

doi:10.19920/j.cnki.jmsc.2021.011.003

平准基金干预股市的行为异质性代理模型^①

周终强^{1,2,4}, 张维^{1,3}, 熊熊^{1,3}

(1. 天津大学管理与经济学部, 天津 300072; 2. 贵州财经大学大数据应用与经济学院, 贵阳 550025; 3. 天津大学中国社会计算研究中心, 天津 300072; 4. 贵州财经大学贵州省大数据统计分析重点实验室, 贵阳 550025)

摘要: 在有限理性框架下, 建立了以市场基本面为参考点的平准基金行为异质性代理模型。该模型包括3类投资者: 传统的价值派、技术派及新建立的稳定者。稳定者作为平准基金干预市场的角色代理, 会根据市场真实波动与其干预阈值的相对大小动态调整干预深度, 同时引导投资者信念的转换, 以使价格的正、负反馈力量达到均衡, 保持市场稳定。另外, 对平准基金干预行为进行了计算实验及动力学性能分析, 研究发现平准基金干预阈值、干预深度及市场特征参数是影响平抑效果的重要参数, 其中干预深度对平抑效果的影响较大。

关键词: 平准基金; 行为异质性; 过度波动; 计算实验

中图分类号: C93; F830.91 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2021)11-0044-19

0 引言

“平准”一词, 最早见于西汉桓宽所著《盐铁论》, 书中开篇《本议第一》言道“开委府于京师, 以笼货物, 贱即买, 贵则卖, 是以县官不失实, 商贾无所贸利, 故曰平准”。由此可见, 平准思想由来已久, 它是中国古代政府为调节市场物价, 采取贱买贵卖的方式来稳定市场物价的行为。

股票市场中的平准基金则是政府为了稳定股票市场而使用的专门基金, 用于对市场进行逆向操作以实现平抑市场过度波动, 保持市场稳定的目的。例如, 日本1951年及1964年建立的“共同证券基金”、1995年的“股市安定基金”、韩国1990年的“证券安全基金”、中国香港1998年的“盈富基金”、中国台湾2000年建立的“国安基

金”、中国2015年的“国家队基金”等, 都是在股票市场发生剧烈波动特别是暴跌行情下, 平准基金干预股市的案例^②。

Su等^[1]研究了亚洲金融危机期间香港“盈富基金”直接干预股市的行为。研究发现, 平准基金干预股市的行为不仅扭转了当时股市的下跌趋势, 也降低了市场的波动性, 防止了系统性金融风险的发生。Bhanot和Kadapakkam^[2]对中国香港政府干预期间及干预后的股票市场数据进行分析后发现, “盈富基金”干预行为有效地阻止了投机者对市场的攻击, 股票的异常回报率并没有在干预后持续, 而是处于稳定水平, 这有效驳斥了“干预失败”的观点^③。Grace等^[3]的研究发现, 金融危机期间美国政府对保险公司的干预行为对保险公司的股价起到了稳定作用。李志生等^[4,5]研究

① 收稿日期: 2019-11-03; 修订日期: 2020-07-24。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71790590; 71790594; 71532009); 贵州省大数据统计分析重点实验室开放课题资助项目(BDSA20200112)。

作者简介: 周终强(1985—), 男, 贵州息烽人, 博士。Email: zzq@mail.gufe.edu.cn

② 平准基金干预股票市场的行为, 在欧美国家也屡见不鲜, 如美联储在1987年股灾时的果断入市干预、2001年“911”恐怖袭击事件后的市场安抚行为、2008年金融危机及2020年“新冠”疫情期间美国财政部及美联储的一系列托市行为, 虽然美国名义上并没有建立专门的平准基金, 但其干预动机和干预目的与平准基金近乎一致。

③ 参见1998年9月3日Milton Friedman在《The Wall Street Journal》的评论文章。

了股灾期间“国家队”的持股效应,研究发现“国家队”持股有效降低了股票价格的尾部系统风险,有利于稳定危机时期的股票市场,但也一定程度上损害了市场质量,导致股价同步性和交易成本增加。郑冠群和徐妍^[6]对“国家队”2015 年第 3 季度至 2017 年第 3 季度的持仓情况进行了分析,研究表明“国家队”总体依照“低估买入,高估卖出”的逆向操作原则,基本实现了平准基金平抑市场波动的功能,同时“国家队”的买、卖信号显著推动了标的证券的价值回归。Brunnermeier 等^[7]研究表明政府直接入市干预股票的行为能降低过度波动,防止市场崩溃,但在投资者关注政府干预行为本身而不是市场基本面时,政府干预的噪音会恶化市场价格发现效率。不过,他们也指出,当投资者关注基本面时,政府干预行为能同时保障市场的稳定性与有效性。这是因为在以基本面为中心时,降低市场波动即是降低了市场价格与基本面价格偏差,而此偏差越低则表明市场价格发现效率越高。杨晓兰和洪涛^[8]在实验室环境下通过真人参与的虚拟证券交易研究了平准基金干预股票市场的行为,研究发现平准基金干预行为能显著降低市场价格与基本面价值的偏离程度,并且不影响市场的成交量。

不难发现,近年来学者们对平准基金或政府干预股市行为^[9, 10]的研究中,主要是针对平准基金干预股市的实证分析,对其干预行为的理论基础及其干预过程中投资者的行为演化规律尚不明确。具体而言,平准基金干预市场的依据是什么?平准基金干预标准、干预目标如何同市场特征相关联?干预时投资者的行为会发生什么样的变化?干预行为如何才能保证不降低市场的价格发现效率?解答这些问题均需要对平准基金干预行为进行深入地研究和探索。本文试图从投资者行为的动态演化规律中,建立指导平准基金干预行为的理论模型,从理论上确保平准基金干预行为在平抑股市过度波动的同时也维护市场的价格发现效率,为平准基金的实际干预行为提供坚实的理论基础。

由于完全理性人假设无力解释市场中存在的种种异象,经济金融学的研究正经历从完全理性同质代理人到有限理性异质代理人的转变。受 Zeeman^[11] 及 Beja 和 Goldman^[12] 的启发^④, 异质性代理模型 (heterogeneous agent model, HAM) 在 20 世纪 90 年代开始兴起。早期贡献主要包括 Day 和 Huang^[13]、Chiarella^[14]、Lux^[15] 及 Brock 和 Hommes^[16, 17] 等。其中, Day 和 Huang^[13] 建立了包括复杂策略交易者 (α -investors)、简单策略交易者 (β -investors) 及做市商 (market makers) 的 HAM 模型, 研究发现市场牛、熊状态的转换与不同投资者比例的动态变化相关。Chiarella^[14] 研究了包含价值派及技术派投资者的 HAM 模型的动力学特性, 发现模型导致的价格行为呈现混沌状态。Lux^[15] 对股市中的羊群行为进行了研究, 发现趋势跟随的投机者是市场泡沫产生和破灭的重要因素。Brock 和 Hommes^[16, 17] 则详细阐释了包含价值派及技术派投资者的 HAM 模型的动力学理论基础, 完整构建了 HAM 模型的理论框架。随后, 伴随着行为金融理论的发展, 对 HAM 模型的研究引起了越来越多学者的关注。Boswijk 等^[18] 首次对 HAM 进行了实证研究, 他们利用美国股票市场 1871 年 ~ 2003 年的年度数据对包括价值派及技术派投资者的 HAM 模型进行了估计, 研究结果表明, 在股票价格形成的动力学机制中, 投资者表现出了显著的行为异质性。De Jong^[19] 利用包括价值派、技术派及国际投资者在内的 3 类型 HAM 模型对亚洲金融危机期间亚洲各国的股票市场进行了研究。Chiarella 等^[20] 建立了具有 Markov 切换机制的价值派、技术派及噪声交易者的 HAM 模型, 对美国 S&P500 指数进行估计, 模型估计结果能很好地解释指数的过度波动。He 和 Li^[21] 通过扩展 Brock 和 Hommes^[16, 17] 的价值派—技术派 HAM 模型框架, 建立了连续时间下随机异质性代理资产定价模型。Chiarella 等^[22] 利用价值派—技术派 HAM 模型对美国股票市场进行了实证研究, 发现模型能显著解释股市泡沫的

④ 1974 年, Zeeman^[11] 基于突变理论 (catastrophe theory) 建立了第一个异质性代理模型, 模型包括价值派及技术派两类交易者。由于当时正处在有效市场假说等传统金融理论发展的黄金时期, Zeeman 的研究成果未受到学术界的重视, 即使到 1980 年, 学术界对传统金融理论的热情依然不减, Beja 和 Goldman^[12] 的研究同样没有引起大家的关注。

膨胀和破灭. Lof^[23]建立了动态的价值派—理性投机者—反转交易者 HAM 模型,发现模型能比标准的股利折现模型更好地解释股票市场的波动行为. He 和 Li^[24]建立了连续时间下的价值派—动量交易者—反转交易者 HAM 模型. Hommes 和 in't Veld^[25]基于价值派—技术派的 HAM 模型对美国互联网泡沫及 2008 年金融危机下的股市行为进行了解释.

从上述文献可知,毫无疑问, HAM 模型对股票市场的泡沫、崩盘等过度波动现象显示了较强的解释能力^⑤. 本文在传统两类型(价值派—技术派)行为异质性代理模型中,引入了全新的行为异质性代理类型—稳定者(stabilizer),用以代理平准基金干预角色,构建了 3 类型(价值派—技术派—稳定者)行为异质性代理模型,为平准基金干预股市的行为提供了来自行为金融学的理论基础. 另外,对平准基金干预股票市场的行为进行了计算实验及动力学机制的研究,考察了平准基金干预阈值、干预深度及不同投资者信念参数等市场特征对平准基金平抑效果的影响.

1 平准基金异质性代理模型

目前存在的 HAM 模型中,几乎都包括价值派(fundamentalists)及技术派(chartists)两类投资者,认为这两类投资者是市场中广泛存在的. Hommes^[35]及 Heemeijer^[36]通过实验研究发现了价值派投资者和技术派投资者存在的证据. Menkhoff 和 Taylor^[37]及 Menkhoff^[38]通过调查研究的方式也证明了市场中存在价值派及技术派投资者. 价值派投资者认为资本资产的价格会以均值

回复的形式向其基本面价值运动,在投资交易中使用均值回复策略(mean-reversion strategy). 技术派投资者则认为,资本资产的价格不完全被其基本面价值所决定,而会根据一些技术上的指标持续偏离基本面价值,在投资交易中使用趋势跟随策略(trend-following strategy). Chen 等^[39]对计算实验金融学(agent-based computational finance, ACF)中所使用的投资者代理类型进行了比较,发现只包含价值派和技术派两类投资者的 HAM 模型与包含更多自适应代理的计算实验模型(agent-based model, ABM)对金融市场异象具有相似的解释力^⑥. 下文以价值派及技术派两类型投资者的 HAM 模型为基础,引入代理平准基金干预行为的异质性代理类型(稳定者),据此建立了包含价值派、技术派及稳定者的 3 类型异质性代理模型.

1.1 模型控制方程

综合 Brock 和 Hommes^[17]、Boswijk 和 Hommes^[18]及 Hommes 和 in't Veld^[25]对行为异质性代理模型的研究框架,引入稳定者,模型总控制方程为^⑦

$$x_t = \frac{1}{R^*} (n_{f,t} E_{f,t}[x_{t+1}] + n_{c,t} E_{c,t}[x_{t+1}] + n_{s,t} E_{s,t}[x_{t+1}]) \quad (1)$$

式中 x_t 为价格(价格—股利比)与基本面价值的偏差,依据文献[40]进行计算; R^* 为期望折现因子,由市场基本面决定,对所有投资者都是相同的; $n_{i,t}$ 是具有信念 $E_{i,t}$ 投资者的比例, E 是数学期望算子, $E_{f,t}$ 、 $E_{c,t}$ 及 $E_{s,t}$ 分别代表了价值派、技术派及稳定者的信念,具体表达式见下文.

1.2 价值派投资者

价值派对真实经济活动具有完全的了解,知道由经济基本面决定的股票基本价值. 他们基于

⑤ 除了被应用于股票市场外, HAM 模型也被应用于其它金融市场,如外汇市场^[26, 27]、期权市场^[28]、原油市场^[29]、商品期货市场^[30]及 CDS 市场^[31]. 更详尽的介绍参见综述类文献 Hommes^[32]、Chiarella 和 Dieci^[33]及 Dieci 和 He^[34]等.

⑥ 在最新的综述文献中, Dieci 和 He^[34]比较了 HAM 模型与 ABM 模型的异同. 实际上, HAM 模型可以被看作是 ABM 模型的特殊形式. 然而,通常来讲, ABM 模型更多的是以计算为导向,在通过描述市场微观结构建模的过程中,它允许更多相交互的代理类型和数量,具有更复杂的网络结构,更多的模型参数. 所以, ABM 模型在对真实世界动力系统进行情景分析和数值计算时展现了极强的处理能力. 然而, HAM 模型由于在建模水平上进行了极大的简化,它具有较少不同信念的代理类型,较简单的投资者交互结构,较少的模型参数. 所以在一定程度上, HAM 模型更易于分析非线性动力系统的理论框架. 并且,与以计算为导向的 ABM 模型不同的是, HAM 模型能更深刻的理解研究问题的基本动力学机制及内在驱动力,从而可以识别与特定代理模型相关的宏观现象.

⑦ 实际上,控制方程(1)即是价值派、技术派及稳定者 3 类投资者都存在时的市场价格均衡解,具体推导过程详见 Hommes 和 in't Veld^[25]的第 2.1 节部分.

如下信念进行交易：股价偏离基本面的趋势不可持续，股价会向股票的基本价值回归。与 Hommes 和 in't Veld^[25]一致，采用最简单的线性形式来刻画投资者对未来股价的期望

$$E_{f_t}[x_{t+1}] = \phi_f x_{t-1}, 0 < \phi_f < 1 \quad (2)$$

式中 ϕ_f 是价值派投资者的信念参数，用来表征偏差 x 向基本面回复的速度，其值大于 0 小于 1，表示价值派投资者对价格偏差施以负反馈预期，对股票价格具有稳定作用。 ϕ_f 越小， $|1 - \phi_f|$ 越大，价格回归基本价值的速度越快。

1.3 技术派投资者

价值派投资者认为股价的变化会向基本面价值回复，而技术派投资者则认为股票价格会继续偏离基本价值。 ϕ_c 为价值派投资者的信念参数，表征股票价格偏离基本面价值的速度， ϕ_c 越大， $|1 - \phi_c|$ 越大，价格偏离基本面价值的速度越快。技术派投资者的信念方程为

$$E_{c_t}[x_{t+1}] = \phi_c x_{t-1}, \phi_c > 1 \quad (3)$$

式中 $\phi_c > 1$ ，表示技术派投资者持有外推信念，对价格偏差施以正反馈预期。换言之，技术派投资者对股票价格变化而言是个不稳定的因素。De Grauwe^[41]将技术派投资者的市场比例视为“动物精神”的代理变量，其研究发现市场中“动物精神”的变化与实际经济活动的繁荣和崩溃吻合得很好。受 De Grauwe 的启发，本文建立了稳定者投资者类型，用以引导投资者“动物精神”的转化，维护市场的稳定运行。

1.4 稳定者

技术派投资者在市场中是个不稳定因素，而稳定者则代理平准基金干预市场力图发挥稳定市场的作用。当技术派投资者的外推信念强到足以导致市场价格暴涨或暴跌时，稳定者会进入市场引导市场价格朝着基本面价值移动。因此，稳定者认为，市场价格偏离基本价值的幅度不应过大，其信念方程如下

$$E_{s_t}[x_{t+1}] = \phi_s x_{t-1}, 0 < \phi_s < 1 \quad (4)$$

式中 ϕ_s 为信念参数， $0 < \phi_s < 1$ 意味着稳定者与价值派投资者具有相同的信念。虽然稳定者与价值派投资者对 x_{t+1} 具有相同的预期，但二者在交易动机上完全不一样。另外，二者由于交易策略

的不一样也会导致他们对资产价格影响的动力学机制不同。

1.5 投资者交互机制

Brock 和 Hommes^[17]认为，价格形成过程中稳定与非稳定因素之间的相互转换是价格波动的主要原因。在本文模型中，价值派投资者与稳定者因持均值回复信念，对价格变化施以负反馈预期，是价格形成过程中的稳定性因素，而技术派投资者因持外推信念，对价格变化施以正反馈预期，是价格形成过程中的不稳定因素。图 1 显示了不同偏差情况下投资者对价格偏差驱动力的方向。从图中可以看出，价值派投资者(F)及稳定者(S)对所有偏差 x 的作用力方向都指向基本面，而技术派投资者(C)对所有偏差的作用力方向都远离基本面。当价格偏差大于偏差阈值 x_s 时，稳定者为了保持市场稳定，将会更多地进入市场。与投资者的预期相一致，在价格形成过程中，价值派投资者及稳定者对价格施加指向基本面价值的“向心力”，技术派投资者对价格施加远离基本面价值的“离心力”，而股票价格正是在二者力量的动态博弈中发生变化。Brock 和 Hommes^[16]将此动态的正负反馈过程视为投资者交互机制行为直觉上的解释。

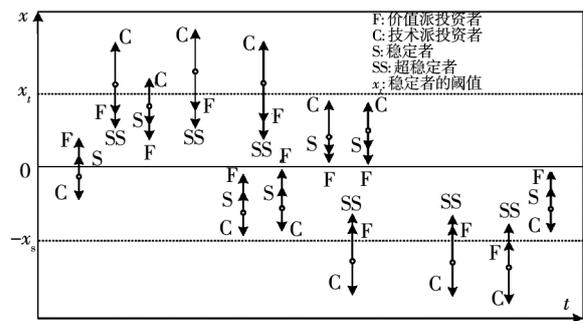


图 1 投资者价格动力图

Fig. 1 Trading strategies forces diagram

图 2 显示了价值派投资者、技术派投资者及稳定者的交互行为。模型中最基本的投资者交互行为依然是价值派投资者与技术派投资者之间的交互，交互机制与 Boswijk 和 Hommes^[18]相同。与前两类投资者不同，稳定者进入市场的目的在于稳定市场，它不与价值派投资者或技术派投资者单独交互。实际上，价值派投资者与技术派投资

者作为一个整体,其市场比例随着稳定者的比例变化而变化.

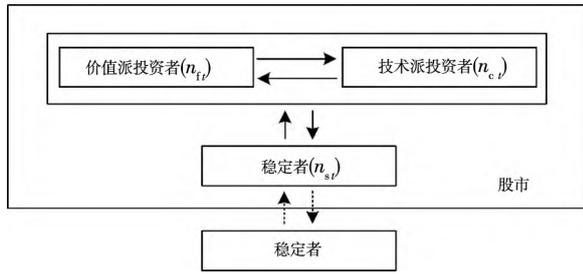


图2 投资者市场比例相互转换示意图

Fig.2 A map of market proportions switching among fundamentalists, chartists, and stabilizers

据上述讨论,投资者市场比例方程如下

$$n_{f_t} = \frac{\exp(\beta U_{f_{t-1}})}{\exp(\beta U_{f_{t-1}}) + \exp(\beta U_{c_{t-1}})} (1 - n_{s_t}) \quad (5)$$

$$n_{c_t} = \frac{\exp(\beta U_{c_{t-1}})}{\exp(\beta U_{f_{t-1}}) + \exp(\beta U_{c_{t-1}})} (1 - n_{s_t}) \quad (6)$$

$$n_{s_t} = n_{s_{\max}} \left\{ 1 - \exp \left[- \ln 2 \left(\frac{x_{t-1}}{x_s} \right)^2 \right] \right\} \quad (7)$$

方程(5)和方程(6)右边第一项乘子与传统两类型异质性代理模型一致,都是依据离散选择理论而来,其中 β 为模型的选择强度, $\beta > 0$; U_{f_t} 及 U_{c_t} 分别为价值派投资者及技术派投资者在 t 期的策略表现(效用).二者依据如下公式计算

$$U_{f_t} = (E_{f_{t-1}}[x_t] - R^* x_{t-1})(x_t - R^* x_{t-1}) \quad (8)$$

$$U_{c_t} = (E_{c_{t-1}}[x_t] - R^* x_{t-1})(x_t - R^* x_{t-1}) \quad (9)$$

以价值派投资者为例,策略的效用正比于其投资需求与投资实现的超额收益,而投资需求正比于公式右边第一项 $(E_{f_{t-1}}[x_t] - R^* x_{t-1})$,投资实现的超额收益正比于公式右边第二项 $(x_t - R^* x_{t-1})$.再回到方程(5)和方程(6)中,右边第二项乘子 $(1 - n_{s_t})$ 表征了稳定者进入市场对价值派与技术派投资者的影响,显示了稳定者市场比例对价值派及技术派投资者市场比例的动态交互.这里, $n_{f_t} + n_{c_t} + n_{s_t} = 1$ 在任何时刻都成立.作为本文最大的创新点,方程(7)揭示了稳定者进

入市场交易的本质,这完全有别于之前市场中存在异质性投资者.直观而言,金融市场中不能全是稳定者,其市场比应有一个最大值 $n_{s_{\max}}$,且 $n_{s_{\max}} < 1$.如图1所示, x_s 是稳定者进入市场的阈值,当市场偏差大于 x_s 时,就会有更多的稳定者进入市场.下文将对方程(7)进行详细推导.

1.6 稳定者市场比例

稳定者的交易动机在于降低市场过度波动,维护市场稳定.基于上文对稳定者交易机制的描述,稳定者市场比例与价格偏差的关系可利用高斯曲线进行刻画^⑧,即 n_{s_t} 满足高斯函数分布,如图3所示.

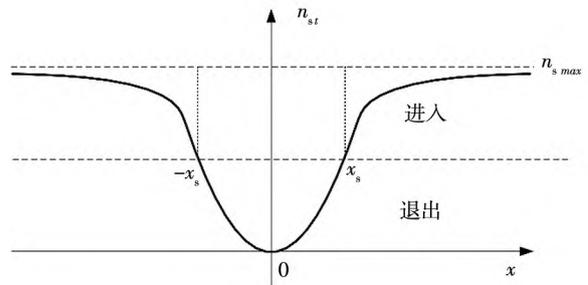


图3 稳定者市场比例 n_{s_t} 随 x 的变化曲线

Fig.3 Fraction of stabilizers n_{s_t} varies with the deviation x

高斯函数的一般形式如下

$$n_{s_t} = \alpha + \eta \exp \left[- \frac{(x - \mu)^2}{2 \sigma^2} \right] \quad (10)$$

其中 α 、 η 、 μ 、 σ 为高斯函数基本参数.根据图3, n_{s_t} 满足如下条件

$$n_{s_t}(-x) = n_{s_t}(x) \quad (11)$$

$$n_{s_t}(0) = 0 \quad (12)$$

$$n_{s_t}(x_s) = \frac{1}{2} n_{s_{\max}} \quad (13)$$

$$n_{s_t}(\infty) = n_{s_{\max}} \quad (14)$$

其中式(11)表明稳定者对正偏差与负偏差的考虑是对等的;式(12)表明当偏差为0时,稳定者完全离开市场;式(13)表明稳定者进入市场与离开市场具有相同的操作空间;式(14)表明稳定者最大市场比例不能超过其限定值 $n_{s_{\max}}$.求解上

⑧ 高斯曲线亦称正态分布曲线,常用来刻画发生概率“中间大,两头小”的变量属性.本文中的价格偏差 x_t 正是如此,而稳定者市场比例正好可以与变量 x_t 发生的概率建立对应关系,即 $|x_t|$ 越大,其发生的概率越小, n_{s_t} 则越大.

述方程,得到高斯函数参数 $\alpha = n_{s \max}$ 、 $\eta = -n_{s \max}$ 、 $\mu = 0$ 和 $\sigma = \frac{x_s^2}{2\ln 2}$,代回方程(10)中,即

$$n_{s t} = n_{s \max} - n_{s \max} \exp\left(\frac{x_{t-1}^2}{x_s^2/\ln 2}\right) = n_{s \max} \left\{ 1 - \exp\left[-\ln 2 \left(\frac{x_{t-1}}{x_s}\right)^2\right]\right\} \quad (15)$$

由于 $\exp\left[-\ln 2 \left(\frac{x_{t-1}}{x_s}\right)^2\right] \in [0, 1]$, 则 $n_{s t} \in [0, n_{s \max}]$.

综合方程(2)~方程(15),投资者比例方程可写为如下的非线性形式

$$n_{s t} = G(x_s, n_{s \max}; x_{t-1}) \quad (16)$$

$$n_{f t} = F(\phi_f, \phi_c, \phi_s, \beta, n_{s t}; x_{t-1}, \dots, x_1) \quad (17)$$

$$n_{c t} = 1 - n_{s t} - n_{f t} \quad (18)$$

即,稳定者在 t 期的市场比例只与阈值 x_s 、最大市场比例 $n_{s \max}$ 及上一期偏差 x_{t-1} 有关;而价值派及技术派投资者在 t 期的市场比例与 4 个行为参数 ϕ_f 、 ϕ_c 、 ϕ_s 、 β 和稳定者比例 $n_{s t}$ 及所有历史偏差数据 x_{t-1}, \dots, x_1 有关^⑨.

2 模型计算实验分析

一般而言,在特定市场条件下,平准基金对股市进行干预时需考虑如下两个基本问题:如何判定市场需要干预?干预资金量是多少?上述两个问题分别对应于平准基金干预阈值及干预深度的确定.为了回答上述问题,进行了特定市场结构下平准基金干预行为的计算实验研究.另外,平准基金干预行为在不同市场特征下势必也表现出不同的结果,为了研究市场特征对平准基金平抑效果的影响,也进行了相关的计算实验研究.

2.1 平准基金干预行为的计算实验

股市平准基金的目的在于平抑市场过度波

动,维护市场稳定.过度波动包括暴涨、暴跌两种情况,分为如下 4 种情景:1) 远离基本面的暴涨;2) 接近基本面的暴跌;3) 远离基本面的暴跌;4) 接近基本面的暴涨,如图 4 所示^⑩.其中,第一种情景主要是因为投资者对经济基本面的过度自信、对突发利好消息的过度反应等因素导致的投资者情绪高涨,如 2007 年股改后中国沪深股市的暴涨;第二种情景主要是因为前期涨幅过大,在突发利空消息时,投资者情绪从过度乐观到理性预期的回归,如 2008 年金融危机时中国沪深股市的暴跌;第三种情景主要发生在投资者对经济基本面缺乏自信,悲观情绪主导市场并引发投资者不计成本的恐慌性抛售时,如 2016 年初熔断机制下的中国沪深股市;第四种情景主要是因为投资者对经济基本面信心的恢复,在一系列利好消息下,投资者情绪从极度悲观向理性预期转变,如 2014 年下半年的中国沪深股市暴涨行情.

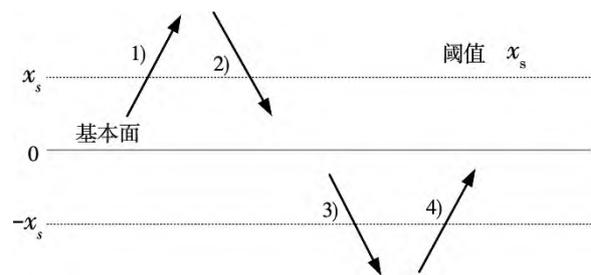


图 4 股市过度波动情景示意图

Fig. 4 Schematic diagram of large fluctuations in the stock market

以上 4 种情景,按其对于金融市场乃至整个经济活动的影响来排序,第三种情景影响最大,第四种情景影响最小,第一种及第二种居中.本文限于篇幅,只对影响最大的第三种情景下平准基金干预行为进行详细讨论,其它情景下的平准基金干预行为虽有细节上的差异,但本质上不变,此处从略.

⑨ 价值派投资者比例的具体数学表达式如下 $n_{f t} = \frac{R^* x_t}{\phi_f x_{t-1}} - \frac{\phi_c(1 - n_{s t})}{\phi_f [1 + \exp[\beta(\phi_f - \phi_c)(x_{t-1} - R^* x_{t-2}) x_{t-3}]]} - \frac{\phi_s n_{s t}}{\phi_f}$, 该数学表达式显示了稳定者比例及其信念参数对价值派投资者比例的影响.技术派投资者比例可直接根据方程(18)进行计算.

⑩ 判断市场是否处于过度波动状态,需要对价格偏差数据进行计算,若 $|x_t|$ 迅速发散,则为远离基本面的过度波动,如第一种和第三种情景;若 $|x_t|$ 迅速收敛,则为接近基本面的过度波动,如第二种和第四种情景.

对平准基金干预阈值、干预深度的计算实验设计如表1所示^①。平准基金干预市场时首先要对市场是否过度波动进行评判,即设定干预阈值。干预阈值越低,平准基金进入市场干预就越频繁,反之则较少干预。设定阈值主要是参照需干预市场的历史偏差数据,分析数据找出对市场造成不利影响的偏差占比情况,据此计算出干预阈值。本文在实验情景中设定的平准基金干预阈值包括3种情况: $x_s = q(0.1)$ 、 $x_s = q(0.2)$ 和 $x_s = q(0.3)$,即取市场近期价格偏差时间序列的0.1、0.2和0.3分位点作为稳定者进入市场的阈值,分别只有超过10%、20%和30%的市场偏差需要被干预^②。对于干预深度,据郑冠群和徐妍^[6]的统计,截至2017年9月30日,“国家队”平准基金持有市值约占A股总市值的8.1%,占流通市值的10.2%^③。本文考虑平准基金最大持股比例为10%~20%。按干预深度由浅入深的顺序,实验情景中设定的平准基金干预深度(最大持股比例)包括3种情况: $n_{s,max} = 10%$ 、 $n_{s,max} = 15%$ 和 $n_{s,max} = 20%$,即平准基金最大占据市场10%、15%和20%的份额,对应的价值派和技术派投资者总占比不少于90%、85%和80%。

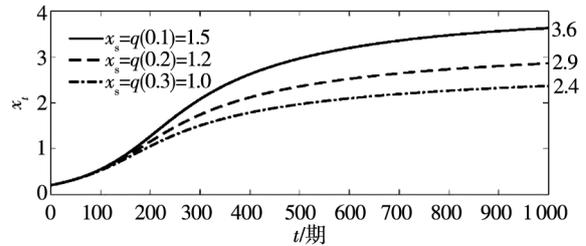
表1 计算实验情景设计

Table 1 Agent-based computational scenarios design

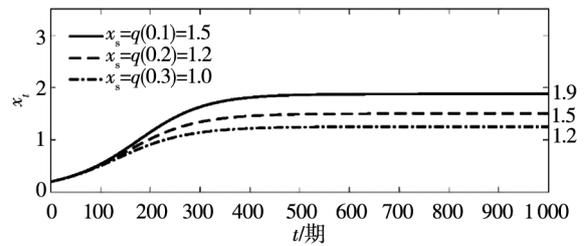
干预阈值	干预深度

图5显示了平准基金干预阈值对价格动态的影响情况。总体而言,在其它条件一致的情况下,干预阈值越大,市场稳态值越大,干预阈值对市场是否能收敛并无明显影响。另外,值得注意的是,随着期数的增加,不同干预阈值下价格偏差的走势

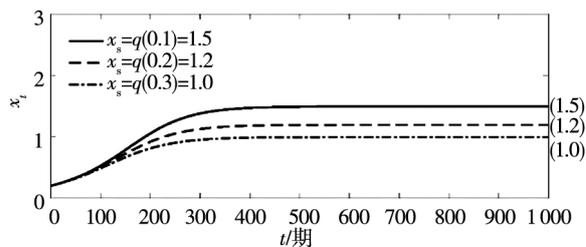
势近乎平行,即可以认为,在市场其它条件都相同的情况下,干预阈值的变化不会影响价格偏差的走势。当平准基金干预深度设定为10%时,如图5(a),不论干预阈值如何取值,市场价格偏差虽然具有收敛趋势,但稳态值都远大于干预阈值,平准基金不能将市场波动控制在干预阈值之内,



注:(a)平准基金干预深度 $n_{s,max} = 10%$,当 $x_s = 1.5$ 时,稳态值 $x_{stable} = 3.6 > x_s$,干预失败;当 $x_s = 1.2$ 时,稳态值 $x_{stable} = 2.9 > x_s$,干预失败;当 $x_s = 1.0$ 时,稳态值 $x_{stable} = 2.4 > x_s$,干预失败。平准基金不能将市场波动控制在干预阈值之内,



注:(b)平准基金干预深度 $n_{s,max} = 15%$,当 $x_s = 1.5$ 时,稳态值 $x_{stable} = 1.9 > x_s$,干预失败;当 $x_s = 1.2$ 时,稳态值 $x_{stable} = 1.5 > x_s$,干预失败;当 $x_s = 1.0$ 时,稳态值 $x_{stable} = 1.2 > x_s$,干预失败。



注:(c)平准基金干预深度 $n_{s,max} = 20%$,当 $x_s = 1.5$ 时,稳态值 $x_{stable} \approx x_s$,干预成功;当 $x_s = 1.2$ 时,稳态值 $x_{stable} \approx x_s$,干预成功;当 $x_s = 1.0$ 时,稳态值 $x_{stable} \approx x_s$,干预成功。

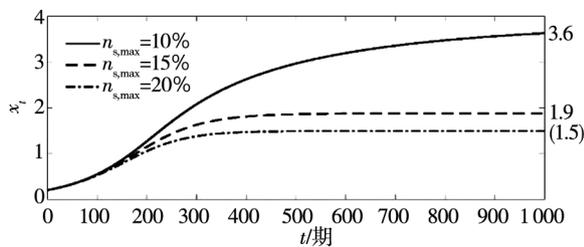
图5 干预阈值对价格动态的影响

Fig. 5 The influence of intervention threshold on price dynamics

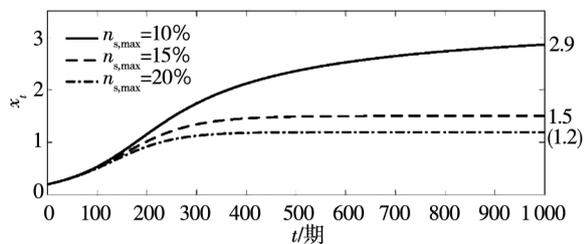
① 其它参数取值则通过对控制方程(1)进行参数估计获得,其中价值派信念参数 $\phi_i = 0.908$,技术派信念参数 $\phi_e = 1.113$,稳定者信念参数 $\phi_s = 0.906$,选择强度 $\beta = 4$ 。估计参数所用样本为沪深300指数2015-07-01~2017-12-31的日度交易数据。
 ② 限于篇幅,本文的侧重点在于建立平准基金干预模型,对如何获取其干预阈值的讨论较少,文中简单地通过历史偏差数据进行估计而获得。实际上,作者正在尝试将此干预阈值设定为一个与干预市场相关的内生变量,即以市场不发生系统性金融风险为标准进行设定,相关研究工作正在进行。
 ③ 由于数据的可得性,郑冠群和徐妍^[6]只统计上市公司定期公告披露的“前10大(流通)股东”名单中“国家队”的持股情况,未进入“前10大”的没有包括,所以真实“国家队”持股比例应该更大。

干预失败. 当干预深度设定为 15% 时, 如图 5(b), 3 组实验条件下稳态值也都明显大于干预阈值, 干预失败. 当干预深度设定为 20% 时, 如图 5(c), 3 组实验条件下市场稳态值均收敛于干预阈值, 平准基金能将市场控制在阈值之内(或近似等于阈值), 干预成功, 同时对比图 5(a)、图 5(b) 及图 5(c) 可知, 平准基金越早干预, 市场越早趋于稳态.

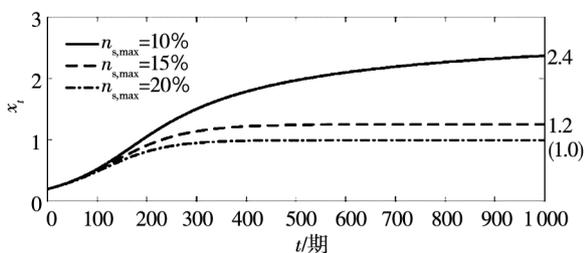
图 6 显示了平准基金干预深度对价格动态的影响. 总体而言, 在其它条件一致的情况下, 干预深度越深, 市场价格偏差越容易收敛, 干预越容易成功. 在考虑的 3 种干预深度下, 只有 $n_{s,max} = 20\%$ 的情景价格偏差收敛于干预阈值(平准基金干预成功), 而 $n_{s,max} = 10\%$ 及 $n_{s,max} = 15\%$ 情景下价格偏差收敛的稳态值均大于干预阈值(平准



注: (a) 平准基金干预阈值 $x_s = 1.5$, 当 $n_{s,max} = 10\%$, 稳态值 $x_{stable} = 3.6 > x_s$, 干预失败; 当 $n_{s,max} = 15\%$, 稳态值 $x_{stable} = 1.9 > x_s$, 干预失败; 当 $n_{s,max} = 20\%$, 稳态值 $x_{stable} \approx x_s$, 干预成功;



注: (b) 平准基金干预阈值 $x_s = 1.2$, 当 $n_{s,max} = 10\%$, 稳态值 $x_{stable} = 2.9 > x_s$, 干预失败; 当 $n_{s,max} = 15\%$, 稳态值 $x_{stable} = 1.5 > x_s$, 干预失败; 当 $n_{s,max} = 20\%$, 稳态值 $x_{stable} \approx x_s$, 干预成功;



注: (c) 平准基金干预阈值 $x_s = 1.0$, 当 $n_{s,max} = 10\%$, 稳态值 $x_{stable} = 2.4 > x_s$, 干预失败; 当 $n_{s,max} = 15\%$, 稳态值 $x_{stable} = 1.2 > x_s$, 干预失败; 当 $n_{s,max} = 20\%$, 稳态值 $x_{stable} \approx x_s$, 干预成功.

图 6 干预深度对价格动态的影响

Fig. 6 The influence of the depth of intervention on price dynamics

基金干预失败). 可以认为, 平准基金干预深度是影响干预效果最重要的指标. 在一定市场条件下, 平准基金干预深度的大小直接决定了干预行为是否成功.

为了进一步说明干预深度是平准基金干预市场成功与否的关键因素, 图 7 显示了干预深度为 $n_{s,max} = 5\% \sim 25\%$ 时的市场价格偏差走势图, 分别对应于市场价格偏差发散与收敛于干预阈值之下情景. 从图中可知, 随着干预深度的增加, 价格偏差从发散到逐步收敛于阈值之下, 干预深度是平准基金干预是否成功的关键所在.

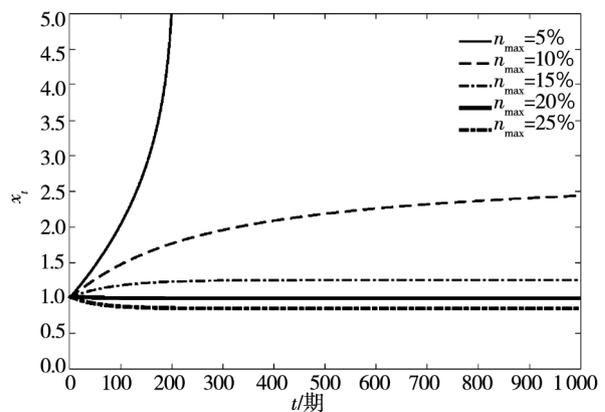


图 7 干预深度对平抑效果的影响

Fig. 7 The influence of the depth of intervention on stabilizing effects

注: 设定干预阈值 $x_s = 1.0$, 当 $n_{s,max} = 5\%$ 时, 价格偏差持续增大, 不能收敛, 干预失败; 当 $n_{s,max} = 10\%$ 时, 价格偏差具有收敛趋势, 但收敛值远大于干预阈值, 干预失败; 当 $n_{s,max} = 15\%$ 时, 价格偏差收敛于干预阈值上方, 略大于干预阈值, 干预失败; 当 $n_{s,max} = 20\%$ 时, 价格偏差收敛于干预阈值, 干预成功; 当 $n_{s,max} = 25\%$ 时, 价格偏差收敛于干预阈值下方, 干预成功.

2.2 市场特征对价格动态影响的计算实验

对股票市场特征的研究, 主要考虑了投资者基本面策略信奉程度、投资者动物精神强弱、平准基金干预市场的决心、“追涨杀跌”散户的市场比例及投资者对策略的学习意愿等. 其中, 投资者基本面策略信奉程度用价值派投资者信念参数 ϕ_v 来衡量; 投资者动物精神强弱用技术派投资者信念参数 ϕ_t 来衡量; 平准基金干预市场的决心用稳定者信念参数 ϕ_s 来衡量; “追涨杀跌”散户的市场比例用技术派投资者初始市场比例 n_{c0} 来衡量; 投资学习意愿则通过投资者的策略选择强度 β 来衡量. 由于所考虑的市场特征参数较多, 不便于

进行交叉实验,所以设定了一组常规市场条件下的所有模型参数值^⑭,并以此为基础分别研究各市场特征参数对价格动态的影响.模型基础参数及实验情景参数设定如表2所示.

表2 模型基础参数及实验情景参数

Table 2 Model basic parameters and agent-based scenarios parameters

参数	基准值	取值范围	实验值设定说明
ϕ_f	0.85	0.75 ~ 0.95	值越小,投资者越信奉基本面投资策略
ϕ_c	1.15	1.05 ~ 1.25	值越大,投资者动物精神越强烈
ϕ_s	0.80	0.70 ~ 0.90	值越小,稳定者干预市场的决心越大
n_{c0}	0.50	0.10 ~ 0.90	值越大,初始技术派投资者越多
β	4	1 ~ 16	值越大,投资者学习意愿越强烈

注:实验设定干预阈值 $x_s = 1.0$,干预深度 $n_{s,max} = 20\%$.

图8显示了价值派投资者信念参数对平准基金价格动态的影响.在其它参数不变的情况下,

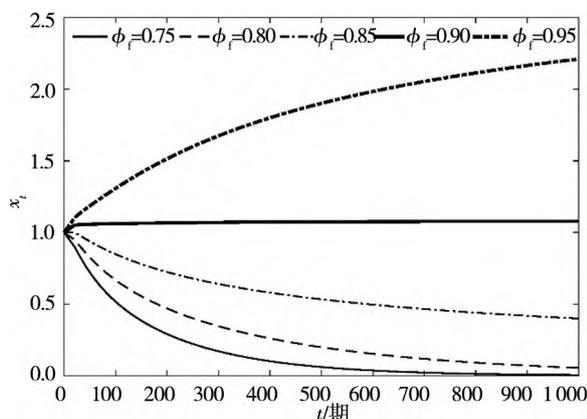


图8 价值派投资者信念参数对价格动态的影响

Fig. 8 The influence of ϕ_f on price dynamics

注:模型其它参数设定为: $\phi_c = 1.15$, $\phi_s = 0.80$, $n_{c0} = 0.5$, $\beta = 4$, $x_s = 1.0$, $n_{s,max} = 20\%$.

考察了价值派投资者信念参数 ϕ_f 取值为 0.75 ~

0.95 变化时市场价格偏差 x_t 的动态变化过程.其中,当 ϕ_f 取 0.90 和 0.95 时,价格偏差不能收敛至阈值之下,干预失败;当取值为 0.75、0.80 和 0.85 时,价格偏差收敛于阈值之下,干预成功.实际上,在其它条件不变的情况下,随着 ϕ_f 取值的变大,投资者信奉基本面投资策略的程度就越低,对价格的负反馈强度越弱,导致价格难以收敛^⑮.苏冬蔚和毛建辉^[42]、朱红兵和张兵^[43]研究表明,中国股市投机氛围较重,投资者价值投资理念缺乏,投资者对资产价格的负反馈强度较弱,容易导致股市的过度波动,这与本文的研究结论一致.同时,投资者负反馈强度越弱,在市场过度波动期间需要平准基金更大深度的干预才能保持市场的稳定,这从市场特征角度说明了中国沪深股票市场平准基金干预的必要性.

图9显示了技术派投资者信念参数对平准基金价格动态的影响.在其他参数不变的情况下,考察了技术派投资者信念参数 ϕ_c 取值为 1.05 至 1.25 变化时市场价格偏差 x_t 的动态变化过程.其中,当 ϕ_c 取 1.20 和 1.25 时,价格偏差不能收敛至阈值之下,干预失败;当取值为 1.05、1.10 和 1.15 时,价格偏差收敛于阈值之下,干预成功.实际上,图9与图8是一致的,这是因为技术派与价值派投资者在市场中此消彼长,前者代表了投资者的外推信念,对价格施以正反馈,后者代表了投资者的价格回归信念,对价格施以负反馈,所以价格偏差随 ϕ_c 和 ϕ_f 的动态变化过程具有对称性.在其他条件都不变的情况下,技术派投资者的信念参数越大,则其正反馈强度越大,市场越不容易收敛.正因为如此,在技术派投资者信念强度较大的中国股票市场,为了维护市场的稳定运行,需要平准基金进行适当的干预.

^⑭ 与2.1部分相同,参数值参照模型参数估计结果设定.

^⑮ 严格来讲,市场价格是否收敛取决于正、负反馈力量的强弱对比(本文下一部分将会详细讨论),不过考虑到此处的讨论限定在其它条件不变的情况下,所以这个结论也正确.

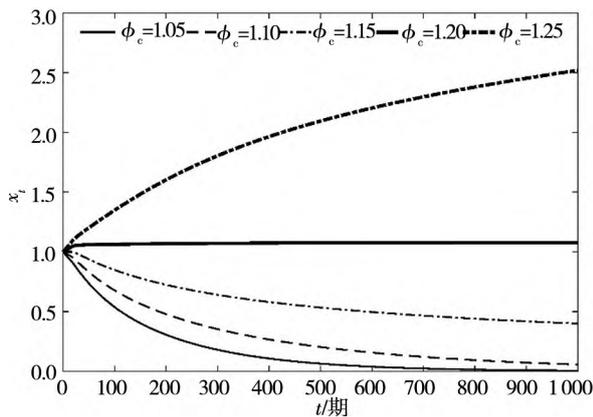


图 9 技术派投资者信念参数对价格动态的影响

Fig. 9 The influence of ϕ_c on price dynamics

注：模型其它参数设定为： $\phi_f = 0.85$, $\phi_s = 0.80$, $n_{c0} = 0.5$, $\beta = 4$, $x_s = 1.0$, $n_{s,max} = 20\%$ 。

作为平准基金干预市场的代理,稳定者的信念强度对市场价格收敛的速度有较大的影响. 图 10 显示了稳定者信念参数 ϕ_s 从 0.70 至 0.90 变化时价格偏差随时间的动态变化过程. 在相同条件下,随着稳定者信念强度 $|1 - \phi_s|$ 的增大,价格偏差收敛更快. 实际上,稳定者信念强度表征了平准基金干预市场的决心,是政府干预文化的刻画方式. 在中国,由于政府的家长式干预文化根深蒂固,当市场过度波动时,投资者普遍寄希望于政府出手干预以稳定市场. 在这种文化背景下,稳定者的信念强度就会比西方体制下的更强,正如本文计算实验的结果,其稳定市场的速度也会更快.

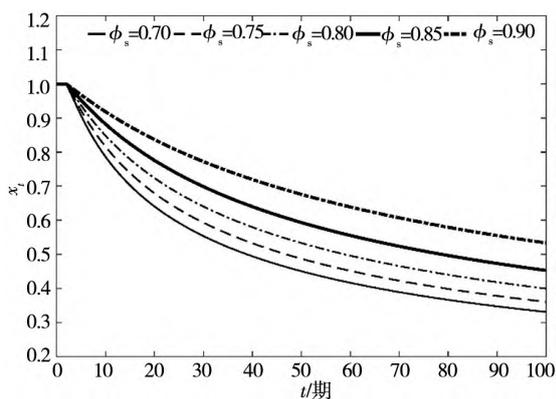


图 10 稳定者信念参数对价格动态的影响

Fig. 10 The influence of ϕ_s on price dynamics

注：模型其它参数设定为： $\phi_f = 0.85$, $\phi_c = 1.15$, $n_{c0} = 0.5$, $\beta = 4$, $x_s = 1.0$, $n_{s,max} = 20\%$ 。

图 11 显示了技术派初始市场比例 n_{c0} 对价格偏差动态的影响情况. 从图可知,在一定条件下,虽然 n_{c0} 的取值对价格偏差的最终收敛状态没有明显影响,但在价格变化的早期, n_{c0} 越大,价格偏差越不易收敛,甚至出现远高于干预阈值的情景. 这是因为当市场被技术派投资者所主导时,价值派投资者处于劣势,价格正反馈力量处于优势,对价格偏差具有放大作用,市场难于收敛. 但随着稳定者的加入,市场中投资者的比例开始发生变化,价格负反馈力量逐渐主导市场,价格向基本面价值回归. 由于中国沪深股票市场中散户投资者居多,一定程度上可以认为持外推信念的技术派投资者多,即 n_{c0} 值较大,在市场过度波动时,引入平准基金对市场进行干预是维护市场稳定的有效手段.

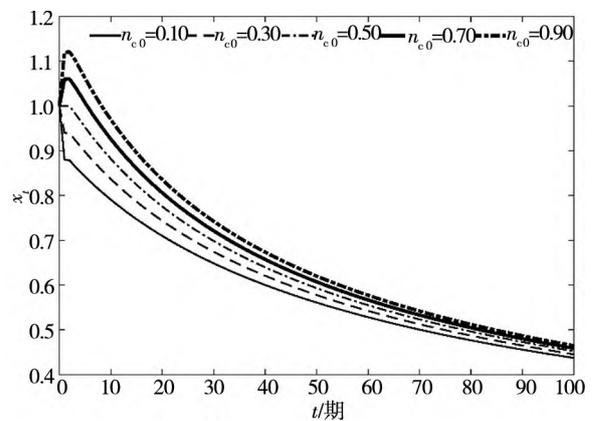


图 11 技术派投资者初始市场占比对价格动态的影响

Fig. 11 The influence of n_{c0} on price dynamics

注：模型其它参数设定为： $\phi_f = 0.85$, $\phi_c = 1.15$, $\phi_s = 0.80$, $\beta = 4$, $x_s = 1.0$, $n_{s,max} = 20\%$ 。

如前文所述,投资者策略选择强度 β ,是用来衡量投资者对过去策略表现的学习意愿,取值越高表示投资者越愿意向前期表现好的投资策略转变. 图 12 显示了选择强度 β 从 1 至 16 取值时对应价格偏差的动态变化. 从图中可看出, β 的变化对平准基金干预股市的价格动态并没有明显的影响,当 β 按指数递增时,其对价格收敛速度的影响才稍有显现. 这说明,投资者对策略的学习意愿强弱在平准基金对股市的干预过程中影响很小. 实际上,Hommes^[44]的研究表明,只有当 β 取值较大时(大于 50)才会对市场价格的收敛行为产生明显影响^⑩.

⑩ 下文对模型的动力学行为研究也证实了这个结论.

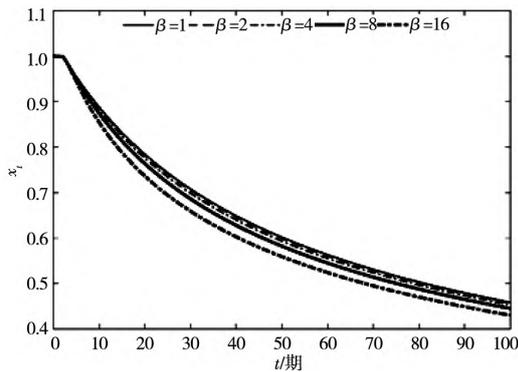


图 12 选择强度对价格动态的影响

Fig. 12 The influence of β on price dynamics

注: 模型其它参数设定为 $\phi_f = 0.85, \phi_c = 1.15, \phi_s = 0.80, n_{c0} = 0.5, x_s = 1.0, n_{s,max} = 20\%$.

3 模型动力学机制分析

为了更深入地考察平准基金行为异质性代理

模型的动力学机制,利用 E&F Chaos 软件包对模型的状态变量及特征参数进行了研究^⑰.

3.1 平准基金行为参数

平准基金行为参数主要考虑干预阈值 x_s 及干预深度 $n_{s,max}$. 图 13 显示了干预阈值对应的价格偏差分岔图及李雅普诺夫指数描点图^⑱. 从图中可知,当 $x_s \approx 6.5$ 时,李雅普诺夫指数 $LE > 0$,价格偏差迅速发散,系统呈现不稳定状态. 实际上,在其它参数不变的情况下,平准基金干预阈值越大,其干预市场的频率就越小,当干预阈值选择太大时,平准基金将不能使价格回到稳态,系统处于发散状态.

图 14 显示了干预深度 $n_{s,max}$ 对应的价格偏差分岔图及李雅普诺夫指数描点图. 从图中可知,当 $n_{s,max} < 0.06$ 时,李雅普诺夫指数 $LE > 0$,价格偏差出现分岔并迅速发散,系统处于不稳定

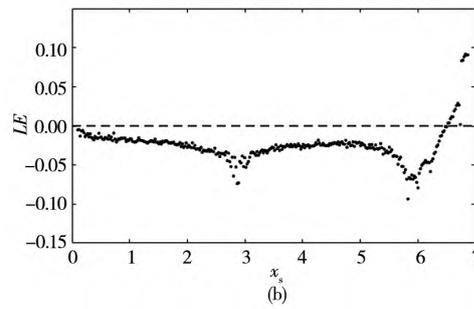
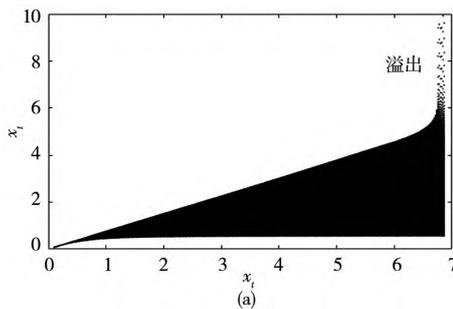


图 13 (x_s, x_t) 参数平面中分岔图 (a) 及最大李雅普诺夫指数描点图 (b)

Fig. 13 Bifurcation diagram in the (x_s, x_t) parameter plane (a) and the largest Lyapunov exponent plot (b)

注: 模型其它参数设定为: $\phi_f = 0.908, \phi_c = 1.113, \phi_s = 0.906, \beta = 4, n_{s,max} = 30\%$.

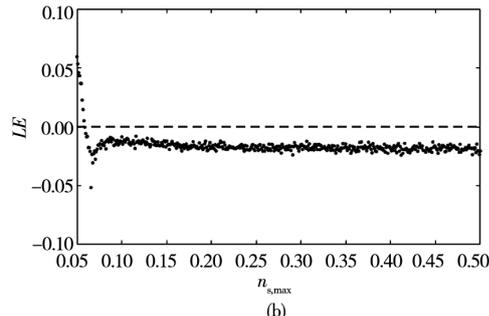
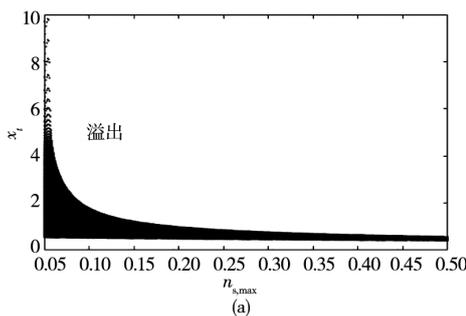


图 14 ($n_{s,max}, x_t$) 参数平面中分岔图 (a) 及最大李雅普诺夫指数描点图 (b)

Fig. 14 Bifurcation diagram in the ($n_{s,max}, x_t$) parameter plane (a) and the largest Lyapunov exponent plot (b)

注: 模型其它参数设定为: $\phi_f = 0.908, \phi_c = 1.113, \phi_s = 0.906, \beta = 4, x_s = 1.0$.

⑰ E&F Chaos 软件包由阿姆斯特丹大学的 Cees Diks、Cars Hommes、Valentyn Panchenko 及 Roy van derWeide 联合开发,主要用于对非线性动力系统数值模拟. 其中“E&F”取自 Economics 和 Finance 的首字母,因为该软件包包含了经济、金融领域中多种经典非线性模型^[45].

⑱ 动力系统的分岔现象是指系统动态行为随着某些参数的变化发生质的改变,特别是系统平衡态发生稳定性改变的情景. 分岔是把平衡点、周期解的稳定性和混沌联系起来的一种机制. 当系统参数发生变化时,混沌可以通过分岔分出来. 李雅普诺夫指数 (Lyapunov Exponent, LE) 表示相空间相邻轨迹的平均指数发散率,用来刻画混沌吸引子对小扰动或初值条件的敏感依赖性. 一个正的李雅普诺夫指数表明附近轨道的指数分离,即对初值的敏感性,从而代表混沌.

状态. 实际上, 在一定条件下, 平准基金干预越深, 稳定者在市场中所占的比例越大, 价格越容易收敛. 若稳定者的最大市场比例低于某一数值, 市场中的负反馈力量降低, 平准基金将不能有效发挥稳定市场的作用, 此时价格发散, 系统不稳定.

3.2 投资者信念参数

模型信念参数包括价值派投资者信念参数 ϕ_f 、技术派投资者信念参数 ϕ_c 及稳定者信念参数 ϕ_s . 图 15 显示了价值派投资者信念参数对应的价格偏差分岔图及李雅普诺夫指数描点图. 当信念参数 $\phi_f < 0.97$ 时, 李雅普诺夫指数 $LE < 0$, 价格偏差序列 x_t 处于稳定状态, 其中当 $\phi_f \approx 0.88$ 时, 会出现基本面稳态的叉形分岔, 生成两个稳定的非基本面稳态 (只有一个可见); 当信念参数大于 0.97 时, 李雅普诺夫指数 $LE > 0$, 价格偏差迅速发散, 系统处于不稳定状态. 实际上, 在其他投

资者信念参数不变的情况下, 价值派投资者信念参数越大 (越趋向于 1), 则其价格作用强度 $|1 - \phi_f|$ 越小, 即价格负反馈机制减弱, 正反馈处于主导, 将导致价格的过度增大或过度降低, 系统处于不稳定状态.

对技术派投资者而言 (图 16), 随着信念参数 ϕ_c 的增大, 当 $\phi_c \approx 1.09$ 时, 价格偏差序 x_t 在基本面稳态出现叉形分岔, 生成两个稳定的非基本面稳态 (同样只有一个可见); 当信念参数 $\phi_c > 1.17$ 时, 对应的李雅普诺夫指数 $LE > 0$, 价格偏差出现分岔并逐渐发散, 系统处于不稳定状态. 实际上, 此处解释同图 15, 即在其他投资者信念参数不变的情况下, 技术派投资者信念参数越大 (越远离 1), 则其价格作用强度 $|1 - \phi_c|$ 越大, 价格正反馈机制增强并主导价格变化, 进而导致价格的过度增大或过度降低, 系统处于不稳定状态.

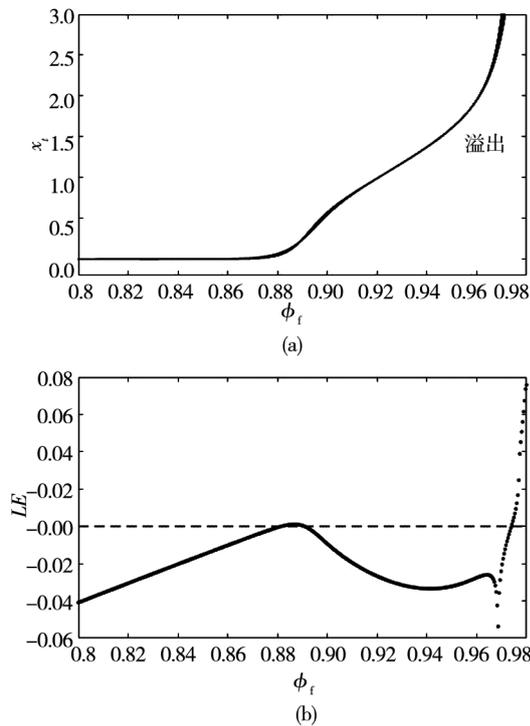


图 15 (ϕ_f, x_t) 参数平面中分岔图 (a) 及最大李雅普诺夫指数描点图 (b)

Fig. 15 Bifurcation diagram in the (ϕ_f, x_t) parameter plane (a) and the largest Lyapunov exponent plot (b)

注: 模型其它参数设定为: $\phi_c = 1.113, \phi_s = 0.906, \beta = 4, x_s = 1.0, n_{s \max} = 30\%$.

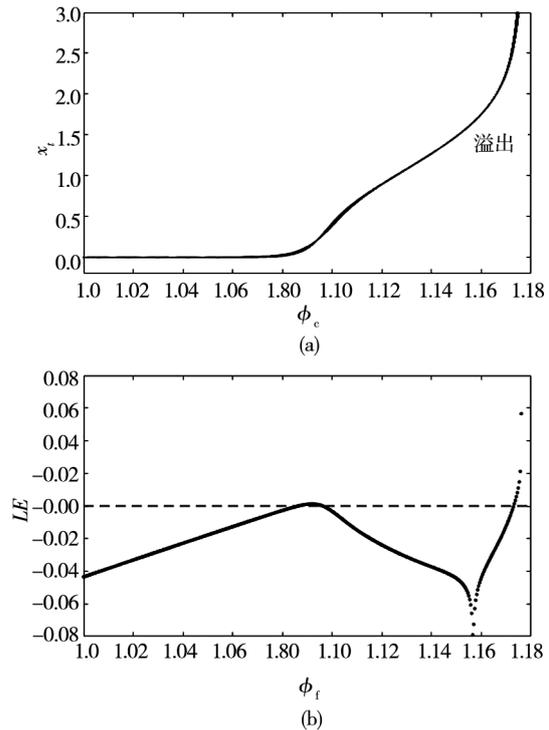


图 16 (ϕ_c, x_t) 参数平面中分岔图 (a) 及最大李雅普诺夫指数描点图 (b)

Fig. 16 Bifurcation diagram in the (ϕ_c, x_t) parameter plane (a) and largest Lyapunov exponent plot (b)

注: 模型其它参数设定为: $\phi_f = 0.908, \phi_s = 0.906, \beta = 4, x_s = 1.0, n_{s \max} = 30\%$.

图 17 显示了稳定者信念参数 ϕ_s 对应的价格

偏差分岔图及李雅普诺夫指数描点图. 随着信念参数 ϕ_s 的增大, 李雅普诺夫指数 LE 迅速增大, 并在 $\phi_s \approx 0.98$ 时由负变正, 价格偏差序列 x_t 迅速发散, 系统处于不稳定状态. 实际上, 在价值派及技术派投资者信念参数不变的情况下, 稳定者信念参数越大(越趋向于1), 其市场稳定效果越差(价格作用强度 $|1 - \phi_s|$ 越小), 同时价格负反馈机制减弱, 正反馈处于主导, 将导致系统不稳定.

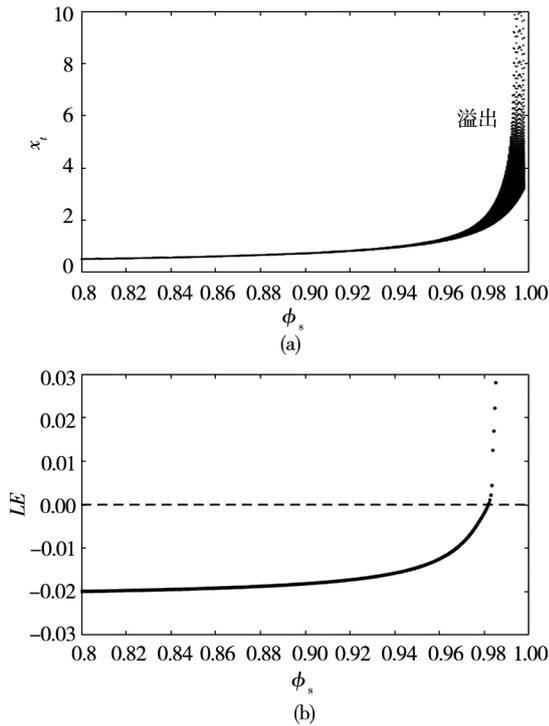


图 17 (ϕ_s, x_t) 参数平面中分岔图(a)及最大李雅普诺夫指数描点图(b)

Fig. 17 Bifurcation diagram in the (ϕ_s, x_t) parameter plane (a) and the largest Lyapunov exponent plot (b)

注: 模型其它参数设定为: $\phi_f = 0.908, \phi_c = 1.113, \beta = 4, x_s = 1.0, n_{s \max} = 30\%$.

3.3 策略选择强度

图 18 显示了选择强度 β 对应的价格偏差分岔图(a)及李雅普诺夫指数描点图(b). 从图中可知, 当选择强度小于 172 时, 李雅普诺夫指数 $LE < 0$, 价格偏差序列 x_t 处于稳定状态; 当选择强度大于 172 时, 李雅普诺夫指数 $LE > 0$, 价格偏差出现分岔并逐渐发散, 系统开始处于不稳定状态. 这也证实了上一部分计算实验的结论: 当 β 取值较小时 (< 50), 模型的稳定性不会发生明显变化. 实际上, 随着投资者策略选择强度的增大, 投

资者趋同于同一策略的概率增大, 特别是当投资者都趋同于正反馈策略时, 价格难以收敛, 系统不稳定.

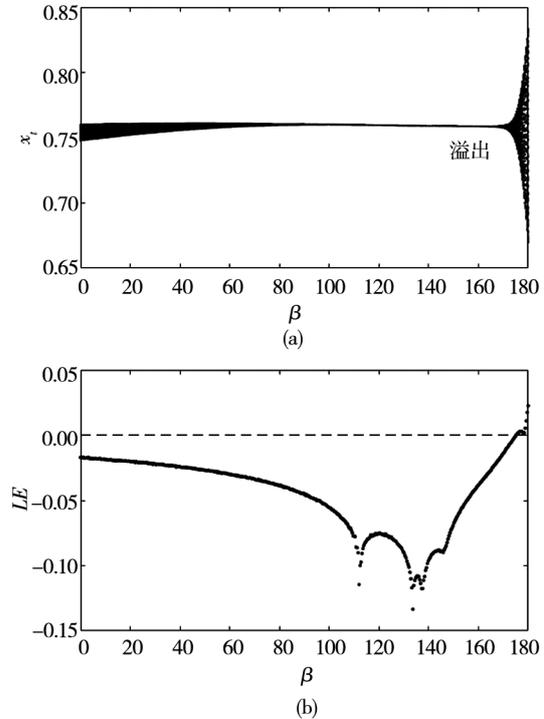


图 18 (β, x_t) 参数平面中分岔图(a)及最大李雅普诺夫指数描点图(b)

Fig. 18 Bifurcation diagram in the (β, x_t) parameter plane (a) and the largest Lyapunov exponent plot (b)

注: 模型其它参数设定为: $\phi_f = 0.908, \phi_c = 1.113, \phi_s = 0.906, x_s = 1.0, n_{s \max} = 30\%$.

3.4 模型核心收敛区间分析

图 19 显示了不含稳定者的 HAM 模型(基准模型)对应状态变量包括价格偏差 x_t 、价值派投资者占比 n_f 及技术派投资者占比 n_c 的动态演化过程. 从图中可知, 市场约在 268 期后完全由技术派投资者主导, 正反馈占优使得市场偏差以指数扩大, 且无收敛趋势. 实际上, 模型是否收敛, 主要取决于两类投资者信念参数的强弱对比, 用 gap 来表示价值派与技术派投资者信念强度之差, 即

$$gap = |1 - \phi_c| - |1 - \phi_f| \quad (19)$$

若 $gap \geq \theta$, HAM 模型发散; 若 $gap < \theta$, HAM 模型收敛, 其中 θ 是略大于零的常数, θ 越

大,模型收敛区间越长^①。取收敛区间 $(-\infty, \theta]$ 中的子区间 $[0, \theta]$ 为核心收敛区间,用来衡量模型的稳定能力^②。通过考察模型变量的分岔图可以获得系统处于不稳定状态的 gap 临界值,即确定核心收敛区间。

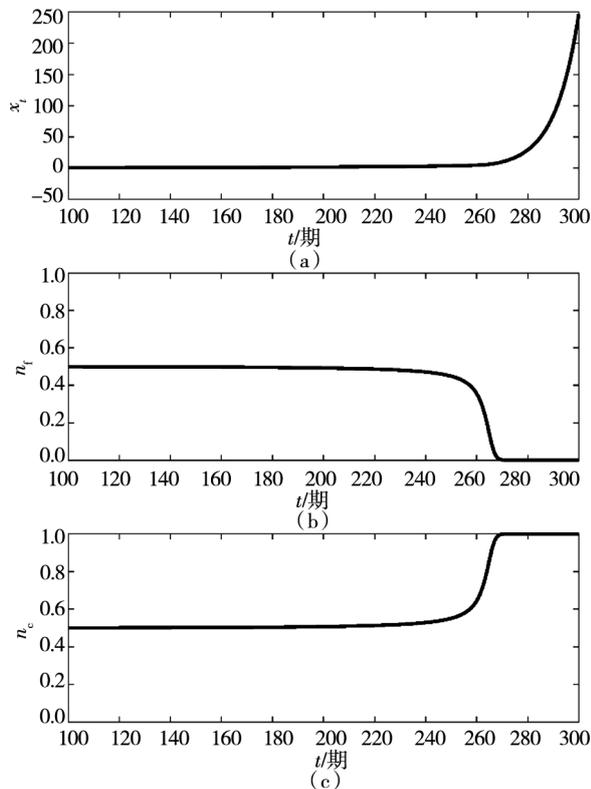


图 19 基准模型状态变量动态

Fig. 19 State variables dynamics of the benchmark model

注: 模型参数 $\phi_f = 0.908, \phi_c = 1.113, \beta = 4$, 初值 $x(0) = 0.2$ 。

在图 19 中, $gap = 0.113 - 0.092 = 0.021$, $\theta = 0.014, gap > \theta$, 故而价格偏差序列发散, 系统处于不稳定状态。

图 20 显示了基准 HAM 模型参数 $\beta = 4, \phi_f = 0.908$ 时 gap 对应的价格偏差分岔图及李雅普诺夫指数 LE 描点图, 从图中可知, 当 gap 大于 0.014 时, 价格偏差迅速发散, 李雅普诺夫指数 LE 开始严格大于零, 系统出现不稳定状态, 此时

信念强度之差 gap 的临界值 $\theta = 0.014$, 核心收敛区间为 $[0, 0.014]$ 。

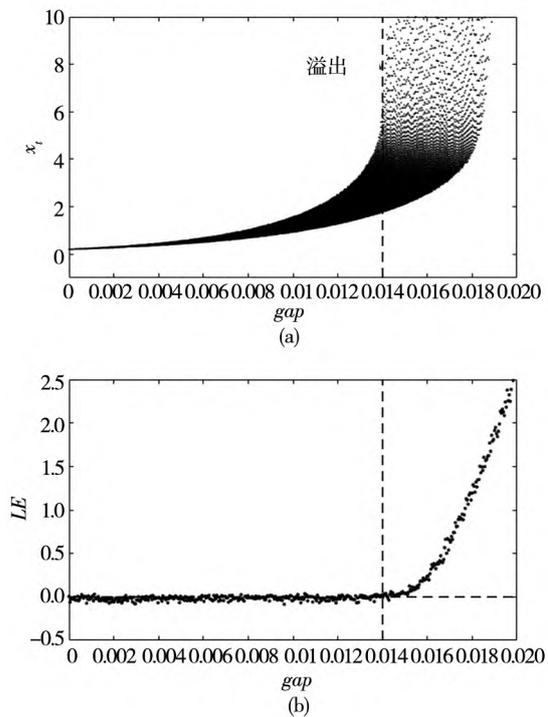


图 20 (gap, x_t) 参数平面中分岔图 (a) 及最大李雅普诺夫指数描点图 (b) (基准模型)

Fig. 20 Bifurcation diagram in the (gap, x_t) parameter plane (a) and the largest Lyapunov exponent plot (b) for benchmark model

注: 模型参数 $\phi_f = 0.908, \beta = 4$ 。

图 21 显示了 $gap < \theta$ ($gap = -0.01$) 时的价格偏差动态行为, 此时模型收敛, 系统处于稳定状态。

在实际金融市场中, 不同时期不同市场下, 市场参与者的特征各不相同, 表现为投资者信念参数的差异, 进而导致了信念强度之差 gap 的变化。在没有稳定者参与的市场中, 不可避免地会出现技术派投资者信念强度大于价值派投资者信念强度的情况, 若其差值超过临界值 θ , 则系统处于不稳定状态。显然, θ 越大, 模型的核心收敛区间 $[0, \theta]$ 就越长, 系统稳定的概率就越大。那么, 在有稳定者参与的市场中, 临界值 θ 是否能被增大,

① 理论上而言, 当 $gap = \theta$ 时, 基准模型的稳定状态依赖于模型初值。由于在实际市场中, 这种投资者信念强度之差取某特定值的概率犹如连续函数中确定点发生的概率一样为零, 本文将不对其进行详细讨论。

② 实际上, 投资者信念强度之差大概率落在区间 $[-0.1, 0.1]$ 中, 而当信念强度之差小于零时, 基准模型稳定, 需要重点考察的是大于零部分, 故而定义此部分的收敛区间为核心收敛区间。

模型的核心收敛区间是否能被延长?

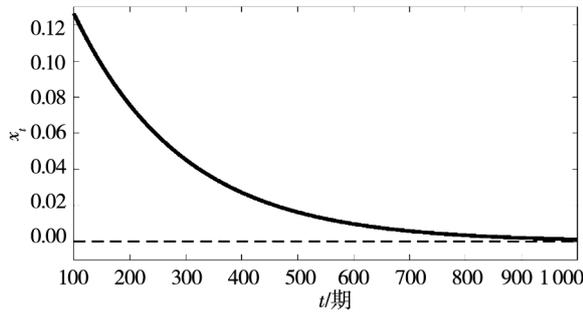


图 21 基准模型下稳定的价格偏差 (gap = -0.01)

Fig. 21 Stable price deviation for benchmark model (gap = -0.01)

注: 模型参数 $\phi_f = 0.908, \phi_c = 1.113, \beta = 4$, 初值 $x(0) = 0.2$.

图 22 显示了含有稳定者的 HAM 模型在原有参数 $\beta = 4, \phi_f = 0.908$ 及 $\phi_s = 0.906$ 时, gap 对应的价格偏差分岔图及李雅普诺夫指数 LE 描点图. 从图中可知, 当 $gap > 0.082$ 时, 价格偏差迅速发散, 李雅普诺夫指数 LE 开始严格大于零,

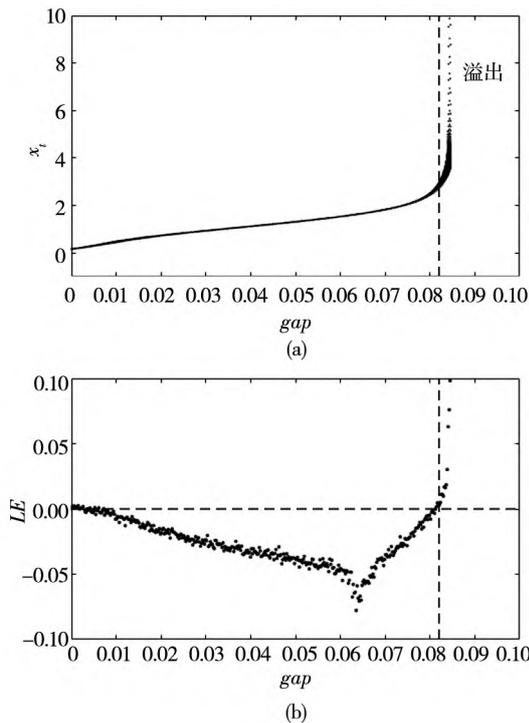


图 22 (gap, x_t) 参数平面中分岔图 (a) 及最大李雅普诺夫指数描点图 (b) (平准基金模型)

Fig. 22 Bifurcation diagram in the (gap, x_t) parameter plane (a) and the largest Lyapunov exponent plot (b) for stabilization fund model

注: 模型参数 $\phi_f = 0.908, \phi_s = 0.906, \beta = 4$.

系统出现不稳定状态, 此时信念强度之差 gap 的临界值 $\theta = 0.082$, 核心收敛区间为 $[0, 0.082]$. 相较基准 HAM 模型相同参数下, 平准基金 HAM 模型的核心区间长度得以较大延长, 是基准模型区间长度的 5.8 倍 ($0.082/0.014 = 5.8$). 这说明平准基金 HAM 模型比基准模型具有更强的稳定能力, 稳定者的参与能够有效稳定金融市场.

4 结束语

本文基于有限理性行为金融理论, 在 Brock 和 Hommes^[16, 17] 框架下, 建立了包含稳定者的 3 类型 (价值派—技术派—稳定者) 投资者的行为异质性代理模型, 用以指导平准基金对股票市场的干预行为, 并对模型进行了计算实验及动力学性能分析. 主要研究结论如下.

首先, 以市场基本面为参考点, 创建了全新的行为异质性代理类型—稳定者. 作为平准基金干预市场的角色代理, 稳定者在市场波动超过波动阈值时, 会根据市场真实波动与阈值的相对大小进入市场, 试图引导市场中动物精神强度的转换, 以使市场中价格正、负反馈力量达到均衡, 最终保持市场稳定. 而当市场波动低于阈值时, 稳定者会随着市场波动的降低而逐步退出市场. 由于稳定者判断市场是否过度波动的参考点是基于股利折现模型计算的市场基本面指标, 所以以此模型为指导进行的平准基金干预行为能降低市场过度波动, 同时也能维护市场的有效性^②.

随后, 对模型进行了计算实验研究, 发现平准基金行为参数和市场特征参数对平准基金平抑效果具有较大影响, 其中, 平准基金干预深度是影响干预行为成败的关键, 干预深度越大, 市场越易趋于稳定. 在其它条件不变的情况下, 干

② 实际上, 文中定义的价格偏差指标 x_t 既能体现市场过度波动情况, 也能表征市场的有效性. 一方面, 当 $|x_t| > x_s$ 时, 资产价格偏离市场基本面价值过大, 视为过度波动发生, 市场价格发现效率低, 有效性弱; 另一方面, 当 $|x_t| \approx 0$ 时, 说明资产价格与市场基本面价值近似相等, 即市场的价格发现效率高, 市场有效. 文中的 3 类投资者根据定义, 由于价值派和稳定者的交易行为对市场价格偏差都是负反馈的 (降低价格偏差), 他们的交易行为促进市场更加有效, 而技术派则相反.

干预阈值越大,市场稳态值越大,干预阈值对市场是否能收敛并无明显影响,但对收敛速度有一定影响.平准基金越早干预,市场越快收敛于稳态.另外,市场价格的收敛行为与不同投资者的信念强度有关,当价值派(技术派)投资者信念强度越强(弱),价格越容易收敛,平准基金干预

行为越易获得成功.

最后,对模型进行了动力学机制的研究,研究结果表明各参数的动态行为与模型计算实验结果一致.对比传统的两类型 HAM 模型,含有稳定者的 HAM 模型关键收敛区间长度更长,表明平准基金在股市干预过程中具有较强的稳定能力.

参考文献:

- [1] Su Y, Yip Y, Wong R W. The influence of government intervention on stock returns: Evidence from Hong Kong[J]. *International Review of Economics & Finance*, 2002, 11(3): 277–297.
- [2] Bhanot K, Kadapakkam P. Anatomy of a government intervention in index stocks: Price pressure or information effects[J]. *The Journal of Business*, 2006, 79(2): 963–986.
- [3] Grace M F, Rauch J, Wende S. The effect of monetary policy announcements and government interventions on the US insurance industry during the 2007–2009 crisis[J]. *The Journal of Risk Finance*, 2017, 18(5): 500–522.
- [4] 李志生, 金凌, 张知宸. 危机时期政府直接干预与尾部系统风险——来自 2015 年股灾期间“国家队”持股的证据[J]. *经济研究*, 2019, 54(4): 67–83.
- Li Zhisheng, Jin Ling, Zhang Zhichen. Direct government intervention and systemic tail risk: Evidence from the national team stock rescue during the 2015 crash[J]. *Economic Research Journal*, 2019, 54(4): 67–83. (in Chinese)
- [5] 李志生, 金凌. “国家队”救市、股价波动与异质性风险[J]. *管理科学学报*, 2019, 22(9): 67–81.
- Li Zhisheng, Jin Ling. The “national team” bailout, stock price volatility and idiosyncratic risk[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2019, 22(9): 67–81. (in Chinese)
- [6] 郑冠群, 徐妍. 中国证券市场平准基金的行为模式与市场效应[J]. *当代经济科学*, 2019, 41(2): 27–38.
- Zheng Guanqun, Xu Yan. The market effects and behavioral mode of the securities market stabilization fund in China[J]. *Modern Economic Science*, 2019, 41(2): 27–38. (in Chinese)
- [7] Brunnermeier M K, Sockin M, Xiong W. China’s Model of Managing the Financial System[R]. NBER, No. 27171, 2020.
- [8] 杨晓兰, 洪涛. 证券市场平准基金是否有效: 来自实验室市场的证据[J]. *世界经济*, 2011, (12): 96–119.
- Yang Xiaolan, Hong Tao. Is the stabilization fund effective in stock market: Evidence from the laboratory[J]. *The Journal of World Economy*, 2011, (12): 96–119. (in Chinese)
- [9] 杨晓兰, 王伟超, 高媚. 股市政策对股票市场的影响——基于投资者社会互动的视角[J]. *管理科学学报*, 2020, 23(1): 15–32.
- Yang Xiaolan, Wang Weichao, Gao Mei. The influence of stock market policies on stock market: From the perspective of investor social interaction[J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2020, 23(1): 15–32. (in Chinese)
- [10] 韦立坚, 张维, 熊熊. 股市流动性踩踏危机的形成机理与应对机制[J]. *管理科学学报*, 2017, 20(3): 1–23.
- Wei Lijian, Zhang Wei, Xiong Xiong. The mechanism and solution for the liquidity stampede crisis in stock markets[J].

- Journal of Management Sciences in China, 2017, 20(3): 1–23. (in Chinese)
- [11] Zeeman E C. On the unstable behaviour of stock exchanges[J]. Journal of Mathematical Economics, 1974, 1(1): 39–49.
- [12] Beja A, Goldman M B. On the dynamic behavior of prices in disequilibrium[J]. The Journal of Finance, 1980, 35(2): 235.
- [13] Day R H, Huang W. Bulls, bears and market sheep[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 1990, 14(3): 299–329.
- [14] Chiarella C. The dynamics of speculative behaviour[J]. Annals of Operations Research, 1992, 37(1): 101–123.
- [15] Lux T. Herd behaviour, bubbles and crashes[J]. The Economic Journal, 1995, 105(431): 881–896.
- [16] Brock W A, Hommes C H. A rational route to randomness[J]. Econometrica, 1997, 65(5): 1059–1095.
- [17] Brock W A, Hommes C H. Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 1998, 22(8/9): 1235–1274.
- [18] Boswijk H P, Hommes C H, Manzan S. Behavioral heterogeneity in stock prices[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2007, 31(6): 1938–1970.
- [19] De Jong E, Verschoor W F, Zwinkels R C J. Behavioural heterogeneity and shift-contagion: Evidence from the Asian crisis [J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2009, 33(11): 1929–1944.
- [20] Chiarella C, He X Z, Huang W, et al. Estimating behavioural heterogeneity under regime switching[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2012, 83(3): 446–460.
- [21] He X Z, Li K. Heterogeneous beliefs and adaptive behaviour in a continuous-time asset price model[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2012, 36(7): 973–987.
- [22] Chiarella C, He X Z, Zwinkels R C J. Heterogeneous expectations in asset pricing: Empirical evidence from the S&P 500 [J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2014, 105: 1–16.
- [23] Lof M. Rational speculators, contrarians, and excess volatility[J]. Management Science, 2015, 61(8): 1889–1901.
- [24] He X Z, Li K. Profitability of time series momentum[J]. Journal of Banking & Finance, 2015, 53: 140–157.
- [25] Hommes C, in't Veld D. Booms, busts and behavioural heterogeneity in stock prices[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2017, 80: 101–124.
- [26] De Jong E, Verschoor W F C, Zwinkels R C J. Heterogeneity of agents and exchange rate dynamics: Evidence from the EMS[J]. Journal of International Money and Finance, 2010, 29(8): 1652–1669.
- [27] ter Ellen S, Verschoor W F C, Zwinkels R C J. Dynamic expectation formation in the foreign exchange market[J]. Journal of International Money and Finance, 2013, 37: 75–97.
- [28] Frijns B, Lehnert T, Zwinkels R C J. Behavioral heterogeneity in the option market[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2010, 34(11): 2273–2287.
- [29] ter Ellen S, Zwinkels R C J. Oil price dynamics: A behavioral finance approach with heterogeneous agents[J]. Energy Economics, 2010, 32(6): 1427–1434.
- [30] Chavas J P. On information and market dynamics: The case of the U. S. beef market[J]. Journal of Economic Dynamics

- and Control, 2000, 24(5-7): 833-853.
- [31] Chiarella C, ter Ellen S, He X Z, et al. Fear or fundamentals? Heterogeneous beliefs in the European sovereign CDS market[J]. Journal of Empirical Finance, 2015, 32: 19-34.
- [32] Hommes C H. Heterogeneous Agent Models in Economics and Finance[M]. Amsterdam: Elsevier, 2006: 1109-1186.
- [33] Chiarella C, Dieci R, He X Z. Heterogeneity, Market Mechanisms, and Asset Price Dynamics[M]. Amsterdam: Elsevier, 2009.
- [34] Dieci R, He X Z. Heterogeneous Agent Models in Finance[M]. Amsterdam: Elsevier, 2018.
- [35] Hommes C, Sonnemans J, Tuinstra J, et al. Coordination of expectations in asset pricing experiments[J]. Review of Financial Studies, 2005, 18(3): 955-980.
- [36] Heemeijer P, Hommes C, Sonnemans J, et al. Price stability and volatility in markets with positive and negative expectations feedback: An experimental investigation[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2009, 33(5): 1052-1072.
- [37] Menkhoff L, Taylor M P. The obstinate passion of foreign exchange professionals: Technical analysis[J]. Journal of Economic Literature, 2007, 45(4): 936-972.
- [38] Menkhoff L. The use of technical analysis by fund managers: International evidence[J]. Journal of Banking and Finance, 2010, 34(11): 2573-2586.
- [39] Chen S H, Chang C L, Du Y R. Agent-based economic models and econometrics[J]. Knowledge Engineering Review, 2012, 27(2): 187-219.
- [40] Zhang W, Zhou Z Q, Xiong X. Behavioral heterogeneity and excess stock price volatility in China[J]. Finance Research Letters, 2019, 28: 348-354.
- [41] De Grauwe P. Booms and busts in economic activity: A behavioral explanation[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2012, 83(3): 484-501.
- [42] 苏冬蔚, 毛建辉. 股市过度投机与中国实体经济: 理论与实证[J]. 经济研究, 2019, 54(10): 152-166.
Su Dongwei, Mao Jianhui. Stock market over speculation and the Chinese real economy: Theory and evidence[J]. Economic Research Journal, 2019, 54(10): 152-166. (in Chinese)
- [43] 朱红兵, 张 兵. 价值性投资还是博彩性投机? 中国 A 股市场的 MAX 异象研究[J]. 金融研究, 2020, 42(2): 167-187.
Zhu Hongbing, Zhang Bing. Investment orgambling? The MAX anomaly in China's A-share Stock market[J]. Journal of Financial Research, 2020, 42(2): 167-187. (in Chinese)
- [44] Hommes C H. Behavioral Rationality and Heterogeneous Expectations in Complex Economic Systems[M]. New York: Cambridge University Press, 2013.
- [45] Diks C, Hommes C, Panchenko V, et al. E&F Chaos: A user friendly software package for nonlinear economic dynamics[J]. Computational Economics, 2008, 32(1/2): 221-244.

Behavioral heterogeneous agents model for stabilization fund in stock markets

ZHOU Zhong-qiang^{1, 2, 4}, *ZHANG Wei*^{1, 3}, *XIONG Xiong*^{1, 3}

1. College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China;
2. School of Big Data Application and Economics, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang 550025, China;
3. China Center for Social Computing and Analytics, Tianjin University, Tianjin 300072, China;
4. Guizhou Key Laboratory of Big Data Statistical Analysis, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang 550025, China

Abstract: According to the framework of bounded rationality, a behavioral heterogeneous agents model (HAM) is established for stabilization fund based on economic fundamentals, which includes three types of investors: fundamentalists, chartists, and stabilizers. The novel agent, or stabilizer, as a proxy of the stabilization fund, who can adjust its market fraction according to fraction equation based on price deviation. Stabilizers can achieve a dynamic balance of positive and negative feedback forces of the market price by guiding the switching of investors' beliefs to stabilize the stock market. In addition, the intervention of the stabilization fund is studied through agent-based computational analysis and chaotic dynamic analysis. The results show that the intervention threshold, the depth of intervention, and the market characteristics have different influences on the stabilizing effect, with the depth of intervention being the key.

Key words: stabilization fund; behavioral heterogeneity; excess volatility; agent-based computation