



中国科学技术发展战略研究院
科技预测与评价研究所

技术前瞻与评价

Technology Foresight and Assessment

第1卷 第1辑 Volume 1 Number 1 2015

- ◎中国技术预测研究热点及发展脉络分析 / 王 革 等
- ◎创新体系框架下的预见 / Allan Dahl Andersen 等
- ◎创新系统动力与欧洲的定位 / Remi Barre
- ◎战略预见视角下的新兴产业发展战略研究 / 万劲波
- ◎基于语义 TRIZ 方法的技术路线图研究 / 汪雪峰 等



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS



中国科学技术发展战略研究院
科技预测与评价研究所

技术前瞻与评价

Technology Foresight and Assessment

第1卷 第1辑 Volume 1 Number 1 2015



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

技术前瞻与评价. 第1卷. 第1辑, 2015 / 王元主编. —北京: 科学技术文献出版社, 2015. 5

ISBN 978-7-5189-0200-2

I. ①技… II. ①王… III. ①科学技术—技术发展—文集 IV. ①N1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 100110 号

技术前瞻与评价 第1卷 第1辑 2015

策划编辑: 丁坤善 责任编辑: 孙江莉 张 红 丁芳宇 责任校对: 赵 瑗 责任出版: 张志平

出 版 者	科学技术文献出版社
地 址	北京市复兴路15号 邮编 100038
编 务 部	(010) 58882938, 58882087 (传真)
发 行 部	(010) 58882868, 58882874 (传真)
邮 购 部	(010) 58882873
官 方 网 址	www.stdp.com.cn
发 行 者	科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销
印 刷 者	北京京师印务有限公司
版 次	2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷
开 本	787×1092 1/16
字 数	244千
印 张	10.25
书 号	ISBN 978-7-5189-0200-2
定 价	45.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

主 编

王 元

副 主 编

杨起全 王 革

编辑委员会 (按姓名笔画排序)

丁 辉 马名杰 许 晔
朱东华 冷伏海 李 万
李 平 赵志耘 黄鲁成
董 良 阙紫康 穆荣平

执行主编

袁立科

编辑部联系方式

电话 : 010-58884510

邮箱 : yuanlk@casted.org.cn

目 录

Contents

学术论文

中国技术预测研究热点及发展脉络分析.....	王 革 韩秋明	1
技术预见的目标、方法和应用领域		
——基于文献计量的分析.....	Daisuke Kanama	16
创新体系框架下的预见		
——创新体系预见的系统论述及其应用		
.....	Allan Dahl Andersen Per Dannemand Andersen	30
创新系统动力与欧洲的定位		
——基于近期预见研究的评述.....	Remi Barre	58
包容性预见.....	庄 珺	75
战略预见视角下的新兴产业发展战略研究.....	万劲波	84
支持科技规划优先领域选择的战略情报研究与服务框架的研究.....	王海燕 冷伏海	105
基于语义 TRIZ 方法的技术路线图研究 ...	汪雪锋 张 巍 黄 颖 邱鹏君 朱东华	115

国家技术预见的主要趋势及启示 谢 飞 126

当前世界高技术发展的 61 个前沿热点及特点 姜念云 132

基于中德案例比较看技术路线图在中国的未来发展
..... 李 玲 李海丽 Kerstin Cuhls Meike de Vries 曹 静 138

我国纳米科学技术发展现状及战略思考 闫金定 146

新一代影视技术：趋势与对策 张松海 姜念云 张 芳 153

中国技术预测研究热点及 发展脉络分析

王 革¹ 韩秋明²

(1.中国科学技术发展战略研究院 北京 100038;

2.教育部高等学校社会科学发展研究中心 北京 100080)

摘 要 通过CNKI获取技术预测研究论文的关键词数据,采用社会网络分析方法构建技术预测研究概念(关键词)的无向加权网络,验证该网络所具有的社会网络特性,计算网络节点的程度中心性和中介中心性,采用G-N聚类算法对国内技术预测研究概念网络进行聚类分析,划分出发达国家技术预测、技术预测方法、区域科技建设、制造领域、电视技术、数码印刷、环保产业、计算机技术、生命科学、地震及油田勘探等十个分支领域,并通过计算时间隶属度进行历时分析,以此刻画我国技术预测研究的发展轨迹。

关键词 技术预测 领域分析 复杂网络 历时分析 衍化路径

Study on the hot fields and develop path of domestic technology foresight research based on complex network method

Wang Ge¹ Han Qiuming²

(1.Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing, 100038, China;

2.Higher Education Social Science Development Research Center of MOE, Beijing, 100080, China)

Abstract: Based on the keywords in the field of Technology Foresight from CNKI, this paper constructs an undirected weighting network by using co-word analysis, and verifies the characters of the network, calculates

作者简介:王革,男,1968年生,中国科学技术发展战略研究院科技预测与评价研究所研究员,博士,主要研究方向:技术预测与评价;韩秋明,男,1984年生,教育部高等学校社会科学发展研究中心助理研究员,博士,主要研究方向:信息管理、技术预测。

the index of degree centrality and betweenness centrality. Using the G-N clustering algorithm, the paper performs a cluster analysis on the domestic Technology Foresight research concept network, and divides the research field into ten different branches. Finally, computing its time properties, this paper portrays the develop path of the domestic Technology Foresight.

Keywords: Technology foresight, Domain analysis, Complex network, Disciplinary attribution, Develop path

1 引言

世界全球化进程不断前行，伴随着需求的强力拉动，科学技术已经成为世界发展的另一引擎。科技创新也成为世界最活跃、最具革命性的因素^[1]。技术预测，作为未来科技发展轨迹预判的核心，已成为科技创新过程中不可忽视的重要工作。从国家角度来看，科技对经济竞争力与综合国力的作用不断增强，准确把握科技未来发展趋势已成为选定发展领域和制定适合国情的科技政策的首要条件^[2]。

实践亟需理论引，理论也需实践推。反映技术预测理论进展的指标之一就是相关的研究论文。为了整体把握我国技术预测研究的历史演变，以及研究的热点领域，本文利用共词分析的理念，借助社会网络分析软件——Pajek，采用社会网络的分析方法，通过样本选取、数据抽样、聚类和时间隶属度计算等，构建我国技术预测研究领域的关键词概念网络，并进行聚类分析和历时分析，以求科学、直观地展示我国技术预测的研究热点、研究结构和发展脉络。

2 技术预测研究概念网络构建的基本思想和数据获取

2.1 基本思想

本文采用概念共现分析方法构建概念（关键词）网络。具体思路如下：以所收集文献的关键词为顶点，两个关键词在文献中共现的次数为两个顶点之间边的权值。为了更好地理解这一思路，下面举一例来进行说明。

假设有三篇论文，其关键词如表 1 所示。

表 1 文献关键词列表

文献	关键词列表
1	技术预测；科技创新；远景规划
2	技术预测；远景规划
3	技术预测；产业链

三篇文献所形成的概念网络共有 4 个节点，分别为：“技术预测”“科技创新”“远景规划”“产业链”。顶点与顶点之间有 4 条无向边，其中“技术预测”和“远景规划”在两篇文献（文献 1 和文献 2）中共现，因此两者之间边权值为 2，它们之间的关系如表 2 所示。

表 2 关键词无向边关系

无向边	边权值
技术预测－科技创新	1
科技创新－远景规划	1
技术预测－远景规划	2
技术预测－产业链	1

将这几个关键词的关系输入社会网络分析软件——Pajek，可以勾勒出这些关键词之间的概念网络结构，如图 1 所示。

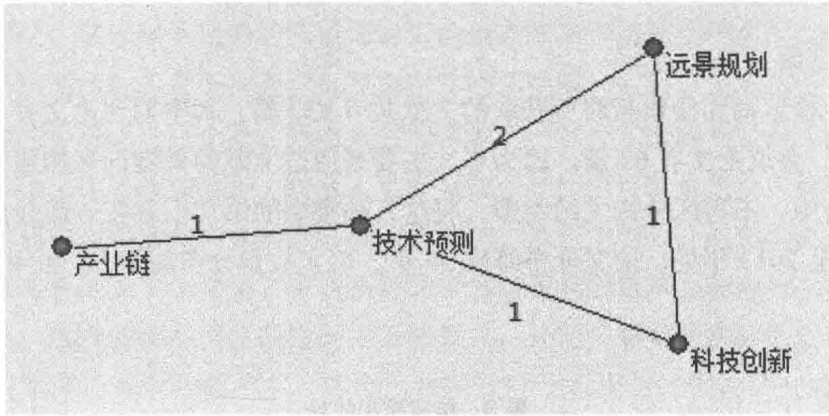


图 1 概念网络结构

遵循上述思路，本文对将要获取的文献中关键词（概念）进行统计，构建关键词的概念网络，运用复杂网络和社会网络分析的方法进行分析，以刻画和描述技术预测研究领域的概念体系，并勾勒出其衍化路径。

2.2 样本选取

对技术预测的研究热点进行领域分析，首先需要确定国内有关于技术预测研究领域的主要文献，以及文献中的关键词。为了获取我国技术预测研究领域的主要文献，本文选用的是中国期刊网学术期刊网络出版总库的数据。

2.2.1 检索词的确定

检索词是保障检索文献查全率和查准率的重要因素。通过笔者的调查，国际上对技术预测的称谓主要有 Future Oriented Technology (FOT)、Future Technology Analysis (FTA)、Technology Futures Analysis (TFA)、Technology Foresight、Technology Forecast、Future and Emerging Technologies (FET)。因此，笔者将检索词限定为：未来导向技术分析、技术未来、技术预测、技术预见、未来技术、未来新兴技术 6 个检索词。

2.2.2 检索策略

影响查全率和查准率的另一个因素是检索策略。为保证数据获取全面，笔者从总库收录相关论文的起始时间起，截止到 2013 年 9 月 30 日，在中国学术期刊网络出版总库、中国博士学位论文全文数据库、中国优秀硕士学位论文全文数据库以及中国重要会议论文全文数据库等四个数据库中，对以上 6 个检索词进行“题名”精确检索。同时，为了排除不相关文献的干扰，对检索结果做了两点统一限制：一是只选择各数据库中学术研究性文献，剔除会议通知、会议报道、刊物征稿等消息类文献；二是只挑选有关键词的文献，主动舍弃没有关键词的文献，以保证研究结果的可信度。

2.2.3 检索结果

根据以上检索词和检索策略所获取的文献共有 937 篇，其中期刊论文有 825 篇，学位论文有 43 篇，会议论文有 69 篇。因为本文主要是通过文献的关键词来构建概念网络，故在后续的分析中，不再区分论文的类型，将这三种类型的论文汇总在一起分析。论文记录从 1975 年起至 2013 年终，论文分布跨度 39 年。论文数量分布如表 3，历年分布图如图 2 所示。

表 3 检索结果统计

2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004
47	81	46	59	58	59	68	59	58	40
2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994
48	46	29	18	18	22	16	24	14	16
1993	1992	1991	1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984
7	8	7	7	8	11	5	12	13	9
1983	1982	1981	1980	1979	1978	1977	1976	1975	
16	3	0	2	1	0	1	0	1	



图2 国内技术预测研究论文数量历年分布

2.2.4 检索结果的数量分析

根据以上检索结果可以看出,技术预测研究的论文数量呈现出整体波动式上升趋势。但从文献数量来看,技术预测的相关研究成果并不能称为丰富,文献数量一直未突破3位数。造成这个问题的原因可能有以下几个方面:第一,调研文献的种类有限。因为笔者此次检索的文献仅局限于CNKI中的论文数据,不包含图书、调研报告等出版物,且局限于“题名精确检索”,在排除不相关的文献同时可能也去除了一些间接相关的文献。第二,产业的技术预测研究活动不公开发表。由发表论文的单位统计来看,发表相关文章的大多属于科研院所和高等院校,而企业、行业人员发表较少。对技术预测受益最大的应是具体的行业,因为此项工作实践性较强,行业人员参与较少的原因可能是行业内部的技术预测结果往往都被当作商业机密和核心技术资源给予保护,未能作为公开的理论成果发表于各期刊论文、会议论文以及学位论文之中,某种程度上显现我国技术预测理论与实践存在脱节的问题。第三,国内的技术预测理论研究不够深入。无论多重要的实践活动,它的发展都离不开理论的支撑,文章数量不多,体现出我国针对技术预测的理论研究成果不够丰富,体系不够完善,说明这一领域还有很多值得深入研究和探讨的问题。

为了后续引入时间隶属度的分析,笔者需要按照一定的规律将其划分为一定的时间区段。在文献数量增长曲线中,可以看出从1975年开始,出现了4个明显的波峰,分别是1983年、1996年、2007年以及2012年。因此,笔者将技术预测的发展历程围绕这4个波峰划分为1975—1987年、1988—2000年、2001—2008年、2009—2013年四个时间区域。这四个时间区域比较好地反映了我国技术预测文献数量波谷、波峰、波谷、再波峰的渐进式发展曲线。

3 技术预测研究关键词网络的复杂网络特性分析

世界上的事物都是普遍联系的。利用图论的方法将事物之间的联系脉络可视化展现出

来,就会形成复杂的网络图景。利用本文 2.1 中所述思想和复杂网络的方法,笔者借助 Pajek 软件,以所收集到文献的关键词为节点,关键词耦合(关键词在同一篇文献中被使用,即共现)为边,关键词耦合的次数为边的权值,构建了一个包含 4100 个结点,25604 条边的技术预测概念网络。

为了更好地解释复杂网络的现象,需借助社会网络分析中的许多统计指标,用于度量网络拓扑结构的复杂网络特征。这些统计指标包括平均路径长度、聚类系数等^[3]。

3.1 小世界特征的分析

复杂网络小世界特性的检验主要使用平均路径长度和聚类系数指标。在网络中,两个节点 i 、 j 之间的最短路径定义为所有连通 (i, j) 的通路中,所经过的其他节点最少的一条或几条路径。两个节点 i 、 j 之间的距离就是 i 、 j 之间最短路径上边的个数。网络的平均路径长度定义为网络中任意两个节点之间距离的平均值^[4]。计算结果显示:技术预测研究概念网络的平均路径长度为 3.50112,任意两个概念之间“四度分离”,即在网络中从一个概念出发平均四步可以到达另一个概念。

聚类系数指的是对某一个节点来说,它所有相邻节点之间相连边的数目占可能的最大连边数目的比例。整个网络的聚类系数就是所有节点聚类系数的平均值^[3]。通过计算显示:本文构建的技术预测研究概念网络聚类系数为 0.9087。与相同规模随机网络进行比较,结果如表 4 所示。

表 4 技术预测关键词概念网络与随机网络的拓扑属性比较

	节点数	边的总数	平均路径长度	聚类系数
技术预测关键词网络	4100	25604	3.50112	0.9087
随机网络	4100	25604	4.74989	0.0016

从上述分析结果可见,技术预测研究的概念网络的平均路径长度为 3.50112,聚类系数为 0.9087,随机网络的平均路径长度为 4.74989,聚类系数为 0.0016,即技术预测研究的概念网络具有较小的平均路径长度和较高的聚类系数,符合小世界网络特性。

3.2 中心性分析

社会网络分析中研究网络节点重要性的主要方法之一就是考察节点的中心性。中心性的指标一般有程度中心性(Degree-Centrality)、中介中心性(Betweenness-Centrality)。下面考察技术预测研究概念网络的程度中心性和中介中心性。

社会网络理论认为,可以根据与该点有直接关系的点的数目,即节点的度来衡量节点的中心度,这就是程度中心性^[5]。节点的程度中心性越高,则它在概念网络中的地位就越

重要。由于篇幅的限制，表 5 列出了程度中心性最高的 20 个概念。

表 5 程度中心性高的技术预测研究关键词（排名靠前的 20 个词）

排名	程度中心性	关键词	排名	程度中心性	关键词
1	726	技术预测	11	142	日本
2	725	技术预见	12	140	德尔菲法
3	266	科技预测	13	132	技术创新
4	238	技术未来	14	124	关键技术
5	227	发展趋势	15	121	科技政策
6	224	技术发展	16	108	预测方法
7	184	未来技术	17	103	科学技术预测
8	178	新技术	18	102	预测
9	175	科学技术	19	101	技术发展趋势
10	161	未来	20	99	信息技术

节点的中介中心性主要衡量节点作为媒介者的能力。节点的中介中心性越高，说明通过它进行联络的节点越多，它的媒介者能力越强，表 6 列出了中间中心性最高的 20 个概念。

表 6 中介中心性高的技术预测研究关键词（排名靠前的 20 个词）

排名	中介中心性	关键词	排名	中介中心性	关键词
1	0.2349	技术预测	11	0.0361	预测
2	0.2135	技术预见	12	0.0221	信息技术
3	0.0768	技术未来	13	0.022	技术创新
4	0.0634	技术发展	14	0.0218	科学技术
5	0.0522	科技预测	15	0.0191	孔隙度
6	0.0513	未来技术	16	0.019	日本
7	0.0481	发展趋势	17	0.0171	技术发展趋势
8	0.0444	未来	18	0.017	未来技术发展
9	0.0408	神经网络	19	0.0163	关键技术
10	0.0389	新技术	20	0.0162	研究与开发

4 技术预测领域知识地图的可视化分析

为了进一步研究技术预测研究的衍化路径,笔者在所构建的技术预测研究关键词概念网络的基础上,利用 Pajek 软件进行网络抽样、聚类、时间隶属度的计算以及概念节点的统计,然后将其可视化展示出来。

4.1 数据抽样

由于技术预测研究的概念网络包含 4 千多个节点和 2 万多条边,这样无法直接观察技术预测领域研究的发展态势,因此必须首先进行抽样,即从整体网络中析出具有代表性的核心概念网络结构。本文进行网络析取的步骤^[3]是:

(1) 删除网络中权值较小的边。边权值越小,关键词之间共现次数越少,说明两个关键词之间共同出现的偶然性越大,可能影响分析结果。通过测试,本文删除了上述网络中边权值小于 3 的边。

(2) 删除网络中程度中心性最高的点。关键词的程度中心性越高,说明关键词与网络中越多的节点存在概念联系。在复杂网络中,由于无标度现象的存在,度数最高的极少数点往往与大量节点存在联系(本文构建的网络中度数最高的关键词“技术预测”与 726 个节点相连)。这样的网络无法很好分析其中隐藏的核心网络结构。通过测试,本文删除了上述网络中度数最高的 15 个点。

(3) 析取核心网络。经过上述两步操作,进一步去除孤立点,并摘取规模最大的一个连通子图进行分析。最终得到一个包含 160 个结点,673 条边的核心概念网络。

4.2 聚类分析

本文使用边介数聚类算法^[6]对技术预测领域关键词共现网络进行聚类分析。边介数指的是所有通过这条边的任意两节点间最短路径的和,很明显,连接集团间的边的介数会相对比较大。因此,边介数聚类算法的基本思想是:每一轮通过删除可能连接任意两个集团的边(介数最大的边),逐步使得隐藏的集团显现出来。其主要步骤如下:

- 1) 计算网络中所有边的介数值;
- 2) 找到并删除介数最大的边;
- 3) 重新计算剩余边的介数值;
- 4) 重复第 2 步直至结果满意为止。

经过计算,本文删除了介数最高的 11 条边。

4.3 时间隶属度计算

时间隶属度计算的基本思想是:关键词隶属于某一时间阶段的程度,与该关键词在该

时间阶段中出现的次数成正比，与该时间阶段的发文规模成反比。比如，对于任意一个关键词 K_i ，设其在 2010 年中出现的次数为 C_{2010} ，在 2011 年中出现的次数为 C_{2011} ，这两年中期刊收录的文章总数为 P_{2010} 、 P_{2011} ，则关键词 K_i 隶属于这两个时间阶段的程度（将其称之为时间隶属度） S_{i2010} 、 S_{i2011} 分别为：

$$S_{i2010}=C_{2010}*(P_{2010}+P_{2011})/P_{2010}$$

式 (1)

$$S_{i2011}=C_{2011}*(P_{2010}+P_{2011})/P_{2011}$$

式 (2)

其中， $P_{2010}+P_{2011}$ 为调节参数，目的是为了避免 S_{i2010} 、 S_{i2011} 出现数值过小的情况而出现计算错误。然后按照 S_i 值的大小，将关键词 K_i 归入对应的类别之中。按照这种方式就可以将概念网络中的所有节点划分到从 1975 年至 2013 年的 39 类之中，之后析取出 1975—1987 年、1988—2000 年、2001—2008 年、2009—2013 年这四个时间区间的网络结构。

4.4 聚类结果

使用 Pajek 绘制技术预测研究概念网络的聚类结果图，节点的不同颜色代表着不同的时间隶属度，即节点出现的不同年份，具体见图 3。

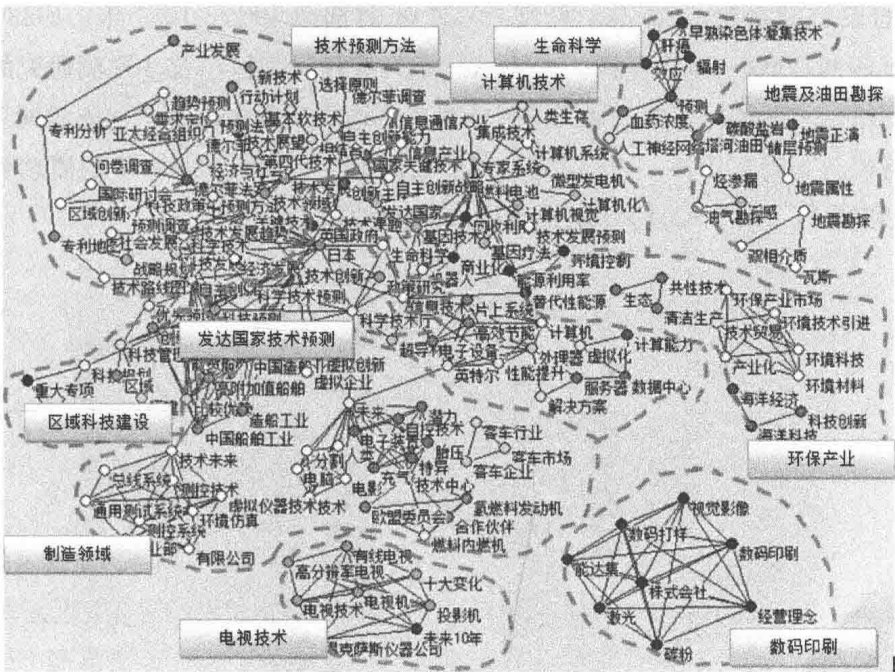


图 3 技术预测研究概念网络的聚类结果

参照以上聚类的结果，可以将三十余年我国技术预测研究的知识地图划分为发达国家技术预测、技术预测方法、区域科技建设、制造领域、电视技术、数码印刷、环保产业、

计算机技术、生命科学、地震及油田勘探等 10 个板块。其中，每个板块分别包含的技术预测研究概念的数量分布情况如表 7 所示。

表 7 各个板块所包含的技术预测研究概念的数量分布

概念领域		发达国家技术预测	技术预测方法	区域科技建设	制造领域	电视技术	数码印刷	环保产业	计算机技术	生命科学	地震及油田勘探
技术预测概念	数量	14	29	9	28	8	8	15	31	7	11
	比例 (%)	9	18	6	17	5	5	9	19	5	7

表 7 中，技术预测研究的重点领域主要是在技术预测方法、制造领域、计算机技术等三个板块，这三个板块所包含的概念节点的比例都在 15% 以上。其中制造领域还可细分为船舶工业、汽车制造和测控技术三个子板块，这三个子板块都有各自的概念网络结构，由于它们之间的关系较为紧密，且都属于制造领域，为了简化起见，将这三个子板块合并在一起。

4.5 技术预测领域知识地图的衍化路径分析

为了更加清晰地分析我国技术预测研究发展脉络，笔者使用纵向对比的方法对技术预测领域的发展状况进行描述。为此，笔者分别选取 1975—1987 年、1988—2000 年、2001—2008 年和 2009—2013 年四个时间区间来构建该时间段内技术预测研究的概念网络（保持各节点的几何位置不变），从而可以较为直观地展现出国内技术预测领域三十余年的概念衍化路径。其中，1975—1987 年、1988—2000 年、2001—2008 年的概念分布图参见图 4、图 5 和图 6，2009—2013 年的概念图参见图 3。

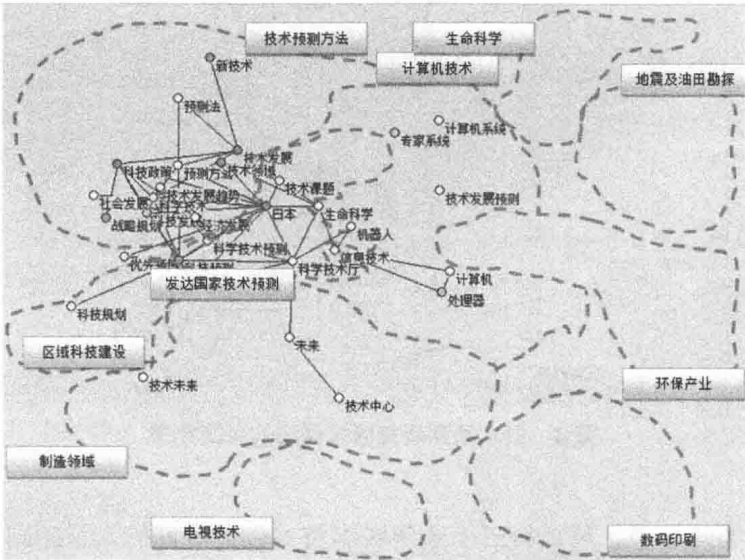


图 4 1975—1987 年的技术预测研究领域分布

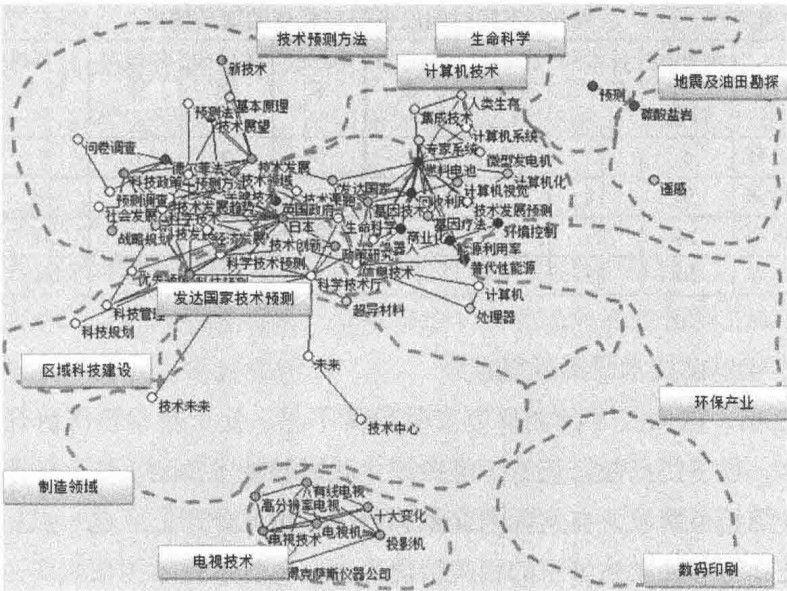


图 5 1988—2000 年的技术预测研究领域分布

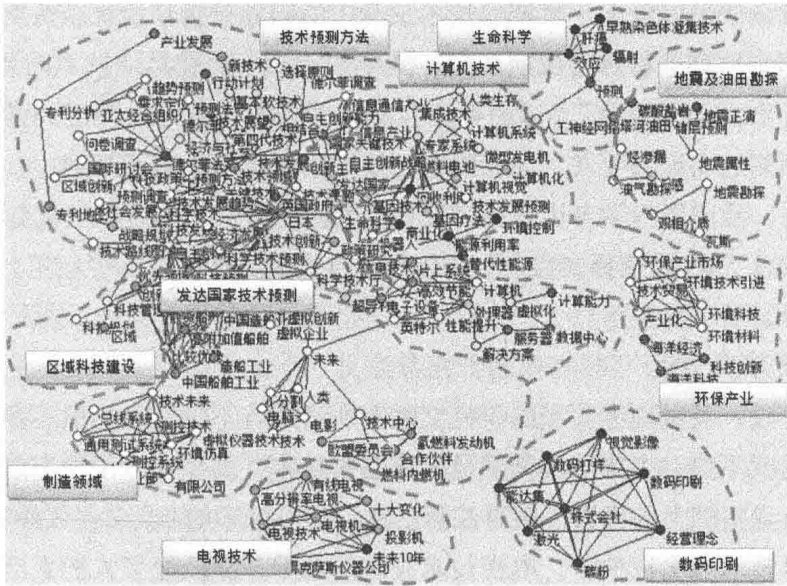


图 6 2001—2008 年的技术预测研究领域分布

表 8 显示了 1975—1987 年、1988—2000 年、2001—2008 年和 2009—2013 年四个时间段上述十个研究领域的概念增长情况。

通过表 8 的统计和前文的历时分析，可以对过去三十九年我国技术预测领域的知识发展态势做如下理解：