



郭鑫榆, 吕金威, 刘利花, 刘向华. 基于文献计量分析的国内外数字农业研究脉络及趋势[J]. 中国农业大学学报, 2026, 31(04): 243-259.
GUO Xinyu, LYU Jinwei, LIU Lihua, LIU Xianghua. Envolution and trends of digital agriculture research in China and abroad based on bibliometric analysis [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2026, 31(04): 243-259.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2026.04.19

基于文献计量分析的国内外数字农业研究脉络及趋势

郭鑫榆¹ 吕金威² 刘利花³ 刘向华^{2*}

(1. 中央财经大学 国际经济与贸易学院, 北京 102206;

2. 河南农业大学 经济管理学院, 郑州 450046;

3. 广东第二师范学院 马克思主义学院, 广州 510303)

摘 要 为揭示国内外数字农业研究发展脉络及未来趋势, 基于2002—2024年中国知网(CNKI)数据库和Web of Science(WOS)数据库中数字农业领域的6 293篇高质量文献, 采用文献计量分析法, 运用CiteSpace 6.2. R6软件进行可视化计量分析。结果表明: 1) 全球学科交叉呈现技术生态强耦合与人文制度弱参与的失衡态势, 农学与信息科学深度融合构成技术主轴, 但社会科学贡献显著不足, 硬件研发主导模式进一步制约算法创新进程。2) 国内外融合路径形成显著梯级分化, 国外研究较早实现感知—决策—执行的闭环技术整合, 而国内长期处于硬件技术嫁接阶段, 算法与农艺机理的深层协同存在明显迟滞。3) 驱动力机制呈现根本差异, 国内政策导向型研究形成农学和经济深度融合特征, 高频关键词集中反映国家战略牵引; 国际则凸显市场驱动的技术创新路径, 但双方均未培育出适配小规模经营的交叉研究集群。4) 系统性发展缺口集中显现于三大维度, 微观农艺过程与智能决策模型的理论割裂、小农户数字包容的制度缺位以及气候智慧农业与碳计量技术的协同空白。未来研究应深化理论与实践的融合探索, 通过加强国际合作与知识共享, 创新数字技术驱动农业转型模式, 构建多维协同的差异化发展路径, 系统整合数字农业的多元复合价值, 全面助力中国农业农村现代化高质量发展。

关键词 数字化; 农业; 农村; 农民; CiteSpace; 文献计量分析; 可视化

中图分类号 F321.1

文章编号 1007-4333(2026)04-0243-17

文献标志码 A

Envolution and trends of digital agriculture research in China and abroad based on bibliometric analysis

GUO Xinyu¹, LYU Jinwei², LIU Lihua³, LIU Xianghua^{2*}

(1. School of International Trade and Economics, Central University of Finance and Economics, Beijing 102206, China;

2. School of Economics and Management, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450046, China;

3. School of Marxism, Guangdong University of Education, Guangzhou 510303, China)

Abstract To reveal the development trajectories and future trends of digital agriculture research in China and abroad, based on 6 293 high-quality literatures in the field of digital agriculture in China National Knowledge Infrastructure (CNKI) and Web of Science (WOS) database from 2002 to 2024, bibliometric analysis was conducted using CiteSpace 6.2. R6 software for visual econometric analysis. The results showed that: 1) Global interdisciplinary discipline presents a profound imbalance between strong coupling of technological ecosystems and weak participation of the humanities and social sciences. The deep integration of agronomy and information science constitute the main axis of technology, but the contribution of social science is significantly insufficient,

收稿日期: 2025-04-28; 接受日期: 2025-06-24

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(42371314); 国家自然科学基金青年科学基金项目(42001261); 河南省高等院校哲学社会科学重大项目(2022-YYDZ-08)

第一作者: 郭鑫榆(ORCID: 0009-0005-4020-6008), 博士研究生, E-mail: xinyu_gg@163.com

通讯作者: 刘向华(ORCID: 0009-0006-8589-0656), 教授, 主要从事农业经济与理论研究, E-mail: ndjglxh@126.com

and the dominant mode of hardware R&D further restricts the process of algorithm innovation. 2) The domestic and foreign integration paths form a significant cascade differentiation. Foreign research has achieved the closed-loop technology integration of perception-decision-execution earlier, while the domestic China's hardware technology has been in the stage of transplantation for a long time, and the deep collaboration between algorithm and agronomic mechanism exhibits obvious hysteresis. 3) The driving force mechanism shows fundamentally differences. Domestic China's policy-oriented research forms the characteristics of deep integration of agronomy science and economics, and the high-frequency emergent words mainly reflect the national strategic traction. International research highlights the market-driven technological innovation path, but neither domestic nor abroad research has cultivated cross-research clusters suitable for small-scale operation. 4) Systematic development gaps are concentrated in three dimensions, including the theoretical separation between micro-agronomic processes and intelligent decision-making models, the institutional absence of digital inclusion of small farmers, and the synergy gap between climate-smart agriculture and carbon metering technology. Future research should deepen the exploration of theory and practice integration, fully support the high-quality development of China's agricultural and rural modernization by strengthening international cooperation and knowledge sharing, innovating digital technologies to drive agricultural transformation mode, building a multi-dimensional collaborative differentiated development path, and systematically integrating the multiple compound values of digital agriculture.

Keywords digitization; agriculture; rural area; farmer; CiteSpace; bibliometric analysis; visualization

强国必先强农,农强方能国强^[1]。农业强国是社会主义现代化强国的根基^[2]。数字农业作为农业现代化进程中的关键驱动力,正面临技术创新与制度适配的双重挑战^[3]。全球范围内,发达国家通过系统性政策布局加速农业数字化转型,而发展中国家普遍面临技术扩散效率不足与要素整合壁垒。美国《2018年农业法案》^[4]设立精准农业拨款计划,支持农场数字化设备采购,同时加强农业数据共享平台建设,推动农场间数据互通;欧盟设立欧洲农业创新伙伴关系项目(EIP-AGRI),通过提供资金支持数字农业创新、建立公私利益相关者知识共享网络,以及实施担保计划补贴农民和研究人员,推动数字农业发展^[5];2015年,印度政府启动“数字印度”计划,通过国家农业市场电子交易平台消除中间商差价,减少30%的农产品流通损耗;此外,日本、澳大利亚、巴西等国也相继出台一系列举措,推动农业数字化转型。近年来,我国相继推出数字农业战略规划,着力构建技术应用与制度创新的协同机制,但小农经济情境下的技术采纳困境与组织模式滞后问题依然突出^[6]。为此国家出台了一系列数字农业相关政策,如2019年《数字乡村发展战略纲要》^[7]提出构建数字农业基础支撑体系以推动农业生产智能化转型,2021年《数字乡村发展行动计划(2022—2025年)》^[8]提出加强农业关键数字技术应用与示范推广,2022年《“十四五”推进农业农村现

代化规划》^[9]首次明确农业数字经济占农业增加值比重的发展目标,2023年《数字中国建设整体布局规划》^[10]将数字农业纳入新型基础设施重点工程,2024年《农业农村部关于大力发展智慧农业的指导意见》^[11]创新性提出农业数据资产确权登记制度。这些政策旨在增强数字技术与小农经济的适配性,助推农业现代化发展。

现有研究多聚焦技术单维突破^[12],旨在厘清数字技术与传统农业生产体系间的复杂交互关系,尤其对制度壁垒与市场失灵进行了系统性分析^[13],且研究范式主要集中于归纳总结法^[14]和质性研究方法^[15],研究维度涵盖数字普惠金融^[16]、理论框架构建^[17]、乡村数字化转型^[18]、历史逻辑演进^[19]及作用机制解析^[20]等。从学科分布看,现有成果多囿于农业经济学范畴^[21],存在跨学科整合不足、自然地理学及社会生态学视角匮乏的显著短板;在研究层级上呈现宏观政策评估主导特征^[22],针对农户主体、企业组织及多元经营实体的微观实证研究尚未形成体系;方法论层面则表现出定性分析主导的路径依赖,定量研究多局限于数字技术对农业生产率的单维度影响^[23],缺乏多尺度、多方法的系统性研究框架。此外,也有一些研究运用CiteSpace软件进行文献计量分析,但多聚焦数字乡村^[24]、乡村治理^[25]、耕地制度^[26]和数字化赋能^[27]等主题,缺乏关于数字农业整体知识体系的研究,且大部分研究仅分析国

内文献或仅分析国外文献,缺乏中外对比视角。如周杨等^[28]对中国知网数据库中2010—2020年有关数字农业的文献进行了可视化分析,但并未包括英文期刊,且缺乏对近几年国内外发文趋势的分析。

基于此,本研究通过构建知识图谱分析框架,整合中国知网(CNKI)和Web of science(WOS)数据库资源,运用文献计量工具CiteSpace,系统解构数字农业研究的演进轨迹、核心热点与前沿趋势,探析数字经济赋能农业现代化的内在演变逻辑,描绘其与国家战略协同发展的理论图景,旨在为深化该领域跨学科研究提供理论参照与范式创新路径。在理论层面,弥合发达国家技术范式与发展中国家制度创新之间的认知鸿沟;在实践层面,着力构建破解“大国小农”数字鸿沟的可操作协同框架,以支撑农业强国建设的核心战略目标。

1 数据来源与研究方法

选取的文献源自CNKI和WOS数据库,时间跨度为2002-01-01—2024-12-31。CNKI数据库所选文献均来自CSSCI、CSCD和北大核心等高质量期刊,采用高级检索进行文献搜集,检索主题为“数字+农业”“数字+农村”和“数字+农户”,共获得相关文献3 871篇,剔除论坛、征稿、会议通知等非研究性文献后,最终得到有效文献2 641篇,将其以Refworks格式导出。WOS数据库检索条件设置为:(Topic=(Digital Agriculture)OR Topic=(Digital Rural Areas)OR Topic=(Digital Farmers)),文献限定为核心数据集,语言为“English”,文献类型为

“Article”,共检索出英文文献6 062篇,剔除与研究主题不相关文献后,获得文献4 953篇,将其以TXT文本导出,运用CiteSpace 6.2. R6文献计量软件进行去重处理后,最终得到有效文献3 652篇。基于中英文有效文献,运用共现网络分析模块(作者/机构/国家)与主题演化模块(关键词聚类/时间切片),展现包含研究主体分布、知识单元关联及时空演进特征的多维分析图谱。本研究的国内或中文期刊指CNKI数据库中的期刊,国外或英文期刊指WOS数据库中的期刊。

本研究将数字农业定义为以现代信息技术集群为核心驱动力,深度融合于农业生产全链条与农村发展多维度,实现农业智能化与精准化的新型业态。其本质是“技术应用-空间承载-主体响应”三位一体的生态系统。在技术层面驱动农业生产智能化升级,同时作为数字乡村建设的核心产业引擎,将技术渗透延伸至乡村治理、电商、金融等全域,最终通过赋能农户(含新型主体)转化为数字农户,使其技术采纳行为与福祉提升成为衡量成效的根本落脚点。数字乡村作为基础载体与数字农户作为微观基石,共同构成解析数字农业多维内涵的不可分割组成部分。

2 文献现状分析

2.1 文献时序分布

2002—2024年国内外数字农业研究文献增长趋势如图1所示。整体来看,国内外数字农业研究领域发文量逐年递增,但CNKI和WOS数据库发文

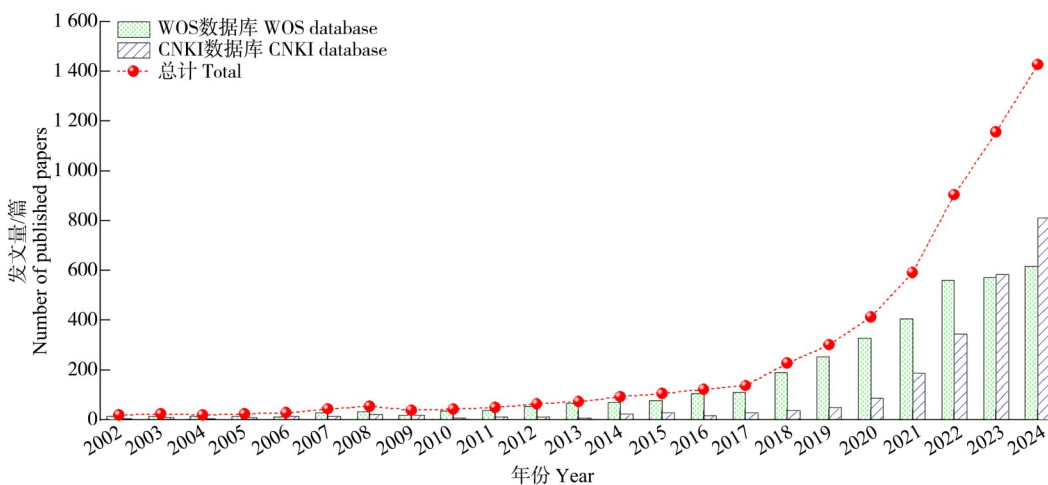


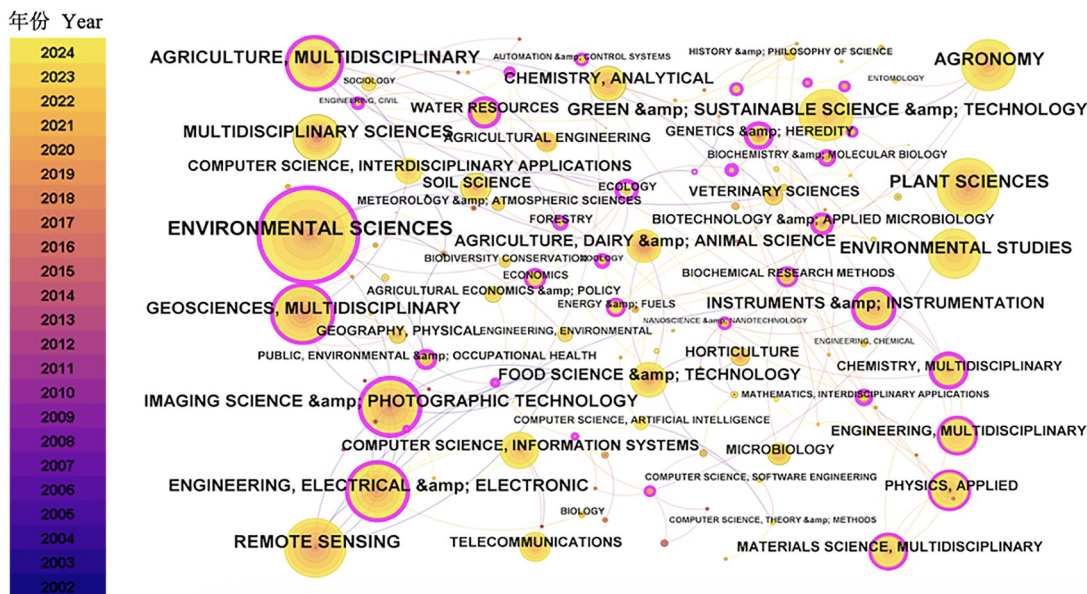
图1 2002—2024年国内外数字农业研究发文量趋势

Fig. 1 Trends in domestic and foreign digital agriculture research publications from 2002 to 2024

20.4%，位居第2；之后依次为德国、澳大利亚、意大利、西班牙、法国、荷兰、印度、日本等国；巴西为南美洲代表，非洲仅南非和坦桑尼亚等国家有文献发表。数字农业研究呈现“中美双核驱动、欧洲协同创新、新兴国家追赶”的格局。中国通过政策强驱动成为最大贡献者，美国保持技术前沿优势，欧洲则聚焦可持续发展与伦理议题。未来需加强跨区域合作，推动技术普惠与全球粮食安全目标的协同实现。

数字农业研究领域学科交叉图谱如图3所示。2002—2024年，发文量位居前列的学科包括农学、作物学、昆虫学、乳品与动物科学等，这些学科在数

字农业领域更为活跃。学科交叉紧密的领域主要有自动化与控制系统、计算机科学、环境科学和地球科学等，其与数字农业结合较为紧密。例如，利用自动化与控制系统实现农业生产的智能化管理，借助计算机科学处理和分析农业大数据，通过环境科学和地球科学的相关研究来优化农业生态环境等。总体来看，国外数字农业研究呈现多学科协同推进态势，说明传统农业学科在数字技术推动下不断发展和创新；而与信息技术和环境科学等学科的交叉领域，则为数字农业提供了新的技术支撑和研究视角，推动农业的精准化、智能化和可持续发展。



紫色外环表示学科的中介中心性。
The purple outer ring indicates the intermediary centrality of the discipline.

图3 数字农业研究领域学科交叉图谱

Fig. 3 Interdisciplinary map of digital agriculture research field

2.3 核心作者及研究机构

中文文献的核心作者可视化分析如图4所示，共有565个节点，438条连线，网络密度为0.0027。发文量较多的作者有李瑾、冯海宽、任保平、郭新宇和徐旭初等，且其合作者较多，说明在中国数字农业研究领域，已形成多个合作网络清晰的研究团队。此外，也有一些文献是2个作者合作或者单独发表，说明该领域的研究存在以师生合作或机构内部合作为主的双向合作团队及众多单独研究者。

中文文献发文机构的合作网络如图5所示。核心合作团体由中国社会科学院农村发展研究所、中

国农业大学经济管理学院和西北农林科技大学经济管理学院等构成，形成以高校和科研院所为主体的研究集群；部分机构如中国科学院大学等通过两两合作形成次级网络；还有一些机构未与其他机构建立合作关系，处于合作网络的边缘，说明其在数字农业领域的协同创新能力有待提高，如石河子大学经济与管理学院、南开大学经济学院等。

英文文献的核心作者可视化分析如图6所示。作者分布特点如下：一是 Wang Nan、Shi Zhou、Chen Songchao、Yang Guijun、Kant Surya 和 Diepeveen Dean 等发文量较多，且形成较为紧密的

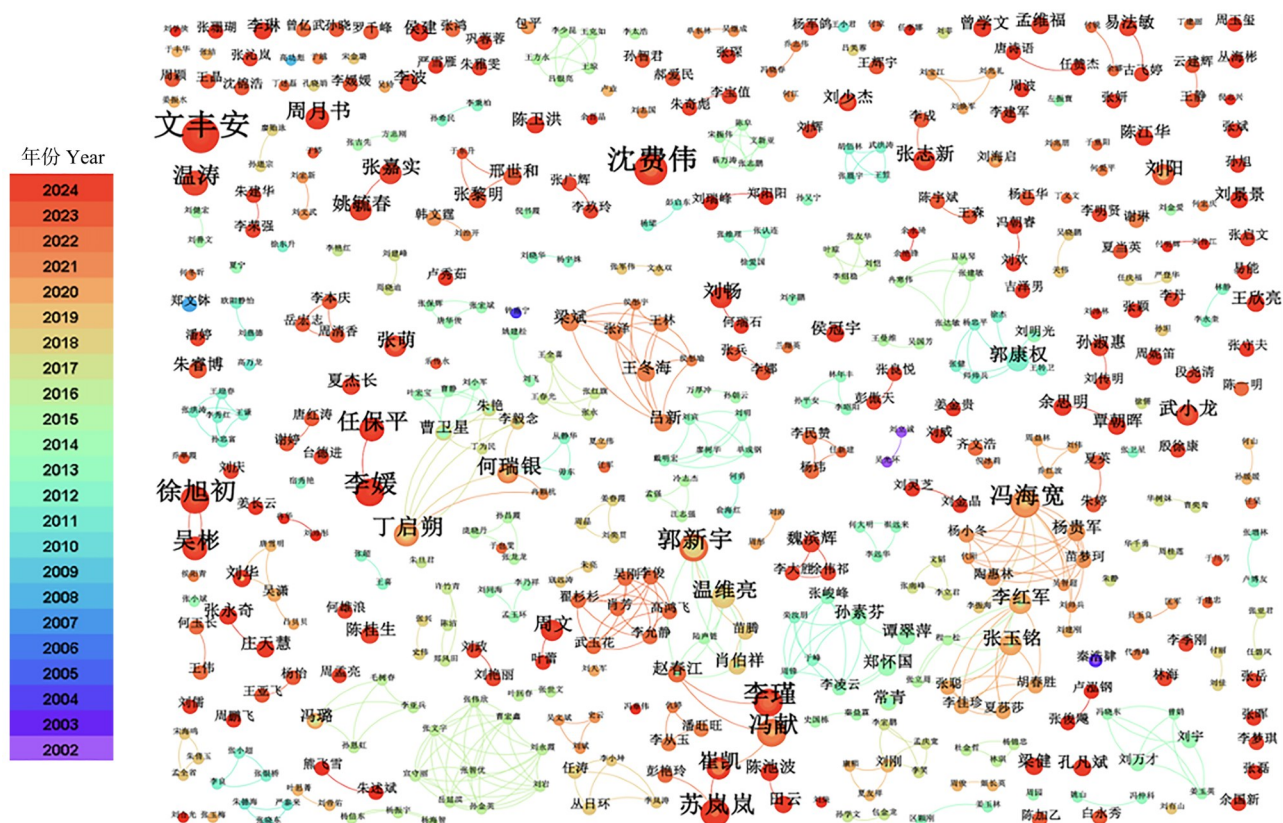


图4 数字农业研究领域中中文文献作者共现知识图谱

Fig. 4 Co-occurrence knowledge map of Chinese literature authors in the field of digital agriculture research

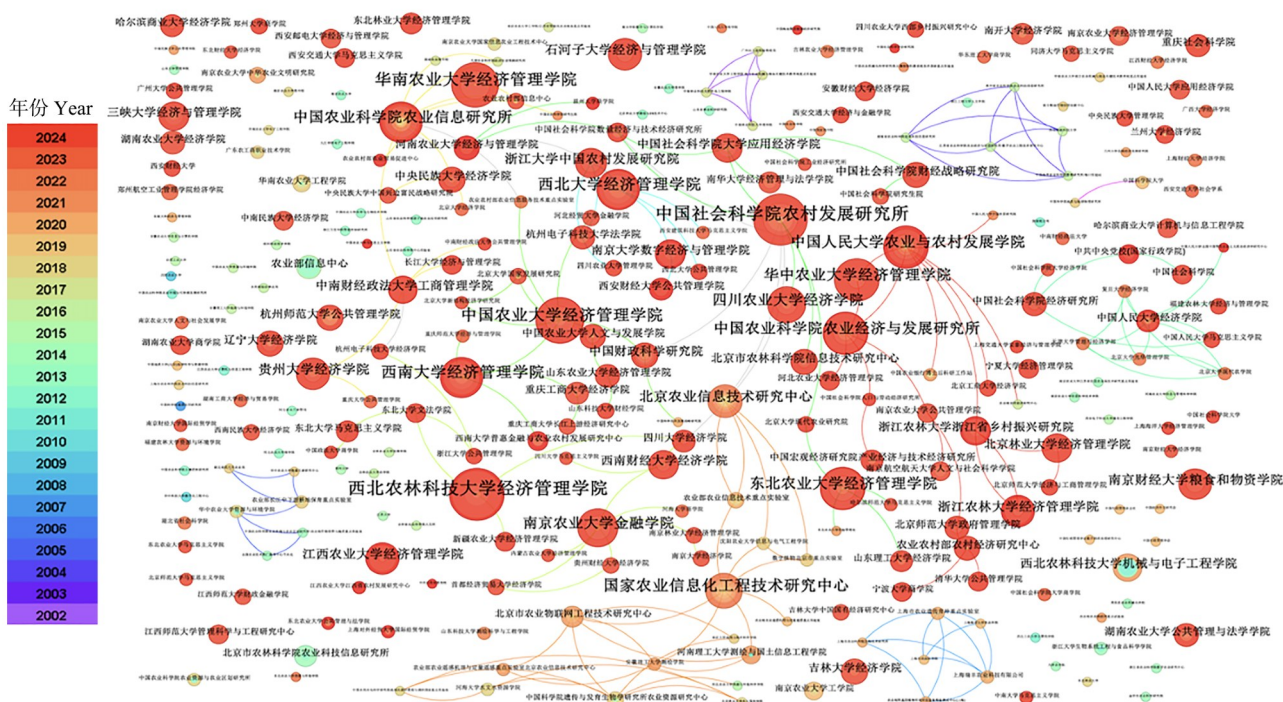


图5 数字农业研究领域中中文研究机构合作网络图谱

Fig. 5 Cooperative network map of Chinese research institutions in the field of digital agriculture research

合作网络；二是不同地区和机构的作者之间也存在合作关系，如 Arrouays Dominique 与 Wang Nan 等有连线，表明数字农业研究已跨越地域限制，形成稳定的合作态势，有助于整合资源和共享知识，推动该领域研究快速发展；三是数字农业研究领域的研

究队伍不断壮大；四是连线逐年增多以及合作网络持续扩大，说明数字农业研究领域的合作趋势不断加强，未来可能会产生更多跨学科、跨机构、跨国界的合作研究，以应对数字农业发展面临的复杂问题

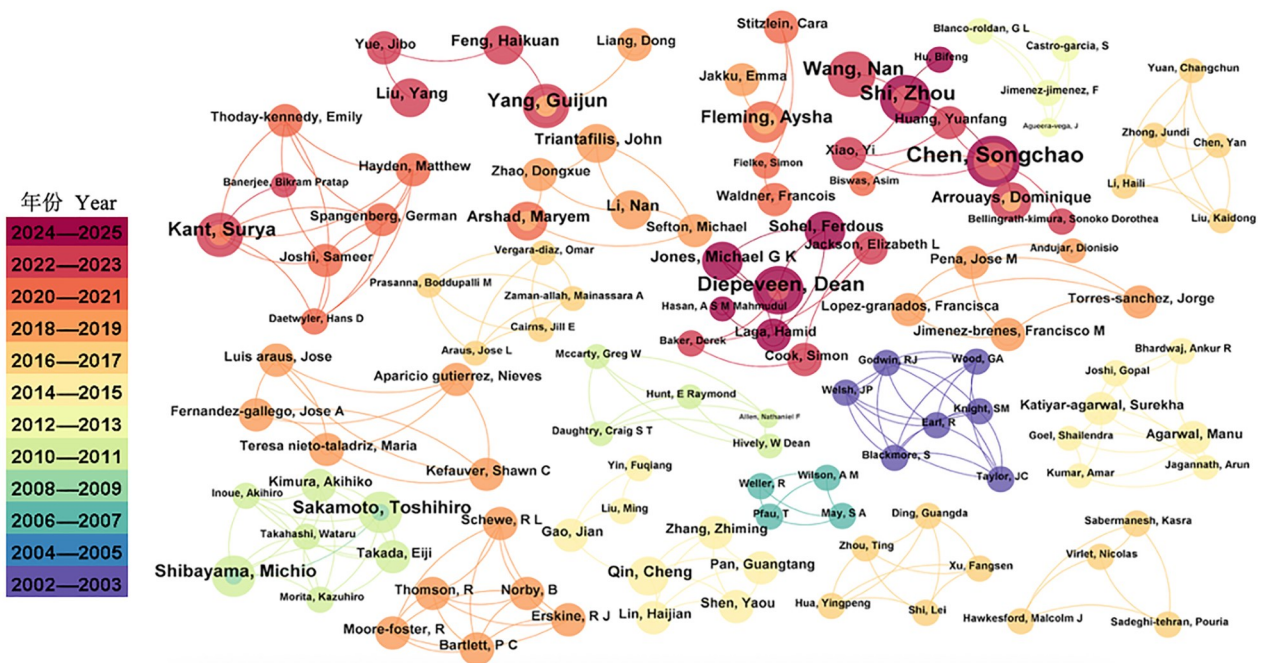


图6 数字农业研究领域英文文献作者共现知识图谱

Fig. 6 Co-occurrence knowledge map of English literature authors in the field of digital agriculture research

英文文献的发文机构可视化分析如图7所示，发文量前10的科研机构依次为中国农业科学院、美国农业部、中国农业大学、瓦赫宁根大学研究中心、法国国家农业食品与环境研究院、澳大利亚联邦科学与工业研究组织、中国科学院、印度农业研究理事会、巴西农业研究公司和法国农业研究国际合作中心。合作网络呈现地域性特征，中国机构（中国农业科学院、中国科学院）与中国农业大学和南京农业大学等形成国内协作网络；美国农业部与瓦赫宁根大学和澳大利亚联邦科学与工业研究组织等建立跨洲际合作；法国科研体系以法国国家农业食品与环境研究院为核心，与法国农业国际合作研究发展中心和法国国家科研中心形成协同创新集群；澳大利亚联邦科学与工业研究组织与英国国家农业与食物研究机构以及法国国家农业食品与环境研究院保持战略合作。各机构均与所在国家的高校及科研院所保持密切学术联系，形成了多层次的科研合作体系。

3 研究热点与前沿分析

3.1 关键词共现及聚类分析

关键词共现网络作为文献核心主题的主要表征，通过高频词汇关联分析系统揭示研究态势。图8为中文文献数字农业关键词共现图谱，共包含738个节点及966条关联路径，网络密度为0.0036。核心关键词为“乡村振兴”和“数字经济”，次级热点关键词涵盖“数字乡村”和“农业新质生产力”等8个主题群，其中“数字技术”和“数字农业”等关联节点形成多中心辐射格局，直观反映数字农业研究的主题演进与焦点迁移路径。

对中文文献关键词共现图谱进行模块聚类，结果见图9。将同义或相近的关键词归为一类，以观察聚类图谱的整体轮廓。图谱模块度(Q)为0.6933，处于合理区间(0.4~0.8)，平均轮廓值(S)为0.9291，说明聚类是高效可信的。这2个指标共同评估了聚类内部的一致性，数值越高则聚类

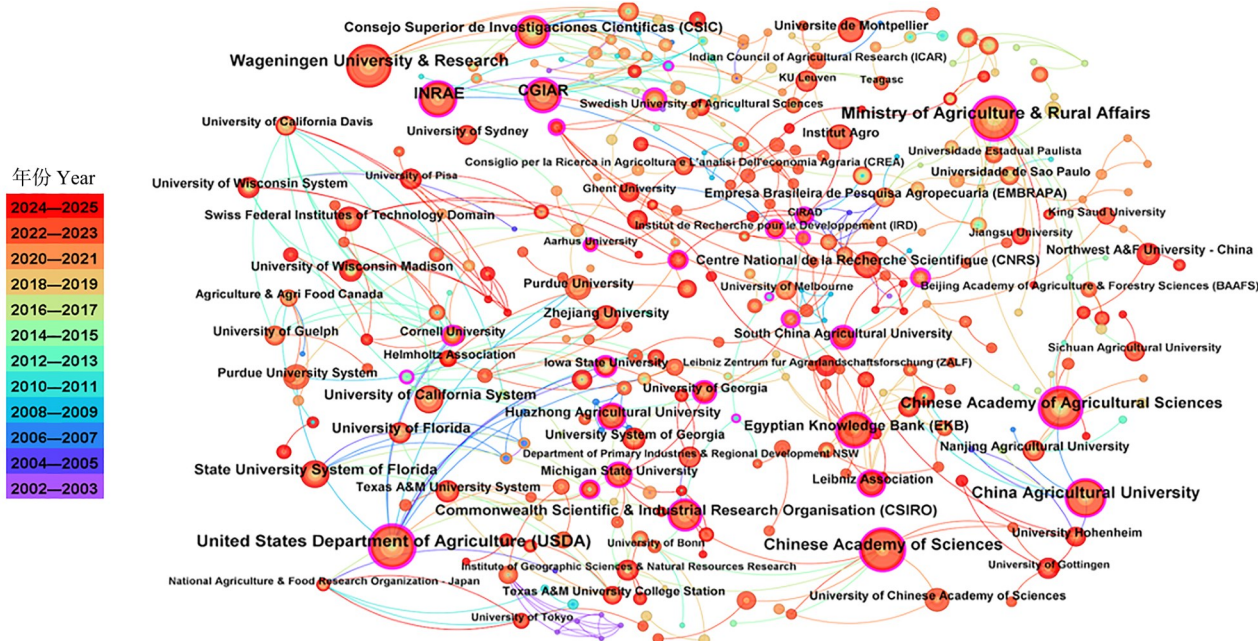
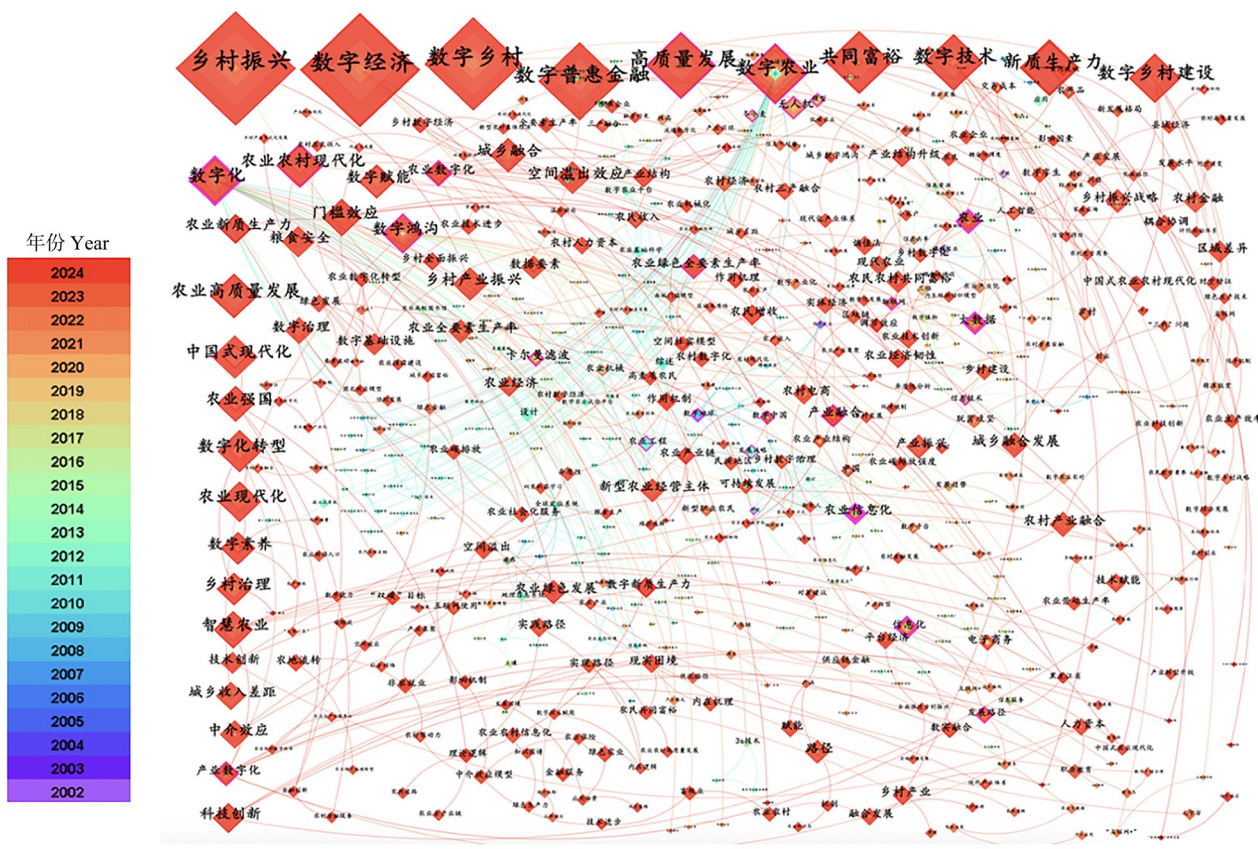


图7 数字农业研究领域英文研究机构合作网络图谱

Fig. 7 Cooperative network map of English research institutions in the field of digital agriculture research



节点大小代表关键词频次多少;节点间连线表示关键词间存在共现关系。下同。

The size of the node represents the keywords frequency. The lines connecting nodes indicate a co-occurrence relationship between the two keywords.

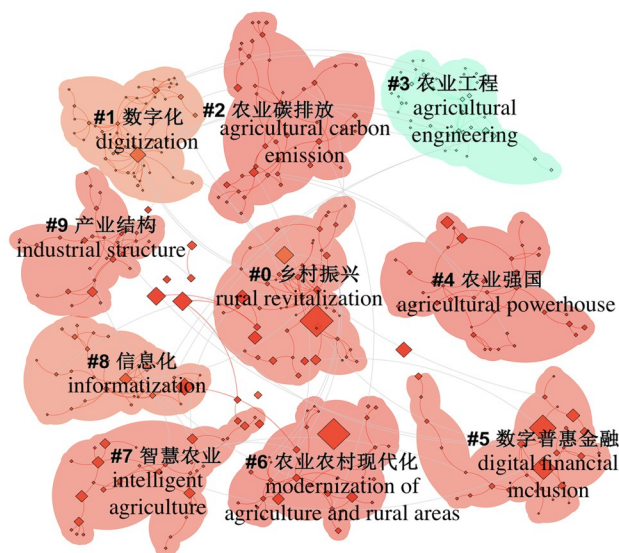
The same below.

图8 数字农业研究领域中文文献关键词共现知识图谱

Fig. 8 Keywords co-occurrence knowledge map of Chinese literature in the field of digital agriculture research

效果越佳。关键词聚类共识别出10个模块(#0~#9),涵盖乡村振兴、数字化、农业碳排放、农业

工程、农业强国、数字普惠金融、农业农村现代化、智慧农业、信息化和产业结构研究领域。



聚类编号越小表示该聚类中的文献数量越多,研究热度越高。下同。

The smaller the cluster number, the greater the number of literatures in that cluster and the higher the research intensity. The same below.

图9 数字农业研究领域中文文献关键词聚类知识图谱

Fig. 9 Keywords clustering knowledge map of Chinese literature in the field of digital agriculture research

英文文献数字农业研究关键词聚类图谱如图10所示,共包含746个节点和1074条连线,网络密度为0.0039,关键词之间的关联度较强。图谱揭示了该研究领域的热点词汇,主要包括“precision agriculture”(精准农业)、“digital agriculture”(数字农业)、“management”(管理)、“technology”(技术)、“growth”(增长)、“machine learning”(机器学习)、“deep learning”(深度学习)和“big data”(大数据)等。其中“精准农业”和“增长”2个关键词凸显,表明当前研究主要聚焦于技术驱动的农业生产效率提升和数字技术赋能的农业规模化发展两大核心议题。

英文文献数字农业研究关键词聚类图谱如图11所示,图谱模块度(Q)为0.7312,处于合理区间(0.4~0.8);平均轮廓值(S)为0.8784,表明聚类是合理且有信服力的。聚类分析共识别出10个模块(#0~#9),涵盖digital technologies(数字技术)、transcriptome profiling(转录组图谱)、organic carbon(有机碳)、dairy cow(奶牛)、unmanned aerial vehicle(无人机)、winter wheat(冬小麦)、computer vision(计算机视觉)、comparative analysis(比较分析)、automatic segmentation(自动分割)以及digital

inclusive finance(数字普惠金融)领域。

根据数字农业研究关键词共现图谱和聚类图谱,对核心研究主题进行归纳,主要包括以下3个方面:

1)数字农业技术研究。国外数字农业技术研究呈现深度融合特征,图谱显示“精准农业”“机器学习”和“深度学习”等关键词凸显(图10),且与聚类#4无人机和#6计算机视觉形成技术闭环(图11)。聚类#0数字技术和#7比较分析验证其对智能装备自主化的侧重,如冬小麦产量预测、奶牛行为识别等场景化应用;聚类#8自动分割与#1转录组图谱的跨模块连接,推动植物表型组学与图像识别技术在基因编辑中的协同创新。国内农业技术研究聚焦应用层创新与工程化落地,呈现政策驱动型特征。相较于国外,国内更关注技术适配性,如聚类#9产业结构和#7智慧农业的共现表明,技术研究深度绑定农业产业升级需求,形成“问题导向型”创新生态;聚类#3农业工程与#8信息化模块仅存在少量弱连接,佐证硬件研发与智能决策系统脱节。此外,算法类关键词缺失,反映新兴技术尚未有效嵌入农业生产系统。

2)数字农村发展研究。国外数字农村研究嵌

调行为机理分析,以“行为”和“决策”为核心节点(图10),与“技术接纳”构成微观决策链。聚类模块#7比较分析验证其方法论特色,即通过跨群体对比剖析主体异质性。但图谱显示“农民”弱于技术类关键词,反映主体抽象化倾向——更多将农户视为“技术用户系统”而非社会实体,研究重心落在行为建模而非社会关系网络。国内研究则凸显主体赋能的社会嵌入性,“数字素养”和“新型农业经营主体”等关键词与聚类模块#2农业碳排放链接体现主体-环境互动。聚类图谱进一步暴露结构缺陷,即#4农业强国模块聚焦产业体系与供应链,而主体行为研究仅作为#5数字普惠金融的子集,且缺失主体技术能力评估。在制度设计层面,聚类#6农业农村现代化虽包含“城乡融合”等节点,却未延伸至“土地流转数字化”和“集体资产股份化”等产权改革议题,反映主体权益保障与数字转型的深层脱节。

3.2 关键词时区知识图谱分析

运用CiteSpace的时区演进与时线演化分析方法,通过时间序列分阶段解析框架,系统揭示国内外数字农业研究的演进规律。国内数字农业研究的阶段性特征如下:

1)2002—2005年为数字农业起步阶段。在“十五”计划推动信息化带动工业化战略背景下,数字农业研究以《农业科技发展规划(2001—2010年)》^[34]为指引,重点突破农业信息采集与处理技术瓶颈。此阶段关键词为农业信息化、数字农业平台、农业机械、卡尔曼滤波、农业基础科学等,研究聚焦农业机械数字化改造与基础数据库建设,依托国家高技术研究发展计划开展农业智能系统研发,运用卡尔曼滤波算法实现农机导航优化,构建县域农业信息平台实现生产数据可视化。此阶段通过计算机辅助决策系统开发,推动传统经验农业向数据辅助决策范式转换,为后续精准农业发展奠定技术储备。

2)2006—2010年为数字农业技术体系深化拓展阶段。伴随《2006—2020年国家信息化发展战略》^[35]实施,研究重点转向多技术集成应用。此阶段关键词为精准农业、遥感技术、地理信息系统、农业模型等,在农业部“数字农业专项”支持下,构建“3S技术+智能装备”融合框架,突破农田信息快速获取与解析技术,建立基于遥感光谱分析的作物长

势监测模型,开发地理信息系统支持的精准施肥决策平台。通过国家科技支撑计划推进农业有害生物数字预警系统建设,形成“天-地-网”协同的立体化监测网络,显著提升重大病虫害防控时效性,标志着数字农业从单点突破走向系统集成发展阶段。

3)2011—2015年为农村数字化转型探索阶段。在新型城镇化与农业现代化协同推进战略背景下,研究响应《全国农业农村信息化发展“十二五”规划》^[29]要求,着力破解城乡数字鸿沟问题。此阶段关键词为农村信息化、农产品流通、农村公共投资、农业产业化和城乡协调等,通过中央财政农村信息化专项,推进村级信息服务站建设与“三资”管理数字化,形成“信息惠农”服务新模式。此阶段实现数字技术从生产领域向农村治理、流通服务的延伸渗透,初步构建“三位一体”农村数字化转型框架。

4)2016—2020年为数字农业的智能化与创新阶段。在《“十三五”国家信息化规划》^[36]与《新一代人工智能发展规划》^[37]政策驱动下,研究聚焦农业全要素生产率提升。此阶段关键词为人工智能、大数据、智能农业、农业经济韧性和农业全产业链等。农业农村部数字农业试点项目推动大田种植、设施园艺等九大领域数字化改造,构建“北斗导航+智能农机+农业大脑”技术体系,突破畜禽养殖巡检机器人和温室环境智能调控等关键技术。通过国家数字农业农村创新中心建设,形成“产学研用”协同创新机制,农业经济韧性研究从风险防控转向数字发展。

5)2021—2025年为数字农业全面转型阶段。在《数字乡村发展战略纲要》^[7]与《“十四五”数字经济发展规划》^[38]指引下,研究进入系统重构与价值创造新周期。此阶段关键词为数字乡村、农业数字化转型、农业农村现代化、农业新质生产力和农业绿色发展等。农业农村大数据平台建设推动“生产—经营—管理—服务”全链条数字化贯通,数字孪生技术实现农业生产系统虚拟仿真优化。依托国家数字乡村试点工程,构建“数字技术+绿色农业”融合创新体系,通过区块链溯源强化农产品质量信任机制,运用数字金融工具激活农村要素市场。当前研究着力破解数据产权界定和小农户数字鸿沟等制度性障碍,推动形成具有中国特色的农业农村数字化转型范式。

国外数字农业总体发展脉络可划分为以下4个

阶段:

1)2002—2008年为数字基建初创期。该阶段以农业信息编码与网络传输为核心,破解生产要素数字化的基础瓶颈。此阶段关键词为数字农业信息、互联网和数字图像分析等,聚焦农业生产要素的数字化表征与基础网络设施建设,着力解决传统农业信息孤岛问题。研究重心体现在农业主体信息的编码转化与网络传输技术开发,如基于数字图像分析的畜牧监测系统构建、农业生产数据库标准化建设等。通过将畜禽体征参数和作物生长影像等实体要素转化为结构化数据,为后续精准农业奠定信息基础设施框架,标志着农业生产方式从经验驱动向数据驱动的范式转变。

2)2009—2015年为精准技术扩散期。全球卫星导航系统的成熟与遥感技术的进步,驱动农业资源管理从粗放向精准跃迁,数字农业进入多源空间信息融合应用时期。此阶段关键词为数字土壤制图、遥感、精准农业、数字农业和植被指数等,研究重点转向农业资源数字化建模与动态监测体系构建。数字土壤制图技术突破使得土壤养分空间异质性得以量化表达,植被指数动态监测实现作物长势精准评估。此阶段通过构建农田数字孪生系统,推动精准施肥、变量灌溉等管理决策从静态经验判断转向动态数据驱动,显著提升了农业资源利用效率与环境可持续性。

3)2016—2020年为智能决策爆发期。机器学习与物联网闭环重塑生产流程,实现农业决策从辅助到自主的质变。在大数据技术突破与计算能力跃升的推动下,农业生产系统开启智能化升级进程。此阶段关键词为大数据、机器学习、人工智能、智能农业和数字化转型等,研究范式向数据密集型科学发现转变,着力构建农业大数据分析框架与智能决策模型。智能农业装备与物联网技术的融合催生自主作业农机、智能温室等新型生产单元,推动农业生产流程向自动化、无人化演进。此阶段标志着数字农业从辅助决策工具向生产力核心要素的质变。

4)2021—2024年为生态重构治理期。该阶段以全链数字化与包容性治理为核心,平衡技术红利分配与系统韧性建设。在数字技术与实体经济深度融合趋势下,数字农业研究进入系统集成与价值重构新周期。此阶段关键词为数字农业、数字普惠

金融、数字经济、数字机遇和数字鸿沟等,研究视野从生产环节扩展到全产业链数字化转型,重点关注数字技术对农业价值链的重塑效应。同时,研究开始关注数字技术扩散的非均衡性,着力破解小农主体数字鸿沟、数据产权界定等制度性障碍,探索数字包容性发展路径,推动形成开放协同的农业数字生态系统。

3.3 关键词突现分析

关键词的突现强度反映了研究热度,突现时间段则清晰界定了研究的持续周期。表1为2021—2024年中文文献数字农业研究领域关键词的突现情况。总体来看,国内主要聚焦“数字乡村”“金融科技”“农村金融”“农村经济”和“乡村振兴”等领域。其中,“数字乡村”关键词的突现强度高达6.51,说明近年来国内学者围绕数字乡村开展了密集研究。从研究热度的持续时间来看,“农业强国”从2023年开始成为当前的研究热点,并持续保持热度。

中文文献突现词集中于“数字乡村”和“乡村振兴”等政策导向型领域,反映国家战略对学术研究的牵引作用。“数字乡村”的高热度源于乡村振兴战略的全面实施(2021—2025年),尤其是县域数字经济试点政策催生大量实证研究;“农业强国”自2023年持续突现,对应党的二十大报告首次将“农业强国”纳入国家目标,推动学界聚焦粮食安全与产业升级的数字化路径。

表2为2018—2024年英文文献数字农业领域关键词的突现情况。国外研究主要聚焦“efficiency”(效率)、“digital economy”(数字经济)、“digital twin”(数字孪生)、“artificial intelligence”(人工智能)、“China”(中国)和“deep learning”(深度学习)等领域,其中,“digital economy”的突现强度高达12.16,说明数字经济为近年来的研究热点。综合来看,国外研究主要关注数字和人工智能等相关领域,对中国的研究也较多,说明国际高度关注中国的数字农业发展。

英文文献突现词以“digital economy”(数字经济)和“artificial intelligence”(人工智能)等技术类词汇为核心,体现技术创新与市场机制的双轮驱动。“digital economy”(数字经济)的突现源于全球农业食品系统数字化转型浪潮,而“digital twin”(数字孪生)和“deep learning”(深度学习)的升温则受农业

表 1 2021—2024 年中文文献数字农业研究突现词					
Table 1 Most frequently occurring words for digital agriculture research in Chinese literature from 2021 to 2024					
序号 Rank	关键词 Keyword	强度 Strength	起始年份 Starting year	结束年份 Ending year	2002—2024 年
1	数字乡村	6.51	2021	2022	
2	金融科技	4.69	2021	2022	
3	农村金融	3.65	2021	2023	
4	农村经济	3.58	2021	2022	
5	乡村振兴	3.24	2021	2022	
6	新型职业农民	2.98	2021	2022	
7	物联网	2.48	2021	2022	
8	发展路径	2.09	2021	2022	
9	数字乡村战略	1.99	2021	2022	
10	乡村数字治理	1.70	2021	2022	
11	农村数字经济	1.21	2021	2023	
12	内在机理	1.00	2021	2022	
13	路径	3.45	2022	2023	
14	区块链	2.49	2022	2023	
15	城乡差距	1.55	2022	2023	
16	乡村数字化	1.41	2022	2023	
17	创新	1.24	2022	2023	
18	农业强国	1.30	2023	2024	
注：绿色长线表示研究区间（2002—2024 年），红色短线表示关键词突现的对应年份。下同。					
Note: The green long line indicates the research period (2002-2024), and the red short line represents the corresponding years when the keywords emerged. The same below.					

表 2 2018—2024 年英文文献数字农业研究突现词					
Table 2 Most frequently occurring words for digital agriculture research in English literature from 2018 to 2024					
序号 Rank	关键词 Keyword	强度 Strength	起始年份 Starting year	结束年份 Ending year	2002—2024 年
1	GIS	7.81	2018	2021	
2	crop surface models	7.24	2018	2020	
3	unmanned aerial vehicle	6.75	2018	2020	
4	parameters	7.19	2020	2021	
5	efficiency	6.57	2022	2024	
6	digital economy	12.16	2023	2024	
7	digital twin	7.03	2023	2024	
8	artificial intelligence	7.01	2023	2024	
9	China	6.68	2023	2024	
10	deep learning	6.22	2023	2024	

4.0技术成熟度提升的直接影响;“China”(中国)成为高频突现词,折射出中国数字农业市场的规模潜力及其对全球供应链的重构效应。

国内外研究热点的差异本质是发展阶段与核心矛盾的反映。一是政策目标差异。国内研究侧重政策落地效能,而发达国家聚焦技术-经济范式创新。二是产业痛点差异。国内突现“农村经济”和“农村金融”等关键词,凸显城乡二元结构下普惠性失衡的关切,国外强调“efficiency”与“GIS”,反映大规模农场技术替代劳动力的优先性。三是全球化角色差异。国际对“China”的高度关注,既因中国农产品进出口规模对技术标准制定权的争夺,也源于“一带一路”数字农业合作的地缘政治意义。综上,国内研究具有强政策依附性和问题导向性,国外研究则呈现技术内生性和市场扩张性,这种差异将持续塑造全球数字农业研究的双轨演进格局。

4 结论与未来方向

4.1 结论

本研究运用文献计量软件 CiteSpace 6.2. R6, 基于 2002—2024 年 CNKI 数据库和 WOS 数据库, 对数字农业研究领域文献进行系统性挖掘与知识图谱解析。主要得出以下结论:

1)全球数字农业研究呈现深度学科交叉与协同演进态势。传统农学(作物学和昆虫学等)与信息科学(自动化控制和计算机科学)的融合构成技术应用主轴,环境科学与地球科学的介入则推动生态维度优化。然而,学科互动仍呈现“三重失衡”:一是技术-农学强关联而人文社科弱参与,农村金融和政策治理等社会科学发文量占比较低;二是硬件研发主导而算法创新滞后,深度学习和区块链等关键技术的学科交叉频次低于农学;三是跨学科合作呈地域壁垒,欧美机构主导“环境-技术”交叉网络,新兴国家则多停留于技术应用层面。

2)关键词聚类分析揭示数字农业的学科融合呈现三重梯级分化。第一,技术整合深度层面,国外以“机器学习-计算机视觉-无人机”形成闭环技术链,实现从数据采集到决策执行的垂直整合;国内则仍处于“数字技术-农业工程”的横向嫁接阶段,算法与农艺机理的适配不足。第二,应用场景广度层面,国外聚类涵盖基因(#1 转录组图谱)、动物(#3 奶牛)和作物(#5 冬小麦)等全链条对象,国

内则聚焦宏观政策(#0 乡村振兴),而微观场景创新薄弱。第三,伦理-技术协同层面,国外“行为”和“管理”集群已关注技术采纳的社会制约,国内“农业碳排放”虽涉及可持续性,但未形成技术伦理的独立聚类。

3)关键词知识图谱揭示国内外学科融合呈现非对称演进路径。一是融合深度差异。国外 2009 年即完成地理信息学、遥感与农学的三维整合,2016 年进阶至农艺-机器学习闭环决策;国内直至 2020 年仍处于“北斗导航-农机”的硬件整合阶段,算法与农艺的深度耦合迟滞 5~8 年。二是治理维度缺位。国际在 2021 年形成“数字普惠金融-数据权属”制度技术双轨研究,国内同期仍聚焦技术应用,对小农户数字包容的制度创新尚未形成独立聚类。三是气候协同空白。国内外文献均未出现“数字技术-碳计量”深度交叉集群,凸显全球智慧农业减碳评估的方法论瓶颈。

4)关键词突现强度对比揭示学科融合的双轨驱动困境。国内呈政策主导型融合,“数字乡村”和“农业强国”等突现词群,反映政策目标与农业经济学的紧密结合,但信息技术突现强度较低,反映农工交叉的浅层化。国外呈技术内生型融合,“数字经济”和“深度学习”形成技术-市场双引擎,却未催生“小农适配”突现词,佐证算法创新与包容性制度的割裂。由此引发全球协作失衡,“中国”成为国际高频突现词,但国内研究未同步涌现“全球粮农治理”等跨境议题,暴露学科体系的封闭性。

4.2 未来方向

基于理论积淀与发展脉络的系统整合,本研究对数字农业研究领域的未来发展方向提出如下展望:

1)在理论层面,构建三维融合框架突破学科壁垒。重点突破 3 个方面:一是轻量化模型架构,建立小农户经营约束下的算法精简理论,弥合大规模人工智能与碎片化生产的适配断层;二是社会技术系统理论,整合制度经济学与数据科学,构建“技术效能-制度成本-行为采纳”模型,量化数字鸿沟的形成机制;三是跨境协同方法论,设计农业数字生态系统的韧性评估框架,将气候智慧型农业纳入全球公共产品理论范畴。理论创新需贯通微观农艺过程、中观产业组织与宏观治理制度,实现从技术工具论到系统生态论的范式跃迁。

2) 在实践层面, 构建“技术-制度-市场”协同推进体系。着力实施三大行动: 一是技术下沉工程, 开发低功耗农业数字孪生体, 通过农艺规则嵌入轻量级人工智能芯片, 实现丘陵地带农机自主作业; 二是制度创新试验, 推行区块链赋能的“数据存证-碳汇确权”双链机制, 建立普惠性数据要素市场; 三是全球协同网络, 依托“一带一路”农业数字合作计划, 输出轻简型智能装备技术标准, 主导建立热带农业数字技术创新联盟。通过政策试点、资本引导与场景示范三轨并进, 加速形成具有中国特色的包容性数字化转型路径。

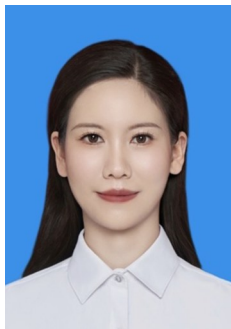
参考文献 References

- [1] 魏后凯, 崔凯. 农业强国的内涵特征、建设基础与推进策略[J]. 改革, 2022(12): 1-11
Wei H K, Cui K. Agricultural powerhouse's connotation characteristics, construction foundation and promotion strategies[J]. *Reform*, 2022(12): 1-11 (in Chinese)
- [2] 李军, 才子倩, 王秀清. 经济学逻辑下的农业强国: 内涵阐释、国际经验与中国的进路[J]. 中国农村经济, 2025(3): 3-17
Li J, Cai Z Q, Wang X Q. Building up strength in agriculture under the economic logic: Interpretation of connotation, international experience, and China's path[J]. *Chinese Rural Economy*, 2025(3): 3-17 (in Chinese)
- [3] 刘学侠, 徐文哲, 温啸宇. 数字经济赋能农村产业现代化的内在逻辑、现实挑战及优化路径[J]. 中国流通经济, 2025, 39(1): 14-24
Liu X X, Xu W Z, Wen X Y. The intrinsic logic, realistic challenges and optimization pathways of digital economy empowering rural industrial modernization[J]. *China Business and Market*, 2025, 39(1): 14-24 (in Chinese)
- [4] 赵将, 张蕙杰, 段志煌. 美国的农业政策与 WTO 合规: 2018—2020[J]. 农业经济问题, 2021(8): 113-124
Zhao J, Zhang H J, Duan Z H. U. S. farm policy and WTO compliance: 2018-2020[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2021(8): 113-124 (in Chinese)
- [5] 钟文晶, 罗必良, 谢琳. 数字农业发展的国际经验及其启示[J]. 改革, 2021(5): 64-75
Zhong W J, Luo B L, Xie L. International experience and enlightenment of digital agriculture development[J]. *Reform*, 2021(5): 64-75 (in Chinese)
- [6] 郑阳阳, 梅林峰, 刘瑞峰. 农业数字化转型的国际经验、本土实践和政策启示[J]. 世界农业, 2025(1): 18-30
Zheng Y Y, Mei L F, Liu R F. International experiences, local practices and policy implications of digital transformation in agriculture [J]. *World Agriculture*, 2025(1): 18-30 (in Chinese)
- [7] 中华人民共和国中央人民政府. 《数字乡村发展战略纲要》[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/zhengce/2019-05/16/content_5392269.htm
The Central People's Government of the People's Republic of China. Strategic outline for the development of digital rural areas[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/zhengce/2019-05/16/content_5392269.htm
- [8] 中央网络安全和信息化委员会办公室. 数字乡村发展行动计划(2022—2025年)[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.cac.gov.cn/2022-01/25/c_1644713315749608.htm
Office of the Central Cyberspace Affairs Commission. Digital rural development action plan (2022-2025) [EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.cac.gov.cn/2022-01/25/c_1644713315749608.htm
- [9] 中华人民共和国农业农村部. 国务院关于印发“十四五”推进农业农村现代化规划的通知[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.moa.gov.cn/ztzl/nynexdhxczx/202202/t20220217_6388921.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Notice of the State Council on issuing the “14th Five-Year Plan” for promoting agricultural and rural modernization[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.moa.gov.cn/ztzl/nynexdhxczx/202202/t20220217_6388921.htm (in Chinese)
- [10] 中华人民共和国中央人民政府. 《数字中国建设整体布局规划》[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/27/content_5743484.htm
The Central People's Government of the People's Republic of China. Overall layout plan for the construction of digital China[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/27/content_5743484.htm (in Chinese)
- [11] 中华人民共和国农业农村部. 农业农村部关于大力发展智慧农业的指导意见[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/SCYJXXS/202410/t20241025_6465040.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Guidelines of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs on vigorously developing smart agriculture[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/SCYJXXS/202410/t20241025_6465040.htm (in Chinese)
- [12] 黄季琨, 苏岚岚, 王悦. 数字技术促进农业农村发展: 机遇、挑战和推进思路[J]. 中国农村经济, 2024(1): 21-40
Huang J K, Su L L, Wang Y. Digital technologies facilitate agricultural and rural development: Opportunities, challenges, and future directions[J]. *Chinese Rural Economy*, 2024(1): 21-40 (in Chinese)
- [13] 熊雪, 聂凤英, 朱海波. 西部脱贫地区小农户如何有效对接农产品电商市场: 基于有限能力视角的重庆市秀山县案例分析[J]. 中国农村经济, 2023(4): 68-89
Xiong X, Nie F Y, Zhu H B. How to connect smallholders with the E-commerce market of agricultural products effectively in areas lifted out of poverty in western China: A case study of Xiushan County in Chongqing from the perspective of limited capability[J]. *Chinese Rural Economy*, 2023(4): 68-89 (in Chinese)
- [14] 苏锦旗, 潘婷, 董长宏. 中国农业数字化发展及区域差异评价[J]. 西北农林科技大学学报: 社会科学版, 2023, 23(4): 135-144
Su J Q, Pan T, Dong C H. Study on the development of agricultural digitalization and the evaluation of regional differences in China[J]. *Journal of Northwest A&F University: Social Science Edition*, 2023, 23(4): 135-144 (in Chinese)
- [15] 冯朝睿, 徐宏宇. 当前数字乡村建设的实践困境与突破路径[J]. 云南师范大学学报: 哲学社会科学版, 2021, 53(5): 93-102
Feng Z R, Xu H Y. Practical dilemmas in the current digital village construction and possible solutions [J]. *Journal of Yunnan Normal University: Humanities and Social Sciences Edition*, 2021, 53(5): 93-102 (in Chinese)
- [16] 黄卓, 王萍萍. 数字普惠金融在数字农业发展中的作用[J]. 农业经济问题, 2022(5): 27-36
Huang Z, Wang P P. The role of digital financial inclusion in the development of digital agriculture[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2022(5): 27-36 (in Chinese)
- [17] 吴威威, 商容轩. 数字农业新质生产力、创新要素配置与产业链韧性[J]. 经济问题探索, 2025(1): 23-36
Wu W W, Shang R X. New quality productive forces of digital agriculture,

- innovative factor allocation and industrial chain resilience[J]. *Inquiry into Economic Issues*, 2025(1): 23-36 (in Chinese)
- [18] 文丰安. 数字乡村建设促进农村经济高质量发展:障碍及实践路径[J]. 深圳大学学报:人文社会科学版, 2025, 42(1): 5-16
- Wen F A. Digital rural construction promotes the high-quality development of the rural economy: Obstacles and practical approaches[J]. *Journal of Shenzhen University: Humanities & Social Sciences*, 2025, 42(1): 5-16 (in Chinese)
- [19] 曾亿武, 李丽莉, 郭红东. 从传统农业到数字农业:演进逻辑与实现路径[J]. 经济学家, 2024(8): 119-128
- Zeng Y W, Li L L, Guo H D. From traditional agriculture to digital agriculture: Evolution logic and implementation paths[J]. *Economist*, 2024(8): 119-128 (in Chinese)
- [20] 柳志娣, 张骁. 乡村振兴背景下数字农业建设过程演进及机制:基于云南省双柏县的案例分析[J]. 中国人民大学学报, 2024, 38(4): 76-90
- Liu Z D, Zhang X. Evolution and mechanism of digital agricultural construction on the background of rural revitalization: A case study of Shuangbai County, Yunnan Province[J]. *Journal of Renmin University of China*, 2024, 38(4): 76-90 (in Chinese)
- [21] 李丽莉, 邱亚娟, 曾亿武. 数字乡村建设:国内研究动态与展望[J]. 农业经济问题, 2025(1): 44-57
- Li L L, Qiu Y J, Zeng Y W. Digital countryside construction: Domestic research trends and prospects[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2025(1): 44-57 (in Chinese)
- [22] 贾晋, 彭浩瀚, 高远卓. 保障农业强国建设要素投入:基本逻辑、现实挑战与实践路径[J]. 经济学家, 2024(12): 104-113
- Jia J, Peng H H, Gao Y Z. Guaranteeing factor inputs for building an agriculture powerhouse: Basic logic, practical challenges and practical paths[J]. *Economist*, 2024(12): 104-113 (in Chinese)
- [23] 史常亮. 数字经济赋能农业全要素生产率增长:效应与机制[J]. 华南农业大学学报:社会科学版, 2024, 23(3): 94-109
- Shi C L. Digital economy empowers agricultural total factor productivity growth: Effects and mechanisms[J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2024, 23(3): 94-109 (in Chinese)
- [24] 杨秀勇, 徐成铭. 数字乡村建设研究的知识图谱:现状、热点与趋势:基于CiteSpace文献计量分析[J]. 西南民族大学学报:人文社会科学版, 2024, 45(4): 209-218
- Yang X Y, Xu C M. Knowledge map of digital village construction research: Current status, hotspots and trends: Based on CiteSpace bibliometric analysis[J]. *Journal of Southwest Minzu University: Humanities and Social Sciences Edition*, 2024, 45(4): 209-218 (in Chinese)
- [25] 姜军委, 陈思思, 丁恩俊. 国内乡村治理研究的热点主题及变迁趋势:基于VOSViewer和CiteSpace的知识图谱分析[J]. 西南大学学报:社会科学版, 2023, 49(4): 85-95
- Jiang J W, Chen S S, Ding E J. The hot topics and changing trends of rural governance research in China: Knowledge graph analysis based on VOSViewer and citespace[J]. *Journal of Southwest University: Social Sciences Edition*, 2023, 49(4): 85-95 (in Chinese)
- [26] 吕金威, 郭鑫榆, 刘向华. 基于文献计量分析的中国农村耕地制度研究脉络及趋势[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(6): 300-314
- Lyu J W, Guo X Y, Liu X H. Research context and trend of China's farmland institution based on bibliometric analysis[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(6): 300-314 (in Chinese)
- [27] 巩海秀, 付伟. 乡村振兴背景下数字化赋能的研究与展望:基于CiteSpace的文献计量分析[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2023, 17(3): 10-18
- Gong H X, Fu W. Research and prospect of digital empowerment in the context of rural revitalization: CiteSpace-based bibliometric analysis[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University: Social Science*, 2023, 17(3): 10-18 (in Chinese)
- [28] 周杨, 谢会强. 数字农业研究的热点、趋势及展望[J]. 生产力研究, 2022(6): 55-58, 92
- Zhou Y, Xie H Q. Hotspots, trends and prospects of digital agriculture research[J]. *Productivity Research*, 2022(6): 55-58, 92 (in Chinese)
- [29] 中华人民共和国农业农村部. 全国农业农村信息化发展“十二五”规划[EB/OL]. [2025-03-19]. <https://www.moa.gov.cn/ztlz/sewgh/>
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. "12th Five-Year Plan" for the development of agricultural and rural informationization in China[EB/OL]. [2025-03-19]. <https://www.moa.gov.cn/ztlz/sewgh/> (in Chinese)
- [30] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2015-07/04/content_10002.htm
- The Central People's Government of the People's Republic of China. Guidelines of the State Council on actively promoting the "Internet +" initiative[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2015-07/04/content_10002.htm (in Chinese)
- [31] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央 国务院关于深入推进农业供给侧结构性改革加快培育农业农村发展新动能的若干意见[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.moa.gov.cn/ztlz/yhwj2017/zywj/201702/t20170206_5468567.htm
- The Central People's Government of the People's Republic of China. Several opinions of the Central Committee of the Communist Party of China and the State Council on deepening the supply-side structural reform in agriculture and accelerating the cultivation of new driving forces for agricultural and rural development[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.moa.gov.cn/ztlz/yhwj2017/zywj/201702/t20170206_5468567.htm (in Chinese)
- [32] 中华人民共和国农业农村部. 农业农村部、中央网络安全和信息化委员会办公室关于印发《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》的通知[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/tz/202001/t20200120_6336316.htm
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Notice from the Ministry of Agriculture and Rural Affairs and the Office of the Central Cyberspace Affairs and Informatization Commission on issuing the digital rural development plan (2019-2025)[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/tz/202001/t20200120_6336316.htm (in Chinese)
- [33] 中华人民共和国农业农村部. 农业农村部关于印发《“十四五”全国农业农村信息化发展规划》的通知[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/SCYJJXXS/202203/t20220309_6391175.htm
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Notice of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs on issuing the national agricultural and rural informationization development plan for the "14th Five-Year Plan" period[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/SCYJJXXS/202203/t20220309_6391175.htm (in Chinese)
- [34] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发《农业科技发展纲要(2001—2010年)》的通知[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2001/content_60844.htm
- The Central People's Government of the People's Republic of China. Notice of the State Council on issuing the outline for the development of agricultural science and technology (2001—2010)[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2001/content_60844.htm (in Chinese)
- [35] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央办公厅、国务院办公厅关于印发

- 《2006—2020年国家信息化发展战略》的通知[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_315999.htm
- The Central People's Government of the People's Republic of China. Notice from the General Office of the Central Committee of the Communist Party of China and the General Office of the State Council on issuing the national information development strategy (2006—2020)[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_315999.htm (in Chinese)
- [36] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发“十三五”国家信息化规划的通知[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/27/content_5153411.htm?trs=1
- The Central People's Government of the People's Republic of China. Notice of the State Council on issuing the “13th Five-Year Plan” for national informationization[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/27/content_5153411.htm?trs=1 (in Chinese)
- [37] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知[EB/OL]. [2025-03-19]. <https://app.www.gov.cn/govdata/gov/201707/20/408540/article.html>
- The Central People's Government of the People's Republic of China. Notice of the State Council on issuing the new generation artificial intelligence development plan[EB/OL]. [2025-03-19]. <https://app.www.gov.cn/govdata/gov/201707/20/408540/article.html> (in Chinese)
- [38] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发“十四五”数字经济发展规划的通知[EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5671108.htm
- The Central People's Government of the People's Republic of China. Notice of the State Council on issuing the “14th Five-Year Plan” for digital economy development [EB/OL]. [2025-03-19]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5671108.htm (in Chinese)

责任编辑：申青苗



第一作者简介：郭鑫榆，中央财经大学国际经济与贸易学院博士研究生。参与国家自然科学基金重大项目、国家自然科学基金一般项目、国家自然科学基金项目以及省部级项目10余项。在CSSCI、SSCI、SCI等期刊发表多篇学术论文。



通讯作者简介：刘向华，经济学博士，河南农业大学经济与管理学院教授，博士生导师。主要从事农业经济理论与政策、计量经济和生态经济研究，担任国内多个知名农业经济类和生态经济类期刊审稿人。近年来，主持或者参加国家自然科学基金、国家自然科学基金和教育部分国家级、省部级、厅级课题20余项；在CSSCI等期刊发表论文30余篇；独著和参编著作8部。