

Patent Analysis in AI from a Social Network Perspective: A Comparative Study at the National Level in Northeast Asia

Daqing Shang^{*}, Minghao Huang^{**}

Abstract: This paper, based on the WIPO patent database, comparatively analyzes the technological development and innovation performance of six Northeast Asian countries in the field of artificial intelligence. The research defines five stages of artificial intelligence technology development, and constructs the theory of technological evolution cycles. Using patent quantity, quality index, technology introduction and diffusion and other multi-dimensional indicators, it fully reflects the technological strength and interactive relationships of different countries' artificial intelligence. The research finds that Japan and South Korea are in a leading position in artificial intelligence technology, followed by China and Russia, while North Korea and Mongolia lag behind. However, there exists complementarity between the technologies of various countries, so regional cooperation should be strengthened. This research enriches the theory of technological evolution, and provides a basis for Northeast Asian countries to formulate differentiated artificial intelligence technology development strategies.

Keywords: Artificial Intelligence; Northeast Asia; Technology Development Cycle; Patent

*Daqing Shang: Doctoral Candidate Seoul School of Integrated Sciences & Technologies
**Minghao Huang: Distinguished Professor Seoul School of Integrated Sciences & Technologies

AI 领域基于社会网络视角的专利分析: 东北亚国家层面的比较研究

尚大庆*, 黄明浩**

摘要: 本文基于 WIPO 专利数据库, 比较分析了东北亚六国在人工智能领域的技术发展与创新表现。研究定义了人工智能技术发展的五个阶段, 构建了技术演变周期理论。采用专利数量、质量指数、技术引进和扩散等多维度指标, 全面反映不同国家的人工智能技术实力和互动关系。研究发现, 日本和韩国在人工智能技术上处于领先地位, 中国和俄罗斯居次, 朝鲜和蒙古国落后。但各国存在技术互补性, 应加强区域合作。本研究丰富了技术演化理论, 为东北亚国家制定差异化人工智能技术发展战略提供了依据。

关键词: 人工智能; 东北亚; 技术发展周期; 专利分析; 多维度比较

1 引言

人工智能(AI)的核心是使机器能够模拟智能行为的科学和工程^[1]。自 20 世纪 50 年代提出以来, AI 技术获得了长足的发展, 目前已经在图像识别、语音识别、自然语言处理等多个领域达到或接近人类智能水平^[2]。随着深度学习和神经网络的兴起, AI 正在重塑许多行业, 对国家经济发展和产业转型具有深远影响^[3]。因此, AI 已成为重要的战略技术, 各国均高度重视 AI 技术的发展。

在发展最为迅速的东北亚国家, 这些新兴经济体正处于产业升级和经济转型的关键期, AI 技术将助力其实现产业优化升级^[4]。然而, 相比于西方国家, 东北亚国家在 AI 研发方面的投入和积累还较为薄弱。因此, 客观评估东北亚国家 AI 技术发展水平, 识别各国技术

优势劣势, 对制定科技发展战略意义重大^[5]。

专利数据因其丰富的技术信息, 已被广泛应用于技术评估和技术预测研究中^[6]。专利数量可反映一个国家或地区的技术研发投入, 而专利引用信息可用于测度专利质量和技术创新力^[7]。利用专利数据来分析国家和地区的 AI 技术发展已成为当前的一个研究热点^[8]。现有研究主要基于论文计量方法来评估 AI 技术实力^[9], 而利用专利数据进行分析关于东北亚国家 AI 技术发展的研究主要停留在宏观层面, 缺乏对不同 AI 子领域技术的细粒度比较^[10]。

基于以上研究背景, 本研究以东南亚国家为研究对象, 利用 WIPO 专利数据库中的详细技术分类信息, 从 AI 应用领域、功能应用和核心技术三个维度^[11]比较分析不同国家的 AI 技术发展水平和优势。研究设计了包括专利数

*尚大庆: 博士在读, 首尔科学综合大学院大学

**黄明浩: 博士, 特聘教授, 首尔科学综合大学院大学

量、质量指数、技术引进和扩散指数的多维度分析方法,以全面反映东北亚国家 AI 技术的综合实力及互动关系。研究结果有助于东北亚国家更准确认识自身 AI 技术定位,制定差异化的科技发展战略。

2 AI 技术发展周期

目前 AI 专利技术研究主要集中在三个方面:技术发展态势分析、关键技术识别和技术转移评价^[12]。自 2020 年以来,学界关注的热点包括:不同国家和地区的 AI 专利布局比较^[13]、AI 核心技术发展态势^[14]、AI 专利质量评价^[15]等。这些研究为理解 AI 技术发展现状和趋势提供了有价值的洞见。然而,现有研究对 AI 技术发展周期的认识还存在一定不足。学界目前主要从时间和内容两个维度定义了 AI 发展的不同周期^[16]。例如,一种观点将 20 世纪 50 年代到 80 年代定义为 AI 的第一阶段,90 年代到 21 世纪初为第二阶段,当前为第三阶段^[17]。另一种观点主要从技术内容出发,将符号主义、统计学习、深度学习等作为不同阶段^[18]。这些划分未能关注技术发展的内在规律,也难以指导后续技术发展路径选择^[19]。因此,结合 AI 发展的标志性技术事件,重新定义 AI 发展周期,成为当前一个值得探索的课题。

一些学者已开始尝试基于技术发展的里程碑事件来重新审视 AI 技术发展周期^[20]。例如,根据里程碑事件将 AI 发展划分为早期(1943-1969 年)、青春期(1970-2010 年)和转型期(2011 年至今)三个阶段^[21]。然而,这些划分仍然存在不足之处,需要进一步优化。本研究根据技术突破的根本性质,结合专利数据中的

技术细分,寻找 AI 发展的关键转折点,回溯技术发展脉络,发现技术演进的关键点,以期构建 AI 发展新阶段论,并利用专利数据验证其适用性,能够更科学地定义 AI 技术发展的不同阶段,为后续技术预测提供依据,这对指导后续 AI 技术路线选择具有重要意义。

人工智能技术自 1956 年诞生以来,基于技术发展及场景应用,结合市场反馈,基于核心算法和模型的变化,以及 AI 能力的进步,定义了起步发展、反思发展、应用发展、平稳发展和蓬勃发展五个发展阶段,详细的区分如下:

1956 年-1969 年是 AI 的起步发展期。这一时期展现了符号主义和联结主义(神经网络)两大理论流派,并取得了一系列重大突破,包括机器定理证明、跳棋程序和人机对话等,标志着 AI 研究的起步^[22]。特别是 1956 年“人工智能”一词的首次提出^[23],成为此领域发展的里程碑。但 1969 年明斯基关于感知器局限性的论述,也导致了神经网络研究的低迷^[24]。

1970 年-1979 年是 AI 的反思发展期。初期一些过于乐观的预期无法实现,一些核心问题仍未解决,导致研究陷入低谷,对早期超前设想进行反思^[25]。但这一时期也取得了一些进展,如 1974 年误差反向传播算法的提出^[26]。1979 年计算机程序在双陆棋比赛中战胜人类选手,预示着 AI 应用前景的转变^[27]。

1980 年-1989 年是 AI 的应用发展期。专家系统的兴起将 AI 从理论研究推向实际应用,同时神经网络领域也开始复苏,使 AI 实现从推理策略到知识应用的重要转变^[28]。1980 年

举办的第一届机器学习国际研讨会,标志着该领域的萌芽^[29]。1989 年卷积神经网络的提出,开启了深度学习的新纪元^[30]。

1990 年-2010 年是 AI 的平稳发展期。互联网的发展加速了 AI 创新,各子领域均取得长足进展,但由于专家系统编码复杂,AI 研究的重心开始从知识系统转向机器学习^[31]。1995 年,支持向量机算法的提出推进了统计机器学习^[32]。2010 年,迁移学习概念的正式提出,使 AI 向目标应用迈进^[33]。

2011 年 2021 年被视为 AI 的蓬勃发展期。大数据、云计算等技术的推动与深度学习的崛起,使 AI 实现了一系列重大突破,进入高速发展时期^[34]。标志性事件包括 2011 年 IBM Watson 在美国知识问答节目中的胜利^[35],以及 2021 年 AlphaFold 在蛋白质结构预测中的成功^[36],展示了 AI 技术的巨大潜力。

综上所述,结合技术发展脉络,可以将 AI 发展划分为起步、反思、应用、平稳和蓬勃发展五个阶段。这一划分强调了不同阶段技术发展的内在特征,对理解 AI 发展规律具有重要意义。后续研究可运用专利数据等量化指标验证上述发展阶段划分的适用性。

2022 年,ChatGPT 出现, AI 在超大规模预训练模型(如 GPT-3 等)展示了 AI 在文本生成方面的惊人创造力和想象力^[37], AI 将进入下一个周期,因还在过程中,本研究暂不包含相应的时间周期。

3 文献综述

在科技研究和创新方面,专利分析已经成为关键的工具,其可以从实证角度更直观地反映各国在科技发展和创新力度上的差异^[38]。随着全球化的加速和科技发展的不断深入,专利技术分析的重要性已经越来越为人们所认识。其不仅能够揭示研发的输出和技术创新的成果,也能指示一个国家或地区在特定技术领域的技术实力和发展状况^[39]。基于专利分析的国家间比较分析已经非常活跃了。

在比较不同国家的专利技术时,需要考虑到各国在科技发展、研发经费投入、政策规制以及国民经济发展等各方面所存在的差异性^[40]。对于届满专利的国别差异及其文献计量特征对比分析,非参数检验方法是非常实用的,如 Mann-Whitney U Test 或 Kruskal-Wallis H Test 等^{[41][42]}。基于专利的国家间比较分析有助于促进我们理解科技创新的地理布局和技术发展动态,从而为各国在制订科技政策和未来投资决策提供有益的参考和指导^[42]。进而从技术来源地的角度进行专利技术分析,能够直接反映哪个国家/区域的申请人首次提出该项技术,技术来源地的探索将为我们深入理解各国在特定技术领域的创新能力和发展趋势提供重要的视角^[43]。通过专利布局分析我们可以更直观地了解各国在特定领域内的专利分布和竞争态势,使我们能够对技术革新的前景和可能的市场风险有一个更全面的了解^[44]。特别是在面临技术变革和市场竞争激烈的现代社会,专利布局研究有着至关重要的策略意义^[45]。

而对于东北亚国家间的比较研究对深入理解该地区的发展态势和区域一体化具有重要意义^[46]。从可持续发展角度看,东北亚国家之间在 CO2 减排方面存在着密切的利益相关关系,加强区域合作和协调对实现可持续发展至关重要^[47]。随着保护主义抬头,东北亚国家之间的贸易不平衡问题日益凸显,有必要通过谈判来寻求解决贸易争端的办法^[48]。东北亚国家间在自然资源基础上存在差异,这将影响各国的经济增长潜力和发展路径^[49]。在信息通信技术标准制定方面,中韩两国企业正加强合作与协调,以争取话语权和主导权^[50]。高等教育领域的区域合作日渐频繁,东北亚国家共同推动区域一体化进程^[51]。综上所述,东北亚国家间的比较研究揭示了该地区差异与联系,为区域合作提供了理论依据。

4 样本和数据

WIPO 的 2019 年技术趋势报告重点关注人工智能技术的发展。报告通过调查收集了全球主要公司和研究机构在人工智能专利申请数量的数据。调查显示,人工智能专利申请数量以平均每年 28% 的速度增长,反映了各国在人工智能研发方面的大力投入。预计未来人工智能技术将渗透到更多领域,对全球经济和社会产生深远影响。WIPO 基于专利分类体系,将 AI 专利分为了三大类:AI 应用领域、AI 功能应用和 AI 核心技术,这一分类体系通过结合计算机科学领域的学科分类、AI 技术发

展脉络以及近年来的商业应用趋势,系统地反映了 AI 技术的内在结构^[11]。

AI 应用领域共包括 20 个子类别,涵盖了物理科学、生命医学、法律社会、安全、人文艺术等广泛的应用方向,这一分类强调 AI 技术与实际问题的结合,反映了 AI 的综合应用属性;AI 功能应用包括 9 个方面,如语言处理、知识推理等 AI 的典型能力,这一分类体现了 AI 技术发展的功能导向;AI 核心技术含 6 大类,侧重反映支持 AI 应用的基础理论和算法,如机器学习、搜索方法等,该分类则凸显了 AI 技术发展的内在逻辑。

总体而言,WIPO 的三分类法依托专利技术的编码信息,在专利数据库 PATENTSCOPE 收集的东北亚六国 1956-2021 年的专利数据作为本研究分析的基础数据,从不同角度有机反映了 AI 技术的应用场景、功能取向和技术子领域,对全面解析 AI 技术产出具有很好的专利量化数据。

5 数据分析

5.1 专利数据总量分析

本文首先统计了东北亚六国中国,日本,韩国,朝鲜,俄罗斯,蒙古国^[52]在 AI 领域上的专利总量分析,按照三个 AI 专利分类及本研究定义的 5 个周进行分析。

表 1. 三大 AI 领域的专利总量

领域	时期	中国	韩国	朝鲜	俄罗斯	蒙古	日本
AI 应用领域	1956 年-1969 年, 起步发展期	236	1	0	6	0	39
	1970 年-1979 年, 反思发展期	147	0	0	18	0	351
	1980 年-1989 年, 应用发展期	126	134	0	5	0	4270

	1990 年-2010 年, 平稳发展期	1523	12702	2	295	0	33439
	2011 年-2021 年, 蓬勃发展期	3056	46133	2	1348	1	74496
	1956 年-1969 年, 起步发展期	4	0	0	0	0	5
	1970 年-1979 年, 反思发展期	2	0	0	0	0	53
AI 功能应用	1980 年-1989 年, 应用发展期	7	26	0	0	0	3868
	1990 年-2010 年, 平稳发展期	908	4693	2	445	0	21821
	2011 年-2021 年, 蓬勃发展期	2041	26962	0	1429	0	27501
	1956 年-1969 年, 起步发展期	3	0	0	0	0	5
	1970 年-1979 年, 反思发展期	2	0	0	0	0	51
AI 技术	1980 年-1989 年, 应用发展期	6	14	0	0	0	3032
	1990 年-2010 年, 平稳发展期	271	1640	1	70	0	11886
	2011 年-2021 年, 蓬勃发展期	341	5898	0	218	0	7277

如

表 1 所示。从专利数量上来看, 日本、韩国、中国及俄罗斯在 AI 应用、AI 功能应用和 AI 技术领域上的专利数量较多, 朝鲜和蒙古国则极少; 在从时间发展上来看, 从起步发展期到蓬勃发展期, 大部分国家的专利数量在 AI 三个领域上呈现上涨趋势。分 AI 领域来看, 日本在三大 AI 领域上占据较大的优势, 尤其在平稳发展期和蓬勃发展期, 其次为韩国, 中国和俄罗斯则在三大 AI 领域上的专利数量则不相上下。

本文进一步绘制了中国, 日本, 韩国, 朝鲜, 俄罗斯, 蒙古国在 AI 应用领域、AI 功能应用和 AI 技术上的专利数量图。

图 1 展示了 AI 应用领域 6 个国家的专利数量呈上升趋势, 且日本和韩国的专利数据远高于其他国家。

图 2 则绘制了 AI 功能应用领域上 6 个国家的专利数量, 其中日本的专利数量高于其

他国家, 其次为韩国。AI 技术领域不同国家的专利数量如图 3 所示, 韩国及日本的专利数量高于其他国家。

图 1 AI 应用领域各个国家的专利数量

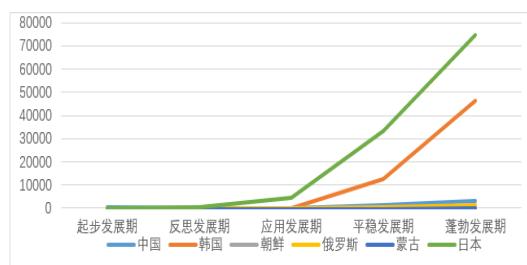


图 2 AI 功能应用各个国家的专利数量

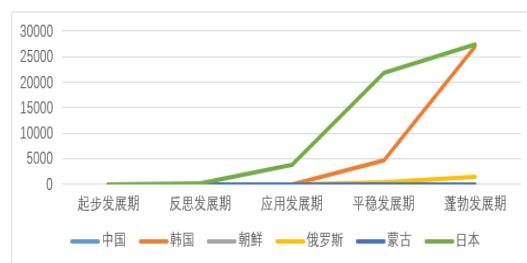
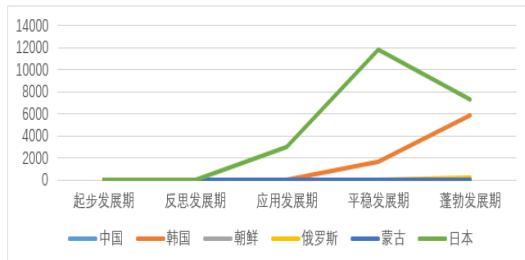


图 3 AI 技术各个国家的专利数量



5.2 专利数量指标分析

申请人专利计数 (Patent count by applicant, PCA) 反映每个国家居民所拥有的专利数量, 用以评估一个国家的创新绩效, 无论其研发机构位于何处, PCA 反映真实的创新活动, 克服了传统专利申请数据的局限性, 比其他专利指标更能准确反映一个国家的技术创新和发明潜力^[53]。发明人专利计数 (Patent count by inventor, PCI) 计算一个国家居民发明的专利总量, 用以评价一个国家内实验室和研究人员的创新贡献, 能准确衡量不同国家的技术创新和研发产出^[54]。国内申请人与外国发明家在一国专利申请中所占比例 (Share of domestic applicants versus foreign inventors,

SHAI) 反映了本国企业对外来技术的控制能力, 根据 SHAI 结果可以判断一个国家对关键技术的依赖程度^[55]。这三个指标从不同角度反映了一个国家的创新状态与技术实力^[55], 其结果可为科技决策提供依据, 可以运用这三个指标, 评估不同国家在 AI 技术创新与应用方面的表现。

本文进一步从不同层面统计了中国, 日本, 韩国, 朝鲜, 俄罗斯, 蒙古国在 AI 应用领域、AI 功能应用和 AI 技术上的专利数量。PCA 统计了不同国家在各个阶段的专利数量, 可以看出在三大 AI 领域, 日本的专利数量远高于其他国家, 韩国位居第二, 中国和俄罗斯在三大 AI 领域的专利数量则不相上下; PCI 统计了各个国家的发明专利数量, 从数量上来看, 各个国家的发明专利数量低于其 PCA 指标, 尤其在 AI 功能应用和 AI 技术领域, 且日本在三个领域的发明专利数量均高于其他国家。SHIA 指标统计了不同国家在三大领域的专利申请人数量, 其中韩国和日本的专利申请人较多, 且呈现上升趋势。

表 2 三大 AI 领域专利数量

专利数量	领域	时期						
			中国	韩国	朝 鲜	俄 罗 斯	蒙 古	日 本
PCA	AI 应用领域	1956 年-1969 年, 起步发展期	236	1	0	6	0	39
		1970 年-1979 年, 反思发展期	147	0	0	18	0	351
		1980 年-1989 年, 应用发展期	126	134	0	5	0	4270
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	1523	12702	2	295	0	33439
PCI	AI 功能应用	2011 年-2021 年蓬勃发展中	3056	46133	2	1348	1	74496
		1956 年-1969 年, 起步发展期	4	0	0	0	0	5
		1970 年-1979 年, 反思发展期	2	0	0	0	0	53
		1980 年-1989 年, 应用发展期	7	26	0	0	0	3868
SHIA	AI 技术领域	1990 年-2010 年, 平稳发展期	908	4693	2	445	0	21821

		2011 年-2021 年蓬勃发展期	2041	26962	0	1429	0	27501
		1956 年-1969 年, 起步发展期	3	0	0	0	0	5
		1970 年-1979 年, 反思发展期	2	0	0	0	0	51
	AI 技术	1980 年-1989 年, 应用发展期	6	14	0	0	0	3032
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	271	1640	1	70	0	11886
		2011 年-2021 年蓬勃发展期	341	5898	0	218	0	7277
		1956 年-1969 年, 起步发展期	235	1	0	6	0	39
		1970 年-1979 年, 反思发展期	146	0	0	18	0	350
	AI 应用领域	1980 年-1989 年, 应用发展期	124	95	0	5	0	4249
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	1512	12285	2	295	0	33403
		2011 年-2021 年蓬勃发展期	3052	45949	2	1232	1	74465
		1956 年-1969 年, 起步发展期	4	0	0	0	0	5
		1970 年-1979 年, 反思发展期	1	0	0	0	0	53
PCI	AI 功能应用	1980 年-1989 年, 应用发展期	7	15	0	0	0	3780
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	907	4561	2	378	0	21750
		2011 年-2021 年蓬勃发展期	2034	26828	0	1307	0	27456
		1956 年-1969 年, 起步发展期	3	0	0	0	0	5
		1970 年-1979 年, 反思发展期	2	0	0	0	0	51
	AI 技术	1980 年-1989 年, 应用发展期	6	6	0	0	0	2946
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	271	1606	1	67	0	11840
		2011 年-2021 年蓬勃发展期	341	5887	0	199	0	7272
		1956 年-1969 年, 起步发展期	249	1	0	18	0	39
		1970 年-1979 年, 反思发展期	149	0	0	88	0	387
	AI 应用领域	1980 年-1989 年, 应用发展期	146	138	0	9	0	4641
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	2297	15210	4	749	0	42797
		2011 年-2021 年蓬勃发展期	3869	51968	2	1643	1	82025
		1956 年-1969 年, 起步发展期	4	0	0	0	0	5
		1970 年-1979 年, 反思发展期	2	0	0	0	0	59
SHIA	AI 功能应用	1980 年-1989 年, 应用发展期	7	28	0	0	0	4045
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	1493	5676	4	727	0	26076
		2011 年-2021 年蓬勃发展期	2739	30184	0	1728	0	30783
		1956 年-1969 年, 起步发展期	3	0	0	0	0	5
		1970 年-1979 年, 反思发展期	2	0	0	0	0	57
	AI 技术	1980 年-1989 年, 应用发展期	6	14	0	0	0	3132
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	336	1899	1	97	0	13676
		2011 年-2021 年蓬勃发展期	366	6503	0	243	0	7986

5.3 专利质量指标分析

专利质量参差不齐, 少数专利质量高, 大

多数质量较低^[56]。在利用专利引用评估质量时, 主要假设被后续多篇专利引用的专利含有重要技术进展^[57]。因此, 引文比率(Citation

ratios)可作为评价专利质量的有效替代指标,引文比率是指一个国家专利平均被后续专利引用的次数,更高的引文比率反映了更高的专利价值和质量^[58]。引文比率基于专利引用信息,可以有效评估不同国家专利的技术质量,为国家间技术实力提供参考^[59]。

本文接着从不同层面统计了中国,日本,韩国,朝鲜,俄罗斯,蒙古国在AI应用领域、AI功能应用和AI技术上的专利引

用比率。AI应用领域上,日本和韩国专利的引用比率高于其他国家,且在平稳发展期的引用比率高于其他时期。AI功能领域上,日本专利的引用比率较高,中国和韩国则不相上下,同样在平稳发展期专利的引用比率高于其他时期。AI技术领域上,专利引用比率低于AI应用和AI功能应用领域,日本、韩国及中国的专利引用比率较高,俄罗斯较少,朝鲜及蒙古国大部分为0值。

表3 三大AI领域专利引用比率

领域	时期	中国	韩国	朝鲜	俄罗斯	蒙古	日本
AI应用领域	1956年-1969年,起步发展期	86	0	0	3	0	168
	1970年-1979年,反思发展期	203	0	0	112	0	4381
	1980年-1989年,应用发展期	324	28	0	35	0	16231
	1990年-2010年,平稳发展期	3489	38327	1	1094	0	265484
	2011年-2021年蓬勃发展期	2136	21994	0	129	0	31823
AI功能应用	1956年-1969年,起步发展期	9	0	0	0	0	0
	1970年-1979年,反思发展期	75	0	0	0	0	157
	1980年-1989年,应用发展期	264	11	0	0	0	4991
	1990年-2010年,平稳发展期	7395	7275	1	899	0	80547
	2011年-2021年蓬勃发展期	602	4288	0	807	0	9290
AI技术	1956年-1969年,起步发展期	14	0	0	0	0	19
	1970年-1979年,反思发展期	63	0	0	0	0	396
	1980年-1989年,应用发展期	64	12	0	0	0	318
	1990年-2010年,平稳发展期	1023	1122	0	260	0	2007
	2011年-2021年蓬勃发展期	126	184	0	74	0	135

专利质量的分析包括绝对值和相对值,绝对专利质量用一个国家在某技术领域的当前影响指数(CII)来衡量; 相对专利质量是指一个国家在某技术领域的CII占所有领域CII的比例。全面反映了一个国家在某项技术的绝对规模和相对定位^[7]。本研究运用这两个指

标,评估不同国家在AI技术各子领域的优势格局。

本文进一步统计了中国,日本,韩国,朝鲜,俄罗斯,蒙古国在AI应用领域、AI功能应用和AI技术上的绝对和相对专利质量,如

而朝鲜和蒙古国的绝对专利质量几乎均为 0。

表 4 所示。

从绝对专利质量上来看，整体数量上从大到小为 AI 应用领域、AI 功能应用和 AI 技术；分时期来看，整体上呈上升趋势，但三大 AI 领域在平稳发展期的绝对专利质量高于其他时期；分国家来看，日本和韩国的绝对专利质量远高于其他国家，其次为中国和俄罗斯，

相对专利质量统计了一个国家在特定技术领域的绝对专利质量相对于整体的三个技术领域的数值大小，分领域可以看出，6 个国家在 AI 应用领域的相对专利质量高于其他领域，且在该领域上中国、日本和俄罗斯在起步发展期、反思发展期和应用发展期的数值较高。

表 4 三大 AI 领域专利绝对质量和相对质量

专利质量	领域	时期	中国	韩国	朝鲜	俄罗斯	蒙古	日本
绝对专利质量	AI 应用领域	1956 年-1969 年, 起步发展期	179	0	0	4	0	416
		1970 年-1979 年, 反思发展期	2910	0	0	465	0	20365
		1980 年-1989 年, 应用发展期	5682	1645	0	243	0	162990
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	47442	303854	1	6890	0	1858080
		2011 年-2021 年蓬勃发展趋势	32703	317239	0	6276	0	490620
相对专利质量	AI 功能应用	1956 年-1969 年, 起步发展期	19	0	0	0	0	36
		1970 年-1979 年, 反思发展期	75	0	0	0	0	1727
		1980 年-1989 年, 应用发展期	647	24	0	0	0	44042
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	40899	99297	1	7620	0	862087
		2011 年-2021 年蓬勃发展期	13644	116941	0	6769	0	154204
相对专利质量	AI 技术	1956 年-1969 年, 起步发展期	19	0	0	0	0	36
		1970 年-1979 年, 反思发展期	75	0	0	0	0	1712
		1980 年-1989 年, 应用发展期	238	23	0	0	0	36651
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	13026	35176	1	2092	0	461448
		2011 年-2021 年蓬勃发展期	3669	39050	0	1316	0	74640
相对专利质量	AI 应用领域	1956 年-1969 年, 起步发展期	0.8249	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.8525
		1970 年-1979 年, 反思发展期	0.9510	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.8555
		1980 年-1989 年, 应用发展期	0.8652	0.9722	0.0000	1.0000	0.0000	0.6689
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	0.4680	0.6932	0.3333	0.4150	0.0000	0.5840
		2011 年-2021 年蓬勃发展期	0.6539	0.6704	0.0000	0.4370	0.0000	0.6819
相对专利质量	AI 功能应用	1956 年-1969 年, 起步发展期	0.0876	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0738
		1970 年-1979 年, 反思发展期	0.0245	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0726
		1980 年-1989 年, 应用发展期	0.0985	0.0142	0.0000	0.0000	0.0000	0.1807
		1990 年-2010 年, 平稳发展期	0.4035	0.2265	0.3333	0.4590	0.0000	0.2710

	2011 年-2021 年蓬勃期	0.2728	0.2471	0.0000	0.0000	0.0000	0.2143
	1956 年-1969 年, 起步发展期	0.0876	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0738
	1970 年-1979 年, 反思发展期	0.0245	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0719
AI 技术	1980 年-1989 年, 应用发展期	0.0362	0.0136	0.0000	0.0000	0.0000	0.1504
	1990 年-2010 年, 平稳发展期	0.1285	0.0803	0.3333	0.1260	0.0000	0.1450
	2011 年-2021 年蓬勃期	0.0734	0.0825	0.0000	0.0916	0.0000	0.1037

6 社会网络关系图

要确定一个国家在 AI 中的技术地位，就必须调查国家之间的 AI 技术流动，通过绘制基于各个国家的专利引用的社会网络关系图，是一

种展示不同国家在 AI 中的技术地位的有效方式（Aboy et al.,2022）

图 4 展示了 AI 应用领域专利引用网络，

图 5 为 AI 功能应用领域专利引用网络，

图 6 则为 AI 技术领域专利引用网络，图中点的大小表示不同国家与其他国家相连的边的数量，线的粗细则表示引用数量的多少。日本 (JP)、韩国 (KR)、中国 (CH) 和俄罗斯 (RU) 参与了 AI 三大领域的专利引用，构成了专利引用网络；总的来看，日本 (JP) 和韩国 (KR) 之间专利引用数量远高于其他国家之间的专利引用数量；中国 (CN) 和日本 (JP) 在三个 AI 领域的关系更加的密切；值得注意的是，蒙古 (MN) 和朝鲜 (KR) 在三大 AI 领域未参与 6 个国家的专利引用网络。突出的反映了在东北亚地区，日本 (JP)、韩国 (KR)、中国 (CH) 在 AI 领域是作为引领发展的国家，具有很好的技术能力和成果。

图 4 AI 应用领域专利引用网络

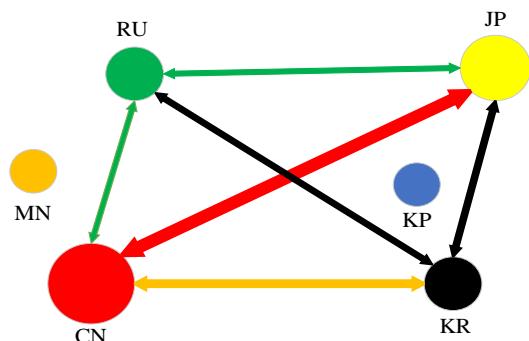


图 5 AI 功能应用领域专利引用网络

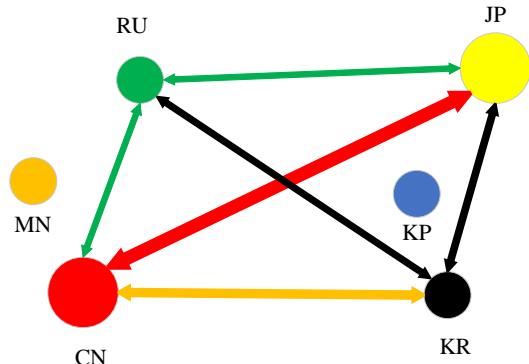
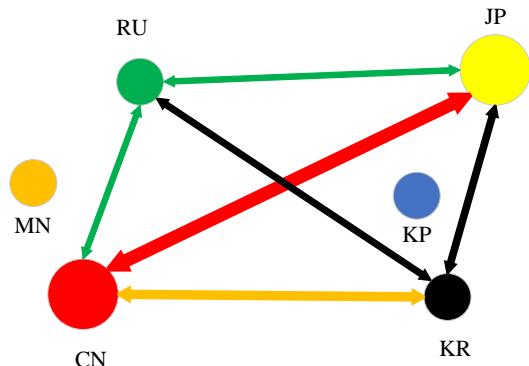


图 6 AI 技术领域专利引用网络



7 研究结论与理论贡献

7.1 研究结论和启示

本文通过使用 WIPO 数据进行专利和引文分析，在本研究中针对东北亚六国 1956-2021 年专利数据信息，基于 AI 三大领域和本文定义的 5 大周期，基于东北亚国家间的比较分析，发现了如下的结论：

东北亚国家 AI 技术发展呈现区域差异，日本和韩国相对领先，中国和俄罗斯居次，朝鲜和蒙古国落后，日本在 AI 三大技术领域均处于领先地位，韩国次之，中国和俄罗斯技术实力相当，东北亚国家应加强区域合作，弥补自身技术短板，实现优势互补，与 Pempel(2007)的研究结论相互呼应，在 AI 领域也要形成技术区域一体化。

在东北亚国家比较分析中，中国紧跟日本和韩国，要在 AI 领域进行快速的发展，中国需要加大基础研究投入，培育核心源头创新能力，在 AI 领域验证了 Yang and Zhou (2023) 提升自主创新能力途径的研究结论，也针对东北亚各国在 AI 领域后续发展提出了相应的启示，各国在 AI 技术路线选择应考虑技术发展规律和当前技术成熟度。

本文定义了 AI 技术发展经历起步、反思、应用、平稳和蓬勃五个阶段，针对东北亚各国在不同阶段的对比分析，启示东北亚各国应建立技术监测预警机制，及时跟踪国际前沿技术进展，呼应了 Guston and Sarewitz(2020) 针对实时技术评估，提升实时性、对话性、广泛性，成为技术创新的重要组成部分。

7.2 理论贡献

现有研究对 AI 技术发展周期的认识还不够全面系统，需要更多元化的衡量指标，以更好地理解 AI 的发展状况^[60]。且对于 AI 技术发展周期各个阶段的认识还不够清晰和细致。需要更多实证研究来描绘 AI 发展的全貌^[15]。AI 发展存在巨大不确定性，现有研究对其长期发展规律和趋势预测还不够准确和可靠，需要更多对历史周期规律的学习，以提高对 AI 发展的预测能力^[16]。本研究回溯技术发展脉络，总结并找到五个阶段典型时间点的标志性事件，代表着 AI 发展的关键转折，于是将 AI 技术发展周期划分为起步、反思、应用、平稳和蓬勃五个阶段，每个阶段突出了技术发展的内在特征。这一划分构建了 AI 技术发展新的理论视角，丰富和发展了技术演化周期理论，对指导后续技术发展具有重要启发价值。

本研究通过对东北亚国家的 AI 领域专利技术的数量、质量和在不同发展周期的阶段进行比较分析，丰富了比较区域研究的理论体系。与 Azad 和 Chakravarty(2021) 关于单一 AI 专利数量分析研究的理论贡献不同，本研究采用多维度数据指标的比较，使得研究结论更具说服力和普适性；研究发现东北亚国家间 AI 不同领域存在差异，这为进一步探讨东北亚各国在不同 AI 优势领域发展方向和策略，提升 AI 技术和产业对于创新和国家竞争力的影响提供了理论基础，有别于 Gautam 等 (2023) 关于 AI 技术发展同质化的研究。本研究挑战了过去认为技术不同方向会阻碍区域技术共享的观点^[61]。研究表明，东北亚国家之间存在 AI 技术领域的互补性，这有助于促进区域合作。这一发现为技术领域要素影响区域一体化提

供了新的理论视角。

7.3 研究不足和展望

本研究因数据库数据完整性等原因,研究时间跨度为未到最近年份,后续研究可以延伸至最近年份,以反映当前最新技术发展趋势。可以扩大研究区域范围,如加入东南亚国家,进行更全面的区域比较,纳入更多技术发展测度指标,如论文产出、科研人员等信息,进行多方位分析。后续研究可基于本文分析结果,探讨不同国家的人工智能技术发展方向和区域合作路径。

参考文献:

- [1] Allen Newell, Herbert A. Simon. Computer science as empirical inquiry: Symbols and search. *Commun, ACM.* 1975, 19(3): 113-126.
- [2] Young T., Hazarika D., Poria S. and Cambria E. Recent trends in deep learning based natural language processing. *Ieee Computational Intelligence Magazine,* 2018, 13(3): 55-75.
- [3] Syam N., Sharma A. Waiting for a sales renaissance in the fourth industrial revolution: Machine learning and artificial intelligence in sales research and practice. *Industrial Marketing Management,* 2018(69): 135-146.
- [4] Lee, S. A Case Study of AI DEFENSE Applications in Major Northeast Asian States and Strategies for Building a RO K's AI-based National Defense System. *International Journal of Instrumentation,* 2021, 6(1): 1-13.
- [5] Horowitz M. C., Allen G. C., Kania E. B. and Scharre P. Strategic competition in an era of artificial intelligence. Center for a New American Security. 2018.
- [6] Dang J., Motohashi K. Patent statistics: A good indicator for innovation in China? Patent subsidy program impacts on patent quality. *China Economic Review,* 2015(35): 137-155.
- [7] Hu A. G., Jaffe A. B. Patent citations and international knowledge flow: the cases of Korea and Taiwan. *International journal of industrial organization,* 2003, 21(6): 849-880.
- [8] Yang X., Yu X. Preventing patent risks in artificial intelligence industry for sustainable development: A multi-level network analysis. *Sustainability,* 2020, 12(20): 8667.
- [9] Di Vaio A., Hassan R., and Alavoine C. Data intelligence and analytics: A bibliometric analysis of human-Artificial intelligence in public sector decision-making effectiveness. *Technological Forecasting and Social Change,* 2022(174): 121201.
- [10] Martens B., Tolan S. Will this time be different? A review of the literature on the Impact of Artificial Intelligence on Employment, Incomes and Growth, 2018.
- [11] WIPO, WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence, Geneva, Data collection method and clustering scheme Background paper, 2019.
- [12] Aristodemou L., Tietze F. The state-of-the-art on Intellectual Property Analytics (IPA): A literature review on artificial intelligence, machine learning and deep learning methods for analysing intellectual property (IP) data. *World Patent Information,* 2018(55): 37-51.

- [13] Tsay M. Y., Liu Z. W. Analysis of the patent cooperation network in global artificial intelligence technologies based on the assignees. World Patent Information, 2020(63): 102000.
- [14] Ye Y., Chaonan W., Jingying L. and Yuxiang T. Research on the development trend of China's key core technologies of artificial intelligence based on the technology life cycle. 2021 IEEE 4th International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT), 2021, p.814-817.
- [15] Giczy A. V., Pairolo N. A. and Toole, A. A. Identifying artificial intelligence (AI) invention: A novel AI patent dataset. The Journal of Technology Transfer, 2022, 47(2): 476-505.
- [16] De Silva D., Alahakoon D. An artificial intelligence life cycle: From conception to production. Patterns, 2022, 3(6).
- [17] Delipetrev B., Tsinaraki C. and Kostic U. Historical evolution of artificial intelligence. 2020.
- [18] Vishnukumar H. J., Butting B., Müller C. and Sax E. Machine learning and deep neural network—Artificial intelligence core for lab and real-world test and validation for ADAS and autonomous vehicles: AI for efficient and quality test and validation. 2017 Intelligent Systems Conference (IntelliSys), 2017, p.714-721.
- [19] Dwivedi Y. K., Hughes L., Ismagilova E., Aarts, G. et al. Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. International Journal of Information Management, 2019(57): 101994.
- [20] Tekic Z., Füller J. Managing innovation in the era of AI. Technology in Society, 2023(73): 102254.
- [21] Baum S. D., Goertzel B. and Goertzel T. G. How long until human-level AI? Results from an expert assessment. Technological Forecasting and Social Change, 2011, 78(1), 185-195.
- [22] Stone P., Brooks R., Brynjolfsson E., Cai, R., et al. Artificial intelligence and life in 2030: the one hundred year study on artificial intelligence. ArXiv.2211.06318, 2016.
- [23] McCarthy J., Minsky M. L., Rochester, N. and Shannon, C. E. A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence, August 31, 1955. AI magazine, 2006(27): 12-14.
- [24] Minsky M. L., Papert S. *An introduction to computational geometry*. MIT Press, 1988, p.104.
- [25] Brown R. H., Winston P. H. (Eds.). *Artificial Intelligence: An MIT Perspective*. MIT Press, 1982.
- [26] Werbos P. Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences. PhD thesis, Committee on Applied Mathematics, Harvard University, Cambridge, MA, 1974.
- [27] Zobrist A. L. A new hashing method with application for game playing. ICGA Journal, 1990, 13(2): 69-73.
- [28] Feigenbaum E. A. Expert systems in the 1980s. State of the art report on machine intelligence. Maidenhead: Pergamon -Infotech, 1981.
- [29] Carbonell J. G., Michalski R. S. and Mitchell T. M. An overview of machine learning. Machine learning, 1983(1): p.3-23.
- [30] LeCun Y., Boser B., Denker J. S., Henderson, D., et al. Backpropagation appli

- ed to handwritten zip code recognition. Neural computation, 1989, 1(4): 541-551.
- [31] Halevy A., Norvig P. and Pereira F. The unreasonable effectiveness of data. IEEE intelligent systems, 2009, 24(2): 8-12.
- [32] Cortes C., Vapnik V. Support-vector networks. Machine learning, 1995(20): 273-297.
- [33] Pan S. J., Yang Q. A survey on transfer learning. IEEE Transactions on knowledge and data engineering, 2009, 22(10): 1345-1359.
- [34] Le Q. V., Ranzato M., Monga R., Devlin M. et al. Building high-level features using large scale unsupervised learning. 2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2011, p.8595-8598.
- [35] Ferrucci D., Brown E., Chu-Carroll J., Fan J. et al. Building Watson: An overview of the DeepQA project. AI magazine, 2010, 31(3): 59-79.
- [36] Nussinov R., Zhang M., Liu Y. and Jiang H. AlphaFold, artificial intelligence (AI), and allosteric. The Journal of Physical Chemistry B, 2022, 126(34): 6372-6383.
- [37] Bozkurt A., Xiao J., Lambert S., Pazurak A., Crompton H. et al. Speculative futures on ChatGPT and generative artificial intelligence (AI): A collective reflection from the educational landscape. Asian Journal of Distance Education, 2023, 18(1).
- [38] Tseng C. Y., Ting P. H. Patent analysis for technology development of artificial intelligence: A country-level comparative study. Innovation, 2013, 15(4): 463-475.
- [39] Lee S., Yoon B., Lee C. and Park J. B business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping. Technological Forecasting and Social Change, 2009, 76(6): 769-786.
- [40] Lee K. How can Korea be a role model for catch-up development? A ‘capability-based’ view. Achieving development success: Strategies and lessons from the developing world, 2013, 25(34): 1-24.
- [41] Park H. W., Leydesdorff L. Longitudinal trends in networks of university-industry-government relations in South Korea: The role of programmatic incentives. Research policy, 2010, 39(5): 640-649.
- [42] Frietsch R., Jung T. Transnational patents: Structures, trends and recent developments. 2009.
- [43] Furman J. L., Porter M. E. and Stern S. The determinants of national innovative capacity. Research policy, 2002, 31(6): 899-933.
- [44] Geum Y., Kim M. How to identify promising chances for technological innovation: Keygraph-based patent analysis. Advanced Engineering Informatics, 2020(46): 101155.
- [45] Wang X., Daim T., Huang L., Li Z. et al. Monitoring the development trend and competition status of high technologies using patent analysis and bibliographic coupling: The case of electronic design automation technology. Technology in Society, 2022(71): 102076.
- [46] Kim H., Huang M., Jin F., Bodoff D. et al. Triple helix in the agricultural sector of Northeast Asian countries: a comparative study between Korea and China. Scientometrics, 2012, 90(1): 101-120.

- [47] Chapman A., Fujii H. and Managi S. Key drivers for cooperation toward sustainable development and the management of CO₂ emissions: Comparative analysis of six Northeast Asian countries. *Sustainability*, 2018, 10(1): 244.
- [48] Park S. C. US protectionism and trade imbalance between the US and Northeast Asian countries. *International Organizations Research Journal*, 2018, 13(2): 7-100.
- [49] Tkachenko G. G. Territorial differentiation of the natural-resource potential of a group of countries in North-East Asia. *Geography and natural resources*, 2009, 30(2): 107-112.
- [50] Kang B., Huo D. and Motohashi K. Comparison of Chinese and Korean companies in ICT global standardization: essential patent analysis. *Telecommunications Policy*, 2014, 38(10): 902-913.
- [51] Hammond C. D. Dynamics of higher education research collaboration and regional integration in Northeast Asia: a study of the A3 Foresight Program. *Higher Education*, 2019, 78(4): 653-668.
- [52] Jung W. Environmental challenges and cooperation in Northeast Asia. *Focus Asia: Perspectives & Analysis*, 2016(16): 1-11.
- [53] De Rassenfosse G., Dernis H., Guellec D., Picci, L. et al. The worldwide count of priority patents: A new indicator of inventive activity. *Research Policy*, 2013, 42(3): 720-737.
- [54] Squicciarini M., Dernis H. and Criscuolo C. Measuring patent quality: Indicators of technological and economic value. 2013.
- [55] Frietsch R., Schmoch U. Transnational patents and international markets. *Scientometrics*, 2010, 82(1): 185-200.
- [56] Alfonso-Gil J., Saez-Cala A. and Vinas-Apaolaza A. I. Innovation processes in mature clusters of SMEs. A proposal for assessment indicators. *International Journal of Technology Management*, 2003, 26(2-4): 346-361.
- [57] Bloom N., Van Reenen J. Patents, real options and firm performance. *The Economic Journal*, 2002, 112(478): C97-C116.
- [58] Harhoff D., Scherer F. M. and Vopel K. Citations, family size, opposition and the value of patent rights. *Research policy*, 2003, 32(8): 1343-1363.
- [59] Hu A. G., Jefferson G. H. A great wall of patents: What is behind China's recent patent explosion? *Journal of Development Economics*, 2009, 90(1): 57-68.
- [60] Zhang D., Mishra S., Brynjolfsson E., Etchemendy, J. et al. The AI index 2021 annual report. *ArXiv.2103.06312*, 2021.
- [61] Ferreira J. J., Fernandes C. and Ratten V. The effects of technology transfers and institutional factors on economic growth: evidence from Europe and Oceania. *The Journal of Technology Transfer*, 2019, 44(5): 1505-1528.
- [62] ADAS and autonomous vehicles: AI for efficient and quality test and validation. 2017 intelligent systems conference (In telliSys), 2017, p.714-721.
- [63] Aboy M., Minssen T. and Kop M. Mapping the patent landscape of quantum technologies: patenting trends, innovation and policy implications. *IIC-International Review of Intellectual Property and Competition Law*, 2022, 53(6): 853-882.
- [64] Azad S., Chakravarty R. Artificial intelligence (AI) literature in patents: a glob

- al landscape. Library Hi Tech News, 2021, 38(7): 24-28.
- [65] Guston D. H., Sarewitz D. Real-time technology assessment. Emerging Technologies, 2020, p.231-247.
- [66] Gautam S., Singh K. and Bhatt M. Homogenization in the Technique of Artificial Intelligence in Human Resource Management. In *Artificial Intelligence Techniques in Human Resource Management*. Apple Academic Press, 2023, p.211-237.
- [67] Pempel T. J. Northeast Asian economic integration: A region in flux. Asia Pacific Review, 2007, 14(2): 45-61.
- [68] Yang Y., Zhou H. Research on Ways to Enhance the Independent Innovation Capability of Enterprises. Journal of Innovation and Development, 2023, 3(1): 79-85.