

基于港口集团式双扇型供应链的供需同步模型

郑桂兰, 赵 刚

(河海大学交通学院, 江苏 南京 210098)

摘要 基于港口实施纵向战略联盟下的港口集团式双扇型供应链基本结构模型, 研究供应链供需计划同步问题, 目标是考虑需求的不确定性, 制定从供应商到客户整个港口纵向供应链系统同步的供应计划 and 需求计划. 依据供应链系统中物流、信息流、成本流的流程, 详细阐述供应计划和需求计划子模型的建立过程, 在此基础上考虑需求不确定性, 建立带有补偿问题的基于纵向联盟的港口供应链供需同步二级随机规划模型.

关键词 港口; 供应链; 供需同步模型

中图分类号 :U652.1+2

文献标识码 :A

文章编号 :1000-1980(2007)06-0709-05

港口不仅仅是运输网络中的中心环节, 也是经济体系中的重要环节. 随着经济的发展, 其功能从传统的运输功能向工业生产、商业、服务等多功能的方向发展, 伴随着大量货流、资金流、信息流的汇集, 港口可以通过与周边港口的横向联盟和上下游企业的纵向联盟, 利用股权参与或契约方式形成一种新的组织形式, 能够使港口获得市场和一体化企业的双重优势, 实现联盟各方的资源互补和共享, 通过核心专长互补, 获得整合优势, 通过环节合作, 提高整个供应链的运作效率, 通过供应链流程再造, 获得竞争优势, 提升企业竞争力^[1]. 运用战略联盟和供应链理论, 寻找提高竞争能力的突破口, 成为现代港口发展的关键所在.

供应链管理强调流程的优化和系统整体性能的提高. 而在供应链管理实践中, 由于供给能力、运输能力、存储能力、生产能力有限等, 供应链上一级成员面临下一级成员的需求时, 不可能随时随地都可以满足客户的需求^[2]. Lee^[3]等通过对供应链中信息沟通的研究, 发现需求信息在供应链内由下游向上游的传递过程中, 每个企业都会根据自身对市场需求的判断随意对信息进行修改, 以确保自身利益最大化. 因此港口的供应链管理极有可能面临生产的协调问题.

为了解决此问题, 目前在汽车、电子制造业强调供应商发货量与生产需求量紧密配合, 保持同步, 而企业的供应链管理更是注重产、供、销计划的同步^[4]. 本文借鉴汽车、制造业成熟理论, 研究基于纵向联盟的港口供应链结构模式的供需同步问题. 供应链管理决策者必须根据需求预测的结果, 合理分配资源, 制定一个同步的中期范围计划. 为了达到这一目标, 本文基于港口集团式双扇型供应链的基本结构模型, 考虑客户需求的不确定性, 并且假定其服从正态分布, 分别建立供给计划子模型和需求计划子模型, 然后在此基础上建立需求不确定性条件下带有补偿问题的供需计划同步二级随机规划模型.

1 研究基点的选择

本文重在供应链系统的协调问题研究, 首先必须选择客观、科学的供应链模型作为研究基础. 纵观国内外, 港口供应链的研究并不多, 还没有形成一个完整的理论体系. Pietro 等^[5]提出航运公司与港口终端的联盟; Avery^[6]提议集装箱港口之间建立“港口战略联盟”; 封学军^[7]运用博弈论方法计算港口物流联盟的利润; 谢凌峰等^[8-9]就江苏沿江港口纵向联盟提出港口集团式双扇型供应链基本结构模型. 通过系统分析, 本文选择谢凌峰等^[8-9]提出的港口集团式双扇型供应链基本结构模型作为研究基点, 如图 1 所示.

基于纵向联盟的供应链管理模型的实施, 将使得港口通过与上游供应商以及下游客户形成长期而稳定的合作伙伴关系, 并以共享信息、共担风险、共同获利为原则, 进而减少港口环节供应链的不确定性和风险.

收稿日期 2007-05-31

基金项目 江苏省软科学基金资助项目(BR2006033)

作者简介 郑桂兰(1968—), 女, 江苏泰州人, 讲师, 硕士, 主要从事水运规划与现代物流系统研究.

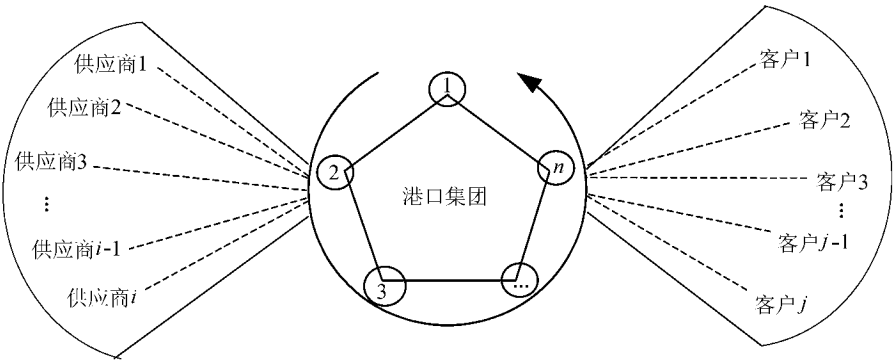


图1 港口集团式双扇型供应链基本结构模型

Fig.1 Basic structure model of double-fan supplying chain for harbor group

在此基础上各自根据实际情况对港口资源重新进行有序整合,集中有限资源发展其核心业务,而非核心业务通过外包给其他港口或通过企业协作方式来完成.此外,还将相应的流通加工、装配等活动集成到港口,以拓展港口功能,提高整体物流速度,最终使得港口不仅具有传统的集散功能,还应具备相应的增值服务功能,从而有效降低整条供应链的运输和库存成本,提高港口利润.

2 研究方法论——港口纵向供应链供需同步模型

依据供应链系统中物流、信息流、成本流的流程,将图1描述的供应链系统划分为2个阶段,第1阶段是上游供应商向港口集团的供货过程,此过程执行供给计划;第2阶段是港口集体向下游客户的发货过程,此过程执行需求计划.构建港口供应链供需同步模型,以供应链系统成本最优为原则,研究基于纵向联盟的港口供应链结构模型的供需协调问题.

数学模型建立的假设条件包括:(a)每个时段客户的需求是不确定的(随机),使用正态分布函数描述;(b)计划时间范围内成本参数是稳定的;(c)各个环节的成本可用线性函数进行近似描述;(d)不考虑供应链上下游环节各时段的安全库存和订货提前期,中心环节港口集团的合理库存记为 D_{rs} ;(e)供应链系统中的物流均以港口为中转中心,供应商与客户不发生任何直接联系.

这里首先建立供给和需求子模型,然后建立同步的供需计划模型.为了方便,本文统一约定使用以下符号:(a)集合. I ——上游供应商集合; N ——中心环节港口集体集合; J ——下游客户即生产工厂集合; M ——原材料即港口货物集合; P ——下游工厂产品集合; T ——时间阶段集合.(b)基本参数. i ——上游供应商编号, $i \in I$; n ——中心环节港口编号, $n \in N$; j ——下游客户即生产工厂编号, $j \in J$; m ——原材料即港口货物编号, $m \in M$; p ——下游工厂生产成品编号, $p \in P$; t ——时间阶段编号, $t \in T$; $d_{jm,t}$ —— t 阶段工厂 j 对原材料 m 的需求量, $d_{jm,t} \sim N(\mu, \sigma^2)$; h_{mp} ——原材料 m 与产品 p 的配比关系; X_{im} ——供应商 i 与原材料 m 的供给关系; Y_{nj} ——港口 n 与工厂 j 之间的需求分配关系; C_{qn} ——计划期内港口 n 的吞吐能力,万t.(c)设计变量. $G_{im,t}$ —— t 阶段从供应商 i 到港口 n 原材料 m 的供应量; $Q_{jp,t}$ —— t 阶段工厂 j 产品 p 的生产量; $R_{njm,t}$ —— t 阶段港口 n 对工厂 j 原材料 m 的发货量.(d)控制变量. $U_{njm,t}$ —— t 阶段港口 n 对工厂 j 原材料 m 的缺货量.(e)成本参数. α_{im} ——从供应商 i 供给原材料 m 的价格,元; μ_{imn} ——供应商 i 到港口 n 原材料 m 的单位运输成本,元/万t; γ_{nm} ——港口 n 对原材料 m 的单位作业成本,元/万t; λ_{njm} ——港口 n 到工厂 j 原材料 m 的单位运输成本,元/万t; ν_{jm} ——工厂 j 对原材料 m 的单位缺货损失成本,元/万t.

2.1 供给计划子模型

在港口供应链结构模型的设计过程中,港口各货种的供应商已确定下来,即 X_{im} 已固定下来,在此作为已知参数.在第1阶段,需要作出的决策是根据下游生产工厂的原材料需求以及港口的合理库存量,考虑相关成本,确定在什么时间阶段、上游供应商应向港口供应多少货物.成本参数包括 α_{im} 、 μ_{imn} 、 γ_{nm} .

计划时间范围内,供给过程发生3种类型的成本:供给成本、运输成本和港口进货作业成本,分别记为 S_{pc} 、 S_{tc} 、 S_{oc} ,则

$$S_{pc} = \sum_t \sum_i \sum_m \alpha_{im} \sum_n G_{imn,t}$$

(1)

$$S_{tc} = \sum_t \sum_i \sum_n \sum_m \mu_{inm} G_{inm,t} \quad (2)$$

$$S_{oc} = \sum_t \sum_n \sum_m \gamma_{nm} \sum_i G_{inm,t} \quad (3)$$

港口各货种的供应量、发货量与合理库存量之间存在以下平衡关系：

$$\sum_{\tau \leq t} \left(\sum_i G_{inm,\tau} - \sum_j R_{njm,\tau} + D_{rsn} \right) \geq 0 \quad (\forall n,m,t) \quad (4)$$

同时,供给量 $G_{inm,t}$ 与已知参数 X_{im} 存在以下约束关系：

$$\sum_n G_{inm,t} \leq o X_{im} \quad (\forall i,m,t) \quad (5)$$

式中 o 为任意大的正数.式(5)意味着:若 $X_{im} = 0$,则 $G_{inm,t} = 0$;若 $X_{im} = 1$,则 $G_{inm,t}$ 可取大于 0 的正数.

2.2 需求计划子模型

各种货物从供应商发货,经过港口到达工厂的整个过程是下游工厂对生产原材料的需求引起的,需求计划取决于市场对产品的需求、上游供应商的供给量、港口的吞吐能力.成本参数包括 γ_{nm} 、 λ_{njm} 、 ν_{jnm} .

计划时间范围内,需求过程发生 3 种类型的成本:港口出货作业成本 D_{oc} 、港口到工厂的运输成本 D_{tc} 和缺货损失成本 D_{gc} ：

$$D_{oc} = \sum_t \sum_n \sum_m \gamma_{nm} \sum_j R_{njm,t} \quad (6)$$

$$D_{tc} = \sum_t \sum_n \sum_j \sum_m \lambda_{njm} R_{njm,t} \quad (7)$$

$$D_{gc} = \sum_t \sum_n \sum_j \sum_m \nu_{jnm} U_{njm,t} \quad (8)$$

需求计划由工厂生产对原材料的需求引起,由于在工厂各种产品与原材料之间均存在一定的配比关系,每个时间段原材料的需求量可以由工厂的生产量确定,并且同港口发货量存在以下平衡关系：

$$\sum_{r \leq t} \left(\sum_n R_{njm,r} - \sum_p h_{mp} Q_{jp,r} \right) \geq 0 \quad (\forall j,m,t) \quad (9)$$

供应链设计阶段确定的港口吞吐能力在本节作为已知参数,港口的进货量、出货量与吞吐能力之间存在以下约束关系：

$$\sum_t \left(\sum_j \sum_m R_{njm,t} + \sum_i \sum_m G_{inm,t} \right) \leq C_{qn} \quad (\forall n) \quad (10)$$

上一时段的缺货量需要在本时段对工厂进行补充,每个时间段港口的发货量与工厂的实际需求量保持平衡：

$$R_{njm,t} + U_{njm,t} = Y_{nj} d_{jm,t} + U_{njm,t-1} \quad (\forall j,m,t) \quad (11)$$

2.3 供需同步模型

在需求不确定性的条件下,如果满足所有可能出现的需求,会使供应链系统总成本很高,同时也会受到供应链系统能力的限制,此时决策者必须仔细权衡系统缺货所造成的成本损失,才能使制定的供需计划合理.

面对需求的不确定性,决策者通常的策略有 2 种:一是通过与供应链各环节机构签订协议改变需求的不确定性;一是认识到需求不确定性的存在,通过决策对市场风险进行控制.本文拟采用第 2 种策略.根据决策变量的类型,在每个时间阶段采取以下二级决策机制:在第 1 级进行优化时,需求信息是不确定的,称为 here and now(立即)决策;第 2 级接收第 1 级发送的结果,在观察到不确定性需求实现后进行优化,是一种 wait and see(观望)决策.

由此可以建立以下具有补偿问题的供应链供需计划同步二级随机规划模型：

$$\min Z = \{V(G,Q,R) + E(f(R|D))\} \quad (12)$$

其中：

$$V(G,Q,R) = \sum_t \sum_i \sum_n \sum_m (\alpha_{im} + \mu_{inm}) G_{inm,t} + \sum_t \sum_n \sum_m \gamma_{nm} \left(\sum_i G_{inm,t} + \sum_j R_{njm,t} \right) + \sum_t \sum_n \sum_j \sum_m \lambda_{njm} R_{njm,t} \quad (13)$$

$$f(R|D) = \min \sum_t \sum_n \sum_j \sum_m \nu_{jnm} U_{njm,t} \quad (14)$$

对式(13)的约束条件为式(4)、式(5)、式(9)、式(10)及

$$G_{im,t}, Q_{jp,t}, R_{nm,t} \geq 0 \quad (\forall i, j, m, p, t) \quad (15)$$

对式(14)的约束条件为式(11)和

$$U_{nm,t} \geq 0 \quad (\forall n, j, m, t) \quad (16)$$

约束条件式(15)和式(16)为变量取值约束.在上述二级随机规划模型中,约束条件与确定性模型相同.第1级模型与第2级模型之间通过变量 R_{jm} 联系起来.模型存在以下信息交互机制:第1级变量的取值在第2级进行评估,并将结果反馈给第1级.计算2级目标函数值之和,决策者确定是否满意,如果满意,则停止计算;否则重新进行变量取值,如此反复进行,直到决策者满意为止.

第2级的目标函数值 $f(R|D)$ 是关于变量 R_{jm} 以及随机需求 d_{jm} 的函数,称之为补偿函数(recourse function),它在本质上是一个随机变量.整个模型的优化目标是设计变量成本值与 $f(R|D)$ 的数学期望值之和最小.

在需求信息完全确定、允许缺货的条件下,确定性的供应链供需计划同步模型可以表示为

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_t \sum_i \sum_n \sum_m (\alpha_{im} + \mu_{im}) G_{im,t} + \\ & \sum_t \sum_n \sum_m \gamma_{nm} \left(\sum_i G_{im,t} + \sum_j R_{nm,t} \right) + \sum_t \sum_n \sum_j \sum_m (\lambda_{nm} R_{nm,t} + \nu_{jm} U_{nm,t}) \end{aligned} \quad (17)$$

约束条件为式(4)、式(5)、式(9)~(11)和式(15)、式(16).

3 求解策略

由以上建模过程可知,模型的求解难度在于随机变量的不确定性.精确算法的实现存在2种基本情况:

a. 对于连续型随机变量,需要在第2级进行复杂的积分运算,将原问题转化为非线性规划问题.本文建立的模型主要存在积分运算难以实现、计算时间较长两方面的困难.

b. 对于离散的随机变量,需要对可能出现的需求情况进行分析,将原问题转化为大规模线性规划问题.随着问题规模的扩大,情景数量呈指数增长,很难在可以接受的时间内取得优化解.

随着计算机技术的发展,基于随机抽样的数理统计方法在处理包含随机变量的复杂问题时经常是必不可少的;另一方面,模型的分解与协调已被证明是求解大规模优化问题的有效方法.因此,对以上二级随机规划模型可采用优化与仿真相结合的求解方法,基于随机需求的 Monte-Carlo 仿真,将随机模型转换为等价确定性问题,再利用 Benders 分解算法将等价确定性问题分解为主问题和对偶子问题,进而设计求解步骤.鉴于本文研究重点倾向及篇幅限制,详细的算法设计及算例求解过程不作阐述,后续将进一步研究.

4 结论

本文基于港口集团式双扇型供应链基本结构模型,研究了供应链供需计划同步问题,目标是考虑需求的不确定性,制定从供应商到客户整个港口纵向供应链系统同步的供应计划和需求计划.依据供应链系统中物流、信息流、成本流的流程,详细阐述了供应计划和需求计划子模型的建立过程,在此基础上考虑需求的不确定性,建立了带有补偿问题的基于纵向联盟的港口供应链供需同步二级随机规划模型.由于随机变量的不确定性,增大了模型求解的难度,在后续研究中拟采用计算机技术与近似算法相结合来解决.更深层次上,港口的作业因货种而异,专业化分工明显,因此后续研究亦可将模型扩展,其方法是:(a)根据港口主要货种类别,设计港口具体货种的供应链模型;(b)基于具体货种供应链,考虑港口各货种操作特性,建立适用于不同货种的供应链供给需求同步模型.本模型的应用比较广泛,适用于所有港口及港口群的纵向供应链管理优化,可为制定供应链系统最优决策提供依据.

参考文献:

- [1] 许长新. 港航经济系统论[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 56-60.
- [2] 马士华. 供应链管理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 45-47.
- [3] LEE H L. The bullwhip effect in supply chain[J]. Sloan Management Review, 1997(4): 14-22.

[4] 田俊峰. 不确定性条件下供应链管理优化模型及算法研究[D]. 四川 : 西南交通大学, 2005.

[5] PIETRO E , ALFONSO M. Alliances in liner shipping : an instrument to gain operational efficiency or supply chain integration[J]. International Journal of Logistics : Research & Applications , 1999 , 2 (1) : 21-38.

[6] AVERY. Strategies for container ports[M]. London : A Cargo Systems Report Publication Limited, 2000.

[7] 封学军. 从博弈论看港口物流联盟的必要性[J]. 水运管理, 2003 (4) : 4-6.

[8] 谢凌峰, 许长新. 基于供应链管理的江苏沿江港口发展模式设计[J]. 海洋工程, 2006 , 11 (4) : 95-99.

[9] 许长新. 基于供应链战略的江苏沿江港口群发展研究[D]. 南京 : 河海大学, 2006.

Synchronized supply and demand model based on
double-fan supplying chain of harbor group

ZHENG Gui-lan , ZHAO Gang

(College of Traffic , Hohai University , Nanjing 210098 , China)

Abstract : Based on the basic structure mode of double-fan supplying chain of harbor group under control of longitudinal strategic alliance , a study was performed on the supply and demand synchronization problem to make synchronized supply and demand plan for the longitudinal supplying chain system from traders to customers for a whole port with the uncertainty of demand taken into account. According to the flow chart of logistics , information flow , and cost flow , the sub-model establishing process for supply and demand plans was described in details. Moreover , with the uncertainty of demand taken into account , a two-stage random planning model for synchronized supply and demand of port supplying chain with compensation mechanism under control of longitudinal strategic alliance was developed.

Key words : port ; supplying chain ; synchronized supply and demand model

《水资源保护》征订启事

全国中文核心期刊 中国科技核心期刊

《水资源保护》是河海大学和环境水利研究会主办的科学技术期刊,创刊于1985年,双月刊,96页,国内外公开发行,国内统一连续出版物号:CN32-1356/TV.现为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊和江苏省一级期刊.

《水资源保护》主要刊登与水资源保护有关的基础研究、应用技术、工程措施、综合述评、专题讲座、国外动态、书刊评介、科技简讯、水资源管理、评价、监测、优化配置、节水技术、水环境污染控制等方面的文章.近年来,重点关注与水有关的生态环境领域中的研究方向,新增设相关的基础研究、防治技术、城市水环境治理等内容.

主要读者对象:全国从事与水资源保护工作有关的工程技术人员、科研人员、管理干部以及大专院校的师生.

《水资源保护》邮发代号 28-298,双月刊,8元/期,全年48元,每逢单月30日出版.可全国各地邮局订阅,也可直接与编辑部联系.

编辑部地址:210098 南京市西康路1号 河海大学《水资源保护》编辑部

电话 (025) 83786642

传真 (025) 83786642

E-mail : bh@hhu.edu.cn