

基于多时间窗的油料保障模型

闫 华^{1*}, 高 黎¹, 刘国勇², 王红旗³

(1. 后勤工程学院 后勤信息与军事物流工程系, 重庆 401311; 2. 62155 部队, 河南 信阳 464132;

3. 后勤工程学院 管理科学与工程系, 重庆 401311)

(*通信作者电子邮箱 yanhua_8304@163.com)

摘 要:针对军用油料(POL)调拨运输优化问题,通过引入保障时间窗,考虑了油料保障过程中复杂的时间窗约束和运力约束,提出了基于多时间窗的油料调拨运输的约束满足问题(CSP)模型及其求解算法。首先,对油料保障点、油料需求点、保障时间窗、油料保障需求及油料保障任务等要素进行了形式化描述;在此基础上,建立了油料保障CSP模型,并采用理想点法,将模型中的多目标转化为单目标规划问题;设计了基于粒子群优化(PSO)算法的模型求解方法和步骤,并通过算例介绍了模型的具体运用。算例中,将利用所提模型求解得到的优化方案与最大化油料保障量为单一目标的模型优化方案进行比较,两种方案下的运力安排已达最大,但对各油料需求保障时间的安排,所提模型求解方案中每个油料需求的开始保障时间都不晚于单目标模型求解方案中的保障时间。通过对不同优化方案的比较,表明所提模型和算法能够有效解决多目标油料保障优化问题。

关键词:多时间窗;油料保障;约束满足问题;优化模型;粒子群算法

中图分类号:TE834; TP391.97 **文献标志码:**A

Petrol-oil and lubricants support model based on multiple time windows

YAN Hua^{1*}, GAO Li¹, LIU Guoyong², WANG Hongqi³

(1. Department of Logistical Information and Logistics Engineering, Logistic Engineering University, Chongqing 401311, China;

2. Unit 62155, Xinyang Henan 464132, China;

3. Department of Management Science and Engineering, Logistic Engineering University, Chongqing 401311, China)

Abstract: In this paper, the military Petrol-Oil and Lubricants (POL) allotment and transportation problem was studied by introducing the concept of support time window. Considering the complicated restrictions of POL support time and transportation capability, the POL allotment and transportation model based on multiple time windows was proposed by using Constraint Satisfaction Problem (CSP) modelling approach. Firstly, the formalized description of the problem elements was presented, such as POL support station, demand unit, support time window, support demand, and support task. Based on the formalized description, the CSP model for POL support was constructed. The multi-objective model was transformed into single-objective one by using perfect point method. Finally, the solving procedure and its steps were designed based on Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm, and an arithmetic example was followed to demonstrate the application of the method. In the example, the two optimization schemes obtained by the model given in this paper and got by the model in which the objective is maximizing the quantity supported were compared. In the two schemes, the transportation capacity both reached a maximum utilization, but the start supporting time of each POL demand in the scheme of the proposed method was no later than the one in the scheme of the single-objective model. By comparing different optimization schemes, it is shown that the proposed model and algorithm can effectively solve the multi-objective POL support optimization problem.

Key words: multiple time windows; Petrol-Oil and Lubricants (POL) support; constraint satisfaction problem; optimization model; Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm

0 引言

现代战争中对油料的高品质、高需求量、高时效性等要求,导致保障过程中运输调度复杂^[1]。油料调拨运输问题的模型研究中,主要思路都是建立数学规划模型来描述系统的数量关系^[2-4]。数学规划模型结构严谨,逻辑性强,但是对于组成较多的系统,所得模型通常复杂难解,且数学规划模型难以处理复杂约束^[5]。油料调拨运输问题除了一般的供应量和需求量约束,还要考虑运输过程中的运力约束和时间要求。

实际问题中,油料保障的时间要求往往是多时间窗约束^[6],因此,传统的数学规划模型很难对问题进行描述。

油料调拨运输模型的求解主要包括确定性算法^[7-8]、启发式算法^[9-10]及智能优化算法^[11-12]。其中,确定性算法主要针对数学规划模型,运用线性规划、整数规划和非线性规划等方法进行求解。确定性算法对问题的规模和形式要求严格,且难以处理大规模问题^[13];启发式算法简洁直观,但启发式规则的设计依赖于问题本身,且算法易陷入局部最优^[14];智能优化算法具有解质量高,适合大规模问题求解等优点,常

收稿日期:2015-01-20;修回日期:2015-03-22。 基金项目:后勤工程学院青年基金资助项目。

作者简介:闫华(1983-),男,甘肃临潭人,讲师,博士,主要研究方向:信息系统、系统优化建模与分析;高黎(1970-),男,北京人,副教授,博士,主要研究方向:信息系统、系统工程;刘国勇(1970-),男,山西朔州人,工程师,主要研究方向:系统优化建模与分析。

见的有遗传算法、蚁群算法和粒子群算法等。其中,遗传算法和蚁群算法在迭代过程中,种群的信息更新机制导致其运行时间较长^[15]。

本文对油料调拨运输问题的研究,通过引入保障时间窗,对需求单位的油料保障开始时间进行了明确要求,同时考虑了各单位的运力约束,基于此建立了油料调拨运输的多时间窗约束满足问题(Constraint Satisfaction Problem, CSP)模型,采用粒子群算法对模型进行求解,并通过算例验证了模型和算法的有效性。

1 油料调拨运输模型

1.1 模型假设

本文中的模型假设如下:

假设1 油料保障点与需求点均配置有一定数量和型号的运油车,保障点运油车可以为所有需求点进行油料保障,并且只有在返回保障点之后才能执行下次运输任务;需求点运油车只执行本单位的油料输送任务。

假设2 运油车辆在空车与满载状态下行驶速度相同,且运油车到达保障地域后的油料卸载时间忽略不计。

假设3 油料保障点至需求点之间的最佳路径均已知,运油车沿着最佳路径输送油料。

一般情况下,各单位都配备有一定数量的运油车,且各单位运油车只负责保障本单位的油料需求,因此,假设1符合油料保障实际;假设2和3主要是为了方便计算,如果考虑车辆在不同状态下的行驶速度,只需在算法中引入车辆的空车速度和满载速度,在计算时进行判断即可。

1.2 问题形式化描述

本文利用CSP建模方法对油料调拨运输问题进行建模,模型中涉及到的要素包括油料保障点、需求点、保障需求和保障任务等。CSP模型利用一组包含若干决策变量的关系表达式对问题进行描述,通过控制决策变量求得可行解,因此,建立CSP模型的关键在于对问题的形式化描述^[16]。首先对集合相关的符号表示进行以下说明:若 C 表示一个集合,则 C_i 表示集合中第 i 个元素, $|C|$ 表示集合中的元素数量。

1) 油料保障点。包括固定油库或野战油库等,主要进行油料的存储和收发,从而满足各部队的油料保障需求。油料保障点包括存储量、配属的运油车辆集合等属性,若以 Spt 表示保障点集合, Spt_i 为集合中元素,则可由以下四元组表示:

$$Spt_i = \{SName_i, SID_i, SC_i, VList_i^{(S)}\} \quad (1)$$

其中: $SName_i$ 为保障点名称, SID_i 为标识号, SC_i 为存储量, $VList_i^{(S)}$ 为运油车集合。

2) 油料需求点。它是具体的油料保障对象,一般是作战部队。主要属性包括现有存储量、最少存储标准、配属的运油车辆集合等。以 Arm_i 表示油料需求点, $AName_i$ 和 AID_i 分别为需求点名称和标识号, AC_i 为存储量, $VList_i^{(A)}$ 为运油车集合,则有:

$$Arm_i = \{AName_i, AID_i, AC_i, VList_i^{(A)}\} \quad (2)$$

油料需求点和保障点的运油车集合 $VList_i^{(S)}$ 和 $VList_i^{(A)}$ 中元素均可表示如下:

$$VList_{i,k} = \{VName_k, VID_k, VC_k, VS_k\} \quad (3)$$

其中: $VName_k$ 和 VID_k 分别表示运油车名称和标识号; VC_k 表

示运油车载重; VS_k 表示运油车行驶速度。

3) 保障时间窗。需求点的油料保障具有时间窗约束。保障开始时间是指运油车运输油料到达需求点的时刻,则保障时间窗约束是指运油车的保障开始时间必须满足对应需求点允许的最早保障开始时间和最晚保障开始时间。令 TW 表示时间窗,则有:

$$TW_i = [Te_i^{(W)}, Tl_i^{(W)}] \quad (4)$$

其中 $Te_i^{(W)}$ 和 $Tl_i^{(W)}$ 分别是最早保障开始时间和最晚保障开始时间。

4) 油料保障需求。同一需求点有多个保障时间窗,因此,提出油料保障需求的概念。保障需求代表了需求点在一个时间窗内的油料需求。以 Req_i 表示油料保障需求,则有:

$$Req_i = \{Arm_i, RC_i, TW_i, Rtp_i\} \quad (5)$$

其中: RC_i 为需求点 Arm_i 在保障时间窗 TW_i 内的油料需求数量, Rtp_i 表示保障需求的实际开始保障时间。需求点 Arm_i 有多个时间窗,因此,同一需求点可能有多个保障需求。

5) 油料保障任务。是指通过分配油料保障点,安排运输车辆及其出发时间,对油料保障需求进行具体执行。以 OT_i 表示油料保障任务,可描述如下:

$$OT_i = \{Req_i^{(OT)}, Spt_i^{(OT)}, VList_i^{(OT)}\} \quad (6)$$

其中: $Req_i^{(OT)}$ 表示任务对应的油料保障需求, $Spt_i^{(OT)}$ 表示执行该任务的保障点, $VList_i^{(OT)}$ 为执行任务的运油车运输安排。由于对需求 $Req_i^{(OT)}$ 的保障可能由多个保障点完成,因此,一个保障需求可能对应多个油料保障任务。

式(6)中,若令 $VList_{i,k}^{(OT)}$ 表示集合 $VList_i^{(OT)}$ 中元素,则有:

$$VList_{i,k}^{(OT)} = \{VID_k, Unit_k, Vtp_k, Vts_k, Vte_k\} \quad (7)$$

其中: VID_k 表示运油车标识号; $Unit_k$ 表示运油车所属单位,可取 Spt_i 或 Arm_i ; $Unit_k = Spt_i$ 表示运油车由保障点 Spt_i 派出; $Unit_k = Arm_i$ 表示由需求点自身派出车辆进行油料运输; Vtp_k 表示该运油车的开始保障时间; Vts_k 和 Vte_k 分别表示车辆的出发时间和返回时间。

运油车开始保障时间是指运油车运输油料到达需求点的时刻。令 D_{ij} 表示保障点 Spt_i 到需求点 Arm_j 之间的距离,对于任务车次 $VList_{i,k}^{(OT)}$,可知其行驶速度为 VS_k 。根据车辆是由保障点或需求点派出,可得 Vtp_k 计算公式:

$$Vtp_k = \begin{cases} Vts_k + D_{ij}/VS_k, & Unit_k \in Spt \\ Vts_k + 2 \times D_{ij}/VS_k, & Unit_k \in Arm \end{cases} \quad (8)$$

令集合 $VList(Req_i)$ 表示所有对需求 Req_i 进行油料保障的运油车运输安排,则有:

$$VList(Req_i) = \bigcup_{j=1}^{10^n} VList_j^{(OT)} \quad (9)$$

s. t. $Req_j^{(OT)} = Req_i$

一个油料保障需求对应多个保障任务,一个保障任务有多个车辆运输安排,不同车辆的任务起止时间也不同,因此,对于式(5)中需求 Req_i 的开始保障时间 Rtp_i ,定义其为所有执行该需求任务的车辆开始保障时间中的最晚开始时间,则根据上文对 Vtp_k 和 $ReqVL_i$ 的定义,可得:

$$Rtp_i = \max\{Vtp_k\}; \quad 1 \leq k \leq |VList(Req_i)| \quad (10)$$

1.3 油料保障CSP模型

实际作战中,油料保障的目标应为在满足油料保障时间

窗约束下,最大限度地满足部队的油料需求,同时保证各油料需求的保障开始时间尽可能早。可得目标函数表达式如下:

$$\min Z = \sum_{i=1}^{|Req|} \left(RC_i - \sum_{j=1}^{|VList(Req_i)|} VC_j \right) + \sum_{i=1}^{|Req|} (Rtp_i - Te_i^{(w)}) \quad (11)$$

其中: $\min \sum (RC_i - \sum VC_j)$ 表示尽量满足部队油料需求, $\min \sum (Rtp_i - Te_i^{(w)})$ 表示所有任务的保障开始时间尽可能早。可知,模型的目标函数是一个多目标规划问题,采用理想点法可将该问题转化为单目标规划问题^[17]。

令 $Z_1 = \sum (RC_i - \sum VC_j)$, $Z_2 = \sum (Rtp_i - Te_i^{(w)})$ 。理想点法即对各单一目标首先求出其最优解和最劣解,分别以 Z_1^{best} 、 Z_1^{worst} 、 Z_2^{best} 和 Z_2^{worst} 表示。对任一方案 Φ ,可计算该方案下目标值与最优值和最劣值的相对接近度如下:

$$H = \alpha_1 (Z_1^{best}/Z_1) + \alpha_2 (Z_2^{best}/Z_2) \quad (12)$$

$$h = \alpha_1 (Z_1/Z_1^{worst}) + \alpha_2 (Z_2/Z_2^{worst}) \quad (13)$$

其中: α_1 和 α_2 分别为目标 Z_1 和目标 Z_2 的权重,取值分别为 0.6 和 0.4,即优先满足需求量目标。根据式(12)和(13),可得转换后的目标函数如下:

$$\max Z = H/(H+h) \quad (14)$$

综合上文中对油料调拨运输问题中基本对象的定义,模型中的约束可以表示如下。

1) 保障点可供量约束。保障点的油料供应量不大于其油料存储量。对于任务 OT_i ,若 $Spt_i^{(OT)} = Spt_n$,表示该任务中的油料需求由保障点 Spt_n 供应,因此,定义如下的指示变量 $IS_i^{(OT)}$:

$$IS_i^{(OT)} = \begin{cases} 0, & Spt_i^{(OT)} \neq Spt_n \\ 1, & Spt_i^{(OT)} = Spt_n \end{cases} \quad (15)$$

其中 $1 \leq i \leq |OT|$ 。对于保障点 Spt_n ,可得约束表达式:

$$\sum_{i=1}^{|OT|} \left(IS_i^{(OT)} \cdot \sum_{j=1}^{|VList_i^{(OT)}|} VC_j \right) \leq SC_n \quad (16)$$

可知,共有 $|Spt|$ 个保障点可供量约束表达式。

2) 需求点需求量约束。需求点的油料供应量之和不大其油料需求量,根据上文定义可得:

$$\sum_{j=1}^{|VList(Req_n)|} VC_j \leq RC_n \quad (17)$$

RC_n 为需求点在时间窗 TW_n 内的需求量。可知,共有 $|Req|$ 个需求量约束表达式。

3) 保障时间窗约束。保障需求 Req_i 要求的保障时间窗为 $TW_i = [Te_i^{(w)}, Tl_i^{(w)}]$,执行该保障需求的所有运油车集合为 $VList(Req_i)$ 。保障时间窗约束是指在集合 $VList(Req_i)$ 中,所有车次运油车的开始保障时间必须在时间窗 TW_i 之内,即:

$$\begin{cases} \min(Vtp_k) \geq Te_i^{(w)} \\ \max(Vtp_k) \leq Tl_i^{(w)} \end{cases}; \quad 1 \leq k \leq |VList(Req_i)| \quad (18)$$

4) 车辆运输时间约束。车辆运输时间约束是指当前所安排的运油车运输时间,不能与该运油车已分配的运输时间发生冲突,即运油车在某一时刻只能执行一个任务。任务 OT_i 中某一运油车的出发时间和返回时间分别为 Vts_k 和 Vte_k ,即该运油车的执行任务时间为 $[Vts_k, Vte_k]$,则车辆运输时间约束

为:

$$\begin{cases} \forall OT_j \in OT, \forall VList_{j,n}^{(OT)} \in VList_j^{(OT)} \\ [Vts_n, Vte_n] \cap [Vts_k, Vte_k] = \emptyset, VID_n = VID_k \\ 1 \leq j \leq |OT|, 1 \leq n \leq |VList_j^{(OT)}| \end{cases} \quad (19)$$

2 粒子群求解算法

2.1 基本原理

Kennedy 等在 1995 年首次提出了粒子群优化 (Particle Swarm Optimization, PSO) 算法^[18]。PSO 是一种进化计算技术,通过迭代搜索得到最优值。PSO 简洁直观,易于实现,在多维优化问题中具有搜索速度快、鲁棒性强等优点^[19]。算法的基本公式如下:

$$\begin{cases} v_{k+1} = \omega v_k + c_1 r_1 (pbest_k - x_k) + c_2 r_2 (gbest_k - x_k) \\ x_{k+1} = x_k + v_{k+1} \end{cases} \quad (20)$$

其中: v_k 是粒子的速度向量, x_k 是粒子当前的位置, c_1 、 c_2 为群体认知系数, r_1 、 r_2 为区间(0,1)的随机数, ω 为惯性权重。

将粒子群算法应用于油料保障问题中,一个重要的问题是将原本时间连续问题离散化。油料保障问题的离散化过程可以描述为:在整个保障任务时间范围内,以某个时间段 Δt 为间隔,在连续时间上取一系列离散的点,以 $0, t_1 = \Delta t, t_2 = 2\Delta t, \dots, T$ 表示,并假定运油车只能在所取的时刻点发车,从而将连续问题离散化。

2.2 算法编码

上述模型中,假设共有 m 个油料保障点, n 个油料保障需求,每个保障需求唯一地确定一个油料需求点和保障时间窗的二元组合。该问题也可以描述为:在每个油料保障时间窗所允许的时间范围内,由油料保障点和需求点派出足够多的运油车辆,为需求点进行油料保障,因此,利用 PSO 对模型进行求解时,整体编码由两部分组成:

$$\begin{aligned} x_{ij}^{hk} + y_{ij}^{hk}; \quad k = 1, 2, \dots, K, h = 1, 2, \dots, H, i = 0, 1, 2, \dots, m, \\ j = 1, 2, \dots, n, t \in (TW_1 \cup TW_2 \cup \dots \cup TW_n) \end{aligned} \quad (21)$$

其中: h, k, i, j, t 均为整数; K 为最大迭代次数, H 为种群规模; i 为保障点编号; j 为保障需求编号; t 为运油车出发时间,是将连续时间离散化后所取的一系列离散点; TW_j 为保障需求 Req_j 对应的保障时间窗;保障需求 Req_j 对应的需求点为 Arm_j 。 x_{ij}^{hk} 表示第 k 次迭代中的第 h 个粒子在 t 时刻由保障点 Spt_i 派往需求点 Arm_j 的运油车数量, y_{ij}^{hk} 表示第 k 次迭代中的第 h 个粒子在 t 时刻由需求点 Arm_j 自身派车到保障点 Spt_i 运输油料的车辆数。可知,两部分粒子 x_{ij}^{hk} 和 y_{ij}^{hk} 的数量相同。

根据上述粒子编码方式,可通过编码中各分量的表达式计算模型约束。以保障点可供量约束为例,根据算法编码,在不考虑迭代次数和粒子编号的情况下,则 $\sum_{j,t} x_{i=Spt_i, j, t}$ 表示在整个保障任务期间,由保障点 Spt_i 派往各油料需求点的所有车辆数, N 为编码中所有分量的个数。由上文定义可知, VC_i 为运油车载重, SC_i 为保障点 Spt_i 的可供量,因此,保障点的供应量约束可表示为 $\sum_{j,t} SC_i \cdot x_{i=Spt_i, j, t} \leq SC_i$ 。同理,模型中的其他约束也可以根据算法编码中分量的表达式进行计算。

利用 PSO 求解模型的算法流程如图 1 所示。

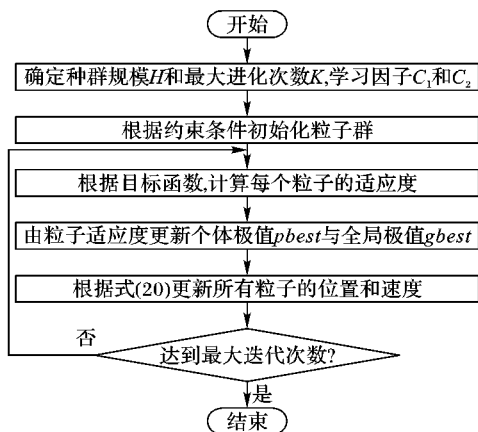


图1 模型求解的 PSO 算法流程

3 算例

某部在作战地域后方组建了1个野战油库,需要保障4个单位的油料需求。各单位与野战油库之间的距离分别为50 km、100 km、75 km、125 km。野战油库配属有30辆运油车,各单位配属的运油车分别为8、10、12、8辆。假设运油车规格相同,载重均为10 t,且其行驶速度均为50 km/h。

各单位的油料保障时间窗及在各时间窗的油料需求量如表1所示。算例中 t 的取值是以30 min为间隔,在连续时间上取一系列离散的点,以此来表示运油车的出发时间。

表1 各单位的油料保障时间窗及需求量

时间窗编号	需求点	时间窗开始时刻	时间窗结束时刻	需求量/t
TW_{11}	单位1	6:00	7:30	300
TW_{12}	单位1	11:00	15:30	280
TW_{21}	单位2	9:00	11:30	270
TW_{22}	单位2	17:00	21:00	360
TW_{31}	单位3	14:30	19:00	420
TW_{32}	单位3	22:30	23:30	300
TW_{41}	单位4	5:00	9:30	350
TW_{42}	单位4	15:00	18:30	380

利用 PSO 算法对模型进行求解,学习因子 c_1 和 c_2 均取值为2,种群规模取50,最大迭代次数取1000,独立运行20次,目标函数值均稳定在0.6631。得到油料运输的优化方案如表2所示。

由该运输方案可以看出,所有油料运输安排都满足相应的保障时间窗要求,且各个单位在不同时间窗内的油料需求都得到了尽可能早的运输安排,同时由表2可以看出,单位1、单位2和单位3在其各个保障时间窗内的油料需求都完全满足;单位4的第一个时间窗油料需求有40 t未满足,第二个时间窗的油料保障量缺少了20 t。这是因为单位4距离野战油库最远,其运输耗时长,在要求的保障时间窗范围内,只能完成一个批次的保障运输。

同时,以最大化需求单位的油料保障量为单一目标,得到该单目标模型下的油料运输优化方案如表3所示。由表3可以看出,在最大化保障量的单一目标下,优化方案中共有60 t油料需求未满足,这与表2优化方案中的未安排需求量一致,可知由本文多目标模型所得优化方案中各单位运力安排已达最大化。再看表3所示方案中的运输时间安排,由式(10)可

知,保障需求 Req_i 的保障开始时间为所有执行该需求任务的车辆开始保障时间中的最晚开始时间,比较表2与表3两种方案下各保障需求的最晚保障时间,可知表2所示多目标优化方案明显要优于表3中的单目标优化方案。综上,通过对两种不同优化方案的比较,表明本文提出的模型和算法能够有效解决油料保障的多目标优化问题。

表2 多目标下油料运输优化方案

时间窗编号	派车单位	出发时间	保障时间	派车数
TW_{11}	野战油库	5:00	6:00	22
TW_{11}	单位1	4:00	6:00	8
TW_{12}	野战油库	11:30	12:30	2
TW_{12}	单位1	9:00	11:00	8
TW_{12}	单位1	11:00	13:00	8
TW_{21}	野战油库	7:30	9:30	17
TW_{21}	单位2	5:00	9:00	10
TW_{22}	野战油库	15:00	17:00	4
TW_{22}	野战油库	19:00	21:00	12
TW_{22}	单位2	13:00	17:00	10
TW_{22}	单位2	17:00	21:00	10
TW_{31}	野战油库	17:30	19:00	18
TW_{31}	单位3	11:30	14:30	12
TW_{31}	单位3	14:30	17:30	12
TW_{32}	野战油库	21:00	22:30	18
TW_{32}	单位3	17:30	22:30	12
TW_{41}	野战油库	2:30	5:00	8
TW_{41}	野战油库	7:00	9:30	13
TW_{41}	单位4	0:00	5:00	10
TW_{42}	野战油库	12:30	15:00	18
TW_{42}	野战油库	13:30	16:00	8
TW_{42}	单位4	10:00	15:00	10

表3 单目标下油料运输优化方案

时间窗编号	派车单位	出发时间	保障时间	派车数
TW_{11}	野战油库	5:00	6:00	22
TW_{11}	单位1	5:00	7:00	8
TW_{12}	野战油库	11:00	12:00	8
TW_{12}	野战油库	12:00	13:00	4
TW_{12}	单位1	9:00	11:00	8
TW_{12}	单位1	11:00	13:00	8
TW_{21}	野战油库	7:00	9:00	8
TW_{21}	野战油库	9:00	11:00	9
TW_{21}	单位2	7:30	11:30	10
TW_{22}	野战油库	19:00	21:00	16
TW_{22}	单位2	13:00	17:00	10
TW_{22}	单位2	17:00	21:00	10
TW_{31}	野战油库	13:00	14:30	16
TW_{31}	野战油库	16:00	17:30	2
TW_{31}	单位3	11:30	14:30	12
TW_{31}	单位3	16:00	19:00	12
TW_{32}	野战油库	23:30	1:00	18
TW_{32}	单位3	21:30	0:30	12
TW_{41}	野战油库	2:30	5:00	8
TW_{41}	野战油库	7:00	9:30	13
TW_{41}	单位4	3:00	8:00	10
TW_{42}	野战油库	12:30	15:00	8
TW_{42}	野战油库	14:00	16:30	4
TW_{42}	野战油库	16:00	18:30	14
TW_{42}	单位4	10:00	15:00	10

由上分析也可以看出,该算例属于供需不平衡情况,即在要求的保障时间窗内,可供应量不能完全满足需求点的油料需求量。战时很有可能出现这种情况,但本文模型只考虑保障量最大化和保障时间尽可能早,并没有对油料保障需求划分重要等级,因此,无法保证优先满足重要任务的保障需求。针对上述运力有限的情况,可通过设定任务优先级的方式,保障重要任务的油料需求得到满足;或者在条件允许的情况下,增加野战油库及各单位的运油车数量,提高运输能力。

4 结语

本文研究了基于多时间窗的油料保障优化模型。首先对模型中所涉及到的基本要素,如油料保障点、油料需求点、油料保障需求、油料保障任务等进行了形式化描述;在此基础上,通过综合考虑油料保障的时间约束和运力约束,建立了油料调拨运输 CSP 模型;并利用 PSO 算法对模型进行求解。算例表明,该模型能够较好地解决多时间窗的油料调拨运输问题。

参考文献:

- [1] HUANG Y, HU L, SU M. The optimization model of military POL allocation [J]. Journal of Xuzhou Air Force Academy, 1997, 4: 22 - 24. (黄永平, 胡利明, 苏梦. 军队油料调拨优化模型[J]. 徐州空军学院学报, 1997, 4: 22 - 24.)
- [2] WANG J, NING X. Optimal allocation of aviation fuel during wartime [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 1999, 31(1): 112 - 115. (汪军, 宁宣熙. 战时航空油料的优化调拨[J]. 南京航空航天大学学报, 1999, 31(1): 112 - 115.)
- [3] LIU Q, HE Q, MU X. Pattern analysis and model implementation of fuel supply resource allocation and transportation optimization model [J]. China Storage & Transport, 2013(4): 127 - 130. (刘奇韬, 何奇, 穆鑫. 油料保障资源调拨运输优化模式分析和模型实现[J]. 中国储运, 2013(4): 127 - 130.)
- [4] ZHANG L, WANG Y, YAO D, et al. Aviation fuel transportation optimization based on multi-restriction model [J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2011, 12(3): 6 - 10. (张来顺, 王瑛, 姚颀, 等. 基于多重约束整合模型的航空油料调运优化[J]. 空军工程大学学报: 自然科学版, 2011, 12(3): 6 - 10.)
- [5] FISHER M L. Vehicle routing problem [J]. Operations Research and Management Science, 1995, 8: 1 - 33.
- [6] SONG J, RONG G. Time window confirmation and transportation arrangement of oil distribution [J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2003, 23(4): 63 - 69. (宋洁蔚, 荣冈. 成品油配送中时间窗的确定及运输的安排[J]. 系统工程理论与实践, 2003, 23(4): 63 - 69.)
- [7] LAPORTE G. Fifty years of vehicle routing [J]. Transportation Science, 2009, 43(4): 408 - 416.
- [8] MIAO C, XU W, WU Q. A transportation modal and solution of large-scale emergency relief commodities [J]. Systems Engineering, 2006, 24(11): 6 - 12. (缪成, 许维胜, 吴启迪. 大规模应急救援物资运输模型的构建与求解[J]. 系统工程, 2006, 24(11): 6 - 12.)
- [9] SARIKLIS D, POWELL S. A heuristic method for the open vehicle routing problem [J]. Journal of the Operational Research Society, 2000, 51(5): 564 - 573.
- [10] BRAMEL J, SIMCHI LEVI D. A location based heuristic for general routing problems [J]. Operations Research, 1995, 43(4): 649 - 660.
- [11] DENG C. Based on oil allocation route optimization of improving genetic algorithm [J]. Journal of Logistical Engineering University, 2009, 25(3): 39 - 43. (邓超. 基于改进遗传算法的油料调拨优化[J]. 后勤工程学院学报, 2009, 25(3): 39 - 43.)
- [12] LIN S, ZHOU Q, SHI X, et al. Application of ant colony algorithm in military POL transportation [J]. Logistics Technology, 2010, 29(10): 147 - 149. (林世岗, 周庆忠, 石祥辉, 等. 军事油料输送蚁群算法[J]. 物流技术, 2010, 29(10): 147 - 149.)
- [13] LAPORTE G, LOUVEAUX F, MERCURE H. The vehicle routing problem with stochastic time [J]. Transportation Science, 1992, 26(3): 161 - 170.
- [14] BALDACCINI R, MINGOZZI A, ROBERTI R. Recent exact algorithms for solving the vehicle routing problem under capacity and time window constraints [J]. European Journal of Operational Research, 2012, 218(1): 1 - 6.
- [15] LEE C Y, LEE Z J, LIN S W. An Enhanced Ant Colony Optimization (EACO) applied to capacitated vehicle routing problem [J]. Applied Intelligence, 2010, 32(1): 88 - 95.
- [16] CHANG F. Research on ground station data transmission resources allocation optimization model and algorithm [D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2010. (常飞. 卫星地面站数据传输资源配置优化模型与算法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2010.)
- [17] WANG T, WU L. Research on emergency resources scheduling based on particle swarm optimization [J]. Journal of Academy of Military Transportation, 2011, 13(5): 70 - 74. (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.)
- [18] KENNEDY J, EBERHART R. Particle swarm optimization [C]// Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks. Piscataway: IEEE, 1995: 1942 - 1948.
- [19] LI Z, MA Y, LIU L. Particle swarm optimization based on the average optimal information for vehicle routing problem [J]. Logistics Sci-tech, 2013, 36(7): 50 - 54. (李壮阔, 马艳楠, 刘亮. 平均最优信息粒子群算法在车辆调度中的应用[J]. 物流科技, 2013, 36(7): 50 - 54.)
- [10] Millet Technology Co., Ltd. Method, device and system for location information sharing: China, 102740228A [P]. 2012-10-17. (小米科技有限责任公司. 一种位置信息共享方法、装置及系统: 中国, 102740228A [P]. 2012-10-17.)
- [11] China United Network Communications Group Co., Ltd. Method of positioning service in mobile communication system: China, 1874589 [P]. 2006-12-06. (中国联合网络通信集团有限公司. 在移动通信系统中提供定位服务的方法: 中国, 1874589 [P]. 2006-12-06.)
- [12] China United Network Communications Group Co., Ltd. Method and device of mobile terminal positioning: China, 1719941 [P]. 2006-01-11. (中国联合网络通信集团有限公司. 一种通信网络的移动终端定位方法及装置: 中国, 1719941 [P]. 2006-01-11.)

(上接第 2095 页)