

doi:10.3772/j.issn.1000-0135.2015.008.006

基于突发事件情景地图的应急决策模式研究¹⁾

陈祖琴 苏新宁 杨建林

(南京大学 信息管理学院, 南京 210093)

摘要 研究了情景地图构建方法,通过情景拆分和情景点提取,利用情景点属性标注生成情景点属性链,基于情景点属性链构建完整的情景地图。讨论了情景点属性链相似度计算方法,通过情景点属性链相似度为新发生的突发事件情景在情景地图上进行准确定位,从而快速发现相似情景点。利用相似情景点对应的应急响应策略的经验教训,生成待处理突发事件的最优应急响应推荐策略。最后,用一个算例演示了所提应急决策模式的核心功能,展示了进行情景地图构建和应急策略关联时的工作原理。

关键词 突发事件 情景拆分 情景地图 应急决策模式

The Study of Emergency Decision Model Based on Scenario Map

Chen Zuqin, Su Xinning and Yang Jianlin

(School of Information Management, Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract This paper produces a method of constructing the scenario map through dividing and marking the scenario. It finds the similarity scenario fragments from the scenario map by the calculation of similarity scenario fragments attribute chain. After finding the similarity scenario fragments, reusing their strategies to generate new strategy suitable for the current emergency. At last, A demonstration experiment shows the model's function.

Keywords emergency, scenario dividing, scenario map, emergency decision model

1 前言

不时发生的各类突发事件具有极大的破坏性,研究行之有效的应急决策模式成为减小损失、维护社会和谐与稳定的迫切需要。在应急决策理论与方法的研究中,国内外学者的相关研究呈现出多元化发展趋势^[1~8],其中“情景-应对”模式是学者近年来的研究热点之一。“情景-应对”是基于对情景

表现、情景要素和情景之间关系的认识,从全过程的处理突发事件的角度入手,强调其过程研究,解决了在应对突发事件时信息的准确性不足和难以预测性等问题^[9,10]。

基于情景驱动的突发事件相关研究为“情景-应对”模式下的应急决策提供了知识储备和技术支持。刘铁民^[11]介绍和探讨了重大突发事件情景规划与构建方法,抽取大量案例信息提炼得到一个情景,并据此情景编制突发事件应急预案。舒其林^[12]

收稿日期:2014年12月1日

作者简介:陈祖琴,女,1981年生,南京大学信息管理学院,博士研究生,主要研究方向:个性化服务,智能信息处理。E-mail: chenzuq81@163.com。苏新宁,男,1955年生,南京大学信息管理学院,博士生导师,教育部长江学者特聘教授,主要研究方向:信息处理与检索、知识管理、引文分析等。杨建林,男,1970年生,南京大学信息管理学院,教授,主要研究方向:信息分析评价和数据挖掘研究。

1) 本文系国家自然科学基金重大项目“面向突发事件应急决策的快速响应情报体系研究”(项目编号:13& ZD174),江苏省普通高校研究生科研创新计划项目“基于情景划分的突发事件应急响应策略库构建研究”(项目编号:KYZZ_0047)的研究成果之一。

研究了“情景-应对”决策范式下突发事件应急决策方案的生成过程。王庆全等^[13]基于范畴论与定型范畴论,从概念模型中的关系定型和复合角度,提出一种辅助应急决策知识供给的概念建模方法。张承伟等^[14]提出以知识元为基础的情景库理念,重点阐述了情景结构、情景库辅助决策的过程及相关规则,为情景构建提供了新的途径。武旭鹏等^[15]研究了基于知识元的模型情景表示方法,促进了突发事件情景表示方法规范化的研究。陈雪龙等^[16]针对现有的突发事件应急管理缺乏完善的知识表示及推理模型,借鉴本体论思想从非常规突发事件应急管理客观系统本原的角度出发构建了突发事件知识元模型。

上述研究主要是基于突发事件情景的全过程进行应急决策的生成,而从复用相似事件策略的角度出发,由于突发事件的复杂多变性,两个突发事件的情景很难完全一致,但是其发展过程中的某些时间点则可能具有较大的相似性,因此将突发事件情景拆分为一些连续的情景点进行考察,具有较大的现实意义。目前,基于情景拆分的思想进行突发事件应急决策的理论研究已开始出现,如姜卉等^[17]通过对情景基于时间和空间的分解快速生成应急处置方案的研究,对基于情景拆分的突发事件应对进行了大胆的理论探索。

在前人研究的基础上,本文基于“情景-应对”的总体思路,设计情景拆分的方法,提出一种基于情景地图构建的应急决策模式。通过对大数据量的突发事件情景进行拆分,获取大量的突发事件情景点并进行特征属性值的标注,构造情景地图,在情景地图上对新发生的突发事件进行快速准确的定位,以便根据其在地图上的位置,找到相应位置上的历史最佳决策方案和需要特别注意的可能失误点,最终经过优化组合生成推荐策略。

2 情景点生成

情景点是以时间为序列对突发事件完整情景进行拆分得到的最小情景片段,生成情景点首先要确定事件发展过程中的时间点,并选取出重要的时间点完成情景属性的标注,构成情景点。情景拆分是突发事件情景点生成的关键,包括事件情景的纵向拆分和横向拆分。纵向拆分是对事件情景在时间演化过程中的变化阶段进行拆分,主要是抽取重要的时间点生成若干子情景点;横向拆分是将某个时间

点上复杂的子情景点再拆分为若干个独立的子情景点,比如在某个子情景点爆炸引发了火灾,情景点会再被拆分为“爆炸”子情景点和“火灾”子情景点。

2.1 情景点表示

情景点通过在时间点上标注情景特征属性信息来表示,特征属性信息来源于预先建立的情景特征属性词典。

2.1.1 情景特征属性词典构建

突发事件总体来说可以从事件的“分类”、“分级”和“分期”三个维度来界定^[18],《国家突发公共事件总体应急预案》^[19]也主要依据这三个维度来编制,突发事件情景的特征属性同样可以从这三个维度来探讨。根据突发事件的发生过程、性质和机理,主要分为自然灾害、事故灾难、公共卫生事件、社会安全事件四类,每类又可以继续细分出若干层级的子类。具体类别的突发事件按照其性质、严重程度、可控性和影响范围等因素,分为四级。同时,突发事件通常遵循一个特定的生命周期,每一个级别的突发事件,都有发生、发展和减缓的阶段,需要采取不同的应急措施^[20]。

因此,构建情景特征属性词典时,按“分类”、“分级”、“分期”三个维度对案例库中的所有语料进行人工标注,将反应突发事件情景这三个方面属性的词语抽取出来并经过标注存入词典。

2.1.2 时间点抽取

以案例为单位,抽取出每个案例中的所有时间词,并按先后顺序进行排列,构成事件的时间链。对具体的日期型数据,如“×年×月×日”、“×时×分”等,可以直接提取,对于“之后一天”、“第二天”等一类的模糊时间词,则需要根据上下文关系,判断出具体的时间再存入情景点数据库中。

2.1.3 情景特征属性值标注

对事件涉及的所有时间点,利用情景特征属性词典,将分类、分级、分期信息标注到时间点上形成情景点。例如,突发事件情景A的第r个情景点 A_r ,标注为 $A_r = \langle C_{A_r}, G_{A_r}, P_{A_r} \rangle$,其中, C_{A_r} 为情景点r的分类属性值, G_{A_r} 为情景点r的分级属性值, P_{A_r} 为情景点r的分期属性值。

2.2 情景点生成算法

按时间点的先后顺序对所有的时间点进行编

号,以时间点 i 为初始情景点,对比时间点对应的情景特征属性信息,若时间点 $i \rightarrow$ 时间点 $i+1$ 对应的情景特征属性信息中任何一个特征属性值发生了变化,则时间点 $i+1$ 经过横向拆分生成新的情景点,否则继续扫描,直到找出下一个发生了特征属性值改变的时间点,抽取出来经过横向拆分生成新的情景点,再以这个时间点为新的初始情景点,重复上述过程。情景点生成算法具体步骤如算法 1 所示:

算法 1 情景点生成

输入: 时间点集合 T , 各时间点对应的分类特征属性词集合 C , 分级特征属性词集合 G , 分期特征属性词集合 P

输出:情景点集合 S

$$i = 1; j = 1; S_i = T_i$$

For(i = 2 to k; i + +) //k 为时间点的
个数

if ($C_{Ti} \neq C_{Sj}$) //时间点 T_i 与情景点 S_j 的分类特征属性词不一致

{ j + +, $S_j = T_i$, 横向拆分 S_j 并进行去重后加入情景点集合 S_i ; }

```

else if (  $G_{T_i} \neq G_{S_j}$  ) //时间点  $T_i$  与情景点
 $S_j$  的分级特征属性词不一致

```

{ j + +, $S_j = T_i$, 横向拆分 S_j 并进行去重后加入情景点集合 S_i ;}

```

else if (  $P_{T_i} \neq P_{S_j}$  ) //时间点  $T_i$  与情景
点  $S_j$  的分期特征属性词不一致

```

{ j + + , $S_j = T_i$, 橫向拆分 S_j 并进行
去重后加入情景点集合 S_i ; }

3 情景地图构建

3.1 情景地图格式

针对每个情景点,可以描述出一个情景点属性链。情景点属性链首先描述情景点的分类属性,再描述其分级、分期属性,某个示例情景点的属性链如图1所示。

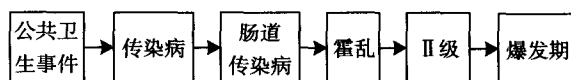


图 1 某示例情景景点的属性链

将案例库中的所有突发事件情景拆分为若干情景点,对每个情景点进行属性链描述,所有的情景点属性链经过组合,可以构成完整的情景地图,情景地图的每个叶子节点上标注有该情景点属性链所属情景点的特征属性信息。情景地图中包含的情景点越多,则其可用性越高。为了减小情景地图的复杂性,四个大类的突发事件分别编制不同的情景地图,情景地图的格式,如图2所示。

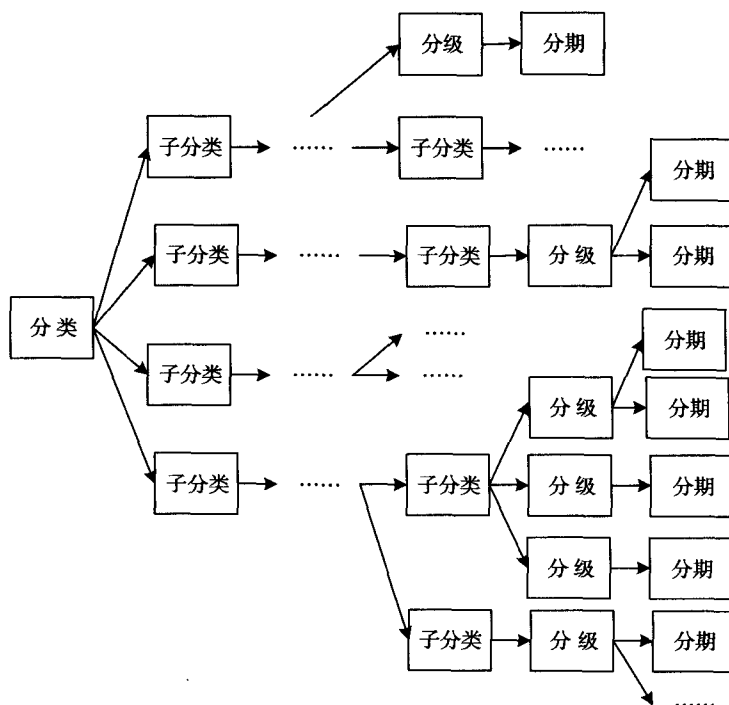


图 2 情景地图格式

3.2 情景地图构建算法

由于情景点的分类属性存在层级,因此对提取的情景分类特征属性值,要利用已构建的特征属性词典,逐级进行上级分类的确定,直到找到顶级分类,并为其生成情景点属性链。之后,根据目标情景点的属性链,遍历已有情景地图,从目标情景点属性链的第一个节点开始匹配,为其找到最长相似路径,若该路径包含了目标情景点属性链的所有节点,则说明目标情景点不是一个新的情景点,直接将该目标情景点的特征属性信息合并到情景地图上对应的节点;否则,从最长相似路径之后开始建立新的节点,直到完整表述目标情景点属性链。基于情景点属性链构建情景地图的方法如算法2所示:

算法2 情景地图构建

输入:情景点属性链集合 $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$

输出:情景地图 M

$M = \Phi$

for ($i=1$ to n ; $i++$) // n 为情景点属性链集合中元素的个数

{for ($j=1$ to m ; $j++$) // m 为情景点属性链 i 上节点的个数

if ($N_{ij} \notin \{M_{ij}\}$) // N_{ij} 为情景点属性链 i 上第 j 个节点, $\{M_{ij}\}$ 为情景地图中与情景点属性链 i 的前 $j-1$ 个节点都相同的情景点属性链第 j 层级所有节点的集合

终止循环,添加情景点属性链 i 上第 j 个节点及其后面的所有节点到情景地图 M 上;

在情景地图 M 上为情景点属性链 i 对应的第 m 个节点标注抽取的特征属性值信息;

return M

4 应急决策模型

4.1 模型框架

模型针对待处理的目标突发事件,首先由决策部门将事件情景信息录入系统,通过机器学习的方法,以情景地图为训练集对目标事件情景进行特征属性提取和情景拆分,识别关键决策点,从而生成目标情景点属性链。再通过情景点属性链的相似度进行聚类,将目标情景点归入适当的情景类,获取同类情景的应急策略,通过评价、分析,吸取同类情景的应急策略的经验和教训,经组合和优化生成相应的推荐策略,执行以后反馈修改应急响应策略库。应急决策模型框架如图3所示。

4.2 关键决策点确定方法

事件情景信息录入以后,通过特征提取和情景拆分,被格式化为以时间为序列的事件情景链,在确定应急响应的关键决策点时,主要考虑应急响应主体和时间点这两个因素。

4.2.1 应急响应主体因素

不同的应急响应主体,进入突发事件响应的触发条件不同,因此,在确定关键决策点时,要根据请求决策支持的主体的不同,对应急响应的关键决策点进行提取,可以排除请求决策支持的主体进入应急响应组织机构以前的时间点。

4.2.2 时间点因素

进行时间点选取时,在满足当前应急响应主体

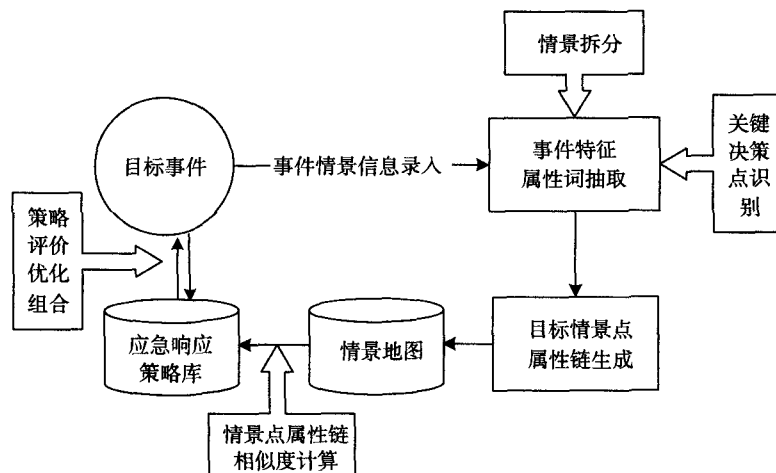


图3 应急响应模型框架

具有进入应急响应组织机构的条件的前提下,将事件情景信息描述中该单位做出了应急响应的时间点,以及当前时间点作为关键决策点。前者表示决策主体认为需要决策的时间点,系统推荐策略可以辅助其判断之前决策的合理程度及需要改进的地方;后者表示决策者还没有进行决策但是需要请求支持的时间点,因此都应该作为关键的决策点。

4.3 情景点属性链相似度计算

计算两个情景点属性链的相似度,要同时考虑情景点属性链路径结构的相似度,以及最长公共路径以外的节点的“分类”、“分级”或者“分期”属性的相似度。

(定理1) 最长公共路径,是指两个情景点属性链以第一个节点为初始节点,连续相同的节点之间边的最大条数。

情景点属性链的相似度计算方法如公式(1)所示:

$$sim(E_p, E_q) = \frac{2 \times l + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n sim(N_{pi}, N_{qj})}{m + n + 2 \times l + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n sim(N_{pi}, N_{qj})} \quad (1)$$

其中, $sim(E_p, E_q)$ 为情景点属性链 E_p 和 E_q 的相似度, l 为情景点属性链 E_p 和 E_q 的最长公共路径, n 为 E_p 中除公共路径以外的路径的长度, m 为 E_q 中除公共路径以外的路径的长度, $sim(N_{pi}, N_{qj})$ 为情景点属性链 E_p 之中除公共路径以外的节点 N_{pi} 和情景点属性链 E_q 之中除公共路径以外的节点 N_{qj} 之间的相似度, $sim(N_{pi}, N_{qj})$ 为 0 和 1 二值, 0 代表两个节点之间分类、分级或者分期属性值不相同, 1 代表

两个节点之间分类、分级或者分期属性值相同。

4.4 应急策略生成

4.4.1 策略表示形式

情景地图中所有情景点对应的应急策略存储在策略库中,并通过情景点编号与情景地图中的每个情景点进行链接,情景点与应急策略之间为一对多的关系。策略包含了对应的情景点所属的时间段内所有的应急活动,由组织机构和具体措施两个方面组成,表示方式为:在应急组织机构层级图上标注具体处置措施。策略表示形式如图4所示。

4.4.2 推荐策略生成

利用情景地图发现相似情景点,通过分析相似情景点对应的策略的优劣,吸取经验和教训,生成推荐策略。推荐策略生成流程如图5所示。

1. 策略评价

策略评价分两步进行,首先进行策略的粗评价,即将策略分为失败策略和有效策略;再分别提取失败策略和有效策略中的关键因素,进行细评价。限于篇幅,本文没有对策略评价的具体方法做详细的描述。

(1) 策略粗评价

策略粗评价主要指标为是否导致新的次生突发事件。如果策略执行以后导致了新的突发事件发生,则说明策略是失败的,反之如果事态得到了控制或者没有进一步恶化,策略就是有效的。

(2) 策略细评价

a. 失败策略的错误分析

一个失败的策略,通常包含了致命的错误,分析

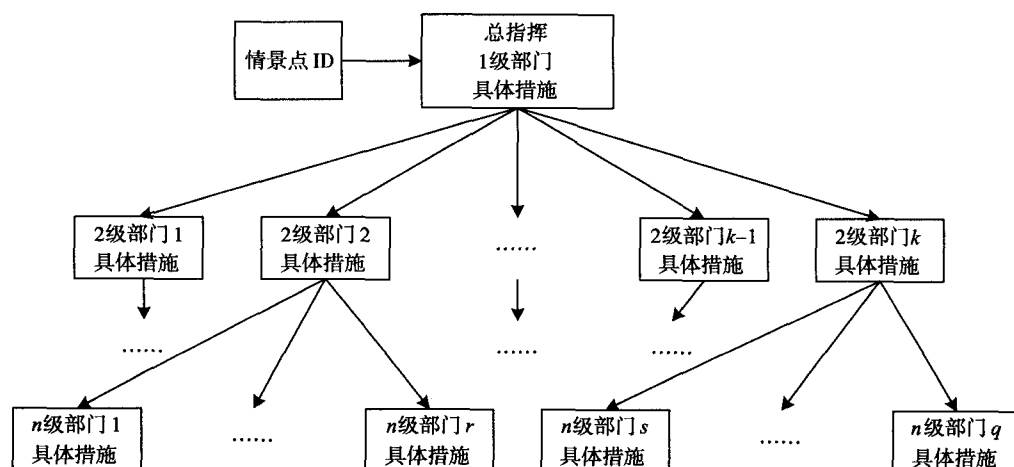


图4 策略表示形式

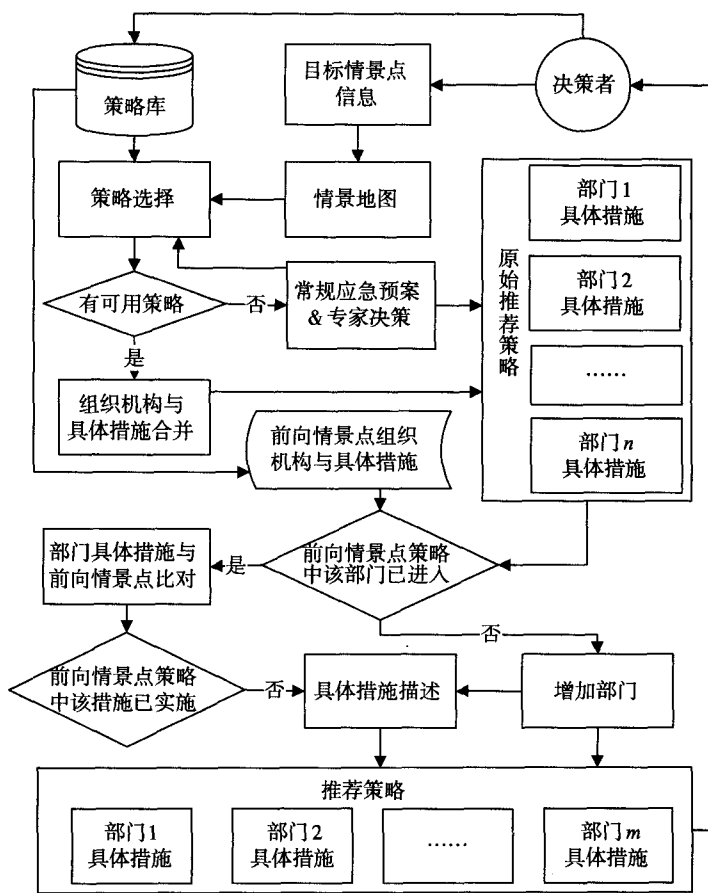


图5 推荐策略生成流程

这个错误,有助于避免同类错误的再次发生,减小突发事件造成的损失。分析之后,将其错误产生的原因标注出来,链接到同类下的每个情景点应急响应策略上,以便处理相似的突发事件时都能得到警示。

b. 有效策略的效果评价

有效的策略,其执行效果也存在差异。进行效果评价的目的是将决策者认为最满意的策略查找出来进行借鉴。将策略归入某个有效策略类以后,设计相应的评价指标,以决策者的偏好为基础对策略的效果进行具体的评价。

2. 策略组合

一个突发事件情景可能被拆分为若干个子情景,在策略选择阶段返回若干个适用策略,这些策略必须相互补充才能形成完整的推荐策略,这就涉及到策略的组合。比如一个突发事件同时包含了化学污染和火灾,则同时要进行两类突发事件的处理。同时,针对新突发事件发展过程中的所有目标情景点,同样的组织机构可能采取了一系列的具体措施,这些措施来自不同的策略类,也需要对这些措施进行合并。在生成推荐策略时要对所有适用的策略进

行组合,并对所有错误因素进行提示。

(1) 组织机构的合并

不同的策略具有不同的应急响应组织机构,通过比较,将适用的所有策略涉及的部门都要考虑进推荐策略里,并对其层次结构进行组合。

设某目标情景 A 经过拆分,划分为 m 个子情景点,则其中任一子情景点 A_i 适用的应急策略 S_{A_i} 中具体部门集合 D^{A_i} 描述为 $D^{A_i} = \{ D_{11}^{A_i}, D_{21}^{A_i}, D_{22}^{A_i}, \dots, D_{31}^{A_i}, \dots, D_{kj}^{A_i}, \dots \}$, 其中, $D_{kj}^{A_i}$ 表示 S_{A_i} 中第 k 级部门中的第 j 个部门。组织机构合并具体算法如算法3所示:

算法3 组织机构合并

输入: m 个子情景点适用的 m 个策略的部门集合

输出: 原始推荐策略的部门集合 D^A

$D^A = \varphi$

for ($k=1$ to n ; $k++$) // n 为所有适用策略中部门的最大层级数

{

$p=1$;

```

for ( i = 1 to m; i + + )    //m 为适用的
策略的个数
    for ( j = 1 to qi; j + + )    //qi为第 i
个策略第 k 层级部门的个数
        { if  $D_{kj}^{Ai} \notin D^A$  //  $D^A$ 中没有部门  $D_{kj}^{Ai}$ 
           $D_{kp}^A = D_{kj}^{Ai}$ ; p + +; }
        }

```

(2) 具体措施的合并

针对新组合的应急响应组织结构,为其中的每个部门进行具体任务的安排,将其在不同策略类里负责的工作进行合并。

设某目标情景 A 适用的应对策略集合为 S_A , $S_A = \{ S_{A1}, S_{A2}, \dots, S_{Am} \}$, m 为 S_A 中包含的策略的个数,经过组织机构的合并,得到原始推荐策略的部门集合 D^A , $D^A = \{ D_1^A, D_2^A, \dots, D_n^A \}$, n 为 D^A 中包含的部门个数,每个部门 D_i^A 对应的具体措施集合为 M_{Ai} ,则策略中组织机构的具体措施合并算法如算法 4 所示:

算法 4 具体措施合并

输入: S_A, D^A

输出:合并后的部门具体措施集合 M_A

```

for ( i = 1 to n; i + + )
    for ( j = 1 to m; j + + )
        if (  $D_i^A$  包含于策略  $S_{Aj}$  的组织机构中 )
            将  $S_{Aj}$  中该部门的具体措施添加进  $M_{Ai}$  并
去重;

```

$M_{Ai} \rightarrow M_A$; //将 M_{Ai} 加入具体措施集合 M_A

3. 策略设计

结合目标突发事件发生的时间、地点、环境等,替换策略组合后生成的原始推荐策略下的参与部门为当前应参与部门,将当前情景点的组织机构和具体措施与前向情景点对应的组织机构和具体措施进行比对,新增加的部门及具体措施作为推荐策略的内容进行设计,添加到已经进行的应急处置工作中。推荐策略设计算法如算法 5 所示:

算法 5 推荐策略设计

输入:原始推荐策略 S_A , S_A 的部门集合 $D^A = \{ D_1^A, D_2^A, \dots, D_n^A \}$, S_A 的部门具体措施集合 $M = \{ M_{A1}, M_{A2}, \dots, M_{An} \}$,

前向情景点应急策略 S_B , S_B 的部门集合 $D^B = \{ D_1^B, D_2^B, \dots, D_m^B \}$, S_B 的部门具体措施集合 $M_B = \{ M_{B1}, M_{B2}, \dots, M_{Br} \}$

输出:推荐策略 S

D^A 内部门名称替换;

k = 1;

for (i = 1 to n; i + +)

{

if D_i^A 不包含于 D^B

{ $D_k = D_i^A$; $M_k = M_{Ai}$; k + +; }

for (j = 1 to m; j + +)

{ if $D_i^A = D_j^B$

if $M_{Ai} \neq M_{Bj}$

{ $D_k = D_i^A$; 将 M_{Ai} 与 M_{Bj} 相比发生变化的措施添加进 M_k 中; k + +; }

}

D and M \rightarrow S; //推荐策略由组织机构集合 D 和策略集合 M 构成。

5 算例分析

本文实现了所提方法的部分功能,并完成了已获取的部分案例的情景地图构建。下面以“11·22 中石化黄输油管道泄漏爆炸特别重大事故”^[21]为例,演示所提应急决策模式的核心部分——突发事件情景拆分与应急策略提炼和关联的方法,并设计了一个目标情景展示策略复用功能。

5.1 事故情景点地图构建

经过时间点抽取,利用情景点生成算法进行情景划分,该突发事件共提取出情景点 7 个,针对该事件构成的情景点地图如图 6 所示。

图 6 是利用一个突发事件情景提取的情景点构成的情景点地图,通过对大数据量的突发事件情景进行情景点提炼,则可构成理论上包含几乎所有可能的突发事件情景点的完整的情景地图。

5.2 事件应急策略关联

情景地图上每个叶子节点标注了相对应的情景点的 ID,突发事件的应急策略与情景点通过 ID 进行关联。抽取了其中的一个情景点“2-1”的部分策略描述,如图 7 所示。

经过关联以后,如果以后发生与情景点“2-1”类似的突发事件,则可调用对应 ID“2-1”的策略,借鉴其应急机构组织方式和具体处置措施。而对类似情景点“1-2”这样的处理存在重大失误的情景点,则应特别将处置不当的措施进行标注和链接,以备发生类似事件时能起到警示作用。

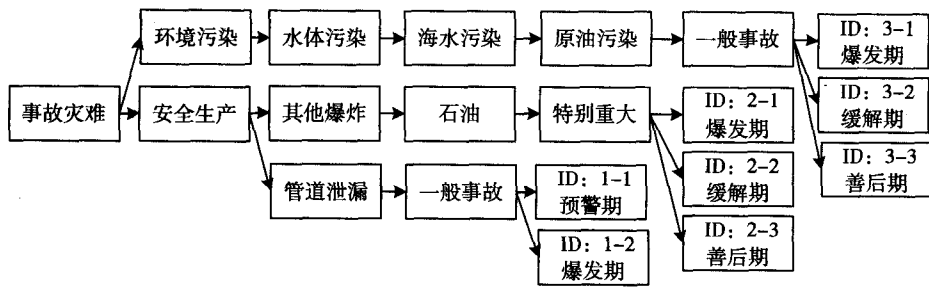


图6 东黄输油管道泄漏爆炸特别重大事故情景点地图

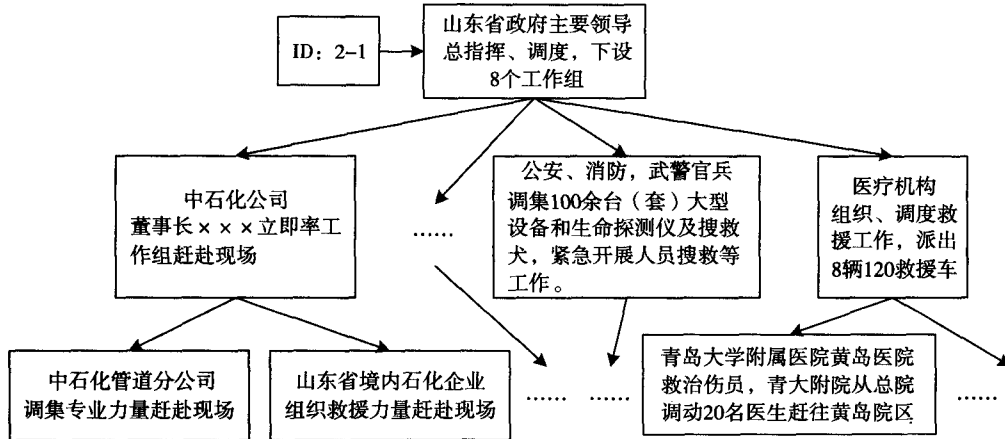


图7 情景点“2-1”策略(部分)

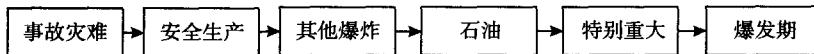


图8 目标情景点属性链

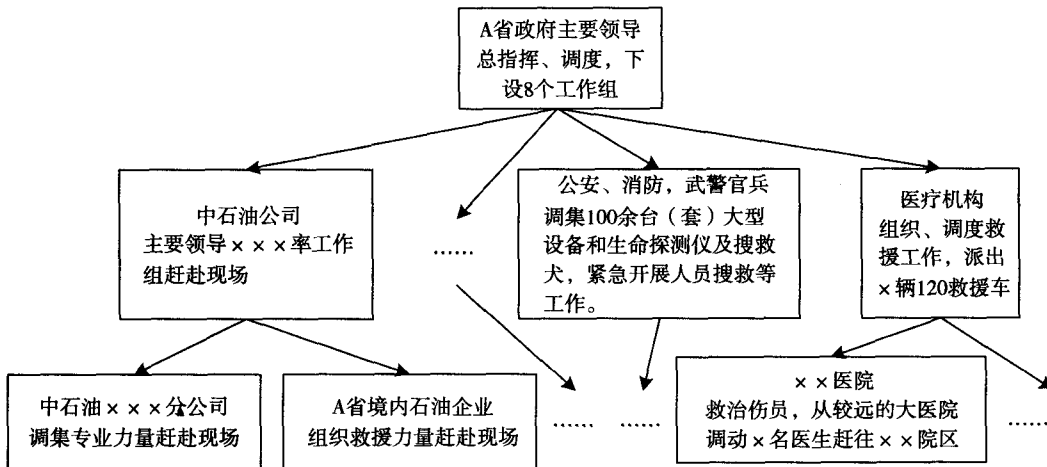


图9 推荐策略(部分)

5.3 策略复用案例演示

提炼出的目标案例情景描述为:A省B市某石油企业发生爆炸,事故级别为特别重大,正处于爆发期,还没有开始应急处置。

则根据案例情景描述信息,构建该事件当前处置的目标情景点属性链如图8所示。

根据图8,在图6所示的情景地图中进行匹配,得到相似情景点ID为“2-1”,调用对应ID为“2-1”的策略,根据本文所提的推荐策略生成算法,得

到最终推荐策略(部分)如图9所示。

经过应急响应,现场应急组织机构对推荐策略会进行一定修改,最终执行的策略被作为新的策略链接到情景地图上的情景点“2-1”上,后续利用时,根据决策者的偏好和决策环境,对同属于该情景点的策略进行评价以后进行复用。

6 结 语

本文通过构建突发事件情景地图,实现了突发事件情景的快速、准确的定位,增强了突发事件情景分类的准确性,有助于提高突发事件应对策略复用的效率。同时,基于情景拆分构建突发事件情景地图,丰富了“情景-应对”的突发事件处理模式,有助于提高国家相关部门应对突发事件的能力,更好地维护社会的和谐和稳定。

本文主要对基于突发事件情景地图的应急决策模式进行了研究,实现了系统的部分功能,并用一个案例对系统的核心部分工作进行了演示。限于案例和相应决策的可获得性不足,模型系统还有诸多不够完善和需要改进的地方,其有效性也需要进一步检验,这都是我们以后的工作重点,相信随着情景地图的不断完善,系统的可用性将会进一步提高。

参 考 文 献

- [1] 朱力. 突发事件的概念、要素与类型[J]. 南京社会科学, 2007(11): 81-88.
- [2] Hearit K M. Crisis Management by Apology: Corporate Response to Allegations of Wrongdoing[M]. Routledge, 2006.
- [3] Day B, McKay R B, Ishman M, et al. "It will happen again": What SARS taught businesses about crisis management[J]. Management Decision, 2004, 42(7), 822-836.
- [4] 李明强, 张凯, 岳晓. 突发事件的复杂科学理论研究[J]. 中南财经政法大学学报, 2005(6): 24-27.
- [5] 秦启文, 周永康. 公众在突发事件中的负面心理反应解构[J]. 西南大学学报(人文社会科学版), 2006, 32(1): 86-91.
- [6] 李巍, 陈建国, 陈涛, 等. 突发事件的事件链模型[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2010, 50(8): 1173-1177.
- [7] Rosenthal U, Pijnenburg B. Crisis Management and Decision Making: Simulation Oriented Scenarios[M]. Springer, 1991.
- [8] 李纲, 陈璟浩, 毛进, 等. 突发公共卫生事件网络语料库系统构建[J]. 情报学报, 2013, 32(9): 936-944.
- [9] 陈刚, 谢科范, 刘嘉, 等. 非常规突发事件情景演化机理及集群决策模式研究[J]. 武汉理工大学学报(社会科学版), 2011, 24(4): 458-462.
- [10] 王飞跃. 加强信息技术在应急管理中的作用[N]. 科学时报, 2008年2月13日(第A01版).
- [11] 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.
- [12] 舒其林. 非常规突发事件的情景演变及“情景-应对”决策方案生成[J]. 中国科学技术大学学报, 2012, 42(11): 936-941.
- [13] 王庆全, 荣莉莉, 于凯. 应急决策知识发现的推理方法研究[J]. 运筹与管理, 2010, 19(1): 21-29.
- [14] 张承伟, 戴文超, 李建伟, 等. 基于知识元的突发事件情景库研究[J]. 情报杂志, 2013, 32(8): 159-164 + 135.
- [15] 武旭鹏, 夏登友, 李健行. 非常规突发事件情景描述方法研究[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(4): 159-165.
- [16] 陈雪龙, 董恩超, 王延章, 等. 非常规突发事件应急管理知识元模型[J]. 情报杂志, 2011, 30(12): 22-26 + 17.
- [17] 姜卉, 侯建盛. 基于情景重建的非常规突发事件应急处置方案的快速生成方法研究[J]. 中国应急管理, 2012(1): 14-20.
- [18] 薛澜, 钟开斌. 突发公共事件分类、分级与分期: 应急体制的管理基础[J]. 中国行政管理, 2005(2): 102-107.
- [19] 国家突发公共事件总体应急预案[EB/OL]. [2014-04-20]. http://www.gov.cn/yjgl/2005-08/07/content_21048.htm.
- [20] Coombs W T. On Going Crisis Communication: Planning, Managing, and Responding[M]. Sage Publications, Inc. 1999.
- [21] 山东省青岛市“11·22”中石化东黄输油管道泄漏爆炸特别重大事故调查报告[EB/OL]. [2014-09-20]. http://www.chinasafety.gov.cn/newpage/Contents/Channel_5498/2014/0110/229142/content_229142.htm.

(责任编辑 马 兰)