

商业银行客户服务系统计算机模拟研究

杨 兵¹, 左 垒²

(1. 渤海大学 金融与商贸学院, 辽宁 锦州 121013;

2. 辽宁省农村信用社联合社 锦州办事处, 辽宁 锦州 121000)

摘 要:针对商业银行业务快速发展、银行服务终端一直承受着超负荷工作压力、排队现象屡见不鲜、柜台服务质量下降、顾客反应强烈等问题,文中运用计算机模拟技术对客户服务系统进行研究。首先,研究伪随机数产生的线性同余法,并对均匀性和独立性进行检验;然后,研究服务系统数学模型,对状态概率以系统主要指标给出了简化的计算公式;最后,研究进程交互法的模拟策略,并通过图形给出了商业银行客户服务系统模拟过程。文中的研究内容,可以作为商业银行不断梳理和改造服务的流程,并提供辅助决策的依据。

关键词:商业银行;客户服务系统;计算机模拟;排队论;伪随机数;进程交互法

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)08-0223-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.08.053

Computer Simulation Research on Customer Service System of Commercial Bank

YANG Bing¹, ZUO Lei²

(1. College of Finance and Trade, Bohai University, Jinzhou 121013, China;

2. Jinzhou Office, Union of Rural Credit Cooperatives in Liaoning Province, Jinzhou 121000, China)

Abstract: It studies the customer service system by using the technology of the computer simulation aiming at the problems, such as rapid development of commercial banking business, suffering the work overload pressure for the bank service terminal, the not rare queueing phenomenon, the decline in the quality of the counter service and the strong custom response. Firstly, research the linear congruence method produced by the pseudo random number, and examine the uniformity and independence. Then, research the service system mathematical model, and give a simplified calculation formula by the main index of the system, for the state probability. Lastly, research the simulation strategy of the process interactive, and give a simulation process of customer service system by graph. The research contents of this paper can be used as the basis that commercial banks continue to comb and transformation of service process, and provide decision support.

Key words: commercial bank; customer service system; computer simulation; queueing theory; pseudo random number; process interactive

0 引 言

商业银行营业网点客户排队是一个普遍现象,特别是各商业银行进行网点拆并后,随着网点资源减少,银行客户有进一步集中的趋势,从而导致在现有网点中客户排长队现象比较突出,银行排队问题已经成为社会关注的焦点^[1]。首先,客户对于排队等候时间较长的投诉占据了银行投诉的大部分;其次,由于排队问题受到公众的关注和问责,影响国内商业银行的形象;再次,如果排队现象不能有效改善,则易引发银行服务投诉的增多和部分业务的流失,不利于商业银行的可

持续发展^[2];从商业银行营销管理和服务管理的内在要求来看,客户最不满意或最为关心的问题理应成为银行管理层着力优先解决的问题。如何提高顾客满意度、改善商业银行服务水平以及提高商业银行运营效率成为商业银行当前亟待解决的难题。文中运用计算机模拟方法研究商业银行客户服务系统,可以作为评估银行服务水平和改善服务设施的依据,以此来提高银行的服务效率和水平、减少用户等待时间、提高用户满意度,进而提高银行业的经济和社会效益^[3]。

收稿日期:2013-07-04

修回日期:2013-11-01

网络出版时间:2014-04-24

基金项目:辽宁省教育科研项目(L2012484)

作者简介:杨 兵(1970-),男,辽宁台安人,硕士,副教授,从事金融信息管理研究。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140424.0408.043.html>

1 伪随机数

运用计算机模拟解决实际问题时,首先要研究随机数的产生方法,或者称为随机变量的抽样方法。真正意义上的随机数(或者随机事件)在某次产生过程中是按照实验过程中表现的分布概率随机产生的,其结果是不可预测的,是不可见的。计算机生成的随机数为按照算法生成的,不可能是真正的随机数,所以称为伪随机数,但如果方法得当,具有良好的均匀性和随机性,也具备真随机数的性质,也可以把伪随机数当作真随机数使用。

伪随机数列定义^[4]:按照某一递推公式 $x_n = f(x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_{n-k})$ 产生数列 $x_1, x_2, \dots, x_n, \dots$, 当 n 充分大时,数列具有均匀分布随机变量的独立抽样序列的性质,这一数列就称为伪随机数列。

1.1 伪随机数产生

伪随机数产生几乎都运用数值方法,包括平方取中法、乘积取中法、反馈位移寄存器法、位移法、同余法、复合法、陶斯沃斯法(Tausorthe)等。其中同余法又包括线性同余法、混合同余法、乘同余法、素数模乘同余法等。文中运用简单适用的线性同余法。

线性同余法(Linear Congruence Generator, LCG)是由 Lehmer 提出的,运用数论中同余运算产生随机数^[5]。线性同余法基本递推公式为:

$$\begin{cases} x_1 = ax_0 + b & \text{mod}(m) \\ x_i = ax_{i-1} + b & \text{mod}(m) \\ u_i = x_i/m & i = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (1)$$

式中, u_1, u_2, \dots, u_r 就是 r 个 $[0, 1]$ 区间的伪随机数;参数 a, x_0, m 分别称为乘子、种子和模,这些参数选取是否合适直接影响伪随机序列的均匀性、独立性和循环周期。一般来说, a 可取 $8k \pm 3$ (k 为正整数),但不宜过小,最好接近 $2^{p/2}$ (p 为计算机位数减1); x_0 不应是2的倍数; m 宜取 $2^p - 1$ 。一组经挑选的数据: $a = 7^5 = 16\ 807$, $m = 2^{31} - 1 = 2\ 147\ 483\ 647$, $x_0 = 123\ 457$, 其循环周期可达 $m - 1$, 具有较好的均匀与独立性。

当 $b \geq 0$ 时称为混合同余法。

Coveyou 给出的混合同余法的递推公式为^[6]:

$$\begin{cases} x_i = 5^{15}x_{i-1} + 1 & \text{mod}(2^{35}) \\ u_i = x_i/2^{35} & i = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (2)$$

Kobayashi 给出的混合同余法的递推公式为:

$$\begin{cases} x_i = 314\ 159\ 265x_{i-1} + 453\ 806\ 245 & \text{mod}(2^{31}) \\ u_i = x_i/2^{31} & i = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (3)$$

1.2 伪随机数检验

线性同余法递推得到的伪随机数,确定了参数,也就确定了伪随机数的顺序,是否符合随机数据的要求,

必须进行检验。其中最重要的是均匀性检验和独立性检验。

1) 均匀性检验。

均匀性是指 x_i 是否均匀分布于0和1之间。 χ^2 检验是分布函数常用的检验方法,用来检验总体 X 是否服从预先给定的分布函数 $F_0(x)$ ^[7-8]。通过实测数据统计而来的实际频数与理论频数的差异构成一个符合 χ^2 分布的统计量来进行假设检验。步骤如下:

(1) 分组。把 $[0, 1]$ 分成 k 个等长的子区间,各子区间的边界满足 $0 = a_0 < a_1 < \dots < a_k = 1$, k 要根据样本容量 n 确定,确定 k 的经验公式为:

$$k = 1 + 3.2 \lg n \quad (4)$$

本例建议 $n \geq 4\ 000$, $k \geq 100$, 并且 $n/k \geq 5$ 。

(2) 统计。统计样本值 x_1, x_2, \dots, x_n 落入各子区间 i 的实际频数 f_i ($i = 1, 2, \dots, k$)。

(3) 计算理论频率。计算总体 X 落在各子区间 i 中的理论频率:

$$p_i = P\{a_{i-1} < X \leq a_i\} = F_0(a_i) - F_0(a_{i-1}), i = 1, 2, \dots, k \quad (5)$$

因此,样本 x_1, x_2, \dots, x_n 落入各子区间 i 的理论频数为 np_i ($i = 1, 2, \dots, k$)。在本例中,理论频数为 n/k 。

(4) 计算统计量 χ^2 。通用公式为:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - np_i)^2}{np_i} \quad (6)$$

式中, f_i 为第 i 个子区间随机数的个数。

对于本例,计算公式可简化为:

$$\chi^2 = \frac{k}{n} \sum_{i=1}^k \left(f_i - \frac{n}{k}\right)^2 \quad (7)$$

(5) 判断。对于充分大的 n , 在零假设下近似具有 $k - 1$ 个自由度的 χ^2 分布。于是,如果 $\chi^2 > \chi^2(k - 1)$, 在 α 水平将舍弃这种假设,即否认 x_1, x_2, \dots, x_n 均匀分布于0和1之间。否则,将接受这种假设,符合均匀性要求。

2) 独立性检验。

两个随机变量的相关系数反映它们之间的线性相关程度,若两个随机变量独立,则它们的相关系数为0,因此,可以用相关系数来检验伪随机数的独立性。具体作法是计算一个伪随机数序列相邻一定间隔的随机数之间的相关系数。

设 x_1, x_2, \dots, x_n 是一组待检验的伪随机数,则样本的 j ($j = 1, 2, \dots, m$) 阶子相关系数为:

$$r_j = \frac{1}{n-j} \sum_{i=1}^{n-j} (x_i - \bar{x}) / \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (8)$$

根据上式,对于符合 $[0, 1]$ 均匀分布的 n 个伪随

机数,平均值为 0.5,前后相隔为 j 个数的相关系数的均值为:

$$\bar{r}_j = \left[\frac{1}{n-j} \sum_{i=1}^{n-j} (x_i \cdot x_{i+j}) - 0.5^2 \right] / S^2 \tag{9}$$

上式中 S^2 的计算公式为:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - 0.5)^2 \tag{10}$$

令 μ_j 的计算公式为:

$$\mu_j = \bar{r}_j \sqrt{n-j} \tag{11}$$

当 $n-j$ 充分大时 (> 50), 则统计量 μ_j 渐近服从 $N[0,1]$ 分布。给定显著度 α , 记 $Z_{1-\alpha}$ 为标准正态分布 $N[0,1]$ 上的 $1-\alpha$ 临界点, 若 $\mu_j \leq Z_{1-\alpha}$ 成立, 则接受独立性假设, 否则拒绝独立性假设。

2 服务系统模型

现在商业银行普遍使用“叫号器”, 即客户进入银行后, 首先从“号票机”取服务序号, 然后在休息区等候语音提示叫号。系统自动按客户取号的先后顺序将客户在逻辑上排列成一队, 而不需要用户在服务窗口实际排队。因此银行的排队系统符合 $M/M/C$ 模型, 即单队多服务台结构。

设客户到达银行时间间隔服从参数为 λ 的泊松分布, 各个服务窗口工作相互独立且服从参数为 μ 的负指数分布, 在任意时刻 t 系统中有 n 个客户的概率为 $P_n(t)$ (状态概率), 该银行有 c 个服务窗口, 则系统服务强度 (窗口平均利用率) 为^[9-12]:

$$\rho = \lambda / (c\mu) \tag{12}$$

则系统状态概率的微分方程为 (为了显示清晰, 以下各式的 $P_0(t)$ 、 $P_1(t)$ 、 $P_n(t)$ 、 $P_{n-1}(t)$ 、 $P_{n+1}(t)$ 分别用 P_0 、 P_1 、 P_n 、 P_{n-1} 、 P_{n+1} 代表):

$$\begin{cases} \text{d}P_n/\text{d}t = \lambda P_{n-1} + c\mu P_{n+1} - (\lambda + c\mu) P_n & (n \geq c) \\ \text{d}P_n/\text{d}t = \lambda P_{n-1} + (n+1)\mu P_{n+1} - (\lambda + n\mu) P_n & (1 \leq n < c) \\ \text{d}P_0/\text{d}t = \mu P_1 - \lambda P_0 \end{cases} \tag{13}$$

当 t 很大时, 得到稳态时的差分方程:

$$\begin{cases} c\mu P_{n+1} - (\lambda + c\mu) P_n + \lambda P_{n-1} = 0 & (n \geq c) \\ (n+1)\mu P_{n+1} - (\lambda + n\mu) P_n + \lambda P_{n-1} = 0 & (1 \leq n < c) \\ \mu P_1 - \lambda P_0 = 0 \end{cases} \tag{14}$$

差分方程的解为:

$$P_n = \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0 \tag{15}$$

用公式(12)代入得:

$$P_n = \begin{cases} \frac{c^n}{n!} \rho^n P_0 & (n < c) \\ \frac{c^c}{c!} \rho^n P_0 & (n \geq c) \end{cases} \tag{16}$$

因为:

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1, \rho < 1 \tag{17}$$

因此, 可得银行服务系统主要指标:

(1) 状态概率:

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^{c-1} \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k + \frac{1}{c!} \cdot \frac{1}{1-\rho} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \right]^{-1} \tag{18}$$

$$P_n = \begin{cases} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0 & (n < c) \\ \frac{1}{c!} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n}{c^{n-c}} P_0 & (n \geq c) \end{cases} \tag{19}$$

(2) 平均顾客数和平均队长长度:

$$L_s = L_q + c\rho \tag{20}$$

$$L_q = \sum_{n=c+1}^{\infty} (n-c) P_n = \frac{(c\rho)^c \rho}{c! (1-\rho)^2} P_0 \tag{21}$$

(3) 平均等待时间和逗留时间:

$$W_q = L_q / \lambda \tag{22}$$

$$W_s = W_q + 1/\mu = L_s / \lambda \tag{23}$$

3 模拟策略

商业银行客户服务系统属于离散事件系统, 由于离散事件系统的复杂性, 采用何种方法推进模拟仿真时钟, 建立各类实体之间逻辑及时序联系, 称主模拟策略。模拟策略是模拟设计的核心, 不仅对模拟模型的基本框架及建模方法进行约定, 也对模拟模型解算方法和模拟运行管理方法进行约定。离散事件系统模拟包括事件调度法 (Event Scheduling)、活动扫描法 (Activity Scanning)、进程交互法 (Process Interactive) 和三阶段法 (Three Stages) 四种策略。针对商业银行客户服务系统的特点, 文中选用进程交互法。

进程交互法采用进程 (Process) 描述系统, 基本思路是: 定义每个进程所包含的各个活动、活动的衔接以及发生活动的条件; 对于每个进入进程的主导实体, 一旦活动条件满足, 即完成该进程的全部活动; 只要条件允许, 该进程应尽可能连续推进; 一旦某一活动发生条件得不到满足, 则中断, 记下断点, 以便条件满足时再继续处理; 时间控件主要依据主导实体进入该进程的时间序列及其历经该进程各项活动的顺序; 走向控制主要以断点为依据, 从断点处进入相应的进程处理分支。

进程交互法将模型中主动成分发生的事件及活动按时间顺序组合, 形成进程表, 一个成分一旦进入进

程,就将完成该进程的全部工作。模拟时钟控制采用两张进程表:当前事件表(Current Events List, CEL)和将来事件表(Future Events List, FEL)。CEL 存储从当前时间点开始有资格执行的事件记录, FEL 存储将来某个模拟时刻有资格执行的事件记录。当模拟时钟推进时,将满足条件的记录从 FEL 转移到 CEL,然后对 CEL 中的每个事件记录进行扫描。算法描述如下^[13]:

(1) 初始化。

设置模拟开始时间 t_s 和结束时间 t_e ;

设置初始化事件,并存储于 FEL 表中;

将 FEL 表中有关事件记录转移到 CEL 表中;

成分状态初始化;

设置模拟时钟 $TIME = t$;

While($TIME \leq t_e$), 则执行。

(2) CEL 扫描。

While(CEL 中最后一条记录未处理)

While(当前记录的活动未处理完)

处理当前记录的活动

End While

End While

(3) 推进模拟时钟。

While(CEL 中最后一条记录未处理)

$TIME = \text{FEL 表中安排的最早时间}$

if ($TIME \leq t_e$)

将 FEL 表中所有 $TIME$ 时刻前发生的事件记录转移到 CEL 表中

End if

End While

运用进程交互法的商业银行客户服务系统模拟过程如图 1 所示^[14]。

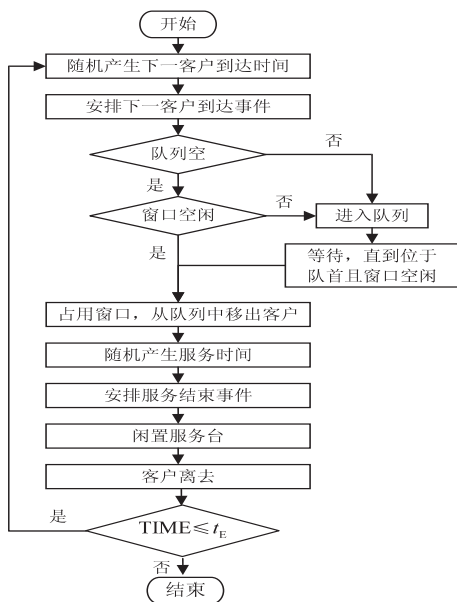


图 1 商业银行客户服务系统模拟过程

4 结束语

计算机模拟是介于运筹学、数理统计和计算机科学等学科之间的一门交叉学科,利用计算机对系统或过程进行动态模拟,以安全和经济的方法获得动态运行的数量和结果,已成为系统分析、战略研究、运筹规划和预测、决策等方面强有力工具^[15]。

通过本课题研究,可以拓展离散型随机变量、排队论、模拟策略、数学模型构建等方面的研究,进一步促进计算机模拟学科的应用与发展。同时,商业银行可以根据模拟结果,不断梳理和改造服务流程,并提供辅助决策的依据。

参考文献:

- [1] Premachandra I M, Gonzalez L. Research on bank queuing system and counter setting optimization[J]. Journal of Banking & Finance, 2012, 32(1): 126-139.
- [2] 马 忆. 银行窗口设置与顾客排队问题探究—基于运筹理论的实证分析[J]. 江西社会科学, 2009(12): 68-73.
- [3] 高斯博. 银行排队问题及窗口设置优化研究[J]. 北方经济, 2011(14): 80-81.
- [4] 符 宁. 均匀随机数的线性同余生成方法[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [5] Harris J C, Wehlauf D L. Non-negative integer linear congruences[J]. Indagationes Mathematicae, 2006, 17(1): 37-44.
- [6] 杨振海, 张国志. 随机数生成[J]. 数理统计与管理, 2006, 25(2): 244-252.
- [7] 杨肇夏. 计算机模拟及其应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.
- [8] 肖贺荣. 基于排队论与系统模拟的煤矿装车系统能力分析[D]. 长沙: 中南大学, 2010.
- [9] 刘瑞叶, 任洪林, 李志民. 计算机仿真技术基础[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [10] 杨米沙. 银行排队系统数据分析及窗口设置优化研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2008, 30(4): 624-627.
- [11] Alfa A S, He Qiming. Algorithmic analysis of the discrete time GIX/GY/1 queueing system[J]. Performance Evaluation, 2008, 65(9): 623-640.
- [12] Taufemback C, Da Silva S. Queuing theory applied to the optimal management of bank excess reserves[J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2012, 319(4): 1381-1387.
- [13] 肖田元, 范文慧. 系统仿真导论[M]. 第 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [14] 王维平. 离散事件系统建模与仿真[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [15] 卢剑峰, 聂铁铸. 随机库存系统最优订货策略计算机模拟研究[J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(6): 50-53.

作者: [杨兵](#), [左垒](#), [YANG Bing](#), [ZUO Lei](#)
作者单位: [杨兵, YANG Bing \(渤海大学 金融与商贸学院, 辽宁 锦州, 121013\)](#), [左垒, ZUO Lei \(辽宁省农村信用社联合社 锦州办事处, 辽宁 锦州, 121000\)](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014 (8)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wj fz201408053.aspx