

文章编号: 1001-0920(2011)09-1353-05

托盘共用系统调度两阶段随机机会约束规划模型研究

任建伟, 章雪岩

(西南交通大学 物流学院, 成都 610031)

摘要: 根据托盘共用系统调度的特点, 建立了以托盘共用系统调度总成本最小为目标的两阶段随机机会约束规划模型. 该模型综合考虑了需求随机、供给随机、运输能力随机、装卸能力随机等因素; 采用机会约束规划方法对模型进行了确定性等价转换; 通过算例进行了数值求解和数值分析, 验证了模型的可行性和有效性.

关键词: 托盘共用系统; 调度; 机会约束规划

中图分类号: F760.3

文献标识码: A

Two stage stochastic chance constrained programming model of pallet pool system dispatch

REN Jian-wei, ZHANG Xue-yan

(School of Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China. Correspondent: REN Jian-wei, E-mail: renjianwei309@126.com)

Abstract: A two stage stochastic chance constrained programming model, which regards the minimization dispatch cost as the target, is established to analyze the problem of pallet pool system dispatch. The model considers several uncertain parameters. These uncertain parameters include pallet demand, pallet supply, transport capacity, and loading and unloading capacity. The model is solved by using the chance constrained programming method. Case study shows the effectiveness of this model.

Key words: pallet pool system; dispatch; chance constrained programming

1 引言

自 Ansoff^[1]提出协同管理的概念以来, 供应链协同一直是学术界研究的热点问题. 托盘在生产和物流中广泛应用, 是整合供应链、提高物流效率、实现物流协同的重要工具. 然而, 目前我国托盘作业还没有实现一贯化, 这使得使用托盘提高物流作业效率的效果大打折扣. 实现托盘作业一贯化的难点在于托盘回收, 以吴清一为代表的部分专家认为建立我国托盘共用系统能解决托盘回收问题.

托盘共用系统是解决托盘回收问题, 提高托盘利用率的有效方法. 吴清一^[2]指出, 建立托盘共用系统可以节约 1/3 左右的托盘, 据 2008 年中国物流与采购联合会托盘专业委员会的《第二次全国托盘现状调研报告》数据^[3], 我国现有各类托盘约 1.9~2.2 亿个(一次性托盘、非正规生产托盘不计在内), 与第 1 次调研(2002 年)结果相比约增加了 3 倍, 即每年

以 2 500 万个的速度递增. 仅以现有托盘计算, 我国通过建立托盘共用系统可以节约约 6 700 万个托盘, 以此次调研的每个托盘价格约 100 元计算, 建立托盘共用系统可节约约 67 亿元, 由此可见托盘共用系统的经济效益十分显著. 然而, 托盘共用系统的理论研究一直滞后于实践, 尽管国内外专家对托盘共用系统的运营模式、信息平台等问题进行了初步研究^[2,4-7], 但尚未见文献就托盘共用系统调度模型进行研究.

2 托盘共用系统调度两阶段随机机会约束规划模型构建

托盘共用系统是指这样一个系统: 一个组织(公司或国家机构或行业联盟)在各地建立托盘运营中心, 负责托盘的分派、维护和回收, 需要托盘的企业(发货方)可以向就近的托盘运营中心租用所需数量的托盘, 将托盘货物单元保持原态送达最终收货地点(收货方). 发货方在卸载货物后可以将空托盘还给

收稿日期: 2010-05-16; 修回日期: 2010-07-06.

基金项目: 铁道部科技研究开发计划重点项目(2009F029).

作者简介: 任建伟(1982—), 男, 博士生, 从事物流规划的研究; 章雪岩(1957—), 男, 教授, 从事物流规划、企业信息管理研究.

就近的托盘运营中心,也可以把这些空托盘直接出租给需要托盘的企业(称此类发货方为富盘点,称需要空托盘的企业为缺盘点),但这些托盘可能无法完全租出,托盘共用系统内的托盘运营中心需要回收富盘点剩余的托盘,其运作流程如图 1 所示。

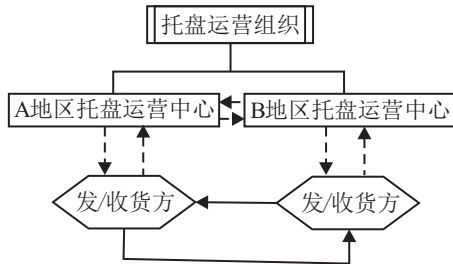


图 1 托盘共用系统运作流程

2.1 基本假设

1) 托盘共用系统中的托盘均为同一型号。我国实际应用的托盘型号很多,但是新出台的国家标准 GB/T 2934-2007《联运通用平托盘主要尺寸及公差》中确定了 1 200 mm×1 000 mm 和 1 100 mm×1 100 mm 两种托盘规格,且特别注明前一种为优先推荐规格。

2) 缺盘点的所有需求均应被满足,如若可供托盘不能满足需求,托盘运营中心可以向托盘共用系统外的托盘租赁企业租用托盘,租用数量没有限制,但是应付租金,单位租金确定。

3) 托盘的需求、供给、运输能力以及装卸能力是独立的随机变量,且已知其分布函数。

4) 托盘损坏率能根据历史数据计算得出。

5) 托盘运输路线确定,运输方式为单一确定的运输方式。

6) 运输、库存、租赁、装卸等各种单位成本已知。

7) 仅考虑在某一时间段内的最优化托盘共用系统调度方案。

2.2 模型构建

本文将借鉴文献 [10-12] 的方法,将托盘共用系统调度模型表示为两阶段随机机会约束规划模型,调度总成本=第 1 阶段的托盘分派成本+第 2 阶段的托盘回收成本,可以表示为

$$f = f_1 + f_2. \tag{1}$$

2.2.1 第 1 阶段模型

第 1 阶段进行托盘分派,模型如下:

$$\min f_1 = \min \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j^0=1}^{J^0} C_{ij^0} X_{ij^0} + \sum_{j^1=1}^{J^1} \sum_{j^0=1}^{J^0} C_{j^1j^0} X_{j^1j^0} \right) +$$

$$\sum_{i=1}^I C_h H_i + \sum_{i=1}^I C_{K_i} K_{1i} + \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j^0=1}^{J^0} C_{\tau} \tau X_{ij^0} + \sum_{j^1=1}^{J^1} \sum_{j^0=1}^{J^0} C_{\tau} \tau X_{j^1j^0} \right) + \sum_{i=1}^I \sum_{j^0=1}^{J^0} C_{li} X_{ij^0} + \sum_{j^1=1}^{J^1} \sum_{j^0=1}^{J^0} C_{lj^1} X_{j^1j^0} + \sum_{j^0=1}^{J^0} C_{lj^0} \left(\sum_{i=1}^I X_{ij^0} + \sum_{j^1=1}^{J^1} X_{j^1j^0} \right). \tag{2}$$

s.t.

$$\Pr \left\{ \sum_{i=1}^I X_{ij^0} + \sum_{j^1=1}^{J^1} X_{j^1j^0} - D_{j^0} = \alpha_{j^0} \right\} \geq \delta_{j^0}; \tag{3}$$

$$\Pr \{ X_{ij^0} - A_{ij^0} \leq \beta_{ij^0} \} \geq \delta_{ij^0}; \tag{4}$$

$$\Pr \{ X_{j^1j^0} - A_{j^1j^0} \leq \beta_{j^1j^0} \} \geq \delta_{j^1j^0}; \tag{5}$$

$$\Pr \left\{ \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{ij^0} - S_i - H_i \leq \gamma_i \right\} \geq \delta_i; \tag{6}$$

$$\Pr \left\{ \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{j^1j^0} - S_{j^1} \leq \gamma_{j^1} \right\} \geq \delta_{j^1}; \tag{7}$$

$$\Pr \left\{ K_{1i} - S_i - H_i + \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{ij^0} = \gamma_i' \right\} \geq \delta_i'; \tag{8}$$

$$K_{1i} \leq K_{0i}; \tag{9}$$

$$\Pr \left\{ \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{ij^0} - L_i \leq \bar{h}_i \right\} \geq \delta_i''; \tag{10}$$

$$\Pr \left\{ \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{j^1j^0} - L_{j^1} \leq \bar{h}_{j^1} \right\} \geq \delta_{j^1}'; \tag{11}$$

$$\Pr \left\{ \sum_{i=1}^I X_{ij^0} + \sum_{j^1=1}^{J^1} X_{j^1j^0} - L_{j^0} \leq \bar{h}_{j^0} \right\} \geq \delta_{j^0}'; \tag{12}$$

$$X_{ij^0}, X_{j^1j^0}, H_i, K_{1i}, D_{j^0}, S_i, S_{j^1}, A_{ij^0}, A_{j^1j^0}, K_{0i}, L_i, L_{j^1}, L_{j^0} \in N \cup \{0\}, 0 \leq \tau \leq 1, 0 \leq \delta \leq 1; \tag{13}$$

$$C_{ij^0}, C_{j^1j^0}, C_h, C_{K_i}, C_{\tau}, C_{li}, C_{lj^1}, C_{lj^0} \geq 0; \tag{14}$$

$$i = 1, 2, \dots, I, j^0 = 1, 2, \dots, J^0, j^1 = 1, 2, \dots, J^1. \tag{15}$$

模型中的变量和参数分别为: C_{ij^0} 为运营中心 i 到缺盘点 j^0 的单位运输成本; X_{ij^0} 为运营中心 i 运送到缺盘点 j^0 的托盘量; $C_{j^1j^0}$ 为富盘点 j^1 到缺盘点 j^0 的单位运输成本; $X_{j^1j^0}$ 为富盘点 j^1 运送到缺盘点 j^0 的托盘量; C_h 为运营中心向系统外租用托盘的单位租金; H_i 为运营中心 i 向系统外租用的托盘量; C_{K_i} 为运营中心 i 的单位库存成本; K_{1i} 为第 1 阶段运营中心 i 的库存量; C_{τ} 为托盘单位损坏成本; τ 为托盘损坏率; C_{li} 为运营中心 i 的单位装卸成本; C_{lj^1} 为富盘点 j^1 的单位装卸成本; C_{lj^0} 为缺盘点 δ 的单位装

卸成本; D_{j^0} 为缺盘点 j^0 的确定需求量; α_{j^0} 为缺盘点 j^0 的随机需求量; A_{ij^0} 为运营中心 i 到缺盘点 j^0 的确定运输能力; β_{ij^0} 为运营中心 i 到缺盘点 j^0 的随机运输能力; $A_{j^1j^0}$ 为富盘点 j^1 到缺盘点 j^0 的确定运输能力; $\beta_{j^1j^0}$ 为富盘点 j^1 到缺盘点 j^0 的随机运输能力; S_i 为运营中心 i 的确定供给量; γ_i 为运营中心 i 随机供给量; S_{j^1} 为富盘点 j^1 的确定供给量; γ_{j^1} 为富盘点 j^1 的随机供给量; K_{0i} 为运营中心 i 的最大库存量; L_i 为运营中心 i 的确定装卸能力; h_i 为运营中心 i 的随机装卸能力; L_{j^1} 为富盘点 j^1 的确定装卸能力; h_{j^1} 为富盘点 j^1 的随机装卸能力; L_{j^0} 为缺盘点 j^0 的确定装卸能力; h_{j^0} 为缺盘点 j^0 的随机装卸能力; δ 为置信水平。

模型中, 目标函数(2)表示第一阶段托盘分派总成本(包括运输成本、向系统外租用托盘成本、库存成本、损坏成本以及装卸成本)最低。约束条件(3)为需求约束, 约束条件(4)和(5)为运输能力约束, 约束条件(6)和(7)为供给约束, 约束条件(8)和(9)为库存约束, 约束条件(10)~(12)为装卸能力约束, 约束条件(13)~(15)为取值约束。

2.2.2 第2阶段模型

第2阶段是在第1阶段托盘分派的基础上, 运营中心对富盘点剩余的托盘进行回收, 模型如下:

$$\begin{aligned} \min f_2 = & \\ \min \left(\sum_{j^1=1}^{J^1} \sum_{i=1}^I C_{j^1i} Y_{j^1i} + \sum_{i=1}^I C_{K_i} K_{2i} + \right. & \\ \left. \sum_{j^1=1}^{J^1} C_{K_{j^1}} K_{j^1} + \sum_{j^1=1}^{J^1} \sum_{i=1}^I C_{\tau} \tau Y_{j^1i} + \right. & \\ \left. \sum_{j^1=1}^{J^1} \sum_{i=1}^I C_{l_{j^1}} Y_{j^1i} + \sum_{i=1}^I \sum_{j^1=1}^{J^1} C_{li} Y_{j^1i} \right). & \quad (16) \end{aligned}$$

$$\text{s.t. } \Pr\{Y_{j^1i} - A_{j^1i} \leq \beta_{j^1i}\} \geq \psi_{j^1i}; \quad (17)$$

$$\Pr\left\{\sum_{i=1}^I Y_{j^1i} - S_{j^1} + \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{j^1j^0} \leq \gamma_{j^1}\right\} \geq \psi_{j^1}; \quad (18)$$

$$\sum_{j^1=1}^{J^1} Y_{j^1i} \leq K_{0i} - K_{1i}; \quad (19)$$

$$K_{2i} = \sum_{j^1=1}^{J^1} Y_{j^1i}; \quad (20)$$

$$\Pr\left\{K_{j^1} - S_{j^1} + \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{j^1j^0} + \sum_{i=1}^I Y_{j^1i} = \gamma'_{j^1}\right\} \geq \psi'_{j^1}; \quad (21)$$

$$\Pr\left\{\sum_{i=1}^I Y_{j^1i} - L_{j^1} + \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{j^1j^0} \leq h_{j^1}\right\} \geq \psi''_{j^1}; \quad (22)$$

$$\Pr\left\{\sum_{j^1=1}^{J^1} Y_{j^1i} - L_i + \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{ij^0} \leq h_i\right\} \geq \psi_i; \quad (23)$$

$$Y_{j^1i}, K_{2i}, K_{j^1}, A_{j^1i}, S_{j^1}, X_{j^1j^0}, K_{1i}, K_{0i}, L_{j^1}, L_i, X_{ij^0} \in N \cup \{0\}, 0 \leq \tau \leq 1, 0 \leq \psi \leq 1; \quad (24)$$

$$C_{j^1i}, C_{K_i}, C_{K_{j^1}}, C_{\tau}, C_{l_{j^1}}, C_{li} \geq 0; \quad (25)$$

$$i = 1, 2, \dots, I, j^0 = 1, 2, \dots, J^0, j^1 = 1, 2, \dots, J^1. \quad (26)$$

模型中的变量和参数分别为: C_{j^1i} 为富盘点 j^1 到运营中心 i 的单位运输成本; Y_{j^1i} 为富盘点 j^1 到运营中心 i 的托盘量; K_{2i} 为第2阶段运营中心 i 的托盘库存量; $C_{K_{j^1}}$ 为未从富盘点 j^1 回收托盘的单位惩罚成本; K_{j^1} 为未从富盘点 j^1 回收的托盘量; A_{j^1i} 为富盘点 j^1 到运营中心 i 的确定运输能力; β_{j^1i} 为富盘点 j^1 到运营中心 i 的随机运输能力; 其他变量及参数与第1阶段模型相同。

模型中, 目标函数(16)表示第二阶段托盘回收总成本(包括运输成本、库存成本、惩罚成本、损坏成本、装卸成本)最低。约束条件(17)为运输能力约束; 约束条件(18)为供给约束; 约束条件(19)为接收能力约束; 约束条件(20)为库存约束; 约束条件(21)为可不回收托盘量约束; 约束条件(22)和(23)为装卸能力约束; 约束条件(24)~(26)为取值约束。

2.3 模型处理

2.3.1 对第1阶段模型的处理

将机会约束式(3)~(8), (10)~(12)转化为其确定等价形式

$$\sum_{i=1}^I X_{ij^0} + \sum_{j^1=1}^{J^1} X_{j^1j^0} - D_{j^0} \leq \eta_{j^0}, \quad (27)$$

$$X_{ij^0} - A_{ij^0} \leq \eta_{ij^0}, \quad (28)$$

$$X_{j^1j^0} - A_{j^1j^0} \leq \eta_{j^1j^0}, \quad (29)$$

$$\sum_{j^0=1}^{J^0} X_{ij^0} - S_i - H_i \leq \eta_i, \quad (30)$$

$$\sum_{j^0=1}^{J^0} X_{j^1j^0} - S_{j^1} \leq \eta_{j^1}, \quad (31)$$

$$K_{1i} - S_i - H_i + \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{ij^0} \leq \eta'_i, \quad (32)$$

$$\sum_{j^0=1}^{J^0} X_{ij^0} - L_i \leq \eta''_i, \quad (33)$$

$$\sum_{j^0=1}^{J^0} X_{j^1 j^0} - L_{j^1} \leq \eta'_{j^1}, \quad (34)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{i j^0} + \sum_{j^1=1}^{J^1} X_{j^1 j^0} - L_{j^0} \leq \eta'_{j^0}. \quad (35)$$

其中: $\eta = \sup\{\eta \mid \eta = \varphi^{-1}(1 - \delta)\}$, $\varphi^{-1}(1 - \delta)$ 为对应约束条件中随机变量的分布函数的逆函数.

2.3.2 对第2阶段模型的处理

将机会约束式(17), (18), (21)~(23)转化为其确定等价形式

$$Y_{j^1 i} - A_{j^1 i} \leq \xi_{j^1 i}, \quad (36)$$

$$\sum_{i=1}^I Y_{j^1 i} - S_{j^1} + \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{j^1 j^0} \leq \xi_{j^1}, \quad (37)$$

$$K_{j^1} - S_{j^1} + \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{j^1 j^0} + \sum_{i=1}^I Y_{j^1 i} \leq \xi'_{j^1}, \quad (38)$$

$$\sum_{i=1}^I Y_{j^1 i} - L_{j^1} + \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{j^1 j^0} \leq \xi''_{j^1}, \quad (39)$$

$$\sum_{j^1=1}^{J^1} Y_{j^1 i} - L_i + \sum_{j^0=1}^{J^0} X_{i j^0} \leq \xi_i. \quad (40)$$

其中: $\xi = \sup\{\xi \mid \xi = \varphi^{-1}(1 - \psi)\}$, $\varphi^{-1}(1 - \psi)$ 为对应约束条件中随机变量的分布函数的逆函数.

3 算例分析

假定托盘共用系统中有2个运营中心($i = a, b$), 2个富盘点($j^1 = c, d$), 2个缺盘点($j^0 = e, f$), 从系统外租用托盘的单位租赁成本为1, 托盘损坏率为0.01, 托盘的单位损坏成本为2, 机会约束的置信水平为0.95, 其他参数值见表1~表3.

利用Lingo软件对第1阶段模型进行求解, 经过4次迭代, 得到全局最优解2323.28, 其最优方案见

表4.

在第1阶段模型解的基础上, 利用Lingo软件对第2阶段模型进行求解, 经过2次迭代, 得到全局最优解1758.12, 其最优方案见表5.

由分析结果可知, 托盘共用系统调度的最低成本为4081.4, 其中第1阶段托盘分派成本为2323.28, 第2阶段托盘回收成本为1758.12. 最优调度方案为: 1) 第1阶段: 运营中心a不向缺盘点e供应托盘, 向缺盘点f供应94个托盘, 第1阶段库存为11个托盘, 不向系统外租用托盘; 运营中心b不向缺盘点e供应托盘, 向缺盘点f供应120个托盘, 第1阶段没有库存, 不向系统外租用托盘; 富盘点c不向缺盘点供应托盘, 第1阶段库存为100个托盘; 富盘点d向缺盘点e供应100个托盘, 不向缺盘点f供应托盘, 第1阶段库存为106个托盘. 2) 第2阶段: 运营中心a回收富盘点c的100个托盘, 以及富盘点d的6个托盘, 第2阶段库存为106个托盘; 运营中心b不回收富盘点c的托盘, 回收富盘点d的100个托盘, 第2阶段库存为100个托盘; 富盘点c和d均没有未被回收的托盘.

进一步, 假定其他条件不变, 将富盘点c的单位惩罚成本设为0~20, 计算第2阶段托盘回收成本, 如图2所示.

表1 运输成本

运输成本	运营中心a	运营中心b	富盘点c	富盘点d	缺盘点e	缺盘点f
运营中心a	0	2	3	4	5	6
运营中心b	2	0	3	2	4	5
富盘点c	3	3	0	6	7	8
富盘点d	4	2	6	0	2	∞
缺盘点e	5	4	7	2	0	3
缺盘点f	6	5	8	∞	3	0

表2 运输能力

确定运输能力/随机运输能力	运营中心a	运营中心b	富盘点c	富盘点d	缺盘点e	缺盘点f
运营中心a	0	200/N(20,4)	100/N(10,4)	300/N(10,9)	200/N(10,9)	100
运营中心b	200/N(20,4)	0	0	200/N(20,9)	100	300/N(10,4)
富盘点c	100/N(10,4)	0	0	400	50/N(10,9)	700
富盘点d	300/N(10,9)	200/N(20,9)	400	0	300/N(20,4)	0
缺盘点e	200/N(10,9)	100	50/N(10,9)	300/N(20,4)	0	100
缺盘点f	100	300/N(10,4)	700	0	100	0

表3 其他参数

	确定供给/随机供给	确定需求/随机需求	最大库存	库存成本	确定装卸能力/随机装卸能力	装卸成本
运营中心a	100/N(10,9)	0	200	1	200/N(20,4)	2
运营中心b	120	0	220	2	220	2
富盘点c	100	0	300	10	280/N(10,4)	3
富盘点d	200/N(10,4)	0	200	20	210	2
缺盘点e	0	100	-	-	100/N(10,9)	1
缺盘点f	0	200/N(10,9)	-	-	300	1

表4 第1阶段最优方案

	缺盘点e	缺盘点f	库存	租赁
运营中心a	0	94	11	0
运营中心b	0	120	0	0
富盘点c	0	0	100	-
富盘点d	100	0	106	-

表5 第2阶段最优方案

	运营中心a	运营中心b	未被回收托盘
富盘点c	100	0	0
富盘点d	6	100	0
库存	106	100	-

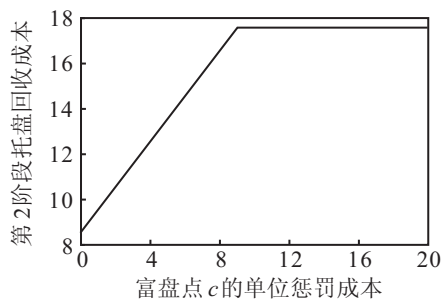


图2 富盘点单位惩罚成本与第2阶段托盘回收成本的关系

由图2可知,随着富盘点c单位惩罚成本的提高,第2阶段托盘回收成本相应增加,并在富盘点c的单位惩罚成本达到9.2左右时达到最大值,并保持恒定不变。这是因为当富盘点c的单位惩罚成本小于9.2时,托盘回收的单位运输成本、单位装卸成本等高于单位惩罚成本,因此运营中心的最优选择是将所有托盘存放在富盘点c,此时随着富盘点c单位惩罚成本的提高,托盘回收成本也相应提高;但当富盘点c的单位惩罚成本大于等于9.2时,托盘回收的单位运输成本、单位装卸成本等低于单位惩罚成本,因此运营中心的最优选择是将尽可能多(不超过运输能力和运营中心库存能力)的托盘从富盘点c收回。算例中需回收托盘量未超过运输能力和运营中心的库存能力,所以最优决策是将富盘点c的所有托盘回收,此时富盘点c没有库存,所以其单位惩罚成本增加不影响第2阶段托盘回收成本。这与实际情况相符,证明了模型的有效性。

4 结 论

本文提出了托盘共用系统调度两阶段随机机会约束规划模型,该模型描述了托盘共用系统运营管理者如何通过托盘分派和托盘回收相结合的方法有效地调度托盘,并给出了相应的求解方法。由于发货方有权出租托盘从而使得用托盘分派的方式完成托盘回收成为可能,能有效地提高托盘利用率,降低托盘调度成本。然而本文构建的模型仅研究了调度单一型号托盘,未研究同时调度多种型号托盘的情况,也未

将时间因素纳入模型,笔者将在今后的研究中逐步解决这些问题。

参考文献(References)

- [1] Ansoff H I. Corporate strategy[M]. New York: McGraw-Hill Book Company, 1965.
- [2] 吴清一. 论中国托盘共用系统的建立[J]. 物流技术与应用, 2003, 8(12): 1-4.
(Wu Q Y. Discussion on set up of china pallet pool system[J]. Logistics & Material Handling, 2003, 8(12): 1-4.)
- [3] 中国物流与采购联合会托盘专业委员会. 第二次全国托盘现状调研报告[J]. 物流技术与应用, 2009, 14(1): 31-32.
(Pallet professional committee of china federation of logistics & purchasing. The second national pallet survey report[J]. Logistics & Material Handling, 2009, 14(1): 31-32.)
- [4] Murry J. Pallet pool is key to Swedish cargo handling efficiency[J]. ICHCA J, 1967, 3(3): 27-29.
- [5] Anon. Pallet pool: The hauliers speak out[J]. Matls Handling & Mgmt, 1969(9): 30-32.
- [6] Jouglard M, Spink P. Pallet pools pump up productivity[J]. Manufacturing Engineering, 2004, 132(2): 71.
- [7] 吴清一. 再论我国托盘共用系统的建立[J]. 物流技术与应用, 2004, 9(1): 14-19.
(Wu Q Y. Duple-discussion on set up of china pallet pool system[J]. Logistics & Material Handling, 2004, 9(1): 14-19.)
- [8] Ray C D, Michael J H, Scholnick B N. Supply-chain system costs of alternative grocery industry pallet systems[J]. Forest Products J, 2006, 56(10): 52-57.
- [9] 金寿松,熊秋香,蒋美仙,等. 中国托盘联营公司及其建设策略的研究[J]. 工业工程, 2008, 11(4): 19-23.
(Jin S S, Xiong Q X, Jiang M X, et al. Study on Chinese pallet pool Co.Ltd and its construction stratagem [J]. Industrial Engineering J, 2008, 11(4): 19-23.)
- [10] 王正新,党耀国,刘思峰. 两阶段灰色模型及其应用[J]. 系统工程理论与实践, 2008, 28(11): 109-114.
(Wang Z X, Dang Y G, Liu S F. Two stage grey model and its application[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2008, 28(11): 109-114.)
- [11] 刘宝碇,赵瑞清. 随机规划与模糊规划[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
(Liu B D, Zhao R Q. Stochastic programming and fuzzy programming[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1998.)
- [12] Liu B D, Iwamura K. Chance constrained programming with fuzzy parameters[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1998, 94(2): 227-237.