

Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2022.02.002

欢迎按以下格式引用:王定祥,冉希美.农村数字化、人力资本与农村产业融合发展——基于中国省域面板数据的经验证据 [J].重庆大学学报(社会科学版),2022(2):1-14. Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2022.02.002.



**Citation Format:** WANG Dingxiang, RAN Ximei. Rural digitalization, human capital and integrated development of rural industries: Empirical evidence based on China provincial panel data [J]. Journal of Chongqing University(Social Science Edition), 2022(2):1-14. Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2022.02.002.

# 农村数字化、人力资本与 农村产业融合发展

## ——基于中国省域面板数据的经验证据

王定祥<sup>1</sup>, 冉希美<sup>2</sup>

(1. 西南大学 经济管理学院, 重庆 400715; 2. 重庆城市科技学院 经济管理学院, 重庆 402167)

**摘要:**在数字经济时代,推动农村数字化,充分发挥数据要素生产力作用,必将会对乡村振兴中的农村产业融合发展产生深远的影响。文章首先系统梳理农村数字化对农村产业融合发展的影响机理,同时基于农村人力资本视角,详细剖析该影响可能存在的区域异质性特征;其次利用2008—2019年中国省域面板数据,实证考察农村数字化对农村产业融合发展的影响;最后考虑到不同省域之间资源禀赋的差异,尤其是作为数字技术传播和应用主体的农村人力资本的区域差异,可能会影响农村数字化的作用发挥,文章将农村人力资本设定为门限变量,实证检验农村数字化的人力资本门限效应。研究结果表明:农村数字化对农村产业融合发展的影响系数显著为正,并且通过了1%的显著性水平检验,意味着农村数字化有利于促进农村产业融合发展;延伸农业产业链条、拓展农业多重功能、发展农业新兴业态与培育产业融合主体是农村数字化影响农村产业融合发展的具体机制,相较而言,农村数字化对农业产业链条延伸、农业多功能性发挥、产业融合主体培育的促进作用要明显大于农业新业态发展;农村数字化、农村人力资本与农村产业融合发展之间存在明显的非线性门限关系,即农村数字化对农村产业融合发展的促进作用发挥要受到农村人力资本水平的制约与影响,随着农村人力资本水平的不断提高,农村劳动力运用数字资源和数字技术的能力越强,越有利于发挥农村数字化对农村产业融合发展的促进作用;进一步的耦合协调关系检验发现,农村数字化与农村人力资本的耦合协调度越高,越有利于推动农村产

**基金项目:**国家社会科学基金重点项目“财政金融配合深化与农村产业内需动力释放研究”(21AJY006);国家社科基金一般项目“贫困脆弱性视角下脱贫户返贫风险的测度、预警及阻断机制研究”(21BGL211)

**作者简介:**王定祥,西南大学经济管理学院教授,博士研究生导师,西南大学智能金融与数字经济研究院院长,Email:wdx6188@126.com。

**通信作者:**冉希美,重庆城市科技学院经济管理学院,Email:rxmqcck@163.com。

业融合发展。为此,文章提出以下政策建议:第一,推动数字乡村建设,构建农村产业数字化传递通道,加快农村数字化进程,深度挖掘和发挥数字要素的生产力作用,促进农村产业高质量融合发展;第二,因地制宜加强农村劳动力的数据技术培训,提升农村劳动力应用数字资源和数字技术的能力,不断强化农村人力资本积累,持续提升农村人力资本水平,增强农村人力资本与数字技术的耦合度,以此推动农村产业迈向深度融合发展。

**关键词:**农村数字化;农村人力资本;农村产业融合发展;门限效应;乡村振兴

**中图分类号:**F323.3;F49      **文献标志码:**A      **文章编号:**1008-5831(2022)02-0001-14

## 引言

在加快构建以国内大循环为主体,国内国际双循环相互促进的新发展格局进程中,农村产业融合发展的良性循环是农村经济可持续发展的核心。所谓农村产业融合发展的良性循环,是指农村产业的农产品生产、销售与消费密切对接、联通与互促互进,致使农村产业资本循环与周转顺畅。农村产业融合发展循环不畅,农村经济可持续循环必然受阻。构建农村产业融合发展的产销良性循环机制,农村数字化与人力资本积累的有效配合至关重要。党的十九大报告明确提出,要推进以产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕为总体目标的乡村振兴战略,为新时期解决“三农”问题指明了方向。而农村产业要兴旺,关键在于大力推动农村产业融合发展,畅通农村产业融合发展的产销循环机制,在消费升级驱动下,以良好的产业增强农业发展效率、拓展农民增收领域以及激发农村经济活力。近年来,中国农村产业融合发展取得了一定成效,但仍然面临人力资本缺失、要素供给不足、产销脱节严重、利益联结松散以及产业带动能力较弱等严峻挑战。

针对如何推进农村产业融合发展,学者们围绕加强人力资本积累、增强金融服务、完善政府扶持以及优化农户参与机制等方面进行了深入探讨<sup>[1-3]</sup>。遗憾的是,目前尚未有学者注意到农村数字化这一特殊的资源要素对农村产业融合发展可能产生的影响。事实上,数字技术作为当今世界经济和社会发展的重要驱动力,也是推动产业融合发展的关键要素。尤其是伴随中国进入全面推进乡村振兴的新发展阶段,农村对数字技术的需求越来越强烈,利用各种途径提高农村数字化水平,充分发挥数据要素生产力作用,必将深刻影响农村产业融合发展进程。那么,农村数字化究竟对农村产业融合发展影响如何?其具体的影响路径有哪些?与此同时,农村劳动力作为数字技术在农村传播与推广应用的主体,其本身所具备的人力资本水平可能会制约农村数字化的作用发挥,进而导致农村数字化对农村产业融合发展的影响是否存在区域异质性?及时回应这些疑问,对于推动农村产业深度融合发展以及实现乡村产业振兴意义重大。

从学术界的研究进展看,涉及农村数字化与农村产业融合发展关系的相关文献,聚焦于探讨农业信息化对农业经济发展的影响效应。国外研究普遍认为,农业信息化有利于传播农业市场信息、推广农业技术与降低农业经营风险,进而促进农业经济增长<sup>[4-6]</sup>。国内相关研究主要分为定性与定量两个方面。在定性研究方面,贾善刚认为,农业信息化表现为知识密集型农业增长模式、农业发展在信息技术及其人才的有机衔接与支撑中,有利于提升农产品数量与质量,以及农业经济效益<sup>[7]</sup>。梅方权指出,实施信息技术及人才储备的“信息跨越”战略,以农业信息化带动农业现代化,可以发挥后发优势,实现跨越式发展<sup>[8]</sup>。秦德智等从“农民—信息—市场”的互动视角出发,强调农

业信息化可以为农业产业结构调整带来新的效益增长空间<sup>[9]</sup>。在此基础上,徐小琪和李燕凌<sup>[10]</sup>、钟秋波<sup>[11]</sup>等学者分析了中国农业信息化建设面临的关键难题,提出了利用农业信息化推动现代农业发展的相关对策建议。在定量研究方面,学者利用不同样本实证考察了农业信息化对农业经济增长的贡献<sup>[12-15]</sup>;韩海彬和张莉检验了农业信息化与农业全要素生产率增长之间的非线性关系<sup>[16]</sup>;高杨和牛子恒采用空间杜宾模型,探讨了农业信息化对农业绿色全要素生产率的空间溢出效应<sup>[17]</sup>;此外,邓丽和薛娇利用熵权法测度了民族地区农业现代化与信息化的同步特征<sup>[18]</sup>。

上述文献为本文研究提供了重要参考,但尚未揭示农村数字化对农村产业融合发展的影响及其可能存在的区域异质性。与现有文献相比较,本文主要的拓展之处在于:首先,在乡村振兴背景下系统梳理农村数字化对农村产业融合发展的影响机理,同时基于农村人力资本视角,详细剖析该影响可能存在的区域异质性特征,有助于拓展和完善农村数字化与产业发展理论体系;其次,借助2008—2019年中国省际层面面板数据,实证考察农村数字化对农村产业融合发展的影响,也是对已有研究的有益补充;最后,考虑到不同省域之间资源禀赋的差异,尤其是作为数字技术传播和应用主体的农村人力资本的区域差异,可能会影响农村数字化的作用发挥,本文将农村人力资本设定为门限变量,实证检验农村数字化的人力资本门限效应,有助于厘清农村数字化、人力资本与农村产业融合发展的作用关系,进而为乡村振兴战略的顺利实施提供经验证据。

## 一、理论分析与研究假说

### (一) 农村数字化与农村产业融合发展

本文从农业产业链条延伸、农业多功能性拓展、农业新业态发展以及产业融合主体培育等四个方面界定农村产业融合发展内涵,并基于这四个维度探讨农村数字化影响农村产业融合发展的作用机理。

首先,农村数字化可以增强农业全产业链的关联性,有利于延伸农业产业链条。随着农村数字技术的不断进步,农业物联网与互联网连接下的智慧农业工厂逐渐增加,农业产业链不同环节的信息交流更加便利,农业生产者、加工者以及销售者基于数据集成技术,挖掘各环节传感、收集与积累的数据之价值,能够实现对农产品的市场选择与信息反馈的动态捕捉,从而根据市场消费需求合理调整优化农产品生产与加工行为,并注重完善丰富农产品流通渠道和交易体系,不断提升农产品质量与交易规模;农产品消费者基于数字远程监控技术,可以有效监测、追溯农产品的种植、加工、流通以及销售全过程,从而实现放心消费,稳定消费预期,以销促产,畅通产销循环机制。由此可知,农村数字化可以增强农业产业链上、中、下游的信息衔接,带动农业产业链延伸,实现产销对接与循环畅通,进而有利于促进农村产业融合发展。

其次,农村数字化可以促进数字技术与农村服务业的有效融合,有助于拓展农业多重功能。有效挖掘和拓展农业的多重功能,提高市场产品供给的多元化,是农村产业融合发展的关键所在。伴随农村数字化的快速推进,农村数字基础设施的逐步完善和数字技术的全面应用,为休闲农业、乡村旅游等新型农村服务业发展提供了数字宣传平台和交易平台。借助这些数字化平台,休闲农业和乡村旅游的经营者可以搭建起农副产品与市场的桥梁,迅速对接消费市场需求,打破区域阻隔,将更多的产品推向市场,扩大产品销量,同时也给消费者带来了便利,有利于拓展农业的文化功能与增值空间,进而推进农村产业融合发展。

再次,农村数字化可以促使现代数字技术向传统农业领域的渗透,有利于发展农业新业态。互联网、物联网、大数据以及云计算等现代数字技术在农业领域的持续渗透与广泛应用,可以实现对农业生产、加工、营销全过程的智能化控制和资源的优化配置,并促进新型农业经营主体、农产品加工流通企业与涉农电商企业的信息融合,提高农业劳动生产率。同时,这种渗透也将导致农村一二三产业之间的边界日渐模糊,交叉融合特征日益明显,最终推动精准农业、智慧农业、农村电商等新业态的快速发展。新业态作为现代生产技术及管理要素与传统农业农村产业体系深度融合和创新的产物,其发展状况直接决定着农村产业融合发展的整体水平。

最后,农村数字化可以提升现代农业经营管理水平,有助于培育产业融合主体。新型农业经营主体是推动农村产业融合发展的主导力量。农村数字化可以增强农业经营主体获取市场信息的及时性和准确性,引导农业经营主体不断接受新技术新知识与提升现代农业经营管理水平<sup>[19]</sup>。随着现代农业经营管理水平的提升,传统农业经营主体更有能力融入市场竞争之中,并加快自身从种养环节向流通、加工等环节转型发展的步伐,在实现由传统农业经营主体向新型农业经营主体顺利转变的同时,也使农村产业融合主体得到培育和壮大,有利于推动农村产业融合的持续稳定发展。综上所述,本文提出以下研究假说。

假说一:农村数字化有利于促进农村产业融合发展。

## (二) 农村数字化、人力资本与农村产业融合发展

上述论断是基于“区域同质性”假设下的分析,忽略了中国不同区域之间资源禀赋的明显异质性,尤其是没有考虑作为农村数字技术传播与推广应用主体的农村人力资本存在的区域差异。事实上,由于中国幅员广大,不同区域农村劳动力所拥有的人力资本水平差异较大,农村数字化对农村产业融合发展的影响效果也可能存在一定差异。换言之,农村数字化对农村产业融合发展的作用发挥可能会受到农村人力资本的影响。在农村人力资本水平较低的地区,由于当地农村劳动力的文化素质不高,同时数字意识也较为淡薄,其相应地也缺乏应用农村数字资源与数字技术的能力。受文化水平和技能素质的制约,当地农村劳动力难以利用各类数字化平台获取和发布农村产业信息,更不能实现对农村数字资源与数字技术在产业融合领域的深层次应用,从而阻碍农村产业融合发展。与此相反,在农村人力资本水平较高的地区,由于当地农村劳动力整体文化素质较高,能够更加有效地利用农村数字资源与数字技术,从而促进农村产业融合发展。也就是说,在地区人力资本积累水平不同阶段,其对农村数字化促进农村产业融合发展的影响存在着异质性或门限性,为此,本文提出以下研究假说。

假说二:在农村人力资本水平越高的地区,农村数字化越有利于促进农村产业融合发展。

## 二、研究设计

### (一) 计量模型构建

#### 1. 基准计量模型

为了验证假说一,本文综合借鉴金芳和金荣学<sup>[20]</sup>、钟漪萍等<sup>[21]</sup>在研究影响农村产业结构主要因素时的建模思路,构建了如下面板计量模型:

$$CON_{it} = \alpha + \beta DIG_{it} + \rho X_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

式(1)中: $i$ 为地区, $t$ 为年份; $\alpha$ 为常数项; $DIG$ 和 $CON$ 分别表示农村数字化和农村产业融合发



展; $X$ 表示其他控制变量; $\mu$ 表示随机误差项。

## 2. 考虑农村人力资本影响的计量模型

为了验证假说二,本文在计量模型(1)的基础上,参考 Hansen<sup>[22]</sup>的建模思路,构建了如下面板门限计量模型:

$$\text{CON}_{it} = \alpha + \beta_1 \text{DIG}_{it} I(\text{HUM}_{it} \leq \gamma_1) + \beta_2 \text{DIG}_{it} I(\gamma_1 < \text{HUM}_{it} \leq \gamma_2) + \dots + \beta_n \text{DIG}_{it} I(\gamma_{n-1} < \text{HUM}_{it} \leq \gamma_n) + \beta_{n+1} \text{DIG}_{it} I(\gamma_n < \text{HUM}_{it}) + \rho X_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

式(2)中:HUM表示农村人力资本,在模型中设定为门限变量; $\gamma$ 表示具体门限值; $I(\cdot)$ 为指示函数。其余变量符号与式(1)保持一致。

## (二) 变量选择

### 1. 被解释变量:农村产业融合发展(CON)

现有研究侧重利用熵值法和协调发展指数法来测度农村产业融合发展水平。如李晓龙从发挥农业多功能、延伸农业产业链以及培育农业新业态等方面出发,采用熵值法计算了农村产业融合发展水平<sup>[23]</sup>。谭明交在测算农村产业化目标值与实际值的基础上,借助协调发展指数法计算了农村产业融合发展水平<sup>[24]</sup>。与协调发展系数法相比,采用熵值法不仅能刻画农村产业在不同维度的融合发展情况,同时也可以准确反映农村产业发展的整体水平。为此,本文参考李晓龙<sup>[23]</sup>的思路做法构建了农村产业融合发展综合评价指标体系(见表1),并借助熵值法计算出各个指标权重,进而加权求和获得2008—2019年各省、自治区、直辖市(下文简称“省份”)的农村产业融合发展水平。具体步骤如下。

表1 农村产业融合发展综合评价指标体系

一级指标	二级指标	单位
农业产业链条延伸	农产品加工业主营业务收入与农业总产值之比	%
农业多功能性发挥	休闲农业年营业收入与第一产业总产值之比	%
农业新业态发展	设施农业总面积与耕地面积之比	%
	农林牧渔服务业总产值与第一产业总产值之比	%
产业融合主体培育	农村每万人拥有农民专业合作社数量	个

第一步,对原始指标作标准化处理:

$$X_{ijt} = \frac{x_{ijt} - \min(x_{jt})}{\max(x_{jt}) - \min(x_{jt})} \times 10 \quad (3)$$

式(3)中, $X_{ijt}$ 为t年i省份( $i=1,2,\dots,m$ ;m为省份个数)第j个指标( $j=1,2,\dots,n$ ;n为指标数)标准化之后的数值, $x_{ijt}$ 为原始指标, $\max(x_{jt})$ 为所有年份中第j个指标的最大值, $\min(x_{jt})$ 为最小值。

第二步,计算t年i省份第j个指标的比重 $S_{ijt}$ :

$$S_{ijt} = X_{ijt} / \sum_{i=1}^m X_{ijt} \quad (4)$$

第三步,计算t年第j个指标的熵值 $E_{jt}$ :

$$E_{jt} = \frac{1}{\ln m} / \sum_{i=1}^m P_{ijt} \ln P_{ijt} \quad (5)$$

第四步,计算  $t$  年第  $j$  个指标的权重  $W_{jt}$ :

$$W_{jt} = Y_{jt} / \sum_{j=1}^n Y_{jt}, Y_{jt} = 1 - E_{jt} \quad (6)$$

第五步,计算农村产业融合发展水平综合指数  $CON_{it}$ ,其数值范围在 0 到 10 之间,数值越大表明农村产业融合发展水平越高;反之则反。

$$CON_{it} = \sum_{j=1}^n W_{jt} \times X_{ijt} \quad (7)$$

## 2. 核心解释变量:农村数字化(DIG)

目前农村地区的数字化指标尚未有直接数据,学术界通常做法是采用合适的数据进行替代。本文参考王艾敏<sup>[14]</sup>、韩海彬和张莉<sup>[16]</sup>等学者在研究农业农村信息化时的做法,基于农村居民家庭平均每百户主要耐用消费品(计算机和移动电话)的拥有量和互联网宽带的接入数,采用熵值法计算出 2008—2019 年各省份的农村数字化指数(具体测算思路与农村产业融合发展一致),来衡量农村地区的数字化水平。之所以采取这种方法,其原因主要在于:计算机、移动电话和互联网宽带等通信装备是实现农村数字化的物质载体,同时,这些通信装备的数量与质量可以反映出当地的数字基建水平以及对数字资源和数字技术的利用程度,因而能够较为全面地反映当地农村数字化水平。

## 3. 门限变量与控制变量

农村人力资本(HUM)为本文的门限变量,以中央财经大学人力资本与劳动经济研究中心测算的各省份农村实际人力资本(万元)来衡量<sup>①</sup>。具体而言,本文分别选取农村人均劳动力人力资本(HUM1)与农村人均人力资本(HUM2)两类指标进行对比考察。控制变量包括:(1)农村金融发展(FIN),利用各省份金融机构涉农贷款余额与农林牧渔业总产值的比值来反映;(2)农业技术创新(TEC),用各省份农业专利数量/农业 R&D 人员来表示<sup>②</sup>;(3)农村创业活跃度(ENT),利用各省份农村创业人数(农村个体户+私营企业投资者)与农村就业总数的比值来表示<sup>[25]</sup>;(4)农业机械化(MCH),以各省份农业机械总动力与第一产业从业人数之比来衡量。

### (三) 数据说明

本文研究涉及中国大陆 30 个省份 2008—2019 年间的样本数据<sup>③</sup>。相关原始数据主要来自《中国统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国农村金融服务报告》《中国人力资本报告》、全国温室数据系统、国家知识产权局专利检索系统以及各省份政府报告。表 2 给出了所有变量的描述性统计结果。表中最后一列是农村产业融合发展变量与其余变量的皮尔逊相关系数,可以发现,本文所选取的全部变量与农村产业融合发展均在 5% 的置信水平下显著相关。其中,农村数字化与农村产业融合发展的相关系数显著为正,表明农村数字化与农村产业融合发展具有正相关关系。接下来,本文

①该数据基于 J-F 收入法通过预期终生收入现值来测算人力资本水平,综合考虑了教育、健康、干中学等多种人力资本要素。而传统采用人均受教育年限衡量人力资本水平的做法,忽略了知识累积效应以及技能水平提升等作用,进而可能低估人力资本。

②由于中国并没有公布各省份农业 R&D 人员,本文参照国内学者的通常做法,采用公有经济事业单位农业技术人员占公有经济事业单位专业技术人员的比重作为农业 R&D 人员比例的替代数,即各省份农业 R&D 人员全时当量=各省份全部 R&D 人员全时当量×(各省份公有经济事业单位农业技术人员/各省份公有经济事业单位专业技术人员)。

③香港、澳门特别行政区、台湾省以及西藏自治区由于统计数据存在不同程度的缺失,未被纳入研究样本。

将利用计量分析方法,进一步对农村数字化与农村产业融合发展的关系进行严谨的定量分析。

表2 变量描述性统计结果

变量名称	符号	样本量	均值	标准差	最小值	最大值	相关系数
农村产业融合发展水平	CON	360	1.987 1	1.473 7	0.227 9	8.232 4	1.000 0
农村数字化指数	DIG	360	3.717 9	1.858 9	0.088 3	9.323 0	0.635 4*
农村人均劳动力人力资本	HUM1	360	10.325 4	6.005 0	3.451 0	46.196 5	0.476 7*
农村人均人力资本	HUM2	360	15.188 5	12.754 8	4.764 0	94.405 0	0.597 3*
农村金融发展	FIN	360	2.702 9	2.105 8	0.192 7	12.164 1	0.609 5*
农业技术创新	TEC	360	0.720 2	0.864 0	0.059 0	8.065 8	0.175 4*
农村创业活跃度	ENT	360	0.074 3	0.051 1	0.014 6	0.250 3	0.766 5*
农业机械化水平	MAC	360	4.069 2	1.872 9	1.213 8	10.002 0	0.365 4*

注:\*表示相关系数在5%的置信水平下显著。

### 三、实证检验与结果分析

#### (一)农村数字化对农村产业融合发展的基准影响检验结果

为了估计前文构建的计量模型(1),本文首先检验解释变量是否存在多重共线性问题。结果发现,单个解释变量的方差膨胀因子(VIF)数值最大为2.84,模型整体的VIF数值为1.87,均要明显小于10,说明本文选取的解释变量之间不存在多重共线性问题。其次,借助LM检验、F检验以及Hausman检验对计量模型(1)的具体形式(固定效应、随机效应和混合效应)进行选择。根据检验结果,上述检验均在1%的统计水平上通过了显著性检验,表明本文基准检验应该选择固定效应(FE)。为此,本文采用FE方法对计量模型(1)进行回归估计,结果详见表3中的模型(1)所示。表3中模型(2)是采用RE方法的估计结果,仅作对比参考,接下来的分析以模型(1)为主。

表3 基准检验结果

变量	模型(1)	模型(2)
DIG	0.191 1*** (6.46)	0.181 7*** (6.43)
FIN	0.285 5*** (9.27)	0.278 5*** (9.56)
TEC	0.018 1 (0.48)	0.014 5 (0.38)
ENT	5.457 9*** (4.32)	6.271 4*** (5.20)
MAC	0.069 4** (2.10)	0.084 7*** (2.75)
常数项	-0.170 1 (-1.28)	-0.241 5 (-1.29)
调整R <sup>2</sup>	0.742 9	0.742 4
LM值		992.19***
F值	46.15***	
Hausman值	77.06***	

注:1.\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著;2.括号内为统计T值。下同。

从表3中FE方法的估计结果看,模型(1)的拟合优度(R<sup>2</sup>)为0.742 9,说明模型整体的拟合程

度比较高。从农村数字化(DIG)的估计结果可以看出,其对农村产业融合发展的影响系数显著为正,并且通过了1%的显著性水平检验,这表明农村数字化有利于促进农村产业融合发展,进而证实了研究假说一。事实上,样本期间中国各地区农村数字化水平和农村产业融合发展水平都有了明显提升,而农村数字化水平的不断提升正是推动农村产业持续迈向深度融合发展的重要因素。从控制变量的估计结果看,除农业技术创新之外,其余三个控制变量的估计系数均至少在5%的水平上显著为正,表明农村金融发展、农村创业活跃度以及农业机械化均有助于推动农村产业融合发展。

## (二)农村数字化对农村产业融合发展分维度的影响检验结果

为了进一步考察农村数字化影响农村产业融合发展的具体机制,本部分将农村产业融合发展的四个维度指数(农业产业链条延伸、农业多功能性发挥、农业新业态发展与产业融合主体培育)分别作为被解释变量代入前文式(1)中进行回归,结果见表4所示。从中可以发现,农村数字化的系数均显著为正,表明农村数字化有利于促进农业产业链延伸、农业多功能性发挥、农业新业态发展以及产业融合主体培育,即延伸农业产业链条、拓展农业多重功能、发展农业新兴业态与培育产业融合主体的确是农村数字化影响农村产业融合发展的具体机制。比较来看,农村数字化对农业产业链条延伸、农业多功能性发挥、产业融合主体培育的影响系数要明显大于农业新业态发展,说明农村数字化主要通过延伸农业产业链条、拓展农业多重功能以及培育产业融合主体三条路径促进农村产业融合发展。

表4 分维度检验结果

变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
DIG	0.265 7*** (2.68)	0.181 4*** (3.38)	0.112 0** (2.36)	0.212 5*** (3.01)
FIN	0.195 4** (1.98)	0.145 9** (2.15)	0.173 6*** (2.61)	0.201 2** (2.37)
TEC	0.062 4 (0.84)	0.042 6 (1.28)	0.035 8 (1.49)	0.022 6 (1.16)
ENT	3.146 0* (1.82)	2.774 5** (2.26)	2.995 7** (2.18)	3.052 4** (2.09)
MAC	0.145 2*** (2.96)	0.099 1*** (3.66)	0.111 4*** (2.83)	0.133 4** (2.50)
常数项	0.702 8*** (2.64)	-0.105 6 (-0.97)	-1.012 4 (-1.20)	0.835 3** (2.33)
调整 R <sup>2</sup>	0.623 5	0.644 9	0.610 0	0.644 1
F 值	36.24***	31.25***	23.87***	42.26***
Hausman 值	62.84***	69.74***	59.23***	74.89***

## (三)农村数字化对农村产业融合发展的门限效应检验结果

### 1. 门限效应检验

参考 Hansen<sup>[22]</sup>的研究做法,本文首先借助 Bootstrap 方法对面板门限效应的存在性进行检验,检验结果见表5。根据不同模型(单一门限模型、双重门限模型和三重门限模型)门限效应检验获得的 F 值与 P 值结果,农村人均劳动力人力资本(HUM1)和农村人均人力资本(HUM2)都通过了双重



门限效应检验,表明应该构建面板双重门限量模型。在确定门限模型的形式之后,接下来是估计具体的门限值。本文利用最小残差平方和来估计农村人力资本的具体门限值,结果详见表6。其中,当以农村人均劳动力人力资本(HUM1)作为门限变量时,其双重门限估计值分别为6.063和13.706;当以农村人均人力资本(HUM2)作为门限变量时,其双重门限估计值分别为10.674和17.934,且均通过了5%的显著性水平检验,表明本文估计得到的门限值与真实值是一致的。

表5 门限效应检验结果

门限变量	模型	F 值	P 值	Bootstrap 次数	临界值		
					10%	5%	1%
HUM1	单一门限	19.908*	0.090	300	18.374	26.501	36.961
	双重门限	30.008***	0.003	300	1.410	7.248	18.861
	三重门限	7.010	0.837	300	25.429	32.491	41.222
HUM2	单一门限	38.374**	0.013	300	21.324	26.119	38.952
	双重门限	16.323**	0.050	300	7.208	16.280	26.727
	三重门限	5.140	0.933	300	27.628	35.704	44.838

表6 门限值估计结果

门限变量	门限类型	门限值	95%置信下限	95%置信上限
HUM1	第一门限	6.063	6.026	8.221
	第二门限	13.706	12.434	14.067
HUM2	第一门限	10.674	10.323	11.749
	第二门限	17.934	16.178	19.666

根据门限值的估计结果,本文将样本期间中国30个省份划分为三个不同的农村人力资本区域,详见图1所示。当以农村人均劳动力人力资本(HUM1)作为门限变量时,其对应三个区域的划分标准为:低水平区域( $HUM1 \leq 6.063$ )、中等水平区域( $6.063 < HUM1 \leq 13.706$ )以及高水平区域( $HUM1 > 13.706$ )。从图中可以看出,样本期内处于低水平区域的省份个数持续减少,截至2019年仅剩2个省份位于低水平区域;处于高水平区域的省份个数不断增多,样本期末已经增加至8个;而处于中等水平区域的省份个数则呈先上升后下降的趋势。当以农村人均人力资本(HUM2)作为门限变量时,其对应三个区域的划分标准为:低水平区域( $HUM2 \leq 10.674$ )、中等水平区域( $10.674 < HUM2 \leq 17.934$ )以及高水平区域( $HUM2 > 17.934$ )。从图中可以看出,2008年多达20个省份位于低水平区域,到2019年减少至2个;与此同时,随着时间的不断推进,处于中等水平区域和高水平区域的省份分别由9个和1个增加至18个和10个。综上所述,在本文样本期内,中国各省份农村人力资本水平整体上有了较大幅度的提升,进而能够为更好地发挥农村数字化对农村产业融合发展的提升作用创造有利条件。

## 2. 门限参数估计

在进行门限效应检验之后,表7进一步列示了面板双重门限模型的参数估计结果。根据表中估计结果可以发现,以农村人均劳动力人力资本(HUM1)作为门限变量时,当农村人均劳动力人力资本小于第一门限值(6.063)时,农村数字化的回归系数为-0.0650,且未能通过显著性水平检验;

当农村人均劳动力人力资本跨过第一门限值,处于第一门限值与第二门限值之间时,农村数字化的回归系数变为0.121 2,并且通过了1%的显著性水平检验;随着农村人均劳动力人力资本跨过第二门限值(13.706),农村数字化的回归系数依旧在1%的水平上显著为正,且系数数值进一步提升至0.209 2。这充分说明,农村人均劳动力人力资本水平越高,其运用数字资源和数字技术的能力越强,从而使得农村数字化对农村融合发展的促进作用也有所增强。以农村人均人力资本(HUM2)作为门限变量的估计结果分析过程与此类似,在此不再赘述。

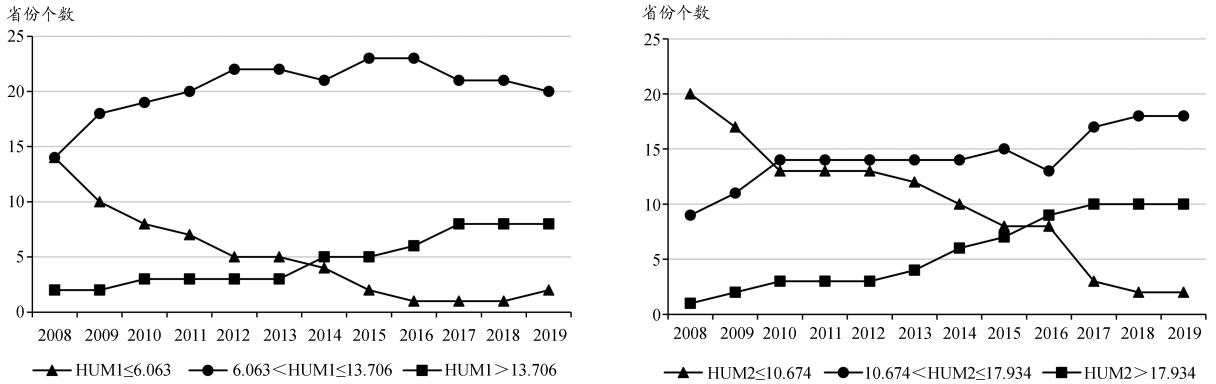


图1 2008—2019年农村人力资本水平分区域的省份个数变化趋势

表7 门限模型参数估计结果

变量	门限变量:HUM1	门限变量:HUM2
	模型(1)	模型(2)
DIG_1	-0.0650 (-1.13)	0.026 7 (0.74)
DIG_2	0.121 2*** (4.50)	0.132 5*** (4.80)
DIG_3	0.209 2*** (6.66)	0.200 0*** (6.78)
FIN	0.207 2*** (6.05)	0.184 1*** (5.55)
TEC	0.092 8** (2.28)	0.103 1** (2.53)
ENT	5.098 2*** (4.70)	5.245 8*** (4.83)
MAC	0.080 6*** (3.01)	0.094 8*** (3.55)
常数项	0.180 9 (1.33)	0.160 4 (1.18)
调整 $R^2$	0.615 7	0.611 9
F 值	76.68***	75.44***

注:1. DIG\_1表示当门限变量低于第一门限值时,农村数字化变量的回归系数;2. DIG\_2表示当门限变量介于第一门限值与第二门限值之间时,农村数字化变量的回归系数;3. DIG\_3表示当门限变量高于第二门限值时,农村数字化变量的回归系数。

综合上述参数估计表明,农村数字化、农村人力资本与农村融合发展之间存在明显的非线性门限关系,即农村数字化对农村融合发展的促进作用发挥受到农村人力资本水平的制约与

影响。在农村人力资本水平越高的地区,农村数字化越有利于促进农村产业融合发展,从而验证前文研究假说二是成立的。与此同时,无论是以农村人均劳动力人力资本(HUM1)还是农村人均人力资本(HUM2)作为门限变量,农村数字化估计系数的变动趋势基本保持一致,从而也在一定程度上印证了上述结论的稳健性。

从面板门限模型控制变量的影响效果看,在考虑门限效应之后,全部变量的估计系数至少在5%的水平上显著为正,说明这些因素均有利于推动农村产业融合发展。其中,农村金融发展水平的提升能够提供数量更多以及质量更优的金融服务,以此缓解农村产业融合发展面临的融资约束;农业技术创新能力越强,越能够通过充裕的技术要素驱动农村产业融合发展;农村创业活跃度越高,越有助于发展农业新业态和开发农业新模式,从而促进农村产业融合发展;农业机械化能够促进农业产业化发展,进而有利于推动农村产业融合发展。值得注意的是,控制变量的估计结果与基准检验相比有明显改进,这也从侧面角度印证了本文面板门限模型的构建是较为合理有效的。

#### (四) 进一步讨论:农村数字化与人力资本的耦合协调检验

前文实证研究表明,一个地区农村人力资本水平的高低,会影响当地农村数字化对农村产业融合发展的作用发挥。事实上,这意味着农村数字化与农村人力资本之间可能存在着耦合协调关系。为此,本文接下来对二者之间的耦合协调关系进行检验。参考韩海彬和张莉<sup>[16]</sup>的做法,将中国省域层面农村数字化与农村人力资本的耦合协调度模型设定如下:

$$D = (C \times L)^{1/2} \quad (8)$$

式(8)中, $D$ 表示农村数字化与农村人力资本之间的耦合协调度,其取值范围为0到1,取值越大说明耦合协调度越高。 $C$ 表示农村数字化与农村人力资本之间的耦合度,具体公式为:

$$C = \{(\text{DIG} \times \text{HUM}) / [(\text{DIG} + \text{HUM}) / 2]^2\}^r \quad (9)$$

式(9)中: $\text{DIG}$ 表示农村数字化; $\text{HUM}$ 表示农村人力资本; $r$ 为调解系数,本文设定为2。

$L$ 表示农村数字化与农村人力资本之间的综合协调指数,具体公式为:

$$L = \alpha \times \text{DIG} + \beta \times \text{HUM} \quad (10)$$

式(10)中, $\alpha$ 、 $\beta$ 分别表示农村数字化与农村人力资本的权重系数,本文认为两者同等重要,因此将 $\alpha$ 和 $\beta$ 均设定为0.5。

借助上述方法测算发现<sup>④</sup>,样本期间中国农村数字化与农村人力资本的耦合协调度整体较高,其中,农村数字化(DIG)与农村人均劳动力人力资本(HUM1)的耦合协调度(D1)均值为0.5845,农村数字化(DIG)与农村人均人力资本(HUM2)的耦合协调度(D2)均值为0.5896,均属于高度耦合协调<sup>⑤</sup>。与此同时,本文通过将农村数字化与农村人力资本的两组耦合协调度数值(D1和D2),分别与农村产业融合发展水平进行回归分析,结果见表8所示。从中可以看出,D1和D2的系数均显著为正,表明农村数字化与农村人力资本的耦合协调度越高,越有利于推动农村产业融合发展。这也进一步证明了农村数字化与农村产业融合发展之间的关系是非线性的,且存在农村人力资本门限效应。同时,根据这一关系,本文也可以作出预测,随着农村人力资本水平的持续提升,农民利用数字资源和数字技术解决生产经营问题的能力不断增强,农村数字化对农村产业融合发展的促进

<sup>④</sup>限于篇幅,没有列出耦合协调度测算结果。

<sup>⑤</sup>参考魏金义和祁春节<sup>[26]</sup>的研究,本文将农村数字化与农村人力资本的耦合协调度划分为四种类型,分别为:低度耦合协调( $0 < D \leq 0.3$ )、中度耦合协调( $0.3 < D \leq 0.5$ )、高度耦合协调( $0.5 < D \leq 0.8$ )以及极度耦合协调( $0.8 < D \leq 1$ )。

作用会更加显著,并通过农村产业融合发展,培育农户就业和收入可持续增长的新动能<sup>[27]</sup>。

表 8 耦合协调度回归结果

变量	模型(1)	模型(2)
D1	1.598 5*** (3.47)	
D2		1.372 9*** (2.84)
FIN	0.214 5*** (4.11)	0.216 1*** (5.20)
TEC	0.010 7 (0.85)	0.011 4 (0.47)
ENT	4.742 5** (2.17)	4.651 7*** (3.87)
MAC	0.074 6* (1.93)	0.075 2** (2.45)
常数项	-0.194 3* (-1.71)	-0.211 1 (-1.51)
调整 R <sup>2</sup>	0.681 4	0.690 1
F 值	41.25***	39.47***
Hausman 值	46.88***	52.03***

## 四、研究结论与政策启示

作为乡村振兴战略的重要抓手,农村产业融合发展受到农村数字化与人力资本的共同制约。本文在理论剖析农村数字化、人力资本与农村产业融合发展三者关系原理并提出研究假说的基础上,采用2008—2019年中国省域面板数据,构建面板门限量模型,从农村人力资本的视角出发,不仅实证检验了农村数字化对农村产业融合发展的直接影响,同时也考察了人力资本的门限效应。本文研究的主要结论包括:第一,农村数字化与农村产业融合发展之间具有明显的正相关关系,增强农村数字化有利于促进农村产业融合发展。第二,农村数字化对农村产业融合发展的促进作用存在人力资本门限效应,在农村人力资本水平的三个门限区间,农村人力资本水平越高,农村数字化越有利于提升农村产业融合发展水平。第三,中国农村数字化与农村人力资本的耦合协调显著,一个地区的耦合协调度越高,其农村产业融合发展水平相对也越好。

上述研究结论对于推进农村产业融合发展具有重要启示:一方面,推动数字乡村建设,加快农村数字化进程,深度挖掘和发挥数字要素的生产力作用,促进农村产业高质量融合发展。加强农村产业集聚地5G基站等数字基础设施建设,着力完善农村地区数字化网络,构建农村产业数字化传递通道,加快推进农村产业数字化进程,强化数字技术在农业发展中的深度应用,使农业生产更加智慧、农村产业更加繁荣,从而为中国农村产业融合发展创造后发优势。持续推进农业全产业链数字化改造升级,强化“线上线下”的有效结合,高质量发展农业生产要素与农产品电子商务市场,推动数字技术与农业生产、加工、流通以及消费等环节的深度融合与集成应用,畅通农村产业融合发展的内外循环体系。另一方面,要充分发挥农村数字化对农村产业融合发展的促进作用,必须高度关注农村人力资本水平及其区域异质性。各地区应从当地农村发展的实际情况出发,加快培养数字经济驱动下的新型职业农民,加强农村劳动力的数据技术培训,提升农村劳动力应用数字资源和数字技术的能力,不断强化农村人



力资本积累,持续提升农村人力资本水平,增强农村人力资本与数字技术的耦合度,以此推动农村产业迈向深度融合发展。尤其是对于广大中西部省份而言,其更应该将提升农村人力资本水平放在突出位置,注重加强专业大户、家庭农场、专业合作社以及农业企业等新型农业经营主体的数字思维和数字化能力培养,不断深化农业产业链的数字化水平,通过数字技术畅通生产与消费有效衔接的循环机制,提高农业产业链各环节资源配置效率,以更好地促进农村产业融合发展。

#### 参考文献:

- [1]张林,张变卿.普惠金融与农村产业融合发展的耦合协同关系及动态演进[J].财经理论与实践,2021(2):2-11.
- [2]刘明辉,卢飞.政府支持与农村产业融合发展:基于政府工作报告文本挖掘的分析[J].云南财经大学学报,2021(4):89-100.
- [3]刘斐,夏显力.异质性预期、社会资本与农村产业融合中的农户有效参与[J].改革,2021(4):121-135.
- [4]ZANELLO G,SRINIVASAN C S. Information sources, ICTs and price information in rural agricultural markets[J]. European Journal of Development Research,2014,26(5):815-831.
- [5]ZIOLKOWSKA J R. Economic value of environmental and weather information for agricultural decisions—A case study for Oklahoma mesonet[J]. Agriculture Ecosystems & Environment,2018,265(1):503-512.
- [6]BASHIR M B, ADAM A G, ABUBAKAR J A, et al. The role of national farmers helps line in agricultural information dissemination among crop farmers in Nigeria: A case study of farmers help line centre, NAERLS ABU Aaria[J]. Journal of Agricultural Extension,2021,25(1):93-103.
- [7]贾善刚.农业信息化与农业经济发展[J].农业经济问题,1999(2):48-51.
- [8]梅方权.农业信息化带动农业现代化的战略分析[J].中国农村经济,2001(12):22-26.
- [9]秦德智,姚超,雷森.基于农业信息化的农业产业结构调整[J].科技进步与对策,2006(11):51-53.
- [10]徐小琪,李燕凌.我国农业信息化发展及主要推动因素分析[J].江西社会科学,2019(4):195-200.
- [11]钟秋波.数字乡村战略下农业信息化与家庭经营融合发展的路径研究[J].四川师范大学学报(社会科学版),2021(4):78-86.
- [12]张鸿,张权.农村信息化对农业经济增长的影响[J].统计与决策,2008(12):100-102.
- [13]汪卫霞.农业信息化:中国农业经济增长的新动力[J].学术月刊,2011(5):78-86.
- [14]王艾敏.中国农村信息化存在“生产率悖论”吗:基于门槛面板回归模型的检验[J].中国软科学,2015(7):42-51.
- [15]林海英,李文龙,赵元凤.基于农业科技创新视角的农业信息化水平与农业经济增长关系研究[J].科学管理研究,2018(2):80-83.
- [16]韩海彬,张莉.农业信息化对农业全要素生产率增长的门槛效应分析[J].中国农村经济,2015(8):11-21.
- [17]高杨,牛子恒.农业信息化、空间溢出效应与农业绿色全要素生产率:基于SBM-ML指数法和空间杜宾模型[J].统计与信息论坛,2018(10):66-75.
- [18]邓丽,薛娇.民族地区农业现代化与信息化的同步特征及协同发展研究[J].民族学刊,2021(6):38-45,119.
- [19]郭永田.充分利用信息技术推动现代农业发展:澳大利亚农业信息化及其对我国的启示[J].华中农业大学学报(社会科学版),2016(2):1-8,134.
- [20]金芳,金荣学.财政支农影响农业产业结构变迁的空间效应分析[J].财经问题研究,2020(5):82-91.
- [21]钟漪萍,唐林仁,胡平波.农旅融合促进农村产业结构优化升级的机理与实证分析:以全国休闲农业与乡村旅游示范县为例[J].中国农村经济,2020(7):80-98.
- [22]HANSEN B E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference[J]. Journal of Econometrics,1999,93(2):345-368.
- [23]李晓龙.农村金融深化、农业技术进步与农村产业融合发展[D].重庆:重庆大学,2019.
- [24]谭明交.农村一二三产业融合发展:理论与实证研究[D].武汉:华中农业大学,2016.
- [25]古家军,谢风华.农民创业活跃度影响农民收入的区域差异分析:基于1997—2009年的省际面板数据的实证研究[J].农业经济问题,2012(2):19-23,110.
- [26]魏金义,祁春节.农业技术进步与要素禀赋的耦合协调度测算[J].中国人口·资源与环境,2015(1):90-96.
- [27]齐文浩,李俊佳,曹建民,等.农村产业融合提高农户收入的机理与路径研究:基于农村异质性的新视角[J].农业技术经济,2021(8):105-118.

# Rural digitalization, human capital and integrated development of rural industries: Empirical evidence based on China provincial panel data

WANG Dingxiang<sup>1</sup>, RAN Ximei<sup>2</sup>

(1. College of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400715, P. R. China;

2. College of Economics and Administration, Chongqing Metropolitan College of Science and Technology, Chongqing 402167, P. R. China)

**Abstract:** In the era of digital economy, the promotion of rural digitalization and giving full play to the productivity of data elements will have a far-reaching impact on the rural industrial integration in rural revitalization. Firstly, this paper systematically combs the influence mechanism of rural digitalization on the integrated development of rural industries, and analyzes the possible regional heterogeneity of this influence from the perspective of rural human capital. Secondly, the impact of rural digitalization on the integrated development of rural industries is empirically investigated by using the panel data of Chinese provinces from 2008 to 2019. Finally, considering the difference of resource endowment among different provinces, especially the regional difference of rural human capital as the main body of digital technology transmission and application, which may affect the role of rural digitalization, the paper sets rural human capital as a threshold variable, and empirically tests the threshold effect of rural digitalization. The results show that the influence coefficient of rural digitalization on the integrated development of rural industries is significantly positive, and passes the significance level test of 1%, which means that rural digitalization is conducive to promoting the integrated development of rural industries; Extension of agricultural industrial chain, multiple functions, expanding agricultural development of agriculture and fostering the subject of industrial convergence is a new rural digital concrete mechanism affecting the development of rural industry integration, by contrast, the rural digitalization of agricultural industry chain extension, agricultural versatility, industry convergence subjectivity cultivation promoting effect to significantly is greater than the agricultural development of new forms; Rural digitalization, rural human capital and development of rural industry fusion between obvious nonlinear threshold relationship, namely rural digital integration of rural industry development by rural human capital levels play a role of restriction and influence, with the constant improvement of the rural human capital level, rural labor force the stronger the ability to use digital resources and digital technology, the more conducive to playing the role of rural digitalization in promoting the integrated development of rural industries; Further coupling and coordination relationship test shows that the higher the coupling and coordination degree between rural digitalization and rural human capital, the more conducive to promoting the integrated development of rural industries. To this end, the paper puts forward the following policy suggestions: Firstly, promote the construction of digital countryside, build the digital transmission channel of rural industries, speed up the process of rural digitization, deeply excavate and play the role of digital factors of productivity, and promote the high-quality integrated development of rural industries; Secondly, adjust measures to local conditions to strengthen the technical training of rural labor force data, improve the rural labor force application of digital resources and the ability of digital technology, constantly strengthening the rural human capital accumulation, enhance the rural human capital level, enhancing the rural human capital and the coupling of the digital technology, in order to promote the development of rural industry towards depth fusion.

**Key words:** rural digitalization; rural human capital; integrated development of rural industries; threshold effect; rural vitalization

(责任编辑 傅旭东)