

# 基于平衡稳定性的货币危机预警模型及实证研究

王振齐<sup>1</sup>, 龙文<sup>2,3,4\*</sup>

- (1. 中国政法大学商学院, 北京 102200;
2. 中国科学院虚拟经济与数据科学研究中心, 北京 100190;
3. 中国科学院大学经济与管理学院, 北京 100190;
4. 中国科学院大数据挖掘与知识管理重点实验室, 北京 100190)

**摘要:** 以实际汇率变动率、私营部门贷款与GDP比率的变动率、总储备与M2比率构建“介稳球内接三棱锥”预警模型, 并基于平衡稳定性理论研究三棱锥的失稳特征, 观察对应的货币系统稳定性变动规律, 发现几乎所有国家在危机前都处于稳定性平衡, 危机时趋于失稳, 危机后恢复到稳定性平衡. 对1997年亚洲金融危机的实证研究表明新模型优于FR概率模型, STV预警模型和KLR模型. 应用新方法, 进一步分析当前的经济状况, 认为我国货币系统的风险整体可控, 给出了上述经济变量的合理区间, 并对政府工作提出了相应建议.

**关键词:** 货币危机; 系统; 平衡稳定性

中图分类号: F831

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2018)03-0355-10

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2018.03.007

## Currency crisis warning model and its empirical research based on equilibrium stability theory

Wang Zhenqi<sup>1</sup>, Long Wen<sup>2,3,4\*</sup>

- (1. School of Business, China University of Political Science and Law, Beijing 102200, China;
2. Research Center on Fictitious Economics and Data Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
3. School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
4. Key Laboratory of Big Data Mining and Knowledge Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

**Abstract:** This paper constructs a new warning model using the fluctuation rate of the real exchange rate, the growth rate of domestic credit to private sector and the ratio of total reserves to M2. Based on the equilibrium stability theory of rigid bodies, this paper studies the instability characteristics of the triangular pyramid, and also observes the stability change law of the corresponding currency systems. The empirical study of the 1997 Asian financial crisis shows that the new model is superior to FR model, STV model and KLR model. By applying the proposed method, the present economic situation is further analyzed, and some proposals have been suggested.

**Key words:** currency crisis; system; balance stability

收稿日期: 2016-06-22; 修订日期: 2017-04-24.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71771204); 中国科学院大学校部与研究所科研合作专项资助项目(Y55202KY00).

\*通信作者

## 1 引言

世界范围内接连不断的金融危机逐渐暴露出金融危机的破坏性, 这些问题在新兴市场及发展中国家尤为突出. 因此, 选择一套恰当的指标, 构建一个有效的危机预警体系就显得尤为重要. 从 20 世纪 70 年代开始, 就有很多学者研究危机预警模型. Krugman<sup>[1]</sup> 将汇率制度引入危机研究中, 认为投机者对汇率的攻击将导致货币贬值, 从而引发货币危机. Frankel 等<sup>[2]</sup> 开创了货币危机预警模型的先河, 以 1971 年~1992 年中 100 个发展中国家为样本, 建立了估计危机发生可能性的 FR 概率模型. Sachs 等<sup>[3]</sup> 提出 STV 横截面模型, 克服了 FR 模型没有考虑国别差异的缺陷. Kaminsky 等<sup>[4]</sup> 建立了信号分析法 KLR 模型, 把预测商业周期转折点的信号法用于寻找货币危机的影响因素. STV 模型和 KLR 模型是目前国际上应用最广泛, 认可度最高的预警模型. Berg 等<sup>[5]</sup> 利用拉美国家和东南亚金融危机国家的历史数据检验预警模型对危机的预测能力, 发现 KLR 模型的预测效果最好, STV 模型次之, FR 模型最差. 后来不少学者从其它角度解读货币危机的原因. Kumar 等<sup>[6]</sup> 基于滞后的宏观经济和金融市场数据提出 Simple Logit 模型, 较好地解释了墨西哥货币危机, 亚洲金融危机以及巴西货币危机.

由于 STV 模型适用性广, 数据易获得, 很多学者力图对其进行改进, 使其与实际情况更加吻合. 比如, Nitithanprapas 等<sup>[7]</sup> 在 STV 横截面回归模型中, 除考虑汇率和外汇储备因素, 又构造了一个反映经常账户平衡、国际资本流动的复合变量, 得到稍好的预测效果. 近年来, 经济全球化不断增强, 货币危机也更加复杂多变, 很多研究从实证角度进行了分析, Alessandri 等<sup>[8]</sup>、Repullo 等<sup>[9]</sup> 通过检验美国、英国、法国和德国等国家的 GDP 增长率、信贷增速、信贷占 GDP 的比重、资产价格、银行税前利润和信用价差等变量, 发现信贷与 GDP 的比率仍可以作为系统性风险的有效预警指标.

在对中国的实证研究中, 有一些学者较为认可 KLR 模型. 比如, 史建平等<sup>[10]</sup> 利用 KLR 模型对新兴市场国家现阶段的金融危机做了实证检验, 结果显示 KLR 模型的预警效果较好, 认为 2009 年我国发生金融危机的风险较小. 另一方面也有不少学者认为三大模型并不适用中国情况. 比如, 徐道宣等<sup>[11]</sup> 在阐述 KLR 信号分析法时指出该分析法在中国应用时存在相关性不足等问题. 马德功等<sup>[12]</sup> 对比 FR 概率模型、STV 模型、KLR 信号分析模型, 发现由于模型的非结构化, 这些模型并不适应我国情况, 并在 FR 模型的基础上构建起一个非线性的预警模型以克服前几个模型的不足.

考虑到上述建模情况及非线性预警模型对中国有较好的适应性, 本文利用非线性的矢量分析法结合平衡稳定性理论分析货币系统风险, 以“实际汇率变动率、私营部门贷款与 GDP 比率的变动率、总储备与 M2 的比率”三个指标构建“介稳球内接三棱锥”预警模型, 基于平衡稳定性理论研究三棱锥的失稳特征, 考察三棱锥重心在球内外的分布情况, 同时观察对应的货币系统稳定性变动规律. 文章进一步考察了 1997 年亚洲金融危机前后各国经济系统稳定性特征, 进而对近年来我国货币系统稳定性情况进行研究, 并结合 2016 年第一季度经济运行情况分析我国当前系统性风险.

## 2 “介稳球内接三棱锥”预警模型

首先介绍在预警危机模型中应用最为广泛的 STV 模型, 进而选取货币危机预警的指标变量, 构建“介稳球内接三棱锥”预警模型, 然后用平衡稳定性理论研究三棱锥的稳定性变动特征, 观察对应的货币系统稳定性变化规律, 论证模型合理性.

### 2.1 STV模型

Sachs 等<sup>[3]</sup> 通过考察 1994 年~1995 年间的墨西哥金融危机和其后在东南亚部分新兴市场国家发生的危机过程, 发现实际汇率(RER)的变动、国内信贷规模(LB)扩张和广义货币供给与外汇储备的比率(MR)对一个国家是否发生危机起着决定性的作用.

在危机指数(IND)的构建上, Sachs 等<sup>[3]</sup>通过借鉴 Frankel 等<sup>[2]</sup>及 Eichengreen 等<sup>[13]</sup>的指数构建方法, 利用汇率变动率和外汇储备变动百分比的加权平均值作为危机指数.

在自变量选择上, 他们借鉴 Frankel 等<sup>[2]</sup>研究货币危机特征时提出 FR 的模型, 发现货币贬值超过 25%、经济增长迟缓时国内信贷增长过快易导致货币危机的发生, 故使用实际汇率(RER)的变动作为第一个变量, 选取银行对私有部门的债权与 GDP 的比率(LB)作为第二个变量. 考虑到一国在预防货币危机方面存在消耗外汇储备或提高利率的措施, 借鉴 Sanz-Serna 等<sup>[14]</sup>用广义货币和外汇储备的比率(MR)测量一国外汇储备丰度的方法, 选取 MR 作为第三个变量. 为对新兴市场国家进行分类, Sachs 等人设计两个虚拟变量  $D^{WF}$  和  $D^{LR}$ . 当一国的汇率、银行信贷在四分位变动, 说明经济基本面比较稳定, 表示为  $D^{WF} = 0$ , 否则取  $D^{WF} = 1$ . 同样, 当一国 MR 在最高四分位时说明该国外汇储备充足, 取  $D^{LR} = 0$ , 否则取  $D^{LR} = 1$ . 回归模型为

$$IND = \beta_0 + \beta_1 RER + \beta_2 LB + \beta_3 D^{LR} RER + \beta_4 D^{LR} LB + \beta_5 D^{WF} RER + \beta_6 D^{WF} LB + \varepsilon. \quad (1)$$

Sachs 等<sup>[3]</sup>的实证研究表明 STV 模型较好地揭示了新兴市场国家发生金融危机的原因. 此后 STV 模型得到了广泛的应用和发展.

## 2.2 危机预警指标的选取

STV 模型提出以后, 为进一步验证其它学者有关投资、储蓄、政府消费、经常账户和资本流动等指标影响货币系统稳定性的观点, Sachs 等人补充这些指标及其变动率作为自变量, 以测定其对金融危机的影响, 但实证表明这些变量或者统计意义不显著, 或者影响不大. 鉴于此, 本文仍旧选取 STV 模型的三个指标: 实际汇率(RER)的变动、私营部门贷款与 GDP 比率(LB)的变动、广义货币与外汇储备的比率(MR)作为影响货币系统稳定的基本要素.

对于实际汇率(RER)的变动, 选择稳定发展阶段的年份为基期, 计算后期各年度的相对变化率, 计算公式为  $R_i = (\varepsilon_i - \varepsilon_0) / \varepsilon_0$ .

鉴于 STV 模型中私营部门贷款与 GDP 比率(LB)在万分位及以下变动时, 一国经济基本面比较稳定, 而 LB 在千分位、百分位变动时基本面较差. 因此取  $L_i = -(\text{LB}_i - \text{LB}_0) / \text{LB}_0$ .

考虑到广义货币与外汇储备的比率(MR)往往是远大于 1 的, 而本文所构建的模型要在直径为 1 的球里面进行矢量运算, 所以对 MR 取倒数变换, 即  $M_i = 1 / \text{MR}_i$ .

下面将先根据经济指标的等间隔采集特性构建“介稳球内接三棱锥”预警模型, 再利用平衡稳定性理论分析三个指标变动对系统稳定性的影响.

## 2.3 介稳球内接三棱锥预警模型的构建

图 1 描绘了点出发的时间序列.

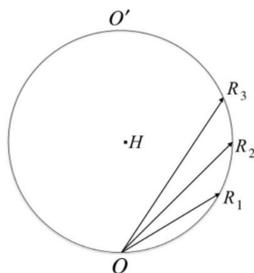


图 1 点出发的时间序列

Fig. 1 Time series starting from a point

如图 1 所示, 张昴等<sup>[15]</sup>在研究非线性时间序列时, 结合经典力学的矢量分析法, 提出了点发出的时间序列模型. 将时间跨度相同的样本数据  $R_i$  以其大小从圆的最低点出发沿着  $\overrightarrow{OR_i}$  方向刻画在圆里面, 进而根据矢量的合成及分解法则对指标做非线性分析及运算.

本文选取的三个经济指标  $R_i$ ,  $L_i$  和  $M_i$  都是年度数据, 具备构建点出发的时间序列的条件. 一方面单个指标时间序列各期之间是等时间采集的, 即单个经济指标是纵向等时的; 另一方面三个指标的截面数据都是上年末开始到本年末结束为周期算的, 即三个数据指标是横向等时的. 因此, 可以将三个指标序列表示在等时球里.

如图 2 所示, 在空间直角坐标系中, 鉴于指标都是  $(-1, 1)$  区间的数据, 为方便下面的计算, 画出以  $H(0, 0, 0.5)$  为球心, 以 1 为直径的球, 记最高点为  $O'$ . 选取球面与  $XOZ$  平面正方向相交所得圆弧  $ORO'$  为实际有效汇率变动率  $R_i$  序列所在圆. 考虑到对称性, 选取半圆弧  $OLO'$ ,  $OMO'$  与  $ORO'$  两两夹角均为  $120^\circ$ . 基于此将各期指标  $R_i$ ,  $L_i$  和  $M_i$  以其大小从最低点出发沿着弦的方向画到对应的圆里, 画出  $\overline{OR}$ ,  $\overline{OL}$ ,  $\overline{OM}$  三条弦. 注意指标可以为负值, 因此对球做关于水平面  $XOY$  的镜像, 把负值数据画到下方对应的圆弧上, 得到三棱锥  $O-RLM$ , 其重心为  $G$ .

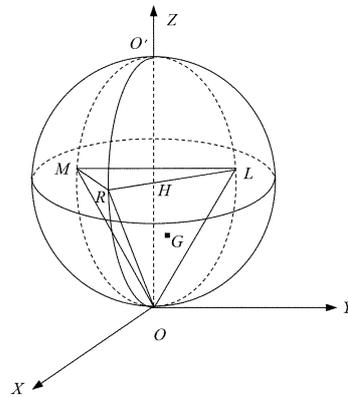


图 2 等时球内接三棱锥

Fig. 2 Triangular pyramid in the isochronous ball

图 2 中棱锥重心  $G$  与球心  $H$  的距离  $|\overrightarrow{GH}|$  代表棱锥围绕球心运动的范围. 根据系统动力学的三棱锥体平衡原理, 当三棱锥的重心在内接球中时, 三棱锥处于稳定平衡; 当三棱锥的重心趋向内接球外时, 重心不稳, 处于不稳定平衡. 如果重心落在球外, 则需要外力作用才能恢复稳定性. 复杂性科学中将这种特性称为“介稳性”.

刘骏民等<sup>[16]</sup>认为介稳性是指经济持续增长过程中的均衡性质, 某些部门虚假繁荣导致均衡的增长被打破, 危机过后回归均衡. 经济系统在稳定性遭受破坏后, 可能在一定的范围内游动, 交替地进入平衡和非稳定平衡态<sup>[17]</sup>. 汪寿阳等<sup>[18]</sup>指出可以将金融经济体系看作是一类复杂性系统, 从系统内部的结构及外部作用来考察系统的特性, 以揭示金融经济体系演化的规律. 结合以上观点, 本文将图 2 所示的三棱锥命名为“介稳球内接三棱锥”, 以刻画货币系统的稳定性.

## 2.4 货币系统稳定性与三棱锥重心波动的联系

为直观显示抽象的数学物理系统稳定性和简化的货币系统稳定性的一致变动规律, 本文借鉴徐元栋<sup>[19]</sup>、李勇建等<sup>[20]</sup>通过数值仿真模拟动力学模型及相关变量, 以显示系统发展演化规律的思想, 在控制变量的前提下通过单变量的变动来分析重心  $G$  的移动规律, 进行随机数模拟实验.

1) 实际有效汇率贬值时, 根据  $R_i = (\varepsilon_i - \varepsilon_0) / \varepsilon_0$ , 则  $|\overrightarrow{OR}| = R_i$  缩小, 知  $|\overrightarrow{OG}|$  随之缩小,  $G$  点距离  $O$  点更近, 此时重心趋向内接球外, 即  $|\overrightarrow{GH}|$  逐渐变大, 直到大于球的半径时, 三棱锥重心  $G$  落在球外. Kaminsky 等<sup>[4]</sup>指出实际有效汇率贬值是 1997 年各国发生金融危机的重要原因和直接体现. 本文在控制变量的前提下进行随机数模拟, 样本量为 30, 观察单变量与重心预警距离的变动情况, 结果如图 3 所示. 随机产生的汇率变动率序列与其对应的重心预警距离序列呈现反向变动关系, 即汇率贬值时, 重心预警数值变大, 容易发生危机, 此时重心趋向球外; 汇率升值时, 重心预警数值变小, 此时重心趋向球内.

2) 私营部门信贷增长过快时, GDP 增长率减缓时, 根据  $L_i = -(LB_i - LB_0) / LB_0$ , 则  $|\overrightarrow{OL}| = L_i$  缩小,

知  $|\overrightarrow{OG}|$  随之缩小,  $G$  点距离  $O$  点更近, 此时重心趋向内接球外. Frankel 等<sup>[2]</sup> 在研究近代以来的货币危机时, 指出经济增长迟缓时, 国内信贷增长过快易导致货币危机的发生. 在控制变量的前提下进行随机数模拟, 样本量为 30, 观察单变量与重心预警距离的变动情况, 结果如图 4 所示. 随机产生的贷款变动率序列与其对应的重心预警距离序列也呈现反向变动关系, 效果同汇率变动率.

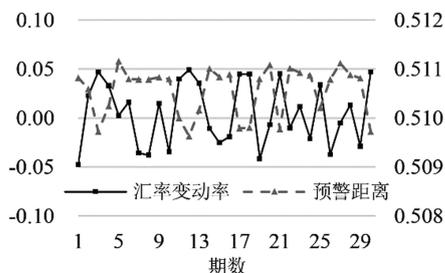


图 3 随机数模拟汇率变动率与预警距离的变动情况  
Fig. 3 Stochastic simulation of the change in the exchange rate and the warning distance

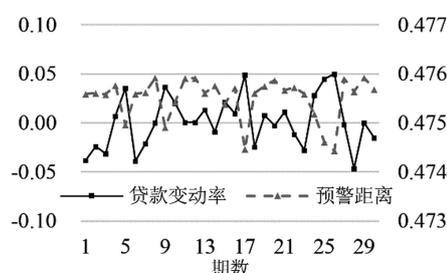


图 4 随机数模拟贷款变动率与预警距离的变动情况  
Fig. 4 Stochastic simulation of the change in loans and the warning distance

3) 总储备规模降低时, M2 增速过高时, 根据  $M_i = 1/MR_i$ , 则  $|\overrightarrow{OM}|$  缩小, 知  $|\overrightarrow{OG}|$  随之缩小,  $G$  点距离  $O$  点更近, 此时重心趋向内接球外. Sanz-Serna 等<sup>[14]</sup> 在研究 1994 年墨西哥金融危机时指出外汇储备较小时, 金融系统就很难应对外来冲击. Kaminsky 等<sup>[4]</sup> 在研究 1997 亚洲金融危机时也发现该变量显著. 在控制变量的前提下进行随机数模拟, 样本量为 30, 观察单变量与重心预警距离的变动情况, 结果如图 5 所示. 随机产生的储备比序列与其对应的重心预警距离序列也呈现反向变动关系, 效果同汇率变动率.

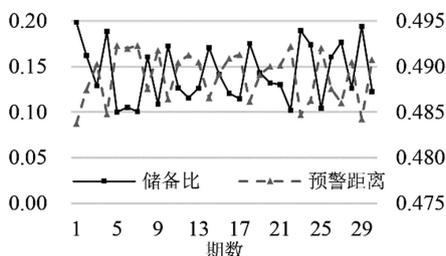


图 5 随机数模拟储备比与预警距离的变动情况

Fig. 5 Stochastic simulation of the reserve ratio and the warning distance

以上各种不利变动都使得重心向球外运动, 三棱锥趋向失稳, 对应到货币系统中, 系统就表现为不稳定, 而历史上各国危机前后的变动也很好地吻合这个变动特点. 据此, 可构建出“介稳球内接三棱锥”预警模型, 根据模型的预警距离  $|\overrightarrow{GH}|$  便可对货币系统的稳定性进行判断.

### 2.5 预警距离的数值计算

如图 2 所示, 先表示出三棱锥  $O-RLM$  顶点坐标, 然后根据重心公式计算出三棱锥的重心  $G$ , 进一步用空间距离公式便可求出重心  $G$  与球心  $H$  的距离  $|\overrightarrow{GH}|$ .

对于实际有效汇率变动率序列  $R$  中样本点对应半圆弧  $ORO'$  中弦  $\overline{OR}$ , 设其仰角(与水平面的夹角)为  $\theta$ , 根据弦切角定理和圆周角定理, 在直角  $\angle OO'R$  中,  $\overline{OR}$  弦长为  $\sin \theta$ , 即有  $\theta = \arcsin r$ . 进而在空间直角坐标中得  $R$  点坐标  $(\sin \theta \cos \theta, 0, \pm \sin \theta \sin \theta)$ . 其中正负符号表示  $R$  点的  $Z$  轴坐标可正可负, 同理可得  $L$  点,  $M$  点坐标. 根据重心公式  $\overrightarrow{GO} + \overrightarrow{GR} + \overrightarrow{GL} + \overrightarrow{GM} = \mathbf{0}$ , 即有重心  $G$  坐标  $\left( \frac{x_O+x_R+x_L+x_M}{4}, \frac{y_O+y_R+y_L+y_M}{4}, \frac{z_O+z_R+z_L+z_M}{4} \right)$ . 进一步可得预警距离为

$$d = \sqrt{(x_G - x_H)^2 + (y_G - y_H)^2 + (z_G - z_H)^2}. \quad (2)$$

## 2.6 介稳球内接三棱锥预警的优势

与传统方法相比,本文所构建的“介稳球内接三棱锥”预警模型具有以下优势:

1) 用矢量刻画系统的非线性. STV 模型的一个众所周知的局限性是该模型是线性的,但是在实际中,各指标之间的关系却是非线性的,所以STV 模型未能准确地表达出实际指标之间的相互作用关系. 本文提出的“介稳球内接三棱锥”预警模型根据矢量的合成及分解法则对指标做非线性分析及运算.

2) 客观定义预警距离. Sachs 等<sup>[3]</sup>借鉴 Frankel 等<sup>[2]</sup>、Kaminsky 等<sup>[4]</sup>、Eichengreen 等<sup>[13]</sup>的指数构建方法,将汇率变动率与和外汇储备变动百分比的加权值定义为危机指数. 但是仅仅使用这两个数据构建指标未免有失偏颇. 比如说,因为数据的局限未能考虑到利率对危机指数的影响作用,进而丢失了很多有价值的信息. 本文避开了人为主观定义危机指数的局限性,从一种较为客观的方式出发,利用平衡稳定性理论对系统是否平衡态做出判断,通过考察三棱锥重心在球内外的分布情况,观察同步变动的货币系统平衡特征.

## 3 对1997年亚洲危机的研究及模型对比

Berg 等<sup>[5]</sup>利用拉美国家和东南亚金融危机国家的历史数据检验危机预警模型对危机的预测能力,发现 KLR 模型的预测效果最好,STV 模型次之,FR 模型最差. 本文在此基础上,加入“介稳球内接三棱锥”预警模型对 1997 年的金融危机再次进行实证研究,以进行比较.

### 3.1 亚洲危机前后各国系统稳定性情况

由于金融危机始发于 1997-07,持续到 1999 年末结束,相对来说 1994 年是各国较为稳定的时期,1993 年、1994 年间各国货币政策、汇率、贸易政策等均未发生大的改变,各国政治局面比较稳定,因此以此为基期是合适的. 按照第 2 节提出的预警距离计算方法,求得 1997 年亚洲金融危机前后各国系统稳定性情况,如图 6 所示.

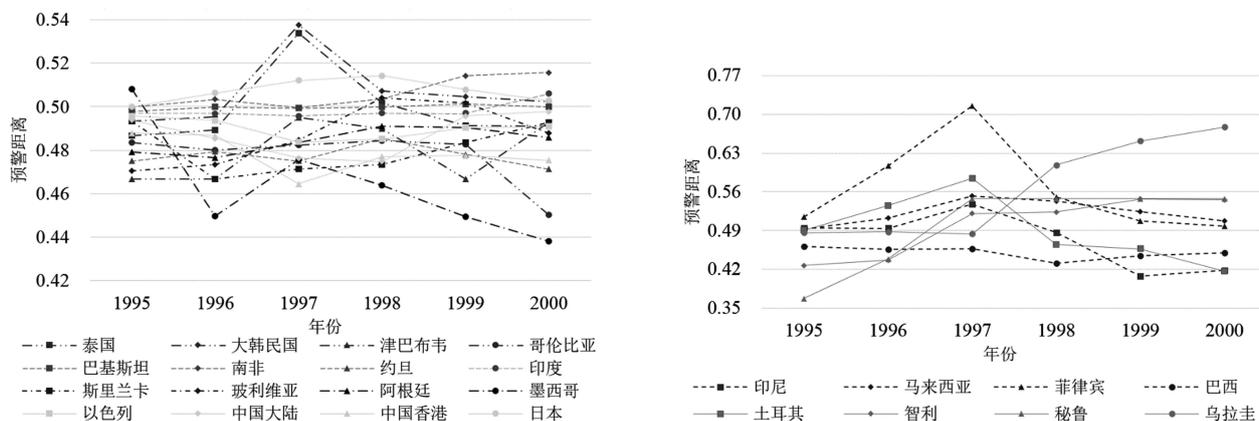


图 6 1997 年亚洲金融危机前后各国系统稳定性情况<sup>1</sup>

Fig. 6 System stability among countries before and after the 1997 Asian financial crisis

图 6 是根据计算出的预警距离所显示的亚洲货币危机前后各国货币系统稳定性情况, 本文将在 3.2 小节做整体分析, 然后针对 1997 年危机时各国稳定性这个关键性数据, 按照国际货币基金组织 Berg 等<sup>[5]</sup>在对系统性风险度量 and 预警模型评价中采取的方法, 在 3.3 节进行比较分析.

### 3.2 对各国系统稳定性变动的分析

如图 6 所示, 整体上来看, 各国重心分布呈现出“稳定-偏离-回稳”的周期律. 重心预警距离突破 0.5 是受灾较为严重国家的主要特点, 降到 0.5 以下标志着走出危机, 而 0.5 正是“介稳性等时球”的半径, 三棱锥的

<sup>1</sup>数据来源:“实际有效汇率指数”来源于国际清算银行;“私营部门的国内信贷与 GDP 的比率”来源于世界银行;“货币和准货币(M2)与总储备的比率”来源于国际货币基金组织. 图中结果根据以上数据计算得出.

重心与球心距离大于 0.5 表示重心落在球外, 即失稳的临界条件, 此时的货币系统发生危机, 从实证角度验证了货币系统稳定性与三棱锥重心波动的对应关系。

同时注意到乌拉圭、秘鲁和智利三国没有在金融危机后回稳, 表明各国仍存在着较高的系统性风险, 受危机影响, 国内仍然经济不景气。表 1 是三个国家危机前后的 GDP 实际增长率, 可以看到直到 2002 年各国仍未恢复到危机前的增长水平。

表 1 危机前后三个国家的实际 GDP 增长率(%)  
Table 1 Real GDP percent growth in the three countries before and after the crisis

国家	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
智利	10.6	7.4	6.6	3.2	-0.8	4.5	3.3	2.2
秘鲁	7.4	2.8	6.5	-0.4	1.5	2.7	0.6	5.5
乌拉圭	-1.4	5.6	8.5	4.5	-1.9	-1.9	-3.8	-7.7

注: 数据来源: “GDP增长率”来源于世界银行。

### 3.3 模型比较与评价

为度量 1997 年危机时各国稳定性这个关键性数据, 同时对模型优劣进行比较, 参照 Berg 等<sup>[5]</sup> 关于三大危机预警模型优势比较的方法, 将各种模型以及本文提出的“介稳球内接三棱锥”预警模型预测的各国危机指数进行排序, 序数越小, 代表发生危机的可能性越高。进而求出实际值和预测值的等级相关系数, 进行预测优良性比较, 结果如表 2 所示。

表 2 各模型对 1997 年的预测与实际危机指数的比较  
Table 2 The comparison of the forecast and real crisis index for each model for the 1997 financial crisis

	KLR模型			FR模型			STV模型			三棱锥模型	
	实际危机指数	KLR原始模型	Berg调整后	实际危机指数	FR原始模型	Berg调整后	实际危机指数	STV原始模型	Berg调整后	实际危机指数	三棱锥模型
泰国	1	16	7	3	7	11	2	7	5	2	10
大韩民国	2	4	5	—	—	—	3	11	11	3	7
印尼	3	18	11	2	—	7	1	13	9	1	8
马来西亚	4	8	13	—	—	—	4	6	6	4	3
津巴布韦	5	3	3	—	—	—	5	22	12	5	16
哥伦比亚	6	8	11	8	8	6	7	17	4	7	12
菲律宾	7	1	1	7	—	8	5	1	1	5	1
巴西	8	2	2	10	6	5	13	4	2	13	18
土耳其	9	6	9	1	3	2	6	9	21	6	2
委内瑞拉	10	13	15	5	10	12	20	21	13	20	22
巴基斯坦	11	9	8	6	11	9	9	16	20	9	5
南非	12	5	7	—	—	—	11	14	16	11	4
约旦	13	14	17	—	—	—	16	19	15	16	13
印度	14	19	20	14	13	—	12	5	19	12	6
斯里兰卡	15	16	18	11	14	13	14	15	17	14	17
智利	16	17	19	15	9	10	15	18	14	15	21
玻利维亚	17	19	20	13	12	—	21	12	10	21	15
阿根廷	18	11	16	16	5	3	22	2	7	22	14
墨西哥	19	12	13	12	4	—	17	20	18	17	19
秘鲁	20	10	5	9	1	4	19	8	23	19	20
乌拉圭	21	19	20	4	2	1	10	3	3	10	11
以色列	22	19	14	—	—	—	18	10	8	18	9
Correlation	—	0.514	0.561	—	0.327	0.121	—	0.127	0.268	—	0.620
P-值	—	0.014	0.007	—	0.253	0.694	—	0.575	0.228	—	0.002
R <sup>2</sup>	—	0.233	0.304	—	0.105	0.008	—	0.015	0.074	—	0.388

注: KLR 模型、FR 概率模型、STV 模型和实际危机指数的排序及其相关性分析和拟合比较的结果见文献 5 中的表 3, 115 页, 本文提出新模型的数据可以通过式(2)计算得出。

由表2可以看到,与传统三大模型相比,本文提出的“介稳球内接三棱锥”预警模型对货币危机的预测效果更好.从实际危机指数与模型预测指数的 Spearman 等级相关系数可知,本文的模型要好于传统的三大模型,且 P-值显著.另一方面,将实际危机指数与预测指数作回归,拟合度  $R^2$  为 0.388,也远高于其它模型,显示了本文提出的“介稳球内接三棱锥”预警模型的优势.

#### 4 现阶段我国货币系统风险的实证研究

本节将应用“介稳球内接三棱锥”预警模型考察近年来我国货币系统稳定性情况,再结合 2016 年第一季度经济运行情况及政府工作报告提出的 2016 年 GDP 和 M2 目标,分析当前我国货币系统性风险特征.

考虑到我国在 2009 年基本走出 2008 年金融危机的负面影响,本文以 2009 年为基期,计算各年度系统预警距离,然后对 2016 年我国货币系统风险进行考察,进而在风险整体可控格局下给出实际有效汇率、私营部门贷款规模、M2 的变动区间.

##### 4.1 近年来我国货币系统风险情况

按照“介稳球内接三棱锥”模型计算办法,得出各年度预警距离情况,如表3所示.

表3 2009年以来我国货币系统的重心预警距离  
Table 3 The warning distance of the center of gravity of China's monetary system from 2009

国家	2010	2011	2012	2013	2014	2015
中国大陆	0.483 38	0.485 95	0.487 11	0.484 03	0.486 59	0.488 30

注:数据来源:“实际有效汇率指数”来源于国际清算银行;“私营部门的国内信贷与 GDP 的比率”

来源于世界银行;“货币和准货币(M2)与总储备的比率”来源于国际货币基金组织.

从整体上来看,走出 2008 年金融危机以来,我国经济系统处于较为稳定的状态.与 2011 年、2013 年相比,2012 年重心预警距离有小波动,这是 2012 年两次降息引起私营部门贷款扩张造成的.2015 年重心预警距离高于往年,这是 2015 年 M2 发行量增速(13.3%)、私营部门贷款增速(14.2%)与往年相比过高引起的.

##### 4.2 2016 年我国货币系统风险

2016-03-05,李克强总理在政府工作报告中提出 2016 年 GDP 增长率预期 6.5% ~ 7.0%,M2 预期增长 13.0%.根据国家统计局发布 2016 年第一季度国民经济和社会发展统计报告,2016 年第一季度 GDP 同比增长 6.7%,也说明政府规划目标相对合理.同时注意到 2016 年 GDP 增长率相比 2015 年有所下调,M2 增幅有所提高,可能会造成系统稳定性下降.为防控货币系统性风险要合理调控实际有效汇率、私营部门贷款以及 M2 增发量.

##### 4.3 2016 年实际有效汇率合理变动区间

结合以上情况,对 2016 年指标数据做出如下假定:在一定范围内实际有效汇率在利率平价条件的作用下随利率变动.用试探法给出人民币浮动的下限,如表4所示.

表4 试探法下人民币实际有效汇率变动区间  
Table 4 The change interval of RMB real effective exchange rate with heuristics

实际有效汇率	123.14	124.14	125.14	126.14	127.14	128.14
增长率	-0.024	-0.016	-0.008	0.000	0.008	0.016
重心预警距离	0.490 49	0.489 44	0.488 34	0.487 21	0.486 04	0.484 82

注:数据来源:“实际有效汇率”来源于国际清算银行;“国内信贷”、“总储备”、“M2”来源于中国人民银行;“GDP”来源于中华人民共和国统计局.表中“实际有效汇率”数据 126.14 是国际清算银行给出的人民币 2016-04 实际有效汇率,其中以 2010 年为基期 100.

2015-12 美联储宣布将联邦基金利率上调 25 个基点到 0.25% ~ 0.5% 的水平,2016 年美联储存在加息的可能性.在这个背景下人民币对美元贬值压力不断增大,几个月来人民币对美元大幅下跌.人民币实际有效汇率受到一定冲击,按照“介稳球内接三棱锥”预警模型计算,人民币实际有效汇率仍有下调空间,应该

控制在 124.14 以上. 李克强总理也多次表示, 人民币没有长期贬值的基础, 仍有一定的浮动区间, 中国现阶段经济虽有波动, 但是风险整体可控. 这和文章的结论是一致的.

#### 4.4 2016 年私营部门贷款合理变动区间

2016 年政府工作报告提出本年度要降低融资成本, 加强对实体经济特别是小微企业、“三农”等支持, 势必会带动私营部门贷款规模的稳步提升. 根据国家统计局最近发布的私营部门贷款数据, 2015 年增长率为 14.2%, 依次变动 0.5 个百分点, 对应的系统重心预警距离情况如表 5 所示. 在维持前几年系统状态的前提下, 本年度私营部门贷款增速应该控制在 13.7% 左右.

表 5 试探法下私营部门贷款规模变动区间  
Table 5 The change interval of the private sector loans with heuristics

国内贷款	1 058 817	1 063 514	1 068 212	1 072 909	1 077 607	1 082 304
增长率	0.127	0.132	0.137	0.142	0.147	0.152
重心预警距离	0.485 83	0.486 25	0.486 70	0.487 16	0.487 64	0.488 13

注: 表中“增长率”数据 0.142 是 2015 年私营部门贷款的增长率, 贷款的货币单位: 亿元人民币.

#### 4.5 2016 年 M2 增速合理变动区间

2015-12 我国 M2 存量为 1 392 278 亿元人民币, 2016 年政府工作报告提出的广义货币 M2 增速为 13%. 2016-04 总储备约 214 186 亿元人民币, 计算出 2016 年货币系统的预警距离为 0.488 19, 相对于 2015 年以前年份来说, 风险明显增强, 因此建议适当下调 M2 增速. 表 6 给出了 M2 增速变动的理论区间. 同时注意到 2016-05 M2 增速已经降至 11.8%, 但是还不够. 如果要把风险控制到与前几年相当的水平, 使其预警距离相似, 建议将 M2 增速控制在 11.5% 以下水平.

表 6 试探法下 M2 增速变动区间  
Table 6 The change interval of M2 growth rate with heuristics

M2 存量	1 538 467	1 545 429	1 552 390	1 559 351	1 566 313	1 573 274
增长率	0.105	0.110	0.115	0.120	0.125	0.130
重心预警距离	0.487 94	0.487 99	0.488 04	0.488 09	0.488 14	0.488 19

注: 表中“增长率”数据 0.130 是 2016 年政府规划 M2 的增长率, M2 存量的货币单位: 亿元人民币.

## 5 结束语

本文选取实际汇率变动率、私营部门贷款与 GDP 比率的变动率、总储备规模与 M2 的比率三个指标构建“介稳球内接三棱锥”货币危机预警模型. 用平衡稳定性理论刻画三棱锥的稳定性变动特征, 据此来观察对应的货币系统稳定性变化规律, 论证了模型的合理性. 基于该模型, 文章考察了 1997 年亚洲金融危机前后各国经济系统稳定性特征, 各国整体上呈现出“稳定-偏离-回稳”这样一个周期律, 即危机前重心落在球内, 危机时趋向球外, 危机后回归球内. 对比 FR 模型、STV 模型、KLR 模型的预测结果, 发现“介稳球内接三棱锥”货币危机预警模型和实际情况更加相符, 而且统计特性明显优于三大模型. 进一步考察 2009 年走出金融危机以来我国货币系统风险情况, 认为我国经济系统处于相对稳定的状态, 再结合 2016 年第一季度经济运行情况及政府工作报告提出的 GDP、M2 目标分析我国当前系统性风险特征, 发现 2016 年系统稳定性有所下降, 但整体风险可控, 远未达到 0.5 的货币危机阈值. 国际上关于我国经济硬着陆的言论言过其实. 另一方面也看到, 和前几年相比, 2016 年货币系统的预警增强. 如果要保持和前几年相当的稳定性, 实际有效汇率应该保持在 124.14 以上水平; 私营部门贷款增速应该控制在 13.7% 左右; 在考察 M2 增速时, 本文认为政府工作报告中 13.0% 的增速偏高, 并提出 2016 年应控制 M2 增速在 11.5% 以下的建议.

#### 参考文献:

- [1] Krugman P. A model of balance-of-payments crises. *Journal of Money, Credit and Banking*, 1979, 11(3): 311-325.

- [2] Frankel J A, Rose A K. Currency crashes in emerging markets: An empirical treatment. *Journal of International Economics*, 1996, 41(3): 351–366.
- [3] Sachs J, Tornell A, Velasco A. Financial crises in emerging markets: The lessons from 1995. *The Brookings Papers on Economic Activity*, 1996, 27(1):147–215.
- [4] Kaminsky G, Lizondo S, Reinhart C M. Leading indicators of currency crises. *Staff Papers-International Monetary Fund*, 1998, 45(1): 1–48.
- [5] Berg A, Pattillo C. Are currency crises predictable: A test. *IMF Staff Papers*, 1999, 46(2): 107–138.
- [6] Kumar M, Moorthy U, Perraudin W. Predicting emerging market currency crashes. *Journal of Empirical Finance*, 2003, 10(4): 427–454.
- [7] Nitithanprapas E, Willett T D. A currency crises model that works: A payments disequilibrium approach. *Claremont Colleges Working Papers in Economics*, 2000, 25(8): 1–51.
- [8] Alessandri P, Drehmann M. An economic capital model integrating credit and interest rate risk in the banking book. *Journal of Banking & Finance*, 2010, 34(4): 730–742.
- [9] Repullo R, Saurina J, Trucharte C. Mitigating the pro-cyclicality of Basel II. *Economic Policy*, 2010, 25(64): 659–702.
- [10] 史建平, 高宇. KLR 金融危机预警模型研究: 对现阶段新兴市场国家金融危机的实证检验. *数量经济技术经济研究*, 2009, 3(3): 106–117.  
Shi J P, Gao Y. A study on KLR financial crises warning model. *Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2009, 3(3): 106–117. (in Chinese)
- [11] 徐道宣, 石璋铭. 一种改进的 KLR 信号分析法应用研究. *数量经济技术经济研究*, 2007, 24(11): 124–132.  
Xu D X, Shi Z M. The research on how to use the method of KLR signal in China. *Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2007, 24(11): 124–132. (in Chinese)
- [12] 马德功, 张畅, 马敏捷. 货币危机预警模型理论与中国适用. *上海金融*, 2007, 12(12): 10–13.  
Ma D G, Zhang C, Ma M J. Currency crisis early warning model theory and applications in China. *Shanghai Finance*, 2007, 12(12): 10–13. (in Chinese)
- [13] Eichengreen B, Rose A K, Wyplosz C, et al. Exchange market mayhem: The antecedents and aftermath of speculative attacks. *Economic Policy*, 1995, 10(21): 249–312.
- [14] Sanz-Serna J M, Calvo M P. Numerical hamiltonian problems. *Mathematics of Computation*, 1994, 64(211): 189–196.
- [15] 张昴, 郭琨. 基于等时圆矢量差分的 ARVMA 组合模型及其实证研究. *系统科学与数学*, 2015, 35(2): 193–205.  
Zhang M, Guo K. ARVMA process and its empirical research based on vector difference in an isochronal circle. *Journal of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2015, 35(2): 193–205. (in Chinese)
- [16] 刘骏民, 王国忠. 虚拟经济稳定性, 系统风险与经济安全. *南开经济研究*, 2005, 6(6): 32–39.  
Liu J M, Wang G Z. Virtual economic stability, systemic risk and economic security. *Nankai Economic Studies*, 2005, 6(6): 32–39. (in Chinese)
- [17] 成思危. 虚拟经济的基本理论及研究方法. *管理评论*, 2009, 21(1): 3–18.  
Cheng S W. Fundamental theory and research methodologies for fictitious economy. *Management Review*, 2009, 21(1): 3–18. (in Chinese)
- [18] 汪寿阳, 张维, 刘星, 等. 金融危机下金融系统工程研究的一些进展. *系统工程学报*, 2009, 24(5): 513–514.  
Wang S Y, Zhang W, Liu X, et al. Some advancements on financial system engineering research in crisis. *Journal of Systems Engineering*, 2009, 24(5):513–514. (in Chinese)
- [19] 徐元栋. 投资者的奈特不确定性情绪与股市巨幅波动. *系统工程学报*, 2015, 30(6): 736–745.  
Xu Y D. Knightian uncertainty emotion of investors and the huge fluctuations of stock market. *Journal of Systems Engineering*, 2015, 30(6): 736–745. (in Chinese)
- [20] 李勇建, 乔晓娇, 孙晓晨, 等. 基于系统动力学的突发事件演化模型. *系统工程学报*, 2015, 30(3): 306–318.  
Li Y J, Qiao X J, Sun X C, et al. Modeling the evolution of emergency based on system dynamics. *Journal of Systems Engineering*, 2015, 30(3): 306–318. (in Chinese)

#### 作者简介:

王振齐(1993—), 男, 河南周口人, 学士, 研究方向: 虚拟经济, 金融危机, Email: wzq@cupl.edu.cn;

龙文(1980—), 女, 湖南湘潭人, 博士, 副研究员, 研究方向: 虚拟经济, 复杂数据分析, Email: longwen@ucas.ac.cn.