

基于框架和案例推理的应急预案表示和优选方法的研究设计

谷 岩

(广州大学 广州 510006)

摘 要 采用基于框架表示法的技术表达静态预案,并基于关系模型设计预案库结构和索引。同时将基于案例推理方法和最近邻法相结合,通过计算突发事件与预案的相似度实现最优相似预案的搜索。

关键词 应急预案,框架表示,基于案例推理,最近邻法

中图分类号 TP391 **文献标识码** A

Design of Emergency Preplan Expression and Optimization Method Based on Frame and Case-based Reasoning

GU Yan

(Guangzhong University, Guangzhou 510006, China)

Abstract The structured technology of frame expression can express static preplan. The structure of preplan library and index were designed by using relation model. At the same time, case-based reasoning method and nearest neighbor method were unified, and the similarity of emergent events and preplan was calculated, therefore optimal similarity search was achieved.

Keywords Emergency preplan, Frame expression, Case-based reasoning, Nearest neighbor method

数字化应急预案是由一组具有一定特征的数据构成的,如预案主题、预案类型、制定时间、预案内容等。本文采用基于框架表示法的技术来表达应急预案,并利用关系模型来设计预案库结构和索引。通过深入研究,设计和应用基于案例推理方法和最近邻法相结合的应急预案优选方法,来实现最优相似预案的搜索。

1 突发事件属性结构的表达

突发事件包括自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全等事件,每个事件具有事件类型、事件响应等级、事件严重后果等级、事件持续时间分级 4 个特征属性。根据突发事件的特征,可使用四元组 $P = \langle E, R, S, D \rangle$ 表达突发事件的属性结构,其中 E 表示事件类型,值域 = {自然灾害,事故灾难,公共卫生事件,社会安全事件}; R 表示事件响应等级,值域为 $[0, 1]$ 之间的数值,实际应用中常分为 I 级(特别重大)、II 级(重大)、III 级(较大)、IV 级(一般)4 个等级,其数值表示分别是 1.00、0.75、0.50、0.25; S 表示事件严重后果等级,值域为 $[0, 1]$ 之间的数值,实际应用中常分为 I 级(特别严重)、II 级(严重)、III 级(一般)3 个等级,其数值表示分别是 1.00、0.65、0.30; D 表示事件持续时间分级,值域为 $[0, 1]$ 之间的数值,实际应用中常分为龙卷风型、腹泻型、长投影型、文火型 4 个等级,其数值表示分别是 1.00、0.75、0.50、0.25。

2 基于框架的预案描述结构

框架表示法是以框架理论为基础的、能将陈述性和过程

性知识相结合的一种结构化的知识表示方法。框架(Frames)是一种描述对象属性的数据结构,它通常由若干个槽组成。一个槽用于描述一个属性,由一个槽值或若干个侧面组成;一个侧面可以包含若干个侧面值。槽值和侧面值的数据类型可以是字符、数值或布尔类型。应急预案主要由描述性知识构成,因此可以采用框架表示预案结构。

预案包含了 3 类知识:(1)预案的确定类型的断言,它包括了事件类型、事件响应等级、事件严重后果等级、事件持续时间分级等属性;(2)预案内容的描述,它由一组专用术语、基于语义结构的描述内容和过程性预案处置指令组成;(3)应急预案的评估和总结,即对预案实施后处置效果的描述。根据应急预案构成,可以从预案的确定类型的断言、预案内容、应急预案的评价 3 类主题构建框架体系。框架体系可以用三元组 $Y = \langle J, C, E \rangle$ 表达,其中 J 表示预案的特征信息, C 表示预案内容的描述, E 表示对预案的评估和总结。下面给出预案的具体框架表示,每个框架仅列出关键性的槽,实际应用可加以扩充。

Frame (应急预案)

事件:(突发事件概括)

预案内容:(应急预案的描述)

评价:(应急预案的评估和总结)

Frame (突发事件概括)

事件类型:

事件响应等级:

事件严重后果等级:

事件持续时间分级:

Frame (应急预案的描述)

到稿日期:2011-07-25 返修日期:2011-11-12 本文受广东省自然科学基金(10151009101000006),广州市属高校科研项目(10A006)资助。

谷 岩(1963-),男,硕士,副教授,主要研究方向为管理信息系统、数据库技术及 Internet/Intranet 的应用开发,E-mail:gy_guyan@yahoo.com.cn.

- 预案内容 1:〈应急组织指挥体系〉
- 预案内容 2:〈监测与预警〉
- 预案内容 3:〈应急标准化操作程序〉
- 预案内容 4:〈后期标准化操作程序〉
- 预案内容 5:〈应急保障支持体系〉
- 预案内容 6:〈应急预案演练与培训〉
- 预案内容 7:〈附件〉

Frame 〈应急组织指挥体系〉

- 组织结构:
- 职责:
- 任务:
- 应急联动机制:
- 突发事件处置分工:

Frame 〈监测与预警〉

- 突发事件监测与报告:
- 突发事件预警预报:
- 突发事件预警信息发布:
- 预测预警支持系统:

Frame 〈应急标准化操作程序〉

- 预案启动:
- 基本处置程序:
- 应急结束:

Frame 〈后期标准化操作程序〉

- 善后处置程序:
- 调查和总结:

Frame 〈应急保障支持体系〉

- 技术保障:
- 通信保障:
- 装备保障:
- 队伍保障:
- 交通运输保障:
- 医疗卫生保障:
- 物资保障:
- 资金保障:

Frame 〈应急预案演练与培训〉

- 宣传教育:
- 演练:
- 培训:

Frame 〈附件〉

- 术语说明:
- 预案管理:
- 监督检查:

Frame 〈应急预案的评估和总结〉

- 预案的评估:
- 预案的总结:

预案框架体系的总体结构如图 1 所示。

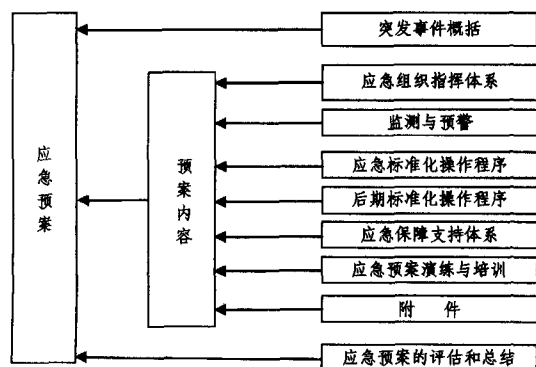


图 1 预案框架体系的总体结构

3 基于关系模型的预案库结构及索引设计

框架表示法不仅表达了预案对象的数据结构,也表达了预案对象之间的关联,因此,框架表示法可以表示应急预案的数据模型。通过分析框架的特征和结构,预案库可以用关系模型来表达。预案库用于存放数字化预案,且可实现预案的检索和匹配。基于关系模型的预案库结构见表 1。

表 1 预案内容的结构

预案 id	应急组 织指挥 体系	监测与 预警	应急标 准化操 作程序	后期标 准化操 作程序	应急保 障支持 体系	应急预 案演练 与培训	附件	应急预 案的评 估和总 结
...

预案的索引对预案库的建立十分重要,它不仅可以对预案进行有效的分类,从而实现相似预案的搜索,而且可以提高预案搜索的速度。预案库的索引可以借鉴关系数据库的索引技术。根据预案所对应突发事件的特征属性建立索引,能够平衡预案库的组织结构;针对具体领域对预案进行有效分类,并根据所选索引属性的具体性可以增强预案之间的差异性。预案索引采用自动索引方式,当预案发生变化时,预案库可以自动地重新进行索引。预案库的索引结构见表 2。

表 2 预案库的索引结构

预案 id	事件类型	事件响 应等级	事件严重 后果等级	事件持续 时间分级
...

4 基于案例推理的预案优选方法设计

基于案例推理(Case-Based Reasoning, CBR)是利用以往现成案例的知识或信息,采用相似类别的方法求解当前问题。CBR 必须基于存放有大量案例的案例库,当在案例库中搜索到与当前问题的属性相类似的案例时,根据需要对相似案例进行必要修改,从而获得针对当前问题的解决方案。而应用于预案,则是当突发事件发生时,首先确定事件的特征属性(事件类型、事件响应等级、事件严重后果等级、事件持续时间分级),再从与案例库相类似的预案库中搜索与之相似(或完全匹配)的预案。库中的预案若能匹配这些属性值,则所对应的预案就是需要获取的预案;若有部分属性不匹配,则可以根据匹配的属性搜索出多个类似的预案,然后根据需要从相似的预案中找到最优相似预案。基于 CBR 的预案搜索流程如图 2 所示。

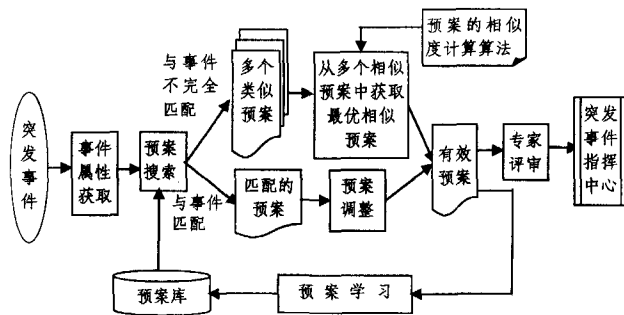


图 2 基于 CBR 的预案搜索流程

在预案库中预案的 5 个属性中,事件类型属性为文本类型,事件响应等级、事件严重后果等级、事件持续时间分级 3

个属性为数值类型。预案的相似性搜索可以采用最近邻法进行。最近邻法的关键是计算突发事件与预案的相似度 $d_{ij}(X_i, Y)$, 其中 X_i 表示第 i 个预案的属性集, Y 表示突发事件的属性集。设预案库中有 n 个预案 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, 每个预案参与相似性搜索的 m 个属性的值为 $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$; 每个属性都对应于 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 中的一个权重, 有 $w_j \in [0, 1]$, $\sum_{j=1}^m w_j = 1$; 突发事件 Y 对应的属性值为: $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ 。参与相似性搜索的 m 个属性中包括了 p 个文本类型的属性和 q 个数值类型的属性:

(1) 文本类型: 如果突发事件的第 j 个属性值与 P_i 预案的第 j 个属性值相同, 则属性的相似度 $d_{ij} = 0$, 否则 $d_{ij} = 1$ 。

(2) 数值类型: 提取 P_i 预案的第 j 个属性值和突发事件的第 j 个属性值进行比较, 属性的相似度 $d_{ij} = (x_{ij} - y_j)^2$ 。

根据上述两种类型属性的相似度的计算, 利用突发事件与 P_i 预案相似性判断公式可计算出:

$$Dist(X_i, Y) = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j d_{ij}}$$

如果 $Dist(X_i, Y)$ 小于阈值 ϵ , 则 P_i 预案是对应该类突发事件的相似性预案。通过与预案库中的每一个预案进行比较, 可以搜索出所有相似的预案, 并形成相似预案集 P' 。

若搜索出的相似预案集 P' 有多个预案, 则需要从这多个相似预案中获取最相似的预案: 从权重向量 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 中选择 m' 个比较大的权重系数形成新的权重向量 $W' = \{w'_1, w'_2, \dots, w'_m\}$, 确定 m' 个对应的关键属性, 并将权重向量 W' 中每个权重系数除以 $\sum_{i=1}^{m'} w'_i$, 使得 $\sum_{i=1}^{m'} w'_i = 1$ 。然后在此 m' 个关键属性上计算出突发事件与相似预案集 P' 中每个预案的相似度。利用前面已计算出的相似度, 可得到每一个相似预案的相似度向量 $d = \{d'_1, d'_2, \dots, d'_m\}$, 最后利用相似性判断公式可计算出相似预案集 P' 中每个预案的相似性:

$$Dist(X_i', Y) = \sqrt{\sum_{j=1}^{m'} w'_j d'_{ij}}$$

同样, 如果 $Dist(X_i', Y)$ 小于阈值 ϵ , 则 P_i' 预案是最相似的预案。若有多个, 则可按上述方法继续选择更重要的属性计算相似度, 直至找到最优相似预案为止。

5 应用

在为某城市构建的“公共安全应急平台”中应用上述方法实现了应急预案的管理。应急预案管理基于预案库, 提供预案的导入、删除、修改、查询、评审与评估等功能。利用应急预案管理, 用户可以实时地对预案进行编辑、增加、删除、查询, 专家可以对预案进行评审与评估, 如图 3 所示。

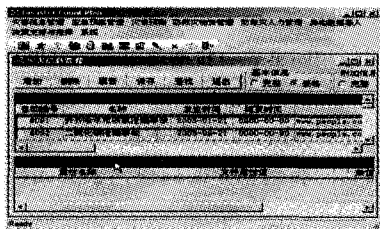


图 3 公共安全应急平台

在预案的搜索过程中, 首先进行问题的定义, 由用户根据元数据信息中定义的词汇提出问题, 利用相关算法及策略确定突发事件的特征属性, 如图 4 所示。

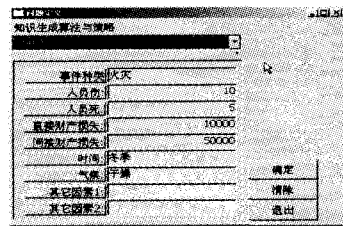


图 4 问题定义

根据突发事件的特征属性(事件类型、事件响应等级、事件严重后果等级、事件持续时间分级), 在预案库中搜索与突发事件的属性相类似(或完全匹配)的预案。如果完全匹配, 则所对应的预案就是需要获取的预案。预案的呈现将采用完整版或表格格式两种方式, 如图 5 所示。若有部分属性不匹配, 则采用本文提出的预案优选方法, 首先搜索出多个类似的预案, 然后根据需要从相似的预案中寻找到最优相似预案。通过应用, 证明本文提出的预案优选方法是可行的。根据获取的突发事件特征属性, 在预案库中通过多次人机结合的搜索, 可以寻找到最优相似预案, 其收敛(寻找)速度在用户可接受的范围。当然, 寻找到的最优相似预案, 还需要专家根据突发事件的特殊性修正预案, 最终生成最优的应急预案。

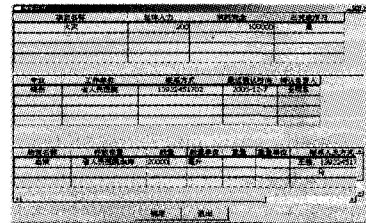


图 5 最优相似预案的表格呈现

结束语 数字化应急预案的表达、管理及搜索是突发事件应急领域的重要环节, 是应急系统建设的关键技术, 现仍处于探索研究阶段。利用框架表示法实现对应急预案的描述, 不仅可以表达预案对象的数据结构, 也可以表达预案对象之间的关联, 使预案的表达更加科学、自然和简练。基于案例推理方法和最近邻法的引入, 解决了先前无法解决的问题, 为搜索最优相似预案提供了一条有效途径。本文所提出的面向预案关键技术, 对科学合理地管理应急预案、提高应急质量和效率及科学地进行应急决策具有十分重要的意义。

参考文献

- [1] Varum C A, Melo C. Directions in scenario planning literature-A review of the past decades[J]. Futures, 2010, 42(4): 355-369
- [2] Malizia A, Onorati T, Diaz P, et al. SEMA4A: An ontology for emergency notification systems accessibility[J]. Expert System with Application, 2010, 37(4): 3380-3391
- [3] Chung S T, Kim K I. Case studies of chemical incidents and emergency information service in Korea[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2009, 22(4): 361-366
- [4] Peng Y, Zhang Y. An incident information management framework based on data integration, data mining, and multi-criteria decision making[J]. Decision Support Systems, 2011, 51(2): 316-327
- [5] 谢红薇, 李建伟. 基于本体的案例推理模型研究[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(4): 1422-1424

(下转第 169 页)

表1 样本数据

Tid	Item	Time	Tid	Item	Time
14	I1, I2, I5, I8	[10, 75]	4	I1, I2, I4	[90, 170]
8	I1, I2, I3, I5, I8	[10, 200]	15	I1, I2, I3	[200, 300]
3	I2, I3, I7, I9	[15, 75]	6	I2, I3, I6, I9	[200, 750]
1	I1, I2, I5, I6, I9	[20, 105]	10	I1, I3, I6, I9	[200, 750]
2	I2, I4, I8	[30, 180]	7	I1, I3, I6, I7	[230, 800]
9	I1, I2, I3, I9	[35, 97]	11	I2, I5, I7, I9	[250, 300]
5	I1, I3, I4, I6, I8	[45, 135]	13	I1, I2, I4, I7	[270, 900]
12	I3, I5, I7	[60, 300]			

将该数据进行预处理之后,先求出频繁有序 2-项集,由于频繁有序 2-项集的个数是 9(9>5),因此要对这 9 项进行极大团的划分,并针对每个极大团求解时间并内的极大有序频繁项目集和时间交内至少出现该极大频繁项目集的概率和;对所有极大团求得的时间并内的极大有序频繁项目集和时间交内至少出现该极大频繁项目集的概率和进行有效的合并,即删除子集,得到的最终结果如表 2 所列。

表2 满足关键时间段(KTI)概率和阈值的数据

Tid	Item	时间并	时间交	概率和
12, 8	I3, I5	[10, 800]	[60, 200]	1.532625
13, 7	I1, I7	[10, 900]	[270, 800]	7.725795
1, 5	I1, I6	[10, 900]	[45, 105]	5.089506
10, 7	I1, I3, I6	[10, 900]	[230, 750]	2.387152
10, 6	I3, I6, I9	[10, 800]	[200, 750]	1.000000
1, 9	I1, I2, I9	[10, 900]	[35, 97]	1.160687

从表中可以得到关键时间段(KTI)分别是[60, 200]、[270, 800]、[45, 105]、[230, 750]和[35, 97]。如果把关键时间段(KTI)的思想应用到超市,那么在这些关键时间段(KTI)内,商家可根据不同的情况,更有效地指导自己科学地安排进货、库存、货架设计并更准确地准备充足的货源,以供顾客购买等。

结束语 本文考虑了带有时间属性数据的关联规则挖掘方法。首先分析了目前这方面的研究现状,发现只在时间并范围内考虑数据项的关联规则挖掘,会导致伪关联规则大量出现;然后,通过实例说明了考虑时间交范围内数据项关联规则挖掘的重要性,并首次提出了关键时间段(KTI)的定义,给出了相应的寻找极大团关键时间段(KTI)的算法;最后,针对

所有事务中的每一个项在时间交内出现的事件具有相同概率分布的情形,给出了一种度量关联程度的指标,在此基础上给出了计算该指标的方法,并设计了多项式复杂度的搜索算法。

本文只针对所有项相互独立且具有相同概率分布的情形给出了多项式搜索算法,而针对非独立或不具有相同概率分布的情形是否存在多项式的搜索算法,还是个公开问题,是未来一个有意义的研究方向。

参考文献

- [1] Agrawal R, Imielinski T, Swami A. Mining Association Rules Between Sets of Items in Large Databases[C]//Proceeding the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. Washington, 1993; 207-216
- [2] Stix V. Finding All Maximal Cliques in Dynamic Graphs[J]. Computational Optimization and Applications, 2004, 27: 173-186
- [3] Skrikumar K, Bhasker B. Efficiently Mining Maximal Frequent Sets For Discovering Association Rules[C]//Proceedings of the Seventh International Database Engineering and Applications Symposium(IDEAS'03). 2003
- [4] Adibi J, Shen Wei-min. Time-invariant Sequential Association Rules; Discovering Interesting Rules in Critical Care Databases [C]//Conference'KDD-01. San Francisco, CA, August 2001
- [5] Yang Gui-zhen. The Complexity of Mining Maximal Frequent Item Sets and Maximal Frequent Patterns[C]//KDD'04. Seattle Washington, USA, August 2004; 22-25
- [6] 毛国军, 段立娟, 王实, 等. 数据挖掘算法与研究[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005
- [7] 陈安龙, 唐常杰, 陶宏才, 等. 基于极大团和 FP-Tree 的挖掘关联规则的改进算法[J]. 软件学报, 2004, 15(8): 1198-1207
- [8] 韩蒙, 张炜, 李建中. 一种高效的不确定图 K-极大频繁模式挖掘算法[J]. 计算机学报, 2010(8): 1387-1395
- [9] 陆介平, 杨明, 孙志挥, 等. 快速挖掘全局极大频繁项目集[J]. 软件学报, 2005, 16(4): 553-560
- [10] Yun Zhai, Ru Yang-bing, Wu Qu, et al. Study on source of classification in imbalanced datasets based on new ensemble classifier[J]. Systems Engineering and Electronic, 2011, 33(1): 196-201
- [11] 雷文章, 陈延兵. 陆地石油企业 HSE 应急预案建立研究[J]. 中国职业安全卫生管理体系认证, 2004, 24(4): 26-29
- [12] 王文俊, 扬鹏, 董存洋. 应急案例本体模型的研究及应用[J]. 计算机应用, 2009, 7(5): 1437-1440
- [13] 谭玉桥, 袁哲明, 柏连阳, 等. 基于支持向量机回归与 k-最近邻法的组合预测用于除草剂 QSAR 建模[J]. 农药学报, 2007, 9(4): 324-329
- [14] 柴根象, 吴月琴. 相依样本下污染性模型的最近邻估计[J]. 应用数学学报, 2006, 29(3): 542-554
- [15] 冯凯, 徐志胜, 冯春莹, 等. 小城镇基础设施防灾减灾决策支持系统的研究与开发[J]. 中国安全科学学报, 2004, 14(2): 74-77

(上接第 165 页)

- [6] 田依林. 城市公共安全应急管理信息系统建设模型[J]. 武汉理工大学学报, 2007, 29(3): 68-71
- [7] 张英菊, 仲秋雁, 叶鑫, 等. CBR 的应急案例通用表示与存储模式 [J]. 计算机工程, 2009, 35(17): 28-30
- [8] 廖光焯, 翁韬, 朱霁平, 等. 城市重大事故应急辅助决策支持系统研究[J]. 中国工程科学, 2005, 7(7): 7-13
- [9] 李仕明, 刘娟娟, 王博, 等. 基于情景的非常规突发事件应急管理研究[J]. 电子科技大学学报, 2010, 1(1): 12-14
- [10] 郑晓军, 王奕首, 滕弘飞, 等. 应急系统的开发与应用[J]. 计算机应用研究, 2006, 1(1): 33-35