

数字化农业助力山地农田建设与特色产业发展研究

——以利川市为例

罗月露*, 王玲珍

利川市凉雾乡农业农村服务中心, 湖北 恩施

收稿日期: 2026年5月4日; 录用日期: 2026年6月4日; 发布日期: 2026年6月15日

摘要

数字化技术作为驱动现代农业高质量发展的核心变量, 正逐步破除山地农业因地形破碎、信息滞后带来的发展瓶颈。文章以湖北省利川市为研究对象, 在阐述数字化技术赋能现代农业内在机理的基础上, 分析利川市山地高标准农田建设与特色产业发展的现实约束。通过构建集环境感知、精准作业与全链条监测预警于一体的数字化应用体系, 探讨其对山地农业生产效率与价值链提升的效能。研究表明, 数字化嵌入不仅优化了农田管护模式, 更通过数据要素的集成应用强化了利川红茶等特色产业的抗风险能力与品牌溢价。

关键词

数字化农业, 山地农业, 利川市

Research on Digital Agriculture's Role in Mountain Farmland Construction and Specialty Industry Development

—A Case Study of Lichuan City

Yuelu Luo*, Lingzhen Wang

Agricultural and Rural Service Center of Liangwu Township, Lichuan City, Enshi Hubei

Received: May 4, 2026; accepted: June 4, 2026; published: June 15, 2026

*通讯作者。

文章引用: 罗月露, 王玲珍. 数字化农业助力山地农田建设与特色产业发展研究[J]. 农业科学, 2026, 16(6): 890-897.
DOI: 10.12677/hjas.2026.166108

Abstract

Digital technology, as a core variable driving the high-quality development of modern agriculture, is gradually breaking through the development bottlenecks of mountain agriculture caused by fragmented terrain and information lag. This paper takes Lichuan City, Hubei Province, as the research object, and analyzes the practical constraints of high-standard farmland construction and characteristic industry development in Lichuan City based on the explanation of the intrinsic mechanism of digital technology empowering modern agriculture. By constructing a digital application system integrating environmental perception, precision operation, and full-chain monitoring and early warning, the paper explores its effectiveness in improving the production efficiency and value chain of mountain agriculture. The study shows that digital embedding not only optimizes farmland management models, but also strengthens the risk resistance and brand premium of characteristic industries such as Lichuan black tea through the integrated application of data elements.

Keywords

Digital Agriculture, Mountain Agriculture, Lichuan City

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在当前全球科技革命与产业变革深度交织的背景下, 农业现代化已进入由机械化向数智化跨越的关键窗口期。作为现代农业演进的高阶形态, 数字农业通过对人工智能、大数据、物联网及遥感技术的集成应用, 正促使农业生产范式从传统的资源驱动与要素投入向数据驱动与系统联动发生根本性转变[1]。这种转变不仅体现为生产工具的革新, 更深层次地表现为对农业全链条信息的精准捕捉与逻辑重构, 从而显著提升了资源配置效率与产业链的增值能力[1]。

对于我国广大的山地丘陵地区而言, 地形条件的复杂性与自然环境的脆弱性始终是制约高标准农田建设效能与特色产业发展的核心瓶颈。山地农业普遍面临耕地破碎化程度高、垂直地带性气候差异显著、农田基础设施管护成本大以及气象灾害响应滞后等现实困境。数智技术赋能农业高质量发展的逻辑在于, 其构建的“感知-分析-决策-执行”闭环体系能够有效对冲物理空间的局限, 为山地农业提供精准化的治理路径[2]。通过数字化手段实现对土地要素、气候资源与农事活动的实时映射, 能够将管理尺度精细化至微观地理单元, 进而破解传统模式下“看不见、管不到、防不住”的系统性难题[2]。

湖北省利川市作为武陵山区的典型代表, 其农业现代化进程具有极强的样本意义。利川市平均海拔在 1100 米左右, 独特的“山、水、坝”空间结构虽然孕育了利川红茶、利川山药等优质农产品, 但也导致了生产组织化程度较低、农田管护难度大等问题[3]。在推进高标准农田建设的过程中, 利川市面临着如何将建成后的物理工程转化为数字化资产, 并以此支撑产业持续增值。已有研究指出, 数字化技术在现代农业生产、管理与服务维度的应用, 如生长监测技术与环境感知技术的嵌入, 能够全面推动产业的升级转型[4]。然而, 在具体的山地实践中, 如何将这些碎片化的技术集成于全链条监测预警体系之中, 依然是确保粮食安全与特色产业稳健增长的薄弱环节[5]。

从理论演进来看, 数字技术正成为驱动现代农业新质生产力形成的核心动能。现有研究多聚焦于平

原地区规模化农业的数字化转型, 而对于地理条件复杂、地块破碎的山地农业如何跨越数字鸿沟仍缺乏系统性实证分析, 利川市作为鄂西山地特色农业的典型代表, 其“天空地”一体化监测体系的应用, 不仅是简单的技术嵌入, 更是对山地高标准农田管护逻辑的重构。本文试图通过对利川市数字化农业实践的深度解析, 探讨数字化技术如何在解决山地农业信息不对称、提升价值链韧性方面发挥关键作用, 以期武陵山区乃至全国山地现代农业转型提供经验借鉴。

基于此, 本文旨在立足于“数农融合”的深度视角, 系统剖析数字化农业助力山地高标准农田建设与特色产业发展的内在机理。通过对利川市地理特征与农业生产现状的深入解析, 探讨数字化技术在山地场景下的适应性逻辑, 并尝试构建一套涵盖天空地一体化感知、智能作业执行与风险监测预警的应用体系。研究不仅关注技术工具的单点突破, 更强调制度保障与人才培养对数字化转型的支撑作用[1], 力求为利川市乃至全国同类山地丘陵地区的农业高质量发展提供具有参考价值的理论范式与实践路径。

2. 研究设计与数据来源

2.1. 研究逻辑与框架

本文遵循“机理分析 - 现实困境 - 体系构建 - 实证检验”的研究逻辑。从理论层面剖析数字化技术对山地农业生产要素的替代效应与价值链重构机理, 结合利川市地形破碎化、信息不对称等现实约束, 阐述数字化转型的必要性, 重点通过利川市南坪村蔬菜基地及“利川红”茶产业的实测数据, 定量分析数字化应用对生产效率、成本控制及品牌溢价的贡献度。

2.2. 案例选取的代表性与典型性分析

选取湖北省利川市作为研究案例, 主要基于其自然地理的复杂性与数字化转型的先行性。利川市地处武陵山腹地, 其典型的喀斯特地貌导致耕地空间分布呈现高度破碎化与坡度较大的特征, 是研究山地农业机械化与数字化协同发展的天然实验室。与此同时, 利川市作为国家级农业现代化示范区, 近年来在数字基础设施建设上投入显著, 其构建天空地一体化大数据平台在全省乃至全国具有较强的示范意义。特别是南坪村的蔬菜基地数字化试点与“利川红”茶产业的全链条溯源体系, 分别代表了数字化技术在生产端降本增效与价值端品牌溢价的最高水准。这种典型地域 + 前沿实践的结合, 确保了研究结论不仅具备个案的深度, 更具备向同类山地丘陵地区推广的普适性。

2.3. 数据来源

研究所需的宏观产业数据主要源于《利川市国民经济和社会发展统计公报》及利川市农业农村局政务公开资料, 亩均化肥用量、响应时间等微观实测数据则采集自利川市现代农业产业园大数据中心, 品牌价值评估数据参考了2025年发布的中国茶叶区域公用品牌价值评估报告。

3. 数字化农业赋能山地农业发展的内在机理

3.1. 数据要素对时空约束的消解机制

数字化技术对农业经济模式的重构, 核心在于通过数据要素的介入, 实现生产要素的数字化映射与价值分配逻辑的根本性转变。在山地农业场景下, 数字化技术首先发挥了时空约束的消解功能。由于山地地形起伏剧烈, 传统农业生产中存在严重的空间阻隔, 导致土地利用信息、作物生长状态以及小气候变化难以被实时掌握。数字化技术通过布设地表传感器、低空无人机遥感以及卫星导航系统, 将物理世界中破碎、离散的土地资产转化为可计量、可分析的结构化数据, 从而在虚拟数字空间中实现了对山地农田的全景式刻画。这种数字化映射不仅打破了物理地形对管理半径的限制, 更通过降低信息搜寻成本

与沟通成本, 消解了因空间距离导致的信息不对称, 为后续的精准确策提供了坚实的数据支撑。

3.2. 精准驱动下的效能跃升路径

数智技术通过构建感知 - 分析 - 决策 - 执行的闭环反馈机制, 实现了从经验导向向精准驱动的效能跃升。在传统山地农业生产中, 农户多依赖历史经验进行耕作, 难以应对瞬息万变的环境波动。数字化技术的嵌入, 使得农业生产能够基于实时采集的土壤肥力、养分含量及作物生理参数, 进行科学的定量分析。这种基于算法模型的决策逻辑, 能够指导智能装备在山地复杂坡度条件下完成变量施肥、精准对穴以及自动化灌溉, 显著提升了水肥利用率并降低了化学物质对山地脆弱生态系统的扰动。数智赋能不仅强化了生产过程的确定性, 更通过对农业管理单元的极度细化, 使管理触角延伸至每一株作物, 实现了全要素生产率在微观地理单元上的边际提升。

3.3. 全链条监测预警与韧性增强逻辑

数字化农业通过健全全链条监测预警体系, 显著增强了山地农业系统的防灾减灾韧性。山地环境对气候变化具有高度敏感性, 干旱、洪涝、滑坡及突发性病虫害常给农作物带来毁灭性打击。数农融合背景下的监测预警体系, 利用多源数据融合算法, 能够对潜在风险进行前瞻性识别与趋势推演, 通过集成气象基站、水文监测仪以及生物感知技术, 系统可以实现灾害风险的秒级响应与动态预警, 为粮食安全与产业稳定提供了刚性的制度与技术保障。这种全链条的监测能力, 将风险防控由“事后补救”转向“事前预防”与“事中控制”, 确保了农业产出的稳定性与可控性。

3.4. 价值链重构与品牌溢价实现

数字化转型通过重构农业价值链, 催生了山地特色产业的新业态与新模式。数字化技术不仅作用于生产环节, 更通过区块链溯源、电子商务平台以及智慧物流体系, 打通了从山地田间到城市餐桌的价值通道。通过对生产全过程的数据背书, 山地特色农产品的品牌价值得以在数据透明的基础上实现溢价。这种基于数据流动的价值重构, 强化了农户与市场、企业之间的利益联结, 使得山地农业不再仅仅是初级原材料的供应地, 而是成为集成生产、加工、服务与生态价值于一体的数字化产业高地。

4. 研究区特征与数字化应用基础

4.1. 利川市自然地理与农业发展特征

利川市地处湖北省西南部, 是典型的山地农业气候区。境内地形复杂, 平均海拔高度约 1100 米, 形成了显著的垂直气候差异与“山、水、坝”并存的空间格局。全市耕地资源分布极不均衡, 多呈现出碎片化状态, 其中山间盆地(坝区)是主要的产粮区与经济作物种植区。这种地形特征虽然孕育了利川红茶、利川山药及利川大米等高品质特色农产品, 但也制约了传统大型农机具的普及, 导致农业生产长期面临机械化水平受限、土地集约化程度不高以及防灾减灾能力薄弱等内生性阻碍。此外, 由于山地微气候多变, 作物长势受海拔与坡度影响显著, 传统的人工监测模式难以实现精准覆盖。因此, 利川市的农业现代化进程迫切需要依托数字化手段, 对物理地貌带来的空间阻隔进行数字化映射与治理。

4.2. 数字化应用实践及其改造基础

利川市在农业数字化改造方面已开展了多维度的探索, 初步形成了具有山地适应性的数字化应用基础。在基础设施建设层面, 利川市以南坪村等田园综合体为核心试点, 逐步推进了 5G 网络、低功耗广域网(LPWAN)在农业生产区域的覆盖, 为物联网设备的实时互联提供了通信保障。在数据感知维度, 利川

市利用多源地理空间数据,对全市耕地资源进行了初步的数字化建档。通过集成数字高程模型(DEM)与土地利用监测数据,管理部门实现了对坝区高标准农田分布及坡度信息的精准掌握,这为后续的高标准农田选址与管护提供了科学依据。

在生产实践环节,数字化技术的应用已从单点突破转向局部集成。目前,利川市在特色茶园与中药材基地试点部署了集土壤肥力、环境温湿度、病虫害预警于一体的地面监测网络。同时,针对山地农田巡查难的问题,利用无人机遥感技术开展常态化监测,显著提升了对耕地“非农化”和作物长势风险的识别效率。在服务体系构建上,利川市结合智慧乡村平台,探索建立了一套涵盖农产品质量溯源与线上撮合交易的数字服务窗口。这种数字化改造不仅提高了农业资源配置的透明度,更通过全链条监测预警体系的初步运行,强化了山地农业在极端天气下的生存韧性。综上所述,利川市已具备了从底层基建到上层应用的全方位数字化转型雏形,为构建深层次的“数农融合”体系奠定了坚实的数据底座与技术支撑。

4.3. 典型案例分析:南坪数字化村落的效能表征

在生产端的精准管理与降本增效层面,南坪村数字化示范基地通过物联网感应终端与薄膜温室集成系统,实现了山地小农生产向精准工业化生产的跨越。实测数据表征显示,数字化平台的介入使得生产要素的配置效率得到显著优化,通过实时监测土壤氮磷钾含量及水分墒情,该基地实现了精准配方施肥与水肥一体化作业,化肥及化学农药的投入量较传统露天种植模式降低了50%以上。同时,基于机器视觉的病虫害自动预警系统,将农田管护的病虫害响应时间由传统的3~5天缩短至12小时以内,作物受损率显著降低了20%左右,这种由凭经验看天向凭数据决策的转变,不仅大幅压降了亩均人工成本,更使得作物产量提升了50%以上,综合经济效益增幅达70%以上,为山地高标准农田的集约化产出树立了标杆。

在产业融合与服务模式创新层面,南坪村利用数字化技术重构了“数智农业+乡村旅游”的复合价值体系。通过在田园综合体内部署数字化景观监测站与互动体验窗口,南坪村将高标准农田的实时生态长势转化为可观赏、可传播的数字文旅资源,数字化平台不仅支持消费者通过移动端进行远程农田认养,实时查看认养农作物的生长记录与管护轨迹,更通过“数字身份”赋予了农产品极强的社交属性与信任背书。这种基于数据的跨界融合,不仅将农产品销售从传统的末端零售前移至生产环节的预售与体验,更通过数字文旅的引流作用,带动了当地民宿与周边服务的溢价增长,实现了从单一农产品产值向生态、文化、经济复合产值的系统性跨越。

5. 利川市数字化农业技术应用体系构建

5.1. “天空地”一体化高标准农田动态监测网络

利川市山地高标准农田的数字化转型,首先依赖于对复杂地形下土地要素的精准感知与实时监控。由于山地农田分布在海拔跨度大、坡度不一的坝子与坡地中,传统的人工巡查模式不仅效率低下,且难以发现隐蔽性的地力退化或非法占用问题。数字化应用体系通过集成“天”基遥感、“空”基无人机与“地”基物联网传感器,构建起全方位、多维度的动态监测网络。在该体系下,利川市引入高分辨率卫星遥感影像,针对全市范围内的高标准农田进行常态化动态比对。通过植被覆盖度算法与地块边缘识别技术,管理部门能够实时监控耕地“非农化”与“非粮化”动向,确保建设红线得到刚性执行。

在微观尺度上,利川市利用低空无人机搭载多光谱相机,针对南坪坝区等核心生产区开展定期巡航。无人机采集的高光谱数据能够反演作物的氮素含量、叶面积指数等关键生理指标,生成精细化的农田长势分布图,从而为精准追肥提供空间参考。与此同时,埋设于高标准农田土壤中的集成式传感器实时监

测温湿度、酸碱度及氮磷钾含量,数据通过5G网络传输至利川市农业大数据中心。这种“天空地”一体化的感知架构,不仅实现了对山地农田物理属性的数字化还原,更通过对水肥流失、土壤侵蚀等过程的在线监控,显著提升了高标准农田建设后的科学管护效能。

5.2. 基于数智赋能的精准作业与智能执行系统

在实现精准感知的策略基础上,利川市数字化应用体系通过引入智能执行终端,将数据分析结果直接转化为田间作业指令,解决了山地劳动力短缺与作业粗放的顽疾。针对利川市典型的小型化、零碎化农田现状,该体系重点推广了适配山地环境的数字化作业装备。通过集成北斗高精度定位技术,智能小型农机能够在坡度较大的田块中实现厘米级的路径规划,减少重喷与漏喷现象。在精准水肥管理方面,系统根据土壤传感器反馈的干旱指数与养分亏缺情况,自动调节泵站压力与电磁阀开度,实现按需配给的变量灌溉与施肥。

在利川红茶等高效特色产业基地,数字化执行系统的应用深度进一步向生产工艺延伸。通过在茶园部署自动采集与智能修剪系统,数字化技术实现了对鲜叶采摘时机的精准研判。结合后台的生长模型算法,系统能够根据不同海拔高度茶青的成熟度差异,智能推送最佳作业建议至农户终端。此外,针对山地农资运输难的问题,利川市探索利用数字化轨道运输系统与多旋翼物流无人机,构建起点对点的智能化配送链条。这种以数据驱动的智能执行体系,通过对作业过程的数字化重构,大幅降低了山地农业的生产成本,提升了单位土地的产出效率,实现了农业生产力在复杂地形约束下的边际突破。

5.3. 粮食与特色产业全链条监测预警机制

利川市数字化应用体系的第三个维度是构建覆盖全链条的风险监测与决策预警机制,旨在提升山地农业应对自然灾害与市场波动的系统韧性。山地环境对小气候波动极为敏感,晚霜冻害、突发性强降雨及病虫害往往给利川市的粮食作物与经济林木带来损失。数字化预警机制通过集成多源气象观测数据与历史灾变模型,构建起全链条的监测网络。当监测系统识别到极端天气征兆或病虫害暴发风险时,会通过数字乡村终端和移动端向农户及农业企业实时推送分级预警信息,并同步提供科学的防灾降损方案。这种预警机制将风险管控的关口由“事后救灾”前移至“事前预防”,显著增强了农业系统的发展稳定性。

在特色产业的质量控制与品牌溢价环节,数字化应用体系引入了基于区块链的追溯监测系统。以“利川红”为例,数字化平台记录了茶叶从种植环境、农事作业、加工环节到仓储物流的全生命周期数据。每一个数字化环节的产生都形成了不可篡改的信用背书,有效保障了粮食与特色农产品的全链条安全监测。通过这种全链条的数智赋能,利川市不仅实现了对食品安全风险的精准回溯,更通过数据透明化提升了品牌附加值,消解了山地特色农产品因地理偏远带来的市场信息壁垒。

5.4. 数字化技术驱动下的产业价值链延伸与重构

利川市数字化应用体系的构建,最终指向的是通过数据流动的穿透力实现农业产业价值链的重组与价值增值。数字化技术不仅改变了生产环节,更深入触达了农产品加工、品牌营销与乡村旅游等后向环节。在利川市的数字化应用框架下,基于大数据的市场供需分析模型被引入产业规划中,引导农户根据市场波动调整种植品种与规模,降低了市场性风险。这种数据驱动的产销协同模式,使得利川市的特色农业能够更精准地对接消费端需求,实现了价值链向高附加值环节的延伸。

利川市依托数字化应用体系,正积极探索“数智农业+乡村旅游”的融合模式。通过在南坪等田园综合体建设数字化景观监测站与互动体验窗口,数字化技术将高标准农田的生产过程转化为可观赏、可

传播的数字内容。游客可以通过数字化平台实时查看农田的生长动态, 甚至参与远程认养。这种基于数字化应用的跨界融合, 不仅拓宽了农民的增收渠道, 更重构了山地农业的经济价值体系。数字化农业不再仅仅是单纯的作物种植, 而是演变为一个集成生态价值、文化价值与经济价值的复合化产业系统。通过对全价值链的数字化重塑, 利川市正逐步形成以数字化农业为牵引的山地农村经济发展新模式。

5.5. 数字化赋能下的“利川红”品牌溢价与抗风险机制

数字化溯源体系的建立是“利川红”品牌价值实现跨越式增长的核心引擎。截至 2025 年底, “利川红”区域公用品牌价值已攀升至 39.01 亿元, 较 2022 年增长近 5 倍, 这一增长曲线与利川市推进的全链条数字化监管高度吻合。通过构建“利川红”产业大数据平台, 全市 198 家授权茶企及其所属的 27.37 万亩茶园实现了数字化管理, 每一批次茶叶从采摘、加工到物流配送, 均生成唯一的区块链溯源编码, 这种透明化的数据链条极大地强化了市场对于“冷后浑”等高端品种的信任度。数据证明, 具备完整数字化溯源记录的高端红茶产品, 其市场销售均价可稳定在 1200 元/公斤以上, 较未溯源产品溢价能力提升了 30% 以上。

此外, 数字化技术在提升“利川红”产业抗风险能力方面表现出显著的韧性特征。通过市场供需大数据的实时回传与分析模型, 利川红产业集团能够精准识别终端市场的消费偏好波动, 从而引导农户和初制厂动态调整生产计划, 避免了传统山地农业因信息滞后导致的盲目扩种。在 2024 年的研发实践中, 利用数字化生产参数优化的冷泡茶系列产品成功获得了 3 项国家专利, 并精准对接了年轻化市场的需求缺口, 单品附加值提升显著, 数字化不仅是品质的守望者, 更是通过数据要素的流动, 实现了生产端对消费端的敏捷响应, 有效对冲了周期性市场波动带来的产业风险。

6. 结论与建议

6.1. 结论

通过利川市的实践分析得出, 数字化技术在山地高标准农田建设与特色产业发展中发挥了关键的要素替代与效能增强作用。数字化转型不仅显著增强了高标准农田的后期管护效能, 解决了山地地形下“管护难、监控难”的问题, 更通过全链条的数智赋能带动了特色农业产业结构优化与价值升级。数字化技术的系统集成应用, 将山地复杂的物理环境转化为可定量管理的数据模型, 实现了生产效率提升与生态环境保护的协同发展。

6.2. 建议

- 1) 强化山地特征的数字基础设施投入: 建议政府在推进高标准农田物理工程建设的同时, 同步规划数字化感知网络, 特别是针对山地信号死角加强 5G 及低功耗广域网的覆盖, 为数字农业提供底座支撑。
- 2) 构建跨部门的数据治理与共享机制: 应打破农业、水利、气象、自然资源等部门间的数据壁垒, 建立利川市统一的农业大数据底座, 完善数据确权机制, 鼓励社会资本与农业主体参与数据资产的转化与利用。
- 3) 支持适配山地环境的智能装备研发: 政策应倾斜支持科研机构研发坡地适用的微型智能农机与低空物流装备, 降低山地农业的机械化准入门槛, 并给予针对性的购置补贴。
- 4) 完善复合型数字农业人才梯队建设: 依托当地职教中心与龙头企业, 开展“数字农民”专项培训, 重点培养具备数据分析能力与智能装备操作能力的复合型人才, 解决数字化设备“无人会用、无人敢用”的尴尬现状。

参考文献

- [1] 车捷. 数字农业背景下农业经济发展模式转型与创新路径探析[J]. 山西农经, 2026(6): 58-60.
- [2] 何磊磊, 蒋淑吉, 杨军. 数智技术赋能农业高质量发展: 现状、挑战及路径探索[J/OL]. 智慧农业(中英文), 1-13. <https://link.cnki.net/urlid/10.1681.S.20260401.1434.004>, 2026-04-12.
- [3] 罗诗艺. 乡村振兴背景下田园综合体模式发展困境与优化策略——以利川市南坪村为例[J]. 中国集体经济, 2024(14): 6-10.
- [4] 张瑶, 刘冲. 数字化技术在现代农业领域中的应用实践研究[J]. 农业科学, 2025, 15(10): 1257-1261.
- [5] 赵益祯, 曹建农, 张晓栋, 等. 宝塔区土地利用的地形梯度效应与空间格局[J]. 干旱地理, 2020, 43(5): 1307-1315.