

# 中国股市的经济晴雨表作用<sup>①</sup>

## ——基于热最优路径法的动态分析

郭琨<sup>1</sup>, 周炜星<sup>2</sup>, 成思危<sup>1</sup>

(1. 中国科学院虚拟经济与数据科学研究中心, 北京 100190;  
2. 华东理工大学商学院, 上海 200237)

**摘要:** 虚拟经济与实体经济之间有着密切的联系. 股票市场作为虚拟经济的重要组成部分, 其运行周期与宏观经济有着密不可分的联系, 但这种关系往往是多因素的非线性关系, 很难用传统的计量方法来确证. 本文采用并发展了金融物理学中的热最优路径法, 研究了我国股指与 GDP 之间的动态领先滞后关系. 结果表明, 在 2002 年之前, 上证指数与 GDP 之间不存在显著的领先滞后关系; 而在 2002 年后, 上证指数领先于 GDP 的关系日渐显现, 大约领先两个季度左右; 在 2006 年以后, 上证指数领先于 GDP 的关系更加明显, 说明我国股市已初现“经济晴雨表”的作用.

**关键词:** 金融物理学; 热最优路径法; 经济晴雨表; 股票市场; 宏观经济

**中图分类号:** F830.91   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1007-9807(2012)01-0001-10

## 0 引言

虚拟经济和实体经济之间有着非常紧密的联系. 股票市场作为虚拟经济的重要组成部分, 其运行周期与实体经济的运行周期有着密不可分的关系<sup>[1-3]</sup>. 根据欧文·费雪的理论, 资产的当前价格是对其未来现金流状况的预期, 因此股市的状况可以提前反映实体经济的状况. 国外的大量研究大多证实了股票市场是经济的晴雨表这一观点. 但是在针对我国股票市场的研究中却存在较大的争议, 有些研究得出的结论表明这二者之间没有必然的联系, “股市是经济的晴雨表”这一观点也因此遭到了越来越多的质疑.

国内外学者针对股票市场价格与宏观经济之间的关系用多种方法和模型进行了大量的实证研究. Fama<sup>[4]</sup> 使用回归模型对 1953-1987 年的美国股市进行分析, 发现上市公司的现金流和股票

收益率对未来的工业生产增长率具有解释能力; Cheung 和 Ng<sup>[5]</sup> 使用极大释然估计, 再次验证了世界五个股票指数和实际经济活动之间存在长期的同向变动关系; Barro<sup>[6]</sup>、Schwert<sup>[7]</sup>、Ferson 和 Harvey<sup>[8]</sup> 等人也都使用计量的方法验证了股票的收益率与国内经济活动密切相关; Gallegati<sup>[9]</sup> 使用小波分析的方法, 分析了 1961-2006 年道琼斯指数与工业生产指数之间的关系, 发现股票指数领先于宏观经济的变动. 众多研究表明, 在美国等成熟的股票市场, 具有代表性的股票价格指数 (如道琼斯指数等), 与宏观经济存在密切的关系, 股指的变动能够提前反映经济的波动, 体现出“经济晴雨表”的功能.

国内学者针对中国的股票市场也进行了大量的研究, 但是不同学者针对不同阶段的数据得出的结论存在一定的分歧. 朱辰东和余津津<sup>[10]</sup> 使用时间序列分析方法, 发现我国的股票指数与多数

① 收稿日期: 2009-09-30; 修订日期: 2011-09-23.

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-07-0288).

作者简介: 郭琨(1983—), 女, 山东济宁人, 博士生. Email: guokun06@mails.gucas.ac.cn

发达国家的情况不同,与工业生产指数不存在长期的均衡关系,在 1992 - 2002 年,我国股市不能预先反映经济的增长,但是在 1997 - 2002 子区间得到的结论则相反;高大为和魏巍<sup>[11]</sup>针对 1991 - 2003 年的 GDP 和上证指数的数据进行检验,发现中国股票市场与经济增长出现背离现象;冉茂盛等人<sup>[12]</sup>使用误差修正模型研究发现我国股票市场与国民经济之间不存在均衡关系;孙霄翀等人<sup>[13]</sup>通过国别比较,发现上证综指是脱离我国经济基本面的;温军和赵旭峰<sup>[14]</sup>分析了 1998 年第 1 季度至 2006 年第 3 季度的季度数据,认为上证综合指数与 GDP 之间不存在格兰杰因果关系;沈波涛和林静<sup>[15]</sup>、刘俊民和伍超明<sup>[16]</sup>、黄海燕<sup>[17]</sup>和李旭旦<sup>[18]</sup>等人使用 IS-LM 模型、虚拟经济与实体经济的关系模型等方法对我国股票市场与宏观经济相背离的现象进行了解释并给出了政策建议;张利阳和王逸辉<sup>[19]</sup>分析了 2005 年 1 月至 2007 年 6 月的月度数据,发现经济增长与股市增长之间存在双向格兰杰因果关系,认为 A 股股价上涨主要原因是国民经济的持续、高速、健康增长;高春华和李亚伟<sup>[20]</sup>研究发现我国股票市场建立初期经常出现背离宏观经济的现象,但是随着股市规模的扩大和法规的完善,股市运行态势与宏观经济走势的相关性明显加强。

这些国内外研究的一个共同特点,是对样本整体的相关性和领先滞后关系进行研究,因而在不同时期的数据可能得到不同的结论. 研究两时间序列之间领先滞后关系的方法很多,较为成熟的有时差相关分析、峰谷图分析以及研究两变量之间因果关系的格兰杰检验<sup>[21]</sup>,但是这些方法都是基于线性关系的有参估计,而虚拟经济和实体经济之间的关系往往不是单因素的线性关系,而是复杂的多因素非线性关系,它们的领先滞后关系往往是变化的. 例如 Binswanger<sup>[22]</sup>研究发现,1980 年之前美国股市领先于宏观经济,而后 20 年间这一关系消失了. 经典的模型很难捕捉到这种复杂的动态领先滞后关系,即使使用移动窗口的方法对原始算法进行改进,也很难在整个时间区间内正确地挖掘出领先滞后阶数,并且需要大量的数据作为研究基础<sup>[23]</sup>. 因此,本文将采用一种非线性的无参数方法,动态地追踪我国股票市

场与宏观经济之间的领先滞后关系,揭示出我国股市“经济晴雨表”功能的涌现.

### 1 热最优路径法的原理及其实现

热最优路径 (Thermal Optimal Path) 最早由 Sornette 和 Zhou<sup>[23-25]</sup> 提出,用于研究标准普尔 500 指数的月度收益率与美国联邦政府基金利率以及 10 种不同国债收益率月度变化之间的领先滞后关系. 热最优路径法是一种无参数估计方法,通过引入两个时间序列之间的距离矩阵,将传统的经济问题转化为统计物理学中的经典概率传递模型,利用配分函数的递归运算,最终可以得出两序列之间动态的领先滞后关系.

首先,将两时间序列进行标准化,并通过式 (1) 求出其距离矩阵  $E_{X,Y}$

$$\varepsilon(t_1, t_2) = | X(t_1) - Y(t_2) | \quad (1)$$

其中,  $\{X\}$  和  $\{Y\}$  是两个具有相同长度的标准化后的时间序列. 如式 (1) 所示,矩阵元  $\varepsilon(t_1, t_2)$  表示时间序列  $\{X\}$  在时刻  $t_1$  的值与时间序列  $\{Y\}$  在  $t_2$  时刻的值之间的距离.

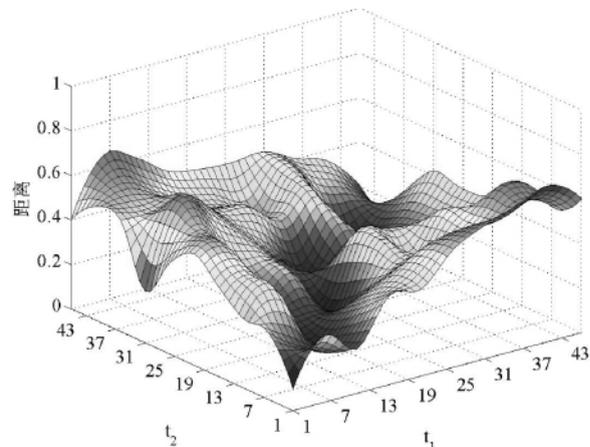


图 1 模拟数据的能量地貌 (距离矩阵)

Fig. 1 Energy landscape (distance matrix) of simulation data

图 1 给出了两组模拟数据 (滞后阶数为 0) 之间距离矩阵的三维图形, z 轴代表两时间序列之间的距离,或者称其为能量值. 谷底最深的曲线为两时间序列之间距离最小的点的集合,代表了不同时刻的领先滞后关系. 图中这条路径大致位于对角线的位置,说明两时间序列之间的领先 (滞后) 阶数基本保持在 0 阶左右,即两组数据是同步

变化的. 如果两时间序列存在不为零的领先(滞后)阶数, 则最底部的曲线将平行于对角线上移(下移). 图 1 为模拟数据作图的结果, 底部的路径在图中可以明显地观察到, 但是实际的经济金融数据, 包含大量的噪声, 并不是完全平稳的, 所以很难在能量地貌图中直接看出领先(滞后)阶数, 因此, 热最优路径法的核心问题便是利用各种方法寻找这条能量最低的路径.

将原能量矩阵做旋转处理

$$\begin{cases} t_1 = 1 + (t - x) / 2 \\ t_2 = 1 + (t + x) / 2 \end{cases} \quad (2)$$

通过式(2)的坐标旋转,  $t$  轴刚好为原坐标系中主对角线的方向,  $x$  轴与其垂直.

根据统计物理学的相关研究, 使用玻尔兹曼因子作为权重, 构建配分函数  $G$ . Zhou 和 Sornette(2006) 通过大量数值实验发现, 两层次算法能更好地解释两时间序列的领先(滞后)关系. 在这种算法下, 仅有沿垂直、水平和对角线方向的临近节点可达到给定节点, 配分函数的递归计算公式为

$$G(x, t+1) = [G(x-1, t) + G(x+1, t) + G(x, t-1)] e^{-\varepsilon(x, t+1)/T} \quad (3)$$

式(3)中的  $T$  代表了允许的温度,  $T$  越大, 允许偏离绝对最小能量点的概率就越大, 当  $T$  取 0 时, 就转化为求每个时间  $t$  对应的  $x$  的绝对最小值的问题. 由于实际所使用的数据不是完全平稳的, 并且是带噪的, 因此需要避免取过小的  $T$ , 以防止出现过度拟合的现象, 同时还要避免取过大的  $T$  以防大量有效信息的丢失.

最后, 计算热平均位置  $\langle x(t) \rangle$ . 根据配分函数可以计算, 在时间  $t$ , 每个点被取到的概率为  $G(x, t) / G(t)$ , 其中  $G(t) = \sum_x G(x, t)$ .  $G(x, t) / G(t)$  也就是在对角线上  $t$  点时与对角线间的距离为  $x$  的概率, 可见这个概率随着该点能量的增高而减小. 在  $t$  时刻的平均领先(滞后)阶数为

$$\langle x(t) \rangle = \sum_x x G(x, t) / G(t) \quad (4)$$

通过上述步骤, 可以求得每个时间点上的热平均位置, 即每个时间点上的领先(滞后)阶数.

采用在不同时间段具有不同领先滞后结构的模型数据进行试算, 可以发现热最优路径法能很好地捕捉到阶数的变化, 仅仅在阶数跃变时刻附近有一定的波动, 很快就可以平稳在模型的固定领先滞后阶数上.

为了检验热最优路径法的结果是否具有统计显著性, 本文引入了 bootstrap 的检验方法<sup>[26-28]</sup>. 将  $X$  和  $Y$  序列随机化, 求出两个随机序列的领先滞后曲线, 重复这一过程 1 000 次, 得到 1 000 条领先滞后曲线. 计算这 1 000 条领先滞后曲线的均值、以及对应于 2.5% 和 97.5% 分位数的曲线  $U(t)$  和  $L(t)$ . 若实际数据的领先滞后曲线  $x(t)$  高于  $U(t)$  或者低于  $L(t)$ , 则说明该结果能够通过显著性水平为 5% 的双侧检验.

## 2 中国股市“经济晴雨表”功能的实证研究

### 2.1 数据的选取

首先, 选取国内生产总值(GDP)来代表我国的宏观经济情况, 尽管这一指标的代表性并不充分, 但可以在一定程度上表征一国大致的经济运行状况, 目前大多数经济研究都以 GDP 作为宏观经济的重要指针. 本文使用了 1994 年第一季度到 2010 年第二季度的 GDP 季度同比增长率数据<sup>②</sup>.

此外, 选取上证综合指数来代表我国的股票市场运行状况, 尽管研究表明, 由于上证指数仅代表了我国约 70% 的上市公司, 而且它采用了全股本加权的方法, 使得虚涨虚跌的现象在近几年中普遍存在<sup>[29]</sup>. 但是, 由于上证指数与深圳成分指数的相关性较强, 而且由于使用了季度收益率数据, 很大程度上降低了虚涨虚跌效应的影响. 可以发现, 上证综合指数和沪深 300 指数的季度收益率(2002 年至 2010 年二季度)有着很强的相关性, 相关系数达到 0.972 7. 尽管沪深 300 指数的代表性要优于上证指数, 但是它的数据起点为 2002 年, 如果采用季度的沪深 300 指数数据, 则数

② 我国的 GDP 数据来自国泰君安数据库.

据点还不到 30 个,不能充分考察中国股票市场与宏观经济之间长期的领先滞后关系. 因此,在本研究中,与季度 GDP 相对应,使用了 1994 年第一季度到 2010 年第二季度的上证综合指数的季度收益率数据<sup>③</sup>.

### 2.2 实证结果

使用热最优路径法,将标准化后的上证指数季度收益率数据和 GDP 季度同比增长率数据作为原始输入序列,计算这两个时间序列在每个时点的热平均位置. 若热平均位置为正则代表股市领先于宏观经济;反之,若热平均位置为负,则代表股市滞后于宏观经济;热平均位置的数值则代表股市领先 GDP 的阶数(单位:季度). 如图 2 所示,为参数  $T$  取 2, 5, 10, 20 时的领先滞后阶数,尽

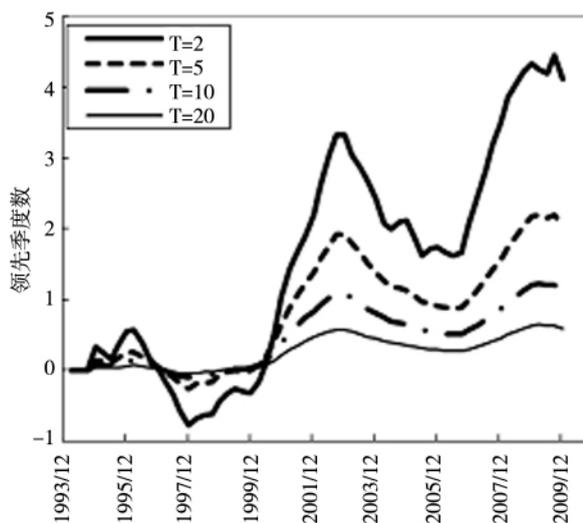


图 2 上证指数与 GDP 的领先滞后关系

Fig. 2 Lead-lag structure between SSE and GDP

下面,基于传统的交叉相关函数法,分阶段考察上证指数和 GDP 之间的领先滞后关系. 交叉相关函数的计算公式为

$$C_{X,Y}(\tau) = \langle X(t)Y(t + \tau) \rangle / \sqrt{Var[X]Var[Y]} \quad (5)$$

同样地,也对交叉相关函数的结果进行 bootstrap 双侧检验. 图 4 给出了两个时间序列在 2002 年之前和之后的交叉相关函数值  $Xcorr$  和

管其数值有一定的差别,但是变化趋势却是完全一致的. 通过与时差相关分析的结果对比并结合热最优路径法的数值实验表明,取参数  $T = 5$  时的领先(滞后)阶数较为准确.

如图 3 所示,  $x(t)$  为  $T = 5$  时的领先(滞后)阶数,  $U(t)$  和  $L(t)$  为 bootstrap 的双侧检验曲线,结果显示:在我们研究区间的初期,我国股市与宏观经济之间的关系并不明显,在 1994 年至 2001 年之间,“经济晴雨表”的作用基本没有体现;自 2002 年开始,股票市场对于宏观经济的领先性逐渐明显,股市基本领先于宏观经济两个季度左右,我国股市在 2002 年和 2008 年左右显著领先于宏观经济的增长,在其他区间内,这种领先关系并不显著.

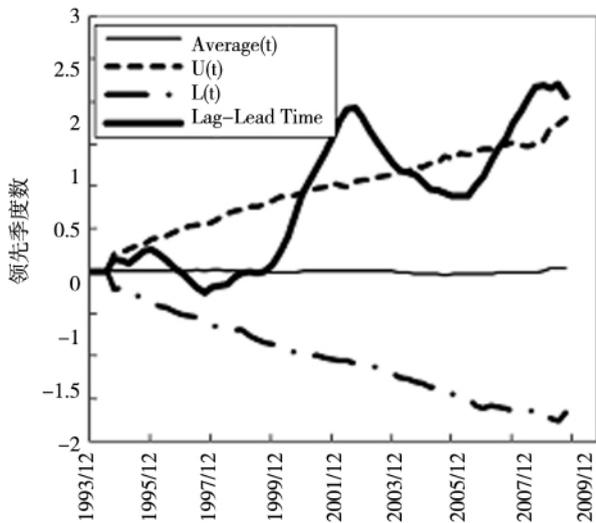


图 3 上证指数与 GDP 领先滞后关系的 bootstrap 检验

Fig. 3 Bootstrap test for the lead-lag structure between SSE and GDP

bootstrap 双侧检验曲线  $U(t)$  和  $L(t)$ . 图 4(a) 表明,在 2001 年之前我国股市和 GDP 之间不存在显著的领先滞后关系(交叉相关函数值均未通过双侧检验),而在 2002 年之后,股指领先于 GDP 变化大约 2 个季度,这验证了之前用热最优路径法得到的结论.

### 2.3 结果分析

股票市场是资本市场最重要的组成部分之

③ 我国的股指数据(上证综合指数和沪深 300 指数)来自国泰安数据库.

一, 股票市场依附于实体经济中的企业, 企业的盈利情况会影响股票价格的变动<sup>[30]</sup>, 与此同时, 人们对股票市场的预期也在一定程度上反映了企业未来盈利能力的预期<sup>[31]</sup>. 在西方发达国家,

很早就将股票市场当作宏观经济的晴雨表, 但是股票市场对国民经济产出的领先作用, 是建立在股票市场成熟、有效且具有一定规模的基础上的.

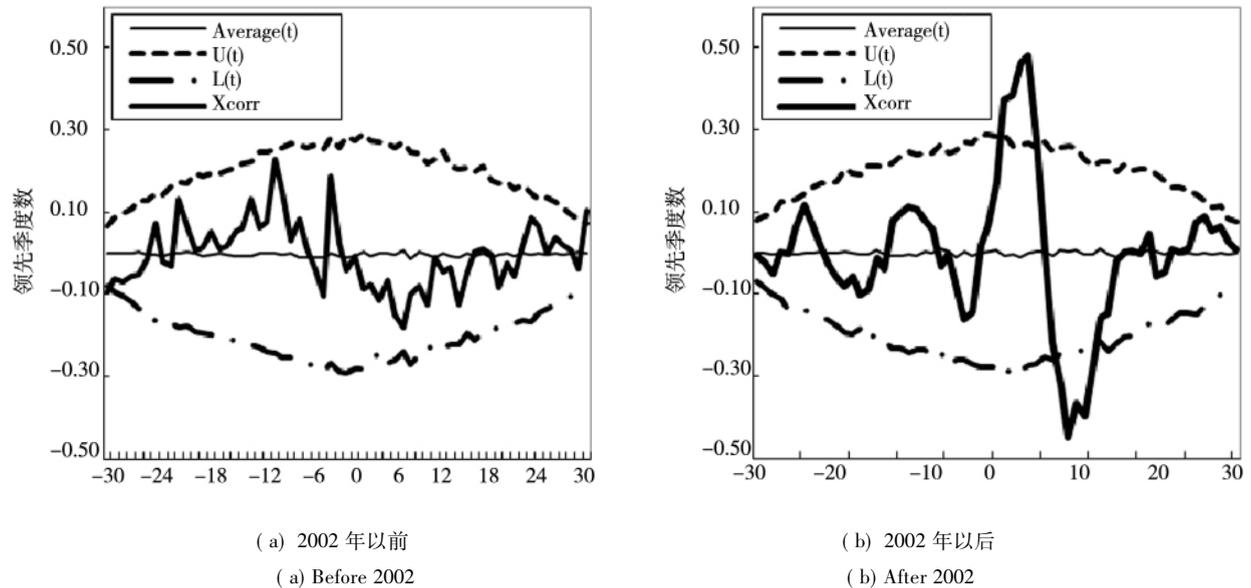


图 4 上证指数与 GDP 的交叉相关函数及 bootstrap 检验

Fig. 4 Cross-correlation function between SSECI and GDP with bootstrap tests

首先, 股市对实体经济的影响在一定程度上依赖于其规模的大小, 在我国股票市场发展初期, 总市值和流通市值的规模都较小<sup>④</sup>, 流通市值占 GDP 的比例很低. 由于上市公司数量有限, 且多为大型国企, 中小型企业较少, 股票市场很难表征对整个国民经济的预期情况, 因此, 对宏观经济的代表性较差. 而随着股票市场的日益成熟, 无论是总市值还是流通市值在近几年都有大幅增长, 流通市值占 GDP 的比例也有很大提高(见图 5 和图 6), 因此, 股票市场的“经济晴雨表”功能也就越来越明显. 由图 6 可见, 股票市值占 GDP 比例存在两个局部高点, 其时期正好和图 3 中具有显著领先关系的时期相吻合.

其次, 基于中国社会主义市场经济的发育、发展过程<sup>[32]</sup>, 我国股票市场的发展可划分为三大阶段(见图 7): 第一阶段是从 1990 年末沪深交易所和中国证券交易自动报价系统(STAQ) 两所一网的相继建立, 到 2001 年底中国加入 WTO, 这是中

国股市作为新兴市场的发育阶段; 第二阶段是从 2002 年初至 2005 年底, 这是我国股票市场更开放、规范和国际化的初步发展阶段, 但仍旧存在很多问题; 第三阶段是从 2006 年初至今, 由于 2005 年开始的股权分置改革在年底基本完成, 2006 年开始我国股票市场进入了更加健康的发展阶段. 可以看到, 这样的阶段划分刚好与我们得出的结论相一致, 在我国股市最初的发育时期, 由于各方面的规章制度都不够健全, 导致了我国股市并不能成为宏观经济的“晴雨表”. 2001 年底, 中国证券期货市场逐渐形成了以《公司法》和《证券法》为核心、以行政法规为补充、以部门规章为主体的系统的证券期货市场法律法规体系, 以此为标志, 中国股票市场进一步成熟, 2005 年 5 月开始的股权分置改革, 更使得中国股票市场进入了健康发展的新阶段, 资本市场对中国经济和社会的影响愈加重要, 因此股票市场的“经济晴雨表”作用在这一阶段也表现得更为显著.

④ 我国沪深两市的市值数据来自证监会证券市场统计月报.

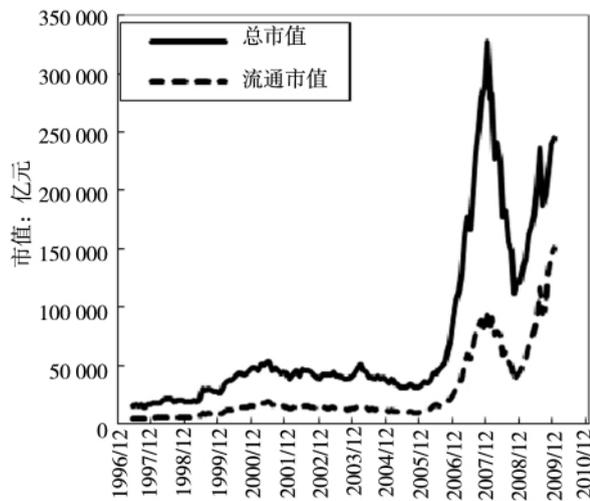


图5 沪深两市总市值和流通市值

Fig.5 Total and circulation market value in China

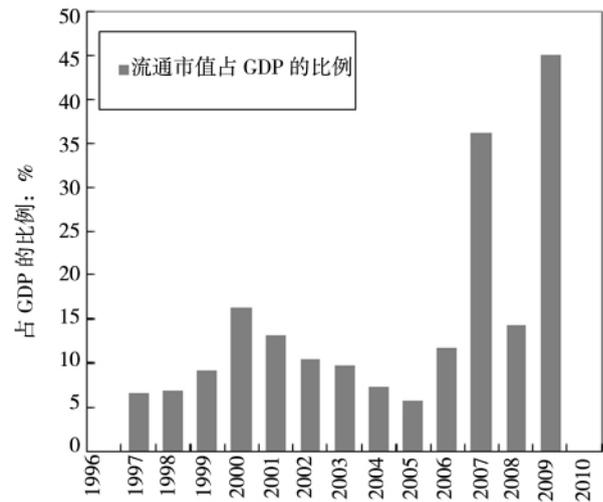


图6 沪深两市流通市值占GDP的比例

Fig.6. The ratio of circulation market value to GDP

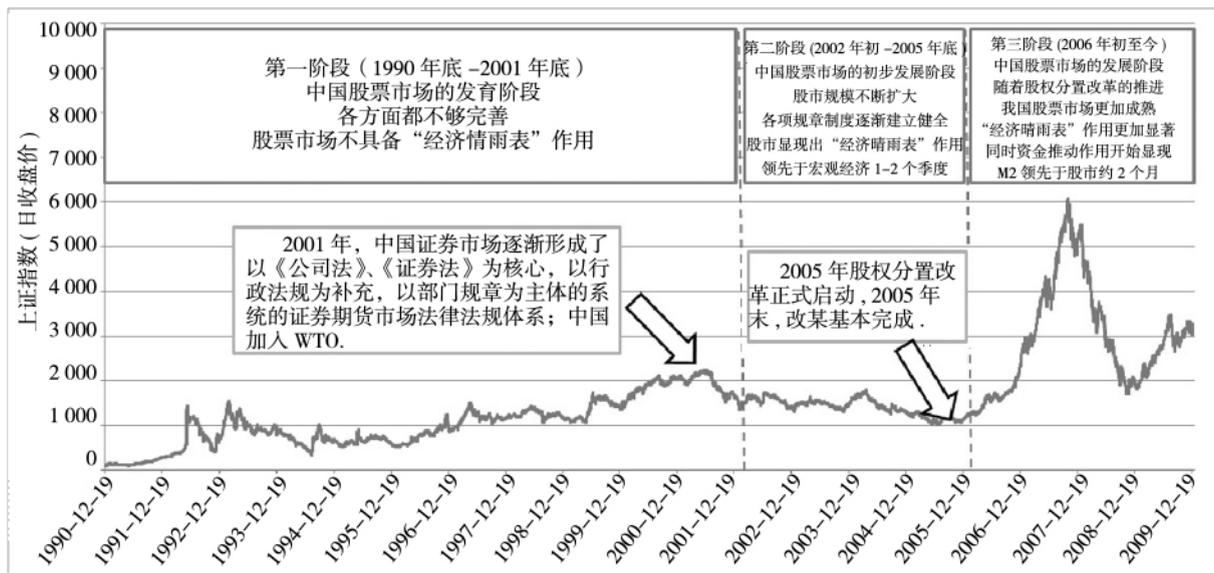


图7 中国股票市场发展的阶段划分

Fig.7 Three stages of the development of China stock market

用同样的方法考察了股票市场与货币供应量之间的关系,使用了广义货币(M2)<sup>⑤</sup>作为货币量的衡量指标,基于1996年1月至2010年8月的月度数据,用热最优路径法计算股票市场收益率与货币供应量之间的领先滞后关系.结果如图8所示,无论参数 $T$ 取何值,股市收益率与M2同比增长率之间的关系都在2005年底左右发生了跃变,即股权分置改革以后,我国股票市场收益率开

始滞后于M2同比增长率的变化,也就是说,货币供应量开始领先于股市的变动.同样选择参数 $T=5$ 的情况进行bootstrap检验,如图9所示, $\alpha(t)$ 为股票收益率相对于M2的领先阶数,在股权分置改革之后,市场的资金推动作用日趋显著,股票市场的收益率滞后于M2同比增长率约2-4个月,2007年11月,随着中国股市进入新一轮熊市,以及金融危机带来的影响,资金对股票市场的

⑤ 我国对货币层次的划分是: M0 = 流通中现金; 狭义货币(M1) = M0 + 企业活期存款 + 机关团体部队存款 + 农村存款 + 个人持有的信用卡类存款; 广义货币(M2) = M1 + 城乡居民储蓄存款 + 企业存款中具有定期性质的存款 + 信托类存款 + 其他存款

领先作用稳定在 2 个月左右. 由于货币供应量在一定程度上依赖于国家的货币政策, 因此, 这一结

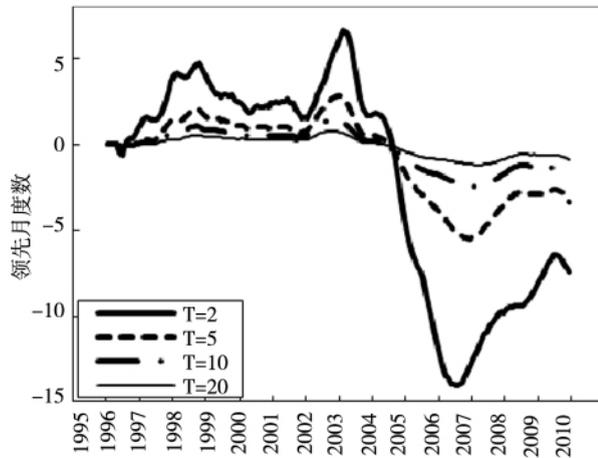


图 8 上证指数与 M2 的领先滞后关系

Fig. 8 Lead-lag structure between SSEC and M2

### 3 结束语

通过上面的分析可知, 以美国为代表的一些成熟股票市场, 由于发展时间较长, 股市规模较大, 其规章制度及相关的监管机制都较为完善, 因此与宏观经济的相关性较强, 长期表现出领先于宏观经济变化的趋势. 而中国股票市场建立时间较短, 2001 年之前尚属于市场的发育时期, 市场规模较小, 占 GDP 的比例远低于成熟的股票市场, 各方面的体制都不够健全, 因此, 与宏观经济的相关性较弱, 并没有体现出“经济晴雨表”的功能; 2001 年之后, 我国股市的规模逐渐扩大, 各方面的规章制度也逐渐建立、健全, 股票市场与宏观经济的相关性也逐渐明显, 上证综合指数的收益率领先于 GDP 增长率约 2 个季度; 2005 年股权分置改革之后, 我国股票市场的“经济晴雨表”作用更加显著. 与此同时, 资金对股票市场的推动作用也逐渐加强, 广义货币量 (M2) 领先于股票市场收益率 2-4 个月左右. 这也说明当货币当局过度运用货币政策来调控股市时, 也可能会扭曲股市对宏观经济的相关关系.

从方法论出发, 本文在热最优路径法的基础上, 提出了用 bootstrap 方法来检验所得到的领先滞后关系的显著性的方法, 并结合传统的交叉相

果也表明了货币政策对股票市场的影响越来越显著.

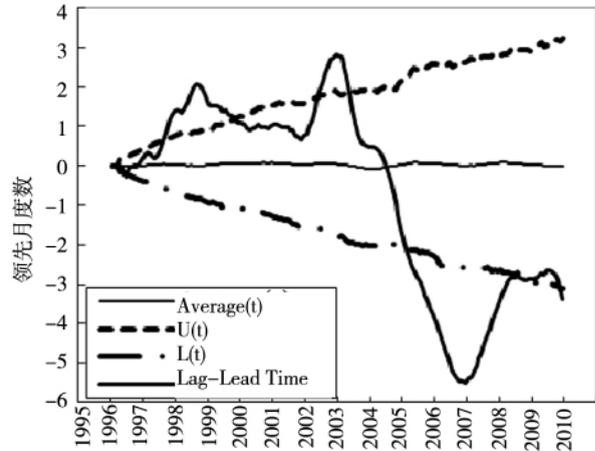


图 9 上证指数与 M2 领先滞后关系的 bootstrap 检验

Fig. 9 Bootstrap test for the lead-lag structure between SSEC and M2

关函数来验证不同时期领先滞后关系. 这不但验证了热最优路径法的有效性, 也进一步完善了该方法, 使热最优路径法具有更为可靠的统计学基础.

但是, 本研究存在一定的局限性. 首先, 用上证综合指数和 GDP 分别来代表我国股市和宏观经济具有一定的局限性, 如前文所述上证综指存在着虚涨虚跌的现象, GDP 也不能完全代表一国的经济运行状况.

其次, 在使用热最优路径法时,  $T$  的选取影响到领先(滞后)阶数的估计结果, 作者的研究基于对一些稳定的经济先行指标的分析, 将热最优路径法的计算结果与时差相关分析的结果相对应, 使用了  $T = 5$  作为最优参数, 而最优  $T$  的选取, 在理论上仍是没有完全解决的问题. 需要强调的是, 在不同参数的选择下, 虽然领先滞后阶数会有所不同, 其领先—滞后关系的转化却是一致的.

最后, 由于内外部环境的变化, 众多因素的交叉影响, 导致了股票市场与宏观经济之间的领先滞后结构是随时间动态变化的, 其系统的演化过程还需要用更为复杂的模型进行深入的探讨. 本研究仅局限于探讨股市是否领先于 GDP 的变化, 并解释领先滞后关系出现阶段性变化的原因, 并没有对领先滞后阶数的变化原因进行更深入的探讨.

## 参 考 文 献:

- [1] 成思危. 虚拟经济与金融危机 [J]. 管理科学学报, 1999, 2(1): 1-6.  
Cheng Siwei. Fictitious economy and financial crisis [J]. Journal of Management Sciences in China, 1999, 2(1): 1-6. (in Chinese)
- [2] 成思危. 虚拟经济的基本理论及研究方法 [J]. 管理评论, 2009, 21(1): 3-18.  
Cheng Siwei. Fundamental theory and research methodologies for fictitious economy [J]. Management Review, 2009, 21(1): 3-18. (in Chinese)
- [3] 成思危. 诊断与治疗: 揭示中国的股票市场 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2002: 56-74.  
Cheng Siwei. Diagnosis and Treatment: Revealing the Stock Market of China [M]. Beijing: China Economic Science Press, 2002: 56-74. (in Chinese)
- [4] Fama E F. Stock returns, expected returns, and real activity [J]. Journal of Finance, 1990, 45(04): 1089-1108.
- [5] Cheung Yin-Wong, Ng Lilian K. International evidence on stock market and aggregate economic activity [J]. Journal of Empirical Finance, 1998, 5: 196-281.
- [6] Barro R J. The stock market and investment [J]. Review of Financial Studies, 1990, 3(02): 115-131.
- [7] Schwert G W. Stock returns and real activity: A century of evidence [J]. Journal of Finance, 1990, 45(04): 1237-1257.
- [8] Ferson W E, Harvey C R. The risk and predictability of international equity returns [J]. Review of Financial Studies, 1993, 6(03): 527-566.
- [9] Marco Gallegati, Wavelet analysis of stock returns and aggregate economic activity [J]. Computational Statistics & Data Analysis, 2008, 52: 3061-3074.
- [10] 朱东辰, 余津津. 中国股市波动与经济增长关系的实证分析 [J]. 经济科学, 2003, (02): 32-39.  
Zhu Dongchen, Yu Jinjin. Empirical analysis of relationship between China stock market and economic growth [J]. Economic Science, 2003, (02): 32-39. (in Chinese)
- [11] 高大为, 魏巍. 经济增长与股票市场的关系——来自中国的实证研究 [J]. 工业技术经济, 2004, 23(06): 117-119.  
Gao Dawei, Wei Wei. Economic growth and stock market: Empirical analysis from China [J]. Industrial Technology & Economy, 2004, 23(06): 117-119. (in Chinese)
- [12] 冉茂盛, 胡国鹏, 王波. 股价指数与经济增长之间协整关系的实证分析 [J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2005, 28(04): 157-159.  
Ran Maosheng, Hu Guopeng, Wang Bo. Empirical analysis of linkages between stock exchange index and economic growth [J]. Journal of Chongqing University( Natural Science Edition), 2005, 28(04): 157-159. (in Chinese)
- [13] 孙霄翀, 高峰, 马菁蕴, 等. 上证综指脱离中国经济吗? ——兼论如何改进上证综指 [J]. 金融研究, 2007, (09): 173-183.  
Sun Xiaochong, Gao Feng, Ma Jingyun, et al. Does Shanghai stock exchange composite index deviate China's fundamentals? [J]. Journal of Financial Research, 2007, (09): 173-183. (in Chinese)
- [14] 温军, 赵旭峰. 我国股票市场、房地产市场与经济增长的关系 [J]. 统计与决策, 2007, (20): 90-92.  
Wen Jun, Zhao Xufeng. Stock market, real estate market and China's economic growth [J]. Statistics and Decision, 2007, (02): 90-92. (in Chinese)
- [15] 沈波涛, 林静. 我国股票市场弱“晴雨表”功效的解释: IS-LM 模型分析 [J]. 财经理论与实践, 2001, 22(114): 71-72.  
Shen Botao, Lin Jing. Weak form economy barometer analysis of China stock market based on IS-LM model [J]. The Theory and Practice of Finance and Economics, 2001, 22(114): 71-72. (in Chinese)
- [16] 刘俊民, 伍超明. 虚拟经济与实体经济关系模型——对我国当前股市与实体经济关系的一种解释 [J]. 经济研究, 2004, (04): 60-69.

- Liu Junmin, Wu Chaoming. A model of fictitious economy and real economy: An explanation of Chinese stock market deviating from real economy [J]. *Economic Research Journal*, 2004, (04), 60–69. (in Chinese)
- [17] 黄海燕. 中国股票市场与宏观经济 [J]. *宏观经济管理*, 2004, (02): 39–41.  
Huang Haiyan. China stock market and macro economy [J]. *Macroeconomic Management*, 2004, (02): 39–41. (in Chinese)
- [18] 李旭旦. 我国证券市场与宏观经济关系分析 [J]. *商业研究*, 2006, (19): 175–178.  
Li Xudan. Analysis of relationship between securities market and macro economy [J]. *Commercial Research*, 2006, (19), 175–178. (in Chinese)
- [19] 张利阳, 王逸辉. 股票市场价格与经济增长关系的实证分析 [J]. *统计与决策*, 2008, (04): 99–100.  
Zhang Liyang, Wang Yihui. Empirical analysis of relationship between stock market price and economic growth [J]. *Statistics and Decision*, 2008, (04), 99–100. (in Chinese)
- [20] 高春华, 李亚伟. 中国宏观经济与股票市场互动关系的分析 [J]. *经济研究导刊*, 2009, (39): 86–87.  
Gao Chunhua, Li Yawei. Interactive relationship between China macro economy and stock market [J]. *Economic Research Guide*, 2009, (39): 86–87. (in Chinese)
- [21] 朱宏泉, 卢祖帝, 汪寿阳. 中国股市的 Granger 因果关系分析 [J]. *管理科学学报*, 2001, 4(5): 7–12.  
Zhu Hongquan, Lu Zudi, Wang Shouyang. Granger causality analysis of stock markets in China [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2001, 4(5): 7–12. (in Chinese)
- [22] Mathias Binswanger. Stock market booms and real economic activity: Is this time different [J]. *International Review of Economics and Finance*, 2007, 9: 387–415.
- [23] Sornette Didier, Zhou Weixing. Non-parametric determination of real-time lag structure between two time series: The “optimal thermal causal path” method [J]. *Quantitative Finance*, 2005, 5: 577–591.
- [24] 周炜星. 金融物理学导论 [M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2007: 63–73.  
Zhou Weixing. *Introduction to Econophysics* [M]. Shanghai: Shanghai University of Finance & Economics Press, 2007: 63–73. (in Chinese)
- [25] Zhou Wei xing, Sornette Didier. Non-parametric determination of real-time lag structure between two time series: The “optimal thermal causal path” method with applications to economic data [J]. *Journal of Macroeconomics*, 2006, 28: 195–224.
- [26] Beran Rudolf. Prepivoting test statistics: A bootstrap view of asymptotic refinements [J]. *Journal of the American Statistical Association*, 1988, 83(403): 687–697.
- [27] 杨继生. 基于典型相关分析的无约束综列协整检验 [J]. *管理科学学报*, 2009, 12(4): 145–152.  
Yang Jisheng. Unrestricted panel cointegration test based on canonical correlation analysis [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(4): 145–152. (in Chinese)
- [28] 宫 雪, 郑桂环, 汪寿阳. 经济时序分析中的非线性诊断 [J]. *系统工程理论与实践*, 2008, 28(12): 93–98.  
Gong Xue, Zheng Guihuan, Wang Shouyang. Diagnosis of nonlinear properties in the economic time series [J]. *Systems Engineering: Theory and Practice*, 2008, 28(12): 93–98. (in Chinese)
- [29] 郭 琨, 成思危. 上证指数失真之究 [J]. *资本市场*, 2008, (08): 28–39.  
Guo Kun, Cheng Siwei. The distortion of Shanghai Composite Index [J]. *Capital Markets*, 2008, (08): 28–39. (in Chinese)
- [30] 杜 莘, 梁洪昀, 宋逢明. 中国 A 股市场初始回报率研究 [J]. *管理科学学报*, 2001, 4(4): 55–61.  
Du Shen, Liang Hongyun, Song Fengming. Empirical investigation of initial returns of China’s A-Share IPOs [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2001, 4(4): 55–61. (in Chinese)
- [31] 刘晓欣. 虚拟经济运行的行为基础——资本化定价 [J]. *南开经济研究*, 2003, (4): 42–45.  
Liu Xiaoxin. The basis on which the nominal economy is working: Capitalized pricing [J]. *Nankai Economic Studies*, 2003, (4): 42–45. (in Chinese)
- [32] 钟 瑛. 资本的激情与理性: 改革开放以来的中国证券市场 [M]. 北京: 当代中国出版社, 2003: 1–19.

Zhong Ying. From Crazy to Rational: The Capital Market in China [M]. Beijing: Contemporary China Publishing House, 2003: 1 – 19. ( in Chinese)

## **Economy barometer analysis of China Stock Market: A dynamic analysis based on the thermal optimal path method**

*GUO Kun*<sup>1</sup>, *ZHOU Wei-xing*<sup>2</sup>, *CHENG Si-wei*<sup>1</sup>

1. Research Center on Fictitious Economics and Data Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
2. School of Business, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China

**Abstract:** The real economy is closely related to the fictitious economy. The dynamics of stock market and economy interact with each other since the stock market is an important part of the fictitious economy. The relationship between stock market and macro-economy is nonlinear and dynamic, which is hard to quantify using conventional econometric tools. In this paper, the thermal optimal path method borrowed from Econophysics is adopted and improved to investigate the dynamic lead-lag structure between Shanghai Stock Exchange Composite (SSEC) index and the GDP of China. No lead-lag structure between SSEC and GDP is detected before 2002. In contrast, the SSEC is found to lead the GDP by about two quarters after 2002 at the significance level of 5%, which is validated by a two-sided bootstrap statistical test. The findings indicate that the Chinese stock market has been gradually acting as the barometer of the economy since 2002.

**Key words:** econophysics; optimal thermal path; economic barometer; stock market; macro-economy