

欢迎按以下格式引用:刘玉成,吴昊.数智化转型、产业结构调整 and 农民增收——基于长江经济带的实证研究[J].长江大学学报(社会科学版),2024,47(5):52-62.

# 数智化转型、产业结构调整 and 农民增收

## ——基于长江经济带的实证研究

刘玉成<sup>1,2</sup> 吴昊<sup>1</sup>

(1.长江大学 经济与管理学院,湖北 荆州 434023;2.长江大学 长江经济带发展研究院,湖北 荆州 434023)

**摘要:**论文基于长江经济带 11 省(市)2013~2022 年面板数据,利用主成分分析法与熵值法构建数智化转型和产业结构调整指数,并使用双向固定效应面板模型探究数智化转型与农民增收之间的关系、作用机制及增收效应异质性。研究发现:(1)数智化转型能够显著促进农民收入增长;(2)产业结构调整是数智化转型促进农民收入增长的重要路径;(3)数智化转型增收效应具有区域异质性、收入异质性和时间异质性。基于此,长江经济带各地应加快完善数智化基础设施建设、完善数智化转型“促农增收”配套政策,进一步推进产业结构调整升级,并鼓励数智化转型差异化发展,推动农民收入包容性增长。

**关键词:**数智化转型;产业结构调整;农民增收

**分类号:**F323.8;F49 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-1395(2024)05-0052-11

### 一、引言

党的二十大指出,共同富裕是中国特色社会主义的本质要求。而促进共同富裕,最艰巨最繁重的任务仍然在农村<sup>[1]</sup>。2004 年至今,党中央连续 21 年发布中央一号文件,聚焦“三农”问题并采取一系列支农惠农政策措施,在此背景下我国农民收入实现了跨越式增长。然而根据国家统计局数据显示,2023 年我国农村居民人均可支配收入为 21691 元,城镇居民人均可支配收入为 51821 元,城乡人均可支配收入仍存在较大差距。如何提升农民收入、缩小城乡收入差距,是推进乡村全面振兴、实现共同富裕应解决的首要问题。近年来,随着 5G、云计算、人工智能、大数据等数字智能技术的迅猛发展,数智化

转型已推动经济发展模式的深刻变革。数智化是数字化和智能化的压缩式和并行式发展<sup>[2]</sup>,是在数字化基础上,运用机器学习、人工智能等智能化技术充分挖掘释放数据要素价值、实现决策自优化和自我学习提升的过程,体现社会和经济向新范式的根本性转变。数智化已经凭借其高创新性、强渗透性、广覆盖性等特点成为农民收入稳定增长、农村经济转型升级的重要动力<sup>[3]</sup>。长江经济带具有优越的资源、产业、区位优势,在我国整体经济发展格局中发挥“金腰带”的作用,与我国经济的高效、可持续发展全局息息相关<sup>[4]</sup>。因此,从我国共同富裕的战略目标出发,长江经济带农民的增收问题具有举足轻重的作用。基于此,以长江经济带为研究对象,探索数智化转型对农民增收的影响,具有重要的理论和现

**收稿日期:**2023-12-22

**基金项目:**湖北省教育厅哲学社会科学研究项目“区域协同视角下长江经济带人才共享的福利效应与协调机制研究”(20Y033);长江大学社会科学基金项目“科技资源共享促进长江经济带高质量发展的路径与政策研究”(2021csz01)

**第一作者简介:**刘玉成(1970—),男,湖北荆门人,教授,博士,主要从事劳动经济与产业经济研究。

**通信作者:**吴昊(1999—),男,山东枣庄人,主要从事区域产业与金融发展研究,E-mail:1360122440@qq.com。

实意义。

随着数智化转型的逐步推进,学术界普遍认为数智化转型是影响农民收入的重要因素,现有研究主要集中在以下两个方面:(1)数智化转型各维度对于农民收入的直接影响。从乡村数字经济维度来看,丁可可(2024)基于数字化生产、数字化供应链、数字化营销及数字化金融等四个子维度构建综合指标,发现乡村数字经济对农民收入增长具有显著的促进作用<sup>[5]</sup>。从数字乡村建设维度来看,史常亮(2023)使用北京大学数字乡村指数,在县级层面论证了数字乡村建设与农民收入的正向关系<sup>[6]</sup>。在此基础上,张岳等(2023)基于收入水平视角进一步研究,发现数字乡村建设水平每提升 1 单位将导致农村居民人均收入相应增加 0.5%<sup>[7]</sup>。而数字普惠金融发展与农民收入之间的关系则存在争议,例如杨林等(2022)认为,数字普惠金融的发展能够有效提高农民收入,且主要提升农民工工资性收入和转移性收入,对经营性收入和财产性收入不具有显著影响<sup>[8]</sup>;王瑞峰(2023)则发现在全国范围内数字普惠金融的发展对农民的总体富裕程度产生显著的负向影响<sup>[9]</sup>。此外,也有学者论证了数字技术应用<sup>[10,11]</sup>、数字化经营<sup>[12]</sup>等其他维度对农民增收的促进作用。

(2)数智化转型对农民群体内部收入差距的影响。一部分学者认为数智化转型具有益贫性,对农民收入增长的促进作用与收入水平负相关,即随着收入水平上升,数智化转型对农民收入的促进作用呈现边际效益递减的特征,进而有效收敛农民群体内部贫富差距<sup>[13,14]</sup>;而另一部分学者则认为数智化转型对高收入群体增收的促进作用大于低收入群体<sup>[5,10,15]</sup>,因此无法促进农民收入的包容性增长。

通过梳理现有文献可知,当前研究多聚焦于数智化转型各维度对农民收入的影响,较少从整体层面系统研究兼具数字化和智能化双重特征的数智化与农民收入之间的关系,且其内在机制也有待进一步考察。基于此,本文将利用长江经济带 11 省(市)的面板数据,在分析数智化转型促进农民增收的影响机理的基础上,构建数智化转型综合指标,基于产业结构调整视角利用面板模型实证检验数智化转型对农民增收的促进作用,并进一步分析其促进作用的异质性。本文可能的边际贡献如下:(1)在实现对数智化转型量化评估的基础上,将数智化转型与农民增收纳入统一研究框架,探究数智化转型对农民增收的影响效应;(2)基于产业结构调整视角检验了数智化转型对农民收入增长的影响机制,丰富了相关领域的研究;(3)基于双向固定效应模型,使用分位数回归、分组回归等多种计量方法实证分析数智化转型促进农民增收的区域异质性、收入异质性、时间异质性,为促进农民增收提供理论基础和经验支持。

## 二、理论分析与研究假设

(一)数智化转型对农民收入的影响机理

在农村互联网快速下沉背景下,数智化技术应用成为农村经济发展的内生动力,其对农民收入的直接影响主要体现在以下三方面:(1)打破信息传递壁垒。互联网、大数据等数智化技术的使用提高农民与外界的信息互换效率、缩短信息接入鸿沟,降低农民获取知识的成本、提升农民群体知识技能水平。数智化政府治理提升了政府行为透明度,便于农民群体及时调整生产决策,改变“价格接受者”的地位,增强其在要素和产品市场的议价能力<sup>[16]</sup>;(2)拓宽农民增收渠道。扩源增收、避免对传统种植业的过度依赖是农民收入增长的必要基础。数智化转型打造农村新业态,促进创意农业、休闲农业、观光农业发展,实现资金、人才、管理等要素在城乡之间双向流动,推动农村剩余劳动力向低技能偏向的数智化非农行业流动,促使就业结构不断调整,增加农民非农就业收入。同时,数字普惠金融凭借网络活动痕迹管理,依托大数据平台实现农民信用实时评级,发挥低门槛、低成本、强穿透的特点,大幅提升农村地区金融服务可得性与包容性,便于农用资金借贷双方高效匹配;其向农民提供储蓄存款、债券、基金等多种资产管理服务,吸收农村地区闲置资金,增加农民财产性收入;(3)提升农业生产效率。在生产端,智能农业设备与现代农业结合,推动传统农业智能化、集约化、精准化发展。以信息感知为主要特点的物联网技术能够准确及时收集农业生产数据,便于农户从生产数据中挖掘有效信息、减少农业生产损耗、提高农业全要素生产率<sup>[17]</sup>。在销售端,电子商务平台的建设使用实现供求两端直接匹配、减少农产品交易的中间环节及价值损耗,提升农民的市场参与度及农产品销售收入。

基于此,本文提出如下假设:

H1:数智化转型能够促进农民收入增加。

(二)数智化转型影响农民收入的传导机制

我国农村地区长期保持第一产业占据主导地位、二三产业相对滞后的产业格局。由于第一产业

生产具有周期长、受自然环境影响大、劳动生产率低等特点,导致农民收入增长受限。由此可见,实现农民收入可持续增长的关键在于推进产业结构调整升级<sup>[18]</sup>。数智化转型能够充分发挥价格机制作用、促进生产要素自由流动与市场化,推动生产要素流向资源配置效率更高的行业,从而抑制低效率或无效率配置,由此加速生产力水平信息化与智能化、推动经济运行效率提升与产业结构合理化<sup>[19,20]</sup>。而且,在数智化转型过程中数据作为全新的生产要素协同传统要素投入到第一产业生产中,通过生产过程的自动化、数字化和智能化,劳动密集型生产环节将被智能设备与算法取代,释放大量农村地区劳动力进入二、三产业,推动产业结构高级化<sup>[21]</sup>。因此,数智化转型可以促进资本、劳动力、技术等生产要素重新整合,提高资源配置效率,推动农村经济向规模化、非农化转变,打破原有经济结构,推动产业结构调整升级。

一般而言,产业结构转型速度与农民收入水平正相关<sup>[22]</sup>。一方面,产业结构合理化程度提高能够提升生产要素在不同产业间的配置效率<sup>[23]</sup>。当个别农民生产效率低于平均水平而无法获得正常利润时,必然会选择改进生产方式或退出农业生产部门、寻求非农部门就业机会,使整个行业平均生产效率得到提升,从而增加农民经营性收入。同时,产业结构合理化还能够提升各生产部门发展协调程度、促进三次产业生产比例最优化、降低第一产业经营活动的投入产出比,提升农业生产经营活动利润率。另一方面,产业结构高级化提高了农业生产率水平,增加了农业生产总收入<sup>[24]</sup>。产业结构高级化不仅能加速农村闲置劳动力向生产效率更高的二三产业转移,有效缓解农村人地矛盾,提升农业单位劳动力拥有的农业生产资源,还能够促进细碎化土地承包经营权向农业龙头企业流转,推动传统农业向大农业方向转变,通过激活农村劳动力、土地、房产等要素来拓宽农民收入渠道。

基于此,本文提出如下假设:  
H2:数智化转型能通过推动产业结构调整提升农民收入。

(三)数智化转型促农增收效应的异质性  
数智化基础设施建设水平、农民个人综合素质、数智化转型阶段等因素将导致数智化转型对农民收入的作用在不同地区、不同收入水平、不同时间阶段存在差异。相比长江经济带上、中游地区,下游地区数智化转型起步较早,因此在资金支持与基础设施

建设等方面具有显著的先发优势,与其他地区间形成了以数智化基础设施建设差异为主要特征的“一级数智鸿沟”。而在农民群体内部,数智化转型对农民农业收入及非农收入的影响主要来源于技术使用<sup>[25]</sup>。低收入农民群体受限于物质资本不足,难以获取智能手机、宽带接入、农业机器人等数智化农业设备。同时,受教育程度往往与收入水平正相关,低收入农民群体文化素养与学习能力相对较弱,对数智化技能的认知能力和学习能力不强,往往被排斥于数智化生活之外<sup>[10]</sup>。相比之下,高收入农民群体在数智化设备获得程度与信息技术使用能力等方面更具优势,由此形成了以数智化设备使用差异和数智化活动参与差异为主要特征的“二级数智鸿沟”。根据互联网发展的“网络效应”和梅特卡夫定律,随着网络规模扩大,其价值将呈指数级增长。在起步阶段,由于基础设施建设和相关技术发展水平较低,数智化转型对农业活动的渗透作用有待进一步加强,因此对农民增收的促进作用较弱。随着时间推移,数智化转型逐渐推进并与传统农业深度融合、释放发展红利,进一步促进农民收入增长。

基于此,本文提出如下假设:  
H3a:数智化转型对农民增收的影响存在地区异质性。  
H3b:数智化转型对农民增收的影响存在收入异质性。  
H3c:数智化转型对农民增收的影响存在时间异质性。

### 三、研究设计

(一)样本选择与数据来源  
基于数据的可获得性与可比性,本文使用 2013~2022 年长江经济带 11 省(市)的均衡面板数据作为研究样本。其中数字普惠金融指数相关数据来源于北京大学数字金融研究中心和蚂蚁金服集团,其他数据均来源于各年度《中国科技年鉴》、《中国工业统计年鉴》及国家统计局,对于缺失数据使用插值法与移动平均法补齐。  
(二)变量定义  
1.被解释变量  
农民收入(*Inc*)。本文以农村居民可支配收入取自然对数进行度量。  
2.解释变量  
(1)数智化转型指数(*Digint*)。数智化是数字化与智能化的有机融合和进一步发展,同时具备二



者的双重特征<sup>[2]</sup>。基于此,本文首先分别构建数字化指数(*Dig*)和智能化指数(*Int*),在此基础上对二者使用熵值法合成数智化转型指数(*Digint*)。在将相关指标分别合成为数字化指数、智能化指数方面,既可以采用熵值法,也可以采用主成分分析法。前者基于数据变异性大小计算不同维度指标的权重,结果较为客观。后者则是将多个相关变量转化为少数不相关变量的降维多元统计方法,可以在消除各指标相关性的同时最大程度保留原有指标所含信息。由于数字化和智能化评价体系为多层次的综合体系,各指标反映的信息存在一定程度的重叠,因此本文采用主成分分析法-熵值法测度的指数进行基准回归,而将使用熵值法-熵值法测度的数智化转型指数(*Digintewm*)用作稳健性检验。

(2) 数字化转型指数(*Dig*)。借鉴赵涛等

(2020)<sup>[26]</sup>、尹西明等(2023)<sup>[27]</sup>的研究,分别从数字化基础设施、产业数字化、数字产业化、数字普惠金融四个维度选取指标。其中,数字化基础设施建设是推动区域数字化转型的关键基石与韧性基础<sup>[28]</sup>;产业数字化和数字产业化分别衡量了传统产业经过数智化转型后实现的效率提升与数字化转型的市场化应用水平;数字普惠金融是数字科技与普惠金融的有机融合,弥补了内源融资与数字化转型资金需求间的资金缺口,为数字化转型提供保障。数字化转型具体指标如表 1 所示。智能化转型指数(*Int*)方面,不仅要追求智能化发展结果,还应进一步把握智能化发展的现状及潜力,基于此,从智能化基础条件、智能化应用程度、智能化综合效益三个维度选取指标,具体如表 2 所示。

表 1 数字化转型指标体系

维度	一级指标	二级指标	指标属性
数字化 载体与环境	基础设施	每万人互联网宽带接入用户数	+
		每万人移动互联网接入流量	+
		IPV4 数	+
		每百家企业拥有网站数	+
		电话普及率	+
	新型基础设施	每万人光缆线路长度	+
		R&D 经费	+
	数字化环境	高新技术企业研发机构数	+
		信息传输、软件和信息技术服务业就业人员数	+
		技术市场流向技术合同数	+
产业 数字化	农业数字化	农村宽带接入用户	+
	工业数字化	规模以上工业企业专利产出率	+
		规模以上工业企业新产品项目开发数	+
	服务业数字化	快递业务收入占 GDP 比重	+
		电信业务总量占 GDP 比重	+
数字 产业化	邮电业规模	邮政业务总量	+
		移动电话交换机容量	+
	信息技术服务	技术市场成交额	+
		电子商务销售额	+
		信息技术服务收入	+
数字 普惠金融	覆盖广度	数字普惠金融覆盖广度指数	+
	使用深度	数字普惠金融使用深度指数	+
	数字化程度	数字普惠金融数字支持服务	+

3. 机制变量

产业结构调整(*Stru*),从产业结构合理化与产业结构高级化两方面构建指标体系,通过熵值法计算得出,具体如表 3 所示。其中产业结构合理化

(*Tl*)衡量各产业间要素配置的合理程度及投入与产出的协调程度,借鉴干春晖等(2011)<sup>[29]</sup>的研究,以泰尔指数的倒数除以 100 度量;产业结构高级化(*Ais*)表示产业结构从低水平向高水平过度的动态

过程,单纯使用第三产业与第二产业的产值之比无法体现其第一产业占比降低、第三产业占比增加的内涵,因此本文借鉴史恩义(2018)<sup>[30]</sup>的研究,使用

产业结构升级系数度量,具体计算公式为:

$$Ais = \sum_{i=1}^3 (y_i \times i) = y_1 + y_2 \times 2 + y_3 \times 3 \quad (1)$$

表 2 智能化转型指标体系

维度	一级指标	二级指标	指标属性
智能化基础条件	环境建设	高技术产业研发机构数	+
		信息传输、软件开发和信息技术服务业就业人数	+
		移动互联网用户占比	+
智能化应用程度	高新技术应用	软件业务收入	+
		高技术产业新产品销售额增长率	+
智能化综合效益	经济效益	高技术产业主营业务收入占本地区 GDP 比重	+
		高技术产业有效发明专利数	+
	社会效益	单位 GDP 耗电量	-

表 3 产业结构调整指标体系

维度	指标	指标属性
产业结构合理化	1/泰尔指数/100	+
产业结构高级化	第一产业增加值+2 * 第二产业增加值+3 * 第三产业增加值	+

4.控制变量

为了控制其他因素对农民收入的影响,本文参考林丽波(2023)<sup>[31]</sup>、杨林等(2022)<sup>[8]</sup>的做法,选取控制变量如下:交通发达度( $Tra$ ),以旅客周转量与总人口之比度量,交通发达度提高既有助于农村居民提升农业生产活动效率,也有助于农村居民外出务工,因此在整体上有助于农村居民收入增长。人口密度( $Den$ ),以年末常住人口与建成区面积之比度量,人口密度较高的地区为经济活动集中化提供充足的劳动力支持,有利于为农村居民创造更多就业机会。人力资本水平( $Hcl$ ),以普通高等学校在校學生数取对数度量,人力资本提升能够增加农民创业就业机会并提升就业质量,从而对农民收入产生重要影响。乡村第一产业规模( $Pri$ ),以农林牧渔业总产值与乡村人口之比度量,第一产业规模扩大可能制约农村居民进入二、三产业寻找工作,降低农民拓宽收入途径的可能性,对农民收入产生不利影响。财政支农力度( $Gov$ ),以农林水事务财政支出与财政一般预算支出之比度量,财政支农不仅通过直接补贴方式增加农民收入,还能够引导社会各主体对农业生产进行自主投资,形成对农业生产的良性投资循环。稳健性检验中用到的控制变量分别为城市规模( $Cit$ ),以年末常住人口取对数度量;金融发展( $Fin$ ),以金融业总产值与地区生产总值之比度量。变量的描述性统计如表 4 所示。

(三)模型设定

为验证研究假设,本文构建如下模型:

$$Inc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Digint_{it} + \alpha_2 X_{it} + \epsilon_i + \varphi_t + e_{it} \quad (2)$$

$$Stru_{it} = \beta_0 + \beta_1 Digint_{it} + \beta_2 X_{it} + \epsilon_i + \varphi_t + e_{it} \quad (3)$$

$$Inc_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 Digint_{it} + \gamma_2 Stru_{it} + \gamma_3 X_{it} + \epsilon_i + \varphi_t + e_{it} \quad (4)$$

$$Q_q(Inc_{it}) = \delta_0 + \delta_q Digint_{it} + \eta_q X_{it} + \epsilon_i + \varphi_t + e_{it} \quad (5)$$

模型(2)用于检验数智化转型对农民收入的直接作用,并作为异质性检验中探究区域和时间影响差异的模型。其中, $Inc_{it}$ 表示*i*地区*t*时期的农民收入水平; $Digint_{it}$ 表示*i*地区*t*时期的数智化转型水平; $X_{it}$ 为控制变量列向量,包括交通发达度( $Tra$ )、人口密度( $Den$ )、乡村第一产业规模( $Pri$ )、人力资本水平( $Hcl$ )及财政支农力度( $Gov$ ); $\epsilon_i$ 、 $\varphi_t$ 为地区和时间固定效应; $e_{it}$ 为随机扰动项。

模型(3)和模型(4)用于机制检验。根据前文理论机制分析,产业结构调整可能是数智化转型促进农民收入增长的作用机制。基于此,本文借鉴温忠麟等(2014)<sup>[32]</sup>的研究构建模型(3)和模型(4)验证产业结构调整的中介效应,其中 $Stru_{it}$ 为*i*地区*t*时期的产业结构调整水平,其他变量与模型(2)一致。

表 4 变量描述性统计

变量名称	变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
农民收入	<i>Inc</i>	110	1.6342	0.745	0.5898	3.9729
数字化转型指数	<i>Dig</i>	110	0.0000	0.660	−1.0197	1.8329
智能化转型指数	<i>Int</i>	110	0.0000	0.836	−1.2877	2.8678
数智化转型指数	<i>Digint</i>	110	0.3243	0.200	0.0315	0.9057
数智化转型指数(稳健性检验)	<i>Digintewm</i>	110	0.2605	0.224	0.0039	0.9984
产业结构合理化指数	<i>Tl</i>	110	0.1648	0.220	0.0177	1.2256
产业结构高级化指数	<i>Ais</i>	110	2.4257	0.105	2.2488	2.7410
产业结构调整指数	<i>Stru</i>	110	0.0193	0.019	0.0034	0.1085
交通发达度	<i>Tra</i>	110	0.3472	0.126	0.1886	0.7242
人口密度	<i>Den</i>	110	2.9018	0.857	1.7321	5.2259
人力资本水平	<i>Hcl</i>	110	4.6541	0.413	3.7353	5.4023
财政支农力度	<i>Gov</i>	110	0.1059	0.027	0.0411	0.1785
乡村第一产业规模	<i>Pri</i>	110	1.2016	0.494	0.3974	2.5791
城市规模	<i>Cit</i>	110	8.5399	0.373	7.8030	9.0496
金融发展	<i>Fin</i>	110	0.1397	0.035	0.0760	0.2533

模型(5)用于异质性检验中探究收入水平的影响差异。其中,  $Q_q(Inc_{it})$  为被解释变量农民收入水平的  $q$  分位数; $\delta_q$  为核心解释变量数智化转型对农民收入水平的  $q$  分位数估计系数; $\eta_q$  为控制变量对农民收入水平的  $q$  分位数估计系数;其余变量与模型(2)一致。为了更好体现农民收入由低至高阶梯式分布的现实情况,选取分位点  $q$  分别为 10%、25%、50%、75%、90%,分别代表低收入、中低收入、中等收入、中高收入及高收入水平。

四、实证结果与分析

(一)数智化转型对农民收入的影响

在回归前首先进行多重共线性检验,回归方程的方差膨胀因子  $VIF$  为 1.27~4.37,均值为 2.69,不存在严重的多重共线问题。根据  $F$  检验和  $Hausman$  检验,选择双向固定效应模型进行回归。同时,为了提高结论稳健性,使用逐步回归的方法并使用聚类稳健标准误进行修正,回归结果如表 5 所示。

表 5 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>
<i>Digint</i>	3.2571*** (0.2892)	2.6229*** (0.3005)	2.3611*** (0.2641)	2.2106*** (0.3153)	2.2327*** (0.3229)	1.5218*** (0.2460)
<i>Tra</i>	—	1.2224*** (0.3014)	0.9593*** (0.2487)	0.9083*** (0.2195)	0.9040*** (0.2126)	0.6409*** (0.2001)
<i>Den</i>	—	—	0.1770*** (0.0356)	0.1186** (0.0469)	0.1233** (0.0469)	0.1978*** (0.0469)
<i>Hcl</i>	—	—	—	−0.2737 (0.1900)	−0.2860 (0.2012)	−0.0078 (0.1522)
<i>Gov</i>	—	—	—	—	0.5616 (0.7935)	−0.3101 (0.5055)
<i>Pri</i>	—	—	—	—	—	−0.3481*** (0.0526)
常数项	0.5435*** (0.0961)	0.3314*** (0.0936)	−0.0031 (0.1217)	1.5082 (1.0259)	1.4862 (1.0433)	0.8154 (0.7927)
地区固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测数	110	110	110	110	110	110
校正 $R^2$	0.9880	0.9903	0.9919	0.9921	0.9921	0.9950

注:表中\*、\*\*、\*\*\*分别表示在 10%、5%、1%概率水平下显著。括号中的数值为聚类稳健标准误。下同。

由表 5 结果可知,在逐步添加控制变量过程中,数智化转型的回归系数始终在 1%水平上显著为正,表明推进数智化转型能够促进长江经济带农民收入增长,假设 H1 得证。数智化转型使长江经济带内农业生产活动突破传统时空限制,增加农业生产的及时性、可预测性、准确性,同时也拓宽了农民群体非农就业渠道,从整体上促进了长江经济带农民收入增长。控制变量方面,交通发达度和人口密度对农民收入增长产生显著的促进作用;良好的交通条件不仅是农产品进城及工业品下乡的基础,还能够减少沿江各省(市)间要素资源的周转时间,提升长江经济带内各类要素流动效率,发挥联动效应;人口密度提高能够为沿江省(市)经济发展提供充沛的劳动力并产生集聚效应,有利于发挥人口规模优势,降低以农业为代表的传统产业的生产、流通、交换成本,促进农民收入增长。乡村第一产业规模的回归系数显著为负,表明第一产业规模扩大将显著抑制农民收入增长;目前,工资性收入正逐步取代经营净收入成为农民增收的主要渠道<sup>[33]</sup>,长江经济带内第一产业发展主要以劳动密集型种植业和渔业为主,第一产业占比过大将挤占农民非农就业机会,不利于工资性收入增长。此外,人力资本水平与财政支农力度对于长江经济带内农民收入的影响均不显著。

(二)稳健性检验

本文采取替换解释变量、剔除异常值、剔除不确定影响等三种方法进行稳健性检验。

1. 替换解释变量

前文数智化转型指数使用主成分分析法-熵值法构建,现采用客观性更强的熵值法-熵值法重新构建,新构建数智化转型指标对农民收入的回归结果如表 6 第(1)列所示。显然,数智化转型的回归系数在 1%水平上显著,表明数智化转型促进了农民收入增加。

2. 剔除异常值

由表 4 变量描述性统计可知,各地区农民收入水平及数智化转型水平差异较大,为消除异常值影响,本文对农民收入水平、数智化转型指数及各个控制变量分别按照 1%和 99%水平进行缩尾后重新回归,实证结果如表 6 列(2)所示,数智化转型的回归系数仍然在 1%水平上显著为正,表明数智化转型确实促进了农村收入增长。

3. 剔除不确定影响

城市规模扩大能够优化本地创新环境与产业链状况、促进分工细化、引致外包经济释放零工就业,进而增加农民收入<sup>[34]</sup>。同时,金融业的发展能够引导资金要素流向高生产率行业,促进二三产业发展与农村劳动力转移,还能够通过提高信贷支农力度为农业活动提供充足的资金支持,通过非农收入和农业收入双重途径促进农民增收。因此,在基准回归中逐步添加城市规模(*Cit*)、金融发展(*Fin*)变量以剔除不确定因素对回归结果产生的影响,结果如表 6 列(3)、列(4)所示。从表 6 的结果可知,在剔除不确定影响后,数智化转型对农民收入水平的回归系数仍然显著为正,前文结论稳健。

表 6 稳健性检验结果

变量	替换解释变量	剔除异常值	剔除不确定影响	
	(1) <i>Inc</i>	(2) <i>Inc</i>	(3) <i>Digit</i>	(4) <i>Inc</i>
<i>Digintewm</i>	1.4568*** (0.1078)	—	—	—
<i>Digit</i>	—	1.4675*** (0.2825)	1.1057*** (0.2007)	1.0934*** (0.1914)
<i>Cit</i>	—	—	2.5082*** (0.3653)	2.8499*** (0.3907)
<i>Fin</i>	—	—	—	1.3459* (0.7263)
控制变量	控制	控制	控制	控制
常数项	0.3583 (0.5780)	0.8913 (0.8492)	−18.8874*** (2.9004)	−22.5170*** (3.2705)
地区固定效应	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制
观测数	110	110	110	110
校正 <i>R</i> <sup>2</sup>	0.9966	0.9942	0.9964	0.9965

(三)内生性问题

由前文可知数智化转型能够显著促进农民收入

增长,但实证过程可能面临内生性问题的干扰:一方面,数智化转型能够促进农民收入增长,反之,农民



收入提升也可能推进数智化转型因而产生反向因果问题;另一方面,某些随时间变化的不可观测因素可能同时对数智化转型与农民收入产生影响,造成遗漏变量问题。为保证研究结论的可靠性,本文使用如下方式对内生性进行处理:

1.考虑延续性

参考罗明忠等(2023)<sup>[18]</sup>的研究,在基准回归模型中加入被解释变量农民收入(*Inc*)的一阶滞后,进一步控制不可观测的时变因素对研究结果的影响,回归结果如表 7 列(1)所示。回归结果显示,核心解释变量数智化转型的回归系数变小,但依然显著为正,表示在缓解内生性问题后数智化转型依然对农

民收入增长具有显著促进作用。

2.工具变量法

选择数智化转型滞后一期(*L.Digint*)为工具变量使用二阶段最小二乘法(2SLS)回归,数智化转型滞后项与本期高度相关并与其他变量和扰动项无关,具体回归结果如表 7 列(2)、列(3)所示。根据表 7 的结果,“*Kleibergen-Paap rk LM*”统计量的 *P* 值显著,拒绝工具变量不可识别假设。“*Cragg-Donald Wald F*”统计量大于 10%显著水平临界值,表明不存在明显弱工具变量问题。在解决内生性问题后,数智化转型的回归系数仍显著为正,再次证实了数智化转型对农民收入增长的促进作用。

表 7 内生性检验结果

变量	被解释变量滞后一期	工具变量法	
	(1) <i>Inc</i>	(2) <i>Inc</i>	(3) <i>Inc</i>
<i>L.Digint</i>	—	0.6698 *** (0.1576)	—
<i>Digint</i>	0.3176 ** (0.1251)	—	1.9907 *** (0.5129)
<i>L.Inc</i>	0.9020 *** (0.0694)	—	—
控制变量	控制	控制	控制
常数项	−0.2485 (0.3708)	0.5743 (0.4298)	—
地区固定效应	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制
观测数	99	99	99
校正 <i>R</i> <sup>2</sup>	0.9991	0.9882	0.9857
<i>Kleibergen-Paap rk LM</i>	—	6.709 ( <i>P</i> = 0.001)	
<i>Cragg-Donald Wald F</i>	—	40.344 ( <i>F</i> (10%) = 16.38)	

(四)数智化转型影响农民收入的中介效应机制分析

为验证假设 H2,本部分参考温忠麟等(2014)<sup>[32]</sup>有关中介效应检验方法的研究,进一步基于模型(3)和模型(4)探究数智化转型促进农民增收的途径,结果如表 8 所示。为了使结果更直观,将表 1 第(6)列添加至表 8 第(1)列。与此同时,表 8 也汇报了 *Sobel* 检验及 *Bootstrap* 法抽样 500 次检验的结果,以提升中介效应检验结果的稳健性。

根据表 8 的结果,数智化转型对产业结构调整的回归系数在 1%水平上显著为正,表明数智化转型能够推动产业结构调整。同时,无论是否加入产业结构调整变量,数智化转型均显著促进了农民收入增长,且在加入产业结构调整变量后回归系数绝对值降低,表明产业结构调整在数智化转型促进农民收入增长的过程中发挥中介作用。进一步地,*Sobel* 检验 *Z* 值为 3.886 且在 1%水平上显著、*Bootstrap* 检验显

示产业结构调整中介区间(*LLCI* = 0.043, *ULCI* = 0.632)不包含 0,进一步验证产业结构调整中介效应确实存在。

表 8 中介效应机制分析结果

变量	(1) <i>Inc</i>	(2) <i>Stru</i>	(3) <i>Inc</i>
<i>Digint</i>	1.5218 *** (0.2460)	0.1195 *** (0.0404)	1.3533 *** (0.2509)
<i>Stru</i>	—	—	1.4097 * (0.8364)
控制变量	控制	控制	控制
常数项	0.8154 (0.7927)	−0.2080 ** (0.0957)	1.1087 (0.8066)
地区固定效应	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制
<i>Sobel-Z</i>	3.886 ( <i>P</i> = 0.001)		
<i>Bootstrap</i>	<i>BootLLCI</i> = 0.043; <i>BootULCI</i> = 0.632		
观测数	110	110	110
校正 <i>R</i> <sup>2</sup>	0.9950	0.8601	0.9951



综上所述,数智化转型通过促进产业结构调整升级,为农民增收奠定坚实的产业基础,促进了农民收入增长,假设 H2 得证。

五、进一步研究:异质性分析

本文从区域、收入水平、时间三个视角分析长江经济带数智化转型对农民增收作用的异质性。

(一)区域异质性

前文的回归分析均是基于长江经济带整体层面展开,但是,不同地区的数智化转型阶段及经济发展状况都存在一定差异,因此本文进一步将研究样本划分为上、中、下游地区并基于模型(2)重新回归,结果如表 9 所示。根据表 9 的结果,数智化转型在下游地区和上游地区均对农民收入增长具有显著的促进作用,且下游地区的促进效应大于上游地区,而在中游地区促进作用不显著。可能的原因在于:(1)从数智化转型总体进程来看,数据要素作为一种高级生产要素,具有网络效应、规模经济和正外部性<sup>[17]</sup>,数据越多则边际报酬越高,这一特性使下游地区在推进数智化转型促农增收过程中始终保持先发优势;(2)相较于中游地区,上游地区对数智化转型的需求更加迫切,因此该地区数智化转型推进对农民收入增长能够充分释放“数智红利”;(3)相较于其他地区,中游地区具有一定的数智化转型基础,因此该地区农民收入对数智化转型水平提升的敏感性较低,同时又不具备下游地区的先发优势,因此该地区数智化转型对农民收入产生了不显著的促进作用,假设 H3a 得证。

表 9 区域异质性分析结果

变量	上游地区	中游地区	下游地区
	(1)	(2)	(3)
	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>
<i>Digint</i>	0.5272** (0.2077)	0.2891 (0.2611)	0.8384*** (0.2356)
控制变量	控制	控制	控制
常数项	3.5705*** (0.4048)	2.4222 (1.4101)	-7.2349*** (0.9605)
地区固定效应	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制
观测数	40	40	30
校正 R <sup>2</sup>	0.9976	0.9968	0.9995

(二)收入水平异质性

为探究在不同收入水平下数智化转型对农民收入影响的差异,本文基于农民收入水平进行分位数回归。表 10 汇报了在 Q0.10、Q0.25、Q0.50、Q0.75 和 Q0.90 分位点进行回归的估计结果。根据表 10 的结果,整体上看,无论农民收入水平位于哪个分位点,数智化转型的估计系数始终显著为正,这说明数智化转型能够显著促进各个收入水平的农民收入增长,与前文结论一致,也进一步验证了前文结论的稳健性与可靠性。同时,从分位点回归系数可以发现,数智化转型对不同收入分位点的农民收入促进作用大致保持随分位点提升而增强的趋势,这表明数智化转型对高收入农民群体的增收效应更强。也就是说,随着收入水平提升,数智化转型对农民收入的促进作用将呈现边际效应递增的趋势,与数据要素边际报酬递增的特性一致,假设 H3b 得证。同时这也意味着数智化转型无法在一定时间内促进农民收入包容性增长。

表 10 收入异质性分析结果

变量	10%分位点	25%分位点	50%分位点	75%分位点	90%分位点
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>	<i>Inc</i>
<i>Digint</i>	1.5881*** (0.4397)	1.4072*** (0.4125)	1.6007*** (0.4537)	2.1023*** (0.5149)	2.3803*** (0.5742)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-0.1266 (1.5791)	0.0531 (1.4255)	0.1402 (1.3860)	1.5536 (1.3444)	1.5543 (1.3245)
地区固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
观测数	110	110	110	110	110
<i>Pseudo R</i> <sup>2</sup>	0.9372	0.9339	0.9370	0.9498	0.9663

(三)时间异质性

2015 年 7 月,国务院印发了《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》,同年 10 月,党的十八届五中全会通过的“十三五”规划建议明确提出实施网

络强国战略,网络化、数字化自此成为我国国家层面重大举措,数智化转型也迎来全新的发展阶段。基于此,本文将样本期划分为 2013~2015 年和 2016~2022 年,回归结果如表 11 所示。由表 11 结果可知,

在 2013~2015 年期间,数智化转型对农民收入的促进作用不显著,2016~2022 年期间,数智化转型对农民收入产生了显著的促进作用,假设 H3c 得证。

表 11 时间异质性分析结果

变量	(1) <i>Inc</i>	(2) <i>Inc</i>
<i>Digint</i>	0.6308(0.3967)	1.6521*** (0.2993)
控制变量	控制	控制
常数项	0.3273(0.7318)	0.9056** (0.3542)
地区固定效应	控制	控制
时间固定效应	控制	控制
观测数	33	77
校正 $R^2$	0.9972	0.9968

六、研究结论与政策建议

本文基于长江经济带 11 省(市)2013~2022 年的省级面板数据,基于产业结构视角,在构建数智化转型综合指数与产业结构调整综合指数的基础上,使用多种计量方法检验了数智化转型对农民增收的影响效应与传导机制,并进一步探究增收效应的异质性。本文的研究结论如下:(1)数智化转型对农民收入增长具有显著的促进作用,在经过替换变量、缩尾检验、剔除不确定影响后结论依然成立;(2)产业结构调整在数智化转型对农民收入增长的作用过程中起中介作用。数智化转型能够提升资源配置效率、优化三次产业布局、拓宽农民收入途径、促进农民收入增长;(3)数智化转型对农民增收的影响效应具有异质性。区域异质性分析发现,数智化转型对下游地区和上游地区农民收入增长均具有显著促进作用,且在下游地区的促进作用强于上游地区,但是在中游地区,数智化转型的“促农增收”作用不显著;收入异质性分析发现,数智化转型对农民收入增长的促进作用随收入提升而增强;时间异质性分析发现,数智化转型前期对农民增收的促进作用不显著,随着数智化转型推进,增收效应逐渐增强。

基于上述结论,本文提出以下政策建议:

第一,大力推进数智化转型,完善地区数智化基础设施建设。数智化转型赋能农民增收,基础设施建设是重要基石。因此,有关部门应以提升数智化设施可获得性、可负担性为根本目的,放眼总体、统筹推进传统农业设施数智化改造升级与 5G 互联网、大数据计算平台等“新基建”设施普及,完善农村物流、普惠金融等数智化支撑体系,夯实数智化转型的“硬基础”。同时,应进一步发挥政府财政的托举

引导作用。由于农村地区数智化基础设施建设所需资金量巨大,且具有任务重、周期长、相较城市地区收益率低等特点,政府部门应进一步加强财政投入力度和对数智化项目的补贴力度,建立多元化投入机制,吸引更多社会资本投资,加强数智化转型的“软保障”,加快数智化转型红利释放。

第二,紧抓产业结构调整这一关键节点,畅通数智化转型促农增收路径。一方面,有关部门应以规模化、集约化、高效化为导向,转变农业生产方式、提升土地流转速度,促进家庭农场、龙头企业等新型经营主体发展;另一方面,大力推进农村三次产业融合发展,在着力提升农业生产效率的同时,扩大农产品深加工、创意农业、观光农业等“农业+”产业规模,建立第一产业多元化升级模式,促进产业结构调整升级,拓宽农民增收渠道。

第三,应充分把握数智化转型促农增收效应的差异性,根据地区经济发展实际、农民个人综合素质等,实施动态化、差别化的数智化转型战略,消弭地区区间及农民群体内部的数智鸿沟。在区域规划层面,应促进地区间人才、技术、数据等多重要素交流互通,着眼整体构建长江经济带数智化发展协同网络。中上游地区应着力信息基础设施建设,提升数智化包容水平和全民数智素养;下游地区在充分发挥先发优势、广泛吸纳前沿技术、高端人才的同时应加强对其他地区的多维度帮扶。在农民群体内部,应开展差别化的数智技术培训教育,对龙头企业骨干、种植大户等高收入群体进行农村电商、智慧农业等数智应用场景培训,针对中老年及低收入群体,应主要以计算机、智能手机等基础设备使用培训为主,帮助其提升数智化生活参与度、建立互联网思维。此外,还应充分重视政策引导对数智化转型促农增收的影响,根据地区发展进程差异进行前瞻性政策布局,发挥顶层设计的指导作用。

参考文献:

[1]习近平.扎实推动共同富裕[J].求是,2021(20).  
[2]王秉.何为数智:数智概念的多重含义研究[J].情报杂志,2023,42(7).  
[3]张云,柏培文.数智化如何影响双循环参与度与收入差距——基于省级-行业层面数据[J].管理世界,2023(10).  
[4]李光龙,范贤贤.财政支出、科技创新与经济高质量发展——基于长江经济带 108 个城市的实证检验[J].上海经济研究,2019(10).  
[5]丁可可,马正兵,王涛.乡村数字经济对农民收入的影响及空间异质性研究[J].干旱区资源与环境,2024(5).  
[6]史常亮.数字乡村建设赋能农民增收:直接影响与空间溢出[J].湖南社会科学,2023(1).

[7]张岳,张博,周应恒.数字乡村建设对农民收入的影响——基于收入水平与收入结构的视角[J].农林经济管理学报,2023(3).

[8]杨林,赵洪波.数字普惠金融助力农民增收的理论逻辑与现实检验[J].山东社会科学,2022(4).

[9]王瑞峰.数字普惠金融、农业农村高质量发展与农民共同富裕[J].中国流通经济,2023(6).

[10]徐萌萌,李炳超,李嘉瑶,等.数字技术助农增收的作用机制、发展现状与对策建议[J].科技管理研究,2023(24).

[11]苏群,邢怀振,刘晨.数字技术赋能农民增收:作用机制与影响效应[J].山西财经大学学报,2023(12).

[12]刘蕾,王轶.数字化经营何以促进农民增收? ——基于全国返乡创业企业的调查数据[J].中国流通经济,2022(1).

[13]张汉飞,吴童.数字普惠金融对农民收入增长的影响——来自中国家庭金融调查的微观证据[J].农村经济,2024(2).

[14]张岳,张博.数字治理下农民收入增长与收入分配效应[J].华南农业大学学报(社会科学版),2024(1).

[15]张良,徐志明,李成龙.农村数字经济发展对农民收入增长的影响[J].江西财经大学学报,2023(3).

[16]朱秋博,朱晨,彭超,等.信息化能促进农户增收、缩小收入差距吗? [J].经济学(季刊),2022(1).

[17]蔡跃洲,马文君.数据要素对高质量发展影响与数据流动制约[J].数量经济技术经济研究,2021(3).

[18]罗明忠,魏滨辉.返乡创业、产业升级与农民收入增长[J].中南财经政法大学学报,2023(1).

[19]王亮,刘凌燕,蒋依铮.数字经济对碳生产率的空间溢出效应[J].金融与经济,2023(1).

[20]余文涛,吴士炜.互联网平台经济与正在缓解的市场扭曲[J].贸易经济,2020(5).

[21]陈晓佳,徐玮.数据要素、交通基础设施与产业结构升级——基于量化空间一般均衡模型分析[J].管理世界,2024(4).

[22]黄季焜.乡村振兴:农村转型、结构转型和政府职能[J].农业经济问题,2020(1).

[23]万俊毅,韩亮,徐静.现代农业产业园建设何以促进农民增收——基于产业集聚和结构升级的双重视角[J].农村经济,2024(6).

[24]曹菲,聂颖.产业融合、农业产业结构升级与农民收入增长——基于海南省县域面板数据的经验分析[J].农业经济问题,2021(8).

[25]李怡,柯杰升.三级数字鸿沟:农村数字经济的收入增长和收入分配效应[J].农业技术经济,2021(8).

[26]赵涛,张智,梁上坤.数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J].管理世界,2020(10).

[27]尹西明,陈泰伦,金珺,等.数字基础设施如何促进区域高质量发展:基于中国 279 个地级市的实证研究[J].中国软科学,2023(12).

[28]任保平,何厚聪.数字经济赋能高质量发展:理论逻辑、路径选择与政策取向[J].财经科学,2022(4).

[29]干春晖,郑若谷,余典范.中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J].经济研究,2011(5).

[30]史恩义,王娜.金融发展、产业转移与中西部产业升级[J].南开经济研究,2018(6).

[31]林丽波.乡村振兴背景下内蒙古农牧业产业结构调整对农民收入的影响[J/OL].中国农业资源与划(2024-09-07)[2024-09-10].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20231206.1034.004.html>.

[32]温忠麟,叶宝娟.中介效应分析:方法和模型发展[J].心理科学进展,2014(5).

[33]姜长云,李俊茹,王一杰,等.近年来我国农民收入增长的特点、问题与未来选择[J].南京农业大学学报(社会科学版),2021(3).

[34]李梦娜,周云波,王梓印.数字经济能否缓解农民工相对贫困——基于城市规模视角[J].中国农村经济,2023(9).

责任编辑 韩玺吾 E-mail:shekeban@163.com