

文章编号:1672-9331(2019)01-0036-07

模糊供求条件下高速公路大标段建设 项目地材调配决策

王首绪, 贺 争

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘 要:为解决高速公路大标段项目地材调配中周期内供求量不确定、供应点分散、需求点多和调配时间受约束的问题,实现高效率调配,在三级网络结构下建立了以运输总时间、总成本和需求满足率为目标的非线性规划模型。用最可能值法确定了模糊数的权重和置信水平,用平均权重法对模糊数进行了去模糊化。对运输时间和成本动态赋权,提高了决策的科学性。最后以潜江至石首高速公路项目为背景设计仿真算例,并用 LINGO 软件求解该模型。研究表明,该模型能充分考虑地材供求不平衡的两种关系,为调度决策提供了科学依据。

关键词:模糊供求;大标段;动态调度;三级网络结构;非线性规划;多种运输方式

中图分类号:U491

文献标识码:A

Land material scheduling decision of large-scale expressway construction project under the condition of fuzzy supply and demand

WANG Shou-xu, HE Zheng

(School of Traffic and Transportation Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, China)

Abstract: In order to solve the problems of uncertain quantity of supply and demand, scattered supply points, many demand points and constrained allocation time in the period of land material scheduling of large section of expressway project, this paper realizes the high efficiency allocation under the three-level network structure. A nonlinear programming model with the premise of demand satisfaction rate and total transportation time and total cost is established. The weight and confidence level of fuzzy numbers are determined by the method of the most probable value, and the triangular fuzzy numbers are treated by the average weight method. Dynamic weight of transportation time and cost to improve the scientific nature of decision-making. Finally, taking Qianjiang to Shishou Expressway Project as the background, a simulation example is designed, and LINGO software is used. The model is solved. The results show that the model can fully consider the two relationships between supply and demand imbalance of ground timber, and provide scientific basis for scheduling decision.

收稿日期:2018-10-24

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71371036)

通讯作者:王首绪(1964-),男,湖北荆州人,长沙理工大学教授,主要从事路桥工程造价管理与经济评价等方面的研究。E-mail:99088472@qq.com

Key words: fuzzy supply and demand; large scale; dynamic scheduling; tertiary network structure; nonlinear programming; multiple modes of transportation

公路工程地方性材料一般指在项目所在地附近通过开采或购买而获取的材料,它在公路工程中占有重要地位。^[1]在大标段模式下的高速公路项目建设中,地材作为混凝土的重要组成成分,其需求量是小标段模式的几倍甚至十倍。因此,良好的地材供应对建设项目的工期缩短、成本降低、质量提高都有着重要的意义^[2]。

高速公路大标段项目通常是指比一般情况下标段的物理长度以及投资金额都更“大”的项目^[3]。由于不同地区的标段划分各异,因此对大标段的定义也有一定的差异。现以笔者研究的湖北地区为例,通过对该地区专家走访以及调研、分析,认为将标段长度 20 km 及以上或者合同金额 15 亿及以上的高速公路建设项目称为大标段项目较为合适。

大标段公路项目建设的特点,决定了面向大标段的地材调配问题与面向一般规模小标段的地材调配问题存在一定的差异。首先,大标段项目地材配送时间更加紧迫,不能只单纯考虑调度成本;其次,由于地材的供应与其他物资不同,其供应点分布广、价格波动性较大、牵扯面广,不同库场设施条件不同,供应也会受到不同程度的影响,使得地材供应点和库场的总供应量常常是模糊的;最后,大标段对地材需求的紧迫性和大量性,导致单一供应点无法满足需求点的需求,需要考虑多个供应点共同运输的情况^[4]。

在建设项目物资调配研究方面,刘伟军等^[5]通过建立机械使用最优规划模型和调运距离优化模型,优化了高速公路项目群机械配备量,实现了项目间机械调配的最短距离。田凯^[6]在恩黔项目地材供应的集中配送模式下,通过分析自建料场投资回收期并自建料场,从而缩短了地材配送距离,为项目降低了成本。袁爽^[7]以时间、路程、成本为关键指标改进遗传算法,并通过仿真算例证明改进了遗传算法应用于铁路物资调度的有效性。王首绪^[8]通过结合主客观权重,以配送点的优先顺序为前提,建立了以路线最短、成本最低为目标的物资供应模型,运用自适应蚁群算法求得

物资供应的最优配送路线和最低成本。

上述文献虽然从不同角度研究了建设项目物资调配问题,但大多为一般建设项目的物资调配,对于大标段建设项目的研究仍较少。且研究多考虑供应点直接配送到需求点的直发模式或者集配中心配送到需求点这一部分的配送,多为二级调配网络结构;对供应量和需求量在周期内的不确定性也考虑较少,采用模型多为确定型静态模型。因此,作者依据大标段公路建设项目的特征,研究三级调配网络下地材供应量和需求量均为模糊数时,供求不平衡下地材的动态调度问题,在需求满足率最大的情况下,以时间最少和成本最低为目标求解模型。

1 问题描述与建模

1.1 问题描述

高速公路大标段项目的地材调配通常采用集中采购下的厂发模式:由业主向供应商统一集中采购,将地材先从供应点运输到业主指定的中转存储的库场验收、质检,再随时依据施工点的需求及实际到货情况,向施工点调配物资;然后由业主各施工点进行内部结算,与供应商统一结算,支付货款^[9]。由于高速公路大标段集中采购模式的特点,大标段项目的地材调配宜采用由供应点到库场再到需求点的三级调配网络结构。而且地材运入库场能够减少分散交货的运输组织费用,库场能够对调配进行调节,满足临时的需求变化,同时又能减少施工现场地材存储量,减少临时设施的投入。图 1 为此时地材调配的网络结构。

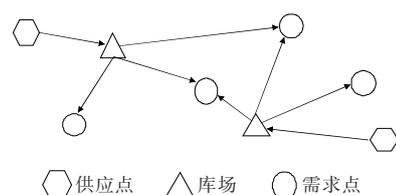


图 1 地材三级调配网络

Fig. 1 Ground material three-level distribution network

假设建设项目地材调配网络中有 I 个地材供应点; L 个库场; J 个需求点。 V 表示地材配送的

模式数; T 表示地材配送周期数, $t = \{1, 2, \dots, T\}$; d_{il}^v 和 d_{lj}^v 分别表示 v 模式下从供应点 i 到库场 l 和从库场 l 到需求点 j 的最短路线距离; $T_{il}^v(t)$ 和 $T_{lj}^v(t)$ 分别表示 v 模式下从供应点 i 到库场 l 和从库场 l 到需求点 j 在周期 t 内的配送时间; $R_{il}^v(t)$ 和 $R_{lj}^v(t)$ 都是 0-1 变量, 分别表示在 v 模式下从供应点 i 对库场 l 和从库场 l 对需求点 j 在周期 t 内是否进行供应; C_v 表示 v 模式下地材的单位运输成本; CE_l 表示地材的单位转运成本; P_i 表示供应点筹集地材的单位采购成本; P_l 表示库场储存地材的单位储存成本。

模糊参数有三个: $\hat{E}_i(t)$ 为周期 t 初供应点 i 筹集的地材数量; $\hat{E}S_l(t)$ 为库场 l 在周期 t 初储存的地材的数量; $\hat{D}M_j(t)$ 为周期 t 需求点 j 预测的数量, 三个量均为模糊数量。中间变量有三个: $\hat{E}M_i(t)$ 为在周期 t 初地材供应点 i 地材实际能够配送数量; $\hat{E}SM_l(t)$ 为在周期 t 初库场 l 地材实际能够配送的数量; $\hat{D}_j(t)$ 为在配送周期 t 初需求点 j 的地材实际需求量, 三个变量也均为模糊数量。决策变量有两个: $Y_{il}^v(t)$ 和 $X_{lj}^v(t)$ 分别表示 v 模式下周期 t 供应点 i 到库场 l 和库场 l 到需求点 j 的地材配送量。

1.2 模型构建

本研究引入应急物流理论来构建多目标非线性规划模型。应急物流通常指为应对突发事件而对人、财、物的需求进行紧急保障的一种特殊物流活动。应急物流系统的设计需要满足快速响应、满足需求、最小偏差和降低成本四个目标^[10]。这些特点与大标段高速公路建设项目下的地材调配非常契合。为了便于建立模型, 假设以下条件: ① 所有地材供应点和库场有能力完成各个周期的配送任务; ② 上一周没有满足的需求点, 下一周期优先进行配送。根据以上描述, 可建立如下模型:

$$\begin{aligned} \min f_1 &= \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L R_{il}^v(t) \times T_{il}^v(t) + \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J R_{lj}^v(t) \times T_{lj}^v(t). \quad (1) \\ \min f_2 &= \sum_{i=1}^I [P_i \times \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L Y_{il}^v(t)] + \sum_{l=1}^L [P_l \times (\sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I Y_{il}^v(t) - \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^J X_{lj}^v(t))] + \end{aligned}$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L C_v \times Y_{il}^v(t) \times d_{il}^v + \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J C_v \times X_{lj}^v(t) \times d_{lj}^v + \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L Y_{il}^v(t) \times CE_l. \quad (2)$$

$$\max f_3 = \frac{\sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J X_{lj}^v(t)}{\sum_{j=1}^J \hat{D}(t)} \quad \forall t. \quad (3)$$

目标式(1)表示最小地材配送时间, 为地材从供应点到库场实际配送时间和从库场到需求点实际配送时间之和。 $R_{il}^v(t)$ 和 $R_{lj}^v(t)$ 由式(8)和式(9)计算得到, 是两个 0-1 变量, 表示供应点到库场、库场到需求点是否有配送发生。

目标式(2)表示最低地材配送成本, 为地材采购成本、地材配送成本、库场转运成本和地材储存成本之和。

目标式(3)表示每周期最大化地满足所有需求点的地材需求。本模型以目标式(3)作为优先满足目标值, 再对目标式(1)和目标式(2)进行求解。

$$\text{s.t.} \quad \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L Y_{il}^v \leq \hat{E}M_i(t) \quad \forall i, \forall t. \quad (4)$$

$$\hat{E}SM_l(t) \geq \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^J X_{lj}^v(t) \quad \forall l, \forall t. \quad (5)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^J X_{lj}^v(t) \leq \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I Y_{il}^v(t) \quad \forall l, \forall t. \quad (6)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L X_{lj}^v \leq \hat{D}M_j(t) \quad \forall j, \forall t. \quad (7)$$

$$R_{il}^v(t) = \begin{cases} 0, & Y_{il}^v(t) = 0 \\ 1, & Y_{il}^v(t) > 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$R_{lj}^v(t) = \begin{cases} 0, & X_{lj}^v(t) = 0 \\ 1, & X_{lj}^v(t) > 0 \end{cases} \quad (9)$$

$$\hat{E}M_i(t) = \begin{cases} \hat{E}_i(t), & t = 1 \quad \forall i \\ \hat{E}M_i(t-1) - \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L Y_{il}^v(t-1) + \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L Y_{il}^v(t), & t \geq 2 \quad \forall i \end{cases} \quad (10)$$

$$\hat{E}SM_l(t) = \begin{cases} \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I Y_{il}^v(t-1) + \hat{E}S_l(t), & t = 1 \quad \forall l \\ \hat{E}SM_l(t-1) - \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^J X_{lj}^v(t-1) + \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I Y_{il}^v(t) + \hat{E}S_l(t), & t \geq 2 \quad \forall l \end{cases} \quad (11)$$

$$\hat{D}_j(t) = \begin{cases} \hat{D}M_j(t), & t = 1 \forall i \\ D_j(t-1) - \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L X_{lj}^v(t-1) + \hat{D}M_j(t), & t \geq 2 \forall i \end{cases} \quad (12)$$

$$Y_{il}^v(t) \geq 0 \quad \forall i, \forall l. \quad (13)$$

$$X_{lj}^v(t) \geq 0 \quad \forall j, \forall l, \forall t. \quad (14)$$

式(4)表示各周期地材供应点配送的地材数量应小于或等于供应点能够配送的地材量;式(5)表示各周期库场转运的地材数量应小于或等于该库场能够配送的地材量;式(6)表示各个周期库场接收的地材储存后转运到需求点;式(7)表示各周期需求点接收的地材数量应小于或等于该点需求量。

式(10)用来动态表示不同周期地材供应点实际能够配送的地材量。当周期数为 1 时,供应点筹集的地材数量即供应点实际能够配送的地材量;当周期数大于或等于 2 时,供应点前一周期没有配送储存下来的地材数量和本周期供应点筹集的数量为供应点的实际能够配送的地材量。

式(11)用来动态表示不同周期库场实际能够配送的地材量。当周期数为 1 时,本周期库场储存的地材数量和本周期供应点配送到库场的地材数量为库场实际能够配送的地材量;当周期数大于或等于 2 时,前一周期中没有配送储存下来的地材数量、本周期从供应点配送到库场的地材数量和本周期库场储存的地材数量为本周期库场实

$$u_{D_j(t)}(x) = \begin{cases} \{x - [D_j(t)]^L\} / \{[D_j(t)]^C - [D_j(t)]^L\}, & [D_j(t)]^L \leq x \leq [D_j(t)]^C \\ \{[D_j(t)]^R - x\} / \{[D_j(t)]^R - [D_j(t)]^C\}, & [D_j(t)]^C \leq x \leq [D_j(t)]^R \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (15)$$

类似地,各周期初地材供应点和库场储存的地材的模糊数量分别记为: $\hat{E}_i(t) = [E_i(t)]^L, [E_i(t)]^C, [E_i(t)]^R$; $\hat{E}S_l(t) = \{[ES_l(t)]^L, [ES_l(t)]^C, [ES_l(t)]^R\}$ 。各周期初地材供应点和库场储存的地材的模糊隶属度函数可以根据式(15)进行代换,这里不再赘述。

综合考虑属性值可能度和风险偏好,在确定置信水平 α 后 ($\alpha \in [0, 1]$),采用平均权重法将三角模糊数去模糊化变为确定值^[11]。预测模糊需求量 $\hat{D}_j(t)$ 、地材供应点筹集地材数量 $\hat{E}_i(t)$ 和库场筹集地材数量 $\hat{E}S_l(t)$ 可分别用式(16)~(18)表示。 $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ 分别表示模糊数对应的最小可能

实际能够配送的地材量。

式(12)用来动态表示不同周期需求点地材的实际需求量。当周期数为 1 时,本周期预测的地材数量即为需求点地材的实际需求量;当周期数大于或等于 2 时,前一周期配送不足的地材数量和本周期预测的地材需求数量为需求点地材的实际需求量。通过对式(10)~(12)的动态更新,实现了模型的实时动态调配式。式(13)和式(14)表示不同周期的地材配送量大于等于零。

2 模型求解

2.1 去模糊化策略

本研究采用三角模糊数来表示地材的供应量和需求量,因为三角模糊数不仅能够良好地描述地材供应量和需求量的供应状态,而且表示简洁,容易理解。

三角模糊需求量为:

$$\hat{D}_j(t) = \{ [D_j(t)]^L, [D_j(t)]^C, [D_j(t)]^R \}.$$

式中: $[D_j(t)]^L \leq [D_j(t)]^C \leq [D_j(t)]^R$; $[D_j(t)]^L$ 表示最小可能值; $[D_j(t)]^C$ 表示最可能值; $[D_j(t)]^R$ 表示最大可能值。

各周期初的最小可能值、最可能值和最大可能值可以根据项目的工程进度安排进行估计确定。三角模糊需求量的模糊隶属度函数式为:

值、最可能值和最大可能值的权重。本研究采用 Lushu 等^[12]提出的最可能值法,即 $\omega_1 = \omega_3 = 1/6, \omega_2 = 4/6$ 且 $\alpha = 0.5$ 。用式(16)~(18)中的右边部分对模型中相应的模糊变量进行替换,从而实现模型的去模糊化。

$$\hat{D}_j(t) = \omega_1 \times [D_j(t)]^L_\alpha + \omega_2 \times [D_j(t)]^C_\alpha + \omega_3 \times [D_j(t)]^R_\alpha. \quad (16)$$

$$\hat{E}_i(t) = \omega_1 \times [E_i(t)]^L_\alpha + \omega_2 \times [E_i(t)]^C_\alpha + \omega_3 \times [E_i(t)]^R_\alpha. \quad (17)$$

$$\hat{E}S_l(t) = \omega_1 \times [ES_l(t)]^L_\alpha + \omega_2 \times [ES_l(t)]^C_\alpha + \omega_3 \times [ES_l(t)]^R_\alpha. \quad (18)$$

2.2 求解算法

因为本研究模型是一个具有优先级的模糊多目标非线性规划模型,所以需要先去掉优先级变为单阶段模型,然后对模型去模糊化,转变为清晰的两目标规划模型,最后分别对模型中的两个单目标求解。

具体步骤为:首先将模型中的优先级目标式(3)转化为约束式,然后将模型中约束式(3)用下面的约束式(19)替换。式(19)表示,当供大于求时,实际配送的地材总量为地材需求总量;当供不应求时,实际配送的地材总量为全部可供供应的地材数量。在第一周期时,令 $\hat{E}SM_l(0) = 0, \forall l$, $\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L X_{lj}(0) = 0, \forall j, \forall l$,从而实现了所有需求点地材满足率最大化的目标。

$$\begin{aligned} \text{if } & \sum_{i=1}^I \hat{E}M_i(t) + \sum_{l=1}^L \hat{E}S_l(t) + \sum_{l=1}^L \hat{E}SM_l(t-1) - \\ & \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J X_{lj}^v(t-1) \geq \\ & \sum_{j=1}^J \hat{D}M_j(t) \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J X_{lj}^v(t) = \sum_{j=1}^J \hat{D}M_j(t). \\ \text{else } & \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J X_{lj}^v(t) = \sum_{i=1}^I \hat{E}M_i(t) + \\ & \sum_{l=1}^L \hat{E}S_l(t) + \sum_{l=1}^L \hat{E}SM_l(t-1) - \\ & \sum_{v=1}^V \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J X_{lj}^v(t-1). \end{aligned} \quad (19)$$

对模型进行去模糊化处理,用式(16)~(18)中的右边对模型中相应的模糊变量进行替换,将模型转变为两目标规划模型。

对两目标规划模型中的两个单目标函数分别进行求解,得出函数的最小值。设 χ 是所有满足模型条件的地材调配方案的集合, φ 是集合中的一个可行的调配方案,则求得的表达式为:

$$\min f_1(\varphi), \text{ s.t. } \varphi \in \chi. \quad (20)$$

$$\max f_1(\varphi), \text{ s.t. } \varphi \in \chi. \quad (21)$$

$$\min f_2(\varphi), \text{ s.t. } \varphi \in \chi. \quad (22)$$

$$\max f_2(\varphi), \text{ s.t. } \varphi \in \chi. \quad (23)$$

设 φ_1^{\min} 为式(20)的最优解,则 $f_1(\varphi_1^{\min})$ 为地材的最短配送时间, $f_1(\varphi_1^{\max})$ 为地材的最长配送时间;同理,设 φ_2^{\min} 为式(21)的最优解,则 $f_2(\varphi_2^{\min})$ 为地材供应的最小成本, $f_2(\varphi_2^{\max})$ 为地材供应的最大成本。本研究采用 LINGO 软件对模型进行编程求解,可解得模型的最优解和最优目标值。

运用标准 0—1 区间域处理两个目标函数,得到式(24)和式(25):

$$\phi_1(\varphi) = \frac{f_1(\varphi_1^{\max}) - f_1(\varphi)}{f_1(\varphi_1^{\max}) - f_1(\varphi_1^{\min})}. \quad (24)$$

$$\phi_2(\varphi) = \frac{f_2(\varphi_2^{\max}) - f_2(\varphi)}{f_2(\varphi_2^{\max}) - f_2(\varphi_2^{\min})}. \quad (25)$$

设决策者结合实际情况给定两个目标权重为 $r_1(t)$ 和 $r_2(t)$,两目标权重之和为 1 且都大于等于 0,将两目标模型化为单目标模型并求解:

$$\begin{aligned} \max \mu(\varphi) &= r_1(t) \times \phi_1(t) + r_2(t) \times \phi_2(t). \\ \text{s.t. } & \phi \in \chi. \end{aligned}$$

3 案例分析

本研究以潜江至石首高速公路项目为例来说明模型的算法和求解步骤。本项目地材供应点为江陵两个地材供应点和监利一个地材供应点,此外本项目有两个库场,5 个需求点。以日为单位作为调配的周期数。根据需求点的施工进度安排估计每个周期的地材需求量(如表 1 所示)。各周期供应点和库场地材的筹集数量由表 2 和表 3 所示。供应量和需求量的最小可能值和最大可能值由估计的最可能值增减百分之十给出。地材公路单位里程运输单价为 0.4 元/t·km,铁路单位里程运输单价为 0.2 元/t·km。各库场储存地材的转运单价为 0.2 元/t。地材供应点采购地材的价格为 56 元/t,库场单位储存成本为 40 元/t。

表 1 需求点预测的地材需求量

Table 1 Demand for ground materials predicted

	by demand point		t
	第一周期需求量	第二周期需求量	
需求点 1	[505,550,605]	[810,900,990]	
需求点 2	[315,350,385]	[630,700,770]	
需求点 3	[90,100,110]	[225,250,265]	
需求点 4	[540,600,660]	[1 080,1 200,132]	
需求点 5	[1 080,1 200,1 320]	[2 070,2 300,2 530]	

表 2 地材供应点筹集的地材数量

Table 2 Number of land materials raised

	by land supply points	
	第一周期供应量	第二周期供应量
潜江	供应点 1	[1 800,2 000,2 200]
	供应点 2	[630,700,770]
监利	供应点 3	[0,0,0]

通过中国电子地图可以测量得到各地的地理最短路径里程。配送时间以公路运输平均时速 100 km/h、铁路运输平均时速 75 km/h 换算。施工现场内车辆行驶的平均时速为 40 km/h。具体数据见表 4 和表 5。

表 3 库场储存的地材数量

Table 3 Number of land materials raised by warehouse

	第一周期储存量	第二周期储存量
库场 1	[45,50,55]	[135,150,165]
库场 2	[54,60,66]	[144,160,176]

表 4 地材供应点到库场的最短距离和时间

Table 4 Shortest distance and time from supply point to yard

	供应点	库场 1		库场 2	
		公路	铁路	公路	铁路
潜江	供应点 1	8,0.08	8,0.11	12,0.12	12,0.16
	供应点 2	10,0.1	10,0.13	14,0.14	14,0.19
监利	供应点 3	31,0.31	31,0.41	27,0.27	27,0.36

表 5 库场到需求点的最短距离和时间

Table 5 Shortest distance and time from library field to demand point

	需求点 1	需求点 2	需求点 3	需求点 4	需求点 5
库场 1	17,0.425	12,0.3	8,0.2	2,0.05	4,0.1
库场 2	2,0.05	7,0.175	11,0.275	17,0.0.423	23,0.575

用 LINGO 编程求解模型,得到各个周期的全局最优解。单目标第一周期的最小运输时间为 0.795 h,最大运输时间为 2.288 h,最小运输成本为 16.31 万元,最大运输成本为 18.85 万元。假设第一周期的目标权重 $r_1(t)$ 和 $r_2(t)$ 分别为 0.9 和 0.1,计算得到的第一周期的最优方案如表 6 所示。

表 6 第一周期最优配送方案

Table 6 Optimal distribution scheme for the first cycle

供应点	库场	配送方式/(配送量/t)
1	1	公路/2 000
2	2	公路/700
3	2	0
库场	需求点	配送量/t
1	3	150
1	4	600
1	5	1 200
2	1	550
2	2	90

在第一周期决策后,更新相关变量参数,求解第二周期最优配送方案。单目标时,第二周期的最小运输时间为 1.065 h,最大运输时间为 2.698 h;最小运输成本为 38.98 万元、最大运输成本为 43.48 万元。假设给定的第二周期的目标权重 $r_1(t)$ 和 $r_2(t)$ 分别为 0.6 和 0.4,则第二周期最优配送方案如表 7 所示。最大的需求满足率为 1,第一周期未满足的供应量在第二周期得到补充。

表 7 第二周期最优配送方案

Table 7 Optimal distribution scheme for the second cycle

供应点	库场	配送方式/(配送量/t)
1	1	公路/3 900
2	2	公路/1 400
3	2	公路/610
库场	需求点	配送量/t
1	3	250
1	4	1 200
1	5	2 300
2	1	900
2	2	950

本次算例求解结果表明,该系统模型能够充分考虑供求不平衡下的地材调度,对上一周期供不应求的地材,下一周期将优先得到补给。通过权衡时间和成本,找到了全局最优的满意方案。

4 结论

1) 通过充分分析大标段高速公路项目地材调配时间紧、跨度大、三级网络调和需要联合运输等特点,根据应急物流理论建立了以需求满足率作为优先满足目标、以地材最少配送时间和最小配送成本为目标的非线性规划模型,为大标段高速公路地材调配提供了理论参考。

2) 考虑了地材需求量和供应量模糊时的地材调配情况,运用平均权重法和最可能值法对数据进行去模糊化处理,将模型转化为供过于求和供不应求两种情况进行求解。同时对运输时间和成本动态赋权,提高了调配决策的科学性。

3) 以潜江—石门高速公路项目设计仿真实例,运用 LINGO 软件求解最优方案,结果表明,该模型能够在供需不平衡条件下满足需求率最大化

原则,本周期供应不足的需求点下一周期优先补足,在时间和成本的动态平衡下选择出了最优配送方案。

本研究也存在不足之处,如假定没有考虑库场的容量限制等。而在实际情况下,供应点和库场运力不足、容量不足的情况常有发生,这有待进一步的研究。

〔参考文献〕

- [1] 吴琰.铁路建设地材物资招标采购管理的实践与思考[J].铁路采购与物流,2017,12(8):35-36.
WU Yan.Practice and consideration of bidding and purchasing management of railway construction land materials[J].Railway Procurement and Logistic,2017,12(8):35-36.
- [2] 黄桥连,倪四清,孙梦嘉.高速公路大标段模式组织管理及其效率研究[J].工程管理学报,2015,29(3):82-87.
HUANG Qiao-lian,NI Si-qing,SUN Meng-jia.Study on the organization management and efficiency of expressway large section[J].Journal of Engineering Management,2015,29(3):82-87.
- [3] 刘俊.高速公路施工大标段模式组织管理效率研究[D].武汉:华中科技大学,2014.
LIU Jun.Study on the efficiency of expressway construction large segment mode organization and management[D].Wuhan:Huazhong University of Science and Technology,2014.
- [4] 杜子义.大标段施工总承包的项目管理[J].中国公路,2016(15):104-106.
DU Zi-yi.Project management of general contracting for large scale construction[J].China Highway,2016(15):104-106.
- [5] 刘伟军,贺圳.高速公路项目群机械的管理与调配[J].长沙理工大学学报:自然科学版,2017,14(1):41-47.
LIU Wei-jun,HE Zhen.Management and deployment of expressway project group machinery[J].Journal of Changsha University of Technology: Natural Science,2017,14(1):41-47.
- [6] 田凯.集中配送下恩黔项目地材供应对成本的影响分析[J].中小企业管理与科技:下旬刊,2013(4):89.
TIAN Kai.Analysis on the effect of land material supply on cost under centralized distribution[J].Management and Technology of Small and Medium-sized Enterprises:Early Issue,2013(4):89.
- [7] 袁爽.改进遗传算法的铁路物资应急调度研究与应用[D].兰州:兰州交通大学,2014.
YUAN Shuang.Research and application of improved genetic algorithm for railway material emergency dispatch[D].Lanzhou:Lanzhou Jiaotong University,2014.
- [8] 王首绪,丁梦茹,甘国融.高速公路大标段建设项目群物资供应研究[J].工程管理学报,2015,29(6):102-106.
WANG Shou-xu,DING Meng-ru,GAN Guo-rong.Study on material supply of expressway large segment construction project group[J].Journal of Engineering Management,2015,29(06):102-106.
- [9] 于斌.企业集团工程物资集中采购供应的研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2015.
YU Bin.Study on centralized purchasing and supplying of engineering materials in enterprise group[D].Shijiazhuang;Shijiazhuang Railway University,2015.
- [10] 秦博文.属地应急多种运输方式联合调度问题研究[D].北京:北京交通大学,2018.
Qin Po-wen.Study on Joint scheduling of several transportation modes in territorial emergency[D].Beijing:Beijing Jiaotong University,2018.
- [11] 田文丽.不确定条件下多模式运输问题的模型与算法研究[D].北京:北京交通大学,2016.
TIAN Wen-li.Model and algorithm of multi-mode transportation problem under uncertain conditions[D].Beijing:Beijing Jiaotong University,2016.
- [12] Li Lushu,Lai K K.A fuzzy approach to the multiobjective transportation problem[J].Computers and Operations Research,2000,27(1):43-57.