

集装箱码头装卸作业成本分摊与折扣定价

丁一, 陈锐敏, 林国龙

(上海海事大学物流科学与工程研究院, 上海 201306)

摘要: 为实现集装箱码头装卸作业收益最大化, 采用估时作业成本法将码头装卸作业成本分摊到客户对象(船公司)上, 为后续研究收益最大化提供精确成本分摊信息. 基于船公司成本分摊情况, 构建带有惩罚费率的折扣机制, 并利用粒子群算法对折扣价、惩罚费率、折扣点进行精确求解. 以上海港某码头为例, 通过求解模型得到: 2015年10月的最佳折扣点为11 956 TEU, 折扣价为413元/TEU, 惩罚费率48元/TEU, 码头在该项业务上收益增加180 771元. 算例表明, 该折扣机制有助于集装箱码头装卸作业实现收益最大化.

关键词: 集装箱码头; 装卸作业; 收益管理; 估时作业成本法; 数量折扣

中图分类号: U693; F275.4

文献标志码: A

Cost apportioning and discount pricing for container terminal handling operation

DING Yi, CHEN Kaimin, LIN Guolong

(Institute of Logistics Science & Engineering, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to achieve profit maximization of container terminals in handling operation, the time-driven activity-based costing method is adopted to apportion the cost of handling operation to shipping companies, which can provide accurate cost apportioning for the subsequent research on profit maximization. According to apportioned cost for shipping companies, the discount mechanism with the penalty rate is developed, and the particle swarm optimization algorithm is used to solve the discounted price, the penalty rate and the discount point. A terminal in Shanghai Port is taken as an example, and by solving the model, the results are the following: the best discount point is 11 956 TEU, the discounted price is 413 CNY/TEU, the penalty rate is 48 CNY/TEU, and the income of the terminal increases 180 771 CNY in the handling operation in October 2015. The example shows that the discount mechanism is helpful to achieve the profit maximization of container terminals in handling operation.

Key words: container terminal; handling operation; revenue management; time-driven activity-based costing method; quantity discount

收稿日期: 2016-10-17 修回日期: 2017-03-16

基金项目: 国家自然科学基金(71301101); 上海航运物流信息工程技术研究中心能力提升项目(14DZ2280200); 东莞市专业镇创新服务平台建设专项资金(2014B090908004)

作者简介: 丁一(1981—), 男, 上海人, 讲师, 博士, 研究方向为港口物流运作优化, (E-mail) dingyi1018@gmail.com;

陈锐敏(1992—), 男, 广东揭阳人, 硕士研究生, 研究方向为港口运营与运作, (E-mail) 919546810@qq.com;

林国龙(1951—), 男, 浙江象山人, 教授, 博导, 研究方向为国际航运、物流与供应链管理, (E-mail) linglzm@163.com

0 引言

近年来,由于全球经济不景气,航运市场惨遭冲击.在这样的背景下,码头企业运营成本仍居高不下,除要承受高昂成本外,还要承受来自其他码头抢占市场的压力.在这种双重压力下,码头企业急需对现有的作业进行优化.由于集装箱装卸作业费是码头的重要收入来源,该项作业的成本分摊和定价问题成为码头提高收益的核心问题.

目前,国内码头成本管理中单箱成本为成本度量的关键性指标,该指标通常以平均分摊码头整体成本到每一作业箱的方式获得,难以准确体现港口不同作业环节成本分摊情况. KAPLAN 等^[1]提出的估时作业成本(Time-Driven Activity-Based Costing, TDABC)法很好地弥补了该缺陷,有效地解决了管理费用的分摊问题.该方法将传统作业成本法中的资源成本动因和作业成本动因进行统一,用时间作为统一的度量工具,以作业的单位时间产能成本(产能成本率)作为过渡因子,对成本进行分摊.关于作业定价问题,国内码头通常采用协议定价方法,也存在部分地区缺乏定价标准的情况.现有的作业定价机制既不利于提升船公司对码头作业服务的客户感知价值,也不利于码头实现收益最大化.

关于成本法的研究: KONT^[2]将 TDABC 法应用到图书馆工作人员的作业绩效评估中; ÖKER 等^[3]将 TDABC 法应用到医药系统研究中,并展示了该方法相较于传统方法的精确性; AKHAVAN 等^[4]将 TDABC 法应用到髌关节置换手术成本核算上,得到了比采用传统成本法更加精确的核算结果; 张琳等^[5]引入 TDABC 法对码头装卸作业进行了成本控制与预算.

关于折扣定价的研究: LAU 等^[6]提出一种适用于单一制造商与多客户群体的折扣机制设计方法; LI 等^[7]研究了航空货代货运规划问题,考虑了各种整合效应,其中包括数量折扣; MEENA 等^[8]将遗传算法应用到考虑多供应商订单分配与数量折扣的问题上; CHEN 等^[9]考虑库存计划,研究了使供应商收益最大化的多价格折扣机制; TSAO 等^[10]对多产品供应链中与货物质量相关的付款期限和费率折扣进行了研究,提出了解决问题的算法; YIN 等^[11]研究了船公司与货代公司之间的舱位折扣机制问题,制定出带有惩罚费率的折扣机制,并用实例验证了该定价机制有利于提高船公司收益; NGUYEN 等^[12]对数量折扣和运输路线问题进行了研究.

目前关于集装箱码头装卸作业成本的研究文献

并不多.以往码头企业以单箱成本作为成本分摊指标,不能反映出客户的成本差异信息.对装卸费定价问题的研究极少.本文结合 TDABC 法和折扣定价机制原理,制定出带有精确成本分摊信息的折扣定价机制,为码头经营者提供参考意见.

1 问题描述

集装箱码头装卸作业属于三阶段物流作业模式,由场桥、集卡和岸桥相互配合作业.在整个作业模式中,岸桥完成海侧作业,集卡完成水平作业,场桥完成堆场作业(见图1).

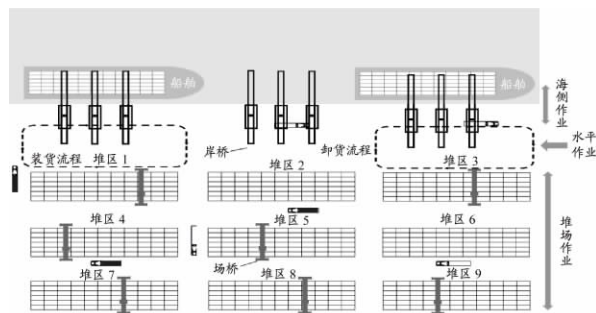


图1 集装箱码头装卸作业模式

场桥、集卡、岸桥两两之间并没有设置缓冲区,三者之间的配合作业往往会出现相互等待现象,致使每次装卸作业流程成本存在差异.在现有成本会计体系下,码头以单箱成本(即每月码头总体作业成本除以总体作业量得到的总体平均单箱成本)作为成本分摊单位.然而,该指标并不能很好地反映码头在为不同客户提供装卸作业服务流程中存在的成本差异,从而导致成本分摊不准确,影响目标客户的收益分析和作业定价.本文通过 TDABC 法计算每次装卸作业流程所耗费的时间和产能成本率,并利用时间方程得到每次装卸作业成本,通过结合客户对象(船公司)的月度装卸作业量得到客户的作业成本.由此,可得到船公司的差别化单箱成本 C_i (各船公司月度作业成本除以各自月度集装箱量).

本文基于收益管理思想,通过将 C_i 融入到折扣定价机制中,制定出带有惩罚费率的数量折扣机制.该折扣机制既实现了成本的精确分摊又能给予客户(船公司)一定的折扣优惠,在一定程度上有利于提升客户感知价值.

2 模型构建

2.1 集装箱码头装卸作业 TDABC 模型

相较于传统成本法,TDABC 法省去了“确定作业项目”的工作,直接利用时间方程自动将资源成

本分摊到作业和服务上. 在应用 TDABC 模型时, 需要估计两个参数: 产能成本率, 产品、服务和顾客的产能使用量(即作业耗费时间).

$$r_k = C_k / T_k \quad (1)$$

式中: r_k 为产能成本率, 元/h; C_k 为产能成本, 元; T_k 为作业耗费时间, h; $k=1, 2, 3$ 分别表示场桥、集卡、岸桥等 3 大资源组.

集装箱码头装卸作业 TDABC 模型的应用步骤^[1]为: (1) 识别作业流程中的资源组(场桥、集卡、岸桥); (2) 根据财务数据分摊各资源组的耗费成本 C_k ; (3) 计算各资源组实际作业时间 T_k (包含装卸、等待等作业流程所耗费的时间); (4) 根据步骤 2 和 3 计算各资源组的产能成本率 r_k ; (5) 根据装卸作业流程构建各资源组时间方程; (6) 对成本对象进行成本分摊(由产能成本率 r_k 和作业耗费时间 T_k 相乘得到).

前 4 步流程^[6]见图 2.

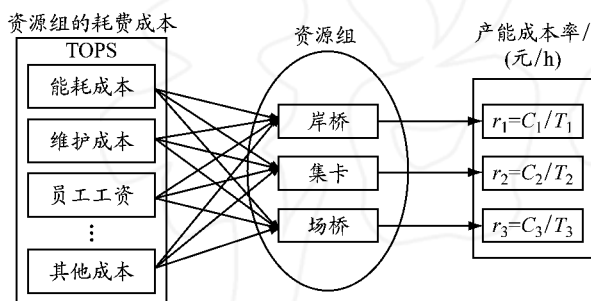


图2 产能成本率计算流程

由前 4 步得到产能成本率. 要得到成本对象(船公司)的月度作业成本, 还要建立估计各种资源产能所需时间的方程, 即时间方程. 通过时间方程计算得到 TDABC 模型所需的产能使用量(时间). 构造时间方程需要识别资源组的作业子活动.

l 为作业次序; $T_{k,l}$ 为各资源组第 l 次作业耗费的时间; $T_{i,k,m}$ 为船公司 i 完成 m 次作业耗费资源组 k 的时间; $F_{i,m}$ 为船公司 i 在月度内完成 m 次作业耗费的总成本; $\beta_{0,l}$ 为第 l 次作业的准备时间. $\beta_{j,l}$ ($j=1, 2, \dots, 21$) 为第 l 次作业中第 j 个子活动耗费的时间, 其中: $\beta_{1,l}, \beta_{2,l}, \dots, \beta_{5,l}$ 分别为岸桥等待作业、移动、等待集卡、装箱(装船)和卸箱(卸船)的时间; $\beta_{6,l}, \beta_{7,l}, \dots, \beta_{16,l}$ 分别为集卡等待作业、移动至装箱点、等待场桥(装船)、等待岸桥(卸船)、由岸桥将集装箱装车(装船)、由场桥将集装箱装车(卸船)、移动至卸箱点、等待岸桥(装船)、等待场桥(卸船)、由岸桥卸箱(装船)和由场桥卸箱(卸船)的时间; $\beta_{17,l}, \beta_{18,l}, \dots, \beta_{21,l}$ 分别为场桥等待作业、移动、等待集卡、装箱(装船)和卸箱(卸船)的时间.

各资源组时间方程构建及成本分摊流程^[6]见图 3.

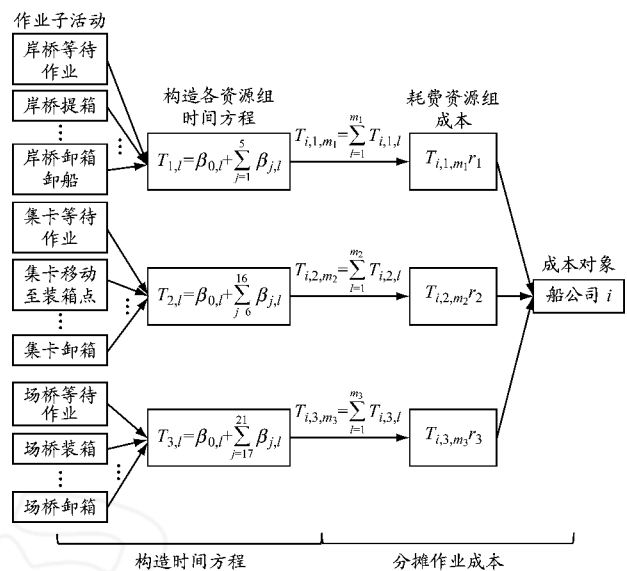


图3 资源组时间方程构建到成本分摊

船公司的成本分摊为

$$F_{i,m} = T_{i,1,m_1} r_1 + T_{i,2,m_2} r_2 + T_{i,3,m_3} r_3 \quad (2)$$

通过上述 TDABC 模型可得到各船公司的精确分摊成本, 结合船公司的月度作业量, 便可计算出各船公司的差别化单箱成本 C'_i . 相较于传统成本法下的单箱成本指标, 该指标在下文的定价模型中更能反映成本分摊的精确性.

$$C'_i = F_{i,m} / X_i \quad (3)$$

其中 X_i 为船公司 i 在码头的实际月度作业量.

2.2 集装箱码头装卸作业量折扣定价模型

集装箱码头装卸业务中, 码头企业为船公司提供装卸服务. 考虑到不同码头企业提供装卸作业服务水平相当, 为实现码头收益最大化, 码头企业应在竞争市场中吸引船公司更多的作业量, 这就需要制定出科学合理的定价机制. 下文将制定带有惩罚费率的折扣定价机制, 当客户(船公司)的实际月度作业量小于计划作业量时对其实行惩罚制度, 弥补码头的机会成本损失.

假定: 忽略集装箱类型对定价机制的影响; 码头企业折扣定价机制对船公司月度作业量会产生影响; 码头装卸作业能力满足折扣定价前后作业量需求.

参数说明: N 为船公司集合, $N = \{1, 2, \dots, n\}$, $i \in N$; S_i 为船公司 i 在装卸作业上的平均单箱预算收益; X_i 为船公司 i 的实际装卸作业量(为一随机变量); $f_i(\cdot)$ 为船公司 i 的作业需求概率密度函数; $F_i(\cdot)$ 为船公司 i 的作业需求密度函数; $F_i^{-1}(\cdot)$ 为

船公司 i 的作业需求密度反函数; B_0 为当前码头企业集装箱装卸作业费率; C'_i 为采用 TDABC 法计算得到的船公司的差别化单箱成本; A 为船公司装卸作业量少于月度作业计划量时,对少于作业计划量部分收取的单箱惩罚费; Q_i 为船公司 i 在码头的月度作业计划量; Q_d 为码头企业设置的装卸作业折扣点; B_d 为折扣点对应的折扣价,元/TEU, $B_d > \max\{C'_i\}$; $B(\cdot)$ 为关于 Q_i 的折扣定价函数($C'_i < B(\cdot) < B_0$); R_{Li} 为船公司 i 的装卸作业期望收益; R_{pi} 为码头企业从船公司 i 得到的期望收益; R_{PT} 为码头企业的期望总收益。

$$R_{pi}(Q_i, B(Q_i), A) = \int_0^{Q_i} ((B(Q_i) - C'_i) X_i + A(Q_i - X_i)) f_i(X_i) dX_i + \int_{Q_i}^{+\infty} (B(Q_i) - C'_i) Q_i f_i(X_i) dX_i \quad (4)$$

式中:等号右边前、后两部分分别表示当 $X_i \leq Q_i$ 和 $X_i > Q_i$ 时码头企业从船公司 i 得到的期望收益。

$$R_{PT}(Q_i, B(\cdot)) = \sum_{i=1}^n R_{pi} \quad (5)$$

$B(Q_i)$ 随着作业量不同而发生变化,

$$B(Q_i) = \begin{cases} B_0, & Q_i \in (0, Q_d) \\ B_d, & Q_i \in [Q_d, +\infty) \end{cases} \quad (6)$$

其中: $Q_d > 0, B_0 > B_d$

制定折扣定价机制的目的在于提高客户未来的装卸作业量。因此,首先需要对客户(船公司)的行为进行研究,为码头确定最佳折扣点提供依据。客户的最佳月度作业计划量 Q_i^* 是码头确定最优作业折扣点的重要参考指标。

$$R_{Li}(Q_i, S_i, B(Q_i), A) = \int_0^{Q_i} ((S_i - B(Q_i)) X_i - A(Q_i - X_i)) f_i(X_i) dX_i + \int_{Q_i}^{+\infty} (S_i - B(Q_i)) Q_i f_i(X_i) dX_i \quad (7)$$

式中:等号右边前、后两部分分别表示当 $X_i \leq Q_i$ 和 $X_i > Q_i$ 时船公司 i 的预期收益。

定理1 折扣定价机制下,

$$Q_i^* = \begin{cases} Q_{i0}, & Q_i^{01} < Q_d \\ Q_d, & Q_{i1} < Q_d < Q_i^{01} \\ Q_{i1}, & Q_d \leq Q_{i1} \end{cases} \quad (8)$$

式中: $Q_{i0} = F_i^{-1}\left(\frac{S_i - B_0}{A + S_i - B_0}\right)$; $Q_{i1} = F_i^{-1}\left(\frac{S_i - B_d}{A + S_i - B_d}\right)$ 。当 $R_{Li}(Q_i, S_i, B_d, A) = R_{Li}(Q_{i0}, S_i, B_0, A)$ 时, $Q_i^{01} = Q_i$ 。

证明 实行折扣定价前,即装卸作业费采用 B_0

计算:

$$R_{Li}(Q_i, S_i, B_0, A) = \int_0^{Q_i} ((S_i - B_0) X_i - A(Q_i - X_i)) f_i(X_i) dX_i + \int_{Q_i}^{+\infty} (S_i - B_0) Q_i f_i(X_i) dX_i$$

对 Q_i 进行一阶和二阶求导:

$$\frac{d(R_{Li}(Q_i, S_i, B_0, A))}{dQ_i} = -A \int_0^{Q_i} f_i(X_i) dX_i + (S_i - B_0) \int_{Q_i}^{+\infty} f_i(X_i) dX_i$$

$$\frac{d^2 R_{Li}(Q_i, S_i, B_0, A)}{dQ_i^2} = (-A + B_0 - S_i) f_i(Q_i)$$

因为 $-A < 0, S_i > B_0, f_i(Q_i) > 0$, 所以 $\frac{d^2 R_{Li}(Q_i, S_i, B_0, A)}{dQ_i^2} < 0$ 。因此, $R_{Li}(Q_i, S_i, B_0, A)$ 是关于 Q_i 的向上凸函数。为求得 Q_i^* , 令

$$\frac{dR_{Li}(Q_i, S_i, B_0, A)}{dQ_i} = 0, \text{ 由 } \int_0^{Q_i} f_i(X_i) dX_i = F_i(Q_i),$$

$$\int_{Q_i}^{+\infty} f_i(X_i) dX_i = 1 - F_i(Q_i) \text{ 求得 } F_i(Q_i) = \frac{S_i - B_0}{A + S_i - B_0}, \text{ 即实行折扣机制前,船公司最佳作业计}$$

$$\text{划量为 } Q_{i0} = F_i^{-1}\left(\frac{S_i - B_0}{A + S_i - B_0}\right)。$$

当码头企业对船公司实行折扣定价,即装卸作业费采用 B_d 计费时,

$$R_{Li}(Q_i, S_i, B_d, A) = \int_0^{Q_i} ((S_i - B_d) X_i - A(Q_i - X_i)) f_i(X_i) dX_i + \int_{Q_i}^{+\infty} (S_i - B_d) Q_i f_i(X_i) dX_i$$

为得到最佳作业计划量 Q_{i1} , 令 $\frac{dR_{Li}(Q_i, S_i, B_d, A)}{dQ_i} = 0$ 。由上述求解过程,同理可得

实行折扣定价时,船公司最佳作业计划量 $Q_{i1} = F_i^{-1}\left(\frac{S_i - B_d}{A + S_i - B_d}\right)$ 。由 $B_d < B_0, Q_{i0} < Q_{i1}$ 和 $R_{Li}(Q_i, S_i, B_d, A) > R_{Li}(Q_i, S_i, B_0, A)$ 可得到船公司实行折扣定价前后的收益关系,见图4。

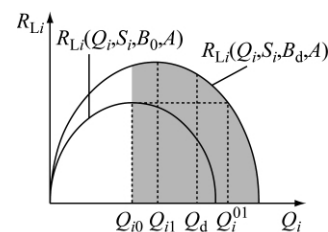


图4 实行折扣定价前后船公司 i 的收益关系

在折扣定价机制下,船公司最优作业计划量 Q_i^* 可根据 Q_d 在图4中的位置确定. 证明完毕.

根据式(8),码头客户(船公司)可分成3类:第1类是作业量较小客户,此类客户作业量远小于折扣点作业量;第2类是月度最优装卸作业量在 $[Q_{i1}, Q_i^{01}]$ 内的客户;第3类是月度作业计划量远大于折扣点的大客户. 码头企业在确定折扣点 Q_d 时,主要把第2类客户作为激励对象,由于其他2类客户作业量与折扣点相差较远,折扣机制对其激励作用不大,故码头企业需要根据第2类客户的作业量确定折扣点,实现第2类客户向第3类客户的转变.

定理2 在折扣定价机制下,实现码头收益最大化的折扣点 $Q_d = Q_k^{01} (k \in N)$.

证明 由定理1可知,第2类客户的 $Q_i^* = Q_d$, 而此时的 Q_d 在 $(Q_{i1}, Q_i^{01}]$ 内,为得到 Q_d 的最佳值,先对 n 个船公司的 Q_i^{01} 进行递增排序. 假设 n 个船公司的 Q_i^{01} 排序为 $Q_1^{01} < Q_2^{01} < Q_3^{01} < \dots < Q_n^{01}$, 即作业量 Q_i 分布于 $(0, Q_1^{01}]$, $(Q_1^{01}, Q_2^{01}]$, \dots , $(Q_{n-1}^{01}, Q_n^{01}]$, $(Q_n^{01}, +\infty)$ 中,对折扣点 Q_d 的确定过程如下:

当 $Q_d \in (Q_{k-1}^{01}, Q_k^{01}]$ 时, $k \in N$, 需研究码头企业收益与作业量的关系确定最佳折扣点 Q_d 的值.

$R_{pi}(Q_i, B_d, A)$ 对 Q_i 进行一阶求导:

$$\frac{dR_{pi}(Q_i, B_d, A)}{dQ_i} = A \int_0^{Q_i} f_i(X_i) dX_i + (B_d - C_i') \int_{Q_i}^{+\infty} f_i(X_i) dX_i$$

因为 $A > 0$, $B_d > C_i'$, $f_i(Q_i) \in (0, 1)$, 所以 $\frac{dR_{pi}(Q_i, B_d, A)}{dQ_i} > 0$. $R_{pi}(Q_i, B_d, A)$ 在 $Q_d \in (Q_{k-1}^{01}, Q_k^{01}]$ 时是关于 Q_i 的单调递增函数,故最佳价格折扣点为区间端点 Q_k^{01} . 因此, Q_d 最优值应设置在点 Q_k^{01} . 至此,码头企业得到了作业折扣点 Q_d 的值.

由于 Q_d 值是由 A 和 B_d 共同决定的,为得到最佳的折扣定价机制,需应用粒子群算法求解 A 和 B_d 的最优值. 算法求解过程在 MATLAB 环境下进行,其步骤如下:

步骤1 随机产生含有 B_d 和 A 值的初始种群

位置 Z 和初速度 V .

步骤2 计算各微粒对应的 n 个船公司 Q_i^{01} 值并计算微粒适应度值(码头企业总收入 R_{PT}),将当前各微粒位置和适应值存储于 $Ebest$,将所有 $Ebest$ 中最优个体位置和适应值存储于 $Gbest$.

步骤3 更新粒子速度和位置.

步骤4 将各微粒的适应度值(R_{PT})与其经历过的最好位置比较,若较好,则视其为当前最好位置.

步骤5 比较当前所有的 $Ebest$ 和 $Gbest$ 值,更新 $Gbest$.

步骤6 若满足停止条件(设置最大迭代次数),搜索停止,输出结果(B_d, A, Q_i^{01}),否则返回步骤3继续搜索.

3 算例分析

以上海某集装箱码头装卸作业公司为研究对象,对成本分摊与折扣定价模型进行算例分析. 研究数据来自该码头企业2015年10月份的数据.

3.1 月度实际装卸作业成本分摊及差别化单箱成本计算

月度装卸作业中,各资源组的耗费成本包括能耗成本、维护成本和员工工资等. 由式(1)可计算得到各资源组的产能成本率(见表1). 以12家船公司为研究对象,由式(2)可计算得到作业耗费时间(见表2). 为得到差别化单箱成本,需对12家船公司装卸作业量进行统计,统计结果见图5. 由表2和图5可得12家船公司的实际月度作业成本和实际作业量,故利用式(3)可得到各船公司的差别化单箱成本,见表3.

3.2 集装箱装卸作业折扣定价机制的制定

假定12家船公司在码头的装卸作业需求量服从均匀分布,记为 $X_i \sim U(l_i, u_i)$, 其概率密度函数为 $f_i(X_i) = \frac{1}{u_i - l_i}, l_i < X_i < u_i$, 由 $Q_{i0} = F_i^{-1}\left(\frac{S_i - B_0}{A + S_i - B_0}\right)$ 和 $Q_{i1} = F_i^{-1}\left(\frac{S_i - B_d}{A + S_i - B_d}\right)$, 可得

表1 各资源组产能成本率

资源组	能耗 成本/元	维护 成本/元	员工 工资/元	折旧 成本/元	材料 成本/元	其他 成本/元	产能成本 合计/元	作业耗费 时间/h	产能成本率/ (元/h)
岸桥	1 397 280	1 652 846	12 310 646	9 240 149	966 339	2 738 169	28 305 429	16 609	1 704
集卡	1 884 539	703 488	12 546 450	3 013 106	752 129	2 230 377	21 130 089	134 520	157
场桥	1 869 128	1 243 384	15 425 852	6 780 744	464 910	4 014 724	29 798 742	57 044	522

数据来源: 码头企业 TOPS 系统及金蝶财务系统

表 2 船公司成本分摊

船公司 i	CCL	HMM	MAT	CMA	OOCL	NYK	HJ	COSCO	APL	CSCO	EVG	KKL
$T_{i,1,m_1}/h$	168	732	332	445	869	548	1 984	323	1 009	2 105	939	438
$T_{i,2,m_2}/h$	1 133	5 268	2 532	3 315	6 481	4 268	15 874	2 977	7 771	15 994	6 887	2 932
$T_{i,3,m_3}/h$	585	2 810	1 246	1 651	3 191	2 003	6 886	1 141	3 862	6 759	3 298	1 573
成本分摊 $F_{i,m}/元$	769 114	3 540 534	1 613 319	2 141 034	4 163 956	2 649 792	9 468 165	1 613 013	4 955 862	9 625 600	4 402 871	2 027 782

数据来源:码头企业 TOPS 系统

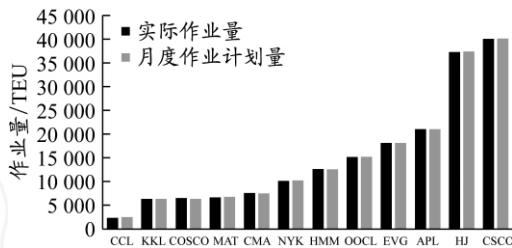


图 5 12 家船公司实际装卸作业量与月度作业计划量

$$Q_{i0} = l_i + (u_i - l_i) \left(\frac{S_i - B_0}{A + S_i - B_0} \right)$$

$$Q_{i1} = l_i + (u_i - l_i) \left(\frac{S_i - B_d}{A + S_i - B_d} \right)$$

$$Q_i^{01} = \frac{1}{A + S_i - B_d} (Al_i + (S_i - B_d)u_i + ((B_d - B_0)((2AS_i - (A + S_i)(B_d + B_0) + B_0B_d + S_i^2)(l_i^2 - u_i^2) + 2A^2l_i(l_i - u_i)) / (A + S_i - B_0))^{1/2})$$

根据码头业务数据,得到 $B_0 = 420, S_i = 520$ 。 l_i 和 u_i 的值反映了 12 家船公司的需求分布情况(见表 3)。

表 3 12 家船公司的差别化单箱成本及随机需求上下限

船公司 i	CCL	HMM	MAT	CMA	OOCL	NYK	HJ	COSCO	APL	CSCO	EVG	KKL
$C_i'/(元/TEU)$	330	281	243	283	275	262	254	250	236	240	243	321
l_i/TEU	800	7 500	4 500	4 000	7 600	5 000	11 000	3 000	8 300	12 000	8 500	4 000
u_i/TEU	4 000	15 000	7 500	8 000	16 000	12 000	38 500	6 800	25 000	42 000	20 000	7 000

由上可知, Q_d 为第 2 类客户中的某个 Q_i^{01} 的值。利用粒子群算法确定 Q_d, B_d, A 。设置种群数为 15, 最大迭代次数为 150, 惯性权重 ω 为 1, 加速度因子 c_1 和 c_2 均为 1.494 45, 惩罚费 $A \in (0, 50)$, $B_d \in (\max\{C_i'\}, B_0)$ (A, B_d 取值范围由码头历史数据确定)。适应度函数为式(5)。

利用粒子群算法对该定价模型进行了 25 次最优值求解, 共有 24 次找到最优解, 寻优率达到 96%, 稳定性较好。由图 6 可知, 利用粒子群算法搜索得到最优结果的代数在 10~15 代之间, 收敛效果较好。通过粒子

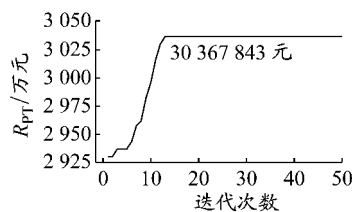


图 6 利用粒子群算法寻找码头收益的最优结果收敛图

群算法迭代到 15 代得到, 当 $A = 48$ 元/TEU, $B_d = 413$ 元/TEU, $Q_d = 11 956$ TEU 时, 码头企业在该项作业中的最大收益为 30 367 843 元。结合图 5 中的企业装卸作业情况可知, 当最优折扣点 $Q_d = 11 956$ TEU 时: CCL, KKL, COSCO, MAT, CMA, NYK 这 6 家

企业无法享受价格折扣优惠, 属于第 1 类客户; 其余 6 家企业均可享受折扣优惠政策, 其中 HMM, OOCL 和 EVG 为第 2 类客户(即为激励对象, 通过该折扣机制对其实行优惠政策, 有利于提高客户满意度并促进次月作业量), HJ, APL 和 CSCO 为第 3 类客户。

由图 7 可知, 实行折扣定价机制后, 合作的 12 家船公司中有 9 家出现收益增加现象, 但仍有 3 家的收益下降。这是因为 HJ, APL, CSCO 这 3 家公司的月度装卸作业量远大于折扣点, 属于大客户类型, 出现收益下降属于正常现象。从码头企业总体收益看, 实行折扣定价机制前, 码头收益为 30 187 072 元, 而实行折扣定价机制后, 码头收益为 30 367 843 元, 增加了 180 771 元。结果表明, 实行带有惩罚费率的折扣定价机制在保证收益最大化的同时让利给

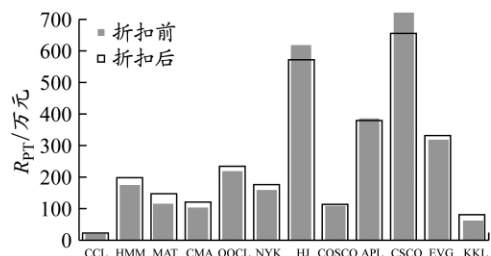


图 7 实行折扣定价机制前后码头收益情况

部分有效客户。

4 结 论

基于收益管理思想,利用估时作业成本(TD-ABC)法将作业成本分摊到各船公司,成功地解决了

传统成本法无法解决成本精确分摊的问题。在精确成本模型基础上进行带有惩罚费率的作业量折扣定价研究,通过实例证明该折扣、定价机制有利于提高码头收益,更符合实际作业需要,具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] KAPLAN R S, ANDERSON S R. Time-driven activity-based costing [J]. *Harvard Business Review*, 2004, 82(11): 131-138. DOI: 10.1002/9781119199205.ch23.
- [2] KONT K-R. New cost accounting models in measuring of library employees' performance [J]. *Library Management*, 2011, 33(1/2): 50-65. DOI: 10.1108/01435121211203310.
- [3] ÖKER F, ÖZYAPICI H. A new costing model in hospital management: time-driven activity-based costing system [J]. *Health Care Manager*, 2013, 32(1): 23-36. DOI: 10.1097/HCM.0b013e31827ed898.
- [4] AKHAVAN S, WARD L, BOZIC K J. Time-driven activity-based costing more accurately reflects costs in arthroplasty surgery [J]. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2016, 474(1): 8-15. DOI: 10.1007/s11999-015-4214-0.
- [5] 张琳, 丁一, 林国龙. 集装箱码头装卸作业之成本控制——基于时间驱动作业成本法分析 [J]. *财会月刊*, 2016(15): 93-99.
- [6] LAU A H L, LAU H-S, WANG J-C. Designing a quantity discount scheme for a newsvendor-type product with numerous heterogeneous retailers [J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 180(2): 585-600. DOI: 10.1016/j.ejor.2006.04.011.
- [7] LI Z, BOOKBINDER J H, ELHEDHLI S. Optimal shipment decisions for an airfreight forwarder: formulation and solution methods [J]. *Transportation Research Part C*, 2012, 21(1): 17-30. DOI: 10.1016/j.trc.2011.08.001.
- [8] MEENA P L, SARMAH S P. Multiple sourcing under supplier failure risk and quantity discount: a genetic algorithm approach [J]. *Transportation Research Part E*, 2013, 50(50): 84-97. DOI: 10.1016/j.trc.2012.10.001.
- [9] CHEN R R, ROBINSON L W. Optimal multiple-breakpoint quantity discount schedules for customers with heterogeneous demands: all-unit or incremental [J]. *IEEE Transactions*, 2012, 44(3): 199-214. DOI: 10.1080/0740817X.2011.568038.
- [10] TSAO Y C, SHEEN G J. A multi-item supply chain with credit periods and weight freight cost discounts [J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 135(1): 106-115. DOI: 10.1016/j.ijpe.2010.11.013.
- [11] YIN M, KIM K H. Quantity discount pricing for container transportation services by shipping lines [J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2012, 63(1): 313-322. DOI: 10.1016/j.cie.2012.03.008.
- [12] NGUYEN H N, RAINWATE C E, MASON S J, *et al.* Quantity discount with freight consolidation [J]. *Transportation Research Part E*, 2014, 66(2): 66-82. DOI: 10.1016/j.trc.2014.03.004.

(编辑 赵勉)

(上接第21页)

- [10] QI Yan, ISHANK Sherif. A hidden Markov model for short term prediction of traffic conditions on freeways [J]. *Transportation Research Part C*, 2014, 43: 95-111. DOI: 10.1016/j.trc.2014.02.007.
- [11] 刘宗明, 贾志绚, 李兴莉. 基于灰色马尔科夫链模型的交通量预测 [J]. *华东交通大学学报*, 2012, 29(1): 30-34. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0523.2012.01.007.
- [12] 孔垂猛, 韩印. 基于灰色马尔科夫模型的波动性交通流量预测 [J]. *森林工程*, 2015(1): 92-96. DOI: 10.16270/j.cnki.slgc.2015.01.022.
- [13] 景亚平, 张鑫, 罗艳. 基于灰色神经网络与马尔科夫链的城市需水量组合预测 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2011, 39(7): 229-234. DOI: 10.13207/j.cnki.jnwafu.2011.07.016.
- [14] 何鑫, 宋平岗, 官二勇. 用马氏链方法预测全国年发电量趋势 [J]. *华东交通大学学报*, 2006, 23(4): 51-54. DOI: 10.3969/j.issn.1005-0523.2006.04.015.
- [15] WANG Yifan, CHENG Shihmin, HSU Meihua. Incorporating the Markov chain concept into fuzzy stochastic prediction of stock indexes [J]. *Applied Soft Computing*, 2010, 10(2): 613-617. DOI: 10.1016/j.asoc.2009.08.028.
- [16] 高大启. 有教师的线性基本函数前向三层神经网络结构研究 [J]. *计算机学报*, 1998, 21(1): 80-86. DOI: 10.3321/j.issn:0254-4164.1998.01.011.
- [17] FRANK T D. Numeric and exact solutions of the nonlinear Chapman-Kolmogorov equation: a case study for a nonlinear semi-group Markov model [J]. *International Journal of Modern Physics B*, 2009, 23(19): 3629-3643. DOI: 10.1142/S0217979209053497.

(编辑 贾裙平)