

# 基于直觉模糊集与后悔理论的舆情危机响应方案 动态调整方法

王治莹, 凤咏雯

(安徽工业大学 管理科学与工程学院, 安徽 马鞍山 243032)

**摘要:** 针对舆情危机中多源舆情信息异步涌现引发的态势演变难题, 提出一种融合直觉模糊集与后悔理论的动态响应调整方法。首先, 运用直觉模糊集对舆情信息的异构属性数据进行同构化, 建立考虑信息模糊性与可信度的直觉模糊评价矩阵, 并基于直觉模糊熵优化属性权重分配; 其次, 引入后悔理论计算决策者对方案实施后舆情危机态势变化、方案启动与调整成本及应对损失的综合感知效用, 据此得到备选方案的优劣次序; 最后通过案例应用和方法对比验证本文方法的有效性。结果表明: 本文方法在舆情信息的异构属性层面能够有效捕捉决策者的后悔规避行为特征和舆情危机态势演变过程, 从而在响应方案调整中发挥关键作用, 同时证实了兼顾决策者心理行为特征(后悔规避)与危机态势跃迁机制, 可显著提升决策的科学性与实战适配性。此外, 基于舆情信息异构属性及其融合方法, 还可考虑多源信息传播中的竞合结构及其对异构属性的影响, 据此建立态势更新机制并研究其调整时机; 同时, 从事件链角度探索舆情危机与前导渐变型突发事件相互作用中, 多阶段响应方案排序、动态调整时机和方向等决策问题。

**关键词:** 舆情治理; 直觉模糊集; 后悔理论; 动态决策; 多源信息融合; 应急管理; 风险感知; 突发事件

**中图分类号:** N 945.12; C 934; O 225 **文献标志码:** A **doi:** 10.12415/j.issn.1671-7872.24130



## Dynamic Adjustment Method for Public Opinion Crisis Response Plans Based on Intuitionistic Fuzzy Sets and Regret Theory

WANG Zhiying, FENG Yongwen

(School of Management Science and Engineering, Anhui University of Technology, Maanshan 243032, China)

**Abstract:** To address the challenge of situation evolution caused by asynchronous emergence of multi-source public opinion information in public opinion crises, a dynamic response adjustment method integrating intuitionistic fuzzy sets (IFS) and regret theory was proposed. Firstly, IFS was employed to homogenize heterogeneous attribute data of public opinion information, and an intuitionistic fuzzy evaluation matrix considering information fuzziness and credibility was constructed, with attribute weight allocation optimized based on intuitionistic fuzzy entropy. Secondly, regret theory was introduced to calculate decision-makers' perceived utility regarding the evolution of the crisis situation after plan implementation; subsequently, this utility was combined with perceived utilities concerning plan initiation and adjustment costs as well as response losses to compute the comprehensive perceived utility, thereby obtaining the priority order of alternative plans. Finally, the effectiveness of the proposed method was verified through case application and comparative analysis with other methods. The results show that the proposed

收稿日期: 2024-07-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(72074002, 71704001, 72504003); 安徽省自然科学基金项目(2208085Y20); 安徽省高校杰出青年科研项目(2022AH020031)

作者简介: 王治莹(1987—), 男, 山东济南人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为应急管理。

引文格式: 王治莹, 凤咏雯. 基于直觉模糊集与后悔理论的舆情危机响应方案动态调整方法[J]. 安徽工业大学学报(自然科学版), 2025, 42(5):554-563.

method can effectively reflect the significant role of decision-makers' regret-avoidance behavior characteristics and the evolution of public opinion crisis situations in the decision-making process of response plan adjustments, from the heterogeneous attribute level of public opinion information. The results demonstrate that the proposed method effectively reflects the critical role of decision-makers' regret-aversion behavioral characteristics and the evolution of the public opinion crisis situation in response plan adjustment decisions from the heterogeneous attribute level of public opinion information. It is confirmed that simultaneously considering psychological behavioral characteristics (regret aversion) and crisis situation transition mechanisms significantly enhances decision-making scientificity and operational applicability. Furthermore, beyond the methodology developed based on heterogeneous attributes and their fusion of public opinion information, the competitive-cooperative structure in multi-source information dissemination and its impact on heterogeneous attributes can be considered for establishing a situation updating mechanism and investigating adjustment timing. Simultaneously, the multi-stage sequencing, adjustment timing, and directional aspects of comprehensive response plans are explored from an event-chain perspective by examining interactions between public opinion crises and their precursor gradual-onset emergencies.

**Keywords:** public opinion governance; intuitionistic fuzzy sets; regret theory; dynamic decision-making; multi-source information fusion; emergency management; risk perception; emergencies

近年来,重大突发事件频发,不仅造成重大人员伤亡和财产损失<sup>[1]</sup>,更引发多源舆情信息快速蔓延,导致事件影响持续扩大并可能演变为严重舆情危机<sup>[2]</sup>。在此过程中,多源舆情信息呈现异步涌现特征并持续影响危机态势的动态演变,致使前期响应方案难以适应当前或后期应对需求<sup>[3]</sup>。以2020年新冠疫情为例,1月20日前后出现的“饮高度酒对抗冠状病毒”“盐水漱口防病毒”“喝板蓝根和熏醋能防新型肺炎”等不实信息因及时回应未造成广泛影响;而1月31日“双黄连口服液可抑制新型冠状病毒”相关舆情信息则引发全国多地抢购,迫使应对措施从单一辟谣升级为包含市场调控、价格监管等的综合措施。因此,建立一种能够充分考虑舆情危机特殊性质(包括舆情信息异步涌现和危机态势动态演变)的多阶段方案调整决策方法,不仅具有重要理论价值,还能为实际应急管理工作提供科学有效的指导。

当前响应方案调整研究主要聚焦于两方面:一是考虑个体/群体偏好,如Xu等<sup>[4]</sup>融合个体语言风险偏好与时间压力下的群体不完全偏好信息,提出了大群体响应方案调整方法;Liu等<sup>[5]</sup>则提出了基于累积前景理论的区间概率群体偏好应急方案调整方法。二是考虑情景态势演变,如钱丽丽等<sup>[6]</sup>针对突发事件发展阶段特征提出了基于区间灰数的响应方案调整方法;Li等<sup>[7]</sup>基于Jensen-Shannon散度构造新概率语言术语集差异度量模型,结合前景理论实现了海上突发事件响应方案的动态调整。值得注意的是,现有研究多集中于突发事件领域,舆情危机研究相对匮乏,仅王治莹等<sup>[8]</sup>及聂慧芳等<sup>[9]</sup>从公众满

意度和公众情绪演化角度展开探讨,其研究视角与本文关注的舆情危机态势演变机理和决策者后悔规避行为存在显著差异。

在舆情危机态势演变研究方面,Wang等<sup>[10]</sup>将其划分为产生、爆发、成熟和衰退等过程,即舆情危机的演变会随其前导突发事件发展而呈现从摇篮到坟墓的过程。在此过程中,舆情信息的属性数据能影响舆情危机态势演变阶段,如公众关注度决定舆情危机是否以核裂变方式大范围传播<sup>[11]</sup>,敏感度与倾向性能引起公众强烈共鸣<sup>[12]</sup>。实际决策问题常涉及定量与定性混合的多属性决策<sup>[13]</sup>。鉴于公众对舆情的态度倾向通常可分正面、负面和中性三类,在刻画其异构属性数据时,可综合采用数值型区间数、难以量化的模糊语言变量及反映态度倾向的直觉模糊数等数据类型,并借助在表达模糊信息方面具有优势的直觉模糊集实现异构数据的融合。随着研究的深入,决策者的有限理性行为特征日益受到学界关注,普遍采用前景理论<sup>[14]</sup>、累积前景理论<sup>[15]</sup>和后悔理论<sup>[16]</sup>等行为决策理论进行刻画。其中,后悔作为决策者期望规避的关键心理因素,在决策理论与方法获得了广泛应用;与前景理论相比,后悔理论无需预先设定参照点,避免了参照点设定的主观性,在应用上更具优势且计算简便的特点<sup>[17]</sup>。

综上,现有研究成果从不同视角探讨了响应方案调整方法,为突发事件的科学应对提供了方法支撑和理论参考。然而,针对舆情危机态势演变情景下,基于行为决策理论的多属性响应方案调整决策问题仍需深入探索。基于此,本研究提出一种融合直觉模糊集与后悔理论的舆情危机响应方案动态调

整方法,从舆情信息属性特征和决策者后悔规避行为双重视角,为舆情危机态势演变下的响应方案提供科学调整依据。本文的创新性主要在于:一是研究情境方面,将响应方案调整问题拓展至舆情危机态势演变场景,并融入决策者的后悔规避行为特征;二是测度方法方面,从舆情信息的属性层面构建公众对方案实施效果的态势测度模型和决策者感知效用评估模型;三是数据处理方面,针对多源舆情信息的异构属性(关注量等数值型属性、可信度等难以数值量化的属性、正面或负面等态度倾向属性),分别采用区间数、模糊语言变量和直觉模糊数进行刻画,实现异构属性数据的同构化表达。

## 1 基础理论

直觉模糊集与后悔理论相结合,可有效融合舆情信息中的异构属性数据,同时刻画决策者的后悔规避心理,从而提升决策分析的合理性。

### 1.1 直觉模糊集

**定义 1**<sup>[18]</sup> 设  $X$  是非空集合,则  $A = \{\langle x, u_A(x), v_A(x) \rangle | x \in X\}$  为  $X$  上的直觉模糊集(intuitionistic fuzzy sets, IFS)。其中,  $u_A(x)$  和  $v_A(x)$  分别为  $X$  中的元素  $x$  属于  $A$  的隶属度  $u_A: X \rightarrow [0, 1]$  和非隶属度  $v_A: X \rightarrow [0, 1]$ ,且满足条件  $0 \leq u_A(x) + v_A(x) \leq 1, x \in X$ 。

**定义 2**<sup>[18]</sup> 设  $X$  中的任一直觉模糊集  $A$ ,若  $\pi_A(x) = 1 - u_A(x) - v_A(x), x \in X$ ,则称  $\pi_A(x)$  为  $X$  中的元素  $x$  属于  $A$  的犹豫度,显然  $0 \leq \pi_A(x) \leq 1, x \in X$ 。

**定义 3**<sup>[19]</sup> 设  $A = \{\langle x, u_A(x), v_A(x) \rangle | x \in X\}$  和  $B = \{\langle x, u_B(x), v_B(x) \rangle | x \in X\}$  均为直觉模糊集,则

1)  $A \subseteq B$ , 当且仅当  $\forall x \in X, u_A(x) \leq u_B(x)$  且  $v_A(x) \geq v_B(x)$ ;

2)  $A = B$ , 当且仅当  $A \subseteq B$  且  $B \subseteq A$ ;

3)  $A$  的补集  $\bar{A} = \{\langle x, v_A(x), u_A(x) \rangle | x \in X\}$ 。

**定义 4**<sup>[20]</sup> 设  $A = \{\langle x, u_A(x), v_A(x) \rangle | x \in X\}$  和  $B = \{\langle x, u_B(x), v_B(x) \rangle | x \in X\}$  均为直觉模糊集,若映射  $E: \text{IFS}(X) \rightarrow [0, 1]$  为直觉模糊熵,则其需要满足以下条件:

1)  $E(A) = 0$ , 当且仅当  $A$  为经典集,即集合中的元素与集合是非此即彼的关系;

2)  $E(A) = 1$ , 当且仅当  $\forall x \in X$ , 均满足  $u_A(x) = v_A(x)$ ;

3)  $E(A) = E(\bar{A})$ ;

4) 若  $E(A) \leq E(B)$ , 则  $B$  的模糊性大于  $A, \forall x \in X$ 。

### 1.2 后悔理论

后悔理论的核心观点<sup>[21]</sup>在于:决策者将实际选择结果与备选方案的预期结果进行对比,其他备选

方案可能产生更优结果时产生后悔;当前选择优于其他方案时产生欣喜。这种心理机制促使决策者选择后悔风险最小的方案,从而体现后悔规避行为特征。设  $A_1, A_2, \dots, A_n$  为  $n$  个备选方案,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  分别为方案  $A_1, A_2, \dots, A_n$  的结果,则决策者对方案  $A_i$  的感知效用为:

$$U_i = v(x_i) + R(v(x_i) - v(x^*)) \quad (1)$$

其中:  $v(x_i)$  为方案  $A_i$  结果的效用函数;  $R(v(x_i) - v(x^*))$  为后悔-欣喜函数;  $x^* = \max\{x_i | i = 1, 2, \dots, n\}$ 。根据 Qian 等<sup>[16]</sup> 和 Wang 等<sup>[17]</sup> 的研究,效用函数可表示为幂函数  $v(x_i) = x_i^\alpha (0 < \alpha < 1)$ ,  $\alpha$  为风险规避系数;后悔-欣喜函数可表示为  $R(\Delta v) = 1 - \exp(-\delta \Delta v)$ ,  $\delta$  为后悔规避系数,  $\Delta v$  为两方案的结果效用差,且若  $\Delta v > 0$  则  $|R(-\Delta v)| > R(\Delta v)$ , 即后悔对决策者的影响比欣喜强。

## 2 问题描述

区别于自然灾害等突发事件,舆情危机具有显著的人为诱发特性,其演化过程通常呈现产生、爆发、成熟和衰退的阶段性特征。其表现为:多源舆情信息作为危机载体呈现异步涌现特征,通过持续交互作用驱动态势演变;舆情信息属性包含关注量等数值型属性、可信度等模糊语言变量及正负面态度等倾向性维度;基于前期态势制定的应对方案需根据当前及后续阶段的新态势动态调整,且调整过程需充分考虑决策者在不确定性环境下的行为偏好特征。鉴于此,本研究基于舆情信息的多维属性特征和决策者的后悔规避心理,探讨舆情危机态势演变过程中响应方案的动态调整决策问题,重点研究以下内容:在多源舆情信息异步涌现的情境下,如何针对舆情危机态势演变的不同阶段(按方案调整决策时点划分),有效表征并融合当前及后续阶段的舆情异构属性数据;在此基础上,如何融入决策者的后悔规避行为特征,通过计算其对备选方案的综合感知效用,构建一种能够快速优化前期实施方案的动态调整方法。相关符号及其含义说明如下。

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ , 表示响应决策时刻舆情危机可能出现的  $n$  种情景集合,  $S_i$  与  $S_j$  为可能出现的第  $i$  个和第  $j$  个情景,若  $i < j$ , 则  $S_i$  的态势级别低于  $S_j$ , 即  $S_j$  更为严重。

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ , 表示  $n$  种备选响应方案构成的集合,  $A_i$  为第  $i$  个备选方案,与情景  $S_i$  对应,即每个情景存在一个与之对应的最优方案,若  $i \leq j$  则  $A_j$  可应对  $S_i$ , 反之则无法完全应对。

$C = (C_1, C_2, \dots, C_n)$ , 表示方案的启动成本向量,

$C_i$ 为采取方案 $A_i$ 的成本投入,若 $i < j$ 则 $C_i < C_j$ 。

$C_\mu = (C_{\mu 1}, C_{\mu 2}, \dots, C_{\mu m})^T$ ,表示方案之间的调整成本向量, $C_{ij}$ 为 $A_i$ 调整为 $A_j$ 的成本,若 $i = j$ 则 $C_{ij} = 0$ 。

$G^j = (G^{j1}, G^{j2}, \dots, G^{jm})$ ,表示方案 $A_j$ 的应对损失向量<sup>[6]</sup>,即针对舆情危机的不同情景,方案 $A_j$ 实施后未发挥完全阻碍作用或应对过度而造成的损失, $G^j$ 为方案 $A_j$ 对情景 $S_k$ 的应对损失。

$P_{t_1} = (p_{t_1}^1, p_{t_1}^2, \dots, p_{t_1}^n)$ ,表示 $t_1$ 阶段舆情危机情景的概率向量, $p_{t_1}^i$ 为 $t_1$ 阶段 $S_i$ 的发生概率, $\sum_{i=1}^n p_{t_1}^i = 1$ 。

$P = [p_{ij}]_{m \times n}$ ,表示舆情危机在 $t_2$ 阶段从级别 $i$ 转移到 $j$ 的状态转移矩阵, $0 < p_{ij} < 1, \sum_{j=1}^n p_{ij} = 1$ 。

$P_{t_2} = (p_{t_2}^1, p_{t_2}^2, \dots, p_{t_2}^n)$ ,表示 $t_2$ 阶段舆情危机情景概率向量, $p_{t_2}^j$ 为 $t_2$ 阶段 $S_j$ 的发生概率, $\sum_{j=1}^n p_{t_2}^j = 1$ ,且

$$P_{t_2} = P_{t_1} P。$$

$D^{jk} = \{D_1^{jk}, D_2^{jk}, \dots, D_m^{jk}\}$ ,表示 $A_j$ 实施后第 $k$ 个情景下 $m$ 种舆情信息集合, $D_l^{jk}$ 为第 $l$ 种舆情信息。

$\omega^{jk} = (\omega_1^{jk}, \omega_2^{jk}, \dots, \omega_m^{jk})$ ,表示公众对舆情信息的认知权重向量, $\omega_l^{jk}$ 为舆情信息 $D_l^{jk}$ 的权重。

$Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_q\}$ ,表示舆情信息的属性集合, $Z_h$

为第 $h$ 个属性,包括效益型 $Z_h^1$ 和成本型 $Z_h^2$ 。

$f_l^{jk} = (f_{l1}^{jk}, f_{l2}^{jk}, \dots, f_{lq}^{jk})$ ,表示舆情信息 $D_l^{jk}$ 属性的权重向量, $f_{lh}^{jk}$ 为舆情信息 $D_l^{jk}$ 的第 $h$ 个属性的权重,满足 $0 \leq f_{lh}^{jk} \leq 1$ ,且 $\sum_{h=1}^q f_{lh}^{jk} = 1$ 。

$X = [x_{lh}^{jk}]_{m \times q}$ ,表示公众对舆情信息属性的测度矩阵, $x_{lh}^{jk}$ 为 $A_j$ 实施后第 $k$ 个情景下公众对第 $l$ 种舆情信息、第 $h$ 个属性的测度值。 $i, j, k \in \{1, 2, \dots, n\}, l \in \{1, 2, \dots, m\}, h \in \{1, 2, \dots, q\}$ 。

### 3 方法构建

针对舆情危机态势受多源舆情信息异步涌现影响而持续演变、亟需调整响应方案的决策问题,基于直觉模糊集和后悔理论,提出一种舆情危机响应方案动态调整方法。该方法的基本思想是:在舆情危机前一演变阶段(记为 $t_1$ 阶段)实施的初步方案基础上,通过融合当前及后续演变阶段(记为 $t_2$ 阶段)的决策数据与舆情信息的异构属性数据,并结合舆情信息及其属性的赋权,从决策者对方案实施后的舆情态势、成本和应对损失三方面感知效用的集成视角,得到备选方案的排序结果,从而快速有效地优化 $t_1$ 阶段的初步实施方案,具体流程如图1。

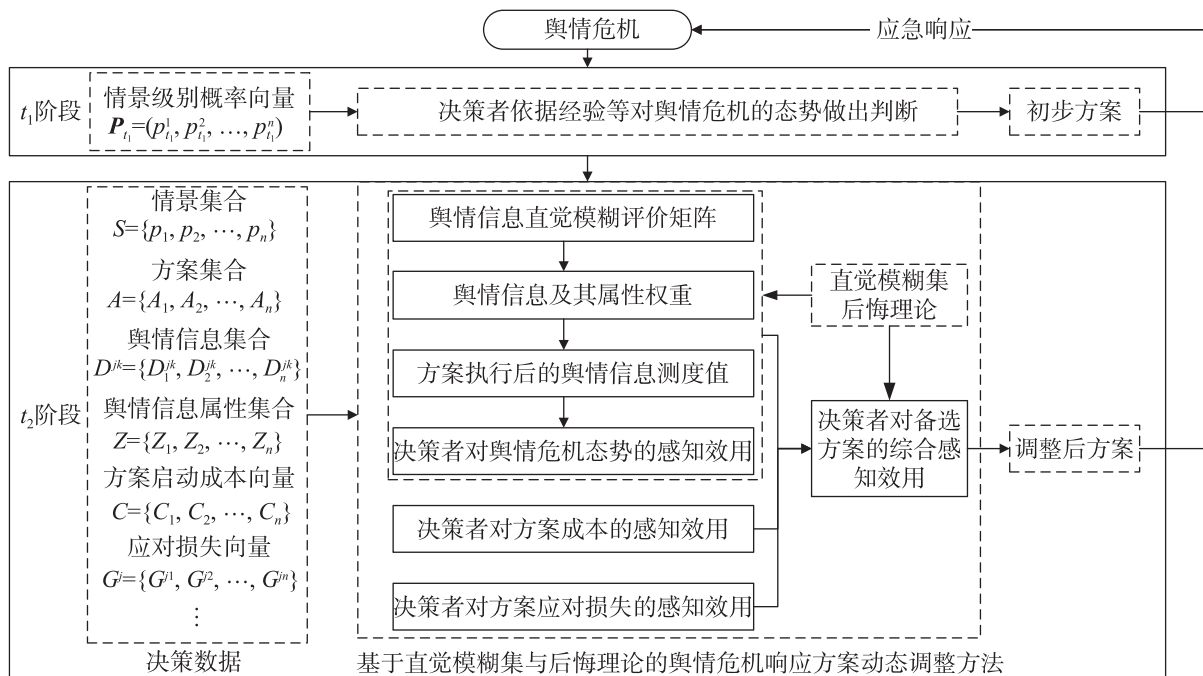


图1 舆情危机响应方案动态调整方法框架及实施流程

Fig. 1 Framework and implementation process of dynamic adjustment method for public opinion crisis response strategies

#### 3.1 舆情危机态势感知

##### 3.1.1 直觉模糊评价

本研究考虑舆情信息的三类异构属性:第一

类为可量化属性(记为 $Z^1$ ),包括公众关注量、媒体报道次数等可用数值测量的指标,采用区间数形式表征;第二类为定性属性(记为 $Z^2$ ),如可信度、

敏感度等难以用数值量化的特征,采用模糊语言变量形式表征<sup>[8]</sup>;第三类为情感属性(记为 $Z^F$ ),用于反映公众态度倾向(包括正面、中立、负面),采用直觉模糊数形式表征。若 $Z_h \in Z^I$ ,则 $x_{lh}^{jk}$ 可记为 $[x_{lh}^{jkl}, x_{lh}^{jku}]$ ,且 $0 \leq x_{lh}^{jkl} \leq x_{lh}^{jku}$ ;若 $Z_h \in Z^L$ ,则 $x_{lh}^{jk}$ 可记为 $[x_{lh}^{jklL}, x_{lh}^{jklU}]$ , $x_{lh}^{jklL}, x_{lh}^{jklU} \in L$ , $L = \{\text{最高, 很高, 高, 平均, 低, 很低, 最低}\}$ ;若 $Z_h \in Z^F$ ,则 $x_{lh}^{jk}$ 可记为 $(\mu_{lh}^{jk}, \nu_{lh}^{jk})$ 。考虑到上述属性计量单位的差异性,将 $x_{lh}^{jk}$ 规范化为 $\tilde{x}_{lh}^{jk}$ (注:直觉模糊数的隶属度、非隶属度和犹豫度之和为1,若 $Z_h \in Z^F$ ,则无需对 $x_{lh}^{jk}$ 进行规范化)。若 $Z_h \in Z^I$ ,则将 $[x_{lh}^{jkl}, x_{lh}^{jku}]$ 规范化为 $[\tilde{x}_{lh}^{jkl}, \tilde{x}_{lh}^{jku}]$ ,具体公

式如下:

$$\tilde{x}_{lh}^{jkl} = \begin{cases} \frac{x_{lh}^{jkl} - \min x_h^{jkl}}{\max x_h^{jku} - \min x_h^{jkl}}, & Z_h \in Z_h^1 \cap Z^I \\ \frac{\max x_h^{jku} - x_{lh}^{jku}}{\max x_h^{jku} - \min x_h^{jkl}}, & Z_h \in Z_h^2 \cap Z^I \end{cases}$$

$$\tilde{x}_{lh}^{jku} = \begin{cases} \frac{x_{lh}^{jku} - \min x_h^{jkl}}{\max x_h^{jku} - \min x_h^{jkl}}, & Z_h \in Z_h^1 \cap Z^I \\ \frac{\max x_h^{jku} - x_{lh}^{jkl}}{\max x_h^{jku} - \min x_h^{jkl}}, & Z_h \in Z_h^2 \cap Z^I \end{cases} \quad (2)$$

若 $Z_h \in Z^L$ ,则可先通过两级比例法(如表1所示)给出 $[x_{lh}^{jklL}, x_{lh}^{jklU}]$ 的数值表达形式,再运用式(3)将其规范化为 $[\tilde{x}_{lh}^{jklL}, \tilde{x}_{lh}^{jklU}]$ 。

表1 舆情信息异构属性规范化处理的两级比例对应关系<sup>[13]</sup>

Tab. 1 Two-level proportional normalization correspondence for heterogeneous attributes of public opinion information<sup>[13]</sup>

成本型	最高	很高	高	平均	低	很低	最低
效益型	最低	很低	低	平均	高	很高	最高
定量值	0	1	3	5	7	9	10
标准值	0	0.028 6	0.085 7	0.142 9	0.200 0	0.257 1	0.285 7

$$\tilde{x}_{lh}^{jklL} = \frac{x_{lh}^{jklL} - \min x_h^{jklL}}{\max x_h^{jklU} - \min x_h^{jklL}}, \tilde{x}_{lh}^{jklU} = \frac{x_{lh}^{jklU} - \min x_h^{jklL}}{\max x_h^{jklU} - \min x_h^{jklL}} \quad (3)$$

令 $E_h^{jk} = (1/m) \sum_{l=1}^m e_{lh}^{jk}$ ,则舆情信息 $D_l^{jk}$ 第 $h$ 个属性的权重 $f_{lh}^{jk}$ 为:

$$f_{lh}^{jk} = \frac{1 - E_h^{jk}}{\sum_{h=1}^q (1 - E_h^{jk})} \quad (6)$$

针对舆情信息异构属性的差异化特征,本研究采用同构化处理方法。直觉模糊集作为模糊集的扩展,能够更精确表达行为主体的赞同、反对和犹豫态度<sup>[20]</sup>,故将各类异构属性值(包括区间数值、模糊语言变量等)统一转化为直觉模糊数形式进行集成分析。设直觉模糊评价矩阵 $\beta = [\beta_{lh}^{jk}]_{m \times q}$ ,其中 $\beta_{lh}^{jk} = (\mu_{lh}^{jk}, \nu_{lh}^{jk})$ ,则对于 $Z_h \in Z^I \cup Z^L$ ,可通过 $\mu_{lh}^{jk} = \tilde{x}_{lh}^{jkl}$ 与 $\nu_{lh}^{jk} = 1 - \tilde{x}_{lh}^{jku}$ 将 $\tilde{x}_{lh}^{jk}$ 转为 $\beta_{lh}^{jk}$ <sup>[13]</sup>。

### 3.1.2 权重确定

由Yuan等<sup>[22]</sup>的研究可知,直觉模糊熵 $e_{lh}^{jk}$ 的计算公式为:

$$e_{lh}^{jk} = \frac{1}{q} \sum_{h=1}^q \cot \left[ \frac{(\mu_{lh}^{jk} - \nu_{lh}^{jk})^2 (1 - \pi_{lh}^{jk})}{4} \pi + \frac{\pi}{4} \right] \quad (4)$$

舆情信息的直觉模糊熵越大,表明信息的不确定性越高。为保障决策的可靠性,需相应降低其权重系数;反之,熵值越小则信息确定性越强,需适当提高其权重。令 $E_l^{jk} = (1/q) \sum_{h=1}^q e_{lh}^{jk}$ ,则舆情信息 $D_l^{jk}$ 的权重 $\omega_l^{jk}$ 为:

$$\omega_l^{jk} = \frac{1 - E_l^{jk}}{\sum_{l=1}^m (1 - E_l^{jk})} \quad (5)$$

## 3.2 多维度感知效用评估

### 3.2.1 舆情态势收益感知

基于构建的直觉模糊评价矩阵 $\beta = [\beta_{lh}^{jk}]_{m \times q}$ 、舆情信息 $D_l^{jk}$ 的权重 $\omega_l^{jk}$ 及其第 $h$ 个属性权重 $f_{lh}^{jk}$ ,可计算得到公众对响应方案 $A_j$ 实施后第 $k$ 个情景下舆情危机态势的测度结果 $b^{jk}$ ,其计算公式如下:

$$b^{jk} = \sum_{l=1}^m \sum_{h=1}^q \omega_l^{jk} f_{lh}^{jk} \beta_{lh}^{jk} \quad (7)$$

为提高计算可行性并确保决策可靠性,借鉴Gao等<sup>[23]</sup>的研究思路,以 $1 - e_{lh}^{jk}$ 对 $\beta_{lh}^{jk}$ 进行替代。结合式(1)的运算框架,可推导出决策者对响应方案 $A_j$ 实施后舆情危机态势的感知效用 $U_j^l$ ,其具体数学表达式如下:

$$U_j^l = \sum_{k=1}^n p_{t_2}^k \left( (b^{jk})^\alpha + 1 - \exp(-\delta((b^{jk})^\alpha - (b^{j^*})^\alpha)) \right) \quad (8)$$

### 3.2.2 应急成本感知

设舆情危机在 $t_1$ 和 $t_2$ 阶段的情景集合分别为 $S_i$ 和 $S_j$ ,根据前文决策分析可知, $t_1$ 和 $t_2$ 阶段的最优响应方案分别为 $A_i$ 和 $A_j$ 。在此基础上,对从 $A_i$ 到 $A_j$ 产

生的调整成本  $C_{ij}$  进行如下量化分析:

1) 若  $i \geq j$ , 则表明  $S_i$  的态势级别不低于  $S_j$ ,  $t_1$  阶段实施的方案  $A_i$  理论上能够完全应对情景  $S_j$  需求。但基于成本优化原则, 需在  $t_2$  阶段将方案成本由  $A_i$  压缩至  $A_j$ 。在此过程中, 实际调整成本  $C_{ij}$  应不高于压缩成本  $(C_i - C_j)$ , 否则将失去调整的经济意义。为此, 引入成本压缩难度系数  $r_{ij}^1 (0 \leq r_{ij}^1 \leq 1)$  表征调整难度, 最终调整成本可表示为  $C_{ij} = r_{ij}^1 (C_i - C_j)$ , 表明实施成本压缩的难度越高, 相应调整成本也越大。

2) 若  $i < j$ , 则表明  $S_i$  的态势级别低于  $S_j$ , 此时  $t_1$  阶段实施的方案  $A_i$  将无法完全应对情景  $S_j$  需求, 在  $t_2$  阶段需将方案成本由  $A_i$  调整为  $A_j$ 。需要特别说明的是, 由于方案间可能存在措施相关性特征<sup>[23]</sup>(当 2 个方案包含相同应对措施时存在相关性, 否则不相关), 且实际舆情应对中高级别情景方案往往包含低级别方案措施, 因此  $A_j$  中的措施集合可能完全包括方案  $A_i$  中的措施内容。为此, 本研究分 2 种情形进行讨论: 当  $A_i$  与  $A_j$  不相关时, 需完全替换原方案 ( $A_i$ ), 即执行新方案  $A_j$ , 此时调整成本为完全替换成本  $C_{ij} = C_j$ ; 当  $A_i$  与  $A_j$  相关时, 可通过增量调整方式将  $A_i$  升级为  $A_j$ , 设  $r_{ij}^2 (0 < r_{ij}^2 \leq 1)$  为  $A_i$  与  $A_j$  的相关系数, 则调整成本可表示为  $C_{ij} = C_j - r_{ij}^2 C_i$ , 即方案相似度越高, 相应的调整成本越低。

基于上述从  $A_i$  到  $A_j$  的调整成本  $C_{ij}$  及  $A_i$  的启动成本  $C_i$ , 可计算得到实施  $A_j$  的总成本  $C'_j$ , 其计算公式如下:

$$C'_j = C_i + C_{ij} \quad (9)$$

为了在后续集成不同感知效用过程中消除不同量纲的影响, 将  $C'_j$  规范化为  $\tilde{C}'_j$ , 其计算公式如下:

$$\tilde{C}'_j = \frac{C'_{j\max} - C'_j}{C'_{j\max} - C'_{j\min}} \quad (10)$$

结合式 (1), 可得到决策者对实施响应方案  $A_j$  总成本的感知效用  $U_j^2$ , 其计算公式如下:

$$U_j^2 = (\tilde{C}'_j)^\alpha + 1 - \exp(-\delta((\tilde{C}'_j)^\alpha - (\tilde{C}'_j^*)^\alpha)) \quad (11)$$

### 3.2.3 机会损失感知

根据前文分析, 方案应对损失取决于方案与真实情景的匹配度, 该匹配度受舆情演化的不确定性、情景研判误差及决策时效性等因素综合影响。基于此, 设在  $t_2$  阶段决策者预判情景为  $S_j$ , 实施方案为  $A_j$ , 实际情景为  $S_k$ 。按  $A_j$  与  $S_k$  的匹配程度, 分 3 种情形讨论方案  $A_j$  的应对损失  $G^{jk}$ :

1) 若  $j = k$ , 则说明方案  $A_j$  与情景  $S_k$  完全匹配, 应对损失  $G^{jk} = 0$ 。

2) 若  $j > k$ , 则表明决策者预判情景态势级别高于实际情景, 方案  $A_j$  与情景  $S_k$  不匹配, 应对过度将产生资源浪费 (包括人力、物力和财力等), 此时  $G^{jk} = C_{ij} - C_{ik}$ 。

3) 若  $j < k$ , 则表明决策者研判的情景态势级别低于实际情景, 方案  $A_j$  与情景  $S_k$  不匹配, 应对不足将导致公信力下降等后果。该损失随调整滞后递增, 表示为  $G^{jk} = f(T_{ij})$ , 其中  $T_{ij}$  为从终止方案  $A_i$  到执行新方案  $A_j$  的时间间隔。根据姜艳萍等<sup>[24]</sup> 的研究,  $f(T_{ij})$  可具体表达为:

$$f(T_{ij}) = \begin{cases} 0, & T_{ij} < T_0 \\ \varepsilon_{jk}(T_{ij} - T_0), & T_0 \leq T_{ij} \leq T_{\max} \\ G_{\max}^k, & T_{ij} > T_{\max} \end{cases} \quad (12)$$

其中:  $\varepsilon_{jk}$  表示方案  $A_j$  应对情景  $S_k$  的公信力损失增加系数;  $T_0$  表示发生公信力损失的时间阈值;  $T_{\max}$  表示最大容忍时间;  $G_{\max}^k$  表示公信力损失的最大值。

在此基础上, 同样为了消除不同量纲对计算结果的影响, 将  $G^{jk}$  规范化为  $\tilde{G}^{jk}$ , 其具体表达式如下:

$$\tilde{G}^{jk} = \frac{G_{\max}^k - G^{jk}}{G_{\max}^k - G_{\min}^k} \quad (13)$$

结合式 (1) 的运算框架, 可推导得到决策者对响应方案  $A_j$  实施后应对损失的感知效用  $U_j^3$ , 其数学表达式如下:

$$U_j^3 = \sum_{k=1}^n p_k^k ((\tilde{G}^{jk})^\alpha + 1 - \exp(-\delta((\tilde{G}^{jk})^\alpha - (\tilde{G}^{jk*})^\alpha))) \quad (14)$$

### 3.3 综合效用集成

通过集成备选目标方案  $A_j$  实施后决策者对三方面效用的感知评估 (舆情态势效用式 (8)、成本效用式 (11) 及应对损失效用式 (14)), 可得到决策者对  $A_j$  的综合感知效用  $U_j$ 。鉴于线性加权方法在多属性决策中具有广泛应用性<sup>[4-6, 18-21, 23-24]</sup>, 本研究采用该方法对三类感知效用进行集成, 其表达式为:

$$U_j = \lambda_1 U_j^1 + \lambda_2 U_j^2 + \lambda_3 U_j^3 \quad (15)$$

其中  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  分别表示决策者对三类感知效用的决策权重, 通常由决策者直接给出<sup>[25-26]</sup>, 且满足  $0 \leq \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \leq 1, \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1$ 。据此可知, 综合感知效用  $U_j$  越大, 方案  $A_j$  越优。

综上, 本研究提出的舆情危机响应方案动态调整决策方法具体实施步骤如下:

1) 异构数据规范化处理。根据式 (2), (3), 将舆情信息的异构属性数据  $x_{ih}^k$  规范化为标准数据  $\tilde{x}_{ih}^k$ , 并采用提出的同构化方法构建舆情信息的直觉模糊评价矩阵  $\beta = [\beta_{ih}^k]_{m \times q}$ 。

2) 权重计算阶段。基于式 (4)~(6) 依次计算各

属性直觉模糊熵 $e_m^{jk}$ 、舆情信息综合权重 $\omega_l^{jk}$ 和舆情信息属性权重 $f_m^{jk}$ 。

3) 态势效用评估。根据式(7)~(8), 计算方案 $A_j$ 实施后的舆情态势测度结果 $b^k$ 及对应的感知效用 $U_j^1$ 。

4) 成本效用分析。通过式(9)~(11) 评估决策者对实施响应方案 $A_j$ 的成本感知效用 $U_j^2$ 。

5) 损失效用计算。根据式(12)~(14) 求得决策者对响应方案 $A_j$ 实施后应对损失的感知效用 $U_j^3$ 。

6) 综合决策制定。运用式(15)的线性加权方法, 计算决策者对响应方案 $A_j$ 实施后的综合感知效用 $U_j$ , 通过效用值 $U_j$ 比较确定方案优先序, 生成最终调整决策方案。

### 4 实证分析

以新冠疫情这一国际关注的突发公共卫生事件引发的典型舆情危机为实证对象, 验证所提方法的实用价值, 并通过方法对比验证其有效性。

#### 4.1 案例应用

新冠疫情关乎公众生命安全, 疫情发生后恐慌情绪和负面传言蔓延, 2020年1月20日左右“饮高度酒对抗冠状病毒”“盐水漱口防病毒”“喝板蓝根和熏醋能防新型肺炎”等不实信息涌现, 导致舆情危机态势加剧, 此时需立即启动响应方案, 该阶段记为 $t_1$ 阶段。2020年1月31日, “双黄连口服液可抑制新型冠状病毒”的舆情信息陆续涌现, 迅速引发全国多地聚集性抢购现象, 此时需升级方案, 该阶段记为 $t_2$ 阶段。基于人民网舆情数据中心发布的《2020年互联网舆情形势分析与展望》和案例实际特点, 提出如下3个独立情景及对应备选方案:

情景一( $S_1$ ), 疫情初期公众恐慌情绪蔓延, “饮高度酒对抗冠状病毒”“盐水漱口防病毒”“喝板蓝根和熏醋能防新型肺炎”等缺乏科学依据的谣言集中涌现;

情景二( $S_2$ ), 聚焦于“双黄连口服液可抑制新

型冠状病毒”舆情信息陆续涌现, 并迅速引发全国聚集性抢购等现象;

情景三( $S_3$ ), 部分媒体和个人未履行信息核实义务便恶意报道转载, 导致未经科学验证的舆情信息广泛传播。

备选方案一( $A_1$ ), 针对情景一, 组建应急响应小组, 动态监测舆情传播演化路径和研判危机态势, 通过权威媒体正面回应;

备选方案二( $A_2$ ), 针对情景二, 核查舆情信息源头和危机成因, 依法严惩恶意造谣组织及个人, 同步处置抢购聚集等次生危害并安抚公众情绪;

备选方案三( $A_3$ ), 针对情景三, 建立健全疫情专项报告网络, 及时公布关键处置进展, 动态澄清公众核心关切, 系统性消除信任危机衍生的负面情绪。

依据备选方案间的操控难度及 Qian 等<sup>[16]</sup>的参数设置思路, 设方案集 $A = \{A_1, A_2, A_3\}$ 对应的启动成本向量 $C = (C_1, C_2, C_3) = (10, 22, 36)$ 。根据上述分析,  $t_1$ 阶段的情景和最优方案分别为 $S_1$ 和 $A_1$ ,  $t_2$ 阶段的情景为 $S_2$ , 但这是基于事后视角, 若站在更为普适的事中视角, 则设决策者依据历史案例数据、经验和调研等方式给出的各阶段情景状态概率向量和状态转移矩阵为 $P_{t_1} = (0.70, 0.20, 0.10)$ ,  $P = [p_{1j}, p_{2j}, p_{3j}]^T$ ,  $p_{1j} = (0.10, 0.50, 0.40)$ ,  $p_{2j} = (0.15, 0.65, 0.20)$ ,  $p_{3j} = (0.20, 0.40, 0.40)$ , 据此得 $P_{t_2} = P_{t_1}P = (0.12, 0.52, 0.36)$ , 并可求得 $C_\mu = (C_{11}, C_{12}, C_{13})^T = (0, 8.5, 25.0)^T$ 。此外, 鉴于 $t_2$ 阶段主要涉及“双黄连口服液可抑制新型冠状病毒”的舆情信息, 根据属性数据可得性, 考虑3个属性, 即 $Z = \{Z_1, Z_2, Z_3\} = \{\text{敏感度, 倾向性, 关注量}\}$ , 其中 $Z_1 \in Z^L$ ,  $Z_2 \in Z^F$ ,  $Z_3 \in Z^I$ , 根据上述分析并结合方案完备程度和情景级别关系进行调整, 给出 $x_m^{jk}$ 的取值, 如表2。以较为直观的敏感度或关注量属性为例, 当同一响应方案应对高级别危机情景时, 公众对该属性的测度数值显著升高; 而在固定危机级别下方方案越完备, 该测度值越低。

表2  $x_m^{jk}$ 的取值  
Tab. 2 Values of  $x_m^{jk}$

$A_j$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$A_1$	$\left( \begin{array}{l} \text{[平均, 很高]}(0.514, 0.227)[34.5\%, 45.1\%] \\ \text{[低, 很高]}(0.625, 0.118)[26.8\%, 33.2\%] \end{array} \right)$	$\left( \begin{array}{l} \text{[高, 很高]}(0.137, 0.229)[59.9\%, 66.8\%] \\ \text{[平均, 很高]}(0.216, 0.174)[56.7\%, 60.1\%] \end{array} \right)$	$\left( \begin{array}{l} \text{[很高, 最高]}(0.150, 0.207)[72.3\%, 78.2\%] \\ \text{[平均, 很高]}(0.469, 0.117)[66.4\%, 68.7\%] \end{array} \right)$
$A_2$	$\left( \begin{array}{l} \text{[低, 高]}(0.342, 0.218)[29.8\%, 36.8\%] \\ \text{[平均, 很高]}(0.318, 0.194)[31.2\%, 39.8\%] \end{array} \right)$	$\left( \begin{array}{l} \text{[平均, 高]}(0.317, 0.098)[42.9\%, 44.9\%] \\ \text{[低, 平均]}(0.277, 0.150)[51.3\%, 55.5\%] \end{array} \right)$	$\left( \begin{array}{l} \text{[平均, 最高]}(0.179, 0.166)[68.9\%, 71.3\%] \\ \text{[高, 很高]}(0.379, 0.188)[63.9\%, 68.0\%] \end{array} \right)$
$A_3$	$\left( \begin{array}{l} \text{[最低, 低]}(0.499, 0.045)[22.3\%, 24.6\%] \\ \text{[很低, 平均]}(0.391, 0.101)[27.0\%, 29.7\%] \end{array} \right)$	$\left( \begin{array}{l} \text{[很低, 低]}(0.245, 0.115)[35.8\%, 37.9\%] \\ \text{[低, 平均]}(0.316, 0.100)[36.9\%, 40.5\%] \end{array} \right)$	$\left( \begin{array}{l} \text{[低, 平均]}(0.298, 0.202)[45.8\%, 48.8\%] \\ \text{[平均, 高]}(0.278, 0.187)[46.9\%, 47.4\%] \end{array} \right)$

基于以上决策数据, 运用所提方法计算  $t_2$  阶段的最优方案。首先, 运用式 (2), (3) 将  $x_{lh}^{jk}$  进行规范化, 并通过同构化方法得到  $\beta_{lh}^{jk}$ , 结果如表 3。

表 3  $\beta_{lh}^{jk}$  的计算结果

Tab. 3 Calculation results of  $\beta_{lh}^{jk}$

$A_j$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$A_1$	$\begin{pmatrix} (0.334, 0)(0.514, 0.227)(0.422, 0) \\ (0, 0)(0.625, 0.118)(0, 0.651) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} (0.500, 0)(0.137, 0.229)(0.313, 0) \\ (0, 0)(0.216, 0.174)(0, 0.663) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} (0.800, 1.000)(0.150, 0.207)(0.504, 1.000) \\ (0, 0.800)(0.469, 0.117)(0, 0.199) \end{pmatrix}$
$A_2$	$\begin{pmatrix} (0, 0.250)(0.342, 0.218)(0, 0.298) \\ (0, 0.800)(0.318, 0.194)(0.141, 0) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} (0, 0.333)(0.317, 0.098)(0, 0.842) \\ (0.334, 1.000)(0.277, 0.150)(0.664, 0) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} (0, 1.000)(0.179, 0.166)(0.682, 0) \\ (0.400, 0.200)(0.379, 0.188)(0, 0.441) \end{pmatrix}$
$A_3$	$\begin{pmatrix} (0, 0.400)(0.499, 0.045)(0, 0.694) \\ (0.200, 0)(0.391, 0.101)(0.634, 0) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} (0, 0.500)(0.245, 0.115)(0, 0.555) \\ (0.500, 0)(0.316, 0.100)(0.235, 0) \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} (0, 0.500)(0.298, 0.202)(0, 0) \\ (0.500, 0)(0.278, 0.187)(0.383, 0.453) \end{pmatrix}$

其次通过式 (4) 计算  $e_{lh}^{jk}$ , 再根据式 (5), (6) 求得  $\omega_l^{jk}$  和  $f_{lh}^{jk}$ , 结果如表 4, 5。

表 4  $\omega_l^{jk}$  的计算结果

Tab. 4 Calculation results of  $\omega_l^{jk}$

$A_j$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$A_1$	$(0.294, 0.706)^T$	$(0.376, 0.624)^T$	$(0.521, 0.480)^T$
$A_2$	$(0.286, 0.714)^T$	$(0.630, 0.371)^T$	$(0.674, 0.326)^T$
$A_3$	$(0.623, 0.377)^T$	$(0.651, 0.349)^T$	$(0.492, 0.508)^T$

表 5  $f_{lh}^{jk}$  的计算结果

Tab. 5 Calculation results of  $f_{lh}^{jk}$

$A_j$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$A_1$	(0.064 0.401 0.535)	(0.292 0.010 0.699)	(0.406 0.073 0.521)
$A_2$	(0.742 0.094 0.164)	(0.094 0.034 0.872)	(0.061 0.054 0.885)
$A_3$	(0.099 0.205 0.696)	(0.546 0.061 0.393)	(0.948 0.035 0.017)

然后, 依据 Liu 等<sup>[5]</sup> 的研究令  $\alpha = 0.88, \delta = 0.30$ , 并根据历史资料令  $T_0 = 15.0, T_{\max} = 120.0, G_{\max} = 30.0, \varepsilon_{12} = 0.3, \varepsilon_{13} = 0.5, \varepsilon_{23} = 0.4, T_{12} = 22.5, T_{13} = 29.0, T_{23} = 27.5$ , 则由 3.2 节可得  $G^{jk} = (G^{jk1}, G^{jk2}, G^{jk3})^T, G^{jk1} = (0.0, 3.0, 7.0), G^{jk2} = (8.5, 0.0, 5.0), G^{jk3} = (25.0, 16.5, 0.0)$ 。在此基础上, 根据式 (7) (以  $1 - e_{lh}^{jk}$  代替  $\beta_{lh}^{jk}$ ) 和式 (8) 计算  $U_j^1$ ; 运用式 (9)~(11) 计算  $U_j^2$ ; 根据式 (12)~(14) 计算  $U_j^3$ 。具体计算结果如表 6。

表 6  $U_j^1, U_j^2, U_j^3$  的计算结果

Tab. 6 Calculation results of  $U_j^1, U_j^2, U_j^3$

$A_j$	$U_j^1$	$U_j^2$	$U_j^3$
$A_1$	0.325	1.000	0.809
$A_2$	0.480	0.521	0.868
$A_3$	0.231	-0.350	0.414

设决策者对舆情危机态势、方案成本及应对损失的决策感知权重  $\lambda_1 = 0.50, \lambda_2 = 0.15, \lambda_3 = 0.35$ , 运用式 (15) 可得  $U_1 = 0.596, U_2 = 0.622, U_3 = 0.208$ 。  $U_2 > U_1 > U_3$ , 故备选目标方案的次序为  $A_2 > A_1 > A_3$ , 在  $t_2$  阶段应将  $t_1$  阶段的方案  $A_1$  调整为  $A_2$ 。

## 4.2 对比分析

方法对比作为应急决策研究的常用科学范式, 可有效验证所提方法的优越性。为证实本文方法融入决策者后悔规避行为特征与舆情危机态势演变的必要性, 基于前述决策数据, 选取文献 [27] (忽略后悔行为、基于期望效用理论) 和文献 [15] (考虑行为特征但忽略态势演变) 2 种典型方法进行对比, 其计算结果分别如表 7, 8。其中:  $\bar{U}_j^1, \bar{U}_j^2$  和  $\bar{U}_j^3$  分别为方案  $A_j$  实施后决策者对舆情危机态势、方案成本及应对损失的感知效用;  $\bar{U}_j$  为决策者对方案  $A_j$  的综合感知效用;  $\hat{U}_j^1$  和  $\hat{U}_j^2$  分别为方案  $A_j$  实施后决策者对方案成本及应对损失的感知效用。

表 7 文献 [27] 中方法的计算结果

Tab. 7 Results with the method in reference [27]

$A_j$	$\bar{U}_j^1$	$\bar{U}_j^2$	$\bar{U}_j^3$	$\bar{U}_j$
$A_1$	0.252	1.000	0.854	0.575
$A_2$	0.219	0.636	0.899	0.519
$A_3$	0.161	0	0.561	0.277

表 8 文献 [15] 中方法的计算结果

Tab. 8 Results with the method in reference [15]

$A_j$	$\hat{U}_j^1$	$\hat{U}_j^2$
$A_1$	1.000	0.809
$A_2$	0.521	0.868
$A_3$	-0.350	0.414

由表 7 可知  $\bar{U}_1 > \bar{U}_2 > \bar{U}_3$ , 因此  $A_1 > A_2 > A_3$ , 说明  $t_2$  阶段应不调整  $t_1$  阶段实施的方案  $A_1$ , 这不同于本文方法的排序结果 ( $A_2 > A_1 > A_3$ )。对比表 6, 7 可知: 文献 [27] 中的方法未考虑决策者的后悔规避, 致使决策者对方案 ( $A_j$ ) 实施后舆情危机态势、方案成本及应对损失的感知效用发生改变, 致使  $\bar{U}_1^1 > \bar{U}_2^1$ , 与本文方法得到的  $U_1^1 < U_2^1$  形成鲜明差别。对比表 6, 8 可知: 文献 [15] 中的方法未考虑舆情危机态势演变, 因此所得结果仅是本文方法的部分, 令  $\hat{U}_j = \lambda \hat{U}_j^1 + (1 - \lambda) \hat{U}_j^2$  表示综合感知效用, 则在权重  $\lambda$  取值

下(即 $\lambda \in [0.110, 1]$ , 占其所有可能取值的89%)有 $\hat{U}_1 > \hat{U}_2 > \hat{U}_3$ , 即 $A_1 > A_2 > A_3$ , 这也与本文方法所得结果存在差别。从案例实际演变看,  $t_2$ 阶段相对于 $t_1$ 阶段的舆情危机态势发生演变后(即由公众恐慌情绪和“高度酒、盐水、板蓝根、熏醋防病毒”等谣言传播的态势情景 $S_1$ 演变为“双黄连可抑制病毒”舆情信息及由此引发聚集性抢购的态势情景),  $t_1$ 阶段最优方案 $A_1$ (应急响应小组、危机研判和权威回应)难以应对 $S_2$ 态势的行为失控与次生风险, 必须开展危机成因核查、严惩造谣者、处置抢购事件和安抚公众情绪等(即方案 $A_2$ )。此结论与本文方法的输出结果完全吻合, 共同印证了在舆情响应方案动态调整过程中, 同时综合考量决策者的心理行为特征(后悔规避)与危机态势的跃迁机理, 能够显著提升决策的科学性及应对方案的实际适配性。

## 5 结论与展望

针对多源舆情信息异步涌现所引发的舆情危机态势动态演变问题, 提出一种基于直觉模糊集与后悔理论的舆情危机响应方案动态调整方法。该方法通过刻画舆情信息的异构属性并运用直觉模糊集实现异构属性数据同构化, 构建直觉模糊评价矩阵, 并利用直觉模糊熵对舆情信息及其属性进行赋权; 其次, 通过融入决策者后悔规避行为特征, 引入后悔理论刻画决策者对方案实施后舆情危机态势变化、方案启动和调整成本及应对损失的感知效用; 然后, 综合集成得到决策者对备选调整方案的综合感知效用并排序; 最后通过案例应用和方法对比验证了所提方法的有效性。结果表明, 该方法能从舆情信息的异构属性层面, 通过刻画并融入决策者的后悔规避行为特征, 同时考虑不同决策阶段危机态势的差异性, 有效应对舆情危机态势演变下的响应方案调整问题。本研究不仅从行为决策视角拓展了“情景—应对”型应急决策理论的应用体系, 也为将响应方案调整问题的研究范畴从传统突发事件延伸至舆情危机领域提供了理论支持与实践参考。

事实上, 在基于舆情信息异构属性及其融合提出响应方案调整方法的基础上, 还可进一步考虑多源舆情信息传播中的竞合结构, 并根据该结构在不同决策阶段对异构属性的动态影响建立舆情危机态势的更新机制, 以深入探讨响应方案的调整时机问题; 此外, 舆情危机作为突发事件的一种衍生事件, 可通过分析其与前导渐变型突发事件的相互作用机制, 从事件链角度探索二者综合响应方案的多阶段

排序、动态调整时机与策略方向等问题, 相关研究正在逐步展开。

### 参考文献:

- [1] CHEN W L, WANG X L, WANG W, et al. A heterogeneous GRA-CBR-based multi-attribute emergency decision-making model considering weight optimization with dual information correlation[J]. *Expert Systems with Applications*, 2021, 182:115208.
- [2] ZHANG L, WANG X, WANG J Y, et al. A study on predicting crisis information dissemination in epidemic-level public health events[J]. *Journal of Safety Science and Resilience*, 2023, 4(3):253–261.
- [3] DING X F, LIU H C, SHI H. A dynamic approach for emergency decision making based on prospect theory with interval-valued pythagorean fuzzy linguistic variables[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2019, 131:57–65.
- [4] XU X H, WANG L L, CHEN X H, et al. Large group emergency decision-making method with linguistic risk appetites based on criteria mining[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2019, 182:104849.
- [5] LIU W J, LI L. Emergency decision-making combining cumulative prospect theory and group decision-making[J]. *Granular Computing*, 2019, 4(1):39–52.
- [6] 钱丽丽, 刘思峰, 方志耕. 基于后悔理论的灰色应急决策方案动态调整方法[J]. *运筹与管理*, 2020, 29(8):73–78,88.  
QIAN L L, LIU S F, FANG Z G. Dynamic adjusting method for grey emergency decision based on regret theory[J]. *Operations Research and Management Science*, 2020, 29(8):73–78,88.
- [7] LI B D, LU J, JI Y, et al. A dynamic emergency response decision-making method considering the scenario evolution of maritime emergencies[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2023, 182:109438.
- [8] 王治莹, 李勇建, 刘小弟. 考虑多种诱导信息下公众满意度的舆情危机响应决策方法[J]. *中国管理科学*, 2021, 29(1):207–216.  
WANG Z Y, LI Y J, LIU X D. Decision-making method in response to public opinion crisis considering the satisfaction of the public under multiple inducing information[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2021, 29(1):207–216.
- [9] 聂慧芳, 朱建军. 考虑情绪演化下突发事件所致舆情危机的两阶段响应决策方法[J/OL]. *中国管理科学*, (2023-09-08). <https://link.cnki.net/doi/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0541>.
- NIE H F, ZHU J J. Two-stage response decision-making

- method considering public opinion crisis caused by unexpected events under emotional evolution[J/OL]. Chinese Journal of Management Science, (2023-09-08). <https://link.cnki.net/doi/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0541>.
- [10] WANG J, ZHANG X K, LIU W B, et al. Spatiotemporal pattern evolution and influencing factors of online public opinion: evidence from the early-stage of COVID-19 in China[J]. Heliyon, 2023, 9(9):e20080.
- [11] 马宁, 刘怡君, 李凉凉. 重大突发事件舆情风险点预测研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(11):58-66.
- MA N, LIU Y J, LI L L. Research on the risk points prediction of emergency public opinion[J]. Chinese Journal of Management Science, 2023, 31(11):58-66.
- [12] ZHANG M L, QIN S M, ZHU X X. Information diffusion under public crisis in BA scale-free network based on SEIR model: taking COVID-19 as an example[J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2021, 571:125848.
- [13] 包甜甜, 谢新连, 孟鹏鹏. 基于前景理论和证据推理的混合直觉模糊决策[J]. 系统工程理论与实践, 2017, 37(2):460-468.
- BAO T T, XIE X L, MENG P P. Intuitionistic fuzzy hybrid multi-criteria decision making based on prospect theory and evidential reasoning[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2017, 37(2):460-468.
- [14] DU Y F, LIU D. An integrated method for multi-granular probabilistic linguistic multiple attribute decision-making with prospect theory[J]. Computers & Industrial Engineering, 2021, 159:107500.
- [15] WANG T X, LI H X, ZHANG L B, et al. A three-way decision model based on cumulative prospect theory[J]. Information Sciences, 2020, 519:74-92.
- [16] QIAN L L, LIU S F, FANG Z G. Grey risky multi-attribute decision-making method based on regret theory and EDAS[J]. Grey Systems: Theory and Application, 2019, 9(1):101-113.
- [17] WANG H D, PAN X H, YAN J, et al. A projection-based regret theory method for multi-attribute decision making under interval type-2 fuzzy sets environment[J]. Information Sciences, 2020, 512:108-122.
- [18] MAO W, ZHANG K, LIU X B, et al. An optimization-based three-way decision for multi-criteria ranking strategy considering intuitionistic fuzzy concept[J]. Information Sciences, 2024, 654:119850.
- [19] LIU F, YOU Q R, HU Y K, et al. Two flexibility degrees-driven consensus model in group decision making with intuitionistic fuzzy preference relations[J]. Information Fusion, 2022, 88:86-99.
- [20] ZHU H, ZHAO J B. 2DLIF-PROMETHEE based on the hybrid distance of 2-dimension linguistic intuitionistic fuzzy sets for multiple attribute decision making[J]. Expert Systems with Applications, 2022, 202:117219.
- [21] DAI X C, LI H, ZHOU L G. A new approach to MADM problems with belief distributions based on weighted similarity measure and regret theory[J]. Expert Systems with Applications, 2024, 243:122831.
- [22] YUAN J H, LUO X G. Approach for multi-attribute decision making based on novel intuitionistic fuzzy entropy and evidential reasoning[J]. Computers & Industrial Engineering, 2019, 135:643-654.
- [23] GAO J W, GUO F J, MA Z Y, et al. Multi-criteria decision-making framework for large-scale rooftop photovoltaic project site selection based on intuitionistic fuzzy sets[J]. Applied Soft Computing, 2021, 102:107098.
- [24] 姜艳萍, 樊治平, 苏明明. 应急决策方案的动态调整方法研究[J]. 中国管理科学, 2011, 19(5):104-108.
- JIANG Y P, FAN Z P, SU M M. Study on the dynamic adjusting method for emergency decision[J]. Chinese Journal of Management Science, 2011, 19(5):104-108.
- [25] LUO N F, ZHANG Q H, YIN L J, et al. Three-way multi-attribute decision-making under the double hierarchy hesitant fuzzy linguistic information system[J]. Applied Soft Computing, 2024, 154:111315.
- [26] LIU X, WANG C, YIN Z M, et al. Risk-informed multi-objective decision-making of emergency schemes optimization[J]. Reliability Engineering & System Safety, 2024, 245:109979.
- [27] BRITO I. A decision model based on expected utility, entropy and variance[J]. Applied Mathematics and Computation, 2020, 379:125285.

责任编辑:何莉