

公众参与应急管理中的大群体决策理论、方法及应用综述

徐泽水[†], 程晓婷, 缙迅杰

(四川大学 商学院, 成都 610064)

摘要: 随着突发事件复杂性和不确定性的增加, 传统由政府主导及专家决策的模式已无法适应现代应急管理的要求, 公众作为直接利益相关者, 其意见和风险感知在应急决策阶段具有关键作用. 为弥补公众参与应急管理中的大群体决策理论、方法及应用系统性研究的不足, 对该领域的相关研究展开综述. 首先, 分析影响公众参与的关键因素, 探讨公众参与的模式与机制, 并总结促进公众参与的策略; 其次, 回顾大群体决策理论与方法的核心研究问题及在应急决策中的应用; 此外, 针对公众参与的大群体应急决策问题, 梳理公众意见挖掘与情感分析方法, 以及公众参与的共识研究; 最后, 指出当前研究在公众参与因素系统性分析、大群体应急决策时效性研究、情感分析技术应用、群体交互式反馈调节机制设计等方面的不足及潜在研究方向.

关键词: 应急管理; 应急决策; 公众参与; 大群体决策

中图分类号: C934

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2024.1215

引用格式: 徐泽水, 程晓婷, 缙迅杰. 公众参与应急管理中的大群体决策理论、方法及应用综述 [J]. 控制与决策, 2025, 40(10): 2913-2932.

A review of theories, methods and applications of large-scale group decision-making with public participation in emergency management

XU Ze-shui[†], CHENG Xiao-ting, GOU Xun-jie

(Business School, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: With the increasing complexity and uncertainty of emergencies, the traditional model of government-led and experts decision-making has been unable to meet the requirements of modern emergency management. As a direct stakeholder, opinions and risk perception of the public play a key role in emergency decision-making. To fill the lack of systematic research on large-scale group decision-making with public participation in emergency management, the relevant studies are reviewed. First, the key factors affecting public participation, participation models and mechanisms, and strategies to promote public participation are analyzed. Second, the core research contents of large-scale group decision-making and the applications in emergency decision-making are reviewed. Additionally, with a particular emphasis on large-scale group emergency decision-making problems involving public participation, methods of public opinion mining and sentiment analysis, as well as consensus research are outlined. Finally, focused on systematic analysis of the factors of public participation, research on timeliness of large-scale group emergency decision-making, applications of sentiment analysis techniques, and design of interactive consensus feedback mechanism, the shortcomings of current research and potential research directions are summarized.

Keywords: emergency management; emergency decision-making; public participation; large-scale group decision-making

0 引言

近年来, 各类自然灾害、公共卫生和社会冲突等事件频繁发生, 对各国提出了越来越高的应急管理要求. 传统的应急管理通常由政府主导, 决策权集中于专家群体, 而公众意见表达和反馈渠道有限^[1]. 然而, 随着社会结构的变革以及信息传播方式的迅

速演变, 单纯依靠专家决策的模式已经难以有效应对复杂多变的突发事件.

公众作为突发事件的直接利益相关者和重要的信息提供者, 其参与应急管理的需求日益迫切^[2]. 随着突发事件的演变, 公众的情感态度、风险感知等心理因素往往会对应急决策实施的效果产生特定影响.

收稿日期: 2024-10-17; 录用日期: 2025-06-02.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (72271173); 四川大学建设世界一流大学经费项目 (2024ZY-SXT2).

[†]通信作者. E-mail: xuzeshui@263.net.

同时,公众参与应急管理也为应急决策阶段的信息采集和决策优化带来新的契机.一方面,通过整合多样化的信息来源,不仅可以获得更多维度、更广范围的实时数据,还能够反映不同群体的独特视角和需求.另一方面,公众参与应急管理有助于增强应急决策结果的透明度,并提升整体应急管理能力.

在此需求下,大群体决策^[3]为解决公众参与的应急管理问题提供了创新理论基础.大群体决策通常被认为是在复杂环境中,由大量具有不同背景、知识水平和偏好的个体共同参与的决策过程^[4-5].这些个体往往具有复杂的社会网络关系,通过信息共享、协商和讨论,最终达成高度一致的决策结果.此外,相较于传统的群体决策而言,大群体决策更显复杂且特别强调群体需通过共识反馈调节机制达成高度共识的过程.

显而易见,公众的加入使得大群体决策问题变得更加复杂.不同群体的意见和观点可能存在较大的差异,不仅带来了信息不对称的挑战,也增加了决策过程的难度.但是,不同群体分散的意见可通过信息集结技术实现整合并统一于决策框架之内,从而为应急管理者提供更加全面的决策依据.同时,共识反馈调节机制使得决策过程进一步优化,不同群体的观点逐步趋于一致,最终形成更加科学的应急决策方案.

然而,伴随着大数据、人工智能和自然语言处理等新兴技术的快速发展,公众参与应急决策的形式和方法也在不断创新.通过社交媒体、移动应用程序以及各种在线平台,公众不仅能够快速传播和共享信息,还能够即时参与讨论、投票或决策建议的提出^[6].同时,大数据技术使得海量公众意见的收集、分析和处理成为可能.通过文本挖掘、情感分析等技术,可以从纷繁复杂的公众意见中提炼出有价值的信息,为应急决策提供数据支持.这些技术的发展为解决公众参与的大群体应急决策问题奠定了强有力的技术基础.

在关于公众意见挖掘的研究中,词频-逆文档频率(term frequency-inverse document frequency, TF-IDF)算法、潜在狄利克雷分配(latent Dirichlet allocation, LDA)主题模型等技术被广泛应用于从社交媒体文本中提取核心关键词和潜在主题,从而帮助决策者识别公众关注的焦点和需求^[7-8].在情感分析方面,基于词典、机器学习和深度学习技术等方法正逐渐成为研究热点^[9-11],其能够捕捉公众的情感倾向,进而为应急决策的相关研究提供有价值的信息.

综上,公众参与应急管理中的大群体决策问题

已逐渐受到关注,但仍处于发展阶段,且研究内容呈现出一定程度的碎片化倾向,缺乏系统性和综合性的理论框架.目前,相关研究主要涉及公众参与应急管理、大群体决策理论与方法、公众参与的大群体应急决策等内容.可以发现,公众参与应急管理的相关研究大多基于理论探讨,缺乏案例研究和深层次量化研究;尽管大群体决策理论与方法较为成熟,但在应对具有高度复杂性和动态变化的应急管理问题时仍显不足;公众参与的大群体应急决策基于专家主导、公众辅助的决策模式,且往往缺乏对公众和专家意见差异性、应急情境动态变化以及公众情感波动的充分探讨.

鉴于此,本文从更加深入和前瞻性的视角出发,聚焦公众参与应急管理中的大群体决策相关研究.为系统呈现该主题,本文基于现实需求、理论基础、实践应用的研究思路,重点围绕以下内容展开研究:1)公众参与应急管理;2)大群体决策理论与方法;3)公众参与的大群体应急决策.其中:研究内容1)为内容2)提供现实背景,为内容3)提供多元视角与应用场景;作为理论基础,研究内容2)为内容1)提供理论支持,并为内容3)提供决策框架;从实践应用的角度出发,研究内容3)分别为内容1)和内容2)提供实践策略、模型验证和实际反馈.三部分内容相互依托、相互促进,形成系统研究闭环,具体逻辑框架如图1所示.

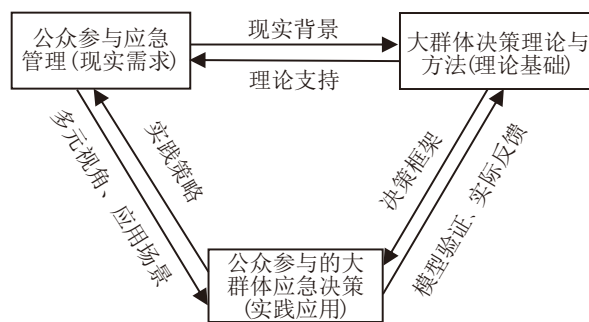


图1 研究内容的逻辑框架

本文的研究目标包括:系统梳理公众参与应急管理的影响因素与机制,总结如何通过有效的策略促进公众参与,为后续公众参与应急决策的研究提供参考依据;重点回顾大群体决策理论与方法,揭示其在公众参与应急决策中的应用潜力;深入探讨涉及公众意见挖掘与情感分析、共识研究的大群体应急决策方法,为提升应急决策的科学性和可操作性提供理论支持与实践路径.

基于上述研究目标,本文首先分析影响公众参与应急管理的因素,探讨公众参与的模式与机制,并

总结促进公众参与的策略. 以上内容为设计有效的应急决策方法提供了多元视角与应用场景. 其次, 回顾大群体决策理论与方法的核心研究问题及在应急决策中的应用. 应急决策通常涉及多元主体的大量信息, 而大群体决策理论与方法可有效解决偏好信息表达与集结、个体聚类、共识达成等问题. 基于前两部分内容, 进一步研究公众参与的大群体应急决策, 探索如何通过意见挖掘与情感分析、共识研究等过程, 提升公众参与应急决策的实际效用. 最后, 总结当前研究在实际应用中面临的诸多挑战, 并提出未来研究的潜在方向, 为解决公众参与应急管理中的大群体决策问题提供思路.

1 公众参与应急管理

如何有效激发公众的广泛参与, 确保其意见能够在应急决策中发挥实质性作用, 是当前应急管理研究中的关键挑战. 本节分析影响公众参与的因素, 探讨公众参与的模式与机制以及促进公众参与的策略, 为公众参与应急管理的相关研究提供参考.

1.1 影响公众参与的因素

已有大量研究表明, 公众参与应急管理受多因素制约, 涉及社会层面的结构性因素, 同时也与公众的风险感知和情绪等心理因素密切相关. 本节将系统梳理并探讨这些因素对公众参与意识、行为和效果的影响.

1.1.1 影响公众参与意识的因素

纵观现有研究, 影响公众参与应急管理意识的因素多样且复杂. 政策法规与政府行为被普遍认为是影响公众参与意识的重要因素. 研究表明, 地方政府的严格防控措施能够提升公众的参与意识^[12]. 进一步研究指出, 当中央政府监管概率较大时, 地方政府积极规制有助于提高公众的参与意识^[13]. 此外, 陈迎欣等^[14]也发现, 政策法规对公众的参与意识具有正向促进作用, 并有助于激发公众的参与动机.

媒体宣传在公众参与意识的提升中发挥着关键作用. 研究证实, 社会宣传教育活动和媒体的广泛传播能够增强公众对应急管理的理解和参与意识^[1]. 而且, 社交媒体可以通过提供实时信息和互动来影响公众的参与意识^[6]. 类似的研究也表明, 利用社交媒体获取的海量数据甚至是娱乐内容, 都有助于公众了解应急管理活动并增强其参与意识^[15-16].

个体风险意识也是影响公众参与意识的重要因素. 有研究指出, 由个体之间风险意识差异产生的“知识鸿沟”以及“搭便车”现象, 会严重影响公众参与意识或动机的有效激发^[17]. 同时, 受灾害信息传播

的影响, 公众的风险认知会产生差异, 进而影响公众在应急管理中的参与意识^[18].

此外, 信任与社会资本对公众参与意识的形成也有一定影响. 研究者们发现, 公众在应急管理中的信任缺失会深度阻滞参与意识^[19]. 公众对政府或管理者的不信任和抵触心理, 不仅会削弱公众的参与意识, 还可能阻碍公众有效参与应急管理.

道德与社会责任感也在提升公众参与意识中发挥至关重要的作用. 研究表明, 道德自我认同能够增强公众社会责任感, 促使他们在应急管理中表现出更为强烈的参与意识^[20]. 公众如果能够认同其在危机中的社会责任, 往往会更愿意主动参与到应急管理活动中, 并为应急决策提供宝贵的意见和建议.

1.1.2 影响公众参与行为的因素

在应急管理过程中, 公众可能会产生积极应对或消极回避的行为^[21]. 公众的参与行为受多种因素影响, 研究者们从不同角度探讨了这些影响因素. 通过对现有文献进行梳理, 本文将影响公众参与行为的主要因素归纳为以下几类:

1) 风险感知与认知偏差. 根据风险决策理论, 突发事件中的信息往往带有风险属性, 容易引发公众的认知偏差, 从而影响其参与行为^[22-23]. 而且, 风险感知和沟通对公众行为具有显著直接影响的结论已被证实^[24]. 后续又有研究发现, 公众的风险行为受到风险感知和心理不安全感的共同影响^[25].

2) 信息发布与传播效率. 多项研究强调了科学有效的信息发布在引导公众参与行为中的重要作用^[26-27]. 而且, 信息需求与供应的匹配程度也是影响公众参与行为的关键因素. 当二者不匹配时, 公众往往采取消极的回避行为; 反之, 则会采取积极的应对行为^[21]. 此外, 在信息传播过程中, 公众还可能受“从众效应”影响, 从而产生非理性行为^[28].

3) 媒体和社交平台的舆论引导. 在应急决策过程中, 媒体和社交平台的信息传播和舆论引导对公众参与行为的影响也不可忽视. 社交媒体作为应急管理的重要工具, 可以向公众传达风险信息并引导公众行为^[29]. 有研究发现, 媒体能够正向影响公众参与能力素质, 进而影响公众参与行为^[14]. 类似的研究也认为媒体能够推动舆情发展, 从而影响公众的风险感知, 最终影响公众参与行为^[30]. 此外, Kim 等^[31]进一步确定了社交媒体在影响公众参与行为潜在机制中的主导地位.

4) 公众情绪. 积极情绪是公众参与危机治理的先决条件^[32]. 有研究表明, 不同情绪状态会使公众产生不同的风险决策行为: 正面情绪通常容易激发较

强的风险偏好,而负面情绪则会触发风险规避行为^[33]。而且,舆论的负面倾向会加剧公众群体性负面情绪,进而导致非理性行为的发生^[34]。基于期望不一致模型,Hong等^[35]发现了公众满意度和积极情绪会对合作行为产生正向影响。另外,不确定性和焦虑是影响公众行为的环境因素,信任会激发紧急情况下公众的合作行为^[36]。

1.1.3 影响公众参与效果的因素

如何提升公众参与的效果是应急管理中的重要研究课题。随着应急管理研究的深入,影响公众参与效果的因素逐渐被揭示出来,其涵盖了信息传播、组织能力建设、政策激励等多个方面。

首先,信息传播渠道的有效性是影响公众参与效果的关键因素。社交媒体作为重要的信息平台,使得公众能够在危机期间快速获得信息并采取行动,从而提高应急响应的效率^[37]。然而,公众参与效果并不仅仅依赖于信息获取的速度,还受到其他因素的影响。研究表明,信息追溯性与公众参与广度负相关,与公众参与深度正相关,而信息的即时性和前瞻性则可以提升公众参与广度和深度^[38]。

其次,专业组织和公众的能力建设也是影响公众参与效果的重要因素。研究发现,公众参与应急管理的意愿在很大程度上取决于公众对公共部门响应能力和公平性的评估^[39]。在对灾害应急管理案例进行研究时,学者们发现公众参与效果较差的原因包括:公众投入资源浪费、转移安置人员比例较低、投入产出比例失调等^[40]。

另外,政策激励与监管措施对公众参与效果具有显著影响。Xu等^[41]的研究表明,适当的政策激励和监管能够促进公众有效参与,而过于严格的措施则可能对参与效果起到反作用。类似的研究发现,社区公共安全风险、社区激励水平等对社区志愿者的积极性有显著影响^[42]。此外,公众的感知收益和成本也是影响其参与效果的重要因素^[43]。

最后,公众参与效果还受到一些其他因素的影响。研究表明,风险沟通和社区参与的成功依赖于附属团体之间强有力的伙伴关系、明确的方案计划、完善的协调结构以及明确的报告编制措施等^[44]。同时,应急教育培训的实效性也会影响公众参与效果^[45]。而且,情感因素和舆论导向同样会对公众参与效果产生影响。例如,知名人士参与应急宣传可以显著提升公众的正面情绪以及参与度^[46]。

综上,现有研究多集中于单一因素对公众参与应急管理的影响,缺乏对各因素相互作用及其在不同应急情境下综合效应的深入探讨。在重大突发事

件中,信息不对称和公众情绪波动对决策的影响尤为突出。公众的情绪变化,特别是负面情绪的积聚,可能导致群体的非理性决策和合作意愿下降。现有研究虽探讨了情感分析和风险感知对公众行为的影响,但对如何有效管理情绪波动,减少情绪对决策的负面影响,以及如何在多元化的信息环境中确保信息的准确性,仍缺乏深入探讨。因此,未来尚需关注如何在复杂和动态的应急情境中整合这些影响因素,优化情绪管理和风险沟通策略,促进公众有效参与应急管理和决策。

1.2 公众参与的模式与机制

随着公众参与应急管理重要性的日益凸显,越来越多的学者关注于如何通过机制创新和技术赋能,推动公众更有效地参与到应急管理活动中,从而实现多元主体协同合作和信息共享。本节将系统梳理并探讨公众参与的模式与机制,为促进公众参与策略的实施提供理论支持,并为后续公众参与应急决策的相关研究提供参考价值。

一般而言,政府在应急管理活动中占据主导地位。有研究指出,政府通过精细化的应急工作和公平的决策机制,能够促进信息资源的共享,进一步推动公众积极参与应急管理^[17]。而且,落实激励机制并完善应急管理考评机制,有助于推动公众参与应急管理^[47]。另外,传统应急管理模式过度依赖政府单一主体的垂直管控机制,导致社会力量参与不足、信息交互效率偏低等问题。为此,需借助社交媒体舆情大数据分析技术构建公众应急交互平台,从而全面提升其响应韧性^[48]。

在多元主体参与模式的研究中,有研究指出通过“社区大党委”体制构建功能性平台,促进社区内多方协同参与^[49]。通过这种“体制性吸纳”的方式,确保各方在预警、准备、响应、恢复等应急管理不同环节中有序参与。这一模式不仅强化了各主体的责任意识,也使应急管理活动在社区层面得以全面展开。与此同时,该研究还强调从单一权力中心向赋权化结构的转型,鼓励政府促进公众、社会组织与企业间的横向协调与联动,增强资源互补和信息共享的能力。

针对具体的应急管理领域,学者们也展开了相关研究,探讨如何构建多元主体协同合作机制来提升应急管理效果。关于城市应急供应链管理的研究指出,政府可以利用补贴或惩罚等政策手段,引导多元主体积极参与,构建协同应对突发事件的应急供应链管理机制^[50]。在关于抗击新冠肺炎疫情的研究

中,则强调要构建公众参与的沟通、决策以及监督机制,从而发挥公众参与的积极作用^[51]。

与此同时,众多学者通过实际案例围绕自然灾害应急管理中的公众参与机制展开了一系列研究。Wu等^[52]以2022年重庆北碚山火为研究案例,提出了公众参与山火救援与管理的机制。研究表明,应急管理观念的调整和山火治理的压力促使地方政府向公众寻求帮助,关键人物和非正式网络在公众参与中发挥了重要作用。此外,在社会网络中构建社会记忆是增强公众参与治理的重要途径。Chen等^[53]在研究自然灾害应急救援联盟的构建时,分析了公众参与的机制和动力。研究发现,公众的态度和资源影响应急救援联盟的构建,更大程度的公众参与有助于形成更有效的应急救援联盟,且在突发事件中能够更好地协调多方资源。

近年来,数字技术的发展也为公众参与机制的研究提供了全新机遇。有研究构建了以数字技术赋能的多元主体协同模型,通过多渠道、多层次的公众参与机制来应对突发风险,并强调了社交平台的作用^[54]。社交平台能够减少信息闭塞,增强公众的风险认知及在应急管理过程中的主动性与积极性。还有研究以“社区大脑”平台为例,展示了数字技术如何在信息发布、公众引导、信息共享和资源整合等方面发挥作用,提升了社区应急管理中的公众参与及协同效能^[55]。这种数字化管理平台通过内置的功能模块,激发了社区居民在应急响应中的互动,促进了公众与政府、社区组织之间的信息交换与协作。另外,借助区块链技术可以构建多元主体平等参与的内嵌式协同网络机制,各主体共同承担应急管理责任,共同决策且协调联动^[56]。

综上所述,现有研究虽然提出了包含政府主导、多元主体协同及数字赋能的多种公众参与应急管理的模式与机制,但仍存在一些局限。首先,由政府主导的模式往往过于强调政府的调控而忽视公众的主动性。公众在这种模式下通常缺乏足够的赋权和空间来发挥其积极作用。其次,尽管研究普遍关注多元主体协同机制的构建,但对不同主体之间利益冲突和资源不均的影响讨论较少。实际应急管理过程中,参与主体的利益差异可能导致协同困难,从而影响决策的效率和效果。另外,尽管数字技术为多元主体协同提供了新的可能性,但技术应用仍面临挑战,如信息过载、平台有效性、用户接受度等问题,可能会阻碍技术赋能的效果。最后,许多研究未能通过实证数据或案例分析,深入探讨不同机制的实际效果以及在不同情境下的适用性。因此,未来研究应关注以

下内容:探讨如何通过赋权机制和创新的参与方式提升公众的主动性和积极性;深入分析不同主体间的利益冲突和资源不均,提出更有效的协调机制,以提高协同决策的效率;优化数字技术在应急管理中的应用,解决信息过载、平台有效性及用户接受度等问题,确保数字技术能更好地赋能决策过程;进一步开展实证研究,评估现有机制的操作效果,并在不同情境下验证其适用性和可行性。

1.3 促进公众参与的策略

公众参与应急管理是提升危机应对效果的重要因素。有效的公众参与能够强化社会整体应急能力,减少灾害和突发事件带来的负面影响。随着信息技术的快速发展与社会治理理念的转变,促进公众参与的策略与方式逐步丰富和多样化。本节通过分析现有文献,对关键策略进行归纳总结,旨在为公众参与应急管理的理论与实践研究提供参考。

首先,要增强信息透明度与监督机制。为了提升公众参与的效果,需要加大信息的宣传力和透明度^[40,57]。建立公开透明的信息发布平台和严格的监督机制是促进公众参与的关键^[58],这可以确保公众能够及时准确地获取事件进展信息,从而为参与应急管理提供保障。社交媒体可以迅速扩大信息覆盖面,提升公众的参与度和互动性。为此,政府应重视公众在危机治理中的关键作用,利用社交媒体积极引导公众参与^[59]。有研究还指出,政府应召开新闻发布会以引导公众接受网络审查,发现监管中存在的问题并提高公众意识,从而保持政府与公众的有效互动^[60]。

其次,要提升公众能力建设与责任意识。有研究从突发事件发生之前与发生之后两个阶段,提出了有效提升社区应急能力的策略。其中,特别指出了公众要承担管理讨论的责任,以协助解决危机问题^[61]。这种策略能够在危机发生时提供更好的支持和管理能力。此外,有学者明确了公众责任意识的重要性,指出要通过强化各主体责任意识和危机共识以构建应急沟通共同体模型^[62]。该模型为促进公众参与应急管理和增强社会应急韧性提供了解决思路。

另外,要合理控制公众风险感知程度。李华强^[63]提出的五阶段公众参与路径,特别关注了风险知识和风险警觉,指出要通过逐步提升公众对风险的理解和意识来促进其参与。以上路径从提升公众的风险认知开始,经过效能评估、态度意向到行为实施,最终增强公众的防灾减灾综合能力。类似研究也强调了公众风险感知的重要性,即提高公众风险感知可以有效激发公众积极参与应急监管^[64]。Ji等^[2]则指出,通过改善信息传播和降低公众感知到的风

险,能够有效提升公众参与度和参与意愿.

同时,还要提升公众信任与认知. Gu 等^[65]通过模糊集定性比较分析,揭示了影响公众行为差异的条件配置,认为采取适当措施增加公众信任并减少负面情绪是推动公众积极参与的核心路径.此外,有研究指出,政府必须利用传统 4Cs 手段(认知、沟通、协作和控制)来提高其应急管理绩效并增强公众信任,进而鼓励公众合作并增强其参与信心^[66]. Munthe-Kaas 等^[67]则指出,政府应明确决策标准并支持公众批判性思维,从而保障公众参与的质量.

最后,应利用数字技术促进多元主体协同合作.数字技术可以将政府、公众、企业等多方主体紧密联系在一起,实现信息的高效传递和共享,增强各方在应急事件中的响应速度与协同能力.为此,有研究提出要运用数字技术推动包含公众在内的多方主体共同参与,通过数字化手段提升各方的协作水平和应急响应的效率^[68].另外,从信息共享、资源分配、监督与奖惩等方面, Wang 等^[56]深入分析了利用区块链技术促进多元主体协同应急管理机制创新的可能性.

综上所述,尽管现有文献从理论上提出了多种促进公众参与的策略,但仍缺乏一定程度的现实考虑.首先,公众参与的深度和广度在不同应急情境中差异较大,尤其在突发性高风险事件中,信息不对称会极大地限制公众参与.其次,公众的情绪波动和风险感知对参与效果具有重要影响.在长期应急管理中,公众的情绪波动可能导致其参与动能衰减,从而降低参与效果.最后,数字技术虽然能够增强多主体协作,并促进公众参与,但伴随的数字鸿沟问题可能加剧不同群体间的参与差异,影响公众参与的广度与深度.因此,未来应侧重于优化信息传播机制和情绪管理的策略研究,并解决数字技术应用中的适应性和包容性问题.

以上挑战揭示了公众参与应急管理的复杂性,特别是在多方利益、意见和情感交织的情境下,如何有效促进各方协作并达成共识.在此背景下,公众参与的应急管理与决策过程不仅仅要求对信息进行有效集结和分析,更需要一种能够处理多元主体意见冲突的理论框架.为此,未来研究应着眼于一些创新的决策理论与方法,从而能够更好地适应复杂的应急情境,整合并协调多方意见.

2 大群体决策理论与方法

随着信息技术和社会经济的不断发展,突发事件的复杂性和不确定性显著增加,传统的应急决策模式已无法满足现代应急管理的需求.特别是在面对庞大且多元化的决策主体时,传统决策方法往往存在信息不对称、决策效率低下等问题.在此背景下,大群体决策理论与方法正逐渐兴起,且为应急决策提供了重要理论支持.大群体决策理论不仅提供了有效的信息集结和共识达成机制,也能够帮助解决应急决策中多元主体意见冲突所带来的挑战.为此,本节将进一步梳理大群体决策理论与方法的核心研究问题及在应急决策中的应用.

2.1 核心研究问题

面对公众参与应急管理的不确定和复杂现实情境,大群体决策理论为问题的解决提供了强有力的方法支持^[3].本文将大群体决策理论与方法的核心研究问题划分为偏好信息表达、个体聚类、信息集结、共识达成等,详见图 2.

2.1.1 偏好信息表达

群决策中个体对偏好信息的表达通常具有异质性,偏好结构一般包含效用值、偏好关系、偏好序等^[69].按照反映客观事物本质的程度,信息可以分为确定性信息和不确定性信息^[70].同样地,大群体决策中的

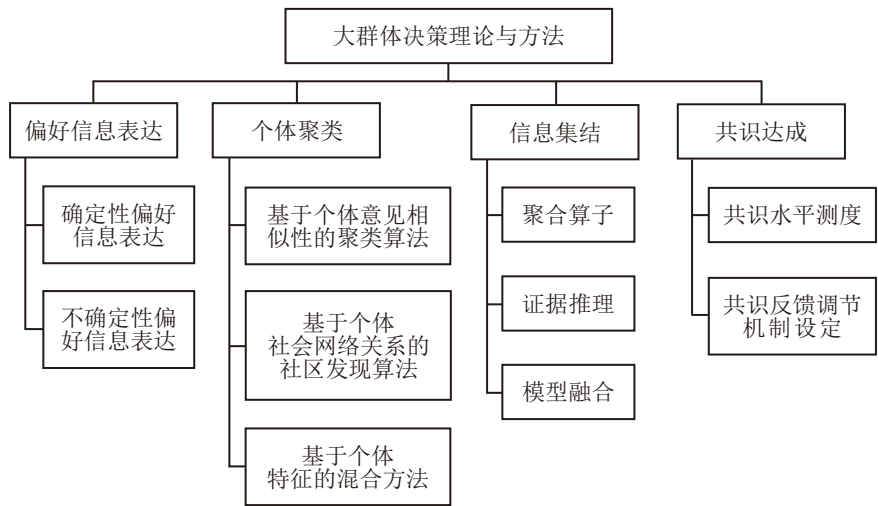


图2 大群体决策理论与方法核心研究问题

偏好信息也可以分为两类^[3], 主要文献如表 1 所示。

表1 偏好信息表达的主要研究文献

类型	代表性文献	偏好信息表现形式
确定性偏好信息	任嵘嵘等 ^[71]	公众打分数据
	Zhang等 ^[72]	贷款数据
	Mahmoudi等 ^[73]	医疗卫生建设项目定量数据
不确定性偏好信息	Liu等 ^[74]	概率语言偏好关系
	Xuan ^[75]	模糊集
	Zhou等 ^[76]	区间语言分布偏好关系
	Cheng等 ^[77]	概率双层语言术语集
	王佩等 ^[78]	多粒度语言

1) 确定性偏好信息. 这类信息通常以实数形式呈现, 如利用数字量表或评分来表示个体的偏好程度. 确定性偏好信息的特点是具有明确的大小关系和量化指标, 便于在决策过程中进行比较和权衡。

2) 不确定性偏好信息. 与确定性偏好信息不同, 其呈现出一种相对模糊、不确定的态度或倾向. 这类信息如模糊集、自然语言描述、偏好关系等, 具有非常灵活且丰富的表现形式, 因而在大群体决策中的应用更为广泛。

整体而言, 模糊集理论、概率偏好理论等在处理模糊、不确定偏好信息时表现出更大的灵活性和适应性, 由此得到了广泛应用. 尤其是在应急管理中, 上述不确定性偏好信息的描述工具能够有效捕捉个体的模糊偏好, 更加适合大群体决策中的复杂情境。

2.1.2 个体聚类

个体聚类是对大群体决策中复杂偏好信息进行有效集结的必要手段. 根据聚类原则的不同, 个体聚类方法的相关研究分为 3 类:

1) 基于个体意见相似性的聚类算法. 这类算法通常都是基于个体意见之间的距离或相似性测度对决策者数量进行降维, 相关方法有层次聚类^[79-81]、灰色聚类^[82-83]、 k 均值聚类^[84-85]、模糊 c 均值聚类^[86-88]和密度峰值聚类^[89]等。

2) 基于个体社会网络关系的社区发现算法. 与上述算法不同, 社区发现算法是依据社会网络内个体之间的信任关系和强度进行子群划分的方法, 如标签传播算法 (label propagation algorithm, LPA)^[90]、重叠社区传播算法 (community overlap propagation algorithm, COPRA)^[91]、Louvain 算法^[92]等. 由于重叠社区和非重叠社区具有不同的结构特点, 许多新的算法又陆续被提出^[93-96]。

3) 基于个体特征的混合方法. 与以上两类算法

均不同, 这类方法一般基于个体在群体中表现出的特征而实现聚类或分类. 现有基于个体特征的混合方法比较繁杂, 主要文献如表 2 所示。

表2 基于个体特征的混合方法主要研究文献

代表性文献	方法	个体特征
Trillo等 ^[97]	情感分析聚类	评论的积极性及攻击性
Ding等 ^[98]	冲突关系聚类	意见的冲突程度
Sun等 ^[28]	量化分类模型	羊群行为特征
Liang等 ^[99]	改进K-L算法	社会角色和竞争关系
Xiang等 ^[100]	基于三支决策模型的迭代算法	共识度

在大群体决策的实施过程中, 个体聚类方法是提高决策效率的重要手段. 层次聚类、 k 均值聚类等常见算法通常依赖于距离或相似性度量, 往往忽视数据集的复杂特征, 可能导致聚类结果不够准确. 因此, 基于社会网络的社区发现算法逐渐成为一种重要的聚类方法, 其能够深入分析个体间的信任关系和群体互动, 但计算复杂度较高, 且通常需要针对特定网络结构进行调整. 此外, 基于个体特征的混合方法也展现出较强的适应性. 这类方法通常结合个体的多维特征如情感倾向、行为模式等进行聚类或分类, 但其缺点在于模型较为复杂, 且可能受到特征选择的限制。

2.1.3 信息集结

信息集结是指决策过程中通过收集和整合各种信息资源获得决策结果的过程, 是大群体决策中的重要环节. 现有关于信息集结的研究通常包含以下 3 方面的内容:

1) 基于聚合算子的集结方法. 它是通过各类聚合算子将多源信息聚合为单个值或集合的方法. 张发明等^[101]构造了一种三维概率语言密度算子, 并依据该算子对多属性大群体决策问题中的概率语言信息进行集结; 类似地, 借助扩展幂几何算子对大群体决策问题中的比例犹豫模糊语言信息进行集结^[102]; 为进一步分析个体表现出的群体极化效应, Wu等^[103]利用有序加权平均算子对少数派意见进行了集结. 这类集结方法的优点是可以通过聚合算子快速获得集结结果, 缺点是可能造成信息丢失的问题。

2) 基于证据推理的集结方法. 有研究采用证据推理规则对子群和群体的评价信息进行了集结^[104]; Du等^[105]构建了以信念分布形式提取不完全推理信息的机制, 并采用证据理论对信念分布进行处理. 基于证据推理的集结方法可以对不确定性偏好信息进行有效集结, 但计算复杂度较高。

3) 基于模型融合的集结方法. 有研究^[106] 结合数据包络分析和群体平方相容性模型提出了识别冗余信息的大群体决策方法; 此外, 还有学者利用粒计算和优化模型的方法对大群体决策中的不完全犹豫模糊语言信息进行集结^[107]. 基于模型融合的集结方法同样可以有效整合大群体决策中的复杂信息, 但模型往往针对特定问题而构建, 整体适用性较差.

综上, 当前研究主要通过聚合算子、证据推理和模型融合等方法实现信息集结. 聚合算子可以快速地将不同来源的信息进行集结, 但也容易丢失信息, 尤其是在个体意见高度分散或存在极端观点时. 因此, 基于证据推理的方法被用于解决多源不确定性信息的集结问题. 尽管其能够提高结果的准确性, 但计算复杂度较高, 且需要对信念进行充分建模. 基于模型融合的方法能够结合多种模型的优势以提升结果的准确性和稳定性, 但在实际应用中, 模型的构建和调整仍面临难题.

2.1.4 共识达成

在大群体决策过程中, 共识达成是指各方通过协商、交流和整合意见最终达成一致决策结果的过程. 现有关于共识达成的研究主要集中在两个方面:

1) 共识水平测度. 已有研究大多通过距离或相似度测度的方式获得子群或群体共识水平, 然后将其与设定的阈值进行比较, 进而判断共识是否达成.

2) 共识反馈调节机制设定. 已有研究包含两种反馈调节机制: 建议式反馈调节机制和模型优化式反馈调节机制. 这两种反馈调节机制都要求事先识别待修改意见的个体, 但第 1 种反馈调节机制的研究思路一般是由决策委员或主持人为个体直接提供建议并协调其修改意见, 而第 2 种机制则通过优化模型获得建议修改范围. 综合来看, 建议式反馈调节能够为个体提供有针对性的建议, 但适用于需要专业

知识和经验指导的决策情境; 而模型优化式反馈调节能够减少个体主观偏差, 更适用于需要客观、系统性处理决策问题的情境. 合理确定共识水平测度方法和反馈调节机制对于决策结果的科学性具有重要意义. 关于共识达成的文献见表 3.

整体而言, 现有大群体决策的相关研究基于模糊集理论、概率偏好理论等对个体偏好信息进行描述, 这些理论能够有效刻画个体在决策过程中的模糊、不确定和复杂的偏好表达. 在此基础上, 当前研究采用各种聚类方法和信息集结方法对偏好信息进行处理. 聚类方法如层次聚类、 k 均值聚类能够根据个体之间的偏好相似性进行降维, 从而简化决策过程. 信息集结方法则通过聚合算子、证据推理等技术, 将降维后的偏好信息进行汇总. 在共识达成过程中, 则依据各类信息测度理论实现共识水平测度, 并结合模型优化和建议式机制实现共识反馈调节.

此外, 围绕风险决策与行为决策理论, 现有研究还探讨了在不同实际情境中的大群体决策问题. 风险决策理论侧重于在面临不确定性和潜在风险时, 如何充分发挥群体智慧, 帮助决策者做出更加科学和可靠的判断. 在大群体决策中, 个体的风险偏好和态度差异往往会影响决策结果^[80]. 因此, 如何量化个体风险态度并整合风险偏好, 已成为当前研究的重要议题. 行为决策理论则从心理学角度分析个体在决策过程中可能出现的偏差和行为模式. 在大群体决策中, 个体易受社会压力和群体影响而表现出各种不利于决策的行为. 为此, 众多学者围绕个体过度自信行为^[118]、非合作行为^[119]、妥协行为^[120] 等展开研究, 并提出了一系列的干预机制, 以提高大群体决策的科学性和有效性.

综上所述, 尽管现有研究在偏好信息表达、个体聚类、信息集结和共识达成方面提供了有效的理论

表3 共识达成主要研究文献

研究主题	方法	代表性文献	基本观点
共识水平测度	距离测度	Meng等 ^[108]	子群和群体决策矩阵曼哈顿距离的相反数为子群共识水平
	相似性测度	聂如欣等 ^[109]	子群与群体偏好相似度的加权和为子群共识水平
	聚合测度	Zhou等 ^[110]	子群与其他子群内聚程度的加权和为子群共识水平
共识反馈调节机制设定	建议式机制	Gou等 ^[111]	共识达成过程包含确定融合主客观信息的调整系数、管理少数意见和非合作行为
		Tian等 ^[112]	利用方向规则生成自适应调整建议, 为减少信息丢失, 应避免同一个体进行多次调整
		Wang等 ^[113]	两阶段反馈机制允许以最小调整量实现目标最优结果, 且支持个体在子群内外达成共识
	模型优化式机制	Wu等 ^[114]	优化模型保证各子群的偏好等于全局偏好, 并给出偏好修改的推荐范围和强度
		Wu等 ^[115]	采用粒子群优化算法获得评价信息和属性的共识结果
		卢艳玲等 ^[116]	通过改进最小成本共识模型, 获得群体共识结果
		Zhao等 ^[117]	采用粒子群算法求解全局优化反馈模型, 以最小成本提高全局共识水平, 并生成修改建议

框架与方法,但在实际问题中仍存在一定局限。首先,在复杂情境中,个体不确定性偏好表达的准确性和量化仍面临挑战。其次,现有聚类方法在处理群体异质性时常忽视个体情感和心理因素,从而影响聚类结果以及群体意见的融合。此外,在应对大规模信息时,当前信息集结方法可能出现信息丢失或计算复杂度过高的问题。而共识达成机制则需要更好地平衡专家和公众意见,并且要关注在动态环境中解决群体冲突的问题。未来研究应着重解决偏好表达的精确量化、情感和心理因素在聚类中的应用、在大规模信息处理中的问题,同时要重点优化动态共识达成机制。

2.2 在应急决策中的应用

大群体决策具有很强的适应性和灵活性,特别适用于应对复杂且不确定的决策情境。由于各类突发事件频繁发生,应急决策面临信息不对称、形势多变、协同困难等严峻挑战。在这种情况下,大群体决策理论与方法能够利用群体智慧迅速集结信息、反馈调节并达成高度共识。因此,大群体决策理论和方法在应急决策中的应用得到了广泛研究。

表4总结了大群体决策理论与方法应用于不同应急决策情境中的研究,其主要围绕以下3方面关键内容展开:

- 1) 信息集结与冲突解决。突发事件中的信息往往有限且存在不对称问题,这使得应急决策过程中的信息集结变得更加复杂。为此,学者们采用模糊聚类分析^[121]、社会网络分析^[123]等方法对异质信息进行集结,从而减少信息丢失。此外,针对不同决策者存在意见冲突的问题,有研究构建了基于冲突测度的大群体决策模型,帮助优化信息融合过程^[89]。通过识别群体意见分歧,并采取适当机制进行调和,可以确保决策结果能够有效反映群体智慧和多元化观点。
- 2) 行为分析与共识达成。在大群体决策中,决策者的偏好、行为风格以及情感状态会影响最终决策。

决策者在复杂突发事件中可能受心理因素、情感波动或群体压力影响,从而表现出过度自信^[122]、从众^[28]等非理性行为。为应对这些行为偏差,学者们构建了多种共识达成模型,旨在管理不同决策者的自信水平和偏好,确保各方意见得到有效表达。

3) 情感分析与公众参与。随着社交媒体的普及,公众的情感和意见在应急决策中的重要性不断增加。情感分析技术被用来处理和分析社交媒体中的舆情数据^[11,124],帮助决策者了解公众的情感变化趋势和意见反馈。这一技术为决策者提供了实时、动态的舆情监控,而且能够有效指导大群体决策过程。

综上,大群体决策理论与方法在应急决策中具有强大的适用性,能够解决信息整合、冲突调解等问题,但在实际应用中仍具有一定局限性。首先,大群体决策理论与方法往往要对大量信息进行处理,在紧急情况下可能难以快速提供结果。当突发事件发生时,管理者需要迅速反应并进行决策,而复杂的信息集结过程可能导致决策延迟。其次,不同群体的异质性容易增加决策过程的复杂性。专家群体与公众的背景、知识结构和心理偏好差异较大,可能使得意见冲突更加难以调和。另外,情感分析技术虽然能够帮助捕捉公众的情感变化,但其结果易受数据噪声和算法精度的影响。在信息复杂多变或公众情感剧烈波动的情境下,当前技术可能无法完全反映公众的真实想法和需求。

总体而言,大群体决策理论与方法在应急决策中展现了巨大的潜力。然而,如何解决信息处理的实时性、群体异质性的调和以及情感分析的准确性等问题,依然是未来研究的重要任务。而且,公众的参与对于应急决策尤为重要,尤其是在复杂和动态的应急情境中,公众的即时反馈和情感波动可以为决策提供有力支持。因此,如何结合主题提取与情感分析技术,精准挖掘和分析公众意见,成为公众参与的大群体应急决策的研究重点。

表4 大群体决策理论与方法应用于各类应急决策情境的主要研究文献

代表性文献	应急决策情境	主要研究内容
Li等 ^[121]	煤矿透水事故救援方案选择	使用模糊聚类分析对大群体决策中的异构信息进行集结,从而减少信息丢失
Liu等 ^[122]	校园疫情防控模式选择	提出新的共识达成框架来检测和管理不同决策者基于异质偏好和自信的多种行为风格
Sun等 ^[28]	能源危机中应急发电方式选择	考虑社会网络背景下的大群体决策问题,开发基于羊群行为的共识达成过程
Li等 ^[123]	地震救援方案选择	基于社会网络分析,开发可信度监督的动态聚类方法和包含少数派意见处理的共识模型
Liu等 ^[11]	山体滑坡治理方案选择	使用情感分析技术处理公众评价信息,基于三支决策和直觉模糊数提出大群体决策方法
丁雪枫等 ^[89]	暴雨应急疏散方案选择	针对重大突发事件的应急决策问题,构建解决群体冲突测度、意见融合的大群体决策模型
徐选华等 ^[124]	疫情防控方案选择	基于社交媒体中的公众智慧构建群智知识融合模型

3 公众参与的大群体应急决策

在前两节内容中探讨了公众参与应急管理的复杂性及面临的挑战,同时分析了大群体决策理论与方法在应急决策中的应用潜力及存在问题.然而,要充分发挥公众在应急决策中的作用,仅依赖于上述理论框架和方法论的探讨仍然不够.因此,本节将从实践应用的角度,聚焦于如何挖掘和分析公众意见,探讨情感分析技术与共识研究的现状和挑战,旨在为公众参与应急管理中的大群体决策相关研究提供新的视角和解决方案.

3.1 公众意见挖掘与情感分析

公众意见挖掘与情感分析技术能够帮助决策者掌握公众对突发事件的关注点和情感态度,从而制定更具针对性和有效性的应对措施.通过主题提取方法,可以为构建决策属性体系提供基础.而情感分析则有助于揭示公众对突发事件的态度.因此,本节将围绕现有研究中关于公众意见主题提取和情感分析的方法展开阐述.

3.1.1 公众意见主题提取

关键词提取是主题分析的基础,在文本挖掘研究中具有显著作用.在公众参与的大群体应急决策领域,TF-IDF算法因其简单易用和高效性的特点被广泛应用.该算法不仅能从海量社交媒体文本数据中有效提取重要关键词,还能根据词汇在不同文档中的频率变化来反映公众对突发事件的关注情况.

近年来,众多研究利用TF-IDF算法对社交媒体数据进行了深入分析,挖掘公众在突发事件中的核心关注点.例如,在“8·12天津港爆炸”重大突发事件中,研究者利用该算法对公众发布在新浪微博上的文本数据进行分析,从而获得公众对该事件的主要看法和需求^[7].为更好地识别公众意见的分布和传播模式,后续研究将其与各种聚类方法^[125-126]、社区发现算法^[124]等相结合.通过TF-IDF算法获得的关键词能够帮助研究者理解事件的舆论动态,在一定程度上可以作为属性信息帮助决策者进行决策.因

此,有研究通过该算法挖掘公众关注的主题及权重,并将其作为属性信息纳入到大群体应急决策过程中^[127-130].通过识别公众在特定事件中的关注点,决策者可以更好地把握舆论趋势、公众情感和需求优先级,进而制定出更具针对性和有效性的应对措施.

此外,LDA主题模型是从大规模文本数据中提取主题的常见方法,通常基于机器学习中的贝叶斯推理方法来完成.相比于TF-IDF算法的直接关键词提取,该主题模型更加注重对词语和文档间的关联进行建模.通过分析文档中的词语分布,其可以自动生成多个潜在主题,帮助研究者归纳出公众在突发事件中所关注的不同话题.为此,有研究利用该方法提取突发事件下公众评论数据的主题分类结果,以此反映公众对突发事件的关注点^[8].还有研究采用LDA主题模型对突发事件的实时数据和相似事件的历史数据进行主题挖掘,获得公众对同类型突发事件的共同焦点^[131].

3.1.2 公众情感分析

情感分析是自然语言处理和文本分析领域的一项重要技术,用于确定文本的情感类别.在应急管理中,它能够帮助决策者更好地了解公众的情感倾向.现有主要研究文献如表5所示.

一般来说,情感分析可以分为两种类型:基于词典的情感分析技术、基于机器学习和深度学习的情感分析技术.在基于词典的情感分析中,研究者通常使用现有的情感词典语料库,如SnowNLP库、HowNet库等对文本中的情感词汇进行标注,并通过统计情感词的频率来判断文本的情感倾向^[8-10].这类方法简单易用,尤其适用于应急事件的快速情感分析.为此,有研究构建了应急情感词典进行公众情感分析,通过对高关注话题情绪值的转换,得到大群体应急决策的属性体系和权重信息^[131].然而,该类型的方法往往受限于词典覆盖范围和词义歧义问题,不能全面捕捉复杂情感表达中的细微差异.

基于机器学习和深度学习的情感分析技术可以

表5 公众情感分析主要研究文献

代表性文献	应急决策情境	情感分析技术	所用技术的类型及特点
Zhu等 ^[9]	COVID-19应对方案选择		
Wan等 ^[10]	火灾爆炸事故应急决策质量评价	SnowNLP库	运用基于词典的情感分析技术,可简单快速实现情感分析,但分类准确率较差
徐选华等 ^[132]	航空事故应急决策质量评价		
Xu等 ^[8]	河南暴雨应急方案选择	HowNet库	
Cao等 ^[131]	爆炸事故救援方案选择	基于HowNet库构建的应急情感词典库	可识别与不同主题相关的情感词的积极和消极情感倾向
Liu等 ^[11]	山体滑坡治理方案选择	改进大连理工大学情感词典库、K近邻(K-nearest neighbors, KNN)算法	运用基于情感词典与机器学习相结合的情感分析技术,兼顾二者优势,可快速有效提升词的极性判断准确率

克服上述方法的局限性. 近年来, 诸如卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)^[133]、循环神经网络(recurrent neural network, RNN)^[134]、长短期记忆网络(long short-term memory, LSTM)^[135]等深度学习模型被逐渐应用于各个领域的情感分析研究中. 尽管该类型的情感分析技术展现出良好的实际效果, 但在大群体应急决策领域的应用还较为有限. 现有大部分研究仍基于传统的情感词典进行公众情感分析, 且主要集中在特定突发事件的公众情感分析上.

3.2 公众参与的共识研究

在大群体应急决策中, 公众参与及意见反馈对提升决策科学性和效率具有重要意义. 如何充分利用公众意见、合理设定共识阈值以及通过反馈调节机制来促进决策过程的有效进行, 成为该领域研究的重点. 近年来, 关于公众参与的共识研究主要集中在两个方面: 一是共识水平测度, 即研究如何衡量群体成员间的意见一致性; 二是共识反馈调节机制的设计, 即研究如何通过反馈机制促使群体达成共识.

关于共识水平测度的研究大多依据距离、相似性等测度方法衡量群体成员之间的意见一致性^[78]. 而关于共识阈值设定的研究一般包含两类:

1) 直接给定共识阈值. 这类研究通常事先设定一个固定的阈值用于共识判断^[136], 虽然便于操作, 但灵活性较差且难以适应复杂的应急决策需求.

2) 通过计算获得共识阈值. 例如, 通过计算集群共识水平的平均值来获得共识阈值的方法^[11]. 尽管该方法比较贴近实际决策情境, 但同样缺乏灵活性. 为此, 有研究结合实际问题的紧急程度和已迭代次数, 提出了一种基于迭代反馈的动态共识阈值设定方法^[127], 从而可以根据决策需求的变化做出及时调整.

尽管公众在大群体应急决策中扮演了重要角色, 但在大多数共识反馈调节机制的研究中, 公众仅仅作为决策信息提取的对象, 而非直接参与共识达成

或反馈调节. 与此同时, 专家作为唯一的决策主体, 结合公众的意见并通过模型优化或建议式反馈机制来促进共识的达成. 因此, 本文按照直接参与共识达成的主体及反馈调节机制的类型对现有研究进行分类与总结, 结果如表6所示.

综上所述, 公众参与的大群体应急决策正逐渐成为研究重点, 且主要关注如何挖掘、整合公众意见, 以及构建共识达成机制, 从而提升群体应急决策的科学性与效率. 当前研究主要表现出以下几个特点:

首先, 公众参与具体体现为意见与情感态度提供. 许多研究聚焦于公众意见的收集与整合. 例如, 主题提取和情感分析技术已被用于分析公众对突发事件的关注点和情感态度, 并被纳入大群体决策过程. 尽管如此, 公众往往仅作为信息提供者参与其中, 尚未成为直接参与者. 专家主导的决策模型仍占主导地位, 公众则更多地通过反馈机制间接影响决策.

其次, 关于群体意见一致性与共识达成的研究较为广泛, 但不够深入. 许多研究采用了基于相似性或距离的测度方法来评估群体成员间的意见一致性, 并通过共识反馈调节机制来推动群体共识达成. 然而, 大多数研究设定共识阈值的方法缺乏灵活性, 且容易忽略公众与专家群体的差异. 而且, 现有共识反馈调节机制重点研究如何依据公众意见来调整专家意见, 却普遍缺乏对二者意见差异性的深入分析. 伴随着应急情境的复杂性和动态性, 公众情感波动和认知差异可能导致其意见与专家意见偏差较大. 而现有研究往往未能充分考虑上述问题, 从而限制了其在解决复杂应急决策问题时的普适性和灵活性.

公众的参与通常仅限于特定的应急情境, 且在不同情境中的参与深度和作用存在差异. 在突发性高风险事件(如公共卫生事件和自然灾害)中, 公众的参与主要体现在信息反馈和情感表达. 由于决策过程通常较为紧急且由政府 and 专家主导, 公众往往仅通过提供信息、执行政策等间接影响决策. 在长期

表6 公众参与共识反馈调节机制的主要研究文献

代表性文献	直接参与主体	共识反馈调节机制	基本思想
Wan等 ^[137]	专家	模型优化式共识反馈调节机制	由公众提供属性信息, 专家提供决策信息, 构建两阶段优化模型, 获得群体共识结果
徐选华等 ^[127]		建议式共识反馈调节机制	由公众提供属性信息, 专家提供决策信息, 对群体共识达成贡献最小的专家意见将被调整, 从而达成共识
徐选华等 ^[138]	公众 + 专家	模型优化式共识反馈调节机制	分别融合公众和专家的决策结果, 纳入参考公众知识的共识阈值, 并且构建分配模型, 从而获得最终结果
Cao等 ^[131]		建议式共识反馈调节机制	由公众提供属性及其偏好信息, 专家提供决策信息, 令高风险专家的意见参照公众偏好信息进行修改, 直至共识达成
Liu等 ^[11]			获得公众和专家的决策矩阵, 识别非合作行为的专家并参照群体意见进行修改, 直至共识达成

应急管理(如气候变化应对、社区灾后重建等)中,公众的参与则表现得较为广泛。其不仅可以通过参与政策讨论、提出建议等方式间接影响决策,还能在政策的执行和调整过程中发挥一定作用。虽然不同情境下公众参与的形式和深度有所不同,但普遍存在一个共同点:公众的参与大多是间接的,且多是通过信息提供、反馈机制等方式影响决策,而非直接主导决策过程。这种局限性在快速响应和动态变化的应急情境中尤为明显。因此,公众参与的大群体决策方法需要能够灵活应对不同类型的危机。突发性高风险事件要求快速响应,但也因信息不对称和公众情感波动而影响决策质量。相比之下,长期应急管理则需要持续保持公众参与的深度与广度,重点解决群体利益冲突和参与动力衰减等问题。故而,未来研究应进一步探索能够适应不同应急情境的大群体决策方法,并研究如何在动态情境中有效地整合专家与公众的意见,提升决策的科学性与适应性。

4 结 语

随着各类突发事件复杂性和不确定性的增加,如何有效促进公众参与、提高应急决策的科学性已成为应急管理领域的重要课题。因此,本文围绕公众参与应急管理中的大群体决策相关研究展开了系统综述。首先,从影响公众参与的因素、公众参与的模式与机制,以及促进公众参与的策略3方面进行分析,为公众参与应急决策的研究提供参考依据。接着,系统回顾并总结了大群体决策理论与方法,包括偏好信息表达、个体聚类、信息集结和共识达成等核心问题,并揭示了其在大群体应急决策中的关键作用。随后,从公众意见挖掘与情感分析,以及公众参与的共识研究两个方面,重点梳理了公众参与大群体应急决策的研究进展。

当前研究存在以下问题:

1) 公众参与应急管理的研究泛化且缺乏系统性。现有研究对公众参与影响因素的分析较为分散,缺乏对意识、行为与效果之间动态关联的整合。尽管已有研究提出了“数字赋能、多元主体协同”的应急管理模式,但多停留在理论层面,缺少结合真实案例的验证。此外,已有策略的实践效果(如参与率提升、决策透明度改善)缺乏长期追踪与量化评估。

2) 大群体决策模型缺乏应急情境下的时空特征考虑。突发事件中的信息往往具有不完全性和不确定性,这使得应急决策面临巨大的时间压力。而且,不同地域背景下的决策者行为对群体决策的影响也不同。但是,现有的大群体决策理论与方法多数基于静态分析,缺乏对紧急情境下决策时效性的研究。此

外,目前尚未研究决策者地域或空间差异影响下的大群体决策方法。

3) 舆情分析技术滞后于多模态信息环境。虽然关于公众意见主题提取和情感分析得到了较为广泛的应用,当前研究仍以文本分析为主,对图像、视频等多模态数据的利用不足,难以全面捕捉公众的真实诉求。此外,情感波动识别缺乏实时性,无法快速响应危机中公众情绪的快速变化。

4) 公众在共识研究中常被边缘化为信息提供者或决策辅助者。这种由专家主导、公众辅助的决策模式未能充分利用公众在应急决策中的独特视角和信息优势。在群体共识水平和反馈调节机制的研究中,专家与公众的认知差异(如风险判断标准、情感倾向)缺乏有效的弥合机制,可能导致共识结果偏离实际需求。

鉴于此,未来研究应着眼于以下几个方面:

1) 深入探讨影响公众参与因素间的交互关系,可尝试引入定性比较分析(qualitative comparative analysis, QCA)方法,揭示不同应急管理阶段影响因素的组合路径。建立涵盖不同地区和类型的突发事件真实案例库,提炼不同情境下公众参与的最佳实践模式。从参与率、反馈质量、决策透明度等角度量化策略有效性,并通过纵向研究揭示不同策略对社会信任、心理安全感和危机恢复力的深远效应。

2) 针对大群体决策理论与方法,应探索基于实时数据流的动态共识反馈调节机制,以更好地应对突发事件。此外,通过引入空间分析和多区域模型,可以更准确地模拟和分析决策过程中来自不同地区的决策者之间的互动与冲突,从而优化大群体决策机制。

3) 针对复杂应急情境中的舆情分析需求,可进一步探索基于预训练大语言模型的公众情感动态识别方法,通过构建时序预测模型,实时捕捉公众情感的波动趋势。同时,应关注多模态数据的结合,并有效处理虚假信息 and 情感操控,从而提升舆情分析结果的准确性,为优化应急决策提供技术支持。

4) 共识研究应关注专家与公众在风险认知和情感态度上的差异,设置合适的决策优先级策略并构建群体认知协同机制,从而消除公众与专家之间的认知鸿沟。此外,还可以结合量子决策理论探索公众和专家间的干涉效应^[139],进而深入研究群体交互式共识反馈调节机制。

参考文献 (References)

[1] 赵宁,裴蕾,刘德海,等.数据驱动下应急管理的实践

- 需求与理论前瞻: 2023 年“万众杯”应急管理数据分析大赛[J]. 运筹与管理, 2023, 32(6): 1-11.
(Zhao N, Pei L, Liu D H, et al. Practical demand and theoretical prospect of data-driven emergency management: 2023 “Wanzhong Cup” emergency management data analysis competition[J]. Operations Research and Management Science, 2023, 32(6): 1-11.)
- [2] Ji Y M, Qi M L, Qi W H. The effect path of public acceptance and its influencing factors on public willingness to participate in nuclear emergency governance[J]. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2022, 71: 102806.
- [3] 徐选华, 尹僇鹏, 钟香玉, 等. 大群体决策理论与方法研究综述: 问题与挑战[J]. 信息与控制, 2021, 50(1): 54-64.
(Xu X H, Yin X P, Zhong X Y, et al. Summary of research on theory and methods in large-group decision-making: Problems and challenges[J]. Information and Control, 2021, 50(1): 54-64.)
- [4] Palomares I, Martinez L, Herrera F. A consensus model to detect and manage noncooperative behaviors in large-scale group decision making[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2014, 22(3): 516-530.
- [5] Tang M, Liao H C. From conventional group decision making to large-scale group decision making: What are the challenges and how to meet them in big data era? A state-of-the-art survey[J]. Omega, 2021, 100: 102141.
- [6] 谢起慧, 褚建勋. 基于社交媒体的公众参与政府危机传播研究——中美案例比较视角[J]. 中国软科学, 2016(3): 130-140.
(Xie Q H, Chu J X. Research on social media-based public participation in government crisis communication — Comparative case studies between China and USA[J]. China Soft Science, 2016(3): 130-140.)
- [7] 徐选华, 马志鹏, 陈晓红. 基于公众偏好大数据分析的大群体应急决策质量动态演化研究[J]. 中国管理科学, 2022, 30(7): 140-149.
(Xu X H, Ma Z P, Chen X H. Dynamic evolution research on emergency decision quality of large group based on the public preferences big data[J]. Chinese Journal of Management Science, 2022, 30(7): 140-149.)
- [8] Xu X H, Zheng K X, Pan B. A weighted information fusion method based on sentiment knowledge for emergency decision-making considering the public and experts[J]. Group Decision and Negotiation, 2024, 33(2): 371-398.
- [9] Zhu Y C, Xu X H, Pan B. A method for the dynamic collaboration of the public and experts in large-scale group emergency decision-making: Using social media data to evaluate the decision-making quality[J]. Computers & Industrial Engineering, 2023, 176: 108943.
- [10] Wan Q F, Xu X H, Zhuang J, et al. A sentiment analysis-based expert weight determination method for large-scale group decision-making driven by social media data[J]. Expert Systems with Applications, 2021, 185: 115629.
- [11] Liu F, Zhou Z L, Wu J, et al. Selection of landslide treatment alternatives based on LSGDM method of TWD and IFS[J]. Complex & Intelligent Systems, 2024, 10(2): 3041-3056.
- [12] 朱立龙, 何慧, 张思意. 多方参与视角下突发公共事件应急管理监管及仿真分析[J]. 统计与决策, 2023, 39(4): 183-188.
(Zhu L L, He H, Zhang S Y. Supervision and simulation analysis of emergency management of public emergencies from the perspective of multi-party participation[J]. Statistics & Decision, 2023, 39(4): 183-188.)
- [13] 杨苏, 林浩东. 考虑公众参与的公共工程项目应急管理演化分析[J]. 运筹与管理, 2021, 30(5): 95-101.
(Yang S, Lin H D. Analysis of the evolution of emergency management of public engineering projects considering public participation[J]. Operations Research and Management Science, 2021, 30(5): 95-101.)
- [14] 陈迎欣, 张凯伦, 安若红. 公众参与自然灾害应急救援的影响因素研究[J]. 重庆大学学报: 社会科学版, 2018, 24(4): 39-51.
(Chen Y X, Zhang K L, An R H. Research on the influence factors of public participation in natural disasters emergency relief: From the perspective of system theory[J]. Journal of Chongqing University: Social Science Edition, 2018, 24(4): 39-51.)
- [15] 周利敏, 童星. 灾害响应 2.0: 大数据时代的灾害治理——基于“阳江经验”的个案研究[J]. 中国软科学, 2019(10): 1-13.
(Zhou L M, Tong X. Disaster response 2.0: Disaster governance in the big data age — A case study of practice of Yangjiang[J]. China Soft Science, 2019(10): 1-13.)
- [16] He C Y, Liu H, He L, et al. More collaboration, less seriousness: Investigating new strategies for promoting youth engagement in government-generated videos during the COVID-19 pandemic in China[J]. Computers in Human Behavior, 2022, 126: 107019.
- [17] 张军, 李理. 基层应急治理共同体的塑造——基于信任-规则-行动力的框架分析[J]. 重庆社会科学, 2024(5): 93-106.
(Zhang J, Li L. The shaping of grass-roots emergency governance community: Framework analysis based on trust-rule-action[J]. Chongqing Social Sciences, 2024(5): 93-106.)
- [18] Lamontagne M, Flynn B. Perception of earthquake hazard and risk in the province of Quebec and the need to raise earthquake awareness in this intraplate

- region[J]. *Seismological Research Letters*, 2016, 87(6): 1426-1432.
- [19] 翟婧, 胡峰. 从交互壁垒到耦合共生: 应急情报协同治理困境及纾困路径探赜——以重大突发公共卫生事件为例[J]. *情报理论与实践*, 2023, 46(11): 110-118.
(Zhai J, Hu F. From interaction barriers to coupling symbiosis: Exploring the dilemma and relief path of emergency intelligence collaborative governance: Taking major public health emergencies as an example[J]. *Information Studies: Theory & Application*, 2023, 46(11): 110-118.)
- [20] Tan J, Lin L. Rural residents' participation in community-based disaster risk reduction (CBDRR): The role of moral self-identity, perceived responsibility and face consciousness[J]. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2025, 68(2): 290-308.
- [21] 栗路军, 冯娜. 公共危机信息响应模式对公众应对行为的影响机制[J]. *管理评论*, 2023, 35(1): 324-338.
(Su L J, Feng S. The mechanism of how public crisis information response influences public reaction[J]. *Management Review*, 2023, 35(1): 324-338.)
- [22] Reynolds B, Seeger M W. Crisis and emergency risk communication as an integrative model[J]. *Journal of Health Communication*, 2005, 10(1): 43-55.
- [23] Wang J, Guo C Q, Wu X X, et al. Influencing factors for public risk perception of COVID-19 — Perspective of the pandemic whole life cycle[J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2022, 67: 102693.
- [24] Gu J W, He R, Wu X H, et al. Analyzing risk communication, trust, risk perception, negative emotions, and behavioral coping strategies during the COVID-19 pandemic in China using a structural equation model[J]. *Frontiers in Public Health*, 2022, 10: 843787.
- [25] Gao Y, Sun Y C. How does psychological distance influence public risky behavior during public health emergencies[J]. *Risk Management and Healthcare Policy*, 2024, 17: 1437-1449.
- [26] Kott A, Limaye R J. Delivering risk information in a dynamic information environment: Framing and authoritative voice in centers for disease control and primetime broadcast news media communications during the 2014 Ebola outbreak[J]. *Social Science & Medicine*, 2016, 169: 42-49.
- [27] 陈凤娇, 刘德海. 重大传染病多渠道疫情信息发布模式的演化路径分析[J]. *中国管理科学*, 2024, 32(4): 237-249.
(Chen F J, Liu D H. Evolutionary path analysis of multi-channel epidemic information release of major infectious diseases[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2024, 32(4): 237-249.)
- [28] Sun X L, Zhu J J, Wang J P, et al. Consensus-reaching process in multi-stage large-scale group decision-making based on social network analysis: Exploring the implication of herding behavior[J]. *Information Fusion*, 2024, 104: 102184.
- [29] Panagiotopoulos P, Barnett J, Bigdeli A Z, et al. Social media in emergency management: Twitter as a tool for communicating risks to the public[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2016, 111: 86-96.
- [30] 孙江, 李婷. 风险建构视域下突发事件网络舆情治理研究[J]. *中国行政管理*, 2019(9): 118-122.
(Sun J, Li T. Study on the emergency management for Internet public opinion from the perspective of risk construction[J]. *Chinese Public Administration*, 2019(9): 118-122.)
- [31] Kim J, Bae J, Hastak M. Emergency information diffusion on online social media during storm Cindy in U.S[J]. *International Journal of Information Management*, 2018, 40: 153-165.
- [32] 杨康, 杨超, 朱庆华. 基于社交媒体的突发公共卫生事件公众信息需求与危机治理研究[J]. *情报理论与实践*, 2021, 44(3): 59-68.
(Yang K, Yang C, Zhu Q H. Research on public information demand and crisis management of public health emergency based on social media[J]. *Information Studies: Theory & Application*, 2021, 44(3): 59-68.)
- [33] 聂慧芳, 朱建军. 考虑情绪演化下突发事件所致舆情危机的两阶段响应决策方法[J]. *中国管理科学*, DOI: 10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0541.
(Nie H F, Zhu J J. Two-stage decision-making method in response to public opinion crisis derived from emergency considering emotion evolution[J]. *Chinese Journal of Management Science*, DOI: 10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0541.)
- [34] 王晰巍, 王楠阿雪. 数智驱动的重大突发事件应急情报管理: 新机遇、新挑战、新趋势[J]. *图书情报工作*, 2022, 66(16): 4-12.
(Wang X W, Wang N A X. Data intelligence-driven emergency information management of major emergencies: New opportunities, new challenges and new trends[J]. *Library and Information Service*, 2022, 66(16): 4-12.)
- [35] Hong Y X, Zhao J Q, Zhang Y, et al. Motivating public health emergency preparedness cooperative behaviors: Based on the expectancy disconfirmation model[J]. *Journal of Health Organization and Management*, 2023, 37: 465-482.
- [36] Long F, Majumdar A, Carter H. Understanding levels of compliance with emergency responder instructions for members of the public involved in emergencies: Evidence from the grenfell tower fire[J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2023, 84: 103374.
- [37] Finch K C, Snook K R, Duke C H, et al. Public health implications of social media use during natural disasters, environmental disasters, and other

- environmental concerns[J]. *Natural Hazards*, 2016, 83(1): 729-760.
- [38] Li K, Zhou C, Luo X, et al. Impact of information timeliness and richness on public engagement on social media during COVID-19 pandemic: An empirical investigation based on NLP and machine learning[J]. *Decision Support Systems*, 2022, 162: 113752.
- [39] Mizrahi S, Ben-Eliyahu A, Cohen N, et al. Public management during a crisis: When are citizens willing to contribute to institutional emergency preparedness?[J]. *Public Management Review*, 2024, 26(1): 48-72.
- [40] 陈迎欣, 郜旭彤, 李烨. 自然灾害应急救助的公众参与方式——基于2008~2017年应急救助案例的实证分析[J]. *系统工程*, 2020, 38(3): 1-9.
(Chen Y X, Gao X T, Li Y. Public participation mode in natural hazard emergency relief: An empirical analysis based on the emergency relief cases from 2008 to 2017[J]. *Systems Engineering*, 2020, 38(3): 1-9.)
- [41] Xu Z Q, Cheng Y K, Yao S L. Tripartite evolutionary game model for public health emergencies[J]. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2021, 2021: 6693597.
- [42] Yang Y Q, Hong, L. Emergency volunteer participation in the evolutionary game of public security governance under community incentives[J]. *Complexity*, 2023: 8147738.
- [43] Chen Y X, Liu X, Tadikamalla P R, et al. Evolutionary game analysis for multi-level collaborative governance under public crisis in China: From a value perception perspective[J]. *Risk Analysis*, 2024, 44(3): 582-611.
- [44] Gonah L. Key considerations for successful risk communication and community engagement (RCCE) programmes during COVID-19 pandemic and other public health emergencies[J]. *Annals of Global Health*, 2020, 86(1): 146.
- [45] 周永根. 中国社区灾害风险治理公众参与调查与分析[J]. *灾害学*, 2022, 37(3): 179-185.
(Zhou Y G. Investigation and analysis on public participation in community disaster risk governance in China. *Journal of Catastrophology*, 2022, 37(3): 179-185.)
- [46] Che S P, Kim J H. Sentiment impact of public health agency communication strategies on TikTok under COVID-19 normalization: Deep learning exploration[J]. *Journal of Public Health*, 2024, 32(8): 1559-1570.
- [47] 温志强, 王彦平. 情景-演练-效能: 中国特色应急管理现代化行动逻辑[J]. *理论学刊*, 2024(2): 62-71.
(Wen Z Q, Wang Y P. Scenario-exercise-efficiency: Action logic of China's characteristic emergency management capability modernization[J]. *Theory Journal*, 2024(2): 62-71.)
- [48] 周利敏, 童星. 数字韧性视角下应急管理新模式: 特征、内涵与实践探索[J]. *中国行政管理*, 2024(12): 129-140.
(Zhou L M, Tong X. Disaster governance innovation from the perspective of digital inclusion: Technological empowerment, fair participation, and indicator construction[J]. *Chinese Public Administration*, 2024(12): 129-140.)
- [49] 赵时雨. 社区韧性: 社区风险治理中的结构张力及因应调适[J]. *吉首大学学报: 社会科学版*, 2023, 44(4): 52-65.
(Zhao S Y. Community resilience: Structural tension and adaptation in community risk governance[J]. *Journal of Jishou University: Social Sciences*, 2023, 44(4): 52-65.)
- [50] 姜旭, 赵凯, 汤韵晴. 突发事件下基于四方演化博弈的城市应急供应链协同机制研究[J]. *管理评论*, 2024, 36(2): 246-256.
(Jiang X, Zhao K, Tang Y Q. Research on coordination mechanism of urban emergency supply chain based on quadrilateral evolutionary game under emergencies[J]. *Management Review*, 2024, 36(2): 246-256.)
- [51] 马忠, 尚清清. 抗击新冠肺炎疫情的公众参与问题研究[J]. *中州学刊*, 2020(3): 1-6.
(Ma Z, Shang Q Q. Research on public participation in the fight against new pneumonia[J]. *Academic Journal of Zhongzhou*, 2020(3): 1-6.)
- [52] Wu J J, Lyu S. Public participation in wildfire rescue and management: A case study from Chongqing, China[J]. *Fire-Switzerland*, 2024, 7(9): 300.
- [53] Chen Y X, Zhang J, Wang Z G, et al. Research on the construction of a natural hazard emergency relief alliance based on the public participation degree[J]. *Sustainability*, 2020, 12(7): 2604.
- [54] 顾丽梅, 杨楠. 敏捷治理视域下超大城市基层风险治理路径转型研究[J]. *西安交通大学学报: 社会科学版*, 2025, 45(2): 13-25.
(Gu L M, Yang N. Research on the transformation of risk governance path at the grass-roots level of megacity from the perspective of agile governance[J]. *Journal of Xi'an Jiaotong University: Social Sciences*, 2025, 45(2): 13-25.)
- [55] 李琼, 肖立志. 数智赋能社区应急治理: 何以可能, 何以可为?——基于上海市L街道“社区大脑”建设的案例分析[J]. *广州大学学报: 社会科学版*, 2024, 23(2): 108-122.
(Li Q, Xiao L Z. Digital intelligence empowers community emergency governance: Why is it possible and what can be done A case study based on the construction of “community brain” in L street of Shanghai[J]. *Journal of Guangzhou University: Social Science Edition*, 2024, 23(2): 108-122.)
- [56] Wang Y Q, Chen H. Blockchain: A potential technology to improve the performance of collaborative emergency management with multi-agent participation[J]. *International Journal of Disaster Risk*

- Reduction, 2022, 72: 102867.
- [57] 张春风, 余廉. 用文化力提升城市应急管理能力[J]. 中国行政管理, 2013(12): 119-120.
(Zhang C F, She L. Enhance the emergency management capacity of cities with cultural power[J]. Chinese Public Administration, 2013(12): 119-120.)
- [58] 王燕青, 陈红. 应急管理理论与实践演进: 困局与展望[J]. 管理评论, 2022, 34(5): 290-303.
(Wang Y Q, Chen H. Evolution of emergency management theory and practice: Dilemma and prospect[J]. Management Review, 2022, 34(5): 290-303.)
- [59] Ge S D, Zhang J, Hu C Y. Time to form a balanced risk prevention and control community between the government and individuals[J]. Science, 2020, 369(6503): 483.
- [60] Wang H C, Tang Z R, Xiong L, et al. What determinants influence citizens' engagement with mobile government social media during emergencies? A net valence model[J]. Government Information Quarterly, 2025, 42(1): 101995.
- [61] 李志强, 曹杰. 组织适应性视域的城市社区应急治理 —— “过程-情境”式解释范式的案例分析[J]. 南通大学学报: 社会科学版, 2022, 38(2): 84-94.
(Li Z Q, Cao J. Urban community emergency management from the perspective of organizational adaptability — A case study of the explanatory paradigm of “process-situation” [J]. Journal of Nantong University : Social Sciences Edition, 2022, 38(2): 84-94.)
- [62] 王敏, 陈娟. 应急沟通共同体: 面向复杂风险治理的新议题[J]. 中国行政管理, 2024, 40(12): 141-152.
(Wang M, Chen J. Emergency communication community: An emerging issue for complex risk governance[J]. Chinese Public Administration, 2024, 40(12): 141-152.)
- [63] 李华强. 自然灾害防灾减灾社会化中的公众参与: 一个阶段化路径模型[J]. 中国行政管理, 2021(6): 128-135.
(Li H Q. Public participation in the socialization of natural disaster prevention and mitigation: A staged path model[J]. Chinese Public Administration, 2021(6): 128-135.)
- [64] 卢丙杰, 朱立龙. 突发公共卫生事件下政府应急管理监管策略研究[J]. 软科学, 2020, 34(12): 33-40.
(Lu B J, Zhu L L. Government supervision strategy in the emergency management based on public health emergencies[J]. Soft Science, 2020, 34(12): 33-40.)
- [65] Gu J W, Wu C M, Wu X H, et al. Configurations for positive public behaviors in response to the COVID-19 pandemic: A fuzzy set qualitative comparative analysis[J]. BMC Public Health, 2022, 22(1): 1692.
- [66] Liu L Y, Wu W N, McEntire D A. Six Cs of pandemic emergency management: A case study of Taiwan's initial response to the COVID-19 pandemic[J]. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2021, 64: 102516.
- [67] Munthe-Kaas H M, Oxman A D, von Lieres B, et al. Public participation in decisions about measures to manage the COVID-19 pandemic: A systematic review[J]. BMJ Global Health, 2024, 9(6): e014404.
- [68] 杜晶晶, 胡登峰, 张琪. 数字化赋能视角下突发公共事件应急管理系统研究 —— 以新型冠状病毒肺炎疫情为例[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(20): 34-40.
(Du J J, Hu D F, Zhang Q. Research on emergency management system of public emergencies from the perspective of digital empowerment: Enlightenment from the Novel Coronavirus Pneumonia epidemic[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2020, 37(20): 34-40.)
- [69] Chen X, Zhang H J, Dong Y C. The fusion process with heterogeneous preference structures in group decision making: A survey[J]. Information Fusion, 2015, 24: 72-83.
- [70] 王清印, 刘志勇. 不确定性信息的概念、类别及其数学表述[J]. 运筹与管理, 2001, 10(4): 9-15.
(Wang Q Y, Liu Z Y. The conception, sort and mathematical expression of uncertainty information[J]. Operations Research and Management Science, 2001, 10(4): 9-15.)
- [71] 任嵘嵘, 李文文, 赵萌, 等. 基于公众评价的大群体决策方法[J]. 管理评论, 2018, 30(10): 238-247.
(Ren R R, Li W W, Zhao M, et al. A large group decision making method based on public evaluation[J]. Management Review, 2018, 30(10): 238-247.)
- [72] Zhang H H, Kou G, Peng Y. Large-scale peer-to-peer loan consensus based on minimum cost consensus[J]. Journal of the Operational Research Society, 2022, 73(10): 2326-2337.
- [73] Mahmoudi A, Abbasi M, Yuan J F, et al. Large-scale group decision-making (LSGDM) for performance measurement of healthcare construction projects: Ordinal priority approach[J]. Applied Intelligence, 2022, 52(12): 13781-13802.
- [74] Liu Q, Wu H Y, Xu Z S. Consensus model based on probability K -means clustering algorithm for large scale group decision making[J]. International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 2021, 12(6): 1609-1626.
- [75] Xuan L. Big data-driven fuzzy large-scale group decision making (LSGDM) in circular economy environment[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2022, 175: 121285.
- [76] Zhou Y Y, Wang S, Chen Y, et al. Statistics-based method for large-scale group decision-making with incomplete linguistic distribution fuzzy information: Incorporating reliability and entropy[J]. Information Fusion, 2023, 99: 101894.

- [77] Cheng X T, Zhang K, Wu T, et al. An opinions-updating model for large-scale group decision-making driven by autonomous learning[J]. *Information Sciences*, 2024, 662: 120238.
- [78] 王佩, 张婧, 张威威. 基于云模型和多层权重求解的多粒度语言大群体决策方法[J]. *控制与决策*, 2021, 36(9): 2257-2266.
(Wang P, Zhang J, Zhang W W. Multi-granularity linguistic large group decision-making based on cloud model and multi-layer weight determination[J]. *Control and Decision*, 2021, 36(9): 2257-2266.)
- [79] Shen Y F, Ma X L, Xu Z S, et al. Opinion evolution and dynamic trust-driven consensus model in large-scale group decision-making under incomplete information[J]. *Information Sciences*, 2024, 657: 119925.
- [80] Cheng X T, Xu Z S, Gou X J. A large-scale group decision-making model considering risk attitudes and dynamically changing roles[J]. *Expert Systems with Applications*, 2024, 245: 123017.
- [81] Tian X L, Ma W X, Wu L W, et al. Large-scale consensus with dynamic trust and optimal reference in social network under incomplete probabilistic linguistic circumstance[J]. *Information Sciences*, 2024, 661: 120123.
- [82] Dong Y C, Zhao S H, Zhang H J, et al. A self-management mechanism for noncooperative behaviors in large-scale group consensus reaching processes[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2018, 26(6): 3276-3288.
- [83] Mandal P, Samanta S, Pal M. Large-scale group decision-making based on Pythagorean linguistic preference relations using experts clustering and consensus measure with non-cooperative behavior analysis of clusters[J]. *Complex & Intelligent Systems*, 2022, 8(2): 819-833.
- [84] Tian Z P, Nie R X, Wang J Q, et al. Adaptive consensus-based model for heterogeneous large-scale group decision-making: Detecting and managing noncooperative behaviors[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2021, 29(8): 2209-2223.
- [85] Wu P, Li F G, Zhao J, et al. Consensus reaching process with multiobjective optimization for large-scale group decision making with cooperative game[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2023, 31(1): 293-306.
- [86] Zheng Y H, Xu Z S, Pedrycz W. A granular computing-driving hesitant fuzzy linguistic method for supporting large-scale group decision making[J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2022, 52(10): 6048-6060.
- [87] Tang M, Liao H C, Xu J P, et al. Adaptive consensus reaching process with hybrid strategies for large-scale group decision making[J]. *European Journal of Operational Research*, 2020, 282(3): 957-971.
- [88] Guo L, Zhan J M, Zhang C, et al. A large-scale group decision-making method fusing three-way clustering and regret theory under fuzzy preference relations[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2024, 32(9): 4846-4860.
- [89] 丁雪枫, 朱丽霞. 基于密度峰值聚类理念的大群体应急模糊决策模型[J]. *控制与决策*, 2022, 37(12): 3307-3313.
(Ding X F, Zhu L X. A large group emergency fuzzy decision-making method based on theory of clustering by fast search and find of density peaks[J]. *Control and Decision*, 2022, 37(12): 3307-3313.)
- [90] Raghavan U N, Albert R, Kumara S. Near linear time algorithm to detect community structures in large-scale networks[J]. *Physical Review E*, 2007, 76(3): 036106.
- [91] Gregory S. Finding overlapping communities in networks by label propagation[J]. *New Journal of Physics*, 2010, 12(10): 103018.
- [92] Blondel V D, Guillaume J L, Lambiotte R, et al. Fast unfolding of communities in large networks[J]. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008, 2008(10): P10008.
- [93] Tang M, Liao H C, Hamido F. Delegation mechanism-based large-scale group decision making with heterogeneous experts and overlapping communities[J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2022, 52(6): 3542-3555.
- [94] Xiao F, Chen Z Y, Wang X K, Hou W H, Wang J Q. Managing minority opinions in risk evaluation by a delegation mechanism-based large-scale group decision-making with overlapping communities[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2022, 73(10): 2338-2357.
- [95] Ji F X, Wu J, Chiclana F, et al. The overlapping community-driven feedback mechanism to support consensus in social network group decision making[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2023, 31(9): 3025-3039.
- [96] 楚俊峰, 鲁亚南, 王燕燕. 考虑非合作行为的社会网络大群体共识决策模型[J]. *系统科学与数学*, 2023, 43(4): 961-981.
(Chu J F, Lu Y N, Wang Y Y. A large-group consensus decision-making model in social networks considering non-cooperative behaviors[J]. *Journal of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2023, 43(4): 961-981.)
- [97] Trillo J R, Herrera-Viedma E, Morente-Molinera J A, et al. A large scale group decision making system based on sentiment analysis cluster[J]. *Information Fusion*, 2023, 91: 633-643.
- [98] Ding R X, Cheng R X, Li M N, et al. Conflict management-based consensus reaching process considering conflict relationship clustering in large-scale group decision-making problems[J]. *Expert*

- Systems with Applications, 2024, 238: 122095.
- [99] Liang D C, Duan W Y. Large-scale three-way group consensus decision considering individual competition behavior in social networks[J]. Information Sciences, 2023, 641: 119077.
- [100] Xiang N, Dou Y J, Jia Q Y, et al. A three-way large-scale group decision-making model based on rewards-and-punishments mechanism for triple-path consensus reaching process in high-end equipment project selection[J]. Expert Systems with Applications, 2024, 239: 122352.
- [101] 张发明, 韩江涛, 张淋茜, 等. 社会信任网络下基于T2PLD算子的多属性大群体决策方法[J]. 中国管理科学, DOI: 10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0437. (Zhang F M, Han J T, Zhang L Q, et al. Multi-attribute large group decision making method based on T₂PLD operator in social trust network [J]. Chinese Journal of Management Science, DOI: 10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2023.0437.)
- [102] Xiong S H, Zhu C Y, Chen Z S, et al. On extended power geometric operator for proportional hesitant fuzzy linguistic large-scale group decision-making[J]. Information Sciences, 2023, 632: 637-663.
- [103] Wu T, Zuheros C, Liu X W, et al. Managing minority opinions in large-scale group decision making based on community detection and group polarization[J]. Computers & Industrial Engineering, 2022, 170: 108337.
- [104] Du Y W, Shan Y K. A dynamic intelligent recommendation method based on the analytical ER rule for evaluating product ideas in large-scale group decision-making[J]. Group Decision and Negotiation, 2021, 30(6): 1373-1393.
- [105] Du Y W, Chen Q, Sun Y L, et al. Knowledge structure-based consensus-reaching method for large-scale multiattribute group decision-making[J]. Knowledge-Based Systems, 2021, 219: 106885.
- [106] 吴澎, 丁毅, 周礼刚, 等. 基于DEA交叉效率与冗余信息识别的大群体应急决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 2022, 42(10): 2840-2852. (Wu P, Ding Y, Zhou L G, et al. Large group emergency decision-making method based on DEA cross-efficiency and redundant information identification[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2022, 42(10): 2840-2852.)
- [107] Zheng Y H, Xu Z S, Tian Y H. Granular computing and optimization model-based method for large-scale group decision-making and its application[J]. Economic Research-Ekonomska Istraživanja, 2022, 35(1): 5221-5252.
- [108] Meng F Y, Zhao D Y, Zhang X M. A fair consensus adjustment mechanism for large-scale group decision making in term of Gini coefficient[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2023, 126: 106962.
- [109] 聂如欣, 田章朋, 梁鹤鸣. 社会网络环境下基于行为管理的大群体共识决策方法[J]. 中国管理科学, 2024, 32(9): 35-47. (Nie R X, Tian Z P, Liang H M. A consensus method for large-scale group decision-making based on behavior management under social network environments[J]. Chinese Journal of Management Science, 2024, 32(9): 35-47.)
- [110] Zhou J L, Chen X Y, Wang H W. A similarity-conformity-based clustering and decentralized feedback mechanism to manage incompatible decision-makers in large-scale group decision-making[J]. Expert Systems with Applications, 2024, 246: 123209.
- [111] Gou X J, Xu Z S, Liao H C, Herrera F. Consensus model handling minority opinions and noncooperative behaviors in large-scale group decision-making under double hierarchy linguistic preference relations[J]. IEEE Transactions on Cybernetics, 2021, 51(1): 283-296.
- [112] Tian X L, Li W Q, Xu Z S, et al. An endo-confidence-based consensus with hierarchical clustering and automatic feedback in multi-attribute large-scale group decision-making[J]. Information Sciences, 2022, 608: 1702-1730.
- [113] Wang S, Wu J, Chiclana F, et al. Two-stage feedback mechanism with different power structures for consensus in large-scale group decision making[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2022, 30(10): 4177-4189.
- [114] Wu Z, Liao H C. A consensus reaching process for large-scale group decision making with heterogeneous preference information[J]. International Journal of Intelligent Systems, 2021, 36(9): 4560-4591.
- [115] Wu T, Xu Z S, Zheng Y H. A PSO-algorithm-based dual consensus method for large-scale group decision making and its application in medical imaging equipment purchasing[J]. Applied Soft Computing, 2024, 162: 111862.
- [116] 卢艳玲, 许叶军, 李梦琪. 社会网络环境下基于负面行为管理与改进的最小成本共识模型的大群体决策方法[J]. 控制与决策, 2024, 39(1): 327-335. (Lu Y L, Xu Y J, Li M Q. Large-scale group decision-making method based on negative behavior management and improved minimum cost consensus model in social network environment[J]. Control and Decision, 2024, 39(1): 327-335.)
- [117] Zhao M K, Guo J, Wu J, et al. A global optimization feedback model with PSO for large scale group decision making in hesitant fuzzy linguistic environments[J]. Expert Systems with Applications, 2023, 228: 120320.
- [118] Liang X, Guo J, Liu P D. A consensus model considers managing manipulative and overconfident behaviours in large-scale group decision-making[J]. Information Sciences, 2024, 654: 119848.
- [119] Sun Q, Chiclana F, Wu J, et al. Weight penalty

- mechanism for noncooperative behavior in large-scale group decision making with unbalanced linguistic term sets[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2023, 31(10): 3507-3521.
- [120] Cheng D, Yuan Y X, Wu Y, et al. Maximum satisfaction consensus with budget constraints considering individual tolerance and compromise limit behaviors[J]. *European Journal of Operational Research*, 2022, 297(1): 221-238.
- [121] Li G X, Kou G, Peng Y. Heterogeneous large-scale group decision making using fuzzy cluster analysis and its application to emergency response plan selection[J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2022, 52(6): 3391-3403.
- [122] Liu W Q, Wu Y Z, Chen X, et al. Managing heterogeneous preferences and multiple consensus behaviors with self-confidence in large-scale group decision making[J]. *Information Fusion*, 2024, 107: 102289.
- [123] Li M Q, Huang J, Xu Y J, et al. Credibility-supervised dynamic clustering and consensus model involving minority opinions handling in social-network large-scale decision making[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2023, 31(10): 3664-3678.
- [124] 徐选华, 黄丽, 陈晓红. 基于共词网络的群智知识挖掘方法——在应急决策中应用[J]. *管理科学学报*, 2023, 26(5): 121-137.
(Xu X H, Huang L, Chen X H. Collectire intelligence knowledge mining method based on co-word network: Application in emergency decision-making[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2023, 26(5): 121-137.)
- [125] Wang J X, Li S, Zhou X Y. A novel GDMD-PROMETHEE algorithm based on the maximizing deviation method and social media data mining for large group decision making[J]. *Symmetry-Basel*, 2023, 15(2): 387.
- [126] Zhao M K, Guo J, Wu X H. A large group emergency decision-making approach on HFLTS with public preference data mining[J]. *Journal of Global Information Management*, 2024, 32(1): 1-22.
- [127] 徐选华, 肖婷, 陈晓红. 社会网络环境下基于群智知识融合的大群体应急决策共识模型[J]. *中国管理科学*, 2024, 32(2): 285-297.
(Xu X H, Xiao T, Chen X H. A consensus model for large-group emergency decision-making based on group wisdomfusion under social network environment[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2024, 32(2): 285-297.)
- [128] 陈兆芳, 黄鹏城, 黄文翰. 社会网络环境下双驱动DEMATEL的群智知识融合应急决策方法[J]. *安全与环境学报*, 2024, 24(6): 2336-2347.
(Chen Z F, Huang P C, Huang W H. Group intelligence fusion emergency decision-making method with dualdriven DEMATEL in a social network environment[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2024, 24(6): 2336-2347.)
- [129] Xu X H, Yang X, Chen X H, et al. Large group two-stage risk emergency decision-making method based on big data analysis of social media[J]. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 2019, 36(3): 2645-2659.
- [130] Xu X H, Wang L L, Chen X H, et al. Large group emergency decision-making method with linguistic risk appetites based on criteria mining[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2019, 182: 104849.
- [131] Cao J, Xu X H, Yin X P, et al. A risky large group emergency decision-making method based on topic sentiment analysis[J]. *Expert Systems with Applications*, 2022, 195: 116527.
- [132] 徐选华, 朱昱承. 数据驱动的大群体应急决策公众专家动态协同方法[J]. *系统工程与电子技术*, 2023, 45(12): 3875-3886.
(Xu X H, Zhu Y C. Data driven dynamic collaborative method of public and experts in large group emergency decision-making[J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2023, 45(12): 3875-3886.)
- [133] Dixit C, Satapathy S M. Deep CNN with late fusion for real time multimodal emotion recognition[J]. *Expert Systems with Applications*, 2024, 240: 122579.
- [134] Islam M S, Kabir M N, Ghani N A, et al. "Challenges and future in deep learning for sentiment analysis: A comprehensive review and a proposed novel hybrid approach" [J]. *Artificial Intelligence Review*, 2024, 57(3): 62.
- [135] Rasappan P, Premkumar M, Sinha G, et al. Transforming sentiment analysis for e-commerce product reviews: Hybrid deep learning model with an innovative term weighting and feature selection[J]. *Information Processing & Management*, 2024, 61(3): 103654.
- [136] 徐选华, 黄丽. 基于复杂网络的大群体应急决策专家意见与信任信息融合方法及应用[J]. *数据分析与知识发现*, 2022, 6(Z1): 348-363.
(Xu X H, Huang L. Trust information fusion and expert opinion for large group emergency decision-making based on complex network[J]. *Data Analysis and Knowledge Discovery*, 2022, 6(Z1): 348-363.)
- [137] Wan Q F, Xu X H, Chen X H, et al. A two-stage optimization model for large-scale group decision-making in disaster management: Minimizing Group conflict and maximizing individual satisfaction[J]. *Group Decision and Negotiation*, 2020, 29(5): 901-921.
- [138] 徐选华, 周鋈洁. 应急环境下双重大规模行为主体知识融合方法及在方案排序中的应用[J]. *控制与决策*, 2024, 39(5): 1675-1686.
(Xu X H, Zhou J J. Knowledge fusion method and application in alternative sorting of dual large-scale behavior agents under emergency environments[J]. *Control and Decision*, 2024, 39(5): 1675-1686.)
- [139] 胡英杰, 朱建军. 考虑量子干涉的信任网络群体共识决策方法[J]. *控制与决策*, 2024, 39(12): 4007-4016.
(Hu Y J, Zhu J J. Group consensus decision-making

method for trust networks considering quantum interference[J]. Control and Decision, 2024, 39(12): 4007-4016.)

作者简介

徐泽水 (1968-), 男, 教授, 博士, 博士生导师, 主要研究方向为智能决策、数智融合、模糊系统与优化算法, E-mail: xuzeshui@263.net;

程晓婷 (1996-), 女, 博士生, 主要研究方向为大群体决策、情感分析、应急决策方法, E-mail: xt_6110@163.com;

缙迅杰 (1989-), 男, 副研究员, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为智能决策、应急管理, E-mail: gouxunjie@scu.edu.cn.

科研团队简介

徐泽水教授科研团队立足于四川大学商学院, 长期专注于决策科学领域, 一直倡导将前沿性应用基础研究成果与国民经济发展和国家重大需求紧密相连. 团队自成立以来, 在信息融合理论与方法、复杂决策理论、数据处理技术等方面取得了一系列开创性的研究成果, 并成功应用于军事领域复杂问题的建模与决策、我国战略能源通道风险评估与突发事件应急响应、大数据驱动的医疗管理等实际问题, 团队在培育优秀人才、建设科研文化、拓展国际视野、开拓创新精神等方面也取得了丰厚的成果和实践经验.

课题组负责人徐泽水教授是四川大学讲席教授、欧洲科学院院士、欧洲科学与艺术院院士、国际系统与控制科学院院士、国际工程技术协会 (IETI) 杰出会士、国际电气与电子工程师协会 (IEEE)、国际模糊系统协会 (IFSA) 等 11 个国际权威协会会员 (Fellow)、教育部重要人才计划入选者、国家杰出青年科学基金获得者、国家百千万人才工程人选、国家有突出贡献中青年专家、享受国务院特殊津贴专家等. 2021 年 ~ 2024 年全球前 2% 顶尖科学家终身科学影响力榜单均位居前 200 名 (人工智能领域全球排名第 6 位, 中国学者中位居第 1 位); 2024 年全球顶尖计算机科学家排名第 50 位. 曾获首届汤森路透中国引文桂冠奖 (计算机科学、工程学)、第九届 IETI 年度科学奖、第十届中国青年科技奖、教育部自然科学奖 (一等奖 2 项、二等奖 2 项) 等. 担任 IEEE Transactions on Cybernetics、IEEE Transactions on Fuzzy Systems、Information Sciences、Information Fusion、Artificial Intelligence Review、Applied Soft Computing 等 30 余种 SSCI/SCI 期刊副主编或编委. 研究团队承担了国家杰出青年科学基金项目、国家自然科学基金重点项目、国家社会科学基金重大项目、国家自然科学基金面上项目、四川省软科学计划项目等 40 余项, 由 Springer 出版英文专著 23 部, 在 Nature 子刊、IEEE/ACM Transactions 和 Transportation Research 系列期刊、Pattern Recognition、Energy Economics、Tourism Management、Omega 等国际高水平期刊发表论文 1 000 余篇, 论著被引 10 万余次, H 指数 160.