

文章编号: 1001-148X (2013) 11-0129-09

股票收益率均值回归理论及数量方法研究

宋玉臣, 李楠博

(吉林大学 数量经济研究中心, 长春 130012)

摘要: 随着我国股票市场日趋完善, 均值回归理论在股票收益预测中的应用也日益显现。均值回归理论不仅是证券投资理论的一个历史性跨越, 亦是股票市场可预测理论的一个突破性进展。针对股票长期收益的预测问题, 本文从证券投资理论的发展历程入手, 对均值回归相关理论进行了梳理, 评述了多种经典或前沿的数量方法, 从理论和实证两个角度对股票收益率的均值回归进行了分析, 找寻到了股票收益率可预测的确定性证据, 并揭示了股票市场价格发现功能的实现过程, 以期对均值回归理论的发展现状作出总结, 旨在为其今后进一步发展提供参考。

关键词: 均值回归; 随机漫步; 方差比检验; 价格发现

中图分类号: F830.91 **文献标识码:** A

股票收益的预测问题是证券投资理论研究的核心话题之一, 均值回归理论解释的是股票长期收益的可预测性问题。从证券投资理论和实证研究的历史文献看, 短期收益的随机性与长期收益率均值回归已被越来越多的实证研究成果所证明, 长期收益的可预测性远远大于短期收益的可预测性也已成为共识。因此, 均值回归理论在股票长期收益的预测中具有重要的应用价值, 并且得到了业界研究学者的高度重视; 均值回归也从另一个侧面说明股票市场从长期看具有纠正时点定价偏差、实现价格发现的功能。

一、关于股票收益率可预测问题

从证券投资理论的发展历程看, 对股票收益率的预测主要包括随机漫步理论、技术分析、基本分析和资产组合投资理论, 一个很有影响的关于股票价格走势的研究是随机漫步理论。巴契里耶 (Bachelier) 认为市场价格包含着过去、现在和将来的所有信息, 现在的价格波动不只是之前价格波动的函数, 也是当前的状态函数。由于影响价格

波动的因素很多, 并且具有很强的随机性, 不会有任何现成的公式或模型能够对其进行预测。股票价格在任何一个时点上都反映了买卖双方不同的期望, 买方认为会涨, 卖方认为会跌, 买卖双方都不存在信息优势, 他们输赢的概率各占 50%。因此, 从每一个时点上讲, 股票价格上涨和下跌的可能性各占 50%, 其数学期望等于零; 股票短期内波动较小, 长期内波动较大, 价格波动幅度与时间长度呈平方根比例关系, 任何关于股票价格的预测都没有意义。

但是, 以查尔斯·道和汉密尔顿 (Charles Dow and Hamilton) 为代表的道氏理论并不支持随机漫步假说。汉密尔顿认为股票是商业市场的“晴雨表”, 可以预示股票市场可能的变动趋势。他在股票市场价格运动论的基础上对股票市场进行分析预测, 并且于 1929 年成功预测了美国股市即将崩盘, 致使他本人和道氏理论名声大震。道氏理论的核心内容是技术分析, 研究的是市场本身能量的变化, 通过对上涨和下跌的能量来判断市场未来走势。考尔斯 (Cowles) 搜集了汉密尔顿在

收稿日期: 2013-05-31

作者简介: 宋玉臣 (1965-), 男, 吉林九台人, 吉林大学数量经济研究中心教授, 博士生导师, 经济学博士, 研究方向: 金融计量分析; 李楠博 (1986-), 女, 吉林德惠人, 吉林大学数量经济研究中心博士研究生, 研究方向: 金融计量分析。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目, 项目编号: 71273112; 教育部人文社会科学规划项目, 项目编号: 11YJA790131; 吉林省科技厅软科学项目, 项目编号: 20110642。

27年中总共给出的255次包括牛市、熊市以及中立市场的信号,假设投资者在牛市信号发出时将资金平均投入工业股和交通股,熊市信号出现时看空,中立信号时投资零风险资产(虽然在中立信号出现时汉密尔顿不进行买卖交易,但是考尔斯假设中立市时期的收益率为5%),得到的结果是该操作下年收益率为12%。如果忽略汉密尔顿给出的信号,将全部资金投入股市平均分配,年收益率则达到15.5%。因此,考尔斯认为汉密尔顿的成功不过是幸运而已。考尔斯和琼斯(Cowles and Jones)对1928年1月至1932年6月间数以千计的独立股票预测进行了分析,认为大多数预测是失败的,根据预测进行股票投资的收益要低于随机收益,即股票价格是完全遵循随机漫步方式波动的,没有人能对股票价格走势进行预测。

在考尔斯的研究发表后,对道氏理论的质疑声越来越多,法玛(Fama)指出如果随机漫步理论是成立的,那就意味着关于股票价格的基础分析和技术分析都是无效的。法玛在之后的研究中提出将有效市场划分为弱势有效市场、半强势有效市场和强势有效市场,并对技术分析和基本分析的无效性进行了理论概括和实证检验,而且最早利用游程检验方法验证了30只包含在道琼斯指数中的股票价格数据,得出的结论是市场基本符合弱势有效。因为这些股票的连续价格之间完全相互独立,股票价格的改变也完全是随机的。萨缪尔森(Samuelson)认为任何时刻的股票市场价格都在所有可用信息的基础上及时充分地反应了股票的内在价值,而内在价值是由基于股票发行公司未来期望收益的基础分析所得到的,当可用的有效新信息出现时,大多数投资者会修正其对未来收益期望的估计,而这些修正会影响他们对股票内在价值的估计。所以,从表象上来看股票价格就是随新信息的出现而改变,也就是说市场内在价值估计的改变只与信息有关,而与前期价格趋势无关。

霍恩和帕克(Horne and Parker, 1967)验证了从1960年1月1日到1966年6月30日之间在纽约证券交易市场随机抽取的30只股票价格的日度数据,并对这30只股票进行了投资组合策略检验,发现那些利用各种技术对股票价格进行分析的投资者,并不能够获得比单纯买入和持有策略(BH策略)下更多的收益,这一结论完全支持随机漫步理论。由于萨缪尔森以及霍恩和帕克的研究都认为任何有关内在价值的误差都是随机的,市场

正是以这种方式吸收随机出现的新信息。如果由于某些外部原因导致这些误差变成了系统性误差,那么大量市场参与者将会意识到这种误差的往复模式,并且据此进行对自己有益的买卖活动,存在于这个市场中的套利活动会趋向于驱赶任何基于非随机波动内在价值带来的利益。当足够多的理性市场参与者拥有足够多的资源,他们便可以利用这样的机会获益。由于过去的价格所包含的信息完全公开,理性市场参与者互相间的竞争,以内在价值的非随机波动变得小到他们无法从中获益为止,最终导致交易者无法仅基于过去价格行为来预测未来市场价格。

包括考尔斯和琼斯、法玛和萨缪尔森等人在内的关于股票收益率随机漫步的研究,其共同特点是选择小样本数据进行实证分析,考察年限多在6年以下。金、纳尔逊和斯塔兹(Kim, Nelson and Startz)、杰加迪西(Jegadeesh)、理查德森和斯道克(Richardson and Stock)(1989)等人都对这些实证检验提出了质疑,认为这些实证检验正是由于样本数量有限而导致了小样本偏差。马克维茨(Markowitz)的组合投资理论在1952年诞生,开创了在不确定性条件下理性投资者进行资产组合投资的理论和方法,这对投资理论的发展具有里程碑意义。由于组合投资的效用在于风险与收益结合的最优解,组合投资既是证券投资理论的一场革命(这场革命的标志是马克维茨本人获得了1990年诺贝尔经济学奖),又是对证券走势不可预测的一种无奈选择。

二、均值回归理论

宋玉臣、寇俊生(2004)的研究认为均值回归是指证券价格无论高于或低于价值中枢(或均值),都会以很高的概率向价值中枢回归的趋势。均值回归表明市场具有有效周期,而有效市场假说认为市场在每个时点上都有效。宋玉臣(2012)认为有效市场假说的致命缺陷在于检验时点有效,即在任何一个时点上证券价格都即时、准确地反映所有信息,这一理想化的约束条件不仅使该理论的应用价值大打折扣,也使其存在着巨大的理论缺陷,行为金融学正是抓住这一点对其提出了质疑和挑战。但是,事实上必然存在着一个足够长的时间周期,使得证券价格可以充分反映该时间段内的所有信息,而检验市场是否存在有效周期,或者说市场是否具有价格发现功能就应该运用均值回归理论。

狄邦特和泰勒 (DeBondt and Thaler) 以及法玛和弗伦奇 (Fama and French) 是较早发现股票收益率均值回归现象的学者。股票价格总是围绕其价值中枢上下波动, 既不会存在永远下跌, 也不会有永远上涨。在价格高于内在价值的情形下, 股票下跌的概率会逐渐增加; 相反, 在价格低于内在价值的情形下, 股票上涨的概率会逐渐增加, 最终的均值回归一定会出现, 而均值就是股票的内在价值, 它所体现的是市场从长期看具有价格发现的基本功能。在狄邦特和泰勒均值回归效应提出后, 法玛和弗伦奇对一个投资策略进行了模拟。他们通过对一些股票在过去 60 个月的表现, 将其分成了 10 种组合。在每一期 (一个月为一期) 都卖出表现最好的组合, 同时买入表现最差的组合, 最后发现在 1963 年到 1993 年期间利用这种策略进行投资将会获得 0.74% 的月收益率。他们在此之后又对 1931 年到 1963 年的数据进行检验, 得到了几乎相同的结论。因此, 法玛和弗伦奇认为虽然在短期内股票收益率呈现的是随机漫步的趋势, 但是股票收益率在长期内存在明显的均值回归趋势。法玛和弗伦奇的研究与狄邦特和泰勒的颠倒效应阐述了同样的客观现实, 即在很长时间内表现出色的股票在未来会较差; 反之, 长期内表现很差的股票在未来会表现得很好。另外, 西格尔 (Siegel) 通过研究发现从 1970 年到 2001 年世界上主要股票市场收益率相差并不大, 其中英国是 11.97%, 德国是 10.88%, 美国是 11.59%, 日本是 11.12%。1989 年是日本股市的最高点, 迄今为止还没有超过该峰值。如果将收益率的计算截止到 1989 年, 日本股市的收益率会远远高于其他国家; 如果将时间延伸到 2001 年, 日本股票的收益率与其他国家相差无几, 这无疑表明了收益率存在着均值回归趋势。

近年来有不少学者利用新方法, 对股票价格是否符合均值回归进行研究。查德胡里和吴 (Chaudhuri and Yangru Wu) 调查了 17 个新兴国家市场的股票价格指数, 用以测算其是否符合均值回归趋势。他们运用了一种比标准测算更精准的结构转变性测算法, 该方法可以解释结构性转变对股票价格指数带来的影响。通过实证分析, 他们发现有 14 个国家的股票价格指数出现了结构性转变, 并且有 10 个国家在显著性为 5% 的情况下拒绝了随机漫步的零假设。这个结论意味着在忽略由于结构型新兴市场的开放性带来的结构转型的情况下, 就会错误地把股票价格指数认定是随机

游走的。与他们的研究相似, 格鲁普 (Gropp) 运用从产业分类投资组合获得的截面效应, 反驳了之前批评股票价格可预测性的实验, 认为股票价格存在一个明显的正回归加速并且拥有一个 4.5 年至 8 年的半衰期。

波特巴和萨默斯 (Poterba and Summers) 等学者对均值回归现象产生的原因进行了研究, 发现引起均值回归有两种可能性: 一是时间变化带来的收益变化; 二是对“价格狂热”的冷却导致了股票价格在几年内会偏离其真实价值。法玛和弗伦奇认为股票市场风险和回归之间的跨期权益, 基本可以解释报告期的均值回归。在他们研究的基础上, 金等人 (Kim et al) 指出当考虑波动性的回归时, 有证据表明在股票市场波动性和市场投资组合预期回报之间存在正权益关系。关于是否风险和回归之间的跨期权益可以对报告期的股票价格均值回归作解释, 他们有两个发现: 一是长期内不与市场波动的马尔可夫转换相关的价格改变大部分是不可预测的; 二是长期内股票价格回归的预见性时变参数估计, 拒绝任何有利于风险和回归之间隐性行为的内在均值回归。

三、均值回归实证研究方法

(一) 方差比检验

目前, 均值回归的研究方法主要集中于对均值回归的检验和对均衡收益率的预测, 其中自相关检验是较早被运用于均值回归检验的方法之一。通过自相关检验, 法玛和弗伦奇认为几乎有 20% 至 40% 是可以通过过去的收益率负相关来预测的。迪米特里奥斯和理查德运用该方法, 验证了马来西亚、香港等东南亚国家和地区的股票市场, 发现这些地区的股票长期收益率呈明显负相关, 这一结果支持了均值回归理论。由于自相关检验只适用于小样本数据的检验, 且一旦落入非决策区间便无法确定是否存在自相关性。因此, 在当前实证检验中一般只作为辅助检验的方法之一。

方差比检验是在自相关检验的基础上发展而来的相对完善的检验方法, 首先由柯克兰 (Cochrane) 提出, 波特巴和萨默斯在柯克兰研究的基础上对方差比检验进行了修正, 并将股票价格划分为长期和短期两种视角进行研究, 计算了美国在 1871 至 1986 年的股票收益率的方差比, 1957 至 1985 年间另外 17 个国家的股票收益率方差比, 以及私人公司在 1929 至 1985 年间的收益率, 计算得出这三种比率在短期内的标准差均在 15% 至 25%

之间，并且这一标准差可以解释超过一半的月度收益差。波特巴和萨默斯利用方差比检验进行了一年期的股票收益率检验，认为当考虑月收益率时，方差比可以表示为： $VR(K) = [Var(R_t^k)/k]/[Var(R_t^{12})/12]$ ，这里的 $R_t^k = \sum_{i=0}^{k-1} R_{t-i}$ ， R_t 是指当月全部收益。如果收益率在研究期内不相关，那么统计值 $VR(k)$ 会向一处收敛。所以，运用柯克兰关于 k 期收益率的结论，可以将其转化为如下形式：

$$VR(k) \cong 1 + 2 \sum_{j=1}^{k-1} \left(\frac{k-j}{k}\right) \hat{\rho}_j + 1 + 2 \sum_{j=1}^{11} j \left(\frac{k-12}{12k}\right) \hat{\rho}_j + 2 \sum_{j=12}^{k-1} j \left(\frac{k-j}{k}\right) \hat{\rho}_j \quad (1)$$

罗和麦金雷 (Lo and MacKinlay) 发现将复杂的可以识别模型的非参数估计法应用于股票技术分析，技术分析中的一些诸如“头和肩”的形成以及“双底”等价格信号，在实际应用中具有一定的预测力。行为金融学家已经发现了这种现象，正如他们在研究中提到的短期惯性一样，这种惯性与心理学家认为的反馈机制是一致的，罗和麦金雷据此提出了长期情况下方差比的检验方法，其定义如下：

$$VR(k) = \frac{Var(R_{t-k})}{Var(R_t)k} \quad (2)$$

其中 $R_{t-k} = \ln p_t / \ln p_{t-q}$ ， Var 是无偏方差估计， p_t 为 t 时刻股价， $Var(R_{t-k})$ 和 $Var(R_t)$ 的定义如下：

$$\begin{aligned} Var(R_{t-k}) &= \frac{\ln p_t}{\ln p_{t-k}} \\ &= \frac{1}{m} \sum_{i=k}^{nk} (\ln p_i - \ln p_{i-k} - ku)^2 \\ Var(R_t) &= \frac{\ln p_t}{\ln p_{t-1}} \\ &= \frac{1}{nk-1} \sum_{i=1}^{nk} (\ln p_i - \ln p_{i-1} - ku)^2 \quad (3) \end{aligned}$$

其中 $m = \frac{nk-k+1}{1-k/nk}$ ， $u = \frac{1}{nk}(\ln p_{nk} - \ln p_0)$

罗和麦金雷还提出了在时间序列发生波动时，偏离正态分布情况下的统计量，即异方差鲁棒性标准正态分布统计量 $M_r(k)$ ：

$$M_r(k) = VR(k) - 1, T^{1/2} M_r(k) \sim N(0, \frac{2(2k-1)(k-1)}{3q}) \quad (4)$$

长期回报方差比短期回报方差即为方差比率，如果 $VR(k)$ 小于 1，就意味着短期价格存在过度波动，短期回报存在负自相关，长期收益率呈均值回归；如果 $VR(k)$ 大于 1，就说明短期价格不存在过度波动，短期回报存在正自相关，长期收益率呈均

值回避。迪米特里奥斯和理查德对 k 值进行多次模拟，对马来西亚、香港等 7 个东南亚国家和地区的股票市场进行了实证检验，结论是这些地区都大量存在均值回归的证据。波特巴和萨默斯也利用方差比检验方法对纽约股市进行实证研究，认为纽约股市存在均值回归现象。但是，格里森和米尔斯 (Gleason and Mills) 运用这一方法，对英国全股指进行实证检验后未发现其存在均值回归，而是呈均值回避状态。对于方差比检验方法，黄允在和金 (Yoon - Jae Whang and Kim) 认为罗和麦金雷的检验是个体假设检验。因为只是集中检验了特定时间内某个时间段的方差比，而且方差比受微观因素影响极为明显，不同监管、流动性市场环境下方差比会有明显差别。因此，方差比检验并不是可信度最高的均值回归检验方法。

(二) 单位根检验

单位根检验是较常用于均值回归检验的方法之一，包括 DF (迪克 - 福迪检验)，ADF (增项迪克 - 福迪检验) 和 PP (philips 非参数检验) 检验等，其中 ADF 检验是最为常用的检验方法。

根据不同情况，ADF 检验方程有如下三种形式：

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \xi_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \xi_{p-1} \Delta Y_{t-p+1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

式 (5) 为不包含常数项和线性时间趋势项的 ADF 检验方程，其中 Δ 是一阶差分符号， δ 和 ξ 为参数， ε_t 是随机误差项， ε_t 是服从独立同分布的白噪声过程。 p 为滞后阶数，并保证 ε_t 的平稳性。式 (5) 适用于序列 Y_t 围绕零均值上下波动，呈无规则上升或下降运动趋势中。

$$\Delta Y_t = \alpha + \delta Y_{t-1} + \xi_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \xi_{p-1} \Delta Y_{t-p+1} + \varepsilon_t \quad (6)$$

式 (6) 为包含常数项但不包含线性时间趋势项的 ADF 检验方程，其中 α 、 δ 和 ξ 为参数，式 (6) 适用于序列 Y_t 具有非 0 均值，但是不存在时间趋势的检验中。

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \delta Y_{t-1} + \xi_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \xi_{p-1} \Delta Y_{t-p+1} + \varepsilon_t \quad (7)$$

式 (7) 为包含常数项也包含线性时间趋势项的 ADF 检验方程，其中 α 、 β 、 δ 和 ξ 为参数，式 (7) 适用于序列 Y_t 随着时间的变化，有下降或者上升的趋势。

在股票收益率均值回归的检验中多采用第二种方程进行研究。杰加迪西的研究就运用 ADF 方法检验了美国股票市场 1926 - 1988 年间的的数据，实证分析表明这一时期的均值回归现象很明确，其 ADF 检验法的回归模型和零假设如下：

$$\begin{cases} X_t = \alpha + \rho X_{t-1} + \theta_1 \Delta X_{t-1} + \theta_2 \Delta X_{t-2} + \dots \\ \quad + \theta_p \Delta X_{t-p} + \varepsilon_t \\ H_0: \rho = 1 \end{cases} \quad (8)$$

ADF 的 ρ 统计量为 $\rho = \frac{T(\hat{\rho} - 1)}{1 - \hat{\theta}_1 - \hat{\theta}_2 - \dots - \hat{\theta}_p}$,

τ 统计量为 $\tau = \frac{(\hat{\rho} - 1)}{\sigma_{\hat{\rho}}}$ ，检验规则如下：若 ADF 的统计量小于其相应临界值，则拒绝原假设，不存在单位根，时间序列 $\{X_t\}$ 是平稳的时间序列；若 ADF 的统计量大于其相应临界值，则接受原假设，存在单位根，时间序列 $\{X_t\}$ 是非平稳序列。

利用 ADF 检验法，劳拉等人 (Laura et al) 研究了经济合作与发展组织 (OECD) 的 18 个国家，认为在经济高度不稳定的时期，股票价格向其真实值的回归速度是最快的，这主要是由于经济、政治事件的冲击所引发，而且只是一种特殊现象。格鲁普运用该方法对美国证券交易所、纽约证券交易所和纳斯达克进行实证分析，认为它们都存在明显的均值回归证据，并存在 4 年半至 8 年的半衰期。但是，查理胡里和吴 (Kausik Chaudhuri and Yangru Wu) 运用此方法对巴西、阿根廷等 17 个发展中国家和地区进行实证检验，发现在这些新兴市场国家并没有明显的均值回归证据。

陈和金 (Shu - Ling Chen and Kim, 2011) 利用静态非线性单位根检验方法，检验了亚洲新兴市场国家的股票价格，发现这些国家的股票价格都呈现非线性均值回归趋势，而且发现了这些国家非线性均值回归的绝对证据，但是线性检验却未能拒绝大多数单位根为空的情况。

(三) 非线性 GARCH 模型检验

恩格尔 (Engle) 提出的 ARCH (Auto - regressive conditional heteroskedasticity) 模型，适用于许多金融时间序列异方差性的研究。此后经过伯乐斯莱文 (Bollerslev) 改良的 GARCH (Generalized Autoregressive conditional heteroskedasticity) 模型是一个专门针对金融数据进行分析的回归模型，GARCH 模型对误差项的方差重新建模，使其比 ARCH 模型更适用于波动性的分析和预测，非线性 GARCH 模型比传统的 GARCH 模型更加显著地提高了对波动性的描述与预测能力，Var 也达到了更高精度。非线性 GARCH 模型有很多种，包括 GJR - GARCH 模型、LST - GARCH 模型以及 ANST - GARCH 等。

1. GJR - GARCH 模型的基本过程。为了衡量收益率波动的非对称性，斯顿等人 (Glosten et al) 提出了 GJR - GARCH 模型，即在条件方差方程中

加入负冲击的杠杆效应，但仍采用正态分布假设，其表达式如下：

$$\sigma_t^2 = \omega + (1 - I[\varepsilon_{t-1} > 0])\alpha\varepsilon_{t-1}^2 + (I[\varepsilon_{t-1} > 0])\gamma\varepsilon_{t-1}^2 + \beta\sigma_{t-1}^2 \quad (9)$$

其中 $I[\varepsilon_{t-1} > 0]$ 是指标函数， $I[\varepsilon_{t-1} > 0] =$

$$\begin{cases} 1 & \varepsilon_{t-1} \geq 0 \\ 0 & \varepsilon_{t-1} < 0 \end{cases}, \varepsilon_{t-1} \geq 0 \text{ 为模型的利好消息, } \gamma \text{ 为利}$$

好消息对条件方差的影响， α 是利空消息对条件方差的影响。由模型可以看出：如果 $\alpha \neq \gamma$ ，则模型存在不对称杠杆效应。利用 GJR - GARCH 方法，斯顿等人研究了纽约证交所 1951 年到 1989 年的股票交易数据，结果显示这些股票的收益率存在着明显的不对称。恩格尔利用信息反应曲线分析比较了各种模型的杠杆效应，认为 GJR 模型最好地刻画了收益率的杠杆效应。

2. LST - GARCH 模型的基本过程。哈格伍德和里维拉 (Hagerud and Rivera) 针对金融资产波动率提出了非线性时间序列模型，被称为机制平滑转换 GARCH (ST - GARCH) 模型。之后林德博格和特亚斯维特 (Lundbergh and Terasvirta) 等将该模型应用在了高频时间序列数据 (股指和汇率) 的建模中，LST - GARCH 模型由此诞生。LST - GARCH 模型可以描述波动率在两个极端机制之间的渐进变化或平滑改变，同时也可以模拟股票价格指数或收益率动态变化的非线性路径，模型的条件方差如下：

$$\sigma_t^2 = \omega + (1 - F(\varepsilon_{t-1}))\alpha\varepsilon_{t-1}^2 + F(\varepsilon_{t-1})\gamma\varepsilon_{t-1}^2 + \beta\sigma_{t-1}^2 \quad (10)$$

其中 $F(\varepsilon_{t-1}) = (1 + \exp(-\theta\varepsilon_{t-1}))^{-1}$ ，函数 $F(\varepsilon_{t-1})$ 随前期波动信息 ε_{t-1} 的变化而变化，变动范围在 0 和 1 之间，残差平方系数 α 和 γ 之间的平滑转换由此实现。林德博格和特亚斯维特认为：当 $\theta \rightarrow \infty$ 时，LST - GARCH 模型可以简化为 GJR - GARCH 模型。

3. ANST - GARCH 模型的基本过程。ANST - GARCH 模型是由安德森等人 (Anderson et al) 在 1999 年提出，目的是为了描述同时存在于条件均值和方程方差中的双非对称性。凯斯欧等人 (Kiseok et al) 利用 ANST - GARCH 模型，得到了美国股市月度数据非对称均值回归的结论，发现其负收益率回归速度要明显快于正收益率回归速度。他们所使用的 ANST - GARCH 模型采用了连续平滑逻辑函数 $F(\varepsilon_{t-1})$ ，用以衡量方差参数的 RS (regime - shift, 区制转移)，ANST - GARCH 模型表示如下：

$$\begin{aligned}
R_t &= \mu + [\varphi_1 + \varphi_2 F(\varepsilon_{t-1})]R_{t-1} + \varepsilon_t \\
h_t &= \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 h_{t-1} + [\beta_0 + \beta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_2 h_{t-1}]F(\varepsilon_{t-1}) \\
\varepsilon_t | I_{t-1} &= v_t h_t^{1/2}, v_t \sim i.i.d N(0,1), \varepsilon_t | I_{t-1} \sim N(0, h_t)
\end{aligned}
\tag{11}$$

其中 $F(\varepsilon_{t-1}) = \{1 + \exp[-\gamma(\varepsilon_{t-1})]\}^{-1}$, γ 是未知内生区 RS 控制参数, ε_t 为 t 时信息冲击度, R_t 为 t 时收益率, I_t 是信息集。若 φ_2 显著不为 0, 那么就意味着模型具有非对称性, 如果同时出现 $\beta_1 + \beta_2$ 显著不为 0, 就代表条件波动存在杠杆效应。如果 $\beta_1 + \beta_2$ 为小于零的值, 那么任何使 $F(\varepsilon_{t-1}) \in (0, 0.5)$ 的负向冲击, 则波动被描述为“高波动持续区制”。若 $\beta_1 + \beta_2$ 为正, 任何使 $F(\varepsilon_{t-1}) \in (0.5, 1)$ 的正向冲击, 则波动被描述为“低波动持续区制”。波动区制转移速度由 γ 控制, 当 $\gamma \rightarrow 0$ 时, $F(\varepsilon_{t-1}) \cong 0$, ANST - GARCH 模型退化为 GARCH 模型。当 $\gamma \rightarrow +\infty$ 时, 区制转移函数 $F(\varepsilon_{t-1})$ 将会转变成 Heaviside 函数。凯斯欧等人利用 ANST - GARCH 模型对美国股市月度数据进行研究, 认为其存在非对称均值回归, 而且负收益率的均值回归速度明显大于正收益率的均值回归速度。

(四) STAR 模型

STAR (smooth transition autoregression, 平滑转移自回归) 模型, 是在 1994 年由特亚斯维特和格兰杰提出并不断改进和完善的。STAR 模型是非线性时间序列模型, 也是区制转移模型的一种, 模型中的每个参数都有重要经济意义。最初模型的产生是以汇率决定论为基础的, 但是近几年有很多学者将其引入股票收益率均值的回归检验, 乔治等人 (Jorge et al) 利用 STAR 模型对西班牙 - 35 指数 (Ibex - 35 index) 从 1989 年 12 月 30 日到 2000 年 2 月 10 的日收益率数据进行了分析, 他们利用的一阶双区制模型如下:

$$r_t = \varphi_{10} + \sum_{i=1}^p \varphi_{1i} r_{t-i} + [\varphi_{20} + \sum_{i=1}^p \varphi_{2i} r_{t-i}] F_{1,d}(s_t; \gamma, c) + \varepsilon_t \tag{12}$$

其中 r_t 是日收益率, $\varphi_{ij} (i = 1, 2; j = 0, 1, 2, \dots, p)$ 是两个区制中的未知参数, $F_{1,d}(s_t; \gamma, c)$ 是转换函数, 这一转换函数被假设是二重可微, 并且其值处于 0 和 1 之间的。 γ 是转换率或者平滑参数, c 代表一个区制向另一区制转换的阈值 (门限值), d 是转变函数的滞后阶数, 这一模型参数模型中引入了区制转换和非线性。尽管关于 STAR 模型平稳性的理论结果还不多, 但是公认的充分条件是 $\varphi_{ij} < 1, \forall i, j$ 。转变函数 $s_t = \sum_{i=1}^d \alpha_i r_{t-i}$ 通常被定义为

滞后值为 γ_i 的线性组合。

对转换函数的选择, 两种被普遍接受的是一阶逻辑函数和一阶指数函数。一阶逻辑函数被称作逻辑 STAR (LSTAR) 模型, 其表达式为 $F_{1,d}(s_t; \gamma, c) = \{1 + \exp[-\gamma(s_t - c)]\}^{-1}, \gamma > 0$; 一阶指数函数也被称为指数 STAR (ESTAR) 模型, 其表达式为 $F_{1,d}(s_t; \gamma, c) = \{1 - \exp[-\gamma(s_t - c)^2]\}^{-1}, \gamma > 0$ 。LSTAR 模型和 ESTAR 模型描述了不同形式的动态行为, LSTAR 允许两种区制的动态具有不同膨胀或紧缩的特性, 而 ESTAR 模型要求两种区制必须有相同的动态行为, 但是两种模型都具有不对称周期特性。为了分析股票价格指数运动的动态特性, 乔治等人 (2005) 运用这两种方法对西班牙 - 35 指数进行了分析, 得到的结论是运用 STAR 模型可以对该指数进行预测, 预测得到的指数可以被认为是股票市场均衡价格指数。这说明股票市场具有价格发现功能, 他们的研究还指出这一指数存在不对称均值回归特性。

(五) 噪声交易者模型

与前文所提到的检验方式不同, 噪声交易者模型 (DSSW) 是由德龙等人 (DeLong et al) 提出的, 从投资者行为角度对股票收益率均值回归行为过程进行模拟的研究方法, DSSW 模型检验以对股市泡沫的研究为切入点, 分析非理性投资人的投资行为如何使泡沫产生, 并由此分析股票收益率在非理性情绪和理性情绪回归中是如何实现均值回归的。模型中投资者效用函数为 $U = -e^{-2(\gamma)\omega}$, 其中 γ 是投资者的风险厌恶系数, ω 是投资者的资产期望, 资产服从正态分布: $E[U(\omega)] = -\int e^{-2(\gamma)\omega} f(\omega) d\omega = -e^{-\gamma(\bar{\omega} - \gamma\sigma^2\omega)}$, 其中 $E[U(\omega)]$ 是投资者期望效用, $f(\omega)$ 是概率密度函数, $\omega \sim N(\bar{\omega}, \sigma^2\omega)$ 。模型假定非理性投资者对价格错误的预期 ρ_t 是投资者对股票的价格期望产生波动的内在原因, ρ_t 服从独立统一正态分布, 即:

$$\rho_t \sim N(\rho^*, \sigma_\rho^2) \tag{13}$$

其中 ρ^* 为误判的均值, σ_ρ^2 为误判的方差, 股票投资者认为在 $t + 1$ 时刻的股票价格应为 ρ_{t+1} , 该值与股票真实价值不相符。如果 ρ^* 是正的, 则认为噪声投资者为牛市型乐观态度; 如果 ρ^* 是负的, 则认为噪声投资者是熊市型悲观态度。此时 ρ_{t+1} 的方差函数为 $\sigma_{\rho_{t+1}}^2 = n^2 \sigma_\rho^2 (1 + \gamma)^{-2}$, 噪声投资者的期望效用函数为:

$$E[U_N] = c_0 + \varphi_N [r + E(P_{t+1}) - P_t(1+r) + \rho_t] - \gamma \varphi_N^2 \sigma_{\rho_{t+1}}^2 \tag{14}$$

其中 r 为股息率。假定理性和非理性投资者期望效用最大时所持股票量分别是 φ_N, φ_R ，均衡条件为 $\varphi_N + \varphi_R = 1$ ，则股票的均衡价格为：

$$P_t = (1 + \gamma)^{-1} [\gamma + E_t(P_{t+1}) + n\varphi_t - 2\gamma\sigma_{\rho,t}^2] \quad (15)$$

在噪声投资者为牛市情绪时，其期望收益增大，对股票数量需求增加，则均衡价格 P_t 将上升，通过连续迭代消除 $E_t(P_{t+1})$ ，而 $E_t(\rho_t) = \rho^*$ ，得到股票均衡价格函数如下：

$$P_t = 1 + n(1 + r)^{-1}(\rho_t - \rho^*) + n^2r^{-1}(1 + r)^{-2}2\gamma\sigma_{\rho}^2 \quad (16)$$

由此可以看出股票均衡价格依赖于噪声投资者对股票真实价值的误判 ρ^* ，对 t 时刻价格的实际误判 ρ_t （ ρ_t 围绕 ρ^* 随机波动）、方差 σ_{ρ}^2 、股息率 r 和参数 γ 。De long 等人（1989）据此提出泡沫一旦偏离真实值太多，总有向均衡值回归的动力。

四、对均值回归理论的评价及未来展望

从时间周期来看，如果没有时段长度的约束，均值回归具有必然性。事实上均值本身就是证券的内在价值，均值是反映一定时间长度范围内市场对该证券价格的承认。因为包括股票市场在内的所有市场都具有价格发现的基本功能，股票价格偏离内在价值过多会向内在价值回归。股票价格始终围绕其内在价值波动，不会一直高于其内在价值，也不会一直低于其内在价值。通过 STAR 模型和 DSSW 模型的验证，可以看出股票市场的均值回归也揭示了其自身的价格发现功能。

虽然均值回归有其必然性，但是回归过程却没有固定模式可循，均值回归理论最大的局限性是无法确定准确的回归周期。从诸多文献和研究成果中可以看出股票收益率的均值回归是一个长期过程，短期内的股票收益率多呈随机性特征，长期内则呈均值回归。所以，股票收益率的均值回归具有以下特性：

第一，均值回归具有非对称性。斯顿等人运用 GJR - GARCH 模型验证纽约证交所的股票交易数据，结果显示这些股票的收益率存在着明显的不对称，凯斯欧等人利用 ANST - GARCH 模型检验美国股市月度数据，得到的也是非对称均值回归，其负收益率回归速度要明显快于正收益率回归速度。因此，在大量实证分析的基础上不难看出股票价格和收益率的均值回归是具有不对称性的，正如早期研究股票价格的学者所认为的，股票价格“上升空间无限，下降空间有限”，其游走范围就

决定了价格和收益率不可能存在对称关系。

第二，均值回归没有统一的半衰期，不同经济体有不同的半衰期，同一经济体在不同发展阶段也会有各不相同的半衰期。格鲁普和劳拉等人对股票收益率均值回归的半衰期进行过系统研究，从他们的研究可以看出对于一个股票市场来说，由于其股票价格受到很多因素影响，收益率的半衰期并非是一个精准的时间段，而是可以计算出的半衰期所存在的时期范围。

从均值回归理论的发展前景上看，主要表现在以下几个方面：

第一，对于投资者而言，股票收益率均值回归对长线投资者具有极强的应用性，理性的投资策略是在股票价格低于均值或者低于均值很多时买入股票，在股票价格高于均值或高于均值很多时卖出股票。现在运用该理论方法进行投资的伟大实践者是巴菲特，其价值投资最基本的策略是利用股票价格与企业价值的背离，以低于股票内在价值相当大的折扣价格买入股票，在股价上涨后再以相当于或高于价值的价格卖出，从而获取超额利润，这就是均值回归和价格发现的过程。从长期看，股票价格偏离内在价值只是暂时的现象，市场在一定的时间长度内会矫正其短期随机性所造成的定价偏差。

第二，均值回归理论对政府宏观调控经济具有重要的参考价值。当股票市场低迷的时候，即股价向下偏离均值过多时使用利好政策调控；当股票市场高涨的时候，即股价向上偏离均值过多时使用利空政策调控。

第三，从理论上讲，均值回归与否是检验股票市场发现功能的重要工具，均值回归的周期越短，市场发现价格的功能越强，反之则越弱。

正如法玛所说，均值回归研究最重要的方面是利用更好的检验方法对其进行检验，而要实现均值回归的预测作用需要建立更为精确的预测模型，这也会是当前和以后很长一段时间内均值回归的主要研究方向。

参考文献：

- [1] Louis Bachelier. Théorie de la Speculation[D]. Paris: Gauthier - Villars, 1900.
- [2] WP Hamilton. The stock market barometer; a study of its forecast value based on Charles H. Dow's theory of the price movement[M]. Montana: Kessinger Publishing, 1929.
- [3] Alfred Cowles 3rd. Can Stock Market Forecasters Fore-

- cast[J]. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1933(1):309-324.
- [4] Alfred Cowles 3rd, Herbert E. Jones. Some A Posteriori in Stock Market Action[J]. *Econometrica*, 1937(5):280-294.
- [5] EF Fama. The Behavior of Stock - Market Prices[J]. *The Journal of Business*, 1965(38):34-105.
- [6] EF Fama. Random walks in stock market prices[J]. *Financial Analysts Journal*, 1965(21):55-59.
- [7] PA Samuelson. Intertemporal Price Equilibrium: A Prologue to the Theory of Speculation[J]. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 1957(79):181-221.
- [8] JC Van Horne, GGC Parker. The Random - walk Theory: An Empirical Test[J]. *Financial Analysts Journal*, 1967(23):87-92.
- [9] Myung Jig Kim, Charles R. Nelson and Richard Startz. Mean Reversion in Stock Prices? A Reappraisal of the Empirical Evidence[R]. *National Bureau of Economic Research*, 1991, 2795:515-528.
- [10] N Jegadeesh. Seasonality in stock price mean reversion: Evidence from the US and the UK[J]. *Journal of Finance*, 1991(46):1427-1444.
- [11] M Richardson, JH Stock. Drawing inferences from statistics based on multiyear asset returns[J]. *Journal of Financial Economics*, 1989(25):323-348.
- [12] 宋玉臣, 寇俊生. 沪深股市均值回归的实证检验[J]. *金融研究*, 2005(12):55-61.
- [13] 宋玉臣. 现代金融投资理论和实践的二重分歧与诠释路径[J]. *经济学家*, 2012(1):49-54.
- [14] Werner F. M. De Bondt, Richard Thaler. Does the Stock Market Overreact[J]. *Journal of Finance*, 1985(40):793-805.
- [15] EF Fama, KR French. Permanent and temporary components of stock prices[J]. *The Journal of Political Economy*, 1988(96):246-273.
- [16] EF Fama, KR French. Multifactor explanations of asset pricing anomalies[R]. *Journal of Finance*, 1996, 626:55-84.
- [17] Jeremy J. Siegel. The equity premium: Stock and bond returns since 1802 [J]. *Financial Analysts Journal*, 1992(48):28-38, 46.
- [18] Kausik Chaudhuri, Yangru Wu. Random walk versus breaking trend in stock prices: Evidence from emerging markets [J]. *Journal of Banking and Finance*, 2003(27):575-592.
- [19] Jeffrey Gropp. Mean reversion of industry stock returns in the U. S. , 1926 - 1998[J]. *Journal of Empirical Finance*, 2004(11):537-551.
- [20] James M. Poterba, Laerence H. Summers. Mean reversion in stock prices: Evidence and Implications[J]. *Journal of Financial Economics*, 1987(22):27-59.
- [21] Chang - Jin Kim, James C. Morley and Charles R. Nelson. Does an Intertemporal Tradeoff between Risk and Return Explain Mean Reversion in Stock Prices [J]. *Journal of Empirical Finance*, 2001(8):403-426.
- [22] Dimitrios Malliaropoulos, Richard Priestley. Mean reversion in Southeast Asian stock[J]. *Markets Journal of Empirical Finance*, 1999(6):355-384.
- [23] Lo, Andrew W. , A. Craig MacKinlay. A Non - Random Walk down Wall Street [D]. Princeton: Princeton University Press, 1999.
- [24] Gleason, C. , L. Mills. Materiality and contingent tax liability reporting [R]. *The Accounting Review*, 2002(77):317-342.
- [25] YJ Whang, J Kim. A multiple variance ratio test using subsampling[J]. *Economics Letters*, 2003(79):225-230.
- [26] Laura Spierdijk, Jacob A. Bikker and Pieter van den Hoek. Mean Reversion in International Stock Markets: An Empirical Analysis of the 20th Century [J/OL]. *Journal of International*. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261560611001616>, 2011.
- [27] Kausik Chaudhuri, Yangru Wu. Random walk versus breaking trend in stock prices: Evidence from emerging markets [J]. *Journal of Banking and Finance*, 2003(27):575-592.
- [28] Shu - Ling Chen & Hyeongwoo Kim. Nonlinear Mean Reversion across National Stock Markets: Evidence from Emerging Asian Markets [J]. *International Economic Journal*, 2011(25):239-250.
- [29] Lawrence R. Glosten, Ravi Jagannathan & David Runkle. On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stock [J]. *The Journal of Finance*, 1993(48):1779-1801.
- [30] C Engel. Real Exchange Rates and Relative Prices: An Empirical Investigation [J]. *Journal of Monetary Economics*, 1993(32):35-50.
- [31] GE Hagerud. A new non - linear GARCH model [D]. Stockholm: EFI Economic Research Institute, 1997.
- [32] G González - Rivera. Smooth - transition GARCH models [J]. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 1998(3):1558-3708.
- [33] S Lundbergh, T Teräsvirta. Time - varying smooth transition autoregressive models [J]. *Journal of Business*

- & Economic Statistics, 2003(21):104 - 121.
- [34] HM Anderson, K Nam, F Vahid. Asymmetric nonlinear smooth transition GARCH models [J]. *Nonlinear Time Series Analysis of Economic and Financial Data*, 1999(1):191 - 207.
- [35] K Nam, CS Pyun, SL Avard. Asymmetric reverting behavior of short - horizon stock returns: An evidence of stock market overreaction[J]. *Journal of Banking & Finance*, 2001(25):807 - 824.
- [36] VP Jorge, T Salvador and AF Julian. STAR and ANN models: Forecasting performance on the Spanish "Ibex - 35" stock index [J]. *Journal of Empirical Finance*, 2005(12):490 - 509.
- [37] F Grupp, RL Kurucz and K Tan. An exact anisotropic quark star model [J]. *Astronomy and Astrophysics*, 2009(2):248 - 270.
- [38] JB DeLong, A Shleifer, LH Summers, RJ Waldmann. *The Economic Consequences of Noise Traders*[R]. National Bureau of Economic Research, 1989, 2395.
- [39] JB DeLong, A Shleifer, LH Summers, RJ Waldmann. Positive feedback investment strategies and destabilizing rational speculation [R]. National Bureau of Economic Research, 1987, 2880.
- [40] JB DeLong, A Shleifer, LH Summers & RJ Waldmann. *The Survival of Noise Traders in Financial Markets* [R]. National Bureau of Economic Research, 1988, 2715.

Research on Mean - Reversion Theory and Quantity Method in Stock Yield

SONG Yu - chen, LI Nan - bo

(Center for Quantitative Economics, Jilin University, Changchun 130012, China)

Abstract: In China, the stock market becomes more and more perfect, which makes the value of mean - reversion theory be increasingly significant. Mean - reversion theory is not only a historical leap for portfolio theory but also a breakthrough for predictable theory of stock market. Referring to many foreign classical literatures solving the core problem of mean - reversion, this paper forecasts the long - term stock profit by starting from the development history of portfolio theory, combs the correlation theory of mean - reversion, comments on several classical or frontier quantity methods, and analyzes the mean - reversion theory from theoretical and empirical points of view, finding the definitive evidence of forecasting the long - term stock profit, at the same time, this paper reveals the realization process of price discovery for stock market. All above are expected to be a summary for development status of mean - reversion theory to indicate directions for the future development.

Key words: mean - reversion; random walk; variance ratio test; price discovery

(责任编辑: 关立新)

(上接 68 页)

On the Generating Mechanism of Industrial Brand Value based on Intangibility

ZHAN Liu - man

(International Business Management School of Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)

Abstract: Focusing on intangibility of industrial goods, the paper shows intangibility is the prerequisite of existence of the industrial brand through Mudambi's brand value pinwheel model. Because the intangible nature of industrial products, brand becomes a tool. Both from the perspective of brand theory perceived risk, which is consistent with information economics (brand reduces risk), and from the perspective of brand theory paradigm perceived quality, which is consistent with cognitive psychology (brand increases the perceived value), all bring value for the customer, this value is the industrial brand value.

Key words: industrial brand value; intangibility; perceived risk; perceived quality

(责任编辑: 张曦)