13,14,15)	12.90	26.3158
7(3,5,6,8,13,14,15)	22.58	26.3852
9(3,5,6,8,10,13,14,15,17)	29.03%	35.7143
14(2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,13,14,15,17)	45.16	33.3333
0	0	30.3030
6(3,8,13,14,20,29)	19.35	23.8095
11(3,5,8,13,14,15,18,20,23,25,29)	35.48	28.5185
18(3,5,6,8,10,13,14,15,17,18,20,23,24,25,26,27,29,31)	56.06	36.3158

表 2 网络节点(决策者)偏好信息 λ

节点	λ				
	初始值	比例/0%	比例/12.9%	比例/35.48%	比例/58.06%
1	0.3273	0.3273	0.3273	0.3273	0.3273
2	0.1746	0.1746	0.1746	0.1746	0.1746
3	0.1867	0.2754	0.4386	0.4386	0.4386
4	0.7258	0.7258	0.7258	0.7258	0.7258
5	0.5883	0.5883	0.5883	0.4362	0.4326
6	0.1832	0.1832	0.1832	0.1832	0.1832
7	0.1364	0.1364	0.1364	0.1346	0.4394
8	0.1139	0.1139	0.4306	0.4306	0.4306
9	0.0668	0.0668	0.0668	0.0668	0.0668
10	0.0593	0.0593	0.0593	0.0593	0.3299
11	0.0956	0.0956	0.0956	0.0956	0.0956
12	0.8323	0.8323	0.8323	0.8323	0.8323
13	0.2944	0.3678	0.4312	0.4312	0.4312
14	0.3362	0.4043	0.4202	0.4202	0.4202
15	0.7143	0.6848	0.6848	0.6848	0.6848
16	0.6236	0.6236	0.6236	0.6236	0.6236
17	0.6918	0.6918	0.6918	0.6918	0.4491
18	0.858	0.858	0.858	0.4234	0.4234
19	0.254	0.254	0.254	0.254	0.254
20	0.5937	0.5937	0.4326	0.4326	0.4326
21	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441
22	0.5711	0.5711	0.5711	0.5711	0.5711
23	0.3999	0.3999	0.3999	0.4664	0.4664
24	0.69	0.69	0.69	0.69	0.4506
25	0.8156	0.8156	0.8156	0.4783	0.4783
26	0.7119	0.7119	0.7119	0.7119	0.7119
27	0.2902	0.2902	0.2902	0.2902	0.4097
28	0.6686	0.6686	0.6686	0.6686	0.6686
29	0.1908	0.1908	0.4378	0.4378	0.4378
30	0.2025	0.2025	0.2025	0.2025	0.2025
31	0.0198	0.0198	0.0198	0.0198	0.3491

注: 初始偏好信息 λ_0^i 随机生成, 为正态分布; 加深标注的 λ 值是个体决策者最优值; 比例为控制比例.

由表 3, 有如下策略建议:

节点 13 和 14 没有断开或联结建议, 节点 13 建议加强与节点 26 的协商, 节点 14 建议加强与节点 15 的协商. 初始时 $\lambda_0^3 = 0.2944$, $\lambda_0^4 = 0.3362$, 调整后经计算 $\lambda_1^{13} = 0.2944$, $\lambda_1^{14} = 0.4043$. 节点 3 断开与节点 16 的联结, 建立与节点 29 的联结, 建议联结顺序为 [29, 2, 30, 7, 19, 8, 11, 27, 9, 1, 31, 23, 21, 22, 5, 20], 初始时 $\lambda_0^3 = 0.1857$, 经计算 $\lambda_1^3 = 0.2745$. 节点 15 断开与

节点 6 和 29 的联结, 加强与节点 14 的协商, 建立联结的参考顺序为 [17, 4, 26, 24, 28, 16, 12, 20, 5, 22, 18, 21, 1, 13], 建立与节点 17 和 4 的联结, 初始时 $\lambda_0^{15} = 0.7143$, 调整后 $\lambda_1^{15} = 0.6848$. 第 2 次协商调整选择控制比例为 19.35%, 此时仍有 $\max\{\text{com}(\lambda_0)\} = 0.5788$, 参考调整值 λ_0^h 为 0.441, 受控节点为 3, 8, 13, 14, 20, 29.

表 3 受控节点与联结点的偏好相容性测度

节点 3		节点 13		节点 14		节点 15	
链接点	β	链接点	β	链接点	β	链接点	β
6	0.996	3	0.892	1	0.991	6	0.469
10	0.872	21	0.853	3	0.850	14	0.622
13	0.892	23	0.894	8	0.777	23	0.686
14	0.850	26	0.582	15	0.621	25	0.898
16	0.563	27	0.995	20	0.742	29	0.476
		28	0.625	29	0.854		

由表 4, 有如下策略建议:

节点 3, 13, 14, 20, 29 没有断开或联结建议. 节点 3 建议加强与节点 14 的协商, $\lambda_1^3 = 0.2745$ 调整为 $\lambda_2^3 = 0.3566$; 节点 13 建议加强与节点 26 的协商, $\lambda_1^{13} = 0.3678$ 调整为 $\lambda_2^{13} = 0.3837$, $\lambda_1^{14} = 0.4043$ 调整为 $\lambda_2^{14} = 0.4081$; 节点 20 建议加强与节点 19 的协商, $\lambda_0^{20} = 0.5937$ 调整为 $\lambda_1^{20} = 0.5246$, $\lambda_0^{29} = 0.1908$ 调整为 $\lambda_1^{29} = 0.3761$. 节点 8 分别断开与节点 4, 5, 15, 26 之间的联结, 根据相容性大小建立联结的参考顺序为 [11, 7, 9, 10, 2, 6, 29, 30, 31, 19, 3, 27, 1, 13, 23, 21], $\lambda_0^8 = 0.1139$ 调整为 $\lambda_1^8 = 0.4306$. 经验证, 当 $\lambda^8 = 0.4306$ 时, 有 $\max\{k_8(\lambda_1^8)\}$. 此时若不调整控制比例, 则节点 3, 8, 13, 14, 15, 20, 29 在协商过程中没有联结或断开建议, 这 7 个决策者转向以调节 λ 值为主的策略. 结果如下: 决策者协商达到 $\max\{k(\lambda_i)\}$ 时, 决策者 3, 8, 13, 14, 15, 20 和 29 的 λ 值为 0.4386, 0.4306, 0.4312, 0.4202, 0.6848, 0.4362, 0.4378 (见 表 2); com 值为 0.5806, 0.5729, 0.5732, 0.5622, 0.335, 0.5746, 0.5798 (见 表 5). 存在 $\max\{\text{com}(\lambda)\} = 0.5798 > 0.5788$, 需要调整控制比例再次进行协商. 调整控制比例为 35.48%, 此时 $\max\{\text{com}(\lambda_1)\}$, λ_1^h 参考调整值为 0.4386.

表 4 控节点与联结点的偏好相容性测度

节点 3		节点 8		节点 13		节点 14		节点 20		节点 29	
链接点	β	链接点	β	链接点	β	链接点	β	链接点	β	链接点	β
6	0.9087	4	0.3881	3	0.9067	1	0.923	5	0.9946	2	0.9838
10	0.7848	5	0.5256	22	0.7967	3	0.8702	14	0.8106	3	0.9163
13	0.9067	14	0.7096	24	0.6778	8	0.7096	19	0.6603	9	0.876
14	0.5879	15	0.4291	26	0.6559	15	0.7195	23	0.8062	14	0.7865
29	0.9163	26	0.402	27	0.9224	20	0.8106	30	0.6088	21	0.7598
				28	0.6992	29	0.7865				

注: 0, 1, ..., N 表示协商进程中的时刻, 下同.

表 5 决策者调节 λ 及相应的 com 值

节点	0		1		2		3		...		N	
	λ	com	λ	com	λ	com	λ	com	λ	com	λ	com
3	0.1867	0.3287	0.2754	0.4156	0.3566	0.4986	0.4113	0.5533	0.4386	0.5806	0.466	0.5538
8	0.1139	0.2559	0.4306	0.5726	0.5362	0.4836	0.6418	0.378	—	—	—	—
13	0.2944	0.4364	0.3678	0.5098	0.3837	0.5257	0.4048	0.5468	0.4312	0.5732	0.4243	0.5663
14	0.3362	0.4782	0.4043	0.5463	0.4081	0.5501	0.4135	0.5555	0.4202	0.5622	0.4486	0.5406
20	0.5937	0.4261	0.5246	0.4952	0.4787	0.5411	0.4557	0.5641	0.4326	0.5746	0.4096	0.5516
29	0.1908	0.3328	0.3761	0.5181	0.4996	0.5202	0.4378	0.5798	0.4379	0.5678	—	—

表 6 控节点与联结节点的偏好相容性测度

节点 5		节点 8		节点 23		节点 25	
链接点	β	链接点	β	链接点	β	链接点	β
4	0.8625	5	0.7303	11	0.9996	9	0.2512
8	0.8423	6	0.3252	15	0.7151	15	0.8692
18	0.7303	10	0.201	320	0.9673	17	0.8762
20	0.8443	24	0.832	30	0.8026	22	0.7555

表 7 决策者调节 λ 及相应的 com 值

节点	0		1		2		...		N	
	λ	com	λ	com	λ	com	λ	com	λ	com
5	0.5883	0.4315	0.5764	0.4434	0.4482	0.5716	0.4362	0.5836	0.412	0.5797
18	0.858	0.1618	0.7013	0.3185	0.5446	0.4752	0.4234	0.5913	—	—
23	0.3999	0.5419	0.4664	0.5534	0.5329	0.4867	—	—	—	—
25	0.8156	0.2042	0.7032	0.3166	0.5907	0.4291	0.4783	0.5416	0.3658	0.5335

表 8 控节点与联结节点的偏好相容性测度

节点 7		节点 10		节点 17		节点 24		节点 27		节点 31	
链接点	β	链接点	β	链接点	β	链接点	β	链接点	β	链接点	β
	0.9532	3	0.6207	21	0.7492	2	0.4846	7	0.8462	11	0.6203
8	0.7058	8	0.8761	25	0.7865	13	0.7412	13	0.859	17	0.328
27	0.8462	12	0.227	31	0.328	18	0.7334	17	0.5984	19	0.7658

由表 6, 有如下策略建议:

节点 5, 23 没有断开或联结建议, $\lambda_0^5 = 0.5883$ 调整为 $\lambda_1^5 = 0.5879$, $\lambda_0^{23} = 0.3999$ 调整为 $\lambda_1^{23} = 0.4664$. 节点 18 断开与节点 6, 10 的联结, 根据建议联结参考顺序 [12, 25, 4, 26, 17, 15, 28, 16, 22, 21], 建立与节点 12, 25 的联结, $\lambda_0^{18} = 0.858$ 调整为 $\lambda_1^{18} = 0.7013$. 节点 25 断开与节点 9 的联结, 建立与节点 12 的联结, 建议联结参考顺序为 [12, 18, 4, 26, 24, 28, 16, 5, 1, 21, 29, 20, 13, 14, 23, 11], $\lambda_0^{25} = 0.8156$ 调整为 $\lambda_1^{25} = 0.7032$. 令决策者根据策略建议调整, 则偏好结构网络不存在断开及联结建议, 节点 5, 18, 23, 25 转向对 λ 值调节, $\max\{\text{com}(\lambda_i)\}$ 分别为 0.5836, 0.5911, 0.5534, 0.4783 (见表 7), λ 分别为 0.4362, 0.4234, 0.4664, 0.4783 (见表 2). 存在 $\max\{\text{com}(\lambda_2)\} = 0.5911 > 0.5806$, 需要调整控制比例再次进行协商. 调整控制比例为 58.06%, $\max\{\text{com}(\lambda_2)\} = 0.5913$, λ_2^5 参考调整值为 0.4234.

由表 8, 有如下策略建议:

节点 7, 27 没有断开或联结建议, 建议节点 27 加强与节点 17 的协商, 节点 7, 27 的 λ 值分别从 0.1364, 0.2902 调整为 0.3029, 0.3675. 节点 10 断开与节点 12 的联结, 建立与节点 9 的联结, λ 值从 0.0593 调整为 0.2706, 建议联结顺序为 [9, 31, 7, 2, 6, 30, 19, 27, 1, 11, 14, 18, 13, 20, 5, 29, 21, 23]. 节点 17 断开与节点 31 的联结, 建立与节点 24 的联结, λ 值从 0.6918 调整为 0.536, 建议联结顺序为 [24, 15, 26, 28, 4, 16, 22, 12, 23, 13, 29, 5, 20, 13, 8, 18, 14, 11, 1, 27]. 节点 24 断开与节点 2 的联结, 建立与节点 17 的联结, λ 值从 0.69 调整为 0.5352, 建议联结顺序为 [17, 15, 28, 26, 4, 16, 22, 12, 25, 23, 21, 11, 3, 29, 5, 8, 11, 27]. 节点 31 断开与节点 17 的联结, 建立与节点 10 的联结, λ 值从 0.0198 调整为 0.2541, 建议联结顺序为 [10, 9, 7, 2, 6, 30, 27, 14, 18].

令决策者根据策略建议调整, 则偏好关系网络结构不存在断开及联结建议, 节点 7, 10, 17, 24, 27,

31 转向对 λ 值的调节. 经验证, 此时 $\max\{\text{com}(\lambda)\} = 0.6168$ 为此次协商过程决策者群体偏好相容性测度极大值, 协商过程停止, 群体偏好相容性测度如表 9 所示. $\max\{\text{com}(\lambda_i)\}$ 分别为 0.607, 0.616, 0.616, 0.616, 0.577, 0.516 (见表 10), λ 分别为 0.439 4, 0.448 5, 0.449 1, 0.450 6, 0.409 7, 0.349 1 (见表 2). 其中节点 27, 31 不能取到个体决策者最优 λ 值. 至此, 协商过程中的受控决策者为 3, 5, 7, 10, 13, 14, 15, 18, 20, 23, 24, 25, 27, 29, 31, 其中除决策者 27, 31 外均通过建立或取消与其他决策者的协商联结, 加强与其他决策者的联结及调节 λ 值等策略找到群决策个体决策者最优的 λ 值, 且群体偏好相容性测度极大.

表 9 群体偏好相容性测度

群体 com	控制比例 / %
0.5877	12.093 2
0.591 3	19.354 8
0.608 7	35.483 9
0.616 8	58.483 9
0.616 2	73.573 5

表 10 决策者调节 λ 及相应的 com 值

节点	0		1	
	λ	com	λ	com
7	0.136	0.304	0.302	0.471
10	0.059	0.227	0.271	0.438
17	0.691	0.328	0.536	0.531
24	0.69	0.329	0.535	0.531
27	0.290	0.457	0.367	0.535
31	0.019	0.187	0.254	0.241

节点	...		N	
	λ	com	λ	com
7	0.439	0.607	0.575	0.491
10	0.329	0.497	0.448	0.616
17	0.449	0.616	0.401	0.568
24	0.451	0.616	0.403	0.571
27	0.409	0.577	0.422	0.589
31	0.349	0.516	0.404	0.572

6 结 论

本文考察了大型群决策问题的协商过程, 将决策者之间的偏好关系结构信息引入决策过程, 构建了具有群体偏好关系网络结构稳定的群决策协商控制模型. 该模型通过控制对个体决策者给出策略建议及偏好信息调整的参考值, 提高了协商过程达成一致的速度和效率, 为进一步群决策集结信息奠定了基础. 具有偏好关系网络结构稳定的群决策协商控制模型针对性强, 可在保证群体协商目标下对特定个体决策者进行有效引导. 应用中, 决策者可根据反馈建议选择不同的策略及策略组合, 根据偏好信息调整参考值, 也可选择不同步长搜寻个体决策者的最优策略. 另外,

本文没有考虑协商环境的改变对协商进程中策略的生成及决策者对策略的选择等问题, 这将是今后的研究方向.

参考文献(References)

- [1] Mata F, Martinez L, Herrera-Viedma E. An adaptive consensus support model for group decision-making problems in a multigranular fuzzy linguistic context[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2009, 17(2): 279-290.
- [2] Herrera-Viedma E, Alonso S, Chiclana F. A consensus model for group decision making with incomplete fuzzy preference relations[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2008, 15(5): 863-877.
- [3] Herrera-Viedma E, Chiclana F, Herrera F. Group decision-making model with incomplete fuzzy preference relations based on additive consistency[J]. IEEE Trans on System, Man, and Cybernetics — Part B: Cybernetics, 2007, 37(1): 176-189.
- [4] Glaser C, Heckmann M, Joubin F. et al. Combining auditory preprocessing and Bayesian estimation for robust formant tracking[J]. IEEE Trans on Audio, Speech and Language Processing, 2010, 18(2): 224-236.
- [5] Basturk A, Gunay E. Efficient edge detection in digital images using a cellular neural network optimized by differential evolution algorithm[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(5): 2645-2650.
- [6] Chiclana F, Herrera-Viedma E, Alonso S, et al. Cardinal consistency of reciprocal preference relations: A characterization of multiplicative transitivity[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2009, 17(1): 14-23.
- [7] Herrera F, Herrera-Viedma E, Martinez L. A fuzzy linguistic methodology to deal with unbalanced linguistic term sets[J]. IEEE Trans on Fuzzy Systems, 2008, 16(2): 354-370.
- [8] Rahman Md A, Saddik A El, Gueaieb W. Building dynamic social network from sensory data feed[J]. IEEE Trans on Instrumentation and Measurement, 2010, 59(5): 1327-1341.
- [9] Kobashikawa C, Hatakeyama Y, Dong F, et al. Fuzzy algorithm for group decision making with participants having finite discriminating abilities[J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics — Part A: Systems and Humans, 2009, 39(1): 86-97.
- [10] Yager R. OWA aggregation over a continuous interval argument with applications to decision making[J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics — Part B: Cybernetics, 2004, 34(5): 1952-1963.
- [11] Astrain J J, Echarte F, Cordoba A, et al. Clustering method for social network annotations[J]. IEEE Latin America Trans, 2010, 8(1): 88-93.