

文章编号:1001-9081(2006)12-2974-03

## 基于综合系数的随机存储系统建模与仿真

宁如云<sup>1</sup>,赵述芳<sup>2</sup>

(1. 军械工程学院 基础部,河北 石家庄 050003; 2. 军械工程学院 军械技术研究所,河北 石家庄 050003)  
(nry7@sina.com)

**摘要:**讨论了需求量、需求发生的间隔均为随机变量的  $(s, S)$  策略随机存储系统。以库存总费用和缺货率为系统性能指标,建立仿真模型,将二者加权平均给出策略的综合系数的计算公式。设计了仿真运行图,在各种费用参数给定后,利用计算机仿真技术和综合系数来选定最优存储策略。

**关键词:**随机存储系统;  $(s, S)$  策略; 计算机仿真; 综合系数

**中图分类号:** TP391.9 **文献标识码:** A

## Modeling and simulation for stochastic inventory system based on synthesis coefficient

NING Ru-yun<sup>1</sup>, ZHAO Shu-fang<sup>2</sup>

(1. Department of Basic Courses, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang Hebei 050003, China;  
2. Ordnance Technology Institute, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang Hebei 050003, China)

**Abstract:** Stochastic inventory system of  $(s, S)$  Policy, of which both the demanded quantity and time between demands are random variables, was discussed. Taking stock total cost and rate of shortage as two performance indexes of the system, simulation model was created. The two indexes weighted average, synthesis coefficient was given. Simulation motion graph was designed. When various cost parameters were given, the optimal policy could be selected with computer simulation technique and synthesis coefficient.

**Key words:** stochastic inventory system;  $(s, S)$  policy; computer simulation; synthesis coefficient

### 0 引言

在存储理论的研究中,常以库存总费用作为系统性能指标来建立模型,然后采用解析方法或计算机仿真方法来求解模型,确定有关决策量,使库存总费用最低<sup>[1-4]</sup>。但是库存总费用与库存服务水平并不一致,即库存总费用越低,库存服务水平不一定越高。这是因为库存总费用通常包含订货费、存储费和缺货费三部分,其中缺货费用在一定程度上反映服务水平,因为缺货费用越低,缺货量或缺货次数越少,库存服务水平越高。但库存总费越低,缺货费不一定越低,所以库存服务水平不一定就越高。事实上,库存总费越低,缺货量或缺货次数越高,库存服务水平越低。所以,虽然在库存总费用中包含了缺货费用,在很多情况下,尤其是库存服务水平要求较高的情况下,仍然有必要把缺货率作为系统的性能指标进行考虑。有些文献虽然考虑了缺货因素,但没有将库存费用和缺货率综合起来,量化程度不够。本文基于  $(s, S)$  策略,综合考虑库存总费用和缺货率,得到系统的一个综合性能指标,称之为综合系数,并通过该综合系数来选出最优库存策略。

### 1 系统仿真模型及其性能指标

#### 1.1 模型假设

假设 1 以月为时间单位;

假设 2 需求发生的时间间隔、每次的需求量都为随机变量,且相互独立。

假设 3 订货立即到达,不考虑提前时间。

假设 4 存储系统采用  $(s, S)$  库存策略,即每隔一段时

间检查一次库存,假设在每个整数时刻检查库存,若库存量  $I$  低于预先给定的数值  $s$ ,则订货,订货量为  $S - I$ ;否则不订货。 $s$  称为订货点,  $S$  为最高库存量。

记任意时刻  $t$  的库存量为  $I(t)$ ,根据假设可得随机存储系统的库存量  $I(t)$  随时间的一个典型轨道如图 1 所示。

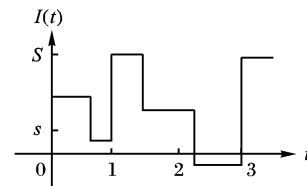


图 1 库存量  $I(t)$  的轨道图

#### 1.2 系统的性能指标

首先考虑随机存储系统的库存总费用,由以下几部分构成:

(1) 订货费:包括订购费用和货物的费用,设每次订货的订购费为  $c_0$  (与订货量无关),货物本身的单价为  $c_1$ 。

(2) 存储费:指仓库保管费、积压资金损失费(如贷款利息等),设单位时间每件存储费为  $c_2$ 。

(3) 缺货费:当需求超过库存时,将不能满足需求,产生缺货损失,设单位时间每件缺货损失费为  $c_3$ 。

设系统的仿真由  $t = 0$  开始,  $t = T$  时结束,下面分别计算  $T$  个月的库存总费用。

按照  $(s, S)$  策略,在时刻  $k(k = 0, 1, \dots, T - 1, T)$  时检查库存量  $I(k)$ ,当  $I(k) < s$  时,订货,使库存量补充到  $S$ ,即订货量为  $S - I(k)$ ;当  $I(k) \geq s$  时,不订货。所以订货费为:

$$J_1(k) = \begin{cases} c_0 + c_1(s - I(k)) & I(k) < s \\ 0 & I(k) \geq s \end{cases}$$

$$T \text{ 个月的总的订货费为 } J = \sum_{k=0}^{T-1} J_1(k).$$

当订货发生时,  $I(t)$  增加;需求发生时,  $I(t)$  减少。当  $I(t)$  为正时,产生存储费;当  $I(t)$  为负时,产生缺货费,记:

$$I^+(t) = \max[I(t), 0] \quad I^- = \max[-I(t), 0]$$

于是  $T$  个月的存储费、缺货费分别为:

$$J_2 = c_2 \int_0^T I^+(t) dt \quad J_3 = c_3 \int_0^T I^-(t) dt$$

注意到  $I(t)$  是仅当订货和需求发生时才产生跃变的阶梯函数,上面的积分很容易算出。

将订货费、存储费、缺货费相加,得  $T$  个月总费用为:

$$J = \sum_{k=0}^{T-1} J_1(k) + J_2 + J_3$$

于是每个月平均库存总费用为  $\bar{J} = \frac{J}{T}$ ,称为库存总费用。

后面的仿真结果表明,仅仅考虑库存总费用是不科学的,因为库存总费用很低,但缺货率可能很高。现在考虑系统的另外一个性能指标缺货率。缺货率可以利用缺货总量除以需求总量来定义,也可以利用缺货总次数除以需求总次数来定义,二者具有很大的一致性(从仿真结果也可以验证)。为了突出需求发生过程中的缺货次数,利用缺货总次数除以需求总次数来定义缺货率,即:

$$\text{缺货率 } r = \frac{\text{缺货总次数 } k}{\text{需求总次数 } n} \quad (1)$$

为了综合考虑库存总费用和缺货率,也为了便于从给定策略中选择出最优策略,将库存总费用和缺货率这两个性能指标加权平均,形成一个新的性能指标,称之为综合系数,计算公式如下:

$$\rho = \frac{\text{策略的库存总费用}}{\text{所有策略的最高库存总费用}} \times p + \frac{\text{策略的缺货率}}{\text{所有策略的最高缺货率}} \times (1 - p), \quad 0 < p < 1 \quad (2)$$

将策略的库存总费用除以给定所有策略的库存总费用,策略的缺货率除以给定所有策略的最高缺货率,目的是将这两个性能指标归一化。

综合系数是策略的库存总费用和缺货率的加权平均,库存总费用或缺货率越低,则综合系数的取值越小,它反映了库存总费用和缺货率两个方面的信息, $p$  的不同值反映了库存总费用和缺货率的权重情况, $p$  越大则平均库存总费的权重越大。

## 2 系统仿真运行框图

根据模型的假设、系统的性能指标和系统的实际运行情况,设计系统仿真运行的框图如图 2 所示,根据框图可以编写 Matlab 仿真程序。运行框图中变量说明如下:

- t: 系统仿真的当前时间
- T: 模拟终止时间
- d: 每次的需求量
- I: 当前库存量
- i: 需求到达的间隔时间
- j1: 订货费用
- j2: 存储费用
- j3: 缺货费用
- s: 订货点
- S: 最大库存量
- D: 需求总数量
- Q: 缺货总数量
- k: 缺货总次数
- n: 需求总次数
- b: 标识在定货发生时已计算过存储费或缺货费
- DT: t 以后下一个需求发生的时刻
- OT: t 以后下一个整数时刻(检查库存量确定是否需订

货)

注意到存储费和缺货费在有订货发生和没有订货发生的两种情况下计算公式不相同,从而流程图中两处计算  $j_2$  或  $j_3$  的公式并不相同。利用 Matlab 编辑程序时(1)处的公式为  $j_2 = j_2 + I * c_2 * i, j_3 = j_3 - I * c_3 * i$ ; (2)处的公式为  $j_2 = j_2 + I * c_2 * (OT - DT + i) + S * c_2 * (DT - OT), j_3 = j_3 - I * c_3 * (OT - DT + i)$ 。其中  $c_1, c_2, c_3, j_1, j_2, j_3$  与 1.2 中的  $c_1, c_2, c_3, j_1, j_2, j_3$  意义相同。

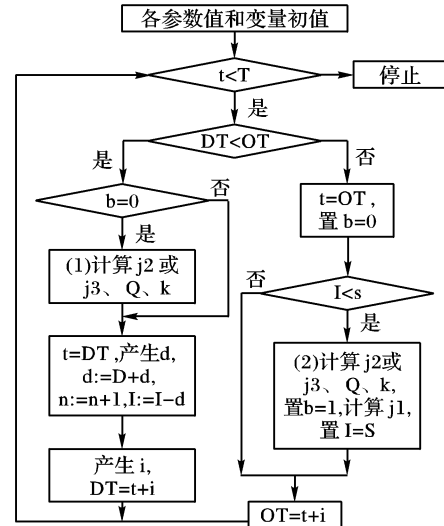


图 2 系统仿真运行结构

## 3 仿真实例及结果分析

### 3.1 初始数据

假定需求间隔  $i$  为平均到达率  $\lambda = 2$  的指数分布,其密度函数为:

$$f(x) = \begin{cases} 2\exp(-2x) & x > 0 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

每次需求量  $d$  的分布列如表 1 所示。

表 1 需求量  $d$  的分布

$d$	1	2	3	4	5
$P_k$	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1

系统仿真终止时间  $T = 100$ , 订购费  $c_0 = 8$ , 货物本身的单价  $c_1 = 5$ , 单位时间每件产品存储费  $c_2 = 3$ , 缺货损失费  $c_3 = 12$ 。

### 3.2 仿真运行及结果分析

对于本例,选择取  $s$  为 3,4,5,6,7,8,9,取  $S$  为 8,10,12,14,16,18,20 进行组合,可以形成 47((8,8),(9,8)两个组合舍去)种策略组合,对每种策略仿真 50 次,求其平均库存总费用作为该策略的库存总费用,得到结果如表 2 所示。

由仿真结果可知,如果仅仅以库存总费用为系统的性能指标,策略(3,8)的库存总费用为 51.62,是所有策略中费用最低的,但(3,8)显然不能作为最优策略,因其缺货率达 38%,这意味着平均每三次需求中,就有一次以上不能及时供货,这在一般的情况下显然是不允许的。同时由仿真结果可以知道,从库存总费用和缺货率来看,当  $s, S$  在一定范围内变化时,随库存总费用的升高,缺货率下降,随库存总费用的降低,缺货率升高,库存总费用和缺货率(反映库存服务水平)并不一致,所以要综合库存总费用和缺货率两个性能指标来考察最优策略。

如前所述,按公式(2)计算来计算策略的综合系数。

对于本例,最高库存总费用为 72.14,最高缺货率为 0.38,取  $p = 0.5$ ,代入上述公式,计算综合系数见表 2 所示。

根据表 2 中的综合系数可以知道策略(9,16)的综合系数 0.549 最小,(9,16)为最优策略。

表 2 仿真结果汇总表

策略	库存总费用	缺货率	综合系数	策略	库存总费用	缺货率	综合系数
(3, 8)	51.62	0.38	0.858	(6, 14)	59.86	0.14	0.599
(3, 10)	52.95	0.31	0.775	(6, 16)	61.97	0.13	0.601
(3, 12)	54.18	0.27	0.731	(6, 18)	65.09	0.10	0.583
(3, 14)	56.19	0.23	0.692	(6, 20)	67.29	0.09	0.585
(3, 16)	58.43	0.22	0.694	(7, 8)	55.27	0.28	0.751
(3, 18)	60.68	0.19	0.671	(7, 10)	57.00	0.19	0.645
(3, 20)	62.88	0.17	0.660	(7, 12)	58.92	0.14	0.593
(4, 8)	52.86	0.35	0.827	(7, 14)	61.85	0.11	0.573
(4, 10)	54.15	0.27	0.731	(7, 16)	64.00	0.10	0.575
(4, 12)	55.78	0.23	0.689	(7, 18)	66.98	0.09	0.583
(4, 14)	56.57	0.19	0.642	(7, 20)	69.66	0.07	0.575
(4, 16)	59.41	0.17	0.635	(8, 10)	58.03	0.17	0.626
(4, 18)	61.78	0.16	0.639	(8, 12)	60.37	0.12	0.576
(4, 20)	63.80	0.14	0.626	(8, 14)	62.83	0.10	0.567
(5, 8)	53.87	0.31	0.781	(8, 16)	65.95	0.08	0.562
(5, 10)	54.65	0.23	0.681	(8, 18)	68.51	0.07	0.567
(5, 12)	57.20	0.20	0.660	(8, 20)	70.66	0.06	0.569
(5, 14)	58.34	0.15	0.602	(9, 10)	58.96	0.16	0.619
(5, 16)	60.98	0.15	0.620	(9, 12)	62.21	0.10	0.563
(5, 18)	63.64	0.14	0.625	(9, 14)	64.90	0.08	0.555
(5, 20)	65.51	0.12	0.612	(9, 16)	67.89	0.06	0.549
(6, 8)	54.29	0.28	0.745	(9, 18)	69.94	0.05	0.551
(6, 10)	56.43	0.22	0.681	(9, 20)	72.14	0.05	0.566
(6, 12)	58.49	0.15	0.603				

#### 4 结语

利用仿真方法讨论了需求量、需求发生的间隔都为随机变量的  $(s, S)$  策略存储系统,建立了系统的数学模型,综合考虑库存总费用和缺货率两个性能指标,给出综合系数的计算公式,在各种费用参数给定后,利用计算机仿真和试探法,确定了最优策略。这种利用试探法给出的策略,通常不是整体的最优策略,因此需要事先给定多个具体  $(s, S)$  策略值时依据经验或实际情况给出,才能得到较理想的结果。或者可以加大  $s, S$  的搜索范围,也可以采用两次或多次搜索的方法,逐步缩小搜索的范围,进而找到整体的最优策略。利用仿

真的方法寻找最优策略不受需求量、需求发生的间隔服从具体分布的限制,只需利用 Matlab 产生相应的随机数即可,而分析方法常常要针对具体的分布,因此利用仿真方法常具有更强的适用性和灵活性。

#### 参考文献:

- [1] 运筹学教材编写组编. 运筹学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1990.
- [2] 萧树铁. 数学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [3] 胡幼华, 潘荫荣, 孙强. FIFO 存储队列管理的随机库存系统的仿真模型[J]. 华东师范大学学报, 2003, 23(3), 31 - 37.
- [4] 姜昌华, 戴树贵, 胡幼华. 基于遗传算法的随机性库存系统仿真优化[J]. 计算机应用, 2006, 26(1), 184 - 186.

(上接第 2973 页)

#### 4 结语

本文以自组织特征映射算法为基础,提出了改进的双向 SOFM 网络,实现了汉字认知过程的计算机模拟。该网络完成了整字层与部件层的聚类,并建立了两层网络之间的连接,在测试过程中,根据自上而下和自下而上的测试方法,得出了汉字认知过程中关于字优效应和字劣效应的一些规律。本文所得到的结论,可以用于汉字教学方法的改进,以及汉字教材的修订。

在本研究中也存在着一些不完善的内容,自组织网络聚类算法需要进行大量的计算,且汉字表征维数较多,考虑计算机内存的限制,输出层神经元的数量有限,因此不能选取大量的样本。此外,部件与笔画之间的认知规律还有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 王建勤. 外国学生汉字构形意识发展模拟研究[J]. 世界汉语教学, 2005, (4).
- [2] 陈传锋, 黄希庭. 结构对称性汉字认知研究与应用[M]. 北京: 新华出版社, 2004.
- [3] PANDYA AS, MACY RB. 神经网络模式识别及其实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 1999.
- [4] 王斌. 基于 SOFM 神经网络的数字模式识别方法[J]. 微机发展, 2003, 13(8).
- [5] MARINI F, ZUPAN J, ANTONIO L. MagniClass-modeling using Kohonen artificial neural networks[J]. Analytica Chimica Acta, 2005, 544(1 - 2).
- [6] 黄德双. 神经网络模式识别系统理论[M]. 北京: 电子工业出版社, 1996.
- [7] MELSSSEN W, WEHRENS R, BUYDENS L. Supervised Kohonen networks for classification problems[EB/OL]. <http://www.cac.scienc.ru.nl/research/publications/PDFs/melssen2006.pdf>, 2006 - 02.