

# “T+1”交易制度下非线性证券价格动态模型及实证<sup>①</sup>

袁 晨, 傅 强

(重庆大学经济与工商管理学院, 重庆 40030)

**摘要:** 考虑我国证券市场的“T+1”交易制度, 构建了二维离散非线性证券价格动态模型, 分析了模型中买卖者之间的异质转换速度、均值回归战略及传染效应对证券价格动态稳定性的影响, 实证检验了我国证券市场的这 3 个主要因素. 结果表明, 买卖者之间的异质转化速度导致了均衡价格对于价值的偏离, 并且随着传染效应的不断增大, 价格呈现出复杂的运动轨迹而难以稳定. 实证显示, 中国投资者买卖观点转换概率只具有传染效应的价格发散机制而不具有均值回归的价格稳定机制, 这是现阶段中国证券市场价格难以通过市场的自我调节达到价值的基本原因.

**关键词:** “T+1”交易制度; 均值回归; 传染效应

**中图分类号:** F830 **文章标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2011)03-0083-14

## 0 引 言

针对 2008 年全球金融危机, 世界各国政府均在不同程度上采取了降息、直接注资、提供信用担保、严禁卖空等救市行动以遏制危机的蔓延. 2009 年 10 月 14 日, 道琼斯指数重返 10 000 点重要心理关口已成为全球股市走出金融危机的重要转折点. 由于救市措施主要是通过货币政策、资金、市场交易制度变更等因素来影响金融市场中投资者的交易决策, 旨在短期内缓解市场恐慌状况, 最终改变或者稳定资产价格, 因此, 研究投资者的交易决策对资产价格动态性的影响, 对于世界各国进行宏观调控政策的制定具有重要理论价值与现实意义.

金融市场中交易者决策的内生影响因素主要体现在两方面: 一是基本面者<sup>②</sup>采取的均值回归策略; 二是图表者<sup>③</sup>根据资产的历史平均价格使用趋势追随策略所形成的传染效应. 20 世纪 90 年代开始, 国外大量经济学家基于这两方面因素构建非线性动力学模型, 对金融市场价格稳定性及动态性进行研究. Vagstad<sup>[3]</sup>提出的协同市场假说认为, 资本市场的价格与风险状况是由外部的基本经济环境和投资者的集体情绪两者结合决定的, 随着两个决定因素组合的改变, 市场将会呈现随机游动、不稳定过渡、混沌市场及协同市场 4 种不同的状态. Lux<sup>[4-5]</sup>构建了基于交易者观点及行为传染的基本模型, 该模型阐述了交易者同时依据价值信息和其他交易者的行为形成价格预

① 收稿日期: 2009-12-07 修订日期: 2010-03-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70501015).

作者简介: 袁 晨(1973-), 男, 北京人, 博士生. Email: yuanchen27@163.com

② 许多异质交易者模型(HAM)中引入两组不同类型的交易者来区分行为异质性: 基本面者(fundamentalists)和图表者(chartists). 基本面者基于资产的价值信息和宏观经济环境(如红利、经济增长等)形成对资产价格的预期和交易战略, 即倾向于投资被低估的资产(价格低于市场价值基准), 出售被高估的资产(价格高于市场价值水平). 图表者又被称为技术分析者(technical analysts), 他们并不关心资产的价值信息, 而是根据资产的历史价格进行趋势外推以形成对价格的预期和交易战略. 基本面者和图表者分别对应于两种不同的作用机制: 一种是均值回归, 另一种是趋势追随. 这方面详细的内容见文献[1]和[2].

③ 传染效应也包含情绪的传染, 比如交易者更愿意在市场繁荣时购买资产, 在市场恐慌时出售资产, 这种情绪传染实际上是趋势追随的另一形式. 本文使用“平均投资态度”一词来综合体现交易者依据价格平均及情绪平均进行决策的两种含义.

期, 并认为交易者之间的传染行为导致了资产泡沫的产生、膨胀和崩溃. Katoji<sup>[9]</sup>认为交易者观点和行为的相互传染将给金融市场带来泡沫和危机. Chiarelli等<sup>[7]</sup>发现, 当图表者的需求强度相对很强时, 基本面者的需求难以稳定系统的局部均衡. Hommes<sup>[1]</sup>认为基本面者推动价格趋向价值, 图表者推动价格偏离价值, 当采用趋势追随战略的交易者比例超过某一临界值时, 价格趋势进一步加强, 这又导致了趋势追随战略信念的加强, 自实现的趋势导致价格短期持续偏离价值, 但均值回归战略将从长期决定市场价格. Foran和Agliari<sup>[8]</sup>认为, 当市场的传染效应超过临界值时将会对市场带来灾难性的冲击, 如果传染效应非常大, 市场价格不可能收敛于价值. Chiarelli等<sup>[9]</sup>认为基本面者采用状态依赖的交易策略, 即价格短期偏离价值, 导致基本面者对于价值观念的自信逐步丧失, 并逐渐加入趋势预测行列, 这种行为传染导致价格趋势的持续, 但随着价格不断偏离价值, 基本面者日益增长的均值回归自信避免了价格的发散, 因此市场价格呈现长期钟摆式运行特征. Yukaviv等<sup>[10]</sup>认为交易者趋势投资相对价值投资的效应越强, 资产真实价值的不确定性越高及市场监管程度越低将引起价格的复杂运行趋势. 除了复杂性科学的相关文献外, 许多行为金融学家也对交易者行为与价格演化机制进行了广泛研究, 比如 De Long等<sup>[11]</sup>、Banerjee<sup>[12]</sup>、Barberis等<sup>[13]</sup>、Nofsinger和Sias<sup>[14]</sup>、Hong等<sup>[15]</sup>、CPrjan和Guarino<sup>[16]</sup>及Hirshleife和Toeh<sup>[17]</sup>. 与传统的经典金融学理论强调市场的负反馈稳定机制及理性预期(同质性假定)不同, 行为金融学认为资本市场的自动稳定器经常失灵, 所谓“追涨杀跌”的正反馈机制才是短期内引起资本市场复杂性的重要机制. 当市场中某些先行者或者主导者基于自身的私人信息而选择了行动, 许多后继者将会从他们的行动中推测信息, 进而忽视自己的私人信息而采取模仿行为, 随着越来越多的投资者从交易中获利, 就引起了持续的信息串联(informational cascades)并导致了市场中大量人

群采取相同操作策略的羊群行为, 这继续推动了市场价格的系统性定价偏差, 而定价偏差会反过来影响投资者对价格的认知与判断并形成对价格持续的适应性预期, 价格偏差与投资者的适应性预期共同形成的正反馈机制进一步引发了投资者间的心理及行为传染(比如群体过度自信引起的疯狂购买, 恐慌性的集体抛售), 尤其是当投资者情绪与各种外在因素(宏观经济环境等)形成同一方向的预期时, 就会持续推动价格不断上涨(下跌), 导致资产价格远离其真实价值. 2001年诺贝尔经济学奖获得者Akerlo教授及耶鲁大学教授Shiller<sup>[18]</sup>甚至认为, 具有典型市场传染效应特征的自信、恐慌、欺诈等心理因素导致了近几年诸如从美国房地产泡沫到全球金融危机等金融事件的发生.

复杂性科学的研究领域中, 尽管在价格非线性运动特征的原因上存在不同认识, 比如Chiarelli<sup>[9]</sup>认为图表者的非线性资产需求函数引起了非线性特征, Hommes<sup>[1]</sup>认为基本面者与图表者的相互作用导致了价格形成的复杂而混乱的非线性动态特征, 然而这类研究均使用了非线性动力学方法来讨论资产价格的动态性. 国外该领域的研究重心主要放在价格动态性的数理机制方面, 通过使用计算机仿真技术模拟交易者相互作用的动态过程, 使得研究结果缺少实际价值. 同时, 文献[4-6, 8]的研究框架大体是基于世界上大多数国家证券场所采用的做市商制度、T+0交易制度及无涨跌幅限制等交易制度<sup>④</sup>, 通过构建市场中买卖双方之间相互转换的概率函数, 分析了转换概率中交易者内生的价值判断和市场情绪(传染)对资产价格复杂动态性的影响. 与国外不同的是, 我国证券市场分别采用了连续性指令驱动交易机制、T+1制度及涨跌幅限制等交易制度, 这种国内外现行制度基础上的差异导致了国外的研究对象及研究成果难以有效地反映并解决我国的现实问题. 交易机制作为金融市场微观结构理论的重要组成部分, 近几年我国学者展开了

<sup>④</sup> 在证券市场价格形成的交易者行为过程中, 交易者决策不仅受到交易机制的客观约束, 也受到价值判断和市场情绪的主观约束. Madhavan<sup>[20]</sup>指出, 投资者的交易行为会随着各种制度和信息的变化而进行调整. 类似文献[21], 本文将交易者决策的影响因素区分为客观约束的外生影响和主观约束的内生影响两部分, 以使得全文研究脉络更加清晰.

广泛研究并取得了丰富研究成果.李平等<sup>[22]</sup>回顾了近 20 年来国内外关于市场微观结构方面的研究工作,穆启国等<sup>[23]</sup>及陈浩武等<sup>[24]</sup>对涨跌幅限制与股票价格行为进行了分析,邵晓阳等<sup>[25]</sup>及赵骅等<sup>[21]</sup>分别研究了竞价制度、做市商制度下证券价格的形成机制,王志强和吴世农<sup>[26]</sup>从我国沪深两市买卖盘揭示范围扩大的角度研究了市场透明度变革对我国股票市场运行效率的影响.大量的理论与实证研究结果均表明,不同的交易机制对金融资产的价格发现过程,市场参与者的行为策略以及市场的质量有着十分重要的影响.

我国证券市场自 1995 年初就已重新确立“T+1”交易制度并延续至今,但国内学者罕有针对“T+1”制度的研究,具有代表性的研究成果是文献[27].该研究认为,“T+1”制度降低了我国证券市场的流动性,造成股票交易价格中存在非流动性折价,使得交易价格偏离其基本价值,并建议我国应逐步放开“T+1”的交易限制,股票的交易价格将会由于股市流动性的显著提高而趋近于基本价值.作为我国证券市场所特有的交易制度,“T+1”制度被作为价格稳定机制而确立,目的是防止过度的投机交易对股市造成危害,但同时也带来了非常具有现实意义的问题,那就是制度本身可能对交易者决策所产生的外生影响.与“T+1”制度相比,世界其他主要资本市场所通用的都是“T+0”交易制度,该制度允许日内回转交易,即一支证券被买入(卖出)后在同一交易日内能再次被卖出(买入)的行为.从交易的角度来看,我国现行“T+1”交易制度下,当日卖出证券所获得的资金可以当日继续买入证券,而当日买入的证券则不能当日卖出,这相当于针对证券卖出者实施了日内回转制度,而证券买入者禁止日内回转.在这种条件下,购买者的股票持有期将大于卖出者的资金持有期,使得证券买者向卖者转换相对卖者向买者转换而言需要更长的时间,这意味着买卖双方之间具有不同的相互转换速度.当交易日内市场继续上涨时,卖出者可立即买回已卖出的证券,而当市场发生急剧下跌时,买入者至少需要等到下一交易日才能卖出,这导致了买入者相对卖出者而言具有更弱的纠错能力.尽管这一现实情况在我国已存在十几年,

然而“T+1”制度对买卖双方转换难易程度所施加的异质影响与证券价格形成的相互关系方面,还没有研究文献进行系统地分析.

本文考虑了我国证券市场的“T+1”交易制度对买卖者的异质外生影响,在交易者内生决策的均值回归及传染效应的基础上,构建了非线性动力学模型,并进行了相应理论分析和仿真实验,最后实证检验了影响我国交易者决策的这些因素.本文与以往国内外相关研究成果的不同及创新之处在于 3 个方面:1)理论上阐述并证明了“T+1”制度下买卖双方之间的异质转化速度引起了均衡价格对于价值的偏离,从而丰富了我国市场微观结构理论的研究内容,对于政策制定者进行正确的交易机制设计也有着重要的参考价值.2)国内主要集中于应用价格分散度来研究市场上的羊群效应,如宋军和吴冲锋<sup>[28]</sup>、孙培源和施东晖<sup>[29]</sup>、程希明等<sup>[30]</sup>、刘波等<sup>[31]</sup>,并同时认为我国证券市场中存在一定程度的羊群行为.值得强调的是,如果市场中同时存在很强的均值回归效应,单一检验出市场具有羊群效应并不一定意味着价格的发散.本文基于异质交易者模型(HAMS),检验市场传染效应的同时也检验了我国交易者是否具有均值回归交易策略,这种联合检验对于我国证券市场价格稳定性的研究及相关政策的制定具有更为重要的意义.3)特别要指出的是,特定的交易机制以及交易者在既定交易机制下的策略行为在证券价格决定中均发挥着极为重要的作用,但相关文献大多侧重于单方面因素对交易者行为及价格形成的影响,本文系统性地考虑了交易者决策的外生制度因素及交易者基于价值判断和市场情绪的内生影响因素,而这正是影响证券价格形成的主客观条件和微观基础,使得研究工作的现实意义更为突出.

## 1 模型建立

本文依据 Lux<sup>[4]</sup>的经典模型建立相关模型分析框架,描述了有  $n$  个交易者仅交易 1 种资产的金融市场,每个交易者有一个投资态度,记为变量  $x_i^t$ .如果交易者在时间  $t$  购买资产的 1 股则记为  $x_i^t = 1$ ,如果在时间  $t$  想去卖则记为  $x_i^t = -1$ .

由于当交易者认为资产价格会上升(下跌)时才决定去买(卖)资产股票,所以买者被定义为乐观投资者,卖者被定位为悲观投资者.引入算术平均值可以得到  $X_t = \sum_{i=1}^n \frac{x_t^i}{n}$  这里  $X_t$  代表了市场中所有交易者的平均投资态度,并在任何时间  $t$  都有  $X_t \in [-1, 1]$ . 而且,如果  $X_t > 0$  则表示乐观投资者的数量多于悲观投资者的数量,  $X_t < 0$  时反之,当  $X_t = 0$  时表示乐观和悲观投资者数量相同的“平衡”状态.最后,极端的情况有可能出现,也就是  $X_t = -1$  或者  $1$  的时候,这分别代表了所有交易者都是卖者或者买者的情况.记  $n_b$  和  $n_s$  分别表示买者和卖者的数量,市场上所有交易者的数量为  $n = n_b + n_s$  则市场中所有交易者的平均投资态度为

$$X_t = \sum_{i=1}^n \frac{x_t^i}{n} = \frac{n_b - n_s}{n}$$

随着时间的变动,每个交易者都可能修改自己的投资态度,但这种改变在任何时间  $t$  时仅发生 1 次.于是,记号  $P_{bs}$  代表从买者到卖者的转换概率,  $P_{sb}$  代表从卖者到买者的转换概率.根据  $P_{bs}$  和  $P_{sb}$  的定义可知,交易者从卖者向买者转换的数量为  $n_s P_{sb}$ , 买者向卖者转换的数量为  $n_b P_{bs}$ . 于是,时间  $t$  至时间  $t+1$  买者的变动量为  $n_b P_{sb} - n_b P_{bs}$ , 其中第 1 项代表加入买者的交易者数量,第 2 项代表由买者变为卖者的交易者数量.同样地,时间  $t$  至时间  $t+1$  卖者的变动量为  $n_b P_{bs} - n_s P_{sb}$ . 因此,  $X_t$  至  $X_{t+1}$  的变动量为

$$X_{t+1} - X_t = \frac{(n_s P_{sb} - n_b P_{bs}) - (n_b P_{bs} - n_s P_{sb})}{n}$$

立即可得市场平均投资态度  $X_t$  的时期动态表达式为

$$X_{t+1} - X_t = (1 - X_t) P_{sb} - (1 + X_t) P_{bs} \quad (1)$$

类似 Weidlich 和 Brauh<sup>32)</sup>、Lux<sup>4)</sup> 和 Kajozj<sup>6)</sup> 对于转换概率的选择,本文定义买卖者

之间的转换概率表达式为

$$\begin{aligned} P_{bs} &= \gamma_b [\mu + e^{\gamma X_t + \beta(k - P_t)}] \\ P_{sb} &= \gamma_s [\mu + e^{-\gamma X_t + \beta(k - P_t)}] \end{aligned} \quad (2)$$

其中,  $k$  为资产的真实价值;参数  $\beta, \gamma, \gamma_b, \gamma_s, \mu$  的具体含义为:  $\beta$  为交易者对市场价格与价值  $k$  之间差异的反应强度,换句话说,  $\beta$  度量了套利效应;  $\gamma$  为交易者根据市场平均投资态度进行决策的权重度量,即传染效应.  $\beta$  和  $\gamma$  都为正数;  $\gamma_b$  为交易者由卖者向买者观点转变的速度,  $\gamma_s$  为交易者由买者向卖者观点转变的速度,在一个流动性市场,总存在买卖双方的转换,故均为正的参数;  $\mu$  为非负参数,它代表了交易者认为影响资产价格的其他可能因素.值得指出的是,转变速度  $\gamma_b$  和  $\gamma_s$  为交易制度对交易者所施加的外生影响,参数  $\beta, \gamma$  及  $\mu$  则为交易者决策的内生影响因素.

虽然国外的相关研究大多设定  $\gamma_b = \gamma_s = \gamma$ , 但更符合我国证券市场的转化率中,  $\gamma$  应该具有异质性,得出这一观点的基本理由是: 1) 理论上, Weidlich 和 Brauh<sup>32)</sup> 在转换概率的最初定义中指出,  $\gamma$  代表了从一种状态到另一种状态的固定时间尺度,不同的交易背景对应了不同的  $\gamma$  值<sup>5)</sup>; 2) 现实中,国外大多数发达国家的证券市场均采用“T+0”的股票交易制度,交易者进行买进和卖出时均可进行日内回转交易,因此可认为买卖状态转化具有同质的转换速度.我国沪、深圳证券交易所的 A 股均实行“T+1”的交易制度,从交易的角度来看,交易者当日买入的股票当日不能卖出,而交易者当日卖出股票所获得的资金可以当日继续买入.在这种条件下,买卖双方之间面临不同的交易背景和交易风险,买者向卖者转换相对卖者向买者转换而言需要更长的时间,也因此使得买入者相对卖出者而言具有更弱的纠错能力,这可能引起买者在买入时更加慎重,从而导致买卖双方之间的转化速度具有异质性.

为了更好的理解等式 (2), 需要明确买卖者

⑤ Weidlich 和 Brauh<sup>32)</sup> 的原始转换概率定义为  $P_{ij} = \gamma_j \exp[\alpha(u_j - u_i)]$ , 其中  $\alpha$  代表了不同的社会背景,下标  $j$  分别为两种状态,  $i \rightarrow j$  为两种状态的转换.同时,该文也指出了等式 (2) 构造中出现指数形式的两个缘由: 一是来自协同方法在社会学中建模的经验性原则 (empirical principle); 二是为了数学上的方便,比如可以将  $P_{ij} = \gamma_j \exp[\alpha(u_j - u_i)]$  表达为  $P_{ij} = \gamma_j \exp(\alpha u_j) \exp(-\alpha u_i)$ , 因此转换概率能被分解为由两种因素组成,即当状态能获得更高的效用时,拉动状态由  $i$  向  $j$  转换的拉动项  $\exp(\alpha u_j)$  和当原状态效用上升时,推动系统重新回到旧状态的推动项  $\exp(-\alpha u_i)$ , 这分别代表了引起状态发生改变的吸引和排斥两种力量.更详细讨论见文献 [32].

之间的转换概率所对应的经济含义. 由引言可知, 特定的交易机制以及交易者在既定交易机制下的策略行为, 在证券价格形成中均发挥着极为重要的作用. 因此, 我国交易者进行资产购买或出售时, 将会同时受到外生的制度约束及内生的交易策略约束, 具体体现在: 1) 我国“T+1”交易制度从客观条件上决定了买卖双方之间具有差别的转换难易程度; 2) 资产的价值  $k$  即当资产被低估时购买资产和当资产被高估时出售资产; 3) 市场的平均投资态度 (乐观或者悲观) 在这种信息条件下, 如果市场上的大多数投资者都是乐观的, 交易者更愿意去买, 反之则更愿意卖出, 市场中投资者的总体观点影响每个交易者的态度. 因此, 转换概率综合反映了导致交易者态度改变的外生制度影响及交易者基于价值判断和市场情绪的内生交易策略, 而这也正是交易者进行买卖决策的主客观约束条件和微观基础. 同时, 结合等式 (1) 不难看出,  $P_{t+1}$  的增加表明了交易者由买者向卖者转换具有更大的概率, 将会使得  $X_{t+1}$  下降, 从而市场平均投资态度向着悲观倾斜, 意味着卖方力量的增强, 同理,  $P_{t+1}$  的上升则表明市场买方力量的增加.

将等式 (2) 代入式 (1) 后, 市场平均投资态度的动态性用公式表达为

$$X_{t+1} = \mu (V_b - V_s) + [1 - (V_b + V_s)\mu] X_t + [(1 - X_t) V_b e^{\beta(k - P_t) + \gamma X_t} - (1 + X_t) V_s e^{-\beta(k - P_t) - \gamma X_t}] \quad (3)$$

为了定义市场价格调整的状况及过程, 设想市场存在一个做市商. 做市商接受代理人的交易指令, 根据超额需求调整资产价格, 当具有正的超额需求时, 价格上升, 反之则下降; 当没有超额需求时, 价格保持不变, 也就是达到局部均衡. 本模型对于做市商假设的引入与 Day 和 Huang<sup>[23]</sup> 的目标是一致的, 即做市商假设只是为

$$\begin{cases} X^* = C + [1 - B] X^* + [(1 - X^*) V_b e^{\beta P^* + \gamma X^*} - (1 + X^*) V_s e^{-\beta P^* - \gamma X^*}] \\ P^* = P^* + f(\theta X^*) \end{cases}$$

显然这一等式等价于

$$\begin{cases} 0 = C - BX^* + [(1 - X^*) V_b e^{\beta P^* + \gamma X^*} - (1 + X^*) V_s e^{-\beta P^* - \gamma X^*}] \\ 0 = f(\theta X^*) \end{cases} \quad (7)$$

了保证价格变动及时准确地反映供需关系. 由于价格变动的幅度仅受超额需求的绝对值影响, 为了简化起见, 假定每个交易者的交易量是固定的, 并正好等于一个值  $\theta > 0$  于是  $\theta X_t$  就是交易者在时间  $t$  交易的实际数量,  $\theta X_t$  代表了整个市场交易者在时间  $t$  的平均超额需求. 这样, 资产的动态价格为

$$P_{t+1} = P_t + f(\theta X_{t+1}) \quad (4)$$

这里, 函数  $f$  是非线性的单调递增函数且  $f(0) = 0$  代表时间  $t+1$  时依据投资者平均超额需求  $\theta X_{t+1}$  的价格调整函数. 类似 Foroni 和 Agliari<sup>[8]</sup>, 本文选择  $f(\theta X_{t+1}) = \lambda \arctan(\theta X_{t+1})$  作为  $f$  的具体函数形式后可得等式

$$P_{t+1} = P_t + \lambda \arctan(\theta X_{t+1}) \quad (5)$$

其中,  $\lambda$  ( $\lambda > 0$ ) 是基于投资者态度的价格固定调整尺度.

联立式 (3) 和式 (5), 得出具有异质转换速度、均值回归和传染行为的证券市场资产价格的跨期动态演变过程

$$G \begin{cases} X_{t+1} = C + [1 - B] X_t + [(1 - X_t) V_b e^{\beta P_t + \gamma X_t} - (1 + X_t) V_s e^{-\beta P_t - \gamma X_t}] \\ P_{t+1} = P_t + \lambda \arctan(\theta X_{t+1}) \end{cases} \quad (6)$$

式中,  $C = \mu (V_b - V_s)$ ;  $B = \mu (V_b + V_s)$ . 同时式 (6) 对式 (3) 引入坐标转换, 将点  $(0, k)$  转换为  $(0, 0)$ . 值得注意的是, 等式 (6) 中的变量  $P_t$  代表了价格对于价值  $k$  的偏差,  $P_t = P_t - k$   $P_t = 0$  则意味着此时价格正好等于价值.

## 2 均衡点特征

假定点  $P^* = (X^*, P^*)$  是模型 (6) 的唯一均衡点, 则在均衡点处满足等式

根据是单调递增函数并且  $f(0) = 0$  当  $\theta > 0$  时, 方程组 (7) 的第 2 个等式唯一解为  $X^* = 0$  将此条件代入方程组 (7) 的第 1 个等式可得到

$$0 = C + V_b e^{-\beta P^*} - V_s e^{\beta P^*} \quad (8)$$

令  $y = e^{\beta P^*}$ , 故  $y$  大于零. 根据前面定义  $C = \mu(V_b - V_s)$ , 则等式 (8) 等价于

$$0 = \mu(V_b - V_s) + V_b y^{-1} - V_s y \quad (9)$$

二次方程的解为

$$y = \frac{\mu(V_b - V_s) \pm \sqrt{\mu^2(V_b - V_s)^2 + 4V_s V_b}}{2V_s}$$

由于  $y > 0$  故对应于  $V_b > V_s, V_b = V_s, V_b < V_s$  3 种情况均有

$$\bar{p} = \frac{1}{\beta} \times \ln\left(\frac{\mu(V_b - V_s) + \sqrt{\mu^2(V_b - V_s)^2 + 4V_s V_b}}{2V_s}\right) \quad (10)$$

改写公式并令  $Z = V_b / V_s$ , 可以得到

$$\bar{p} = \frac{1}{\beta} \times \ln\left[(Z-1)\frac{\mu}{2} + \sqrt{\frac{\mu^2}{4}(Z-1)^2 + Z}\right] \quad (11)$$

等式 (11) 显示,  $\bar{p}$  为关于  $Z$  的单调递增函数, 如图 1.

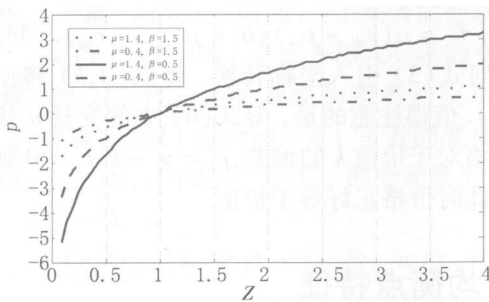


图 1 不同  $\mu, \beta$  下  $P^*$  关于  $Z$  的 4 条轨迹

Fig 1 Four trajectories of  $\bar{p}$  versus  $Z$  for different  $\mu$  and  $\beta$

图 1 描绘了当  $Z$  取值为 (0, 4) 时, 对应于 4 组不同  $\mu, \beta$  下  $\bar{p}$  的运行轨迹. 图 1 清楚地显示, 参数  $\mu, \beta$  的不同取值仅影响  $\bar{p}$  随  $Z$  而上升的快慢程度, 同时, 图中  $\beta = 1.5$  时所描绘的点线及点划线相对于  $\beta = 0.5$  所对应的实线及实虚线而

$$D = \frac{\partial X_{t+1}}{\partial X_t} = 1 - B + \left[ V_b[\gamma(1 - X_t) - 1] e^{\beta P_t^* \gamma X_t} + V_s[\gamma(1 + X_t) - 1] e^{(-\beta P_t^* \gamma X_t)} \right] \quad (13)$$

$$E = \frac{\partial X_{t+1}}{\partial P_t^*} = -\beta \left[ (1 - X_t) V_b e^{\beta P_t^* \gamma X_t} + (1 + X_t) V_s e^{(-\beta P_t^* \gamma X_t)} \right] \quad (14)$$

言,  $\bar{p}$  价格曲线显得更为平坦, 这反映出交易者的均值回归策略越强 ( $\beta$  值越大), 则  $\bar{p}$  变动的幅度越小. 等式 (11) 更方便地揭示了这一点, 即相同条件下  $\beta$  值上升则  $\bar{p}$  下降, 反之则  $\bar{p}$  上升. 由于  $\bar{p}$  代表了均衡价格对于价值的偏离, 因此作为价格稳定机制的均值回归效应越强, 则市场实现均衡时价格对于其价值的偏离程度越小.

而且, 图形 1 呈现出一种鲁棒特征, 也就是当  $Z < 1$  时,  $\bar{p} < 0$ ;  $Z = 1$  时,  $\bar{p} = 0$ ;  $Z > 1$  时,  $\bar{p} > 0$  并在相同条件下,  $Z$  值越大, 则实现均衡时价格越高. 事实上, 市场达到局部均衡时  $P_{t+1} = P_t$  这也意味着没有超额需求, 即  $X_{t+1} = X_t = 0$  根据等式 (1), 此时要求买卖方的转换率相等, 即  $P_{bs} = P_{bs}$ , 代入转换概率定义式 (2) 并化简后得出

$$(V_b \mu - V_s \mu) + V_b e^{k(k-P_t)} = V_s e^{\beta(k-P_t)}$$

如果此时市场上  $V_b > V_s > 0$  则等式左边第 1 项大于零, 继续得出不等式

$$e^{\beta(k-P_t)} < V_s / V_b < 1 = e^k$$

于是  $k < P_t$ , 反之亦然.

综上所述, 均值回归效应  $\beta$  值及买卖者异质观点转换速度的比值  $Z$  共同决定了均衡价格的位置, 只要买卖交易者存在异质观点转换速度, 即  $V_b \neq V_s$ , 则市场实现均衡的代价就是或高或低偏离价值的价格, 而均值回归效应越强将会越有效地减弱均衡价格偏离价值的程度.

### 3 均衡点的稳定性分析

本部分利用模型 (6) 的雅可比矩阵来研究均衡点  $P^* = (X^*, \bar{p}^*) = (0, \bar{p}^*)$  的局部平稳性, 用  $J_0$  表示模型 (6) 的雅可比矩阵, 同时记  $D = \partial X_{t+1} / \partial X_t$  及  $E = \partial X_{t+1} / \partial P_t^*$  则

$$J_0 = \begin{bmatrix} \frac{\partial X_{t+1}}{\partial X_t} & \frac{\partial X_{t+1}}{\partial P_t^*} \\ \frac{\lambda \theta}{1 + (\theta X_{t+1})^2} \frac{\partial X_{t+1}}{\partial X_t} & 1 + \frac{\lambda \theta}{1 + (\theta X_{t+1})^2} \frac{\partial X_{t+1}}{\partial P_t^*} \end{bmatrix} \quad (12)$$

将均衡点  $(X^*, P^*) = (0, P^*)$  代入等式 (13)

(14) 可得

$$D^* = 1 - B + (\gamma - 1) (V_b e^{\beta P^*} + V_s e^{\beta P^*}) \quad (15)$$

$$E^* = -\beta (V_b e^{\beta P^*} + V_s e^{\beta P^*}) \quad (16)$$

注意到, 当市场处于均衡时等式 (8) 成立, 将  $B = \mu (V_b + V_s)$ , 等式 (8), 等式 (10) 分别代入等式 (15)、(16) 同时令

$$F = \sqrt{\mu^2 (V_b - V_s)^2 + 4 V_b V_s}$$

经化简后可得  $J_G$  在均衡点处的参数表达式为

$$\begin{cases} 1 - \text{tr} J_G^* + \det J_G^* = \lambda \theta \beta \sqrt{\mu^2 (V_b - V_s)^2 + 4 V_b V_s} > 0 \\ 1 + \text{tr} J_G^* + \det J_G^* = 4 - 2\mu (V_b + V_s) + (2\gamma - \lambda \theta \beta - 2) \sqrt{\mu^2 (V_b - V_s)^2 + 4 V_b V_s} > 0 \\ 1 - \det J_G^* = \mu (V_b + V_s) - (\gamma - 1) \sqrt{\mu^2 (V_b - V_s)^2 + 4 V_b V_s} > 0 \end{cases} \quad (17)$$

给出了离散非线性动力系统的局部渐进稳定性判别条件, 根据前面定义  $\lambda, \beta, \theta$  均为大于零的数, 不等式组 (17) 的第 1 个不等式显然成立. 根据图 1 可知, 局部稳定时的均衡价格对应一个固定的  $Z^* = V_b / V_s$  比值 (显然, 如果比值改变, 这时将会对应另一个局部均衡价格). 因此, 不等式组 (17) 的第 2 个不等式稳定性条件可以改写为

$$\begin{cases} V_s < \frac{-2}{[(\gamma - 1) \sqrt{\mu^2 (Z^* - 1)^2 + 4 Z^*} - \mu (Z^* + 1)] - 0.5 \lambda \theta \beta \sqrt{\mu^2 (Z^* - 1)^2 + 4 Z^*}} \\ (\gamma - 1) \sqrt{\mu^2 (Z^* - 1)^2 + 4 Z^*} - \mu (Z^* + 1) < 0 \end{cases} \quad (20)$$

定义

$$M = (\gamma - 1) \sqrt{\mu^2 (Z^* - 1)^2 + 4 Z^*} - \mu (Z^* + 1)$$

1) 为度量传染效应的新变量<sup>⑥</sup>. 根据式 (20), 图 2 描绘了均衡价格  $P^*$  在  $(M, V_s)$  构成的 2 维参数平面下的稳定域及其发散路径. 图 2 显示:

1) 稳定域由双曲线

$$V_s = \frac{-2}{M - 0.5 \lambda \theta \beta \sqrt{\mu^2 (Z^* - 1)^2 + 4 Z^*}}$$

纵轴、横轴所围区域组成;

2) 发散路径表示  $V_s$  取固定值时, 参数  $M$  的

$$J_G^* = \begin{bmatrix} 1 - \mu (V_b + V_s) + (\gamma - 1) F & -\beta F \\ \lambda \theta [1 - \mu (V_b + V_s) + (\gamma - 1) F] & 1 - \lambda \theta \beta F \end{bmatrix}$$

分别用记号  $\det$  和  $\text{tr}$  代表雅可比矩阵在均衡点的行列式和迹, 则

$$\det J_G^* = 1 - \mu (V_b + V_s) + (\gamma - 1) \times \sqrt{\mu^2 (V_b - V_s)^2 + 4 V_b V_s}$$

$$\text{tr} J_G^* = 2 - \mu (V_b + V_s) + (\gamma - 1 - \lambda \theta \beta) \times \sqrt{\mu^2 (V_b - V_s)^2 + 4 V_b V_s}$$

由下面不等式组

$$[-2\mu (Z^* + 1) + (2\gamma - \lambda \theta \beta - 2) \times \sqrt{\mu^2 (Z^* - 1)^2 + 4 Z^*}] V_s > -4 \quad (18)$$

不等式组 (17) 的第 3 个不等式改写为

$$(\gamma - 1) \sqrt{\mu^2 (Z^* - 1)^2 + 4 Z^*} - \mu (Z^* + 1) < 0 \quad (19)$$

由不等式 (19) 可得出不等式 (18) 中  $V_s$  的系数项为负, 因此稳定性条件为

变动导致价格由稳定到发散的演变途径<sup>⑦</sup>, 这时稳定域退化为传染效应单参数的区间表达式

$$0.5 \lambda \theta \beta \sqrt{\mu^2 (Z^* - 1)^2 + 4 Z^*} - 2 / V_s < M < 0$$

区间反映了传染效应对价格稳定性的 3 个特征.

① 区间下限包含基本面信息  $0.5 \lambda \theta \beta$

$\sqrt{\mu^2 (Z^* - 1)^2 + 4 Z^*}$ , 这种理性的传染效应加快了股价对价值信息的吸收速度, 促使市场更为稳定有效; ② 区间上限不包含任何基本面信息, 当传染效应超过这一限度时, 交易者之间非

⑥  $M$  的引入仅为了作图和叙述的需要, 方便读者能更清晰地理解稳定域. 事实上, 由  $M$  的定义式可以看出  $M$  为  $\gamma$  的单调递增函数, 仍是对传染效应的有效度量.

⑦ 基于两个原因仅考虑参数  $M$  的单独变化对系统稳定性的影响: 1) 本文主要研究交易者传染效应对价格稳定性的影响, 尽管买卖者之间的异质观点转变速度与均值回归效应的共同作用决定了均衡价格的位置, 但它们均不是稳定性的重点考虑内容; 2) 非线性系统的单参数平面自治系统的研究成果比较成熟, 而多维多参数系统相对而言较为复杂, 需要更多的数理分析, 这有违本文的研究初衷, 更详细讨论见文献 [34].

理性的传染效应将降低市场的稳定性;③ 稳定区间呈现出由理性向非理性传染效应逐步转化的过程.

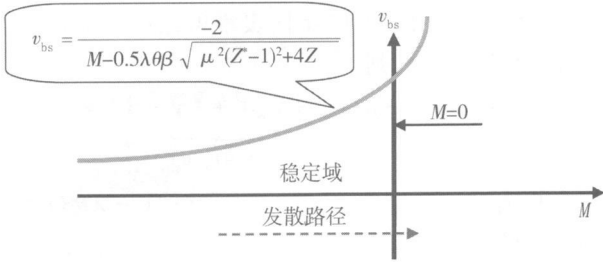


图 2 均衡点的稳定域

Fig 2 The stability region of the equilibrium point

### 4 模型的仿真实现

为更好地理解传染效应参数  $\gamma$  变化对价格稳定性的影响, 本文遵循图 2 显示的发散路径对价格的动态变化过程进行仿真. 具体步骤为: ① 假定市场价格正好处于价值  $P^* = (0, 0)$  处, 此时初始条件设定为  $X_0 = 0, P_0 = 0$ ; ② 除参数  $\gamma$  ( $\gamma = 2$  对应于  $M = 0$ ) 之外的所有其他参数值, 分别固定为  $\gamma_b = 0.4, \gamma_s = 0.2, \lambda = 1.5, \theta = 1.5, \beta = 0.5$  和  $\mu = 1$ . 根据前面的讨论, 此时价格渐进稳定的传染效应区间为  $-0.770833 < \gamma < 2$ . 由于定义  $\gamma$  为正数, 故  $0 < \gamma < 2$ ; ③ 分别选取稳定区间中  $\gamma = 0.80, 1.50, 1.96$  模拟  $\gamma$  值的不断增大所对应的价格动态变化过程. 值得强调的是, 对于任何有意义的初始条件和参数值的大范围选择, 均衡价格位置及收敛迭代次数不尽相同, 但能得到相似的结果. 图 3 a) b) 和 c) 分别描绘了  $\gamma =$

0.80, 1.50, 1.96 时价格的波动性及收敛速度. 图 3 显示了当传染效应  $\gamma = 0.80$  (相对很小) 时, 从初始条件出发的价格大约仅需要 7 步迭代后快速收敛于新的均衡点  $P^* = 1.386294$  处,  $\gamma = 1.50$  时这一过程大约需要 30 步迭代, 而当  $\gamma = 1.96$  (非常接近  $\gamma = 2$  的临界值) 时, 价格以阻尼震荡走势离开初始价值点并在最终趋于稳态前呈现多期波动, 大约经过 250 步迭代后缓慢收敛于均衡点. 图 3 清晰地表明, 随着传染效应的不断增大, 价格趋于更长时间地偏离均衡, 当  $\gamma$  逐渐接近于不包含任何价值信息的临界值时, 价格呈现出复杂的运动轨迹而难以稳定.

综合前述分析, 当我国证券市场受到冲击而偏离价值时, 采取政府救市还是通过市场自我调节来使得资产价格恢复到价值水平, 主要取决于我国证券市场是否存在买卖者的异质转化速度、是否具有均值回归效应以及是否存在传染效应, 这是由于异质转化速度引起了均衡价格对于价值的偏离, 均值回归战略使得价格收敛, 而传染效应将导致价格发散. 因此, 如果在我国“T+1”制度下引起了买卖者之间的异质转化速度, 则可以通过改变该交易制度来使得价格趋于价值; 如果市场只具有传染效应而不具有均值回归效应, 则价格难以通过市场的自我调节达到价值. 从长期来说, 应该培养市场的价值观念, 从短期来说, 当市场面临泡沫或者危机时, 政府更应采取宏观调控手段来促使价格回归价值; 如果市场具有很强的均值回归效应, 则无论存在传染效应与否, 政府不宜过多干预市场. 由此, 对于这一思想的检验构成了实证研究部分.

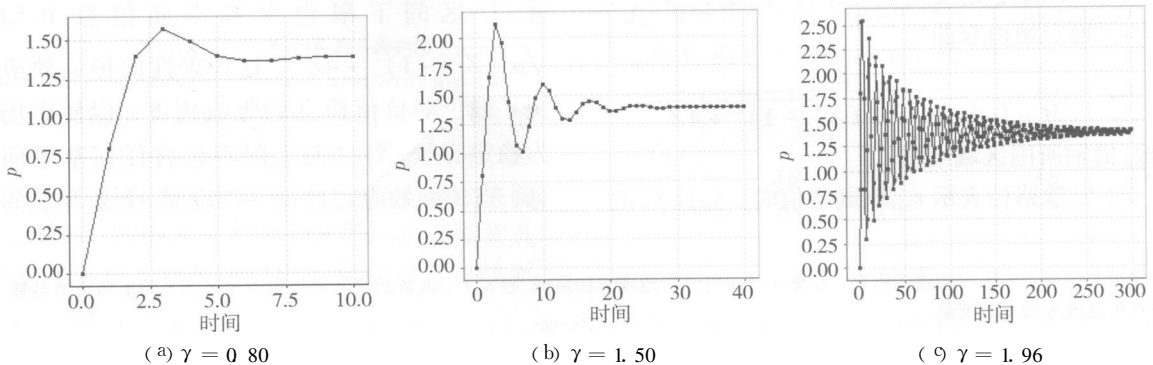


图 3 不同  $\gamma$  下的价格时间序列

Fig 3 Three time series of P for different  $\gamma$



## 5 实证检验

### 5.1 数据采集

本文使用的数据全部取自 CSMAR 数据库, 研究样本为 2000 年 1 月 1 日之前上市的沪、深两市全部 A 股股票及上证指数的月度数据, 样本期间为 1999 年 12 月 31 日至 2009 年 10 月 31 日, 跨度共计 119 个月, 并剔除在 2000—2009 年期间被特别处理 (ST) 和特别转让 (PT) 的股票, 最后筛选出有效股票共计 741 支。

### 5.2 研究方法及步骤

本文选用个股的月涨跌幅作为该股票  $X_t$  变量的替代变量, 对于市场总体的  $X_t$  则选用上证指数的月涨跌幅, 这一选择与 Kajizoji<sup>[6]</sup> 选择前后月价格差  $\Delta P$  作为  $X_t$  的替代变量类似, 选择的意义在于: 首先, 收盘价的形成本身代表了单位时间买卖双方综合作用的结果, 如果月涨跌幅  $> 0$  则表示乐观投资者多于悲观投资者, 反之, 当月涨跌幅  $< 0$  时则代表了悲观投资者多于乐观投资者, 这与  $X_t$  的定义类似; 其次, 在一个正常的市场, 价格变动能及时准确地反映供需关系, 如果价格上升则月涨跌幅为正, 意味着市场中具有正的超额需求, 反之则对应着负的超额需求, 这较为符合价格调整函数 (4) 的设定含义; 最后, 月涨跌幅的通常变动范围为  $[-1, 1]$ , 符合  $X_t$  的变动范围。根据前述分析, 可以得到实证研究假设为: 买卖者的观点转换速度、均值回归战略及传染效应是交易者买卖观点转换概率的重要影响因素。

实证研究的具体步骤如下:

1) 通过对 741 支股票进行 118 个方程的逐月截面回归以获得 118 个市场平均的  $P_{t_b}$  与  $P_{t_s}$  值;

根据等式 (1) 建立如下计量模型

$$X_{t+1} = \varphi + \xi X_t + \varepsilon_t \quad (21)$$

其中,  $X_t$  等于个股  $t$  月涨跌幅;  $X_{t+1}$  等于个股  $t+1$  月涨跌幅;  $\varphi$ 、 $\xi$  为回归系数。

通过估计模型 (21) 获得  $\varphi$  及  $\xi$  然后求解下列方程组

$$\begin{cases} \varphi = P_{t_b} - P_{t_s} \\ \xi = 1 - P_{t_b} - P_{t_s} \end{cases} \quad (22)$$

可得出各月的两个转换概率。值得指出的是, 这一步骤仅是对  $X_{t+1}$  与  $X_t$  之间是否存在线性关系进行检验, 以此得到回归系数  $\varphi$  与  $\xi$  值。至于  $X_{t+1}$  与  $X_t$  之间是否具有因果关系则不是本文考虑的重要因素。

2) 用  $P_{t_b}$ 、 $P_{t_s}$  值分别对上证指数及上证指数月涨跌幅进行时间序列估计, 以检验研究假设。

基于转换概率的定义式 (2), 等式两边取对数可得出如下计量模型

$$\begin{cases} \ln P_{t_s} = \alpha_1 + \alpha_2 R_M + \alpha_3 X_t + \varepsilon_1 \\ \ln P_{t_b} = \omega_1 + \omega_2 R_M + \omega_3 X_t + \varepsilon_2 \end{cases} \quad (23)$$

其中,  $R_M = k - R_f$  为 2000—1—2009—10 期间上证指数均值 2 095.61 与各月上证指数之差;  $X_t$  为各月上证指数涨跌幅;  $\varepsilon_1$  与  $\varepsilon_2$  代表了影响转换率的其他因素;  $\alpha_1 = \ln \varphi$ ,  $\omega_1 = \ln \xi$  值得指出的是, 根据理论模型定义式 (2), 应该有  $\alpha_2 = -\omega_2 = -\beta$ ,  $\alpha_3 = -\omega_3 = -\gamma$ 。

### 5.3 检验结果

步骤 1 利用 741 支股票数据, 对等式 (21) 进行逐月回归的 118 组横截面数据的统计结果汇总于表 1。根据表 1 显示: 1)  $\varphi$  系数值的均值为 15.376,  $\xi$  系数值的均值为 2.697, 检验结果总体上表明  $\varphi$ 、 $\xi$  系数的估计均在 1% 的水平上显著; 2) Durbin-Watson 统计量均值为 1.978, 总体上表明不存在序列相关; 3) F 统计量均值为 19.379, 中位数为 6.865, 这表明 118 组方程总体上在 1% 的显著性水平下, 方程解释变量  $X_t$  与被解释变量  $X_{t+1}$  存在很强的线性关系。

利用获得的  $\varphi$ 、 $\xi$  值, 图 4 描绘了根据方程组 (22) 计算出的  $P_{t_b}$ 、 $P_{t_s}$  值的时间序列图。图 4 展示了上证指数在 2000—1—2009—10 的市场走势, 图 4 b、4 c 分别显示这一时期  $P_{t_s}$  和  $P_{t_b}$  的时间序列, 图 4 d 则描绘同一时期  $\text{Minus} = (P_{t_b} - P_{t_s})$  的时间序列。通过图 4 b 和 4 c 可以看出,  $P_{t_b}$  与  $P_{t_s}$  都不具有明显的趋势, 两者均围绕数值 0.5 呈现出随机运行特征。然而, 对比图 4 a 与 4 d 可以发现, 我国证券市场中  $P_{t_b}$  和  $P_{t_s}$  之间的相对强

弱与大盘的涨跌相对应，按不同的时期阶段，这可概括为5个方面：1)2006年之前， $Minus$ 大体表现出围绕0值做小幅波动，而同期的上证指数则处于相对长期平稳状态；2)2006年之后， $Minus$ 呈现剧烈波动特征，并具有大体上与上证指数走势相同的趋势，大约2006—2007年上半年，指数不断上涨的同时 $Minus$ 一直高于0值并不断上升，这意味着卖者向买者的转换概率一直高于买者向卖者的转换概率，市场不断增强的买入力量推动着上证指数的持续上涨；3)尽管上证指数连续上涨至2007年10月，但同期的 $Minus$ 却出现大幅度下跌，这表明了随着市场的疯狂上涨，投资者逐渐意识到风险程度的加强并陆续向着卖方身份进行转换；4)2007年10月—2008年末， $Minus$ 逐渐低于0值并呈现持续下降的趋势，同期的上证指

数也表现为不断下降，这反映出市场日益增长的卖方力量导致了指数的急剧下跌；5)2009年初—2009年10月，上证指数的小幅度上涨与 $Minus$ 的回升同时发生，这是由于当市场跌至一定程度时，买方力量的相对增强与指数的上涨相对应，但这一阶段的 $Minus$ 具有宽幅振荡形式，大约从-0.3上升为0.2并在该点处持续一段时间后，回落至大约-0.2处，在样本末期又重新回到0值以上，这可能是由于2008年全球金融危机后，交易者对2009年上证指数的价格预期具有较大分歧，因而市场难以持续形成相对更强的买方或者卖方力量。综合上述5个阶段可知，当指数大幅上涨时， $Pr_b > Pr_s$ ；指数剧烈下降时， $Pr_b < Pr_s$ ；指数处于相对长期平稳时， $Pr_b \approx Pr_s$ 。

表1 横截面回归结果的统计描述

Table 1 Descriptive statistics of cross-sectional regression results

变量	最小值	最大值	均值	中位数	样本数
$c_1$	-0.269 (-52.871)***	0.392 (24.368)***	0.017 (15.376)***	0.013 (12.621)***	118
$c_2$	-0.589 (-10.493)***	0.579 (6.873)***	-0.041 (2.697)***	-0.041 (2.058)**	118
Durbin-Watson统计量	1.699	2.207	1.978	1.975	118
F-统计量	7.12E-07	162.688***	19.379***	6.865***	118

注：①括弧内为t值；② $c_1$ 、 $c_2$ 均值及中位数所对应的t值为取绝对值的t值、均值及中位数；③上标\*\*\*、\*\*分别代表在1%、5%的水平下显著；④回归中使用了White异方差一致协方差校正技术。

步骤2检验结果如表2所示，通过对表2的分析，得出以下基本结论。

1)  $\hat{\alpha} = \ln \hat{V}_s = -0.679$   $\omega_1 = \ln \hat{V}_b = -0.669$   $Z = \hat{V}_b / \hat{V}_s = e^{0.01} = 1.01 > 1$ ，并且系数 $\hat{\alpha}$ 、 $\omega_1$ 均在1%的水平下显著，根据第3部分内容，它对应的经济含义为我国的“T+1”交易制度引起了 $\hat{V}_b > \hat{V}_s$ ，市场实现均衡的代价就是略高于价值的价格，也就是存在一定程度的泡沫。

值得指出的是，由于Wald系数差异性的检验结果无法拒绝 $\hat{\alpha} = \omega_1 = -0.669$ 的原假设，因此“T+1”交易制度是否引起了泡沫还有待进行进一步研究。

2)  $\hat{\alpha}_2$ 、 $\omega_2$ 分别对应的t值为0.044、-0.613(均不显著)，这反映了样本期间我国证券市场中买卖者之间的转换不具有均值回归效应，但与理论模型一致的是 $\hat{\alpha}_2$ 与 $\omega_2$ 在系数符号上相反。

3)  $\hat{\alpha}_3 = -0.918$   $\omega_3 = 1.077$   $\hat{\alpha}_3$ 与 $\omega_3$ 符号相反也符合理论模型，并且系数 $\hat{\alpha}_3$ 、 $\omega_3$ 均在1%的水平下显著，这反映了样本期间我国证券市场中买卖者间的转换概率具有明显的传染效应。从数值绝对值上看， $\hat{\alpha}_3$ 与 $\omega_3$ 大体接近，Wald系数差异性的检验结果无法拒绝 $\hat{\alpha}_3 = -1.077$ 的原假设，这表明传染效应对 $Pr_b$ 和 $Pr_s$ 的影响没有显著性差异。

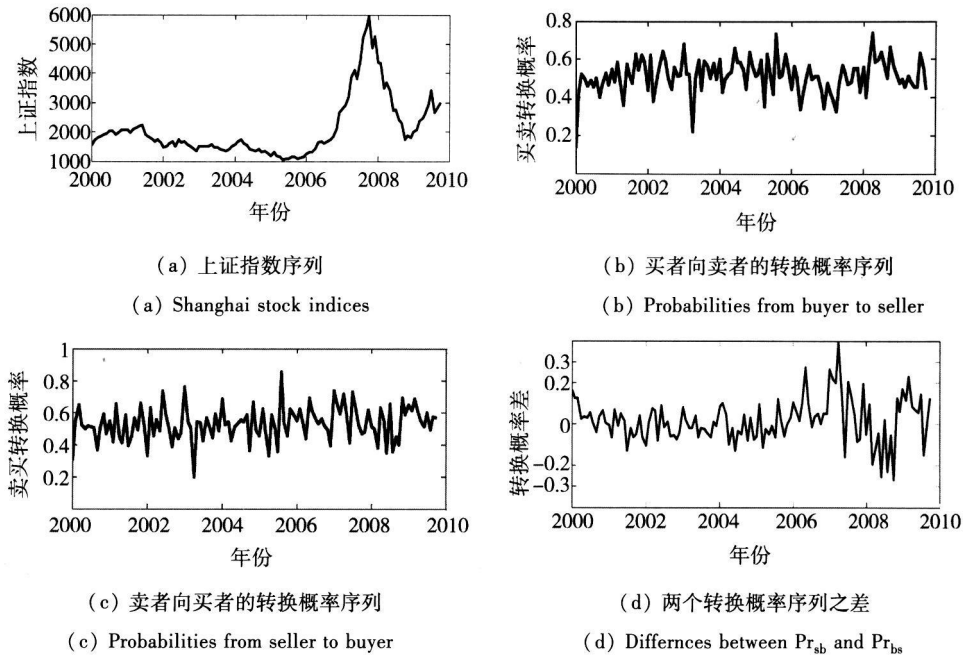


图 4 转换概率及上证指数时间序列

Fig. 4 Transition probabilities and Shanghai stock index versus time

表 2 转换概率的影响因素

Table 2 Factors of the transition probabilities

系数	$Pr_{bs}$			$Pr_{sb}$		
	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$
检验结果	-0.679 (-36.277)***	7.96E-07 (0.044)	-0.918 (-4.218)***	-0.669 (-37.188)***	-1.08E-05 (-0.613)	1.077 (5.149)***
	R <sup>2</sup>	F-statistic	Prob(F-statistic)	R <sup>2</sup>	F-statistic	Prob(F-statistic)
	0.137	9.104	0.000	0.198	14.176	0.000
	P-value of Wald Test: $a_1 = -0.669$		0.5851	P-value of Wald Test: $a_3 = 1.077$		0.4673

注：① 括弧内为 t 值；② 上标 \*\*\* 代表了在 1% 的水平下显著；③ 最后一行为  $Pr_{bs}$  模型的 Wald 检验假设及对应 P 值。

本文的实证检验与相关研究不同之处在于：孙培源和施东晖<sup>[29]</sup>、刘波等<sup>[31]</sup>的实证结果均发现在政策干预频繁和信息不对称的市场环境下，我国股市存在一定程度的羊群行为，并导致系统风险在总风险中占有较大比重，而本文检验传染效应的同时也检验了我国交易者是否具有均值回归交易策略，并同时检验了“T+1”交易制度对交易者进行买卖转换的影响，这种联合检验对于我国制定证券市场的宏观调控政策具有更为重要的意义；孙培源和施东晖<sup>[29]</sup>认为市场上升时的羊群效应显著比市场下降时的羊群效应强，刘波等<sup>[31]</sup>得出相反的结论，即市场下降时的羊群效

应显著比市场上升时的羊群效应强，本文的研究结果表明传染效应对我国证券市场买卖双方之间相互转换的影响没有显著性差异。

## 6 结束语

考虑我国证券市场的“T+1”交易制度，本文发展了证券价格的二维离散时间动态模型，该模型在简单的价格设置规则条件下，不断演化的交易者买卖观点转换概率驱使了证券价格的动态性。研究发现，买卖双方之间的异质转化速度导致了均衡价格对于价值的偏离，并且随着传染效应

的不断增大,价格趋于更长时间地偏离价值,当传染效应逐渐接近于不包含价值信息的临界值时,价格呈现出复杂的运动轨迹而难以稳定.实证检验表明:1)我国证券市场“T+1”交易制度下,买卖者之间的转化速度存在异质性,导致市场均衡价格略高于价值,但值得指出的是,由于Wald系数差异性的检验结果无法拒绝转换速度相等的原假设,因此“T+1”交易制度是否引起了泡沫还有待进一步研究;2)买卖者间的转换概率主要受投资者之间的传染效应影响而不具有均值回归效应,交易者以市场的平均投资态度作为投资的判断依据,而对价值没有正确的认识,因此我国证券市场现阶段难以通过市场的自我调节形成价值均衡,价格必然表现为过度上涨或者极度下跌,我国证券市场的现实也体现了这一点;3)买卖者之间进行转换的概率受到无差别的传染效

应影响,这也使得危机中的政府救市能通过市场的传染效应促使价格趋于价值,但政府同时也难以抑制市场繁荣时的泡沫.

为了简化分析及易于数据的处理,本文针对一种交易制度,选择了两类代表性交易人群,分析了投资者仅交易一种资产的情形,导致模型未能充分有效地反映真实市场,尚待改进之处主要在于两个方面:①未考虑市场中的随机交易人群和逆向思维人群,即如果市场上的大多数投资者都是乐观的,交易者更愿意去卖出资产,反之则更愿意去买入资产;②缺乏我国证券市场其他交易制度(涨跌幅限制等)及交易者同时交易多种资产(比如股票与债券、黄金的组合)对交易者决策的影响分析.针对这两方面内容进一步拓展现有模型,使其各个方面更加符合现实金融市场,将会是非常具有理论及现实意义的工作.

#### 参 考 文 献:

- [1] Hommes CH. Heterogeneous agent models in economics and finance [J]. // Judd K L, Tesfatsion L. Handbook of Computational Economics II. Amsterdam: North-Holland, 2006: 1109—1186.
- [2] Samanidou E, Zschischang E, Stauffer D, et al. Agent-based models of financial markets [J]. Reports on Progress in Physics, 2007, 70(3): 409—450.
- [3] Vaga T. The coherent market hypothesis [J]. Financial Analysts Journal, 1990, 46(1): 36—49.
- [4] Lux T. Herd behavior, bubbles and crashes [J]. Economic Journal, 1995, 105(5): 881—896.
- [5] Lux T. The socio-economic dynamics of speculative markets: Interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions [J]. Journal of Economic Behaviour and Organization, 1998, 33(2): 143—165.
- [6] Kajozji T. Speculative bubbles and crashes in stock markets: An interacting agent model of speculative activity [J]. Physica A, 2000, 287(3—4): 493—506.
- [7] Chiarella C, Dieci R, Gardini L. Speculative behavior and complex asset price dynamics: A global analysis [J]. Journal of Economic Behaviour and Organization, 2002, 49(2): 173—197.
- [8] Foroni I, Agliari A. Complex price dynamics in a financial market with imitation [J]. Journal of Computational Economics, 2008, 32(1—2): 21—36.
- [9] Chiarella C, Dieci R, Gardini L, et al. A model of financial market dynamics with heterogeneous beliefs and state-dependent confidence [J]. Journal of Computational Economics, 2008, 32(1—2): 55—72.
- [10] Yuksalov V, I. Somette D, Yuksalova E P. Non-linear dynamical model of regime switching between conventions and business cycles [J]. Journal of Economic Behaviour and Organization, 2009, 70(1—2): 206—230.
- [11] De Long J B, Shleifer A, Summers L H, et al. Positive feedback investment strategies and destabilizing rational speculation [J]. Journal of Finance, 1990, 45(2): 379—395.
- [12] Banerjee A V. A simple model of herd behavior [J]. Quarterly Journal of Economics, 1992, 107(3): 797—817.

- [ 13] Barberis N, Shleifer A, Vishny R. A model of investor sentiment [ J]. *Journal of Financial Economics* 1998, 49(2): 307—343
- [ 14] Nofsinger JR, Sias R D. Herding and feedback trading by institutional and individual investors [ J]. *Journal of Finance* 1999, 54(6): 2263—2295
- [ 15] Hong H, Scheinkman J, Xiong W. Asset float and speculative bubbles [ J]. *Journal of Finance* 2006, 61(3): 1073—1117.
- [ 16] CPrñani M, Guarino A. Herd behavior and contagion in financial markets [ J]. *The B. E. Journal of Theoretical Economics* 2008, 8(1), Article 24
- [ 17] Hirshleifer D, Toeh SH. Thought and behavior contagion in capital markets [ C] //Hens T, Schenk-Hoppe K R. *Handbook of Financial Markets: Dynamics and Evolution*. Amsterdam: North-Holland, 2009, 2—56
- [ 18] Akerlof G A, Shiller R J. *Animal Spirits: How Human Psychology Drives the Economy and Why It Matters for Global Capitalism* [ M]. Princeton: Princeton University Press, 2009.
- [ 19] Chiarella C. The dynamics of speculative behaviour [ J]. *Annals of Operations Research* 1992, 37(1): 101—123
- [ 20] Madhavan A. Market microstructure: A survey [ J]. *Journal of Financial Markets* 2000, 3(3): 205—258
- [ 21] 赵 骅, 张宗益, 杨 武. 做市商制度下证券价格的形成机制分析 [ J]. *管理科学学报*, 2007, 10(2): 90—94  
Zhao Hua, Zhang Zong-yi, Yang Wu. Analysis on formation mechanisms of security price under market maker system [ J]. *Journal of Management Sciences in China* 2007, 10(2): 90—94 ( in Chinese)
- [ 22] 李 平, 曾 勇, 唐小我. 市场微观结构理论综述 [ J]. *管理科学学报*, 2003, 6(5): 87—98  
Li Ping, Zeng Yong, Tang Xiao-wo. Survey of market microstructure theory [ J]. *Journal of Management Sciences in China* 2003, 6(5): 87—98 ( in Chinese)
- [ 23] 穆启国, 刘海龙, 吴冲锋. 涨跌幅限制与股票价格行为分析 [ J]. *管理科学学报*, 2004, 7(3): 23—30  
Mu Qi-guo, Liu Hai-long, Wu Chong-feng. Stock Price behaviors under price constraints [ J]. *Journal of Management Sciences in China* 2004, 7(3): 23—30 ( in Chinese)
- [ 24] 陈浩武, 杨朝军, 范利民. 中国证券市场涨跌幅限制的磁力效应研究——兼论适当放宽涨停限制的合理性 [ J]. *管理科学学报*, 2008, 11(5): 120—128  
Chen Hao-wu, Yang Chao-jun, Fan Li-min. Magnet effect of price limit in China stock market: A suggestion to broaden the upper price limit [ J]. *Journal of Management Sciences in China* 2008, 11(5): 120—128 ( in Chinese)
- [ 25] 邵晓阳, 苏敬勤, 于圣睿. 竞价制度下股票价格形成机制研究 [ J]. *管理科学*, 2005, 18(2): 52—57.  
Shao Xiao-yang, Su Jing-qin, Yu Sheng-rui. A study on the share pricing mechanism for order driven markets [ J]. *Journal of Management Sciences* 2005, 18(2): 52—57 ( in Chinese)
- [ 26] 王志强, 吴世农. 我国股票市场透明度变革效应研究 [ J]. *管理科学学报*, 2008, 11(5): 110—119  
Wang Zhi-qiang, Wu Shi-nong. Study on effect of market transparency on Chinese stock markets [ J]. *Journal of Management Sciences in China* 2008, 11(5): 110—119 ( in Chinese)
- [ 27] 边江泽, 宿 铁. 对我国股市“T+1”交易制度影响的探讨 [ R]. 上海: 上海证券交易所联合研究计划, 2009 (19).  
Bian Jiang-ze, Su Tie. A study on the impact of “T+1” Trading Mechanism in Chinese stock market [ R]. Shanghai: The Research Plan of Shanghai Stock Exchange, 2009 (19). ( in Chinese)
- [ 28] 宋 军, 吴冲锋. 证券市场中羊群行为的比较研究 [ J]. *统计研究*, 2001, 18(11): 23—27  
Song Jun, Wu Chong-feng. The comparative research on the herding behaviors of the securities markets [ J]. *Statistical Research* 2001, 18(11): 23—27. ( in Chinese)
- [ 29] 孙培源, 施东晖. 基于 CAEM 的中国股市羊群行为研究——兼与宋军和吴冲锋先生商榷 [ J]. *经济研究*, 2002 (2): 64—69

Sun Peiyuan, Shi Donghui. CAIM based study of herd behavior: Evidence from Chinese stock market and discussion with Song Jun and Wu Cheng-feng. *J. Economic Research Journal* 2002 (2): 64—69 (in Chinese)

[ 30] 程希明, 蒋学雷, 陈敏, 等. 中国股市板块羊群效应的实证研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2004 24(12): 34—38  
Cheng Ximing, Jiang Xuelei, Chen Min, et al. An empirical analysis on the portfolios herd behavior in China stock market. *J. Systems Engineering Theory and Practice* 2004 24(12): 34—38 (in Chinese)

[ 31] 刘波, 曾勇, 唐小我. 中国股票市场羊群效应的实证研究[J]. *运筹与管理*, 2004 13(1): 87—94  
Liu Bo, Zeng Yong, Tang Xiaowo. An empirical study of herd behavior in China's equity markets. *J. Operations Research and Management Science* 2004 13(1): 87—94 (in Chinese)

[ 32] Weidlich W, Braun M. The master equation approach to nonlinear economics. *J. Journal of Evolutionary Economics* 1992 2(3): 233—265

[ 33] Day R H, Huang W. Bulls, bears and market sheep. *J. Journal of Economic Behavior and Organization* 1990 14(3): 299—329

[ 34] 张琪昌, 王洪礼, 竺致文. 分岔与混沌理论及应用[M]. 天津: 天津大学出版社, 2005  
Zhang Qichang, Wang Hongli, Zhu Zhiwen. *Bifurcation and Chaos Theory and Application* [M]. Tianjin: Tianjin University Press, 2005 (in Chinese)

### Nonlinear dynamical model of security prices under “T+1” trading mechanism and its empirical test

YUAN Chen, FU Qiang

College of Economy and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China

**Abstract:** In this paper we present a two-dimensional discrete nonlinear dynamical model of security prices considering the “T+1” trading mechanism of the China's stock market. First we analyze the evolution and stability of security prices when the transition probabilities between buyers and sellers can be influenced by the heterogeneous speed of opinion change, trading strategy of the mean reversion and the contagion effect. We then use empirical test to study these factors of the transition probabilities in the China's stock market. It is shown that the heterogeneous speed of opinion change between buyers and sellers cause the equilibrium price deviating from fundamental value and security prices gradually exhibit a complex trajectory and are difficult to converge due to the increasing contagion effect. The empirical results reveal that the transition probabilities of the Chinese traders have only been affected by the contagion effect, so China's stock market is difficult at this stage to achieve the fundamental price through market self-regulation.

**Key words:** “T+1” trading mechanism; mean reversion; contagion effect