

中文引用格式: 聂如欣, 王洛, 张紫玉. 事件系统理论下基于三支决策的特大暴雨灾害舆情风险评价[J]. 中国安全科学学报, 2025, 35(8): 227-235.

英文引用格式: NIE Ruxin, WANG Luo, ZHANG Ziyu. Risk assessment of public opinion on extreme rainstorm disasters based on three-way decisions under event system theory[J]. China Safety Science Journal, 2025, 35(8): 227-235.

事件系统理论下基于三支决策的特大暴雨灾害 舆情风险评价*

聂如欣 讲师, 王洛, 张紫玉

(中国矿业大学 经济管理学院, 江苏 徐州 221116)

中图分类号: X915.5

文献标志码: A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.08.1750

基金项目: 国家自然科学基金资助(72301277); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(2023QN1052)。

【摘要】 为科学评估特大暴雨舆情风险, 提出一种事件系统理论下基于三支决策的特大暴雨舆情风险评价方法。该方法从事件系统理论视角出发, 结合时间、空间、强度3个维度, 确定舆情生命周期并构建特大暴雨舆情风险评价指标。同时, 结合评论有用性和犹豫直觉模糊集, 有效量化关于舆情风险评价指标的公众舆情偏好。在此基础上, 拓展三支决策方法, 将舆情风险划分为5个等级, 实现特大暴雨灾害舆情风险的科学评价。借助实际案例和对比分析, 验证特大暴雨舆情风险评价模型的有效性和适应性。结果表明: 所提方法不仅成功实现特大暴雨灾害舆情风险评价指标的科学选取, 以及公众舆情偏好的有效量化, 而且一定程度上缓解已有评价方法由于信息和认知局限带来的决策误差。

【关键词】 事件系统理论; 三支决策; 特大暴雨灾害; 舆情风险评价; 网络舆情; 评论有用性

Risk assessment of public opinion on extreme rainstorm disasters based on three-way decisions under event system theory

NIE Ruxin, WANG Luo, ZHANG Ziyu

(School of Economics and Management, China University of Mining and Technology,
Xuzhou Jiangsu 221116, China)

Abstract: In order to realize scientific risk assessment of public opinion on extreme rainstorms, this paper proposed a public opinion risk assessment method of extreme rainstorm disasters based on three-way decisions under the event system theory. From the perspective of event system theory, this method determined the life cycle of public opinion and built indicators for evaluating the risk of public opinion on extreme rainstorm disasters by integrating three dimensions: time, space, and strength. Meanwhile, this paper integrated review helpfulness with hesitant intuitionistic fuzzy sets, effectively quantifying public opinion preferences regarding risk assessment indicators of public opinion. On this basis, the paper extended the three-way decision method to classify public opinion risk into five levels, achieving a scientific assessment of public opinion risk towards extreme rainstorm disasters. Using actual cases and comparative analyses, the effectiveness and adaptability of the risk assessment model of public opinion

towards extreme rainstorm disasters were verified. The results show that the proposed method not only successfully realizes the scientific selection of public opinion risk assessment indicators with respect to extreme rainstorm disasters and the effective quantification of public opinion preferences, but also alleviates the decision-making errors caused by the information and cognitive limitations of existing assessment methods to a certain extent.

Keywords: event system theory; three-way decisions; extreme rainstorm disasters; public opinion risk assessment; public opinion; review helpfulness

0 引言

随着网络信息技术的飞速发展,社交媒体成为公众获取信息、表达观点并参与公共讨论的核心互动平台^[1]。这些平台不仅改变了信息的传播方式,也促使公众形成对有关事件的态度、认知和行为的集合,即网络舆情^[2]。在此环境下,鉴于自然灾害事件的突发性和高风险性,舆情传播的速度和影响显著增加^[3]。特大暴雨灾害作为一种破坏大、损失重大的自然灾害,其突发性、地域性和不确定性给经济社会造成巨大损失^[3]。特大暴雨灾害期间,社交媒体上信息的迅速扩散,可能会引发公众情绪波动、意见分化。这会对社会稳定、政府形象以及灾害应对产生负面影响,形成特大暴雨舆情风险^[4]。因此,开展科学的特大暴雨舆情风险评价具有重要的现实意义。

现有网络舆情风险评价研究主要涉及评价指标选取和风险评估方法 2 方面。一方面,在网络舆情指标选取方面,学者们往往基于事件主题分类^[5]、事件传播特点^[6]、事件特征属性^[7]等方面建立指标体系。然而,上述指标选取存在主观性强、领域适应性差等问题。另一方面,已有评价方法主要通过熵权法、层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 等确定指标权重,并运用各种数理模型,如灰色关联^[8]、模糊综合评价^[9]等,开展舆情风险评价。尽管相关研究取得了一定进展,但突发自然灾害的

特性增加了舆情风险评价的不确定性和模糊性。舆情风险评价涉及的多类指标也增加了量化舆情偏好的难度。此外,现有评价方法多是直接根据评价指标将事件划分为不同风险等级,忽视了认知局限给风险分类决策带来的误差。

鉴于此,笔者拟引入事件系统理论,在此视角下提出一种基于三支决策的特大暴雨舆情风险评价方法,以期为政府和相关部门的灾害应急提供决策支持。

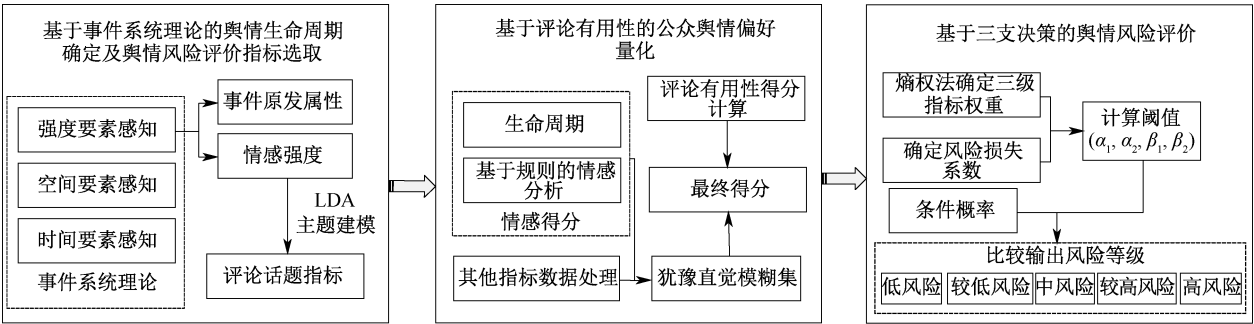
1 特大暴雨灾害舆情风险评价模型

1.1 问题描述

根据中国气象局分类标准,暴雨依据降水强度分为暴雨、大暴雨和特大暴雨 3 个等级。特大暴雨作为极端降水事件,具有高致灾风险、强突发性及重灾损性等特征,往往会导致城市内涝、基础设施损毁及人员伤亡等链式灾害^[10]。鉴于其灾害后果易形成舆情叠加效应和次生社会风险,文中聚焦特大暴雨事件,构建相应的舆情风险评价模型。

1.2 建模过程

在事件系统视角下,提出基于三支决策的舆情风险评价方法,如图 1 所示。该框架主要包含 3 个步骤:①基于事件系统理论的舆情生命周期确定及风险评价指标选取;②基于评论有用性的公众舆情偏好量化;③基于三支决策的舆情风险评价。



注:潜在狄利克雷分配 (Latent Dirichlet Allocation, LDA)。

图 1 方法流程

Fig. 1 Method flowchart

1.2.1 舆情生命周期确定及风险评价指标选取

事件系统理论是一种将事件分为强度、时间、空间 3 个维度的动态系统理论,这些属性共同决定事件对实体的影响^[11]。先基于时间要素进行舆情生命周期划分,再基于空间、强度要素进行舆情风险评价指标的选取。

时间要素感知:步骤 1:确定舆情生命周期。考虑事件系统理论的时间要素,将研究事件划分为潜伏期、爆发期、波动期和消退期的舆情生命周期^[12]。主要利用百度热度指数划分舆情生命周期,并运用评论有用性衡量各生命周期阶段风险评价指标的重要性,测度时间要素的影响。步骤 2:确定舆情风险评价指标。在已有关于舆情风险评价指标的研究中,相关学者从不同角度展开探讨^[6]。在回顾文献的基础上初步选取舆情风险评价指标。引入事件系统理论,提出暴雨舆情风险评价指标如图 2 所示。

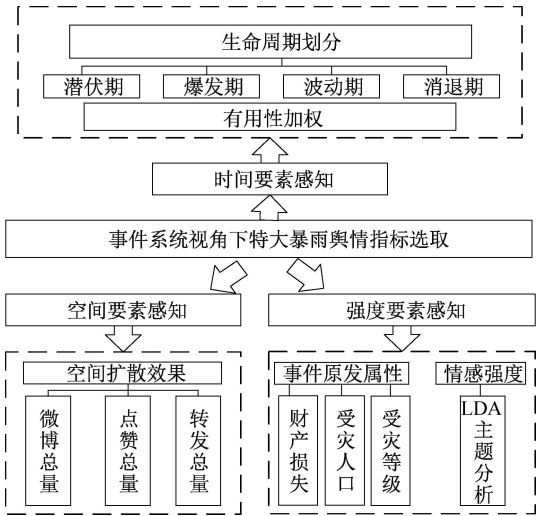


图 2 基于事件系统理论的特大暴雨灾害舆情指标选取

Fig. 2 Selection of public opinion indicators of extreme rainstorm based on the event system theory

空间要素感知:在舆情风险评价中,空间要素感知主要关注事件的传播扩散效果,选取特大暴雨洪涝事件相关话题的微博总量、转发总量和点赞总量 3 个指标衡量事件传播扩散效果。

强度要素感知:事件系统理论的强度要素感知主要研究事件的强度,包括其新颖性、颠覆性和重要性^[11]。通过暴雨事件物理特征和情感强度分析实现强度要素感知。由于事件本身的特征对舆情具备基础推动作用,将事件原发属性和情感强度列为 2 个主要的二级指标,将财产损失、受灾人口、受灾等级列为三级指标。此外,通过 LDA 来建模公众评论主题,并分析筛选后主题建模结果的情感倾向,作

为情感强度指标。

1.2.2 基于评论有用性的公众舆情偏好量化

舆情风险评价指标主要分为情感指标与非情感指标。其中,情感指标主要有 LDA 主题建模量的情感强度;非情感指标主要有空间要素和强度要素下的事件原发属性。考虑这 2 类指标偏好量化的差异,分别针对这 2 类指标开展公众舆情偏好的量化。此外,由于现实情形中普遍存在的不确定性和模糊性,实际决策问题往往很难用精确数值表示。因此,采用犹豫直觉模糊集刻画有关情感和非情感指标的舆情偏好信息,以更好地描述现实问题的不确定性,增强决策的准确性。

1) 情感指标的公众舆情偏好量化。分为 2 个步骤:

步骤 1:计算评论有用性得分。由于公众舆情会随生命周期动态变化,在不同时期用户评论展现的舆情具备差异化的影响,如爆发期、波动期的用户评论相比潜伏期与消退期对舆情事件的公众舆情影响更大。高有用性的评论不仅能更精准捕捉并反映用户的真实观点,还能说明评论内容具有较高质量。因此,引入评论有用性度量不同舆情生命周期的影响,选取微博评论的文本长度、出版方、点赞量、评论数、转发数^[13]及语义丰富度作为衡量评论有用性的指标。利用 AHP^[13]得到各评论有用性指标权重 $w = \{w_1, w_2, \dots, w_6\}$ 。舆情生命周期 t 时期,第 i 个主题有用性计算公式如下:

$$W_{it} = w_1 L_{it} + w_2 C_{it} + w_3 Q_{it} + w_4 R_{it} + w_5 T_{it} + w_6 L_{it} \quad (1)$$

式中: W_{it} 为时期 t 下第 i 个主题的评论有用性得分,且 $1 \leq t \leq 4$; L_{it} 、 C_{it} 、 Q_{it} 、 R_{it} 、 T_{it} 、 L_{it} 分别为文本长度、出版方、点赞量、评论数、转发数、语义丰富度在时期 t 下关于第 i 个主题的评论有用性指标得分。归一化处理评论有用性,得到不同舆情生命周期下各主题的权重。

步骤 2:计算公众舆情情感得分。将情感倾向分为积极、消极、犹豫、中性来量化用户有关舆情事件的情感强度及其变化情况。将知网情感词典作为情感分析基础,采用文献[14]处理语句及情感分析的规则,获得不同情感倾向对应的评论数量及情感强度。由于公众通常会在每条评论中给出关于突发自然灾害多方面的评价,一条评论可能涉及多个评论主题。因此,根据主题建模得出的主题及相应主题下的词语,得到规则处理后的子句,并根据每一句所含不同主题下相关词语的数量判断其所属主题。

通过以上步骤获得不同舆情生命周期各情感主题对应的不同情感倾向的评论数量。基于评论数量,计算公众舆情情感得分。设时期 t_i 下主题 T_j 积极评论数量为 P_{ij} ,消极评论的数量为 N_{ij} ,犹豫评论的数量为 H_{ij} ,中性评论的数量为 A_{ij} ,将评论中的公众舆情量化为犹豫直觉模糊集为:

$$\left\{ \left(\frac{P_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + A_{ij}}, \frac{N_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + A_{ij}} \right), \left(\frac{P_{ij} + A_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + A_{ij}}, \frac{N_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + A_{ij}} \right), \left(\frac{P_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + A_{ij}}, \frac{N_{ij} + A_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + A_{ij}} \right) \right\}$$

其中,3个元素的权重分别被定义为:

$$\frac{H_{ij} + A_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + 3A_{ij}}, \frac{P_{ij} + A_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + 3A_{ij}}, \frac{N_{ij} + A_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + 3A_{ij}}$$

根据下式,时期 t_i 下主题 T_j 情感得分为:

$$S_{ij} = \frac{P_{ij} - N_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + A_{ij}} \times \frac{H_{ij} + A_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + 3A_{ij}} + \frac{P_{ij} + A_{ij} - N_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + A_{ij}} \times \frac{P_{ij} + A_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + 3A_{ij}} + \frac{P_{ij} - N_{ij} - A_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + A_{ij}} \times \frac{N_{ij} + A_{ij}}{P_{ij} + N_{ij} + H_{ij} + 3A_{ij}} \quad (2)$$

最终主题 T_j 的情感得分为:

$$S_j = \sum_{i=1}^4 w_{ij} s_{ij} \quad (3)$$

式中: i 为舆情周期, $i=1,2,3,4$; w_{ij} 为时期 t_i 下主题 T_j 的权重; s_{ij} 为时期 t_i 下主题 T_j 的情感得分。

2) 非情感指标的公众舆情偏好量化。首先,获取空间扩散效果与事件原发属性指标下三级指标对应的原始数据。然后,将其按照相应规则转化为犹豫直觉模糊集 $\{(u_A^i, v_A^i)\}$ 。其中, u_A^i 表示其对于风险的隶属度, v_A^i 为其非隶属度, i 表示第 i 个舆情生命周期,且 $1 \leq i \leq 4$ 。将风险划分为5类等级,基于直觉模糊数记分函数的风险等级划分规则见表1。在此基础上,根据对应的转化规则生成各个三级指标下4个时期的犹豫直觉模糊集。

基于直觉模糊数的记分函数和犹豫直觉模糊集 $a = \{(\mu_A^i, \nu_A^i), 1 \leq i \leq n_a\}$,各指标舆情风险分数 S 可定义为:

$$S = \sum_{i=1}^{n_a} w_i (\mu_A^i - \nu_A^i) / n_a \quad (4)$$

表1 风险等级划分规则

Table 1 Risk level classification rules

风险等级	(u_A, v_A)	记分函数 $S_A = \mu_A - \nu_A$
低	(0,1)	-1
较低	(0.25,0.75)	-0.5
中	(0.5,0.5)	0
较高	(0.75,0.25)	0.5
高	(1,0)	1

式中: w_i 为犹豫直觉模糊集中第 i 个直觉模糊数的权重; n_a 为犹豫直觉模糊集的元素数量; μ_A^i 和 ν_A^i 为第 i 个直觉模糊数的隶属度和非隶属度。

1.2.3 基于三支决策的舆情风险评价

三支决策是一种适用于不确定性情形的决策理论^[15],该理论通过粒计算,将论域划分为3个不相交的部分,并对各部分采取不同策略,广泛运用于产品决策^[16]、项目评价^[17]、冲突分析^[18]等领域。目前,应用该方法开展舆情风险评价的研究仍然较少。而在现实情境中,由于决策者信息不足、认知不充分,可能难以对暴雨灾害舆情风险开展准确的评价。三支决策通过引入延迟决策,可很好地处理决策者无法决策的情况,更符合人类实际决策心理^[19]。因此,将三支决策引入特大暴雨舆情风险评价。

鉴于不同指标对风险评价的影响具有差异,采用熵权法确定三级指标权重 w_i 。由于舆情风险情况复杂,存在舆情变化发酵的过程,传统三支决策方法难以准确衡量实际舆情风险情况。因此,拓展已有三支决策方法,将其总相对损失函数阈值细化。为风险函数取不同值,并将原阈值对 (α, β) 转换成 $(\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2)$,将二分类问题转换成五分类问题,即高风险、较高风险、中风险、较低风险、低风险。阈值对 (α, β) 表示2个边界值,用以划分决策正域、边界域与负域。通过比较条件概率 P 与边界值的大小,判断其所属状态,拓展方法公式如下:

$$\alpha_1 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i (1 - 1.5\sigma_i) (1 - s_i)}{\sum_{i=1}^n w_i (1 - 1.5\sigma_i) (1 - s_i) + \sum_{i=1}^n 1.5w_i \sigma_i s_i} \quad (5)$$

$$\alpha_2 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i (1 - \sigma_i) (1 - s_i)}{\sum_{i=1}^n w_i (1 - \sigma_i) (1 - s_i) + \sum_{i=1}^n w_i \sigma_i s_i} \quad (6)$$

$$\beta_1 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \sigma_i (1 - s_i)}{\sum_{i=1}^n w_i \sigma_i (1 - s_i) + \sum_{i=1}^n w_i (1 - \sigma_i) s_i} \quad (7)$$
$$\beta_2 = \frac{\sum_{i=1}^n 1.5 w_i \sigma_i (1 - s_i)}{\sum_{i=1}^n 1.5 w_i \sigma_i (1 - s_i) + \sum_{i=1}^n w_i (1 - 1.5 \sigma_i) s_i} \quad (8)$$

其中, $0 < \beta_1 < \beta_2 < \alpha_1 < \alpha_2 < 1$; 指标 c_i 对应评价得分 s_i 和风险损失系数 σ_i , 且 $0 \leq s_i \leq 1, 0 \leq \sigma_i \leq 1$ 。风险损失系数越大, 边界域越小, 表示风险越大。在三支决策中, 条件概率 $P(X| [x])$ 大多由决策者主观给出, 通过指标评价与指标权重乘积求得条件概率 P 。舆情风险等级判定遵循以下规则:

- 1) 若 $P(X| [x]) \geq \alpha_2$, 则舆情为低风险。
- 2) 若 $\alpha_1 \leq P(X| [x]) < \alpha_2$, 则舆情为较低风险。
- 3) 若 $\beta_2 \leq P(X| [x]) < \alpha_1$, 则舆情为中风险。
- 4) 若 $\beta_2 \leq P(X| [x]) < \alpha_1$, 则舆情为较高风险。
- 5) 若 $P(X| [x]) < \beta_1$, 则舆情为高风险。

2 舆情风险评价案例与结果分析

2.1 案例背景

河南郑州“7·20”特大暴雨灾害是由极端暴雨导致的重大自然灾害, 造成了严重的城市内涝、河流洪水、山洪滑坡等多灾并发, 受灾群众达 1 478.6 万人, 直接经济损失高达 1 200.6 亿元^[20]。选取以“7·20”河南特大暴雨灾害、河南暴雨、河南特大暴雨、河南灾情等为关键词, 采集 2021 年 7 月 1 日—8 月 30 日的微博评论, 包括评论者 ID、评论内容、评论点赞数、评论数、转发数、评论时间等内容, 共评论 69 230 条。其中, 微博、转发、点赞总量由采集的数据计算得到; 财产损失、受灾人口通过新闻等官方统计数据获取; 防汛响应等级采用不同舆情生命周期内持续最长的等级。由于财产损失和受灾人口在消退期存在缺失, 采用均值填补方式处理。

2.2 结果分析与讨论

2.2.1 舆情风险评价指标选取结果

基于引入事件系统理论选取的指标, 借助 LDA 确定关于河南郑州“7·20”特大暴雨灾害事件的评论主题。再融合与删减主题建模结果, 最终确定

6 个主题, 作为强度维度下情感强度指标, 得到特大暴雨舆情风险评估指标, 见表 2。

表 2 特大暴雨舆情风险评估指标
Table 2 Risk assessment indicators of public opinion on extreme rainstorm

二级指标	三级指标	指标解释
情感强度	暴雨描述	关于暴雨本身相关信息的情感分布
	热点事件	关于暴雨整个事件过程中发生的热点事件的情感分布
	救援情况	民众对各方救援情况的情感分布
	政府部门应对情况	民众对于政府部门应急处置的情感分布
	祝愿祈祷	民众面对灾害时祈求平安的情感分布
	基础设施	民众对于基础设施的破坏, 修缮等情况的情感分布
空间扩散效果	微博总量	一定时间段内的话题相关的微博总量
	转发总量	一定时间段内相关微博的转发总量
	点赞总量	一定时间段内相关微博的点赞总量
事件原发属性	财产损失	反映因暴雨灾害造成的直接经济损失情况
	受灾人口	受到暴雨灾害影响的伤亡人口和灾害直接造成生产生活出现一定损害的人口数量
	灾害等级	按照自然灾害的重大程度从重到轻分为 I、II、III、IV 这 4 个等级

2.2.2 公众舆情偏好量化结果

步骤 1: 确定舆情生命周期。获取 7 月 1 日—8 月 31 日的百度搜索指数。梳理事件并将评论划分为 4 个阶段, 其中, 7 月 1 日—21 日为潜伏期, 7 月 22 日—25 日为爆发期, 7 月 26 日—8 月 26 日为波动期, 8 月 26 日—31 日为消退期, 具体见表 3。

步骤 2: 计算各时期情感得分。基于建立的舆情风险指标, 根据 1.2.2 节的规则开展情感分析, 得出各时期 6 个主题积极、消极、犹豫、中性评论的数量。通过式(2)式(3)将不同主题下各情感类型及总体数量转化为得分, 结果见表 4。

步骤 3: 计算评论有用性得分及指标量化结果。结合评论的文本长度、出版方、点赞量、评论数、转发数、语义丰富度, 计算 4 个时期各主题的评论有用

表 3 非情感指标数据
Table 3 Data of non-sentimental indicators

三级指标	日期	微博总量	转发总量	点赞总量	财产损失	受灾人口	防汛响应等级
潜伏期	7月1日—21日	126	217 768	782 363	0	0	未响应
形成期	7月22日—25日	45 684	524 333	4 194 661	532 亿元	1 453.1 万	I 级
波动期	7月26日—8月26日	21 268	463 161	4 070 007	668.6 亿元	1478.6 万	II 级
消退期	8月26日—31日	2 153	16 788	117 950	300.1 亿元	732.94 万	IV 级

表 4 各时期情感指标舆情量化结果

Table 4 Quantification results of sentimental indicators regarding public opinion with respect to different periods

时期	主题 1		主题 2		主题 3		主题 4		主题 5		主题 6	
	得分	权重	得分	权重	得分	权重	得分	权重	得分	权重	得分	权重
潜伏期	0.341	0.095	0.654	0.067	0.456	0.171	0.222	0.076	0.309	0.055	0.848	0.117
爆发期	0.308	0.791	0.412	0.889	0.314	0.669	0.375	0.764	0.428	0.896	0.779	0.624
波动期	0.385	0.066	0.439	0.027	0.285	0.139	0.337	0.075	0.527	0.035	0.707	0.227
消退期	0.460	0.048	0.535	0.017	0.658	0.021	0.523	0.085	0.394	0.014	0.739	0.032
加权得分	0.325		0.432		0.339		0.350		0.413		0.753	

性。运用 AHP 法,令 5 位专家给出关于评论有用性 6 个指标的判断矩阵,计算得到各指标的权重为 0.042、0.134、0.144、0.273、0.285、0.122。将评论有用性及其评价指标权重加权,归一化得出最终各

时期的评论有用性。参照表 3 结果,将表 4 各情感指标的评论有用性权重取均值并归一化,得到情感指标各时期权重。根据式(4)计算非情感指标舆情量化结果,见表 5。

表 5 非情感指标舆情量化结果及加权得分

Table 5 Quantification results and weighted scores of non-sentimental indicators regarding public opinion

指标	评价结果	未加权得分	加权得分
微博总量	{(0,1),(1,0),(1,0),(0.5,0.5)}	0.25	0.770
转发总量	{(0.5,0.5),(1,0),(1,0),(0,1)}	0.25	0.831
点赞总量	{(0.5,0.5),(1,0),(1,0),(0.75,0.25)}	0.625	0.885
财产损失	{(0,1),(1,0),(1,0),(0.75,0.25)}	0.375	0.788
受灾人口	{(0,1),(1,0),(1,0),(0.75,0.25)}	0.375	0.788
防汛响应等级	{(0,1),(1,0),(0.75,0.25),(0.25,0.75)}	0	0.705

2.2.3 舆情风险评价结果

根据熵权法确定三级指标权重,基于此归一化处理三级指标,定义二级指标的风险系数为(1/3,1/3,1/3)。再将归一化的三级指标权重乘以对应二级指标的风险系数,得出各个三级指标风险损失系数。根据式(5)一式(8)计算阈值,结合指标评价值与权重乘积计算条件概率,结果见表 6,即 $\beta_2 < P < \alpha_1$ 。结合决策规则,可知河南郑州“7·20”特大暴雨灾害属于中风险。

表 6 舆情风险评价结果

Table 6 Results of public opinion risk assessment

阈值	α_1	α_2	β_1	β_2	P
加权	0.960	0.905	0.302	0.148	0.346
未加权	0.888	0.761	0.129	0.055	0.574

3 舆情风险评价方法对比分析

3.1 与未考虑评论有用性方法的对比分析

1) 比较评论有用性对结果的影响。为验证引入评论有用性的有效性,在计算各指标犹豫直觉模糊集得分时,为各舆情时期赋予相同权重。在此情景下,情感得分结果见表 7。

表 7 情感指标舆情偏好量化的对比结果

Table 7 Comparison results of sentimental indicators regarding public opinion preference quantification

方法	主题 1	主题 2	主题 3	主题 4	主题 5	主题 6
加权	0.373	0.509	0.427	0.367	0.413	0.768
未加权	0.325	0.432	0.339	0.350	0.413	0.753

计算阈值及条件概率,结果见表 6。由于大部分评论或特大暴雨洪涝的危害都发生在爆发期及波动期,特大暴雨舆情预警时应为其赋予更高的权重。从表 7 可以看出,由于评论有用性的加权,各时期具有不同权重,从而使得最终指标得分向更高权重的时期得分靠近,更符合真实情况。基于此计算得到的条件概率也更具真实性。由表 6 可知:未加权时的条件概率为 0.574,评论有用性加权下的条件概率为 0.346,那么有 $\beta_2 < P < \alpha_1$ 。尽管 2 种情况下都将河南郑州“7·20”特大暴雨灾害事件归类为中风险类别,但加权后条件概率更低。这表明在加权条件下,该事件的危险性被更准确地评估为“更危险”。

2) 评论有用性得分的有效性验证。采用信息熵衡量评论有用性加权前后情感得分的信息质量,验证引入评论有用性的有效性。信息熵是由 SHANNON^[21]提出的一种衡量数据中包含信息大小及信息质量的方法。若信息熵越大,数据中包含的信息含量越少,需要更多信息去理解。分别计算有用性加权前后的情感得分矩阵及其信息熵,加权前信息熵为 11.247,加权后为 5.923。由此可见:评论有用性加权后的情感矩阵包含信息量更多,信息质量更高。

3.2 与其他评价方法的对比分析

为验证模型的有效性与优越性,基于文中数据与指标体系,选取层次聚类法^[22](Analytic Hierarchy Process Sorting II, AHPSort II)、熵权逼近理想解排序法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS^[23])及灰色关联分析法^[8]进行对比分析。

计算结果表明:AHPSort II 方法所得舆情全局优先级为 0.514 1,依据判别规则 $0.514 \in [l_{p_2}, l_{p_3}]$ (边界值 $l_{p_1}=0.126, l_{p_2}=0.334, l_{p_3}=0.720$),与“中风险类别”结果一致,说明所提方法的可靠性。然而,AHPSort II 在构建参考点与边界局部优先级时,需通过两两比较构建判断矩阵,存在主观局限性。而文中模型通过权值、评价值及风险损失系数的定量计算确定边界阈值,有效降低主观干扰。此外,将三支决策扩展为 5 个评价等级,若将 AHPSort II 扩展至 5 类评价等级,需新增 4 个边界点,导致判断矩阵规模呈 $(n \times m)$ 量级增长(n 为参考点数, m 为新增边界点数)。这不仅增加了工作量,更会因比较次数激增引发主观误差的累积,影响分类结果的可靠

性。

熵权 TOPSIS 方法计算得出的舆情生命周期各阶段风险指数为 0.366、0.808、0.645、0.257。灰色关联分析将各三级指标在整个舆情事件中的最大值作为参考序列^[8],再计算各个时期与参考序列的灰色关联度,得到 0.841、0.852、0.854、0.848。这 2 种方法需通过主观阈值^[24]或聚类分析^[8]确定风险等级。而文中模型融合定量计算与三支决策,无需对比不同事件,可基于独立事件的样本开展风险评估。由分析可知:一方面,文中模型既能实现对舆情风险相对客观的评估,又能提供精细化的五级风险评价;另一方面,无需进一步聚类或主观判断划分风险等级,有效减少工作量,对特定事件舆情风险评估更具适应性。

4 结 论

1) 通过引入事件系统理论,从时间、空间、强度 3 要素,深入分析特大暴雨灾害事件,实现特大暴雨灾害舆情风险评价指标的科学选取。

2) 在公众舆情偏好量化方面,借助评论有用性和犹豫直觉模糊集,实现情感和非情感舆情风险评价指标的有效量化,规范了多类指标的统一表示。此外,通过引入并合理度量评论有用性,有效反映舆情偏好随生命周期变化的动态变化特征,增加了舆情风险评价的适应性。

3) 文中拓展了传统的三支决策方法,将风险结果划分为 5 个等级。相较已有方法二元等级的风险判断,提供了更精细的评估决策,对现实情形更具适应性。同时,也降低了决策者因信息不足、认知有限而导致的误判。

4) 所提模型对数据质量要求较高,涉及多个关键指标。然而,不同社交平台在数据结构、用户行为模式以及信息传播机制等方面存在差异,导致满足要求的平台数据较少,一定程度上限制了跨平台舆情分析的可行性。未来需要研究如何有效整合不同平台的数据,以提高模型的适用性。为进一步提升模型的计算效率,未来可探索引入优化算法和并行计算技术,以提高模型的响应速度。此外,文中研究主要集中在特大暴雨灾害舆情风险评价,有必要在更多实际突发自然灾害场景中验证所提方法的泛化能力,探索这些现实问题的舆情管理和决策支持。

参考文献

- [1] 王晰巍,李玥琪,刘婷艳,等. 新冠肺炎疫情微博用户情感与主题挖掘的协同模型研究[J]. 情报学报, 2021, 40(3): 223-233.
WANG Xiwei, LI Yueqi, LIU Tingyan, et al. Research on the collaborative model of sentiment analysis and topic mining of micro-blogging users in the context of COVID-19[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2021, 40(3): 223-233.
- [2] 景楠,胡怡,韩喜双. 基于 ARIMA 与 LSTM 的新冠肺炎网络关注度趋势研究[J]. 中国安全科学学报, 2020, 30(12): 37-42.
JING Nan, HU Yi, HAN Xishuang. Trend of COVID-19 network attention based on ARIMA and LSTM[J]. China Safety Science Journal, 2020, 30(12): 37-42.
- [3] 晋良海,王抒情,王昕煜. 基于暴雨灾害短视频的多模态情感特征研究[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(7): 219-228.
JIN Lianghai, WANG Shuqing, WANG Xinyu. Research on multimodal emotion characteristics based on short video of rainstorm disaster[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(7): 219-228.
- [4] 谢起慧,席鹏莹,蔡子庆. 突发事件中多元主体如何生成舆情反转:敏感性、权威度和参与策略[J]. 系统管理学报, 2025, 34(2): 463-476.
XIE Qihui, XI Pengying, CAI Ziqing. How multiple subjects generate reversal of public opinion in emergencies: sensitivity, authority and participation strategy[J]. Journal of Systems & Management, 2025, 34(2): 463-476.
- [5] 王丹,刘富康,陆伟. 跨社交媒体舆情风险感知:理论框架的构建与实现[J]. 情报学报, 2024, 43(4): 446-456.
WANG Dan, LIU Fukang, LU Wei. Cross-social-media public opinion risk perception: construction and implementation of a theoretical framework[J]. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2024, 43(4): 446-456.
- [6] 刘继,武梦娇. 基于贝叶斯网络的网络舆情态势评估分析:以“新冠肺炎疫情”事件为例[J]. 情报杂志, 2021, 40(3): 187-192.
LIU Ji, WU Mengjiao. Assessment and analysis of network public opinion situation based on Bayesian network: COVID-19 as an example[J]. Journal of Intelligence, 2021, 40(3): 187-192.
- [7] 谢媛,李本乾. 新媒体环境下突发环境事件网络舆情风险信息感知模型[J]. 现代情报, 2023, 43(6): 158-165.
XIE Yuan, LI Benqian. Information perception model of network public opinion risk of environmental emergencies in new media environment[J]. Modern Information, 2023, 43(6): 158-165.
- [8] 杨柳,罗文倩,邓春林,等. 基于灰色关联分析的舆情分级与预警模型研究[J]. 情报科学, 2020, 38(8): 28-34.
YANG Liu, LUO Wenqian, DENG Chunlin, et al. Classification and early warning model of public opinion based on grey correlation analysis[J]. Information Science, 2020, 38(8): 28-34.
- [9] 王华,罗玲,乔晶. 网络舆情突发热点事件风险模糊综合评价研究[J]. 情报理论与实践, 2023, 46(11): 126-132.
WANG Hua, LUO Ling, QIAO Jing. Research on fuzzy comprehensive evaluation of risk of hot events on internet public opinion[J]. Information Studies: Theory & Application, 2023, 46(11): 126-132.
- [10] 梁旭东,夏茹娣,宝兴华,等. 2021 年 7 月河南极端暴雨过程概况及多尺度特征初探[J]. 科学通报, 2022, 67(10): 997-1 011.
LIANG Xudong, XIA Rudi, BAO Xinghua, et al. Preliminary investigation on the extreme rainfall event during July 2021 in Henan Province and its multi-scale processes[J]. Chinese Science Bulletin, 2022, 67(10): 997-1 011.
- [11] 陈睿琦,李华晶. 基于事件系统理论绿色农业创业生态系统演化路径研究:以新希望集团为例[J]. 管理学报, 2022, 19(8): 1 103-1 113.
CHEN Ruiqi, LI Huajing. Research on the evolution path of green agricultural entrepreneurship ecosystems based on event system theory: take new hope group as an example[J]. Chinese Journal of Management, 2022, 19(8): 1 103-1 113.
- [12] 周欢,张培颖,黄晓怡,等. 事件系统视角下网络舆情态势感知研究[J]. 情报杂志, 2024, 43(2): 135-142.
ZHOU Huan, ZHANG Peiying, HUANG Xiaoyi, et al. Research on the perception of online public opinion situation from

the perspective of event system[J]. Journal of Intelligence, 2024, 43(2): 135–142.

- [13] 金笑. 基于在线评论的顾客关键需求识别研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2021.
JIN Xiao. Research on Identification of customer key requirements based on online reviews[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2021.
- [14] TIAN Zhangpeng, LIANG Heming, NIE Ruxin, et al. Data-driven multi-criteria decision support method for electric vehicle selection[J]. Computers & Industrial Engineering, 2023, 177: DOI:10.1016/j.cie.2023.109061.
- [15] 徐健锋, 何宇凡, 汤涛, 等. 概率粗糙集三支决策在线快速计算算法研究[J]. 智能系统学报, 2018, 13(5): 741–750.
XU Jianfeng, HE Yufan, TANG Tao, et al. Research on a fast online computing algorithm based on three-way decisions with probabilistic rough sets[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2018, 13(5): 741–750.
- [16] 杜俊良, 刘思峰, 刘勇, 等. 基于三支决策的灰色可能度聚类方法及应用[J]. 运筹与管理, 2024, 33(1): 23–28.
DU Junliang, LIU Sifeng, LIU Yong, et al. Three-way decision based grey possibility clustering approach and its application[J]. Operations Research and Management Science, 2024, 33(1): 23–28.
- [17] 汤国林, 杨文栋, 刘培德. 基于区间二型模糊决策粗糙集的三支决策方法[J]. 控制与决策, 2022, 37(5): 1 347–1 356.
TANG Guolin, YANG Wendong, LIU Peide. Three-way decisions based on decision-theoretic rough sets with interval type-2 fuzzy information[J]. Control and Decision, 2022, 37(5): 1 347–1 356.
- [18] ZHANG Xianrong, CHEN Jiang. Three-way quantitative models and three-way issue reductions of conflict analysis[J]. Information Sciences, 2025, 701: DOI:10.1016/j.ins.2024.121846.
- [19] JIA Fan, LIU Peide. A novel three-way decision model under multiple-criteria environment [J]. Information Sciences, 2019, 471: 29–51.
- [20] 河南郑州“7·20”特大暴雨灾害调查报告公布[EB/OL]. (2022-01-21). http://www.news.cn/2022-01/21/c_1128287291.htm.
- [21] SHANNON C. A mathematical theory of communication[J]. Bell System Technical Journal, 1948, 5(1): 3–55.
- [22] 刘逸伦, 黄微, 卢国强. 基于 AHPSort II 的突发事件网络舆情群体极化风险评估研究[J]. 现代情报, 2024, 44(5): 107–122.
LIU Yilun, HUANG Wei, LU Guoqiang. Research on group polarization risk assessment of network public opinion in emergencies[J]. Journal of Modern Information, 2024, 44(5): 107–122.
- [23] 江长斌, 徐紫琪, 王宏宇, 等. 基于熵权 TOPSIS 法的高校师德师风类网络舆情风险评估预警研究[J]. 情报科学, 2024, 42(6): 113–120.
JIANG Changbin, XU Ziqi, WANG Hongyu, et al. Risk assessment and early warning of network public opinion related to the ethics and conduct of university faculty based on entropy weight TOPSIS method[J]. Information Science, 2024, 42(6): 113–120.
- [24] 武慧娟, 张海涛, 王尽晖, 等. 基于熵权法的网络舆情预警模糊综合评价模型研究[J]. 情报科学, 2018, 36(7): 58–61.
WU Huijuan, ZHANG Haitao, WANG Jinhui, et al. Research on the fuzzy comprehensive evaluation model of online public opinion pre-warning based on entropy weight method[J]. Information Science, 2018, 36(7): 58–61.

作者简介: 聂如欣 (1992—), 女, 吉林长春人, 博士, 讲师, 硕士生导师, 主要从事数据挖掘与智能决策、应急决策、舆情分析等方面的研究。E-mail: rx_nie@cumt.edu.cn。

