

产业集群多层次网络结构对 集群风险扩散的影响

王聪聪^{1,2}, 蔡宁², 黄纯¹

(1. 浙江财经学院 金融学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江大学 公共管理学院, 浙江 杭州 310027)

摘要:文章分析了产业集群网络结构对集群的风险抵御能力的影响机理。利用温州鞋革业集群、东莞玩具业集群、硅谷和128公路区集群等案例对该影响机理进行了论证,并运用仿真模拟方法构建了集群结构模型,刻画了在外生性风险和内生性风险的扩散过程中集群结构的动态演化。主要结论有:马歇尔集群网络具有无标度网络和小世界网络的拓扑结构属性,轮轴式集群网络具有接近无标度网络极限状态的结构属性;两类集群对外生性风险扩散的抗性显著高于其对内生性风险扩散的抗性;马歇尔集群对内生性风险的抵御能力优于轮轴式集群,而轮轴式集群对外生性风险抗性则相对较强。

关键词:产业集群;集群风险;多层次网络;风险扩散

中图分类号:F061.5 文献标志码:A 文章编号:1008-5831(2013)05-0050-06

一、研究背景

产业集群的发展与衰退通常被认为是影响区域经济的重要因素,然而与研究产业集群竞争优势的文献相比,聚焦于集群风险的文献相对较少。对产业集群风险的研究源于Porter对产业集群演化的分析。Porter指出技术革新、消费者行为模式变更、供应商联盟等外因以及集群企业战略同质化、价格联盟、过度并购等内因可能导致产业集群的衰退^[1]。在Porter的基础上,Dalum等提出了产业集群技术生命周期的概念,并以North Jutland的通讯器材业集群为例,指出突破性技术可能导致新的产业集群在短时间内成型亦可能使该集群面临迅速崩溃的风险^[2]。Tichy借用产品生命周期的概念将产业集群的生命周期分为形成期、成长期、成熟期与衰退期,分析了过度依赖单一产品或产业很可能导致集群在成熟期或衰退期中迅速衰败的风险^[3]。

随着中国产业集群的迅速兴起以及部分集群随后的衰落,国内的学者也逐渐关注产业集群的风险问题。蔡宁等认为集群内企业间的关系网络是该集群的本质属性,产业集群除面临着结构性风险和周期性风险外还面临着网络性风险,三类风险间存在着相互增强的机制^[5]。吴晓波、耿帅借鉴植物学自花结实的“自稳性”概念,提出产业集群存在着自稳性风险,认为导致产业集群优势的专业化分工、地理性临近、群内相互关联、协同效应与溢出效应四大特性中隐伏着降低集群对环境变化、外部威胁的应变能力的内部风险,并最终引起集群的衰退^[6]。王发明、刘传庚采用反映集群网络共性的集聚系数、路径长度与度分布

收稿日期:2012-11-26

基金项目:教育部人文社会科学研究青年基金项目(10YJC630230);浙江省自然科学基金青年基金项目(Q12G030057);国家社会科学基金一般项目(11BJY033)

作者简介:王聪聪(1980-),男,浙江杭州人,浙江财经学院讲师,浙江大学公共管理学院博士研究生,主要从事产业经济、区域发展研究;蔡宁(1963-),男,浙江杭州人,浙江大学公共管理学院教授,博士生导师,主要从事产业经济、区域发展研究。

等结构变量对产业集群的潜在风险进行衡量,并利用美国 128 公路产业集群针对这三个结构变量在衡量集群风险中的有效性进行了案例分析^[8]。

上述国内外的研究对于理解产业集群风险具有十分重要的意义,并为进一步的研究提供了良好的理论基础。然而现有研究集群风险的文献存在以下问题:其一,现有研究主要从外部环境与内在特性方面对集群发展中的风险问题进行较为宏观的、定性的分析,缺乏对集群风险的数量分析、风险识别与风险规模衡量等方面的深入研究。其二,由集群内的企业关系形成的复杂网络结构是产业集群的内在属性之一,对于产业集群的竞争优势、演化过程、风险抵抗能力等各方面都施加着重要影响,然而从集群网络结构视角对集群风险进行的研究却十分匮乏。王发明、刘传庚虽然提出了集群网络结构变量对风险刻画的理论框架,但该研究仍处于定性分析阶段,对网络结构指标的选取也显示出该研究采取的是静态的横截面分析法^[8]。因此,采用数量方法对集群网络结构影响集群风险扩散的过程机理进行动态分析在弥补现有理论缺口,化解集群风险等方面均具有积极的意义。

二、产业集群风险与集群多层次网络结构刻画

(一) 产业集群的外生性风险与内生性风险

按照风险来源分类,产业集群风险可分为外生性风险与内生性风险^[7,9]。外生性风险指的是产业集群外部力量作用于集群宏观整体,以相对均等的概率影响到集群内企业个体,从而对产业集群产生负面影响的风险。外生性风险属于系统性风险的一种,具体表现为产业集群的经济周期风险、技术生命周期风险、结构性风险等。由 2008 年金融危机后欧美消费品需求萎缩而导致的东莞玩具产业集群危机,20 世纪 70 年代日本半导体产业 VLSI 计划对美国硅谷的冲击,美国底特律汽车工业集群、澳大利亚 Styria 钢铁工业区、湖南省邵阳造纸业集群等集群的衰退与消亡都是外生性风险作用结果的典型案例。

内生性风险指的是由产业集群内部因素累积,内部力量相互作用,对集群的整体竞争力、稳定性、持续发展能力等方面产生负面影响的风险。由于内生性风险通常在各类内部因素长期累积并达到某个临界值后突发,因此内生性风险一般以较大概率直接作用于集群内部的核心企业。内生性风险具体表现为自我锁定式的网络性风险和导致集群僵化的自稳性风险。例如,美国 128 公路电子技术产业集群由于过度合并以及对国防采购的极度依赖而丧失了创新能力与活力,并伴随着贝尔、数字设备公司、王安实验室等核心企业的衰落而陷入了整体的衰退。

(二) 产业集群多层次网络结构刻画

产业集群网络是集群内企业相互作用、相互依赖所形成的关系网络。在经营过程中,集群企业间在原材料、产品、编码信息、缄默知识、劳动力等各方面都存在着交流与互动。按照企业间交流与互动的

内容,Tichy 将集群网络分为投入产出网络、劳动力网络、技术合作网络三个层次^[3]。各层次的网络通常既存在重合部分亦存在相异部分,而各层次网络集合的并集则形成了宏观层面的产业集群网络。集群多层次网络的结构属性可以通过节点度分布、最短路径长度、集聚系数、结构洞系数等结构变量刻画。由于集群形成过程中的外部环境、资源禀赋、路径依赖等各方面原因,各种类型集群的网络结构存在较大差异(图 1),导致了集群对各类风险的抵御能力的不同。

Markusen 依据集群组织形式的不同将产业集群分为马歇尔集群、轮轴式集群、卫星平台式集群和政府支持式集群四类^[10]。其中马歇尔集群和轮轴式集群在实践中最为普遍,在中国各地的产业集群中也占据主导地位。本文也将研究重点放在这两类集群的风险扩散上。

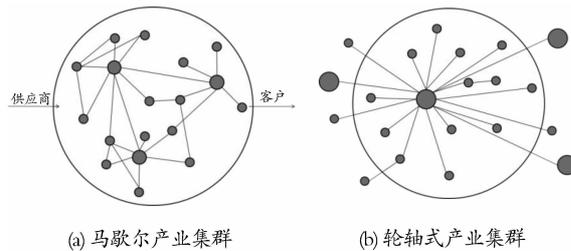


图 1 马歇尔集群与轮轴式集群网络结构示意图

三、集群风险扩散过程仿真分析

(一) 仿真研究框架设计

基于复杂网络视角,集群内部网络结构是由网络中节点与网络边构成。在企业间网络背景下,网络中节点代表集群中的企业,网络边代表集群中企业与企业间的关系。该关系包括了集群企业间在原材料、产品、编码信息、缄默知识、劳动力等各方面交流与互动的关系。集群通过这些节点和边显示出异质性个体间的集聚,非线性和相互作用的特性,并且通过分布式控制、信息流共享、知识传递和学习、多样化行为特征、创新能力以及行为个体间的复杂关系和结构演进表现出来^[9]。在复杂网络研究中,学者通过建立动态网络模型,研究度分布、平均路径长度(或最短路径长度)、集聚系数、网络密度等相关指标的变化,分析一个或少数几个节点或边在发生故障时通过节点之间的拟合关系(边)引起其他节点发生故障,从而产生连锁效应,最终导致相当一部分节点甚至整个网络的崩溃。

本文利用 NetLogo 5.0 软件对两类风险扩散过程中集群网络结构动态变化进行计算机模拟;以网络节点模拟集群中的企业,以连接节点的非矢量边模拟企业关系,形成集群多层次网络。

我们采用网络理论研究中常用的经典测度指标,作为计算机仿真研究的指标。

度分布 P : 节点 i 的度 k_i 是该节点连接的其他节点的数目。网络中节点的度分布情况可用分布函数 $P(k)$ 来表示。 $P(k)$ 表示的是一个随机选定节点的度恰好为 k 的概率,即:

$$P(k) = \sum_{j=k}^{\infty} P(j)$$

该公式表示的是度不小于 k 的节点概率分布。度分布反映的是网络整体结构,少量节点度分布越高,网络结构越不均匀;节点之间度分布同质性越高,网络结构越均匀。

最大连通子图相对值 (G):该参数是在去掉发生故障的节点后,衡量网络中最大连通的子网络中的节点个数。将最大连通子图的相对值 G 定义为:

$$G = N'/N$$

其中 N' 表示相继故障结束后网络的最大连通子图包含的节点个数。该参数 G 表示网络性能。

(二) 马歇尔集群网络风险抗性仿真

马歇尔集群包括了马歇尔早期提出的传统工业区集群和后期形成的意大利产业集群模式。该类集群由大量小型本地企业构成,集群企业规模差异较小;物资、信息、人员在集群内部企业间流动频繁。温州鞋革业集群、英国牛津郡赛车谷、美国硅谷均属于典型的马歇尔集群。这些集群在根植本土、小规模企业、自组织性等方面的特性十分明显。

马歇尔集群的上述特性导致了该类集群的网络结构的稳定状态是一种自组织临界态(SOC)。自组织临界态指的是大量近距离相互作用的个体所构成的复杂系统在一定条件下自行演化最终达到的相对稳定状态^[11];而个体间网络结构的自组织临界态通常表现出小世界网络(small-worldliness)与无标度网络(scale-free)的拓扑结构性。许多研究领域的实证结果对这一现象提供了支持,例如互联网、美国电网、生态网络、百老汇演员合作网络、意大利电视剧组网络等各学科领域的自组织网络均表现出小世界与无标度的网络结构属性^[12]。蔡宁等的研究显示温州鞋革业集群与北京中关村IT业集群的网络结构也存在着这两类结构属性^[13]。马歇尔集群虽然主要由规模差异较小的中小企业构成,但其间也存在着部分核心企业,这些核心企业往往在集群中的某个区域居于主导地位。核心企业在马歇尔集群中并非屈指可数,而是以一定规模散布在整个集群网络中。例如,2008年由整体规模较小的5000余家企业构成的温州鞋革业集群中出口额在千万美元的企业就有61家。这些核心企业在该集群中具有较高的影响力并在一定范围内与集群中的其他企业开展广泛合作。马歇尔集群的这些特征与小世界网络集聚系数较高、最短路径值较小以及无标度网络的幂律分布等特征均契合。由此可见,马歇尔集群网络结构具有小世界网络和无标度网络的结构性质。

图1(a)刻画了马歇尔集群网络结构中的小世界特征和无标度特征。在集群内,多家小企业聚集在三家核心企业(局部集散节点)周围,核心企业的关系数量远高于小企业;核心企业间存在着直接或者路径极短的关系连接,小企业间也存在着一定的关系连接,但其密集程度远未达到封闭网络的程度。小世界网络与无标度网络在面对节点的随机失

效时具有较强的系统生存力。由于马歇尔集群网络结构具有上述两类网络结构性质,该类产业集群对外生性风险的扩散具有较强的抵御能力。无标度网络结构性质表明马歇尔集群中小企业节点数量远高于核心企业节点(集散节点)数量。当外生性风险以随机的方式作用于集群内企业时,小企业节点失效的概率远高于核心企业节点失效概率。以2008年温州鞋革业集群5000家企业中核心企业数量61家为例,小企业与核心企业在风险扩散中失效概率比值约为80:1。由于非核心企业的关系连接数量很少,部分小企业节点的失效并不会影响集群整体的稳定性。图2显示在部分小企业节点失效后集群网络的完整性与连通性并未受到太大的影响。事实上,在集群演化过程中小企业、边缘企业进出集群十分频繁,但集群整体并未受到根本性的影响。例如9.11事件对中国外贸依存度较高的产业产生了较大的冲击,温州鞋革业集群企业数量在两年内锐减1/4,集群整体发展却并未受到太大的影响^[13]。

另一方面,较高的集聚系数以及核心企业的存在使马歇尔集群面对内生性风险时较为脆弱。图3显示了在某个核心企业节点失效后集群网络分裂成了两个互不连通的子网络和少数孤立的小企业节点,集群的完整性与集群网络的连通性受到了极大的影响。因此,面对以特定方式作用于集群核心企业的内生性风险,马歇尔集群表现出较弱的风险抗性。随着内生性风险的扩散,即便只有几家核心企业的倒闭也将导致集群的整体衰亡。由此可见,马歇尔集群对外生性风险扩散的抵御能力显著高于其对内生性风险的抵抗力。

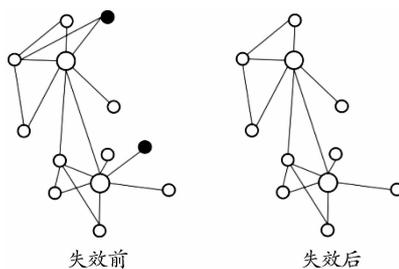


图2 无标度网络边缘企业节点的失效

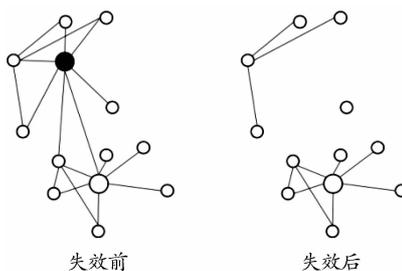


图3 无标度网络核心企业节点的失效

资料来源:笔者绘制。

由于以上原因,我们采用Shepard小世界簇群模型模拟马歇尔集群网络结构,该模型能有效模拟具备无标度与小世界属性的网络结构,并可选择簇群核心企业数量。在该模型中新增企业与原企业连接概率为:

$$P(k_i) = \frac{M}{m_0 + t} \cdot \frac{k_i}{\sum_j k_j}$$

其中 M 为已有节点中选取的新加入节点数量(并存在条件 $M \geq m$), m_0 代表初始结点数量, k_i 与 k_j 分别代表节点 i 与节点 j 的度。

(三) 轮轴式集群网络风险抗性仿真

轮轴式集群是大量小企业围绕着与之关联的一家或者少数几家中心大型企业而形成的。与马歇尔集群企业间协作关系不同, 轮轴式集群中的小企业一般受到与中心企业的契约牵制。这些小企业通常扮演了中心企业的本地专属供应商的角色, 但又同时具有一定的独立性。与散布在马歇尔集群中且在一定范围内具有较高影响力的核心企业相比, 轮轴式集群的中心企业在整个集群中具有绝对的主导地位。美国波士顿 128 公路集群和西雅图波音公司集群是典型的轮轴式集群。

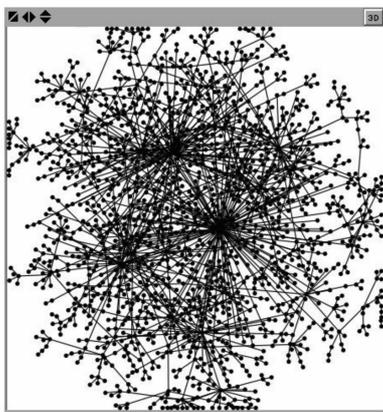
图 1(b) 简要刻画了轮轴式集群的网络结构。轮轴式集群的中心企业数量极少, 小企业与中心企业的联系紧密, 而小企业之间的协作连结十分稀疏; 中心企业直接与集群外的供应商和客户联系, 而集群内的小企业通常与集群外企业缺乏连接通道。这导致了轮轴式集群的网络结构接近于 Freeman 提出的“星形”网络结构。星形结构是无标度网络结构的极限形式。在星形网络结构中, 中心节点与所有边缘节点连接, 而边缘节点仅与中心节点连接, 边缘节点间无连接; 中心节点拥有最高的度分布值, 而边缘节点只具备最低度分布值。

由此可见, 与马歇尔集群相比, 轮轴式集群网络结构的无标度属性被强化, 集群网络中边缘节点数量与集散节点数量之间的比值更高。在随机攻击网络节点的外生性风险扩散过程中, 轮轴式集群比马歇尔集群具有更强的系统生存力。例如同为美国高新技术集群的硅谷(马歇尔集群)和 128 公路集群

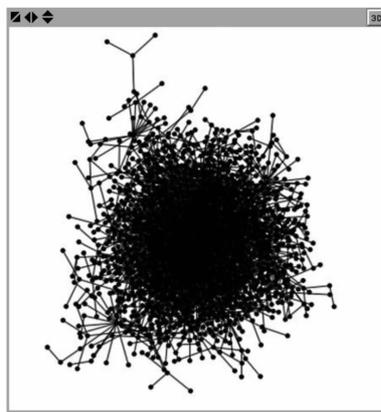
(轮轴式集群), 在面对 20 世纪 70 年代日本半导体产业 VLSI 计划对美国高新技术产业的冲击时(外生性风险), 128 公路集群比硅谷的整体受损程度小^[14]。在 2008 年美国金融危机对中国外贸依存度较高的产业形成的外生性风险作用下, 马歇尔集群形态的东莞玩具业集群内大量企业倒闭, 其中包括作为该集群核心企业之一的合俊集团, 对集群整体产生了破坏。而同样的冲击对轮轴式集群形态的杭叉股份集群产生的破坏程度并不大。虽然该集群中仍有不少边缘企业倒闭, 作为中心企业的杭叉股份集团公司外贸销售额也锐减 51%, 但是由于该集群中心企业节点在外生性风险随机攻击中并未失效, 集群整体保持了较好的完整性。

另一方面, 轮轴式集群网络结构缺少小世界拓扑结构属性, 中心企业节点数量远少于马歇尔集群中核心企业节点数量。这导致轮轴式集群对以特定方式作用于中心企业的内生性风险的抵御能力比马歇尔集群更弱。在内生性风险扩散过程中, 马歇尔集群的一些核心企业节点逐一失效, 剩余核心企业节点仍能维持相对完整的集群网络; 而轮轴式集群在中心企业节点失效后, 则可能快速陷入衰退或直接崩溃。Saxenian 在对硅谷与 128 公路集群的比较中发现, 美国电子工业进入微电脑时代后硅谷和 128 公路集群内部均表现出自稔性风险所刻画的僵化现象。虽然两个集群都出现了核心企业的倒闭现象, 但硅谷的集群整体存续状况和后期恢复能力均要优于 128 公路集群^[14]。

因此, 与马歇尔集群相同, 轮轴式集群对外生性风险的抵御能力要高于其对内生性风险的抵御能力; 但与马歇尔集群相比, 轮轴式集群对外生性风险的抗性更强, 而其在内生性风险扩散过程中的系统存续能力更弱。



(a) 马歇尔集群模拟网络(小世界簇群模型)



(b) 轮轴式集群模拟网络(增强BA模型)

图 4 产业集群仿真结构($N = 1500$ agents)

资料来源:笔者绘制。

由于以上原因, 我们采用增强 BA 模型模拟轮轴式集群网络结构; 该模型由 Barabasi 等提出, 模型中新增节点优先与具有较高连接数量的节点连接, 能

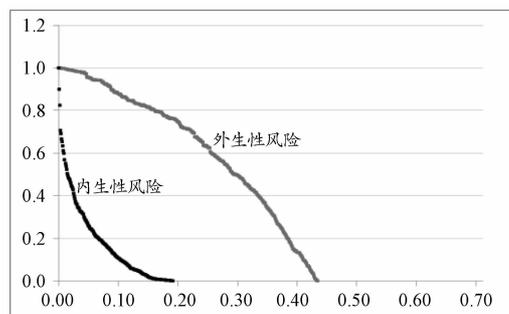
够有效模拟具备较强幂律分布的无标度网络结构。在增强 BA 模型中, 新增企业与原企业连接概率为:

$$P_i = \frac{k_i}{\sum_j k_j}$$

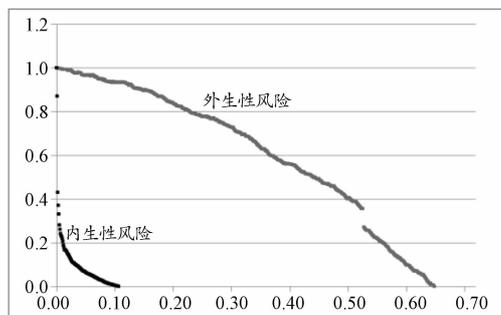
其中 k_i 为节点 i 的度。新进入在两个模拟网络的初始节点上分别以小世界簇群模型规则和增强 BA 模型规则添加新的节点,直至达到 1 500 个节点(较典型的产业集群内企业数量通常超过 1 000 个),形成马歇尔集群和轮轴式集群模拟网络(图 4)。按照温州鞋革业集群全部企业与核心企业数量比 80:1 的关系,马歇尔集群模拟网络核心企业节点数量设定为 19。

(四) 仿真结果分析

我们采用使集群网络中节点逐一失效的方式模拟风险扩散过程,节点失效意味着该节点代表的企业倒闭。对于外生性风险,我们让网络所有节点以相等的概率逐一随机失效,直至极大连通子图相对值 R_c 为零。这模拟了外生性风险以等概率的方式作用于集群全体企业的特性。对于内生性风险,我们首先选取目前网络中连接数量最多的 3 个节点,然后以等概率随机选取其中一个点使其失效,以此类推,直至 R_c 为零。这模拟了内生性风险以特定方式作用于集群核心企业的特性。极大连通子图相对值 R_c 是指在节点 i 失效后系统中最大连通子网络的节点数 N_i 与原网络节点数 N 的比值,通过观测集群网络极大连通子图相对值 R_c 的改变可了解集群结构完整性的变化。



(a) 马歇尔集群



(b) 轮轴式集群

图 5 风险扩散过程与集群结构变化

图 5 显示了在外生性与内生性风险扩散作用下马歇尔集群和轮轴式集群结构完整性的变化。横轴

代表倒闭企业数量占企业总数量的比例,纵轴代表集群网络极大连通子图相对值 R_c ,即集群结构完整性。 R_c 取值为 0 代表着集群消亡。图中跨度较大的间断处代表了某节点的失效对集群结构完整性造成了较大的破坏。与轮轴式集群相比,马歇尔集群的间断数量较多且间断跨度较小。这体现了马歇尔集群内核心企业数量虽然远大于轮轴式集群内中心企业数量,但核心企业倒闭对马歇尔集群结构完整性的影响却不如中心企业倒闭对轮轴式集群结构完整性的影响大。

由图 5 可知,在外生性风险扩散作用下,约 43% 的企业倒闭后马歇尔集群完全消亡,约 64% 的企业倒闭后轮轴式集群消亡;在内生性风险扩散作用下,约 19% 的企业倒闭后马歇尔集群消亡,约 11% 的企业倒闭后轮轴式集群消亡^①。由此可见,两类集群对外生性风险扩散的抵御能力均高于对内生性风险扩散的抵御能力;轮轴式集群对外生性风险的抗性高于马歇尔集群,而马歇尔集群对内生性风险的抗性则相对较高。

四、结论

产业集群风险作为影响区域经济发展的重要因素正受到越来越多的关注,然而与研究产业集群竞争优势的文献相比,聚焦于集群风险的文献相对较少,现有相关研究亦存在较多的理论缺口。采用数量方法研究集群网络的结构以及该结构对集群风险扩散过程的影响在弥合现有理论缺口,化解集群风险等方面均具有积极的意义。本文采用理论分析、案例论证等方法提出了产业集群网络结构对集群风险抵御能力的作用机理模型,并运用计算机仿真模拟法构建了集群仿真结构,刻画了在外生性风险和内生性风险的扩散过程中集群结构的动态演化。得到的主要结论有以下三点:(1)马歇尔集群网络具有无标度网络和小世界网络的拓扑结构属性,而轮轴式集群网络具有接近无标度网络极限状态的星形网络结构属性;(2)马歇尔集群和轮轴式集群对外生性风险扩散的抗性显著高于两者对内生性风险扩散的抗性;(3)马歇尔集群对内生性风险的抵御能力优于轮轴式集群,而轮轴式集群对外生性风险的抵御能力则相对较强。

由此可见,与相同规模的内生性风险相比外生性风险对集群的破坏较小,相关政策制定者与管理实践者应更关注集群内部的自稳性风险与网络性风险。从网络结构的角度的分析,可通过在轮轴式集群中培育多个后备中心企业来分散该类集群的内生性风险,防止少数中心企业倒闭导致集群整体衰落的事件发生;通过引导集群内边缘企业进行更多的互动协作,增加小企业间的关系连接数量与集散节点数量,提升集群的网络密度来增强集群抵御内生性

^①由于外生性风险扩散对集群的作用具有一定的随机性,我们将风险扩散试验重复了 50 次以检验结果的鲁棒性;50 次试验结果的具体数据略有差异,但所得结论相同。

风险与外生性风险的能力。

本文是从集群网络结构视角出发对集群风险研究的一次尝试,所构建的集群模型和集群风险扩散过程与现实仍具有一定的差距,未来的研究可以从以下两方面进行拓展与深入研究:一是,外生性风险在现实中并非以完全等概率的方式作用于集群企业,例如全球性金融危机所导致的外生性风险会以较大概率作用于外贸依赖度较高的企业节点;通过构建更为细致精确的风险扩散模型能更有效地拟合现实中集群所面临的风险。二是,许多集群风险并不是单纯的内生性或外生性风险,而是两者的混合,研究集群结构在两者共同作用下的变化过程具有更高的理论价值和现实指导意义。

参考文献:

- [1] PORTER M E. Clusters and new economics of competition [J]. Harvard Business Review, 1998(6): 77-90.
- [2] DALUM B, PEDERSEN C, VILLUMSEN G. Technological life-cycles lessons from a cluster facing disruption [J]. European Urban and Regional Studies, 2005(12): 229-246.
- [3] TICHY G. Clusters: Less dispensable and more risky than ever, clusters and regional specialisation [M]. London: Pion Limited, 1998.
- [4] FRITZ O M, MAHRINGER H. A risk-oriented analysis of regional clusters, clusters and regional specialisation [M]. London: Pion Limited, 1998.
- [5] 蔡宁, 杨闫柱, 吴结兵. 企业集群风险的研究: 一个基于网络的视角 [J]. 中国工业经济, 2003(4): 59-64.
- [6] 吴晓波, 耿帅. 区域集群自稳性风险成因分析 [J]. 经济地理, 2003(6): 726-730.
- [7] 朱瑞博. 模块化抗产业集群内生性风险的机理分析 [J]. 中国工业经济, 2004(5): 54-60.
- [8] 王发明, 刘传庚. 基于复杂网络视角的产业集群风险研究 [J]. 商业研究, 2009(11): 66-70.
- [9] 蔡宁, 黄纯. 集群风险与结构演化的复杂网络仿真研究 [J]. 重庆大学学报: 社会科学版, 2012(1): 5-11.
- [10] MARKUSEN A. Sticky places in slippery space: A typology of industrial districts [J]. Economic Geography, 1996(3): 293-313.
- [11] BAK P, TANG C, WIESENFELD K. Self-organized criticality: An explanation of $1/f$ noise [J]. Physical Review Letter, 1987(4): 381-384.
- [12] BAUM J A C, ROWLEY T, SHIPILOV A V. The small world of Canadian capital markets: Statistical mechanics of investment bank syndicate network, 1952-1989 [J]. Canadian Journal of Administrative Sciences, 2004, 21(4): 307-325.
- [13] 蔡宁, 吴结兵, 殷鸣. 产业集群复杂网络的结构与功能分析 [J]. 经济地理, 2006(3): 378-382.
- [14] SAXENIAN A. Regional advantage: Culture and competition in Silicon Valley and Route 128 [M]. Cambridge, MA, USA: Harvard University Press, 1994.

The Effects of the Multi-Layer Network Structures on the Proliferation of Cluster Risks

WANG Congcong^{1,2}, CAI Ning², HUANG Chun¹

(1. School of Finance, Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou 310012, P. R. China;

2. College of Public Administration, Zhejiang University, Hangzhou 310018, P. R. China)

Abstract: We analyze the effects of the multi-layer network structures on the proliferation of industrial cluster risks and demonstrate the effects by multiple cases. With the help of computer simulation, we depict the dynamic evolution of cluster structures during the proliferation of exogenous and endogenous risks. We conclude that both Marshallian cluster and hub-and-spoke cluster have higher resistance to exogenous risk than to endogenous risk, and that Marshallian cluster has higher resistance to endogenous risk than hub-and-spoke cluster, while hub-and-spoke cluster has higher resistance to exogenous risk than Marshallian cluster.

Key words: industrial cluster; cluster risk; multi-layer networks; proliferation of risks

(责任编辑 傅旭东)