

基于复杂性理论的城市经济网络 研究进展与展望

郑蔚

(福建师范大学经济学院,福州 350007)

摘要:城市经济网络的研究借鉴了复杂性理论的分析方法,能更细致地刻画城市网络的空间格局。现有的大量研究仍沿袭城市体系空间结构的思路,注重城市的竞争和位序关系以及城市网络的中心性,未能充分体现城市经济网络和城市体系空间格局的差异。本文通过对基本文献的梳理,从复杂性理论的视角将城市经济网络研究的发展历程分为3个阶段:20世纪40年代前的基础理论构建阶段;50-90年代的发展创新突破阶段以及21世纪以来的多元繁荣发展阶段。目前,城市经济网络研究的热点领域包括城市经济的拓扑结构和空间拟合、全球城市联系的范围测算和质量评价;城市经济网络结构的动力学影响以及城市经济网络的安全管控和功能优化。未来要关注大数据时代的数据整合和挖掘,构建城市经济网络的整体研究框架。

关键词:城市经济网络;复杂网络;世界城市;安全管控

1 引言

全球化语境下的区域关系和经济秩序正处于急剧变化和重新构建之中。区域内部、国家内部以及各国之间为吸引投资和刺激消费所展开的竞争对经济的可持续发展产生重大影响(Smyth, 1994)。经济空间发展格局具有3个层面:全球、国家和区域。而城市既是3个层面的基本组成,又是3个层面的关键中枢,起着举足轻重的作用。目前,中国正处于城镇化的价值取向调整和快速发展阶段。2014年颁布的《国家新型城镇化规划(2014-2020)》指出,新型城镇化以人的城镇化为核心,一方面要优化城镇化布局和形态,让城市群承载城镇化;另一方面则要走均衡的城镇化道路,使大中小城市和小城镇协调发展,促进城乡共荣发展。2014年12月召开的中央经济工作会议首次提出了优化“空间经济发展格局”的目标,指出要重点实施“一带一路”、京津冀协同发展、长江经济带三大战略,这是中国经济主动融入欧亚大陆板块的尝试。由此,如

何构建科学合理的经济空间发展格局,以适应中国经济发展的“新常态”以及新型城镇化战略调整的需要,是现阶段城市经济学、经济地理学、空间经济学亟需解决的新问题。

传统的城市研究将注意力集中在城市内部,往往忽略了城市之间的外部联系。1950年代开始,伴随着城市群化现象的大量出现,掀起了城市群、城市体系结构的研究热潮。大量的研究从人口规模、产业集群、FDI区位等视角出发探讨单个城市与区域之间的关系,研究结论以等级或位序关系为主,侧重于城市的竞争与等级关系,重视对特定等级规模城市的政策指导。1990年代开始,城市经济网络化联系的特征日益凸显,经济地理学的“关系转向”和复杂性科学的方法创新推动了城市经济网络研究在深度和广度上均有所突破。

本文从复杂性网络的视角出发描绘城市经济网络的发展阶段和热点领域,并考察其发展趋势,以为大数据时代下城市经济网络的建设和发展提供参考。

收稿日期:2014-11;修订日期:2015-03。

基金项目:国家自然科学基金项目(41301131);福建省社科规划项目(2014C092)。

作者简介:郑蔚(1981-),女,浙江宁波人,副教授,博士,主要从事区域与城市发展研究,E-mail: zw99028@163.com。

引用格式:郑蔚. 2015. 基于复杂性理论的城市经济网络研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 34(6): 676-686. [Zheng W. 2015. Research progress and development trend in urban economic network study based on complexity theory[J]. Progress in Geography, 34(6): 676-686. DOI: 10.18306/dlkxjz.2015.06.003

2 城市经济网络研究的发展阶段

现代城市被视作连接和参与全球经济的资源和跳板,是空间、经济、社会、文化、环境等全球化的实验室(Short et al, 1999; Sim et al, 2003)。城市振兴和增长与城市停滞和衰退等相互矛盾的特征几乎并存;在全球化和信息技术革命的推动下,许多城市从本国经济发展的轨道中脱离出来(Cohen, 2001),相互连接成横向经济网络,从而重塑和改变全球化的进程。在城市联系的层级性被网络性所代替的同时,值得思考的是:两个初始条件就存在差异的城市之间如何产生水平联系?对多个城市之间的集聚与扩散、增长与演替、遗传与突变、共生与竞争、寄生与袭夺等联系过程如何进行刻画和衡量?全球化和信息化背景下日渐紧密的城市联系如何对个别城市的生长和衰落产生影响?区域城市中不同规模等级和功能的城市之间如何处理合作和竞争的关系?这一系列的问题,催生了对城市经济网络这一新型空间组织形式的研究。

2.1 基础理论构建阶段

城市经济网络的研究离不开对网络特别是复杂网络的认识。19世纪以前,大量的经典数学、物理学理论都是线性的;19世纪末20世纪初,法国数学家 Jules Henri Poincaré 在动力系统理论和 Hamilton 系统理论的贡献使其成为混沌理论的开创者,并推进了物理学、心理学和神经生理学的跨越式发展。作为城市地理学或者空间规划学的一个基础理念,网络化最早可追溯到法国地理学具有浓厚的人文关怀情结的“Vidal传统”,即注重人文地理和自然地理的整体统一,强调人及其周围环境的紧密关系。自1920年代以来,起源于格式塔理论,由结构功能人类学、社会计量学和田野理论合力推进的,并以图论为数理基础的网络结构主义量化分析方法,就已用于描述一定社会群体中(工厂、社区、部落、乡镇、国家等)人类集体行为的结构特征及其关系模式(Scott, 2000)。社会网络分析的隐含意义是:城市是一个大型的社会网络,个人通过多重联系和社会融合发挥全部的社会经济潜能,因此城市规模受到人口、商品和信息的流动成本和基础设施完善程度的影响(Watson et al, 2014)。这些研究都基于“小区域”或城市个体的视角,突出区域或城市内部各要素的分布、组合和联系状态,具有显著的“区域个性”。

但是,由人口和各种经济活动的空间集中而构成的区域和城市并不是独立存在的,城市在与外界进行交互关系的同时也完成着自我调节,城市个体表现出诸如新兴城市的崛起、现代城市的生长、传统城市的衰败等种种现象,各个城市连接而成的城市系统因而具有不同的规模和结构。开创性的贡献归功于德国城市地理学家 Christaller,其提出的六边形网络模式将自然地理基础、社会生产与需求以及非生产性服务业的空间联系纳入地理学的研究中,从而探讨具有城市职能的聚落规模和等级的发展规律。市场—价格分析法的运用开创了经济学和地理学共轭的现代区位分析时代(杨吾扬, 1989),也为从经济视角探讨城市网络空间格局提供了思路。由此,网络化成为城市经济系统的一项重要组织原则,并在很长的一段时期内引导了城市空间发展的方向。但是,中心地理论指引下的城市空间格局呈现明显的层级性,即以人口规模、职能分工、行政建制等确定中心城市,充分发挥中心城市内部各大型制造业企业、生产性服务业、技术创新、企业家才能等的集聚和辐射作用,城市之间的经济联系通常是单向的,即从中心城市向等级较低的城市流动,从而进一步强化了城市经济系统的不平衡性。在此期间,城市经济系统在空间上的拓扑结构成为关注的重点,相关研究大多先假设城市经济系统具有某种特定类型的网络结构规则(城市首位律、城市金字塔、位序—规模法则等),然后利用相关的经济数据和计算方法来识别这种类型的结构规则,利用真实世界与理论假设的拟合程度高低作为城市经济网络合理与否的判断标准。

2.2 发展创新突破阶段

然而,仅从经济角度来看,经济个体之间的交互结构和关系亦是随机和复杂的。因此,作为各种经济、社会、政治、文化活动集结地的城市内外部关联亦形成了多层次的超大型复杂网络系统,用特定类型的网络结构规则难以进行准确全面的刻画。1940年代 McCulloch、Pitts、Hebb 等人的努力使得网络系统的动力学模型在生物学领域取得突破发展,1950年代 ER 随机图理论的提出亦为破解这一难题提供了条件。拓扑学和凸分析的应用帮助 Kenneth Arrow 与 Gerard Debreu 等学者完成一般均衡理论的数学建模,从而证明追求自身福利最大化的个人能够通过市场网络达到均衡状态。这一时期亦是城市重建的关键时期,大量的研究关注城市

内部网络结构:从广义上讲,强调为人员和货物的时空移动提供服务的各类基础设施网络化布局的经济问题,主要偏向物质型网络(电力、交通、电话、电报等)产业的组织理论(黄纯纯, 2011),包括网络的自然垄断特性(李怀, 2004)及其垄断边界的判定、网络互补性及网络运营效率和经济效果评价、网络供给模式及投资建设的优先次序、网络结构、功能、布局、规模的优化等。从狭义上讲,仅指针对交通工具的改进、人类移动性增加、城市空间不断扩张而开展的,追求速度、依赖主干道和小汽车出行道路设计系统,通过城市空间结构重建和城市机能的强化,以解决人口快速增长所带来的城市压力。

从1960年代阿帕网产生之后,采取了分布式网络和包交换技术的互联网构建了全球信息联系、资源共享的虚拟平台,从而改变了传统的生产方式和生产关系。1980年代起,混沌理论开始应用于经济学领域,并有效证明了在宏观经济系统和微观企业个体中均存在混沌现象(Stutzer, 1980; Day, 1983; Baumol et al, 1989),经济学家和物理学家在“经济系统是一个演化着的复杂系统”这一观点上达成一致。在强有力的互联网技术支撑下,1982年Hopfield网络模型、1986年Rumelhart和McClland等的BP网络模型相继提出,为有效解决城市经济管理中的优化组合问题提供了新的思路。随着技术变革和新兴市场的兴起,越来越多的学者发现,中心地理理论难以对中心城市与中心城市之间的联系、专业化的低层级城市向中心城市的职能和商品输出等进行合理解释(Pred, 1977),从而开始对城市的空间关联进行重新审视,即不再重视城市集中以及中心城市的主导作用,转而强调系统内部的联系性,主张构筑多中心和多功能的城市系统。在小世界效应(Watts et al, 1998)和无标度模型(Barabási et al, 1999)提出之前,随机网络一直占据主导地位,并被认为是描述真实世界最适宜的网络。但也留下了几个思考:一是真实世界的城市经济网络究竟是规则网络、随机网络亦或是具有其他统计特性的拓扑结构?二是城市的空间相互关联和空间结构的形成过程是否像物理学、生物学一样可以进行模拟、仿真和预测?三是如何正确理解网络内各个体的变化以及可能出现的响应对整个网络的影响,即如何做出正确决策以维持这个系统或者处理新的需求?四是什么因素推动和影响城市经济网络的结构和动态变化?21世纪以来,以社会网络分析和统

计物理学为基础的复杂网络研究兴起,大量实证研究表明,几乎一切复杂系统都具有网络形式(任晓龙等, 2014),城市经济网络亦不例外,由此掀起了城市经济网络的研究热潮。

2.3 多元繁荣发展阶段

作为一定地域空间的聚合体,城市无时无刻不在与外界进行物质和能量的交换,生成或者吸引各种“流”,从而同其他地区产生关联。工业制度的危机、面向自由的社会运动的兴起和信息通信技术革命,使得具有网络结构特征的社会经济问题同网络技术相结合,学者们纷纷致力于在快速成长的互联网技术支撑下,探讨处于不同文化和制度中但又高度关联的社会模式、发展动态、行为动力等问题(Castells, 2000)。由此推动互联网时代对城市经济网络研究朝着多元繁荣发展的方向发展。仅从概念和内涵来看,对城市经济网络就有3个方面的理解:

一是认为城市经济网络就是城市之间进行经济活动的各种通道的集合,表现为“线”,但可以从观察到城市经济“流”的运动模式。这种基于道路的城市经济网络有狭义和广义之分。狭义的城市经济网络特指与传统追求速度、依赖主干道和小汽车出行相区别的、以“可达性”为目标的、新的街道设计系统(Calthorpe, 2010),该系统以城市中心和郊区为连接对象。可达性意味着步行、骑行、车行在内的各种交通出行方式的最优组合以及对机动车出行需求的减少,而道路设计和街道网络是实现的关键。由芝加哥大都市区商界精英人物组建的、旨在进行区域治理的“芝加哥大都会2020”提倡的这种城市网络,利用由公共林荫路、林荫大道以及连结路组成的网状道路系统替代由主干道、次干道、支路和高速构成的树状道路系统,从而形成一个减少汽车拥堵的循环系统,而其与混合利用开发模式相结合,能构建一个全新的绿色城市的增长模式。广义的城市经济网络则是将商品、信息、病毒、思想的流动均视作由公路、铁路、航空、长距离输油输气输水输电管道、各类数据传输线路等连接而成的交通网络。Pharand-Deschines 历经13年绘制的地球图像是对这种城市经济网络的动态演化过程的描述和总结。

二是缘于Jacobs的开创性思想,由GaWC(Globalization and World Cities)研究团队不断完善的基于流动空间和网络社会理论的世界城市网络。以

Taylor为首的GaWC研究团队将世界城市网络定义为由整体网络(世界)层面、个体节点(城市)层面、次节点(全球性的生产性服务企业)层面组成的特殊网络(Taylor, 2001, 2004),而会计、广告、银行/金融、保险、法律、管理资讯等高端生产性服务企业在不同国家不同城市的业务部门将城市构成了“连锁”经济网络,利用大数据时代的信息传播模式,完成了对“城市的第二性”的测算(金元浦等, 2014)。研究的不断深入使得GaWC跳出了国际政治经济学从国家和市场的角度探讨世界格局的桎梏,将注意力从民族国家和跨国企业转移到了非盈利、非政府和公共组织,认为全球经济和社会组织正呈现既不同于层级制又不同于市场集中的水平网络联系,网络中的生产和再生产结构相互依存,网络参与者之间互信互惠、互相合作,交互性是网络的核心(Taylor, 2011)。

三是借鉴社会网络分析方法,将城市经济网络视作经济主体之间合作和共担风险的交互结构和关系,并尝试利用演化博弈论的方法理解经济网络,认为经济网络是“建立在经济行为主体之间相互作用的集,也是经济行为主体对不同经济目的采取相似行为的一个集”(Umbhauer, 1995; Cohendet et al, 1998)。Hakansson等(2006)从要素(活动、行为者和资源)—关系(企业、关系和网络)视角确定社会经济网络的动态组织结构;Schweitzer等(2009)则从经济社会和复杂系统两个角度理解经济网络,节点是公司、银行甚至国家等个人和机构,节点之间的连接则是贸易、所有权或借贷关系,节点、连接的新增或删除以及连接方向的变化构成了网络结构的基础。

3 国际城市经济网络研究的热点领域

从时间上看,系统的并具有影响力的城市经济网络理论分析始于1999年。当年4月,美国《科学》杂志刊出了一系列复杂性理论在化学、生物信号系统、神经系统、动物群居、自然地貌形态、气候和经济学等领域的应用文章,宣告了复杂性科学“超越还原论”时代的到来。Arthur(1999)指出,传统经济理论往往简化由经济个体组合而成的经济世界,从而寻求简单均衡解,因此它们要求经济个体的行为要素(行动、策略、期望等)与由这些要素共同构成的聚合模式保持一致。但诸如银行、消费者、企业、投

资者等经济个体在真实世界中不断根据市场、购买决策、价格、预期等调整各自的市场、购买决策、价格和预期,并承担这种调整带来的后果。因此,经济学最好被视作由随机事件和自然正反馈组成的非线性随机动态过程。同年,来自英国拉夫堡大学地理系的学者组成GaWC研究团队,致力于从世界城市的视角探讨城市与城市之间联系的范围和质量与全球化的相互关系。目前,城市经济网络的研究主要朝着以下4个层次递进发展:城市经济网络的拓扑结构和空间拟合,全球城市联系的范围测算和质量评价,城市经济网络结构的动力学影响,城市经济网络的安全管控和功能优化。

3.1 城市经济网络的拓扑结构和空间拟合

该研究方向关注真实世界中的城市经济社会网络的复杂结构,并寻求最佳方法进行拟合和预测。研究对象既包含以国家为节点、以贸易和金融为连接的宏观经济网络(Tzekina et al, 2008; Fagiolo et al, 2009, 2013),也包含以企业或消费者为节点、以知识或信息交换为连接的微观经济网络(Aaboen, 2009; Wu et al, 2009);既包括信息共享网络、创新网络、孵化器网络,又包含基础设施网络、劳动力流动网络等(Bullinger et al, 2004; Zeng et al, 2010; Sydow et al, 2013);既包括市场关系,也包括非市场关系(Brondizio et al, 2009; Aral et al, 2012)。研究形式为以计算机与人工智能、认知科学、神经生理学、非线性动力学等学科为基础,实现网络科学与网络工程的连接(Deeter et al, 1998; Latora et al, 2003; Guimera et al, 2005)。一方面,利用Hopfield网络模型、BP网络模型等对诸如连接城市的高速公路、大规模水火电力系统、通信设备、城市内部的污水处理系统等进行诊断、预测、管理、控制和最优设计(Lee et al, 1998; Yalcinoz et al, 1998);另一方面,对动态规划、专家系统、模糊算法、遗传算法、蚁群算法等的优劣和拟合度进行比较,并采用混合方法不断修正和改进神经网络,以期构建最接近真实世界的网络模型(Colizza et al, 2006; Gibbon et al, 2008)。特别是,利用神经网络在期权价格、股票涨落、经济系统投入产出的预测模型方面亦取得了突破(Wang, 1999; Yao et al, 2000)。

3.2 全球城市联系的范围测算和质量评价

尽管由跨国信贷和投资网络、贸易关系及供应链构成的全球经济网络已经形成,但是,如何测算城市与其他城市之间的连接、关系和流仍是城市经

济网络研究的瓶颈,即便是甄别全球经济网络中的节点城市也因为数据匮乏而饱受诟病(Short et al, 1996)。Beaverstock等(2000)提出,可以通过商业新闻、熟练劳动力的国际流动、生产性服务业的业务范围等方式形成不同于官方数据的跨国数据,从而实现和城市关联的测算,但此研究仅限于理论探讨阶段。直到Taylor等(2002)以100家高端生产性服务跨国企业在316个城市的分布数据为基础,根据企业在城市中的服务价值(Service Value)给予不同的赋值,才实现了世界城市网络中节点城市的定量测算和甄别。该研究利用因素分析和主成分分析来探求影响世界城市分布的主要因素,将世界城市经济网络形成的原因归结为经济全球化进程下客户需求的变化所带来的高端生产性服务企业业务范围的扩张。其后,Alderson等(2004)利用财富杂志公布的全球500强跨国企业及分支机构在3692个城市的分布数据,通过入度、出度、亲密度、介中心性来分析全球城市体系。尽管方法各不相同,但结论相对一致,两者相互结合成为分析全球城市网络空间结构、分布、转换、整合、集中、秩序以及规划的有效工具(Derudder et al, 2008; Bassens et al, 2010)。

3.3 城市经济网络结构的动力学影响

大量实证研究关注路径长度、度分布、群聚、弹性等网络的统计属性,并据此证实网络通常都是非随机的,具有高群聚系数和高度偏斜度分布(Newman, 2003),城市经济网络亦是如此。除了关注自身的拓扑结构以外,城市经济网络研究的目标之一就是了解城市经济网络的拓扑结构对发生在网络中的同步、博弈和传播等动力学行为的影响,简言之,就是网络中的参与者受到其他参与者数量和网络结构的影响(Boccaletti et al, 2006)。在固定交互的城市经济网络中,具有有限理性的参与者如何进行重复博弈并通过自适应来实现自身收益最大化的经济行为亦受到广泛关注,这意味着基于功能互补、利益互惠的合作关系而非竞争优势使得城市之间的联系具有一定的路径依赖关系(Beaverstock et al, 2002; Rand et al, 2011)。实证研究表明,平均最短距离是影响同步能力的重要因素,相较于规则网络,具有小世界效应和无标度特性的复杂网络中更容易发生同步现象,这意味着在其他条件不变的情况下,城市经济网络中的参与者具有明显的邻居合作倾向(Gracia-Lázaro et al, 2012),因而地域邻近、

交通工具的改进、运管效率的提升、通信设施的更新更有助于增强城市经济网络内部城市间的相互联系。

3.4 城市经济网络的安全管控和功能优化

城市经济网络结构并非一成不变。一方面,经济利益最大化追求下的不同个体在既有网络结构下相互选择博弈对象、采取合作博弈或非合作博弈等经济行动,并经过模仿、实验、学习、创新等复杂渐进过程调整网络拓扑,重塑经济网络结构;另一方面,面对快速创新、社会不稳定以及环境变化等随机因素,依靠规则、制度、惯例、习俗自发演化的经济网络中的行为主体可能尝试采取不同的行为策略,修正和改进各自的行为。也就是说,城市经济网络的参与者将同时受到网络内部结构和外部环境的冲击而调整经济行为,使得城市经济网络也处于动态演化过程中,直至达到均衡。目前对于城市经济网络演化机制的分析,主要采取三种思路:一是从时间序列出发,建立空间计量模型,强调长期趋势和变动周期(Goyal, 2007);二是直接建立演化模型推测影响网络结构的因素(Valverde et al, 2002; Kim et al, 2005; Garlaschelli et al, 2007);三是寻求网络中的个体产生连接的原因和驱动力,即利用网络结构或者节点属性信息对未产生连接的节点间产生连接的概率进行推断和预测(刘宏鲲等, 2011)。2008年的金融危机中爆发出来一系列问题向城市经济网络演化的预测和模拟领域提出了挑战。研究表明,通过跨国公司在全球的业务联系而构筑起来的全球城市网络中,城市的连通性实际上是全球治理和经济权利的映射。因此,如何将时间序列分析、复杂理论以及图论和矩阵等方法相结合,达到控制危机和功能优化的目的,成为破解难题的关键。

4 评述与展望

4.1 研究评述

Schlesinger早在1930年代就提出流通性对城市兴起的影响,强调迁移和流动对群体文化、生活方式以及技术进步和经济增长的贡献。McNeill等(2003)认为,人类的相互交往和影响“日复一日地输送、协调着人们的愿望和行动”,使得经济往来不断频繁,构筑成城市经济的网络组织形式。城市经济网络的内涵和形式随着城市的发展、城市经济增长

与世界格局的变化而不断演化。

目前,在地理学、经济学、物理学、生物学、政治学、社会学等多学科的推动下,城市经济网络研究已经历了理论构建、创新突破和多元发展阶段。总体而言,将复杂性理论引入城市经济网络是对城市经济理论、城市体系学说、世界体系理论的有效补充。在研究假设方面,传统研究关注城市经济网络中的个体在某个时点上的一般均衡,而复杂网络的动态演进过程打破了传统经济学和博弈理论中经济个体完全理性的假设,强调动态均衡,从而更真实地反映城市经济网络中的合作共生关系;在研究方法方面,采取基于复杂网络理论的多模型组合进行刻画、拟合和预测的研究范式,不断加强和深化了人们对城市经济网络中的多元主体之间联动关系及其对网络结构的认识,而这种联系和互动又会影响城市经济网络的复杂性;在研究目标方面,传统研究重视城市经济行为之间的线性联系和层级管理,而复杂网络的研究目标是控制网络上的动力学过程,将城市经济网络的危机和风险维持在可控范围内。

近年来,中国学者利用复杂性理论研究城市经济网络的路径主要有以下两种:

一是运用复杂性理论将城市经济网络分解为节点和边,将城市经济网络中的各种联系简化为网络流,据此对网络的拓扑结构特征进行抽象描述,并取得了丰硕的成果。研究初期尝试采用铁路、公路、航空等基础设施网络数据考察通达性、趋中性、区位敏感性及其对区域空间格局的影响,并确定单个城市对城市网络的支配能力(程连生, 1998; 金凤君, 2001; 曹小曙等, 2003; 戴特奇等, 2005; 麻清源等, 2006);随后有学者探讨信息化时代的光纤网络、移动网络及虚拟空间对既有城市分布格局的影响(汪明峰等, 2004, 2006),指出互联网在一定程度上重构了城市和区域的竞争优势,并进一步从联系频率、形式和速度出发对现实地理空间和虚拟网络空间进行了比较(路紫等, 2008; 甄峰等, 2012)。这类研究大都将城市或者区域视作研究主体,着重反映单个城市与区域的经济特性,因此结论具有较强的“结构主义”倾向(莫辉辉等, 2008);网络密度、结点中心度、结点中介度是最常用的反映城市经济网络结构的主要指标(吕康娟等, 2010),而研究目的则是总结和归纳城市经济网络的时空演变规律(武文杰等, 2011; 赵渺希, 2011)。

二是从企业层面出发,深入挖掘城市网络的经济联系,探讨经济全球化背景下企业联系网络的组织框架、价值分配结构与空间竞合关系。这类研究首先从技术和制度两个角度考察特定企业在组织管理、生产销售、信息流通、科技创新等方面的联系变化及其与区域经济发展的关系(张晓平, 1999),但越来越强调习惯、信任等超越法律和规定约束的非正式联系所发挥的重要作用(李小建, 2002; 文嫣等, 2003)。随后,经济全球化背景下日渐紧密的跨国生产网络引起了学者们的广泛关注,有学者将地方生产网络视作全球性企业和地方性企业战略行为博弈和共同作用的结果(马丽等, 2004);有学者以IT产业、创意产业等为例从组织治理结构视角探讨跨界生产网络空间集聚的动力(杨友仁等, 2005; 李健等, 2008)。进一步的研究表明,产业集群网络结构特征能够有效提高防范风险能力,从而为集群网络的风险识别和稳定性控制提供新的思路(蔡宁等, 2006)。学者们继而应用 GaWC 的研究方法和思路,或将跨国企业的母公司与子公司之间的组织联系作为城市经济网络联系强弱的衡量方法(金钟范, 2010);或采取不同城市间企业分支机构数据对城市经济网络特征进行细致刻画(赵渺希等, 2010),或利用区位熵法计算城市对外服务量,并据此考察城市发生联系的可能性及强弱(冷炳荣等, 2011)。大量实证研究以特定类型企业(如金融服务业、物流业、服装生产业、电子信息业、上市公司等)为例探讨网络结构特征和空间组织(尹俊等, 2011; 路旭等, 2012; 武前波等, 2012; 季菲菲等, 2014; 李仙德, 2014),深入探讨生产网络的形成机理及其对集群绩效的影响等(郭思等, 2011; 马海涛等, 2011; 吴俊杰等, 2011),并将城市经济网络形成的动力归结为社会分工、技术进步和地方背景(冷炳荣等, 2013)。这方面的研究大多以个案分析为主,缺少网络不同结构特征及经济意义的比较,且尚未能够利用长时间大数据对网络动态变化进行模拟和仿真。

4.2 研究展望

回顾城市经济网络 10 多年的发展,中国学者的兴趣主要集中在城市经济网络的拓扑结构和演化上,并尝试对城市经济网络的动力学过程进行建模。综合相关研究成果,笔者认为未来城市经济网络可以从以下方面进行更加深入的研究:

(1) 城市经济网络的概念界定和理论框架构建。尽管存在城市网络、城市体系、城市网络、世界

城市等相关或相近概念,且这些概念也强调城市及其之间的交互关系,但目前尚未有对城市经济网络作出科学和清晰的界定。综合各个学科以及学者的观点认为,城市经济网络即以城市经济单位(如城市、行业、企业、消费者等)作为节点,以它们之间的市场和非市场关系作为联系所形成的复杂有序的关联系统,研究城市经济网络的目的在于分析其拓扑结构及性质,探索各种现象以及关联系统的产生机制,寻求城市经济网络的动力学行为与城市经济网络稳定可持续的控制方法,以期获得有效的城市网络关联效应。

(2) 城市经济网络“空间”概念的把握。从城市内部到城市之间,从国家到超国家及跨国家,城市经济网络中的空间概念是复杂多样的。尽管距离与空间相互作用的线性反比关系备受争议(Smith, 1963),互联网时代也缩短了地理空间和信息传递的时间,但空间相互作用的强度仍会受到地理空间的限制,而这种地理限制往往会使得网络变得不可靠,并且不同步(Yang et al, 2008)。因此,城市经济网络的效用边界和持久力仍值得探讨。

(3) 大数据时代城市经济联系强度的识别。金融、会计等高端生产性服务业跨国企业数据是GaWC用来分析世界城市网络格局的有效手段。但2008年金融危机的爆发使大量以专业服务为主的世界城市面临资金外逃和汇率危机,扭转了城市超越国家的战略面向(屠启宇, 2013),亦使得生物医药、汽车制造、通信和通信技术等先进研发制造业跨国企业被纳入研究视野(Krätke, 2014)。但传统产业之间的经济联系、非世界城市之间的经济往来、非跨国企业的区位决策和地域范围、城市居民个体经济行为等的识别仍由于数据局限而难以开展。大数据时代要突破数据存储不足、有限的采集数据又存在信息孤岛形态等问题,深入整合和挖掘各类数据,从而使得城市经济网络的定向调控、安全管控和全球治理从方法探讨阶段进入优化决策阶段。

参考文献(References)

蔡宁, 吴结兵, 殷鸣. 2006. 产业集群复杂网络的结构与功能分析[J]. 经济地理, 26(3): 378-382. [Cai N, Wu J B, Yin M. 2006. The structure and function of industrial clusters' complex networks[J]. Economic Geography, 26(3): 378-382.]

曹小曙, 阎小培. 2003. 经济发达地区交通网络演化对通达

性经济空间格局的影响: 以广东省东莞市为例[J]. 地理研究, 22(3): 305-312. [Cao X S, Yan X P. 2003. The impact of the evolution of land network on spatial structure of accessibility in the developed areas: the case of Dongguan City in Guangdong Province[J]. Geographical Research, 22(3): 305-312.]

程连生. 1998. 中国新城在城市网络中的地位分析[J]. 地理学报, 53(6): 481-491. [Cheng L S. 1998. China's new cities and their positions in the urban network[J]. Acta Geographica Sinica, 53(6): 481-491.]

戴特奇, 金凤君, 王姣娥. 2005. 空间相互作用与城市关联网络演进: 以我国20世纪90年代城际铁路客流为例[J]. 地理科学进展, 24(2): 80-89. [Dai T Q, Jin F J, Wang J E. 2005. Spatial interaction and network structure evolution of cities in term of China's railway passenger flow in 1990s[J]. Progress in Geography, 24(2): 80-89.]

郭思, 曾刚, 李刚. 2011. 基于企业网络组织的上海临港装备制造集聚效应研究[J]. 经济地理, 31(2): 277-283. [Guo S, Zeng G, Li G. 2011. Study on the equipment manufacturing agglomeration effect of the Shanghai Port based on enterprise network organization[J]. Economic Geography, 31(2): 277-283.]

黄纯纯. 2011. 网络产业组织理论的历史、发展和局限[J]. 经济研究, (4): 147-160. [Huang C C. 2011. History, development and limitations of the network theory of industrial organization[J]. Economic Research Journal, (4): 147-160.]

季菲菲, 陈雯. 2014. 长三角地区金融机构网络分布格局与扩张机理: 以城市商业银行为例[J]. 地理科学进展, 33(9): 1241-1251. [Ji F F, Chen W. 2014. Distribution pattern and expansion mechanism of financial institution network in the Yangtze River Delta[J]. Progress in Geography, 33(9): 1241-1251.]

金凤君. 2001. 我国航空客流网络发展及其地域系统研究[J]. 地理研究, 20(1): 31-39. [Jin F J. 2001. A study on network of domestic air passenger flow in China[J]. Geographical Research, 20(1): 31-39.]

金元浦, 本·戴鲁德. 2014. 建设世界城市: 中国路径[J]. 新疆师范大学学报: 哲学社会科学版, 35(3): 42-48. [Jin Y P, Darud B. 2014. World metropolis to be constructed: Chinese path[J]. Journal of Xinjiang Normal University: Edition of Philosophy and Social Sciences, 35(3): 42-48.]

金钟范. 2010. 基于企业母子联系的中国跨国城市网络结构: 以中韩城市之间联系为例[J]. 地理研究, 29(9): 1670-1682. [Jin Z F. 2010. On structural properties of transnational urban network based on multinational enterprises network in China: as the case of link with South Korea[J]. Geographical Research, 29(9): 1670-1682.]

- 冷炳荣, 杨永春, 李英杰, 等. 2011. 中国城市经济网络结构空间特征及其复杂性分析[J]. 地理学报, 66(2): 199-211. [Leng B R, Yang Y C, Li Y J, et al. 2011. Spatial characteristics and complex analysis: a perspective from basic activities of urban networks in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 66(2): 199-211.]
- 冷炳荣, 杨永春, 谭一滔, 等. 2013. 结构动力机制视角下的城市网络解释框架[J]. 地理研究, 32(7): 1243-1252. [Leng B R, Yang Y C, Tan Y M, et al. 2013. City network studies: a conceptual explanatory framework[J]. *Geographical Research*, 32(7): 1243-1252.]
- 李怀. 2004. 基于规模经济和网络经济效益的自然垄断理论创新: 辅以中国自然垄断产业的经验检验[J]. 管理世界, (4): 61-81, 156. [Li H. 2004. The theoretic creation of natural monopoly based on economy and the benefit from network economy[J]. *Management World*, (4): 61-81, 156.]
- 李健, 宁越敏, 汪明峰. 2008. 计算机产业全球生产网络分析: 兼论其在中国大陆的发展[J]. 地理学报, 63(4): 437-448. [Li J, Ning Y M, Wang M F. 2008. Global production networks of computer industry and its development in Mainland China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 63(4): 437-448.]
- 李仙德. 2014. 基于上市公司网络的长三角城市网络空间结构研究[J]. 地理科学进展, 33(12): 1587-1600. [Li X D. 2014. Spatial structure of the Yangtze River Delta urban network based on the pattern of listed companies network[J]. *Progress in Geography*, 33(12): 1587-1600.]
- 李新建. 2002. 经济地理学中的企业网络研究[J]. 经济地理, 22(5): 516-520. [Li X J. 2002. Firm networks in economic geography study[J]. *Economic Geography*, 22(5): 516-520.]
- 刘宏鲲, 吕琳媛, 周涛. 2011. 利用链路预测推断网络演化机制[J]. 中国科学: 物理学, 理学, 天文学, 41(7): 816-823. [Liu H K, Lü L Y, Zhou T. 2011. Uncovering the network evolution mechanism by link prediction[J]. *Scientia Sinica: Physica, Mechanica & Astronomica*, 41(7): 816-823.]
- 路旭, 马学广, 李贵才. 2012. 基于国际高级生产者服务业布局的珠三角城市网络空间格局研究[J]. 经济地理, 32(4): 50-54. [Lu X, Ma X G, Li G C. 2012. Spatial pattern of regional city network based on international advanced producer services' layout in Pearl River Delta[J]. *Economic Geography*, 32(4): 50-54.]
- 路紫, 匙芳, 王然, 等. 2008. 中国现实地理空间与虚拟网络空间的比较[J]. 地理科学, 28(5): 601-606. [Lu Z, Chi F, Wang R, et al. 2008. Comparison of realistic geo-space and virtual cyberspace in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 28(5): 601-606.]
- 吕康娟, 付旻杰. 2010. 我国区域间产业空间网络的构造与结构测度[J]. 经济地理, 30(11): 1785-1791. [Lü K J, Fu M J. 2010. Construction and structural measurement of the inter-regional industrial spatial networks in China[J]. *Economic Geography*, 30(11): 1785-1791.]
- 马海涛, 方创琳. 2011. 基于企业微观视角的城市区域生产网络空间组织研究: 以粤东城镇群服装生产为例[J]. 地理科学, 31(10): 1172-1180. [Ma H T, Fang C L. 2011. Spatial organization of production networks in city-region based on enterprises relationship: a case of apparel production in urban agglomeration of eastern Guangdong Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 31(10): 1172-1180.]
- 马丽, 刘卫东, 刘毅. 2004. 经济全球化下地方生产网络模式演变分析: 以中国为例[J]. 地理研究, 23(1): 87-96. [Ma L, Liu W D, Liu Y. 2004. Spatial evolution of local production network under economic globalization[J]. *Geographical Research*, 23(1): 87-96.]
- 麻清源, 马金辉, 张超. 2006. 基于网络分析的交通网络评价及其与区域经济发展关系研究[J]. 人文地理, 21(4): 113-116. [Ma Q Y, Ma J H, Zhang C. 2006. A study on evaluating transportation network based on network analysis and relationship with regional economy[J]. *Human Geography*, 21(4): 113-116.]
- 莫辉辉, 王姣娥, 金凤君. 2008. 交通运输网络的复杂性研究[J]. 地理科学进展, 27(6): 112-120. [Mo H H, Wang J E, Jin F J. 2008. Complexity perspectives on transportation network[J]. *Progress in Geography*, 27(6): 112-120.]
- 任晓龙, 吕琳媛. 2014. 网络重要节点排序方法综述[J]. 科学通报, 59(13): 1175-1197. [Ren X L, Lü L Y. 2014. Review of ranking nodes in complex networks[J]. *Chinese Science Bulletin*, 59(13): 1175-1197.]
- 屠启宇. 2013. 世界城市: 现实考验与未来去向[J]. 学术月刊, 45(1): 19-27. [Tu Q Y. 2013. "World city": the reality check and future orientation[J]. *Academic Monthly*, 45(1): 19-27.]
- 汪明峰, 宁越敏. 2004. 互联网与中国信息网络城市的崛起[J]. 地理学报, 59(3): 446-454. [Wang M F, Ning Y M. 2004. The internet and the rise of information network cities in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 59(3): 446-454.]
- 汪明峰, 宁越敏. 2006. 城市的网络优势: 中国互联网骨干网络结构与节点可达性分析[J]. 地理研究, 25(2): 193-203. [Wang M F, Ning Y M. 2006. The network advantage of cities: an analysis of spatial structure and node accessibility of internet backbones in China[J]. *Geographical Research*, 25(2): 193-203.]
- 文嫣, 李新建. 2003. 非正式因素影响下的中小企业网络学习与区域发展: 河南省偃师市翟镇针织业的研究[J]. 人

- 文地理, 18(3): 73-76. [Wen H, Li X J. 2003. Informal factors, SME networks and regional development: a study of textile enterprises in Zhaizhen, Henan Province[J]. *Human Geography*, 18(3): 73-76.]
- 吴俊杰, 盛亚. 2011. 网络强度、网络开放度对产业集群绩效的影响机制研究: 以浙江产业集群为例[J]. *经济地理*, 31(11): 1867-1873. [Wu J J, Sheng Y. 2011. The impact mechanism of network power and network openness on industrial cluster performance: a case of Zhejiang industrial cluster[J]. *Economic Geography*, 31(11): 1867-1873.]
- 武前波, 宁越敏. 2012. 中国城市空间网络分析: 基于电子信息企业生产网络视角[J]. *地理研究*, 31(2): 207-219. [Wu Q B, Ning Y M. 2012. China's urban network based on spatial organization of electronic information enterprises[J]. *Geographical Research*, 31(2): 207-219.]
- 武文杰, 董正斌, 张文忠, 等. 2011. 中国城市空间关联网络结构的时空演变[J]. *地理学报*, 66(4): 435-445. [Wu W J, Dong Z B, Zhang W Z, et al. 2011. Spatio-temporal evolution of the China's inter-urban organization network structure: based on aviation data from 1983 to 2006[J]. *Acta Geographica Sinica*, 66(4): 435-445.]
- 杨吾扬. 1989. 区位论中的宏观和一般均衡分析[J]. *经济地理*, 9(3): 161-165. [Yang W Y. 1989. Macroeconomic and general equilibrium analysis in location theory[J]. *Economic Geography*, 9(3): 161-165.]
- 杨友仁, 夏铸九. 2005. 跨界生产网络的组织治理模式: 以苏州地区信息电子业台商为例[J]. *地理研究*, 24(2): 253-264. [Yang Y R, Xia Z J. 2005. The organizational governance of the trans-border production networks: a case study of Taiwanese IT companies in Suzhou area[J]. *Geographical Research*, 24(2): 253-264.]
- 尹俊, 甄峰, 王春慧. 2011. 基于金融企业布局的中国城市网络格局研究[J]. *经济地理*, 31(5): 754-759. [Yin J, Zhen F, Wang C H. 2011. China's city network pattern: an empirical analysis based on financial enterprises layout[J]. *Economic Geography*, 31(5): 754-759.]
- 张晓平. 1999. 国有大型企业网络变化及对区域经济发展的影响: 以中国一拖为例[J]. *地理科学进展*, 18(2): 176-185. [Zhang X P. 1999. The changing networks of large state-owned enterprise and the impact on regional economic development: the case of first tractor company limited[J]. *Progress in Geography*, 18(2): 176-185.]
- 赵渺希. 2011. 长三角区域的网络交互作用与空间结构优化[J]. *地理研究*, 30(2): 311-323. [Zhao M X. 2011. Evolution of network and spatial structure in Yangtze River Delta[J]. *Geographical Research*, 30(2): 311-323.]
- 赵渺希, 唐子来. 2010. 基于网络关联的长三角区域腹地划分[J]. *经济地理*, 30(3): 371-376. [Zhao M X, Tang Z L. 2010. A network-based measurement for urban hinterland area in Yangtze River Delta[J]. *Economic Geography*, 30(3): 371-376.]
- 甄峰, 王波, 陈映雪. 2012. 基于网络社会空间的中国城市网络特征: 以新浪微博为例[J]. *地理学报*, 67(8): 1031-1043. [Zhen F, Wang B, Chen Y X. 2012. China's city network characteristics based on social network space: an empirical analysis of Sina Micro-blog[J]. *Acta Geographica Sinica*, 67(8): 1031-1043.]
- Aaboen L. 2009. Explaining incubators using firm analogy[J]. *Technovation*, 29(10): 657-670.
- Alderson A S, Beckfield J. 2004. Power and position in the world city system[J]. *American Journal of Sociology*, 109: 811-851.
- Aral S, Walker D. 2012. Identifying influential and susceptible members of social networks[J]. *Science*, 337: 337-341.
- Arthur B. 1999. Complexity and the economy[J]. *Science*, 284: 107-109.
- Barabási A-L, Albert R. 1999. Emergence of scaling in random network[J]. *Science*, 286: 509-512.
- Bassens D, Derudder B, Witlox F. 2010. Searching for the Mecca of finance: islamic financial services and the world city network[J]. *Area*, 42(1): 35-46.
- Baumol W J, Benhabib J. 1989. Chaos: significance, mechanism and economic application[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 1: 77-105.
- Beaverstock J V, Smith R G, Taylor P J, et al. 2000. Globalization and world cities: some measurement methodologies [J]. *Applied Geography*, 20(1): 43-63.
- Beaverstock J V, Doel M A, Hubbard P J, et al. 2002. Attending to the world: competition/co-operation and co-efficiency in the world city network[J]. *Global Networks*, 2(2): 111-132.
- Boccaletti S, Latora V, Moreno Y, et al. 2006. Complex networks: structure and dynamics[J]. *Physics Reports*, 424: 175-308.
- Brondizio E S, Ostrom E, Young O R. 2009. Connectivity and the governance of multilevel social-ecological systems: the role of social capital[J]. *Annual Review of Environment and Resource*, 34: 253-278.
- Bullinger H J, Auernhammer K, Gomeringer A. 2004. Managing innovation networks in the knowledge-driven economy[J]. *International Journal of Production*, 42(17): 3337-3353.
- Calthorpe P. 2010. *Urbanism in the age of climate change*[M]. Washington D.C.: Island Press.
- Castells M. 2000. *The rise of the network society*[M]. Oxford, UK: Blackwell.

- Cohen M. 2001. Urban assistance and the material world: learning by doing at the World Bank[J]. *Environment and Urbanization*, 13(1): 37-60.
- Cohendet P, Llerena P, Stahn H, et al. 1998. The economics of networks: interaction and behaviors[M]. Berlin, Germany: Springer.
- Colizza V, Barrat A, Barthelemy M, et al. 2006. The role of the airline transportation network in the prediction and predictability of global epidemics[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(7): 2015-2020.
- Day R. 1983. The emergence of Chaos from classical economic growth[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 98(2): 201-213.
- Deeter D L, Smith A E. 1998. Economic design of reliable networks[J]. *Transaction*, 30(12): 1161-1174.
- Derudder B, Witlox F. 2008. Mapping world city networks through airline flows: context, relevance, and problems [J]. *Journal of Transport Geography*, 16(5): 305-312.
- Fagiolo G, Reyes J, Schiavo S. 2009. Dynamics and evolution of the international trade network[J]. *Complex Networks*, 207: 1-13.
- Fagiolo G, Squartini T, Garlaschelli D. 2013. Null models of economic networks: the case of the world trade web[J]. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 8(1): 75-107.
- Garlaschelli D, Capocci A, Caldarelli G. 2007. Self-organized network evolution coupled to extremal dynamics[J]. *Nature Physics*, 3(11): 813-817.
- Gibbon P, Bair J, Ponte S. 2008. Governing global value chains: an introduction[J]. *Economy and Society*, 37(3): 315-338.
- Gracia-Lázaro C, Ferrer A, Ruiz G, et al. 2012. Heterogeneous networks do not promote cooperation when humans play a Prisoner's Dilemma[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*, 109(32): 12922-12926.
- Goyal S. 2007. *Connections: an introduction to the economics of networks*[M]. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Guimera R, Mossa S, Turtschi A, et al. 2005. The worldwide air transportation network: anomalous centrality, community structure, and cities' global roles[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America*, 102(22): 7794-7799.
- Hakansson H, Snehota I. 2006. No business is an island: the network concept of business strategy[J]. *Scandinavian Journal of Management*, 22: 256-270.
- Kim B J, Trusina A, Minnhagen P, et al. 2005. Self organized scale-free networks from merging and regeneration[J]. *European Physics Journal B*, 43(3): 369-372.
- Krätke S. 2014. How manufacturing industries connect cities across the world: extending research on 'multiple globalization'[J]. *Global Network*, 14(2): 121-147.
- Latora V, Marchiori M. 2003. Economic small-world behavior in weighted networks[J]. *European Physical Journal B*, 32(2): 249-263.
- Lee K Y, Sode-Yome A, Park J H. 1998. Adaptive Hopfield neural networks for economic load dispatch[J]. *Transaction on Power Systems*, 13(2): 519-525.
- McNeill J R, McNeill W H. 2003. *The human web: a bird's-eye view of world history*[M]. Newyork, NY: W.W.Norton & Company.
- Newman M E J. 2003. The structure and function of complex networks[J]. *SIAM Review*, 45(2): 167-256.
- Pred A. 1977. *City system in advanced societies*[M]. London, UK: Hutchinson.
- Rand D G, Arbesman S, Christakis N A. 2011. Dynamic social networks promote cooperation in experiments with humans[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(48): 19193-19198.
- Schweitzer F, Fagiolo G, Sornette D, et al. 2009. Economic networks: the new challenges[J]. *Science*, 325: 422-425.
- Scott J. 2000. *Social network analysis: a handbook*[M]. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Short J R, Kim Y H. 1999. *Globalization and the city*[M]. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Short J R, Kim Y H, Kuus M, et al. 1996. The dirty little secret of world cities research: data problems in comparative analysis[J]. *International Journal of Urban and Regional Research*, 20: 697-717.
- Sim L, Ong S, Agarwal A, et al. 2003. Singapore's competitiveness as a global city: development strategy, institutions and business environment[J]. *Cities*, 20(2), 115-127.
- Smith A D. 1963. Interaction within a fragmented state: the example of Hawaii[J]. *Economic Geography*, 39(3): 234-244.
- Smyth H J. 1994. *Marketing the city: the role of flagship developments in urban regeneration*[M]. London, UK: E&FN Spon.
- Stutzer M. 1980. Chaotic dynamics and bifurcation in a macro model[J]. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2: 353-376.
- Sydow J, Frenkel S J. 2013. Labor, risk, and uncertainty in global supply networks- exploratory insights[J]. *Journal*

- of Business Logistics, 34(3): 236-246.
- Taylor P J. 2001. Specification of the world city network[J]. *Geographical Analysis*, 33: 181-194.
- Taylor P J. 2004. World city network: a global urban analysis [M]. London, UK: Roulledge.
- Taylor P J. 2011. World city networks: measurement, social organization, global governance, and structural change[M]// Amen M, Toly N J, McCarney P L, et al. *Cities and global governance: new sites for international relations*. Farnham, UK: Ashgate.
- Taylor P J, Catalano G, Walker D R F. 2002. Measurement of the world city network[J]. *Urban Studies*, 39(13): 2367-2376.
- Tzekina I, Danthi K, Rockmore D N. 2008. Evolution of community structure in the world trade web[J]. *European Physical Journal B*, 63(4): 541-545.
- Umbhauer G. 1995. Evolutionary processes and networks[J]. *Annales des Télécommunications*, 50(2): 205-216.
- Valverde S, Ferrer-Cancho R, Solé R V. 2002. Scale-free networks from optimal design[J]. *Europhysics Letters*, 60(4): 512 - 517.
- Wang S. 1999. An adaptive approach to market development forecasting[J]. *Neural Computing & Applications*, 8(1): 3-8.
- Watson A, Beaverstock J V. 2014. World city network research at a theoretical impasse: on the need to re-establish qualitative approaches to understanding agency in world city networks[J]. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 105(4): 412-426.
- Watts D J, Strogatz S H. 1998. Collective dynamics of "small-world" networks[J]. *Nature*, 393: 440-442.
- Wu X B, Liu X F. 2009. Absorptive capacity, network embeddedness and local firm's knowledge acquisition in the global manufacturing network[J]. *International Journal of Technology Management*, 46(3-4): 326-343.
- Yalcinoz T, Short M J. 1998. Neural networks approach for solving economic dispatch problem with transmission capacity constraints[J]. *Transaction on Power Systems*, 13(2): 307-313.
- Yang K Q, Yang L, Gong B H, et al. 2008. Geographical networks: geographical effects on the network properties[J]. *Frontiers of Physics in China*, 3(1): 105-111.
- Yao J T, Li Y L, Tan C L. 2000. Option price forecasting using neural networks[J]. *Omega-International Journal of Management Science*, 28(4): 455-466.
- Zeng S X, Xie X M, Tam C M. 2010. Relationship between cooperation networks and innovation performance of SMEs [J]. *Technovation*, 30(3): 181-194.

Research progress and development trend in urban economic network study based on complexity theory

ZHENG Wei

(School of Economics, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: Study on urban economic network benefits from the rapid development of complex network research to depict the spatial pattern of urban economic activities more accurately. But a large number of studies still follow the spatial structure of urban system approach, which concerns competition, ranking, and centrality but not cooperation, equality, and connectivity. This article divides the urban economic network research into three stages with regard to complexity theory: (1) initial and theoretical development stage before the 1940s; (2) innovation and breakthrough stage from the 1950s to the 1990s; and (3) diversification and prosperity stage since the beginning of the 21st century. The current focus areas of urban economic network study cover topological structure and spatial coupling of urban economic network, connectivity measurement and quality evaluation in world city network, dynamic effect of urban economic network structure, and safety control and functional optimization in the future. It is very important to pay close attention to data integration and mining in the age of big data to build the research framework of urban economic network.

Key words: urban economic network; complex network; world city; safety control