

【区域经济与产业发展】

数字经济赋能现代农业强国的 多主体组态路径研究*

毕越 赵翠萍

摘要:数字经济发展对提升农业全要素生产率、推动现代农业强国建设具有重要意义。采用2013—2022年中国省级面板数据,运用DEA模型测算,研究数字经济赋能农业全要素生产率提升的组态路径。结果发现:(1)单个前因条件并非实现高农业全要素生产率的必要因素,在三类高农业全要素生产率组态中,数字要素始终是核心条件。(2)农业全要素生产率提升的组态路径可归纳为农业企业主导型、互联网企业赋能型和多元主体协同型。(3)不同类型组态适配不同农业环境,其中,农业企业主导型适合大规模生产地区,互联网企业赋能型更契合县域特色优势产业地区,多元主体协同型更适宜城市周边或产业转型迫切的区域。

关键词:数字经济;现代农业强国;农业全要素生产率;组态路径

中图分类号:F323.3 文献标识码:A 文章编号:2095-5766(2025)04-0050-11 收稿日期:2025-04-02

***基金项目:**河南省哲学社会科学规划年度项目“收入差异视角下我国家庭农场基础设施供给现状及影响路径研究”(2023BJJ037);河南省软科学重点项目“科技成果转化助推农业强省建设的路径与对策研究”(252400411021);河南省软科学一般项目“多主体协同促进传统农区数字农业治理的机理与路径研究——以河南省为例”(252400411293)。

作者简介:毕越,女,河南农业大学经济与管理学院博士生(郑州 450046)。

赵翠萍,女,河南农业大学经济与管理学院教授(郑州 450046)。

一、引言

构建精准化要素配置体系、培育新型农业全要素生产率已成为新时代“三农”改革的关键突破口(贾晋等,2024)。实现建设现代农业强国的目标,应以稳定粮食产能为首要突破口,将健全农民收益增长机制置于中心位置,通过推动农业生产向精准化、数字化方向演进加速转型,系统性推进农业生产要素重构与产业模式创新,重点培育高效生态的新型农业经济体系,最终实现农业发展质量与效益的双重跃升(刘海启,2020)。因此,在乡村振兴背景下,研究如何通过发展数字农业提升农业全要素

生产率,实现我国由农业大国迈向现代农业强国的路径具有重要的意义。

我国现代农业生产要素经历了关键生产要素与核心生产要素持续叠加拓展的深刻变革过程。传统农业以土地、水资源、肥料、农药等自然与物化要素为主,随后资本要素基于资本深化理论嵌入农业生产。随着数字经济进入高速增长阶段,实体产业加速重构原有生产模式,通过与大数据挖掘技术、物联网感知系统以及人工智能算法工具的高效集成,将数据要素、网络要素及其关联技术要素融入农业生产要素体系,实现了农业生产要素的数字化进阶,优化了农业生产要素配置效率,赋能农业全要素生产率提升(刘婧元等,2023)。在具体实践

中,2020年起我国选取农业生产要素条件相对优越、发展基础较为成熟的区域,先行先试,建设数字农业示范点与数字乡村示范县,这一策略为培育数字农业增长极、发挥区域辐射带动作用、逐步实现全域农业数字化积累了宝贵实践经验。然而我国地域广袤、自然资源条件多元,区域间社会经济发展水平、农业生产要素禀赋差异显著,这意味着我国农业数字化转型是一项长期且复杂的工程,梳理全国不同地区数字经济赋能农业发展的路径,能够为加速我国农业数字化转型、建设现代农业强国提供经验借鉴。

数字经济改造传统农业的关键在于注入数字经济要素以催生农业新质生产力,但既有研究多聚焦于单一要素的作用,如人力资本(郑兆峰等,2024)或耐心资本(杨骏等,2025),对数字技术要素与传统生产要素的协同匹配机制关注不足。由于数字技术扩散存在显著的“要素适配门槛效应”,因此数字技术赋能农业强国建设,不仅需要要素量的积累,更依赖要素间“质的适配”。基于此,本文从多主体组态视角出发,基于全国31个省份数字农业发展实践,运用融合计量分析与定性比较研究优势的模糊集定性比较分析方法(fsQCA),构建数字农业发展要素模型分析框架,探究数字经济赋能现代农业强国的机理和路径,以期对推动现代农业强国的发展提供理论支撑。

二、文献综述与研究框架

数字农业实践高度依赖技术创新与制度环境的协同演进,其本质是多主体参与下的复杂系统重构过程。当前阶段,我国农业处于转型关键节点,推动数字技术与农业深度融合,加快其在农业全产业链的嵌入和应用,是推动农业农村现代化与高质量发展的必然要求。通过梳理现有关于数字经济、农业全要素生产率等领域的研究观点,更好地把握二者之间关系,进而提出本文的研究框架。

(一)文献综述

数字经济的快速发展,加速传统农业升级变革,数字农业成为新时代农业发展的必然趋势。数字农业可以显著降低农业生产物化投入、提高农业全要素生产率、增强绿色优质农产品供给能力、提升供应链要素协调性、保障粮食安全,是农业新质

生产力的重要内容(丁志帆,2020)。

1.数字经济赋能下传统农业生产要素的变化

数字农业与传统农业的本质差异在于决策依据从“人”转变为“数据资源”。数字虚拟化、绿色低碳化生产等数字农业生产模式,对土地这一关键生产要素提出了新的需求,进一步拓展了其共享生产与保障空间的新功能,提升了其利用效率与集约化管理水平。科技要素升级迭代,数字要素已从辅助决策转变为现代农业的核心支撑力,不仅突破传统经验决策的局限,依托物联网、区块链等技术构建农产品质量置信溯源体系实现高效质量管控(阮俊虎等,2020),而且提升产品附加值与利润率(曾亿武,2018)。数字化农业价值链金融通过重组风险控制体系,构建闭环的农村数字化信用评价体系,金融供给效率显著提升,农业融资贵问题得到一定程度的缓解。但因其与传统农业金融存在较大差异,各地尚处于探索阶段,仍存在资金成本高、数字足迹匮乏以及信息孤岛等难题(杨文贞,2024)。在大国小农的现实背景下,数字农业成为农户与现代农业有效衔接的关键纽带。农民凭借数据而非单纯直觉进行生产决策,进而成为农业产业化进程的有力推动者。但鉴于数字技术前期投资与学习成本较高(刘金林等,2023),农民多倾向于借鉴社区内的成功经验。所以,提供广泛且中立的服务,降低农民学习成本,建立其对技术的信任,对保障农户利益意义重大。

2.农业全要素生产率

农业全要素生产率是影响农业增长的重要内生动力,作为衡量农业生产效能的综合指标,其数值差异直接反映了各地区农业发展的结构性分化(刘静,2024)。该指标的提升不仅降低了对土地、劳动力等传统资源的依存度,更凸显了科技创新在现代农业转型中的决定性作用。然而,当前我国农业面临生产方式粗放与生态可持续发展目标间的现实张力,亟须将环境约束条件及碳排放指标纳入效率评估框架,以契合现代农业生产绿色低碳的客观要求。值得注意的是,农业新质生产力被认为是提高全要素生产率的突破口(姜长云,2024)。这种新型生产力本质上通过三重维度实现重构:劳动主体的专业化程度提升、生产工具的技术化升级,以及作业对象的多样化拓展。其中,数字技术赋能的现代农业系统展现出显著优势,其在优化投入产出

比例的同时,强调新型职业农民的能力建设、数字工具的创新应用以及农业生产资料的潜力挖掘。

3.路径研究

基于不同的研究视角,数字农业发展路径呈现多样化模式。其一,顶层设计视角。向红玲(2024)强调从国家战略高度制定数字农业发展标准,优化发展布局,以统筹推动数字农业前行。其二,数字经济与传统农业融合视角。从第一、二、三产业融合视角出发,国家应引导数字科技企业与科研机构深入农业基层,攻克适配农民生产经营的农业大数据技术,从供给与需求两端发力,助推农业数字化发展(陈国军等,2023)。其三,数字技术适配性视角。需从农业生产数字化程度,即数字技术在农业全产业链的渗透深度,以及农业数字技术产业化水平,即数字技术与农业融合后自身产业化发展程度,双向考量数字农业技术进展。其四,数字素养及人才视角。数字农业作为高科技农业形态,依赖大量具备高数字素养的劳动者,因而需提升现有农业从业者数字素养,激励其投身农业数字化进程(刘元胜,2020)。但在政策建议上,大部分学者认为,数字农业的发展水平受多种生产要素组合的影响,单一要素难以实现较高的农业全要素生产率。

(二)研究框架

为科学评估数字技术在农业中应用范围持续扩大的过程,需设计一个融合特定技术情景的多层次应用分析场景。这一场景不仅需要考量技术层面的创新,还应兼顾农业领域中的多元要素,从不同维度进行系统整合与研究(王海侠等,2024)。TOE框架系 Tornatizky 和 Fleischer 在 1990 年提出(Walker, 2014),广泛应用在众多产业数字化转型的分析框架中。在数字农业领域,局部区域发展水平的提高,并非仅由自身要素禀赋所决定,区域的技术应用环境以及组织机制同样重要。在研究方法层面,组态分析方法被广泛应用于揭示多重条件变量对结果的协同效应机制,其是 QCA 方法的核心,能够有效弥补传统案例研究与变量研究的不足并集中二者的优势,科学解构和分析不同层面条件因素之间的复杂互动关系。基于此,本研究基于技术—组织—环境(TOE)理论框架,系统地采用组态分析技术(见图1),对影响农业全要素生产率的关键要素进行多维度考察。

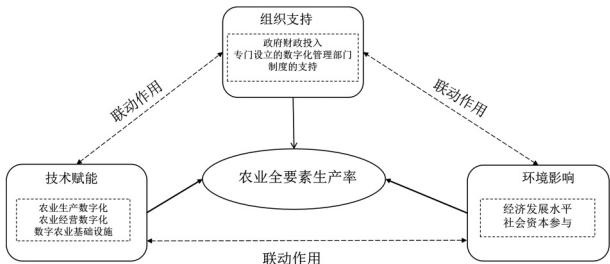


图1 数字农业全要素发展模型分析框架

资料来源:作者绘制。

第一,技术条件。数字农业基础设施作为数字农业发展的底层架构,是农业生产数字化与农业经营数字化得以达成的前置性物质基础及技术支撑体系,承担着农业生产要素流通以及农业技术扩散的关键平台职能。我国西部地区因数字农业基础设施供给存在结构性短缺状况,致使区域内数字农业发展呈现出显著的滞后态势。这种区域之间的发展差距,从侧面有力地证实了数字农业基础设施作为数字农业发展核心驱动力的地位与价值(谭海波等,2019)。农业生产数字化投入能提升效率、降低成本,实现收益最大化,数字技术应用则是关键纽带。新技术的复杂程度、学习成本及与原技术的适配性备受关注。农业经营数字化借助区块链等数字技术重构农业价值链,遵循产业融合理论,推动农业向“三高”发展。数字农业基础设施、农业生产数字化、农业经营数字化三者共同构成数字农业发展的技术基石。

第二,组织条件。在区域农业组织条件中,政府在资源供给、服务管理与制度保障领域的作用举足轻重,具体包括政府财政投入和专门设立的数字化管理部门、制度的支持(Grimmelikhuijsen et al., 2017)。资源供给上,政府财政投入作为关键要素,赋能数字农业基础设施搭建、农业数字化平台运营、专业技术指导以及农业数字化人才培育等环节。这凸显了政府在数字农业资源配置中的主导角色,符合资源优化配置原理(宋玉冰等,2024)。服务管理层面,政府设立专门管理部门进行统筹协调,成为保障农业数字化转型组织系统高效运转的必要手段。通过部门间的协同作业,实现资源共享与流程优化,降低交易成本,提升整体运行效率。制度保障方面,政府对乡村数字经济的重视程度,直接左右政策制定与资源配置策略(李燕凌等, 2024),能够完善数字农业基础设施建设,加速农业新技术的扩散进程,进而推动农业全要素生产率的

提升。

第三,环境条件。环境条件涵盖经济发展水平与社会资本参与。已有研究显示,经济发达区域数字技术成熟度高、设施完善、适配性强,利于农业数字化(Jorge et al., 2021)。农业数字化转型离不开社会资本。像以阿里巴巴为代表的科技企业通过系统性实践,显著降低了农产品流通环节的交易成本。市场供给结构被数字化技术深度重构,客观上促进了农业生产效率的持续提升。这种由市场主体主导的转型模式,充分验证了市场机制在资源配置中的决定性作用。农业产业链各环节的协同效率在数字化改造过程中得到明显改善,为传统农业向现代化转型提供了可复制的实践路径。

三、研究方法数据来源

结合前文分析,本部分对研究方法进行介绍,并对数据来源加以说明。

(一)研究方法

本研究采用由查尔斯·拉金(Charles C. Ragin)等学者创立的定性比较分析方法(QCA)。该方法融合传统因果二元统计理念,实现定性与定量分析的有机整合。其主要类别包含清晰集定性比较分析(csQCA)与模糊集定性比较分析(fsQCA)。fsQCA不仅能够精确呈现数字农业形成路径的差异化连续性以及“一果多因”的特征,而且适用于中小样本规模的研究,因此,本研究选用fsQCA为核心研究方法。本研究案例总数为31个,契合fsQCA的方法要求,因此,选用该方法具备合理性与适用性。

(二)数据来源

农业全要素生产率的测算数据主要来自2013—2022年中国31个省份的《统计年鉴》《国民经济和社会发展统计公报》等文件,以及国家各部委、网信办、农业农村部等权威机构的公开信息等。其中,农业经营数字化维度的关键指标——“农村网络支付渗透率”原始数据严谨地援引自北京大学数字金融研究中心与蚂蚁科技集团研究院合作发布的第六期《北大数字普惠金融指数(2011—2023)》研究成果,制度支持数据则从各地市政府部门当年正式颁布的规范性文件里提取。对于缺失数据,依循现有数据采集规范与计算逻辑,优先采集当年底层数据计算,以完备数据集;针对极少数

难以获取的数据,采用均值法与线性插值法进行数据填充,以保障数据完整性与研究准确性。

四、变量设计与实证结果

根据前文研究框架,本部分对研究变量进行设计与校准,在科学测算农业全要素生产率的基础上,运用fsQCA方法对提升农业全要素生产率的组态路径进行深入剖析。

(一)变量设计与校准

1.原因变量

本文研究紧密围绕《数字乡村发展行动计划(2022—2025年)》、历年中央一号文件等党和政府权威文件为关键指引,综合参考相关报告与既有文献,针对数字农业发展所包含的数字农业基础设施、农业生产数字化、农业经营数字化、政府财政投入、专业数字化管理部门设置、制度支持、区域经济发展水平及社会资本投入等前因条件开展测度。具体测度指标见表1。

在周恩宇等(2024)、杜剑等(2023)等学者研究的基础上,综合数据可得性,设计数字农业发展前因条件合计共15个指标。在数字农业基础设施指标上,选取农村移动电话普及程度、数字建设投入力度和农村通信投入力度3个二级指标进行衡量。在农业生产数字化指标上,选取生产信息化、农产品质量安全追溯信息化水平2个二级指标进行衡量。在农业经营数字化上,选取农村物流建设水平、农村网络支付水平、农业农村数字基地、农民数字化服务消费水平和农产品数字化交易额5个二级指标进行衡量。在政府财政投入上,选取用于支持农业农村数字化发展的年度专项人均财政投入情况1个二级指标。在专门设立数字化管理部门上,选取各省份农业农村信息化管理服务机构综合设置情况1个二级指标来进行衡量。制度支持上选取数字农业政策发布情况1个二级指标进行衡量。在经济发展水平上,选取当年区域人均GDP 1个二级指标进行衡量。在社会资本上,选取社会资本投入情况1个二级指标进行衡量。

2.结果变量

借鉴史常亮(2024)的做法,运用DEA模型使用投入产出两类指标来测算结果变量农业全要素生产率(见表2)。投入指标方面,土地投入是农业生

表1 前因条件的测量说明

一级指标 (前因条件)	二级指标	指标测量方式
数字农业 基础设施	农村移动电话普及程度	农村每百万户年末移动电话拥有量(台)
	数字建设投入力度	信息传输、软件信息技术服务业固定资产投资总额(亿元)
	农村通信投入力度	长途光缆线路长度(千米)
农业生产 数字化	生产信息化	信息技术在种植业、设施栽培、畜禽养殖、水产养殖中的应用率(%)
	农产品质量安全追溯信息化水平	种植业、设施栽培、畜禽养殖、水产养殖中质量安全追溯信息化水平(%)
农业经营 数字化	农村物流建设水平	区域常住人口农村投递路线长度(千米)
	农村网络支付水平	农村数字普惠金融发展指数
	农业农村数字基地	年度淘宝村数量(个)
	农民数字化服务消费水平	农村居民人均交通和通信消费支出(元/人)
	农产品数字化交易额	农产品网上交易额(亿元)
政府财政投入	年度专项人均财政投入情况	用于支持农业农村数字化发展的乡村居民人均县域财政投入(万元)
专门设立数字化 管理部门	农业农村信息化管理服务机构 综合设置情况	政府是否设置农业农村信息化管理服务机构(%)
制度支持	数字农业政策发布情况	政府当年工作报告中乡村数字经济关键词频统计数量(次)
经济发展水平	当年区域人均GDP	区域内当年生产总值人均值(元)
社会资本	社会资本投入情况	用于支持农业农村数字化发展的人均社会资本投入(万元)

资料来源:作者整理。

产的基础要素,其规模和质量直接影响着产出水平;劳动力投入体现了人力在农业生产中的作用,包括劳动力数量和素质;农机投入反映了农业生产的机械化程度,是提高生产效率的重要手段;农用化肥投入、农药投入、薄膜使用量则与农业生产的化学投入相关,对农作物的生长和产量有着重要影

响;农村用电量衡量了农业生产的电气化水平;有效灌溉面积则保障了农作物生长的水分需求,是农业稳产高产的关键因素。产出指标方面,以各省份第一产业增加值衡量作为产出变量,有效减少因数据缺失导致的测量误差,从而更准确地反映农业生产的实际产出和效率。

表2 农业全要素生产率评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标		指标定义	作用方向
农业全要素 生产率 (DLA)	投入	规模化	土地投入	主要农作物总播种面积(公顷)	+
		新型劳动力	劳动力投入	农林牧渔业从业人数(万人)	-
		机械化	农机投入	农业机械总动力(千瓦)	+
		集约化	农用化肥投入	农用化肥施用量(折纯量)(吨)	-
			农村用电量	农村地区所有电力用户的用电总量	+
			有效灌面积	灌溉工程或设备已经配备,能够进行正常灌溉的水田和水浇地面积之和	+
		绿色化	农药投入	农药施用实物量(吨)	-
			薄膜使用量	在一定时间内,特定区域或行业中所消耗的薄膜的总量	-
	产出	富裕度	农业产出	第一产业增加值(亿元)	+

资料来源:作者整理。

3.变量校准

考虑到前因条件对结果变量的影响可能存在时间滞后效应,本文在开展fsQCA分析时,对结果变量进行了滞后一期处理。本文采用直接校准法,

对校准后的样本数据进行标准化“完全不隶属”“交叉点”和“完全隶属”的锚点,进而计算获得0至1的隶属度数值。变量校准后的分位数分布及其描述性统计结果见表3。

表3 变量的模糊集校准分位数和描述性统计结果

变量	模糊集校准分位数			描述性统计结果			
	完全不隶属	交叉点	完全隶属	最大值	最小值	平均值	标准差
农业生产数字化(DA)	14.646	17.661	23.452	52.287	7.407	21.042	10.829
农业经营数字化(DM)	107.285	112.545	124.108	151.858	72.414	114.073	16.677
数字农业基础设施(C)	60.018	64.985	68.675	84.14	46.35	64.496	8.471
政府财政投入(G)	20.805	33.76	53.075	245.95	8.97	55.36	59.698
专门设立的数字化管理部门(A)	81.73	90.51	95.1	100	73.08	88.917	7.665
制度的支持(S)	7	8	9	12	5	8.064	1.692
经济发展水平(E)	37471.5	48610	70759.5	137039	28603	58424.213	28585.815
社会资本投入(SC)	49.795	88.1	160.3	1108.4	4.59	142.485	200.777
农业全要素生产率(Y)	0.464	0.716	1	1	0.203	0.667	0.268

资料来源:作者计算得到。

(二)实证结果

1.单变量必要条件分析

在运用fsQCA3.0软件进行条件组态分析时,遵循其分析逻辑,即基于必要与充分条件的推断,呈现“非对称因果关系”,体现在“高农业全要素生产率”与“低农业全要素生产率”状态。经检验,无论处于高或低农业全要素生产率情境,各变量一致性

水平均低于0.9的临界值。这表明,从协同效应理论来看,不存在驱动农业数字化转型的单一必要条件。农业全要素生产率的提升并非某一要素独立作用,而是技术、组织、环境多要素协同发力的结果。因而,有必要深入剖析前因变量组合,探究多元路径对省域农业数字化转型的影响,具体单个变量必要性分析结果见表4。

表4 必要条件结果分析

条件变量	高农业全要素生产率		低农业全要素生产率	
	一致性(consistency)	覆盖性(coverage)	一致性(consistency)	覆盖性(coverage)
高农业生产数字化水平(DA)	0.653	0.594	0.408	0.450
低农业生产数字化水平(~DA)	0.396	0.356	0.632	0.688
高农业经营数字化水平(AD)	0.674	0.586	0.445	0.469
低农业经营数字化水平(~AD)	0.389	0.367	0.608	0.693
高数字农业基础设施水平(C)	0.608	0.550	0.519	0.569
低数字农业基础设施水平(~C)	0.524	0.473	0.590	0.645
高政府财政投入水平(G)	0.559	0.498	0.512	0.554
低政府财政投入水平(~G)	0.500	0.458	0.536	0.595
高专门设立的数字化管理部门(A)	0.482	0.436	0.583	0.639
低专门设立的数字化管理部门(~A)	0.601	0.544	0.486	0.532
高制度支持水平(S)	0.582	0.563	0.427	0.500
低制度支持水平(~S)	0.483	0.411	0.627	0.645
高经济发展水平(E)	0.574	0.532	0.528	0.593
低经济发展水平(~E)	0.561	0.495	0.583	0.624
高社会资本投入(SC)	0.527	0.508	0.473	0.552
低社会资本投入(~SC)	0.535	0.456	0.578	0.597

资料来源:作者计算得到。

注:本表结果由fsQCA3.0软件估算得出。“~”代表逻辑非。

2.条件组态分析

参考赵云辉等(2025)的研究方法,对每个条件组态的前因条件构成进行对比区分,将案例频

数阈值设为1,以此作为有效案例的基本筛选标准。从组态的整体特性来看,依据因果推断理论,总体一致性达到0.816,高于0.8的经验临界值,表

明该组态分析结果在解释高农业全要素生产率形成机制方面具备较强效力(Fiss,2011)。总体覆盖度为0.558,即分析结果能够涵盖约55.8%的高农业全要素生产率省份,具有一定的代表性。就单一组态而言,研究共识别出6种可产生高农业全要素生产率的组态。其中,组态H1—H4的一致性均高于经验临界值0.8,依据路径依赖理论,最终确定农业全要素生产率提升的四条关键路径。组态

H5—H6的一致性虽低于0.8,然而,考虑到整体解的一致性程度高于0.8,并且本研究的目标在于全方位梳理数字经济对农业全要素生产率的赋能提升路径,因而依然将组态H5—H6纳入研究范畴。依据6种组态各自呈现的特征,本研究从主体视角出发,将其归类为农业企业主导型组态、互联网企业赋能型组态以及多元主体协同型组态这三大类别,具体内容详见表5。

表5 数字农业发展高水平条件组态分析

条件组态	农业企业主导型		互联网企业赋能型		多元主体协同型	
	组态 H1	组态 H2	组态 H3	组态 H4	组态 H5	组态 H6
高农业生产数字化(DA)	●	●	○	△	△	○
高农业经营数字化(DM)	○	○	●	●	△	○
高数字农业基础设施(C)	●	●		○	△	△
高政府财政投入(G)	○	○	△	○	○	△
高专门设立数字化管理部门(A)		○	⊗	⊗	△	△
高制度支持(S)	○		○	△	⊗	⊗
高经济发展水平(E)	●	●	○	△	△	△
高社会资本投入(SC)	●	●	○	○	⊗	⊗
一致性	0.836	0.835	1.000	0.811	0.675	0.783
原始覆盖度	0.195	0.206	0.082	0.055	0.139	0.080
唯一覆盖度	0.053	0.074	0.072	0.029	0.108	0.044
解的一致性	0.816					
解的覆盖性	0.558					

资料来源:作者计算得到。
注:“●”表示高核心前因条件存在,“⊗”表示高核心前因条件缺失;“○”表示高边缘前因条件存在,“△”表示高边缘前因条件缺失;空白表示该前因条件可有可无。

(1)农业企业主导型组态
组态H1和组态H2的原始覆盖度分别为0.195和0.206,意味着组态H1解释了约19.5%的高农业全要素生产率省份,而组态H2解释了约20.6%的高农业全要素生产率省份。同时,组态H1和组态H2的唯一覆盖度分别为0.053和0.074,表明约5.3%和7.4%的高农业全要素生产率省份仅能由这两个组态独立解释,且不与其他组态重叠。
组态H1以高农业生产数字化、高数字农业基础设施、高经济发展水平和高社会资本投入作为核心存在条件,高农业经营数字化、高制度支持和高政府财政投入作为边缘存在条件产生了高农业全要素生产率。组态H2以高农业生产数字化、高数字农业基础设施、高经济发展水平和高社会资本投入作为核心存在条件,以高农业经营数字化、高政府财政投入和高专门设立数字化管理部门为边缘存在条件产生了高农业全要素生产率。对比可知,两条组态路径均依托高水平的农业生产数字化、数

字农业基础设施、经济发展水平和社会资本投入作为核心存在条件,并且辅以高农业经营数字化和高政府财政投入作为边缘存在条件,但高专门设立数字化管理部门和高制度支持则对提高全要素生产率没有显著作用。这意味着,即便高专门设立数字化管理部门或者高制度支持可能缺失的情况下,在充分的经济发展和产业发展的基础上,凭借农业产业化发展、数字化改造和活跃的社会资本依旧能够实现较高水平的农业全要素生产率。农业产业化发展、数字化改造以及社会资本的微观主体是农业企业,因而本研究将组态H1和组态H2归类为农业企业主导型组态。
该类组态的典型案例是南阳市牧原股份。牧原股份借助物联网与大数据技术,构建智能化养殖管理系统,实时监测养殖环境与动物健康状况,通过精准农业有效提升了养殖效率,增幅达25%,牲畜存活率亦稳定维持在98%以上。在供应链管理方面,牧原股份构建数字化供应链平台,整合饲料

采购、生产调度与产品销售环节。优化资源调配,使供应链管理成本降低15%,产品流通周期缩短30%。运用大数据分析市场需求实现精准供给,市场响应时间缩至1周内,销售额同比增长35%。在产业规模拓展与合作模式上,牧原股份建设现代高效生态蔬菜循环经济产业园,通过“政府+公司+合作社+承包人+农民”的共富经营模式,扩大种植规模,实现从500亩到3500亩的种植数字化。在此过程中,政府出台相关规划与政策,牧原股份与之紧密合作,接受政策与资金支持用于技术研发与基建。同时,与农村集体经济组织合作,带动周边农民收入增长20%;通过订单合同与技术培训,与农户建立稳定合作,参与农户年均增收5万元,每年培训超300人次。牧原股份借助农业生产数字化对农业生产体系进行深度重塑,积极推进农业机械化进程,促使企业实现集约化、产业化的转型升级,充分发挥规模效应,实现降低成本与提高效益的双重目标。综合以上牧原股份所呈现的典型特征,在本研究中,将这类组态命名为农业企业主导型组态。

(2) 互联网企业赋能型组态

组态H3和组态H4的原始覆盖度分别为0.082和0.055,意味着组态H3解释了约8.2%的高农业全要素生产率省份,而组态H4解释了约5.5%的高农业全要素生产率省份。与此同时,组态H3和组态H4的唯一覆盖度分别为0.072和0.029,表明不考虑与其他组态重叠的情况下,约7.2%和2.9%的高农业全要素生产率案例能由组态H3和组态H4独立解释。

组态H3以高农业经营数字化作为核心存在条件,高农业生产数字化、高制度支持、高经济发展水平和高社会资本投入作为边缘存在条件,高专门设立数字化管理部门为核心缺失条件,高政府财政投入为边缘缺失条件产生了高农业全要素生产率。组态H4以高农业经营数字化作为核心存在条件,以高数字农业基础设施、高政府财政投入和高社会资本为边缘存在条件,高专门设立数字化管理部门为核心缺失条件,高农业生产数字化、高制度支持和高经济发展水平为边缘缺失条件产生了高农业全要素生产率。两条组态路径均依托高水平的农业经营数字化作为核心存在条件、高专门设立数字化管理部门作为核心缺失条件,并且辅以高社会资

本投入作为边缘存在条件。这意味着,在数字农业基础设施或经济发展的基础之上,凭借农业经营数字化发展、宽松的政策管理环境和活跃的社会资本能够实现较高水平的农业全要素生产率。农业经营数字化作为这两条组态的必备前因条件,其微观载体是互联网企业,因而本研究将组态H3和组态H4归类为互联网企业赋能型组态。

该组态的典型示例是“盒马村”模式。“盒马村”作为农业农村现代化发展的典型,基于协同发展理论,构建了“政府+农户+农村集体组织+平台企业+消费者”多主体协同的功能关联网。其借助“流空间”,填补了农户与现代农业间的差距,开拓数字经济服务新领域,形成城乡融合下农村经济高质量发展的服务业新格局,促进城乡功能协调发展(马晓河等,2020)。在农村空间布局重构上,遵循土地利用优化原则,实现农业生产用地集中化、规模化、精细化,以及农村建设用地多样化,增强了农村地理空间协调性,构建产业融合发展的数字化农村区域空间。在要素配置上,全新的农业要素配置和组织分工促进农业农村现代化协调发展;在农村功能转变上,遵循乡村振兴战略,通过城乡与产业融合的农业农村现代化重构,功能主体、协同方式及作用效果均发生转变。“盒马村”模式改变了农业农村发展现状,影响未来农业农村与城乡发展的各方面,助推农村从单一产业现代化迈向全面现代化,依托智慧物联网络的“流空间”加深城乡融合,促进从城乡融合向城乡协调发展转变。基于数字农业“流空间”驱动,以农业农村经济为导向的乡村功能与空间重构,有望带动城乡全面融合与产业深度融合,推动乡村全面振兴。因此,本文将该组态命名为互联网企业赋能型组态。

(3) 多元主体协同型组态

组态H5与组态H6在其中占据着独特地位。经测算,组态H5的原始覆盖度达0.139,这表明在高农业全要素生产率的省份中,约13.9%的情况可由组态H5予以解释;组态H6的原始覆盖度为0.080,即能解释约8.0%的高农业全要素生产率省份。从唯一覆盖度来看,组态H5为0.108,意味着在不考虑与其他组态重叠状况时,约10.8%的高农业全要素生产率省份仅能通过该组态单独阐释;组态H6的唯一覆盖度是0.044,即约4.4%的此类省份可由其独立解释。该类组态的显著共性特征为高

制度支持与高社会资本投入皆为核心缺失条件。然而,在传统制度支持与社会资本匮乏的背景下,组态 H5 和组态 H6 另辟蹊径。其中,组态 H5 借助高财政投入达成高水平的农业全要素生产率。在农业生产系统里,财政投入作为关键的外部驱动力,发挥着不可或缺的作用。当制度与社会资本支持不足时,政府凭借大规模的财政资金注入,能够有效弥补资源缺口。这些资金可广泛应用于农业基础设施建设,也可投入农业科研与技术推广领域,加速新技术在农业生产中的应用,促进农业现代化进程,显著提升农业生产效率。反观组态 H6,农业生产数字化与农业经营数字化成为提升农业全要素生产率的核心要素。在当今数字经济蓬勃发展的时代,农业生产数字化是将数字技术深度融入农业生产、加工、销售等各个环节。农业经营数字化则侧重于培育新兴的数字农业产业,如农业大数据服务、农业电商平台等。这些新兴产业的发展,不仅拓宽了农产品的销售渠道,降低交易成本,还通过创新商业模式,为农业发展注入新的活力,有效弥补了传统制度支持和社会资本不足带来的发展瓶颈。因此,尽管传统的制度支持与社会资本对农业发展意义重大,但当两者缺失时,农业全要素生产率的提升并非无计可施。组态 H5 和组态 H6 充分彰显了现代农业发展路径的灵活性与多元性,政府财政投入、农业生产数字化以及农业经营数字化等多种外部力量,均能成为推动农业全要素生产率提升的关键因素,这也正是将此类组态归为多元主体协同型的根本原因。

该组态的典型案列为择扎赉特旗国家现代农业产业园。从择扎赉特旗国家现代农业产业园典型案例来看,数字技术可否融入农业生产,关键在于精准把握传统农业生产痛点及转型需求。该产业园以“领导者+服务者”角色,依据产业升级理论,为水稻生产模式数字化转型进行高位规划。通过制度嵌入、技术嵌入、关系嵌入,遵循交易成本理论,为传统水稻生产的劳作形式与生产主体数字化转型提供指导与保障,构建全新数字水稻生产体系。其转型过程遵循“需求—响应—实现”逻辑,精准识别农业发展需求与战略,借助数字技术嵌入及多元化技术培训,提升水稻生产效率与资源利用效率,契合资源配置理论。此案例为农业生产经营主体提供宝贵经验:一是经营主体需建立联农带农激

励机制,如合作制、股份制、订单农业等利益联结模式,让小农户共享产业增值收益,鼓励其参与转型;二是经营主体需对数字生产流程与技术有前瞻性认知,“因地制宜”匹配不同业态的农业生产环境,与农户共建生产数据运营平台,为农户尤其小农户提供持续支持,推动农业劳作与生产主体数字化转型;三是经营主体确立长期转型计划,引入政府工作小组,制定农机使用规范、开展农技培训、进行成果验收等,将转型服务覆盖全周期,形成以提升生产效率与产品品质为目标、保障健康安全为底线的数字农业生产模式。因此,本文将该组态命名为多元主体协同型组态。

五、结论与建议

本文在运用 DEA 模型对农业全要素生产率进行科学测算的基础上,采用 2013—2022 年中国省级面板数据,借助 fsQCA 方法系统考察了数字经济赋能农业全要素生产率提升的组态路径。以下是研究结论和相应的提升农业全要素生产率、推动现代农业强国建设的政策建议。

(一)研究结论

第一,从要素作用看,单个前因条件并非实现高农业全要素生产率的必要因素,在三类高农业全要素生产率组态中,数字要素始终是核心条件。然而,现阶段我国农村地区数字要素的供给与保障力度仍有较大提升空间,存在数字基础设施不够完善、数字平台建设薄弱、数字农业发展的政策服务水平偏低、数字技术在农业生产经营中的应用不足等系列问题。

第二,农业全要素生产率的提升并非来自单一要素所起的作用,而是技术、组织、环境多要素协同发力的结果,其相应的组态路径有三种,可归纳为农业企业主导型、互联网企业赋能型和多元主体协同型。然而,现阶段支持农业全要素生产率提升的技术条件、组织条件、环境条件仍不充分,且三者的联动协调性有待加强。

第三,在区域适配方面,不同类型组态适配不同的农业环境,其中,农业企业主导型适合农业龙头+大规模生产地区,互联网企业赋能型更契合县域特色优势产业地区,多元主体协同型更适宜城市周边或产业战略转型迫切的区域。然而,目前我国

部分地区的农业数字化转型政策,未能充分结合自身资源禀赋与发展实际做到因地制宜,区域适配性有待提高。

(二)建议

第一,进一步加大财政资源投入力度,健全数字农业基础设施建设,强化农业全要素生产率提升所需的要素保障。一是在数字乡村战略引领下,各级政府应加大农村、农业数字基础设施建设的财政投入,扩大5G基站、宽带光纤等在农村地区的覆盖面,不断提升网络速度、降低网络使用成本,从而满足农户生活及农业生产多元需求,筑牢数字农业发展根基;二是要强化农村数字平台建设,构建农业信息交流机制,创新农村数字金融产品,降低农民农户等生产经营主体获取资金、信息、技术的难度,打破要素使用壁垒,有效促进农业生产技术的传播、共享与帮扶,促进农业生产要素的合理流动,从而带来农业全要素生产率的提升;三是提高数字农业发展的政策服务水平,各级政府应加大数字知识宣传,积极开展网络直播、电商销售等学习培训活动,针对农业生产、农产品销售过程中的难点问题为“三农”从业者尤其是农户提供个性化、高效的数字政策服务。

第二,积极拓展数字技术在农业生产经营中的应用场景,提升农村产业发展的竞争力。在农业生产数字化方面,一是鼓励农业生产经营者借助农业物联网和大数据技术,精准评估产前投入,增强农业生产设备感知能力与数据处理能力,实现农业生产的动态化、标准化管理,提升农业生产的集约化程度;二是加快传感器、无人机、远程控制等技术在农业生产领域中的应用,对农业生产的育种、病虫害防治、作物生长态势等各个方面实现智能监控与智能操作。在农业经营数字化方面,一是鼓励农业产业链参与者深度挖掘农产品价值链,延伸产业链,提高农产品附加值,同时要结合特色优势产业基础推动产业集聚,发挥集群效应,实现集约发展;二是鼓励农村经营主体与电商平台合作,积极培育优质农产品品牌,加速产品线上化,创新销售方式,扩大销售渠道;三是以市场需求为指引,构建多元营销场景,从而增强农产品在市场的竞争力。此外,还应抓住农业数字化转型发展机遇,加强农村农业领域的科技创新,包括农业生产设备创新、农村特色产品创新以及农村数字业态模式创新等。

第三,强化技术、组织与环境要素的协同配合,

因地制宜制定发展策略。技术层面要强化农业全要素生产率提升的技术支撑,鼓励高校、研究院等与农业生产经营者积极展开合作,不断推动农业创新成果产出;组织层面要强化政府支持,加大农业数字化转型的资源供给,并建立健全相应的政策服务体系;环境层面要提高数字农业建设的重视程度,优化农业数字化发展的市场环境。同时,加强三者的联动协调,共同促进农业数字化转型,提升农业全要素生产率。由于不同类型组态适配不同的农业环境,因此,各地在制定农业数字化转型政策时,要树立整体发展思维,兼顾各种要素按照区域比较优势理论,明确发展差异,制定契合本地实际的策略,选择提升农业全要素生产率的适配路径。

第四,加强人才培养与数字素养提升,引导社会资本和市场主体积极参与。数字农业作为高科技农业形态,依赖具备较高数字素养的从业者。一方面,要完善人才激励机制,如设立数字农业创新奖或制定补贴政策,吸引科研人员和高素质管理人才投身农村数字化建设,为现代农业提供智力创新支持和组织保障。另一方面,可通过职业院校、培训机构与企业合作,培养掌握大数据分析、智慧农机操作和网络营销等技能的新型职业农民和农业科技人才,降低学习成本并建立技术信任感。同时,要引导投资主体和金融机构加大对农业数字化的投入力度,例如设立农业科技创新基金,支持农机装备升级和农业信息化建设;鼓励电商平台、物流企业和信息技术企业深化与农业领域的融合,如建立农产品线上交易平台和数据服务平台,助推农产品流通数字化;政府通过政策倾斜和税收优惠吸引社会资本,同时发挥农村合作社和农业产业联盟的桥梁作用,搭建政府、市场和农户之间的合作网络。通过激发社会资本活力,构建多元化的投入体系和服务体系,为数字农业提供持续的资金支持和创新动力。

参考文献

- [1]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).
- [2]刘海启.加快我国由农业大国向农业强国转变的战略思考和工作举措[J].中国农业资源与区划,2020(3).
- [3]刘婧元,刘洪银.数字化赋能农业强国建设的作用机理、现实困境和路径选择[J].西南金融,2023(6).

- [4]郑兆峰,高鸣.农村人力资本助推新质生产力:关键问题与政策优化[J].华中农业大学学报(社会科学版),2024(5).
- [5]杨骏,李长健.耐心资本助推农业强国的理论逻辑与制度设计[J].经济学家,2025(1).
- [6]丁志帆.数字经济驱动经济高质量发展的机制研究:一个理论分析框架[J].现代经济探讨,2020(1).
- [7]阮俊虎,刘天军,冯晓春,等.数字农业运营管理:关键问题、理论方法与示范工程[J].管理世界,2020(8).
- [8]曾亿武,郭红东,金松青.电子商务有益于农民增收吗?——来自江苏沭阳的证据[J].中国农村经济,2018(2).
- [9]杨文贞.数字经济赋能中国城乡融合发展的制约因素与突破路径[J].区域经济评论,2024(1).
- [10]刘金林,刘燕.乡村治理数字化:价值·困境与实践路径研究[J].安徽农业科学,2023(22).
- [11]刘静.以农业新质生产力提升农业绿色全要素生产率[J].中州学刊,2024(12).
- [12]姜长云.农业新质生产力:内涵特征、发展重点、面临制约和政策建议[J].南京农业大学学报(社会科学版),2024(3).
- [13]向红玲.大力推进数字农业高质量发展[J].宏观经济管理,2024(1).
- [14]陈国军,王国恩.“盒马村”的“流空间”透视:数字农业经济驱动下的农业农村现代化发展重构[J].农业经济问题,2023(1).
- [15]刘元胜.农业数字化转型的效能分析及应对策略[J].经济纵横,2020(7).
- [16]王海侠,屈林婧.数字农业的发展历程、应用场景及优化路径:基于数字农业应用场景的讨论[J].南京农业大学学报(社会科学版),2024(6).
- [17]WALKER R M. Internal and external antecedents of process innovation: A review and extension [J]. Public management review, 2014,16(1):21—44.
- [18]谭海波,范梓腾,杜运周.技术管理能力、注意力分配与地方政府网站建设:一项基于TOE框架的组态分析[J].管理世界,2019(9).
- [19]GRIMMELIKHUIJSEN S G, FEENEY K M. Developing and testing an integrative framework for open government adoption in local governments [J]. Public administration review, 2017,77(4):579—590.
- [20]宋玉冰,罗敬蔚.算力推动农业强国建设的理论逻辑与践行路径[J].价格理论与实践,2024(12).
- [21]李燕凌,苏健.地方政府建设数字乡村的注意力分配差异与政策逻辑:基于435份地方政策文本的量化分析[J].中国农村观察,2024(1).
- [22]JORGE-VÁZQUEZ J, CHIVITE-CEBOLLA M, SALINAS-RAMOS F. The digitalization of the European agri-food cooperative sector. Determining factors to embrace information and communication technologies [J]. Agriculture, 2021,11(6):1—16.
- [23]周恩宇,赵浪.中国数字农业发展的区域差异、时空特征与驱动因素识别[J].四川农业大学学报,2024(1).
- [24]杜剑,徐筱彧,杨杨.数字农业推动高质量发展的路径机制分析[J].贵州社会科学,2023(6).
- [25]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(3).
- [26]赵云辉,白佳奇,梁宇奇.TOE框架下城市韧性的多元驱动模式:制度逻辑的组态分析[J].技术经济,2025(2).
- [27]FISS P C. Building better causal theories: A fuzzy set approach to typologies in organization research [J]. Academy of management journal, 2011,54(2):393—420.
- [28]马晓河,胡拥军.“互联网+”推动农村经济高质量发展的总体框架与政策设计[J].宏观经济研究,2020(7).

Research on Multi-Agent Configuration Path of Digital Economy Empowering Modern Agricultural Power

Bi Yue Zhao Cuiping

Abstract: The development of the digital economy holds significant importance for enhancing agricultural total factor productivity (ATFP) and advancing the construction of a modern agricultural power. Utilizing China's provincial panel data spanning from 2013 to 2022, this study employs the DEA model to calculate and subsequently investigate the configuration path through which the digital economy empowers ATFP improvement. The findings reveal that: (1) A single antecedent condition is not a prerequisite for achieving high ATFP. Across the three types of high ATFP configurations, digital factors consistently serve as the core condition. (2) The configuration path for ATFP improvement can be categorized into three types: agricultural enterprise-led, internet enterprise-enabled, and multi-agent collaboration. (3) Different types of configurations are tailored to distinct agricultural environments. Specifically, the agricultural enterprise-led type suits large-scale production areas; the internet enterprise-enabled type aligns well with counties featuring distinctive and advantageous industries; and the multi-agent collaboration type is more suited to areas surrounding cities or where industrial transformation is urgently needed.

Key Words: Digital Economy; Modern Agricultural Power; Agricultural Total Factor Productivity; Configuration Path

(责任编辑:柳 阳)