

基于节点拓扑特征的中国基金公司共持网络持股行为波动相关性*

李华姣¹⁾²⁾³⁾ 安海忠^{1)2)3)†} 黄家宸⁴⁾ 高湘昀¹⁾²⁾³⁾ 石艳丽⁵⁾

1)(中国地质大学(北京)人文经管学院,北京 100083)

2)(国土资源部资源环境承载力评价重点实验室,北京 100083)

3)(中国地质大学(北京)资源环境管理实验室,北京 100083)

4)(中国地质大学(北京)能源学院,北京 100083)

5)(北京交通大学经济与管理学院,北京 100044)

(2013年9月28日收到;2013年10月29日收到修改稿)

选取2003—2012年期间半年度中国基金公司持上市公司股票份额面板数据为样本数据,以基金公司节点,以同一时刻共持同一家上市公司股票关系为边,以同一时刻共持的上市公司数量为权重,构建中国基金公司共持关系结构等价加权网络(简称共持网络).结合统计物理学等方法,分析了共持网络的拓扑结构稳定性及具有不同拓扑特征值的节点随时间演变过程中与共持网络中三类节点集合持股行为波动相关性.三类节点集合分别为 $t-1$ 时刻基于某一股票形成的共持关系完全连通子图节点集合(第一类节点集合)、 $t-1$ 时刻共持网络中非完全连通子图的节点集合(第二类节点集合)、 t 时刻新进入共持网络的节点集合(第三类节点集合).分析结果显示:1)节点与第二类节点集合持股行为波动呈正相关,且相关系数随着节点集聚系数的增强而增大;2)只有当节点的度和点强度值较高时,节点与第一类和第二类节点集合的持股行为呈正相关;3)不同拓扑特征条件下的节点与第三类节点集合的持股行为均不存在波动相关性.本文提供了一个研究持股行为相关性的新思路,并为进一步研究股票市场结构等价网络及节点重要性差异提供了基础.

关键词: 共持网络, 拓扑特征, 持股行为, 波动相关性

PACS: 89.65.Gh, 89.65.-s, 89.75.Fb

DOI: 10.7498/aps.63.048901

1 引言

随着经济物理学在金融领域的迅速发展,越来越多的学者将研究视角转向这一交叉领域^[1-8].复杂网络作为经济物理学的重要理论和方法,在股票市场相关问题的研究中得到了广泛的关注^[3-8].不少学者以不同国家某一时段的股票价格数据为实证研究对象,构建了以股票为节点,以任意两只股票价格变动率的相关性系数为边的复杂网络,分析了网络的层次结构、拓扑特征及鲁棒性等^[3,4].有

些学者基于某一区域中各国或某一国家中各省之间的上市公司相互投资构建复杂网络,探讨交叉投资网络的无标度及度分布特征,并分析了网络的拓扑特征的变化趋势^[5,6].部分学者通过对影响股票价格的因素,如各国油价、汇率、银行利息、股价指数、国家经济水平等的交互作用分析,构建复杂网络,预测股票的价格走势^[7].此外,也有学者通过分析股票收益率构建复杂网络,研究不同市场的拓扑特征^[8].然而,现存的大多数研究主要是以上市公司本身及上市公司相互之间的关系为研究对象,很少有学者针对上市公司股东以及股东之间的关

* 国家自然科学基金(批准号:71173199)、教育部人文社会科学研究规划基金(批准号:10YJA630001)和中央高校基本科研业务费(批准号:2-9-2013-04)资助的课题.

† 通讯作者. E-mail: ahz369@163.com

系进行研究.

股东作为上市公司的投资者和所有者,其相互关系是股票市场资本结构和稳定性的重要决定因素之一.随着各国股票市场的发展和完善,投资者的机构化现象成为各国股票市场的普遍发展规律.基金及其所属管理公司作为机构投资者的重要组成部分,在选择股票的过程中相比普通股民相对更加理性,其依靠自身专业和社会资源获取充分的信息,在此基础上选择和制定股票投资组合^[9].研究发现,基金公司之间可能因为投资决策工具的相似性、基金经理之间存在正式或非正式的信息沟通、基金公司地理位置一致性等因素,在股票投资过程中呈现较强的相关性^[10,11].研究同时发现,基金公司的股票投资行为与股票价格波动及股票收益风险等呈现较强的相关性^[12,13].因此,不同基金公司股票投资行为的相关性可能会形成某一只股票或多只股票同步买入或卖出的行为,导致股价的瞬间涨跌,从而影响股市的稳定.研究上市公司基金股东的持股行为相关性,有助于分析机构股东结构的稳定性并发现股票市场潜在的波动风险.

相关性分析作为统计分析的重要方法之一,在股票市场得到了广泛的应用.目前已有的研究成果主要从实证分析的角度,分析地区内股票价格之间^[14,15]、不同地区股价之间^[16]、股价与经济环境(如金融危机)之间^[17]、股票收益与不动产收益之间^[18,19]、股票指数与货币汇率之间^[20]、股票指数与原油价格之间^[21,22]、股票投资选择与股价变动之间^[23]的波动相关性等.随着Shiller和Pound^[24]通过问卷调查的方式发现不同的机构投资者在选择股票过程中存在相互影响的现象,越来越多的学者开始研究机构投资者(含基金公司)股票投资过程中的相关性及其决定因素,例如:地理因素^[25]、公共信息获取的能力^[26]、基金公司之间关系^[12]等.通过文献分析可以发现,基金公司在进行股票投资选择时,存在一定的相关性,但相关系数随着基金公司之间属性的不同而存在着差异.目前学者们对于造成这种差异的主要因素以及内在的变动规律和演化机制还没有形成统一的意见.

通过文献分析发现,在运用复杂网络解决股票市场相关问题过程中,学者们主要考虑的是基于股东直接持股关系构建的股东-上市公司网络,在直接关系网络中存在两个或两个以上股东在同一时间共同持有某一上市公司股票的行为,由此可以衍生出共持网络.这种衍生网络随时间演化过程中

的稳定性及不同拓扑特征的节点与不同类别的网络节点集合之间的持股行为(增持、减持和持股量不变)波动相关性是本文的主要研究内容.本文通过引入统计物理学的思想,从节点拓扑特征角度出发,探究基金公司持股行为波动相关性的内在影响因素及其变动机制.

2 数据和方法

2.1 数据

本文使用的数据是从CSMAR金融研究数据库(<http://www.gtarsc.com/>)中的“中国上市公司股东研究数据库”获取的.数据为2003年至2012年上海证券交易所和深圳证券交易所定期公告的基金持股情况半年度数据(共20组).数据属性为证券代码、统计截止日期、基金代码、基金名称、基金管理公司名称、持有股数、持股比例等.

为了提高数据处理的便捷性及辨识度,数据处理过程中把基金管理公司进行了统一编码,编码规则为以“FC”开头、四位数字结尾的六位字符数字混合码,每一个代码仅代表唯一一家基金管理公司,例如“FC0001”代表“长盛基金管理有限公司”、“FC0002”则代表“国泰基金管理有限公司”等.为了更好地测试波动相关性的显著性,截取了单一基金公司持单一股票比例 $> 1\%$ 的数据项,数据截取后基金公司数量与原始基金公司数量如图1所示.图1中20组数据截取样本量占原始数据量的比例介于 $[0.829, 0.966]$ 之间,样本具有较好的代表性.

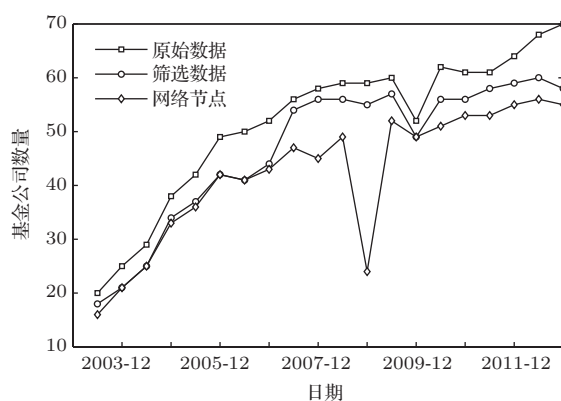


图1 原始数据量和样本量及网络节点数量示意图(20组)

2.2 方法

2.2.1 共持网络构建

Wasserman等^[27]提出当网络中A和B两个节点同时与C节点同向关联时,A和B存在结构等

价关系, 具有结构等价关系的节点间存在着竞争关联的关系. 本文以基金公司节点, 基金公司的共持关系为边, 以同一时刻任意两个基金公司共同持股的上市公司数量为权重, 构建了中国基金公司无向加权共持关系结构等价网络 (简称共持网络). 基于某一股票的基金公司共持关系构建过程如图 2 所示. 根据某一只股票的直接基金持股网络子图 (图 2(a)), 可以建立基金股东之间的共持关系完全连通子图 (图 2(b)). 在构建共持关系过程中, 任意两个基金股东可能在

同一时间共同持有多家上市公司股票, 如图 3 所示. 图 3 展示了编号为 FC0001 和 FC0002 的两家基金公司在 2003 年 6 月 30 日的持股情况, FC0001 持 19 家上市公司的股票, FC0002 持 20 家上市公司的股票, 而在 FC0001 和 FC0002 所持股票中, 共持了四家上市公司的股票, 因此 2003 年 6 月 30 日的共持网络中, FC0001 和 FC0002 之间连边的权重为 4. 图 4 为基于上述共持网络构建规则所构建的共持网络, 20 组共持网络节点的个数如图 1 所示.

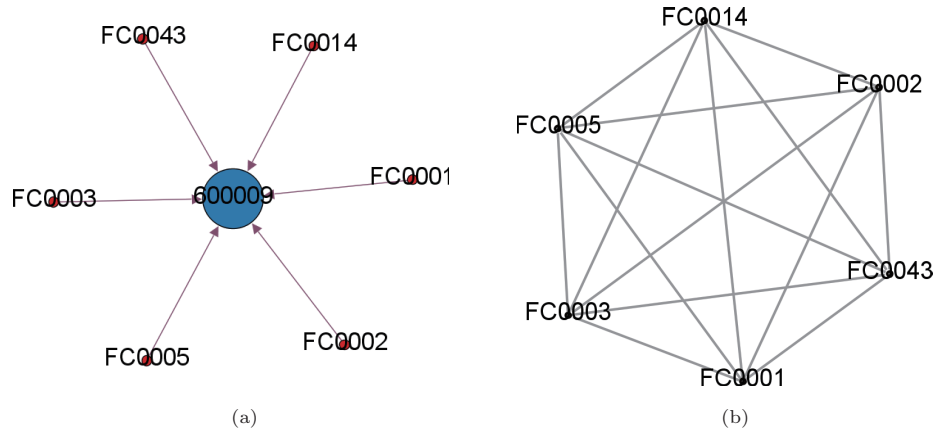


图 2 以证券代码为 600009 的股票 2003 年 6 月 30 日持股比例 > 1% 的基金公司为例, 单一股票基金公司持股及基金公司共持关系示意图 (a) 单一股票基金公司持股直接关系子图; (b) 基于单一股票构建的基金公司共持关系图

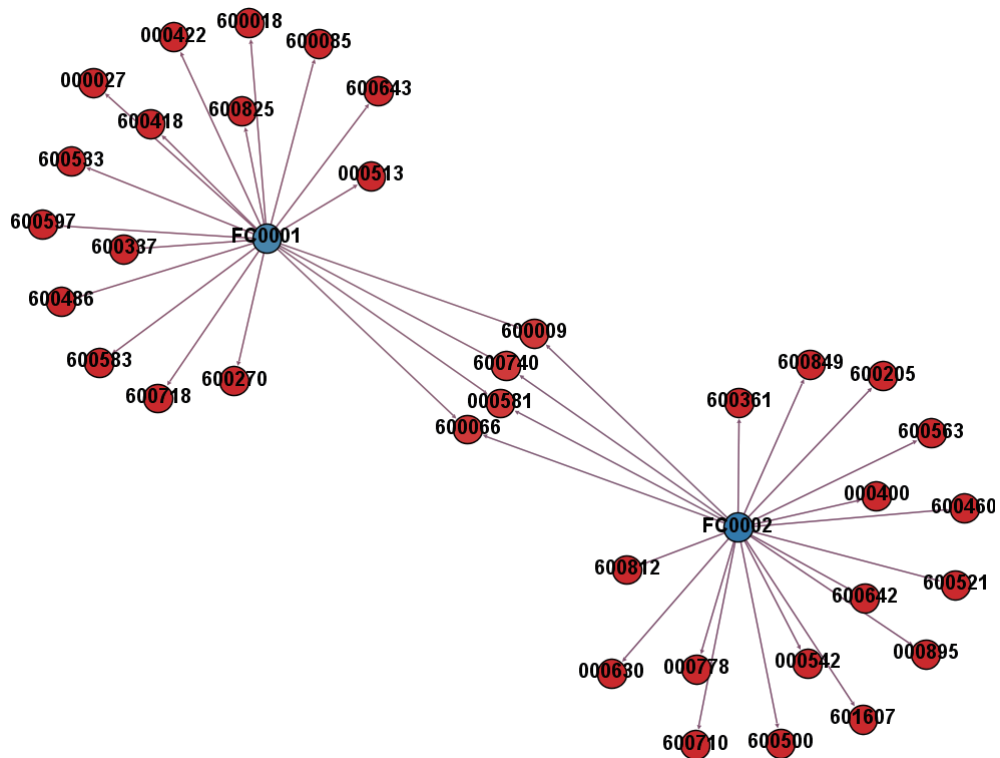


图 3 以代码为 FC0001 和 FC0002 的两家基金公司 2003 年 6 月 30 日持股比例 > 1% 的股票为例; 基于两个基金公司持上市公司股票形成的持股直接关系网络子图

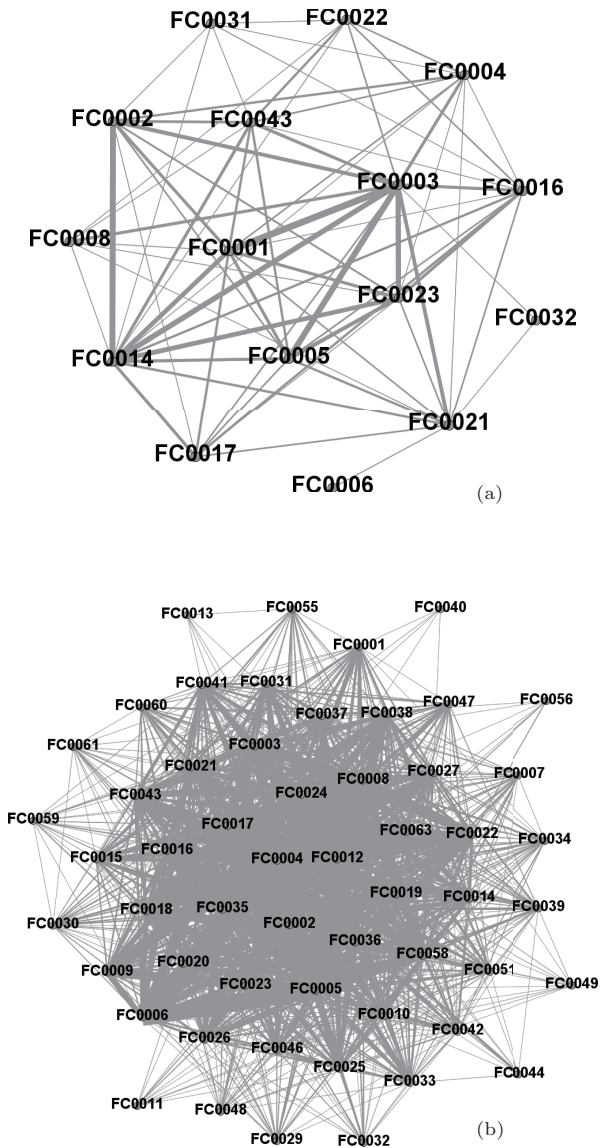


图4 不同时刻基于持股关系构建的基金公司共持网络 (a) $t = 1$ (2003年6月30日); (b) $t = 20$ (2012年12月31日)

2.2.2 网络拓扑结构

基金公司作为上市公司的持股股东,其持股行为的变化会造成整个股价系统的变化^[28].作为节点的基金公司在网络中的重要程度不尽相同^[29],本文围绕基金共持网络演化过程中具有不同拓扑特征的节点与不同类别的网络节点集合的波动相关性进行研究,节点拓扑特征主要分析度、点强度、集聚系数三个方面.

首先,共持网络中节点的度值反映了共持网络中与某一基金具有共持关系的基金公司数量,此时不考虑边的权重,只考虑共持网络中任意节点之间是否存在边.节点度值的定义为

$$r_{i,t} = \sum_{j=1}^N e_{ij,t}, \quad (1)$$

其中, $r_{i,t}$ 代表 t 时刻共持网络 N_t 中节点 i 的度值; N 为共持网络 N_t 中节点的个数; $e_{ij,t}$ 代表任意两个节点连接属性,取值为0或1,其中0代表两节点之间无连接,即同一时间没有共持任意一家上市公司股票,1代表两节点有连接,即同一时间至少共持一家上市公司股票.

由(1)式可知, $r_{i,t}$ 值越大,代表节点 i 在 t 时刻共持网络 N_t 内与其他节点之间的连通度越高.

其次,在计算度值的基础上,对同一时间任意两家基金公司之间的共持上市公司的数量进行了分析,计算了任意节点的点强度.点强度不仅考虑了网络节点的近邻数,同时也考虑了节点间的权重,从而能够综合体现该节点局域信息^[30].点强度的定义为

$$s_{i,t} = \sum_{j=1}^n w_{ij,t} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N), \quad (2)$$

其中, $s_{i,t}$ 代表 t 时刻共持网络 N_t 中节点 i 的点强度值, n 代表共持网络 N_t 中与节点 i 连接的节点个数 ($n = r_{i,t}$), N 代表共持网络 N_t 中所有节点的个数, $w_{ij,t}$ 代表共持网络 N_t 中节点 i 到节点 j 的权重.

由(2)式可知,节点的点强度越大,表示该基金公司(节点)在 t 时刻与其他基金公司之间的共持上市公司数量越多,该点与网络中其他节点联系的紧密度越强.

第三,在计算节点度值和点强度值的基础上,进一步计算了节点的集聚系数,节点的集聚系数代表着节点的邻接节点之间的关联程度,由于构建的共持网络为加权网络,因此在计算过程中采用加权集聚系数进行测算,定义为^[31,32]

$$c_{i,t} = [1/(s_{i,t}(r_{i,t} - 1))] \times \sum_{j,k} \frac{(w_{ij,t} + w_{ik,t})}{2} \times e_{ij,t} \times e_{ik,t} \times e_{jk,t}, \quad (3)$$

其中, $c_{i,t}$ 代表 t 时刻共持网络 N_t 中节点 i 的集聚系数; $r_{i,t}$ 代表 t 时刻共持网络 N_t 中节点 i 的度值; $s_{i,t}$ 代表 t 时刻共持网络 N_t 中节点 i 的点强度值; $w_{ij,t}$ 代表共持网络 N_t 中节点 i 到节点 j 的权重; $w_{ik,t}$ 代表共持网络 N_t 中节点 i 到节点 k 的权重; $e_{ij,t}$ 代表节点 i 和节点 j 的连接属性; $e_{ij,t} \times e_{ik,t} \times e_{jk,t}$ 用来表示节点 i, j, k 是否构成三角形,值为1表示三个节点之间都有边相连,可以构成三角形,0表示三个节点构不成三角形.

由(3)式可知,节点的加权集聚系数越大,表明与该基金公司(节点)相连的其他基金公司之间的联系越紧密.

2.2.3 持股行为波动相关性

Pareek^[10]发现,同一时间共同持有同一只股票的两个基金公司在持股行为中表现出相关性.基于这种共同持有的行为所构建的共持关系即 Wsserman 和 Fraut^[27]所定义的结构等价关系的一类,其节点之间存在着竞争关联关系.为了判定这种关联关系是否受到节点在共持网络中的拓扑特征值的影响,以及节点与网络其他节点集合之间持

股行为波动的相关范围和程度,本文在综合分析和计算的基础上构建了节点与不同节点集合的相关性回归方程.

首先,在确定了节点的度值、点强度值、集聚系数数值的基础上,进一步确定了基于拓扑特征值的节点选取规则.为能够更清楚地比较和分析三个拓扑特征取值的差异对节点与网络节点集合的持股行为波动相关性的影响,选取了20个时刻节点的交集,分别计算了这些节点在20个时刻共持网络中的节点度、点强度、集聚系数的均值,并选取了最大值、中位值、最小值对应的节点作为对象进行波动相关性的研究.节点的选取规则如(4)式所示:

$$\left\{ \begin{array}{l} I_a \leftarrow \max \\ I_b \leftarrow \text{med} \\ I_c \leftarrow \min \end{array} \left(\text{avg} \left(\sum_{t=1}^{20} r_{it} \right) \right) \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} I_d \leftarrow \max \\ I_e \leftarrow \text{med} \\ I_f \leftarrow \min \end{array} \left(\text{avg} \left(\sum_{t=1}^{20} s_{it} \right) \right) \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} I_g \leftarrow \max \\ I_h \leftarrow \text{med} \\ I_k \leftarrow \min \end{array} \left(\text{avg} \left(\sum_{t=1}^{20} c_{it} \right) \right) \right. \end{array} \quad \left(i = 1, 2, 3, \dots, M, M = \text{card} \left(\bigcap_{t=1}^{20} N_t \right) \right). \quad (4)$$

其次,节点选取后需要判定节点与节点集合相关性的影响范围,根据网络构建规则,将网络中的节点集合划分为三种类型:第一类为 $t-1$ 时刻与选定节点 i 共持某一指定股票 j 的节点集合(基于股票 j 所构建的完全连通子图中的节点结合,用 $F_{j,t-1}$ 表示,以下简称第一类节点集合);第二类为 $t-1$ 时刻存在于共持网络 N_{t-1} 中但未持某一指定股票 j 的节点集合(用 $N_{t-1}-F_{j,t-1}$ 表示,以下简称第二类节点集合);第三类为 t 时刻新进入共持网络 N_t 中的节点集合(用 N_t-N_{t-1} 表示,以下简称第三类节点集合).

根据 Pareek^[10]持股行为相关性的计算方法,分别假设选取的节点 i 与共持网络中三种不同节点集合之间持股行为波动存在线性相关性,建立多元回归方程如下:

$$\begin{aligned} \Delta H_{i,t}^j = & \beta_0 + \beta_1 \Delta H_{F_{j,t-1}-i,t}^j \\ & + \beta_2 \Delta H_{N_{t-1}-F_{j,t-1},t}^j \\ & + \beta_3 \Delta H_{N_t-N_{t-1},t}^j + \varepsilon_{i,t}^j, \end{aligned} \quad (5)$$

其中, $\Delta H_{i,t}^j$ 代表从 $t-1$ 时刻到 t 时刻节点 i 对股票 j 的持股比例的变化值; $\Delta H_{F_{j,t-1}-i,t}^j$ 代表第一类节点集合去除节点 i 后的其他所有点在 $t-1$ 时刻到 t 时刻之间对股票 j 的持股比例平均值的变化情况; $\Delta H_{N_{t-1}-F_{j,t-1},t}^j$ 代表第二类节点集合在 $t-1$ 时刻到 t 时刻之间对股票 j 的持股比例平均值的变化情况; $\Delta H_{N_t-N_{t-1},t}^j$ 代表第三类节点集合对股票 j 的持股比例平均值的变化情况; β_0 为常数项, $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ 分别为节点 i 与网络中三种不同节点集合之间持股行为波动相关系数,通过正规方程组估计出回归系数向量; $\varepsilon_{i,t}^j$ 为随机扰动项,其方差 σ^2 用残差平方和除以自由度来估计;回归方程检验使用 t 检验的方法(适用于样本含量较小的),验证其显著性水平;回归方程拟合优度 R^2 值通过离差平方和与回归平方和的比值确定.

由(3)式可知,节点与节点集合之间持股行为同向波动时,相关系数大于0,代表着节点与节点集合之间存在持股行为同步关联现象;异向波动时,相关系数小于,代表着节点与指定节点集合之间存

在持股竞争行为, 即一方增加持股另一方则选择减少持股.

3 计算结果与分析

3.1 共持网络的演化特征——稳定性

稳定性系数是衡量网络演化特征的重要参数之一, 网络中节点的变化是衡量网络稳定性的重要因素. 在计算分析过程中, 采取自相关函数 $R_f(t)$ 计算共持网络随着时间变化的节点稳定系数, 计算公式如下 [33]:

$$R_f(t) = \frac{N_t \cap N_{t-1}}{N_t \cup N_{t-1}}, \quad (6)$$

其中, $R_f(t)$ 代表 $t-1$ 时刻到 t 时刻网络节点集合的稳定系数; N_t 表示 t 时刻的共持网络中的所有节点集合; N_{t-1} 则表示 $t-1$ 时刻的共持网络中的所有节点集合; $N_t \cap N_{t-1}$ 表示 $t-1$ 时刻和 t 时刻共存的节点集合; $N_t \cup N_{t-1}$ 表示 $t-1$ 时刻和 t 时刻出现的所有节点集合.

由 (6) 式可知, $R_f(t)$ 值越大, 代表着演化过程中网络的节点稳定性越高. 将 20 组共持网络的节点集合代入 (6) 式, 可以计算出共持网络随时间演化的稳定系数, 计算结果如图 5 所示. 结果显示, 共持网络在演化过程中稳定系数随着时间的变化总体呈现上升的趋势. 共持网络稳定性受到股市环境及相关事件的影响, 例如在 Δt 处于 11—12 和 13—14 时间段 (2008 年) 网络节点稳定系数突然骤减, 到 13—14 时间段 (2009 年) 之后稳定系数又快速上升至正常水平. 通过对稳定系数较低的时间段与股市相关的事件分析发现, 2008 年经历了金融危机、国内股市大跌等多重事件, 对基金持股形成了巨大的冲击, 很多基金公司选择退出或者采取分散投资的策略 (大多数基金公司采取对单一股票持股比率低于 1% 的策略), 从而导致在计算网络稳定性时出现稳定性系数骤减的现象.

3.2 波动相关性计算

根据 (1)—(4) 式分别计算了 20 个统计时刻的共持关系网络中同时存在的各节点三个拓扑特征值——度、点强度、集聚系数. 确定了各拓扑特征值的平均值取值最大、最小及中位值所对应的节点. 其中, $\text{avg}(\sum_{i=1}^{20} r_{it})$ 和 $\text{avg}(\sum_{i=1}^{20} s_{it})$

的最大值对应的节点为同一个节点“FC0004”, 而“FC0004”又恰好是 $\text{avg}(\sum_{i=1}^{20} c_{it})$ 值最小的点; $\text{avg}(\sum_{i=1}^{20} r_{it})$ 的最小值对应的节点“FC0023”又恰好是 $\text{avg}(\sum_{i=1}^{20} c_{it})$ 取值最大的点; 其他根据拓扑特征平均值取出来的节点则各不相同. 因此可以看出, 这三个分析角度所确定的节点虽然存在部分重合的现象, 但相互之间相对独立, 不存在绝对的一致性, 可以形成三个不同的分析角度和依据.

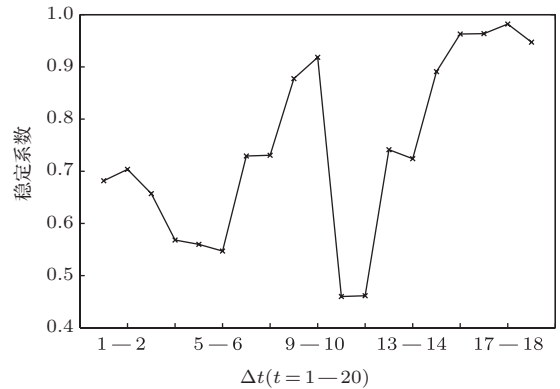


图 5 共持网络稳定系数演变

在确定了具有不同拓扑特征值的节点基础上, 对选定的各节点的持股量与三种具有不同网络特征的节点集合的持股数量平均值的波动进行了迭代计算, 将计算出的数据矩阵通过 Eviews6.0 软件的多元线性回归函数“LS, Y, X1, X2, X3, C”计算出 (5) 式中的系数值 (函数运行结果如表 1 所示). 其中 Y, X1, X2, X3, C 分别代表 (5) 式中的 $\Delta H_{i,t}^j$, $\Delta H_{F_j,t-1-i,t}^j$, $\Delta H_{N_{t-1}-F_j,t-1,t}^j$, $\Delta H_{N_t-N_{t-1},t}^j$ 和 β_0 . 根据各点的运行结果整理得出表 2, 表 3 和表 4.

3.3 波动相关性分析

通过计算结果分析可以看出, 基于三种不同拓扑特征所选择的平均值最大值、最小值、中位值所对应的节点, 其持股行为的波动只与第一类和第二类节点集合存在相关性, 即持股的波动相关性只存在于 $t-1$ 时刻的节点和节点集合之间. 这一分析结果印证了 Pareek [10] 的观点, 即共同持有同一股票的两个基金公司存在信息的沟通和传递, 在持股行为中表现出相关性. 这种相关性不仅表现在共持某一指定股票的完全连通子网络节点集合 (第一类节点集合) 之间, 还表现在同一时间通过对其他股票持股所形成的共持结构等价关系子网络叠加而成的网络节点之间 (第二类节点集合).

表1 Eviews 多元线性回归函数运行结果 (以节点 FC0021 为例)

Dependent Variable: Y				
Method: Least Squares				
Date: 09/02/13 Time: 09 : 54				
Sample (adjusted): 2003S1 2012S1				
Included observations: 19 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X1	0.630832	0.710771	0.887532	0.3888
X2	1.683226	6.678836	0.252024	0.8044
X3	-0.040613	0.569000	-0.071377	0.9440
C	-1.949256	1.170413	-1.665443	0.1166
R-squared	0.052405	Mean dependent var		-2.496900
Adjusted R-squared	-0.137115	S.D. dependent var		3.026949
S.E. of regression	3.227804	Akaike info criterion		5.366145
Sum squared resid	156.2808	Schwarz criterion		5.564974
Log likelihood	-46.97838	Hannan-Quinn criter		5.399795
F-statistic	0.276513	Durbin-Watson stat		2.800527
Prob (F-statistic)	0.841442			

表2 基于平均度选择的三个节点及相关性系数计算结果

节点选择依据	$\text{avg}\left(\sum_{t=1}^{20} r_{it}\right)$		
选择节点	MAX FC0004	MED FC0021	MIN FC0023
X1	0.884381 (0.0141)	0.630832 (0.3888)	0.171254 (0.7059)
X2	14.97799 (0.0082)	1.683226 (0.804)	18.01715 (0.0196)
X3	0.003250 (0.9955)	-0.040613 (0.9440)	-0.155392 (0.9299)
C	-6.300687 (0.0001)	-1.949256 (0.1166)	-3.642735 (0.0011)
R-squared	0.554009	0.052405	0.347299

注: 括号中数字为 t 检验的显著性水平, 通常取 0.05 作为显著性水平检验临界值.

表3 基于平均点强度选择的三个节点及相关性系数计算结果

节点选择依据	$\text{avg}\left(\sum_{t=1}^{20} s_{it}\right)$		
选择节点	MAX FC0004	MED FC0022	MIN FC0001
X1	0.884381 (0.0141)	0.853584 (0.2064)	0.547898 (0.4117)
X2	14.97799 (0.0082)	1.421165 (0.6122)	5.067231 (0.3726)
X3	0.003250 (0.9955)	1.625969 (0.4130)	-0.787376 (0.6729)
C	-6.300687 (0.0001)	-3.322720 (0.0011)	-3.116572 (0.0009)
R-squared	0.554009	0.155167	0.105835

注: 括号中数字为 t 检验的显著性水平, 通常取 0.05 作为显著性水平检验临界值.

表 4 基于平均集聚系数选择的三个节点及相关性系数计算结果

节点选择依据	$\text{avg}\left(\sum_{t=1}^{20} c_{it}\right)$		
选择节点	MAX	MED	MIN
	FC0023	FC0016	FC0004
X1	0.171254 (0.7059)	1.228940 (0.0710)	0.884381 (0.0141)
X2	18.01715 (0.0196)	15.05250 (0.0569)	14.97799 (0.0082)
X3	-0.155392 (0.9299)	—	0.003250 (0.9955)
C	-3.642735 (0.0011)	-4.858466 (0.0015)	-6.300687 (0.0001)
R-squared	0.347299	0.282561	0.554009

注: 括号中数字为 t 检验的显著性水平, 通常取 0.05 作为显著性水平检验临界值.

节点与第一类和第二类节点集合的持股行为波动呈正相关, 即节点与两类集合的持股行为波动是同方向的, 存在着对同一只股票同增持、同减持的现象, 反映了结构等价网络中节点行为的关联性. 与此同时, 对于同增持、同减持的现象的研究, 有助于分析基金公司持股行为对股价稳定性和波动幅度的影响.

通过显著性检验可知, 节点的度以及点强度只有在平均值取值最大时, 节点与第一类和第二类节点集合的持股行为是显著正相关的; 节点与第二类节点集合之间的持股行为波动显著正相关, 相关系数随着集聚系数的增加而增大, 即选定节点的相邻节点之间联系越紧密, 其持股行为的波动与节点集合的波动相关系数越大. 由此可知节点的集聚系数可以作为进一步判定共持网络节点与节点集合持股行为波动相关性的重要参数. 而所有节点的多元线性回归方程中回归系数 β_3 的 t 检验显著性介于 [0.4130, 0.9955] 之间, 远高于 0.05 的基本要求, 检验均不通过, 也就是说 $\Delta H_{i,t}^j$ 与 $\Delta H_{N_t - N_{t-1}, t}^j$ 之间持股波动存在相关性的假设不成立, 即基于拓扑特征值所选定的各节点与第三类节点集合的持股行为均不存在相关性.

4 讨论与结论

本文通过基金公司的持股情况, 构建了结构等价的基金公司共持网络, 通过计算网络演化过程中各节点的拓扑特征, 分析了具有不同拓扑特征值的节点与不同类别的网络节点集合之间的持股行为波动相关性. 通过计算和分析发现, 基金公司作为股票市场的重要股东, 其相互之间持股存在一定的

波动相关性. 通过基金公司共持关系所构建的结构等价网络中节点与不同节点集合之间的相关性存在着差异. 主要研究成果如下:

1) 节点与第二类网络中的节点集合波动相关系数随着节点集聚系数的增强而加大, 且显著性检验通过, 从而确定集聚系数可以作为进一步分析节点与共持网络节点集合持股行为波动相关性的重要分析依据;

2) 只有节点的度值和点强度较高时, 节点与第一类和第二类的节点集合的持股行为是正相关的, 因此节点的两个拓扑特征——度和点强度的取值大小对节点和节点集合的持股波动相关性具有影响;

3) 具有不同拓扑特征的节点与第三类节点集合持股行为不存在波动相关性, 即新进入网络的节点的持股选择与共持网络中已有的节点的持股行为不存在必然的联系.

研究成果为进一步研究股票市场结构等价网络的持股行为以及分析复杂网络在实证研究过程中节点的重要性差异提供了基础. 但由于中国基金公司起步相对较晚, 目前持股数据最早可以追溯到 2003 年, 相比美国、日本等发达国家, 数据研究期间相对较短. 与一些发达国家的完善的季度信息披露不同, 中国的季度披露数据不完善, 在进行样本选择时, 为保障数据的完整性和可对比性, 只能以半年度数据为样本. 因此, 相比国外的一些研究成果, 拟合优度 R^2 值相对较低. 此外, 本文主要针对节点度、点强度、集聚系数三个拓扑特征进行相关性系数的差异分析, 节点和网络的其他特征(如: 节点的中介性、网络鲁棒性、同步性等)对持股行为影响将是下一步重要的研究内容.

参考文献

- [1] Xin B G, Chen T, Liu Y Q 2011 *Acta Phys. Sin.* **60** 048901 (in Chinese)[辛宝贵, 陈通, 刘艳芹 2011 物理学报 **60** 048901]
- [2] Zhang Y, Zhang J W, Wang Z X 2004 *Physics* **33** 734 (in Chinese) [张宇, 张建玮, 王正行 2004 物理 **33** 734]
- [3] Huang W Q, Zhuang X T, Yao S 2009 *Physica A* **388** 2956
- [4] Mantegna R N 1999 *Eur. Phys. J. B* **11** 193
- [5] Battiston S, Rodrigues J F, Zeytinoglu H 2007 *Adv. Complex Syst.* **10** 29
- [6] Ma Y, Zhuang X, Li L 2011 *Physica A* **390** 749
- [7] Park K, Shin H 2013 *Eng. Appl. Artif. Intel.* **26** 1550
- [8] Caraianni P 2013 *Physica A* **391** 3629
- [9] Cohen L, Frazzini A, Malloy C 2007 *J. Polit. Econ.* **116** 951
- [10] Pareek A 2012 *AFA 2010 Atlanta Meetings Paper* (Georgia: Atlant)
- [11] Hong H, Kubik J D, Stein J C 2005 *J. Finance* **60** 2801
- [12] Callen J L, Fang X H 2013 *J. Banking Finance* **37** 3047
- [13] An H, Zhang T 2013 *J. Corp. Finance* **2** 1
- [14] Wang G J, Xie C, Chen S, Yang J J, Yang M Y 2013 *Physica A* **392** 3715
- [15] Kim D H, Cha M Y, Lee J W 2011 *Comput. Phys.* **182** 243
- [16] Jayasuriya S A 2011 *Emerg. Markets Rev.* **12** 418
- [17] Kotkatvuori-Örnberg J, Nikkinen J, Äijö J 2013 *International Rev. Financial Analysis* **28** 70
- [18] Heaney R, Srikanthakumar S 2012 *J. Empir. Finance* **19** 583
- [19] Hiang Liow K 2012 *Real Estate Economics* **40** 97
- [20] Cao G, Xu L, Cao J 2012 *Physica A* **391** 4855
- [21] Chang C L, McAleer M, Tansuchat R 2012 *North American J. Economics Finance* **25** 116
- [22] Wang G J, Xie C 2012 *Acta Phys. Pol. B* **43** 2021
- [23] Jegadeesh N, Titman S 1993 *J. Finance* **48** 65
- [24] Shiller R J, Pound J 1989 *J. Econ. Behav. Organ.* **12** 47
- [25] Hong H, Kubik J D, Stein J C 2005 *J. Finance* **60** 2801
- [26] Kacperczyk M, Seru A 2007 *J. Finance* **62** 485
- [27] Wasserman S, Fraut K 1994 *Social Network Analysis: Methods and Application* (New York: Cambridge University Press) p356
- [28] Mao X M, Sun K, Ouyang Q 2002 *Chin. Phys.* **11** 1106
- [29] Liu J G, Ren Z M, Guo Q, Wang B H 2013 *Acta Phys. Sin.* **62** 178901 (in Chinese) [刘建国, 任卓明, 郭强, 汪秉宏 2013 物理学报 **62** 178901]
- [30] Yook S H, Jeong H, Barabási A L, Tu Y 2001 *Phys. Rev. Lett.* **86** 5835
- [31] Barrat A, Barthelemy M, Pastor S R, Vespignani A 2004 *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **101** 3747
- [32] Gao X Y, An H Z, Liu H H, Ding Y H 2011 *Acta Phys. Sin.* **60** 068902 (in Chinese) [高湘昀, 安海忠, 刘红红, 丁颖辉 2011 物理学报 **60** 068902]
- [33] Palla G, Barabási A L 2007 *Nature* **446** 664

Correlation of the holding behaviour of the holding-based network of Chinese fund management companies based on the node topological characteristics*

Li Hua-Jiao¹⁾²⁾³⁾ An Hai-Zhong^{1)2)3)†} Huang Jia-Chen⁴⁾
Gao Xiang-Yun¹⁾²⁾³⁾ Shi Yan-Li⁵⁾

1) (School of Humanities and Economic Management, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

2) (Key Laboratory of Carrying Capacity Assessment for Resource and Environment, Ministry of Land and Resource, Beijing 100083, China)

3) (Laboratory of Resources and Environmental Management, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

4) (School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

5) (School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

(Received 28 September 2013; revised manuscript received 29 October 2013)

Abstract

The data in this paper was collected from the semi-annual reports between 2003 and 2012 which disclosed the Chinese fund management companies' shareholdings in different listed companies. The holdings-based network of Chinese fund management companies is constructed by taking fund management companies as the nodes, the holding of stock of the same listed company at the same period as the edges, and the number of the listed companies holding at the same time as the weight of the edges. Based on the methods such as statistical physics, etc., the stability of the networks at different times is analyzed, and then the correlation of the holding behavior between the nodes with different topological characteristics and three different sets of nodes are calculated and analyzed. Three different sets are the set of nodes in the full graph with a given stock at $t - 1$ (the first type of nodes), the set of nodes in the holding-based network without holding a given stock at $t - 1$ (the second type of nodes), and the set of the new nodes which appear at t (the third type of nodes). The result shows as follows. Firstly, the correlation coefficient of the holding behavior between the node and the second type of nodes rises with the node clustering coefficient increasing; secondly, the node holding behavior is highly correlated with the second type of nodes and with the third type of nodes only when the values of the node average degree and strength are high; finally, the node holding behavior is not related to the third type of nodes at all. This paper propose a new method to study the correlation of stock market, and it is a basis for the further investigation on the structure equivalence network in stock market and also the differences of the importance between the nodes.

Keywords: holding-based network, topological characteristics, holding behavior, fluctuation correlation

PACS: 89.65.Gh, 89.65.-s, 89.75.Fb

DOI: 10.7498/aps.63.048901

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 71173199), the Humanities and Social Sciences Planning Funds Project under the Ministry of Education, China (Grant No. 10YJA630001), and the Fundamental Research Fund for the Central Universities of China (Grant No. 2-9-2013-04).

† Corresponding author. E-mail: ahz369@163.com