

# 复杂网络视角下上海研究型医院创新协作网络研究

李倍倍, 张倩, 康佳明

上海工程技术大学, 上海

收稿日期: 2023年1月13日; 录用日期: 2023年2月9日; 发布日期: 2023年2月20日

## 摘要

目的: 研究分析了1988~2022年来上海研究型医院相关机构之间的创新协作网络特征与趋势, 以期为提高上海生物制药创新效率总结经验, 提出建议。方法: 基于incopat专利数据平台, 采集并分析1988~2022年期间上海研究型医院专利数据, 运用复杂网络方法进行数据分析与特征挖掘。结果: 自1988~2022年间, 上海研究型医院创新协作网络规模不断扩大, 各主体间紧密程度增加, 集聚优势明显; 通过中心性分析, 高校及附属医院在创新协作网络中占据最为重要的位置, 中介性突出; 截至到2022年, 上海研究型医院逐渐形成具有一定规模的组件, 组件数量增加说明主体间合作延展, 但组件之间的差异较大, 各组件发展不均衡。结论: 上海研究型医院创新协作网络已初步具有一定规模, 但近5年协作网络增长缓慢, 集聚优势增加不明显, 应充分发挥各政府部门的职责, 推动信息和资源共享, 进一步提高相关协作创新主体之间合作的深度和广度。

## 关键词

上海研究型医院, 创新协作, 复杂网络方法, 社会网络分析

## Research on Innovation and Cooperation Network of Shanghai Research Hospitals from the Perspective of Complex Network

Beibei Li, Qian Zhang, Jiaming Kang

Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Jan. 13<sup>th</sup>, 2023; accepted: Feb. 9<sup>th</sup>, 2023; published: Feb. 20<sup>th</sup>, 2023

文章引用: 李倍倍, 张倩, 康佳明. 复杂网络视角下上海研究型医院创新协作网络研究[J]. 运筹与模糊学, 2023, 13(1): 218-225. DOI: 10.12677/orf.2023.131024

## Abstract

**Objective:** To study and analyze the characteristics and trends of innovation cooperation network between relevant institutions of Shanghai research hospitals from 1988 to 2022, with a view to summarizing experience and making suggestions for improving the innovation efficiency of Shanghai biopharmaceuticals. **Methods:** Based on the incoapat patent data platform, the patent data of Shanghai research hospitals from 1988 to 2022 were collected and analyzed, and the complex network method was used for data analysis and feature mining. **Results:** From 1988 to 2022, the scale of innovation and cooperation network of Shanghai research hospitals has been expanding, and the degree of tightness between various subjects has increased, and the agglomeration advantage is obvious; Through the centrality analysis, universities and affiliated hospitals occupy the most important position in the innovation cooperation network, with prominent intermediary; By 2022, Shanghai research hospitals have gradually formed components of a certain scale. The increase in the number of components indicates the extension of cooperation between entities, but the differences between components are large, and the development of each component is uneven. **Conclusion:** The innovation and cooperation network of Shanghai research hospitals has initially reached a certain scale, but the growth of the cooperation network has been slow in the past five years, and the increase of the agglomeration advantage is not obvious. We should give full play to the responsibilities of various government departments, promote the sharing of information and resources, and further improve the depth and breadth of cooperation between relevant collaboration and innovation entities.

## Keywords

Shanghai Research Hospital, Innovative Collaboration, Complex Network Method, Social Network Analysis

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

研究型医院建设是国内部分高水平医院主动应对医学科学技术飞速发展形势，着眼打造国际一流医院，提出的一种医院建设理念和发展战略。在建设创新型国家战略稳步实施、国家医药卫生体制改革深入推进的大背景下，研究型医院相关主体之间的创新协作对于提升我国医疗卫生水平，满足人民群众日益增长的卫生服务需求，打造国际化、区域性医疗中心，具有重大战略意义[1]。

打造上海研究型医院创新协作网络需要医院、高校、企业等机构的共同参与，这些机构之间往往存在着错综复杂的协作关系，因此可以把这种机构间的创新协作关系网看作是一种复杂网络。复杂网络是指具有自组织、自相似、吸引子、小世界、无标度中部分或全部性质的网络[2] [3]。本文的目标即研究 1988~2022 年来上海研究型医院创新协作主体间的网络特征和整体趋势，识别整体网络机构特征，对网络图进行中心性分析，挖掘网络中小团体特点，为促进上海研究型医院创新协作的发展提供辅助决策参考。

## 2. 理论基础与研究方法

### 2.1. 相关概念

连斌(2006)借鉴研究型大学和研究型企业的定义对研究型医院的内涵进行了描述，认为研究型医院是

以医疗工作为基本着眼点,以临床科研为突破口,以形成高水平科研成果为标志,通过不断提高临床诊治水平,培养高层次医学人才,以实现医院可持续发展为目的,集医疗、教学、科研为一体的大型综合性医院或专科医院[4]。中国医学科学院方福德等(2009)认为,研究型医院是具有特殊运行模式或管理方式的医院或医学中心,其发展理念为:以临床科研为指导,推动临床和转化型合作研究,使日新月异的基础生物医学研究成果转化为改善人类健康的治疗措施和策略。虽然学者对研究型医院定义描述的角度各不相同,但它们的共同点是:以临床需求为导向,强调科研、教学与医疗紧密结合,通过医学科学研究,提高医疗服务质量和效率,是集人才培养、科学研究和医疗服务“三位一体”的综合性或专科医院[5]。

协同创新是基于共同创新目标的多个主体要素间的相互合作所构成的联结机制[6]。现有关于协同创新的研究主要集中于产业集群协同创新和产学研协同创新,如张敬文等结合战略性新兴产业集群的创新属性,分析集群的知识协同、创新网络结构、网络能力对战略性新兴产业协同创新绩效的影响机理[7]。周青等以长三角绿色制药协同中心的形成与发展为实证案例,揭示了产学研协同创新网络的演化特征和演化过程[8]。协同创新涵盖创新过程中所涉及各个主体要素,包括企业、学研机构等构成协同创新网络的核心主体以及政府、金融、中介组织等辅助组织结构,是产学研合作概念的延伸和拓展[9]。专利是反映技术创新的核心依据,研究型医院的协同创新行为可以通过联合申请的发明专利体现。

## 2.2. 研究方法

复杂网络方法(complex network analysis)是应用矩阵和图论分析法研究社会行动者之间关系的一种定量分析方法[10][11]。重点在于揭示不同社会行动者之间的互动模式和关系结构。一个完整的社会网络是由多个点(行动者)和各点之间的连线(行动者之间的关系)构成的集合,行动者可以是个体、群体、社会等社会单位或者社会实体[12]。复杂网络方法可以从整体网络分析、网络图机构分析以及小团体分析以下3各方面进行研究。在本研究中,主要以申请者上海三甲医院员工的专利来反映创新主体间的协同创新能力,通过整体网络分析、中心性分析、小团体分析等网络指标来描述上海研究型医院的创新协同网络的结构特征。

## 3. 上海研究型医院创新协作网络发展实证分析

### 3.1. 专利来源的确定

为了保证数据来源的权威性和可靠性,我们在incopat专利数据平台上对专利发明人隶属于上海市三甲医院进行全面的专利查询,所检索的专利既包括发明专利,又包括实用新型和外观设计。由于大部分专利都属于发明专利,因此本文并未将各种类型专利进行分类统计。

### 3.2. 分析时间段选择

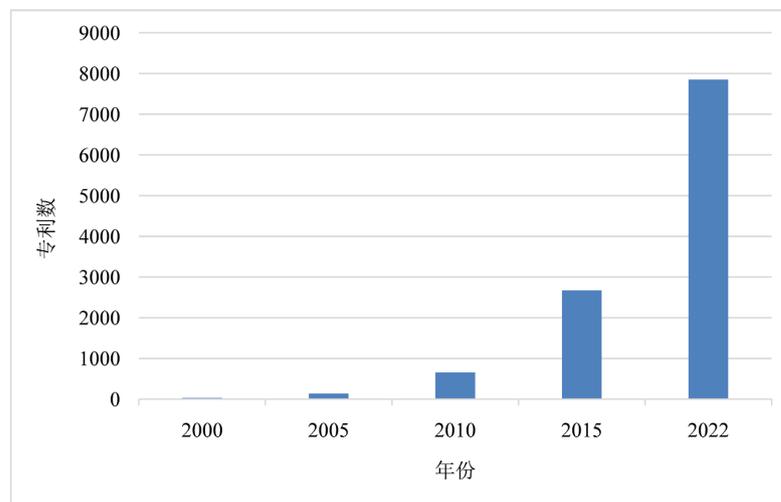
由于专利数据的公布于1988年开始,因此本文确定专利计量时间为1988年1月至2022年12月,共分为1988~2000、2000~2005、2005~2010、2010~2015、2015~2022共5个阶段。另外由于专利通常要经过初步审查、公开、实质审查、授权并公告几个程序,因此在专利时间的认定上我们以专利公告日为准,而专利公告日也就是专利的生效日,即授权日,因此我们所检索到的专利全部为授权专利。每一专利数据条目包括专利的“申请号、名称、主分类号、申请人、发明人、公开日、公开号、地址、申请时间、摘要、国省代码”等11条题录信息。

## 4. 结果分析

### 4.1. 协作创新网络总体发展情况分析

经过以上介绍的专利来源以及时间段选择分析,且截至所选择的时间段节点,分别得到了具有协作

关系的授权专利数有 34、138、658、2673、7853。上海研究型医院在 1988~2022 年间专利协作数量的变化情况正如图 1 所示。从图中可以直观发现，34 年来上海研究型医院授权专利数量整体上呈现直线上升的趋势。



**Figure 1.** Number of patents of research hospitals in Shanghai from 1988 to 2022  
**图 1.** 1988~2022 年上海研究型医院专利数

#### 4.2. 整体网络分析

对于复杂网络中首先从宏观角度可以展开整体网络分析，从中深度探索上海研究型医院协同创新网络的整体发展程度，同时整体网络分析也可以供细致观察出创新网络的发展状态。其中网络规模以网络节点表示，而网络边数代表了合作次数，平均度表示网络中所有节点连接边数的平均值，网络密度则是指网络中实际存在的边数与可容纳的边数上限的比值，反映网络中节点之间的联系程度。凝聚力指数表示网络强度，数值在 0~1 之间，且数值与大小与网络的集聚力成正比。

根据 *ucinet* 软件计算上海研究型医院 1988~2022 各时间段协同创新网络规模、网络边数、网络密度、平均距离和基于距离的凝聚力指数，计算结果如表 1 所示。从表 1 中可见，1988 年到 2022 年，专利合作组织机构的数量从 12 家增加到 452 家，其相关联系的关系数量从 22 条增加至 1438 条，网络规模逐年扩大，各机构之间联系的关系数量也随之增加。网络密度数值逐渐变小，网络平均距离数值的增加，说明各主体要素之间的相关联系的紧密程度越来越大，网络中任意两个机构之间的关系越来越密切。凝聚力指数的逐年增加进一步说明上海市研究型医院创新协作网络的集聚优势越来越明显，但近 10 年来集聚优势并未发生明显变化。依据上述几个指标可以看出，近年来上海市研究型医院协作创新网络的建设已经具备一定的规模，创新主体之间从各自为营逐渐增加合作的频次和机会，已初步形成一定的协同合作关系，但现阶段协同创新的效率增长缓慢，需要进一步加强上海研究型医院建设和行业信息技术之间的传导，推动跨组织的研究型医院的协同创新发展。

#### 4.3. 网络图结构分析

展开中心性分析，其中可以分为程度中心性和中介中间性分析，这两个个体结构指标是最为重要用来计算网络节点的指标。首先，程度中心性是衡量在网络中占据最主要位置的主体，且程度中心性与该主体在网络中的地位成正比。其次，中介中心性是衡量某节点作为中间媒介的能力高低，且中介中心性与该创新主体具有的中介性成正比。上海研究型医院创新协作网络展开的中心性分析结果如下表 2、表 3 所示。

**Table 1.** Characteristic value of the overall network analysis of innovation cooperation network of Shanghai research hospitals from 1988 to 2022**表 1.** 1988~2022 年上海研究型医院创新协作网络整体网络分析特征值

时间段	网络规模	网络边数	网络密度	网络平均距离	凝聚力指数
1988~2000	12	22	0.167	1	0.583
1988~2005	36	82	0.065	1.733	0.75
1988~2010	92	272	0.032	4.635	0.741
1988~2015	164	553	0.021	3.785	0.763
1988~2022	452	1438	0.01	3.521	0.886

**Table 2.** Centrality analysis results of the degree of collaborative innovation network of Shanghai research hospitals**表 2.** 上海研究型医院协作创新网络程度中心性分析结果

时间阶段	程度中心性				排名前 3 位的创新主体
	Mean	Std Dev	Sum	Network Centralization	
88~00	1.333	1.179	16	6.06%	上海交通大学; 上海市第一人民医院; 上海长征医院
88~05	1.944	1.393	70	3.08%	上海交通大学; 中国人民解放军第 113 医院; 上海思爱高科技开发有限公司
88~10	3.848	5.405	354	3.89%	复旦大学附属华山医院; 复旦大学; 上海交通大学
88~15	6.634	12.695	1088	1.61%	复旦大学附属华山医院; 上海交通大学; 上海市第一人民医院
88~22	7.685	22.632	3212	0.59%	上海交通大学医学院附属第九人民医院; 复旦大学附属华山医院; 上海交通大学

**Table 3.** Analysis results of the centrality of the collaborative innovation network of Shanghai research hospitals**表 3.** 上海研究型医院协作创新网络中介中心性分析结果

时间阶段	中介中心性				排名前 3 位的创新主体
	Mean	Std Dev	Sum	Network Centralization	
88~00	0	0	0	0.00%	-
88~05	0.917	2.42	33	1.74%	复旦大学; 复旦大学附属华山医院; 复旦大学附属中山医院
88~10	52.359	137.877	4817	14.62%	上海中医药大学附属龙华医院; 上海中医药大学附属曙光医院; 中国科技开发院医药科技开发所

Continued

88~15	138.439	404.419	22,704	19.55%	复旦大学; 复旦大学附属华山医院; 上海交通大学
88~22	403.476	1643.343	167,493	20.29%	上海交通大学; 复旦大学附属华山医院; 复旦大学

从表 2 中可以看出上海研究型医院创新协作网络的程度中心性无论是从平均值、标准差, 还是关系总和都呈现出增加的趋势。从各阶段创新主体的中心性来看, 1988~2005 年, 上海交通大学的程度中心性始终位于上海研究型医院的前 3 位; 除此之外, 上海思爱高科技开发有限公司在 88~05 年间的程度中心性位于第二; 高校附属医院如: 复旦大学附属华山医院、上海交通大学医学院附属第九人民医院等医院在创新协作网络中的程度中心性排名也十分靠前, 说明这些创新主体在各时间阶段内的创新网络中处于非常重要的中心位置, 其合作创新行为非常频繁。在 1988~2000 年间, 上海研究型医院的创新协作网络中无论是平均值、标准差、关系综合, 还是群体程度中心性上都是 0, 说明在此阶段, 上海的研究型医院协作创新网络中并没有形成明显的中介主体; 1988~2005 年, 围绕着复旦大学, 复旦大学附属华山医院和复旦大学附属中山医院 3 个创新主体的中介中心性位于上海前 3 位; 在其后的 5 年内, 上海中医药大学附属医院在创新网络中的中介中心性名列前茅, 此外, 中国科技开发院医药科技开发所的位置也举足轻重; 截至到 2022 年, 上海交通大学、复旦大学以及复旦大学附属华山医院 3 个创新主体一直位于上海研究型医院的前 3 位, 说明这些创新主体在各自所在的创新网络中能够充当媒介者的角色, 其中介性较高。在这些创新主体中大学及附属医院占了较大比重, 这说明在上海生物制药产业的知识产权创造阶段, 大学和附属医院还处于主体地位, 企业及其他创新主体大多数选择与其进行合作或充当媒介。这一方面说明了上海由研究型医院形成的协作创新合作已取得了一些成果, 同时也说明了企业在创新合作和创新能力的薄弱。

#### 4.4. 小团体分析

处于中心位置的创新主体通常要与较多的单位进行合作, 从而会在其周围形成彼此相连的组件。因此我们下面将对各创新网络所形成组件的情况进行分析, 相关节点总数及节点数如表 4 所示。

**Table 4.** Small group analysis results of innovation collaboration network of Shanghai research hospitals from 1988 to 2022  
**表 4.** 1988~2022 年上海研究性医院创新协作网络小团体分析结果

时间段	组件数	节点总数	最大小团体节点数
88~00	8	12	3
88~05	15	36	7
88~10	22	92	51
88~15	25	164	129
88~22	42	452	346

在创新网络的组件中呈现最大相连的子图形则是定义最为严格的小团体类型。众所周知, 在各中类型的组件中, 多元创新主体可以彼此相连, 从而可以充分的进行信息交流和知识共享, 进而提高网络的协作创新效率。但是创新网络整体如果拥有数量较多且规模较小的组件, 就会大幅度影响整体创新网络

的效率。通过对上海研究型医院协作创新网络的左键进行分析,我们发现五个时间段内,上海生物医药制药专利网中分别有 8、15、22、25、42 个组件,其中截至到 2022 年最大的组件是以上海交通大学医学院附属第九人民医院、复旦大学附属华山医院等节点为中心所组成的子网络,共包括 346 个节点,占总节点数量的 76.55%。这一分析结果与程度中心性基本相似,它们以个别创新主体为中心开展着相对频繁的合作创新,这对于总体创新能力的提高和创新成果的丰富是非常有利的。

## 5. 结论与讨论

本文主要应用复杂网络分析的方法对上海研究型医院协作创新网络的结构特征进行分析,总体上来看,上海研究型医院的协作创新合作实现了从无到有,从个体发展到协作创新的过程,当前上海研究型医院协作创新网络的整体结构较为紧密,创新主体之间的协同程度进一步实现了提高,产业聚集效应明显;就中心性分析而言,复旦大学、上海交通大学、上海交通大学医学院附属第九人民医院、复旦大学附属华山医院等高校及附属医院居于协作创新网络中的主体地位,能够有效发挥沟通节点间的“桥梁”和“枢纽”作用;就协作创新网络中的企业而言,程度中心性和中介中心性值大多都较低,在网络中多呈现型点状结构分布,表明企业在创新协作网络中的合作频次和机会并不多,对信息和资源的控制能力整体较低,高校及附属医院掌握协作的主动权;截止到 2022 年,小团体分析将研究型医院创新协作网络中的各个创新主体划分为 42 个组件,各小团体密度差异很大,其中包括有上海交通大学医学院附属第九人民医院、复旦大学附属华山医院、复旦大学附属中山医院、上海市第一人民医院等 346 家机构在内的小团体的密度最大,其内部联系最为紧密。根据以上研究结论,本文提出以下几点建议。

### 5.1. 政府政策引导, 进一步提高创新协作主体间的合作

医药产业对政府政策的高度依赖性决定了政府在协作创新网络中的重要地位,虽然上海研究型医院创新协作网络现阶段较为紧密,但面对创新协作的近 5 年增长缓慢,聚集优势变化不明显的现状,政府应该从人力和物力方面给予支持,实施人才激励措施,追加相关专项资金投入,在现有小团体的基础上打造创新联盟以及建设合作创新平台,充分发挥各政府部门的职责,推动信息和资源共享,进一步提高相关协作创新主体之间合作的深度和广度,提高研究型医院的协作创新发展效率。

### 5.2. 加强“枢纽”领导, 发挥研究型医院的创新主体作用

高校及附属医院在创新协作网络中起到领头羊的作用,通过追加资金投入,扶持重点项目等模式重点搭载一批具有引领性和创新性的龙头研究型医院和高校,加强医院之间协作创新平台的建设,有效整合高校与医院间的资源,跨机构促进信息及资源的流通,弥补主体间独立性强、资源独享的劣势,加强研究型医院对创新协作的创新驱动能力,推动生物医药产业的升级与发展。

### 5.3. 同时强化小团队内部与小团队之间的协作

上海研究型医院发展的运行机制较为完备,集聚了成果、资金、人才、服务、政策等创新要素,构建以同时强化小团队内部与小团队之间的创新协作为基本架构的体系,把科学研究与临床需求紧密结合。倡导创新文化,强化协作意识的保护与运用,持续激发上海研究型医院创新协作网络各行动者的创新潜力,进一步提高相关行动者之间的合作深度与广度,营造有利于创新协作的社会环境。

## 参考文献

- [1] 王延军. 论研究型医院的内涵、特征和建设路径[J]. 解放军医院管理杂志, 2011, 18(5): 403-406.
- [2] Tang, J., Jiang, B., Chang, C.C., et al. (2012) Graph Structure Analysis Based on Complex Network. *Digital Signal Processing*, 22, 713-725. <https://doi.org/10.1016/j.dsp.2012.04.011>

- 
- [3] Orwat, M.I., Kempny, A., Bauer, U., *et al.* (2015) The Importance of National and International Collaboration in Adult Congenital Heart Disease: A Network Analysis of Research Output. *International Journal of Cardiology*, **195**, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.05.116>
- [4] 连斌. 研究型医院的内涵界定及特点研究[J]. 中华医院管理杂志, 2006, 22(5): 307-310.
- [5] 方福德, 程书钧, 田玲. 建设研究型医院促进转化医学发展[J]. 中国卫生政策研究, 2009, 2(7): 16-19.
- [6] 张路蓬. 基于创新网络的协同创新机制研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2016.
- [7] 张敬文, 李一卿, 陈建. 战略性新兴产业集群创新网络协同创新绩效实证研究[J]. 宏观经济研究, 2018(9): 109-122.
- [8] 周青, 梁超. 创新网络视角下产学研协同创新演化过程——基于绿色制药协同创新中心的案例研究[J]. 科技管理研究, 2017, 37(23): 200-206.
- [9] 刘鹏鹏. 基于三重螺旋理论的协同创新研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆医科大学, 2014.
- [10] Watts, D. and Strogatz, S. (1998) Collective Dynamics of “Small-World” Networks. *Nature*, **393**, 440-442. <https://doi.org/10.1038/30918>
- [11] Barabasi, A.L., Albert, R. and Albert, R. (1999) Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, **286**, 509-512. <https://doi.org/10.1126/science.286.5439.509>
- [12] Burt, R.S., Kilduff, M. and Tasselli, S. (2013) Social Network Analysis: Foundations and Frontiers on Advantage. *Annual Review of Psychology*, **64**, 527-547. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143828>