



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

基于技术挖掘的投资机会分析模型研究

谷威¹ 龚颐雯²

1. 国家知识产权局专利局初审及流程管理部 北京 100088

2. 北京斯亚技术开发有限公司 北京 100029

摘要: [目的/意义] 技术挖掘可以把一些有用的信息,从科技创新信息中有效挖掘出来,基于技术挖掘的投资机会分析模型研究方法是机会分析领域的新尝试。[方法/过程] 将技术挖掘技术融入投资机会分析过程,从热点投资赛道发现、投资机会识别、投资机会评价三个方面揭示了投资机会发现过程。[结果/结论] 基于生物医药领域 2018-2022 年投资数据和生物医药专利数据进行了技术挖掘和投资机会分析进行了实例验证,发现了基因治疗下投资机会,加强技术创新成果和资本之间的联系,为科创投资机会寻找和发现提供了一个新的研究思路。

关键词: 技术挖掘; 投资机会分析; 投资机会识别; 投资机会评价

中图分类号: G35; F270

Research on Investment Opportunity Analysis Model Based on Technology Mining

GU Wei¹ GONG Yiwen²

1. Preliminary Examination and Flow Management Department of the Patent Office, China National Intellectual Property Administration, Beijing 100088, China;

2. Beijing Siya Technology Development Co., Ltd, Beijing 100029, China

Abstract: [Objective/Significance] Technology mining can effectively extract useful information from technological innovation information. The research method of investment opportunity analysis model based on technology mining is a new attempt in the field of opportunity analysis. [Methods/Processes] Integrating technology mining techniques into the process of investment opportunity analysis reveals the process of investment opportunity discovery from three aspects: discovering hot investment tracks, identifying investment opportunities, and evaluating investment opportunities. [Results/Conclusions] Based on investment data and patent data in the biopharmaceutical field from 2018 to 2022, technology mining and investment opportunity analysis were conducted for instance verification. Investment opportunities under gene therapy were discovered, and the connection between technological innovation achievements and capital was strengthened, providing a new research approach for finding and

作者简介 谷威 (1978-), 硕士, 主要研究方向为专利审查、专利分析, E-mail: guwei@cnpa.gov.cn; 龚颐雯 (1979-), 硕士, 主要研究方向为金融投资分析、专利分析。

引用格式 谷威, 龚颐雯. 基于技术挖掘的投资机会分析模型研究 [J]. 情报工程, 2024, 10(1): 17-27.

discovering scientific and technological innovation investment opportunities.

Keyword: Technology Mining ;Investment Opportunity Analysis; Identification of Investment Opportunities; Investment Opportunity Evaluation

概述

硬科技概念正在被人们所熟知，具有较高技术门槛和技术壁垒的硬科技越来越受到资本的关注^[1]。随着科创投资时代的来临，科学技术对投融资事件的影响越来越大，所有投资机构都在努力发现高价值技术赛道，并发现赛道中的高新技术的公司和研发团队。对科技资源进行监测，分析评价科学技术发展的状态和趋势，选择合理优先投资的科技领域、合理配置投资资金、有效开展科创投资的方法和途径已经成为国内投资机构普遍关注的热点。目前的机会分析方法以定量和定性分析相结合为基础，包括基于引文的方法^[2-6]，基于主题词（关键词）的方法^[7-10]，引文题的复合方法^[11-14]，引证分析或聚类分析法^[15-17]等，以上这些方法只是单一地进行分析，没有针对问题形成规范化的机会分析模型，更没有针对硬科技的投资机会模型进行研究，缺少对投资机会分析的方法体系展开进一步的发展和创新。理论界对于投资机会分析研究的缺乏与实际应用中投资机会分析对于技术创新研究的重要性和紧迫性形成了鲜明的反差，亟待更多的研究者们投入到对投资机会分析的研究和探索工作中来。

针对目前国内外尚未对投资机会发现模型开展系统研究的现状，以提高我国投资机构在进行科技投资决策时对投资机会的把握为思考起点，本文提出一种基于技术挖掘的投资机会

分析模型研究方法，将技术挖掘技术融入“投资赛道发现—投资机会识别—投资机会评价—投资机会决策”这一投资机会发现过程，分析与挖掘投资机会和可能的投资主体，文章最后进行了实证研究，结果也相对比较理想。

1 基于技术挖掘的投资机会分析模型研究框架

投资机会分析模型要解决“未来做什么”这一问题，这也正是投资机会分析所要实现的目标。投资机会分析是对特定技术赛道的技术细节和子技术的技术发展情况进行深入地剖析，达到评估和预测技术赛道发展方向、发现有发展潜力的企业投资机会的目的，为投资机构能够更有效地利用有限资源找到技术创新主体的投资活动提供决策依据。因此，通过技术挖掘可以把一些有用的信息，从科技创新信息中有效挖掘出来，不能让有用的信息淹没在如海的数据中，要识别出感兴趣的话题或主题，分解成具体问题，再寻找答案；还要开发出一系列指标，再去找相关数据库和数据来源进行挖掘；利用适当分析工具，比如某些数据分析器，回答之前提出的一系列问题，从而看清技术的发展趋势，进而找到适应发展趋势的投资方向。由此可见，基于技术挖掘的投资机会分析模型可以采用“投资赛道发现—投资机会识别—投资机会评价—投资机会决策”的研究主线，对

投资机会分析的方法展开研究和探讨，主要的研究成果总结如图 1 所示：

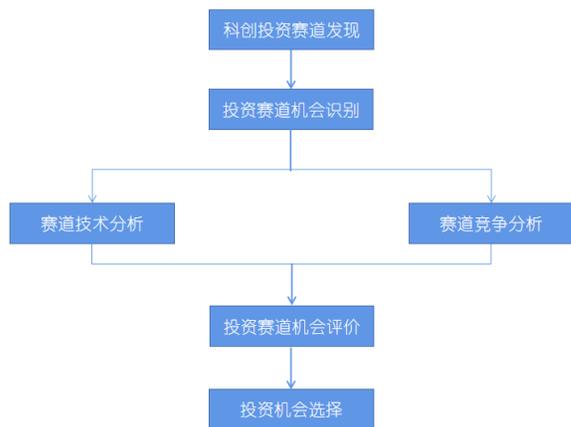


图 1 基于技术挖掘的投资机会分析模型研究框架

(1) 基于投融资数据实现的热点投资赛道发现模型

由于投资赛道发现是投资机会分析首先要解决的问题，本文首先对基于投融资数据实现的热点投资赛道发现模型展开了研究。针对目前国内外热点投资赛道发现方法单一的问题，对基于多指标分析的热点投资赛道发现方法进行了改进，提出了基于投融资数据 10 个重要指标和逻辑回归分类器算法实现热点投资赛道的训练和预测。

(2) 基于投资赛道技术分析和竞争分析的投资机会识别系统模型

针对目前投资机会分析领域研究零散，缺乏系统方法体系的问题，本文基于投资赛道技

术分析和竞争分析，提出了投资机会识别系统模型，分别从技术研发、竞争环境两个层面对投资机会进行分析。在技术研发层面，提出了基于技术形态的关键词提取模型；在竞争环境层面上，提出了基于关键词和机构共现分析的竞争环境分析模型。

(3) 基于技术评价的投资机会评价模型

针对投资机会识别模型得到的技术赛道细分的子技术赛道，在技术要素因子分析基础上，结合专利数据在技术评价中的作用，构建了投资机会评价模型。实现了对子技术赛道的评分和排序，为投资赛道选择奠定基础。

2 基于投融资指标体系实现热点投资赛道发现

投资赛道发现研究的重点在于分析投资赛道是否处于现在的热点投资赛道，因此科创投资赛道发现就是基于投融资数据的热点投资赛道选择问题，本文采用了基于多指标分析的热点投资赛道发现方法进行热点投资赛道发现。热点投资赛道发现的核心是基于投资赛道指标进行热点分析，找到热点投资赛道，在投资赛道发现中选择的指标分别是投资次数、投资金额、投资机构数量和获投企业数量，具体指标的含义和应用如下表所示。

表 1 投融资指标体系表

指标名称	含义	应用	权重
投资次数	某一段时间内赛道获得投资的次数	进行赛道的投资数量对比	定量
投资金额	某一段时间内赛道获得的投资金额	进行赛道的投资金额对比	定量
投资机构数量	某一段时间内赛道中投资的投资机构数量	进行赛道的投资机构数量对比	定量
获投企业数量	某一段时间内赛道中投资的获投企业数量	反映赛道的获得投资企业数量对比	定量

3 基于投资赛道技术分析和竞争分析的投资机会识别系统模型

3.1 投资赛道技术研发分析

在技术研发分析层面，基于技术形态分析理论（Morphology Analysis，简称MA），本文通过建立技术树，对特定技术领域核心技术科技文献的申请情况进行分析，从而帮助识别和预测未来该技术的技術发展方向。技术形态分析（MA）是对现有和未来技术结构以及新技术发明方向进行分析和预测的一种系统分析方法。技术形态分析引入一种构建和分析某项技术、机构或者社会问题的非量化建模方法。这种方法主要是通过将研究对象分解为几个基本维度来对问题进行建模。因此，在对某特定技术

进行技术研发层面的分析时，引入技术形态分析可以帮助我们通过分析技术结构，对特定技术领域的技术细节和子技术的技術发展情况进行更深入的剖析，达到评估和预测技术发展方向、发现有发展潜力的投资机会的目的，为投资机构能够更有效地利用有限资源开展技术投资活动提供决策依据。

本研究采用的是基于不同字段核心技术关键词与申请时间的关系矩阵或者折线图方法，来帮助快速识别核心技术随时间发展的情况，从而为有效评估核心技术的投资机会提供信息支持。这种相关关系同样是通过核心技术在某段申请时间申请的专利数量来衡量的。在这里，核心技术和申请时间作为实体，由一个节点来表示。通常，不同类型的技术领域可以根据需要通过颜色进行区分。如图2所示。

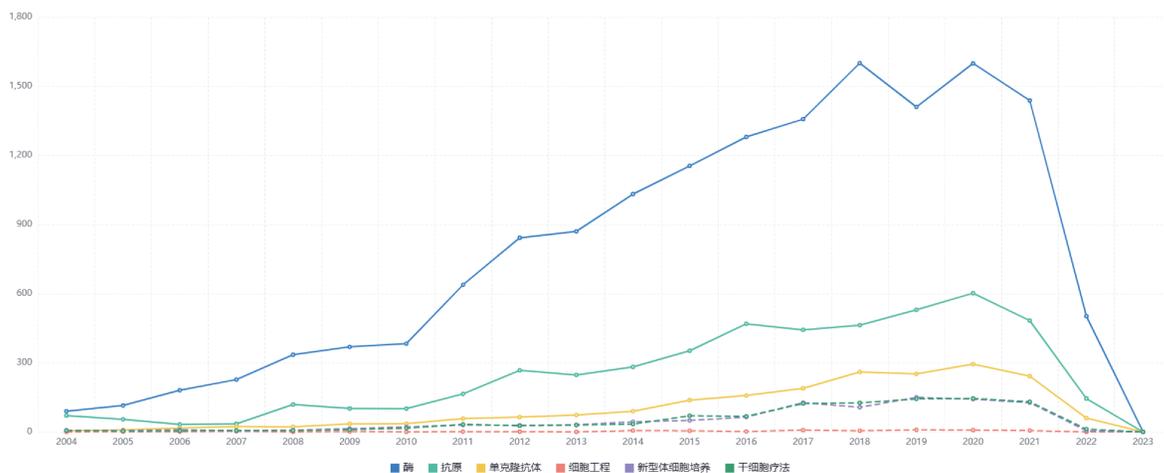


图2 投资赛道技术研发分析

3.2 投资赛道竞争环境分析

技术革新是在硬科技产业中持续胜出的科创企业的核心成长驱动力。因此在技术所处的竞争环境分析中，要在技术研发层面分析的基础上，进一步对有潜力的核心子技术及其重要

的参与者进行分析，同时分析技术所处的整体竞争环境，从而帮助我们进一步了解相应技术都有哪些创新主体在积极参与，各个创新主体的研发兴趣和强项都在哪些方向领域。

研发机构和企业和技术发展的过程中扮演

着将这些有潜力的投资机会转化成产品，并最终投入市场的角色。通过竞争环境分析，可以帮助我们在识别潜力投资机会的基础上，锁定那些在特定技术发展方向具有竞争力的创新主体。从创新主体的角度出发，则是可以发现那些潜在的技术对手，通过竞争环境分析制定相应的技术创新策略。因此，我们通过构建创新主体与技术的关联模型，来帮助创新主体在整个技术领域找准定位，把握优劣势，从而更好地把握投资机会，将其转化成创新动力。

本研究采用的是基于不同字段的关键词与机构共现的关联图方法，来帮助创新主体快速识别技术竞争者，从而为有效评估自身所有的投资机会提供信息支持。技术—创新主体关联图是以网络的方式，来展示技术与创新主体的关联关系。这种关联关系同样是通过创新主体在某个技术领域发表科技文献的数量来衡量的。在这里，技术和创新主体作为实体，由一个节点来表示。节点的大小代表了该实体所包含的科技文献量的多少。数量越多，节点越大。而代表技术的节点与代表创新主体的节点之间的连线代表了它们之间的关联关系。如果创新主体在某技术领域发表了论文或者专利，那么代表它们的两个节点之间则存在连线。线的粗细代表了发表科技文献数量的多少，即关联强度。关联强度越大，线越粗。通常，为了便于观察，技术节点与创新主体节点在技术—创新主体关联图中可以以节点颜色的不同进行区分。同样地，不同类型的创新主体也可以根据需要，通过颜色进行区分。技术—创新主体关联图相对于技术雷达图的优点在于，可以显示更大数量的技术和创新主体之间的关联关系，同时，

还可以根据需要显示和区分不同类型的创新主体。但是，在比较不同创新主体在技术领域的实力以及显示创新主体在技术领域的资源配置上，技术雷达图则相对更加精确。因此，当我们在进行竞争环境分析时，往往需根据需要选用合适的研究工具来帮助我们展示研究结果。

4 基于技术评价的投资机会评价模型

单纯从科技文献的角度识别投资机会是不够的，还需要结合其他的影响要素因子对识别的投资机会进行更加全面的评价。在技术要素因子分析基础上，结合专利数据在技术评价中的作用，构建了投资机会评价模型。

基于技术评价的投资机会评价模型的重点，就是技术的专利指标体系的确定。专利指标从大类上可以分为数量指标和质量指标两大类。专利数量指标主要包含专利数量、专利发明人、专利机构数等数量上简单的统计指标，并没有考虑专利所包含的技术质量的差别。而专利质量指标则是通过多种途径代替衡量专利所包含的技术质量水平，如专利引证率、专利当前影响指数、同族专利数等。在本章中，我们选取了如表2所示的六个指标来衡量技术的研发水平。其中，专利数量、专利成长率以及发明人数量指标属于专利数量指标；同族专利数量、当前影响指数以及研发机构数量属于专利质量指标。

投资机会评分公式如下：

$$v = \sum_{i=1..7} w_i f_i \quad (1)$$

其中 f 是指标， w 是指标权重。

表 2 投资机会评分指标表

指标名称	含义	应用	方法
专利数量	某技术一段时间内专利申请或授权的数量	进行技术领域或研发机构的专利数量对比, 或不同时间段的趋势分析	定量
同族专利数量	某技术具有共同优先权的一组专利数量	反映专利的质量	定量
专利成长率	某技术在某段时间获得的专利数量对比上一阶段的增长幅度	分析技术创新或成果专利化的发展速度	定量
发明人数量	某技术的发明人总数	反映专利或专利组合的发明团队规模	定量
当前影响指数	某产业或企业前五年专利的当年被引次数与平均被引次数的平均值的比值	反映了专利的技术质量以及影响力	定量
研发机构数量	从事某技术研究的机构数量	反映了专利研究的热度	定量

熵权法是一种客观赋权方法。在具体使用过程中, 熵权法根据各个指标的不同变异程度计算出各指标的熵权, 并通过熵权修正各指标的权重, 最后得出较为客观的指标权重。投资机会评价模型采用熵权法作为投资机会评分权重的计算方法。熵权法的基本思路如下: 现有 m 个待评项目, n 个评价指标, 形成原始数据矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

其中 r_{ij} 为第 j 个指标下第 i 个项目的评价值。

计算各指标值权重的过程为:

(1) 计算第 j 个指标下第 i 个待评价项目的指标值的比重 p_{ij} :

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (2)$$

(2) 计算第 j 个指标的熵值 e_j :

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \cdot \ln p_{ij} \quad (3)$$

其中, $k = \frac{1}{\ln m}$

(3) 计算第 j 个指标的熵权 w_j :

$$w_j = \frac{(1 - e_j)}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (4)$$

5 实验及分析

为验证基于技术挖掘的投资机会分析模型的可行性, 本文选择了生物医药产业投资机会进行了实例验证, 加强技术创新成果和资本之间的联系, 为寻找和发现生物医药产业科创投资机会提供了一个新的研究思路。

5.1 生物医药投资赛道分类

确定生物医药产业方向后, 本研究选取了 Wind 数据库中 2018—2022 年投融资数据作为研究对象, 并对融资企业进行生物医药标注, 标注类别是生物医药或非生物医药企业。对标注为生物医药的 985 家企业进行赛道分类, 根据 985 家企业特点, 将赛道分类为上游的生物技术、原材料, 中游的疫苗、血液制品、抗体、细胞治疗、基因治疗、重组蛋白、诊断试剂和核酸药物等分类。

5.2 热点投资赛道发现

选用投资次数特征作为热点投资赛道发现指标, 数字如表 3 所示, 可以看到原材料、抗体、基因治疗等 3 个子赛道的投资次数较多。

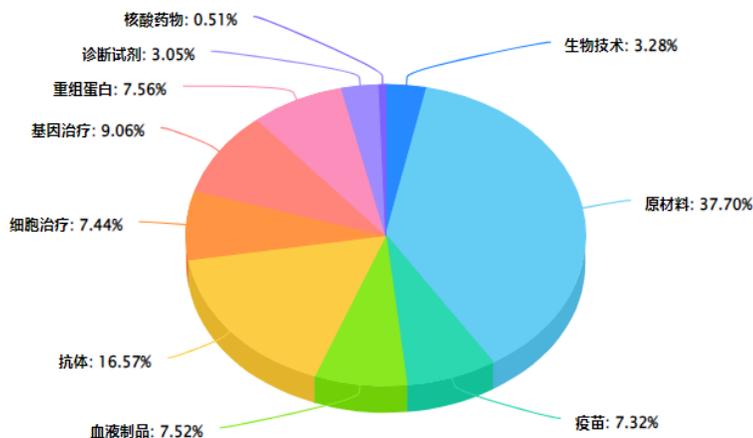


图3 热点投资赛道发现分析

表3 投资次数表

技术	数量
原材料	953
抗体	419
基因治疗	229
重组蛋白	191
血液制品	190
细胞治疗	188
疫苗	185
生物技术	83
诊断试剂	77
核酸药物	13

因此选择原材料、抗体、基因治疗三个赛道作为投机机会分析和识别的投资方向。考虑到原材料赛道过于宽泛，抗体赛道又过于狭窄，因此以基因治疗赛道为例，进行投资机会分析与识别和投资机会评价。

5.3 投资机会分析与识别

5.3.1 投资赛道技术研发分析

基因治疗，也称为细胞和基因治疗，是一种利用基因治疗载体将外源的治疗性基因转导至细胞，再通过外源基因的转录和翻译，改变

细胞原有基因表达以治疗疾病的方法。在技术研发分析层面，基于技术形态分析理论，投资赛道技术研发分析首先建立技术树，对特定技术领域核心技术的科技文献申请情况进行分析，从而帮助识别和预测未来该技术的技術发展方向。在投资赛道研发分析方法介绍了通过科技文献数据库识别和分析目标技术机会的方法和步骤。其中重要的一步是基于技术形态的关键词分析。在这里，我们基于基因治疗分析构建专利检索式，在检索数据的基础上构建专利数据库，对基因治疗技术的发展趋势和热点展开研究，并通过分析和比较，识别基因分析的技术前景和投资分析。

在对基因治疗技术的介绍中，提到了该技术的技術构成，主要由病毒载体、非病毒载体等几部分构成。通过关键词识别技术我们获取了技术关键词，在这些关键词中，我们依照关键词提取方法筛选出了与这两个核心技术相对应的技术形态关键词。表4中显示了部分提取的关键词及其与技术之间的对应关系。从表4中我们可以看到根据提取的与病毒载体有关的关键词，腺病毒、痘病毒都可以作为用于基因

治疗的病毒载体。

表 4 基因治疗技术关键词表

序号	技术	关键词
1	病毒载体	单纯疱疹病毒、肠道病毒、伪狂犬病毒、腺病毒、痘病毒、水疱性口炎病毒、麻疹病毒、呼肠孤病毒、新城疫病毒、细小病毒、流感病毒、腮腺炎病毒、人类免疫缺陷病毒、鸡贫血病毒、甲病毒
2	非病毒载体	基因敲除、基因纠正

从表 5 中可以看出腺病毒、流感病毒、痘病毒、伪狂犬病毒、呼肠孤病毒是主要研

究的病毒种类。核心技术—申请时间关系矩阵是以表格的方式，来展示核心技术与申请时间的相关关系。这种相关关系同样是通过核心技术在某段申请时间申请的专利数量来衡量的。在这里，核心技术和申请时间作为实体，由一个节点来表示。节点的大小代表了核心技术所包含的专利申请量的多少。数量越多，节点越大。通常，不同类型的技术领域可以根据需要通过颜色进行区分。腺病毒、痘病毒、HSV-1、细胞治疗也是近年来申请量较为集中的领域。

表 5 投资赛道技术研发分析表

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
腺病毒	50	64	50	52	69	78	89	67	97
流感病毒	22	16	14	18	16	11	16	17	16
痘病毒	3	6	14	19	12	24	14	30	21
伪狂犬病毒	1	2	3	10	1	8	2	14	8
呼肠孤病毒	3	8	0	4	0	6	1	2	2
肠道病毒	3	1	2	0	2	6	3	3	6
水疱性口炎病毒	2	0	2	0	0	1	6	2	4
人类免疫缺陷病毒	1	2	0	4	1	1	2	0	0
麻疹病毒	0	2	1	0	0	0	0	0	3
甲病毒	0	0	4	0	0	0	2	0	6
疱疹病毒	0	1	1	0	0	0	0	2	5
新城疫病毒	0	0	2	2	0	0	2	0	1
细小病毒	0	0	0	0	0	3	0	4	0
鸡贫血病毒	0	0	0	0	1	1	0	0	0
腮腺炎病毒	0	0	0	0	1	0	1	1	0

5.3.2 投资赛道技术竞争分析

构建创新主体与技术的关联模型，来帮助创新主体在整个技术领域找准定位，把握优劣势，从而更好地把握投资机会，将其转化成创新动力。

除了国家角度的竞争者分析，还需要从研究机构和企业层面分析各机构的技术分布情况。图 4 是腺病毒、痘病毒、单纯疱疹病毒中专利

排名前 20 企业的技术分布图。图中蓝点代表企业，橙点代表技术方向。其中三维生物、恩宝生物、普莱柯生物、元宋生物、本元正阳基因、山东信得、医诚生物、安宇生物、康希诺、康万达、达博、佰芮慷生物与腺病毒有强关联关系；恩宝生物、普莱柯、信得生物在流感病毒的研究比较突出，唯可达生物、功楚生物、温氏食品是痘病毒生产的主要企业。

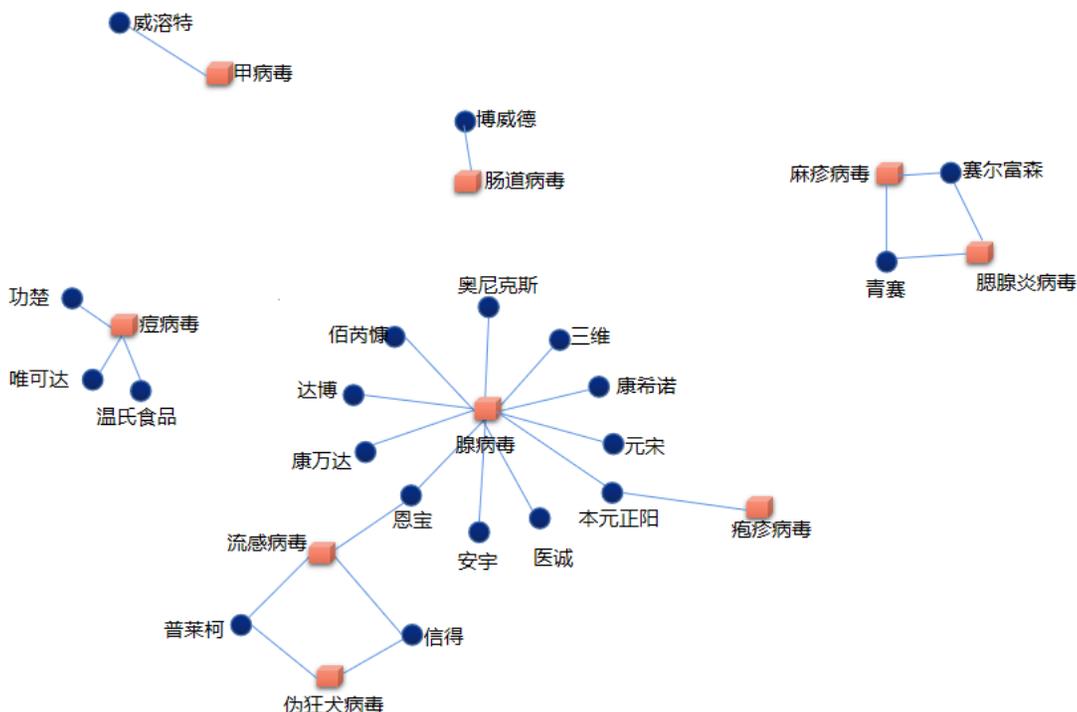


图 4 病毒排名企业技术分布图

5.4 投资机会评价

基于基因治疗的专利数据，我们识别出了 5 项具有发展潜力的子技术，分别是腺病毒、流感病毒、痘病毒、伪狂犬病毒和呼肠孤病毒。根据技术研发水平评价指标的定义和计算公式，

我们获得了这 5 项基因治疗子技术的研发水平指标数据，如表 6 所示。在投资机会评价模型中，根据熵权法我们获得了技术评价指标的权重水平（如表 7 所示），最后计算了基因治疗子技术投资机会评价结果如表 8 所示。

表 6 因治疗子技术的研发水平评价指标值

投资机会	专利数量	同族专利数量	专利成长率	发明人数量	研发机构数量	当前影响指数
腺病毒	1180	850	-13.76%	2510	459	1.09
流感病毒	296	194	118.75%	652	113	0.8707
痘病毒	254	185	22.58%	499	119	1.0566
伪狂犬病毒	69	49	0%	260	36	0.8276
呼肠孤病毒	36	26	50%	127	19	0.6452

表 7 投资机会评价指标权重

序号	指标名称	权重	序号	指标名称	权重
1	专利数量	0.19883349	4	发明人数量	0.19455968
2	同族专利数量	0.20341006	5	研发机构数量	0.18890743
3	专利成长率	0.13381174	6	当前影响指数	0.08047759

表 8 基因治疗子技术投资机会评价结果

序号	技术名称	投资机会评分	序号	技术名称	投资机会评分
1	腺病毒	0.86645588	4	伪狂犬病毒	0.07831459
2	流感病毒	0.34580486	5	呼肠孤病毒	0.06625759
3	痘病毒	0.26305361			

从评价的结果来看,腺病毒是基因治疗研究领域目前研发水平最高的子技术形态,其次研发水平较高是流感病毒和痘病毒技术,对伪狂犬病毒和呼肠孤病毒等研究领域研发水平较低。根据2022年7月1日—2023年7月1日的生物医药投融资统计数据,腺病毒融资达到4件,流感病毒2件,痘病毒1件,伪狂犬病毒1件,呼肠孤病毒0件,可见投资机会评价是有效的。

6 总结与展望

本文提出一种基于技术挖掘的投资机会分析模型研究方法,形成了投资机会分析的“投资赛道发现—投资机会识别—投资机会评价—投资机会决策”的研究主线和投资机会发现过程,将技术挖掘技术融入投资机会分析过程,主要的创新成果总结如下:(1)基于投融资指标体系实现热点投资赛道发现;(2)基于投资赛道技术分析和竞争分析的投资机会识别系统模型;(3)基于技术评价的投资机会评价模型。基于以上三个模型实现了投资机会发现过程,分析与挖掘投资机会和可能的投资主体。最后,我们基于生物医药领域2018—2022年投资数据和生物医药专利数据进行了投资机会分析模型的实例验证,加强技术创新成果和资本之间的联系,为科创投资机会寻找和发现提供了一个

新的研究思路。

对于投资机构的投资行为和企业并购活动,其任务的重点在于结合新的市场需求,找到科技研究成果具有市场潜力的企业。可见投资行为是为了找到被投主体,更是为投资机构推荐被投主体,并对被投主体进行尽职调查,辅助企业在实现自身价值的同时推进产业的发展与变革,因此下一步的工作将在本文研究的模型基础上,进行被投企业的推荐研究。

参考文献

- [1] 黄葆春. 基于投融资和专利融合的投资方向发现模型[J]. 情报工程, 2022, 8(2): 109-118.
- [2] NAVONIL M, KORINA K, PAUL F. Exploring the modelling and simulation knowledge base through journal co-citation analysis[J]. *Scientometrics*, 2014, 98(3): 2145-2159.
- [3] TRUJILLO C M, LONG T M. Document co-citation analysis to enhance transdisciplinary research[J]. *Science Advances*, 2018, 4(1): e1701130.
- [4] Blaginin V, Smirnova A, Ergunova O, et al. Russia on world research front of industrial scientific direction[C]//International Conference "Actual Issues of Mechanical Engineering" 2017 (AIME 2017). Atlantis Press, 2017: 113-119.
- [5] 章小童, 阮建海, 引文网络主路径分析法演化脉络及研究现状的文献计量分析[J]. 情报资料工作, 2016(5): 61-66.
- [6] SHIBATA N, KAJIKAWA Y, TAKEDA Y, et al. Detecting emerging research fronts in regenerative

- medicine by the citation network analysis of scientific publications[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2011, 78(2): 274-282.
- [7] KLEINBERG J. Bursty and hierarchical structure in streams[J]. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2003, 7(4): 373-397
- [8] 洪娜, 张智雄, 乐小虬. 基于决策树的潜在爆发词探测方法 [J]. *情报学报*, 2012, 31(3): 228-241.
- [9] 赵丽梅, 张花. 我国大数据时代数字图书馆研究前沿分析 - 基于共词分析的视角 [J]. *情报科学*, 2019(3): 97-104.
- [10] 关鹏, 王曰芬, 傅柱. 不同语料下基于 LDA 主题模型的科学文献主题抽取效果分析 [J]. *图书情报工作*, 2016(2): 112-121.
- [11] 马腾, 曹吉鸣, 申良法. 知识转移研究演进脉络梳理及前沿热点探析——基于引文分析和共词分析 [J]. *软科学*, 2016(2): 121-125.
- [12] VAN D, BESSELAAR P, HEIMERIKS G. Mapping research topics using word- reference co-occurrences: a method and an exploratory case study[J]. *Scientometrics*, 2006, 68(3): 377-393
- [13] 张艺蔓, 马秀峰, 程结晶. 融合引文内容和全文本引文分析的知识流动研究 [J]. *情报杂志*, 2015(11): 50-54, 49.
- [14] KONG D J, LI M, ZHENG W J. To identify technology frontier for mass- customized production service converged with artificial intelligence based on patent data mining [C]//15th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM), 2018: 1-6.
- [15] 张婷, 安嘉璐. 基于专利分析的医学科技重点技术前沿领域的识别研究 [J]. *现代生物医学进展*, 2015, 15(32): 6371-6376.
- [16] 张振刚, 黄洁明, 陈一华. 基于专利计量的人工智能技术前沿识别及趋势分析 [J]. *科技管理研究*, 2018(5): 36-42.
- [17] FUJIMAGARI H, FUJITA K. Detecting research fronts using neural network model for weighted citation network analysis[J]. *Journal of Information Processing*, 2015, 23(6): 753-758.