

doi:10.14089/j.cnki.cn11-3664/f.2019.01.003

引用格式:课题组.基于物流公司的城市配送共享托盘调运[J].中国流通经济,2019(1):26-34.

基于物流公司的城市配送共享托盘调运

课题组^{1,2}

(1.上海海事大学物流研究中心,上海市 201306; 2.上海第二工业大学经济管理学院,上海市 201209)

摘要:“带托运输”能够有效提高城市配送效率,物流公司自有托盘在整个托盘市场占据主导地位,通过共享调运实现托盘资源的有效循环成为一种趋势。针对物流公司现有大量托盘共享调运问题,考虑物流公司不合作与合作两种情况,以单个物流公司多点调运为基础,对多个物流公司多点共享调运进行研究,加入库存成本、租赁成本、调运成本等影响因子,根据多周期循环调运思维建立整数规划托盘共享调运模型,借助MATLAB软件编写求解模型的程序,并通过算例验证模型的有效性。结果表明,物流公司合作模式下进行托盘共享调运可以实现资源有效循环、物流总成本最低的目标;物流公司不合作模式下租盘成本明显较高。合作模式的优越性在于:其一,物流企业无须按照峰值购买托盘,而只需按照实际使用量进行调运,可以减少初期投资;其二,托盘可以循环利用,不同物流公司在同一区域内就实现了资源共享,从而使托盘在更大范围内循环共用;其三,托盘实现了规模效应,可大大减少成本及空盘调运次数。一言以蔽之,合作模式下,优先使用物流公司闲置托盘,可以有效降低租盘成本或购入成本,实现物流公司自有资源循环使用,有效地提高资源循环效率和城市配送服务效率。

关键词: 物流公司; 城市配送; 共享托盘; 物流成本; 资源循环效率

中图分类号: F259.23

文献标识码: A

文章编号: 1007-8266(2019)01-0026-09

一、引言

我国物流行业发展迅速,现已成为保障和改善民生的重要领域。城市配送是物流配送的重要环节,在整个物流行业占据突出地位。数据显示,城市配送在成本和时间上的花费占整个物流作业的33%以上^[1],与城际配送之间的比重差距甚大,表明现有的城市配送方式已无法满足市场需求,高效的配送成为行业发展趋势。为提高配送

效率和降低物流成本,在物流行业投入大量托盘后,装卸效率得到显著提高,还促进了包装的标准化和模块化,加速了产品的流通,使公司产品在市场上更具竞争力,促使“带托运输”成为城市配送的高效运作方式之一。截至2017年底,全球托盘保有量超过51亿片,我国托盘保有量达12亿~13亿片,其中,物流公司自有托盘占我国托盘总量的98%,有50%以上还没有真正循环起来,而共享托盘仅占2%^[2]。数据表明,我国托盘行业与发达国

收稿日期: 2018-10-31

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“供应链采用RFID技术的融资决策与协调优化”(71601114);上海市科委工程中心能力提升项目“上海航运物流信息过程技术研究中心能力提升”(14DZ2280200);上海市高原学科——环境科学与工程(上海第二工业大学资源循环科学与工程中心)逆向物流课题(A30DB182602)

作者简介: 课题负责人高更君(1971—),男,河南省三门峡市人,上海海事大学教师,硕士生导师,博士,主要研究方向为物流管理与规划、供应链金融、物流战略与商业运作;课题组成员上海海事大学车雨轩、上海第二工业大学林慧丹(通讯作者)。

家相比起步较晚,目前还处于初级发展阶段,物流公司自有托盘仍占据主要地位,托盘有效利用率和共享率较低,且极大地增加了社会物流费用。商务部数据显示,若建成全国性共享托盘系统,物流费用可降低5 000亿元^[2],我国托盘市场前景广阔。如何通过共享调运物流公司自有托盘资源,对城市配送乃至物流业至关重要。以“互联网”为媒介的共享经济不断发展,物流公司大量托盘实现共享成为可能。目前,共享托盘运营有三种情况:一是托盘自用,物流公司按照需求高峰购买大量托盘备用,低峰时造成大批量闲置,浪费资源;二是运营中心引导的托盘共享,物流公司随用随租,但是托盘需求点多,需求行业复杂,并且忽略了物流公司自身现有的托盘资源,所形成的托盘共享不成规模;三是物流公司引导的托盘共享,物流公司之间随用随调,将自有资源与社会共享托盘整合,能够更好地与我国托盘发展状况相结合,使托盘资源实现循环利用最大化。目前,我国托盘规格不一,严重阻碍了托盘共享进程。数据显示,我国标准托盘占比仅27%^[2],这使企业在交易中存在很多麻烦,在装卸、运输、车辆选择上存在很大困难,同时增加了货物的损坏程度。2017年底商务部联合九部委下发的968号文件,大力推广标准化托盘。在国家 and 整个物流行业鼓励下,通过共享调运98%物流公司自有托盘,从根本上推广托盘标准化建设。针对物流公司大量托盘资源,考虑以物流公司引导托盘共享调运,实现托盘资源的开放利用和社会物流资源的循环开发,达到城市配送高效率低成本的发展目标,对推动共享物流变革有重要研究意义。

二、文献综述

“带托运输”发展迅速,城市配送中对托盘需求数量庞大。目前,国内外关于城市配送的研究主要集中在车辆路径优化、配送流程优化、配送中心选址、城市配送网络设计等方面,但随着托盘在城市配送中降低物流成本、提高物流效率方面作用逐渐增强,近年来针对托盘的专项研究越来越多。托盘的出现可以追溯到20世纪30年代,它首先作为一种附属装卸搬运工具出现,后来使用范围从装卸作业发展到储存作业,大幅度提高了货

物出入库效率。为了消除转载时码盘拆盘的冗杂劳动,托盘在20世纪40年代开始流通于各个行业。靳伟认为,单元化物流是将物流效率提升、物流成本降低到极致的基础^[3];安裕强等^[4]认为,托盘在供应链生产、运输、仓储、配送等环节发挥着串联贯通物流各环节作业的关键作用;李太平^[5]认为,托盘在国际贸易中可以降低双方贸易成本,加强双方贸易关系,肯定了托盘的经济贸易价值。市场对托盘的价值认知逐渐觉醒,“带托运输”必定成为物流业新趋势。

共享托盘成为未来中国物流发展趋势。刘小伟等^[6]分析美国、欧洲等国外托盘发展状况,构建了适应我国国情的铁路托盘共用模式;吴清一^[7-8]认为,托盘共用系统具有重大社会价值和长期稳定的经济效益,我国必须加快建立托盘共用系统;王世鹏、顾学明^[9]认为建立托盘循环系统是物流行业降本增效的有效途径;李(LI)^[10]预测了2016年至2020年货物运输的托盘需求总量和托盘共用系统下托盘的需求量,认为托盘共用系统可以提高物流运行效率,节省物流作业成本。张义龙^[11]系统阐述了托盘共用系统对国家以及各个物流参与者的显著益处。赖郁尘^[12]认为在托盘共用系统的建立中,第三方物流企业起着至关重要的作用。构建托盘共享系统是物流行业的重要发展方向,对颠覆传统物流运作方式具有重要意义。

托盘共享化建设首先要从托盘的标准化做起,雷宁^[13]认为托盘规格不统一会使物流作业中产生多次拆盘码盘,导致物流效率低下,货损率上升。张广敬^[14]论述了当前托盘循环共用体系标准化建设的限制,指出托盘标准化运营模式直接影响了物流运输的成本与物流的工作效率。钟旺^[15]认为托盘共享要依靠规模效益,多型号的托盘阻碍了托盘共享的发展。李太平^[16-20]基于托盘标准现状、商品进出口、选用国际标准数量以及货运汽车载盘、货运列车载盘、托盘载货效率等不同角度考虑,认为我国应将1 200 mm×1 000 mm托盘国际标准作为我国托盘的国家标准。国家与物流行业大力推广标准化托盘,为托盘共享发展奠定了重要基础。

国内外对于托盘的研究主要集中在制造和调运方面。布林德利(Brindley)^[21]通过调研发现,调运是所有托盘企业都未解决的难题。由于托盘调

运是调运理论的新应用领域,因此托盘调运方面的研究相对较少,但是调运理论已经在生产、集装箱、机器排程等领域广泛应用。杨洋^[22]基于班轮公司研究集装箱共享调运问题,综合考虑调运成本主要影响因素,将调运模型进行了优化。王铮等^[23]针对码头每日装运计划和动态新任务,建立共享式集卡动态调运模型,这一系列成果为托盘调运研究提供了思路。借鉴其他领域的调运理论,国内外学者从不同视角对托盘调运进行研究:任和章(Ren & Zhang)^[24-26]从托盘分派、回收的视角研究了托盘共用系统的托盘调运问题,基于托盘运营公司的角度,构建了整数规划模型和随机规划模型,将托盘分派细分为分派与再分派两个过程,构建了两阶段随机机会约束规划模型;任建伟等^[27]将托盘运营公司的托盘调运过程划分为四部分,即购买(租赁)、分派、再分派、回收,并在不确定环境下构建了混合型托盘的多情景规划调运模型;李艳^[28]在托盘运营公司再分派视角下建立了调运优化模型,通过对比说明了再分派能有效降低托盘调运成本;倪(Ni)^[29]在托盘运营公司视角下,基于托盘生命周期建立了托盘调运优化模型;欧(Ou)等^[30]在托盘运营公司回收托盘的角度下,建立了托盘调运优化模型;向紫燕等^[31]从战略层面对托盘运营公司的托盘回收进行网络规划,构建了托盘逆向物流网络随机规划模型;周康等^[32-34]以托盘运营公司为主导,在铁路托盘共用系统的基础上建立了空盘调运模型,并突破了铁路托盘限制,将托盘调运模型扩展到了普通托盘共用系统中,建立了普适意义上的托盘共享模型;吴晓红等^[35]考虑托盘运营公司物流成本最小和客户满意度最高原则,建立了多目标调运优化模型;游玲君^[36]考虑重要客户优先、客户满意度最高和成本最小原则,建立了多目标调运优化模型;周(Zhou)等^[37]基于车辆路径问题(VRP)和中国邮递员问题(CPP),以托盘运营公司为主导构造了随机约束规划模型,进一步优化托盘运营公司的服务路线;王征宇等^[38]以托盘运营公司为主导,基于城市共同配送体系建立了共享托盘调运优化模型;吴(Wu)等^[39]认为共享托盘是高效城市配送的基础,在托盘运营中心信息共享的条件下建立了确定性调运模型,科学优化了调运方案。罗伊(Roy)等^[40]基于成本关系模型与行业收集的数据,认为以托盘

运营公司为主导的托盘共享调运模式在成本方面优势明显。上述文献大多从托盘运营公司角度进行托盘调运研究,忽视了物流公司充沛的自有托盘资源,托盘共享调运还未达到最优状态。

综上所述,在共享经济基础上,如何将物流公司自有资源实现共享成为目前托盘调运需要解决的难题。目前的研究仅仅是将托盘运营公司共享托盘进行整合,没有实现托盘共享最大化,本文以城市配送“带托运输”为前提,考虑以物流公司为主导整合现有托盘资源,对标准化的托盘进行了共享研究,通过共享调运实现物流公司托盘资源的有效循环。将单个物流公司多点配送的物流公司不合作模式作为研究基础,展开对物流公司合作模式下多个物流公司多点配送的研究,充分利用物流公司闲置托盘资源,提升城市配送服务效率,降低物流成本,让共享托盘模式真正拥抱互联网,达到托盘共享目的。

三、问题描述

为在城市配送条件下通过托盘共享调运实现物流效率最大化,达到提高托盘使用效率的目的,在城区范围内进行标准化托盘配送服务,以托盘为基础完成运输、装卸、搬运等专业物流活动,具体过程如图1所示。“带托运输”将托盘作为货物装卸和储存的综合运输单位,将货物集成到托盘,优化了装卸搬运操作,可降低近50%的货物损毁率,提升装卸效率近40%,在城市配送中应用广泛^[41]。除托盘运营公司向外租赁的托盘之外,物流公司将自有托盘与其他物流公司共享,使其流通于城市配送中的各个城市物流配送点之间,当多个物

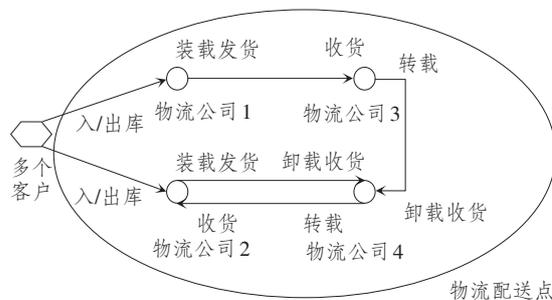


图1 城市配送条件下物流配送点的托盘流通过程

物流公司同时为一个物流配送点提供托盘服务时,物流公司更加倾向于使用共享托盘。

(一)物流公司非合作模式

在特定物流配送点某一物流公司面临托盘短缺时,不与其他物流公司合作,针对本公司托盘资源进行调运。面临公司内部托盘不均衡现象,物流公司考虑调运本公司其他物流配送点托盘或者向外租盘,同时满足本公司的多点需求。如图2所示,物流公司 m 在物流配送点 i,j,u 进行物流服务,当物流配送点 i 物流公司 m 缺盘时,只能选择物流配送点 j 或 u 的物流公司 m 调盘,或者是租盘;同理,当物流配送点 i 物流公司 k 缺盘时,只能选择物流配送点 u 的物流公司 k 调盘,或者是租盘。在此模式下,可能出现同一物流配送点的其他物流公司堆存大量闲置托盘、托盘循环效率低等问题,造成资源浪费的同时,增加本公司与其他物流公司的成本。

(二)物流公司合作模式

在特定物流配送点某一物流公司面临托盘短缺时,与其他物流公司合作,针对所有合作物流公司的托盘资源进行调运。面临托盘不均衡现象,物流公司考虑从同一物流配送点内其他物流公司调盘,从其他物流配送点调运本公司托盘,从其他物流配送点的其他物流公司调盘,或从租盘市场进行租盘,同时满足多家物流公司的多点需求。如图3所示,物流公司 m 在物流配送点 i,j,u 进行物流服务,当物流配送点 i 的物流公司 m 缺盘时,首先选择向同物流配送点的物流公司 k 调盘(简称“同点异司”);若仍缺盘,根据物流配送点之间的调运成本或富盘数量,选择向物流配送点 j 的物流公司 m 调盘(简称“异点同司”),也可选择向物流配送点 u 的物流公司 k 调盘(简称“异点异司”),或者选择租盘。在此模式下,多个物流公司共同推动托盘资源最大共享化,从整个服务链角度降低物流公司的物流成本。

实际城市配送过程中涉及区域广、货物杂,具有跨企业调运的特点,物流效率低下,各种风险因素很难预测或控制,单个物流公司调运面临着更多的不确定性因素。为了提高城市配送服务效率和托盘循环效率,针对城市配送中物流公司之间的大量托盘作业环节,本文以物流公司为导向进行托盘共享调运研究,在以上物流公司合作与非合作两种模式基础上,建立以物流成本最小化为

目标的共享托盘调运模型。

四、模型假设

(一)假设条件

本文基于物流公司合作与非合作两种模式,分别在城市配送中所有物流配送点及所有提供托盘服务的物流公司进行共享托盘调运,为了说明上述问题,提出以下假设条件:一是每个物流配送点至少存在两家物流公司,且物流公司所有托盘存放在物流配送点;二是每家物流公司至少在两个物流配送点提供共享托盘服务;三是租赁市场托盘数量足够,租盘数量不受限制;四是所有托盘均为标准化托盘,所有货物均为适盘货物;五是租盘时间视为一个决策周期,本决策周期租赁的托盘在下一决策期之前归还;六是决策周期内的重盘卸下后只有在下一决策周期才能成为本点可用

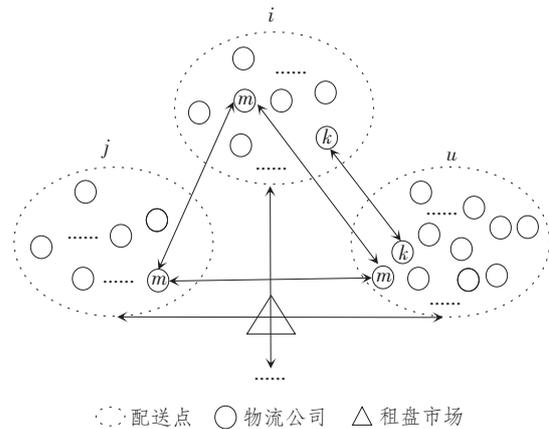


图2 物流公司非合作模式下的托盘调运

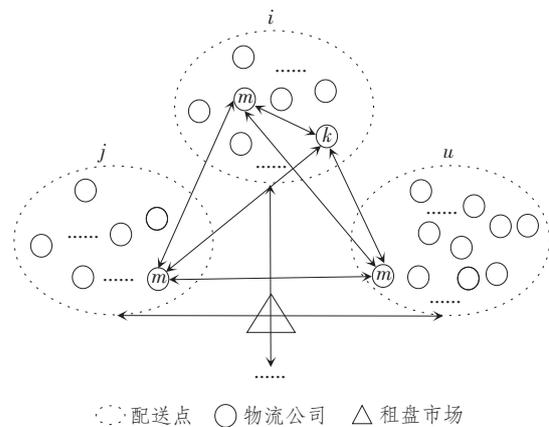


图3 物流公司合作模式下的托盘调运

托盘;七是不考虑托盘损坏及维护成本。

(二)符号说明

为更好地描述上述两种模式下的共享托盘调运问题,除了进行假设条件以外,对相关符号说明如下:

$I=\{v, u, i, j, \dots, |I|\}$ 为物流配送点集合;
 $M=\{f, g, k, m, \dots, |M|\}$ 为物流公司集合;
 M_i 为物流配送点*i*内的物流公司集合;
 c_{ikjm} 为从物流配送点*i*的物流公司*k*到物流配送点*j*的物流公司*m*的托盘调运成本;
 c_{uvf} 为从物流配送点*u*的物流公司*f*到物流配送点*v*的物流公司*f*的托盘调运成本;
 c_{ijk} 为从物流配送点*i*的物流公司*k*到物流配送点*j*的物流公司*k*的托盘调运成本;
 c_{ikm} 为从物流配送点*i*物流公司*k*到物流公司*m*的托盘调运成本($k, m \in M_i$);
 c_i^1 为物流配送点*i*的托盘单位库存成本;
 c_i^2 为物流配送点*i*的托盘单位租盘成本;
 d_i 为物流配送点*i*的托盘需求。

d_{ik} 为物流配送点*i*的物流公司*k*的托盘需求,连续随机变量,服从正态分布($i \in I, k \in M$);
 s_i 为物流配送点*i*的托盘供给量($i \in I$);
 s_{ik} 为物流配送点*i*的物流公司*k*的托盘供给量($i \in I, k \in M$);
 o_i 为物流配送点*i*的周期初始托盘保有量($i \in I$);
 o_{ik} 为物流配送点*i*的物流公司*k*的周期初始托盘保有量($i \in I, k \in M$)。

x_{uvf} 为从物流配送点*u*的物流公司*f*到物流配送点*v*的物流公司*f*的托盘调运量, ($u, v \in I, f \in M$);
 x_{ijk} 为从物流配送点*i*的物流公司*k*到物流配送点*j*的物流公司*k*的托盘调运量($i, j \in I, k \in M$);
 x_{ikm} 为从物流配送点*i*的物流公司*k*到物流公司*m*的托盘调运量, ($i \in I, k, m \in M_i$);
 x_{ikjm} 为从物流配送点*i*的物流公司*k*到物流配送点*j*的物流公司*m*的托盘调运量, ($i, j \in I, k, m \in M$);
 p_{ik} 为物流配送点*i*的物流公司*k*的租盘数量($i \in I$);
 T^r 为各个物流配送点*r*个周期的总成本。

五、共享托盘调运模型

针对本文所研究的问题,根据上述模型假设与符号说明,考虑调运成本、库存成本、租赁成本

等因素,建立物流公司共享托盘调运模型。

(一)物流公司非合作模式

在城市配送条件下全部物流公司在各个物流配送点进行独立托盘调运,某一个物流公司在特定物流配送点发生缺盘时,选择租盘或对本公司在其他物流配送点的托盘进行调运(异点同司),建立了在*r*个托盘运营周期调运总成本最小的托盘调运模型,如下所示:

$$\min T^r = \sum_{u \neq v \in I} \sum_{f \in M_u \cap M_v} (o_{uf} - d_{uf} + x_{uvf} - x_{uvf})^+ c_{uf}^1 + x_{uvf} c_{uvf} + x_{uvf} c_{uvf} + p_{uf} c_{uf}^2 + T^{r-1} \quad (1)$$

$$0 \leq x_{uvf} \leq \min(o_{uf} - d_{uf}, d_{vf} - o_{vf})^+ \quad (2)$$

$$0 \leq x_{uvf} \leq \min(o_{vf} - d_{vf}, d_{uf} - o_{uf})^+ \quad (3)$$

$$p_{uf} = (o_{uf} + x_{uvf} - x_{uvf} - d_{uf})^- \quad (4)$$

$$o'_{uf} = o_{uf} - d_{uf} + \sum_{v \in I} (x_{uvf} - x_{uvf}) + p_{uf} + s_{uf} \quad (5)$$

若 $y = x^+$, 当 $x < 0$ 则 $y = 0$, 当 $x > 0$ 则 $y = x$;

若 $y = x^-$, 当 $x < 0$ 则 $y = -x$, 当 $x > 0$ 则 $y = 0$ 。

式(1)至式(4)表示物流公司在非合作模式下,城市配送体系下各个物流公司在*r*个周期的托盘调运模型,其中,式(1)为城市配送体系下各个物流公司在*r*个周期的托盘调运物流总成本最小目标函数;式(2)和式(3)表示特定物流配送点的缺盘物流公司向本公司其他物流配送点调盘时,调盘数量不能超过自身需求量和供应公司多余库存量;式(4)表示向系统外租盘市场租赁的托盘数量满足托盘需求;式(5)表示下一阶段托盘初始保有量。

(二)物流公司合作模式下的共享托盘调运模型

在物流公司合作条件下,城市配送体系下全部物流公司在各个物流配送点进行联合托盘调运,某一个物流公司在特定物流配送点发生缺盘时,则必然先考虑从同一个物流配送点内的另一个物流公司调运,其次是从其他物流配送点的本公司调运,或从其他物流配送点的其他公司调运,或选择租盘,从而建立了*r*个托盘运营周期调运总成本最小的共享托盘调运模型,如下所示:

$$\min T^r = \sum_{i \neq j \neq w \in I} \sum_{k \in M_i \cap M_j} \sum_{m \in M_j} \sum_{g \in M_j} (o_{ik} - d_{ik} + x_{ikm} - x_{ikm} + x_{jik} - x_{ijk} + x_{wgik} - x_{ikwg})^+ c_{ik}^1 + x_{ikm} c_{ikm} + x_{ikm} c_{ikm} + x_{jik} c_{jik} + x_{ijk} c_{ijk} + x_{wgik} c_{wgik} + x_{ikwg} c_{ikwg} + p_{ik} c_{ik}^2 + T^{r-1} \quad (6)$$

式(6)中:

$$0 \leq x_{ikm} \leq \min(o_{ik} - d_{ik}, d_{im} - o_{im})^+ \quad (7)$$

$$0 \leq x_{ijk} \leq \min[o_{ik} - d_{ik} + \sum_{m \in M_i \neq k} (x_{imk} - x_{ikm}), d_{jk} - o_{jk} + \sum_{g \in M_j \neq k} (x_{jkg} - x_{jgk})]^+ \quad (8)$$

$$0 \leq x_{ikwg} \leq \min[o_{ik} - d_{ik} + \sum_{m \in M_i \neq k} (x_{imk} - x_{ikm}) + \sum_{j \in I} (x_{jik} - x_{ijk}), d_{wg} - o_{wg} + \sum_{f \in M_w \neq g} (x_{wfg} - x_{wfg}) + \sum_{j \in I} (x_{wjg} - x_{jwg})]^+ \quad (9)$$

$$p_{ik} = [o_{ik} - d_{ik} + \sum_{m \in M_i \neq k} (x_{imk} - x_{ikm}) + \sum_{j \in I} (x_{jik} - x_{ijk}) + \sum_{w \in I} \sum_{g \in M_w \neq k} (x_{wgi} - x_{ikwg})]^+ \quad (10)$$

$$\dot{o}_{ik} = o_{ik} - d_{ik} + \sum_{m \in M_i \neq k} (x_{imk} - x_{ikm}) + \sum_{j \in I} (x_{jik} - x_{ijk}) + \sum_{w \in I} \sum_{g \in M_w \neq k} (x_{wgi} - x_{ikwg}) + p_{ik} + s_{ik} \quad (11)$$

若 $y = x^+$, 当 $x < 0$ 则 $y = 0$, 当 $x > 0$ 则 $y = x$;

若 $y = x^-$, 当 $x < 0$ 则 $y = -x$, 当 $x > 0$ 则 $y = 0$ 。

式(6)为城市配送体系下各个物流公司合作在 r 个周期的托盘联合调运物流总成本最小目标函数。式(7)至式(11)表示物流公司在合作模式下,按优先程度选择调盘点依次为同点异司、异点同司、异点异司、租盘市场。此外,式(7)表示同物流配送点不同物流公司之间调盘数量不能超过自身需求量和供应物流公司多余库存量;式(8)表示不同物流配送点同一物流公司之间调盘数量不能超过自身剩余需求量和供应物流公司多余库存量;式(9)表示不同物流配送点不同物流公司之间调盘数量不能超过自身剩余需求量和供应物流公司多余库存量;式(10)表示向系统外租盘市场租赁的托盘数量满足剩余托盘需求;式(11)表示下一周期托盘初始保有量。

本文所建模型符合实际城市配送状态,模型建立后,由于 MATLAB 编程软件的变量为矩阵对象,操作便利,科学计算工具完善,本文模型借助 MATLAB 软件进行运算,设置模型中单位调运成本、单位租赁成本、单位库存成本等各个参数后,将各个物流公司的本周期托盘初始保有量公式作为更新依据,不断循环更新每个周期的托盘初始保有量直至最后一个周期结束,选取各个模式总成本最小的调运方案后,对不同模式结果进行比较。

六、算例模拟

通过算例验证上述模型的有效性,通过比较多周期中两种模式下的托盘调运决策差异,计算出全部物流成本,表明物流公司合作模式下的共享托盘调运物流成本较低,共享托盘调运模型具有普适意义。在本算例中,城市配送体系下包括 3 个物流配送点,分别是物流配送点 1,此点有物流公司 1 和 2 提供物流服务;物流配送点 2,此点有物流公司 1 和 3 提供物流服务;物流配送点 3,此点有物流公司 2 和 3 提供物流服务。本算例城市配送系统共涉及三家物流公司。每个配送点在每个周期都会发生托盘供给和托盘需求的情况,托盘需求都服从正态分布且相互独立,调运成本、租赁成本等具体参数如表 1 至表 3 所示。

整个调运过程包括 4 个周期,共产生 4 次托盘需求和供给。在物流公司非合作模式下与物流公司合作模式下进行多周期托盘调运,通过 MATLAB 软件进行计算,得到如下结果:

在物流公司非合作模式下,物流配送点 1 的物流公司 1 和物流公司 2,物流配送点 2 的物流公司 1 和物流公司 3、物流配送点 3 的物流公司 2 和物流

表 1 各个物流配送点的物流公司之间单位托盘调运成本

物流配送点		1		2		3	
物流公司		1	2	2	3	1	3
1	1		5	10	14	13	16
	2	5		14	16	10	15
2	1	10	14		5	16	13
	3	14	16	5		15	10
3	2	13	10	16	15		5
	3	16	15	13	10	5	

表 2 各物流配送点物流公司托盘需求量与供给量

物流配送点		1		2		3	
物流公司		1	2	2	3	1	3
需求	均值	110	115	105	118	102	90
	标准差	10	10	10	10	10	10
供给	均值	112	110	105	118	90	108
	标准差	10	10	10	10	10	10

表3 物流配送点的初始托盘保有量、
库存成本、租赁成本

物流配送点	1		2		3	
物流公司	1	2	2	3	1	3
初始托盘保有量	-15	20	15	-30	20	15
单位库存成本	10	10	10	10	10	10
单位租赁成本	10	10	10	10	10	10

公司3在第一周期根据本周期自身托盘需求选择租盘,物流成本为9 225元,后续三个周期各公司独立完成调盘。其中,第二周期的物流配送点1的物流公司1选择租盘,同时向物流公司2调盘,物流成本为55元;物流配送点3的物流公司3向物流公司2调盘,物流成本为60元,此周期物流总成本为175元;以此类推,后续两个周期物流总成本依次为259元和295元,四个周期的全部托盘调运总物流成本为9 954元。

在物流公司合作模式下,每个物流公司第一周期根据本周期自身托盘需求,同样选择租盘,后续三个周期各公司联合完成调盘。其中,第二周期,物流配送点1的物流公司2从同点物流公司1和物流配送点3的物流公司3调盘,成本分别为10元和30元;物流配送点3的物流公司2同时从同点物流公司3调盘,成本分别为60元,此周期物流总成本为130元;以此类推,后续两个周期物流总成本依次是160元和220元,四个周期的全部托盘调运总物流成本为9 735元。

由表4可见,物流公司合作在四个周期结束时,物流公司合作产生的总物流费用为9 735元,物流公司非合作产生的总物流费用为9 954元,比物流公司合作总物流成本高出219元。物流公司合作模式下的总成本明显小于非合作模式下的总成本,这个结果在证明本文托盘调运模型有效性的同时,说明物流公司进行合作对物流公司托盘运营管理具有实际意义,物流公司进行合作是降低成本的有效方式。

如表5和表6所示,第一周期初始托盘保有量与需求量差距较大,导致大量租盘和零库存外,后续三个周期在不同模式下的租盘和库存情况出现了变化,可以明显看出物流公司合作模式下的托盘利用率高于非合作模式下的托盘利用率,保证

托盘真正实现共享,达到共享经济的目的——托盘资源共享化和物流成本最小化。

综上所述,将城市配送体系下物流公司的托盘资源进行整合,以信息共享为资源共享的基础,物流公司之间通过合作调运共享托盘,可以实现共享互联的现代化物流。如表7所示,对物流公司合作共享托盘模式、物流公司非合作共享托盘模式以及一般共享托盘模式(以托盘运营公司为导向的托盘共享)进行对比,以城市配送过程中出现的典型问题为例进行说明。物流公司合作共享托盘是共享经济的创新模式,在托盘闲置、循环效率、物流成本、促标准化速度方面优势明显。

七、结论

城市配送系统中托盘使用规模不断扩大,共

表4 不同模式下各物流公司在多个周期的物流成本
元

物流公司	1	2	3	合计
物流公司非合作模式	3 225	3 000	3 729	9 954
物流公司合作模式	3 225	2 955	3 555	9 735

表5 不同模式下各周期租盘成本
元

周期数	1	2	3	4
物流公司非合作模式	9 225	45	45	45
物流公司合作模式	9 225	0	0	0

表6 不同模式下各周期库存成本
元

周期数	1	2	3	4
物流公司非合作模式	0	60	144	180
物流公司合作模式	0	30	60	120

表7 基于物流公司共享托盘模式对比

	物流公司合作共享托盘模式	物流公司非合作共享托盘模式	一般共享托盘模式
托盘闲置数量	少	较少	非常多
托盘循环效率	高	较低	非常低
物流成本	低	较低	高
促标准化速度	快	较快	非常慢

享托盘成为提高物流效率、降低物流成本的有效途径。本文在对国内外关于托盘的研究进行系统分析后,针对共享托盘标准化程度相比发达国家较低、忽视物流公司拥有大量自有托盘的实际问题,提出以物流公司为导向共享托盘。为了提高城市配送服务效率、托盘循环效率和标准化速度,借鉴集装箱、机器排程等领域的调运理论,本文从物流公司合作模式和非合作模式出发,阐述了城市配送条件下托盘作业过程,同时详细说明了两种模式下物流公司面临缺盘时的调运决策。考虑了影响托盘作业成本的诸多因素,如库存成本、租赁成本、调运成本等,在两种模式下建立了以最小物流成本为目标的城市配送共享托盘调运模型,用MATLAB软件编写了求解模型的程序,并通过算例验证了模型的有效性。通过结果对比分析,发现物流公司合作共享托盘调运模式具有优越性:其一,物流企业无须按照峰值购买托盘,而按照实际使用量进行调运,可以减少初期投资;其二,托盘可以循环利用,不同物流公司在同一区域内就实现了资源共享,实现了托盘在更大范围内的循环共用;其三,托盘实现了规模效应,减少了成本及空盘调运次数。最后,本文在宏观上对物流公司合作共享托盘调运模式、物流公司非合作共享托盘调运模式以及一般共享托盘调运模式进行对比,证明物流公司合作所带来的资源利用最大化,是当下最有力的策略。在政策支持下,物流公司发挥市场作用,做出合理的共享托盘调运决策,为政府出台相关的共享托盘政策提供参考依据,为共享、绿色、循环发展提供支撑。

参考文献:

- [1]包锋.城市物流“最后一公里”末端配送发展研究[J].当代经济,2018(5):68-69.
- [2]朱云桦.基于共享经济的托盘共用体系构建研究[J].物流科技,2018,41(3):40-41.
- [3]孙昊.单元化物流时代即将到来——专访中国交通运输协会托盘与单元化物流分会常务副会长靳伟[J].中国储运,2018(6):66-67.
- [4]安裕强,徐跃明.物流托盘应用现状及其在成品卷烟物流中的应用分析[J].物流技术,2018,37(5):21-24.
- [5]李太平.托盘标准及其经济贸易价值[J].物流技术与应用,2005,10(12):88-91.
- [6]刘小伟,杨磊,吴文娟.国外托盘共用模式及其对我国的启示[J].铁道货运,2015(3):47-51.
- [7]吴清一.论中国托盘共用系统的建立[J].物流技术与应用,2003(12):1-4.
- [8]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(1):15-19.
- [9]王世鹏,顾学明.建立适合我国国情的托盘循环共用系统[J].中国流通经济,2014(9):21-27.
- [10]LI S Y, PANG Y. Pallet demand prediction based on regression analysis[J]. Logistics engineering & management, 2018, 40(1): 66-67, 43.
- [11]张义龙.托盘共用系统:现代化物流发展的创新模式[J].经济导刊,2008(Z1):74-79.
- [12]赖郁尘.第三方物流企业在建立托盘共用系统中的作用[J].中国物流与采购,2010(18):60-61.
- [13]雷宁.我国托盘一体化物流浅议[J].合作经济与科技,2017(11):141-143.
- [14]张广敬.托盘循环共用体系建设标准化工作的研究与实践[J].中国集体经济,2018(19):57-58.
- [15]钟旺.托盘共用系统的建设现状分析[J].中国集体经济,2018(9):71-72.
- [16]李太平.论我国物流托盘标准的选择——基于选用国际标准数量角度[J].中国标准化,2006(4):29-32.
- [17]李太平.论我国物流托盘标准的选择——基于货运列车载盘效率角度[J].物流技术,2007,26(3):93-95.
- [18]李太平.论我国物流托盘标准的选择——基于托盘标准应用现状角度[J].标准科学,2005(12):7-10.
- [19]李太平.论我国物流托盘标准的选择——基于增进商品出口角度[J].生产力研究,2006(8):201-203.
- [20]李太平.论我国物流托盘标准的选择——基于托盘载货效率的角度[J].中国标准化,2005(10):28-31.
- [21]BRINDLEY C. Position is everything: rising transport costs make pallet logistics more critical for success[J]. Pallet enterprise, 2011(6): 24-28.
- [22]杨洋.基于集装箱资源共享的班轮公司空箱调运优化模型[J].东华大学学报(自然科学版),2010,36(5):581-587.
- [23]王铮,陆游,张景玲,等.面向港口集装箱运输的共享式集卡动态调运[J].计算机集成制造系统,2013,19(10):2607-2614.
- [24]REN J W, ZHANG X Y. Pallet recovery model based on modified pallet pool system[J]. Journal of southwest jiaotong university, 2011, 45(3): 482-485.
- [25]REN J W, ZHANG X Y. Pallet recovery stochastic programming model of pallet pool system[J]. Control & decision, 2010, 25(8): 1211-1214.
- [26]REN J W, ZHANG X Y. Two stage stochastic chance constrained programming model of pallet pool system dispatch[J]. Control & decision, 2011, 6(9): 1353-1357.

- [27]任建伟,章雪岩,张锦,等.托盘共用系统调运多情景规划模型[J].系统工程理论与实践,2014,34(7):1788-1798.
- [28]李艳.托盘共用系统调运模型和算法研究[D].成都:西南财经大学,2013.
- [29]NI L. Robust control optimization of triple-echelon closed-loop pallet pool system in multi-uncertain environment[J]. Journal of information & computational science, 2015, 12(7):2635-2645.
- [30]OU W, MA Q. Model of reverse logistics network about rental pallet recycling considering site transport capacity[C/OL].//ZHANG J, ZHANG X Q, QIU Z Q, YI P Logistics for Sustained Economic Development—Technology and Management for Efficiency, ICLEM, 2012:1339-1344[2018-10-15]. <https://doi.org/10.1061/9780784412602.0204>.
- [31]向紫燕,赵庆祯,姚树魁.数量随机环境下托盘回收的逆向物流网络设计[J].物流科技,2010,33(4):34-37.
- [32]ZHOU K, HE S W, SONG R, et al. Optimization model of railway empty pallet scheduling based on the mode of pallet pool[J]. Journal of Beijing jiaotong university, 2014, 38(3):22-26.
- [33]周康,何世伟,宋瑞,等.共用模式下的空托盘调配决策方案优化[J].控制与决策,2015,30(11):2009-2013.
- [34]ZHOU K, HE S W, SONG R, et al. Optimization of empty pallets scheduling based on different transportation modes [J]. 系统科学与信息学报(英文版), 2017, 5(2):97-110.
- [35]吴晓红,曹文彬.基于客户满意度的托盘共用系统多周期调运研究[J].合作经济与科技,2016(4):92-95.
- [36]游玲君.基于铁路托盘共用系统的托盘调运优化研究[D].北京:北京交通大学,2013.
- [37]ZHOU K, HE S W, SONG R. Optimization for service routes of pallet service center based on the pallet pool mode [J]. Computational intelligence and neuroscience, 2016, 2016:1-11.
- [38]王征宇,任建伟,马钰淇,等.基于城市共同配送系统的托盘共用调运随机规划模型[J].公路交通科技,2018,35(4):146-152.
- [39]WU J, REN J, LIU B, et al. Deterministic and multi-scenario models for pallet allocation over a pallet pool in a city joint distribution system[J]. Advances in mechanical engineering, 2016, 8(1):1-8.
- [40]ROY D, CARRANO A L, PAZOUR J A, et al. Cost-effective pallet management strategies[J]. Transportation research part E, 2016, 93:358-371.
- [41]庞彪.物流资源共享盛行[J].中国物流与采购,2017(7):41-43.

责任编辑:林英泽

Research on Urban Distribution Pallet Sharing and Scheduling Based on Logistics Company

Research Group

(1. Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Polytechnic University, Shanghai 201209, China)

Abstract: "Belt-plate transportation" can effectively improve the efficiency of urban distribution. The pallets of logistics company dominate the entire pallet market, so the effective circulation of pallet resources under the way of shared scheduling has become one of the research hotspots. Considering a large number of pallets in logistics companies on the background of shared scheduling and the situation of non-cooperation and cooperation of logistics companies, based on the multi-point scheduling of a single logistics company, the multi-point sharing scheduling of multiple logistics companies is studied. Besides, inventory cost, leasing cost, and scheduling cost are taken as the influencing factors, and the integer programming pallet sharing scheduling model is established according to the multi-cycle transportation thinking. The program of solving the model is compiled with the help of MATLAB software and the validity of the model is verified by an example. The results show that, under the cooperation mode of logistics companies, pallet sharing and scheduling can achieve the goal of effective resource circulation and the lowest total logistics cost. The cost of renting pallets is obviously higher in the non-cooperative mode of logistics companies. The sharing and scheduling of pallets under the cooperative mode gives priority to the idle pallets of logistics companies, which can effectively reduce the cost of renting pallets or purchasing pallets and improve the efficiency of resource recycling. The Shared pallet scheduling based on the cooperation mode of logistics companies realizes the recycling of their own resources, effectively promotes the efficiency of urban distribution services.

Key words: logistics company; urban distribution; sharing pallet; logistics cost; resource circulation efficiency