

# 摩天大楼工程跨组织合作网络的形成和演化<sup>\*</sup>

## ——1993~2015年样本分析

李永奎,李思琪,沈倪

(同济大学经济与管理学院,上海 201804)

**摘要:**从探寻中国摩天大楼工程领域中企业跨组织合作关系网络形成和演化特征的视角,首先建立1993~2015年建成或封顶的摩天大楼参建单位信息数据库,然后运用SNA方法,得出关系数据和关系矩阵,利用pajek软件计算1993~2015各年网络节点参数和整体参数,分析网络特征和演化趋势,并提出相关策略建议。

**关键词:**摩天大楼;工程市场;网络关系;社会网络分析(SNA)

**中图分类号:**TU71 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2442(2016)04-0069-05

**DOI:**10.19298/j.cnki.1672-2442.201604069

## Research on the Formation and Evolution of Inter-organizational Cooperative Network in the Skyscraper Projects

LI Yongkui, LI Siqi, SHEN Ni

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** From the perspective of exploring the characteristics of the formation and evolution of the network of enterprise cooperative relationship in the field of Chinese skyscraper projects, firstly establishes the database of skyscrapers built in or completed during 1993~2015. Then, gets relationship matrix and relationship data, calculates the network node parameters and overall parameters during 1993-2015 by pajek software. Finally, puts forward the related suggestions for inter-organizational cooperation.

**Keywords:** skyscraper; engineering market; network relationship; SNA

### 1 引言

我国建筑规范规定,超过100米的民用建筑称为超高层建筑,但有关摩天大楼的高度界定,并没有统一的标准。本文采用CUBTH(Council on Tall Buildings and

Urban Habitat,世界高层建筑与都市人居学会)的标准,即300米以上的民用建筑为摩天大楼,当前,摩天大楼进入了一个建设高潮。据《中国摩天大楼建设与发展研究报告》统计,截至2015年,在已建成的全球高度前100位的摩天大楼中,我国占32栋,前20位占9栋,前10位占5栋;在建全球高度前100位的摩天大楼中,我国占53栋,前20位占10栋,前10位占7栋<sup>[1]</sup>。

随着摩天大楼建设热潮的兴起,各参建单位合作关系逐步形成,这些组织之间彼此关联,形成了合作网络关系,该网络关系具有跨组织性、临时性和嵌入性,网络的形成和演进不仅影响整个网络的功能,亦会影响网络中个体的行为,进而影响到整个工程组织的绩效。

<sup>\*</sup>基金项目:国家自然科学基金项目“重大基础设施工程的组织行为与模式创新研究(71390523)” ;国家自然科学基金项目“复杂项目组织能力与任务分配的适应性测度及优化(71471136)” ;上海市大学生创新活动计划项目“中国摩天大楼工程市场网络的形成与演化”(1200107057)

作者简介:李永奎,男,生于1979年,安徽太和人,教授,博士生导师,研究方向:复杂项目组织、工程社会学、项目信息化。

收稿日期:2016-02-20

此外,随着市场竞争的日益激烈,关系作为社会资本的重要基础,也越来越被企业所重视。社会资本成为和金融资本、人力资本一样重要的核心竞争要素。但是,由于摩天大楼工程的挑战性和复杂性,以及重大工程项目采购的特殊性,这些合作关系并非固定和稳定,而是动态的、多元的和网络的。

对于复杂重大工程项目组织合作关系,目前较多地研究单个项目或单个企业内部的项目组织合作静态网络问题。例如,李永奎,乐云等建立复杂项目组织合作网络模型,并以2010年上海世博会工程建设组织为案例进行了实证<sup>[2]</sup>。丁荣贵等研究了基于社会网络的大型建设监理项目治理<sup>[3]</sup>。李永奎、崇丹等人建立了建筑业企业社会网络模型,选取2008年~2010年长春市案例进行实证分析,证明了项目跨组织合作对企业竞争力的影响关系<sup>[4]</sup>。基于目前的研究,Chinowsky Paul和John E.Talor综述后认为,项目组织领域的社会网络分析应该往更深和更广的方向发展<sup>[5]</sup>。其中,网络的动态性是一个重要方向<sup>[6]</sup>。利用跨学科尤其是社会学方法,认识这一领域的合作及演化特征,并进一步提出治理策略,对重大工程管理的理论和实践都具有重要意义。

为此,本文从社会网络视角出发开展以下几方面研究:1)将摩天大楼工程市场“关系”具体化,收集1993~2015年摩天大楼参建单位的数据,利用社会网络分析方法(SNA)将这一时间段内每一年的摩天大楼工程市场可视化网络图,得出整体网络和节点的网络参数;2)针对各年摩天大楼建设情况进行描述性统计分析,得出其随时间演化特征;3)通过数据分析得出结论,评价整体网的演化过程以及关键节点的网络位置变化趋势,并对重大工程各参建单位提供可行的策略建议。

## 2 数据来源

利用网络爬虫软件Gooseeker爬取来自于CUBTH网站、重大工程案例研究与数据中心(MPCSC)、高楼迷、Skyscraper center论坛的数据。随后进行数据清洗,选取300米以上以建成或封顶的摩天大楼,统计其参建单位之间的关系数据和对应的开工和建成的时间节点。据统计,我国第一座摩天大楼的开工时间节点为1993年,建成时间统计截至2015年,因此本文研究的工程合

作市场网络时间范围为1993~2015年。

## 3 基本参数

社会网络的研究视角包括整体网和个体网,前者着重“结构”的研究,后者侧重“自我”。工程领域社会网络虽然更偏重于整体网,但也考察其中的重要“个体”。相应参数有很多,从本文研究目的出发,主要关注网络的整体特征以及个体属性在网络中的分布特征,基本参数如下<sup>[7]</sup>。

### 3.1 密度

密度由 $\Delta$ 表示,是指网络中实际存在的关系数目与可能存在的最大关系数目的比值。如果网络密度为1,则意味着网络中每一个点都与其他点相连;如果网络密度为0,则意味着任何两个点之间都不相连。密度是描述组织凝聚力的关键指标。密度值越大,表明组织间关系越多,说明组织松散程度较小;反之亦然。其计算公式为:

$$\Delta = \frac{2L}{g(g-1)} \quad (1)$$

其中, $g$ 表示网络结点数目, $L$ 表示网络中实际存在的关系数目。利用pajek计算得到密度显示包括Density1(允许环)和Density2(不允许环),由于环没有意义(即企业和自己合作),因此本文需选Density2进行计算。

在摩天大楼工程合作网络中,网络密度越大,表示建筑企业间的联系越紧密;网络密度越小,说明建筑企业间的联系越松散。但同时也要考虑网络规模变化对密度的影响。

### 3.2 中心度

网络中第 $i$ 个点的节点中心度用 $C_D(i)$ 表示,即该节点实际发生的联系数,衡量行动者 $i$ 在网络中的地位。

具体计算中,网络节点中心度的数值依赖绝对点度中心度计算。绝对点度中心度计算公式如下:

$$C_D(i) = \sum_j X_{ij} \quad (2)$$

其中, $X_{ij}(i, j)$ 表示点的关系数,取值0或1,表示从 $i$ 到 $j$ 是否存在关系。

在摩天大楼工程合作市场中,中心度表达了建筑企业在整个网络中的影响力和重要性。中心度高的企业往往承建的摩天大楼项目较多,在本行业中具有较高的声望。

### 3.3 中心势

网络整体中心势由 $C_D$ 表示,用来衡量网络中权力、关系等的集中程度。整体网中心势计算公式如下:

$$C_D = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{D_{\max}} - C_i)}{\max[\sum_{i=1}^n (C_{D_{\max}} - C_i)]} \quad (3)$$

其中,  $\max[\sum_{i=1}^n (C_{D_{\max}} - C_i)]$  表示 $n$ 个结点组成的各种网络社群中,  $\sum_{i=1}^n (C_{D_{\max}} - C_i)$  的最大可能值;  $C_{D_{\max}}$  为该网络社群图中最大的绝对点度中心度数值;  $n$  为网络节点数。

中心势是对摩天大楼工程合作网络整体的联系紧密程度的研究, 整体网中心势越高, 说明网络中权力越集中于某个建筑企业, 中心势越低, 则反之。

### 3.4 中间度

网络中节点中间度表示为 $C_B(i)$ , 用来衡量行动者 $i$ 在网络中的“中介”作用。

网络中节点绝对中间度计算公式为:

$$C_B(i) = \frac{\sum_{j < k} d_{jk,i}(i)}{d_{jk}} \quad (4)$$

其中,  $d_{jk,i}$  表示 $j$ 、 $k$ 两节点之间的最短路径, 而 $d_{jk}(i)$  表示经过 $j$ 、 $k$ 两节点之间的包含 $i$ 的最短路径。

在摩天大楼工程合作市场中, 中间度表示了建筑企业的“桥梁”作用, 中间度高的建筑企业更容易掌握某个市场领域的信息资源。

### 3.5 中间势

网络整体中间度由 $C_B$ 表示, 用来衡量整个网络对某个中介节点的依赖程度。

整体网的中间势计算公式为:

$$C_B = \frac{2 \sum_{i=1}^n (C_{B_{\max}} - C_B(i))}{(n-1)^2(n-2)} \quad (5)$$

在摩天大楼工程合作市场中, 中间势表示工程合作市场网络的“连通性”。中间势高的市场开放性较强, 中间势较低的市场则容易产生行业内的垄断竞争。

## 4 数据结构及模型建立

### 4.1 数据结构

对每一个摩天大楼项目, 将数据提取并分为两个时间维度, 六个参建单位性质。时间维度上为开工时间和建成时间, 参建单位性质为投资方(项目投资单位)、开发商/发展商(建设单位)、施工方、设计方、幕墙方和

监理方。

### 4.2 SNA模型建立

对于参建的每一个企业单位, 对其进行编码。由字母和数字对其进行标号。字母用以分类参建单位, 字母之后的数字表示其在该类别中的序号。字母A代表投资方, B代表开发商/发展商, D代表设计方, E代表施工方, F代表监理方, G代表幕墙方。

依据摩天大楼项目的开工时间和建成时间, 将其划分到不同时间序列中, 然后整理出项目对应的参建单位及其关系矩阵。其时间计算的最小单位是一年, 对于没到一年的合作关系按一年计。关系矩阵元素数值为不同参建单位的合作次数。由于在一个工程项目期间, 各单位之间紧密联系, 因此假定各单位两两之间的合作关系是贯穿项目周期的。例如某项目参建单位为A1, D1, E1, G1, 这四个参建单位两两之间的合作关系就是A1/D1, A1/E1, A1/G1, D1/E1, D1/G1, E1/G1。基于以上假设, 对于每一项目各个单位之间的合作关系即可利用排列组合得出。之后采用pajek软件绘制网络图并进行参数计算。

### 4.3 数据结果

摩天大楼项目样本共119个, 针对1993年至2015年数据绘制网络图, 图1为每隔5年的合作网络的图形特征。

对整体网络分析则选取了1993年~2015年整体网络密度、网络中心势、中间势、平均中心度这四个指标来进行研究对比, 见表1。

## 5 讨论和分析

### 5.1 描述性统计

由图1可知, 1993~2015年之间, 随着摩天大楼工程市场的发展, 进入的企业越来越多, 合作网络节点数增多, 网络的规模在逐步扩大。1993~2015年间, 摩天大楼数量整体呈上升趋势, 2009年后骤增, 2010、2011、2012的上分别为42栋、51栋、64栋, 分别为2009年19栋的2.2倍、2.7倍、3.4倍, 到2013年达到最大值(68栋)。对于2009年后的骤增现象, 本文认为与我国宏观经济政策的刺激和城市化进程的加快有关。摩天大楼的骤增势必会带来开发商, 投资方和监理方的数量增加, 但同时, 设计方和施工总承包、幕墙专业等参建

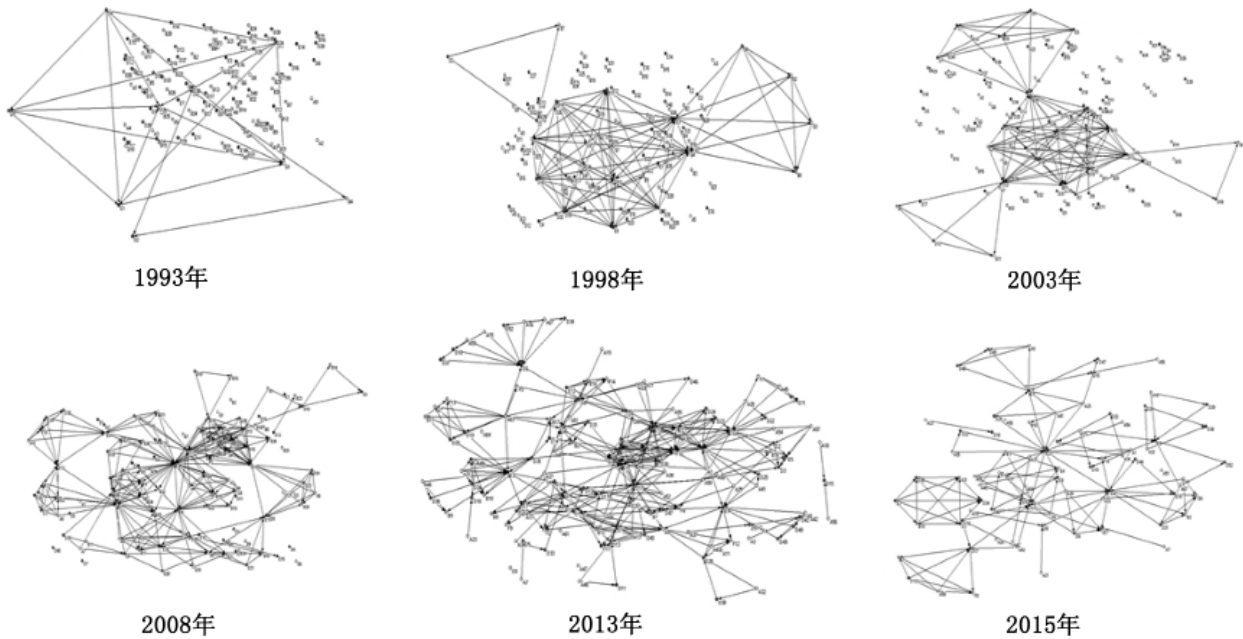


图1 1993年至2015年网络图

表1 摩天大楼数据指标统计表

年份	摩天大楼	密度	中心势	中间势	平均中心度
1993	2	0.001282	0	0.041439	0.00476694
1994	4	0.002564	0	0.040147	0.00953389
1995	4	0.002564	0	0.040147	0.00744108
1996	4	0.005127	0	0.040147	0.00953389
1997	5	0.005484	0.001335	0.080006	0.01789078
1998	4	0.00527	0.001335	0.080221	0.01628011
1999	4	0.006124	0.00227	0.079359	0.02000941
2000	5	0.005555	0.001159	0.079862	0.02542373
2001	6	0.005911	0.001293	0.079503	0.02131485
2002	7	0.006124	0.001292	0.087834	0.02208527
2003	7	0.006124	0.001292	0.087834	0.02024483
2004	7	0.007121	0.001754	0.086972	0.02017756
2005	10	0.010041	0.004001	0.075625	0.01872609
2006	12	0.01175	0.00889	0.082519	0.0202653
2007	16	0.014457	0.008341	0.114048	0.0179202
2008	21	0.019228	0.019547	0.135019	0.02243271
2009	19	0.023999	0.025641	0.130925	0.01964902
2010	42	0.026837	0.01474	0.132552	0.02511243
2011	51	0.02238	0.018738	0.124876	0.02110804
2012	64	0.018136	0.011926	0.0925	0.01529889
2013	68	0.017933	0.009023	0.09801	0.01529889
2014	63	0.01874	0.011781	0.09501	0.01873963
2015	42	0.020253	0.013496	0.076923	0.0199367

单位的数量并没有明显的增加,特别是在2009年后呈现了一定的稳定性,可见摩天大楼的工程市场逐渐成熟,一些经验丰富的工程企业实力日益增强,并逐渐被业主所认可。从每年的具体统计数据可看出,少数企业在中国摩天大楼工程市场领域长期占据重要的市场地位,说明新的项目业主非常重视企业的过往摩天大楼工程业绩,从而产生了工程市场中的“马太效应”现象。由此可进一步认为,随着我国摩天大楼工程市场的日益繁荣,会有越来越多的企业进入到该领域,但由于工程的复杂性和挑战性,少数企业逐步积累工程业绩,赢得越来越大的市场份额。

## 5.2 整体网参数

整体网中心势反映了网络的集权程度,中心势整体呈上升趋势,个别年份出现波动,随后逐步稳定。1996年之前,摩天大楼市场规模较小,还未成熟,网络整体参数较小,集权现象也不明显。直到2005年,摩天大楼的数量稳定增加,企业的合作网络也在逐步紧密,但除了个别企业间合作紧密外,整个摩天大楼领域合作的紧密度并没有明显的提升。但2009年以后,虽然摩天大楼的数量急剧增加,但整个合作网络的整体网参数并没有下降,反倒稳步提升,这说明整个网络合作的紧密度在增加,多个具有“影响力”的权力中心正在形成。这一点从图1也可以看出。

整体网的中间势反映了网络对中间节点的依赖程度,以摩天大楼骤增的2008年为界限呈现先逐渐上升后波动并下降的趋势。2009年以前,在工程市场扩张中,整个网络的资源控制程度升高,个别节点的媒介性逐渐形成,其控制整个网络的机会逐渐增大,在2009年以后,随着摩天大楼数量骤增,这一问题被分散。

在节点的平均中心度方面,整体以2010年为界限依旧呈现先升后降的趋势。可见,无论中心势、中间势还是平均中心度,均在整体上和摩天大楼数量呈现一致的变化趋势,但中间势略提前,说明具有高媒介性的企业往往会根据掌握的信息资源优势做出对自身最有利的选择,通过对以往项目的拓展来巩固自身地位,从而提高自身中心度。

可见,随着竞争的加剧,企业之间的过往合作经验和关系网络逐步在摩天大楼市场竞争中发挥作用,少数企业掌握着网络机会并力争维持自身的网络位置。但由

于工程市场的复杂性,地域、业务类型、业主特征、采购模式等都会对这一合作网络产生影响。摩天大楼的跨组织网络呈现多中心性。

## 6 结 语

市场是一个复杂的系统,也是一种动态的社会关系网络。本文尝试以摩天大楼作为样本,利用实证的后验性数据出发,研究重大工程市场网络的特征、形成与演化,希望能帮助企业认识一个特定领域的企业合作网络特征,在不断变化的社会网络结构中掌握和控制自身的位置和把握网络中的机会。本文研究认为,在一个特定的重大工程领域,进入企业会逐步随着项目的合作形成跨组织网络关系,一些关键企业会逐步占据网络中的重要地位,形成自身的社会资本,提高市场竞争力。但是,这一网络特征受到时间、业务特征等多方面的影响,网络特征具有复杂性和动态性。因此,需要进一步分析业主特征、项目地理位置、企业特征、采购模式等多方面因素对这一网络变化趋势的影响,这也是下一步研究的重点。▲

## 参考文献

- [1] 同济大学复杂工程管理研究院.中国摩天大楼建设与发展研究报告[M].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [2] 李永奎,乐云,卢昱杰.大型复杂项目组织网络模型及实证分析[J].同济大学学报(自然科学版),2011(6):930-934.
- [3] 丁荣贵,刘芳,孙涛,孙华.基于社会网络分析的项目治理研究——以大型建设监理项目为例[J].中国软科学,2010(6):132-140.
- [4] 李永奎,崇丹,何清华,郭英.建筑企业社会网络关系及对市场竞争力的影响:基于项目合作视角[J].运筹与管理,2013(1):237-243.
- [5] Chinowsky,Paul,John E,Taylor. Networks in engineering: An emerging approach to project organization studies[J]. Engineering Project Organization Journal,2012(1):15-26.
- [6] Yujie Lu,Yongkui Li, Da Pang, Yunxia Zhang. Organizational network evolution and governance strategies in megaprojects construction economics and building[J]. Construction Economics and Building,2015(3):16-30.
- [7] 刘军.整体网络分析讲义[M].上海:世纪出版社,2009.