第 54卷 第 3期
2001年 5月
武汉大学学报 (社会科学版)
Wuhan University Journal (Social Sciences)
Vol. 54, No. 3
May 2001, 319～ 324

● 经济管理

大规模外贸物流系统规划计算方法研究*

张 庆 年
(武汉理工大学 经济与管理学院 ,湖北 武汉 430063)

[作者简介]张庆年 (1957-) ,男 ,浙江宁波人 ,武汉理工大学经济与管理学院交通运输管理系副教授 ,主要从事交通运输规划与管理学研究。

[摘 要]求解大规模外贸物流系统规划时 ,常常会遇到系统变量过多 ,从而导致计算速度慢 ,计算精度低有时甚至完全不能求解的问题。 解决这类问题的重要途径之一 ,就是先用动态规划方法求出系统中各起运点到各运到点之间的所有最短线路和各线路的对应费率 ;然后将各最短线路的费率作为线性规划方法的计算参数 ,从而使系统的变量数大大减少 ,再用线性规划方法求得满足各种约束条件限制及品质要求的系统总体最优解。

[关 键 词]物流系统 ;规划 ;计算方法 ;简化
[中图分类号] F250 [文献标识码] A [文章编号] 1008-2999(2001) 03-0319-06

物流系统是指物质实体物理流动过程及其相关活动的总称。 它不仅包括实物流动过程 (运输、储存保管、装卸搬运、包装、配送和流通加工等) ,还包括物流情报活动 (物流计划、物流调查、预测调度、库存管理和信息处理等) [1] (第 6, 22页)。外贸物流的特点是物流的一个端点在国内 ,另一个端点在国外。大规模外贸物流运输系统通常是以水上运输为其运输主牵引环节的。

一、大规模外贸物流系统规划

外贸物流系统规划通常包括物流费用、物资购价和物资销价 3个方面的费用 ,通常我们追求的是总利润的最大化 ,可用 (1)式来表达:

$$f = \max\{\sum 物资销价 - \sum 物资采购费 - \sum 物流费\} \tag{1}$$

其中 ,物流费用包括运输、储存保管、装卸搬运、包装、配送和流通加工等费用以及物流情报管理费用 ,可以用 (2)式来表达:

$$\begin{aligned}\sum 物流费 = & \sum 运输费 + \sum 仓储费 + \sum 装卸费 + \sum 包装费 \\ & + \sum 配送费 + \sum 流通加工费 + \sum 情报管理费\end{aligned} \tag{2}$$

式中 ,包装费通常随物流运输方式的不同有一定的差异 ,但一般变化不大 ,可近似地看做固定费用 ;配送费可视作物流系统疏运环节费用 ;流通加工费以及物流情报管理费等一般受物流运输方式变化影响不大 ,所以我们在物流系统规划方案优选时物流费用可只考虑 (2)式的前三项费用: 运输费、仓储费、装卸费。 代入 (1)式可得 (3)式:

* 收稿日期: 2001-01-17
基金项目: 湖北省教育委员会科学研究计划项目 (99C098)

$$f = \max\{\sum 物资销价 - \sum 物资采购费 - \sum 运输费 - \sum 仓储费 - \sum 装卸费\} \tag{3}$$

对于外贸物流系统规划,出口问题我们主要关心海外的销售情况,而国内的物资采购与集运环节处于次要地位,所以我们可以将(1)式简化为(4)式:

$$f_1 = \max\{\sum 物资销价 - \sum 运输费 - \sum 仓储费 - \sum 装卸费\} \tag{4}$$

进口问题我们更关心海外采购情况,同样地国内分销与配送等(疏运环节)处于次要地位,所以我们可以将(1)式简化为(5)式:

$$f_2 = \max\{-\sum 物资采购费 - \sum 运输费 - \sum 仓储费 - \sum 装卸费\} \tag{5}$$

由(3)、(4)和(5)式可以看出,外贸物流系统规划的目标函数主要反映的是发生在运输系统主牵引环节(水上运输)上的费用。大规模外贸物流系统通常包括多个起运港和运到港,运输过程要跨越不同的航区,有时还需中间转载。如果我们把整个运输网络看成若干个单段运输的组合,将中转港既看做是前段运输的结束,又看做是后段运输的开始。于是用不同的变量来表示这每一个单段运输的运量就可完整地描述整个物流系统。显然系统的变量数是很大的。

二、线性规划模型

对于大规模外贸物流系统规划问题通常人们采用线性规划方法[2](第 939~ 949页)。以出口问题为例,我们以 i表示起运港,j表示运到港,用 X_{ij}表示物资由 i港至 j港的运量;以 P_j表示 j港物资的销价;以 F_{ij}表示由 i港至 j港单位货运周转量运费费率;L_{ij}表示由 i港至 j港的航线距离;用 D_{ij}表示物资在 i港装船费加 j港卸船费及在 i、j两港港务费与仓储费分摊的费率(其中港务费是运输费用的一部分,它与运输距离无关,只与船舶进港的次数有关)。则(4)式可表示为(6)式:

$$f_1 = \max\{\sum_i \sum_j P_j \times X_{ij} - \sum_i \sum_j (F_{ij} \times L_{ij} + D_{ij}) \times X_{ij}\} \tag{6}$$

对于简单的问题,我们再增加若干约束函数,就可以用单纯形方法或修改单纯形方法求解了。但大规模外贸物流系统规划问题通常比较复杂,以 4个起运港,二级(每级两个)4个中转港,4个运到港为例。由于:

$$i \subset (起运港 + 中转港); \tag{7}$$

$$j \subset (中转港 + 运到港), \tag{8}$$

按(6)式 $i = 4 + 4$, $j = 4 + 4$,变量数多达 $8 \times 8 = 64$个。即使去掉对流运输情况(考虑中转与直达),则变量数仍然高达 52个($4(2 + 2 + 4) + 2(2 + 4) + 2 \times 4 = 52$)。如图 1所示。

虽然改进单纯形法计算量要比原单纯形法的计算量要小一些[2](第 950页),但一般来说当规划系统的变量数超过 20个时将使计算变得非常困难。

显然如图 1所示的并不太复杂的问题就不能简单的运用线性规划方法求解。所以我们有必要寻求其他方法如动态规划方法等来求解或化简这类问题。

三、动态规划模型

动态规划方法最典型的运用是最短路线问题,或最少费用路线问题[3](第 254~ 263页)。仍以图 1所示问题为例,我们先引入通过港概念。

所谓通过港是为解决直达运输问题所带来的计算困难,而增加的一些假想的港口,把直达运输看做是物资在通过港不经装卸而“中转”。故通过港的中转费用为零,通过能力为无穷大。这样做并不改变问题本身的性质,却将问题划分了阶段,才可以用动态规划方法求解。我们在图 1中增加了两个通过港,于

是将问题划分为 3个阶段,如图 2所示:

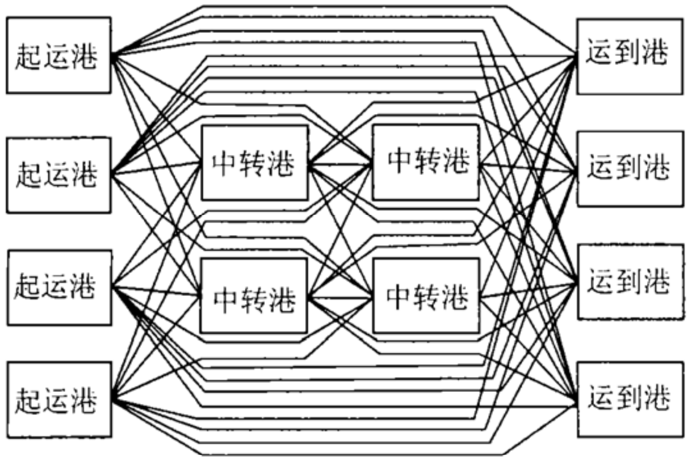

图 1　一般的物流网络

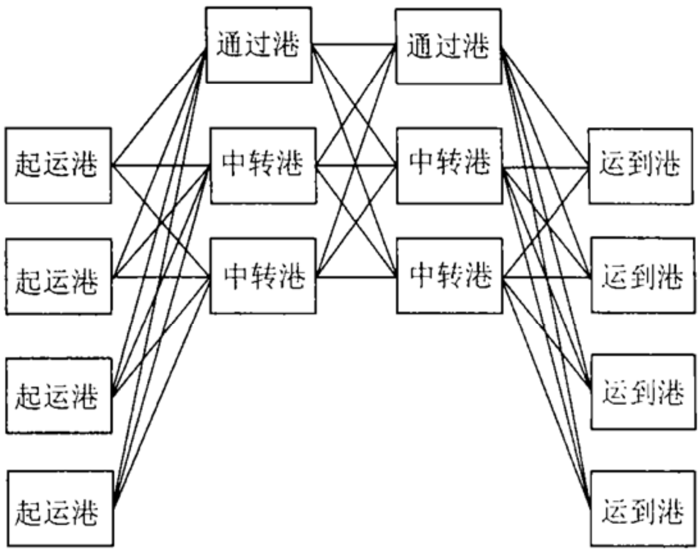

图 2　简化物流网络

对照图 1我们看到,图 2虽然增加了两个港口,却减少了航线的数目,使问题更加简洁明了。

进一步地,我们把装卸费、港务费和仓储费看做是节点费用,把运输费看做是发生在路段上的费用。一般来说运输费用是针对不同的航道与运输距离成正比的,对于大规模外贸物流运输问题,航道水深通常是有规律变化的: 出口问题航道由浅逐渐变深,进口问题航道由深逐渐变浅。故直达运输时,对于出口问题后段只能用前段 (对于进口问题前段只能用后段)吃水较浅的船舶,甚至另造特殊的直达船型 (费率更高一些)。所以针对不同的起运港或运到港,其航段运费费率不一定相同。以出口问题为例,我们定义 j航段最适宜的吃水船型运输费率为基本费率,用 F_j^0 表示,用 F_j^k 表示对应于第 k个起运港 (或运到港)的 j航段运费费率,则对于直达运输有:

$$F_j^k = F_{j-1}^k = \cdots = F_{j-R}^k = W \times \max\{F_j^0, F_{j-1}^0, \cdots, F_{j-R}^0\};\ j = 1, 2, \cdots, n;\ k = 1, 2, \cdots, m; \tag{9}$$

对于中转运输有:

$$F_j^k = F_j^0;\ j = 1, 2, \cdots, n; \tag{10}$$

(9)和 (10)两式中 R为直达运输跨越的航段数, W ($W \geq 1$)为直达船型费用增加系数, n为运输中转阶段数, m为起运港 (或运到港)个数。

容易看出,物资在运输过程中若经过中转港中转,则各个航段可选用该航段最小费率,从而使总的运输费用要低一些,但需要额外的付出中转费用 (装卸费、港务费和仓储费等);若物资在运输过程中不经过中转港中转,而是采用直达运输,则虽然不用付出额外的中转费,但必须选所跨越的各个航段中最大费率 (甚至还要乘上一个大于 1的系数)作为该段直达运输的费率。换句话说,中转方案要增加节点费用,但路段费用要少一些;直达方案可省去中转费用,但路段费用要多一些。采用动态规划方法就是要在多种方案中选出最优的路线。

仍以图 2为例,我们分别用 A_{ij} ($i = 0, 1, 2, 3, 4$; $j = 0, 1, 2, 3$)表示各个港口: 用 A_{i0} ($i = 1, 2, 3, 4$)表示起运港;用 A_{0j} ($j = 1, 2$)表示通过港;用 A_{i3} ($i = 1, 2, 3, 4$)表示运到港;依次用 A_{11}、A_{12}、A_{21}和 A_{22}来表示 4个中间中转港。利用动态规划,我们实际上就是要找出从 A_{i0} ($i = 1, 2, 3, 4$)港到 A_{k3} ($k = 1, 2, 3, 4$)港之间 16条 ($4 \times 4 = 16$)最少费用线路以及相应的费率,我们可用如下的动态规划模型来求解:

$$\left\{\begin{array}{l} C_{ijk} = \min\limits_{l}\{F_j^k \times L_{ijl} + C_{l,j+1,k} + D_{ij}\}, j = 2, 1, 0; i = 1, 2, 3, 4; k = 1, 2, 3, 4, l = 1, 2, 3, 4; \\ C_{i3k} = 0,\ i = 1, 2, 3, 4;\ k = 1, 2, 3, 4. \end{array}\right. \tag{11}$$

式中:

C_{ijk}—— A_{ij}港至港 $A_{k,3}$ (运到港)单位运输总费率;

F_j^k—— 针对 $A_{k,3}$港 , j航段单位货运周转量运费费率 ,由 (9)式或 (10)式确定;

L_{ij}—— A_{ij}港至 $A_{l,j+1}$港航线距离;

D_j—— 表示物资在 A_{ij}港费加装船费及港务费与仓储费分摊的费率。

用动态规划方法可方便地计算出从各起运港到运到港之间的最佳航线及其对应的单位运费费率 ,也就是说选择各种不同的中转或直达方案以寻求运费加中转费最省的线路。

但动态规划方法不能解决系统总体规划问题。例如出口问题 ,某航线物流费用较高 ,但运到港物资销价较高;对进口问题 ,某航线物流费用较高 ,但物资采购价较低等时怎样选择?又如运到港对不同起运港的物资有最佳配合比例要求 (进口问题)以及起运港 (物资数量较大等原因)要求运输到不同的运到港 (进口问题)等时怎样处理?以及要求计算相应的航线配船、运到港有销量限制、起运港有供应量限制、中转港有规模限制或要求计算最佳中转港规模等类问题 ,用动态规划方法就无法解决。另外 ,动态规划没有统一的标准模型 ,也没有构造模型的通用方法 ,故只能对每类问题进行具体分析 ,构造具体的模型。对于较复杂的问题在选择状态、决策、确定状态转移规律等方面需要丰富的想象力和灵活的技巧性 ,这就带来了应用上的局限性[3](第 265页)。

可见要解决大规模外贸物流系统规划问题仅仅依靠动态规划方法是不行的。

四、大规模外贸物流系统规划优化模型

本文提出的解决大规模外贸物流系统规划问题的计算方法是:先用动态规划方法求出各个起运港至运到港之间的最佳路线和费率以及中转港位置 ,然后再将所求得的结果输入给线性规划模型从而求得的最佳物资配比、相应的船队配备规模、中转港规模等最终方案。

不失一般性 ,本文以出口问题为例。我们用 i表示行数 , j表示列数。假设中转港列数为 n个 ,各港所在列并列行数分别为 m_j($j=0,1,2,\cdots,n,n+1$)个 ,我们用 A_{ij}($i=0,1,2,\cdots,m_j$; $j=0,1,2,\cdots,n,n+1$)表示港口: A_{i0}($i=1,2,\cdots,m_0$)表示起运港;用 A_{0j}($j=1,2,\cdots,n$)表示通过港; A_{ij}($i=1,2,\cdots,m_j$; $j=1,2,\cdots,n$)表示中转港;用 $A_{i,n+1}$($i=1,2,\cdots,m_{n+1}$)表示运到港。则通用大规模外贸物流系统网络如图 3所示:

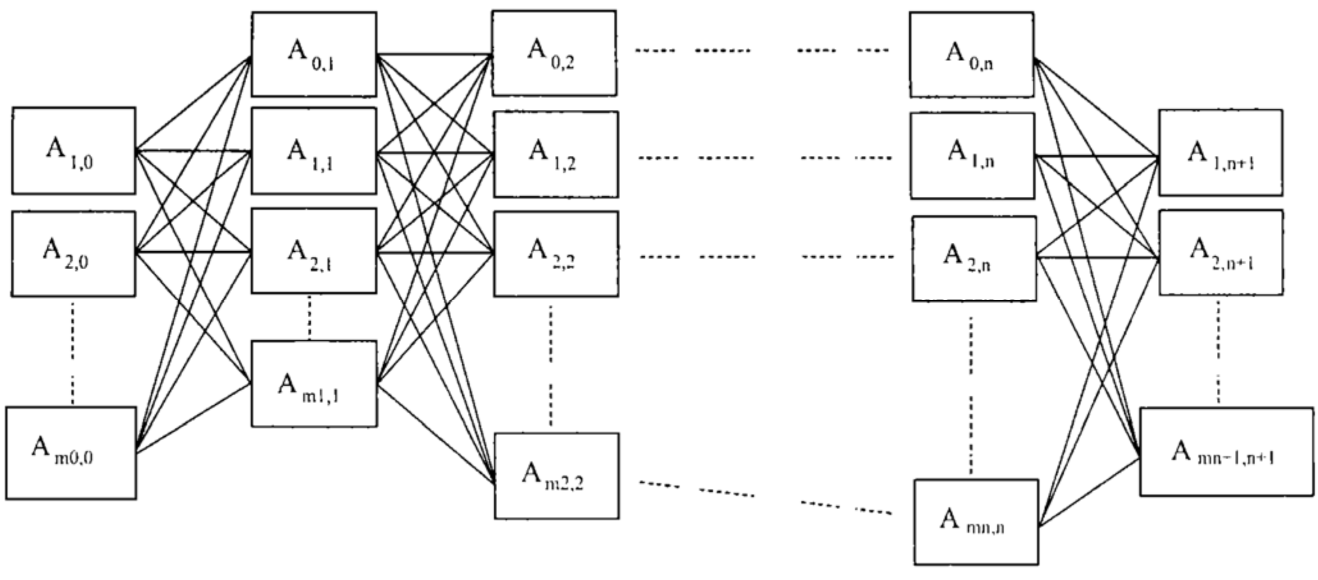

图 3 通用大规模外贸物流系统网络

对照图 3,也就是说第 0列是起运港 ,第 n+ 1列是运到港 ,第 0行是通过港 ,中间部分是中转港。我们要做的是:首先 ,利用动态规划方法找出从 A_{i0}($i=1,2,\cdots,m_0$)港到 $A_{i,n+1}$($i=1,2,\cdots,m_{n+1}$)港之间 $m_0\times m_{n+1}$条最少费用线路;然后再将所计算出的线路和费用作为参数输入到线性规划模型以求出最终的

优化结果。

于是我们可得大规模外贸物流系统规划模型如下:

$$
\left\{
\begin{aligned}
& C_{ijk} = \min_{l}\{F_j^k \times L_{ijl} + C_{l,j+1,k} + D_{ij}\}, j = n, n-1, \cdots, 0; l = 1, 2, \cdots, m_{j+1}; \\
& \qquad k = 1, 2, \cdots, m_{n+1}; i = 1, 2, \cdots, m_j; && (12) \\
& C_{i,n+1,k} = 0; i = 1, 2, \cdots . m_n; k = 1, 2, \cdots, m_{n+1}; && (13) \\
& \max \sum_{i=1}^{m_0} \sum_{k=1}^{m_{n+1}} (P_k - C_{i0k}) \times X_{ik}; && (14) \\
& \sum_{i=1}^{m_0} X_{ik} - T_k \leqslant 0;\ k = 1, 2, \cdots, m_{n+1}; && (15) \\
& \sum_{k=1}^{m_{n+1}} X_{ik} - H_i \leqslant 0;\ i = 1, 2, \cdots, m_0; && (16) \\
& X_{ik} \geqslant 0;\ i = 1, 2, \cdots, m_0; k = 1, 2, \cdots, m_{n+1}. && (17)
\end{aligned}
\right.
$$

式中:

C_{ijk}—— A_{ij}港至 $A_{k,n+1}$港(运到港)单位运输总费率;

F_j^k—— 针对 $A_{k,n+1}$港, j航段单位货运周转量运费费率;

L_{ijl}—— A_{ij}港至 $A_{l,j+1}$港航线距离;

D_{ij}—— 表示物资在 A_{ij}港的费加装船费及港务费与仓储费分摊的费率;

P_k—— k港物资的销价;

T_k—— 运到港 $A_{k,n+1}$物资最大销量;

H_i—— 起运港 $A_{i,0}$物资最大供应量;

X_{ij}—— 物资由 i港至 j港的运量。

模型中,(12)式为动态规划模型,(13)式为其初始条件;(14)式为线性规划模型目标函数;(15)式为最大销量约束;(16)式为最大供应量约束;(17)式为变量非负约束。

对于具体的不同问题还可以增加其他约束条件。例如,对于铁矿砂进口问题(进口模型),钢厂要控制炼钢原料铁矿砂的品质,主要是限制铁矿砂中 Al_2O_3 的含量。根据有关部门介绍,如果铁渣中 Al_2O_3 的含量超过 15%,则铁渣与铁水就不容易分离,造成铁水的损失,故我们通常的做法是将铁渣中 Al_2O_3 的含量控制在 12.5%以下。以平均 1.46t矿砂炼 1t铁水,出 0.32t铁渣计算,铁矿砂中 Al_2O_3 的平均含量应控制在 $0.32 \times 0.125 \div 1.46 = 0.0274$以下(即:2.74%以下)。于是我们在模型中就需要增加铁矿砂品质约束,如式(18)所示:

$$
\sum_{i=1}^{m_0} (Q_i - 0.0274) \times X_{ik} \leqslant 0,\ k = 1, 2, \cdots, m_{n+1} \tag{18}
$$

式中:

Q_i—— 为起运港 A_{i0}的矿砂中 Al_2O_3 含量;

X_{ik}—— 为起运港 A_{i0}至运到港 $A_{k,n+1}$的矿砂运量。

有了品质约束,我们就可在保证系统质量的情况下求得系统的最优经济目标。

五、结　论

线性规划方法是一种比较成熟的方法,可以设多个约束条件来满足多项指标要求,其主要优点是通用性强,缺点是对于复杂问题计算工作量非常大,对稍微复杂一点的问题常常需借助于大、中型计算机。

动态规划方法过去一般用于解决简单运输问题,其特点是简单,计算速度快,但通用性较差。

本文提出的方法 ,充分发挥了两种方法的优点 ,可使最后用于线性规划模型的变量数大大减少。 如图 1所示情况 ,变量数由 64(或 52)一下减到 16个 ,这给计算带来极大的方便 ,尤其是对复杂系统 ,效果更加明显。 由于减少了系统变量数 ,缩短计算机编程时搜索步长从而提高了计算精度。

我们用本文方法做了“长江流域进口矿砂 (含海南岛产铁矿砂)水运系统规划” (进口问题)以及“长江流域经济腹地国际集装箱运输方式、运输路线及运输费用评价” (出口问题)课题研究[4](第 25~ 29页),均使用普通个人计算机 ,取得了较理想的结果 ,限于篇幅此处从略。

[参 考 文 献]

[1] 陈梅君 .物流学 [M].北京: 中国物资出版社 , 1991.

[2] 王连祥 .数学手册 [Z].北京: 人民教育出版社 , 1979.

[3] 马振华 .现代应用数学手册 [Z].北京: 清华大学出版社 , 1998.

[4] 张庆年 .基于模糊层次法的长江国际集装箱运输通道综合评价 [J].武汉大学学报 (人文社会科学版) , 2000, (6-2) .

(责任编辑 邹惠卿)

On the Plan Calculation Method of Larger Foreign Trade Logistical System

ZHANG Qing-nian

(Wuhan University of Technology, Economics & Management School, Wuhan 430063, Hubei, China)

Biography: ZHANG Qing-nian(1957-) , male, Associate professor, Department of transportation management, Economics & Management School, Wuhan University of Technology, majoring in transportation plan and management.

Abstract The problem that the variables are too many always is met when people calculate the plan of larger foreign trade logistical system. It led to the calculation being too slow and crude, even getting no result. One of the important methods to solve the problem is finding out each shortest roads and their cost rates between every start ports and end ports by means of dynamic programming and then using these rates as calculation parameters of the liner programming. It reducing the number of the variables greatly. The optimum solution which satisfies various limited conditions and quality requirement is evaluated with liner programming at last.

Key words logistical system; plan; calculation method; simplify