

基于Flexsim的某医药物流中心拣货流程优化研究

杨玮, 杨超群, 杜雨潇, 曹薇, 李国栋, 高贺云
(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: **目的** 将Flexsim仿真软件应用于医药物流行业,以提高医药物流中心零货库拣货流程的运作效率。**方法** 以某大型医药物流中心为研究对象,根据该零货库区的布局,使用Flexsim仿真软件进行建模仿真,并根据订单拣选作业流程运用Flexsim脚本语言和C语言进行了编程。分析模型运行结果,找出了瓶颈,并对拣货流程进行了优化。**结果** 优化后的流程,提高了拣货作业的效率,缩短了拣货时间。**结论** 采用建模仿真的方法,找出拣货流程的瓶颈问题,并进行合理优化,可以提高医药物流中心零货库的拣货效率。

关键词: Flexsim; 医药物流; 拣货流程; 仿真优化

中图分类号: TB489 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)03-0130-08

Optimization of Picking Process in a Pharmaceutical Logistics Center Based on Flexsim

YANG Wei, YANG Chao-qun, DU Yu-xiao, CAO Wei, LI Guo-dong, GAO He-yun
(Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: The paper applied the Flexsim simulation software in pharmaceutical logistics industry in order to improve the operational efficiency of order picking process in pharmaceutical logistics center unbundled warehouse. Taking a large pharmaceutical logistics center as the research subject, according to the layout of unbundled warehouse, the simulation model was built with Flexsim simulation software, programmed with Flexsim script language and C language based on order picking process of unbundled warehouse. The simulation results were analyzed, the bottlenecks were identified, and the order picking process was optimized. The optimization results showed that the order picking time in unbundled warehouse was shorten and the efficiency of order picking operations was improved. The paper used the modeling and simulation methods to identify the bottlenecks of the order picking process, then optimized reasonably, thus improving the efficiency of order picking process in pharmaceutical logistics center unbundled warehouse.

KEY WORDS: Flexsim; pharmaceutical logistics; picking process; simulation and optimization

随着我国医药物流的迅速发展,医药物流中心成了研究的热点,医药物流中心的作业流程的合理与否,将直接影响着整个物流中心的运作效率^[1]。然而,影响医药物流中心发展最重要的因素是仓库作业流程存在很大问题,资源配置不合理^[2]。医药零售企业现已在配送环节出现瓶颈,物流作为医药零售商和医药供应商之间的重要桥梁,同时作为整个医药业快速发展的重要动力之一,实现医药商业现代化物流,实

施战略性物流系统,已经刻不容缓^[3]。与其他物流中心相比,医药物流的特点是药品种类和规格繁多、分类原则复杂、存储要求不同、药品对有效期要求严格,以及对药品出库的正确率要求高,同时医药物流中心还要符合《药品经营质量管理规范》GSP的要求,保证药品质量的稳定,满足各终端客户对药品的需求。根据目前医药物流中心存在的问题,医药物流中心零货库的拣货效率,是影响医药物流中心运作

收稿日期: 2015-05-28

作者简介: 杨玮(1972—),女,山西运城人,博士,陕西科技大学副教授、硕士生导师,主要研究方向为现代物流系统工程与技术。

效率的主要因素。随着客户订单的多样化和客户对服务质量要求的提高,零货库的拣货问题成为了研究的热点之一^[4]。

零货库的拣货作业的劳动量占用仓库作业量的60%,其移动成本占90%左右,拣货作业时间至少要占整个医药物流中心作业时间的40%,拣货成本一般要占全部运营成本的65%以上^[5-6],所以要提高整个医药物流中心的运作效率,降低其物流成本,首先要提高零货库的拣货效率,降低拣货时间和拣货成本。

目前关于拣货作业问题已经出现了大量的研究,但其主要的侧重点是对拣货方式、拣货路径以及人员分配问题进行的研究,还有一些是单纯针对拣货员的工作效率和如何提高设备利用率方面进行的研究。本文针对某一种拣货方式,从如何通过优化其拣货作业流程方面来提高零货库的拣货效率,对作业流程极其复杂的零货库的出库流程进行优化的研究较少。拣货流程繁琐复杂,将会导致拣货时间增加,拣货员的工作效率低下,设备利用率降低,进而导致拣货效率降低,使得整个医药物流中心的运作效率不高,物流成本增加。

文中针对某大型医药物流中心零货库区的拣货出库作业流程进行深入研究,采用Flexsim软件进行建模仿真,并进行相应的优化改进,使拣货流程更合理,拣货时间更短,效率更高。

1 拣货流程分析与Flexsim建模仿真

1.1 订单拣货出库流程分析

不同药品的仓储过程要求各不相同,文中主要以存储量最大的常温库存储的药品为例进行研究。该医药物流中心面积4万m²,主体由出入库暂存区、立体仓库、零货库区组成。一层是立体库和叉车库,二层是隔板货架货区,包括整箱和零货拣选区。其中,零货库区面积8500m²,分为普通货架拣选区、电子标签拣选区和复合包装区。零货库区共有31500个箱货位,出入库均由输送线连接。电子标签拣选区由流动式货架组成,配有电子标签拣选设备,主要存放拣选频次最高的零货。这种货架是利用货物的自重,从一边通道存货,另一边通道取货,具有先进先出,一次补货多次取货的优点。复合包装区包括多个复合包装台,主要完成零货出库的复合和包装。

按订单拣货的流程大致可分为摘果、播种和合并3个过程。摘果是从货架上拣选药品放入拣选篮的过

程;播种是把拣选好的药品拣选篮放到规定货架(播种墙)指定货位上的过程;合并是将播种墙上拣选篮里的药品放入从上游来的相应周转箱中的过程。当拣货员在拣取货物时,应考虑到药品的有效期,按照先进先出的原则进行拣货,应根据药品的生产日期和批号选择最先进入的药品。

零货库按订单拣货出库的具体作业流程为:当接收到订单时,系统要分配出库任务,确定各个拣货区域的任务数,然后将订单任务下发给相应区域的拣选员,并由拣选员将拣选小车和拣选篮进行关联,关联后,拣选员开始拣选货物并放入相应的拣选篮中。拣货完成后,将带有拣选篮的小车推至播种墙,与播种墙进行绑定。与此同时,系统将订单任务与周转箱绑定并将周转箱运送至相应拣货区下线位,若该拣货区任务还没有上播种墙,则需要等待任务上墙。上墙后,拣选员手持RF扫描枪,扫描周转箱上的条形码,将播种墙上亮灯的相应拣选篮内货物投入周转箱,然后将周转箱推至主输送线,按下分拨口的确认按钮,送至下一个有任务的分拣区。当电子标签拣选区有任务时,拣选员只需要用扫描枪扫描周转箱,此时流动式货架会有指示灯亮起,拣选员只需将电子标签上提示的药品数量从货架上取出放到周转箱内,并将对应指示灯拍灭,待所有电子标签灯都拍灭后,再将周转箱推回主输送线,并按下分拨口的确认按钮。当该订单的所有拣货任务完成后,周转箱输送至内复合区,审核包装员将订单信息与周转箱内的药品进行核对,确认无误后,直接放入零货箱进行包装,并贴上条码,送至分拣区准备出库。

零货库按订单拣货出库作业流程见图1。

1.2 零货库Flexsim建模仿真与结果分析

零货库区主体由普通货架拣选区、电子标签拣选区和复合包装区组成,包括如下物流设备,如普通货架、流动式货架、周转箱、输送机、播种墙、拣选小车以及拣选篮等。该医药物流中心存储的药品种类高达上万种,主要分为内服、外用和器械类药品。该零货库分为9个普通货架拣选区和4个电子标签拣选区。其中普通货架区的拣货区5和6用来存放外用药品,如红花油、创可贴等;拣货区7用来存放器械类,如温度计、药棉、针管和输液器等;其他普通货架拣货区都是用来存放内服药品的。电子标签拣选区没有对药品进行分类存放。根据零货库的平面布局、空间属性和设备的物理位置建立仓库flexsim三维模型。货物的到达和离开分别使用source(发生

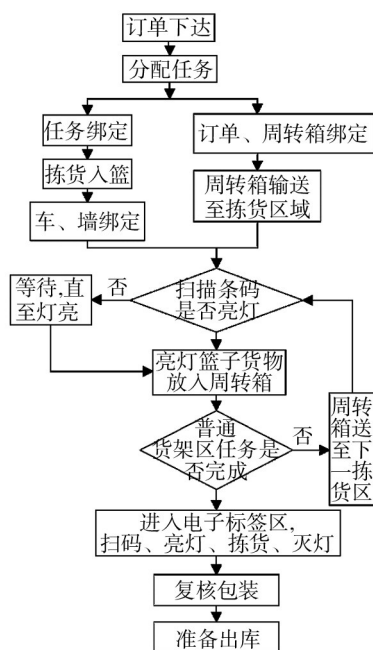


图1 拣货出库流程(优化前)

Fig.1 Picking process flowchart (before optimization)

器)和sink(吸收器)模拟;重新装配作业使用合成器(Combiner)模拟;审核包装使用processor(处理器)模拟;其他的暂存区、操作员、运输工具等均使用flexsim实体资源中相应的模型来模拟。在模型运行前,假设药品已经入库并充足。

1.2.1 参数设置与建模

采用2个发生器(source)产生实体货物(item), source1采用“到达时间表”的到达方式,0时刻到达1万个实体,直接入库;source2采用“到达时间间隔”的到达方式,到达方式服从指数分布 $\text{exponential}(0, 1, 0)$;发生的实体采用不同颜色,代表不同的货物。

采用一个发生器source3产生周转箱tote,到达时间间隔选择“查询全局表”的方式,根据订单到达的时间添加一张订单到达时间间隔的全局表。为了简化仿真模型,设置普通货架区的药品种类为90种,电子标签拣选区的药品种类为40种,即每个区域存放10种类型的药品。为了使仿真模型中的药品货物达到先进先出的目的,将相同类型的货物设置相同的标签,并设置由小到大不同的标签值,出库时选择标签值最小的货物进行出库。订单全局表是根据实际订单和模型假设的药品种类,进行简化的订单。同时将普通货架区的每个区域货架用不同颜色表示,每个拣货区分配3名操作员,2名负责从货架中拣货,1名负责将播种墙中货物投放到周转箱中,播种墙也采用货架表示。普通货架区货架有2种,分别为4层7列和4层8列,每层高0.38 m,每列宽1.8 m。每个货格的载

货数为3箱。播种墙货架为4层4列,最大容量为16。

根据药品箱的规格,要求每个货位可以存放3箱药品,所以要在货架的“进入触发”,采用flexsim脚本语言和C语言编写如下代码:

```

treenode item = parnode(1);
treenode current = ownerobject(c);
int port = parval(2);
treenode involved = item;
double newtype = duniform(1, 130);
setitemtype(involved, newtype);
colorarray(involved, newtype);
int m = rackgetbayofitem(current, item);
int n = rackgetlevelofitem(current, item);
int a = rackgetcellcontent(current, m, n);
setloc(item, 1.8 * (m - 1) + 0.1 + 0.4 * (a - 1), -0.1,
(0.38 * (n - 1)));

```

普通货架区的拣货作业流程较复杂,建模时,首先采用一个合成器将拣选篮与货物合成,再用一个合成器将带有货物的拣选篮与拣选小车合成,将小车推到播种墙后,要用一个分解器将小车与带有货物的拣选篮分开,带有货物的拣选篮进入播种墙(货架)后,用一个分解器将拣选篮与货物分开,最后用一个合成器将分开的货物与周转箱合成。考虑到有些实体是为了实现运行功能而添加的,实际不存在,所以在模型中将其隐藏。

普通货架区模型见图2。

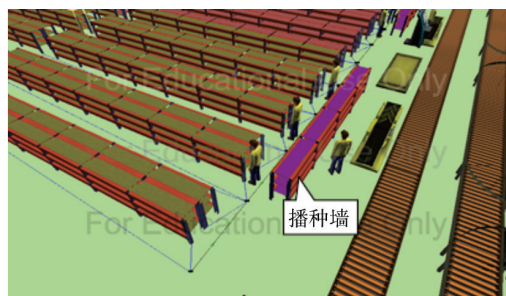


图2 普通货架区模型

Fig.2 The model of general shelf area

电子标签拣选区分为3个分区,每个分区包括2个流动式货架,并配有1名拣选员。电子标签区模型见图3。

传送带代表输送机,运行时间设置为1.5 m/s;拣选员采用系统默认设置,最大速度为2 m/s。

复合包装区采用处理器作为复合包装台,每个包装台配备1名操作员。处理器的输入端口与分拣传送带输出端口连接;处理器的输出端口与另一条分拣传

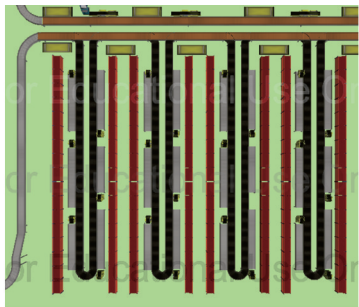


图3 电子标签区模型
Fig.3 The model of electronic label area

送带的输入端口连接;经包装合格的物资直接输出到分拣区准备出库,不合格的物资需要再进行人工处理,然后再输送到分拣区出库。包装台模型图见图4。

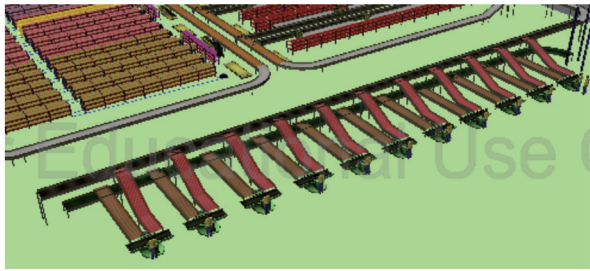


图4 包装台模型
Fig.4 The packing station model

最终建立的零货库整体的仿真模型见图5。

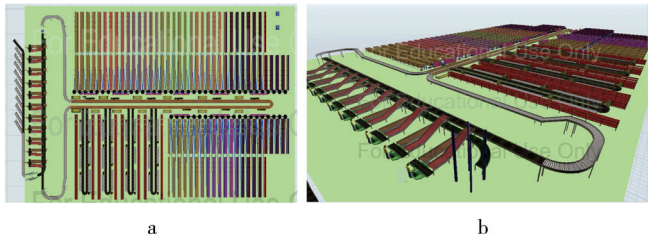


图5 零货库仿真模型
Fig.5 The simulation model of unbundled warehouse

1.2.2 运行结果分析

模型运行8 h后停止运行。首先对普通拣货区18名拣选员的状态进行分析,其工作状态表见表1。

18名拣选员的平均状态见图6。

从表1可以看出,各个拣货区拣选员的工作量和拣选时间不均衡;部分拣货区拣选员在完成现有任务后,出现等待后续任务的空闲状态;还有部分拣货区的拣选员在整个运行过程中是完全空闲的。造成以上结果的原因是由于订单任务过于集中在部分拣货区,这些拣货区的药品使用频率较高,需求量较大;部分拣货区的药品属于非常用药品,使用频率较低,导致没有订单任务或者任务数少,使得拣选员没有任务可做,处于空闲状态。由于部分拣选员处于完全空闲

表1 拣选员工作状态(优化前)
Tab.1 The working state of operators(before optimization) %

拣货区	操作员	空载行驶	装载行驶	空载偏移	装载偏移	装载	卸载	空闲
1	操作员 1	8.6	14.2	19.3	12.1	34.3	11.4	0.0
1	操作员 2	5.8	15.4	20.4	10.0	37.0	11.4	0.0
2	操作员 1	5.0	6.6	15.9	12.6	37.0	22.9	0.0
2	操作员 2	8.3	14.6	16.9	9.1	31.7	19.4	0.0
3	操作员 1	3.0	9.8	15.6	9.1	29.1	19.4	14.1
3	操作员 2	3.9	6.1	9.9	8.7	28.2	14.1	29.2
4	操作员 1	7.6	16.0	20.4	14.0	26.4	13.2	2.4
4	操作员 2	5.0	14.1	22.6	14.3	26.4	12.8	4.8
5	操作员 1	6.7	9.3	12.5	10.7	30.4	14.1	16.4
5	操作员 2	7.5	16.1	7.9	7.8	19.1	16.1	25.6
6	操作员 1	8.9	8.8	7.2	10.7	31.2	14.5	19.6
6	操作员 2	5.7	8.3	12.9	15.9	26.0	17.8	13.5
7	操作员 1	8.7	14.9	22.5	15.2	24.3	12.0	2.4
7	操作员 2	5.0	14.1	22.6	14.3	26.4	12.8	4.8
8	操作员 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
8	操作员 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
9	操作员 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
9	操作员 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

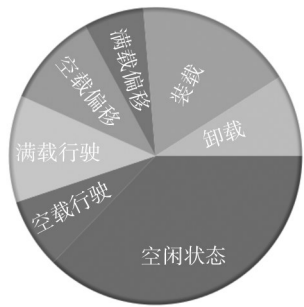


图6 所有操作员平均状态
Fig.6 The average state of all operators

状态,造成在图6拣选员平均状态图中空闲状态所占的比例较大。当有大批订单到来时,出库频率较高的药品所在拣货区域的操作员会异常繁忙,工作强度大,而部分操作员又非常空闲,造成了极大的资源浪费,资源配置不合理。

播种墙货架的容量-时间图见图7。随着模型的运行,9个播种墙上的容量也发生着变化。

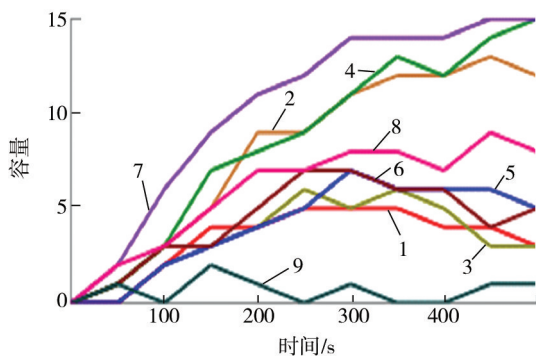


图7 9个播种墙货架容量-时间(优化前)
Fig.7 The capacity-time chart of nine sowing wall shelves (before optimization)

图7中,模型刚开始运行时,任务量小,播种墙上的容量处于低水平状态,并持续增加;随着模型继续运行,部分播种墙容量开始趋于最大容量,而另一些播种墙容量一直处于较低水平,甚至为空。造成图7现象的原因是部分拣货区域任务量大,不能及时转移到周转箱中,造成货物在播种墙堆积;部分拣货区任务不多、比较分散,播种墙货架容量也在低水平浮动。

模型运行过程中,观察到当周转箱输送到前几个普通拣货区时,拣选员在接到订单任务后,还没有拣选完毕,并与播种墙绑定,周转箱需就要等待很长时间。如果有多个订单任务同时下达,后面几个普通拣货区,由于有足够的时间拣选,播种墙被占用的时间

过长,导致后面的订单任务不能及时与播种墙绑定。综合以上分析得出,出库作业流程存在很大问题,并且对操作员的配置不合理,应该优化作业流程,并对操作员进行合理配置,将任务量大的拣货区多分配几名拣选员,同时任务量小的拣货区的拣选员数量相应减少。

2 优化改进

通过分析模型运行结果,对拣货流程进行了优化,并对模型的相应设置和参数进行了改进。根据运行结果进行优化的作业流程见图8。

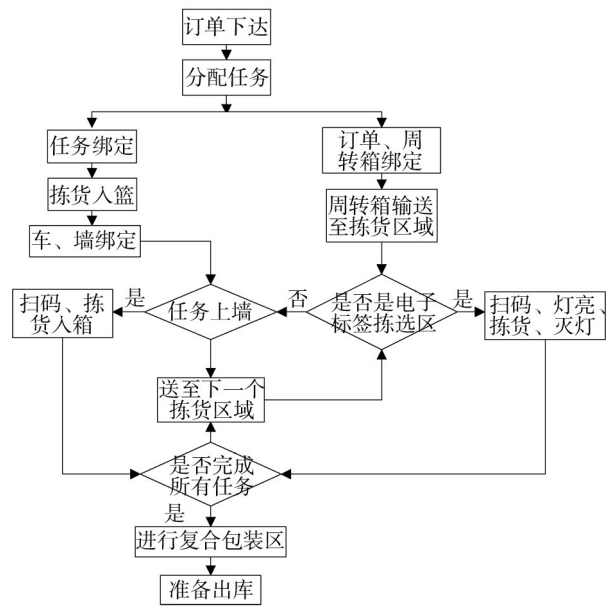


图8 拣货出库流程(优化后)
Fig.8 Picking process flowchart (after optimization)

当周转箱到达有任务的拣货区时,先判断该拣货区是否是电子标签拣选区,如果是,则按照电子标签拣选区的流程继续拣选;如果不是,再判断拣货任务是否上播种墙。如果是,则按照普通货架区拣选流程操作,如果不是,无需等待,直接进入下一个有拣货任务的拣选区。如此循环,直至将该订单的所有货物都放入周转箱后,再送至复合包装区进行审核和包装,然后送至分拣区准备出库。

对流程优化的同时,要对药品存储位置进行调整,将使用频率高和使用频率低的药品进行组合分区,让每个拣货区的拣货任务能够均衡。

根据优化后的流程,对模型进行相应的参数设置和修改,并运行模型。得到的新的拣货员状态表见表2,播种墙货架的容量-时间见图9。

表2 拣选员工作状态(优化后)

Tab.2 The working state of operators (after optimization) %

拣货区	操作员	空载行驶	装载行驶	空载偏移	装载偏移	装载	卸载	空闲
1	操作员 1	6.9	12.8	12.2	10.0	33.6	10.3	9.2
1	操作员 2	5.7	13.2	18.4	12.7	32.4	9.2	8.4
2	操作员 1	4.3	6.2	13.7	9.4	28.7	18.1	19.6
2	操作员 2	5.3	6.4	12.6	11.0	24.9	15.6	24.3
3	操作员 1	6.8	5.3	15.6	12.2	27.7	16.3	16.1
3	操作员 2	6.9	9.6	14.5	10.1	28.3	18.1	12.4
4	操作员 1	7.4	11.4	12.5	12.0	26.5	16.9	13.4
4	操作员 2	5.7	8.3	12.9	15.9	26.0	17.8	13.5
5	操作员 1	4.8	4.3	14.6	11.2	24.7	14.3	26.1
5	操作员 2	6.1	15.2	14.7	10.1	17.7	9.3	26.8
6	操作员 1	20.7	25.6	10.6	5.5	13.6	6.3	17.6
6	操作员 2	21.4	21.8	13.5	5.3	15.5	6.4	16.1
7	操作员 1	6.7	12.9	12.5	9.2	24.3	12.0	22.4
7	操作员 2	5.0	10.1	18.6	10.3	20.4	10.8	24.8
8	操作员 1	5.8	6.4	12.1	11.0	23.9	14.6	26.3
8	操作员 2	5.3	5.4	13.6	12.0	21.9	12.6	28.3
9	操作员 1	9.1	12.8	8.9	9.8	12.6	9.2	37.6
9	操作员 2	13.0	16.9	8.5	3.6	14.6	8.1	35.3

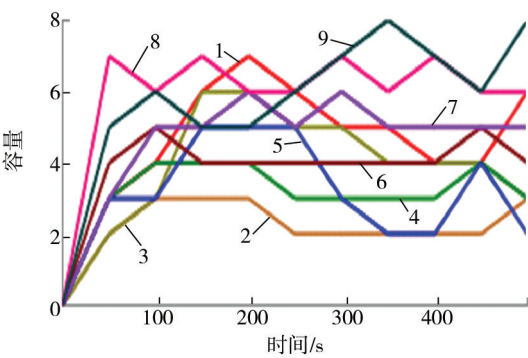


图9 9个播种墙货架容量-时间(优化后)

Fig.9 The capacity-time chart of sowing wall shelves (after optimization)

从表2可以看出,优化后9个拣货区的拣货员没有出现完全空闲状态,工作效率大幅提升,同时还保证了适当的工作强度,不至于任务量过于繁重。从图9中可以看出,模型刚开始运行时,与优化前差别不大,随着运行时间的增加,播种墙货架上的容量虽然一直在上下浮动,但是容量一直处于适当水平,不会出现堆积现象。流程优化后,周转箱不会在某个拣货区长时间等待,对应的播种墙也不会出现堆积现象,提高了拣货效率。

同时,为了验证流程优化前后对订单拣选时间的影响,让优化前后的模型都执行这10个订单任务,来

查看任务执行完(完成复合包装)所用的时间,并进行比较,表3为其中一个订单的明细出。根据10个订单所包含药品的存储位置和所需数量将其进行简化,简化后的订单只显示一个订单需要去哪几个拣货区取货,每个拣货区要取药品的总数量。10个订单的全局表见图10,其中列表示订单号,行表示每个拣货区需要拣取的总数量。

Model 订单												
订单											行数	列数
	单1	单2	单3	单4	单5	单6	单7	单8	单9	单10		
普通1区	5.00	10.00	0.00	0.00	8.00	0.00	12.00	5.00	0.00	0.00		
普通2区	0.00	6.00	0.00	5.00	10.00	0.00	8.00	0.00	12.00	0.00		
普通3区	18.00	0.00	8.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	10.00	0.00	15.00	
普通4区	11.00	0.00	12.00	0.00	5.00	0.00	0.00	15.00	0.00	0.00		
普通5区	0.00	3.00	0.00	15.00	0.00	0.00	5.00	0.00	16.00	8.00		
普通6区	0.00	12.00	0.00	0.00	15.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00		
普通7区	15.00	0.00	5.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00		
普通8区	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	8.00	12.00	0.00	5.00	10.00		
普通9区	0.00	0.00	8.00	0.00	10.00	12.00	0.00	12.00	0.00	0.00		
电子1区	10.00	0.00	0.00	20.00	10.00	0.00	12.00	0.00	6.00	0.00		
电子2区	0.00	20.00	8.00	12.00	6.00	0.00	15.00	10.00	0.00	8.00		
电子3区	7.00	5.00	0.00	7.00	12.00	8.00	0.00	8.00	12.00	10.00		
电子4区	20.00	15.00	5.00	0.00	10.00	8.00	12.00	20.00	6.00	10.00		

图10 10个订单任务的全局表

Fig.10 The global table of task of ten orders

模型需要在订单任务完成后自动停止运行,此时需要在分拣机传送单的“进入触发”编写如下程序:

```
treenode item = parnode(1);
treenode current = ownerobject(c);
```

表3 订单1明细
Tab.3 The details of order one

商品名称	类型	区域	数量(盒)	商品名称	类型	区域	数量(盒)
复方氨酚烷胺胶囊	内服	普通1区	5	体温计(露水牌)	器械	普通7区	3
小儿咽扁颗粒	内服	普通1区	5	医用棉签(灭菌)	器械	普通7区	12
奥美拉唑钠肠溶片	内服	普通1区	5	六味地黄丸	内服	电子1区	4
六味地黄丸(浓缩丸)	内服	普通3区	6	藿香正气胶囊	内服	电子1区	6
醒脾养儿颗粒	内服	普通3区	8	伤湿止痛膏XY	外用	电子3区	4
牛黄解毒片	内服	普通3区	4	麝香壮骨膏	外用	电子3区	3
青霉素V钾片	内服	普通4区	5	一次性输液器	器械	电子4区	12
乙酰螺旋霉素片	内服	普通4区	6	一次性使用无菌注射器	器械	电子4区	8

```
int port = parval(2);
int m=getinput(current);
int n=getentrytime(item);
if (m==10)
    stoptime(n);
```

当优化前后的2个模型自动停止运行后,观察它们的运行时间:优化前10个订单拣选完成的时间是1435.20 s,优化后,同样的订单执行时间仅1004.57 s,拣货时间大大缩短。为了进一步证明该结论的准确性,又分别对20个订单、30个订单、40个订单、50个订单、60个订单进行模拟运行,优化前后的模型的运行时间对比见图11。

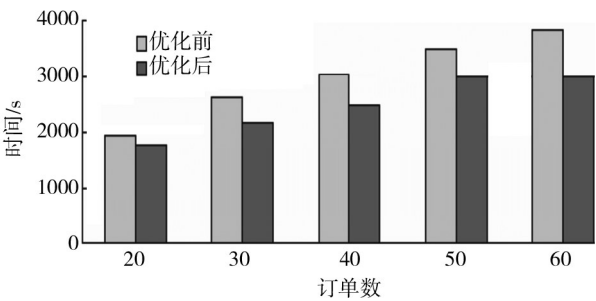


图11 完成不同数量订单运行的时间对比
Fig.11 Comparison of the completing time of orders of different amounts

从图11可以看出,对于不同数量的订单任务,优化后的运行时间与优化前相比,都相应减少,所以优化后的流程大大缩短了拣货时间,提高了运作效率。

3 结语

针对该大型医药物流中心零货库的现状,为提高零货库拣货作业流程的运作效率,采用Flexsim仿真软件对其进行建模分析。根据医药物流中心零货库拣货出库的作业流程以及现有的人员分配情况,进行建

模仿真。通过模型运行,发现在某些播种墙货架上会出现货物堆积的现象,同时运行结果还表明操作员分配不合理。根据实际情况对作业流程进行了优化,并对人员分配情况和模型参数进行了适当调整,从而使拣货时间减少,拣货效率提高,使资源合理利用。

参考文献:

[1] 李浩娜,赵文娇,贾晖,等. 从药品的流通特性看药品中间流通环节改革[J]. 中国新药杂志, 2011, 20(13): 1158—1160.
LI Hao-na, ZHAO Wen-jiao, JIA Hui, et al. Research Intermediate Reform of Drugs from the Drugs Flow Properties[J]. Chinese Journal of New Drugs, 2011, 20(13): 1158—1160.

[2] 许彤. 医药物流运作管理优化分析[J]. 物流科技, 2011, 34(5): 57—61.
XU Tong. Pharmaceutical Logistics Management Optimization Analysis[J]. Logistics Technology, 2011, 34(5): 57—61.

[3] 周雪. 对医药物流发展的研究和探讨[J]. 贵州民族学院学报, 2009, 1(113): 235—238.
ZHOU Xue. Study and Research on Pharmaceutical Logistics Development[J]. Journal of Guizhou Minzu University, 2009, 1(113): 235—238.

[4] 周璐璐. 配送中心拣货问题研究综述[J]. 中国商贸, 2013(16): 148—149.
ZHOU Lu-lu. Review of Picking Issues in Distribution Center [J]. China Business, 2013(16): 148—149.

[5] 雷斌,蒋兆远,马殷元,等. 配送中心分区同步拣货系统人

- 员分配策略研究[J]. 计算机工程与应用, 2014(24):4—9.
- LEI Bin, JIANG Zhao-yuan, MA Yin-yuan, et al. Distribution Center Zoning Synchronous Picking System Personnel Assigned Strategies[J]. Computer Engineering and Applications, 2014(24):4—9.
- [6] 李建斌, 周玮, 陈峰, 等. B2C 电子商务仓库拣货路径优化策略应用研究[J]. 运筹与管理, 2014(1):7—14.
- LI Jian-bin, ZHOU Wei, CHEN Feng, et al. Research on B2C E-commerce Warehouse Picking Route Optimization Strategy [J]. Operations Research and Management, 2014(1):7—14.
- [7] 陈静. 基于 Flexsim 的物流配送中心规划模式的改进[J]. 物流技术, 2014(11):60—64.
- CHEN Jing. Improvements to Logistics Distribution Center Planning Model Based on Flexsim[J]. Logistics technology, 2014(11):60—64.
- [8] 许小利, 崔雪丽. 基于 Flexsim 的配送中心拣选作业系统仿真与优化[J]. 价值工程, 2015(12):39—41.
- XU Xiao-li, CUI Xue-li. Simulation and Optimization of the Distribution Center Order Picking System Based On Flexsim [J]. Value Engineering, 2015(12):39—41.
- [9] 宋志兰, 赵迟明, 夏露等. 医药商业企业物流系统的规划设计[J]. 物流技术与应用, 2014, 19(11):126—129.
- SONG Zhi-lan, ZHAO Chi-ming, XIA Lu, et al. Planning Design on Pharmaceutical Commercial Enterprise Logistics System[J]. Logistics Technology and Application, 2014, 19(11):126—129.
- [10] 覃拥. 医药物流中心拣货作业模式的选择[J]. 物流技术与应用, 2011, 16(2):85—88.
- QIN Yong. Choose Pharmaceutical Logistics Center Order Picking Mode[J]. Logistics Technology and Application, 2011, 16(2):85—88.
- [11] 马俊. Flexsim 仿真软件在物流中心拣货流程中的实际应用[J]. 企业导报, 2013(4):296.
- MA Jun. Flexsim Simulation Software Practical Application in the Logistics Center of the Picking Process[J]. Enterprise Herald, 2013(4):296.
- [12] 虞燕铭, 高俊. 基于 Flexsim 的医药配送中心仿真应用研究[J]. 现代物流, 2009(1):52—55.
- YU Yan-ming, GAO Jun. Simulation Research on Pharmaceutical Distribution Centers Based on Flexsim[J]. Modern Logistics, 2009(1):52—55.
- [13] 张李威. 基于 Flexsim 的物流仓储中心系统仿真与优化[D]. 武汉: 湖北大学, 2013.
- ZHANG Li-wei. Simulation and Optimization of Logistics and Warehousing Center System Based on Flexsim[D]. Wuhan: Hubei University, 2013.
- [14] 卢少平, 张贻弓, 吴耀华, 等. 自动分拣系统并行分区拣选优化策略[J]. 深圳大学学报, 2010, 27(1):120—126.
- LU Shao-ping, ZHANG Yi-gong, WU Yao-hua, et al. Optimization Strategy of Parallel Zone Picking in Automatic Sorting System[J]. Shenzhen University, 2010, 27(1):120—126.
- [15] 吴颖颖, 吴耀华. 基于并行拣选的自动拣选系统订单拆分优化[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(10):2264—2272.
- WU Ying-ying, WU Yao-hua. Optimization of Order Split in Automatic Order Picking System Based on Parallel Picking[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2012, 18(10):2264—2272.
- [16] 常发亮, 刘增晓, 辛征, 等. 自动化立体仓库拣选作业路径优化问题研究[J]. 系统工程理论与实践, 2007(2):139—143.
- CHANG Fa-liang, LIU Zeng-xiao, XIN Zheng, et al. Optimization Research on AS/RS Picking Path[J]. Systems Engineering Theory and Practice, 2007(2):139—143.
- [17] C H Y LAM, K L CHOY, G T S HO ET AL. An Order-Picking Operations System for Managing the Batching Activities in a Warehouse[J]. International Journal of Systems Science, 2014, 45(6).
- [18] Jason Chao-Hsien PAN, Po-Hsun SHIH, Ming-Hung WU. Storage Assignment Problem with Travel Distance and Blocking Considerations for a Picker-to-part Order Picking System[J]. Computers & Industrial Engineering, 2012, 62(2).
- [19] K Moeller. Increasing Warehouse Order Picking Performance by Sequence Optimization[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2011, 20.
- [20] E H GROSSE, C H GLOCK. The Effect of Worker Learning on Manual Order Picking Processes[J]. International Journal of Production Economics, 2014.