

# 基于临床试验的上海生物医药创新合作网络演化研究

仇厚峰

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年1月16日; 录用日期: 2023年2月3日; 发布日期: 2023年2月9日

## 摘要

目的: 探究上海生物医药创新合作网络的特征。方法: 采用社会网络分析方法, 对上海市2013~2021年间由生物医药企业主导基于临床试验构建的创新合作网络加以刻画, 并分别对创新合作网络的整体网络特征及演化、重要节点识别及演化、“强关系”子网络演化作了分析。结果: 上海生物医药创新合作网络规模较大、密度较低、结构较为松散, 有明显的“小世界”现象; 在创新网络的重要节点上, 企业日益占据主导性, 医疗机构的重要性逐渐被弱化; 在“强关系”子网络中, 以企业为核心节点形成了多个密集子群, 数量先增后降, 次级子群的数量逐渐增多, 零散的小型子群数量扩张较为迅猛, 但核心节点在减少。结论: 针对上海生物医药创新网络运行情况, 需要优化创新资源配置、鼓励医疗机构积极参与合作、培育更多强势主导性机构, 从而提高创新网络紧密度、医疗机构协同创新能力、网络主体创新能力。

## 关键词

临床试验, 生物医药企业, 创新网络, 演化

# Research on the Evolution of Shanghai Biomedical Innovation Cooperation Network Based on Clinical Trials

Houfeng Qiu

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Jan. 16<sup>th</sup>, 2023; accepted: Feb. 3<sup>rd</sup>, 2023; published: Feb. 9<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

**Objective:** To investigate the characteristics of biopharmaceutical innovation collaboration net-

**works in Shanghai. Methods:** Social network analysis was used to characterize the innovation collaboration network based on clinical trials led by biopharmaceutical companies in Shanghai from 2013 to 2021, and the overall network characteristics and evolution, important node identification and evolution, and “strong relationship” sub-network evolution of the innovation collaboration network were analyzed. The analysis was conducted on the overall network characteristics and evolution, the identification and evolution of important nodes, and the evolution of “strong relationship” sub-networks. **The results:** Shanghai biomedical innovation cooperation network is large in scale, low in density, and loose in structure, with an obvious “small world” phenomenon; in the important nodes of the innovation network, enterprises are increasingly dominant, and the importance of medical institutions is gradually weakened; in the “strong relationship” sub-network, several dense subgroups are formed with enterprises as the core nodes, and the number increases first and then decreases; the number of secondary subgroups gradually increases, and the number of scattered small subgroups expands more rapidly, but the core nodes are decreasing. **Conclusion:** In view of the operation of Shanghai biomedical innovation network, it is necessary to optimize the allocation of innovation resources, encourage medical institutions to actively participate in cooperation, and cultivate more strong dominant institutions, so as to improve the tightness of innovation network, the collaborative innovation capacity of medical institutions, and the innovation capacity of network subjects.

## Keywords

Clinical Trial, Biomedical Enterprises, Innovation Network, Evolution

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

生物医药产业是我国战略性新兴产业之一，也是高度依赖创新驱动的产业，其投入高、风险高、创新难度大等特点决定了生物医药产业的独自创新越来越难以适应日益复杂的创新环境，系统化、网络化的创新模式，通过合作创新实现优势互补对生物医药产业创新意义突出。生物医药创新网络主要联结机制是相关主体之间通过开展合作研发、临床试验、新药申报、专利申请等活动而建立起来的合作关系。国内学者对于生物医药创新网络的研究集中在以下三个方面且给本研究带来了新的启发：一是从数据来源上，现有研究几乎都是基于专利合作数据做的实证分析[1] [2] [3]；二是从研究主体上，主要关注产学研之间的合作关系[4] [5]；三是从研究目的上，主要关注创新网络的结构[6] [7]、机理[8] [9]、演化[10] [11]等。现有研究较少关注临床试验这一新药研发关键相关主体如何构建合作网络并展开创新协作的，在研究主体上缺少对医疗机构的关注，在研究目的上过多使用复杂的模型和方法而缺少了对创新网络本身的关注。为此，本文选择上海这一国内生物医药创新较为领先的地区，并对由其生物医药企业在新药临床试验环节与其他相关主体，尤其是医院之间构建的创新合作网络为分析对象，以期通过社会网络分析的视角对创新主体之间构建的创新合作网络进行刻画与分析，在此基础上为推进上海市生物医药产业创新提供对策与建议。

## 2. 研究设计

### 2.1. 数据收集与整理

本文数据来自国家药物临床试验登记与信息公示平台，在平台检索中，进行高级查询，申请人设

置为“上海”，检索结果即为申请人(或单位)名称中带上海的所有临床试验信息，结果共计 2232 条，检索日期为 2022 年 4 月 1 日。将所有临床试验登记信息逐一下载并汇总，由于该平台是 2012 年底建立，所登记的临床试验开始年份为 2013 年，为方便本次研究，选择登记日期在 2013 年 1 月 1 日至 2021 年 12 月 31 日期间的临床试验。数据处理标准如下：临床试验登记信息涉及两类主体，一是上海某单位的药物申请者，一般为企业，二是参与药物临床试验的机构，一般为医院，这两类主体是本次研究的对象，逐一把申请者和临床试验机构建立联系，即表示一种合作创新行为，主要是研究上海生物医药创新合作网络。

## 2.2. 研究方法

社会网络分析(social network analysis, SNA)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，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[12]。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，行动者可以是任何一个社会单位或者社会实体。在本研究中，主要以临床试验注册登记中申请者和临床试验参与机构两类数据来反映生物医药创新主体之间的合作行为。为研究创新网络演化特点，本文每三年作为一个时间分割点，将上海生物医药创新网络的发展过程分为 2013~2015 年、2016~2018 年和 2019~2021 年三个阶段，研究各阶段创新网络的整体结构特征、重要节点识别和“强关系”子网络以及它们的演化规律。采用 Gephi、Ucinet 软件根据具体情况处理上述合作网络并计算各项指标。

## 3. 上海生物医药临床试验基本信息

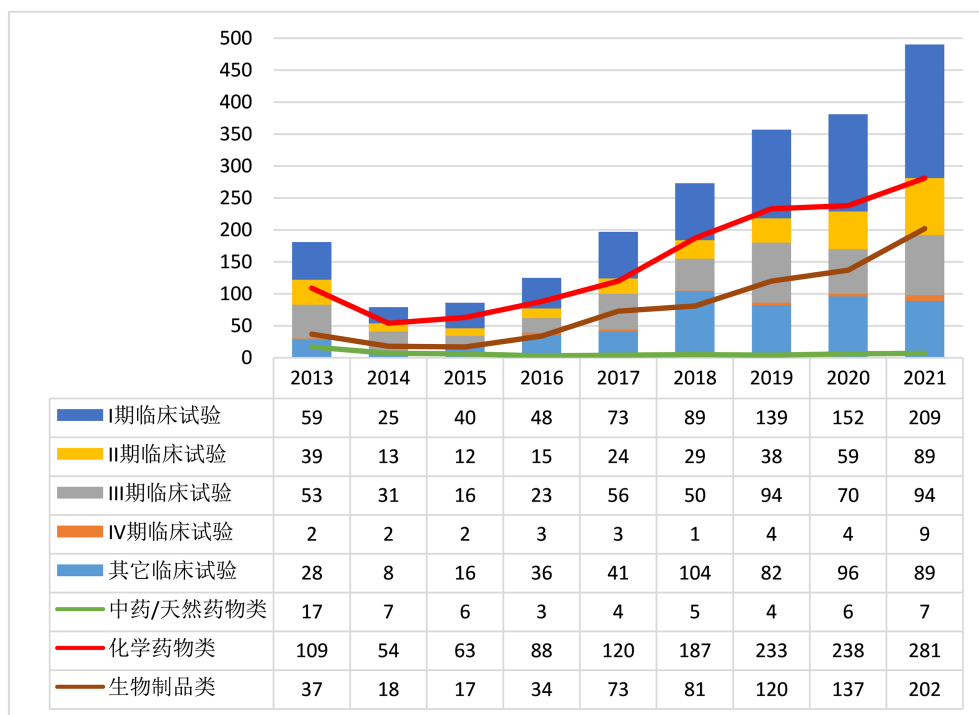
本文以临床试验注册登记号所在年份分别整理出 2013~2021 年期间每年临床试验注册登记的数据(详见表 1 和图 1)。

因国家药物临床试验登记与信息公示平台是 2012 年底成立，2013 年 9 月平台发布公告强制要求凡获国家食品药品监督管理局临床试验批件并在我国进行临床试验(含生物等效性试验、PK 试验、I、II、III、IV 期试验等)的，均应在本平台进行登记与信息公示。因此 2013 年临床试验登记项目数量相对较多，从 2014 年至 2021 年，临床试验登记项目数呈逐年递增的趋势，同时申请机构和参与试验的机构数量也相对增多，表明上海生物医药创新环境的整体向好，越来越多的机构参与进来，贡献出越来越多的创新产品。在临床试验的试验分期上，I 期临床的试验数量占比较大，且绝对数量逐年上升。在临床试验的药物类型上，化学药物类在数量和占比上占据很大优势，生物制品类数量也逐年增加，相对化学药物类呈赶超趋势，中药/天然药物类数量极少，也说明该类型药物创新比较艰难。

**Table 1.** Basic information on clinical trials in Shanghai during 2013~2021

**表 1.** 2013~2021 年期间上海医药临床试验基本信息

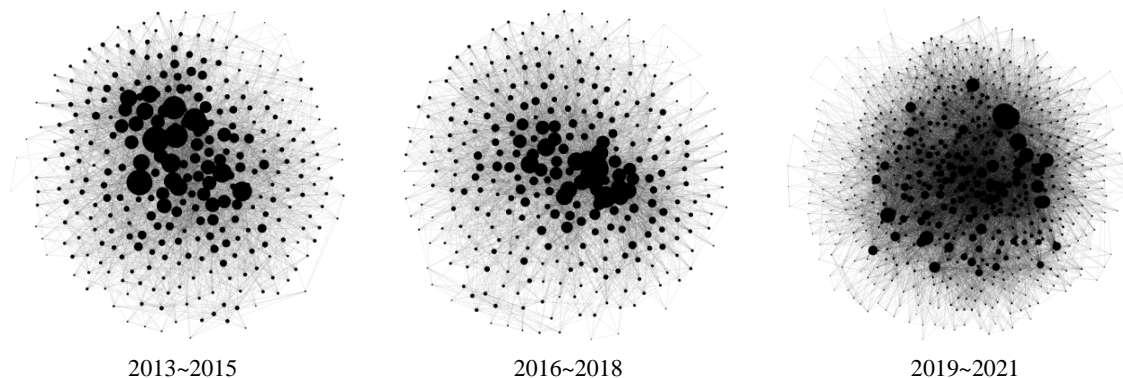
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
试验项目数	181	79	86	125	197	273	357	381	490
申请机构数	356	163	156	241	375	446	629	712	857
参与试验机构数	4987	2768	1459	2786	5590	5598	9211	8183	7222
合作机构数合计	5343	2931	1615	3027	5965	6044	9840	8895	8079



**Figure 1.** Changes in the number of biopharmaceutical clinical trial phases and drug types in Shanghai  
**图 1.** 上海生物医药临床试验分期和药物类型数量变化

#### 4. 创新网络整体结构特征及演化分析

网络的整体性是指网络中所有行动者集合反映出来的特性，可以从宏观角度研究创新网络的发展程度。考虑到数据规模不能太大而超过软件的处理能力，也不能小到无法分析其统计性质，因此本文在构造共现矩阵时选择单元频次大于等于 10 的数据，根据所收集到的上海市生物医药临床试验数据，运用复杂网络分析软件 Gephi 生成上海市生物医药创新网络三阶段的网络拓扑图(见图 2)，并用 Ucinet 软件计算出三阶段创新网络的指标(见表 2)。



**Figure 2.** Three-stage Shanghai biomedical innovation network topology  
**图 2.** 三阶段上海生物医药创新网络拓扑图

网络拓扑图中每个节点代表一个机构，节点越大表示该机构合作数量越多，在网络中越重要。从网络拓扑图直观上可以看出，上海市生物医药创新网络中节点数量和连线数量逐渐增多，大节点数量也逐渐增多。

**Table 2.** Characteristics of the overall structure of Shanghai biomedical innovation network at three stages  
**表 2.** 三阶段上海生物医药创新网络整体结构特征

阶段划分	网络规模	关系数	网络密度	中心势	平均距离	平均度	聚类系数
2013~2015	267	2864	0.081	0.263	2.458	21.450	0.205
2016~2018	319	4372	0.086	0.347	2.357	27.411	0.128
2019~2021	667	12684	0.057	0.382	2.432	38.033	0.124

网络规模和关系数主要是指网络中节点的总数量以及相互联系的数量,反映了网络资源的丰富程度,本文的网络规模指药物临床试验合作单位的数量,网络边数则为合作单位之间相互联系的关系数量;网络密度是网络中实际存在的网络边数与最大可能存在关系数量的比率,表示网络成员间相互联系的紧密程度;网络的中心势表现为其他点向某一点集中的趋势,反映网络图中总体的整合度或者一致性,中心势指数越高,表示网络中的行动主要围绕几个节点或者组织关系来展开;平均距离为网络中任意两个节点到达彼此所有要经过的路径长度之和的平均值,可以从总体上反映网络节点间的关系链的长短,平均距离越小,节点之间的关系越密切;平均度反映了网络中所有节点的平均连接情况,聚类系数则是各个节点密度系数之和的均值,两者可以用来刻画网络中的“小世界效应”。

由表 2 可见,网络规模和关系数都逐渐增大,从图 1 中也可直观看出来:网络密度值不高,呈先增后降的趋势,说明整体网络结构稀疏,2019~2021 年网络密度下降较多,部分说明新增节点过多也稀释了网络结构;网络中心势比较大,说明三阶段创新网络的权利关系都集中于少数节点;网络平均距离差异不大,为 2.4 左右,表明在上海生物医药创新网络中任意一个节点要达到另一个节点需要经过的平均最短距离为 2.4,节点之间的链接路径较短;网络的平均度逐渐变大,即平均每个创新主体与其他主体之间平均合作次数变多,当平均距离小于 10,聚类系数大于 0.1 时,可以认为整体网络存在“小世界效应”,有比较明显的“抱团”现象。依据上述几个指标可以看出,近年来上海生物医药创新网络的建设虽已经初具规模,合作频次较高,但整体紧密度一般,创新主体之间各自为营,集中于少数节点,还未形成稳定高效的协同合作关系,因此三阶段的创新网络尚具备提高合作交流效率和合作规模的条件。

## 5. 创新网络重要节点识别及演化分析

### 5.1. 点度中心度分析

在社会网络分析中,点度中心度主要从主体直接联系层面度量,反映某个主体在合作网络中有多大程度处于核心位置、拥有绝对权力,影响着不同主体之间的信息交流、资源交换,点度中心度越高,则主体地位越高,在网络中所占据的地位越重要。通过 Ucinet 软件分别对三阶段的机构合作数据进行解析,得出各个机构在创新合作网络中的点度中心度具体数值(见表 3)。

从点度中心度排名前十的机构来看,2013~2015 年阶段共有 7 家医院、3 家企业,且无中国企业进入前十;2016~2018 年阶段共有 2 家医院、8 家企业,其中有 6 家中国企业进入前十;2019~2021 年阶段共有 2 家医院、8 家企业,其中有 7 家中国企业进入前十。整体来说企业在创新网络中的主导性作用越来越强,且中国企业扮演的角色日益凸显。在三阶段中,同时出现三次的机构有“四川大学华西医院”、“吉林大学第一医院”,同时出现两次的机构有“江苏恒瑞医药股份有限公司”、“上海恒瑞医药有限公司”、“百济神州(上海)生物科技有限公司”、“美国礼来亚洲公司上海代表处”、“上海复宏汉霖生物技术有限公司”、“苏州君盟生物医药科技有限公司”等,说明上海生物医药创新网络呈现出资源集中化的特点,少数机构占据着技术和信息等资源的核心位置,连接着较多的合作对象,



是生物医药技术创新的主力军，但另一方面也反映出医院在创新网络的地位逐渐减弱，缺少强势的龙头医院。

**Table 3.** Top 10 nodes in the three stage point degree centrality ranking  
**表 3.** 三阶段点度中心度排名前十的节点

2013~2015		2016~2018		2019~2021	
节点名称	点度中心度	节点名称	点度中心度	节点名称	点度中心度
四川大学华西医院	0.342	江苏恒瑞医药股份有限公司	0.431	江苏恒瑞医药股份有限公司	0.438
上海罗氏制药有限公司	0.327	上海恒瑞医药有限公司	0.418	上海恒瑞医药有限公司	0.410
北京大学人民医院	0.252	百济神州(上海)生物科技有限公司	0.343	苏州盛迪亚生物医药有限公司	0.332
Boehringer Ingelheim International GmbH	0.248	美国礼来亚洲公司上海代表处	0.286	四川大学华西医院	0.278
广东省人民医院	0.244	吉林大学第一医院	0.286	苏州君盟生物医药科技有限公司	0.269
华中科技大学同济医学院附属同济医院	0.244	四川大学华西医院	0.283	百济神州(上海)生物科技有限公司	0.263
浙江大学医学院附属第一医院	0.244	上海复宏汉霖生物技术有限公司	0.270	吉林大学第一医院	0.257
北京协和医院	0.241	AbbVie Inc.	0.267	美国礼来亚洲公司上海代表处	0.249
Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG	0.229	艾伯维医药贸易(上海)有限公司	0.267	和记黄埔医药(上海)有限公司	0.240
吉林大学第一医院	0.222	苏州君盟生物医药科技有限公司	0.255	上海复宏汉霖生物技术股份有限公司	0.239

## 5.2. 结构洞分析

结构洞主要从主体间接联系层面度量，反映某个主体在合作网络中有多大程度处于中介位置、充当信息“守门人”，控制着不同主体之间的信息流动、知识流动。伯特[13]认为，结构洞指社会网络空隙，即某些个体与其他个体出现关系间隙，从网络整体来看像是洞穴。拥有丰富结构洞的节点能够获得更加丰富的优质资源，对信息掌握更加全面，其中限制度最能体现结构洞特征。通过 Ucinet 软件分别对三阶段的机构合作数据进行解析，得出各个机构在创新合作网络中的结构洞限制度具体数值(见表 4)。

从结构洞限制度排名前十的机构可以看出，大部分的节点也位于点度中心度排名前十，说明这些节点不仅自身扮演重要角色，处于创新网络的核心，同时也在网络中扮演着“中介”和“守门人”的角色，在网络中起到“桥梁”作用。在三阶段中，医院共出现 12 次，本土企业出现 16 次，外国企业出现 2 次，说明在上海生物医药创新网络中，本土企业和医院占据了网络的重要地位。“四川大学华西医院”、“百济神州(上海)生物科技有限公司”、“上海恒瑞医药有限公司”等节点处于创新网络的中间位置，具有突出的网络连接能力，是创新合作的重要桥接者，同时对资源和信息流动也拥有较强的掌控力。

**Table 4.** Top 10 nodes in the three stage point degree centrality ranking  
**表 4.** 三阶段点度中心度排名前十的节点

2013~2015		2016~2018		2019~2021	
节点名称	限制度	节点名称	限制度	节点名称	限制度
四川大学华西医院	0.013	百济神州(上海)生物科技有限公司	0.009	百济神州(上海)生物科技有限公司	0.006
广东省人民医院	0.018	上海恒瑞医药有限公司	0.011	上海恒瑞医药有限公司	0.006
华中科技大学同济医学院附属同济医院	0.019	江苏恒瑞医药股份有限公司	0.011	四川大学华西医院	0.006
北京协和医院	0.019	上海复宏汉霖生物技术股份有限公司	0.012	上海复宏汉霖生物技术股份有限公司	0.006
浙江大学医学院附属第一医院	0.020	吉林大学第一医院	0.013	和记黄埔医药(上海)有限公司	0.007
北京大学人民医院	0.020	四川大学华西医院	0.013	江苏恒瑞医药股份有限公司	0.007
吉林大学第一医院	0.020	上海艾力斯医药科技有限公司	0.016	吉林大学第一医院	0.007
上海罗氏制药有限公司	0.020	上海张江生物技术有限公司	0.016	美国礼来亚洲公司上海代表处	0.007
上海张江生物技术有限公司	0.022	和记黄埔医药(上海)有限公司	0.016	上海君实生物医药科技股份有限公司	0.008
复旦大学附属中山医院	0.022	再鼎医药(上海)有限公司	0.016	河南省肿瘤医院	0.008

## 6. 创新网络“强关系”子网络特征及演化分析

创新网络中存在着一些合作次数比较多的节点，这类节点本文将它定义为“强关系”节点。所谓强关系节点就意味着两者的合作次数远超出平均水平，由这些节点组成的网络，可以称之为“强关系”子网络，本文分别计算了三阶段创新网络节点的平均合作次数，如表 5。

**Table 5.** Average number of collaborations in the three phase nodes  
**表 5.** 三阶段节点平均合作次数

阶段划分	节点平均合作次数
2013~2015	5.00
2016~2018	3.84
2019~2021	2.39

我们可以用合作次数的多少作为强关系节点的判定依据，由于三阶段的数据较大，为方便“强关系”子网络的特征可视化处理，结合三阶段节点平均合作次数，在整个网络图中，本文将合作次数超过 20 次的视为具有密切的合作关系，这些节点即为“强关系”的节点，由这些节点构成的网络为“强关系”子网络，分别用 Gephi 软件绘制了三阶段的“强关系”子网络的拓扑图。每个节点代表一个机构，节点越

大，则表明与该节点进行合作的对象越多，节点之间的连线是机构间进行合作的表征，连线的粗细代表着合作频次的高低，连线不同的颜色表示不同的聚类。

如图 3，2013~2015 年的“强关系”子网络形成了以“上海罗氏制药有限公司”、“美国礼来亚洲公司上海代表处”和“精鼎医药研究开发(上海)有限公司”、“Boehringer Ingelheim International GmbH”、“优时比贸易(上海)有限公司”等为核心的密集子群，子群内部其他节点在子群内部形成了紧密联系。核心子群外部零散节点之间也建立了相应了联系，形成了较多的小型子群。

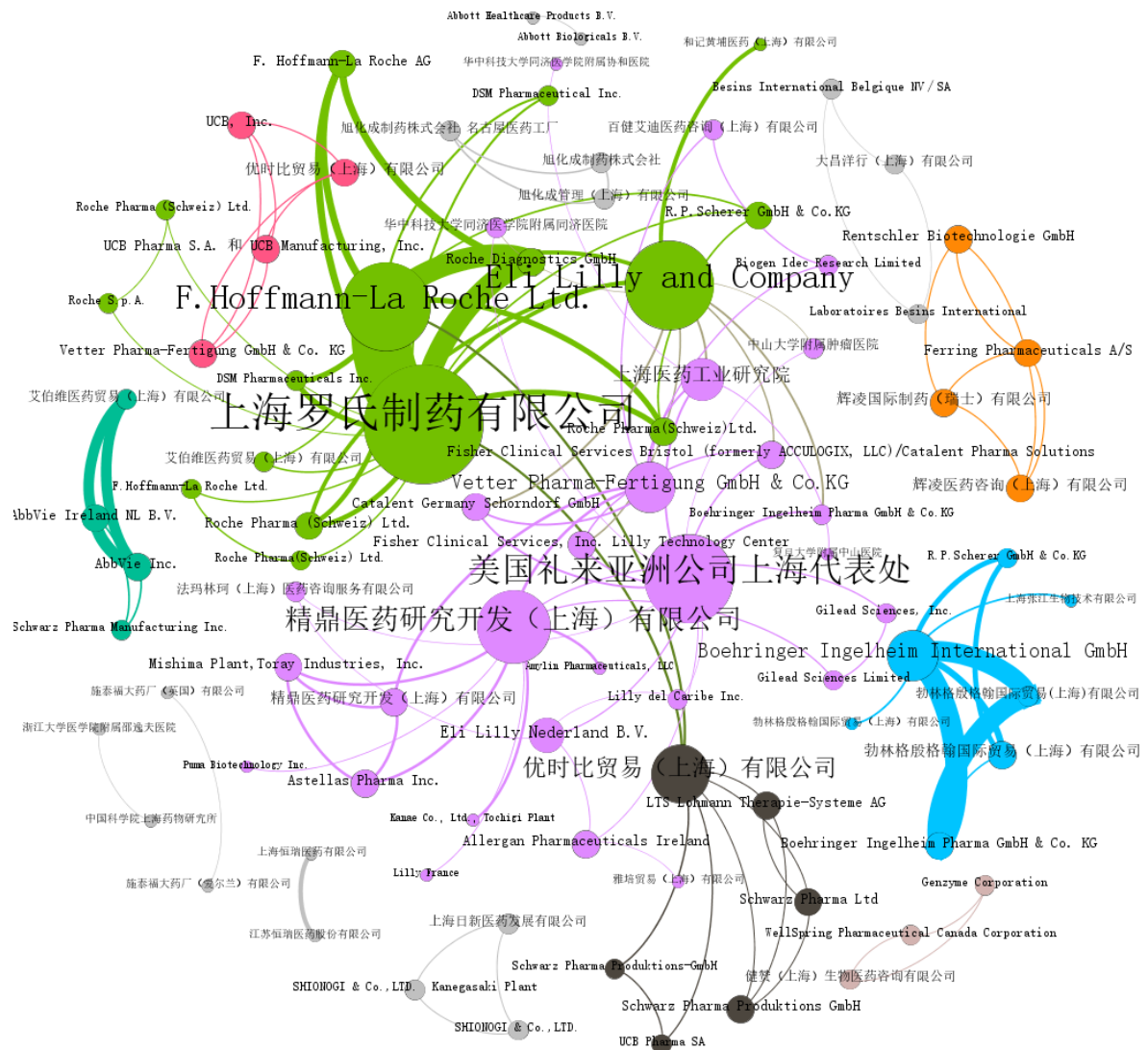
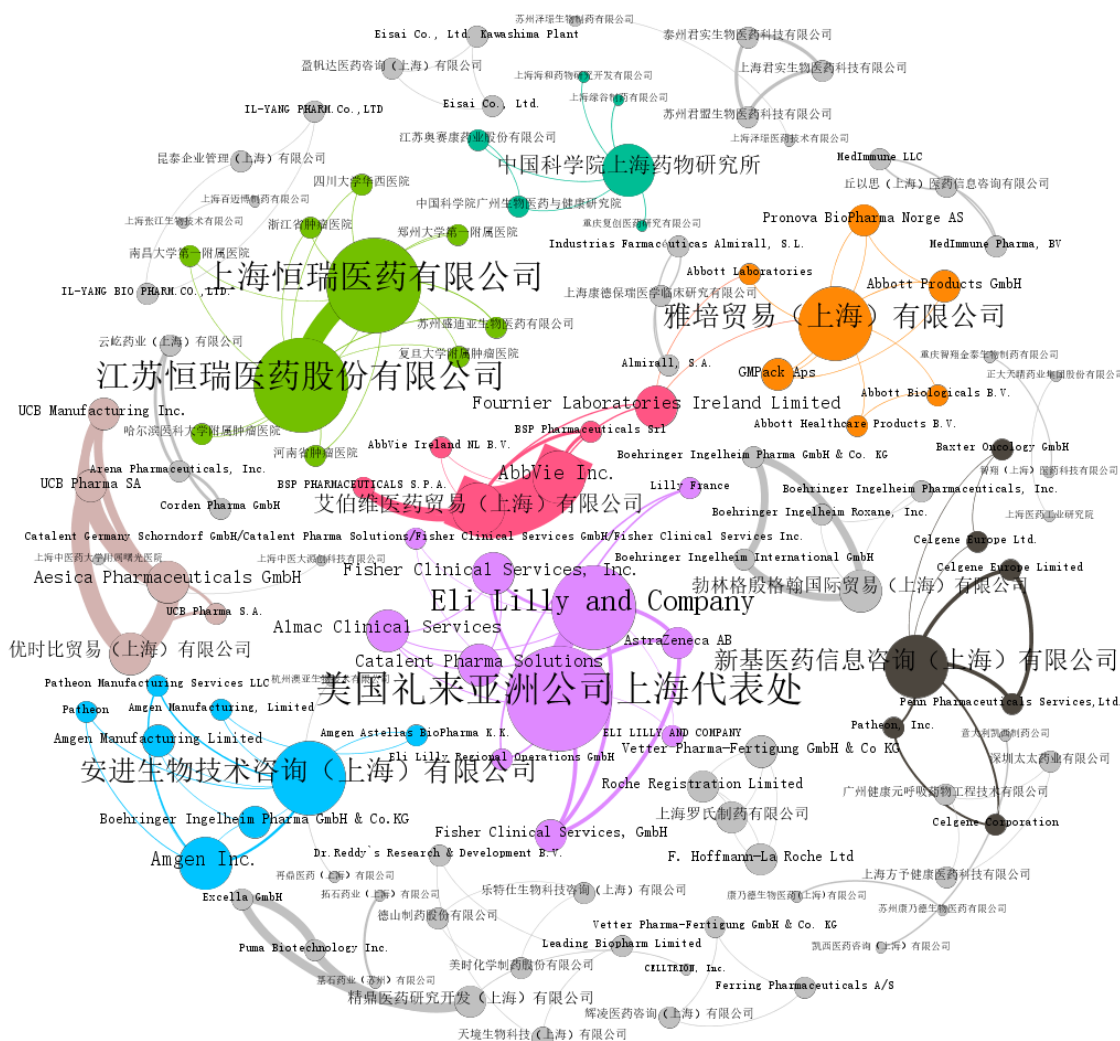


Figure 3. Shanghai biomedical innovation “Strong Relationship” sub-network 2013~2015

图 3. 2013~2015 年上海生物医药创新“强关系”子网络

如图 4，2016~2018 年的“强关系”子网络形成了以“美国礼来亚洲公司上海代表处”、“江苏恒瑞医药股份有限公司”和“上海恒瑞医药有限公司”、“雅培贸易(上海)有限公司”、“安进生物技术咨询(上海)有限公司”等为核心的密集子群，同时也存在不少的如以“中国科学院上海药物研究所”、“新基医药信息咨询(上海)有限公司”等为中心的次级子群。在核心子群和次级子群周围，2~4 个节点构成的小型子群的数量明显增多。





**Figure 4.** Shanghai biomedical innovation “Strong Relationship” sub-network 2016~2018  
**图 4.** 2016~2018 年上海生物医药创新“强关系”子网络

如图 5，2019~2021 年的“强关系”子网络形成了以“江苏恒瑞医药股份有限公司”和“上海恒瑞医药有限公司”、“精鼎医药研究开发(上海)有限公司”为核心的密集子群，同时次级子群的数量比以往阶段更加丰富，如“中国科学院上海药物研究所”、“苏州君盟生物医药科技有限公司”、“艾伯维医药贸易(上海)有限公司”等机构逐渐在创新网络中崭露头角，该阶段最明显的特征就是子网络规模比较大、次级子群的数量明显增多，2~4 个节点构成的小型子群数量也异常众多，但是核心的大节点相对减少。

通过“强关系”节点和子网络图演化趋势可以看出，在 2013~2015 年的子网络拓扑图中存在“强关系”的节点很少也很零散，还没有形成明显的网络，周围“强关系”节点小团体数量也很少。随着时间的推移，在 2016~2018 年的子网络拓扑图中，“强关系”节点和连线数量增多，其中密集子群和次级子群的数量也增多，“强关系”节点群的周围也出现了小的“强关系”节点小团体，这说明网络的分层、聚类现象越来越明显，其他节点与强节点的合作越来越多。尤其在 2019~2021 年的子网络拓扑图中，“强关系”节点群已经相对比较壮大了，周围的“强关系”节点团体也变得密集起来，次级子群的数量格外增多，大节点为核心的密集子群相对减少。同时我们也不难发现，在三阶段占据“强关系”子网络的核心节点，由国外的分公司或代表机构如上海罗氏制药有限公司、美国礼来亚洲公司上海代表处等，逐渐

发展成中国的江苏恒瑞医药股份有限公司和上海恒瑞医药有限公司等，以“中国科学院上海药物研究所”为代表次级子群也逐渐占据一席之地，同时医疗机构在三阶段子网络中的地位逐渐增大，数量越来越多，并且它们的合作伙伴越来越多，但是并没有发展成核心节点，而且也能看出次级子群逐渐增多成为创新网络新的主力军，总体来看，“强关系”节点整体上呈现高密度、低聚集的演化趋势。

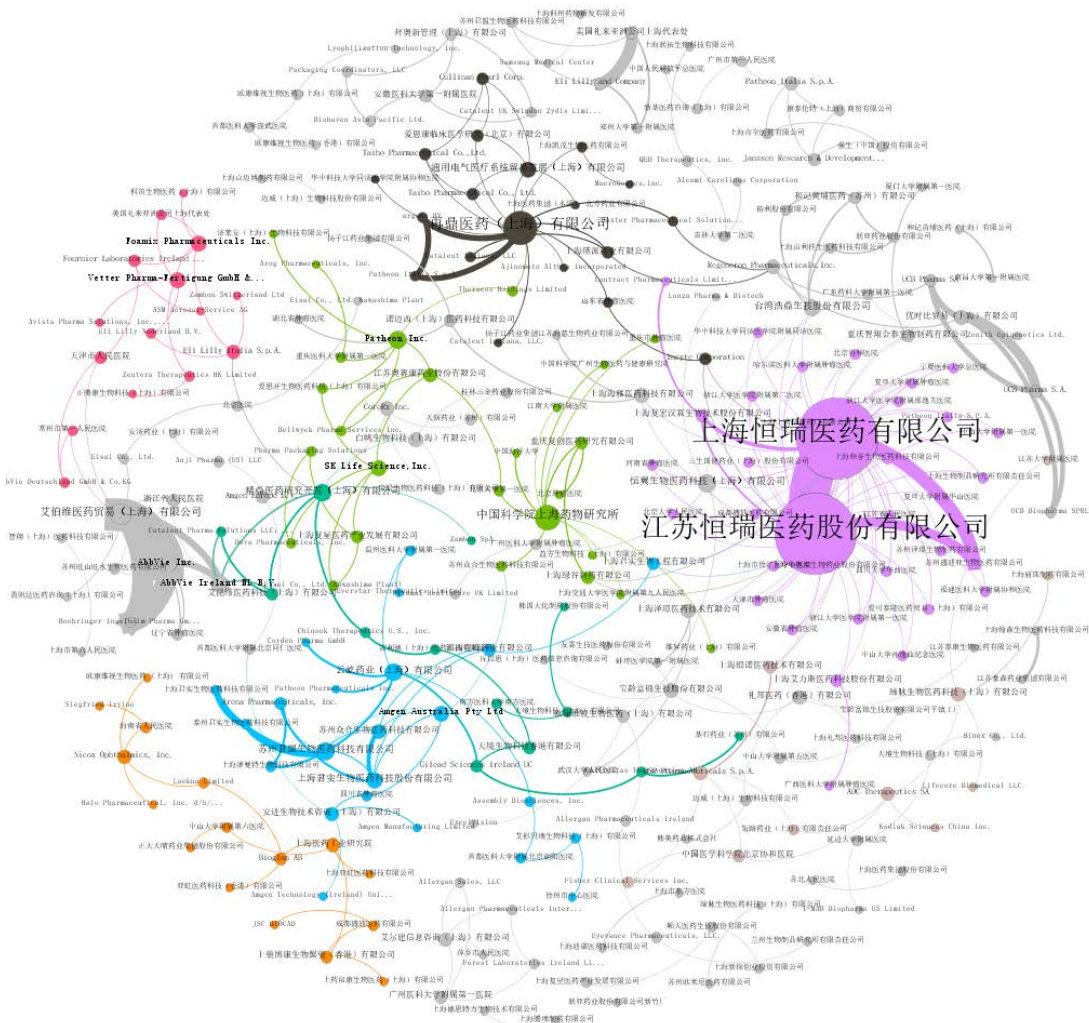


Figure 5. Shanghai biomedical innovation “Strong Relationship” sub-network 2019~2021  
图 5. 2019~2021 年上海生物医药创新“强关系”子网络

## 7. 结语

### 7.1. 研究结论

本研究应用社会网络分析方法，基于上海临床试验注册登记数据，对上海生物医药创新网络分三阶段从整体网络特征及演化、重要节点识别及演化、“强关系”子网络特征及演化三个方面进行了分析，从而得出以下结论。

1) 网络规模较大，但结构相对松散，存在明显“小世界”现象

从网络整体结构来看，2013~2021 年上海生物医药创新网络整体规模是日益增大的，机构间合作关系数也逐渐增多，但整体网络密度一直较低，结构较松散，创新主体之间的协同程度较低，同时三阶段

创新网络都存在明显的“小世界”现象，创新合作行为局限于各自的阵营里，其合作规模、合作频次和合作效率有进一步提高的空间。

### 2) 企业日益占据重要节点，医疗机构的参与度被弱化

从网络的重要节点来看，点度中心度和结构洞限制度排名前十的机构有较大的雷同，说明部分机构在创新网络中占据着核心地位，同时也发挥着“桥梁”作用。从重要节点的三阶段演化来看，企业日益成为创新网络的核心节点，数量也越来越多，尤其以“江苏恒瑞医药股份有限公司”、“上海恒瑞医药有限公司”、“百济神州(上海)生物科技有限公司”、“上海复宏汉霖生物技术有限公司”等企业为代表的核心节点，是生物医药创新的主力军，发挥着引领和带动作用，促进更多单位参与生物医药产业创新合作中。相对而言，医疗机构作为临床试验合作网络中关键参与主体，在网络的核心作用逐渐被弱化，只有“四川大学华西医院”、“吉林大学第一医院”一直榜上有名。

### 3) 网络逐渐扩大，分层聚类现象明显，但强势主导性机构数量过少

通过“强关系”子网络演化趋势可以看出，“强关系”的节点逐渐增多，其中以少数节点为核心形成的密集子群数量呈先增加后减少的趋势，次级子群的数量逐渐增多，周围2~4个节点构成的“强关系”节点小团体数量日益扩大，这说明网络的分层、聚类现象越来越明显，原先其他节点与强节点的合作较多，后来形成大规模的次级子群和小型子群，成为了创新网络新的主力军。同时我们也应该看到，由原来少数节点为核心的密集子群中，这些节点在网络中发挥着主导性作用，其数量逐渐减少，现实中往往很多创新产品是由大企业研发出来的，因其具有较高的研发投入、更多的科研人员、更多的协同资源等，所以在创新网络中需要更多该类主导性的核心节点，发挥更大的作用。

## 7.2. 对策建议

### 1) 优化创新资源配置，提高创新合作网络紧密度

政府政策支持对生物医药产业创新发展起到积极的推动作用，这也决定了政府在创新合作网络中的重要地位，面对上海生物医药创新网络结构稀疏，创新主体各自为营的现状，政府可以积极扮演中间人角色，优化创新资源配置，打造协同创新联盟、建设科技合作创新平台等，实现各主体间信息和资源共享，推进产业的协同创新，提高网络紧密度，实现合作网络从“大”到“强”的转变。

### 2) 鼓励医疗机构积极合作，形成稳定长效机制

鼓励医疗卫生机构、医务人员参加临床研究，提高临床研究策源力，支持创新药品研发应用，不断提高临床医疗水平和质量。坚持市场主导，利用国家转化医学中心、上海医药临床研究中心等平台，搭建医疗技术协作与转化平台，推进临床研究网络建设，推动具有自主知识产权的成果实现临床转化应用与推广，积极推进与生物医药企业、科研院所等相关市场主体的合作，建立“产学研医”对接平台，推动临床研究成果对接转化，打通更多主体的合作交流机制，构建高效的产业创新资源供给体系，提高协同创新效率。

### 3) 培育更多强势主导性机构，强化网络创新主体作用

核心节点在创新网络占据更重要的地位，是生物医药创新的主力军，也是和其他机构合作交流的“桥梁”。一方面，政府可以通过资金扶持、税收优惠、股权转让等模式重点扶持具有引领性和创新性的龙头企业；另一方面，企业应与高校、科研院所和医院等机构积极合作，弥补双方在创新合作网络中不足的部分，提高成果转化能力，加强各方协同创新的能力，培育出更多核心主体。

## 参考文献

- [1] 阿丽塔, 刘晓婷, 张玢, 张燕舞, 武志昂. 基于专利计量的中美医药产业创新网络对比分析[J]. 中国新药杂志, 2014, 23(11): 1237-1247.

- [2] 李树祥, 褚淑贞, 杨庆, 庄倩. 江苏省生物医药专利合作网络演化特征分析[J]. 科技管理研究, 2021, 41(2): 181-186.
- [3] 李树祥, 杨庆, 褚淑贞. 江苏省生物医药领域创新知识流动网络分析: 基于专利引用数据[J]. 科技管理研究, 2022, 42(5): 147-152.
- [4] 李树祥, 褚淑贞, 杨庆, 庄倩. 江苏省生物医药产业产学研专利合作网络演化分析[J]. 科技管理研究, 2021, 41(14): 73-80.
- [5] 万媛媛, 王秋玉, 曾刚, 曹贤忠, 郭艺. 高校与生物医药企业创新结网的影响机制——以长三角为例[J]. 经济地理, 2022, 42(7): 146-158.
- [6] 马菁, 曾刚, 胡森林, 孙康. 长三角生物医药产业创新网络结构及其影响因素[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(5): 960-971.
- [7] 滕堂伟. 生物医药产业集群创新网络结构演化及其空间特性[J]. 兰州学刊, 2015(12): 185-191.
- [8] 毛睿奕, 曾刚. 基于集体学习机制的创新网络模式研究——以浦东新区生物医药产业创新网络为例[J]. 经济地理, 2010, 30(9): 1478-1483.
- [9] 王飞. 生物医药创新网络的合作驱动机制研究[J]. 南京社会科学, 2012(1): 40-47.
- [10] 王飞. 生物医药创新网络演化机理研究——以上海张江为例[J]. 科研管理, 2012, 33(2): 48-54.
- [11] 马永红, 杨晓萌, 孔令凯. 关键共性技术合作网络演化机制研究——以医药产业为例[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(8): 60-69.
- [12] 黄凤媛, 孟光兴. 基于社会网络视角的生物医药产业协同创新网络研究——以广东省为例[J]. 中国新药杂志, 2020, 29(18): 2049-2054.
- [13] Burt, R.S. (1992) *Structure Holes: The Social Structure of Competition*. Harvard University Press, Cambridge.