

应用场景视角下神经调控技术特征识别模型与机会发现研究

王雅晴¹ 杨爽² 刘曙霞¹ 杨晨东¹ 王晨鹏¹ 安新颖¹

(¹ 中国医学科学院/北京协和医学院医学信息研究所/图书馆 北京 100020

² 四川大学华西口腔医学院 成都 610041)

[摘要] **目的/意义** 从应用场景视角筛选潜力专利, 为医学技术专利转化提供参考。**方法/过程** 构建医学技术应用场景及功能特征分类体系, 定义初现、固化、扩展和重组 4 种替代模式, 基于专利场景 - 功能 - 时间 3 维矩阵评估替代潜力。利用深度学习和大语言模型技术实现特征自动提取。以神经调控技术为例, 选取 10 151 项专利进行实证研究。**结果/结论** 该技术机会发现框架能有效识别神经调控领域的技术替代规律, 为医学技术专利应用潜力前瞻性识别提供新途径。

[关键词] 专利分析; 技术机会发现; 医学; 神经调控; 技术应用

[中图分类号] R - 058 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.3969/j.issn.1673-6036.2026.01.007

Study on Feature Identification Model and Opportunity Discovery of Neuromodulation Technology from the Perspective of Application Scenarios

WANG Yaqing¹, YANG Shuang², LIU Shuxia¹, YANG Chendong¹, WANG Chenpeng¹, AN Xinying¹

¹Institute of Medical Information/Medical Library, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100020, China; ²West China School of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

[Abstract] **Purpose/Significance** To screen high-potential patents from the perspective of application scenarios, and to promote the clinical translation of medical technologies. **Method/Process** A classification system for medical technology application scenarios and functional characteristics is constructed. Four patterns, namely, emergency, dominance, expansion and recombination, are defined to assess substitution potential, the substitute ability is evaluated based on a three-dimensional matrix of patent scenario - function - time. Feature extraction is automated through deep learning and large language model (LLM) technologies. An empirical study is conducted by selecting 10 151 patents with neuroregulation technology. **Result/Conclusion** This technology opportunity discovery framework effectively identifies patterns of technological substitution in neuroregulation, providing a novel approach for the proactive identification of medical technology patents with high application potential.

[Keywords] patent analysis; technological opportunity discovery (TOD); medicine; neuromodulation; technology application

[修回日期] 2025 - 09 - 23

[作者简介] 王雅晴, 硕士研究生, 发表论文 5 篇; 通信作者: 安新颖, 研究员, 硕士生导师。

[基金项目] 中国医学科学院中央级公益性科研院所基本科研业务费项目 (项目编号: 2024 - ZHCH630 - 02)。

1 引言

技术研发通常由科学进展或现实需求驱动,在增强国家科技竞争力与推动高质量发展的背景下,受技术机会产出结果滞后,以及技术需求与成果效能之间偏倚等因素影响,大量潜在专利在转化和应用通道中被暂时或永久性搁置。聚焦应用场景对专利技术机会进行分析,有助于唤醒海量专利数据,消解产研间应用鸿沟,丰富技术生态中相同问题领域下的技术解决方案。

技术应用场景被视为现实世界问题与技术解决方案之间的媒介,其详细阐述特定技术手段应对的特定问题,包括技术实施环境、目标和预期成效等。《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》^[1]指出应用场景创新对技术高水平应用和高质量发展具有重要支撑意义。聚焦医学领域,明确技术潜在应用场景对于提高医疗质量和效率大有裨益。本研究旨在从技术应用角度出发,实现专利文本技术场景和功能自动识别,挖掘技术应用与替代规律,以筛选具有替代机会的潜力专利。

2 相关研究

2.1 技术应用场景与特征识别研究

技术应用场景系统性分析与专利特征识别构成文本层面技术机会发现与成果转化的研究基础。现有研究主要围绕应用场景界定和特征识别方法两个方向展开。在应用场景界定方面,既往研究^[2-3]从不同角度建立分类框架,指导工程实践和复杂问题解决。例如,从产业转化角度界定应用场景概念并分析其影响^[4];以评估适用性为目的,建立技术相关教育应用场景框架^[5];使用场景作为技术分类标准^[6];从应用场景出发,对技术特征分类,并进行标准化界定^[7]等。在技术特征识别方面,主要使用多种方法提取专利文本技术属性^[6]。例如,通过自然语言处理技术从技术文档中提取功能参数、性能指标和适用条件等关键特征^[7],使用知识图谱对技

术特征进行深度挖掘和关联分析^[8]等。多数研究聚焦技术特征识别,应用场景界定方面研究较少。有研究^[9]基于机器学习自动发现技术特征与应用场景之间的潜在关联,为新场景发现提供数据支持,但未能针对特定领域技术场景实现较高精度识别。目前研究在技术应用场景与特征识别结合方面尚显不足,特别是在医学等技术密集型领域,缺乏专利技术细粒度场景分析与特征识别研究,难以支撑应用场景驱动的技术评估与机会发现。

2.2 技术替代与机会发现研究

技术替代与机会发现研究旨在探索技术更替规律及其潜在价值的识别途径。技术替代理论源于经济学生产要素替代,指在产出不变的条件下一种技术要素对另一种技术要素的替代过程,亦称“替代式创新”^[10]。在关键技术领域,技术替代理论通过创新实现自主可控与市场应用^[10],有研究提出后发国家技术跨越发展的“蛙跳模型”^[11],构建技术模仿与创新促进替代的理论框架^[12],概括出跳跃型、连贯型与循环型 3 种技术替代类型^[13]。在劳动力替代领域,研究主要聚焦新技术对工作岗位的替代效应分析^[14]、制造业自动化取代程度评估^[15]、高新技术行业要素替代现象验证^[16]、替代技术的概念化过程^[17]、技术性失业风险控制^[18]以及全球劳动力市场失衡计量分析^[19]。在概念分析基础上,有研究基于替代理论,通过建立竞争过程模型识别具有颠覆性潜力的新兴技术^[20],引入技术要素替代弹性变量,探究竞争环境对研发投入产出效率的影响机制^[21]。国家战略层面的技术机会发现研究系统探讨关键技术国产替代的实施路径与发展障碍^[22]。产业链供应安全视角研究则梳理关键核心技术国产替代的基本逻辑与实现路径^[23],以及通过案例分析,构建技术要素等效替代判断体系^[24]和替代性技术选择评估模型^[25]。有研究^[26]关注技术替代过程中的需求演变规律,系统描述其轨迹形态及特征。在医学技术领域,其前沿技术内容具有高度针对性、融合性等特性,对其探讨更易直观发现和评估技术替代规律^[27]。

既有技术替代机会研究多侧重宏观产业或经济分析,对医学特定领域专利应用场景缺乏细粒度解

析, 尚未充分融入场景视角以量化评估技术机会。神经调控技术是医学工程技术领域发展最快的分支之一, 其适用范围不断扩展, 已惠及全球数十万脑功能性疾病患者^[28]。本研究以神经调控技术为例, 通过构建技术应用场景自动识别与替代机会发现框架, 着力强化医学技术专利场景化解析, 从而提升

现有理论在医学专利技术机会发现中的适用性。

3 研究框架

构建医学技术应用场景替代机会发现框架, 见图 1。

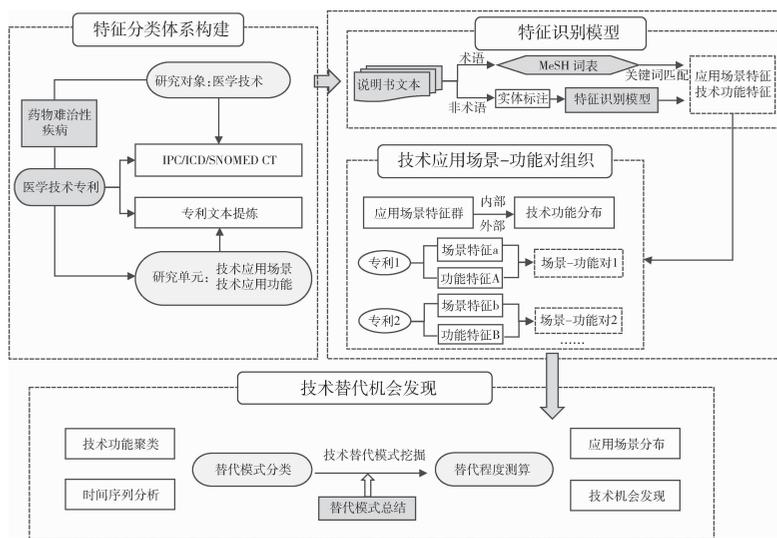


图 1 研究路线

3.1 医学技术专利应用场景及功能特征分类体系构建

结合主流医学领域分类体系构建特征分类框架, 以便后续特征识别。参考国际专利分类表 (international patent classification, IPC)、国际疾病分类 (international classification of diseases, ICD)、医学系统命名法——临床术语 (systematized nomenclature of medicine - clinical terms, SNOMED CT), 从技术实际作用和效果出发划分关键维度, 平衡广度和具体性, 包括以下两类, 见表 1。一是应用场

景维度, 主要指技术作用对象, 相近作用对象的相似功能之间技术替代可能性更高。具体身体部位是医学技术的直接作用对象, 疾病和症状是医学技术应用的具体目标。二是技术功能维度, 表征专利技术主要功能和效用范畴。为了便于后续标注, 结合专利说明书文本内容分析, 将该类特征划分为诊断类、治疗类、康复类和预防类。该分类体系综合考量技术应用场景中的作用对象、干预阶段等维度, 确保分类的互斥性和独立性; 结合对专利文本的深入分析和提炼细化内容, 使分类体系更具可行性。

表 1 医学技术应用场景及功能特征分类体系

维度	类别和特征	描述	参考来源
场景维度	具体身体部位 具体疾病名称 具体症状描述	技术作用的具体解剖部位 技术针对的具体疾病 技术针对的具体症状	SNOMED CT: "Body structure" SNOMED CT: "Disorder" SNOMED CT: "Clinical finding"
功能维度 - 诊断类	成像诊断 物理诊断 实验室诊断	利用各种成像技术生成人体内部结构图像, 以辅助疾病诊断 通过物理手段实现对患者生理状态的监测、监控及辅助诊断 通过检测生物样本中的生物标志物诊断疾病	IPC: A61B5/00; A61B6/00 IPC: A61B5/04 IPC: C12Q; G01N
功能维度 - 治疗类	手术治疗技术 物理治疗技术 组织修复技术 器官功能支持技术	通过外科手术操作直接干预人体以治疗疾病 利用物理因素治疗疾病 主要针对人体组织损伤进行修复 通过技术手段辅助或替代器官功能, 维持人体内环境稳定	IPC: A61B17/00 IPC: A61N IPC: A61L。ICD: L90 - L9; M25. 5 IPC: A61M。ICD: I50; E10. 619
功能维度 - 康复类	肢体康复技术 认知康复技术	帮助患者恢复肢体功能, 提高生活自理能力和运动能力 针对认知功能障碍进行康复训练	IPC: A61H IPC: A61B5/16
功能维度 - 预防类	筛查技术	通过早期筛查发现疾病风险因素, 采取措施预防疾病发生	IPC: G16H50/00

3.2 技术特征识别与组织

准确识别和提取技术应用场景及功能特征对于理解专利技术的实际价值和潜力至关重要。专利技术特征识别过程包括提取范围定位、人工标注和自动识别，见图 2。一是提取范围定位，专利说明书通常具有固定结构，其中发明领域、背景技术等结构化段落主要描述应用场景信息，发明概述部分则详细阐述目标功能，医学专利技术特征涵盖疾病实体、症状实体、部位、技术参数等方面。二是基于前文构建的特征分类体系进行人工标注。三是采用混合方法识别专利说明书中的目标特征。对于明确提及的特征，通过关键词匹配实现精准对应；对于需上下文推断的特征，利用人工标注数据训练机器学习模型或大语言模型进行自动提取和分类。选用 DeepSeek - R1 作为基座模型，采用应用程序接口调用方式，通过提示词工程指导模型扩展医学学术语，生成引用语句。基于 IEPile 指令语料库^[29]和人工标注数据构建 Alpaca 格式指令数据集^[30]。采用加法、选择性、重新参数化和混合方法 4 类方法进行模型微调，其中重新参数化方法通过引入低秩可训练矩阵减少资源消耗^[31-32]。在专利技术特质识别基础上，以技术场景和功能特征在专利中的共现组织场景-功能对，以便后续观察特定场景下不同时期的功能变化，分析技术替代过程。

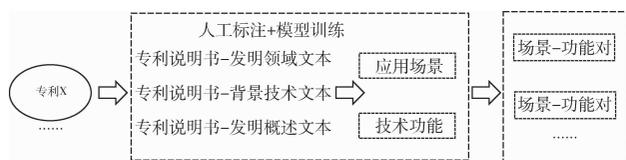


图 2 专利技术特征识别过程

3.3 应用场景驱动的技术替代机会发现

3.3.1 技术应用场景功能替代行为模式 分场景观测技术功能的演变，结合时间维度动态变化，总结技术替代行为规律，见图 3。结合既有研究，定义初现、固化、扩展和重组 4 种替代模式。初现模式借鉴创新理论的新方案涌现特征，通过检测新技术功能的首次出现识别技术初现^[33]。固化模式依据

技术锁定理论，通过评估技术功能在连续时段的稳定表现测定其固化深度^[34]。扩展模式借鉴专利相似度研究的分析框架，通过新技术功能与原有技术功能应用的重合程度衡量扩展程度^[35]。重组模式参考技术重组理论，通过分析不同技术功能的跨场景迁移和差异程度评估技术替代潜力^[36]。

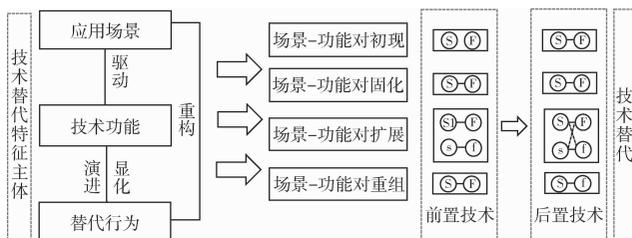


图 3 “场景特征-技术功能-替代行为”逻辑示意

注：S 和 s 代表专利的不同技术应用场景，F 和 f 代表专利的不同技术功能。

3.3.2 技术替代机会模式挖掘 构建场景-功能-时间三维矩阵，系统追踪每个场景内技术功能语句的动态演变，将技术替代机会模式概括为初现、固化、扩展、重组 4 种。初现 (emergency) 代表技术功能 F 在场景 S 的时间窗口 T 首次出现。固化 (dominance) 代表技术功能 F 连续 3 个时间窗口在场景 S 中出现。功能 F 在场景 S 中占比越大，D_score 越高，表明传统方案的固定程度越高。

$$D_score = \begin{cases} \frac{\min(count_T(F), count_{T+1}(F), count_{T+2}(F))}{\max(count_T(S), count_{T+1}(S), count_{T+2}(S))}, & \text{if } count_T \geq 1 \cap count_{T+1} \geq 1 \cap count_{T+2} \geq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

扩展 (expansion) 代表技术功能 F 从一个应用场景扩展到两个或多个应用场景。T 时间窗口内，功能 F 在场景 S 出现；T + 1 时间窗口内，功能 F 在场景 s 中出现。新场景中专利数占比越大，E_score 越高，表明该技术跨场景适用性越强，替代潜力越大。

$$E_score = \begin{cases} \frac{count(s_f)}{count(S_f) + count(s_f)}, & \text{if } (count_T S_f \geq 1 \cap count_{T+1} s_f \geq 1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

重组 (recombination) 代表在技术扩展的基础

上，新技术功能对应的专利数增加，而旧技术功能退出该应用场景。T 时间窗口内，功能 F 和 f 在来源场景 S 存在；T + 1 时间窗口内，仅功能 f 在目标场景 S 中应用。F 和 f 相似度越低，R_score 越高，表明技术创新性越强，替代程度更高。

$$R_score = \begin{cases} 1 - sim(F, f), & \text{if}(count_T S_F \geq 1 \cap count_T S_f \geq 1) \\ & \cap (count_{T+1} S_f \geq 1 \cap count_{T+1} S_F = 0) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

4 实证研究

4.1 数据收集与处理

依据国际神经调控与研究学会成员名单限定公司范围，以 Crunchbase 数据库作为补充，筛选 41 个神经调控技术产品公司。从 incoPat 全球专利数据库获取其申请的 1 632 项核心专利及其引用的 8 519 项专利。结合专利说明书文本结构定位关键字段，以技术领域、发明领域、发明背景、背景技术部分数据作为技术应用场景特征提取语料，以发明内容和具体实施方式文本语句作为技术功能特征语料，形成数据集，用于特征识别模型训练。

4.2 神经调控技术应用场景功能特征识别

4.2.1 特征标注和模型训练 从数据集中随机抽取 2 000 条数据，由两名医学情报学硕士，依据医学技术应用场景及功能特征分类体系，对专利说明书中的技术领域、发明内容、背景技术等文本段落进行独立标注。应用场景特征采用 MeSH 词表进行关键词匹配与语义补充，技术功能特征依据分类体系细则判定。标注过程通过 Mark Studio 平台完成。计算两名标注者标注结果间一致性，Cohen’s Kappa 系数为 0.82，表明标注结果具有良好信度，可用于后续模型训练。同时运用提示词工程指导模型识别专利文本中的医学技术术语。借助 Llama - factory 工具进行 Lora 微调，在指令数据集基础上进行实验。

4.2.2 模型效果验证 采用精确率、召回率、F1

- Score 以及宏平均和微平均综合评估分类效果。以深度学习模型 BERT 和 TextCNN 为对比模型，使用同一数据集训练，对比实验结果，见表 2。其中“DeepSeek - R1 *”为本研究提出的模型。相较于对比模型，本研究使用的微调后大语言模型在医疗器械专利文本特征分类任务中效果较好。说明该模型对于神经调控技术专利文本的上下文语义和特征分类具有较强的学习和推理能力。

表 2 各模型对比实验结果

类别	模型名称	精确率	召回率	F1 - Score
功能特征	TextCNN	0.719 7	0.603 5	0.656 9
	BERT	0.711 7	0.681 5	0.696 3
	DeepSeek - R1 *	0.797 2	0.812 3	0.804 7
应用场景特征	TextCNN	0.626 7	0.596 4	0.611 1
	BERT	0.666 6	0.616 6	0.640 7
	DeepSeek - R1 *	0.742 7	0.719 7	0.731 0
总体 - 宏平均	TextCNN	0.673 2	0.600 0	0.634 0
	BERT	0.689 2	0.649 1	0.668 5
	DeepSeek - R1 *	0.770 0	0.766 0	0.767 9
总体 - 微平均	TextCNN	0.688 6	0.610 7	0.647 3
	BERT	0.747 8	0.736 8	0.742 3
	DeepSeek - R1 *	0.860 6	0.817 9	0.838 7

4.3 替代行为识别及技术机会发现

4.3.1 技术应用场景群聚类及分布情况 对应用场景特征聚类，将应用场景语句字段分词，采用改进的词频 - 逆文档频率算法构建高维特征空间，再使用主成分分析降维，提取最具代表性的特征维度。采用优化 K - means + + 算法进行时空聚类建模，通过迭代优化目标函数，获得稳定的聚类划分。其公式表示如下，其中，k 代表预设的聚类类别数，S_i 代表被分配到第 i 个聚类的样本集合，x 为样本的特征向量，μ_i 是第 i 个聚类的中心，即该聚类内所有样本的特征向量均值。

$$\arg \min_S = \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S_i} \|x - \mu_i\|^2 \quad (4)$$

最后通过计算轮廓系数 s (i) 评估聚类质量，确保各类别具有足够的区分度和紧密度。其中

$a(i)$ 表示样本 i 与同一聚类内所有其他样本的平均距离, $b(i)$ 表示样本 i 与其他每个聚类中所有样本的平均距离。

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}} \quad (5)$$

通过聚类得到神经调控技术应用场景的特征分布及演变, 见图 4。应用场景主要涵盖中枢神经系统、周围神经系统和外周效应器官 3 个层级。中枢神经层面以帕金森病、震颤、抑郁及癫痫等疾病为主; 周围神经层面以脊髓和脑神经调控为主, 涉及慢性疼痛管理; 外周层面以尿道括约肌、舌下神经和血管压力反射系统为主, 涉及尿失禁、睡眠呼吸暂停及心血管疾病调节。通过主成分分析降维得到两个关键维度: PCA1 以“脊髓”“神经”“疼痛”“调节”等关键词为主, 反映技术在神经调控与疼痛管理中的应用; PCA2 以“尿失禁”“尿道”“括约肌”“盆底”等为主, 体现技术在泌尿及盆底功能方面的应用。

表 3 部分神经调控技术应用场景特征类别

序号	应用场景	高频特征词
1	阿尔茨海默病	Papez 电路、上下游神经组织、轻度认知损伤
2	膀胱及相关神经	膀胱、膀胱疾病、膀胱外膜神经纤维、膀胱过度活动
3	三叉神经及其功能	三叉神经及分支、神经精神障碍、神经传导异常
4	肛门括约肌功能	肛门括约肌、大便失禁
5	尿道及盆底支撑	尿道、尿失禁、尿道及盆腔支撑结构、骶神经
6	脊髓与疼痛	脊髓、疼痛、慢性疼痛、炎症、术后疼痛
7	癫痫	脑、迷走神经、癫痫
8	上气道与睡眠呼吸	阻塞性睡眠呼吸暂停、舌下神经、心脑电信号、呼吸信号
9	神经系统功能受损	肌萎缩侧索硬化、瘫痪、感觉与感知障碍、认知与记忆障碍
10	运动障碍	帕金森病、脊髓腹柱神经纤维、背侧丘脑底核
11	椎骨内神经丛消融	椎骨体基底神经丛、骨内神经消融、去神经化治疗
12	脑神经活动	脑神经、神经活动异常、背根神经纤维、背柱神经纤维
13	迷走神经	迷走神经、慢性心功能障碍
14	括约肌与胰腺	括约肌、胰腺炎疼痛、胰腺导管
15	迷走神经呼吸分支	迷走神经支气管分支或肺丛、肺部疾病、哮喘、慢性阻塞性肺疾病
.....

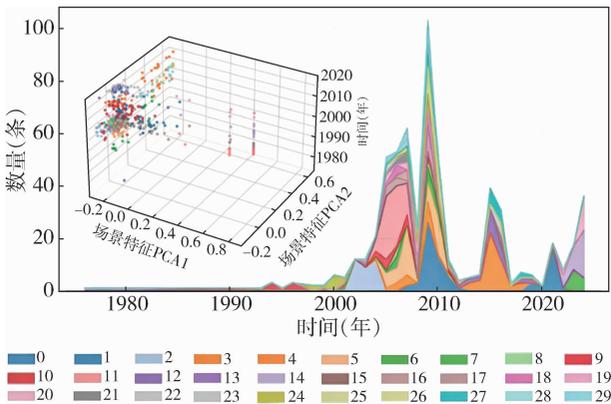


图 4 神经调控技术应用场景特征分布

基于应用场景特征聚类, 对涉及核心场景的 610 条专利进行重点分析, 见表 3。神经调控技术在疾病治疗领域形成多场景、多靶点应用分布, 整体布局呈现高度多样性与显著不均衡性。覆盖从中枢到外周的广泛靶点, 包括疼痛管理、阿尔茨海默病与泌尿功能障碍干预、脑深部与迷走神经刺激在帕金森病和癫痫治疗中的应用, 以及坏死组织热疗、颅内出血后干预和肿瘤性疾病治疗等, 体现了从微观到宏观系统层面的多维度应用格局。

4.3.2 神经调控技术替代机会识别 基于场景 - 功能 - 时间三维矩阵分析技术替代机会的固化模式和扩展模式, 发现神经调控技术呈现多维度演进特征, 见表 4。闭环电刺激调节功能在括约肌靶点应用场景的固化得分较高 (0.95), 有较典型的成熟技术特征。脊髓与疼痛领域: 经皮硬膜外电刺激固化得分较高 (0.88), 代表基础技术的稳定形态。总体而言, 在神经调控技术领域, 既存在特定场景及特定功能深度固化, 也存在部分功能横向扩展。

表 4 部分神经调控技术场景 - 功能 - 时间三维矩阵及得分

应用场景类别	技术功能关键字	首次出现时间 (年)	D_score	E_score
6 - 脊髓与疼痛	可编程多区域协同电刺激	2005	0.75	0.94
28 - 兴奋性调节	可编程; 时空参数调节	2007	0.72	0.91
6 - 脊髓与疼痛	经皮硬膜外电刺激; 镇痛	2007	0.88	0.18
6 - 脊髓与疼痛	闭环; 高频脊髓电刺激	2008	0.92	0.22
28 - 兴奋性调节	定向浆状导线; 电刺激	2008	0.86	0.16
14 - 括约肌与胰腺	括约肌; 闭环电刺激调节	2009	0.95	0.15
2 - 膀胱及相关神经	骶神经根; 电刺激调节	2012	0.84	0.28
7 - 癫痫	响应性; 神经电刺激	2013	0.45	0.83
3 - 三叉神经及其功能	脉冲射频神经调节	2014	0.30	0.81
8 - 上气道与睡眠呼吸	舌下神经电刺激	2015	0.37	0.80
1 - 阿尔茨海默病	深部脑刺激自适应调节	2016	0.79	0.52
25 - 认知功能改善	脑区深部; 电化学刺激	2018	0.35	0.82
1 - 阿尔茨海默病	深部脑核团; 电刺激	2020	0.76	0.42
13 - 迷走神经	可编程多模式协同电刺激	2021	0.68	0.89
30 - 成瘾	多靶点神经调控	2021	0.33	0.78
.....

4.3.3 神经调控技术替代程度测算 对于低固化程度、高扩展程度的场景 - 功能对, 计算其重组得分, 以评估替代程度, 见表 6。

表 6 重组替代潜力最高的 10 种神经调控技术

序号	R_score	场景	功能
1	0.92	25 - 认知功能改善	脑区深部电化学刺激
2	0.89	28 - 兴奋性调节	经颅直流电刺激
3	0.87	7 - 癫痫	响应性神经电刺激
4	0.85	30 - 成瘾	多靶点神经调控
5	0.84	6 - 脊髓与疼痛	可编程多区域协同电刺激
6	0.82	13 - 迷走神经	可编程多模式协同电刺激
7	0.80	8 - 上气道与睡眠呼吸	舌下神经电刺激
8	0.78	15 - 迷走神经呼吸分支	闭环呼吸同步刺激
9	0.76	27 - 多系统压力反射	血管压力感受器刺激
10	0.75	3 - 三叉神经及其功能	脉冲射频神经调节

替代程度最高的是认知功能改善、兴奋性调节、癫痫治疗等神经调控场景。脑区深部电化学刺激在认知功能改善场景的重组得分达 0.92, 体现该技术在该场景实现较高程度替代。高分重组普遍涉及可编程、多靶点、闭环调控等核心特征, 技术替代的方向是不同调控模块的深度集成, 以构建智能化、个体化的精准治疗体系。此外, 可编程神经刺激技术在迷走神经调控和疼痛管理等场景重组得分均较高, 突显这类平台型技术具有强大的交叉融合与迁移潜力。回溯性结果分析表明神经调控领域的技术创新正从单一功能优化迈向跨领域系统性融合。

5 结语

本研究构建的医学技术替代机会发现框架, 创新性地将专利分析从技术特征维度拓展到应用场景维度, 通过建立场景 - 功能 - 时间三维矩阵, 为医学专利的转化潜力评估提供了新的方法论视角。该框架将传统依赖专家经验的技术机会识别过程转化为可计算的结构化分析模型, 提高了分析效率, 增强了结果的可解释性, 为医学技术创新管理提供了理论工具。

由于专利数据仅是技术发展的表征之一, 最终能否替代受临床效果、法规政策、市场生态等多重因素影响, 须开展跨学科合作研究, 将技术分析与临床实践、产业政策等维度相结合, 构建更加全面、动态的医学技术替代评估与预测系统, 不断提升其科学性与决策支撑价值。未来研究可进一步整合临床试验数据与市场需求信息, 构建多源数据融合的技术替代评估体系。

作者贡献: 王雅晴负责研究设计、论文撰写; 杨爽负责技术支持; 刘曙霞负责研究设计; 杨晨东、王晨鹏负责数据采集与分析; 安新颖负责研究设计、提供指导。

利益声明: 所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- 1 科技部, 教育部, 工业和信息化部, 等. 关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见 [EB/OL]. [2025-07-29]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-08/12/content_5705154.htm.
- 2 ABHINESH P, ABDUL M M, LAMINE M. Understanding the challenges of immersive technology use in the architecture and construction industry: a systematic review [J]. *Automation in construction*, 2022, 137 (5): e104228.
- 3 方晓霞, 李晓华. 颠覆性创新、场景驱动与新质生产力发展 [J]. *改革*, 2024 (4): 31-40.
- 4 王永杰. 场景概念的演进及其在科技成果转化中的运用 [J]. *科技管理研究*, 2021 (15): 35-41.
- 5 沈阳, 郝爱民, 孙尚宇, 等. 虚拟现实技术在医学教育中的场景应用研究——基于 79 篇实验研究论文的系统分析与元分析 [J]. *中国电化教育*, 2020 (8): 107-118.
- 6 赵春昊. 基于应用场景的人工智能芯片技术分类方法研究 [J]. *智能计算机与应用*, 2020, 10 (9): 225-228.
- 7 嵇婷, 周纲, 许磊. 图书馆大模型创新应用需求与场景研究 [J]. *信息与管理研究*, 2024, 9 (5): 1-13.
- 8 魏瑾, 李伟华, 潘炜. 基于知识图谱的智能决策支持技术及应用研究 [J]. *计算机技术与发展*, 2020, 30 (1): 6.
- 9 方迪. 大学科技成果应用场景设计研究 [D]. 南京: 东南大学, 2024.
- 10 STIEGLER B. *Technics and time 1, the fault of epimetheus* [M]. Palo Alto: Stanford University Press, 1998.
- 11 BREZIS E S, KRUGMAN P R, TSIDDON D. Leapfrogging in international competition: a theory of cycles in national technological leadership [J]. *American economic review*, 1993, 83 (12): 1211-1219.
- 12 VAN E R. Trade, transfer of technology and growth [J]. *The economic journal*, 1996, 106 (436): 678-689.
- 13 胡海波, 毛纯兵, 陈劲, 等. 从攻关启动到市场应用: 关键核心技术替代式创新过程机制研究 [J]. *南开管理评论*, 2024, 27 (8): 64-74.
- 14 FURR N R, SNOW D C. Technology counteroffensive strategies: towards an ex ante view of technology substitution [J]. *Organization science*, 2024, 35 (2): 719-740.
- 15 范长煜, 唐斌斌. 半数岗位易替代: 警惕“机器换人”的技术性失业风险——基于 2018 年广东省制造业企业调查数据的分析 [J]. *学术论坛*, 2020, 43 (3): 9.
- 16 尹力博, 魏冬. 中国劳动杠杆折价效应: 来自劳动技术替代的解释 [J]. *系统工程理论与实践*, 2022, 42 (10): 2565-2588.
- 17 MICHAEL S, CAROLINA V P. Distinction and alternative tech: exploring the techno-critical disposition [J]. *New media & society*, 2025, 27 (7): 3770-3787.
- 18 陈先兵. 技术性失业风险的有效控制与防范措施 [J]. *人民论坛*, 2019 (30): 80-81.
- 19 KUZIOR A, KWILINSKI A. Technological unemployment in the perspective of industry 4.0 [J]. *Virtual economics*, 2022, 5 (1): 7-23.
- 20 QIAO Y, WANG X, HUANG Y, et al. Tech mining approach for identifying potentially disruptive technologies: from the perspective of technological alternatives [J]. *IEEE transactions on engineering management*, 2024, 71 (2): 5921-5938.
- 21 吴致治, 安同良. 技术势差、要素替代与制造业核心技术突破——基于系统动力学模型的理论分析 [J]. *审计与经济研究*, 2022, 37 (6): 104-116.
- 22 蔡婷婷, 吴松强. 关键核心技术的国产替代: 发轫理路与实践逻辑 [J]. *创新科技*, 2022, 22 (10): 52-60.
- 23 王昶, 何琪, 耿红军, 等. 关键核心技术国产替代的逻辑、驱动因素与实现路径 [J]. *经济学家*, 2022, 1 (3): 99-108.
- 24 刘群. 浅谈“要素替代”发明创造性判断的若干思考 [J]. *河南科技*, 2020, (24): 90-93.
- 25 娄岩, 张赏, 黄鲁成. 基于专利分析的替代性技术选择研究 [J]. *科技管理研究*, 2015, 35 (20): 150-154, 160.
- 26 程鹏, 张佳慧. 技术替代背景下需求轨道形态及特征研究 [J]. *科学学研究*, 2019, 37 (9): 1660-1670.
- 27 荆筱槐. 技术价值观进化机理探析 [D]. 沈阳: 东北大学, 2007.
- 28 JOHNSON M D, LIM H H, NETOFF T I, et al. Neuro-modulation for brain disorders: challenges and opportunities [J]. *IEEE transactions on biomedical engineering*, 2013, 60 (3): 610-624.
- 29 浙江大学自然语言处理实验室. IEPile: 大规模信息抽取语料库 [DB/OL]. [2025-07-29]. <https://github.com/zju-nlp/IEPile>.
- 30 钟将, 刘雨轩, 戴启祝, 等. 基于动态前缀提示及数据增强的情感四元组提取方法 [J]. *计算机学报*, 2025, 48 (5): 1082-1099.
- 31 秦董洪, 李政韬, 白风波, 等. 大语言模型参数高效微调技术综述 [J]. *计算机工程与应用*, 2025, 61 (16): 38-63.
- 32 朱永康, 高彦杰. 基于 LoRA 及其变体的通用大语言模型微调方法 [J]. *上海电力大学学报*, 2025, 41 (1): 90-95.
- 33 FINKELSTEIN N, TEMIN P. Medical evidence and clinical practice: how can technology assessment narrow the gap [J]. *Sloan school of management*, 1982, 1355 (82): 1-33.
- 34 ANDERSON P, TUSHMAN M L. Technological discontinuities and dominant designs: a cyclical model of technological change [J]. *Administrative science quarterly*, 1990, 35 (4): 604-633.
- 35 JAFFE A B. Technological opportunity and spillovers of R&D [J]. *American economic review*, 1986, 76 (5): 984-1001.
- 36 LEE F. Recombinant uncertainty in technological search [J]. *Management science*, 2001, 47 (1): 117-132.