

文章编号: 1001-8360(2002)04-0114-03

# 一种多式联运网络的最优分配模式研究

张建勇, 郭耀煌

(西南交通大学 经济管理学院, 四川 成都 610031)

**摘 要:** 多式联运已成为我国现代交通运输体系的一个重要组成部分。在对多式联运网络进行具体描述的基础上, 从实现总成本最小化的原则出发, 建立了一种多式联运网络的最优分配模型, 从定量角度分析了多式联运系统的合理组织。

**关键词:** 多式联运; 网络分配模型; 运输协作

**中图分类号:** U 11 **文献标识码:** A

## A multimode transportation network assignment model

ZHANG Jian-yong, GUO Yao-huang

(School of Economics & Management, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** Multimode transportation has become an important part of modern transportation system in our country. In this paper, we present a multimode transportation network assignment model on the principle of the minimization of cost. It will offer a scientific base to the organization of our country's multimode transportation system.

**Keywords:** multimode transportation; network assignment model; transportation cooperation

随着现代社会中用户对运输质量期望的逐步提高和我国交通运输体系的不断完善, 多种运输方式之间的联合运输已经成为我国现代交通运输发展的一种必然趋势, 并且必将会成为我国未来综合运输体系的核心, 在我国交通运输系统中发挥重要作用。在这种情况下, 研究多种运输方式联合运输网络的最优分配模式, 也就是说研究如何实现各种运输方式之间的有效衔接, 以实现费用的节约或时间的节省, 这对于提高交通运输的服务水平、竞争能力以及其社会综合效益或效率, 具有重要的现实意义。

本文立足于市场经济条件下运输产品面向市场, 面向用户的运输产品市场化原则, 按照实现运输总成本最小化, 建立了多式联运系统的网络最优分配模型, 为多式联运系统的建立和科学组织提供决策参考。

### 1 多式联运系统网络的描述

在这里, 多式联运系统基本网络由节点以及每两

个节点之间的一条或相互平行的多条连线(其中每条连线代表一种运输方式)所组成。我们定义一个连线为

$$i, j, m \quad i \in N, j \in N, m \in M$$

其中,  $i$  表示起始节点,  $j$  表示终止节点,  $m$  表示  $i, j$  间可用的某种运输方式,  $N$  代表网络上所有节点的集合,  $M$  则代表网络中所有运输方式的集合。为了更好的说明以上表述, 看一个简单的例子, 如图 1 所示。

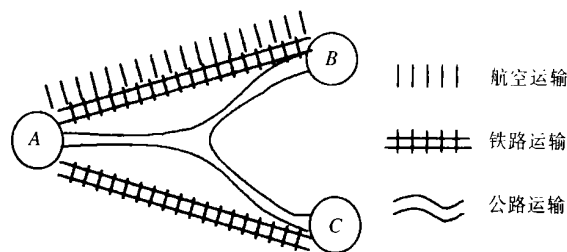


图 1 路网图

假设一个运输网络由 A、B、C 三个节点组成, 可用的运输方式有三种: 公路、铁路、航空。A、B 两节点间三种方式全部可用, A、C 之间有公路、铁路两种运输可用, 而 B、C 之间只有公路一种运输方式。则对该

收稿日期: 2002-04-01; 修回日期: 2002-05-13  
基金项目: 铁道部科技研究开发计划项目(2001F04)  
作者简介: 张建勇(1975—), 男, 山西和顺人, 博士研究生。

路网的描述采用图2的形式。即用具有方向性的多条相互平行的直线直接连接相邻的两节点, 每条连线代表一种可能的运输方式。

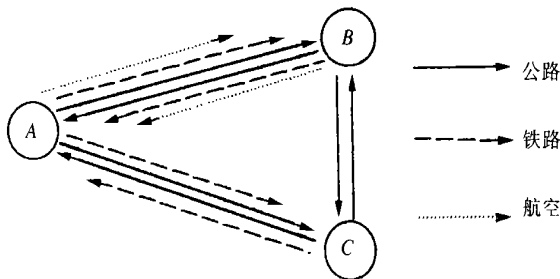


图2 路网描述

以上基本网络对于每种运输方式单独完成其运输任务, 没有不同运输方式之间的联合运输发生的情形可以进行很好地描述, 但是如果为了完成某项运输任务而必须或为了节省时间费用而要求多种运输方式之间的联合运输, 也就是说要实现多种运输方式之间的换装(乘), 那么该网络该如何描述?

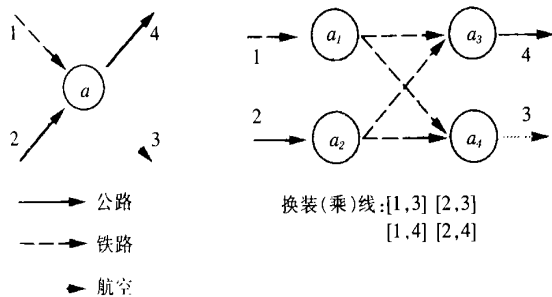


图3 节点扩展

假定各种运输方式之间的衔接只能在节点发生, 则可以通过节点的扩展来解决这个问题, 如图3所示。其基本做法是: 将发生换装(乘)的节点(a), 根据其流入流量(1, 2)和流出流量(3, 4), 分裂成两个流入节点(a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>)和两个流出节点(a<sub>3</sub>, a<sub>4</sub>), 并在其间用换装(乘)线相连, 从而形成一个由流入节点和流出节点两部分组成的换装(乘)扩展节点。

## 2 多式联运网络最优分配模型的建立

假设所研究的网络由一个节点集 $N$ , 连线集 $A$ , 运输方式集 $M$ 和换装弧集 $T$ 所组成。对任意一条弧 $a(a \in A)$ , 其费用函数为 $s_a(\cdot)$ , 每一换装弧 $t(t \in T)$ , 其费用函数为 $s_t(\cdot)$ 。

记 $P$ 为所考虑的运输对象集合,  $p$ 为其中的某种运输对象, 运输对象由起点 $o(o \in N)$ 到终点 $d(d$

$D \subseteq N$ )。令 $g^{m(p)}$ 为对象 $p(p \in P)$ 的需求矩阵, 其中 $m(p)$ 为运输对象 $p$ 的所有运输方式的集合 $M(p)$ 的子集, 即 $m(p) \subseteq M(p)$ 。

定义 $v^p$ 为联合运输网络中对象 $p$ 的流量,  $v^p$ 包括弧流( $v_a^p$ )和换装流( $v_t^p$ )两部分, 即

$$v^p = \begin{pmatrix} (v_a^p) & a & A \\ (v_t^p) & t & T \end{pmatrix}$$

则网络上所有对象的流量为 $v = (v^p), p \in P$ ,  $v$ 为一个 $n_p(n_A + n_T)$ 维向量。对于一个给定的流量来讲, 设连线平均费用函数和换装(乘)平均费用函数分别为 $s_a^p(v)$ 和 $s_t^p(v)$ , 则对象 $p$ 的费用函数可定义为

$$s^p = \begin{pmatrix} (s_a^p) & a & A \\ (s_t^p) & t & T \end{pmatrix}$$

$s = (s^p)$ 同样也是一个 $n_p(n_A + n_T)$ 维向量。

因此, 对象 $p$ 对应于连线 $a$ 的总费用为 $s_a^p(v)v_a^p$ , 对应于换装(乘)点 $t$ 的总费用为 $s_t^p(v)v_t^p$ 。那么所有对象在整个网络上的总费用函数 $F$ 为

$$F = \sum_{p \in P} \left( \sum_{a \in A} s_a^p(v)v_a^p + \sum_{t \in T} s_t^p(v)v_t^p \right) = (s(v)^T v) \quad (1)$$

令 $K_{od}^{m(p)}$ 表示通过 $m(p)$ 中的运输方式从起点 $o$ 到终点 $d$ 的路径集合, 则流量平衡公式可表示为

$$\sum_{k \in K_{od}^{m(p)}} h_k = g_{od}^{m(p)}$$

$$o \in O, d \in D, m(p) \subseteq M(p), p \in P \quad (2)$$

式中,  $h_k (h_k \geq 0)$ 表示对象 $p$ 在路径 $k$ 上的流量。

令 $k^p$ 表示能够用来运输对象 $p$ 的所有运输方式的集合, 用 $\delta_{ak} = \begin{cases} 1 & a \in k \\ 0 & a \notin k \end{cases}$ 来确定弧流与特定路径流之间的关系, 则

$$v_a^p = \sum_{k \in k^p} \delta_{ak} h_k \quad a \in A, p \in P$$

同理

$$v_t^p = \sum_{k \in k^p} \delta_{tk} h_k \quad t \in T, p \in P$$

$$\delta_{tk} = \begin{cases} 1 & t \in k \\ 0 & t \notin k \end{cases}$$

综上所述, 基于总成本最小化的联合运输系统模型可描述为

$$\min F = \sum_{p \in P} \left( \sum_{a \in A} s_a^p(v) \sum_{k \in k^p} \delta_{ak} h_k + \sum_{t \in T} s_t^p(v) \sum_{k \in k^p} \delta_{tk} h_k \right)$$

$$\begin{cases} \sum_{k \in k^p} h_k = g_{od}^{m(p)} \\ h_k \geq 0 \\ \delta_{ak} = \begin{cases} 1 & a \in k \\ 0 & a \notin k \end{cases} \\ \delta_{tk} = \begin{cases} 1 & t \in k \\ 0 & t \notin k \end{cases} \end{cases}$$

### 3 结束语

多式联运网络最优分配模型在总成本最小的原则下,从定量的角度分析了多式联运系统的最优组织、分配模式,通过对各种费用的合理标定以及现代计算机技术的应用,可以较为方便地求解上述模型,从而为经营决策者提供精确的数据结果,为我国多式联运系统的合理组织提供科学依据。

#### 参考文献

[1] Crainic T G, Florian M. A Model for the Strategic Plan-

ning of National Transportation by Rail[J]. Transportation Science, 1990, (24): 1—24

[2] Jacques Guelat. A Multimode Multiproduct Network Assignment Model for Strategic Planning of Freight Flows [J]. Transportation Science, 1990, (1): 25—39

[3] Florian M. An Introduction to Network Models Used in Transportation Planning [J]. Math. Program. Study, 1986, (26): 167—196

[4] 林益恭. WTO 与我国多式联运的发展对策研究[J]. 铁道经济研究, 2001, (4): 34—38

(责任编辑 李淑萍 刘梅林)

(上接 113 页)

#### (5) 专利文献

[序号] 专利所有者. 题名[P]. 专利国别: 专利号, 出版日期

[1] 曾德超. 常速高速通用优化犁[P]. 中国专利: 85203720. 1, 1986-11-13

#### (6) 技术标准

[序号] 标准代号(标准顺序号-发布年), 标准名称[S].

[1] GBJ111-87, 铁路工程抗震设计规范[S].

#### (7) 报纸

[序号] 主要责任者. 文献题名[N]. 报纸名, 年-月-日(版次).

[1] 李四光. 中国地震的特点[N]. 人民日报, 1988-08-02 (4).

#### (8) 科学技术报告

[序号] 著者. 报告题名[R]. 出版地: 出版者, 出版年 页码

[1] 朱家荷, 韩调. 铁路区间通过能力计算方法的研究 [R]. 北京: 铁道部科学研究院运输及经济研究所, 1989. 34

#### (9) 电子文献

[序号] 主要责任者. 电子文献题名[电子文献及载体类型标识]. 电子文献的出处或可获得地址, 发表或更新日期/引用日期(任选).

[1] 王明亮. 关于中国学术期刊标准化数据库系统工程的进展 [EB/OL]. <http://www.cajcd.edu.cn/pub/wml.txt/980810-2.html>, 1998-08-16/1998-10-04

[2] 万锦堃. 中国大学学报论文文摘(1983-1993). 英文版[DB/CD]. 北京: 中国大百科全书出版社, 1996

#### (10) 其他未定义类型的文献

[序号] 主要责任者. 文献题名[Z]. 出版地: 出版者, 出版年