

非常规突发事件情景的 构建与动态推演方法

AN APPROACH TO SCENARIO CONSTRUCTION AND DYNAMIC
SCENARIO DEDUCTION OF UNCONVENTIONAL EMERGENCY

陈雪龙 著



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

X4
120

非常规突发事件情景的 构建与动态推演方法

AN APPROACH TO SCENARIO CONSTRUCTION AND DYNAMIC
SCENARIO DEDUCTION OF UNCONVENTIONAL EMERGENCY

陈雪龙 著



 **天津大学出版社**
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容提要

非常规突发事件决策应对的本质是情景应对,情景是决策者赖以决策的基础和依据。针对现有的非常规突发事件应急管理缺乏有效的情景构建及情景动态推演方法,难以有效支持决策者实时地制定动态应对决策方案的问题,本书从非常规突发事件系统本原的角度出发构建其知识元及其网络模型;基于知识元及其网络模型,给出非常规突发事件情景的综合构建方法;基于知识元网络的推理,实现各专业、各领域数据、知识及模型融合计算,进而实现非常规突发事件情景的动态推演。

图书在版编目(CIP)数据

非常规突发事件情景的构建与动态推演方法/陈雪龙
著. —天津:天津大学出版社,2013. 8
ISBN 978-7-5618-4760-2

I. ①非… II. ①陈… III. ①突发事件—应急对策
IV. ①X4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 191710 号

出版发行 天津大学出版社
出版人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 天津大学出版社有限责任公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 169mm × 239mm
印 张 10
字 数 207 千
版 次 2013 年 8 月第 1 版
印 次 2013 年 8 月第 1 次
定 价 40.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

非常规突发事件的频发给人类社会造成了巨大的损失。由于非常规突发事件具有高度的复杂性,常规的“预测—应对”模式已不再适用,取而代之的应是“情景—应对”模式,即决策者应该在非常规突发事件发生后,针对其情景的当前状态及发展趋势采取适当的应对策略。

非常规突发事件的情景作为“情景—应对”模式的核心概念,其有效构建与动态推演是非常规突发事件决策应对的先决条件。针对该问题,本书首先给出了非常规突发事件应急管理系统的知识元及其网络模型,用以为非常规突发事件情景的构建与动态推演提供知识支持;其次,给出了面向非常规突发事件演化分析的模型管理方法,借以实现非常规突发事件情景构建与动态推演过程中复杂的模型管理及组合调用;再次,给出了基于知识元及其网络的非常规突发事件情景的构建与动态推演方法;最后,为验证本书给出的非常规突发事件情景的构建与动态推演方法的可行性,探讨了非常规突发事件情景的构建与推演的模拟仿真系统,并通过一个算例,阐述了方法的应用过程。

本书的研究工作得到了国家自然科学基金重点项目(91024029)、国家自然科学基金青年项目(71203019)、教育部人文社会科学研究青年基金项目(11YJC630023)、高等学校博士学科点专项科研基金项目(20110041120028)以及国家自然科学基金项目(11BGL091)的资助,在此表示衷心感谢!此外,由衷感谢大连理工大学王延章教授在本书的研究与撰写工作中给予的悉心指导。在与王老师交流与研讨过程中,不论是学术上的深度与广度,还是对社会问题的关注与把握,王老师丰富的学养都令我获益良多。

限于作者的学术研究水平,书中难免存在疏漏和不当之处,恳请读者批评指正。

作者

2013年5月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 引言	(1)
1.1.1 问题提出	(1)
1.1.2 研究意义	(3)
1.2 国内外研究现状	(3)
1.3 现有研究存在的主要问题及启示	(5)
1.4 非常规突发事件情景构建与推演的系统化分析	(6)
1.5 本书的内容安排	(7)
1.6 本书的特色及创新之处	(8)
1.6.1 本书的特色	(8)
1.6.2 本书的创新性	(9)
参考文献	(9)
第2章 非常规突发事件应急管理知识元及其网络模型	(13)
2.1 引言	(13)
2.2 文献回顾	(14)
2.2.1 知识表示基本概念	(14)
2.2.2 知识表示方法	(14)
2.2.3 知识元研究述评	(17)
2.3 知识元模型	(19)
2.3.1 对象知识元模型	(19)
2.3.2 属性知识元模型	(19)
2.3.3 关系知识元模型	(19)
2.4 知识元网络模型	(20)
2.5 知识元网络的知识完备性测度	(21)
2.5.1 认知过程层次模型	(22)
2.5.2 问题结构模型	(23)
2.5.3 知识完备性界定	(24)
2.5.4 知识完备性测度	(25)
2.5.5 算例分析	(30)
2.6 基于群体研讨的知识元协同获取	(34)
2.6.1 知识元的版本及其依赖关系	(36)

2.6.2 群体研讨要素表示	(36)
2.6.3 共识状态模型	(38)
2.6.4 知识元协同获取算例	(40)
2.7 本章小结	(47)
参考文献	(48)
第3章 面向非常规突发事件演化分析的模型管理	(52)
3.1 引言	(52)
3.2 文献回顾	(52)
3.2.1 模型表示方法研究述评	(52)
3.2.2 模型集成方法研究述评	(53)
3.3 面向非常规突发事件演化分析的模型表示	(55)
3.3.1 模型表示总体框架	(55)
3.3.2 模型表示方法	(57)
3.3.3 算子表示方法	(57)
3.3.4 模型与算子的映射	(58)
3.3.5 模型与数据映射方法	(58)
3.4 非常规突发事件演化分析的模型网络	(59)
3.5 非常规突发事件动态模型集成方法	(61)
3.5.1 单一模型集成求解方法	(61)
3.5.2 时空约束条件下模型网络的动态集成方法	(63)
3.6 模型集成网络中的模型误差估计方法	(68)
3.6.1 模型误差的产生	(69)
3.6.2 单个模型的误差估计方法	(71)
3.6.3 模型集成网络中的模型误差估计方法	(72)
3.6.4 仿真实验	(73)
3.7 本章小结	(79)
参考文献	(80)
第4章 非常规突发事件的情景构建	(84)
4.1 引言	(84)
4.2 文献回顾	(85)
4.3 非常规突发事件情景含义的界定	(86)
4.4 情景构成分析	(86)
4.5 非常规突发事件的情景表示模型	(88)
4.5.1 情景要素的形式化表示	(88)
4.5.2 情景要素关联的形式化表示	(89)
4.5.3 基于知识元的非常规突发事件情景表示模型	(90)

4.6 非常规突发事件情景的实例化	(91)
4.7 情景构建实例	(92)
4.7.1 基于知识元的城市暴雨灾害情景表示	(92)
4.7.2 济南 7.18 暴雨灾害情景	(93)
4.8 本章小结	(95)
参考文献	(95)
第 5 章 非常规突发事件的情景推演	(98)
5.1 引言	(98)
5.2 文献回顾	(98)
5.2.1 非常规突发事件演化过程研究述评	(98)
5.2.2 非常规突发事件情景推演方法研究述评	(102)
5.3 非常规突发事件演化机理分析	(103)
5.3.1 非常规突发事件内涵	(103)
5.3.2 非常规突发事件组成元素	(104)
5.3.3 非常规突发事件一般演化过程	(107)
5.4 非常规突发事件演化模型	(107)
5.4.1 系统元素知识元模型	(107)
5.4.2 非常规突发事件演化过程模型	(110)
5.5 非常规突发事件的情景推演方法	(111)
5.5.1 非常规突发事件情景推演的总体描述	(111)
5.5.2 基于知识元网络推理的数据、知识、模型的融合计算	(112)
5.5.3 非常规突发事件情景推演的一般模式	(113)
5.5.4 算例分析	(114)
5.6 本章小结	(123)
参考文献	(123)
第 6 章 非常规突发事件情景构建与推演的模拟仿真系统	(128)
6.1 引言	(128)
6.2 系统总体架构	(129)
6.3 知识管理子系统	(130)
6.4 综合数据管理子系统	(131)
6.5 模型管理子系统	(132)
6.6 综合模拟仿真计算子系统	(133)
6.6.1 情景的设定与管理	(133)
6.6.2 数据、知识、模型融合仿真计算引擎	(134)
6.7 可视化子系统	(135)
6.8 本章小结	(136)

参考文献	(136)
第7章 仿真算例	(137)
7.1 泥石流背景介绍	(137)
7.2 泥石流灾害知识元网络	(138)
7.3 知识元的创建与管理	(139)
7.4 形式模型的表示与管理	(139)
7.5 知识元属性间关系的模型表示	(141)
7.6 基于知识元的综合数据管理	(141)
7.7 情景定制及演化	(144)
7.7.1 情景定制	(144)
7.7.2 情景演化	(145)
7.8 本章小结	(146)
参考文献	(147)
第8章 结论与展望	(148)

第 1 章 绪论

1.1 引言

1.1.1 问题提出

近些年来,随着社会的发展以及城市化进程的加速,人类居所、活动以及资产规模的增大和集中化,社会流动性和复杂性空前提高,世界范围内的非常规突发事件日益增多,给经济社会的发展造成了重大影响。面对新的形势,如何建立科学的非常规突发事件决策应对模式,进行及时有效的应急管理,已成为当前需要迫切解决的课题^[1]。

非常规突发事件是指前兆特征不充分,并且具有潜在衍生危害,破坏性严重,采用常规管理体系无法应对处置的非常规突发事件。非常规突发事件的决策应对与应急管理面对的客观系统是一个处于自然、生态、经济、社会和文化环境下的开放复杂巨系统,涉及政府、军队、企业、专业救援队伍、新闻媒体等诸多组织;涉及各类组织在预防、应对非常规突发事件,以及灾后重建等方面的诸多活动;涉及危险源与各类非常规突发事件,以及事件间复杂的衍生与耦合关系。因此,非常规突发事件本身及其决策应对与应急管理具有高度的复杂性,很难预测、预警。传统的针对非常规突发事件的“预测—应对”决策模式已不适用,而必须在事件发生时,针对事件具体的情景(Scenario)做出实时决策,使传统的“预测—应对”应急决策范式向“情景—应对”应急决策范式转化。

在非常规突发事件的决策应对过程中,情景是决策者赖以决策的基础和依据。因此,对非常规突发事件的情景进行明晰而充分的界定非常有必要。当前有关情景的定义,多见于计算机用户需求分析和战略规划领域。而在非常规突发事件应急管理领域,情景往往作为评估应急资源需求,对应急资源进行布局、配置和调度的依据,是对突发事件发生时或发生后有关情形的一种简单假设^[2~3]。然而,在非常规突发事件应急实时决策中,应急决策主体处在高度不确定和紧急的环境下,受到有限的时间、资源和人力等约束条件带来的压力。非常规突发事件的非常规特征决定了决策主体必须依靠对当前情景的判断以及对未来发展趋势的把握,经过全局性的考量和筹谋之后,通过非常规、非程序化手段做出一次性快速决断。因此,非常规突发事件应急决策中的情景不同于突发事件应急预案中的情景,也不同于针对某类突发事件事前进行资源布局而假设的情景。非常规突发事件应急决策中的情景是在突发事件

发生后,决策主体正在面对的真实的境况,并且是随着时间而不断向前演变的,而应急预案以及事前资源布局中所依据的情景,则是依据历史上的类似事件在突发事件发生前做出的一种虚拟的假设。

非常规突发事件的发生、发展、衍生、耦合方式灵活多变,导致非常规突发事件的情景非常复杂,情景的感知呈现不对称性。在不对称信息环境中,所有结合线性假设制定的决策都不能适应情景的变化。传统的适合决策方案制定的选择和判断分析模型都必须重新校正,才能适应非常规突发事件灵活多变的情景。当我们试图应用现有的应急管理理论与方法来研究非常规突发事件情景应对决策方法的时候,却发现现有理论与方法对非常规突发事件情景的表示及其演变规律分析等科学问题的研究在全面性和细致性上仍需进一步深化。

科学问题一:如何构建情景,使非常规突发事件的“情景一应对”有据可循?

依据构建“情景一应对”非常规突发事件应急决策范式的目标,情景是构成非常规突发事件决策应对的先决条件。因此,如何抽取情景的共性要素及可控要素?如何给出情景的表示与定制模式?如何综合已有的信息、知识及模型等信息化元素,构建具体非常规突发事件的特定情景?这一系列问题都有待进一步深入研究。

科学问题二:如何揭示情景的演变规律,描述情景的推演过程,使非常规突发事件的应对决策方案适应不断变化的情景?

非常规突发事件的情景处在不断变化之中。“情景一应对”的应急决策范式要求当情景发生变化时,应对策略及方案也要随之发生改变,以适应动态变化的情景。因此,如何给出描述情景的动态演变过程,给出情景连续快照构成的过程情景,也是一个值得深入研究的问题。

科学问题三:如何给出一种适合于非常规突发事件应急管理的知识表示模型,从而为情景的构建与动态推演提供充分的知识支持?

情景的构建与推演都是以知识为基础的,因此,如何建立一种能够综合诠释非常规突发事件情景及其演变过程的知识表示模型是研究非常规突发事件情景应对的又一科学问题。

以上三个科学问题是研究非常规突发事件情景应对的基础性问题。另外,由于非常规突发事件的情景及其演变过程具有高度的复杂性,不可能应用单一的信息、知识、模型或方法予以描述,集成多学科、多领域、多维度、多粒度信息、知识与模型的情景综合诠释已是必然。因此,情景的构建与推演,是对不同信息、知识以及模型进行融合处理,并对无法预料的未来态势寻求合理的解释。

基于以上分析,本书拟从非常规突发事件应急管理系统本原的角度出发构建其知识元体系,揭示应急管理系统的个体要素运动行为及其综合联系机理与规律;提供非常规突发事件发生、演化、发展、转化等全过程情景的总体描述方法,通过信息、知识及模型融合计算,实现情景的动态推演,从而为决策者有针对性地制定动态情景应对方案提供支持。

1.1.2 研究意义

1) 理论意义

(1)以知识科学理论为指导,研究非常规突发事件应急管理系统基本构成单元的共性和个性特征,构建非常规突发事件应急管理系统知识元及其网络模型,揭示非常规突发事件应急管理系统的整体性特征及内在规律,为从知识视角更进一步研究非常规突发事件应对决策提供了理论基础;

(2)以知识元模型为基础,研究非常规突发事件的情景表示与综合构建方法,丰富和完善了情景构建与情景分析等理论;

(3)研究基于知识元网络的非常规突发事件情景的动态推演方法,为情景的动态感知,进而为决策者有针对性地制定动态情景应对决策方案提供支持方法,在一定程度上丰富应急管理与决策科学相关理论。

2) 现实意义

非常规突发事件的频繁发生,给人们的生活带来了严重的危害,快速有效的应对决策是减少危害影响程度的重要手段。非常规突发事件应对决策的本质是情景一应对,因此,本书针对非常规突发事件情景的构建及动态推演问题展开研究,其研究成果可用于指导各级政府部门应急管理模式的优化及应急管理系统的建设,从而辅助各级政府在面对具体的非常规突发事件时实现快速响应与情景应对,对减少非常规突发事件给人类社会带来的人身和财产损失,具有重要的应用价值和现实意义。

1.2 国内外研究现状

目前,在国内外重要期刊上尚未发现关于非常规突发事件情景的构建与动态推演方法研究的直接成果,相关研究有如下几点。

1) 关于基于情景的应急管理的研究

Xiao Lei 等(2009)提出了非常规应急条件下情景学习的初步研究,提出在非常规突发事件的条件下,应急管理应该从“预测一应对”型改变为“情景一应对”型,并且认为情景学习应该包括情景构造、情景匹配和情景反应^[4]。Jiang Hui 等(2009)认为在应急管理的计划、反应和实时决策阶段都包含对于情景的处理,并且每个阶段中情景的定义都是不相同的,分析了不同阶段的情景应用^[5]。Wang Guoqing 等(2009)提出了基于情景的预案的构想,认为加入情景的预案将更具有实时性和灵敏性^[6]。Reeder 等(2011)认为,情景是将信息系统与公共卫生应急管理紧密联系起来的一种重要方法和途径^[7]。刘霞(2010)在描述非常规突发事件动态应急群决策内涵与特征的基础上,探究情景一行为、情景一对策、情景一策略、情景一模式的依赖关系及其内在的共性规律,揭示“情景一权变”范式的基本逻辑^[8]。周明等(2004)在分析危机及其信息的情景嵌入性和构建情景维度的基础上,提出基于情景的危机信息转移模

型和三种情景转移模式^[9]。刘铁民(2011)在对突发事件应急预案体系概念设计中,针对我国应急预案顶层设计需求,提出应急预案体系建设首先应以重大突发事件情景构建为基础^[10]。刘德海等(2011)在群体性突发事件应急管理研究中,通过对群体性突发事件的演化情景进行分类剖析,为群体性突发事件的妥善处置提供了理论上的参考借鉴^[11]。

2) 关于情景应对的研究

姜卉等(2009)采用结果矩阵,通过分析给出有效的报告机制,从而使应对流程能有效发挥^[12]。徐玖平等(2011)在地震救援恢复重建的复杂系统研究中,利用情景应对的相关理论、技术,从理论上构筑震灾救援的情景应对模式^[13]。姜艳萍等(2011)在应急决策方案动态调整的风险决策方法中提出,应根据随时演变的故事情景科学合理地进行方案调整,从而更好地应对突发事件^[14]。韩传峰等(2009)在对非常规突发事件应急决策系统动态作用机理的探究中,指出非常规突发事件应急决策是“情景—应对”的特殊决策,通过建立 SD 因果反馈模型,对应急决策系统内在反馈机制和动态作用机理进行了揭示^[15]。吴广谋等(2011)结合当今城市重特大事故的特点,提出了一种基于情景再现与态势推演策略的“情景—应对”应急决策模型^[16]。陈刚等(2011)对非常规突发事件的事态情景演化机理、响应情景演化机理和事态—响应耦合机理进行分析,构建了非常规突发事件的事态—响应的集群决策模式^[17]。

3) 关于情景分析方法的研究

Kahn 和 Wiener 在合著的《2000 年》一书中提出情景分析^[18]。之后的一段时间,情景分析多用于对未来的研究和预测、可持续发展、电子商务等领域的研究。如 Swart 等(2004)指出情景分析法能够整合专家的经验知识,用于对未来情况预测以及人类行为的选择,是制定可持续发展策略的强有力工具^[19]。Theo 等(2005)指出将情景分析法用于分析用户对网站的访问行为以及影响交易的瓶颈因素,评估业务流程中的各种要素的效率,可以优化网站,使得用户完成在线交易的机会增加^[20]。近年来,情景分析法已被一些学者应用于应急管理领域的研究。如姜卉等(2009)提出情景演变的网络表达方式,并建立起罕见重大突发事件中情景演变的分析流程^[21]。Chang 等(2007)提出了在不确定性洪水应急物流中情景分析的方法^[22]。黄毅宇等(2011)在分析我国应急预案编制过程存在问题的基础上,探讨了利用情景分析方法实现应急预案有效编制的程序,以期改善应急预案的预见性、完备性和可操作性^[23]。袁晓芳等(2011)在对非常规突发事件“情景”界定和演变规律分析的基础上,基于 PSR 模型构建非常规突发事件的“压力—状态—响应”网络表达方式,并且利用贝叶斯网络理论,构建非常规突发事件的情景演变分析模型,以提高情景分析的有效性和安全性^[24]。张玲等(2010)以地震为背景,考虑了灾害发生时需求不确定这一条件,提出通过建立基于情景分析的随机整数规划模型来解决针对自然灾害的应急资源布局问题^[25]。Tsai 等(2004)在对台湾交通事故风险的探究中,引入了情景分析方法,对交通风险进行分析与评估^[26]。Mazzorana 等(2010)对木材运输过程中遇

到山洪的风险进行模糊情景分析,并建立相关模型^[27]。

4) 关于情景构建的研究

Anya 等(2010)提出了一个框架,其中给出了一个包含应用领域模型,不同个人、工作组以及组织跨域合作的活动图,在普适计算环境下知识源空间的情境的显式模型^[28]。Kim 等(2007)提出了一种以地点节点、对象节点和组成部分节点组成的无向图来表示情景的方法^[29]。Cappiello 等(2006)提出了在高适应性要求和多用户使用的复杂系统中的情景的定义框架^[30]。Bañuls 等(2011)利用德尔菲法和交叉影响分析与解释结构模型相结合,对情景进行构建^[31]。都小尚等(2011)提出用系统动力学模型对零方案及规划方案情景进行模拟来完成情景的构建^[32]。仲秋雁等(2012)通过对情景共性要素及要素关系的抽取,提出情景元模型。在此基础上提出具体领域的情景概念模型,为进一步针对情景进行非常规突发事件的应对提供基础^[33]。许有志等(2009)在对传统突发公共事件应急管理机制的改进中引入情境概念,明确、系统地把情境集成到突发公共事件管理过程中,对情境建模、获取和匹配等相关技术进行了研究^[34]。

5) 关于情景演算的研究

情景演算最早由 McCarthy(1968)提出^[35],目前已发展成为被广泛采用的行为推理形式框架。王蓁蓁等(2008)给出了基于情景演算语言的抽象马尔可夫决策过程的基本概念以及在各种典型抽象 MDPs 中的最优策略的精确或近似算法^[36]。Raymond(2001)对情景演算进行了形式描述^[37]。王崇骏等(2003)在经典情景演算系统的基础上引入了广义信念修正理论,构建了一个开放式情景演算系统 OSC(open situation calculus),克服了经典情景演算系统不能刻画交互通信能力以及对事件的响应处理能力的缺陷^[38]。万海等(2005)提出基于动作逻辑中的情景演算来描述流程的静态模型^[39]。钟珊等(2011)提出了一种基于情景演算推理规则的、表示机器人规划的赋时有色网——BSCRIP 网,解决了情景演算无法解决的框架问题和生成动作序列效率低的问题^[40]。

此外,情景演算还用于网络、生产管理、控制以及本体等的建模。如张弛等(2010)利用情景演算对 Web 服务进行描述,使得 Web 服务的自动组合更加快速和准确^[41]。黑秀玲等(2006)将情景演算应用于企业生产管理过程的建模中,解决了基于本体的企业模型的建立^[42]。Kononov(2002)将情景演算运用于紧急控制系统(ECS)中,能够有效地解决控制生产过程中出现的一些紧急问题^[43]。王海艳等(2011)在形式化动态信任本体的构建中,引入情景演算的概念和公理对信任进行形式化研究,并对信任本体的属性进行了分析^[44]。

1.3 现有研究存在的主要问题及启示

以上研究成果为本书的研究提供了丰富的理论、方法和技术基础,并具有一定的启

发性。然而,现有研究在全面性和细致性方面仍需进一步深化,归纳起来有以下两点。

(1) 现有对情景表示与构建的研究或面向某一特定学科领域,或从宏观概念层面出发研究情景表示模型与方法,获得了极富价值的研究成果,但未能从管理学一般规律及系统学微观角度出发,因而难以综合描述非常规突发事件跨领域、跨学科、复杂的、细粒度的情景要素,从而影响非常规突发事件“情景一应对”的有效性。

(2) 现有对情景演变的研究或从宏观概念层面,或从形式逻辑层面揭示情景演变的一般规律及模式,得出了许多有价值的结论,但未能从微观的、具体可操作层面给出情景的动态推演方法,从而难以掌控情景的动态变化,造成生成的情景应对方案难以适用于真实的、动态的决策环境。

本书正是基于上述分析结果开展研究工作的,以期弥补现有研究工作的不足。

1.4 非常规突发事件情景构建与推演的系统化分析

作为复杂系统的一个特例,非常规突发事件演化系统涉及自然、生态、社会、经济、文化和心理综合交织的、变化万千的、混沌百态的各类要素。非常规突发事件的情景构建与推演是在人类对该系统的总体认知基础上,客观系统行为在主观认知空间的一种再现。由于现今科学研究学科划分的细化,知识载体的多人分布化,不断更新爆炸的知识体量等,综合诠释如此复杂的系统,任何单学科、单理论、单方法及简单几个相结合的方法论都不可能奏效,必须综合运用各领域、各学科的知识。

多科知识可集成的根源在于其存在共性特征(至少在概念层面如此),因此,从非常规突发事件客观事物系统、承灾载体事物系统和应急管理活动系统等知识域出发,细分知识到问题域内无须再分的基本单元,抽取共性、关联性知识元,并扩展建立个性及多级多类(多科)知识元体系。共性与关联性是事物普遍联系的基础,可依此建立知识元网络,为多学科交叉认知等奠定综合集成的基础。充分地分,才能有高效地合。

由前文可知,非常规突发事件的情景构建与推演需要大量多源、异构数据、知识、模型的集成互动予以支撑。数据是知识的实例,知识是数据的抽象,元数据是二者沟通的桥梁,因此,可基于前述构建的知识元体系,通过实例化过程,构建相应的元数据及数据体系。在情景推演过程中,通过元数据实现数据与知识的互动与集成。此外,由于元数据及数据体系均符合知识元描述规范,因此,基于知识元亦可实现多源、异构数据的集成、融合。

客观事物之间存在复杂的关联关系,是客观事物系统要素互动及发展演化的基础。通常情况下,这种关联关系通过各专业领域的模型予以刻画。因此,非常规突发事件的情景构建与推演具有集成各领域专业模型的需求。专业模型形式千变万化,如何高效、动态地集成相关各专业的模型以解决特定的问题,一直以来都是困扰管理

决策领域学者们的难题。本书以知识元为基础,抽取各专业、各领域模型的共性特征,扩展建立模型知识元。为区别于一般的专业领域模型,本书将模型知识元称为形式模型,而将一般的专业领域模型称为实体模型。形式模型作为各专业模型的知识性描述,不具有真正求解问题的能力,其实例化即为实体模型,实体模型通过算子实现问题的求解。将形式模型关联至前述知识元体系,实现实体模型的生成,进而实现知识与模型的集成。

由上面的分析可知,本书的指导思想是将非常规突发事件的情景构建与推演涉及的信息化元素进行了适当的分解,即分解为数据空间、元数据空间、知识元空间、形式模型空间、实体模型空间以及算子空间,进而通过上述6空间的动态集成,实现非常规突发事件的情景构建与推演。上述分解有利于各级应急管理工作者及各领域专家分工协作,并且在当前移动、物联、泛在、Web2.0等ICT环境下,有利于全民参与的知识共享、更新及维护。

1.5 本书的内容安排

非常规突发事件的情景具有高度的复杂性,并随时间不断演变。情景的构建与动态推演过程不可能应用单一的信息、知识、模型予以实现,必须融合来自不同学科、不同领域、不同维度、不同粒度的信息、知识、模型。为此,本书将介绍以下内容。

1) 非常规突发事件应急管理系统的知识元及其网络模型

首先,本书借鉴本体论思想,给出非常规突发事件应急管理系统知识元模型,包括知识元属性及其间关系的描述规范。基于知识元属性间隐性及显性关系生成知识元网络,全面刻画非常规突发事件所处客观系统个体要素的构成方式及联系机制。其次,从支持问题解决的角度入手,探讨知识元网络的知识完备性问题。将知识元网络的知识完备性抽象成三个层次,即概念属性层、关系层及推理层,并对每个层次的知识完备程度给出具体的度量方法。最后,探讨基于Web2.0的自组织及他组织知识元获取方法。自组织方法保证了知识元获取的广度,但获取结果相对无序;而他组织方法保证了知识元的规范性、有序性及精确性。

2) 面向非常规突发事件演化分析的模型管理

非常规突发事件情景的动态推演需要众多的专业领域模型予以支持,如何有效地进行模型管理是实现情景动态推演的必然要求。为此,研究基于知识元的模型表示与管理方法。首先,基于前述基础知识元模型,抽取非常规突发事件应急管理所需模型的广义共性特征,建立相应的知识元扩展模型,称为形式模型。形式模型是高度抽象化的,是某一类相似问题的模型表示,与具体应用无关,不可求解计算。其次,基于具体的知识元及元数据实例化形式模型的抽象、共性要素,构建相应实体模型。实体模型面向某一具体问题的求解,与具体业务应用相关,可求解计算。最后,给出面向非常规突发事件演化分析的动态模型集成方法,并探讨模型集成过程中的误差传

递过程。

3) 基于知识元的非常规突发事件情景表示与综合构建方法

首先,通过提炼非常规突发事件情景应对的基本要素与作用机理,明确事件应对的一般管理学规律。基于知识元网络及所抽取的非常规突发事件的情景属性,根据非常规突发事件的特点,描述突发事件的情景需求粒度和属性,情景属性的组合和集成模式,给出情景表示方法。其次,基于知识元实例化产生的元数据,根据事件发展的时空要素和属性的不同,将已经建立的情景模型映射至信息层面,构建具体的非常规突发事件的情景。

4) 基于知识元网络的非常规突发事件情景动态推演方法

首先,系统地分析非常规突发事件的要素构成及演化机理。其次,依据非常规突发事件的演化机理,基于知识元模型给出非常规突发事件要素及相互作用关系的形式化表示,给出非常规突发事件的演化模型;最后,将非常规突发事件情景推演过程相关的信息化元素抽象为数据空间、元数据空间、知识元空间、实体模型空间、形式模型空间以及算子空间,基于知识元网络实现上述6空间的融合计算,实现非常规突发事件情景的动态推演。

5) 非常规突发事件情景构建与推演的模拟仿真系统

依据前述理论、方法、技术基础,基于 Web2.0 思想给出一种开放的、泛在的、灵活扩展的、具有良好兼容性的软件体系架构。其中知识管理子系统、综合数据管理子系统、模型管理子系统对应前述数据空间、元数据空间、知识元空间、形式模型空间、实体模型空间以及算子空间的管理,通过综合模拟仿真子系统以及可视化子系统实现上述6空间的互动,从而实现非常规突发事件的情景构建与动态推演。

6) 仿真算例

在前述研究基础上,以泥石流冲击储油罐区的事件为例,阐述非常规突发事件情景构建与推演模拟仿真系统的管理与运行过程;并通过仿真算例,论证本书所提方法的科学性与可行性。

1.6 本书的特色及创新之处

1.6.1 本书的特色

(1) 研究内容的特色。首先,以知识科学理论为指导,研究非常规突发事件应急管理系统基本构成单元的共性和个性特征,构建非常规突发事件应急管理系统的知识元及其网络模型,揭示非常规突发事件应急管理系统的整体性特征及内在规律;其次,基于知识元研究非常规突发事件的情景表示与综合构建方法;最后,基于知识元网络研究情景的动态推演方法。上述研究内容在国内外基本上还没有深入开展。

(2) 研究视角的特色。针对情景构建与推演,已有学者从管理决策以及信息技

术的视角进行了探讨。但从上述两种视角所进行的研究或面向某一特定学科或领域,或过于宏观,因而难以实现情景的跨领域、跨学科、细致的综合诠释,进而难以为非常规突发事件的情景应对提供综合支持。而本书从事物本原视角揭示非常规突发事件应急管理系统的整体性特征及内在规律,并给出相应的支持方法,使得情景的综合构建以及动态推演成为了可能。

(3)研究方法的特色。本书采用的研究方法是通过抽取非常规突发事件应急管理系统的共性和个性要素,构建知识元及其网络模型,并依据系统科学思想揭示信息、知识以及模型之间相互关联的机制与原理,实现非常规突发事件情景的综合构建与动态推演。对比其他相关研究方法,具有鲜明的特色。此外,从多年的电子政务和应急管理应用的工程实践出发,使得本书的理论研究具有较好的应用背景及实践基础。

1.6.2 本书的创新性

(1)构建了非常规突发事件应急管理系统知识元及其网络模型。从知识元模型本原角度给出了非常规突发事件应急管理系统的知识性描述,为集成多领域、多学科、多维度、多粒度的应急管理知识提供了基本保障。另外,由于知识元具有单一性、独立性,因而更适于描述、存储与查询。通过知识元的链接、组合生成知识元网络,可实现非常规突发事件应对决策过程中复杂的知识管理,一方面为情景的综合构建以及动态推演提供基础工具保障,另一方面拓展了知识管理的研究和应用领域。

(2)给出了基于知识元的非常规突发事件情景表示与综合构建方法。基于知识元及大量非常规突发事件应对案例数据、知识与模型,抽取情景共性属性与可控属性,给出情景的表示与定制模式;根据事件发展的时空要素和属性的不同,将已经建立的知识元网络实例化至信息层面,形成非常规突发事件特定情景的综合诠释,从而为情景的动态推演及情景应对方案的生成提供基点。

(3)给出了基于知识元网络的非常规突发事件情景动态推演方法。情景数据的变化通过元数据(知识元的实例化)引发知识元网络的联动;通过知识元网络的推理,实现模型的集成求解;模型的求解结果进一步引发知识元网络的新一轮推理;推理结果通过元数据作用于情景数据,从而实现情景的动态推演,为决策者动态感知情景并制定相应应对决策方案提供支持。

参考文献

- [1] 范维澄. 国家突发公共事件应急管理中科学问题的思考和建议[J]. 中国科学基金, 2007(2): 71-76.
- [2] Chang M S, Tseng Y L, Chen J W. A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty[J]. Transportation Re-