



智慧农业转型过程中的挑战及对策

华中农业大学经济管理学院教授 熊 航

【摘要】在加快农业农村现代化的背景下，我国农村数字化和农业智能化水平不断提高。智慧农业通过数据、技术与实施主体在更高层次上的融合和价值创造，实现生产经营中的科学决策和精准操作。当前，我国在从传统农业向智慧农业的转型中面临诸多挑战。应以大数据立法为基础，完善顶层设计和部门联动，统筹软硬件建设，加强科技人才培养，建立健全数据要素参与农业生产经营成果分配制度，构建农业知识图谱，突破技术瓶颈，打通信息“孤岛”，降低网络攻击风险，推动智慧农业跨越式发展。

【关键词】智慧农业 农业大数据 农业科技 农业经营主体

【中图分类号】F323.3

【文献标识码】A

【DOI】10.16619/j.cnki.rmltxsqy.2020.24.011

推进农业农村现代化是全面建设社会主义现代化国家的重大任务，是推动农业农村高质量发展的重要举措。习近平总书记在12月28日至29日召开的中央农村工作会议上指出：“在向第二个百年奋斗目标迈进的历史关口，巩固和拓展脱贫攻坚成果，全面推进乡村振兴，加快农业农村现代化，是需要全党高度重视的一个关系大局的重大问题。”农业现代化的实现有赖于现代科技在农业农村中的应用。

智慧农业的发展背景及系统构成

纵观农业发展史，农业的发展历程可以分为四个阶段：体力和畜力驱动的农业1.0阶段，简易机械和农作制度改良驱动的农业2.0阶段，生物技术和信息技术驱动的农业3.0阶段（包括“绿色革命”），大数据和人工智能技术驱动的农业4.0阶段。农业4.0以实现农业的数据化决策、精准化运行、智能化控制、无人化作业等为发展方向和目标，因而被普遍称为“智慧农业”。在育种到收获、生产到销售的农业全产业链中，智慧农业系统性地运用了大数据、人工智能、物联网和云计算（“大智移云”）等主要技术和传感器、遥感、区块链、虚拟现实等辅助技术。

熊航，华中农业大学经济管理学院教授、华中农业大学乡村振兴研究院研究员。研究方向为农业技术经济、农业系统建模。主要著作有《智慧农业概论》（主编）、《农产品贸易中虚拟水要素的比较优势分析》（论文）、《Blockchain Technology for Agriculture: Applications and Rationale》（论文）、《Identifying Mechanisms Underlying Peer Effects on Multiplex Networks》（论文）等。

智慧农业是一个通过物联网连接农业系统与农业技术的复杂系统。从功能和技术构架上，农业物联网系统由感知层、传输层和应用层三个层面构成。感知层的主要功能是采集信息，具体包括作物或畜禽等生长的环境数据（光、温、水、肥、空气质量等）和经营主体农事操作的行为数据等，由自动识别技术、遥感技术、传感器、气象站、实地调查等数据获取手段和工具组成。传输层的主要功能是接入和传输信息，是整个农业物联网系统的通讯枢纽，旨在通过有线或无线的方式传输感知层所获取的各种信息，并向应用层发布操作指令。应用层由云计算系统、决策支持系统和智能控制系统等组成，其主要功能是对所获取的各类数据进行分析 and 挖掘，并针对实际问题建模和设计工作方案，从而实现对农业系统的实时控制、精确管理和科学决策，不难看出，智慧农业是传统农业技术与一系列现代科技结合的产物，它以数据的更充分获取和利用为基础，通过数据、技术与实施主体在更高层次上的融合和价值创造，实现更加科学理性的决策和精准智能的操作。

智慧农业不是对传统农业的简单替代，而是在传统农业基础上的升级和迭代；智慧农业建设也不是完全的“另起炉灶”，而是基于农业2.0、农业3.0以及当前的信息化水平推进数据驱动农业的转型升级。总体上，当前全球农业正处于这一转型的深刻变革中。虽然从实践来看，这一转型可能与前几次相比进行得更为迅速，但由于我国土地细碎化、农户规模小、农村整体信息化水平不高，以及相关核心技术研发能力较弱等问题，我国智慧农业转型面临着严峻的挑战。

智慧农业转型所面临的挑战

数据方面。一是系统性获取农田与农户数据的成本偏高。对于农户的生产经营而言，智慧农业是用精准、理性的科学决策代替相对模糊、感

性的经验决策的农业形态。农户的农事决策一般是以地块为单位进行的，智慧农业技术以准确刻画地块和农户层面的特征数据为支撑，能够实施针对地块甚至植株的精准决策。地块层面的数据主要包括土壤温度、湿度、肥力等反映作物微观生长的环境数据；农户层面的数据主要包括反映生产经营主体（普通农户、家庭农场、农业合作社等）的播种、田间管理、收获等农事活动的行为数据。在我国农地细碎化程度高和小规模分散经营的现实条件下，实现对这两类数据的系统性获取都面临高昂的成本。对于生产经营主体的行为数据，目前主要通过问卷调查、访谈等方式获取，主要信息来源为农户自我报告，调查周期相对较长，一般整个生产经营周期只开展一次调查。这样的数据获取方式难以保证数据的客观可靠性。一方面，许多受访者从主观上隐瞒信息或者提供虚假信息（例如刻意隐瞒农药的使用量或所收获的产量）；另一方面，农户的非主观因素也会造成信息误差。为确保数据客观、真实、可靠，在实践中只能依靠严谨的方案设计和严格的调查执行尽可能地避免非主观因素的干扰，因而获取数据的人力、物力成本较高。对于土壤数据的获取，传统方式是通过采集土壤样本进行检测，需要依赖大量的人力物力投入；而借助各类土壤传感器的现代手段又需支付较高费用。因此，目前通过这两种方式获取符合地块尺度决策需要的数据都面临过高成本，且其成本随着地块细碎化程度和土壤异质性的提高而不断增加。

二是多元主体参与数据获取，数据所有权不明晰。在智慧农业系统中，信息与通讯技术（ICT）、传感器工具等被广泛用于数据采集，原始数据还会被融合、加工形成新的数据，因而数据所有权难以界定和划分。除农户之外，参与数据采集和生产的主体还包括数据采集工具供应商、数据融合服务供应商以及纯粹的数据供应商等。在数据获取由多个主体共同完成的情况下，数据的所有权具有一定争议性。而在所有参与数



据获取的主体中，农户的数据权益甚至隐私往往容易受到侵害。其一，智慧农业技术在采集和使用非个人数据时，通常需与个人身份可识别信息相关联进行认证；其二，用于监控地块和农作物的无人机、无人驾驶拖拉机等智慧农业设备也同时具备监控其使用者的功能，给侵犯农户的个人信息和数据带来潜在风险。现代产权理论指出，清晰的产权是资源有效配置和形成有效激励的前提。只有厘清了农业数据的权属关系，充分保护各类数据获取参与者的权利，才能持续地激发其采集和分享数据的积极性。

三是多源农业数据融合与挖掘面临技术难题。农业系统包含生产经营活动所依托的经济社会子系统和承载物质能量循环、生长发育过程的生态环境子系统。推进农业生产经营智能化发展，不仅要从各个方面对农业系统进行全面刻画，还要将多源数据进行融合。农业系统的数据具有来源广泛、结构多样、区域跨度大等复杂性特性，这给多源农业数据的深度融合以及智慧农业技术的研发和使用带来了挑战。一方面，农业数据包含大量的文本、图像、视频等非结构化数据（如遥感影像、农事活动视频等），随着物联网的逐渐普及，非结构化数据量快速增长；另一方面，对农业大数据的整合应用超越了当前普遍采用的联机分析处理技术范式，需要辅以复杂统计分析模型等深度分析手段。

技术方面。一是相关的硬件和软件技术发展滞后。当前，农业传感器技术滞后，难以满足构建农业物联网对农田数据获取的需求。传感器是农业物联网的“神经末梢”，是农业物联网所需数据的主要获取手段。然而，我国传感器技术整体基础较为薄弱，传感器准确性差、稳定性低，与发达国家相比存在较大差距，目前大部分核心元件的供应主要依赖进口。此外，农业生产中传感器的使用也会因具体环境不同而产生差异化的特殊要求。例如，由于农业生产一般在高温多水和具有腐蚀性的环境（如温室大棚）下开展，因此

要求农业传感器具备防水、耐高温、抗腐蚀、防昆虫等性质，这对生产传感器所需材料提出了更高要求。“传感器技术强，则自动化产业强”，传感器技术的滞后在一定程度上也掣肘了自动化、智能化精准农作技术和装备的发展。例如，拖拉机无人驾驶技术的发展有赖于农机导航陀螺加速度传感器和角度传感器的智能化应用，然而，目前的无人驾驶农机本质上仍是机器根据特定场景执行预先设定的操作方案，尚不能实现机器自主学习的智能化作业。此外，在软件技术层面，我国在支撑农业智能决策控制的模型和算法上与外国也存在差距。目前，我国主要采用国外开发的算法和软件，由于环境等条件的差异，其兼容性和适用性均面临不少问题。例如，我国基于国外作物生长模型研发并实现商业化应用的智慧种植决策软件，在大田种植作业条件与国外较为相似的北方地区，经过大量实测数据校准后的模型能够达到较理想的预测准确度，但是在作业条件与国外相差较大的南方地区则难以适用。

二是智慧农业技术的可追责性尚不成熟。在传统的农业生产经营中，决策是农户凭借经验和既有知识作出的，而在智慧农业的生产经营中，决策软件的提供者和数据的提供者也参与了农事决策，因而错误的决策或操作所产生的经济、环境后果的追责和归责成为难题。例如，当面临由于未能及时灌溉而使作物减产的情形时，农户、灌溉决策软件供应商、监测田地含水量的传感器供应商，谁应该承担减产的责任？此外，智慧农业系统中某一个环节的决策错误可能导致下游环节的错误，并会不断传导下去，带来一系列的连锁影响。所谓“人误地一时，地误人一年”，由于农业生产经营活动是环环相扣的，且具有很强的时节性，智慧农业技术对农时的错误判断可能延误整个农作物生长周期的生产经营活动。考虑到天气预报中的偏差难以避免，以此作出判断的智慧种植决策设备出现失误的概率亦不容忽视。这对智慧农业技术的全系统可追责性，即实现对于

各技术设备的使用所产生后果的精准追踪提出了更高要求。就传感器而言,从目前工业领域的使用情况来看,还未达到完全可追溯的水平。这也说明至少在现阶段,智慧农业技术,特别是用于决策的技术还无法开展完全独立作业,仍需要人的参与,智慧农业技术及其设备在其设计上需要保留人工操作的端口。此外,虽然不同技术设备之间可以流畅地传递数据,但是每个设备也需独立保存数据和运行日志,从而为细化分析责任提供数据支持。

三是基于物联网的智慧农业技术系统面临网络攻击风险。智慧农业作为一个由数据、技术设备组成的物联网系统,面临来自诸多方面的网络攻击。首先是针对数据的攻击,具体形式包括来自内部人员、云终端的数据泄露以及删除数据或植入虚假数据。例如,植入虚假的土壤湿度数据可能引发过度灌溉,导致粮食减产。其次是对网络与设备的攻击,具体包括对智慧农业设备间通讯无线电频率的阻塞干扰;在智慧农业软件中植入恶意程序,通过被操控的“僵尸”设备向物联网设备拒绝服务(DOS)攻击以恶意消耗网络资源;针对智慧农业设备的侧信道信息泄露发起攻击等。最后是针对供应链的攻击。供应链是一个由生产、加工、运输、销售等环节组成的系统,各个环节通过物联网技术相连,并依据无库存原则运行,因此对其中任一环节的网络攻击都会在整个供应链中引发连锁反应。

实施主体方面。一方面,经营主体采用智慧农业技术面临较高的知识门槛。智慧农业的基本原理以大数据、物联网、人工智能、遥感等技术为支撑,对数字、计算、空间等学科以及传统农业科学、气象环境、经营管理等知识都有所涉及。相关技术应用需借助人机交互界面,通过数据和算法软件实现对机械设备的精准化、自动化控制。在学习和使用技术的过程中,以农户为主体的使用者面临较高的知识门槛。

另一方面,智慧农业引发从业人员结构的

变化并加剧农户分化。智慧农业技术包含核心作业设备及传感器等配套数据采集和处理软件,使用成本较高。为分摊使用成本,技术的使用者往往集中在家庭农场、农业合作社、农业企业等生产经营规模较大的新型经营主体。这一方面有利于促进农村通过土地流转等方式集中土地,形成适度规模,实现规模经济;另一方面,也在一定程度上加剧了大户和普通农户在生产效率和收入上的分化。由于使用智慧农业技术的知识门槛较高,受教育程度相对较高的农户往往更有可能采用这一技术。同时,由于智慧农业能够有效提升农业生产经营的收益,越来越多的进城务工人员鉴于其良好的经营效益和发展前景选择返乡务农。这些因素也相继引发了农业从业人员结构的变化,并进一步导致了农民群体内部“数字鸿沟”的加剧,使得农户之间的收入和群体差异进一步扩大。

加快智慧农业转型的对策建议

以大数据立法为基础,建立完善数据要素参与农业生产经营成果分配的制度。建立数据所有者参与农业生产经营利润的分配机制,广泛、持续地调动各类农业参与主体利用数据创造价值的积极性,引导其获取和提供高质量数据。近年来,我国高度重视大数据立法,持续推进个人信息保护法、数据安全法等法律法规的健全完善。需要注意的是,法律法规的制定和推出一方面要明确对农户个人数据所有权的严格保护;另一方面要兼顾非个人数据的可开放性,鼓励农业企业等主体将大数据资源广泛用于技术研发。应以数据相关法律为依据,探索建立数据作为一种生产要素在不同贡献者之间的分配机制。各地要依托大数据管理部门,因地制宜、建章立制,推动全国范围内相关制度的健全和完善。

软硬件手段相结合,突破微观数据获取的技术瓶颈。地块和农户数据的高效采集有赖于传



感器、区块链等数据获取与管理技术的完善和规模应用。传感器不仅能够取代土壤样本检测,实现对生态环境数据的持续监测,而且能够客观精准地记录农户的生产经营行为(例如土壤传感器可以准确地记录化肥的使用时间、频次和使用量等)。应大力推动传感器技术研发及其制造工艺升级提效,提高传感器的精度,降低其生产成本。区块链作为账本式的数据库,可以将包括传感器获取数据在内的多源数据集合在一起,其安全性和去中心化也有利于鼓励引导农户提供和分享个人数据。应积极发挥农产品电商的辐射带动作用,通过供应链上游带动下流的数字化、信息化进程,大力推广传感器、区块链的使用,推进生产经营主体行为数据采集的电子化、自动化,努力实现全产业链的数字化。

盘活存量、优化增量,构建农业知识图谱,打通信息“孤岛”。在不改变现有数据资源的权属与管理格局的前提下,推进数据之间的逻辑互联,建立农业农村政务信息资源的共享交换机制,进而与行业企业数据、科研机构数据实现互通共享。同时,完善大数据管理部门统筹协调机制,逐步推动数据资源的物理集中。优化数据采集和生产项目立项流程,从规划、立项审批、建设、审计等环节严格把关,通过方案指导、规范标准等方面的技术支持,促进数据之间的互联互通,避免产生新的信息“孤岛”。以自动、高效地采集、提取和加工农业大数据为目标,加快推进新兴数字技术的综合应用,通过构建知识图谱对多源异质异构的农业大数据进行有效融合,依托分布式计算模式的图像分析手段,实现对农业知识图谱内容的深度挖掘。

用技术和算法代替人工,降低智慧农业技术系统可能面临的网络攻击风险。基于区块链的农产品追溯系统能有效防范针对农产品供应链的网络攻击,而智慧农业系统中的物联网则以传感器取代传统人工记录方式,能够采集和向区块链中枢上传数据。同时,还可与智能合约共同使用,

从而减少交易的中间环节和相关人员的参与,规避人员工作疏漏可能引发的网络攻击。此外,人工智能和机器学习的使用也有利于提高智慧农业技术系统的网络安全性,例如,基于机器学习的算法能够监控整个系统中的安全性指标,一旦发生安全异动即可及时作出反应;对于无需作出反应的异动,也会在不断学习提高判断的准确性。

将高标准基本农田建设与数字农业农村发展相结合。根据发展智慧农业的需要,创新高标准基本农田设立标准,为构建面向地块的智慧农业技术体系打好基础,从而让高标准农田成为数字农业农村发展基础数据资源的重要依托。将发展智慧农业的需要落实到高标准基本农田的建设中,藏粮于地、藏粮于技,进一步提升国家粮食安全保障能力。同时,集中整合高标准基本农田建设与数字农业农村发展的人力物力,推动智慧农业技术体系及其基础设施的健全和完善。以农村土地承包经营权确权登记为基础,实现高标准农田上图入库和耕地质量信息的数字化动态监控。

加快智慧农业科技人才培养,充实和提升运营操作、行政管理和研发队伍。第一,提高经营主体的互联网知识水平,大力发展线上农民教育培训,提升新型农民使用智慧农业技术的能力。第二,引入新人和培训现有人员双措并举,提升行政管理人员的数字技术和专业知识素养,进一步提高其管理和服务智慧农业建设的能力。第三,鼓励高校,特别是涉农高校开办智慧农业、大数据应用等跨学科专业或研究方向,大力吸引优秀学生 and 具备IT、大数据、人工智能等“硬技能”的人才进入农业领域。第四,推动科研机构与行业企业协同攻关,因地制宜,积极研发小型智能农业机械等硬件设备和智慧种植决策模型等软件程序。

学习利用前沿科技,高效推广智慧农业技术。积极引入虚拟现实(VR)等新兴可视化传播工具,将农户使用新技术的实景过程、基本

原理等内容，按照操作环节或知识点制作成短视频，通过相关机构和农户分享至网络社交平台，使新知识新技术在生产经营主体中广为传播。这种方式具有以下传播优势：知识的呈现形式新鲜而富有吸引力，能有效调动农户学习和模仿的积极性；内容生动直观且本地化，易于被农户理解和接受；传播和交流成本低，受众面较广。除了在政府的农技推广中采用此类方式外，还可以赋予涉农科研人员一定的农技推广职责，鼓励其发挥自身优势，探索和实施先进的农技推广手段。

设立专门的决策协调机构，加强智慧农业发展的顶层设计和部门联动。发展智慧农业不仅事关农业本身，还涉及信息通讯、机械制造、公共安全、基础设施建设、法律法规等多个领域。建议在国家层面建立跨领域、跨部门的咨询和决策机构，优化完善顶层设计，进一步推进智慧农业发展的统一决策部署和协调管理联动。

（本文系教育部人文社会科学研究一般项目“互联网社交媒体视角下的农业技术扩散路径与机制研究：以‘两型农业’技术为

例”和华中农业大学自主科技创新基金项目阶段性研究成果，项目批准号分别为：20YJC790152、2662019YJ002）

参考文献

李道亮，2018，《农业4.0——即将来临的智能农业时代》，北京：机械工业出版社。

唐华俊，2020，《智慧农业——赋能农业现代化高质量发展》，《人民日报》，20版。

张俊飏、张露，2020，《智慧农业如何解决“小、老、穷”难题》，《国家治理》周刊，第19期。

张峰，2019，《大数据时代隐私保护的伦理困境及对策》，《人民论坛·学术前沿》，第15期。

Walter, A.; Finger, R.; Huber, R., and Nina Buchmann, 2017, "Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture", *PNAS*, 114 (24).

Xiong, H.; Dalhaus T.; Wang P and Huang J, 2020, "Blockchain Technology for Agriculture: Applications and Rationale", *Frontiers in Blockchain*, 3.

责编 / 张贝

Challenges to the Smart Agriculture Transformation and Responses

Xiong Hang

Abstract: In the context of speeding up the modernization of agriculture and the rural areas, the level of rural digitization and agricultural intelligence is constantly improving in China. Smart agriculture helps to realize scientific decision-making and precise management in agricultural production and operation through the integration of data, technology and the participants as well as their value creation at a higher level. At present, China is facing many challenges in the transformation from traditional agriculture to smart agriculture. Based on the big data legislation, we should improve the top-level design and inter-departmental coordination, coordinate the development of software and hardware, strengthen the training of scientific and technological personnel, establish a sound system allowing the factor of data to share in the results of agricultural production and operation, build the agricultural knowledge map, break through the technical bottleneck, remove the information "isolated island", reduce the risk of network attacks, and promote the leapfrog development of smart agriculture.

Keywords: smart agriculture, big data, agricultural science and technology, agricultural business entity