

基于连续性库存检查策略的库存系统仿真优化^①

董福贵, 贾朝晖, 刘慧美

(华北电力大学 经济与管理学院 北京 102206)

摘要: 库存能够保证企业的正常运作, 但过多的库存又导致库存成本增加、占用大量流动资金. 因此, 有必要在库存持有量和成本之间寻求一个平衡点. 利用 AnyLogic 软件构建了单一库存点的库存仿真系统. 以连续性库存检查策略为例进行仿真与优化实验, 得出最优库存控制策略, 在保证客户服务水平的基础上实现了库存成本最低.

关键词: 单一库存点; 最优库存控制策略; AnyLogic

Simulation and Optimization of Inventory System Based on Continuous Review Strategy

DONG Fu-Gui, JIA Zhao-Hui, LIU Hui-Mei

(School of Economics and Management, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: Inventory can help the enterprises operate regularly, but it will results more inventory costs and take up a massive influx of funding. So it is necessary to find a balance between inventory holdings and inventory costs. This paper use AnyLogic to build a simulation and optimization of inventory system based on single inventory point. It simulates a process including suppliers, purchasing departments, customers and information flows. At last, we use continuous review model to make simulation and optimization, and obtain optimal strategy which can achieve lowest cost.

Key words: single inventory point; optimal inventory strategy; AnyLogic

库存是指用于将来的、暂时处于闲置状态的资源, 它能在供给和需求出现变化或者具有不确定的时候保证企业的正常运作、节省订货费用、利于缩短订货至交货周期、提高服务水平; 但是过多的库存又导致了昂贵的库存持有成本、占用了大量的流动资金. 因此, 有必要在库存持有量和库存成本之间寻求一个平衡点.

基于物资需求特性制定的采购方案主要有三种:

(1) 基于需求计划的零库存采购: 适用于基建、大型技改工程等供应数量大、时限性强的物资.

(2) 基于安全库存的合理储备采购: 适用于出入库领用频繁的生产类物资.

(3) 基于随用随领的寄售采购和补仓采购: 适用于低值易耗、使用频率高、需求随机、技术标准统一、质量免检的消耗性物品以及行政办公用品等物资.

本文所建立的库存仿真系统主要研究对象是仓库, 但同时也包含了处于同一条供应链上的供应商和客户, 模拟物资存储、订货、补货等过程. 库存系统的顶层

模型如图 1 所示, 模型包含客户、仓库、供应商三个子模块: 客户产生需求由仓库接收, 仓库按一定的顺序对需求进行排队、处理, 并检查库存、统计库存信息、按照某一补货策略及时向供应商发出补货需求, 供应商则按照补货需求进行补货, 由仓库接收并送达客户手中.

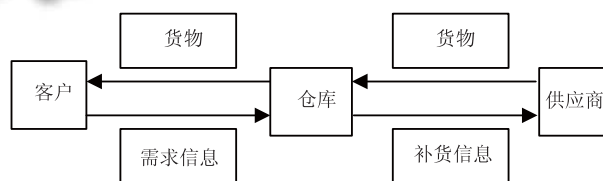


图 1 库存系统顶层模型

目前, 国内外许多学者对库存管理控制进行了研究, 主要涉及信息协调^[1]、信息共享^[2]对供应链上各节点库存控制影响的研究、牛鞭效应的定量研究^[3]、不同库存补充策略对企业性能的研究^[4-6]等. 文献[4] 研

^① 收稿时间:2013-05-20;收到修改稿时间:2013-07-26

究了一个基于 Arena 的多级库存系统成本优化问题的仿真模型, 每个库存节点都使用(R, Q)策略, 综合考虑零售商订单满足率和整个供应链的库存成本, 并通过建立 Arena 仿真模型, 用寻优软件 OptQuest 来确定了各个零售商的最优订货点和订货批量, 优化了供应链的总成本。

Anylogic 是一种创新建模工具, 它集成了近十年内仿真建模科学和信息技术中的最新进展和突破, 具有可视性、可扩展性、交互性等功能特点。Anylogic 仿真软件被广泛的应用于车站集散能力仿真、牛鞭效应仿真等不同环境下的物流系统仿真。本文则在文献[4]的基础上, 使用 AnyLogic 仿真软件构建了单一库存点的库存仿真系统, 模拟了电力供应链上供应商、电力物资采购部门、客户之间的物流、信息流的传递过程, 并以连续性库存检查策略为例进行了仿真实验与优化实验。

1 连续性库存检查控制策略

经典库存理论根据库存检查的方式, 将库存控制策略分为周期检查库存控制策略和连续检查库存控制策略。前者按固定周期对库存状态进行检查, 有(t,S)和(t,R,S)两种策略; 后者持续关注库存水平的变化, 有(Q,R)和(R,S)两种策略。

连续性库存检查控制策略是一种对库存水平进行连续检查, 一旦低于再订货点立即发出一次订货的库存控制策略, 它适用于周转慢、价值较高的产品, 连续系统又称为固定订货量系统。批量订货策略是指, 每次的订货批量是固定的, 该订货策略通常与连续性库存检查控制策略相结合。

(Q,R)策略要求对库存水平的变化进行连续检查, 一旦库存水平低于订货点 R, 仓库就会向供应商发出一条补货信息, 订货量固定为 Q。采用(R,S)策略时, 只有当库存水平低于订货点时才发出补货信息, 使得库存水平达到最高水平 S。

2 基于Agent的仿真模型

在 Agent 建模结构中, 仿真模型的基本构成元素是 Agent。Agent 可以理解为具有完整计算能力的智能主体, 它具有认知、推理、决策、规划、通信以及协作等行为能力和特征, 是有别于对象的一种更高层次的建模概念^[7]。

2.1 仿真模型工作流程

模型采用基于 Agent 的建模方式, 系统中设有仓库和供应商两个 Agent, 仓库 Agent 实现订单管理、库存控制和成本统计功能, 供应商 Agent 主要模拟补货功能。仿真模型的工作机制如图 2 所示。

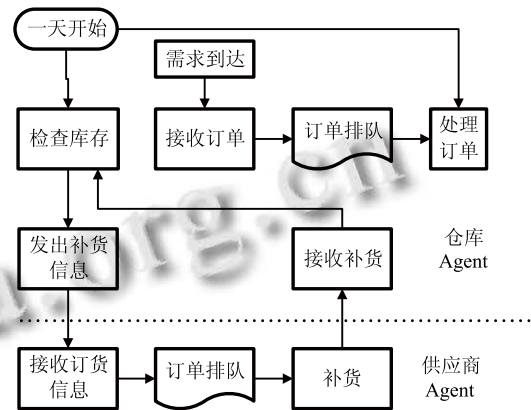


图 2 仿真模型的工作机制

仓库 Agent 在每天开始的时候检查库存、处理订单, 同时需求的到达会触发一系列事件, 导致 Agent 内部的属性和行为发生变化。首先客户到达并产生随机需求, 仓库 Agent 接收订单、记录客户需求信息, 并按照先到先服务的原则处理客户订单: (1) 如果当前库存能满足该订单量, 则以在库库存满足需求; 否则检查在途库存, 如果在途库存量能够满足剩余的需求量, 则考虑以在途库存弥补剩余订单量; (2) 当在途库存能在客户愿意等待的时间内到达, 则以在途库存弥补剩余订单, 不计缺货损失, 否则客户需求不能完全满足, 计入缺货损失。其处理订单流程如图 3 所示。

每当仓库 Agent 成功处理一个订单, 库存系统状态就会发生变化, 由于模型采用连续性库存检查策略, 需要持续不断的关注库存水平的变化。因此, 仓库 Agent 处理完一个订单后开始检查库存。采用(Q,R)策略时, 当在库库存量低于订货点 R, 仓库 Agent 就会向供应商 Agent 发出一条补货信息, 订货量固定为 Q。采用(R,S)策略时, 仓库 Agent 执行相应的功能函数, 当在库库存量低于订货点 R, 向供应商发出补货请求, 订货量刚好使库存达到最高水平。

供应商 Agent 主要实现补货的功能, 处理补货需求的过程与仓库 Agent 类似, 其工作流程如图 4 所示。

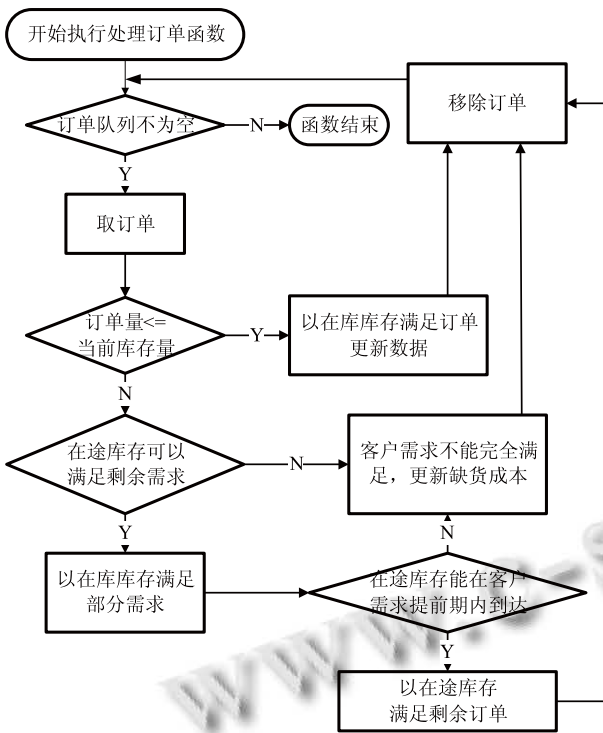


图 3 仓库 Agent 处理订单流程图

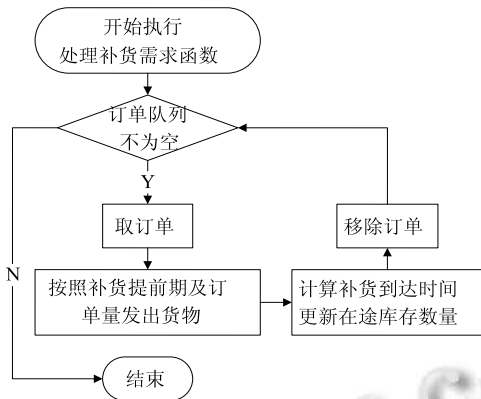


图 4 供应商 Agent 处理订单流程图

2.2 仿真指标

库存管理的基本评价指标为: 库存资金周转率、服务水平、缺货率及平均供应费用等. 本文则采用了订单满足率(服务水平)和仓库的总成本作为仿真指标.

(1) 服务水平 S(service level)的计算公式如下,

$$S = \frac{P}{D} \times 100\% = \frac{P}{(P+Q)} \times 100\% \tag{1}$$

其中 P 为供应量, D 为需求量, Q 为缺货量.

(2) 库存总成本 C 的计算公式如下:

$$C = C_o + C_R + C_Q \tag{2}$$

其中 C 为库存总成本、CO 为订货成本、CR 为库存持有成本、CR 为缺货成本.

3 仿真实验

利用 AnyLogic 软件构建了单一库存点的库存仿真系统的一般流程:

首先, 进行系统分析, 分析利用 AnyLogic 软件构建单一库存点的库存仿真系统影响因素, 确立仿真目标, 本文以提高服务水平及降低库存成本为目标; 其次, 搜集仿真影响因素的参数, 如客户需求、需求提前期、库存等参数; 再次, 进行仿真参数设置, 设置并定义主要控件. 最后, 结果分析比较及决策.

本文按照上述步骤进行仿真构建, 针对连续性库存检查策略, 基于 AnyLogic 仿真软件模拟了单一库存点的库存系统; 其中客户采用独立的、无价格折扣的订货策略; 客户的需求随机, 且对订单的时间窗有约束: 若客户的订单在一定时间窗内完成则不考虑缺货损失, 否则考虑部分缺货损失.

由于客户的需求量变化以及需求提前期(要求货物多长时间内送达)是影响库存变化的关键因素之一, 与库存控制有直接的关系, 并且是利用 AnyLogic 软件构建仿真模型的重要参数. 本文在进行系统仿真时以不确定性需求为例进行仿真运算, 根据历史数据可以得到需求量的概率分布特点. 因此, 模型中假设客户需求服从均值为 500 方差为 12(件/天)的正态分布, 需求提前期服从均值为 2.5 方差为 0.8 的正态分布; 仓库的最大库存量为 3000 件, 安全库存为 1500 件; 并假设供应商生产能力无限, 均能满足仓库的订货需求.

仿真实验中应用的主要控件及说明如表 1 所示.

应用 Anylog 软件进行仿真实验的运行界面如表 2 所示. 表 3 中记录了分别采取不同库存策略时二次仿真的结果比较.

服务水平用红色的点表示, 其中上表最后一行记录了两种补货策略一次仿真的服务水平及各项库存成本的统计结果. 由表 3 可知(R,S)补货策略明显比(Q,R)策略的服务水平高, 缺货成本少, 但是相应的库存持有成本偏高, 整体来看(R,S)补货策略要优于(Q,R)策略.

4 优化实验

优化就是从最好的可行解中寻找最优条件组合的过程, AnyLogic 的优化是基于 OptQuest 引擎建立的,

能够在特定的约束条件下, 自动找到模型的最佳参数.

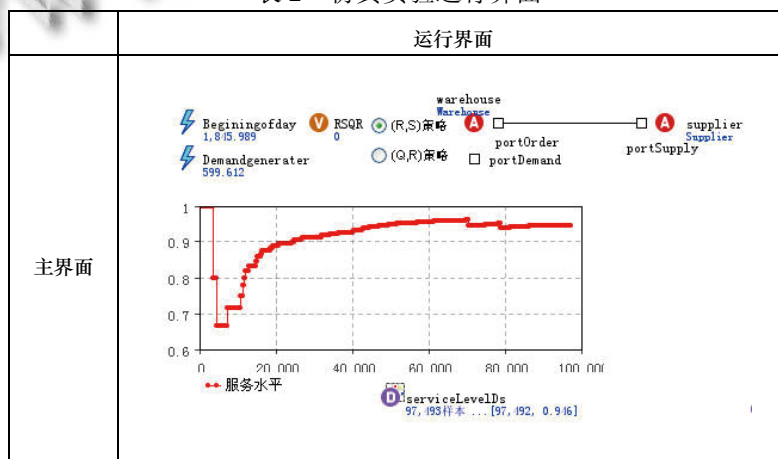
本文对(R,S)补货策略进行了优化, 以订货点 R 为参数, 以总成本最小为目标, 以服务水平大于等于 0.95 为要求, 在仿真运行结束后进行检验以确定解是

否可行. 通过使用重复(采用变化重复次数: 即当达到置信水平时, 在最小重复次数后停止重复)支持在不确定的条件下进行优化. 表 4 所示为经过两次仿真得到的优化实验结果.

表 1 主要控件说明

主要控件	控件类型	作用
Beginingofday	事件	定义每天开始时模型中发生的事件
Demandgenerator	事件	产生客户需求
Replenishment	动态事件	按提前期要求定时发出补货
portDemand	端口	仓库接收需求订单并触发需求处理事件
portOrder	端口	过该端口仓库的订货信息通发送给供应商、供应商的补货信息反馈给仓库
portSupply	端口	供应商接收仓库的订货信息, 并向仓库补货
demands	收集变量	已到达的订单按到达时间以队列形式存储
orders	收集变量	已到达的补货需求按到达时间以队列形式存储
Demand	类	定义客户需求的需求量、需求提前期、需求到达的当前时间
Order	类	定义补货需求的订货量
checkDemands	函数	处理客户订单
checkOrders	函数	处理补货需求
order	函数	检查库存并及时向供应商发出补货需求
replenishstrategy	单选框	选择补货策略
I	简单变量	仓库的当前库存量
expected	简单变量	在途库存量
leadTime	简单变量	补货提前期
S	参数	采用 (R,S) 策略时的最大库存量
R	参数	采用 (R,S) 策略时的订货点 R
RS	函数	采用 (R,S) 策略时的补货函数
Q	参数	采用 (Q,R) 策略时的最大库存量
R1	参数	采用 (Q,R) 策略时的订货点 R
QR	函数	采用 (Q,R) 策略时的补货函数
fulfilled	简单变量	已满足的订单数量
backOff	简单变量	未能满足的订单数量
serviceLevel	简单变量	服务水平
totalCostAccount	函数	核算总成本

表 2 仿真实验运行界面



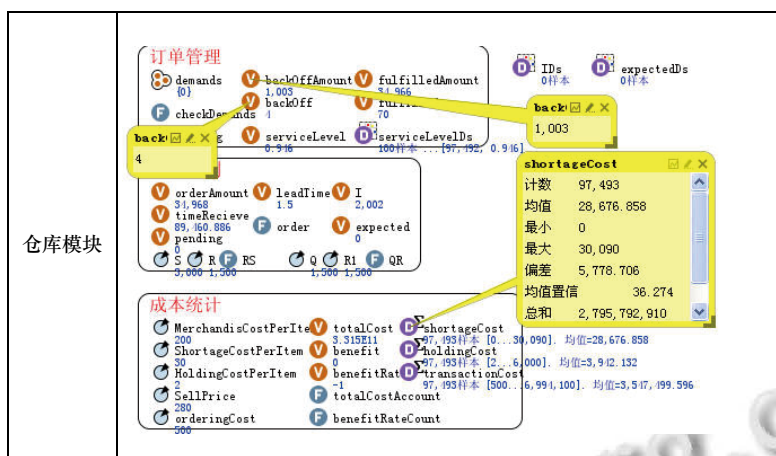


表 3 不同库存策略的服务水平

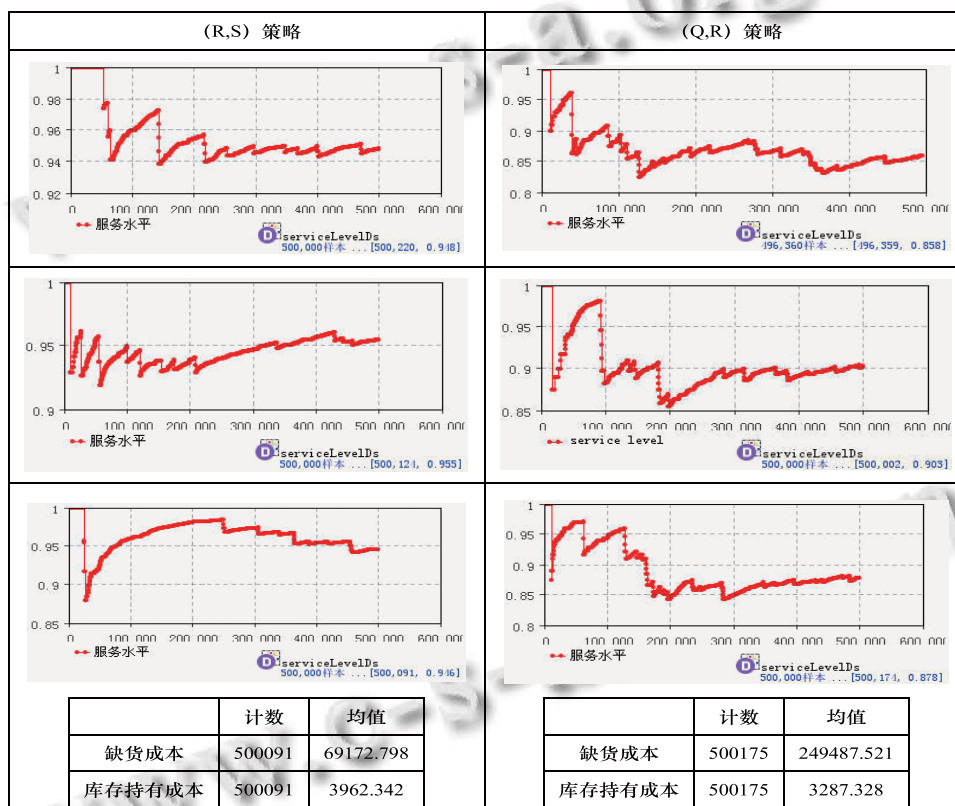


表 4 优化实验结果



结果表明,安全库存设置为 $(1044+1270)/2=1157$ 即可在保证客户服务水平的基础上实现库存成本较低.

5 结论

为了在库存持有量和库存成本之间寻求一个平衡点,本文利用 AnyLogic 软件构建了单一库存点的库存仿真系统,模拟了电力供应链上供应商、电力物资采购部门、客户之间的物流、信息流的传递过程.并以

(下转第 205 页)

到节能的关键点。

4 结语

本文基于区域能源管理系统已有数据,针对区域工业企业能耗提出一种数据挖掘模型,该模型使用 K-均值聚类和多维关联规则算法,先通过 K-均值聚类分析区域不同行业的能耗特征,并找出同行业的高能耗企业和低能耗企业,指导区域能源监察工作,再使用多维关联规则算法,在高能耗企业数据集中找到生产中的低能效工艺设备,在低能耗企业数据集中找到高能效工艺设备,淘汰低能效设备,推广高能效设备,为区域节能提供具体指导。该模型可在不同区域的能源监察工作中推广使用,也可用于能源部门对地区的能源使用进行评估。

参考文献

- 1 Van Gorp JC. Maximizing energy savings with enterprise energy management systems. Pulp and Paper Industry Technical Conference. 2004. Conference Record of the 2004 Annual. Michigan, University of Michigan. 2004. 175-181.
- 2 胡轶群,王坚,凌卫青.高能耗企业节能潜力分析方法.机电一体化,2012(1):57-62.
- 3 马福民.支持企业能效评估的能源消耗系统模型及其分析方法研究[博士学位论文].上海:同济大学,2008.
- 4 宋宏坤.需求侧管理项目评估模型及其实施机制的研究[博士学位论文].南京:东南大学,2007.
- 5 高虎,梁志鹏,庄幸.LEAP 模型在可再生能源规划中的应用.中国能源,2004,26(10):34-37.
- 6 Jebaraj S, Iniyar S. A review of energy models. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2006, 10 (4): 281-311.
- 7 Al-Shehri A, Inr J. A simple forecasting model for industrial electric energy consumption. Energy Res., 2000, 24 (8): 719-726.
- 8 黄俊,周猛,王海俊.ARMA 模型在我国能源消费预测中的应用.统计与决策,2004,(12):49-50.
- 9 佟庆,白泉,刘滨.MARKAL 模型在北京中远期能源发展研究中的应用.中国能源,2004,26(6):36-40.

(上接第 148 页)

连续性库存检查策略为例,在客户需求及提前期不确定的条件下,进行了仿真实验与优化实验,得出最优库存控制策略,在保证客户服务水平的基础上实现了库存成本最低。

参考文献

- 1 张晴,刘志学.基于多 agent 的供应链信息协调建模与仿真.计算机应用研究,2009,26(10):3709-3711.
- 2 Hall DC, Saygin C. Impact of information sharing on supply chain performance. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2012, 58(1-4): 397-409.
- 3 Bhattacharya R., Bandyopadhyay S. A review of the causes of bullwhip effect in a supply chain. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, 54(9-12): 1245-1261.
- 4 万杰,赵丛,韩建枫.基于(R,Q)库存策略的供应链系统成本仿真研究.河北工业大学学报,2010,39(1):79-83.
- 5 周宁.供应链环境下易逝品的补货策略模型与仿真研究.沈阳:东北大学,2008.
- 6 马士华,黄焜,何媛媛.基于 Supply-Hub 运作模式的供应商协同补货策略研究.管理工程学报,2011,25(1):26-32.
- 7 李文锋,袁兵,张煜.物流系统建模与仿真.北京:科学出版社,2010.
- 8 Li WF, Li CM. Transshipment policy research of multi-location inventory system based on multi-agent system. IEEE International Conference on Automation and Logistics. Qingdao, China. 2008. 1344-1351.
- 9 黄银娣,卞荣花,张骏.国内外物流系统仿真软件的应用研究.工业工程与管理,2010,15(3):124-128.