

## 油料调运过程的数学建模

杨建军

(空军工程大学导弹学院, 陕西三原 713800)

**摘要:** 结合科研实践, 介绍了油料调运过程的数学建模思路和所建立的数学模型。其中, 迭代模型有效地解决了时间最短运输的优化问题。所建立的数学模型经实践检验是合理、有效的。

**关键词:** 油料; 调运; 建模

**中图分类号:** O224      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009-3516(2005)05-0091-04

在未来的军事后勤工作中, 油料保障是一项十分重要的任务。为实现油料保障的快速优化, 需要建立油料保障辅助决策系统, 油料保障辅助决策系统的基础是对油料调运过程进行科学的数学描述, 即建立油料调运过程的数学模型。

## 1 油料调运过程简介

油料的调运过程是一个复杂的、多因素的、交叉的、多阶段的离散时间进程, 调运过程模型计算的结果是形成油料调运方案。油料调运过程参加的单位有油料接收单位、油料发送单位和炼油厂。油料调运人员手工制定油料调运预案的基本步骤为: ① 依据任务和消耗标准计算油料需求量; ② 依据油料供应关系选择后方油库参加保障任务; ③ 依据接收单位库容、库存和需求资料计算接收单位油料需求量; ④ 依据后方油库的供应能力计算供应量和保障时间; ⑤ 综合以上数据形成初始调运预案; ⑥ 在要求的保障时限范围内反复调整所形成的初始调运预案, 产生满足要求的调运预案; ⑦ 计算各接收单位的保障率和总保障率等数据。

手工制定油料调运预案的过程较为复杂和烦琐, 在很大程度上取决于决策者的实践经验和操作的熟练程度。对于较大规模的行动, 由于涉及的因素较多, 手工制定油料调运预案所需时间较长、操作过程较为复杂、难以形成优化的调运预案。

用计算机进行处理是在遵循调运预案制定原则的基础上, 通过数学建模充分发挥计算机的数据管理和科学计算能力, 在大量计算的基础上优化生成油料调运预案。计算机优化生成油料调运预案速度快、考虑因素较为全面、操作过程简便、所生成的油料调运预案科学合理。

## 2 油料调运过程数学建模

由于油料调运过程是一个复杂的、多因素的、交叉的、多阶段的离散时间进程, 因此采用分阶段建模的方法分别描述各阶段的进程。

油料调运过程的优化有两个目标, 一是最经济, 二是时间最短。同时达到两个目标通常是不可能的, 因此应针对不同的要求寻求不同的优化目标值。

油料调运模型是以线性规划中运输问题的数学模型为基础建立的, 由于线性规划运输问题的数学模型无法直接求解时间最短的运输问题, 因此建模采用了以运输距离最短为依据的距离搜索模型、以运输距离最短(即运输时间最短)为依据的分配优化模型、以平均装卸时间最短为依据的发油数量分配调整模型等多个

收稿日期: 2005-01-18

基金项目: 军队科研基金资助项目

作者简介: 杨建军(1955-), 男, 河北阜平人, 教授, 博士生导师, 主要从事后勤保障运筹研究和军事装备学研究。



子模型所组成的迭代模型解决了时间最短运输问题的优化求解问题<sup>[1-2]</sup>。迭代模型框图见图1。

距离搜索模型产生初始供应点,分配优化模型产生初始供应量,发油数量分配调整模型调整各供应点间的供应量分配以缩短总体保障时间并产生新一轮的供应量,将新一轮的供应量带入分配优化模型重新进行优化分配,再次进行发油数量分配调整,反复进行迭代计算,直至形成满意的油料调运方案。

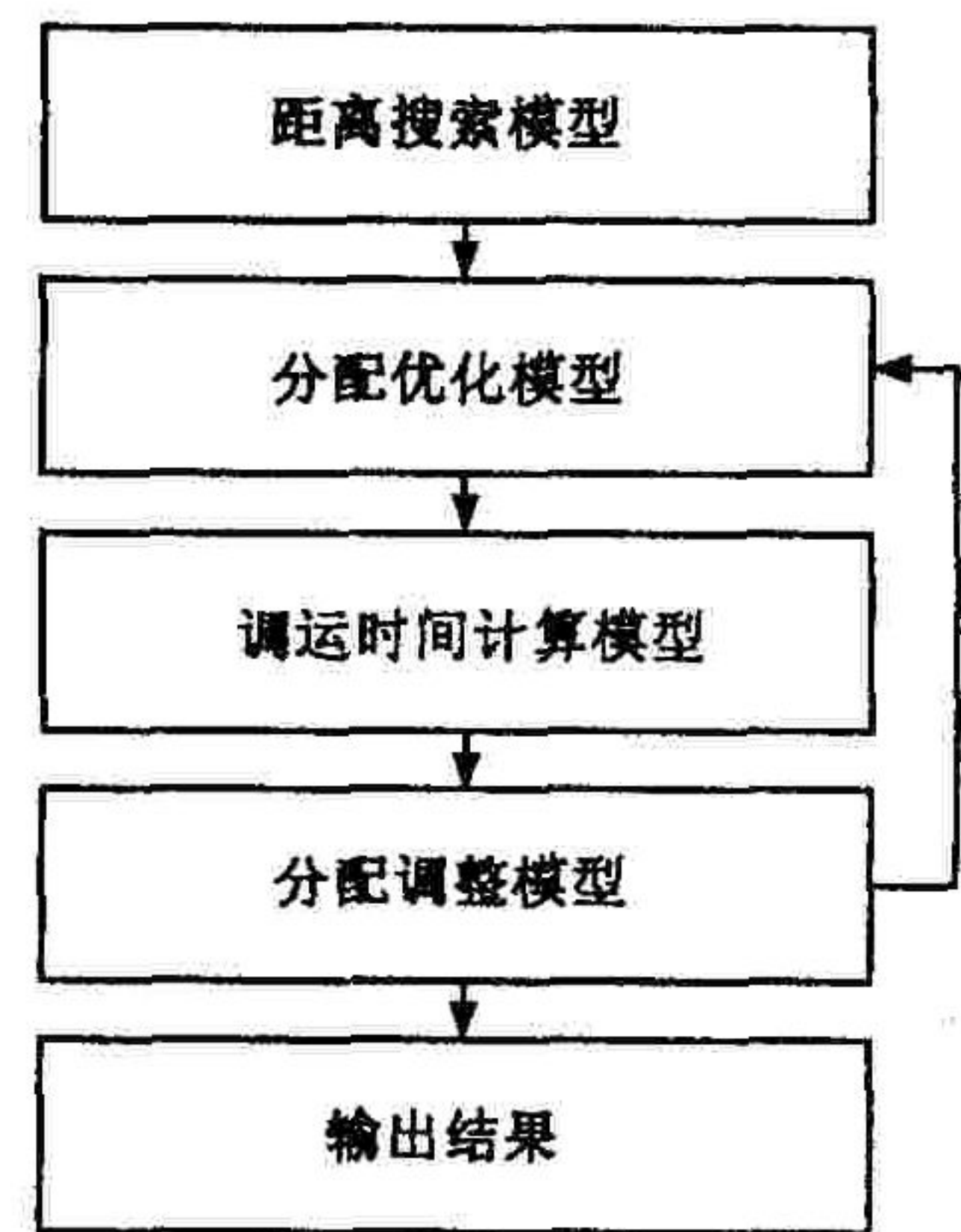


图1 迭代模型框图

1) 距离搜索模型

距离搜索模型的任务是对数据库进行搜索,寻找满足约束要求的供应单位,为分配优化提供原始供应点数据。

2) 分配优化模型

分配优化模型以线性规划运输问题的数学模型为基础,以费用最小或距离最短为优化目标进行费用或距离优化。在运输费用相同的条件下,费用和距离有一一对应的关系,两者的转换只存在一个系数关系,因此进行费用优化可视为进行距离优化。

运输问题是线性规划中的一类特殊问题,在实践中常用来解决运输计划制定、物资调运、运费优化等实际问题,在解决此类问题中,目标函数为符合线性叠加原理的费用,此时线性规划中的运输问题模型可称之为费用优化运输问题模型。分配优化运输问题的数学模型为

$$\begin{aligned} \min z &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (\text{目标函数}) \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} &= b_j, j = 1, 2, \dots, n \quad (\text{约束条件}) \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} &\leq a_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (\text{约束条件}) \\ x_{ij} &\geq 0 \quad (\text{非负条件}) \end{aligned} \tag{1}$$

式中: $z$ 为距离或费用优化运输问题模型的目标函数; $x_{ij}$ 为供应点*i*到需求点*j*的供应量; $c_{ij}$ 为供应点*i*到需求点*j*的单位运费; $b_j$ 为需求点*j*的需求量; $a_i$ 为供应点*i*的可供应量。

当各供应点的可供应量之和等于各需求点需求量之和时,即 $\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m a_i$ 时,为产销平衡运输问题,可通过表上作业法进行求解。对于产销不平衡的运输问题可通过增加虚供点或虚收点将问题转化为产销平衡的运输问题进行求解。

费用优化运输问题模型的目标函数为运输费用的线性叠加,因此费用优化运输问题模型是对于符合线性叠加原理的运输费用的优化。对于通常运输费用作为决定因素的运输问题,费用优化运输问题模型是一种行之有效的数学模型。

3) 调运时间计算模型

调运时间为两部分时间之和,即装卸时间和运输时间之和。调运时间的计算模型为

$$t = t_{zx} + t_{ys} = x/Q + c/V_{ys} \tag{2}$$

式中: $t$ 为调运时间; $t_{zx}$ 为装卸时间; $t_{ys}$ 为运输时间; $x$ 为供应量; $Q$ 为装卸能力; $c$ 为运输距离; $V_{ys}$ 为供应点到需求点的平均运输速度(可取常数)。

若考虑铁路运输,则供应点装卸能力的计算模型为

$$Q_i = \frac{H_i \cdot C_i \cdot L}{T_i \cdot \frac{HW_i \cdot C_i \cdot L}{Lq_i}} \tag{3}$$

式中: $Q_i$ 为第*i*个供应点的装卸能力; $H_i$ 为第*i*个供应点的鹤位数; $C_i$ 为第*i*个供应点的股道数; $L$ 为油罐车的容量; $T_i$ 为第*i*个供应点的铁路调度时间(从装油位置拉出装好的罐车到空罐车到位的时间); $Lq_i$ 为第*i*个供应点的鹤管平均装油流量。

4) 分配调整模型

分配调整模型由控制点供应时间调整模型和供应点供应量限制准则模型组成。



### ① 控制点供应时间调整模型

控制点是指分配优化模型的优化结果中保障时间最大和最小的供应点。控制点供应时间调整模型中采用供应时间排序的方法确定各供应点供应时间的序列。在装卸时间远大于运输时间的条件下,为减少运算量可采用平均时间替代供应时间,平均时间定义为供应点的供应量除以供应点的装卸能力,可以证明在忽略运输时间的条件下,总平均时间(所有供应点的供应量之和除以所有供应点的装卸能力之和)是最理想时间,最大供应时间等于总平均时间的供应方案是时间最优方案。在运输时间不能忽略或计算精度要求较高时,不能采用平均时间替代供应时间。在确定了各供应点供应时间的序列后,则将供应时间最大的供应点的部分供应量调整到供应时间最小的供应点去,调整的前提是这两个供应点对某一或某些需求点同时具有供应关系。反复迭代进行排序和调整,直至调整过程不能再进行为止。控制点供应时间调整模型的推导:

设最优调整量为  $x_{tz}$ , 要使供应时间最大的供应点的供应时间等于供应时间最小的供应点的供应时间, 则有下式成立:

$$(x_{\max} - x_{tz})/Q_{\max} + c_{\max}/V_{ys} = (x_{\min} + x_{tz})/Q_{\min} + c_{\min}/V_{ys} \quad (4)$$

式中:  $x_{tz}$  为最优调整量;  $x_{\max}$  为供应时间最大的供应点的总供应量;  $x_{\min}$  为供应时间最小的供应点的总供应量;  $Q_{\max}$  为供应时间最大的供应点的装卸能力;  $Q_{\min}$  为供应时间最小的供应点的装卸能力;  $c_{\max}$  为供应时间最大的供应点到所供需求点的距离中的最小值;  $c_{\min}$  为供应时间最小的供应点到所供需求点的距离中的最小值。式(4)经过变换, 解出最优调整量  $x_{tz}$  的表达式为

$$x_{tz} = (x_{\max} Q_{\min} - x_{\min} Q_{\max} + Q_{\max} Q_{\min} (c_{\max} - c_{\min}) / V_{ys}) / (Q_{\max} + Q_{\min}) \quad (5)$$

将供应时间最大的供应点的总供应量减去最优调整量, 供应时间最小的供应点的总供应量加上最优调整量, 即得到两供应点新一轮的总供应量, 即

$$x_{\max 2} = x_{\max 1} - x_{tz} \quad (6)$$

$$x_{\min 2} = x_{\min 1} + x_{tz}$$

式中:  $x_{\max 1}$  为供应时间最大的供应点调整前的总供应量;  $x_{\max 2}$  为供应时间最大的供应点调整后的总供应量;  $x_{\min 1}$  为供应时间最小的供应点调整前的总供应量;  $x_{\min 2}$  为供应时间最小的供应点调整后的总供应量。

将两供应点新一轮的总供应量作为限制供应量带入分配优化模型进行新一轮的优化。反复调整直至调整过程不能再进行为止。

### ② 供应点供应量限制准则模型

若供应点在优化供应量条件下不能满足供应时间限制, 则限制供应点的供应量, 使其满足供应时间要求。供应点供应量限制准则模型为

$$x_{ixz} = (t_{jxz} - c_{ij}/V_{ys}) Q_i \quad (7)$$

式中:  $x_{ixz}$  为供应点  $i$  的限制供应量;  $t_{jxz}$  为需求点  $j$  的限制供应时间;  $c_{ij}$  为供应点  $i$  到需求点  $j$  的距离。

## 3 油料调运过程数学模型分析

油料调运模型可以依据距离优化和时间优化两种方式优化计算生成调运方案, 因此在进行优化计算时, 模型可依据决策者的要求选择优化方式。选择距离优化方式将使距离最近的供应点供应量最大, 在调运时间能得到满足的条件下, 采用距离优化方式可得到最经济的调运方案。选择时间优化方式将使整体运输时间最小, 在调运时间要求较为苛刻的条件下, 采用时间优化方式可得到调运时间最小的调运方案。

根据模型的特点可知, 模型所生成的优化调运预案是在满足调运时间要求下最经济的油料调运方案。模型所生成的优化调运预案无法全面考虑一些不确定因素和人为因素的影响, 有些结果可能不完全符合实际情况, 需要决策者依据实践经验进行修改和调整。需要强调指出的是, 计算机永远无法取代决策者的智能和地位, 模型所生成的优化调运预案只能为决策者提供一个科学而有力的参考依据, 实际调运预案的形成还需要决策者在参考优化调运预案的基础上, 依据实践经验和实际要求最终确定。

## 4 结束语

以本文所建模型构建的辅助决策系统较好地解决了油料调运的优化问题, 模型对油料调运过程的描述



较为详细,考虑的因素较为全面,系统的运行和使用表明所建立的模型是合理、有效的。

本文所介绍的模型是针对油料的调运过程建立的,建模的思路和所建立的模型对于其它物资的调运同样具有参考价值。

#### 参考文献:

- [1] 杨建军,郭乃林. 运输问题时间优化算法[J]. 中国管理科学,1999,7(4):22-28.
- [2] 高虹霓,杨建军. 基于模糊 AHP 的道路选优评价方法研究[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2001,2(2):82-84.
- [3] 郭乃林,杨建军. 受时间约束的运输问题分析及其简化[J]. 西北大学学报(自然科学版),1999,29(6):82-84.
- [4] 《运筹学》教材编写组. 运筹学(修订版)[M]. 北京:清华大学出版社,1997.
- [5] 李书涛. 决策支持系统原理与技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,1996.
- [6] 章拥宁. 空军油料勤务手册[M]. 北京:蓝天出版社,1997.

(编辑:田新华)

#### Modeling of Fuel Allocation Process

YANG Jian - jun

(The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan, Shaanxi 713800, China)

Abstract: Modeling idea and the mathematical models of fuel allocation process are introduced in this paper. In modeling of fuel allocation process, the mathematical models are built for all steps of fuel allocation process respectively, among which the iterative model solves the time optimization transportation problem effectively. Practice proves that the models built are reasonable and effective.

Key words: fuel ; allocation ; transportation problem ; mathematical model ; modeling

#### (上接第 90 页)

Study of a Heuristic Rule Reduction Algorithm Based on Rough Set and Fuzzy Set

ZHAO Hui - wen<sup>1,2</sup>, ZHU Gen - biao<sup>1</sup>, ZHANG Feng - ming<sup>1</sup>

(1. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China; 2. The Science Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710051, China)

Abstract: A method of reduction of decision rulers is proposed based on rough set and fuzzy set. The continuous attributes in the decision table are justified using the proper fuzzy membership functions and division method. The fuzzy similar matrix of the attributes is constructed by means of the fuzzy degree of nearness and the indiscernibility relation in classical rough set is generalized to the fuzzy similarity relation. And a decision rule reduction algorithm is presented based on fuzzy -rough set model.

Key words: fuzzy set; rough set; relation of fuzzy similarity; attributes reduction; rule reduction