

# Systematic Important Banks and Systematic Important Industries

## —Research on Complex Network

Qiaomei Bian, Yonghui Zhai, Xiaobo She

Business School of Henan Normal University, Xinxiang Henan

Email: bianqiaomei888@163.com, zhaiyonghui2008@163.com, 18236999721@163.com

Received: Apr. 21<sup>st</sup>, 2019; accepted: May 6<sup>th</sup>, 2019; published: May 13<sup>th</sup>, 2019

---

### Abstract

Based on the maximum and minimum cross-entropy principle, this paper simulates the micro-loan data of the interbank market in 2015. Combining with the actual loan data of the corresponding bank-entity industry, the paper draws the inter-bank network and the inter-bank-entity industry network respectively with Gephi, from the perspective of economic and financial related network. According to the statistical theory of complex networks, the paper identifies and analyzes the systemic importance banks, the systemic importance industries and the internal relationship between them, taking the degree, weighted average degree and median centrality as the measurement indicators. It is hoped that this paper will provide some guidance for the supervisory authorities to focus on the key links of the whole economic system from the overall perspective, control system risks and reduce management costs.

### Keywords

Complex Network, Minimum Cross Entropy, Systematic Important Bank, Systematic Importance Industry

---

# 系统重要性银行与系统重要性行业分析

## ——基于复杂网络的研究

边巧妹, 翟永会, 余小博

河南师范大学商学院, 河南 新乡

Email: bianqiaomei888@163.com, zhaiyonghui2008@163.com, 18236999721@163.com

收稿日期: 2019年4月21日; 录用日期: 2019年5月6日; 发布日期: 2019年5月13日

文章引用: 边巧妹, 翟永会, 余小博. 系统重要性银行与系统重要性行业分析[J]. 金融, 2019, 9(3): 197-204.

DOI: 10.12677/fin.2019.93023

## 摘要

本文基于最大熵与最小交叉熵原理,采用矩阵法模拟出2015年银行同业市场的微观数据。结合2015年银行-实体行业间的实际贷款数据,从经济金融关联网络的视角,用Gephi分别绘制出银行间网络,银行-实体间网络。根据复杂网络的统计理论,以度、加权平均度、介数中心性等为衡量指标,识别并分析系统重要性银行、系统重要性行业及两者间的内在关联。以期为监管部门立足全局视角,重点关注整个经济体系的关键环节,把控系统性风险,降低管理成本,提供一定的指导意义。

## 关键词

复杂网络, 最小叉熵, 系统重要性银行, 系统重要性行业

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2008年的次贷危机和2010年的欧债危机表明,在高度关联的金融体系,个别机构的破产或衰退,可能会通过千丝万缕的业务联系,产生高风险的“多米诺骨牌”效应,引发系统性风险,最终加剧实体经济的衰退。2019年初,习近平总书记曾说过,实体经济是肌体,金融体系是血脉,要使金融业更好地为实体经济服务,做到稳增长,控风险。可见,金融行业与实体经济是休戚与共的关系。

在我国现行的金融市场结构中,银行业的资产规模高达八成以上。作为金融体系的重要中介,银行通过信贷业务与实体行业高度关联,其稳定性与各个行业密切相关。近年来,实体行业的信贷比例不断攀升,“去杠杆”使得流动性趋紧,实体行业的潜在风险不断积累。一旦实体行业受到冲击,债权银行坏账增加,实行信贷紧缩,进一步加剧实体行业财务状况的恶化,形成恶性循环。因此,重视金融体系与实体经济的内在关联,立足全局视角,把握整个经济金融体系中的关键环节,对于实现“稳增长,控风险”的目标尤为重要。

而现代经济金融体系的复杂性、多元性、突发性等特征,决定其很难用一般方法来研究,目前较为有效的工具是采用复杂网络模型。相关的国内外研究有:Allen和Gale(2000) [1]首次将复杂网络引入系统性风险的研究。Bech(2008) [2]基于银行间网络对系统重要性银行做了判断。高国华等(2012) [3]基于负二项式计数模型,研究了影响银行系统重要性的因素。欧阳红兵等(2013) [4];邓向荣等(2015) [5]基于复杂网络构建并识别了系统性风险在金融网络的传染。陈少炜等(2016) [6]基于复杂网络对银行间市场服从核心外围结构进行了实证研究。方意等(2016) [7]基于持有共同资产网络模型研究系统性风险在银行间的传染路径,设置阈值识别系统重要性银行。虽然学术界对系统性风险的研究甚多,但大多局限在金融体系内部,研究风险的溢出效应,据此提出的管控措施有一定的局限性。且大多采用市场数据,而我国的金融市场尚不发达,用市场数据不足以反映金融体系的全貌。

鉴于此,本文立足全局视角,以实际贷款数据为依托研究整个经济体的内部关联网络。具体来说,由年报搜集各银行在同业市场中的总资产与总负债,基于最大熵和最小叉熵原理,模拟出银行间市场的借贷矩阵。另基于Wind数据库,搜集银行对实体行业的实际贷款数据。最后,在Gephi中绘制银行间网络和

银行 - 实体间网络，并运用复杂网络理论，识别分析系统重要性银行、系统重要性行业及两者之间的内部关联，以便监管部门，从宏观视角掌握经济金融关联网络的重要环节，对其进行重点监控，降低管理成本。

## 2. 模型与数据

### 2.1. 银行间市场债权债务结构的估计模型

因涉及商业机密，我们无法获取银行间市场的完整信息，只有各银行对其他所有银行的总资产和总负债。鉴于此，本文采用最大熵和最小叉熵模型来获取银行间市场结构。假设银行间的债务矩阵为  $N \times N$  阶的  $X$ ，如(1)：

$$X_{N \times N} \begin{bmatrix} x_{ij} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{iN} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N1} & \cdots & x_{Nj} & \cdots & x_{NN} \end{bmatrix} \begin{matrix} a_1 \\ \vdots \\ a_i \\ \vdots \\ a_N \end{matrix} \quad (1)$$

$$\sum_i l_1 \quad \cdots \quad l_j \quad \cdots \quad l_N$$

$$X_{N \times N}^* \begin{bmatrix} 0 & \cdots & x_{1j}^* & \cdots & x_{1N}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1}^* & \cdots & 0 & \cdots & x_{ij}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N1}^* & \cdots & x_{Nj}^* & \cdots & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} a_1 \\ \vdots \\ a_i \\ \vdots \\ a_N \end{matrix} \quad (2)$$

$$\sum_i l_1 \quad \cdots \quad l_j \quad \cdots \quad l_N$$

其中， $N$  是银行数量， $X_{ij}$  是银行  $i$  对银行  $j$  的信用资产额。假定  $a_i$  是银行  $i$  对其他所有银行的总资产， $l_j$  是银行  $j$  对其他所有银行的总负债，则  $\sum_{j=1}^N x_{ij} = a_i$ ， $\sum_{i=1}^N x_{ij} = l_j$  ( $i, j = 1, \dots, N$ )。虽然  $x_{ij}$  未知，但由各银行年报  $a_i$  和  $l_j$  已知。故矩阵  $X$  有  $N \times N - 2N$  个元素未知。依国际惯例，由独立性假设并适当标准化后， $a$  和  $l$  可当做边际分布函数  $f(a)$  和  $f(l)$  的值，则  $X$  可视为联合分布函数  $f(a, l)$  的值。若  $f(a)$  和  $f(l)$  独立，由  $X_{ij} = a_i \times l_j$ ，可求得先验矩阵  $X$ 。然而，现实中银行不会与自己发生借贷，故添加约束  $X_{ij} = 0, (i = j = 1, \dots, N)$ 。为满足约束  $\sum_{j=1}^N x_{ij} = a_i$ ， $\sum_{i=1}^N x_{ij} = l_j$ ，需对新矩阵  $X^*$  重新估计，如(2)。为求新矩阵  $X^*$ ，使用最小叉熵原理(服从已知约束下，求出最接近先验分布矩阵  $X$  的一组分布  $X^*$ )，转化为如下模型：

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N X_{ij}^* \ln \frac{x_{ij}^*}{x_{ij}} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} = a_i, \sum_{i=1}^N x_{ij} = l_j, 0 * \ln \frac{0}{0} = 0, x_{ij}^* \geq 0$$

依据 Blien (1997) [8] 等的证明，由 RAS 算法可求得(3)的解，获取银行间市场数据。

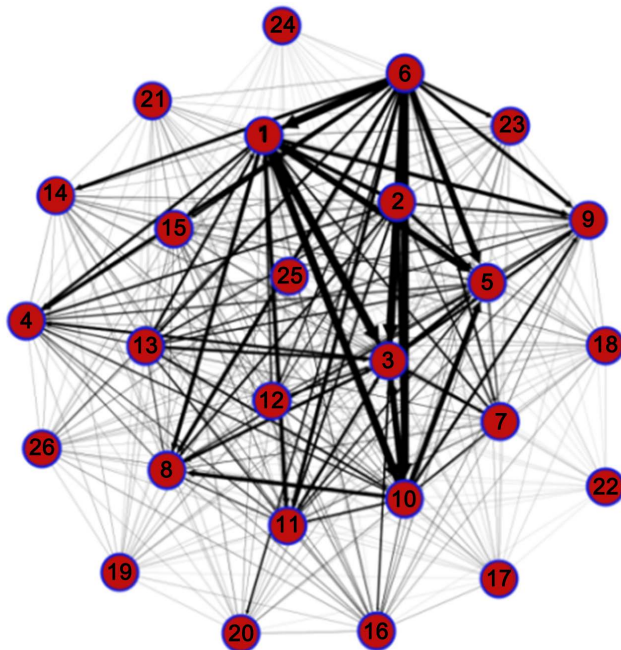
### 2.2. 样本数据选取

本根据年报和 Wind，本文选取 26 个银行，11 个实体行业为样本。2015 年既是债务违约，房价大涨等风险齐聚并有所表现的关键之年，也是“三去一降一补”等重要举措落地并化解风险的年份。其研究意义重大，故本文模拟 2015 年的数据进行研究。

由模型(3)求得 26 个样本银行的银行间市场数据，结合其对 11 个行业的贷款数据，分别绘制银行间网络，如图 1，银行 - 实体间网络，如图 2。网络图中的节点与代表含义如表 1。

**Table 1.** Node code  
**表 1.** 节点代码表

节点	银行	节点	银行	节点	行业
1	中国银行	14	华夏银行	27	采矿业
2	交通银行	15	广发银行	28	建筑业
3	工商银行	16	上海银行	29	制造业
4	招商银行	17	宁波银行	30	电力燃气及水生产和供应业
5	兴业银行	18	杭州银行	31	交通运输、仓储和邮政业
6	农业银行	19	成都银行	32	批发零售业
7	光大银行	20	渤海银行	33	房地产业
8	浦发银行	21	南京银行	34	信息传输
9	中信银行	22	无锡银行	35	农林牧渔业
10	建设银行	23	浙商银行	36	住宿餐饮业
11	民生银行	24	贵阳银行	37	其他服务业
12	平安银行	25	郑州银行		
13	北京银行	26	恒丰银行		



**Figure 1.** Interbank network diagram  
**图 1.** 银行间网络

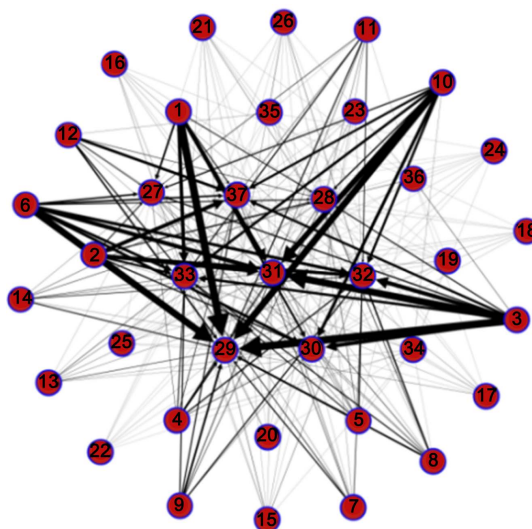


Figure 2. Bank-entity network diagram  
图 2. 银行 - 实体间网络

### 3. 复杂网络分析

本部分基于复杂网络理论，采用定性定量相结合的方法，识别并分析银行间网络、银行 - 实体网络中系统重要性银行与系统重要性行业，并对两者之间的内在关联进行阐述。

#### 3.1. 银行间网络分析

以银行为节点，模型(3)解出的银行间债权债务矩阵为边，绘制如图 1 的有向网络图。并基于复杂网络理论，以度、中介中心性、加权平均度为指标，定量识别银行的系统重要性排名，如表 2。篇幅有限，仅列部分银行。箭头：债权方→债务方；双向箭头：两银行有双向借贷关系。入度：该银行债权方数目，出度：债务方数量，度 = 入度 + 出度。图中线条的粗细程度(边的权重大小)，代表两银行间的业务往来规模大小。

Table 2. Ranking of systematic important banks  
表 2. 系统重要性银行排名

排名	度	节点	银行	排名	介数中心性	节点	银行	排名	加权平均度	节点	银行
1	50	6	农业银行	1	5.048	6	农业银行	1	2686.80	6	农业银行
	50	7	光大银行		5.048	7	光大银行	2	2530.80	1	中国银行
	50	11	民生银行		5.048	11	民生银行	3	2274.60	3	工商银行
	50	15	广发银行		5.048	15	广发银行	4	1973.50	10	建设银行
	50	18	杭州银行		5.048	18	杭州银行	5	1609.80	2	交通银行
2	49	1	中国银行	2	3.636	23	浙商银行	6	1155.80	5	兴业银行
3	48	2	交通银行	3	3.536	1	中国银行	7	1042.40	11	民生银行
	48	8	浦发银行	4	2.707	10	建设银行	8	996.50	8	浦发银行
	48	9	中信银行		2.707	16	上海银行	9	908.20	9	中信银行
	48	12	平安银行	5	2.237	2	交通银行	10	864.10	4	招商银行
	48	13	北京银行		2.237	8	浦发银行	11	779.10	13	北京银行
	48	23	浙商银行		2.237	9	中信银行	12	660.70	7	光大银行

Continued

4	47	3	工商银行	6	2.237	12	平安银行	13	461.50	12	平安银行
	47	4	招商银行		2.237	13	北京银行	14	406.30	15	广发银行
	47	10	建设银行		2.135	4	招商银行	15	377.00	16	上海银行
	47	16	上海银行	2.135	5	兴业银行	16	303.90	14	华夏银行	
	47	26	恒丰银行	7	1.679	3	工商银行	17	226.70	23	浙商银行

度代表银行的债权方与债务方数量之和。度越大，与该银行关联的其他银行越多，在网络中的系统重要性越大。一旦该银行出现财务危机，势必会影响与之关联的债权债务银行。由表 2 知，节点银行 6、7、11、15、18 的度均为 50，其与银行体系的所有银行(自身除外)都有双向借贷关系，是系统重要性最大的银行；中国银行次之；节点 2、8、9、12、13、23 代表的银行排在第三。除五大行外，其余银行规模虽不算太大，但因其关联范围广，也成为系统重要性银行。这与，因互联网金融的发展，导致各银行发展多种表外业务、分散投资以寻求创新的发展现状较为一致。且民生、光大、杭州银行经 A 股上市后，其产品和资产结构更加优化，致使其在银行体系内的业务范围逐渐扩大。

介数中心性是衡量一个节点对资源的控制能力。值越大，银行在整个网络中对其他银行的控制能力越强，系统重要性也越大。由表 2 知，该指标识别的系统重要性最大的银行，与以“度”判断的结果相同，不再赘述。节点银行 16、23 与之排名差异较大，原因在于：2012 年 7 月以后，各地方政府纷纷出台促投资增长的计划，但在地方财政和国有商业贷款有限的情况下，城商行成为主要的资金供给者，加之其与地方政府的天然联系，造成这些银行在银行体系中成为主要的债务银行，在网络中的系统重要性较大。

加权平均度同时考虑了节点的度和边的权重。是衡量银行的关联广度和关联深度的综合指标。对系统重要性银行的识别排名，与前两个指标差异甚大。说明边的权重(关联深度)是比节点的度(关联广度)影响力更大。传统五大行主要以其在银行体系中的业务关联规模，来影响在网络中的系统重要性。

### 3.2. 银行 - 实体行业间的网络分析

以 26 个银行 11 个行业为节点，银行 - 实体间的贷款数据(同比例缩放)为边，绘制如图 2 的有向网络图。并以入度、加权入度为指标，对实体行业的系统重要性进行排名，如表 3。

Table 3. Ranking of systematic importance industries

表 3. 系统重要性行业排名

排名	入度	节点	行业	排名	加权入度	节点	行业
1	26	28	建筑业	1	2085.40	29	制造业
	26	29	制造业	2	1232.49	31	交通运输、仓储和邮政业
	26	30	电力燃气及水的生产和供应业	3	948.00	33	房地产业
	26	31	交通运输、仓储和邮政业	4	907.98	32	批发零售业
	26	33	房地产业	5	747.75	37	其他服务业
	26	37	其他服务业	6	642.30	30	电力燃气及水生产和供应业
2	23	32	批发零售业	7	394.85	28	建筑业
3	22	27	采矿业	8	389.29	27	采矿业
4	14	34	信息传输业	9	32.28	36	住宿餐饮业
5	13	36	住宿与餐饮业	10	20.30	34	信息传输业
6	12	35	农林牧渔业	11	13.54	35	农林牧渔业

图 2 中, 箭头: 银行→实体行业, 图中都是单向箭头。入度是给该行业贷款的银行数目。线条越粗, 说明银行对实体行业的贷款规模越大, 对该银行的依赖度越大。

由表 3 的入度排名可知, 节点行业 28、29、30、31、33、37 是关联广度最大的实体行业, 即 26 个银行都对其有贷款。一旦该实体行业受到冲击, 财务状况恶化, 其 26 个债权银行都会受到影响, 导致银行业资金链收紧, 加剧实体行业的衰退。其次是节点行业 32、27, 分别有 23 个、22 个银行对其贷款, 系统重要性也较大。

加权入度同时考虑了给实体行业贷款的银行数目和贷款额度, 是衡量行业系统重要性的综合指标。值越大, 行业的系统重要性越大, 由表 3 知, 制造业的系统重要性最大, 交通运输仓储邮政业次之, 房地产业排名第三。

值得注意的是, 上述两指标对行业系统重要性的识别结果, 相差较大。建筑业的系统重要性由入度排名第一, 下降到加权入度排名第七; 采矿业由排名第三, 下降到第八。原因在于, 受 2015 年去杠杆、去产能、去库存政策的影响, 银行业对建筑业、采矿业的贷款明显减少的发展状况相吻合。

### 3.3. 系统重要性银行与系统重要性行业的内部关联分析

对本章 3.1 和 3.2 基于复杂网络的理论, 分别对银行间网络、银行-实体间网路进行了定性和定量分析。结果表明, 以关联网络的广度和深度为综合指标, 识别的系统重要性银行的前五名依次是: 6、1、3、10、2; 系统重要性行业的前五名分别是: 29、31、33、32、37。对这五个实体行业的银行贷款额(亿元)降序排列, 如表 4。结果显示: 对行业 29、31、33 贷款额度最高的前五名恰好是五个系统重要性银行, 次序略有差异。银行 8 取代银行 1, 成为给行业 32 贷款的第五名; 银行 12 取代 1, 位居对行业 37 贷款的第二名。

可见, 在整个经济金融体系中, 对系统重要性行业贷款较多的一般都是系统重要性银行。而浦发银行、平安银行替代中国银行分别位于批发零售业、其他服务业贷款的第五名和第二名。这与两者进行股份制改造成功上市后, 资产结构优化、产品多元化的现实较为一致。此外, 传统五大行都是国有控股的大银行, 虽各自智能不尽相同, 但承担着有关国计民生传统行业(29、31)的主要资金供给者。互联网金融的发展促使五大行, 寻求其他良好的投资机会, 表 4 也正说明了, 五大行对系统重要性行业的投资评估结果大致相同, 即主要的贷款行业基本相同。这也是一旦重要性行业受到冲击, 将会迅速导致银行业的债务危机, 甚至波及整个经济体的原因。

Table 4. Ranking of loans from banks to entity industries

表 4. 银行→实体行业的贷款额排名

排名	银行→29		银行→31		银行→33		银行→32		银行→37	
	银行	贷款额	银行	贷款额	银行	贷款额	银行	贷款额	银行	贷款额
1	1	337.53	3	304.69	1	152.37	3	178.96	2	162.2
2	3	332.81	10	241.25	6	116.88	2	140.38	12	117.62
3	6	298.88	6	179	3	111.72	6	131.91	3	102.65
4	10	290.6	1	177.23	10	110.36	10	102.62	10	96.28
5	2	255.14	2	172.39	2	88.25	8	61.43	6	72.67

## 4. 结论

本文主要依据矩阵法和最小熵原理模拟 2015 年银行间市场数据, 结合银行-实体行业的贷款, 绘

制银行间、银行 - 实体间的有向网络图。并从复杂网络视角, 识别分析系统重要性银行、系统重要性行业及其内在关联。结果表明:

首先, 无论何种指标, 农业银行都是系统重要性最大的银行; 以关联的广度为指标, 光大/民生/广发/杭州银行也是系统重要性最大, 中国银行次之; 以关联的广度和深度为综合指标, 则中国银行、工商银行、建设银行、交通银行分别排在第 2 到 5 位, 在银行体系中扮演重要的角色。

其次, 系统重要性银行恰好是系统重要性行业的主要来源。传统五大行是实体行业借款的最主要来源, 尤其是制造业、交通运输仓储邮政业和房地产业。这三个系统重要性行业的债权银行的前 5 位正好是五大行。可见, 传统五大行的风险敞口较为相似, 一旦实体行业受到冲击, 出现财务危机, 会直接引发其债务违约的共振, 对五大行产生较大的冲击。而传统五大行又以关联的广度和深度位居系统重要性银行的前 5 位, 进而通过银行间网络, 对银行体系产生冲击。银行业为规避风险, 达到资本要求, 进行信贷紧缩, 进一步通过银行 - 实体网络恶化实体经济, 最终导致整个经济金融体系陷入系统性危机。

最后, 大多学者把研究对象设为金融体系的内部关联, 以致于只关注金融行业, 往往容易忽视真实的系统风险状况, 导致无法从根本上有效调控系统性风险的累计和爆发。因此, 以复杂网络的视角研究系统重要性银行和系统重要性行业, 理清经济金融关联网络的内部结构和作用, 准确定位整个经济体系中的关键环节, 对于实现稳增长、控风险的目标尤为重要。

## 基金项目

国家社科基金项目“金融 - 实体双向反馈网络下的银行业系统性风险评估与防控研究”(18BJY247), 教育部人文社会科学研究规划基金项目“基于 copula 风险度量模型的养老基金资产配置问题研究”(16YJA790063)。

## 参考文献

- [1] Allen, F. and Babus, A. (2009) Networks in Finance. In: Kleindorfer, P.R. and Wind, Y., Eds., *The Network Challenge: Strategy, Profit, and Risk in an Interlinked World*, Prentice Hall Professional, Upper Saddle River, NJ, 367-382.
- [2] Bech, M., Chapman, J. and Garratt, R. (2008) Which Bank Is the “Central” Bank? An Application of Markov Theory to the Canadian Large Value Transfer System. Federal Reserve Bank of New York Staff Report No. 356. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1310283>
- [3] 高国华, 潘英丽. 基于资产负债表关联的银行系统性风险研究[J]. 管理工程学报, 2012, 26(4): 162-168.
- [4] 欧阳红兵, 刘晓东. 中国金融机构的系统重要性及系统性风险传染机制分析——基于复杂网络的视角[J]. 中国管理科学, 2015, 23(10): 30-37.
- [5] 邓向荣, 曹红. 系统性风险、网络传染与金融机构系统重要性评估[J]. 中央财经大学学报, 2016(3): 52-60.
- [6] 陈少伟, 李旸. 我国银行体系的网络结构特征——基于复杂网络的实证分析[J]. 经济问题, 2016(8): 56-63.
- [7] 方意, 张子文. 系统性风险在银行间的传染路径研究——基于持有共同资产网络模型[J]. 国际金融研究, 2016, 350(6): 61-72.
- [8] Blien, U. and Grae, F (1997) Entropy Optimizing Methods for the Estimation of Tables. In: Balderjahn, I., Mathar, R. and Schader, M., Eds., *Classification, Data Analysis and Data Highways*, Springer Verlag, Berlin.



**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-0967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[fin@hanspub.org](mailto:fin@hanspub.org)