

中国生成式人工智能产业高效率发展路径研究 ——基于 TOE 框架的组态分析

唐露源¹, 徐源²

(1. 北京理工大学经济学院, 北京 102488; 2. 北京理工大学教育学院, 北京 102488)

摘要:人工智能产业是未来产业的典型代表,是引领经济创新、增强国家竞争力的战略性新兴产业。生成式人工智能作为一项颠覆性技术,已成为人工智能产业发展的重要方向。以中国 23 个省市作为研究对象,采用 TOE 理论框架并引入 fsQCA 方法,从组态视角探究中国生成式人工智能产业高效率发展路径。研究发现:(1)生成式人工智能产业具有创新引领性、生态协同性、辐射赋能性和市场爆发性 4 个典型特征。(2)中国生成式人工智能产业高效率发展存在组织—环境双轮驱动型、技术—环境主导型、技术—环境协同型、要素集聚综合驱动型以及环境支撑型 5 种路径。(3)通过组态比较发现中国生成式人工智能产业高效率发展需要多维度要素的协同配合,单一要素优势难以支撑其可持续发展。研究结论为政府制定产业发展政策和企业制定未来战略规划提供了政策依据和理论指导。

关键词:未来产业;生成式人工智能产业;高效率发展路径;TOE 框架;组态分析

中图分类号:F124.3;TP181

文献标识码:A

未来产业是处于孕育期但具有重大战略潜力的新兴产业,在引领经济创新发展、增强国家竞争力和推动社会进步等方面具有重要作用^[1]。党的二十届三中全会审议通过的《中共中央关于进一步全面深化改革推进中国式现代化的决定》明确提出:“建立未来产业投入增长机制”^[2]。人工智能产业与先进制造业、量子信息科学等产业被视为支撑未来经济社会发展的未来产业^[3],受到政产学研各界的高度重视和广泛关注。生成式人工智能(Generative AI)凭借算法突破、算力提升和和应用场景创新,正加速实现技术商业化并引领 AI 产业的发展方向。在政策支持、技术进步和市场需求协同驱动下,我国已初步建立生成式 AI 产业生态,需要进一步探索产业高效率发展路径。

现有研究已从多维度探讨未来产业发展规律:王小林和谢妮芸基于中美比较提出未来产业具有前沿技术集成应用、跨学科交叉融合及多元主体协同创新等特征^[4]。沈华等指出未来产业呈现绿色、智能、健康等发展趋势^[5]。张越等通过案例研究从“技术供给—产业转化—场景应用”构建未来产业培育模式^[6]。从理论视角来看,TOE(technology - organiza-

tion - environment)框架已广泛应用于传统产业的发展研究中^[7,8]。尽管已有研究为认识未来产业发展规律与培育路径提供了有益借鉴,但尚存在三重局限:一是研究侧重于宏观层面的机制探讨,与中观产业实践研究脱节;二是生成式 AI 领域研究多聚焦技术伦理等微观议题,缺乏产业生态系统构建、价值链重塑等中观视角;三是 TOE 框架在动态性极强的生成式 AI 产业研究中尚未充分发挥其分析优势。

鉴于此,本文创新性引入 TOE 框架解析影响中国生成式 AI 产业高效率发展的关键因素,并通过组态分析探讨其产业高效率发展路径。研究旨在系统界定产业特征边界,建立“技术 - 组织 - 环境”三维分析范式,解构多要素协同驱动机制,为产业政策工具箱提供理论支撑,推动中国生成式 AI 产业的进一步发展。

1 理论基础与概念界定

1.1 未来产业理论

未来产业理论源于 20 世纪 80 年代,随科技变革逐步系统化^[9]。未来产业与新质生产力的概念

紧密关联。2023 年 9 月,习近平总书记在黑龙江考察时强调“要整合科技创新资源,引领发展战略性新兴产业和未来产业,加快形成新质生产力”^[10],将未来产业提升至国家战略层面。然而关于未来产业的概念内涵,学术界尚未形成统一定义。国外学者 Alec Ross 采用列举法将未来产业界定为包含机器人、先进生命科学等领域的关键行业^[11]。国内学者则从产业特征维度展开定义:陈晓怡等强调其“颠覆性技术突破”^[12]特征;潘教峰等突出“满足未来需求、技术创新驱动”属性^[13];李晓华等强调其“探索期、孵化期”的发展阶段特征^[14]。

1.2 生成式人工智能产业的概念与特征

生成式 AI 是指基于已有数据和模型训练,自主生成新的、原创性内容的 AI 系统。生成式 AI 产业

作为一种新兴产业形态,具备未来产业的技术前沿性、颠覆性影响、发展潜力等特点。基于生成式 AI 内涵和未来产业理论,本文将生成式 AI 产业定义为:以生成式 AI 技术为核心,专注于内容生成和复杂智能场景应用,包含基础研发、应用开发、产业链配套等完整产业生态的新兴产业形态(如图 1 所示)。该产业呈现 4 个典型特征:(1)创新引领性,锚定全球科技前沿,聚焦基础算法突破与高端应用创新;(2)生态协同性,涵盖算力基建、技术研发与场景落地的复合生态系统,需多方主体共建;(3)辐射赋能性,通过技术外溢驱动传统产业数字化转型与价值链重构;(4)市场爆发性,处于商业化拐点,资本集聚加速形成千亿级增量市场。



图 1 生成式人工智能产业生态结构

Figure 1 Generative AI industry ecosystem structure

1.3 中国生成式人工智能产业发展历程

基于现有文献梳理出中国生成式 AI 产业生态呈现三阶段演进范式(图 2):“1.0 理论化研究阶段(2016 - 2020 年),以 PaddlePaddle、讯飞语音合成系统、阿里 PAI 等开源框架为标志,完成基础技术理论体系构建;2.0 商业化初步探索阶段(2021 - 2022 年),通过商汤、百度大模型及智谱 GLM 实现技术工程化突破,开启产业级应用探索;3.0 产业初步成型阶段(2023 年 -),《生成式人工智能服务管理暂行

行办法》的出台提供政策指引,“百模大战”引发技术竞争与产业变革,生成式 AI 应用重心从通用场景向医疗、制造等垂直领域深度渗透。截至 2024 年 7 月已形成 190 + 备案大模型、4500 家相关企业、6000 亿核心产值的产业矩阵^[15]。2024 年底至 2025 年初,中国 AI 技术路线转向开源与自主创新并行发展,技术差距快速缩小,产业竞争力显著提升。典型代表有快手可灵模型,DeepSeek - V3 和 DeepSeek - R1 等。

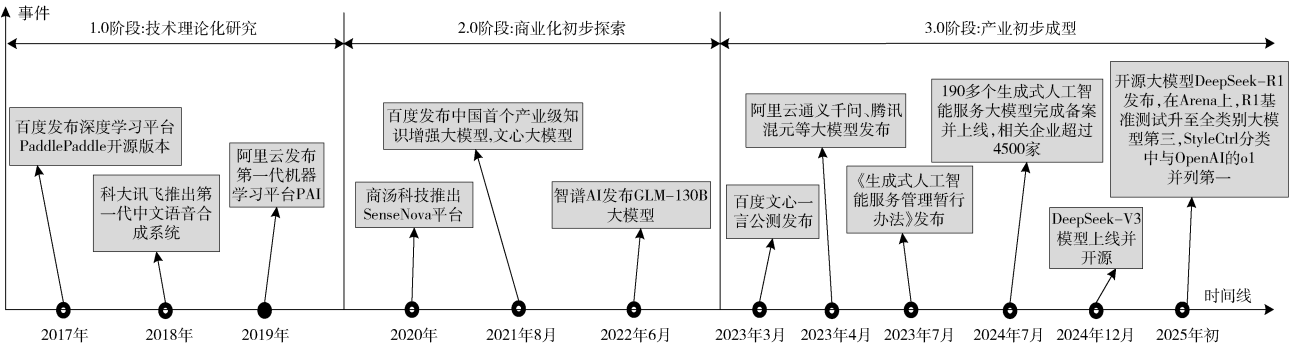


图 2 中国生成式人工智能产业生态化发展脉络

Figure 2 Ecological development of China's Generative Artificial Intelligence industry

2 中国生成式人工智能产业发展的 TOE 分析框架

TOE 框架强调技术 (technology)、组织 (organization) 和环境 (environment) 三个维度的相互作用和相互依存,能够系统性地解析复杂情境中的多维因素及其动态关系^[16]。将 TOE 框架与模糊集定性比

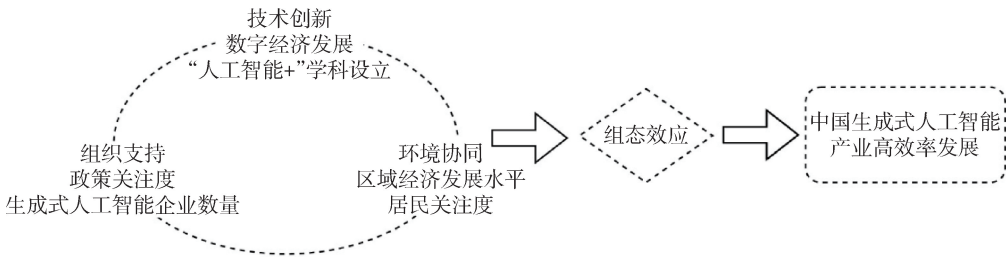


图 3 分析框架
Figure 3 Analysis framework

2.1 技术创新

技术创新是推动产业演进的关键,其影响体现在两个维度:一是通过技术扩散效应重塑传统产业的生产方式和市场结构;二是通过颠覆性创新催生以生成式 AI 为代表的未来产业形态。在此驱动下,数据作为新型生产要素价值凸显,应用场景拓展加速技术与市场融合,新型基础设施则为产业规模化提供支撑。生成式 AI 作为典型的知识密集型产业,其技术创新呈现出跨学科、高复杂性的特征,这对人才供给提出了新的要求^[17]。“人工智能+”交叉学科的建设不仅能够培养适应产业需求的复合型人才,还能通过产学研协同创新体系的构建,为产业的持续创新提供智力支持和理论指导。因此,本文将从数字经济发展和“人工智能+”学科设立两个方面探讨技术创新对生成式 AI 产业高效率发展的影响。

2.2 组织支持

组织支持作为一种正式与保险制度的体现,构成了产业发展的基础^[18]。政府层面,产业政策制定、专项资金投入与算力基础设施布局形成三位一体的制度支持体系,通过降低技术研发风险与市场不确定性,引导产业演进方向。企业层面,创新主体通过技术迭代、商业模式革新与组织变革,驱动产业链能级跃升,其空间集聚衍生的知识溢出效应进一步强化区域创新网络。以往研究表明,政策关注度

较分析 (fsQCA) 方法相结合,在研究生成式 AI 产业这样的未来产业时,一方面能够探究各要素之间存在的非线性的复杂因果关系,另一方面还可以识别出导向相同结果的多种不同路径组合。本文从技术、组织、环境 3 个维度选取了 6 个关键条件变量,构建了一个整合性的分析框架 (见图 3),以系统把握生成式 AI 产业发展的关键路径。

直接影响制度供给有效性^[19],而企业规模决定技术扩散速率与生态位竞争力^[20]。因此,本文将从政策关注度和生成式 AI 企业规模两个方面探讨组织支持对生成式 AI 产业高效率发展的影响。

2.3 环境协同

基于产业生态系统理论,环境支撑通过供给 - 需求协同效应塑造产业发展动能^[21]。从供给端来看,区域经济发展水平决定要素禀赋结构与创新要素集聚度,高能级经济体的创新基础设施、人力资本密度及市场需求牵引力构成技术迭代的基底条件。从需求端来看,居民对生成式 AI 的关注度反映了市场接纳度与需求弹性,其关注指数的增长既拓展商业化空间,又通过用户生成内容 (UGC) 反向优化算法性能,形成“需求发现 - 技术改进 - 市场扩张”的正反馈循环。因此,本文将区域经济发展水平和居民关注度作为环境协同维度的核心指标,探讨其对生成式 AI 产业高效率发展的影响机制。

3 研究设计

3.1 研究方法

本研究运用数据包络分析 (DEA) 中更为灵活的 BCC 模型有效消除规模经济对效率评估的干扰,对产业效率进行测度^[22]。结合模糊集定性比较分析法 (fsQCA) 探索条件变量与结果变量间的非线性

关联,构建解析生成式 AI 产业高效率发展系统中的多元因果机制。

3.2 案例选择

本文选取北京、天津、河北等^① 23 个省市作为研究样本,主要是考虑到这些省市已进行生成式 AI 服务产品正式备案,在生成式 AI 产业发展中具有相对领先和规范的市场准入水平。另外,参考 fsQCA 方法学研究的样本量要求,10 – 60 个案例被视为小样本研究的理想区间,本文选取的 23 个省市样本数量符合这一方法学标准。

3.3 变量说明

根据前文提出的 TOE 分析框架,从技术创新、组织支持和环境协同 3 个维度中,选择了数字经济发展、学科设立、政策关注度、生成式 AI 企业规模、经济发展水平和居民关注度 6 个前因条件,以生成式 AI 产业的高效率发展作为结果变量进行分析。

(1) 条件变量

①数字经济发展。《中国各省际单位数字经济发展指数(2023 年)》^[23] 对全国各省、直辖市和自治区的 2023 年数字经济发展进行了综合评估,本文采取该指标进行测算。

②学科设立。依据《教育部关于公布 2023 年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》^[24],统计各省份在 2023 年度新增设立的“人工智能+”本科专业数量,并对各省份设立专业的总数进行加总。

③政策关注度。借鉴杨佳雯等^[25] 的研究方法,采用政策文本量化分析方法,通过“北大法宝”数据库检索各地区发布的生成式人工智能相关政策文件。具体而言,以“生成式人工智能”或“大模型”与各省区市名称作为联合关键词,统计日期截至 2023 年 12 月 31 日。

④生成式人工智能企业规模。选取各地区生成式人工智能企业的数量来衡量该地区企业规模水平。基于企查查数据库,运用 Python 爬虫技术,以企业“经营范围”和“公司名称”为检索字段,采用“生成式人工智能”“大语言模型/LLM”“生成式 AI”作为主关键词,并结合“算法/深度学习”“智能生成/内容生成”“多模态/自然语言处理”等辅助关键词进行组合匹配。筛选条件设置为企业状态“存

续或在业”,统计时间范围为 2023 年全年。

⑤经济发展水平。选取 2023 年各省区市地区人均生产总值(GDP)作为衡量区域经济发展水平的指标,数据来源于各地区国民经济发展统计公报。

⑥居民关注度。采用百度指数平台的搜索指数来衡量各地区居民对生成式人工智能的关注程度。具体而言,选取“生成式 AI”“ChatGPT”“大模型”作为检索关键词,统计 2023 年各省区市的日均搜索指数。

(2) 结果变量

生成式 AI 产业的高效率发展,本质上是依托技术创新与资源整合能力,在既定资本、基础设施与数据要素投入约束下,实现技术成果转化与商业价值创造的最优均衡。本文构建了包含多维度投入产出的效率评价体系(如表 1 所示)。投入端聚焦三大核心要素:资本集聚水平,以生成式 AI 企业注册资本总额表征;算力网络基建,通过 5G 基站数量衡量算力硬件基础设施支撑能力;数据要素配置,以数据交易平台数量反映数据要素成熟度。产出端则涵盖创新链与价值链的双重维度:以专利授权量量化技术原创性突破,通过 AI 产品数量评估技术商业化能力,完成“实验室 – 市场”的价值闭环。相关数据来源于《国家互联网信息办公室关于发布生成式人工智能服务已备案信息的公告》《2023 年通信业统计公报》《2023 年中国数据交易行业全景图谱》、企查查平台以及 Incopat 数据库等。该指标体系通过 DEA 模型量化评估资源配置效率。

为确保指标选择的科学性和合理性,本文采用 Pearson 相关系数检验对指标间的关联性分析,确保选取的投入产出指标之间应呈现显著的正相关关系。结果如表 2 所示,表明选取的各项指标均合理。

4 数据分析与实证结果

4.1 DEA – BCC 模型测算结果分析

运用 DEAP 2.1 软件对 2023 年我国生成式 AI 产业效率进行测算,结果如表 3 所示。2023 年我国生成式 AI 产业效率呈现显著的区域异质性。全国平均效率水平为 0.812,反映出产业整体上尚未达到最优资源配置。在 23 个省市样本中,北京、上海、

① 北京、天津、河北、辽宁、黑龙江、上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、海南、重庆、四川、贵州、云南、陕西、宁夏 23 个省市。

江苏等 9 个核心区域实现了效率前沿面的突破,效率测算值达到 1.0,体现了这些地区在生成式 AI 产业发展更加高效率。

表 1 中国生成式人工智能产业投入产出效率评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of input – output efficiency of China’s Generative Artificial Intelligence industry	
指标类型	指标内容
投入指标	生成式人工智能企业注册资本总计(亿元)
	5G 基站数量总计(个)
	数据要素交易平台总计(个)
产出指标	生成式人工智能专利授权量(个)
	人工智能产品(个)

表 2 投入产出指标相关性分析

Table 2 Correlation analysis of input – output indicators			
Pearson 相关系数	数据要素交易平台设立数量总计	5G 基站建立数量总计	生成式人工智能企业注册资本总计
生成式人工智能专利授权量	0.725 ***	0.862 ***	0.955 ***
生成式人工智能备案产品数量	0.414 **	0.455 **	0.511 ***

注:*** 表示在 1% 的水平下显著;** 表示在 5% 水平下显著。

表 3 2023 年中国 23 个省市生成式人工智能产业效率值

Table 3 Efficiency values of Generative Artificial Intelligence industries in 23 provinces and cities in China in 2023					
省市	效率	省市	效率	省市	效率
北京	1.000	安徽	0.953	海南	1.000
天津	0.961	福建	0.585	重庆	0.585
河北	1.000	江西	1.000	四川	1.000
辽宁	0.661	山东	0.739	贵州	0.385
黑龙江	0.778	河南	0.512	云南	0.712
上海	1.000	湖北	0.692	陕西	0.573
江苏	1.000	湖南	0.584	宁夏	0.954
浙江	1.000	广东	1.000		

4.2 描述性统计与校准

本文采用直接校准法,以 95%、50%、5% 分位数分别作为完全隶属、交叉点和完全不隶属的阈值,结果如表 4 所示。为了消除案例隶属度在临界点(0.50)处可能引发的模糊归类问题,本文将 0.50 隶属度值微调至 0.501,以确保后续组态分析的精确性和一致性。结果变量及前因条件的校准锚点、描述性统计结果见表 4。

4.3 单变量必要条件分析

运用 fsQCA 3.0 软件对 6 个前因条件进行系统性必要性检验,结果见表 5。选取的前因变量一致性检验结果均小于 0.9,这意味着 6 个条件变量并

非是生成式 AI 产业高效率发展的单一必要条件。进一步开展条件变量的构型分析,探索生成式 AI 产业高效率发展的多重并发因果关系。

4.4 条件组态分析

(1)中国生成式人工智能产业高效率发展的组态

参考 Schneider 等^[26]的做法,本文将案例阈值设定为 1,一致性阈值设定为 0.8, PRI 一致性阈值设定为 0.75。运用 fsQCA 软件计算后,可以得出复杂解、中间解和简约解。以此,可以概括出我国生成式 AI 产业高效率发展的 5 条组态路径。从表 6 数据显示,单个组态以及总体的一致性水平均高于或

等于 0.75,表明所得的 5 条组态结果具有较强的解释性。总体一致性水平达到 0.87,意味着这 5 种组态能够解释 87% 的案例发展现实情况。其中,居民关注度、数字经济发展和政策关注度 3 个条件变量

作为核心条件在各组态中出现的频率较高,可被认为是影响产业高效率发展的重要因素,具体分析如下。

表 4 集合、校准和描述性统计
Table 4 Collection, calibration and descriptive statistics

结果变量和前因条件		校准点			描述性统计			
		完全不隶属点	交叉点	完全隶属点	平均值	标准差	最大值	最小值
技术创新	生成式人工智能产业高效率发展	0.52	0.95	1	0.812	0.204	1	0.385
	数字经济发展	61.70	66.73	81.77	68.22	7.01	82.99	60.54
	学科设立	2.6	22.22	31.7	19.52	9.55	36.00	1.00
	政策关注度	1	2	3.9	2.09	0.79	4.00	1.00
组织支持	生成式人工智能企业规模	11.27	43492.44	109376.2	5.22e+04	42878.26	195759	5376
环境协同	经济发展水平	10.91	11.27	12.13	11.39	0.379	12.21	10.85
	居民关注度	72.56	160.85	316.37	182.06	88.078	418.06	60.49

表 5 前因条件的必要性检验结果
Table 5 Necessity test results of antecedent conditions

前因条件		生成式人工智能产业高效率发展		生成式人工智能产业非高效率发展	
		一致性	覆盖度	一致性	覆盖度
技术创新	数字经济发展	0.6223	0.7215	0.4049	0.4702
	学科设立	0.5901	0.5974	0.5640	0.5562
~ 技术创新	~ 数字经济发展	0.5431	0.4767	0.7602	0.6684
	~ 学科设立	0.5508	0.5586	0.6030	0.5957
组织支持	政策关注度	0.6649	0.6773	0.5361	0.5470
	生成式人工智能企业规模	0.6466	0.6938	0.4466	0.4799
~ 组织支持	~ 政策关注度	0.5553	0.5444	0.6838	0.6715
	~ 生成式人工智能企业规模	0.5152	0.4817	0.7150	0.6697
环境协同	经济发展水平	0.6893	0.6839	0.5256	0.5225
	居民关注度	0.6893	0.6929	0.4874	0.4840
~ 环境协同	~ 经济发展水平	0.5187	0.5219	0.6820	0.6874
	~ 居民关注度	0.4813	0.4847	0.6950	0.6914

①组态 H1 为组织—环境双轮驱动型路径,通过政策供给与社会需求的协同共振,在学科基础薄弱、企业规模有限及经济水平相对滞后的约束下,通过政策靶向赋能(如开放政府数据接口、提供技术补贴等)降低技术应用壁垒,叠加居民高关注度催生的需求虹吸效应(如吸引外部资本与技术流入),突破要素禀赋限制实现产业高效率发展。典型代表

案例为河北省,其发展经验为类似地区提供了重要借鉴:其一,政策聚焦且区域协调,聚焦优化算力布局,打造以张家口数据中心集群为核心的环京智能算力集聚区,为京津冀 AI 产业协同供算力支撑。其二,高关注度催生本土化应用创新,因对数字技术高度关注,在钢铁等传统行业智能化转型中涌现特色创新应用。

表 6 中国生成式人工智能产业高效率发展的组态结果分析

Table 6 Analysis of the configuration results of China’s Generative Artificial Intelligence industry’s high – efficiency development

前因条件	生成式人工智能产业高效率发展				
	H1	H2	H3	H4	H5
数字经济发展	—	●	⊗	●	●
学科设立	⊗	⊗	●	⊗	⊗
政策关注度	●	—	⊗	●	⊗
生成式人工智能企业规模	⊗	●	—	●	—
经济发展水平	⊗	—	●	⊗	●
居民关注度	●	●	●	●	●
原始覆盖度	0.49	0.54	0.57	0.51	0.59
唯一覆盖度	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02
一致性	0.75	0.78	0.76	0.79	0.78
解的一致性			0.87		
解的覆盖度			0.42		

注：“●”表示核心条件存在,“●”表示边缘条件存在,“⊗”表示核心条件缺乏,“⊗”表示边缘条件缺乏,“—”则是条件存在与否都可以。

②组态 H2 为技术—环境主导型路径,诠释了市场生态主导的生成式 AI 发展范式。在数字经济基底与企业集群生态的协同演进下,即便缺乏系统性学科布局,仍可通过“企业创新—需求迭代—生态强化”的内生循环实现产业发展突破。典型例证上海呈现双重战略性优势:其一,数字经济基底领先。2023 年,上海数字经济竞争力指数位居全国第二,5G 基础设施建设成绩斐然,基站密度与占比均居全国之首。其二,企业集群效应突出。上海已打造世界级 AI 产业集群,形成覆盖算力、数据、模型、基础设施等完整产业链布局。该路径中,政府角色从“主导者”转变为“连接者”,通过搭建开放数据平台、举办开发者大会等间接手段,非直接政策干预,有效推动市场自我进化,为全球数字枢纽城市建设提供了新范式。

③组态 H3 为技术—环境协同型路径,揭示了后发地区突破数字基建与政策资源双重约束的内源式创新逻辑。当区域消费能级与民众技术认知形成共振时,即便缺乏顶层规划与先发优势,仍可通过需求引致型技术适配与在地化知识重组实现产业突围。四川省是西部生成式 AI 发展的独特范例:一方面,居民高消费意愿与技术敏锐度推动生成式 AI 技术下沉至生活场景,形成应用层先发优势;另一方面,居民技术认知的“超前性”与基建的“滞后性”并存,激发技术的在地化适配,动态弥补资源短板。但

这也存在过度侧重商业应用、而轻视基础算法研发的路径锁定风险。应当在需求驱动与技术深度发展之间构建动态平衡,在消费市场成熟之后,适时加大对基础创新的投入力度。

④组态 H4 为要素集聚综合驱动型路径,通过“数字经济基础 + 政策工具精度 + 企业集群密度 + 居民需求强度”四维共轭效应,构建政府 – 市场双轮驱动范式。该机制核心在于:政策端通过“靶向性制度嵌入”(如算力基建专项债)降低创新成本,需求端借助市场引力加速技术扩散,形成“制度 – 市场”动态反馈闭环,成功突破学科资源与区域经济的双重约束。安徽省是长三角生成式 AI 发展中的“逆袭样本”,呈现出以下显著特征:一是政策与数字基础设施的超前谋划布局,全面推进 5G 网络、千兆光网、天地一体化信息网络的建设,为产业发展筑牢根基;二是企业集群呈现链式衍生态势,依托科大讯飞这一龙头企业,形成了“一超多强”的产业生态圈,充分发挥了龙头企业的辐射带动效应。该路径该路径验证了制度设计与市场响应深度耦合对传统资源依赖范式的颠覆性价值。

⑤组态 H5 为环境支撑型路径,揭示了数字经济高成熟度区域的分布式创新跃迁机制。当居民技术认知与需求突破临界阈值时,市场主体通过敏捷响应网络实现创新要素自组织配置。典型案例浙江省以其电商繁荣培育了高密度数字化居民群体,迅

速将技术认知转化为产业实践,在众多细分领域实现创新突破。例如杭州近期备受瞩目的“六小龙”(深度求索、宇树科技、云深处科技、强脑科技、群核科技及游戏科学)是聚焦人工智能、机器人、脑机接口、云设计等硬核科技领域的创新企业集群。其集体爆发体现了杭州从“电商之都”向“科技新贵”的转型。该路径表明,数字经济深度渗透阶段,政策需从产业规划转向创新连接密度构建,并通过包容性监管降低试错成本,激活市场主体的协同创新势能。

(2)中国生成式人工智能产业非高效率发展的组态

本文尝试对结果变量的“非集”(生成式 AI 产业非高效率发展)展开分析,实现对“因果不对称性”的探究,结果产生五个组态(如表 7 所示):组态 NH1 表明,当所有关键条件均缺乏时,产业非高效率发展的可能性较高。组态 NH2 中即使学科设置和居民关注度有一定基础,但数字经济发展水平、政策支持、企业规模 and 经济发展水平的缺乏仍可能导致产业非高效率发展。组态 NH3、组态 NH4 和组态 NH5 表明即使单一要素有一定基础,但其他核心条件的缺乏仍可能导致产业非高效率发展。

表 7 中国生成式人工智能产业非高效率发展的组态结果分析

Table 7 Analysis of the configuration results of the non – efficient development of China’s Generative Artificial Intelligence industry

前因条件	生成式人工智能产业非高效率发展				
	NH1	NH2	NH3	NH4	NH5
数字经济发展	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗
学科设立	⊗	●	⊗	⊗	⊗
政策关注度	⊗	⊗	●	⊗	⊗
生成式人工智能企业规模	⊗	⊗	⊗	●	⊗
经济发展水平	⊗	⊗	⊗	⊗	●
居民关注度	⊗	●	⊗	⊗	⊗
原始覆盖度	0.35	0.30	0.28	0.25	0.22
唯一覆盖度	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05
一致性	0.82	0.82	0.83	0.81	0.80
解的一致性			0.84		
解的覆盖度			0.45		

注:“●”表示核心条件存在,“●”表示边缘条件存在,“⊗”表示核心条件缺乏,“⊗”表示边缘条件缺乏,“—”则是条件存在与否都可以。

4.5 稳健性检验

参考既往研究文献,本文通过改变案例频数和变动一致性门槛值对中国生成式 AI 产业高效率发展的组态进行稳健性检验:将 PRI 一致性阈值由 0.80 调为 0.85,产生的组态结果与表 6 结果基本一致;将案例频数由 1 调至 2,结果显示整体组态分布、核心条件和边缘条件组合与表 6 相比没有发生任何变化。综上,本文研究结果具有稳健性。

5 结论与启示

5.1 主要结论

本文基于未来产业理论,运用 fsQCA 理论框架对中国 23 个样本省市进行组态分析,探究了中国生成式 AI 产业高效率发展的路径。主要研究结论如下:

(1)从产业属性来看,生成式 AI 产业是一个典型的未来产业。该产业以生成式 AI 技术为核心,涵盖基础研发、应用开发和产业链配套等完整产业生态,具有创新引领性、生态协同性、辐射赋能性和市场爆发性四个典型特征。

(2)组态分析结果呈现出五种中国生成式 AI 产业高效率发展组态:①组织—环境双轮驱动型路径(以河北省为代表);②技术—环境主导型路径(以上海市为代表);③技术—环境协同型路径(以

四川省为代表);④要素集聚综合驱动型路径(以安徽省为代表);⑤环境支撑型路径(以浙江省为代表)。

(3)通过对“非集”分析发现,单一要素的优势不足以支撑中国生成式 AI 产业高效率发展,即无论是经济基础、企业规模、政策支持还是人才基础,均需多维度要素协同才能确保其发展效率。

5.2 实践启示

基于研究结论,本文得出如下促进中国生成式 AI 产业高效率发展的实践启示:

第一,构建差异化发展体系是实现产业高效率发展的关键所在。应根据区域特点采取差异化策略,具体而言:(1)对要素禀赋薄弱地区,重点强化政策供给与需求侧协同,通过降低技术采纳门槛和培育市场需求双轮驱动发展;(2)对数字经济基础雄厚地区,鼓励发挥市场主导作用,重点搭建开放创新平台,促进技术-需求协同演进;(3)对后发地区,建议依托需求引致推动技术适配与在地化创新,同时加强与先进地区的协同创新。

第二,打造多要素协同的产业生态体系是突破单一要素制约的系统性解决方案。要通过多维度协同提升生成式 AI 产业发展效率,具体而言:(1)完善数字基础设施建设,重点提升算力中心、5G 网络等新型基建水平;(2)构建产学研协同创新体系,加强核心技术攻关和高层次人才培养;(3)优化产业政策工具组合,在研发补贴、数据开放、市场准入等方面形成政策合力;(4)培育和拓展应用场景,通过示范项目带动技术扩散和产业渗透。

第三,建立动态适应的产业治理机制是保障产业持续创新发展的制度基础。要通过政府角色转换来优化产业治理体系,具体而言:(1)产业培育期重点发挥政府引导作用,通过政策引导与资源配置激发创新活力;(2)产业成长期政府转向“连接者”角色,重点构建开放创新平台,促进要素流动;(3)产业成熟期建立包容审慎的监管框架,在保障安全的基础上预留创新空间,降低创新试错成本;(4)建立跨区域协同机制,防止区域发展失衡,推动产业链供应链协同升级。

参考文献:

[1] 徐建伟,李子文. 加快未来产业布局建设:发展规律、现实制约和生态构建[J]. 经济纵横, 2024(10): 102-109. Xu J W, Li Z W. Accelerating the construc-

tion of future industrial layout: Development laws, realistic constraints and ecological construction [J]. Economic Perspectives, 2024(10): 102-109.

[2] 中共中央关于进一步全面深化改革推进中国式现代化的决定[EB/OL]. 中国政府网, https://www.gov.cn/zhengce/202407/content_6963770.htm. 2024-07-21. Decision of the CPC Central Committee on Further Comprehensively Deepening Reform and Promoting China-style Modernization [EB/OL]. Chinese Government Website, https://www.gov.cn/zhengce/202407/content_6963770.htm. 2024-07-21.

[3] White House. America Will Dominate the Industries of the Future [EB/OL]. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/briefings-statements/america-will-dominate-industries-future/>. 2019-02-07/2025-02-25.

[4] 王小林,谢妮芸. 未来产业:内涵特征、组织变革与生态建构[J]. 社会科学辑刊, 2023(6): 173-182. Wang X L, Xie N Y. Future industries: Connotation characteristics, organizational change and ecological construction [J]. Social Science Journal, 2023(6): 173-182.

[5] 沈华,王晓明,潘教峰. 我国发展未来产业的机遇、挑战与对策建议[J]. 中国科学院院刊, 2021(5): 565-572. Shen H, Wang X M, Pan J F. Opportunities, challenges and countermeasures for the development of future industries in my country [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2021(5): 565-572.

[6] 张越,余江,杨娅,等. 颠覆性技术驱动的未来产业培育模式与路径研究——美国布局下一代集成电路产业的启示[J]. 中国科学院院刊, 2023(6): 895-906. Zhang Y, Yu J, Yang Y, et al. Research on the cultivation model and path of future industries driven by disruptive technologies: Inspiration from the layout of the next generation integrated circuit industry in the United States [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2023(6): 895-906.

[7] 王欣. TOE 框架下高技术产业科技成果转化组态研究[J]. 科研管理, 2024, 45(6): 164-173. Wang X. Research on the configuration of scientific and technological achievements transformation in high-tech industries under the TOE framework [J]. Science Research Management, 2024, 45(6): 164-173.

[8] 赵元吉,谢杰,叶涛,等. 我国体育产业高质量发展的组态路径——基于 TOE 框架的 fs QCA 分析[J]. 体育学刊, 2025(1): 97-106. Zhao Y J, Xie J, Ye T, et al. Configuration path for high-quality development

- of my country's sports industry - fs QCA analysis based on TOE framework [J]. *Journal of Sports Science*, 2025 (1): 97 - 106.
- [9] Department for Business. Energy & Industrial Strategy. Industrial Strategy: Building a Britain fit for the future [EB/OL]. <https://www.gov.uk/government/publications/industrial-strategy-building-a-britain-fit-for-the-future>. 2017 - 11 - 27/2025 - 02 - 20.
- [10] 习近平主持召开新时代推动东北全面振兴座谈会强调牢牢把握东北的重要使命奋力谱写东北全面振兴新篇章[N]. *人民日报*, 2023 - 09 - 10(01). Xi Jinping presided over a symposium on promoting the comprehensive revitalization of Northeast China in the new era, emphasizing the need to firmly grasp the important mission of Northeast China and strive to write a new chapter in the comprehensive revitalization of Northeast China [N]. *People's Daily*, 2023 - 09 - 10(01).
- [11] Alec R. Industries of the future/trans. from English [J]. Natalia Koshmanenko. Kyiv: Our Format, 2017, 320.
- [12] 陈晓怡, 王建芳, 刘渐, 等. 全球未来产业最新发展举措、趋势及其启示[J]. *科技中国*, 2022(4): 69 - 73. Chen X Y, Wang J F, Liu X, et al. The latest development initiatives, trends and implications of global future industries [J]. *Science and Technology China*, 2022(4): 69 - 73.
- [13] 潘教峰, 王晓明, 薛俊波, 等. 从战略性新兴产业到未来产业: 新方向、新问题、新思路[J]. *中国科学院院刊*, 2023, 38(3): 407 - 413. Pan J F, Wang X M, Xue J B, et al. From strategic emerging industries to future industries: New directions, new problems, and new ideas [J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2023, 38(3): 407 - 413.
- [14] 李晓华, 王怡帆. 未来产业的演化机制与产业政策选择[J]. *改革*, 2021(2): 54 - 68. Li X H, Wang Y F. Evolutionary mechanism of future industries and industrial policy choices [J]. *Reform*, 2021(2): 54 - 68.
- [15] CNNIC. 生成式人工智能应用发展报告(2024) [EB/OL]. <https://www.100ec.cn/detail--6645013.html>. 2024 - 12 - 10/2025 - 02 - 20. CNNIC. Generative Artificial Intelligence Application Development Report (2024) [EB/OL]. <https://www.100ec.cn/detail--6645013.html>. 2024 - 12 - 10/2025 - 02 - 20.
- [16] Awa H O, Ojiabo O U. A model of adoption determinants of ERP within TOE framework [J]. *Information Technology & People*, 2016, 29(4): 901 - 930.
- [17] 张绒. 生成式人工智能技术对教育领域的影响——关于 ChatGPT 的专访[J]. *电化教育研究*, 2023, 44(2): 5 - 14. Zhang R. The impact of generative artificial intelligence technology on education: An interview with ChatGPT [J]. *Journal of Educational Research*, 2023, 44(2): 5 - 14.
- [18] 李晓楠. 新生代产业工人职业成长对留职意愿的影响研究[D]. 山东财经大学, 2013. Li X N. Research on the impact of career growth of new generation industrial workers on their willingness to stay in the job [D]. Shandong University of Finance and Economics, 2013.
- [19] 刘坚, 康心, 刘新恒. 地方政府绿色发展关注度对绿色全要素生产率的影响[J/OL]. *系统管理学报*, 1 - 18 [2025 - 02 - 24]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1977.n.20240408.0953.002.html>. Liu J, Kang X, Liu X H. The impact of local government green development attention on green total factor productivity [J/OL]. *Journal of Systems Management*, 1 - 18 [2025 - 02 - 24]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1977.n.20240408.0953.002.html>.
- [20] 王巍, 刘珂, 朱思琪, 等. 在位企业与进入企业突破性创新驱动因素的元分析[J/OL]. *科学学与科学技术管理*, 1 - 42 [2025 - 02 - 24]. <https://doi.org/10.20201/j.cnki.ssstm.20250221.001>. Wang W, Liu K, Zhu S Q, et al. Meta-analysis of the driving factors of breakthrough innovation in incumbent and entrant enterprises [J/OL]. *Science of Science and Management of S&T*, 1 - 42 [2025 - 02 - 24]. <https://doi.org/10.20201/j.cnki.ssstm.20250221.001>.
- [21] 唐露源, 谢士尧, 徐源. 大模型产业创新生态系统构建及风险识别研究[J]. *科学学研究*, 2025, 43(9): 1972 - 1981. Tang L Y, Xie S Y, Xu Y. Research on the construction and risk identification of large-scale industrial innovation ecosystem [J]. *Studies in Science of Science*, 2025, 43(9): 1972 - 1981.
- [22] Liu J S, Lu L Y Y, Lu W M, et al. A survey of DEA applications [J]. *Omega*, 2013, 41(5): 893 - 902.
- [23] 粤港澳大湾区产业发展研究中心. 中国各省际单位数字经济发展指数(2023年) [EB/OL]. <https://www.gdqy.edu.cn/info/1058/18213.htm>. 2024 - 11 - 29/2025 - 02 - 20. Guangdong - Hong Kong - Macao Greater Bay Area Industrial Development Research Center. Digital Economy Development Index of Chinese Provinces (2023) [EB/OL]. <https://www.gdqy.edu.cn/info/1058/18213.htm>. 2024 - 11 - 29/2025 - 02 - 20.
- [24] 中华人民共和国教育部. 关于公布 2023 年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知 [EB/OL].

http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_1034/s4930/202403/t20240319_1121111.html. 2024-02-05/2025-02-20. Ministry of Education of the People's Republic of China. Notice on the Announcement of the Registration and Approval Results of Undergraduate Majors in Regular Institutions of Higher Education in 2023 [EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_1034/s4930/202403/t20240319_1121111.html. 2024-02-05/2025-02-20.

[25] 杨佳雯,赵志耘,高芳,等. 基于文本量化分析的中国省级人工智能政策布局研究[J]. 现代情报, 2022, 42(7): 125-135. Yang J W, Zhao Z Y, Gao F, et al. Research on China's provincial artificial intelligence policy layout based on text quantitative analysis [J]. Modern Intelligence, 2022, 42(7): 125-135.

[26] Schneider C Q, Wagemann C. Set-theoretic Methods for the Social Sciences: A Guide to Qualitative Comparative Analysis[M]. Cambridge University Press, 2012.

Research on the path of efficient development of China's Generative Artificial Intelligence industry
——Configuration analysis based on TOE framework

TANG Lu-yuan¹, XU Yuan²

- (1. School of Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 102488, China;
2. College of Education, Beijing Institute of Technology, Beijing 102488, China)

Abstract: The artificial intelligence industry is a typical representative of future industries and a strategic emerging industry that leads economic innovation and enhances national competitiveness. As a disruptive technology, generative artificial intelligence has become an important direction for the development of the artificial intelligence industry. Taking 23 provinces and cities in China as the research objects, this paper adopts the TOE theoretical framework and introduces the fsQCA method to explore the high-efficiency development path of China's generative artificial intelligence industry from a configuration perspective. The research found that: (1) The generative artificial intelligence industry has four typical characteristics: innovation leadership, ecological synergy, radiation empowerment and market explosiveness. (2) There are five paths for the high-efficiency development of China's generative artificial intelligence industry: organization-environment dual-wheel drive, technology-environment dominant, technology-environment synergy, factor aggregation comprehensive drive, and environment support. (3) Through configuration comparison, it is found that the high-efficiency development of China's generative artificial intelligence industry requires the coordination of multi-dimensional factors, and the advantage of a single factor is difficult to support its sustainable development. The research conclusions provide policy basis and theoretical guidance for the government to formulate industrial development policies and enterprises to make the next strategic planning.

Key words: future industry; Generative AI industry; high-efficiency development path; TOE framework; configuration analysis