

# 灾后应急物资保障的多目标定位—联运模型\*

陈刚, 张锦

(西南交通大学 交通运输与物流学院, 成都 610031)

**摘要:** 为了将应急物资快速准确地配送至灾区,在考虑灾后应急物资保障阶段性特征的基础上,构建了一个以应急物资未满足率最小、系统总时间最短以及系统总成本最小为目标的多周期混合整数规划模型,模型考虑了应急配送中心定位及多种类应急物资联运等问题。采用 GAMS 软件编程,并用分层序列法求解多目标规划。以“4·20”四川芦山地震为例验证模型的可行性和有效性,结果表明该模型能有效地解决灾后应急物资保障的定位—联运问题。

**关键词:** 应急物资; 定位—联运问题; 混合整数规划; 分层序列法

**中图分类号:** TP303      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-3695(2014)03-0804-04

**doi:**10.3969/j.issn.1001-3695.2014.03.040

## Multi-objective location-transportation model in post-disaster relief operations

CHEN Gang, ZHANG Jin

(School of Transportation & Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** In order to distribute urgent relief to disaster areas quickly and accurately, this paper proposed a multi-period mixed integer programming model with the goals of minimizing the unsatisfied demands, total time and total cost, based on the periodic characteristics of urgent relief operations. It considered emergency facility location problem and multimodal transportation problem in this model. The multi-objective formulation was programmed by GAMS, and solved by lexicographic method. A numerical experiment of “4·20” Sichuan Lushan earthquake was designed to test the feasibility and efficacy of the proposed formulation, the numerical analysis shows capabilities of the model to solve the location-transportation problem in post-disaster relief operations.

**Key words:** urgent relief; location-transportation problem; mixed integer programming; lexicographic method

### 0 引言

近年来,全球大规模自然灾害频发,造成大量人员伤亡和财产损失。据统计,全球每年发生的自然灾害达 500 次以上,75 000 人因此而死亡,2 亿人受灾。灾后应急救援是一项复杂的系统工程,其中应急物资保障是救援工作的重中之重,是保障受灾群众生命安全和维持社会稳定的关键问题。由于应急物资种类多样、运输量大、运输路程较远,往往通过多种运输方式运往受灾点,而且一般都会选择在物资供应点和受灾点之间设置一些应急配送中心以中转应急物资,提高运输效率。灾后应急物资保障具有阶段性特征,紧急救援期应急物资供不应求,需要根据灾区应急物资需求的紧急程度合理分配应急物资,恢复期应急物资供不应求现象依然存在,但需求量将逐渐减小且服从一定的概率分布。

国内外学者对应急物流系统优化问题已有一些研究。Sheu<sup>[1]</sup>构建了一个包含供应商、配送中心及受灾点三层结构的应急物资模糊聚类配送模型,并用 LINGO 软件求解。Yi 等人<sup>[2]</sup>研究了自然灾害应急救援中的物资配送和伤员运送的协调优化问题,建立一个混合整数多商品网络流模型,并用

CPLEX 软件求解。Barbarosoglu 等人<sup>[3]</sup>结合应急物资需求品种繁多、多种运输方式组合运输的实际情况,建立了一个两阶段随机规划模型,并用 GAMS 软件进行求解。Afshar 等人<sup>[4]</sup>构建了一个与联邦应急管理局(FEMA)相适应的应急物流框架体系,提出一个考虑临时设施选址的应急物资运输模型,并用 CPLEX 软件求解。Najafi 等人<sup>[5]</sup>提出一个多目标、多运输方式、多物资种类、多周期的随机数学模型,同时解决震后应急物资调度及伤员运输问题。Rawls 等人<sup>[6]</sup>建立了突发事件应急救援设施选址的两阶段随机混合整数规划模型。Widener 等人<sup>[7]</sup>结合地理信息系统和空间优化模型,研究了飓风灾害后应急设施选址问题。Zhang 等人<sup>[8]</sup>研究了同时考虑主灾害和次生灾害的多资源多配送点的应急物资分配问题。Berkoune 等人<sup>[9]</sup>构建了一个应急条件下的运输模型,设计遗传算法进行求解,并与 CPLEX 的计算结果和效率进行比较。陈雷雷等人<sup>[10]</sup>考虑大规模突发事件下供给点物资供应量小于应急点物资需求量的应急物资调度,建立了多时段动态变化、多物资、多种运输方式、多运输车辆的物资优化调度模型。陈刚等人<sup>[11]</sup>构建了双层应急物资配送模型,上层模型考虑储备库到配送中心的大批量运输,下层模型考虑配送中心到受灾点的巡回配送。马祖军等人<sup>[12]</sup>针对灾后应急物资运输问题提出了一个多

收稿日期: 2013-05-10; 修回日期: 2013-07-01      基金项目: 国家社会科学基金资助项目(11BJL054)

作者简介: 陈刚(1987-),男,博士研究生,主要研究方向为应急物流管理与优化研究(chengang309@gmail.com);张锦(1963-),男,教授,博导,主要研究方向为物流系统优化与规划、低碳物流、物联网技术应用等。

阶段动态多式联运模型,并设计了结合动态规划思想和分支定界方法的启发式算法。王绍仁等人<sup>[13]</sup>研究了震后应急配送中心定位—运输路线安排问题的多目标优化模型。缪成等人<sup>[14]</sup>针对灾后大规模应急物资运输问题,综合考虑多货物、多起止点网络流问题与多种运输方式满载车辆调度问题,设计了一种多模式分层网络。

综上所述,尽管有学者研究了灾后应急物资运输问题,但大多数只考虑了单一的运输方式,且假设应急设施固定不变。但灾后大规模应急物资通常采用多种运输方式联合运输,为了提高救援的效率,往往还需要从一系列备选中转点中选择若干个作为临时应急配送中心。为此,本文在考虑灾后应急物资保障的阶段性特征基础上,研究了灾后应急物流系统中的多产品多运输方式定位—联运多目标优化模型,以期为应急管理部门提供辅助决策支持。

### 1 问题描述

灾后应急物资保障系统要在有限的时间、空间和资源约束下,使用适当的运输方式将各种应急物资(帐篷、棉被、食品等)从灾区外围的应急物资供应点运往灾区所在区域的区域应急配送中心,再运往设置在灾区附近的灾区应急配送中心,最后再配送至受灾点,如图1所示。图中箭头表示网络流的流向,例如集散点的物资可供给给储备库及区域应急配送中心,但供应商的物资只供给给储备库。

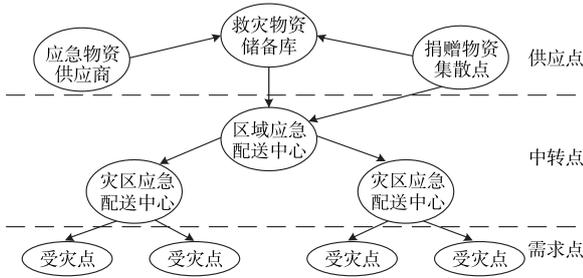


图1 应急物资保障系统示意图

应急物流活动涉及的设施分为供应点、中转点及受灾点三类。其中供应点包括应急物资供应商、救灾物资储备库及捐赠物资集散点三种类型。中转点属于临时设施,包括区域应急配送中心及灾区应急配送中心两种类型:a)区域应急配送中心主要负责从储备库或集散点运来救灾物资的临时储存及中转;b)灾区应急配送中心主要负责从区域应急配送中心运来救灾物资的临时储存及配送。受灾点为应急物资需求点,是指灾区灾民的临时安置点。

模型假设:a)设施之间存在多种运输方式,设施可用的运输工具数量有限,设施的处理能力有限;b)应急物资保障具有多阶段性,灾害初期应急物资供不应求,上一周期未满足的需求将累加到下一周期;c)受灾点对应急物资的需求紧急程度不同,受灾越严重的地区对物资需求的紧急程度越高;d)装卸采用多点同时作业方式,装卸时间跟物资的量非线性关联。

## 2 模型构建

### 2.1 符号说明

#### 1) 集合

$N$  表示所有节点的集合,  $i, j \in N$  为索引;  
 $W$  表示救灾物资储备库的集合;

$CS$  表示捐赠物资集散点的集合;  
 $VEN$  表示应急物资供应商的集合;  
 $RDC$  表示区域应急配送中心的集合;  
 $LDC$  表示灾区应急配送中心的集合;  
 $D$  表示受灾点的集合;  
 $U$  表示供应点的集合,  $U = W \cup CS \cup VEN$ ;  
 $V$  表示中转点的集合,  $V = RDC \cup LDC$ ;  
 $C$  表示物资种类的集合,  $c \in C$  为索引;  
 $M$  表示运输方式的集合,  $m \in M$  为索引;  
 $P$  表示周期的集合,  $p \in P$  为索引。

#### 2) 参数

$Sup_{cip}$  表示周期  $p$  物资  $c$  在  $i$  点的供应量,  $i \in U$ ;  
 $Dem_{cip}$  表示周期  $p$  物资  $c$  在  $i$  点的需求量,  $i \in D$ ;  
 $RU_{cip}$  表示  $i$  点周期  $p$  对物资  $c$  需求的相对紧急程度,  $i \in D$ ;  
 $VN_{mi}$  表示  $i$  点运输模式  $m$  可用的车辆数,  $i \in U \cup V$ ;  
 $Ucap_i$  表示  $i$  点最大的卸载能力,  $i \in W \cup V$ ;  
 $Leap_i$  表示  $i$  点最大的装载能力,  $i \in U \cup V$ ;  
 $Scap_i$  表示  $i$  点最大的库存能力,  $i \in U \cup V$ ;  
 $Vcap_m$  表示运输模式  $m$  车辆的最大运输能力;  
 $CT_{cmij}$  表示  $i$  点到  $j$  点运输模式  $m$  单位物资  $c$  的运输成本;  
 $CF_i$  表示开放  $i$  点的固定成本,  $i \in V$ ;  
 $CU_{cmi}$  表示  $i$  点运输模式  $m$  单位物资  $c$  的卸载成本,  $i \in W \cup V$ ;  
 $CL_{cmi}$  表示  $i$  点运输模式  $m$  单位物资  $c$  的装载成本,  $i \in U \cup V$ ;  
 $CH_{cip}$  表示  $i$  点周期  $p$  单位物资  $c$  的库存持有成本,  $i \in U \cup V$ ;  
 $T_{mij}$  表示  $i$  点到  $j$  点运输模式  $m$  的旅行时间;  
 $TU_{mi}$  表示  $i$  点运输模式  $m$  的卸载时间,  $i \in W \cup V$ ;  
 $TL_{mi}$  表示  $i$  点运输模式  $m$  的装载时间,  $i \in U \cup V$ ;  
 $RDC_{max}$  表示区域配送中心的最大数目;  
 $LDC_{max}$  表示灾区配送中心的最大数目;  
 $M_{big}$  表示一个很大的数。

#### 3) 决策变量

$X_{cmijp}$  表示周期  $p$  物资  $c$  通过运输模式  $m$  从  $i$  点到  $j$  点的运输量;  
 $Y_{ip} \in \{0, 1\}$ ,  $i \in V$  表示中转点选址的决策变量, 取 1 表示  $i$  点在周期  $p$  被选为中转点, 否则为 0;  
 $Z_{mijp} \in \{0, 1\}$  表示弧上流量的 0-1 变量, 当  $\sum_c X_{cmijp} > 0$  时取 1, 否则取 0;  
 $S_{cip}$  表示点  $i$  周期  $p$  物资  $c$  的库存量,  $i \in U \cup V$ ;  
 $UD_{cip}$  表示点  $i$  周期  $p$  物资  $c$  的未满足量,  $i \in D$ 。

### 2.2 模型建立

应急物资保障定位—联运问题的多目标混合整数规划模型(P)构建如下:

$$\min f_1 = \sum_c \sum_{i \in D} \sum_p RU_{cip} UD_{cip} \quad (1)$$

$$\min f_2 = \sum_m \sum_i \sum_j \sum_p T_{mij} Z_{mijp} + \sum_m \sum_j \sum_{i \in W \cup V} \sum_p TU_{mi} Z_{mijp} + \sum_m \sum_i \sum_j \sum_p TL_{mi} Z_{mijp} \quad (2)$$

$$\min f_3 = \sum_c \sum_m \sum_i \sum_j \sum_p CT_{cmij} X_{cmijp} + \sum_c \sum_m \sum_j \sum_{i \in W \cup V} \sum_p CU_{cmi} X_{cmijp} + \sum_c \sum_m \sum_i \sum_{i \in U \cup V} \sum_p CL_{cmi} X_{cmijp} + \sum_{i \in V} \sum_p CF_i Y_{ip} + \sum_{i \in U \cup V} \sum_p CH_{cip} S_{cip} \quad (3)$$

$$s. t. \quad \sum_m \sum_j X_{cmijp} + S_{cip} = Sup_{cip} + \sum_m \sum_j X_{cmijp} + S_{ci(p-1)} \quad \forall i \in U, c, p \quad (4)$$

$$\sum_m \sum_j X_{cmijp} + S_{cip} = \sum_m \sum_j X_{cmijp} + S_{ci(p-1)} \quad \forall i \in V, c, p \quad (5)$$

$$\sum_m \sum_j X_{cmijp} + UD_{cip} = Dem_{cip} + UD_{ci(p-1)} \quad \forall i \in D, c, p \quad (6)$$

$$\sum_m \sum_j X_{cmijp} \leq Ucap_i \quad \forall i \in U, p \quad (7)$$

$$\sum_m \sum_j X_{cmijp} \leq Ucap_i Y_{ip} \quad \forall i \in V, p \quad (8)$$

$$\sum_m \sum_j X_{cmijp} \leq Leap_i \quad \forall i \in U, p \quad (9)$$

$$\sum_m \sum_j X_{cmijp} \leq Leap_i Y_{ip} \quad \forall i \in V, p \quad (10)$$

$$\sum_c S_{cip} \leq Scap_i \quad \forall i \in U, p \quad (11)$$

$$\sum_c S_{cip} \leq Scap_i Y_{ip} \quad \forall i \in V, p \quad (12)$$

$$\sum_c X_{cmijp} \leq VN_{mi} Vcap_m \quad \forall i \in U, m, p \quad (13)$$

$$\sum_c X_{cmijp} \leq VN_{mi} Vcap_m Y_{ip} \quad \forall i \in V, m, p \quad (14)$$

$$\sum_{i \in RDC} Y_{ip} \leq RDC_{max} \quad \forall p \quad (15)$$

$$\sum_{i \in LDC} Y_{ip} \leq LDC_{max} \quad \forall p \quad (16)$$

$$\sum_c \sum_m \sum_j (X_{cmijp} + X_{cmijp}) \leq M_{big} Y_{ip} \quad \forall i \in V, p \quad (17)$$

$$Y_{ip} \leq M_{big} \sum_c \sum_m \sum_j (X_{cmijp} + X_{cmijp}) \quad \forall i \in V, p \quad (18)$$

$$\sum_c X_{cmijp} \leq M_{big} Z_{mijp} \quad \forall m, i, j, p \quad (19)$$

$$Z_{mijp} \leq M_{big} \sum_c X_{cmijp} \quad \forall m, i, j, p \quad (20)$$

$$X_{cmijp}, S_{cip}, UD_{cip} \geq 0; Y_{ip}, Z_{mijp} \in \{0, 1\} \quad (21)$$

目标函数式(1)表示受灾点总的需求未满足率最小;目标函数式(2)表示系统的总时间最短,其中第一项为运输时间,第二项为卸载时间,第三项为装载时间;目标函数式(3)表示系统的总成本最小,其中第一项为运输成本,第二项为卸载成本,第三项为装载成本,第四项为临时设施开放的固定成本,第五项为库存持有成本。约束式(4)~(6)为流量守恒约束:约束式(4)表示周期  $p$  供应点物资调出量加上库存量等于其周期  $p$  物资的供应量与接收量之和再加上周期  $(p-1)$  的库存量;式(5)表示周期  $p$  中转点物资的流出量与库存量之和等于其周期  $p$  物资的流入量与周期  $(p-1)$  的库存量之和;式(6)表示周期  $p$  受灾点的物资流入量加上未满足的量等于其周期  $p$  物资需求量加上周期  $(p-1)$  的未满足量。式(7)~(14)为能力约束:其中式(7)(8)分别为供应点与中转点的卸载能力约束;式(9)(10)分别为供应点与中转点的装载能力约束;式(11)(12)分别为供应点与中转点的库存能力约束;式(13)(14)分别为供应点与中转点的车辆能力约束。式(15)(16)为临时设施最大个数的限制;式(17)(18)表示周期  $p$  临时设施  $i$  有物资流入量或流出量时  $Y_{ip}$  为 1, 否则为 0;式(19)(20)表示周期  $p$  运输模式  $m$  下弧  $(i, j)$  上有流量时  $Z_{mijp}$  为 1, 否则为 0;式(21)表示自变量定义域的约束。

### 3 模型求解

模型中的三个目标函数处于冲突状态,不存在最优解使所有目标函数同时最优化,这种情况下只能求出模型的有效解,也称非支配解、非劣解或 Pareto 解。具体地说,一个解  $x^*$  称为有效解,如果不存在  $x \in S$ , 使  $f_i(x) \geq f_i(x^*)$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$  且不等号至少对一个序号  $i$  成立,表示在不牺牲其他目标函数的前提下,不可能再改进任何一个目标函数。

在应急物资保障过程中,物资的满足率最为重要,其次是时间,最后才考虑成本。故本文采用分层序列法求解多目标规划,其优点在于继承了单目标优化问题求解的一些成熟算法。其基本思想是将目标函数按重要程度排成一个次序,然后在求得前一个目标函数最优解的基础上求后一个目标函数的最优解,并把最后一个目标函数的最优解作为多目标规划的最终解<sup>[15]</sup>。模型具体求解步骤如下:

a) 以式(1)为优化目标,式(4)~(21)为约束构建模型  $P_1$ , 求得最优目标函数值  $f_1^*$ , 最优解为  $x^1$ , 构建约束式(22)为

$$\sum_{c \in D} \sum_p RU_{cip} UD_{cip} = f_1^* \quad (22)$$

b) 以式(2)为优化目标,式(4)~(22)为约束构建模型  $P_2$ , 求得最优目标函数值  $f_2^*$ , 最优解为  $x^2$ , 构建约束式(23)为

$$\sum_m \sum_j \sum_p T_{mij} Z_{mijp} + \sum_m \sum_j \sum_{i \in W \cup V} \sum_p TU_{mi} Z_{mijp} + \sum_{m \in U \cup V} \sum_j \sum_p TL_{mi} Z_{mijp} = f_2^* \quad (23)$$

c) 以式(3)为优化目标,式(4)~(23)为约束构建模型  $P_3$ , 求得最优目标函数值  $f_3^*$ , 最优解为  $x^3$ 。

**定理** 由分层序列法求得的最优解  $x^3$  为多目标规划模型  $P$  的有效解。

**证明** 假设  $x^3$  不是  $P$  的有效解,则存在  $\bar{x} \in X$ , 使得  $f(\bar{x}) \leq f(x^3)$ , 即  $f(\bar{x}) \leq f(x^3)$  且  $f(\bar{x}) \neq f(x^3)$ 。因为  $f_1(x^3) = f_1^* = f_1(x^1)$ , 故不可能有  $f_1(\bar{x}) < f_1(x^3)$ , 即必有  $f_1(\bar{x}) = f_1(x^3)$ 。假设

$f_2(\bar{x}) < f_2(x^3)$ , 由此可知,  $\bar{x}$  是问题  $(P_2)$  的可行解, 而由于  $f_2(\bar{x}) < f_2(x^3) = f_2(x^2)$ , 这与  $f_2(x^2)$  是问题  $(P_2)$  的最优解矛盾, 故必有  $f_2(\bar{x}) = f_2(x^3)$ 。依次继续进行下去, 由数学归纳法得,  $f_k(\bar{x}) = f_k(x^3)$  ( $k = 1, 2, 3$ ), 这与  $f(\bar{x}) \leq f(x^3)$  矛盾, 定理得证。

### 4 实例分析

以“4·20”四川芦山地震为例, 应急物资保障系统包括 3 个应急物资供应商、8 个救灾物资储备库、2 个捐赠物资集散点、5 个备选的区域应急配送中心、8 个备选的灾区应急配送中心及 20 个受灾点, 如图 2 所示。应急物资供应商所在地为北京 (VEN<sub>1</sub>)、上海 (VEN<sub>2</sub>)、广州 (VEN<sub>3</sub>), 救灾物资储备库所在地为成都 (W<sub>1</sub>)、武汉 (W<sub>2</sub>)、长沙 (W<sub>3</sub>)、西安 (W<sub>4</sub>)、兰州 (W<sub>5</sub>)、合肥 (W<sub>6</sub>)、南宁 (W<sub>7</sub>)、昆明 (W<sub>8</sub>), 捐赠物资集散点所在地为成都 (CS<sub>1</sub>)、重庆 (CS<sub>2</sub>), 备选区域配送中心为青白江铁路散货物流园区 (RDC<sub>1</sub>)、新津铁路散货物流园区 (RDC<sub>2</sub>)、新都物流中心 (RDC<sub>3</sub>)、双流物流中心 (RDC<sub>4</sub>)、龙泉物流中心 (RDC<sub>5</sub>)。

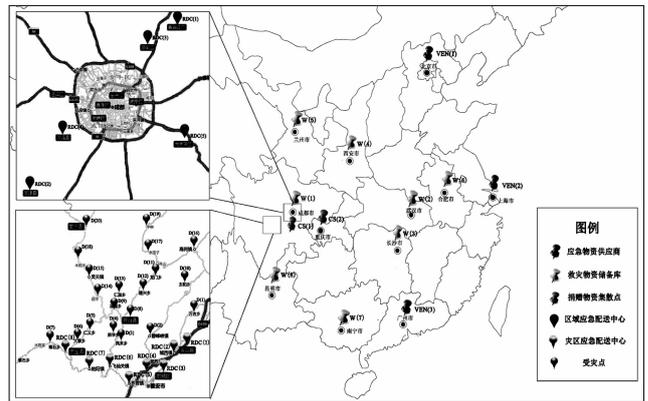


图2 四川芦山地震应急物资保障系统示意图

应急物资有帐篷 ( $C_1$ )、棉被 ( $C_2$ )、食品 ( $C_3$ ) 三类, 将应急物资保障过程分为七个周期,  $P_1$  为灾后紧急救援期, 受灾点物资需求量大, 具体数据如表 1 所示,  $P_2 \sim P_7$  为灾后恢复期, 受灾点物资需求较为稳定且服从一定的概率分布, 其中  $C_1$  的需求量服从  $N(100, 7^2)$  的正态分布,  $C_2$  的需求量服从  $N(200, 7^2)$  的正态分布,  $C_3$  的需求量服从  $N(4\ 000, 32^2)$  的正态分布。运输方式有卡车 ( $M_1$ )、火车 ( $M_2$ ) 两种, 最大装载能力分别为 500 件和 5 000 件, 各应急设施可用的车辆数如表 2 所示。救灾物资储备库为主要的物资供应点, 供应物资的数量和周期如表 3 所示。供应商及集散点的物资供应量服从一定的概率分布, 其中供应商每周期  $C_1$  的供应量服从  $N(1\ 000, 10^2)$  的正态分布,  $C_2$  的供应量服从  $N(1\ 500, 17^2)$  的正态分布,  $C_3$  的供应量服从  $N(15\ 000, 32^2)$  的正态分布, 集散点每周期  $C_1$  的供应量服从  $N(1\ 000, 10^2)$  的正态分布,  $C_2$  的供应量服从  $N(1\ 700, 14^2)$  的正态分布,  $C_3$  的供应量服从  $N(19\ 000, 22^2)$  的正态分布。应急设施的装载能力与卸载能力均为 5 万件, 库存能力均为 2 万件。区域应急配送中心最大数目为 3, 灾区应急配送中心最大数目为 4, 受灾点根据灾情的严重程度分为四个等级, 受灾点  $D_2, D_6, D_8, D_9$  物资需求紧急程度为 0.1; 受灾点  $D_{10}, D_{14}, D_{16}, D_{17}, D_{18}$  物资需求紧急程度为 0.2; 受灾点  $D_1, D_3, D_4, D_5, D_7, D_{11}$  物资需求紧急程度为 0.3; 受灾点  $D_{12}, D_{13}, D_{15}, D_{19}, D_{20}$  物资需求紧急程度为 0.4。由于篇幅限制, 其他参数不再列出。

表1 紧急救援期P1 受灾点应急物资需求 /件

Table with 11 columns (D1-D10) and 6 rows (C1-C3) showing emergency material requirements for disaster points.

表2 应急设施可用的车辆类型及数量 /辆

Table with 13 columns (VEN1-VEN3, CS1-CS2, W1-W8) and 4 rows (M1, M2, RDC1-RDC8, LDC1-LDC8) showing available vehicle types and quantities.

表3 救灾物资储备库供应量及供应周期 /件

Table with 8 columns (W1-W8) and 3 rows (C1, C2, C3) showing supply quantities and cycles for disaster relief material warehouses.

a 资料来源:国家减灾网(http://www.jianzai.gov.cn/); b 表示储备库W1于周期P1供应物资C16000件。

采用GAMS软件编程,并调用CPLEX求解器求解,在Intel Core i3 550 @ 3.20 GHz CPU,4.00 GB内存的电脑上运行,模型参数11 0661个,约束式10 069个,决策变量17 300个。根据上述模型求解步骤,经过168 945次迭代,求得最优目标函数值f1 = 66 250, f2 = 1 400, f3 = 1.193 6E + 08,计算时间为278.88 s。应急物资保障过程的物资未满足情况如图3所示,前期未满足量较大,后期未满足量逐渐减小,到第七周期应急物资需求全部满足,其中物资C3(食品)从第二周期就满足需求。图4为采用本文模型的应急物资保障优化结果与实际情况的对比,结果表明模型能有效地实现灾后应急物资的快速保障,为应急管理部门提供运作层面上的决策支持。

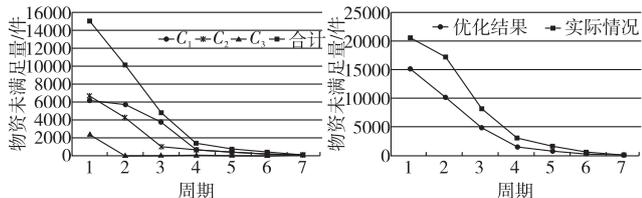


图3 应急物资保障过程物资未满足情况

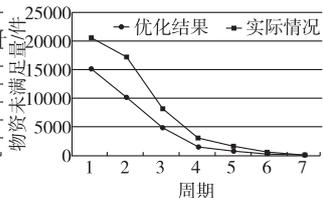


图4 应急物资保障优化结果与实际情况对比

由于篇幅限制,本文只给出了紧急救援期P1的应急物资运输方案,如图5所示。从图5中可以看出,大部分运输还是采用公路运输的方式,这是由于模型采用分层序列法求解多目标规划,其中时间目标比成本目标重要,而相同距离下公路运输的时间比铁路运输短,另外灾区地处山区,灾区应急配送中心到受灾点无铁路运输方式。从图中还可以看出,区域应急配送中心选址为RDC1、RDC3、RDC5,灾区应急配送中心选址为LDC3、LDC5、LDC6、LDC7。

5 结束语

大规模自然灾害发生后,应急管理部门往往需要面对不同供应点到不同受灾点的大批量多种类救灾物资运输问题,必须尽可能地满足灾区的应急物资需求,保障受灾群众的生命安全和维持社会稳定,并在满足时间最短目标的基础上尽量使系统的总运作成本最小。为此,本文构建了一个能够描述应急物资保障系统运作层面的数学模型,模型控制了所有从供应点到受灾点的物流,不仅考虑了设施装卸能力及库存能力的约束,

还考虑了车辆运输能力的约束,解决了临时应急设施的选址优化及多种运输方式联合运输问题。最后将模型应用于“4·20”四川芦山地震灾后应急物资保障过程中,采用GAMS软件编程,调用CPLEX求解器求得模型的最优解,并与实际的应急物资保障情况对比,验证了模型的可行性和有效性。

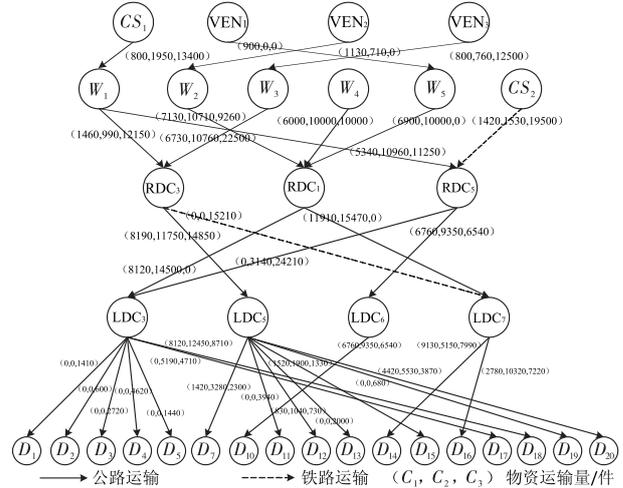


图5 紧急救援期P1 应急物资运输方案

本文不足之处在于虽然采用精确算法求出了模型的最优解,但是消耗了大量的计算时间,如果问题规模继续扩大,就不能在可接受的时间内求出结果,由此需要进一步研究模型的启发式算法。另外多目标求解方法采用的是比较成熟的分层序列法,只求解出多目标规划的一个有效解,因此将进一步研究能求解出整个Parato前沿的多目标求解方法。

参考文献:

List of 15 references including works by SHEU J B, YI Wei, OZDAMAR L, BARBAROSOGLU G, ARDA Y, AFSHAR A, HAGHANI A, NAJAFI M, ESHGHI K, DULLAERT W, RAWLS C G, TURNQUIST M A, WIDENER M J, HOMER M W, ZHANG Jiang-hua, LI Jin, LIU Zhi-ping, BERKOUNE D, RENAUD J, REKIK M, 陈雷雷, 王海燕, 陈刚, 张锦, 严焱, 马祖军, 王绍仁, 王绍仁, 马祖军, 缪成, 许维胜, 吴启迪, 徐政平, 李军.