

# 突发环境污染事件应急预案数字化方法研究

蒋浩,荆玲,武港山

(南京大学 计算机科学与技术系,江苏 南京 210046)

**摘要:**针对现有应急预案数字化方法不能很好地实现预案的可视化、动态化和智能化的问题,以及根据突发环境污染事件的具体特征,提出了一套突发环境污染事件应急预案的数字化方法和执行机制。该数字化预案参考了多项综合预案和专项预案,采用基于预案模型的方法,对预案基本对象提取和建模,建立知识库和规则库,方便了预案的自动生成,并且可以根据现场条件动态地调整,使得应急预案在应对突发事件时可视化程度高、适应变化能力强。论文最后通过某化工园数字化预案的实例,展现了本方法的可实施性和可扩展性。

**关键词:**数字化预案;预案模型;应急预案;突发环境污染事件

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)05-0006-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.05.002

## Research on Emergency Plan Digitalization Method of Environmental Disaster

JIANG Hao, JING Ling, WU Gang-shan

(Department of Computer Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** By now the known approaches haven't solved the visualization, dynamic and intelligence problems well for emergency plan digitalization of environmental disasters. And environmental emergencies have specific characteristics. Propose one solution with the corresponding execution mechanism for emergency plan. It makes references to many integrated and special plans. This approach, based on plan model which is extracted from basic objects of emergency plans, facilitates the automatic generation and dynamic adjustment of emergency plan. It also builds corresponding knowledge base and rule base. This approach improves the automatic generation of emergency plan and adjusts the plan according to the site condition; hence renders emergency plan fine visualization and flexible adaption when disaster happens. In the end, use an example for one chemical industrial park to demonstrate the practicability and expandability of this approach.

**Key words:** plan digitalization; plan model; emergency plan; environmental disaster

## 0 引言

应急预案又称应急计划,是突发公共事件应对的原则性方案,是突发公共事件应急响应和全程管理的操作指南。应急预案旨在保证迅速、有序、有效地开展应急与救援行动,降低事件损失。它明确了在突发事件发生之前、发生过程中以及刚刚结束之后,谁负责做什么,何时做,怎样做,以及相应的资源准备等。

我国目前的应急预案大部分以文本的形式存在,信息形式化程度低,共存的多个应急预案之间没有实

现有机整合,从而使得其作用不能得到有效发挥。在应急响应系统方面,缺乏完备、联动性好的技术支持系统,在进行应急决策时得不到有效的技术支持<sup>[1]</sup>。因此,为了更大程度地发挥应急预案的作用和更好地支持应急决策,预案数字化方法成为了目前应急系统中重要的科研课题。

## 1 数字化预案及相关研究

关于数字化预案,目前尚没有标准的定义<sup>[2-4]</sup>。笔者认为,数字化预案就是将文本预案进行结构化分析与建模,使之不仅能体现出原有预案的内容、流程,而且能结合GIS、模拟、监测等技术,在事态发展即时反馈的基础上,做出总体判断和定量的决策信息。数字化预案的作用是使应急预案真正成为应急管理工作中可操作、可视化、可考察、量化的应急预案。

目前,学术界对数字化预案的研究相对来说不多,

收稿日期:2012-07-17;修回日期:2012-10-27

基金项目:国家高技术研究发展计划(2007AA06A402,2012AA063304)

作者简介:蒋浩(1989-),男,硕士研究生,研究方向为数字化预案、决策支持系统;武港山,博士生导师,教授,研究方向为智能信息处理、多媒体信息处理。

也不深入。Lee, J. 提出了一种基于模板的方法来描述应急事件,以快速查询各个应急机构担任的工作<sup>[5]</sup>。这在当时可能比较有效,但是经过十几年科学技术和互联网的发展,以及人们对于应急需求的提高,这种方法已经力不从心了。Mors, A. t. 使用基于事件的任务框架来描述应急响应过程,他们将应急预案简单认为是一连串的任务以及之间的依赖关系<sup>[6]</sup>。笔者认为,在应急响应过程中,很难完全按照应急预案执行其规定的操作指令,任务之间的依赖关系十分容易变动,而且不同应急预案的任务集之间的依赖也完全不一样。Hoogendoorn, M. 侧重于描述应急响应中参与救援的组织结构的安排及其动态变化<sup>[7]</sup>,但是对预案形式化建模过程中忽略了应急对象这一重要概念,这样就无法描述对新增应急对象的处置等类似决策信息。刘栋等采用基于本体论的知识表示方法,提出了一种电力应急预案数字化方法<sup>[8]</sup>。但是这种形式化建模方法只适用于查找预案,由于粒度不够细,不能有效支持信息反馈、次生灾害处理、决策生成等功能。

2 突发环境污染事件应急预案数字化方法

2.1 应急预案数字化的总体思路

突发性环境污染事件是指在社会生产和人民生活中所使用的化学品、易燃易爆危险品、放射性物品,在生产、运输、储存、使用和处置等环节中,由于操作不当、交通肇事或人为破坏而造成的爆炸、泄露,从而造成的环境污染和人民群众健康危害的恶性事件<sup>[9]</sup>。突发性环境污染事件的特征是:发生极其突然、来势凶猛;污染形式多样,甚至可能发生多米诺效应<sup>[10]</sup>;污染范围难以确定;处理处置艰巨复杂。

根据以上特征,突发环境污染事件应急救援需要数字化预案能实现预案的可视化、动态化和智能化,而目前的数字化预案方案都有所欠缺<sup>[7, 11-13]</sup>。针对以上问题,通过对一系列突发环境污染事件综合预案、专项预案、历史案例和决策要求的抽象化分析的基础上,文中提出一种基于预案模型的突发环境污染事件数字化方法。该方法对预案中的基本对象提取和建模,并建立了知识库和规则库,从而能够快速地浏览、查询、编辑预案,根据现场的模糊条件,应急模拟的结果,迅速做出总体判断和定量的决策信息,并能够随事故发展的具体情况而做出预案上的相应调整。

2.2 应急预案建模

由于环灾应急的综合预案分国家级、省级、市级、区级,另外还有针对各化学物质的专项预案,而各有自己的描述体系结构,但是还是能提取出其共有的目标和对象,如:应急组织机构、保护目标对象、救援物资和资源、行动操作等,因此可以对各项预案建立一个预案

模型来统一描述环灾预案。

模型(model)是一个抽象的概念,它规定了一类对象共有的属性、方法和事件。预案模型和预案的关系,类似于面向对象语言中类和对象的关系。从各种突发公共事件的预案中提取模型的优点是:

(1)根据模型能动态生成预案。当某种突发公共事件发生时,预案库和案例库中没有该类型事件,或者只有个别属性类似的预案或案例时,就可以根据类型和级别,套用模型中定义的应急处置方法,生成新的应急预案,更好地支持智能辅助决策的生成。

(2)模型能检验一个预案流程和步骤的完善性和正确性。模型是从各个法律法规、方针政策、以往经验中提取的总体方针,能检验一个新编制的预案是否全面以及基本流程、步骤上的正确性。而预案中其他信息则需要通过模拟演练或者其他方式证明。

通过对应急预案基本内容进行抽象描述,总结得到了模型表及其模型细节表中的构成,如图1所示。

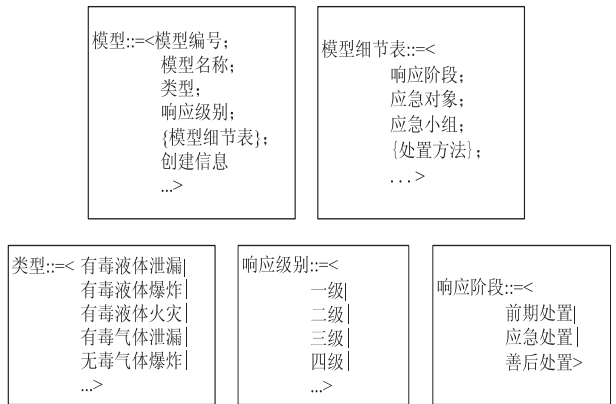


图1 BNF表示的预案模型

根据国家对突发事件采取分级响应机制和不同类型事故处置方法不一样等原因,模型需要细化事故的等级和事故的类型。模型细节表是对整个应急处置流程和处置方案的描述。应急对象、应急小组和处置任务都有各自特殊的参数设计,将在下面详细论述。

2.3 应急预案数字化

应急预案数字化,是在应急预案模型的基础上,将预案中的基本对象数字化,并建立知识库和规则库。

2.3.1 预案基本对象的抽象描述

应急预案中提取的对象有:应急小组、应急对象、处置方法等。对预案描述如图2所示。

突发环境污染事件应急对象是应急救援中所有需要处置对象的统称,每个对象都有一个类型和一系列状态参数。突发环境污染事件应急特有的对象类型有:风险源、敏感公众、敏感伤员、敏感河流、敏感路段等等,状态参数不仅多种,而且同一种参数每个时间段的值还可能不一样。状态参数包括类型、风速、温度、湿度、浓度等等。

突发环境污染事件应急小组的成员可能是从多个组织结构中挑选出来的,所以可能来自多个组织机构。组织结构是现实中的政府或企业部门。

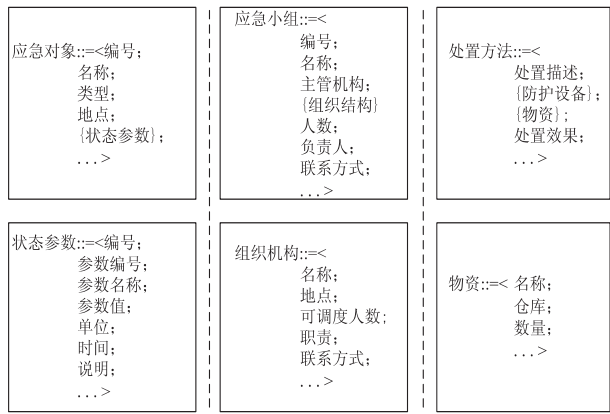


图 2 BNF 表示的预案、应急对象、处置方法和应急小组

突发环境污染事件应急处置方法在实际操作过程中都需要佩戴一系列的防护设备和应急物资,特别是有毒物质泄露时。防护设备包括手部、身体、呼吸器官等的防护工具,物资包含多种。应急物资包括各种洗消化学物质、各种灭火器、各种监测分析仪等。

2.3.2 知识库和规则库的抽象描述

要使数字化预案实现动态生成和动态调整功能,还需增加对象的语义信息,建立相应的知识库和规则库。知识库主要包括预案库和案例库,分别存储案例事件和预案的处理流程、处置方法、资源调用等。规则库是某些对象在某种可能应急事件情况下,需进行的处置规范和处置条件。图 3 为规则库的抽象描述。

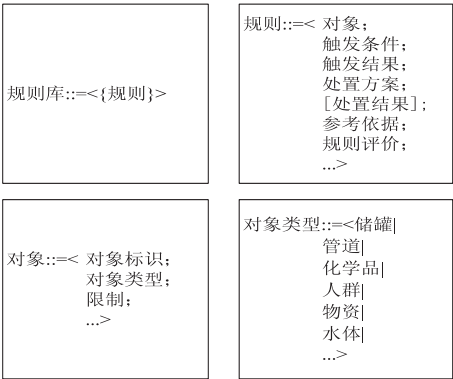


图 3 BNF 表示的规则库

3 基于数字化预案的应急流程控制

数字化应急预案的流程控制需要实现预案的可视化、动态化、智能化功能。

3.1 应急处置流程

从计算机处理的角度看,应急事件的处置过程是应急目标在预案规范的处理流程下,事件从发生、发展到控制和消亡的全过程,关联的敏感目标的状态从不安全到安全的过程。应急处置流程分析如图 4 所示。

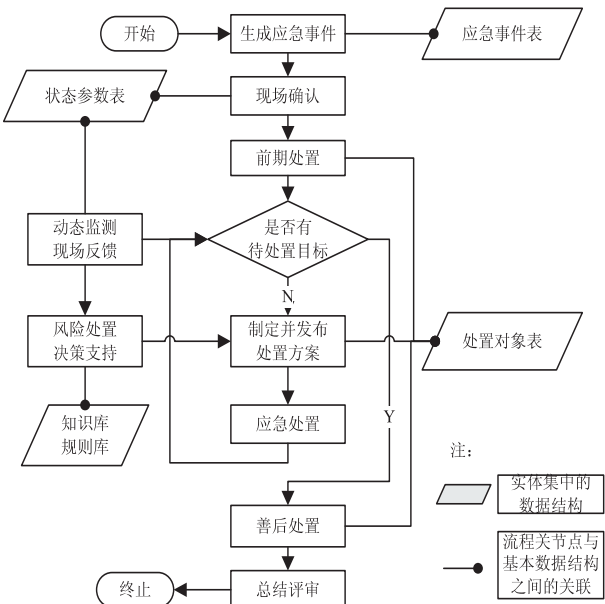


图 4 应急处置流程

3.2 反馈机制

现场反馈信息是应急处置状态可视化的基础。在应急过程中,根据现场反馈信息的可视化展示,能看到事件的整体实施进展和事态控制情况。在应急结束后,根据现场反馈信息历史表,可以评估应急小组执行能力、任务分配是否合理等。

现场反馈信息主要记录几点:应急小组状态、任务执行状态、应急对象状态和事件追踪报告,如表 1 所示。

表 1 应急过程中反馈信息

反馈信息类型	内容
小组状态	空闲、命令确认、准备中、前往现场、正在执行任务
任务状态	未执行、执行中、暂停、中止、执行成功、执行失败
对象状态	未处置、处置中、已处置(安全)、已处置(失败)、处置完
事态追踪	发生次生灾害的报告、现场伤亡人数报告、领导指示工作通知等

3.3 可视化

数字化预案的可视化包括实时的现场监控视频、风险源监控参数、仿真模拟系统及应急事件处置状态等信息的展示。现场监控视频和风险源监控参数可从监控系统接口调入。仿真模拟系统的开发需要专业的知识和恰当的扩散模型的选择。应急处置状态展示的内容包括反馈信息、应急小组的位置、疏散路线、安全避难所等,展示的形式包括图表、GIS( Geographic Information System,地理信息系统)图标、滚动栏等。

3.4 动态化

数字化预案动态化包括预案动态的调整和预案执行的动态化。预案的动态调整指根据预测预警、风险场模拟分析出的等级和类型及当时天气情况,生成应急救援预案、最佳救援路径和最佳撤离路径,并根据现场反馈,动态调整救援任务和流程。预案执行动态化



主要指将实时监控和实时反馈的信息动态展示出来。

3.5 智能化

决策支持的智能化是在预案库、案例库、规则库的基础上,使用人工智能算法,给出有效的、完整的应急处置方案。决策支持常用的算法是 CBR ( Case-based Reasoning, 基于案例的推理) 和 RBR ( Rule-based Reasoning, 基于规则的推理)。

4 某化工园数字化预案实例

该数字化预案以某沿江化工产业园区为应用主体。沿江化工带是我国重要的社会经济发展区域,也是我国环境风险多发、敏感受体聚集的地区,一旦发生重大环境污染事件,将造成重大危害<sup>[14]</sup>。这一部分参照了一系列目前的专项预案,对其中的对象和流程进行了分析、抽取和设计,然后依照上面的数字化方法,并结合 GIS 技术,设计和实现了应急响应系统。

4.1 数字化预案的实现步骤

将上述文本描述的综合预案和专项预案数字化,主要工作由如下几个方面组成<sup>[6]</sup>。

(1) 结构化分解文本预案。抽取应急预案的实体集,包括事件信息、应急目标、救援力量、应急资源等,作为基本数据结构。

(2) 设计应急预案流程图。根据突发事件的演化过程分析,在第一步基础上,分析每个关键节点,如预警监测、现场确认、预案启动、信息反馈、善后处置等,从而得到详细的预案流程图。

(3) 将各种资源与流程图关联,包括人力资源、物资资源、信息资源、技术资源、政策资源等。

(4) 开发应急预案管理及其相应模块。通过收集典型案例和获得专家知识,开发知识库与案例库。并制定相应的应急推理策略与处置推理规则,实现预案可视化、动态推演等既相互独立又相互联系的程序模块。

4.2 对象的实例化

抽象描述的预案中的基本对象,需要在文本预案中找出其现实中的对象。表 2 列举了该化工园预案中提取的部分抽象对象和实例对象。

根据《国家突发环境事件应急预案》指示,按照突发事件严重性和紧急程度,突发环境事件分为特别重大环境事件(Ⅰ级)、重大环境事件(Ⅱ级)、较大环境事件(Ⅲ级)和一般环境事件(Ⅳ级)四个等级。

一般的应急过程包括三个阶段<sup>[12]</sup>: 前期处置( IR: Initial Response)、应急救援( ER: Emergency Response)、善后评估( RR: Recovery Response)。前期处置主要的任务是现场确认、收集数据、评估等级、生成初期预警通知等。应急救援阶段主要任务是救援力量

调度、任务发布、资源调度等。善后处置阶段任务包括现场清理、解除警戒、善后处理、事件调查评估等。

表 2 数字化预案中的抽象对象和化工园预案中的实例对象

抽象对象	实例对象
事件类型	泄露、火灾、爆炸
事件等级	Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级
应急阶段	前期处置、应急救援、善后评估
应急小组	交通管制、警戒治安、企业消防、疏散安置、搜寻营救、物资供应、洗消去污、现场监测、新闻发布、医疗救护、应急指挥、专家队伍、专业抢修……
应急目标	管制路线、救援进展、救援物资、敏感对象、敏感公众、失踪人员、受伤人员、事件报告、危险区域、应急设施、应急方案、应急模拟、应急启动、应急指挥……
应急操作	现场勘查、前期处置、应急报警、应急决策、物资供应、疏散隔离、应急救援、交通管制、现场监测、专业抢修、洗消去污、新闻发布、恢复环境、恢复生产、事件上报、灾后评估……

5 结束语

文中对突发环境事件应急预案如何数字化进行了有效的探索,提出了基于模型的突发环境污染事件应急预案数字化方法,这种方法能有效支持预案的动态生成,更好地提供辅助决策信息。最后通过某化工园数字化预案实例证明了本方法的有效性。

下一步的工作,将在完整的数字化预案系统的基础上,结合地理信息系统、全球定位系统、仿真模拟系统等,实现基于案例的推理和基于规则的推理等人工智能方法,为应急指挥做辅助决策支持。

参考文献:

[1] 张新梅,陈国华,张 晖,等. 我国应急管理体制的问题及其发展对策的研究[J]. 中国安全科学学报,2006,16(2): 79-84.

[2] 张 超,裴玉起,邱 华. 国内外数字化应急预案技术发展现状与趋势[J]. 中国安全生产科学技术,2010,6(5): 154-158.

[3] 翟丹妮. 应急平台中数字化预案系统建设的研究[J]. 中国公共安全(综合版),2008(Z1): 138-141.

[4] 申俊义,杜冬霞,谢红薇. 应急预案数字化系统的研究与实现[J]. 科技情报开发与经济,2008,18(36): 105-108.

[5] Lee J, Bui T. A Template-based Methodology for Disaster Management Information Systems [C]//Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii, USA: [s. n. ],2000.

[6] Mors A T, Valk J, Witteveen C. An event-based task framework for disaster planning and decision support [C]//Proceedings of the 2nd International ISCRAM Conference. Brussels, Belgium: [s. n. ],2005: 151-153.

[7] Hoogendoorn M, Jonker C M, Popova V, et al. Formal Model-

(下转第 13 页)

基本保持了线性增长方式;基于单元的检测算法在低维度时具有良好的效率,但是随着维度的增加,执行时间快速增加;而IU-BDOM算法对维度的增加也基本上保持了线性增长,而且增长速度要低于基于索引的检测算法。这说明IU-BDOM算法在数据集的大小和维度上都具有良好的伸缩性。

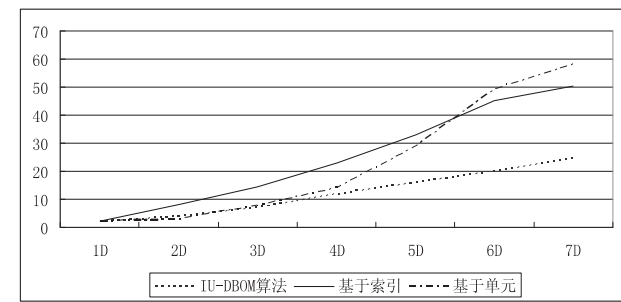


图2 相同数据集大小不同维度

#### 4 结束语

基于距离的孤立点检测算法在很多领域都有重要应用,但是现有的算法效率都不是很高,导致了工业界的应用并不是很广泛。针对这个问题,文中通过阅读相关的参考文献,受频繁项集挖掘算法的启发,提出了改进的基于距离的孤立点检测算法(IU-BDOM)。在待挖掘的数据集中,传统的做法是扫描整个数据集来挖掘孤立点,然后频数越低越可能是孤立点,本算法在检测孤立点时,从频数最小的项开始检测,从而节省了挖掘频数很高的肯定不是孤立点的数据所带来的开销。为了进一步加快速度,实现算法的并行性,文中采用了超立方体代替传统的超球体来统计数据集中每一个对象o的邻居个数,此外,利用Greenpalm这个分布式数据库,并行了挖掘任务,极大地提高了挖掘效率,通过上述实验证实,IU-BDOM算法在数据集的大小和维度上都有良好的伸缩性并且效率很高。

尽管利用IU-BDOM算法可以改进孤立点挖掘的效率,但是处于大数据时代,如果每次挖掘进行时都需要大量重复地扫描全库,势必会带来不必要的开销,如

果可以实现增量式的挖掘,那样整个算法的效率将大大提高,所以,下面的工作主要是在IU-BDOM上实现增量式的挖掘。

#### 参考文献:

[1] Han J, Kamber M. Data Mining: Concepts and Techniques [M]. Beijing: Higher Education Press, 2009: 335-345.

[2] Knorr E, Ng R, Tucakov V. Distance-based outliers: algorithms and applications [J]. The VLDB Journal, 2002, 8 (3/4): 237-253.

[3] Hand D, Mannila H, Smyth P. Principles of Data Mining [M]. Beijing: China Machine Press, 2003: 272-276.

[4] Han J, Pei J, Yin Y. Mining Frequent Patterns without Candidate Generation [C] // Proc. of ACM-SIGMOD Int. Conf. on Management of Data (SIGMOD '00). Dallas, TX: [s. n.], 2010.

[5] David C, Han Jiawei, Vincent T N, et al. Maintenance of Discovered Association Rules in Large Databases: An Incremental Updating Technique [C] // Proc. of the 12th Int'l Conf. on Data Engineering. New Orleans, Louisiana, USA: [s. n.], 2011.

[6] Tan Pangning, Steinbach M, Kumar V. Introduction to Data Mining [M]. Beijing: Post & Telecom Press, 2010: 403-405.

[7] 黄德才, 张良燕, 龚卫华, 等. 一种改进的关联规则增量式更新算法 [J]. 计算机工程, 2008, 34 (10): 38-42.

[8] 商志会, 陶树平. 一种高效的关联规则增量更新算法 [J]. 计算机应用, 2011, 25 (4): 830-833.

[9] Zhu Honglei, Li Ming. An Incremental Updating Algorithm for Maintaining Discovered Association Rules [J]. Application Research of Computer, 2004, 21 (9): 107-109.

[10] 梁之舜, 邓集贤, 杨维权, 等. 概率论及数理统计 [M]. Beijing: Higher Education Press, 2009: 150-153.

[11] Knorr E, Ng R. Algorithms for Mining Distance-based Outliers in Large Datasets [C] // Proc. of the 24th VLDB Conference. New York: [s. n.], 2012: 392-403.

[12] Bay S, Schwabacher M. Mining Distance-based Outlier in Near Linear Time with Randomization and Simple Pruning Rule [C] // SIGKDD'03. Washington DC: [s. n.], 2011.

(上接第9页)

ing and Comparing of Disaster Plans [C] // Proceedings of the Second International ISCRAM Conference. Brussels, Belgium: [s. n.], 2005.

[8] 刘栋, 陈颖, 沈沉, 等. 电力应急预案数字化方法研究 [J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (21): 48-52.

[9] 奚旦立, 陈秀华. 突发性污染事件应急处置工程 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 11-13.

[10] 师立晨, 刘骥, 魏利军. 重大危险源多米诺效应的后果分析 [J]. 中国安全生产科学技术, 2007, 3 (6): 44-48.

[11] Jennex M E. Modeling Emergency Response Systems [C] // Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on

System Sciences. Hawaii: [s. n.], 2007.

[12] Dorasamy M, Raman M. Information Systems to Support Disaster Planning and Response; Problem Diagnosis and Research Gap Analysis [C] // Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference. Lisbon, Portugal: [s. n.], 2011.

[13] Aedo I, Díaz P, Bañuls V A, et al. Information Technologies for Emergency Planning and Training [C] // Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference. Lisbon, Portugal: [s. n.], 2011.

[14] 王晓明, 何天平. 江苏省化工企业应急救援现状分析 [J]. 中国安全生产科学技术, 2008, 4 (5): 126-129.

# 突发环境污染事件应急预案数字化方法研究

作者: [蒋浩](#), [荆玲](#), [武港山](#)  
作者单位: [南京大学 计算机科学与技术系, 江苏 南京 210046](#)  
刊名: [计算机技术与发展](#)  
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)  
年, 卷(期): 2013(5)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjtz201305004.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201305004.aspx)