

突发事件应急物资筹集的支持网络及其协同优化策略研究

党宏倩 尚艳亮 刘佳

(石家庄铁路职业技术学院 石家庄 河北 050041)

[摘要]以突发事件应急物资筹集协同能力为目标,探索突发事件应急物资筹集支持网络构建与协同优化的理论与方法。本文通过基于“海量案例数据结构化表示—轴辐式应急物资筹集网络拓扑描述”的支持网络构建、筹集主体协同优化策略、轴辐式应急物资筹集网络适应性评价模型的研究,为突发事件应急物资筹集能力提升、协同应急机制优化提供理论支持。研究成果可应用于我国各级政府应急管理机构、应急决策部门及突发事件的应急实践之中,以期有效缩短突发事件应急救援时间,降低应急物资筹集成本,提高应急能力。

[关键词]突发事件; 应急物资筹集; 支持网络; 协同; 模型

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.06.564

0 引言

应急物资筹集问题是突发事件应急管理的重要内容,研究与突发事件应急物资筹集决策密切相关的问题,涉及突发事件应对的效果和应急绩效的提升^[1]。深入研究突发事件应急物资筹集的支持网络及其协同优化策略问题具有重要的理论价值和应用价值^[2-3]。

学术界针对突发事件应急物资筹集已开展了大量研究工作。关于应急协同的研究,国内外学者主要集中于三方面的研究,一是对应急协同基本理论的研究,部分学者认为应急协同是若干独立主体为消除分裂、缩小差距、减少不必要重复工作而形成的应急合作关系。一些学者认为应急协同是若干团队资源与活动被组织起来,确保任务在一定的时间内被结合、同步和完成的过程。二是对应急协同影响因素的研究,许多学者从目标实现、资源交换、信息沟通、知识共享等方面提出应急协同的影响因素二是对应急协同影响因素的研究,三是对应急协同优化研究。许晴等提出了基于联动部门协同的Multi-agent分布式群决策方法^[4]。

本文拟将计算机海量数据分析技术与应急管理决策理论结合起来,围绕突发事件应急物资筹集支持网络,提出系统的协同优化策略,研究结果将有助于推动应急管理智能决策系统的开发和建设,提高突发事件应急物资筹集的效率与效益。

1 研究难点与规划

1.1 研究难点分析

(1) 如何从海量案例数据中结构化表示案例间不同情景片段的知识元相似性是本文研究的难点。本文拟采用共性知识元模型,结合应急情景和突发事件演化理论,从海量案例数据结构化表示中描述案例情景划分和不同情景片段中的知识元实例间的相似度,寻找轴辐式突发事件应急物资筹集网络构建的机理,为运用拓扑理论和复杂网络构建原理描述不同应急阶段突发事件应急物资筹集支持网络的轴辐拓扑结构提供依据。

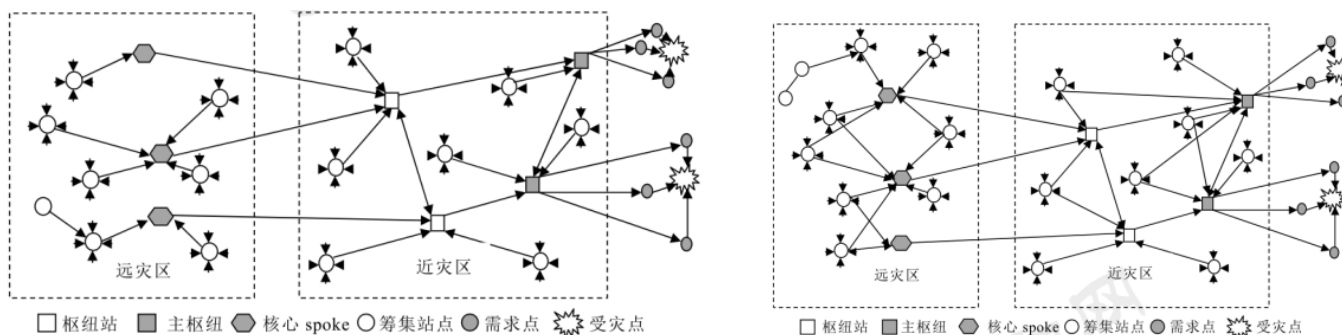
(2) 研究突发事件应急物资筹集支持网络的协同优化方法和开发突发事件应急物资筹集网络协同优化集成仿真是本文重点。在应急物资筹集过程中,探寻多方博弈主体的策略选择、集群行为的特征规律是研究的重点,本论文针对不同应急阶段的应急目标和主要任务转换,考虑及时情景下有无需求限制期、筹集时间的不确定性、筹集终止时间、载运工具的经济组合及轴辐网络的层级变换等因素,研究不同应急阶段的突发事件应急物资筹集机理及协同优化方法与策略,实现应急主体在应急物资筹集实现过程中主体的协同方法、需求点变动、枢纽节点调整、网络层级改变、网络覆盖范围变动等动态集成与模拟。

(3) 突发事件应急物资筹集支持网络的适应性评价模型及协同应急机制的建立是本文研究的难点。如何建立客观、科学的评价模型,对于考察和评价支持网络在过程中的适应性和运行的稳定性至关重要。该问题下一步可以通过问卷调查、案例和文献分析、实地调研和专家深度访谈等方法进行解决。

1.2 研究规划

(1) 理论研究规划。采用多目标动态规划、复杂适应系统理论、模糊补偿神经网络、最优终止准则、Markov随机决策过程等方法来分析和构建突发事件应急物资筹集支持网络的协同优化方法及策略;应用协同学、轴辐理论、博弈仿真等理论方法,构建突发事件应急物资筹集的动态支持网络和协同优化机制;从支持网络运行的有效协同、敏捷反应、经济高效等角度出发并结合4E理论,建立支持网络运行过程的适应性评价指标体系。

(2) 实证研究规划。通过典型案例数据采集,结合问卷调查、实地调研、专家深度访谈等方法,对事件数据进行统计、分析和归纳整理,提炼突发事件应急物资筹集网络协同优化能力的影响因素。结合突发事件案例,开展应急物资筹集支持网络协同优化集成仿真的实证研究和改进,并提供政策建议。



(a) 单(多)分配单层 Multi-hub

(b) 单(多)分配双层 Multi-hub

图1 应急物资筹集网络结构

(3) 建模仿真。采用系统动态学的建模方法和复杂系统多主体仿真软件Anylogic, 结合GPS技术, 开发突发事件应急物资筹集网络协同优化集成仿真模型。结合案例验证、专家深度访谈来测试和论证多主体协同优化政策的可行性, 进一步对支持网络进行改进和完善, 从而实现突发事件应急物资筹集协同应急机制的优化。

2 基于轴辐理论的突发事件应急物资筹集支持网络的构建

首先, 采用复杂网络的病毒传播机理, 引入连续时间变动下应急物资短缺的SI-SIRS模型来刻画应急物资短缺在突发事件应急物资筹集支持网络中传播行为和机理, 为轴辐式应急物资筹集支持网络的情景适应性变动提供依据; 其次, 依据突发事件不同阶段的应急特征和应急物资筹集任务, 对应急物资筹集支持网络的动员范围、枢纽层级及数量、响应站点及轴辐式网络结构的变动等, 依据突发事件的应急特征和应急物资筹集任务, 对应急物资筹集支持网络的动员范围、枢纽层级及数量、响应站点及轴辐式网络结构的变动等, 运用网络拓扑结构描述突发事件的应急物资筹集支持网络, 包括突发事件Single-hub单层单分配、Multi-hub单层单分配、单(多)分配Double-hub等。考虑到突发事件的不确定性和物质筹集的难度因素, 采用单(多)分配双层 Multi-hub 网络结构和单(多)分配单层 Multi-hub 网络结构相结合的拓扑模型, 其轴辐式网络结构如图1所示。

3 基于情景应对的突发事件应急物资筹集支持网络的协同优化

针对不同应急阶段的筹集任务, 提出系统的协同优化策略及方法, 并依据突发事件发展动态和应急阶段性任务转换, 从应急初期、中期和后期三个不同阶段, 提出系统的协同优化策略与方法。在应急初期, 研究无限制期需求为模糊区间或模糊数两种情形、枢纽节点分别为Single-Hub或带容量限制下Multi-Hub情形下的突发事件应急物资筹集的协同优化策略与方法。在应急中期阶段, 以连续应急物资需求时间窗为约束条件, 以应急物资筹集网络的最优筹集数量、最优筹集成本以及最低筹集风险为协同优化目标, 考虑应急物资筹集时间为模糊区间数时双层Multi-Hub (Double-Hub)、三层Multi-Hub (Double-Hub) 情形, 设计适宜应急中期阶段的突发事件应急物资筹集机理、协同优化方法。在应急后期, 以突发事件应急物资筹集效率与效益为评价目标, 考虑应急物资筹集状态变化的随机特点, 运用Markov随机过程、最优停止理论对应急物资筹集的最大筹集时间及最优停止时间进行分析, 研究突发事件应急物资筹集活动随机终止的衡量指标、终止机制及最优停止策略。以应急中期阶段为例, 针对轴辐式应急物资筹集网络的主要特征, 着力解决应急物资筹集支持网络集散点与提供站点之间的最优问题和层级间的关键决策难题。采用搭建建应急物资统筹量、统筹时间与花销之间的数学模型, 采用泛函求极值方法, 按照统筹开始时间 $t_0=0$ 和 $t_0 \neq 0$ 两种情形展开研究, 得出突发事件应急物资筹集支持网络的协同优化模型如下。

$$\begin{cases} y(t) = \frac{\lambda_2}{4\lambda_1} t^2 + \frac{\lambda_2 T^2 - 8\lambda_1 \lambda_2 T^2 - 16\lambda_1^2 Q}{4\lambda_1 T} t, (t_1 < t \leq T) \\ y(t) = 0, (t = t_1) \end{cases} \quad (1)$$

式中, $y(t)$ --不同单位时间 t 时突发事件应急物资统筹的最优值; Q --在 $t=T$ 时须统筹的突发事件应急物资数目。

4 突发事件应急物资筹集支持网络适应性评价

从支持网络过程管理的有效协同、敏捷反应、网络脆弱性、经济高效等角度出发, 结合4E (Economy、Efficiency、Effectiveness、Equality) 理论, 建立应急物资筹集支持网络的适应性评价指标体系, 应用直觉模糊距离群决策方法确定各级评价指标权重, 并进行信度和效度检验, 进而研究支持网络适应性评价的补偿模糊神经网络系统建模, 得到CFNN模型。

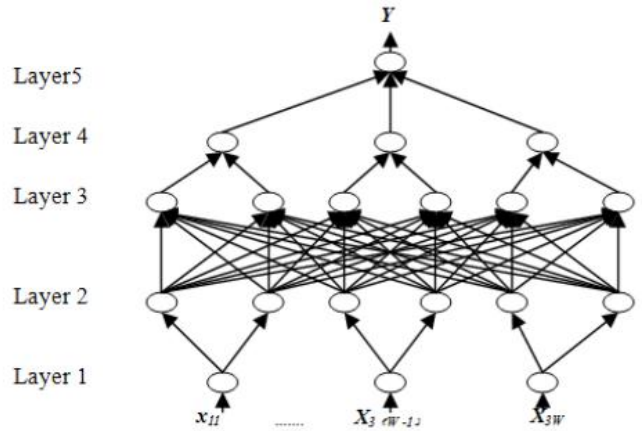


图2 突发事件应急物资筹集支持网络适应性评价模型

进而研究支持网络适应性评价的补偿模糊神经网络系统建模和计算机仿真方法, 并结合案例验证评价系统的可行性和有效性。针对突发事件应急物资筹集支持网络的协同要素、网络控制能力和筹集主体多方博弈情景, 研究支持网络在筹集时间模糊、应急需求不确定、筹集主体联动差异化目标、多文化层次等复杂情况下的适应性对策和协同应急机制。

5 结论

(1) 依据突发事件的应急特征和应急物资筹集任务, 运用网络拓扑结构建立了描述突发事件的应急物资筹集 Multi-hub 网络结构。

(2) 针对突发事件应急目标, 考虑及时情景下有无需求限制期、筹集时间的不确定性、筹集终止时间、载运工具的经济组合及轴辐网络的层级变换等因素, 研究突发事件应急物资筹集协同优化方法与策略。这对建立应急物资筹集智能决策支持系统, 实现突发事件应急物资筹集的智能化和科学化具有较强的推广价值和应用前景。

(3) 通过4E理论构建补偿模糊神经网络系统CFNN模型, 较好的进行了突发事件应急物资筹集支持网络的适应性评价。

总之, 本论文研究有助于推动应急管理学科理论发展, 丰富应急物流管理理论。以突发事件为研究背景, 在对相关理论进行梳理的基础上, 借助轴辐理论和复杂适应系统理论, 构建适宜突发事件紧急救援实际的应急物资筹集支持网络, 并通过提升支持网络的协同优化能力, 使应急物资筹集研究形成较为系统的理论与方法, 以丰富应急物流管理理论。

参考文献

[1] 吕婧, 张衍喆, 庄玉良. 公共卫生危机下基于智慧物流的应急物流能力优化研究[J]. 中国软科学, 2020 (S1): 16-22.

[2] 黄星, 王绍玉. 震后初期Single-Hub应急物资筹集模型[J]. 系统管理学报, 2017, 26 (03): 438-447.

[3] 李丽, 吴年春, 费亮, 覃展鹏, 王红鸿, 吴开明. 智能型耐火钢焊接热影响区高温拉伸性能研究[J]. 电焊机, 2015, 45 (11): 67-72.

[4] 许晴, 王雪, 陈姝同, 张英进, 应雨颖. 突发疫情环境下区域应急物流服务模式的研究[J]. 中国储运, 2021 (04): 107-110.

基金项目: 河北省高等学校人文社会科学研究项目资助 (立项编号: SZ2021004)

作者简介: 党宏倩, 女, 1981.12, 本科, 石家庄人, 研究方向为物流管理、高校工会管理、大学生思想政治教育等