

doi:10.12133/j.smartag.2019.1.2.201812-SA021

天空地数字农业管理系统框架设计与构建建议

吴文斌^{1*}, 史云¹, 周清波¹, 杨鹏¹, 刘海启², 王飞²,
刘佳¹, 王利民¹, 张保辉¹

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/农业农村部农业遥感重点实验室, 北京 100081;
2. 农业农村部规划设计研究院/农业农村部耕地利用遥感重点实验室, 北京 100125)

摘要: 数据正在成为基础性战略资源。构建以天空地大数据为关键要素的数字农业管理系统, 对于建设数字中国、推进农业高质量发展、抢占全球农业制高点具有重要意义。本研究围绕农业农村部提出的天空地数字农业管理系统建设任务, 从农业信息技术学科出发, 首先给出了天空地数字农业的科学内涵, 阐述了其与传统数字农业的异同点, 理清了天空地数字农业管理系统在资源调查、生产调度、灾害监测、市场预警、决策服务的五大核心功能; 其次, 重点阐述了天空地数字农业管理系统的核心任务, 即一个观测体系(天空地一体化的数字农业观测体系)、四个数字化(农业资源权属、生产过程、灾害监测和市场预警)、一个管理平台(农业生产、加工、经营、管理、服务等全产业链的天空地数字农业管理平台); 然后, 明确提出了天空地数字农业管理系统在标准规范研制、关键技术与装备研发、系统集成与平台开发三方面的科技创新重点任务; 最后, 针对天空地数字农业管理系统建设的复杂性和系统性, 从规划设计、科技创新、资源共享、多方参与、应用领域拓展等方面提出了发展建议。

关键词: 天空地一体化; 数字农业; 管理系统; 监测; 预警; 决策

中图分类号: S126

文献标志码: A

文章编号: 201812-SA021

吴文斌, 史云, 周清波, 杨鹏, 刘海启, 王飞, 刘佳, 王利民, 张保辉. 天空地数字农业管理系统框架设计与构建建议[J]. 智慧农业, 2019, 1(2): 64-72.

Wu W, Shi Y, Zhou Q, Yang P, Liu H, Wang F, Liu J, Wang L, Zhang B. Framework and recommendation for constructing the SAGI digital agriculture system[J]. Smart Agriculture, 2019, 1(2): 64-72. (in Chinese with English abstract)

1 引言

自“数字地球”概念提出以来, 全球数字信息化迅猛发展, 数据爆发增长、海量聚集, 目前进入了新的大数据发展阶段^[1]。世界各国将推进经济数字化作为实现创新发展的重要动能, 在前

沿技术研发、数据开放共享、人才培养等方面进行了前瞻性部署。美国、欧洲和日本等国家和地区抓住数字革命的机遇, 纷纷出台了“大数据研究和发展计划”、“农业技术战略”和“农业发展4.0框架”, 将数字技术广泛应用于整个农业生产活动和经济环境, 加快推进数字农业发展, 激

收稿日期: 2018-12-01 修回日期: 2019-04-24

基金项目: 中国农业科学院协同创新任务“智慧农业关键技术与系统集成”(CAAS-XTX2018023); 中央级科研院所基金科研业务费专项“智慧农业2035研究”

*通讯作者: 吴文斌(1976-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 农业土地系统智能感知、智能诊断与分析, 电话: 010-82105070, E-mail: wuwenbin@caas.cn。

活数字农业经济，迅速成为数字农业强国^[24]。

我国党中央、国务院始终高度重视数字经济和数字中国发展。党的“十九大”提出建设科技强国、网络强国、数字中国、智慧社会等发展目标，做出推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合等战略部署。2017年12月习近平总书记在中共中央政治局第2次集体学习时指出，大数据是信息化发展的新阶段，要审时度势、精心谋划、超前布局、力争主动，实施国家大数据战略，构建以数据为关键要素的数字经济，发挥数据的基础资源作用和创新引擎作用，加快建设数字中国。数字农业是数字经济的重要组成部分，也是数字中国的重要内容。我国数字农业在信息获取技术研发^[5]、5S技术应用^[6]、精准农业发展和数字农业应用等方面取得了明显进展^[7,8]。2017年10月中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于创新体制机制推进农业绿色发展的意见》明确提出，要充分利用农业信息技术，构建天空地数字农业管理系统。2018年2月中共中央办公厅、国务院《关于实施乡村振兴战略的意见》提出，大力发展数字农业，实施智慧农业林业水利工程。2018年5月农业农村部部长韩长赋在第三届“中国—中东欧国家农业部长会议”再次提出，推进信息化与农业生产发展深度融合，加快构建天空地数字农业管理系统。上述多个政策和意见一方面充分反映了国家对发展数字农业的高度重视，另一方面提出了天空地数字农业管理系统的概念和新术语。从农业信息技术角度如何科学理解天空地数字农业的内涵？如何界定天空地数字农业管理系统的功能？如何把握天空地数字农业管理系统建设的重点任务？这些都是系统框架设计中需要重点考虑的关键问题。

2 天空地数字农业的科学内涵

天空地数字农业是现代空间信息技术与现代农业深度融合形成的新型农业经济体系。具体而言，是利用航天遥感、航空遥感、地面物联网等

现代空间信息技术，建立天空地数字农业观测系统，实时获取农业资源要素、生产过程、市场和决策管理等数据，建立数字化、网络化和智能化的信息分析与决策系统，优化配置农业资源要素，提高农业生产效率，打造新型的农业生产和服务体系，从而提升国家农业治理现代化水平。

从上述可以看出，天空地数字农业和传统的数字农业概念既有联系，也有区别。天空地是关键技术手段，旨在利用航天遥感覆盖区域广、空间连续，航空遥感观测精度高、时间连续，以及地面物联网实时观测、信息真实的联合优势，建立航天卫星遥感为主，航空遥感辅助应急、地面真实值的天空地一体化观测系统，克服单一传感器、单一平台观测的局限性，实现农业信息的高精度、多尺度、立体化、时空连续获取^[9]；数字农业是作用对象和服务目标，其核心是利用数字技术建立农业大数据分析与应用平台，推进农业资源要素及权属数字化，加强农业生产过程监测、灾害动态监测和市场监测预警，指导农业绿色发展，服务全球农业合作，实现天空地数字农业跨越式发展。

3 天空地数字农业管理系统的目标和核心功能

天空地数字农业管理系统的总体目标是以数字化驱动农业农村现代化发展为主线，推动天空地技术与现代农业深度融合，科学管理农业资源、指导农业生产、服务农业决策。具体而言，一是数字产业化，推进航天遥感、航空遥感、地面物联网、大数据等信息技术创新驱动，不断催生农业新产业新业态新模式，用新动能推动农业新发展；二是产业数字化，利用天空地等新技术对农业产业进行全方位、全角度、全链条的改造，提高农业全要素生产率，释放数字技术对农业发展的放大、叠加、倍增作用。

围绕上述目标，天空地数字农业管理系统主

要包括“农业资源调查、生产过程调度、灾害监测评估、市场监测预警、管理决策服务”等核心功能，实现对农业全要素、全领域、全过程的数字化管理，增强我国农业数字化、网络化和智能化水平，服务于数字中国建设、农业高质量发展和乡村振兴战略。

3.1 农业资源调查

针对我国农业资源家底不清、权属不明的关键问题，建立天空地一体化的农业全资源要素的采集、处理与认知技术体系，全面提升农业资源现状及其动态变化调查的能力，进行农业资源身份证管理，完善农业资源资产产权制度，明确农业资源占有、使用、收益、处分等权益归属关系，为优化资源配置提供基础依据。

3.2 生产过程调度

瞄准农业生产全过程调度的迫切需求，进行天空地数字技术手段与农业各产业的深度融合，建立开放兼容、稳定成熟的产前、产中、产后全过程动态监测技术体系，开展种植业、畜牧业、渔业及其生产环境的动态监测，全面掌握农业生产状况并进行科学精准调度。

3.3 灾害监测评估

围绕农业旱涝、低温冻害、台风风雹、草原火灾等非生物灾害，农作物病虫草鼠害、草原鼠虫等生物灾害的监测和防御目标，建立灾害信息快速获取、灾情动态解析和灾损定量评估的技术体系，创建重大农业自然灾害监测和应急服务体系，开展国家和区域尺度的农业自然灾害监测业务化应用和信息服务。

3.4 市场监测预警

为使市场在资源配置中起决定性作用和更好发挥政府作用，建立农产品生产、消费、价格、进出口、成本收益、库存等数据获取技术，研制

符合国情农情的农产品监测预警模型系统，强化市场监测预警规范性和科学性，增强管理者对农产品市场调控的主动权，提升市场主体应对市场变化的掌控权。

3.5 管理决策服务

围绕提高农业生产决策管理、服务数字化水平和质量的目标，构建以大数据支撑的天空地数字农业管理平台，在国家、省级或县级层面进行农情监测、工程监管和信息服务，实现农业宏观决策的数字化、网络化和智能化；同时，在微观层面为多元经营主体提供个性化、多元化、精准化的农业数字信息服务，如农业气象、精准植保、土地托管等，推进数字技术的普及化。

4 天空地数字农业管理系统的重点任务

天空地数字农业管理系统是一项事关农业发展全局的复杂系统工程，迫切需要构建天空地一体化的数字农业观测体系，推进农业资源权属、生产过程、灾害监测和市场预警的数字化，建设覆盖农业生产、加工、经营、管理、服务等全产业链的天空地数字农业管理平台，提升农业全要素、全领域、全过程的网络化、智能化管理服务水平，推进国家农业治理能力现代化，形成新型数字农业经济。天空地数字农业管理系统总体框架如图 1 所示，其关键任务包括：1 个观测体系、4 个数字化和 1 个管理平台。此外，还包括科技创新和人才等两个核心支撑。

4.1 天空地一体化的数字农业观测体系

整合国内外在轨卫星资源，以及国家民用空间基础设施规划卫星，改进现有在轨卫星的农业协同组网观测能力；进行新型农业专属卫星星座建设，围绕数字农业应用的谱段、时间和空间分辨率特定需求，新建光学和微波相结合、多光谱



图1 天空地数字农业管理系统框架图

Fig. 1 Framework of the SAGI digital agriculture system

和高光谱相结合、几何信息与谱段信息相结合、高中低分辨率相衔接的农业遥感卫星星座，建成全覆盖、高空间分辨率、高时间分辨率的新型农业遥感观测系统^[10]。

整合现有多尺度航空遥感数据共享联网，建立统一规划、区域分工协作的农业航空观测网络，加强特定的农业航空定位、成像、载荷集成、软件系统建设，实现米级、亚米级航空影像覆盖全国；推进无人机平台和移动车载平台的联合定位、交互通信、稳定传输和联动控制，开展农业无人机地面抽样样方信息快速精准采集，弥补卫星遥感观测能力的不足，服务支撑农业高精度调查和重大农业工程监管；开展面向重大农业自然灾害突发事件的无人机应急监测，推进影像获取、远程传输、快速处理和移动会商等空地一体化联合监测和指挥，提高区域突发重大灾害高精度观测和快速应急响应能力。

升级完善大田种植、设施园艺传感器、采集器、控制器，整合农业遥感地面监测网点县和地面农情信息监测体系，以主要粮食作物、经济作物、热带作物为重点，建立一体设计、统一调度的地面物联网观测网络，开展大田种植、设施园艺的面积、墒情、灾情、病情、品质、养分、产量的长期观测^[11-13]；优化完善主要牧区畜禽养植物联网建设，推进草地生态环境、产草量、放牧承载力观测，实施圈养畜禽及放牧家畜关键环境生态、生理与生长信息动态采集；优化

内陆水产物联网建设，进行水产养殖环境、生长生态指标的动态监测和调控，健全完善全国主要渔场和渔港物联网建设，实现海洋渔业资源时空变化监测。

4.2 农业资源和权属调查

构建农业资源要素和资源权属数字编码体系^[14]，建设天空地一体化的农业要素数字化采集、核查和监管平台，利用国产和国外中高分辨率卫星影像全覆盖，分区域组织实施全国耕地、农作物、草原、渔业水域等农业资源基础底图建设，建设全国农业资源要素数据中心，进行农业资源要素身份证管理；建立健全天空地同步观测网络和移动采集系统，实施重要农业资源要素的每五年定期调查和动态更新，进行高标准农田建设监管、监测和评价。

利用天空地一体化技术手段，实施农民、集体和国有农场土地、草原、水产养殖水域的确权登记颁证，建设基于地块和承包养殖水域的资源权属和用途数字化底图，建设全国农业资源权属数据中心；建立农业资源权属数字化管理平台，推进农业资源权属、用途变化的快速核查和定期更新。

同时，定期开展全球、主要贸易国耕地和后备耕地资源调查，加强全球海洋渔场环境、重要渔业资源时空分布与变化监测，为国际农业贸易合作、实施农业“走出去”战略提供信息支撑。

4.3 农业生产过程监测

针对我国独特的复杂地形与作物混杂种植结构特点，开展全国主要作物种植面积、墒情、墒情、灾情、病情、品质和产量、轮休耕等实时监测，进行设施园艺作物生理、生长及环境生态指标动态监测，快速掌握农作物生产动态变化^[15-18]。

进行畜牧业数字化改造，建设畜禽养殖环境监测和养殖个体体征智能监测系统，研发数据科学驱动的动物生长模拟模型，提升畜禽生产数据

实时采集和辅助决策能力；开展电子识别、精准上料、自动饮水、产品收集、分等分级、畜禽粪污处理等数字化设备集成应用；精准监测畜禽养殖投入品和产出品数量，实现畜禽养殖数字化管理；进行畜禽粪便及病死畜禽的无害化处理、重大动物流行疫情的动态监测与预警，提升重大动物疫病疾病防控能力；开展挤奶、饲喂、清理等养殖机器人示范应用，推动养殖模式变革和产业转型升级^[9]。

建设数字渔业，推广应用水体环境实时监控、自动增氧、饵料自动精准投喂、水产养殖病害监测预警、循环水装备控制、网箱升降控制、无人机巡航等技术装备，研发智慧渔船、水产健康养殖、鱼类资源变化预测系统，进行渔业生产智慧化管理；综合水文环境立体监测预警、渔场渔情和船位实时监控、海上渔捞和渔获物信息采集、渔船物资消耗动态管理等系统，建立“捕捞渔船—物流渔船—陆上基地”的一体化信息化管理综合平台，打通渔业产、供、销产业链，实现线上线下有机融合互动。

同时，开展我国主要贸易国家和地区农业生产监测，更好利用国际国内“两种资源、两个市场”，服务我国“一带一路”倡议。

4.4 农业重大灾害监测评估

开展农业非生物灾害监测与评估，重点对干旱、洪涝、低温冻害、台风、风暴潮、草原火灾等进行实时监控，评估灾害发生、灾情动态和受损情况；进行农业生物灾害监测与评估，开展农作物病虫草鼠害、草原鼠病虫害、渔业赤潮、蓝藻、浒苔发生时间、地点、强度，定量评估灾害风险和灾害损失。

挖掘整理农业重大自然灾害历史数据，加强分析研判和预警，强化实时监控，研发农作物灾害遥感监测快速评估技术，实现对农作物灾害遥感监测的快速响应。以我国周边国家和地区为重点，周期性开展草原虫灾和火灾监测和预警，动

态掌握周边国家草原灾情发生、发展态势，定量评估对我国草原生产状况的影响，提出应对措施。

4.5 农产品市场监测预警

以重点品种生产、国际贸易、成本收益等全产业链数据的采集、分析、发布服务为主线，建设“一网打尽”式的重点农产品市场信息平台，实现对各类农产品数据多维度展现和大数据专业分析；定期发布农产品市场价格日度监测、供需月度监测、供需平衡表、中长期农业展望等信息服务产品，提供信息发布、大盘分析、大数据在线、标准查询等服务，发挥数据信息引导市场、指导生产、衔接产销、服务决策的重要作用。

实现农业主要投入品可追溯，建设农业投入品监管信息平台，加强种子、农药、肥料、饲料、兽（渔）药等农业投入品信息动态采集、分析和监控，开展大数据在农业投入品生产经营、市场营销、售后服务、审批管理、监督检查等产品全生命周期、产业链全流程各环节的应用，实现投入品数字化智慧监管；进行农产品生产全过程追溯，推进与“三品一标”系统、特别是绿色食品、有机食品系统及省级农产品质量安全追溯平台对接，建立质量追溯、执法监管、检验检测、疫病虫害防控等数据共享机制，探索与大型销售终端企业合作的信息对接机制，实现生产、收购、贮藏、运输等环节的全程信息共享和追溯管理；建立农产品质量安全风险评估大数据平台，开展农产品质量安全风险隐患监测预警，进行农产品质量安全风险隐患定点监测评估。

4.6 天空地数字农业管理平台

建立农业数据标准，统筹国内国际农业数字化信息资源，进行农业历史存档资料的数字化和网络化，整合天空地观测数据、气象数据、土壤数据、环境数据、政务信息等多源数据，建设国家农业大数据。

构建技术先进、系统开放、国家、省、县三

级系统组成的现代农业 Windows——天空地数字农业管理平台^[20]，开发种植业、畜牧兽医、渔业渔政、农业机械、监督管理、政务服务、政务管理、农村经营管理、科教生态、国际合作、应急管理等业务板块，提供资源调查、生产调度、灾害监测、市场预警、政策评估、舆情分析等专题服务，构建“用数据说话、用数据决策、用数据管理”的辅助决策系统，实现政府决策科学化、公共服务高效化。

开展农业数字化信息服务，进行属地化的种植、放牧、养殖捕捞服务支撑系统建设，开展面向农民、牧民、渔民的农业植保、农机、气象、保险、金融、载畜优化、捕捞效益最大化的精准服务。

5 科技创新重点领域

5.1 标准规范研制

标准化是天空地数字农业管理系统建设的基本前提。针对农业生产、经营、管理和服务中涉及数据具有数据量大、涵盖信息多、动态性、多维度等特点，迫切需要进行天空地数字农业规范标准研制，制定一批数字农业国家标准和行业标准，包括农业数据采集、存储、分析、处理和服务标准，农业大数据平台和系统标准、数据访问和交换标准，促进农业数据互联共享。

5.2 关键技术与装备研发

围绕农业感知与获取、处理与分析、决策与控制、管理与服务等关键环节，进行天空地数字农业关键技术与装备研制。重点攻克农业生产环境、动植物生理体征、智能感知与识别关键技术，突破农业物联网、云计算关键技术，研发一系列具有自主知识产权的大田物联网测控、遥感监测、智能化精准作业、基于北斗系统的农机物联网等技术和产品。

开展高光谱农业应用、作物表型参数反演、

作物健康和品质诊断、农业自然灾害监测评估等农业遥感关键技术攻关^[21]。进行天空地多源数据采集与融合、智能诊断与分析、智能决策与控制等关键技术研究，推动农业大数据的开发应用^[22]。开发专用传感器和智能终端，突破生产环境和动植物体征行为信息采集、农业生产管理精准控制等智能装备核心装置，研发适应不同作物、不同耕作环境，研发嫁接、扦插、移栽、耕地等专用机器人。

构建和完善我国主要农作物和畜牧养殖动物的生物生长数字模型，实现高效的数字模拟和设计；研究开发不同层次、不同农业产业类型的农业系统数字模型，实现农业生产、管理、经营、决策的数字化和智能化。

5.3 系统集成与平台开发

开展天空地组网数据汇聚高效存储、有序组织、快速访问与动态调度机制研究，加快天空地农业信息快速获取、智能决策与精准作业等技术的一体化集成研究，实现多源多维与异地数据的集成汇交、在线融合处理及协同分析。

夯实基于北斗导航系统的精准时空服务基础设施平台，研发集成农田生产管理信息系统、农业资源管理系统、农业科技信息管理系统、农作物估产系统等大田农业生产过程管理系统和精细管理及公共服务系统^[23]。

进行温室大棚环境监测控制系统和工厂化育苗系统研究，集成产品质量安全监控系统和采后商品化处理系统。

在畜禽养殖方面，重点开展自动化精准环境控制系统和数字化精准饲喂管理系统研究，研发养殖机械化自动产品收集平台，突破畜禽养殖无害粪污自动处理系统，实现粪污无害化处理和资源化利用。

在水产养殖方面，研发养殖在线监测系统和现场无线传输自主网络，完善水产养殖管理系统，攻克生产过程管理系统和综合管理保障系统，建立高效的水产养殖公共服务平台。

6 结论与展望

进行天空地数字农业管理系统建设,推动天空地现代空间信息技术与现代农业深度融合,符合全球农业发展新趋势和我国农业发展新需求,对加快我国数字中国建设进程、提高农现代化水平具有深远的战略意义,是一项利国利民的重要部署,具有高度的必要性和紧迫性。

但是,天空地数字农业管理系统建设是一项复杂的系统工程,涉及多部门、多领域和多学科交叉,不可能一蹴而就。这需要从我国农业生产的复杂性、多样性特点出发,围绕农业产业迫切需求和乡村振兴突出制约:

(1) 进行顶层设计和科学规划,明确天空地数字农业发展重点,主攻天空地数字农业信息获取、智能分析、系统集成、应用平台、标准规范等薄弱环节;

(2) 实施创新驱动发展战略,把天空地数字农业科技创新摆在核心位置,贯穿于天空地数字农业管理系统建设的各个环节,协同推进天空地一体化精准感知、智能分析、北斗导航、自动作业等原始创新、集成创新,在理论、方法、工具、系统等方面取得变革性、颠覆性突破^[24];

(3) 倡导共享开放理念,以共享促共建,先内部后外部,建立健全天空地数字农业数据资源整合和信息系统互联互通平台,坚持政府主导、市场推动,充分调动社会力量参与建设,促进技术方法、数据资源、监测成果共享共用,降低工作成本;

(4) 不断拓展天空地数字农业应用领域、空间范围和服务功能,最大程度发挥数字关键生产要素的驱动作用,挖潜数字资源价值。

参考文献

- [1] 葛佳琨,刘淑霞. 数字农业的发展现状及展望 [J]. 东北农业科学, 2017, 42(3): 58-62.
Ge J, Liu S. Prospect and current status of digital agriculture[J]. Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2017, 42(3): 58-62.
- [2] 周清波,吴文斌,宋茜. 数字农业研究进展和发展趋势分析[J]. 中国农业信息, 2018, 30(1): 1-9.
Zhou Q, Wu W, Song Q. The development of digital agriculture in the past, present and future [J]. China Agricultural Informatics, 2018, 30(1): 1-9.
- [3] 刘海启. 加快数字农业发展,为农业农村现代化增添新动能[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(12): 1-6.
Liu H. Speed up the construction of digital agriculture and add new energy to agricultural and rural modernization [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(12): 1-6.
- [4] 卢钰,赵庚星. 数字农业及其中国的发展策略 [J]. 山东农业大学学报(自然科学报), 2003, 34(4):485-488.
Lu Y, Zhao G. Digital agriculture and its development strategy in China[J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science), 2003, 34(4): 485-488.
- [5] 姚建松,刘飞. 数字农业田间信息获取技术研究现状和发展趋势[J]. 农机化研究, 2009, 8: 215-220.
Yao J, Liu F. Researching status and developing trends of field information acquisition techniques in digital agriculture [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009, 8: 215-220.
- [6] 周千,李秉柏,程高峰. 5S技术在数字农业中的应用浅谈[J]. 河北农业科学, 2009, 13(6): 146-148.
Zhou W, Li B, Cheng G. Discussion on the application of 5S technology in digital agriculture [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2009, 13(6):146-148.
- [7] 赵春江. 对我国未来精准农业发展的思考[J]. 农业网络信息, 2010, 4: 5-8.
Zhao C. Strategy thinking on precision agriculture of China[J]. Agricultural Network Information, 2010, 4: 5-8.
- [8] 张宇. 数字农业的应用研究[J]. 农业科技与装备, 2012, 12: 1-2.
Zhang Y. Research on the application of digital agriculture [J]. Agricultural Science &Technology and Equip-

- ment, 2012, 12:1-2
- [9] Shi Y, Ji S, Shao X, et al. Framework of SAGI agriculture remote sensing and its perspectives in supporting national food security[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2014, 13(7): 1443-1450.
- [10] Zhou Q, Yu Q, Liu J, et al. Perspective of Chinese GF-1 high-resolution satellite data in agricultural remote sensing monitoring [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2017, 16(2): 242-251.
- [11] 邹金秋, 周清波, 杨鹏, 等. 无线传感网获取的农田数据管理系统集成与实例分析 [J]. *农业工程学报*, 2012, 28(2): 142-147.
- Zou J, Zhou Q, Yang P, et al. Integration and example analysis for farmland data management system of wireless sensor networks[J]. *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(2):142-147.
- [12] 邹金秋, 周清波, 陈仲新, 等. 农情遥感监测与服务系统集成研究 [J]. *中国农业资源与区划*, 2010, 31(15): 12-17.
- Zou J, Zhou Q, Chen Z, et al. Research on national agricultural remote sensing and information service system [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2010, 31(15):12-17.
- [13] 刘佳, 王利民, 滕飞, 等. Google Earth 影像辅助的农作物面积地面样方调查[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(24): 149-156.
- Liu J, Wang L, Teng F, et al. Crop area ground sample survey using Google Earth image-aided [J]. *Transactions of the CSAE*, 2015, 31(24): 149-156.
- [14] 易湘生, 李伟方, 裴志远, 等. 农村土地承包经营权要素编码规则研究 [J]. *中国农学通报*, 2014, 30(35): 269-273.
- Yi X, Li W, Pei Z, et al. Research of coding rule for the elements of right to rural land contractual management [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(35): 269-273.
- [15] 唐华俊, 吴文斌, 杨鹏, 等. 农作物空间格局遥感监测研究进展[J]. *中国农业科学*, 2010, 43(14): 2879-2888.
- Tang H, Wu W, Yang P, et al. Recent progresses in monitoring crop spatial patterns by using remote sensing technologies [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(14): 2879-2888.
- [16] 胡琼, 吴文斌, 宋茜, 等. 农作物种植结构遥感提取研究进展[J]. *中国农业科学*, 2015, 48(10): 1900-1914.
- Hu Q, Wu W, Song Q, et al. Recent progresses in research of crop patterns mapping by using remote sensing [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(10): 1900-1914.
- [17] 刘佳, 王利民, 杨福刚, 等. 基于 HJ 时间序列数据的农作物种植面积估算 [J]. *农业工程学报*, 2015, 31(3): 199-206.
- Liu J, Wang L, Yang F, et al. Remote sensing estimation of crop planting area based on HJ time-series images[J]. *Transactions of the CSAE*, 2015, 31(3):199-206.
- [18] 黄健熙, 武思杰, 刘兴权, 等. 基于遥感信息与作物模型集合卡尔曼滤波同化的区域冬小麦产量预测[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(4): 142-148.
- Huang J, Wu S, Liu X, et al. Regional winter wheat yield forecasting based on assimilating of remote sensing data and crop growth model with Ensemble Kalman method [J]. *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(4):142-148.
- [19] 熊本海, 杨亮, 郑姗姗. 我国畜牧业信息化与智能化装备技术应用研究进展 [J]. *中国农业信息*, 2018, 30(1): 17-34.
- Xiong B, Yang L, Zheng S. Research progress on the application of information and intelligent equipment in animal husbandry in China[J]. *China Agricultural Informatics*, 2018, 30(1): 17-34.
- [20] 余欣荣: 全面推进农业发展的绿色变革. *人民日报*, 2018年2月8日第10版.
- [21] Hu Q, Wu W, Song Q, et al. Extending the pairwise separation index for multi-crop identification using time series MODIS images [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2016, 54(11): 6349-6361.
- [22] Yu Q, Shi Y, Tang H, et al. eFarm: a tool for better observ-

- ing agricultural land systems[J]. *Sensors*, 2017, 17, 453. 3371-3375.
- [23] 刘扬, 周清波, 刘佳, 等. 基于遥感和 WebGIS 的冬小麦估产支持系统 [J]. *中国农业科学*, 2008, 41 (10): 3371-3375.
- Liu Y, Zhou Q, Liu J, et al. Study on remote sensing and WebGIS-based winter wheat yield estimating supporting system [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41 (10): 3371-3375.
- [24] 申格, 吴文斌, 史云, 等. 我国智慧农业研究和应用最新进展分析[J]. *中国农业信息*, 2018, 30(2): 1-14.
- Shen G, Wu W, Shi Y, et al. The latest progress in the research and application of smart agriculture in China [J]. *China Agricultural Informatics*, 2018, 30(2): 1-14.

Framework and recommendation for constructing the SAGI digital agriculture system

Wenbin Wu¹, Yun Shi¹, Qingbo Zhou¹, Peng Yang¹, Haiqi Liu², Fei Wang²,
Jia Liu¹, Limin Wang¹, Baohui Zhang¹

(1. *Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Agricultural Remote Sensing, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China*; 2. *Chinese Academy of Agricultural Engineering/Key Laboratory of Cultivated Land Use, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China*)

Abstract: The human society is entering the era of big data and data is becoming one of the key production elements. It is thus critical to develop the China's data-driving digital agriculture system, which would greatly promote the construction of digital China, stimulate the agriculture high-quality development and improve the agricultural competitiveness at the global market. To achieve this goal, strong integration of information is needed from multi-sources, multi-sensors, and multi-scales. This research, from the perspective of agricultural information science, describes the new framework of satellite, aerial, and ground integrated (SAGI) digital agriculture system for comprehensive agricultural monitoring, modeling, and management. The SAGI system differs from traditional digital agriculture systems and includes 5 important functionalities which are resource survey, production controlling, disaster monitoring, market early-warning and decision supporting. To make the system running in operation, it is necessary to first build an observation system, which integrates the satellite, aerial, and ground in-situ observation systems to capture more sophisticated, accurate and reliable data at different scales. The system is extremely needed for China, a large country with a great geographic difference, diverse agricultural cultivation and multiple agricultural traditions. This observing system helps to form the agricultural big data for subsequent data analysis and data mining. Secondly, using the big data collected, 4 key digitalization and monitoring tasks targeting at resource property right, production process, natural disaster and market status should be implemented so as to transform the data to knowledge. In this process, some diagnosis algorithms and models are developed to understand the growth and health of crops and animals, as well as their interaction with the agro-environment. With the above support, a management system covering the full range of agricultural production, processing, selling, management and services should be established to provide the rapid and reliable information support to decision-making as well to the local farming management, thereby guaranteeing agricultural sustainability and national food security. Thirdly, some key fields for future science and technology innovation to support the applications of the SAGI system should be enhanced such as the standardization designing, innovation in technologies and instruments, system integration and platform development. Finally, considering the complicated and integrative characteristics of this SAG system, this research also proposed some recommendations such as holistic planning, science-technology innovation, resource sharing, multi-stakeholders participation, and expansion of application fields, so as to drive this idea to the reality.

Key words: aerial and ground integrated (SAGI); digital agriculture; management system; monitoring; early-warning; decision