

建筑技术创新网络结构分析与实证研究

——以自密实混凝土技术创新项目为例

谢丽萍, 陈帆, 张馨予

(湖南科技大学 土木工程学院, 湖南 湘潭 411201)

摘要:通过网络收集关于“自密实混凝土”这项创新技术合作项目,以合作项目中的建筑企业为研究对象,运用社会网络分析法(SNA)和Ucinet软件,内容主要围绕整体网络的网络密度、中心度等几个数据的测算进行。深入研究技术创新网络的结构特点。研究结果表明:从建筑企业的角度出发,技术这项技术创新网络的结构属于核心—边缘结构。随着经济全球化,市场的竞争压力越来越大。创新已成为企业在现代化经济市场生存和发展的动力,因此,本研究对建筑技术创新能力和整个建筑行业的发展具有一定的意义。

关键词:建筑企业技术创新;自密实混凝土;技术合作;社会网络分析;Ucinet

中图分类号:TU528 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2016)01-0064-05

技术创新网络是一个多样性的、复杂的网络系统,不但受多方面因素的影响而且受到主体性质的影响^[1]。研究表明,在技术创新网络中处于不同位置的网络主体,由于其与网络中其他主体企业性质上的差异,造成了其获取网络中创新资源的能力、速度、效率有着极大的不同。目前国内外针对社会网络的研究取得了一定的成果,但技术创新网络的研究成果能真正应用于企业合作的则少之又少,而且罕有针对技术创新网络演进过程的深入研究^[2]。

因此,本文在总结了前人研究的基础上,创新性的借助于Ucinet软件对技术创新网络的结构和演进过程进行分析和研究,加深对社会网络的理解和对技术创新网络的认识。

1 数据选取与处理

本文采用社会网络分析法(SNA)分析建筑技术创新网络和结构特征,分析企业间网络对个别企业、关系以及对系统未来发展趋势的影响。它是一种多学科交叉的分析方法,由于与数学、统计学及计算机科学相结合,在技术革命的今天已经迅速发展成为一种正式的分析方法^[3]。社会网络分析方法注重研究社会网络特征及结构,因此,社会网络研究十分符合本研究对分析方法的需求。照社会网络的分类,能按

照以下几种方式对社会网络进行分析。本研究涉及2个主要研究变量,分别是整体网络密度、中心度。

本文数据来源于专利库上提供的关于自密实混凝土的专利。官方网站上收录1 020个案例通过案例中的项目找出企业之间的合作网络。为了在网络分析时更加有效,筛选完成后对最终所涉及的232个企业的样本数据进行顺序编码。

1.1 密度

网络密度是指节点之间实际关系纽带数目与他们之间可能存在的最大的关系纽带数目的比值。它的取值范围在0~1之间。比值越高,这一网络的联结密度就越大。总的来说,密度越大,则表示该网络对其行动者的态度、行动等产生的影响可能越大。网络密度用来形容和衡量各个节点之间联结紧密的过程^[4]。

在无向关系网中,有n个行动者,那么其中包含的关系总数在理论上最大可能值是 $n(n-1)/2$ 。如果该网络中包含的实际数目为m,那么该网络密度就是“实际关系数”除以“理论上的最大关系数”,即等于:

$$m/[n(n-1)/2]=2m/[n(n-1)]$$

1.2 中心度

点度中心性(Point centrality)

点度中心性包括绝对中心度和标准化中心度,在

收稿日期:2015-08-14

基金项目:国家自然科学基金项目(71202167);湖南省自然科学基金项目(2015JJ2057)。

作者简介:谢丽萍(1991—),女,湖南邵阳人,湖南科技大学土木学院,硕士研究生,研究方向:工程管理;陈帆(1978—),男,湖北荆州人,湖南科技大学土木学院,副教授,硕士生导师,研究方向:建筑技术创新管理与项目治理;张馨予(1990—),女,贵州盘州人,湖南科技大学土木学院,硕士研究生,研究方向:工程管理。

一个网络中,相比之下某个节点与其他节点的关系纽带最多时,称其点度中心度最高^[6]。因此一个节点的点度中心度可以用下面的公式表示:

$$CRD(x)=CAD(x)/(n-1)$$

公式中:A 表示网络中的某个点,CAD(x)表示与 A 点相连的关系纽带,n 表示该网络中节点个数,n-1 表示任何节点最大可能的度数

中间中心度(Betweenness Centrality)

在网络中,如果一个节点与其他节点的关系纽带长度都较短的话,称其中间中心度最高,一个中间中心度高的节点在网络中处于重要位置,因为他具有控制其他节点之间交往的能力。

具体地说,假设点 j 和 k 之间存在的最短路径为 g_{jk} ,第三个点 i 能够控制此两点的交往能力用 $b_{jk}(i)$ 表示,即 i 处于点 j 和 k 之间的最短路径的概率,点 j 和 k 之间存在的经过点 i 的最短路径数目用 $g_{jk}(i)$ 表示,那么, $b_{jk}(i)=g_{jk}(i)/g_{jk}$ 。点 i 的绝对中间中心度的计算公式为:

$$CABi = \sum_j \sum_k b_{jk}(i), j \neq k \neq i, \text{并且 } j < k$$

即点度中心度刻画的是一个行动者与其他行动者发生关系的能力,中间中心度刻画的是一个行动者控制网络中其他行动者的能力总分。

1.3 距离

在整体网络中,两点之间的距离是图论意义上的距离,即二者之间在图论或者矩阵意义上最短途径的长度,与个体网络研究中的距离和当代社会中人与人之间的心理距离的概念不同。所谓两个点之间的“一般化距离”指的是这两个点之间存在的一个最优途径的长度。

这两个点之间可能存在多条途径,问题是什么样的途径是最优途径? 这里存在三种标准。或者说,一个最优途径可以有如下“费用最小”(Costs)“强度最大”(Strengths)和“概率”(Probabilities)三种类型。

在整体网络中,计算出的所有行动者之间的距离要用“距离矩阵(distance matrix)”表示。要计算各个点两两之间的“邻接”距离,需要点击 Network→Cohesion→Distance 这条路径,得出捷径距离。

1.4 数据分析工具

社会网络分析软件有很多种,国内的学者们主要利用 Stocnet,KrackPlo,Pajek,STRUCTURE,GEGOPY 和 Ucinet 等软件对社会网络进行分析。其中,Ucinet 软件是使用较多的较普遍的社会网络分析软件。

Ucinet 软件是一个用来处理社会网络数据的软件包。通过数据输入与数据处理,Ucinet 可以进行中心性—权力的量化研究、凝聚子群研究、社会网络的关联性研究、一致性分析等。此外,Ucinet 提供了从简单统计到拟合 p1 模型在内的多种统计程序,它能读取多种不同形式的文件,如 Excel 文件和文本文件。

2 网络特征分析

2.1 全企业合作网络图分析

由于 UCINET 软件只能对矩阵形式的数据进行分析,因此对原有数据进行处理,使得网络变成 232×232 的赋权矩阵,权值为企业间合作的具体数据。为了更加直观,图 1 中仅列出本项目涉及较多的公司编号。利用 UCINET 的可视操作子菜单(Visualize),调出画图程序 Netdraw,打开菜单 File>Open>Ucinet dataset>Network 途径,可得关于自密实混凝土的网络图(如图 1)。

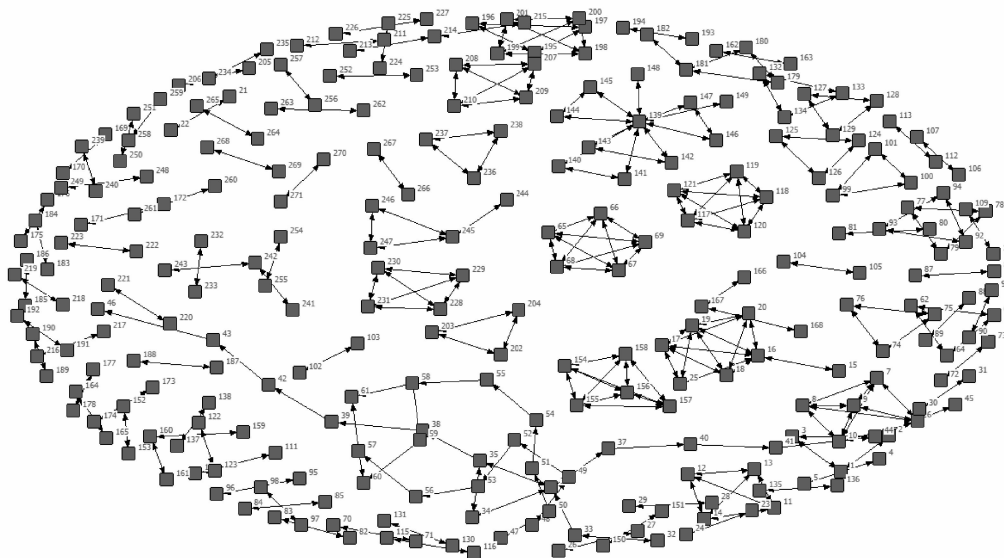


图 1 全企业合作网络图

从图 1 中可以看出,从结构上看我国的自密实混凝土的创新项目合作网络属于核心—边缘结构,核心地区被政府机构和金融组织、高校和科研单位、高新企业所占据。从网络连接来看,三分之二的联结为企业与高校和科研单位之间的联结,不到三分之一为企业和政府机构、金融组织之间的联结,剩下的一小部分才是纯粹的企业之间的联系。就单个主体来说,高校和科研单位对知识和科学技术有较高的认知,都具有较强的创新能力,因此企业热衷于与之进行科技合作,由此可以判断,技术创新网络已成为高新技术企业创新的重要场所。由上图可看出,被动学习是一种

主要方式,企业之间的合作不稳定,与其他企业的联系也不频繁,有些不太明显的小群体。

2.2 网络图制作过程

首先,通过在专利库中搜索“自密实混凝土”和在网络中搜索“自密实混凝土项目”等方式查找关于“自密实混凝土”这项技术的合作项目(1 020 项)。其次,以企业(232 个)为结点(node),以企业之间的合作项目为关系纽带(relational tie)做一个 232×232 的正方形节点网络表。然后将上表导入 Ucinet 软件得到一个 1-模网络。在 Ucinet 软件中沿着 Network→Cohesion→Density 得出整体网密(表 1),如下(部分省略)。

表 1 整体网络密度计算表

Input dataset:
Relation: 1
Density (matrix average) = 0.0074(整体网络密度)
Use MATRIX>TRANSFORM>DICHOTOMIZE procedure to get binary image matrix.
Density table(s) saved as dataset Density
Standard deviations saved as dataset DensitySD
Actor-by-actor pre-image matrix saved as dataset DensityModel

可见,该整体网络的密度为 0.007 4,密度很小说明实际的关系数量与网络中的所有有可能的关系数量的联系很小。

所谓两点之间的“一般化距离”(generalized distance)指的是这两点之间存在的一个最优途径的长度(the length of an optimum path)。两个点之间可能存在多条途径。问题是什么样的途径是最优途径?

一个最优途径可以有如下“费用最小”(Costs)“强度最大”(Strengths)和“概率”(Probabilities)三种类型^[6]。在整体网络中,计算所有行动者之间的距离要用“距离矩阵(distance matrix)”表示。要计算各个点两两之间的“邻接”距离,需要点击 Network→Cohesion→Distance 这条路径,得出捷径距离(见表 2)。

表 2 捷径距离计算表

GEODESIC DISTANCE		
Type of data:	ADJACENCY	
Nearness transform:	NONE	
Input dataset:	1 564 (D:\ucinet\Ucinet 6\datafiles\"D:\ucinet\Ucinet 6\DataFiles\1564)	
Output distance:	D:\ucinet\Ucinet 6\DataFiles\1564-Geo	
For each pair of nodes, the algorithm finds the # of edges in the shortest path between them.		
Average distance (among reachable pairs) = 1.223		
Distance-based cohesion ("Compactness") = 0.008		
(range 0 to 1; larger values indicate greater cohesiveness)		
Distance-weighted fragmentation ("Breadth") = 0.992		
Frequencies of Geodesic Distances		
Frequen Proport		

1	395.000	0.781
2	109.000	0.215
3	2.000	0.004
To display distances, run Data Display		
Distance matrix saved as dataset D:\ucinet\Ucinet 6\DataFiles\1564-Geo		

由表 2 得知,各点之间的平均距离为 1.223,表示每个建筑企业平均经过 2 个节点即可与另一个企业产生联系。建立在“距离”基础上的凝聚力指数为 0.008。该指数越大,表明该网络越具有凝聚力。因此,可见自密实混凝土这项新技术的网络内部之间的关系不紧密,凝聚力弱。

中心度研究能够识别网络中的重要节点^[6]。中心度指标主要有两种:点度中心性(Point centrality)和中间中心度(Betweenness Centrality)^[7]。在 Ucinet 软件中,根据菜单路径 Network> Centrality > Degree 进行中心度的分析,得出如下结果:

表 3 中间中心度计算结果

DESCRIPTIVE STATISTICS					
		1	2	3	
		Degree	NrmDegree	Share	
1	Mean	1.707	0.739	0.004	
2	Std Dev	1.186	0.513	0.003	
3	Sum	369.000	171.429	1.000	
4	Variance	1.405	0.263	0.000	
5	SSQ	1 002.000	187.778	0.006	
6	MCSSQ	326.069	61.106	0.002	
7	Euc Norm	31.654	13.703	0.08	
8	Minimum	1.000	0.4330	0.003	
9	Maximum	10.000	4.3290	0.025	
Network Centralization = 3.62%					
Heterogeneity = 0.64%. Normalized = 0.21%					
Actor-by-centrality matrix saved as dataset FreemanDegree					

表 4 各点中心度计算结果(略有省略)

公司编号	Degree 绝对点中心度	NrmDegree 相对点中心度	Share
123	10.000	4.329	0.025
...	...	...	...
13	3.000	1.299	0.008
...	...	...	...
117	2.000	0.866	0.005
...	...	...	...
173	2.000	0.866	0.005
...	...	...	...
101	1.000	0.433	0.003
...	...	...	...
28	1.000	0.433	0.003
...	...	...	...
232	1.000	0.433	0.003

表 4 中结果由高到低给出了各个节点的绝对点度中心度(Degree)和相对点度中心度(NrmDe-

gree)。从结果中可以看出,点度中心度最高的前 3 名企业都是专业提供自密实混凝土技术的公司,分别是 123 号国家电网公司、16 号中南大学、17 号高速铁路建造技术国家工程实验室。其国家电网属于政府机构,政府机构作为制度的建立和政策的提供者,对整个技术创新网络的发展具有重要的推动作用。高速铁路建造技术国家工程实验室和中南大学属于高校和科研机构,作为自身创新能力较强、创新资源也就能多,其自身的性质决定了它们在技术创新网络中必然处于支撑性地位^[8]。因为它们不仅能够为技术创新网络提供强有力的创新资源,能够满足市场对于更高的技术研发的需求;而且能够为企业提供高端技术人才,是创新型企业的发源地。可以说这三个企业在自密实混凝土创新技术合作交流网络中是绝对的核心元素,但是这些都是跟建筑技术有关的公司而并不是非建筑公司,说明自密实混凝土跟非建筑公司之间的联系比较缺乏,自密实混凝土创新技术有关公司在合作上有很大提升空间。

3 结论与期望

3.1 主要结论

本文提出从技术创新网络的结构和演进过程进行研究,建立了以“自密实混凝土”这项技术的企业为主体的技术创新网络。运用 Ucinet 软件,深入分析技术创新网络中的各种数据。结合网络结构,对技术创新网络进行分析,主要结论如下:从结构上看我国的自密实混凝土创新项目合作网络属于核心—边缘结构,核心地区被政府机构、高校和科研单位、企业所占据。自密实混凝土技术创新网络是非凝聚性的,各个企业联系较为稀疏。网络的密度较小,且分析中出现了林立的现象,网络结构较为分散。合作关系的建立需要成本,同时考虑到当地经济发展水平和文化的融合性,各个企业在全国范围应选择适量的企业合作。企业热衷于与创新能力较强的机构进行科技合作。而这种合作形式促进了市场对创新能力需求,是整个建筑业不断创新和发展的强有力的保证。

3.2 研究展望

第一,本文在阅读大量文献的基础上,从网络密度、中心度、关系的标准差、凝聚力指数等网络特征进行分析,但这些数据之间可能会存在另外一些关系,在本文都未进行分析研究,所以,在未来的研究中,可在本研究结果的基础上对数据进行更加深入地分析。

第二,尽管笔者花费了大量精力用于数据的统计和收集,以保数据数量、质量和准确性,但数据的收集都源于网络,数据可能影响研究结论的准确性。因

此,对数据应该进行更全面的收集,本文的研究结论也有待更加全面的检验。

第三,在未来研究中,对技术创新网络的分析方法和分析工具应该更加全面,如用回归分析法分析网络数据,用 SPSS 等工具对所得数据进行分析,使得研究结论更加可靠。

总的来说,技术创新网络对企业合作的影响研究仍然处于起步阶段,希望本研究能够对技术创新网络的建设和技术创新能力的加强起到推动作用。

参考文献

[1] 陈帆,谢洪涛. 建筑技术创新风险的贝叶斯网络模型分析——以绿色建筑技术创新项目为例[J]. 计算机工程与应

用,2014,50(18):33—35.
[2] 谢洪涛. 面向工程项目的技术创新网络研究[M]. 成都:西南交通大学出版社,2013:4—10.
[3] 邵云飞,欧阳青燕,孙雷. 社会网络分析方法及其在创新研究中的运用[J]. 管理学报,2009,9(6):1189—1190.
[4] 刘军. 整体网分析讲义[M]. 上海:上海人民出版社,2009:10—12.
[5] 郭金龙,许鑫. 领域博客的社会网络分析[J]. 图书情报工作网刊,2012,50(1):2—3.
[6] 吴思竹,张智雄. 网络中心度方法研究综述[J]. 图书情报工作网刊,2010,54(18):107—108.
[7] 刘军. 社会网络分析导论[M]. 北京:社会科学文献出版社,2004:112—126.
[8] 崔忠东. 基于 SEM 的工程项目技术创新网络的创新能力研究[D]. 长沙:中南大学,2012.

Analysis and Empirical Research on Building Technology Innovation Network Structure
——Self-consolidating concrete technology innovation project as an example

XIE Li-ping, CHEN Fan, ZHANG Xin-yu

(Hunan University of Science and Technology,Xiangtan Hunan 411201,China)

Abstract: In this thesis, technology cooperation projects " Self-Consolidating Concrete" are collected through the network. With the research object of construction enterprise in the cooperation project, using social network analysis (SNA) and the Ucinet software, thesis mainly contains the network of the whole density, center, etc. It also studies the structure characteristics of the technology innovation network and the general law of evolution of network. Research results show that: from the viewpoint of construction enterprises, the technology innovation network structure belongs to the core - edge structure. The economic globalization leads to more and more market competition, so innovation has become the power of enterprise survival and development in modern economic market. Therefore, this research has certain significance on construction technology innovation ability and the development of the whole construction industry.

Key words: construction innovation networks;self-consolidating concrete;technical cooperation;social network analysis;ucinet

(上接第 59 页)

[2] KING W R,HE J. A meta-analysis of the technology acceptance model [J]. Information & Management,2006(43):740—755.
[3] ZHANG LIYI,ZHU JING,LIU QIHUA. A meta-analysis of mobile commerce adoption and the moderating effect of culture[J]. Computers in Human Behavior,2012(28):1902—1911.

[4] 张月莉,史天林,过聚荣. 基于 Meta-SEM 的顾客忠诚因果模型研究[J]. 工业工程与管理,2008(2):101—105.
[5] 邓朝华,张亮,张金隆. 基于荟萃分析方法的移动商务用户采纳研究[J]. 图书情报工作,2012,56(18):137—143.
[6] COHEN J. Statistical power analysis for behavioral sciences [M]. New York:Academic Press,1977:410—414.

A Meta Analysis on Trust in Mobile Commerce

ZHAO Yuan-yuan

(College of Economics and Management,North University of China,Taiyuan 030051,China)

Abstract: The research of trust has been a hot topic in the field of mobile commerce research. The author conducted a meta-analysis on data from 32 related empirical studies to assess the relationship between antecedents and trust. The results show that perceived usefulness , perceived enterprise reputation, service quality, structural assurance and mobile technology have significant positive influence on trust in mobile commerce. Other factors, such as trust propensity, perceived mobility and perceived ease of use have no significant influence. The results may provide effective recommendations for service providers to enhance user trust.

Key words: mobile commerce;trust;meta-analysis;literature review