

Research on SD Supermarket Inventory Control

Wen Wang

School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing
Email: 18810269173@163.com

Received: Feb. 27th, 2019; accepted: Mar. 14th, 2019; published: Mar. 21st, 2019

Abstract

In the supply chain, due to the slow information transmission between the various nodes, the inaccurate demand forecast is caused by information asymmetry, the unstable ordering time, the unstable order quantity, etc. The inventory and safety stocks are high, and the inventory turnover rate is relatively low. Common problem is relatively high inventory costs. This paper analyzes the causes of excessive inventory from the perspective of system dynamics. In this paper, Vensim is used to establish a common supply chain simulation model for suppliers, distribution centers, and stores. Finally, a case analysis is performed through a common fast-moving consumer product of a certain category. At the end of the paper, through the sensitivity analysis of inventory adjustment cycle, delivery delay time, distribution center inventory, and safety stock of each node, the results show that by changing the inventory strategy, supermarkets and distribution centers can be maintained while meeting the needs of supermarkets. Lower inventory levels significantly reduce inventory costs. The system can effectively reflect changes in inventory and its costs, and can provide reference for supply chain inventory management.

Keywords

SD, Vensim, Supply Chain Inventory Control

基于系统动力学的库存控制研究

王雯

北京交通大学经济管理学院, 北京
Email: 18810269173@163.com

收稿日期: 2019年2月27日; 录用日期: 2019年3月14日; 发布日期: 2019年3月21日

摘要

供应链当中由于各个节点企业间存在信息传递缓慢、信息不对称导致的需求预测不准、订货时间不稳定、订货量不稳定等多种因素导致库存和安全库存高居不下，库存周转率相对较低、库存成本相对较高等常见问题。本文从系统动力学的角度，分析导致库存过高的原因。文中运用vensim建立供应商、配送中心、门店这一常见的供应链仿真模型，最后通过某一品类常见的快消品进行实例分析。文章最后通过对库存调整周期、配送延迟时间、配送中心库存、各个节点的安全库存进行敏感性分析，结果表明：通过改变库存策略，可以在满足超市的需求的情况下，使超市和配送中心保持较低的库存水平，大大降低了库存成本。该系统能够有效地反映库存及其成本的变化，可以为供应链库存管理提供参考。

关键词

SD, Vensim, 供应链库存控制

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着现在科技的发展，网购因为其“物美价廉”、“24小时营业”等特性越来越受大众的普遍欢迎，然而，由于商品的种类相对较多，同时人们对不同的商品的消费习惯的不同，社区便利店/小型的连锁超市并没有受到太大的影响，反而在这场角逐之战中，体现出其独特的生命力。在整个连锁超市的供应链当中，库存占据着重要的地位。所以库存管理是整个连锁零售企业运营管理中的不可或缺的一个重要的环节。我们都知道，库存存在的主要目的是为了防止短缺，快速满足用户的需求，库存实际上是人们在无法准确预测未来需求变化的一种无奈之举。

然而，由于过多的库存导致资金的占用、仓库管理成本的增加、由于预测不准导致产品滞销，因为产品滞销带来的资金、和库房占用等等造成费用在整个零售企业运行费用占有主导地位[1][2][3]，所以，如何在能够满足用户需求的前提之下，尽量的降低库存至关重要。在连锁超市这条供应链中库存存在于供应商、配送中心和门店等多方。连锁零售企业多级库存具有明显的非线性、多环路、动态性、延迟性等复杂动力学特征，系统动力学是Forrest教授于1958年提出的一种分析企业生产管理、库存管理等问题的一种系统仿真方法，系统动力学擅长处理高阶复杂、多环路、非线性及时间延迟的动态问题[4]，因此系统动力学具有应用于库存控制领域的基础条件[5][6]。应用系统动力学建模的步骤：

- ① 问题的识别，明确研究目的；
- ② 确定系统的边界，即系统分析的对象和范围；
- ③ 构建模型，绘制系统流程图，并建立方程；
- ④ 模型模拟；
- ⑤ 结果分析，对模拟结果进行分析，预测，设计，测试选择最优方案。

2. 文献及理论分析

在供应链库存控制领域的系统动力学应用中，不同学者从不同角度进行了大量的研究。福瑞斯特

(Forrest) [7]根据系统动力学的基本原理,分析出了消费需求波动沿供应链向上游企业逐级放大的特性,并通过灵敏性分析了因决策延迟、需求波动、随机噪声、生产能力限制、广告等因素对库存的影响。多维尔(Towill) [8]在系统动力学基础上建立了著名的库存——订货控制系统(IOBPCS),解决了由需求波动引起的库存量增加等一系列问题。波勒斯(Poles) [9]从制造供应链角度建立了生产-库存的系统动力学模型,分析库存量、交货时间等因素对系统的影响,通过灵敏度分析了生产提前期、再制造提前期整个系统的影响系数。巴拉吉和詹姆斯(Balaji & James) [10]研究建立供应商和制造商协同的供应链库存管理系统动力学模型,简称 CPFR,通过比较不同随机需求下该模型的效果,验证了协同式供应链库存管理可以很好的降低库存成本。

在国内学者中,张力菠、韩玉启等[11]通过总结系统动力学的理论研究与应用发展的基础上,对供应链管理相关问题进行分类汇总,指出了在供应链管理领域中系统动力学具有独特的应用方向。廖诺、张毕西、吴小结[12]建立了一个供应链节点企业的系统动力学模型,通过比较不同外部需求条件下模型的动态性能,提出了供应链优化的方案。汪小京、刘志学、徐娟[13]将第三方物流(TPL)引入 VMI 中,建立了第三方物流管理库存(TMI)的系统动力学模型,通过仿真分析发现,在需求相同的情况下,TMI 比 VMI 能够进一步的减低库存水平。成琼文和周璐[14]则从绿色供应链角度,建立了绿色供应链管理系统,其中主要包括采购、库存、设计和管理等四个方面,最后通过实践分析发现,各个因素之间相互影响,互为联系。以上文献主要是从传统供应链的角度研究采购、生产、配送、销售各个环节之间的联系,但在连锁零售供应链多级库存这个方向上的研究还比较缺乏。本文从系统动力学的角度,考虑到连锁零售企业多级库存网络化、连锁性、订货批量小、交易频繁和需求变化大等特点,优先考虑了连锁零售企业多级库存管理系统中供应商、配送中心和门店库存之间的内在信息流因果关系,然后,根据因果关系构造了构造一个动态库存管理模型,最后,通过敏感性实验对模型进行了优化,力争为连锁零售企业多级库存管理提供有利的决策依据[15]。

3. 确定模型边界和相关假设

3.1. 建模目的

对于一个涉及供应商、配送中心、超市的供应链系统,如何实现供应链各个节点之间的协调发展,对整个供应链的效率有着重要的影响。通过建立系统动力学仿真模型,研究了在消费者随机需求下各节点企业的供应商、配送中心和超市的库存水平,试图找出影响库存动态变化的因素,降低整条供应链的库存水平,进而缓解库存费用。

3.2. 模型边界

文中研究的是超市供应链系统,商品从供应商到配送中心,之后有配送中心配送到门店,并最终到消费者手中。在整条供应链的上游,考虑配送中心向向供应商递交订单进行采购,只考虑供应商的延迟交货,下游考虑的便是便利店向用户提供产品。

3.3. 模型假设

为了模拟研究问题,在建立模型之前必须对模型做如下假设:

- 在模型中,只考虑某一品类的产品。
- 研究对象是配送中心和超市商店组成的库存管理系统。
- 配送中心的上游供应商可以随时满足其产品采购要求,不考虑供应商的生产和供货能力,假设供应商的生产和运输能力不受限制。

- 供应商与超市配送中心、超市配送中心和超市商店之间的交货延迟的时间是固定的。
- 假设在整个销售的过程中不存在退货，即没有逆向物流。
- 根据现实情况，在连锁零售的商品，一般都会有一定的保质期，为了保证商品能够在保质期内售卖完，文中模拟超市通过降价促销的手段来增加销售额。

4. 库存管理系统模型流程图构建

多级库存管理流程图

在分析因果图的基础上，构建了超市库存系统的系统动态流程图，如图 1 所示。

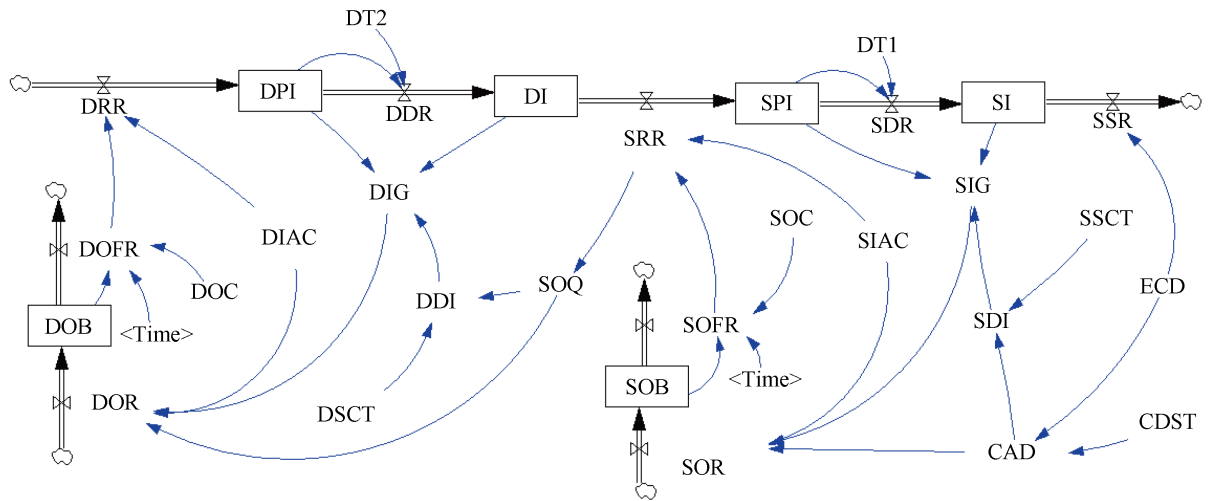


Figure 1. Distribution center and supermarket inventory flow chart
图 1. 配送中心和超市库存流程图

5. 案例分析

5.1. 模型模拟和结果分析

本文以啤酒这一类快消品为例。在 Vensim 进行仿真并得到以下结果：在现实生活中，顾客的需求是波动的，为了尽可能的模拟现实的波动情况，所以我们将消费者的波动需求设置为阶跃函数[16]： $ECD = 5 + RAMP(0.3,0,60)$ 。具体的变量赋值情况请如表 1 所示。

Table 1. Model variable assignment table
表 1. 模型变量赋值表

变量名称	赋值
SI	60
SSCT	2
ECD	INPUT
CDST	1
SPI	0
DT1	1
SIAC	3
SOC	1

Continued

SOB	0
DI	300
DPI	0
DOB	0
DT2	2
DIAC	5
DOC	2
DSCCT	5

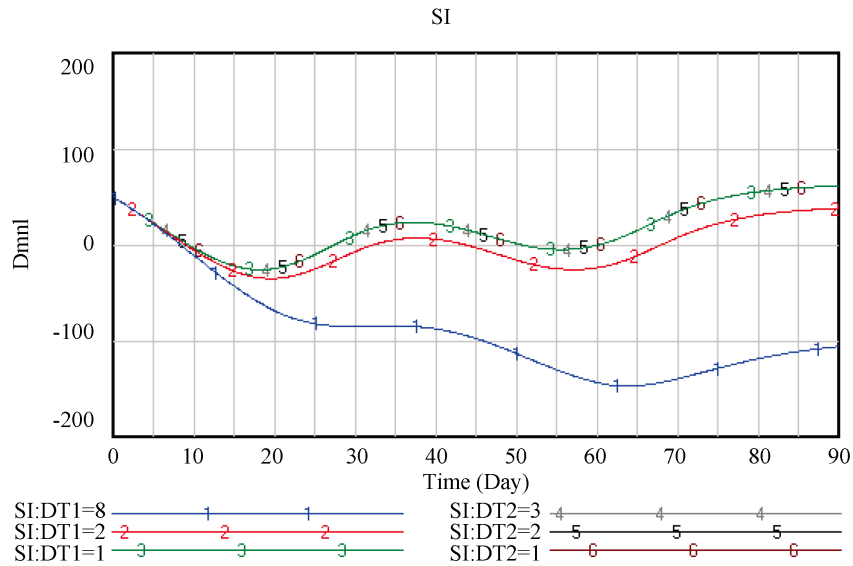


Figure 2. SI changes with delay time
图 2. SI 随延迟时间的变化

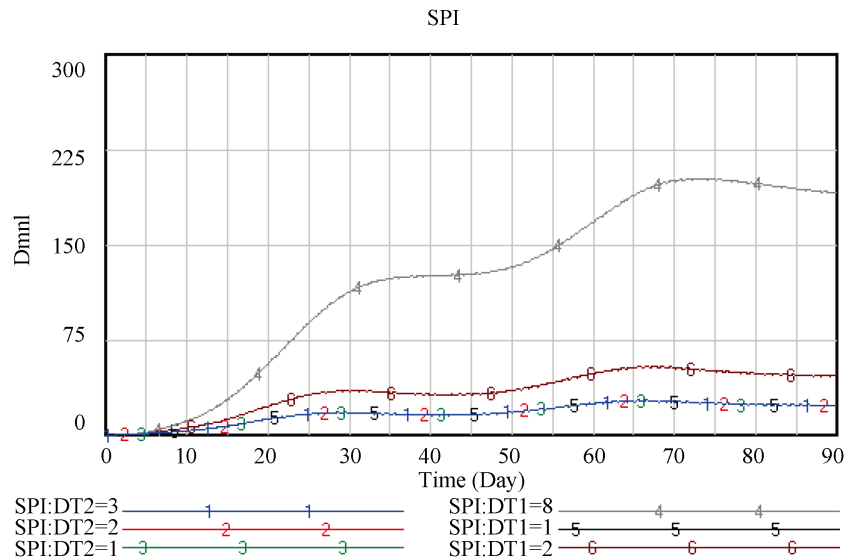


Figure 3. SPI changes with delay time
图 3. SPI 随延迟时间的变化

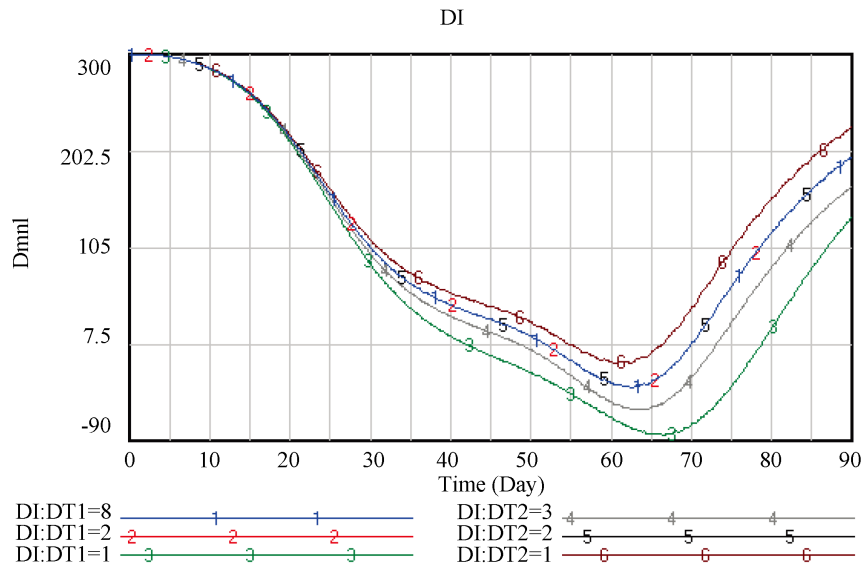


Figure 4. DI delay time
图 4. DI 的延迟时间

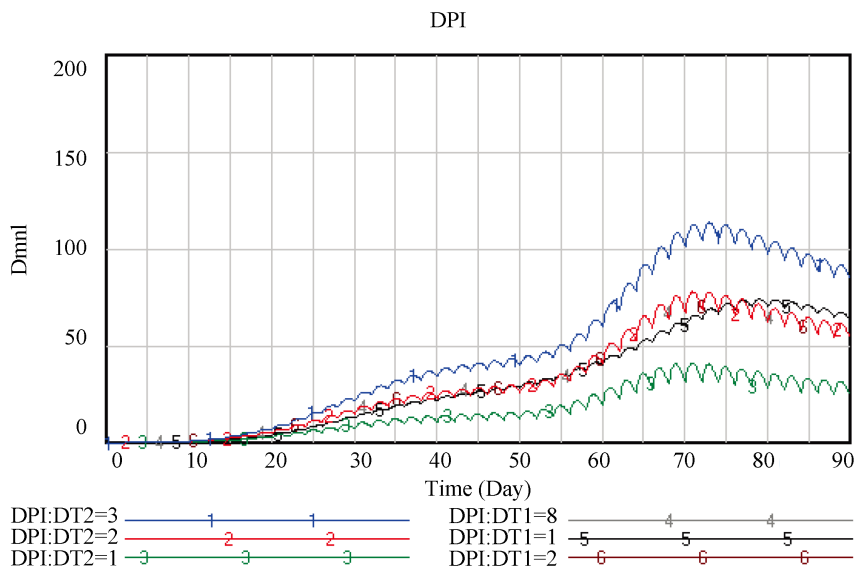


Figure 5. DPI changes with delay time
图 5. DPI 随延迟时间的变化

延迟时间 1 是影响商店到达率的时间。延迟时间 2 是影响配送中心到达率的时间。从图 2~5 中，我们可以看到随着延迟时间 2 的增加，配送中心的库存和配送中心的库存正在减少。随着延迟时间 1 的缩短，商店中商店的库存减少，商店库存增加。门店库存处于短缺状态，当客户需求稳定时，实现稳定状态。之后，它直接影响商店的正常销售和客户的满意度。

如图 6 和图 7 所示，随着商店的库存调整周期缩短，商店和配送中心供应商的每个库存调整的振荡幅度和频率都有所降低，但是库存水平上升。因此，在确定商店的库存调整周期时，应注意确保库存保持在低水平并且幅度波动小。当配送中心库存调整周期延长时，配送中心的库存波动增加，商店库存不受影响。

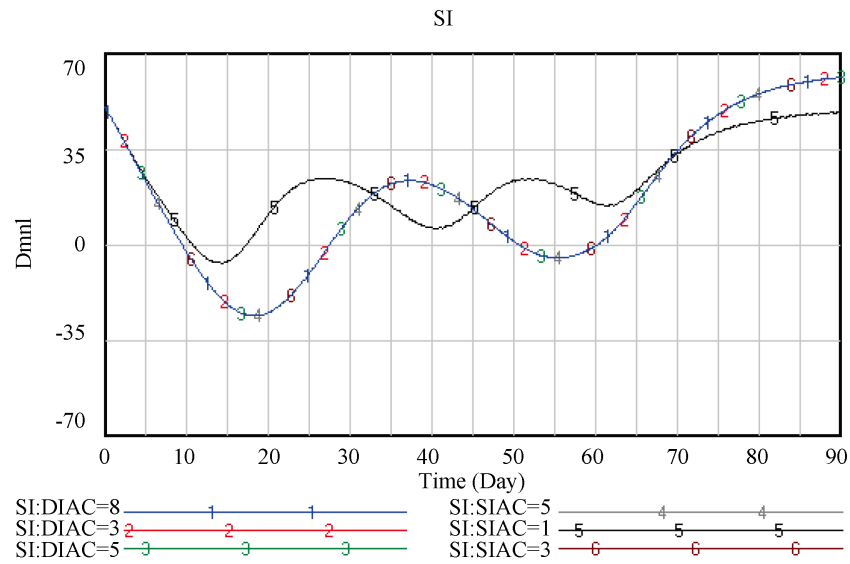


Figure 6. The variation of IAC with SI

图 6. IAC 随 SI 的变化情况

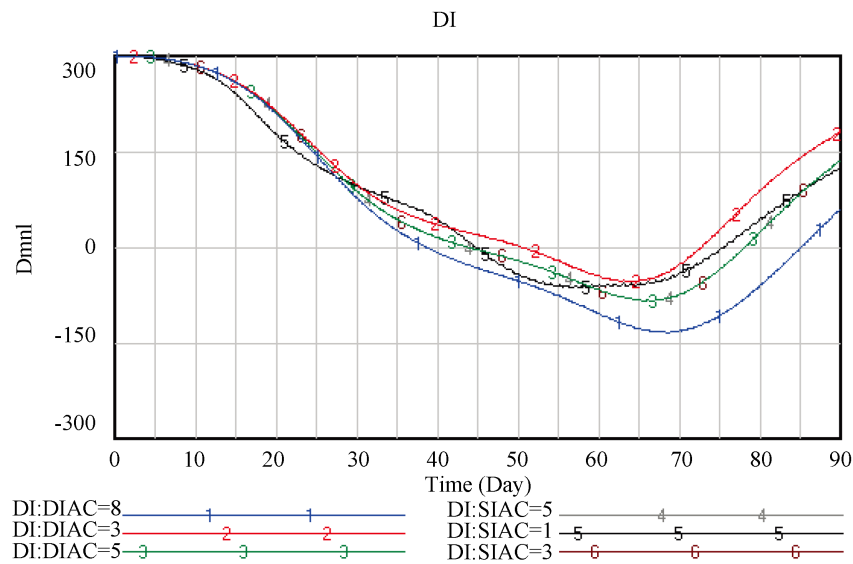


Figure 7. The variation of IAC with DI

图 7. IAC 随 DI 的变化情况

5.2. 模型改进和效果分析

1) 流程优化

从库存管理流程和模拟模型结果的模型分析，门店通过往期消费者的消费情况，来预测消费者的需求量，再根据门店现有库存和门店的在途库存，来制定下一期的订货方案；当订货需求传递到配送中心之后，配送中心根据超市的订单量、配送中心在途库存、安全库存等因素综合制下一期的配送中心的订货量；供应商根据配送中心的订单量和所了解的市场波动情况以及安全库存等因素制定生产表，进行批量生产。在供应链的整个链条之中，存在信息不对称等问题，通过上述系统动力学的模型很好的解释了由于信息孤岛导致的“牛鞭效应”。

牛鞭效应产生的恶果是延长了供货期，导致供应商很容易出现当前的生产力、库存和订单需求匹配度不高的问题；增加了供应链上各级的库存成本等。

可以通过一下方式来缓解“牛鞭效应”的危害：

a) 调整供应链上的信息结构。

建立有效的信息共享机制，其中最典型的的就是 VMI (供应链库存管理)。以各方的最低成本为目标，在一个共同的协议之下，通过供应商来管理客户的库存，通过不断的修改协议的内容，从而到达库存成本最小，进而形成战略合作伙伴关系。

b) 建立现代化管理信息系统

充分利用供应链各个节点之间的企业订单自动处理系统、电子商务系统、扫码技术等进行集成，通过互联网，能够很好的进行采购、运输、仓库等各个环节更好的衔接起来，进而提升效率，降低成本。

2) 动力学方程的优化

$$SRR = \min(DRR, CAD) \quad (1)$$

$$DDI = CAD * DSCT \quad (2)$$

$$DOC = \text{IF_THEN_ELSE}(DIG = 0, CAD, DIG/DIAC + CAD) \quad (3)$$

$$SRR = \min(CAD, DI) \quad (4)$$

3) 参数优化

优化现有的可控决策变量，并重置决策变量的参数，如表 2 所示。

Table 2. Parameter optimization

表 2. 参数优化

变量名称	赋值
DIAC	2
DT1	2
DT2	1

结合表 2 的参数优化，通过仿真软件对优化策略进行仿真和仿真，仿真结果如下，从图 8 和图 9 中可以看出：

文中的延迟时间 1 和延迟时间 2，主要是值物品运输时间和入库时间，随着交通的发展，再加之连锁超市的实际情况，不考虑天气的影响，目前路上的运输时间基本上是固定的，没有办法进行缩短，所以在实际的管理过程中调整库存调整周期来合理的观测库存的变化，最终确定最优的各级库存调整订货周期的时间。

6. 结论和不足

6.1. 结论

本文通过系统动力学的方法，从复杂性系统的角度进行分析，首先定义连锁超市库存管理系统边界，建立了连锁超市库存的仿真模型；然后，分析系统中各因素之间的关系，经过测试，得出仿真模型与实际系统更加一致；最后，对超市库存管理系统的仿真模型进行了优化和改进。

本文最后发现可以从以下两个方面进行连锁零售企业库存的管理：一是提高供应商的供应效率，减少配送中心的到货时间，降低配送中心的库存水平和波动，降低配送中心的库存管理效益；二是减少中间环节，提高信息共享度。终端客户需要直接通过信息系统到配送中心，配送中心分析需求信息以产生

对上游供应商的购买请求。一方面，它可以有效提高库存响应速度，提高客户服务水平和满意度。另一方面，配送中心直接维护所有店铺的库存，店铺库存仅满足市场日的需求，可以节省店铺管理成本，发挥配送中心的综合管理作用。

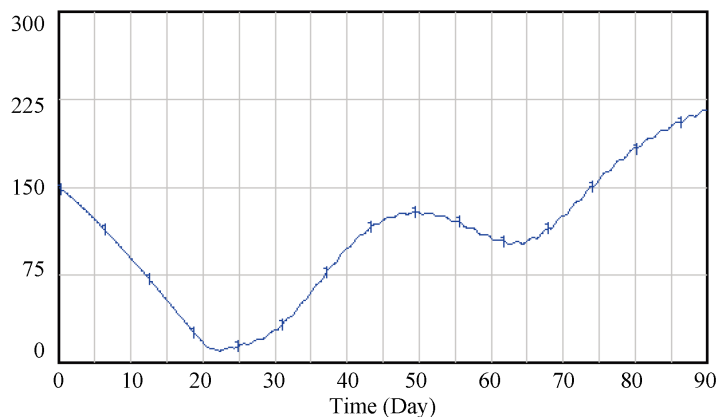


Figure 8. Simulation results of supermarket inventory after optimization
图 8. 优化后超市库存的模拟结果

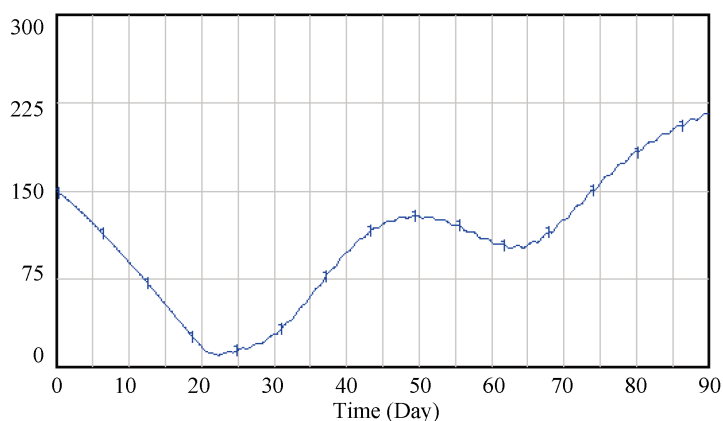


Figure 9. Simulation results of optimizing inventory in distribution centers
图 9. 优化配送中心库存的模拟结果

6.2. 不足

由于连锁超市库存管理系统因素众多，关系复杂，需要进一步完善。例如，系统外部供应商的供应能力和人力资源等因素。

参考文献

- [1] 柳键. 基于时变需求的供应链基本库存水平优化研究[J]. 管理工程学报, 2006(4): 146-148.
- [2] 郑霞忠, 徐忠媛. 中小型连锁超市物流系统优化研究[J]. 中国流通经济, 2010(4): 30-33.
- [3] 赵川, 薛红. MAS 在连锁零售企业多级库存控制中的应用研究[J]. 运筹与管理, 2013(1): 252-255.
- [4] Forrester, J.W. (1961) *Industrial Dynamics*. The MIT Press, Cambridge.
- [5] 王其藩. 高级系统动力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995: 79-86.
- [6] 赖新峰, 陈志祥. 营销策略对生产与库存决策影响的系统动力学仿真研究[J]. 中国管理科学, 2012(20): 491-498.

-
- [7] Forrester, J.W. (1958) Industrial Dynamics: A Major Break-Through for Decision Makers. *Harvard Business Review*, **36**, 37-66.
- [8] Towill, D.R. (1982) Dynamic Analysis of Inventory and Order Based Production Control System. *The International Journal of Production Research*, **20**, 671-689.
- [9] Poles, R. (2013) System Dynamics Modelling of a Production and Inventory System for Remanufacturing to Evaluate System Improvement Strategies. *International Journal of Production Economics*, No. 1, 189-199.
- [10] Balaji, J. and James, R. (2016) Burns. Performance Metric Optimization Advocates CPFR in Supply Chains: A System Dynamics model Based Study. *Cogent Business & Management*, **3**, Article ID: 1139440.
- [11] 张力波, 韩玉启, 陈杰, 等. 供应链管理的系统动力学研究综述[J]. 系统工程, 2005(6): 9.
- [12] 廖诺, 张毕西, 吴小结. 不同需求条件下供应链系统动态仿真比较研究[J]. 运筹与管理, 2010(4): 170-175.
- [13] 汪小京, 刘志学, 徐娟. 基于系统动力学的第三方物流管理库存模型[J]. 系统管理学报, 2016(2): 317-325.
- [14] 成琼文, 周璐. 基于系统动力学的绿色供应链管理实践路径仿真[J]. 科技管理研究, 2016(23): 226-231.
- [15] 赵川, 张浩. 基于系统动力学的连锁零售多级库存优化与仿真[J]. 中国流通经济, 2017(10): 73-80.
- [16] 范玉琦. 基于系统动力学的大型连锁超市库存管理研究[D]. 西安市: 长安大学, 2017.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2167-664X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: mse@hanspub.org