

1-4-2019

Modeling and Simulation of Bank Network System with Internet Monetary Fund

Fan Hong

Donghua University, Shanghai 200051, China;

Wang Ke

Donghua University, Shanghai 200051, China;

Zhijie Wang

Donghua University, Shanghai 200051, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Modeling and Simulation of Bank Network System with Internet Monetary Fund

Abstract

Abstract: There are some internet monetary funds such as “Yuebao” becoming an important part of banking system in China in recent years. What kinds of the characteristics and stability of the banking system running are the most urgent problem needed to be solved. *Based on the method of the network system dynamics, the dynamical relationship between the internet money fund and traditional bank network is analyzed, and a dynamical algorithm and process of borrowing-lending are provided. A simulation model of banking network system with the internet monetary fund is constructed, which can realize the running process of the banking network system. The characteristics and stability of the banking network system can be found by the simulation with various parameters, which can provide the decision making for the supervision department.*

Keywords

internet monetary fund, bank network system, modeling and simulation, evolution of dynamic bank network

Recommended Citation

Fan Hong, Wang Ke, Wang Zhijie. Modeling and Simulation of Bank Network System with Internet Monetary Fund[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(4): 1237-1244.

含互联网货币基金的银行网络系统建模与仿真

范宏, 王珂, 王直杰

(东华大学, 上海 200051)

摘要: 诸如“余额宝”的互联网货币基金成为我国银行系统重要的组成部分, 含有互联网货币基金的银行网络系统具有何种特征及其稳定性是当下迫切需要研究的问题。采用网络系统动力学方法, 分析互联网货币基金与传统的银行网络相互影响的动态关系, 给出传统银行网络与货币基金网络之间的动态拆借算法与流程, 构建基于现实的含有互联网货币基金的银行网络系统虚拟仿真模型, 该模型可以模拟实现银行网络系统的运行过程。通过在各种参数值下对该系统的仿真, 可以发现银行网络系统的运动特征及稳定性情况, 为监管部门提供决策的依据。

关键词: 互联网货币基金; 银行网络系统; 建模与仿真; 银行动态网络演化

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2018) 04-1237-08

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201804004

Modeling and Simulation of Bank Network System with Internet Monetary Fund

Fan Hong, Wang Ke, Wang Zhijie

(Donghua University, Shanghai 200051, China)

Abstract: There are some internet monetary funds such as “Yuebao” becoming an important part of banking system in China in recent years. What kinds of the characteristics and stability of the banking system running are the most urgent problem needed to be solved. Based on the method of the network system dynamics, the dynamical relationship between the internet money fund and traditional bank network is analyzed, and a dynamical algorithm and process of borrowing-lending are provided. A simulation model of banking network system with the internet monetary fund is constructed, which can realize the running process of the banking network system. The characteristics and stability of the banking network system can be found by the simulation with various parameters, which can provide the decision making for the supervision department.

Keywords: internet monetary fund; bank network system; modeling and simulation; evolution of dynamic bank network

引言

近年来互联网金融对传统金融业务不断渗透, 市场上涌现了大量的互联网货币基金, 互联网货币

基金的典型代表“余额宝”自2013年6月推出以来, 以惊人的速度增长, 至2015年12月末, “余额宝”开户人数达到2.6亿, 资产规模突破7000亿元, 规模堪比中小型银行, 因此, 互联网货币基金已成为目前银行系统的重要组成部分。

然而, 就目前来看, 仅有文献对传统银行网络系统进行建模及仿真研究, 通过定量的仿真方式研究含有互联网货币基金的银行网络系统的运行特



收稿日期: 2016-05-05 修回日期: 2016-07-04;
基金项目: 国家自然科学基金(71371046);
作者简介: 范宏(1971-), 女, 上海, 博士, 教授, 研究方向为复杂网络系统仿真; 王珂(1991-), 女, 辽宁, 硕士, 研究方向为银行系统仿真; 王直杰(1969-), 男, 浙江, 博士, 教授, 研究方向为金融信息化。

<http://www.china-simulation.com>

• 1237 •

征及稳定性情况的文献未见,也缺乏合理的模型来切实地反映出互联网货币基金和银行系统间复杂的关系。因此,建立合理的反映互联网货币基金和传统银行间网络的关系模型,构建含有互联网货币基金的银行网络仿真系统是研究该问题的关键。解决这个问题涉及到两个方面,一是传统的银行网络仿真系统研究;二是互联网金融发展方面的研究。

在传统银行网络系统建模及仿真研究方面,Allen and Gale^[1]对较真实的银行网络系统的运行过程进行了建模,发现不完全的网络结构比完全的网络结构(完全的网络结构是指所有的银行互相之间都有信贷联系)更具有传染的风险。Battiston^[2],Georg^[3]和 Nier^[4]构建了面向系统性风险研究的银行网络系统仿真模型。Battiston 的研究认为最优的银行网络结构应该在风险共享与潜在的“多米诺骨牌”崩溃之间权衡;Georg 研究结果发现,以中央银行为中心的网络结构比随机网络结构增强了银行网络系统稳定性;Nier 发现了银行之间的连接度对系统性风险的影响是非单调的。Caccioli 等^[5]构建了银行节点遭受随机冲击和选择性冲击的模拟仿真系统,发现当银行网络中的某一个节点遭受随机冲击或冲击选择网络中连接度高的节点时,无标度网络和随机网络中银行的系统风险不同。Lenzu^[6]使用优先连接规则模拟仿真银行间市场网络,研究了随机网络结构与无标度网络结构在随机性攻击下稳定性的不同。

在互联网金融发展的研究方面,目前绝大多数是定性的研究,这些定性研究的结果有待于通过建模与仿真进行定量的论证。如刘晖等^[7]分析了“余额宝”等互联网货币基金的运作模式以及其优劣势。张海超等^[8]研究了互联网货币基金迅猛发展背后的成功因素及规模发展后面临的瓶颈。刘志坚等^[9]和邱勋^[10]从不同角度研究了互联网货币基金对商业银行的总体影响和具体业务影响。梁皓楠^[11]、马广奇等^[12]和贾志丽^[13]均认为互联网货币基金存在一定的风险。

为了定量研究含有互联网货币基金的银行网络的特征、稳定性以及互联网金融对目前银行体系的影响,本文将利用传统的研究银行间网络动态演化的复杂网络理论^[4,14-15],以及互联网货币基金的运作模式,构建能模拟互联网货币基金和银行系统间复杂关系的含有互联网货币基金的动态银行网络系统,采用金融计算实验的方法利用 Matlab 软件进行计算机仿真,通过各种参数值下的仿真,发现银行网络系统运动特征及稳定性问题,为监管部门提供决策的依据。

1 具有互联网货币基金的银行网络仿真系统模型

在具有互联网货币基金的银行复杂网络系统中,由 N 个货币基金及 M 个商业银行共同构成了整个网络系统,如图 1 所示。

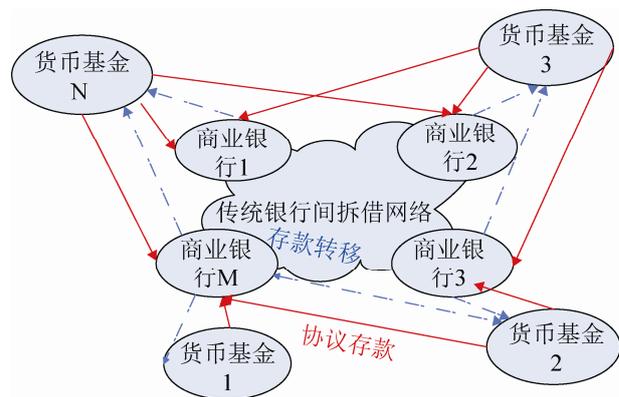


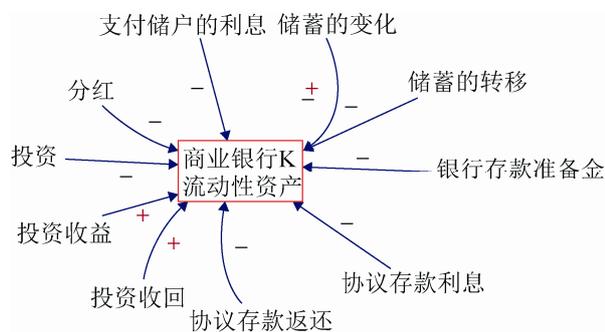
图1 具有互联网货币基金的银行网络系统

Fig.1 A banking network system with the internet monetary funds

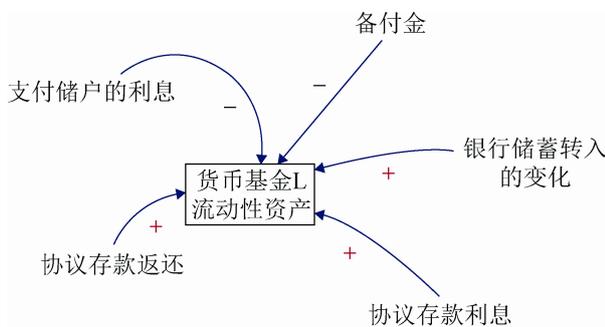
在图 1 中,传统的银行间网络为银行间拆借市场,该市场可以缓解银行的流动性短缺,该网络中的银行的投资与动态拆借行为可以参照文献[14]。货币基金与传统的银行间网络交互的行为分别为:货币基金的货币流向每个商业银行的协议存款(用实线箭头表示)以及每个商业银行流向货币基金的储蓄转移(用虚线箭头表示)。图 1 中,每个商业银行的流动性资产在每一个时刻发生变化,因此会产生银行间拆借的行为以及与货币基金发生协议存

款的行为。图 2(a)为商业银行 k 的流动性资产变动原因, 其中, 流动性减少的有: 投资、分红、支付储户的利息、储蓄的变化(当期储蓄比上期少时, 此项符号为“-”, 即流动性减少)、储蓄的转移、留存银行存款准备金、支付上一期协议存款及利息; 流动性增加原因的有: 投资收益、投资收回及储蓄的变化(当期储蓄比上期增加时, 此项符号为“+”, 即流动性增加)。此外, 如果银行出售股权, 也会增加流动性, 但此情况很少, 本文忽略此种情况。图 2(a)中“+”表示流动性增加的原因,“-”表示流动性减少的原因。

同时, 图 1 中货币基金的流动性资产在每一个时刻也发生变化, 图 2(b)为货币基金 i 的流动性资产变化的原因, 其中引起流动性资产增加的原因有: 从银行转移的储蓄、上一时刻协议存款的返还及利息。流动减少原因的有: 支付储户的利息。由于货币基金投资的比例较少(95%以上用于同业拆借), 此处简化模型, 不考虑货币基金投资行为。



(a) 商业银行的流动性资产变化因素



(b) 货币基金的流动性资产变化因素

图 2 商业银行与货币基金的流动性资产变化因素
Fig.2 The changing factor of the liquidity assets of the commercial banks and the internet monetary funds

2 具有互联网货币基金的银行网络动态演化仿真设计

2.1 传统的银行间拆借网络

假定银行网络系统中有 M 家银行, 银行间的拆借关系用矩阵 J 来表示, 其中 $J_{i,j} = 1$ 或 $J_{i,j} = 0$ 。 $J_{i,j} = 1$ 代表银行 i 和 j 之间存在拆借关系, $J_{i,j} = 0$ 则代表银行 i 和 j 不存在这种拆借关系。拆借矩阵 J 代表银行之间的网络结构, 可以是随机网络, 也可以是服从幂律分布的网络等, 本论文中参照文献[14-15], 假定为随机网络, 银行间网络的连接度用 c 表示, 如果 $c=0$ 表示所有银行都是独立的, 银行间没有拆借行为, 如果 $c=1$ 表示银行间拆借行为为全连接网络结构。网络中商业银行的资产负债表的动态演化行为如公式(1)所示:

$$L_{t-1}^k = A_{t-1}^k + B_{t-1}^k + V_{t-1}^k - \sum_{s=1}^{\tau} I_{t-s}^k \quad (1)$$

式中: L_{t-1}^k 为银行 k 在 $t-1$ 时刻的流动性资产, A_{t-1}^k 为银行 k 在 $t-1$ 时刻的储蓄, V_{t-1}^k 为银行 k 在 $t-1$ 时刻的权益, B_{t-1}^k 为银行 k 在 $t-1$ 时刻的借贷款总额。如果 $B_{t-1}^k > 0$, 表明银行 k 在 $t-1$ 时刻向其他银行借款, 反之, 表明银行 k 在 $t-1$ 时刻向其他银行贷款。 $\sum_{s=1}^{\tau} I_{t-s}^k$ 为银行 k 过去 τ 期的总投资, 公式(1)中的各变量均按照一定的动态规律进行演化, 具体演化方程参照文献[14]。

2.2 具有互联网货币基金的银行网络

如图 1, 图 2 所示, 货币基金与传统的银行网络交互为传统银行向货币基金的储蓄转移及货币基金流向银行的协议存款。根据图 2(a)所示, 商业银行的流动性资产在 t 时刻发生变化, 有资金的流出变化及资金的流入变化, 因此其演化的公式如下:

$$\begin{aligned} \bar{L}_t^k &= L_{t-1}^k + (A_t^k - A_{t-1}^k) - K(A_t^k - A_{t-1}^k) - \\ & r_a A_{t-1}^k + \rho \sum_{s=1}^{\tau} I_{t-s}^k + I_{t-\tau}^k - \\ & \sum_{i=1}^N r^Y L_{t-1}^{k,Y_i} - \sum_{i=1}^N L_{t-1}^{k,Y_i} - \\ & D_t^k - I_t^k - \beta(1-K)A_t^k \end{aligned} \quad (2)$$

公式(2)中, \bar{L}_t^k 为银行 k 流动性变化的中间状态,

$(A_t^k - A_{t-1}^k)$ 为银行 k 在 t 时刻的储蓄的变化, $K(A_t^k - A_{t-1}^k)$ 为银行 k 在 t 时刻被货币基金转移的储蓄的变化, K 为货币基金存款转移比例, $r_a A_{t-1}^k$ 为付给储户的利息, r_a 为储户存款利率, $\rho \sum_{s=1}^{\tau} I_{t-s}^k$ 为银行 k 在 t 时刻过去 τ 期的投资收益, ρ 为投资收益率, $I_{t-\tau}^k$ 为 τ 期投资的收回, $\sum_{i=1}^N r^Y L_{t-1}^{k,Y_i} + \sum_{i=1}^N L_{t-1}^{k,Y_i}$ 为付给 N 个货币基金 i 的协议存款及利息, L_{t-1}^{k,Y_i} 为银行 k 向货币基金 i 的拆借的协议存款(具体数额由 2.3 节的算法确定), r^Y 为协议存款利率; D_t^k 为银行 k 在 t 时刻的分红, I_t^k 为银行 k 在 t 时刻的投资, $\beta(1-K)A_t^k$ 为银行存款准备金, β 为央行存款准备金率。

当公式(2)等式右边影响流动性的因素全部发生完成之后,此刻银行之间和货币基金之间需要根据流动性资产的状态进行拆借活动,具体的动态拆借过程见 2.3 节。

如果 $\bar{L}_t^k - (1+r_b)B_{t-1}^k < 0$, $(1+r_b)B_{t-1}^k$ 为银行 k 在 t 时刻偿还上一期的银行间贷款, r_b 为银行间拆借利率;那么银行 k 在 t 时刻需要通过银行间拆借市场拆入借款,则 $B_t^k > 0$, 否则如果 $\bar{L}_t^k - (1+r_b)B_{t-1}^k > 0$, 银行 k 在 t 时刻通过银行间拆借市场拆出贷款,则 $B_t^k < 0$, 那么货币基金的协议存款为 $L_t^{k,Y_i} = 0$ 。如果 $\bar{L}_t^k - (1+r_b)B_{t-1}^k < 0$, 并且 $B_t^k > 0$, 但是 $\bar{L}_t^k - (1+r_b)B_{t-1}^k + B_t^k < 0$, 此时, 银行 k 在 t 时刻需要向货币基金进行拆借协议存款, 协议存款的金额为 $\sum_{i=1}^N L_t^{k,Y_i} = -(\bar{L}_t^k - (1+r_b)B_{t-1}^k + B_t^k)$, 其中 L_t^{k,Y_i} 为银行 k 借向货币基金 i 的协议存款(具体数额由 2.3 节的算法确定)。

经过银行间拆借及向货币基金拆借之后, 银行 k 在 t 时刻的流动性资金 L_t^k 更新为:

$$\begin{aligned} L_t^k = & L_{t-1}^k + (A_t^k - A_{t-1}^k) - K(A_t^k - A_{t-1}^k) - \\ & r_a A_{t-1}^k + \rho \sum_{s=1}^{\tau} I_{t-s}^k + I_{t-\tau}^k - \sum_{i=1}^N r^Y L_{t-1}^{k,Y_i} - \\ & \sum_{i=1}^N L_{t-1}^{k,Y_i} - D_t^k - I_t^k - \beta(1-K)A_t^k - \\ & (1+r_b)B_{t-1}^k + B_t^k + \sum_{i=1}^N L_t^{k,Y_i} \end{aligned} \quad (3)$$

如果银行 k 经过货币基金拆借之后, 流动性资

产仍然为负, 即 $L_t^k < 0$, 那么银行 k 倒闭, 从系统中移除。

货币基金 i 的流动性资产演化公式见图 2(b)。

$$\begin{aligned} L_t^Y = & L_{t-1}^Y + \sum_{j=1}^M K(A_t^j - A_{t-1}^j) + \\ & \sum_{j=1}^M (r^Y L_{t-1}^{j,Y_i} + L_{t-1}^{j,Y_i}) - \\ & \beta_Y \sum_{j=1}^M K A_t^j - \gamma_{t-1}^c \sum_{j=1}^M K A_{t-1}^j \end{aligned} \quad (4)$$

式中: L_t^Y 为货币基金 i 在 t 时刻的流动性资产; $K(A_t^j - A_{t-1}^j)$ 为银行 j 向货币基金 i 转移的储蓄资金变化; $(r^Y L_{t-1}^{j,Y_i} + L_{t-1}^{j,Y_i})$ 为从银行 j 收回货币基金 i 的协议存款及利息; $\beta_Y \sum_{j=1}^M K A_t^j$ 为从 M 家银行吸纳存款的货币基金 i 的备付金; β_Y 为货币基金备付金比率; $\gamma_{t-1}^c \sum_{j=1}^M K A_{t-1}^j$ 为货币基金 i 向储户支付的利息; γ_{t-1}^c 为随时间变化的 $t-1$ 时刻货币基金付给储户的利率。

2.3 商业银行与货币基金借贷动态交互演化流程

由于商业银行在银行间市场不能够拆借到足够的资金保持流动性, 因此需要向货币基金进行拆借, 拆借的数额 L_t^{k,Y_i} 由以下流程进行, 见图 3。

图 3 中具体详细的描述见以下 4 步:

步骤 1: $t=0$ 开始时, 分别对参数及变量赋初始值。

步骤 2: $t=t+1$, 若 $t > 1000$ 则结束, 不然执行以下操作。从银行集合中抽取银行 k , 然后根据公式(2)计算各银行的流动性资产充足性, 判断是否能够偿还上一期的银行间的拆借额 B_{t-1}^k 。

$B_{t-1}^k = \sum_{i=1}^M b_{t-1}^{k,i}$, $b_{t-1}^{k,i}$ 是 $t-1$ 期银行间拆借所暴露的数据, 表示银行 k 向银行 i 的借款数额, $b_{t-1}^{k,i} = -b_{t-1}^{i,k}$; 如果银行 k 向银行 i 借款, $b_{t-1}^{k,i} > 0$, 如果银行 k 向银行 i 贷款, 则 $b_{t-1}^{k,i} < 0$, 如果银行 k 与银行 i 之间没有借贷关系, 则 $b_{t-1}^{k,i} = 0$ 。

如果银行 k 的流动性资产 $\bar{L}_t^k - (1+r_b)B_{t-1}^k > 0$ 为正, 但 B_{t-1}^k 为负, 则银行 k 划为债权银行; 如果银行 k 的 \bar{L}_t^k 和 B_{t-1}^k 同时为正, 并且 $\bar{L}_t^k \geq (1+r_b) \sum_{i \in \Phi} b_{t-1}^{k,i}$, $i \in \Phi$, Φ 为 k 银行的所有债务

银行,那么对其所有的债务银行进行还款,流动性资产更新为: $\bar{L}_t^k = \bar{L}_{t-1}^k - (1+r_b)\sum_i b_{t-1}^{k,i}$,如果还款后, $\bar{L}_t^k > 0$,则银行 k 划为债权银行,否则银行 k 划为一般债务银行,如果 $\bar{L}_t^k - (1+r_b)B_{t-1}^k < 0$,则银行 k 划为一般债务银行。

步骤 3: 设 Φ 为 $t-1$ 时刻的债务银行集合, Ω 为 t 时刻的债务银行集合。对 t 时刻一般债务银行集合中的每一个债务银行 k ,按随机的顺序不断向潜在债权银行借款, $b_t^{k,j}$ ($b_t^{k,j}$ 为第 j 家债权银行的最大贷款额度),直到银行 k 向其他潜在债权银行借到的借款足够偿还其上一期的银行间的借款 $(1+r_b)\sum_i b_{t-1}^{k,i}, i \in \Phi$,此时一般债务银行 k 借款额为: $B_t^k = (1+r_b)\sum_{i \in \Phi} b_{t-1}^{k,i} - \bar{L}_t^k$ 。一般债务银行 k 的流动性资产更新为: $\bar{L}_t^k = 0$,债务银行 k 的债权银行 i 更新为 $\bar{L}_t^i = \bar{L}_{t-1}^i + (1+r_b)b_{t-1}^{k,i}$ 。对于银行拆借及流动性更新该步骤的算法,算法复杂度近似于 $O(M^3)$,其中 M 为银行数。

步骤 4: 如果银行 k 已向所有潜在债权银行借款,但仍不能借到足够的贷款清偿 $1+r_b B_{t-1}^k$,此时银行 k 的流动性资产小于 0。则银行 k 通过协议存款的方式向货币基金 i 寻求援助,援助额为 $L_t^{k,i} = \min(\text{abs}(\bar{L}_t^k - (1+r_b)\sum_{i \in \Phi} b_{t-1}^{k,i}), L_t^{Y_i})$ 。如果银行 k 向所有的货币基金借款,但仍不能借到足够的贷款清偿 $1+r_b B_{t-1}^k$,则银行 k 倒闭,进行银行倒闭清算(其剩余资产按比例还给各个债权银行),然后回到步骤 2。银行向货币基金拆借的算法复杂度同样近似为 $O(M^3)$ 。

因此,结合整体算法,步骤 3,步骤 4 均嵌套在时间步的循环下,该算法的复杂度近似为 $O(\text{Totalstep} * M^3)$,其中 Totalstep 代表总的时间步,对应于上述流程图即 $\text{Totalstep} = 1000$ 。

3 系统仿真与分析

本文构建的含有互联网货币基金的银行网络仿真系统能够模拟银行网络系统的动态演化过程,根据该演化过程,我们可以统计银行网络的资产变化等运行特征及稳定性特征。下文以稳定性为例说

明本文的仿真系统可用于银行系统稳定性的研究。本次模拟的时间步长为 1 000 步,通过 Matlab 仿真实验,观察到货币基金相关参数对银行网络系统稳定性的影响。图 4 仿真了互联网货币基金对银行系统稳定性的影响。

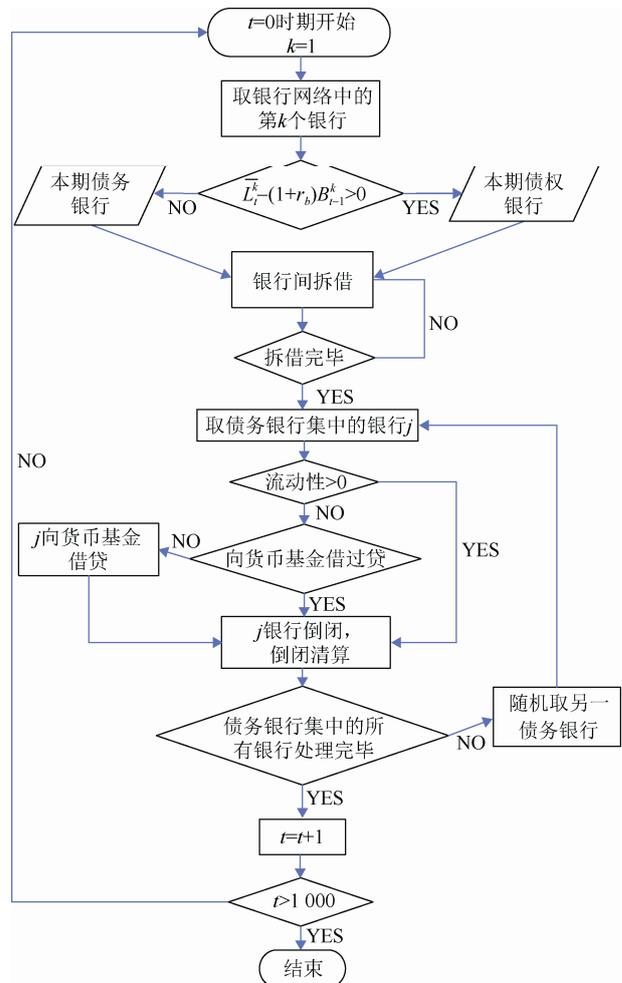
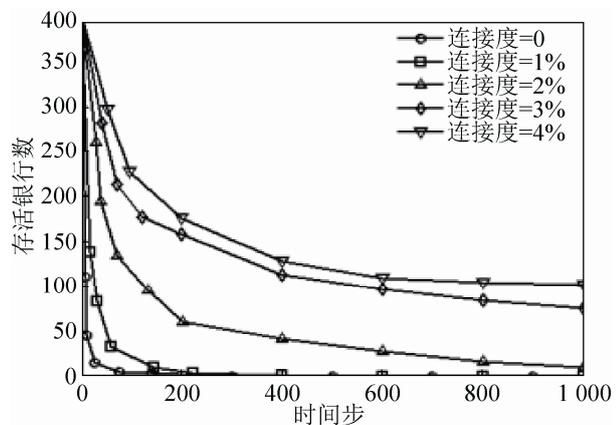


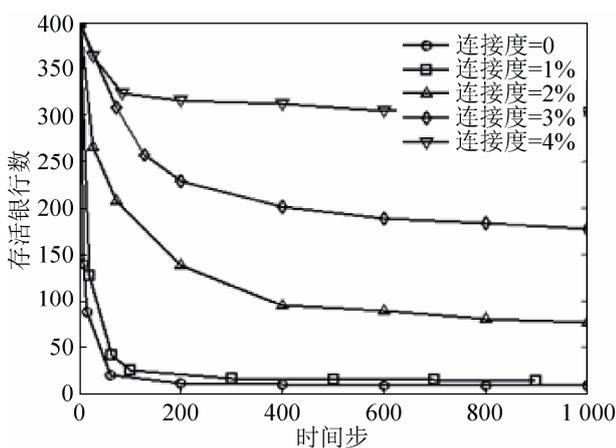
图 3 商业银行与货币基金借贷动态交互演化流程
Fig.3 The dynamic evolutionary process of the borrowing and lending between the commercial banks and the internet monetary funds

参数设定: 银行数量 $M = 400$; 时间步 $t=1 000$; 投资期限 $\tau = 3$; 投资收益率 $\rho = 0.01$; 同业拆借利率 $r_b = 0.005$; 存款利率 $r_a = 0.003$; 存款准备金率 $\beta = 0.2$; 货币基金的协定利率 $r^y = 0.06$; 货币基金的储户收益率 $r^c = 0.04$, 货币基金的存款转移比例 $k = 0.01$, 货币基金备付金率=0.25。图 4(a)为不存在货币基金的银行系统,图 4(b)为存在货币基金

冲击的银行系统。货币基金的存款转移比例 $K=0.01$ ，由仿真结果可以看出，无论在何种系统下，连接度越高，银行系统越稳定，这与早期学者对于同质银行理论分析的研究中，连接度越大银行系统越稳定相一致^[14-15]。同时，在货币基金适度的吸纳了原有的银行存款后，整个网络系统反而变得更稳定，如图4所示，图4(b)比图4(a)更稳定。但是货币基金的存款转移比例是否会对银行系统稳定性有影响呢？因此考虑货币基金的存款转移比例的影响下进行仿真，设置连接度 $c = 0.03$ ，结果如图5所示。



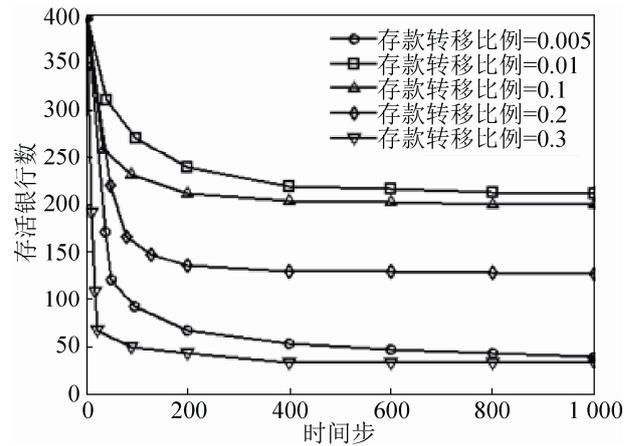
(a) 不存在货币基金的银行系统稳定性



(b) 存在货币基金的银行系统稳定性

图4 货币基金对银行系统稳定性的影响

Fig.4 The effect of the monetary funds on the stability of the banking system

图5 货币基金存款转移比例与银行系统稳定性的关系
Fig.5 The relationship between the deposit transfer ratio of the monetary funds and the stability of the banking system

从图5的模拟结果可以发现：最初随着存款转移比例的增加，银行存活数不断增加；但当跨过某个临界值后，随着存款转移比例 K 的增加，银行存活数反而不断减少。造成该结果可能主要取决于银行是否能够拆借到足够资金用于投资，从而满足系统充足的流动性。随着存款转移比例的增加，起初银行可以从互联网货币基金拆借到更多的资金用于投资，从而获得相对更多的投资收益，满足银行系统的流动性充足，从而带来整个系统的相对稳定；而随着存款转移比例的进一步增大，由于互联网货币基金转移了过多的存款，银行间拆借频率下降，使得银行间的流动性不足，无法实现有效的拆借来满足投资的需要，从而造成投资收益的减少，使得整个系统变得相对不稳定。因此，在具有货币基金的银行系统中，货币基金的存款转移比例 K 的调整有一个最优值，一旦超出该最优值，银行系统的稳定性将大大降低，这说明目前很多银行出台限制储户转移到货币基金的比率能够很大程度提高银行系统的稳定性。

互联网货币基金本身的风险管控也会对银行系统产生影响，而这种风险管控主要体现在货币基金备付金比率的调节上。设置连接度 $c = 0.02$ ，图6仿真了随着货币基金备付金比率变化，银行倒闭的情况。由图6可以看出，随着备付金比率的提高，银行系统的稳定性显著提高。但是如果互联网货币

基金对风险不进行管控, 备付金率维持较低水平, 如低于 10%, 则整个银行系统稳定性显著下降。

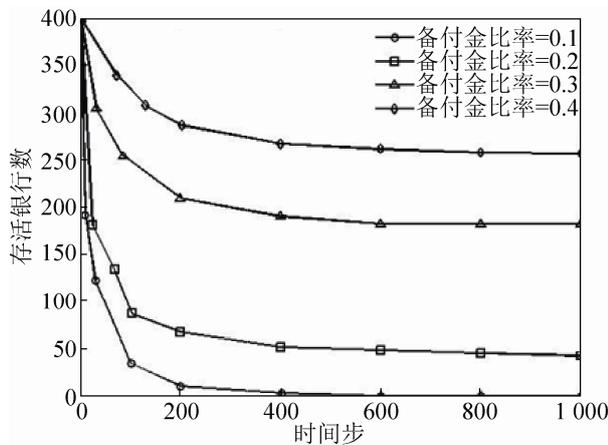
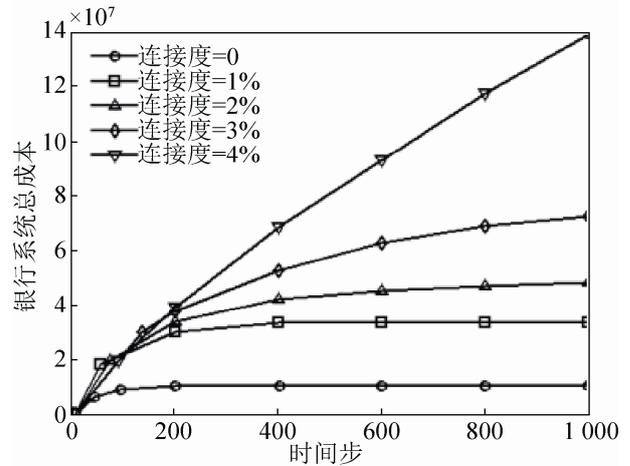


图 6 货币基金备付金比率对银行系统稳定性的影响
Fig.6 The effect of the cover ratio of the monetary funds on the stability of the banking system

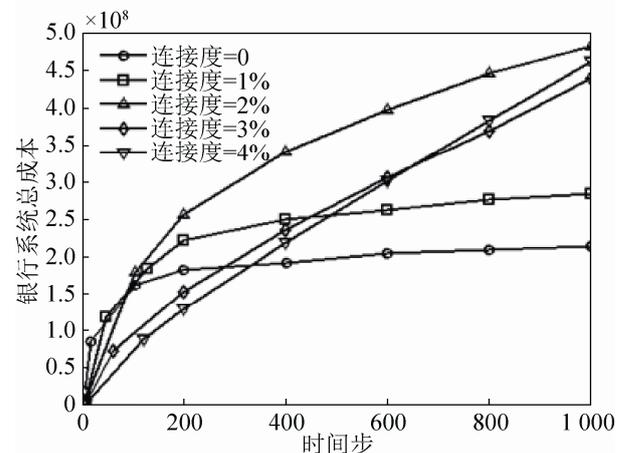
图 7 仿真了货币基金对银行系统总成本的影响, 其中, 纵轴表示银行系统总成本, 横轴表示模拟的时间步。从仿真结果可以发现: (1)当银行系统不存在货币基金时, 随着信用连接度 c 的增加, 银行系统的总成本在增加如图 7(a)所示; (2)当银行系统存在货币基金时, 最初随着信用连接度 c 的增加, 银行系统的总成本不断增加, 但当连接度 c 跨过某个临界值后, 随着 c 的增加, 银行系统的总成本反而有所下降, 如图 7(b)中的菱形和倒三角线; (3)和无货币基金银行系统相比, 具有货币基金的银行系统将显著增加银行系统的总成本, 如图 7(a)数量级为 7, 图 7(b)数量级为 8。

而以上仿真结果对应的理论解释为: 当银行系统不存在互联网货币基金时, 银行系统的总成本取决于同业拆借利息, 随着信用连接度 c 的增加, 其拆借利息将不断增加, 导致银行系统总成本也在增加。当银行系统存在互联网货币基金时, 银行系统的总成本取决于同业拆借利息和货币基金协议存款利息。由于货币基金协议存款利率显著高于银行存款利率, 因此具有货币基金的银行系统总成本显著高于无货币基金的银行系统总成本。随着信用连接度 c 的增加, 银行系统对货币基金的依赖性减

弱, 银行系统的总成本则适当降低。



(a) 不存在货币基金时货币基金与银行系统总成本的关系



(b) 存在货币基金时货币基金与银行系统总成本的关系

图 7 货币基金与银行系统总成本的关系

Fig.7 The relationship between the monetary funds and the total cost of the banking system

4 结论

本文在分析含有互联网货币基金的银行网络系统复杂特性的基础上, 提出了完整的基于现实含有互联网货币基金的复杂的银行网络系统模型, 并详细分析了互联网货币基金与传统的银行网络相互影响的动态关系, 给出了传统银行网络与货币基金网络之间的动态拆借算法与流程。依据这些模型和算法, 构建了含有互联网货币基金的银行网络仿真系统。然后利用该仿真系统, 结合互联网货币基金的各种参数变化, 研究了互联网货币基金对现实银行

系统稳定性的影响及现实的银行系统特征。研究发现:在互联网货币基金储蓄转移比例不高的情况下,互联网货币基金能够提高现有银行系统的稳定性,但是,互联网货币基金储蓄转移比例有一个最优值,超过最优值,银行的稳定性会大幅降低。此外,互联网货币基金本身的风险管控也会对银行系统产生影响,如果互联网货币基金对风险不进行管控,备付金率维持较低水平,如低于10%,则整个银行系统稳定性显著下降。最后,互联网货币基金的存在显著的增加了银行系统的成本。因此,本文搭建的仿真系统可用于研究银行系统的各种运行特征及稳定性问题,其研究结果可为有关部门制定互联网货币基金的政策提供相应依据。对于未来的研究,基于本文构建的仿真系统和模型,可以从网络拓扑结构对银行系统稳定性的影响、不同类型存款冲击对银行系统稳定性的影响、货币基金收益率对银行系统稳定性的影响、协议利率对银行系统稳定性的影响、货币基金稳定性、银行调控策略、央行对于银行系统稳定性的影响等多方面进行深入研究。

参考文献:

- [1] Allen F, Gale D. Financial Contagion [J]. *Journal of Political Economy*(S0022-3808), 2000, 108(1): 1-33.
- [2] Battiston S, Gatti D D, Gallegati M, et al. Default Cascades: When does Risk Diversification Increase Stability [J]. *Journal of Financial Stability* (S1572-3089), 2012, 8(3): 138-149.
- [3] Georg C P. The Effect of the Interbank Network Structure on Contagion and Common Shocks[J]. *Journal of Banking & Finance* (S0378-4266), 2013, 37(7): 2216-2228.
- [4] Nier E, Yang J, Yorulmazer T, et al. Network Models and Financial Stability [J]. *Journal of Economic Dynamics and Control*(S0165-1889), 2007, 31(6): 2033-2060.
- [5] Caccioli F, Catanach T A, Farmer J D. Heterogeneity, Correlations and Financial Contagion[J]. *Advances Complex Systems* (S0219-5259), 2011, 15(5): 438-456.
- [6] Lenzu S, Tedeschi G. Systemic Risk on Different Interbank Network Topologies [J]. *Physica A* (S0378-4371), 2012, 391(18): 4331-4341.
- [7] 刘晖, 王秀兰, 罗中华, 等. 基于 T+0 模式的互联网金融产品研究——以余额宝为例[J]. *生产力研究*, 2014,(2): 55-57.
- [8] Liu H, Wang X L, Luo Z H, et al. The research on the internet financial product based on T+0 model, the example of “Yuebao” [J]. *Productivity Research*, 2014,(2): 55-57.
- [8] 张海超, 张琼丹, 张义奎, 等. 分析“余额宝”的发展模式及对银行金融的冲击[J]. *西南民族大学学报(自然科学版)*, 2013, 39(6): 948-951.
- [9] Zhang H C, Zhang Q D, Zhang Y K, et al. The analysis of the development model of “Yuebao” and the shocks of “Yuebao” on banks [J]. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 2013, 39(6): 948-951.
- [9] 刘志坚, 肖玉秀. 互联网金融对商业银行的影响及启示[J]. *市场研究*, 2014,(1): 23-25.
- [10] Liu Z J, Xiao Y X. The effect and inspiration of the internet finance on the commercial banks [J]. *Marketing Research*, 2014,(1): 23-25.
- [10] 邱勋. 余额宝对商业银行的影响和启示[J]. *新金融*, 2013,(9): 50-54.
- [11] Qiu X. The effect and inspiration of “Yuebao” on the commercial banks [J]. *New Finance*, 2013,(9): 50-54.
- [11] 梁皓楠. 网络时代下余额宝的诞生对商业银行的影响[J]. *时代经贸*, 2013,(23): 100-101.
- [12] Liang H N. The effect of the birth of “Yuebao” on the commercial banks under the internet time [J]. *Economic & Trade Update*, 2013,(23): 100-101.
- [12] 马广奇, 赵芬芬. 余额宝的金融创新及其影响分析[J]. *武汉金融*, 2014,(3): 24-25.
- [13] Ma G Q, Zhao F F. The analysis on the financial innovation and the effect of “Yuebao” [J]. *Wuhan Finance*, 2014,(3): 24-25.
- [13] 贾志丽. “余额宝”类互联网金融产品对金融机构影响座谈会会议综述[J]. *金融会计*, 2014,(4): 24-27.
- [14] Jia Z L. The discussion meeting review of the effect of the internet financial product such as “Yuebao” on the financial institution [J]. *Financial Accounting*, 2014,(4): 24-27.
- [14] Iori G, Jafarey S, Padilla F G. Systemic Risk on the Interbank Market [J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*(S0167-2681), 2006, 61(4): 525-542.
- [15] Georg C P, Poschmann J. Systemic Risk in a Network Model of Interbank Markets with Central Bank Activity [J]. *Jena economic research papers*(S2388-8258), 2010, 4(1): 1-24.