

中文引用格式:陈冲,谭睿璞,张文德. 基于概率语言术语集的突发事件网络舆情应急决策方法[J]. 中国安全科学学报, 2025, 35(10):230-238.

英文引用格式:CHEN Chong, TAN Ruipu, ZHANG Wende. Research on emergency decision-making method for online public opinion on emergency events based on probabilistic linguistic term sets[J]. China Safety Science Journal, 2025, 35(10):230-238.

基于概率语言术语集的突发事件网络 舆情应急决策方法*

陈冲¹, 谭睿璞^{**1,2}教授, 张文德¹教授

(1 福州大学 图书馆, 福建 福州 350116; 2 福建江夏学院 电子信息科学学院, 福建 福州 350108)

中图分类号:X913.4 文献标志码:A DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.10.1691

基金项目:福建省自然科学基金资助(2024J01947);福建省社会科学基金资助(FJ2023B041, FJ2023B057, FJ2025BF056)。

【摘要】 为解决突发事件网络舆情应急响应决策中舆情信息的不确定性和非精确性等问题,提出一种基于概率语言术语集(PLTSs)的突发事件网络舆情应急决策方法。首先,利用 Python 编程和机器学习等方法对网络舆情信息进行爬取、预处理和情感倾向分析,得到表征为 PLTSs 术语的决策矩阵;其次,基于指标相关性权重赋权法(CRITIC)客观确定各属性权重;然后,基于灰色关联分析(GRA)模型求得各案例的综合关联度并进行排序;最后,通过台风灾害案例验证所提方法的有效性和实用性。结果表明:所提方法能实时监测突发事件网络舆情,客观智能获取决策数据,从而实现对台风灾害的量化评估,为相关应急部门有效应对突发事件网络舆情提供良好的决策支持。

【关键词】 概率语言术语集(PLTSs); 突发事件; 网络舆情; 应急决策; 指标相关性权重赋权法(CRITIC)

Research on emergency decision-making method for online public opinion on emergency events based on probabilistic linguistic term sets

CHEN Chong¹, TAN Ruipu^{1,2}, ZHANG Wende¹

(1 Library, Fuzhou University, Fuzhou Fujian 350116, China; 2 College of Electronics and Information Science, Fujian Jiangxia University, Fuzhou Fujian 350108, China)

Abstract: Aiming at the problems of uncertainty and imprecision of public opinion information in emergency response decision-making of emergency events network public opinion, a decision-making method for emergency response to online public opinion on emergency events based on PLTSs was proposed. Firstly, methods such as Python programming and machine learning were used to crawl, preprocess and analyze the sentiment tendency of online public opinion information to obtain the decision matrix characterized by PLTSs. Secondly, the CRITIC assignment method was used to objectively determine the weights of each attribute. Then, the comprehensive relevance of each case was obtained and

* 文章编号:1003-3033(2025)10-0230-09; 收稿日期:2025-05-15; 修稿日期:2025-07-18

** 通信作者:谭睿璞(1982—),女,河南巩义人,博士,教授,硕士生导师,主要从事大数据分析和挖掘、应急决策等方面的研究。E-mail: tanruipu123@163.com。

ranked based on grey correlation analysis (GRA) model. Finally, the effectiveness and practicability of the proposed method were verified through typhoon disaster cases. The results of the study show that the proposed method is able to monitor the online public opinion of emergencies in real time, obtain decision-making data objectively and intelligently so as to realize the quantitative assessment of typhoon disasters. It provides good decision-making support for the relevant emergency departments to effectively respond to the online public opinion of emergencies.

Keywords: probabilistic linguistic term sets (PLTSs); emergencies; online public opinion; emergency decision-making; criteria importance through intercriteria correlatio (CRITIC)

0 引言

网络舆情是指通过互联网传播,人民群众由于各种事件的刺激而产生对于该事件所有认知、态度、情感和行为倾向的集合^[1]。《第 54 次中国互联网络发展状况统计报告》显示,截止 2024 年 6 月,我国网民规模近 11 亿人,互联网普及率达 78.0%^[2]。网民数量的增加和网络普及率的提高加速了网络舆情的传播、发酵以及扩散。突发事件网络舆情是指现实生活中突然发生、造成或可能造成严重社会危害的公共事件,经过网络报道、炒作后,在网络上迅速扩散,最终形成具有广泛社会影响力的网络舆论现象。突发事件网络舆情研究主要聚焦在指标体系构建^[3]、演化机制分析^[4-5]、风险评估建模^[6-7]等方面。突发事件网络舆情作为一种新的社会舆论范式,事关社会稳定、公众利益和政府形象,因此,近年来已经成为政府部门的关注焦点和学术界的研究热点。

网络舆情作为应急情报面向突发事件快速响应的智能决策中心,为突发事件事前预警和事后处理决策提供科学支撑^[8]。由于突发事件网络舆情信息具有不确定性、复杂性、模糊性并带有明显情感倾向,决策过程中难以用精确数表示决策信息,决策者倾向于用不确定变量或模糊信息表达方案的评估值^[9],语言术语常被认为是描述决策者判断的有效方式,决策者不仅会采用多种语言变量来表达决策信息,而且还会在不同语言变量中犹豫^[10-12],但在犹豫语言术语集中认为所有语言术语是等可能重要的,这与实际往往不符。为此,PANG Qi 等^[13]提出概率语言术语集 (Probabilistic Linguistic Term Sets, PLTSs),针对专家在对于不同语言术语可能有不同的偏好及选择,对语言术语进行概率分配来反映模糊程度。近年来,PLTSs 在决策分析中被广泛研究,如 HAN Xinru 等^[14]提出基于概率语言偏好关系的群体共识信任风险检验方法;李宝德等^[15]提出基于 Jensen-Shannon 散度的 PLTSs 相似性度量,并构建

基于前景理论和 PLTSs 的应急响应决策方法;XIAO Huimin 等^[16]从均值、方差和长度率 3 个特征因素出发,提出基于 PLTSs 相关系数和交互式多准则决策 (Tomada de Decisão Interativa e Multicritério, TODIM) 的决策方法;王增强等^[17]提出基于多粒度概率语言和双参照点的多属性决策方法,并应用到森林火灾应急决策中。

上述研究成果为研究突发事件网络舆情提供了一定的借鉴,但当前学者大多数侧重研究构建网络舆情突发事件各类指标体系与评价、传播模型,而对于将 PLTSs 应用于突发事件网络舆情应急决策的相关研究较少,特别是针对网络舆情在线评论信息中决策数据客观、智能、实时的获取与转化问题,鲜有学者研究突发事件非精确决策数据的客观获取。因此,笔者拟基于 PLTSs 和机器学习的突发事件网络舆情应急决策方法,构建从数据获取、模型建立、辅助决策等一体化应急决策流程。从突发事件发生后民众情感倾向分析入手,将网络舆情评论信息转化为 PLTSs 决策矩阵,基于指标相关性权重赋权法 (Criteria Importance Through Intercriteria Correlatio, CRITIC) 及灰色关联分析 (Grey Correlation Analysis, GRA) 模型,量化评估突发事件影响程度,以期提升应急响应效率并辅助应急部门开展相关救援。

1 网络舆情下 PLTSs 获取与转化

情感分析网络舆情在线文本评论信息,能够量化使用自然语言表达的正面、中立和负面观点、情感以及评价,直观反映突发事件爆发时民众的情感倾向,一定程度上反映地区受灾程度,而 PLTSs 可在充分保留信息的情况下有效表达情感倾向强度的差异。

基于网络舆情的 PLTSs 获取与转化步骤为:
①考虑到舆情信息的真实性和有效性,基于 Python 编程获取社交媒体 (包括微博和抖音等) 在线文本评论数据。
②预处理爬取的文本评论,清洗评论数据,去除无关信息,如特殊字符、标点符号、停用词等

操作。③解析评论地址,确定备选方案(即评估对象)。④基于文档主题生成模型隐含狄利克雷分布(Latent Dirichlet Allocation, LDA)主题聚类对网络文本评论进行属性分类。⑤使用中文自然语言处理(Snow Natural Language Processing, SnowNLP)库确定每条网络评论的情感倾向,得到其情感得分值(取值介于0~1);将情感得分值细分为不同程度的情感倾向,并归类到语言术语集 $S = \{s_k | k = 0, 1, \dots, \tau\}$ 中。例如:当 $\tau = 5$ 时,舆情评论信息利用如下规则归类到语言术语集: $S = \{s_0 = \text{非常消极}, s_1 = \text{消极}, s_2 = \text{中立}, s_3 = \text{积极}, s_4 = \text{非常积极}\}$ 。 $q \in [0.0, 0.2]$, 将其归类为 s_0 ; $q \in (0.2, 0.4]$, 将其归类为 s_1 ; $q \in (0.4, 0.6]$, 将其归类为 s_2 ; $q \in (0.6, 0.8]$, 将其归类为 s_3 ; $q \in (0.8, 1.0]$, 将其归类为 s_4 。⑥统计各评估对象在不同属性指标下的不同情感倾向程度的网络评论数。⑦计算各情感程度的概率,并用PLTSs描述舆情信息的情感程度及其概率,构建决策矩阵 $R = [L_{ij}(p)]_{n \times m}$ 。其中,各情感程度的概率计算公式为:

$$p_{ij}^{(k)} = \frac{N_{ij}^{(k)}}{\sum_{k=0}^{\tau} N_{ij}^{(k)}} \tag{1}$$

式中 $p_{ij}^{(k)}$ 和 $N_{ij}^{(k)}$ 分别为方案 x_i 在属性 c_j 下情感强度 s_k 的概率和所包含的评论数量。则

$$L_{ij}(p) = \{L_{ij}^{(k)}(p_{ij}^{(k)}), k = 0, 1, \dots, \#L_{ij}(p)\} \tag{2}$$

式中: $L_{ij}(p)$ 和 $L_{ij}^{(k)}$ 分别为方案 x_i 在属性 c_j 下的PLTS和情感强度; $p_{ij}^{(k)}$ 为 $L_{ij}^{(k)}$ 的概率。

经过处理,将网络舆情评论信息转化为PLTSs决策矩阵,方便后续计算。其中,评论情感得分语言等级划分规则伪代码见表1,文本评论信息转换为

PLTSs的思路框架,如图1所示。

表1 评论情感得分语言等级划分规则伪代码

Table 1 Pseudo-code for evaluating language rating rules for sentiment scores

算法1 情感分析	
输入:评论数据集 df, 包含评论内容列	
输出:情感分析后的数据集 df, 包含情感分数和情感类别列; 各类别情感标签的数量统计	
1:	function GET_SENTIMENT(text)
2:	对 text 进行情感分析
3:	if 情感分析成功 then
4:	return 情感分数
5:	else
6:	return None // 或者返回其他的默认值
7:	end if
8:	end function
9:	对 df 中的每条评论内容应用 GET_SENTIMENT, 并将结果作为情感分数存入 df 的 '情感分数' 列
10:	function CONVERT_TO_FIVE_LABELS(score)
11:	if score ≤ 0.2 then
12:	return 's0'
13:	else if score ≤ 0.4 then
14:	return 's1'
15:	else if score ≤ 0.6 then
16:	return 's2'
17:	else if score ≤ 0.8 then
18:	return 's3'
19:	else
20:	return 's4'
21:	end if
22:	end function
23:	对 df 中的每条情感分数应用 CONVERT_TO_FIVE_LABELS, 并将结果作为情感类别存入 df 的 '情感类别' 列
24:	统计 df 中 '情感类别' 列每个类别的数量, 得到 category_counts
25:	输出更新后的 df 数据集和 category_counts

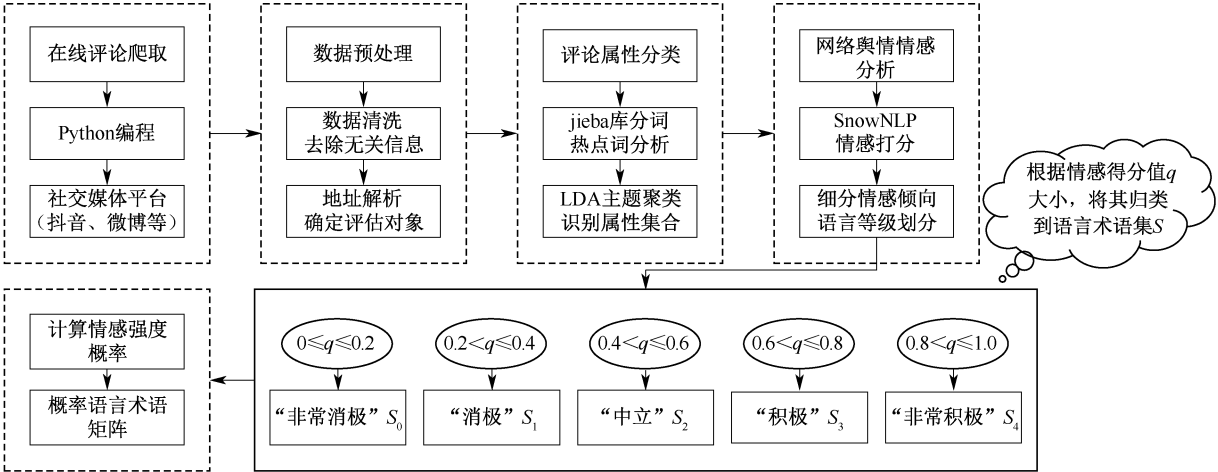


图1 基于网络舆情的 PLTSs 获取与转化思路框架

Fig. 1 Frame diagram of PLTSs acquisition and transformation ideas based on online public opinion

2 基于 PLTSs 的突发事件网络舆情 应急决策模型及方法

2.1 问题描述

为方便叙述,设方案集 $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$, 其中, $Y_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 表示第 i 个方案;属性集 $c = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$, 其中, $c_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 表示第 j 个属性;属性权重 $\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m\}^T$, 其中, $\omega_j \geq 0 (j = 1, 2, \dots, m)$, $\sum_{j=1}^m \omega_j = 1$ 。由于实际决策问题的复杂性和不确定性,属性权重信息是完全未知或部分已知的。突发事件网络舆情信息经过处理后可表示为 $L_{ij}(p)$, 表示方案 Y_i 在属性 c_j 下使用语言评价尺度 $S = \{s_k \mid \kappa = 0, 1, \dots, \tau\} (L_{ij}^{(k)} \in S)$ 的概率语言信息,都包含在矩阵 $R = [L_{ij}(p)]_{n \times m}$ 。

在不失真实性的前提下,假设 R 中的每个 PLTS 都是有序 PLTS。当原始信息给定后可通过文献[13]提出的规范化公式标准化处理 R 。文中假设每个 PLTS 都已标准化。

2.2 属性权重的客观确定

在多属性决策问题中,指标权重会显著影响评价结果,CRITIC 赋权法^[18]综合考虑多项指标之间存在的相互关联和差异性,其基本思路为确定指标的客观权数以 2 个基本概念为基础:①指标间的内部差异性,以标准差的形式表现;②指标间的冲突性,以相关性的表现为基础。基于概率语言决策矩阵 $R = [L_{ij}(p)]_{n \times m}$, CRITIC 赋权法基本步骤如下:

1) 指标正向化^[18]。评价指标中,正向指标越大越好,逆向指标越小越好。

2) 无量纲化^[18]。由于不同的属性往往具有不同的量纲,需要对属性指标作无量纲化处理,去量纲后的评价矩阵为 $Y = (y_{ij})_{n \times m}$ 。

3) 计算指标内部差异性。针对指标 j , 用 $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{nj})$ 表示所有方案在指标 j 下的评价。用 y_j 的标准差 a_j 表示该指标内部差异性:

$$a_j = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2 \right)^{1/2} \quad (3)$$

其中, $\bar{y}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{ij}$ 。

4) 计算指标间冲突性指标。向量 y_j 和 y_k 之间的皮尔逊相关系数表示为 R_{jk} :

$$R_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n [(y_{ij} - \bar{y}_j)(y_{ik} - \bar{y}_k)]}{\left(\sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n (y_{ik} - \bar{y}_k)^2 \right)^{1/2}} \quad (4)$$

其中, R_{jk} 越大表示指标 j 和指标 k 相关性越强; $\sum_{k=1}^m (1 - R_{jk})$ 表示指标 j 与其他指标的冲突性。综合考虑第 j 个指标与其他指标间的差异性和冲突性,设 C_j 表示第 j 个指标所包含的信息量:

$$C_j = a_j \sum_{k=1}^m (1 - R_{jk}) \quad (5)$$

5) 综合差异性和冲突性的权重计算。 C_j 越大表示第 j 个指标所包含的信息量越大,该指标相对重要性也越大,所以第 j 个指标权重为:

$$\omega_j = C_j / \sum_{k=1}^m C_k \quad (6)$$

2.3 基于 GRA 法的方案排序

GRA 法是灰色系统理论的主要内容^[19], 根据备选方案的序列曲线、几何形状与参考序列或理想最优序列的曲线、几何形状的相似程度判断两者的关联程度。曲线和几何形状越接近说明关联度越大,方案越接近理想最优,反之亦然。根据关联度大小对备选方案排序。

设有 n 个对象, m 个指标,对评价指标数据标准化为 $x_1, x_2, \dots, x_n, x_i = [x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)]$, $i = 1, 2, \dots, m$ 。令 x_0 为理想最优序列,则 x_0 和 x_i 关于第 k 个元素关联系数为:

$$\xi(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (7)$$

式中 $\rho \in [0, 1]$ 为分辨系数,其值越小,关联系数差异越大,区分能力越强,通常取 $\rho = 0.5$ 。第 i 个方案与参考方案的加权灰色关联度为:

$$\gamma_i = \sum_{k=1}^m \omega_k \cdot \xi_i(k), (k = 1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

2.4 应急决策步骤

通过上述分析,提出基于 PLTSs 的突发事件网络舆情应急决策方法,主要步骤如下:

步骤 1:决策数据获取与转化。利用 Python 编程和机器学习方法爬取社交媒体平台上突发事件网络舆情在线评论信息,将其转化为 PLTSs,从而构建概率语言决策矩阵 $R = [L_{ij}(p)]_{n \times m}$ 。

步骤 2:参考方案确定。使用 GRA 模型时需要

确定参考方案,选择 PLTSs 的正、负理想解作为参考序列^[13]。

$L(p)^+ = \{L_1(p)^+, L_2(p)^+, \dots, L_m(p)^+\}$ 为备选方案正理想解 (Positive Ideal Solution, PIS), $L_j(p)^+ = \{(L_j^{(k)})^+ | k = 1, 2, \dots, \#L_{ij}(p)\}$; $L(p)^- = \{L_1(p)^-, L_2(p)^-, \dots, L_m(p)^-\}$ 为备选方案的负理想解 (Negative Ideal Solution, NIS), $L_j(p)^- =$

$$\xi^\pm(Y_0(j), Y_i(j)) = \xi^\pm(L_{ij}(p), L_j(p)^\pm) = \frac{\min_i \min_k |(p_j^{(k)} r_j^{(k)})^\pm - p_{ij}^{(k)} r_{ij}^{(k)}| + \rho \max_i \max_k |(p_j^{(k)} r_j^{(k)})^\pm - p_{ij}^{(k)} r_{ij}^{(k)}|}{|(p_j^{(k)} r_j^{(k)})^\pm - p_{ij}^{(k)} r_{ij}^{(k)}| + \rho \max_i \max_k |(p_j^{(k)} r_j^{(k)})^\pm - p_{ij}^{(k)} r_{ij}^{(k)}|} \quad (9)$$

其中,分辨系数 $\rho = 0.5$ 。

步骤 4:权重计算。利用 CRITIC 赋权法,基于式(3)一式(6)计算每个属性权重。

步骤 5:综合灰色关联度计算。采用各方案与正负理想解的关联度描述各方案与正负理想解的接近程度,关联度越大,表明越接近。基于式(9)并综合属性权重计算各备选方案灰色关联度:

$$G_i = \frac{G_i^+}{G_i^+ + G_i^-} = \frac{\sum_{j=1}^m \xi_{ij}^+ \omega_j}{\sum_{j=1}^m \xi_{ij}^+ \omega_j + \sum_{j=1}^m \xi_{ij}^- \omega_j} \quad (10)$$

步骤 6:方案排序与择优。基于综合灰色关联度大小进行排序,得出各应急响应方案评价结果。

3 突发事件网络舆情应急决策方法案例
分析

3.1 案例计算

选取 2023 年台风“海葵”,网络舆情数据利用 Python 编程在 微博和 抖音 等 社交媒体 平台 通过 关键词“台风海葵”爬取 2023 年 8 月 29 日—9 月 5 日 相关 文本 评论 数据,共 130 206 条;预处理 评论 数据,剩余 130 145 条;解析 评论 地址,确定 评估 对象,选取 评论 数据 较多 且 台风 主要 途径 省市 为 对象 进行 案例 分析,用 $Y_1, Y_2, \dots, Y_{15}$ 分别 对应 15 个 主要 评估 对象:河南省、浙江省、湖南省、江苏省、福建省、广东省、广西省、江西省、安徽省、上海市、辽宁省、海南省、湖北省、中国台湾省及山东省,选取 评论 数据 中 地址 为 以上 省市 的 数据,共 104 454 条;通过 LDA 主题 聚类 对 评论 数据 进行 属性 分类,评估 属性 包括 人员 伤亡 c_1 、经济 损失 c_2 、房屋 损失 c_3 、庄稼 损毁 c_4 等;利用 SnowNLP 情感 分析 每 条 评论 得到 其 情感 得分 值,基于 语言 等级 划分 规则,将 各 评估 对象 的 评论 信息 分类 到 5 个 语言 术语 中,得到 不同 评估 对象 在

$\{(L_j^{(k)})^- | k = 1, 2, \dots, \#L_{ij}(p)\}$ 。其中, $(L_j^{(k)})^+ = s_{\max_i} \{p_{ij}^{(k)} r_{ij}^{(k)}\}$, $(L_j^{(k)})^- = s_{\min_i} \{p_{ij}^{(k)} r_{ij}^{(k)}\}$ 。

步骤 3:正负关联系数计算。各方案与正负理想解的关联系数向量为 $\xi^\pm = (\xi_{i1}^\pm, \xi_{i2}^\pm, \dots, \xi_{im}^\pm)$,结合式(7)可得备选方案 Y_i 与正负理想参考方案 $Y_0^\pm$ 关于属性 c_j 的正负关联系数为:

不同评估属性下归属不同语言术语的网络评论数,评论数据统计结果如图 2 所示。

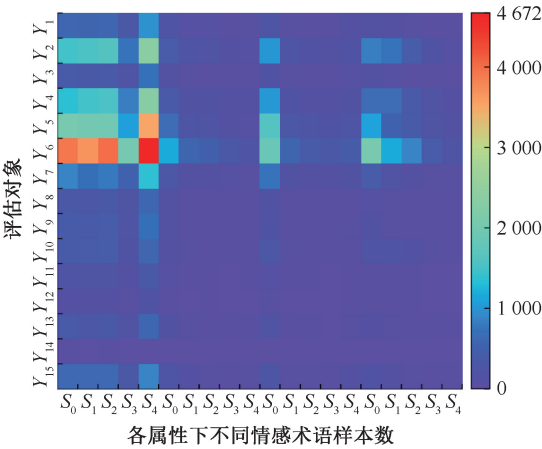


图 2 评论数据统计结果

Fig. 2 Statistical results of comment data

步骤 1:根据第 1 节及评论数据统计结果,计算不同评估对象在不同属性指标下的情感倾向样本的占比,从而得到表征为 PLTSs 的决策矩阵,见表 2。统计不同评估对象的不同情感倾向样本量,如图 3 所示。

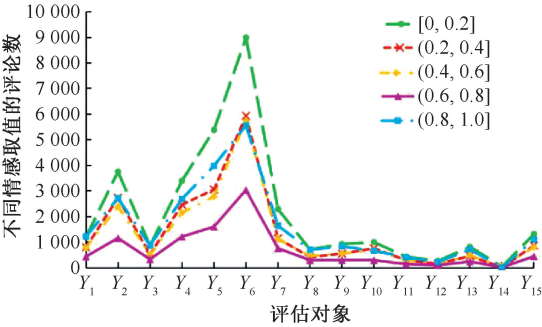


图 3 评估对象情感分析结果

Fig. 3 Sentiment analysis results of evaluated objects

步骤 2:选择 PLTSs 的正、负理想解作为参考序列, $PISL(p)^+$ 和 $NISL(p)^-$ 分别为:

$$L(p)^+ = \left(\left\{ s_{0.000}, s_{0.203}, s_{0.860}, s_{0.371}, s_{1.405} \right\}, \left\{ s_{0.000}, s_{0.219}, s_{0.643}, s_{0.536}, s_{0.596} \right\}, \right. \\ \left. \left\{ s_{0.000}, s_{0.156}, s_{0.857}, s_{0.429}, s_{0.939} \right\}, \left\{ s_{0.000}, s_{0.341}, s_{0.431}, s_{0.808}, s_{0.527} \right\} \right), \\ L(p)^- = \left(\left\{ s_{0.000}, s_{0.150}, s_{0.361}, s_{0.252}, s_{0.636} \right\}, \left\{ s_{0.000}, s_{0.107}, s_{0.231}, s_{0.235}, s_{0.143} \right\}, \right. \\ \left. \left\{ s_{0.000}, s_{0.000}, s_{0.128}, s_{0.127}, s_{0.000} \right\}, \left\{ s_{0.000}, s_{0.154}, s_{0.269}, s_{0.233}, s_{0.154} \right\} \right)^\circ$$

表 2 表征为 PLTSs 的评估决策矩阵

Table 2 Evaluation decision matrix characterized as PLTSs				
方案	c_1	c_2	c_3	c_4
Y_1	$\{ (s_0(0.194), s_1(0.182), s_2(0.197), s_3(0.103), s_4(0.323)) \}$	$\{ (s_0(0.462), s_1(0.151), s_2(0.151), s_3(0.087), s_4(0.149)) \}$	$\{ (s_0(0.481), s_1(0.133), s_2(0.082), s_3(0.068), s_4(0.235)) \}$	$\{ (s_0(0.341), s_1(0.259), s_2(0.156), s_3(0.115), s_4(0.129)) \}$
Y_2	$\{ (s_0(0.192), s_1(0.198), s_2(0.209), s_3(0.095), s_4(0.305)) \}$	$\{ (s_0(0.418), s_1(0.219), s_2(0.166), s_3(0.112), s_4(0.086)) \}$	$\{ (s_0(0.586), s_1(0.143), s_2(0.090), s_3(0.074), s_4(0.107)) \}$	$\{ (s_0(0.362), s_1(0.320), s_2(0.196), s_3(0.081), s_4(0.040)) \}$
Y_3	$\{ (s_0(0.193), s_1(0.162), s_2(0.181), s_3(0.113), s_4(0.351)) \}$	$\{ (s_0(0.451), s_1(0.189), s_2(0.142), s_3(0.085), s_4(0.132)) \}$	$\{ (s_0(0.464), s_1(0.140), s_2(0.109), s_3(0.091), s_4(0.195)) \}$	$\{ (s_0(0.427), s_1(0.226), s_2(0.136), s_3(0.111), s_4(0.099)) \}$
Y_4	$\{ (s_0(0.179), s_1(0.197), s_2(0.202), s_3(0.111), s_4(0.310)) \}$	$\{ (s_0(0.421), s_1(0.170), s_2(0.170), s_3(0.134), s_4(0.105)) \}$	$\{ (s_0(0.649), s_1(0.117), s_2(0.074), s_3(0.058), s_4(0.102)) \}$	$\{ (s_0(0.333), s_1(0.334), s_2(0.189), s_3(0.090), s_4(0.054)) \}$
Y_5	$\{ (s_0(0.193), s_1(0.186), s_2(0.185), s_3(0.103), s_4(0.333)) \}$	$\{ (s_0(0.495), s_1(0.195), s_2(0.155), s_3(0.090), s_4(0.065)) \}$	$\{ (s_0(0.619), s_1(0.120), s_2(0.093), s_3(0.072), s_4(0.095)) \}$	$\{ (s_0(0.468), s_1(0.222), s_2(0.165), s_3(0.091), s_4(0.055)) \}$
Y_6	$\{ (s_0(0.215), s_1(0.201), s_2(0.219), s_3(0.110), s_4(0.255)) \}$	$\{ (s_0(0.425), s_1(0.202), s_2(0.171), s_3(0.115), s_4(0.087)) \}$	$\{ (s_0(0.523), s_1(0.156), s_2(0.112), s_3(0.088), s_4(0.121)) \}$	$\{ (s_0(0.434), s_1(0.243), s_2(0.188), s_3(0.086), s_4(0.048)) \}$
Y_7	$\{ (s_0(0.207), s_1(0.164), s_2(0.186), s_3(0.124), s_4(0.320)) \}$	$\{ (s_0(0.446), s_1(0.169), s_2(0.161), s_3(0.120), s_4(0.104)) \}$	$\{ (s_0(0.583), s_1(0.128), s_2(0.091), s_3(0.073), s_4(0.125)) \}$	$\{ (s_0(0.496), s_1(0.223), s_2(0.134), s_3(0.078), s_4(0.069)) \}$
Y_8	$\{ (s_0(0.187), s_1(0.172), s_2(0.189), s_3(0.118), s_4(0.334)) \}$	$\{ (s_0(0.521), s_1(0.129), s_2(0.156), s_3(0.087), s_4(0.106)) \}$	$\{ (s_0(0.506), s_1(0.071), s_2(0.146), s_3(0.112), s_4(0.165)) \}$	$\{ (s_0(0.329), s_1(0.225), s_2(0.174), s_3(0.140), s_4(0.132)) \}$
Y_9	$\{ (s_0(0.200), s_1(0.175), s_2(0.202), s_3(0.103), s_4(0.321)) \}$	$\{ (s_0(0.472), s_1(0.179), s_2(0.116), s_3(0.106), s_4(0.126)) \}$	$\{ (s_0(0.545), s_1(0.129), s_2(0.091), s_3(0.069), s_4(0.165)) \}$	$\{ (s_0(0.455), s_1(0.211), s_2(0.151), s_3(0.078), s_4(0.105)) \}$
Y_{10}	$\{ (s_0(0.195), s_1(0.203), s_2(0.225), s_3(0.094), s_4(0.283)) \}$	$\{ (s_0(0.399), s_1(0.217), s_2(0.178), s_3(0.101), s_4(0.105)) \}$	$\{ (s_0(0.643), s_1(0.146), s_2(0.086), s_3(0.052), s_4(0.073)) \}$	$\{ (s_0(0.311), s_1(0.341), s_2(0.207), s_3(0.090), s_4(0.050)) \}$
Y_{11}	$\{ (s_0(0.211), s_1(0.185), s_2(0.193), s_3(0.099), s_4(0.311)) \}$	$\{ (s_0(0.441), s_1(0.196), s_2(0.151), s_3(0.078), s_4(0.134)) \}$	$\{ (s_0(0.447), s_1(0.153), s_2(0.153), s_3(0.071), s_4(0.176)) \}$	$\{ (s_0(0.365), s_1(0.250), s_2(0.196), s_3(0.095), s_4(0.095)) \}$
Y_{12}	$\{ (s_0(0.213), s_1(0.174), s_2(0.186), s_3(0.117), s_4(0.309)) \}$	$\{ (s_0(0.430), s_1(0.160), s_2(0.210), s_3(0.100), s_4(0.100)) \}$	$\{ (s_0(0.504), s_1(0.120), s_2(0.064), s_3(0.112), s_4(0.200)) \}$	$\{ (s_0(0.353), s_1(0.245), s_2(0.216), s_3(0.078), s_4(0.108)) \}$
Y_{13}	$\{ (s_0(0.211), s_1(0.172), s_2(0.189), s_3(0.100), s_4(0.327)) \}$	$\{ (s_0(0.444), s_1(0.186), s_2(0.157), s_3(0.095), s_4(0.118)) \}$	$\{ (s_0(0.539), s_1(0.099), s_2(0.130), s_3(0.042), s_4(0.190)) \}$	$\{ (s_0(0.415), s_1(0.207), s_2(0.175), s_3(0.087), s_4(0.116)) \}$
Y_{14}	$\{ (s_0(0.178), s_1(0.150), s_2(0.430), s_3(0.084), s_4(0.159)) \}$	$\{ (s_0(0.357), s_1(0.107), s_2(0.321), s_3(0.179), s_4(0.036)) \}$	$\{ (s_0(0.429), s_1(0.000), s_2(0.429), s_3(0.143), s_4(0.000)) \}$	$\{ (s_0(0.346), s_1(0.154), s_2(0.192), s_3(0.269), s_4(0.038)) \}$
Y_{15}	$\{ (s_0(0.203), s_1(0.201), s_2(0.203), s_3(0.103), s_4(0.290)) \}$	$\{ (s_0(0.486), s_1(0.201), s_2(0.116), s_3(0.086), s_4(0.112)) \}$	$\{ (s_0(0.497), s_1(0.116), s_2(0.112), s_3(0.076), s_4(0.198)) \}$	$\{ (s_0(0.419), s_1(0.204), s_2(0.147), s_3(0.114), s_4(0.116)) \}$

步骤 3: 利用式(9) 计算得到灰色关联系数矩阵 $\xi^+ = (\xi_{ij}^+)_{n \times m}$ 和 $\xi^- = (\xi_{ij}^-)_{n \times m}$, 结果见表 3。

表 3 灰色关联系数矩阵

Table 3 Grey correlation coefficient matrix									
方案	ξ^+				ξ^-				G_i
	c_1	c_2	c_3	c_4	c_1	c_2	c_3	c_4	
Y_1	0.892	0.930	0.712	0.890	0.478	0.634	0.416	0.680	0.656
Y_2	0.889	0.925	0.637	0.745	0.497	0.796	0.632	0.869	0.451
Y_3	0.875	0.912	0.744	0.852	0.447	0.679	0.461	0.794	0.623
Y_4	0.889	1.000	0.615	0.780	0.491	0.721	0.657	0.850	0.470
Y_5	0.876	0.839	0.625	0.769	0.469	0.921	0.667	1.000	0.398
Y_6	0.816	0.939	0.674	0.760	0.557	0.792	0.588	0.952	0.444
Y_7	0.872	0.963	0.656	0.755	0.484	0.745	0.592	0.964	0.458
Y_8	0.887	0.903	0.765	0.959	0.465	0.769	0.500	0.656	0.630
Y_9	0.897	0.899	0.692	0.788	0.479	0.695	0.514	0.791	0.521
Y_{10}	0.876	0.964	0.590	0.775	0.518	0.738	0.736	0.824	0.413
Y_{11}	0.872	0.914	0.770	0.831	0.495	0.671	0.485	0.788	0.590

续表 3

方案	ξ^+				ξ^-				G_i
	c_1	c_2	c_3	c_4	c_1	c_2	c_3	c_4	
Y_{12}	0.861	0.993	0.700	0.805	0.500	0.737	0.453	0.733	0.606
Y_{13}	0.880	0.939	0.731	0.817	0.475	0.717	0.474	0.740	0.560
Y_{14}	0.683	0.907	0.602	0.953	0.445	0.603	0.470	0.560	0.581
Y_{15}	0.859	0.859	0.741	0.869	0.519	0.748	0.461	0.733	0.551

步骤 4:利用式(3)一式(6)可得属性权重分别为: $\omega_1 = 0.228, \omega_2 = 0.195, \omega_3 = 0.340, \omega_4 = 0.238$ 。具体计算结果见表 4。

表 4 CRITIC 权重计算结果

Table 4 Calculation result of CRITIC weight				
属性	指标差异性	指标冲突性	信息量	属性权重/%
C_1	0.012	3.514	0.042	22.762 7
C_2	0.012	3.074	0.036	19.483 8
C_3	0.028	2.218	0.062	34.008 2
C_4	0.020	2.206	0.044	23.745 2

步骤 5:综合属性权重及关联系数计算每个备选方案综合灰色关联度:

$G_1 = 0.656, G_2 = 0.451, G_3 = 0.622, G_4 = 0.470, G_5 = 0.398, G_6 = 0.444, G_7 = 0.458, G_8 = 0.630, G_9 = 0.521, G_{10} = 0.413, G_{11} = 0.590, G_{12} = 0.606, G_{13} = 0.560, G_{14} = 0.581, G_{15} = 0.551$ 。各方案灰色关联度值如图 4 所示。

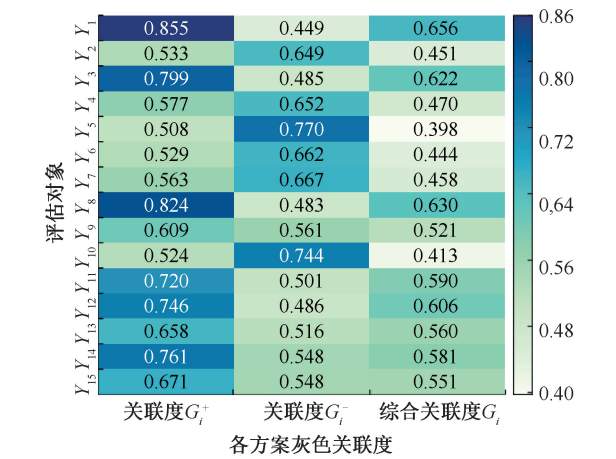


图 4 各评估对象的灰色关联度值

Fig. 4 Grey correlation degree values of evaluation objects

步骤 6:方案排序与择优。根据综合灰色关联度对评估对象受灾程度进行大小排序可得: $Y_1 > Y_8 > Y_3 > Y_{12} > Y_{11} > Y_{14} > Y_{13} > Y_{15} > Y_9 > Y_4 > Y_7 > Y_2 > Y_6 > Y_{10} > Y_5$ 。

从计算结果可以看出,由网络舆情评论信息反映出的受 2023 年第 11 号台风“海葵”影响最严重的是福建省,其次是上海市、广东省和浙江省等,受

灾程度最轻的是河南省。从人员伤亡方面分析,受影响较大的依次为广东省、台湾省和山东省等;从经济损失方面分析,受影响较大的依次为福建省、山东省和浙江省;从房屋损失方面分析,受影响较大的依次为上海市、江苏省和福建省等;从庄稼损毁方面分析,受影响较大的依次为福建省、广西省和广东省等。从舆情热度方面分析,热度较高的地区集中在广东省、福建省、浙江省和江苏省等,一定程度上说明这些地区受台风灾害影响较大;热度较低的地区集中在台湾省、海南省和辽宁省,说明这些地区受影响较低或网民数较少。分析结果可为有关部门采取不同程度应急措施提供辅助决策,合理分配救灾物资,有效引导社会舆论正面发展,降低社会负面评价,加强社会稳定,保障民众生命财产安全。

3.2 灵敏度分析

为验证所提方法的稳健性,分析 GRA 模型中分辨系数 ρ 的灵敏度。计算在不同分辨系数下各案例的综合关联度,分析结果如图 5 所示。

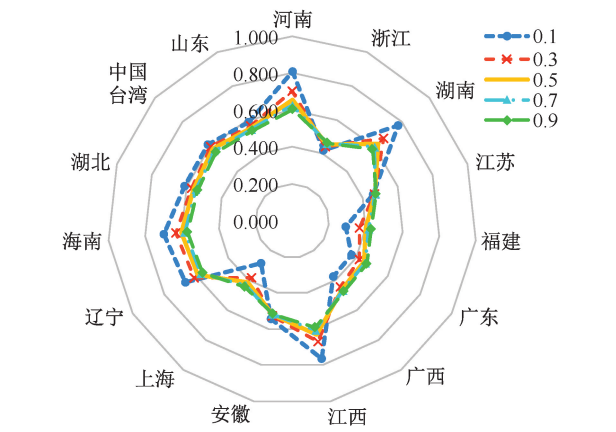


图 5 分辨系数灵敏度分析雷达图

Fig. 5 Radar plot of resolution factor sensitivity analysis

分辨系数 ρ 值越小,关联系数差异越大,区分能力越强。随着 ρ 值的增加,区分能力减弱,案例间的综合关联度相应减少。由图 5 可知:无论 ρ 取何值,各案例之间的排序没变,说明控制关联系数的显著差异性对综合关联度的影响较小,进而说明该模型关联度结果的稳定性和可靠性。

3.3 对比分析

1) 基于不同排序方法的对比分析。为验证所提方法的有效性和合理性,比较突发事件网络舆情决策方法与传统逼近理想解排序法(Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution, TOPSIS)和基于文献[13] 的概率语言加权平均(Probabilistic Linguistic Weighted Averaging, PLWA) 算子决策方法。利用文中方法确定属性权重;使用 TOPSIS 计算各方案与理想解的相对贴近度,并对方案排序,基于 PLWA 算子对各方案进行信息融合,利用 PLTSs 得分函数^[13] 对方案排序,分析结果见表 5。

表 5 不同排序方法对比分析结果

Table 5 Comparative analysis results of different sorting methods						
方案	传统 TOPSIS 方法 P_i	排序	PLWA 算子方法 Q_i	排序	文中 方法 G_i	排序
Y_1	0.609	1	0.314	2	0.607	1
Y_2	0.526	12	0.274	12	0.465	12
Y_3	0.587	4	0.304	6	0.582	3
Y_4	0.536	10	0.279	10	0.476	10
Y_5	0.499	15	0.260	15	0.429	15
Y_6	0.522	13	0.276	11	0.464	13
Y_7	0.532	11	0.274	13	0.471	11
Y_8	0.597	3	0.313	3	0.590	2
Y_9	0.567	9	0.285	9	0.514	9
Y_{10}	0.519	14	0.271	14	0.441	14
Y_{11}	0.582	6	0.304	5	0.563	5
Y_{12}	0.581	7	0.308	4	0.573	4
Y_{13}	0.584	5	0.298	7	0.542	7
Y_{14}	0.599	2	0.341	1	0.559	6
Y_{15}	0.579	8	0.291	8	0.537	8

由表 5 可知:3 种方法的评估结果基本相同,只有较小差别,其中,受灾最严重的 2 个案例结果完全相同,从而证明文中方法的有效性与合理性。

2) 评估结果与实际情况的对比分析。为验证评估结果的有效性和实践性,比较文中结果与官方公布的实际灾害数据,其中,实际灾害数据来源于国家应急管理部发布的 2023 年全国自然灾害基本情况报告信息,2023 年中国海洋灾害公报,部分省市地区应急管理部门统计结果及部分网络公开数据。实

际受灾情况如下:①从人员伤亡及受灾人数方面分析,受灾影响较大的为福建省、台湾省、广东省和浙江省等;②从直接经济损失方面分析,受灾影响较大的为福建省、广东省、浙江省和台湾省;③从房屋损失方面分析,受灾影响较大的为福建省、广东省、浙江省和台湾省等;④从庄稼损毁方面分析,受影响较大的为福建省、广东省、浙江省和台湾省等;⑤从综合各方结果分析,受灾影响较大的依次为福建省、广东省、台湾省和浙江省等。

从对比结果可以看出,实际受灾综合结果与评估结果基本一致,不同在于台湾省受灾影响程度在文中排序靠后,而实际受灾程度较为严重排序靠前,原因在于文中爬取的数据主要是微博和抖音等社交媒体数据,来源有一定的局限性;而不同属性下对比分析结果存在一定差异,原因在于部分地区受灾影响较小或数据管理政策,相关部门并未公开所有数据。总之,从大量网络舆情中提取隐藏的宝贵的价值信息去评估受灾情况,可有效辅助相关部门应急决策,提供的信息也更为全面、丰富和多角度;同时,与传统上报信息事后评估总结的方式相比,文中提出的方法更具时效性、动态性和智能性。

4 结 论

1) 针对突发事件网络舆情呈现的实时性、高价值密度与强不确定性特征,采用机器学习方法深度挖掘舆情信息,将其表征为 PLTSs 有效缓解应急决策中数据依赖主观假定的局限性,显著提升决策结果的客观性与智能性。

2) 考虑属性权重分配与方案优先序确定是应急决策的核心关键,基于 CRITIC 客观赋权法和 GRA 法构建决策方法模型,通过台风灾害实证案例的多维度对比验证表明:所建模型能有效优化突发事件应急决策的时效性与准确性。

3) 研究重点在应急决策数据客观量化获取及决策方法构建,未来将研究其他非精确决策数据智能获取,虚假新闻数据识别,及基于深度学习的情感分析与属性归类,进一步提升决策的精确性和可靠性。

参 考 文 献

[1] 曾润喜. 网络舆情管控工作机制研究[J]. 图书情报工作, 2009, 53(18): 79-82.
ZENG Runxi. Research on construction of network opinion control mechanism[J]. Library and Information Service, 2009, 53(18): 79-82.

[2] 中国互联网络信息中心. 第 54 次《中国互联网络发展状况统计报告》[EB/OL]. [2024-08-29]. <https://www3.cninic.cn/n4/2024/0829/c88-11065.html>.

[3] 石川, 马铭君, 胡琳梅. 基于用户心理的网络舆情指标体系构建研究[J]. 北京邮电大学学报: 社会科学版,

- 2019, 21(5): 93–99.
- SHI Chuan, MA Mingjun, HU Linmei. Research on the construction of network public opinion indicator system based on user psychology[J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications: Social Sciences Edition, 2019, 21(5): 93–99.
- [4] LIU Zixuan, WU Xianwen. Structural analysis of the evolution mechanism of online public opinion and its development stages based on machine learning and social network analysis[J]. International Journal of Computational Intelligence Systems, 2023, 16(1): DOI:10.1007/s44196-023-00277-8.
- [5] CHEN Min, DU Wenhui. The predicting public sentiment evolution on public emergencies under deep learning and internet of things[J]. Journal of Supercomputing, 2023, 79(6): 6 452–6 470.
- [6] 陈鑫, 谢科范. 基于主动安全的重大事故网络舆情智能建模与仿真[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(1): 53–61.
- CHEN Xin, XIE Kefan. Intelligent modeling and simulation of online public opinion for major accidents based on proactive safety[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(1): 53–61.
- [7] 刘婷, 鲁梓萌, 刘翥, 等. 基于灾害链的突发公共事件网络舆情风险评估研究[J]. 情报科学, 2025, 43(1): 69–78.
- LIU Ting, LU Zimeng, LIU Xi, et al. Network public opinion risk assessment based on disaster chain theory in public emergencies[J]. Information Science, 2025, 43(1): 69–78.
- [8] 张桂蓉, 王雨晴. 数智赋能推进敏捷化应急情报体系研究[J]. 现代情报, 2024, 44(4): 3–10, 31.
- ZHANG Guirong, WANG Yuqing. Empowering digital intelligence to promote the agility of emergency intelligence system[J]. Journal of Modern Information, 2024, 44(4): 3–10, 31.
- [9] 陈冲, 谭睿璞, 张文德, 等. 基于中智数的突发事件网络舆情辅助决策方法研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2024, 20(5): 50–56.
- CHEN Chong, TAN Ruipu, ZHANG Wende, et al. Research on auxiliary decision-making method of online public opinion in emergencies based on neutrosophic number[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2024, 20(5): 50–56.
- [10] DING Xuefeng, LIU Huchen, SHI Hua. 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.
- [11] RODRIGUEZ R M, MARTINEZ L, HERRERA F. Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2012, 20(1): 109–119.
- [12] 刘富鹏, 杨九, 吴世博, 等. 基于 FDHFLT-S-BN 的海底管道泄漏失效风险定量分析[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(1): 166–170.
- LIU Fupeng, YANG Jiu, WU Shibo, et al. Quantitative risk analysis on failure of submarine pipeline leakage based on FDHFLT-S-BN[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(1): 166–170.
- [13] PANG Qi, WANG Hai, XU Zeshui. Probabilistic linguistic term sets in multi-attribute group decision making[J]. Information Sciences, 2016, 369: 128–143.
- [14] HAN Xinru, ZHAN Jianming, XU Zeshui, et al. Trust risk test-based group consensus with probabilistic linguistic preference relations under social networks[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2024, 32(6): 3 508–3 520.
- [15] 李宝德, 吕靖, 李晶. 基于前景理论和概率语言术语的突发事件应急响应决策方法[J]. 系统管理学报, 2023, 32(6): 1 164–1 175.
- LI Baode, LYU Jing, LI Jing. An emergency response decision-making method for emergencies based on prospect theory and probabilistic linguistic terms[J]. Journal of Systems & Management, 2023, 32(6): 1 164–1 175.
- [16] XIAO Huimin, GAO Xiaosong, YANG Peng, et al. A multi-attribute decision making method for TODIM based on mixed correlation coefficients for probabilistic linguistic term sets[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2023, 45(4): 6 591–6 604.
- [17] 王增强, 蒲云. 基于多粒度概率语言和双参照点的应急决策方法[J/OL]. 中国管理科学: 1–12. [2024–02–19]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0990>.
- WANG Zengqiang, PU Yun. An emergency decision-making method based on multi-granularity probabilistic linguistic terms and double reference points[J/OL]. Chinese Journal of Management Science: 1–12. [2024–02–19]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0990>.
- [18] DIAKOULAKI D, MAVROTAS G, PAPAYANNAKIS L. Determining objective weights in multiple criteria problems: the CRITIC method[J]. Computers & Operations Research, 1995, 22(7): 763–770.
- [19] 谭学瑞, 邓聚龙. 灰色关联分析: 多因素统计分析新方法[J]. 统计研究, 1995(3): 46–48.



作者简介: 陈冲 (2000—), 女, 河南信阳人, 硕士研究生, 主要研究方向为情报学和应急决策。E-mail: tanruipu123@163.com。