

文章编号:1672-3961(2011)04-0068-05

# 基于 Agent 的银行业务排队系统仿真研究

张琦琮<sup>1</sup>, 杨公平<sup>2\*</sup>

(1. 山东省工会管理干部学院信息工程学院, 山东 济南 250100;

2. 山东大学计算机科学与技术学院, 山东 济南 250101)

**摘要:**为解决目前办理银行业务顾客等候时间过长的问题,构建了基于 Agent 的排队系统仿真模型。通过将顾客、排队机、服务台和自动柜员机等抽象为不同的 Agent 以及不同 Agent 之间的交互仿真了银行业务排队系统的运行。模型中给出了一种服务队列动态调整的算法,在 netlogo 平台上进行了模型建立和算法实现。实验数据和 analysis 显示,此模型真实地模拟了银行排队系统运行,合理利用了现有资源,减少了顾客平均等待时间,提升了顾客满意度。

**关键词:**智能代理仿真;银行排队系统;调度算法

**中图分类号:**TP391.9      **文献标志码:**A

## Study on an agent based simulation of banking queuing system

ZHANG Qi-cong<sup>1</sup>, YANG Gong-ping<sup>2\*</sup>

(1. School of Information Engineering, Shandong Institute of Trade Union's Administration Cadres, Jinan 250100, China;

2. School of Computer Science and Technology, Shandong University, Jinan 250101, China)

**Abstract:** In order to reduce the waiting time of customers in the current banking system, an agent-based simulation model of banking queuing system was developed. The customer, queue machine, server and automatic teller machine were abstracted as different agents. The situation of the system was simulated through the interaction among agents. A proposed algorithm for adjusting queues dynamically was implemented in the netlogo platform. Experimental data and analysis showed that the model could simulate the real operation of the banking queuing system, rationally use existing resources, reduce the average waiting time of customer and enhance customer satisfaction.

**Key words:** agent based simulation; banking queuing system; scheduling algorithm

## 0 引言

银行排队问题日趋严重,顾客办理业务等待时间过长是造成客户满意度不高的重要原因之一<sup>[1]</sup>。目前已有学者通过实际调研方式进行了该方面的研究,并提供了一些改进意见<sup>[2]</sup>。但由于实际调研受调查样本、时间、精力、规模等所限,因此难以全面和更近一步地开展。另一方面,也有学者通过数学建

模方式产生确定性模型进行研究并给出改善措施建议<sup>[3-6]</sup>。但银行排队问题复杂,变量较多,随机性强,当前新兴的计算实验方法可以较好地对该问题进行描述<sup>[7-11]</sup>。文献[12]即采用此种方法构建了一个银行排队模型,该模型根据不同业务类型构成不同队列,为合理利用银行资源,给出了一种服务台业务类型动态调整算法。但由于现在我国大多数银行采用排队机系统,因此该模型不能有效描述现今银行排队现象。另外,该文献对柜台服务队列做出调整的

收稿日期:2011-04-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60573169)

作者简介:张琦琮(1980-),男,河北张家口人,讲师,硕士,主要研究方向为 Agent 技术及应用。E-mail:zqc198002@163.com

\* 通讯作者:杨公平(1970-),男,山东单县人,副教授,博士,主要研究方向为智能计算及机器学习等。E-mail:gpyang@sdu.edu.cn

依据是办理不同业务类型排队人数的多少,而假设的前提是办理各种业务类型人数达到率相同,但这一点与现实情况差异较大,因此该算法极易造成办理某种人数较少的业务类型的顾客迟迟得不到服务。

本研究构建了一个基于多 Agent 系统的银行业务排队系统模型,通过在系统内构造不同 Agent 和实现 Agent 之间的交互来模拟银行业务排队系统运行。当前银行排队机的使用虽然对公平性有所体现,但并没有有效地提高服务效率;另外又有文献[13]提出现有银行存在营业窗口分配不合理和自助服务利用率不高的问题。据此本研究重新设置服务窗口类型,并通过对具体业务类型进行服务时间预估,提出了一种服务队列动态调整的算法。另外,

增强大堂经理提供服务和分流业务能力,尽可能使能够在自动柜员机完成业务的顾客不去占用本已繁忙的服务窗口。该模型不仅真实仿真了银行业务排队现象,而且在有效控制银行运营成本的同时减少了顾客平均等待时间。

### 1 基于 Agent 的银行业务排队系统模型

银行业务排队系统模型共由七类 Agent 构成,分别为顾客 Agent、服务台 Agent、自动柜员机 Agent、排队机 Agent、大堂经理 Agent、队列管理 Agent 和多队列管理 Agent。其系统结构如图 1 所示。

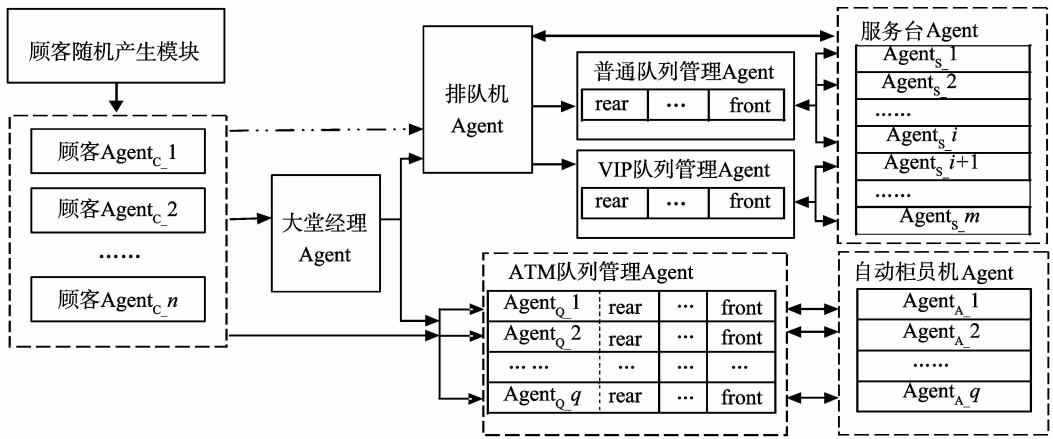


图 1 基于 Agent 的银行排队系统结构图  
Fig. 1 The structure of bank queue system based on agent

随机产生模块产生顾客 Agent 并赋予相关属性初值,如欲办理业务类型、业务熟悉程度和是否为高级用户 (very important person, VIP) 等。顾客 Agent 若业务熟悉则直接根据业务类型决定是准备接受自动柜员机 Agent 服务还是通过和排队机 Agent 交互准备接受服务台 Agent 服务;若业务不熟悉则通过和 大堂经理 Agent 交互或者通过和排队机 Agent 交互来决定自己的去向。

大堂经理 Agent 根据主动性初设值决定是主动询问顾客 Agent 还是被动接受顾客 Agent 咨询,如果完成与顾客 Agent 交互则根据顾客 Agent 业务类型将该顾客分流消息传递给顾客 Agent。

排队机 Agent 将每种业务类型首先区分为 VIP 业务和普通业务,再由算法决定普通业务是否再根据预估时间分为短业务、中业务和长业务。若区分则假定短业务自动柜员机 Agent 和服务台 Agent 均可完成,中长业务只能由服务台 Agent 完成。排队机 Agent 与顾客 Agent 交互时向顾客 Agent 提供其关注的相关信息,如前面该种业务等待人数和总共

等待人数。同时,将一名顾客 Agent 到达及其办理业务类型消息传送给服务台 Agent,并接受服务台 Agent 完成何种业务的消息,及时更新自己的信息库。

队列管理 Agent 由 3 类不同 Agent 构成,分别是普通队列管理 Agent、VIP 队列管理 Agent 和自动柜员机 (automatic teller machine, ATM) 队列管理 Agent。其中,普通队列管理 Agent 和 VIP 队列管理 Agent 负责顾客 Agent 与服务台 Agent 之间的交互,顾客 Agent 在完成与排队机 Agent 交互后根据其业务类型决定插入普通或者 VIP 队列队尾。当服务台 Agent 向普通或 VIP 队列发送开始服务消息后,队列管理 Agent 提供具体相关 Agent 信息。ATM 队列管理 Agent 负责顾客 Agent 与自动柜员机 Agent 之间的交互,顾客 Agent 根据自己意愿插入其中一列队尾,自动柜员机 Agent 发出服务信息后 ATM 队列管理 Agent 负责将该队队首顾客 Agent 信息提供给自动柜员机 Agent。当一个顾客 Agent 开始接受服务后,队列管理 Agent 将其从该队

列中注销。

服务台 Agent 主要负责与普通队列管理 Agent、VIP 队列管理 Agent、排队机 Agent 以及其他服务台 Agent 之间的交互。由于银行一般都设有 VIP 专柜,所以初始模型设若干服务台 Agent 专门为 VIP 顾客 Agent 提供服务。通常情况下,负责不同业务类型的服务台 Agent 向其对应队列管理 Agent 发送服务消息,执行先来先服务算法选择位于队首的顾客 Agent 为其提供服务。若实施优化则取消 VIP 专柜,所有服务台 Agent 可以为全部类型业务提供服务,并通过获得其他服务台 Agent 正在服务的业务类型从而根据服务队列动态调整算法确定自己下一个服务的顾客 Agent 类型。当服务台 Agent 完成对一个顾客 Agent 服务后将此消息发送至排队机 Agent,并接受排队机 Agent 提供的顾客 Agent 相关信息。

自动柜员机 Agent 通过与之对应的 ATM 队列管理 Agent 交互,根据先来先服务算法选择位于队首的顾客 Agent 提供服务。

## 2 服务队列动态调整算法

现在大多银行设定专门的 VIP 窗口,但由于现实中 VIP 顾客数量较少,出现了一方面 VIP 窗口空闲,另一方面综合业务窗口人满为患的现象。另外,由于办理不同业务所需要的时间不一样,所以出现的顾客办理业务时间很短却需要等待很长时间的的现象。此类现象的发生极大地影响客户满意度,在竞争日趋激烈的银行业这些问题亟待解决,否则带来客户流失将给银行造成重大损失。因此,本研究综合考虑,并借鉴计算机操作系统中短作业优先(shortest job first, SJF)算法,提出服务队列动态调整算法,并做如下假设:

(1)各个服务台可处理各种类型的业务,取消专门的 VIP 窗口;

(2)每位顾客只办理一项业务,该业务在一个窗口即可办理完毕;

(3)对普通业务办理时间进行预估,区分为短、中、长三种业务,短业务自动柜员机和服务台均可完成,中长业务只能由服务台完成。

其中算法描述过程中涉及的概念、函数和过程定义如下:

**定义 1** 服务台 Agent(以下简称为  $A_{i(s)}$ ),其中  $i = 1, 2, \dots, m, m \geq 0$ ,表示服务台序数。

**定义 2** 函数  $g(A_{i(s)}, a)$ ,表示取得当前正在为

$a$  类型业务的服务台 Agent 数目,其中  $a$  取值为 V, L, S, 分别表示 VIP, 长业务和中短业务。

**定义 3** 过程  $s(A_{i(s)}, a)$ : 表示将服务对象设置为队列中第一个办理  $a$  业务的顾客 Agent。

**定义 4** 队列管理 Agent(以下简称为  $A_{(x)}$ ): 其中  $x$  取值为 C 和 V, 则  $A_C$  与  $A_V$  分别表示普通队列管理 Agent 与 VIP 队列管理 Agent。

**定义 5** 函数  $n(a)$  表示当前队列中  $a$  类型 Agent 中的顾客数。

**定义 6** 函数  $t(A_{(x)}, a)$ , 当  $x$  取值不为 V 且  $a$  省略时表示普通队列队首 Agent 的插入队列时刻; 当  $x$  取值不为 V 且  $a$  未省略时表示取得普通队列  $a$  类型第一个 Agent 的插入队列时刻; 当  $x$  取值为 V 时  $a$  省略表示取得 VIP 队列队首 Agent 的插入队列时刻。

核心算法过程描述如下:

Service\_Adjust()

```

{ if  $n(V) > 0$ 
  then { if  $(t(A_{(V)}) < t(A_{(C)}))$  or  $(g(A_{i(s)}, V) < \lceil m/2 \rceil)$ 
        then  $s(A_{i(s)}, V)$ ; }
  else if  $n(S) > 0$ 
        then { if  $t(A_{(C)}, S) > t(A_{(C)})$ 
              then if  $g(A_{i(s)}, L) \geq m - 1$ 
                    then  $s(A_{i(s)}, S)$ ; } }

```

本算法流程如图 2 所示,其主要内容是:取消服务台 VIP 专柜,通常情况下遵循先来先服务(first come first served, FCFS)算法,若有 VIP 顾客 Agent 到达,调整第一个空闲的服务台 Agent 为 VIP 窗口,但 VIP 窗口数不超过总数的一半;针对普通业务,服务台 Agent 首先确认普通队列队首的顾客 Agent 的业务类型是否属于长业务,若不属于则直接提供服务,若属于则统计当前正在办理长业务的服务台总数,若该值已达  $m - 1$ ,则该服务台调整服务对象为业务类型属于第一个办理中短业务的顾客 Agent。

该算法优点是通常在没有 VIP 顾客情况下,遵循先来先服务符合平等原则;若有 VIP 顾客到达,实行有限度的非抢占优先权策略,既保证了 VIP 权益,又照顾了大多数普通业务顾客;若普通业务中属于长业务类型的顾客较多,则至少保留一个窗口办理中短业务,避免了办理中短业务的顾客等待过长时间。因此,该算法在办理不同业务类型的顾客中实现了较好的折衷。

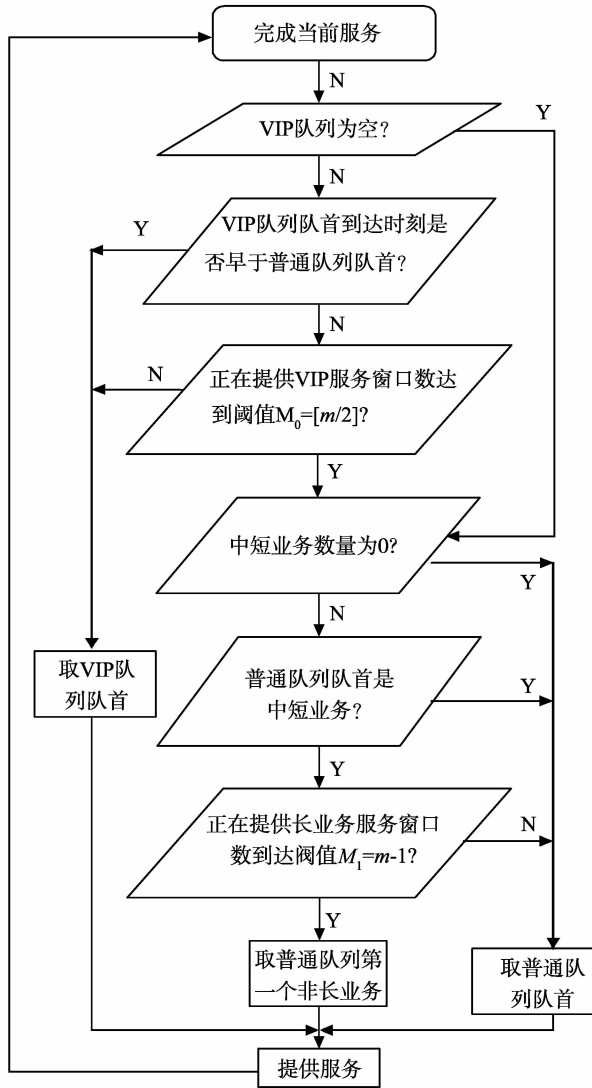


图2 服务队列调整算法流程

Fig.2 Flowchart of algorithm about adjusting service queue

### 3 模型实现与实验分析

#### 3.1 模型实现

目前在复杂系统仿真研究中,基于 Agent 的建模软件较多<sup>[14-18]</sup>。本研究采用 netlogo 应用平台构建了银行业务排队系统模型<sup>[19-20]</sup>。本模型构建初始化阶段创建了一个银行业务排队模拟运行场景,

主要包括创建服务台 Agent、自动柜员机 Agent、叫号机 Agent 和大堂经理 Agent,并初始化各种 Agent 属性和行为规则。另外,创建普通队列管理 Agent、VIP 队列管理 Agent 和 ATM 队列管理 Agent,负责以后不同类型顾客 Agent 队列的管理与交互。此外,还要初始化绘图和监视器工具,目的是用来跟踪记录和分析计算相关数据,例如顾客办理各种业务的平均等待时间。运行阶段开始后,首先由顾客随机生成模块产生一定数量的顾客 Agent。各个顾客 Agent 根据初始设定值决定是否与叫号机 Agent 和大堂经理 Agent 交互以及如何交互。然后顾客 Agent 由不同队列管理 Agent 构建成组成相关队列。各个服务台 Agent 根据预设算法选择队列中哪位顾客 Agent 为服务对象。自动柜员机 Agent 与之对应队列遵循 FCFS 算法,由 ATM 队列管理 Agent 与自动柜员机 Agent 交互完成。顾客 Agent 完成自己业务后消亡。银行业务排队模拟运行系统由实验人预先设定运行时间。利用绘图和监视器工具最终导出相关记录和数据。

#### 3.2 实验与分析

针对本模拟系统将仿真参数做如下设定:

- (1) 银行营业厅有 5 个业务窗口,3 个自动柜员机,即  $m = 5, q = 3$ ;
- (2) 设 VIP 专柜的窗口数等于采用动态调整算法的 VIP 阈值,即  $M_2 = \lceil m/2 \rceil = 2$ ;
- (3) 长业务阈值即  $M_1 = m - 1 = 4$ ;
- (4) 普通业务中短业务、中业务和长业务预估时间分别为 0 ~ 5 min、5 ~ 10 min、15 min 以上, VIP 业务预估时间值为 0 ~ 15 min。

由于不同银行所处位置不一样,所以办理各种业务类型顾客的到达率也不尽相同,因此本次模拟系统将通过设定不同的顾客到达率进行两组实验。假定顾客总人数为 200 人,办理短业务、中业务、长业务和 VIP 业务的顾客人数第一组分别为 90、70、30、10;第二组分别为 70、65、50、15。系统分别运行 2 h,所得实验数据见表 1。

表1 不同算法下的实验结果

Table 1 The result of experimentation with different algorithms

		min			
		办理中短业务 平均等待时间	办理长业务 平均等待时间	办理 VIP 业务 平均等待时间	办理全部业务 平均等待时间
第一组	采用动态调整算法	11	18	3	13
	未采用动态调整算法	15	20	3	17
第二组	采用动态调整算法	15	23	6	17
	未采用动态调整算法	23	24	5	21

由表1中两组实验数据可以看出,总体来讲采用动态调整算法较之未采用动态调整算法顾客平均等待时间都有所降低,其中办理中短业务的顾客平均等待时间降低幅度较大。第二组数据中VIP业务和长业务顾客平均等待时间基本保持不变,原因在于虽然该组数据中VIP业务和长业务顾客数目都有所增加,但自助服务的充分实施分流了一部分短业务顾客。采用动态调整算法后相对照顾了中短业务顾客,但结果仍在VIP业务和长业务顾客可接受范围内。

## 4 结论

本研究针对顾客平均等待时间过长、现有银行营业窗口分配不合理和自助服务利用率不高等诸多问题,基于Agent理论和技术,构建并实现了银行业务排队系统仿真模型,采取重新设置服务窗口类型,增强大堂经理提供服务和分流业务能力,提出了服务队动态调整算法。仿真实验结果表明,该模型不仅能够真实仿真银行业务排队现象,而且在有效控制银行运营成本的同时减少了顾客平均等待时间。应该指出的是,模型假定业务类型办理时间由预估产生,这并不十分符合现实情况。另外现实中即使同一种业务由于资金数额不同等细节问题而导致办理时间也不尽相同,因此下一步的仿真与优化方向是更加细分业务类型,增强排队机智能,通过增加排队机和服务台的交互程度来为客户提供更为准确的业务预估时间和减少等待时间,提高客户满意度。

### 参考文献:

- [1] FEARS KENNETH E, STAIGAR JOSEPH J. 21st century banking, 20th century data[J]. Journal of Institute of Transportation Engineers, 2010, 80(8):46-49.
- [2] JIN Yaoshao, MING Xie, LI Xia, et al. Customer-centric optimal resource reconfiguration for service outlet [C]//Proceedings of the 2009 IEEE/INFORMS International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics. Chicago, IL:IEEE, 2009:754-759.
- [3] CHAO H JONATHAN. A novel architecture for queue management in the ATM network[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1991, 9(7):1110-1118.
- [4] 胡振涛,刘先省.基于“当前”统计模型的一种改进机动目标跟踪算法[J].山东大学学报:工学版,2005,35(3):111-114,124.  
HU Zhenhao, LIU Xianxing. An improved maneuvering target tracking algorithm based on the current statistical model [J]. Journal of Shandong University:Engineering Science, 2005, 35(3):111-114,124.
- [5] BERGER ARTHUR W. Performance analysis of a rate-control throttle where tokens and jobs queue [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1991, 9(2):165-170.
- [6] ZHAO Yulai, LI Xianfeng, TONG Dong, et al. An energy-efficient instruction scheduler design with two-level shelving and adaptive banking [J]. Journal of Computer Science and Technology, 2007, 22(1):15-24.
- [7] MACAL CHARLES M, NORTH MICHAEL J. Agent-based modeling and simulation [C]//Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference. Austin, USA: the IEEE Press, 2009:86-98.
- [8] MACAL CHARLES M, NORTH MICHAEL J. Tutorial on agent-based modeling and simulation [C]//Proceedings of Winter Simulation Conference. Orlando, US: the IEEE Press, 2005:2-15.
- [9] WILKERSON MICHELLE H. Agents with attitude: Exploring coombs unfolding technique with agent-based models International [J]. Journal of Computers for Mathematical Learning, 2009, 14(1):51-60.
- [10] 程显毅,朱倩,管致紧.基于agent的模式表示模型AIM[J].山东大学学报:工学版,2010,40(5):72-76.  
CHENG Xianyi, ZHU Qian, GUAN Zhijin. The AIM model of pattern expression based on an agent [J]. Journal of Shandong University:Engineering Science, 2010, 40(5):72-76.
- [11] 廖守亿,戴金海.复杂系统基于Agent的建模与仿真设计模式及软件框架[J].计算机仿真,2005,22(5):254-258.  
LIAO Shouyi, DAI Jinhai. Design pattern and software framework for agent-based modeling and simulation of complex systems [J]. Computer Simulation, 2005, 22(5):254-258.
- [12] 李成杰,杨公平,尹义龙.基于Agent的银行排队系统仿真[J].计算机仿真,2008,25(12):277-280.  
LI Chengjie, YANG Gongping, YIN Yilong. Agent based simulation of bank queuing system [J]. Computer Simulation, 2008, 25(12):277-280.
- [13] 郑茜.我国商业银行网点排队问题及对策[J].商业文化:学术版,2008(12):128.  
ZHENG Qian. Commercial bank queuing problems and countermeasures in our country [J]. Business Culture: Academic, 2008(12):128.
- [14] 丁浩,杨小平. Swarm-一个支持人工生命建模的面向对象模拟平台[J].系统仿真学报,2002,14(5):569-572.  
DING Hao, YANG Xiaoping. Swarm-an object-oriented platform to construct artificial life model [J]. Journal of System Simulation, 2002, 14(5):569-572.
- [15] NICK C. Repast: an extensible framework for Agent

- simulation [EB/OL]. (2001-10) [2011-04-14]. <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/repastutorial1.Coiler.pdf>.
- [16] 赵剑冬,林健. 基于 Agent 的 Repast 仿真分析与实现 [J]. 计算机仿真, 2007, 24(9):265-268.  
ZHAO Jiandong, LIN Jian. Implementation and analysis of agent based simulation on repast toolkit[J]. Computer Simulation, 2007, 24(9):265-268.
- [17] MILES T P. What is ascape and why should you care? [J]. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2001, 4(1):383-397.
- [18] 霍凯,肖建毅. 在 TNG 系统中定制 Agent 的开发技术 [J]. 计算机应用, 2001, 21(4):61-62.  
HUO Kai, XIAO Jianyi. Development technique of agent customized in TNG system[J]. Computer Applications, 2001, 21(4):61-62.
- [19] 朱江,伍聪. 基于 Agent 的计算机建模平台的比较研究 [J]. 系统工程学报, 2005, 20(2):160-166.  
ZHU Jiang, WU Cong. Comparison study of agent-based computer modeling platforms[J]. Journal of Systems Engineering, 2005, 20(2):160-166.
- [20] WILENSKY U. NetLogo: center for connected learning and computer-based modeling [EB/OL]. Northwestern University, Evanston, IL. (1999) [2011-04-14]. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling.

(编辑:胡春霞)