

文章编号: 1001-0920(2013)08-1138-07

非常规突发事件应急决策冲突消解协调方法

徐选华, 周声海, 汪业凤, 陈晓红

(中南大学 商学院, 长沙 410083)

摘要: 针对应急决策冲突性特点和难以形成高一致性决策方案的问题, 分析了应急群体决策冲突产生的原因, 构建了应急决策冲突消解协调框架, 提出了应急决策群体冲突测度方法, 以及应急决策冲突消解模型和方法, 形成了非常规突发事件应急决策冲突消解协调机制, 使应急群决策冲突逐渐收敛以获得冲突程度足够低的应急决策方案. 最后通过算例分析验证了冲突消解协调方法和机制的有效性.

关键词: 非常规突发事件; 应急决策; 冲突消解; 协调机制

中图分类号: TP311.52

文献标志码: A

Conflict eliminating coordination method for emergency decision of unconventional outburst incidents

XU Xuan-hua, ZHOU Sheng-hai, WANG Ye-feng, CHEN Xiao-hong

(School of Business, Central South University, Changsha 410083, China. Correspondent: XU Xuan-hua, E-mail: xuxh@csu.edu.cn)

Abstract: Aiming at the problem for the characteristics of emergency decision making conflict and the difficult forming the decision scheme with high consistency, the causes of conflict generating of emergency group decision making are analyzed by combing the emergency decision problem with decision environment. The coordination framework for conflict eliminating of emergency decision making is constructed. The group conflict measure method for emergency decision making is proposed. The conflict eliminating model and method for emergency decision making are proposed to form the conflict eliminating coordination mechanism for emergency decision making of unconventional outburst incidents, so that the conflicts of emergency group decision making gradually constrict to obtain the emergency decision scheme with enough low conflict degree. Finally, a calculating example validates the effectiveness of the conflict coordination method and mechanism.

Key words: unconventional outburst incidents; emergency decision; conflict eliminating; coordination mechanism

0 引言

近年来, 各类重特大自然灾害等非常规突发事件频繁发生, 不仅对国家的经济造成了巨大损失, 而且也使得社会问题更加严重, 仅在2011年便有约4.4亿人次受灾, 经济损失高达3110.3亿元. 这类非常规突发应急管理事件明显具有复杂性、突发性和高破坏性特征^[1]. 因此, 世界各地都对这一类非常规突发事件给予了高度重视^[2].

由于非常规突发事件应急管理涉及面广泛, 需要发挥群体智慧^[3], 应急决策的决策群体需要包含各个学科领域、不同层次的专家学者. 由于不同层面的决策成员的学科背景不同、知识结构不同以及自身利益

期望不同, 使得应急决策成员的组成更加复杂, 决策成员之间不可避免地存在冲突. 另一方面, 鉴于非常规突发应急决策事件本身的复杂性、时限性及不确定性, 参与应急决策的成员在进行决策时会受到各种因素的限制, 决策成员必须在信息不充分的条件下, 在有限的时间内迅速做出合理可行的应急决策^[3]. 与常规决策相比, 在非常规突发事件应急决策环境下决策成员之间的冲突程度更大, 因此, 决策成员在做出最终的决策时, 必须先找出决策成员之间存在的冲突, 并进行协调消解. 因为如果不对决策成员之间的冲突进行协调消解, 则可能使得冲突进一步升级, 拖延决策时间和进度, 从而可能降低决策效率, 难以产生决

收稿日期: 2012-03-03; 修回日期: 2012-07-13.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71171202, 70871121); 国家创新研究群体科学基金项目(71221061, 71210003).

作者简介: 徐选华(1962—), 男, 教授, 博士生导师, 从事群决策理论与方法、信息系统与决策支持系统等研究; 周声海(1990—), 男, 硕士生, 从事群决策理论与方法、灾害管理的研究.

策群体意见一致性较高的决策结果,进而导致最佳的救援时机受到影响,进一步扩大非常规突发事件的危害。因此,针对非常规突发事件应急管理问题,如何在有限时间内,获得一个群一致性意见较高、冲突程度较低的应急应对决策方案,是应急管理需要迫切解决的问题。

目前对常规决策中的冲突也有一些研究。如 Herrera-Viedma 等^[4-5]提出,在进行群决策时,需要通过冲突协调和选择过程这两个不同的步骤才能获得最终的、合理的决策方案。进行冲突协调的目的是通过协调过程使得决策成员之间的冲突程度降低,从而达到群体一致性意见;而选择过程则是为了从决策成员给出的偏好中,考虑如何才能得到最佳的决策方案。Hai Zhuge^[6]针对群决策的过程以及决策群体的冲突行为,构建了基于认知的群体偏好的冲突协调框架,在此基础上对决策群体冲突协调环境进行了较为详细的描述。郎淳刚等^[7]将4项研究(群决策、群体动力学、领导者行为以及冲突管理)进行综合,提出了一种基于领导者因素的群体决策环境下的冲突分析模型。陈晓红等^[8]针对群决策中的冲突,提出了一个群体决策冲突管理基本模式和决策指标体系的三维模型。Kuo-Hsiung 等^[9]针对冲突协调的学习机制(CCL)进行了系统的探索,这种机制不仅能够改善能力,而且能够对冲突协调进行加强,CCL与对待冲突的态度是密切相关的。然而,目前鲜有关于应急决策环境下冲突消解协调的研究。曾伟等^[10]提出,在应急群决策环境中,应将冲突协调划分为群体决策结构和个体决策两个层次上的协调。

综上所述,本文针对非常规突发事件发生后的应急群决策环境,紧密结合应急突发事件决策特点,重点对应急突发事件群决策的冲突特点进行分析,进而构建非常规突发事件发生背景下应急决策冲突消解模型,并形成应急决策冲突消解机制。在应急群决策过程中,首先进行决策成员之间的冲突测度,在此基础上建立冲突消解模型,构建应急群决策的冲突消解机制,从而获得应急决策中群体方案偏好一致性较高且群体冲突程度较低的突发事件应急决策方案,以达到减少突发事件应急救援损失的目的。

1 应急决策偏好冲突消解框架

为了深入了解冲突协调原理,有必要充分了解群体决策冲突产生的原因,这样才能真正进行消解冲突。Wall 等^[11]对泛指的所有冲突进行了研究,同时重点对个体之间以及组织“之间的类”的冲突进行了研究,进而对群决策过程中引发群体偏好冲突的原因进行了总结,这些原因涉及到决策者人际关系、决策者个体特征等40多个方面的因素。针对应急决策冲

突,须结合应急决策问题和决策环境的特殊性和独特性对应急群体决策冲突原因进行分析。群体外部环境(如压力或威胁等)会诱发群体内冲突程度加剧,因而应急决策群体的外部环境使决策群体冲突相对于一般群决策冲突程度会更加明显^[12]。结合非常规突发事件应急决策特征及应急决策外部环境,在应急决策群体内产生冲突的主要原因包括:1) 决策群体成员异构性。应急决策群体由跨领域、跨区域、跨部门众多专家组成,各个专家的性格、经验、态度、文化、专业背景和知识水平等因素存在很多差距,这些差异冲突性会直接影响群体成员间的认知(偏好)冲突。2) 决策群体关系复杂性。应急决策群体往往是临时组建的,决策者来自不同层面的组织机构,这便决定了多数决策成员都具有双重或多重角色。在应急救援中,各个组织机构的运行模式不一样,所关心的利益也不一样,参与决策的成员观点将受其所属组织机构的影响,决策时必定会考虑到所属部门的利益,并体现在决策者的决策偏好中,因而导致决策者之间意见有很大的差距。3) 外部决策环境压力。在高时间压力下,决策必须在很短的时间内完成。4) 决策信息不完全、不确定,使决策者必须在有限的信息和不完全的认知下进行决策。5) 后果的严重性导致决策者会产生异常的紧张和恐惧,担心决策失误会影响救援等。这些巨大的压力都不利于决策,会使决策者的认知产生很大的偏差冲突。

在应急群决策中,冲突消解协调的过程在本质上是多阶段交互的过程,即各个决策成员在决策时,需要相互协商讨论并使冲突得以消解,在这个过程中,需要通过一个冲突消解协调机制的运用来促使各个决策成员的偏好趋于一致。但是,在实际的应急群决策过程中,要使得各个决策成员偏好完全达到一致没有必要,也是不太可能的。这一方面是因为一定程度的冲突水平能够起到对群体思维进行抑制的作用;另一方面,所有决策成员的偏好也不太可能完全一致。因此可以结合决策问题的实际情况,设置一个相对较为合理的群体冲突水平阈值(CL),该阈值可以采用人工(决策协调者和决策成员)根据实际情况给定。为控制协调次数以避免拖延协调时间,可以设立冲突协调约束次数 T ,首先置冲突协调次数 $t=1$,形成应急决策群体成员偏好原始集合;然后对各个决策成员偏好进行集结,形成一个临时的群体偏好;最后对各个决策成员的偏好与决策群体的偏好进行测度,将测度的距离用来表示实际的决策冲突水平。

本文考虑两种常见的情况:1) 如果测度出的实际冲突水平是决策成员不能接受的,即超过阈值水平CL,则说明决策群体成员的偏好存在较大冲突,相互

之间的意见差异性较大,这需要协调者进行冲突消解协调,组织决策群体成员进入到相互协商和反馈阶段,即进入下一轮冲突协调.置冲突协调次数 $t = t + 1$,促使决策成员进一步协商讨论,按照本文的方法修正完善他们的偏好,形成新的决策成员偏好集.如此循环,直至实际冲突水平小于阈值CL或达到冲突消解协调约束最大次数 T . 2) 若测度出的实际冲突水平在决策成员可以接受的范围内,则协调者进入选择过程,从而获得一个偏好一致性水平较高、冲突水平较低的最终的满意群决策结果.该方法的特点是通过决策成员的偏好来设计群体冲突程度,从而在现实的冲突决

策环境中能够掌握更多的辅助决策信息.另外,在非规范突发事件应急决策冲突协调和反馈过程中,应尽可能在事先设置的、规定的消解协调约束最大次数内,获得一个比较有效的冲突消解协调决策结果,同时还要保证每一次进行相互协调和进行反馈后的群体偏好冲突程度与上一轮次的偏好冲突程度相比要更小,以达到冲突收敛目的,这样才能节省冲突消解协调的时间,同时在较短时间内能够获得偏好一致性较高、冲突程度相对较低的群决策结果.因此,上述应急群决策的冲突消解框架可用图1表示.

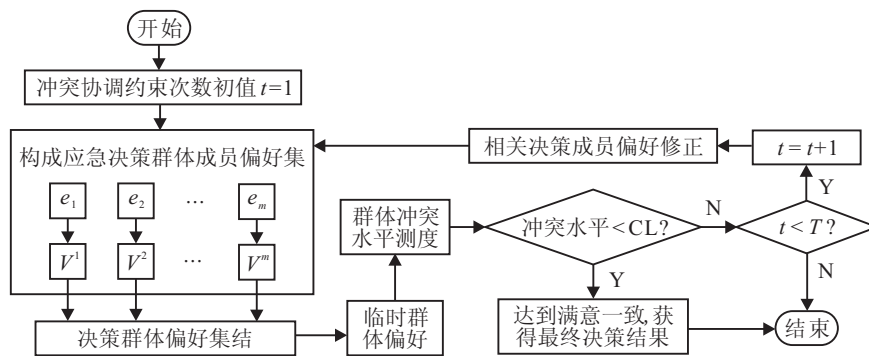


图1 应急决策冲突消解协调框架

2 应急决策群体偏好冲突测度

2.1 决策群体偏好集结

群决策是非常规突发事件应急规划及管理的重要手段^[3],它需要参与决策的各个专家成员根据其当前掌握的决策信息,针对决策属性的要求提供各自的对决策方案偏好的信息,再将各个成员对方案的偏好进行集结以形成群体对方案的偏好,进而获得最终的比较满意的应急群决策结果.因此,群决策理论与方法的发展为非常规突发事件的应急管理和决策奠定了实际应用基础.

现设有 m 个决策专家成员组成一个应急决策群体并记为 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$.其中: $m \geq 2$, e_i 表示第 i 个决策成员.该应急决策问题假设有 n 个决策属性,并记属性集为 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$,其中 x_j 表示第 j 个决策属性.对于第 j 个决策属性,决策群体第 i 个决策成员所提供的偏好可以表示为 r_{ij} ($r_{ij} \geq 0, i = 1 \sim m, j = 1 \sim n$).则 m 个决策成员关于 n 个决策属性所给出的方案偏好构成决策群体的方案偏好矩阵,并且表示为 V ,其中第 i 个决策成员 e_i 所给出的决策偏好矢量为 $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})$.则有

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix} = (V_1, V_2, \dots, V_m). \quad (1)$$

由于非常规突发事件应急决策群体是复杂大群体,为了较为准确地集结所有决策成员的偏好,首先需要分析群体偏好结构,通过对群体成员偏好向量集 $\Omega = \{V_i\}$ 进行聚类,形成群体偏好聚集结构,在此基础上对群体偏好进行集结.采用聚类方法^[13]将 $\Omega = \{V_i\}$ 聚类成 K 个聚集,在 Ω 中形成群体成员偏好聚集结构.第 k 个聚集记为 C^k ,第 k 个聚集的偏好向量数记为 n_k ,则 $\sum_{k=1}^K n_k = m$,其中 K 为正整数,且 $1 \leq K \leq m$.

由于聚类的标准是两个偏好矢量之间的相聚程度,处于同一聚集内的决策成员给出的偏好较为接近,可以将属于同一聚集内的决策成员权重认为相同,按照多数原则,对于容量较大的聚集,它们中的决策成员将赋予较大的权重;而对于容量较小的聚集,它们中的决策成员赋予较小的权重.于是成员 e_i 的权重为^[14]

$$w_i = w_{n_k} = n_k / \sum_{k=1}^K n_k^2, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

整个群体的偏好矢量 U 集结如下所示:

$$U = \{u_j\} = WV = (w_1, w_2, \dots, w_m)V = (u_1, u_2, \dots, u_n). \quad (3)$$

2.2 决策群体冲突测度

利用上述群体偏好向量和各个决策成员的偏好

向量,采用偏好向量间的距离偏差来构建决策群体之间的冲突程度指标。

定义1 各个决策成员(个体)偏好与整个群体偏好之间的冲突程度定义为

$$\theta_i = \sum_{j=1}^n |v_{ij} - u_j|/v_{ij}, \quad (4)$$

整个群体冲突程度指标定义为

$$\theta = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \theta_i, \quad (5)$$

其中 θ 表示决策群体中冲突水平情况。 θ 越大,决策群体之间冲突程度越大;反之, θ 越小,决策群体之间冲突程度越小。当 $\theta \leq \text{CL}$ 时,表示决策群体内冲突程度已控制在适当低的水平,无需进行冲突消解协调便可使得最终决策结果的群体冲突程度达到足够低;当 $\theta \geq \text{CL}$ 时,说明此时的群体冲突程度较高,还未达到满意的群决策结果,可通过式(4)找出与群体偏好冲突较大的决策者,然后协调者组织这些决策成员进入相互协商和协调反馈阶段。

3 应急决策偏好冲突消解方法

当决策群体冲突程度较高时,将进入决策成员相互协调和反馈的阶段。在这一阶段,决策协调者适当地鼓励并促进决策成员相互协商、进行反馈以保证能够共享相关的决策信息,促使决策成员充分发现导致决策群体成员偏好之间冲突产生的原因,同时借助决策成员协调和讨论的机制来减少决策成员的认知偏差,特别是那些与决策群体偏好冲突较大的成员更需进一步了解整体的应急群决策信息局势,以便调整并完善自己的决策偏好信息;之后进入下一轮冲突消解协调程序,从而能够得到在允许的冲突消解协调最大次数范围内获得偏好一致性程度较高、冲突水平较低的群决策结果。

在整个应急决策的冲突消解过程中,可能会出现需要多轮次的群体冲突消解协调的情况,而且在每一轮次的冲突消解协调之后都可以计算出一个群体冲突程度的指标 θ^t (其中 $t = 0, 1, \dots, T$),指标 $\{\theta^t\}$ 反映了应急决策群体之间冲突程度水平的变化。同时,在冲突消解协调过程中,需要保证指标序列 $\{\theta^t\}$ 呈现逐步减小的趋势,即逐渐收敛,才能使得每一次冲突消解协调过程的有效性得到保证,进而最终形成群体冲突程度水平小于冲突阈值 CL 的群决策结果。目前,人们提出了一些关于达到群体偏好一致性要求的偏好修正策略,但这些策略大多具有较大的随意性和不确定性^[12],同时修正后的决策偏好,其冲突程度并不能保证逐步减小且收敛,因此通过这样冲突消解协调,可能会使得交互次数增加,冲突消解的稳定性也难以得到保证。

基于上述讨论,本文通过定义较为规范的方法进行决策成员的偏好协调修正,从而得到更加明显的冲突消解协调效果,同时也能更快地得到群体冲突水平足够低的有效的群决策结果,以减少决策冲突消解的时间,及时开展应急救援行动。

定义2 群体成员决策偏好规范化修正方法。在决策成员第 t 轮的决策偏好及临时群体偏好基础上,通过下式对第 $t+1$ 轮决策成员的偏好进一步修正:

$$V_i^{t+1} = p_i^t V_i^t + (1 - p_i^t) U^t. \quad (6)$$

其中 p_i^t ($p_i^t \in [0, 1]$)为第 t 轮偏好协调时决策成员 e_i 的修正系数,该系数由该组织者和决策成员根据应急决策问题的实际需求进行合理设置。即:假如该决策成员对于自己的偏好有较大的坚持程度,则将 p_i^t 设置为相对较大,即 $p_i^t > 0.5$;如果决策者对群体意见尊重程度较大或对自己的意见让步较大,则 p_i^t 设置为较小,即 $p_i^t < 0.5$;如果 $p_i^t = 0.5$,则说明该决策成员在群体意见和自己的意见之间没有偏向。再通过式(6)的规范化方法,对决策成员偏好进行调整后,便可有效地避免决策成员偏好修正的随意性和不确定性。

下面将验证通过定义2的规范化方法对决策成员偏好进行调整后,决策群体之间的冲突水平会逐渐减小,并收敛到冲突阈值(CL)范围内,这样才能保证群体成员相互协商及反馈机制的有效性及可行性,从而获得群体冲突水平足够低的群决策结果,同时也是相对满意的决策结果。

定理1 设初始群决策成员偏好集 $\Omega = \{V_i^0 | i = 1, 2, \dots, m\}$,第 t 轮协调中决策者的决策偏好记为 V_i^t ($t = 0, 1, \dots, T$),对决策偏好通过式(6)进行调整后,由式(5)获得的冲突程度将会逐渐减小,即决策群体冲突程度时间变化序列 $\{\theta^t\}$ 将会收敛。

证明 初始设 $t = 0$,针对决策问题,决策成员给出初始偏好,构成初始偏好集 $\Omega = \{V_i^0 | i = 1, 2, \dots, m\}$ 。假设在第 $t+1$ 轮冲突消解协调过程中,只有决策成员 e_i 把第 t 轮时的偏好 v_{ij}^t 调整为偏好 v_{ij}^{t+1} ,其余决策成员的偏好不变,则由式(6)可得

$$v_{ij}^{t+1} = p_i^t v_{ij}^t + (1 - p_i^t) u_j^t.$$

其中

$$u_j^t = \sum_{i=1}^m w_i v_{ij}^t, \quad p_i^t \in [0, 1].$$

于是有

$$v_{ij}^{t+1} \in [\min(v_{ij}^t, u_j^t), \max(v_{ij}^t, u_j^t)].$$

另外,由式(5)可得

$$\theta^t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{|v_{ij}^t - u_j^t|}{v_{ij}^t},$$

$$\theta^{t+1} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{|v_{ij}^{t+1} - u_j^{t+1}|}{v_{ij}^{t+1}},$$

即有

$$\theta^{t+1} - \theta^t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{|v_{ij}^{t+1} - u_j^{t+1}|}{v_{ij}^{t+1}} - \frac{|v_{ij}^t - u_j^t|}{v_{ij}^t} \right).$$

1) 当 $v_{ij}^t > u_j^t$ 时, 由 $v_{ij}^{t+1} = p_i^t v_{ij}^t + (1 - p_i^t) u_j^t$, 有 $v_{ij}^t > v_{ij}^{t+1} > u_j^t$, 则有

$$u_j^{t+1} = \sum_{i=1}^m w_i v_{ij}^{t+1} < \sum_{i=1}^m w_i v_{ij}^t = u_j^t,$$

于是有 $v_{ij}^t > v_{ij}^{t+1} > u_j^t > u_j^{t+1}$.

$$\begin{aligned} \theta^{t+1} - \theta^t &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{(v_{ij}^{t+1} - u_j^{t+1})}{v_{ij}^{t+1}} - \frac{(v_{ij}^t - u_j^t)}{v_{ij}^t} \right) = \\ &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{u_j^t}{v_{ij}^t} - \frac{u_j^{t+1}}{v_{ij}^{t+1}} \right) = \\ &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{\sum_{k=1, k \neq i}^m w_k v_{kj}^t}{v_{ij}^t} - \frac{\sum_{k=1, k \neq i}^m w_k v_{kj}^{t+1}}{v_{ij}^{t+1}} \right) = \\ &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\left(w_i v_{ij}^t + \sum_{k=1, k \neq i}^m w_k v_{kj}^t \right) / v_{ij}^t - \right. \\ &\quad \left. \left(w_i v_{ij}^{t+1} + \sum_{k=1, k \neq i}^m w_k v_{kj}^{t+1} \right) / v_{ij}^{t+1} \right). \end{aligned}$$

根据前面的假设, 本轮冲突消解协调过程中, 只有决策成员 e_i 把第 t 轮偏好 v_{ij}^t 调整为偏好 v_{ij}^{t+1} , 其他决策成员的偏好不变, 于是可知

$$\sum_{k=1, k \neq i}^m w_k v_{kj}^t = \sum_{k=1, k \neq i}^m w_k v_{kj}^{t+1}.$$

记

$$Q = \sum_{k=1, k \neq i}^m w_k v_{kj}^t = \sum_{k=1, k \neq i}^m w_k v_{kj}^{t+1} > 0,$$

所以有

$$\begin{aligned} \theta^{t+1} - \theta^t &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{w_i v_{ij}^t + Q}{v_{ij}^t} - \frac{w_i v_{ij}^{t+1} + Q}{v_{ij}^{t+1}} \right) = \\ &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{Q}{v_{ij}^t} - \frac{Q}{v_{ij}^{t+1}} \right). \end{aligned}$$

又 $v_{ij}^t > v_{ij}^{t+1}$, 并且 $v_{ij}^t, v_{ij}^{t+1} \in (0, 1], Q > 0$, 因此有 $\theta^{t+1} - \theta^t < 0$, 即 $\theta^{t+1} < \theta^t$.

2) 当 $v_{ij}^t < u_j^t$ 时, 同样可以证明 $\theta^{t+1} < \theta^t$.

综上可得 $\theta^{t+1} < \theta^t$. \square

在上述证明中, 每一次都只针对一个决策成员的

偏好进行调整, 但实际上在每一轮次的决策偏好冲突消解协调过程中, 可能会有 $M > 1$ 个决策成员需要修改其偏好信息, 此时可以把本轮次的偏好调整看作是 M 次的偏好调整, 并且每一轮次只对一个决策成员的偏好进行调整. 通过递推定理 1 的证明过程, 同样可以得到 $\theta^{t+1} < \theta^t$, 即定理 1 结论仍然成立. 因此, 通过定义 2 的规范化方法对决策成员偏好进行修正后, 便可使得决策群体之间冲突水平逐渐减小, 并且收敛到冲突程度阈值 CL 范围内, 从而获得最终的群体冲突水平足够低的决策结果.

4 算例分析

现以某城市地铁火灾处置方案选优为例进行相应的算例分析, 以验证应急决策冲突协调方法和机制的实现过程及有效性. 在地铁火灾发生后, 需要紧急疏散列车乘客, 一般情况下会让地铁开进前方的车站, 并利用前方车站来疏散列车上的乘客, 或者选择让列车在隧道的区间中停车, 同时启动通风系统进行排风以减少产生的烟雾, 但是如果对乘客进行双向疏散, 启动的通风系统所处的上、下排风口会对乘客产生不利影响. 在考虑了各种情况后, 现拟定 5 个紧急疏散乘客的备选方案, 分别是: 1) 在地铁开入前方车站后, 同时双向疏散乘客; 2) 地铁在隧道停车, 同时启动通风系统, 但暂时不疏散乘客; 3) 地铁开入前方车站, 让通风系统排风方向与列车行驶的方向一致, 但暂时也不疏散乘客; 4) 地铁在隧道停车, 启动通风系统, 并且对乘客进行单向、顺序地疏散; 5) 地铁在隧道停车, 不启动通风系统, 同时对乘客进行双向疏散.

针对上述火灾所涉及的领域, 为计算方便, 现聘请 5 位相关领域的经验丰富的专家, 构成此次火灾应急救援的决策群体 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_5\}$. 各决策专家针对上述 5 个决策方案 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_5\}$, 独立地给出决策偏好 $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{i5})$, 相应的数据经过标准化处理后得到偏好矩阵 $V = \{v_{ij}\}$ 如表 1 所示.

表 1 决策成员初始决策偏好矩阵 V

应急决策成员	决策方案				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
e_1	0.4	0.5	0.6	0.8	0.7
e_2	0.3	0.4	0.7	0.9	0.6
e_3	0.5	0.3	0.6	0.8	0.7
e_4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8
e_5	0.4	0.3	0.6	0.8	0.7

显然有 $m = 5, n = 5$. 采用聚类方法(取聚类阈值 $\gamma = 0.85^{[13]}$), 可以将上述决策成员偏好向量集 V 进行聚类, 得聚集数 $K = 3$, 群体偏好矢量为 $U = (0.301, 0.285, 0.45, 0.585, 0.526)$, 聚类结果如表 2 所示.

表 2 群体成员偏好向量聚类结果

聚集	群体成	群体成员偏	聚集偏好矢量 U^k	聚集一致
C^k	员数 n_k	好矢量 V^i		性指标 ρ^k
C^1	3	V^1, V^3, V^4	(0.328, 0.303, 0.429, 0.555, 0.555)	0.773
C^2	1	V^2	(0.217, 0.289, 0.507, 0.651, 0.434)	0
C^3	1	V^5	(0.303, 0.227, 0.455, 0.606, 0.531)	0

由式 (2) 可得所有应急决策成员的权重为 $w_1 = 0.273, w_2 = 0.273, w_3 = 0.273, w_4 = 0.091, w_5 = 0.091$. 按照式 (3) 计算出各个决策成员对备选方案的综合决策结果, 得到整个决策群体对 5 个备选方案的临时综合决策偏好向量为 $U = (w_1, w_2, w_3, w_4, w_5) \cdot V = (0.4004, 0.3913, 0.6188, 0.8099, 0.6825)$.

针对该决策问题的实际情况, 决策协调者认为将冲突程度阈值设置为 $CL = 0.38$ 较为合理, 同时为了避免拖延冲突消解协调的时间, 设置冲突消解协调约束最大次数为 $T = 3$. 然后根据式 (4) 计算各个成员与决策群体在决策初始时的冲突程度为 $\theta_1^0 = 0.265, \theta_2^0 = 0.826, \theta_3^0 = 0.492, \theta_4^0 = 0.675, \theta_5^0 = 0.292$; 再基于式 (5) 计算决策群体的冲突程度指标 $\theta^0 = 0.510 > 0.38$. 这说明在决策群体之间的冲突水平较高, 需要决策协调者组织相应的决策成员进入到相互协调和反馈阶段, 并引导各个决策成员根据他们自己掌握的相关信息及决策群体的偏好信息进一步协商和讨论, 即对决策成员的方案偏好通过式 (5) 进行交互式调整以及群体冲突消解协调. 基于式 (4) 计算出各个决策成员与决策群体冲突程度的大小排序为 $\theta_2^0 > \theta_4^0 > \theta_3^0 > \theta_5^0 > \theta_1^0$, 这说明决策成员 e_2, e_4 与群体偏好的冲突水平较大, 他们的偏好需要修正. 为便于计算, 只对那些与群体偏好冲突程度水平最大的群体成员的偏好进行修改.

在第 1 轮次冲突消解协调过程中, 如果将与群体偏好冲突程度最大的群体成员 e_2 的偏好进行随意调整, 则可得到如表 3 所示的结果; 在此基础上计算出第 1 轮次偏好调整后的决策群体冲突程度为 $\theta^1 = 0.582 > \theta^0 = 0.510 > CL = 0.38$, 此时需要进行第 2 轮次的偏好调整; 如果将决策成员 e_4 的偏好信息进行随意修改, 则可得到如表 4 所示的结果, 进而计算出决策群体的偏好冲突程度为 $\theta^2 = 0.628 > \theta^1 = 0.582 > CL = 0.38$. 可以看出比之前的冲突程度还要

表 3 经第 1 轮调整后的群体决策偏好矩阵

成员	决策方案				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
e_1	0.4	0.5	0.6	0.8	0.7
e_2	0.45	0.60	0.75	0.79	0.62
e_3	0.5	0.3	0.6	0.8	0.7
e_4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8
e_5	0.4	0.3	0.6	0.8	0.7

表 4 经第 2 轮调整后的群体决策偏好矩阵

成员	决策方案				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
e_1	0.4	0.5	0.6	0.8	0.7
e_2	0.45	0.6	0.75	0.79	0.62
e_3	0.5	0.3	0.6	0.8	0.7
e_4	0.52	0.45	0.55	0.6	0.89
e_5	0.4	0.3	0.6	0.8	0.7

大, 此时即使反复进行冲突协调, 也无法使冲突消解协调有效, 浪费了宝贵的冲突协调时间.

本文中, 对相关成员的偏好信息采用式 (6) 的规范化调整方法来实现冲突消解协调. 在考虑该应急决策问题的实际情况后, 决策成员 e_2 选择大体上尊重群体的意见, 因此设置第 1 轮次冲突调整的偏好修正系数为 $p_2^1 = 0.2$, 于是第 1 轮次偏好调整后的决策成员偏好矩阵如表 5 所表示.

表 5 经第 1 轮调整后群体成员的偏好矩阵

成员	决策方案				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
e_1	0.4	0.5	0.6	0.8	0.7
e_2	0.38	0.384	0.62	0.804	0.68
e_3	0.5	0.3	0.6	0.8	0.7
e_4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8
e_5	0.4	0.3	0.6	0.8	0.7

经过第 1 轮偏好调整后, 需要重新计算群体偏好冲突程度指标, 由此获得各个决策成员与群体的冲突程度分别为: $\theta_1^1 = 0.385, \theta_2^1 = 0.278, \theta_3^1 = 0.523, \theta_4^1 = 0.639, \theta_5^1 = 0.395$, 其中 $\theta^1 = 0.444 > 0.38$. 所得结果表明, 在第 1 轮次的偏好调整之后, 决策群体之间的冲突程度有所下降, 但仍未达到冲突阈值之内, 因此需要进行第 2 轮次的冲突消解协调 (未超过群体冲突消解协调约束最大次数 T). 计算后得出决策成员 e_4 与群体偏好之间的冲突程度水平为最大, 需要对成员 e_4 的决策偏好再一次通过式 (5) 进行偏好调整. 假设成员 e_4 对自己的意见比较坚持, 设其决策偏好的修正系数为 $p_4^2 = 0.7$, 则通过对第 2 轮次决策偏好进行调整后, 决策成员的决策偏好信息矩阵如表 6 所示, 同时决策群体对上述 5 个备选方案的综合偏好为 $U = (0.417, 0.375, 0.591, 0.774, 0.709)$.

表 6 经第 2 轮调整后群体成员的偏好矩阵

成员	决策方案				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
e_1	0.4	0.5	0.6	0.8	0.7
e_2	0.38	0.384	0.62	0.804	0.68
e_3	0.5	0.3	0.6	0.8	0.7
e_4	0.406	0.391	0.534	0.664	0.766
e_5	0.4	0.3	0.6	0.8	0.7

在进行第 2 轮次的决策成员冲突消解协调后, 计算出决策群体的偏好冲突程度为 $\theta^2 = 0.370 < 0.38$,

这说明决策群体成员之间的冲突水平达到足够小,可以接受这次的决策结果. 第 2 轮次偏好调整后获得的结果即为决策群体对上述 5 个应急决策备选方案最终决策结果, 即 $x_4 > x_5 > x_3 > x_1 > x_2$, 备选方案 x_4 为最优的群决策方案.

在整个冲突消解协调过程中, 各轮次冲突消解协调后计算出的群体冲突程度序列为 $\{\theta^t\} = \{0.510, 0.444, 0.370\}$, 显然呈现了冲突水平逐渐收敛的趋势, 这表明通过冲突消解协调, 可以保证群体冲突水平控制在冲突阈值范围内, 从而保证了群决策冲突消解协调的有效性 & 稳定性.

5 结 论

在非常规突发事件应对决策中, 决策群体呈现异质性, 因而是一个较为典型的冲突性应急决策. 本文结合非常规突发事件应急决策问题及决策环境, 分析了应急群决策的冲突产生的原因, 提出了相应的应急决策冲突消解协调机制. 通过测度决策群体之间的偏好冲突程度, 获得决策群体的冲突程度水平并与阈值进行比较, 再通过决策协调者组织相关的决策群体成员进行相互协调和反馈; 同时利用提出的规范化方法对决策成员偏好进行修正和完善, 使得冲突协调之后的群决策的偏好冲突水平逐渐下降并收敛, 从而进行冲突消解协调, 快速地获得足够低的群体冲突程度水平的应急方案, 最大限度地减少损失. 在整个非常规突发事件应急决策冲突消解协调过程中, 由于对决策成员之间的客观差异性的冲突进行了充分考虑, 更加符合非常规突发事件应急决策的特点. 算例分析结果验证了该方法及冲突消解协调机制的有效性.

参考文献(References)

- [1] 计雷, 池红, 陈安. 突发事件应急管理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 8-15.
(Ji L, Chi H, Chen A. Emergency management[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006: 8-15.)
- [2] 范维澄. 国家突发公共事件应急管理中科学问题的思考与建议[J]. 中国科学基金, 2007, 21(2): 71-76.
(Fan W C. Advisement and suggestion to scientific problems of emergency management for public incidents[J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2007, 21(2): 71-76.)
- [3] John Cosgrave. Decision making in emergencies[J]. Disaster Prevention and Management, 1996, 5(4): 28-35.
- [4] Herrera F, Herrera Viedma E, Verdegay J L. A model of consensus in group decision making under linguistic assessments[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996, 78(1): 73-87.
- [5] Herrera Viedma E, Herrera F, Chiclana F. A consensus model for multiperson decision making with different preference structures[J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetic, Part A, 2002, 32(3): 394-402.
- [6] Hai Zhuge. Conflict decision training through multi-space co-operation[J]. Decision Support Systems, 2000, 29(2): 111-123.
- [7] 郎淳刚, 席酉民, 毕鹏程. 群体决策过程中的冲突研究[J]. 预测, 2005, 24(5): 1-8.
(Lang C G, Xi Y M, Bi P C. Study on conflict in group decision making process[J]. Forecasting, 2005, 24(5): 1-8.)
- [8] 陈晓红, 刘智勇. 群决策冲突管理三维模型研究[J]. 统计与决策, 2008(3): 13-15.
(Chen X H, Liu Z Y. Study on three-dimensional model for conflict management of group decision making[J]. Statistics and Decision, 2008(3): 13-15.)
- [9] Chang Kuo Hsiung, Donald F Gotcher. Conflict-coordination learning in marketing channel relationships: The distributor view[J]. Industrial Marketing Management, 2010, 39(2): 287-297.
- [10] 曾伟, 周剑岚, 王红卫. 应急决策的理论与方法探讨[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(3): 172-176.
(Zeng W, Zhou J L, Wang H W. Research on the theory and methods of emergency decision-making[J]. China Safety Science J, 2009, 19(3): 172-176.)
- [11] Wall J A Jr, Callister R R. Conflict and its management[J]. J of Management, 1995, 21(3): 515-558.
- [12] 沈建飞, 王亚丽, 黄海量. 多指标方案评价中群体一致性的判断和调整方法[J]. 工业工程管理, 2005, 10(5): 79-87.
(Shen J F, Wang Y L, Huang H L. Consensus measuring and adjusting for multi-attributes group decision under fuzzy logic[J]. Industrial Engineering and Management, 2005, 10(5): 79-87.)
- [13] 徐选华, 陈晓红. 一种多属性多方案大群体决策方法研究[J]. 系统工程学报, 2008, 23(2): 137-141.
(Xu X H, Chen X H. Research of a kind of method of multi-attributes and multi-schemes large group decision making[J]. J of Systems Engineering, 2008, 23(2): 137-141.)
- [14] 徐选华, 陈晓红, 王红伟. 一种面向效用值偏好信息的大群体决策方法[J]. 控制与决策, 2009, 24(3): 440-445.
(Xu X H, Chen X H, Wang H W. A kind of large group decision-making method oriented utility valued preference information[J]. Control and Decision, 2009, 24(3): 440-445.)