

文章编号:1000-582X(2006)02-0140-04

基于蒙特卡罗仿真技术的随机型库存决策方法*

刘昌贵,但斌

(重庆大学经济与工商管理学院,重庆 400030)

摘要:应用蒙特卡罗技术对随机型库存系统进行了数值仿真,并在对有关敏感性参数研究的基础上实现了系统决策,取得了最优解.研究表明,这一决策方法切实可行.一个实例库存系统的仿真数据证实了两个重要结论,一是最优的库存策略允许库存方在支付一定缺货损失费的情况下采取有限的缺货政策;二是它体现了“零库存”和JIT准时制的策略思想.

关键词:库存控制;仿真技术;数值模拟;决策

中图分类号:F251

文献标识码:A

蒙特卡罗法是一种统计试验方法,它通过产生一组概率过程来模拟原问题.其基本原理是:在所研究的系统中,采取某种特定的方法产生一系列随机数和随机变量,或者一些随机事件,然后对结果进行统计分析和处理,从而得到原问题的解.

目前,在物流系统决策中应用较多的仍然是经典的运筹学技术,如线性规划技术、动态规划技术、非线性规划理论、图论及网络技术.近几年,一些新的方法正逐步被引入到物流系统的控制与决策过程^[1-6].而应用仿真或数值模拟技术进行物流系统决策还并不多见.对于一个具有不确定性的系统,基于仿真或数值模拟的决策方法将有着十分重要的意义.在库存管理中,蒙特卡罗仿真技术被用来解决订货、排队及服务水平控制、风险型决策等问题,并且可以方便地模拟需求和订货不确定时发生的缺货现象.

1 随机型库存模型的建立

在一个存储系统中,如果它的输入输出不能确定,而是表现为某种随机性,则称之为随机型存储系统,为它而建立的数学或物理的模型就是随机型库存模型.随机型存储系统通常表现为两方面的随机性:一是输出随机,即需求量或销售量可变,非均匀出库;二是输入随机,即订货不能按时送达,或生产处于非正常状态,常发生随机性的延迟拖后.因此,缺货现象可能发

生.为了保证库存量基本按规定日期得到补充和消除或减少缺货现象的发生,随机型库存模型必须考虑缺货现象,考虑订货点的提前和确定安全库存量的问题.

在一个随机型存储系统中,总的存储费用 Z 包括3个部分,即订货费 C_1 、保管费 C_2 和缺货损失费 C_3 ,它的运行目标是使得总的存储费用最低,即

$$\min Z = C_1 + C_2 + C_3. \quad (1)$$

1.1 订货费

订货费 C_1 只与订货批次有关,而与每次订货的具体数量无关.但是,通常情况下,订货批量增加则订货次数减少,总的订货费用可节约.一个订货周期订一次货,但一个记账间隔期内未必订货.所以, n 个记账间隔期 R 构成的时期内的总订货费用是 $C_1 = M c_1$.其中, M 是总的订货次数, c_1 是单次订货的费用.

1.2 保管费

保管费 C_2 是保管费率 c_2 、平均库存量 \bar{Q} 和平均存储时间 \bar{T} 的函数.如果只计算一个存储周期或记账间隔期的费用,则 \bar{Q} 是该周期的平均库存量, \bar{T} 就是订货周期 T 或记账间隔期 R ,有

$$C_2 = c_2 \bar{Q} \bar{T}, \quad (2)$$

或

$$C_2 = c_2 \bar{Q} R, \quad (3)$$

C_2 是单个订货周期或记账间隔期的存储费用.

* 收稿日期:2005-09-13

基金项目:中国博士后科学基金资助项目(2004035526)

作者简介:刘昌贵(1969-),四川遂宁人,重庆大学博士后,主要从事物流与供应链管理、营销渠道管理与控制等研究工作.

有时,保管费率直接表达为单位货物在单个订货周期或记账间隔期的费用,则单个订货周期的存储费用为:

$$C_2 = c_2 q_1, \quad (4)$$

q_1 是订货周期或记账间隔期末的库存量^[1].

1.3 缺货损失费

通常情况下,人们认为缺货会丧失信誉、失去客户,其损失将是巨大和无法弥补的. 所以,许多存储模型都不允许缺货发生. 然而,缺货现象在现实中却不可避免. 基于以下原因,笔者认为缺货策略仍是可以采取的.

1) 如果要完全避免缺货,必须保有相当大的库存量,这意味着将会发生可观的存储费用;

2) 安全备货通常不可动用,为确保不缺货而保有的较大安全库存量一方面可导致较高的存储费用,另一方面因为要确保货物不过期变质,保持货物“新鲜”,必须进行定期置换,这必然增加搬运、装卸等费用;

3) 在满足一定服务水平的条件下,或在一定的信誉、信用及合同条款保证的前提下,库存方会与客户达成共识,即便缺货发生,仍不致于丧失客户或者损失无法弥补;

4) 在较高的服务水平及良好的信誉、信用和恰当的合同条款的保障下,缺货可以通过支付一定的缺货损失费和延期交货进行弥补;

5) 库存方在“双赢或多赢”的战略前提下,服从自身效益最大化原则,可以考虑有限制的缺货策略.

因此,在笔者的模型中假设在一定的服务水平下允许缺货,并规定根据一定的缺货损失费率 c_3 计算缺货损失费 C_3 . 如果某订货周期或记账间隔期末的缺货数量为 q_2 , 那么该周期的缺货损失费是:

$$C_3 = c_3 q_2. \quad (5)$$

1.4 随机型库存模型的建立

假设,需求和到货时间依照一定的概率发生变化,允许缺货,但可以通过延期交货和支付缺货损失费予以弥补.

考虑由 n 个记账间隔期 R 构成的时期内的总费用:

$$\begin{aligned} Z &= \sum_{i=1}^n (Mc_1/n + c_2 \bar{Q}_i R + c_3 q_{2i}) = \\ &= \sum_{i=1}^n (Mc_1/n + c_2 q_{1i} + c_3 q_{2i}) = \\ &= Mc_1 + c_2 \sum_{i=1}^n q_{1i} + c_3 \sum_{i=1}^n q_{2i}. \end{aligned} \quad (6)$$

随机型库存模型提出的问题是,如何决定订货点 s^* 和订货批量 Q^* 及相关数据,使由式(6)表达的目标函数取得最小值. 在上式中, c_1 、 c_2 、 c_3 分别是订货费率、保管费率和缺货损失费率; \bar{Q}_i 、 q_{1i} 、 q_{2i} , $i = 1, 2, \dots, n$ 分别是各记账间隔期末的平均库存量,库存量和缺货数量.

在一个具体的随机型库存问题中,仓库有一个初始库存量; c_1 、 c_2 、 c_3 为已知; 订货点 s^* 和订货批量 Q^* 为未知参数,是决策变量; q_{1i} 、 q_{2i} , $i = 1, 2, \dots, n$ 是受决策变量影响的未知变量. 如果仓库是首次投入运营,还应决定初期备货量,即初始库存量也应作为决策变量之一.

2 随机型库存模型的仿真实现

以一个具体实例加以说明.

某企业的主要原材料在 100 周内的消耗数据如表 1, 100 次到货时间统计数据如表 2. 该种材料每周占用成本 10 元/件, 订货费是 25 元, 缺货损失费是 100 元/件^[1].

以下给出用蒙特卡罗方法进行仿真的操作步骤:

1) 确定决策变量和状态变量, 找出随机变量. 例中决策变量是订货点、订货批量和初始库存量. 而需求量、到货时间、库存量及相应的成本变化可反映库存系统的基本运行状况, 是模型的状态变量. 其中, 需求量和到货时间是具有某种随机性的独立变量; 状态变量及整个库存系统都受到这种随机性的扰动.

2) 确定独立随机变量所服从概率分布的类型或给出其累积概率分布函数. 表 1 和表 2 分别给出了两个随机变量取值的累积频率分布, 可用频率分布近似地取代概率分布.

3) 根据已知数据不失一般性地给出决策变量的一组取值. 如可取订货点、订货批量和初始库存量分别为 6 件、10 件和 15 件.

4) 根据已经确定的分布类型或累计概率分布函数为各独立随机变量取得一次抽样值. 本例中已经对 100 周内的需用量及到货时间进行了统计, 可直接产生均匀分布的随机数, 按表 1 和表 2 确定需用量及到货时间的当期抽样值.

5) 计算每周的库存状况及相应的存储成本、订货成本、缺货损失成本和总成本.

6) 返回到 4), 直到模拟期结束. 通常, 为了结果稳定, 模拟期应较长. 对于本例, 模拟期为 1 000 周.

7) 记录和计算有关参数,如记录订货点、订货批量、初始库存量和总的缺货次数,计算整个模拟期的存储费、订货费、缺货损失费、总成本和总需用量以及它们的单周平均值等。

表1 主要原材料每周需用量统计表

需用量/件	0	1	2	3	4	5	6
次数	2	8	22	34	18	9	7
累计频率/%	2	10	32	66	84	93	100
随机数	00-01	02-09	10-31	32-65	66-83	84-92	93-99

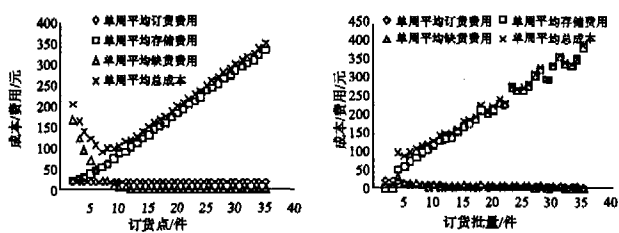
表2 主要原材料的到货时间统计表

到货时间/周	1	2	3	4	5
次数	23	45	17	9	6
累计频率/%	23	68	85	94	100
随机数	00-22	23-67	68-84	85-93	94-99

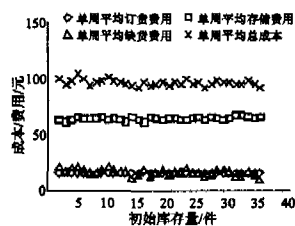
表3 仿真结果中单周平均成本最小的前十位

订货点 /件	订货批量 /件	初始备货 量/件	平均需用 量/件	平均到货 时间/周	缺货概率 /%	平均 库存量 /件	单周平均 存储费用 /元	单周平均 订货费用 /元	单周平均 缺货费用 /元	单周平均 总成本 /元
8	4	32	3.10	2.28	7.6	5.0	50.55	19.23	18.00	87.78
9	4	20	3.14	2.24	6.1	5.5	55.29	19.60	13.6	88.49
8	5	23	3.12	2.28	4.5	6.3	62.82	15.57	10.6	89.00
6	6	22	3.11	2.32	9.5	5.7	56.89	12.90	19.3	89.09
9	4	6.0	3.09	2.25	6.0	5.7	57.00	19.35	13.7	90.05
8	4	15	3.11	2.30	10.3	4.7	47.08	19.38	23.7	90.16
8	4	21	3.14	2.29	9.3	4.7	47.43	19.57	23.4	90.41
7	5	25	3.07	2.33	8.2	5.6	55.63	15.28	19.6	90.50
9	4	11	3.18	2.34	7.6	5.3	53.24	19.90	17.7	90.84
8	5	15	3.15	2.28	6.1	6.3	62.52	15.78	12.6	90.89

(仿真参数:订货点2~35件,订货批量2~35件,初始库存量2~35件,缺货费率100元/件,仿真时间1000周)



(a) 仿真参数值为 5, 20, 100, 1 000 (b) 仿真参数值为 8, 20, 100, 1 000



(c) 仿真参数值为 8, 5, 100, 1 000

图1 订货点、订货批量及初始库存量变化对各种库存成本的影响

这已经完成一次蒙特卡罗模拟. 如果还需进行其它仿真模拟,则转到3)继续进行。

3 敏感性参数

文中选取了订货点、订货批量及初始库存量分别从2~35件共34³个点进行模拟,每次模拟1000周. 结果表明,单周平均成本从87.78~63521.94元不等,其中订货批量低于4件时通常造成极高的成本占用. 订货批量为2或3件时,单周成本最低为7785.44元. 而单周平均成本最少的前十位列于表3. 图1是订货点、订货批量及初始库存量在其它两者固定在一些典型点的情况下对各种成本的影响曲线,其中的仿真参数分别是订货批量(件)、初始库存量(件)、缺货费率(元)、仿真的时间(周)。

通过对有关的数据和图形作分析,可得出如下结论:

- 1) 订货批量有一个临界点,即不能低于平均需求量,否则将会造成极高的成本占用. 当订货批量较低时,容易造成经常性的缺货,同时还需要经常订货. 当订货量较大时,缺货只可能在到货前发生. 如果订货点也较高,则可能完全杜绝缺货,但存储费用显著增加.
- 2) 订货点过低,容易引起到货之前一段时间的缺货现象,到货后可补齐缺货. 订货点提高则存储费用增加. 如果更高则可能完全消除缺货现象,但并不经济. 订货点过高或订货批量过大是造成存储费用和总成本过高的主要原因.
- 3) 初期备货量对总成本及其构成部分没有明显的影响. 但如果备货量过低,比较容易造成运营初期的

缺货现象. 为尽可能减少缺货次数, 保证服务质量, 通常应要求初期备货充足.

4) 位列成本最小前 10 位的数据表明, 它们都允许有一定的缺货发生. 实际上, 在支付一定缺货费用的条件下发生的缺货现象可以理解为是库存策略对其它各种成本占用的均衡或博弈的结果. 如果提高缺货费率, 最佳的库存策略要求提高订货点和平均库存水平. 按照后面的研究, 这就是说必须增加安全储备.

5) 提高缺货费率, 加大经济制约力度, 可明显降低缺货概率, 改善服务水平. 但服务水平提高必须增加安全库存量和平均库存量, 增加存储费用.

4 库存策略的选择

4.1 确定订货点、订货批量和初始备货量

由于随机变量取值的不确定性, 每次模拟的结果在数值上不可重现, 这是随机型库存系统仿真的一个特点. 同时, 一方面由于列单周总成本最小前 10 位的数值十分接近; 另一方面, 订货点和订货批量分别以 8 件和 4 件出现的几率为最大, 并分别以 8 件和 5 件为均值. 所以, 按照前节所述结论, 本例应当采取的最佳策略是: 订货点 8 件; 订货批量 4 或 5 件; 初期备货量不低于 20 件.

进一步的仿真试验表明, 订货批量取 4 件时缺货概率较之取 5 件时略高. 如果兼顾服务水平方面, 可在实际操作中取后者. 有关运行参数的预测值见表 3, 第 3 行为最佳策略方案对应的数据.

4.2 确定安全库存量

根据公式,

$$Q_k = \bar{D} \cdot \bar{t} + ss, \quad (7)$$

把平均到货时间 2.28 周, 平均需求量 3.12 件, 订货点库存量 8 件代入, 则安全库存量为:

$$ss = Q_k - \bar{D} \cdot \bar{t} = 8 - 3.12 \times 2.28 = 1(\text{件}).$$

4.3 缺货费率提高的情况下应采取的库存策略

为了考察缺货费率对库存策略的影响作用, 将前面仿真实例中的缺货费率修改为 1 000 元/件, 是原来的 10 倍. 按照与前相同的做法可确定应当采取的最佳策略是: 订货点 11 件; 订货批量 5 件; 初期备货量不低于 20 件; 安全库存量 4 件. 有关运行参数的预测值为: 缺货概率 0.2%; 平均库存量 9 件; 单周的平均存储费用、平均订货费、平均缺货费及平均总成本分别是 89.3、15.9、4、109.2 元.

数据表明, 提高缺货损失费率可显著改善服务水平, 这要求提高订货点以保持较高的安全库存量和平均库存水平. 同时, 服务水平提高意味着库存系统总成本的增加.

在缺货费率高和低的两种情况下, 库存策略对订货批量的要求都较低, 一般只需达到 4 或 5 件即可, 仅仅略高于平均需求量. 这也许正是“敏捷制造”和“零库存”思想在最优库存策略中的表现.

5 结论

笔者的研究表明, 应用数值仿真技术进行随机型库存系统的决策是切实可行的, 并且该方法简单易行.

最优的库存策略要求初期备货量应充足, 订货批量不要太大, 一般应略高于平均需求量. 缺货费率影响到服务水平, 缺货费率提高可以改善服务水平, 但必须提高订货点, 增加安全储备量. 在达到一定的服务水平, 或在一定的信誉、信用及合同条款保证的前提下, 库存方有时可以通过支付一定的缺货费用来权衡较高的存储成本.

随机型库存系统的最优库存策略体现了“敏捷制造”和“零库存”的策略思想, 即最佳的库存或生产策略应当采取“少批量多批次”的方针, 尽可能实现 JIT 准时制.

参考文献:

- [1] 丁立言, 张铎. 物流系统工程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [2] 王槐林等. 物资资源配置技术[M]. 北京: 中国物资出版社, 1998.
- [3] 钟麦英, 汤兵勇. 电子商务环境下的库存控制问题研究[J]. 系统工程学报, 2002, (6): 257-260.
- [4] 蒋国飞, 吴沧浦. Q 学习算法在库存控制中的应用[J]. 自动化学报, 1999, (4): 237-239.
- [5] 崔恩东, 汪定伟. 考虑库存分配的多年度二级分销网络优化模型[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2001, (4): 175-177.
- [6] 刘利民, 柴跃廷. 分布式库存系统优化控制的一种改进遗传算法[J]. 计算机集成制造系统——CIMS, 2002, (5): 399-403.

Multilevel Fuzzy Theory Evaluation of the Tourism Resources in the Three Gorges Reservoir

HU Li¹, ZHANG Wei-guo¹, YE Xiao-su²

(1. College of Economic and Business Administration;

2. College of Construction Management and Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Complexity of mutual act and different sensation of different tourists are important factors influencing regional tourism resources evaluation. Fuzzy mathematic method can be used to up quantitative evaluation method on tourism resources evaluation. Taking Wushan Small Three Gorges as an example, the author carries out the evaluation of the tourism resources in the Three Gorges Reservoir. At the same time, the authors consider that five factors, such as improvement of the communication of tourism resources, quickening the Steps of urbanization in reservoir area, must be done well.

Key words: multilevel fuzzy theory evaluation; fuzzy matrix; Three Gorges Reservoir; evaluation of the tourism resources

(编辑 刘道芬)

(上接第 143 页)

Strategic Decision for Random Inventory System Based on Monte Carlo's Simulation Technology

LIU Chang-gui, DAN Bin

(College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Numerical simulation for random inventory system applying Monte Carlo's simulation technology is carried on, moreover system decision is made and optimal solution is arrived after research on relevant sensitive parameter. These results of research confirm that the way of making decision is practicable. Two important conclusions are proved by the data from an example inventory system. One of them is that optimal inventory strategic permit a restrictive short-of-stock policy in the case of paying for decrease because of short-of-stock; the other is that it embodies the ideas of zero-inventory technology and Just-In-Time (JIT).

Key words: inventory control; simulation technology; numerical simulation; strategic decision

(编辑 刘道芬)