基于双最短时间的运输分配研究

石玉峰[1]，　彭其渊[1]，　门志强[2]
(1. 西南交通大学 交通运输学院，四川 成都　610031;2. 成都空军军交运输处，四川 成都　610041)

摘　要:以运输分配为研究对象,提出了先遣需求完成最短时限和总运输时间最短问题,并给出了问题的网络模型。运用图论知识,构造了基于网络最大流算法和最短时间流算法的计算步骤,算例表明,本算法可有效地解决运输问题。

关键词:运输分配;最短时间;多目标
中图分类号:U491.1⁺23　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1009-3516(2004)06-0076-04

在运输过程中,经常会存在这样的问题,有几个运输任务的需求点和几个运输任务的提供点,各点对之间的运输时间不同,且各需求点的需求量中包含一定的先遣需求,任务要求:一是完成先遣需求任务的运输时限应尽量的短,另一个是完成运输任务的总运时尽量的短,即目标是一个双最短时间。对于一般的运输分配问题,可采用运输问题的表上作业法,或转化为指派问题用匈牙利算法求解[1~2],在文献[3]中用网络解法对运输最短时限问题进行了一些讨论,而对于双最短时间问题基本还没有研究。本文提出基于图论中的网络最大流和最短时间流算法,求解双最短时间的运输分配问题。

1　双最短时间运输分配模型

1.1　问题描述

设有 m 个仓库,记为 $A_1,A_2,\cdots,A_m$,分别存有 $a_1,a_2,\cdots,a_m$ 个物品,有 n 个需求单位,记为 $B_1,B_2,\cdots,B_m$,各需求量为 $b_1,b_2,\cdots,b_n$,其中先遣需求量为 $b'_1,b'_2,\cdots,b'_n$,在这里 $b'_i \leqslant b_i$。设从 A_i 到 B_i 的时间为 t_{ij},运输分配量为 x_{ij}(包括 x'_{ij} 个先遣需求分配量),问题是求解一个分配方案 $X=|x_{ij}|_{m\times n}$,模型为

$$\text{目标函数:}\begin{cases}\min T=\sum_i\sum_j t_{ij}x_{ij}\\ \min t=\max(t_{ij}\mid \sum_i x'_{ij}=b'_j)\end{cases}$$

$$\text{约束条件:}\begin{cases}\sum_j x_{ij}=a_i\\ \sum_j x_{ij}=b_i\\ \sum_j a_i=\sum_j b_j\\ \sum_j (x_{ij}-x'_{ij})=b_j-b'_j\end{cases}$$

其中,x_{ij}、x'_{ij} 为整数,$i=1,2,\cdots,m$,$j=1,2,\cdots,n$。

1.2　网络模型

本文将上述问题可转化为网络模型,用 $N=(O,D,V,A,T,U)$ 表示[4],见图1。图中:O 和 D 分别为虚拟

收稿日期:2004-05-19
基金项目:军队科研基金资助项目
作者简介:石玉峰(1973-),男,四川成都人,博士生,主要从事军事物流、决策支持系统研究;
彭其渊(1962-),男,重庆市人,教授,博士生导师,主要从事军事物流、决策支持系统研究.

的源点与汇点，V 为节点集合，A 为弧集合，T 为各弧上的通行时间的集合，U 为弧的容量上限。在图中弧上的括号内，第一个数字代表时间，第二个数字代表容量的上限，各参数通过这样确定：弧(O,A_i)的容量为 A_i 的存货量 a_i，该弧的通行时间为0；弧(B_j,D)的容量为 B_j 的需要量 b_j（包括先遣需求量 b'_j），该弧的通行时间也为0；弧(A_i,B_j)的容量没有限制，设为任意大数 M，且通过该弧的时间为 t_{ij}。通过这种转化，问题演变为基于网络图搜索：一个是求先遣流到达的最短时限问题，一个是求最短时间流问题。

2　算法步骤

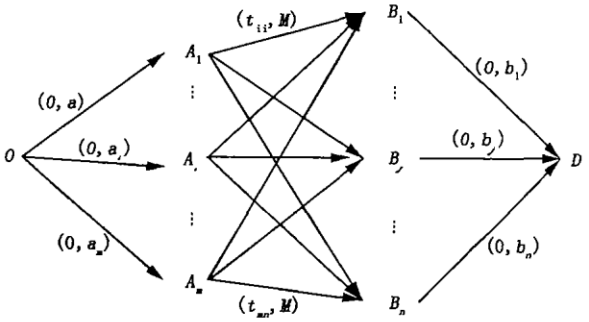

图 1　运输网络

由于问题目标之间有可能存在一定的不协调，如按最短时间流方法得出的分配方案，它的先遣流到达截止时间不一定是最短的，反之亦然。本文基于图论的方法进行算法研究，根据实际需要和可能，设先遣流到达时限最短为优先目标，然后在此基础上力图使任务总运输时间最短，求出满意解。在求解时，先将各个需求点的需求量分为两个部分，一部分是先遣量，另一部分是剩余量，分别建立 N' 和 N'' 网络。首先对先遣量部分用网络最大流问题算法求解出完成任务的最早结束时间，然后用最短时间流问题算法分别对先遣流优化后得到的新网络和剩余网络 N'' 进行优化，最后将两部分求出的分配量相加，即求出问题的解。

2.1　先遣流到达最短时限算法

建立先遣问题的网络 N'，此时各 B_j 的需求量为先遣量 b'_j，则弧$(B_j - D)$的容量为 b'_j。本文借鉴文献[3]中的方法，并对其做改进，使问题可转化为在网络上求取一个可行的先遣流分配方案，使其中所有可行流 f_{ij} 对应的运输时间中的最大值最小。

算法步骤：

STEP1：采用预流推进算法[4]，求出此最大流，显然最大流等于 $\sum_j = b'_j$，建立可行流集 $F' = (f_{ij} \mid f'_{ij} \neq 0, i = 1,2,\cdots,m; j = 1,2,\cdots,n)$；

STEP2：在可行流集 F' 中，计算可行流的最长时间 $t = \max(t_{ij} \mid f'_{ij} \in F')$；

STEP3：将网络中所有耗时不比 t 小的弧删除，构造新网络 N'；

STEP4：在 N' 上搜索最大流。如果最大流仍等于 $\sum_j = b'_j$，则转到 STEP2，否则搜索结束，此前求出的 t 为最短时间，N' 为对应的网络。

显然，在最短时限网络 N' 中，存在多个达到最大流的运输分配方案，在这些方案中总存在一个总耗时最短的分配方案，在网络 N' 结构简单时可简单列举求出，但当网络复杂时，还需要有效的算法求解。在本文的下一步将继续做论述。

2.2　最短总耗时问题算法

如果将通过网络弧上的时间看成通行费用，则问题可用最短时间流算法求解[4-5]。

首先，对先遣流优化后形成的网络 N' 进行优化，可采用消圈算法搜索，设得到的最优总耗时为 T'，最优分配方案为 F'，显然该方案中任意可行流的时间不会超过 t。

在求解完先遣最短时间问题后，对各供应点和需求点上的数量进行调整，调整的方法是：

对于供应点 A_i，其新供应量为　　$a''_i = (a_i - \sum_{j=1}^{n} f'_{ij})$

对于需求点 B_j，其新需求量为　　$b''_j = (b_j - b'_j)$

此时的最大总流量为　　$v = \sum_j b''_j$。

则所求的最优结果为：总耗时为 T''，分配方案为 F''。

2.3　流量合成

通过 2.1 和 2.2 求解出问题的解后，对流量求和，$f_{ij} = f'_{ij} + f''_{ij}$，形成运输分配方案集 $F = (f_{ij} \mid i = 1,2,\cdots,$

m ;$j=1,2,\cdots,n$),显然此方案能满足先遣流到达截止时间最短的要求。

3 算例

以表 1 数据为例。运输时间单位为天,需求量分为两项,前项表示先遣需求量,后一项为总需求量。问题的要求是如何组织运输分配,使各需求单位的先遣部尽可能早的集结完毕,同时又使总的任务运时最短?

表 1 供需与运输时间

	需求单位			仓库
	B_1	B_2	B_3	存货量
仓库 A_1	2	3	1	5
仓库 A_2	2	1	3	3
单位需求量	(1,2)	(1,3)	(2,3)	

STEP1:根据需求情况,建立先遣运输网络图 。搜索最大流,结果如图 2 所示。此时,弧线上括号内的第一个量为弧的容量,第二个量为实际的流量,代表分配的数量(下同),从而建立了分配集 $F'=(f_{11},f_{12},f_{13})$,其中 $f_{11}=1$、$f_{12}=1$、$f_{13}=2$。

STEP2:在分配集 F' 上,求出 $t=\max(t_{ij}|f'_{ij}\in F')$,即 $t=\max(2,3,1)=3$。

STEP3:将原 N' 中运输时间大于等于 3 的弧删除,建立新的运输网络 N' 。显然弧(A_1,B_2)、(A_2,B_3)不包含在新网络中,如图 3 所示。

STEP4:在 N' 中搜索最大流。得到最大流分配集 $F'=(f_{11},f_{12},f_{22})$,其中 $f_{11}=1$、$f_{13}=2$、$f_{22}=1$,如图 3 示。流量总和为 4,不符合结束要求,继续。

STEP5:在分配集 F' 上,求出 $t=\max(2,1,1)=2$。

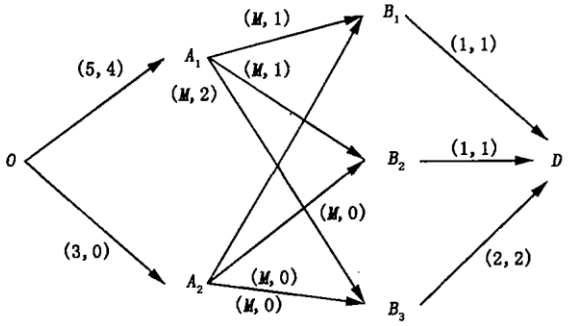

图 2 先遣运输网络最大流

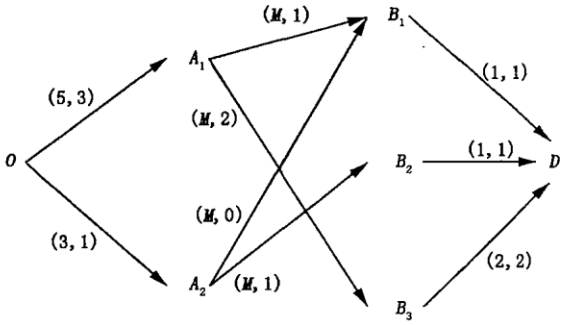

图 3 先遣运输网络最大流

STEP6:在 N' 中删除运输时间大于等于 2 的弧,即形成新网络 N' ,如图 4 所示。此时观察发现,由于 B_1 已是一个无流到达的节点,无论怎样增流,都不可能达到先遣需求流 4,因此结束,先遣的网络 N'(图 3),即为时限最短网络。

STEP7:在最短网络图 N'中用最短时间流问题算法,求出总运时最短的分配集 $F'=(f_{11}=1,f_{13}=2,f_{22}=1)$ 和总时间 $T'=5$,结果如图 5 所示。其中在图中弧上的括号内,第一个数字代表时间,第二个数字代表实际流量(下同)。

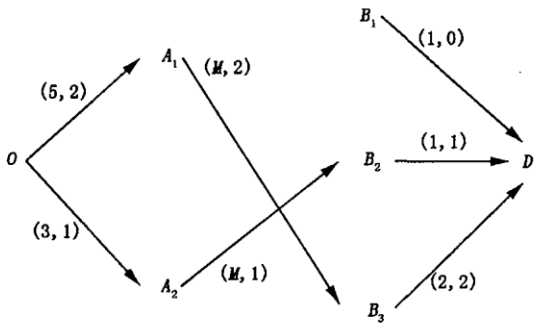

图 4 先遣运输网络最大流

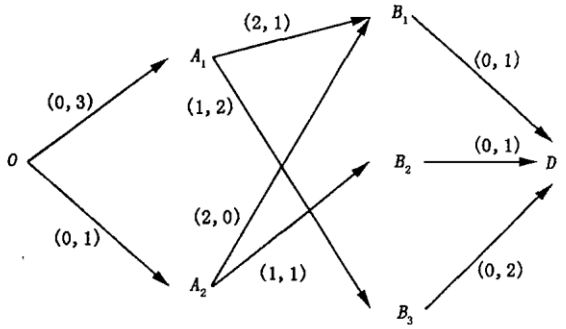

图 5 先遣运输网络最短时间流

STEP8:调整各供需点数量,建立剩余量运输网络图 N' ,用最短时间流问题算法,求出总运时最短的分配集 F''和总时间 T'' ,如图 6 所示。

STEP9:对分配的流量进行汇总,得到最优解,如图 7 所示。即 A_1向 B_1运输 2 个单位, A_1 向 B_3运输 3 个

单位，A_2 向 B_2运输 3 个单位,各需求单位所需先遣量全部可在 2 天内到达,整个运输任务耗时 10 个运输单位日。

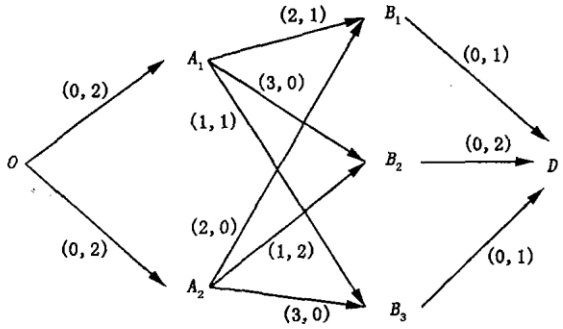

图6　剩余运输网络流量

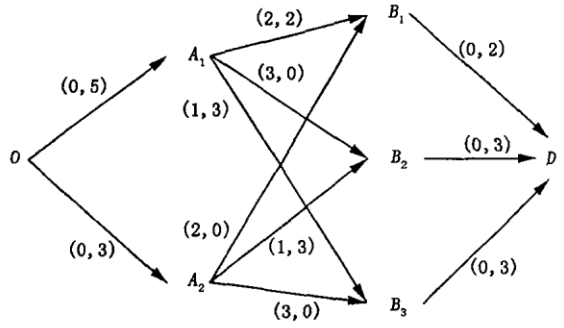

图7　运输网络流量

4　结束语

以上算例表明,运用本文设计的算法,可有效地解决运输分配问题。

在实际运输中,运输时间具有一定的不确定性,此外时间也不是唯一的目标,还必须考虑到多种因素的影响[6],如在运输过程中的危险性问题和伴随保障支援问题等等,如何将这些因素集或目标集结合起来,使问题的解决能更符合实际运输需求,还需要进一步的研究。

参考文献:

[1] 李珍萍. 最短时限运输问题及解法[J]. 中国管理科学,2001,17(2):50－56.

[2] Mazzola J B,Neebe A W. An Algorithm for The Bottleneck Generalized Assignment Problem, Computers Ops Res[J]. 1993,20(3):355－362.

[3] 谢友才. 运输最短时限问题的网络解法及讨论[J]. 运筹与管理,2003,12(6):62－66.

[4] 谢金星,刑文训. 网络优化[J]. 北京:清华大学出版社,2000.

[5] 高虹霓,杨建军. 提高大型交通网络最短路搜索效率研究[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2003.4(1):54－56.

[6] 石玉峰. 基于模糊多目标决策理论的军事运输路径优化研究[J]. 交通运输工程与信息学报,2004,2(1):112－116.

(编辑:田新华)

Research of Transportation Assignment Based on Double Shortest Time in War

SHI Yu－feng[1], PENG Qi－yuan[1], MEN Zhi－qiang[2]

(1. School of Traffic and Transportation, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China; 2. Department of Air Force Military Traffic and Transportation, Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract: By taking the problem of transportation assignment as an object for research, the shortest time limit of task sent in advance and the shortest total time of task are presented, at the same time a network model is built in this paper. Based on graph theory, the optimal algorithms are designed by the methods of maximum flow and the shortest time flow. Finally, the experimental calculation is presented.

Key words: transportation assignment; shortest time; multi－objective