

基于犹豫模糊集的网络舆情突发事件应急群决策方法^①



童玉珍, 王应明

(福州大学 经济与管理学院, 福州 350108)
通讯作者: 童玉珍, E-mail: 576856545@qq.com

摘要: 考虑决策者在时间紧急及信息不完备的情况下给出评估值时可能会出现犹豫不决的情况, 提出基于犹豫模糊集的网络舆情突发事件应急群决策法. 首先, 通过犹豫模糊信息熵及交叉熵建立各评价指标的权重确定模型; 其次, 利用犹豫模糊加权平均算子及得分函数计算各突发事件评价指标的犹豫模糊评估值得分; 然后结合各评价指标的权重值及评估值得分, 计算出各网络舆情突发事件综合危害性得分, 进而辅助应急部门确定各网络舆情突发事件的处置顺序; 最后通过案例分析证明了方法的有效性.

关键词: 网络舆情突发事件; 犹豫模糊集; 犹豫模糊熵; 得分函数; 犹豫模糊加权平均算子

引用格式: 童玉珍, 王应明. 基于犹豫模糊集的网络舆情突发事件应急群决策方法. 计算机系统应用, 2019, 28(9): 9-17. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/7068.html>

Emergency Group Decision Making Method for Internet Public Opinion Outbreak Based on Hesitant Fuzzy Sets

TONG Yu-Zhen, WANG Ying-Ming

(School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: Considering that decision maker may hesitate to give the assessed value in the scenario of time urgency and incomplete information, the emergency group decision making method of internet public opinion outbreak based on hesitant fuzzy set is proposed. Firstly, the weight determination model of each evaluation index is established by hesitant fuzzy information entropy and cross entropy. Secondly, the HFWA and score function are used to calculate the evaluation score of each evaluation index. Then, using the weight value and evaluation score of each index to calculate comprehensive harmfulness score of internet public opinion emergency to assist emergency departments to determine the disposal order. Finally, the effectiveness of the proposed method is proved by a case study.

Key words: Internet public opinion outbreak; hesitant fuzzy sets; hesitant fuzzy entropy; score function; HFWA

1 引言

据 CNNIC 的数据显示, 截至 2018 年 6 月, 中国网民规模达 8.02 亿, 而微博作为社交媒体其使用率已达 40.9%, 其中新浪微博月活跃用户已经达到了 3.76 亿, 每十分钟更新一次的话题对于网络舆论热点有着深度的影响. 庞大的中国网民数量, 也加快了网络舆论

的发酵、传播和扩散速度, 政府部门也必将网络舆情的治理与管控放在了重点工作位置之上. 网络舆情突发事件^[1]是通过网络舆情的演化而导致在现实中触发突发事件, 是一种非常规突发事件. 针对网络舆情突发事件, 黄星等^[1]、曾润喜^[2]构建了预警指标体系, 为应急决策机构有效控制舆情风险和科学应对突发事件提

^① 基金项目: 国家自然科学基金 (61773123)

收稿时间: 2019-03-02; 修改时间: 2019-03-29; 采用时间: 2019-04-04; csa 在线出版时间: 2019-09-05

供依据;马哲坤、涂艳^[3]提出一种新的方法让检测者能及时地检测与捕捉网络舆情突发热点话题及内容;Liu等^[4]、周凤丽和伍永豪^[5]研究了网络突发事件中舆情的演变机制和信息监督,并探讨了网络社会事务信息监管措施对民意演变过程的影响;曹学艳等^[6]将突发事件应对等级引入网络舆情热量表,使评价指标更加完善、科学;李磊等^[7]提出一种改进的共现分析方法,以提高对网络舆情信息精炼和概括的效率;Zhang等^[8]提出一个模型来描述谣言传播和紧急事态发展之间的相互作用,并据此提出紧急情况下有助于谣言管理的策略;Xu等^[9]建立了一个耦合模型来描述突发事件中政府公报与谣言传播之间的相互作用;Zhao等^[10]对权威媒体、谣言传播与突发事件演变的相互作用机制进行了探讨;Shan和Lin^[11]根据突发事件信息在互联网上的传播和传播特点,建立了基于信息熵方法的突发事件信息传播模型;Liu等^[12]通过分析社交网络中突发事件的信息特征,提出一种社会网络突发事件信息传播的随机博弈模型;张一文等^[13]通过建立指标体系衡量网络舆情突发事件的热度,为政府舆论控制及制定应对措施提供依据。

基于以上分析,首先目前大多数学者侧重于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,对于网络舆情突发事件的应急群决策法的研究则较少。在现实生活中,某地可能会同时爆发多个网络舆情突发事件,这时需要各应急决策专家及时对各网络舆情突发事件的危害性进行评估,进而用有限的应急资源去优先处理危害性最高的网络舆情突发事件。此外,在运用熵权法确定属性权重的过程中,大多数文献如文献[14-17]等都是运用信息熵来构建属性权重确定模型,目前对于同时运用信息熵及交叉熵构建权重模型的研究较少,而同时利用信息熵及交叉熵求得的属性权重更能减少原始信息的损失,更具科学性与合理性。基于以上两点分析,本文将考虑在时间紧急且在各类信息不完备的情况下,各应急决策专家在对评价指标进行评估时可能会出现犹豫不决的情况,提出基于犹豫模糊集的网络舆情突发事件应急群决策法:首先根据各决策专家给出的犹豫模糊评估值,建立犹豫模糊评价矩阵,并运用犹豫模糊信息熵及交叉熵构建各评价指标的确定模型;其次采用犹豫模糊加权平均算子(HFWA)及得分函数计算各网络舆情突发事件中各评估指标的得分;然后获得各网络舆情突发事件关于

各评估指标的综合危险性得分,进而为应急部门确定网络舆情突发事件的处置顺序提供合理依据;最后通过案例分析验证所提出方法的有效性及其科学性。

本文的基本框架如下:第2节回顾犹豫模糊集的相关概念、运算以及评估等级的划分方法;第3节构建基于犹豫模糊环境下的网络舆情突发事件应急群决策模型,提出评价指标权重确定模型及网络舆情突发事件综合危害性得分的计算方法;第4节运用一个实例去验算所提出方法的有效性,并进行对比分析;第5节对全文进行总结。

2 预备知识

本节将回顾犹豫模糊集的基本概念、运算法则、加权平均算子、得分函数、信息熵及交叉熵以及基于犹豫模糊集的评估等级划分方法。

2.1 犹豫模糊集

定义1^[18]. 设 X 是一个给定的有限集合,则称 $E = \{ \langle x, h_E(x) \rangle | x \in X \}$ 为犹豫模糊集,其中 $h_E(x)$ 表示 x 属于集合 X 的可能隶属度,是区间 $[0, 1]$ 的子集。

定义2^[19]. 设 h, h_1, h_2 是三个犹豫模糊元,则它们的基本运算如下(其中 α 是一个常数):

- (1) $h_1 \cap h_2 = \bigcup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \{ \min(\gamma_1, \gamma_2) \}$;
- (2) $h_1 \cup h_2 = \bigcup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \{ \max(\gamma_1, \gamma_2) \}$;
- (3) $h_1 \oplus h_2 = \bigcup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \{ \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_1 \gamma_2 \}$;
- (4) $h_1 \otimes h_2 = \bigcup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2} \{ \gamma_1 \gamma_2 \}$.

定义3^[19]. $h_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 是一组犹豫模糊元,犹豫模糊加权平均算子 $H^n \rightarrow H$ 的操作是 $H^n \rightarrow H$ 的映射,具体运算如下:

$$HFWA(h_1, h_2, \dots, h_n) = \bigcup_{\gamma_1 \in h_1, \gamma_2 \in h_2, \dots, \gamma_n \in h_n} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^n (w_j h_j)}{1 - \prod_{j=1}^n (1 - \gamma_j)^{w_j}} \right\} \quad (1)$$

其中, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 是 $h_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 的权重向量, $w_j > 0, \sum_{j=1}^n w_j = 1$.

定义4^[19]. 对于一个犹豫模糊数 h ,它的得分函数定义如下:

$$s(h) = \frac{1}{*h} \sum_{\gamma \in h} \gamma \quad (2)$$

其中, $*h$ 是犹豫模糊集 h 中元素的个数。若 $s(h_1) > s(h_2)$,则有 $h_1 > h_2$;若 $s(h_1) = s(h_2)$,则有 $h_1 = h_2$ 。

定义 5^[20]. 假设 β 是一个任意犹豫模糊数, 那么 β 的犹豫模糊熵定义如下:

$$E(\beta) = 1 - \frac{2}{lT} \sum_{i=0}^l (((1 + q\beta^{\sigma(i)}) \ln(1 + q\beta^{\sigma(i)}) + (1 + q(1 - q\beta^{\sigma(l-i+1)})) \ln(1 + q(1 - q(1 - \beta^{\sigma(l-i+1)})))) / 2 - (2 + q\beta^{\sigma(i)} + q(1 - q\beta^{\sigma(l-i+1)})) / 2 \times \ln(2 + q\beta^{\sigma(i)} + q(1 - q\beta^{\sigma(l-i+1)})) / 2) \quad (3)$$

其中, $\beta h^{\sigma(i)}$ 表示犹豫模糊数 β 中第 i 大的元素, $q > 0$ 且 $T = (1 + q) \ln(1 + q)(\ln(2 + q) - \ln 2) - (2 + q)$ 可以证明犹豫模糊熵 $E(\beta)$ 满足如下性质:

性质 1. $E(\beta) = 0$, 当且仅当 $\beta = 0$ 或 $\beta = 1$.

性质 2. 当且仅当 $\beta^{\sigma(i)} + \beta^{\sigma(l-i+1)} = 1, i = 1, 2, \dots, l$ 时, 有:

$$C(\alpha, \beta) = \frac{1}{lT} \sum_{i=1}^l \left(\frac{(1 + q\alpha_{\sigma(i)}) \ln(1 + q\alpha_{\sigma(i)}) + (1 + q\beta_{\sigma(i)}) \ln(1 + q\beta_{\sigma(i)})}{2} - \frac{2 + q\alpha_{\sigma(i)} + q\beta_{\sigma(i)}}{2} \ln \frac{2 + q\alpha_{\sigma(i)} + q\beta_{\sigma(i)}}{2} + \frac{(1 + q(1 - \alpha_{\sigma(l-i+1)}) \ln(1 + q(1 - \alpha_{\sigma(l-i+1)}))}{2} + \frac{(1 + q(1 - \beta_{\sigma(l-i+1)}) \ln(1 + q(1 - \beta_{\sigma(l-i+1)}))}{2} - \frac{2 + q(1 - \alpha_{\sigma(l-i+1)} + 1 - \beta_{\sigma(l-i+1)})}{2} \times \ln \frac{2 + q(1 - \alpha_{\sigma(l-i+1)} + 1 - \beta_{\sigma(l-i+1)})}{2} \right), \quad q > 0 \quad (4)$$

为犹豫模糊数 α, β 的交叉熵, 其中 $T = (1 + q) \times \ln(1 + q) - (2 + q)(\ln(2 + q) - \ln 2), q > 0$. 可以证明犹豫模糊交叉熵满足以下两个公理化条件:

(1) $C(\alpha, \beta) \geq 0$;

(2) $C(\alpha, \beta) = 0 \Leftrightarrow \alpha_{\sigma(i)} = \beta_{\sigma(i)}, \forall i = 1, 2, \dots, l$.

2.2 评估等级的划分

在对若干个评估对象进行评估之前, 需要合理、科学地划分评估等级. 本文基于犹豫模糊集, 将所有可能评估结果的汇总表示为 $h_E(x) = \{h_1(x), h_2(x), \dots, h_n(x)\}$, $h_i(x) (i = 1, 2, \dots, n)$ 表示为在定义的 n 种评估等级中的第 i 种可能的评估结果. 在信息不完备以及时间紧急的情况下, 允许专家在出现犹豫不决的情况, 并且允许对评估对象给出多个评估值, 这不仅避免了决策信息的丢失, 同时也更符合人们处理实际问题的客观要求^[21].

3 犹豫模糊环境下的网络舆情突发事件应急群决策模型构建

3.1 问题描述

假设某城市在同一时间爆发了多个网络舆情突发事件 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, 因该城市应急资源有限, 因此需优先处理综合危害性最高的突发事件, 再依序处理剩余突发事件. 假设应急部门选择了 m 个评价指标 $c =$

性质 3. 若 $\beta_1^{\sigma(i)} \leq \beta_2^{\sigma(i)}, \beta_2^{\sigma(i)} + \beta_2^{\sigma(l-i+1)} \leq 1$ 或 $\beta_1^{\sigma(i)} \geq \beta_2^{\sigma(i)}, \beta_2^{\sigma(i)} + \beta_2^{\sigma(l-i+1)} \geq 1, i = 1, 2, \dots, l$ 则有 $E(\beta_1) \leq E(\beta_2)$.

性质 4. $E(\beta) = E(\beta^c)$.

定义 6^[20] 设 α, β 是任意两个犹豫模糊数, 则称:

$\{c_1, c_2, \dots, c_m\}$, 且各评价指标的权重 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 未知; 为了让评价结果的科学性更高, 挑选具有专业差异的应急决策专家组成应急决策专家组 $d = \{d_1, d_2, \dots, d_l\}$, 各专家对应急决策影响的权重 $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_l\}, \sum_{k=1}^l \lambda_k = 1, \lambda_k \in [0, 1]$ 已知; 设 $h_E(x) = \{h_1(x), h_2(x), \dots, h_n(x)\}$ 为所有评估结果的汇总, 由于网络舆情突发事件的突发性和紧急性, 各决策专家受时间压力以及对事件信息掌握的不全面、不准确, 因此给出评价值时可能出现犹豫不决的情况, 若第 k 位决策专家对第 i 个事件的第 j 个评价指标进行打分时对 $h_E(x)$ 中 s 个评估等级犹豫不决, 则第 k 位决策专家在第 i 个事件的第 j 个评价指标的犹豫评估集可表示为 $h_{ij}^k = H\{y_{ij}^1, y_{ij}^2, \dots, y_{ij}^s\}$; 第 k 位决策专家的所有犹豫模糊评估集可以组成犹豫模糊评估决策矩阵 $R^k = (h_{ij}^k)_{n \times m}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$.

3.2 指标的选择

文献[13]将非常规突发事件的特点概括为 5 点: 爆发性、特殊性、环境复杂性、群体扩散性、演变不确定性, 同时网络舆情突发事件也有自身的如突发性、严重危害性、应急管理综合性等特点, 本文根据对非常规突发事件以及网路舆情突发事件的特点, 在文献[1, 13]中选取了舆情事件广度、敏感度、易爆度、扩散速度、可能持续时间、次生灾害发生可能性这

7个评价指标,以上指标不仅在文献[1,13]中所构建的评价指标体系中具有较高的权重,同时这些指标也能较为充分、全面地体现网络舆情突发事件的特征,使得评价结果更具合理性与科学性。

3.3 指标权重的确定

信息熵描述的是信息的不确定程度,若网络舆情突发事件的某一应急决策指标的熵值越小,则该评价指标所包含的信息越多,那么该指标在全局指标中也越重要,应赋予更大的权重值;若某一项决策指标上的交叉熵越大,则表示在该项指标上所有舆情事件的评价差异越大,那么该指标的重要性也越大,也应赋予更大的权重值.因此本文将采用各评价指标的评价值计算其信息熵及交叉信息熵,可以更加科学地计算出各评价指标的重要性程度,尽量避免人为赋权所带来的影响,让各评价指标最终所被赋予的权重更加合理且更加符合客观实际。

本文将运用犹豫模糊的信息熵及其交叉熵建立相应的指标权重模型,其具体计算步骤如下:

Step 1. 第 k 个应急决策专家在网络舆情突发事件 X_i 的评价指标 c_j 下的评价值由犹豫模糊数 h_{ij}^k 表示。

Step 2. 运用式 (3), 计算各评价指标的信息熵 $E(h_{ij}^k)$, 那么各决策专家在所有网络舆情突发事件中的评价指标 c_j 下的综合信息熵可表示为 $\sum_{k=1}^l \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n E(h_{ij}^k))$, 其中, $\frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n E(h_{ij}^k))$ 为决策者 d_k 认为所有网络舆情突发事件在应急决策指标 c_j 下的平均信息熵。

Step 3. 运用式 (4), 计算评价指标 c_j 的全局犹豫模糊交叉熵, 将所有网络舆情突发事件在评价指标 c_j 下的综合平均犹豫模糊交叉熵相加可以得到: $\sum_{k=1}^l \frac{1}{n} [\frac{1}{n-1} \sum_{l=1, l \neq i}^n C(h_{ij}^k, h_{ij}^k)]$. 它表示的是所有网络舆情事件在决策指标 c_j 下的平均差异度, 其中 $\frac{1}{n-1} \sum_{l=1, l \neq i}^n C(h_{ij}^k, h_{ij}^k)$ 表示第 k 个决策专家认为第 i 个网络舆情突发事件与剩下所有网络舆情突发事件在评价指标 c_j 下的平均犹豫模糊交叉熵。

Step 4. 由犹豫模糊信息熵及交叉熵理论可知, 评价指标 c_j 平均犹豫模糊信息交叉熵越大, 该指标应赋予较大的权重值; 若评价指标 c_j 的犹豫模糊信息熵越小, 则该指标应被赋予更大的权重值. 综合以上分析, 可以得到如下评价指标权重优化模型:

$$\begin{cases} \max H(w) = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(\frac{1}{n-1} \sum_{l=1, l \neq i}^n C(h_{ij}^k, h_{ij}^k) + (1 - E(h_{ij}^k))w_j)] \\ \sum_{j=1}^m w_j^2 = 1, 0 \leq w_j \leq 1 \end{cases} \quad (5)$$

求解该模型, 并进行归一化处理, 可以得到各决策指标的标准权重如下:

$$w_j = \frac{\sum_{k=1}^l \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(\frac{1}{n-1} \sum_{l=1, l \neq i}^n C(h_{ij}^k, h_{ij}^k) + (1 - E(h_{ij}^k))w_j)]}{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(\frac{1}{n-1} \sum_{l=1, l \neq i}^n C(h_{ij}^k, h_{ij}^k) + (1 - E(h_{ij}^k))w_j)]} \quad (6)$$

显然它满足 $\sum_{j=1}^m w_j = 1, 0 \leq w_j \leq 1$.

Step 5. 根据应急决策专家对决策影响大小的权重 $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_l\}$, 对所得到的权重作进一步的修正:

$$w_j = \frac{\sum_{k=1}^l \lambda_k \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(\frac{1}{n-1} \sum_{l=1, l \neq i}^n C(h_{ij}^k, h_{ij}^k) + (1 - E(h_{ij}^k))w_j)]}{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l \lambda_k \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(\frac{1}{n-1} \sum_{l=1, l \neq i}^n C(h_{ij}^k, h_{ij}^k) + (1 - E(h_{ij}^k))w_j)]} \quad (7)$$

Step 6. 最后得到各评价指标的权重集合 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$.

3.4 计算各网络舆情突发事件的综合危害得分

各网络舆情突发事件的综合危害得分的计算步骤如下:

Step 1. 运用式 (1) 得到各决策专家在网络舆情突发事件 X_i 的评价指标 c_j 下的犹豫模糊评价的加权平均算子, 即将各决策专家在同一网络突发舆情事件的同一评价指标下的犹豫模糊评估值进行集成. 令 $H_{ij}^k = \{h_{ij}^1, h_{ij}^2, \dots, h_{ij}^l\}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$ 为所有决策专家在决策专家在第 i 个突发事件的第 j 个评价指标的犹豫模糊评估集, 则 H_{ij}^k 的犹豫模糊加权平均算子可以表示为:

$$\begin{aligned} H_{ij} &= HFWA(h_{ij}^1, h_{ij}^2, \dots, h_{ij}^l) = \bigoplus_{k=1}^l (\lambda_k h_{ij}^k) \\ &= \bigcup_{y_{ij}^1 \in h_{ij}^1, y_{ij}^2 \in h_{ij}^2, \dots, y_{ij}^l \in h_{ij}^l} \left\{ 1 - \prod_{k=1}^l (1 - y_{ij}^k)^{\lambda_k} \right\} \end{aligned}$$

其中, $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$.

Step 2. 运用式 (2) 计算各网络舆情突发事件中的各评价指标的犹豫模糊评估分值 $S(H_{ij}), i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$.

Step 3. 令 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\} = \{S(H_{i1}), S(H_{i2}), \dots, S(H_{im})\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ 为某一突发事件各评价指标的评估分值的集合, 结合 2.2 节中已求得各评价指标的权重集合 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 可计算各网络舆情突发事件的综合危害评估分值 $S(X_i) = \{S(X_{i1}), S(X_{i2}), \dots, S(X_{in})\}$, $i = 1, 2, \dots, n$:

$$S(X_i) = W * Y = (w_1, w_2, \dots, w_m) \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{pmatrix} \quad (8)$$

Step 4. 最后根据各网络舆情突发事件的综合评估分值对其综合危害性的高低进行排序, 进而为政府应急部门的确定处理顺序提供合理依据.

4 实证研究

4.1 问题描述

城市 A 的网络舆情监测站点监测到可能爆发的 4 个网络舆情突发事件 $X = \{X_1, X_2, X_3, X_4\}$, 因该地区应急资源有限, 需优先处置综合危害性最高的突发事件, 再依序处理剩余事件. 为评估各网络舆情突发事件的综合危害性, 本文根据文献[1,13]突发事件的广度、敏感度、易爆度、扩散速度、可能持续时间、次生灾害

发生作为评价指标; 选取 3 个应急决策专家 $d = \{d_1, d_2, d_3\}$ 组成应急决策委员会, 其权重为 $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3\} = (0.3, 0.35, 0.35)$.

由于各决策专家受时间压力以及对舆情事件各信息掌握的不全面、不准确, 往往难以及时地对各指标给出精确的评估值, 因此允许各专家对决策指标给出一个或多个评价. 本文选取区间 $[0, 1]$ 的等分评估等级, 即 $h_E(x) = \{0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1\}$, 决策者在某一评价指标上给的评估分值越大, 说明该评价指标的危险性越高. 对于各网络舆情突发事件最终综合危害性的评定, 本文采用综合危害性“很高”、“高”、“中等”、“低”、“很低”5 个等级进行评定, 最终得到的综合评估分值 $S(X_i) = \{S(X_{i1}), S(X_{i2}), \dots, S(X_{in})\}$ 所对应的等级见表 1.

表 1 综合危害评估分值对应的等级标准

综合危害评估分值	[0.8, 1]	[0.6, 0.8]	[0.4, 0.6]	[0.2, 0.4]	[0, 0.2]
综合危害等级评定	很高	高	中等	低	很低

4.2 确定犹豫模糊评价矩阵

根据给定的评估等级, 邀请 3 位决策专家对可能爆发的 4 个网络舆情突发事件的 6 个评价指标给出相应的评价值, 如表 2、表 3、表 4 所示.

表 2 第一位决策专家对各舆情事件的犹豫模糊评价

	舆情事件广度	舆情事件敏感度	舆情事件易爆度	舆情事件扩散速度	舆情事件可能持续时间	舆情事件次生灾害发生
舆情事件 1	{0.7}	{0.3, 0.4}	{0.9}	{0.6}	{0.1, 0.2}	{0.7}
舆情事件 2	{0.8}	{0.1, 0.2}	{0.3}	{0.6, 0.8}	{0.5}	{0.7, 0.8}
舆情事件 3	{0.3, 0.4}	{0.8}	{0.5, 0.6}	{0.8}	{0.4, 0.5}	{0.2}
舆情事件 4	{0.5, 0.6}	{0.6, 0.7}	{0.7, 0.8}	{0.5}	{0.3, 0.4}	{0.5}

表 3 第二位决策专家对各舆情事件的犹豫模糊评价

	舆情事件广度	舆情事件敏感度	舆情事件易爆度	舆情事件扩散速度	舆情事件可能持续时间	舆情事件次生灾害发生
舆情事件 1	{0.8}	{0.3}	{0.7, 0.8}	{0.1}	{0.5, 0.7}	{0.7}
舆情事件 2	{0.1, 0.2}	{0.5, 0.6}	{0.8}	{0.3, 0.4}	{0.7, 0.8}	{0.3}
舆情事件 3	{0.3}	{0.6}	{0.8}	{0.5, 0.6}	{0.3, 0.4}	{0.4, 0.5}
舆情事件 4	{0.7, 0.8}	{0.4, 0.5}	{0.5, 0.6}	{0.8}	{0.3}	{0.7, 0.8}

表 4 第三位决策专家对各舆情事件的犹豫模糊评价

	舆情事件广度	舆情事件敏感度	舆情事件易爆度	舆情事件扩散速度	舆情事件可能持续时间	舆情事件次生灾害发生
舆情事件 1	{0.1, 0.2}	{0.7}	{0.1, 0.2}	{0.5}	{0.9}	{0.3}
舆情事件 2	{0.6, 0.7}	{0.5, 0.6}	{0.4}	{0.2, 0.4}	{0.7, 0.8}	{0.5, 0.6}
舆情事件 3	{0.8}	{0.4, 0.5}	{0.6}	{0.1, 0.2}	{0.6, 0.7}	{0.6}
舆情事件 4	{0.3, 0.4}	{0.7}	{0.5, 0.6}	{0.7, 0.8}	{0.8}	{0.3, 0.4}

为了方便计算, Xu 等^[20]提出了犹豫模糊数的拓展规则, 在元素个数少的犹豫模糊数中添加元素, 使得每一

个犹豫模糊数的元素数目相同, 据此可得到 3 位决策专家关于评价各网络舆情突发事件的犹豫模糊评价矩阵:

$$R^1 = \begin{bmatrix} \{0.7, 0.7\} \{0.3, 0.4\} \{0.9, 0.9\} \{0.6, 0.6\} \{0.1, 0.2\} \{0.7, 0.7\} \\ \{0.8, 0.8\} \{0.1, 0.2\} \{0.3, 0.3\} \{0.6, 0.8\} \{0.5, 0.5\} \{0.7, 0.8\} \\ \{0.3, 0.4\} \{0.8, 0.8\} \{0.5, 0.6\} \{0.8, 0.8\} \{0.4, 0.5\} \{0.2, 0.2\} \\ \{0.5, 0.6\} \{0.6, 0.7\} \{0.7, 0.8\} \{0.5, 0.5\} \{0.3, 0.4\} \{0.5, 0.5\} \end{bmatrix}$$

$$R^2 = \begin{bmatrix} \{0.8, 0.8\} \{0.3, 0.3\} \{0.7, 0.8\} \{0.1, 0.1\} \{0.5, 0.7\} \{0.7, 0.7\} \\ \{0.1, 0.2\} \{0.5, 0.6\} \{0.8, 0.8\} \{0.3, 0.4\} \{0.7, 0.8\} \{0.3, 0.3\} \\ \{0.3, 0.3\} \{0.6, 0.6\} \{0.8, 0.8\} \{0.5, 0.6\} \{0.3, 0.4\} \{0.4, 0.5\} \\ \{0.7, 0.8\} \{0.4, 0.5\} \{0.5, 0.6\} \{0.8, 0.8\} \{0.3, 0.3\} \{0.7, 0.8\} \end{bmatrix}$$

$$R^3 = \begin{bmatrix} \{0.1, 0.2\} \{0.7, 0.7\} \{0.1, 0.2\} \{0.5, 0.5\} \{0.9, 0.9\} \{0.3, 0.3\} \\ \{0.6, 0.7\} \{0.5, 0.6\} \{0.4, 0.4\} \{0.2, 0.4\} \{0.7, 0.8\} \{0.5, 0.6\} \\ \{0.8, 0.8\} \{0.4, 0.5\} \{0.6, 0.6\} \{0.1, 0.2\} \{0.6, 0.7\} \{0.6, 0.6\} \\ \{0.3, 0.4\} \{0.7, 0.7\} \{0.5, 0.6\} \{0.7, 0.8\} \{0.8, 0.8\} \{0.3, 0.4\} \end{bmatrix}$$

4.3 确定各评价指标权重

Step 1. 由 4.2 可得决策专家的犹豫模糊评价矩阵 R^1 、 R^2 、 R^3 .

Step 2. 运用式 (3), 计算各应急决策指标的信息熵, 然后计算出各网络舆情突发事件在各评价指标下的平均信息熵, 计算结果如表 5、表 6 所示.

表 5 决策专家 d_k 在不同决策指标上评估值的信息熵

决策专家 1	舆情广度 信息熵	舆情敏感度 信息熵	舆情易爆度 信息熵	舆情扩散速 度信息熵	舆情可能持续 时间信息熵	舆情次生灾害 发生信息熵
舆情事件 1	0.8461	0.9134	0.3709	0.9617	0.5203	0.8461
舆情事件 2	0.6506	0.5203	0.8461	0.8444	1	0.7579
舆情事件 3	0.9134	0.6506	0.9904	0.6506	0.9904	0.8036
舆情事件 4	0.9904	0.9134	0.7579	1	0.9134	1
决策专家 2	舆情广度 信息熵	舆情敏感度 信息熵	舆情易爆度 信息熵	舆情扩散速 度信息熵	舆情可能持续 时间信息熵	舆情次生灾害 发生信息熵
舆情事件 1	0.6506	0.8461	0.7579	0.3709	0.9783	0.8461
舆情事件 2	0.5203	0.9904	0.5217	0.9134	0.7579	0.8461
舆情事件 3	0.8461	0.9617	0.6506	0.9904	0.8047	0.9904
舆情事件 4	0.7579	0.9904	0.9904	0.6506	0.8461	0.7579
决策专家 3	舆情广度 信息熵	舆情敏感度 信息熵	舆情易爆度 信息熵	舆情扩散速 度信息熵	舆情可能持续 时间信息熵	舆情次生灾害 发生信息熵
舆情事件 1	0.5203	0.8461	0.5203	1	0.3709	0.9136
舆情事件 2	0.9134	0.9904	0.9617	0.8816	0.7579	0.9904
舆情事件 3	0.6506	0.9904	0.9617	0.5203	0.9134	0.9617
舆情事件 4	0.9134	0.8461	0.9904	0.7579	0.5217	0.9134

表 6 决策专家 d_k 在同一决策指标评估值上的平均信息熵

	舆情广度 平均信息熵	舆情敏感度 平均信息熵	舆情易爆度 平均信息熵	舆情扩散速 度平均信息熵	舆情可能持续 时间平均信息熵	舆情次生灾害 发生平均信息熵
决策者专家 1	0.8501	0.7494	0.7413	0.8641	0.8561	0.8519
决策者专家 2	0.6937	0.9471	0.7301	0.7313	0.8467	0.8601
决策者专家 3	0.7494	0.9182	0.8585	0.7899	0.6409	0.9447

Step 3. 运用式 (4), 计算各网络舆情突发事件关于各评价指标的全局犹豫模糊交叉熵, 然后计算出平均犹豫模糊交叉熵, 计算结果如表 7 所示.

Step 4. 运用式 (6), 计算得到各评价指标的初始权重 $W=(0.2311, 0.1420, 0.1761, 0.1858, 0.2010, 0.1465)$.

Step 5. 根据决策专家对应急决策影响大小的权重 $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3\} = (0.3, 0.35, 0.35)$, 运用式 (7) 对各评价指标的初始权重作进一步的修正.

Step 6. 最后得到各评价指标的权重集合 $W=(0.2050, 0.1171, 0.1931, 0.1822, 0.1974, 0.1052)$

表7 各决策指标平均交叉熵

	舆情广度平均 信息交叉熵	舆情敏感度平均 信息交叉熵	舆情易爆度平均 信息交叉熵	舆情扩散速度平均 信息交叉熵	舆情可能持续时间 平均信息交叉熵	舆情次生灾害发生 平均信息交叉熵
决策者专家 1	0.038 45	0.062 48	0.053 38	0.036 25	0.050 38	0.040 12
决策者专家 2	0.055 84	0.036 41	0.061 29	0.057 18	0.053 49	0.035 89
决策者专家 3	0.051 95	0.032 41	0.037 96	0.051 09	0.063 87	0.031 75

4.4 计算各网络舆情突发事件的综合危害得分

Step 1. 各决策专家对应急决策影响大小的权重 $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3\} = (0.3, 0.35, 0.35)$ 已知, 运用式 (1), 对三

$$\begin{aligned}
 H_{21}^k &= HFWA(h_{21}^1, h_{21}^2, h_{21}^3) = HFWA(\{0.8, 0.8\}, \{0.1, 0.2\}, \{0.6, 0.7\}) = \bigoplus_{k=1}^2 (\lambda_k h_{21}^k) \\
 &= \bigcup_{y_{21}^1 \in h_{21}^1, y_{21}^2 \in h_{21}^2, y_{21}^3 \in h_{21}^3} \left\{ 1 - \prod_{k=1}^3 (1 - y_{21}^k)^{\lambda_k} \right\} = \bigcup_{y_{21}^1 \in h_{21}^1, y_{21}^2 \in h_{21}^2, y_{21}^3 \in h_{21}^3} \left\{ 1 - (1 - h_{21}^1)^{0.3} (1 - h_{21}^2)^{0.35} (1 - h_{21}^3)^{0.35} \right\} \\
 &= \{0.5685, 0.6255, 0.6098, 0.5858, 0.5684, 0.5858, 0.6098, 0.6255\}
 \end{aligned}$$

同理可求得剩余评价指标的加权平均集成算子。

Step 2. 运用式 (2), 计算得到各决策指标的评估分值, 结果如表 8 所示。

Step 3. 运用式 (8), 计算得到各网络舆情突发事件的综合危害评估分值, 以网络舆情突发事件 1 为例, 其

位决策专家在同一舆情事件中的同一评价指标的犹豫模糊评估值进行集成。以三位决策专家在第二个网络舆情事件中的第一个评价指标舆情广度为例

各评价指标的得分为 $\{0.617\ 63, 0.491\ 39, 0.710\ 00, 0.425\ 56, 0.685\ 91, 0.606\ 76\}$, 那么网络舆情突发事件 1 的综合危害评估最终得分:

$$\begin{aligned}
 S(X_1) &= 0.617\ 63 \times 0.2050 + 0.491\ 39 \times 0.1171 \\
 &\quad + 0.7100 \times 0.1931 + 0.4256 \times 0.1822 + 0.685\ 91 \\
 &\quad \times 0.1974 + 0.606\ 76 \times 0.1052 = 0.598\ 01
 \end{aligned}$$

表8 各舆情事件中不同决策指标的评估得分

	舆情关注度 评估得分	舆情敏感度 评估得分	舆情易爆度 评估得分	舆情扩散速度 评估得分	舆情可能持续 时间评估得分	舆情次生灾害 发生评估得分
舆情事件 1	0.617 63	0.491 39	0.7100	0.425 56	0.685 91	0.606 76
舆情事件 2	0.597 43	0.457 13	0.613 17	0.485 15	0.695 04	0.562 15
舆情事件 3	0.558 68	0.117 07	0.193 06	0.182 25	0.197 39	0.105 24
舆情事件 4	0.586 10	0.612 75	0.625 41	0.716 65	0.600 95	0.572 25

同理可得所有网络舆情突发事件综合危害评估得分, 如表 9 所示。

表9 网络舆情突发事件综合危害评估得分

事件名称	舆情事件 1	舆情事件 2	舆情事件 3	舆情事件 4
最终得分	0.598 01	0.579 13	0.566 29	0.622 08

Step 4. 根据各网络舆情突发事件的综合危害评估分值, 对各网络舆情突发事件综合危害性的高低进行排序: $S(X_4) > S(X_1) > S(X_2) > S(X_3)$, 进而辅助应急部门确定处置网络舆情突发事件的顺序: $X_4 > X_1 > X_2 > X_3$ 。

根据各网络舆情突发事件的综合危害评估分值, 可以得到网络舆情突发事件 4 的综合危害性评估得分最高, 对应的综合危害评估等级为高, 因此应最先处理网络舆情突发事件 4, 再依序处理剩下的事件。

4.5 比较分析

为了比较说明本文提出方法的有效性, 分别与文献[22]的决策方法以及文献[23]和文献[24]使用获得属性权重的熵权法和线性规划法进行比较分析。在与文献[22]进行比较分析发现, 该方法最终只得出各突发事件的综合风险得分值, 而不能得到各评价指标的分值, 而本文提出的方法不仅可以得出各突发事件的综合风险得分值, 同时可以得到各评价指标的得分, 让应急部门能更具针对性的做出应急预案, 一定程度上能提高应急预案的成功率。

使用文献[23]的熵权法最终得到的网络舆情突发事件的处置顺序为: $X_4 > X_1 > X_3 > X_2$, 与本文的结果有所差别, 但是 X_4 仍然是最优先处置的事件, 这是因为该文献使用的熵权法求各属性权重的时候只使用各属

性的信息熵进行计算而未将交叉熵考虑在内,因此造成一定的信息损失,对最终的排序结果产生影响。本文考虑到某项指标的信息熵测度越小,该评价指标所包含的信息越多,那么该指标在全局指标中也越重要,应赋予更大的权重值;若某项指标上的交叉熵测度越大,则表示在该项指标上评价差异越大,对决策评估的作用越大,也应赋予更大的权重值。因此本文未像传统的熵权法在求权重时只单纯考虑指标值的信息熵,而是将决策指标值得信息熵及交叉熵测度同时纳入权重确定模型中,不仅考虑了决策指标自身信息熵的大小对权重大小的影响,同时考虑了指标间的差异性程度信息即交叉信息熵,进而最大程度的减少原始信息的流失,使权重结果更具客观性、合理性。最后使用文献[24]的线性规划法得到的网络舆情突发事件的处置顺序为: $X_4 > X_1 > X_2 > X_3$, 与本文的排序结果完全一致,说明本文提出的网络舆情突发事件应急群决策模型具有一定的可行性。

5 结语

本文考虑到在信息不完备、时间紧急的情况下,决策者很难及时地对网络舆情突发事件的各评价指标给出精确的评估值,提出基于犹豫模糊环境下的网络舆情突发事件应急群决策法,使评估过程更加符合应急情况下的客观实际,让评估结果更具合理性;通过犹豫模糊信息熵及交叉熵构建指标权重确定模型,能减少信息的丢失,使权重结果更具科学性;运用本文所提出的方法,不仅可以得出各突发事件综合危害性得分,为应急部门对突发事件的处置顺序提供合理依据,还可以得到突发事件的各评价指标的评估得分,让应急部门能够重点针对危害性分值高的评价指标,开展具有针对性的应急决策方案,此外本文所提出的决策方法还适用于生产安全事故及自然灾害应急预案评估如煤矿突发事故应急预案、突发山洪事故等应急预案研究,帮助决策者在各方案中选择最佳应急方案,具有一定的实用意义。

参考文献

- 1 黄星, 刘樑. 突发事件网络舆情风险评价方法及应用. 情报科学, 2018, 36(4): 3-9.
- 2 曾润喜. 网络舆情突发事件预警指标体系构建. 情报理论与实践, 2010, 33(1): 77-80.
- 3 马哲坤, 涂艳. 基于知识图谱的网络舆情突发话题内容监测研究. 情报科学, 2019, 37(2): 33-39.
- 4 Liu DH, Wang WG, Li HY. Evolutionary mechanism and information supervision of public opinions in internet emergency. Procedia Computer Science, 2013, 17: 973-980. [doi: 10.1016/j.procs.2013.05.124]
- 5 周凤丽, 伍永豪. 互联网突发事件中的舆情进化机制和信息监管. 情报杂志, 2015, 34(4): 76-80, 36.
- 6 曹学艳, 张仙, 刘樑, 等. 基于应对等级的突发事件网络舆情热度分析. 中国管理科学, 2014, 22(3): 82-89. [doi: 10.3969/j.issn.1003-207X.2014.03.011]
- 7 李磊, 刘继, 张兹魁. 基于共现分析的网络舆情话题发现及态势演化研究. 情报科学, 2016, 34(1): 44-47, 57.
- 8 Zhang ZL, Zhang ZQ. An interplay model for rumour spreading and emergency development. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2009, 388(19): 4159-4166. [doi: 10.1016/j.physa.2009.06.020]
- 9 Xu JP, Zhang MX, Ni JN. A coupled model for government communication and rumor spreading in emergencies. Advances in Difference Equations, 2016, 2016(1): 208. [doi: 10.1186/s13662-016-0932-1]
- 10 Zhao LJ, Wang Q, Cheng JJ, et al. The impact of authorities' media and rumor dissemination on the evolution of emergency. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2012, 391(15): 3978-3987. [doi: 10.1016/j.physa.2012.02.004]
- 11 Shan SQ, Lin X. Research on emergency dissemination models for social media based on information entropy. Enterprise Information Systems, 2018, 12(7): 888-909. [doi: 10.1080/17517575.2017.1293300]
- 12 Liu L, Wang YZ, Ding J. Stochastic game model for information dissemination of emergency events in social network. Proceedings of IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics. Seattle, WA, USA. 2013. 13711989.
- 13 张一文, 齐佳音, 方滨兴, 等. 非常规突发事件网络舆情热度评价体系研究. 情报科学, 2011, 29(9): 1418-1424.
- 14 高明美, 孙涛, 朱建军. 基于改进熵和新得分函数的区间直觉模糊多属性决策. 控制与决策, 2016, 31(10): 1757-1764.
- 15 付沙, 周航军, 肖叶枝, 等. 基于信息熵和灰色系统理论的区间直觉模糊多属性决策. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2017, 35(4): 430-434. [doi: 10.3969/j.issn.1673-5862.2017.04.010]
- 16 刘培德, 秦西友. 基于区间语言直觉模糊集及信息熵的TOPSIS方法. 经济与管理评论, 2018, 34(3): 87-94.
- 17 吴冲, 万翔宇. 基于改进熵权法的区间直觉模糊

- TOPSIS方法. 运筹与管理, 2014, 23(5): 42–47. [doi: [10.3969/j.issn.1007-3221.2014.05.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-3221.2014.05.007)]
- 18 Torra V. Hesitant fuzzy sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 2010, 25(6): 529–539.
- 19 Xia MM, Xu ZS. Hesitant fuzzy information aggregation in decision making. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2011, 52(3): 395–407. [doi: [10.1016/j.ijar.2010.09.002](https://doi.org/10.1016/j.ijar.2010.09.002)]
- 20 Xu ZS, Xia MM. Hesitant fuzzy entropy and cross-entropy and their use in multiattribute decision-making. *International Journal of Intelligent Systems*, 2012, 27(9): 799–822. [doi: [10.1002/int.v27.9](https://doi.org/10.1002/int.v27.9)]
- 21 葛涛, 万昆, 徐莉. 基于犹豫模糊三角函数的水利项目评价. *技术经济*, 2014, 33(9): 125–130. [doi: [10.3969/j.issn.1002-980X.2014.09.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-980X.2014.09.020)]
- 22 张倩生, 谢柏林, 张新猛. 网络舆情突发事件的应急群决策方法. *统计与决策*, 2016, (10): 38–41.
- 23 王应明, 阙翠平, 蓝以信. 基于前景理论的犹豫模糊TOPSIS多属性决策方法. *控制与决策*, 2017, 32(5): 864–870.
- 24 Zhang YX, Xu ZS, Liao HC. Water security evaluation based on the TODIM method with probabilistic linguistic term sets. *Soft Computing*, 2019, 23(15): 6215–6230. [doi: [10.1007/s00500-018-3276-9](https://doi.org/10.1007/s00500-018-3276-9)]