

基于科学知识图谱的智慧农业研究演进趋势分析*

■ 雷泉龙** 宫小飞

山东中医药高等专科学校 烟台 264199

摘要:智慧农业是农业农村从数字化阶段向智能化阶段发展的更高级形式,是农业农村现代化发展的大势所趋,对促进农业、农村数字经济转型,有效推动乡村全面振兴战略具有重大现实意义。本研究借助科学知识图谱软件 Cite-Space 5.7.R5 对 2000~2021 年期间我国智慧农业研究领域的相关文献进行了可视化定量分析,分析其发展趋势和研究热点,以知识图谱的形式清晰直观展现给读者。分析表明,自 2015 年我国智慧农业发展迅猛,以乡村振兴战略为主旨,聚焦数字化驱动数字乡村建设,持续推动农业、农村现代化发展。本研究在新兴农业科技应用、新型农业科技人才培养、智慧农业基础设施建设、数字化要素驱动智慧农业发展等方面提出了建议,以期为智慧农业领域的进一步研究提供有益参考。

关键词:智慧农业 文献产出 研究热点 图谱可视化 科学知识图谱

DOI:10.11842/chips.20210622002

0 引言

新时代“三农”问题以实施乡村振兴战略作为总抓手,以实现农业农村现代化为总目标。党的十九大报告中指出:到 2035 年乡村振兴取得决定性进展,农业农村现代化基本实现。2020 年 1 月农村农业部发布的《数字农业农村发展规划(2019-2025 年)》提出:以产业数字化、数字产业化为发展主线,以数字技术与农业农村经济深度融合为主攻方向,用数字化引领驱动农业农村现代化,为实现乡村全面振兴提供有力支撑。数字农业是数字经济体系的重要组成部分,是现代信息技术与农业的融合应用。农业领域中的农作物耕种、田间管理、农业商品流通、经营销售等农业息息相关的生产方式与大数据、物联网、云计算等数字技术联合应用,改变传统农业生产模式为数字化农业生产模式,形成全新的数字农业经济体系。在农业生产、经营、服务体系中借助数字技术强有力的助推作用,推动农业农村现代化朝着数字化、智能化方向发展。随着农业大数据的积累应用,力争实现对耕地的播种、作物的施肥、农田的产量、生态环境的全面监测、土地资源的合理利用等的精准管理和智能决策。此外,地理信息系统、空间定位技术、遥感技术等应用广泛,实现农业机械设施的定位作业、农作物生长情况和病虫害防治以及农业生产设备等的智能化操作。

智慧农业是农业现代化发展的高级阶段,实现了农业生产方式的精细化、智能化和科学化。我国的智慧农

* 2020 年山东省哲学社会科学规划数字山东专项一般项目(编号:20CSDJ61):“大数据+网格化”赋能公共卫生事件治理精准化研究,负责人:雷泉龙。

** 雷泉龙(通讯作者),讲师,研究方向:数据挖掘。

业起步较晚,大约落后国外20多年。国外起步较早,在政策支持、科研、创新应用等方面已经大规模快速发展。美国2010年以前就已经有了4家农业科技公司,到2013年共有12家,我国在2015年才开始出现。日本在2004年农业物联网就列入了政府计划,日本智慧农业还以农业物联网为信息主体,普及农用机器人。在20世纪40年代的美国就基本实现了农业机械化,并第一个实现了农业专家系统。德国、法国、荷兰、以色列等国家在农业技术方面也投入了大量的资金,智慧农业普及率也非常高。如何应对气候变化和粮食安全是国际学者关注的重点话题,联合国粮食和农业组织将气候智慧农业作为这些问题的解决方案^[1]。有学者认为气候智慧农业是重新定位农业系统在气候变化条件下应对粮食安全的有效方法^[2]。有学者认为智慧农业不仅可以给食品加工销售等领域带来潜在的收益,还能为现代化农业的可持续发展带来持久动力^[3]。有学者认为,当前国际社会广泛开展对气候型智慧农业的探索,研究表明对提高农业生产效率、减少碳排放、应对全球气候变化等具有助推作用^[4]。智慧农业通常将新兴科技融入传统农业,有学者创新探索出一种模拟优化方法,通过建立动态耦合的地表水和地下水的模型,模拟了“满足环境需求”和“农业用水需求”之间的权衡策略^[5]。“深度学习”技术已成功应用于各个领域,近年来也在农业领域得到广泛应用^[6]。

根据中投产业研究院发布的《2020-2024年中国智慧农业深度调研及投资前景预测报告》,指出中国智慧农业的潜在市场规模有望由2015年的137亿美元增长至2020年的268亿美元,年复合增长率达14.3%。然而,我国智慧农业的发展处于初级阶段,存在许多客观现实的问题,诸如农业农村基础设施薄弱,科研投入匮乏、人才培养、数据整合共享安全等。作为一种新型的产业体系,日渐成为了学术界关注的焦点,各界学者也进行了不懈的探索,随之出版了众多优质的研究成果。鉴于我国目前对“智慧农业”的大力推进,国内外学者对这方面的研究不断深入,本研究采用文献计量学定量分析方法理论,进而借助科学知识图谱可视化软件(Cite-Space 5.7.R5)探讨我国智慧农业研究的热点问题及发展趋势,绘制可视化知识图谱,分析并揭示我国智慧农业的研究现状及发展前沿,期望为进一步推动我国智慧农业的发展提供参考。

1 数据收集和研究方法

本研究数据来源为中国知网(CNKI)期刊全文数据库的“学术期刊”库。使用CNKI的“高级检索”功能,依

次选择并添加检索项主题是“智慧农业”和“数字农业”。检索词的匹配方式采用精确匹配。在检索控制区域的时间范围选择2000~2021年,检索的期刊来源类别选择全部期刊。剔除无作者、简讯、访谈、书评等类别的不相关文章,共收集待分析样本文献326篇。

本研究采用科学知识图谱软件Cite-Space 5.7.R5为主要分析工具绘制科学知识图谱,运行参数主要包括:时间片选择从2000年到2021年,每1年为1个切割片段。节点选择分别为作者、机构和关键词。连接线强度是软件默认值。选择加入分析范围的文献阈值(Threshold)标准为(2,2,15)。视图中节点和连接线的裁剪方式为最短路径算法(Pathfinder)和修剪合并后的网络(Pruning the Merged Network);图谱显示方式为静态聚类视图(Cluster View-Static)和显示分析的整体网络(Show Merged Network)。主要基于共被引分析理论和寻径网络算法对特定领域的文献集合进行计量,探寻学科领域演化的关键路径和知识转折点,通过可视化图谱的形式来呈现学科知识研究领域的整体发展状况、规律、发展前沿探测等^[7]。Cite-Space 5.7.R5提供了3个层次的知识合作网络图谱,分别是作者、机构和地区合作网络图谱。运行Cite-Space 5.7.R5后得到的图谱中,圆环状的“引文年轮”节点表示作者、机构发文数量或关键词的频次,其大小代表作者、机构的发文数量,节点连线代表合作关系,节点间连线条数、粗细表示合作密切程度以及合作发表文献的频次等。

2 智慧农业文献计量分析

2.1 智慧农业文献时间分布

根据收集到的文献数据,绘制智慧农业领域相关研究的年度文献产出趋势图(图1)。一般情况下,认为一个研究领域的文献产出情况可以直观的反映出该领域的受关注程度和发展情况。图中显示,2000~2016年期间,该研究领域的文献年均产出量为9篇,处于平缓发展阶段。我国高度重视智慧农业的发展,陆续出台了相关政策文件和指导方针,引领智慧农业的发展方向。最早在2012年提出“精准农业”,2013年我国在5个省市开展一系列的农业物联网区域试验。2016年开始在大数据、互联网+、云计算、遥感、物联网等新兴技术领域开展智慧农业创新研究。2017年至今,该领域的文献产出量增长快速,在国家战略方针的导向作用下,创新成果明显增多。在“十三五”期间,国家更加重视智慧农业的相关科技研发,2018年国家在《关于实施乡村振兴战略的意

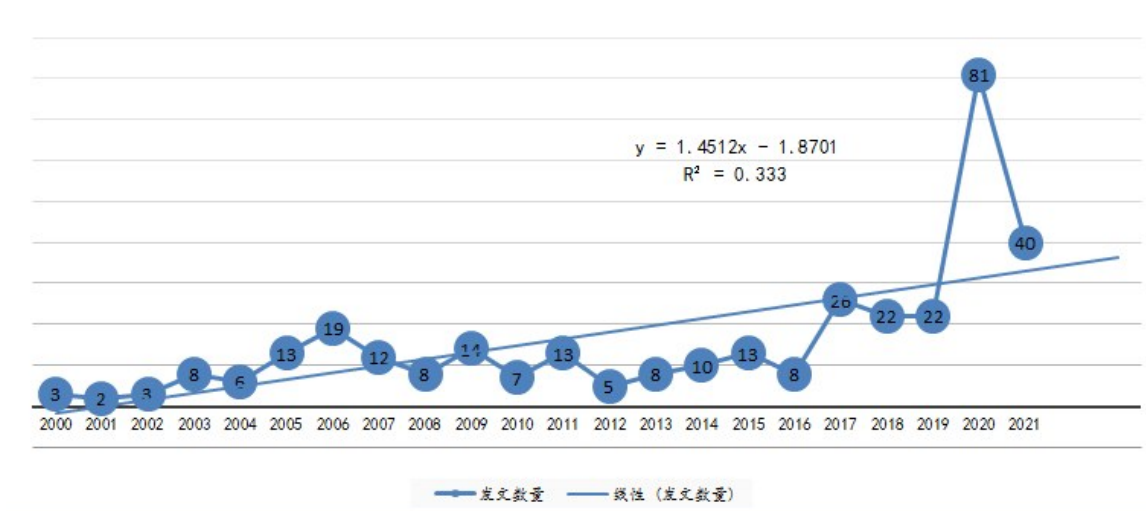


图1 文献产出年度趋势图

见》和《乡村振兴战略规划(2018-2000年)》中指出要推动物联网和遥感技术应用于智慧农业。2020年国家农业农村部等多部委《关于开展国家数字乡村试点工作的通知》部署开展国家数字乡村试点工作,党的十九届五中全会明确指出要建设智慧农业,加快农业农村现代化。

2.2 研究作者、机构的空间分布

(1)运行 Cite-Space5.7.R5 得到作者合作共现图谱(图2),发文量3篇及以上的作者分别是郭康权7篇、吕新4篇、梁斌4篇、刘岩4篇、张超3篇、刘永霞3篇、王林3篇、王东海3篇、张泽3篇。第一作者发文量最多的是中国科学技术部的高万龙(4篇)、新疆建设兵团农业农村局的梁斌(4篇)、农业农村部耕地利用遥感重点实验室的刘海启(4篇)。图谱密度是0.0874,作者之间存在明显的合作关系。郭康权和陈疆团队,管大海和张俊团队,吴小伟和周宏平团队,梁斌、吕新和王东海团队,张建涛、李国强和张建涛团队等。

(2)运行 Cite-Space5.7.R5 得到研究机构合作共现图谱如表1所示。发文量最多的是西北农林科技大学(9篇),其次是中国农业科学院农业经济与发展研究所(6篇),中国科学技术部(4篇),国家农业信息化工程技术研究中心(3篇),农业农村部规划设计院(3篇),安徽农业大学(2篇),东北农业大学(2篇)等。图谱的网络密度为0,连线条数为0,我国从事该领域研究的机构比较多,不同机构之间缺乏科研合作和学术成果交流。

(3)载文期刊产出分布,经筛选得到的326篇文献来源于125种核心期刊。《农机化研究》载文41篇,位居首位。其次是《农业经济》载文22篇,《江苏农业科学》载文

14篇,《农业工程学报》10篇,《中国农业资源与区划》9篇,《农业现代化研究》7篇,《人民论坛》6篇等。排名前10的期刊中,2种中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊,1种中文社会科学引文索引(CSSCI)来源期刊。智慧农业的相关研究成果多数刊登在以农业农村为主要研究对象的刊物上,更加有利于成果的知识传播和提升学术影响力。借助普赖斯公式($M = 0.749 \times N_{max}^{0.5}$),M为载文量阈值, N_{max} 为最高载文数,计算阈值为5篇。因此,载文量在5篇以上的期刊被认为是收录了较多学术成果,绘制载文2篇以上期刊分布如下图3所示,剩余的载文量1篇期刊共有79家。

2.3 受关注高频词和中心度

关键词是对文献主要内容的高度概括,在一定程度上代表着一篇文章的研究中心内容。关键词词频是指文章中关键词出现的次数。通过分析关键词的共现网络、高频词及中心度可以在一定范围内了解该领域的相关研究方向的热度。运行 Cite-Space5.7.R5 软件,共得到频次大于等于2的关键词144个,依据普赖斯公式($M = 0.749 \times N_{max}^{0.5}$),M为高频词阈值, N_{max} 是所有关键词中最高频次,计算高频关键词阈值为6.9,如表2所示。数字农业(89)和智慧农业(87)出现频次最高,其次是物联网(19)、大数据(13)、农业(12)、农业信息化(11)、乡村振兴(10)等。关键词的中心度(Centrality)可以了解其在某一研究领域的重要性,一般情况下 Centrality 大于等于0.1。由图谱得出,数字农业(1.08)、农业信息化(0.75)、互联网+(0.64)、战略对策(1.48)、物联网(0.4)、智慧农业(0.38)、农业工程(0.32)、数字乡村(0.31)、全产业链(0.19)等的中心度较高,表明此类主题是智慧农业领域

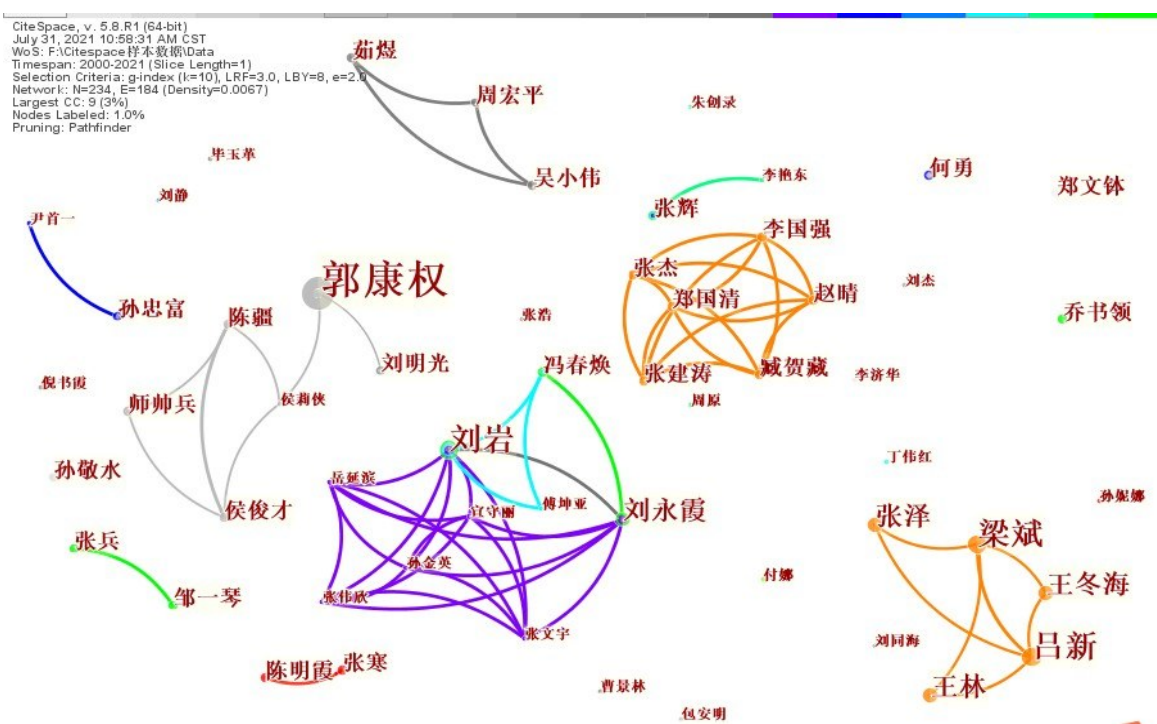


图2 作者合作图谱

资料来源:Cite-space5.7.R5输出截图

的受关注程度较高。

2.4 关键词共现图谱聚类分析

运行 Cite-Space5.7.R5 软件得到的关键词共现图谱,采用对数似然率算法(LLR)的方法进行聚类。得到聚类图谱如图 4 所示,聚类信息如表 3 所示。聚类模块值(Modularity)Q=0.8755,平均轮廓值(Mean Silhouette)S=0.9754。一般情况下,Q 值大于 0.5 就认为划分出来的模块是合理的,平均轮廓值是聚类中关键词同质性的指标,通常认为 S 值大于 0.7 是良好的,S 值越高聚类关键词的相似度越高。依据运行结果,智慧农业研究领域被划分成 13 个聚类,其中最大聚类是“#0”,聚类轮廓值是 1.0。任意两个聚类模块之间通过转接节点相互连接,对这些节点关键词涉及到的文献进行检索分析。

(1)关键词“农业工程”:文献年代集中于 2006~2007 年,数字农业正处于起步探索阶段,取得了一些研究成果,在 21 世纪的农业科技革命中成为了我国农业信息化发展的必经之路。

(2)关键词“乡村振兴”:为适应数字化经济时代环境,我国在《乡村振兴战略规划(2018-2022 年)》中提出实施数字乡村战略,是以数字技术和产业引领的农业农村现代化综合体,数字乡村战略将为乡村振兴注入新动能^[8]。当前我国智慧农业的发展还存在农业科技投入和信息化水平不高、数据采集整合程度不高、农业商业化

表 1 研究机构发文数量(部分)

编号	发文数量	研究机构
1	9	西北农林科技大学机械与电子工程学院
2	6	中国农业科学院农业经济与发展研究所
3	4	中国科学技术部
4	3	国家农业信息化工程技术研究中心
5	3	农业农村部规划设计研究院
6	2	安徽农业大学信息与计算机学院
7	2	东北农业大学工程学院
8	2	桂林理工大学机械与控制工程学院
9	2	杭州商学院经济学院
10	2	河南大学黄河文明与可持续发展研究中心
11	2	河南省农业科学院农业经济与信息研究所
12	2	华南农业大学电子工程学院
13	2	华南农业大学工程学院
14	2	华中农业大学经济管理学院
15	2	农业农村部耕地利用遥感重点实验室
16	2	吉林大学生物与农业工程学院
17	2	江苏省农业科学院农业经济与信息研究所
18	2	江苏省农业科学院数字农业工程技术研究中心
19	2	南京农业大学
20	2	农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室

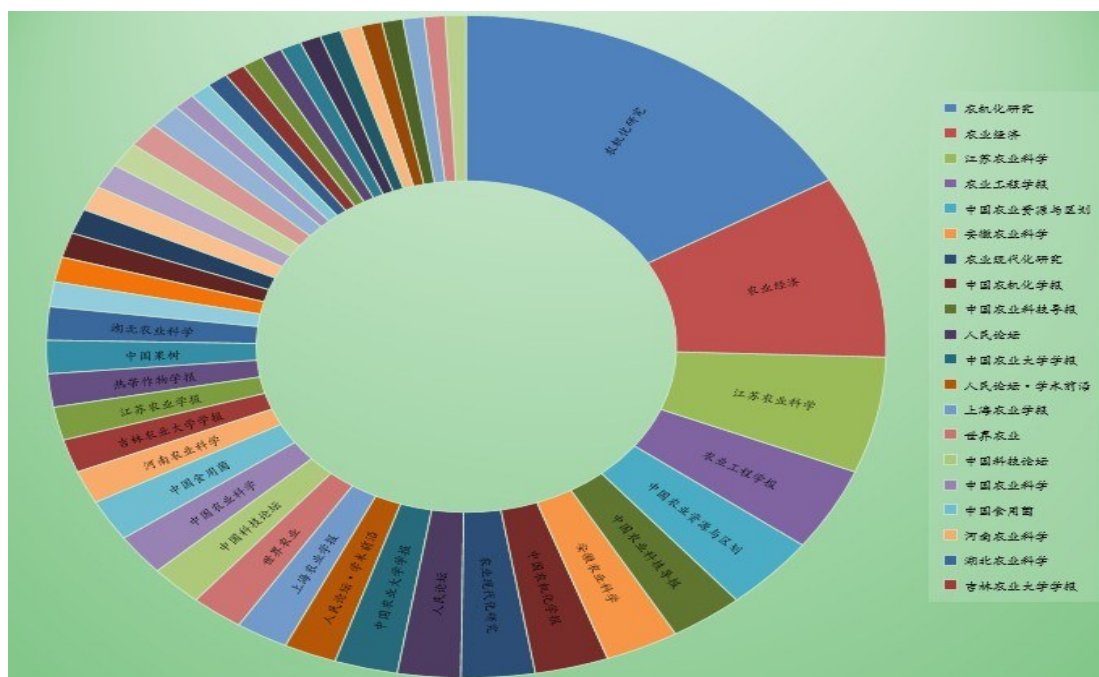


图3 载文2篇以上期刊分布旭日图

表2 智慧农业关键词频次和中心度(部分)

编号	关键词	频次	中心度
1	数字农业	89	1.08
2	智慧农业	87	0.38
3	物联网	19	0.4
4	大数据	13	0.06
5	农业	12	0.0
6	农业信息化	11	0.75
7	乡村振兴	10	0.12
8	现代农业	10	0.12
9	农业工程	9	0.32
10	精准农业	9	0.0
11	遥感、地理和定位技术(3S技术)	9	0.06
12	遥感	8	0.0
13	数字乡村	7	0.31
14	互联网+	5	0.64
15	全产业链	4	0.19
16	战略对策	4	0.48
17	近距离无线组网通信技术(Zigbee)	3	0.0
18	农业大数据	3	0.0
19	乡村振兴战略	3	0.0
20	农业模式	2	0.0

模式单一等问题^[9]。

(3)关键词“全产业链”:随着“互联网+”与农业产业

的融合发展,“互联网+农业”在促进农业产业现代化发展过程中起着重要推动作用。基于智慧农业的发展动力,利用、大数据、区块链等新一代信息技术挖掘农业产业链信息和整合资源,推动农业全产业链的改造升级,探索全新的发展模式^[10]。

(4)关键词“农业信息化”:一直以来,“遥感技术(RS)、地理信息系统(GIS)和定位系统(GPS)”的3S技术是数字农业研究发展的技术基础,深度影响着农业信息化系统的应用。“3S”集成技术的更是为了解决空间信息系统在精细农业工程全自动化的大规模实际应用,推进数字化农业建设。大数据在农业领域被广泛应用,不仅打破了传统农业信息化服务模式,更加助推了农业资源的整合利用,引导农业现代化可持续发展^[11]。2020年,中国人民大学农业与农村发展学院的研究认为农业发展已进入知识服务农业阶段,现实问题是应当加快中国农业的全面转型,“互联网+”重塑农业的本质是让农业不断向着服务化的发展模式转变^[12]。

(5)关键词“物联网”:物联网的概念是在1999年提出的,2009年以后成为我国5大新兴战略性新兴产业之一,依据物联网的感知、网络和应用3大体系结构为基础来构建农业生产智能化系统^[13]。2020年,河北省物联网监控工程技术研究中心研发了一种可用于农业设备信息化的智慧农业物联网终端节点,这是一种向中小规模农业生产经营者提供深度定制的农业物联网技术^[14]。

(6)关键词“数字乡村”:数字乡村建设涵盖数字环

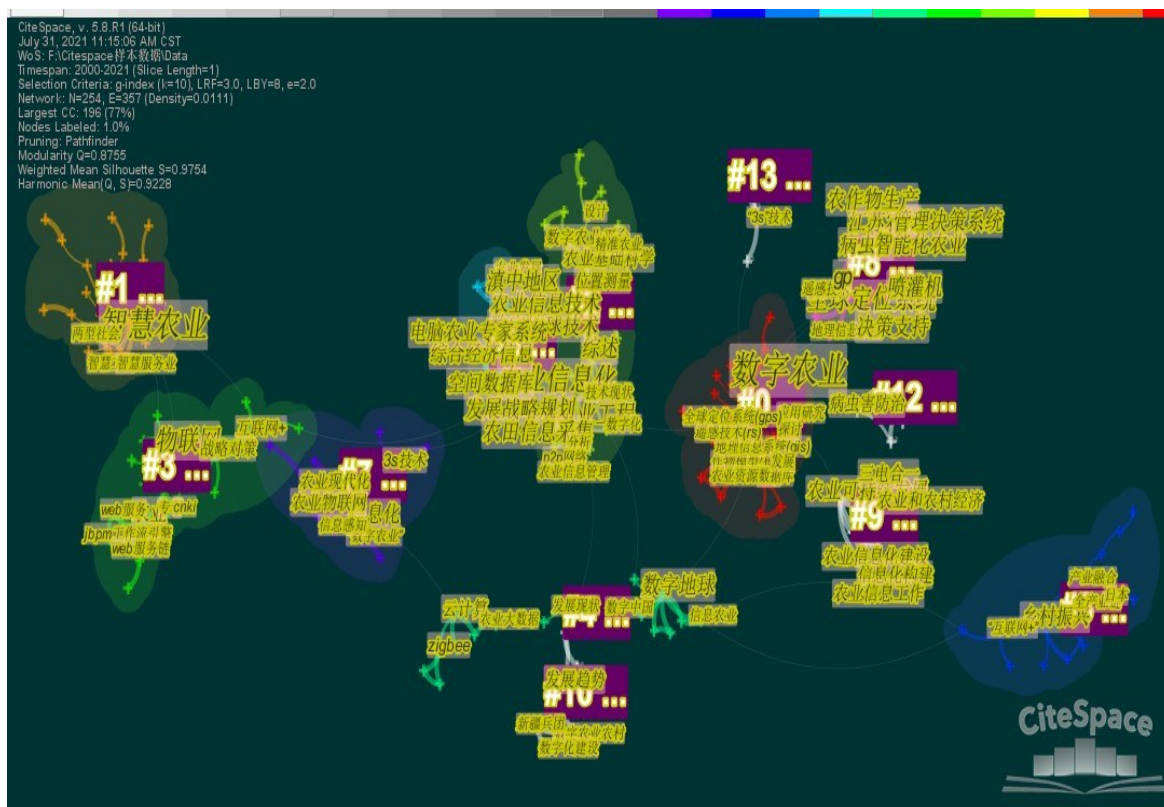


图4 关键词聚类图谱

资料来源: Cite-Space5.7.R5 输出截图

境、数字经济、数字生活和数字治理等方面,构建乡村数字经济指标体系^[15],推进农业农村现代化发展。实施乡村振兴战略还要考虑互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合的数字环境,推动数字乡村建设为乡村振兴注入新动能,促进现代数字技术与乡村生产生活的全面深度融合^[16]。

(7)关键词“互联网+”:2015年我国提出“互联网+”发展战略,以“互联网+农业”为平台探究传统农业向智慧农业的转变提供了新的发展机遇^[17]。在现代农业发展过程中,新一代信息技术促进“互联网+农业产业”的融合发展,要完善创新发展制度体系,加快建设基础设施体系,构建物流产业体系等^[18]。

(8)关键词“战略对策”:当前智慧农业的发展还存在基础设施成本投入、信息资源整合共享不足和缺乏应用人才等问题,需要积极探索促进智慧农业长远发展的对策^[19]。

3 总结和建议

本研究借助科学知识图谱软件对智慧农业研究领域的文献进行量化分析。

首先,在文献产出数量方面。2000~2021年期间我国智慧农业领域的文献产出在整体上呈现了增长趋势。从2017年开始,文献产出数量增长迅速,说明在国家发展战略的引导下,越来越多的学者、专家注重农业农村领域现代化发展的研究。

其次,在作者和研究机构图谱中,作者的发文年份多数集中于最近几年。2020年发文数量居多,形成了比较稳定的作者团队。研究机构是农业学科领域的高等院校为主,以及其他相关的科研院所、中国科学技术部和农业科技国家重点实验室等。

再次,根据 Cite-Space5.7.R5 的关键词聚类图谱的时间线分布,大致可将智慧农业研究领域划分为3个发展阶段,每个时期的热点研究主题不尽相同。第一阶段是2000~2002年,主要研究主题是21世纪新型数字农业模式的内涵、特点和未来发展思路等。第二阶段是2003~2013年,围绕数字农业开展的多角度研究,涉及主题包括3S技术应用、精准农业、农业基础科学、数字农业平台构建、可持续发展、病虫害防治以及各省市地区数字农业发展现状综述等。第三阶段是2014~2021年,以智慧农业为中心,研究主题有大数据技术应用于农业现代



表3 关键词聚类信息

编号	大小	轮廓值	平均年代	关键词(举例)
#0	35	1	2007	信息标准化;农业模型;嵌入式系统;联合收割机;光谱反射特性;地理信息系统;遥感;数字农业,农业资源数据库
#1	28	1	2017	电子商务;农业发展;互联网+;现代农业;农业信息化,智慧农业;智慧服务业;云平台;压缩传感;大数据
#2	23	1	2005	农业物联网;大数据;精准农业;农业机械;农业经济学;农业信息化;技术现状;发展方向;
#3	20	0.895	2014	物联网;农业基础科学;农业工程;数字农业平台;运营模式;电子商务;传感器;互联网技术、无线传感网;
#4	16	0.928	2009	高质量发展;产业融合;全产业链;数字经济;发展路径;新业态;农业经营主体;农业大数据;信息资源数字化;科学工程
#5	15	0.998	2004	农业改革;发展战略;农业信息技术;农业发展;农田信息采集
#6	14	1	2017	数字经济;产业融合;乡村振兴;互联网+;新业态;发展路径
#7	13	0.908	2010	农业现代化;农业产业链;农业转型;农业物联网;农业科学
#8	11	0.982	2000	决策支持;农作物生产;智能化;全球定位系统;地理信息系统
#9	6	0.998	2006	农业和农村经济;农业信息化建设;农业可持续发展
#10	6	0.989	2014	数字化建设;数字农业农村;发展现状;农牧业信息化
#11	5	0.994	2010	农业监测;信息共享;农情遥感监测;农业遥感;信息挖掘
#12	4	0.989	2005	病虫害防治;喷洒技术;无人机;专家系统

化,融合物联网、近距离无线组网通信技术(Zigbee)和无线传感网络技术智慧农业管理系统建设,乡村振兴战略、数字乡村战略、农村数字经济发展、中国特色数字农业经济转型的高质量可持续发展等。

文章结合当前我国智慧农业发展现状和现实问题,从如下4个方面提出促进智慧农业发展的建议,以供参考。

(1)从新兴农业科技的广泛应用方面来看,农业大数据、物联网、遥感技术等现代信息技术的深度应用。农业大数据中涉及到的非结构化数据迅猛增长,其中的人为因素和不可抗力因素影响较多,应当着力提升数据综合分析应用和去除冗余垃圾数据的能力,拓宽农业数据的应用范围。物联网技术在智慧农业发展中是必不可少的,作为一种新兴技术,往往会因为人们的盲目崇拜而极易造成投入成本高和落地应用效果差等现象,后期应当进行标准化管理,并且应用后的成效要体现在农业经济发展上。在近几年的发展中,遥感技术并没有在农业生产过程中全面使用,一方面应当简化操作流程、易于老百姓使用;一方面应当提升无线传感网络容量、无线传输距离和处理效率,着力构建相关的农业决策系统。

(2)从新型农业科技人才培养方面来看,重点是技术性人才的培养和培育新型农民。在政府层面应加大

对人才培养的政策、资金等方面的支持力度。有条件的高等院校和科研院所开设相关专业课程,依据市场需求专门培养高新技术人才,倡导校企合作联合培养人才机制,积极构建智慧农业人才培养体系,提供一整套人才培养解决方案。校地联合推进培训智慧农业新型农民,让农民学到新技术、新知识和新方法,真正做到学以致用。不断引进优秀海外人才,持续增强智慧农业技术研发能力。

(3)从现代化智慧农业基础设施建设方面来看。不断构建和完善智慧农业科研产出体系,借助物联网技术和无线遥感技术,加强农业机械设备的更新换代,着力提升农业农村的智能化水平。政府部门应当支持相关企业加大生产规模,鼓励农民使用智能化设备,加强农村信息化基础设施建设。构建智慧农业信息化服务综合平台,统筹农业生产全过程中的农业资源,发挥大数据深度共享融合应用能力,确保农业信息数据安全和农业服务品质。加快农业科研成果转换,加强政府对农业科研机构的支持力度,整合科研院所和企业的优质科研资源,突破农业现代化的高新技术瓶颈,在农业农村领域推广应用优质科研成果。

(4)从数字化要素驱动现代化农业发展趋势方面来看。推动智慧农业行业发展和企业竞争力,农产品销售渠道加速数字化转型,创新商业运作模式。加强农业数

据服务企业的政府支持力度,为智慧农业提供强有力的数据支撑。鼓励创立智慧农业科技公司,为农业提供整体解决方案并推动农业产业的变革升级。全国各地区

都在探索农业生产数字化的应用模式,应当加强经验交流,学习借鉴好的做法,优势互补,让数字技术真正成为农业农村新的生产力。

参考文献:

- [1] ALEXANDER S. What Climate-Smart Agriculture Means to Members of the Global Alliance for Climate-Smart Agriculture [R]. Universität Kassel, 2019.
- [2] L I PPER L , T H O R N T O N P , C A M P B E L L B M. Climate-Smart Agriculture for Food Security[J]. Nature Climate Change, 2015, 5: 386-386.
- [3] EDWIN C, ANIBAL F, YESSICA S. Smart Farming: A Potential Solution towards a Modern and Sustainable Agriculture in Panama[J]. AIMS Agriculture and Food, 2019, 4(2): 266-284.
- [4] ARENAS-CALLE L N, WHITFIELD S, CHALLINOR A J. A Climate Smartness Index (CSI) Based on Greenhouse Gas Intensity and Water Productivity: Application to Irrigated Rice[J]. Frontiers in Sustainable Food Systems, 2019, 3.
- [5] DEGHANIPOUR A H, SCHOUPS G, ZAHABIYOUN B. Meeting Agricultural and Environmental Water Demand in Endorheic Irrigated River Basins: A Simulation-Optimization Approach Applied to the Urmia Lake Basin in Iran[J]. Agricultural Water Management, 2020, 241: 106353.
- [6] KAMILARIS A, PRENAFETA-BOLDU F X. Deep Learning in Agriculture: A Survey[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2018, 147: 70-90.
- [7] 陈悦, 陈超美. 引文空间分析原理与应用: Cite-Space 实用指南[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [8] 彭超. 数字乡村战略推进的逻辑[J]. 人民论坛, 2019(33): 72-73.
- [9] 宋洪远. 智慧. 农业发展的状况、面临的问题及对策建议[J]. 人民论坛·学术前沿, 2020(24): 62-69.
- [10] 魏晓蓓, 王森. “互联网+”背景下全产业链模式助推农业产业升级[J]. 山东社会科学, 2018(10): 167-172.
- [11] 王佳方. 智慧农业时代大数据的发展态势研究[J]. 技术经济与管理研究, 2020(2): 124-128.
- [12] 张在一, 毛学峰. “互联网+”重塑中国农业: 表征、机制与本质[J]. 改革, 2020(7): 134-144.
- [13] 施连敏, 陈志峰, 盖之华. 物联网在智慧农业中的应用[J]. 农机化研究, 2013, 35(6): 250-252.
- [14] 万雪芬, 郑涛, 崔剑, 等. 中小型规模智慧农业物联网终端节点设计[J]. 农业工程学报, 2020, 36(13): 306-314.
- [15] 崔凯, 冯献. 数字乡村建设视角下乡村数字经济指标体系设计研究[J]. 农业现代化研究, 2020, 41(6): 899-909.
- [16] 彭超. 数字乡村战略推进的逻辑[J]. 人民论坛, 2019(33): 72-73.
- [17] 甘甜. “互联网+”背景下传统农业向智慧农业转型路径研究[J]. 农业经济, 2017(6): 6-8.
- [18] 曾晓华. 互联网+时代现代农业创新发展机制研究[J]. 农业经济, 2020(5): 22-23.
- [19] 郑大睿. 我国智慧农业发展: 现状、问题与对策[J]. 农业经济, 2020(1): 12-14.

Analysis on the Evolution Trend of Smart Agriculture Research Based on Scientific Knowledge Atlas

LEI Quanlong, GONG Xiaofei

Shandong College of Traditional Chinese Medicine, Yantai 264199

Abstract: Smart agriculture is a more advanced form of agricultural and rural development from the digital stage to



the intelligent stage, and it is of great significance to promoting the transformation of agricultural and rural digital economy and implementing the rural revitalization strategy. This study used the scientific knowledge map software Cite-Space5. 7. R5 to visualize and quantitatively analyze the relevant literature in the field of smart agriculture research from 2000 to 2021, and analyze its development trend and research. Hotspots were clearly and intuitively displayed to readers in the form of knowledge graphs. Since 2015, China's smart agriculture has developed rapidly, focusing on the rural revitalization strategy, focusing on digitalization to drive the construction of digital villages, and continuing to promote the modernization of agriculture and rural areas. This article puts forward suggestions from the application of emerging agricultural science and technology, the training of new agricultural science and technology talents, the construction of smart agricultural infrastructure, and the development of smart agriculture driven by digital elements, in order to provide useful references for further research in the field of smart agriculture.

Keywords: smart agriculture; literature output; research hotspots; graph visualization; scientific knowledge atlas

(责任编辑:何岸波; 责任译审:毛子英 张述庆)

