



# 基于模糊三支概念的冲突分析

徐伟华, 林玉飞

(西南大学人工智能学院, 重庆 400715)

**摘要:** 在冲突分析研究中, 代理人所表达的不确定性已经被广泛研究. 然而从正反两个角度对代理人进行冲突分析还很少被考虑. 为了考虑这两方面的不确定性, 从模糊三支概念内涵和外延的角度进行冲突分析, 提出基于模糊三支概念的冲突分析模型. 该模型可以综合考虑正反双方的不确定性, 通过冲突度量函数可以计算冲突度量值, 进一步根据冲突度量值把局中人划分成不同的冲突状态, 达到分析效果. 最后, 通过具体案例给出模型有效性说明.

**关键词:** 模糊三支概念; 冲突分析; 冲突度量函数; 不确定性

**中图分类号:** TP181 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-7122(2024)01-0001-07

## Conflict analysis based on fuzzy three-way concept

XU Weihua, LIN Yufei

(School of Artificial Intelligence, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** In existing conflict analysis research, the uncertainties expressed by agents involved in conflicts have been extensively studied. However, the conflict analysis of agents from both positive and negative perspectives has rarely been considered. To consider the uncertainty of these two aspects, a novel conflict analysis model is proposed based on fuzzy three-way concepts using the connotation-extension ideas of fuzzy sets. This model can comprehensively consider the uncertainties of the pros and cons. By defining a conflict measurement function, conflict metrics can be calculated, which allows for the classification of stakeholders into different states of conflict. Finally, the effectiveness of the model is demonstrated through a specific case.

**Key words:** fuzzy three-way concept; conflict analysis; conflict measurement function; uncertainty

由于复杂的社会背景和激烈的市场竞争, 当今社会的各种矛盾和冲突愈发频繁. 这些冲突跨越了多个领域, 而且一直是备受广大学者关注. 面对这些挑战, 寻找解决冲突的方法, 避免不必要冲突的升级, 使冲突各方稳定发展, 已经成了计算机科学、管理科学等研究的一个新课题.

冲突分析是一门旨在深入理解冲突本质的数学理论, 在这一领域已有众多研究成果<sup>[1-7]</sup>. 1998年, Pawlak<sup>[8]</sup>提出了针对冲突分析的Pawlak模型, 成为了后续研究的基石. 基于这一模型, 2008年, 高俊山等<sup>[9]</sup>扩充了Pawlak冲突模型, 创建了一个基于粗糙集理论的冲突模型, 能够详细

收稿日期: 2024-03-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(62376229); 重庆市自然科学基金创新发展联合基金(CSTB2023NSCQ-LZX0027)

作者简介: 徐伟华(1979—), 男, 山西浑源人, 博士, 教授, 博士生导师.

描述冲突的原因,并通过规则提取算法找到大多数人赞成的解决方案.于晶等<sup>[10]</sup>使用图模型理论及框架下的决策者态度分析方法对水库库容冲突进行建模和分析,表明决策者的态度和偏好对于解决冲突极为关键,并且态度分析法能预测冲突发展.紧接着,2017年,Lang等<sup>[11]</sup>提出了在动态信息系统中构建这些集合的增量算法,以及如何利用这些方法帮助政府根据国际形势变化调整政策,验证了其在冲突分析中的有效性.2023年,Du等<sup>[12]</sup>提出了一种改进的语言评估方法以及冲突协调和反馈机制.姚一豫<sup>[13]</sup>于2019年将Pawlak模型推广到三支决策上,根据对单个议题态度,将强联盟下的代理人集划分为强冲突、弱冲突、不冲突.新的三支冲突分析模型对Pawlak模型进行了改进,也赋予了冲突很好的解释.冲突分析的方法已经广泛应用于金融,工程等领域<sup>[14-17]</sup>.

目前,对于冲突分析,模糊三支概念分析的研究成果较多,但是缺乏利用模糊三支概念分析进行冲突分析研究.为此,将模糊三支概念和冲突分析相结合,研究了基于模糊三支概念的冲突分析方法,通过相应模糊三支概念的外延描述局中人,并借用冲突度量函数对局中人的冲突状态进行划分.该方法的提出进一步完善了冲突分析理论.

## 1 预备知识

本小节给出所涉及的一些基础知识,模糊三支概念和冲突分析.

**定义 1**<sup>[19]</sup> 给定一个模糊形式背景  $M=(U, V, R)$ , 在  $L^U$  和  $L^V \times L^V$  ( $\uparrow_{\tau}: L^U \rightarrow L^V \times L^V, \downarrow_{\tau}: L^V \times L^V \rightarrow L^U$ ) 上定义了一对算子 ( $\uparrow_{\tau}, \downarrow_{\tau}$ ), 具体如下:  $\forall X \in L^U, (Y^+, Y^-) \in L^V \times L^V, x \in U, y \in V$ .

$$\left. \begin{aligned} X^{\uparrow_{\tau}}(y) &= (Z^+(y), Z^-(y)), \\ (Y^+, Y^-)^{\downarrow_{\tau}} &= \bigwedge_{y \in V} (Y^+(y) \rightarrow R(x, y)) \wedge \bigwedge_{y \in V} (Y^-(y) \rightarrow \neg R(x, y)). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

其中:  $Z^+(y) = \bigwedge_{x \in U} (X(x) \rightarrow R(x, y)), Z^-(y) = \bigwedge_{x \in U} (X(x) \rightarrow \neg R(x, y))$ .

冲突分析主要研究的是根据代理人对议题的不同态度将代理人划分为不同集合,并解决冲突分析的策略指定问题.Pawlak模型是最早利用粗糙集的方法进行冲突分析研究的,许多模型都在此基础上进行改进的,下面将介绍Pawlak模型相关知识.

**定义 2**<sup>[3]</sup> 称  $(U, A, F)$  是一个冲突分析信息系统, 其中  $U = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  是代理人集,  $U$  中的每个元素  $x_i (i \leq m)$  称为一个代理人,  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  是议题集,  $A$  中的每个元素  $a_j (j \leq n)$  称为一个议题;  $F$  是  $U$  与  $A$  之间的关系集,  $F = \{f: U \rightarrow V_a\}$ , 其中  $V_a$  是每个议题  $a_j (j = (1, 2, \dots, n))$  的值域,  $V_a = \{+, -, 0\}$ , “+”表示代理人对此议题持赞同态度, “-”表示代理人对此议题持反对态度, “0”表示代理人对此议题持中立态度.

## 2 模糊三支概念的冲突度量函数

在本节主要是利用模糊三支概念来进行冲突分析,模糊三支概念作为分析的工具.对于一个模糊形式背景  $M=(U, V, R)$ , 规定  $O(X) = \{x | 0 < l \leq 1, \frac{l}{x} \in X\}$  为对象集  $X$  所包含的对象组成的集合.为了确保讨论的对象的集合是有意义的,  $O(X)$  需要满足  $|O(X)| \geq 2$ .

**定义3** 设  $M=(U, V, R)$  为一个模糊形式背景,对于  $X \in L^U$ ,关于  $X$  的冲突度量函数定义如下

$$C(X) = \frac{\alpha \sum_{y \in Y} (1 - Z^+(y)) + (1 - \alpha) \sum_{y \in Y} (1 - Z^-(y))}{|Y|}. \quad (2)$$

其中:  $Z^+(y) = \bigwedge_{x \in X} (X(x) \rightarrow I(x, y))$ ,  $Z^-(y) = \bigwedge_{x \in X} (X(x) \rightarrow \neg I(x, y))$ ,  $0 \leq \alpha \leq 1$ .

模糊三支概念是对形式背景中对象与属性之间关系的深刻反映. 上面的冲突度量函数公式结合了模糊三支概念的内涵和外延,从正面和反面两个角度对冲突情况进行刻画,使得冲突分析的结果更具有说服力. 并且有一个可调节的参数  $\alpha$ ,该参数的取值是  $[0, 1]$ , $\alpha$  的取值随着需求的不同而改变,当  $\alpha$  取值越接近 1 说明正向的权重占比越大,如果取值越接近 0 说明负向的权重占比越大. 当正向和负向的重要程度相同时, $\alpha$  的取值为 0.5.

冲突度量函数可以计算不同派系的冲突度量值,不同的冲突度量值代表不同得冲突状态,冲突状态一般分类三类,包括冲突状态,中立状态,联盟状态. 为了判断派系处于何种状态,需要引入两个阈值  $t_1$  和  $t_2$ ,通过比较冲突度量值和阈值的大小来判断派系处于何种状态. 下面是具体的定义.

**定义4** 设  $M=(U, V, R)$  为一个模糊形式背景,对于  $X \in L^U$ ,且  $0 \leq t_1 \leq t_2 \leq 1$  则有:

- 1) 如果  $C(X) \geq t_2$ ,则  $X$  处于冲突状态;
- 2) 如果  $t_2 > C(X) \geq t_1$ ,则  $X$  处于中立状态;
- 3) 如果  $C(X) < t_1$ ,则  $X$  处于联盟状态.

对于一个具体的派系,若通过模糊三支概念来进行冲突分析,可利用其对应概念的内涵来描述这个派系. 给定一个具体的模糊三支概念  $(X, Y^+, Y^-)$ ,模糊三支概念的外延  $X$  可以看成是一个特定的派系, $Y^+$  是  $X$  中所有对象所共同具有的属性, $Y^-$  是  $X$  中所有对象所共同不具有的属性.

定义3说明对于一个特定的派系通过冲突度量函数可得到冲突度量值,定义4描述了不同的冲突度量数值对应不同的冲突分析的状态. 定义3和4一起表达的意思是对于一个特定的派系,可以用对应的模糊三支概念来进行描述,然后在此基础上进行冲突分析.

对于一个具体的派系,可以通过其对应概念的内涵来描述这个派系. 给定一个具体的模糊三支概念  $(X, Y^+, Y^-)$ ,模糊三支概念的外延  $X$  可以看作研究的特定派系, $Y^+$  是派系  $X$  共同具有的特点, $Y^-$  是派系  $X$  共同不具有的特点. 然而实际情况并不是论域中所有派系都可以生成模糊三支概念. 为了确保有意义的派系都能有对应的模糊三支概念,进行冲突分析,提出了以下的定义来确保所有的派系都可以用模糊三支概念来表述.

**定义5** 设  $M=(U, V, R)$  为一个模糊形式背景,  $\theta = \{X | (X, Y^+, Y^-) \in F(M)\}$ , 对于  $A \in L^U$  且  $A \notin \theta$ , 定义  $\Phi(A) = Z, Z \in \theta, Z \supset A$ , 并且  $Z' \in \theta, Z' \subset Z \Rightarrow A \not\subset Z'$ . 对于  $A \in L^U$ ,可以得到下面的定义式

$$\psi(A) = \begin{cases} A, A \in \theta; \\ \Phi(A), \text{其他}. \end{cases} \quad (3)$$

定义5保证了每个派系都有一个模糊三支概念对应,通过以上提出的定义,可以得到下面的定理.

**定理1** 设  $M=(U, V, R)$  为一个模糊形式背景,  $X \in L^U$ , 则有

$$C(X) = \frac{\alpha \sum_{\frac{l_i}{y_i} \in Y^+} (1-l_i) + (1-\alpha) \sum_{\frac{l_i}{y_i} \in Y^-} (1-l_i)}{|Y|}. \quad (4)$$

其中:  $Y^+(y) = \bigwedge_{x \in X} (X(x) \rightarrow I(x, y))$ ,  $Y^-(y) = \bigwedge_{x \in X} (X(x) \rightarrow \neg I(x, y))$ ,  $0 \leq \alpha \leq 1$ .

**证明** 通过定义 3-5 可证.

### 3 基于模糊三支概念的冲突分析算法

为了更好的理解上述的定义及其定理,下面给出了一个基于模糊三支概念的冲突分析算法,即算法 1. 此算法首先计算给定模糊形式背景下的所有模糊三支概念. 接着确定冲突分析中的派系,即是所要研究的目标对象集合. 定义 4 确保每个派系有唯一确定的模糊三支概念相匹配. 进一步,可根据实际情况选择适当的参数值用于冲突度量函数. 随后设定两个阈值  $t_1$  和  $t_2$ , 并利用冲突度量函数计算各派系的冲突程度. 将计算结果与阈值对比,从而判断每个派系的状态.

---

#### 算法 1: 基于模糊三支概念的冲突分析算法

---

输入: 模糊形式背景  $M$

输出: 模糊形式背景  $M$  的冲突分析结果  $R$

确定阈值  $t_1, t_2, \alpha$ , 其中  $0 \leq t_1 \leq t_2 \leq 1; 0 \leq \alpha \leq 1$ ;

计算出所有的模糊三支概念.

For  $X \in L^U$

    If  $|O(X)| \geq 2$  then

        根据定义 5 计算  $\psi(A)$ ;

        根据定理 1 计算  $C(X)$ ;

        if  $C(X) \geq t_2$  then

$X$  处于冲突状态;

        end

        if  $t_2 > C(X) \geq t_1$  then

$X$  处于中立状态;

        end

        if  $t_1 > C(X)$  then

$X$  处于联盟状态;

        end

    end

end

return 冲突分析结果  $R$ ;

---

假设模糊三支概念的个数为  $N$ ,  $L^U$  中集合的个数为  $M$ , 步骤  $|O(X)| \geq 2$  的算法复杂度为  $O(M)$ , 步骤根据定义 5 计算  $\psi(A)$  复杂度为  $O(N)$ , 所以该算法总的复杂度为  $O(N^2)$ .

为了更直观地理解这一算法流程, 图 1 用图形的方式展示了基于模糊三支概念的冲突分析步骤.

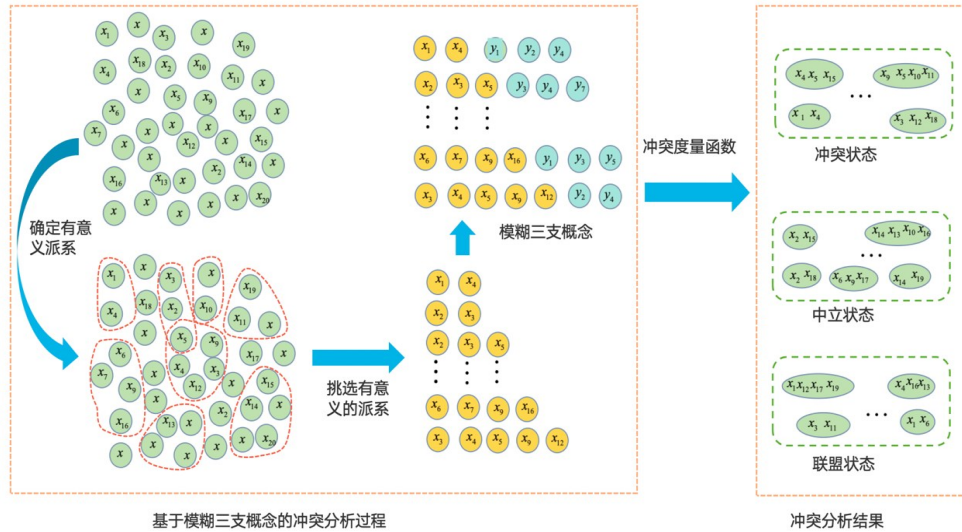


图 1 基于模糊三支概念的冲突分析过程

Fig.1 Conflict analysis process based on fuzzy three-way concept

### 4 案例分析

表 1 给出一个模糊形式背景  $M=(U, V, R)$ . 该背景描述了一个赴美旅游团的 3 名中国游客及其想要去旅游的目标城市. 具体来说, 对象集  $U$  由 3 名中国游客所组成, 属性集  $V$  由 4 个目标城市组成, 其中  $a$  代表纽约,  $b$  代表华盛顿,  $c$  代表拉斯维加斯,  $d$  代表洛杉矶. 表格中的 1 代表支持态度, 0.5 表示中立态度, 0 表示反对态度. 即  $R(x, a)=1$  表示游客  $x$  对去  $a$  城市纽约旅游持支持态度,  $R(x, a)=0.5$  表示游客  $x$  对去  $a$  城市纽约旅游持中立态度,  $R(x, a)=0$  表示游客  $x$  对去  $a$  城市纽约旅游持反对态度. 以游客 1 为例, 游客 1 对去纽约 ( $a$ ) 旅游持支持态度, 对去华盛顿 ( $b$ ) 和洛杉矶 ( $d$ ) 旅游持中立态度, 对去拉斯维加斯 ( $c$ ) 旅游持反对态度. 在规划旅游路线时, 必须预先确定包括住宿在内的各项细节. 因此, 旅行经理需要综合考虑游客过往的旅行建议以及他们的信任度来做出决策. 这里, “ $\frac{1}{x}$ ”表示旅行经理完全信任游客  $x$  的决策, “ $\frac{0.5}{x}$ ”表示旅行经理部分信任游客  $x$  的决策, “ $\frac{0}{x}$ ”则意味着旅行经理不信任游客  $x$  的决策. 通过这样的信任度评估, 旅行经理能更加精准地安排满意的旅游路线.

表 1 旅游路线选择的模糊形式背景

Tab.1 The fuzzy formal context for tourism route selection

$U$	$V$			
	$a$	$b$	$c$	$d$
$x_1$	1	0.5	0	0.5
$x_2$	1	0.5	1	0
$x_3$	0	1	0.5	0

通过前面介绍的定义,讨论的派系满足 $|O(X)| \geq 2$ . 为了确保每一个派系都有对应的模糊三支概念,对派系进行定义5的变换;然后,利用定义3冲突度量的表达式可以计算出 $C(X)$ . 根据 $C(X)$ 的数值,以及阈值 $0 \leq t_1 \leq t_2 \leq 1$ ,结合定义4可以判断派系 $X$ 处于何种状态.

确定阈值 $t_1 = 0.4, t_2 = 0.7$ ,则有:

- 1) 如果 $C(X) \geq 0.7$ ,则 $X$ 处于冲突状态;
- 2) 如果 $0.7 > C(X) \geq 0.4$ ,则 $X$ 处于中立状态;
- 3) 如果 $C(X) < 0.4$ ,则 $X$ 处于联盟状态.

根据各个局中人的冲突度量值,可以判断局中人所处的状态.

当 $C(X) \geq 0.7$ ,则 $X$ 处于冲突状态,处于冲突状态的局中人有:  $\left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{1}{x_2}, \frac{1}{x_3} \right\}, \left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{1}{x_2}, \frac{1}{x_3} \right\},$

$$\left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{0.5}{x_2}, \frac{1}{x_3} \right\}, \left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{1}{x_2}, \frac{0.5}{x_3} \right\}, \left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{0.5}{x_2}, \frac{1}{x_3} \right\}, \left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{1}{x_3} \right\}, \left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{1}{x_3} \right\}.$$

当 $0.4 \leq C(X) < 0.7$ 时,则 $X$ 处于中立状态,处于中立状态的局中人有:  $\left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{1}{x_2}, \frac{0.5}{x_3} \right\},$

$$\left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{0.5}{x_2}, \frac{0.5}{x_3} \right\}, \left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{1}{x_2} \right\}, \left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{1}{x_2} \right\}, \left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{0.5}{x_2} \right\}, \left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{0.5}{x_3} \right\}, \left\{ \frac{0.5}{x_2}, \frac{1}{x_3} \right\}, \left\{ \frac{1}{x_2}, \frac{0.5}{x_3} \right\},$$

当 $C(X) < 0.4$ 时,则 $X$ 处于联盟状态,处于联盟状态的局中人有:  $\left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{0.5}{x_2} \right\}, \left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{0.5}{x_3} \right\},$

$$\left\{ \frac{0.5}{x_2}, \frac{0.5}{x_3} \right\}.$$

通过观察可以发现,不同局中人通常具有不同的冲突度量值,例如冲突度量值为0.8125的 $\left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{0.5}{x_2}, \frac{1}{x_3} \right\}$ 和冲突度量值为0.25的 $\left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{0.5}{x_2} \right\}$ . 通过设置阈值,它们将被划分为不同的状态,因此冲突分析中阈值的选择也会影响派系的状态. 例如,当把阈值设置为 $t_1 = 0.4, t_2 = 0.7$ 时,获得了上面的冲突分析结果. 如果将 $t_2$ 调整为 $t_2 = 0.8$ , $\left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{1}{x_2}, \frac{0.5}{x_3} \right\}, \left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{1}{x_3} \right\}, \left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{1}{x_3} \right\}$ 将从冲突状态变为中立状态. 因此,设定一个适当的阈值是非常重要的.

通过观察可以发现,存在具有相同冲突度量值的不同派系,主要是因为这些派系对应于相同的模糊三支概念,如 $\left\{ \frac{1}{x_1}, \frac{0.5}{x_2}, \frac{1}{x_3} \right\}$ 和 $\left\{ \frac{0.5}{x_1}, \frac{0.5}{x_2}, \frac{1}{x_3} \right\}$ ,这两个派系对应于一个模糊三支概念. 因此,对应几个派系的模糊三支概念是非常重要的,可以称它为核心模糊三支概念.

## 5 结束语

提出了一个基于模糊三支概念的冲突分析方法,利用冲突度量函数将模糊三支概念与冲突分析紧密结合,确保每个局中人均能匹配到一个精确的模糊三支概念. 进一步,通过计算冲突度量值把局中人划分为冲突状态,中立状态和联盟状态,完善了冲突分析的基础理论. 后期,将深入开展分析水平变化时对冲突结果动态更新的研究.

**参考文献:**

- [1] ZHI H L, LI J H. Component similarity based conflict analysis: An information fusion viewpoint[J]. *Information Fusion*, 2024: 104.
- [2] DANIEL R, LUCIA M. The role of geopolitical risk in conflict analysis: Critical insights[J]. *Peace Review*, 2023, 35(4): 603-613.
- [3] PAWLAK Z. Some remarks on conflict analysis[J]. *European Journal of Operational Research*, 2005, 166(3): 649-654.
- [4] ZHANG X Y, CHEN J. Three-hierarchical three-way decision models for conflict analysis: A qualitative improvement and a quantitative extension[J]. *Information Sciences*, 2022, 587: 485-514.
- [5] DU J L, LIU S F, LIU Y, et al. A novel approach to three-way conflict analysis and resolution with Pythagorean fuzzy information [J]. *Information Sciences*, 2022, 584: 65-88.
- [6] 金雷,冯涛,张少谱. 基于概率多值信息系统的冲突分析和决策分析[J]. *山东大学学报(理学版)*, 2023, 58(12): 91-107.
- [7] GLORIA R, MUHANMMAD A. Conflict analysis, learning from practice[J]. *Conflict Resolution Quarterly*, 2022, 40(3): 333-355.
- [8] PAWLAK Z. An inquiry into anatomy of conflicts[J]. *Information Sciences*, 1998, 109(1-4): 65-78.
- [9] 高俊山,谷冬元,徐章艳. 一个 Pawlak 粗糙集冲突分析模型的改进[J]. *中国管理科学*, 2008, 16(2): 150-156.
- [10] 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, 9(9): 140-144.
- [11] LANG G M, MIAO D Q, CAI M J. Three-way decision approaches to conflict analysis using decision-theoretic rough set theory [J]. *Information Sciences*, 2017, 26(1): 185-207.
- [12] DU J L, LIU S F, LIU Y, et al. Multi-criteria large-scale group decision-making in linguistic contexts: A perspective of conflict analysis and resolution[J]. *Group Decision and Negotiation*, 2023, 32(1): 177-207.
- [13] YAO Y Y. Three-way conflict analysis: Reformulations and extensions of the Pawlak model[J]. *Knowledge-based Systems*, 2019, 180: 1-40.
- [14] 徐心怡,吴楠楠. 基于图模型的金融业务模式冲突分析[J]. *华北理工大学学报(社会科学版)*, 2023, 23(6): 61-70.
- [15] 黄宇铭,葛冰峰,侯泽强,等. 基于冲突分析图模型的多无人机协同空战博弈[J]. *系统工程理论与实践*, 2023, 43(9): 2714-2725.
- [16] MA X A, YAO Y Y. Three-way decision perspectives on class specific attribute reducts[J]. *Information Sciences*, 2018, 450: 227-245.
- [17] YAO Y Y. Interval sets and three-way concept analysis in incomplete contexts[J]. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 2017, 8(1): 3-20.
- [18] YI H J, ZHANG H M, LI X N, et al. Three-way conflict analysis based on hesitant fuzzy information systems [J]. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2021, 139: 12-27.
- [19] HE X L, WEI L, SHE Y H. L-fuzzy concept analysis for three-way decisions: Basic definitions and fuzzy inference mechanisms[J]. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 2018, 9(11): 1857-1867.

[责任编辑: 钟国翔]