

数据驱动下非常规突发事件应急决策模型的泛化 能力提升方法研究

拜亚萌，陈巧云

焦作大学信息工程学院，河南 焦作 454000

DOI: 10.61369/TACS.2025070015

摘要：本文旨在对当前重大突发事件应急决策研究进行综述，通过对已有研究成果的系统梳理和分析，总结该领域的研究方向、研究思路和研究成果，为后续研究提供参考和借鉴。这不仅有助于进一步深化对重大突发事件应急决策规律的认识，还能够为实际应急管理工作提供有益的指导，推动应急决策科学化、规范化和高效化发展，从而更好地应对重大突发事件，保障社会的安全与稳定。

关键词：重大突发事件；应急决策模型；数据驱动

Research on Methods to Improve the Generalization Ability of Data-Driven Emergency Decision-Making Models for Unconventional Incidents

Bai Yameng, Chen Qiaoyun

School of Information Engineering, Jiaozuo University, Jiaozuo, Henan 454000

Abstract : This paper focuses on enhancing the generalization ability of data-driven emergency decision-making models for unconventional incidents. First, it analyzes the characteristics of unconventional incidents, such as high uncertainty and complexity. Then, it elaborates on the current challenges faced by existing emergency decision-making models in terms of generalization. To address these issues, methods such as data augmentation, multi-source data fusion, and the introduction of transfer learning are proposed. By applying data augmentation techniques like adding noise and creating synthetic data, the model can be exposed to more diverse data, improving its adaptability. Multi-source data fusion, integrating data from different sources such as sensor data, social media information, and official reports, enriches the data dimensions and helps the model capture more comprehensive information. Transfer learning, leveraging pre-trained models in related fields, accelerates the model's learning process and enables it to better generalize to new emergency scenarios. The effectiveness of these methods is verified through case studies and experimental simulations, providing valuable references for improving the practical application of emergency decision-making models in dealing with unconventional incidents.

Keywords : unconventional incidents; emergency decision-making model; data-driven

当今世界，重大突发事件的频繁发生已成为全球性挑战。从公共卫生事件如新冠疫情的肆虐，到自然灾害如地震、洪水的突发，再到生产安全事故如工厂爆炸火灾事件的出现，这些事件不仅对人类的生命财产安全构成严重威胁，也对社会的稳定和经济的发展带来了巨大冲击。据相关统计，近年来全球重大突发事件的发生频率呈现上升趋势，其造成的损失也日益加剧。以新冠疫情为例，自2020年爆发以来，截至2025年4月20日全球累计新冠确诊病例已达到7.78亿例，累计病亡病例数709万人，全球经济遭受重创，许多国家的医疗体系面临巨大压力，社会生活也受到极大影响。^[1-2]

在这种背景下，如何有效应对重大突发事件，成为各国政府和社会各界亟待解决的问题。为加强重大突发事件的应对能力，中国政府高度重视应急管理工作，不断健全应急管理体系，提升应急处置能力。2025年2月，中共中央、国务院印发了《国家突发事件总体应急预案》，明确提出要完善应急指挥体系，加强应急预案管理，强化应急队伍建设，提升应急科技支撑能力，确保突发事件应对工作的科学化、规范化和高效化。该预案强调了预防为主、预防与应急相结合的原则，要求通过加强监测预警、风险评估和应急演练，提高全社会的应急意识和应对能力^[3]。

基金项目：河南省科技攻关计划项目“基于情景演变的非常规突发事件应急决策关键技术研究”（252102320051）。

作者简介：拜亚萌（1981—），男，研究生，副教授，研究方向：信息安全。

一、重大突发事件类型

重大突发事件是指突然发生，造成或者可能造成严重社会危害，需要采取应急处置措施予以应对的事件^[4]。根据《中华人民共和国突发事件应对法》和相关应急预案，重大突发事件主要分为以下四大类：自然灾害、事故灾难、公共卫生事件、社会安全事件。本研究利用大模型 Kimi 对近二十年世界范围内发生的重大突发事件进行统计，得到如下的结果，如表1所示。

表1 世界范围内重大突发事件数据统计

事件类型	近20年发生次数（估算）	年均发生次数	主要来源机构
自然灾害	约7,000起	约350起	EM-DAT、联合国减灾署
事故灾难	约4,000 - 5,000起	约200 - 250起	各国应急管理部、媒体统计
公共卫生事件	超500起	约25 - 30起	WHO、CDC、国家卫健委
社会安全事件	约3,000 - 4,000起	约150 - 200起	联合国、各国家安全全部门

二、重大突发事件应急管理体系

（一）“预测 – 应对”型应急管理体系

“预测 – 应对”型应急管理体系是以预案为核心的传统应急管理的重要模式，广泛应用于突发公共卫生事件的应急管理实践中。该方法强调在事件发生前，通过历史经验总结、专家知识积累和风险评估，制定详细的应急预案，明确事件的类型、等级划分、响应流程、资源调配和组织架构等内容。在事件发生时，决策者依据预案迅速匹配相应的应对措施，实现快速响应和高效处置。这种方法特别适用于事件类型明确、发展路径可预期的常规突发事件，如流感疫情、食物中毒等公共卫生事件的应对。通过“预测 – 应对”方法，应急管理部门能够在事件初期迅速启动应急响应机制，有效控制事态发展，减少人员伤亡和财产损失，维护社会稳定和公共安全。

然而，“预测 – 应对”方法也存在一定的局限性。由于其高度依赖历史经验和既定规则，面对复杂多变、难以预测的非常规突发事件（如新型传染病暴发）时，往往表现出灵活性不足、适应性差的问题。此外，该方法难以有效应对“黑天鹅”事件或事件演化路径发生突变的情况。因此，现代应急管理体系逐渐在“预测 – 应对”基础上引入“情景 – 应对”和数据驱动等新兴方法，以提高应急决策的灵活性和科学性，构建更加全面、动态的应急决策支持体系。通过融合多种方法，可以更好地应对突发公共卫生事件的不确定性和复杂性，提高应急管理的整体效能和水平，保障人民群众的生命安全和身体健康。^[5]

（二）“情景 – 应对”型应急管理体系

“情景 – 应对”型应急管理体系是一种新型的应急管理范式，旨在通过构建和分析突发事件的情景，提前识别突发事件的潜在演变路径，制定针对性的应对策略，以提高对复杂多变突发

事件的动态响应能力。其中情景是指对突发事件发生、发展及其影响的描述，包括事件的类型、规模、影响范围、次生灾害等关键属性。应对策略则是基于情景分析制定的具体行动方案，旨在最大限度地减少突发事件带来的损失。该体系突破了传统“预测 – 应对”模式的局限性，更加注重对突发事件复杂性和不确定性的应对。

在“情景 – 应对”应急管理体系方面，马国普等人针对重大应急事件人员疏散，提出将重大突发事件的关键属性表示为一系列情景，通过定性与定量相结合的描述，构建情景体系框架，进而制定针对性的应急疏散决策方案，并通过计算机仿真验证其有效性，为应急决策提供了科学依据和优化路径。赵飞基于系统论和复杂系统脆弱性理论，构建了重大突发事件的情景演变模型以提高城市应急能力，其通过情景分解与耦合，模拟事件从初始到消退的全过程，结合 GERT 网络模型预测关键节点的发生时间和概率，为应急决策提供科学依据。^[6]

三、应急决策研究方向

（一）信息资源管理

在重大突发事件的应急决策中，信息资源管理是确保决策科学性和有效性的重要基础。信息资源来源广泛且复杂，包括物理域和网络域的多源数据，如官方数据、社交媒体反馈、传感器监测数据和历史案例记录等，形式多样且碎片化。高效的信息采集技术和深度整合手段是应对信息碎片化和低价值密度的关键。通过多源数据融合、情报分析处理和知识库构建，实现态势要素提取、态势理解和态势预测，为应急决策提供精准的情报支持。其中主要的信息采集技术包括利用地理信息系统、视频监控、传感器等设备获取物理空间的环境要素信息，通过社交媒体平台收集网络舆情数据及用户行为数据，对于采集到的多源数据通过贝叶斯网络、D-S 证据融合理论等技术进行多源融合；然后运用机器学习、自然语言处理等技术进行情报分析处理，再据此构建重大突发事件知识库，存储事件特征、处置措施等信息，为事件演化态势预测提供知识支撑。

（二）情景演化机理

情景演化是指突发事件从发生到结束的整个过程中，事件的状态、影响因素以及应对措施等随时间动态变化的过程。这一过程具有复杂性和不确定性，其演化路径受到多种因素的影响，包括致灾因子、孕灾环境、事件自身演化以及抗灾体的应急响应等。桂昊宇从情景演化的角度出发，通过对高速公路重大突发事件的历史案例进行情景要素提取与分析，构建了基于贝叶斯网络的情景演化动态应急决策模型，为应急决策提供了“情景 – 应对”型思路和方案^[7]。刘雅姝在其博士论文中，从多维视角对重大突发事件的演变机理进行了系统研究，提出了基于5W1H方法的重大突发事件演变机理模型，为情景演化分析提供了理论基础和方法指导。沙忠勇等通过扎根理论提取突发重大传染病事件的情景要素，并运用事故树分析方法梳理情景逻辑，进而构建出突发重大传染病防控的最好和最坏情景，为应急决策提供科学依据。

(三) 决策主体协同机制

在重大突发事件的应急决策过程中，决策主体协同机制是确保决策科学性和有效性的重要因素。该机制是指多个利益相关群体通过协商、合作和协调的方式共同参与决策，以达成一个对所有群体成员都可接受的解决方案，强调群体智慧的整合和冲突的协调，旨在通过多元化的视角和专业知识提高决策的科学性和适应性。

在决策主体协同机制的研究方面，众多学者做出了重要贡献。例如，梁学栋等提出了基于共识模型和前景理论的多粒度扩展概率语言多属性群决策方法，并通过一个具体的案例—高校校园防控甲型流感的应急响应决策，来验证所提出方法的可行性和有效性。王彪等基于前景理论，通过构建指标情景值矩阵和综合情景值矩阵，引入恒定区间，构建了一种综合考虑多利益相关群体的偏好冲突和决策者心理行为的应急协同决策机制，为重大突发事件的应急响应提供了科学的决策支持。^[7]

四、重大突发事件应急决策研究的创新成果

在重大突发事件的研究中，学者们在研究方法上进行了诸多创新，为后续研究提供了新思路和新方法。首先是多学科多理论交叉集成，范维澄等融合管理科学、信息科学、心理学、系统工程等多学科对非常规突发事件应急管理进行了系统研究，并形成了一些列研究成果。刘雅姝融合系统理论、演化博弈理论、知识图谱理论、事理图谱理论等多种理论与方法，从多个维度开展研究，为应急决策提供了更全面的视角和更丰富的工具。

计算实验与动态仿真技术被广泛应用，通过构建演化博弈模型和系统动力学（SD）模型，运用 Vensim 软件进行仿真分析，模拟了地方政府和网络媒体在化工突发事件网络舆情治理中的策略演化过程，探讨了不同策略选择下网络舆情热度的变化趋势以及引入惩罚机制对博弈系统的影响，为优化网络舆情治理策略提供了决策支持。通过文献研究和案例分析提取情景要素，利用专家打分法确定条件概率表，并基于贝叶斯网络模型结合 Netica 软件进行动态仿真，分析了不同应急活动对突发重大传染病事件发展的影响，验证了关键节点，为应急管理决策提供了科学依据。

五、未来研究展望

尽管相关学者在重大突发事件研究领域取得了一定的成果，但仍存在一些不足之处。首先，数据来源的局限性较为突出，许多研究依赖于历史案例数据，如汶川地震、上海踩踏事件等，但非常规突发事件具有罕见性和不可预测性，样本量有限，可能导致模型泛化能力不足。其次，部分研究构建的模型存在普适性问题，不同突发事件类型差异较大，模型的跨场景适应性有待进一步验证。此外，一些研究的动态性与实时性不足，在极端环境下实时数据的准确性和及时性面临挑战，难以满足应急决策对快速响应的要求。所以未来重大突发事件应急决策研究应重点聚焦于解决上述问题，另外需要更加注重实践应用，通过与应急管理部门的紧密合作，将理论成果转化到实际操作中的有效工具，以提高应急决策的科学性和有效性，更好地保障社会的安全与稳定。

参考文献

- [1] 中国科学院院刊 . 极端天气气候事件频率增加，重大自然灾害应对能力面临挑战 [J]. 中国科学院院刊 , 2022(1):1–3.
- [2] 张海涛，周红磊，李佳玮，等 . 信息不完全状态下重大突发事件态势感知研究 [J]. 情报学报 , 2021, 40(09):903–913.
- [3] 桂昊宇 . 基于情景演化的高速公路重大突发事件应急决策研究 [D]. 北京交通大学 , 2020.
- [4] 刘雅姝 . 多维视角的重大突发事件演变机理及应对策略研究 [D]. 吉林大学 , 2021.
- [5] 沙勇忠，付磊 . 面向突发重大传染病事件的情景构建研究 [J]. 文献与数据学报 , 2022, 4(03):23–38.
- [6] 梁学栋，王霞 . 考虑多利益相关群体偏好冲突的应急响应协同决策研究 [J]. 中国安全生产科学技术 , 2024, 20(10):46–53.
- [7] 王彪，薛源，陈萍萍，等 . 基于前景理论的多阶段多情景多部门应急决策的矩阵方法 [J]. 控制与决策 , 2025, 40(02):655–664.