

# 基于多供应主体的应急物资供应模型

王 茵,胡大伟,李 博

(长安大学 汽车学院,陕西 西安 710064)

**摘 要:**为改进在重大自然灾害发生时应急物资库供应能力的不足,提升救灾物资供应的时效、种类和均衡性,提出由非灾时提前认证的协议应急物资供应商参与的多主体供应模式,并以供应偏差影响度最小和供应总耗时最少为目标,运用供应链理论方法构建了多周期多目标混合整数的应急物资供应模型。以青海玉树 7.1 级地震为例,采用分层序列法进行多目标转化,以 CPLEX 求解器编程求出物资调配方案,验证模型的可行性,并将计算结果与实际供应数据进行了对比。研究结果表明:协议供应商参与的多主体供应模式可增加应急物资储备的种类和数量,可实现物资持续供应,在灾害发生初期即可满足物资需求,并且降低了物资库供应因长途运输造成的缺货压力,实现了按需均衡供应,避免了物资过量造成的灾区拥堵;该供应模式不仅有效地改善了物资库供应的不足,提高了供应精准性,使应急物资供应更高效稳定,而且也可应用于其他类型的自然灾害救灾,为政府的减灾救灾决策提供帮助。

**关键词:**交通工程;应急物流;协议供应商;多供应主体;混合整数规划

**中图分类号:**U492.3

**文献标志码:**A

## Emergency resource supplying model under multi-supply subjects

WANG Yin, HU Da-wei, LI Bo

(School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** In order to make up the limited capacity of central warehouse of the sudden blowout demand and improve the effectiveness, type and capacity of resource supplying in a major nature disaster, a resource supplying mode of multi-supply subjects participated by the agreement suppliers was proposed. By employing the supply chain theory method, a multi-objective and multi-cycle mixed integer model was developed in this paper with the aims of the minimum deviation of influence and minimal total supplying time. The CPLEX was employed to work out a solution to a numerical experiment of Yushu earthquake after transferring multi-objective to single-objective by the stratified sequencing method. The test results proved the feasibility of the proposed model, and were compared with the actual supplying solution in real world. The results show that resource supplying mode with multi-supply subjects can increase the type and amount of emergency resource reserves, provide productivity to achieve continuous supplying, meet the demand at early stage of disasters, reduce the warehouse supplying pressure caused by long-distance transportation and achieve on-demand supply, and avoid congestion from supplies

收稿日期:2016-07-20

基金项目:陕西省自然科学基金青年人才项目(2015JQ7272);中央高校基本科研业务费专项资金项目(310822151030)

作者简介:王 茵(1983-),女,江苏南京人,工学博士研究生,E-mail:wangyin\_1217@126.com。

通讯作者:胡大伟(1963-),男,北京市人,教授,博士研究生导师,E-mail:dwhu@chd.edu.cn。

overdoses. The proposed mode not only can overcome the deficiency of warehouse supplying, improve the precision of resource delivery, and make emergency supplies more efficient and stable, but also can be applied to other natural disaster relief, which is helpful in government's decision-making of emergency resource relief. 3 tabs, 4 figs, 21 refs.

**Key words:** traffic engineering; emergency logistics; agreement supplier; multi-supply subject; mixed integer model

## 0 引言

与传统的商业物流不同,应急物流具有突发性、不确定性、弱经济性和非常规性的特点<sup>[1-3]</sup>。为了保证救灾快速有效地开展,中国政府考虑地域特点和人口分布在全国设立了20余个中央物资储备库以及多个地方储备库,以应对未来可能发生的灾害,这些物资库在近年救灾中发挥了重要作用。但是,物资库在大型灾害中也显现出以下不足:①由于空间和条件的限制,物资库不能存储所有应急物资,而灾害发生后短时间调配非存储物资不仅非常困难也会造成物资配送延误<sup>[4]</sup>;②特大灾害发生时,单一的储备库补给模式面对井喷式的物资需求显得柔性不足,持续供应能力弱(如2008年汶川地震);③应急物资的使用具有低频次和突发性的特点,这给储备库的管理带来很多问题,如平时叉车设备闲置,灾害时发货效率低等。

由于物资库不能完全满足应急物资供应需求,所以由经过政府认证的协议供应商参与物资储备和供应是非常必要的<sup>[5-8]</sup>。协议供应商模式是国家及各级政府在物资库储备之外,为保证应急物资持续供应能力,与相关企业在非灾时签订协议,约定由企业平时提供应急物资的存储管理、灾时提供应急物资的持续生产能力,以保证应急物资供应的方式(《突发事件应对法》)。协议供应商可分为:①制造型供应商,在灾害发生后短时间内生产加工救灾物资的制造企业,可供应生产周期长、体积大、储备量小、对自然灾害专用性强的物资,如救生设备、帐篷、移动厕所、发电机等救灾物资;②储备型供应商,具有较强的储备能力,有多个储备地且地域覆盖面广,可在短时间内从多地提供大量多种通用物资或者专用物资的供应商,如大型超市或库存批量大的生产企业,食品等通用物资供应商<sup>[9]</sup>。

樊友龙建立了在应急物资供应充分的前提条件下的物资调度模型并求解<sup>[10]</sup>;张毅基于轴辐式应急物流网络结构,建立了既满足受灾点时限要求,又使配送成本最低的物资车辆调配优化模型,并通过遗

传算法求解<sup>[11]</sup>;Zhang等提出考虑次生灾害影响的多物资多仓库的混合整数规划物资分配模型,并运用启发式搜索法进行应急物资分配,实现最少延迟<sup>[12]</sup>;汪涛等以应急开始时间最早、运输总成本最低为目标,建立了一个多供应点、多受灾点以及多种类的优化模型,并用粒子群算法求解<sup>[13]</sup>;Sheu等通过双层递归函数,以两阶段物资供应商聚类方法进行时变多源物资供应商分组,再以应急响应阶段供需差异影响最小为目标,建立物资供应随机动态规划模型,并用情景法进行实例分析,验证了供应商分组对减少供需不平衡的有利作用<sup>[14]</sup>;Chakravarty研究了不确定条件下的人道救援供应链快速响应问题,提出两阶段方法,第1阶段决策灾前应急物资的储备地点及储备量,第2阶段决策灾后应急物资的供应量及供应时间<sup>[15]</sup>;Minciardi等提出了自然灾害发生前后的资源分配模型,讨论了灾前灾后的模型适用范围<sup>[16]</sup>;Chang等提出能够调节可用资源的调配,并自动生成多样有效的应急物流计划的以交货时间和运输成本最小为目标的多目标模型,运用基于贪婪搜索的遗传算法,并以台湾地震为例,仿真证明该算法的优势<sup>[17]</sup>;Tzeng等建立了以最低成本、最低配送时间和最大满足度为目标的多目标物资分配模型,并通过台湾地震实例验证模型对提升物资分配效率的作用,但该模型仅将需求资源分为人员和物资,没有对物资进行细分,没有考虑持续供应的生产问题<sup>[18]</sup>。

综上所述,已有较多学者研究应急物资分配模型,但多集中从多点供应多点受灾的角度研究分配方法,均未考虑供应方可能存在的能力限制对物资供应产生的影响,也没有考虑除库存供应以外,通过生产实现持续供应。为此,本文对多供应主体下的物资持续供应问题进行研究,建立多供应主体下的物资分配模型,用CPLEX编程求解,在案例研究中对模型的可行性进行验证,并就多供应主体对物资供应效率提升的贡献进行对比分析。

## 1 问题描述

自然灾害发生后,物资供应分为 $t$ 个周期,每个

周期有独立的物资需求,物资供应方分别由中央物资库和已认证的协议供应商组成,其中储备型供应商供应库存物资,制造型供应商提供物资生产力。决策者选择合适的供应主体,将应急物资发运至配送中心,再由配送中心按照实际接收量发运至受灾区域(图 1)。由于每个受灾区域覆盖多个受灾点(群),故为便于调配管理,1 个配送中心只对应负责 1 个受灾区域的物资供应,受灾点(群)的需求总和对应配送中心的初始需求。该模型相比以往应急物资供应模型,结合实际考虑了供应方的能力限制、距离限制,并加入 2 种职能的供应商作为供应主体,解决现实中物资库断货、缺货和长途运输给救灾带来的影响,并提供可持续补给的新方案。

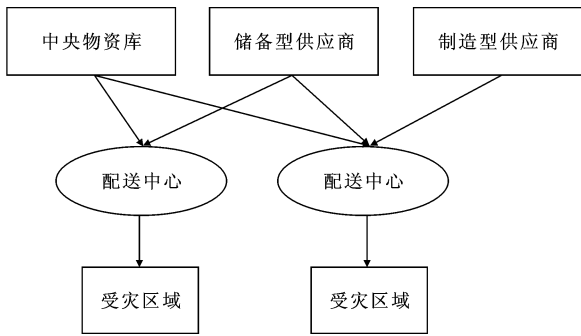


图 1 多供应主体的物资供应框图

Fig. 1 Diagram of multi-supply subjects supplying

为便于模型建立,假设:①配送中心的数量和位置已知,受灾点群对应的配送中心已确定;②每种物资的供应商已选定;③中央物资库和储备型供应商可存储多种物资,可供应多个配送中心,因单个周期内产量有限,故每个制造型供应商在 1 个周期内只为 1 个配送中心供货;④每个周期的物资需求量在上一周期提前预测获知;⑤不能在周期时长内运到的在途物资累积到下一周期接收数量中。

## 2 模型构建

### 2.1 符号说明

(1)集合: $R$  为物资集合, $r \in R$ ;  $I$  为配送中心集合, $i \in I$ ;  $K$  为中央物资库集合;  $S$  为储备型供应商集合;  $P$  为生产型供应商集合;  $N$  为供应方集合, $N = K \cup S \cup P$ ,  $j \in N$ ;  $Z$  为灾区集合, $z \in Z$ ;  $T$  为周期集合, $t \in T$ 。

(2)参数: $D_{ir}^z(t)$  为配送中心  $i$  服务的灾区点群在周期  $t$  需求物资  $r$  的数量总和;  $\phi_{jr}$  为供应方  $j$  对物资  $r$  的储备量,  $\forall j \in K \cup S$ ;  $\varphi_{jr}(t)$  为物资  $r$  的供应方  $j$  在每个周期  $t$  的最小发货量,  $\forall j \in S \cup P$ ;

$\eta_{jr}(t)$  为供应方  $j$  在周期  $t$  生产物资  $r$  的能力,  $\forall j \in P$ ;  $Q_i$  为配送中心  $i$  的容量;  $\tau_i$  为配送中心  $i$  的紧急度;  $V_r$  为物资  $r$  的单位体积;  $\varphi_{ir}(t)$  为配送中心  $i$  中物资  $r$  在周期  $t$  的权重;  $T_j^L$  为供应方  $j$  的装货时间,  $j \in N$ ;  $T_j^M$  为供应方  $j$  的生产时间,  $\forall j \in P$ ;  $T_{ji}^T$  为供应方  $j$  到配送中心  $i$  的运输时间,  $j \in N$ ;  $M$  为极大数;  $p(t)$  为周期  $t$  的单位时长。

(3)决策变量:  $D_{ir}(t)$  为配送中心  $i$  在周期  $t$  需求物资  $r$  的数量;  $\rho_{ir}(t)$  为在周期  $t$  内配送中心  $i$  内物资  $r$  的供应差异量,  $\rho_{ir}(t) > 0$  为正差异,即配送中心  $i$  在周期  $t$  内可调用物资(含上一周期剩余量和当前周期接收量)大于需求量,  $\rho_{ir}(t) < 0$  为负差异,即配送中心  $i$  在周期  $t$  内可调用物资少于需求量;  $x_{ijr}(t)$  为 0-1 变量,当  $x_{ijr}(t) = 1$ ,供应方  $j$  在周期  $t$  为配送中心  $i$  供应第  $r$  种物资,否则  $x_{ijr}(t) = 0$ ,  $j \in N$ ;  $y_{ijr}(t)$  为供应方  $j$  给配送中心  $i$  在周期  $t$  供应物资  $r$  的数量,  $j \in N$ ;  $z_{ijr}(t)$  为配送中心  $i$  在周期  $t$  接收供应方  $j$  供应物资  $r$  的实际数量,  $j \in N$ 。

### 2.2 模型建立

基于多供应主体的应急物资供应模型构建为目标函数

$$\min \text{OBJ}_1 = \sum_t \sum_i \sum_r |\rho_{ir}(t)| \varphi_{ir}(t) \tau_i \quad (1)$$

$$\min \text{OBJ}_2 = \sum_t \sum_r \sum_i \left( \sum_{j \in N} x_{ijr}(t) (T_j^L + T_{ji}^T) + \sum_{j \in P} x_{ijr}(t) T_j^M \right) \quad (2)$$

约束条件

$$D_{ir}(t) = D_{ir}^z(t) - \rho_{ir}(t-1), \forall (t, i, r) \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_t y_{ijr}(t) \leq \phi_{jr}, \forall (r, j \in K) \quad (4)$$

$$\sum_t \varphi_{jr}(t) \leq \sum_i \sum_t y_{ijr}(t) \leq \phi_{jr}, \forall (r, j \in S) \quad (5)$$

$$\varphi_{jr}(t) \leq \sum_i y_{ijr}(t) \leq \eta_{jr}(t), \forall (r, t, j \in P) \quad (6)$$

$$z_{ijr}(t) = y_{ijr}(t), \forall (T_j^L + T_{ji}^T + T_j^M \leq p(t), i, r, j \in N) \quad (7)$$

$$z_{ijr}(t+1) = y_{ijr}(t), \forall (T_j^L + T_{ji}^T + T_j^M > p(t), i, r, t, j \in N) \quad (8)$$

$$\rho_{ir}(t) = \rho_{ir}(t-1) + \sum_{j \in N} z_{ijr}(t) - D_{ir}(t), \forall (i, r, t) \quad (9)$$

$$\sum_r V_r \rho_{ir}(t) \leq Q_i, \forall (\rho_{ir}(t) > 0, t, i) \quad (10)$$

$$\sum_i x_{ijr}(t) \leq 1, \forall (r, t, j \in P) \quad (11)$$

$$y_{ijr}(t) \leq Mx_{ijr}(t), \forall (i, r, t, j \in N) \quad (12)$$

$$x_{ijr}(t) \leq My_{ijr}(t), \forall (i, r, t, j \in N) \quad (13)$$

$$x_{ijr}(t) \in \{0, 1\}, \forall (i, r, t, j \in N) \quad (14)$$

$$y_{ijr}(t), z_{ijr}(t) \geq 0, \forall (i, r, t, K, j \in N) \quad (15)$$

模型说明。

目标函数:①物资供应不稳定性最小;②物资供应时间最少。

约束条件:式(3)表示配送中心需求量计算式,周期 $t$ 内的需求量为灾区 $t$ 内的需求量减去 $t-1$ 周期内配送中心的物资差异量;式(4)表示中央物资库发货量小于其容量;式(5)表示储备供应商发货量小于其容量,大于其最小发货量;式(6)表示制造型供应商配送量小于生产能力大于最小发货量;式(7)、式(8)表示若物资由供应方供应到配送中心的时间在周期内,则物资可在周期内向灾区发运;若物资由供应方供应到配送中心的时间超出周期时长,则物资在下一周期向灾区发运;式(9)表示需求供应差计算式,周期 $t$ 的供应方在本周期的供应量和需求量的差异与上一周期供应差之和;式(10)表示配送中心物资存量小于配送中心容量;式(11)表示在周期 $t$ 内1个制造供应商只为1个配送中心供货;式(12)、式(13)表示供应方未被选中就没有供应量,但若被选中就一定有供应量;式(14)为0-1决策变量;式(15)为非负约束。

### 2.3 参数求解说明

目标函数中 $\varphi_{ir}(t)$ 指物资在周期 $t$ 的权重,根据物资在需求期的特点由政府提前确定,灾害发生初期为紧急救援期,药品、帐篷等需求较为紧急,灾害发生中后期为持续响应期,持续的生活补给和重建物资权重则会较高<sup>[14]</sup>。目标函数中 $\tau_i$ 指配送中心的紧急度,即其对应灾区点群的综合紧急度。受灾点紧急度 $\tau_{iz}$ 通过模糊算法对3个指标评价获得<sup>[19]</sup>,再由式(16)得到配送中心的紧急度 $\tau_i$

$$\tau_i = \sum_z \tau_{iz} / \sum_i \sum_z \tau_{iz} \quad (16)$$

受灾点紧急度评价指标。①受灾人数:受灾人数与物资需求成正比,同时儿童、老人和受伤人员较多的受灾点,若不能及时将他们安置和救治,他们身体条件可能会恶化,所以受灾人数应该考虑入紧急度;②建筑设施破坏度:建筑设施破坏严重的地区,救援难度和安置难度都比较大,应赋予较高的权重;③距离和道路条件:远离城市或交通不顺畅的区域救援难度会明显增大,甚至自然灾害的破坏可能将受灾地区变成孤岛,所以这些受灾点的紧急度权重

应较高。

### 2.4 模型求解

本模型为多目标混合整数规划模型,模型中有2个目标函数,多个决策变量,求解困难。这里采用分层序列法辅助求解,该方法是求解多目标规划问题的常用方法,思路是将各目标按照重要性进行排序,分层次逐步求解。首先对第1个目标求最优解,并找出所有最优解的集合,在集合内求取第2个目标的最优解,以此类推<sup>[20]</sup>。在本模型中,物资供应偏差度对受灾地区影响更大、更重要,其次是供应最短时间,故该双目标函数分为2个阶段求解:第1阶段确定最优物资供应方案集合;第2阶段在集合中找出供应时间最短的解,从而得到模型的解。

## 3 案例分析

以玉树地震为例,2010年4月14日青海玉树发生7.1级地震,救灾物资供应随即展开。假设在中央救灾物资库的基础上已有协议供应商可补充供应。应急物资供应系统为中央救灾物资库4个(成都、西安、郑州、昆明库);配送中心3个(西宁西站、红十字会、物流园),分别向玉树结古镇灾区点群(紧急权重0.6)、隆宝镇灾区点群(紧急权重0.3)和称多县灾区点群(紧急权重0.1)供应物资,各配送中心与供应方的距离相等,如图2所示。

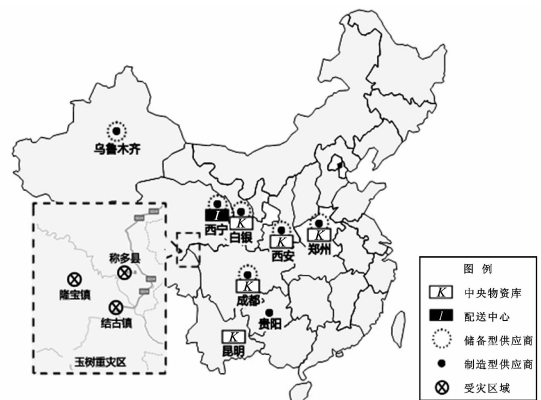


图2 玉树地震受灾点和物资供应点

Fig. 2 Disaster points and suppliers of Yushu earthquake

各配送中心最大容量分别是10 000、5 000、5 000 m<sup>3</sup>;应急物资为帐篷( $R_1$ )、棉被( $R_2$ )、方便面( $R_3$ )、饮用水( $R_4$ ),其体积分别为0.2和0.15 m<sup>3</sup>/件、1和3.22 m<sup>3</sup>/t,需求量分别服从 $N(6\ 000, 45^2)$ 、 $N(26\ 500, 1\ 350^2)$ 、 $N(88, 20^2)$ 和 $N(120, 50^2)$ 的正态分布,3个灾区点群需求分别占总需求的50%、30%和20%。周期 $t$ 的单位时长 $p(t)$ 为24 h,分为

8 个周期,  $t$  等于 1,2,3 为紧急救援期,4 种物资在 3 个灾区的权重分别为  $[0.4,0.2,0.2,0.2]$ ,  $[0.4,0.3,0.2,0.1]$  和  $[0.3,0.3,0.2,0.2]$ ;  $t=4,\cdots,8$  为持续救援期,4 种物资在 3 个灾区的权重分别为  $[0.2,0.2,0.3,0.3]$ ,  $[0.2,0.2,0.3,0.3]$  和  $[0.2,0.3,0.3,0.2]$ 。其他参数见表 1、表 2,其中表 2 供应商资料选自民政部救灾救济司 2011 年发布的《自然灾害应急救助物资生产商名录》。

表 1 中央物资库可供量

Tab. 1 Resource supply of central warehouse

物资地点		$R_1/\text{件}$	$R_2/\text{件}$	$R_3/\text{t}$	$R_4/\text{t}$	$T_j^y/\text{min}$
物资库	西安	10 000	40 000	0	0	120
	昆明	5 000	43 000	0	0	110
	成都	14 100	78 300	0	0	120
	郑州	10 000	20 000	0	0	130

表 2 应急物资的协议供应商信息

Tab. 2 Agreement suppliers resource information of emergency resource

物资	供应商	类别	城市	$\psi_{jr}$ 或 $\eta_{jr}(t)$	$\varphi_{jr}(t)$	$T_{ji}^T$	$T_j^T$	$T_j^M$
$R_1$	豫兴	S	郑州	1 000	1 000	960	120	
	鹏宇	S	西安	1 500	1 000	660	120	
	鑫宏威	S	成都	1 500	1 000	720	130	
	豫兴	P	郑州	400	300	960	60	440
	鹏宇	P	西安	300	300	660	70	420
	鑫宏威	P	成都	400	300	720	50	460
$R_2$	鑫宏威	S	成都	10 000	5 000	720	110	
	际华	S	昌吉	8 000	5 000	1 320	120	
	鑫宏威	P	成都	3 000	3 000	720	90	270
	际华	P	昌吉	4 000	4 000	1 320	90	250
	如意	P	安顺	4 000	4 000	1 320	100	280
$R_3$	华润	S	西宁	150	10	60	110	
	华联	S	西宁	120	10	60	120	
	白银百货	S	白银	150	10	180	110	
	统一(成都)	P	成都	50	10	720	70	360
	统一(西安)	P	西安	40	10	660	80	330
	顶益	P	西安	40	10	660	70	340
	华联	S	西宁	200	50	60	100	
$R_4$	华联	S	西宁	180	50	60	120	
	娃哈哈(西宁)	S	西宁	200	50	60	100	
	统一(白银)	P	白银	70	50	180	100	250
	娃哈哈(成都)	P	成都	50	50	720	100	230
	娃哈哈(西宁)	P	西宁	50	50	60	130	230

采用 CPLEX 求解器编程求解,在 Intel core i5 @ 1.80 GHz CPU,4.00 GB 内存的电脑上运行。模型约束 5 144 个,变量为 3 073 个,非 0 系数 12 921 个,迭代 3 140 947 次,求得目标函数值  $OBJ_1$  为 0,  $OBJ_2$  为 119 945,计算时间为 972 s。因篇幅有限,仅将周期

1 的供应方案列出,见下页图 3。该周期中物资需求全部满足,其中运往配送中心  $I_1$ 、 $I_2$  的棉被物资分别有 12 225 件和 5 075 件在途,将在下一周期到达,中央物资库  $K_4$  未调配物资。

下页表 3 为 8 个周期内物资实际供应量与需求量的偏差(含供应过量正偏差和供应不足负偏差)和采用本文方法核算的物资供应量与需求量的偏差的对比<sup>[21]</sup>。下页图 4 为 8 个周期内物资实际供应量偏差(含正偏差和负偏差)占需求量的比率和采用本文方法核算的物资供应量与需求量偏差率的对比。图 4、表 3 中周期 1,2,⋯,8 表示第 1 周期,第 2 周期,⋯,第 8 周期。从图 3 计算结果、表 3 和图 4 对比可以看出,多供应主体物资供应方式较地震时实际采取的物资库供应方式有以下优势。

(1)本案例中,虽然物资  $R_1$  和  $R_2$  在中央物资库有库存,但昆明库距离配送中心较远,配送时间超过了当前周期,需下一周期到货,而近距离供应商的补给弥补了在途物资的供应缺口。

(2)物资  $R_3$  和  $R_4$  在中央物资库没有库存,相关部门灾后才组织物资供应商采购和调配,使得供应时间和供应数量存在不确定性,所以实际供应中 2 种物资在供应周期末期才满足需求;而多主体供应模式则可在第 1 周期就满足需求,同时在库存不足情况下持续生产,实现灾害中后期的物资供应。

(3)实际供应中,远距离的中央物资库一次配送量大,导致物资供应量波动大,使缺货和过量交替出现(如  $R_1$ ),不仅影响救灾物资发放,还对配送中心容量和灾区道路交通造成很大压力;多主体供应模式则可实现按需均衡供应,4 种物资的平均供应偏差率均改善了 66% 以上。

(4)供应商的参与使中央物资库供应压力降低,本案例中中央物资库  $K_4$  在周期 1 未使用即已满足供应需求。

4 结 语

(1)为改善现有中央物资库供应应急物资方式的不足,提出建立由协议供应商参与的多主体供应模式,并根据协议供应商的功能特点进行分类和定义。

(2)建立以供应偏差影响度最小和供应总耗时最少为目标的多周期多目标混合整数应急物资供应模型,模型中不仅结合实际考虑了物资库和供应商的库存能力、生产能力限制,还考虑了在途物资对接收量的影响和供应超量对配送中心的库存压力,使之较其他学者的研究更贴近实际情况。

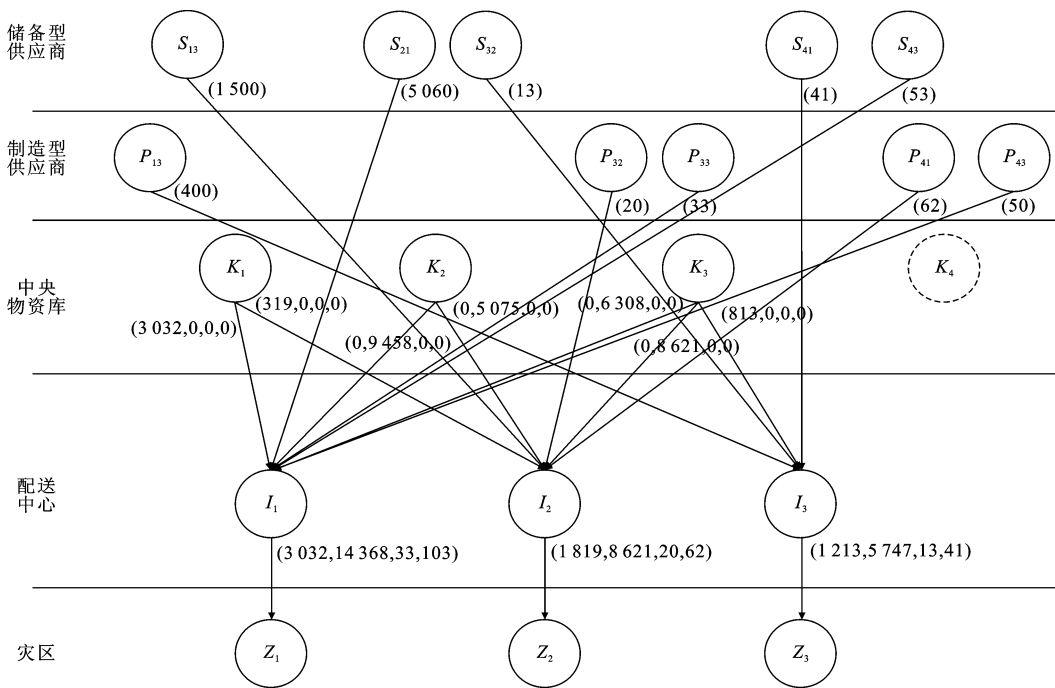


图 3 周期 1 的物资供应方案  
Fig. 3 Resource supplying plan in period 1

周期	实际供应				多主体供应
	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	全部物资
1	2 236	-18 735	-66	-206	0
2	-3 707	-45 150	-155	-316	0
3	4 964	-64 453	-4	-329	0
4	4 293	-50 085	-36	73	0
5	3 569	-76 347	-95	-55	0
6	-1 684	32 998	-105	-31	0
7	-10 521	3 987	-204	-295	0
8	-697	3 987	-4	5	0

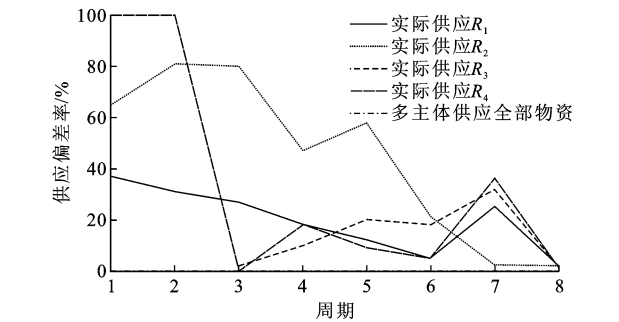


图 4 物资供应偏差率对比

Fig. 4 Comparison of resource supplying deviation ratio

(3)以青海玉树地震为案例,运用 CPLEX 编程求解,输出物资供应方案,验证模型的有效性和可行性。通过与实际救灾物资供应数据对比,分析出本文提出的多主体供应模式较单一物资库供应模式能

够增加应急物资实物储备种类和数量,提高物资送达及时性和数量准确性,实现均衡供应和持续供应,为政府应急物资供应决策提供参考。

(4)从案例结果看,虽然验证了多主体供应模式的优势,但计算时间较长。为提高研究成果在实际应用中的可操作性,今后将针对更大规模的物资种类分配研究模型的启发式算法。

参考文献:

References:

[ 1 ] SHEU J B. Challenges of emergency logistics management[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2007, 43(6): 655-659.

[ 2 ] BLANCHARD P, VOLCHENKOV D. Understanding complex systems[M]. Berlin: Springer, 2008.

[ 3 ] ZHAO Y, QIAN Y S. The construction of emergency logistics and integrated transport system based on “scenario-response” mode[J]. International Journal of Control and Automation, 2014, 7(3): 359-370.

[ 4 ] 高建国, 贾 燕, 李保俊, 等. 国家救灾物资储备体系的历史和现状[J]. 国际地震动态, 2005(4): 5-12.

GAO Jian-guo, JIA Yan, LI Bao-jun, et al. The historical and present situation of the state reserve system of rescue goods and materials[J]. Recent Developments in World Seismology, 2005(4): 5-12. (in Chinese)

[ 5 ] 张自立. 面向非常规突发事件的生产能力储备模型研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010.

- ZHANG Zi-li. Research on models of capacity reserve toward unconventional emergencies[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2010. (in Chinese)
- [6] 魏承玉, 王晓明. 政府采购协议供应商的产生与管理[J]. 中国政府采购, 2009(8): 43.
- WEI Cheng-yu, WANG Xiao-ming. Generation and management of government procurement agreement suppliers[J]. China Government Purchase, 2009(8): 43. (in Chinese)
- [7] 沈星辰, 樊博. 信息共享、应急协同与多源物资储备的关系研究[J]. 科技管理研究, 2015, 35(15): 216-221, 239.
- SHEN Xing-chen, FAN Bo. Information sharing, collaborative response and relief supplies in emergency preparation[J]. Science and Technology Management Research, 2015, 35(15): 216-221, 239. (in Chinese)
- [8] 张丽杰, 寇晓荣, 冯仁余. 基于模糊支持向量机的应急物资储备模式研究[J]. 军事交通学院学报, 2015, 17(6): 41-44.
- ZHANG Li-jie, KOU Xiao-rong, FENG Ren-yu. Reserve modes of emergency materials based on fuzzy support vector machine[J]. Journal of Military Transportation University, 2015, 17(6): 41-44. (in Chinese)
- [9] 张文峰. 应急物资储备模式及其储备量研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.
- ZHANG Wen-feng. Research on the reserve models and quantity of emergency resources[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2010. (in Chinese)
- [10] 樊友龙. 基于多需求点的突发事件应急物资调度模型研究[D]. 西安: 长安大学, 2014.
- FAN You-long. Research on the model of materials dispatching based on emergency of multi-demand points[D]. Xi'an: Chang'an University, 2014. (in Chinese)
- [11] 张毅. 基于自然灾害的救灾物资物流决策理论与方法研究[D]. 西安: 长安大学, 2008.
- ZHANG Yi. Study on decision making theory and method of disaster relief materials logistics based on natural disasters[D]. Xi'an: Chang'an University, 2008. (in Chinese)
- [12] ZHANG J H, LI J, LIU Z P. Multiple-resource and multiple-depot emergency response problem considering secondary disasters[J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(12): 11066-11071.
- [13] 汪涛, 吴琳丽. 基于粒子群算法的应急物资调度研究[J]. 军事交通学院学报, 2011, 13(5): 70-74.
- WANG Tao, WU Lin-li. Research on emergency resources scheduling based on particle swarm optimization[J]. Journal of Military Transportation University, 2011, 13(5): 70-74. (in Chinese)
- [14] SHEU J B, PAN C. Relief supply collaboration for emergency logistics responses to large-scale disasters[J]. Transportmetrica A: Transport Science, 2015, 11(3): 210-242.
- [15] CHAKRAVARTY A K. Humanitarian relief chain: rapid response under uncertainty[J]. International Journal of Production Economics, 2014, 151: 146-157.
- [16] MINCIARDI R, SACILE R, TRASFORINI E. Resource allocation in integrated preoperational and operational management of natural hazards[J]. Risk Analysis, 2009, 29(1): 62-75.
- [17] CHANG F S, 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.
- [18] TZENG G H, CHENG H J, HUANG T D. Multi-objective optimal planning for designing relief delivery systems[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2007, 43(6): 673-686.
- [19] LIU P D. Multi-attribute decision-making method research based on interval vague set and TOPSIS method[J]. Technological and Economic Development of Economy, 2009, 15(3): 453-463.
- [20] 陈亮, 陈雨果. 多目标发电调度策略与方法[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(9): 104-108.
- CHEN Liang, CHEN Yu-guo. Strategy and method for multi-objective generation dispatch schedules[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(9): 104-108. (in Chinese)
- [21] 民政部办公厅. 青海玉树发生 7.1 级地震民政系统全力以赴抗震救灾[EB/OL]. [2016-03-01]. <http://mztt.mca.gov.cn/article/ysdz>.
- Office of Ministry of Civil Affairs. Civil affairs system go all out in Qinghai Yushu 7.1 earthquake relief work[EB/OL]. [2016-03-01]. <http://mztt.mca.gov.cn/article/ysdz>. (in Chinese)