

突发事件多目标动态应急决策研究综述

□彭怡 邬文帅 寇纲 赵洪举 卢燕群 徐艳丽 孙巧利 [电子科技大学 成都 610054]

[摘要] 近年来自然灾害、事故灾难、公共卫生和社会安全等领域的突发公共事件频繁发生,不仅造成了严重的经济损失,而且夺走了数以亿计的生命,对全人类的生存和生活构成了严重的威胁。加强对突发事件应急决策的研究,不断提高政府预防和处置突发事件的能力,做好社会管理工作,是关系公众安危及国家安全的大事。主要从复杂数据类型的存储、分析、集成研究,突发事件信息管理系统研究,多目标动态应急决策研究三方面介绍了突发事件应急决策研究的状况,并阐述了其发展趋势。

[关键词] 突发事件; 多目标决策; 应急管理; 信息管理

[中图分类号] D523

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-8105(2011)02-0037-05

引言

我国是各类灾害频繁发生的国家之一,近年来随着国家和社会的发展,因突发事件造成的人员伤亡和经济损失显现出日益加重的趋势,加强突发事件应急体系建设,不断提高政府预防和处置突发事件的能力是关系公众安危和国家安全的重要课题^[1]。根据我国国家突发事件总体应急预案的定义,突发事件指突然发生,造成或者可能造成重大人员伤亡、财产损失、生态环境破坏和严重社会危害,危及公共安全的紧急事件,主要分为四类:自然灾害,事故灾难,公共卫生和社会安全事件。具有发生不确定性,发展途径和演变规律的不确知性,灾害和危机程度难以预计,常规防治手段失效等特征^[2]。突发事件经常伴随着次生和衍生事件,并且多个突发事件会耦合在一起形成事件链。因此,突发事件应急决策是一个开放的复杂巨系统,具有多主体、多因素、多尺度、多变性的特征^[3],涉及管理科学、信息科学、工程科学与生命科学等多学科领域,是典型的跨层次、跨部门和综合性很强的问题,需要不同学科间开拓、交叉、渗透与融合^[4]。如果能对各类突发事件做到早发现、早报告、早处置,将极大地提高我们预防和处置这些事件的能力。

信息是科学决策的前提基础,随着信息技术的

发展和进步,通过对突发事件信息及时、全面地汇集、预测、预警和正确决策能极大地减少突发事件带来的伤亡和损失^[5]。灾害事件相关信息具有海量、分散、多样和复杂的特征,需要现代化的信息系统对其进行采集、存储、分析和信息管理。信息系统对输入的大量原始数据进行处理、分析和汇总,为用户提供从简单查询到决策支持等多层次的信息服务,对突发事件的预防、应急处置和管理有着非常重要的作用。应急响应速度与事故后果的严重程度密切相关^[6],与之相应的动态应急决策问题则表现为各阶段的信息整合、分析和决策支持问题。突发事件的发生、发展、蔓延等一系列复杂演变过程,是构建多阶段动态应急决策模型的出发点。因此,如何实现动态应急决策,从而达到期望的动态决策效果,是一项需要长期关注和研究的重点内容。在非常规突发事件应急管理及灾难救助领域,基于“以人为本”的思想,我国从中央到地方各级政府均在积极建立突发公共事件预案,力求在重大事件发生时做出迅速有力的反应,避免人民生命安全与社会财富的重大损失。

一、突发事件应急决策研究

突发事件应急管理是指对突发事件进行预警、控制和处理的整体活动和制度安排^[7],是一个全面综合的系统管理^[8~10],具体涉及到信息科学、决策

[收稿日期] 2011-02-25

[基金项目] 国家自然科学基金(70901011); 教育部人文社科项目(10YJC630163); 中央高校基本科研业务费专项资金资助。

[作者简介] 彭怡(1975-)女,博士,电子科技大学经济与管理学院副教授; 邬文帅(1986-)男,电子科技大学经济与管理学院硕士研究生; 寇纲(1975-)男,博士,电子科技大学经济与管理学院教授。

科学、心理学以及管理学等学科理论和内容,是新兴的多学科交叉研究领域^[11,12]。目前国内外相关研究主要集中在以下三方面:

- (1) 复杂数据类型的存储、分析以及集成研究;
- (2) 突发事件信息管理系统研究;
- (3) 突发事件多目标动态决策研究。

(一) 复杂数据类型的存储、分析和集成研究

突发事件涉及到海量的异构数据,对复杂数据类型(如文本、Web、多媒体、图像)的存储、访问、操作和分析在计算机科学、信息系统、人工智能等领域已经有了相当的研究基础,主要集中在:数据库系统的设计与开发、数据仓库的构建、数据库的访问和查询、以及复杂数据类型的数据挖掘。

面向对象数据库和对象关系数据库是处理复杂结构数据的主要方法。这两类数据库把复杂数据组织成类,然后按等级,再次分类,实现对复杂数据有效的存储和访问^[13]。数据库领域,尤其是高级数据库系统,对复杂数据类型的有效存储、整合、索引和访问已经有了广泛的研究^[14~16]。在对海量的复杂数据进行基本分析方面,数据仓库和联机分析处理(OLAP)是目前较为成熟的技术。数据仓库把历史的、异构的数据源围绕既定的主题进行集成,为决策者提供多方位的查询功能^[17]。

高级数据库系统、数据仓库和OLAP工具实现了复杂数据类型的有效存储、访问和一些描述性操作(如汇总、切片、分层等)。在此基础之上,数据挖掘、模型识别、人工智能等领域对如何从复杂数据库中发现隐含的模式和客观规律展开了大量的研究。文本挖掘对文本数据进行关联分析、分类和聚类^[18];空间挖掘从地理空间数据库中发现空间关联,对空间对象进行分类,预测空间维的变化和趋势^[19];多媒体挖掘考虑相似搜索、关联、分类和预测^[20];Web挖掘搜索Web结构,对Web文档进行分类,以及挖掘Web日志^[21]。国内学者关于数据挖掘方法在突发事件管理中研究有预警分析模型^[22,23]、应急救援机构选址^[24]、物资储备库的区域划分^[25]、旅游突发事件预测^[26]等。

结合以上计算机技术能够实现突发事件海量异构数据的智能分析、有效集成等需求,这是构建信息管理系统的关键问题之一,将这些技术引入突发事件的动态应急决策中,给决策主体提供数据支撑。

(二) 突发事件信息管理系统研究

突发事件具有突发性、公共性和破坏性,影响范围广泛^[27],其预备、预防、响应、恢复与重建需要各级政府、企事业单位、社会团体、民间组织和公民个体紧密合作^[28],因此突发事件信息管理系统

研究一般是在国家的领导和资助下开展。美国和欧盟的突发事件信息管理系统研究已有了阶段性成果。

美国国土安全部于2004年3月颁布了国家突发事件管理系统(National Incident Management System (NIMS))。突发事件信息管理是NIMS中的一个重要组成部分。NIMS从基本概念和原则、管理特征、组织机构和运作三个方面对突发事件的信息管理制订了规范。其中“基本概念和原则”对突发事件信息管理应遵循的过程和基本要求(如可靠性、可量测性、可互通性等)进行描述;“管理特征”则指出突发事件信息管理要标准化、制定法规、形成共同协议和实施必要的培训;“组织机构和运作”具体规定了信息在突发事件管理过程中的收集、传递、分析、加密和共享的关键事项。

同年9月,欧盟委员会资助的灾害和突发事件开放式系统(Open Advanced System for disaster & emergency management (OASIS))研究,其目的是为各级突发事件应急处置机构提供决策支持。OASIS从数据、模型、知识、以及可视化四个方面对突发事件的决策支持进行研究。数据决策支持从处理海量的突发事件数据入手,为决策者提供基本的数据分析功能。模型决策支持运用仿真和最优化方法分别对突发事件的预测和应急响应方案的选取进行研究。知识决策支持主要研究专家经验、领域知识等相关信息的收集、表达、管理和利用。可视化决策支持集中在规划、数据分析、响应方案选择的可视化研究。

我国于2005年1月26日通过了《国家突发公共事件总体应急预案》^[29]。应急预案对突发事件中的信息发布、汇总、报告和管理做出了相应规定^[30]。我国各地各部门在一些专业领域,如防洪、地震、森林火灾、公安等,已经建立了应急信息管理系统,这些系统发挥了重要的应急救援作用。国内学者对突发事件信息管理系统的重要性^[31]、管理机制^[32]、系统框架与性能^[33,34]、技术体系^[35]等方面进行了研究。此外,在突发事件应急能力评估^[36]、开源信息处理^[37,38]、事件预警分级模型^[39]、资源布局评估^[40,41]、决策支持系统^[42,43]等方向也展开了一系列研究。当突发事件发生后如何帮助决策主体在第一时间获取事件相关信息,把握整体形势,寻找应急方案并做出科学决策是研究的重点问题。信息是应急决策的依据,应急绩效很大程度上取决于信息的及时搜集、传播和利用,信息管理系统是整个应急体系建设的重要基础^[44]。现有突发事件管理系统的研究主要针对总体框架、规范、管理机制、系统设计等,多平台的突发事件异构数据整合模式、突发事件信息智

能分析的标准化过程以及相应的决策支持模型还有待进一步研究。

另一方面,我国在构建突发事件应急管理系统时有一个指导思想,这就是预防与应急相结合、常态与非常态相结合^[3],要求在平时加强各类基础信息的收集整理和各类危险信息的预测预警,在战时充分利用已有信息、对事件现场采集的信息进行快速有效的整合和分析,才能实现科学决策和高效处置。目前我国应急信息系统大多存在“平战分离”的问题,服务于日常管理工作的信息系统缺乏应急管理机制,而为应急建设的信息系统缺乏日常信息集成、分析和维护功能,在关键时刻难以发挥作用^[4]。要做到应急信息管理的平战结合,就需要应急系统能够根据突发事件的重要性和紧迫性对突发应急信息其进行区分,为不同等级的突发事件提供满足不同时延要求的区分服务,满足不同突发事件对信息传输时延的不同要求。

现有突发事件管理系统的研究主要针对总体框架、规范、管理机制、系统设计等,对于多平台的突发事件异构数据整合模式以及突发事件信息智能分析的标准化过程和相应的决策支持模型还有待进一步研究。

(三) 多目标动态应急决策研究

在决策过程中如果只考虑单个目标,称为单目标决策;如果需要考虑多个目标的满足程度,则是多目标决策问题。多目标决策是对两个或多个通常相互矛盾的目标进行科学评估,然后从备选方案中选取最佳方案的决策过程^[45]。要同时满足多个相互矛盾的目标是很难的,因此多目标决策实质上是在满足约束条件的前提下,寻求多个目标间的妥协,这个过程也称多目标最优化^[46]。

正如应急管理专家Tufekci和Wallace所言:应急管理本质上是一个复杂的多目标优化问题^[47]。突发事件具有复杂多变的演化规律,传统决策理论无法解决多目标动态应急决策问题。伴随现代计算机技术与计算能力的发展,多目标决策研究方法和技术也取得了较大的进展,将这一理论运用在突发事件的应急管理之中则是近期逐步形成的研究热点。国外与之相关的研究主要集中于风险管理和运筹学领域的效用分析和敏感性分析,如Noel Pauwels等人运用效用分析和敏感性分析方法分析了核泄漏事件发生后的撤退决策选择。Hiroyuki Tamura等人运用决策树分析方法对灾害风险进行了分析^[48]。国内的研究成果包括:依据突发事件发生发展变化的特征,进行多层次多阶段机理分析^[49];运用模糊聚类方法研究突发事件中应急物资分类问题^[50];运用层次网

络方法和突发事件链概念应对突发事件应急管理;将多层次知识需求概念框架和供给方法运用到应对突发事件应急管理,探讨多层次知识的决策支持系统的实现方法^[51]等。

二、发展趋势

针对突发事件的应急决策的研究已初具基础,但仍缺乏对以下问题的深入研究:

1. 突发事件多源异构数据的整合方法研究。随着网络技术的发展,网络越来越成为突发事件紧急信息的主要传播渠道,加剧了信息来源的多样性和复杂性,为应急系统的实时智能分析和提供科学决策支持造成了极大的阻碍,必须运用数据整合技术将来源多样、形式多样的非结构化数据整合成统一数据结构供计算机辅助决策使用;

2. 支持信息智能分析的多目标动态决策模型研究。根据突发事件危害程度的不同,其应急分析和决策对响应时效也有不同的要求,应急决策需要实时信息配合科学的决策方法,以提高应急决策效率和效果。目前国内外应急管理研究中支持信息智能分析的数据挖掘机制和模型的相关研究尚不够完善;

3. 突发事件动态应急决策方法研究。突发事件以及在突发事件信息传播过程中产生的动态应急决策涉及信息整合、智能分析与科学决策等问题,重点应围绕提高决策效率和准确率来展开。突发事件具有多主体、多阶段、复杂多变的特性,目前传统决策理论还不能解决这一问题,因此有必要研究突发事件动态应急决策方法。让信息服务于应急决策,借助计算机技术依据信息的变化辅助决策,选择最佳预案,优化决策,提高应对突发事件的响应效率和处置能力。目前这方面的研究尚处于起步阶段。

三、结束语

突发事件应急决策研究的目的是为应对各类突发事件提供科学理论支撑,提高国家应急管理体系的科学性。本研究从多目标动态决策方法角度探索应急决策理论,综合运用现代数据库技术、多目标决策理论和动态优化技术,通过多学科交叉,形成基于突发事件的多目标动态应急决策理论体系,进一步丰富和完善应急决策理论与方法。灾害事件信息管理框架有助于加快我国针对灾害事件和各类突发公共事件的信息化体系建设,加强灾害事件的预警水平,提高灾害发生时的迅速反应能力,降低灾害事件造成的损失,保障公众的生命财产安全,灾

害事件信息管理框架为灾害发生后的信息收集、处理、整合、数据挖掘、决策和应急救援的执行工作提供科学依据和支持。多目标动态决策和知识提取技术,整合灾害事件相关数据,建立灾害事件信息管理系统,为灾害事件的信息收集、存储、传输、处理、挖掘、知识获取和应急救援的执行工作提供决策支持和帮助。

加强对突发事件信息的管理、共享和利用,达到提高对突发事件防治、管理和应对效率的目的,增强对突发事件的应急决策水平,做好社会管理工作,完善公共安全体系,建立健全的安全监管机制,完善应急管理体制,促进社会和谐。

参考文献

- [1] 闪淳昌. 加强应急预案体系建设提高应对突发事件和 risk 的能力[J]. 现代职业安全, 2007, (67): 78-81.
- [2] 汪寿阳, 曹杰, 杨晓光. 突发公共事件应急管理研究中的重要科学问题[J]. 公共管理学报, 2007, 4(2): 84-93.
- [3] 范维澄. 突发公共事件应急信息系统总体方案构思[J]. 信息化建设, 2005, (09): 11-14.
- [4] 杨列勋, 邓云峰. 国家突发公共事件应急管理中的科学问题[J]. 自然科学进展, 2007, 17(04): 505-528.
- [5] 范维澄, 袁宏永. 我国应急平台建设现状分析及对策[J]. 信息化建设, 2006, (09): 14-17.
- [6] 刘铁民. 危机型突发事件应对与挑战[J]. 中国安全生产科学技术, 2010, 6(1): 8-12.
- [7] 计雷, 池宏, 陈安, 等. 突发事件应急管理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [8] GAI Chengcheng, WENG Wenguo, YUAN Hongyong. Review of Public Safety in Viewpoint of Complex Networks [J]. AIP Conference Proceedings, 2009, 1233(1): 801-805.
- [9] FAN Weicheng. Advisemnt and suggestion to scientific problems of emergency management for public incidents[J]. Bulliton of National Science Foundation of China, 2007, 2: 71-76.
- [10] PATEL R K. Development of an improved managed lanes framework for management and homeland security [D]. Polytechnic University, 2005.
- [11] HOETMER G J. Emergency management: principles and practice for local government [M]. Washington DC: International City Management Association, 1991.
- [12] 韩智勇, 翁文国, 张维, 等. 重大研究计划“非常规突发事件应急管理研究”的科学背景、目标与组织管理[J]. 中国科学基金, 2009, 23(04): 215-220.
- [13] HAN J, KAMBER M. Data Mining: Concepts and Techniques [M]. 2nd Edition, San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2006.
- [14] SILBERSCHATZ A, Korth H F, SUDARSHAN S. Database System Concepts [M]. 5th edition, McGraw-Hill, 2005.
- [15] ZANIOLO C, CERI S, FALOUTSOS C, et al. Advanced Database Systems [M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1997.
- [16] 孟小峰. Web 信息集成技术研究[J]. 计算机应用与软件, 2003, 20(11): 32-36.
- [17] INMON W H. Building the data warehouse [M]. Hoboken: John Wiley & Sons Inc, 1996.
- [18] BERRY M W. Survey of text mining: clustering, classification, and retrieval [M]. New York: Springer, 2003.
- [19] SHEKHAR S, Chawla S. Spatial databases: a tour [M]. New York: Prentic Hall, 2003.
- [20] RUSS J C. The image processing handbook [M]. 4th edition, Florida: CRC Press, 2002.
- [21] CHAKRABARTI S. Mining the Web: statistical analysis of hypertext and semi-structured data [M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2002.
- [22] 秦永平, 王丽萍, 孙庆, 等. 基于数据仓库的突发公共卫生事件预警预报系统[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(13): 3119-3125.
- [23] 季学伟, 翁文国, 倪顺江, 等. 突发公共事件预警分级模[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2008, 48(8): 1252-1255.
- [24] 樊博. 基于空间聚类挖掘的城市应急救援机构选址研究[J]. 管理科学学报, 2008, 11(3): 16-28.
- [25] 王晶, 黄钧, 朱建明, 等. 基于空间聚类的应急物资储备一体化区域划分[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(8): 2999-3003.
- [26] 唐亮, 杜军平. 关联规则挖掘在旅游突发事件预测中的研究[J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2008, 26(1): 59-62.
- [27] 李仰哲. 强化战略思维, 做好应急管理[J]. 中国经贸导刊, 2006, 15: 7.
- [28] CAO Jie, YANG xiaoguang, WANG Shouyang. Key scientific problem in public emergency management [J]. Public Management, 2007, 4(2): 84-93.
- [29] 国家突发公共事件总体应急预案[EB/OL]. [2005-08-07] http://www.gov.cn/yjgl/2005-08/07/content_21048.htm, 2005.
- [30] WANG Feiyue, XU Zhisheng, PAN You, et al. Study on Compiling Technique for Emergency Rescue Protocol of Accident in Enterprise [J]. China Safety Science Journal, 2005, 15(4): 101-112.
- [31] 范维澄. 突发公共事件应急信息系统总体方案构思[J]. 信息化建设, 2005(09): 11-14.

- [32]赵红, 康大臣, 汪亮. 突发事件应急管理机理、机制与体系探讨[J]. 中国管理科学, 2006, 14(10): 784-788.
- [33]吴健宏, 翁文国, 倪顺江. 基于 GIS 和 Multi2Agent 的城市应急疏散[J]. 清华大学学报, 2010, 50(8): 1168-1172.
- [34]崔峰, 程长建, 王飞跃, 等. 基于 SOA 架构的平行管理信息系统设计[J]. 计算机与应用化学, 2010, 27(9): 1171-1176.
- [35]蔡华利, 刘鲁, 刘志明, 等. 突发事件 Web 新闻中时间信息分析及抽取[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(34): 107-110.
- [36]邓云峰, 郑双忠. 城市突发公共事件应急能力评估——以南方某市为例[J]. 中国安全生产科学技术, 2006, 2(02): 9-13.
- [37]曾大军, 王飞跃, 曹志冬. 开源信息在突发事件应急管理中的应用[J]. 科技导报, 2008, 26(16): 27-33.
- [38]王飞跃. 万维社会媒体在防灾应急中的作用[J]. 科技导报, 2008, 26(10): 30-31.
- [39]季学伟, 翁文国, 赵前胜. 突发事件链的定量风险分析方法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2009, 49(11): 1749-1752.
- [40]张玲, 黄钧, 韩继业. 应对自然灾害的应急资源布局模型与算法[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(9): 1615-1621.
- [41]于瑛英, 池宏, 祁明亮, 等. 应急管理中资源布局评估与调整的模型和算法[J]. 系统工程, 2008, 26(1): 75-81.
- [42]陈兴, 王勇, 吴凌云, 等. 多阶段多目标多部门应急决策模型[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(11): 1977-1985.
- [43]秦军昌, 王刊良. 应急管理中的决策支持系统研究[J]. 情报杂志, 2008, 27(12): 37-39.
- [44]刘铁民. 突出公共事件应急信息系统平战结合[J]. 信息化建设, 2005, (09): 15-17.
- [45]YU P. Multiple Criteria Decision-Making: Concepts, Techniques and Extensions [M]. New York: Plenum, 1985.
- [46]DYER, J S, FISHBURN, P C, et al. Multiple criteria decision making, multi-attribute utility theory: the next ten years [J]. Management Science, 1992, 38(5): 645-654.
- [47]TUFEKCI S, WALLACE W A. The emerging area of emergency management and engineering [J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 1998, 45(2): 103-105.
- [48]余廉, 吴国斌. 突发事件演化与应急决策研究[J]. 交通企业管理, 2005, 20(12): 4-5.
- [49]陈安. 应急管理的机理体系[J]. 安全, 2007, 28(06): 10-12.
- [50]郭子雪, 张强. 模糊聚类分析在突发事件应急物资分类中应用[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(35): 208-211.
- [51]荣莉莉. 面向快速反应的应急决策知识需求及其供给方法研究[C]//中国学术期刊电子出版社: 中国突发事件防范与快速处置优秀成果选编, 2009.

Review of Research on Multi-Criteria Dynamic Emergency Decision-Making of Emergency

PENG Yi WU Wen-shuai KOU Gang ZHAO Hong-ju LU Yan-qun XU Yan-li SUN Qiao-li
(University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054 China)

Abstract In recently years, public emergencies such as natural disasters, accidents disasters, public sanitation and social security occurred frequently, which not only caused serious economic losses, but also claimed hundreds of millions of lives, furthermore, caused a serious threat on human survival and lives. It is important to strengthen the research on emergency decision-making, advance the government's ability of preventing and handling emergencies, and help do well in social management, which are essential items related to public safety and national security. This paper introduces emergency decision-making research situation from three aspects researches on storage, analysis, and integration of complex data types, emergency information management system, and multi-criteria dynamic emergency decision-making, as well as describes its development trend.

Key words emergency; multi-criteria decision-making; emergency management; information management
编辑 何婧