

本书受国家自然科学基金重大项目(11&ZD170)资助

生物技术产业中 的复杂网络研究

杨张博 高山行 著

SHENGWUJISHUICHANYE
ZHONGDEFUZA
WANGLUOYANJIU



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

本书受国家社会科学基金重大项目(11&ZD170)资助

生物技术产业中 的复杂网络研究

杨张博 高山行 著

SHENGWUJISHU CHANYE
ZHONGDE FUXI
WANGLUO YANJIU



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书基于社会网络理论、视角和方法,实证分析生物技术产业中形成的复杂的多层面网络,包括组织合作网络、产业集群技术网络、战略语义网络和科学家合作网络。本书开篇介绍了社会网络的基本理论和分析方法。第一部分基于 Recap、USPTO 和 Compustat 数据库,结合网络理论和技术创新理论,分析 1990~2001 年北美生物技术组织间合作网络结构、属性和动态变化对企业技术创新数量和创新质量的影响。本书第二部分基于 USPTO 专利引文数据库,结合网络理论和产业集群理论,分析波士顿、圣地亚哥等产业集群内 1976~2006 年间技术网络的结构、属性和演化问题。本书第三部分中,基于三家国外药企和一家国内药企的战略文本数据,分析了企业战略语义网络的变化;亦基于 Web of Science 数据库,分析了海归科学家回国前后合作网络的变化。最后,本书基于实证研究成果,给出发展我国生物技术产业具体的政策和管理建议。

图书在版编目(CIP)数据

生物技术产业中的复杂网络研究/杨张博,高山行著.
—西安:西安交通大学出版社,2016.10
ISBN 978-7-5605-9111-7
I. ①生… II. ①杨…②高… III. ①生物技术产业-研究 IV. ①F264.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 254623 号

书 名 生物技术产业中的复杂网络研究
著 者 杨张博 高山行
责任编辑 雒海宁 张春荣

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)
(029)82668315(总编办)

传 真 (029)82668280
印 刷 虎彩印艺股份有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16 印张 15.875 字数 387 千字
版次印次 2016 年 10 月第 1 版 2016 年 10 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5605-9111-7/F·650
定 价 39.00 元

读者购书、书店添货或发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82668525 (029)82664953

读者信箱:xjtu_rw@163.com

版权所有 侵权必究

序

本书两位作者采用实证研究方法,分析了生物技术产业中的不同网络。

社会网络理论和分析方法应用十分广泛,具有很强的学科交叉特性。例如,在社会学领域,社会网络可以用来分析劳动力市场中的求职现象,研究人际网络对于求职过程和效果的影响作用;在管理学领域,它可以用来分析组织间的知识流动现象,研究人际网络和组织网络对于组织结构和目标实现的影响作用;在神经生物学中,它可以用来分析脑部神经网络,研究大脑组织的结构和功能;在蓬勃发展的数据研究领域,它可以用来分析互联网上的各种复杂链接结构,探究人类交往形态的复杂性,预测群体行为的差异和趋势。

本书体现了上述交叉学科的研究特色。在本书中,作者采用社会网络分析方法,开展了三个方面的研究。第一,以管理学为主要背景,分析组织之间的战略联盟网络及对企业技术创新的影响机制;第二,以产业集群理论为基础,分析生物技术产业集群内部的技术和知识流动网络的相关问题;第三,以科学社会学为议题,研究科学家人际网络对其职业流动的影响效果。

社会网络分析者的共识是,个体和组织都嵌入在社会网络之中。本书的研究内容体现了这一共识。通过本书的创造性研究,读者会了解到,在现实世界中,网络具有较强的复杂性,网络嵌入过程和结果具有很高的多重性。具体说来,在生物技术产业内,两位作者分析了不同层面的网络现象,包括抽象的语义网络和技术网络、个体层面的归国科学家合作网络和组织层面的企业合作网络。

本书作者所采用的数据主要是二手数据,数据来源也较为多样。在社会科学研究中,一手数据(包括调查、访谈、观察等)来自研究者的原创设计,具有较强的针对性,但成本大,特别是追踪调查数据。大量的规范调查和统计数据,特别是大型调查数据,都是二手数据,也就是说,分析数据的研究者并未参加调查问卷的设计过程,是用前人数据或他人数据来解决自己的研究问题。这就要求研究者有较为专业的理论和方法训练,寻求合适的数据,运用得当的方法,实现明确的研究目标。在这些方面,我很高兴的看到,本书作者是有经验的二手数据的使用者,是成功的研究者。他们关于生物技术产业的具有创造性的社会网络分析,为相关研究者和学生提供了一个新的学习机会和研讨范例。

是为序。

边燕杰

美国明尼苏达大学,2016.9.10

引言

（本书研究内容与结构

本书基于网络视角,对生物技术产业内的企业合作网络、集群技术流动网络、战略语义网络和人才流动网络等四个不同层面的网络进行系统分析。涉及到网络的形成、结构和作用等方面的内容。

本书的结构安排如下:在引言部分,我们介绍本书的研究大背景和基本结构。第1章中介绍网络科学中的基本概念、理论和测量方式。第2章到第7章属于本书第1篇,围绕生物技术产业内战略联盟网络如何影响企业技术创新展开分析。第8章到第10章属为本书第2篇,围绕生物技术产业集群的技术网络展开研究。第11章和第12章属于本书第3篇,我们分析了另外两个层面的网络:生物技术的企业战略语义网络、生物技术科学家的跨国合作网络。基于这3篇的研究内容,在第13章我们从企业、集群和政府管理者角度提出具体的管理和政策建议,以期能够促进我国生物技术产业的发展。

（科学驱动的产业:生物技术产业

本书所有研究内容都基于生物技术产业。该产业兴起于20世纪70年代的美国,标志是基因编辑技术的发明,属于还在高速发展的新兴产业。生物技术产业具有鲜明的特点,是典型的基于科学驱动的产业。产品具有研发投入大、周期长、风险高、回报高的特点。例如,一个创新药物从开始研发到上市要投入大约10—15亿美元,经历15年左右的时间。产业内主体具有多样性,表现出明显的聚集特性,形成产业集群。不同性质组织间的合作非常频繁,产业内人才流动也很常见。产业各个主体间的关系如图0-1所示。其中,政府主要提供制度保障和基础研究支持;公共科研机构主要进行基础研究,并与公司合作进行应用研究;小型技术公司专注于进行特定技术的商业化研究;大型制造公司则负责技术的产品化,并将产品推向市场;风险投资公司则以资金交换小型公司的股权,期待该公司未来上市,以赚取利润。

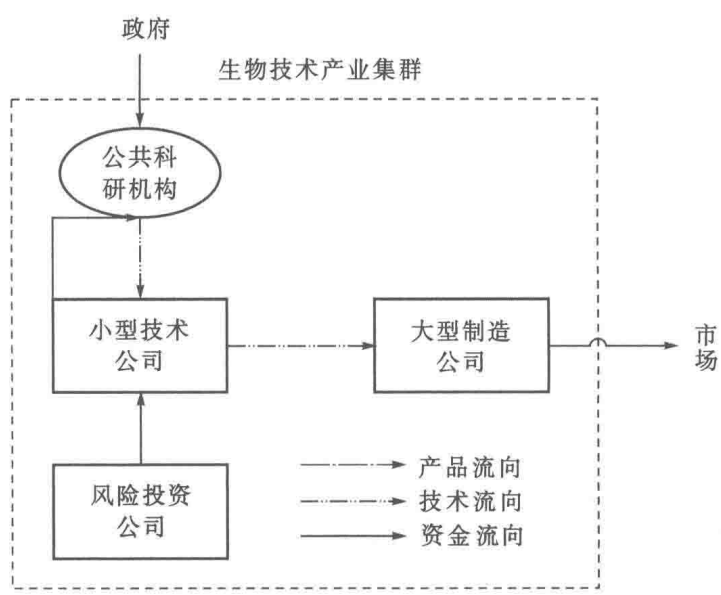


图 0-1 生物技术产业主体间关系

生物技术产业是我国“十二五”规划重点发展的产业之一。与欧洲、美国和日本等拥有成熟产业的国家和地区相比,我国生物技术产业有如下特点^[1-3]: (1)人才储备不足,企业对人才的需求既包括技术类人才,也包括管理类人才。我国这两类专门人才都有所缺乏。(2)公共研究机构与企业联系不紧密,产学研之间缺乏有效的合作模式,科研成果难以及时、充分的转化为商业上的创新。(3)国内企业普遍规模较小,创新能力有限。例如,全国所有药企的研发投入还比不上国外顶级药厂一年的研发投入。(4)外部投资,尤其是风险投资不足,生物医药企业存在融资难的困境。(5)法律制度不完备,主要表现在审批制度效率低,执法能力不强上。这些特点一方面造成企业技术创新不足,主要表现在原研药物的匮乏上;另一方面又要求企业通过合作网络的形式弥补劣势。

创新的时代

我们处在一个创新的时代。复杂、动态、多变的企业外部环境使技术创新成为决定企业生产效率、竞争位势,乃至企业存续的关键影响因素之一^[4]。创新的重要作用主要在于其同时具有宏观和微观层面的影响^[5]。在国家层面,创新能够促进经济增长,提升国家竞争力,增加就业机会^[6]。许多国家都将创新作为本国的基本战略目标之一,积极制定相关政策法规以促进国内创新。如我国“十二五”规划就在第七篇中强调创新驱动的国家战略。在组织层面,创新是企业获取竞争优势的重要工具之一,直接影响着企业是否能适应(adaption)环境,继而成功进行组织变革^[7]。企业通

过创新能够满足甚至创造出顾客需求。现实中,企业有许多不同种类的创新,如技术创新和管理创新。在某些特定的高科技产业中,如生物技术产业和信息技术产业,技术创新更可以直接等同于企业核心竞争力^[8],是企业发展的基本驱动力。如全球第一家生物技术公司,基因泰克(Genentech),其主要发展动力便是通过研发活动开发新的生物制剂。该企业创始人之一的 Boyer 教授是发明基因重组技术的科学家,他们雇用了超过 1000 人的科学家和研发人员从事研发活动。

与创新收益相伴随的,是创新成本和风险的增加,这引发创新参与主体的多样化。具体来说,近年来,突破式的、原始性的技术创新越来越需要巨大的研发投入,在创新过程中,企业会碰到层出不穷并且在其知识范围和能力之外的技术和管理问题^[9]。在过去几十年间,快速的技术发展甚至使大企业也难以建立和保持多样性的技术能力^[10]。同时,创新过程本身也需要产业链各部分的支持,企业在创新商业化过程中亦需要其他组织的参与和支持。例如,手机的制造需要众多的硬件和软件厂商的参与,硬件和软件有许多企业开发完成,最后的生产商则负责将这些模块整合为完整的产品。因此,获取企业外部具有差异性的知识和资源是企业能否创新的关键^[11],而这些资源和知识往往属于其他组织,难以通过市场交易获得。企业基于其他组织的行动,采取最优化考量会使企业更好的进行持续性创新^[12]。

具体来说,创新过程经历了新想法产生、创新采用和执行等阶段,在每个阶段,企业创新活动实际上都不断的跨越着组织边界^[13]。现实中,很少有组织是单独进行创新的,更常见的现象是通过与外部其他组织的各类接触进行复杂的创新活动^[14]。如苹果手机中的芯片是基于 Intrinsity 公司的原型而设计的,内置语音系统最早由 Siri 公司开发(后被苹果收购),而生产则是由富士康公司进行代工。因此,创新已经不是一个仅仅存在于企业内部的过程。

综上,为应对新出现的创新挑战,企业必须与其他组织进行合作。在这些背景下,为聚集资本、分担风险、协作研发、加快创新速度,创新开始网络化,出现了开放式创新、合作创新等新的创新方式。2003 年 Chesbrough 提出开放式创新的概念,从理论上扩展了创新的外延。开放式创新的重要前提条件是专业人士和科学家的流动性,以及外部风险投资的支持^[15]。在本研究关注的产业——生物技术产业内,创新更是企业的核心竞争力,也是产业发展的根本推动力。组织间合作的频繁开放式创新尤其普遍。企业往往通过许可、外包、并购等方式获取相关的外部知识^[16],这就有必要引入网络分析的视角对产业进行分析。

引入网络视角

网络视角带来了认识世界的新观点,特别是其中的嵌入性、复杂性和涌现理论和视角。嵌入性指行动者的行动嵌入在网络之中,受其他行动者和网络结构的影响。

响,而不仅仅是一个孤立的点。这个概念反映了社会的复杂性和多变性。在新技术传播、新产品使用甚至病毒和谣言的传播过程中,网络都发挥着重要作用。嵌入性体现了行动者间的互动。网络互动和网络结构都具有复杂性,这种复杂性表现在嵌入的多重性和多层性上。一个行动者往往具有多重身份和多重关系,其嵌入在多重网络之中;另外一方面,不同性质的行动者也会将一个网络再次划分成多个层面的子网络。例如,企业既嵌入在供应链网络中,也嵌入在研发网络中,企业中的个人也有自己的社交网络。网络由单个个体组成,但整体网络却出现了单一个体所没有的特性,这就是网络的涌现特质。嵌入性体现了网络的功能性,复杂性则说明网络功能的多样性,涌现则体现了网络的动态变化。

本书使用网络视角描述和分析生物技术产业的重要问题。生物技术产业网络的嵌入性体现在组织和个体都有着丰富的合作网络;复杂性体现在网络的多层面和多重性上,本书中我们既分析企业嵌入的多重合作网络,也分析技术网络、科学家合作网络和战略语义网络等生物技术产业中的其他多层面的网络。涌现性体现在这些网络共同构成了产业的隐性结构,影响着产业的发展。

企业和组织领域研究的核心问题在于对企业持续竞争优势(sustained competitive advantage)来源的探索。这种优势是相对的,取决于焦点企业与其他企业的比较,这意味着企业优势并不是确定的、静态的,而是不确定的、动态变化着的^[17]。Dyer和Singh(1998)的研究认为产业结构视角和传统的资源基础观下进行的创新研究忽略了一个重要事实:企业与其他企业的关系也影响着企业的竞争优势^[18]。之后,许多学者在此基础上开展研究,采用联系和网络的视角研究企业技术创新相关问题。Dyer和Singh(1998)的研究指出,传统的产业结构理论、资源基础观和联系视角的主要差别可以从分析单位、回报机制等角度考虑,具体如下表0-1所示。

表 0-1 产业结构理论、资源基础观和联系/网络视角的差异

维度	产业结构视角	资源基础观	联系/网络视角
分析单位	产业	企业	企业网络
超额回报来源	谈判能力;共谋	稀缺、难以模仿和转移的有价值资源	知识共享方式;互补性资源;有效治理
维持回报机制	产业壁垒	模仿壁垒	网络模仿壁垒
所有制/控制过程/资源	集体的(与竞争者)	个体的	集体的(与合作伙伴)

对生物技术这类高科技产业来说,联系和网络视角的引入需要学者整合创新和网络科学两个不同的理论视角。一个网络有三个关键要素:行动者、联系、以及两者构成的相应的网络结构。网络科学(Network Science)是理论和方法密不可分的交叉性和综合性学科。社会科学的学者主要采用社会网络的术语,自然科学的学者主

要采用复杂网络的术语,有时也会有交叉使用的现象存在。社会网络理论(Social Network Theory, SNT)关注网络中的行动者从网络中获取了哪些优势,包括联系强度、网络位置、结构对等性等。复杂网络理论(Complex Network Theory, CNT)认为特定现象并不是来自于有限行动者间简单线性交互关系,而是来自于众多差异化行动者之间的非线性交互^[19]。相对来说,复杂网络理论更多的关注网络自身的结构而不关注行动者的属性。社会网络理论的引入使学者逐渐意识到,网络本身就是企业获得竞争优势的重要资源^[20]。一个集群、企业或个人在经济或绩效上的成功,不单单来源于其内部因素,往往也来源于其所嵌入的网络^[21]。

现实中组织网络化的现象引发学者们的相应研究。这些研究扩展了资源基础观的理论边界,考虑了企业间资源转移、利用等问题。但网络对创新的影响涉及到多个学科,如图 0-2 所示,网络与创新的关系一直未有一个被学术界一致承认的统一的理论分析框架,而是存在许多聚焦于不同视角的研究聚簇,形成了理论的丛林,因此显得比较零散。

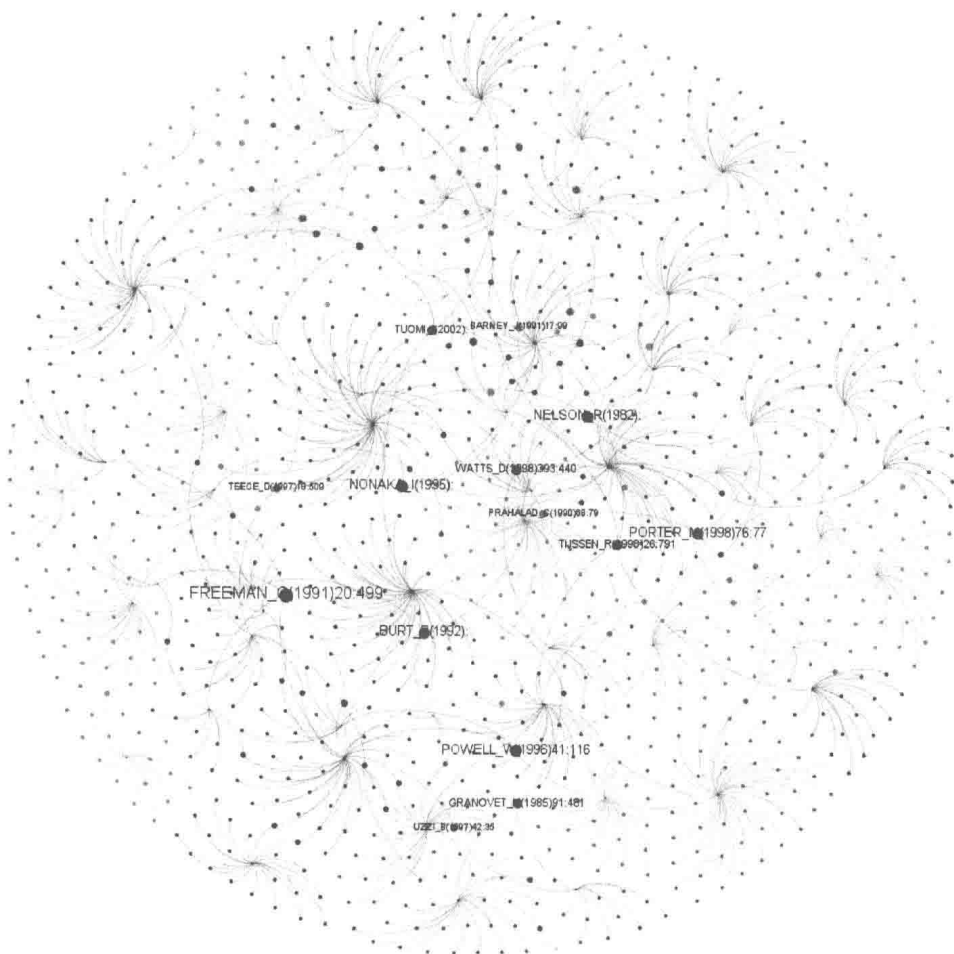


图 0-2 网络与创新文献间引用关系

在特定情况下,网络视角是一个比单个企业视角更合适的分析层级。这主要是因为:第一,某些特定产业中,创新任务已经被细分于众多相互联系的组织中,相应的,创新研究也应聚焦于这些组织组成的网络^[22]。第二,网络关注企业间的联系,这些联系的集合对企业创新具有特殊的作用,他们不仅是信息的导管(pipes),也对信息有放大和变换的作用(prisms)^[23]。第三,网络由许多单个行动者组成,但又不能简单等于这些行动者的汇聚。产业的合作网络结构往往反映着产业内知识和技术的流动,是产业的隐性结构。因此,网络理论和方法提供给研究者一个非常好的理论视角,可以结合产业的微观(技术、个人、部门和企业层面)和宏观(产业)层面进行相关问题的分析。分析的前提条件与真实世界中企业面临的现实情况非常契合,相应的理论结论更贴近于管理实践,符合真实世界的复杂性特征。

在网络视角下,学者们指出创新更多的是来自于行动者之间的互动^[8]。创新不仅仅是一个企业的事情,而是一个开放性的过程,这个过程会有多个主体的参与。为从理论上更好的描述创新中行动者间的互动,Chesbrough(2003)提出了开放式创新(open innovation)的概念^[15]。开放式创新认为,企业从内部创新获取的竞争优势是逐渐下降的。因此,许多企业在外部寻找新的知识和技术,创新在企业边界内的流动是较为容易的^[15]。Laursen 和 Salter(2006)的研究发现,企业在创新的源头——寻找可以商业化的新想法时,会广泛的接触和动员外部行动者,以获取相应的资源和知识^[24]。

例如,网络与创新的研究中,一个重要的视角是网络资源理论(Network Resource Theory, NRT)。该理论是基于网络理论,对资源基础观理论在企业战略联盟网络环境下的发展^[25]。对组织来说,关键性的资源和知识往往是跨组织边界的^[18]。网络资源是嵌入在企业联盟网络中的外部资源,它能为企业提供战略机会,影响着企业的行为和价值^[26]。网络资源理论认为,通过特定网络连接或整合不同资源的企业能够通过企业间联系获取超额的关系租,进而获得更卓越的竞争优势。因此,网络资源是企业竞争能力的重要来源之一^[27]。网络资源理论联系了网络理论和资源基础理论,提供了一个理论框架去分析企业间的关系对企业的影响。具体来说,这个框架中包括对方(alterns)和第三方(thirds),以及他们彼此之间的关系对企业的影响。网络资源是一个较新的概念,因此对其概念并无统一和明确的定义,不同定义的共有特点是网络资源是存在于企业外部的资源和知识。

网络资源的研究发轫于 Gulati 等(1995,1999)对企业资源获取的研究。他们的研究致力于解答这样一个问题:联盟是如何形成的? 这些研究证明了,已有的网络资源会影响企业在未来获取新的网络资源,即联盟的形成符合幂律分布^[26]。新创企业自身在网络中的突出性(prominence),以及与新创企业联盟的风险投资公司的突出性都会正向影响新创企业对网络资源的获取^[28]。

这之后,学界的主要关注点逐渐转向外部网络对企业作用的研究之上,即企业

从网络中获取了什么。现有研究认为网络对于企业的价值主要来自来自于两方面：一为接触到的、直接和间接合作者所拥有的资源，包括各类有形的和无形的资源，如信息、技术、知识、资产、人力资源等。二为企业通过网络联系所获取的额外的关系租(relational rents)，这种租来自于对不同行动者资源的整合。而对外部资源的利用和整合又往往依赖于企业内部资源和能力。

具体来说，网络能够通过三种机制影响企业的技术创新^[29]：(1)网络存量机制，即单个联系提供的信息共享、互补技术、规模经济等会对焦点企业产生直接影响；(2)网络流量机制，联系组成了相应的知识和技术流动网络，企业可从这个网络内获取外部其他间接联系的行动者的信息和知识，进而获益；(3)结构机制，网络结构影响着企业知识在网络中传递的速率，决定着企业从网络中获取多少收益。网络资源使小企业可以通过借助大企业的资源更好的进行创新的商业化活动，进入新的市场^[30]。已有研究表明，网络化导向的企业有更多的创新产出^[31]。

除这三种机制之外，学者也关注网络中联系的属性对企业可能的影响。根据Granovetter的弱联系理论，企业网络需要含有比例适当的强弱联系，以保证信息的多样性^[32]。小世界网络正是这样一种有效的网络结构，它除了带来稠密的本地网络连接外，还为企业提供了接触远距离异质性信息的机会^[33]。

相应的，网络也存在“暗面”，对其中的行动者有着负面影响。例如，处在网络中心位置的企业能够获得很多优势^[22]。但中心位置也会对企业造成一些限制，如限制企业对多种创新来源的接触和获取，将企业锁定在相应的网络之中^[34]。

参考文献

- [1]孟祥海，高山行，舒成利. 生物技术药物发展现状及我国的对策研究[J]. 中国软科学，2014(4):3.
- [2]耿卓. 知识产权发展新趋势：对研发投入保护的加强——以生物技术研究投资中的专利法保护为例[J]. 电子知识产权，2009(7).
- [3]赵远亮，周寄中，许治. 医药创新系统中的-R&D-大服务-联动：基于两个一类新药创新的研究[J]. 中国软科学，2008(8).
- [4]HOWELL J M, HIGGINS C A. CHAMPIONS OF TECHNOLOGICAL INNOVATION[J]. ADMINISTRATIVE SCIENCE QUARTERLY, 1990, 35(2):317-341.
- [5]Sorensen J B, Stuart T E. Aging, obsolescence, and organizational innovation [J]. ADMINISTRATIVE SCIENCE QUARTERLY, 2000, 45(1):81-112.
- [6]Rosenberg D. Cloning Silicon Valley: the next generation high-tech hotspots

- [M]. Pearson Education, 2002.
- [7]Nohria N, Gulati R. Is slack good or bad for innovation? [J]. ACADEMY OF MANAGEMENT JOURNAL, 1996,39(5):1245 - 1264.
- [8]Powell W W, White D R, Koput K W, et al. Network dynamics and field evolution — Interorganizational collaboration in the life sciences[J]. American Journal of Sociology, 2005,110(4):1132 - 1205.
- [9]Smith K. Innovation as a systemic phenomenon: rethinking the role of policy [J]. Enterprise and innovation management studies, 2000,1(1):73 - 102.
- [10]Arora A, Gambardella A. Evaluating technological information and utilizing it: scientific knowledge, technological capability, and external linkages in biotechnology[J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 1994,24(1):91 - 114.
- [11]Powell W W, Koput K W, SmithDoerr L. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology[J]. ADMINISTRATIVE SCIENCE QUARTERLY, 1996,41(1):116 - 145.
- [12]Knott A M. The organizational routines factor market paradox[J]. Strategic Management Journal, 2003,24(10):929 - 943.
- [13]IBARRA H. NETWORK CENTRALITY, POWER, AND INNOVATION INVOLVEMENT — DETERMINANTS OF TECHNICAL AND ADMINISTRATIVE ROLES[J]. ACADEMY OF MANAGEMENT JOURNAL, 1993,36(3):471 - 501.
- [14]Chesbrough H, Prencipe A. Networks of innovation and modularity: a dynamic perspective[J]. INTERNATIONAL JOURNAL OF TECHNOLOGY MANAGEMENT, 2008,42(4):414 - 425.
- [15]Chesbrough H W. The era of open innovation[J]. MIT SLOAN MANAGEMENT REVIEW, 2003,44(3):35 - 41.
- [16]Cockburn I M, Henderson R M. Absorptive capacity, coauthoring behavior, and the organization of research in drug discovery[J]. The Journal of Industrial Economics, 1998,46(2):157 - 182.
- [17]Lado A A, Boyd N G, Wright P, et al. Paradox and theorizing within the resource-based view[J]. Academy of Management Review, 2006,31(1):115 - 131.
- [18]Dyer J H, Singh H. The relational view: cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage[J]. Academy of management review, 1998,23(4):660 - 679.

- [19]Barabasi A. Taming complexity[J]. *Nature physics*, 2005,1(2):68 - 70.
- [20]Owen-Smith J, Powell W W. Knowledge networks as channels and conduits: The effects of spillovers in the Boston biotechnology community[J]. *ORGANIZATION SCIENCE*, 2004,15(1):5 - 21.
- [21]Ferrary M, Granovetter M. The role of venture capital firms in Silicon Valley's complex innovation network[J]. *Economy and Society*, 2009,38(2):326 - 359.
- [22]Powell W W, Koput K W, SmithDoerr L. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology[J]. *ADMINISTRATIVE SCIENCE QUARTERLY*, 1996,41(1):116 - 145.
- [23]Podolny J M. Networks as the Pipes and Prisms of the Market1[J]. *American journal of sociology*, 2001,107(1):33 - 60.
- [24]Laursen K, Salter A. Open for innovation: The role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms [J]. *STRATEGIC MANAGEMENT JOURNAL*, 2006,27(2):131 - 150.
- [25]Lavie D. The competitive advantage of interconnected firms: An extension of the resource-based view [J]. *ACADEMY OF MANAGEMENT REVIEW*, 2006,31(3):638 - 658.
- [26]Gulati R. Network location and learning: The influence of network resources and firm capabilities on alliance formation[J]. *Strategic management journal*, 1999,20(5):397 - 420.
- [27]McEvily B, Marcus A. Embedded ties and the acquisition of competitive capabilities[J]. *STRATEGIC MANAGEMENT JOURNAL*, 2005,26(11):1033 - 1055.
- [28]Ozmel U, Reuer J J, Gulati R. Signals across multiple networks: How venture capital and alliance networks affect interorganizational collaboration[J]. *Academy of Management Journal*, 2013,56(3):852 - 866.
- [29]Sampson R C. R&D alliances and firm performance: The impact of technological diversity and alliance organization on innovation[J]. *ACADEMY OF MANAGEMENT JOURNAL*, 2007,50(2):364 - 386.
- [30]Tolstoy D, Agndal H. Network resource combinations in the international venturing of small biotech firms[J]. *TECHNOVATION*, 2010,30(1):24 - 36.
- [31]Huggins R, Johnston A. Knowledge flow and inter-firm networks: The influence of network resources, spatial proximity and firm size[J]. *ENTREPRENEURSHIP AND REGIONAL DEVELOPMENT*, 2010,22(5):457 - 484.
- [32]Uzzi B. The sources and consequences of embeddedness for the economic per-

formance of organizations: The network effect[J]. American sociological review, 1996;674 - 698.

[33] Watts D J, Strogatz S H. Collective dynamics of 'small-world' networks[J]. nature, 1998,393(6684):440 - 442.

[34] Ter Wal A, Boschma R. Co-evolution of Firms, Industries and Networks in Space[J]. REGIONAL STUDIES, 2011,45(7SI):919 - 933.

目 录

第 1 章 网络的结构、形成与功能 (001)

生物技术企业合作网络对技术创新的影响研究

第 2 章 研究背景:企业间合作的网络化 (013)

第 3 章 基于企业内部视角对技术创新的研究 (028)

第 4 章 基于网络视角对技术创新的研究 (043)

第 5 章 研究框架:多重网络嵌入对技术创新数量、质量的影响 (067)

第 6 章 数据处理和实证结果 (098)

第 7 章 结果讨论与研究意义 (124)

生物技术产业集群技术网络研究

第 8 章 生物技术产业集群技术网络结构分析 (143)

第 9 章 生物技术产业集群技术网络演化分析 (159)

第 10 章 生物技术产业集群技术子网络研究 (179)

生物技术产业中的其他网络

第 11 章 生物技术企业战略语义网络研究 (196)

第 12 章 生物技术科学家跨国合作网络研究 (213)

第 13 章 生物技术产业发展的政策和管理建议 (232)

第 1 章 网络的结构、形成与功能

本章主要介绍网络基本理论和研究视角。聚焦于网络的结构、网络的形成、网络的功能等方面,以及嵌入性理论。社会网络理论关注行动者和他们之间的关系^[1];复杂网络理论则关注网络本身的结构以及结构的变化^[2]。两者的方法有共通之处。

1.1 网络结构

可以定义一个网络为一个集合,这个集合包括行动者(actors)和彼此之间的联系(ties or relations)。行动者可以是个人、组织乃至国家,联系也可以有不同的强度和类型,如友谊关系、合作关系乃至贸易关系。社会科学中网络研究的基础是图论。网络分析中需要一些指标,如中心性、结构洞等来刻画网络的结构^[1]。网络学科的发展伴随着新的结构测量指标被不断的开发出来,结构指标可以分为点的中心性度量、边属性度量和整体结构度量。行动者的点度(degree)是网络分析的基本指标,表示与行动者直接相连的其他行动者的数量。它能够帮助行动者创造价值并达到目标^[3]。论文将相关的网络指标总结为表 1-2。

在网络中,一个通路(walk)是一系列相连的点和线。迹(trail)是没有重复边的通路,终点是同一个点的迹是一个回路(circuit)。路径(path)是没有重复点的通路。没有重复点的回路是一个环(cycle)。两个点间的最短距离被称为测地距离(geodesic distance)。

表 1-1 网络指标汇总

指标	来源	测量层级
强联系和弱联系	Granovetter, 1973	边属性
嵌入性	Granovetter, 1985; Uzzi, 1996	个体网
结构洞	Burt, 1992	个体网
度中心性	Freeman, 1979	个体网
中介度	Freeman, 1979	整体网
接近度	Freeman, 1979	整体网

续表 1-1

指标	来源	测量层级
网络权力声望	Bonacich, 1987	整体网
网络密度	Burt, 1992, 1997; Coleman, 1988, 1990	个体网和整体网
凝聚性	Coleman, Katz, & Menzel, 1957	个体网和整体网
结构等价	Lorrain and White, 1971	个体网和整体网

不同于社会网络理论,复杂网络理论关注于结构的性质和变化。强调行动者的异质性和多元性(heterogeneous and multiplex)。异质性指行动者之间的差异,多元性指一个行动者承担着多样的功能^[4]。网络结构具有稳健性(robust)。稳健性指当内部或外部的扰动发生时,系统特点依然会保持相应稳定,而不发生改变^[5]。结构具有的持续性(persistence)和还原能力(resilience)是稳健性的重要结果。还原能力又称为弹性,指网络在受到扰动之后恢复其功能的能力^[6]。稳健性的另外一个指标就是网络的脆弱性(weakness),网络越脆弱则越不稳健。

1.2 网络的形成

网络的形成,也可称为网络的动态性(dynamic of networks),这方面的研究关注特定网络是如何出现的,研究焦点往往关注边的形成。网络的动态变化是网络的重要特性之一。动态性表示着因果方向的不唯一。动态网络理论主要涉及网络规模、连接形成的概率等问题。网络的动态变化的驱动因素可以分为外生和内生两类。外生驱动主要指环境动荡性和变化导致的网络变化^[7]。内生驱动则指网络内行动者之间的互相影响。动态的网络具有涌现特性,即超出一定的阈值,整体会表现出个体层面没有的特性^[8]。短期来看,网络的结构影响着其动态的变化;长期来看,网络的动态变化会重塑网络结构^[9]。

网络的形成主要有三种基本的解释模型:随机图、小世界模型和偏好性连接。随机图是网络形成的基本模式。设点的数量为 N,点与点连接的概率为 P,那么边的总数为 PN。可以证明,当 $P > 1/(N-1)$ 的时候,网络变为全连接的。现实中,完全随机的网络是非常少见的。在小世界模型中,行动者形成聚簇,跨越聚簇的连接是随机生成的。小世界的测量指标是聚集系数和最短路径长度^[9]。偏好性连接指行动者被连接的概率与其点度大小成正比,偏好性连接往往造成富者越富的现象,生成的网络多表现出核心-边缘结构^[10]。

1.3 网络的功能

网络的功能需要在特定的背景下探讨。行动者最终的行为和行为导致的结果,