

基于谓词逻辑的应急指挥系统的设计研究^{*}

谭 剑¹, 沈 磊¹, 杨崇俊¹, 仲照明², 马潮技², 梁 丽², 赵 勇²

(1. 遥感信息科学国家重点实验室 中科院遥感应用研究所, 北京 100101;

2. 公安部边防管理局, 北京 100741)

摘 要: 世界各国在“9. 11”事件以后都开始了应急指挥系统的设计和建设, 我国也建立了不少的应急指挥系统, 但是从近几年紧急事件的处理情况来看, 这些系统有一共同的缺陷: 对应急指挥系统的设计理论没有深入的分析, 系统的设计没有明确的方向, 也缺乏对应急流程的分析思考, 忽视计算机的智能处理能力, 造成应急指挥系统的使用低效。针对这两个问题, 先阐述了应急指挥系统设计通用的理论原则, 之后着重分析了应急流程的数字化问题, 提出了一种以谓词逻辑为核心构建应急指挥系统的设计方法, 解决了智能分析辅助指挥的关键问题。

关键词: 应急指挥系统; 理论原则; 谓词逻辑; 设计方法

中图分类号: X915. 2; TP273^{+.5} **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2007)04-0118-06

0 引言

紧急事件指可能造成严重后果必须及时处理的突发事件, 2005 年以来我国发生的危害比较大的公共紧急事件有非典型肺炎传播事件、吉林石化油库爆炸事件, 最近在新疆边境的围捕基地组织训练营事件和云南边境的围捕毒贩事件也是很有代表性的紧急事件。总的来说这些事件的信息分析和决策处理都不尽如意。而国外在“9. 11”以后也发觉了人力准备在实时应急指挥上的不足, 提出了利用计算机系统存储相关知识和辅助应急指挥的战略方向。

目前, 可以将国内外的相关研究分为:

(1) 紧急事件影响范围的研究, 如文献[1~6]分别对水坝决口影响范围和化学品与天气结合的扩散分析、放射性元素运输的预防范围进行了研究。

(2) 指挥策略和算法的研究, 如文献[7]研究了常用的应急力量定位方法和处置战略决策方法, 文献[8]描述了利用 GPS 监控地震后路网状况的实施方法, 文献[9]描述了以挽救人类生命为中心的应急路线决策。

(3) 紧急事件预防研究, 如文献[10]分析了火警警力部署的分析流程。

(4) 应急指挥系统理论研究, 如文献[11~12]定义了火警应急和多事件并发应急所要遵循的理论原则, 文献[13~15]提出了卫生、核泄露等紧急事件类型的系统设计原则。

(5) 应急指挥系统的软硬件组合研究, 如文献[16]偏重与整合已有的 WEBSERVICE 来提供应急服务。

虽然在这些研究的基础之上, 已经开发了一些信息系统, 但是没有详细合理的设计, 往往沦为了文档存储系统或者是通信工具的堆砌, 不能有效的分解信息和辅助决策, 而且不同单位直接的应急指挥系统设计理念大为迥异, 信息沟通不畅, 不利于快速决策和统一指挥。

这些问题的产生有两个根源, 一是对应急指挥系统的设计理论没有深入、宏观的分析, 系统的设计没有统一明确的方向; 二是缺乏对应急流程的分析思考, 无法利用计算机的智能处理能力, 把计算机定位于通讯工具的联接中心。本文针对这样两个问题, 第一部分阐述了应急指挥系统设计通用的理论框架, 第二部分着重分析了应急流程的数字化问题, 提出了一种以谓词逻辑为核心

^{*} 收稿日期: 2007-05-02

基金项目: 中科院知识创新工程重要方向项目(kzcx2-yw-304-02)

作者简介: 谭剑(1980-), 男, 湖北十堰人, 博士研究生, 主要研究基于 WEBGIS 的 GPS 监控导航系统和应急管理信息系统。

E-mail: tanjian1998@gmail.com

构建应急指挥系统的设计方法, 解决了智能分析辅助应急的关键问题, 该方法已经在实践中得到了验证。

1 应急指挥系统的理论原则

1.1 应急系统的目的

1.1.1 使任何可能引起的紧急情况不扩大, 并尽可能的排除它们

事件本身有一定的成因, 比如非典的病原体就是这种传染病的根本成因, 同样的, 紧急事件的升级也需要一定条件, 比如非典从区域传染病变成全国性传染病的必要条件就是病患的流动。应急系统一方面要能排除事件扩大的其他客观条件和原因, 另一方面也要找到事件的本质驱动力, 釜底抽薪, 彻底消除它的存在条件。

1.1.2 减少紧急事件对人、财产和环境所产生的不利影响

这里讨论的紧急事件, 定义中隐含它会对人、财产和环境造成不利影响。把一个紧急事件发生时影响到的人、财产和环境恢复到事发前的同样状态, 也就是把紧急事件的不利影响完全回复, 就是理想情况下, 处理这个事件的最好结果。应急系统要能够有效地达到这个目的。

1.2 应急的阶段

1.2.1 事前预防

按照科学辩证法的观点, 偶然性中存在必然性, 必然性通过偶然性来表达。紧急事件虽然突然, 但是从宏观上看仍然能够找到它们的规律, 比如事件发生的规律、行动和效果的规律等等, 根据这些规律, 我们可以完成三项工作: 紧急事件本身的预防, 控制紧急事件的发生条件, 使它不能发生, 事件对策分析, 建立对策方案库, 针对不同的紧急事件可以采取最有效的对策; 处理事件的必要人员物资储备, 根据紧急事件的发生概率和对策所需要的物资数量和种类, 我们就可以事先储备应对物资。

1.2.2 事中应对、救援(事故应急救援体系)

事件发生时的处理是整个应急过程中最重要的阶段, 在这一阶段中, 要针对紧急事件的变化情况采取行动遏制其的升级, 同时要及时救援相关人员和设备。

1.2.3 事后处理(事后报告及事后责任追究体系)

紧急事件本身发生的频率并不高, 所以已经发生的紧急事件就是未来应对此类事件的绝佳资

料, 我们需要记录它的发生、扩大、削弱和完结的详细情况; 其次我们对它采取的行动本身和它的效果也需要记录。这样我们就可以提供紧急事件的详细报告, 并且可以通过判读所采取行动的效果, 逆推人员责任。

1.3 应急系统依据

应急指挥系统的设计运行必须建立在一些明确的依据上, 这样才能利用计算机的处理能力, 加快事件判读处理的过程。

1.3.1 事件类型

包括危险源辨识和事件类型评估。危险源辨识是指判断紧急事件中的危险源是什么、在哪里、处于什么情况, 事件类型评估是判断事件是何种类紧急事件。有了这样两个依据, 我们就看清了紧急事件的本质, 可以进一步采取对策。

1.3.2 事件特性

分析事件的物理、化学、生物等特性, 选择应急行动时就要针对这些属性处理。

1.3.3 事件规模及作用方式

包括事件空间扩散和危害程度上升的计算模型: 比如缓冲区分析, 网络分析等, 事件发生后的进一步的预测是很必要的, 一方面可以提前准备下一步的行动, 另一方面可以提前撤出或保护将要受到波及的人员和设备, 而事件预测的依据就是特定紧急事件类型的作用模型。

1.3.4 评估等级(评估指标体系)

根据评价事件紧急和危害程度的指标体系, 判断出紧急事件的等级, 不同的等级需要采取不同等级的应对措施, 并且向不同级别的单位通报。

1.4 应急系统的原则

根据大量的使用者的实际需求, 一个有效的应急指挥系统的设计应该满足以下这些设计原则:

(1) 一事一案, 每一个紧急事件都应有一个应急预案。

(2) 能与其它协作单位互相通知并调用功能。

(3) 应急资源保证和检查, 能够分析应急人员、物资的配置, 并能检查已配置的应急力量的状态。

(4) 定期演习, 确保并检查系统中预案的可行性和适用性。

(5) 宣传与培训, 确保系统使用人员都掌握相关的应急知识。

(6) 定期评估, 根据情况变化, 对预案进行评估和修改。

2 系统的设计

根据上面的设计理论,我们得出了应急指挥系统的开发方向,但是应用 GIS 的管理系统要达到这些目标还有很多的问题。首先是怎么利用计算机的计算能力辅助进行应急处置?通常情况下,现在的紧急事件处理最有效便捷的方式是通过电话进行人与人的沟通,汇报情况和下达指令,使用电脑似乎只会增加中间步骤,因为简单的指令还要提前输进电脑再发给其他单位的电脑,然后再由人读出,采取行动。所以在这种情况下,很多已有的应急指挥系统不得不把重点放在提供信息的硬件设备比如摄像头、麦克风、GPS 等设备的接入和配置上,在用户界面上提供丰富的视频、音频和位置信息。

但是这样的信息系统对于应急业务的核心,也就是紧急事件案的处置,基本不能提供辅助功能,甚至忽略了。其实,这是一个舍本逐末的设计方式,一方面分析情况和选择对策的压力仍然集中在人身上,电脑的智能性没有得到任何的体现,只是一个传图或传声的工具,另一方面,这些丰富的信息本身没有梳理和挖掘,是海量的原始数据,就分析的效率而言,甚至不如事件发生地人员的再次转述,因为后者还经过语言的抽象,在有限的时间内,表述的信息更有轻重缓急之分。

要有效的辅助应急处置,必须详细合理的分析应急业务的核心逻辑,和这些业务的数据来源。这些核心逻辑和数据来源就构成了一个应急指挥系统的基础体系。

2.1 系统的基础体系

2.1.1 事件类型及等级体系

按照分类学的理论,只要给定了具体量化的描述参数,任何实体都可以归类。每一个紧急事件都是具体发生的,具有自己的客观特性,那么,我们都可以对其进行归类。而且,紧急事件的归类本身就是处理的首要步骤。建立事件类型和等级体系包括三个部分:

(1) 事件的类型 事件的类型是对某一类事件的抽象,它和不同的事件级别不同之处在于事件的级别是根据描述参数的范围而划定的,是量化的,而事件类型则很可能是抽象而且定性的,比如火灾跟水灾的区别是定性而抽象的,而大小火灾的区别则可以通过过火面积、财产损失等具体指标定量描述。事件类型的分析和建立是事件类型和等级体系的基础。

(2) 事件类型的参数 对某一特定种类的事件我们总能找到那些可以准确限定和描述它的参数,这些参数本身的类型和定义构成了事件等级划分的基础。

(3) 事件等级的参数范围 事件的等级直接对应于具体的紧急事件,一个事件等级的定义其实就是特定事件类型描述参数的一组范围值,超出这个范围则产生质变,变化为其他等级的事件。

建立了一套完整而明确的事件类型体系的优点是:可以缩小判读事件性质时搜寻的范围,减少了分析的复杂程度,对任意一个具体发生的事件,只要直接输入参数,就能很快地找到应对的专业人员和设备。

2.1.2 危险源体系

没有原因就没有结果,这是客观世界的真理,紧急事件的发生是偶然的,但是其成因是客观存在甚至长期存在的。现实世界中有很多空间区域存在着构成紧急事件的大部分客观条件,也就是说,在这些地方发生紧急事件的可能很高,那么这些区域就需要我们额外的重视和考虑。我们把它称为危险源,比如油库、弹药库、细菌实验室、核电厂等等。

在信息系统中保存这些危险源的信息,可以明确相关预防措施,并合理配置应急的人员和设备。

2.1.3 组织层次体系

单位是社会活动的主体,在应急指挥系统中,不但系统本身代表一定的使用单位,危险源和各种应急力量都有所属的单位。

2.1.4 应急力量体系

车辆、人员、特种设备,他们组合起来可以完成特定的任务、解决相应的紧急事件,我们把这种可以完成特定的单一任务的人员和设备的组合称作应急力量。应急力量的准备和配置是处理紧急事件的关键因素,应急指挥系统需要储存应急力量的位置、用途等信息,这样在紧急事件发生时,可以快速找到对应的应急力量,提高调度的效率。

2.2 系统的核心数据体系——应急行动术语体系: 撤离、赶赴、包围、救援等

应急处理的过程是应急处置最重要的,也是应急系统最难进行数字化和辅助分析的地方。

在以往的研究成果中,对应急处理的认知结合了紧急事件发展模式分析,比如文献[4]中决口水坝冲毁区分析,文献[5]中化学品烟雾特性和天气预报的结合分析;结合了应急力量调度分析,比如文献[6]中的地震中的路线连通性判读和自动寻路分析;结合了决策分析,比如文献[7]中以火警中最短人员救援时间为中心的调度决策和文献

[8]中的楼房倒塌的最佳疏散方式的决策分析。

这些系统都有鲜明的独特性, 适用于特定的紧急事件和事件处理的特定阶段, 也有效地利用了 GIS 平台的空间分析功能, 但是它们都没有能够表述一个完整的处理过程, 只是提供了对特定行动的专业分析, 而且这种分析模型和整个应急系统耦合在了一起。这样的系统在进行一个紧急事件的某一个处理行动时可以提供智能化的分析结果, 但是在其他的处理阶段中则不能适用, 而且这种智能分析不能扩展到其他种类的事件处理中。我们注意到, 这些智能化分析的结果主要都是给某一个或某些应急活动提供空间数据。比如文献[4~5]中提供事件影响范围, 可以用于指挥疏散和围堵, 文献[6]中提供了车辆的可达路线算法, 可以用于调遣应急车辆。

从另一个角度来看, 这种模型分析说明了某些应急行动需要空间数据作为行动执行的具体参数。也就是说, 这些行动需要一个空间类型的参数。更进一步地, 这些应急行动可以拆分出其他的一些必须参数, 比如时间类型或应急力量类型的参数。

将这些限定性的必须参数从一个应急行动中依次剔除后, 我们就得到了一个应急行动的真面目, 一个独立的谓词。比如对于“赶赴”这个谓词, 当我们给这个谓词指定了具体的参数, 如应急力量, 目的地, 出发时间等等, 我们就看到了一个具体的应急行动。

根据大量这样的应急行动案例, 我们总结出: 每一个独立不可分割的应急行动命令都是一个谓词逻辑, 这个谓词是应急行动的核心, 一个独立的应急行动有且仅有一个谓词, 要表达实际的行动时, 需要填充其它类型的参数作为这个谓词的主语、宾语和补足语。在应急处置的时候, 选择一个核心谓词, 再提供不同的具体的限定性参数, 就可以构成一个独一无二的具体的应急行动。我们把这个核心谓词称作应急行动术语。

更为重要的是, 在某一类紧急事件的应急行动中, 根据大量积累的案例文档, 经过人工标注词性, 可以完备地统计出应急行动术语的限定性参数类型。

这样, 我们可以抽象地把一个应急行动表述成一个核心行动术语和若干其他固定类型参数的组合, 这就构成了一个应急命令的完整定义, 而一个具体的应急行动, 其依据就是一个具体化的命令, 也就是这些参数类型的具体化。

时空数据类型是应急行动参数的主要类型, 而之前学者们的研究, 其本质就是提供了应急命

令的某一限定性参数的智能分析结果。比如文献[6]中的地震事件中路径选择分析, 就是给应急力量提供移动的空间路线, 可以作为“赶赴”、“撤退”等应急行动术语的限定性参数, 即沿着什么路线“赶赴”、“撤退”; 比如文献[4~5]中的决口区域和化学烟雾扩散区域的计算结果就可以提供给“疏散”和“围堵”等命令作为行动参数。

在应急行动术语体系下, 应急指挥系统的智能化处理可以分解为下图:

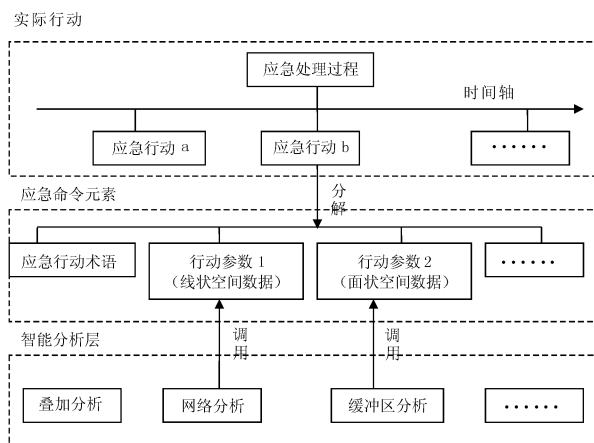


图1 应急行动谓词分解示意图

在这样的体系支撑下, 我们可以做到:

(1) 将实际的应急行动分解为可以完整表达在计算机中的应急命令元素, 也就是应急处理过程的模型化。

(2) 智能分析的结果只是特定类型的参数, 实现了智能分析算法和应急行动的解耦, 方便对智能分析模块进行插件化管理, 可以建立针对各种紧急事件的智能分析算法库。

这样, 我们就把应急处置中最重要的部分完善地集成到信息系统中了, 而且在其他基础数据体系和智能分析工具的支撑下, 使用者可以快速指定参数, 发出一条具体而明确的命令。

3 系统的主要功能

3.1 预案管理功能

3.1.1 预案的定义

现有的通常的应急预案都是文字性和原则性的, 中国政府网上的各种预案都是这种类型的, 它给出了处理紧急事件的流程大概描述和上报、通告原则, 具有指导性, 但实际是不能用于直接处理紧急事件的, 更何况是用计算机存储辅助处理了。

我们认为有效实用的预案数据应该包括: 针

段记录, 存储资料数据量大, 架构复杂, 能够给应急处理提供丰富的工具, 但是缺乏灵魂, 不能进行辅助分析; 要么专注于某一单一应急行动的智能分析, 应急过程与算法耦合, 只能提供片面的辅助。

我们的研究突破了应急指挥系统的常规思路, 将实际的应急处理流程分解为一系列的应急行动, 再从应急行动本质的谓词逻辑入手, 进一步将应急行动抽象出行动术语和各限定参数类型, 直接解决了应急流程的计算机表达问题, 进而将智能分析的输出与应急行动解耦, 使专家知识和智能算法只和限定参数类型关联, 可以用于任何满足使用特定类型参数的行动术语的限定, 使智能分析模型库的无限扩充和动态移植变为可能。而且根据这样的设计体系, 应急过程可以清楚明晰地进行存储和分析, 数据量小, 而且格式通用, 方便了事后对应急处理流程的交流总结。在根本上提供了一个应急指挥信息系统框架, 可以用于任何紧急事件的指挥处理。

参考文献:

- [1] 成松柏, 陈国华. 高风险社会及其对策研究[J]. 灾害学, 2007, 22(1): 18-22.
- [2] 叶明海, 嵇方. 大型社会活动安全事故成因分析及预警组织模型构建[J]. 灾害学, 2006, 21(4): 108-113.
- [3] 铁永波, 唐川, 周春花. 城市灾害应急能力评价研究[J]. 灾害学, 2006, 21(1): 8-12.
- [4] Armanda S. Rodrigues¹, Maria A. Santos¹, A. D. Santos¹ and Fernanda Rocha. Dam - Break Flood Emergency Management System [J]. Water Resources Management, 2002, 16(6): 489-503.
- [5] Cheol - Hee Kim, Jin - Ho Park, Cheol - Jin Park and Jin - Gyun Na. Operational Atmospheric Modeling System CARIS for Effective Emergency Response Associated with Hazardous Chemical Releases [J], Korea Environmental Management, 2004, 33(3): 345-354.
- [6] List, G. F. Turnquist, M. A. Routing and emergency - response - team siting for high - level radioactive waste shipments [J]. Engineering Management, IEEE Transactions on Publication Date: 1988, 45(1): 23-27.
- [7] Birkin, M., Clarke, G., Clarke, M., & Wilson, A. Intelligent GIS: location decisions and strategic planning [R]. Cambridge: GeoInformation International, 1996.
- [8] Paraskevas Savvaiddis, Konstantinos Lakakis, Ioannis Ifadis. Organization of Emergency Response After a Major Disaster Event in an Urban Area with the Help of an Automatic Vehicle Location and Control System [J]. GPS Solutions, 2002, 5(4): 70-79.
- [9] Yasuko Kuwata and Shiro Takada. Effective Emergency Transportation for Saving Human Lives [J]. Natural Hazards, 2004, 33(1): 23-46.
- [10] In - Hak Jool, Kwang - Soo Kim¹ and Min - Soo Kim¹. Fire Service in Korea: Advanced Emergency 119 System Based on GIS Technology [R]. Lecture Notes in Computer Science, 2004, 3183: 396-399.
- [11] D. M. S. Peace. Planning New Standards of Fire Service Emergency Cover for the United Kingdom [J]. Fire Technology, 2001, 37(3): 279-290.
- [12] Rui Chen, Raj Sharman, H. Raghav Rao and Shambhu Upadhyaya. Design Principles of Coordinated Multi - incident Emergency Response Systems [R]. Lecture Notes in Computer Science, 2005, 3495: 81-98.
- [13] 韩建武. 突发事件应急机制研究[J]. 北京理工大学学报, 2004, 6(4): 51-53.
- [14] 殷晓梅. 美国突发公共卫生事件应急体系的启示[J]. 中国公共卫生管理, 2006, 12(1): 32-33.
- [15] 李海燕, 许增禄, 张虎林, 等. 中美突发传染病事件应急系统对比分析[J]. 中华医院管理杂志, 2005, 6(5): 78-80.
- [16] Jose Poveda, Michael Gould and Carlos Granel. Composition of e - Commerce and Geographic Information Services for Emergency Management [R]. Lecture Notes in Computer Science, 2004, 3183: 562-563.

Research on Verbal Logic Based Design of Emergency Management System

Tan Jian¹, Shen Lei¹, Yang Chongjun¹, Zhong Zhaoming²,
Ma Chaoji², Liang Li² and Zhao Yong²

(1. The State Key Laboratory of Remote Sensing Information Sciences, IRSA, CAS, Beijing 100101, China;
2. The Ministry of Public Security of the People's Republic of China, Beijing 100741, China)

Abstract: All countries in the world have put efforts in design and construction of their emergency response systems following the "9. 11" event. It is same to China. But a lot of emergency information systems were built up in a lack of practicability in recent years. The fault is derived from two reasons: indefinite design standards or principles make every system has different target; the insufficient analysis and improper modeling of emergency transaction. This paper firstly describes the common principles of the construction of an emergency system, and then deliberates a verbal logic analysis based modeling method, which effectively rebuilds the emergency transaction in computer systems.

Key words: emergency management system; theoretical disciplines; verbal logic analysis; design method