

数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调的 时空演变及驱动因素

汪 津

西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100

摘 要: 数字乡村建设与农业高质量发展相互促进、彼此支撑,二者间耦合协调是实现农业农村现代化的重要路径。基于结构经济学视角,在厘清数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调机理的基础上,运用熵值法、耦合协调度模型、Dagum基尼系数、核密度估计、马尔可夫链模型以及随机效应面板Tobit模型,分析2011—2024年我国数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的时空演变及驱动因素。结果显示:在时序变化上,全国耦合协调度稳步提升,但整体处于濒临失调阶段;东部地区达到勉强协调,中部、东北地区濒临失调,西部地区处于轻度失调,区域发展差异浮现。在空间差异上,区域总体差异较小且分布相对均衡,区域差异以东部和西部地区最大但趋于缩小,东、中部地区与东北地区差异较小但呈扩大趋势;空间差异主要源于不同区域间样本分布的交叉重叠。在时间动态演变上,全国及东中西部地区耦合协调度稳定提升但趋势扩大,东北地区内部差异趋于收敛;在空间动态演变上,全国层面的状态依赖性强,低等级具备提升空间,中高等级稳定,高水平“锁定”,呈现“邻弱锁中、中邻助中、邻强拉低、极强抑中”的空间溢出效应。在耦合协调度的驱动因素中,经济发展水平、城镇化水平、教育水平、交通设施水平、技术投入水平、产业结构升级指数均不同程度对耦合协调度产生影响。据此,可从顶层设计、政策供给、人才培养、资源保障和区域协作入手,推动我国数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调发展。

关键词: 数字乡村建设; 农业高质量发展; 耦合协调度; 时空演变; 驱动因素

中图分类号: F49; F323

文献标识码: A

文章编号: 1672-3805(2026)04-0013-17

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“防范化解农村相对贫困人口脆弱性风险的社会支持研究”(21BSH093)

作者简介: 汪津,西北农林科技大学人文社会发展学院博士研究生,研究方向为经济社会学、农村发展。

一、问题的提出

习近平总书记指出,农业强国是社会主义现代化强国的根基,推进农业现代化是实现高质量发展的必然要求^①。传统农业发展模式在产业体系上面临结构失衡、融合不畅与成本上涨,在生产体系上遭遇科技支撑不足与耕地资源趋紧,在经营体系上受困于土地流转缓慢和经营者素质偏低,这些短板使其难以适配新发展阶段的要求,农业转型升级迫在眉睫^[1]。随着新一代信息技术的推广应用,数字技术正深度融入我国农村社会,产生极具穿透力的社会影响。在向农业领域扩散的过程中,以数字乡村建设为依托的数字技术新动能,成为推动农业高质量发展的重要路径^[2]。从现实逻辑看,数字乡村建设与农业高质量发展之间并非简单的单向赋能关系,而是相互嵌套、彼此牵

① 《习近平在参加江苏代表团审议时强调 牢牢把握高质量发展这个首要任务》,载于《人民日报》,2023年3月6日第1版。

引的耦合共生关系。数字乡村建设作为自上而下推进的乡村建设发展战略,为数字技术赋能农业高质量发展提供了基础支撑,农业高质量发展加快推进的同时反作用于数字乡村建设,反哺数字乡村建设的落地深化,为农民增收和共同富裕奠定基础。可见,数字乡村建设与农业高质量发展存在互耦空间,具备成为我国农业农村现代化发展引擎的潜力。这一耦合共生关系面临的结构性张力值得关注:尽管数字技术逐渐渗透进农业生产领域,但我国农业产业基础在区域和时序上的非均衡分布,导致部分地区的数字技术“悬浮”于农业生产实际;即便地方农业发展存在转型需求,也因缺乏有效的数字承接能力,只能持观望态度。此种结构性张力使得二者间耦合协调水平的自动优化能力减弱,呈现显著的时空分异特征。由此引出本文关注的核心问题:当前,我国数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调处于何种水平?这一协调水平在时空维度上呈现怎样的演变规律?又是什么因素导致耦合协调度的差异并驱动其变化?

针对本文关注的核心问题,从三个方面展开研究回顾:一是数字乡村建设和农业高质量发展的内涵界定与水平测度。关于数字乡村建设,研究指出其是基于顶层设计与规划配套,推动完善乡村数字基础设施,并在此基础上利用信息与数字技术实现农业生产模式重构与农村发展效能提升的过程^[3]。学者对此构建了数字基建、数字产业、数字生活、数字治理、数字生态五大准则层的评价指标体系^[4]。关于农业高质量发展,部分学者从绿色发展引领、供给提质增效、规模化生产、产业多元融合四个维度对农业高质量发展的内涵及特征进行解构,并构建相应评价指标体系进行测度^[5],也有学者围绕数字农业发展环境、信息基础、人才资源、技术支持、绿色发展、产业效益进行测度^[6]。二是数字乡村建设与农业高质量发展的互动耦合机制。已有研究主要围绕高质量公共服务供给^[7]、新质生产力^[8]等视角探讨赋能数字乡村建设的潜在路径,或是强调数字乡村建设对农业高质量发展的推动作用,如提升农业生产效率^[9]、实现农业产业链延伸^[10]并缓解农业生产过程中存在的资源要素错配问题^[11],农业高质量发展在这类研究中被视为数字乡村建设的结果变量^[12],仅个别研究在梳理二者互动逻辑的基础上对农业高质量发展助力数字乡村建设展开探讨^[13],忽视了二者互构下数字乡村建设作为乡村社会发展前景目标的结果属性,这也是本文拟关注的理论问题。三是数字乡村建设与农业高质量发展的耦合实现路径。既有研究通过实证分析或案例研究对此展开探讨,主要分为以下维度:能力建设维度,通过培育技术应用能力,推动数字要素在农业经营主体范围内的全覆盖^[14];基础建设维度,借助电商平台与智慧农业系统的数据互通,建立统一的数据标准和接口规范,推动农业产业链延伸^[15];政策供给维度,立足全国发展实际,在实施区域差异化政策的基础上匹配要素禀赋,推动数字技术与农业产业的适配融合^[16]。综上所述,既有研究已对数字乡村建设和农业高质量发展的内涵界定和水平测度、互动机制和耦合路径展开探讨,但仍存在以下不足:第一,对二者双向互动的耦合机理缺乏深入分析,现有研究多从单向视角探讨数字乡村建设对农业高质量发展的赋能作用,对农业高质量发展反作用于数字乡村建设的内在逻辑阐释不足,对二者耦合关系的理论基础挖掘不够;第二,二者耦合协调水平的时空演化规律尚未进行系统分析,对耦合协调度的动态演变、空间差异来源及区域互动特征探讨有限,且多为静态分析,缺乏对其动态演化的呈现;第三,不同区域耦合协调发展差异背后的驱动因素识别尚不清晰,对驱动因素的区域异质性分析有待深化。

本文边际贡献主要体现在以下三方面:理论视角上,拟从结构经济学视角进行耦合机理阐释,将数字乡村建设与农业高质量发展的互动关系锚定于要素结构与产业结构的动态适配逻辑,为理解数字技术与农业农村现代化的耦合共生关系提供理论支撑;研究方法上,主要运用熵值法、耦合协调度模型、Dagum基尼系数、核密度估计、马尔可夫链模型等方法,从时序演变、空间差异、动态转移三个维度刻画数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的时空演化规律,揭示空间溢出

效应的复杂形态;实证分析上,采用随机效应面板Tobit回归模型识别驱动数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的影响因素,并分区域考查经济发展水平、城镇化水平、教育水平、交通设施水平、技术投入水平以及产业结构升级指数的异质性影响,为制定差异化政策提供实证依据。

二、数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调的机理分析

(一) 数字乡村建设与农业高质量发展的概念内涵

近年来,国家层面发布的《数字乡村建设指南1.0》《数字乡村建设指南2.0》以及历年《中国数字乡村发展报告》等政策文件,确立数字乡村建设的发展框架,为理解其概念内涵提供基础。从政策导向来看,这些文件的核心在于推动现代信息网络与信息技术向乡村经济社会领域渗透。循此逻辑,数字乡村建设可界定为:以现代信息网络为载体、以现代信息技术为重要推动力,对乡村经济发展进行重构的一种手段、过程和状态^[17],隐含乡村社会空间的重塑和乡村社会关系的再生产^[18]。作为推进“数字中国”战略的重要组成部分,数字乡村建设的核心任务是将数字技术融入乡村发展的多个领域,推动农业生产、公共服务、社会治理与日常生活的全面数字化转型。对此,可从数字基础、数字生产、数字经济和数字生活四个维度加以理解:数字基础是数字乡村建设的根基,其更新与完善不仅能缩小城乡数字“鸿沟”,更能为社会治理的数字化转型提供底层支撑,从而为乡村全面数字化转型创造条件;数字生产作为核心技术环节,有助于推动农业生产实现精准化、智能化,降低生产成本、提升生产效率,进而推动农村产业结构转型与发展;数字经济作为价值转化手段,依托数字技术激活乡村资源的内在创新动力,提升村庄自身价值,拓展农村居民的增收渠道^[19];数字生活作为建设成效的集中体现,有助于完善村庄公共服务、推动社会治理方式向数字化与精细化方向转变、重塑乡村社会空间,从而提升农民福祉,增强获得感与幸福感。

习近平总书记指出:“高质量发展,就是能够很好满足人民日益增长的美好生活需要的发展,是体现新发展理念的发展,是创新成为第一动力、协调成为内生特点、绿色成为普遍形态、开放成为必由之路、共享成为根本目的的发展。”^[20]我国经济发展已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。作为基于新需要、新问题、新要求作出的重大战略决策,高质量发展是全面建设社会主义现代化国家的首要任务。农业作为我国的根本,关系到国计民生,是推动乡村振兴和实现现代化建设的基础,因此农业高质量发展作为高质量发展在“三农”领域的具体延伸,对于保障国家粮食安全、优化农业产业结构、提升农业生产效率、促进农民稳定增收具有重要战略意义。究其本质,农业高质量发展遵循创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念,实现创新力提升、产业协调、生态绿色、开放共享的系统性发展,推动农业发展从量的扩张转向质的提升,加快推动我国农业从传统农业向现代农业转型,实现农业农村现代化的发展目标。

(二) 数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调机理

数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调机理可置于结构经济学分析框架中加以理解。结构经济学理论认为,经济增长的本质是生产结构的系统性转变,而非简单的要素积累^[21]。数字乡村建设与农业高质量发展可视为经济发展过程中的“结构转型”,这一观点为理解两者的耦合逻辑提供了理论基点。具体而言,数字乡村建设作为以信息技术为核心的新型基础设施投入,实质是推动农业生产领域要素结构的数字化重构,即将数字技术要素嵌入传统农业生产,推动农业产业结构的调整升级,使其从劳动密集型转向技术密集型;农业高质量发展强调的结构调整和转型,实际上对数字基础设施提出相应的配套要求,反映出产业结构升级对要素结构优化的反向牵引,最终实现产业与要素间的协同升级。因此,数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的提升,本质上反映了要素结构与产业结构的动态适配。

基于上述理论,可对数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调机理作如下梳理:一方面,数字乡村建设是驱动农业高质量发展的核心动力。其一,数字乡村建设通过优化要素结构推动农

业发展模式的拓展更新。将物联网、大数据等技术贯穿农业生产全过程,显著提升资源利用率与劳动生产率,推动农业要素配置从劳动主导转向技术主导,改变传统农业“靠天吃饭”局面,实现农村生产经营模式的再造。其二,数字乡村建设促进产业链条延伸以实现农业产业结构的多维融合。通过农村电商与数字化供应等渠道,农业生产与加工、物流、文旅等中下游产业深度融合,建立并完善从田间到餐桌的全流通链条,有效延伸农业产业价值链^[22],加速产业结构向多元融合方向演进。其三,数字乡村建设通过激活要素价值促进农业产业发展的提质增效。数字乡村建设将数字技术引入农村生产环节,助力农业新品种、新装备的研发、推广与应用,促进城乡人才、资本等要素高效配置,为农业绿色化、标准化、品牌化发展注入新动能^[23],实现产业结构与要素结构协同升级,全方位推动农业产业提质增效。

另一方面,农业高质量发展是数字乡村建设深化的重要助力。其一,农业高质量发展驱动产业结构升级,倒逼数字乡村建设过程中的要素结构迭代。农业高质量发展在生产效率提升、品质管控强化、全程溯源追踪等方面提出更高技术要求,加快推动5G、区块链、人工智能等技术设施的乡村部署,促使村庄数字基础设施升级。其二,农业高质量发展形成产业需求分化,驱动数字乡村建设过程中的要素结构深化。农业高质量发展的需求层次高于传统农业,尤其是高附加值农业与品牌化经营催生精准化、个性化数字服务需求,使得智慧农业、数字金融等应用场景创新成为刚需^[24],为数字乡村建设指明深化发展的新方向。其三,农业高质量发展推动产业效益提升,反哺数字乡村建设过程中的要素结构积累。农业高质量发展推动农业产业提质增效,有助于乡村收入增长与数据积累,为数字乡村建设提供资金支持与数据资源,加速村庄社会治理、基本公共服务均等化等领域现代化转型。

三、研究设计

(一) 数据来源

考虑到数据可获得性,本文主要选取2011—2024年我国31个省份(不含港澳台地区)的平衡面板数据。数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国固定资产投资统计年鉴》《中国农业机械工业年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国第三产业统计年鉴》、北京大学数字金融研究中心、EPS数据平台以及阿里研究院官方网站,部分缺失数据通过查询相关省份统计年鉴补齐。

(二) 评价指标体系构建

本部分分别构建数字乡村建设和农业高质量发展评价指标体系,对数字乡村建设带来的要素结构变动及农业高质量发展产生的产业结构变动进行刻画。其中,数字乡村建设主要描述乡村要素结构的数字化水平,农业高质量发展水平指数用以描述农业产业结构的升级水平,以有助于揭示要素结构与产业结构的适配程度。

本文在参考《数字乡村建设指南》、历年《中国数字乡村发展报告》及已有研究成果的基础上^[25-26],主要从乡村数字基础、乡村数字生产、乡村数字经济以及乡村数字生活四个维度构建数字乡村建设评价指标体系。具体来看,乡村数字基础主要关注数字技术要素的物质载体,乡村数字生产主要关注数字技术要素嵌入农业生产过程带来的要素配置方式变革,乡村数字经济主要关注数字技术这一要素价值在流通环节的数字化实现,乡村数字生活则主要关注数字技术要素产生的社会效应(见表1)。

参考姚毓春和李冰^[27]、刘晓倩和李玲^[28]的研究,本文主要从农业创新发展、农业协调发展、农业绿色发展、农业开放发展以及农业共享发展五个维度构建农业高质量发展评价指标体系。其中,农业创新发展主要对应技术驱动下的产业结构升级,农业协调发展主要对应产业内部的协调性水平,农业绿色发展主要对应产业结构的可持续性,农业开放发展主要对应产业结构的外部关联性,农业共享发展则主要对应结构升级的收益分配。具体指标及其属性见表2。

表1 数字乡村建设评价指标体系²⁾

一级指标	二级指标	指标说明	属性
乡村数字基础	农村通信基础设施的发展水平	光缆线路的长度(公里)	+
	农村智能手机普及率	农村居民家庭平均每百户年末移动电话拥有量(部)	+
	农村广播电视普及率	农村有线广播电视入户率(%)	+
	农村计算机普及率	农村居民家庭平均每百户年末计算机拥有量(台)	+
	农村网络建设水平	农村宽带接入户数(万户)	+
	农业气象观测站	农业气象观测站点数(个)	+
乡村数字生产	农业机械化水平	农业机械总动力(10 ⁴ 千瓦)	+
	农业数字化生产水平	(第一产业从业人员/总就业人数)(万人)× 有电子商务交易活动的企业数(个)	+
	农业生产投资力度	农、林、牧、渔业固定资产投资(亿元)	+
	农业农村数字基地	淘宝村数量(个)	+
乡村数字经济	农村网络支付水平	数字普惠金融发展指数	+
	农村数字交易水平	(第一产业从业人员/总就业人数)(万人)× (电子商务采购额+电子商务销售额)(亿元)	+
乡村数字生活	农村数字服务消费水平	农村居民家庭人均交通和通讯消费支出(元)	+
	农村数字文化发展水平	乡镇文化站数量(个)	+
	农村邮政投递水平	农村每周平均邮政投递次数(次)	+
	农村电力消耗水平	农村用电量/农村人口(10 ⁹ 千瓦·h·万人 ⁻¹)	+

表2 农业高质量发展评价指标体系

一级指标	二级指标	指标说明	属性
农业创新发展	科技三项支出	地方财政科学技术支出(亿元)/地方财政一般预算支出(亿元)	+
	农业机械化程度	农业机械总动力(万千瓦)/农作物总播种面积(千公顷)	+
	研究与试验发展(R&D)经费投入强度	研究与试验发展(R&D)经费投入强度(%)	+
	国内专利申请数量	国内专利申请数量(项)	+
	单位面积农业GDP产值	农业总产值(亿元)/农作物总播种面积(千公顷)	+
农业协调发展	财政支农力度	地方财政农林水事务支出(亿元)/地方财政一般预算支出(亿元)	+
	农村恩格尔系数	农村居民家庭恩格尔系数(%)	-
	农村居民消费水平	农村居民人均消费支出(元)	+
	产业协调水平	第一产业增加值(亿元)/地区生产总值(亿元)	+
农业绿色发展	农业产业结构调整指数	农业总产值(亿元)/农林牧渔业总产值(亿元)	+
	单位面积化肥使用量	农用化肥施用折纯量(万吨)/农作物总播种面积(千公顷)	-
	单位面积农用塑料薄膜使用量	农用塑料薄膜使用量(万吨)/农作物总播种面积(千公顷)	-
	农用柴油使用强度	农用柴油使用量(万吨)/农作物总播种面积(千公顷)	-
农业开放发展	森林覆盖率	森林覆盖率(%)	+
	农产品出口依存度	农产品出口贸易额(万美元)/第一产业增加值(万元) ^③	+
	农产品进口依存度	农产品进口贸易额(万美元)/第一产业增加值(万元)	+
农业共享发展	城乡居民收入比	城镇居民人均可支配收入(元)/农村居民人均可支配收入(元)	-
	农村居民人均可支配收入	农村居民人均可支配收入(元)	+
	农村居民生活水平	农村居民家庭人均文教娱乐用品及服务消费支出(元/人)	+
	城乡消费差距	城镇居民人均消费支出(元)/农村居民人均消费支出(元)	-
	村卫生室数量	村卫生室数量(个)	+

② 受省级层面长周期数据可得性的限制，本文在构建数字乡村建设指标体系时未将乡村数字治理单列为测度维度，后续研究可待统计数据完善后，对相关指标作进一步拓展，以更全面分析数字乡村建设水平及其与农业高质量发展的耦合关系。

③ 按当年度人民币对美元汇率(美元=100)转化计算(单位为元)。

(三) 研究方法

1. 熵值法。本文采用熵值法确定数字乡村建设与农业高质量发展各项指标的权重, 具体步骤如下:

(1) 采用极差标准化方法对原始数据进行标准化处理。

正向指标:

$$X_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (1)$$

负向指标:

$$X_{ij} = \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (2)$$

其中, i 表示样本(省份)序号, j 表示评价指标序号; X_{ij} 表示第 i 个样本(省份—年份组合)在第 j 个指标上的标准化值。为了消除 0 值与负值的影响, 将标准化后的全部数据结果同时加上一个最小单位值 θ , 使其满足运算要求, 取 $\theta = 0.0001$, 得到 X'_{ij} 。

(2) 指标权重(比重、熵值、冗余度和权重)。

$$w_j = \frac{1 + \frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}}{\sum_{j=1}^m \left[1 + \frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \right]}, P_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^n X'_{ij}} \quad (3)$$

其中, P_{ij} 表示第 i 个样本在第 j 个指标上的比重。

(3) 基于利用熵值法测算得到的权重, 采用综合加权法计算 i 省份数字乡村建设或农业高质量发展水平的综合指数, 公式如下:

$$U_j = \sum_{j=1}^m w_j \times X'_{ij} \quad (4)$$

2. 耦合协调度模型。数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调度计算公式为:

$$C = 2 \sqrt{\frac{U_1 \times U_2}{(U_1 + U_2)^2}} \quad (5)$$

$$T = \alpha \times U_1 + \beta \times U_2 \quad (6)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (7)$$

其中, U_1 表示数字乡村建设水平指数, U_2 表示农业高质量发展水平指数, C 表示耦合度, T 表示数字乡村建设与农业高质量发展的协调指数, D 表示耦合协调度; α 和 β 为两个系统的待定权重, 在评估过程中认为两个系统重要程度相同, 均确定为 0.5。耦合协调度划分标准见表 3。

表 3 耦合协调度及等级划分

耦合协调度	耦合协调等级	耦合协调度	耦合协调等级
$0.000 \leq D < 0.100$	极度失调	$0.500 \leq D < 0.600$	勉强协调
$0.100 \leq D < 0.200$	严重失调	$0.600 \leq D < 0.700$	初级协调
$0.200 \leq D < 0.300$	中度失调	$0.700 \leq D < 0.800$	中级协调
$0.300 \leq D < 0.400$	轻度失调	$0.800 \leq D < 0.900$	良好协调
$0.400 \leq D < 0.500$	濒临失调	$0.900 \leq D < 1.000$	优质协调

3. Dagum 基尼系数。采用 Dagum 基尼系数对数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调度进行差异分解, 并探究差异来源。Dagum 基尼系数的计算公式如下:

$$Gini = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |D_{j,i} - D_{h,r}|}{2n^2 \times \bar{D}} \quad (8)$$

$$Gini = Gini_w + Gini_n + Gini_\delta \quad (9)$$

其中, k 表示区域数量, n 表示省份数量, $D_{j,i}(D_{h,r})$ 表示 $j(h)$ 地区内 $i(r)$ 省份的耦合协调度, $n_j(n_h)$ 表示 $j(h)$ 地区内的省份数量, $\bar{D}$ 表示耦合协调度的平均值, $Gini_w$ 表示区域内差异, $Gini_n$ 表示区域间差异, $Gini_\delta$ 表示超变密度。

4. 核密度估计。采用核密度估计的概率密度曲线, 分析数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的时间演变趋势。具体公式如下:

$$f(D) = \frac{1}{nh} \sum_k K\left(\frac{D - \bar{D}}{h}\right) \quad (10)$$

其中, h 表示带宽, K 表示核函数, n 表示样本量, D 表示耦合协调度, $\bar{D}$ 表示耦合协调度的平均值。

5. 马尔可夫链模型。通过构建马尔可夫链转移概率矩阵, 分析数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的空间演变特征。具体公式如下:

$$P_{i,j}(E_i \rightarrow E_j) = \frac{n_{i,j}}{n_i} \quad (11)$$

其中, $P_{i,j}$ 为某省份数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度从 t 年第 i 种类型转移到 $t+1$ 年第 j 种类型的概率, $n_{i,j}$ 表示耦合协调度由第 i 种类型转移到第 j 种类型的省份数量之和, n_i 为第 i 种耦合协调度类型的省份数量之和。

6. 随机效应面板 Tobit 模型。选取该模型基于以下考虑: 一是数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度是取值于 $[0, 1]$ 区间的受限因变量, Tobit 设定能将估计约束在理论取值区间内, 避免样本外预测越界; 二是固定效应面板 Tobit 模型存在伴生参数问题, 无法通过条件似然消除个体效应, 估计量有偏且不一致, 故采用随机效应设定。具体公式如下:

$$Y_{i,t}^* = \alpha + \beta \times X_{i,t} + \mu_i + \varepsilon_{i,t} \quad (12)$$

$$Y_{i,t} = \begin{cases} 0, & Y_{i,t}^* \leq 0 \\ Y_{i,t}^*, & Y_{i,t}^* > 0 \end{cases} \quad (13)$$

其中, 被解释变量为 $Y_{i,t}^*$, 表示数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度, $X_{i,t}$ 为解释变量, 包括经济发展水平、城镇化水平、教育水平、交通设施水平、技术投入水平、产业结构升级指数; μ_i 表示省份个体随机效应, $\varepsilon_{i,t}$ 表示随机扰动项, 服从于均值为 0 的正态分布。

四、结果分析

(一) 数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的测度

利用熵值法测算得到 2011—2024 年我国 31 个省份数字乡村建设与农业高质量发展水平指数。基于此, 运用耦合协调度模型对二者耦合协调度进行测算, 耦合协调度等级划分参考表 3。同时, 对我国四大区域^④的数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度均值及等级进行计算和划分, 具体结果见表 4。

④ 参考国家统计局经济地带划分方式, 将我国四大区域划分为东中西部及东北地区, 其中, 东部地区包括北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南; 中部地区包括山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南; 西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆; 东北地区包括辽宁、吉林、黑龙江。

表 4 2011—2024 年数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度及等级

年份	全国		东部地区		中部地区		西部地区		东北地区	
	耦合协调度	等级	耦合协调度	等级	耦合协调度	等级	耦合协调度	等级	耦合协调度	等级
2011	0.313	轻度失调	0.364	轻度失调	0.325	轻度失调	0.265	中度失调	0.310	轻度失调
2012	0.327	轻度失调	0.379	轻度失调	0.338	轻度失调	0.278	中度失调	0.322	轻度失调
2013	0.340	轻度失调	0.399	轻度失调	0.348	轻度失调	0.289	中度失调	0.332	轻度失调
2014	0.350	轻度失调	0.405	濒临失调	0.361	轻度失调	0.302	轻度失调	0.338	轻度失调
2015	0.364	轻度失调	0.421	濒临失调	0.376	轻度失调	0.315	轻度失调	0.349	轻度失调
2016	0.374	轻度失调	0.433	濒临失调	0.387	轻度失调	0.322	轻度失调	0.355	轻度失调
2017	0.383	轻度失调	0.448	濒临失调	0.392	轻度失调	0.330	轻度失调	0.359	轻度失调
2018	0.394	轻度失调	0.463	濒临失调	0.404	濒临失调	0.340	轻度失调	0.361	轻度失调
2019	0.404	濒临失调	0.478	濒临失调	0.413	濒临失调	0.348	轻度失调	0.363	轻度失调
2020	0.409	濒临失调	0.474	濒临失调	0.422	濒临失调	0.358	轻度失调	0.367	轻度失调
2021	0.423	濒临失调	0.494	濒临失调	0.437	濒临失调	0.368	轻度失调	0.375	轻度失调
2022	0.429	濒临失调	0.501	勉强协调	0.445	濒临失调	0.374	轻度失调	0.378	轻度失调
2023	0.441	濒临失调	0.515	勉强协调	0.455	濒临失调	0.384	轻度失调	0.389	轻度失调
2024	0.449	濒临失调	0.524	勉强协调	0.462	濒临失调	0.392	轻度失调	0.402	濒临失调

按照耦合协调度的时序变化，2011—2024 年全国、东中西部和东北地区的数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度整体呈增长趋势(2020 年东部地区略低于 2019 年)。从全国层面看，耦合协调度均值从 0.313 上升至 0.449，耦合协调度等级由轻度失调转变为濒临失调，表明全国范围内数字乡村建设与农业高质量发展趋于融合发展。从区域层面看，四大区域整体呈现“东部引领发展、中部和东北追赶、西部滞后”的空间格局。东部地区的耦合协调度均值从 0.364 提升至 0.524，由轻度失调转变为勉强协调；中部地区的耦合协调度均值从 0.325 提升至 0.462，由轻度失调转变为濒临失调；西部地区的耦合协调度均值从 0.265 提升至 0.392，由中度失调转变为轻度失调；东北地区的耦合协调度均值从 0.310 提升至 0.402，由轻度失调转变为濒临失调。

四大区域空间格局差异的潜在原因为：其一，地理位置差异导致区域发展不均衡。东部地区在基础设施、物流体系、技术支撑等方面具有先天区位优势，在发展早期实现农业产业链和数字技术融合，较早进入勉强协调阶段；中、西部和东北地区因地形复杂、数字基础设施覆盖面窄、物流成本高、设备运行保障不足、农产品流通体系不畅等局限，信息、资金和人才等要素难以实现流动和下沉，数字革新与农业发展长期处于失调局面。随着国家层面重视程度的提高，中、西部和东北地区得到资源倾斜，逐步摆脱失调局面。其二，政策供给差异引致发展保障不充足。从国家整体层面看，农业现代化和数字乡村建设在政策落地上存在明显的时间梯度特征，东部地区作为发展的先行示范区，较多承担数字农业、农村电商等国家重大政策的试点任务，在资金、人才、基建等领域投入密度高，地方政府配套能力相对较强；中部和东北地区采取追赶型政策，政策红利释放速度相对缓慢，区域内部分省份通过承接先发地区的产业转移和国家农业类项目，耦合协调度稳步提升；西部地区则因各类基础保障和政策资源相对不足，长期处于补短板阶段，致使数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调度处于中度至轻度失调区间。其三，发展基础差异导致区域间发展进程不同步。东部地区的经济基础优势使得农业发展较早迈入高附加值、强品牌建设阶段，且农民受教育程度和数字素养较高，技术转化能力较强；中部和东北地区作为主要粮食产区，尽管农业规模较大，但仍处于产业链中前端位置，且数字化改造重点偏向于部分生产管理环节（如育种、种植、田间管理等），产业链后端的加工和销售环节缺乏数字融合接口，同时随着地区性人口外流程度的加剧，农村留守群体数字化接受能力偏低，导致数字化改造投入成本远

高于实际产出；西部地区囿于产业发展配套不足和市场化水平不高等问题，数字接入能力低，难以将数字技术转化为推动发展的高效工具，耦合协调度水平长期落后于其他三大区域。

（二）数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的时空演变

1. 空间差异分析。为呈现我国数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的空间差异，采用Dagum基尼系数，对耦合协调度的总体差异、区域内差异、区域间差异及贡献率进行测算，具体结果见表5。

表5 2011—2024年全国数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的基尼系数

年份	总体基尼系数	区域内基尼系数				区域间基尼系数						贡献率(%)		
		东部	中部	西部	东北	东—中	东—西	东—东北	中—西	中—东北	西—东北	区域内	区域间	超变密度
2011	0.110	0.073	0.038	0.097	0.027	0.092	0.172	0.107	0.114	0.038	0.096	20.801	8.398	70.801
2012	0.106	0.071	0.033	0.092	0.026	0.089	0.167	0.105	0.108	0.036	0.091	20.606	8.292	71.101
2013	0.107	0.077	0.034	0.085	0.023	0.096	0.171	0.112	0.104	0.035	0.086	20.291	8.790	70.917
2014	0.101	0.073	0.035	0.082	0.022	0.087	0.159	0.109	0.100	0.041	0.076	20.735	8.169	71.095
2015	0.101	0.075	0.036	0.084	0.019	0.087	0.156	0.111	0.100	0.044	0.073	21.203	8.017	70.780
2016	0.104	0.079	0.039	0.085	0.017	0.089	0.160	0.117	0.104	0.052	0.071	21.342	8.212	70.445
2017	0.108	0.082	0.045	0.087	0.017	0.098	0.165	0.126	0.104	0.058	0.070	21.328	8.606	70.066
2018	0.111	0.087	0.048	0.086	0.014	0.102	0.168	0.138	0.106	0.070	0.066	21.239	8.949	69.812
2019	0.114	0.088	0.049	0.086	0.021	0.108	0.172	0.150	0.106	0.076	0.065	21.010	9.340	69.650
2020	0.106	0.083	0.050	0.087	0.017	0.091	0.154	0.137	0.104	0.080	0.064	22.213	8.157	69.630
2021	0.108	0.083	0.045	0.086	0.017	0.093	0.159	0.145	0.103	0.080	0.064	21.562	8.720	69.718
2022	0.109	0.086	0.046	0.090	0.019	0.093	0.159	0.147	0.104	0.086	0.067	22.094	8.636	69.270
2023	0.110	0.087	0.049	0.088	0.014	0.096	0.160	0.147	0.104	0.085	0.065	22.001	8.738	69.261
2024	0.108	0.088	0.049	0.087	0.014	0.096	0.158	0.140	0.103	0.079	0.063	22.238	8.490	69.272
均值	0.107	0.081	0.042	0.087	0.019	0.094	0.163	0.128	0.104	0.062	0.073	21.333	8.537	70.130

总体差异方面，2011—2024年的基尼系数呈“先降再升再降”的波动式变化，整体从2011年的0.110降低至2024年的0.108，基尼系数最高为2019年的0.114，全国耦合协调度的总体空间差异较小，且14年间无明显扩大或缩小趋势，说明全国数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调度在空间分布上较为均衡。主要原因在于：一方面，国家制定长期发展战略，持续推出数字乡村发展、农业绿色发展等宏观政策和规划，如《数字乡村发展战略纲要》《“十四五”全国农业绿色发展规划》等，在全国范围内形成目标指引。随着各类数字基础设施的大范围普及，数字技术在农业生产领域的应用门槛降低，中西部和东北地区显现后发优势。另一方面，各省份通过制定并执行地方性政策，全面开展农业数字化平台建设、电商进农村、智慧农业试点等基础性工程，并在政策学习与模仿过程中不断缩小区域间协调度差距，使之保持相对较低的空间差异。

区域内差异方面，2011—2024年，东部地区基尼系数均值为0.081，中部地区为0.042，西部地区为0.087，东北地区为0.019，说明东北地区内部各省份最为均衡，中部地区次之，西部地区和东部地区略高但属低差异水平，各区域内部差异未出现异常波动。具体来看，东部地区整体呈上升趋势，从2011年的0.073上升至2024年的0.088；西部地区的基尼系数均值最高，但整体呈下降趋势，从2011年的0.097下降至2024年的0.087；中部和东北地区则分别呈现整体上升趋势和整体下降趋势。区域内差异成因可解释为：首先，东部地区部分省份(如江苏、浙江等)为先行先试地区，依托数字经济优势较快推进农业高质量发展，其余省份受制于自身农业结构或资源投入力度，发展相对滞后，导致东部地区内部差距有所拉大；其次，得益于西部大开发、脱贫攻坚等国家

政策的倾斜,并借助财政转移支付和东西部协作机制的有效推动,西部各省份在基础设施、产业发展、人才培养等方面内部差异下降;再次,中部地区内部差异略有上升,与各省份战略定位相关,例如河南、安徽这类农业大省与山西这类资源型省份的转型节奏存在差异,但因数字技术赋能农业产业的基础相对薄弱,转型差异并未完全显现;最后,东北地区的内部差异极小,黑吉辽三省农业发展的结构性要素具有同质性,且面临的外部挑战和政策环境共通,并未产生较显著的内部差异。

区域差异方面,2011—2024年,东—西基尼系数均值最高(0.163),其次分别为东—东北(0.128)、中—西(0.104)、东—中(0.094)、西—东北(0.073),而中—东北差距最小(0.062)。具体来看,东—中、中—西的基尼系数整体变化保持稳定,前者在2019年达到最高值0.108,后者在2011年达到峰值后整体保持稳定,部分年度虽有所提升但未出现较大波动;14年间,东—西、西—东北基尼系数均呈总体下降趋势,而东—东北、中—东北基尼系数则呈总体上升趋势。区域间差异原因在于:其一,东部与西部地区的差距最大但呈总体下降趋势,这主要得益于西部地区的加速追赶,在国家和地方政策的共同支持下,部分省份的农业发展转型取得一定突破;其二,东部、中部与东北地区的差距均呈上升趋势,主要在于东北地区面临经济增速放缓、农业投入不足等问题,而东部和中部地区凭借各自优势在智慧农业、农村电商等领域持续创新,区域间相对差距扩大;其三,西部与东北地区差距下降,说明近些年西部地区在国家政策扶持和脱贫攻坚战中迅速积累发展基础,并逐渐接近甚至部分超过东北地区;其四,东部与中部地区的差距保持相对稳定,两大区域间的协调度水平处于均衡竞争状态。整体而言,区域差异的变化主要受经济发展、政策支持、转型速度、资源禀赋差异等因素影响。

区域差异来源及贡献度方面,区域内差异的平均贡献率为21.33%,区域间差异的平均贡献率为8.54%,而超变密度的平均贡献率为70.13%,说明空间差异并非源于区域间平均水平的高低,而是不同区域间样本分布的交叉重叠。究其原因:一是具体省份的发展路径差异超越了区域整体的发展状况。例如,西部地区的四川和陕西自身发展路径的更新得益于“东数西算”工程与农业科技园区建设,形成不同于其他西部省份的发展模式,故其耦合协调度略高于部分东部省份。二是国家政策的投放策略与试点机制打破区域界限。长期存在的东西部地区发展差异,推动政策投放逻辑从普惠式向选择性配置转变。当前,数字乡村试点县、农业绿色发展先行区等政策并非平均分配,而是依据各地发展基础差异化投放,这不仅使同一区域内的受益省份存在差异,也导致不同区域间出现受益省份交叉重叠的现象。三是不同于其他技术的空间固定性,数字技术的流动属性使其具备跨越空间束缚的特质,平台销售、电商直播等新型经济模式能够辅助部分后发地区摆脱传统发展路径,赋能农业以实现产业发展的弯道超越。

2. 时间动态演变。为直观考查数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的时间动态演变特征,绘制数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的核密度估计图(见图1)。

从全国层面来看,图1(a)的结果显示,核密度曲线主峰位置右移,说明全国层面的数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度稳步提升,主峰高度随时间变动下降,且曲线呈扁平化特征,表明二者耦合协调度虽实现整体提升,但各省份差异不断扩大,区域绝对差异仍然存在,同时核密度曲线在延展性上呈右侧拖尾特征,可见部分省份数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度处于较高水平。上述结果说明,随着国家层面的“数字中国”建设、农业强国等战略和配套政策的推出,我国数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度虽得到整体提升,但不同区域的经济基础、数字基础设施、财政能力等差异,使部分省份提升速度更快;与此同时,部分省份因数字技术运用推广早、产业化和机械化程度高等优势,整体差异不断拉大,带来曲线整体的右侧拖尾。

具体到四大区域，图1(b)至图1(e)的结果显示，东部地区核密度曲线的中心右移，主峰高度随时间变动降低，且曲线数据从相对集中转变为相对扁平，核密度曲线在延展性上呈左侧拖尾，说明东部地区整体耦合协调度稳步提升，但区域内差异拉大；左侧拖尾说明部分省份在区域整体耦合协调度提升的背景下并未实现自身提升。例如，江苏、浙江等农业数字化先发地区具备实现耦合协调度提升的基础优势，同时部分东部沿海省份城市化产生的人口及资源“虹吸效应”，使得部分不发达省份出现农业人口流失、数字技术推广不足、应用成本过高等问题，导致东部地区呈左侧拖尾。中部地区核密度曲线的中心右移，主峰高度随时间变化从2014年前的相对集中转变为2017年后的相对扁平，核密度曲线的延展性从2017年开始呈左侧拖尾，表明中部地区的区域协调度稳步提升，而2017年为内部各省份间差异凸显的分界年份，2017年后部分省份的落后趋势显著。造成这一问题的主要原因是，部分中部省份的战略把握能力和自身禀赋存在差异。例如，河南、安徽等农业生产大省抓住国家政策，推动农业产业转型及数字基础设施建设与改造，而部分省份由于资源依赖或经济基础薄弱导致区域内差异逐渐拉大。西部地区核密度曲线的主峰位置右移，主峰高度随着时间变化降低，曲线数据自2020年后逐渐扁平化，核密度曲线在延展性上呈右侧拖尾，说明部分省份耦合协调度稳步提升，处于区域内较高水平，进一步拉大区域内省份差异。主要原因是，西部地区部分省份依托国家层面“东数西算”、大数据试验区建设等完成数字产业布局。随着数字平台的涌现，部分省份农业产业也抓住机遇实现超越，在西部地区形成右侧拖尾。东北地区核密度曲线主峰位置右移，主峰高度随时间逐渐上升，且曲线数据日益集中，核密度曲线在延展性上并未出现明显拖尾，说明东三省差异随时间变动逐渐缩小，主要原因在于东北地区政策层面具有同质性。作为传统粮食主产区与老工业基地，东北地区的农业经营方式与技术研发能力高度相似，数字乡村建设起步晚且发展水平接近，同时国家统筹推进东北地区整体发展，区域内异质性水平显著低于其他区域。

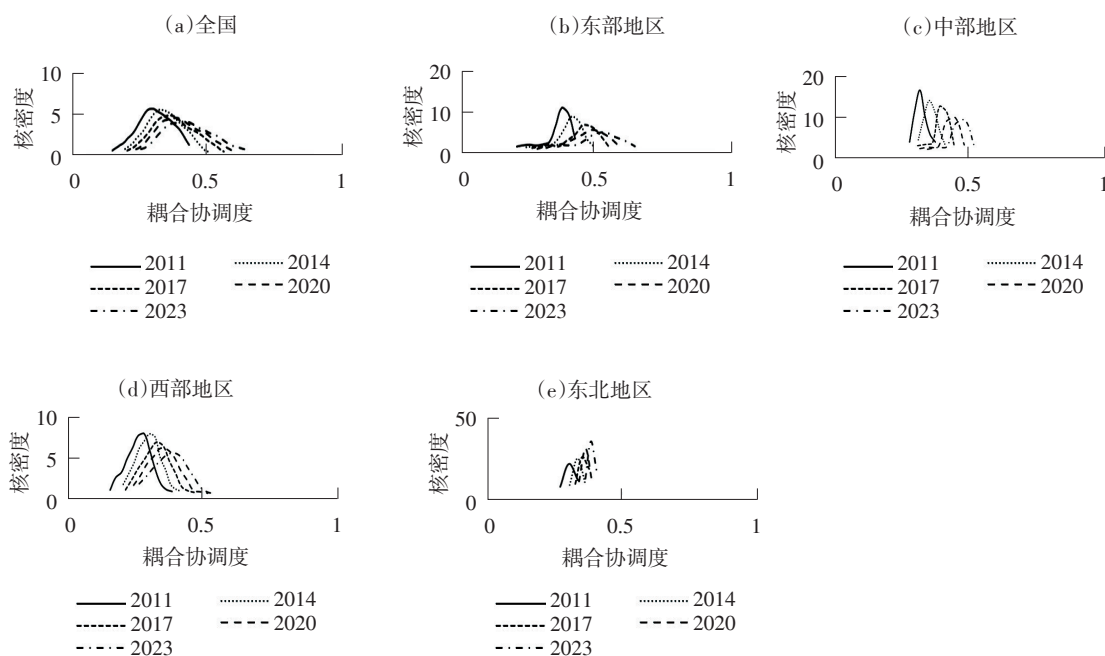


图1 2011—2024年全国及四大区域数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的核密度曲线

3. 空间动态演变。为分析我国数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的空间动态演变，本文将耦合协调度等级按照原始等级结果的四分位数分为四类（Ⅰ代表低水平失调、Ⅱ代表中等失

调、Ⅲ代表中等协调、Ⅳ代表高水平协调)，并计算传统马尔可夫链和空间马尔可夫链转移概率矩阵。具体结果见表 6。

表 6 数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度的马尔可夫链转移概率矩阵

空间滞后类型	$t/(t+1)$	I	II	III	IV
不考虑空间滞后	I	0.7761	0.2239	0	0
	II	0.0034	0.9631	0.0336	0
	III	0	0.0286	0.9143	0.0571
	IV	0	0	0	1.0000
空间滞后类型 I	I	0.7895	0.2105	0	0
	II	0	1.0000	0	0
	III	0	0	0	0
	IV	0	0	0	0
空间滞后类型 II	I	0.6667	0.3333	0	0
	II	0.0189	0.9434	0.0377	0
	III	0	0	1.0000	0
	IV	0	0	0	0
空间滞后类型 III	I	0.8333	0.1667	0	0
	II	0	0.9444	0.0556	0
	III	0	0	0.9167	0.0833
	IV	0	0	0	1.0000
空间滞后类型 IV	I	0	1.0000	0	0
	II	0	0.9474	0.0526	0
	III	0	0.0476	0.9048	0.0476
	IV	0	0	0	1.0000

传统马尔可夫链不考虑空间滞后因素，仅按照耦合协调度类型分类。结果如下：低水平失调有 77.6% 的概率保持，有 22.4% 的概率升级，说明低水平失调有较大概率改善，但难以一步跨入协调；中等失调有 96.3% 的概率保持，有 0.34% 的概率降级，有 3.4% 的概率升级，说明中等失调稳定性强，双向转移概率均远低于等级稳定的概率，呈现出“锁定”特征；中等协调稳定性高，有一定概率跃升至高水平协调(5.7%)，有 2.9% 的概率降级。研究结果进一步表明，在达到高水平协调后，稳定概率为 100%。整体上看，耦合协调度具有较强的状态依赖性，低等级有一定提升空间，中高等级非常稳定，高水平协调完全“锁定”。这一状态依赖性和稳定性说明，当前我国数字乡村建设与农业高质量发展过程中一旦达成某种协调水平，其发展状态可能会在技术发展路径、政策支持力度等方面形成惯性，导致状态难以快速改变。同时，由于数字技术与农业现代化的融合路径和机制还存在诸多发展瓶颈，低水平协调实现改善的概率会随技术引入和运用得以短期提高，但要达到协调度的跨越式突破和质变式发展仍较难。

空间马尔可夫链考虑空间邻近因素，不同空间滞后类型下的转移概率矩阵存在显著差异，研究结果呈现出“邻弱锁中、中邻助中、邻强拉低、极强抑中”的空间溢出效应。具体来看：(1)“邻弱锁中”：在邻居(即周边省份)水平最低的类型 I 中，在邻近地区普遍落后的情况下，低水平协调有 21.1% 的概率实现改善，而中等失调不会转移，实现 100% 保持，此时无中等协调或高水平协调的观测值，说明不发达地区难以出现中高水平的协调状态；在邻居水平中低的类型 II 中，低水平失调有 33.3% 的概率升级，中等失调有 94.3% 的概率保持，有 3.8% 的概率升级，中等协调则 100% 保

持。(2)“中邻助中”:在邻居水平中高的类型Ⅲ中,低水平失调有83.3%的概率保持,中等失调有94.4%的概率保持,有5.6%的概率升级,中等协调有91.7%的概率保持,有8.3%的概率升级,高水平协调则100%保持。(3)“邻强拉低”与“极强抑中”:在邻居水平最高的类型Ⅳ中,低水平失调有100%的概率升级为中等失调,中等失调有94.7%的概率保持,有5.3%的概率升级,中等协调有90.5%的概率保持,有4.8%的概率升级,高水平协调则有100%的概率保持。

从空间马尔可夫链的整体结果来看,周边地区发展水平对本地耦合协调度的转移有重要影响,在邻居水平高的地区,低水平失调更容易跃升;在邻居水平低的地区,低水平失调升级的概率较低,甚至中等失调完全锁定,且中等协调在中等邻居水平下升级的概率更高,说明适度的外部环境更利于促进跃升。结合空间马尔可夫链的结果发现:其一,当邻居水平较高时,可通过学习和模仿实现本地发展水平提升,例如类型Ⅳ的低水平失调有100%的概率实现等级提升,表明当前区域间示范与竞争会影响地方发展决策;其二,高水平地区对低水平地区产生“虹吸效应”,如类型Ⅳ的升级概率低于类型Ⅲ,说明邻居过于发达可能会吸走本地资源,使中等协调地区的升级受阻;其三,当前部分地区发展处于恶性循环,例如邻居水平普遍落后会导致本地发展缺乏外部带动,低水平耦合协调的升级概率低,中等失调则会完全“锁定”;其四,当邻居水平中高时,反而存在技术外溢的可能,中等协调状态地区能够从高水平的邻居受益,不会出现过度挤压地区发展的情况。

(三) 数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调的驱动因素分析

1. 影响因素选取。数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调发展受多种因素驱动,本文运用随机效应面板Tobit模型探究耦合协调度的驱动因素。在模型设计中,将数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调度作为被解释变量,并在参考既有研究成果基础上^[29-31],选取以下解释变量:经济发展水平,采用省域GDP的自然对数衡量;城镇化水平,采用城市人口占总人口比重衡量;教育水平,将各地区每十万人人口初中、高中和高等教育三个学段在校生数分别除以全国对应学段的平均水平,用以表示该地各教育阶段在校生规模相对于基准水平的倍数(基准水平赋值为1)以消除量纲差异,直接加权合成综合指数用以衡量各地区教育水平;交通设施水平,采用各地区的公路里程数衡量;技术投入水平,采用各地区研究与试验发展(R&D)人员全时工作量衡量;产业结构升级指数,采用第三产业增加值与第二产业增加值之比衡量。

2. 回归结果分析。为避免固定效应面板Tobit模型导致估计量有偏,本文采用随机效应面板Tobit模型进行实证分析。同时,为确保回归分析结果的稳健性并考虑潜在的内生性问题,分别采用固定效应OLS模型、解释变量滞后一期对全国层面的实证分析结果进行稳健性检验。表7结果显示,固定效应OLS与解释变量滞后一期的估计结果与基准Tobit回归在核心结论上基本保持一致。其中,经济发展水平和技术投入水平的系数均显著为正,且滞后一期模型中各系数的显著性与Tobit模型的结果基本吻合;将Tobit模型结果与固定效应OLS模型结果对照后,可以发现差异主要在城镇化水平、教育水平与产业结构升级指数的显著性水平上,可能原因在于固定效应OLS模型仅利用组内变异难以识别其影响,而随机效应Tobit兼用组间与组内变异,而前述变量多为组间维度差异较大的变量(例如城镇化水平在单一省份的多个年度变化量不大,差异主要体现在组间维度,即各省份层面,而固定效应OLS消除了省际间差异),因此分析上述因素的驱动效应时,应当考虑此类变量的长期性、结构性特征会对结果稳健性产生一定程度影响^⑤。

⑤受既有数据资料所限,本文在驱动因素分析部分尽管通过稳健性检验对实证结果展开进一步分析,但仍难以完全排除不可观测因素的干扰,并且可能遗漏变量导致偏误方向与大小未知,未来可借助更丰富的微观数据与识别策略,深化对各类因素影响耦合协调度的因果识别。

表 7 Tobit 回归及稳健性检验结果

	Tobit 回归结果					固定效应	解释变量
	全国	东部	中部	西部	东北	OLS	滞后一期
经济发展水平	0.083*** (0.008)	0.137*** (0.018)	0.075*** (0.010)	0.065*** (0.010)	-0.037 (0.034)	0.059** (0.025)	0.075*** (0.008)
城镇化水平	0.140*** (0.037)	0.230*** (0.084)	-0.030 (0.036)	0.136** (0.058)	0.541*** (0.206)	0.071 (0.152)	0.152*** (0.037)
教育水平	0.069*** (0.018)	0.023 (0.043)	0.112*** (0.017)	0.040*** (0.015)	0.075* (0.045)	0.022 (0.039)	0.078*** (0.021)
交通设施水平	-0.011 (0.010)	-0.042** (0.019)	-0.014 (0.014)	0.008 (0.010)	0.025*** (0.010)	-0.048 (0.031)	-0.006 (0.009)
技术投入水平	0.008** (0.004)	0.016 (0.010)	0.006 (0.006)	0.009*** (0.002)	0.002 (0.006)	0.020** (0.009)	0.007** (0.004)
产业结构升级指数	0.026*** (0.004)	-0.010 (0.009)	0.065*** (0.010)	0.040*** (0.004)	0.029*** (0.008)	0.017 (0.011)	0.024*** (0.004)
系数	-0.658*** (0.042)	-1.240*** (0.111)	-0.523*** (0.044)	-0.523*** (0.056)	0.206 (0.169)	-0.390* (0.193)	-0.584*** (0.041)
样本量	434	140	84	168	42	434	403

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著，括号内为标准误。

结合上述结果，从全国整体来看，经济发展水平、城镇化水平与教育水平均通过 1% 水平显著性检验，且系数均为正，表明三者均对数字乡村建设与农业高质量发展耦合协调度具有显著正向驱动效应；交通设施水平系数为负且未通过显著性检验，表明交通扩张的驱动效应在全国层面已不明显；技术投入水平通过 5% 水平显著性检验，表明技术投入对耦合协调度具有正向促进作用；产业结构升级指数通过 1% 水平显著性检验，表明区域产业结构升级程度越高，耦合协调度也越高，印证本文提出的要素结构与产业结构动态适配这一理论命题。

从四大区域的驱动因素来看，东部地区的经济发展水平与城镇化水平均在 1% 水平上显著为正，交通设施水平在 5% 水平上显著为负，表明东部地区经济增长和城镇化驱动作用明显；交通设施水平呈负向效应，可能源于东部地区交通网络高度完善，增加路网投资对农业农村发展的边际效益递减，挤占数字基础设施的投入空间；教育水平、技术投入水平与产业结构升级指数均不显著，可能与东部地区人才积累的边际效应递减、技术转化相对饱和以及产业结构处于相对高位相关。中部地区的经济发展水平、教育水平与产业结构升级指数均在 1% 水平上显著为正，其中产业结构升级的驱动弹性在四大区域中最大，表明中部地区作为我国重要粮食生产基地，产业结构的转型升级是推动要素结构与产业结构适配的关键抓手。西部地区的经济发展水平、城镇化水平、教育水平、技术投入水平与产业结构升级指数均显著为正，说明西部地区在补强发展基础及增强产业阶段各类要素投入的边际收益较其他地区更高。东北地区的城镇化水平、教育水平、交通设施水平、产业结构升级指数均显著为正，表明东北地区经济增长仍依赖传统重工业，农业与数字技术尚未有效融合，利用数字技术实现产业转型可能是东北地区耦合协调度提升的新方向。

五、结论与政策建议

(一) 结论

本文从结构经济学视角梳理数字乡村建设和农业高质量发展的耦合协调机理，运用 2011—2024 年我国 31 个省份样本数据测算数字乡村建设与农业高质量发展水平的综合指数，借助熵值法、耦合协调度模型、Dagum 基尼系数、核密度估计以及马尔可夫链模型分析二者耦合协调度的时空演变趋势，并采用随机效应面板 Tobit 模型探究驱动二者耦合协调的因素，得出结论如下：第一，

时序变化方面,全国层面的耦合协调度稳步提升,但仍濒临失调;东部地区勉强协调,中部和东北地区濒临失调,西部地区轻度失调。第二,空间差异方面,总体空间差异及区域内差异较小且分布均衡;区域差异显示,东部与西部地区差异最大,随时间推移逐步缩小,东部、中部与东北地区的差异随时间推移逐步扩大;空间差异贡献率表明耦合协调度的差异主要源于不同区域间样本分布的交叉重叠;时间动态演变方面,除东北地区逐渐缩小且呈现极化现象外,全国层面及其余地区均呈现扩大趋势;空间动态演变方面,耦合协调度具有状态依赖性,低等级的耦合协调度具备提升空间,中高等级耦合协调度稳定,高水平协调呈现“锁定”效应,呈现“邻弱锁中、中邻助中、邻强拉低、极强抑中”的空间溢出效应。第三,在驱动耦合协调的影响因素中,经济发展水平对全国及东中西部地区具有显著正向影响;城镇化水平对全国及东北、东西部地区具有正向影响;教育水平对全国及东北、中西部地区具有正向影响;交通设施水平对东部呈负向影响、对东北呈正向影响;技术投入水平对全国和西部地区具有正向影响;产业结构升级指数对全国及东北、中西部地区呈正向影响,且其驱动弹性在中部地区最大,印证要素结构与产业结构动态适配理论。

(二) 政策建议

结合上述研究结果,当前我国数字乡村建设与农业高质量发展在方向上协同,但在速率上存在错配,要素结构与产业结构的适配过程具有空间异质性,农业产业的结构转型不会随数字技术要素的投入自动实现。因此,在破解低水平锁定、纠正区域间结构错配等问题时,需从多维驱动因素出发,借助符合区域异质性的政策干预,推动要素结构与产业结构的深度适配。立足全国发展阶段的差异化特征,将推进数字乡村建设与农业高质量发展的耦合协调纳入国家和地方发展规划及乡村振兴战略专项规划,制定分区域、分阶段的发展目标,在省级层面建立耦合协调动态监测机制,完善评价体系,对耦合协调发展程度低的地区给予重点指导和资源倾斜。立足区域异质性,实施差异化精准调控。在东部先发地区率先探索“人工智能+”“大数据+”等技术赋能农业的发展模式,依托技术升级推动区域向更优协调水平跃升;在中部和东北地区等农业主产区加快布局物联网、农业传感器等新基建,推动数字平台与新型农业经营主体深度对接,防止数字技术“悬浮”;在西部地区加大财政转移支付中数字乡村建设专项资金比重,优先支持数字普惠金融、农村电商、远程农技服务等项目。着力破解人才供给与需求的结构性错配。在西部和东北地区的涉农高校增设农业信息化、农村电商运营等相关专业,配套定向招录与人才安居等吸引政策,帮助耦合协调度较低地区解决专业人才紧缺问题;同时,针对不同年龄、不同产业类型的农民,提供电商直播、智能农机操作等实用技能培训,提升新型农业经营主体的技能水平,将外来人才引进与内生人才培养相结合,实现人才数量与质量的同步提升。优化公共投资结构,提升资金、技术等要素向农业应用场景的转化效率。资金投入保障方面,设立农业数字化专项支持基金,重点支持适用于规模化农业生产的智能装备研发与应用,对具有发展潜力的科技研发企业给予税收减免和政策扶持,引导要素向农业农村领域精准配置。产业发展保障方面,优化农村产业投资结构,推动资金流向冷链数字化、农村客货邮融合等富民产业,延长产业价值链,提升农业产业附加值。城乡要素流动方面,加强城乡间的互动交流,打通城乡要素双向流动渠道,推动数字乡村建设与县域城镇化同步推进,形成城乡融合发展的良性循环。建立跨区域协作机制,破解空间溢出的复杂锁定效应。在东部与中部、中部与西部等邻接市县创建合作示范区,推动区域间数据共享、标准互认;鼓励东部与西部省份建立市、县层级的结对关系,在数字平台共建、人才交流、产业链对接等方面形成实质性帮扶;同步在省级层面推动县域试点、镇村连片推进,防止区域内部交叉重叠持续扩大,构建共建共享的区域协作格局。

参考文献:

- [1] 夏显力,陈哲,张慧利,等. 农业高质量发展:数字赋能与实现路径[J]. 中国农村经济, 2019(12): 2-15.

- [2] 罗千峰, 赵奇锋, 张利庠. 数字技术赋能农业高质量发展的理论框架、增效机制与实现路径[J]. 当代经济管理, 2022(7): 49-56.
- [3] 曾亿武, 宋逸香, 林夏珍, 等. 中国数字乡村建设若干问题刍议[J]. 中国农村经济, 2021(4): 21-35.
- [4] 高贵现. 中国数字乡村建设水平测度、动态演化及收敛特征[J]. 统计与决策, 2024(20): 119-124.
- [5] 辛岭, 安晓宁. 我国农业高质量发展评价体系构建与测度分析[J]. 经济纵横, 2019(5): 109-118.
- [6] 张鸿, 王浩然, 李哲. 乡村振兴背景下中国数字农业高质量发展水平测度——基于2015—2019年全国31个省市数据的分析[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2021(3): 141-154.
- [7] 沈费伟, 张茜. 高质量公共服务供给: 驱动数字乡村建设的关键战略[J/OL]. 南京工业大学学报(社会科学版). [2026-07-06]. <https://link.cnki.net/urlid/32.1653.C.20260618.1701.006>.
- [8] 刘衍峰, 涂良川. 新质生产力赋能数字乡村建设的应用机制与实践路径[J]. 云南大学学报(社会科学版), 2026(1): 112-121.
- [9] 成德宁, 黄诗琪. 农村数字化能提高农业全要素生产率吗?[J]. 农业经济与管理, 2024(2): 38-51.
- [10] 杨江华, 刘亚辉. 数字乡村建设激活乡村产业振兴的路径机制研究[J]. 福建论坛(人文社会科学版), 2022(2): 190-200.
- [11] 李小银. 数字乡村建设、资源要素错配与农业高质量发展[J]. 技术经济与管理研究, 2023(7): 91-96.
- [12] 曹杰, 王妍霏. 数字乡村、技术创新与农业高质量发展[J]. 管理学报, 2024(3): 128-142.
- [13] 沈费伟, 徐俊. 农业新质生产力驱动数字乡村高质量发展研究[J]. 电子政务, 2025(4): 2-13.
- [14] 马东俊. 数字乡村战略下农村高质量发展影响因素及路径选择[J]. 农业经济, 2022(9): 38-40.
- [15] 李明. “数字乡村”赋能农业高质量发展路径研究[J]. 农业经济, 2023(10): 36-37.
- [16] 李泰, 余衍. 新时期加快推动数字乡村高质量发展[J]. 宏观经济管理, 2024(1): 45-54.
- [17] 王胜, 余娜, 付锐. 数字乡村建设: 作用机理、现实挑战与实施策略[J]. 改革, 2021(4): 45-59.
- [18] 陈桂生, 吴合庆. 数字赋能乡村空间治理——基于空间生产理论的解释[J]. 云南民族大学学报(哲学社会科学版), 2023(5): 140-149.
- [19] 董超. 数字乡村建设何以促进农民农村共同富裕[J]. 东北农业大学学报(社会科学版), 2023(6): 28-38.
- [20] 习近平. 开创我国高质量发展新局面[J]. 求是, 2024(12): 4-15.
- [21] Chenery B. The structuralist approach to development policy[J]. American Economic Review, 1975(2): 310-316.
- [22] 鲁钊阳, 杜雨潼. 数字经济赋能农业高质量发展的实证研究[J]. 中国流通经济, 2022(11): 3-14.
- [23] 周子铭, 高鸣. 数字技术赋能农业绿色低碳转型: 理论基础、现实困境与路径优化[J]. 四川农业大学学报, 2024(5): 927-933.
- [24] 农业农村部信息中心课题组, 王小兵, 钟永玲. 农业全产业链大数据的作用机理和建设路径研究[J]. 农业经济问题, 2021(9): 90-97.
- [25] 王定祥, 彭政钦, 李伶俐. 中国数字经济与农业融合发展水平测度与评价[J]. 中国农村经济, 2023(6): 48-71.
- [26] 韩海彬, 龚亚双. 数字乡村建设对农业碳排放的空间溢出效应[J]. 农业工程学报, 2025(1): 298-307.
- [27] 姚毓春, 李冰. 数字经济赋能农业高质量发展: 机理分析与实证检验[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2023(5): 53-63+147.
- [28] 刘晓倩, 李玲. 粮食主产区农业经济高质量发展评价与时空变化特征研究[J]. 农业现代化研究, 2023(5): 765-776.
- [29] 姬志恒. 中国农业农村高质量发展的空间差异及驱动机制[J]. 数量经济技术经济研究, 2021(12): 25-44.
- [30] 张思檬, 孟越, 吴东立. 农业新质生产力与数字乡村建设耦合协调的时空演化及影响因素[J]. 统计与决策, 2026(4): 24-29.
- [31] 武永超, 王磊. 公共数据开放能否赋能数字乡村建设?——基于准自然实验的经验证据[J]. 农业经济与管理, 2025(5): 15-25.

(责任编辑: 胡英彬)

Digital Rural Construction and High-quality Agricultural Development: Spatiotemporal Evolution and Driving Factors of Their Coupling Coordination

WANG Jin

Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China

Abstract: Digital rural construction and high-quality agricultural development mutually reinforce and support each other, and their coupled, coordinated interaction is a crucial pathway for realizing agricultural and rural modernization. From the perspective of structural economics, this study, on the basis of clarifying the coupling and coordination mechanism between the two, employs the entropy method, coupling coordination degree model, Dagum Gini coefficient, kernel density estimation, the Markov chain model, and random-effects panel Tobit model to analyze the spatiotemporal evolution trends and driving factors of the coupling coordination degree between China's digital rural construction and high-quality agricultural development from 2011 to 2024. The findings are as follows: In terms of temporal evolution, the national coupling coordination degree has steadily improved but remains on the brink of disorder; the eastern region has achieved barely coordinated development, the central and northeastern regions are still on the verge of disorder, and the western region remains mildly disordered, revealing interregional development disparities. Regarding spatial disparities, overall regional differences are relatively small and distribution is fairly balanced; interregional disparities are largest between the eastern and western regions but tend to narrow, while disparities between the eastern and central regions and between the eastern and northeastern regions are relatively small but show an expanding trend. Spatial differences mainly stem from the cross-overlap of sample distributions across regions. In terms of temporal dynamic evolution, the coupling coordination degree in the whole country and in the eastern, central, and western regions has steadily increased but with a widening trend, whereas internal disparity in the northeastern region tends to converge. Regarding spatial dynamic evolution, the national level exhibits strong state dependence, with low-level states having room for improvement, medium-high levels remaining stable, and high levels locked-in, manifesting spatial spillover effects characterized by "neighboring low levels restrain medium levels, medium-level neighbors assist medium levels, extremely high levels inhibit medium levels, and neighboring high levels pull medium levels downward." Among the driving factors, economic development level, urbanization level, education level, transportation infrastructure level, technology input level, and industrial structure upgrading all affect the coupling coordination degree to varying extents. Accordingly, measures can be taken from five aspects——top-level design, policy supply, talent cultivation, resource guarantee, and regional collaboration——to promote the coupled and coordinated development of digital rural construction and high-quality agricultural development in China.

Key words: digital rural construction; high-quality agricultural development; coupling coordination degree; spatiotemporal evolution; driving factors