

突发事件下应急物资运输保障体系研究 现状及发展趋势

李晓明

陆军特色医学中心 军事交通伤防治研究室, 重庆 400042

DOI: 10.61369/SSSD.2025070026

摘 要 : 应急物资运输保障是突发事件应急处置体系中重要组成部分, 对减少突发事件爆发带来的损害、保障生命安全发挥着决定性的作用。本文围绕运输保障体系策略、运输路径优化两方面总结分析了近年来国内外的研究现状, 并且对目前应急物资运输存在的问题进行了剖析, 最后对应急物资运输保障体系的研究方向进行了展望。

关 键 词 : 突发事件; 应急物资; 运输保障; 保障体系

Present Situation and Development Trend of Emergency Material Transportation Support System under Emergencies

Li Xiaoming

Department of Military Traffic Medicine, Army Medical Center, Chongqing 400042

Abstract : Emergency materials transportation support is an important part of the emergency response system, which plays a decisive role in reducing the damage caused by the outbreak of emergencies and ensuring life safety. This paper summarizes and analyzes the research status at home and abroad in recent years, focusing on the strategy of transportation support system and transportation path optimization. Analyzes the existing problems in the current emergency materials transportation, and finally looks forward to the research direction of emergency materials transportation support system.

Keywords : emergencies; emergency supplies; transportation guarantee; guarantee system

引言

近年来, 世界各地突发事件层出不穷, 如自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件等。据统计, 2023年我国各种自然灾害共造成9544.4万人次不同程度受灾, 直接经济损失3454.5亿元。新形势下, 应急管理部门积极统筹推进应急物资保障体系建设, 开展有力、有序、有效的灾害事故抢险救援, 应急物资保障能力和水平得到了不断提升。作为应急保障体系的重要组成部分, 物资运输在各类突发事件中发挥着举足轻重的作用, 然而在处置过程中仍然暴露出应急运输系统运行不畅、物资断链现象严重等诸多不足。“十四五”国家应急体系规划强调: “加强区域统筹调配, 建立健全多部门联动、多方式协同、多主体参与的综合交通应急运输管理协调机制”^[1]。因此, 研究并构建高效有力的应急物资运输保障体系, 最大限度降低对国民经济和人民生活财产造成的危害迫在眉睫。

应急物资运输是突发事件救灾的重要保障, 如何快速解决救灾物资的运输, 实现物资的时间和空间需求, 是应急管理中的重要研究方向。应急物资运输具有紧急性、弱经济性、不确定性和资源有限等特点, 其遵循两大原则: 时间第一原则和动态运输原则。时间第一原则: 尽可能在最短时间内将所需物资运输至突发事件发生地; 动态运输原则: 突发事件随着时间的发展会呈现不同的状态, 对应的应急物资需求也会发生变化, 运输方案也需要随之做出动态调整^[2]。如何通过量化手段对运输问题进行构建和优化, 是亟待解决的关键科学问题。

一、运输保障体系策略

应急物资运输保障体系研究主要以时间和效率为目标, 针对不同约束条件下的运输问题开展研究工作, 如 Wex 等^[3]设计了一种集中决策支持模型, 通过优化调度算法和应急物资分配, 实现救灾时间最小化; Shahparvari 等^[4]针对应急物资运输路径的效率问题, 设计了考虑时间窗和不确定需求的车辆路由容错解决方案。国内学者如 Qin 等^[5]基于混合整数线性规划模型方法建立应急物资最优调度模型和应急物资配送的决策模型, 提高应急响应能力和资源利用

率; 盛虎宜等^[6]针对供应物资总时间最短的定位-路径问题优化模型, 分别设计混合免疫遗传算法和混合启发式算法进行求解。

目前, 应急资源保障体系往往涉及多目标、多约束、多应急点以及多种运输工具等方面的模型构建。如王付宇等^[7]采用易感者-潜伏者-传染者-隔离者模型 (Susceptible Exposed Infectious Removed, SEIR) 对疫情灾区的物资需求点和需求量进行计算, 建立了多目标分配模型 (成本、公平和满意度)。现有应急物资运输的研究多集中在静态资源配置问题, 或者以资源数量最少、救援时间最短、综合成本最低为目标, 忽略了应急运输

基金项目: 重庆市社会科学规划项目 (2022PY49)

保障是一个动态连续过程。若应急物资运输保障体系只考虑运输过程，会忽略接下来发生的不确定物资需求，造成应急物资运输效率低。因此，应急物资运输需要有大局观，在运输的同时考虑再调度方案，寻求一种动态调度策略。

二、应急物资运输路径优化

车辆路径优化是运输保障体系的难点，需要花费昂贵的时间成本才能获得问题的最优解，如何更快速地获得高质量的解成为该领域的研究重点。在路径规划研究中，早期主要通过 Dijkstara 算法、A* 算法和 Floyd 算法等；随着智能算法的发展，逐渐使用粒子群算法（Particle Swarm Optimization, PSO）、蚁群算法（Ant Colony Optimization, ACO）、遗传算法（Genetic Algorithm, GA）、模拟退火算法（Simulated Annealing, SA）等，与早期的算法相比，这些路径规划算法运算效率更高、寻优能力更强^[8,9]。如宋英华等^[10]从应急物资配送时间和驾驶员心理安全性的角度建立双目标优化模型，并采用适应度加权的 GA 算法求解，以期最大程度降低灾后物资运输成本和运输过程的安全性。Anuar 等^[11]提出一种基于 ACO 算法的多个车辆的路径规划，包括车辆路径规划和车辆协调，并采用随机运输策略和自适应路径修复方法的连续 ACO 算法来优化车辆路径，解决复杂、多维车辆路径问题。Guo 等^[12]基于 PSO 算法的路径规划方法，建立一种非线性多目标优化模型，通过单位时间获得最多任务地点的最优路径，但该方法存在路径搜索方向差、收敛速度慢等缺点。Su 等^[13,14]针对多目标（储存位置、需求位置、物资种类）建立分配与调度模型，提出基于二维非支配排序 GA 算法与 ACO 优化的混合智能搜索算法，GA 算法和逼近理想解排序法的分配算法。以上的算法各有优缺点，尽管在实际使用过程中得到不断地改进，但依然在较大规模问题时，出现算法陷入局部最优、运行效率低等问题，亟待从应急物资运输、调度路径等方面，提升或创新路径规划算法^[15]。

参考文献

- [1] 更好地统筹发展和安全国家应急能力体系－解读《“十四五”国家应急体系规划》[J]. 中国应急管理, 2022(02):12-15.
- [2] 房胜男, 王俊修. 面向全球突发事件的应急物资需求预测和调度研究综述 [J]. 中国安防, 2021(05):110-114.
- [3] Wex F, Schryen G, Feuerriegel S, et al. Emergency response in natural disaster management: Allocation and scheduling of rescue units[J]. European Journal of Operational Research, 2014, 235(3):697-708.
- [4] Shahparvari S, Abbasi B, Chhetri P. Possibilistic scheduling routing for short-notice bushfire emergency evacuation under uncertainties: An Australian case study[J]. Omega, 2017, 72: 96-117.
- [5] Qin Y, Ng Kam K.H, Hu H, et al. Post disaster adaptation management in airport: A coordination of runway and hangar resources for relief cargo transports[J]. Advanced Engineering Informatics, 2021, 50: 101403.
- [6] 盛虎宜, 刘长石, 鲁若愚. 震后初期应急物资短缺情景下的定位－路径问题研究 [J]. 运筹与管理, 2019, 28(06):41-47.
- [7] 王付宇, 汤涛, 李艳, 等. 疫情事件下多灾点应急资源最优配置研究 [J]. 复杂系统与复杂性科学, 2021, 18(01):53-62.
- [8] 李少波, 宋启松, 李志昂, 等. 遗传算法在机器人路径规划中的研究综述 [J]. 科学技术与工程, 2020, 20(2):423-431.
- [9] Elham S, Samane S, Saba S. Finally, which meta-heuristic algorithm is the best one?[J]. International Journal of Decision Sciences, Risk and Management, 2021, 10(1) 32-50.
- [10] 宋英华, 尹思杨, 杜丽敏. 基于加权遗传算法的双目标应急物资配送车辆路径优化决策模型 [J]. 安全与环境工程, 2020, 27(03):82-89.
- [11] Liu J, Anavatti S, Garratt M, et al. Modified continuous Ant Colony Optimisation for multiple Unmanned Ground Vehicle path planning[J]. Expert Systems with Applications, 2022, 196(15) 116605.
- [12] Guo X, Ji M, Zhao Z, et al. Global path planning and multi-objective path control for unmanned surface vehicle based on modified particle swarm optimization (PSO) algorithm[J]. Ocean Engineering, 2020, 216(5):1076-1083.
- [13] Su Z, Zhang G, Liu y, F Yue, et al. Multiple emergency resource allocation for concurrent incidents in natural disasters[J]. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2016, 17: 199-212.
- [14] Yang W, Xu K, Ma C, et al. A novel multi-objective optimization framework to allocate support funds for flash flood reduction based on multiple vulnerability assessment[J]. Journal of Hydrology, 2021, 603: 127144.
- [15] 周国平, 戴盼倩. 突发事件下应急物流研究综述——基于 CiteSpace 的知识图谱分析 [J]. 物流科技, 2024, 47(21):66-71.

三、应急物资运输存在的问题

突发事件发生后，管理部门通常通过多方面、多渠道决策应急物资配送调度方案，但在实际操作中制定的“最优方案”往往未能达到预期效果，其问题根源在于：一方面，有些应急事件可持续较长时间，其时间、空间和方式上会发生动态变化，灾情信息也随之演变。如台风往往伴随着风暴潮、暴雨、崩塌、滑坡、泥石流等次生灾害，地震可导致间歇性余震、突发性洪灾、持续性的滑坡等。由于应急事件的复杂演变使得运输保障过程更为复杂，面对大规模突发事件下多阶段、多物资、多运输方式、多车辆运输的物资保障，很难满足应急响应决策过程，导致运输应急保障与实际情况出现偏差。另一方面，应急事件下未能准确把握运输路网的性能表现，事件发生后可能会引发路网中局部路段失效，很难及时制定出真正意义上的最佳运输方案。因此，如何将实时事件信息与动态应急决策结合起来，依据实时更新的应急信息来实现应急决策动态调整，是目前应急保障急需解决的关键科学难题。

四、结语

应急物资运输保障体系研究已经逐渐呈现多学科交叉趋势，尝试将灾害学、交通工程学等多个领域的理论和技术结合，以期更好的服务日益迫切的应急运输需求。目前应急物资保障体系研究主要是从模型本身出发，或是考虑多应急配送中心、多目标等，或是考虑救援时效、运输成本等，对应急物资运输进行动态管理，将其运用到运输路径动态调整中的研究较少，而且在大部分研究中，需求点的位置信息是已知数据，考虑应急事件演变过程，运输保障中应急物资再调配的研究较少。因此，改善应急物资运输保障体系，寻求应急时间低、配置合理的应急动态调度方法，为加强应急物资运输保障体系建设提供理论支持和科学依据。