

供需协调视角下城市应急救援可达性评估 ——以郑州“7·20”特大暴雨为例

干靓^{1,2}, 凌云^{1,2}, 李健³

(1. 同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092; 2. 自然资源部国土空间智能规划技术重点实验室, 上海 200092; 3. 同济大学交通学院, 上海 201804)

摘要: 日益频繁的特大暴雨对城市造成愈加严重的影响, 亟须关注应急救援需求的变化特征以及与之对应的应急救援可达性水平, 以此提升城市应急救援的动态响应能力。以郑州市中心城区为例, 通过社交媒体数据识别求救点和道路阻碍点, 分析“7·20”特大暴雨背景下应急救援需求的时空分布特征。基于供需协调的视角, 利用高斯两步移动搜寻法评估城市应急救援可达性。研究结果表明, 应急救援需求具有动态集聚分布特征, 同时应急救援可达性存在供需错位。最后, 从完善应急救援通道网络、建立应急救援可达性智能评估平台、优化应急救援资源的空间布局三方面提出优化策略。

关键词: 韧性交通; 应急救援可达性; 供需协调; 特大暴雨; 高斯两步移动搜寻法; 郑州市

Evaluating Urban Emergency Rescue Accessibility from a Supply-Demand Coordination Perspective: A Case Study of the July 20, 2021 Torrential Rainstorm in Zhengzhou

GAN Jing^{1,2}, LING Yun^{1,2}, LI Jian³

(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Key Laboratory of Spatial Intelligent Planning Technology, Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China, Shanghai 200092, China; 3. College of Transportation Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: Increasingly frequent torrential rainstorms have progressively severe impacts on cities, necessitating urgent attention to the evolving characteristics of emergency rescue demand and the corresponding level of emergency rescue accessibility, so as to enhance the dynamic response capability of urban emergency rescue. Taking the central urban area of Zhengzhou as an example, this paper uses social media data to identify rescue request points and road blockage points and analyzes the spatiotemporal distribution features of emergency rescue demand during the July 20, 2021 torrential rainstorm. From a supply-demand coordination perspective, the paper employs the Gaussian Two-Step Floating Catchment Area method to evaluate urban emergency rescue accessibility. The results show that emergency rescue demand exhibits dynamic concentration patterns, while the rescue accessibility demonstrates a mismatch between supply and demand. Finally, optimization strategies are proposed from three perspectives, including improving emergency rescue corridor networks, establishing an intelligent accessibility evaluation platform, and optimizing the spatial arrangement of emergency rescue resources.

Keywords: resilient transportation; emergency rescue accessibility; supply-demand coordination; torrential rainstorm; Gaussian Two-Step Floating Catchment Area method; Zhengzhou

收稿日期: 2023-10-13

基金项目: 科技部国家重点研发计划项目“国土空间多要素协同机理与系统调控理论方法体系”(2022YFC3800801)、德国环境部国际气候保护倡议(International Climate Initiative, IKI)基金项目“Urban-Act: 应对气候变化背景下低碳和韧性城市国土空间规划综合行动”(81294157)、中央高校基本科研业务费专项资金项目“应对极端气候灾害的韧性城市交通规划理论与方法”(2022-5-YB-02)

作者简介: 干靓(1979—), 女, 上海人, 博士, 副教授, 博士生导师, 研究方向为城市生态规划、应对气候变化的低碳与韧性城市, 电子邮箱jinggan@tongji.edu.cn。

通信作者: 李健(1983—), 男, 河南项城人, 博士, 副教授, 博士生导师, 研究方向为综合交通系统韧性与应急管理, 数据挖掘与人工智能, 优化理论与方法, 电子邮箱jianli@tongji.edu.cn。

0 引言

在全球气候变化背景下,特大暴雨、超强台风、极端高温等超预期气候灾害事件频发,对城市造成严重影响。面对复杂性和不确定性日益增加的气候灾害扰动^[1],亟须提升应急救援的动态响应能力。应急救援需要在灾害发生后迅速发挥作用,且具有较强的时效性。传统的应急救援设施布局通常根据服务半径和服务区面积进行均衡配置,例如《城市消防站建设标准》(建标152—2017)规定消防站点按照“接到出动指示后5分钟到达辖区边缘进行布局”^[2]。然而,由于城市空间要素具有空间聚集、功能混合、动态变化等特征,而突发灾害时人口的动态聚集会形成需求梯度差异,现有的空间布局模式可能导致应急救援需求高聚集区救援不及时,并因信息不对称导致应急救援的时效性无法平衡^[3]。因此,应急救援的动态响应更需要关注供需协调问题,即在实际灾害场景下根据需求变化对应急救援需求方投送必要资源的能力。

可达性是评估各类公共服务设施资源投送能力的主要指标^[4-5],也可作为衡量应急救援响应能力的重要指标^[6]。从供需协调视角来看,应急救援可达性既需要关注应急救援力量在一定时间内所能到达的空间范围,即应急救援资源的投送能力;又需要关注应急救援需求的动态变化特征,即应急救援在灾害发生周期中不同时段的实际需求量。因此,应急救援可达性的内涵可概括为应急救援力量在一定时间内根据救援需求变化为需求方提供足够的服务。应急救援可达性既有研究多采用高斯两步移动搜寻法对应急救援设施的可达范围进行测度^[6-9],李睿等^[6]对上海市中心城区消防服务在百年一遇暴雨情境不同时段的应急救援可达性进行评估;D. Green等^[7]对英国莱斯特郡(Leicester)消防和医疗救护在二十年一遇、百年一遇和千年一遇情境下的应急救援可达性进行研究。既有研究中通常将日常人口密集区或暴雨内涝高脆弱区作为应急救援需求所在位置进行情景分析,对于灾害实际发生时应急救援需求的位置和数量变化特征缺少关注,导致应急救援可达性难以精准匹配应急救援的现实需求,造成空间上供需错位。

近年来随着移动互联网的广泛应用,社交媒体成为灾情信息发布的重要渠道,越来

越多的学者尝试利用社交媒体数据进行灾情态势分析^[10-13],这也为应急救援需求动态变化特征分析提供了重要数据来源。社交媒体数据包含较为全面的灾害信息,包括求助内容、紧急程度、地理位置信息等内容^[14],能够有效地进行灾情特征感知^[15-16]。通过对社交媒体数据中求救信息的识别能够更准确地分析救援需求的时空特征。鉴于此,本文以郑州“7·20”特大暴雨为例,基于社交媒体数据分析应急救援需求特征,从供需协调的视角评估应急救援可达性,并提出增强城市应急响应能力的优化策略,为在特大暴雨背景下构建高效能的城市应急救援体系提供参考。

1 案例选取与数据来源

本文以2021年郑州“7·20”特大暴雨为例,探讨应急救援可达性方面的实践应用。考虑到主要受灾区域和数据的有限性,本文将研究范围确定为郑州市中心城区,包括二七区、金水区、中原区、管城区和惠济区5个区。

消防救援队伍是应急救援力量的主体,《“十四五”国家消防工作规划》中对应急救援提出提高全灾种和极端条件下的应急救援能力,充分运用物联网和现代信息技术,推进数字化、可视化、智能化预案建设等要求^[17]。在极端气候灾害发生时,消防救援力量往往承担搜救、人员转移等职责,并与其他防灾减灾相关部门形成合力,共同保障城市和居民的安全。根据《郑州市人民政府办公厅关于印发郑州市气象灾害应急预案

表1 研究数据来源

Tab.1 Data sources

数据类型	来源
求救点数据	获取2021年7月21—28日 ¹⁾ 微博求助信息,通过识别文本中的地址信息确定其空间地理位置 ²⁾
道路阻碍点数据	通过微博“郑州交警”收集“7·20”特大暴雨造成的城市内涝点、道路塌陷点、道路隐患点,以及交通管制路段的点位信息
消防站点位置数据	通过高德地图和百度地图查询确定消防站点位置
人口分布数据	WorldPop网站(https://hub.worldpop.org/)公布的2020年人口分布数据
道路网络数据	OpenStreetMap网站(https://www.openstreetmap.org/)

1) 虽然郑州“7·20”特大暴雨已于2021年7月21日结束,但由此造成的城市内涝、道路系统失效等次生灾害却持续一周左右,因此应急救援工作一直在持续进行;2) 灾害期间,城市受灾居民在微博上发布了包含求救内容和地址信息的求救信息,可以用来分析应急救援需求的时空分布特征。

的通知》(郑政办〔2022〕68号)要求,消防救援支队要根据应急响应指令,调动救援人员赴现场执行群众搜救任务,配合开展人员疏散转移等应急处置工作^[18]。因此,本文将消防救援队伍作为主要研究对象。

研究数据包括基于暴雨灾害期间微博数据识别出的求救点数据(共166条)和道路阻碍点数据(共175条)、消防站点位置数据(共51条)、人口分布数据和道路网络数据。具体数据来源见表1。

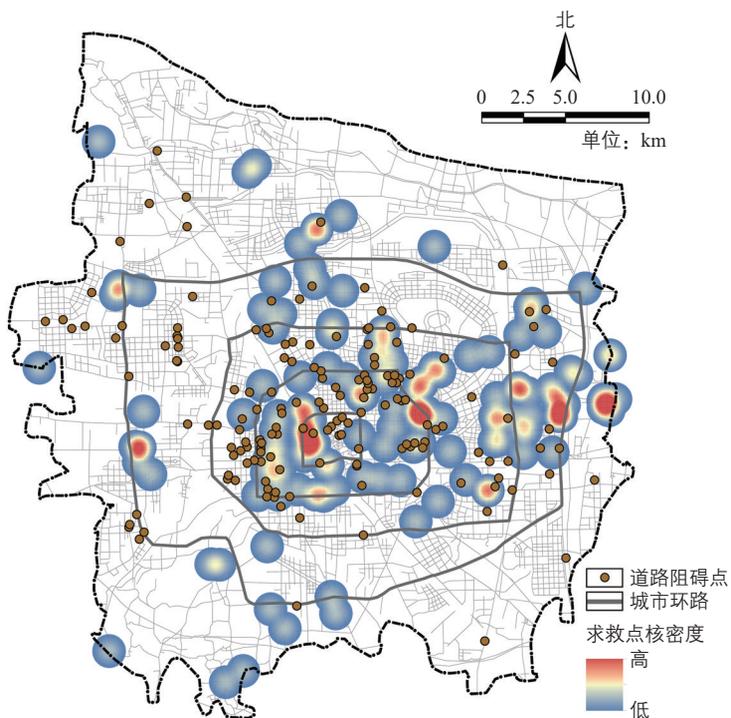


图1 郑州“7·20”特大暴雨期间求救点核密度及道路阻碍点空间分布
Fig.1 Kernel density of rescue request points and spatial distribution of road blockage points during the July 20, 2021 torrential rainstorm in Zhengzhou

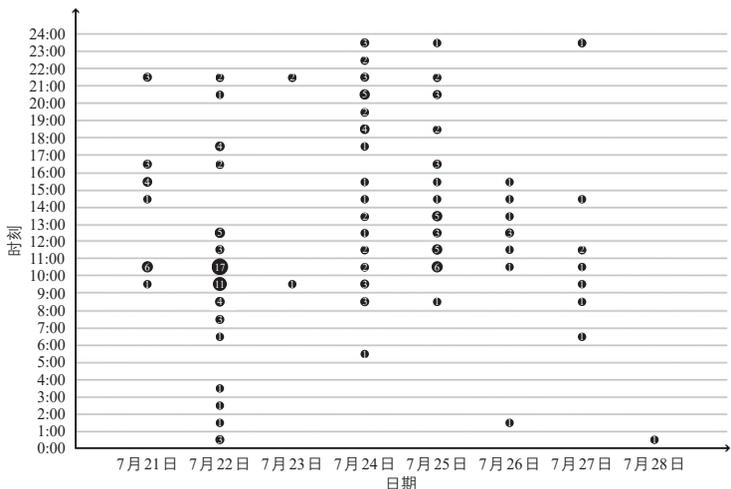


图2 郑州“7·20”特大暴雨期间求救信息数量分布
Fig.2 Volume distribution of rescue request information during the July 20, 2021 torrential rainstorm in Zhengzhou

2 研究方法步骤

在应急救援需求时空分布特征分析的基础上,采用高斯两步移动搜寻法对郑州“7·20”特大暴雨背景下的城市应急救援可达性进行评估。

1) 应急救援需求的时空分布特征分析。

整理城市受灾居民通过微博发布的求救信息,识别求救点和道路阻碍点的空间位置以及求救信息发布的时间。基于求救信息的发布时间和求救地点位置分析应急救援需求的时空分布特征。

2) 应急救援可达性评估。

从整体和求救高峰两个方面分析应急救援可达性,具体分析步骤如下。

① 基于 ArcGIS 中的网络分析工具(Network Analyst)建立 OD 成本矩阵,计算从各消防站点避开道路阻碍点到达求救点的救援距离,筛选出救援距离 ≤ 5 km 的救援路线。由于特大暴雨造成城市内涝,救援车辆行驶受阻,文献[6]的研究以 $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 作为救援车速,时间阈值设定为 10 min,即救援距离阈值为 5 km。

② 基于高斯方程计算现有消防站点的应急救援供需比,计算公式为:

$$R_i = \frac{S_i}{\sum_{d_{ij} \in [d_{ij} \leq d_0]} G(d_{ij}, d_0) P_j},$$

$$G(d_{ij}, d_0) = \begin{cases} e^{-\frac{(\frac{1}{2}) \times (\frac{d_{ij}}{d_0})^2} - e^{-\frac{(\frac{1}{2})}}}{1 - e^{-\frac{(\frac{1}{2})}}}}, & d_{ij} \leq d_0, \\ 0, & d_{ij} > d_0 \end{cases}$$

式中: R_i 为消防站点 i 的应急救援供需比,即应急救援供给量与救援需求总量的比值; S_i 为消防站点 i 的应急救援供给量,将消防车辆数作为应急救援供给量的指标; d_{ij} 为消防站点 i 到达求救点 j 的救援距离; d_0 为救援距离阈值(设置为 5 km); G 为高斯方程; P_j 为求救点 j 的潜在求救人口数,基于 WorldPop 网站发布的人口空间分布数据得到。

③ 根据每个消防站点的应急救援供需比再次运用高斯方程计算每个求救点的应急救援可达性,计算公式为:

$$A_k = \sum_{d_{ki} \in [d_{ki} \leq d_0]} G(d_{ki}, d_0) R_i,$$

$$G(d_{ki}, d_0) = \begin{cases} e^{-\frac{(\frac{1}{2}) \times (\frac{d_{ki}}{d_0})^2} - e^{-\frac{(\frac{1}{2})}}}{1 - e^{-\frac{(\frac{1}{2})}}}}, & d_{ki} \leq d_0, \\ 0, & d_{ki} > d_0 \end{cases}$$

式中： A_k 为求救点 k 的应急救援可达性； d_{kl} 为任意消防站点 l 到求救点 k 的救援距离； R_l 为消防站点 l 的应急救援供需比。

④ 采用反距离权重插值法 (Inverse Distance Weighted, IDW) 对各求救点的应急救援可达性进行空间插值, 得到中心城区应急救援可达性的空间分布。基于相似性随着距离增大而减小的原理, IDW 为距离近的数值点分配较大权重, 为距离远的数值点分配较小权重。该方法的原理与应急救援的特点相似, 即距离救援设施点近的求救点的应急救援可达性较高, 距离救援设施点远的求救点的应急救援可达性较低。因此, 利用 IDW 进行空间插值较为合理。

3) 应急救援可达性供需协调分析。

通过对比应急救援需求以及应急救援可达性的空间分布特征来分析应急救援的供需协调程度, 并基于供需协调程度的现状提出针对性建议。

3 结果与分析

3.1 应急救援需求特征

郑州“7·20”特大暴雨是近年来由极端天气事件引发的典型重大气象灾害。“7·20”特大暴雨发生后, 城市居民通过微博发布求救信息。由图1可以看出, 求救点主要集中于中心城区三环以内地区以及三环以外的东

部地区, 少量分布在西三环地区; 而道路阻碍点在三环以内地区分布最为密集, 且与求救点高密度区域相近, 阻碍点在三环以外地区则呈散状分布。由此可见, 三环以内地区以及三环以外的东部地区是受灾害影响最大的区域。

1) 时间分布。

求救时间呈现两个高峰时段, 7月22日为主高峰日, 7月24—25日为次高峰日。7月21—23日, 求救信息数量先上升后下降; 求救信息主要集中在7月22日, 且求救时间集中于9:00—11:00。7月23—28日, 求救信息数据先上升后下降; 求救信息主要集中于7月24日和25日, 且求救时间从8:00开始, 分布较为均匀(见图2)。

2) 空间分布。

求救主高峰日(7月22日)和次高峰日(7月24—25日)的求救点分布较为集中, 而其他日期的求救点则呈现散状分布的特征。主高峰日高峰时段(9:00—11:00)与非高峰时段的求救点分布特征趋同, 主要分布在三环以内地区以及三环以外的东部地区, 但高峰时段求救点分布范围较非高峰时段更广(见图3)。

3.2 应急救援可达性特征

3.2.1 整体应急救援可达性

整体应急救援可达性分析结果显示, 中心城区三环外围西北部地区和西南部地区的

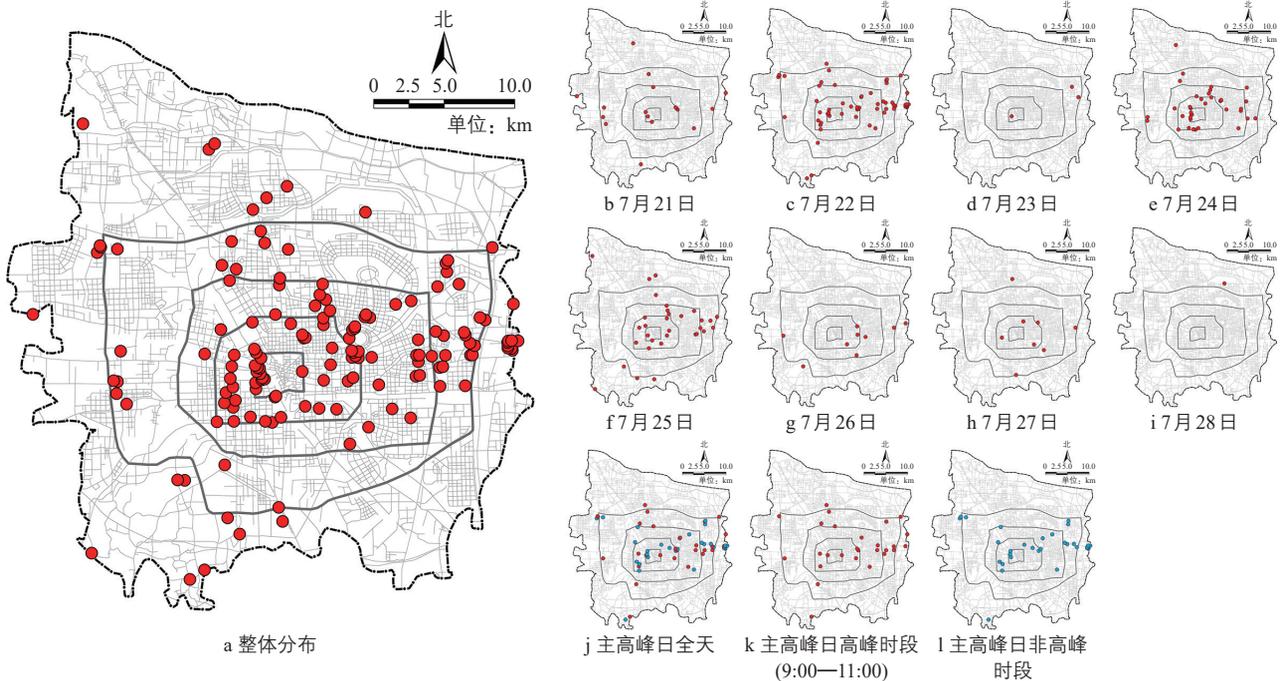


图3 郑州“7·20”特大暴雨期间求救信息空间分布

Fig.3 Spatial distribution of rescue request information during the July 20, 2021 torrential rainstorm in Zhengzhou

应急救援可达性较高，而三环以内地区的应急救援可达性偏低。消防站点的应急救援供需比呈现少量高值、普遍低值的特征。除了经南七路消防站的应急救援供需比大于4、高新区消防站的应急救援供需比大于3以外，其余消防站点的应急救援供需比均低

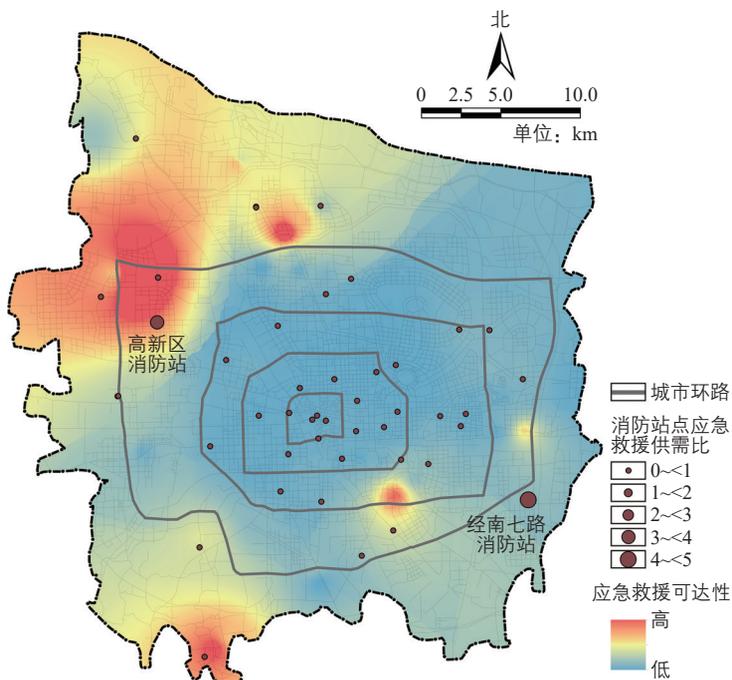


图4 郑州“7·20”特大暴雨整体应急救援可达性
Fig.4 Overall emergency rescue accessibility during the July 20, 2021 torrential rainstorm in Zhengzhou

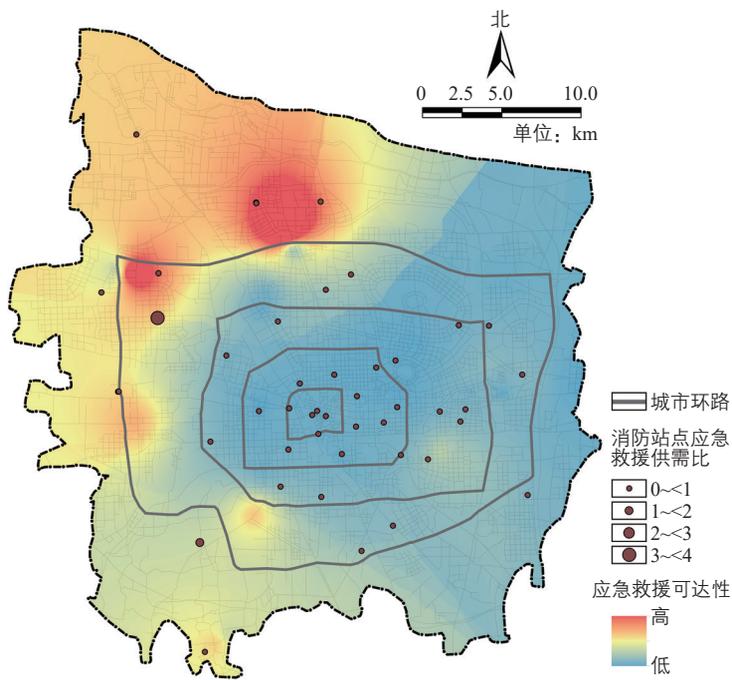


图5 郑州“7·20”特大暴雨求救主高峰日应急救援可达性
Fig.5 Emergency rescue accessibility on the peak day of rescue requests during the July 20, 2021 torrential rainstorm in Zhengzhou

于1(见图4)，这说明主城区内消防站点在特大暴雨背景下可能存在供给不足的问题。虽然消防救援力量能够满足预期程度内的灾害，但在超预期灾害所造成的应急救援需求急剧增加以及道路网络失效等影响下依然无法及时满足实际的应急救援需求。

3.2.2 求救高峰应急救援可达性

对求救主高峰日(7月22日)应急救援可达性进行分析，发现三环以外西北部地区的应急救援可达性最高；而求救点较为密集的三环以内的应急救援可达性普遍较低(见图5)。进一步对主高峰日高峰时段(9:00—11:00)的应急救援可达性进行分析，发现三环以外的西北部地区和西南部地区的应急救援可达性最高，此外，三环以内东部地区出现了单个应急救援可达性较高点；而二环以内地区及三环以外东部地区的应急救援可达性较低(见图6)。

3.3 应急救援可达性的供需协调

虽然中心城区道路网络较密，但由于暴雨造成的城市内涝、道路塌陷也多集中于城市三环以内地区。消防车辆想要抵达求救点必须重新规划线路，从而增加了救援力量到达难度。

现有消防设施按照《城市消防站建设标准》(建标 152—2017)相关要求配置，消防站点基于救援时间、防区面积等因素进行布局，因此空间分布相对均衡，能够满足设防标准内的应急救援需求。但是在特大暴雨情境下，城市内涝造成的道路通行能力下降以及救援需求增加都可能影响消防站点实际的应急救援可达性，导致应急救援供需失调。因此，应急救援可达性的供需协调不仅需要考虑消防站点的应急救援供给能力，还需要考虑不同灾害情境下应急救援需求变化特征以及道路网络的通行能力。

4 结论与建议

本文利用社交媒体数据对郑州“7·20”特大暴雨背景下应急救援需求的时空分布特征以及应急救援可达性进行分析和评估，主要结论如下。

1) 应急救援需求具有动态集聚分布特征。

时间分布方面，应急救援需求呈现明显的主高峰和次高峰；空间分布方面，应急救

援需求主要集中于三环以内地区。

2) 应急救援可达性存在供需错位。

特大暴雨对城市造成的危害日益严重,且特大暴雨背景下应急救援可达性存在供需错位现象。在三环以内地区,应急救援需求分布密集,但应急救援可达性较低;而在三环以外地区,应急救援需求分布较为稀疏,但应急救援可达性较高。

从以人为本的角度出发,基本公共服务的配置应最大限度地维持居民健康有序的生活状态^[19]。因此,本文从供需协调视角提出以下优化策略。

1) 完善应急救援通道网络。

道路网络的通行能力是影响应急救援可达性的重要因素。由极端气候灾害引发的城市内涝不仅会阻断居民的正常通行,还会造成最优救援路径失效,使得救援问题更趋复杂。因此,可根据应急救援可达性的评估结果完善应急通道网络并提高其防洪涝标准,作为灾时快速应急救援通道。

2) 建立应急救援可达性智能评估平台。

应急救援需求具有动态集聚特征,仅通过静态的应急救援设施规划难以满足复杂多变的应急救援需求。因此可结合“大智移云”(大数据、人工智能、移动互联网、云计算)技术建立应急救援可达性智能评估平台,整合包括社交媒体数据在内的多源灾情数据来识别求救信息和风险点信息,分析应急救援需求的时空变化特征及道路通行能力,动态评估应急救援可达性水平。同时将评估结果及时反馈至决策机构,帮助决策机构及时疏通受阻道路并统一调配各类应急救援力量。

3) 优化应急救援资源的空间布局。

优化应急救援可达性较低地区应急救援资源的空间布局。从郑州市案例研究中可以看到,人口流动和聚集密度较高的三环以内地区既是应急救援需求的高聚集区,也是应急救援可达性较低的地区。因此,在该地区可适当提高消防站点的密度,在大型消防站点配置受限的情况下,可配置灵活性较强的小型消防站点。

本文研究中纳入了社交媒体数据,为辨析更接近实际情况的求救内容、受灾地址等应急救援需求信息提供了有力支撑。未来研究中还可通过手机信令数据对受灾群体进行更精细的画像,弥补社交媒体数据用户覆盖

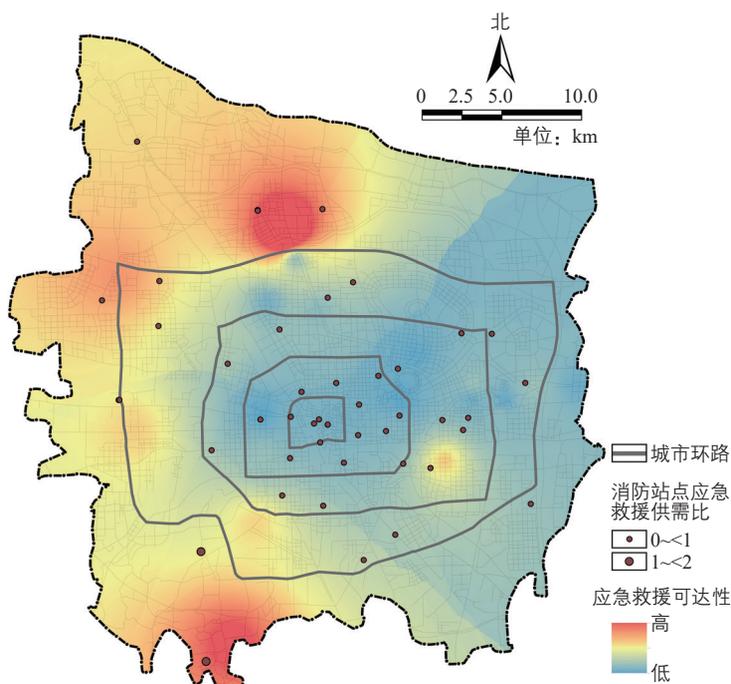


图6 郑州“7·20”特大暴雨求救主高峰日高峰时段应急救援可达性
Fig.6 Emergency rescue accessibility during peak hours on the peak day of the July 20, 2021 torrential rainstorm in Zhengzhou

面不全以及无法确定受灾人群规模等缺陷,为应急救援可达性研究提供更全面的数据支撑。

参考文献:

References:

- [1] SUN Q Y, LI X Y, YU F. Designing an emergency continuity plan for a megacity government: a conceptual framework for coping with natural catastrophes[J]. International journal of critical infrastructure protection, 2016, 13: 28-35.
- [2] 中华人民共和国公安部. 城市消防站建设标准: 建标 152—2017[S]. 北京: 中国计划出版社, 2017: 6-7.
- [3] HRISTIDIS V, CHEN S C, LI T, et al. Survey of data management and analysis in disaster situations[J]. Journal of systems and software, 2010, 83(10): 1701-1714.
- [4] 冯君明, 李翹, 孙悦昕, 等. 城市公共服务设施供需空间匹配研究: 以北京市回天地区为例[J]. 城市规划, 2023, 47(5): 75-85.
- FENG J M, LI C, SUN Y X, et al. Spatial matching between supply and demand of public service facilities: a case of Huilongguan-Tiantongyuan area in Beijing[J]. City planning review, 2023, 47(5): 75-85.

- [5] 宋正娜, 陈雯, 张桂香, 等. 公共服务设施空间可达性及其度量方法[J]. 地理科学进展, 2010, 29(10): 1217-1224.
SONG Z N, CHEN W, ZHANG G X. Spatial accessibility to public service facilities and its measurement approaches[J]. Progress in geography, 2010, 29(10): 1217-1224.
- [6] 李睿, 王军, 李梦雅. 暴雨内涝情景下城市消防服务可达性的精细化评估[J]. 地理科学进展, 2022, 41(1): 143-156.
LI R, WANG J, LI M Y. Fine-resolution evaluation of urban fire service accessibility under the impact of a 100-year pluvial flood[J]. Progress in geography, 2022, 41(1): 143-156.
- [7] GREEN D, YU D, PATTISON I, et al. City-scale accessibility of emergency responders operating during flood events[J]. Natural hazards and earth system sciences, 2017, 17(1): 1-16.
- [8] 经雅梦, 殷杰, 叶明武, 等. 河流洪涝对城市公共安全应急响应能力的影响研究: 以上海市外环以内中心城区为例[J]. 地理科学, 2018, 38(11): 1924-1932.
JING Y M, YIN J, YE M W, et al. Evaluating the impact of fluvial flooding on urban emergency response accessibility: a case study in the city center of Shanghai, China[J]. Scientia geographica sinica, 2018, 38(11): 1924-1932.
- [9] LI M Y, KWAN M P, CHEN J, et al. Measuring emergency medical service (EMS) accessibility with the effect of city dynamics in a 100-year pluvial flood scenario[J]. Cities, 2021, 117(1): 103314.
- [10] YUAN F X, LIU R. Feasibility study of using crowdsourcing to identify critical affected areas for rapid damage assessment: hurricane Matthew case study[J]. International journal of disaster risk reduction, 2018, 28: 758-767.
- [11] WU D S, CUI Y W. Disaster early warning and damage assessment analysis using social media data and geo-location information[J]. Decision support systems, 2018, 111: 48-59.
- [12] FANG J, HU J M, SHI X W, et al. Assessing disaster impacts and response using social media data in China: a case study of 2016 Wuhan rainstorm[J]. International journal of disaster risk reduction, 2019, 34: 275-282.
- [13] 王艳东, 李萌萌, 付小康, 等. 基于社交媒体共词网络的灾情发展态势探测方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(5): 691-698.
WANG Y D, LI M M, FU X K. A new method to detect the development situation of disasters based on social media co-word network[J]. Geomatics and information science of Wuhan university, 2020, 45(5): 691-698.
- [14] AKTER S, WAMBA S F. Big data and disaster management: a systematic review and agenda for future research[J]. Annals of operations research, 2019, 283(1-2): 939-959.
- [15] 王森, 肖渝, 黄群英, 等. 基于社交大数据挖掘的城市灾害分析: 纽约市桑迪飓风的案例[J]. 国际城市规划, 2018, 33(4): 84-92.
WANG S, XIAO Y, HUANG Q Y, et al. Research on urban disaster analysis based on the big data mining of social media: case study of hurricane Sandy in New York[J]. Urban planning international, 2018, 33(4): 84-92.
- [16] 梁春阳, 林广发, 张明锋, 等. 社交媒体数据对反映台风灾害时空分布的有效性研究[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(6): 807-816.
LIANG C Y, LIN G F, ZHANG M F, et al. Assessing the effectiveness of social media data in mapping the distribution of typhoon disasters[J]. Journal of geo-information science, 2018, 20(6): 807-816.
- [17] 国务院安全生产委员会. 国务院安全生产委员会关于印发《“十四五”国家消防工作规划》的通知(安委〔2022〕2号)[EB/OL]. (2022-04-14)[2023-03-21]. https://www.mem.gov.cn/gk/zfxgkpt/fdzdgnr/202204/t20220414_411713.shtml.
- [18] 郑州市人民政府办公厅. 郑州市人民政府办公厅关于印发郑州市气象灾害应急预案的通知(郑政办〔2022〕68号)[EB/OL]. (2022-07-05)[2023-03-28]. <http://public.zhengzhou.gov.cn/D0104X/6522840.jhtml>.
- [19] 颜文涛, 任婕, 张尚武, 等. 上海韧性城市规划: 关键议题、总体框架和规划策略[J]. 城市规划学刊, 2022(3): 19-28.
YAN W T, REN J, ZHANG S W, et al. Resilient urban planning in Shanghai: key issues, general framework, and planning strategies[J]. Urban planning forum, 2022(3): 19-28.