

# 场景驱动视角下我国智能医疗产业演化研究

叶选挺<sup>1,2</sup>, 马诗敏<sup>1</sup>, 王宇<sup>3</sup>, 李京晏<sup>1</sup>, 张剑<sup>4</sup>

(1. 北京理工大学 管理与经济学院; 2. 北京理工大学 国际组织创新学院, 北京 100081;  
3. 浙江大学 公共管理学院, 浙江 杭州 310030; 4. 中央财经大学 政府管理学院, 北京 100081)

**摘要:**人工智能技术在医疗领域的应用渗透正在加速, 应用场景愈发丰富。基于智能医疗专利数据, 利用 LDA 主题模型对智能医疗产业应用场景进行识别, 以 53 581 件智能医疗专利为源数据, 挖掘得到智能医疗产业的 12 个应用场景主题, 识别出智能诊疗、医疗机器人、药物研发、智能医学影像、智能健康管理五大主要应用场景, 并从“技术—市场—政策”3 个维度开展场景驱动视角下我国智能医疗产业演化过程分析。研究发现: ①在技术方面, 智能医疗技术处于不断创新和发展阶段, 我国在各应用场景下均有研发布局; ②在市场方面, 国内外不同类型企业对智能医疗五大应用场景进行积极探索, 我国智能医疗市场规模逐年扩大, 前景广阔, 但处于早期发展阶段; ③在政策方面, 我国尝试利用多种政策工具全方位支持智能医疗产业发展, 但不同应用场景政策倾斜力度不同。研究结论可为我国智能医疗产业规划和政策制定提供数据参考与决策支撑。

**关键词:**场景驱动; 场景识别; 智能医疗; 产业演化

**DOI:** 10. 6049/kjbydc. LC202210004

**中图分类号:** F426. 6

**文献标识码:** A



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1001-7348(2023)24-0020-11

## 0 引言

人工智能是科技领域的一次重大创新, 在缓解人口老龄化和资源不足带来的社会压力、满足国家可持续发展要求、提升经济结构转型升级效率等方面发挥着重要作用, 是不容忽视的历史性战略机遇<sup>[1]</sup>。我国高度重视人工智能发展, 力求将人工智能技术与实体经济发展紧密联系起来, 并将场景创新视为人工智能技术进步、支撑经济社会高质量发展的重要途径。近年来, 我国先后发布《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》《新一代人工智能发展规划》《新一代人工智能治理原则——发展负责任的人工智能》等政策文件, 推动人工智能发展。2021年3月, 《国民经济和社会发展的第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确将人工智能作为重点发展领域。2022年7月, 科技部等六部委联合发布《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》, 明确提出通过打造重大场景、提升场景创新能力等方式推动人工智能场景创新, 并鼓励以更智能的城市、更贴心的社会为导向, 在医疗健康领域持续挖掘人工智能应用场景机会,

积极探索包含医院管理、辅助诊断、决策支持在内的主要应用场景, 开展智能社会场景应用示范。同年8月, 科技部发布《关于支持建设新一代人工智能示范应用的通知》, 该通知将面向人民生命健康的智能诊疗列为首批人工智能示范应用场景。与此同时, 腾讯、阿里、科大讯飞、IBM、Google 等国内外科技企业、传统医疗器械提供商和科研团队积极推动医疗健康产业智能化升级, 为患者、医疗从业人员、医疗机构及医学研究团队提供高效、便捷的服务。在抗击新冠肺炎疫情过程中, 无人消毒车、智能测温系统、智能辅助诊疗、药效检测程序等智能医疗产品和服务为疫情防控及疫苗研发工作提供了重要保障。总体来看, 人工智能技术在医疗领域的应用渗透正在加速, 并催生出更多实际需求和更丰富的应用场景。

产业演化分析可综合反映产业内外各种影响因素的作用效果, 便于清晰把握产业动态发展规律<sup>[2]</sup>。综观目前智能医疗产业相关研究, 学者偏重于运用理论和案例研究方法对其进行定性描述。具体来说, 现有研究主要集中于探讨产业总体现状<sup>[3-4]</sup>、产业机遇与挑战<sup>[5]</sup>、技术创新与成果转化<sup>[6-7]</sup>、应用场景描述<sup>[8]</sup>等方

收稿日期: 2022-10-08 修回日期: 2023-05-18

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(72074023, 72074239); 北京市社会科学基金重点项目(21DTR054); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(021250323001)

作者简介: 叶选挺(1983—), 男, 浙江温州人, 博士, 北京理工大学管理与经济学院、国际组织创新学院副教授, 研究方向为新兴技术创新管理; 马诗敏(2000—), 女, 山西吕梁人, 北京理工大学管理与经济学院硕士研究生, 研究方向为新兴技术创新管理; 王宇(1998—), 女, 山东烟台人, 浙江大学公共管理学院博士研究生, 研究方向为新兴技术创新管理; 李京晏(1996—), 女, 河南安阳人, 北京理工大学管理与经济学院硕士研究生, 研究方向为新兴技术创新管理; 张剑(1986—), 男, 山东东营人, 博士, 中央财经大学政府管理学院教授, 研究方向为创新政策。本文通讯作者: 张剑。

面, 基于场景驱动视角研究智能医疗产业演化的文献较少。

技术、市场、政策作为影响产业发展的重要因素, 受到学者广泛关注<sup>[9-10]</sup>。对于智能医疗等新兴产业而言, 从技术、市场、政策维度分析其产业演化过程, 有助于厘清技术发展脉络、市场发展动态和政策实施布局。基于此, 本文首先基于专利数据, 利用 LDA 主题模型对智能医疗产业应用场景进行识别; 其次, 从“技术—市场—政策”3 个维度开展场景驱动视角下我国智能医疗产业演化过程分析; 最后, 提出本文研究结论并对未来发展方向进行讨论, 可为我国智能医疗产业规划和政策制定提供数据参考及决策支撑。

## 1 文献回顾

场景是数字经济时代需求的具象表达。伴随着大数据、云计算、5G、人工智能、区块链等新兴技术的加速演进, 场景具象化、可视化成为可能。人工智能从识别、整合、反馈层面赋能场景创新, 场景中的数据内容支撑人工智能算法迭代优化, 两者实现相互联结与支撑(俞鼎, 2023)。场景创新结合用户感知, 通过供需融合联动, 形成从技术到产业的规模化发展<sup>[11]</sup>, 有利于推动产业进步与革新, 促进创新技术流动与转化。

近年来, 有关场景驱动创新的研究成果不断丰富, 学者主要从概念内涵、伦理责任和商业模式等方面展开讨论。尹西明等<sup>[11]</sup>剖析场景驱动创新的内涵和特征, 认为技术应用于特定场景、场景需求驱动的新技术开发与应用均属于场景驱动式创新, 指出应加快推进技术创新、场景应用与商业模式融合, 并探讨了共同富裕场景下驱动科技创新与成果转化的逻辑和路径<sup>[12]</sup>; 陈劲等<sup>[13]</sup>在新型举国体制框架下, 提出重大民生公共工程科技创新、突发性重大公共社会危机治理、“卡脖子”技术攻关突破 3 类应用场景; 俞鼎等(2023)分析人工智能社会实验中的场景创新特征, 研究两者的赋能逻辑和内在要求, 提出解决人工智能社会实验责任鸿沟的新思路, 即“有意义的人类控制”; 江积海等<sup>[14]</sup>基于商业模式视角对场景价值进行探究, 发现场景价值建立在顾客生活方式和生活细节情感体验之上; 王玉荣等<sup>[15]</sup>从消费者需求出发, 发现在“互联网+”场景下, 客户需求、商业模式突破等因素会激励企业反向创新; 张浩等<sup>[16]</sup>研究在区块链不同部署方式中企业、产业、社会层面商业模式创新的主要应用场景; 李健等<sup>[17]</sup>基于案例分析对场景驱动供应链金融商业模式创新、价值创造进行研究。

学者对智能医疗产业的相关研究主要集中在应用现状、技术动态和发展趋势等方面。Stelzner 等<sup>[18]</sup>探究纳米物联网技术在医疗领域的应用, 认为其在医疗通信场景中具有较大潜力, 并提出中心功能纳米网络的概念; Wang 等<sup>[19]</sup>提出一种不完全依赖专家编码和特定

临床场景的人工智能, 其可通过提取像素与原始信息等方式进行深度学习, 进而实现智能医疗场景应用; Dananjayan 等<sup>[20]</sup>认为, 5G 技术可以广泛应用于虚拟病人咨询、模拟手术流程、机器人手术和医疗设备维护等场景; 陈欣然等<sup>[21]</sup>通过对全球相关领域专利信息进行分析, 总结出人工智能在医疗健康行业的技术热点和发展态势; 任佳妮等<sup>[22]</sup>通过对论文专利高频关键词和语义关键词进行双重分析, 结合引用率和专家意见识别出医疗机器人领域的新兴技术。

综上所述, 国内外学者围绕场景驱动创新、智能医疗应用场景和产业态势开展相关研究, 为未来研究奠定了基础。场景作为从市场营销领域引入的新概念<sup>[11]</sup>, 学者更偏向于在商业模式范畴内对特定情境下所产生的需求与路径展开讨论。关于智能医疗技术应用场景的研究主要集中在辅助诊疗决策<sup>[6]</sup>、手术机器人<sup>[23]</sup>、影像分析<sup>[24]</sup>、可穿戴设备<sup>[8]</sup>、医疗管理<sup>[25]</sup>等方面, 或集中于产业技术态势与热点分析。学者对新兴技术在传统领域的应用现状及改进作出了较多讨论, 但对特定产业应用场景识别的研究较少, 且偏向描述性分析, 基于场景主题归类处理的系统性定量识别与产业分析较少, 从应用场景视角对智能医疗产业演化的研究尚处于起步阶段。

基于上述研究现状和国内外智能医疗产业发展态势, 本文构建基于智能医疗产业应用场景识别的技术、市场和政策综合分析框架, 使用隐含狄利克雷分布(Latent Dirichlet Allocation, LDA)主题模型及 ITGInsight、SPSS 软件, 对专利数据、市场数据和政策文本进行主题识别、筛选统计与可视化处理, 开展场景驱动视角下我国智能医疗产业演化分析。

## 2 智能医疗产业应用场景识别

### 2.1 专利数据获取与预处理

本文以德温特专利数据库为检索平台, 以专利摘要中的“USE”项作为应用场景识别的基础数据来源, 通过查阅学术资料和咨询专家意见构建专利识别检索式。首先, 将人工智能技术关键词划分为语音、视觉、自然语言处理、算法及平台 4 个一级分类和 17 个二级分类, 针对各二级分类选定英文关键词, 构建人工智能技术检索式; 其次, 将与医疗相关的关键词划分为医疗对象、医学场所、医用缩写、身体特征、疾病和健康、应用场景六大类, 并枚举常用的英文关键词构建医疗检索式; 最后, 将人工智能技术二级分类检索式与医疗检索式用“AND”运算符相连, 构建智能医疗检索式。以机器学习技术为例, 检索式如: TS=(机器学习关键词) AND(医疗关键词)。截至 2021 年 2 月, 运用上述检索式共检索到 53 581 件智能医疗相关专利, 人工智能技术二级分类名称及对应专利数如表 1 所示。

表1 智能医疗专利分类检索情况

Tab. 1 Classified search of intelligent medical patents

一级分类	二级分类	检索专利数(件)
语音	语音	5 685
视觉	人体静态特征	2 469
	人体行为特征	651
	情感识别	55
	内容与场景识别	645
	字符识别	1 317
	空间识别	2 251
	认知科学与虚拟现实	9 368
自然语言处理 算法及平台	自然语言处理	5 309
	机器学习	10 745
	神经网络	9 135
	控制决策	4 670
	知识学习	136
	推理	125
	计算与算法	741
	框架及平台	72
	其它	207
	总计	

本文在此基础上进行专利去重处理,共识别出46 576件专利作为新数据源,再利用 Vantage Point 数据处理软件提取文本、分词、清理与整理专利源数据,在42 075件专利数据中有效提取 USE 内容,最终生成词袋格式的模型输入文档。

## 2.2 LDA 主题模型分析与算法实现

自 Blei 等<sup>[26]</sup>提出 LDA 主题模型后,诸多学者对其进行了应用和改进。模型通过收集文本语料库等离散数据,将其转化为单词频率向量,利用概率产生式对文本主题进行挖掘,能够对大规模文档集合进行有效处理。LDA 主题模型是一种对文本数据主题信息进行建模的方法,是目前最具代表性的主题模型方法之一<sup>[27]</sup>。目前,LDA 主题模型已被广泛应用于各类专利文献主题识别、演化趋势和文本分析<sup>[28-30]</sup>。

鉴于此,本文基于 LDA 主题模型方法对智能医疗产业专利数据进行挖掘,采用 Java 作为模型实现的编程语言,参考之前研究确定运行参数,通过计算困惑度(Perplexity)确定模型最优主题数,从而识别出智能医疗产业应用场景主题。

(1)采用 Java 的 JGibbLDA 包进行建模和主题挖掘,将形成的词袋文档作为输入文档,参考 Griffiths 等<sup>[31]</sup>基于 LDA 对美国国家科学院院刊研究主题的参数设置,将超参数  $\alpha$  赋值为  $50/K$ ,将  $\beta$  赋值为 0.01,将 Gibbs 算法迭代次数 Iteration 设置为 1 000,每个主题下词语数为概率排行前 20。

(2)将主题数  $K$  分别代入 50、100、150、200、250、300,计算得到困惑度的最低值,再以困惑度最低值为原点、以 10 为间隔单位探究最优主题数。困惑度用以衡量模型对于新文本的预测能力,较小的困惑度意味着较强的模型预测能力,困惑度越小,说明主题数越优,如式(1)所示。其中,  $N_d$  表示文档中出现的单词,  $p$

( $w_d$ )表示每个单词集中出现的概率。

$$Perplexity = \exp \left( - \frac{\sum_{d=1}^M \log p(w_d)}{\sum_{d=1}^M N_d} \right) \quad (1)$$

(3)程序运行结果显示当  $K=240$  时,困惑度指标最小。根据最优主题数为 240 时输出的主题—高频率词文档推断主题内容,每个主题所包含的高频率词及其频率用于应用场景识别。

## 2.3 智能医疗产业应用场景识别结果

本文根据最优主题数下的主题—高频率词输出文档,定量挖掘出 12 个与应用场景相关的主题。例如,根据 Topic 62th 中的 expert system、neural-network、fuzzy-logic、support-vector-machine、information-retrieval、surgery 等关键词推断该主题为专家系统,并以此类推推出临床决策支持、手术机器人、康复机器人、药物研发等其它 11 个与医疗场景相关的主题。

基于上述 12 个主题构建其所属的智能医疗应用场景关键词。首先,根据前文识别出的代表词,搜索专利源数据中包含代表词的 USE 项内容;其次,通过分析 USE 项内容,多次迭代确定新关键词;最后,结合主题—高频率词输出文档、专家意见和智能医疗产业相关文献资料确定应用场景关键词。例如,根据 Topic 62th 专家系统和 Topic 177th 临床决策支持的高频词含义,对应识别“智能诊疗”应用场景。据此,本文共识别出智能诊疗、医疗机器人、药物研发、智能医学影像和智能健康管理五大应用场景。

智能医疗识别主题和所属应用场景识别结果如表 2 所示。其中,智能诊疗是指利用人工智能技术辅助开展诊疗,通过整理分析医学信息,模拟专家思维和医学推理流程,为患者提供医学诊断和治疗方案,提高医疗体系服务质量。智能诊疗是医疗行业的重点布局领域,目前已被广泛应用于癌症、肿瘤、艾滋病、口腔疾病、贫血等医疗领域,在提高医生诊断效率和准确率、优化医疗资源再分配等方面发挥着重要作用。医疗机器人是人工智能和生物智能的有机融合,在医疗领域作用效果显著,具有操作精细、定位准确、手术创伤小、感染风险低等优势,能够为医生手术提供支持,有效缩短患者康复周期。药物研发是指利用深度学习、大数据技术在药物研究中选取合适的化合物,目前在药物研发效果预测、靶点筛选、药物筛选、活性检测、副作用分析等环节的渗透率逐步提升,可缩短研发机构或企业新药开发周期,节约研发成本,提升研发成功概率。医学影像数据占医学数据的 90% 以上,为疾病识别和治疗方案拟定提供重要参考,被视为人工智能技术在医疗行业最有发展前景的应用领域。智能医学影像是将人工智能技术运用于医学影像分析与研究,涵盖影像成像设备、影像分析、疾病诊断、术后康复计划等多个应用方向,实现对影像诊疗流程的全方位覆盖,可以辅助医生进行影像分析,提高影像诊断效率和识别

水准,从而达到优化医疗资源配置、实现分级诊疗的效果。智能健康管理是人工智能相关算法和技术在健康管理应用场景的落地,拥有身体状况监测、疾病预防与

控制、制定健康计划等健康管理功能,目前主要适用于风险识别、智能助理、病情监控以及可穿戴设备等应用领域。

表 2 智能医疗应用场景识别结果

Tab. 2 Identification of intelligent medical application scenarios

主题	关键词	识别主题	所属应用场景
Topic 62th	expert-system; neural-network; fuzzy-logic; support-vector-machine; information-retrieval; surgery	专家系统	智能诊疗
Topic 177th	decision-support-system; prediction-system; surgical-procedure; AR-surgical-system; radiotherapy; prognosis; judging-method	临床决策支持	
Topic 46th	VR-system; image-guided-surgery; surgical-navigation-system; endoscope; laparoscopic-surgery; simulator; scalpel	手术机器人	医疗机器人
Topic 195th	rehabilitation; training-system; robot; movement; hand; limb; wrist	康复机器人	
Topic 67th	drug-discovery; drug-design; bioinformatics; natural-language-processing; image-recognition; computer-vision	药物研发	药物研发
Topic 30th	medical-imaging-system; medical-diagnostic-system; electronic-device; diagnosis-fault; determining-presence; machine-learning-apparatus	疾病诊断	智能医学影像
Topic 75th	medical-imaging; image-processing; medical-image-analysis; medical-diagnosis; pattern-recognition; object-recognition; machine-vision	影像分析	
Topic 116th	medical-imaging-system; medical-imaging-device; tomography-device; MRI-system; X-ray-device; ultrasound-imaging-system; cone-beam	影像成像设备	
Topic 10th	disease; risk; symptoms; disorder; prediction-system; analysis	风险识别	智能健康管理
Topic 44th	smartphone; home-automation-system; chatbot; processing-data; electroencephalogram; diabetes-patient; hearing-impaired-people	远程数据收集	
Topic 86th	wearable-device; smart-watch; smartphone; smart-glasses; smart-bracelet; fitness-band; fitness-tracker	可穿戴设备	
Topic 121th	mobile-terminal; online; healthcare-provider; health-system; drug-candidate; cognitive-state; user-activity	在线问诊	

### 3 场景驱动视角下我国智能医疗产业演化发展态势

#### 3.1 场景驱动视角下我国智能医疗产业技术演化分析

当前,包括我国在内的许多国家都基于本国技术创新和产业发展制定了智能医疗产业战略规划,并将其视为科学技术领域的重要风口之一。专利作为分析技术产出质量的重要指标,可用于产业内技术演化趋势分析。因此,本文沿用前文检索得到的专利数据,并对其去重和整理,最终得到 1974—2020 年申请的 46 259 件全球智能医疗产业相关专利,从宏观层面反

映世界范围内智能医疗技术发展趋势,如图 1 所示。

从申请趋势看,人工智能技术在医疗产业的应用越来越广泛,专利申请量稳步增长。具体而言,全球专利申请趋势大致经历 3 个阶段:①萌芽阶段(1974—2011 年):专利申请量整体增长缓慢,人工智能技术刚开始在医疗产业发挥作用,但未取得实质性突破;②初步发展阶段(2012—2014 年):专利申请增长幅度逐步提升;③快速增长阶段(2015—2020 年):专利申请进入快速增长期,各国智能医疗支持政策数量迅猛增长,这一时期专利申请总量高达 34 786 件,占已有专利申请总量的 75.2%。

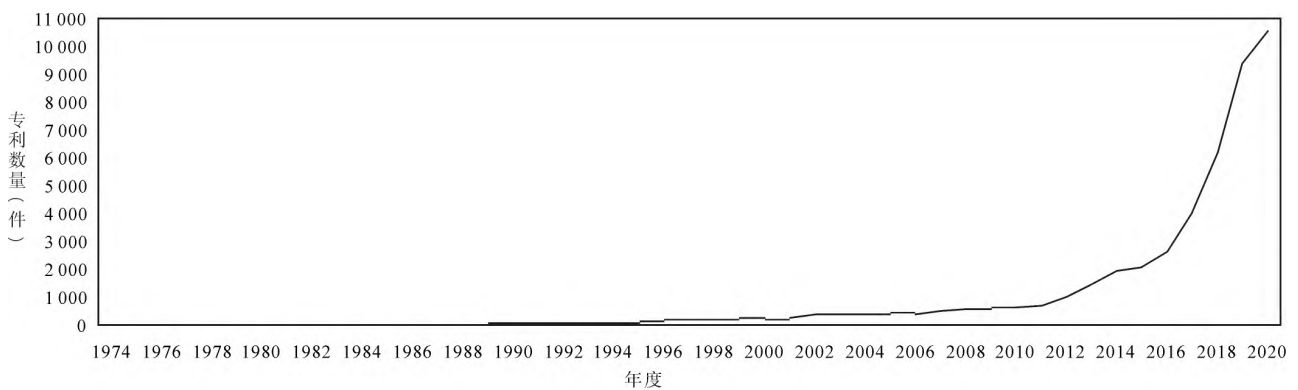


图 1 全球智能医疗产业专利申请数量年度分布 (1974—2020 年)

Fig. 1 Year distribution of patent application of global intelligent medical industry (1974—2020)

从专利申请受理国或组织看,2000—2020年中国、美国、世界知识产权组织、韩国、日本名列前五。自2010年起,在中国申请的专利数量开始快速增长,并于2017年专利申请总量超越美国,我国成为全球第一专利受理国,如图2所示。

医疗健康是基础民生产业,我国医疗服务具有社会公益性质,形成以公立机构为主体、私营机构为补充的服务体系。政府资助的自然科学基金、国家重点研发计划等科研项目研究方向可从一定程度上

反映智能医疗产业前沿技术趋势和重点发展领域。基于此,本文对2018—2020年国家重点研发计划涉及的智能医疗产业内容进行梳理并对其应用场景进行识别分析。从国家科技管理信息系统公共服务平台检索相关数据,筛选出5项与智能医疗相关的国家重点研发计划。通过梳理重点研发计划申报指南,发现国家重点研发计划对前文识别出的五大应用场景均有资助,共计17个子项目提及应用场景,如图3所示。

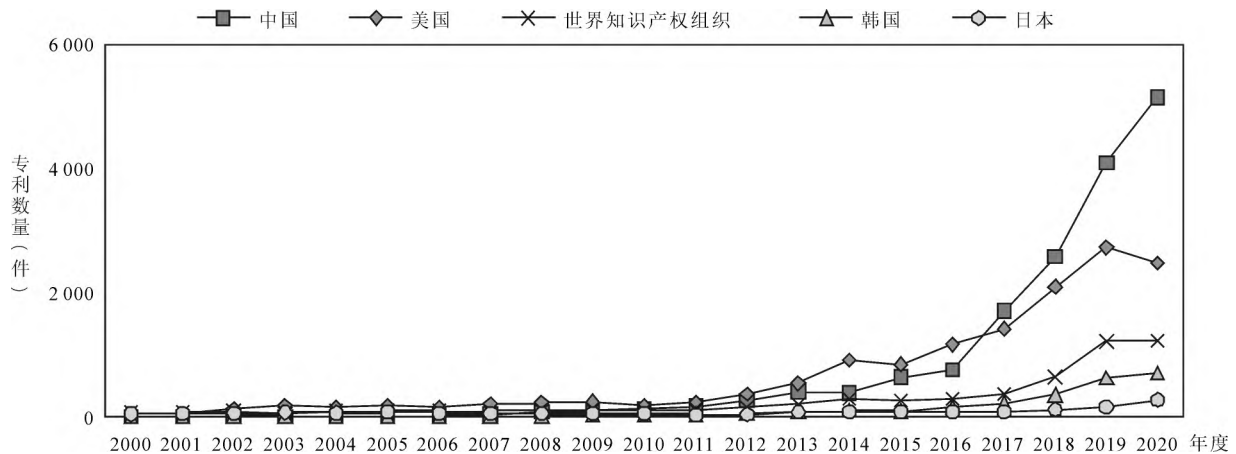


图2 智能医疗产业专利申请主要受理国家/组织年度分布

Fig.2 Distribution of intelligent medical patent application time of main accepted countries/organizations

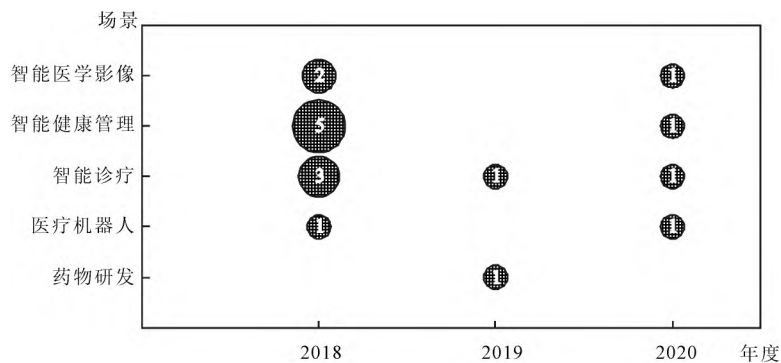


图3 国家重点研发计划智能医疗产业五大场景相关项目数量(2018—2020年)

Five scenarios of intelligent medical industry in National Key Research and Development Plan (2018—2020年)

总体而言,2018年国家重点研发计划项目以医疗产业为研究背景,但从2020年开始偏向将医疗作为人工智能技术的具体应用领域。具体而言,智能健康管理应用场景下的科技项目最多,而药物研发应用场景下的科技项目较少。关于智能诊疗应用场景,政府主要对决策支持系统和辅助诊疗技术提供支持,从而达到实现人工智能辅助医生诊断和传统中医治疗流程智能化转型的目的。关于医疗机器人应用场景,科技项目主要涉及手术治疗技术和室内服务机器人两种应用模式。智能医学影像探索方向主要包括影像辅助诊断和肿瘤影像分析等。药物研发应用场景下的科技项目

主要强调人工智能技术在药物质量评价中的应用。关于智能健康管理应用场景,国家重点研发计划主要对慢性病和神经性疾病健康管理、危重监护以及在线问诊提供支持。

### 3.2 场景驱动视角下我国智能医疗产业市场演化分析

近年来,我国积极推动医疗产业从数字化、信息化向智能化方向转型。2015—2020年,我国智能医疗行业应用规模平稳发展,年均复合增长率达12.4%<sup>[32]</sup>,如图4所示。自2020年起,市场需求、利好政策、技术跃迁等因素叠加,未来智能医疗应用规模将高速发展。

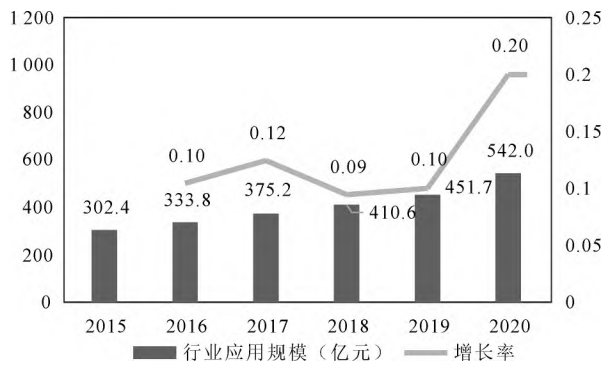


图 4 2015—2020 年我国智能医疗行业应用规模(亿元)

Fig. 4 Application scale of China's intelligent medical industry from 2015 to 2020(100 million CNY)

注:按营业收入计算

数据来源:沙利文, 头豹研究院

截至 2020 年 6 月,我国人工智能产业共包含 349 个智能医疗融资项目,其中有 81% 的智能医疗项目处于种子轮、天使轮和 A 轮等比较靠前的融资轮次,仅有 1% 的项目实现了 E 轮投资。此外,人工智能医疗领域投资仍处于活跃期,在 2018 年左右达到顶峰<sup>[33]</sup>,如图 5 所示。虽然受到资本寒冬和新冠肺炎疫情的影响,但

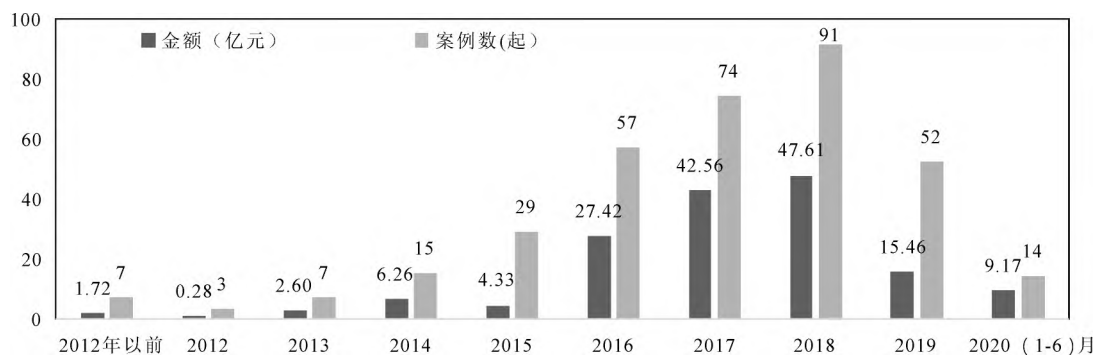


图 5 我国智能医疗领域股权投资规模和案例数

Fig. 5 Equity investment scale and number of cases in China's intelligent medical industry

数据来源:鲸准数据库,36 氪研究院

从智能诊疗国内市场应用场景看,我国企业开始尝试将人工智能技术和深度学习算法赋能传统医学,搭建名医治疗经验和医学案例数据库,但与国外 IBM、Microsoft 的成熟临床产品相比仍有较大差距。从药物研发应用场景看,中国企业在该领域的探索较浅,亟待加强核心技术攻关和突破。在新冠肺炎疫苗研制工作中,医学专家团队尝试引入人工智能技术,以缩短疫苗研发周期、降低开发成本。从智能医学影像应用场景看,中国企业已经深入影像设备、影像分析和影像识别病灶等应用领域,对乳腺、肺、心脏、脑、骨关节等医学影像诊断提供丰富的智能化解决方案,使之成为智能

总体规模及案例仍呈上升态势。整体而言,现阶段我国智能医疗产业投融资项目热度较高,产业整体处于早期发展阶段。我国智能医疗服务需求、股权投资存在广阔发展空间,未来赛道上将进一步实现细分。

根据全球人工智能企业榜单、全球医疗企业营收排名和中国人工智能医疗创新排行,本文选取各榜单排名前 10 的企业。基于所识别的五大应用场景,本文对全球范围内主要企业在智能医疗领域的产品、合作项目、医疗设备和医疗解决方案等进行梳理,结果如表 3 所示。整体而言,不同类型企业都基于自身技术和资源优势在智能医疗五大应用场景中进行了积极探索。科技企业主要通过将机器学习、语音识别和机器人技术运用到医疗产业,与医疗机构、医学科研团队和医疗器械公司开展合作;传统医疗卫生保健公司通过与人工智能企业、软件开发企业开展项目合作或战略投资、收购技术企业等形式布局智能医疗领域。智能健康管理是目前企业布局最多的应用场景,主要是因为健康管理所包含的服务范围广,移动设备、护理系统等产品技术成熟、商业化程度较高且可替代性强,便于企业进入市场开展竞争。

医疗产业热点发展领域。从医疗机器人应用场景看,我国医疗机器人正处于起步阶段,虽在低端康复机器人和服务机器人领域开展积极探索,但在高端机器人领域研究成果相对空白,进口依赖程度较高。2021 年以来,我国逐步将部分手术机器人纳入省级医保,进一步提升产品在实际应用中的迭代能力。从智能健康管理应用场景看,中国企业在癌症早期筛查、智能医用穿戴设备、在线问诊、慢性病管理等方面开展了多样化探索与布局,智能化升级了人民健康管理全周期,提高了身体特征数据的使用价值,将预防、治疗等过程与信息化技术联系起来。

表 3 主要企业在智能医疗领域内的产品  
Tab. 3 Products of main enterprises in the intelligent medical field

应用场景	主要企业及其产品
智能诊疗	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IBM-智能医疗决策系统;Google-AI 辅助诊断;Microsoft-基因组学临床分析;Roche-肿瘤多学科会诊平台</li> <li>• 阿里巴巴-“阿里健康”搭建人工智能糖尿病智能用药引擎;腾讯-“腾讯觅影”AI 确诊开放平台;平安好医生-AI 辅助诊疗系统;科大讯飞-全科辅助诊疗系统及临床决策支持平台;百度-百度医疗大脑;商汤-商汤智慧诊疗平台</li> </ul>
医疗机器人	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Google-Verb Surgical 手术机器人;Microsoft-Healthcare Bot 医疗聊天机器人;Siemens-Corindus 介入机器人;Stryker-Mako 机器人辅助手术系统;GE Healthcare-IGS 智能移动介入机器人;Medtronic-智能脊柱外科手术机器人系统;Johnson &amp; Johnson-VELYS 骨科手术机器人;Intuitive-肺部疾病诊疗机器人</li> <li>• 百度-医疗医护助力机器人;京东-京智康智能初筛机器人</li> </ul>
药物研发	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facebook-人工智能药物筛选;IBM-Clinical Development 药物临床试验研究产品;Google-Calico 抗衰老药物研发;Microsoft-制药和生命科学解决方案</li> <li>• 腾讯-“腾讯觅影”基于影像数据药物的疗效评估;百度-百图生科</li> </ul>
智能医学影像	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facebook-fastMRI 核磁共振;Microsoft-InnerEye;IBM-Imaging AI marketplace 成像应用;Neusoft-医学影像系统 PACS/RIS;Siemens-影像学知识型智能技术与 syngo. via AI 影像解决方案;GE Healthcare-Centricity Open PACS AI 智能影像平台心脏磁共振影像智能解决方案;Philips-星云医学影像人工智能平台</li> <li>• 百度-眼底影像分析系统;阿里巴巴-肺结节 CT 影像检测;腾讯-“腾讯觅影”医学影像人工</li> </ul>
智能健康管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Google-study watch 智能穿戴手表;Microsoft-远程医疗个性化护理;IBM-Watson Care Manager;Philips-CareSage 早期预警评分系统;Siemens-teampay 基于云端的大数据平台</li> <li>• 京东方-疾病管理解决方案、移动医疗设备;阿里巴巴-宫颈癌、乳腺癌辅助筛查;腾讯-“腾讯觅影”疾病筛查;京东-京智康 H8;平安好医生-现代华佗一分钟诊所;浪潮-全息数字人预约诊疗服务平台;百度-dulife 医疗大数据治理智能诊前助手便携设备;因数健康-慢病健康管理平台</li> </ul>

3.3 场景驱动视角下我国智能医疗产业政策演化分析

近年来,我国在智能医疗领域积极布局,通过制定战略政策、发展规划等形式推动智能医疗产业发展,促进技术落地,深化医疗产业智能化改革,本文引入政策工具对我国智能医疗产业政策进行深入解析和分类。参考 Rothwell & Zegveld<sup>[34]</sup>提出的供给型、环境型和需求型划分维

度,利用北大法宝法律法规数据库、政府官方网站等平台收集得到 191 件智能医疗产业相关政策文本(截至 2021 年 3 月 31 日),经过政策编码分析,共得到 244 份政策工具。其中,从“财政投入”至“信息服务”为供给型政策工具,从“财政税收”至“知识产权”为环境型政策工具,从“对外承包”至“政府采购”为需求型政策工具,如图 6 所示。

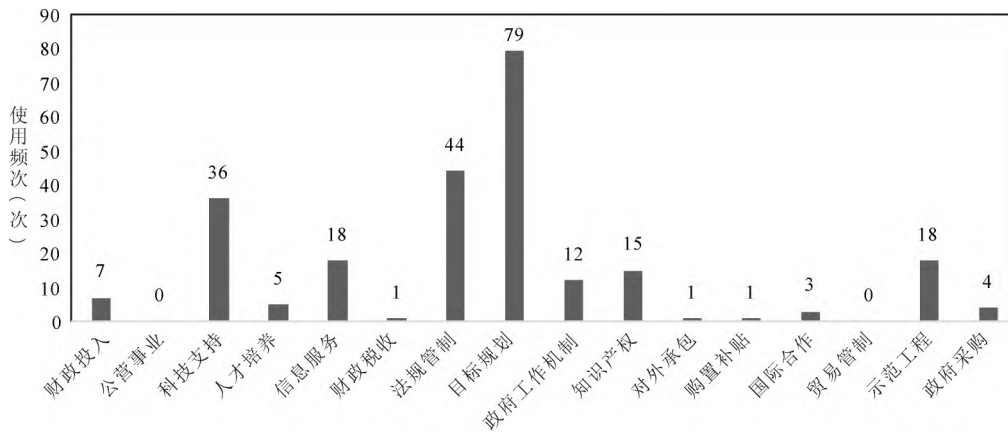


图 6 我国智能医疗产业政策工具分布  
Fig. 6 Distribution of policy tools in China's intelligent medical industry

进一步,对政策工具子类频次进行分析发现环境型政策工具最多,共计 151 个(占比 61.88%),其中“目标规划”政策工具出现次数最多,高达 79 次,“法规管制”次之,而“财政税收”仅出现 1 次,这源于我国智能医疗产业尚处于早期发展阶段,政府在发布产业政策时更倾向于通过改变环境要素对智能医疗产业发展施加影响,从产业规划和战略纲要层面进行整体性布局,以政策法规、管理规范、技术标准等引导新兴产业有序发展。供给型政策共计 66 个(占比 27.05%),其中“科

技支持”和“信息服务”出现次数较多,而“公益事业”出现次数较少,体现出我国政府通过科技项目、信息平台等方式实现各医疗机构技术和数据共享,推动医疗服务向智能化方向发展。需求型政策共计 27 个(占比 11.07%),其中“示范工程”政策工具出现次数最多,其余政策工具出现次数均小于 5 次。“贸易管制”政策工具未出现,侧面反映出当前我国政府主要采取设置试点、示范区的方式拉动智能医疗产业发展。

总体而言,3 类政策工具使用频次均呈现“先增加、

后减少、再增加”的趋势,如图 7 所示。2016 年是“十三五”规划发布年,涉及智能医疗相关政策文本内容最多,用到的政策工具频次也最高,随后呈逐年下降趋势。由于筛选政策文本截止时间为 2021 年 3 月,故 2021 年数据相对偏低。

以本文识别的五大应用场景为识别对象,分析我国智能医疗产业政策文本中直接提及应用场景的内容,识别并整理其出现频次,如图 8 所示。整体而言,2007—2021 年,我国智能医疗产业政策文本共提及应用场景 129 次,呈现“逐渐上升、下降、再上升”趋势,不同应用场景政策支持力度存在显著差异。具体而言,智能健康管理应用场景出现次数最多,高达 44 次,占比 34.11%,政策关键词涉及“医疗健康可穿戴设备”“远程医疗咨询”“智能化预警”“语音电子病历”等;智能诊疗应用场景共出现 38 次,占比 29.46%,在政策文本中主要以“专家诊疗系统”“人工智能辅助诊断治

疗技术”“智能化脉诊仪”等形式出现,许多政策文本都提到中医相关智能辅助诊疗应用,一定程度上体现出人工智能技术对中国传统医学产业转型发展的支持作用。医疗机器人应用场景出现 23 次,占比 17.83%,政策文本中涉及“康复机器人”“机器人手术系统”“服务机器人”等不同类型医疗机器人。尽管智能医学影像相关应用场景和技术在医疗产业应用广泛,但国内政策文本较少提及,仅出现 13 次,占比 10.08%,包含“智能影像超声系统”“智能医学影像识别”“术中精准成像”等关键词。药物研发应用场景出现次数最少,仅为 11 次,占比 8.53%,政策文本指出应加快人工智能技术在药材生产中的应用,提升药物研发信息化水平。此外,政策文本还提及“智能化系统”“高端智能医疗设备”“医疗智能产品”等重点研发方向,体现出国家层面对智能医疗产业的关注以及对其发展方向的指引。

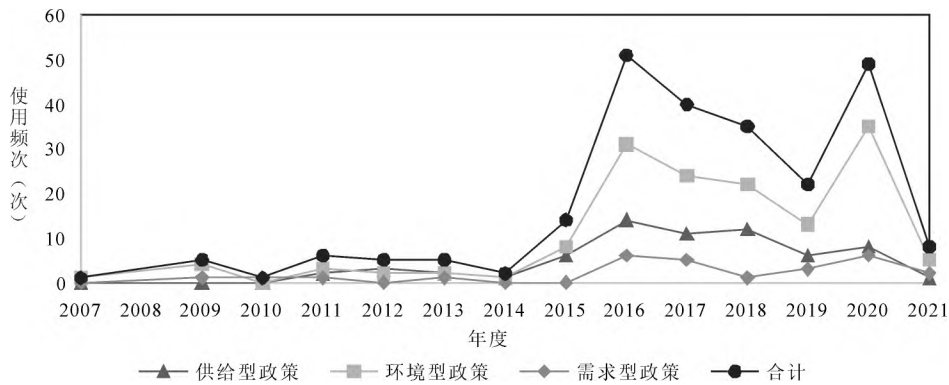


图 7 2007—2021 年我国智能医疗产业政策工具使用时间分布

Fig. 7 Time distribution of policy tools in China's intelligent medical industry from 2007 to 2021

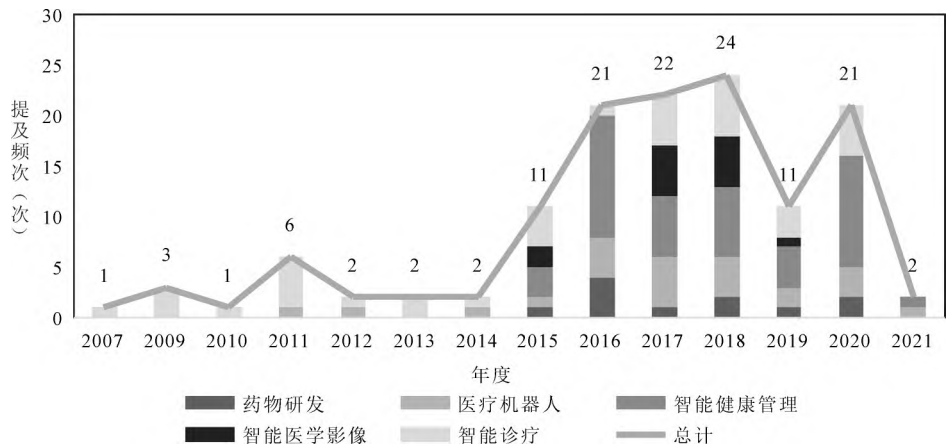


图 8 2007—2021 年我国智能医疗产业政策文本应用场景时间分布

Time distribution of application scenarios for domestic intelligent medical policy texts from 2007 to 2021



## 4 结论与讨论

### 4.1 研究结论

本文基于 LDA 主题模型对智能医疗产业应用场景识别开展研究,筛选出与应用场景相关的专家系统、临床决策支持、手术机器人、康复机器人、药物研发、影像疾病诊断、影像分析、影像成像设备、风险识别、远程数据收集、可穿戴设备和在线问诊,共计 12 个主题,分别归属于智能诊疗、医疗机器人、药物研发、智能医学影像和智能健康管理五大应用场景。在此基础上,从“技术—市场—政策”3 个维度开展场景驱动视角下我国智能医疗产业演化过程分析,得出如下研究结论:第一,从技术角度看,全球智能医疗产业专利申请数量呈现快速增长态势。在蓬勃发展的同时,相关技术处于不断创新和发展阶段。我国在智能医疗五大应用场景技术领域均有布局,在我国申请的相关专利数量已居于世界前列。然而,我国现在仍处于弱人工智能阶段,核心算法和技术缺位,医疗机器人、医学影像设备等高端智能设备主要依赖进口,创新能力和研发水平亟待提升。第二,从市场角度看,智能医疗总体市场与应用场景子市场目前均处于不断增长态势,具有广阔的市场空间和良好的发展前景。包括我国在内的各国科技巨头、医疗器械提供商和健康科技初创公司都在智能医疗领域积极布局,许多医疗产品和解决方案均在快速发展。我国智能医疗产业中有大量初创企业,多数投融资轮次比较靠前,现处于早期发展阶段,呈现出积极探索的良好态势。第三,从政策角度看,我国政府大力支持智能医疗产业发展,通过多种政策工具实现全方位支持智能医疗产业科技创新和成果转化,但五大应用场景中的政策工具应用和支持力度有所不同。

### 4.2 政策建议

为进一步优化我国智能医疗产业政策布局,本文提出以下建议:

(1) 加大对关键核心技术,尤其是薄弱环节研发投入和政策支持力度,夯实智能医疗研究根基,鼓励高校和企业科研团队参与智能医疗重大科技项目攻关,激发技术团队创新活力,实现技术前沿化、产品精细化和服务差异化,打造具有影响力和知名度的自主品牌。

(2) 深化官产学研用合作,搭建以智能医疗企业为核心,医院、研究所和医学院等医疗机构协同合作的发展体系,强化基础层和技术层宏观布局,鼓励龙头企业在智能健康管理、药物研发等应用场景开展基础研究、科技创新工作,积极引进新产品形式和技术方案,发挥行业带动优势,最终形成政府引导、市场驱动、医疗企业创新、医院及医疗研究机构支持、用户信赖的科研创新体系,提升技术—产品与服务方案转化效率,为智能

医疗产业技术研发与成果转化提供有力保障。

(3) 智能医疗产业发展和人工智能技术应用可能会带来隐私、安全、知识产权和伦理等问题,因此我国应重视智能医疗领域法律法规建设及行业规则制定,在促进产业发展的同时明确各主体权利、义务和责任,规范行业内生产、应用活动,明确各类责任边界。此外,政策设计还应注意对政策工具的综合运用,重视人工智能等前沿技术赋能医疗产业的道德责任,厘清不同场景下的政策需求,优化现有政策,支持资源配置,将资源优先倾斜给需求大、时间紧、效果佳的场景,并及时更新政策体系,把握产业政策力度转换时机,不断激发产业增长活力,推动我国智能医疗产业健康、蓬勃发展。

### 4.3 不足与展望

本文存在如下不足:一是运用 LDA 主题模型识别应用场景关键词主要以主题—高频率词输出文档推断主题内容,以迭代检索结果选取关键词存在一定主观性,未来可结合机器学习、神经网络等算法,更深入地识别研究主题,增强识别结果的可靠性。二是目前世界上主要国家以及我国智能医疗产业处于早期发展阶段,数据获取难度较大,未来可通过企业调研、行业咨询等形式扩大数据来源,提高产业演化分析的准确性。三是分别从“技术—市场—政策”3 个维度对场景驱动视角下我国智能医疗产业演化过程进行分析,未来应该对产业发展影响因素进行交互分析,厘清不同情境下产业发展演化里程碑事件,进而挖掘产业发展规律,为未来我国智能医疗产业政策优化提供支持。

### 参考文献:

- [1] 吕文晶,徐丽,刘进,等. 中国人工智能研究的十年回顾——基于 2008—2017 年间文献计量和知识图谱分析[J]. 技术经济, 2018, 37(10): 73-78, 116.
- [2] 李桥兴,胡雨晴. 基于哈肯模型的我国大数据产业演化机制研究[J]. 工业技术经济, 2020, 39(3): 125-131.
- [3] KONONENKO I. Machine learning for medical diagnosis: history, state of the art and perspective[J]. Artificial Intelligence in Medicine, 2001, 23(1): 89-109.
- [4] 余玉刚,王耀刚,江志斌,等. 智慧健康医疗管理研究热点分析[J]. 管理科学学报, 2021, 24(8): 58-66.
- [5] 高奇琦,吕俊延. 智能医疗:人工智能时代对公共卫生的机遇与挑战[J]. 电子政务, 2017, 179(11): 11-19.
- [6] 陈希,张文博,张美霞,等. 基于患者多源融合行为信息的智能化诊断决策方法[J/OL]. 中国管理科学: 1-9 [2023-04-08]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2835.G3.20221108.1412.008.html>.
- [7] EUN S J, KIM J Y. Development of intelligent healthcare system based on ambulatory blood pressure measuring de-

- vice [J]. *Neural Computing and Applications*, 2020(33): 4599-4610.
- [8] AMOON M, ALTAMEEM T, ALTAMEEM A. Internet of things sensor assisted security and quality analysis for health care data sets using artificial intelligent based heuristic health management system [J]. *Measurement*, 2020, 161: 107861.
- [9] 叶选挺, 尹静茹, 张剑, 等. 标准与技术、市场、政策之间的作用机理研究——以中国半导体照明标准光组件为例 [J]. *科技进步与对策*, 2017, 34(1): 104-110.
- [10] WNAG L, WANG Y, CHEN J. Social self-organization evolution path of photovoltaic industry chain system [J]. *Revista de Cercetare si Interventie Sociala*, 2019, 65: 338-353.
- [11] 尹西明, 苏雅欣, 陈劲, 等. 场景驱动的创新: 内涵特征、理论逻辑与实践进路 [J]. *科技进步与对策*, 2022, 39(15): 1-10.
- [12] 尹西明, 苏雅欣, 李飞, 等. 共同富裕场景驱动科技成果转化的理论逻辑与路径思考 [J]. *科技中国*, 2022, 27(8): 15-20.
- [13] 陈劲, 阳镇, 朱子钦. 新型举国体制的理论逻辑、落地模式与应用场景 [J]. *改革*, 2021, 34(5): 1-17.
- [14] 江积海, 廖芮. 商业模式创新中场景价值共创动因及作用机理研究 [J]. *科技进步与对策*, 2017, 34(8): 20-28.
- [15] 王玉荣, 李宗浩. 互联网+场景模式下反向驱动创新研究 [J]. *科技进步与对策*, 2017, 34(20): 7-14.
- [16] 张浩, 朱佩枫. 基于区块链的商业模式创新: 价值主张与应用场景 [J]. *科技进步与对策*, 2020, 37(2): 19-25.
- [17] 李健, 渠珂, 田歆, 等. 供应链金融商业模式、场景创新与风险规避——基于“橙分期”的案例研究 [J]. *管理评论*, 2022, 34(2): 326-335.
- [18] STELZNER M, DRESSLER F, FISCHER S. Function centric nano-networking: addressing nano machines in a medical application scenario [J]. *Nano Communication Networks*, 2017, 12(14): 29-39.
- [19] WANG F, CASALINO L P, KHULLAR D. Deep learning in medicine——promise, progress, and challenges [J]. *JAMA Internal Medicine*, 2019, 179(3): 293-294.
- [20] DANANJAYAN S, RAJ G M. 5G in healthcare: how fast will be the transformation [J]. *Irish Journal of Medical Science*, 2020(190): 497-501.
- [21] 陈欣然, 李国正, 崔一迪, 等. 基于专利计量的全球人工智能技术在医疗健康领域应用发展态势分析 [J]. *科技管理研究*, 2021, 41(3): 139-147.
- [22] 任佳妮, 张薇, 杨阳, 等. “人工智能+医疗”新兴技术识别研究——以医疗机器人为例 [J]. *情报杂志*, 2021, 40(12): 45-50.
- [23] FUJIE M G, ZHANG B. State-of-the-art of intelligent minimally invasive surgical robots [J]. *Frontiers of Medicine*, 2020, 14: 404-416.
- [24] WANG S, SUMMERS R M. Machine learning and radiology [J]. *Medical Image Analysis*, 2012, 16(5): 933-951.
- [25] 杨善林, 范先群, 丁帅, 等. 医联网与智慧医疗健康管理 [J]. *管理科学*, 2021, 34(6): 71-75.
- [26] BLEI D M, NG A Y, JORDAN M I. Latent dirichlet allocation [J]. *Journal of Machine Learning Research*, 2003, 3: 993-1022.
- [27] BLEI D M. Probabilistic topic models [J]. *Communications of the ACM*, 2012, 55(4): 77-84.
- [28] 席运江, 赵燕, 廖晓, 等. 基于 LDA 的企业微博主题传播超网络建模及分析方法 [J]. *管理学报*, 2018, 15(3): 434-441.
- [29] 陈伟, 林超然, 李金秋, 等. 基于 LDA-HMM 的专利技术主题演化趋势分析——以船用柴油机技术为例 [J]. *情报学报*, 2018, 37(7): 732-741.
- [30] 俞红海, 范思妤, 吴良钰, 等. 科创板注册制下的审核问询与 IPO 信息披露——基于 LDA 主题模型的文本分析 [J]. *管理科学学报*, 2022, 25(8): 45-62.
- [31] GRIFFITHS T L, STEYVERS M. Finding scientific topics [J]. *Proceedings of the National academy of Sciences*, 2004, 101(suppl\_1): 5228-5235.
- [32] 钟琴. 中国智慧医疗行业概览 [EB/OL]. (2022-04) [2023-02-25]. [https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3\\_AP202206091571052185\\_1.pdf?1654806695000.pdf](https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202206091571052185_1.pdf?1654806695000.pdf).
- [33] 中国信息通信研究院, 工业互联网创新中心, 36 氦研究院. 2020 人工智能医疗产业发展蓝皮书 [EB/OL]. (2020-09-07) [2023-02-25]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/ztbg/202009/P020200910495521359097.pdf>.
- [34] ROTHWELL R, ZEGVELD W. Reindustrialization and technology [M]. Harlow: Longman, 1985.

(责任编辑:王敬敏)

## The Evolution of Intelligent Medical Industry from the Scenario-driven Perspective

Ye Xuanting<sup>1,2</sup>, Ma Shimin<sup>1</sup>, Wang Yu<sup>3</sup>, Li Jingyan<sup>1</sup>, Zhang Jian<sup>4</sup>

(1. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology;

2. School of Global Governance, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

3. School of Public Affairs, Zhejiang University, Hangzhou 310030, China;

4. School of Government Management, Central University of Finance and Economics, Beijing 100081, China)

**Abstract:** As a major innovation in the field of science and technology, artificial intelligence plays an important role in alleviating the social pressures brought by population aging and insufficient resources, meeting the national requirements for sustainable development, and improving the efficiency of economic structural transformation and upgrading. It is a historic strategic opportunity that cannot be ignored. Artificial intelligence is regarded as the main development direction of national information technology and the Chinese government is making every effort to integrate artificial intelligence technology with real economy development. Additionally, the government strongly proposes to actively explore and continuously develop the opportunities of artificial intelligence application scenarios and create significant scenarios in the medical field, with a more intelligent city and a more intimate society as the guide. In recent years, domestic and foreign technology enterprises, traditional medical device providers, and related scientific research teams are actively promoting the intelligent upgrade of the medical and health industry to provide more efficient and convenient services for patients, medical practitioners, medical institutions, and medical research teams. Since 2020, intelligent medical products and services have provided important support and guarantees for epidemic prevention, control and vaccine research. As a result, the penetration of artificial intelligence technology in the medical field is accelerating, and the application scenarios are becoming more diverse. A comprehensive review of existing relevant studies shows that the research achievements of scenario-driven innovation and the intelligent medical industry have been continuously enriched in recent years, but the intelligent medical industry is still in its infancy. As an emerging industry, the intelligent medical industry lacks systematic identification and industry analysis based on scenario-themed classification processing.

It is conducive to a better understanding of the development of this industry and figuring out potential opportunities and challenges to identify the application scenarios of the industry from three dimensions of technology, market and policy. Therefore, by taking 53 581 intelligent medical patents as the source data and using the LDA thematic model to identify the application scenarios of the intelligent medical industry, this paper explores the evolution of China's intelligent medical industry in the three dimensions by combining the results of application scenario recognition and conducting an analysis framework of industry evolution. It first introduces the technological evolution of the intelligent medical industry through the analysis of patents and technologies. Second, it clarifies the market analysis from the perspective of market scale and application scenarios, showing China's current situation in every aspect of intelligent medicine. Third, it illustrates the domestic policy related to the intelligent medical industry, presenting the concern and attention to the development of this cutting-edge industry at the national level.

In conclusion, this study discovers 12 application scenarios of the intelligent medical industry, and identifies 5 major application scenarios based on the theme meanings and the industry's current status, including intelligent diagnosis and treatment, medical robots, drug development, intelligent medical imaging, and intelligent health management. In terms of technology, intelligent medical technology is in a stage of continuous innovation and development, and China's key research and development directions are laid out in various application fields. In terms of the market, different types of enterprises at home and abroad have actively explored the five application scenarios of the industry with different focuses. The market scale is gradually expanding, but the products and medical solutions are still in the stage of scenario testing. In terms of policies, China has tried to use a variety of policy tools to comprehensively support the development of the intelligent medical industry in an all-round way. However, there are degree differences in the policy support in different application scenarios.

This paper enriches the current research on intelligent medical application scenario identification and industrial evolution, and puts forward some countermeasures and suggestions for the future development of the industry. Meanwhile, it provides data reference and decision-making support for China's intelligent medical industry planning and policymaking in the future.

**Key Words:** Scenario-driven; Scene Recognition; Intelligent Medical Industry; Industrial Evolution