

# 控制与决策

Control and Decision

## 基于图模型理论的决策者组合行为冲突分析

韩瑜, 徐海燕, 陈璐

引用本文:

韩瑜,徐海燕,陈璐. 基于图模型理论的决策者组合行为冲突分析[J]. *控制与决策*, 2022, 37(7): 1894–1902.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.1804>

---

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 基于行为流图的可信交互检测方法

Trustworthy interaction detection method based on user behavior flow diagram

控制与决策. 2020, 35(11): 2715–2722 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1618>

### 考虑决策者心理行为的灰色多属性群体决策方法

Grey multi-attribute group decision making method with consideration of psychological behavior of decision makers

控制与决策. 2021, 36(7): 1779–1785 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1621>

### 考虑社会网络邻接关系的群体判断矩阵决策方法

Group preference relations decision making approach based on social network adjacency relations

控制与决策. 2021, 36(4): 983–992 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0817>

### 考虑社会网络邻接关系的群体判断矩阵决策方法

Group preference relations decision making approach based on social network adjacency relations

控制与决策. 2021, 36(4): 983–992 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0817>

### 基于前景理论和模糊理论的在线多属性采购拍卖 供应商选择决策

Decision method of supplier selection for online multi-attribute procurement auction based on prospect theory and fuzzy theory

控制与决策. 2020, 35(11): 2637–2645 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1768>

# 基于图模型理论的决策者组合行为冲突分析

韩 瑜, 徐海燕<sup>†</sup>, 陈 璐

(南京航空航天大学 经济与管理学院, 南京 211106)

**摘 要:** 依据现有 4 种基本稳定性能够获取冲突均衡解, 但该过程通常假设决策者具有相同的行为模式. 为了研究各个决策者行为模式的差异性对冲突演化分析与求解的影响, 提出一种决策者组合行为冲突分析方法. 首先, 基于冲突分析图模型 4 种稳定性概念, 通过预见力和风险态度两项指标识别不同决策者的行为模式; 其次, 定义规范化的组合均衡解概念, 以此反映决策者不同行为模式对冲突决策的影响; 接着, 给出基于矩阵行为模式分析函数的组合均衡求解方法, 以此提高均衡解的计算效率; 最后, 运用新方法解决企业员工体面劳动保障制度实施冲突问题. 研究表明, 所提出方法能够较好地提高冲突分析图模型理论的战略解析能力和决策水平.

**关键词:** 冲突分析图模型; 组合行为; 行为模式差异; 稳定性概念; 均衡解

中图分类号: C934; C941

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2020.1804

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**引用格式:** 韩瑜, 徐海燕, 陈璐. 基于图模型理论的决策者组合行为冲突分析[J]. 控制与决策, 2022, 37(7): 1894-1902.

## Conflict analysis of decision-makers' combinatorial behavior based on stability definitions

HAN Yu, XU Hai-yan<sup>†</sup>, CHEN Lu

(College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211106, China)

**Abstract:** According to the existing four stability definitions, symmetric equilibriums are usually obtained, which assume that decision makers (DMs) have the same behavior pattern. In order to study the influence of DMs' different behavior patterns on the evolution analysis and resolution in conflict, this paper proposes a new conflict analysis method considering DMs' combinatorial behavior. Firstly, on the basis of four basic stability definitions in the theory of the graph model for conflict resolution, DMs' different behavior patterns are identified by two indicators, namely foresight degree and risk attitude. Secondly, the concept of normalized combinatorial equilibrium is defined to reflect the influence of DMs' different behavior patterns on the conflict decision. Then, a combinatorial equilibrium solution method based on the matrix behavior pattern analysis function is given to optimize calculation. Finally, the proposed method is used to solve the conflict of the implementation of the decent labor security system. The results show that the proposed method can improve the strategic analysis ability and decision-making standard of the graph model for conflict resolution.

**Keywords:** graph model for conflict resolution; combinatorial behavior; difference of behavior patterns; stability definition; equilibrium

## 0 引 言

冲突是指在同一事件中的不同群体(个体、组织或团队)之间, 由于目的不同而导致无法产生群体满意结果的过程. 随着我国市场经济和城市化进程的加速发展, 各项社会活动中的冲突决策面临着一系列新的挑战, 且变得日益复杂. 冲突事件频发会导致冲突各方产生的压力逐渐增大, 在此特殊时期, 各方诉求发生明显变化, 决策者通过改变自身行为模式来应对恶化的冲突大环境现象普遍存在. 然而, 决策者的行为模式通常不易被觉察, 且容易被忽视<sup>[1-2]</sup>. 因

此, 考虑决策者不同行为模式对冲突演化分析与结局的影响, 将有利于更加精准地处理我国现阶段的各类冲突问题, 且对于促进我国社会文明环境治理和推动社会友好发展具有重要的现实意义.

传统上, 一般采用博弈论等方法<sup>[3-4]</sup> 量化行为因素<sup>[5-7]</sup> 对冲突决策的影响, 也有一些系统工程方法被相继提出. 基于博弈论, Kilgour 等<sup>[8]</sup> 将 F-H 方法<sup>[9]</sup> 概念化和模型化, 进而提出冲突分析图模型理论(graph model for conflict resolution, GMCR). 区别于博弈论等量化方法, GMCR 理论将定性分析与定量分析相结合,

收稿日期: 2020-12-24; 录用日期: 2021-04-21.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71971115, 71701097, 61673209).

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: xuhaiyan@nuaa.edu.cn.

能够依据少量相对偏好信息获取各种可能和必然的冲突结果<sup>[9-12]</sup>. 该理论主要由建模和稳定性分析两部分构成, 广泛地应用于供应链协同<sup>[13]</sup>、网络舆情治理<sup>[14]</sup>、水资源政策管理<sup>[15]</sup>、医疗争端<sup>[16]</sup>和复杂装备研制<sup>[17]</sup>等领域. 近年来, 学者们对GMCR理论中决策者的行为模式产生浓厚兴趣, 主要研究决策者态度<sup>[15,18-19]</sup>、权力不对称<sup>[16]</sup>、共识情绪<sup>[20]</sup>、对手的异质行为<sup>[21]</sup>以及攻击、保守和兼顾3种心理行为<sup>[22]</sup>对冲突决策的影响. 综合来看, 上述成果主要考量行为因素对建模部分偏好排序的影响, 然而, 从稳定性概念出发考虑决策者行为模式对冲突影响的研究尚不多见. GMCR理论设计了4种常用的基本稳定性概念: 纳什稳定(Nash)<sup>[12]</sup>、一般超理性稳定(GMR)<sup>[23]</sup>、对称超理性稳定(SMR)<sup>[23]</sup>和序列稳定(SEQ)<sup>[4]</sup>, 以此作为获取冲突结局的理论依据. 基于上述4种稳定性, Wang等<sup>[24]</sup>构建行为稳定性函数, 并对决策者的行为模式进行区分, 该研究被视为GMCR理论在稳定性行为视角上的初步探索.

上述科研成果丰富了GMCR理论的发展与应用. 值得注意的是, 虽然有研究表明稳定性能够折射出决策者的行为, 但是并没有研究用于处理“不同决策者如何利用不同稳定性行为进行冲突分析”的问题. 在运用传统GMCR理论确定冲突结果时, 大多假设决策者具有对称性, 这便要求各个决策者具有相同的行为模式, 忽略了决策者的不同行为模式对冲突演化和结果产生的重要影响, 此时该理论的应用较为理想化. 更重要的是, 在现实冲突中, 各决策者的行为模式往往是不完全相同的. 比如: 在企业员工争取体面劳动冲突中, 员工拟采取为企业争取更大的利益作为谈判筹码等手段, 此时员工表现为策略冒险型. 企业在追求自身利益最大化时, 不仅会衡量政府的施压, 也会考虑员工消极怠工等带来的风险, 从而考虑对手各种可能的反击情况, 此时企业表现出一般保守型. 将决策者这种常用的处理冲突问题的方式差异归为决策者的行为模式特征, 并针对该类特征对冲突决策的影响展开研究.

本文从不同稳定性能够反映决策者的不同行为模式出发, 提出一种决策者组合行为冲突分析方法, 并将其应用于企业员工体面劳动保障制度实施冲突. 与现有的冲突分析方法相比, 本文方法具有如下特点: 1) 组合均衡解能够更直观地反映决策者行为模式的差异性, 适用于处理更普遍存在且更一般化的现实冲突问题; 2) 组合均衡解缩小了冲突结局的选择范围, 经过对比分析, 组合均衡解能够反映出的决策者行为模式情况远远多于对称均衡解所代表的行为模式情况; 3) 组合行为冲突分析方法具有较强的灵活性, 在冲突演化情境下, 各方诉求的改变影响决策者行为模式的调整, 运用新方法能够满足环境动态变化的需求, 从而给出更合理的冲突结果.

## 1 冲突分析图模型理论

### 1.1 模型构建

冲突分析图模型理论运用数学模型描述冲突的本质信息, 为分析者提供有效的决策支撑<sup>[9-11]</sup>. 冲突图模型通常表示为一个四元素集  $G = \langle N, S, A, \{P_i, i \in N\} \rangle$ , 其中:

- 1)  $N$  为决策者的非空有限集合,  $|N| = n \geq 2$  ( $|\cdot|$  代表集合的基数);
- 2)  $S$  为可行状态集, 即所有决策者选择方案的组合形成的状态集,  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ ,  $m$  为可行状态的数量;
- 3)  $A$  为所有决策者控制的弧集, 弧的箭尾表示初始可行状态, 箭头表示该状态可以转移到的状态,  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ,  $A_i \subseteq S \times S$ , 若  $(s_1, s_2) \in A_i$ , 则  $s_1 \rightarrow s_2$  表示在决策者  $i$  的控制下由状态  $s_1$  经一步转移到  $s_2$ ;
- 4)  $P_i$  为决策者  $i$  的简单偏好集,  $P_i = \{\succ_i, \sim_i\}$  表示决策者  $i$  对待各个状态持有不同的偏好信息,  $s \succ_i q$  表示对于决策者  $i$  状态  $s$  优于  $q$ ,  $s \sim_i q$  表示对于决策者  $i$  状态  $s$  等价于  $q$ .

上述建模要素的具体符号含义及其说明可以参见文献<sup>[12]</sup>, 同时该文献也给出相关偏好关系矩阵和状态转移矩阵, 详见表1. 其中:  $P_i^{-,=} = E - P_i^+$ ,  $E$  为

表1 矩阵及其元素的符号表达与含义说明<sup>[12]</sup>

符号	解释说明	元素含义
$P_i^+$	决策者 $i$ 的 $m \times m$ 阶改良偏好矩阵	$P_i^+$ 在第 $s$ 行 $q$ 列的元素为 $P_i^+(s, q) = \begin{cases} 1, & q \succ_i s; \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$
$P_i^{-,=}$	决策者 $i$ 的 $m \times m$ 阶非改良偏好矩阵	$P_i^{-,=}$ 在第 $s$ 行 $q$ 列的元素为 $P_i^{-,=}(s, q) = \begin{cases} 1, & s \succ_i q \text{ 或 } s \sim_i q \text{ 且 } s \neq q; \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$
$J_i$	决策者 $i$ 的 $m \times m$ 阶单方一步移动可达矩阵	$J_i$ 在第 $s$ 行 $q$ 列的元素为 $J_i(s, q) = \begin{cases} 1, & (s, q) \in A_i; \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$
$J_i^+$	决策者 $i$ 的 $m \times m$ 阶单方一步改良可达矩阵	$J_i^+$ 在第 $s$ 行 $q$ 列的元素为 $J_i^+(s, q) = \begin{cases} 1, & J_i(s, q) = 1, q \succ_i s; \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$

每个元素均为1的  $m$  阶方阵;  $J_i^+ = J_i \circ P_i^+$  (“ $\circ$ ”为哈德曼乘积, Hadamard product);  $J_i^+(s, q)$  表示  $J_i^+$  中第  $s$  行  $q$  列元素, 其为  $J_i$  中第  $s$  行  $q$  列元素与  $P_i^+$  中第  $s$  行  $q$  列元素的乘积, 即  $J_i^+(s, q) = J_i(s, q) \times P_i^+(s, q)$ .

### 1.2 稳定性分析

#### 1.2.1 稳定性概念反映的行为模式

稳定性分析是提供冲突解决方案的直接环节, 稳定性概念模拟的是一个特定的决策者选择留在一个状态或者是单方面离开该状态. 现结合决策者的预见力和风险态度两项指标, 并根据决策者的状态转移情况及其对手的反应情况描述 Nash、GMR、SMR 和 SEQ 四种基本稳定性概念所反映的行为模式, 见表 2.

表 2 4种基本稳定性概念行为说明

序号	稳定概念	自身行为	对手反击	自身回击	行为说明
1	Nash	利己	无	无	理性、不考虑风险
2	GMR	利己	利己/利他	无	两步预见力、保守
3	SMR	利己	利己/利他	利己/利他	三步预见力、保守
4	SEQ	利己	利己	无	两步预见力、冒险

由表 2 可知, Nash 稳定反映出决策者的理性, 决策者只关心自身是否有改良的状态, 不考虑任何对手的行为, 忽略风险因素. 在 GMR 稳定下, 决策者认为自己的行动会遭到对手的反击, 且决策者会综合

考虑对手的所有可能反击情况(利己/利他), 即使对手可能会转移到更劣状态, 所以 GMR 稳定反映了决策者的两步保守型. SMR 稳定与 GMR 稳定类似, 但其比 GMR 的预见力更进一步, 这是由于决策者在面对对手的制裁时又深入地考虑自己能否逃脱对手的制裁, SMR 稳定反映决策者的三步保守型. SEQ 稳定与 GMR 稳定的不同之处在于, SEQ 稳定下的决策者认为对手在反击时会考虑自身的利益, 而非不惜一切代价进行反击, 在此过程中, 决策者认为对手可能会忽略损害自身利益的报复行为, 这使得决策者需要承担一定风险(可能遭到不利于对手自身利益的反击), SEQ 稳定反映决策者的两步策略冒险型.

#### 1.2.2 矩阵稳定性函数

在冲突分析图模型理论中, 4 种基本稳定性的矩阵表达通过矩阵、向量等易于编程的代数形式定义而来, 其不仅能够含义上替代复杂的逻辑表达, 而且能够更清晰、快速地给出各个状态的稳定性分析结果, 帮助使用者在计算均衡解时提高运算效率, 也为冲突分析决策支持系统的构建提供理论支撑<sup>[12,25]</sup>. 决策者  $i$  在不同稳定性概念  $Y \in \{\text{Nash, GMR, SMR, SEQ}\}$  下的  $m$  阶方阵  $M_i^Y$  和稳定性函数  $f_i^Y$  如表 3 所示. 表中:  $T$  为矩阵的转置,  $\text{sign}$  为“符号”函数.

表 3 矩阵稳定性概念及其均衡条件

稳定概念	矩阵表达 $M_i^Y$	稳定性函数 $f_i^Y$
Nash	$M_i^{\text{Nash}} = J_i^+ \cdot E$	$f_i^{\text{Nash}}(s) = M_i^{\text{Nash}}(s, s) = 0$
GMR	$M_i^{\text{GMR}} = J_i^+ \cdot [E - \text{sign}(J_j \cdot (P_i^{-\cdot}))^T]$	$f_i^{\text{GMR}}(s) = M_i^{\text{GMR}}(s, s) = 0$
SMR	$M_i^{\text{SMR}} = J_i^+ \cdot [E - \text{sign}(J_j \cdot W)], W = (P_i^{-\cdot})^T \circ [E - \text{sign}(J_j \cdot (P_i^+)^T)]$	$f_i^{\text{SMR}}(s) = M_i^{\text{SMR}}(s, s) = 0$
SEQ	$M_i^{\text{SEQ}} = J_i^+ \cdot [E - \text{sign}(J_j^+ \cdot (P_i^{-\cdot})^T)]$	$f_i^{\text{SEQ}}(s) = M_i^{\text{SEQ}}(s, s) = 0$

#### 1.2.3 对称均衡解

在现有冲突分析研究中, 通常假设各决策者的行为模式具有对称性且决策者的行为模式是未知的, 虽然此时运用 GMCR 理论能够给出冲突的解决方案, 但是现有研究并未对决策者的对称行为进行明确定义. 为此, 下面定义对称均衡解, 以此规范化地表征对称行为模式下的冲突分析情况.

**定义 1** (对称均衡解) 在一个由  $n$  个决策者组成的冲突中, 设决策者  $i \in N$ , 状态  $s \in S$ , 当且仅当对于每个决策者  $i$ , 状态  $s$  是某一相同稳定性概念  $Y$  下的稳定点, 则称  $s$  是冲突的一个对称均衡解, 记为  $s \in S_i^Y$ . 其中:  $S_i^Y$  为决策者  $i$  在相同稳定性概念  $Y$  下的稳定点集合,  $Y \in \{\text{Nash, GMR, SMR, SEQ}\}$ .

例如, 在一个由 3 个决策者组成的冲突中, 要使得一个状态  $s \in S$  是冲突的 Nash 对称均衡解, 则需要满足对于决策者 1、2 和 3, 状态  $s$  同时达到 Nash 稳定,

即  $s \in S_1^{\text{Nash}}, s \in S_2^{\text{Nash}}$  且  $s \in S_3^{\text{Nash}}$ .

需要指出的是, 对称均衡解能够在一定程度上考虑决策者的行为模式, 进而求取相应的冲突结局. 然而, 对称均衡解并未区分不同决策者可能具有的不同行为模式, 这存在以下两方面不足: 一方面, 很难精确地刻画现实生活中决策者的不同行为模式, 导致实际应用受限; 另一方面, 可能与现实冲突中决策者的行为模式不相匹配, 进而导致求取的冲突结局不准确.

## 2 基于冲突分析图模型理论的组合行为

在现实冲突问题中, 各决策者的行为模式不尽相同, 甚至同一决策者在不同冲突阶段的行为模式也可能具有一定的差异性. 基于这种考虑, 本节给出组合均衡解的逻辑定义, 以此表征不同决策者的不同行为模式; 然后推导组合均衡解的矩阵表达, 为剖析冲突决策系统的内在机理提供重要支撑.

2.1 组合均衡解

基于对称均衡解的定义思路, 首先组合不同决策者的不同行为模式, 给出组合均衡解的逻辑定义.

**定义2** (组合均衡解) 在一个由  $n$  个决策者组成的冲突中, 设决策者  $i \in N$ , 状态  $s \in S$ , 当且仅当对于每个决策者  $i$ , 状态  $s$  是与决策者  $i$  行为模式相匹配的稳定性概念  $Y^*$  下的稳定点, 则称  $s$  是冲突的一个组合均衡解, 记为  $s \in S_i^{Y^*}$ . 其中:  $S_i^{Y^*}$  表示不同决策者  $i$  在任意一个确定稳定性概念  $Y^*$  下的稳定点集合,  $Y^* \in \{\text{Nash}, \text{GMR}, \text{SMR}, \text{SEQ}\}$ .

例如, 在一个由两个决策者组成的冲突中, 要使得状态  $s \in S$  是冲突的组合均衡解, 则  $s$  对于决策者 1 和 2 而言, 既可以是相同稳定性概念下的稳定解, 也可以是不同稳定性概念下的稳定解. 即  $s \in S_1^{Y^{*1}}, s \in S_2^{Y^{*2}}, Y^{*1}, Y^{*2} \in \{\text{Nash}, \text{GMR}, \text{SMR}, \text{SEQ}\}$ , 稳定性概念  $Y^{*1}$  与  $Y^{*2}$  可以相同, 也可以不同.

为了优化求解过程, 基于行为稳定性函数和相关定理<sup>[24]</sup> 定义矩阵组合均衡解.

**定义3** (行为稳定性函数) 在一个由  $n$  个决策者组成的冲突中, 设决策者  $i \in N$ , 状态  $s \in S$ ,  $F_i(s)$  是一个关于决策者  $i$  在状态  $s$  的线性函数, 其由稳定性函数  $f_i^Y(s)$  组成,  $Y \in \{\text{Nash}, \text{GMR}, \text{SMR}, \text{SEQ}\}$ . 下式用于确定决策者  $i$  的行为模式, 使其满足状态  $s$  为相应稳定性概念下的稳定解:

$$F_i(s) = \text{sign}(f_i^{\text{Nash}}(s)) + \text{sign}(f_i^{\text{GMR}}(s)) + \text{sign}(f_i^{\text{SMR}}(s)) + 2\text{sign}(f_i^{\text{SEQ}}(s)). \quad (1)$$

**定理1** (行为稳定性定理) 在一个由  $n$  个决策者组成的冲突中, 设决策者  $i \in N$ , 状态  $s \in S$ ,  $F_i(s)$  表示在已知偏好下决策者  $i$  确定状态  $s$  稳定的行为稳定性函数. 则有:

- 1) 若  $F_i(s) = 0$ , 则决策者  $i$  在状态  $s$  稳定的行为类型为 Nash、GMR、SMR 和 SEQ;
- 2) 若  $F_i(s) = 1$ , 则决策者  $i$  在状态  $s$  稳定的行为类型为 GMR、SMR 和 SEQ;
- 3) 若  $F_i(s) = 2$ , 则决策者  $i$  在状态  $s$  稳定的行为类型为 GMR 和 SEQ;
- 4) 若  $F_i(s) = 3$ , 则决策者  $i$  在状态  $s$  稳定的行为类型为 GMR 和 SMR;
- 5) 若  $F_i(s) = 4$ , 则决策者  $i$  在状态  $s$  稳定的行为类型为 GMR;
- 6) 若  $F_i(s) = 5$ , 则决策者  $i$  在状态  $s$  并不稳定.

**定义4** (矩阵组合均衡解) 设决策者  $i \in N$ , 状态  $s \in S$ ,  $F_i(s)$  是决策者  $i$  在状态  $s$  的行为稳定性函数,  $F_i(s)$  的不同函数值  $c_i$  表示决策者  $i$  可能具有的 5 种不同行为模式. 在一个由  $n$  个决策者组成的冲突

中, 状态  $s$  是冲突的一个矩阵组合均衡解, 当且仅当至少存在一个状态  $s$ , 满足

$$s \in S^{F_1(s)=c_1} \cap S^{F_2(s)=c_2} \cap \dots \cap S^{F_n(s)=c_n} \neq \emptyset. \quad (2)$$

其中:  $S^{F_i(s)=c_i}$  为行为模式是  $c_i$  的决策者  $i$  的全部稳定解集合,  $c_i \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$ .

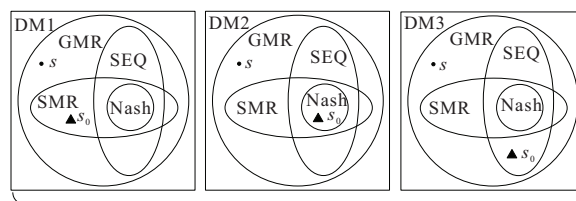
当  $F_i(s) = 5$  时, 决策者  $i$  在  $s$  不会达成任何稳定, 则决策者具有  $c_i \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$  五种行为模式取值.

2.2 两种均衡解的联系和区别

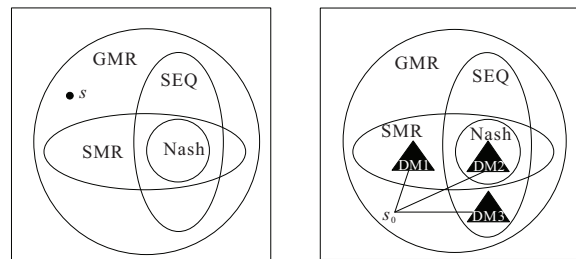
下面通过一个由三方决策者参与的冲突举例说明组合均衡解的特点及其与对称均衡解之间的联系和区别.

一方面, 由定义 1 可知, 在对称行为假设下, 决策三方可能的行为模式共有 5 种 ( $c_i \in \{0, 1, 2, 3, 4\}, i = 1, 2, 3$ ); 由定义 2 可知, 在非对称行为模式下, 三方  $c_i$  的排列组合总数为 125 ( $= 5^3$ ). 从数量上对比可知, 组合均衡解能够反映出决策者行为模式的个数远远大于对称均衡解所代表的行为模式情况, 优势明显. 由此可见, 对称均衡解是组合均衡解的特殊形式, 组合均衡解是对称均衡解的拓展.

另一方面, 4 种基本稳定性概念下的均衡解存在如下包含关系<sup>[11]</sup>:  $S^{\text{Nash}} \subseteq S^{\text{SMR}} \subseteq S^{\text{GMR}}, S^{\text{Nash}} \subseteq S^{\text{SEQ}} \subseteq S^{\text{GMR}}$ . 此时, 需要借助对称均衡解和组合均衡解的韦恩关系表达 (图 1) 对两者的联系与区别进行描述.



(a) DM1、DM2和DM3 三方的个体稳定解



(b) 冲突的整体对称均衡解 (c) 冲突的整体组合均衡解

图 1 对称均衡解与组合均衡解的韦恩图表达

在传统冲突分析中, 假设决策三方的行为模式具有对称性, 且决策者的行为模式是未知的. 因此, 冲突分析过程是先计算出三方的所有稳定解, 再确定冲突整体的对称均衡解. 如图 1(a) 所示, 对于 DM1、DM2 和 DM3, 只有一个状态  $s$  同时满足三方个体 GMR 稳

定,则冲突的解决方案有且只有一个对称GMR均衡解 $s$ ,该解标记在图1(b)中的点 $s$ 。然而,不同决策者通常运用不同的行为模式进行冲突分析。如图1(a)中“▲”所示,当识别出DM1、DM2和DM3分别为SMR、Nash和SEQ行为后,发现只有一个状态 $s_0$ 为DM1的SMR稳定解、DM2的Nash稳定解和DM3的SEQ稳定解,则可以获取冲突整体组合均衡解为 $s_0$ ,其标记在图1(c)中“▲”所对应的状态 $s_0$ 。综合来看,整体组合均衡解并不落在传统冲突分析的对称GMR均衡点,而是落在组合行为所对应的状态 $s_0$ ,区别于对称均衡解,组合均衡解可以直观地区分出三方的不同行为模式。

### 2.3 组合行为演化均衡解

对称均衡解能够有效地解决一些现实冲突问题。然而,如果一个决策者的行为模式发生变化,则由于对称行为假设,需要获取其余决策者在同样变化后的行为模式下的均衡解,这显然不符合现实冲突情境,因为其余冲突参与者的行为模式并不一定会随着其中一个决策者行为模式的变化而改变。因此,对称均衡解并不适用于行为模式演化的冲突决策环境,需要定义新的均衡解。

**定义5**(组合行为演化均衡解) 在冲突中,由于受到外部环境变化等影响,决策者的诉求随之更新,导致决策者的行为模式发生变化,基于演化后的决策者行为模式进行冲突分析,称新的冲突结局为组合行为演化均衡解。

组合均衡解能够满足环境动态变化的冲突决策需求。一方面,无论冲突中哪一个决策者的行为发生变化,因其行为模式具有独立性,其余冲突参与者无需改变自身的行为模式来配合决策者以获取均衡解。另一方面,对称均衡解可能与现实中决策者的行为模式不相匹配,而种类更多的组合均衡解反映的决策者行为模式能够应对复杂的动态冲突环境。综上,组合演化行为均衡解更具灵活性。

组合均衡解是各方具有不同行为模式的个体稳定系统的交集,在实际应用过程中,可能不存在确定行为模式下的组合均衡解,即交集为空集的情况。此时,也可以考虑冲突的动态演化情况,特别是因环境改变而发生变化的行为模式,重新获取组合均衡解或调整偏好策略等信息,使冲突达到新的组合均衡。

### 2.4 组合行为冲突分析步骤

本文设计基于图模型理论的组合行为冲突分析方法,研究决策者不同行为模式对现实冲突的影响,其具有较好的有效性和合理性,具体步骤如下。

step 1: 确定拟研究的冲突事件背景,由式(1)和定理1中行为模式稳定性识别函数,明确冲突中各个决策主体的行为模式。

step 2: 根据冲突背景提取构建冲突分析图模型的四元要素信息,对冲突事件进行建模。

step 3: 由式(2)并借助智能决策研究所开发的冲突分析决策支持系统 NUAAGMCR 软件<sup>[12]</sup>,确定冲突事件的个体稳定解和组合均衡解。

step 4 考察动态冲突决策环境,确定因环境改变而变化的行为模式,由定义5求取组合行为演化均衡解,并给出相应的分析结论以及管理启示。

## 3 员工体面劳动保障制度实施冲突分析

本文以企业员工体面劳动保障制度实施冲突为例,按照组合行为冲突决策方法的4个步骤对其进行建模与分析。

### 3.1 冲突背景描述和决策者行为模式识别

自1999年国际劳工大会首次提出“体面劳动”概念,到2016年联合国将其纳入《2030年可持续发展议程》,这数十年间“体面劳动”的推行本应逐步实现劳动者体面工作,但企业在制度实施中却背道而驰,进而引发了诸多冲突事件。例如:富士康连跳、华为奋斗者协议和本田罢工等。企业员工体面劳动保障制度实施冲突问题的影响因素众多,如环境和职权等,因此该问题具有难度大、周期变化快等特征。

识别各个冲突决策者的不同行为模式。员工作为劳动者处于弱势地位,若其意图争取体面劳动权益,则通常需要讲究策略,也需要较冒险的员工经过积极的表现对其进行推动<sup>[26]</sup>,因此,员工在对弈中表现为策略冒险型。企业为了弱化冲突,在追求自身利益最大化的情况下,不仅会衡量政府的施压,也会考虑员工消极怠工等带来的风险,从而考虑各种对手可能的反击情况<sup>[26]</sup>,此时,企业表现出一一般保守型。政府作为冲突调解人,具有独立性和公正性,为了履行自身职能会综合考虑双方利益,则通过制定相关法律法规作为双方的行动框架来维护社会秩序<sup>[27]</sup>。因此,政府既会考虑企业反击也会进一步考虑自身的回击,故其行为模式倾向于兼顾保守型。

根据定理1中的行为模式稳定性函数,可以识别出上述冲突中的员工、企业和政府的行为模式分别为 $c_1 = 2, c_2 = 4, c_3 = 1$ 。

### 3.2 冲突模型构建

决策三方由于目标的不相容而产生冲突。在不断冲突和交互式决策过程中,形成了较为复杂的企业员工体面劳动保障制度实施冲突。企业为追求“劳动

力成本最小化”,在国家试行体面劳动保障制度时通过不作为来降低成本.而员工将提升自身在企业中体面工作境况放在首位,认为企业应贯彻该政策.在上述背景中,双方采取的立场存在较大差异,导致冲突加剧.在实施保障制度时,由于员工与企业之间的推诿扯皮,导致双方关系互相牵制且紧绷,政府作为第三方对冲突进行协调时常遇到阻碍.

### 3.2.1 决策者及其策略

上述冲突包括3个决策者(decision maker, DM): 员工(DM1)、企业(DM2)和政府(DM3).三者依据自身要求拟采取不同的策略.

员工有1个策略:积极合作.员工争取自身在企业中的利益,进一步反映为对体面劳动的诉求,积极推动政策实施.

企业有3个可选策略:1)全面实施政策.企业追随政府,依据政策调整自己的收益预期,贯彻执行法律法规及相关政策,具体表现在企业主动实施各项保障条件,全面落实文化建设、改善工作环境、社会保障和加强安全生产等.2)部分实施政策.企业争取与

政府团结协作,实施部分修改后的政策.结合企业的特色,选择部分与企业发展现状相适应的政策进行落实.3)拖延.企业可能由于考虑短期执行成本,选择拖延,进而不执行政策.

政府有2个策略:1)修改部分政策.政府完善法律法规,成立专项机构,保证员工的人权受到尊重,使体面劳动制度得到长足发展,并对制度实施不良的企业进行制裁或惩罚.2)完全推行政策.政府权衡企业现状,对试行的法律法规进行修改,以广泛地适应更多企业的发展.

### 3.2.2 可行状态集

上述各个决策者不同策略的组合共构成 $2^6 = 64$ 个状态.然而,对于企业而言,或全面实施政策,或部分实施政策,或选择拖延,因此企业策略1)、2)和3)不可同时选择,需要对其三选一.类似地,政府的策略需要二选一.综合来看,剔除所有不可行状态后,剩余的可行状态共12个,具体如表4所示.其中:“N”表示决策者希望不选择该策略,“Y”表示决策者希望选择该策略.

表4 “企业员工实施体面劳动保障制度冲突”的可行状态

决策者	策略	状态											
		$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$	$s_6$	$s_7$	$s_8$	$s_9$	$s_{10}$	$s_{11}$	$s_{12}$
员工 DM1	积极合作	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y
企业 DM2	完全实施	N	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y
	部分实施	N	N	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	N	N
	拖延	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	N	N	N	N
政府 DM3	修改部分	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
	完全推行	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N

### 3.2.3 状态转移图模型

图2描述了3个决策者的状态转移情况,“●”表示12种可行状态,弧的箭头方向表示由初始状态可以转移到可达状态,双向箭头表示状态之间的传递是可逆的.

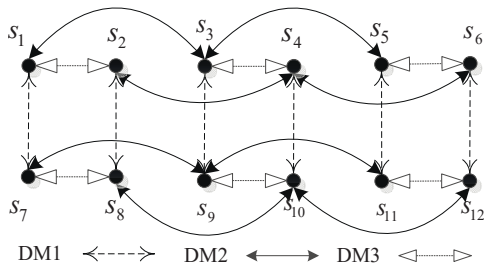


图2 可行状态转移

### 3.2.4 偏好信息

每个决策者均以自身利益作为首要的衡量标准,对所有可行状态进行比较和考量,以此获取“企业员

工体面劳动保障制度实施冲突”中各个决策者的偏好信息.有:

$$DM1: s_{12} \succ_1 s_3 \succ_1 s_8 \succ_1 s_1 \succ_1 s_{11} \succ_1 s_9 \succ_1 s_4 \succ_1 s_2 \succ_1 s_7 \succ_1 s_{10} \succ_1 s_5 \succ_1 s_6;$$

$$DM2: s_6 \succ_2 s_5 \succ_2 s_3 \succ_2 s_1 \succ_2 s_{12} \succ_2 s_2 \succ_2 s_7 \succ_2 s_{10} \succ_2 s_{11} \succ_2 s_9 \succ_2 s_4 \succ_2 s_8;$$

$$DM3: s_9 \succ_3 s_{12} \succ_3 s_5 \succ_3 s_{11} \succ_3 s_3 \succ_3 s_1 \succ_3 s_{10} \succ_3 s_7 \succ_3 s_8 \succ_3 s_6 \succ_3 s_4 \succ_3 s_2.$$

### 3.3 冲突稳定性分析

根据所提出方法,并借助冲突分析决策支持系统 NUAAGMCR<sup>[12]</sup>软件,计算出冲突的个体稳定解和组合均衡解,具体如表5所示.表5中:“√”表示在相应稳定性概念下,对于相应单一决策者而言,该状态是其稳定解, $F_i(s_k)(c_i)$ 表示决策者的不同行为模式,黑体数字所对应的状态是决策者在不完全相同行为模式下的组合均衡解.

表5 各决策者的稳定解和均衡解

状态	Nash				GMR				SMR				SEQ				$F_i(s_k)(c_i)$		
	DM1	DM2	DM3	Eq	DM1	DM2	DM3	Eq	DM1	DM2	DM3	Eq	DM1	DM2	DM3	Eq	DM1	DM2	DM3
$s_1$	✓		✓		✓	✓	✓	*	✓	✓	✓	*	✓		✓		0	3	0
$s_2$					✓	✓				✓			✓	✓			5	5	5
$s_3$	✓		✓		✓	✓	✓	*	✓	✓	✓	*	✓	✓	✓	*	0	1	0
$s_4$	✓				✓				✓				✓				0	5	5
$s_5$		✓	✓			✓	✓			✓	✓			✓	✓		5	0	0
$s_6$		✓				✓				✓				✓			5	0	5
$s_7$		✓	✓		✓	✓	✓	*		✓	✓		✓	✓	✓	*	2	0	0
$s_8$	✓				✓				✓				✓				0	5	5
$s_9$			✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓		2	5	0
$s_{10}$					✓	✓	✓	*			✓		✓	✓			2	4	1
$s_{11}$	✓				✓	✓	✓	*	✓		✓		✓				0	4	3
$s_{12}$	✓	✓	✓	*	✓	✓	✓	*	✓	✓	✓	*	✓	✓	✓	*	0	0	0

3.3.1 组合均衡解

由员工、企业和政府的行为模式  $c_1 = 2, c_2 = 4, c_3 = 1$ , 通过定义4式(2)可以确定冲突最终在  $s_{10}$  达到组合均衡, 列于表5.  $s_{10}$  表示企业审时度势, 从自身所处的环境、具备的能力和自身效益出发, 积极从体面劳动保障制度中探寻适合自身发展的部分政策, 并加以实施, 达到政策与企业相互融合、相互辅助的作用. 与此同时, 由于未能贯彻政府所制定的全部政策, 企业需要与政府进行及时有效地协商, 力求得到政府的大力支持, 实现政策的本土化, 使政策真正落地并发挥其最大的作用. 另外, 员工作为冲突中的策略冒险方, 积极与企业协商合作是必不可少的环节, 能够提出最适合体面劳动的诉求, 使得自身利益得到满意的保障. 依据组合均衡解  $s_{10}$  可知, 复杂的冲突不仅得以解决, 而且多方、多维度协商后的企业员工体面劳动保障制度全面考虑了不同决策者的不同行为模式, 有助于保障员工利益, 也有助于对各方利好政策的落地, 更有助于企业经济的可持续发展.

3.3.2 对称均衡解与组合均衡解对比分析

为了更进一步表明组合均衡解的作用, 将上述冲突案例中的组合均衡解与对称均衡解进行对比分析. 表5中: “\*”表示在相应稳定性定义下, 对于所有决策者而言, 该状态是冲突整体的对称均衡解 (equilibrium, 缩写为“Eq”). 由表5中的Eq列可知, 该冲突的对称均衡解分别为  $s_1$  (GMR和SMR均衡)、 $s_3$  (GMR、SMR和SEQ均衡)、 $s_7$  (GMR和SEQ均衡)、 $s_{10}$  (GMR均衡)、 $s_{11}$  (GMR均衡)和  $s_{12}$  (Nash、GMR、SMR和SEQ均衡).

需要指出的是, 上述研究也存在着悖论: 一个冲突虽然存在多个对称均衡解, 且均能解决冲突, 但是这些均衡解的有效性不尽相同, 甚至存在显著差异. 上述冲突包括6个对称均衡解  $s_1, s_3, s_7, s_{10}, s_{11}, s_{12}$ , 下面对其有效性进行考量: 1) 对于  $s_1$ , 政府试图

全面推行体面劳动保障制度, 但其并未获得企业和员工对该政策的执行配合, 因此政策实施受到了强大的阻碍. 进一步地, 企业失配现象将导致整个局面走向僵持, 企业与员工之间的冲突并未被解决, 则该状态并非是一种有效的均衡解. 2) 对于  $s_3$ , 考虑到政府制定的政策与企业间匹配度不够, 不能完全适用于企业自身的环境和条件, 部分政策要因因地制宜. 因此, 企业试图部分执行该政策, 但并未获取政府的支持. 进一步地, 员工的不满也由此而来, 执行部分政策的举措不能保证员工利益的充分实现. 因此, 员工配合的积极性不高, 不满情绪与抵抗情绪持续加剧, 不利于提升自身素质, 该状态是一个过渡的均衡状态. 3) 对于  $s_7$ , 政府积极全面推行员工体面劳动保障制度, 员工强烈呼吁体面劳动, 但得不到企业层面的支持, 自然无法真正地落实制度. 因此, 该状态的均衡是暂时无效的, 或者说也是一个过渡的均衡状态. 4) 对于  $s_{11}$ , 员工与企业期望达成共识来积极合作, 由于获取政府在制度上的执行许可, 其合作能够取得成效, 是一个有效的均衡解. 5) 对于  $s_{12}$ , 员工与企业积极合作, 完全实施政策, 但此时政府想要对政策进行修改, 这是一个企业与政府的策略不相匹配的均衡解.

此外, 单个均衡解相较于多个均衡解是决策者更愿意看到的, 且更容易作为冲突整体的最终结局. 若求解出多个对称均衡解, 则如何从中选择一个三方满意的对称均衡解是亟待解决的问题. 例如:  $s_{10}$  是冲突的6个对称均衡解之一, 若将其选为冲突的最终均衡解, 则这一选择的理论支撑从何而来? 即在多个对称均衡解中, 选择其一作为最终解并没有明确的科学依据. 然而, 作为组合均衡解,  $s_{10}$  就是唯一的冲突结局, 因为该结局来源于三方持有不同行为模式的冲突情境, 能够真实反映员工、企业和政府分别持有  $c_1 = 2, c_2 = 4, c_3 = 1$  行为的决策依据. 基于上述分析可知, 组合均衡解缩小了冲突结局的选择范围,

能够给出更精确的决策建议.而且,相较于对称均衡解  $s_{11}$  和  $s_{12}$ ,  $s_{10}$  能够充分体现我国在试行政策阶段坚持“以人为本”的科学发展观.

### 3.4 行为模式变化均衡解

因受部分因素影响,企业与员工的处境变得异常艰难.例如,富士康中国工厂从2020年3月中旬开始已经停止招募正式工和派遣工;苹果在中国的实体零售门店都尽数关闭,这就意味着大量员工将会面临被裁员的境遇.目前,从整体社会形势看,员工的需求水平在降低,其对体面劳动保障的追求自然退化为满足基本的温饱和生理需求,这便导致许多员工对待劳动工作的态度发生了变化,进一步诱使其行为模式由原来的GMR和SEQ策略冒险行为变为Nash忽视风险行为,企业的行为模式由GMR一般保守型变为GMR、SMR和SEQ兼顾保守型,政府的行为模式由原来的GMR、SMR和SEQ兼顾保守型变为Nash忽视风险型,冲突三方的行为模式函数值由  $c_1 = 2, c_2 = 4, c_3 = 1$  变为  $c_1 = 0, c_2 = 1, c_3 = 0$ .由表5可见,冲突的组合均衡解由  $s_{10}$  变为  $s_3$ .此时,三方冲突由平衡退回到过渡局势,表明由于受各因素影响,试行的员工体面劳动保障制度需要较长时间的恢复和调整,才有希望继续被推进和执行.

另外,从行为模式的特征层面对冲突结果作进一步解释:第一,个体的内在行为特征会对决策产生很大影响,甚至左右冲突局势;第二,不同事件所处的环境是有差异的,在某一特定的冲突背景下,环境等外在因素会在一定程度上影响当前的冲突事件;第三,环境的变化强制个体的行为模式发生变化,这就从另一个冲突环境变化视角再次印证了区分决策者不同的行为模式的重要性.综合来看,所提出的组合行为冲突分析方法是合理可行的,对于解决现实冲突问题具有一定的参考价值.

## 4 结论

冲突是具有不同行为模式的参与者之间的交互决策过程,本文弥补了现有冲突分析过程中对决策者不同行为模式探究不足的情况,并在此基础上提出了一种新的基于图模型理论的决策者组合行为冲突分析方法.该方法具有如下特点:

1) 系统性地拓展了不同稳定性所反映出的决策者行为模式的差异性,直观地剖析了不同决策者自身行为的隐含特征;

2) 考虑了行为因素对冲突分析图模型理论中稳定性分析部分的影响,优化了冲突分析的决策步骤,促使冲突分析图模型理论的探索更为精细化;

3) 提高了冲突分析图模型理论的普适性和灵活性,组合均衡解能够应对由外部环境变化而导致的决策者行为模式的改变,进而分析冲突演化过程.

本文提出的组合行为模式冲突分析方法基于4种基本稳定性概念,未来可以采用类似的方法讨论冲突图模型中其他的一些稳定性概念所反映的组合行为模式,如共识稳定<sup>[20]</sup>或SSEQ稳定<sup>[28]</sup>.此外,本文是基于简单偏好展开的,未来还可以将组合行为视角下的冲突分析图模型理论拓展和推广到不确定偏好、模糊偏好或混合偏好等不确定环境中.

### 参考文献(References)

- [1] 余高锋,李登峰,刘文奇.考虑决策者心理行为特征的激励型变权决策方法研究[J].系统工程理论与实践,2017,37(5):1304-1312.  
(Yu G F, Li D F, Liu W Q. Method for incentive type variable weight decision making considering decision maker's psychological behavioral character[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2017, 37(5): 1304-1312.)
- [2] Galtung J. Peace by peaceful means: Peace and conict, development and civilization[M]. Thousand Oaks: Sage, 1996: 71-126.
- [3] Neumann V J, Morgenstern O. The theory of games and economic behavior[M]. Princeton: Princeton University Press, 1944: 17-34.
- [4] Nash J F. Equilibrium points in  $N$ -person games[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 1950, 36(1): 48-49.
- [5] 科林·凯莫勒.行为博弈:对策略互动的实验研究[M].北京:中国人民大学出版社,2006:41-126.  
(Colin · Camerer. Behavioral game theory: Experiments in Strategic Interaction[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2006: 41-126.)
- [6] 王敏,程源.谈判者的情绪风格对谈判的影响研究回顾[J].管理现代化,2016,36(1):89-92.  
(Wang M, Cheng Y. A review of the inuence of negotiators' emotional style on negotiation[J]. Modernization of Management, 2016, 36(1): 89-92.)
- [7] 高广鑫,樊治平.考虑投标者有限理性行为的网上临时一口价拍卖的卖方收益分析[J].中国管理科学,2017,25(7):102-112.  
(Gao G X, Fan Z P. Seller's revenue in online temporary buyout-price auctions considering bidders' bounded rationality behavior[J]. Chinese Journal of Management Science, 2017, 25(7): 102-112.)
- [8] Kilgour D M, Hipel K W, Fang L P. The graph model for conflicts[J]. Automatica, 1987, 23(1): 41-55.
- [9] Fraser N M, Hipel K W. Solving complex conflicts[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(12): 805-816.
- [10] Fang L P, Hipel K W, Kilgour D M. Conflict models in graph form: Solution concepts and their

- interrelationships[J]. *European Journal of Operational Research*, 1989, 41(1): 86-100.
- [11] Leake C, Fang L P, Hipel K W, et al. Interactive decision making: The graph model for conflict resolution[J]. *The Journal of the Operational Research Society*, 1994, 45(12): 1467.
- [12] Xu H Y, Hipel K W, Kilgour D M, et al. Conflict models in graph form[C]. *Conflict Resolution Using the Graph Model: Strategic Interactions in Competition and Cooperation*. Cham: Springer, 2018: 75-109.
- [13] 陈洪转, 何利芳, 方志耕, 等. “主制造商-供应商”协同利益主体超冲突均衡设计[J]. *管理世界*, 2012(3): 180-181.  
(Chen H Z, He L F, Fang Z G, et al. The equilibrium design of “main manufacturer-supplier” cooperative interest subject hypergame[J]. *Management World*, 2012(3): 180-181.)
- [14] 李燕丽, 方凡舒. 基于GMCR的网络舆情四极博弈研究[J]. *情报杂志*, 2020, 39(7): 101-107.  
(Li Y L, Fang F S. A four-pole game study of network public opinion based on GMCR[J]. *Journal of Intelligence*, 2020, 39(7): 101-107.)
- [15] 于晶, 赵敏, 陈岩. 冲突分析图模型框架下的决策者态度分析[J]. *软科学*, 2015, 29(9): 140-144.  
(Yu J, Zhao M, Chen Y. Decision makers' attitudes analysis under the framework of GMCR[J]. *Soft Science*, 2015, 29(9): 140-144.)
- [16] 孔杨, 徐海燕, 房银海. 基于图模型矩阵理论的决策者权力不对称冲突稳定性研究[J]. *控制与决策*, 2019, 34(2): 298-308.  
(Kong Y, Xu H Y, Fang Y H. Research on conflict stability of decision-makers' power asymmetry based on matrix representation of solution concepts[J]. *Control and Decision*, 2019, 34(2): 298-308.)
- [17] 陶良彦, 刘思峰, 方志耕, 等. 偏好情景应变式冲突分析模型[J]. *运筹与管理*, 2019, 28(1): 108-115.  
(Tao L Y, Liu S F, Fang Z G, et al. On conflict analysis model with uncertain preference sensitive to scenarios[J]. *Operations Research and Management Science*, 2019, 28(1): 108-115.)
- [18] Bernath Walker S G, Hipel K W, Inohara T. Attitudes and preferences: Approaches to representing decision maker desires[J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2012, 218(12): 6637-6647.
- [19] Xu P, Xu H Y, Ke G Y. Integrating an option-oriented attitude analysis into investigating the degree of stabilities in conflict resolution[J]. *Group Decision and Negotiation*, 2018, 27(6): 981-1010.
- [20] 赵士南, 徐海燕, 朱建军. 基于决策者共识偏好的冲突分析图模型[J]. *控制与决策*, 2018, 33(8): 1497-1504.  
(Zhao S N, Xu H Y, Zhu J J. Graph model for conflict resolution with consistent preference and its application[J]. *Control and Decision*, 2018, 33(8): 1497-1504.)
- [21] Zhao S N, Xu H Y, Hipel K W, et al. Mixed stabilities for analyzing opponents' heterogeneous behavior within the graph model for conflict resolution[J]. *European Journal of Operational Research*, 2019, 277(2): 621-632.
- [22] 赵金帅, 徐海燕, 杨保华. 基于图模型矩阵理论的决策者心理行为特征冲突稳定性[J]. *控制与决策*, 2020, 35(7): 1730-1740.  
(Zhao J S, Xu H Y, Yang B H. Conflict stability of decision-makers' psychological behavior characteristics based on matrix representation of solution concepts[J]. *Control and Decision*, 2020, 35(7): 1730-1740.)
- [23] Owen G, Howard N. Paradoxes of rationality: Theory of metagames and political behavior[J]. *Behavioral Science*, 1973, 18(2): 128-129.
- [24] Wang J J, Hipel K W, Fang L P, et al. Behavioral analysis in the graph model for conflict resolution[J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2019, 49(5): 904-916.
- [25] Xu H Y, Hipel K W, Kilgour D M. Matrix representation of solution concepts in multiple-decision-maker graph models[J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans*, 2009, 39(1): 96-108.
- [26] 张衍, 许清清. 基于非对称博弈模型的劳资关系研究——兼论“囚徒困境”的局限性[J]. *财经问题研究*, 2015(5): 124-128.  
(Zhang X, Xu Q Q. Research on labor relations based on asymmetric game model-also on the limitation of “prisoner's dilemma” [J]. *Research on Financial and Economic Issues*, 2015(5): 124-128.)
- [27] 王兰芳. 建国以来企业职工商品化程度演变的省思[J]. *学术界*, 2017(12): 223-230.  
(Wang L F. The consideration of the change of enterprise employees from excessive decommercialization to excessive commodification: 1949 to this day[J]. *Academics*, 2017(12): 223-230.)
- [28] Rêgo L C, Vieira G I A. Symmetric sequential stability in the graph model for conflict resolution with multiple decision makers[J]. *Group Decision and Negotiation*, 2017, 26(4): 775-792.

### 作者简介

韩瑜(1991—), 女, 博士生, 从事冲突分析、智能决策的研究, E-mail: yuhan@nuaa.edu.cn;

徐海燕(1963—), 女, 教授, 博士生导师, 从事冲突分析、智能决策、博弈论等研究, E-mail: xuhaiyan@nuaa.edu.cn;

陈璐(1994—), 女, 博士生, 从事冲突分析、模糊决策理论与方法的研究, E-mail: chenlu@nuaa.edu.cn.

(责任编辑: 郑晓蕾)