

区间值模糊环境下的不确定网络舆情突发事件 应急决策方案优选方法

张倩生¹ 谢柏林² 张新猛²

(广东外语外贸大学金融学院 广州 510006)¹ (广东外语外贸大学思科信息学院 广州 510006)²

摘要 网络舆情突发事件由于前兆信息不充分,具有明显的不确定性特征和社会危害性,各相关应急管理部门往往会根据自身利益的不同预先制定多个备选应急决策方案来处置舆情危机。为辅助决策者最终从中选择一个效果最佳的应急方案,首先提取一些可有效衡量不确定网络舆情突发事件应急方案效果的重要评估指标,再基于指标的区间模糊信息熵测度来获取其合理权重,进而通过对所有应急指标评估值的加权集结运算得到各备选决策方案的综合效果区间评估值,最后根据区间值两两比较的可能优先度大小,给已有的各应急决策方案优先排序,可极大地提高网络舆情突发事件应急处置效率。

关键词 网络舆情突发事件,应急决策,区间模糊信息熵,可能优先度

中图法分类号 TP391,O22 文献标识码 A

Optimization Selection Method for Uncertain Internet Public Opinion Emergency Decision Plans under Interval-valued Fuzzy Environment

ZHANG Qian-sheng¹ XIE Bai-lin² ZHANG Xin-meng²

(School of Finance,Guangdong University of Foreign Studies,Guangzhou 510006,China)¹

(Cisco School of Informatics,Guangdong University of Foreign Studies,Guangzhou 510006,China)²

Abstract Due to the insufficient information,significant uncertainty characteristics and social harm in the internet public opinion emergency,the relevant emergency management departments depending on self-interest tend to make many alternative emergency plans for coping with public opinion crisis. In order to assist the top decision-maker ultimately choose the optimal emergency plan,in this paper we first extracted some important evaluation indicators which can effectively measure the effect of uncertain internet public opinion emergency plans,and assigned the reasonable weights for the selected indicators based on interval fuzzy entropy measure. Then we got the combined interval value effect of each alternative emergency decision plan by the weighted aggregation of all the assessed index value of emergency plan. Finally,by pair-wise comparisons of all the combined interval values,we could get their possible priority degree and prioritized all the alternative emergency decision plans,greatly improving the decision efficiency of internet public opinion emergency.

Keywords Internet public opinion emergency,Emergency decision,Interval fuzzy entropy,Possible priority degree

1 引言

现代信息社会互联网的发展使信息的传播变得更加迅速,不同地域的网民都可以通过无限延伸的网络空间进行自由表达和传播对各种社会公共事务的不同情绪、态度和意见看法,从而形成网络舆情。如果网络舆情中的一些负面信息在网络上任意传播而得不到有效控制,很有可能引发群体突发事件,如湖北巴东县邓玉娇案、重庆打黑风暴、云南晋宁县“躲猫猫”事件、上海交通管理部门“钓鱼执法”及“成都 6.5 公交车燃烧案”等网络舆情突发事件频发,已经对社会和谐与稳

定造成严重后果。由于网络舆情突发事件具有特殊易爆性、环境复杂性、群体扩散性以及演变的不确定性,这就要求人们短时间内做出快速反应,形成高效的应急决策方案来引导控制网络舆情并降低突发事件危害影响,维护社会安定、团结。

网络舆情突发事件应急决策过程中涉及到网民、市区政府、公安、交通等部门多层次主体^[1],不同应急部门可能根据各自利益制定多个不同的应急决策方案,最高应急决策者需对这多个备选应急决策方案评估,并设计科学的多目标评估决策模型,辅助应急救援部门最终选择实施最优的方案。由于网络舆情突发事件的应急决策时间仓促、舆情事件信息的

本文受国家社会科学基金(13CGL130),广东省自然科学基金(S2013010013050,S2012040007184),广东省高等学校学科与专业建设专项资金科技创新项目(2013KJCX0069),广东省高等教育·创新强校工程·项目_省高层次人才项目(GWTP-GC-2014-03),国家自然科学基金(61202271,61263014)的资助。

张倩生(1975—),男,博士,教授,主要研究方向为智能决策,E-mail:zhqiansh01@126.com;谢柏林(1982—),男,博士,副教授,主要研究方向为网络安全;张新猛(1974—),男,硕士,副教授,主要研究方向为社会网络分析。

不完备及应急知识经验的贫乏, 应急专家对各应急方案的优劣评估必然会涉及到很多不确定的因素指标^[2,3], 包括网民的满意度、网民的情绪稳定性、方案的时效性、方案的操作灵活性、方案的风险性、方案的代价成本性等一般可用模糊语言值来评价, 而方案可挽回经济损失量、可救治的伤员数等指标则可用区间值来估计。因此面对多个可供选择的网络舆情危机应急决策方案, 决策者需定量分析这些不确定应急评估指标的综合效果, 从中选择一个预期效果最佳的方案作为网络舆情突发事件的最终执行方案, 并可随着事态的发展对应急方案进行评估修正, 直至应急救援结束。显然这是一个复杂的模糊多目标决策过程。

目前已有大量文献探究了网络舆情突发事件的安全评估和预警模型^[4-6]、相应的应急效果评价方法^[7,8]和应急决策模型^[9-13]。然而, 针对不确定网络舆情突发事件应急方案的评估决策研究还很少。现有的一些非常规突发事件应急决策研究主要是采用灰色关联分析^[6]、Marko 链预测^[9]、模糊综合评判与层次分析^[7]、模糊决策分析^[12,13]等方法, 研究的重点在于获取相对合理的评价指标权重。然而, 对于复杂网络舆情突发事件应急决策而言, 由于决策环境和目标的不确定, 各应急管理部门可能纷纷建立不同的备选应急方案, 同时由于网络舆情危机应急效果评估会卷入多个不确定性指标, 人们往往习惯于用区间值或模糊语言值来评估^[14,15], 这使得应急决策评估主体在思维方法上具有多样性, 应急方案的最优选择也变得很复杂。

因此, 针对带区间值和模糊语言评估值的网络舆情突发事件应急决策问题, 必须充分考虑到各部门的利益协同性, 并设计基于区间模糊信息熵的多目标应急决策模型。即先通过网络舆情突发事件应急方案的区间指标的模糊信息测度来定量分析应急评估指标的复杂性并获取其相应的合理权重, 再通过对方案所有应急指标值的加权集结运算得到各备选方案的综合应急效果区间评估值, 最后根据区间值比较的可能优先度大小, 对相关网络舆情危机应急部门制定的所有候选应急决策方案优先排序, 旨在辅助相关部门最终实施这个最优的网络舆情突发事件应急决策处置方案。

2 网络舆情突发事件应急决策评估预备知识

若 $0 \leq a^- \leq a^+ \leq 1$, 则称 $[a^-, a^+]$ 为一个标准区间值, 用 $[I]$ 表示 $[0, 1]$ 上的所有标准区间值。

定义 1 设 $a = [a^-, a^+], b = [b^-, b^+] \in [I]$ 为任意两个标准区间值, 则它们的加法和数乘运算定义如下^[14]:

$$(1) a + b = [a^- + b^-, a^+ + b^+] \quad (1)$$

$$(2) ka = [ka^-, ka^+], \forall k \geq 0 \quad (2)$$

定义 2 设 $a = [a^-, a^+], b = [b^-, b^+]$ 为任意两个区间值, 则 $a \geq b$ 的可能优先度定义为^[15]:

$$p(a \geq b) = \max\{1 - \max\{\frac{b^+ - a^-}{a^+ - a^- + b^+ - b^-}, 0\}, 0\} \quad (3)$$

它满足 (1) $0 \leq p(a \geq b) \leq 1$; (2) $p(a \geq a) = \frac{1}{2}$; (3) $p(a \geq b) + p(b \geq a) = 1$ 。

定义 3 设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为论域, 函数映射 $A: X \rightarrow [I]$ 称为 X 上的一个区间值模糊集, 若它满足 $A(x_i) = [A^-(x_i), A^+(x_i)] \subseteq [0, 1], \forall x_i \in X$ 。

类似地, A 的补集 A' 也可定义为:

$A'(x_i) = [1 - A^+(x_i), 1 - A^-(x_i)] \subseteq [0, 1], \forall x_i \in X$
用 $IvF(X)$ 表示 X 上的所有区间值模糊集构成的集合。

定义 4 $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ 称为一个梯型模糊数, 若它对应的模糊隶属函数形式如下^[16]:

$$\tilde{a}(x) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & \forall x \in (a_1, a_2) \\ 1, & \forall x \in [a_2, a_3] \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, & \forall x \in (a_3, a_4) \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

显然, 梯型模糊数 \tilde{a} 的 λ -截集为如下区间值:

$$\tilde{a}_\lambda = \{x / \tilde{a}(x) \geq \lambda\} = [\lambda a_2 + (1 - \lambda) a_1, \lambda a_3 + (1 - \lambda) a_4]$$

注记 1 当 $a_2 = a_3$ 时, 梯型模糊数 $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ 退化为三角型模糊数 $\tilde{a} = (a_1, a_2, a_4)$, 其对应的 λ -截集为区间值 $\tilde{a}_\lambda = [\lambda a_2 + (1 - \lambda) a_1, \lambda a_2 + (1 - \lambda) a_4]$ 。

定义 5 函数 $e: IvF(X) \rightarrow [0, 1]$ 称为区间值模糊集的信息熵测度, 若它满足如下条件^[17]:

(1) $e(A) = 0$, 当且仅当区间值模糊集 A 退化为模糊集, 即 $\forall x_i \in X, A^-(x_i) = A^+(x_i)$;

(2) $e(A) = 1$, 当且仅当区间值模糊集 A 满足 $[A^-(x_i), A^+(x_i)] = [0, 1], \forall x_i \in X$;

(3) $e(A) \leq e(B)$, 当 $A^-(x_i) \leq B^-(x_i), A^+(x_i) \geq B^+(x_i), \forall x_i \in X$;

(4) $e(A') = e(A)$, A' 是 A 的补集。

注记 2 对任意区间值模糊集 $A \in IvF(X)$, 显然易知, 如下两个公式均为 A 的信息熵测度:

$$e_1(A) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |A^+(x_i) - A^-(x_i)| \quad (4)$$

$$e_2(A) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [1 - (1 - A^+(x_i) + A^-(x_i)) \sin \frac{\pi}{2} (1 - A^+(x_i) + A^-(x_i))] \quad (5)$$

信息熵测度能反映系统信息的无序化复杂程度^[18], 决策评估系统中的某项指标信息熵测度越小, 系统的无序度越小, 表示该指标携带的有用信息越多, 对决策评估的作用越大, 则该指标应该赋予更大的权重。因此, 本文将利用网络舆情突发事件各应急决策方案自带的区间评估值及其信息熵测度来更为科学地计算各应急评估指标的重要度, 继而对网络舆情突发事件各应急评估指标赋予合理权重, 尽量消除传统指标赋权时存在的人为干扰, 从而使网络舆情突发事件应急评估结果更符合客观实际。为此我们建立如下的基于区间模糊信息熵的网络舆情突发事件应急决策评估模型。

3 不确定网络舆情突发事件多指标应急决策模型的构建

3.1 建立网络舆情突发事件应急评估原始指标数据矩阵

假设政府各级应急管理部门针对某个网络舆情突发事件已经制定出 n 个应急决策方案 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 待评估决策。网络舆情突发事件具有较大的突发性, 在高度时间压迫下, 应急管理决策部门掌握的网络舆情危机信息往往不完备, 甚至卷入了大量的不确定性指标数据, 所以最高决策者对网络舆情突发事件各备选应急决策方案效果评价时往往很难获取精确评估值, 却容易给出不确定区间值或模糊语言评估值。众所周知, 网络舆情突发事件应急决策方案的灵活可行性、时效

性、风险性、代价成本、网民对政府应急处置的满意度、网民的情绪稳定性等这些评估指标短时间内很难用精确数据来度量,应急领域专家往往习惯用一些通俗易懂的模糊语言值来评价;另外,网络舆情突发事件应急决策方案可能挽回的经济损失量和可救援的人员数等指标却可方便地用一些不确定区间值来估计。因此,为及时高效地评估不确定网络舆情突发事件应急方案效果,可通过对各应急部门相关专家问卷调查,构建完善的不确定网络舆情突发事件应急评估指标体系。若为当前网络舆情突发事件从中选取了 m 个关键的应急方案评估指标,则该网络舆情突发事件多指标应急决策评估系统可简单地用如下应急决策矩阵 $R=[x_{ij}]_{n \times m}$ 来表示。

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nj} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

其中, $x_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ 为网络舆情突发事件第 i 个应急决策方案评估向量, x_{ij} 表示该网络舆情突发事件第 i 个应急决策方案关于第 j 个指标的评估数值。若第 j 个应急评估指标为区间值型不确定指标,则 $x_{ij}=[x_{ij}^-, x_{ij}^+]$ 表示第 i 个应急决策方案在第 j 项指标下的区间评估值, x_{ij}^- 、 x_{ij}^+ 分别为第 i 个应急决策方案满足第 j 项评估指标的下界和上界;若第 j 个应急评估指标为模糊语言型不确定指标,则第 i 个应急方案在第 j 项指标下的应急评估值为某个梯型模糊数 x_{ij} ,它可通过其水平截集转化为对应的某个区间值。

3.2 不确定网络舆情突发事件应急决策评估矩阵的标准化

在不确定网络舆情突发事件多指标应急决策评估系统中,由于各候选应急方案的评估指标所代表的涵义不同,因此其存在着量纲上的差异。为消除由于量纲的不同所带来的决策影响,应急决策评估之前应首先将各评估指标进行无量纲化处理,以获得可比的尺度。不确定网络舆情突发事件多指标应急决策评估系统中涉及的区间值型指标主要包括效益型指标(越大越优型)和成本性指标(越小越优型),对它们的无量纲化处理可采取如下归一化公式。

效益型(极大化)指标:

$$r_{ij}^- = \frac{x_{ij}^- - \min_i \{x_{ij}^-\}}{\max_i \{x_{ij}^+\} - \min_i \{x_{ij}^-\}}$$

$$r_{ij}^+ = \frac{x_{ij}^+ - \min_i \{x_{ij}^-\}}{\max_i \{x_{ij}^+\} - \min_i \{x_{ij}^-\}} \quad (6)$$

$1 \leq i \leq n$

成本型(极小化)指标:

$$r_{ij}^- = \frac{\max_i \{x_{ij}^+\} - x_{ij}^+}{\max_i \{x_{ij}^+\} - \min_i \{x_{ij}^-\}}$$

$$r_{ij}^+ = \frac{\max_i \{x_{ij}^+\} - x_{ij}^-}{\max_i \{x_{ij}^+\} - \min_i \{x_{ij}^-\}} \quad (7)$$

$1 \leq i \leq n$

上面的 $r_{ij}=[r_{ij}^-, r_{ij}^+] \subseteq [0, 1]$, 表示网络舆情突发事件第 i 个应急决策方案关于第 j 个区间型指标的原始评估值 $x_{ij}=[x_{ij}^-, x_{ij}^+]$ 无量纲标准化后的区间评估值。若网络舆情突发事件第 j 个应急决策评估指标是模糊语言型,则应先把该模糊语言评价值转化为相应的模糊数,再用水平截集转换为对应的标准区间评估值。这样,该不确定网络舆情突发事件应急决策评估系统通过上述无量纲归一化处理后的标准应急决策矩阵可表示为 $R=[r_{ij}]_{n \times m}$ 。

3.3 利用网络舆情突发事件应急决策评估指标数据的信息熵来确定各指标权重

为综合评估网络舆情突发事件各备选方案的应急决策效果,除要获取应急方案的各指标评估值外,关键还需要科学计算网络舆情突发事件的各应急评估指标的合理权重。传统的决策指标权重确定方法是基于应急专家实践经验知识(即专家评判)或模糊 AHP 等方法来获取,但主观人为因素影响较大。因此本文将根据网络舆情突发事件应急决策方案的实际区间评估指标数据,基于区间模糊信息熵测度来计算各应急评估指标的客观权重,从而使得网络舆情突发事件应急决策评估模型更可靠有效。

设网络舆情突发事件应急决策评估系统归一化处理后的标准决策矩阵为 $R=[r_{ij}]_{n \times m}$, 其中 $r_i=(r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ 为网络舆情突发事件第 i 个应急决策方案的归一化评估向量, r_{ij} 表示第 i 个应急决策方案关于第 j 个评估指标的标准化区间值 $[r_{ij}^-, r_{ij}^+] \subseteq [0, 1]$ 。我们可先计算该网络舆情突发事件应急决策系统的第 j 项评估指标的复杂度,即将所有应急决策方案关于第 j 个应急指标的区间值集合看成一个区间值模糊集,并可按式(4)方便地计算该区间型应急评估指标的信息熵测度:

$$e(r_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |r_{ij}^+ - r_{ij}^-|, \forall j=1, 2, \dots, m \quad (8)$$

因此可根据第 j 项应急评估指标信息熵测度来计算该指标的重要度(熵权):

$$w_j = \frac{1 - e(r_j)}{\sum_{j=1}^m (1 - e(r_j))}, \forall j=1, 2, \dots, m \quad (9)$$

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

由上述应急评估指标的熵权公式易知:

(1) 当网络舆情突发事件各备选应急方案在评估指标 j 上的区间评估值宽度都等于 1 时,该指标信息熵值 e_j 达到最大值 1,此时熵权 w_j 为 0,即该指标不能给决策者提供任何有用信息,可考虑忽略该指标。

(2) 当网络舆情突发事件各应急方案在评估指标 j 上的区间值宽度都等于 0 即区间值退化为精确数值时,该指标的熵值最小,此时熵权达最大,说明该指标能给决策者提供最大的有用信息,应重视该应急评估指标。

(3) 指标熵权是在网络舆情突发事件所有备选应急决策方案关于各应急指标评估值给定情况下计算出来的,它能表示各指标在应急决策方案评估中所起作用的大小程度。若该应急评估指标所带的区间值模糊信息熵测度越大,其对应的熵权越小,该指标在应急决策综合评估中越不重要。

3.4 不确定网络舆情突发事件应急决策方案优先排序

先可利用上面获取的应急评估指标的权重,通过应急方案关于各区间评估指标值的加权算术平均,得到各候选网络舆情突发事件应急决策方案关于所有指标的综合区间评估值。按式(1)、式(2)可计算第 i 个应急决策方案 X_i 对所有区间评估指标值的集结综合区间评估值:

$$S_i = S(r_i) = \sum_{j=1}^m w_j [r_{ij}^-, r_{ij}^+], i=1, 2, \dots, n \quad (10)$$

再运用式(3)计算该网络舆情突发事件所有备选应急决策方案的综合区间评估值之间的可能优先度,并获得如下可能优先度矩阵:

$$P=(p_{ik})_{n \times n} \quad (11)$$

其中, $p_{ij} = p(S_i \geq S_j), i, j = 1, 2, \dots, n$ 。

最终可计算该网络舆情突发事件的应急决策方案 X_i 比所有其他候选方案 X_k 的可能优先度:

$$p_i = \sum_{k=1}^n p_{ik}, i, k = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

我们可根据 p_i 的大小排序来对该网络舆情突发事件各候选应急决策方案进行优先排序并择优。 p_i 值越大, 表示其对应的应急决策方案 X_i 相对越优。

4 案例数值分析

以某城市的网络舆情突发事件应急决策评估为例, 假设该城市各相关应急管理部门根据它们自身的利益偏好暂制定了 4 种应急救援决策方案。根据对相关应急管理专家的问卷调查和统计分析, 我们重点选取如下一些网络舆情突发事件应急决策方案一级评估指标: 应急方案可挽回经济损失量 (C1)、方案可救治的人员数 (C2)、网民对政府应急处置的满意度 (C3)、网民的情绪稳定可控性 (C4)、方案的操作灵活可

行性 (C5)、方案的救援时效性 (C6)、方案的风险性 (C7)、方案的代价成本性 (C8)。假设我们还通过该城市有关网络舆情危机监测部门和应急救援管理决策领域的专家对所有备选应急方案的各应急效果指标进行初步评估, 获得如表 1 所列的网络舆情突发事件应急决策方案关于各应急效果指标的区间评估或模糊语言评价。

表 1 不确定网络舆情突发事件应急决策方案评估指标数据

	挽回经济损失(万)	可救援人数(人)	网民满意度	情绪稳定性	灵活性	时效性	风险性	成本性
应急方案 1	[100, 500]	[10, 80]	VH	M	L	H	L	H
应急方案 2	[20, 200]	[20, 100]	H	L	VH	M	H	L
应急方案 3	[10, 300]	[50, 300]	M	H	FL	L	L	L
应急方案 4	[50, 400]	[30, 200]	H	VH	FH	VL	M	H

根据有关模糊评价决策文献^[16], 表 1 中的模糊语言评估项可对应表 2 所列的一些模糊数。

表 2 应急决策模糊语言评估项对应的模糊数据

语言项	非常低 VL	低 L	稍低 FL	中等 M	稍高 FH	高 H	非常高 VH
模糊数	(0, 0.1, 0.2)	(0.1, 0.2, 0.3)	(0.2, 0.3, 0.4, 0.5)	(0.4, 0.5, 0.5, 0.6)	(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)	(0.8, 0.9, 1, 1)

① 先把不确定网络舆情突发事件各应急决策方案评估表 1 中的模糊语言评估值转化为对应的模糊数。为方便起见, 还将其映射转化为对应的 $\frac{1}{2}$ 截集区间值, 然后用式 (6) 或式 (7) 将该网络舆情突发事件应急评估系统表 1 中的原始区间指标值归一化为标准的区间评估值。其中应急决策方案可挽回的经济损失量 C_1 、方案可救治的人员数 C_2 、网民对应急处

置的满意度 C_3 、网民的情绪稳定性 C_4 、应急方案的操作灵活性 C_5 、应急的时效性 C_6 均为效益型 (极大化) 指标, 故用式 (6) 来标准化这些指标对应的区间评估值; 而应急方案的风险性 C_7 和代价成本性 C_8 这两个评估指标属于成本型 (极小化) 指标, 则用式 (7) 来标准化其对应的区间评估值。最后所有应急决策方案的原始指标值经上述归一化过程后就得到如下标准的网络舆情突发事件应急决策评估矩阵:

$$\begin{bmatrix} [0.1837, 1.0] & [0.0, 0.2414] & [0.85, 1.00] & [0.45, 0.55] & [0.15, 0.25] & [0.75, 0.85] & [0.857, 1.0] & [0, 0.143] \\ [0.0204, 0.39] & [0.0345, 0.31] & [0.75, 0.85] & [0.15, 0.25] & [0.85, 1.00] & [0.45, 0.55] & [0.0, 0.143] & [0.857, 1] \\ [0.000, 0.59] & [0.138, 1.000] & [0.45, 0.55] & [0.75, 0.85] & [0.25, 0.45] & [0.15, 0.25] & [0.857, 1.0] & [0.857, 1] \\ [0.0816, 0.796] & [0.069, 0.655] & [0.75, 0.85] & [0.85, 1.00] & [0.55, 0.75] & [0.0, 0.150] & [0.43, 0.57] & [0, 0.143] \end{bmatrix}$$

$$S_4 = S(r_4) = [0.3793, 0.5982]$$

② 据标准化应急决策矩阵来计算各应急指标的合理权重。由于上面标准归一化后的网络舆情突发事件应急决策矩阵的每一个指标下面的区间评估值集合均可看成在所有方案 $\{X_1, X_2, X_3, X_4\}$ 为论域上的一个区间值模糊集, 因此, 为简单起见, 我们可利用区间值模糊信息熵即式 (8) 来计算各应急评估指标的信息熵值如下: $e_1 = 0.6225, e_2 = 0.4914, e_3 = 0.1125, e_4 = 0.1125, e_5 = 0.1625, e_6 = 0.1125, e_7 = 0.1429, e_8 = 0.1429$ 。

再运用熵权即式 (9), 可得到网络舆情事件应急决策方案各评估指标重要性权重向量为:

$$\begin{aligned} W &= (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8) \\ &= (0.0619, 0.0834, 0.145, 0.1455, 0.1373, 0.1455, \\ &\quad 0.1405, 0.1405) \end{aligned}$$

③ 再根据式 (10) 将上面获得的各应急指标权重与各应急决策评估指标区间值相乘后再求和, 可集结得到网络舆情突发事件各候选应急决策方案的综合效果区间评估值如下:

$$\begin{aligned} S_1 &= S(r_1) = [0.4507, 0.6261] \\ S_2 &= S(r_2) = [0.4377, 0.5878] \\ S_3 &= S(r_3) = [0.4831, 0.7029] \end{aligned}$$

④ 我们利用式 (11) 可对该网络舆情突发事件 4 个备选应急决策方案的综合区间评估值进行两两比较, 计算它们之间的可能优先度, 并建立如下可能优先度矩阵:

$$P = (p_{ik})_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} 0.5000 & 0.5788 & 0.3618 & 0.6259 \\ 0.4212 & 0.5000 & 0.2830 & 0.565 \\ 0.6382 & 0.7170 & 0.5000 & 0.7376 \\ 0.3741 & 0.4350 & 0.2624 & 0.5000 \end{bmatrix}$$

其中, $p_{ik} = p(S_i \geq S_k), 1 \leq i, k \leq 4$ 。

进而可计算得到各候选应急决策方案 X_i 相对于所有其他应急决策方案 $\{X_k, k \neq i\}$ 的可能优先度之和。

$$p_i = \sum_{k=1, k \neq i}^4 p_{ik}, i = 1, 2, 3, 4$$

因此, 该网络舆情突发事件的各候选应急决策方案的优先排序向量为:

$$P = (p_1, p_2, p_3, p_4) = (1.5665, 1.2692, 2.0928, 1.0715)$$

⑤ 根据此排序向量可对网络舆情突发事件所有候选应急决策方案进行排序并择优。由于 $p_3 > p_1 > p_2 > p_4$, 因此该网络舆情突发事件的所有备选应急决策方案的优先偏好排序

$X_3 > X_1 > X_2 > X_4$, 即在各相关应急管理部门制定的现有网络舆情突发事件 4 个备选应急决策方案中, 应急救援方案 X_3 的效果显然是最好的; 事实上我们也注意到, 应急决策方案 X_3 由于其应急风险和成本都很小, 可救援人数也较多, 其他应急效果指标也相对较好, 所以该方案通过加权集结各应急指标得出的综合效果区间评估值确实最优。因此, 最高决策者可要求相关应急操作部门最终选择执行方案 3 来应急处置当前网络舆情突发事件, 从而使得整个应急实施效果达到最优。

结束语 网络舆情突发事件应急决策方案的选择直接关系到不良网络舆情的引导调节和突发事件灾害损失的风险控制, 在危机处置过程中选择最优的方案能将应急成本降到最小且应急效果达到最优。传统应急方案优选一般依靠决策者和专家根据以往应急经验评估得出, 具有较强的主观性。本文提出了基于应急决策评估指标的区间信息熵来确定各指标的客观权重, 进而通过加权集结得到各备选应急方案的综合效果区间评估值, 并根据区间值可能优先度排序方法, 最终可得网络舆情突发事件各应急决策方案的优先排序, 从而选出效果最优的应急策略。

参 考 文 献

[1] 陈兴, 王勇, 吴凌云, 等. 多阶段多目标多部门应急决策模型[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(11): 1977-1985

[2] 曾润喜. 网络舆情突发事件预警指标体系构建[J]. 情报理论与实践, 2010, 33(1): 77-80

[3] 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指标体系构建[J]. 情报杂志, 2010, 29(11): 71-75

[4] 戴媛, 郝晓伟, 郭岩, 等. 基于多级模糊综合评判的网络舆情安全评估模型研究[J]. 信息安全, 2010(5): 60-62

[5] 刘棵, 沈焱, 曹学艳, 等. 基于关键信息的非常规突发事件预警模型研究[J]. 管理评论, 2012, 24(10): 166-175

[6] 张秋菊, 朱帮助. 基于熵权灰色关联分析的群体性突发事件预警模型[J]. 数学的实践与认识, 2011, 41(24): 25-32

[7] 郭泳亨, 卢兴华, 刘云. 应急决策效果的模糊综合评判[J]. 科学技术与工程, 2006, 6(5): 588-592

[8] 赵希男, 靖可, 陈周坤. 基于个体特征识别的应急决策有效性评价方法[J]. 系统工程, 2009, 27(7): 75-79

[9] 左春荣, 田涛, 马英. 基于 Markov 链的非常规突发事件应急决策模型[J]. 统计与决策, 2012, 19: 57-60

[10] 孔衍, 陈舜恒, 张锦, 等. 三标度 AHP 法在核应急决策中的应用[J]. 数学的实践与认识, 2013, 43(9): 109-114

[11] 李明磊, 王红卫, 祁超, 等. 非常规突发事件应急决策方法研究[J]. 中国安全科学学报, 2012, 22(3): 158-162

[12] 邬文帅, 寇刚, 彭怡, 等. 面向突发事件的模糊多目标应急决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(6): 1298-1304

[13] 靖可, 赵希男, 王艳梅. 基于区间偏好信息的不确定性应急局部群决策模型[J]. 运筹与管理, 2010, 19(2): 97-103

[14] 徐泽水, 达庆利. 区间型多属性决策的一种新方法[J]. 东南大学学报, 2003, 33(4): 498-501

[15] 徐泽水, 达庆利. 基于模糊语言评估的多属性决策方法[J]. 东南大学学报, 2002, 32(4): 656-658

[16] Sanayei A, Farid Mousavi S, Yazdankhah A. Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37: 24-30

[17] Burillo P, Bustince H. Entropy on intuitionistic fuzzy sets and on interval-valued fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996, 78: 305-316

[18] 王云华, 柯慧燕. 复杂性测度在非常规突发事件决策评估的应用[J]. 武汉理工大学学报, 2011, 33(6): 999-1002

(上接第 56 页)

[2] Srinivas M, Patnaik L M. Genetic algorithms: A survey [J]. Computer, 1994, 27(6): 17-26

[3] Fogel L J, Owens A J, Walsh M J. Artificial Intelligence through Simulated Evolution[M]. New York: Wiley, 1966

[4] Rechenberg I. Evolutions Strategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution[M]. Stuttgart: Fromman-Holzboog, 1973

[5] Kennedy J. Particle swarm optimization[M] // Encyclopedia of Machine Learning. New York: Springer, 2010: 760-766

[6] Das S, Suganthan P N. Differential evolution: A survey of the state-of-the-art[J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation, 2011, 15(1): 4-31

[7] 宋晓宇, 朱加园, 孙焕良. 一种求解带时间窗车辆路径问题的混合差分进化算法[J]. 计算机科学, 2014, 41(12): 220-225

[8] Qin A K, Huang V L, Suganthan P N. Differential evolution algorithm with strategy adaptation for global numerical optimization[J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation, 2009, 13(2): 398-417

[9] Mallipeddi R, Suganthan P N, Pan Q K, et al. Differential evolution algorithm with ensemble of parameters and mutation strategies[J]. Applied Soft Computing, 2011, 11(2): 1679-1696

[10] Zhang J, Sanderson A C. JADE: adaptive differential evolution with optional external archive[J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation, 2009, 13(5): 945-958

[11] Wang Y, Cai Z, Zhang Q. Differential evolution with composite trial vector generation strategies and control parameters[J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation, 2011, 15(1): 55-66

[12] Elsayed S M, Sarker R A, Essam D L. An improved self-adaptive differential evolution algorithm for optimization problems[J]. IEEE Trans on Industrial Informatics, 2013, 9(1): 89-99

[13] Rubinov A M. Abstract convexity and global optimization[M]. New York: Springer, 2000

[14] 张贵军, 何洋军, 郭海峰, 等. 基于广义凸下界估计的多模态差分进化算法[J]. 软件学报, 2013, 24(6): 1177-1195

[15] Beliakov G. Geometry and combinatorics of the cutting angle method[J]. Optimization, 2003, 52(4/5): 379-394

[16] Beliakov G. Cutting angle method—a tool for constrained global optimization[J]. Optimization Methods and Software, 2004, 19(2): 137-151

[17] Beliakov G. A review of applications of the cutting angle methods[M]. New York: Springer, 2005: 209-248

[18] Corder G W, Foreman D I. Nonparametric statistics for non-statisticians: a step-by-step approach[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009