doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.006

开放科学
（资源服务）
标识码
（OSID）

基于 LOGISTIC 拟合的动态技术轨道识别与评价研究

汪锦霞　刘向

华中师范大学信息管理学院 武汉 430079

摘要：准确而有效地识别技术轨道具有十分重要的理论和实践意义，评价识别出的技术轨道的合理性也是当前研究重点之一。本研究结合技术生命周期理论和多波 LOGISTIC 拟合对技术发展阶段进行了划分，运用主路径方法识别各个阶段的技术轨道，将分阶段技术轨道和全阶段技术轨道相结合。通过将其路径上的节点的技术主题与该阶段的所有专利数据的主题聚类结果进行比较，证实了分阶段识别出的技术轨道符合该领域的技术主题，并揭示了动态技术轨道能够更精细的展示技术发展的脉络细节。

关键词：引文网络；主路径分析；LOGISTIC 拟合；聚类

中图分类号：G353.1

Research on Identification and Evaluation of Dynamic Technological Trajectory Based on Logistic Model

WANG Jinxia　LIU Xiang

School of information management, Central China Normal University, Wuhan 430079, China

Abstract: Accurate and effective identification of technological trajectory is of great theoretical and practical significance, and the evaluation of the rationality of the technological trajectory is also one of the current research focuses. In this study, the technology development stages are divided based on the technology life cycle theory and multiple-wave logistic fitting. The main path method is used to identify the technological trajectory in each stage, and the technology tracks in different stages

基金项目：国家自然科学基金项目“专利引证网络中创新节点的浮现与长期演化研究”（71673106）。

作者简介：汪锦霞 (1994-)，硕士，研究方向：知识网络与知识演化研究，E-mail：1825415345@qq.com；刘向 (1983-)，博士，副教授，研究方向：知识网络与知识演化研究。

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.006

are combined with the technology tracks in all stages. By comparing the technical topic of the node on its path with the topic clustering results of all patent data in this stage, it is confirmed that the technological trajectory identified in this stage conforms to the technical topic in this field, and reveals that the dynamic technical track can show the details of the technical development more precisely.
Keywords: Citation network; main path analysis; logistic fitting; clustering

引言

1989 年 Hummon 与 Doreain[1] 发表了关于引文网络连通性的应用研究，介绍了搜索路径连接统计值（Search Path Link Count，SPLC）和搜索路径节点对统计值（Search Path Node Pair，SPNP）两种路径搜索算法。Verspagen[2] 将它们应用于燃料电池领域的技术路径识别，证实了这两种路径识别算法在专利引文网络中的可行性，还提出了一种新算法 NETP（Network of the Evolution of Top Path）。这三种方法是当前主流的集中主路径识别算法，被陆续应用于不同领域的技术轨道分析。国内学者主要是对这些方法进行一定的改进并应用在不同的领域，彭爱东等人 [3] 运用搜索路径连接统计值和搜索路径节点对统计值算法，识别了激光显示技术领域的技术轨道并进行了合理性验证。应用搜索路径连接统计法和搜索路径节点对统计法计算引证路径的连接度，学者许琦 [4] 提出了一种基于专利引证网络的技术进化路线提取算法，以数据挖掘领域为例从继承性和延续性的角度分析了各阶段技术的发展情况。主路径方法不仅可以用于识别技术演进路径，还可以通过节点所在的位置和特征确定节点重要性 [5]。另外，主路径方法还被应用于研究前沿的转变动力学方面，通过文本分析来预测重大转变，Diana Lucio-Arias1 和 Loet Leydesdorff 应用 HistCite，运用主路径分析和路径依赖的转变等方法构建科学领域知识发展的结构主干，并用社会网络分析和信息理论算法丰富 HistCite 输出的结果 [6]。

只通过直接引用关系来构建引文网络会忽略文献的一些其他的重要属性，为了克服这个问题，一些学者提出了新的构建路径网络的方法。一种是通过专利的关联关系来建立专利技术网络，设计动态支持度阈值来进行专利引文过滤，采用局域、全局和关键路线搜索算法简化技术路径，该方法在选取关键专利节点和描述专利关系上更加合理准确 [7]。另一种方法是进行专利文本主题挖掘并进行专利主题相似度计算，利用语义相似度构建加权有限引用网络，识别出涵盖特定技术领域的多主题演化路径 [8]。还有学者将每篇文献的参考文献视为一条研究路径，将某一领域大量的参考文献研究路径叠加在一起，从而构成该领域的路径网络，权重最大的路径即为该领域的主路径，以超导材料领域的专利数据为例验证了这一方法的有效性 [9]。

文本挖掘的方法也被用于探索技术轨道和新兴技术的识别，这是当前技术发展分析的研究热点。利用文本挖掘的技术来提取关键词，根据关键词出现的频率来反映该科技领域的研

究状况[10]。周源等人[11]对引文网络的聚类结果利用文本挖掘进行主题提取，对比分析不同时间段内的主题联系分析演化路径，并以增材制造领域为例进行实证研究。Young 等人[12]提出一种基于语义专利分析可视化的方法分析技术演化，结合专利申请日期建立了专利地图，进而预测新兴技术。方曙[13]对这一方法进行了改进，采用分类号替代关键词作为专利文档聚类的基础，采用更适合小样本聚类的系统聚类分析法。还有学者通过挖掘用闭频繁项集之间的关联规则建立起术语层次网络，以术语层次网络为依托创建分析技术的演化发展趋势，并以硬盘驱动器磁头领域的实证研究证明该方法的可行性[14]。

经典主路径算法最常被研究者用于识别演化路径中的关键专利文献节点，但是极少有学者关注技术演化的动态性特点。黄鲁成[15]，范维熙等人[16]用主路径方法都对太阳能电池技术领域的技术轨道进行了识别，并提出对技术轨道划分技术发展阶段，为技术轨道识别提供了新的思路。这些方法能够从一定程度考虑到技术轨道的动态性特点，选择合适的技术阶段划分方法是非常重要的。在探究如何从技术发展本身来探索动态性特点对于发展路径的影响方面，本文采用的是技术发展生命周期模型，充分利用专利累计数据来完成技术阶段划分。生命周期模型目前主要与一系列专利技术组合来做专利技术预测。钟华等[17]利用 LOGISTIC 模型进行技术生命周期判断，与专利指标相结合分析技术领域的发展优势；赵莉晓[18]应用技术生命周期理论和 LOGISTIC 模型，对射频识别（RFID）技术进行技术预测研究和生命周期阶段判断。

本文针对技术轨道的动态性特点，在进行技术轨道识别的过程中加入时间序列，运用 LOGISTIC 拟合分阶段识别技术轨道，并将识别出的分阶段技术轨道融合到整体的技术轨道中去，分阶段技术轨道是在不偏离技术主题的基础上，对整体技术轨道的细节补充，为本领域的研究者和从业者提供有价值的参考。最后通过以下方法来评价技术轨道：对提取的动态技术轨道上的专利进行文本聚类分析，并与全部专利数据文本聚类结果进行对比，分析技术轨道识别方法的合理性。

1 理论基础

1.1 主路径方法

主路径分析首先由 Hummon 和 Doreian 提出，这是一种不同于以往的分析引文网络的方法，他们关注引文网络中的链接而不是节点，其中最常用的引文链接组成“主路径”，并认为，基于最常用路径选择的主路径将识别文献的主流。为了使方法更加实用，Liu 和 Lu[19]将该方法扩展到包含关键路径的搜索。Key-route 搜索最有价值的特性是，可以通过调整 Key-route 数量来改变主路径的不同级别。

主路径分析分为两个步骤。第一步是在一个引用网络中获得每个链接的遍历计数；第二步根据遍历计数的大小链接重要的链接，搜索主路径。在进行主路径分析之前，需要建立一个引文网络。遍历计数测量一个链接的重要性，常见的几种遍历计数包括搜索路径计数 (SPC)、搜索路径链接计数 (SPLC)、搜索路径节点对

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.006

(SPNP) 等，这些遍历计数记为 SPX。一个链接的 SPC 值是一个链路从所有源运行到所有汇的所有可能路径的遍历次数；一个链接的 SPLC 是一个链路从尾节点的所有祖先 (包括头节点) 运行到所有汇的所有可能路径的遍历次数；一个链接的 SPNP 是一个链路被遍历的次数，如果一个链路从尾节点的所有祖先 (包括它头节点) 运行到头节点的所有后代 (包括尾节点)。根据遍历计数，可以搜索最重要的路径，搜索策略包括本地、全局和关键路径搜索。局域搜索（Local search）指的是在搜索路径中总是选择 SPX 值最高的链接作为下一条链接；全局搜索（Global search）指在引文网络的路径搜索中选择 SPX 总和最高的路径；关键路径搜索（Key-route search）是从指定的链接（关键路线）出发，通过前向、逆向搜索来获取主路径，为了从而保证重要链接的包含性。

本文在识别技术轨道时选取 SPC 值作为遍历计数指标，分别采用前向局域搜索、全局搜索、关键路线搜索三种策略进行搜索，获取技术轨道。

1.2 技术生命周期与LOGISTIC拟合

S 曲线又称生命周期曲线，是以目标技术领域的资源为计算数据源来选择最佳的线性回归方法，模拟出成长曲线，并推测未来的发展态势。一般来说，一个领域的技术发展会经历萌芽期、成长期、成熟期以及饱和期四个阶段，这些阶段组成了该领域的技术生命周期，见图 1。

LOGISTIC 预测模型是 1838 年，Verhulst 为预测人口数量及控制人口增长提出来的，后来不仅被用于动植物生长发育和繁殖等研究，还应用于社会现象的研究。一个由此变化而来的方程式便是：

$$N = \frac{K}{1+e^{\alpha - rt}} \qquad (1)$$

在最初的生物类应用场景中，公式（1）中的 N 代表的三个指标分别为: 生物量(biomass)、生长量(growth)和其他数量指标(如发病数等)，t 为时间（或温度等）序列，r 与 k 两者都代表了常数，其中常数 r 为内禀自然增长率或瞬时增长率（instantaneous growth rate），k 则代表了环境负载力或容纳量（carrying capacity），e 为自然对数底，a 为积分常数。公式即为 S 形 LOGISTIC 累计分布曲线方程。

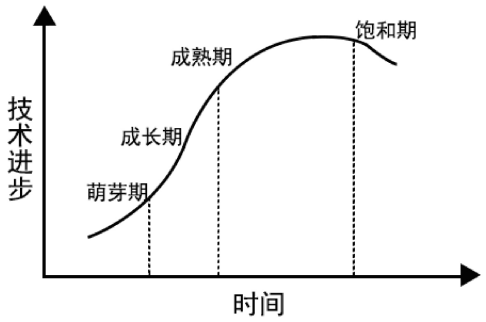

图 1 技术生命周期图

LOGISTIC 分布的运用范围已经从生物群体扩展到了人口统计学、经济学、政治学、化学等各个方面。很多学者研究了该模型的参数估计、估计的容许性、假设检验和预测，结合 LOGISTIC 模型的增长规律，对某一个领域的发展生命周期进行拟合分析。本文对 OLED 技术的专利数据利用 LOGISTIC 拟合，计算 OLED 技术生命周期，并依据多波 S 曲线进行技术阶段划分，针对每一阶段运用主路径算法进行技术轨道识别。

1.3 文本聚类

聚类算法是目前应用的最广泛的一种数据挖掘算法，将数据划分成有意义的组（簇）。运用文本挖掘的方法可以分析技术演化，即利用专利文本内容（如标题、摘要、全文等）进行人工阅读或者运用数据挖掘技术进行技术演化分析。本文针对 OLED 领域的专利数据文本信息进行主题词聚类，再对识别出的技术轨道上的专利进行主题词聚类，两者比较的结果用来评价技术轨道的主题准确性。

2 实验过程及结果分析

我们选取有机发光二极管（OLED，Oganic Light-Emitting Diodes）领域的美国授权专利进行分析。采用“OLED”、“Organic LED”、“Organic Light-Emitting Diodes”、“Organic Electroluminescent”、“Organic Electro-Luminescence”、“Polymer Light-Emitting Diodes”和“Polymer LED”检索词从美国授权专利数据库（1976.01-2018.5）从“关键词”、“标题”中进行检索，得到 7343 条发明专利及其相关著录信息，如专利号、题名、摘要、授权日、技术分类号（IPC）、权利要求项数量和参考文献（仅限参考的专利文献）等信息。

2.1 专利累计数量LOGISTIC拟合

我们首先将 7343 条专利数据按照专利授权时间先后顺序排列，得到历年 OLED 技术专利数量发展态势，以专利累积件数为纵轴，年份为横轴，使用 Loglet Lab4 软件网页版描绘出 OLED 技术专利数量发展趋势图以及增长率趋势图。

由于 OLED 专利首次出现在 1976 年，1976-1990 年这一阶段专利数据量极小，故累积到 1991 年，本文中研究 1991-2018 年 OLED 技术领域的技术轨道识别。图 2 显示了 1991-2018 年间 OLED 技术专利授权量的年度数量与累计数量的趋势图，从图中可以看出，OLED 技术相关专利数量呈现一种逐年上升的趋势。

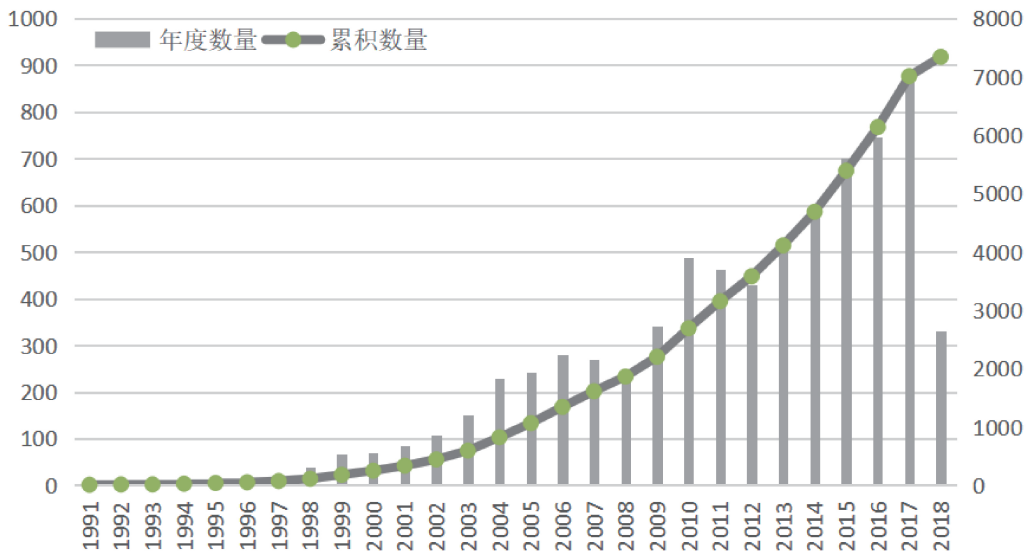

图 2 OLED 技术专利授权年度数量与累积数量走势图

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.006

首先对 OLED 样本数据进行了单波 LOGISTIC 拟合，置信区间设置为 95%，结果如图 3 所示，结合系统生成的指标进行解读，从增长率曲线可以发现 OLED 技术专利数量增长呈现两波增长态势，第一波出现在 2004 年左右，第二波 2013 年左右。由此可以对专利数据进行两波 LOGISTIC 拟合。

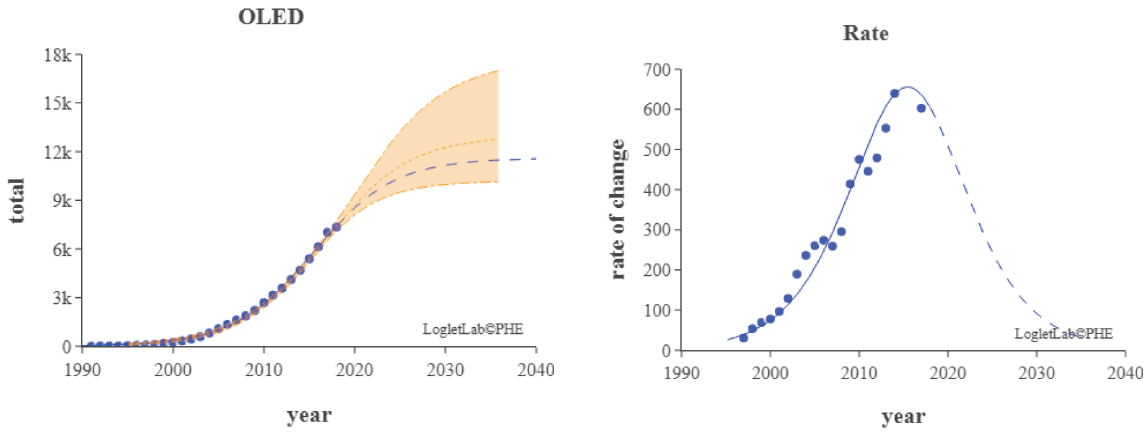

图 3 （左）1991-2018 年专利累积量单波 LOGISTIC 曲线，（右）专利数量增长率曲线

我们将样本数据再次进行两波拟合，置信区间设置为 95%，结果如图 4 所示，结合系统生成的指标进行解读，可以发现该样本数据的两波拟合程度较为理想。

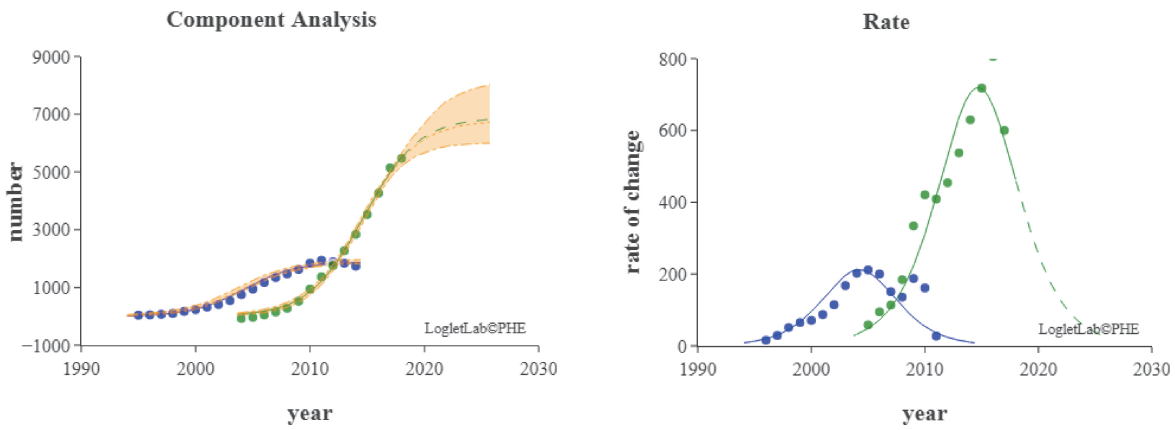

图 4 （左）1991-2018 年专利累积量两波 LOGISTIC 曲线，（右）专利数量增长率曲线

通过对 OLED 专利数据量的分析可以发现，OLED 领域从首个专利出现到进入专利数量饱和，大约经过了三十年，在这三十年左右的时间里，OLED 技术会经历从萌芽到迅速发展的阶段式增长形势。在第一波发展到 2004 年左右开始进入技术瓶颈，专利累计申请量不再上升，但是另一个分支领域的专利的出现会将技术的发展引入一个新的快速成长时期，说明 OLED 领域的发展确实伴随着技术的更替。这就有必要对技术轨道进行划分，识别每一阶段的技术

轨道，找出这一阶段起到关键作用的核心节点。

通过比较最终将 1991-2018 年的专利累积数量确定为两波 LOGISTIC 拟合，第一波大致为 1991-2013 年，第二波为 2004-2018 年，可以发现这两波出现了重合，重合部分为 2004-2013 年。一般而言，技术的发展始终伴随着技术创新、技术改进，甚至会偏离原先的发展轨道而出现技术替代，因此 2004-2013 年出现的技术专利很难将其划分开。根据本研究要解决的问题，将 OLED 技术发展划分为 3 个阶段，即 1976-2004 年、2005-2012 年、2013-2018 年，这三个阶段的专利申请量分别为 851、2760 和 3732。

2.2 技术轨道识别

首先对全阶段的专利数据运用主路径方法进行技术轨道识别，本研究采用基于 SPC 的前向局域搜索、全局搜索和关键路线搜索，这里选取前向局域搜索得到的技术轨道进行分析，如图 5 所示，图中纵轴表示日期，横轴没有实际含义，节点表示专利文献（专利节点越大代表专利被引次数越高），连线表示专利之间的引用关系。

观察图 5 中的路径及其节点，由于 OLED 专利最早出现在 1976 年，故从 4356429 开始，可以发现存在一条 4356429—7279704 较强链接，时间是从 1980-2007 年。7655323 处出现较多小分支，与之相连的都是近 5 年内的专利，因此与 7655323 之间的链接都比较弱，还未形成成熟的技术分支。

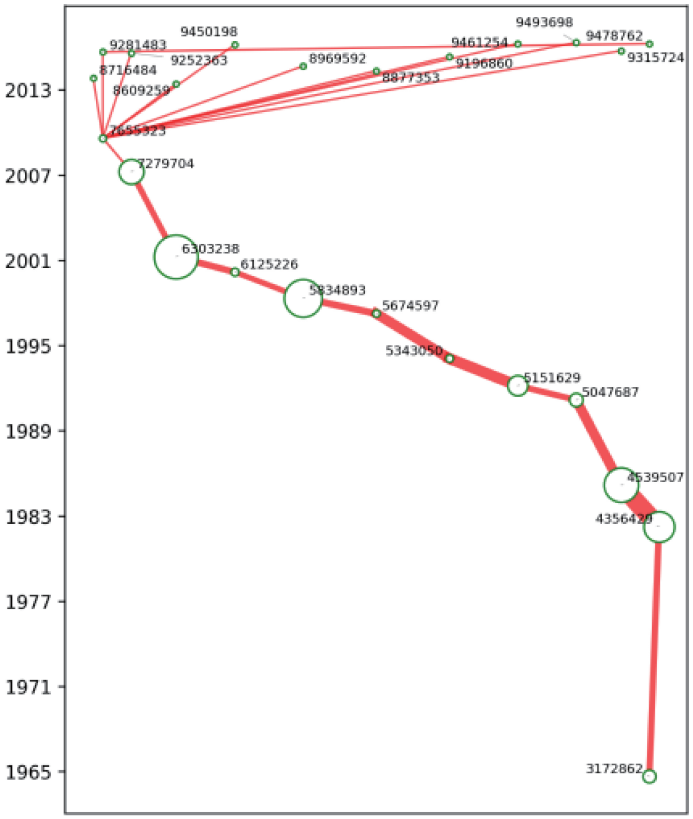

图 5 1976-2018 年基于 SPC 的前向局域搜索

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.006

下面对每个阶段的专利数据运用主路径方法进行技术轨道识别。第一个阶段为 1976-2004 年，识别的技术轨道结果如图 6 所示。观察 1976-2004 年的路径，可以发现第一阶段识别出的技术轨道的节点与全阶段 1976-2001 年的节点（4356429—6303238）完全重合，6303238 出现较多小分支，但由于专利数量较少，链接比较弱，未形成成熟的技术分支。

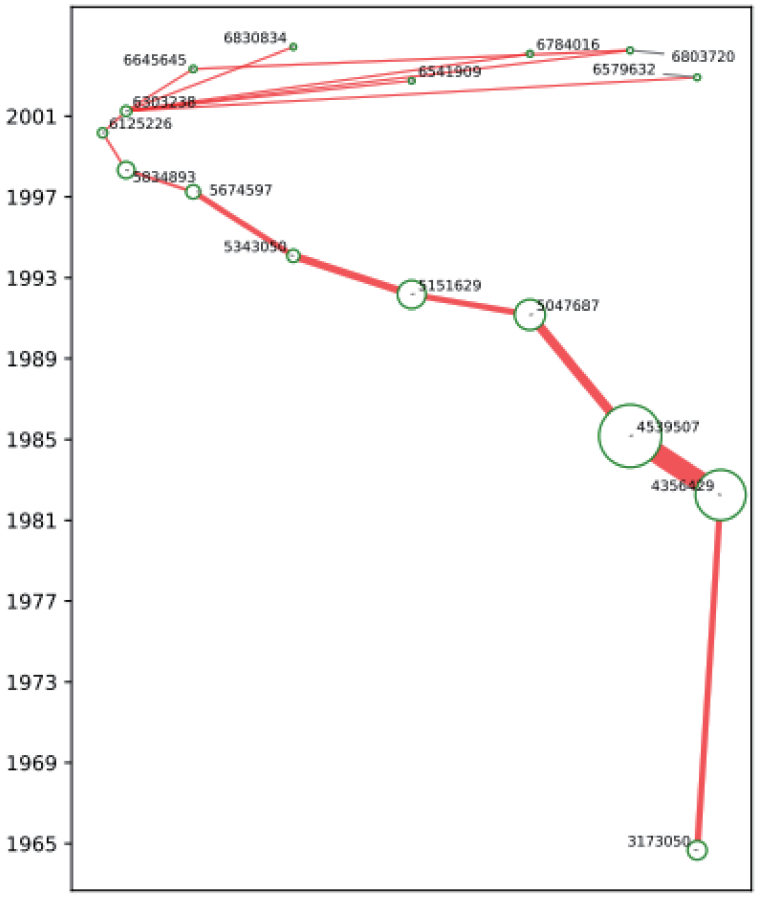

图 6 1976-2004 年基于 SPC 的前向局域搜索

第二个阶段为 2005-2012 年，识别的技术轨道结果如图 7 所示。第二阶段的技术轨道出现的 5 个较强的技术分支（6859193—8294643、6859193—7459859、6859193—8120557、6859193—7864139、6859193—7482997），且第二阶段出现的节点与全阶段完全不重合，全阶段技术轨道在这一时期只有两个节点。分阶段识别技术轨道较好的展示了当前阶段技术发展的细节，这也是动态识别技术轨道方法的优势之一。

第三个阶段为 2013-2018 年，识别的技术轨道结果如图 8 所示。第三阶段时间跨度较小，可以发现一条较强的链接（8383202、8802186、9387709、9656491、9951408）。838320 有多条路径到达 9951408，这里只分析了这条链接，因为这些节点在第三阶段的三种

搜索方式中均出现在主路径上。这个链接在全阶段结束轨道的路径中是无法体现出来的。9951408 也是多个小分支的融合点，说明此节点十分重要。

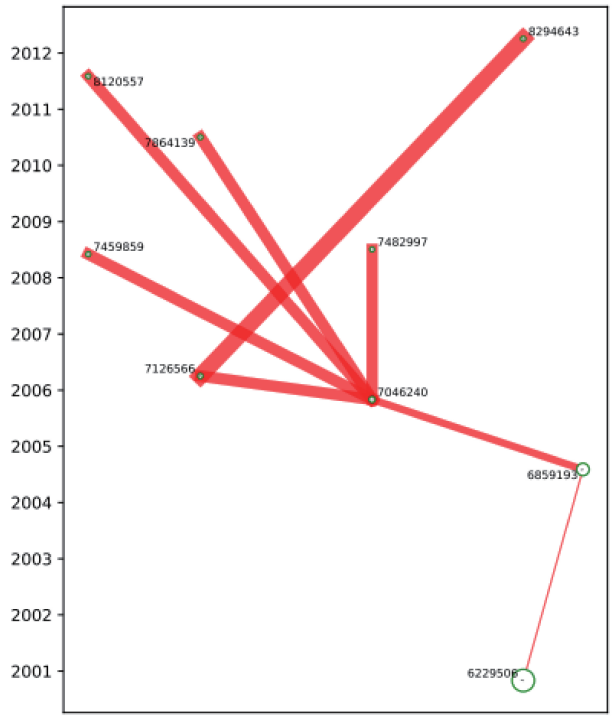

图 7 **2005-2012** 年基于 **SPC** 的前向局域搜索

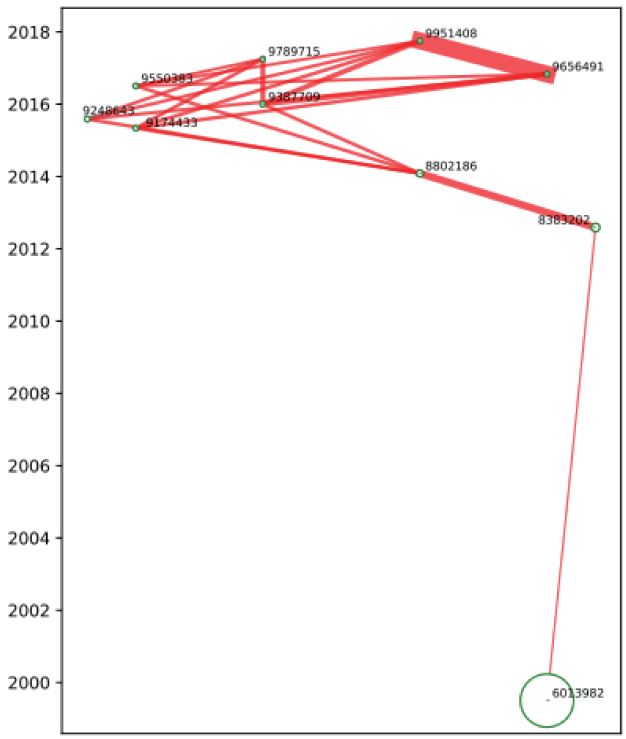

图 8 **2013-2018** 年基于 **SPC** 的前向局域搜索

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.006

图 9 将分阶段技术轨道与全阶段技术轨道相结合，红色为基于 SPC 前向局域搜索的 1976-2018 年全阶段技术轨道，黄色为 1976-2004 年的第一阶段技术轨道。蓝色为 2005-2012 年的第二阶段技术轨道，紫色为 2013-2018 年的第三阶段技术轨道，首先可以看出分阶段技术轨道可以揭示更为详尽、具体的技术发展细节。比如在从第二阶段可以看出，在链接（6125226、6303238、7279704）之外，存在一条极为重要的链接（6229506、6859193、7046240），这个链接对第二阶段技术轨道中后面的节点起着至关重要的作用。同样的，从第三阶段可以看出，在链接（5834893、6125226、6303238、7279704、7655323、……）之外，存在一条极为重要的链接（6013982、8383202、8802186），这个链接对第三阶段技术轨道中后面的节点十分重要。其次，由于动态技术轨道本身的特点，分阶段的技术轨道可以消除前一阶段技术轨道识别的“惯性”，更关注于本阶段的重要链接。另外，从全阶段技术轨道来看，节点 7655323 后面的路径并不明显，这也是目前的主路径算法普遍存在的问题，分阶段技术轨道一定程度上改进了这一方面，链接（8383202、8802186、……）是 2012-2018 年的另外一条更为明显的路径，丰富了这一阶段的技术轨道，也为预测该领域未来的新兴技术提供了参考。

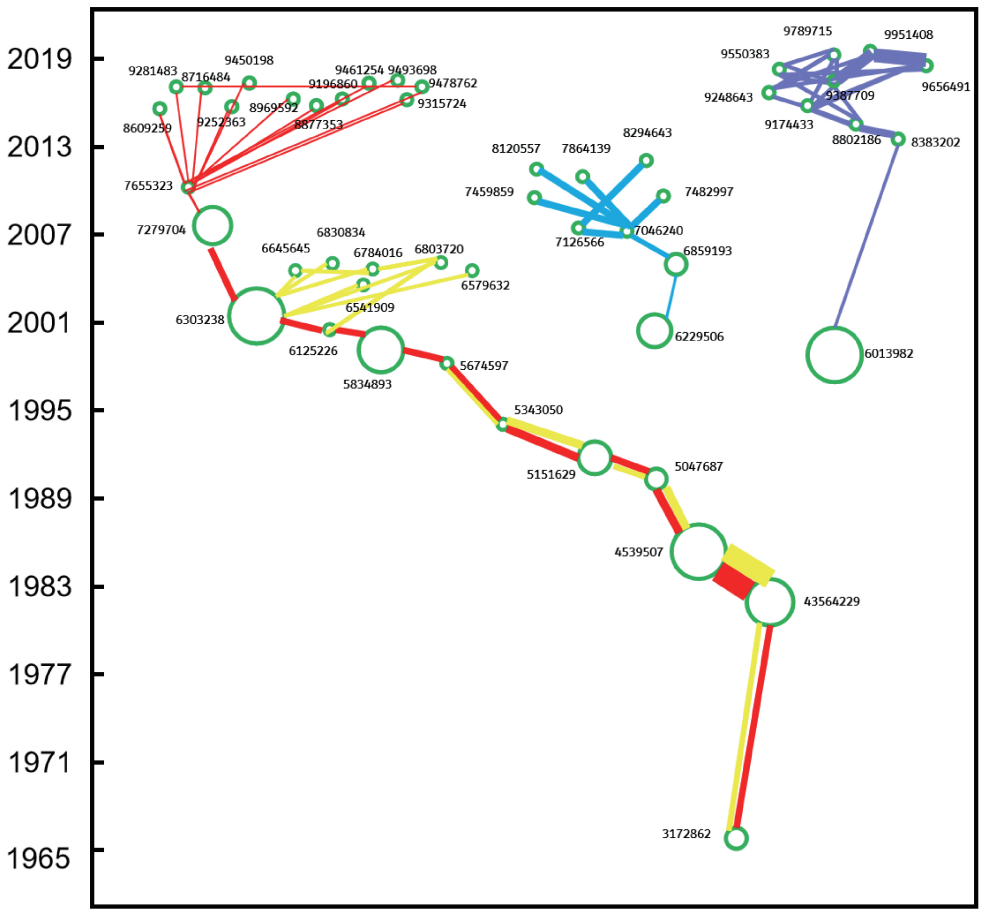

图 9 SPC 前向局域搜索全阶段、第一阶段、第二阶段、第三阶段技术轨道

2.3 技术轨道评价

本研究采用主题词聚类的方法来进行技术轨道定性评价，首先针对各个阶段的样本数据，抽取标题、摘要、发明内容等信息，从中提取出共性的关键词，并将专利按照关键词分组，以帮助判断主要的研究技术热点。利用 Innography 的文本聚类生成 OLED 相关专利的文本聚类图，内环是主题领域，外环是每个主题领域对应的具体分项技术。表 1 为专利文本中的英文主题词的对照表。

表 1 文本主题词翻译对照表

主题词	释义
OLED	显示设备
TRANSPORT LAYER	传输层
ORGANIC ELECTROLUMINESCENT ELEMENT	有机电致发光元件
HOLE INJECTION	空穴注入
THIN FILMS	薄膜
PROTECTION LAYER	保护层
GENERAL FORMULA	通式
LIGHT SOURCE	光源
CARBON ATOMS	碳原子
LAYER CONTAINING	包含层
DATE LINE	数据层
METAL COMPLEX	金属络合物
THIN FILM TRANSISTOR	薄膜晶体管
PIXEL PANEL	像素电路
INSULATION LAYER	绝缘层
CONDUCTIVE LAYER	导电层
ENCAPSULATION LAYER	封装层
OLED APPLICATION	OLED应用
BARRIER LAYER	屏障层
GLASS SUBSTRATE	玻璃基板

第一阶段如图 10 所示，从图中可以看出 OLED/Organic Light-Emitting Diode 是出现频率最高的词，其次是 Display Devices/Electroluminescent Displays，后面依次是 Transport Layer、Organic Electroluminesent Element 等。

经过去重整理得到如表 2 显示的 10 个主题词，分别是：OLED、显示设备、传输层、有机电致发光元件、空穴注入、薄膜、保护层、通式、光源、碳原子。

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.006

图 10 1976-2004 年 OLED 技术专利文本聚类

表 2 1976-2004 年专利数据文本聚类主题词及分布

主题词	OLED	显示设备	传输层	有机电致发光元件	空穴注入	薄膜	保护层	通式	光源	碳原子
词频	398	327	134	134	99	49	39	36	34	27

下面对第一阶段识别的技术轨道（图 6）上的节点进行统计，得到节点：4356429、4539507、5047687、5151629、5343050、5674597、5834893、6125226、6303238、6645645、6830834、6541909、6784016、6579632、6803720。针对以上专利利用 Innography 的文本聚类生成第一阶段技术轨道上的相关专利的文本聚类图，这 15 个专利中的关键词共聚成 4 类，分别是 OLED、Hole Transport Layer、PAL、Luminiscent Layer， 即 OLED、传输层、显示、发光层。将聚类的结果与表 1 进行对比发现，这 4 个类群就是第一阶段专利数据中出现频率最高的 4 个主题词，可以认为第一阶段识别的技术轨道较好的概括了本阶段 OLED 领域的研究热点。

用同样的方法对第二阶段的专利数据进行文本聚类分析，结果如图 11。从聚类图 11 可以看出，出现频率最高的是 Display Devices，其次是 OLED，后面依次是 Emission Layer、Thin Films 等。

经过去重整理得到如表 3 显示的 10 个主题词，分别是：显示设备、OLED、有机化合物、发射层、薄膜、包含层、数据线、运输层、金属络合物、碳原子。

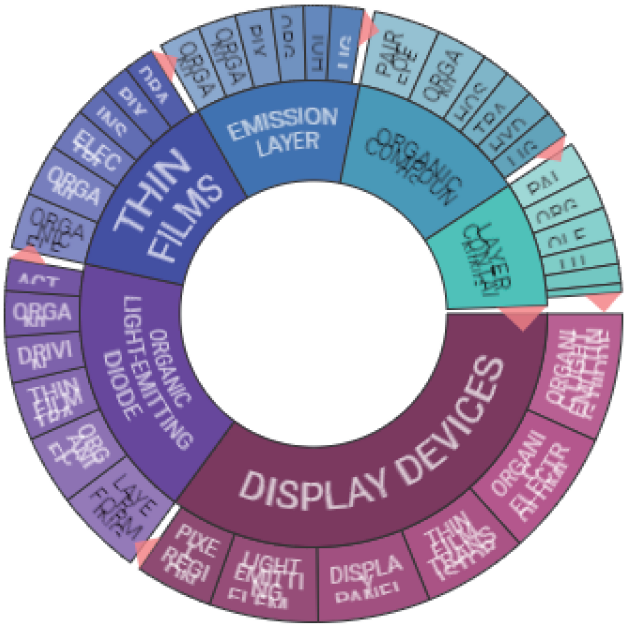

图 11 2005-2013 年 OLED 技术专利文本聚类

表 3 2005-2012 年专利数据文本聚类主题词及分布

主题词	显示设备	OLED	有机化合物	发射层	薄膜	包含层	数据线	运输层	金属络合物	碳原子
词频	958	607	409	347	312	282	201	194	71	51

下面对第二阶段识别的技术轨道（图 7）上的节点进行统计，得到如下节点：6859193、7046240、7126566、8294643、7482977、7459859、8120557、7864139。第二阶段技术轨道上的节点数量较少，对专利数据进行文本聚类的效果并不理想，因此直接通过专利内容分析技术主题。总共 8 个专利，其中有 6 个是关于显示设备，另外两个关于电路和电致发光器件。对第二阶段的专利数据文本聚类的结果中最重要的领域也是显示设备，可以认为第二阶段识别的技术轨道找出了本阶段 OLED 领域的研究重点。

对第三阶段的专利数据进行文本聚类分析，结果如图 12。从聚类图 12 可以看出，出现频率最高的是 Display Devices 和 Organic Electroluminescent Devices，其次是 Organic Electroluminescent Element 和 Display Panel。

经过去重整理得到如表 4 显示的 10 个主题词，分别是：显示设备、有机电致发光元件、薄膜晶体管、像素电路、绝缘层、导电层、封装层、OLED 应用、屏障层、玻璃基板。

下面对第三阶段识别的技术轨道（图 8）上的节点进行统计，得到如下节点：838302、8802186、9174433、9248643、9550383、9387709、9789715、9951408、9656491。同样的，第三阶段技术轨道上的节点数量较少，同样通过专利内容分析技术主题。总共 9 个专利，其中 6 个专利是关于电路印刷，另外 3 个专利是关于薄膜印刷设备。对第三阶段识别的技术轨道上大部分的专利都是来自 2016—2018 年，内容关于印刷 OLED 技术，这是一种采用可溶

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.006

液化加工材料使用印刷的技术，代替传统半导体技术或真空技术来制作显示器件，工艺步骤简单高效、周期短、成本低，有望成为未来新型显示产业发展的重要方向。

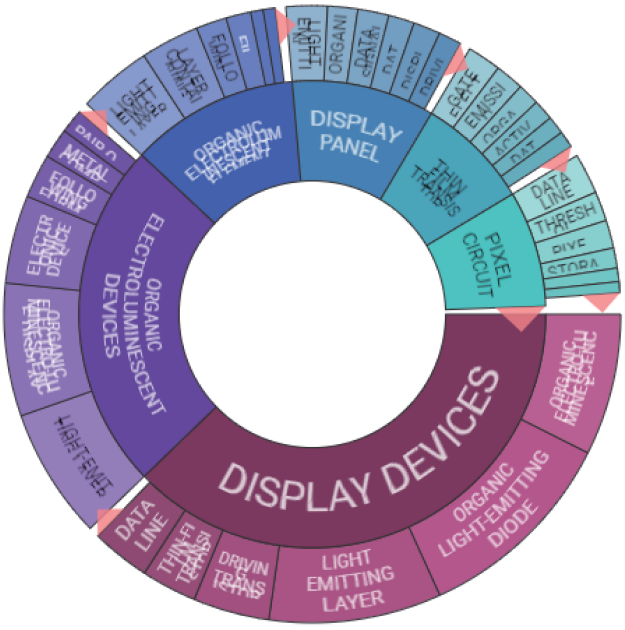

图 12 2013-2018 年 OLED 技术专利文本聚类

表 4 2013-2018 年专利数据文本聚类主题词及分布

主题词	显示设备	有机电致发光元件	薄膜晶体管	像素电路	绝缘层	导电层	封装层	OLED应用	屏障层	玻璃基板
词频	1514	1429	299	297	217	153	132	109	86	77

通过对三个阶段的识别出的技术轨道的定性评价可以发现，前两个阶段的发展重点集中在显示材料，由于 OLED 具有自发光的特性，显示材料是 OLED 的一个最重要的应用，主要关于有机发光元件和磷光材料。从第三阶段技术轨道上的节点来看，近几年的专利开始关注电路印刷，面板研发公司 JOLED 于 2017 年 5 月 17 日发布全球首款采用“印刷式（把液态发光材料像印表机那样精密地涂抹在基板上）”技术的 4K OLED 面板产品，可应用于电视、医疗用显示器、游戏显示器以及平板等，不过该领域现阶段仍处于研发成本亏损状态，下一步的发展就是要确立可稳定生产印刷式 OLED 面板量产技术。

3 结论

本文针对技术轨道动态性的特点，结合生命周期理论和 LOGISTIC 分布，对技术发展阶段进行了划分，针对每一件各阶段的专利数据进行技术轨道识别，统计识别出的技术轨道上的节点并利用文本聚类或者人工解读的方式判断技术主题，判断其是否与专利数据文本聚类的结果相匹配，以此来评价识别出的技术轨道的合理性。最后以 OLED 领域为例进行了实证研究，本文的创新之处在于：

（1）在对技术轨道识别方法的学习和梳理的过程中，研究了利用专利引文网络进行技术轨道识别的研究方法和步骤。整个流程大致包括数据的预处理、生成引文网络，识别出技术轨道。在进行技术轨道识别的过程中，首先通过免费的社会网络分析软件 Pajek 实现，输出的技术轨道图展示不够直观，后采用 python 编程实现，效果较为理想。

（2）将动态分析方法应用到技术轨道识别中，通过多波 LOGISTIC 曲线拟合来划分技术阶段，可以揭示技术的阶段式发展，相比于对整个发展阶段进行技术轨道识别，分阶段相当于为每一阶段设置了不同了权重阈值，可以更加全面地展示每一阶段的研究重点。

（3）结合专利文本挖掘实现对识别出的技术轨道合理性的评价，对每个阶段的专利数据相关信息做文本聚类，找出该阶段的研究重点，与技术轨道上的节点专利所属领域进行比较。

参考文献

[1] Hummon N P, Doreain P. Connectivity in a citation network: The development of DNA theory[J]. Social Networks, 1989, 11(1):39-63.

[2] Verspagen B. Mapping technological trajectories as patent citation networks: A study on the history of fuel cell research[J]. Advance in Complex System, 2005, 10(1):93-115.

[3] 彭爱东 , 黎欢 , 王洋 . 基于专利引文网络的技术演进路径研究——以激光显示技术领域为例 [J]. 情报理论与实践 , 2013, 36(8):57-61.

[4] 许琦 , 顾新建 , 陈芨熙 . 基于专利引证网络的技术进化路线分析——以数据挖掘领域为例 [J]. 科研管理 , 2013, 34(2):27-35.

[5] 魏莹 , 李锋 . 基于主路径分析的关键节点识别与谣言扩散抑制研究 [J]. 情报科学 , 2018, 36(6):13-19.

[6] Lucio - Arias D, Leydesdorff L. Main - path analysis and path - dependent transitions in HistCite™ - based historiograms[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2008, 59(12): 1948-1962.

[7] 万小萍 , 刘向 , 闫肖婷 , 等 . 基于关联分析的技术演进路径发现 [J]. 情报学报 , 2018, 37(11):1087-1094.

[8] 吴菲菲 , 陈肖微 , 黄鲁成 , 等 . 基于语义相似度的技术多主题演化路径识别方法研究 [J]. 情报杂志 , 2018, 37(5):91-96.

[9] 刘向 , 万小萍 , 闫肖婷 , 等 . 基于引文路径叠加网络的主路径分析 [J]. 情报学报 , 2019, 38(8):807-814.

[10] 王燕玲 . 技术轨道识别研究 [D]. 武汉 : 武汉大学 , 2013.

[11] 周源 , 杜俊飞 , 刘宇飞 , 等 . 基于引用网络和文本挖掘的技术演化路径识别 [J]. 情报杂志 , 2018, 37(10):76-81.

[12] Kim Y G, Suh J H, Park S C. Visualization of patent analysis for emerging technology[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 34(3): 1804-1812.

[13] 方曙 , 胡正银 , 庞弘燊 , 等 . 基于专利文献的技术演化分析方法研究 [J]. 图书情报工作 , 2011, 55(22):42-46.

[14] 陈亮 , 张静 , 杨冠灿 , 等 . 基于专利文本的闭频繁项集在技术演化分析中的应用 [J]. 图书情报工作 , 2016, 60(6):70-76.

[15] 黄鲁成 , 石媛嫄 , 吴菲菲 . 基于专利引用的技术轨道动态分析——以太阳能电池为例 [J]. 科学学研究 , 2013, 31(3):358-367.

[16] 范维熙 , 费钟琳 . 基于德温特专利引文网络的技术演进路径研究——以太阳能电池技术为例 [J]. 情报杂志 , 2014, 33(11):62-66.

[17] 钟华 , 邓辉 . 基于技术生命周期的专利组合判别研究 [J]. 图书情报工作 , 2012, 56(18): 87-92.

[18] 赵莉晓 . 基于专利分析的 RFID 技术预测和专利战略研究——从技术生命周期角度 [J]. 科学学与科学技术管理 , 2012, 33(11): 24-30.

[19] Liu J S, Lu L Y Y. An integrated approach for main path analysis: Development of the Hirsch index as an example[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2012, 63(3): 528-542.