

“一带一路”概念股价格关联网络模型及应用

苗 晴(博士), 姚洪兴(教授)

【摘要】 本文基于复杂网络理论和2013年11月1日~2015年7月31日期间股票价格日收益率数据,利用Ucinet建立“一带一路”概念股价格关联网络模型,实证分析该股市关联网络的复杂特性及其拓扑结构。研究发现:该网络具有“小世界”和“无标度”的特性;网络中存在大量度数很大的节点,对整个网络影响较大;网络中存在凝聚子群现象。证券监管部门应当发挥资本市场稳定器的作用,积极引导节点股票公司的资本运作,以维护股市网络的稳定性。

【关键词】 “一带一路”概念股; 价格关联网络; 小世界效应; 无标度特性; 拓扑结构

【中图分类号】 F830.59

【文献标识码】 A

【文章编号】 1004-0994(2016)11-0120-4

大量研究表明股市具有混沌、分形、涌现、协同等特性,属于复杂系统范畴。而伴随复杂网络和混沌系统相关知识体系的发展,用复杂网络理论和模型研究股市复杂性问题近年来已为国内外学者广泛关注。Kim等(2002)、Boginski等(2005)、Caraianni(2012)等的研究均发现股票价格相关性网络具有无标度性。李耀华和姚洪兴(2009)、张鼎和庄新田(2011)、蔡世民等(2011)、韩华等(2013)、韩冬梅和王雯(2014)等通过分析股市的拓扑结构也发现了股市的复杂网络特性。

目前学术界对于股市复杂网络的研究为本文提供了良好借鉴,本文以当前“一带一路”重大战略的实施为背景,选择“一带一路”概念股板块作为研究对象,以股票为节点、以股票之间价格波动关系为连边,建立复杂网络模型,分析该网络的复杂特性及其拓扑结构,探讨该网络的经济含义,为投资者、监管部门等更深入、更直观认识该板块股票提供参考。

一、“一带一路”概念股关联网络模型

截至2015年7月底,沪深股市中“一带一路”概念股共有116只。本文选取的数据区间为2013年11月1日~2015年7月31日,共430个交易日,剔除连续停牌超过10个交易日的股票后有71只股票,以这些股票作为网络节点,以日收盘价作为研究数据。数据来源于网易财经网站,建模和数据处理采用Ucinet 6.199软件和Excel 2007。

复杂网络模型的构建需要两个重要元素,即网络的节点(node)和各节点之间的连边(line)。在股市关联网络中,股票作为网络的节点,不同股票价格波动之间的相关性作为节点之间的连边,连边的权值反映相关性的程度,在此只考虑连

边权重、不考虑其方向,故建立无向加权网络。

假设板块中有 n 只股票,第 i 只股票在 t 时刻的收盘价格为 $p_i(t)$,则股票的对数收益率定义为:

$$r_i(t) = \ln p_i(t) - \ln p_i(t-1) \quad (1)$$

股票 i 和 j 的相关系数 c_{ij} 可通过式(2)计算:

$$c_{ij}^T = \frac{E(r_i r_j) - E(r_i)E(r_j)}{\sqrt{\text{Var}(r_i)\text{Var}(r_j)}} \quad (2)$$

式(2)中: $E(r_i)E(r_j)$ 为股票 i 和 j 在时间段 T 内的平均收益率; $\text{Var}(r_i)\text{Var}(r_j)$ 为股票 i 和 j 在时间段 T 内的方差收益率。 c_{ij} 取值范围为 $[-1, 1]$,若值为 -1 ,表示在时间段 T 内2只股票完全负相关;若值为 1 ,表示在时间段 T 内2只股票完全正相关;若值为 0 ,表示在时间段 T 内2只股票不相关。

利用式(1)和式(2)可以得到时间段 T 内基于价格波动的网络连接矩阵 C^T ,为 $n \times n$ 矩阵,元素为 c_{ij} 。由于股票收益率相关系数集合不满足复杂网络分析的数据条件,需将 C^T 转化为对应的距离矩阵 D^T 。 D^T 构建方法如下:对于取定的阈值 $w(w \in [-1, 1])$,若 $|c_{ij}| \geq w$,则两个节点之间有一条连边,元素记为1;否则没有连边,元素记为0,即:

$$D^T = \begin{cases} D_{ij} = 1 & (|c_{ij}| \geq w) \\ D_{ij} = 0 & (|c_{ij}| < w) \end{cases} \quad (3)$$

图1给出节点之间股价收益率相关系数的分布图。从图1可知,71只股票的日收益率相关系数呈正态分布,且主要分布在 $0.3 \sim 0.7$ 之间,故可以指定阈值为 0.3 ,将 C^T 中元素进行二值化处理为0或1,构建相应的距离矩阵 D^T (由于篇幅所限,在此未列出)。

【基金项目】 国家自然科学基金项目“基于复杂网络的金融流动性风险的计算实验范式的研究”(项目编号:71271103); 江苏大学高级人才专项资助项目“中国A股上市公司市值管理研究——行为财务学分析视角”(项目编号:11JDG173)

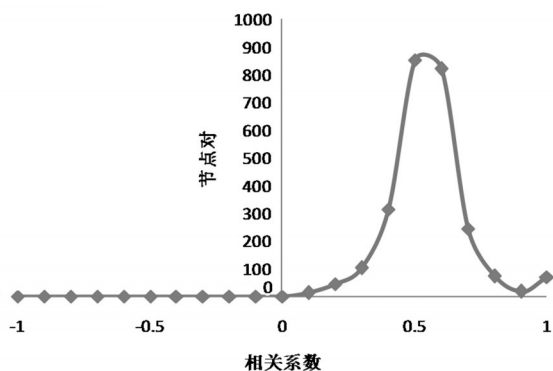


图1 网络节点股价收益率相关系数分布

二、“一带一路”概念股关联网络特性分析

(一) 基本特性分析

复杂网络最重要的特性是小世界效应和无标度特性。如果一个网络既有小的平均路径长度,又有大的聚集系数,则称其为小世界网络;如果一个网络的节点度服从幂律分布,则称其为无标度网络。

1. 小世界效应。在复杂网络中,连接两个节点*i*与*j*的最短路径上包含的边的数目,称为这两个节点之间的距离*d*,则任意两个节点之间距离的平均值,称为网络的平均路径长度(用*L*表示),用于描述网络中节点之间的分散程度,即:

$$L = \frac{\sum d_{ij}}{\frac{1}{2}n(n-1)} \quad (4)$$

假定节点*i*有*k_i*条边与其他*k_i*个节点相连接,那么这*k_i*个节点之间最多有*k_i(k_i-1)/2*条边。则节点*i*的聚集系数(用*C_i*表示)就定义为这*k_i*个节点之间实际存在的边数*E_i*与其最多可能存在的边数之比,用来描述网络中节点的聚集程度,即:

$$C_i = 2E_i / [k_i(k_i - 1)] \quad (5)$$

而整个网络的聚集系数(用*C*表示)为网络中所有节点*i*的聚集系数*C_i*的平均值。

在不同阈值情况下,利用Ucinet软件可求出所构建网络的平均路径长度和聚类系数(见表1)。

表1 “一带一路”概念股关联网络的统计特征

阈值	平均路径长度	聚集系数(无权)	聚集系数(加权)
w=0.3	1.066	0.967	0.966
w=0.4	1.194	0.905	0.902
w=0.5	1.631	0.766	0.695
w=0.6	2.266	0.714	0.529
w=0.7	2.946	0.664	0.519

从表1可知,该网络的平均路径长度较小,说明网络中任意一只股票容易与其他股票相连,单只节点股票可以借助网络将其价格波动迅速扩散至其他股票。同时,该网络的聚集系数较大,无权和加权的聚集系数均较大,说明与任意一只股票相邻的股票所属的社团内部的网络连接较为密集,股价

波动在社团内部传播迅速,造成的影响也较大。上述统计特征符合“小世界”网络特性。

2. 无标度特性。假设*k*为节点*i*的度,网络中节点的度分布可用概率分布函数*p(k)*来表示,其含义为任意选择一个节点恰有*k*条边的概率。若*p(k)*服从幂律分布,则:

$$p(k) \propto k^{-\gamma} \quad (6)$$

式(6)中, γ 为幂律指数。

利用Ucinet软件计算不同阈值下网络节点的度,并借助Excel 2007确定网络节点度分布的概率函数(见图2)。

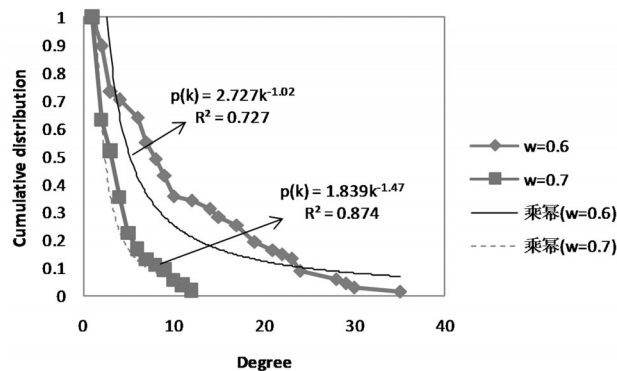


图2 网络节点的度分布

从图2的度分布可以看出,在阈值*w*=0.6和*w*=0.7时,网络节点的度分布均可拟合为幂律分布,且幂律指数分别为1.02和1.47,拟合度分别为0.727和0.874,表明幂律分布的拟合度较高。由于幂律指数在1~2之间,说明网络属于稀疏网络,网络中的Hub点(度数很高的节点)较多,表明网络中具有一定影响力的节点数目较多,单个股票交易价格波动对整个网络影响较大。上述统计特征符合“无标度”网络特性。

(二) 中心性分析

1. 度数中心性。刻画节点中心度一般采用度数中心度指标,一个节点的度数中心度就是与该节点直接相连的其他节点个数,是体现网络中单个节点属性的重要参量,反映了该节点在网络中的地位和重要性。如果某个节点具有最高的度数,则该节点居于网络中心,拥有最高权力。表2给出了不同阈值加权平均后排名前七位的节点度数中心度。

表2 不同阈值加权平均后排名前七位的节点度数中心度

节点阈值	w=0.5	w=0.6	w=0.7	加权平均值	排名
000157	60	35	11	58.7	1
600449	62	29	9	54.7	2
600031	56	30	12	54.4	3
000877	60	28	10	53.8	4
600720	55	22	8	46.3	5
600509	57	23	3	44.4	6
600888	59	19	3	43	7

由表2可知,节点股票000157加权平均后的度数中心度最高,说明该节点股票是网络的核心,掌控了网络最为核心

的资源,有最大的声望和网络影响力。此外,节点股票600449、600031、000877、600720、600509、600888加权平均后的度数中心度也较高,表明这些节点股票在网络中也具有较大影响力。

究其原因:①节点股票000157(中联重科)是中国工程机械装备制造的领军企业,涉足建筑、能源、环境、交通等国家重点工程所需高新技术的研发与制造,其主营产品市场占有率居行业榜首,近年来海外业务增长迅速,完成大规模的海外并购与资产重组,全球化战略目标促使其品牌效应显著增强;②节点股票600449(宁夏建材)是宁夏最大的水泥、混凝土生产企业,拥有中国驰名商标,在资源、产能布局、品牌等方面优势明显;③节点股票600031(三一重工)通过多项重大海外并购,目前已成为具有国际水准的混凝土机械制造商;④节点股票000877(天山股份)拥有新疆地区水泥行业唯一的国家级企业技术中心,也是全国重要的特种水泥生产基地;⑤节点股票600720(祁连山)是甘青藏地区最大的水泥生产企业,也是国家支持的重点水泥企业之一,具有明显的区位优势;⑥节点股票600509(天富能源)是新疆地区能源基础行业的龙头,其天然气业务优势明显;⑦节点股票600888(新疆众和)是全国最大的精铝加工基地,在资源、成本、产业链等方面优势明显。

上述7个节点股票所对应的上市公司大多涉及建筑、资源、能源以及相关技术,在经济要素有序流动、资源重新配置方面起到至关重要的作用,成为“一带一路”的战略支点。在这7家节点公司中,作为高端装备制造与研发公司的中联重科居于首位,凸显了时下“基建稳增长”的经济政策;排名第4~7位的公司均处于新疆地区,恰恰体现了“一带一路”战略规划中将新疆建设成为“丝绸之路经济带核心区”的定位。

2. 中间中心性。衡量节点中间中心性的主要指标是中间中心度,指的是该节点占据在其他两个节点联络方式上的重要位置。该指标越高,表明节点占据的重要位置越多,具有的中介作用越强,对资源和信息的控制程度越高。表3给出了不同阈值加权平均后排名前七位的节点中间中心度。

表3 不同阈值下加权平均后排名前七位的节点中间中心度

节点阈值	w=0.5	w=0.6	w=0.7	加权平均值	排名
000157	95	272	134	304.5	1
600031	47	167	170	242.7	2
000877	79	148	95	194.8	3
600449	111	166	38	181.7	4
601179	40	127	109	172.5	5
601880	15	183	2.5	119.05	6
600509	65	117	0	102.7	7

由表3可知,节点股票000157加权平均后的中间中心度最高,说明该节点股票是股市信息传播和资源流动的枢纽。此外,节点股票600031、000877、600449、601179、601880、

600509在网络中信息和资源传输方面也起着重要作用。

究其原因:①节点股票000157(中联重科)由于在国家多项重大工程领域具有技术优势,成为响应国家号召、推进实施多项重大战略的核心企业,在网络中充当“信息桥”的作用较大;②节点股票600031(三一重工)在混凝土机械制造业务方面拥有世界范围内的经营网点,面对上下游企业时有较高的议价能力;③节点股票000877(天山股份)在新疆重要经济区域实现产能布局,且依据资源、成本和政策优势不断拓展其业务空间;④节点股票600449(宁夏建材)通过资本运作和并购重组,目前产能布局和销售网络已拓展到甘肃、内蒙古等地区,业务辐射空间广阔;⑤节点股票601179(中国西电)作为国内输变电行业的龙头,在输配电领域具有国内领先的研发实力和国际领先的检测实力;⑥节点股票601880(大连港)是东北亚主要枢纽港口之一,占据重要的地理位置,具备优越的自然条件,目前已成为全国三大油品转运中心之一、国内最大的专业化汽车码头之一、东北地区最大的综合性码头运营商,多项港口物流业务实力强大;⑦节点股票600509(天富能源)近年来通过收购兼并等方式拓展业务空间,涉及新能源领域的投资和开发利用,新能源相关业务发展强劲。

上述7个主要节点股票所对应的上市公司中,中联重科、三一重工、天山股份、宁夏建材和天富能源在度数中心度排名中也位列前7位,表明这5家公司在网络中既是较大权力的拥有者,也是较多资源和信息的传递者。另外,中国西电由于在输配电产业及其研发方面拥有资源和信息的掌控实力而成为该产业的交流基地,这恰好印证了“一带一路”战略规划中将陕西建设成为“面向中亚、南亚和西亚国家的通道、重要产业交流基地”的定位;大连港作为东北亚经济圈的中心,是面向世界的海上门户,对港口物流运输方面的资源和信息具备掌控实力,从而成为网络中心,体现了“一带一路”战略规划中将辽宁建设成为“向北开放的重要窗口”的定位。

三、“一带一路”概念股关联网络的拓扑结构

(一)基本拓扑结构

图3是“一带一路”概念股价格关联网络的一般拓扑结构图。由于“一带一路”概念股并非某特定行业或区域的股票,而是具有“一带一路”政策内涵的股票,该板块内的股票涉及基建、涉外工程、港口等领域,受“一带一路”政策影响,这些股票中的大多数成为行业或区域内的骨干,在股市关联网络中由于合作的加强而加深了相互间的影响。从图3中可以直观地看出,这个由71个节点组成的复杂网络的Hub节点数量很多,反映出网络中度分布比较均匀,大多数节点都与其他很多节点相连接,中心节点所占比重较大。这些节点所对应的上市公司往往是拥有核心技术、处于行业核心地位的公司,其股票价格一旦出现大幅度的波动,将引起整个股市网络的动荡。

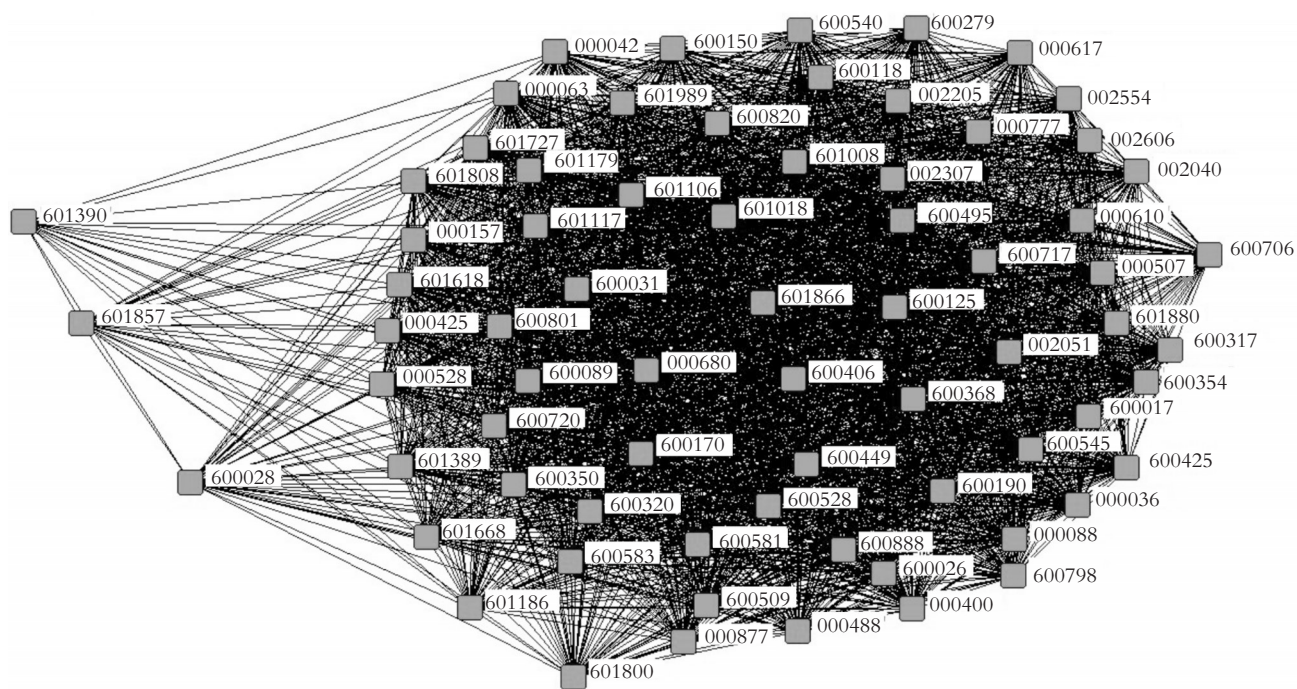


图3 网络拓扑结构

(二) 社团结构

借助Ucinet软件可知,该网络密度为0.9344,标准差为0.2476。网络密度较高表明网络中各节点之间的联系和互动程度高,对资源、知识、信息等的分享程度高。但标准差不高,说明网络各节点之间存在小社团现象。本文利用Ucinet的“k-plex”凝聚子群分析方法分析股市关联网络的社团结构。

一个“k-plex”是指满足下列条件的一个凝聚子群:它的每个节点至少与除k个节点之外的其他节点直接相连,即如果一个凝聚子群的规模为m,那么该子群中任何节点度数都不小于(m-k)。分析中需要找出所有的“k-plex”,其中包含节点数目最少的那个就是最终结果。

按照不同阈值,适当取k和n值,可发现股市关联网络中存在如下子群:①当w=0.5时,可发现数百个凝聚子群。②当w=0.6时,取k=2,n=9时,有108个凝聚子群。③当w=0.7时,取k=2,n=6时,有4个凝聚子群,分别为:子群1:000157、000528、000680、600031、600320、600449;子群2:000157、000528、000680、600031、600449、600720;子群3:000157、000528、000680、600031、600449、600801;子群4:000157、000528、000877、600031、600449、600720、600801。

由于阈值为0.7的凝聚子群最少,故可认为该网络中存在4个凝聚子群。有4个节点为这4个凝聚子群所共有,分别为:000157、000528、600031、600449。其中,000157、600031、600449同时也是中心性排名前七位的节点。此外,000528(柳工)是海外布局最早的工程机械类企业,2014年其出口业务处于行业领先地位,目前正通过加强国际研发合作实现互利共赢,提升公司整体竞争力。可以认为上述4个节点所在的凝

聚子群各节点紧密相关,形成整个股市关联网络中具有凝聚力的社团,处于这些社团中的节点股票之间价格波动影响较大,且社团中的股票节点大多也是整个网络中心性和影响力较高的节点,反映其在网络中的核心地位。

四、结论与政策建议

本文基于复杂网络思想构建的“一带一路”概念股价格关联网络的实证研究发现:①该网络同时具有小世界效应和无标度特性,为典型的复杂网络;②从中心性和拓扑结构来看,该网络存在大量Hub节点,这些节点股票价格波动对整个股市波动的影响较大;③该网络中存在社团现象,并且社团中的节点大多也是整个网络中心性较高的节点。

基于上述结论,本文提出如下政策建议:①对于股市关联网络中度和中介性较高的股票节点,证券行业监管部门应加大监管力度,以降低股市的非系统性风险,维护股市的安全和稳定;②由于资产重组、海外并购等资本运作在股市关联网络中经常发生,上市公司应谨慎策划、稳步推进,证券监管部门应积极引导和配合,避免发生较大损失;③当股市(特别是其中度和中介性大的股票节点)价格波动异常,影响股市正常运行时,证券监管部门应采取多种形式应对,以遏制可能发生的系统性风险,为股市关联网络市场功能的发挥提供保障和支持。

主要参考文献:

韩冬梅,王雯.复杂网络视角下的国际证券市场结构特征分析[J].复杂系统与复杂性科学,2014(3).

作者单位:江苏大学财经学院,江苏镇江212013