

文章编号:1003-207(2016)06-0115-09

DOI:10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2016.06.014

舆情传播中考虑公众风险感知的 多资源流应急优化调度

王治莹, 岳朝龙

(安徽工业大学管理科学与工程学院, 安徽 马鞍山 243032)

摘要:针对舆情传播背景下应急资源调度问题的特殊性,首先运用多案例分析进行了具体描述。然后,考虑到公众的有限理性,运用前景理论对其风险感知行为进行了刻画,并给出了保留供应率的定义。进一步,运用模糊理论来刻画公众追溯以往的资源供应状况,在同时考虑到供应点和配送中心的能力扩充基础上,构建了多类型资源应急优化调度的0-1混合整数非线性模糊规划模型。最后,以2011年东日本大地震事件为例验证了理论研究的有效性,并考查了决策者在控制公众风险感知中的偏好行为对最优调度方案的影响。

关键词:舆情传播;风险感知;前景理论;优化调度

中图分类号:C934; N945.12; N949 **文献标识码:**A

1 引言

应急物流通常是指物料、人员、资金等资源的紧急调度和分配^[1],其研究领域因近年来频繁爆发的各类突发事件而取得了快速发展。突发事件往往以原生事件的形式触发一系列次生衍生事件,而舆情传播就是其中之一衍生事件,是指公众的态度、情绪和观点等的扩散^[2]。舆情传播不仅会加大原生事件的应急处置难度,还可能会引发新的群体性抢购事件。例如,2011年东日本大地震爆发后,引发了海啸和核泄漏等次生事件,进而促使有关海水污染的舆情迅速得以传播,这不仅增大了日本当地救援实施的复杂性,还造成我国的食盐抢购风波。基于此,在舆情传播事件发生后,决策者若能迅速掌握公众的风险感知,及时采取应急资源调度策略并辅以舆论引导,则将能够在极大程度上限制这类群体性抢购事件的发生,因此本研究具有重大理论意义和实

践价值。

舆情传播已经逐渐成为应急管理领域的研究热点,相关成果集中在影响因素分析、传播过程建模和意见领袖识别等方面。例如,Cho等^[3]运用社会网络和阈值模型,从观点扩散速度和采纳者数量角度研究了技术创新中意见领袖的选择,得出只有在观点的初始采纳者数量达到一定阈值时,意见领袖才会显著影响观点的扩散速度;Zhao Laijun等^[4]考虑了传播者的动态遗忘速率,运用平均场方程建立了谣言传播的动力学模型;Han Shuo等^[5]研究了谣言的传播机制和社会网络的拓扑性质,进而提出了用于描绘谣言传播的能量模型,并对该模型的演化进行了仿真。与舆情传播类似,应急资源调度也已经受到国内外学者的重视。Rachaniotis等^[6]在描述了疫情控制中的资源有限性基础上,提出了一种确定性的资源调度模型,刻画了损失率与易感人群规模、疫情控制所需时间和努力的正相关性;Wilson等^[7]关注到大规模灾害中伤亡人员的解救、治疗和运输,通过考虑救援的时效性和伤亡程度的随机性,构建了具有多目标的组合优化模型;詹沙磊和刘南^[8]注意到需求和运送路径连通性的随机性、出救点对受灾点的覆盖限制等因素,研究了车辆选址、路径选择和物资配送问题,提出了多目标随机规划模型;Wex等^[9]分析了应急资源调度在降低灾害可能造成的人员伤亡和经济损失中的作用,建立了使

收稿日期:2014-09-30; 修订日期:2015-10-21

基金项目:国家自然科学基金重大研究计划培育项目(91024002);国家自然科学基金资助项目(71372100);
国家社会科学基金重大项目(13&ZD147);南开大学
博士研究生科研创新基金资助(68140001,68150003)

通讯作者简介:王治莹(1987-),男(汉族),山东济南人,安徽工业大学管理科学与工程学院博士,副教授,硕士生导师,研究方向:突发事件应急管理、系统优化与决策,E-mail:zywang87@163.com.

调度时间最小的决策支持模型; Yan Shangyao 等^[10]考虑到应急路面修复作业中运送时间的随机性,采用网络流技术构建了使运作成本最小的物流支持调度模型; Chang Fusheng 等^[11]以灾区未满足的需求、运送时间和运输成本最小化为基础,基于贪婪搜索方法提出了求解应急物流调度问题的多目标遗传算法; 王海军等^[12]划分出供大于求和供不应求两种供求关系,基于需求满足率最大、运输时间和应急成本最小而研究了应急物资动态调度问题; 王旭坪等^[13]更是以大规模灾害发生后公众对物资供应时间的风险感知最小和物资未满足度最小为目标,设计了混合整数规划模型。

上述研究成果对舆情传播规律的揭示和应急物资调度系统的优化都具有重要指导意义,但尚存在如下进一步研究的空间: 1) 当前应急资源调度的相关研究成果大多集中在大规模灾害发生后的救援,而很少关注到决策者在处理因舆情传播而可能发生的抢购事件时,对应急物资优化调度的迫切需求; 2) 考虑参与人行为的研究大多只是考虑到灾民在救援时间上的风险感知,但在舆情传播可能导致的抢购事件中,更应该注意到是公众对物资供应力度的风险感知,而当前研究涉及较少; 3) 灾害具有突发性和危害性,上述成果中应急资源的配送中心(或集配中心)一般需要择址新建,但在舆情传播背景下,由于原有配送中心未遭到破坏,加上时间有限,应急资源的调度工作一般只需要对原有供应点和配送中心进行能力扩充,而无需新建,该问题在当前研究中也很少涉及。

综合考虑以上问题,将本文的研究结构安排如下: 第二节首先对舆情传播中多资源应急调度问题进行界定,进而运用前景理论分析舆情传播中公众的风险感知行为; 第三节提出研究假设,给出相关参数和变量的含义,以及构建考虑公众风险感知的多资源流应急优化调度模型; 第四节运用实际案例进行验证,并考查决策者在处理公众风险感知中的偏好行为对最优调度方案的影响。

2 舆情传播中多资源应急调度问题

不失一般性,我们搜集了 2003 年 SARS、2008 年汶川地震、2009 年甲型 H1N1 流感、2011 年东日本大地震、2012 年广西龙江镉污染、2012 年江苏镇江苯酚污染水源、2013 年雅安地震和 H7N9 禽流感、2014 年兰州、武汉、靖江的自来水污染等突发事件。进一步,分别提取以上事件次生/衍生的舆情传

播和资源抢购事件,并梳理决策者(政府部门、资源主管部门等)的应急资源调度决策。限于篇幅,我们以关注度较高的 2003 年 SARS 和 2011 年东日本大地震为例进行具体分析。

2.1 问题描述

案例 1 2003 年 SARS 事件^[14]

案例简介: 2002 年 11 月,广东佛山发现首例 SARS 病例。进入 2003 年 3 月,由于官方信息迟迟未能公开,舆情信息跟随 SARS 病毒一起迅速蔓延。同时由于舆情信息的不透明,引发了大面积的群众恐慌,产生了体温计、板蓝根和白醋的抢购风潮。

调度决策: 抢购事件发生伊始,广州市政府通过召开新闻发布会积极进行舆论引导,并严厉打击哄抬物价等行为。2003 年 4 月 22 日,交通部发出紧急通知,要求全力保障公众所需物资的供应,确保运力充足、调度高效。23 日,财政部公布了 20 亿防治非典基金用途。27 日,商务部也发出通知,要求各地商贸流通主管部门切实保证消毒防疫用品和生活必需品的市场供应。

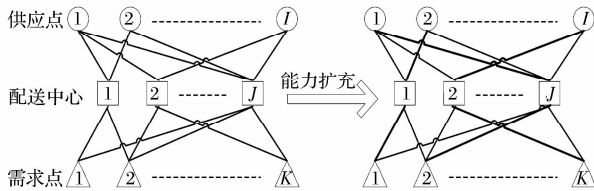
案例 2 2011 年东日本大地震事件^[15]

案例简介: 2011 年 3 月 11 日,日本发生 9.0 级地震并引发海啸,随后导致福岛第一核电站 1~4 号机组发生核泄漏。几乎同时,有关海水污染的舆情迅速传播,进而是 14 日开始造成我国绍兴、上海等沿海城市并于 15 日~17 日扩散至全国的“抢盐”风波,最终于 18 日得以平息。

调度决策: 16 日,江苏、广东、浙江等地方政府开始陆续召开新闻发布会,澄清谣言并劝导公众理性消费。17 日,国家发改委发布紧急通知,要求各地政府部门立即开展市场检查,并明确表示食盐库存充裕。为响应政府号召,17 日,中国盐业总公司也明确要求各地盐业公司立即启动应急机制,提高生产强度,加大配送中心的调拨力度,实行 24 小时配送服务,确保市场的充足供应。

总结以上,不难发现: 在舆情传播触发资源抢购的应急过程中,除了舆论引导、打击不法分子外,资源优化调度也是决策者的一项重要决策。与当前学术界主要关注的大规模灾害背景下应急资源调度问题需要根据灾害的巨大危害性和不可预测性而临时组建供应点群组、选址并新建配送中心不同,舆情传播不会破坏原有的资源调配系统,并且资源抢购的前兆相对容易识别,促使其一般不会涉及配送中心的选址新建,而是集中在供应点的供应能力扩充和

配送中心的配送能力扩充。此外,决策者需要考虑到多个资源抢购区域与多种资源的抢购,而决策目标是在有效降低公众的风险感知前提下,实现整个资源调度系统的代价最小。由此可知,该决策问题是一个以能力扩充为特色的多供应点、多配送中心、多需求点、多资源流的优化调度问题,如图 1 所示。需要说明的是,能力扩充之后的供应点向配送中心及能力扩充之后配送中心向需求点提供的资源均为应急资源。



其中: —— 表示正常运作情况下的资源供应流;
—— 表示因舆情传播而可能发生抢购情况下的应急资源供应流。

图 1 日常运营与应急运营下资源调度的关系示意

2.2 舆情传播中公众的风险感知分析

在舆情传播可能导致资源抢购事件的背景中,伴随政府有关部门积极的舆论引导,公众的风险感知大小很大程度上取决于资源的实际供应情况。一般而言,公众在获知舆情信息时会或多或少的产生心理恐慌,出于自身安全等多方面考虑,就会进行一定程度的判断。依据记忆操纵理论^[16],公众的记忆具有近因、线索依赖等特点,因此会通过网络媒介、人际关系等渠道来追溯舆情传播影响区域近一段时间内的资源供应情况,并与当前供应情况进行对比。如果当前的供应情况明显逊色于以往,那么公众的恐慌程度就会显著增加,反之,那么公众的风险感知变化较小。

设舆情传播的影响区域(应急资源需求点) k 的总数为 $K, k \in \{1, 2, \dots, K\}$, 区域 k 中公众追溯以往资源供应情况的时间段 t 的总数为 $T, t \in \{1, 2, \dots, T\}$, 区域 k 在时间段 t 内获得的资源供应量为 d_{kt} 。由于公众是有限理性的,加上信息不对称,因此公众不能完全准确识别 d_{kt} , 而是获知近似等于 d_{kt} 的随机值, 记为 \tilde{d}_{kt} 。据此, 公众追溯以往的资源供应量平均水平 \tilde{d}_{k0} 可记为:

$$\tilde{d}_{k0} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \tilde{d}_{kt}, k \in \{1, 2, \dots, K\} \quad (1)$$

进一步,若定义区域 k 当前时间段内获得的资源供应量为 $d_{k\tau}, \tau = T + 1$, 则由前景理论^[17] 的价值函数可得区域 k 中公众对 $d_{k\tau}$ 的主观认知价值, 即:

$$v(d_{k\tau}) = \begin{cases} (d_{k\tau} - \tilde{d}_{k0})^\alpha, & d_{k\tau} - \tilde{d}_{k0} \geq 0; \\ -\lambda[-(d_{k\tau} - \tilde{d}_{k0})]^\beta, & d_{k\tau} - \tilde{d}_{k0} < 0. \end{cases} \quad (2)$$

其中: $v(d_{k\tau})$ 为公众的价值函数; $d_{k\tau} - \tilde{d}_{k0} \geq 0$ 和 $d_{k\tau} - \tilde{d}_{k0} < 0$ 分别表示 $d_{k\tau}$ 相对于参考点 \tilde{d}_{k0} 的收益和损失; α 和 β 分别表示价值函数在收益和损失区间的凹凸程度, 表征了公众认知的敏感性递减的速度; $\lambda (\lambda > 1)$ 反映了公众的损失规避行为, 即相对于收益, 公众对损失更加敏感。

式(2)刻画了公众的参照依赖、风险规避和敏感性递减等行为特征, 其图形如图 2 所示。相应地, 若将公众对 $d_{k\tau}$ 的风险感知记为 $r(d_{k\tau})$, 则可得公众的风险感知曲线, 如图 3 所示。

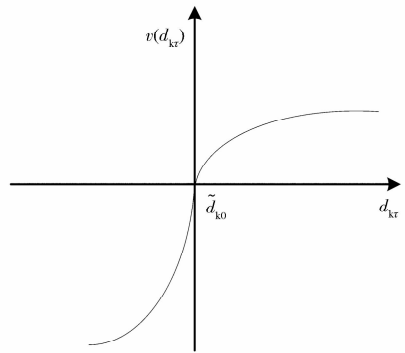


图 2 资源供应量与公众认知价值之间的关系

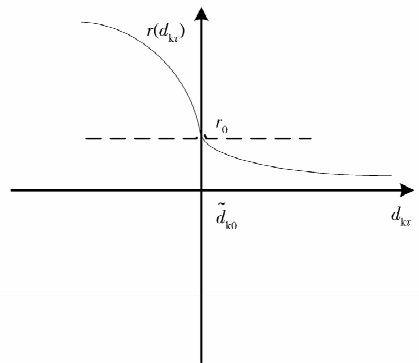


图 3 资源供应量与公众风险感知之间的关系

由图 2 可知, 当 $d_{k\tau} = \tilde{d}_{k0}$ 时, 公众的认知价值为 0, 即不能判断出当前的资源供应与以往有何不同, 此时公众的心理很可能是观望、犹豫, 其风险感知为一个适当大小的数, 即图 3 中的 r_0 ; 而由图 2 可知, 当 $d_{k\tau} > \tilde{d}_{k0}$ 时, 随着 $d_{k\tau}$ 增大, 公众的认知价值为

正,且边际递减。该情况下,公众能够发现决策者的调控行动,也逐步认识到舆情信息的不真实性,因此也正如图 3 所示,公众的风险感知逐渐降低;另外,由图 2 可知,当 $d_{kr} < \tilde{d}_{k0}$ 时,随着 d_{kr} 减小,公众的认知价值为负,且急速下降。该情况下,由于公众意识到当前的资源供应水平不如以往,因此相信舆情信息具有一定真实性,从而也正如图 3 所示,随着 d_{kr} 减小,公众的风险感知或心理恐慌陡然增加。

通过上述分析,不难发现,当舆情传播事件发生后,决策者虽然受限于供应点和配送中心评估和筛选的工作量巨大、实现资源供应系统优化的成本迅速增加和协调各个需求点的资源供应的难度极大,但是为了避免资源抢购事件的发生,必须要确保受舆情传播影响区域内公众的风险感知降低到一定程度。为此,给出如下保留供应率和保留供应量的定义:

定义 1 保留供应率 η_k 是指为避免发生资源抢购事件,使公众的风险感知降低到临界限度时的供应量 d_{kr}^* (称之为保留供应量) 与过往平均供应量 \tilde{d}_{k0} 的比值,即 $\eta_k = d_{kr}^* / \tilde{d}_{k0}, k \in \{1, 2, \dots, K\}$ 。

结合定义 1 和图 3 可知,无论决策者按照何种目标对应急资源供应系统进行何种程度优化,必须确保区域 k 实际获得的资源供应量满足约束: $d_{kr} \geq d_{kr}^*$, 即 $d_{kr} \geq \eta_k \tilde{d}_{k0}$ 。进一步地,区域 k 当前时间段内获得的资源供应量 d_{kr} 是由参照过往的正常资源供应量 \tilde{d}_{k0} 和当前获得的应急资源量 d'_{kr} 构成,即 $d_{kr} = \tilde{d}_{k0} + d'_{kr}$, 从而易得约束: $(\tilde{d}_{k0} + d'_{kr}) \geq \eta_k \tilde{d}_{k0}$, 整理可得: $d'_{kr} \geq (\eta_k - 1) \tilde{d}_{k0}$ 。由上述对图 2 的分析可知,一般而言,应急资源调度决策要保证公众的主观认知价值为正,即要使得公众的风险感知低于图 3 中的 r_0 , 结合定义 1, 易知: $\eta_k \in [1, +\infty)$ 。

3 多资源流应急优化调度模型

考虑到应急资源优化调度问题的一些不确定性因素,为突出研究重点,提出如下假设:

假设 1 舆情信息触及资源的潜在需求,若决策者干预不力,则必然会发生资源抢购事件;

如 2003 年 SARS 中的“致命流感”舆情涉及各类防治药品的需求;2011 年日本核泄漏中有关海水污染的舆情涉及各类海产品的需求。而这两个案例中的抢购事件之所以发生,正是因为决策者没有在

预警阶段的最佳时机进行干预。

假设 2 抢购事件中考虑抢购有限多种资源;如 2003 年 SARS 中抢购食盐、白醋、板蓝根等;2011 年日本核泄漏中我国抢购食盐等。

假设 3 舆情的传播范围按照管辖空间(如省、市、区县等)划分为有限多个受影响区域(潜在的资源需求点);

假设 4 决策者的目标是在有效降低公众的风险感知前提下,实现资源调度系统的成本最小。

3.1 相关符号说明

i : 图 1 中备选能力扩充的应急资源供应点的序号, $i \in \{1, 2, \dots, I\}$;

j : 图 1 中备选能力扩充的应急资源配送中心的序号, $j \in \{1, 2, \dots, J\}$;

k : 图 1 中应急资源需求点的序号, $k \in \{1, 2, \dots, K\}$;

l : 应急资源种类的序号, $l \in \{1, 2, \dots, L\}$;

H_i^l : 供应点 i 单位应急资源 l 的生产成本;

H_i^2 : 供应点 i 生产单位应急资源 l 的能力扩充成本;

c_{ij}^l : 单位应急资源 l 从供应点 i 到配送中心 j 的运输成本;

ω_{ij}^l : 从供应点 i 到配送中心 j 应急资源 l 的运输量, 为决策变量;

A_i^l : 供应点 i 在能力扩充后可供应的应急资源 l 的数量上限;

G_{jl} : 配送中心 j 配送单位应急资源 l 的能力扩充成本;

h_{jk}^l : 单位应急资源 l 从配送中心 j 到需求点 k 的运输成本;

x_{jk}^l : 从配送中心 j 到需求点 k 应急资源 l 的运输量, 为决策变量;

g_j^l : 配送中心 j 单位应急资源 l 的管理成本;

M_j : 配送中心 j 能够容纳应急资源数量的上限;

p_1 : 可扩充能力的供应点的最大数目;

p_2 : 可扩充能力的配送中心的最大数目;

z_i^1 : 供应点 i 是否被选择进行能力扩充, 若是其值为 1, 否则为 0, 为决策变量;

z_j^2 : 配送中心 j 是否被选择进行能力扩充, 若是其值为 1, 否则为 0, 为决策变量;

\tilde{d}_{k0} : 需求点 k 中公众追溯以往资源供应量的平均水平, 其值由式(1)求得;

θ, δ : 规模经济效应指数, $0 < \theta < 1, 0 < \delta < 1$ 。

3.2 模型构建

基于以上问题描述、公众的风险感知分析、模型假设和符号说明,进一步引入模糊理论^[18],运用模糊数来刻画式(1)中的随机值 \tilde{d}_{kl} ,由此可知 \tilde{d}_{k0} 也为模糊数,故可构建如下 0-1 混合整数非线性模糊规划模型(0-1 Mixed Integer Nonlinear Fuzzy Programming Model, 0-1MINFPM)。

目标函数:

$$\begin{aligned} \min f = & \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L z_i^1 H_{il}^2 \left(\sum_{j=1}^J w_{ij}^l \right)^\theta + \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L z_i^1 H_{il}^1 \sum_{j=1}^J w_{ij}^l \\ + & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L z_j^2 c_{ij}^l w_{ij}^l + \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L z_j^2 G_{jl} \left(\sum_{k=1}^K x_{jk}^l \right)^\delta + \\ & \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L z_j^2 h_{jk}^l x_{jk}^l + \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L z_j^2 g_j^l \sum_{k=1}^K x_{jk}^l \end{aligned} \quad (3)$$

约束条件:

$$\sum_{j=1}^J w_{ij}^l \leq z_i^1 A_i^l, \forall i \in \{1, 2, \dots, I\}, \forall l \in \{1, 2, \dots, L\} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I z_i^1 z_j^2 w_{ij}^l = \sum_{k=1}^K z_j^2 x_{jk}^l, \forall j \in \{1, 2, \dots, J\}, \forall l \in \{1, 2, \dots, L\} \quad (5)$$

$$\sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K x_{jk}^l \leq M_j z_j^2, \forall j \in \{1, 2, \dots, J\} \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^J z_j^2 x_{jk}^l \geq (\eta_k - 1) \tilde{d}_{k0}, \forall k \in \{1, 2, \dots, K\}, \forall l \in \{1, 2, \dots, L\} \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^I z_i^1 \leq p_1 \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^J z_j^2 \leq p_2 \quad (9)$$

$$z_i^1 \in \{0, 1\}, z_j^2 \in \{0, 1\}, \forall i \in \{1, 2, \dots, I\}, \forall j \in \{1, 2, \dots, J\} \quad (10)$$

$$w_{ij}^l \geq 0, x_{jk}^l \geq 0, \forall i \in \{1, 2, \dots, I\}, \forall j \in \{1, 2, \dots, J\}, \forall k \in \{1, 2, \dots, K\}, \forall l \in \{1, 2, \dots, L\} \quad (11)$$

目标函数式(3)表示整个应急资源调度系统的总成本最小,其由六部分组成,依次为供应点的扩充成本、供应点的生产成本、从供应点到配送中心的运输成本、配送中心的扩充成本、从配送中心到需求点的配送成本、配送中心的管理成本;约束(4)表示每个供应点向配送中心运输的各类应急资源的量不超过其自身的供应量上限;约束(5)确保每个配送中心从供应点的各类应急资源进货量与其向需求点的配送量相等;约束(6)表示每个配送中心向需求点配送的应急资源的总量不超过其能够容纳的应急资源数

量上限;约束(7)表示向每个需求点供应的各类应急资源的量均不小于其保留供应量,其由上述定义 1 的分析易知;约束(8)和(9)分别刻画了可扩充能力的供应点数目和配送中心数目的上限;约束(10)和(11)分别界定了 0-1 决策变量和非负决策变量。

由于在约束(7)中含有刻画 \tilde{d}_{k0} 的模糊数,需要对其进行清晰化处理。不妨设该模糊数为三角模糊数,即 $(d_{k0}^1, d_{k0}^2, d_{k0}^3)$ 。其中: d_{k0}^1 、 d_{k0}^2 和 d_{k0}^3 分别表示 \tilde{d}_{k0} 的最小值、最可能值和最大值。则依据三角模糊数的性质^[19],带有模糊参数的约束(7)可转化成如下模糊机会约束:

$$\text{Pos}((\eta_k - 1) \tilde{d}_{k0} \leq \sum_{j=1}^J z_j^2 x_{jk}^l) \geq \alpha, \forall k \in \{1, 2, \dots, K\}, \forall l \in \{1, 2, \dots, L\} \quad (12)$$

式(12)表示使模糊约束(7)成立的置信水平不低于 α ,其值由决策者给出,而 $\text{Pos}(\cdot)$ 表示 (\cdot) 中事件成立的可能性。在此基础上,根据模糊机会约束的清晰化转化方法^[20],即:设 \tilde{r} 的三角模糊数为 (r_1, r_2, r_3) ,则对任意既定的置信水平 α , $(0 \leq \alpha \leq 1)$, $\text{Pos}(\tilde{r} \leq z) \geq \alpha$ 等价于 $z \geq (1 - \alpha)r_1 + \alpha r_2$ 。由此可知,式(12)可作如下清晰转化:

$$(\eta_k - 1) [(1 - \alpha)d_{k0}^1 + \alpha d_{k0}^2] \leq \sum_{j=1}^J z_j^2 x_{jk}^l, \forall k \in \{1, 2, \dots, K\}, \forall l \in \{1, 2, \dots, L\} \quad (13)$$

在以上 0-1MINFPM 中,将式(7)替换为式(13),即可得到该模糊规划模型在置信水平 α 下的确定性规划模型,记为 0-1MINFPM- α 。

4 案例研究

本节以 2011 年东日本大地震事件为例,通过梳理其次生衍生的核泄漏事故和舆情传播事件,研究由此引发的食盐抢购事件中的应急资源优化调度决策,验证本文理论模型的有效性。进而探究决策者在控制公众风险感知中的偏好行为(保留供应率的选择)对最优调度方案的影响。第二节已经给出了该案例的背景介绍和调度决策分析,第三节也以该案例简要验证了模型假设 1、假设 2 的有效性,而假设 3、假设 4 也显然满足该案例,此处不再赘述。下面首先分析食盐优化调度决策对舆情传播导致食盐抢购的阻碍作用,以及探析本文理论模型的相关参数在该案例中的取值。

该案例中的舆情传播大体经历了“发生(3月14日)→发展(3月15日)→高潮(3月16日)→衰落(3

月17日)→破灭(3月18日)”的演进过程,而食盐抢购事件的生命周期也具有同样的历程。食盐抢购事件之所以发生,很大程度上取决于公众高水平的风险感知,而依据第二节分析,舆情传播背景下公众的风险感知除了受决策者舆论引导的影响之外,更大程度上由食盐的实际供应状况决定。同样,正是由于决策者未能在3月14日之前进行带有预警信息的食盐调配,才纵容了该抢购风波的出现,相应地,也正是由于16日之后,无论是中央政府还是地方政府积极敦促食盐的充足供应,辅以舆论引导和严打不法分子政策,才迫使舆情传播和抢盐风波迅速得以平息。

虽然该舆情传播和抢盐风波持续时间短(前后大约5天),但是影响程度深、波及范围广,从而造成食盐调度系统具有高度复杂性,也致使供应点、配送中心和需求点的真实数目难以确定,且相关参数的真实数据也难以统计,如供应点和配送中心的能力扩充成本、需求点的需求数据等。但在现实中,由于我国的食盐供应是由国家统一领导、分级管理、定点生产和销售,因此决策者知晓这些数据,从而不妨碍本文理论模型的实际应用。然而,由于我们主要关注舆情传播背景下应急资源优化调度方案的调整,因此为研究方便,在不改变问题本质的前提下,可结合现实中参数之间的相对大小关系进行适度假设。基于此,假设该食盐调度系统有 $I = 6$ 个供应点、 $J = 4$ 个配送中心、 $K = 6$ 个需求点、 $L = 1$ 种应急资源(仅考虑食盐)构成。其中:可扩充能力的供应点和配送中心的最大数目分别为 $p_1 = 4$ 、 $p_2 = 3$;规模经济效应指数 $\theta = \delta = 0.5$;保留供应率 $\eta_k = 2$;置信水平 $\alpha = 0.95$;供应点 i 的食盐供应量上限 A_i^l 、单位食盐 l 的生产成本 H_{il}^1 及生产单位食盐 l 的能力扩充成本 H_{il}^2 见表1;配送中心 j 能够容纳食盐的数量上限 M_j 、单位食盐 l 的管理成本 g_j^l 及配送单位食盐 l 的能力扩充成本 G_{jl} 见表2;供应点 i 到配送中心 j 单位食盐 l 的运价 c_{ij}^l 见表3;配送中心 j 到需求点 k 单位食盐 l 的运价 h_{jk}^l 见表4;公众追溯以往食盐供应情况的时间段 t 以天为单位、时间段总数 $T = 30$;公众获知时间段 t 内各个需求点的食盐供应量 \tilde{d}_{kt} 及由式(1)计算的供应量平均水平 \tilde{d}_{k0} 见表5。

表1 备选供应点的信息

供应点 i	1	2	3	4	5	6
$A_i^l (\times 10^4)$	4	5	6	7	6	4
$H_{il}^1 (\times 10^0)$	3	2	5	4	2	3
$H_{il}^2 (\times 10^0)$	5	4	8	6	4	7

表2 备选配送中心的信息

配送中心 j	1	2	3	4
$M_j (\times 10^4)$	7	6	7	5
$g_j^l (\times 10^0)$	2	4	5	3
$G_{jl} (\times 10^0)$	4	3	6	5

表3 供应点到配送中心的单位食盐运输价格

供应点 \ 配送中心	配送中心			
	1	2	3	4
1	6	5	4	2
2	2	3	4	9
3	6	8	7	5
4	7	4	2	3
5	4	2	5	1
6	3	4	1	7

表4 配送中心到需求点的单位食盐运输价格

配送中心 \ 需求点	需求点					
	1	2	3	4	5	6
1	3	2	7	4	7	5
2	6	1	4	2	5	3
3	2	4	5	3	6	8
4	5	6	3	7	4	6

表5 公众感知的食盐供应量

需求点 k	1	2	3	4	5	6
$\tilde{d}_{kt}, \forall t \in \{1, \dots, 30\}$	(450, 500, 550)	(150, 200, 250)	(80, 100, 130)	(250, 300, 350)	(170, 200, 230)	(350, 400, 450)
\tilde{d}_{k0}	(450, 500, 550)	(150, 200, 250)	(80, 100, 130)	(250, 300, 350)	(170, 200, 230)	(350, 400, 450)

基于以上数据,运用 Ling011.0 软件(破解版)对 0-1MINFPM- α 进行编程求解,通过软件内置算法的 651 次迭代计算,得到最优目标函数值(最小总成本)为 17346.7,以及最优的调度方案如图4所示。进一步,由于保留供应率 η_k 的选择能够反映决策者处理公众风险感知时的偏好行为,即在 $\eta_k \in [1, +\infty]$ 中, $\eta_k = 1$ 表示决策者认为只需提供与过往相同的资源供应量而无需提供应急资源,就能够阻止抢购事件的发生,因此不妨设 $\eta_k = 1$ 表示“非常乐观”;随着 η_k 的取值逐渐增大,决策者的谨慎、悲观程度也逐渐增强。由于决策者还注重调度系统的成本最小,因此实际上 η_k 不宜过大,不妨设其上限为 $\eta_k = 11$,表示“非常悲观”,而当 η_k 从 1 逐步变化到 11 时,表示决策者由“非常乐观”逐渐演变为“非常悲观”。由于当 $\eta_k = 1$ 时调度系统中不存在应急资源流,因此不妨考查 η_k 在 $[2, 11]$ 上变动,即决策者具有不同偏好行为时,调度系统最小总成本的变

化情况,如图 5 所示,而相应的最优调度方案如表 6 所示,其中:“—”表示该项内容不存在。

表 6 决策者具有不同偏好行为下的最优应急调度结果

η_k 的取值	最优能力扩充方案	最优调度结果							
		w_{14}^A	w_{21}^B	x_{11}^A	x_{12}^A	x_{14}^A	x_{16}^A	x_{13}^A	x_{15}^A
2	供应点:1,2 配送中心:1,4	297.5	1390.0	497.5	197.5	297.5	397.5	99.0	198.5
3	供应点:2 配送中心:1	—	3375.0	995.0	395.0	198.0	595.0	397.0	795.0
4	供应点:2 配送中心:1	—	5062.5	1492.5	592.5	297.0	892.5	595.5	1192.5
5	供应点:2 配送中心:1	—	6750.0	1990.0	790.0	396.0	1190.0	794.0	1590.0
6	供应点:2 配送中心:1	—	8437.5	2487.5	987.5	495.0	1487.5	992.5	1987.5
7	供应点:2 配送中心:1	—	10125.0	2985.0	1185.0	594.0	1785.0	1191.0	2385.0
8	供应点:2 配送中心:1	—	11812.5	3482.5	1382.5	693.0	2082.5	1389.5	2782.5
9	供应点:1,2 配送中心:1,4	2380.0	11120.0	3980.0	1580.0	2380.0	3180.0	792.0	1588.0
10	供应点:5 配送中心:1,4	8932.5	6255.0	4477.5	1777.5	2677.5	891.0	1786.5	3577.5
11	供应点:1,2 配送中心:1,4	2975.0	13900.0	4975.0	1975.0	2975.0	3975.0	990.0	1985.0

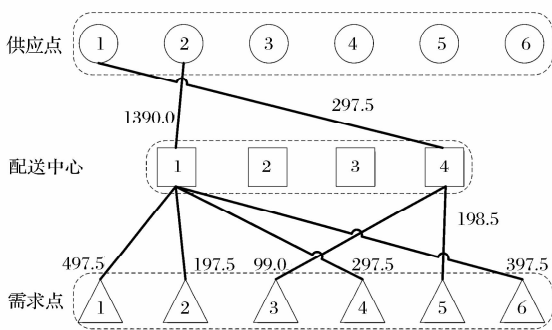


图 4 食盐的最优应急调度结果

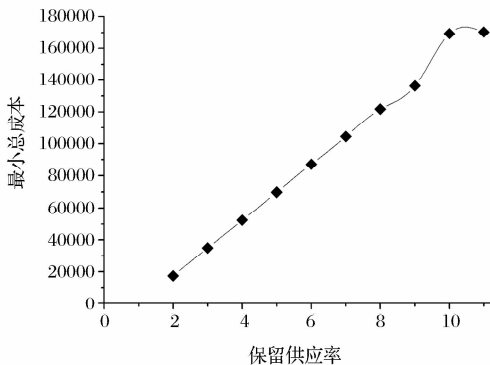


图 5 决策者的偏好行为对最优总成本的影响

时应该选择供应点 1、2,虽然供应点 3、4、5、6 均可进行能力扩充而提供应急食盐,但是其并未出现在最优调度方案中;类似地,由图 4 和表 2 可知,在考虑配送中心的能力扩充时应该选择配送中心 1、4,虽然配送中心 2、3 均可进行能力扩充而配送应急食盐,但是其也未出现在最优调度结果中。这符合决策者在面对多个备选可扩充能力的供应点和配送中心时进行择优选择的初衷,也符合现实中单个供应点(或单个配送中心)因自身可供应(或可配送)应急资源的数量与种类有限而与其它供应点(或配送中心)协同工作的事实。因此,在舆情传播背景下,为了获取最优调度方案,决策者应该及时评估应急资源调度系统中的供应物流、配送物流及供应点和配送中心的能力扩充状况,最大限度地满足定量分析的需要。

由图 5 可知,在保留供应率从 2 变化到 11,即决策者在处理公众风险感知时的乐观程度逐渐下降、悲观程度逐渐增强的过程中,应急食盐调度系统的最小总成本逐渐增大;相应地,由表 6 可知,决策者具有不同偏好行为下,最优能力扩充方案和调度结果均可能存在差异。为此,决策者应该增强信息获取和甄别能力,准确识别特定区域中公众的风险

由图 4 和表 1 可知,在考虑供应点的能力扩充

感知特点,积极施以舆论引导,并及时且理性地确定最小的保留供应率,在此基础上,结合上述对调度系统的评估,最终确定最优方案。

5 结语

本文针对舆情传播可能导致资源抢购背景下应急资源优化调度问题的特殊性,首先通过多案例分析而对该调度问题进行了具体界定,即以能力扩充为特色的多供应点、多配送中心、多需求点、多资源流的优化调度问题。然后,考虑到公众的有限理性,运用前景理论对其风险感知行为进行了刻画,并给出了保留供应率的定义,用于表征决策者在处理公众风险感知时的偏好行为。进一步,通过提出研究假设,并运用模糊理论来表示公众追溯以往的资源供应状况,在同时考虑到供应点和配送中心的能力扩充基础上,构建了舆情传播背景下多种类资源应急优化调度的0-1混合整数非线性模糊规划模型(0-1MINFPM)。最后,以2011年东日本大地震事件为例验证了理论研究的有效性,并研究了决策者在控制公众风险感知中的偏好行为对最优调度方案的影响。结果表明,在决策者具有不同偏好行为下,应急资源调度系统的最小总成本、最优能力扩充方案及最优调度结果均可能存在差异。上述研究成果不仅有助于决策者及时识别舆情传播背景下公众的风险感知特点,还可为通过应急资源调度手段控制资源抢购事件的发生提供理论支持。

事实上,在舆情传播背景下公众风险感知特点的刻画基础上,还可以进一步探究舆情传播模式的建模,以及资源抢购事件的发生、发展和演化机制的建模,通过考虑参与人的心理和行为,探索舆情传播和抢购事件中蕴含的一系列规律性问题。此外,也可以将舆情传播和抢购事件视为事件链,从事件链而不是单一事件角度来制定应急处置决策,这些问题都需要下一步进行深入研究。

参考文献:

- [1] Caunhye A M, Nie X F, Pokharel S. Optimization models in emergency logistics: A literature review[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2012, 46(1): 4-13.
- [2] Ma Ning, Liu Yijun. Superedge Rank algorithm and its application in identifying opinion leader of online public opinion supernetwork[J]. *Expert Systems with Applications*, 2014, 41(4): 1357-1368.
- [3] Cho Y, Hwang J, Lee D. Identification of effective opinion leaders in the diffusion of technological innovation: A social network approach[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2012, 79(1): 97-106.
- [4] Zhao Laijun, Xie Wanlin, Gao H O, et al. A rumor spreading model with variable forgetting rate[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2013, 392(23): 6146-6154.
- [5] Han Shuo, Zhuang Fuzhen, He Qing, et al. Energy model for rumor propagation on social networks[J]. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2014, 394(2): 99-109.
- [6] Rachaniotis N P, Dasaklis T K, Pappis C P. A deterministic resource scheduling model in epidemic control: A case study[J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 216(1): 225-231.
- [7] Wilson D T, Hawe G I, Coates G, et al. A multi-objective combinatorial model of casualty processing in major incident response[J]. *European Journal of Operational Research*, 2013, 230(1): 643-655.
- [8] 詹沙磊,刘南. 基于灾情信息更新的应急物资配送多目标随机规划模型[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(1): 159-166.
- [9] 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(1): 697-708.
- [10] Yan Shangyao, Lin C K, Chen Shengyu. Logistical support scheduling under stochastic travel times given an emergency repair work schedule[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2014, 67: 20-35.
- [11] Chang Fusheng, Wu J S, Lee C N, et al. Greedy-search-based multi-objective genetic algorithm for emergency logistics scheduling [J]. *Expert Systems with Applications*, 2014, 41(6): 2947-2956.
- [12] 王海军,王婧,马士华,等. 模糊供求条件下应急物资动态调度决策研究[J]. *中国管理科学*, 2014, 22(1): 55-64.
- [13] 王旭坪,马超,阮俊虎. 考虑公众心理风险感知的应急物资优化调度[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(7): 1735-1742.
- [14] Naheed A, Singh M, Lucy D. Numerical study of SARS epidemic model with the inclusion of diffusion in the system[J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2014, 229: 480-498.
- [15] Shimmura H, Kawaguchi H, Tokiwa M, et al. Impact of the great eastern Japan earthquake on transplant renal function in Iwaki city, Fukushima[J]. *Transplantation Proceedings*, 2014, 46(2): 613-615.
- [16] 刘智,张岩. 基于公众记忆操纵理论的应急信息发布策

- 略[J]. 科研管理, 2011, 32(9): 100—107.
- [17] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. *Econometrica*, 1979, 47(2): 263—291.
- [18] Dubey D, Mehra A. A bipolar approach in fuzzy multi-objective linear programming[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2014, 246: 127—141.
- [19] Zhang Weiguo, Liu Yongjun, Xu Weijun. A new fuzzy programming approach for multi-period portfolio optimization with return demand and risk control [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2014, 246: 107—126.
- [20] Baykasoglu A, Gocken T. A direct solution approach to fuzzy mathematical programs with fuzzy decision variables [J]. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39(2): 1972—1978.

Emergency Optimal Scheduling of Multi-resource Flow Considering the Public's Risk Perception in Public Opinion Propagation

WANG Zhi-ying, YUE Chao-long

(School of Management Science and Engineering, Anhui University of Technology, Maanshan 243032, China)

Abstract: According to the particularity of emergency resource scheduling problem under the background of possible panic buying behavior resulted from public opinion propagation, the specific characteristics of the emergency resource scheduling problem are firstly described and analyzed by applying the approach of multi-case study. The results show that this problem is an optimal scheduling problem characterized by capacity expansion, multi-supply points, multi-distribution centers, multi-demand points, and multi-resource flows. Then, through considering the public's bounded rationality, the public's risk perception behavior is described, and the reservation supply rate is defined based on prospect theory to represent the preferential behavior of decision-makers when managing the public's risk perception behavior. Next, supply condition of resources of the public recalled is denoted using fuzzy theory. In addition, taking into account the capacity expansion of supply points and distribution centers simultaneously, a 0—1 mixed integer nonlinear fuzzy programming model (0—1MINFPM) for emergency optimal scheduling of multi-resource flows is proposed. Finally, The Great East Japan Earthquake in 2011 is taken as an example to verify the validity of this study and test the influence of decision-makers' preferential behavior on optimal scheduling scheme. The studies find that the emergency resource scheduling system is likely to have the different minimum total costs, the different optimal capacity expansion plans and the different optimal scheduling results under the different preferential behaviors of decision-makers.

Key words: public opinion propagation; risk perception; prospect theory; optimal scheduling