本文发表于2023年6月4日至6月7日在斯洛文尼亚卢布尔雅那举行的第34届ISPIM创新大会。ISBN 978-952-65069-3-7。

创新管理信息：连接领先的研发企业与新兴技术

Xian Gong*

悉尼科技大学工程与信息技术学院，澳大利亚新南威尔士州悉尼。电子邮件：xian.gong@student.uts.edu.au * 通讯作者

Claire McFarland*

1. Beesness Pty Ltd.，澳大利亚 2. 悉尼科技大学工程与信息技术学院，澳大利亚新南威尔士州悉尼。电子邮件：claire.mcfarland@gmail.com * 通讯作者

Paul McCarthy

1. 数据科学研究所，悉尼科技大学，澳大利亚新南威尔士州。2. 新南威尔士大学悉尼分校计算机科学与工程学院，澳大利亚新南威尔士州。电子邮件：paul@onlinegravity.com

Colin Griffith

Data61，澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO），澳大利亚。电子邮件：colin.griffith@data61.csiro.au

Marian-Andrei Rizoiu

工程与信息技术学院，悉尼科技大学，澳大利亚新南威尔士州。电子邮件：Marian-Andrei.Rizoiu@uts.edu.au

摘要：了解新兴技术与研究与开发之间的关系，长期以来一直受到公司、政策制定者和研究人员的关注。本文结合新的数据来源和工具，运用一种新方法，构建了一个模型，将一组明确界定的新兴技术与全球研发支出领先企业联系起来。

本文发表于第34届ISPIM创新大会。该会议于2023年6月4日至6月7日在斯洛文尼亚卢布尔雅那举行。ISBN 978-952-65069-3-7。

结果是绘制出这一领域的新地图。这张地图揭示了技术与公司在各自维基百科简介所包含的知识方面的接近程度，使人们能够分析公司与新兴技术之间最紧密的关联。相关专利数据呈现出显著的正相关性，验证了这一方法。最后，研究将一组循环经济新兴技术与其最接近的研发支出领先企业相匹配，并由此提出未来研究方向：将该模型更广泛或更具体地应用于特定技术主题、公司竞争格局及国家利益问题。

关键词： 新兴技术；研究与开发；创新管理；语言模型；技术映射；经济学；企业研发支出。

1 引言与背景

了解公司如何使用新兴技术，包括其能力与专业化方向，正日益受到包括投资者、客户、供应商、员工，以及研究人员和政策制定者在内的广泛利益相关者的关注。

然而，在理解新兴技术的动态性与初生特征，以及投资于研究与开发的领先企业各自的能力和优势方面，传统的数据来源、分类体系和方法论存在局限。例如，专利分析——许多现有研究的关键数据来源——在制药业等某些行业中表现良好，但在软件开发等其他行业中的适用性则较低。

本研究以一种方法论为基础，利用基于维基百科所蕴含知识训练的机器学习模型，创建一份动态且结构化的最重要新兴技术清单。该方法利用了数万名学者和专家在维基百科上撰写技术相关文章所贡献的成果。维基百科是历史上规模最大、阅读量最高的参考资料库，并被评估为科学与技术信息的高度可靠来源（Bruckman，2022年）。

最终形成的100项新兴技术清单（ET100），是基于对维基百科中5万多篇与新兴技术概念最相关的文章进行分析后确定的，并将这些技术归入层次聚类（可按不同详细程度进行检索）。ET100清单的重要性已得到证实：维基百科相关文章受到的关注程度与对这些技术的当前投资之间呈正相关。此外，ET100与经济合作与发展组织、世界经济论坛和Gartner等组织发布的其他新兴技术清单相对应。

随后，研究采用类似的机器学习方法，描绘ET100与全球研发投资额最高的企业活动之间的关系。该方法使用欧盟委员会最新发布的全球研发支出最高公司清单——《2022年欧盟工业研发记分牌》（Grassano 等（2022）），并利用这些公司相应维基百科简介中包含的知识，找出公司与新兴技术之间最密切的关联。

近期研究展现了从词嵌入语言模型中提取详细技术信息及其他潜在知识的可能性

（Tshitoyan 等人，2019年；McFarland 等人，2022年）。本文展示了如何利用一种新型词嵌入语言模型中的潜在知识，绘制以下新图谱：

- 按研发投资排名的领先公司及其相互关系
- 全球新兴技术格局
- 这些领先研发投资公司与一组既定新兴技术（ET100）之间的关系。

2 问题是什么?

企业研发与新兴技术之间的关系很难大规模、动态地确定。

这主要有两个原因：首先，企业研发通常会被严格定向于开发新的产品和服务；其次，公司传达企业研发性质相关信息的方式，以及国家报告机构收集这些信息的方式，也造成了困难。

企业研发聚焦于产品和服务开发的证据，有时可以从已申请专利的记录、公司年度报告和媒体发布稿中获取。一些公司会公开其在推动新兴技术理解方面的投资[1]，但企业研发的大部分细节都未公开。

学术文献是企业研发案例研究的丰富来源，但缺少将一般化的企业群体（例如欧盟工业研发投资记分牌所涵盖的企业）与一份可靠的新兴技术清单联系起来的研究。

各国政府关注企业研发支出水平（在国民账户中称为企业研发支出），因为它有助于经济增长；但在此背景下，除基于传统行业分类或专家制定的分类体系所划分的宽泛类别外，通常很少收集有关研发投资性质的信息。企业研发支出按企业层面计量，通常按行业或一般研究领域报告[2]，并由经济合作与发展组织等机构在全球层面进行比较。

相比之下，研究人员和政策制定者往往只在单项技术层面或将新兴技术作为一个类别来考察。现有将新兴技术作为一个整体来理解的方法，大多依赖既有分类体系，例如标准行业分类代码——长期以来，人们一直认为这类代码不适用于考察高科技环境（Kile 和 Phillips，2009年）；或者依赖专家制定的类别，而这些类别缺乏动态性，因此难以维护。由此形成的新兴技术群体都无法揭示技术之间复杂的关系或联系，更不用说它们与任何企业之间的关系了。

因此，在考察全球研发投入最多的企业与新兴技术格局之间的关系方面仍存在空白。由于研发和新兴技术在创新中都发挥着重要作用，深入了解这些因素及其相互关系对创新管理者至关重要。

本文在第34届ISPIM创新大会上发表。该大会于2023年6月4日至6月7日在斯洛文尼亚卢布尔雅那举行。ISBN 978-952-65069-3-7。

3 当前认知：我们对这个问题了解多少?

从商业利益和政策制定者的角度，更深入地了解当前企业研发与新兴技术相关的情况，可为本研究提供重要背景。

新兴技术对公司的重要性

技术变革不仅是经济增长的核心，也在深刻地影响并重塑全球经济，近乎所有对近期历史的研究都印证了这一点。纵观上市公司，过去30年来，全球最大的公司已从以汽车制造商和化石燃料制造商为主，转变为数字科技巨头。

然而，从公司层面来看，技术无处不在，因此很难判断何时值得关注一项新技术。事实上，新兴技术的学术定义是：新颖、相对快速发展、具有对社会和经济产生重大影响的潜力，同时又存在一定程度的不确定性和模糊性（Rotolo, Hicks, & Martin, 2015）。这一界定使公司在权衡投资决策的风险与回报时面临挑战。

然而，预计 2023 年“新技术”市场规模将超过 1.3 万亿美元[3]。IDC 2020—2023 年全球 ICT 支出预测显示，未来 5 至 10 年，机器人技术、人工智能和增强现实 / 虚拟现实等新技术的市场份额将增长至 ICT 支出的 25%，尤其是企业通过实施云服务和自动化服务实现成本节约。这些预测是企业决策的重要依据，有助于企业在创造价值、回馈股东和客户、投资员工、与供应商建立合作伙伴关系，以及支持其运营所在的社区等方面作出决策[4]。

这一决策过程的一个组成部分是：企业是否会采用新兴技术、将新兴技术整合到新产品和服务中，或自主开发新兴技术。这些不同途径均包含企业研发的要素。

本文的重点在于探讨领先的研发支出企业与各项新兴技术之间的联系程度。

新兴技术对政策制定者的重要性

正如美国政府在宣布成立关键与新兴技术特使办公室时正式确认的那样，“技术日益成为地缘政治竞争以及国家安全、经济繁荣和民主未来的核心”[5]。尽管评论内容不可避免地大多聚焦于国家安全和民主问题，但对经济繁荣的强调对企业而言尤为重要。美国政府已确定了一份关键技术清单，涵盖生物技术、先进计算、人工智能和量子信息技术等领域[6]。

同样，欧盟最近发布了一份关于安全与国防关键技术的报告草案[7]，并宣布成立新的“关键技术观察站

”，重点关注太空、国防及相关民用部门的价值链和供应链[8]。

这两者汇聚于美欧贸易与技术委员会。该委员会旨在协调全球贸易、经济和技术领域的关键议题，并特别聚焦若干新兴技术[9]。

2022年欧盟工业研发投资记分牌反映出欧盟希望了解欧洲在企业研发总投资方面与美国和中国相比处于何种位置、具有哪些优势，以及欧盟如何在“绿色与数字化转型”方面脱颖而出。2022年7月发布的欧洲创新新议程旨在“促进新兴技术领域的企业创立与增长，从而推动各行业之间的溢出效应”。

政府对重点领域的指示必然会引导企业集中投资，因为这能带来有利于营造良好投资环境的确定性。

研发对企业的重要性

从2022年欧盟研发记分牌可以清楚看出，企业将大量资金投入研发。2021年，全球研发投资额最高的2500家公司约占全球企业资助研发总额的86%，总计10939亿欧元[10]。

企业研发支出与企业绩效之间的关系一直受到学术界和企业顾问的广泛研究。研究证据表明，研发支出能够提高未来的盈利能力（Branch 1974；Sougiannis 1994；Eberhart et al. 2004），并对市场价值（Sougiannis 1994；Armstrong et al. 2006）和股票回报（Lev and Sougiannis 1996；Chan et al. 2001；Kim，2022年）产生积极影响。

本文关注的核心问题是，所有这些企业研发活动与新兴技术之间存在怎样的关系。

企业研发对政策制定者的重要性

长期以来，研发投资一直被认为是经济增长的关键驱动力。企业研发在许多国家的研发总支出中占据相当大的比重，因此各国制定了旨在刺激企业研发的政策工具，包括优惠的税收待遇以及针对特定行业的直接补贴。在国家层面对研发投资（公共和私人）水平进行比较的做法[11] 已成为衡量承诺与绩效的一项指标（Schot 和 Steinmueller，2018）。研发溢出是指某一实体（例如政府）的投资对其他实体（例如企业）产生有益影响（Grossman 和 Helpman，1992；Griliches，1992），这是政府进行研发投资时需要重点考虑的因素。此外，公司对政府研发成果的商业化已成为日益受关注的领域[12]。

本文曾在2023年6月4日至6月7日于斯洛文尼亚卢布尔雅那举行的第34届ISPIM创新大会上发表。ISBN 978-952-65069-3-7。

4 当前认知的局限、论点与研究问题

这些因素在宏观层面的交汇，对于政策制定者、学者和着眼未来的公司而言都颇具意义。目前可获得的数据相互割裂。例如，企业发布的媒体发布稿或年度报告更新中有关其研发项目的信息，提供的是一种有偏差的（由公司发起的）视角。经济合作与发展组织各国政府所收集的研发支出数据提供了宏观视角；尽管这些数据能够在行业层面提供一定洞见，却很少反映技术层面的支出方向。

领先企业的研发，以及这些企业与新兴技术之间的关系，都在创新中发挥着重要作用。因此，深入了解这两个因素及其相互关系，是创新管理者重点关注的问题。

本文提出以下论点：词嵌入语言模型能够提供一种方法，用于描绘新兴技术与研发投入领先企业之间的接近程度（反之亦然）；还可以借助专利数量等成熟的第三方数据对这些图谱进行交叉验证。为此，本文试图回答以下问题：

- 按研发支出计算，哪些新兴技术与前500家企业最为接近？
- 对于确定的100项领先新兴技术，前500家研发支出企业中，哪家公司与每项技术最为接近？
- 从二维视角来看，这个合并后的数据集是什么样的？有哪些明显的簇？出现了哪些异常值？这又引出了哪些进一步的问题？

5 方法论

这篇关于实践中的创新的论文，以先前运用机器学习聚类技术对新兴技术进行分类的研究为基础，并将一组经过明确定义、稳健可靠的领先新兴技术，与在国际层面上研发支出最高的企业联系起来。

新兴技术清单（ET100）通过机器学习分析不同技术描述方式之间的相似性，绘制数千种单项技术及其相互关系而构建而成。这种方法形成了一套新颖的多层级技术分类体系，揭示了所有技术之间的复杂关系，让人们得以深入了解彼此最接近的技术，以及在不同技术生态系统中联系最紧密的技术。它还构成了一个基础，可用于分析其他数据来源。

本研究所使用的自然语言处理工具基于完整的英文维基百科语料库进行训练，该语料库包含 440 万篇文章和 19 亿个词条，由超过 4000 万名编辑创建。该工具包称为 Wikipedia2vec（Yamada 等，2018），能够将定义的实体向量表示在同一个高维向量空间中。它从维基百科中学习高质量的词嵌入，将语义相近的词语和实体置于向量空间中彼此接近的位置，并纳入其他信息

这些信息来自维基百科，例如文章标题、链接和类别。实体向量尤其强大，因为它们基于规模庞大的多语言维基百科文章语料库进行训练，该语料库涵盖广泛的主题和领域。这意味着实体向量很可能能够捕捉实体之间各种各样的语义关系，包括跨越不同语言和文化的关系。

本研究的基础工作将维基百科中「新兴技术」顶级类别下的所有子类别和页面，以及与《2022年欧盟工业研发投资记分牌》中所列企业相关的所有维基百科页面，定义为实体向量。研究设计了一种算法，用于揭示这些既定实体的嵌入或「相似性」，本文也将其称为链接或关联。由此得到的模型在下文中称为「ET100/R&D Links」模型。

由于技术和组织属于不同类型的实体，本文引入机器翻译中的正交矩阵概念，将公司空间旋转至与技术空间对齐。这些矩阵特别有用，因为它们能够保留向量之间的距离和角度，从而有助于在对齐过程中维持企业与技术之间的语义关系。降维和聚类分析可生成可视化结果，有效呈现技术与公司之间的关系。此外，这些方法还能提升可解释性，并通过将相似实体归入同一簇来识别它们之间的关系。

最终形成的“ET100/R&D Links”模型可视化为一张地图，展示了识别出的100项新兴技术以及按研发支出排名领先的约700家公司。该地图还揭示了与每家公司距离最近的新兴技术、与每项新兴技术距离最近的公司，以及单个公司与单项技术之间、公司群体与技术群体之间的关系。

“相似性”和“距离”指的是对“ET100/R&D Links”模型中新兴技术和公司位置关系的数学转化。每项新兴技术和每家公司都由一个独特的向量表示，因此可以测量它们之间的距离。

6 研究发现

这种用于考察新兴技术与领先研发公司之间关系的新颖方法，形成了可视化为地图的“ET100/R&D Links”模型，使研究人员能够探究一系列探索性研究问题，同时也引出了其他问题。

新兴技术与领先研发公司的地图揭示了各个簇和空白区域

首先从宏观视角来看，图 1 展示了公司与新兴技术的优化且经过交叉验证的地图。图中显然存在若干公司与技术簇。地图上还有一片区域密度较低——那里

本文发表于2023年6月4日至6月7日在斯洛文尼亚卢布尔雅那举行的第34届ISPIM创新大会。ISBN 978-952-65069-3-7。

公司之间的空白区域更大。请注意，公司气泡的大小反映了其研发投资的规模。气泡越大，投资额越高。

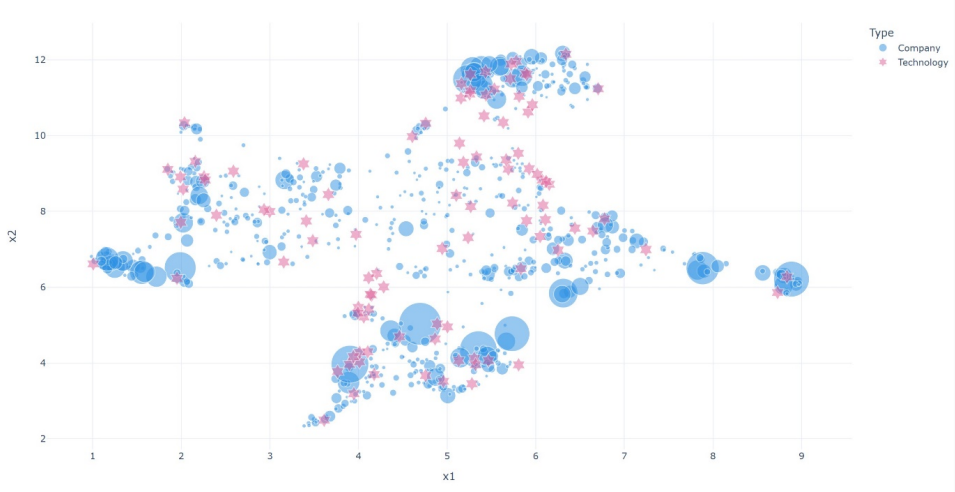
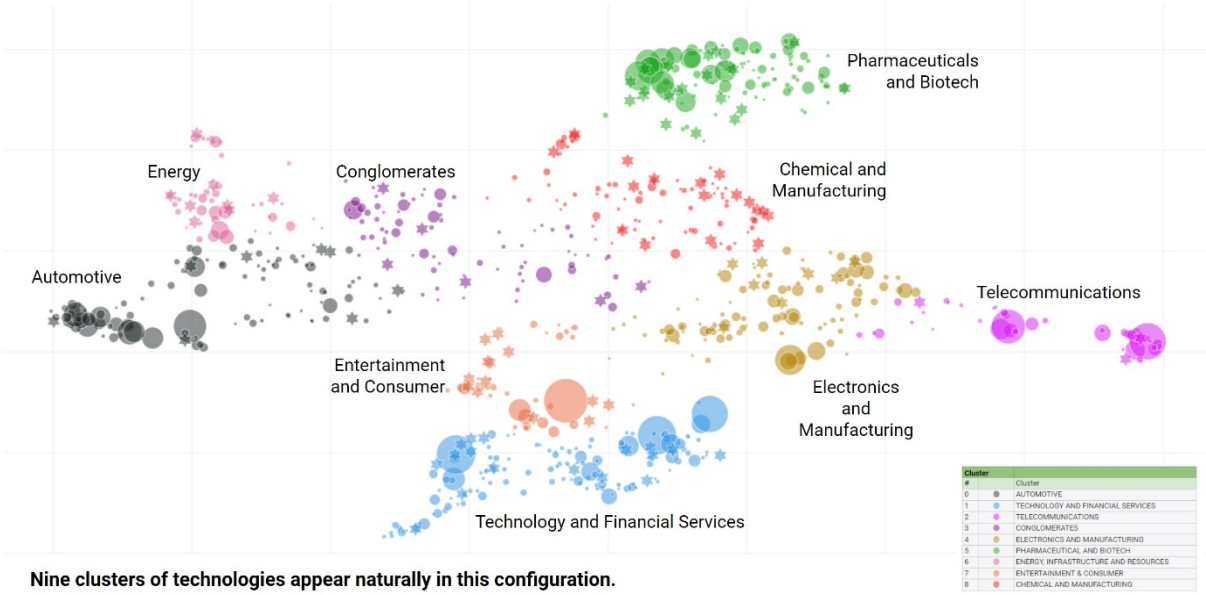


图 1 新兴技术与领先研发支出企业地图可视化，展示研发支出之间的距离和相对规模。

通过层次聚类，研究人员在这张图中识别出九个由公司和技术构成的自然群组或簇，如图 2 所示。研究人员使用 GPT-3 为各个公司群组拟定描述性标签；作者综合考虑了这一建议以及簇中最具代表性的行业，最终确定了当前这份标签列表。

两个公司簇中，紧密关联的新兴技术高度集中，分别是技术与金融服务集群（17 项技术）和制药与生物技术集群（20 项技术）。这并不令人意外，反映了这两个领域的成熟度及其广泛应用。

相比之下，电信领域的公司簇中，邻近新兴技术的集中程度最低，只有三项新兴技术与该簇内的公司较为接近。此外，尽管其最近的相邻簇是电子与制造业，但电信簇与多项通常被认为与电信行业密切相关的新兴技术仍有一定距离，例如本地定位系统和物联网。



Nine clusters of technologies appear naturally in this configuration.

图2 层次聚类揭示了领先研发支出企业与新兴技术之间的九个自然分组。

回到图中相对空白区域较多的部分，这里的公司和技术密度都较低，有两个值得注意的发现。首先，与关联更紧密的簇中出现的一些技术相比，这一区域内的技术在定义和应用方面都更为具体。例如，现阶段小卫星和分布式声学传感都有非常明确的应用领域。

第二个洞察是，处于这一空白区域的公司在研发方面的支出普遍较低，相比之下，大部分公司的研发支出低于 5 亿欧元。这部分图谱中没有研发支出“巨额”的公司。请注意，界定更为紧密的公司和技术簇通常包含一些研发支出“巨额”的公司，以及若干密切相关的技术。这是否能证明这些簇内正在形成研发生态系统?

放大视角之一：与研发支出领先公司最接近的新兴技术

除了地图可视化之外，还可以放大查看“ET100/R&D Links”模型，以考察两个方面。首先是与出现在2022年欧盟工业研发投资记分牌中的公司最接近的技术。在展示这些最接近的技术的同时，该模型还提供了一个比较视角，用于观察与不同公司对应的一组最接近技术的相对位置。对于一些公司而言，多项技术聚集在一起；对于另一些公司而言，存在一项最接近的技术，之后与下一项最接近技术之间有一定距离；而对于其他公司而言，各项相近技术之间的间距则较为均匀。图3列出了部分公司及其排名前五的最接近技术位置，以说明这一点。

本文发表于2023年6月4日至6月7日在斯洛文尼亚卢布尔雅那举行的第34届ISPIM创新大会。ISBN 978-952-65069-3-7。

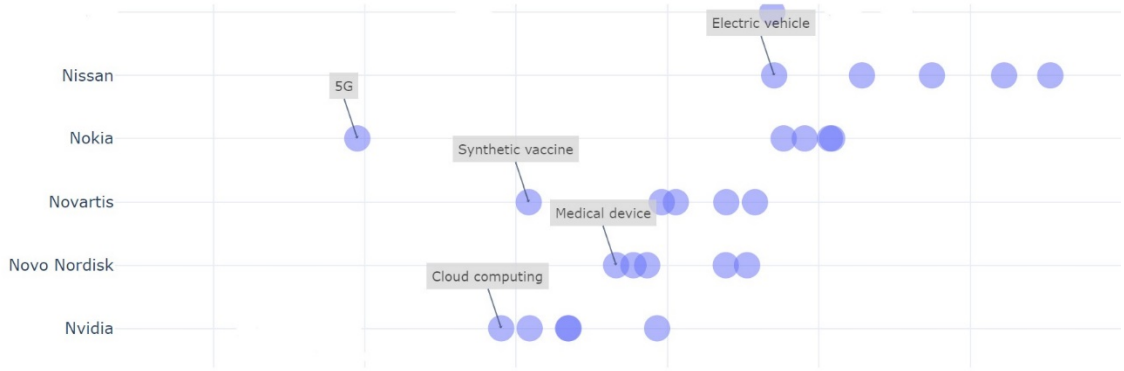


图3 部分领先研发支出企业及其最接近的新兴技术。

仔细查看图3可以清楚地看到，5G与电信公司诺基亚的最接近技术之间存在一定距离；排名其后的技术分别是统一通信、物联网、本地定位系统和云计算，而后面这四项技术彼此聚集在一起。

相比之下，与汽车公司日产最接近的技术是电动汽车，不过其接近程度仅大致相当于统一通信与诺基亚之间的接近程度。与日产接近的其他技术包括车队管理、燃料电池、自动驾驶汽车和生物燃料能量含量。这四项技术之间的间距相对均匀，且它们与日产的距离都比诺基亚最接近的五项技术的位置更远。

诺华和诺和诺德都是制药公司，尽管它们最接近的技术有所不同，诺华对应的是合成疫苗，诺和诺德对应的是医疗器械，但除此之外，两家公司也有一些相似之处。对于两家公司而言，第二和第三接近的技术都是生物技术和细胞疗法，而且这两项技术与诺和诺德的距离都相对更近。除此之外，诺华最接近的五项技术还包括疫苗效力和神经技术，分别位列第四和第五；诺和诺德的第四和第五位则分别是再生医学和临床肿瘤学。

聚焦视角二：最接近 *ET100* 所定义新兴技术的公司

从另一个角度来看，欧盟工业研发投资记分牌中的哪些公司最接近 ET100 中的新兴技术，也能发现这些公司在一维视角下的定位存在显著差异。图 4 展示了一部分技术，以说明这一点。

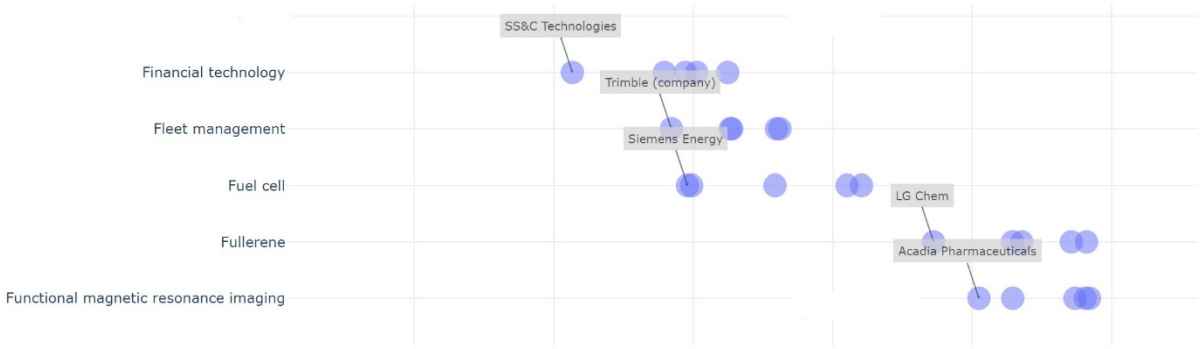


图4 部分新兴技术及与其最密切相关的领先研发支出企业

在这组技术中，富勒烯和功能性磁共振成像附近没有相对接近的公司，这表明它们仍处于萌芽阶段；而较为成熟的金融科技（fintech）、车队管理和燃料电池技术附近，都已有成熟公司。

在全部 100 项新兴技术中，与最接近的竞争对手相比，一些公司似乎在与相关技术的关联上占据了更显著的领先地位。例如，在全基因组测序领域，Illumina 远远领先于最接近的竞争对手；而在 5G 领域，以中国移动、诺基亚和 CommScope 为代表的多家全球电信运营商和原始设备制造商（OEM）则彼此较为接近。这引出了一个问题：关联程度的接近是否与相对市场份额或其他优势衡量指标相对应？这或许是未来研究的一个机会。

放大视角三：循环经济技术与领先的研发支出企业

具体来看循环经济技术（CETs），可使用“ET100/R&D Links”模型，调查在《2022年欧盟工业研发投资记分牌》[13]中被列为循环经济技术领域领先发明者的顶尖公司所涉及的最密切相关的新兴技术。

例如，欧洲跨国公司巴斯夫被《2022年欧盟工业研发投资记分牌》认定为在多个行业（建筑、化学品和塑料、化肥、金属以及电池与燃料电池）中对关键与新兴技术进行发明的欧洲领先企业。在“ET100/R&D Links”模型中，与巴斯夫距离最近的五项新兴技术是智能材料、生物技术、合成疫苗、半导体以及碳捕集与封存。

反过来，也可以从新兴技术的视角对“ET100/R&D Links”模型进行考察。选取少数几项应用于循环经济的新兴技术，并根据表1确定2022年欧盟工业研发投资记分牌中的哪家公司与其最为接近，可以深入了解循环经济技术（CET）领域的格局。

本文发表于2023年6月4日至6月7日在斯洛文尼亚卢布尔雅那举行的第34届ISPIM创新大会。ISBN 978-952-65069-3-7。

表 1 在“ET100/R&D”关联模型中，与各项已识别的循环经济新兴技术最匹配的领先研发支出公司

循环经济新兴技术	*2022*年欧盟工业研发投资排行榜
生物催化	诺维信
生物材料	三井化学
碳捕集与封存	西门子能源
能源管理	华能电力
电网储能	金风科技
微电网	西门子能源
精准农业	海克斯康 AB

来源：ET100/研发联系模型

专利分析验证

最后，由于这是一项探索性研究，另一个值得关注的问题是：在“ET100/R&D Links”模型中构建的这组领先研发支出企业与新兴技术之间的关系，是否与现有研究或第三方数据一致？为确定这一点，我们对与新兴技术及“ET100/R&D Links”模型中的公司相关的全球专利数据进行了分析。

考察欧盟工业研发投资记分牌中一组领先公司在 ET100 所涵盖的所有新兴技术领域的全球专利数量，可以发现，其中近一半（n=48）与“ET100/R&D Links”模型中的相似性度量呈显著正相关。

ET100 中专利活动频繁的医疗技术（临床肿瘤学、疫苗效力、生物技术）相关性最强。许多相关性不显著的技术要么非常新，专利发展势头可能尚不强劲，要么属于非常具体的技术，专利活动也可能不多。还要注意，专利在某些行业（如制药业）中适用性很高，而在其他行业（如软件）中则低得多。这也为未来研究提供了另一个机会，以便更好地理解这种相关模式的意义。

图5展示了所开展的专利分析示例，其中列出了语音识别领域的专利数量与“ET100/R&D Links”模型相似度指标之间的相关性。

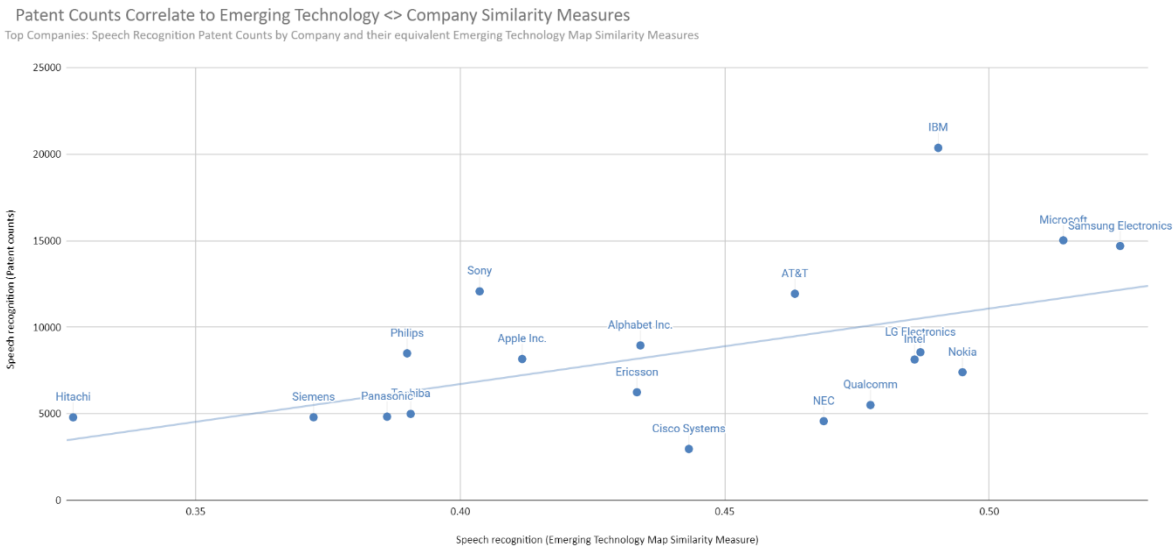


图 5 语音识别技术的专利数量与“ET100/R&D Links”模型之间显著正相关的示例。

7 局限性、重要意义（及潜在的新研究领域）

采用这种方法研究研发支出最高的公司与一份明确的新兴技术清单之间的联系时，需要注意一些限定条件，这与部分公司和某些新兴技术之间联系的特征描述有关。由于方法论本身的性质，技术与公司之间关联的确切性质可能需要进一步解读。这种关联可能表明公司已对某项技术进行投资，也可能是相邻领域的联系，揭示公司以新颖方式利用某项技术的潜力；还可能表明与某项技术的特定用途或关注点相关的其他联系。

无法确定“ET100/R&D Links”模型中观察到的关联是否源于相关公司对相关新兴技术的投资。例如，食品跨国公司亿滋似乎与疫苗效力有关，这是因为该公司制定了为所有员工接种疫苗的政策，而非因为其参与了疫苗领域此类技术的开发。此外，有些关联反映了词语含义多重或模糊的情况。例如，“微卫星”一词既与生物技术领域的基因组分析有关，也与太空产业有关。

这种差异是诸如本文所采用的“ET100/R&D Links”模型这类自然语言处理模型的自然结果，也正因如此，专家解读在研究中至关重要。在本例中，需要结合具体情境，解读具体公司与技术之间关联的性质，并提出这样的问题：“为何这两组中蕴含的知识都揭示出一种特定的关联？”

本文发表于2023年6月4日至6月7日在斯洛文尼亚卢布尔雅那举行的第34届ISPIM创新大会。ISBN 978-952-65069-3-7。

对于商业创新管理者而言，这项研究揭示了领先的研发企业之间的竞争格局。这为制定战略规划提供了丰富的信息，也有助于发掘潜在的战略合作机会或并购活动。“ET100/R&D Links”模型与公司的专利活动及具体技术（如语音识别案例所示）之间的相关性表明，该模型在一定程度上反映了技术实力和/或能力。因此，“ET100/R&D Links”模型所呈现的信息有助于洞察各公司在新兴技术开发领域的潜在投资方向。

对于政策制定者而言，了解特定新兴技术与特定公司之间的关联程度，可进一步揭示研发投资的流向；这类信息在各种政策情境中都可能具有价值。

对于创新研究人员而言，本文及其配套演讲或许能启发新的研究方向。对于其他研究人员而言，本文或许能为研究合作提供思路。

除了本文探讨的方法之外，支撑“ET100/R&D Links”模型的方法论还可广泛或聚焦地应用于研究更广泛的技术和公司清单。针对特定技术主题进行深入研究的一些潜在方向包括循环经济技术、大流行病韧性与应对相关技术，以及量子计算相关技术。或者，也可以通过界定一组具有竞争关系的公司来应用该方法论，以了解这些公司所处的技术格局。这对于成熟公司和新进入者都可能有所启发。该方法论还可应用于定制的技术和公司清单，以研究国家利益的特定领域，例如关键技术现状或主要供应链环境。

该方法论的整体优势在于能够大规模识别新兴技术与领先研发支出企业之间的联系及关联。联系网络错综复杂，但总体上准确无误。借助这一方法，可以发现并探索邻接关系，无论是在公司层面、新兴技术层面，还是国家/区域层面。本研究也引出了许多其他问题，其中一些已在此列出。作者期待进一步探索在首次展示这项研究的 ISPIM 2023大会上所产生的机会。

参考文献与注释

Armstrong, C., Davila, A., & Foster, G. (2006). 风险投资支持的私募股权估值与财务报表信息。Review of Accounting Studies, 11(1), 119–154.

Branch, B.（1974）。研发活动与盈利能力：分布滞后分析。Journal of Political Economy，82（5），999–1011。Bruckman, A.S.（2002）。你应该相信维基百科吗？在线社区与知识建构，剑桥大学出版社。

Chan, L., Lakonishok, J., & Sougiannis, T. (2001). 研发支出的股票市场估值。《金融学杂志》，56(6)，2431–2456。

Eberhart, A.、Maxwell, W. 和 Siddique, A.（2004）。研发投入增加后长期异常股票收益与经营业绩的考察。《金融学杂志》，59（2），623–650。

Grassano, N.、Hernandez Guevara, H.、Fako, P.、Nindl, E.、Georgakaki, A.、Ince, E.、Napolitano, L.、Rentocchini, F.、Tubke, A.（2022年）。《2022年欧盟工业研发投资记分牌》，欧盟出版局，卢森堡。doi:10.2760/485748，JRC132035。

Griliches, Z.（1992），“研发溢出的探寻”，《斯堪的纳维亚经济学杂志》，94（增刊）：第29–47页。

Grossman, G.M. 和 E. Helpman（1992），《全球经济中的创新与增长》，麻省理工学院出版社，剑桥（马萨诸塞州）/伦敦（英国）。

Kim, Jinyoung，《新技术与股票回报》（2022年12月11日）。可通过 SSRN 获取：https://ssrn.com/abstract=4299577 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4299577

Kile, C. O., & Phillips, M. E.（2009年）。使用行业分类代码抽样高科技企业：分析与建议。《会计、审计与金融杂志》，24(1)，35–58。https://doi.org/10.1177/0148558X0902400104

Lev, B., & Sougiannis, T.（1996年）。研发的资本化、摊销与价值相关性。《会计与经济学杂志》，21，107–138。

Marshall, E.（1987年）。经济增长理论诺贝尔奖：三十年前，Solow 证明了技术而非资本才是推动经济增长的关键因素——这一见解如今已被视为理所当然。《科学》（美国科学促进会），238(4828)，754–755。https://doi.org/10.1126/science.238.4828.754

McFarland, Claire；McCarthy, Paul；Gong, Xian；Griffith, Colin (2022年)，新南威尔士州新兴技术：绘制全景并识别比较优势。《澳大利亚联邦科学与工业研究组织 Data61》，澳大利亚。

Romer, Paul M.，（1990年）“内生技术变革。” Journal of Political Econo my 98，第5期，第2部分：S71-S102。

Sougiannis, T.（1994）。企业研发的会计估值。《会计评论》69(1)，44–68。https://www.jstor.org/stable/248260

Tshitoyan, Vahe、John Dagdelen、Leigh Weston、Alexander Dunn、Ziqin Rong、Olga Kononova、Kristin A. Persson、Gerbrand Ceder 和 Anubhav Jain。“无监督词嵌入从材料科学文献中捕捉潜在知识。”《自然》571，第7763期（2019年）：95-98。

Yamada, I., Asai, A., Sakuma, J., Shindo, H., Takeda, H., Takefuji, Y., & Matsumoto, Y.（2018）。

本文发表于2023年6月4日至6月7日在斯洛文尼亚卢布尔雅那举行的第34届ISPIM创新大会。ISBN 978-952-65069-3-7。

[1] 例如，包括 IBM、微软、谷歌和英特尔在内的多家大型科技公司，正通过 VentureBeat 在量子计算研发领域进行大量投资 https://venturebeat.com/data-infrastructure/quantum-progress-how-ibm-microsoft-google-and-intel-compare/，访问于2023年4月。2 收集的研究领域示例包括“信息与计算科学”“工程学”以及“农业、兽医与食品科学”。3 2023 4 2020 IDC——全球 ICT 支出预测——关于公司宗旨的声明，来源：商业圆桌会议 https://system.businessroundtable.org/app/uploads/sites/5/2023/02/WSJ_BRT_POC¯Ad.pdf，访问于2023年4月。5 国务院新闻发布会——2023年1月3日，来源：美国国务院 https://www.state.gov/briefings/department-press-briefing-january-3-2023/，访问于2023年4月[6] 关键与新兴技术清单更新，来源：白宫官网 https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/02/02-2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf。另见美国关键与新兴技术战略，来源：维韦卡南达国际基金会 (vifindia.org) https://www.vifindia.org/article/2023/january/30/us-critical-and-emerging-technology-strategy，访问于2023年4月。7 安全与国防关键技术：现状与未来挑战 (2022/2079 (INI)) https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/ITRE-PR-738598_EN.pdf，来源：欧洲议会工业、研究与能源委员会，访问于2023年4月。8 请注意，欧盟因推出新的民用、国防与航天产业协同作用行动计划而采取了新的举措。 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pt/QANDA_21_652 问答：民用、国防与航天产业协同作用，来源：欧盟官网，访问于2023年4月。9 美欧贸易与技术委员会 https://www.trade.gov/useuttc，来源：国际贸易管理局，访问于2023年4月。10 2022年欧盟工业研发投资记分牌 | IRI (europa.eu) https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2022-eu-industrial-rd-investment-scoreboard，来源：欧盟官网，访问于2023年4月。11 经济合作与发展组织定期以多种形式收集并发布这些数据。经合组织的出版物包括《主要指标与科学技术》(MSTI)、《经合组织科学、技术与工业计分牌》以及众多数据集。 https://www.oecd.org/sti/inno/researchanddevelopmentstatisticsrds.htm，来源：研发统计 (RDS)——经济合作与发展组织，访问于2023年4月。12 例如，美国政府开展了一系列与联邦资助研发成果商业化相关的举措，包括 https://www.nist.gov/tpo/lab-market，来源：实验室到市场 (L2M) | 美国国家标准与技术研究院。在澳大利亚，新南威尔士州政府也高度重视这一领域，https://www.dpc.nsw.gov.au/publications/categories/turning-ideas-into-jobs-accelerating-research-and-development-in-nsw/《让想法转化为就业：加快新南威尔士州的研究与开发》，来源：州长与内阁部，访问于2023年4月。13 表5.3 2010—2019年各行业在关键与新兴技术领域进行发明的记分牌前五家公司，摘自2022年欧盟工业研发投资记分牌 | IRI (europa.eu) https://iri.jrc.ec.europa.eu/scoreboard/2022-eu-industrial-rd-investment-scoreboard，来源：欧盟官网，展示了全球和欧洲视角下的公司。此处列举少量示例，以说明“ET100/R&D Links”模型的优势及适用性。