

# 多源数据融合的公共区域应急管理与人工智能决策研究

袁江胜

湖南师范大学 湖南长沙 410001

**摘要:** 随着城市化进程的加速和社会结构的复杂化,公共区域的突发事件呈现出频发、多样和复杂的特征,给应急管理体系提出了更高的要求。多源数据融合技术在应急管理中具有天然优势,它能够整合来自视频监控、物联网传感器、社交媒体以及地理信息系统等多渠道的数据资源,为人工智能决策提供更为准确的依据。本文在梳理国内外应急管理发展现状的基础上,系统分析了多源数据融合在公共区域应急管理中的应用价值与挑战,探讨了人工智能驱动的决策支持方法,并构建了“感知—融合—预测—决策—反馈”的整体框架。研究表明,多源数据融合与人工智能技术的深度结合不仅能够提升突发事件的预警精度和处置效率,还能优化资源调配与社会协同机制,为构建韧性城市和智能治理体系提供重要支撑。

**关键词:** 多源数据融合;公共区域;应急管理;人工智能决策;韧性城市

## 引言

公共区域作为人口高度密集、活动高度频繁的空间,是突发事件发生的高风险场所。地铁站、商业综合体、体育场馆以及城市广场等区域往往聚集大量人流,一旦发生火灾、踩踏、暴力袭击或自然灾害,将极易引发连锁反应,造成严重的人员伤亡与社会恐慌。传统应急管理依赖人工经验与单一数据源,难以应对事件的复杂性与快速演化。随着信息技术的发展,物联网、视频监控、无人机、社交媒体以及地理信息系统为应急管理提供了多维度数据来源。本文拟以“多源数据融合—人工智能决策”为主线,探讨如何通过技术与机制创新,提升公共区域应急管理的前瞻性与有效性。

## 一、公共区域应急管理的理论基础

### 1. 公共区域应急管理的内涵与特征

公共区域应急管理是现代社会治理体系的重要组成部分,其核心任务是通过科学的制度设计与技术手段,预防、应对并恢复公共空间内可能发生的各类突发事件。公共区域的范围通常包括地铁站、机场、商业综合体、体育馆、广场、公园等人口高度聚集的场所,这些区域由于空间封闭性强、流量大、活动密集,往往成为风险事件的易发区和重点防控对象。

应急管理的内涵可以从“全过程”和“全要素”两个角度理解。从全过程看,它不仅涉及事件发生后的快速响应与处置,还包括事前的风险识别与预防、事中的

监测与调度、事后的恢复与改进,构成了一个动态循环的闭环体系。从全要素看,应急管理不仅依赖政府部门的指挥与协调,还需要社会组织、企业、公众以及媒体等多方力量共同参与。公共区域应急管理的特征主要体现在以下几个方面:其一是突发性和不确定性。事件往往在缺乏预兆的情况下发生,类型多样、演变复杂,给预测和准备带来极大挑战;其二是高时效性。应急处置必须争分夺秒,延迟响应可能导致损失成倍放大;其三是多部门关联性。事件的发生和处置涉及公安、消防、医疗、交通、城管等多个部门,若缺乏协同,极易形成“信息孤岛”;其四是高风险性。公共区域事件的影响不仅局限于局部人群,还可能通过舆情扩散、交通瘫痪等方式影响更广泛范围的社会秩序。

### 2. 公共区域应急管理的理论基础

公共区域应急管理的理论支撑主要包括风险管理理论、复杂系统理论与韧性城市理论。风险管理理论认为,风险是客观存在的,管理的目标在于通过风险识别、风险评估与风险控制,将不可避免的损害降低到可接受范围内。在公共区域中,风险管理的核心是提前识别潜在威胁,如火灾、恐怖袭击、自然灾害等,并通过预防性措施减少其发生概率或降低其危害程度。复杂系统理论强调,公共区域应急管理是一个多主体、多要素交互作用的复杂系统。事件的演化过程往往呈现非线性、突变性和不可预测性,管理者需要利用系统思维来理解各要素之间的耦合关系,从而提高整体响应效率。韧性城市

理论则进一步提出，在面对突发事件时，城市及其公共区域应具备抵御冲击、快速恢复乃至自我进化的能力。韧性不仅意味着硬件设施的坚固，更包括社会网络的互助、管理机制的灵活以及技术体系的支撑。该理论为构建智能化、可持续的应急管理体系提供了方向。

### 3. 国内外发展现状比较

从国际视角来看，发达国家在公共区域应急管理方面起步较早，注重制度建设与技术创新的结合。以美国为例，其联邦紧急事务管理局（FEMA）建立了覆盖联邦、州和地方的多层级应急体系，并通过引入GIS、卫星遥感和人工智能算法开展灾害风险预测与资源调配。在欧洲，许多国家注重通过社会参与和跨国协作提升区域整体的抗灾与应急能力。例如，欧盟框架下形成了成员国间的信息共享平台，在恐怖袭击、跨境灾害等情境下能够实现快速联动。

相比之下，我国的公共区域应急管理虽然起步较晚，但发展迅速。近年来，随着智慧城市和数字政府建设的推进，北京、上海、深圳等地相继建立了基于大数据的应急指挥中心，将视频监控、气象预报、地理信息和社交媒体数据集成到统一平台，实现了初步的多源数据融合与可视化展示。在制度层面，我国通过《突发事件应对法》《国家综合防灾减灾规划》等法律法规，为应急管理体系的运行提供了法律依据。然而，目前仍存在以下问题：数据标准不统一，导致跨部门共享受限；信息孤岛现象严重，难以形成全局性判断；人工智能等新兴技术在应急决策中的应用尚处于探索阶段，缺乏成熟的实践案例。

## 二、多源数据融合的技术体系与应用模式

### 1. 多源数据的价值与融合必要性

公共区域的突发事件往往伴随高度的不确定性与复杂性，单一来源的数据难以满足实时监测与综合研判的需求。例如，仅依赖视频监控，难以捕捉到火源温度、空气质量等环境信息；仅依赖传感器，又可能忽视人群心理与行为特征。单一数据维度极易造成判断片面，继而影响决策的科学性与资源调度的及时性。在此背景下，多源数据融合成为提升应急管理能力的必然选择。其根本价值在于跨模态整合：通过将环境与基础设施数据、视觉与空间数据以及社会行为与舆情数据有机结合，实现对物理层、空间层与社会层的全景化感知。环境与基础设施数据，如温度、湿度、烟雾浓度、震动强度等，具有实时性强、可量化的优势，能敏锐反映物理环境的

变化；视觉与空间数据，包括视频监控、无人机航拍、GIS地图等，能在宏观尺度上反映人群密度与空间分布，为疏散路径与风险范围判定提供依据；社会行为与舆情数据，则来自社交媒体与公众自发上报，能够揭示事件的苗头与舆论走向，是官方监测的有力补充。

三类数据的协同不仅能够相互印证、消除偏差，还能实现多层次风险识别。例如，在大型商圈火灾事件中，传感器数据可快速定位火源位置，视频监控可实时反映人群拥堵情况，社交媒体可揭示公众恐慌情绪。三类信息的整合为应急部门提供了立体化态势图景，使得预警更为精准，处置更具前瞻性。由此可见，多源数据融合不仅是技术选择，更是公共区域应急管理现代化的制度性需求。

### 2. 多源数据融合的技术体系与应用模式

多源数据融合并非简单的数据叠加，而是一个由预处理—特征表示—融合建模—实时计算构成的系统工程。第一是数据预处理阶段。不同来源的数据在格式、采样频率、完整性等方面存在差异，必须经过清洗、去噪与时空对齐。例如，需将社交媒体文本与视频监控时间戳统一，以保证多模态信息在时间维度上的可比性。第二是特征表示阶段。通过深度学习方法对数据进行特征提取与表征转换，使异构数据能够进入同一分析空间。卷积神经网络（CNN）能够提取视频中的关键图像特征，预训练语言模型（如BERT）能够捕捉文本中的语义信息，而图神经网络（GNN）则可揭示空间拓扑关系。经由表示学习处理后，不同模态的数据被映射为统一的特征向量，便于后续融合。第三是融合建模阶段。这是多源数据融合的核心。传统方法多基于统计学原理，如贝叶斯推断、卡尔曼滤波，能够在概率框架下处理不确定性。然而，公共区域事件的复杂性决定了更高效的方法需求。近年来，多模态深度学习成为主流，如基于注意力机制的跨模态对齐网络，可以动态捕捉不同数据源之间的相关性，增强模型对复杂态势的解释能力。最后是实时计算阶段。公共区域应急管理强调“争分夺秒”，因此需要在架构上引入边缘计算与云端协同。边缘节点靠近数据源，能够在毫秒级别完成初步分析，快速触发预警；云端平台则负责全局调度，整合多地数据进行宏观决策。这种“边—云”协同模式既保证了实时性，又兼顾了全局性。

在应用模式方面，多源数据融合主要呈现三类典型场景：其一是态势感知，通过整合多模态信息绘制全局

风险图,实现动态监测与预警;其二是风险评估,利用历史案例与实时数据构建量化模型,对灾害概率与影响范围进行科学预测;其三是资源调度,在突发事件发生时,融合交通、医疗与人群数据,人工智能模型可计算最优疏散路径与救援方案。以深圳地铁为例,其智慧安防平台就通过融合客流、视频与传感器信息,实现了超前预警与高效调度,为多源数据融合的应用提供了现实参考。

### 三、多源数据融合与人工智能在公共区域应急管理中的融合路径

#### 1. 融合应用框架设计

多源数据融合与人工智能决策在公共区域应急管理中的结合,并非简单的技术叠加,而是一个由感知、融合、预测、决策与反馈组成的闭环体系。其核心目标是通过数据的全景化整合和智能化分析,形成“从信息到知识、从知识到行动”的管理链条。

在感知层,大量分布式传感器、视频监控、社交媒体接口与GIS平台共同构建实时数据采集网络,确保突发事件能够被迅速捕捉。在融合层,异构数据经过清洗、对齐与特征提取后,利用多模态深度学习与图神经网络进行整合,从而形成统一的态势认知图。预测层则借助机器学习与模拟推演算法,对事件的演化趋势进行建模,如火灾蔓延速度、交通拥堵扩散路径或舆情波动走势。在决策层,人工智能算法结合历史案例库与应急预案库,生成多套优化方案供指挥部门选择。这一层强调多目标权衡,如在疏散方案中既要最小化人员伤亡,又要考虑交通与医疗资源的可用性。最后,反馈层则通过实时监控与执行评估,将处置效果反哺至系统,形成动态优化。

这一框架的优势在于,它不仅能提高事件感知的广度与精度,还能缩短从信息采集到行动部署的链路,显著提升应急管理的响应速度与科学性。

#### 2. 实践路径与保障措施

要推动上述融合框架在公共区域落地,需从技术、机制、法律和人才四个维度进行系统性设计。首先是数据标准化与共享机制。应制定统一的数据接口与传输协议,推动跨部门、跨平台的信息互通。例如,交通、公安与医疗系统的数据若能实现实时共享,就能显著提升应急调度的精准度。其次是智能平台建设。通过云一边协同架构构建一体化平台,实现本地快速计算与全局综

合决策的结合。在火灾、洪涝等突发场景中,边缘节点可立即完成初步预警,而云端平台则进行全局资源调度。

#### 3. 多部门协同与社会参与

公共区域应急管理不仅依赖政府部门,还需要社区组织、企业和公众的协作。例如,在大型商圈或体育场馆的应急演练中,应将商户、志愿者和公众纳入协同网络,实现“专业救援+社会自救”的双轨运行。第四是法律与伦理保障。在数据大规模采集与应用过程中,必须明确隐私保护边界与使用规范,确保应急管理既高效又合法。应逐步建立数据安全审查制度,明确人工智能决策的责任归属,防止因“算法黑箱”引发信任危机。最后是人才与科研支撑。应培养既懂人工智能又懂应急管理的复合型人才,同时推动跨学科研究平台建设。通过联合高校、科研机构与企业,形成产学研一体化创新链条,保障技术体系的持续优化。

#### 结论

多源数据融合与人工智能决策的结合为公共区域应急管理提供了新的技术路径与治理范式。通过打破数据孤岛,实现跨平台信息融合,并依托人工智能算法进行智能预测与优化决策,可以有效提升公共区域突发事件的预警能力与处置水平。尽管当前仍面临技术、制度与伦理挑战,但随着数字孪生、边缘计算与生成式人工智能等新兴技术的不断成熟,公共区域应急管理正迈向更加智能化、科学化与韧性化的未来。本文的研究不仅为相关学术探讨提供理论框架,也为政府部门与实践机构推动智慧应急管理体系建设提供参考。

#### 参考文献

- [1] 闫绪娴, 阮嘉璐, 苗敬毅, 等. 多源数据融合的城市区域型消防风险分布特征研究——以太原都市圈所在区域为例[J]. 灾害学, 2022, 37(1): 112-119. DOI: 10.3969/j.issn.1000-811X.2022.01.020.
- [2] 邢永, 徐立格. 公共卫生服务管理的研究进展及发展策略[J]. 中国卫生产业, 2025, 22(13): 250-253. DOI: 10.16659/j.cnki.1672-5654.2025.13.250.
- [3] 张新, 林晖, 王劲峰, 等. 中国数字化公共卫生应急管理体系建设的科技策略建议[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(5): 633-639. DOI: 10.13203/j.whugis20200151.