

应急决策 知识管理系统研究

汪小梅 著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

应急决策 知识管理系统研究

汪小梅 著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

应急决策知识管理系统研究/汪小梅著. —西安:西安交通大学出版社, 2017. 6(2017. 9 重印)

ISBN 978-7-5605-9632-7

I. ①应… II. ①汪… III. ①突发事件-应急对策-知识管理-管理系统理论-研究 IV. ①D035.34

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 084600 号

书 名 应急决策知识管理系统研究

著 者 汪小梅

责任编辑 赵怀瀛

出版发行 西安交通大学出版社

(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>

电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)

(029)82668315(总编办)

传 真 (029)82668280

印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开 本 720mm×1000mm 1/16 印张 10.5 字数 173 千字

版次印次 2017 年 6 月第 1 版 2017 年 9 月第 2 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5605-9632-7

定 价 68.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82668133

读者信箱:xj_rwjg@126.com

版权所有 侵权必究

前 言

应急决策知识管理系统是一个开放的复杂巨系统,本书应用系统工程理论思想,在分析了应急决策知识管理过程、知识管理系统结构以及应急决策领域知识特征的基础上,结合知识管理、决策科学、计算机和人工智能等领域的技术成果,构建了应急决策知识管理系统集成框架,分析提炼出了应急决策知识管理系统的核心技术为知识表示、知识获取和知识共享问题,并对其展开了研究,提出了基于知识图的应急决策知识表示和应急决策知识共享方法、CBR 的应急决策知识的获取与推理方法以及实现应急决策知识共享与群体决策的综合集成研讨厅的总体框架,并最终予以实现。

本书所做的工作和取得的主要成果如下:

(1)运用系统工程的思想,通过对应急决策过程、决策环境以及应急决策过程中涉及的知识管理问题进行系统的分析,构建了基于过程的应急决策知识模型;运用开放复杂巨系统理论,构建了应急决策知识管理系统集成框架,并对应急决策知识管理集成框架中的关键技术问题进行了识别。

(2)研究了基于知识图的知识的可视化应用,提出了基于知识图的应急决策过程的知识获取、表达手段,建立了防汛抗洪应急指挥决策知识的知识图,并把相关应用业务知识图化,采用知识图来关联、组织应用过程中的知识、描述事件和主题应用。

(3)运用基于事例推理的知识获取的方法解决了应急决策中隐性知识的获取及推理问题。对事例的优选问题进行了研究,针对事例的优选

不唯一的情况,提出了基于 Vague 集的模糊多目标决策方法实现事例的优选。

(4)在对知识共享可能性和必要性问题进行了分析讨论之后,对其实施过程和障碍进行了深入分析,利用开放复杂巨系统的理论及方法,提出了应急决策综合集成研讨厅的框架,并运用信息系统技术,建立了应急管理系统综合集成研讨厅的总体框架,着重解决洪水信息系统综合集成问题,并最终实现防汛抗洪应急决策系统的群体决策功能。

应急决策知识管理是一个系统工程,本书研究仅是开始,应急知识管理面临的复杂性、社会性和普遍性将使这项工作必须继续深入进行,这方面的理论研究和实际应用研究还需要进一步大规模地开展。

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 研究背景和意义	(1)
1.2 国内外研究现状	(6)
1.3 问题的提出	(10)
1.4 研究内容、方法及技术路线	(11)
第 2 章 相关研究综述	(14)
2.1 知识管理相关研究综述	(14)
2.2 应急管理相关研究综述	(22)
2.3 决策与决策支持系统的研究综述	(25)
2.4 本章小结	(29)
第 3 章 应急决策知识管理系统集成框架的提出	(30)
3.1 基于过程的应急事件危机信息分析	(30)
3.2 危机信息管理的三个维度	(32)
3.3 应急决策过程知识需求分析	(34)
3.4 基于过程的应急决策知识管理系统集成框架的提出	(36)
3.5 应急决策知识管理系统集成框架中的关键技术的识别	(42)
3.6 本章小结	(44)
第 4 章 基于知识图的应急决策知识表示方法	(45)
4.1 知识表示	(45)

4.2	应急知识表示方法选择的原则	(46)
4.3	基于知识图的应急决策知识表示方法	(47)
4.4	基于知识图的应急决策知识表示方法的应用	(58)
4.5	本章小结	(65)
第 5 章	基于事例推理的应急决策知识获取方法	(66)
5.1	CBR 理论	(67)
5.2	应急决策中基于事例推理的知识获取	(70)
5.3	基于多目标决策的 CBR 事例优选	(79)
5.4	基于知识图和事例推理的水库洪水调度应用实例	(88)
5.5	本章小结	(90)
第 6 章	应急决策知识的共享与信息综合集成	(91)
6.1	知识共享依据分析	(91)
6.2	知识共享的过程	(95)
6.3	知识共享与信息综合集成框架的提出	(99)
6.4	知识共享与应急决策综合集成研讨厅的框架的提出 ...	(104)
6.5	本章小结	(112)
第 7 章	应急决策知识管理系统综合集成的实现	(113)
7.1	防汛决策信息综合集成的实现	(113)
7.2	防汛决策概念系统的实现	(113)
7.3	基于知识图洪水调度应用的实现	(115)
7.4	基于事例推理的洪水调度应用的实现	(123)
7.5	综合集成研讨厅的实现	(125)
7.6	决策过程中洪水淹没区域的确定过程	(127)
7.7	本章小结	(130)

第 8 章 结论与展望	(131)
8.1 本书所做主要工作	(131)
8.2 主要研究结论与创新点	(132)
8.3 本书研究的局限性	(133)
8.4 有待进一步研究的方向	(134)
参考文献	(136)
攻读博士学位期间获得的研究成果	(157)
致 谢	(159)

第 1 章 绪 论

本章介绍了面向应急决策的知识管理领域的国内外研究现状,分析了现有研究的不足,提出了基于系统工程思想的应急决策知识管理系统集成方案以及需要解决的关键问题。最后提出本书研究的方法与技术路线以及本书研究内容和框架。

1.1 研究背景和意义

1.1.1 现实背景

当今社会,经济全球化进程日趋加快,世界格局多极化趋势越来越明显,各种矛盾和竞争错综复杂。长期以来,人类社会的进步常常以其赖以生存的环境的不断恶化为代价,其后果必然是自然或人为灾害的不断增多。近年来,随着经济社会的发展,城市面积的不断扩大,人口、资产密度的迅速提高,人为灾害、自然灾害、突发公共卫生事件、突发社会安全事件、特大安全事故以及复合型灾害的发生频率、影响范围与危害程度均在增长,国内外重大突发公共事件的发生频率与危害已呈现出不断加大的趋势,对人类的生存和发展造成了预料不到的灾难性后果与危害。应急管理,已成为世界各国都不可避免要面对的重大挑战。

“9.11”事件、2003 年“非典”事件以及 2004 年印度洋海啸等,充分暴露了人类应急管理水平的滞后,如何应对突发事件及其引起的危机,已成为世界各国政府、各个地区都必须认真对待的重大现实问题。

图 1-1 所示 1995—2004 年各类危机爆发的数量、起因及分布区域,可以看出亚太地区无论在数量上还是在引发的原因上都是多发地

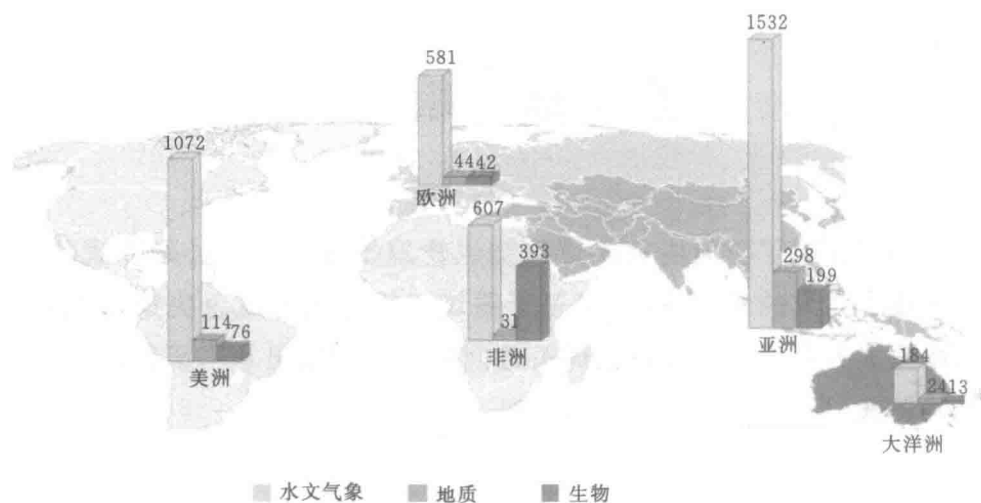


图 1-1 1995—2004 年全球危机爆发数量、起因及分布地区

Source(base map): UNEP/DEWA/GRID-Europe, November 2005.

<http://www.unisdr.org/disaster-statistics/occurrence-type-disas.htm>

区,因此,加强对危机管理的研究对于我国有着极其重要和紧迫的现实意义。

我国是灾害频发、受灾最为严重的国家之一,近十年,每年平均灾害损失近 1600 亿元,相当于我国 GDP 的 3.8%,这一比例已经是发达国家的 10 倍以上。从受灾范围来看,频发危机事件主要有地震、洪水、干旱、雨雪冰冻、台风、沙漠化、传染病流行、食品安全事件等。2008 年是我国突发公共事件频发开始的一年,春节前的南方雨雪冰冻灾害,5·12汶川特大地震,三聚氰胺儿童奶制品安全卫生事件等,带来了巨大的损失和创伤。

政府对突发性公共事件应急处理予以高度重视,已将其立为一项政府的系统工程,先后出台一系列不同灾种的相关应急政策文件,如国家突发公共事件总体应急预案、防震减灾法、危险化学品安全管理条例等。2009 年国家自然科学基金重大研究计划公布了“非常规突发事件应急管理研究”重大研究计划。由此可见,非常规突发事件的应急管理

已成为一个值得国内各方深入研究的重大现实课题。

1.1.2 本书理论背景

应急决策作为对突发事件进行有效预警、控制和处理的过程,中西方学者对此有深入细致的研究。西方的应急决策与管理理论主要以危机管理理论出现。危机(Crisis)一词最初来源于希腊语中的“Kinetin”,其原始含义是筛选,此后在医学领域普遍使用,以形容一种至关重要的、需要立刻做出相应决断的状态。目前对于“危机”本身的定义至今仍未统一,对危机也有不同的认识和理解。1803年的关于新罕布什尔(New Hampshire)城市的火灾法案被认为是第一个灾害法规。在此后的漫长岁月里,危机管理基本是被动应对自然灾害,危机在人们的意识中就是天灾人祸,还没有上升到理论层面,危机管理这一概念是美国学者于20世纪60年代初提出的。危机管理理论产生于经济管理、公共事务管理、政治学、外交决策理论等多个学科。20世纪70年代以后,出现了有关企业危机管理、政府行政危机管理、国际重大危机事件管理方面的著作。1966年大西洋学会出版的《大西洋论丛(II)》上发表的巴肯(Alastair Buchan)的《危机管理:新的外交》(*Crisis Management: the New Diplomacy*)被认为是目前见之于文献中最早的有关危机管理方面的专著,成为危机管理由初步探索向理论研究过渡的重要标志。

自20世纪90年代以来,国际上已经逐步建立了若干个以灾害信息服务、灾害应急事务处理为目标的灾害信息系统,有代表性的包括加拿大应急管理署主持的全球危机和应急管理网络,美国联邦应急管理署主持的全球应急管理系统,联合国国际减灾办公室主持的国际灾害信息资源网络,美国联邦应急管理署主持的紧急响应系统,日本的灾害应变系统、信息传达系统和快速评估系统。另外,我国的核事故应急决策系统等均已开始发挥作用。

目前,应急管理已经融合了人工智能、知识管理、地理信息系统(GIS)、建模理论、仿真等多方面的技术。面向应急事件的管理系统通

常具有两种类型:

(1)以及时通畅的通讯沟通和实施有效的指挥调度为目的的环境应急管理系统(Environmental Emergency Management System, EEMS),这类系统是以及及时通畅的通讯沟通和实施有效的指挥调度为目的,不强调在应急反应过程中的知识管理。这类突发公共应急管理系统通常需要具有较强的信息图形化显示能力,目前绝大部分的 EEMS 是基于 GIS 构建的,如基于 GIS 构建的用于化学和核污染覆盖区域表示的 EEMS,油污染的图形化建模 EEMS^[3]和飓风路径预测 EEMS^[4]等。

(2)以决策支持功能为主的环境(应急)决策支持系统(Emergency Decision Support System, EDSS),这类系统通常是以在应急反应中为决策者提供强有力的决策支持为目的。近二十年以来,计算机和人工智能技术在 EDSS 的研究方面做出了许多成果,如 Guariso 的基于规则推理的应急决策系统^[5],Mora-Lopez 运用定性推理的气象数据预测^[6],Avesani 基于约束满意度方法的森林火灾管理^[7],Varis 的基于模型推理与 Bayesian 决策分析的环境与资源管理,以及 Raman 提出的运用神经网络计算水库蓄水安全操作^[8]等等。

近几年,随着人工智能与知识管理取得不断的进展,EDSS 已经正逐步转向集成和增强基于知识的人工智能技术,它强调知识库的构建与管理,信息的检索,以用于监测、数据分析、通讯、信息存储与提取,在工业控制、制造、医学、商业、教育等领域得到应用。在突发事件快速反应的过程中,向决策者提供必要的决策知识是提高决策效率的关键,相关研究包括:Cortes 提出的环境检测及应急反应决策支持系统(IDSS)^[9];Hernandez 首次将知识片断的概念引入应急决策知识管理系统^[10],他认为决策知识表示也应当遵循知识片断的这一特殊形式。在应急管理的决策支持相关研究中,越来越多的研究者开始关注应急决策支持过程中涉及的知识管理问题,如环境检测中的应急反应决策支持和化学品事故处理中的知识获取^[11],基于 Agent 的决策知识管理^[12]等。Ceglowski 通过对病人治疗活动进行数据挖掘和知识发现来确定

治疗方案的方法^[13]。加拿大 Western Ontario 大学的 Zhu 研究了化学品泄露事件专家系统中的知识获取问题,运用知识的定向分析方法和知识域矩阵(KDM)完成知识的获取过程^[14]。中国台湾的 T. H. Y 在此基础上,进一步研究了化学爆炸事故应急反应中知识获取问题,探讨了不同阶段的知识反应问题^[15]。

国内虽然已有一些研究成果,例如核事故应急决策系统等均已经开始发挥作用。但是,总的来说,关于应急决策知识管理的研究仍处于起步阶段,相关的研究主要从信息技术及其应用视角出发,展开的研究相对集中在寻求应急系统的技术支撑上,各项研究成果也还都是阶段性的。面向知识的应急决策支持方面的研究也处于较初级阶段,知识管理技术的发展正推动着应急管理的进步,所以有必要从理论上对其展开深入研究。

本书所研究内容正是基于以上背景结合笔者所主持和参与的科研课题确定的,2005 年以来笔者主持了教育部人文社科基金“基于技术创新的企业知识管理方法与策略研究”(项目编号 05JA630042),并以此为开端,结合在美国宾西法尼亚州立大学所参与的“突发事件应急反应管理”研究以及国家“863”项目:面向水利信息化的高性能计算与网格应用(项目编号:2006AA01A126)和国家“十一五”科技支撑计划项目:国家应急平台体系关键技术研究与应用示范(项目编号:2006BAK01A22)等科研项目为背景,着重从知识管理、应急决策理论研究入手对应急决策中的知识管理进行深入的探讨,并在这些研究基础之上形成了本书。

1.1.3 研究的现实与理论意义

国际危机管理方面的专家 Mitroff 和 Pearson 认为收集、分析和传播信息是危机管理者的直接任务,危机发生的最初几小时(或危机持续时间很长时的最初几天)内,管理者应同步采取一系列的关键的行动。这些行动就是“甄别事实,深度分析,控制损失,加强沟通”^[1]。决策者能够在突发事件发生后,快速、准确地发布指挥调度指令所需的背景知识

主要来自于事先所制定的各种法律、法规、条例、应急预案等政策文件和各地区应对突发公共事件的经验总结等知识。由此可见,决策者如何快速获取这些知识,是影响决策者决策的重要因素。然而,由于应急突发事件的紧迫性,这种知识获取过程会受到应急问题所处情境的影响,同时,由于目前这些知识的分散性、不完整性以及目前知识管理水平较低的现状使得知识的快速获取存在较大的难度。因此,研究面向应急决策的知识管理问题对提高应急决策的有效性具有重要的现实和理论意义。

1.2 国内外研究现状

国外众多学者都针对知识管理从不同角度进行了阐述。Bassi(1997)认为,知识管理是指为了增强组织的绩效而创造、获取和使用知识的过程^[206]。P. Quitas(1997)等把知识管理看作是一个管理各种知识的连续过程,以满足现在和将来出现的各种需要,确定和探索现有和获得的知识资产,开发新的机会,知识管理的目标就是力图能够将最恰当的知识在最恰当的时间传递给最恰当的人,以便使他们能够做出最好的决策^[207]。

目前应急决策知识管理相关的研究主要集中在以下几点:

1. 关于知识敏捷性的研究

知识敏捷性是近几年知识管理领域出现的一个新的研究课题,从决策知识供给的敏捷性角度分析可以看出快速有效地获取背景知识是目前应急决策知识获取亟待解决的问题。德国学者在这方面取得了较多的研究成果,有影响的包括 Baumeister 运用敏捷过程建模技术(Extreme Programming)构建的诊断知识系统,可以有效减少知识获取的开销,同时提出了“知识分类到知识容器”的方法框架^[41]。Harald Holz 认为知识处理包括敏捷弱知识结构的处理和严格结构的知识处理,其中敏捷弱结构的知识处理不能用以往的建模来实现,并给出了不同阶段

的原型以支持敏捷弱结构知识的处理^[42]。Soren Auer(2006)提出了一种敏捷知识工程方法论(RapidowL),这个方法是基于对知识库的反复提炼、注释和结构化处理。建立 RapidowL 的目的是为了知识库的稳定性,减少知识变化的代价,使领域专家可以及时地从各种角度评价表示的知识,以增强领域专家同知识工程师之间的协调与协作。2006年3月欧盟启动了一个名为 SAKE(Semantic-enabled Agile Knowledge-based E-govement)的 STREP 项目^[43],其目的主要是发展和配置基于敏捷知识电子政府的整体的框架和支持工具。

应急知识供给与获取的速度和质量极为重要,关系到应急管理策略的正确性和速度。如何有效缩短知识获取时间已成为解决应急反应组织间协同工作的重点^[44],Viviane 也认为应急反应的重要内容可以分为应急反应组织间的协同工作、争取时间、从应急框架中获取决策知识(包括其他协同部门的动态活动报告^[45])三个部分。尤其在应急反应过程中,将更加强调时间因素,其敏捷性是评价应急反应能力的主要指标,涉及知识的表示、传递和处理。

2. 关于知识表示方法的研究

知识表示就是对知识的表示,它是知识系统工程的关键问题和瓶颈,也是知识处理的基础,是对知识进行量化、存储、推理等处理的前提。心理学认为,记忆、学习、问题求解、规划等是关于智能行为研究的基本研究,AI 将它们共同问题归结为表示、推理与搜索的研究^[215]。而进一步的研究使人们认识到,无论是推理还是搜索均在某种程度上依赖于知识的表示。

知识表示可以被认为是追求被表示事物的结构特性和运动特性的相似性。常用的知识表示方法包括产生式表示法、谓词表示法、框架表示法、面向对象表示法、基于范例表示法、语义网络表示法、基于粗糙集表示法、基于语言场的表示法等。近几年又出现了一些新的知识表示方法,如基于本体表示法、基于知识网格的复杂知识表示法、基于模糊逻辑和模糊规则的不确定知识表示法、基于粗糙理论的知识表示法、

基于概念图的知识表示法等。通常知识的结构具有针对性和局限性,针对不同的应用领域,不同的知识表示方法具有不同的优势和劣势,所采用的知识表示方法同知识的组织、知识的结构和知识的使用方法密切相关。

Stephano Poulos 认为知识表示领域中一个重要而艰难的任务就是从各类资源中进行数据、信息和知识的整合^[53]。法国的 Degoulet 较早从决策的特征、不同知识表示对决策的支持和确定知识假设三个方面研究了决策系统中的知识管理问题,并建立了情境、概念、计算三个层次的知识表示模型,将其应用于医学急救决策。对于应急决策知识表示,是知识的具体表示方法,在经过相应的处理环节,最后才能实现知识管理的最终目的即知识使用。

上海交通大学苏海(2007)建立了网络环境下以知识图为核心的产品设计类知识重用、共享模型,并构建了网络环境下知识图管理系统框架。但是由于目前的网络环境对知识图系统的支持不足,并且关于知识网格的理论和技术研究还有待逐步完善,如何利用网格技术来构建知识图系统,还需要进一步深入研究。

同时,知识表示的敏捷性也是目前应急决策知识管理的一个研究热点。

3. 关于知识推理的研究

知识推理是按照某种策略从已知事实或知识中推导出新知识的过程。它是在人工智能领域重要的研究课题之一,近几年具有代表性的推理方法包括基于产生式规则的推理方法、基于模糊逻辑的推理方法、基于 Petri 网的知识推理方法和基于案例的推理方法。

国防科技大学的谷建光(2008)在基于知识工程的产品设计领域,研究了产品实例设计知识与领域专家设计经验相结合的知识获取技术,提出了实例知识与专家经验的融合算法和获取结果的神经网络规则表示,在此基础上给出了实例与经验相结合的产品设计知识获取实现框架。

关于基于案例的推理在应急管理中的应用,韩国的 Noh 提出了运用认知图(Cognitive Map, CM)来形式化表示隐性知识,并采用基于案例推理驱动的隐性知识表示^[57]。爱尔兰都柏林圣三一学院的 Cunningham 应用基于案例的推理的迭代方法来解决航空交通控制系统中的航线冲突问题^[58]。在应急决策知识快速反应过程中,知识推理是根据应急问题描述的知识,推理出避免灾害进一步扩大化的相关的必须一并解决的连锁问题,这种推理的一个直观感觉就是应急问题间的关联知识获取。

4. 知识共享研究

实现信息共享与交流,是有效应对管理危机、应急反应和灾难恢复的关键。

浙江大学潘旭伟(2003)分析了面向知识管理的知识建模技术的需求,提出并阐述了基于知识载体、知识内容信息和知识情境的知识建模技术,并分析了该技术如何支持知识与知识、知识与人以及知识与过程的集成。四川大学成尔京(2004)通过分析 STEP 与 XML、XML 与关系数据之间的映射规则,提出了一种在产品资源仓库支持下实现异构设计信息共享与交换的方法。

5. 知识建模研究

应急处置业务通常需要集成不同领域、地域,甚至国际间的应急管理专家和临场处置人员的知识、经验及典型案例等。如何让计算机能够表述并理解这些知识,从而让计算机辅助生成初步的突发事件处置方案是应急知识管理研究的一个热点。

美国国防部高级技术研究署(DARPA)所研究的高性能知识库系统(HPKB)就是以提高指挥决策的自动化程度为目的试图实现“观察—判断—决策—行动”全过程的智能化,现已取得了较大进展^[48]。HPKB 把对信息的处理提高到知识层次,能够智能地自动实现对信息的选择、组织和操纵,以使其适于特定军事任务、过程等。

CoAKTinG 受英国 e-Science 网络研究计划资助,它的研究促使网