

核安保事件应急决策的情景库构建与情景匹配研究

陈甲华, 鲍桂爽¹

(南华大学 经济管理与法学学院, 湖南 衡阳 421001)

[摘要] 纵观国际社会形势,核扩散风险、核恐怖主义威胁对全球核电发展带来诸多挑战,加强核安保事件应急决策研究至关重要。根据突发事件的情景—应对的相关理论,文章从内因、外因以及应急决策三个维度对核安保事件进行情景切分和关键因素提取,提出了核安保事件情景库的结构和构建过程,并提出了核安保事件案例库索引和基于最近相邻法的核安保事件情景相似度计算方法对核安保事件与情景库进行情景匹配。文章运用的情景库和情景匹配方法可以简练、准确地表达核安保事件应急决策的信息和实现快速的情景匹配,可为核安保事件的应急决策提供重要的支持。

[关键词] 情景; 情景库; 核安保事件; 应急决策

[中图分类号] X913 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2022)06-0001-09

DOI:10.13967/j.cnki.nhxb.2022.0073

在双碳背景下,核能作为安全、清洁、高效、可大规模替代煤电的能源,对优化能源结构、减少温室气体排放、实现绿色发展具有重要作用,对中国政治、经济、社会、生态文明建设具有重要的战略价值。然而,纵观国际社会形势,核扩散风险、核恐怖主义威胁和核设施场所风险等也对全球核电发展带来诸多挑战,核安保的问题,不仅事关绿色能源的发展战略,更关乎全球社会稳定。核安保事件一旦发生,便需要快速决策和及时控制,以免造成大面积的环境污染,影响人员身心健康,甚至危及社会安定。对于核安保的研究而言,如何充分利用既有经验,在具体情景中快速、准确地提取关键信息,为核安保事件提供应急决策的依据,仍是重中之重。本研究将基于突发事件的情景—应对的相关理论,从内因、外因以及应急决策三个维度构建核安保事件的情景库,并运用案例分析进行检验和修正,协助后续核安保事件的情景阶段演化分析,以期切实提升核安保事件应急决策机制。

一 核安保发展及应急决策研究现状

(一)核安保发展的三个阶段

核安保是指对涉及核材料和其他放射性物质或相关设施的偷窃、蓄意破坏、未经授权的接触、非法

转让或其他恶意行为的防止、侦查和应对办法;核安全是指实现正常的运行工况,防止事故或减轻事故后果,从而保护工作人员、公众和环境免受不当的辐射危害^[1]。核安保与核安全的主要区别,前者以防为主,后者以应对为主,前者防范人的恶意行为,后者应对技术或自然灾害造成的核事故。

核安保事件是涉及核材料、核设施、其他放射性物质及相关设施,以及相关活动的擅自接触、未经授权转移、盗窃、蓄意破坏或其他恶意行为的事件。核安保的发展可分为三个阶段:

第一阶段是核安保早期形成阶段,国际原子能机构20世纪70年代就开始为各国提供核安保实物保护培训等。我国20世纪50年代就开始重视核安保工作,并于1987年发布了《中华人民共和国核材料管理条例》。

第二阶段是核安保体系发展阶段,2011年9月11日美国恐怖主义袭击事件之后,国际恐怖主义威胁严峻,联合国先后通过1540号决议和《制止核恐怖主义行为国际公约》,国际原子能机构也先后制定了三个“核安保计划”,编制了核安保系列导则等。

第三阶段是全球共建核安保阶段,2010年至2016年先后举办了四次全球核安保峰会,并建成了中美核安保示范中心等^[2]。

[收稿日期] 2022-08-18

[基金项目] 湖南省教育厅重点项目“基于深度学习的乏燃料剪切机安全状态监测方法研究”资助(编号:19A443);乏燃料后处理科研项目资助

[作者简介] 陈甲华(1978—),男,河北东光人,南华大学经济管理与法学学院副教授,博士。

¹ 南华大学经济管理与法学学院硕士研究生。

(二)“情景—应对”在突发事件中的应用研究及现状

任何事件都是基于特定情景而发生的,对特定情景进行快速、全面地分析,以便准确地提取关键信息,逐渐成为提升应急决策的一种基本共识。“情景”这一概念于1967年由Kahn首次提出,将潜在发展结果和趋势及未来发展路径的描述作为一套情境^[3-4]。我国学者从不同角度对“情景—应对”在突发事件中的应用进行了研究。从多案例分析角度,连会青等以矿井水灾事故案例为基础,针对传统应急决策机制的不足,提出一种基于“情景—应对”的矿井水灾事故多阶段动态应急决策机制,为决策方案的快速生成提供技术支撑^[5];从知识元角度,王宁等通过引入共性知识元模型,形成基于知识元的应急管理案例情景库^[6];从知识元与情景理论结合的角度,陈赅等利用知识元理论和情景理论,将事故过程片段化和情景化,全面、准确提取事故过程的关键信息,构建了地铁隧道施工事故情景表达通用层次模型^[7];从相似度匹配角度,张明红等在横向上以事件发生的时间先后顺序抽取关键决策点的情景构建情景链,纵向上提出“事件—情景—应急处置任务—应急行动”的结构化突发事件模型,在此基础上采用情景链相似度算法,解决寻找相似突发事件以及应对策略的问题^[8];从演化角度,王宁等将知识元作为突发事件情景、案例与规则表示的共性基础,构建了基于知识元的突发事件情景演化混合推理模型^[9]。

综上所述,国内外学者对突发事件应对研究做出了一定的贡献,但总的来说,将核安保事件与情景理论结合起来进行研究十分少见。因此,本研究根据核设施营运单位核安保事件的特点,将情景理论与核安保事件相结合,通过构建核设施营运单位核安保事件情景库,利用相似度算法快速匹配到相似情景,学习相关的应急决策,为核安保事件应急决策提供参考。

二 核安保事件情景库的构建

(一)构建核安保事件情景库的意义

核安保事件尤其是核安保泄露事件,发展趋势难以预料,传播性强,危害性大,影响范围广,已经在全世界引起了重视。时至今日许多国家都加入了核安保的各种倡议,有的国家还制定了各种核安保法律法规。通过构建核安保事件情景库,进行情景分析的最终目的不是判断出准确的未来情景,也不是对未来各种情景的概率进行精确确定,而是通过对

情景要素、情景信息的掌握,利用过去的情景信息提供一些未来的情景信息^[10]。建立核安保事件情景库,可有效地利用已发生的核安保事件及其应急决策的历史经验,为尽早应对未来情景的演化做出准备。

(二)核安保事件情景库的构建过程

核安保事件的发展态势包括“态”和“势”两方面:“态”是指事件当时所处的状态,“势”是指事件的未来发展趋势^[11]。核安保事件情景库的建立,需要对案例进行情景结构划分,以满足:(1)能够对案例关键情景进行准确描述;(2)能够便于快速检索^[12]。

对核安保事件的情景进行构建见图1。

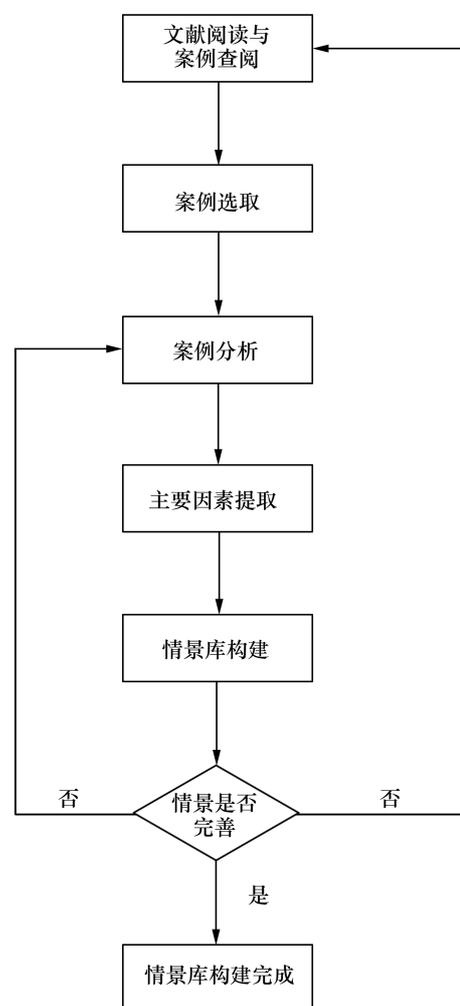


图1 情景库构建过程

1. 阅读文献以及查阅案例。如果实现构建的情景库能够便于全面检索,需要包含全部已发生过的情景,使相似情景出现时能够及时找到相似情景而不被遗漏。

2. 拆分情景。对核安保事件发展过程根据相应理论进行拆分,确定相应的核安保事件情景结构划分标准、明确情景指标。

3. 明确各指标权重。不同指标对于事件的影响程度不同,各个指标的权重值应根据专家打分意见和实际情况进行评估^[13]。

(三)核安保事件情景库的结构

由于核安保事件的影响造成危害的范围远超于食品药品安全事件、群体性中毒和感染事件,并且核安保事件更具有明显的突发性。因此,本文主要研究核安保事件基于情景库的应急决策研究。核安保事件主要分为放射性散布装置、计算机核安保、内部威胁、潜在威胁、非法转移、盗窃、破坏核设施、运输核安保和其他核安保事件。与地震等自然灾害不同的是,核安保事件是一个持续的过程,且判断事件发展阶段的依据清晰,具有明显的过程性的划分。不同核安保事件所处不同阶段均表现为不同的情景,不同情景便应有不同的应急决策。

在学习其他学者的研究成果的基础上,结合核安保事件本身特点,本文将核安保事件的情景构成元素划分三个维度,各个维度下又细分不同的指标与指标属性。

1. 维度层结构划分

本文设计的核安保事件情景库结构的第一层结构为维度,包括内因维度、外因维度以及应急决策维度。内因维度所描述的是情景的内部基本属性,是造成和推动核安保事件如何发展以及可能的危害程度的最根本属性。外因维度所描述的是情景的外部影响属性,这种影响属性与核安保事件的基本属性不同,是推动核安保事件发展的外部因素,相同的内部因素在不同的外部因素的作用下也会产生不同的事件演化效果。应急决策维度是指决策人员根据核安保事件轻重情况及核安保事件发展阶段所进行的应急管理决策以及物质资源和人员的调配,这也是推动情景发展的关键因素。使用这三个维度将影响情景发展的主要信息元素概括起来,以保证对情景的准确描述,确保在进行案例信息检索时关键信息不被遗漏。

2. 指标层结构划分

对核安保事件进行分析,可以精准确定内因维度、外因维度和应急决策维度下的指标。

(1)内因维度下的指标划分。内因指标是核安保事件最基础的构成元素,导致核安保事件最基础的因素就是风险源的产生、事件发展的程度及方式,最开始是由核安保事件所具备的风险源、接触途径、

攻击目标三个条件决定的。内因维度指标见表 1。

表 1 内因维度指标

维度名称	发生条件	指标名称
内因维度	风险源	暴力恐怖袭击风险
		群体性事件风险
		活动场所风险
		网络空间风险
		新兴业态风险
		网络病毒
	接触途径	无人机袭击
		内外部结合
		武器攻击核设施
		盗取核材料
		放射性散布装置
		计算机网络
目标	核材料	
	核设施	

(2)外因维度下的指标划分。外因维度就是在核安保事件已经具备最开始发生的基础条件,即核安保事件发生的三个基本条件都具备之后,对核安保事件发展程度起到减弱或加剧的外在条件或者说是外在环境条件。这种环境条件可以是社会环境条件,也可以是自然环境条件。在核安保事件中,由于内因维度的许多指标是本身存在而无法改变的,因此在对核安保事件进行管理,会通过主要改善外部条件来应对核安保事件的发生和发展。外因维度指标见表 2。

表 2 外因维度指标

维度名称	环境因素	指标名称
外因维度	社会环境	政治环境
		经济环境
		文化环境
		社会管理水平
		人口流动程度
	自然环境	医疗水平
		地理位置
		交通便利程度

(3)应急决策维度下的指标划分。应急决策维度是影响核安保事件发展态势的最主要的维度,直

接影响事件演化的方向,只有及时有效的应急决策才能让核安保事件快速消失或减少衍生事件的发生;而延迟无效的应急决策不但会导致源事件发展的继续扩大,甚至会导致其他衍生事件发生,对社会造成重大影响。而做好当下应急决策的重要前提就是要了解当前核安保事件所处的发展状态及未来可能造成的不良影响。因此,构建的情景库中应该包括过去发生的不同情景所采取的应急决策及其所需的资源和人员。应急决策维度指标见表3。

表3 应急决策维度指标

维度名称	应急方向	指标名称
应急决策维度	应对任务	公众信息发布
		核安保事件应急
		社会维稳
	管理主体	应急指挥机构 处置保障

3. 指标属性层结构划分

上述内容对于各个维度下的指标进行了划分,但有的指标也可以进行更细致的划分和描述,有些指标可以用定量数字确定,有些指标可以用特定符号表示,有些指标可以用模糊概念表示,不同的指标属性有不同的表示方法。我们将对指标更细致地划分即定性或定量描述定义为指标属性,以此来更加清晰地对核安保事件的情景库中的情景进行更细致的描述。指标属性见表4。

表4 指标属性

维度名称	指标名称	指标属性	
内部维度	暴力恐怖袭击风险	大	小
	群体性事件风险	大	小
	活动场所风险	大	小
	网络空间风险	大	小
	新兴业态风险	大	小
	网络病毒	成功	失败
	无人机袭击	成功	失败
	内外部结合	成功	失败
	武器攻击核设施	成功	失败
	盗取核材料	成功	失败
	放射性散布装置	成功	失败
	计算机网络	完好	损坏
	核材料	完好	损失或丢失
核设施	完好	损坏	

续表

维度名称	指标名称	指标属性				
外部维度	政治环境	差	一般	中等	良好	优秀
	经济环境	差	一般	中等	良好	优秀
	文化环境	差	一般	中等	良好	优秀
	社会管理水平	差	一般	中等	良好	优秀
	人口流动程度	小	一般	中等	良好	巨大
	医疗水平	差	一般	中等	良好	先进
	地理位置	差	一般	中等	良好	优越
	交通便利程度	差	一般	中等	良好	优秀
应急管理	应急指挥机构	医院、卫生部门 应急管理部门 武警 军队 公安部门				
	处置保障	信息部门 气象部门 医疗救治体系保障 物资储备保障 经费保障 法律保障 科技保障 宣传教育保障				

以上指标及指标属性均可以随着核安保事件发生种类的多样性和复杂性继续添加,实时更新。

三 核安保事件的匹配方法

(一)核安保事件库索引

核安保事件情景库构建后,若想合理利用情景库找到相似情景,学习其应急决策,应选择合适的方法进行匹配。一般认为,同类核安保事件所可能产生的情景大体相似,因此可将核安保事件的分类作为第一层索引。本文根据国际原子能机构对核安保事件的分类,确定了核安保事件库的第一层索引,见表5。

表5 一层检索

事件名称	一层检索
核安保事件	放射性散布装置
	计算机核安保
	内部威胁
	潜在威胁
	非法转移
	盗窃
	破坏核设施
	运输核安保
	其他核安保事件

若当前发生的核安保事件为过去发生过的事件,则可以先进行一层索引,从而快速锁定同类事件下的情景,然后在该类情境中进行检索和匹配。比如当前发生了新的核安保事件,根据事件确定为计算机核安保,则可以在计算机核安保下的情景中进行检索和匹配,学习相似情景的应急决策,做到尽快采取应急措施。这是核安保事件情景库的第一个作用。

若当前发生的核安保事件为原先没有发生过的,则采用分级检索和相似度计算相结合的方式进行匹配。首先通过一层索引将核安保事件的范围缩小,然后通过相似度计算,在整个情景库中进行情景匹配,找到相似情景以学习其应急决策。这是核安保事件情景库的第二个作用,也是本文研究的重点。

(二)情景指标及其权重的确定

在核安保事件的一层索引后,需要进行核安保事件的情景相似度计算。若要进行情景相似度计算,则需要明确核安保事件的指标和确定各级指标的权重。本文选用上文中核安保事件情景库结构中内因维度和外因维度的指标作为核安保事件的情景相似度计算的指标,见表 6。

指标权重通过专家打分和层次分析法(AHP)确定。首先邀请核安保领域和核安保事件应急管理相关领域的专家对各指标属性进行重要程度打分。打分标度见表 7。

专家打分完成以后,需要对打分数值进行一致性检验。一致性检验的 RI 的取值见表 8。

表 6 情景相似度计算的指标对应

表示	指标
a_1	经济环境
a_2	医疗水平
a_3	风险源
a_4	地理位置
a_5	社会管理水平
a_6	人口流动程度
a_7	交通便利程度
a_8	文化环境
a_9	政治环境

表 7 打分标度

标度	含义
1	表示两个因素相比,具有同样重要性
3	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素极端重要
2,4,6,8	上述相邻判断的中值
倒数	因素 i 与 j 比较的判断为 a_{ij} ,则因素 j 与 i 比较的判断 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

表 8 矩阵阶数为 1-9 的 RI 取值

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46

根据指标体系,利用上述标度法,进行专家问卷调查。本文选取了核安保领域和核安保事件应急管理领域的 8 位相关专家,分别对指标的重要程度进

行打分。

将打分结果进行内部讨论和归纳,得到两两判断矩阵,见表 9。

表 9 指标打分

指标	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9
a_1	1	1/5	1/5	1/3	1/5	1/5	1/3	1	1
a_2	5	1	1	5/3	1	1	5/3	5	5
a_3	5	1	1	5/3	1	1	5/3	5	5
a_4	3	3/5	3/5	1	3/5	3/5	1	3	3
a_5	5	1	1	5/3	1	1	5/3	5	5
a_6	5	1	1	5/3	1	1	5/3	5	5

续表

指标	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉
a ₇	3	3/5	3/5	1	3/5	3/5	1	3	3
a ₈	1	1/5	1/5	1/3	1/5	1/5	1/3	1	1
a ₉	1	1/5	1/5	1/3	1/5	1/5	1/3	1	1

然后,确定指标重要程度,并运用 AHP 确定每个指标的权重。

计算判断矩阵的最大特征值为 9,再进行一致性检验。

计算一致性指标 CI:

$$CI = (9 - 9) / (9 - 1) = 0$$

平均随机一致性指标:

$$RI = 1.46$$

随机一致性比率:

$$CR = CI / RI = 0 / 1.46 = 0 < 0.10$$

由于 CR 小于 0.1,可以认为判断矩阵构造合理。因此,计算出指标权重,见表 10。

表 10 权重确定

指标层	权重
a ₁	0.034 5
a ₂	0.172 4
a ₃	0.172 4
a ₄	0.103 4
a ₅	0.172 4
a ₆	0.172 4
a ₇	0.103 4
a ₈	0.034 5
a ₉	0.034 5

(三)情景结构化描述

本文选取放射性散布装置事件的情景按照核安保事件的情景库结构进行结构划分。内因维度的指标:风险源为暴力恐怖袭击风险;接触途径为无人机袭击;攻击目标为核设施。外因维度的指标:经济环境良好;地理位置优越;医疗水平先进;人口流动程度巨大;社会管理水平中等;交通便利程度良好;文化环境良好;政治环境良好。

为了更好地体现情景方法动态管理的优越性,同时选取了放射性散布装置事件进一步发展的情景描述。内因维度的指标:风险源为暴力恐怖袭击风险;接触途径为内外部结合;攻击目标为核材料。外

因维度的指标:经济环境一般;地理位置一般;医疗水平一般;人口流动程度中等;社会管理水平中等;交通便利程度中等;文化环境中等;政治环境中等。

表 11 放射性散布装置事件初始情景结构划分

指标	描述
风险源	暴力恐怖袭击风险
接触途径	无人机袭击
攻击目标	核设施
经济环境	良好
地理位置	优越
医疗水平	先进
人口流动程度	巨大
社会管理水平	中等
交通便利程度	良好
文化环境	良好
政治环境	良好

表 12 放射性散布装置事件中间情景结构划分

指标	描述
风险源	暴力恐怖袭击风险
接触途径	内外部结合
攻击目标	核材料
经济环境	一般
地理位置	一般
医疗水平	一般
人口流动程度	中等
社会管理水平	中等
交通便利程度	中等
文化环境	中等
政治环境	中等

上文对核安保事件情景库结构表示的举例能够更加清楚地表达情景库对于情景的表达。同时为了将核安保事件的情景定性描述转化为定量描述以便于情景相似度的计算,便于专家对指标进行量化打分,于是对定性描述进行定量化转化,规则见表 13。

表 13 指标打分规则

指标	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分
经济环境	差	一般	中等	良好	优秀
医疗水平	差	一般	中等	良好	先进
风险源	暴力恐怖袭击风险	群体性事件风险	活动场所风险	网络空间风险	新兴业态风险
地理位置	差	一般	中等	良好	优越
社会管理水平	差	一般	中等	良好	优秀
人口流动程度	小	一般	中等	良好	巨大
交通便利程度	差	一般	中等	良好	优秀
文化环境	差	一般	中等	良好	优秀
政治环境	差	一般	中等	良好	优秀

若难以对程度进行更细致衡量,则可以取数值的中间值,比如 1.5、2.5、3.5 等,以便更精确地打分评价,提高情景相似度的准确性。

对表 13 进行举例解释,比如核安保事件情景 x 的地理位置为一般时,则为定量转化为 2 分;社会管理水平中等时,定量转化为 3 分。

(四)情景相似度计算

本文选用了最近相邻检索算法作为核安保事件的情景相似度计算的方法。在进行情景相似度计算时,首先要计算两个情景的各个指标的距离,然后将所有指标的距离整合起来,确定最终的情景相似度。对于不同取值类型的指标,距离的计算方法如下:

1. 符号属性

符号属性是简单的列举型,比如人的性别“男或女”就是符号属性,属性值之间不存在实际意义上量的关系,公式可表示为:

$$\text{dist}(x_i, y_i) = (1, x_i = y_i; 0, x_i \neq y_i)$$

式中 x_i 和 y_i 分别表示进行情景匹配的核安保事件情景 x 和核安保事件情景 y 第 i 个符号属性指标。以人的性别“男或女”举例,若情景 x 中的人的性别是男,而情景 y 中的人的性别是女,则表示为 $x_i \neq y_i$,将值取为 0;若情景 x 和情景 y 中均是男性,则表示为 $x_i = y_i$,将值取为 1。

2. 数值属性

数值属性是指指标属性中以数值形式表示的指标属性,或者将定性指标转化为定量指标的形式。比如,对于经济环境,可以分为 5 等,优秀到差,优秀则可以赋值为 5,差则可以赋值为 1。

$$\text{dist}(x_i, y_i) = |x_i - y_i| / |\max_i - \min_i|$$

式中 x_i 与 y_i 仍为核安保事件情景 x 与核安保事件情景 y 中的第 i 个指标, \max_i 与 \min_i 代表指标 i 所取到的最大值和最小值。以经济环境为例,若情景 x 中地区的经济环境中等,则 x_i 取值为 3,情景 y

中地区的经济环境差,则 y_i 取值为 1,将二者做差取绝对值后,再计算与指标 i 的最大值和最小值的差之比,即与 5-1 的绝对值之比。

以上两个公式计算了单个指标的距离,需要通过将所有指标的距离整合起来,确定最终的情景相似度,即采用以下公式:

$$\text{sim}(x_i, y_i) = 1 - \sqrt{\sum w_i \times \text{dist}(x_i, y_i)}$$

该公式表示了核安保事件情景 x 和核安保事件情景 y 的最终相似度, $\text{dist}(x_i, y_i)$ 即为上文中计算的指标的距离, w_i 即为指标 i 的权重。

四 实证分析

(一)情景结构化描述及定量转化

选取放射性散布装置事件初始情景与破坏核设施事件初始情景进行相似度计算的举例。

放射性散布装置事件初始情景为:风险源为暴力恐怖袭击风险;接触途径为无人机袭击;攻击目标为核设施;经济环境良好;地理位置优越;医疗水平先进;人口流动程度巨大;社会管理水平中等;交通便利程度良好;文化环境中等;政治环境良好。详情见表 14。

表 14 放射性散布装置事件初始情景结构划分

指标	描述
风险源	暴力恐怖袭击风险
接触途径	无人机袭击
攻击目标	核设施
经济环境	良好
地理位置	优越
医疗水平	先进
人口流动程度	巨大
社会管理水平	中等
交通便利程度	良好
文化环境	中等
政治环境	良好

破坏核设施事件初始情景可分为:风险源为暴力恐怖袭击风险;接触途径为武器攻击核设施;攻击目标为核设施;经济环境良好;地理位置中等;医疗水平中等;人口流动程度中等;社会管理水平中等;交通便利程度中等;文化环境良好;政治环境良好。详情见表 15。

表 15 破坏核设施事件初始情景结构划分

指标	描述
风险源	暴力恐怖袭击风险
接触途径	武器攻击核设施
攻击目标	核设施
经济环境	良好
地理位置	中等
医疗水平	中等
人口流动程度	中等
社会管理水平	中等
交通便利程度	中等
文化环境	良好
政治环境	良好

对放射性散布装置事件初始情景与破坏核设施事件初始情景进行结构化描述后,可通过表 13 所规定的定性定量转换方法进行转化,得出放射性散布装置事件初始情景与破坏核设施事件初始情景的各项指标分值,见表 16-表 17。

表 16 放射性散布装置事件初始情景指标打分

指标	分数
风险源	1
经济环境	4
地理位置	4.5
医疗水平	5
人口流动程度	4.5
社会管理水平	3
交通便利程度	4
文化环境	3.5
政治环境	4

表 17 破坏核设施事件初始情景指标打分

指标	分数
风险源	1
经济环境	3.5
地理位置	3

续表

指标	分数
医疗水平	3.5
人口流动程度	3.5
社会管理水平	3.5
交通便利程度	3.5
文化环境	4
政治环境	4

(二)情景相似度计算

两种情景的得分确定后,可以根据对应的公式进行相似度计算。根据情景相似度计算公式中的数值型计算公式,计算剩余指标距:

$$\text{dist}(x_1, y_1) = 0, \text{dist}(x_2, y_2) = 0.125, \text{dist}(x_3, y_3) = 0.375, \text{dist}(x_4, y_4) = 0.375, \text{dist}(x_5, y_5) = 0.25, \text{dist}(x_6, y_6) = 0.125, \text{dist}(x_7, y_7) = 0.125, \text{dist}(x_8, y_8) = 0.125, \text{dist}(x_9, y_9) = 0.$$

计算每个指标的距离之后,根据公式进行情景相似度的计算:

$$\text{sim}(x_i, y_i) = 1 - \sqrt{\sum w_i \times \text{dist}(x_i, y_i)} = 0.5645$$

对放射性散布装置事件初始情景与破坏核设施事件初始情景的指标进行打分,计算指标间的距离,最终计算出整个情景的相似度为 0.5645。

五 结论与讨论

从我国当前所处的国内环境和国际形势看,对核安保事件进行全局掌控和快速终结是至关重要的。本文通过对核安保事件情景库构建与情景匹配的研究得出了以下结论:

第一,本文根据突发事件的情景理论,从内因、外因以及应急决策三个维度以及各个维度细分的指标和指标属性对核安保事件进行情景切分和关键因素提取并构建核安保事件应急决策情景库,提出了情景库索引和基于最近相邻算法的情景相似度计算方法以对核安保事件进行情景匹配,并进行了实证分析。相比整个案例进行相似度计算,单个情景进行计算结果更加精确,也能更准确地匹配到更加适用的应急决策方法,从而减轻核安保事件可能造成的大范围影响。

第二,核安保事件发生后,不仅导致环境污染、群众身体健康和心理健康受到伤害,同时也会引发谣言传播、社会骚乱、恶意哄抬物价等许多次生和衍生事件。本文只研究了针对核安保事件本身,而没有研究由核安保事件所导致的其他事件衍生危害的更快应对方法。因此,在后续研究中,可以研究针对

核安保事件所衍生的其他事件的应急决策。

第三,在核安保事件发生之前,核应急管理部门应加强对核安保事件的应急管理举措,收集国内的核安保事件案例进行情景拆分,构建核安保事件情景库。同时,加大核安保事件危害性的宣传,让民众提高对核安保事件的警惕性,及时发现,及时报警,避免对社会造成重大影响。在核安保事件发生时,应急部门应迅速反应,及时上报,对已经造成的情景进行关键信息提取,运用相似度算法进行情景匹配,学习匹配到的应急决策。同时,应急部门应做好核安保事件的衍生事件的应对措施,确保社会稳定,减少对社会的不利影响,避免造成民众恐慌。在核安保事件结束以后,应急部门应及时对该事件进行评估,分析应急决策的问题,积累经验。同时,根据情境理论对该事件进行情景结构拆分,在情景库记录新的情景以及新情境的优化以后的应急决策。同时,时刻保持核安保事件的警惕性,经常学习应急决策方法。

[参考文献]

- [1] 国际原子能机构. 国际原子能机构安全术语:核安全和辐射防护系列(2007)[M/OL]. Vienna: Publishing Section International Atomic Energy Agency, 2007[2022-06-26]. <https://www.docin.com/p-1977399235.html>.
- [2] 杨志民,刘永德,邓戈,等. 中国核安保面临的挑战与机遇[J]. 中国核电, 2019, 12(5):503-506.
- [3] HERMAN KAHN, ANTHONY J WIENER. The Year 2000: A Framework for Speculation on the Next Thirty-Three Years [M]. New York, EUA: The MacMillan Company, 1967.
- [4] 夏登友. 基于“情景—应对”的非常规突发灾害事故应急决策技术研究[D]. 北京:北京理工大学, 2015.
- [5] 连会青,杨俊文,韩瑞刚,等. 基于“情景—应对”的矿井水灾事故应急决策机制[J]. 煤田地质与勘探, 2020, 48(1):120-128.
- [6] 王宁,郭玮,黄红雨,等. 基于知识元的应急管理案例情景化表示及存储模式研究[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(11):2939-2949.
- [7] 陈赞,陈玉斌,李晶晶,等. 基于知识元表达的地铁隧道施工事故情景库设计[J]. 铁道科学与工程学报, 2021, 18(1):259-267.
- [8] 张明红,余廉,耿波. 基于情景的结构化突发事件相似度研究[J]. 中国管理科学, 2017, 25(1):151-159.
- [9] 王宁,刘海园. 基于知识元的突发事件情景演化混合推理模型[J]. 情报学报, 2016, 35(11):1197-1207.
- [10] 杨从杰,曹双. 情景分析方法在突发事件应急决策中的应用[J]. 现代情报, 2013, 33(11):29-32.
- [11] 姜卉,黄钧. 罕见重大突发事件应急实时决策中的情景演变[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2009, 23(1):104-108.
- [12] 张明红. 基于案例的非常规突发事件情景推理方法研究[D]. 武汉:华中科技大学, 2016.
- [13] 刘铁民. 重大突发事件情景规划与构建研究[J]. 中国应急管理, 2012(4):18-23.

Research on Scenario Database Construction and Scenario Matching for Emergency Decision-Making of Nuclear Security Incidents

CHEN Jiahua, BAO Guishuang

(University of South China, Hengyang 421001, China)

Abstract: Throughout the international social situation, nuclear proliferation risks, nuclear terrorism threats and global nuclear power development have brought many challenges. It is very important to strengthen the research on emergency decision-making of nuclear security incidents. According to the relevant theories of emergency situation-response, this paper divides nuclear security events into scenarios and extracts key factors from three dimensions: internal factors, external factors and emergency decision-making. A nuclear security event case database index and a nuclear security event scenario similarity calculation method based on the nearest neighbor method are proposed to match the nuclear security events and the scenario database. The scenario library and scenario matching method proposed in this paper can express the information of emergency decision-making of nuclear security incidents concisely and accurately and realize fast scenario matching, which can provide important support for emergency decision-making of nuclear security incidents.

Key words: scenarios; scenario library; nuclear security events; emergency decisions

(本文编辑:魏玮)