

状态依赖下的股市正反馈交易

方毅^{1,2}, 张屹山^{1,2}, 张代强²

(1. 吉林大学数量经济研究中心, 长春 130012;
2. 吉林大学商学院, 长春 130012)

摘要: 在 Sentana 和 Wadhwani 的正反馈模型基础上, 本文利用前期涨跌进行状态划分, 建立了正反馈交易的 Markov 状态依赖模型, 考察市场中的正反馈交易行为与羊群效应。通过对我国股市的实证研究, 可以发现, 股价不服从随机游走, 在前期股价连续上涨或下跌的情况下, 转移概率具有惯性; 我国股市存在显著的状态相依的正反馈行为, 在前期股价连续上涨的情况下, 易激发羊群行为。监管者应注重市场价格的持续变动, 投资者可以采用正反馈交易策略。

关键词: 状态依赖; 正反馈; 羊群效应; 转移概率

中图分类号: F830.91 文献标识码: A

Positive feedback trading in equity market depends on states

FANG Yi^{1, 2} Zhang Yishan^{1, 2} Zhang Daiqiang²

(1. Center for Quantitative Economics, Jilin University, Changchun, 130012, China;
2. Business school, Jilin University, Changchun, 130012, China)

Abstract: Based on the positive feedback model of Sentana and Wadhwani, this paper establishes the Markov state dependent model with the positive feedback trading, and studies the positive feedback trading behavior and the herd effect in the market. According to the empirical study in the Chinese equity market, it can be found that the stock price doesn't obey the random walk after prior continuous rising. The transition probability has the inertia in the condition of the prior continuous rising or dropping. Moreover, the Chinese equity market has the significant positive feedback behavior depending on states. The herd behavior can be easily simulated when the price continuous rising. The regulator should pay attention to continuous change of the market price. In the mean time, the investor may take advantage of the positive feedback trading strategy.

Key words: state dependent; positive feedback; herd effect; transition probability

课题资助: 本文受国家自然科学基金项目“基于证券市场效率的投资者总体偏好非参数检验”(项目号: 71001044) 资助, 吉林大学基本科研业务费项目“股票市场羊群行为的非线性特征研究”(项目号: 2011QY094) 资助。

状态依赖下的股市正反馈交易

0 引言

金融市场中的正反馈交易形成的噪声使得资产价格偏离理性均衡价值的状态，使得众多学者对这一现象予以关注。最为著名的是 Debondt 和 Thaler^[1,2]对正反馈交易策略的研究，他们是将市场中的股票分类建立投资组合考察不同组合在形成期和持有期的表现。王永宏和赵雪军^[3]，周琳杰^[4]，林秀梅和方毅^[5]，祁斌等^[6]基于交易策略的研究均发现中国股市短期存在明显的正反馈特征，动量投资策略可以获利。

Cutler 等^[7]认为正反馈交易会导致收益的负相关。对于这一假说，许多学者都进行了相关研究，以通过收益的相关性寻求市场中正反馈交易存在的证据。Sentana 和 Wadhwani^[8]在此的逻辑下，将市场中的交易者正反馈交易者群体和套利者两类群体，通过交易量建立均衡关系，给出正反馈交易检验的 SW 模型，结果表明美国市场中波动率和序列相关性密切关联，市场具有显著的正反馈交易行为。Koutmos^[9]进一步检验了澳大利亚、比利时、德国、意大利、日本和英国的股市，在更普遍的程度上确认了 Sentana 和 Wadhwani^[8]的发现。唐彧等^[10]的相关检验也表明中国股市存在明显的正反馈交易。Dean 和 Faff^[11]采用 Markov Switching (MS) 模型根据波动率的大小划分不同的状态，认为在澳大利亚债券和股票市场中的正反馈交易行为是状态相依的。刘金全等^[12]发现中国股市周收益率存在高波动和低波动两种状态，MS 模型能很好的刻画高低波动状态的转换。赵华和蔡建文^[13]采用了 MS 的 GARCH 模型也发现中国股市存在显著的高、低波动状态，而且两种不同波动状态的 ARCH 和 GARCH 项系数存在较大差异。然而，依据 MS 模型的实证，只是基于统计模型的研究，这一模型只能揭示在某一时刻市场处于不同状态的概率，对于市场状态的划分没有具体的经济学解释，也无法揭示市场在价格多期变动时，是否存在动量性，或者反转性。

另外，金融市场中的羊群行为是指由于受其他投资者采取某种投资策略的影响而采取相同的投资策略，即投资人的选择完全依赖于舆论(随大流)，或者投资人的选择是对大众行为的模仿，而不是基于私人信息。它的关键是其他投资者的行为影响个人的投资决策，并对个人的决策结果造成影响。关于羊群行为的检验方法主要有 Lakonishok 等^[14]的 LSV 检验法，Wermers^[15]的 PCM(Portfolio-Change Measure)检验法，Chritie 和 Huang^[16]的 CH 检验法。羊群行为大都是间接的检验，主要是通过股票或者投资组合横截面的相关关系的统计分析从某一方面检验羊群行为的存在性，并不是直接基于投资者需求与价格变化的检验。而且有一些检验是针对某一特定群体，并未对不同投资者群体加以区分，比如 LSV 检验与 PCM 检验就是检验机构投资者的羊群行为。

股市上的羊群行为即观察并模仿他人行为的行为，在很大程度上是噪声交易行为。从行为特征看，这实际就是基于不同交易者之间的正反馈交易。羊群行为侧重于不同投资者行为之间的相互作用、相互关联和相互影响而形成的正反馈交易。显然，这种群体行为可以放大市场中的正反馈交易，而且也使得正反馈交易呈现出动量特征。因此，能否结合市场中的群体行为特征研究正反馈交易呢？

本文在根据正反馈行为的大小定义市场中的羊群行为，第一，基于 McQueen 和 Thorley^[17]

的状态划分方法，提出了正反馈交易的 Markov 状态依赖模型，一方面，利用 Markov 过程拓展了 McQueen 和 Thorley^[17]的转移概率的随机游走检验，提出了基于 Markov 状态的价格的动量（反转）假设检验，考察价格变动的动量性和反转性的转移概率结构；另一方面，基于数据的概率转换结构，将 Markov 状态引入 SW 模型，通过对不同状态下，市场波动的测度，对正反馈交易强度进行估计，考察市场的正反馈交易和羊群行为特征，进而讨论相关交易策略；第二，分别采用 SW 模型和正反馈交易的 Markov 状态依赖模型对中国股市进行了实证研究；第三，结合理论模型和实证研究结果进行小结。

1 理论模型

1.1 SW 模型

假设存在两类投资者。第一类投资者是理性投资者，需求函数是 $Q_t = (E_{t-1}(r_t) - \theta) / \mu_t$ ，其中， Q_t 为这一类投资者持有股票占全部股票的份额； r_t 是第 t 期的收益； E_{t-1} 是利用 $t-1$ 期信息的期望算子； θ 是无风险收益率； μ_t 是使该类投资者持有全部股票份额的风险溢价。假定 $\mu_t = \mu(\sigma_t^2)$ ，且 $\mu'_t() > 0$ ， σ_t^2 表示在 t 时刻收益的条件方差，因此这类投资者是风险厌恶的。随着期望波动的增加，他们需要更高的风险补偿以持有相应的市场份额。第二类交易者是根据前期价格变动“追涨杀跌”的正反馈交易者，需求函数为 $Y_t = \gamma r_{t-1}$ ，其中， $\gamma > 0$ 。市场均衡条件是 $Q_t + Y_t = 1$ ，那么可以得到：

$$E_{t-1}(r_t) - \theta = \mu(\sigma_t^2) - \gamma\mu(\sigma_t^2)r_{t-1} \quad (1)$$

因此，与标准的 CAPM 模型比较上式多了一个附加项 $(-\gamma\mu(\sigma_t^2)r_{t-1})$ ，这样收益表现出负相关。更重要的是这种收益的相关性是与收益的波动相联系的。这表明在市场波动增大时，第一类交易者要求更高的期望收益，这会导致价格很大程度上偏离基本价值，使得收益表现出较强的序列相关性；当市场波动很大时，价格会出现异常。

市场存在的非同步交易会引起指数收益率的序列相关，Lo 和 Mackinlay^[18]的研究表明可以用 AR(1) 来解释这种相关性。考虑这一影响，并假定 $r_t = E_{t-1}(r_t) + \varepsilon_t$ ，可得：

$$r_t = \theta + \rho\sigma_t^2 + \gamma_0 r_{t-1} + \gamma_1 \cdot \sigma_t^2 r_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

如果存在明显的正反馈交易，则 $\gamma_1 < 0$ ；如果存在明显的负反馈交易，则 $\gamma_1 > 0$ 。

1.2 正反馈 Markov 状态依赖模型

Dean 和 Faff^[11]认为正反馈交易行为是状态相依的，高波动时的正反馈交易更加明显。基于 SW 模型，进一步分析市场中的正反馈交易，以探寻状态相依的原因。根据投资心理与交易过程，本文将市场化中的正反馈交易者分为两类。正反馈交易者 1，发现前一期价格变化，相信股价下一期不会回复，依据前一期价格变化采取正反馈策略交易。正反馈交易者 2，发现前一期价格变化，认为收益变化是暂时的，出于选择性偏差或保守性偏差而反应不足，这一期并没有马上参与交易；但观察到这一期价格与前一期变动方向相同后，由于自身的“效仿倾向”和其他投资者的“群体压力”，认为股价具有惯性趋势，下一期采取正反馈策略交易。当正反馈交易者 2 进行交易时，市场就出现所谓的“羊群效应”。这就像激光器中的受

激光电子的共振一样，市场出现了协同效应，正反馈交易者 1 的行为得到了放大和加强。那么，此时 γ_1 是状态依赖的。

基于 McQueen 和 Thorley^[17]考虑“上涨”和“下跌”两状态，为了很好刻画羊群效应，采用两状态两阶 Markov 链方法建立模型。假定收益率 $r_t \in \Re$ 是平稳时间序列， $t \in T$ ，Markov 链是 $\{I_t = 1 | r_t > 0; I_t = 0 | r_t < 0\}$ ，其中， I_t 是状态变量。通过两状态 Markov 链进行三阶段的分析，不仅可以表现出股价连续变化的结构特征，还可以考虑市场中的正反馈交易对上涨、下跌可能存在的非对称性。如果 s_t 代表潜在状态，投资者行为服从潜在状态：

$$s_t = \begin{cases} 1, & I_t = 1, I_{t-1} = 0 \\ 2, & I_t = 1, I_{t-1} = 1 \\ 3, & I_t = 0, I_{t-1} = 1 \\ 4, & I_t = 0, I_{t-1} = 0 \end{cases}$$

对于各种潜在状态，当服从于两阶 Markov 链时，状态转移过程如下：

$$\begin{aligned} s_{t-1} = 1, I_t = 1 \Rightarrow s_t = 2, & \quad s_{t-1} = 1, I_t = 0 \Rightarrow s_t = 3; \\ s_{t-1} = 2, I_t = 1 \Rightarrow s_t = 2, & \quad s_{t-1} = 2, I_t = 0 \Rightarrow s_t = 3; \\ s_{t-1} = 3, I_t = 1 \Rightarrow s_t = 1, & \quad s_{t-1} = 3, I_t = 0 \Rightarrow s_t = 4; \\ s_{t-1} = 4, I_t = 1 \Rightarrow s_t = 1, & \quad s_{t-1} = 4, I_t = 0 \Rightarrow s_t = 4; \end{aligned}$$

潜在状态转移概率 $p_{ij} = \text{Prob}(s_t = j | s_{t-1} = i)$ ，而且有：

$$p_{12} + p_{13} = p_{22} + p_{23} = p_{31} + p_{34} = p_{41} + p_{44} = 1 \quad (3)$$

对于出现羊群行为的市场，前期连续的价格上涨（或者下跌），会激发市场的乐观（或悲观）情绪，从而放大正反馈交易。那么，羊群行为首先表现在转移概率上，也就是市场的同向变动会导致朝其惯性方向运动的转移概率大于朝其反转运动的转移概率，另一方面就是其正反馈交易的强度会加大。由于出现羊群行为时，都是之前出现了价格的连续变动，但是价格的连续变动并不一定会激发市场的羊群行为。因此，这里从转移概率和正反馈交易的强度来设定模型，首先根据转移概率分析数据生成过程，从而决定交易是否状态依赖以及如何状态依赖，然后在此基础上设定模型，考虑正反馈交易强度。

1.2.1 转移概率

在有效市场中转移概率应该是随机游走的，市场中的转移概率真是服从随机游走过程吗？这里基于 MSDM，通过对市场价格多期变动和转移概率加以讨论：

第一，转移概率是否随机游走，如果是随机游走的那么 $p_{ij} = 1/2$ ，如果不是随机游走，那么是否与前期价格变动相关呢？以下第二、第三将对此加以讨论；

第二，如果 $r_{t-1} \cdot r_t > 0$ ，市场价格两期同向变动，如果伴随着转移概率有 $p_{12} > p_{13}$ 、 $p_{31} > p_{34}$ ，则可以认为市场在反转后，总体表现出动量性，具有正反馈特征；如果伴随着转移概率有 $p_{22} > p_{23}$ 、 $p_{41} > p_{44}$ ，则可以认为市场在进入连续变动，也就是出现羊群行为后，羊群行为是持续的，总体表现出动量性，具有正反馈特征。

第三，如果 $r_{t-1} \cdot r_t < 0$ ，市场价格两期反向变动，如果伴随着转移概率有 $p_{12} < p_{13}$ 、 $p_{31} < p_{34}$ ，前期反转后，后期又发生反转，总体市场表现出较强的反转性；如果伴随着转

移概率有 $p_{22} < p_{23}$ 、 $p_{41} < p_{44}$ ，则可以认为市场连续变动后，也就是出现羊群行为后，市场交易并不持续，表现出反转性。

显然，如果转移概率不是随机游走，出现了明显的不相等，存在动量性或者反转性，那么正反馈交易或者逆向交易策略在一定的市场状态下将会获利。为更好的讨论多期变动下状态转移概率的特征，以判断股价的变动是否是随机游走，是否具有动量性和反转性，进一步对转移概率进行检验。

假设 1 $p_{ij} = 1/2$ 。这一假设针对股价变动是否是随机游走。

假设 2 $p_{12} = p_{13}$ ， $p_{22} = p_{23}$ ， $p_{31} = p_{34}$ ， $p_{41} = p_{44}$ 。这一假设针对股价变动是否具有较强的正反馈概率，或者反转概率。

假设 3 $p_{12} = p_{34}$ ， $p_{13} = p_{31}$ ， $p_{22} = p_{44}$ ， $p_{23} = p_{41}$ 。这一假设针对市场价格前一期在上涨和下跌的不同情况下，正反馈概率和反转概率是否具有非对称性。

如果接受假设 1，就不进行其它检验。如果拒绝假设 1，就继续假设 2 和假设 3 的检验。同时，由于式(3)成立，所以对于假设 3，检验 $p_{12} = p_{34}$ 等价于检验 $p_{13} = p_{31}$ ，检验 $p_{22} = p_{44}$ 等价于检验 $p_{23} = p_{41}$ 。这里假设 1、假设 3 与 McQueen 和 Thorley^[15]的检验相同，进一步我们提出了假设 2 的检验。如果接受假设 2，那么价格并不具有动量性，也不具有反转性。但是如果假设 2 被拒绝，当 $p_{12} > p_{13}$ （或 $p_{12} < p_{13}$ ）， $p_{31} > p_{34}$ （或 $p_{31} < p_{34}$ ）时，表明市场反转后价格具有动量性（或反转性）；当 $p_{22} > p_{23}$ （或 $p_{22} < p_{23}$ ）， $p_{41} > p_{44}$ （或 $p_{41} < p_{44}$ ）时，表明市场连续变动后价格具有动量性（或反转性）。当市场连续变动后价格仍具有动量性，是我们形成羊群效应的必要条件。

1.2.2 不同转移概率下的模型设定与检验

根据以上转移概率的讨论，数据服从于不同假定的转移概率则表明数据的生成过程不同，显然如果是随机游走过程，那么股价的变动就不存在状态依赖；否则股价的变动就存在状态依赖。当股价存在状态依赖时，仅仅按照 SW 模型对市场进行解读就会存在问题，因为价格具有动量性或反转性，或者正反馈概率和反转概率具有非对称性时市场中的正反馈交易的强度可能发生变化，此时式(2)模型中的参数 γ_1 就可能发生变化，具有状态依赖的特点。因此，这里根据状态划分，建立 Markov 状态依赖模型(MSDM, Markov State Dependent Model)：

$$r_t = \theta + \rho\sigma_t^2 + \gamma_0(s_{t-1}) \cdot r_{t-1} + \gamma_1(s_{t-1}) \cdot \sigma_t^2 r_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

如果正反馈交易者 1 在市场价格初始变化后就进行交易，而正反馈交易者 2 在市场价格连续变化进行交易，发生羊群效应，那么应该有 $0 \geq \gamma_1(s_{t-1} = 1) > \gamma_1(s_{t-1} = 2)$ 或者 $0 \geq \gamma_1(s_{t-1} = 3) > \gamma_1(s_{t-1} = 4)$ 。由于存在异步交易，并不能更多的得到 γ_0 在不同状态下的大小关系。

在实证研究中，我们要确认数据的生成过程，首先是对转移概率进行计算和检验，以考察数据是否是状态依赖的，在此基础上进一步通过式(2)或者式(4)的模型进行系数的检验。

如果接受假设 1，意味着股价的变动是随机游走的，但是这并不能表明市场是否存在正反馈交易或反转交易，因为正反馈交易或反转可能会影响股价，但未必影响转移概率，此时

由于交易并不依赖于转移概率的不同状态，因此式(4)就退化为式(2)，可以按照式(2)进一步检验正反馈交易或负反馈交易。

如果拒绝假设 1，就可能会拒绝假设 2 或者假设 3，从而存在股价对转移概率的状态依赖，此时需要按照式(4)对模型进行设定。

当拒绝假设 1，且 $p_{12} > p_{13}$ (或 $p_{12} < p_{13}$)， $p_{31} > p_{34}$ (或 $p_{31} < p_{34}$) 时，表明市场反转后价格具有动量性 (或反转性)，此时，按照式(4)可以进一步检验 $\gamma_1(s_{t-1} = 1)$ (或 $\gamma_1(s_{t-1} = 3)$) 的系数。如果 $\gamma_1(s_{t-1} = 1)$ (或 $\gamma_1(s_{t-1} = 3)$) 显著大于 0 则确认市场在在反转后，是否会出现明显的反转交易。如果 $\gamma_1(s_{t-1} = 1)$ (或 $\gamma_1(s_{t-1} = 3)$) 显著小于 0 则确认市场在反转后，是否会出现明显的正反馈交易。

当拒绝假设 1，且 $p_{22} > p_{23}$ (或 $p_{22} < p_{23}$)， $p_{44} > p_{41}$ (或 $p_{44} < p_{41}$) 时，表明市场连续变动后价格具有动量性 (或反转性)，此时，按照式(4)可以进一步检验 $\gamma_1(s_{t-1} = 2)$ (或 $\gamma_1(s_{t-1} = 4)$) 的系数。如果 $p_{22} < p_{23}$ (或 $p_{44} < p_{41}$)，应检验 $\gamma_1(s_{t-1} = 2)$ (或 $\gamma_1(s_{t-1} = 4)$) 是否显著大于 0，以确认市场在前期出现连续的同向变动后，是否会出现明显的反转交易。如果 $p_{22} > p_{23}$ (或 $p_{44} > p_{41}$)，应检验 $\gamma_1(s_{t-1} = 2)$ (或 $\gamma_1(s_{t-1} = 4)$) 是否显著小于 0 则确认市场在前期出现连续的同向变动后，是否会出现明显的正反馈交易，进一步如果经检验还存在 $0 \geq \gamma_1(s_{t-1} = 1) > \gamma_1(s_{t-1} = 2)$ (或 $0 \geq \gamma_1(s_{t-1} = 3) > \gamma_1(s_{t-1} = 4)$)，则表明在价格连续变动时的正反馈交易更大，此时市场存在羊群行为。这里主要考虑市场连续价格变动后，后期的正反馈交易强度大于前 1 期正反馈交易的强度，因此可能前 1 期存在正反馈交易但不显著，因此这里对于 $\gamma_1(s_{t-1} = 1)$ (或 $\gamma_1(s_{t-1} = 3)$) 取小于等于 0，而不是小于 0。

当拒绝假设 1，且 $p_{12} > p_{34}$ (或 $p_{12} < p_{34}$) 时，表明市场反转后，在价格先下跌后上涨转移到上涨的概率，与先上涨后下跌转移到下跌的概率，存在非对称性。此时，按照式(4)，则 $\gamma_1(s_{t-1} = 1) \leq 0, \gamma_1(s_{t-1} = 3) \geq 0$ ，需进一步检验是否显著存在 $|\gamma_1(s_{t-1} = 1)| > |\gamma_1(s_{t-1} = 3)|$ (或 $|\gamma_1(s_{t-1} = 1)| < |\gamma_1(s_{t-1} = 3)|$)，以确认这种非对称关系。

当拒绝假设 1，且 $p_{13} > p_{31}$ (或 $p_{13} < p_{31}$) 时，表明市场反转后，在价格先下跌后上涨转移到下跌的概率，与先上涨后下跌转移到上涨的概率，存在非对称性。此时，按照式(4)，则 $\gamma_1(s_{t-1} = 1) \geq 0, \gamma_1(s_{t-1} = 3) \leq 0$ ，需进一步检验是否显著存在 $|\gamma_1(s_{t-1} = 1)| > |\gamma_1(s_{t-1} = 3)|$ (或 $|\gamma_1(s_{t-1} = 1)| < |\gamma_1(s_{t-1} = 3)|$)，以确认这种非对称关系。

当拒绝假设 1，且 $p_{22} > p_{44}$ (或 $p_{22} < p_{44}$) 时，表明市场连续变动后，在价格连续上涨转移到上涨的概率，与连续下跌转移到下跌的概率，存在非对称性。此时，按照式(4)，则 $\gamma_1(s_{t-1} = 2) \leq 0, \gamma_1(s_{t-1} = 4) \leq 0$ ，需进一步检验是否显著存在 $|\gamma_1(s_{t-1} = 2)| > |\gamma_1(s_{t-1} = 4)|$ (或 $|\gamma_1(s_{t-1} = 2)| < |\gamma_1(s_{t-1} = 4)|$)，以确认这种非对称关系。

当拒绝假设 1，且 $p_{23} > p_{41}$ (或 $p_{23} < p_{41}$) 时，表明市场连续变动后，在价格连续上涨转移到下跌的概率，与连续下跌转移到上涨的概率，存在非对称性。此时，按照式(4)，则 $\gamma_1(s_{t-1} = 2) \geq 0, \gamma_1(s_{t-1} = 4) \geq 0$ ，需进一步检验是否显著存在 $|\gamma_1(s_{t-1} = 2)| > |\gamma_1(s_{t-1} = 4)|$ (或 $|\gamma_1(s_{t-1} = 2)| < |\gamma_1(s_{t-1} = 4)|$)，以确认这种非对称关系。

2 实证研究

2.1 数据与方法

羊群效应需要一个过程，日交易数据频率高，股价涨跌交叉过于频繁，且可能存在前后两期价格相等，这会导致建立模型时，出现过多状态；同时，月度数据过少，因此，这里对周数据进行研究。这里对上证 A 指与深圳 A 指的收益率进行实证，考虑到我国在 1996-12-26 开始实施涨跌幅限制，研究样本取为 1997-1-1 至 2010-9-30，样本容量为 687。其中， $r_t = 100(\ln P_t - \ln P_{t-1})$ ，这里 P_t 是 t 时刻股票价格。表 1 给出了收益率的描述性统计，可以发现：指数收益率不服从正态分布，峰度均大于 3，表现出明显的“厚尾”特征。收益率平方序列的滞后 12 阶 Ljung-Box Q 统计量在 1% 水平下显著，即存在 ARCH 效应。

表 1 收益率的描述性统计

指数	均值	标准差	偏度	峰度	$Q(12)(R^2)$
上证 A 指	0.155	3.595	-0.003	4.533	122.25*
深圳 A 指	0.190	4.015	-0.216	4.581	194.97*

注： $Q(12)(R^2)$ 是序列平方的滞后 12 阶 Ljung-Box Q 统计量，* 表示在 1% 水平下显著。

根据 McQueen 和 Thorley^[17] 转移概率可利用极大似然估计得到，其中似然函数 $L(\hat{\Lambda}) = \log \pi + \sum_{ij} N_{ij} \log p_{ij}$ ， N_{ij} 是 p_{ij} 对应的样本观测数，这里 $L(\hat{\Lambda})$ 中的 p_{ij} 满足式(3)的恒等关系，可以渐进按照二项分布估计转移概率的方差。对前面 3 个转移概率的假设，假定待估转移概率 $\Lambda = (p_{12}, p_{13}, p_{22}, p_{23}, p_{31}, p_{34}, p_{41}, p_{44})'$ ， k 是约束的自由度，可采用似然比检验(LRT)和 Wald 检验(WT)等加以检验，则：

$$LRT = 2[L(\hat{\Lambda}) - L(\tilde{\Lambda})] \sim \chi^2(k)$$

$$WT = \mathbf{rc}(\hat{\Lambda})' \left[Var(\mathbf{rc}(\hat{\Lambda}))' \right]^{-1} \mathbf{rc}(\hat{\Lambda})$$

其中， $\mathbf{rc}(\hat{\Lambda})$ 是系数约束； $L(\hat{\Lambda})$ 是无约束似然函数值， $L(\tilde{\Lambda})$ 是带约束似然函数值。

由于残差具有 ARCH 效应，需采用 GARCH 模型拟合残差。Kavajecz 和 White^[19]指出 GARCH(1,1) 对金融市场的高频数据有很好的拟合和刻画。这里假定 $\varepsilon_t \sim (0, \sigma_t^2)$ ，有：

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (1)$$

Nelson^[20] 和 Booth 等^[21] 认为对 ε_t 可以采用 GED 分布拟合，本文利用这种分布进行估计。由于模型 SW 和 MSDM 中的均值方程均含有 $\sigma_t^2 r_{t-1}$ 项，使得均值方程与方差方程相互干扰，为模型估计带来困难，这里利用迭代法，采用极大似然方法进行均值方程与方差方程的系统估计。这里采用 Gauss 软件编程计算，其中的非线性迭代由 Maxlik 软件包实现。对于参数 $\nu > 0$ 的 GED 分布，似然函数是：

$$\ln L(\Theta) = -\frac{T}{2} \ln \left\{ \frac{\Gamma(1/\nu)^3}{\Gamma(3/2)(\nu/2)^2} \right\} - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \ln \sigma_t^2 - \sum_{t=1}^T \left(\frac{\varepsilon_t^2 \Gamma(3/\nu)}{\sigma_t^2 \Gamma(1/\nu)} \right)^{\nu/2} \quad (2)$$

其中，当 $\nu = 2$ 时，GED 分布就是正态分布。

可见，在实证研究中，先按照 McQueen 和 Thorley^[17] 对转移概率加以估计，然后进行转移概率的 3 个假定的检验，从而从转移概率的角度考察数据的生成过程，如果数据是随机游走那么就不存在状态依赖，进而采用 SW 模型拟合数据；否则，就应该采用 MSDM 模型拟合数据。对 SW 模型和 MSDM 模型参数的估计，可以参照式(2)和式(4)分别由均值方程，写

出残差项 ε_t ，再结合式(5)的方差方程得到 σ_t^2 ，从而代入式(6)进行参数估计。

如果模型的设定正确那么 $\hat{\varepsilon}/\hat{\sigma}$ 和 $\hat{\varepsilon}^2/\hat{\sigma}^2$ 应该是不相关的，不存在 ARCH 效应，利用 Ljung-Box Q 统计量，对它们进行检验，从而判断模型设定是否错误。为了充分检验 ARCH 效应，这里采用 12 阶滞后的 Q 统计量加以检验。

2.2 实证结果

表 2 给出了转移概率的估计与检验。不难得出，显然估计转移概率远大于两倍标准差，转移概率都十分显著。针对假设 1 的检验，LRT 和 WT 检验都在 1% 的水平下，拒绝了股价是随机游走的。假设 2 的结果表明， $p_{22} = p_{23}$ 的概率小于 1%， $p_{41} = p_{44}$ 的概率小于 5%，因此，可以认为 $p_{22} > p_{23}$ 、 $p_{41} < p_{44}$ 。这说明股票市场在前期连续上涨或下跌后，基于惯性继续上涨或下跌的可能性，比出现反转的可能性较大。假设 3 的结果表明，转移概率的非对称不显著。

根据转移概率的结果应该采取 MSDM 模型进行拟合，为了加以比较，我们同时也对 SW 模型进行估计。这里不仅仅要对 MSDM 模型进行估计，而且根据不同数据结构下的模型设定和检验，还进一步考虑了在不同的前期状态 $s_{t-1} = 1$ 和 $s_{t-1} = 2$ 下，是否存在 $0 \geq \gamma_1(s_{t-1} = 1) > \gamma_1(s_{t-1} = 2)$ ；以及在不同的前期状态 $s_{t-1} = 3$ 和 $s_{t-1} = 4$ 下，是否存在 $0 \geq \gamma_1(s_{t-1} = 3) > \gamma_1(s_{t-1} = 4)$ 。

表 2 转移概率的估计与检验

		上证 A 指		深圳 A 指	
参数估计	p_{12}	0.464(0.040)**		0.514(0.041)**	
	p_{13}	0.536(0.040)**		0.486(0.041)**	
	p_{22}	0.662(0.033)**		0.648(0.032)**	
	p_{23}	0.338(0.033)**		0.352(0.032)**	
	p_{31}	0.542(0.040)**		0.530(0.041)**	
	p_{34}	0.458(0.040)**		0.470(0.041)**	
	p_{41}	0.414(0.038)**		0.407(0.037)**	
	p_{44}	0.586(0.038)**		0.593(0.037)**	
假设检验		LRT	WT	LRT	WT
假设 1	$p_g = 1/2$	29.319**	31.633**	25.891**	27.609**
	$p_{12} = p_{13}$	0.792	0.795	0.108	0.108
假设 2	$p_{22} = p_{23}$	22.421**	24.598**	19.251**	20.788**
	$p_{31} = p_{34}$	1.106	1.113	0.544	0.546
	$p_{41} = p_{44}$	5.001*	5.127*	5.988*	6.167*
假设 3	$p_{12} = p_{34}$ ($p_{13} = p_{31}$)	0.013	0.013	0.568	0.569
	$p_{22} = p_{44}$ ($p_{23} = p_{41}$)	2.318	2.316	1.238	1.236

注：括号里的数值为标准差*、**分别表示参数在 5% 和 1% 水平下显著

在表 3 给出了 MSDM 的检验结果，可以发现，无论是上证 A 指，还是深圳 A 指，GED 分布也都很好的拟合了残差，参数 ν 都十分显著，模型中的部分系数显著，诊断检验的结果表明拟合后的标准化残差不存在相关性，相对于 SW 模型两个市场指数模型的似然值也均有

所提高。另外，结果表明，在 $s_{t-1} = 1$ 、 $s_{t-1} = 3$ 和 $s_{t-1} = 4$ 时， γ_1 系数并不显著；而在 $s_{t-1} = 2$ 时，系数 $\gamma_1 < 0$ ，而且在5%的水平下显著。可见，在不同的前期状态 $s_{t-1} = 1$ 和 $s_{t-1} = 2$ 下，存在 $0 \geq \gamma_1(s_{t-1} = 1) > \gamma_1(s_{t-1} = 2)$ ；但是在不同的前期状态 $s_{t-1} = 3$ 和 $s_{t-1} = 4$ 下，不存在 $0 \geq \gamma_1(s_{t-1} = 3) > \gamma_1(s_{t-1} = 4)$ 。因此，可以认为在 $s_{t-1} = 1$ 、 $s_{t-1} = 3$ 和 $s_{t-1} = 4$ 时，就市场平均而言，具有正反馈行为特征的群体份额较小，而在 $s_{t-1} = 2$ 时，由于羊群效应，市场存在较大份额的具有正反馈行为特征的群体。因此，根据前面的讨论，可以认为在市场前期上涨的情况下，连续上涨能激发正反馈交易引起的羊群行为，此时正反馈交易策略可以获利，这一结果与林秀梅和方毅^[5]采用周收益率对交易策略的研究结果一致。而在下跌的过程中，虽然市场的转移概率出现了持续性，但是具有正反馈行为特征的群体较小，其正反馈交易并不能激发羊群行为，这与通常情况下市场连续下跌时缩量的特征一致。

表3 模型的估计与检验

		SW 模型		MSDM 模型	
		上证 A 指	深圳 A 指	上证 A 指	深圳 A 指
参数估计	θ	-0.112 (0.266)	-0.440 (0.215)**	-0.253 (0.409)	-0.816 (0.333)**
	ρ	0.178 (0.074)**	0.209 (0.066)***	-0.101 (0.191)	0.184 (0.203)
	γ_0	0.025 (0.021)	0.045 (0.015)***		
	γ_1	-0.006 (0.003)*	-0.004 (0.002)**		
	$\gamma_0(s_{t-1} = 1)$			0.396 (0.103)***	0.554 (0.201)***
	$\gamma_0(s_{t-1} = 2)$			0.051 (0.245)	-0.097 (0.223)
	$\gamma_0(s_{t-1} = 3)$			0.213 (0.585)***	0.164 (0.163)
	$\gamma_0(s_{t-1} = 4)$			0.040 (0.042)	0.066 (0.025)***
	$\gamma_1(s_{t-1} = 1)$			0.001 (0.009)	-0.006 (0.006)
	$\gamma_1(s_{t-1} = 2)$			-0.014 (0.006)**	-0.017 (0.008)**
	$\gamma_1(s_{t-1} = 3)$			-0.002 (0.013)	0.002 (0.007)
	$\gamma_1(s_{t-1} = 4)$			-0.003 (0.007)	0.001 (0.006)
	ω	1.230 (0.378)***	1.192 (0.358)***	1.269 (0.409)***	1.192 (0.390)***
	α	0.733 (0.051)***	0.739 (0.037)***	0.729 (0.056)***	0.738 (0.047)***
	β	0.180 (0.042)***	0.197 (0.035)***	0.181 (0.046)***	0.196 (0.043)***
	ν	1.521 (0.106)***	1.478 (0.102)***	1.452 (0.110)***	1.424 (0.108)***
诊断检验	$\hat{\varepsilon}_t / \hat{\sigma}_t$	18.533 (0.100)	14.975 (0.243)	16.253 (0.180)	17.027 (0.149)
	$\hat{\varepsilon}_t^2 / \hat{\sigma}_t^2$	13.459 (0.337)	12.005 (0.445)	12.377 (0.416)	14.759 (0.255)
似然值		-2.625	-2.707	-2.618	-2.699

注：参数估计中，括号里的数值为标准差；诊断检验中，括号里的数值为检验统计量的 P 值；*、**、*** 分别表示参数在 10%、5% 和 1% 水平下显著，诊断检验给出的是滞后 12 阶 Ljung-Box Q 检验统计量； ν 是 GED 分布参数。

同时，表 3 也给出了 SW 模型的估计结果，可以看出，无论是上证 A 指，还是深圳 A 指，GED 分布都很好的拟合了残差，结果基本一致，参数 ν 十分显著，模型其他系数显著性较强，诊断检验的结果表明拟合后的标准化残差不存在相关性。特别，系数 γ_1 分别在 5% 和 10% 的水平上显著为负，这表明就平均而言，市场中存在着具有明显正反馈行为特征的投资者群体。显然，对比 MDSW 模型，可以得出结论，就是市场的正反馈行为，主要表现在前期市场价格连续上涨的状态下，而在其它状态下，市场的正反馈交易并不明显。

3 结论

Sentana 和 Wadhwani^[8]通过对市场不同群体交易量和市场指数的价格变动研究，可以直接对正反馈行为特征进行实证检验。我们拓展了 McQueen 和 Thorley^[17]关于转移概率的随机游走检验，在此基础上将 Markov 链引入到 SW 模型，建立了状态依赖的正反馈交易模型，这个模型不仅可以对正反馈交易行为特征，还可以对羊群行为和特征、市场动量特征和反转特征的非对称性加以检验。通过对中国股市的实证研究，我们认为市场的正反馈交易行为状态依赖于股价多期变动，通过 Markov 链，按照连续两期股价的变动研究市场的正反馈行为与羊群行为具有合理性：

第一，就转移概率而言，股价变动不服从于随机游走过程，股价连续上涨(或下跌)后，其进一步上涨(或下跌)的可能性较大，此时股市具有明显的正反馈特征。同时，股价市场动量行为和反转行为的非对称性不显著，

第二，就正反馈交易强度而言，股市在上涨过程中存在具有正反馈行为特征的投资者群体，在市场连续上涨时，易激发羊群效应，市场中具有正反馈行为特征的投资者群体份额明显增大。

在上涨过程中，由于损失厌恶、代表性启发、选美博弈等心理，前期股价的上涨可以诱发人们获利心理，当股市进入连续的上涨状态时，多期上涨加强了大众的乐观情绪继续看涨后市，而且能激发市场的羊群行为，这是市场具有动量性特征的重要原因。

而在连续下跌过程中，虽然多期的下跌会加强大众的悲观情绪继续看跌后市，虽然进入下跌高潮期市场更可能进一步下跌，可能由于处置效应，投资者不愿兑现股票接受损失，市场并没有出现明显的正反馈交易群体。

基于以上结论，我们认为：

第一，监管机构在市场进入连续上涨或者下跌的情况下，应加大对正反馈行为、羊群行为的监测，形成市场价格非理性持续变化的预警机制。顺周期的政策出台一定要谨慎，因为这些政策信号，较容易被投机者所利用；而且，这还可能使得价格惯性加强，激发市场持久的羊群效应，导致市场机制严重失灵。基于中国股市具有明显的“追涨”倾向，在市场连续上涨时，更应注重制定相对应策。

第二，对于投资者而言，当市场连续两周上涨或者下跌（尤其是连续上涨）的情况下，可以考虑采用正反馈交易策略进行投资。

[参考文献]

- [1]DeBondt, W.F.M., Thaler, R. Does the Stock Market Overreact?[J]. Journal of Finance, 1985, 40(3): 793-805.
- [2]DeBondt, W.F.M., Thaler, R. Further Evidence on Investor Overreaction and Stock Market Seasonality[J]. Journal of Finance, 1987, 42(3): 557-81.
- [3]王永宏, 赵学军. 中国股市“惯性策略”和“反转策略”的实证研究[J]. 经济研究, 2001(6): 56-61.
- [4]周琳杰. 中国股票市场动量策略赢利性研究[J]. 世界经济, 2002(8): 60-64.
- [5]林秀梅, 方毅. 动量投资策略和逆向投资策略的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2004(10): p. 141-152.
- [6]祁斌, 黄明, 陈卓思. 机构投资者与市场有效性[J]. 金融研究, 2006(3): 76-84.
- [7]Cutler, D.M., Poterba, J., Summers, L.H. Speculative Dynamics[J]. Review of Economic Studies, 1991, 58(3): 529-546.
- [8]Sentana, E., Wadhwani, S. Feedback Traders and Stock Return Autocorrelations: Evidence from a Century of Daily Data[J]. Economic Journal, 1992, 102(2): 415-425.
- [9]Koutmos, G. Feedback Trading and the Autocorrelation Pattern of Stock Returns: Further Empirical Evidence[J]. Journal of International Money and Finance, 1997, 16(4): 625-636.
- [10]唐彧, 曾勇, 唐小我. 反馈交易规则与股票收益自相关实证研究[J]. 电子科技大学学报, 2001(3): 300-303.
- [11]Dean, W.G., Faff, R.W. Evidence of Feedback Trading with Markov Switching Regimes[J]. Review of Quantitative Finance and Accounting, 2008, 30(2): 133-151.
- [12]刘金全, 李楠, 郑挺国. 随机波动模型的马尔可夫链—蒙特卡洛模拟方法——在沪市收益率序列上的应用[J]. 数理统计与管理, 2010(6): 1026-1035.
- [13]赵华, 蔡建文. 基于 MRS-GARCH 模型的中国股市波动率估计与预测[J]. 数理统计与管理, 2011(5): 912-921.
- [14]Lakonishok, J., Shleifer, A., Vishny, R.W. The Impact of Institutional Trading on Stock Prices[J]. Journal of Financial Economics, 1992, 32(1): 23-44.
- [15]Wermers, R. Mutual Fund Herding and the Impact on Stock Prices[J]. Journal of Finance, 1999, 54(2): 581-622.
- [16]Christie, W.G., Huang, R.D. Following the Pied Piper: Do Individual Returns Herd around the Market?[J]. Financial Analysts Journal, 1995, 51(4): 31-37.
- [17]McQueen, G., Thorley, S. Are Stock Returns Predictable? A Test Using Markov Chains[J]. Journal of Finance, 1991, 46(1): 239-263.
- [18]Lo, A.W., MacKinlay, A.C. An Econometric Analysis of Nonsynchronous Trading[J]. Journal of Econometrics, 1990, 45(2): 181-211.
- [19]Kavajecz, K.A., White, E.R. Volatility and Market Structure[J]. Journal of Financial Markets, 2001, (4): 359-384.
- [20]Nelson, D.B., Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach[J]. Econometrica, 1991, 59(2): 347-370.
- [21]Booth, G.G., Hatem, J., Virtanen, I., Yli-Olli, P. Stochastic Modeling of Security Returns: Evidence from the Helsinki Stock Exchange[J]. European Journal of Operational Research, 1992, 56(1): 98-106.