

Simulation and Optimization of Picking Operations in Supermarket Front Storage

Zhihong Tian^{1,a}, Liangliang Chen^{1,b}, Mumei Xia^{2,c}

¹School of Economics and Management, Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing, China

² Archive (School History) library, Beijing Union University, Beijing, China

^a tianzhihong@bigc.edu.cn

^b chenliangliang@bigc.edu.cn

^c mumei.xia@buu.edu.cn

ABSTRACT

Order picking is a core aspect that affects the operational efficiency of a front storage. In this paper, a front storage of a supermarket to-home business was taken as the study case. Key operational data such as layout, SKU, staffing and order volume were analyzed. Then, the picking operations were modeled in the Flexsim simulation platform. Based on the simulation results, two picking strategies, "fruit picking" and "seeding", were integrated to optimize the picking operations. The optimization results show a 33% reduction in average order picking time and a significant improvement in picking efficiency.

Keywords: Supermarket to home, front storage, picking operations, Flexsim

超市前置仓拣选作业仿真优化研究

田志虹^{1,a} 陈亮亮^{1,b} 夏木美^{2,c}

¹ 经济管理学院, 北京印刷学院, 北京, 中国

² 档案(校史)馆, 北京联合大学, 北京, 中国

^a tianzhihong@bigc.edu.cn

^b chenliangliang@bigc.edu.cn

^c mumei.xia@buu.edu.cn

摘要

订单拣选是影响前置仓运作效率的核心环节。本文以某超市到家业务的前置仓为研究对象,分析其布局、SKU、人员配置和订单量等关键运营数据,在 Flexsim 仿真平台中对其拣选作业进行建模。根据仿真结果提出将“摘果式”和“播种式”两种拣货策略融合,对拣货作业进行优化。优化结果显示,订单平均拣选时间缩短了 33%,拣选效率有明显提升。

关键词: 超市到家, 前置仓, 拣选作业, Flexsim 仿真

1. 引言

在疫情背景下,“超市到家”类生鲜和日用品即时配送服务快速增长,消费者希望线上下订单后可以更快地获得种类丰富、新鲜的商品,这对超市门店前置仓拣货的速度、种类和数量都有了更高的要求。同时,由于前置仓的拣选和配送作业成本占履约总成本的八成以上,其中仅拣货成本就超过五成^[1]。因此,前置仓拣货作业效率的提升是“超市到家”履约服务

质量的关键保障,也关系到企业的成本控制和竞争能力的提高。

前置仓是一种中小型的仓储配送中心,负责周边 1 至 3 公里的线上订单拣选和商品配送。超市依托其门店布局网络,一般将前置仓设置为“前店后仓”的模式,与线下超市门店共享仓储设施资源。在流通领域,前置仓还属于新生事物,其原型脱胎于传统电商配送中心,但受制于功能、场地、成本等限制,前置

仓的布局、作业流程、订单和人员设备配置等都有自身的特点。例如，“超市到家”的消费者购物行为的主要特点有：消费频次高、每个订单中的商品品类多、期望配送时间在 1 小时内。在周末和节假日这种上班族宅家休息时段、发生恶劣天气时，以及疫情防控措施严格时期，订单量常常会暴增，这给前置仓拣选的效率带来更大的挑战。

蓝赛花^[2]提出可以通过物流信息化技术的应用降低“超市到家”的配送成本和分拣成本。冯冰清等^[3]通过研究前置仓的供货策略来实现降低仓储成本。张娜娜等^[4]研究了前置仓模式中的生鲜供应链决策与协调机制。孟祥影等^[5]基于计算机仿真平台研究了配送中心各种拣选策略的性能特性及适用范围。可以看到，当前针对前置仓拣选作业的研究还很少，本文以某超市前置仓为例，研究其拣选作业流程和优化方法，目的是提高拣选效率和履约服务质量。

2. 问题描述

某大型连锁超市在北京拥有 60 家门店，其中 80% 设有前置仓。本文以大兴区某门店的前置仓 A 为研究案例。该前置仓占地面积约 200 平方米，仓库管理及分拣员工 12 人，配送员 10 人，当前保有的 SKU (Stock Keeping Unit, 库存量单位，在电商中指商品的具体品类) 数量约为 1989 个。该前置仓 SKU 如表 1 所示。该仓每日订单量从 700 单至 1800 单不等，平均约为 1000 单。

表 1 前置仓 A 当前保有的 SKU 数量

商品类别	SKU 数量 (个)	商品类别	SKU 数量 (个)
水果	32	豆制品	9
蔬菜	65	粮油调味	457
肉蛋水产	89	酒水饮料	104
方便速食	79	日用百货	583
熟食面点	43	休闲食品	312
乳品	184	其他	32
合计	1989		

该前置仓布局如图 1 所示，包括 5 个存货区，分别为粮油调味区、日用百货区、生鲜食品区、休闲食品和酒水饮料区，以及其他杂货区。在存货区前方的是拣货区，拣货后进入打包区，配送员在等候区等待领取包裹。仓内还有拣货相关物料的存储区，以及信息系统设备区等。

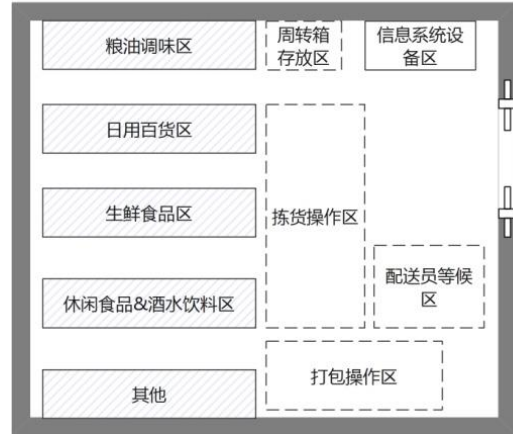


图 1 前置仓 A 布局图

不同于大型配送中心有条件采用全自动智能拣选系统，中小型前置仓受制于成本和场地的限制，多以“人工拣选”为主。目前，本前置仓每班有 5 名拣货员同时工作。拣选作业流程如图 2 所示。订单到达后，仓库管理系统生成拣货任务，分配给拣货员。拣货员拣选完毕后验核无误，打包交接给配送员进行即时上门配送。

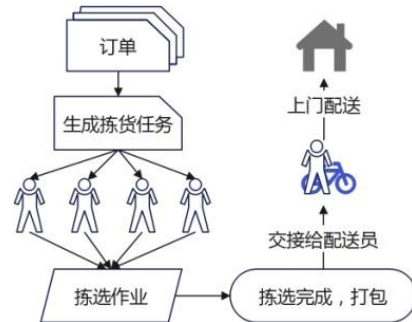


图 2 前置仓 A 的拣选作业流程

拣选策略是影响拣货作业效率的关键，其影响因素包括分区、订单分割、订单分批、分类等 4 个主要因素。在实践中根据具体情况对 4 个因素进行组合。最典型的两种拣选策略是“摘果式”和“播种式”。“摘果式”拣选是按单张订单一次拣选所有商品，优点是流程简单、责任到人、拣选准确度高、灵活机动，缺点是人员在各个货架之间行走的路线较多。“播种式”拣选是将多张订单合并处理，将其中相同的商品一次性拣出，合流后再分拣至各个订单，优点是对于内容重复度高的订单可以大大提高效率，减少重复行走，缺点是作业流程复杂，管理难度大，通常需要自动化设备作为辅助。

在调研中发现，本前置仓的不同订单之间的 SKU 重合度较小，订单矩阵非常稀疏，并且配送通常要在 0.5-1 小时内完成，因此，拣选作业的优化方向是要尽可能缩短每单订单的拣货时间。

3. 仿真模型

Flexsim 仿真平台可以在动态三维虚拟现实环境中模拟生产或物流作业流程,通过模型的构建和参数的调整来进行各种仿真实验。在 Flexsim 中对前置仓 A 进行建模,如图 3 所示。5 个货架代表 5 个货物存储区,初始库存各为 100 件,由发生器产生。拣选员的步行速度为 1 米/秒,拿起和放下商品的时间均为 2 秒/件,在货架上寻找商品的时间为 5 秒/件。当前模型采用的是基于分区的“摘果式”拣选策略,即 5 个拣选员每人负责一个货物存储区的拣选工作。当一张订单到达时,各个分区的拣货员领取任务,在各自分区拣货后送至打包台,由 1 名打包员核验后打包(耗时约 10 秒)。实验订单数据来自于现实中选取的订单,如表 2 所示,表中数字代表该分区商品件数。仿真模型中订单到达的时间间隔为 36 秒。

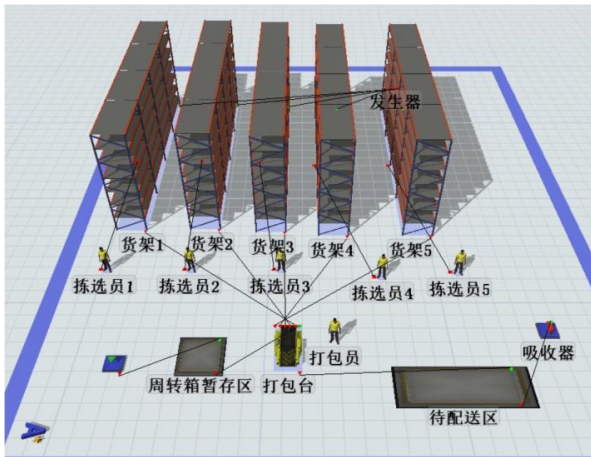


图 3 Flexsim 仿真模型

表 2 实验订单数据

订单编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分区										
日用百货	0	2	0	0	3	0	4	0	3	1
粮油调味	4	0	1	0	1	2	1	1	2	3
休闲食品&酒水饮料	3	0	2	4	1	3	0	0	1	4
生鲜食品	2	3	0	1	0	0	2	5	0	0
其他	0	1	2	2	1	1	0	0	3	1

3.1. 仿真结果分析

运行仿真模型,结果显示,订单平均拣选时间为 281 秒,最快一单为 81 秒,最慢一单为 491 秒,即从收到订单到拣货完成耗时约 8 分钟后。模型中 6 名员工的工作率如图 4 所示,工作率均不足五成,空闲时间较多。可见,当前拣选作业效率不高,还有优化的空间。

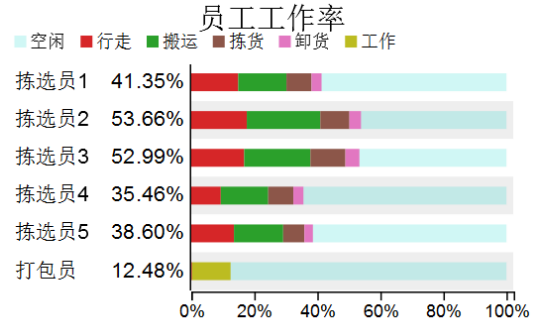


图 4 员工工作率

3.2. 优化模型及结果分析

在当前模型中增加一个打包台,可以同时处理 2 个订单,如图 5 所示。每个分区的拣货员会将 2 个订单中相同的商品合并拣货,再分别放置入两个订单对应的周转箱中。优化后的作业流程将“摘果式”和“播种式”两种拣货策略进行了融合和平衡,两个订单并行工作,既提高了每单拣货效率又不至于使拣货后的“播种”作业过于复杂。

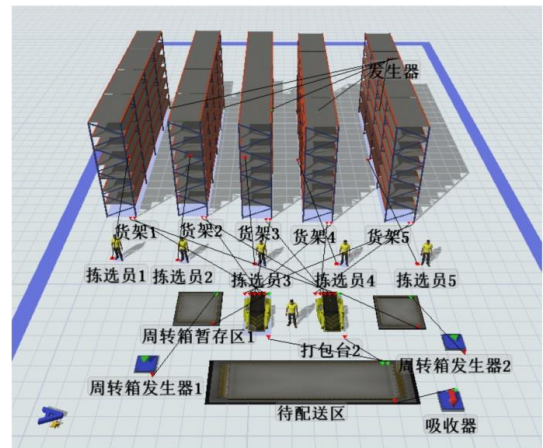


图 5 优化后的模型

运行优化模型,界面如图 6 所示。仿真结果显示,订单平均拣选时间为 188 秒,相对优化前时间缩短了 33%;最快一单为 97 秒,最慢为 298 秒(约 5 分钟),相对优化前时间缩短了 40%。模型中 6 名员工的工作率如图 7 所示,由于样本订单中各货物分区商品数量不同,拣货员的工作率也存在不平衡的现象,并且工作率仍然较低,这是接下来需要进一步优化的工作。

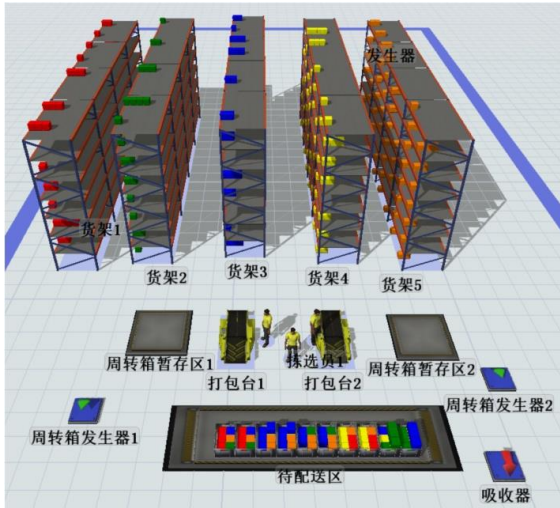


图6 优化模型运行后界面

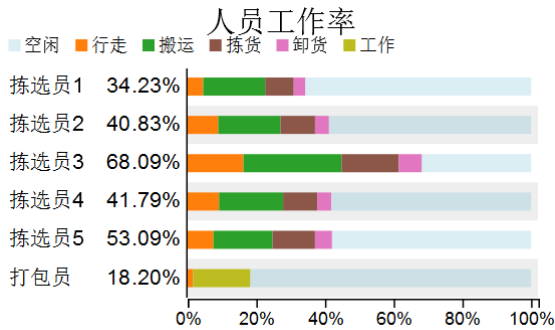


图7 优化模型的员工工作率

4. 结论

在疫情的突发事件考验下，超市到家的服务质量取决于供应链的快速反应能力，其中前置仓的拣货和配送效率是重要的一环。前置仓的发展刚刚起步，未来随着新的管理和技术创新必然会推动拣货作业效率的进一步提升。本文以某超市到家业务的前置仓A为例，分析了其布局和作业流程，并利用 Flexsim 仿真平台进行建模仿真，发现当前的基于分区的“摘果式”拣选作业效率较低，无法及时满足快速配送的要求。在优化模型中，将“摘果式”和“播种式”两种

拣货策略进行了融合和平衡，通过增加一个打包台使得2个订单可以同时拣货。仿真结果显示，订单平均拣选时间相对优化前缩短了33%，最慢一单的拣选时间相对优化前缩短了40%。该前置仓整体拣选效率大幅提升，优化措施是有效的。但同时也要看到，人员工作率仍然较低，这会造成人力资源的浪费和人力成本的增加，是未来要解决的新的问题。

项目基金

本文为北京印刷院校级项目（项目代码：Ec202209）的阶段性成果之一。

REFERENCES

- [1] Zhan, J. (2020) Research on optimization of picking strategy in supermarket pre-position warehouse. Shanghai University of Finance & Economics doctor degree thesis.
- [2] Lan, S.H. (2020) Research on logistics cost reduction strategy of "supermarket to home" in post epidemic stage. Journal of Taiyuan Urban Vocational College, 9:26-28.
- [3] Feng, B.Q., Cao, L.T., Wang, S.Y. (2021) Research on supply management of front stores based on storage theory. Manufacturing Automation, 43(10):127-130.
- [4] Zhang, N.N., Lu, L.J., Jian, Z.Q. (2021) A research on decision-makings and coordination of fresh-product supply chain in "pre-position warehouse mode" under fairness concern. Industrial Engineering Journal, 24(06): 150-157.
- [5] Meng, X.Y., Yin, J. (2013) Comparison and simulation of order picking strategy in the distribution center based on Flexsim. Journal of Beijing University of Civil Engineering & Architecture, 29(02):49-51+59.