

# 智慧农业产业链供应链现代化的时空特征及影响因素研究

张 鹭

**摘 要:** 智慧农业产业链供应链现代化是推动农业高质量发展、增强农业产业链韧性的重要支撑。采用熵值法对 2014—2023 年智慧农业产业链供应链现代化水平进行测度,利用 Moran's I 指数、Dagum 基尼系数法、双向固定效应模型,探析智慧农业产业链供应链现代化水平的时空演化趋势及影响因素。研究发现:我国智慧农业产业链供应链现代化水平整体呈现稳步上升态势,但不平衡现象显著。分地区来看,东部地区整体水平最高,东北地区上升幅度最大;智慧农业产业链供应链现代化水平具有空间正相关性,呈现“低—低”集聚区、“高—高”集聚区居多的分布特征;智慧农业产业链供应链现代化水平的区域差异不断缩小,且地区间差异是造成区域差异的主要原因;市场化水平、数字基础设施建设、财政支农水平及土地流转均有利于促进智慧农业产业链供应链现代化发展。

**关键词:** 智慧农业;产业链供应链现代化;时空特征;区域差异;影响因素

**中图分类号:** F323.2; F327 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0751(2025)09-0045-09

## 一、引言

智慧农业是指科学技术与农业种植相结合,利用先进技术、数据驱动的数字化农业形式,旨在实现农业可视化管理、精准化种植、智能化决策<sup>[1]</sup>。智慧农业发展可有效解决传统农业资源利用率不高、粗放经营、农民增收困难等难题,推进农业向高端化、智能化、低碳化方向发展,提升农业生产、管理、经营的数字化水平,催生农业新产业、新模式、新动能,促进农产品增值、农民增收,加速推进农业现代化。在智慧农业发展过程中,数字技术与农业全产业链的深度融合,能加快农业数据资源整合及共享,强化农产品全产业链监控,有效推动智慧农业产业链供应链现代化发展。随着农业机械化水平提升与 5G 智能设备普及,智慧农业产业链供应链现代化逐渐成为推动我国农业强国建设和中国式农业农村现代化的“增长极”。2025 年 4 月,中共中央、国务院

印发的《加快建设农业强国规划(2024—2035 年)》提出:“实施智慧农业建设工程,推动规模化农场(牧场、渔场)数字化升级,培育链条完整、协同联动的智慧农业集群。”<sup>[2]</sup> 这为推动智慧农业产业链供应链现代化发展指明了方向。然而,当前我国农业发展仍面临智能化水平偏低、资源环境刚性约束趋紧等问题,严重制约了农业生产效率提升与智慧农业产业链供应链现代化发展。因此,准确测度智慧农业产业链供应链现代化水平,精准识别地区间差异及其核心来源,深入剖析其影响因素并据此提出相应的对策建议,对于加快中国智慧农业产业链供应链现代化进程和建设农业强国具有重要意义。

长期以来,智慧农业发展问题得到学界广泛关注,相关研究主要包括:其一,智慧农业测度研究。学者们研究指出中国智慧农业发展水平整体呈稳步上升趋势<sup>[4]</sup>,但各地发展中面临的问题不同,如山西科研服务类产业驱动力偏低、内蒙古等地数字化动力不足等<sup>[5]</sup>。其二,智慧农业影响因素研究。有

收稿日期:2025-06-23

作者简介:张鹭,男,天津大学马克思主义学院副教授、博士生导师,天津大学中国特色社会主义政治经济学自主知识体系研究中心研究员(天津 300350)。

学者研究发现数字金融、高标准农田建设有助于加快智慧农业发展<sup>[6-7]</sup>。其三,智慧农业影响效应研究。有学者认为智慧农业发展有益于提升粮食全要素生产率<sup>[8]</sup>、优化企业绿色生产行为<sup>[9]</sup>。与此同时,学界有关农业产业链供应链现代化的研究多集中在影响因子层面,有研究指出数字基础设施建设<sup>[10]</sup>、数字经济发展<sup>[11]</sup>、农村三产融合<sup>[12]</sup>、新质生产力培育<sup>[13]</sup>等均有助于加速农业产业链供应链现代化建设。

已有成果为科学评价及解析智慧农业产业链供应链现代化水平提供了基础,但主要是分别围绕智慧农业发展和农业产业链供应链现代化视角展开研究,尚未将二者结合,从智慧农业产业链供应链现代化的角度进行评价研究,较难准确、全面刻画智慧农业产业链供应链现代化水平。在现有成果基础上,本文将构建包含智慧农业产业链供应链基础性、韧性、增值性和可持续性四个方面的评价指标体系,以 2014—2023 年中国 30 个省份为研究对象,深入分析智慧农业产业链供应链现代化时空特征,全面量化智慧农业产业链供应链现代化水平,深入探讨智

慧农业产业链供应链现代化发展的影响因素,并在此基础上提出相应的对策建议。

二、指标体系、研究方法与数据说明

1.智慧农业产业链供应链现代化评价指标体系构建

智慧农业产业链供应链现代化是指通过物联网、人工智能等现代信息技术对农业全产业链进行数字化与智慧化升级的过程<sup>[14]</sup>,旨在实现农业生产、加工、流通、销售等供应链环节的高效协同,具备生产智能化、管理数据化、经营网络化、生态可持续化特征。总体而言,智慧农业产业链供应链现代化并不是单纯的技术概念,而是一个以先进基础设施建设为骨架,以韧性为免疫系统,以增值为动力,以可持续为目标的复杂系统工程,旨在将传统农业改造升级成更具竞争力和发展潜力的现代产业体系。立足智慧农业产业链供应链现代化的内涵,参考相关研究成果<sup>[15-16]</sup>,构建智慧农业产业链供应链现代化评价指标体系,详见表 1。

表 1 智慧农业产业链供应链现代化评价指标体系

一级指标	指标阐释	数据来源	单位	属性
智慧农业产业链供应链基础性	农业无人机保有量	《中国农业机械工业年鉴》	万架	正
	水稻插秧机、植保无人机、新型联合收割机、多功能拖拉机等农业设备数量	《中国农业机械工业年鉴》	万台	正
	智能仓储企业数量	《中国商品交易市场统计年鉴》	万家	正
	农业生产信息化设备普及率	《中国农业机械工业年鉴》	%	正
	培训新型职业农民数量	《中国统计年鉴》	万人	正
	农业机械化总动力	《中国农业机械工业年鉴》	万千瓦	正
	农业金融科技上市企业数量	《中国农业机械工业年鉴》	个	正
	智慧育秧中心	《中国农业机械工业年鉴》	个	正
智慧农业产业链供应链韧性	农业产业化龙头企业	《中国商品交易市场统计年鉴》	万家	正
	国家现代农业产业园	《中国商品交易市场统计年鉴》	家	正
	农村电商带头人数量	商务部网站	人	正
	农业数字经济增加值/行业增加值	《中国商品交易市场统计年鉴》	%	正
智慧农业产业链供应链增值性	“农超对接”合作社数量	商务部网站	万个	正
	农林牧渔专业及辅助性活动产值	中国政府网	元	正
	有电子商务交易活动的农业企业数/总企业数	农业农村部网站	%	正
	农资经营网点数量	《中国商品交易市场统计年鉴》	个	正
	农产品电子商务销售额	《中国商品交易市场统计年鉴》	元	正
	智慧农业市场规模	农业农村部网站	元	正
智慧农业产业链供应链可持续性	有机农产品认证面积/耕地面积	《中国商品交易市场统计年鉴》	%	正
	专业型益农信息社数量	中国政府网	个	正
	休闲农业产值/农业总产值	农业农村部网站	%	正
	标准型益农信息社数量	中国政府网	个	正
	农业总产值/农业用水总量	农业农村部网站	元/吨	正
	农业气象观测站数量	农业农村部网站	个	正

智慧农业产业链供应链基础性体现为通过高质量农业基础设施建设、高能级农业创新软件平台打

造、高层次科技农业人才培养等,能够推进信息技术与农业生产、经营、管理业务融合;智慧农业产业链

供应链韧性体现为农业产业链在面临市场波动、自然灾害、技术变革等外部冲击时,能够借助智能化手段保持稳定运行、快速恢复及优化升级;智慧农业产业链供应链增值性体现为通过驱动农产品销售流程自动化和智能化升级,整合线上线下资源,提升农产品销售效率与客户满意度,最终能够推动农产品价值倍增及产业效益优化;智慧农业产业链供应链可持续性体现为以合理使用和维护自然资源为核心,通过调整农作制度与技术模式,能够在保证农业生产效率与经济效益的同时,实现资源节约、环境友好及社会责任协同发展。以上四个方面分别从夯实高质量发展支撑、抵御外部冲击、驱动效能价值提升、筑牢长期发展的资源环境与社会根基等维度,协同构成了智慧农业产业链供应链现代化的核心支撑体系。

## 2. 研究方法

其一,考虑到测量指标可能受到多指标信息交叉及人为主观因素带来的复杂性影响,本文使用熵值法测算智慧农业产业链供应链现代化水平。首先,减小不同数据量级差异对综合评价的影响,对原始指标数据展开标准化处理。其次,计算第  $i$  个评价对象的第  $j$  项研究指标占比,以及各研究指标的熵值、信息熵冗余度。最后,测算智慧农业产业链供应链现代化水平指数。

其二,作为统计的基本研究方式,Moran's  $I$  指数是一种用作衡量空间数据分布中空间自相关性的统计指标。本文使用全局及局部 Moran's  $I$  指数公式,以更好探析智慧农业产业链供应链现代化水平差异的空间演变特征。

其三,Dagum 基尼系数常用于测量区域差异程度及贡献率,可分解为地区内差异、地区间差异及地区间超变密度。本文使用 Dagum 基尼系数,以更好探究全国及各地区智慧农业产业链供应链现代化区域分化情况及产生原因。

## 3. 数据说明

考虑到数据可得性及可比性,以 2014—2023 年中国 30 个省份面板数据作为研究对象,港澳台及西藏地区暂未计入。智慧农业产业链供应链现代化评价指标体系内各指标的数据来源列示于表 1 内。影响因素所用到的原始变量数据从《中国统计年鉴》《中国农业机械工业年鉴》《中国农业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》获得。需要特别说明的是,在数据处理过程中,对于个别指标缺失数据采用插值法予以填补。

# 三、智慧农业产业链供应链现代化的时空特征分析

## 1. 时间演化分析

依据智慧农业产业链供应链现代化评价指标体系,测算全国 2014—2023 年智慧农业产业链供应链现代化水平。

分析表 2 数据发现,总体上,我国智慧农业产业链供应链现代化水平指数持续增长,研究期内综合得分均值从 0.272 增长至 0.448。细致来看,区域发展差异显著,江苏、浙江、山东等省份智慧农业产业链供应链现代化水平始终保持领跑态势,其核心驱动因素主要表现为:一是政策响应与规划落地的先行优势。这些省份率先对接国家智慧农业发展战略,出台省级专项规划,形成了政策引导与资源集聚的初期发展动能;二是经济基础支撑下的技术转化能力。这些省份能够持续投资农业物联网核心技术,同时通过补贴政策有效降低了规模化农场的技术应用成本;三是规模化经营与产业链协同的适配性。这些省份的规模化农场占比显著高于全国平均水平,这种经营模式不仅与智慧农业的发展需求高度契合,更能支撑传感器、物联网终端等硬件设备的规模化部署,进而形成了智慧农业全链条体系。与之相对,广西、青海、海南等省(区)智慧农业产业链供应链现代化水平指数增长较慢,原因在于:一是基础设施建设滞后制约技术落地。这些省份农村地区网络覆盖率不高且稳定性不强,直接降低了精准病虫害监测、生产数据采集的精度与效率;二是小农经营模式与技术需求的适配性不足。广西、海南的小农分散经营占比较高,青海高原地区农业经营规模更小,这种小而散的模式与智慧农业技术的应用场景存在适配冲突,导致技术投入的边际效益较低;三是地理禀赋与资源投入的双重约束。广西多山地丘陵,青海高原地形占比高,复杂地理环境增加了物联网基础设施的建设成本与运维难度。

分析表 3 数据可知,2014—2023 年中国四大区域智慧农业产业链供应链现代化水平指数总体上均呈稳步增长态势。其中,东部地区智慧农业产业链供应链现代化水平指数年均值最高,期末是期初的 1.39 倍;中部地区和西部地区初始数据较低,但增长速度较快,期末分别达到了期初的 1.71 倍和 1.62 倍;东北地区高于中部及西部地区,期末是期初的 1.47 倍。进一步观察年增长率数值发现,东部地区、



中部地区、西部地区、东北地区年均增长率分别为 3.77%、6.14%、5.50%、4.39%，呈现出中部地区增长幅度最大，而东部地区增长幅度最小的发展态势。细究其因，中部地区智慧农业产业链供应链现代化建设基础尽管薄弱，但在承接产业过程中积累的电子信息等工业技术外溢至农业领域，新兴产业发展带来的数字化理念等也为智慧农业转型提供了支撑。西部地区耕地面积广，光热资源充足，灌溉条件优越，为智慧农业提供了天然应用场景；而较多的智慧农业试点省份，进一步推动特色农业的全链条数字化改造，有效弥补了起始水平较低的劣势。东北

地区积极建设基于“互联网+遥感+物联网”的农业信息精准服务平台，并完善农场“智慧管理+立体栽培”的设施农业新机制，以适配其规模化农场的经营特点，有效提高了大面积农田的管理效率，既凭借前期设施积累维持了发展优势，又在现有基础上实现了稳定增长。东部地区已聚集较多的农业科技企业，具备物联网、AI 算法、智能装备与农业融合发展的成熟优势，加之良好的经济发展基础与高素质科技人才集聚，智慧农业发展已处于全国领先区间；其前期的突破式增长已完成，后期提升空间相对收窄，因此呈现增长幅度较小的特征。

表 2 2014—2023 年智慧农业产业链供应链现代化水平指数得分

地区	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	均值	排名
东部地区	北京	0.324	0.282	0.296	0.288	0.303	0.324	0.304	0.311	0.326	0.330	15
	天津	0.235	0.251	0.233	0.246	0.258	0.272	0.282	0.290	0.304	0.291	25
	河北	0.387	0.411	0.435	0.421	0.468	0.450	0.464	0.457	0.471	0.477	6
	上海	0.206	0.238	0.215	0.237	0.247	0.272	0.280	0.300	0.285	0.297	27
	江苏	0.450	0.437	0.445	0.460	0.444	0.487	0.502	0.523	0.582	0.590	2
	浙江	0.440	0.457	0.493	0.513	0.527	0.548	0.572	0.587	0.584	0.572	1
	福建	0.320	0.371	0.328	0.345	0.376	0.366	0.410	0.405	0.441	0.458	11
	山东	0.325	0.362	0.412	0.432	0.473	0.447	0.456	0.515	0.547	0.616	3
	广东	0.370	0.380	0.404	0.425	0.435	0.456	0.486	0.515	0.524	0.537	4
中部地区	海南	0.131	0.151	0.153	0.204	0.195	0.265	0.216	0.258	0.264	0.278	30
	山西	0.189	0.235	0.223	0.250	0.276	0.305	0.314	0.322	0.334	0.378	21
	安徽	0.211	0.232	0.275	0.261	0.286	0.302	0.315	0.335	0.342	0.349	20
	江西	0.193	0.208	0.228	0.257	0.280	0.275	0.299	0.253	0.288	0.308	26
	河南	0.205	0.171	0.186	0.221	0.247	0.284	0.311	0.298	0.322	0.444	23
	湖北	0.268	0.297	0.275	0.334	0.340	0.360	0.348	0.406	0.440	0.425	12
	湖南	0.333	0.375	0.365	0.394	0.408	0.458	0.448	0.497	0.527	0.487	8
	内蒙古	0.237	0.270	0.289	0.315	0.299	0.337	0.359	0.384	0.395	0.412	14
西部地区	广西	0.179	0.164	0.191	0.213	0.228	0.246	0.264	0.283	0.324	0.312	29
	重庆	0.234	0.242	0.231	0.256	0.245	0.264	0.284	0.306	0.317	0.336	22
	四川	0.297	0.327	0.357	0.380	0.340	0.413	0.438	0.468	0.488	0.513	10
	贵州	0.311	0.349	0.372	0.382	0.411	0.456	0.483	0.516	0.526	0.551	7
	云南	0.321	0.346	0.367	0.392	0.415	0.421	0.433	0.477	0.465	0.497	9
	陕西	0.250	0.256	0.267	0.293	0.298	0.314	0.337	0.310	0.345	0.364	17
	甘肃	0.208	0.201	0.220	0.225	0.253	0.267	0.390	0.406	0.428	0.435	16
	青海	0.202	0.193	0.213	0.204	0.214	0.234	0.250	0.254	0.282	0.304	28
	宁夏	0.203	0.226	0.246	0.253	0.268	0.278	0.296	0.294	0.315	0.324	24
东北地区	新疆	0.286	0.277	0.287	0.301	0.314	0.324	0.353	0.380	0.392	0.402	13
	辽宁	0.233	0.247	0.256	0.264	0.284	0.298	0.308	0.321	0.337	0.371	19
	吉林	0.256	0.266	0.283	0.298	0.292	0.298	0.313	0.310	0.342	0.360	18
	黑龙江	0.364	0.402	0.440	0.450	0.421	0.439	0.464	0.488	0.504	0.522	5
全国均值		0.272	0.287	0.299	0.317	0.33	0.349	0.366	0.382	0.401	0.448	0.345

表 3 2014—2023 年四大地区智慧农业产业链供应链现代化水平指数

地区	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	均值	年均增长率(%)
东部地区	0.319	0.334	0.341	0.357	0.373	0.389	0.397	0.416	0.432	0.445	0.380	3.77
中部地区	0.234	0.256	0.263	0.290	0.305	0.331	0.342	0.356	0.378	0.400	0.315	6.14
西部地区	0.249	0.258	0.275	0.290	0.299	0.321	0.353	0.369	0.388	0.403	0.320	5.50
东北地区	0.284	0.305	0.326	0.337	0.332	0.345	0.362	0.373	0.394	0.418	0.348	4.39

## 2. 空间相关性分析

从整体上分析研究期内中国智慧农业产业链供应链现代化的区域空间关联程度,本部分使用地理距离权重、邻接空间权重及经济空间权重,进一步分析其空间相关性。分析表4结果发现,无论处于何种空间权重矩阵,研究期内智慧农业产业链供应链现代化发展布局均存在较强的正相关特征,且智

慧农业产业链供应链现代化水平莫兰指数的正相关系数均较小。这表明在研究期内智慧农业产业链供应链现代化水平的空间相关性显著,但其空间正相关程度较小。此外,2014—2023年莫兰指数呈波动下降趋势,但整体波动幅度较小。这表明智慧农业产业链供应链现代化水平的空间相关性呈现弱化趋势。

表4 2014—2023年智慧农业产业链供应链现代化的全局 Moran's I 指数

年份	地理距离权重			邻接空间权重			经济空间权重		
	I	Z 值	P 值	I	Z 值	P 值	I	Z 值	P 值
2014	0.120	4.299	0.000	0.085	3.228	0.000	0.089	3.415	0.001
2015	0.125	3.805	0.001	0.091	2.972	0.000	0.091	3.672	0.000
2016	0.117	3.817	0.000	0.075	4.423	0.000	0.072	2.931	0.001
2017	0.101	3.859	0.000	0.095	4.449	0.000	0.076	3.621	0.000
2018	0.147	4.211	0.000	0.088	3.891	0.000	0.101	3.759	0.004
2019	0.151	3.562	0.000	0.097	4.516	0.000	0.067	2.496	0.000
2020	0.104	3.316	0.000	0.057	4.651	0.000	0.059	2.911	0.000
2021	0.094	3.506	0.000	0.043	4.877	0.000	0.061	2.877	0.002
2022	0.076	4.417	0.002	0.031	4.961	0.000	0.053	2.523	0.003
2023	0.071	4.308	0.000	0.067	5.156	0.000	0.092	3.473	0.000

注:地理距离权重数据依据经纬度数据测算的空间距离平方倒数数值获得;经济空间权重系数依据人均 GDP 算术平均值获得;邻接空间权重数据是由软件 GoeDa 生成的邻接空间权重矩阵整体获得。

前文整体分析了智慧农业产业链供应链现代化水平的空间相关性。为进一步明确各个省份空间关系分布的演进动态,本部分在全局 Moran's I 指数基础上,选用邻接空间权重矩阵,分析样本数据在区域

内的智慧农业产业链供应链现代化水平的空间相关性。图1是2014年和2023年智慧农业产业链供应链现代化水平的莫兰散点图,表5为2014年和2023年位于4个象限省份的排列结果。

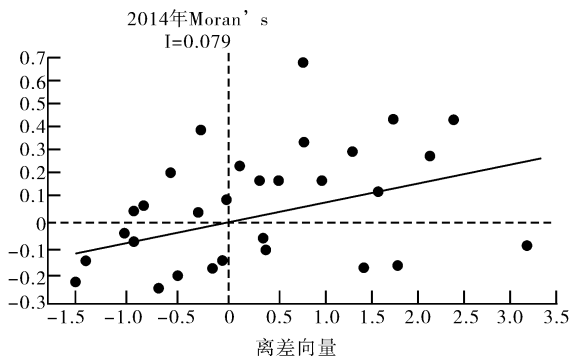


图1 智慧农业产业链供应链现代化水平的莫兰散点图

表5 2014年和2023年智慧农业产业链供应链现代化水平局部莫兰指数空间关系分布

年份	“高一低”集聚区	“低—低”集聚区	“低—高”集聚区	“高—高”集聚区
2014 年	北京、天津、上海、福建、湖北	海南、安徽、江西、广西、青海、宁夏、新疆、甘肃、云南、陕西、内蒙古	山西、辽宁、吉林、重庆、黑龙江、贵州	四川、河南、山东、广东、湖南、河北、浙江、江苏
2023 年	湖南、云南、福建、北京、内蒙古、新疆、河南	海南、广西、青海、上海、江西、天津、湖北、四川	山西、安徽、重庆、陕西、甘肃、宁夏、吉林、辽宁	浙江、江苏、山东、广东、河北、贵州、黑龙江

图1和表5结果显示,多数省份处于“低—低”集聚区及“高—高”集聚区,各省份智慧农业产业链供应链现代化水平表现为正相关,这与前文全局相关性分析结果一致。此外,也有部分省份位于

“高一低”集聚区及“低—高”集聚区。进一步分析发现,2014—2023年东部省份在第一象限的占比始终显著高于其他区域,第三象限始终以中西部省份为主,且大部分省份并未发生跃迁现象。

然而,如下方面仍需特别关注:(1)2014 年处于“低—高”集聚区的省份是否在周边高能力省份辐射带动下,在 2023 年实现跨越。对比分析数据可知,贵州与黑龙江在 2014—2023 年由“低—高”集聚区跃迁至“高一高”集聚区。可能原因在于,贵州与黑龙江围绕小麦、玉米等优势品种,实行“源头管控+智慧监管”模式,形成覆盖种植、采收及加工的全产业链转化技术规程,推动了智慧农业产业链供应链现代化发展。而山西、重庆、辽宁、吉林等地一直未能跳出低值区,被高值区域包围。(2)2014 年

处于“高一低”集聚区的高值省份是否在 2023 年进入低值区。对比分析数据发现,2014 年被低值省份包围的三个高值省份上海、天津和湖北,均在 2023 年下滑至“低—低”集聚区。综合来看,中国各省份在促进智慧农业产业链供应链现代化发展过程中相对平稳,同时省级辐射带动作用亦需增强。

3. 区域差异分析

本部分利用 Dagum 基尼系数及其分解法,解释智慧农业产业链供应链现代化水平的相对差异变化趋势,结果见表 6。

表 6 2014—2023 年智慧农业产业链供应链现代化水平的基尼系数及其分解结果

年份	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	均值
整体基尼系数	0.607	0.628	0.58	0.556	0.53	0.503	0.479	0.459	0.438	0.409	0.519
地区内基尼系数	东部	0.42	0.446	0.417	0.391	0.375	0.368	0.349	0.336	0.325	0.373
	中部	0.211	0.226	0.204	0.220	0.233	0.206	0.217	0.235	0.204	0.218
	西部	0.447	0.412	0.401	0.384	0.374	0.362	0.381	0.359	0.346	0.379
	东北部	0.378	0.365	0.361	0.348	0.324	0.353	0.336	0.322	0.308	0.341
地区间基尼系数	东部—中部	0.226	0.192	0.206	0.189	0.168	0.147	0.171	0.137	0.154	0.176
	东部—西部	0.483	0.464	0.443	0.431	0.415	0.388	0.369	0.354	0.378	0.408
	中部—西部	0.291	0.275	0.258	0.240	0.226	0.212	0.197	0.190	0.212	0.233
	东部—东北	0.168	0.191	0.202	0.220	0.197	0.225	0.244	0.209	0.185	0.205
	中部—东北	0.258	0.236	0.203	0.251	0.225	0.206	0.217	0.250	0.222	0.228
	西部—东北	0.117	0.103	0.082	0.075	0.095	0.087	0.122	0.090	0.064	0.091
贡献率(%)	地区内	20.31	20.21	21.38	21.99	22.45	25.66	24.54	25.01	24.34	23.34
	地区间	72.66	74.68	70.24	68.71	68.39	69.38	68.77	67.34	68.77	69.79
	超变密度	7.03	5.11	8.38	9.30	9.16	3.96	6.69	7.65	6.89	6.78

(1)总体差异分析。研究期内智慧农业产业链供应链现代化水平的总体基尼系数值较高,表明智慧农业产业链供应链现代化发展存在不平衡现象。详细分析数据发现,智慧农业产业链供应链现代化水平总体基尼系数均值为0.519,总体基尼系数从2014 年的 0.607 下降到 2023 年的0.409,表明智慧农业产业链供应链现代化水平的区域差异在缩小。细究其因,我国各地积极培育智慧农业龙头企业及专业合作社,通过“供应链强基、产业链重塑、价值链提质”三链协同发力,推动智慧农业产业链供应链整体竞争力稳步提升,加速智慧农业产业链供应链现代化发展进程。从总体差异来源及其贡献率来看,研究期内地区间差异的年均贡献率为 69.79%,表明智慧农业产业链供应链现代化水平的区域差异主要是由四大区域间的差异造成的;地区内差异的年均贡献率为 23.34%,表明地区内差异亦是导致智慧农业产业链供应链现代化发展不稳定、不平衡的重要因素;超变密度的年均贡献率仅为 6.78%,表明超过平均水平的地区对智慧农业产业链供应链现代

化水平差异造成的影响较小。

(2)地区内差异分析。地区内基尼系数值结果显示,研究期内西部地区智慧农业产业链供应链现代化水平差异最大,而中部地区差异最小。观测动态演进趋势发现,2014—2023 年东部地区、西部地区及东北部地区智慧农业产业链供应链现代化水平的基尼系数呈缓慢下降态势,表明其地区内差异呈现逐步缩小趋势;而中部地区智慧农业产业链供应链现代化水平的基尼系数持续保持在较低水平,表明其地区内差异较小且未发生明显变化。

(3)地区间差异分析。分析地区间基尼系数值发现,研究期内东部—中部、东部—西部、中部—西部、中部—东北、西部—东北地区间智慧农业产业链供应链现代化水平的基尼系数存在缓慢下降的趋势,仅东部—东北地区间智慧农业产业链供应链现代化水平的基尼系数有逐步上升的趋势。这表明2014—2023 年东部—东北地区间智慧农业产业链供应链现代化水平差距呈现拉大趋势,而其他地区间呈现逐步缩小趋势。

## 四、智慧农业产业链供应链现代化的影响因素分析

### 1. 模型构建

本文设定双固定效应模型,选取如下指标分析全国智慧农业产业链供应链现代化的影响因素。第一,市场化水平(MDC),使用樊纲市场化指数测算。第二,数字基础设施建设(CON),取互联网宽带接入用户的对数值。第三,财政支农水平(FIN),使用农林水事务支出占财政支出比重衡量。第四,土地流转(LT),借助农户户均承包耕地面积刻画。

### 2. 实证结果分析

为更好解决因遗漏变量或反向因果关系所导致的内生性偏误问题,本部分使用差分 GMM 法及系统 GMM 法,分析智慧农业产业链供应链现代化的影响因素,并探究不同地区智慧农业产业链供应链现代化的异质性影响效应。在此引入智慧农业产业链供应链现代化一阶滞后项作为解释变量,展开实证估计。差分 GMM 模型及系统 GMM 模型的回归结果显示,一阶序列相关检验 P 值均小于 0.05,拒绝原假设,表明残差项存在一阶自相关;二阶序列相关检验 P 值均大于 0.05,接受原假设,残差项不存在

二阶自相关,贴合数据序列的自相关检验要求,表明系统 GMM 估计具备有效性。综合来讲,基准回归结果具备稳健性。

对比表 7 系数值大小发现,各项核心解释变量的估计系数值虽显著性及大小值存在差距,但符号方向未发生变化,表明原始理论预期较为合理。具体来看,智慧农业产业链供应链现代化一阶滞后项的估计系数值为正,且通过 1% 显著性检验,表明智慧农业产业链供应链现代化在发展中存在明显的路径依赖趋势,即前一期的发展情况会对本期发展产生显著影响。市场化水平、数字基础设施、财政支农水平及土地流转的估计系数值均在 1% 统计水平下显著为正,表明这四个因素对智慧农业产业链供应链现代化发展均存在显著的正向驱动作用。

为进一步揭示区域异质性特征,通过对比四大地区各影响因素的系数值发现,不同区域的核心驱动因素差异明显,具体表现为:东部地区智慧农业产业链供应链现代化发展受土地流转因素影响最显著,受财政支农水平的因素影响最小;中部地区受市场化水平因素的影响最显著,受土地流转因素的影响最小;西部地区受财政支农水平因素的影响最显著,受土地流转因素影响最小;东北地区受土地流转因素影响最大,受市场化水平因素影响最小。

表 7 智慧农业产业链供应链现代化影响因素回归结果

变量	系统 GMM (1)	差分 GMM (2)	东部地区 (3)	中部地区 (4)	西部地区 (5)	东北部地区 (6)
$SMA_{i,t-1}$	0.461 *** (3.178)	0.491 *** (5.605)	0.611 *** (5.875)	0.461 *** (3.117)	0.382 *** (4.289)	0.437 *** (4.377)
MDC	0.474 *** (5.934)	0.377 *** (4.681)	0.463 *** (3.247)	0.408 * * (2.262)	0.385 * * (2.407)	0.351 * * (2.351)
CON	0.428 *** (4.331)	0.413 *** (4.204)	0.439 *** (4.017)	0.359 * * (2.174)	0.305 * (1.899)	0.387 * * (2.423)
FIN	0.310 *** (3.637)	0.322 *** (4.594)	0.163 * (1.786)	0.349 * * (2.349)	0.472 *** (4.341)	0.379 * * (2.285)
LT	0.512 *** (3.341)	0.482 *** (5.467)	0.465 *** (4.699)	0.287 * * (2.241)	0.261 *** (3.341)	0.459 *** (5.013)
常数项	0.615 *** (5.415)	0.542 *** (5.806)	0.571 *** (4.758)	0.646 *** (3.399)	0.564 *** (4.874)	0.611 *** (3.687)
Wald test	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
省份固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
R <sup>2</sup>	-	-	0.781	0.786	0.772	0.757
Sargan 值	0.289	0.318	0.423	0.291	0.451	0.323
AR(1)	0.016	0.010	0.008	0.006	0.011	0.004
AR(2)	0.546	0.509	0.581	0.521	0.553	0.571
N	300	300	100	60	110	30

注: \*、\* \*、\* \* \* 依次表示参数估计值通过 10%、5%、1% 的显著性检验,括号中给出的是 t 值。



## 五、结论与建议

本文运用多种统计方法,分析2014—2023年智慧农业产业链供应链现代化发展的时空特征及影响因素。研究表明:(1)研究期内智慧农业产业链供应链现代化整体水平呈稳步上升态势,且存在较大提升空间,区域差异不平衡现象显著。(2)智慧农业产业链供应链现代化发展整体存在较强的空间正相关性。多数省份位于“高一高”集聚区与“低—低”集聚区且部分省份发生跃迁。(3)智慧农业产业链供应链现代化水平的区域差异呈缩小趋势,地区间差异是其发展空间非均衡的主要原因。(4)市场化水平、数字基础设施建设、财政支农水平、土地流转均有益于加快智慧农业产业链供应链现代化发展。基于上述结论,提出如下建议。

第一,完善智慧农业产业链供应链现代化发展体系。以数字化、智能化技术为核心驱动力,整合农业生产、加工、流通、销售等全产业链环节,优化资金、技术、人才、数据等要素配置,实现产业链上下游协同高效运转、供应链精准响应市场需求的复合系统。首先,驱动智慧农业供应链创新。加快农业智慧环境干预、农机装备供应链中心、农产品加工全链条发展等项目建设,优化联农带农利益联结机制,鼓励新型农业经营主体及服务主体推进智慧农业商业模式创新及成果转化。其次,加速智慧农业产业链结构优化。积极推广应用现代化智慧农业技术,形成智慧农业“生产—加工—流通”闭环,建立农业“技术飞地”“产销对接基地”“链主企业带动”等机制。最后,推动智慧农业技术融合。联合当地农业农村部门、高校及科研院所、农业龙头企业等,共同打造天空地一体化农业观测网络,建设全层级联通、全领域覆盖的智慧农业大数据平台,优化智慧农业农村统计调查监测体系,鼓励农业企业研发具备自主知识产权的智慧农业技术,建成农业“大国重器”基地。

第二,优化智慧农业产业链供应链空间布局。发挥智慧农业先行区域带动作用,加大对智慧农业发展薄弱区域的支持力度,构建“类型互补、功能联动”的高质量智慧农业产业链供应链现代化发展空间网络。一方面,充分发挥智慧农业先行区域的特色优势。例如,粮食主产区技术渗透型的黑龙江北大荒集团可依托规模化数字农场优势,强化跨区域农机调度与耕地监测数据共享;经济发达地区场景

创新型的浙江嘉善县可凭借低碳智慧场景经验,输出数字孪生平台建设技术;特色产业驱动型的广东清远市可结合特色经济作物智慧化改造模式,推广“农智云”类服务工具;环渤海装备集成型的山东潍坊潍城区可发挥农机装备集成优势,搭建跨区域农机服务供应链网络。在此基础上,同步推进农业大数据采集、存储、分析的标准化技术研发及跨区域数据共享机制建设。另一方面,加大对智慧农业发展薄弱区域的支持力度。通过财政补贴、税收优惠等方式,支持智慧农业技术研发及应用,推广东部地区智慧农业创新平台建设与科技领军企业培育经验,实现区域间以“东”带“西”联动,逐步减小“低—低”集聚区省份,扩大“高一高”集聚区范围。同时,东部地区龙头企业可在中西部地区建设原料基地、储运中心或加工园区,推动链上共建和链下共享,垂直拓展农业创新、加工增值、流通整合等环节,打造“从种子到餐桌”一体化模式,驱动智慧农业产业链供应链现代化。

第三,差异化推动智慧农业产业链供应链优化升级。立足东部、中部、西部、东北地区各地农业实际状况,差异化推动智慧农业产业链供应链优化升级。首先,东部地区应结合规模化农业发展优势,建立现代农业产业园、优势特色产业集群、农村产业融合发展项目的准入机制,做大做强引领行业发展的智慧农业产业链“链主”企业及区域头部企业,培育一批优势特色产业集群、现代农业产业园和农业产业强镇,辐射带动其他区域的智慧农业产业链供应链升级。其次,中部地区和西部应持续优化农业基础配套设施,驱动国产农机装备全面应用,形成智慧农机装备产业集群,打造上下游稳定配套、工程电子等领域相关企业协同参与的产业链供应链格局。最后,东北地区应扩大黑土地保护实施范围,实施侵蚀沟治理、秸秆还田、深松整地等措施,打造稳产高产、集中连片、环境友好的高标准农田,形成“技术集成—示范推广—成果转化”全链条服务体系。

第四,挖掘智慧农业产业链供应链现代化优势资源。发挥市场化水平、数字基础设施、财政支农水平及土地流转等因素对智慧农业产业链供应链现代化的正向驱动作用。首先,提升市场化发展水平,为智慧农业产业链供应链现代化发展营造市场发展环境。注重科技型企业家和行业协会推动智慧农业发展的作用,培育引领智慧农业产业链供应链的“领头雁”,形成以规模经营为依托,以分工协作为前提,以利益联结为纽带的智慧农业产业化联合体。



其次,支持科技企业与新型农业经营主体加快农业基础设施数智化改造,推进涉农数据资源集成共享,优化智慧牧场、智慧农田、智慧大棚等新型农业生产载体,为智慧农业产业链供应链现代化发展提供硬件载体支撑。再次,设立智慧农业专项基金,对农业互联网传感器、5G 基站、北斗终端等在农业领域的部署给予高比例补贴及贷款贴息,为智慧农业产业链供应链现代化发展给予资金补助。最后,依托数字平台整合零散农地,开发“智慧农田+文旅体验”复合业态,发展智慧农业园区、直播电商基地与农业虚拟现实试点项目,驱动线上线下价值协同增值,提升流转土地溢价率,推动农业规模化、集约化发展,为智慧农业产业链供应链现代化发展注入实践动能。

## 参考文献

- [1] 张玉成, 张晓博, 高树琴, 等. “伏羲农场”: 智慧农业技术集成创新的实践探索与思考[J]. 中国科学院院刊, 2025(2): 301-309.
- [2] 中共中央 国务院印发《加快建设农业强国规划(2024—2035年)》[EB/OL]. (2025-04-07) [2025-07-30]. [https://www.gov.cn/zhengce/202504/content\\_7017469.htm](https://www.gov.cn/zhengce/202504/content_7017469.htm).
- [3] 匡远配, 彭云, 李姗姗. 新时代中国农业农村现代化的多重逻辑、基本特征及实现路径[J]. 中国农村经济, 2024(12): 2-22.
- [4] 李娜, 张馨月, 张美慧. 中国智慧农业发展指数测度与分析[J]. 经济与管理评论, 2025(1): 135-147.
- [5] 欧定余, 廖纤. 智慧农业发展水平测度及驱动力比较: 基于产业融合的视角[J]. 湘潭大学学报(哲学社会科学版), 2024(2): 62-68.
- [6] 孙琪恒, 郭辰. 数字金融赋能智慧农业发展的困境与对策研究[J]. 农业经济, 2024(6): 12-14.
- [7] 孙学涛, 张丽娟. 高标准农田建设对智慧农业的影响研究[J]. 现代经济探讨, 2025(3): 111-122.
- [8] 杨骞, 金华丽. 智慧农业与粮食全要素生产率: “赋能”和资源配置的视角[J]. 农村经济, 2025(1): 46-56.
- [9] 张延龙, 王明哲, 汤佳. 智慧农业与企业绿色生产行为: 来自全国代表性农业企业的微观证据[J]. 中国软科学, 2025(7): 157-168.
- [10] 陈洁梅, 林曾. 数字基础设施建设赋能农业产业链供应链现代化: 理论机制与经验证据[J]. 云南财经大学学报, 2024(4): 52-68.
- [11] 王卫才, 张守夫. 数字经济驱动农业产业链现代化的实证检验[J]. 统计与决策, 2024(5): 22-27.
- [12] 李艳琦. 农村三产融合、生产性服务业集聚与农业产业链供应链现代化[J]. 中国流通经济, 2023(3): 48-60.
- [13] 高贵现. 新质生产力驱动农业产业链供应链现代化: 理论机制与实证检验[J]. 统计与决策, 2024(17): 18-23.
- [14] 王丹, 郭翔宇. 农业创新生态系统的理论框架、作用机制与建设路径[J]. 中州学刊, 2025(7): 52-59.
- [15] 刘长全. 关于智慧农业的理论思考: 发展模式、潜在问题与推进策略[J]. 经济纵横, 2023(8): 63-70.
- [16] 徐金海, 夏杰长. 全力提升产业链供应链现代化水平: 基于全球价值链视角[J]. 中国社会科学院大学学报, 2023(11): 48-63.

## Research on the Spatio-temporal Characteristics and Influencing Factors of the Modernization of the Industrial Chain and Supply Chain in Smart Agriculture

Zhang Zhuo

**Abstract:** The modernization of the industrial chain and supply chain in smart agriculture is an important support for promoting the high-quality development of agriculture and enhancing the resilience of the agricultural industrial chain. This study adopts the entropy method to measure the modernization level of the industrial chain and supply chain in smart agriculture from 2014 to 2023, and employs Moran's I index, Dagum Gini coefficient method, and bidirectional fixed effects model to explore the spatio-temporal evolution trend and influencing factors of this modernization level. The research findings show that: the modernization level of the industrial chain and supply chain in smart agriculture generally shows a steady upward trend, but the imbalance is significant; from a regional perspective, the eastern region has the highest overall level, and the northeastern region shows the fastest growth rate; the modernization of the industrial chain and supply chain in smart agriculture has positive spatial correlation, showing a distribution characteristic of a large number of “low-low” agglomeration areas and “high-high” agglomeration areas; the regional differences in the modernization level are constantly narrowing, and the inter-regional differences are the main cause of overall differences; the marketization level, digital infrastructure construction, fiscal support for agriculture, and land transfer all contribute to promoting the modernization of the industrial chain and supply chain in smart agriculture.

**Key words:** smart agriculture; modernization of industrial and supply chains; spatio-temporal characteristics; Regional differences; influencing factors

责任编辑: 谢文